

城市建筑与发展

Urban Architecture And Development



ART AND TECHNOLOGY PRESS INC.

(517 666 0904)

263 S KENWOOD ST 560

CASPER, WY 82601

Copyright © 2026 by ART AND TECHNOLOGY PRESS INC. (United States)

Complimentary Copy



ART AND TECHNOLOGY PRESS INC.
(United States)

Editorial Board

Editors-in-Chief

Peng Xu

China Municipal Engineering North China Design and Research Institute Co., LTD.

Zhijin Lu

China Municipal Engineering Northeast Design and Research Institute Co., LTD. Dongguan Branch

Editorial Board Member

Longde Cha

Zhejiang Jiahua Architectural Design & Research Institute, China

Feng Gao

China Municipal Engineering South-Central Design and Research Institute Co., LTD.

Chunxiao Lin

China Municipal Engineering South-Central Design and Research Institute Co., LTD.

Andrew Chiou

School of Engineering and Technology Centre for Intelligent Systems

Ritesh Chugh

School of Engineering and Technology Centre for Research in Equity & Advancement of Teaching & Education(CREATE)

Weiming Luo

Shenzhen WIZ Land Planning Consulting Co.,Ltd.

Yuelin Xi

School of Architecture and Art, Hebei University of Architecture

Jianjun Wang

Shanghai Zhiping Foundation Engineering Co., Ltd.

Wenfeng Yang

Guangzhou Jianxin Rongfu Co., Ltd.

Yi Wu

Tian'an (Shanghai) Investment Co., Ltd.

城市建筑与发展

Urban Architecture and Development

第4卷 第3期 2026年7月刊

主管 ART AND TECHNOLOGY PRESS INC.

主办 ART AND TECHNOLOGY PRESS INC.

编辑 《城市建筑与发展》编辑部

ISSN(O): 2993-270X

ISSN(P): 2995-2441

地址: 263 S KENWOOD ST 560

CASPER,WY 82601

网址: <https://arttechpress.com>

本刊说明:

凡向本刊所投稿件, 全体作者需签署论文著作权转让声明书和论文发表承诺书, 声明、承诺及相关事项如下:

- 作者将论文的复制权、发行权、网络传播权、翻译权、汇编权、信息网络传播权、改编权等著作权在世界范围内免费转让给本刊。
- 论文不侵犯他人著作权和其他权利, 否则作者将承担由此产生的全部责任, 并赔偿由此给出版单位造成的全部损失。
- 论文署名作者享有该作品的完全著作权, 署名作者的身份真实。
- 论文未曾以任何形式公开发表过。
- 作者所投本刊稿件, 本刊编辑部拥有修改权。



城乡规划·设计 | URBAN AND RURAL PLANNING·DESIGN

- 001 文旅融合驱动下城郊片区国土空间规划研究 宫晓坚
Research on the Territorial Spatial Planning of Suburban Areas Driven by Cultural and Tourism Integration Gong Xiaojian
- 004 传统村落民居修缮改造实践 杨舒雯, 金可欣, 沈熹文, 楼嘉城, 任飞悦, 吕亚平, 袁秋芳, 朱炜
与工作路径探索 Exploration of Practice and Work Path for the Restoration and Renovation of Traditional Village Dwellings Yang Shuwen, Jin Kexin, Shen Yunwen, Lou Jiacheng, Ren Feiyue, Lv Yaping, Yuan Qiufang, Zhu Wei
- 007 新农村建设背景下粤西村镇污水排水系统施工技术与实践研究 周海容
Research on Construction Technology and Management Practice of Sewage Drainage System in Villages and Towns in Western Guangdong under the Background of New Rural Construction Zhou Hairong
- 011 园林景观赋能旧改区域文旅融合的运营实践探索 郑佳一
Exploration of Operational Practices of Garden Landscape Empowering the Integration of Culture and Tourism in Urban Renewal Areas Zheng Jiayi
- 015 城乡规划管理一体化的策略研究 李德军
Research on the Strategy of Integrated Urban and Rural Planning Management Li Dejun
- 018 保障性租赁住房存量房源筹集与前期管理协同机制研究 张力深
Research on the Collaborative Mechanism of Raising and Pre-management of Existing Affordable Rental Housing Resources Zhang Lishen
- 021 县域城乡规划区工程测量控制网建立与精度控制研究 陈俊良
Research on the Establishment and Accuracy Control of Engineering Survey Control Network in County Urban and Rural Planning Area Chen Junliang
- 025 国土空间智能化赋能乡村振兴实施路径 吴晓军
Implementation Path of Intelligentization of Territorial Space Empowering Rural Revitalization Wu Xiaojun
- 028 城市更新视角下存量土地盘活利用与片区规划提质改造路径探究 雷璇
Research on the Revitalization and Utilization of Stock Land and the Path of Quality Improvement and Renovation of District Planning from the Perspective of Urban Renewal Lei Xuan

建筑技术·应用 | BUILDING TECHNOLOGY·APPLICATION

- 031 建筑工程安全施工管理的核心要点与对策分析 陈鹏飞
Core Points and Countermeasure Analysis of Safety Construction Management in Building Engineering Chen Pengfei
- 034 建筑工程施工中安全风险管理与防范措施 戚纯
Safety Risk Management and Preventive Measures in Construction Engineering Qi Chun

037	传统风景园林元素在智慧园林设计中的重生 The Rebirth of Traditional Landscape Architecture Elements in Smart Landscape Design	郭凯 Guo Kai
041	建筑工程管理及施工质量控制——建筑业高质量发展背景下的提升策略 Construction Engineering Management and Construction Quality Control — Enhancement Strategies in the Context of High-Quality Development in the Construction Industry	夏文龙 Xia Wenlong
044	社会稳定风险评估在政府投资建筑工程项目中的应用与管控路径 Application and Control Path of Social Stability Risk Assessment in Government Investment Construction Projects	陈立新 Chen Lixin
048	建筑工程中央空调全生命周期维护保养体系构建与实践探析 Construction and Practice Analysis of the Whole Life Cycle Maintenance System for Central Air Conditioning in Construction Projects	胡伟杰 Hu Weijie
052	房屋建筑结构方案选型与设计实践探讨 A Discussion on the Selection and Design Practice of Structural Schemes for Building Structures	苏伟新 Su Weixin
056	大型多类型建筑项目施工技术管理体系构建与实践研究——以住宅、商业综合体及产业园为例 Research on Construction Technology Management System Construction and Practice of Large Multi Type Construction Projects — Taking Residential, Commercial Complex and Industrial Park as an Example	王钟 Wang Zhong
060	建筑工程材料性能检测与基桩完整性评价的整合方法及应用研究 Research on the Integration Method And Application of Building Engineering Material Performance Testing and Pile Integrity Evaluation	刘勇来 Liu Yonglai
064	既有民用建筑结构现场检测方法与可靠性鉴定评级实操研究 Research on On-site Detection Methods and Reliability Evaluation Rating for Existing Civil Building Structures	汤启彬 Tang Qibin
067	地域环境下民用建筑安全检测要点与鉴定评价体系优化 Optimization of Safety Inspection Points and Appraisal Evaluation System for Civil Buildings in Regional Environment	肖荣 Xiao Rong
070	建筑设计方案优化与施工图落地性实践探讨 Exploration of Optimization of Architectural Design Scheme and Implementation Practice of Construction Drawings	罗健 Luo Jian
074	建筑工程管理中工程监理的协同管理模式与效率提升路径探析 Analysis of the Collaborative Management Model and Efficiency Enhancement Path of Engineering Supervision in Construction Engineering Management	黄剑飞 Huang Jianfei
078	建筑工程技术管理优化与工程风险防控协同策略研究 Research on the Collaborative Strategy of Optimization of Construction Engineering Technology Management and Engineering Risk Prevention and Control	林波 Lin Bo
082	建筑工程检测领域技术管理创新对工程风险管理的赋能路径研究 Research on the Empowerment Path of Technical Management Innovation in the Field of Construction Engineering Testing for Engineering Risk Management	梁应年 Liang Yingnian
086	商改医空间优化设计的全流程管控体系研究：功能适配与合规性整合视角 Research on the Full Process Control System for Optimizing the Design of Commercial to Medical Space: from the Perspective of Functional Adaptation and Compliance Integration	曾献铭 Zeng Xianming
089	建筑结构设计与管理工程协同优化路径及实践应用研究 Research on the Collaborative Optimization Path and Practical Application of Architectural Structure Design and Engineering Management	陈香彬 Chen Xiangbin
093	基于精益管理的建筑工程现场技术与成本协同管理实践研究 Research on the Practice of Collaborative Management of Construction Site Technology and Cost Based on Lean Management	黄思玲 Huang Siling
096	建筑工程给排水施工中的消防水系统安装要点分析 Analysis of Key Points for the Installation of Fire Water System in Water Supply and Drainage Construction of Building Engineering	曾定权 Zeng Dingquan
099	分析混凝土浇筑施工技术在建筑工程中的工艺技术要点 Analyze the Technological Key Points of Concrete Pouring Construction Technology in Building Engineering	严汉城 Yan Hancheng
102	建筑工程检测领域防雷技术的标准化管理与质量控制路径 Standardized Management and Quality Control Path of Lightning Protection Technology in the Field of Construction Engineering Detection	王书琪 Wang Shuqi
106	存量建筑结构模型还原与荷载耦合作用下承载力达标性检测分析 Restoration of Existing Building Structural Models and Analysis of Bearing Capacity Compliance Testing under Load Coupling	李龙山 Li Longshan
109	绿色建筑背景下建筑幕墙设计的节能性能优化路径探析 Energy Saving Performance Optimization Path of Building Curtain Wall Design under the Background of Green Building	陆明波 Lu Mingbo
113	精益管理视角下建筑工程施工技术管理的质量控制与效率提升策略 Quality Control and Efficiency Improvement Strategies for Construction Technology Management in Building Projects from a Lean Management Perspective	郭凤磊 Guo Fenglei
117	基于学生身心需求的校园建筑空间与经济性立面设计实践 Practical Design of Campus Architectural Spaces and Cost-Effective Facades Based on Students'Physical and Mental Needs	陈超 Chen Chao
121	建筑工程造价全流程控制体系构建及关键影响因素实证研究 Empirical Study on the Construction of a Whole Process Cost Control System for Construction Projects and Key Influencing Factors	吴清 Wu Qing
125	建筑工程施工安全管理存在的问题分析——应对措施与优化建议 Analysis of Issues in Construction Safety Management in Building Engineering — Countermeasures and Optimization Suggestions	张宁波 Zhang Ningbo

128	分析建筑智能化弱电系统施工质量管控关键技术 Analyze Key Technologies for Construction Quality Control of Intelligent Building Weak Current Systems	周济剑 Zhou Jijian
131	关于绿色建筑施工安全管理的现状分析及解决对策 Analysis of the Current Situation of Green Building Construction Safety Management and Its Solutions	朱俊杰 Zhu Junjie
134	分析建筑工程进度管理中全过程动态控制的应用 Analyze the Application of Dynamic Control Throughout the Entire Process in Construction Project Schedule Management	黄佳荣 Huang Jiarong
137	建筑机电设备安装工程管理的价值探究 Exploring the Value of Management in Building Electromechanical Equipment Installation Engineering	梁家荣 Liang Jiarong
140	建筑工程现场文明施工管理实践与改进措施研究 Research on Civilized Construction Management Practices and Improvement Measures at Construction Site	刘志斌 Liu Zhibin
143	建筑工程检测的特点及检测技术探讨 Discussion on the Characteristics and Testing Techniques of Construction Engineering Inspection	湛奇 Zhan Qi
146	基于海绵城市理念的城市道路路面结构设计探讨 Discussion on Urban Road Pavement Structure Design Based on the Concept of Sponge City	陈彬 Chen Bin
149	城市更新背景下老旧小区建筑改造工程施工技术 Construction Technology for Building Renovation Projects in Old Residential Areas under the Background of Urban Renewal	邹波, 薛诗瀚 Zou Bo, Xue Shihan
152	高层建筑结构风荷载与地震作用效应对比分析及设计优化 Comparative Analysis of Wind Loads and Seismic Effects on High-Rise Building Structures and Design Optimization	钱洪权 Qian Hongquan
159	建筑工程钢筋材料检测常见问题分析及标准化解决方案探讨 Analysis of Common Problems in the Detection Of Reinforcement Materials in Construction Engineering and Discussion on Standardized Solutions	张志烽 Zhang Zhifeng
163	建筑施工现场技术管理与工程风险防控的耦合机制及实践策略研究 Research on the Coupling Mechanism and Practical Strategies of Technical Management and Engineering Risk Control at Construction Sites	黄文华 Huang Wenhua
167	建筑工程招标管理中政府采购代理服务的风防控策略与实践路径 Risk Control Strategies and Practical Paths for Government Procurement Agency Services in Construction Project Bidding Management	曾晓滨 Zeng Xiaobin
171	新型传感技术在建筑节能工程检测中的应用及能效评估精度优化研究 Application of New Sensing Technologies in Building Energy Efficiency Engineering Detection and Optimization of Energy Efficiency Evaluation Accuracy Research	陈耿 Chen Geng
175	建筑工程项目全生命周期风险管理：业主与监理协同视角下的实践策略研究 Full Life Cycle Risk Management of Construction Projects: Research on Practical Strategies from the Perspective of Cooperation between Owners and Supervisors	蔡齐伟 Cai Qiwei
179	土木建筑工程安全管理奖惩制度范式转变研究 Research on the Paradigm Shift of Safety Management Reward and Punishment System in Civil and Construction Engineering	王一舟 Wang Yizhou
183	建筑工程施工创优资料关键环节指导策略 Guidance Strategy for Key Aspects of High-Quality Construction Project Documentation	贺泓雨 He Hongyu
187	建筑工程现场管理中质量控制与进度协调的集成管理模式探讨 Discussion on the Integrated Management Model for Quality Control and Progress Coordination in Construction Project Site Management	叶剑飞 Ye Jianfei
191	电力工程建筑电气智能化施工管理研究 Research on Intelligent Construction Management of Electrical Engineering in Power Projects	刘传红 Liu Chuanhong
194	混凝土无损检测优化房建工程建材选型研究 Optimization of Building Materials Selection in Housing Construction Projects through Non-destructive Concrete Inspection	吴美 Wu Mei
197	基于点云数据的古建筑测绘与数字化保护方法研究 Research on Ancient Architecture Surveying and Digital Protection Method Based on Point Cloud Data	赵杰, 应飞燕 Zhao Jie, Ying Feiyan

工程管理·实践 | NGINEERING MANAGEMENT·PRACTICE

200	复杂地质条件下管桩植桩范围控制技术研究与实践 Research and Practice on Pile Planting Scope Control Technology of Pipe Piles Under Complex Geological Conditions	张达, 马彦波 Zhang Da, Ma Yanbo
203	新能源汽车动力电池热管理系统优化研究 Research on Optimization of Thermal Management System for New Energy Vehicle Power Batteries	张照硕, 张恩硕, 焦学瑞, 鞠恒宇, 董志轩 Zhang Zhaoshuo, Zhang Enshuo, Jiao Xuerui, Ju Hengyu, Dong Zhixuan
206	政府投资建设项目立项阶段可行性研究报告编制要点与实践研究 Key Points and Practical Research on the Preparation of Feasibility Study Reports During the Project Initiation Stage of Government Investment Construction Projects	陈立新 Chen Lixin
210	市政工程项目管理中的风险识别与全过程防控体系构建研究 Research on Risk Identification and the Construction of the Whole Process Control System in Municipal Engineering Project Management	唐竟程 Tang Jingcheng
214	结合国标规范的房屋可靠性分级鉴定关键技术与实践应用 Key Technologies and Practical Applications of Building Reliability Grading and Identification Based on National Standards and Specifications	杨辉源 Yang Huiyuan

217	建设工程给排水领域排水管网普查、检测与预处理的协同技术体系研究 Research on Collaborative Technical System for Survey, Testing and Pre treatment of Drainage Network in Construction Engineering Water Supply and Drainage Field	许禄康 Xu Lukang
221	地铁隧道施工多源监测数据融合及隐患识别分析 Integration of Multi-Source Monitoring Data and Analysis for Hazard Identification In Subway Tunnel Construction	江南, 李宝国, 王珽睿 Jiang Nan, Li Baoguo, Wang Tingrui
224	商业综合体机电工程造价全流程管控研究——基于多系统协同的概算、预算与结算优化 Research on Full Process Cost Control of Mechanical and Electrical Engineering in Commercial Complex — Optimization of Budgeting, Budgeting, and Settlement Based on Multi System Collaboration	贺会丽 He Huili
228	自来水安装工程设计阶段造价影响因素与管控对策研究 Research on Cost Influencing Factors and Control Strategies in the Design Stage of Tap Water Installation Engineering	李红 Li Hong
232	全流程视角下财政性投资评审造价的管控策略与实践应用 Cost Control Strategies and Practical Applications of Government Investment Review from an End-to-End Perspective	刘文平 Liu Wenping
236	工业洁净厂房装修设计技术要点与投标报价风险控制研究 Research on the Technical Points of Industrial Cleanroom Decoration Design and Risk Control of Bidding Quotation	杨爱明 Yang Aiming
240	博物馆展厅室内装饰装修工程中暖通空调系统的设计要点与施工技术优化研究 Research on the Design Points and Construction Technology optimization of HVAC System in the Interior Decoration Project Of Museum Exhibition Hall	莫伟 Mo Wei
244	深度学习在工业过程控制优化中的应用研究综述 A Review on the Application of Deep Learning in the Optimization of Industrial Process Control	王根怀 Wang Genhuai
248	复杂承压水筏板施工关键难题及综合治理工程实践 Key Challenges and Comprehensive Treatment Engineering Practices in Complex Confined Water Raft Construction	廖白红 Liao Baihong
252	盘扣式脚手架安全管理的技术应用与标准化体系构建 Technical Application and Standardized System Construction for Safety Management of Plate-Fastened Scaffolding	杨乐 Yang Le
256	房屋修缮与改造工程全生命周期管理的关键问题及优化策略研究 Research on Key Issues and Optimization Strategies for Whole Life Cycle Management of House Repair and Renovation Projects	王超 Wang Chao
260	工业厂房土建工程监理中技术管理与风险防控的协同机制研究 Research on the Synergistic Mechanism of Technical Management and Risk Control in Construction Supervision of Industrial Factory Buildings	王流富 Wang Liufu
264	全生命周期视角下房地产住宅建设工程技术管理与风险管理协同研究 Collaborative Research on Technical Management and Risk Management in Real Estate Residential Construction Projects from the Perspective of the Entire Life Cycle	梁浩 Liang Hao
268	基于全生命周期的工程总承包风险动态管控路径 Dynamic Risk Control Path of Engineering General Contracting Based on Whole Life Cycle	李治奇, 徐列, 韩冬, 李军, 李果绵 Li Zhiqi, Xu Lie, Han Dong, Li Jun, Li Guomian

文旅融合驱动下城郊片区国土空间规划研究

宫晓坚

长春净月设计集团有限公司, 吉林 长春 130000

DOI:10.61369/UAID.2026030001

摘 要：当前城乡融合发展进程持续提速，文旅融合成为城郊片区国土空间提质增效的重要驱动力。本文聚焦城郊片区的独特区位与资源特征，梳理了文旅融合对国土空间规划的内在作用机理，在此基础上，分别从用地管控、配套建设及资源活化等维度，深入剖析了城郊片区国土空间规划挑战，并提出了精细化优化用地管控体系、统筹布局全域文旅配套设施及分类施策盘活本土文化资源等针对性策略，以期为城郊片区的文旅导向国土空间规划提供有益参考。

关 键 词： 文旅融合；城郊片区；国土空间规划

Research on the Territorial Spatial Planning of Suburban Areas Driven by Cultural and Tourism Integration

Gong Xiaojian

Changchun Jingyue Design Group Co., Ltd. Changchun, Jilin 130000

Abstract： The current process of urban-rural integration is accelerating continuously, and the integration of culture and tourism has become an important driving force for improving the quality and efficiency of the territorial spatial planning in suburban areas. This paper focuses on the unique geographical location and resource characteristics of suburban areas, and explores the internal mechanism of the intrinsic effect of cultural tourism integration on territorial spatial planning. Based on this, it deeply analyzes the challenges of territorial spatial planning in suburban areas from dimensions such as land use control, supporting construction, and resource activation, and proposes targeted strategies such as refining and optimizing the land use control system, coordinating the layout of all-round cultural tourism supporting facilities, and implementing differentiated measures to activate local cultural resources, with the aim of providing useful references for the cultural tourism-oriented territorial spatial planning in suburban areas.

Keywords： cultural tourism integration; suburban area; territorial spatial planning

引言

当前我国国土空间规划体系已进入全面落地实施阶段，城乡融合发展、文旅产业提质升级成为国家层面的重点推进方向，城郊片区作为承接城市文旅消费外溢、衔接城乡要素流动的核心节点，其空间规划的适配性直接影响城乡融合发展的整体成效。现有城郊国土空间规划多沿用传统工农发展的管控逻辑，未充分对接文旅融合的开发需求，导致大量优质城郊资源无法得到有效开发，也制约了城郊片区的产业升级与乡村振兴落地。在此背景下，探索文旅融合导向下的城郊国土空间规划路径，既是响应国家城乡融合发展战略的必然要求，也是破解城郊发展瓶颈、释放空间价值的现实需要。

一、文旅融合驱动背景下的城郊片区国土空间规划概述

（一）城郊片区空间范畴与资源禀赋特征界定

城郊片区的地理空间边界划定需要依托城市日常通勤圈范围、属地行政管辖边界，以及生产生活生态三类空间的交错分布特征进行综合界定。城郊片区普遍具备类型丰富的原生自然资源

禀赋，涵盖连片分布的近郊田园景观、贯通全域的滨水生态廊道，以及连片的山林生态空间等优质原生景观资源。城郊片区同时留存有大量优质的历史人文资源，包括保存完整的近郊古村落、传承有序的本土非遗民俗，以及红色旧址、宗祠庙宇等各类历史遗存资源。这类独特的区位特征与资源禀赋共同构成了城郊片区区别于城区与传统乡村的核心发展基底，也为文旅融合导向下的国土空间规划提供了先天的资源支撑。

作者简介：宫晓坚（1981.11-），男，汉族，吉林省长春市人，本科，高级工程师，职务：长春净月设计集团有限公司规划室主任，研究方向：城市规划。

（二）文旅融合对城郊国土空间规划的内在作用机理

文旅产业的多元开发需求会倒逼城郊原有单一属性的用地模式逐步转向功能复合的开发模式，实现居住空间、农业生产空间与文旅服务空间的有序叠加与高效利用。文旅融合的开发导向会引导规划主体对城郊生产、生活、生态三类空间进行重新统筹布局，推动生态资源保护、农业生产运营与文旅项目开发三类目标的协同落地^[1]。文旅项目的落地需求也会加速城郊各类闲置存量建设用地的资源化转化进程，有效盘活区域内低效工矿用地、老旧村落宅基地等长期闲置的空间资源。这类空间开发逻辑的转变会从根本上重塑城郊国土空间的整体开发格局，为城郊片区的文旅产业落地与长效发展提供稳定的空间支撑与规划保障。

二、文旅融合驱动下的城郊片区国土空间规划挑战

（一）空间用地管控适配不足

现行国土空间管控体系的底层逻辑多围绕传统工农业发展需求搭建，难以完全适配文旅项目的特殊开发属性，由此衍生出多维度的用地管控适配矛盾。

第一，现有建设用地指标的分配体系整体向主城区倾斜，城郊片区能够获得的指标额度有限，文旅新项目落地过程中的指标缺口呈现持续扩大的态势。第二，现行基本农田的管控细则设定相对僵化，未预留文旅开发的弹性空间，近郊田园文旅体验类项目很难在农用地范围内实现合规落地。第三，城郊片区范围内国有土地与集体土地的权属分布呈现交错状态，文旅项目落地过程中的征地协调流程繁琐，周期偏长直接阻碍规划方案的落地推进。这类管控层面的适配性问题会直接抬高文旅项目的落地门槛，也会造成城郊优质文旅资源无法得到充分的开发利用。相关矛盾的化解需要从管控规则的优化层面入手，为城郊文旅项目的落地提供更具弹性的制度支撑。

（二）文旅配套设施落地受限

城郊片区现有公共服务设施的建设逻辑长期围绕本地村民的日常生产生活需求展开，未针对文旅开发做专项空间预留，导致旅游配套设施的规划落地面临多重现实阻力。

第一，城郊全域范围内缺少统一规划的集中式旅游停车场布局，旅游旺季大量外来车辆随意占道停放，直接破坏城郊乡村原有的空间风貌与居住环境。第二，游客集散中心、星级旅游公厕、民宿配套市政管网等文旅专项设施，未在国土空间规划中获得对应的专项用地保障，落地过程缺乏合规的空间支撑。第三，城郊慢行绿道、滨水水上游线等特色文旅交通廊道，尚未纳入国土空间的专项管控体系，建设过程中面临空间边界模糊、管控标准缺失的问题。这类配套设施落地层面的短板会直接降低城郊文旅的游客体验，也会制约城郊文旅产业的规模化发展与品质提升。

（三）本土文化资源活化低效

当前城郊国土空间规划编制过程中普遍存在重空间布局开发、轻文化资源转化的倾向，城郊丰富的历史人文资源很难转化为可落地的实体文旅项目，造成大量优质资源的闲置浪费。

第一，古民居、宗祠庙宇等文保类建筑划定保护红线后，仅出台了严格的保护管控要求，未配套制定针对性的活化利用规划方案，资源价值无法充分释放。第二，本土非遗民俗类文化资源长期缺少固定的展示与体验空间，无法落地研学工坊、常态化民俗展演等文旅业态，文化资源难以转化为文旅产品^[2]。第三，城郊片区的红色旧址多呈现零散分布的状态，缺少连片的规划用地支撑，很难整合资源打造具备影响力的红色主题文旅片区。这类文化资源活化层面的低效问题会直接削弱城郊文旅的核心吸引力，也会造成本土历史文化资源价值的流失与浪费。

（四）城郊产业层级升级缓慢

城郊片区原有产业长期以低端种养业、小型粗放加工业为主，国土空间规划的产业分区未对接文旅产业链的延伸需求，直接阻滞了城郊产业体系的转型升级进程。

第一，现有农业用地的管控规则仅限定粮油等传统农作物种植，未预留休闲采摘、农事研学等一三产融合业态的开发空间，农业资源的附加值无法得到提升。第二，城郊闲置老旧厂房的用地改造审批规则设置相对繁琐，转型为文创展馆、乡村体验馆等文旅载体的流程复杂，存量产业空间难以得到高效利用。第三，城郊现有仓储用地多呈现零散分布的状态，空间布局无法满足农产品电商、文旅特产集散等延伸业态的落地需求，产业链配套存在明显短板。这类产业空间规划层面的适配性不足，会直接制约城郊产业的层级提升，也会影响城郊文旅产业的全链条发展与价值延伸。

（五）跨部门规划统筹效率偏低

国土、文旅、农业、住建等多个部门分别编制对应领域的专项规划，各规划的管控指标与空间边界未实现统一衔接，导致城郊文旅国土规划落地的协调成本长期居高不下。

第一，国土空间总体规划的编制与调整周期相对较长，文旅专项规划的更新周期偏短，二者编制周期的错位容易造成具体文旅项目落地出现脱节问题。第二，各部门的空间管控标准相互独立，未建立统一的衔接机制，同一地块的用地属性界定容易出现多重管控要求冲突的情况。第三，当前缺少常态化的跨部门联席会议协调机制，规划方案调整、文旅项目报批等工作需要经过多层级反复审批，整体推进效率偏低。这类跨部门统筹层面的效率问题，会直接拉长城郊文旅规划的落地周期，也会增加规划方案与项目落地的不确定性风险。

三、基于文旅融合的城郊片区国土空间规划策略

（一）精细化优化用地管控体系

通过用地指标调配、管控细则优化、土地权属统筹三类针对性举措，灵活调整城郊用地管控规则，系统性破解文旅项目用地落地难的核心痛点。

第一，建立城郊用地指标分区倾斜的分配机制，明确每年从全域建设用地指标中预留专项弹性用地额度。将预留的弹性用地指标定向供给城郊片区的重点文旅项目，明确指标申请的审批流程与项目适用的范围要求。第二，细化城郊设施农业用地的管理

办法，明确农用地开发文旅项目的准入条件与具体管控标准。在不破坏耕地耕作层的前提下，允许农用地范围内落地轻量型的田园文旅体验项目，划定项目的建设边界与运营管控要求 [3]。第三，推进城郊集体土地流转的规范化建设，明确集体土地参与文旅开发的流程与各方权益分配规则。同时，推行村集体土地入股的合作模式，简化文旅项目落地过程中的用地协调流程，明确开发过程中各方的权责划分标准。

（二）统筹布局全域文旅配套设施

依托国土空间一张图系统统筹整合城郊各类公共用地资源，分片区补齐文旅发展刚需配套设施，实现便民服务与旅游服务功能的复合利用。

第一，在城郊各功能片区内提前预留零散闲置用地空间，结合片区客流承载能力划定旅游停车场的建设边界与规模标准。按照旅游客流的分布规律分节点布局标准化的生态旅游停车场，同步配套基础的车辆分流引导与绿化隔离设施。第二，梳理城郊现有村委会、幸福院等公共服务建筑的闲置空间，明确复合改造的空间范围与功能适配的具体要求。在不影响原有便民服务功能的前提下，叠加游客服务中心、文旅驿站等文旅服务功能，优化空间内部的功能分区布局。第三，梳理城郊全域的慢行系统与滨水空间资源，明确文旅慢行绿道、滨水水上游线的空间走向与管控边界，并将这类特色文旅交通廊道纳入城郊生态廊道的专项管控范围，统筹落实廊道建设的用地指标与空间保障要求。

（三）分类施策盘活本土文化资源

结合文保红线的管控要求实施精细化微更新改造，分层落地各类文化空间的专项规划方案，有序推动城郊各类人文资源向可落地的实体文旅产品转化。

第一，在古民居、宗祠庙宇等文保建筑的外围划定缓冲利用区，明确缓冲区内建设管控标准与开发边界要求。在符合文保管控要求的前提下合规改造古建内部空间，打造民俗博物馆、非遗传承工坊等文化体验载体。第二，梳理城郊范围内的闲置公共空地资源，划定专项预留空间的具体范围与管控要求。将预留的公共空地作为常态化民俗展演、非遗体验活动的固定场地，明确场地的使用规则与配套设施建设要求 [4]。第三，梳理城郊范围内零散分布的红色旧址资源，明确各遗址的空间位置与资源特征，并依托存量闲置宅基地整合连片开发空间，串联各类红色遗址打造红色文旅体验廊道，明确廊道的空间走向与建设标准。

（四）链式培育城郊融合型产业链

优化城郊产业空间的分区布局，依托存量用地改造引导

一二三产业深度融合，依托国土空间规划布局完善全链条文旅产业的载体支撑。

第一，优化城郊农业空间的分区布局，划定特色农旅示范区的空间范围与具体管控标准。在示范区内合规布局休闲采摘园、农耕研学基地等农旅融合业态，明确各类业态的用地要求与建设标准。第二，出台城郊老旧工矿用地的转型实施细则，明确用地转型的准入条件与简化后的审批流程。推动闲置老旧厂房改造为文创产业园、工业展览馆等文旅载体，明确改造过程中的空间管控与功能适配要求 [5]。第三，整合城郊范围内零散分布的闲置仓储用地，划定集中布局的产业配套空间范围。同时，在整合后的空间内集中布局城郊农特产品文旅集散中心与电商物流节点，明确配套设施的建设标准与功能分区要求。

（五）搭建多主体协同规划管控机制

从规划编制、标准统一、制度建设三个维度打通跨部门协作壁垒，依托多规合一制度实现城郊国土规划与文旅规划的无缝衔接。

第一，统一城郊片区各类专项规划的编制与更新周期，明确各类规划调整的时间节点与衔接要求。以国土空间总体规划为核心底盘，统筹纳入文旅专项规划的相关内容，实现两类规划的内容同步与边界统一。第二，建立城郊片区所有地块的统一确权台账，明确每块地块的权属、属性与管控边界。组织国土、文旅、农业、住建等多部门联合制定同一地块的复合用地管控标准，统一各类空间的管控要求。第三，设立城郊片区规划专项联席办公室，明确办公室的人员构成、工作职责与议事规则。同时，常态化推进文旅项目联合审批、规划方案动态微调等工作，明确各类事项的办理流程与时限要求。

四、结论

综上所述，通过系统梳理文旅融合驱动下城郊片区国土空间规划的核心逻辑，明确了城郊片区区别于城区与传统乡村的独特资源禀赋与空间特征，明确了城郊片区国土空间规划挑战，并提出一系列优化策略，进而为城郊片区国土空间规划的顺利开展提供可靠保障。未来，研究可进一步针对不同城市能级、不同资源类型的城郊片区开展细分差异化研究，结合新兴文旅业态的发展趋势持续优化城郊国土空间的动态规划机制，为城郊片区的长效发展提供更具针对性的规划支撑。

参考文献

- [1] 苏世忠. 国土空间规划背景下文旅融合导向型村庄规划探析——以东山县杏陈镇后林村为例 [J]. 江西建材, 2025, (10): 211-213.
- [2] 莫雪梅. 文旅深度融合背景下国土空间规划的实施路径探讨 [J]. 中原文化与旅游, 2025, (05): 75-77.
- [3] 何明家. 文旅融合型乡镇国土空间规划编制实践研究 [J]. 中原文化与旅游, 2025, (04): 55-57.
- [4] 雷志刚, 余果, 谢香国. 文旅融合型乡镇国土空间规划编制实践探索——以湖南省安化县马路镇为例 [J]. 住宅与房地产, 2024, (18): 86-88.
- [5] 潘宏晟. 乡镇级国土空间规划的空间用地布局优化——以李庄文旅融合片区为例 [J]. 低碳世界, 2023, 13 (07): 100-102.

传统村落民居修缮改造实践与工作路径探索

杨舒雯, 金可欣, 沈轲文, 楼嘉城, 任飞悦, 吕亚平, 袁秋芳, 朱炜

浙大城市学院国土空间规划学院, 浙江 杭州 310015

DOI:10.61369/UAID.2026030008

摘 要 : 以浙江省建德市新叶村为研究对象, 通过实地调研和典型案例分析, 分析了当前传统村落更新面临的困境: 一方面, 严格的风貌管控政策限制了村民的自主改造; 另一方面, 老旧建筑普遍存在设施缺失、结构老化等问题, 难以满足当代生活需求。调研发现, 村民迫切希望改善卫生设施、扩展居住空间并提升采光通风条件, 但受限于复杂的审批流程和有限的经济能力。通过村民、设计师、工匠、管理部门多方协作解决传统村落改造的矛盾, 推动项目改造

关 键 词 : 传统村落; 民居改造; 协同机制; 活态传承

Exploration of Practice and Work Path for the Restoration and Renovation of Traditional Village Dwellings

Yang Shuwen, Jin Kexin, Shen Yunwen, Lou Jiacheng, Ren Feiyue, Lv Yaping, Yuan Qiufang, Zhu Wei

School of Territorial Spatial Planning, Hangzhou City University, Hangzhou, Zhejiang 310015

Abstract : Taking Xinye Village in Jiande City, Zhejiang Province as the research object, this study analyzes the dilemmas faced in the current renewal of traditional villages through field investigations and typical case analyses. On one hand, strict appearance control policies restrict the independent renovation by villagers; on the other hand, old buildings generally suffer from issues such as lack of facilities and structural aging, making it difficult to meet contemporary living needs. The survey reveals that villagers urgently hope to improve sanitary facilities, expand living space, and enhance lighting and ventilation conditions, but are constrained by complex approval processes and limited financial capabilities. By promoting multi-party collaboration among villagers, designers, craftsmen, and administrative departments, this study aims to resolve conflicts in the renovation of traditional villages and advance project transformation.

Keywords : traditional village; residential building renovation; collaborative mechanism; living inheritance

一、研究背景

浙江省作为中国传统文化资源最为密集的地区之一, 现存有大量的传统村落。截至2024年, 全省拥有国家级传统村落701个、省级传统村落1065个, 各地普遍通过编制保护更新规划, 对传统村落实施分级分类管控^[1]。

在传统村落保护与更新中, 以“风貌保护”为核心, 通过保护更新规划控制无序的建设行为。这种更新机制, 严格的审批制度以及缺乏技术指导, 使村民倾向于采用铝合金门窗、瓷砖立面等方式进行改造, 反而破坏了传统风貌的核心价值。因此, 在“保护优先”政策与“改善居住”需求之间, 传统村落的更新工作长期存在矛盾: 即如何在不破坏传统风貌的前提下, 实现居住环境的改造与更新。本文以新叶村为研究对象, 探索在传统风貌保护与人居环境改善之间寻找平衡, 为传统村落中的民居更新提供实践参考。

二、居民需求调研

(一) 新叶村概况

新叶村位于浙江省建德市大慈岩镇, 经历800余年的自然更新建设, 整体保存了完整的传统村落格局。现存古民居两百余幢, 并分布有多类型历史遗存, 是典型的浙西村落聚落形态。传统巷道尺寸狭窄、建筑间距紧凑, 体现了传统聚居的生活方式, 但与此同时, 也限制了现代设施的更新。

新叶村常住人口以老年人为主, 而中青年, 仅在节假日返乡。这种生活状态, 使得改造更新后的民居既需要满足老年人平时的生活便利与安全, 也需预留短时间家人回乡居住的空间需求。此外新叶村的民居保留有不同时代的建筑风格, 既有明清到新中国成立前后的传统木构形式, 也混杂着大量的改革开放以后的砖混、混凝土结构新式民居。不同的风貌的民居很难在统一标准下进行管理。

项目资助: 集中连片传统村落型国家文保单位民居多方参与改造工作机制探索——以新叶村为例(国家大学生创新创业计划项目: 202513021026)。

作者简介: 杨舒雯(2003.11—), 女, 汉族, 浙江杭州人, 在校本科生, 研究方向: 建筑设计, 人居环境。

（二）村民需求调查

团队通过对新叶村不同年龄、社会背景的居民开展访谈，了解乡村改造更新的需求与现实矛盾。总结访谈记录，发现约10%居民具有明确的改造意愿，但是他们的改造需求与管理要求之间存在明显的矛盾。

（1）现代化卫生间缺失是普遍且最紧迫的问题。新叶大部分民居由于建造年代较早，没有配套管网，未布置套内卫生间或仅在一层设置简易设施。这样的户型布局难以满足村民日常使用需求。多数村民反映迫切希望增加卫生间。改造卫生间需要对老旧民居进行结构与布局的调整，需要采用合适的技术，涉及到结构改造及相关审批。

（2）尽管当前常住人口较少，但多数家庭仍以多代同堂，希望为家人返乡提供居住空间。访谈显示，许多村民希望通过改造增加房屋层数或扩大使用面积，以满足子女返乡后的居住需求。部分住户明确提出希望增加二层的居住空间。这种“加层”改造需求，在实践中无法获得审批同意。

（3）传统民居因为技术条件制约平面户型较大、楼层较矮、外窗尺寸较小，室内普遍存在自然采光不足、通风不畅地问题。多位村民提出希望增加二层的层高或扩大外窗尺寸，以改善室内环境质量。然而，这些要求往往会影响到建筑外形，受到风貌管控的限制。有村民反映所提出扩大窗洞的改造方案，因审批限制无法得到实施。

（4）村民普遍为审批流程复杂性与不确定性所困惑。建控地带内的改造工程往往需要经过国家文物局审批。村民提交的改造申请需要长期等待审批结论，导致工程计划搁置甚至放弃。漫长的审批流程严重影响了村民进行改造的积极性。

（5）当前居住在村内的多为老年人，日常开支依赖务农收入或子女补贴，本身难以承担大规模改造费用。相应地，改造资金往往由在外工作的子女提供，这种由“外出一代支付、在地一代使用”的结构，使改造决策更加审慎，也更容易受到家庭整体经济状况的影响。从已有调查情况来看，村民对改造费用普遍缺乏明确预期，但在反复交流中逐渐形成一个大致范围。一般性的整治更新，多数家庭能够接受的支出集中在10万至20万元之间。这一投入对于普通农村家庭而言已属于较大支出，需要在较长时间内容筹措与权衡。

与改造经费投入相比，不确定性往往带来更大的时间成本。在这种情况下，不少家庭即便有明确的改善意愿，也倾向于延后决策，甚至选择维持现状。从调研感受来看，经费问题并非单纯的经济约束，而更像是一种综合性的限制条件：它与审批机制相互叠加，使改造既需要投入资金，也需要承担时间与结果的不确定风险。在这种多重压力下，如何在控制成本的前提下实现有效改善，逐渐成为民居改造中最为关键的现实命题之一。

三、典型案例改造

（一）民居现状与测绘方法

本项目选取新叶村内具有代表性的两座传统民居作为改造试

点对象。两座民居都属于典型砖木结构传统建筑，其空间布局以“一进房”为主，木柱、木屋架，夯土与空斗砖混合的围护结构。由于长期缺乏修缮，大范围存在结构腐朽、构件损坏及局部变形等问题，存在一定的安全隐患。同时，原有平面布局难以满足现代居住对功能分区、卫生设施及采光通风的要求。

在进行改造设计前，团队采用激光扫描与无人机倾斜摄影技术获取建筑及周边条件的点云空间信息。根据点云数据，进行高精度三维建模与环境图纸绘制。同时结合传统测绘手段，对建筑剖面及局部细节进行补充测绘与校核，以确保民居现状数据的完整性与准确性。

（二）设计原则与总体改造策略

在改造设计过程中，在不破坏传统风貌与历史价值的前提下，实现居住功能的优化提升。由于改建建筑具有特殊性，还应注意格外注意政策要求。总体改造策略有三点：第一、制度约束层面，严格遵循历史风貌管控要求，确保建筑高度、体量、材料及立面形式与传统风貌协调统一；第二、生活需求层面，基于村民访谈结果，重点回应卫生设施缺失、空间拥挤及采光不足等核心问题；第三、工程实施层面，结合工匠经验与现代建造技术，提出可实施性强、经济可控的改造方案。

（三）项目一改造实践

改造案例一采用“局部保留+结构重组”的更新策略，针对项目主要结构已经腐朽、屋顶坍塌的现状，采用保留原有历史价值较高的外墙及部分结构构件基础上，引入框架结构体系，提高整体结构安全性。

具体改造措施：拆除原有低矮阁楼，增加一层的层高，改善室内空间环境；适度抬高一层标高，以满足给排水及卫生设施布设需求；拆除腐朽的结构，采用现代适用的混凝土结构进行加固；结合新的结构，调整建筑平面，实现卧室、厨房与卫生间的合理分区；梳理建筑与道路之间的高差关系，改造入口庭院；在保持传统立面比例与风貌的前提下，对外窗尺寸进行适度扩大，以改善室内自然采光通风条件。

（四）项目二改造实践

项目二以“原结构延续+适度优化”为改造策略，更强调对传统木构体系的保护与利用。针对项目原有结构基本完整，村民居住条件尚可，但需要完善卫生设施的情况，在加固保留木结构的节点同时增加、改善卫生设施。

具体改造措施：在原有结构基础上设计干湿分区的卫生间；提升二层层高，并控制檐口高度与周边建筑协调一致；二层隔墙布置与现有木梁位置相匹配，减少对原结构的干扰；对外窗的位置与尺度进行优化，在不破坏立面整体性的前提下提升室内自然采光通风条件。

（五）协同工作机制在实践中的应用

在上述两个改造项目的实施过程中，团队采用“村民—设计师—施工单位—管理部门”四方协同的工作方法，旨在应对传统村落更新中遇到的难题。村民作为项目的使用者和建设者，全程参与方案讨论，使改造工作与其家庭生活状态、经济承受能力相匹配；设计团队负责测绘、方案设计与施工指导，协调各方诉

求，在风貌管控框架内提出可实施的优化方案；本地施工单位熟悉当地材料与工艺，参与节点与构造设计，保证现代建造技术与传统风貌相匹配；管理部门配合改造工作，明确审批要点与风貌底线。

四、总结经验

通过在已有的项目中实践与应用，可以得出该机制能够显著提升方案的可实施性与村民满意度，有效减少设计方与施工方的脱节问题，使得项目能够高效推进，有效避免经济、时间、人力成本的浪费。目前项目均已进入施工阶段，也有力验证该协同模式在传统村落民居尤其是国家文保单位民居更新改建中的适用性与推广价值。基于已有的新叶村典型民居改造实践、多方协同机制运作效果、田野调研结果，可从以下几个方面系统总结传统村落民居修缮改造的关键经验，为传统村落民居的保护更新工作提供参考。

（一）保护与更新的动态平衡

传统村落民居保护与更新，其核心矛盾在于如何协调文化保护与生活改善之间的关系。^[1]可以通过“外部风貌控制+内部功能更新”的策略实现动态平衡。具体而言，在建筑立面、高度、体量与材料上严格遵循风貌管控要求，确保村落整体景观的连续性与历史真实性；建筑布局根据现代生活需求进行结构优化、功能重组与设施植入。这种“外旧内新”的改造模式，既避免大规模拆建对历史环境的破坏，又切实提升居住品质，从而推动传统村落由“静态保护”向“活态传承”转变，使历史空间真正融入当代生活。

（二）以村民需求为导向的设计方法

村民作为居住的实际使用主体，其居住需求具有鲜明的现实

性与多样性。解决村民需求核心问题，改造设计不能仅停留在风貌控制的宏观原则之上，而应坚持“一户一策”的精细化策略，将每一户家庭的人口结构、生活习惯、经济能力与改造意愿纳入设计考量。这意味着设计过程需要从传统的自上而下控制转变为需求驱动设计，充分尊重村民的主体地位，避免“一刀切”式的保护指令导致改造方案脱离实际。只有将个体需求有机嵌入整体保护框架中，才能既守住风貌要求底线，又真正服务于居住人群。

（三）多方参与的协同工作机制

实践中，构建“村民—设计师—施工单位—管理部门”四方协同的工作机制，成为破解政策与实际之间矛盾，推动工作的有效路径。在这一机制下，村民全程参与需求提出、方案比选与施工反馈，保障改造方向与其家庭实际需求相匹配；设计团队承担设计与技术协调职能，在风貌管控框架内提出可实施的功能优化策略；工匠依托其对本地材料与工艺的熟悉，参与节点细化与现场调整，在保留传统做法的同时配合现代设备安装，避免“图纸落地难”；管理部门则提前介入方案讨论，协助项目落地。

（四）传统工艺与现代技术的融合路径

改造实践表明，单纯依赖传统工艺存在难以满足结构安全、设备更新与施工效率的要求，而完全采用现代化技术又容易导致风貌割裂，与原建筑融合度低等问题。因此，需要将二者有机融合，达到即满足现代化改建需求，又不完全脱离原建筑风貌与施工水平的效果。在结构加固、给排水布设、电气改造等环节引入现代技术手段，以保障建筑安全性与使用舒适度；而在立面维护、细部修缮、材料选用等方面则保留传统工艺与地方材料特征，确保风貌的真实性与连续性。

参考文献

[1] 浙江省住房和城乡建设厅关于省政协十三届二次会议第301号提案的答复意见 [EB/OL]. https://jst.zj.gov.cn/art/2024/9/30/art_1229159684_5380625.html [2026-03-29].

[2] 杨子, 林高瑞. 文化生态学视角下热贡传统村落保护与发展策略探究 [C]//中国城市规划学会. 人民城市, 规划赋能——2022中国城市规划年会论文集(16乡村规划). 长安大学建筑学院城乡规划系, 2023: 1558-1570.

新农村建设背景下粤西村镇污水排水系统施工技术与管理实践研究

周海容

广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030026

摘 要： 在新农村建设的大环境中，粤西地区村镇污水治理显示出管网覆盖范围小、设施状况简易等状况。以吴川市作为案例，根据三个三模式，运用模块化设备、BIM 等技术适配当地地形与气候条件，建立政府引领、企业运作、村民参与的长效运维机制，融合智能监测与社区激励手段，提高系统运行效率，为相似地区的污水治理供给可参考的经验。

关 键 词： 粤西村镇污水治理；三个三模式；长效运维机制

Research on Construction Technology and Management Practice of Sewage Drainage System in Villages and Towns in Western Guangdong under the Background of New Rural Construction

Zhou Hairong

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： In the environment of new rural construction, the sewage treatment in villages and towns in western Guangdong shows the situation of small coverage of pipe network and simple facilities. Taking Wuchuan City as an example, according to the three three modes, modular equipment, BIM and other technologies are used to adapt to local terrain and climate conditions, establish a long-term operation and maintenance mechanism led by the government, operated by enterprises and participated by villagers, integrate intelligent monitoring and community incentive means, improve system operation efficiency, and provide reference experience for sewage treatment in similar areas.

Keywords： sewage treatment in villages and towns in western Guangdong; three "third" models; long-term operation and maintenance mechanism

引言

在新农村建设的大背景下，村镇污水治理成为改善居住条件、推动城乡统筹发展的主要环节。粤西区域由于地形分布分散、气候状况复杂等特性，污水排水体系普遍显示管网覆盖范围小、处理设施简易以及运维效率欠佳等情形，和生态宜居目标存在明显差距。2023年《关于加快推进农村生活污水治理的指导意见》明确指出要建立符合村镇实际状况的治理体系，促使污水收集、处理和资源化利用实现一体化。吴川市作为粤西具有代表性的沿海城市，把三个三模式当作核心策略，通过统筹谋划、技术匹配与协同操作，探寻出模块化建立、生态处置及多元参与的实践途径，为化解区域污水治理难题提供本地化的解决方案。本研究重点专注吴川市污水体系的施工工艺与管理体制，深入分析符合粤西地域特征的污水治理观念，为类似地区新农村污水治理提供可供参考的实践案例。

一、背景与理论基础

（一）新农村建设背景下的污水治理需求

在国家推行新农村建设战略的大背景下，粤西地区村镇的污水治理工作面临管网覆盖范围小、设施状态不良、雨污混流等问题，这与村镇生态宜居的要求存在较大差异。城乡共同推动发展要建立符合村镇特性的污水治理办法，实现收集、处理以及资源化利用的一体化^[1]。吴川市作为粤西颇具代表性的沿海城市，乡村

和城镇分布较为分散，受台风、潮汐作用明显，管网建设需同时考虑抗腐蚀与防潮，并且存在重视建设、轻视管理的状况，设施运行效能不佳，这凸显出优化施工工艺和管理方式的迫切性。

（二）“三个三”模式的理论内涵与应用框架

三个三模式以三统筹、三结合、三保障为核心，通过城乡融合发展、公共产品供给以及治理现代化相关理论，其目的是整合市政技术和城乡治理领域的资源，提高粤西村镇污水系统建设与运行的效能。此模式把吴川市当作实践实例：三统筹重点于区域

规划、统一技术标准和整合资金；三结合突出技术适用性与地域特色、工程建设和运营管理、政府主导和社会参与的融合，通过模块化施工、分散式工艺以符合粤西村镇的分散布局与复杂地貌；三保障围绕政策扶持、人才培养和监督评估，建立全流程的技术人才体系以及第三方评估机制，为类似地区提供可复制的治理途径^[2]。

二、市政技术适配研究

（一）施工技术在“三个三”模式中的适配实践

吴川市乡村污水体系建立把三统筹规划、三结合措施、三保障落实当作核心治理策略。因为粤西乡村存在分布分散、地形复杂等特性，在工程选型、材料运用以及施工流程方面开展系统性的技术适配工作。在工程选型环节，根据乡镇常住居民数量以及污水产生情形，运用模块化一体化处理装置来取代集中式处理厂，进一步满足分散式治理的要求。比如吴阳镇某村庄服务的人口大概是3000人，配备3组50m³/d的一体化设备并行运行，污水处理采用A₂O生化处理结合沉淀的工艺，出水需遵循《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》（DB 44/2208-2019）二级标准。在材料选取方面，采用HDPE双壁波纹管替换传统的混凝土管道，这种管材重量较轻、具备抗腐蚀特性，适用于狭窄的乡村道路以及软土地基情形。在黄坡镇的项目推进过程中，部分主干管采用机械顶管施工方式，以此降低对农田的破坏程度，支管采用浅埋暗挖并结合人工铺设的方法，管沟挖掘宽度减少30%，工期缩短15%，同时引入BIM技术对管网走向加以优化。塘缀镇项目采用BIM模拟技术，顺利避开农灌渠，减少施工冲突现象。施工工艺与后续运维要求相连接，比如在检查井预留检测口，方便村级运维人员进行日常排查作业。实际情况显示，此技术适配方案让项目整体运维成本下降20%以上^[3]。

（二）技术适配的关键挑战与创新对策

粤西乡村污水系统建立面临多种技术难题，要有的放矢地拟定创新措施^[4]。

地貌地势挑战：粤西地区大多是低丘陵和冲积平原，整体地势较为平坦，不过局部存在起伏情形，传统排水技术容易导致淤积和堵塞现象。解决措施：根据地形的高低不同，运用重力流和压力流相结合的管网体系，加强排水的适配性。

布局分散难题：村镇分布零碎、人口密度小，集中式处理方式成本大、效率欠佳。措施：推行模块化、小型化的分散式处置设备，根据村落规模进行灵活部署；融合人工湿地、土壤渗滤等生态处理技术，通过当地自然条件降低运维费用。

气候带来的挑战：粤西地区气候湿润炎热且降雨频繁，台风活动较为频繁，容易造成设施出现物理性损坏以及发生洪涝倒灌情况。应对措施：给主要设施建立防洪堤、排水渠等防护构造；配备应急发电设备或者太阳能设施，确保在极端天气状况下能够持续运转。

水质水量变动挑战：受农业生产和生活习惯作用，污水的水质水量显示出明显的季节性波动。应对办法：建立物联网实时监

测系统，通过大数据和智能控制手段动态调整工艺参数，保证处理效果稳定达到标准。

三、长效运维机制探讨

（一）运维机制框架构建

1. 运维机制设计原理

长久有效的运维机制将三个三模式当作核心思路，设计准则重点于技术支撑体系与管理机制的协同特征。技术支持体系融合智能化的监测与管理模式，通过传感器网络采集管网流量、水质参数以及设备运行信息，利用云平台开展预警分析，为运维决策提供量化根据。管理体系建立分层响应流程，明确划分责任主体和协作策略，保证技术预警可迅速转化为现场处理行动，搭建起以技术为驱动、管理形成闭环的长效运维机制^[5]。

2. 运维实践案例分析

长效运维体系要根据粤西村镇的经济状况、人口布局以及环境特征，建立政府引导、企业运营、村民参与的多元协作模式，通过设置定期巡查、故障处置和资金保障体系，保证系统运维具备可持续性。运维机制的规划需包括技术标准体系、绩效评估体系以及监督管理体系。针对粤西地区的水质特性拟定工艺优化办法，通过设定出水达标比率、设备完好比率等量化指标，对系统的运行状况开展动态监测。

以吴川市黄坡镇郑屋村作为例子，此村常住居民约1800人，运用两微智能污水处理办法，污水处理设施占地约40平方米、处理能力达到80吨/天，配备太阳能光伏发电系统，每年运维成本仅3000元，与传统模式相比降低90%以上。运行数据表明，出水水质达到广东省《农村生活污水处理排放标准》一级标准，尾水用于农田灌溉和鱼塘养殖，实现水资源的循环利用；与埋地式智能垃圾收集系统协同，智慧环卫平台可实时监测满溢状况并调度收运，运营成本节约20%-30%。

（二）运维问题识别与优化策略

1. 常见运维技术与管理问题

粤西乡村污水系统运维存在技术适配度不高、专业人员短缺等状况。部分乡村的处理工艺未全面考量季节性的水量变动和水质特性，造成设备运转缺乏稳定性。乡村地区运维人员匮乏、管理体制不健全，和城市成熟模式存有差别，另外运维资金欠缺、村民环保观念淡薄，限制治理效果^[7]。

2. 改进策略与技术创新路径

优化策略需建立通过物联网的实时监测系统，运用传感器收集流量、水质参数，实现故障预警与精确维护[8]。技术改革可采用人工湿地和生物滤池组合等低成本的生态处理技术，降低运维的难度。同时建立以政府为引领、第三方专业运维和村民参与相融合的协同治理方式，把运维费用列入村镇财政预算规划，研发适用于分散式污水系统的智能控制终端装置，打造技术可靠、管

理高效、资金稳定的长效运维机制。

四、管理实践综合研究

（一）施工技术管理实践

1. 施工过程管理与技术控制

吴川市污水处理工程把三个三模式当作核心策略，对施工流程协作、技术标准落实和质量管控系统进行深入融合。在工程建设流程方面，建立跨部门的协同协作体系，全方位统筹协调勘察、设计、施工、监理等多方面的力量，保证场地平整、管道铺设、设备安装等各项施工环节能够实现无缝对接，进一步确实缩短主要线路的建设工期。技术标准的执行严格根据国家规范与地方标准，针对粤西区域典型的软土地基，运用换填砂石垫层且夯实基底的处理手段来提高地基承载力，同时针对 HDPE 管道热熔焊接工艺开展现场实际操作培训以及工艺评估，保证接口质量稳定。质量管控体系建立三级检查模式，分别是班组自行检查、项目部再次检查、监理最终审核，重点针对管道高程误差、闭水试验渗水量、回填土压实系数等主要指标开展监测，同时引入 BIM 技术搭建三维可视化平台，实现施工进度与质量数据的动态跟踪和预警，为精细化管理提供技术保障^[9]。

2. 质量控制与安全保障

因为粤西地区地形繁杂且地质状况多变的特性，建立包括材料性能、施工工艺参数以及结构安全等领域的综合性监控指标体系，确定 HDPE 管道环刚度 $\geq 8\text{kN/m}^2$ 、检查井基础承载力 $\geq 120\text{kPa}$ 等主要技术参数，以此保证施工技术符合当地环境 [10]。在工程建设施工阶段，运用 RTK 和全站仪协同配合的监测手段，针对沟槽开挖的坡度以及管道敷设的高程开展实时采集与分析工作，重点防范因地形起伏所引发的管道不均匀沉降状况。在安全保障领域，因为粤西地区降雨充沛、台风多发的气候特性，拟定专门的沟槽边坡防护及临时排水方案，全程采用钢板桩支护措施，进一步降低基坑出现坍塌和积水的几率。针对施工人员进行全方位的安全技术交底事宜，重点加强有限空间作业在气体检测、通风保障和应急救援流程等方面的培训。在质量检验阶段，引入独立的第三方检测机构对主要工序进行抽样检测，通过技术参数的标准化以及过程管理的闭环控制，实现施工质量与安全生产的协同一致。

（二）运维管理机制优化

1. 运维监控系统建设

通过物联网技术，在污水收集点、提高泵站以及处理设备等主要部位安装智能传感器、超声波流量计、多参数水质在线监测仪等前端传感装置，实现对管网流量、水位、COD、氨氮等主要运行指标的实时采集与远程传送。监测所获的数据通过 4G/5G 网络传至智慧管家云平台，技术人员能够远程对数百座污水资源化利用中心开展全过程自动监测。

在能源供应保障领域，粤西乡村区域电网覆盖并非非常完善，吴川运用市电与太阳能光伏板双模式供电体系，保证在阴雨天气情形下设备仍然能够持续运转。智能监测系统拥有如下作

用：异常情形自动预警，当 pH 值、液位等指标超出预先设定的阈值范围时，系统会自动通过短信、APP 推送等途径通知运维工作人员；远程参数设定，运维工作人员可以通过平台远程更改曝气时长、回流比等工艺参数，不用到现场进行操作；数据趋势分析，根据历史数据自动绘制水质变化曲线，协助预估设备发生故障的风险。统计数据表明，在这种模式之下，吴川市乡村生活污水处理设施的建设费用降低 60%，运营成本减少 90%，所占用的土地面积节约大约 80%，创造出 1 个月内完成 209 条村庄污水设施建造的吴川速度。

2. 维护流程与效率提升

因为粤西村镇分布较为分散这一特性，吴川市施行政府主导和第三方专业运维相融合的协作模式，建立市级监管、镇级协调、村级反馈、企业执行的四级联动机制。智能管家手机应用系统为运维人员打造移动化作业场景，可进行设备状态查看、接收故障警报、远程调节运行参数并实现工单闭环管理，还能扫码签到、上传处理照片、填写维修记录，其内置的知识库帮助基层人员迅速排查故障。在分级响应机制方面，针对中心村进行每周开展 1 次的高频检查工作，普通行政村每两周开展 1 次定期维护操作，偏远自然村主要开展每月 1 次的检查活动，重点通过在线监测实现应急响应。实际情况显示，单个运维人员能够管理超过 100 座污水站点，人员工作效率提高 5~8 倍，故障响应时长从 8 小时缩减至 2 小时以内，设备完好比例稳定保持在 95% 以上。

（三）政策保障与社区参与机制

1. 政策支持与制度化保障

地方政府应通过系统性的政策规划，为污水治理提供长效的支持。在法规制度领域，要结合粤西村镇实际状况制定污水治理专项管理办法，明确施工技术规范、运维主体职责以及违规惩处机制，把三个三的主要要求纳入地方规范性文件，为技术落地和管理实施提供法律保障。在资金保障方面，建立政府引领、社会参与、多元投入的融资规划，省级财政专项补贴向粤西经济欠发达的乡村予以适度倾斜，同时引导村集体、社会资金通过 PPP 模式参与项目的建设与运营，确实缓解施工以及运维资金不足的情形。在规划指引方面，把污水排水体系纳入村镇国土空间规划进行统一部署，全面考量粤西丘陵的地形特点以及村庄分布状况，合理明确管网走向和处理设施的地点，防止重复建造与资源损耗。在政策推行过程里，加强住建、生态环境、农业农村等部门的协作配合，建立联合督导和定期评估的机制，适时调整并优化政策措施，保证各项制度安排得以确实落地。

2. 社区参与与激励机制

社区参与是确保污水系统长期有效运维的主要因素，要通过教育培训、协作机制和利益分配的统筹规划，建立城乡融合的社区支持网络。教育培训需融入粤西地区本土语言文化和生活情境，开展技术与责任双方面的培训。通过村级宣讲场地、田间教学地点等渠道，显示管网维护的基本操作，发放带有形象图片的运维手册，强化居民对污水系统功能的认识以及参与维护的积极性。在协作模式方面，通过村规民约和基层组织，建立村集体、农户分级运维团队，确定农户承担自家接户管的日常检查与简易

疏通事宜，村集体统一进行公共管网的定期巡查和应急处理工作，并且搭建线上反馈渠道，实现问题的及时发现、快速响应以及协同处理。在利益分配阶段，使运维成效和居民实际所得相挂钩，施行积分兑换制度，为踊跃参与日常维护的农户提供农资补贴、公共服务优先权益等激励措施；探寻生态补偿、集体分红途径，把污水治理产生的环境效益转变为村集体经营收益，通过二次分配强化居民持续参与的内在动力，逐步建立共建、共管、共享的治理闭环。

五、总结

本研究专注新农村建设背景下粤西吴川市污水排水体系的施

工工艺与管理办法，通过对当地村镇污水治理状况的深入调研和工程实践分析，揭示符合粤西湿热气候、土壤特质以及分散居住模式的施工技术方案，包括模块化管网敷设、生态处理单元整合等主要技术的应用效果。研究表明三个三模式在施工技术适配以及长效运维机制方面展现出明显的创新实践价值。通过整合政府、企业与村民这三方面的资源，建立起从规划设计至运维管理的闭环系统，有效攻克村镇污水治理中技术落地艰难、运维可持续性不佳等突出问题。

参考文献

- [1] 赵明莉. 乡村振兴背景下大村镇品牌形象建设研究 [D]. 青岛科技大学, 2023.
- [2] 李宁. 村镇污水管道阻塞辨识定位技术研究及应用 [D]. 青岛理工大学, 2023.
- [3] 李韩. 乡村振兴背景下村镇银行支农法律规制研究 [D]. 湖南理工学院, 2023.
- [4] 尤志皓. 数字化转型背景下村镇银行风险管理体系优化研究 —— 以 RS 村镇银行为例 [D]. 山东财经大学, 2023.
- [5] 王弋, 严茂泽, 肖倩, 等. 广东省农村生活污水处理现状及建议 [J]. 生态环境学报, 2025, 34(05): 819–830.
- [6] 廖凤珍, 李晓峰, 陈嘉祺. 村镇生活污水治理创新研究与实践 [J]. 节能与环保, 2022(10): 89–91.
- [7] 裴美玉. 基于空间治理的佛山市农村生活污水治理策略 [J]. 农村科学实验, 2025, (17): 60–62.
- [8] 范雪美, 黄辉, 王磊, 等. 负压排水技术在沿河村居污水收集中的应用 [J]. 中国给水排水, 2025, 41(22): 78–85.
- [9] 吴悦, 林梓宜, 武振东, 等. 乡村振兴战略下练江流域乡村生活污水处理研究 —— 以汕头市潮南区陈店镇为例 [J]. 中国资源综合利用, 2023, 41(05): 124–127+135.
- [10] 于振江, 王大为, 温凯茵, 等. 广东省农村生活污水处理设施运维现状及提升路径 [J]. 中国给水排水, 2025, 41(18): 14–23.

园林景观赋能旧改区域文旅融合的运营实践探索

郑佳一

广东省建筑设计研究院集团股份有限公司, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030031

摘 要 : 在我国城镇化进入存量提质增效新阶段, 旧城更新是推动城市进步、提高人民生活水平有效手段。而园林景观是进行环境治理、文化传播以及为市民提供便利空间, 在旧改区域文旅融合发挥积极作用。因此本文基于城市更新及文旅融合发展视角下探讨园林景观对旧改区域赋能作用, 研究园林景观在文旅融合中运营模式, 总结园林景观在文旅融合中应用方式及其经营理念并以实例说明如何用新奇设计理念带动文旅行业发展, 使文旅与城市更新相互促进, 取得良好社会效益、经济效益与生态效益。研究结果可为旧改地区文旅融合发展提供一定借鉴意义, 在旧改地区文旅融合发展具有一定的引领作用。

关 键 词 : 园林景观; 旧改区域; 文旅融合; 运营实践; 城市更新; 公共空间活化

Exploration of Operational Practices of Garden Landscape Empowering the Integration of Culture and Tourism in Urban Renewal Areas

Zheng Jiayi

Guangdong Architectural Design and Research Institute Group Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : As urbanization in China enters a new stage of quality improvement and efficiency enhancement of existing stocks, urban renewal is an effective means to promote urban progress and improve people's living standards. Garden landscapes play an active role in environmental management, cultural dissemination, and providing convenient spaces for citizens, thus contributing to the integration of culture and tourism in urban renewal areas. Therefore, this paper explores the empowering role of garden landscapes in urban renewal areas from the perspectives of urban renewal and cultural-tourism integration development, studies the operational models of garden landscapes in cultural-tourism integration, summarizes the application methods and management concepts of garden landscapes in cultural-tourism integration, and illustrates with examples how novel design concepts can drive cultural-tourism industry development, promote mutual reinforcement between cultural-tourism and urban renewal, and achieve good social, economic, and ecological benefits. The research results can provide certain reference value for the development of cultural-tourism integration in urban renewal areas and have a certain leading role in the development of cultural-tourism integration in urban renewal areas.

Keywords : garden landscape; urban renewal area; cultural-tourism integration; operational practice; urban renewal; activation of public space

引言

随着我国城镇化发展从过去粗放数量型增长转向更加注重质量提升阶段, 旧城更新改造是现阶段我国城市建设重点工作之一。许多不同年代的老城区都存在着房屋老旧、设施落后、环境污染严重、缺少历史文化底蕴、缺乏活力等问题, “大拆大建”式的改造方式不仅成本高昂而且会割裂城市记忆、打乱社区结构, 不利于长远发展。近年来文旅融合成为推动城市更新重要途径, 而园林绿化因其能够改善环境、传承文化、塑造空间以及促进经济发展等优势, 在连接城市更新与文化旅游方面发挥着举足轻重的作用。但是目前很多园林绿化项目还存在同质化、文化体现过于表面现象。

从北京三山五园绿道提升, 到广州荔湾历史文化街区微改造, 再到重庆戴家巷城市更新, 越来越多案例说明, 通过园林绿化开始, 再进行生态修复、文化植入以及场景营造等方式可挖掘旧区内部潜力, 打造具有地域性和时代特征的文化旅游目的地, 让旧城从一个“空间衰败区” 变成一个“文化活力带”, 但是当前旧改地区文化旅游项目仍然存在很多问题, 例如景观设计趋同化、文化呈现单一化、运营方式单一化以及游客和当地居民之间的冲突等问题阻碍园林绿化发挥应有的功能。因此, 本文对园林景观赋能旧改区域文旅融合发展的方式进行梳理, 提出适合旧改区域的设计、管理模式, 以便更好地推动城市更新发展。

一、园林景观在旧改区域文旅融合中的作用

（一）生态修复：夯实文旅融合的环境基础

旧改地区一般为老城区，绿化面积少并且分散，硬化严重，小气候差，雨水涵养能力差，生物种类稀少，不符合旅游业所需条件。但是园林绿化是城市生态系统的一部分，在改造旧城区时同时开展生态修复与绿化工作，能够显著改善旧改区环境条件，有利于发展旅游文化产业。

广州荔枝湾涌滨水景观改造项目是通过整治水质、修复岸线以及建设生态驳岸，把原来污染严重河涌变成环境良好且具有游憩功能滨水空间，是展现岭南水乡文化窗口，也是促进当地旅游业发展良好开端。

（二）文化转译：塑造文旅融合的灵魂内核

旧改地区承载着城市的记忆、地方特色，是城市文化的代表。但是传统的方式下，旧城区的文化价值被忽略，导致城市文脉断裂，地方特色消失，旅游业缺乏吸引力。而园林景观是一个传播文化的媒介，可以通过空间把无形的文化信息变成有形的环境，让人感知、认知和体验，使地域文化活起来，在旧城改造尤其是历史文化街区改造中，园林景观的设计需要全面传达历史文化信息及地域特征。

用景观空间来进行文化转译。如在重庆戴家巷项目中保留古城墙遗址、打造山城步道，把“历史重庆”、“山水重庆”、“烟火重庆”的特色植入其中，让人们漫步其间感受这座城市的变迁。

（三）场景营造：构建文旅融合的空间载体

文旅融合的核心是打造具有吸引力的旅游目的地，而旧改区的空间特质有利于场景的设计及落地。园林景观对旧城区中闲置或者消极空间进行改造，结合旅游业需求设计各具特色的休闲场所，让游客有不一样的体验同时也能使当地居民受益，做到主客共享。对于已有的居住区园林景观改善，则需要整体规划的方法来进行空间激活。

从场景打造来看要坚持“微更新、轻改造”原则，在保持原有场地结构及建筑外观情况下，通过绿化美化为场地注入活力。如将旧工厂转型为创意产业园区或者艺术街区，中山罐头艺术花园是基于原有工厂改造而成文化旅游景点，让老厂区保留其工业特色，而利用闲置土地建设小游园或者社区活动中心，增设相关旅游设施，如旅游咨询服务台、手工艺品售卖点以及咖啡厅等，使这一区域成为一个具有多种功能开放空间，让游客感受古城魅力。而且还要注意园林绿化与城市环境和谐统一，不能出现单独景点。

（四）产业赋能：激活旧改区域的经济活力

园林景观是美化环境的工具，同时也是促进经济发展的重要手段。依托优美的景观可以提升旧改地区的知名度与影响力，推动旧城产业转型与发展，实现良好的生态效益、社会效益、经济

效益，在此过程中要充分运用政企合作等多种方式保证旧改区长期发展。

实际上，在实践中可以采取景观与产业相结合的方式打造具有地方特色的文化旅游产业氛围：一方面可以在景观节点设置商业设施，如文化广场附近设立文创店、非遗工坊、特色小吃等，形成“景观+商业”模式；另一方面也可以利用景观场地举办各类文旅活动，如音乐会、集市、非遗演出、文化节等提高当地知名度和人气，北京北新华街社区微更新项目就是通过打造精美花园社区让社区市场、文化节庆等活动有了空间，从而带动当地经济发展。三是打造IP化景观空间，在此基础上融入地方特色文化塑造地标性景点，形成有影响力的文旅IP，通过线上线下的方式提升旧改片区影响力，引流，带动当地文旅行业发展。有学者认为，文旅融合对城市发展具有积极影响。

二、旧改区域文旅融合导向下的园林景观设计原则与策略

（一）设计原则

1. 生态优先，修复本底

生态导向设计，在旧区改造中以生态修复为主导思想，开展生态治理以及绿化改善等措施提升整体环境质量，打造良好的生态环境，推动旅游业发展。施工过程中应使用成熟绿化施工技术。

2. 文化传承，活化利用

尊重旧改地区历史文脉以及地方性特征，发现城市历史文化内容，反对千篇一律设计思路，让文化活态化展现，提高文旅融合发展力，重视文化要素空间转化。

3. 以人为本，主客共享

考虑到当地居民及外来游客利益，在建设全龄友好的主客共享空间时，需要重视原住民的需求，要符合当地居民日常生活交流等方面的要求的同时也要使游客获得良好的游览感受，最大限度地发挥出景观的空间的公共性。

4. 运营前置，可持续发展

将运营思维提前到景观设计上，在充分考虑文旅项目运营的基础上进行业态以及配套设施等布置，打造可运营、可维护、可持续发展的景观空间，避免“重建设、轻运营”，让项目可以持续发展下去。政企合作是保证运营可持续的有效方式。

5. 微更新、轻改造

采用“微更新、轻改造”的方式，在尽量保留老城区原有风貌和建筑特点的基础上，对一些地方进行适当改造和完善周边环境等，在不影响人们日常生活的情况下对这片区域进行重新开发和发展，实现低成本、高效益的目标。这也正是目前既有住区景观提升所倡导的方法。

（二）设计策略

1. 生态修复策略：构建蓝绿交织的生态网络

以海绵城市理念为导向，在老旧小区改造过程中对区域内水系、绿化、道路等实施生态化改造，打造蓝绿交织、连贯一体生态网络。通过水系治理以及岸线整治，恢复水体原有生态系统，打造滨水景观；采用透水铺装、雨水花园、生态沟渠等海绵措施增强该区域雨水吸纳能力和蓄积量，降低城市内涝风险并且设置具有一定科普性景点让市民体验生态魅力。相关设计和施工可以借鉴现代园林景观设计技术。

2. 文化表达策略：实现地域文化的空间转译

充分利用旧改区域内的历史文化资源，提取地域文化元素在各方面进行文化空间转译。例如符号化呈现，将传统建筑纹样、民俗图腾、工业符号等应用于景观小品、铺地、照明等方面设计中形成具有强烈文化识别度景观节点；其次场景化叙述，在景观中再现老城区生活场景与生活记忆，例如通过景观装置、雕塑、景墙等形式讲述城市发展故事；第三是沉浸式体验，结合当地实际情况建造文化体验场所，如非物质文化遗产展示区、民俗活动广场、工业遗产体验馆等使人们身临其境感受其中进而实现文化传播以及文化旅游效果。历史文化街区的设计思路为此提供了具体指导。

3. 空间活化策略：打造复合利用的公共场景

对于旧改区域内大量闲置空间、消极空间的问题，在此基础上进行景观设计让其得到有效利用，形成丰富多彩的公共空间。一是闲置空间改造，将废弃厂房、仓库、空地等变为文创园、艺术街、口袋公园等，为这些区域重新注入新的活力；二是街巷空间更新，在路面上铺设不同的地面材料，在合适的位置设置园林小品，增设街道家具等，提升街巷品质以及趣味性，打造具有地方特色的商业街及漫步道等。三是滨水空间改造，在治理河流的同时建设滨水景观带，修建亲水平台、休闲广场、观景平台等，形成良好的生态环境以及休闲功能滨水开放空间，供人们游玩。城市园林景观与城市空间结合的方法也可作为参考。

4. 功能复合策略：构建主客共享的服务体系

在进行景观设计时充分考虑文旅融合的要求，在服务上实现主客共享。一是完善基础配套设施建设，例如建立游客服务中心、卫生间、无障碍设施、导览标识牌等提升游客游园的感受度；二是增设文化旅游相关服务设施，比如文创售卖亭、茶餐厅、非遗工坊、演艺场地等打造“景观+商业+文化”模式；三是考虑到当地居民的需求，在此区域内设立社区活动广场、儿童游乐场、老年人活动场所、健身区等让这里既可以供本地人使用也可以供外省游客游览使用，实现主客共享。

5. 智慧赋能策略：打造数字文旅景观场景

通过数智化打造智慧景观场景，增强文旅融合发展体验度及收益。使用智慧照明、智慧导游、环境监控、人流统计等方法改善景观区管理以及服务水平；运用AR/VR技术、互动装置、数字化投影等手段创建逼真数字文旅场景，在文化墙上设置互动投影让人们一边玩耍一边了解城市历史；推出线上线下文旅IP，通

过社交媒体推广来提高改造后区域影响力进而带来众多游客前来参观消费。而现代园林景观设计更倾向于使用新技术提高自身水平。另外，新质生产力出现促使园林景观设计朝着智慧化、信息化方向发展。

三、园林景观赋能旧改区域文旅融合的运营实践路径

（一）运营前置：构建全生命周期的运营体系

将运营思维融入到景观设计之中，在整个过程中实行“策划—设计—建设—运营”一体化管理模式。首先对市场进行调研分析，确定旧改地块文旅定位以及目标人群，合理布置景观节点及业态配置；其次在设计上考虑后期运营需求，如景观节点可达性、业态布局合理性、设备维护便捷性等；再次在施工阶段让运营方参与进来，使整个工程符合以后运营要求；最后运营期提供优质服务并且及时更新内容来提高项目的生命力和知名度从而实现良性循环。而旧改区域政企合作案例表明，清晰的权利义务关系以及合理的运营方式是项目成功的必要条件。

（二）业态融合：打造“景观+”多元产业场景

以园林景观为依托，带动旅游业及相关产业的发展，形成不同类型的业态集群。如：“景观+商业”，在景观节点上设立相应商业设施，如文创店、特色小吃、精品酒店等，形成具有地域特色的商业一条街；“景观+文化”，利用文化景观举办各类展览、交易以及演出等活动场所，繁荣文化事业；“景观+体育”，利用绿道或者空地搭建运动场地，如骑行、跑步、健身等，对于体育爱好者具有很大的吸引力；“景观+研学”，以自然资源或者人文景观为背景组织研学旅行，如自然教育、历史文化旅游等，拓展市场空间，提高经济效益。文旅融合对旅游经济的促进作用已得到实证支持。

（三）社区共建：激发居民参与的内生动力

旧改区域文旅融合发展需获得当地居民支持配合的基础上开展社区共建工作，激发居民积极性主动性，实现文旅发展与社区建设相互促进，在景观打造及维护上征求居民建议，建立符合居民需求公共空间；让居民参与景观维护工作，如成立社区志愿者队伍，对绿化养护等工作进行；让居民参与文旅产业中，如开设特色民宿、文创店或者非遗工作室等，使居民既是文旅项目参与者又是受益者，增加其归属感和认同感，有利于整个项目长期发展。既有住区园林景观改善的研究也提出社区参与的重要性。

（四）品牌塑造：打造具有地域特色的文旅IP

结合旧改区域文化特色及自然资源优势，打造有特色的文旅IP，提升区域知名度。通过打造特色景点、举办旅游节庆活动、线上线下载体宣传等方式，打造出有影响力的文化旅游IP；开发各种文创产品、纪念品等，延伸文化旅游产业链，增加项目收益；同时与其他景区进行联动，形成一条完整的文化旅游线路，在此基础上做好线上线下推广工作吸引更多游客，从而在区域内

形成一股合力，提升旧改区域在整个区域内文化旅游市场的地位，如广州荔湾老城区利用岭南文化节、西关美食节等活动与当地优美风景相结合，促进当地旅游业的发展。优质的景观设计可以为各类活动提供良好的场所。

四、结论与展望

园林景观对于旧改区域文旅融合的作用不容小觑。良好的园林景观以及创新的运营方式可以改善该地区的环境质量、文化和

旅游业的发展水平从而促进旧改区域更好地发展。而随着文旅行业的进一步发展，在更多的旧改地区进行文旅融合的过程中，园林景观也将起到越来越重要的作用。想要取得更好的融合成果，则需要政府支持、资源整合以及新的设计理念和思路等。

园林景观赋能旧改区域文旅融合是一项复杂工程，需要政府、企业、居民等各方面力量配合，开展生态修复、文化传播、空间打造及经济发展等方面工作让旧改区域从“衰败”到“重生”，是可供人与游客共同享用、老少皆宜的城市更新的成功案例，促进城市的发展更进一步。

参考文献

- [1] 彭艺. 现代景观园林设计中存在的问题与应对策略分析 [J]. 鞋类工艺与设计, 2026, 6(9): 152-154.
- [2] 陈宏平. 城市道路绿化景观园林设计及施工方法 [J]. 建材发展导向, 2026, 24(9): 13-15. DOI: 10.16673/j.cnki.jcfzdx.2026.0397.
- [3] 许迪荣. 历史文化街区园林景观思路与方法 [C]//《中国招标》期刊有限公司. 新质生产力驱动第二产业发展与招标采购创新论坛——实践路径探索与案例分享专题论文集 (第二册). [出版者不详], 2026: 710-713. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2026.008916.
- [4] 雷雨佳, 冀凤全, 刘姜志昂. 城市更新背景下既有住区园林景观提升路径与设计策略研究 [J]. 黄山学院学报, 2026, 28(2): 47-52.
- [5] 程俊豪. 城市园林景观设计 with 城市空间融合路径研究 [J]. 佛山陶瓷, 2026, 36(4): 175-177.
- [6] 毛立鹏. 区域更新背景下的政企合作模式研究——以静安 X 街坊旧改地块为例 [J]. 上海房地, 2025(6): 31-34. DOI: 10.13997/j.cnki.cn31-1188/f.2025.06.008.
- [7] 何有明. 基于文旅融合背景下的城市旅游经济高质量发展探究 [J]. 现代商业, 2026(10): 129-132. DOI: 10.14097/j.cnki.5392/2026.10.035.
- [8] 焉宇璇, 唐欢, 李琛仪. 产教融合视域下园林景观课程教学创新与实践 [J]. 现代园艺, 2025(16): 132-134.
- [9] 范伟伟. 产教融合教材开发赋能园林景观设计能力提升 [J]. 美丽中国, 2025(8): 83-85.
- [10] 瞿桑达, 金华超, 肖剑. 新质力赋能城市园林景观设计的实践探索 [C]//广西网络安全和信息化联合会. 2025年第五届工程领域数字化转型与新质生产力发展研究学术交流会论文集. 2025: 42-43.

城乡规划管理一体化的策略研究

李德军

内蒙古赤峰市敖汉旗自然资源局, 内蒙古 赤峰 024300

DOI:10.61369/UAID.2026030040

摘 要： 城乡规划管理一体化是落实城乡融合发展、完善国土空间治理体系的核心抓手。本文立足国土空间“多规合一”改革实践，梳理当前城乡规划管理一体化建设现实成效，剖析体制割裂、数据分散、监管失衡三类核心制约因素，从体系重构、机制创新、数字赋能三个维度构建完整实施路径，提出统一规划编制体系、搭建跨部门协同机制、建设全域智慧管控平台等优化策略。研究旨在破除城乡二元管理壁垒，实现全域空间资源统筹配置，为县域及市域层面推进规划管理一体化、提升空间治理现代化水平提供理论参考与实操方案。

关 键 词： 城乡规划；管理一体化；国土空间规划；多规合一；空间治理

Research on the Strategy of Integrated Urban and Rural Planning Management

Li Dejun

Aohan Banner Natural Resources Bureau, Chifeng City, Inner Mongolia Autonomous Region, Chifeng,
Inner Mongolia 024300

Abstract： The integration of urban and rural planning management serves as a core strategy for implementing integrated urban-rural development and improving the governance system of territorial space. Based on the practical reforms of "multiple plans integration" in territorial space, this study examines the current achievements in the construction of integrated urban-rural planning management, analyzes three key constraints—system fragmentation, data dispersion, and regulatory imbalance—and proposes a comprehensive implementation pathway from three dimensions: system restructuring, mechanism innovation, and digital empowerment. It further offers optimization strategies such as establishing a unified planning framework, creating cross-departmental coordination mechanisms, and building a comprehensive smart control platform. The research aims to dismantle the dualistic management barriers between urban and rural areas, achieve coordinated allocation of spatial resources across regions, and provide theoretical references and practical solutions for advancing integrated planning management and enhancing modern spatial governance at county and city levels.

Keywords： urban and rural planning; integrated management; territorial spatial planning; multi-plan integration; spatial governance

引言

伴随乡村振兴与新型城镇化协同推进，城乡空间边界持续交融，传统城市、乡村分治的规划管理模式已难以适配全域统筹发展需求。国家层面持续深化国土空间规划体系改革，明确提出构建县域一盘棋的城乡规划管理体制，推动规划、审批、监管全流程城乡贯通。当前各地虽陆续开展一体化试点，但在制度衔接、权责划分、技术支撑层面仍存在系统性短板。基于此，本文梳理一体化发展现状，识别深层制约矛盾，分层提出系统性实施策略，以期完善城乡全域统一规划管理体系，助力城乡融合高质量发展。

一、城乡规划管理一体化建设现有实践成效

（一）全域底图统筹，多规合一体系初步成型

全国范围内全面推进国土空间总体规划编制工作，省市县三级规划逐步完成法定批复，统一国土空间基底实现城乡全域覆盖，从源头打破城乡规划底图分离的历史问题^[1]。各地整合原城

乡规划、土地利用、生态保护等专项规划内容，划定生态保护红线、永久基本农田、城镇开发边界三条控制线，同步覆盖城区建成区、乡镇集镇、乡村聚居点全域空间，构建起全域统一的空间管控框架。县域层面依托统一底图同步编制乡镇国土空间规划与实用性村庄规划，统一用地分类标准、开发强度管控指标、设施配建规范，消除城市与乡村规划技术标准割裂问题。多地建立规

作者简介：李德军（1977-10），男，汉族，内蒙古赤峰市敖汉旗人，本科，城乡规划助理工程师，研究方向：城乡规划数字化下的数据管理、审批流程、监管手段建设和发展。

划成果联动更新机制，城镇片区控规调整同步传导至相邻村庄规划，避免城郊过渡地带规划管控真空。标准化规划底图体系降低跨区域项目、城乡联动产业、跨镇基础设施的规划协调成本，为一体化管理筑牢空间数据基础，推动城乡空间资源从分块管控转向全域统筹配置。

（二）机构职能整合，统一管理主体落地推进

依托自然资源机构改革，各地完成规划、国土职能整合，统一城乡规划管理权责归属，终结城市规划、乡村建设分属不同主管部门的二元管理格局。市级、县级自然资源主管部门统筹辖区内城镇建设规划许可、村庄建设审批、用地核查、规划验收全链条业务，乡镇设置规划专职岗位承接基层一线管理事项，形成“市县统筹、乡镇落地”垂直管理架构。部分示范区探索跨区域联合规划审查制度，毗邻城乡片区项目实行统一标准、联合踏勘、同步审批，解决城郊项目多头申报、重复审核问题。管理职能统一后，城乡建设项目适用同一套规划许可流程、同一套方案审查规范，城市住宅、产业园区、乡村宅基地、集体经营性建设用地审批实现流程标准化。职能整合同步理顺上下级事权划分，明确总体规划、详细规划、村庄规划分级审查权限，减少部门推诿、权责交叉等管理内耗，持续提升城乡规划管理整体运行效率。

（三）试点示范铺开，城乡统筹管理模式迭代完善

长三角、浙江、珠三角等城乡融合先行区域率先开展规划管理一体化改革试点，形成可复制、可推广的县域统筹治理模式。浙江以“千万工程”为牵引，全域推行县域统一规划编制、统一设施配建、统一风貌管控，实现城镇公共服务设施向乡村有序延伸；长三角生态绿色一体化示范区建立跨省域城乡规划共编、联审、共管机制，统一跨省市城乡管控规则，破解行政边界带来的规划分割难题。中西部县域结合乡村振兴工作，以中心镇为枢纽统筹周边村落规划布局，统一镇村产业用地、基础设施、公共服务配套规划标准。各地试点持续优化规划实施配套政策，出台城乡建设用地统筹调剂、乡村规划师派驻、全域规划体检评估等配套制度，补齐一体化管理配套规则短板。各类试点持续积累实操经验，验证全域统一规划管理的可行性，为全国大范围推进一体化建设提供实践样本，持续丰富城乡规划一体化治理模式体系^[2]。

二、城乡规划管理一体化发展现存核心制约困境

（一）制度标准割裂，城乡规划体系衔接不足

现行规划配套制度仍残留城乡二元分割特征，城市与乡村规划编制、管控、实施标准存在明显差异化设置，统一管控体系尚未完全落地。城镇详细规划侧重开发强度、建筑形态、市政配套精细化管控，村庄规划多侧重宅基地布局、耕地保护，产业用地、集体经营性建筑缺乏统一管控细则，城郊融合片区容易出现管控标准冲突。专项规划分行业编制，交通、水利、教育、医疗等专项规划分别侧重城区建设，乡村配套内容深度不足，城乡基础设施、公共服务布局难以统筹衔接。规划调整程序存在城乡差异，城镇控规修改具备完整公示、听证、报批流程，村庄规划局

部优化简化法定程序，易出现乡村建设突破规划底线的现象。各级规划传导机制存在断层，市级总体规划管控要求向下传导至乡镇、村庄时出现标准衰减，基层规划编制弹性过大，缺乏刚性约束细则。制度与标准层面的差异化设置，直接削弱全域规划统筹效力，成为一体化推进的基础性障碍。

（二）权责协同不畅，跨层级跨部门联动薄弱

城乡规划管理涉及自然资源、住建、农业农村、综合执法、乡镇政府多类主体，横向部门协同、纵向层级联动机制尚不健全，多头管理、协同滞后问题突出^[3]。横向层面，各行业主管部门独立开展专项规划编制，未前置对接国土空间总体规划，产业项目、乡村建设项目落地时频繁出现用地、生态、建设条件冲突，协调周期长、沟通成本高。纵向层面，市县规划主管部门掌握审批权限，乡镇仅承担巡查上报职能，缺乏规划优化、简易调整自主权限，小型乡村建设事项审批流程繁琐，基层响应效率偏低。跨区域协同机制缺失，县域内乡镇之间、相邻区县之间未建立常态化规划会商制度，跨镇域产业园区、城乡联动道路等项目统筹推进难度大。现有协同多依赖临时会议、专项协调，缺乏常态化信息共享、联合审查、联合监管固定机制，部门间数据、规划成果封闭隔离，信息壁垒持续制约城乡规划一体化落地实施。

（三）数字治理滞后，全域智慧管控能力欠缺

现阶段城乡规划数字化建设存在重城区、轻乡村的失衡问题，全域一体化数字管控平台建设滞后，数据整合与动态监管能力存在明显短板。城区建成区已完成规划矢量数据、不动产地籍、三维实景建模全覆盖，多数偏远乡村仅具备基础土地台账，村庄建筑、宅基地、产业用地数字化测绘精度不足，城乡数据精度、更新频率差距显著。各部门业务系统独立运行，规划审批、土地监管、农业确权、综合执法分属不同数字平台，未实现数据互通共享，存在多源数据冲突、重复采集问题。动态监测手段覆盖不均衡，城区依托卫星遥感、视频监控实现规划实施常态化巡查，乡村区域监测点位稀疏，违法占地、违规建房发现滞后。数字平台未搭建城乡统一规划管理端口，乡镇基层人员无权限调取全域规划底图、历史审批数据，线上申报、线上核查、线上验收全流程数字化仅在城区落地，乡村建设仍以线下纸质办理为主，数字化短板制约城乡规划管理一体化高效运行。

三、城乡规划管理一体化高质量发展优化策略

（一）统一制度标准，构建全域贯通规划编制体系

以国土空间规划“一张图”为核心重构城乡统一规划制度体系，消除城乡规划标准差异化壁垒，实现全域编制、管控、实施规则一体化。统一城乡用地分类、开发管控、风貌引导、设施配建四类基础技术标准，针对城郊融合片区、中心镇、普通村庄设置分层差异化管控细则，兼顾刚性约束与乡村发展弹性^[4]。理顺各级规划传导机制，市级总体规划明确全域发展框架，县级统筹城乡产业、生态、公共服务总体布局，乡镇、村庄规划严格承接上位管控指标，建立规划逐级校核制度，杜绝基层规划脱离全域统筹要求。完善城乡规划统一法定调整程序，城镇、村庄规划修

改均落实公示、公众参与、专家论证、上级报批全流程要求，压缩随意调整规划空间。同步完善配套法规细则，出台县域城乡规划一体化实施管理办法，统一城乡建设用地、集体经营性资产、宅基地规划管控规则，构建上下贯通、城乡统一、权责清晰的规划编制制度框架，夯实一体化管理制度基础。

（二）创新协同机制，搭建多层次全域联动治理架构

建立横向协同、纵向贯通、跨域联动的三维协同机制，破解部门分割、层级脱节、区域孤立管理难题，全面提升城乡规划统筹效率。横向设立城乡规划一体化联席会议制度，自然资源、农业农村、住建、交通、综合执法定期会商，前置统筹专项规划编制、重大项目选址，实行联合踏勘、联合方案审查，从源头化解规划冲突。纵向优化市县乡镇事权配置，下放村庄小型建设、镇村配套设施简易规划调整权限至乡镇，同步建立市县主管部门备案监管机制，兼顾基层办事效率与全域管控刚性。构建县域跨乡镇规划联动机制，中心镇统筹辐射村落规划布局，跨镇域产业、基础设施项目实行联合编制、同步审批；毗邻区县搭建常态化规划协同平台，统一交界区域城乡管控标准。建立规划信息共享责任机制，明确各部门数据定期更新、同步推送义务，完善协同工作考核评价体系，将城乡规划统筹成效纳入部门绩效考核，倒逼多主体主动联动配合，形成全域协同治理格局。

（三）强化数字赋能，打造城乡一体智慧管控平台

加快全域城乡规划数字化基础设施均衡建设，搭建覆盖城区、乡镇、村落统一智慧规划管理平台，以数字技术支撑一体化落地实施。全域开展高精度城乡空间测绘工作，补齐乡村三维实景、宅基地、集体建设用地数字化数据短板，统一城乡空间数据坐标、更新周期、分类标准，整合规划、地籍、确权、执法多源

数据形成统一数据库^[5]。打通各行业业务系统数据接口，实现规划许可、用地核查、建设监管、竣工验收全流程线上流转，向乡镇开放全域规划底图、审批档案查询权限，推行城乡建设项目线上申报、远程核查。均衡布设城乡动态监测点位，融合卫星遥感、乡镇巡查终端、村级网格员上报渠道，构建城乡全覆盖规划实施动态监测网络，实现违规建设早发现、早处置。搭建公众线上参与端口，城乡居民均可在线查询规划成果、提交意见反馈，推动规划管理全过程公开透明。依托数字化平台实现城乡规划数据、审批流程、监管手段全面统一，以智慧治理提升城乡规划管理一体化精细化、现代化水平。

四、结语

推进城乡规划管理一体化是健全国土空间治理体系、促进城乡融合发展的核心路径，也是破解城乡二元空间治理矛盾、实现全域资源均衡配置的必然选择。当前我国一体化建设已取得机构整合、底图统一、试点探索阶段性成效，但仍受制度割裂、协同不足、数字失衡多重因素制约。唯有从统一规划制度标准、创新全域协同机制、全域数字智慧赋能三个维度同步发力，构建城乡贯通、层级联动、数字支撑的完整管理体系，方能彻底打破城乡规划分治格局。后续各地可结合县域发展实际，分层分类落地优化策略，持续完善配套制度与技术支撑，以规划管理一体化牵引城乡空间统筹、产业协同、服务均等，持续推进国土空间治理体系与治理能力现代化。

参考文献

[1] 张丽娜. 城乡规划与土地资源管理协同发展策略 [J]. 城市建设, 2026, (11): 48-50.
[2] 何树林. 国土空间规划背景下城乡规划建设土地资源管理探讨 [J]. 农业灾害研究, 2026, 16(3): 10-12.
[3] 商行宇. 土地规划管理与城乡规划实施的关系与对策 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2026, (8): 25-27.
[4] 梁艳春. 新时期背景下城乡规划管理一体化策略 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2025, (13): 4-6.
[5] 朱克林. 关于新时期城乡规划管理一体化的策略 [J]. 低碳世界, 2023, 13(1): 81-83.

保障性租赁住房存量房源筹集与前期管理协同机制研究

张力深

广东 韶关 512000

DOI:10.61369/UAID.2026030042

摘 要： 本研究以在韶关市住房保障中心担任项目负责人期间开展的保障性安居工程首批提高改造项目实践为基础，关注存量棚改安置房转变为保障性租赁住房的筹集与前期管理协同机制。研究建立以住房保障中心为核心的多主体协同模型，实证表明此模式可把项目前期业务办理时长从传统模式的7至12个月缩减到3个月，单套改造成本控制明显低于新建项目成本。归纳研究出房源筛选准则、部门协同清单、报审程序优化以及技术规范管控等具备可复制性的经验，为相似城市盘活存量资产提供实践方面的参考。

关 键 词： 保障性租赁住房；存量房源；协同机制；棚改安置房；全流程管理

Research on the Collaborative Mechanism of Raising and Pre-management of Existing Affordable Rental Housing Resources

Zhang Lishen

Shaoguan, Guangdong 512000

Abstract： Based on the practice of the first batch of improvement and renovation projects of the affordable housing project carried out during the period when Shaoguan Housing Security Center was the project leader, this study focuses on the financing and pre-management coordination mechanism of the transformation of the stock shed resettlement housing into the affordable rental housing. The research establishes a multi-agent collaborative model with the housing security center as the core. The empirical results show that this model can reduce the pre-project business processing time from 7 to 12 months of the traditional model to 3 months, and the cost control of a single set of renovation is significantly lower than the cost of new projects. This paper summarizes and studies the replicable experience of housing source screening criteria, departmental collaborative list, review process optimization and technical specification control, which provides practical reference for similar cities to revitalize stock assets.

Keywords： affordable rental housing; existing housing stock; collaborative mechanism; shantytown renovation resettlement housing; whole-process management

引言

韶关市保障性租赁住房若仅采用新建途径，周期偏长、成本偏高，大量棚改安置房处于闲置状况。截至2025年，600套闲置棚改安置房完成性质转变并投入使用。如何实现规范且高效地盘活现有的棚改安置房，成为主要任务。通过笔者全程参与韶关市住房保障中心首批升级改造项目的管理实践能够了解到：尽管已探索存量商品房收购、闲置资产再利用等筹集渠道，但是市场收储、企业自主转型等方式仍然存在资源整合方面的难题，前期规划、审批以及资源调配尚未建立起完整的衔接。完善多主体协作模式，有助于改善存量资源利用效能不佳的情形，推动房源供给从新建开发朝存量优化转化，为社会公众住有所居提供长期稳固的保障。

一、保障性租赁住房存量房源筹集与前期管理协同机制基础理论

（一）存量房源筹集概念与模式分析

存量房源的征集，是对当下的住房资源开展挖掘和整合，增添符合规定的租赁供应，其主要在于激活闲置或低效的资产。常见的类型有市场收购、企业自主持有转化、存量项目改革。本项

研究重点专注政府超量采购后闲置的棚改安置房盘活这一特定方式。其独特特性包括：产权归属于政府，沟通协调的费用较低；资产具备保障性质且长时间处于闲置状况，能够精确符合政策要求；改造受到地理位置偏僻、标准不统一等情形的约束；转化依赖住建、财政、自然资源等多个部门的行政合作。实践表明该模式主要依赖政府内部的资产调配与行政协同，以少量的市场化运营为辅助办法，通过制度化的合作机制实现高效盘活，为前期管

理积累可复制的经验。

（二）前期管理关键环节及其协同作用

保障性租赁住房前期管理工作包括规划、审批、资源分配这三项核心步骤，全部工作内容可建立起完备的运行体系。在规划时期，根据区域的人口情况以及存量住房的分布状况，确定房源的空间分布计划和建设改造的规模，这样能让房源筛选与改造推进工作拥有清晰的执行方向。审批作业包括土地性质核查以及改造方案登记存档等基础事宜，审批程序的简化与执行准则的统一，能够缩短项目改造时长，并且保证项目全流程合法合规、安全有序。资源配置工作对项目资金、专业技术人员和各项配套服务资源予以统筹规划，项目改造的整体费用可得到有效控制，各类主体参与项目建设改造的积极主动性能够得到充分提高。针对超量采购的闲置棚改安置房盘活模式的前期管理工作，要进行存量资产清点、产权识别、改造标准适配核查，以及建立跨部门联合审批制度等主要工作内容。

二、存量房源改造中的建设管理与协同管控实践

（一）建设管理现状及问题分析

在保障性租赁住房的存量改造过程中，建设管理面临明显挑战。从规范角度而言，缺乏统一且精准的技术标准，不同项目的改造准则存在明显差别，部分完成改造的房源仍然难以满足基本的居住品质。在推进进程中，项目受到资金到账、方案审定、施工协同等因素的限制，再结合产权确认、方案获批等多个步骤，不确定性有所增加。以韶关市蓉城花园标段作为案例，该批次房源是由闲置的棚改安置房转化而来，阳台和卫生间渗漏以及墙面空鼓成为普遍存在的状况。这并非只是技术难题，更是评判项目协同管理效果的主要状况。

（二）质量进度协同管控实践与机制创新

在存量房屋的改造工作当中，通过技术问题提前协同机制来施行多项管控措施。图纸审核提前协作，施工方、监理方、物业等多主体提早介入，防止返工。在施工场地推行环境保障措施，在防水施工环节设置遮阳围挡，并且合理划分施工时段，在保障工程质量的同时兼顾施工进度。材料挑选搭配以样板为指引，统一防水物料的技术准则，将书面规范转化为实体参照。问题整改开展多方协作，利用线上渠道及时推送隐患信息，现场共同制定方案，解决信息延误。验收流程采用三方实地核查确认制度，确保隐蔽工程全环节留存相关资料。多主体联合协作机制可降低返工可能性，保障施工周期稳定且具备可控性。技术难题的显现速率和解决效能，是衡量协同机制运行效果的直观指标——将管控工作前置，方可确保质量管控真正落地。

三、协同机制模型构建与实证分析

（一）韶关本地化协同机制框架设计

1. 协同机制要素与运行原理

本项研究以韶关市住房保障中心作为主要枢纽，建立本地化

协同机制的模型。涉及的相关主体有：市住房保障中心、设计或者施工单位、物业服务公司、运营管理组织。信息共享的要素包括房源位置、产权情况等基础资料，也有合规性检查、概算审核等前期管理信息。信息互通为资源配置提供支持，资源协作实现的成效通过阶段性检验反馈至各主体，推动协同策略开展动态优化，建立起从房源挑选、改造建设直至运营进驻的全流程闭环式管控。

2. 量化协同绩效指标体系

本项研究把韶关市住房保障中心作为核心枢纽，建立本地化协同机制的模型。所涉及的主体包含：市住房保障中心（承担统筹协调、房源确定、制定标准、资格审核等工作）；设计或者施工单位（担负技术方案规划与改造落实任务）；物业服务企业（在施工阶段做好和住户的交流以及后期的协作工作）；运营管理机构（提早参与验收，保障租赁服务的顺畅衔接）。信息共享的要素包括房源位置、产权情形等基础资料，以及合规性检查、概算审核等前期管理信息。机制显示出反馈循环的特点：信息共享给资源调配予以支撑，资源联动实现的成果通过阶段性验收反馈至各主体，推动协同策略开展动态调整，建立起从房源筛选、改造施工到运营入驻的全流程闭环式管理。

（二）实证案例研究与效果验证

1. 典型项目协同机制应用分析

以本人负责的韶关市区保障性安居工程首批提标改造项目作为主要案例，涉及蓉城花园、国投·江南公寓以及滨江花园等小区，一共盘活闲置的棚改安置房房源600套。其中鸿裕花园、国投·江南公寓以及蓉城花园等楼盘在市场中收获积极的反响，年轻人群体的申请意向非常强烈，入住比例近乎饱和。在项目起始时期，市住房保障中心牵头组建跨部门协作小组，明确房源质量评定、改造方案谋划、概算审核等流程的责任主体与时间规定。在可行性研究立项阶段，同时和发改部门沟通申请概算审查，并且推进初步设计审批事宜，将串联式流程转变为并联推进方式，明显缩减前期筹备的时间跨度。

2. 数据驱动的协同效应评估

通过对这个项目开展全方位、深层次的复盘，协同机制的运作收获较为明显的成效。在效能表现上，业务办理的时间从传统模式下的七至十二个月缩减到三个月，申请材料从十二件精简为四件，审批效能提高约百分之六十以上。在成本管控领域，通过设计阶段多方案比对、施工阶段材料集中采购以及样板先试制度，单套改造的造价实现合理把控。在质量保证方面，通过设计、施工、监理、物业四方联合验收机制，蓉城花园标段因防水、墙面问题导致的返工比例明显降低，首批入住的租户反馈状况良好。统计表明以住房保障中心为主要的协作机制，有效解决存量房源筹集与前期管理相脱节的问题。信息共享体制对提高效率的效果最为明显，跨部门同步审批对缩减周期，验证本地化协同模式在盘活闲置棚改安置房方面的实践价值。

四、盘活存量资产的全流程管理优化与创新

（一）房源筛选标准与部门协同清单

1. 房源筛选标准

根据韶关市区保障性安居工程首批提高改造项目的实践情况，将闲置棚改安置房转变为保障性租赁住房需符合以下筛选准

则：在区位状况方面，优先挑选周边公共交通便利、15分钟生活圈里具备基础医疗与教育配套的房源；从建筑状况来讲，要求主体结构稳定、剩余使用期限不少于20年、单套面积控制在35—70平方米区间（符合保障性租赁住房以小户型为主的基本要求）。从产权情况来看，产权归属清晰且不存在争议，已完成竣工验收的备案工作；从改造的经济性来讲，单位面积的改造成本明显低于新建项目的成本。蓉城花园、国投·江南公寓以及滨江花园等小区的600套住房都按照上述标准开展筛选工作，为后续协同管理营造扎实的资产质量基础。

2. 部门协同清单与权责界定

市住房保障中心作为牵头主体，承担房源统筹认定、拟定改造标准以及审查租赁资格等工作；发展改革部门负责审批项目立项与可行性研究报告，审核概算；财政部门负责拨付资金，在可研立项阶段提前介入；设计或施工单位负责编制技术方案和执行业务现场改造；小区物业配合施工期间与住户的沟通以及后期运营接管；运营单位提前参与验收，保障交付后租赁服务无缝衔接。各节点的权力和责任通过任务清单的方式进行固化。

（二）前期报审流程优化与装修技术标准

1. 前期报审流程打通关键堵点

在传统模式里，从项目立项直至取得施工许可，需经历可研报告编写、概算审核获批、初步设计、施工图审查、招标备案等依次推进的环节，整个周期达7至12个月之久。此项目创造性地推行并联审批与容缺受理制度：在可行性研究报告编写阶段开展概算预先审核工作，初步设计审批和施工图审查工作并行开展，由住房保障中心主导组织联合现场勘查，以此替代分散的部门验收。通过与发展改革部门对接，参与立项审批、开展概算审核，让设计单位提前与施工图审查机构对接，将业务办理时间缩短至3个月，申请材料从12件精简为4件。堵点化解的重点在于住房保障中心充当核心枢纽的统筹协作能力，以及各协同部门对一事一议快速响应机制的密切配合。

2. 装修技术标准与通病防治要点

因为韶关高温且高湿的气候特性，项目小组归纳出可复制的装修技术准则：在防水施工领域，墙面使用柔性防水涂料，地面使用刚性防水涂料，在阴阳角部位增设额外防水层；在墙面抗裂方面，运用丁基胶与抗裂砂浆网格布复合工艺，基层有空鼓的区域要整面铲除到结构层后再重新找平；在外窗安装方面，设置三条密封胶条，窗框和墙体之间的缝隙采用发泡聚氨酯进行填充处理。所有技术规范经样板间率先验收，把文字规定转变为实物准则。在工程施工期间，建立建设方、施工方、监理方三方联合确

认机制，保证每一项隐蔽工程验收都有记录、有签字、有影像资料留存，从根源上控制通病复发的几率。

（三）市场化服务补充的“微创新”与经验总结

在政府主导的基础方案下，项目积极探寻配套服务市场化的微创新途径。把小区底层商铺、停车场等配套服务的运营权利通过特许经营方式引入社会资金，其所得收益专门用于填补物业管理成本的空缺，进一步缓解财政补贴的压力。需重点强调的是，保障性租赁住房的租赁资格审核、租金定价这类核心管理职责，一直由市住房保障中心严格掌控，社会资本不得介入租户准入和退出环节。清晰的政企职责边界与契约化设定，是合作成功的重要条件。韶关模式的主要启示为：把住房保障中心当作枢纽，建立标准化甄别、并联式核准、清单式权责的全流程协同机制，可在严格掌控政府债务风险的前提下，实现闲置棚改安置房的高效盘活与可持续运转。

（四）PPP模式适用性的审慎思考

对保障性租赁住房存量改造运用PPP模式需谨慎评估。在经济领域，租金取得的收益相对不高，难以符合社会资本市场化回报的要求；从政策方面而言，2026年政府工作报告明确指出遏制违规新增隐性债务是铁的纪律，政府很难通过财政补贴来填补收益方面的亏空。从风险角度来看，存量房源存在的像产权方面的缺陷、标准不够明确等情形，已超出社会资本能够把控的范围。从效能角度而言，在将政府资产盘活作为核心的模式中，跨部门行政协作相较于市场机制，具有时效和可控方面的长处。

五、总结

通过韶关市首批升级改造项目验证，政府内部协同盘活存量棚改安置房屋的模式具有可行性且高效。初期业务周期由七个月至十二个月缩短到三个月，单套改造费用明显低于新建工程，减轻财政负担。研究表明存量房源筹集与前期管理的协同机制，可通过信息共享、流程整合、责任共担，确实解决筹集和管理相分离的难题。根据实践编制《全流程管理参考指南》，包括房源筛选标准、部门协作清单、前期报审流程图示、装修技术规程以及配套服务微改革等五个方面的内容。建议建立存量房源动态信息库，实现数字化协同合作。研究局限：因为单个城市和项目的经验，协同机制的可复制性尚需更多案例予以验证。未来可开展跨城市的比较研究，探索在不增加隐性债务的情况下适度引入社会资本的制度设计。

参考文献

- [1] 李雅菲. 保障性租赁住房监督机制研究 [D]. 西安建筑科技大学, 2023.
- [2] 李紫薇. 基于感知价值的新筹集保障性租赁住房区位选址分析 [D]. 西安建筑科技大学, 2022.
- [3] 董杰. 基于演化博弈的保障性租赁住房多主体协同机制研究 [D]. 西安建筑科技大学, 2023.
- [4] 伍翰程. 中金厦门安居保障性租赁住房 REITs 案例研究 [D]. 广州大学, 2023.
- [5] 刘昭. 武汉市保障性租赁住房建设的困境及对策研究 [D]. 华中科技大学, 2022.
- [6] 李小浩. 盘活存量资产政策背景下保障性租赁住房发展路径研究 [J]. 中国房地产 (下旬刊), 2022(7): 24-28.
- [7] 章雯芝, 陈峰. 保障性租赁住房与公共租赁住房比较及启示 [J]. 中国房地产 (上旬刊), 2022(5): 20-24.
- [8] 范晶晶, 翟富强. 保障性租赁住房政策浅议 [J]. 合作经济与科技, 2023(17): 172-174.
- [9] 王建红. 保障性租赁住房: 挑战与对策 [J]. 中国房地产 (上旬刊), 2022(3): 28-32.
- [10] 顾光昊. 保障性租赁住房企业未来战略探索研究 [J]. 中国科技投资, 2022(35): 17-19, 31.

县域城乡规画区工程测量控制网建立与精度控制研究

陈俊良

广宁县城乡规划服务中心, 广东 肇庆 526300

DOI:10.61369/UAID.2026030044

摘 要 : 县域城乡规划区域的工程测量控制网建立要结合地形条件与规划要求, 根据测量平差的相关理论来设计方案和拓扑结构, 针对县城、乡镇以及中心村等不同区域的特性, 运用恰当的技术。精度把控通过误差分析、统计手段、模型校验以及自适应调整实现, 各区域的道路、建筑、管线工程的测量放线与验收要根据规范精度标准, 为城乡规划提供可靠的基准保障。

关 键 词 : 工程测量控制网; 县域城乡规划区; 精度控制

Research on the Establishment and Accuracy Control of Engineering Survey Control Network in County Urban and Rural Planning Area

Chen Junliang

Guangning County Urban And Rural Planning Service Center, Zhaoqing, Guangdong 526300

Abstract : The establishment of the engineering survey control network in the urban and rural planning area of the county should be combined with the topographic conditions and planning requirements. According to the relevant theories of survey adjustment, the design scheme and topology structure should be designed. According to the characteristics of different regions such as county, township and central village, appropriate technology should be used. The accuracy control is realized through error analysis, statistical means, model verification and adaptive adjustment. The measurement and acceptance of roads, buildings and pipeline projects in various regions should be based on the standard accuracy standards to provide reliable benchmark guarantee for urban and rural planning.

Keywords : engineering survey control network; county level urban and rural planning area; precision control

引言

县域城乡规划区域的合理建立依靠精确的工程测量控制网当作空间基准保障, 其设计、设置以及精度把控直接关联到规划执行的精确性与效能。2022年发布的《十四五新型城镇化实施方案》清晰提出优化县域城乡空间的布局, 强化基础设施建设的精准支撑, 为工程测量控制网的建立提供政策指引。文本专注控制网的基本理论、技术特点、实际测量操作以及精度把控等领域, 结合县城、乡镇、中心村的不同地形条件与工程要求, 提出分级管控的策略和多技术整合的措施, 通过误差分析和模型优化来提高测量精度, 为县域城乡规划的科学抉择以及工程执行提供稳固的技术支撑, 帮助城乡建设朝着数字化、精准化的方向迈进。

一、工程测量控制网基础理论

(一) 测量控制网设计原理

测量控制网的建立设计是以测量平差的原理为基础, 通过最小二乘法对观测数据加以处理, 实现控制点坐标的最优估算^[1]。技术方案要结合县域地形特点与规划要求: 优先挑选国家或地方高等级控制点当作起算基准; 坐标体系采用高斯、克吕格投影或者抵偿投影面, 从而控制投影形变; 网络拓扑根据功能分区采用三角网、导线网或者 GNSS 网, 合理设定控制点的密度与分布, 保证图形强度与可靠性, 为地形测量和工程放样提供统一的基准。

(二) 规划区测量技术特性

在县级行政区的城乡规划领域中, 包括县城、乡镇以及中心村, 不同地区的测量技术特点存在明显差异。在县城范围, 建筑相对密集、交通车流量大, 高层建筑物遮挡以及地下管线复杂情形易造成 GNSS 信号失锁, 要通过边角网或者导线网等传统测量方式来补充控制。乡村地区地势相对平坦、农田呈交错状分布, 既有线性工程对控制网连续性的需求, 又要兼顾分散居住点位的精确程度, 适合运用 GNSS-RTK 与全站仪结合的方法来提高效率。中心村分布零散、通视状况不佳, 要重点确保点位之间的通视情形和稳定性。在山地规划区域需增加控制点数量, 以此消除

因地形起伏导致的测角、测距偏差，而平原地区能够通过 GNSS 静态观测迅速建立测量网络。在工程类型方面，道路工程需要控制网拥有高精度的线性传递能力，对于建筑工程而言，需在局部区域设置高精度加密控制网，从而满足施工放样的要求^[2]。

二、测量控制网的建立过程

（一）控制点布设与规划

根据规划区域的大小和工程的种类，来明确控制点的疏密程度和等级。针对道路、管线这类线性工程的沿线区域，要开展加密设置工作，从而实现施工放样的精度标准。GPS 静态测量应用于首级控制网络里，其覆盖范围较大、受地形约束较小，特别适用于县城复杂地形地带^[3]；全站仪用于次级控制网的加密以及局部测量工作，通过边角测量来提高平面精度。基准点需选在地质稳固、不易受工程建造影响之处，像道路交汇点、管线开端点等主要节点，以此保证长期稳定性与可访问性。控制点的设定要实现全面包括，防止城乡结合区域以及新规划建设区域产生测量空白区域，保证可为后续的工程测量提供统一且可信的基准策略。

（二）实测操作与放线实施

在实际开展作业时，以平面和高程控制网作为基准，通过全站仪、GNSS 接收机等装置采集数据，在开展观测之前要完成仪器的检校工作，保证其符合测量规范的要求。进行放线操作时，根据建筑物布局运用极坐标法或者直角坐标法把设计坐标转变为现场的点位，完成放样之后要对点位进行复核，从而保证建筑物轴线的偏差处于允许的范围之内。开展道路工程放线作业时，主要任务是确定道路中线的控制位置点。当中线桩位测设完成后，要进一步明确道路的边线和高程控制位置，接着结合水准测量工作来掌控道路纵断面的高程数据，以此确保道路坡度与设计要求相符。实际的操作与放线工作实施要严格根据工程测量规范，通过多次复核、仪器校正以及优化观测条件等途径，实现误差的初步控制，为后续的工程建设提供精确的测量基准^[4]。

三、精度控制研究

（一）精度评估方法

1. 统计分析方法

在精度控制的研究里，统计分析手段是定量控制网数据质量的主要技术，它通过对观测数据进行数学运算来显示误差特性与精度状况。采用方差分析手段能够区分测量流程中的系统误差和随机误差。在县城城乡规划区域的工程测量控制网当中，通过计算观测值的方差以及协方差矩阵，对控制网整体精度的一致性展开评估，识别由地形起伏、观测环境差异所引发的误差分布规律^[5]。回归分析方法能够用于建立观测值与影响因子的数学模型，通过明显性检验来判定各因素对测量精度的贡献大小，进一步对观测方案进行优化。在把这项技术运用到县城测量数据领域时，要根据道路和建筑物工程的实际需要，挑选典型测区去进行验证工作。

2. 模型验证与调整

模型验证与优化是县城城乡规划区域工程测量控制网精度管控的主要步骤，要通过实测数据和理论模型的符合度分析来检验控制网的稳固性。具体措施包含运用残差分析来评估观测值与模型预测值的偏差状况，通过卡方检验来验证观测数据的统计明显性，联合均方根误差（RMSE）对拟合程度进行量化处理，以此保证模型能够精准反映控制网的实际精度情况。在此前提下，引入自适应算法对控制网的方案和观测方案进行优化，通过实时调节观测权值、动态更新基准点坐标的途径，加强高程与平面坐标的控制稳定性。自适应算法能够根据实测数据误差的分布特性，自行调整模型参数，降低系统误差对精度造成的影响，让控制网在复杂的地形与环境状况下仍然可以符合城乡规划工程的验收标准。在研究进程里要参考有关精度验证的标准方式以及自适应优化的应用实例，保证模型验证与调整程序具有科学性和规范性^[6]。

（二）误差因素与优化策略

1. 误差来源分析

在精度控制研究里，对误差形成根源的分析是建立县城城乡规划区域工程测量控制网的主要环节。测量进程里的主要误差源头能够分成设备误差、环境干扰以及人为因素这三类。设备误差包括测量仪器的系统误差和随机误差，例如全站仪的轴系偏差、GNSS 接收机的多路径现象等，这类误差会直接对观测数据的精确程度产生影响^[7]。环境干扰要素包括大气折射、温度变动、电磁干扰等状况。在城乡规划区域复杂的情形下，比如管线工程的建设区域，周边建筑物的遮挡、地下管线电磁信号的影响等都会明显增加测量误差。人为要素会关联到观测人员操作的合规性、数据记录的精确性等，比如观测时对中整平出现的误差、数据录入失误等，这种因素在县城城乡规划地区的大范围测量中容易被忽略但影响明显。

2. 误差控制策略

在精度把控的研究里，误差管理办法要符合县城城乡规划地域工程测量的现实需求，给出具备针对性的优化措施。数据处理算法的优化可运用抗差估计和卡尔曼滤波相结合的方式，确实降低粗差对平差结果产生的影响，提高控制网平差的精准度^[8]。在实时监测技术的运用方面，引入全球导航卫星系统连续运行参考站系统（CORS），实现对控制网点位置的动态监测，及时察觉点位移动并予以修正，保证测量成果的时效性与可靠性。标准化流程的设定要清晰划定从控制网设计、外业数据采集到内业数据解析的整个流程准则，包括观测时间段的确定、仪器校正条件以及数据质量检验标准，降低人为操作产生的误差。针对城乡建设工程里室内地台高程测量这类有高精度要求的工作，能够运用精密水准测量和三角高程测量相结合的模式，通过多手段的数据融合来进一步提高局部区域高程的精准程度。这些策略综合运用起来，可为县城城乡规划区域工程测量控制网的精准度提供多方面保障，符合城乡建设里对测量数据的高精度要求。

四、具体工程测量工作应用

（一）县城规划区测量实施

1. 道路与建筑物测量放线

在县城规划区域开展测量实施工作时，道路和建筑物的测量

放线要以已建立的工程测量控制网作为基准，保证数据采集以及坐标转换的精度具有一致性。在开展道路放线工作前，要通过全站仪或者 GNSS 接收机来获取道路中线、边线以及交叉口的平面坐标，同时结合控制网里的已知控制点展开数据核查，确保点位误差能够符合规划设计的要求。在工程施工指导时期，测量人员要实时跟进放线结果，针对施工流程里的轴线偏移开展动态监控，及时矫正施工偏差，确保道路线形顺畅以及建筑物位置精准。此过程要严格根据控制网的精度标准，例如平面位置的中误差不超5cm，高程中误差不超3cm，借此实现县城规划区建设的精度需求^[9]。

2. 县城房屋竣工验收现状图测绘

在县城规划范围里，房屋建成之后需进行验收现状图的测绘作业，将其当作工程合规性判断以及产权登记的根据。测绘工作将工程测量控制网作为基准参照，采用全站仪或者 GNSS-RTK 技术，对建筑物的平面位置、外形轮廓、层数、出入口位置以及室外标高进行数据采集工作。对于复杂或异形的建筑物，可通过三维激光扫描技术获取完整的立面和顶部信息。在进行测绘工作之际，要重点核查建筑物实际的建设地点与规划红线、道路边线以及临近建筑的间距是否符合批准规定，平面位置的中误差需控制在 $\pm 5\text{cm}$ 范围以内。最终完成的竣工现状验收图应包括建筑物主体、附属设施、地面高度以及周边地形要素，并且要根据《工程测量规范》（GB 50026）绘制图形，以此为规划核实、不动产登记和城市基础数据库更新提供可靠的数据^[10]。

（二）乡镇规划区测量实施

1. 乡镇道路与建筑物精度控制

在进行乡镇规划区域的测量工作时，要把控道路网和建筑物的测量精度，需充分考虑乡镇地理分布分散的特点，通过优化后的控制网实现高效的测量与验收事宜。在道路网实际开展测放工作时，根据已建立的区域控制网，运用极坐标法或者全站仪坐标放样工艺，把道路中心线、交叉口以及附属设施的设计坐标转变为现场可实施的测量数据。通过控制点的空间优化布局，降低转站频次，保证相邻道路段的衔接精度达到不低于1:500比例尺地形图的精度标准，也就是平面位置中误差不超出 $\pm 5\text{cm}$ 。在进行建筑物放线工作时，要根据建筑的规模和功能来明确精度等级。对于低层民用建筑，采用二级导线进行控制作业，平面位置的中误差应控制在 $\pm 10\text{cm}$ 的区间内；而对于高层或公共建筑，需将精度提高至一级导线标准，中误差不能超过 $\pm 5\text{cm}$ 。

2. 乡镇房屋竣工验收现状图测绘

针对乡镇规划区域内房屋的竣工验收现状图测绘作业，要考量乡镇建筑多属低层、分散布局的特点，采用灵活且成本能把控的技术方案。通过乡镇规划区域控制网络，利用全站仪或者 GNSS-RTK 对建筑物的主体外形、层数、结构类别、室内外地面标高以及主要出入口方位进行实地量测。对于每栋建筑，要挑选不少于三个特征点来测量其坐标与标高，确保平面位置的中

误差不超过 $\pm 10\text{cm}$ ，地台标高（室内 ± 0 处）的中误差不超过 $\pm 5\text{cm}$ 。在进行测绘作业时，需重点关注建筑物与相邻道路、宅基地边界以及规划控制线的相对关系，绘制出能够真实反映竣工后建筑布局情况的现状图。该成果可为乡镇规划核验、宅基地确权登记以及村庄建设档案的管控提供基础数据支撑。

（三）中心村及相关工程应用

1. 中心村道路与建筑物测量

在中心村规划区域的道路和建筑物进行测量放线实际操作时，要根据中心村的小尺度空间特性来调整控制网的使用逻辑。通过已建立的县城城乡规划区域工程测量控制网络，优先挑选分布均衡、通视状况良好的控制点当作放线基准。因为道路线性较短、建筑布局紧凑的特性，运用加密图根点的办法优化点位布设的密度，把图根点间距把控在50-100米，以此保证能够满足1:500比例尺地形图测量以及放线精度的需求。进行道路放线工作时，根据控制网已有的坐标，运用全站仪极坐标方式或者 GNSS RTK 技术明确道路的中线桩、边线桩以及交叉口的特征点，桩位误差应控制在不超过 $\pm 5\text{cm}$ 的范围；开展建筑物放线作业时，要按照规划总平面图，先计算出建筑物角点的坐标，然后使用直角坐标法或者距离交会法开展轴线的放样，轴线偏差要控制在 $\pm 3\text{cm}$ 以内，对相邻建筑物的间距进行复核，偏差不能大于规划值的 1/5000。开展放线工作时，根据《工程测量规范》GB50026-2020里针对小型工程的精度要求实施作业。对放样数据以及现场复核情况进行记录，形成包括控制点坐标、放样点位结果、偏差分析的验收材料，为中心村道路与建筑物的施工质量验收提供精确的测量技术保障。

2. 室内地台高程与管线精度评估

在县城城乡规划领域的工程测量控制网方案下，中心村室内地台高程的测定遭遇地面下陷、建筑构造形变以及室内环境遮挡等特殊状况，要融合水准测量与 GNSS-RTK 技术实现高精度数据收集。室内地台标高的测定要以区域控制网当作基准，通过设置加密水准点，运用二等水准测量方式得到地台相对标高，同时使用全站仪对建筑内部主要位置开展三维坐标测量，保证数据和控制网基准相一致。管线工程数据精度评定要建立通过控制网的坐标变换模型，把管线三维坐标和控制网数据开展匹配校验，经由计算平面位置的中误差以及高程的中误差，评价管线数据的可靠性。验收把控阶段要设定统一的精度标准，例如管线平面位置的中误差不超出5cm，高程中误差不超出3cm，室内地台高程中误差不超出2cm。采用现场抽检和数据复查的方式，保证中心村室内地台和管线工程数据在整体控制网下具备一致性，从而为城乡规划区的工程建设提供可靠的测量根据。

五、总结

县城城乡规划区域内工程测量控制网的建立与精度把控研

究,主要成果专注于控制网建立的理论改革与技术应用成效。从理论方面来看,对控制网的布设方案进行优化,同时根据县域的地形特点和规划要求,提出能够适应城乡空间差异的分级控制措施,化解传统控制网覆盖不充分与精度过剩的矛盾。在技术运用方面,对于不同工程类别(像道路、建筑、市政设施)的测量和验收要求,检验 GNSS 与全站仪联合测量技术的适用性,实现测量数据的高效收集与动态校正,保证工程各环节的精度满足规范

规定。此研究存在一些局限,例如对复杂地形区域精度稳定性的分析不够,智能化监控手段的运用深度有所受限。后续研究能围绕建立智能化精准监测体系来展开,融合物联网和大数据技术,实现控制网数据的即时传输与异常告警,为城乡规划测量工作提供更精确的实践指引,促进县域工程测量向数字化、智能化方向迈进。

参考文献

[1] 孙琦栋. 面向大尺寸装配对象的激光雷达自动测量精度控制技术研究 [D]. 长春理工大学, 2022.
[2] 杜威. 注射成型熔体波动及重复精度控制的研究 [D]. 北京化工大学, 2023.
[3] 于俐涵. 钢管管端焊缝修磨机器人精度控制与稳定性优化 [D]. 燕山大学, 2022.
[4] 令狐冰冰. 基于数值模拟的直薄壁法兰件辗扩成形精度控制及工艺参数研究 [D]. 太原科技大学, 2023.
[5] 蒋晗. 大型海洋油气模块结构虚拟对接及精度控制技术研究 [D]. 天津大学, 2022.
[6] 王喜超. 高层建筑工程测量精度分析与控制 [J]. 中国住宅设施, 2022, (01): 76-78.
[7] 赵慧. 矿井贯通测量精度控制研究 [J]. 山西冶金, 2023, 46(03): 174-176.
[8] 武水文. 工程测量技术在地下工程测量与精度控制中的应用 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2025, (30): 162-164.
[9] 曾杰. 矿山工程中地质测绘工程技术精度控制策略探究 [J]. 世界有色金属, 2023, (22): 32-34.
[10] 唐大健. 精度控制在建筑工程测量中的应用 [J]. 中阿科技论坛 (中英文), 2021, (03): 46-48.

国土空间智能化赋能乡村振兴实施路径

吴晓军

广东省广播电视网络股份有限公司珠海斗门分公司，广东 珠海 519000

DOI:10.61369/UAID.2026030048

摘 要： 国土空间规划智能化是乡村振兴的重要技术支撑。广电网络凭借公信力、广域覆盖与属地化运维优势，可构建高可信的乡村空间治理专网。通过感知网络、时空底座、智能管控与协同治理四个维度，实现耕地保护、生态红线监管、村庄建设管控等场景的智能化应用。结合数据资源体系建设、AI技术与应急广播深度融合、分类施策及规划与公共服务联动等路径，有效提升乡村空间治理效能，推动乡村振兴落地实施。

关 键 词： 国土空间规划；智能化；乡村振兴；空间治理；广电网络

Implementation Path of Intelligentization of Territorial Space Empowering Rural Revitalization

Wu Xiaojun

Zhuhai Doumen Branch, Guangdong Radio and Television Network Co., Ltd., Zhuhai, Guangdong 519000

Abstract： The intelligentization of territorial spatial planning serves as a crucial technical support for rural revitalization. Leveraging its credibility, wide-area coverage, and localized operation and maintenance advantages, the broadcast and television network can establish a highly reliable private network for rural spatial governance. Through four dimensions: perception network, spatiotemporal base, intelligent control, and collaborative governance, it achieves intelligent applications in scenarios such as farmland protection, ecological red line supervision, and village construction control. By integrating data resource system construction, deep fusion of AI technology and emergency broadcasting, classified policy implementation, and linkage between planning and public services, it effectively enhances the efficiency of rural spatial governance and promotes the implementation of rural revitalization.

Keywords： territorial spatial planning; intelligence; rural revitalization; spatial governance; broadcast and television network

引言

乡村振兴战略的全面实施，需要国土空间治理能力的现代化支撑。国土空间规划智能化融合遥感、AI与大模型等技术，可有效提升耕地保护、生态红线监管、村庄建设管控等业务效能。广电网络依托党媒政网的公信力、广域覆盖和属地化运维体系，能够构建高可信的乡村空间治理专网。从感知网络、时空底座、智能管控、协同治理四个维度出发，推动智能化应用与应急广播、视频监控深度融合，形成低成本、可落地的乡村振兴实施路径。

一、国土空间规划智能化的技术逻辑与广电网络的独特定位

（一）乡村空间治理的内涵边界

“乡村空间治理”的核心业务范畴，主要包括以下五类：

耕地与永久基本农田保护：耕地“非农化”“非粮化”监测、占补平衡，需要高频次遥感比对与田长制巡查轨迹记录。

生态保护红线监管：水域岸线侵占、生态破坏行为识别，需要视频 AI分析与红外热成像预警。

村庄建设边界管控：违建识别、宅基地选址合规审查，需要高清监控与 AI变化检测。

农村产业用地布局：设施农业、乡村旅游用地合规性判断，需要地块用途智能分类与审批数据关联。

规划实施监测评估：指标完成度与空间格局演变分析，需要时空大数据挖掘与大模型辅助评估。

文章所讨论的“智能化赋能”，仅指上述业务场景中技术手段的应用。治安监控、应急广播、农产品营销等行为，只有当其服务于上述空间用途管制目标时，才纳入分析范围。

（二）广电网络作为“可信空间治理网络”的独特价值

广电网络凭借独特属性，可构建可信空间治理网络。其公信力与应急权威高于商业平台，为非现场执法提供可信源头。广域覆盖与入户机顶盒支持双向交互，直达农户。属地化运维人员遍

布乡镇，可降低巡检成本，互联网企业难以复制。由此形成高可信、低延迟、双向互动的乡村空间治理专网。

二、广电网络赋能国土空间智能化的四个维度分析

基于上述理论视角，从“感知网络、时空底座、智能管控、协同治理”四个维度，分析广电网络如何具体赋能乡村空间治理。

（一）感知网络：低成本数据采集与传输

乡村振兴的前提是“摸清家底”——准确掌握乡村的土地资源、产业结构、人口和环境状况等基础信息。自然资源部推进的“一张图”建设已构建三维国土空间底图。在地方层面，珠海市斗门区通过“三线整治”（电力线、通信线、广播电视线）专项行动，完成了管线资源的规范化整合。据珠海市通报，截至2025年，已纳入整治台账的老旧小区和城中旧村达499个，广电网络主动承接重点区域整治任务，为后续智能化设备部署提供了标准化的管线通道和基础设施环境^[1]。



图1：三线整治与智能化设备部署衔接示意图

在肇庆市广宁县古水镇，“智慧广电—数字古水”基层治理体系围绕15个村（居）委构建了党建、预警、设备、气象与安防数据的实时更新系统^[2]。系统对重点水域的AI识别准确率达92%以上，当预警发生时，自动将短信推送至相关人员手机端，村干部可在线核实并远程处理。这一案例表明，广电网络既提供了高带宽传输通道，又实现了与各类前端感知设备的标准化对接^[3]。

（二）时空底座：GIS与应急广播联动的统一平台

智能化感知网络的核心枢纽，是一个多层协同的时空信息平台。广电网络凭借其覆盖广泛的节点接入能力，可构建“GIS地图+应急广播+感知数据”三位一体的统一时空底座。

珠海斗门“智慧一公里”项目：珠海广电网络在斗门区投入约3000万元，建成覆盖101个行政村、23个社区的三级播控管理

平台，部署大喇叭终端千余套及电子大屏幕。该系统的核心技术机制为：通过GIS地图划定预警区域（多边形或缓冲区），空间查询检索区域内广播终端，生成播发指令（含SIP协议封装），终端执行并回传状态，GIS地图可视化展示播发覆盖与反馈。在台风预警演练中，系统可实时监测所有终端运行状态、定位各区域人群迁移特征，为应急管理与人居住环境管控提供第一手数据支撑。

应急广播与GIS联动定位播发流程

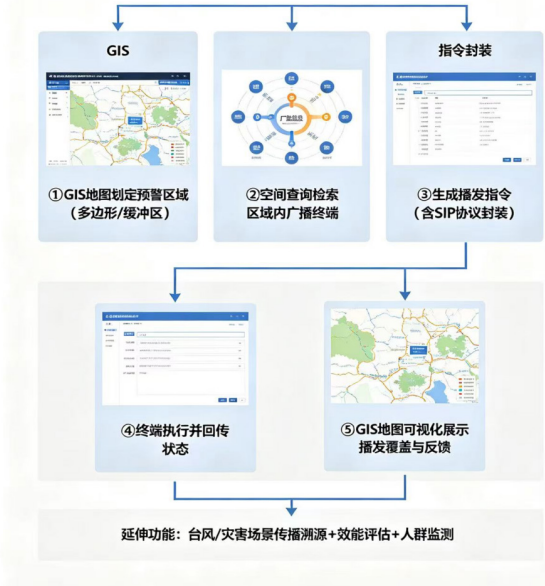


图2：应急广播与GIS联动定位播发流程图

肇庆四会石狗镇打造“数智石狗”平台，整合智慧党建、平安乡村、灾害监测等八大智慧应用板块。村内道路由高清摄像头全天候值守，温湿度设备实时采集农业环境数据，依托5G技术整合信息，形成直观的数字地图。一旦出现火情，热成像设备可快速识别险情，保障救援人员及时到场。该实践体现出时空底座打破信息壁垒，逐步转向智能协同运行的发展变化^[4]。

（三）智能管控：部署AI驱动的智能监测体系

区域内布设高清视频监控与应急广播设备，依托AI算法开展运行分析。国土空间规划走向智能化，也让乡村空间用途管控，迈入智能管控、非现场执法的全新阶段。

1.AI视觉识别在空间用途管制中的应用：以斗门乾务镇为例

珠海市斗门区乾务镇在乾南中路30处关键位置安装智能监控设备，借助AI算法，可自动识别占道经营、车辆违停等违规行为并及时预警。当地搭建起智能预警、信息推送、分级处置的工作流程：监控设备采集画面，AI识别违规信息后，经由广电网络发送至巡查人员移动端，现场处置工作需在10分钟内完成，整体流程耗时不超过15分钟。设备还可远程留存影像资料，记录乱贴乱画、垃圾乱倒等行为，为乡村空间管控工作提供技术支撑^[5]。

2.AI+应急广播联动：防溺水预警与柔性劝导

肇庆广宁县古水镇运用智能系统监测重点水域，AI识别准确率达92%以上。一旦发现有人靠近危险水域，系统会立即启动应急广播语音劝导，并向网格员发送提醒短信。依托监控抓拍、智能识别、广播警示、线下核查的运作方式，当地形成了非现场执法搭配柔性劝导的新型空间治理体系。

水域及岸线生态保护区，是国土空间规划划定的重点管控区域。AI 识别搭配应急广播的联动方式，能够对生态红线范围内的人员活动及时干预，成为智能化监管的有效手段。

3. 规划合规审查自动化：宁波“村规审查助手”

宁波市自然资源和规划局依托自主时空 AI 平台，结合检索增强技术，研发出村规审查助手。该工具可自动核查村庄规划的文本与空间数据，并给出相应调整建议。使用时先上传规划文件，完成数据处理后调取法规库，再由智能模型完成合规判定，最终出具正式审查结果。这套系统将审核效率提升六成左右，改变了以往依靠经验审核的模式，助力基层规划管理工作，有效减少人工复核的工作量。

（四）协同治理：公信力与数据主权保障下的效能提升

各类智能治理手段，最终都应用于乡村振兴的实际治理工作中。广电网络具备党媒政网的特质，也让空间治理相关数据拥有更高的可靠性与安全保障。

综治视联网由广东省委政法委牵头搭建，是一套大型高清视频会议系统。网络覆盖全省 21 个地市，共计 11293 个站点，打通省、市、县、镇、村五级通信通道。系统支持实时双向视频交互，使用方式灵活。遇到突发状况时，可快速组织跨层级管控协调会议，确保各项决策直达基层一线^[6]。

平台按照省级技术标准建设，搭载多重安全防护设备。广电网络非商业运营，数据全程无商业应用，有效保护农户隐私，提升群众对空间治理技术的信任。

斗门镇大力推行无人机巡查，相关作业开展近 500 次。设备单次飞行 30 分钟，便能完成全镇范围巡查，对违法搭建、乱倒垃圾等问题识别准确率超 98%。结合 AI 智能比对功能，全镇累计排查出违法用地、违建疑似点位 220 余处，可快速定位并处理村庄规划范围内的违规用地行为。如今这类问题的处置用时从原先数小时压缩至 15 分钟内，基层治理效率得到明显提升^[7]。

三、智能化背景下乡村振兴实施路径

结合前文四维分析结果，立足国土空间规划智能化发展现状，梳理出四条乡村振兴落地实施的发展路径。

（一）夯实基底：加快乡村空间数据资源体系建设

重点围绕高标准农田、乡村产业聚集区及各类重点整治区域，搭建乡村一体化感知体系，形成空、地联动的巡查监测模式。依托广电网络乡村覆盖广的特点，整合原有运维点位，增设智能监测设施。在村落出入口、基本农田边界、生态红线区域布设高清监控设备；借助现有杆路加装环境监测装置，有效控制建设成本。同步搭建县域实景三维时空数据库，保持每年两次的数据更新。

（二）技术融入：推动智能化应用与广电网络深度融合

在公共空间用途监管、生态红线预警、村庄建设边界管控三大核心方向，推广“监控摄像+AI视觉识别+应急广播提醒+一线核实”的非现场执法模式。具体技术规范建议：视频监控点位的选点应同步考虑广电网络的传输路由和供电条件；AI模型宜采用边缘端轻量化部署（如YOLO系列模型），并通过广电网络定期更新；应急广播应预留与国土空间规划“一张图”系统的API接口，实现基于空间范围的精准播发。同时，借助广电网络基层服务团队，构建乡镇—运营商—行政村三方运维支撑体系，确保设备在线率不低于95%。

（三）场景驱动：构建分类施策的乡村智能应用体系

针对不同类型乡村，差异化部署智能应用场景：

粮食主产区（如黄淮海平原、东北平原）：优先部署智慧农田监测、田长制巡查轨迹管理，实现耕地“非农化”实时预警。

城乡融合区（大城市近郊区）：聚焦村庄建设边界AI变化检测、宅基地智能审批，遏制违法建设蔓延。

生态功能区（水源地、自然保护区周边）：实施水域/林地入侵识别、红外热成像预警，保障生态红线刚性管控。

旅游特色村（传统村落、景区周边）：部署客流热力监测、公共空间用途动态评估，防止商业化无序扩张。

（四）协同联动：打通国土空间规划与公共服务的智能化通道

推动国土空间规划“一张图”数据与广电网络公共服务平台互联互通。具体路径包括：在广电网络机顶盒上开设“村务公开”专区，实时发布宅基地审批结果、规划调整公示、违法用地处罚决定；开发“空间治理一键举报”功能，农户可通过电视端或手机端上传疑似违建、耕地破坏等线索，系统自动叠加坐标并入库；利用AI大模型辅助宅基地选址合规审查，将选址坐标与永久基本农田、生态红线、地质灾害区进行自动比对，5分钟内出具初审意见。

四、结束语

国土空间规划智能化与广电网络融合，为乡村振兴提供可落地的技术路径。依托感知、时空、智能、协同四维度，耕地保护、生态红线监管、村庄建设管控等核心场景实现智能化升级。广电网络凭借党媒政网公信力、广域覆盖与属地化运维优势，构建高可信乡村治理专网。夯实数据资源，推动AI与应急广播联动，分类施策，打通规划与公共服务，提升基层治理效能。智能化赋能助力乡村空间治理现代化，推动乡村振兴战略落地见效。

参考文献

[1] 珠海广电网络. “告别空中蜘蛛网”，珠海广电网络积极开展“三线整治”工作 [EB/OL]. (2022-08-16).
[2] 广宁县人民政府. “智慧广电—数字古水”基层治理体系启用 [EB/OL]. (2025-12-11).
[3] 珠海市文化广电旅游体育局. 珠海市召开推进应急广播系统建设现场会 [EB/OL]. (2020-08-21).
[4] 广东广电网络. “数智石狗”破浪前行（1）：数字之光，点亮乡村治理新图景 [EB/OL]. (2025-08-04).
[5] 珠海市斗门区人民政府. 乾务镇运用智能监控让市容管理提档升级 [EB/OL]. (2025-06-06).
[6] 广东广电网络. 省综治视联网助力疫情防控工作 [EB/OL]. (2020-02-05).
[7] 珠海市斗门区人民政府. 斗门区推进“百千万工程”：改革赋能，高标准建设全省首批典型区 [EB/OL]. (2025-07-15).

城市更新视角下存量土地盘活利用 与片区规划提质改造路径探究

雷璇

天津大学建筑设计规划研究总院有限公司, 天津 300070

DOI:10.61369/UAID.2026030068

摘 要 : 当前我国城市发展已全面进入存量更新的精细化发展阶段, 增量扩张的传统发展模式已无法适配城市高质量发展需求。存量土地作为城市空间提质、功能升级、产业转型的核心载体, 其低效利用、规划滞后、改造碎片化等问题逐步凸显, 制约了片区整体品质提升。本文立足城市更新核心逻辑, 聚焦城市存量土地盘活与片区规划提质的现实痛点, 摒弃粗放式改造思维, 结合基层规划实操场景, 系统梳理存量土地利用与片区改造的现存问题, 从土地盘活机制、片区规划体系、空间治理模式、功能提质升级四个维度, 提出接地气、可落地的优化路径, 为城市存量空间精细化治理、片区功能整体焕新提供实操参考。

关 键 词 : 城市更新; 存量土地; 盘活利用; 片区规划; 提质改造

Research on the Revitalization and Utilization of Stock Land and the Path of Quality Improvement and Renovation of District Planning from the Perspective of Urban Renewal

Lei Xuan

Tianjin University Architectural Design & Planning Research Institute Co., Ltd., Tianjin 300070

Abstract : China's urban development has now fully entered a stage of refined management focused on revitalizing existing urban assets, as the traditional model of incremental expansion can no longer meet the demands of high-quality urban growth. Existing urban land, serving as the core vehicle for enhancing spatial quality, upgrading functions, and facilitating industrial transformation, increasingly faces challenges such as inefficient utilization, outdated planning, and fragmented renovation efforts, which hinder overall area improvement. Grounded in the fundamental principles of urban renewal, this paper addresses key practical issues in revitalizing existing urban land and improving district planning quality. Moving beyond a crude renovation approach and drawing on real-world planning practices, it systematically identifies current problems in land utilization and district redevelopment. From four dimensions—land revitalization mechanisms, district planning frameworks, spatial governance models, and functional enhancement—the study proposes actionable optimization strategies to support precise management of urban spaces and comprehensive functional revitalization of districts.

Keywords : urban renewal; stock land; revitalization and utilization; area planning; quality improvement and renovation

引言

城镇化下半段城市发展重心从外延扩张转向内涵提质, 城市更新不是简单的旧房拆迁、道路翻新, 而是以存量资源优化配置为主要内容的空间重构。存量土地承载着城市的产业、居住、生态、公共服务等重要功能, 其使用效率直接影响片区发展的质量。目前多数城市的存量土地存在权属复杂、功能错配、规划滞后、改造零散等问题, 片区改造大多停留在表面整治, 不能实现土地价值释放和片区整体提质的双向赋能。根据上述情况, 结合城市更新精细化、系统化发展要求, 聚焦存量土地盘活过程中存在的问题, 依照片区规划与实际需要对城市提质路径进行研究分析, 并以此促进城市空间由低效存量转向优质增量的过程。

一、城市更新下存量土地盘活和片区规划改造概述

（一）核心内涵界定

城市更新视角下存量土地的盘活同传统的单一土地整理开发有本质上的区别，是在不增加新的建设用地的基础上对城市的老厂区、低效居民区、闲置商业地块、废弃市政用地等存量空间，通过功能重构、权属梳理、业态升级、空间优化等方式盘活低效闲置土地资源，挖掘土地潜在价值，实现土地集约高效利用的过程。片区规划提质改造冲破单个地块改良碎片化弊端，以整个区域为单位来进行统筹安排和整体推进的治理方式，重点就是做到“一处土地重新利用、一个地方焕然一新”的总的效果^[1]。

二者存在着紧密的联系，存量土地盘活属于片区规划提质的基本保障，只有摸清了土地利用状况，并加以整理，才能给片区整体规划带来足够的空间支撑；片区规划提质也即是存量土地价值释放的一种重要的方式，用整体性、系统化的方式来规避零散改造所带来的各种问题，从而使得存量土地盘活能够满足城市发展的需要和人们的需求。

（二）发展核心原则

随着我国城镇化速度放缓、增量空间缩紧、政府财政赤字等问题的日益凸显，城市逐渐从增长型阶段进入运营型阶段，以大拆大建、土地融资为基础的传统城市更新模式面临终止，以长效、持续为导向的城市更新模式正在被探索。2024年1月，住房城乡建设部办公厅发布第一批城市更新典型案例推介，旨在推广城市更新的先进经验。一要以人为本，民生为先。摒弃重开发、轻民生的传统改造模式，聚焦居民居住体验、公共服务需求，在土地盘活和片区改造中优先完善民生配套，补齐养老、教育、休闲、市政设施短板，让更新改造贴合群众实际需求。二要系统统筹，整体联动。打破地块、部门、业态壁垒，统筹土地权属、空间功能、产业发展、生态保护，实现片区规划、土地利用、城市治理的协同推进。三要因地制宜，精准提质。杜绝千城一面的标准化改造，结合片区原有区位优势、产业基础、人文特色、空间格局，有针对性地开展土地盘活和规划改造，保留城市肌理和地域特色。四要集约高效，价值赋能^[2]。以提高土地使用效率为目的，促进低效用地功能更新，使土地产生多种经济收益和社会收益，提高生态环境质量。

二、存量土地盘活与片区规划提质改造存在的问题

（一）土地权属复杂，盘活落地阻力大

城市存量土地主要分布在老旧城区、老工业区、城中村等地方，一直存在权属交叉、用地性质不明确、产权零散等问题。部分地块存在单位划拨用地、集体用地、私人产权用地混杂的情况，权属界定不清、利益主体多元，缺乏统一的协调机制。闲置、低效土地的历史遗留问题较多，原有用地主体搬迁、改制、注销之后，土地权责无人承接，盘活流程繁琐、审批环节冗余。不同产权主体诉求差异大，居民、企业、商户的利益诉求难以统一，征地协调、用地整合难度大，造成大量优质存量土地长期处

于闲置、低效状态，不能纳入片区统一规划改造范围。

（二）规划碎片化严重，整体统筹性不足

现阶段大部分片区更新改造存在着“重位置、轻片区”的问题，没有整体性、系统性的规划理念。大多数地区只是对老旧楼栋、破损道路、闲置地块进行单点整治，解决的是表面环境问题，没有把片区整体空间布局、功能匹配、业态衔接统筹起来。一些片区的存量土地盘活各自为战，工业地块改造、老旧小区翻新、商业地块升级互不关联，造成功能错配、空间脱节。有的片区盲目把工业用地改造成商业用地，却没有配备交通、停车、市政设施，导致新的空间利用率低；老旧小区改造只翻新外立面，不能同步盘活周边闲置空地、补齐公共服务短板，达不到片区联动提质的目的。同时部分片区规划与土地利用现状不符，规划方案脱离实际操作、落地性差，不能适应存量土地盘活的实际需要^[3]。

（三）用地功能错配，土地利用效能偏低

由于长期城市发展演变，老城区用地功能布局混乱、产业与空间不匹配。传统低效工业用地占据城市核心区位，土地产出效率很低，与中心城区宜居、服务、创新的发展定位不相符，土地价值严重浪费；居住用地、商业用地、生态用地布局零散，老旧小区密集片区缺乏公共绿地、休闲空间、养老设施，核心商圈周边存在大量闲置低效空地，空间资源配置失衡。存量用地兼容性利用不够，大部分地块沿用传统的单一用地性质管控模式，不能适应城市新业态、新功能发展的需要，不能实现土地的复合利用、多元赋能，制约片区综合品质的提高。

三、城市更新视角下存量土地盘活和片区规划提质改造路径

（一）厘清土地权属，打通盘活落地实操壁垒

对存量土地权属复杂、历史遗留问题多的痛点，建立属地牵头、多部门联动的权属梳理整治机制，对各个片区、各块土地进行存量土地摸底排查，准确梳理地块权属、用地性质、闲置原因、历史问题，建立片区存量土地动态台账，做到底数清楚、情况明了。对于权属交叉、界定模糊的地块，简化确权流程，优化审批程序，依靠存量更新政策妥善解决历史遗留问题，确定土地权责归属。搭建政府、企业、居民、社区多方协商平台，对产权碎片化、诉求差别化的现象，运用统一协商、合理补偿、资源置换等途径来调解利益各方的关系，解决土地整合困难的问题。另外，在对存量用地盘活审批流程加以改进的同时，采用片区整体备案、并联审批的形式，去掉一些不必要的程序来加快存量土地盘活的速度，并且为片区统一对规划改造给予便利。

（二）加强系统规划，创建片区整体提质体系

彻底摒弃单点碎片化改造思维，树立整片规划、整体更新、全域提质的指导思想，以片区为单位编制系统性的更新规划，把土地盘活、空间优化、配套完善、产业升级统一起来。从片区区位禀赋、资源基础、发展定位出发，打破单一地块管控，统筹片区土地利用结构、空间布局、交通路网、公共服务、生态格局，

确定不同地块的盘活方向、改造标准、功能定位，实现各地块改造相互衔接、功能互补。老旧居住区片区的重点工作是对闲置空地和低效配套用地进行盘活，增加休闲绿地、停车场、养老服务、社区办公等配套设施；对老工业区片区来说，则是把低效工业用地进行升级改造，和周边的空间结构联系起来，塑造出一个全新的产业环境，使城市的产业发展得到更好的发展空间。在老工业区片区里，将低效工业用地进行转型升级，与周围的地理环境相结合，在新的条件下打造出适合城市发展需要的新城区。对老旧小区而言，主要是要对空闲场地以及一些不能使用的设施进行整治和更新换代工作，并且增添起相应的活动场地、停车位等各项有关的服务内容等等。老旧小区主要是在空地、低效配套上进行盘活，增加绿化面积、车位数量、养老服务设施、社区办公用房等各类配套；对于老工业区，则是从现有的低效工业用地出发，同其他区域联动建设新城区，促使形成一种创新型、都市型的发展模式；至于老旧小区，则可以就目前尚处于未投入使用或者利用率不高的建筑设施加以改善利用，重新布置其位置并使之具备更强的功能性特点来予以处理。另外还要注意规划落实到位、杜绝纸上谈兵的现象出现，依据当前已有的城市建设实际状况作出调整后的城市改造方案，并建立起关于如何根据城市发展而不断地修正原有规划的工作程序体系^[4]。

（三）优化用地布局，提高土地集约利用水平

以功能适配、集约高效为原则，推进存量用地功能更新改造、优化布局，消除用地方向偏误、资源闲置的现象。一是推进低效用地功能迭代，对中心城区低效工业、闲置仓储等低产出用地，结合片区发展定位，有序推进功能置换，转型为创新研发、民生服务、品质居住、都市休闲等高价值用地，释放核心土地资源价值。二是推行土地复合利用模式，放宽存量用地兼容性管控，支持同一地块兼容多种业态，实现产业、居住、服务、生态功能的有机融合，提升土地利用效率。三是梳理片区零散空间资源，对街角空地、废弃巷道、闲置边角用地进行整合盘活，转化为口袋公园、便民驿站、公共停车、社区配套等微空间，补齐片区功能短板，实现小空间、大提质^[5]。统筹片区用地均衡布局，

调整片区用地结构中居住、产业、生态和公共服务用地的比例，解决空间布局混乱、配套失衡问题，改善片区整体空间品质。

（四）创新改造模式，创建多元共治提质格局

政府从单一主导的改造模式当中解脱出来，创建起一个“政府引导、市场运作、社会参与、居民共治”的多元更新体系，来激发片区改造内生动力。政府主要负责顶层设计、政策保障、规划管控和公共配套投入等，主要集中在公共利益上，对整体布局起到统筹的作用；充分释放市场活力，引入优质社会资本参与到存量土地盘活、片区业态升级、空间运营等方面的工作当中，从而提高改造质量和运营效率，减轻财政压力。建立起科学的利益共享机制，保证企业和居民各自的合法权益，并且激发各方参加更新工作的热情。同时转变重硬件轻内涵的改造思想，在完善空间硬件设施的基础上深挖片区人文特色、产业底蕴，保留老旧街巷、特色建筑等城市肌理，植入特色业态、社区文化活动，实现硬件提质与内涵升级并重。创建居民日常化的参与途径，鼓励居民全程加入规划设计、改造施工、后期营运监管等全过程之中去，让片改成为人们所需要的美好生活之地，变成有温度、有特色、有活力的城市板块。

四、结语

城市更新背景下，存量土地盘活、片区规划提质改造是城市高质量发展的必然选择，也是破解土地资源约束、提高城市人居环境品质、激活片区发展活力的途径。目前存量更新工作还存在权属梳理难、规划统筹弱、用地效能低、改造模式单一等实际问题。未来应该以精细化、系统化、民生化的发展方向为指导，以权属整治为基础、系统规划为引领、功能优化为手段、多元共治为保障，精准解决存量更新中的痛点难点，推进存量土地高效集约利用、片区空间整体提质升级，达到城市空间资源的最优配置、人居环境的持续改善和城市功能的不断迭代的良性循环的目的，推动城市的内涵式高速发展。

参考文献

- [1] 陈群弟. 城市更新与全域土地综合整治对比与协同优化研究——基于资金平衡视角[J]. 中国国土资源经济, 1-11.
- [2] 何仁平, 张震宇. 存量建设用地盘活视角下城市更新中的土地再利用与规划管控研究[J]. 城市开发, 2026, (11): 56-58.
- [3] 季星辰. 城市更新视角下土地资源空间分布特征研究[J]. 中国资源综合利用, 2025, 43 (12): 91-93.
- [4] 栾梦琦. 城市更新视角下老旧小区改造的土地利用模式分析[J]. 农业科技创新, 2025, (30): 57-59.
- [5] 李楠楠. 城市更新视角下存量土地利用研究[J]. 城市开发, 2025, (7): 97-99.

建筑工程安全施工管理的核心要点与对策分析

陈鹏飞

广东富邦建设集团有限公司, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030002

摘 要 : 建筑业事故高位, 高处坠落为主因。安全管理存在责任衰减、隐患闭环失效、经费缺失、分承包控薄弱等问题。基于2024–2025年事故规律, 从全周期责任闭环、BIM+GIS辨识、高处作业预警、大型机械管控、用电标准化、消防危化品闭环、季节性防控七大维度构建体系。通过健全责任考核、深化双重预防、推进智慧工地、完善应急联动等对策, 推动安全管理从“被动防控”向“本质安全”转型, 为安全管理提质增效提供支撑。

关 键 词 : 建筑工程; 安全施工; 全生命周期管理; 本质安全; 智慧工地; 双重预防机制

Core Points and Countermeasure Analysis of Safety Construction Management in Building Engineering

Chen Pengfei

Guangdong Fubang Construction Group Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : The construction industry is prone to a high incidence of accidents, with falls from heights being the primary cause. Safety management faces challenges such as attenuated responsibility, ineffective closed-loop management of hidden dangers, insufficient funding, and weak subcontractor control. Based on the accident patterns observed from 2024 to 2025, a comprehensive system is constructed encompassing seven key dimensions: full-cycle responsibility closed-loop management, BIM+GIS identification, early warning for high-altitude operations, large machinery control, standardized electrical safety, closed-loop management of fire and hazardous chemicals, and seasonal prevention and control. By enhancing responsibility assessment, deepening dual prevention mechanisms, promoting smart construction sites, and improving emergency response coordination, the aim is to transition safety management from "passive prevention and control" to "inherent safety," thereby providing support for enhancing the quality and efficiency of safety management.

Keywords : building engineering; safe construction; full lifecycle management; inherent safety; smart construction site; dual prevention mechanism

引言

建筑行业安全事故数量依旧偏高。高处坠落、物体打击为事故主要类型, 农民工伤亡问题尤为突出。安全责任落实缺位、隐患排查流于形式、投入不足、分包管理松散, 直接制约施工现场安全管理成效。从工程管理角度看, 安全管理已是全链条、全周期、全要素的系统工作。结合2024—2025年事故数据与现行规范, 梳理安全管控要点, 构建可落地推广的防控对策, 为提升施工现场本质安全提供理论与实践依据。

一、建筑工程事故现状与特征分析

(一) 全国安全生产形势

2024年国内整体安全生产状况保持平稳向好态势。前三季度共发生各类生产安全事故14402起, 死亡人数13412人, 同比分别下降24.5%和18.4%。全年统计事故总量达2.18万起, 死亡1.96万人。建筑业长期属于安全事故高发领域, 安全防控压力始终较大。行业安全管理工作, 需要保持常态化监管、精细化管控与智能化防控并行推进。

(二) 建筑业事故类型分布

依据住建部2024—2025年行业统计数据, 建筑业事故呈现明显的集中化特征。其中高处坠落占比52.7%, 物体打击占16.8%, 机械伤害占11.3%, 坍塌事故占9.2%, 触电事故占4.9%, 其余事故类型占比5.1%。高处坠落事故所占比例最高。这类事故多发, 主要源于施工现场高处作业范围大, 临边与洞口防护不够规范, 作业人员安全带佩戴使用不标准, 同时脚手架整体稳固性也存在隐患。此类基础性安全短板, 也是建筑安全管理过程中需要重点整治的突出问题。

（三）事故发生的规律特征

从时间维度来看，每年3至6月、9至11月属于施工繁忙时段。现场交叉作业增多，各类安全风险相互叠加，事故发生概率明显上升。从施工阶段来看，主体结构施工和装饰装修阶段事故易发多发。这两个阶段高处作业频繁，各类施工设备使用集中，安全隐患相对突出。从涉事人群来看，农民工在伤亡人数中占比超过80%。该群体普遍安全操作技能不足，风险识别能力较弱，是施工现场安全管控的重点对象。

二、建筑工程安全施工管理核心要点

（一）安全生命周期安全生产责任闭环体系建设

安全生产责任制是建筑安全管理的核心制度基础。

按照《中华人民共和国安全生产法》等相关规定，企业主要负责人属于安全第一责任人，项目经理全面负责施工现场的安全管理工作。

建筑施工现场可建立五级联动的安全责任闭环管理模式。企业层面设立安全总监岗位，统筹整体安全工作并调配相关资源；项目层面配置专职安全管理人员，对施工全过程开展安全监督与管控；施工队伍设置专职安全员，跟进并监督各班组安全措施落地；班组配备安全协管员，落实班前安全交底，做好日常现场安全监护；一线作业人员严格遵守岗位安全要求，自觉遵守安全准则，规避各类施工伤害风险。

企业要求全体在岗人员签订安全量化责任协议，清晰划定岗位安全职责，同步制定配套考核细则与奖惩办法。企业定期开展安全责任落实巡查工作，将安全考核结果纳入员工绩效评定，同时作为岗位调动的重要参考依据。项目部以周为单位整理梳理安全管理相关数据，按期上报施工现场安全隐患整改情况，以及各项安全责任落地推进实况。施工班组坚持每日开展施工现场安全巡检，如实填写巡查记录，搭建全程可追溯的安全管理台账。现场一线施工人员正式上岗前，必须熟知自身本职工作内容，通过岗前安全考核，才可进入施工区域开展作业。

此种安全管理模式搭建起完整的管理闭环，覆盖责任落地、现场监管、绩效考评与问题整改全流程。体系对不同层级人员的安全职责做出明确划分，内部信息传递顺畅，现场出现的安全隐患能够快速上报并妥善处理，搭配奖惩结合的管理方式形成有效约束与激励。该模式有效缓解了行业内安全责任逐层递减的常见问题。区别于碎片化的安全管控方式，闭环管理可让现场安全管理流程更加规范，保障各项管理举措长期稳定推行，也为施工现场安全管控工作稳步开展筑牢制度基础。

（二）基于BIM+GIS的危险源智能辨识与风险分级管控

施工现场安全隐患主要包含固有隐患与动态隐患两类，固有隐患可通过专项施工方案提前防控，动态隐患则需结合现场实际工况实时管控。依托传感监测设备融合BIM与GIS技术采集施工现场实时数据，能够及时捕捉数据异常并发出预警信号，以此完成施工现场危险源精准辨识，落实风险分级管控工作。

施工现场推行分时段安全巡查制度，常态化开展隐患排查工作，每周统计梳理各类风险点位，每月结合实际情况优化调整安全管理方案。借助BIM与GIS技术开展施工全过程模拟，精准定位各类安全隐患，完善现场安全管控细则，不仅能够提前规避各

类施工安全风险，还可进一步提升工地安全管控能力与现场应急处置效率。

（三）高处作业本质安全防护体系与智能预警技术

依据《建筑施工高处作业安全技术标准》（JGJ 80-2025）要求，依据JGJ 80-2025，坠落高度基准面2米及以上属于高处作业。结合风险特点，落实防护工作。配齐设施，规范防护用品，引入智能监测技术，构建多层次安全防护体系。

1) 临边防护措施

楼层边缘、阳台周边及楼梯侧边搭设标准化防护栏杆，高度不低于1.2米，底部设180毫米踢脚板防物体打击。各节点连接稳固，除专业调整外，禁止私自拆除或改动。

2) 洞口防护要求

楼板预留洞口位置，统一使用定型盖板进行封闭遮盖。盖板铺设范围需超出洞口边缘，用卡扣、螺栓固定牢靠。边长或直径大于50毫米的洞口，下方还应架设安全平网，绑扎牢固，能有效抵挡人员或物料坠落的冲击力。

3) 脚手架安全管理

脚手架搭设工作，严格依照专项施工方案开展施工。搭设施工结束后，经由项目技术负责人验收合格，才可正式投入现场使用。架体搭建过程中，脚手板做到满铺固定，连续设置剪刀撑，提升脚手架整体结构稳定性。日常使用阶段，定时检查扣件松紧情况，及时排查架体出现的变形问题。

4) 个人防护装备使用

施工现场作业高度达到两米以上时，施工人员必须全程佩戴安全带。安全带挂钩遵循高挂低用的使用原则，固定在作业区域上方坚实可靠的点位，严禁绑定在脚手架与临时管道等处。正式使用前仔细检查安全带织带与卡扣部件，出现破损、锈蚀等损坏情况，及时进行更换处理。

5) 智能预警技术应用

在临边、洞口及架体区域布设AI监控。系统实时识别违规行为，异常时自动报警并发送通知。管理人员须限时（15分钟内）到场整改，以此弥补传统人工巡查的盲区，提升监管实效。

（四）大型机械设备全周期安全管控

塔吊、施工升降机等特种设备是重大危险源，必须实施“登记—检验—使用—维护—报废”全周期管控：

1) 特种设备必须检验合格、登记备案后方可使用；

2) 操作人员持有效资格证书，严禁无证上岗、违章作业；

3) 塔吊力矩限制器、高度限位、回转限位等安全装置100%灵敏有效；

4) 群塔作业编制防碰撞专项方案，明确作业半径与联动机制；

5) 施工升降机停层门常闭管控，进出口设置定型化防护。

吊装作业设置警戒区域，专人指挥，严禁吊物下站人，实现设备安全零隐患、零故障、零违章^[1]。

（五）临时用电标准化管控

依据JGJ 46-2024《施工现场临时用电安全技术标准》，严格执行TN-S接零保护系统、三级配电、两级保护，落实一机一闸一漏一箱一锁制度：

1) 配电箱采用铁质标准箱体，严禁木质、塑料箱体；

2) 漏电保护器额定动作电流 $\leq 30\text{mA}$ ，动作时间 $\leq 0.1\text{s}$ ；

- 3) 电气设备可靠接地，照明与动力线路分路敷设；
- 4) 潮湿环境使用 36V 及以下安全电压；
- 5) 电气作业由持证专业电工实施，严禁私拉乱接^[2]。

（六）消防安全与危化品闭环管控

施工现场可燃材料集中、动火作业频繁，构建“人防 + 物防 + 技防”消防体系：落实消防责任，组建义务消防队，配齐消防器材与应急水源；易燃易爆品专用库房存放，远离明火、办公区、生活区；

动火作业执行动火审批制度，作业前清可燃物、配备灭火器，作业后监护 30min；氧气瓶、乙炔瓶安全距离 $\geq 5\text{m}$ ，与明火距离 $\geq 10\text{m}$ ；临时用房燃烧性能达到 A 级，严禁违规使用大功率电器。

（七）季节性施工精准防控

夏季施工

- 1) 高温时段错峰作业，配备防暑物资，防止中暑；
- 2) 设备加强散热检查，防止制动系统失灵；
- 3) 暴雨天气停止室外作业，基坑边坡实时监测。

冬季施工

- 1) 作业平台及时清雪除冰，强化防滑措施；
- 2) 混凝土采取保温养护，防止受冻开裂；
- 3) 取暖使用合格设备，严防一氧化碳中毒；
- 4) 有限空间作业先通风、再检测、后作业^[3]。

三、当前安全管理存在的主要问题

（一）责任传导衰减效应

安全制度“上紧下松”，企业制度完善但项目、班组执行不到位；项目经理重进度、轻安全，安全技术交底形式化、同质化，缺乏针对性，无法指导现场实操。

（二）隐患排查治理闭环管理失效

隐患排查依赖安全员经验，系统性不足；整改重下发、轻跟踪，闭合率低；重大隐患未实行挂牌督办，以罚代管现象普遍，深层次风险无法彻底消除。

（三）安全技术措施经费保障机制缺失

企业压缩安全投入，防护设施老化、个人防护用品配备不足；安全培训时间短、内容空，人员技能无法提升；安全经费专款专用执行不严，存在挪用现象^[4]。

（四）分包安全管控穿透性不足

层层分包导致管理断层，分包队伍安全能力薄弱；总包对分包管不住、管不细，劳务人员流动性大，入场培训流于形式，安全水平参差不齐。

四、提升安全施工管理水平的对策

（一）健全责任考核与履职追溯机制

制定安全量化考核相关标准，将人员安全履职情况纳入薪资待遇和晋升考核当中。落实安全工作痕迹化管理，安全工程师日常巡查同步留存相关资料，实现全过程履职可追溯。施工现场实施作业人员安全积分管理，按照积分高低执行相应奖惩。针对安全履职不力的相关行为进行追责，倒逼各项安全管理责任落实到位。

（二）深化双重预防机制 2.0 版

全面排查施工现场安全风险，按红橙黄蓝四级划分等级，落实分区分类管控。依托数字化平台排查隐患，形成发现、上报、整改至销号的完整流程。现场重大隐患实行挂牌督办，整改方案经企业技术负责人审核通过方可执行。引入第三方安全评估，补齐项目内部安全管理漏洞。

（三）强化安全培训与安全文化建设

按岗位分层开展安全培训，管理人员熟知法规，现场人员明晰规范，作业人员夯实实操技能。依托 VR 模拟事故场景，提升培训实效。落实班前安全交底，结合施工内容排查隐患。树立安全施工理念，营造现场安全氛围，督促人员严守安全制度。

（四）推进智慧工地数字化、智能化建设

智慧工地平台实时监测塔吊、基坑、临时用电等重点施工环节。智能视频可自动识别现场违规行为并及时预警。依靠无人机完成日常巡查，实时掌握现场安全实况。运用 BIM 优化安全防护布置，提前规避施工空间矛盾，从源头减少安全隐患。

（五）完善应急联动与快速处置体系

施工现场建立综合、专项、现场处置三级应急预案，定期开展应急演练，提升现场应急处置能力。配齐各类应急物资并安排专人管理，加强与属地消防、医疗部门协同联动，保障事故发生后迅速响应^[5]。

五、结束语

建筑施工安全管理兼具系统性与动态性，覆盖项目建设全过程。管理工作立足本质安全，依托责任管控与智能技术，改善责任松懈、隐患整改滞后、分包管理不足等现存问题。通过压实安全责任、落实风险防控、搭建智慧工地、健全应急机制，推动安全管理转向主动预防与全域管控，切实提升施工现场安全水平，保障作业人员人身安全，助力建筑行业稳健发展。

参考文献

[1] 敖勇. 分析建筑工程施工安全管理难点及应对措施 [J]. 建筑与装饰, 2024(9): 70-72.
[2] 王金东. 建筑工程施工安全管理难点及应对措施 [J]. 建筑·建材·装饰, 2025(19): 34-36.
[3] 高清军. 建筑工程施工安全管理问题及应对措施 [J]. 中国建筑装饰装修, 2024(15): 113-115.
[4] 宋苏丰. 建筑工程施工安全管理存在的问题及应对措施分析 [J]. 建筑·建材·装饰, 2024(7): 64-66.
[5] 叶春全. 建筑工程施工安全管理的现状问题与改进措施 [J]. 砖瓦世界, 2025(14): 184-186.

建筑工程施工安全风险管理与防范措施

戚纯

广东新粤城建设有限公司，广东 湛江 524000

DOI:10.61369/UAID.2026030003

摘 要： 建筑工程施工环境复杂、工序繁多，属高危行业，安全风险贯穿于项目全生命周期。文章系统阐述了施工安全风险管理的重要性，分析了当前管理中存在的五大难点，提出了构建全周期风险辨识机制、压实全员安全生产责任、强化分包单位“穿透式”管理、推进数字化动态监控平台建设及实施差异化的安全教育培训等五大防范措施。研究表明，构建科学、系统、动态的安全风险管理体系，是预防和遏制建筑施工安全事故的根本途径。

关 键 词： 施工安全；风险管理；防范措施；动态管控

Safety Risk Management and Preventive Measures in Construction Engineering

Qi Chun

Guangdong Xinyuecheng Construction Co., Ltd., Zhanjiang, Guangdong 524000

Abstract： Construction engineering involves a complex working environment and numerous procedures, making it a high-risk industry where safety risks persist throughout the entire project lifecycle. This article systematically elaborates on the importance of safety risk management in construction, analyzes five major challenges in current management practices, and proposes five preventive measures: establishing a comprehensive lifecycle risk identification mechanism, enforcing safety production responsibilities across all personnel, strengthening "penetrating" management of subcontractors, promoting the development of digital dynamic monitoring platforms, and implementing differentiated safety education and training. Research indicates that constructing a scientific, systematic, and dynamic safety risk management system is the fundamental approach to preventing and curbing construction safety accidents.

Keywords： construction safety; risk management; preventive measures; dynamic control

引言

建筑业作为国民经济的重要支柱产业，其安全生产状况始终是社会关注的焦点。由于施工环境复杂、作业流动性大、人员密集度高、多工种交叉作业等特点，建筑施工长期被视为高危行业之一。各类安全事故的发生，不仅直接威胁一线作业人员的生命安全，也给工程项目带来工期延误、成本增加等连锁反应，严重时更会影响企业的生存发展。因此，深入剖析施工中的安全风险，制定系统化、精准化的防范措施，对于提升行业整体安全管理水平、落实安全发展理念具有重要的现实意义。

一、建筑工程施工安全风险管理的重要性

（一）保障作业人员生命安全的基本要求

建筑工程施工现场涉及大量露天作业、高处作业、交叉作业，风险因素众多且复杂多变，是典型的高风险作业环境。作业人员在施工过程中面临着高处坠落、机械伤害、物体打击、触电、坍塌等多种潜在危险。有效的安全风险管理体系能够系统识别、评估和控制这些潜在的危害源，从源头上减少或消除事故隐患，是保障广大建筑业从业人员生命安全最直接、最有效的手段。

（二）实现工程项目综合目标的关键保障

安全与质量、进度、成本并非对立关系，而是相互支撑、有

机统一的整体。在实际项目管理中，部分管理者存在“重进度、轻安全”的认识误区，认为安全管理会增加成本、拖慢工期。然而，大量工程实践表明，安全事故的发生往往导致工程被迫停工整改，不仅造成直接的经济损失，更引发工期延误、资源浪费、法律追责等一系列连锁反应。事故造成的间接损失如企业声誉受损、管理层精力分散、后续市场投标受阻等，其影响往往远超直接损失。通过科学的风险管理，提前预防事故的发生，能够有效避免各类非计划性的资源损耗，确保项目按照既定目标平稳有序推进，是实现工程经济效益与社会效益双赢的关键所在^[1]。

（三）提升企业核心竞争力与合规经营的需要

在当前建筑市场日益规范、监管力度持续加强的背景下，安

全生产能力已成为衡量建筑企业综合实力的核心指标之一。安全生产管理水平的优劣，直接影响企业的市场声誉、投标竞争力以及可持续发展的能力。良好的安全业绩有助于企业树立负责任的品牌形象，增强业主和社会各界的信任度。与此同时，《中华人民共和国安全生产法》《建设工程安全生产管理条例》等法律法规对企业的安全生产责任作出了明确规定，合规经营是企业生存发展的基本底线。

二、关于建筑工程施工中的安全风险管控难点

（一）风险识别与评估的系统性、动态性不足

施工安全风险具有显著的时空动态性，随施工阶段转换、作业面变化、气候条件改变及人员设备调整而不断变化。然而，当前许多项目的风险识别仍主要依赖管理人员的个人经验，多停留在开工前的一次性“静态辨识”，缺乏贯穿施工全过程的“动态再评估”机制。例如，主体结构施工阶段与装饰装修阶段的风险源截然不同，深基坑、高大模板等危险性较大的分部分项工程在不同施工节点的风险特征也差异显著，但项目往往未能根据工序转换及时更新风险清单与管控重点，导致部分新增或衍生的风险被遗漏。风险评估与现场实际脱节的现象普遍存在，使得风险管控工作难以发挥应有的预警和指导作用。部分项目虽然建立了风险清单，但更新周期过长，往往跟不上现场实际情况的变化速度，使得风险管控始终处于被动应对状态。

（二）安全生产责任体系存在“上热下冷”现象

尽管法律法规明确要求建立健全全员安全生产责任制，但在实际执行中，责任传导层层衰减的问题依然突出。公司层面往往高度重视，制度文件齐全，安全投入也相对充足，但在项目部层面，部分项目负责人存在“重生产、轻安全”的惯性思维，将安全管理工作过度依赖于少数专职安全管理人员。由于专职安全员数量有限、职权不足，难以实现对施工现场的全方位、全过程有效监管。而劳务班组和一线作业人员，因流动性大、归属感弱，对安全责任的认知较为模糊，往往认为安全管理是“安全员的事”而非“自己的事”，导致“三违”现象（违章指挥、违章作业、违反劳动纪律）屡禁不止。责任体系的“最后一公里”难以有效打通，归根结底在于责任未能真正压实到每一个岗位、每一个人^[2]。

（三）分包单位安全管理水平参差不齐，管控难度大

当前建筑行业普遍采用专业分包与劳务分包模式，总分包之间往往仅存在合同关系，安全管理难以真正融合。部分分包单位尤其是小型劳务公司，安全管理投入不足，专职安全管理人员配备不齐，技术交底流于形式，甚至为赶工期而冒险作业。在层层分包的行业生态下，总包单位对分包单位的管理往往存在“以包代管”的现象，缺乏有效的准入审查、过程监督和考核退出机制，极易形成管理“真空地带”。大量事故案例表明，分包单位作业区域往往是事故的高发区，其松散的管理模式成为安全风险管控的一大顽疾。

（四）动态风险管控与隐患排查治理存在时滞

施工过程中的风险是实时变化的，需要配套快速响应的动态

管控机制。然而，传统管理模式，隐患排查多采用定期检查、专项检查等“非连续”方式，从发现问题到整改闭合存在明显的时间差。对于基坑变形、塔吊垂直度偏差、高支模沉降等需要实时监测的风险，若仍依赖人工定期测量，往往难以及时捕捉风险的突变过程。例如，基坑工程在雨季或快速开挖阶段，变形速率可能在短时间内急剧增加，而人工监测的频率通常难以满足实时监控的要求，存在极大的安全隐患。这种信息获取与处理上的时滞，使得风险管控始终处于“追着问题跑”的被动局面，无法实现真正的预防性控制。

（五）从业人员安全素养与培训效果亟待提升

建筑业从业人员中，农民工占比较大，普遍存在文化水平偏低、安全意识淡薄、流动性高等特点。许多一线作业人员缺乏系统的安全知识，对施工现场潜在的风险缺乏足够认识，自我保护能力较弱。传统的安全教育培训方式单一，多以“说教式”课堂为主，照本宣科、枯燥乏味，缺乏针对性和实操性，培训内容与作业人员实际需求脱节。很多培训流于形式，学员签到、拍照留痕后便束之高阁，实际掌握的安全知识极为有限。此外，由于人员流动性大，经常出现“培训完就走，来了新人未培训就上岗”的情况，导致施工现场存在大量未经系统培训的人员直接从事高危作业^[3]。

三、关于建筑工程施工中安全风险防范措施

（一）构建全周期、动态化的风险辨识与评估机制

为破解风险识别系统性不足的难题，项目应建立覆盖“设计－施工－运维”全生命周期的风险辨识体系。在施工准备阶段，采用工作危害分析法、安全检查表法等科学工具，结合项目地质条件、周边环境、施工工艺等具体特点，进行全面系统的风险辨识。进入施工阶段后，必须建立“工序转换风险研判”制度，在每项关键工序（如深基坑开挖、高大模板支撑、起重设备安拆）开始前，重新组织技术、安全、施工等部门进行专项风险评估，确保风险辨识与施工进度同步更新。同时，引入科学的风险评价方法对风险进行动态定级，根据风险等级的变化动态调整管控资源和应对措施，确保风险始终处于受控状态。建议项目建立“风险动态管理台账”，明确每个风险源的管控责任人、管控措施、检查周期和应急处置预案，并实行定期更新制度。对于重大风险源，应实施“一源一策”专项管理，制定针对性管控方案，并由项目主要负责人亲自盯控。

（二）压实全员安全生产责任

解决责任虚化问题，关键在于将安全责任具体化、可追溯、可考核。企业应依据相关法律法规要求，制定覆盖从主要负责人到一线作业人员的“全员安全生产责任清单”，明确每个岗位、每个人员的安全职责、履责标准和考核要求，做到“一岗一责、一责一考”。推行“安全网格化管理”，将施工现场划分为若干责任网格，明确每个网格的安全责任人，做到“处处有人管、事事有人盯”，确保安全管理无盲区、无死角。实施“项目负责人带班检查”“班前安全喊话”等制度，确保责任传递不衰减、压力传

导不断档。建立严格的安全生产“一票否决”制，将安全绩效与管理人员晋升、薪酬、评优直接挂钩，倒逼各级人员主动履责。对于一线作业人员，推行“安全积分制”，将安全行为与奖励挂钩，鼓励主动遵章守纪、举报隐患、参与安全管理，形成全员参与、共治共享的良好氛围^[4]。

（三）强化对分包单位的“穿透式”管理与融合

总包单位必须转变“以包代管”的传统观念，实施对分包单位的“穿透式”管理，将分包单位的安全管理纳入总包的一体化管理管控体系。一是严把“准入关”，在招标阶段对分包单位的安全资质、管理团队配置、安全生产业绩、安全投入承诺进行严格审查，建立分包单位安全准入评价机制，对安全管理基础薄弱、发生过较大事故的单位实行审慎准入。二是强化“过程关”，将分包单位的人员、设备、作业活动全面纳入总包的管理体系中，实行统一标准、统一培训、统一检查、统一考核。要求分包单位必须按规定配备专职安全管理人员，且纳入总包安全管理团队统一调度管理。三是落实“投入关”，确保分包合同中的安全措施费用足额提取、专款专用，总包单位需监督其使用情况，防止安全费用被挪用或削减。四是建立“退出关”，对安全管理混乱、隐患整改不力、事故频发的分包单位，坚决予以清退并列入企业合作“黑名单”。

（四）推进数字化动态监控平台建设，提升风险管控效能

利用物联网、建筑信息模型（BIM）、大数据等技术，构建“智慧工地”安全管理平台，是解决动态管控时滞问题的有效途径。通过在塔吊、施工升降机等大型机械设备上安装各类传感器，实时监测运行状态、荷载、倾角、风速等关键数据，实现超限自动预警。在基坑、高支模等危险性较大的区域布设自动化监测设备，对位移、沉降、轴力等关键参数进行全天候不间断监控，数据异常时系统自动向项目负责人和安全管理人推送报警信息，确保第一时间响应处置。利用 AI 视频分析技术，自动识别

未佩戴安全帽、未系安全带、吸烟、闯入危险区域等违章行为，实现全天候智能监管，弥补人工巡查的不足。数字化平台能够实现风险的实时感知、快速预警和闭环处置，将事故预防关口前移至风险出现的萌芽状态^[5]。

（五）实施差异化、实战化的安全教育培训

一是要实施差异化培训，根据不同工种、不同岗位、不同风险暴露程度，设计针对性强的培训内容，如为电焊工增设动火作业专项培训，为架子工增设脚手架搭设规范培训，为起重工增设吊装安全知识培训等，确保培训内容与岗位实际需求精准匹配。二是创新培训方式，大力推广 VR 安全体验馆，让作业人员在沉浸式体验中感受高处坠落、物体打击、触电等事故的真实危害，强化心理冲击和记忆效果，其教育效果远超传统说教模式。三是推行“班前会+实操考核”制度，每日班前针对当日作业风险进行简短交底，定期组织应急救援演练和实操技能比武，将培训从“教室”搬到“现场”，提升一线作业人员的风险辨识能力和应急处置能力。四是建立人员安全培训档案，实行“一人一档”管理，对所有进场人员进行实名制登记和安全考核，考核不合格者不得上岗。对于特种作业人员，必须确保持证上岗，并定期进行复训考核。

四、结束语

建筑工程施工安全风险管理是一项系统性、动态性工程，通过构建全周期动态辨识机制、压实全员责任、强化分包穿透式管理、搭建数字化监控平台以及实施差异化实战培训等措施，将安全风险管置于项目管理的核心位置，运用系统思维与科技手段，才能真正实现从被动“事故处理”向主动“风险预防”的根本转变。未来建筑行业需要构建起更加高效、智能、可靠的安全风险防控体系，为行业高质量发展筑牢安全基石。

参考文献

- [1] 于瀛洲. 建筑工程施工安全监理的风险管理与防范措施探究[J]. 中国住宅设施, 2025(10): 176-178.
- [2] 马晓梅, 郝振国. 建筑工程施工安全风险管理与防范探析[J]. 智能建筑与工程机械, 2025, 7(5): 49-51.
- [3] 张宸. 建筑工程安全施工特点及风险防范措施分析[J]. 居业, 2020(8): 156, 158.
- [4] 张柏华. 建筑工程施工的安全风险管理措施[J]. 中国建筑装饰装修, 2022(16): 158-160.
- [5] 杨良臣, 郭玉钢. 房屋建筑施工风险及安全管理防范措施[J]. 砖瓦, 2024(7): 114-116, 120.

传统风景园林元素在智慧园林设计中的重生

郭凯

湖北工业大学土木建筑与环境学院, 湖北 武汉 430068

DOI:10.61369/UAID.2026030004

摘 要 : 随着智慧城市建设的全面推进, 智慧园林已成为现代城市景观更新与公共空间营造的核心方向。中国传统风景园林蕴含深厚的文化基因、成熟的生态智慧与独特的形态美学, 是东方景观设计的精神内核。在智慧化转型过程中, 传统元素常面临形式割裂、文化失语、技术堆砌等问题, 如何实现文化传承与技术创新的有机融合, 成为智慧园林设计的关键课题。本文以传统风景园林元素的核心价值为切入点, 从形态美学、生态智慧、文化符号三个层面提炼其当代意义, 系统构建智慧园林对传统元素的技术赋能、功能适配、虚拟沉浸三大重构路径, 并提出避免技术喧宾夺主、强化地域特色差异化、优先低成本可持续技术的平衡策略, 旨在推动传统园林精神在数字时代的创造性转化与创新性发展, 为兼具文化底蕴、生态效能与体验品质的现代智慧园林设计提供理论支撑与实践参考。

关 键 词 : 传统风景园林元素; 智慧园林; 文化传承; 技术融合; 景观创新

The Rebirth of Traditional Landscape Architecture Elements in Smart Landscape Design

Guo Kai

School of Civil Engineering, Architecture and Environment, Hubei University of Technology, Wuhan, Hubei 430068

Abstract : With the comprehensive advancement of smart city construction, smart landscape architecture has emerged as the core direction for modern urban landscape renewal and public space creation. Chinese traditional landscape architecture, embodying profound cultural genes, mature ecological wisdom, and unique morphological aesthetics, serves as the spiritual core of Eastern landscape design. During the process of smart transformation, traditional elements often encounter issues such as formal disjunction, cultural aphasia, and technological clutter. How to achieve an organic integration of cultural heritage and technological innovation has become a pivotal challenge in smart landscape design. This paper takes the core values of traditional landscape architecture elements as its starting point, extracting their contemporary significance from three dimensions: morphological aesthetics, ecological wisdom, and cultural symbols. It systematically constructs three major reconstruction pathways for smart landscape architecture in terms of technological empowerment, functional adaptation, and virtual immersion of traditional elements. Furthermore, it proposes balanced strategies to avoid technology overshadowing cultural essence, strengthen regional differentiation, and prioritize low-cost and sustainable technologies. The aim is to promote the creative transformation and innovative development of traditional landscape spirit in the digital age, providing theoretical support and practical references for modern smart landscape design that combines cultural heritage, ecological efficiency, and experiential quality.

Keywords : traditional landscape architecture elements; smart landscape architecture; cultural heritage; technological integration; landscape innovation

中国古典园林以“虽由人作，宛自天开”为核心理念，依托自然山水基底，融合建筑、叠山、理水、植物、匾额、楹联等要素，形成移步换景、小中见大、意境深远的艺术体系，是东方人居美学与生态智慧的集中体现。现代智慧园林以物联网、大数据、人工智能、虚拟现实等技术为支撑，显著提升了园林运维效率、生态管控精度与游客交互体验，但在快速迭代中也出现重技术轻文化、重功能轻意境的倾向，部分设计呈现文化断裂、符号生硬、体验冰冷等问题，传统园林的诗意与底蕴被弱化。如何将传统风景园林的形态语言、生态逻辑与文化内涵，与现代智慧技术深度耦合，使智慧园林既具备当代使用功能，又延续历史文脉与审美品格，已成为风景园林学科与设计实践共同面对的重要挑战。基于此，本文围绕传统元素在智慧化场景中的活化路径展开研究，提出可落地、可推广的设计思路与方法。

作者简介：郭凯（1980.6-），男，汉族，湖北黄石人，研究生，讲师，系主任，研究方向：风景园林设计和智慧园林设计。

一、传统风景园林元素的核心价值

（一）形态美学的延续性

中国古典园林追求“步移景异、咫尺山林”的空间美学，通过漏窗、景墙、曲径、叠山、流水等要素组织视线与动线，营造连续流动、层次丰富的景观序列，强调人与空间的沉浸式互动。传统形态并非僵化的形式符号，而是承载空间叙事与情感体验的载体。智慧园林设计不应抛弃这一美学根基，而应将传统物理形态与数字光影、动态投影、感应交互等技术结合，以光影为笔、以空间为幕，还原“画境漫游”的游园体验。例如，将漏窗纹样转化为动态投影图案，随时间与人流变化呈现不同光影效果；以石径、廊架为载体，通过柔和灯光引导游览节奏，强化时空转换的感知。传统美学的现代重生，关键在于以轻量化技术唤醒经典形式，让古典意境在当代空间中可感知、可体验、可共鸣，而非将其束之高阁^[1]。

古典园林的空间构图讲究虚实相生、藏露结合，这种高度艺术化的空间处理方式，在现代景观设计中依然具有不可替代的审美价值。智慧园林可以通过光影强弱、色彩冷暖、动静切换，强化“虚”与“实”的对比：白天呈现传统园林的真实肌理，夜晚通过数字光影再现诗画意境，使同一空间在不同时段呈现双重审美体验。这种方式既保留了实体景观的完整性与历史感，又以数字手段拓展了审美边界，使传统形态美学在现代生活场景中持续焕发魅力。

（二）生态智慧的现代启示

传统园林的植物配置与理水手法，蕴含朴素而科学的生态逻辑：植物造景强调乔灌木复层结构，兼顾遮阴、滞尘、调温、造景等综合功能；水体布局以蓄排兼顾、净化水质、营造小气候为目标，体现顺应自然、节能低碳的理念。这种“天人合一”的生态智慧，与现代低碳园林、海绵城市、生态修复的目标高度契合。智慧园林可通过传感器、智能喷灌、水肥一体化、环境监测平台等技术，将传统经验转化为精准管控：利用土壤湿度、光照、温度传感器实时监测植物生长环境，实现按需灌溉与精准施肥；依托水体智能监测与循环系统，模拟传统理水的净化与调蓄功能，提升水体自净能力与景观稳定性。技术手段让传统生态智慧从经验层面升级为数据驱动的科学运维，推动园林向低耗、高效、健康的可持续方向发展^[2]。

传统园林“师法自然”的营造思想，本质是对地域气候、土壤、水文条件的长期适应与优化利用，其生态价值远超视觉层面。现代智慧园林应进一步吸收这种因地制宜的生态策略，将本土植物群落、微地形改造、自然水循环等传统做法与智能监测系统结合，构建更贴近自然的生态系统。例如，复刻传统“旱溪”“潭、池、涧”水系结构，搭配水位、水质智能监测设备，实现旱季保水、雨季滞洪，使园林在发挥生态功能的同时，延续传统理水的审美意境，真正实现生态功能与艺术形态的统一^[3]。

（三）文化符号的现实表达

传统园林不仅是物质空间，更是文人士大夫审美、哲学思想与价值观念的文化载体。楹联、匾额、石刻、景名、纹样等符

号，将诗词、历史、典故融入景观，形成“景以文名、文因景传”的文化闭环。在数字化时代，文化符号不应止步于静态陈设，而应通过技术实现可解读、可传播、可参与。借助二维码、NFC 近场感应、语音识别、AI 解说等技术，游客可快速获取景观背后的历史故事、诗词释义、造园理念；通过多媒体互动装置，将抽象文化内涵转化为视听体验，让冰冷的建筑与山石拥有鲜活的文化叙事。文化的生命力在于传播与融入生活，智慧技术打破了专业壁垒，让普通游客能够读懂园林、理解传统，使文化符号从“可观看”变为“可触摸、可聆听、可对话”，真正实现活态传承。

园林文化的传承，不能仅停留在视觉符号的复制，更要实现精神内涵的当代转译。传统园林中的“一池三山”“四季造景”“借景抒情”等思想，承载着中国人的自然观与生命观。智慧园林可通过场景化、叙事化的数字手段，将这些深层文化内涵传递给大众：以感应装置触发四季景观变化，以语音讲解传递造园哲学，以互动问答增强文化参与感。当文化不再是高悬的文字与图案，而是可体验、可参与、可思考的内容，传统园林才能真正走入当代生活，成为持续影响社会审美与文化认同的精神空间^[4]。

二、智慧园林对传统元素的重构路径

（一）技术赋能的场景创新

智慧园林的技术应用，核心是以技术强化意境、以交互提升体验，而非设备的简单叠加。针对传统园林经典场景，可通过智能感应、动态控制、交互装置实现场景创新，赋予传统元素新的生命力。在水景营造上，将传统“曲水流觞”的意境与智能感应水渠结合，通过人体感应与水泵智能调节，实现“水随人动、人水互动”，还原文人雅趣的同时增强参与感。在照明设计上，保留灯笼、宫灯的经典造型，以 LED 冷光源替代传统烛火，搭配光感与人流感应系统，实现自动调光、人来灯亮、人走灯缓灭，既营造温润古典氛围，又节能减耗、降低运维成本。在声景与交互层面，设置语音控制装置，游客可通过口令触发喷泉、水雾、灯光变化，实现与景观的实时对话。所有技术装置均采用模块化、隐蔽化设计，确保结构简洁、易于检修，不破坏传统园林的空间格局与视觉完整性。

技术赋能的核心，是让传统景观“活”起来，使其具备响应性、叙事性与情感性。除灯光、水景外，植物景观也可实现智慧升级：通过环境监测与自动调控系统，模拟传统园林中“春生、夏长、秋收、冬藏”的季相变化，结合语音、光影提示，让游客更清晰地感知时序更替与自然节律。这种以技术强化自然意境的方式，既提升了游览的趣味性与知识性，又让传统园林的时间美学与空间美学得到完整延续，使静态景观转化为可感知、可互动、可共情的动态体验场景。

（二）功能适配的简化设计

传统亭、廊、榭、舫等建筑，以游憩、观景、社交为核心功能，造型典雅但现代服务功能不足。智慧园林应遵循“形保传统、功能增量、隐性植入”原则，在不改变外观结构与审美特征的前提下，嵌入轻量化、人性化的现代功能。例如，在亭廊座

椅中预留防水防晒的 USB 充电与无线充电模块，线路隐藏于结构内部，满足游客即时充电需求；在屋顶、梁柱夹层隐蔽部署 Wi-Fi 发射器，实现全网网络覆盖，应对高峰时段的用网需求；在廊柱、坐凳侧边设置小型触控电子导览屏与 NFC 感应标签，游客可便捷获取园林地图、花卉科普、历史介绍、服务点位等信息。所有新增设施均遵循小体量、低可视、易维护原则，以“隐”为美，以“便”为要，避免功能设备喧宾夺主，让传统建筑在保留文化价值的同时，适配现代公共空间的使用需求^[5]。

功能适配的本质，是让传统园林建筑“适应当代人、服务当代人”，在保留历史风貌的前提下提升使用效率与舒适度。除充电、网络、导览外，还可适度植入应急呼叫、环境监测、节能控制等便民安全功能。例如，在廊柱隐蔽位置设置紧急呼叫按钮，连接园区管理平台；在建筑檐下设置温湿度与空气质量显示屏，以古朴界面呈现实时数据。所有功能植入均以“最小干预、最大融合”为原则，使传统建筑既成为文化景观，又成为现代城市中高效、安全、友好的公共服务节点。

（三）虚拟现实的沉浸体验

虚拟现实（VR/AR/MR）技术为传统园林的文化复原与意境拓展提供了全新路径，有效解决历史景观损毁、意境难以传达等问题。通过 AR 技术，游客可在遗址或现存园林中，以手机、平板为媒介，叠加呈现历史场景、建筑原貌、植物季相、人物活动等虚拟信息，实现“虚实共生”的游园体验。例如在遗址公园中，扫描点位即可重现完整的亭台楼阁、水系布局与造园场景，直观对比古今变迁；在荷花池、假山等节点，可查看四季植物变化、古代造园构思等拓展内容。VR 体验区则可作为入口辅助服务设施，让游客“云游”已湮灭的景观区域或无法近距离抵达的秘境，拓展游览边界。虚拟体验并非替代实体游览，而是对文化信息的补充与深化，帮助游客更全面地理解园林的历史价值与艺术内涵，构建跨越时空的文化对话通道。

虚拟现实技术的价值，在于突破物理空间与时间的限制，让消失的园林“重现”、晦涩的意境“易懂”、遥远的历史“贴近”。除景观复原外，还可通过数字内容植入传统生活场景、民俗活动、文人雅集等沉浸式叙事，让游客不仅“看园林”，更能“体验园林”。这种体验方式极大降低了传统文化的理解门槛，尤其适合青少年群体，使园林成为生动的文化课堂。虚拟与现实的结合，让传统园林从静态遗产转变为动态、开放、可深度参与的文化体验场，实现遗产保护与活化利用的双赢。

三、设计实践中的平衡策略

（一）避免技术喧宾夺主

智慧园林的本质仍是园林，技术是服务于文化表达与空间体验的手段，而非目的。在设计与落地中，必须严格控制技术设备的视觉呈现与氛围干扰，坚守文化优先、意境为本的底线。界面设计采用水墨、宣纸、仿古边框等风格，与传统风貌统一；智能终端外壳选用木质、仿石、仿铜等材质，匹配园林建筑与环境质感；信息屏控制亮度与尺寸，实行分时启闭，减少夜间光污染；

线缆、设备、基站优先采用绿植、假山、景墙遮挡，实现功能“隐而不见”。通过全方位的隐性化处理，让技术“隐身”、文化“在场”，确保空间氛围和谐统一。

在实际运营中，过度展示技术会迅速消解传统园林的宁静与诗意。因此，智慧系统应具备“低扰动”特征：平时静默运行，只在被需要时响应；数据采集、智能调控在后台完成，不干扰游客的游览节奏。技术越是隐形、自然、无感，越能凸显园林本身的文化与美学价值。真正成熟的智慧园林，让游客感受到的是便捷、舒适与文化浸润，而非科技的刻意炫耀。

（二）地域特色的差异化应用

智慧园林设计应拒绝标准化模板，坚持技术适配地域、风格呼应本土，将地方气候、材料、建筑风格、植物特色与技术方案深度融合。北派园林强调对称庄重、灰砖黛瓦，宜采用暖黄、暖橙光色，凸显石雕、亭台的厚重感；江南园林以水为脉、曲折灵动，宜选用淡蓝、冷白光效，强化水态与花窗的柔和通透。南方潮湿多雨，设备需重点防潮防腐，线缆高位布设；北方寒冷干燥，智能设施需强化防寒保温，保障冬季稳定运行。植物选择、设备布局、交互形式均因地制宜，使技术成为地域文化表达的助力，而非割裂本土特色的干扰项。

地域特色的传承，不仅是视觉风格的延续，更是营造逻辑的延续。不同地域的园林，在空间尺度、材料运用、造园手法上存在显著差异，智慧化改造必须尊重这种差异性。例如，岭南园林注重遮阳、通风、敞亮，智慧设施应强化通风监测与遮阳调控；西南地区多山地地形，智慧系统可结合地形设计步道感应灯与滑坡监测预警。只有让技术真正扎根于地域环境与文化土壤，智慧园林才能具备独特气质与持久生命力，避免千园一面。

（三）低成本技术的优先选择

智慧园林的可持续发展，离不开经济性与可维护性考量，尤其适用于中小城市与社区绿地项目。设计早期应纳入成本控制思维：优先选用太阳能供电、模块化、免布线设备，降低施工与运维成本；采用开源平台与本地化系统，减少软件授权费用，支持后期二次开发；鼓励与高校、创客团队、数字文化工作室合作，以低成本完成内容制作与装置研发。同时，规避高能耗、难更换、维护复杂的技术方案，以“适用、够用、好用”为原则，让智慧化升级普惠化、长效化，实现技术落地与长期运营的良好循环^[6]。

低成本并非低质量，而是强调技术选择的合理性、实用性与长效性。大量轻量化、成熟化、易维护的技术，完全可以支撑高品质的智慧园林体验：太阳能感应灯、无源 NFC 标签、低功耗传感器、简易交互装置等，都能以较低投入实现文化活化与功能提升。坚持低成本优先，有助于推动智慧园林在更多城市、更多社区落地，让传统园林的智慧与美学惠及更广泛的人群，真正实现文化传承的大众化、可持续化。

四、结语

传统风景园林元素在智慧园林设计中的重生，本质是文化基

因的当代转译与技术创新的温和赋能。成功的智慧园林设计，始于对传统形态、生态、文化价值的深刻理解，成于技术与意境、功能与审美、传承与创新的动态平衡。它拒绝高技术堆砌与形式复刻，倡导以轻量化、模块化、隐性化的技术手段，激活传统元素的当代价值，让古典园林的诗意与智慧在数字时代焕发新的生命力。面向

5G、AI、物联网深度融合的未来，传统与智慧将更自然地共生共荣，风景园林将成为连接历史与现代、人与自然、文化与科技的优质公共空间，持续为城市注入文化温度与生态活力。

参考文献

- [1] 陈坚. 中国传统园林审美的现代重构与 AI 时代价值 —— 从 “大象无形” 到数字化的诗意栖居 [J]. 建筑技术与创新, 2025 (08): 47-52.
- [2] 丁奕欣. 传统文化元素在现代风景园林设计中的应用 [J]. 乡村科技, 2025, 16(4): 132-135.
- [3] 赵子涵. 现代风景园林设计与传统文化的融合 [J]. 建材与装饰, 2025, 21(5): 58-60.
- [4] 丁若蕊, 张炯炯. 传统文化元素在现代风景园林设计中的融入与实践 [J]. 梧州学院学报, 2022, 32(3): 53-58.
- [5] 俞孔坚. 理想景观: 城市生态文明的美学追求 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2022.
- [6] 李梦然. 智慧园林建设中传统文化传承的路径研究 [J]. 园林, 2025 (04): 36-41.

建筑工程管理及施工质量控制

——建筑业高质量发展背景下的提升策略

夏文龙

广州新想产业发展有限公司，广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030005

摘 要： 2024年我国建筑业总产值达32.65万亿元，同比增长3.85%，建筑业增加值占GDP比重达6.7%。在建筑业高质量发展的背景下，工程管理与施工质量控制成为行业关注的核心议题。文章结合2024–2025年最新行业数据，系统分析建筑工程管理的主要内容与特点，深入探讨施工质量控制的关键环节与技术措施，研究混凝土、砌体、防水等工程质量通病的防治对策，提出完善质量管理体系、强化过程控制、推进信息化建设、加强人员培训等建议，为提升工程质量水平提供参考。

关 键 词： 建筑工程；工程管理；施工质量

Construction Engineering Management and Construction Quality Control— Enhancement Strategies in the Context of High-Quality Development in the Construction Industry

Xia Wenlong

Guangzhou Xinxiang Industrial Development Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： In 2024, China's construction industry achieved a total output value of 32.65 trillion yuan, marking a year-on-year increase of 3.85%, with the added value of the construction industry accounting for 6.7% of GDP. Against the backdrop of high-quality development in the construction industry, engineering management and construction quality control have become core issues of industry concern. Drawing on the latest industry data from 2024 to 2025, this article systematically analyzes the main contents and characteristics of construction engineering management, delves into the key aspects and technical measures of construction quality control, investigates preventive and remedial strategies for common quality issues in concrete, masonry, waterproofing, and other construction works, and proposes recommendations for improving the quality management system, strengthening process control, advancing informatization construction, and enhancing personnel training, providing references for enhancing the quality of construction projects.

Keywords： construction engineering; engineering management; construction quality

引言

建筑业是国民经济支柱产业。2024年总产值32.7万亿元，同比增长3.85%，占GDP比重6.7%。企业数量16.8万个，从业人数5962万，劳动生产率同比提高15.15%。行业快速发展的同时，混凝土裂缝、渗漏、空鼓等质量通病仍然存在。《建筑工程施工质量验收统一标准》虽已颁布，但执行中仍有偏差。加强施工质量控制，防治质量通病，对保障人民生命财产安全、促进行业高质量发展具有重要现实意义。

一、建筑工程管理概述

（一）建筑工程管理的主要内容

建筑工程管理是指对建筑工程项目从策划决策、勘察设计、施工建设到竣工验收全过程的组织、协调、控制和监督活动。其主要内容包括：进度管理，通过编制施工进度计划、优化资源配

置、协调各工序衔接，确保工程按期完成；成本管理，通过预算编制、成本控制、变更管理、结算审核等手段，实现投资效益最大化；质量管理，通过建立质量管理体系、制定质量计划、实施过程控制、组织质量验收，确保工程质量符合标准要求；安全管理，通过落实安全责任制、开展安全教育、排查安全隐患、制定应急预案，保障施工安全；合同管理，通过合同签订、履约监

督、变更处理、索赔管理，维护各方合法权益；信息管理，通过建立信息管理系统，实现项目信息的收集、处理、存储和传递，提高管理效率。

（二）建筑工程管理的特点

建筑工程管理具有复杂性、系统性、动态性和风险性等特点。复杂性体现在工程涉及专业多、参与方多、影响因素多，管理协调难度大，需要统筹兼顾各方利益；系统性体现在工程管理是一个有机整体，各要素相互关联、相互制约，需要系统思维和整体观念，实现各要素的协调统一；动态性体现在工程建设过程中内外部环境不断变化，管理需要及时调整和优化，适应变化的需求；风险性体现在工程投资大、周期长、不确定因素多，管理面临各种风险挑战，需要建立风险防控机制。因此，建筑工程管理需要运用科学的管理理论和方法，结合工程实际，实施精细化、规范化、标准化管理，提高管理效能和水平^[1]。

（三）建设工程管理的关键环节与提升措施

建设工程管理的关键环节包括项目策划与决策、招标与合同签订、施工组织与现场协调、竣工验收与交付等。其中，施工阶段的进度、成本、质量、安全协同管控尤为紧要。管理实践中需重点关注合同风险防范、变更签证规范、多参建方沟通协调、档案资料同步归档等事项，避免因管理疏漏导致工期延误或质量缺陷。

提升措施方面：一是推行全过程工程咨询，整合设计、施工、运维阶段管理资源，减少信息断层；二是建立动态风险预警机制，利用信息化手段实时监控关键绩效指标；三是强化合同履约管理，明确各方责权，规范变更与索赔流程；四是实施协同管理平台，促进设计、施工、监理等单位数据共享与业务协同，切实提高工程管理的整体效能。

二、施工质量控制的关键环节

（一）施工准备阶段的质量控制

施工准备是质量控制的基础环节，应重点做好以下工作。

一是技术准备。组织图纸会审，理解设计意图，编制施工组织设计和专项方案，进行技术交底，确保施工人员掌握技术要求。图纸会审时核对各专业图纸的尺寸、标高是否一致，发现矛盾及时沟通解决。

二是材料准备。严格材料进场验收，检查合格证与检验报告，按规定进行见证取样送检，不合格材料不得使用。重要物资加大抽检频次并留存样品。材料堆放整齐，防止混用或受潮。

三是设备准备。检查机械设备性能状态，确保满足施工要求，特种设备需检验合格。设备进场后试运行，查验计量器具校准有效期，发现隐患及时维修。

四是人员准备。组织管理人员和作业人员培训，提高质量意识和操作技能，特种作业人员持证上岗。培训内容包括工艺、标准、安全常识，结合案例进行教育。

五是现场准备。做好场地平整、测量放线、临时设施搭建等工作。复核控制桩点，确保定位准确。临时道路、水电管线、排水沟等设施满足施工需求，兼顾雨季与夜间施工便利。

（二）施工过程的质量控制

施工过程是质量控制的核心环节，应严格执行“三检制”，即自检、互检、专检，确保每道工序质量合格。一是工序质量控

制，严格按照施工工艺标准操作，控制关键工序和特殊工序，做好工序交接检查，上道工序不合格不得进入下道工序；二是隐蔽工程质量控制，隐蔽工程在隐蔽前必须经监理工程师检查验收，做好验收记录和影像资料，确保隐蔽工程质量可追溯；三是检验批和分项工程质量控制，按照《建筑工程施工质量验收统一标准》（GB50300-2013）进行验收，不合格不得进入下道工序；四是质量问题处理，发现质量问题及时分析原因，制定整改措施，跟踪整改效果，形成闭环管理，防止问题重复发生。

（三）竣工验收阶段的质量控制

竣工验收是质量控制的最后关口，应严格按照国家标准进行。一是单位工程质量验收，检查各分部工程质量、质量控制资料、安全和功能检验资料、观感质量，确保工程质量符合设计要求和验收标准；二是专项验收，组织消防、环保、规划等专项验收，取得相关认可文件，确保工程符合各项法规要求；三是竣工资料整理，按照档案管理要求整理工程技术资料，确保资料完整、真实、准确，与工程实际相符；四是质量保修，按照《建设工程质量管理条例》规定，履行质量保修责任，建立回访制度，及时处理质量缺陷，维护用户合法权益^[2]。

三、建筑工程质量通病及防治措施

（一）混凝土工程质量通病及防治

混凝土工程常见质量通病有蜂窝麻面、露筋、裂缝等。蜂窝麻面主要因模板清理不净、脱模剂涂刷不均、振捣不密实，应清理模板、均匀涂刷脱模剂，并分层浇筑、充分振捣。露筋多因保护层垫块缺失或钢筋位移，需设足垫块、加强钢筋固定。裂缝常由温度应力、收缩变形或基础不均沉降引起，应控制入模温度、加强养护、设置后浇带并控制拆模时间，确保结构安全。

（二）砌体工程质量通病及防治

砌体工程常见质量通病包括砂浆饱满度不足、灰缝厚度不均、墙体裂缝、接槎不严等。砂浆饱满度不足的主要原因是砖未浇水湿润、砂浆和易性差，防治措施包括砖提前浇水湿润、优化砂浆配合比、采用“三一”砌筑法，确保砂浆饱满度符合规范要求。灰缝厚度不均的主要原因是未立皮数杆、未拉准线，防治措施包括按实际砖尺寸画皮数杆、层层拉通线砌筑，控制灰缝厚度均匀一致。墙体裂缝的主要原因是不同材料交接处未处理、基础不均匀沉降，防治措施包括在交接处铺钉钢丝网、设置构造柱和圈梁、加强基础处理，减少不均匀沉降影响，保证墙体整体性^[3]。

（三）防水工程质量通病及防治

防水工程常见质量通病包括屋面、卫生间、外墙、地下室渗漏。

屋面渗漏主因是防水层施工差、细部处理不当、保护层开裂。防治措施：选用合格材料，严格工艺，加强女儿墙根部、落水口、管道周边等细部处理，卷材收头压条密封。

卫生间渗漏主因是管道周边封堵不严、防水层厚度不足、闭水试验不合格。防治措施：管道周边分两次封堵，防水层厚度达标，做24h闭水试验；门口设挡水坎，墙面防水层上翻高度不少于300mm，淋浴区不低于1800mm。

外墙渗漏主因是墙体裂缝、窗框密封不严、脚手架眼封堵不实。防治措施：外墙抹灰分层施工，窗框周边留槽打胶，脚手架

眼细石混凝土封堵密实，面砖勾缝饱满。

地下室渗漏主因是混凝土自防水失效、施工缝及后浇带处理不当、穿墙管密封不严。防治措施：控制大体积混凝土浇筑质量，施工缝设止水钢板或止水条，穿墙管加焊止水环并柔性密封，卷材铺贴基层干燥、搭接满足要求、转角圆弧处理。

（四）装饰装修工程质量通病及防治

装饰装修工程常见质量通病包括抹灰空鼓开裂、涂料起皮脱落、地面起砂、门窗安装不牢固等。抹灰空鼓开裂的主要原因是基层处理不干净、抹灰层过厚、养护不及时，防治措施包括基层清理干净、分层抹灰、及时洒水养护，确保抹灰层与基层粘结牢固。涂料起皮脱落的主要原因是基层含水率过高、腻子强度低、涂料质量差，防治措施包括基层干燥后施工、选用合格腻子、使用环保涂料，保证涂料施工质量。地面起砂的主要原因是水泥用量不足、养护不当、使用过早，防治措施包括严格控制配合比、及时养护、达到强度后方可使用，防止地面起砂影响使用功能^[4]。

四、提升施工质量控制水平的对策

（一）完善质量管理体系

建立健全质量管理体系是提升质量控制水平的基础。

一是落实质量责任制，明确项目经理、技术负责人、质量员等各级人员职责，形成全员参与格局。项目部与各岗位签订质量责任书，分解质量目标，定期考核。出现问题可迅速追溯责任人。

二是建立质量管理制度，制定质量计划、检查、验收、奖惩等制度。质量计划明确关键工序控制措施，检查制度规定班组自检、交接检、专职巡检的频次，验收制度细化企业标准，奖惩制度调动人员积极性。

三是推行质量标准化，制定企业质量标准，统一施工工艺与验收标准。收集优秀项目做法，编制标准工艺图集。现场设置样板展示区，每道工序先做样板，经确认后大面积施工，减少操作偏差。

四是加强分包管理，严格资质审查，加强过程监管。审查营业执照、资质等级、业绩信誉。总包方派出质量管理人员日常监督，分包工序须经总包验收合格方可进入下道工序，合同中明确质量责任与处罚条款。通过以上措施，将分包质量纳入统一管理体系，确保整体工程达到预期目标。

（二）强化过程质量控制

过程控制是质量管理的核心，应重点加强以下环节：一是材

料质量控制，建立合格供应商名录，实行材料进场验收制度，加强材料复试和追溯管理，确保材料质量合格；二是工序质量控制，严格执行工艺标准，加强关键工序和特殊工序监控，实行样板引路制度，以样板指导施工；三是质量检验检测，配备必要的检测设备和人员，按规定进行见证取样送检，确保检测数据真实可靠；四是质量问题整改，建立质量问题台账，实行销号管理，确保整改到位，防止问题重复发生。

（三）推进信息化建设

信息化是提升质量管理水平的重要手段。一是建立质量管理信息系统，实现质量计划、质量检查、质量验收、质量问题处理的信息化管理，提高管理效率；二是应用 BIM 技术，通过建筑信息模型进行碰撞检查、施工模拟、质量追溯，提高质量管理精细化水平；三是推行智慧工地建设，利用物联网、大数据、人工智能等技术，实现人员、机械、材料、环境、质量的实时监控和智能预警；四是建立质量数据库，收集整理工程质量数据，分析质量通病规律，为质量预控提供数据支撑，实现质量管理的数字化和智能化^[5]。

（四）加强人员培训教育

人员素质是质量管理的根本保障。一是加强管理人员培训，定期组织质量法规、标准规范、管理方法培训，提高管理能力和业务水平；二是加强作业人员培训，开展技术交底、操作技能培训、质量意识教育，提高操作水平和质量意识；三是推行持证上岗制度，关键岗位人员必须持证上岗，特种作业人员必须取得特种作业资格证书，确保人员资质符合要求；四是建立激励机制，开展质量竞赛、评选质量标兵，激发全员参与质量管理的积极性，营造重视质量的良好氛围。

五、结束语

建筑工程管理及施工质量控制是工程建设核心内容。结合 2024-2025 年行业数据，分析管理特点与控制关键环节，研究质量通病防治措施，提出完善质量管理体系、强化过程控制等对策。建筑企业应树立质量第一理念，严格执行国家标准，落实质量责任制，加强全过程控制，防治质量通病。同时积极应用新技术，推进数字化转型，为建设精品工程、推动建筑业高质量发展贡献力量。

参考文献

[1] 廖述成. 建筑工程施工管理中的质量控制研究 [C]//2025 智慧设计与建造经验交流会论文集. 2025:1-3.
[2] 姜培亮. 建筑工程管理及施工质量控制的有效策略研究 [J]. 城市开发, 2026(1): 159-161.
[3] 马月梅. 建筑工程管理及施工质量控制的问题及对策研究 [J]. 建筑·建材·装饰, 2025(5): 52-54.
[4] 徐晓红. 建筑工程管理及施工质量控制的有效策略研究 [J]. 中州建设, 2025(11): 87-88.
[5] 宁波. 建筑工程管理及施工质量控制的对策研究 [J]. 建材与装饰, 2025, 21(16): 109-111.

社会稳定风险评估在政府投资建筑工程项目中的应用与管控路径

陈立新

广东 汕头 515000

DOI:10.61369/UAID.2026030010

摘 要： 政府投资的建筑工程项目开展社会稳定风险评估，是在决策实施之前针对潜在风险进行系统性的识别与评估，具备前瞻性、系统性以及公众参与特性。当下存在全流程管控脱节、利益均衡缺失、技术管理短板等状况，要通过法治化重建、多元主体协同治理、BIM与智慧工地技术改革及动态评估机制完善，搭建闭环系统，加强风险防控水平。

关 键 词： 政府投资建筑工程；社会稳定风险评估；全周期管控

Application and Control Path of Social Stability Risk Assessment in Government Investment Construction Projects

Chen Lixin

Shantou, Guangdong 515000

Abstract： The social stability risk assessment of government-invested construction projects is a systematic identification and assessment of potential risks before the implementation of decision-making, with forward-looking, systematic and public participation characteristics. At present, there are some problems such as the disconnection of the whole process control, the lack of balance of interests, and the shortcomings of technical management. It is necessary to build a closed-loop system and strengthen the level of risk prevention and control through the reconstruction of the rule of law, the collaborative governance of multiple subjects, the technical reform of BIM and intelligent construction sites and the improvement of dynamic evaluation mechanism.

Keywords： government investment in construction projects; social stability risk assessment; full cycle control

引言

政府投资的建筑工程项目作为公共资源配置的主要载体，其社会稳定风险评估是防范群体事件、维护政府公信力的重要前置步骤。2019年实施的《政府投资条例》清晰把社会稳定风险评估归入项目决策流程，为评估工作提供法定根据。目前实践里，评价体系还存在全流程管控链条中断、利益均衡机制欠佳、技术管理和社会风险联动不够等状况，造成风险预判滞后以及处置被动。在此情况下，要通过法治化来重新建立评估机制、利用智能化对技术管理进行升级、以动态化方式完善全流程管控，搭建预防、评估、处置、反馈的闭环系统，实现风险的精确识别与主动防控，促进政府投资项目的可持续性发展以及社会的和谐稳定。

一、政府投资项目社会稳定风险评估的理论基础

（一）社会稳定风险评估的基本概念社会稳定风险评估指的是在政府投资建筑工程项目作出决策之前，针对可能引发社会矛盾、影响社会秩序的潜在风险开展系统的识别、分析以及评估的动态进程，其核心是预估项目对公众利益、社会关系所产生的影响，为决策提供风险防控方面的根据^[1]。此评估具备前瞻性、系统性以及公众参与性的特点：前瞻性表现为预先参与项目的整个

周期，系统性要求整合多方面的风险要素，公众参与性重点吸收利益相关方的要求。在政府投资项目里，社会稳定风险评估当作前置流程，是因为项目关乎公共资源配置和利益调节，缺少风险预先判断容易引发群体性的事件。核心评估要点包括合法性、合理性、可行性和可控性，分别关注项目是否符合政策规定、利益分配是否公正、支撑条件是否完备、应对措施是否有效。

（二）建筑工程项目风险的独特性政府投资建筑工程项目风险的独特性源自公共属性和工程属性的叠加。在土地征收与房屋

拆迁环节，项目的强制性以及补偿标准的区域差别容易引发利益方面的冲突，当补偿方案未能体现公平性时，容易产生群体性的异议^[2]。在环境生态方面，工程施工对周边环境造成的干扰，或许会引发敏感人群的抵触心理，相关风险往往通过社交媒体传播，进一步形成舆论压力。在公共安全领域，政府所开展的项目受关注度颇高，安全方面的事故或者质量存在的隐患容易被夸大对公共利益的一种威胁。这些风险借由利益关联、信息传播以及信任机制彼此交织，比如征地补偿纠纷和环境影响忧虑产生叠加效果，加重风险的复杂性，需要搭建具有针对性的评估框架。

二、政府投资建筑工程项目评估应用现状

（一）法定评估框架的应用实践当前法规建立起以《政府投资条例》为核心，与《城乡规划法》《土地管理法》《环境影响评价法》相衔接的法定评估框架。在规划许可阶段，项目要通过多规合一平台查验与国土空间规划的相符性，针对涉及生态保护红线、永久基本农田的项目开展空间冲突风险专项评估^[3]。在用地审批流程中，按照《土地管理法实施条例》来判别土地征收过程里涉及的权属争端、补偿标准争议等风险，通过实地考察和公众参与来评估被征地群体的接受程度。环评流程根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》，针对可能引发噪声、扬尘等影响的工程，通过环境影响预测模型对风险等级进行量化，并拟定防治办法。上述阶段的评估结果都以书面报告的形式归入立项审批的要件之中，建立起合规性审查、风险评估、措施优化的闭环式管理。

（二）技术管理方面的实施难题可行性评估时期的技术方案可靠性检验存在空白之处，部分项目针对施工技术方案的检验仅依靠经验评判或者简化模拟，未结合地质状况、气候环境等变量开展多场景测试，导致技术方案和实际需求存在差异^[4]。在工程风险管理的流程里，风险识别工具以及定量分析方法的实际应用缺陷较为明显。传统的风险识别大多运用检查表法或者德尔菲法，对于模块化施工、BIM技术应用等所引发的新型风险识别不够；定量分析由于基础数据积累不充分、概率模型适配性欠佳，很难精确量化风险概率和损失程度，进一步影响风险管控决策的科学性。

三、评估体系现存问题深度剖析

（一）评估机制结构性缺陷

1. 合理性评估中的利益平衡缺失

合理性评估里的利益平衡缺失体现为民众要求响应机制欠佳，造成成本收益分配失调，被征地群体补偿安置方案的设计漏洞格外明显。当前评估多侧重于经济可行性与技术合规性，在对

群众核心利益要求进行系统性收集和回应方面存在不足，未把被征地群体的长期发展需求纳入评估体系，只是用短期货币补偿来替代就业、社会保障、社区重建等深层次要求，导致补偿方案难以符合实际利益期望。利益相关主体参与渠道显示形式化，被征地人群缺少有效表达与协商的途径，评估结果难以确实体现其要求，从而引发社会矛盾。相关研究表明，对利益平衡的忽略已成为群体性事件的主要诱因，凸显出建立多元主体利益协调机制的迫切性^[5]。

2. 可控性评估的防控断层

可控性评估中的防控断层主要表现为应急预案和动态监测机制协同欠佳，造成风险响应出现滞后情况。实时监控多专注工程的进展、质量等硬性指标，对于居民要求、舆情变化等软性风险的监控缺少系统性规划，部分项目的舆情预警体系仅处于信息收集阶段，未与工程进度节点实现联动。当工程施工产生噪声、交通拥堵等状况时，预警信号难以即刻触发应急预案，出现监测、响应的时间间隔。比如某地铁工程因施工延迟引发商家集体投诉，舆情监测体系未把商家要求和进度调节模块关联，导致矛盾扩散到网络平台^[6]。这种协同欠缺体现风险识别、监测以及应急处置阶段缺少闭环规划，降低可控性评估的前置防控效能。

（二）技术管理执行短板

1. 工程技术风险转化机制忽视

对工程技术风险转化机制的漠视，已然成为导致群体性事件发生的主要因素。在某市政桥梁工程施工阶段，由于未确实遵循深基坑支护技术规范，使得周边居民楼墙体出现开裂情况，施工单位既未公开监测数据，也未启动风险应对预案，最终造成大规模聚集维权事件。此案例显示技术标准执行偏差的传导逻辑：技术规范的刚性约束遭削弱，工程技术风险未被归入社会稳定风险评估的动态监测范围，信息不对称加剧矛盾，让技术问题转变为公共安全感知方面的社会稳定风险。当前评估体系大多关注审批阶段的静态风险识别，缺少对施工全流程技术风险向社会风险转变的机制性研究，导致风险预警落后于实际演变^[7]，突显建立技术风险与社会风险联动评估机制的迫切性。

2. 全周期管控链条断裂

全流程管控链条中断是社会稳定风险评估的主要问题之一，当前评估体系过分关注前期立项环节的静态风险辨识，却忽略施工环节动态风险的迭代监测与干预。早期评估结果大多仅处于决策参考领域，未能和施工进度里的实时风险变动实现有效关联，造成风险管控产生断层。在施工阶段会碰到隐蔽工程质量瑕疵、施工干扰居民、劳资矛盾等动态风险情况，要是没有被及时察觉与处理，就容易经社交媒体形成放大效果，进一步引发群体事件或者负面舆论^[8]。比如隐蔽工程的结构隐患或许会在后期显现，而前期评估未把材料替换、工艺变更这类变量纳入动态监测，造成风险评估和实际风险演变相脱节，降低评估的前瞻性，让小风险有可能演变成影响社会稳定的大麻烦。

四、全流程管控路径优化方案

（一）评估机制法治化重构

1. 三维合法性审查强化

三维合法性审核贯穿项目整个生命周期，包括法律程序合规状况、政策衔接适配情形与行政决策正当程度三个方面。法律程序合规性审查立项审批、招投标等流程是否符合《建筑法》《政府投资条例》规定；政策衔接适配性通过跨部门协作机制，对比项目和区域规划、生态环保政策的相符程度；行政决策正当性引入第三方评估组织，关注决策权限、公众参与流程及风险评估合理性。在审查流程里嵌入区块链存证技术，针对主要数据开展分布式存储，实现全程可溯源、不可更改，促使社会稳定风险评估从行政主导朝法治化、规范化转变^[9]。

2. 利益相关方协同治理

搭建多元主体参与方案，通过群众听证、专家论证和第三方评估相融合，加强风险评估的全面性。民众听证包括项目影响区域内的居民、商家等直接利益群体，听证成果作为评估主要根据；专家研讨组建跨领域队伍，对设计、建设及运营阶段风险开展深度分析；第三方评估组织独立评判风险，报告纳入政府决策参考。建立补偿协商动态调节机制，根据利益相关方要求变动、市场状况及政策改变，及时优化补偿准则与形式，清楚协商主体权利和义务，通过定期交流与信息披露提高项目认同感。

（二）技术管理体系升级

1. BIM驱动的风险预控

以BIM技术作为核心搭建多方面风险耦合模拟方案，凭借BIM模型的参数化特质，把施工方案里的工序逻辑、资源调配和周边社会环境因素（像居民生活干扰、交通影响等）开展数字化映射，通过4D施工模拟（3D模型、时间方面）动态重现工程建设全周期的物理与社会交互流程。在仿真环境里，预先设定地质条件突变、施工噪声超标、工期延误等风险情形，通过BIM的碰撞检测和数据分析功能，对工程风险与社会风险的关联强度予以量化，建立风险耦合矩阵。根据模拟成果，预先优化施工技术、空间规划，把风险预控办法嵌入BIM模型的施工管理板块，实现风险预警和处置方案的即时调用。经由该途径，能够把传统的事后风险应对转化为事前动态预控，提高政府投资建筑工程项目社会稳定风险评估的精确性与前瞻性，加强技术管理体系对社会风险的主动防控能力^[10]。

2. 智慧工地风险预警融合

整合物联网传感网络与舆情大数据平台，搭建工程进度与社会稳定风险的双重预警指标，实现风险的多源感知和综合评判。物联网传感器网络布置在施工现场的主要部位，实时收集施工进度、噪音、扬尘等环境数据，结合BIM模型动态关联工程进度的偏差与潜在的风险点；舆情大数据平台通过爬虫技术抓取社交媒体、政务平台以及地方论坛上的公众反馈，利用自然语言处理技术分析情感倾

向和要求类别，识别像施工扰民、补偿纠纷等社会稳定风险源。双重预警指标把工程进度数据和舆情数据开展加权整合，设置多级阈值触发规则，若指标超出预警界限，系统会自动推送风险预警消息至项目管理终端，并且生成包括风险级别、影响领域以及应对建议的决策辅助报告，实现从被动应对向主动预防的转变，为政府投资建筑工程项目的社会稳定风险管控提供技术支持。

（三）全周期闭环管控创新

1. 动态评估再启动机制

动态评估的重启机制重点关注施工重大变更情形，要拟定标准化的触发程序与节点责任列表。首先确定变更类型的界限值，例如项目规模的调整超出10%、工期延长超过30天、环保标准提高等情况，触发风险的重新评估；流程包含变更申请部门递交材料、风险评估小组核查、公众参与途径开启（包含听证会、问卷调查）、评估报告的编制与审核等步骤。节点管控责任清单应细化各主体的具体职责：建设单位承担变更信息同步以及与公众沟通的工作，施工单位提供变更相关的技术参数，风险评估机构独立开展重新评估工作，属地政府负责维稳预案的衔接事宜。再次评估的结果要和原本的评估报告进行对比，要是风险等级提高，就要调整管控措施并向主管部门做好备案；要是风险处于可控范围，那就优化施工方案。此机制通过动态应对变更风险，实现全周期闭环式管控，防止因变更造成群体性事件，维护政府投资建筑工程项目的社会稳定状况。

2. 后评估效能转化体系

后评估效能转化系统重点于政府投资建筑工程项目运营时期的社会稳定效果跟踪以及评估结果的决策转化，是全周期闭环管控的核心环节。此体系先设计动态跟踪机制，通过设定社区满意度监测点、对利益相关方开展定期访谈、进行舆情实时监控等多种途径，不断收集项目运营里噪声污染、交通堵塞、公共服务配套等和社会稳定有关的数据，建立包括运营全周期的效应数据库。在此情形下，搭建风险评估结果转化知识体系，把项目前期评估的风险要点、应对办法以及运营阶段的实际反馈开展关联分析，萃取可复用的风险识别模式与管控策略，比如针对拆迁安置类项目的利益协调体系、大型公共建筑的公众参与改进路径等。知识库通过标准化编码实现分类存储，且接入政府投资项目决策系统，为后续类似项目的风险评估提供数据支持和经验参考，促使社会稳定风险评估由单一项目的一次性评估向跨项目的动态迭代优化转化，保证评估效能贯穿项目整个生命周期，提高政府投资决策的科学性以及社会风险防控能力。

五、总结

社会稳定风险评估于政府投资建筑工程项目里的运用与管控，要以法治化、智能化、动态化作为核心途径，搭建预防、评估、处置、反馈的闭环系统。评估机制的法治化需要通过法规来

清晰界定评估主体、流程以及责任，以此保障评估具备权威性和规范性，防止出现主观的随意性。技术管理的智能化通过引入大数据、人工智能等技术，提高风险识别与量化的精确程度，化解传统评估里数据滞后、分析不全面的难题。管控进程动态化要贯穿项目整个生命周期，实时追踪风险变动，及时调整应对措施，避免风险积累与蔓延。闭环体系的搭建可把风险防控融入项目的

决策、执行与运营等各个环节，降低因社会矛盾导致的项目延迟或中断情况，提高政府投资的经济与社会效益。未来的研究工作需深入推进智能算法于风险量化领域的运用，探寻更为科学合理的风险预测模型，进一步提高评估工作的前瞻性与有效性，以此推动政府投资建筑工程项目实现可持续发展目标。

参考文献

[1] 朱嘉敏. A公司旧村改造项目投资风险管控研究 [D]. 广东工业大学, 2022.
[2] 孙倩. 政府电子招投标风险评估及管控研究 ——以 N 市为例 [D]. 东南大学, 2022.
[3] 张媛媛. 风险投资、高管团队稳定性与企业创新 [D]. 首都经济贸易大学, 2022.
[4] 湛千慧. 司法领域社会稳定风险评估制度研究 [D]. 湘潭大学, 2022.
[5] 俞东君. 地方政府投融资平台债务风险评估与防控研究 ——以 JT 投资集团为实证 [D]. 南华大学, 2023.
[6] 孙晓沛. 重大资源环境项目社会稳定风险评估体系研究 [J]. 四川环境, 2022, 41(06): 299-304.
[7] 雷尚清, 陈雅迪. 国内社会稳定风险评估研究的理论图景 (2005—2020)[J]. 学术交流, 2022(2): 108-126.
[8] 夏婧业. 农业水价综合改革社会稳定风险评估研究 [J]. 山西水利, 2023, 39(12): 16-17, 21.
[9] 杜玉燕. 精细化治理视角下社会稳定风险评估研究 [J]. 中国科技投资, 2022(30): 52-54.
[10] 张春颜. “风险差序格局”视角下环境类邻避项目的社会稳定风险评估研究 [J]. 中国延安干部学院学报, 2022, 15(2): 91-99.

建筑工程中央空调全生命周期维护保养体系构建与实践探析

胡伟杰

广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030011

摘 要： 建筑工程项目中央空调全生命周期维护保养体系通过系统结构原理，整合预防性维护和全生命周期管理思想，通过 BIM、物联网、AI 等技术搭建框架，实现设备从设计直至报废的全阶段管控。实际情况表明，此体系能够提高能源效率、减少故障以及降低维护费用。不过需要对成本结构和跨专业数据协作进行优化。在未来要进一步深入应用智能技术，并健全制度保障。

关 键 词： 中央空调；全生命周期维护保养；智能控制技术

Construction and Practice Analysis of the Whole Life Cycle Maintenance System for Central Air Conditioning in Construction Projects

Hu Weijie

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： The whole life cycle maintenance system of central air conditioning in construction project integrates preventive maintenance and whole life cycle management ideas through system structure principle, and builds a framework through BIM, Internet of things, AI and other technologies to realize the whole stage management and control of equipment from design to scrap. The actual situation shows that this system can improve energy efficiency, reduce faults and reduce maintenance costs. However, it is necessary to optimize the cost structure and cross-disciplinary data collaboration. In the future, we should further apply intelligent technology and improve the system guarantee.

Keywords： central air conditioning; full lifecycle maintenance and upkeep; intelligent control technology

引言

中央空气调节系统作为现代建筑物能源消耗与舒适保障的主要设施，其运行的稳定性和能效水准直接关乎建筑全生命周期的可持续发展。传统的维护模式由于重视故障维修而轻视预防性管理，常常会造成设备能耗增加、使用寿命缩短，难以符合建筑绿色发展的要求。《十四五建筑节能与绿色建筑发展规划》（2021 年）清晰提出推动建筑设备全生命周期管理，加强智能运维技术运用，为中央空调维护体系创新提供政策引导。在这样的背景之下，搭建包括设计、安装、运行直至报废的全生命周期维护保养系统，要以系统结构和工作原理作为理论基础，融合 BIM、物联网以及智能控制技术，通过预防性维护和预测性干预来平衡技术可行性与经济合理性。本研究结合具有代表性的商业综合体实例，研究体系搭建框架、技术集成路径以及效能评价方法，为加强中央空调系统的可靠性与能效提供实践方面的参考。

一、中央空调维护保养的理论基础

（一）中央空调系统结构与工作原理

中央空调系统的构造与运行原理是维护保养体系的理论主要，其构造包括制冷 / 制热循环、空气处理、水系统以及控制这四大模块。制冷循环将压缩机作为核心，通过制冷剂的相变实现热量的转移；制热模式依靠四通阀来切换流向得以完成^[1]。空气处理装置由风机、过滤器、表冷器等构成，承担空气输送、净化以

及温湿度调控；水系统通过冷冻水和冷却水循环来传递热量；控制系统实现自动调节与运行监测。在暖通工程施工的背景之下，系统的运行需要兼顾建筑的负荷特性以及设备的协同效率，例如大型商业建筑会动态地调节送风参数，像医院这类场所对于洁净度和稳定性有着更高的要求。清楚结构和工作原理，为维护保养给出针对性的根据，为全生命周期的维护体系筑牢科学基础。

（二）维护保养核心概念及生命周期管理

中央空调的维护保养工作是以预防性维护作为基础，融合预

测性技术实现故障前置干预的技术管理行为，其目的在于确保系统稳定运转、延长使用寿命并提高能效^[2]。全生命周期管理观念把设计、安装、运行直至报废各个阶段归入统一方案，注重维护策略的协同特性。目前行业存在重视故障维修、轻视预防性管理的状况，使得能耗增加、使用寿命缩短。并且全生命周期应用面临预防性成本和短期经济性之间的冲突，同时各阶段的数据相互割裂，对策略优化形成制约。此理念的引入要权衡技术可实现性与经济合理性，通过整合数据搭建闭环管理机制，保证维护活动和系统全生命周期的性能要求相符合，为建立科学的维护体系提供理论支持。

二、全生命周期维护保养体系的构建框架

（一）体系构建原则与目标设定

全生命周期维护保养体系的搭建框架将原则和目标设定当作核心，保证与中央空调系统特性相符合。建立准则包括经济性、可持续性以及预防性：经济性要求对策略进行优化，从而降低全生命周期的成本；可持续性重点强调节能与环保；预防性以状态监测为基础，提前识别故障，减少突发风险。目标设定应包括设计、运转及退役时期：设计时期融入维护便捷性，运转时期建立动态维护规划，退役时期筹划设备回收与资源循环。根据空调控制技术，目的要清晰主要指标，像设计时期维护空间预留比例、运行时期故障预警准确率、退役时期材料回收比率，从而实现维护保养的系统性和针对性^[3]。

（二）方法论与技术手段整合设计

方法论与技术手段整合设计以全生命周期视角作为核心，把暖通施工作业、空调技术管理和系统控制进行深度融合。通过 BIM 技术搭建体系方案，实现从设计环节参数化建模至运维环节动态数据关联，通过模型整合设备参数、施工工艺以及运维标准，建立可视化维护决策支撑系统^[4]。方案嵌入施工质量追溯组件，关联管道安装精度、设备调试信息与后期保养需求，保证施工和运维标准相符；集成状态监测技术，利用传感器实时收集运行参数，通过 BIM 平台对比阈值，实现故障预警与维护策略的动态调控。系统管控导入智能算法，根据历史数据和实时工况对运行模式进行优化，制定个性化的维护方案。此整合设计包括从施工至运维的整个流程，通过技术协同保障维护的精确性，符合中央空调全生命周期的管理要求。

三、实践探析：体系构建与实施案例分析

（一）案例背景与实施过程分析

1. 案例选择与研究设计

为检验建筑工程中央空调全生命周期维护保养体系的可行性，挑选某超高层商业综合体的中央空调项目当作典型案例。此项目的总建筑面积大概为 12 万平方米，运用多联机和集中式空调系统相结合的复合式制冷方案，为商业、办公以及酒店等多种业态提供服务，设备运行负荷波动较大且维护需求繁杂，具有全生

命周期维护的典型研究意义。研究规划以问题导向、数据支撑、体系适配作为逻辑主线，通过实地调研获取项目从设备安装调试、日常运作直至故障维修的全流程数据，包括设备运行参数、维护日志、能耗信息以及用户反馈等内容。结合文献研究里全生命周期管理的理论方案^[5]，搭建预防维护、状态监测、故障诊断、性能优化的四维分析模型，以量化数据为根据分析体系在实际运用中的适配性和改进余地，保证研究成果既符合项目实际情况，又能为同类工程提供可复制的实践参考。

2. 维护保养实践的关键发现

经对某商业综合体中央空调全生命周期维护保养体系开展实施跟踪，察觉定期对冷凝器、蒸发器以及过滤器进行清洁，能够让系统 COP 值提高 8%–12%，冷水机组运行时的噪音降低 15 分贝以上^[6]。在成本效益情况中，预防性维护投入和故障维修成本的比例大概是 1:4.2，年度能耗费用相较于传统维护模式降低 18.3%。不过前期传感器部署以及数据平台搭建的一次性投入占据总成本的 35%，这使得中小项目的投资回报周期延长到 3–4 年。在系统控制成效方面，通过 BIM 模型的实时监测系统能够提前 72 小时对潜在故障发出预警，故障响应时长缩短 60%，不过跨专业数据协同存在延时情况，部分老旧设备的传感数据采集精准度仅为 85%，对预测性维护的精确性造成影响。能耗优化仍然面临难题，过渡时节的冷热负荷变动导致系统频繁转换运行方式，能源浪费比例比设计数值高 5%–7%，需要进一步完善 AI 算法的负荷预测模型。从整体来看，全生命周期维护保养体系应用于大型建筑时，能够明显提高系统的可靠性与能效。不过需要根据不同的建筑规模对成本结构进行优化，加强跨专业的数据融合能力，从而突破能耗优化方面的瓶颈。

（二）技术管理与控制应用探析

1. 技术管理策略的实施

在建筑工程中央空调全生命周期维护保养体系搭建中，技术管理策略的施行要专注暖通施工程序与技术主要，通过故障诊断和备件管理的精确落实提高系统可靠性。故障排查阶段可引入物联网传感设备实时收集运行数据，结合机器学习方法建立故障预估模型，实现从被动检修向主动预警的转化，比如对冷水机组压缩机震动、冷凝器结污等主要参数的动态监控，可提前 72 小时察觉潜在故障隐患^[7]。备件管理方案要根据设备服役时长和故障发生频率建立动态的库存模式，运用 ABC 分类方式对主要部件（像膨胀阀、风机盘管电机）开展重点管控，并且通过 BIM 技术搭建设备数字孪生体，关联备件的型号、供应商资料以及更换周期，保证维修响应效率提高 30% 以上。某商业综合体项目通过上述策略的施行，把中央空调系统年均故障停机时长缩减至 48 小时以内，运维费用降低 15%，证实技术管理策略在全生命周期维护里的实践意义。

2. 控制技术优化效能分析

在建筑工程的中央空调全生命周期维护保养体系里，控制技术的集成运用对系统效能的优化起着主要作用。智能控制技术通过实时监控空调系统的运转参数（像温度、湿度、能耗等），结合算法模型对设备运行状态进行动态调节，明显降低不必要的能耗。有一商业综合体项目实例表明，采用集成变频控制与 AI 算

法的维护体系后，系统每年平均能耗相较于传统维护模式下降23%，并且设备故障响应时长缩短40%^[8]。此体系通过传感器网络收集数据，由边缘计算节点分析设备健康状况，提前对潜在故障发出预警，降低非计划停机时长。控制技术的改进不但提高能源利用效能，还增长设备使用时长，减少全生命周期维护费用。实践证明智能控制和维护流程的深度结合，可实现空调系统运行的精确调控，为全生命周期维护保养机制提供技术保障，促使建筑工程中央空调管理朝着智能化、高效化方向转变。

四、体系效能评估与优化路径

（一）维护保养效能评估方法

1. 评估指标体系构建

在建筑工程中央空调全生命周期维护保养体系的效能评价里，评价指标体系搭建要紧密贴合全生命周期管理目的，从设备性能、运行效能和用户感受方面设定量化指标。故障发生率作为主要指标，能够通过统计设备年度故障的次数、平均故障间隔的时长以及故障修复的时间，体现维护保养工作对设备稳定性的保障效能。结合故障的类型（像压缩机故障、管路泄漏等）对分类指标进行细化，从而提高评估的精确程度。能源效率指标要关联中央空调年度能耗数据、COP值（性能系数）以及能耗下降率，对比不同维护阶段的能耗变动情况，验证保养措施对节能目标的支撑作用^[9]。用户满意度指标能够通过问卷调查、投诉率统计等途径获取，包含温度稳定性、噪音控制以及响应及时性等方面，对用户针对系统运行成效的主观评价予以量化。指标体系要和全生命周期各阶段（设计、安装、运行、报废）的管理要求相适配，保证指标数据能够通过物联网监测系统、维护记录数据库等途径获取，为后续的效能评估提供可靠的数据支持，促进维护保养体系的动态改进。

2. 实际应用评估案例分析

体系效能评估及优化途径里，维护保养效能评估办法要将量化指标和定性分析相结合，搭建包括设备故障发生率、能耗降低比例、维护成本控制比率等主要参数的评估模型，通过实时监测数据和历史运维资料的对照，对体系在延长设备使用期限、提高运行效能方面的效能进行量化^[10]。实际应用评估案例分析可挑选某商业综合体的中央空调系统当作研究客体，运用建立好的维护保养体系开展全生命周期管理，通过集成物联网监测技术和预测性维护算法，实时收集设备运行参数，像冷凝压力、送风温度等，再结合定期巡检数据开展交叉核验。案例数据表明，体系应用之后设备非计划停机的次数降低35%，年度能耗和传统维护模式相比减少18%，维护成本降低22%，证实控制技术集成对系统稳定性与经济性的改善作用，同时也为后续的优化途径提供数据根据，例如针对过滤器更换周期进行动态调整、故障预警模型的算法迭代等方面。

（二）控制在体系中的深化应用

1. 智能控制技术概述与集成

在体系效能评估与优化途径里，控制技术的深入运用是提高

建筑工程中央空调全生命周期维护保养体系效能的主要方法。智能控制技术以物联网（IoT）和人工智能（AI）算法作为典型，利用传感器实时收集空调系统的运行数据（像温度、湿度、能耗、设备状态等），搭建动态数据网络，实现对系统运行状况的精确感知与监测。AI算法根据历史运行数据和实时反馈，建立预测模型，能够提前察觉设备潜在故障，防止非计划停机；并且通过动态调控系统运行模式，优化能源配置，减少能耗成本。在暖通工程施工里，智能控制技术的集成优势显示于施工环节的数字化协作以及运维环节的智能化管控：施工期间IoT设备和建筑信息模型（BIM）相融合，实现设备安装位置、管线走向的精确确定与冲突排查；运维阶段由AI驱动的智能控制系统能够自动调节空调负荷，符合建筑内人员的活动规律，提高舒适性和能效比。

2. 控制技术应用的影响评估

体系效能评估与优化途径里，控制技术于维护保养体系的深入应用要专注运行稳定性和成本控制方面的影响评价。以某商业综合建筑的中央空调体系为例，通过引入物联网传感设备与AI算法搭建的智能管控平台，实时监控设备运转参数（像冷凝器压力、蒸发器温度），实现故障预警的准确率提高到92%，非计划停机的时长降低40%，运行的稳定性大幅加强。在成本管控方面，此技术应用让年度维护人力成本下降35%，能耗优化比例达到18%，通过提前介入避免的设备大修费用占总维护成本的22%。

（三）暖通施工与管理的优化建议

1. 施工阶段保养整合策略

在体系效能评估和优化途径里，暖通施工与管理的优化提议应重点于施工阶段的保养整合策略，把全生命周期理念当作核心，把维护保养要素融入施工环节。施工阶段需预留充足的设备检修空间，比如在风管、水管布置时预留宽度不低于0.8米的检修通道，保证后期过滤器更换、管道清洗等操作便利；材料选取方面优先选用耐腐蚀、易清洁的材料，像用镀锌钢板风管替换普通钢板，降低因锈蚀造成的维护频次。在施工进程里要同步开展维护监测装置的安装工作，例如于主要的管道节点处设置压力传感器、温度传感器，实时收集运行数据，为后续的保养工作提供数据方面的支持。施工单位需与运维团队建立协同机制，在隐蔽工程动工之前邀请运维人员参与技术交底，清楚管道走向、阀门位置等主要信息，防止后期维护时因信息匮乏导致施工难度增大。

2. 工程管理挑战与对策

体系效能评估及优化路径里，工程管理面临的挑战与应对策略为核心部分。在中央空调全生命周期维护保养体系的执行过程中，人力和成本方面的问题十分明显：专业维护人员的技能水平存在差异，部分人员对于新型节能设备的操作以及故障诊断能力欠佳，使得维护工作效率不高；此外全生命周期维护包括前期设备选型、中期运行监测、后期维修更换等多个阶段的成本投入，要是缺少精细化的成本管控，很容易出现预算超支或者资源浪费的情况。面对这些挑战，暖通工程的优化策略应重点于加强培训制度和精细化成本管理。通过搭建分层级的培训方案，融合理论教学与实际操作演练，加强维护人员对变频控制、智能监测系统等新兴技术的掌握水平，保证维护操作具备规范性与专业性；在

成本管控方面，引入全生命周期成本（LCC）分析模型，针对设备采购、运行能耗、维护费用等开展动态核算，优化资源分配，实现成本与效能的均衡。

五、总结

建筑工程项目中央空调全生命周期维护保养体系搭建以设备全流程管理为主要，包括设计选型、安装调试、运行维护、改造

升级直至报废回收各个环节，通过标准化流程与数字化技术相结合，实现设备性能优化和成本控制。实际情况显示，此体系可明显提高中央空调的运行效能，减少能耗以及故障发生的概率，延长设备的使用时长，在暖通工程里有着不可取代的支撑功效，为建筑能效的提高和可持续运转提供保障。该研究存在一定局限之处，例如案例挑选大多集中在大型公共建筑方面，对于中小建筑以及不同气候区项目的适配性验证有所欠缺，部分技术应用的长期成效仍需开展跟踪。

参考文献

[1] 胡添熠. 中央空调群控系统设计与实现 [D]. 武汉理工大学, 2022.

[2] 李元正. 中职学校《新能源汽车维护与保养》项目课程开发与实践 [D]. 广西师范大学, 2023.

[3] 周瑶佳. 基于深度学习的中央空调负荷预测与优化控制研究 [D]. 西安建筑科技大学, 2023.

[4] 赵玮民. L公司中央空调售后服务质量改进研究 [D]. 天津大学, 2022.

[5] 王佳奇. 基于无线传感器网络的中央空调数据采集系统开发 [D]. 郑州轻工业大学, 2023.

[6] 江静, 吴江平, 吴晓丽, 等. 女性全生命周期健康管理体系与管理平台的构建与实践 [J]. 中国妇幼卫生杂志, 2024, 15(1): 72-76.

[7] 章亮. 建筑工程设备维护与保养研究 [J]. 中国高新科技, 2024(12): 116-118.

[8] 杜号, 张大鹏, 杨振宇, 等. 构建 "全生命周期" 党务人才培养体系 [J]. 企业党建, 2022(7): 16-17.

[9] 陆杰华. 构建全生命周期的生育支持政策体系 [J]. 人民论坛, 2023(7): 60-63.

[10] 刘建洲. 探析汽车发动机维护与保养 [J]. 时代汽车, 2022(3): 179-180.

房屋建筑结构方案选型与设计实践探讨

苏伟新

广东 中山 528400

DOI:10.61369/UAID.2026030012

摘 要： 本研究全面研究房屋建筑结构方案的选型以及设计实践，分析框架、剪力墙等结构类型的力学特征与适用状况，说明选型要综合考量功能、经济、安全等要素，介绍设计流程以及 BIM 协同、数值模拟等核心技术，融入可持续与智能化的创新理念，通过案例验证选型的合理性，归纳多方面的决策逻辑，指明未来朝着绿色智能融合方向发展的趋向。

关 键 词： 房屋建筑结构选型；BIM 技术；可持续设计

A Discussion on the Selection and Design Practice of Structural Schemes for Building Structures

Su Weixin

Zhongshan, Guangdong 528400

Abstract： This study comprehensively studies the selection and design practice of building structure schemes, analyzes the mechanical characteristics and application status of structural types such as frame and shear wall, and explains that the selection should comprehensively consider factors such as function, economy and safety. This paper introduces the design process, BIM collaboration, numerical simulation and other core technologies, integrates sustainable and intelligent innovation concepts, verifies the rationality of selection through cases, summarizes various decision-making logics, and points out the future development trend towards green intelligent integration.

Keywords： structural selection for buildings; BIM technology; sustainable design

引言

房屋建筑结构的方案选择是建筑设计的主要部分，其合理性会直接影响建筑的安全性、经济性以及功能的适配程度。根据《十四五建筑节能与绿色建筑发展规划》（2021 年）针对建筑绿色化、智能化以及可持续性的清晰要求，结构选型要跳出传统单一方面的考量模式，融入多学科技术和全生命周期理念。文章针对结构类型特点、决策要素、设计过程以及实践难题进行系统研究，结合 BIM 技术整合、参数化设计完善等创新方式，通过典型项目实例开展实证分析，揭示结构选型的多方面决策逻辑与技术途径，为建筑领域落实政策规定、实现高质量转变提供理论根据与实践参考。

一、房屋建筑结构方案选型基础

（一）常见结构类型分析

房屋建筑结构方案选型的基础是掌握不同结构类型的力学特点和适用情形，常见的结构类型有框架结构、剪力墙结构、框架、剪力墙结构以及筒体结构等。框方案造由梁与柱经节点相连形成承重系统，空间布局灵活，适用于像办公楼、商场这类对空间分隔要求较高的建筑物，不过抗侧刚度相对较弱，当高度受限的时候需要强化抗侧力措施^[1]。剪力墙结构把墙体当作主要的抗侧力部件，抗侧刚度强、抗震能力佳，常应用于高层住宅等对空间规整程度要求较高的建筑物，不过其墙体设置较为密集，对空间灵活性存在一定约束。框架、剪力墙体系融合二者长处，框架负责承受竖向荷载，剪力墙抵御水平作用力，适用于中高层建筑物，能够在确保结构刚度

的情况下提供灵活的内部空间。筒体结构通过核心筒和外框筒共同作用，抗侧刚度极大，常用于超高层建筑物，可有效抵御风荷载和地震影响。这些结构类型特性的不同为选型提供理论支撑，选型时要综合考量建筑功能、高度、抗震设防烈度以及场地状况等要素，保证结构方案的安全性和经济性。

（二）选型决策因素与标准

在房屋建筑结构方案的选型基础里，选型的决策要素与标准是保证结构设计符合建筑目标的主要部分。功能需求当作首要要素，要符合建筑的使用类别与空间要求，例如大跨度公共建筑通常需运用空间桁架或者悬索结构来实现无柱空间需求，而住宅建筑则更看重平面布局的灵活性以及竖向构件的合理布置。经济性评估包含初始建造花费、运维开支以及全生命周期的成本，要通过材料使用量、施工技术及结构系统的优化实现成本管控，并且

要结合当地材料供给与劳动力成本开展综合评定。安全性属于结构选型的底线，要符合现行规范对于承载力、抗震性能以及防火等级的规定，特别是在地震多发区域，应优先选用延性出色的结构体系，例如框架、剪力墙结构，以此加强结构的抗倒塌能力。常见的评估模型包括层次分析法、模糊综合评价法等，通过对各因素权重进行量化实现多方案的系统性对比，决策流程要从需求分析、方案制定、技术经济测评直至最终选型，建立闭环的决策方案，保障选型结果具备科学性与合理性^[2]。

二、设计实践方法论

（一）设计流程核心步骤

房屋建筑结构设计规范化流程从方案设想起始，要结合建筑功能要求、场地状况以及抗震设防级别等因素，初步挑选合适的结构体系（像框架、剪力墙或者框架、剪力墙结构），该阶段需通过多方案对比来明确技术可行且经济合理的路径，主要控制要点是结构体系与建筑功能的符合度以及对场地状况的适应性。方案敲定之后进入初步设计时期，要完成结构布局、荷载核算以及主要部件的截面预估，利用结构分析软件开展整体受力模拟，检验结构在竖向荷载、风荷载以及地震作用时的安全性，该时期需重点把控构件截面大小的合理性和结构整体刚度的均衡度。初步设计获批后进入详细设计环节，要细化各个构件的配筋规划、节点构造以及连接形式，保证构件达到承载力、变形以及延性标准，同时要协同建筑、机电等专业开展管线预留、设备基础等协同设计工作，主要控制要点是节点构造的可靠性和各专业设计的兼容性^[3]。各个环节要通过阶段性评审实现对设计质量的动态掌控，保证最终的结构方案既符合规范要求，又实现建筑的使用功能与经济性目标。

（二）实践难点与应对策略

在房屋建筑结构方案的选型与设计实操里，技术挑战和非技术挑战时常交错显示。从技术角度来看，规范所设定的多方面限制，像抗震、防火等规定，或许会和建筑空间的需求出现矛盾。比如大跨度结构在实现抗震性能要求时，要对材料使用量和成本进行权衡^[4]。在非技术领域，多专业协同问题较为明显，结构设计要和建筑、机电等专业配合，要是信息传递不顺畅，容易造成设计反复，进一步延误工程进度。面对规范约束，通过参数化设计软件模拟不同方案的性能表现，配合结构优化算法在规范领域内找寻最优方案；针对多专业协同，搭建 BIM 协同平台实现信息即时共享，确定各专业接口准则，降低沟通偏差。另外采用生命周期成本分析手段，全面权衡结构整个寿命周期的经济和环境效益，让选型方案更具可持续特性。

三、项目设计思路深度探讨

（一）设计理念与技术路径

1. 创新设计思维模式

在房屋建筑结构方案的选型与设计实操里，创新设计的思维

方式要以可持续性和智能化当作核心指引，打破传统结构设计的单一功能束缚。通过整合绿色建筑技术和智能建造体系，把结构选型与环境适应性、能源效率以及全生命周期成本分析进行深度融合，比如在高层住宅项目里运用模块化钢结构体系，结合 BIM 技术实现构件预制和现场装配的精确对接，既降低施工碳排放，又提高结构抗震性能^[1]。智能化理念的引入要依靠物联网和数字孪生技术，在结构设计环节嵌入传感器和数据采集体系，实时监控结构应力、温度等参量，实现从设计到运维的动态优化^[2]。可持续设计要通过材料循环运用、被动式节能手段（像自然通风改良、遮阳体系设计）以及可再生能源融合（例如光伏一体化部件），让结构功能和生态效益实现统一^[3]。创新思维要打破学科界限，通过建筑、结构、机电等多专业开展协同设计，在方案选型环节就对不同结构类型（像钢筋混凝土框架、钢结构、木结构）的环境影响和技术可行性进行评估。比如某公共建筑项目经对比分析，选用胶合木结构与钢结构的混合体系，既实现大跨度空间要求，又减少建筑碳足迹^[4]。另外设计流程要引入全生命周期理念，从材料制造、施工建设到运营保养的各个阶段，通过参数化设计手段模拟结构性能和环境的相互作用，实现结构方案的动态调节与优化^[5]。

2. 关键技术选择与集成

主要技术选取与整合部分把 BIM 技术当作核心数据载体，搭建多工具协作的结构设计系统。BIM 平台应具备参数化建模的能力，支持 Revit 或者 Bentley 系列软件开展结构构件库的定制，通过 IFC 标准实现模型信息的无损传送。数值仿真工具选用 ABAQUS 或者 SAP2000，通过 API 接口和 BIM 模型建立实时数据交互，把 BIM 模型里的几何尺寸、材料属性等参数直接导入到分析软件中，降低人工输入的误差。在集成环节要建立数据映射准则，保证 BIM 模型里的构件 ID 和有限元模型的单元编号一一对应，实现荷载传递路径的可视化跟踪。协同作业流程运用云端协作平台，支持多专业团队即时访问同一 BIM 模型，结构工程师能够直接在模型里标记设计方面的问题，暖通、电气等专业通过模型碰撞检测功能反馈管线冲突状况，建立设计、分析、优化的闭环。技术整合要符合《建筑信息模型应用统一标准》GB/T 51212-2016 的规定，保证模型信息的完备性与一致性^[6]。

（二）典型案例实证分析

1. 项目背景与核心问题

挑选某超高层商业综合体项目当作典型事例，此项目位于地震高烈度区域，总高度为 280 米，建设用地有限且周边存在历史保护建筑，要在实现建筑功能多样性（包括大跨度商业中庭、悬挑办公楼层）的同时，兼顾结构安全性、经济性和施工可行性。项目设计起始阶段面临核心冲突：高烈度区域的超高层结构要加强抗侧刚度来抵抗地震影响，但是大跨度中庭以及悬挑设计需要结构体系拥有充足的空间适应性，常规的框架、核心筒结构难以同时实现抗侧刚度和空间灵活性的要求。技术难题表现在两个方面：其一为大跨度中庭（跨度 35 米）的楼盖体系选择，要同时考虑自重、挠度把控与施工便利性；其二是悬挑楼层（悬挑长度 12 米）的抗倾覆和振动管控，普通悬臂结构容易造成结构刚度突然

变化,引发地震作用时的应力集中。另外该项目要符合绿色建筑三星标准,结构材料的选择要同时考虑强度和可持续性,这进一步提高设计的复杂程度^[7]。

2. 解决方案实施与效果评估

项目设计思路的深入研讨要围绕结构稳固性、经济性以及施工可操作性来开展,通过多方案对比选定最佳体系,像框架、剪力墙或者组合结构等,结合建筑功能要求对构件尺寸和材料选择进行优化。典型案例实证研究可挑选某高层住宅工程,对比初始设计和优化方案的钢材用量、混凝土使用量以及工期数据,发现运用装配整体式框架结构之后,结构自身重量降低12%,施工时长缩短15%,证实选型的合理性。在解决方案的执行过程里,要建立BIM模型来开展碰撞检测与施工模拟工作,以此保证构件预制的精准度以及现场装配的效率。效果评估会从结构性能、成本管控以及绿色建筑指标等方面进行。通过荷载试验和有限元分析来确定结构承载力符合规范标准,碳排放量相较于传统方案降低8%,彰显出设计实践的综合效益^[8]。

四、项目设计过程实践管理

(一) 前期规划与准备阶段

1. 需求调研与目标定义

项目设计流程实践管理前期的规划筹备阶段所开展的需求调研和目标界定,是房屋建筑结构方案选型的基础步骤。此阶段要通过用户访谈、数据分析等途径确定项目功能需求以及结构性能目标。用户访谈要包括业主、使用方以及相关方,掌握空间布局、使用场景和特殊要求,例如大跨度空间需求或者抗震设防等级要求。数据分析会综合项目所在区域的地质状况、气候特性以及建筑规范要求,根据地质勘察报告、气象数据这类量化指标,明确结构的荷载取值、抗震等级等性能参数。在调研进程里要同步理清功能需求和性能目标的关联,比如商业建筑的大空间要求或许对应大跨度结构的选型,而抗震设防烈度较高的地区需优先考虑结构的延性设计。该阶段要建立需求列表和性能目标矩阵,为后续的结构方案选择提供清晰根据,保证方案既能满足功能要求,又符合技术规范和安全标准^[9]。

2. 资源配置与计划制定

项目设计流程实践管理的前期规划与筹备阶段,资源调配和计划拟定要围绕房屋建筑结构方案选型这一核心目标来开展,通过合理的团队搭建、时间节点把控以及技术资源分配,保障设计实践能够高效推进。团队搭建需按照结构选型的专业要求,整合建筑、结构、岩土等多个领域的技术人员,清晰界定各成员在方案筛选、计算分析以及技术论证里的职责,建立跨专业合作机制来确保方案的可行性与创新性。时间节点把控要结合结构设计的主要步骤,像初步选模、模型搭建、性能分析及方案完善等,拟定分阶段的进度规划,运用甘特图等工具细化各任务的时间指标,同时预留灵活周期以应对选模过程中或许出现的技术变动,保证整体进度和项目总工期相符合。在技术资源的调配方面,要优先确保结构分析软件、试验设备以及参考资料的供应。资源调

配和规划拟定要遵循动态调节原则,定时评估团队协同效率、进度实施状况以及技术资源的运用成效,及时优化资源分配和规划安排,以适应结构方案选型进程里的不确定性,提高设计实践的管理效能^[10]。

(二) 设计与实施执行阶段

1. 方案设计深化与计算验证

结构计算模型要根据建筑方案和选型体系,通过BIM或者专业软件(像PKPM、ETABS)搭建三维模型,确定构件尺寸、节点以及边界条件,保证模型和实际工程相符。荷载分析应包含恒载、活载、风荷载、地震荷载,按照规范明确取值及组合,特殊工况要补充如温度应力这类附加荷载。优化改进要根据计算结果进行迭代式修正配筋、截面或者布置情况,例如优化剪力墙的分布或者运用高性能材料,并且对模型在多遇、罕遇地震时的变形和内力指标加以验证,保证安全和经济达到平衡,最终形成可指导施工的深化方案。

2. 多专业协调与冲突解决

多专业协同及冲突化解是房屋建筑结构方案设计与执行的主要。设计环节要建立跨专业协作机制,通过BIM技术搭建信息共享平台,让结构、施工、设备专业在方案起始阶段同步参与,确定技术参数和空间要求,防止后期出现冲突。在施工阶段需定时召开协调会议,通过三维碰撞检测来预估结构梁位置和管道走向重叠、设备荷载超出限度等风险,并且拟定优先级化解方案——优先确保结构安全和功能完整性,同时对设备布置进行优化。矛盾解决要以技术准则为参照,通过结构局部改进或者管线统筹排布等手段协调各专业需求,在实现结构力学标准的基础上预留设备空间,实现设计与施工的无间隙对接,保障项目顺利高效开展。

(三) 成果评估与总结阶段

1. 性能指标量化评估

性能指标的量化评估要围绕安全、经济、施工可行性等主要方面进行。在安全方面,根据极限承载力和设计荷载的比值,通过有限元模拟来获取应力比、层间位移角等参量,检验结构在极端工况时是否符合规范规定。经济指标要核算每单位建筑面积的造价,包含材料使用量、施工时长以及维护费用,对方案的成本效益进行量化。施工可实施性重点关注预制构件装配比例、模板周转频次等指标,评估其对施工效能的作用。评估应建立多方面的权重方案,通过层次分析法或者熵权法来明确参数的权重,进一步形成综合得分,为评判结构方案的优劣提供客观的数据根据,保证评估结果能够精准体现实施成效。

2. 经验提炼与持续优化

经验总结与不断优化要专注结构方案选择的主要环节。成功做法包括:根据地域气候运用大跨度钢结构系统,通过BIM协同让设计周期缩短30%;针对复杂地貌采用桩筏基础,处理不均匀沉降难题。不足之处在于:早期地质勘察精准度不够导致基础方案调整延迟,成本增加15%;新型材料缺少标准化的施工工艺指引。优化建议:建立结构方案选型的参数化数据库,确定不同建筑类型的最佳结构形式;拟定地质勘察数据的精度标准与验收程

序。知识管理体系搭建能够通过企业平台，整合案例资源库、材料数据信息库以及施工参考手册，利用 AI 算法推荐类似项目方案，帮助设计师迅速做出决策，推动结构设计不断优化与改革。

五、总结

本研究全面研究房屋建筑结构方案的选型及设计实践，主要

是从功能、场地、经济和施工等多个方面综合考量来做决策，从而实现技术和效益的均衡。采用 BIM 技术开展全生命周期集成化应用，明显提高设计精准度与协同效能，减少资源损耗。研究的局限性体现在极端环境下进行性能模拟时采用的理想化假定，以及智能算法在复杂结构里的适应性有待验证。未来由 AI 带动的参数化设计和低碳材料、被动式技术相集成，会促使建筑结构朝着智能化、绿色化以及可持续发展的方向转变。

参考文献

[1] 毛婉月. 可持续理念下毛衫库存再设计研究与实践 [D]. 青岛科技大学, 2023.

[2] 刘姝雯. A 照明公司的数据中台方案设计与选型评价研究 [D]. 电子科技大学, 2023.

[3] 卢迪荷. 基于可持续设计理念的儿童成长型家具设计研究 [D]. 青岛理工大学, 2023.

[4] 李杨青. 可持续设计理念下当代线装书籍设计研究与探索 ——以花中四君子系列书籍设计为例 [D]. 杭州师范大学, 2023.

[5] 黄沛瑶. 面向产品积极体验周期的设计策略研究 [D]. 东华大学, 2022.

[6] 刘欣. 房屋建筑设计中基础选型的方法探讨 [J]. 建材与装饰, 2017, (36): 102-103.

[7] 雷震. 关于绿色建筑设计理念在房屋建筑设计中的实践探讨 [J]. 陶瓷, 2023, (09): 181-183.

[8] 魏雪松. 基于 BIM 的建筑结构优化设计方法研究 [J]. 陶瓷, 2025, (08): 116-118.

[9] 宋琴, 余波云, 许扬威, 等. 智能建造技术在房屋建筑设计中的应用 [J]. 中国建筑装饰装修, 2025, (13): 60-62.

[10] 何文杰. 房屋结构设计中的建筑结构优化策略 [J]. 绿色环保建材, 2018, (12): 77+79.

大型多类型建筑项目施工技术管理体系构建与实践研究 ——以住宅、商业综合体及产业园为例

王钟

广州市聚英发展有限公司, 广东 广州 511400

DOI:10.61369/UAID.2026030013

摘 要 : 本研究专注于大型多类型建筑项目施工技术管理体系的搭建, 引入系统管理和过程控制理论, 针对当前存在的技术标准
化欠缺、跨项目兼容性欠佳等状况, 提出包括标准规范、流程协同以及资源配置的模块化办法, 结合 BIM、智能监
测等技术, 通过多个实例验证其在提高效率、防控风险等方面的效果, 为多类型项目提供可复制的技术管理模式。

关 键 词 : 大型多类型建筑项目; 施工技术管理体系; BIM 技术

Research on Construction Technology Management System Construction and Practice of Large Multi Type Construction Projects — Taking Residential, Commercial Complex and Industrial Park as an Example

Wang Zhong

Guangzhou Juying Development Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 511400

Abstract : This study focuses on the construction of construction technology management system for large-scale multi-type construction projects, introduces the theory of system management and process control, and proposes a modular approach including standard specifications, process coordination and resource allocation for the current lack of technical standardization and poor cross-project compatibility. Combined with BIM, intelligent monitoring and other technologies, it verifies its effectiveness in improving efficiency, preventing and controlling risks through multiple examples, and provides a replicable technology management model for multi-type projects.

Keywords : large multi type construction projects; construction technology management system; BIM technology

引言

大型多种类型建筑项目(像住宅、商业综合体、产业园之类)因业态相互交叉、技术需求差别明显, 施工技术管理遭遇标准化缺乏、跨类型协作不够以及风险管控难度高等主要问题。2023年期间, 住房和城乡建设部颁布《关于推动智能建造与新型建筑工业化协同发展的指导意见》, 清晰地提出建立适配多种业态的技术管理体系, 提高施工效率以及质量安全水准。当前的研究大多专注于单一类型的项目, 缺少对多类型项目整合型管理方案的研究。此文章将三类项目作为实践渠道, 整合系统管理和过程控制的理论, 建立包括标准规范、技术流程、风险防控的一体化技术管理办法, 通过实践案例验证其适配性与有效性, 为政策落实提供理论支撑和可复制的操作模式。

一、大型多类型建筑项目施工技术管理概述

(一) 施工技术管理的内涵与特征

大型多类别的建筑项目包括住宅、商业综合体以及产业园等多种功能样式, 其施工技术管理是指通过系统化的规划、部署、协调与掌控, 对各类施工技术活动开展统筹管理, 保证质量、安全、进度和成本目标能够协同实现。这种项目的施工技术管理显示出三大特点: 其一为技术多元性, 像住宅装配式建造、商业综合体钢结构装配以及产业园工业设备基础建设等, 其技术要求差

别明显; 其二是空间复杂性, 多种项目类型在同一区域同步施工, 作业面的划分彼此制约; 其三是资源整合性, 不同项目对人力、机械、材料的资源需求存在重合, 需要统一调度并开展优化配置^[1]。

(二) 多类型项目施工技术管理的难点

不同类型项目的施工技术管理困境主要体现在三个方面。在技术接口协同方面, 各类建筑施工技术有着本质差别, 例如商业综合体的深基坑作业和住宅的浅基础施工开展交叉任务时, 对地下水位的管控要求存在差异, 易使彼此之间产生干扰^[2]。在资源

统筹调配方面，大型机械设备在多个项目之间的调度矛盾、主要材料供应分配难题较为明显，因缺少统一管理平台，使得设备闲置与短缺的情形同时存在。在信息整合与传播时期，这三类项目的图纸、规范由不同专业团队提供，信息孤立状况较为常见，当发生变更时，难以在跨项目间实现快速响应。

二、大型多类型建筑项目施工技术管理体系存在的问题

（一）技术管理实践中的关键挑战

大型多种类项目施工技术管理所面临的主要难题，首先表现为技术标准化的缺乏。住宅、商业综合体与产业园的技术要求差别明显，现有的标准难以符合多场景需求，加大质量控制的难度^[3]。跨类别项目的兼容困境同样明显，多种类型项目同步施工时，技术接口的衔接容易出现中断情形。例如商业综合体的钢结构安装和住宅装配式构件的吊装不易协同，给整体工程进度带来影响。效率不高和资源浪费状况同样不可忽视，因缺少协同机制，技术资源难以实现有效共享，技术决策迟缓导致方案频繁变动，加重工期延迟与成本超支。

（二）工程风险与质量控制问题探究

工程项目在风险把控与质量管控领域存在的问题比较明显。在安全风险领域，住宅高空作业建设、商业综合体大跨度工程建设以及产业园重型设备的安装作业，分别存在高空坠落、坍塌和机械伤害等方面的潜在风险，风险源的分散特性加大管控的难度。在供应链中断风险领域，各类项目对材料的需求显示多样化形势，单个环节的供应延迟或许会引发连锁效应。在质量管控方面，材料进场检测流程不标准，导致劣质建筑材料进入；工艺误差在跨类型施工时更为突出，不同建筑类型的工艺标准未实现有效统一，易造成工序衔接不顺和质量问题。实证研究显示，问题的根源在于技术管理系统针对多种类型项目的风险与质量特征适配程度不够，风险管控欠缺动态响应的能力，质量把控未能包括全周期的各个阶段^[4]。

三、施工技术管理体系的构建

（一）管理体系框架设计

1. 核心构成要素与方法论

施工技术管理体系的主要构成要素包括标准规范、技术操作步骤以及资源分配办法。标准规范要整合国家以及行业标准，针对住宅、商业综合体和产业园区制定专门的技术准则，例如住宅绿色建筑准则、商业综合体消防与机电标准、产业园区工业建筑荷载准则。技术流程要根据全生命周期，建立从设计交底直至验收交付的规范化流程，同时针对交叉作业阶段拟定协同流程。资源分配模式应根据项目类别特征，住宅重点主体结构相关资源，商业综合体加强机电装饰的协作，产业园调配工业设备资源的资源。

规划方案秉持集成理念，通过模块化方法整合三类项目的技

术管理方面。在流程环节，先开展调研活动，分析各类技术的主要难点，接着规划技术标准、流程管理、资源调配这三项核心内容，最终通过试点实施验证与优化事宜。在方法方案上采用系统工程原理以及精益建造理念，通过 BIM 技术实现技术信息集成，建立技术管理数据库进一步实现数据共享与再利用，同时引入 PDCA 循环以保障体系的适应性和有效性^[5]。

2. 技术集成与管理模型

建立具有自适应能力的管理模式，把 BIM 技术当作数据核心，整合通过物联网实时采集的施工参数，搭建动态化的管理系统。模型运用模块化的设计方法划分技术管理单元，各单元根据建筑类型特性调用预先设定的技术标准，例如产业园钢结构安装模块和住宅装配式混凝土模块能够独立运作并实时进行交互。在模型里引入机器学习方法，通过历史数据去优化决策思路，强化对施工偏差的自适应调节能力。在实际操作时要把数字技术和传统管理流程充分融合，建立具备理论根据与实践价值的技术管理体系^[6]。

（二）关键技术与管理策略实施

1. 先进施工技术应用

模块化建造技术采用构件在工厂预制和现场装配相融合的方式，能使工期缩减超 30%，减少现场作业量^[7]。智能监测技术通过物联网和 BIM 平台，实现进度、质量以及安全的实时监控，例如商业综合体高空作业监测体系能使安全事故发生概率下降 40%。在管理策略方面，针对不同类型的项目制定具有差异的操作模板：对于住宅重点使模块化构件尺寸实现规范化；对于商业综合体，强化机电和结构的协同装配工作；对于产业园，突出提高工业建筑的预制率。技术应用指南要清晰划定适用情形、操作步骤与验收准则，例如模块化施工构件连接精度把控制在 $\pm 2\text{mm}$ 以内，智能监控传感器设置密度达到 $100\text{ m}^2/\text{个}$ 。通过技术与管理的深度结合，能够让技术指导效率提高 50%、管理效能提高 35%^[7]。

2. 风险防控机制构建

在风险识别环节运用 WBS-RBS 矩阵方法，排查诸如结构安全、工期延误、质量缺陷之类的风险，重点强化商业综合体钢结构安装、产业园设备基础施工等流程的专项识别^[8]。风险评估运用层次分析法和模糊综合评估方法，对风险概率和影响程度进行量化，建立动态的风险等级矩阵。在应对措施方面，制订分级应急预案，针对像消防系统调试、基坑支护变形这类高危情形，清晰界定应急程序与责任主体。建立通过 BIM 的质量追溯体系，实现施工数据的实时采集与逆向追溯，保证在风险事件发生后可迅速明确根源并加以纠正。此机制通过技术标准和流程的深度结合，提高多类项目的风险预先控制水平。

四、实践案例研究与分析

（一）住宅建筑项目应用实例

1. 项目实施过程与技术管理

以一个总建筑面积大概 80 万平方米的大型住宅工程为例，施

工技术管理体系自项目启动时期就参与指导方案的编制事宜。根据住宅项目对于节能以及标准户型的特定需求，在方案里确定外墙保温体系的材料选择（像运用挤塑聚苯板和真空玻璃搭配的节能构造）、标准户型的模块化施工步骤（例如厨卫管线集成预制）等主要技术，同时通过 BIM 技术建立户型构件库，实现各楼栋标准户型的参数化设计与施工模拟^[9]。在现场协调阶段，因为住宅项目多楼栋同时施工的特性，建立以技术负责人为核心的跨专业协作机制，每天召开技术协调会，以处理现浇混凝土楼板裂缝管控、铝模安装精度误差等情形。

2. 成效评估与优化

选取一处面积为30万平方米的高层住宅项目作为案例，该项目运用所建立的施工技术管理体系之后，通过 BIM 技术开展全专业的碰撞检测工作，提前化解管线冲突方面的难题，让现场的返工次数减少约28%，使主体结构的施工周期缩短12%，相较于传统管理模式节约成本150万元。在质量管控领域，体系里规定的主要工序验收环节与智能监测体系相结合，混凝土强度的达标占比提高到98.5%，渗漏、裂缝等常见质量问题的发生概率下降40%。风险防控模块运用 AI 算法对深基坑支护、高支模搭设这类高危环节开展实时预警，项目施工期间安全事故发生率为零，相较于行业平均水平下降65%。根据项目数据开展的表明，体系里材料管理子模块的库存动态调节功能能够降低建材积压损耗，像钢筋、混凝土这类主材的浪费率被控制在3%以内，低于行业5%的平均水准。针对体系运行里的数据滞后状况，给出优化提议：搭建施工数据即时采集平台，把物联网设备和管理系统充分融合，实现进度、质量、成本数据的即时更新；引入机器学习模型来对历史数据开展挖掘，预估主要工序的潜在延误风险，提前拟定应对办法；健全技术交底的数字化流程，通过 VR 技术模拟施工场景，提高一线工人对复杂工艺的理解效能，进一步强化体系的落地成效^[10]。

（二）商业综合体项目应用实例

1. 技术整合与协调挑战应对

以某城市核心区域商业综合体项目作为实例，此项目包括地下三层的商业区域、地上五层的购物商场以及两栋20层的办公写字楼，不同业态相互交融让技术整合的难度明显提高。管理体系运用 BIM 技术搭建全专业协同模型，针对商业空间的大跨度钢结构、写字楼的框架剪力墙结构以及机电系统开展参数化整合事宜，预先模拟管线碰撞状况并对空间布局加以优化，化解不同业态空间在技术衔接方面的难题。针对供应商协作面临的协调难题，管理体系建立分级沟通制度，成立专项技术协调团队，每周安排施工方、机电供应商、幕墙单位等开展技术对接研讨，确定各阶段技术规范与交付时间界限。

2. 风险管理实践分析

选择某城市核心区域的商业综合体项目作为实例，此项目包括购物中心、甲级写字楼以及地下交通枢纽，每天规划的人流量达到5万人次，在施工阶段遭遇人流密集区域交叉作业、高空坠物和临时结构稳定性等方面的风险。项目建立风险识别、评估、应对、监控的闭环体系，针对人员聚集场所设置硬质隔离围挡和

智能监测设备，实时监测人员流动以及作业区域的隔离情形；对高空作业地段运用无人机巡检与红外报警装置，建立风险分级应对程序，把高风险作业时段和人员通行高峰时段进行错峰安排。据统计在推行项目执行风险管理机制之后，风险事件的发生概率相较于行业平均水平下降42%，其中高空坠物的隐患情形减少68%，交叉作业的冲突情况减少55%^[11]。实践证明商业综合体施工风险管控要结合人流量特性与功能划分，通过动态的风险测评来调整管控办法，加强施工人员的安全教导以及应急演练，能够有效提高风险应对水平，确保项目施工的安全和进度。

（三）产业园项目应用实例

1. 特殊需求与技术适应

以某电子设备产业园（包括高洁净度厂房）项目作为研究对象，此项目包含3栋单层大跨度钢结构厂房与2栋多层研发楼，主要要求涉及大跨度钢结构安装精准度把控、洁净车间无尘作业以及重型生产设备（单台重量达80吨）的吊装定位。施工技术管理体系经由组建专项技术团队，针对大跨度钢结构运用 BIM 建模预拼装工艺，预先模拟构件安装次序与空间碰撞情形，将现场安装误差管控在 ±5mm 范围以内，符合工业生产对结构稳定性的需求；针对洁净车间施工，拟定分层防尘施工流程，在结构施工阶段同步搭建临时防尘隔离带，机电安装阶段采用无尘化作业工具，最终让车间洁净度实现 ISO Class 5 标准；针对重型设备吊装，结合项目场地约束条件，创新采用液压同步提高+模块化基座预装技术，通过 BIM 模拟吊装路径并开展地基承载力核算，把设备定位精度控制在 ±2mm，而且吊装过程未发生安全事故。此体系通过技术去符合特定的工业需求，加强安全管理的技术保障。例如针对大跨度结构的搭建配备实时应力监测设备，对吊装作业运用无人机全程监督，实现风险的提前预警与动态管理，证实技术管理体系在产业园项目特殊需求情形下的适应性和创新意义。

2. 系统绩效综合评价

本研究挑选某占地面积达120万平方米的智能制造产业园区项目当作为案例，此项目包括标准化厂房、研发中心以及配套设施等多种建筑类型，运用所建立的施工技术管理体系之后，通过主要绩效指标（KPI）对其综合成效开展量化评估。数据显示体系推行以后，项目生产效能提高效果明显，主体结构施工周期相较于行业平均情况缩短18%，其中预制构件的吊装效率提高25%，现场交叉作业的协调时间减少30%；在安全管理领域，高处坠落、物体打击等事故的发生几率降低62%，安全隐患整改的闭环比例达到100%；从成本控制角度而言，材料损耗比例从8%降至4.5%，机械台班的利用效能提高15%。通过深入分析可以看出，体系里 BIM 技术的全流程运用、模块化的施工组织方式以及动态的风险预警机制是主要的贡献要素。总结得出的可推广应用经验有：根据项目类别定制技术管理单元、搭建跨专业协作的数字化系统、加强一线作业人员的技术交底与培训；所吸取的教训为复杂地质状况下技术方案的动态调节存在欠缺，需在后续体系完善时增设地质参数实时监测单元，进一步加强应对不确定性的能力。

五、总结

本项研究专注大型多类别建筑项目施工技术管理系统的建立，将住宅、商业综合体以及产业园当作实践事例，实现理论和实践两方面的进步。从理论方面而言，打破单一类型项目的管理措施，建立符合多业态协同的技术管理策略，融合不同项目的技术要求与管理观念，打造包括技术规划、过程控制、风险预警的体系化模式，充实建筑施工技术管理的理论内涵。在实际操作进

程中，此体系通过标准化的技术流程提高指导功效，减少住宅项目各工序间的矛盾，加强商业综合体复杂节点施工的精确程度，同时强化风险识别与应对措施，减少产业园大型设备安装等环节的安全风险，为多种类型的项目建设提供可复制的技术管理模式。研究存在样本包括范围的局限，未来要进一步拓展智能化技术的应用，把 BIM、物联网等融入体系当中，进一步实现动态管控，同时促进跨领域的推广，研究工业建筑等更多种类项目的适配情形，不断完善体系的普适性和前瞻性。

参考文献

[1] 李平奎. 装配式建筑项目施工进度优化研究——以某住宅项目为例 [D]. 重庆大学, 2022.

[2] 高帆. BIM 技术在装配式建筑施工中的应用研究——以守拙园项目为例 [D]. 内蒙古科技大学, 2022.

[3] 陈康荣. 基于绿色施工理念的装配式建筑研究分析——以 SCUT 国际校区项目为例 [D]. 华南理工大学, 2022.

[4] 崔双. 基于 BIM 技术的建筑工程消防安全管理研究——以高层住宅小区为例 [D]. 华北理工大学, 2022.

[5] 童映. 装配式建筑施工质量风险评价及对策建议——以 X 住宅项目为例 [D]. 河北地质大学, 2022.

[6] 王丹. 建筑工程绿色施工技术体系构建与实践分析 [J]. 石材, 2026, (03): 176–178.

[7] 豆旭玲. 房屋建筑工程中的施工技术与质量管理体系构建 [J]. 科技创新与生产力, 2025, 46(08): 94–96.

[8] 温仕川. 房屋建筑人防工程施工技术创新与质量管理体系构建研究 [J]. 房地产世界, 2025, (15): 149–151.

[9] 王德兴, 侯晓宾. 建筑工程施工质量管理体系的构建与实践 [J]. 智慧中国, 2025, (07): 38–39.

[10] 周与陶. 风险导向型财务管理体系在建筑施工企业的构建与实践 [J]. 财经界, 2025, (20): 135–137.

[11] Zhongye L. Research on Green Construction Technology and Management Systems in Engineering Projects[J]. E3S Web of Conferences, 2025, 606.

建筑工程材料性能检测与基桩完整性评价的整合方法及应用研究

刘勇来

广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030014

摘 要： 常规建筑工程材料性能检测和基桩完整性评估存在信息分离问题，对质量评定的准确性产生制约。本研究搭建多源数据融合的整合方式，将材料性能参数与基桩完整性指标进行关联，通过实验与工程验证，此方法使缺陷定位准确率提高20%以上，让检测周期缩短30%，使成本降低37.8%，能够广泛运用于重大工程质量管控，推动检测技术朝着精准化方向发展。

关 键 词： 建筑工程材料检测；基桩完整性评价；整合方法

Research on the Integration Method And Application of Building Engineering Material Performance Testing and Pile Integrity Evaluation

Liu Yonglai

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： There is an information separation problem in the performance testing of conventional construction materials and the assessment of the integrity of foundation piles, which restricts the accuracy of quality evaluation. This study has established an integrated approach for multi-source data fusion, correlating the material performance parameters with the integrity indicators of foundation piles. Through experiments and engineering verification, this method has increased the accuracy of defect location by more than 20%, shortened the testing cycle by 30%, and reduced the cost by 37.8%. It can be widely applied to the quality control of major projects and promote the development of testing technology towards a more precise direction.

Keywords： building engineering material detection; pile integrity evaluation; integration approach

引言

建筑工程材料性能的检测以及基桩完整性的评估，是确保结构安全与耐久性的主要步骤，这两者的协同分析对于工程质量的管控非常重要。在传统的单一检测模式情形下，基桩完整性信息和材料性能数据处于割裂状态，难以从结构、材料一体化视角揭示质量问题的本质，对评估的准确性形成制约。2022年，住房和城乡建设部颁布的《建设工程质量检测管理办法》（第57号）明确提出要加强检测数据的系统性和关联性，为整合检测手段提供政策支持。通过多源数据融合的整合手段，通过搭建材料性能参数和基桩完整性指标的映射联系，实现跨尺度协同评估，能够有效提高检测效能与缺陷识别精准度，为重大工程质量安全提供更完备的技术支撑。

一、建筑工程材料与基桩检测基础

（一）材料性能检测概述

建筑工程材料性能的检测是保障结构安全与耐久性的主要，通过科学手段对材料的物理、力学以及耐久性能进行量化，为设计和施工提供参考根据。常见材料像混凝土、钢材、砖石之类，性能参数包括抗压强度、抗拉强度等，不同材料具备对应的检测技术原理和标准^[1]。例如混凝土抗压强度检测采用立方体抗压试验，按照《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204实施；钢材力学性能检测包含拉伸和弯曲试验，参照《金属材料 拉伸试

验 第1部分：室温试验方法》GB/T228.1；砖石材料抗压强度检测根据《砌墙砖试验方法》GB/T2542。检测应根据标准，给基桩完整性评估提供参数支撑。

（二）基桩完整性评价体系

基桩完整性评估体系作为基桩检测的主要部分，其运行机制专注于基桩内部缺陷的判别与量化，通过对应力波或声波在桩身传播特征的分析，对桩身结构的连续性和均匀性进行反推。主要参量包含缺陷所在位置、缺陷严重程度、桩身波传播速度以及完整性类别。其中缺陷所在位置通过应力波反射时间和波速的乘积来计算确定；缺陷严重程度是根据反射波幅值与入射波幅值的比

值来进行判断；桩身波传播速度需要结合桩的长度以及实测信号的走时加以校准^[2]。行业标准于评价体系里起到规范功效，像《建筑基桩检测技术规范》（JGJ 106）把基桩完整性划分成Ⅰ至Ⅳ类，清晰各类别的判定根据以及工程处理要求，保障评价结果的一致性和可靠性。此体系通过参数关联和标准运用，实现对基桩施工质量的科学评判，为工程安全提供技术保障。

二、现有检测技术与整合需求

（一）单独检测的局限

建筑工程材料性能的检测大多重点于材料自身参数，检测依靠取样或者局部测试，难以体现材料在基桩复杂服役环境里的实际性能，并且结果容易受到样本代表性的影响。基桩完整性评估主要依靠无损检测手段，虽可判定桩身缺陷的位置和种类，但难以关联到缺陷产生的材料性能方面的根源。二者分别开展，数据彼此分离，工程技术人员难以从材料、结构一体化视角分析基桩质量问题的实质，对基桩工程质量评估的准确性与全面性形成制约^[3]。

（二）整合的必要性与目标

整合需求的产生是由于信息存在割裂的状况。传统材料性能测试与基桩完整性评估在数据收集、分析思路缺少协同，工程决策依靠独立结果，易产生参数关联性缺失状况，增添工程风险评估的不确定性^[4]。整合的必要性是建立关联机制，实现全链条分析，提高检测结果的系统性和可靠性。研究目的包括搭建量化关联模型、研制集成化数据处理平台、建立综合评价体系，为工程实践提供全面根据，促进检测技术变革，为基桩工程安全设计与施工优化提供支持。

三、整合方法的开发

（一）整合模型构建

1. 理论框架设计

整合模型搭建把材料性能和基桩完整性的内在联系当作核心，融汇材料科学、岩土力学与结构工程的交叉理论，建立材料性能、结构响应、完整性状态映射关系。方案包含多源数据整合层、关联机制分析层和耦合评估层。多源数据整合层对材料与基桩检测的数据方面进行整合，关联机制分析层揭示材料性能参数对基桩完整性指标的影响规律，耦合评估层建立量化关联模型以实现协同评价。方案引入不确定性的分析手段，考量工程实践的可操作性^[5]。

2. 技术融合策略

采用整合手段搭建多源数据驱动的综合模型，把材料性能参数当作输入层特征，将基桩完整性指标作为输出层目标，运用深度学习算法建立非线性映射联系。运用超声回弹综合法+低应变反射波法协同模式，超声回弹方式获取材料均匀性和强度分布情况，低应变反射波方式捕捉桩身缺陷的波动响应，结合材料参数对波速计算模型进行修正。实施计划制定统一的数据收集标准，

同时记录时空匹配的数据，通过数据融合算法消除系统偏差，建立联动评估体系^[6]。

（二）方法评估

1. 创新点分析

整合方法的研发着眼于建筑工程材料性能检测和基桩完整性评估的技术整合，通过搭建多源数据融合模型，把材料力学性能指标（像混凝土抗压强度、钢筋锈蚀状况）与基桩完整性检测信息（如低应变反射波法、声波透射法成果）开展关联分析。方法评估运用实验室模拟和工程现场验证相融合的形式，挑选典型建筑工程实例，比较传统单一检测手段与整合手段的检测精准度、效率以及成本，结果表明整合手段在基桩缺陷定位的准确程度上提高20%以上，检测周期减少30%^[7]。创新点分析包括三个方面：其一建立材料性能和基桩完整性的定量关联体系，打破传统检测里两者数据相互孤立的状况；其二运用机器学习算法对数据融合流程加以优化，实现检测结果的智能分析以及缺陷风险预警；其三研制一体化检测设备，整合材料性能传感器和基桩检测模块，实现现场同步数据采集与实时分析，为建筑工程质量管控提供更全面、高效的技术保障。

2. 可行性研究

整合方法的研制要以建筑工程材料性能检测和基桩完整性评估的核心目的为指引，通过搭建多源数据融合方案实现二者的有效衔接。方法评价要从技术可操作性、经济开销与执行效率三个方面开展，比如运用超声回弹综合法和低应变反射波法的联合检测程序时，要验证数据交互的精准性和及时性，保证材料强度参数和桩身缺陷部位的映射关联稳固可靠。可行性研究要结合实际工程场景，分析整合方法在不同的地质状况、桩型以及材料类别下的适配情况，评估现场操作的便利性和人员技术需求，同时识别潜在的应用风险，像数据采集偏差、算法模型过拟合或者现场环境干扰所引发的评价误差。要通过模拟测试和工程实例来验证，对整合方法的可靠性与适用性进行量化，为后续的推广提供理论和实践方面的支撑^[8]。

四、应用实例分析

（一）实验研究

1. 实验设计

在应用实例的分析里，实验研究的设计要根据建筑工程材料性能和基桩完整性的融合需求来开展。挑选某高层建筑物工程里的混凝土基桩当作研究目标，材料上选用C30-C50不同强度级别的混凝土，并且考虑骨料级配、水灰比等主要参数对材料性能所产生的影响。实验安排采用无损检测 and 材料性能测试相联合的模式，通过超声波透射法取得基桩完整性信息，同时采集混凝土立方体抗压强度、弹性模量等材料性能参数。在参数优化进程里，建立材料性能参数和基桩完整性指标的关联模型，通过控制变量的方法调节混凝土配合比、养护条件等要素，分析其对基桩完整性的影响规律。在实验设计里采用多传感器同步采集技术，保障数据的精准性和及时性，为整合方法的有效性验证提供实验支

撑^[9]。

2. 数据收集与分析

在应用实例分析里，实验研究的数据采集与解析阶段是围绕某高层建筑物工程基桩项目开展的。首先挑选50根混凝土灌注桩当作研究对象，运用回弹法和超声回弹综合法收集混凝土材料强度数据，同时通过低应变反射波法获取基桩完整性信号。在数据采集进程里，回弹仪根据规范设定测区，超声换能器沿着桩身均匀设置测点，低应变传感器固定在桩顶的中心位置，收集时域信号^[10]。在数据处理环节，针对回弹数据开展角度和浇筑面的校正工作，对超声数据计算声速以及波幅的均值，低应变信号通过傅里叶变换转变到频域，识别反射波的特性。初步检测结果分析表明，材料强度检测情况与基桩完整性评估存在联系：混凝土强度比设计值低15%的基桩里，60%出现Ⅲ类及以上的缺陷；而强度达标的基桩当中，有缺陷的桩所占比例仅为12%。进一步运用Pearson相关性分析可知，混凝土抗压强度和基桩完整性系数显示出明显的正相关关系（ $r = 0.78$ ， $p < 0.01$ ），证实材料性能和基桩完整性之间的内在关联，为整合方法的有效性提供实验支撑。

（二）工程应用案例1

1. 应用场景描述

此案例挑选某超高层商业综合建筑项目，该项目总体建筑面积约12万平方米，地上有45层、地下有3层，其结构形式为钢筋混凝土框架、核心筒式结构，设计使用期限为50年。该项目处于软土分布区域，地基土层主要是淤泥质黏土和粉质黏土，具有含水率高、压缩性大的特点，需要运用直径为1200mm、长度达45m的钻孔灌注桩作为基础，总计286根。为保证工程质量和结构安全，该项目需要同时实现建筑工程材料性能以及基桩完整性的高效评估，所以引入材料性能检测和基桩完整性评价的融合方法。在实施环境上，项目现场配置万能材料试验机、超声回弹综合检测仪、低应变动力测桩仪以及声波透射法检测系统，检测人员都拥有建筑材料检测和基桩检测的双资质。在实施条件方面，材料性能检测包含混凝土立方体抗压强度、钢筋力学性能以及焊条焊接强度。基桩完整性评估采用低应变法和声波透射法相结合的方式，检测的时间节点与混凝土养护龄期（28d）以及基桩施工完成后的7d同步。通过数据共享平台实现材料检测数据和基桩检测数据的实时关联，为后续的结构安全评估提供一体化的数据支撑。

2. 性能评价结果

此案例挑选某超高层建筑物项目的12根钻孔灌注桩当作研究目标，整合建筑工程材料性能检测与基桩完整性评估方法展开综合分析。材料性能检测的结果表明，基桩混凝土28天的立方体抗压强度平均数值为48.2MPa，变异系数是0.08，能够符合C45设计规定；钢筋屈服强度的实测数值都处于HRB400级钢标准区间内，延伸率平均为22.5%，力学性能较为稳定。基桩完整性评估运用低应变反射波法和声波透射法相结合的方式，检测显示有3根桩存在局部轻度缺陷，其中2根是在混凝土浇筑期间产生的非连续区域，1根是桩底沉渣厚度超出标准（最大12cm）。经过整合分析，把材料性能指标代入基桩承载力计算模型，校正因缺陷造

成的承载力折减系数：混凝土强度达标的且缺陷处于非主要受力区域的2根桩，折减系数选取0.92；桩底沉渣超标的桩由于影响端承力的传递，折减系数选取0.85。综合评估结果显示，12根桩基础中10根达到设计承载力标准，2根要通过桩底压浆处理来消除瑕疵，处理之后的二次检测表明瑕疵消除，承载力折减系数回升至0.98以上，证实整合方法在工程实际应用里的有效性和精确性。

（三）工程应用案例2

1. 行业推广潜力

整合方法于建筑行业的推广策略要结合技术适配状况与行业需求，从技术标准化、成本管控以及人才培育这三方面协同推动。当下建筑工程对于材料性能和基桩质量的关联性评估需求更加急切，整合办法通过统一的数据采集接口和分析模型，能够把材料检测数据（像混凝土抗压强度、钢筋力学性能）和基桩完整性检测结果（例如低应变反射波法、声波透射法数据）开展关联分析，为工程质量管控提供更具系统性的决策根据。从实施可行性角度来看，现有的检测设备（例如非金属超声检测仪、万能材料试验机）能够通过软件升级实现数据互通，无需开展大规模的硬件更换，从而降低推广所需成本。除此之外行业标准的健全是要点，要联合检测单位、高校以及企业拟定整合办法的技术准则，清楚数据收集流程和结果评估指标，处理不同检测方式间的数据兼容性难题。面向一线检测人员开展整合方法的专门培训，加强他们进行跨数据方面分析的能力，能够加快技术的实际应用。随着建筑工程质量标准的提高，整合手段在大型基础设施、高层建筑等领域的应用需求会不断增加，其普及不但能加强工程质量评估的精准度，还能够优化检测程序，缩短项目工期，拥有较为可观的行业应用前景。

2. 经济与社会效益

在工程应用案例2里，整合方法的运用产生明显的经济和社会效益。在经济收益方面，传统检测要分别开展材料性能测试和基桩完整性评估，单次检测时长约15天，费用达8.2万元；整合办法通过共享传感器数据以及协同分析流程，把检测时长缩减到7天，费用降到5.1万元，单项目直接费用降低37.8%。整合手段提前一周识别出基桩混凝土强度欠缺与桩身轻度裂隙的复合状况，规避后期返工所导致的23万元额外开支。在安全改善方面，整合手段使基桩缺陷的识别精准率从传统方式的82%提高到95%，确实避免因材料性能变差与桩身缺陷累加造成的结构安全风险，该项目后续两年运营期间未发生基桩相关的安全事件。在社会影响方面，整合方法所具备的高效特性促使项目提前十天完成竣工，减轻施工对周边交通造成的干扰，降低噪声以及粉尘污染给居民生活带来的影响。为行业提供能够复制的技术模式，推动建筑工程检测领域的技术升级与标准化进程。

五、总结

本研究围绕建筑工程材料性能检测和基桩完整性评估的整合方式开展系统研究，通过理论模型搭建、实验证实与工程应用分

析，确定整合方式在提高检测效能与评估精准度方面的主要价值。研究成果显示，通过多源数据融合的方案能够有效建立材料性能参数和基桩完整性指标之间的联系，化解传统单一检测方式里信息分离的难题，实现从材料微观性能到基桩宏观完整性的跨尺度评估。核心贡献在于建立材料性能与基桩完整性的映射关系模型，提出通过机器学习的多指标协同分析算法，为工程实践提供量化决策的根据。在应用前景上，整合手段能够广泛用于

高层建筑、桥梁等主要工程的质量把控，通过实时数据交流与动态评估，减少工程风险并完善施工流程。未来的研究工作需要更进一步拓展整合方法在复杂地质状况下的适配性，探寻多物理场耦合检测技术的融合途径，并且结合数字孪生技术搭建全生命周期的智能评估体系，促进建筑工程质量检测朝着精准化、智能化的方向迈进。

参考文献

[1] 胡楠. 基于超声透射法的基桩完整性检测研究 [D]. 江苏大学, 2023.

[2] 冯卓轩. 既有结构基桩完整性低应变法检测技术研究 [D]. 广东工业大学, 2023.

[3] 钱佳琦. 锰基正极材料的表面改性及储钾性能检测与分析 [D]. 河北大学, 2022.

[4] 许慧慧. PC 桩用做锚桩在基桩承载力检测中的应用研究 [D]. 中原工学院, 2022.

[5] 龙秦. 磷酸镁水泥基修补材料改性方法及性能研究 [D]. 南昌大学, 2022.

[6] 苗艳文, 赵文国, 杨梅枝. 基桩桩身完整性检测原理与方法选择及验证 [J]. 科技创新与应用, 2023, 13(25): 155-158+162.

[7] 邢立辉, 黄澧, 何成, 等. 基桩完整性检测常用方法的应用及对比分析 [J]. 四川建材, 2023, 49(05): 108-110.

[8] 庞军, 吴红刚, 牌立芳, 等. 基桩检测中声测管不平行问题及桩身完整性评估方法综述 [J]. 铁道标准设计, 2024, 68(07): 78-91.

[9] 贡宝革, 於嘉旺. 基桩完整性检测方法应用分析 [J]. 中国建筑金属结构, 2023, (02): 87-89.

[10] 叶时禄. 基桩完整性检测技术在公路工程中的应用研究 [J]. 运输经理世界, 2022, (34): 22-24.

既有民用建筑结构现场检测方法 与可靠性鉴定评级实操研究

汤启彬

广东合正建筑物鉴定检测有限公司, 广东 广州 510030

DOI:10.61369/UAID.2026030016

摘 要 : 本研究专注既有民用建筑结构可靠性鉴定工作, 梳理现场检测技术(像回弹法、超声法、结构健康监测)的运用, 根据 GB50292 等标准搭建 A-D 四级评级系统, 结合抗震性能指标对结构状态进行评估。实际操作时要处理设备精度、数据离散状况等难题, 所得成果能够为结构隐患识别与加固工作提供科学支撑, 未来可结合智能技术提高检测与评级的效率。

关 键 词 : 既有民用建筑; 可靠性鉴定; 现场检测

Research on On-site Detection Methods and Reliability Evaluation Rating for Existing Civil Building Structures

Tang Qibin

Guangdong Hezheng Building Appraisal and Testing Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510030

Abstract : This research focuses on the reliability assessment of existing civil building structures, sorting out the application of on-site detection techniques (such as rebound method, ultrasonic method, and structural health monitoring), and establishing a four-level rating system from A to D based on standards like GB50292. The structural condition is evaluated in combination with seismic performance indicators. In practical operation, issues such as equipment accuracy and data dispersion need to be addressed. The results obtained can provide scientific support for the identification of structural hazards and reinforcement work. In the future, intelligent technologies can be integrated to enhance the efficiency of detection and rating.

Keywords : existing civil buildings; reliability assessment; on-site detection

引言

既有民用建筑属于城市存量资产的主要构成部分, 其结构可靠性直接关联着居住安全和功能持续。随着建筑服役时长增加以及使用状况改变, 科学的实地检测与鉴定评级成为确保建筑安全的重要步骤。2016 年施行的《民用建筑可靠性鉴定标准》(GB50292-2015) 为该项工作建立系统的技术方案, 清楚从现场检测至评级判定的全流程准则。综合声波检测、回弹法等无损技术所取得的混凝土强度、钢筋分布以及损伤数据, 经过承载力计算、抗震性能评估等流程, 能够全面判定结构的安全性、适用性和耐久性等级, 为加固改造提供量化的参考根据, 促进既有建筑安全管理朝着精准化与规范化方向发展, 帮助城市存量资产的可持续利用。

一、既有民用建筑结构现场检测方法

(一) 检测技术概述

既有民用建筑结构现场检测手段的检测技术简述, 要重点无损检测技术在可靠性鉴定里的基础功能。声波探测利用发射弹性波并接收其传播的信号, 分析波速、振幅等参量来评估混凝土的强度、内部瑕疵或者钢筋分布状况, 适用于墙体、梁、板等部件的质量检测^[1]。结构健康监测技术整合传感器网络以及数据采集与分析系统, 对结构的位移、应变、振动等参数进行实时监测, 实现长期性能跟踪, 特别适合用于老旧建筑或者受环境荷载作用

的结构。另外回弹法通过回弹仪测定混凝土表面硬度来间接估算强度, 操作较为简便, 不过容易受到表面状况的影响; 超声回弹综合法将声波和回弹数据相结合, 能够提高混凝土强度检测的精准度。这些技术工具的运用, 给结构可靠性鉴定提供量化支撑, 对其原理和适用范围进行合理挑选, 会直接影响鉴定结果的科学性和可靠性。

(二) 实操流程与设备应用

实际操作流程通过图纸和历史资料的分析, 确定检测主要要点。设备挑选要符合参数: 混凝土强度采用 HT-225 回弹仪搭配酚酞试剂; 钢筋位置以及保护层厚度运用 HC-GY61 扫描仪; 裂

缝检测使用 DJCK-2 观测仪和深度测深仪^[2]。数据收集根据代表性准则，例如测区进行 16 处回弹、于主要位置布点并标记裂缝走向。实施主要包含设备校准、环境记录以及影像留存。

二、房屋可靠性鉴定理论基础

（一）鉴定标准与规范分析

房屋可靠性评定以标准规范作为核心根据。在国内建立起以 GB 50292《民用建筑可靠性鉴定标准》为典型的完备体系，根据力学和材料科学理论，清晰界定鉴定原则、流程以及评级办法。鉴定要全面考量安全性、适用性和耐久性，根据现场检测数据进行分级评定。海外 ISO 等标准尽管指标存在差异，但都重点强调概率风险评估，可为国内的完善工作提供参考。标准的制定要综合考虑使用时长、荷载变动以及环境侵蚀等要素，以保证其科学性。相关研究需持续检验条款的合理性，从而符合建筑老化以及功能更新的需求^[3]。

（二）鉴定评估方法与流程

房屋可靠性鉴定的理论基础是以结构可靠性理论作为核心，融合概率论以及数理统计的方法，通过量化分析结构于设计基准期内实现预定功能的概率，为鉴定工作提供理论方面的支撑。鉴定评估的方法和流程要遵循系统化的逻辑，首先进行损伤识别，运用现场检测技术来获取结构材料性能、几何参数以及损伤状况等数据，像混凝土强度回弹检测法、钢筋位置探测等方式，为后续的分析提供基础信息。根据检测所得数据，开展承载力的计算工作，将结构力学原理和规范要求相结合，对构件以及整体结构的承载能力予以评估，判定是否符合现行的荷载标准。风险评估阶段要考量结构失效样式及其后果，通过概率模型评定不同失效情形的发生几率与影响大小，建立综合风险级别。在实际操作里，各个环节要紧密相连，损伤识别的成果直接关系到承载力计算的精确性，而风险分析需根据前面的结果来明确主要风险点，以保障鉴定结论具备科学性与可靠性^[4]。

三、抗震鉴定实操分析

（一）抗震鉴定理论框架

1. 抗震性能评估指标

抗震性能的评估指标为鉴定主要，要结合结构的特性来定义。地震反应系数根据场地、分组以及周期来确定，GB 50011 给出计算标准。延性能力用于衡量变形消耗能量的情况，将材料老化以及损伤的影响纳入考虑领域，是以弹塑性能量耗散原理为基础的。层间位移角体现变形特性，保障非结构构件安全并防止倒塌。抗震承载能力经由验算地震组合时的承载能力来判定合规情况，根据极限状态设计方法，结合现场检测参数开展计算^[5]。

2. 抗震相关法规实践

抗震鉴定实操分析要以现行法规作为基础，国家方面把 GB 50011《建筑抗震设计规范》当作核心，清楚不同设防烈度下既有建筑的抗震性能标准，国际标准像 ISO 13822 等会提供结构

振动测试与损伤评估的通用办法，二者共同建立实操的合规性框架^[6]。抗震鉴定的理论体系建立于结构动力学和可靠性理论基础之上，通过现场检测得到的材料强度、构件尺寸等参数，结合非线性分析模型来评估结构在地震作用时的响应。理论的发展促使其从经验判断向数据驱动转变，例如通过性能的抗震设计理念的引入，让鉴定更注重结构在不同地震水准下维持功能的能力。

（二）现场抗震检测与加固实操

1. 抗震检测技术实操

在抗震检测技术实际操作里，微震监测以及结构响应测试属于既有民用建筑抗震性能现场评估的核心方法，是判断建筑结构安全、排查抗震隐患的关键环节。微震监测需在建筑主要受力部位精准布置高灵敏度传感器，重点覆盖梁柱连接点、剪力墙边缘部件、楼板与墙体交接处等关键节点，通过专用数据采集设备持续捕捉结构在环境震动、小震作用下的微震信号，后续结合时域与频域分析技术，精准提取振动频率、阻尼比、振型等核心参数，以此识别结构内部可能存在的裂缝、构件松动等损伤区域，为后续加固提供精准数据支撑^[7]。结构响应测验则通过人工激励（如脉动法、锤击法）或自然激励（如环境振动）两种方式获取结构动力响应信息，实操中需严格把控传感器的布设密度与位置，确保全面覆盖梁、柱、剪力墙等主要受力部件，合理避开遮挡物与干扰源，防止出现数据空白区域，同时做好数据校准与复核工作，保障检测数据的准确性和可靠性，为建筑抗震性能评估提供科学依据。

2. 抗震加固评估

抗震加固需结合建筑结构现状、使用需求及现行抗震规范，综合采用多维技术手段全面提升结构整体抗震可靠性。加固设计要坚持受力合理、协同工作原则，增设支撑时，需结合结构受力特性、现场施工条件，灵活选用钢支撑或混凝土支撑，精准确定构件截面尺寸、布设位置与连接方式，确保新增构件与原结构协同受力、变形协调。基础加固可通过扩大基底面积、压力注浆补强、增设桩基等方式优化，加固完成后必须通过现场载荷试验，严格验证地基承载力与沉降稳定性。某框架住宅针对梁柱节点薄弱缺陷，采用碳纤维布加固并增设交叉钢支撑，改造后层间位移角由 1/250 降至 1/500，完全满足规范要求^[8]。加固效果需通过动力特性检测、承载力复核、变形观测综合验证，对比前后频率、阻尼比、荷载位移曲线，量化评估抗震性能提升幅度，保障结构具备充足延性与抗倒塌能力。

四、可靠性鉴定评级实操方法

（一）评级体系与标准应用

1. 评级标准解析与依据

既有建筑可靠性鉴定是以 GB 50292 作为核心，把结构划分成 A、B、C、D 四个等级。A 级符合要求；B 级稍低但不影响安全性；C 级对安全有影响需采取应对措施；D 级危及安全要立刻进行处理^[9]。评级参考包含体系、承载能力、构造以及变形等指标，结合回弹数值、锈蚀程度等检测信息，运用加权或者层次分析法

明确权重并进行综合评估。实际操作时要严格根据单元划分以及逐级评级的流程。但是定性指标依靠经验易产生主观误差，并且老旧建筑由于资料欠缺难以获取精准参数，这或许会对准确性造成影响，需要结合实际情况合理调整方式以保证结果可信。

2. 可靠性鉴定评级实操方法与优化策略

可靠性鉴定评级应根据体系标准，完善实际操作方法。国内《民用建筑可靠性鉴定标准》运用层次化方案，从构件到单元逐步评定，重点定性评判与经验校正，操作便捷但是对复杂结构的适用性存在局限。国际通行标准重点性能化设计，设立多级安全指标，通过概率风险与非线性分析，精准度高但是对设备及人员要求严格。二者区别在于逻辑和参数选择。实际操作时可引入数据融合方法，整合检测、监测以及历史数据，通过机器学习建立模型来降低误差。同时参考先进的量化指标精细计算方式，建立符合我国特性的改进流程，兼顾本土的适用性和结果的科学性。

（二）实操流程设计与管控

1. 检测与评级结合流程

检测与评级整合流程以抗震鉴定作为核心，按照 GB50023 等规范明确混凝土强度、钢筋配置以及损伤状况等参数，运用回弹、超声等手段获取数据并记录荷载环境。数据解析要验证其有效性，去除异常数据点，根据图纸建立模型，评估地震情况下的承载与变形特性。评级阶段把结果和阈值进行比较，逐级评定构件直至整体可靠性，重点分析薄弱之处。流程要保证检测数据和标准相匹配，例如强度换算、构造核验，让输出能够直接为评级结论服务，建立从采集到判定的封闭循环，确保评级的严谨性^[10]。

2. 参数识别与测点布设

在鉴定评级工作里，传感器的设置要结合结构的类型与目标，例如在混凝土梁的端部、柱的底部等应力区域布置应变计，在砌体墙身的交接部位设置位移计，同时保证量程相互匹配。布置前要预先验证设备的稳定性，针对温度、电磁等环境干扰运用补偿算法和屏蔽手段加以控制；对于操作差异则通过标准化流程来减小影响。最终得到的参数要符合评级精度标准，为后续的鉴定工作提供可靠的根据。

（三）案例实践与挑战应对

1. 民用建筑案例解析

以一栋2005年建成、由于功能改变需要进行鉴定的6层框

架式住宅为例。实地检测表明：混凝土强度推测值处于 C25 至 C30 之间，部分柱角的碳化深度超过 5mm；顶层的最大偏移距离为 12mm，超出规定限值；30% 的梁、柱保护层厚度偏差超过 ±5mm。按照 GB 50292-2015 进行评定：结构体系大体完整，部分柱子由于强度不够以及保护层存在偏差，承载能力评定为 C 级。在抗震鉴定工作里，底层的位移角达到 1/450，稍微超出限值，部分节点的箍筋间距不符合规定。实践显示：当碳化程度较大时，需通过钻芯来修正强度数值；进行评级时要综合考量缺陷分布状况以及对整体的影响；开展抗震鉴定工作时，应重点关注节点箍筋等构造的完整性。

2. 实操挑战与解决方案

在既有民用建筑结构可靠性鉴定评级实际操作里，常见难题包含现场检测仪器精度不够导致的参数误差、不同检测人员操作区别引发的数据分散性，以及老旧建筑原始资料缺乏造成的评级根据不充足。针对设备受限情况，可通过定期校准检测仪表、引入高精度传感装置（像光纤应变计）加强数据采集的精准度；对于数据出现偏差的状况，要制定标准化操作流程（SOP），确定检测点设置、数据读取和记录的统一准则，同时运用交叉验证手段（例如同一个构件用多台设备复测）减少人为差错。当原始资料缺乏时，能够将现场无损检测（像回弹法测定混凝土强度、超声法检测缺陷）和结构反向建模技术相结合，重新建立构件力学性能参数。

五、总结

本研究重点关注既有民用建筑结构现场检测手段以及可靠性鉴定评级的实际操作难题，经过对现存检测技术和鉴定流程的系统梳理，确定核心研究成果。研究表明现场检测要将无损检测和局部破损检测技术相结合，像回弹法、超声回弹综合法、钻芯法等，从而精确获取结构材料强度、构件损伤状况等主要参数；可靠性鉴定评级则要根据《民用建筑可靠性鉴定标准》，综合考量结构安全性、适用性和耐久性指标，建立量化评级体系。这些成果于房屋可靠性鉴定时能够有效识别结构潜在隐患，在抗震鉴定方面可为加固改造工作提供科学参考根据，明显提高既有建筑的使用安全程度与耐久性。

参考文献

- [1] 杨树蔚. 用于现场检测的小型化多模式显微成像系统设计 [D]. 西安工业大学, 2022.
- [2] 闫琳. 基于免疫层析技术的丝织品文物现场快速检测研究 [D]. 浙江理工大学, 2023.
- [3] 付艳丽. 基于比色 / 荧光双信号的鼠伤寒沙门氏菌现场快速检测技术研究 [D]. 吉林大学, 2023.
- [4] 余洁. 微型化激光诱导荧光检测器的性能优化及其现场分析应用 [D]. 兰州大学, 2023.
- [5] 耿俊豪. 基于电化学学生物传感器的有机磷农药残留的现场快速检测 [D]. 新疆大学, 2023.
- [6] 杨益飞. 既有民用建筑结构检测及安全性评定分析 [J]. 工程与建设, 2022, 36(6): 1703-1705.
- [7] 薛雪. 既有钢结构厂房检测与可靠性鉴定分析 [J]. 电脑爱好者 (普及版) (电子刊), 2020(3): 219-220.
- [8] 邹勇, 张京街, 曹淑上, 杨若愚. 既有办公建筑改造为医院建筑前检测与鉴定 [J]. 重庆建筑, 2019, 18(5): 57-61.
- [9] 谢鹏. 浅谈既有建筑混凝土结构现场检测 [J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2022(5): 59-61.
- [10] 白海江. 既有建筑结构损伤检测方法与加固方案研究 [J]. 建筑工程技术与设计, 2021(24): 2223.

地域环境下民用建筑安全检测要点与鉴定评价体系优化

肖荣

广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030018

摘 要： 地理环境通过地震、盐雾侵蚀、冻融循环等方式对民用建筑安全产生影响，现有的检测技术需要与地域特点相适应，但是安全鉴定评价体系存在地域适配性欠佳、缺乏动态响应等状况。要搭建地域敏感型的检测方案和动态评估体系，整合智慧化的决策支撑系统，实现检测与评估的协同优化，提高建筑安全管理的精准度。

关 键 词： 地域环境；民用建筑安全；检测与鉴定评价体系

Optimization of Safety Inspection Points and Appraisal Evaluation System for Civil Buildings in Regional Environment

Xiao Rong

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： The geographical environment exerts an impact on the safety of civil buildings through means such as earthquakes, salt fog erosion, and freeze-thaw cycles. The existing detection technologies need to be adapted to local characteristics. However, the current safety assessment and evaluation system has issues such as poor regional adaptability and a lack of dynamic response. To establish a regionally sensitive detection plan and dynamic assessment system, integrate an intelligent decision support system, achieve coordinated optimization of detection and assessment, and enhance the accuracy of building safety management.

Keywords： geographical environment; civil building safety; testing and identification evaluation system

引言

地域环境特性（如地震、湿热沿海、高寒干旱等情况）经由独特作用机制对建筑结构力学和耐久性产生影响，是安全管理的主要要素。环境胁迫（像盐雾、冻融、沉降等情况）共同促使加速劣化，但是当前检测技术的适应性欠佳、评价体系存在地域适配方面的缺陷以及动态响应的缺失，很难精确捕捉特有的风险。2023年《民用建筑安全专项整治三年行动方案》提出加强区域差异化安全管控，促使检测鉴定和区域环境紧密结合。开展深度研究检测主要要点以及评价体系的优化工作，对于建立精确化、动态化的建筑安全保障体系具备重要的学术价值和实践意义。

一、地域环境对民用建筑安全的影响机制

（一）主要地域环境特征分类

区域环境对民用建筑安全作用机制里，主要领域包括地震频发区、湿热濒海区、高寒干旱地带。地震频发区域地壳活动较为频繁，震动会引发结构应力集中和变形，情况严重时会造成破坏^[1]。在湿热的沿海区域，环境显示高湿高盐的特点，盐分渗透会导致钢筋发生电化学锈蚀现象，而高温高湿的条件则会加快混凝土的碳化进程。在高寒干旱区域，昼夜的温差较大，冻融循环会使材料内部出现微裂缝，干旱的环境会引发干缩裂缝，进一步降低结构的承载能力。不同地区凭借独特作用机制对结构力学和材料耐久性产生影响，为检测重点与鉴定体系的优化提供基础支撑。

（二）环境因素与建筑病害关联性

地域环境对民用建筑安全的影响机理显示于环境要素和建筑病害的直接关联方面，盐雾腐蚀、冻融交替、地质下沉等环境压力是导致结构老化的主要诱因。在沿海区域的高盐雾环境里，氯离子经建筑材料的孔隙渗透到钢筋表面，破坏其钝化膜进一步引发电化学腐蚀现象，造成钢筋截面出现损失，还会使混凝土保护层开裂，让结构承载能力下降^[2]。在寒冷区域的冻融循环影响下，混凝土内部的孔隙水不断经历冻胀与融缩过程，由此产生的内应力会导致材料的微观结构出现劣化现象，具体体现为表面出现剥落情况、强度有所降低，进一步加快结构的老化速度。地质下沉会通过不均匀荷载的作用，使建筑的受力状况发生改变，造成墙体出现裂缝、基础产生变形，进一步加重结构的损伤程度。这些环境胁迫并非单独存在，常常共同作用放大对建筑安全的影响。

响。比如盐雾侵蚀和冻融循环叠加时，氯离子渗透效率提高，冻胀破坏更易出现，加快结构性能退化。

二、民用建筑安全检测核心要点分析

（一）现有检测技术适应性评估

当前检测技术适应性评估要结合地域环境状况：在湿度较高的沿海区域，回弹法因湿度影响离散性明显，超声回弹综合法能够修正环境干扰^[9]；在严寒地带经历冻融循环时，红外热像需和钻芯法结合来验证内部缺陷；在地震高烈度区域，低应变动力检测需配合声波透射法对深部缺陷进行定位；在软土区域，平板载荷试验可直接获取地基承载力，山区岩石地基则需结合地质资料进行校正；在盐碱化区域，半电池电位法用于筛查锈蚀区域，电阻率法可量化锈蚀速率，但要考虑电极稳定性。单一技术存在局限，需多种方法协同开展验证工作，从而提高检测的准确性和可靠性。

（二）环境敏感型重点检测对象

地域环境里环境敏感类重点监测对象包括地基基础、混凝土碳化与钢材腐蚀。地基稳固性受水文地质状况影响，对于湿陷性黄土要检测湿陷变形情况，软土区域需检测沉降状况，可运用静力触探、载荷试验^[4]；混凝土的碳化速率和大气环境存在关联，北方干燥且呈碱性的环境下碳化速度慢，南方潮湿且呈酸性的环境会加快碳化，通过酚酞试剂法测定碳化深度并结合回弹法来评估耐久性；钢材的腐蚀和湿度、盐分有关联，沿海地区高盐雾会引发电化学腐蚀，内陆的酸雨会加剧钢材锈蚀，采用超声波测厚、磁粉探伤来检测截面损失。检测要根据地域环境来制定有差异的方案，保证精准反映环境所产生的影响。

三、安全鉴定评价体系现存问题诊断

（一）评价标准地域适配性缺陷

1. 通用标准局限性分析

现行国家标准以全国平均状况为根据，对特殊区域的针对性不够：岩溶地区地基没有充分考量溶洞分布密度和顶板厚度的动态作用^[1]；高海拔寒冷地区的冻融评估未结合低温持续时间和昼夜温差的极端改变^[2]；沿海盐雾地区的钢结构腐蚀模型未纳入氯离子梯度与潮汐的耦合效果^[3]；湿陷性黄土地区的沉降监测未区分自重湿陷和外荷湿陷的机制^[4]。这些通用标准存在局限，导致特殊地域民用建筑的安全检测难以精确抓住特有风险，让评价体系的科学性与可靠性有所降低^[5]。

2. 动态环境响应机制缺失

在安全鉴定评价体系现存问题的诊断里，评价标准的地域适配性不足以及动态环境响应机制的缺少是主要症结。当下标准大多根据全国统一框架来制定，未全面考量不同地域气候、地质状况的差异化效应，像湿热区域的温湿度循环、冻融区域的温度急剧变化等持续环境作用，在量化评估中存在明显盲区。以温湿度循环情况为例，南方降雨较多地区的民用建筑长时间受到高湿度和温度波动交替的作用，墙体材料的吸湿与放湿特性、结构构件

的耐久性衰减速度明显高于干燥区域。但是现有的体系并未针对这类地域特点设定差异化的检测指标和评价阈值，这使得鉴定结果难以确实反映建筑的实际安全状况。动态环境响应机制的匮乏进一步恶化这一状况，传统鉴定大多运用静态评估方式，不能实时捕捉环境要素的动态变动对建筑结构性能的累积效应，例如季节性温湿度改变引发的材料性能退化、极端天气事件造成的结构损害等，缺少对环境作用的动态监测与预测模型，导致鉴定评价难以符合地域环境的动态演变要求^[6]。

（二）风险分级与决策断层

1. 多源数据整合壁垒

在安全鉴定评价体系现存问题的诊断里，风险分级和决策出现断层，体现为评价结果和实际决策需求相脱离。现有的分级标准大多根据单一结构参数，没有结合地域环境的动态影响，使得风险等级划分和建筑实际安全状况存在偏差，从而对后续加固或者拆除决策的科学性产生影响^[7]。多源数据整合障碍体现于环境监测数据和结构检测成果的分离，地域环境里的温湿度、土壤沉降、地震活动等数据通常由不同部门收集，和建筑结构的应力、变形等检测数据分属不同体系，缺少统一的数据接口与融合办法，导致评价过程中难以全面考量环境因素对结构安全的长期影响，导致评价结果具有片面性。这种数据分割不但提高评价工作的复杂程度，还可能由于主要环境数据的缺乏或延迟，使得安全隐患无法被及时察觉，降低鉴定评价体系的预警功能与决策支持效用。

2. 预防性维护指引不足

在地域环境里民用建筑安全鉴定评价体系现存问题的诊断方面，风险分级和决策存在断层以及预防性维护指引欠缺是主要痛点。风险分级大多专注于结构承载力、材料劣化这类单一方面的指标，没有充分结合地域环境要素（例如湿热地区的腐蚀速度、严寒地区的冻融循环频次）建立动态分级模型，使得风险等级划分和实际运维需求相脱节，造成分级结果无法直接指导决策的断层。当前体系缺少针对地域特性的预防性维护指南，比如沿海盐雾地区未清晰混凝土保护层厚度不够时的防腐涂层更新时长，高烈度地震区域未细化隔震支座的定期检测指标，导致维保单位难以制订精确的维护规划。这种断层以及指引的缺失，直接造成诊断评价结论对后续维保决策的支撑作用减弱，难以有效衔接鉴定结果、风险控制、维护行动的闭环，要从地域环境参数的融入、动态风险模型的建立以及场景化维护指引的制定等方面对体系进行优化^[8]。

四、检测要点与评价体系协同优化路径

（一）地域差异化检测技术框架

1. 环境因子权重动态赋值

检测要点和评价体系协同改进要以地域环境特性为主要，搭建差异化技术方案并实现环境因子权重动态设定。高湿度区域的腐蚀、地震区域抗震性能衰减等不同情况，需要有针对性地对检测优先级作出调整。整合区域环境数据信息库，通过大数据识别环境要素与建筑损坏的关联机理（如盐雾与钢筋锈蚀速率关系），为优先级的调整提供支撑。运用层次分析法或者机器学习模型，融合

实时监测以及历史案例，根据环境因子的影响程度对权重进行动态调整，规避静态方面的局限。此方法让检测资源与区域风险精确匹配，加强评价体系的科学性和时效性，为协同优化筑牢基础。

2.多技术融合检测流程

区域差异化检测技术体系根据气候、地质以及材料特性设定参数，例如在高湿度区域强化防水措施、在地震区域增添抗震指标，以此保证检测工作与所在区域环境相适配^[10]。多技术融合的流程为：通过无人机巡检来获取宏观方面的损伤情况，利用物联网传感器对动态参数进行监测，通过实验室分析测定材料的强度与腐蚀状况，进一步形成宏观、动态、微观全方面的检测链条。协同优化途径把多源数据整合成为标准化评估指标，建立地域特征数据库，实现检测参数和评价标准的动态匹配，提高安全鉴定的精准度与时效性，促进民用建筑安全管理的智能化与精细化^[2]。

（二）三维评价指标体系重构

1.环境荷载耦合模型

检测要点和评价体系协同优化要搭建三维评价指标体系：地质风险方面（地层稳固性、地震频次、土壤液化情况等），气候应力方面（温度、降水、风力以及极端气候发生概率），人为活动方面（工程干扰、水位变动、功能改变等）。环境荷载耦合模式跳出单一要素分析，通过有限元与概率统计结合地质、气候和人为要素的相互作用，模拟多荷载叠加情形下的结构内力分布以及损伤演变，实现从静态至动态的风险评估升级，为地域环境民用建筑安全检测和鉴定提供精确量化根据。

2.全寿命周期预警模块

检测要点与评估体系协同改进需关注地域环境不同影响，搭建地域环境适应性、结构性能减退、使用功能适配三维评估框架：引入温湿度、盐雾等指标，结合材料老化规律与功能变化需求，通过层次分析法量化整合权重。全生命周期预警模块融合地域环境监测和结构健康数据，根据材料性能退化与受力时变模型，设定动态预警阈值。一旦检测数据达到阈值，便自动推送分级预警信息，为建筑安全维护提供精确决策支撑。

（三）智慧化决策支持系统

1.大数据驱动评价平台

检测要点和评价体系的协同优化途径通过智慧化决策支撑系统和大数据驱动评价平台的深度整合实现。智能化体系通过 BIM

与 GIS 整合方案，融汇建筑参数、区域环境以及历史检测信息，搭建安全状况三维可视化模型。大数据平台对检测数据开展挖掘分析，建立地域环境因子和安全风险的关联模型，动态对评价指标予以优化（例如在大地震烈度区强化抗震权重，在湿热地区增添耐久性方面）。两者通过数据接口开展实时交互，检测要点的调整会直接反馈到评价体系的参数更新中，评价结果又反作用于检测重点，建立起检测、评价、决策的闭环机制，加强地域环境里民用建筑安全管理的适应性和前瞻性。

2.精准化维保决策机制

检测要点与评估体系协同优化途径以智能化决策支撑系统为核心，结合精确化维保决策机制，实现动态适配。智能化系统融合地域环境参数和监测数据，通过机器学习搭建多方面风险评估模型，把结构损伤程度、材料劣化速度转变为量化风险等级，为评价体系提供实时支持。精确化维保体系根据评估结果，建立加固优先次序与经济性优化模型，全面考量使用功能、安全界限、成本以及资源获取的可能性，通过多目标优化来平衡安全和投入，建立检测、评价、决策、执行的闭环。系统实现检测数据和评价指标的实时关联，自动对权重系数加以调整，并且根据地域环境的动态改变（像极端天气、地质变动）更新维护保养策略，提高民用建筑安全管理的智能化与精确化程度。

五、总结

区域环境下民用建筑安全检测及鉴定评价体系的优化研究，主要在于搭建区域敏感型检测方案与动态评估体系，其创新之处在于把高海拔低气压、强紫外线、盐雾湿度等环境要素融入检测整个流程，打破传统忽视环境变量的限制。此体系通过多源传感融合以及实时动态建模，精确捕捉结构损伤的演变过程，提高安全预警的精准度，降低误判和漏判情况，优化维保方面的决策，削减运维的成本。针对高海拔地区冻融损伤、强腐蚀区域钢结构锈蚀这类典型状况，给出具有针对性的检测指标和评价阈值。后续应深入开展极端环境里材料劣化的基础研究工作，研制超低温、高盐雾的专用检测装置，健全跨地域的数据共享以及标准协同机制，促进评价体系在普适性和精准性方面实现平衡，为建立符合地域特点的民用建筑安全保障体系提供帮助。

参考文献

[1] 马佳艺. 优化我国税收营商环境评价体系研究 [D]. 西南政法大学, 2022.
[2] 韦绍亮. 工业建筑检测鉴定质量评价 [D]. 中国科学院大学, 2022.
[3] 杨蛟. 菠菜霜霉病侵染检测体系确立与抗性鉴定分析 [D]. 上海师范大学, 2023.
[4] 肖楷. 基于（火用）、（火用）经济、（火用）环境分析的异构能源系统性能评价及优化研究 [D]. 华南理工大学, 2022.
[5] 周新志. 基于风环境优化的徐州地区村镇规划建设评价体系研究 [D]. 中国矿业大学 (江苏), 2022.
[6] 秦良娟, 聂森. 基于特殊地域环境下的公共艺术专业研究——以贵州省为例 [J]. 美术教育研究, 2023, (19): 79-81.
[7] 李晓翠, 李东升, 杨洋. 地域文化视角下的乡村民宿设计应用研究 [J]. 美与时代 (城市版), 2021, (08): 27-28.
[8] 李冰, 董美琪. 地域视角下民宿建筑光环境艺术设计探析 [J]. 美与时代 (城市版), 2024, (01): 23-25.
[9] 陶婷钰. 供水行业服务评价体系构建与营商环境优化 [J]. 现代企业文化, 2024, (15): 28-30.
[10] 王卓. 地域文化视角下民宿设计研究——以南京市高淳区为例 [J]. 美与时代 (城市版), 2023, (09): 29-31.

建筑设计方案优化与施工图落地性实践探讨

罗健

广东 广州 510800

DOI:10.61369/UAID.2026030019

摘 要： 建筑设计方案的优化通过系统分析来对功能布局、空间形态等相关因素加以调整，实现功能性、经济性以及可持续性的提高；施工图的落地工作遭遇设计与施工相脱离等困境，需要凭借跨专业协作以及 BIM 等技术方式。实际案例显示，BIM 参数化建模以及设计与施工一体化等手段可减少冲突、提高效率，这二者相互配合是项目实现成功的主要，未来需进一步强化数字化工具的应用。

关 键 词： 建筑设计方案优化；施工图落地性；BIM 技术

Exploration of Optimization of Architectural Design Scheme and Implementation Practice of Construction Drawings

Luo Jian

Guangzhou, Guangdong 510800

Abstract： The optimization of architectural design scheme adjusts the functional layout, spatial form and other related factors through systematic analysis to achieve the improvement of functionality, economy and sustainability. The landing of construction drawings encounters difficulties such as the separation of design and construction, which requires cross-disciplinary collaboration and BIM technology. The actual case shows that BIM parametric modeling and integration of design and construction can reduce conflicts and improve efficiency. The combination of the two is the main reason for the success of the project. In the future, the application of digital tools needs to be further strengthened.

Keywords： architectural design scheme optimization; implementation of construction drawings; BIM technology

引言

建筑设计方案的完善与施工图可落地性的协作，是实现建筑项目高效建成的主要环节。这两者需同时考虑创意显示和技术可操作性，也要解决设计与施工脱节引发的落地困境。2023 年，住房和城乡建设部发布《关于加快推进建筑信息模型（BIM）技术应用的指导意见》，明确提出要促进 BIM 技术在设计到施工全流程的集成应用，为解决方案优化与施工图落地的衔接问题提供政策指引。本研究围绕设计方案优化的理论根据、技术方法、实施流程及落地性保障展开研讨，结合实际案例分析 BIM 协同、跨专业协作等策略对加强施工图落地性的意义，目标是为建筑项目从创意构思到实体落成的全流程闭环提供理论支撑与实践路径。

一、建筑设计方案优化的理论基础

（一）设计优化的概念与历史发展

设计优化是指在建筑设计过程中，通过系统分析与多方面评价，对方案的功能布局、空间形态、技术选用等要素进行调整，进一步实现功能性、经济性与可持续性的整体提高。其发展历程可追溯至 20 世纪中期，从起初单纯追求形式美感，逐步拓展到对建筑性能进行定量分析。20 世纪 60 年代往后，计算机技术推动优化方法向数字化、参数化方向发展，由经验判断变为数据驱动的科学抉择。进入 21 世纪，绿色建筑理念使可持续性成为主要要素，进行优化时需兼顾环境影响、能源效率与全生命周期成本^[1]。在当下的建筑设计工作中，设计优化已成为衔接创意与工

程落地的主要环节，确保设计方案既具有创新性，又能顺利转化为可实施的建筑实体。

（二）施工图落地性的关键挑战

施工图具备可落地性的主要挑战源于设计与建造阶段的脱节。施工图纸作为将设计理念转化至施工环节的主要载体，在落地过程中时常面临设计误差以及可操作性不佳的状况。其中设计偏差体现为图纸和现场情况存在矛盾，例如结构节点的具体图纸未考虑施工工艺的要求；可实施性欠佳则体现在材料的选取、构造的做法与实际的供应链或者施工技术不匹配，比如新型环保材料缺乏成熟施工工艺的支撑，进一步造成工期延误并使成本上升。影响因素包括技术标准与协作机制两方面：技术标准更新滞后或者专业间标准存在矛盾，易使设计参数和施工规范出现冲

突；设计、施工、监理等多方面协作存在欠缺，比如信息传递不及时或者责任划分不明确，进一步加剧落地的阻碍^[2]。施工图纸的落地执行状况直接关乎项目能否按预期实现目标，其质量方面的缺陷可能会造成工程返工、成本超出预算范围，甚至对建筑的安全和使用功能造成影响。

二、设计方案优化方法与实践探索

（一）优化技术的应用策略

优化技术的应用策略需结合技术特性与项目需求。参数化建模手段通过建立变量与几何形态的关联关系，实现方案的迅速迭代。以复杂曲面建筑设计作为例子，通过对参数加以调整来掌控曲面曲率，进一步减少人工修改的步骤^[3]。BIM集成技术通过多专业模型协同，提前识别管线冲突、空间布局方面的问题。在典型案例之中，某文化建筑项目通过参数化工具实施形体优化，根据风环境、采光模拟的反馈情况，对建筑的开口以及遮阳系统作出调整，让自然通风的效率提高20%，利用BIM碰撞检测处理12处管线方面的问题，使得施工图深化的周期缩短大约15%。此项技术应用需以性能指标作指引，确保优化流程符合功能需求与技术可操作性。

（二）设计到施工图的实施流程

设计到施工图的实施流程需以方案优化的成果为根据。方案时期的概念设计需转化成施工图信息，首先进行方案的精细化处理，将空间分割变为精确的尺寸、定位以及选型，同时结合结构、机电方面的要求对细节加以调整^[4]。细节合作需建立跨专业协同机制，通过BIM平台整合各专业模型，进行即时的碰撞检测。在流程优化方面，开展标准化的设计可提高效率，比如建立通用的节点详图库；跨专业的协作作业需明确划分责任分工，搭建定时的沟通机制。通过上述流程，设计方案的优化目标可精确传递到施工环节，保障技术可行性与落地效果。

三、施工图落地性的核心因素与策略

（一）落地性问题的系统剖析

1. 设计错误类型与成因

常见设计差错包括尺寸误差与构造冲突：尺寸误差表现为平面标注和实际空间需求不相符，例如墙体定位出错降低空间利用效率；构造冲突体现于结构部件和机电管道在空间上相互干涉，比如梁的高度和风管标高重合导致返工。错误的成因可归结为信息传输产生失误以及标准认知存在偏差。前者是因为设计各阶段间的数据协同不够充足，进一步导致参数更新出现延迟；后者是因为设计人员在对地方规范、施工工艺的认知上存在差别，比如对防火分区划分标准产生误解。实际数据显示，这种错误在施工图问题的总数里占比超过65%，直接导致施工周期延长15%–20%，成本提高8%–12%^[5]。需通过BIM技术打破信息断层状况，并且建立双轨制审核机制以降低落地执行风险。

2. 沟通与协调障碍

信息延迟常常让施工方难以快速获取设计变更的具体情况，

比如材料规格的更改或者节点构造的改进未能同步传达，可能导致现场出现差错甚至需要重新施工^[6]；责任划分不明确源于设计方和施工方在设计意图以及施工可行性认识上的差异，设计方重点于美学显示，而施工方更注重工艺实施。解决途径包括搭建跨部门信息共享平台，实现设计文档、变更通告以及技术交底的实时同步；同时建立周期性审核制度，经由设计单位、施工单位和监理单位共同评估，在施工前发现潜在矛盾，提前协调解决措施，减少现场调整成本。

（二）落地策略的实施与优化

1. 质量控制机制构建

需建立施工图质量保证体系，明确审查标准和规范检测程序。审查标准需包括建筑、结构、机电等多个专业的技术指标以及合规要求，比如结构构件尺寸的偏差要控制在 $\pm 5\text{mm}$ 范围以内，管线的布置间距要符合消防规范^[7]。测试流程包括图纸审核、BIM冲突检测以及现场样板认定。测试流程需包括图纸会审、BIM碰撞检测以及主要节点样板认定。在昌平沙河万达广场的更新改造项目中，BIM团队通过模型核对更新与碰撞检测，全方位排查结构和机电管线的冲突点，同时针对复杂节点采用构件级编码管理，实现数字孪生加实体追溯的过程管控。质量管控包括从设计到施工的全流程，建立动态反馈机制，确保施工单位发现的构造冲突能够迅速反馈给设计队伍，实现闭环式管理。

2. 协作模式创新与实践

施行设计与施工一体化的模式，破除传统设计和施工之间的阻碍，将施工可行性考量纳入方案设计阶段，减少因衔接不佳导致的返工^[8]。通过BIM技术实现三维模型的实时共享与协同调节，施工单位可提前发现设计中的冲突点并反馈优化建议，提高项目推进效率。在昌平沙河万达广场的更新改造项目中，通过BIM+IoT集成管理体系实现三维模型的实时共享与协同修改，施工方可以提前发现设计中的矛盾点并反馈优化建议。采用该协作模式后，施工图阶段的变更频率和现场返工次数均显示明显下降，项目整体的工期实现有效缩减。该协作模式通过信息对等和流程整合，加强施工图的可建造能力，同时强化各参与方责任共担的理念，为落地策略的实施提供实践办法。

四、实证研究与案例分析

（一）案例选择与方法论框架

1. 研究案例标准与选取

实证研究和案例分析的案例筛选需紧扣建筑设计方案优化和施工图可实施性的主要冲突，制定多方面的选取标准。案例需包括多样的项目规模，既要有超大型公共建筑，也应纳入中小规模的商业及住宅项目，以此检验优化策略的普适性；同时要选取方案优化效果明显的项目，即于设计阶段通过多专业协作、参数化模拟等手段实现功能、成本或性能优化，且在施工图阶段存在落地困难的案例。具有代表性的建筑选取优先考虑国内重点工程，例如近年来建成的城市标志性楼宇、绿色建筑示范项目等。这些工程通常经历完整的设计全流程，包括方案构思、初步设计、施

工图深化以及施工反馈等环节，能够为研究提供全流程的数据支撑。在筛选过程中需确保案例类型的多元性，包括不同的建筑功能与结构形式，以此避免单一案例所存在的局限性。此外案例需具备可获取的特性，能够通过公开资料、项目档案或者深度访谈来获取方案优化的具体细节以及施工图落地过程中的主要问题。比如某省级文化中心工程，因异形曲面幕墙的方案优化和施工工艺产生冲突，成典型的研究案例，其全周期的数据为分析提供充足的素材^[9]。

2. 数据收集与分析技术

在实证研究与案例分析中，案例选取重点于不同类型的建筑项目，包括商业综合楼宇、居住小区以及公共文化建筑，借此确保研究结果的广泛适用性。方法论策略结合实地调研与文档核查，实地调研通过跟进工程进展、记录现场情形，评估设计方案在实际建设中的可行性；文档核查则对比设计图纸和施工记录，分析设计变更的原因及影响。在定量工具领域，引入施工效率指标、成本偏差比率以及工期延误比率等绩效指标，对设计优化给施工图落地情况造成的影响进行量化。在数据收集阶段，采用结构化访谈手段获取施工方、设计方和监理方的反馈内容，同时从项目管理系统中提取施工日志、变更签证等资料，建立多源数据集合。数据分析手段整合统计分析与质性编码，通过相关性分析来检验设计优化措施和落地性指标的关联情形，质性编码会对设计变更的文本资料进行主题分类，分析落地性问题的深层次原因^[10]。

（二）具体案例描述与分析

1. 设计方案优化过程

以位于广州市天河区的某金融中心项目（建筑面积约12万 m^2 ，建筑高度180m）为例，此项目最初设计方案存在空间利用欠充分、管线碰撞风险较高等典型问题。在概念深化时期，设计团队通过BIM技术建立三维模型，将建筑、结构、机电等专业模型进行整合，直观显示各系统的空间联系。针对因核心筒布局不合理导致的办公区域采光不均问题，团队通过BIM模型对不同时刻的日照情况展开模拟，根据模拟结果对核心筒的位置与尺寸加以调整，确实提高办公区的自然采光状况。在迭代优化阶段，通过BIM的碰撞检测功能，提前识别出机电管线与结构梁的多处碰撞点位，通过对管线走向和标高加以优化，确实避免施工阶段可能出现的返工现象。同时根据施工工艺的需求，将外墙保温层与幕墙系统的连接节点在BIM模型中予以细化，明确各构件的安装顺序和尺寸偏差允许值，使施工图的构件定位精度满足高精度施工的标准。这些优化方法既减少方案调整所需的时间，又通过BIM模型与施工图的关联更新，确保设计理念向施工环节的精准传递，确实加强施工图的可实施性与精确水平。

2. 施工图落地执行情况

挑选深圳市南山区的一处商业综合体项目（总体建筑面积约8万 m^2 ，包括大型幕墙中庭）当作分析目标。在该项目最初设计方案中，玻璃幕墙与钢结构的连接节点存在构造上的冲突，直至施工图阶段才发现节点荷载的传递途径不够清楚，可能会导致施工安全方面的隐患。设计团队和结构工程师、施工单位一同开展

现场技术沟通，通过三维BIM模型对节点受力状况进行模拟，将连接方式优化为栓焊混合节点。通过第三方检测验证，优化后的节点满足结构安全规范，而且节点加工时间比原方案有所减少。在幕墙安装阶段，通过推动预制构件标准化生产与现场装配化施工，实际的施工进展比原规划明显提前。在成本控制领域，完成优化之后的节点材料使用数量和现场人工成本均实现有效掌控。在质量评定中，实地检测显示优化后的节点抗剪强度满足设计要求，幕墙整体垂直度的偏差处于规范许可的优良范围里。施工单位反馈，优化后的施工图节点标注详尽清晰，减少现场二次深化的工作任务，施工效率明显提高，且未出现因设计问题导致的返工情况。

（三）结果分析与实践启示

1. 优化效果综合评估

以昌平沙河万达广场更新改造项目（整体建筑面积17.47万 m^2 ）作为分析的对象。在项目进行优化之前，在施工图环节，因设计变更未能及时对BIM模型予以更新，导致结构与机电管线冲突状况频繁发生，现场返工的数量较多。

在完善阶段，BIM团队进行模型审查、冲突检测以及管线综合安排，同时采用BIM+IoT技术对管线进行构件级编码，实现数字孪生+实体追溯管理控制。通过优化各专业空间布局的协调性明显提高，管线冲突大幅下降，由设计矛盾导致的返工情形明显减少；设计变更的处理时长有效缩短，施工图和现场的衔接更为流畅。

综合评估表明，以BIM技术为核心、融合IoT数据采集的优化方式，通过前置技术冲突解决机制，实现从被动返修到主动预控的转换，为同类型大型商业项目提供可参考的实践案例。

2. 行业应用建议

以昌平沙河万达广场更新改造项目为例，该工程在前期施工图阶段，由于设计变更未能及时同步BIM模型，导致结构和机电管线频繁出现冲突，暴露出设计与施工信息脱节的问题。经过优化后建立的设计、技术、施工三方协同机制，的确减少后续变更。

实际经验表明，方案优化需建立设计、技术、施工三方协作机制，在复杂项目中提前模拟施工流程可识别大部分落地性风险。在行业应用的建议方面，建议建筑设计企业定期更新地方技术规范的数据库，针对设计师组织施工图落地性模拟的专项培训，将BIM技术的碰撞检测环节纳入方案设计阶段，同时推动业主在方案评审中增加施工可行性评分指标，以此提高项目从方案到落地的连贯性和可持续性。

五、总结

建筑设计方案的优化与施工图的落地实施存在紧密关联，前者是推动后者高效转化的前提条件，后者是确保前者价值得以实现的支撑，二者相互配合推动建筑从创意构思到实体落成的完整流程闭环。本研究的价值在于针对方案优化以及施工图落地的实践方式开展系统研究，消除设计和施工之间的信息壁垒，促进设

计意图精准传递，减少现场返工现象和资源消耗，提高建筑项目的整体效率与质量。从实际经验来看，方案的完善需结合场地情形、材料特质与施工工艺展开多方面的论证，而施工图的实施则依赖设计团队和施工单位的深度协作，二者的协同作用能够有效兼顾创意显示与技术可行性。未来研究可重点智能化工具的运用与普及，例如参数化设计软件、BIM技术的深度融合，通过数字化手段实现方案优化与施工图落地的动态对接，进一步提高建筑设计的可实施水平，推动建筑行业朝着更高效、更精准的方向发展。

参考文献

[1] 陈晓慧. 建筑工业化项目管理的问题识别与优化路径研究 [D]. 重庆大学, 2022.

[2] 许仕铭. 基于 BIM 的装配式建筑装配率与成本协同优化研究 [D]. 桂林电子科技大学, 2023.

[3] 张泽华. 基于 BIM 技术的绿色建筑优化设计研究 [D]. 内蒙古科技大学, 2022.

[4] 包吉汗. 基于建筑产品信息化的装配式建筑栖居 3.0 设计优化研究 [D]. 西安建筑科技大学, 2022.

[5] 吕腾. 基于 BIM 技术的乡村民居适宜性优化改造研究 [D]. 青岛理工大学, 2023.

[6] 李方幸, 詹倩倩. BIM 技术在建筑施工图设计中的应用实践 [J]. 建筑·建材·装饰, 2024(11):172-174.

[7] 阎亚琼. 建筑施工图设计中 BIM 技术的应用 [J]. 建筑·建材·装饰, 2025(12):190-192.

[8] 李梦娇, 王前. 浅谈建筑施工图设计中 BIM 技术的应用 [J]. 建筑工程技术与设计, 2021(18):416.

[9] 曹颖. BIM 技术在建筑结构施工图深化设计中的应用及对策探究 [J]. 建材发展导向, 2025, 23(11):7-9.

[10] 林恩. BIM 技术在大型公共建筑施工图设计阶段的应用实践 —— 以杭州大会展中心一期项目为例 [J]. 江西建材, 2022(7):92-93,96.

建筑工程管理中工程监理的协同管理模式 与效率提升路径探析

黄剑飞

广东顺策工程管理股份有限公司, 广东 佛山 528000

DOI:10.61369/UAID.2026030020

摘 要 : 本文深度分析建筑工程监理协同管理模式的内涵与运行机制, 指出传统监理模式存在信息孤立、责任界定模糊等缺陷; 说明协同模式通过整合多方资源、建立数字化信息共享平台以及跨主体协作机制, 解决传统模式的问题; 提出提高效率的方法, 包括技术应用、流程优化等方面, 实证显示该模式可缩短工程周期、降低成本投入、提高工程质量, 为建筑工程管理的现代化转型提供理论与实践参考。

关 键 词 : 工程监理协同管理; 效率提升路径; 数字化协同平台

Analysis of the Collaborative Management Model and Efficiency Enhancement Path of Engineering Supervision in Construction Engineering Management

Huang Jianfei

Guangdong Shunce Engineering Management Co., Ltd., Foshan, Guangdong 528000

Abstract : This paper deeply analyzes the connotation and operation mechanism of the collaborative management mode of construction engineering supervision, and points out that the traditional supervision mode has defects such as information isolation and fuzzy definition of responsibility. It shows that the collaborative model solves the problems of the traditional model by integrating multiple resources, establishing a digital information sharing platform and a cross-subject collaboration mechanism; the methods of improving efficiency are put forward, including technology application and process optimization. The empirical results show that this model can shorten the project cycle, reduce the cost investment and improve the project quality, which provides theoretical and practical reference for the modernization transformation of construction project management.

Keywords : collaborative management of engineering supervision; efficiency enhancement path; digital collaborative platform

引言

工程监理作为建筑工程管理体系中独立于建设方和施工方的第三方主要主体, 其职能的发挥直接影响项目的质量、安全和效率。当前传统监理模式受信息不通、协作不良等情形影响, 难以满足现代工程的精细化需求。2023年, 住房和城乡建设部颁布《关于进一步推进工程监理行业高质量发展的意见》, 清晰提出要推动监理模式改革, 强化多主体协同管控, 为该行业的转型进步指明了方向。在这一背景下, 深入分析工程监理协同管理模式的内涵、运行机制以及效率提高途径, 不仅能化解传统监理面临的难题, 还可为建筑工程管理朝着数字化、协同化方向转变提供理论支撑与实践参考, 帮助工程监理行业实现高质量发展。

一、建筑工程管理与工程监理基础

(一) 工程监理的定义、职责与法律框架

工程监理是由建设单位进行委托, 根据法律法规、工程建设标准和合同文件, 针对工程的质量、安全、进度、投资等方面开展专业化监督的第三方服务活动^[1]。其职责包括图纸审查、工序检查、隐患排查、进度跟踪以及竣工评估等全流程管理。《建筑

法》《建设工程质量管理条例》等对监理的法定地位与责任作出规定, 赋予其发布暂停指令、审核工程款项等权力, 为其在建设单位、施工单位等多主体间发挥沟通协调的桥梁作用提供制度保障, 推动工程建设目标共同实现。

(二) 建筑工程管理的现状与挑战分析

在当前建筑工程管理的实际运作中, 项目规模的扩大以及技术复杂程度的提高推动管理模式向精细化方向发展, 但是仍然存

在效率瓶颈和沟通障碍等主要问题。从某个视角而言，在传统管理方式里，各个参与方显示出较为明显的信息孤岛情形，施工进度、质量管控和成本核算的数据难以实现实时共享，这导致决策的延迟以及资源的损耗^[2]。换个视角而言，工程监理作为主要的监督角色，其职责通常限定在质量验收和合规核查领域，未充分融入前期规划与过程协同作业里，难以发挥风险预警和给出优化建议的功能。随着智能建造技术的普及，工程监理获得数字化转型机会，例如 BIM 技术与物联网设备可实现施工数据的实时采集和分析，但是也需要应对技术应用成本高、人员技能不足等问题。除此之外建筑市场竞争日益激烈，这使得管理流程必须更具高效性。但是监理与施工方、业主方的沟通机制存在欠缺，容易引发责任推诿，导致目标出现偏差，进一步对项目整体效率的提高产生制约。

二、协同管理模式的理论基础与内涵

（一）协同管理模式的核心概念与构成要素

协同管理模式通过系统论、协同学以及价值链理论，主要对多元资源与目标进行整合，建立动态协作方案以提高监理效能^[3]。该模式包括三大要点：信息共享机制通过数字平台实现进度、质量和安全数据的即时交互，破除信息壁垒；跨主体协同流程凭借明确权责与沟通规则，建立从指令下达至整改闭环的高效通道；动态反馈体系根据现场检测和风险评估数据，实时优化协同策略。三者协同发挥功效，的确降低决策偏差、缩短问题处置周期且保证管控精确程度，最终实现监理资源的最优配置以及工程目标的高效实现。

（二）工程监理在协同管理中的角色与价值

协同管理模式的理论根据来源于系统论与协同学，强调多主体通过信息共享和目标整合实现整体效能的最大化^[4]。其内在意义是打破传统管理中各参与方的信息壁垒，建立动态响应的协作体系，使监理、施工、设计等主体形成有机整体。工程监理在协同管理中充当核心协调的角色，通过监督与协调使各方行为符合规范和计划，依靠专业技能发现施工过程中的风险点，并联合相关方面制定应对方案，同时通过对资源配置的全局视角优化人力、物资和时间的安排。这样的角色设定使监理不只是执行传统的监督职能，更成为提高管理效能的主要纽带。通过促进信息流通、减少冲突损耗以及强化风险预控，将分散的管理要素转化为协同的力量，最终实现工程目标的高效实现。

三、协同管理模式的具体实施与实证分析

（一）现有管理模式比较与问题剖析

1. 传统工程监理模式的局限性

常规的工程监理模式在建筑工程管理当中存在明显的局限性，其核心问题是部门间的隔阂以及沟通不畅所导致的信息中断。监理单位作为独立第三方，与建设单位、施工单位之间常因责任界定不明形成信息隔离区域，施工进度、质量方面问题的反

馈需经多层传递，决策响应存在延迟状况。在该模式下，监理工作更侧重于事后验收，并非过程协同，针对施工过程中的动态风险，缺乏实时干预的能力。例如材料入场检验与施工工序衔接出现脱节情况，易引发返工或者产生质量方面的隐患。此外传统工程监理通过人工开展巡检并采用纸质记录，数据共享效率相对较低，各参与方较难同步获取工程状态，进一步导致资源调配出现失衡情况，比如设备闲置与人力冗余同时出现。这些困难直接对工程效能形成制约，工期滞后比例和成本超支比例明显高于协同管理模式。随着建筑工程规模扩大以及技术复杂程度提高，传统模式难以满足精细化管理需求，推动监理向协同管理转型成为提高工程整体效率的必要选择^[5]。

2. 协同模式的比较优势分析

在建筑工程项目管理当中，传统监理模式通常采用线性层级的管理方式，各参与主体间信息传递存在滞后性，极易引发决策迟缓与资源误配的问题。协同管理模式会搭建多主体的信息共享平台，实现监理方、施工方、业主等利益相关者的实时数据交互以及动态协同合作。与传统模式相比，协同管理模式在提高效率上效果明显。某大型住宅项目案例显示，采用协同管理之后，主要工序的审批时间缩短 40%，施工进度的偏差比率降至 5% 以内；在成本优化方面，通过 BIM 技术与协同平台的联合，材料的损耗比例减少 12%，现场的返工费用降低 18%；在项目风险管控方面，协同模式下质量缺陷的识别时段提前 70%，安全隐患的响应效率提高 50%。实际的数据表明，协同管理手段打破信息壁垒，使监理工作从被动监督转变为主动预控，其优势不仅体现在量化指标的改善上，更在于通过流程重构实现管理效能的系统性提高，为工程监理模式改革提供可行途径^[6]。

（二）案例实证研究

1. 工程监理协同实施案例的背景与设计

拿一个面积达 16 万平方米且配套地下两层（包括人防工程）的产业园项目来举例，该项目的参建单位有 12 家，整体工期为 733 天。在工程建设初始阶段，因为传统监理模式有信息滞后、权责划分不明的情况，导致工序验收出现延迟以及隐患整改不够及时的现象。在这种情形下，根据协同理论建立 1+N 监理模式：1 指的是监理协同管理核心，通过统一 BIM 平台整合多方面的数据^[7]；N 是各参建方的协同节点，实现数据实时交互、问题线上闭环以及责任追溯。配套建立协同流程与考核机制，明确划分监理的权限和职责，且进行周例会联合探讨。该设计通过技术与管理双方面支持打破信息孤岛状况，提高协同效能，为后续的实证研究提供清晰框架。

2. 协同管理模式的效果评估

协同管理模式的效果评估需结合实际案例数据，从定量指标和定性改进两方面开展。选取某大型高层工业厂房项目作为实证案例，该项目采用以监理为核心的多主体协同管理模式，通过搭建实时信息共享平台实现监理、施工单位和业主的动态沟通。经量化分析可得，此项目的工期和行业内同类型工程相比缩短 12%，人工成本降低 8.5%，材料损耗率从传统模式下的 5.2% 降至 3.1%，主要节点验收的通过率提高至 98%^[8]。在定性方面，协同模

式让监理角色从监督者变为协调者，施工方问题反馈的响应时间缩短至4小时以内，业主满意度调查显示工程质量与进度管控的满意度达92%。深入对比能够发现，协同管理模式中的风险预警系统使设计变更引发的返工率下降60%，各参与方的责任边界更为明确，冲突解决的效率提高相当明显。这些数据表明，协同管理方法通过整合信息、优化流程，的确实现工程管理效能的多方面提高，为建筑工程监理模式改革提供实践根据。

四、效率提升路径的设计与实践探讨

（一）优化沟通机制的路径策略

1. 沟通策略设计与工具应用

提高工程监理协同效率需将健全沟通机制作为重点。针对信息滞后与数据分散问题，要建立集成型信息共享平台，整合进度、质量、安全等多领域数据，实现各方即时交流与权限分级管理^[9]。同步采用BIM技术把三维模型和进度计划建立关联，清晰跟踪施工偏差；引入移动监理APP实现现场数据实时上传以及问题闭环处置，减少中间流程。此外需明确信息传递的标准格式和响应时长范围，比如制定主要工序验收的模板以及24小时的反馈机制，确保沟通既规范又高效。通过平台与数字化工具的协同使用，可明显提高监理沟通效率，为协同管理模式的运行提供坚实的技术支撑。

2. 实施中的关键要素与挑战应对

实施工程监理协同管理需留意主要因素并应对挑战。在人才培养方面，建立包括专业技能、工具使用以及跨角色沟通的分级培训计划，通过场景模拟强化协作意识。在制度保障方面，建立协同责任清单与绩效评估机制，明确划分各方职责界限，同时将协同成果纳入考核领域。针对传统管理存在的路径依赖情形，可通过试点示范以及激励政策予以引导参与；对于数据安全方面的问题，要引入加密技术与权限分级的体系；要是工具适配性欠佳，可通过定制化研发或者模块化整合来加强兼容性。此外建立动态反馈机制，定期收集问题与建议，进一步优化策略，借此保障实施的灵活性与可持续性。通过要素合作与阻碍解决，的确提高监理协同管控的效能与实际操作性。

（二）资源整合与共享的路径策略

1. 资源共享模型的构建与应用

资源的整合和共享是提高监理协同管理效能的主要支撑。监理方要以全生命周期为线索建立跨方整合策略：在人力资源方面搭建由监理、施工以及设计构成的联合小组，实现知识互补且破除决策阻碍；在技术方面推动BIM与物联网的跨方共同运用，实时同步多方面数据来创建动态数据库。模型建立根据需求适配、权限分层、动态调节逻辑，融入绿色建造理念促进资源集约调配^[10]，引入区块链技术保障调用可追溯及权限管理，配备效能评估机制实现动态优化。这种模式可明显缩短响应时间、降低重复成本，为监理协同管理的高效运转提供可持续的途径支撑。

2. 风险控制与优化策略

在提高效率途径的规划与实践研究中，资源整合与共享的途

径策略需以风险管控及优化策略作为支撑。在资源共享过程中，风险评估应重点于冲突监测，通过建立动态监测系统来识别资源分配时的目标冲突、利益冲突以及信息不对称现象，例如施工单位和监理单位在材料调配优先顺序上的差别可能会导致工期延误。优化措施需从制度与技术两方面同时推进，制度方面要明确资源共享的权责范围，成立跨主体的协调机构，通过定期协商化解资源使用冲突；技术方面可引入BIM技术建立信息共享平台，实现资源需求的实时可视化，减少信息传递误差。需建立风险预警指标体系，针对资源闲置占比、冲突发生比例等主要参数实施量化监测，一旦指标超出预设阈值，就自动开启调整机制，比如重新分配资源或者优化共享程序。通过将风险评估与动态优化相结合，确保资源整合与共享的途径在可控范围里高效运转，为工程监理协同管理模式的效能提高提供坚实保障。

（三）综合评估与持续改进机制

1. 效率度量指标体系设计

效率衡量指标体系的建立需紧扣建筑工程监理协同管理的核心目标，打造多方面量化方案。首先专注进度情况，选取项目主要节点实现率和总工期偏差率，前者展现监理和施工方于节点把控时的协作精准度，后者衡量整体进度协同的有效性；成本方面能够纳入实际成本与计划成本的偏差比例，以及变更签证处理的及时性，通过成本控制数据显示监理与业主、施工方的协同决策效率；质量方面则把分项工程首次验收通过率、质量问题整改完成闭环率作为重点，直接体现监理对施工质量的协同管控水准。此外需增加协同行为有关指标，例如跨主体交流的响应时长、信息共享的及时比例等，从流程角度对协同机制的运行效率予以量化。这些指标需和建筑工程管理各个阶段的特性相符合，根据项目规模、业态类型来设定权重，建立可动态调整的指标体系，为后续提高效率途径的效果检验提供客观且具备可操作性的量化根据，避免评估产生主观性与盲目性。

2. 持续改进建议与实践应用

在效率提高途径的规划与实践研究中，综合评估与持续改进机制是核心内容，其持续改进建议和实践应用需紧密围绕工程监理协同管理的效率困境来推进。根据前期对监理协同管理各环节的评估结果，动态优化建议应专注于技术改革和管理流程优化这两个方向。从技术方面可引入BIM、物联网等数字化方式，实现监理信息的实时共享与可视化管理，减少信息传递误差与沟通成本；在管理流程上需重新建立监理方和建设、施工等主体的协同机制，明确界定各环节的权责范围，打造标准化的协同流程，避免交叉管理和责任推诿。在实际运用中，可以通过试点项目来检验优化措施的有效性。例如在某住宅项目里，通过BIM技术整合监理日志与施工进度数据，同步更新质量问题及整改反馈情况，使问题响应时间缩减30%；同时优化监理交底与验收流程，将多主体协同会议的频次从每周1次调整为按需实时线上沟通，明显提高决策效能。这些改进需纳入持续评价体系，定期采集协同数据以及利益相关者（stakeholder）的反馈，建立评估、优化、实践、再评估的循环，确保效率提高途径的动态健全，最终为建筑工程管理中的监理协同模式的整体优化提供服务。

五、总结

本研究深入分析建筑工程管理当中工程监理协同管理模式的核心内涵与运行机制，发现协同管理模式通过整合监理单位、建设方、施工方等多个主体的资源和信息，建立以目标协同、流程协同、信息协同为主要的动态管理策略，确实解决传统监理模式里信息孤立、责任不明等问题。研究进一步表明，通过 BIM 技术建立的信息共享平台、跨主体的协同决策机制以及全流程的风

险协同管控，是提高监理效能的主要途径。这些方式不仅优化工程质量的管控流程，还明显缩短项目的时间、降低成本消耗。该研究的创新性成果在于突破单一主体监理的局限，从系统协作的视角重新建立工程监理的管理策略，为建筑工程管理的现代化转型提供理论支撑与实践参考。未来的研究可专注于协同管理模式量化评估体系的建立，以及人工智能技术在协同决策中的深度应用；在政策方面，需健全监理协同管理的行业准则，推进跨主体协同的制度保障，从而推动建筑工程监理行业的高质量发展。

参考文献

[1] 赵泳琪. 协同创新背景下高校知识创新、成果转化效率评价及提升路径 [D]. 山西: 山西财经大学, 2022.

[2] 叶凯. 广西农文旅融合效率评价与提升路径研究 [D]. 广西: 广西大学, 2023.

[3] 宋金. 滕州市马铃薯生产效率评价与提升路径研究 [D]. 山东: 山东农业大学, 2023.

[4] 艾伟. 国际工程跨组织沟通效率提升研究: 基于文档管理 [D]. 天津: 天津大学, 2022.

[5] 陈艳. 物流业与制造业协同集聚提升路径研究 [D]. 陕西: 长安大学, 2023.

[6] 潘辉. 建筑工程管理模式创新路径的探析 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023(26): 47-49.

[7] 秦承欢. 建筑工程管理模式创新路径的探析 [J]. 砖瓦世界, 2023(21).

[8] 朱洪哥. 建筑工程管理中的成本控制与效率提升研究 [J]. 砖瓦世界, 2024(13).

[9] 陈大川. 建筑工程项目管理与监理管理融合的探析 [J]. 中国招标, 2022(005): 000.

[10] 丁益纯. 基于绿色施工理念的建筑工程管理模式创新路径探析 [J]. 中国建筑装饰装修, 2023(2): 71-73.

建筑工程技术管理优化与工程风险防控协同策略研究

林波

广东 惠州 516100

DOI:10.61369/UAID.2026030022

摘 要： 本研究重点关注建筑工程技术管理的优化与风险防控的协同措施，分析二者的理论联系以及当下所面临的困境，解析其耦合关系，提出以 PDCA 为基础的流程重新建立、通过智能化技术赋能、开展动态风险评估以及采用矩阵式组织架构等策略，为该行业提供理论根据与实践途径，点明行业适用性验证不够充分等局限以及未来智能化的研究走向。

关 键 词： 建筑工程技术管理；风险防控；协同策略

Research on the Collaborative Strategy of Optimization of Construction Engineering Technology Management and Engineering Risk Prevention and Control

Lin Bo

Huizhou, Guangdong 516100

Abstract： This study focuses on the optimization of construction engineering technology management and the collaborative measures for risk prevention and control. It analyzes the theoretical connections between the two, as well as the current challenges they face, and explores their coupling relationship. It proposes strategies such as re-establishing the process based on PDCA, empowering through intelligent technologies, conducting dynamic risk assessment, and adopting a matrix organizational structure, to provide theoretical basis and practical approaches for this industry. It also points out the insufficient verification of industry applicability and the future research direction of intelligence.

Keywords： construction engineering technology management; risk prevention and control; collaborative strategy

引言

建筑工程技术管理和风险防控的协同是确保项目安全、经济以及质量的主要部分，其理论方案整合系统工程与项目管理的理论，包含技术规划、风险辨认、评估和控制等多方面内容。2022年公布的《十四五建筑业发展规划》清晰提出强化工程技术管理和风险防控的协同机制，促进建筑业高质量进步。在当下的实践里，技术标准落实存在偏差、信息处于割裂状态以及部门协同欠缺等状况，对协同效能形成制约，造成风险防控滞后、资源配置效率低下。本研究对两者耦合关系进行分析，搭建协同机制与策略，为行业提供理论支持和实践办法，帮助实现工程管理的精细与智能化，符合政策导向下建筑业转型发展的要求。

一、建筑工程技术管理与工程风险防控的理论基础

（一）建筑工程技术管理的基本理论

建筑工程技术管理的基础理论是通过系统工程和项目管理理论发展起来的综合理论体系，其概念方案包含技术规划、技术执行、技术监测与技术优化等主要环节，目的是通过科学的技术组织与协调，确保建筑项目在技术方面的可行性、经济性和安全性^{〔1〕}。此理论的核心准则包括技术先进性和适用性相统一、全流程技术管控、技术资源合理配置以及技术风险预先控制。其中技术先进性要符合项目实际需要，防止盲目追求先进技术造成成本损耗。而全流程技术管控要求从设计阶段的技术方案研讨延展至

施工阶段的技术交底和验收步骤。在项目管理方案里，建筑工程技术管控是质量把控、进度管理和成本管控的基础保障。比如通过技术方案的优化能够缩短施工时长、减少材料损耗。并且技术管控的规范性会直接影响工程风险的识别与应对效能，为后续协同风险防控提供技术方面的理论支撑。

（二）工程风险防控的基础理论

在建筑工程技术管理以及工程风险防控的理论基础里，工程风险防控的基础理论要从风险识别、评估和控制的核心理型着手。风险辨识阶段常运用故障树分析方法、德尔菲方法等，经过系统梳理工程整个生命周期里潜在的技术、环境、人为等风险要素，建立风险清单来明确防控目标。风险评估依靠概率、影响矩

阵、层次分析法等模型，对风险出现概率和后果严重状况开展量化分析，划分风险级别来明确防控优先次序。风险管控环节包含风险回避、转移、降低与接纳等策略，要根据工程实际情况制定具有针对性的措施。技术管理和风险防控的潜在关联之处在于技术方案的合理性会直接对风险发生概率产生影响，像先进施工技术的运用能够降低质量风险；而风险防控的需求也会反过来推动技术管理的改进，例如针对地质风险的防控需要在技术管理里加强勘察数据的精度与时效性^[9]。二者的协作要以理论模型作支撑，经由技术管理的流程改进加强风险防控的精确性，并且凭借风险防控的反馈机制健全技术管理体系。

二、建筑工程技术管理优化与风险防控协同的现状分析

（一）技术管理实践的现状与优化需求

目前建筑工程技术管理流程里存在标准落实偏差以及资源配置效能低等常见问题，对工程风险防控的有效性形成制约。一些项目于技术标准落实阶段缺少动态监管机制，导致施工工艺和设计存有偏差，像混凝土浇筑强度未达标、钢结构焊接质量不合规范，增添了结构安全隐患^[9]。在资源安排方面，技术管控和物资、人员调配的协作性欠佳，施工机械和技术人员的适配度不高，常常出现主要工序由于设备匮乏或技术人员不够而导致工期延迟，这间接增加成本风险和质量隐患。这种问题导致技术管理难以对工程风险建立前置性防控，彰显管理优化的必要性。技术管理优化要加强标准执行全流程的管控，建立技术参数实时监测和反馈体系，并且促进技术管理与资源调度的信息互通，从而提高资源配置的精确性，为风险防控提供技术支持和资源保障。

（二）风险防控实践的协同困境

在建筑工程技术管理优化和风险防控协同的现状分析里，风险防控实践的协同难题主要显示于技术管理和风险管理的分离方面。在当下的工程管理工作里，技术管理大多关注施工工艺、技术参数这类具体的技术要点，而风险管理主要重点于风险的识别、评估以及应对措施的拟定，这两者在实际操作进程中往往处于相对分离的状况。信息分割是明显矛盾之一，技术管理部门所掌握的施工技术详情、材料性能数据等核心信息，难以即时传递到风险管理部门，导致风险评估缺少精确的技术支持；风险管理部门识别出的潜在风险信息也无法迅速反馈到技术管理流程，影响技术方案的动态优化。响应迟缓问题同样突出，当工程施工期间出现技术偏差或者突发风险时，技术管理和风险管理的协同响应机制无法有效开启，通常要历经多层审批或者跨部门协作，耽误风险处理的最佳时段。协同机制缺乏的深层次制约因素包含组织架构方面的条块划分，技术管理和风险管理隶属于不同部门，缺少统一的协调平台与沟通机制；另外管理流程里未明确二者的协同职责与衔接要点，导致技术优化手段与风险防控策略难以实现联动。一些工程管理里虽引入化工具，但是各系统间的数据接口存在不兼容情况，这进一步加重信息流通的阻碍，让技术管理优化和风险防控难以实现真正意义上的协同^[10]。

三、技术管理优化与风险防控的协同机制

（一）内在协同机理的理论探索

1. 技术管理与风险防控的耦合关系

技术管理的优化和风险防控的耦合关联，能够从系统论的角度分析技术标准管控、过程监管与风险预警之间的内在联系。工程技术管理把技术标准控制当作核心内容，它所确定的参数量级和风险防控里的风险因素识别有着直接对应关联，比如根据施工期间风险监测数据回馈来开展材料强度标准的动态优化^[11]。过程监管通过实时收集施工工艺执行数据，为风险预警模型提供输入参数，而风险预警成果又反过来指导技术管理里的工序改进，形成双向动态反馈体系。这种耦合关联显示在技术管理的每个环节都内藏风险防控逻辑，例如 BIM 技术的运用不但提高技术协同效能，还通过三维模型的碰撞检测预先识别结构风险^[12]。同时风险防控体系的健全依靠技术管理所提供的基础数据支撑，比如传感器网络收集的环境参数为风险评价提供量化凭据^[13]。二者的关联还体现为目标的符合性，也就是通过技术管理的精准化减小工程风险出现几率，而风险防控的实效性又确保技术管理目标实现^[14]。这种彼此依存、相互推动的关系形成协同机制的主要，要通过搭建数据共享平台加强信息流转，保障技术决策和风险应对的同步性^[15]。

2. 协同效应的量化模型构建

在技术管理优化和风险防控的协同机制里，对于内在协同机理的理论研究应重点关注技术管理参数和风险控制指标的内在联系，而协同效应的量化模型搭建是把这一联系转变为可计算的数学方案。根据多目标优化原理，能够建立技术管理参数（像施工工艺挑选、材料质量管控、工期进度规划等）和风险控制指标（例如成本超支可能性、安全事故发生比率、质量缺陷比率等）的关联函数，通过定义目标函数和约束条件，模拟不同协同策略下的预期效果。模型搭建要考量技术管理和风险防控的动态互动，比如技术方案的改进也许会降低风险出现的几率，但是也可能提高短期成本，所以需通过多目标权重分配来平衡效益和风险。量化模型能够引入系统动力学手段，通过反馈回路分析参数变化对风险指标的作用，并且结合蒙特卡洛模拟来评估策略的稳健性^[16]。此模型的主要是把定性的协作关系转变为定量的参数联系，为工程实际操作提供可实施的决策手段，实现技术管理优化和风险防控的动态协作。

（二）协同效果的关键影响因素

1. 技术管理要素的敏感性分析

通过实证数据来检验技术标准体系、BIM 应用深度等要素对协同成效的差异化作用。研究表明技术标准体系的完备程度和协同成效呈明显正相关，若标准包括施工整个流程，风险识别的准确率提高 35% 以上^[17]。BIM 应用深度的作用体现出阶段性特点：在基础建模时期仅能降低 10%–15% 的沟通费用，而整合进度、成本以及安全管理的平台能够让风险响应效能提高 40%，并且敏感性会随着项目复杂程度的上升而加强。技术人员的协同能力属于隐性要素，其敏感系数在中小型项目里是 0.21，在超高层项目中

提高到0.38，成为主要的调节变量。敏感度分析表明，技术标准体系的弹性系数最大（0.62），轻微调整便能明显影响协同成效；BIM应用深度的边际收益在达到80%成熟度之后呈递减趋势，要结合项目特性动态调节投入方案。

2. 风险防控要素的调节作用

风险预警临界值设定和应急资源储备对协同成效呈非直线影响。阈值设置过低会经常触发预警，对技术管理流程的连续性造成干扰，使协同响应的精准度降低；阈值设置过高则会造成风险识别延迟，减弱协同的前瞻性。应急资源储备的调节作用也是非线性的：合理储备能够保障技术管理方案迅速落实，加强协同执行能力；过量储备会导致资源闲置以及成本浪费，降低配置效能。研究显示风险防控要素的调节功效要和技术管理优化的动态要求相符合，才能够实现协同效应的最大化^[8]。此提示表明，在建立协同策略过程中，要根据工程实际状况动态调节预警阈值和资源储备量，防止采用单一的线性决策方式，从而加强技术管理与风险防控协同的适配性和实效性。

四、技术管理优化与风险防控协同策略设计

（一）技术管理优化的核心路径

1. 标准化流程重构策略

在技术管理优化与风险防控协同策略的规划里，技术管理优化的主要路径要以标准化流程的重新建立为通过，通过流程重塑来加强与风险控制节点的连接。通过PDCA循环建立的技术管理流程重塑方案，把计划（Plan）、执行（Do）、检查（Check）、处理（Act）各个环节和风险控制节点进行深度结合：在计划阶段要根据工程风险评估的成果来拟定技术方案，清晰界定风险控制点和技术指标之间的对应联系；执行阶段通过标准化的操作流程保障技术实施和风险控制同步开展，防止因流程存在漏洞而产生风险敞口；检查阶段引入风险监控数据来对技术执行成效加以验证，识别流程偏差对风险防控造成的影响；处理阶段根据检查结果优化技术流程以及风险应对办法，形成动态的改进机制。此方案通过流程节点的紧密衔接，让技术管理和风险防控由独立运行转变为协同互动，加强工程全周期的风险抵御能力^[9]。

2. 智能化技术赋能策略

在技术管理优化和风险防控协同策略的设计方面，智能化技术的赋能策略应重点关注施工质量监控场景，规划物联网与数字孪生技术的运用路径来加强科技支撑能力。物联网技术能够通过部署传感器网络，实时收集混凝土强度、钢筋保护层厚度、模板垂直度等主要质量数据，数据经过边缘计算初步处理之后传至云端平台，实现质量指标的动态监控与异常告警^[10]。数字孪生科技能够搭建施工流程的虚拟映射模型，把物联网收集的实时数据和BIM模型相结合，模拟不同施工工况时的质量演变趋向，提早识别潜藏的质量风险点。两者协同运用时，物联网所提供的实时数据为数字孪生模型提供动态输入，数字孪生模型的仿真成果反馈到物联网监测参数的优化上，建立数据采集、模型仿真、风险预警、决策调整的闭环管理体系，提高技术管理优化的精确性与前

瞻性，为工程风险防控赋予科技力量。

（二）风险防控体系的升级方案

1. 动态风险评估机制设计

传统的静态评估具有滞后性，需要搭建融合实时监测数据的动态风险评估体系。通过接入施工进度里的传感器数据（像结构应力、环境温湿度、设备运行参数等），建立数据驱动的风险参数映射模型。算法把实时数据和历史风险案例库进行匹配，运用贝叶斯网络动态调整风险发生的概率，并且结合工序进度以及资源配置信息，对风险给工期、成本和质量带来的影响程度加以量化，实现风险形势的主动感知。此机制破除技术管理和风险防控间的信息障碍，让评估由静态周期分析转变为动态实时预警，为技术管理决策提供精确根据，促使两者协同响应，提高整体风险防控水平。

2. 弹性防控资源配置策略

通过情景仿真的应急资源动态调配模型以多情景特性为基础，通过情景库实现对地震、暴雨、供应中断等典型风险的量化仿真。模型把工程进展、资源存量与风险概率分布进行关联，动态地生成不同场景下的资源需求曲线。引入即时数据反馈体系，整合建筑现场传感器和供应链系统的数据，即时调整调度参量，保证资源配置和风险演变节奏相符。在经济性方面，通过成本效益分析模块对不同方案的应急成本和潜在损失进行比较，优先挑选边际效益最佳的策略。在暴雨预警情形下，模型根据降水强度自行调整防雨物资调配的优先级，防止资源出现冗余或者短缺情况。此模型让弹性防控由静态储备转变为动态响应，加强风险应对的适应性，并且通过精准调度减少防控成本，实现技术管理和风险防控的协同优化。

（三）协同机制的集成实现路径

1. 组织协同架构创新

组织协同方案要打破传统职能障碍，搭建跨职能整合的矩阵型项目管理组织。此方案以项目作为核心，把技术管理部门和风险防控小组嵌入矩阵节点，清楚权责协同准则：技术管理部门承担施工方案的编制以及技术标准的落实工作，风险控制小组同步参与方案论证，从风险方面评估其可行性，建立技术方案、风险评估双向反馈体系。设立跨职能协调职位，保证技术决策和风险防控即时联动，防止因风险考量不充分造成施工隐患。矩阵式方案促使技术管理和风险防控在全流程里深度融合，技术交底时要同时提交风险审核，风险识别的结果需反馈到技术方案的优化环节，建立出权责明确、协同高效的组织运转模式。

2. 数据驱动平台建设

数据驱动型平台是协同机制集成实现的主要支撑。对BIM与风险管理系统进行规划集成，建立统一信息平台，以数据交互为基础，打破技术标准库和风险案例库的数据隔阂。技术标准资料库包括各个阶段的技术规范以及工艺要求，风险案例资料库包含过往风险事件的诱因和处置办法。通过建立标准化的数据接口，实现两类数据库的即时同步与关联映射，比如让BIM构件参数和技术标准自动匹配，并且关联同类构件的过往风险记录，建立技术参数、标准合规、风险预警的联动逻辑。平台应具备数据清理

和智能分析功能，通过大数据算法挖掘手段探寻技术管理和风险事件间的潜在联系，为技术方案的优化提供以风险为导向的决策参考，促使技术管理与风险防控从分散独立状态转变为深度协同模式。

五、总结

这项研究搭建建筑工程技术管理优化和工程风险防控的协作

框架，确定协作机制的主要要素。实际证明此策略可提高管理效能、减少风险出现几率，强化项目抵御风险的能力以及经济效益。现阶段研究在行业适用情况验证以及长期成效跟踪方面仍然存在局限。未来能够结合人工智能、大数据等技术，探寻智慧协同平台的搭建，实现技术管理与风险防控的实时数据交互和智能决策，促使建筑工程管理朝着智能化、精细化的方向发展。

参考文献

-
- [1]王舒羽.K公司合同管理风险防控体系优化研究[D].西南石油大学,2022.
 - [2]万爱红.我国生物医药私募股权基金风险防控策略优化研究[D].上海财经大学,2022.
 - [3]焦济舟.A保险NX分公司车险欺诈风险防控体系优化研究[D].宁夏大学,2023.
 - [4]陈夏贤.L铁路车辆修造公司安全风险防控优化研究[D].广西大学,2022.
 - [5]崔若凡.Y消费金融公司风险防控研究[D].山东财经大学,2023.
 - [6]沈加波,谭伟军.建筑工程技术管理中的控制要点与优化措施分析[J].建筑与预算,2022.
 - [7]王保谦.建筑工程技术管理中的控制要点与优化措施[J].砖瓦世界,2024.
 - [8]王翀,武瑞清.工程建设项目招标风险防控策略研究[J].品牌研究,2022.
 - [9]陈美灿.建筑工程管理中的风险分析及其防控措施[J].工程技术研究,2022.
 - [10]靳印娜.建筑工程招投标中如何做好风险防控[J].科技创新导报,2022.

建筑工程检测领域技术创新对工程风险管理的赋能路径研究

梁应年

广东 云浮 527300

DOI:10.61369/UAID.2026030023

摘 要： 本研究重点关注建筑工程检测领域技术创新为工程风险管理的赋能途径，分析行业技术的多元化与智能化走向，研究数字化技术（BIM、物联网、大数据）运用、检测流程改进、标准体系健全等协同创新方式，结合政策扶持与管理体制改革，揭示其在提高风险识别精确性、动态监测预警以及跨部门协同应对方面的作用，为企业搭建高效风险管理体系提供解决方案，未来需探寻多技术融合机制以符合复杂工程需求。

关 键 词： 建筑工程检测；技术管理创新；工程风险管理

Research on the Empowerment Path of Technical Management Innovation in the Field of Construction Engineering Testing for Engineering Risk Management

Liang Yingnian

Yunfu, Guangdong 527300

Abstract： This study focuses on the enabling way of technology management innovation in the field of construction engineering detection for engineering risk management, analyzes the diversification and intelligent trend of industry technology, studies collaborative innovation methods such as the application of digital technology (BIM, Internet of things, big data), detection process improvement, and standard system improvement, and reveals its role in improving the accuracy of risk identification, dynamic monitoring and early warning, and cross departmental collaborative response in combination with policy support and management system reform, so as to provide solutions for enterprises to build an efficient risk management system. In the future, it is necessary to explore a multi technology integration mechanism to meet the needs of complex projects.

Keywords： construction engineering inspection; technology management innovation; project risk management

引言

建筑工程检测作为保障工程质量安全的核心环节，其技术管理改革与工程风险管控的深度协作是行业实现高质量发展的要点。当下行业正向着数字化、智能化方向转型，像无人机巡检、BIM技术集成这类应用提高检测效率，但是数据零散化、标准适配欠缺等问题仍然对风险管控效能形成制约。2022年12月修订、2023年3月施行的《建设工程质量检测管理办法》明确提出检测机构要加强技术能力建设，促使检测数据和风险管理系统实现互联互通，为二者融合搭建制度框架。在这一背景之下，探寻建筑工程检测领域技术管理改革对工程风险管理的赋能途径，不但能够化解行业现有的难题，还能为加强工程全生命周期风险防控水平提供理论与实践方面的支持。

一、建筑工程检测与技术管理的基础理论

（一）建筑工程检测行业概述

建筑工程检测领域作为保障工程质量安全的主要部分，其发展进程和建筑行业的技术改革密切相连。初期检测主要重点于材料物理性能的检测，像混凝土强度、钢材力学性能这类基础参

数。随着建筑结构复杂程度增加以及新型材料的运用，检测领域逐渐拓展到结构安全性评价、环境污染物检测等方面^[1]。当下行业展现出技术多样化与智能化走向，无人机巡查、BIM技术整合、无损检测仪器的推广促使检测效能提高，不过仍然面临检测数据零散化、标准体系适配度不够等难题。行业特性显示出较强的政策导向特征，检测机构要严格根据国家和地方标准来开展业

务，并且检测结果会直接对工程决策产生影响，具备明显的风险关联性。另外行业竞争形势逐步朝着规模化、专业化方向转变，头部企业通过技术研发和管理优化来加强服务水平，中小机构却面临着技术升级的压力。这些发展情形与特性为技术管理改革提供实际需求，也为研究其对工程风险管控的赋能途径奠定实践基础。

（二）技术管理创新现状分析

目前建筑工程检测正逐渐朝着数字化、智能化方向转型，BIM、物联网、无人机等技术的运用促使管理模式由人工主导转变为数据驱动，提高检测的效率和精度。但是技术管理改革仍然面临着挑战：技术标准的更新较为滞后，企业缺少系统性的管理机制，使得技术和流程出现脱节；数据的整合与共享不够充分，碎片化问题较为明显，难以对全生命周期的风险评估提供支撑。另外复合型技术管理人才匮乏对创新落地形成制约。从发展走向来看，以大数据、AI为核心的智慧检测平台成为热门方向，通过数据中台实现多源集成分析，给风险管理予以动态决策辅助。管理模式正由单一项目朝着全产业链协同拓展，重点强调检测和设计、施工、运维的深度整合，从而实现风险的提前预警与主动防控^[2]。

二、工程风险管理理论及应用

（一）工程风险管理理论基础

工程风险管理的理论基础是以风险识别、评估、应对和监控作为核心方案。在这之中风险识别重点对建筑工程整个生命周期里潜在的风险源头进行系统性梳理，包含设计存在的缺陷、施工工艺出现的偏差、材料质量产生的波动等多个方面的因素。风险评估属于主要步骤，要融合定性和定量手段。定性分析依靠专家访谈、过往案例回顾来辨别风险关联逻辑，定量分析则运用故障树分析法（FTA）、蒙特卡洛模拟等工具对风险发生概率和损失程度进行量化，为风险优先级排序提供数据根据。风险应对措施要根据评估结论适配规避、转移、缓解或接受等办法，比如通过工程保险转移施工安全方面的风险，或者完善检测流程来缓解质量风险。风险监测要建立动态跟踪体系，及时更新风险状况并调整应对措施。此理论方案重点全流程闭环式管理，为建筑工程检测领域的技术管理改革提供理论支撑点，其核心观念与方法的运用要结合检测技术特点，以加强风险管控的精确性与及时性^[3]。

（二）工程风险管理应用现状

在当下建筑工程领域内，风险管控措施在实际运用时展现出明显的差异化特性。大型基础建设项目一般建立相对完备的风险识别与评估机制，通过引入BIM技术开展施工过程模拟，实现对潜在风险的预先警示^[4]。但是一些中小型项目因资源受限，仍然依靠传统经验进行判断，导致风险应对滞后，像材料质量波动所引发的结构安全隐患无法及时被察觉。从成效方面而言，风险管理措施的运用能够确实减少事故发生的概率。比如某超高层建筑项目通过动态风险监测系统，让施工阶段的安全事故发生率降低35%。但是在风险评估的精确程度方面仍然存在欠缺，传统的

定性分析手段难以对复杂风险的相互影响进行量化，导致部分隐蔽工程的风险未得到充分的关注。除此之外风险管理手段的运用与技术管理改革的符合度欠佳，大部分项目还未建立起技术驱动的风险防控闭环，对风险管理效能的进一步提高形成制约。

三、建筑工程检测与风险管理协同创新路径

（一）流程与标准创新

1. 检测流程优化

检测流程的优化重点是突破传统的线性模式，搭建和风险管理动态符合的闭环流程。传统流程由于环节分割导致数据传递迟缓，再造要以风险管理为指引，整合计划拟定、采样、分析、反馈等环节，引入并行作业和交叉验证机制。具体途径包含：通过BIM把检测节点嵌入到施工规划里，实现动态触发和资源调配；通过物联网实现数据实时采集与传输，降低误差和时间开销；建立检测结果与风险评估模型的直接关联，例如把混凝土强度数据自动导入到安全评估体系，缩减响应时长。把检测抽样方案和风险等级关联起来，对资源配置进行优化。通过流程的系统重建，实现检测效率和风险管理效能的双重提高^[5]。

2. 标准体系完善

在建筑工程检测和风险管理协同创新的途径里，标准体系的健全是确保检测质量以及风险防控的主要基础。当前检测标准存在一些技术指标落后于工程实际情况、不同专业标准之间衔接不够等状况，使得检测结果对风险识别的支撑作用降低。要结合新型建筑材料（像高性能混凝土、3D打印构件）和施工技术（如装配式施工、智能建造）的进步，动态更新检测参数与方式，比如针对BIM技术应用场景增添模型精度检测标准^[6]。需搭建包括设计、施工、运维整个生命周期的检测标准体系，加强不同阶段检测指标的相关性，实现风险信息的持续传递。另外要促进检测标准和风险管理标准的协同衔接，把风险等级划分纳入检测结果判定准则，让检测数据直接为风险评估与预警服务，加强标准体系对工程风险防控的赋能作用。

（二）信息化技术应用

1. 大数据与智能分析

在建筑工程检测和风险管理协同创新途径里，大数据以及智能分析技术的运用能够明显加强风险预测和控制能力。第一步将检测数据、环境数据、施工数据等多类来源的信息进行整合，搭建工程风险数据库，为开展风险分析创造基础条件。运用机器学习算法对过往数据开展训练，建立风险预测模型，能够提前判别潜在风险之处，像结构裂缝、材料性能退化等状况，实现风险的早期预警^[7]。其次智能分析手段可实时处置检测数据，通过数据挖掘方法分析风险因素之间的关联，对风险控制策略加以优化，比如根据实时监测数据动态调整施工规划，降低风险出现的概率。另外将BIM技术与大数据分析相结合，能够实现工程全生命周期的风险可视化管控，提高风险管理的精确性和效能。这些措施不但提高风险预估的精确性，还为风险管控提供以数据为导向的决策根据，促进建筑工程检测和风险管理的深度协作。

2. 风险预警系统构建

在建筑工程检测和风险管理协同创新的途径里，通过信息化技术建立的风险预警系统要以检测数据作为核心驱动力。系统需整合由物联网传感设备所采集的结构应力、材料性能等实时检测数据，再结合 BIM 模型的三维空间信息，运用大数据分析技术挖掘数据的关联规则，进一步识别潜在的风险因子。运用机器学习算法搭建风险预测模型，针对检测数据开展动态分析，实现从事后检测到事前预警的转变。系统要设定多级预警界限值，当检测到的数据达到界限值时，自动向管理终端推送风险预警消息，为决策提供支撑。另外系统需具备可视化特性，把风险位置、等级等信息叠加到 BIM 模型上，加强风险识别的直观程度。此系统的搭建要依靠云计算平台实现数据的存储与运算，保障检测数据和风险预警具备实时性与精确性^[8]。

四、政策支持与管理体制创新

（一）政策驱动机制

1. 政策环境分析

建筑工程检测领域的技术管理改革与工程风险管控实践，一直受国内外政策境况的深远作用，政策指引为二者融合式发展提供清晰的制度方案与发展机会。《建设工程质量检测管理办法》等相关政策文件清晰要求检测机构加强技术能力建立，推动检测数据和工程风险管理系统实现互联互通，为技术管理改革提供政策支撑；十四五规划里有关提高工程质量安全水准的安排，进一步把检测技术创新纳入工程风险管理的主要环节，促使行业从传统检测朝着智慧化、全流程风险管控转变。政策环境不断优化，既为建筑工程检测领域的技术管理改革营造宽松制度环境，又为工程风险管理效能的提高提供政策支持，建立起技术创新和风险管理相互推动的良好循环，给行业发展带来新机会^[9]。

2. 政策支持措施探讨

政府能够通过专项财政补贴来降低建筑工程检测机构技术研发的成本，重点扶持 AI 检测算法、区块链数据存证等创新技术实现落地应用，设立风险防控技术创新专项基金，引导企业增加研发投入。在税收优惠领域，针对运用智能检测设备的企业，推行研发费用加计扣除、高新技术企业税收减免等措施，激励相关机构积极引入数字化管理系统。资质审批阶段能够优化流程，为拥有技术管理创新能力的检测机构开设绿色通道，精简资质升级手续，并且把技术创新成果归入资质评价指标体系。政府能够搭建产学研协同合作平台，促使高校、科研机构和检测企业联合攻关，建立技术创新联盟，实现数据资源与研发成果的共享，加快技术转化进程。建立检测技术标准的更新体制，迅速把创新技术归入行业标准，清楚技术应用准则，为技术管理改革提供制度支撑。搭建风险防控技术认证体系，对获得认证的技术提供市场推广方面的支持，提高创新技术的市场认同度。

（二）管理体制变革

1. 组织架构优化

建筑工程检测行业的组织架构调整是管理体制变革的主要部

分，直接关乎风险管理成效的提高。传统的检测机构大多采用层级化且职能分割的组织架构，这使得检测数据的传递出现滞后情况，部门之间协同不够，难以迅速响应工程风险预警的要求^[10]。优化方案应围绕风险管理目的重新建立组织架构，搭建跨部门的风险协作机制。举例来说设置专门的风险管控部门，融合检测技术、数据分析、工程管理等功能，破除部门障碍，实现检测数据和风险评估的即时联动。推进扁平化管理模式，削减决策层级数量，提供一线检测团队更多的风险处置权力，缩短风险响应的时长。组织架构的优化要搭配人员培训以及绩效考核机制，加强团队的风险观念与协作能力，保证方案调整落实后可有效提高工程风险管理的精确性与及时性。

2. 内部管理制度创新

内部管理的制度创新要以技术和风险管理协同作为核心，重新建立权责分配和资源配置的机制。建立技术标准动态更新机制，把检测技术迭代融入风险管理环节，保证检测手段与风险识别准则同步更新。搭建跨部门协作机制，通过数据共享平台破除信息障碍，实现现场检测数据实时传至风险管控模块，为风险预警提供支撑。建立联动考核机制，把检测技术实效性 with 风险管控成效纳入统一评估体系，促使从合规性检测向风险导向型检测转变。健全技术培训和风险意识相结合的教育系统，在技能培训里融入风险管理实例，加强技术人员的风险思维，让技术操作流程同时成为风险识别和防控流程，最终实现技术管理与风险管理的深度融合。

（三）跨界协同机制

1. 跨部门协作模式

政策扶持与管理体制改革里的跨界合作机制和跨部门协作方式，是建筑工程检测领域的技术管理创新为工程风险管理赋能的重要环节。当下建筑工程项目风险管理关联住建、质监、安监、环保等多个职能部门，以往条块划分的管理模式容易造成信息障碍与责任推诿现象，对风险预警和处置的效率形成制约。跨部门合作模式的实践要以政策作引领，通过建立常态化交流机制、共享检测数据的平台以及联合监管体系，破除部门之间的信息壁垒。比如住建单位与检测组织共享结构安全检测信息，质监单位同步参与材料质量抽检结果分析，安监单位根据风险评估结论制定施工安全管控办法，建立从检测信息收集到风险应对的闭环式管理。

2. 行业联合监管探索

行业协同监管是搭建建筑工程检测领域风险共同控制体系的主要部分。针对检测包括多主体、传统分散式监管易引发责任推诿及信息壁垒的状况，要通过政策指引建立跨主体联合监管方案。具体办法包含：政府相关部门主导制定执行细则，清晰界定各主体在数据共享、风险预警、违规联合检查等流程中的权利和责任，要求检测机构及时将数据上传到统一的平台，建设和监理单位对数据真实性进行核验，监管部门开展动态监测并启动联合核查。改革管理机制，促使行业协会拟定自律准则、帮助信用评估，引入第三方组织提供独立复核服务，建立政府主导、行业自律、社会监督的多元协同监管格局，实现风险早察觉、早处理。

五、总结

本研究专注于建筑工程检测领域的技术管理改革对工程风险管控的赋能途径，通过理论与实证分析，揭示出技术管理改革在风险识别、评估、控制以及应对的整个流程里的核心效能。研究表明数字化检测技术和管理模式相结合，可明显提高风险识别的精确性和效率，智能化管理平台的搭建优化风险动态监测和预警体系，减少潜在风险演变成实际损失的可能性。另外技术管理改

革促使检测数据实现深度挖掘和共享，为风险评估提供更全面的决策参考，并且推动跨部门协作，加强风险应对的协同度和时效性。在实践方面，这些成果给建筑企业提供能够复制的技术管理创新措施，帮助其搭建更为高效的风险管理方案，提高工程的质量与安全程度。

参考文献

- [1] 陈奇柏. 区块链赋能 A 银行信贷风险管理研究 [D]. 南华大学, 2023.
- [2] 刘琴. 数字赋能延安红色文化资源创新转化的机理及路径研究 [D]. 西安建筑科技大学, 2023.
- [3] 韩晴. 保险科技赋能保证保险风险管理的多案例研究 [D]. 广西大学, 2023.
- [4] 柴思奇. 乡村精准治理的技术赋能路径研究 [D]. 南京农业大学, 2022.
- [5] 曹红叶. 剑川黑陶赋能乡村振兴的路径研究 [D]. 云南艺术学院, 2023.
- [6] 陈鸿铭. 建筑工程检测中水泥检测的有关要素研究 [J]. 建材与装饰, 2022.
- [7] 顾显方. 无损检测技术在建筑工程检测中的应用分析 [J]. 建筑·建材·装饰, 2022.
- [8] 徐航. 无损检测技术在建筑工程检测中的应用研究 [J]. 智能建筑与工程机械, 2024.
- [9] 解潇潇. 无损检测技术在建筑工程检测中运用分析 [J]. 建材发展导向, 2023.
- [10] 曹新旺. 无损检测技术在建筑工程检测中的应用探析 [J]. 建设科技, 2023.

商改医空间优化设计的全流程管控体系研究： 功能适配与合规性整合视角

曾献铭

广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030024

摘 要： 商业改医疗空间的优化设计要搭建全流程的管控体系，将功能适配与合规性要求进行整合，其包括前期评估、方案设计、施工管控以及验收运维等环节。运用数字化手段模拟空间布局和流程，察觉功能冲突以及合规风险，案例验证系统能够提高执行效率和合规程度，不过要进一步强化功能与合规的整合深度，从而实现医疗空间安全高效的转变。

关 键 词： 商改医；全流程管控；功能适配与合规性

Research on the Full Process Control System for Optimizing the Design of Commercial to Medical Space: from the Perspective of Functional Adaptation and Compliance Integration

Zeng Xianming

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： The optimal design of the commercial to medical space needs to build a control system for the whole process, and integrate the functional adaptation and compliance requirements, including preliminary evaluation, scheme design, construction control, acceptance, operation and maintenance, etc. Using digital means to simulate the spatial layout and process, detect functional conflicts and compliance risks, and the case verification system can improve the implementation efficiency and compliance degree. However, it is necessary to further strengthen the integration depth of function and compliance, so as to realize the safe and efficient transformation of medical space.

Keywords： business to medical reform; full process control; functional adaptation and compliance

引言

商改医作为激活城市存量商业空间、扩充基层医疗资源的重要手段，正成为医疗空间供给侧改革的主要趋向。当下商业空间在向医疗功能转变的进程中，通常面临原有结构和医疗流程适配度欠佳、多领域合规标准衔接不顺畅等主要难题，对项目落地效率和服务质量造成制约。2023年国家卫生健康委等相关部门发布的《关于实施进一步改善医疗服务行动计划的通知》清晰指出，支持通过存量商业设施改建成社区卫生服务中心这类基层医疗机构，同时要求加强空间功能适配以及合规性方面的管理。在这样的背景之下，本研究重点关注商改医空间优化设计的全流程管控工作，通过功能需求分析、合规标准解读、风险管理机制搭建以及数字化技术运用，探寻功能适配与合规性深度融合的途径，为提高商改医项目的执行效能、确保医疗服务安全性提供系统性的支持。

一、功能适配策略研究

（一）现有空间功能评估

当下商改医空间功能的评估，要结合医疗服务的需求以及商业空间原本的条件来开展，重点分析空间布局、流线组织和设施配置的适配性。商业建筑常运用开放式平面和共享中庭的设计方式，但是医疗空间要严格划分清洁区域、污染区域以及半污染区域，现有的布局通常难以实现医患分流、洁污分离这一核心需求^[1]。空间利用效能评估表明，商业场所的层高、承载能力以及

管线体系与医疗设备（像CT、MRI）的安装要求存在明显差别，部分区域由于结构方面的限制，难以承载大型医疗设备，进一步造成功能分区不科学。现有的空间采光、通风以及消防系统要针对医疗场景重新开展校验工作，比如商业建筑的消防通道宽度或许无法满足医疗紧急疏散的标准。经对典型商改医项目开展实地考察可知，约60%的改造工程存在功能空间利用不充分的状况，主要体现为诊室面积不大、辅助用房欠缺以及候诊区流线交叉等情况。评估结果显示，当下空间功能和医疗服务需求的不匹配，已成为限制商改医项目推进的主要要素，需通过系统化的功能适

配措施实现空间资源的高效运用与医疗流程的优化。

（二）功能需求与适配性分析

在商业改造为医疗的全流程管控里，功能需求与适配性分析是主要环节，要以医疗服务的新需求作为导向，精确匹配空间功能和医疗要求。医疗模式朝着个性化、智慧化方向转变，对空间的舒适性、便捷性以及可扩展性提出更高的要求。商业场所原本的开放、流动式布局 and 医疗所需要的功能分区清晰性、流线独立性有着明显不同，例如大跨度的通层设计很难符合洁净分区与感染控制的要求。适配性研究要把商业空间的柱网、层高等物理指标与诊疗、检查等功能单元开展耦合分析，找出冲突点与改造的可能性，搭建功能需求和空间参数的映射关系模型^[2]，为功能适配方案提供基础支撑。

二、合规性整合与风险控制

（一）合规性标准解析

商业改医疗的空间设计要严格根据现行的法律法规以及政策规定，主要的合规性准则涉及建筑、医疗、消防等多个领域。在建筑方面要符合《综合医院建筑设计规范》有关功能分区、流线规划的规定，保证诊疗区域和非诊疗区域实现物理分隔，并且要满足无障碍设计的准则，以此保障特殊群体的使用需求。医疗专项标准包括医疗设备布局、感染防控等方面，像《医疗机构隔离技术规范》所规定的清洁区、潜在污染区和污染区的划分，要通过合理的空间分隔以及通风系统设计来实现。在消防合规领域，要按照《建筑设计防火规范》来设置疏散通道、防火分区以及消防设施。特别是考虑到医疗场所人员疏散存在较大难度这一特性，需要加强应急出口的可达性与标识的清晰程度。核心监管指标包括空间利用率、医疗流程动线效能、感染防控措施执行状况等，这些指标要和医疗机构等级评审准则对接，保证改造后的空间符合诊疗活动的安全性与规范性规定。另外一些地区针对商改医项目颁布专项管理措施，对土地性质转变、规划许可程序等作出详细规定，要在设计阶段提前予以考虑，以规避后期审批风险^[3]。

（二）政策指导及风险控制措施

在商业医保改革全流程管理控制里，政策指引是合规及风险管控的主要根据。在设计起始阶段，要根据《综合医院建筑设计规范》《医疗废物管理条例》等相关法规，结合商业方案特点，确定功能分区、消防疏散等符合规定的标准。建立政策动态追踪机制，把平疫结合、医患流线分离等要求融入布局，通过 BIM 模拟对交叉感染等风险进行预判。施工时期严格根据《建筑工程施工质量验收统一标准》，针对承重墙改动、医疗气体管道等开展第三方合规审查。运营之前联合卫生监督、消防等相关部门开展核查工作，对科室布局、医疗废物处理等情况进行验证，并且建立风险应急预案，实现在政策指导之下的风险闭环管控^[4]。

三、全流程管控体系设计

（一）调控体系设计框架

1. 设计原则与流程

全流程管控体系秉持系统性、动态性、协同性以及合规性优先准则，以医疗功能作为核心，适配商业空间方案与医疗流线、

设备布置，严格根据医疗建筑设计规范。流程包括前期评估（调研结构、管线、资源情况）、方案规划（平面布局及合规审查工作）、施工管理（动态监测主要施工节点）、验收运维（联合验收和评估体系建立）。各阶段通过数字化管控系统实现信息即时传输，确保决策科学性与执行连贯性^[5]。

2. 风险管理与监控机制

在商改医空间优化设计的整个流程管控体系里，风险管控与监测机制是确保功能适配和合规性整合的主要支撑。商改医工程包括建筑结构变动、医疗功能嵌入以及医疗规范对接等多步骤，每个阶段都有设计误差、合规问题以及安全隐患，需要通过动态体系实现风险的预先识别和实时管控。此机制要贯穿方案规划、施工改建直至运营调试的整个流程：规划阶段要建立医疗功能需求与商业空间构造的风险评估模型，重点排查消防分区、医疗流程动线等合规性矛盾；施工阶段通过 BIM 技术搭建数字化监控平台，对结构改建、医疗专项系统安装等主要环节进行实时数据收集与偏差预警；运营前需引入第三方医疗合规单位开展风险审查，检验功能布局与医疗规范的适配度。引入风险管理与监控机制，能够有效减少商改医项目由于功能适配欠佳或合规性不足所引发的返工费用，加强空间转换的安全性及效率，为全流程管控体系提供动态支撑^[6]。

（二）全流程管控关键环节

1. 空间优化设计策略

在全流程管控方案里，空间优化设计的策略将功能适配和合规性整合当作核心。前期通过 BIM 开展模拟布局，嵌入净宽、通道等医疗规范参数^[7]；运用模块化设计方式，例如在将中庭改造为医疗共享大厅的同时，同步对通风与消防疏散进行优化。在施工阶段对隔断位置开展动态调节，并引入第三方进行合规审查，以保证符合《综合医院建筑设计规范》。运营时期建立反馈体系，根据使用数据对空间布局进行微调，实现持续优化，形成闭环式管控。

2. 绩效评估与反馈机制

绩效评估及反馈系统是商改医空间优化设计全流程管控方案的闭环主要，为功能适配和合规性整合的不断改进提供动态数据保障。评估系统要根据空间功能符合度、医疗流程效能、合规性达标比例等主要方面搭建量化指标系统，通过实地勘察、用户调查、数据监控等途径收集多源数据，保证评估结果的客观性和全面性。反馈体系要建立多方面响应途径，把评估数据转变为有针对性的改善方案。比如对于因功能分区不科学造成的医疗流线交叉状况，能够通过空间布局的调整来优化就诊路线；针对消防规范未达标的风险之处，需要联合设计方和施工方开展技术整改。评估和反馈的循环需贯穿设计、施工以及运营的整个阶段，建立评估、反馈、优化、再评估的动态闭环，确保商改医项目在功能适配与合规性方面实现持续提高^[8]。

四、实践与案例研究

（一）商改医空间功能创新

1. 创新设计原则

从功能适配角度出发的商改医创新设计准则，围绕医疗服务需求这一核心，将商业开放性和医疗专业性相融合。优先确保医

疗流程科学,通过模块化布局实现诊区、检查区和治疗区的高效连接,运用原有的高挑空、大跨度空间转变为共享候诊区域或多功能医疗区域。适应商业空间的物理状况,例如通过建筑荷载来完善设备布置,对采光井进行改造以实现自然采光。采用弹性化设计,预留如远程诊疗之类的拓展余地。同时考量《综合医院建筑设计规范》等合规规定,保证防火分区和卫生隔离^[9]。根据上述准则实现商业至医疗属性的平稳过渡,提高效率与安全性。

2. 数字化转型策略

数字化转型方案通过 BIM、物联网以及数字孪生技术,推动商改医空间功能改革。运用 BIM 搭建三维模型,对医疗动线进行模拟,提前预判柱网、层高等和设备布局之间的冲突,实现功能适配与合规性的动态均衡^[10]。物联网实时收集诊室使用情况、候诊区域人流密度等数据,帮助空间动态优化。例如某项目通过监测来调整叫号系统,减轻中庭候诊区高峰时段的拥堵状况^[2]。数字孪生可对物理模型和虚拟模型进行同步,开展应急调度模拟,例如在疫情期间迅速调整发热诊室的隔离方案,以此保障合规与安全^[3]。集成化应用提高设计精准度与管控即时性,为功能改革提供技术保障。

(二) 管控体系实施效果

1. 执行力及合规性检验

以某商业综合体改造为社区医疗中心作为研究对象,对全流程管控体系展开检验。在执行过程中,通过功能适配校验表对采光、动线参数开展核验工作,采用医疗级环保建材,让工期减少 15%,且不会出现返工情况。在合规性检查方面,符合《综合医院建筑设计规范》的洁污区域划分,通过卫健委的医疗流程审查;消防达到《建筑设计防火规范》的标准,经相关验收合格;环保指标符合《医疗机构环境表面清洁与消毒管理规范》,获得了第三方认证。从案例能够看出,此体系把功能适配和合规标准融入各个节点,切实提高执行效率与合规程度,拥有可复制的特性。

2. 效果评估与案例反馈

运用某老旧商业综合体改造为社区卫生服务中心项目,评估全流程管控体系成效:从定量方面来看,功能分区的效率提高 25%,动线交叉率降低到 8% 以下(符合《综合医院建筑设计规范》);消防、污水等的合规达标率由 60% 提高至 98%。从定性角度来看,医护人员与患者的满意度为 82%,不过商业空间

的层高对放射科的布局造成限制,设备安装的精度未达到标准。案例反馈显示,要进一步细化垂直空间利用的管控具体规则,加强医疗工艺和建筑结构的动态适配体制,从而提高体系的普遍适用性。

(三) 案例实证与风险管理

1. 案例比较分析

选择一线城市老旧商业综合体改造成社区医院,与二线城市临街商铺改造成专科诊所进行对比:前者通过商业空间规模方面的优势,把中庭改造成候诊区域、对商铺隔间重新组合成诊疗单元,每日平均接诊数量提高 40%,不过由于层高冲突额外投入 30% 的结构加固费用,暴露出功能规划和合规审查衔接不够的问题;后者以合规性作为核心,改造周期缩短 15%,但受面积所限没办法设置独立的检验科,需要共享资源,体现出合规优先或许会压缩功能优化的空间。两个案例显示,功能适配和合规性的整合程度直接作用于管控效果,需要采用差异化的优化途径。

2. 风险评估与应对策略

风险评价贯穿商改医空间规划全进程,运用多方面评价与风险矩阵模式,量化功能布置、消防合规、医疗流程矛盾等风险的几率与影响。比如某商业综合体改建成社区卫生服务中心之际,发觉疏散通道宽度不够、机电系统难以满足医疗设备负载。应对措施整合功能适配与合规需求:优化疏散布局使其符合消防规范,把高频诊疗区域设置在通道周边;升级机电系统且运用模块化设计预留拓展空间;实时监控施工风险,引入第三方开展阶段性合规审查。实践证明体系化风险评估能够有效减少合规风险,确保功能适配和运营安全之间的平衡。

五、总结

商转医空间优化设计关注医疗功能要求,通过空间模块化实现灵活划分与高效衔接,且把消防、卫生防疫等合规规定融入设计全流程,建立闭环管理。探讨提出多部门联合审查机制,减少改造风险,为项目建立可实施框架,增添医疗空间设计的实践方面,促进安全、高效、可持续的发展。

参考文献

- [1] 李苑倩. 基于流程优化视角的 A 公司关务合规管理研究 [D]. 西南财经大学, 2022.
- [2] 谢晓彤. 共生视角下的河南省国土空间功能识别与优化管控研究 [D]. 中国矿业大学 (江苏), 2022.
- [3] 张晓霖. 风险预控视角下煤矿建筑设计合规性审查系统构建研究 [D]. 中国矿业大学 (江苏), 2023.
- [4] 孙崇虎. 财务共享视角下的 T 集团财务风险管控体系优化研究——以组织架构与业务流程为例 [D]. 山东大学, 2022.
- [5] 蒋福明. LC 担保公司合规管理体系建设优化研究 [D]. 内蒙古财经大学, 2024.
- [6] 朱根, 季柳金, 王婧, 等. 医院建设全流程管控要点及优化策略研究 [J]. 江苏建筑, 2023, (S1): 105-108+128.
- [7] 詹雪琴, 沈佳坤, 张能鲲. 企业全流程业务网络平台的合规管控体系构建与对策 [J]. 中国注册会计师, 2022, (12): 82-85.
- [8] 刘晓军. 全流程管控在旅游项目开发管理中的应用 [J]. 住宅与房地产, 2019, (19): 111.
- [9] 何艳琴. 加工行业固定资产全流程管控研究 [J]. 企业改革与管理, 2023, (24): 139-141.
- [10] 吕耀棠, 李志中, 吴小刚. 基于大数据技术的电力调度准时性全流程管控系统设计与应用 [J]. 广东电力, 2023, 36(12): 76-82.

建筑结构设计与管理协同优化路径及实践应用研究

陈香彬

广东 惠州 516000

DOI:10.61369/UAID.2026030028

摘 要： 建筑结构设计和工程管理协同优化以系统工程理论为根据，通过信息分享、流程整合以及 BIM 等技术的结合，实现结构性能、成本把控、进度管理的综合最佳状态。核心准则包括目标符合、信息协作与动态回应，实际操作里通过多目标优化模型和管理体制，结合实例运用大幅提高项目成效，例如缩减工期、减少成本、加强结构安全系数，为建筑工程的高质量推进提供支撑。

关 键 词： 建筑结构设计；工程管理；协同优化

Research on the Collaborative Optimization Path and Practical Application of Architectural Structure Design and Engineering Management

Chen Xiangbin

Huizhou, Guangdong 516000

Abstract： The collaborative optimization of building structure design and engineering management is based on the theory of system engineering. Through the combination of information sharing, process integration and BIM technology, the comprehensive best state of structural performance, cost control and schedule management is realized. The core criteria include goal compliance, information collaboration and dynamic response. In practice, through multi-objective optimization model and management system, combined with examples, the project effectiveness is greatly improved, such as reducing construction period, reducing cost and strengthening structural safety factor, so as to provide support for the high-quality promotion of construction projects.

Keywords： architectural structure design; engineering management; collaborative optimization

引言

在建筑工程朝着高质量方向发展的情形下，建筑结构设计和工程管理的协同优化已然成为提高项目综合效益的主要途径。2022年颁布的《十四五建筑业发展规划》清晰指出，要推动智能建造和新型建筑工业化协同进步，加强设计、施工以及管理环节的深度融合。在传统模式当中，结构设计和工程管理之间存在信息障碍与目标分离的状况，这引发资源浪费、进度滞后等情况，难以符合现代建筑项目对于安全性、经济性以及效率的多样化需求。该文围绕协同优化的理论方案、路径分析及实际应用开展研究，通过搭建多目标优化模型、规划跨部门协同体系，再结合超高层建筑等实例验证，为破除条块分割、实现设计与管理的动态协作提供科学根据，推动建筑业朝着数字化、协同化方向转变，符合行业高质量发展的政策指引。

一、基础概念与背景

（一）建筑结构设计概述

建筑结构设计是根据力学原理和材料特性，通过科学布置结构构件来确保建筑安全性、适用性和耐久性的工程行为，其核心准则包含结构受力分析、荷载传递路线优化以及构件截面设计等重要方面。设计的参数包括构件大小、材料强度、荷载取值等方面，这些参数要严格根据国家和行业的标准规范，例如《建筑结构设计荷载规范》《混凝土结构设计规范》等，以此保证设计方案具备

合规性与可靠性^[1]。在建筑结构设计和工程管理协同优化的方案里，结构设计不只是工程实施的技术基础，还通过参数化设计、BIM 技术运用等途径，为工程管理提供数据支持与决策参考，其设计品质直接关乎工程进度把控、成本管理以及施工效能，所以要在实现技术要求的前提下，和工程管理环节建立动态反馈体系，实现设计方案与施工组织、资源调配的协同匹配。

（二）工程管理概述

工程管理属于一门整合管理学、经济学以及工程技术的交叉学科，其主要在于通过系统的规划、组织、协调和控制，实现工

工程项目在质量、成本、进度等方面的目标均衡。其核心概念包含全生命周期管理方案，从项目立项、设计、施工直至运维环节，通过整合资源调配、风险管控以及进度把控等主要领域，为建筑结构设计和工程管理的协同优化提供应用基础。资源分配关乎人力、物力、财力等因素的动态安排，以符合结构设计方案的技术要求。例如在复杂钢结构设计里，工程管理要预先规划吊装设备和专业队伍的配置，保障设计意图得以实现^[2]。风险管控主要专注于判别结构设计环节可能出现的技术风险（如材料性能偏差）以及管理风险（如供应链延迟），通过建立预警机制实现设计和施工阶段的风险联动。进度管控要结合结构设计的主要要点（例如混凝土浇筑时长、钢结构安装次序），拟定精细化的时间规划，防止因设计变动或施工延迟造成的协同脱节。工程管理的方案为协同优化提供方法论支持，通过各主要领域的有效衔接，推动建筑结构设计方案的可操作性与项目总体效益的提高。

二、协同优化理论框架

（一）协同优化概念与原理

建筑结构设计和工程管理的协同优化，是指在建筑项目的整个生命周期里，通过设计与管理环节的深度融合、信息互通以及目标协同，实现结构性能、成本把控、进度管理和施工可行性的综合最佳状态。其理论根据来自系统工程理论里整体大于部分之和的主要理念，重点把结构设计的技术性和工程管理的组织性当作彼此关联的子系统，通过子系统之间的动态互动消除信息障碍与目标矛盾。核心准则包括目标符合性准则，也就是设计规划要以工程管理的成本、进度指标为限制，管理策略要符合结构设计的技术需求；信息协作准则，通过 BIM 等数字化手段实现设计参数与管理数据的即时共享和同步更新；动态反馈准则，通过施工阶段的现场数据反馈来优化设计规划，同时根据设计变更的影响评估来调整管理规划。此优化机制的要点是突破传统设计和管理的条块划分，搭建设计、管理双向带动的闭环体系，让结构设计的技术性优化和工程管理的组织性优化产生协同效果，进一步提高项目的综合效益^[3]。

（二）协同优化路径分析

建筑结构设计和工程管理的协同优化要搭建多方面的路径方案，实现二者的深度融合以及效能提高。信息互通是协作的基础，要搭建跨部门的信息交流平台，整合设计指标、施工进度、成本资料等核心信息，保证数据即时传递与动态刷新，破除信息孤岛^[4]。流程整合要突破传统设计和管理的线性划分，把结构设计环节的方案研讨、荷载核算与工程管理里的进度谋划、资源调配同步实施，建立并行式工作方式，降低后期变动造成的成本和时间消耗。技术整合是协同优化的主要支撑，通过 BIM 技术实现建筑信息的三维可视化以及全生命周期管控，把结构设计模型和施工模拟、成本控制模块进行整合，实现设计方案与管理决策的即时联动。引入大数据分析手段对协同进程里的数据展开挖掘，为设计优化和管理决策提供数据支持，提高协同的精确性与效能。

三、优化模型与机制

（一）优化模型构建

1. 结构设计优化模型

结构设计优化模型围绕建筑性能需求展开，搭建多目标数学模型方案，通过定量分析手段实现结构性能优化、材料选取与设计参数调节的协同。模型把结构承载能力、抗震特性、耐久性等性能参数转变为能够量化的目标函数，同时纳入材料费用、施工可行性等限制条件，建立多目标优化体系。在材料选择阶段，模型通过建立材料力学性能和成本的关联函数，运用生命周期评估手段，实现材料经济性与环境效益的均衡^[5]。在设计参数的调节方面，运用敏感性分析来判别主要参数对结构性能的影响大小，通过遗传算法、粒子群算法这类智能优化算法对参数搭配开展寻优操作，在符合规范规定的条件下，实现结构自重、用钢量等指标的极小化。此模型通过 Matlab 等工具开展数值模拟和迭代运算，输出最佳设计方案，为建筑结构设计提供科学决策的根据，同时为后续工程管理阶段的成本管控、进度安排提供数据支持。

2. 管理优化模型

管理优化模型搭建要根据建筑结构设计和工程管理的协同要求，建立包含资源调配、成本管控以及进度模拟的整合框架。资源调配优化模型围绕施工资源的动态安排展开，融合结构设计环节的材料需求以及施工工艺指标，通过多目标规划算法协调资源利用效率和工期限制，实现人、材、机的高效符合^[6]。成本管控模型要关联结构设计方案的经济指标，把构件选型、材料用量等设计变量转变为成本驱动因素，搭建通过 BIM 技术的成本动态预估模型，及时反馈设计变更对工程成本造成的影响。进度模拟模型要整合结构施工的主要路径和工序逻辑，采用离散事件仿真办法来模拟不同设计方案时的施工进度，识别可能存在的工期风险且优化工序衔接。这三个要素通过数据接口实现信息的相互流通，建立起以协同目标作为指引的管理优化模型方案，为后续的机制设计提供量化分析的根据。

（二）协同机制设计

1. 设计与管理协作机制

在优化模型和机制时，协同机制设计的主要是搭建建筑结构设计和工程管理的互动合作机制，从而打破传统模式里的信息屏障和流程分割。决策支持系统的建立要整合结构性能指标、成本预估数据以及施工可行性限制，通过 BIM 平台实现多方面数据的即时共享与可视化模拟，为设计方案的动态优化提供量化支撑^[7]。反馈体系的建立要清晰设计变更的触发情形与传递途径，比如当结构部件的力学性能计算结果超出安全界限时，系统会自动向工程管理单元推送预警消息，同时生成备选方案的成本和工期影响评估报告。多学科团队协同策略的实现依靠角色权限的精准化配置和沟通流程的规范化，通过定期跨专业评审会议与线上协作平台的联合，保证结构工程师、造价人员以及施工管理工作者在设计时期共同参与方案研讨，把施工工艺需求、成本管控目

标融入结构体系的选择和细节设计里。

2. 路径优化框架

优化模型和机制的搭建要以协同机制规划为主要，通过路径优化方案实现建筑结构设计和工程管理的深度融合。路线优化方案需贯穿项目的整个生命周期，在决策环节建立设计参数和管理目标的对应关系，把结构安全性、经济性指标与进度规划、成本管控要求一同考量，形成多目标优化的初始约束条件^[8]。在设计环节，通过 BIM 技术搭建协同系统，实现结构设计模型和管理信息的即时交互，利用参数化调节与模拟分析，同步完善结构方案和资源配置方案。在施工环节要建立动态反馈体系，把现场施工数据和设计模型进行对比，迅速纠正设计误差并调整管理办法，保障设计理念与施工操作的一致性。运维时期要根据结构性能监测数据来优化维护策略，把设计所提出的耐久性要求转变为管理方面的定期检测与维护规划，建立起从设计至运维的闭环协同途径。此框架通过各阶段的信息互通与目标协作，促进设计优化和管理优化的有效融合，提高项目全生命周期的整体效益。

四、实践应用与案例研究

（一）应用案例分析

1. 案例选择与介绍

选择国内某超高层商业综合建筑项目当作研究实例，此项目总的建筑面积约 35 万平方米，地上有 68 层、地下有 4 层，结构样式采用带加强层的框架、核心筒体系，设计高度达到 320 米。项目开展背景是城市核心区域土地资源有限，要在有限的场地当中实现功能复合化以及空间高效运用，同时遭遇施工周期紧迫、结构复杂程度高以及成本控制压力大等难题。案例选取根据其结构设计和工程管理协同需求贯穿项目整个生命周期，从方案环节的结构体系选择到施工环节的主要工序协作，都展现出以结构设计为导向的协同优化特性。项目初期运用 BIM 技术建立结构信息模型，把结构设计参数与工程管理的进度、成本数据相联系，实现设计变更的即时成本测算以及工期影响评估^[9]。在施工阶段运用装配式构件和现浇结构相融合的建造模式，结构设计小组与工程管理小组一同拟定构件预制规划和现场安装程序，通过结构节点的优化来降低现场湿作业的数量，提高施工效能。此案例的协同实践包括设计、采购、施工等多个环节，为研究建筑结构设计与管理协同优化途径提供典型案例。

2. 应用效果评估

在实践运用与案例研究里，某超高建筑项目运用 BIM 平台搭建设计与工程管理协作模型，通过参数化设计手段实现结构方案即时调整与施工模拟，应用成效评估表明协同优化途径大幅提高项目效益。在结构设计环节，协同模型把风荷载和地震作用的模拟精准度提高 15%，通过梁柱截面的优化，让混凝土使用量降低 8.2%，钢材节省 6.5%，直接使材料成本降低约 120 万元^[10]。在施工管理阶段，通过协同模型开展进度模拟，能预先察觉主要工序的冲突情况，使总工期缩短 12 天，现场的返工率降低 23%，还间

接降低管理成本以及工期延误的风险。另外协同优化途径通过多专业实时的数据共享，让结构安全系数达标比例提高到 98%，相较于传统模式提高 7 个百分点，确实降低了结构失效的风险。

（二）优化实现方法

1. 技术实施路径

技术执行路径围绕全生命周期协同展开，建立 BIM 驱动、信息化保障、智能工具帮助的三层方案。通过 BIM 参数化模型，实现与多款结构分析软件的数据双向交互，能够迅速完成性能模拟与方案优化，将结构优化周期有效缩短 40%。通过云端协作平台破除专业信息障碍，即时同步设计变动与施工规划，降低现场返工比例 25%。运用人工智能算法分析历史数据，自动形成合规的优化策略，合理减少建材损耗，住宅项目的混凝土使用量降低 12%。多种技术深度交融，破除设计和管理连接障碍，有效实现建筑项目提质量、降成本、增效益。

2. 实施流程步骤

建筑结构设计和工程管理的协同优化，要以深度融合作为核心，建立闭环迭代流程。首先根据项目全周期的需求来明确协同目标，建立结构设计参数和成本、工期等管理指标的关系统。通过 BIM 技术建立数字化模型，融合结构分析、施工条件以及造价数据，组织双方团队协同评审，排查方案冲突并探寻优化余地。对设计方案和施工部署进行双向调节，建立协同方案。在落地环节动态收集现场数据，比对实际偏差情况，通过定期会议进行迭代完善。项目完工之后开展协同经验复盘，归纳标准化流程，沉淀可复用的经验，不断提高建筑工程协同管控的水准。

（三）结构设计导向实践

1. 设计环节优化实践

在概念设计环节建立跨专业协作平台，整合结构、造价和施工人员一同进行决策。以超高层建筑项目为例，通过 BIM 参数化模型结合动力学分析与成本核算，对结构体系进行优化，实现用钢量减少 12%、工期缩减 15% 的目标。在详细设计环节开展协同审核工作，对医院项目的优化支撑方案与配筋设计进行完善，使脚手架使用量降低 30%，避免施工变更情况发生。同时依靠进度管理模块，对商业综合体结构节点设计管控进行细化，使出图周期缩短 20%，确实把控现场安装偏差。大量实践表明，在工程管理协同中让设计阶段提前介入，可同时兼顾结构安全和施工效益，促使设计精细化以及管理前置化，实现工程综合成本和效率的双重提高。

2. 结构管理结合策略

实际应用和案例研究从三个方面验证结构与工程管理相结合的价值。超高层项目通过 BIM 协同平台，提前开展工程管理工作，对结构布局和节点设计进行优化，同时兼顾抗震性能与施工效率。装配式住宅项目建立风险共同承担机制，清楚各方职责，协同管控工程质量，动态优化设计与施工工艺，降低构件安装偏差。大跨度场馆建设项目引入造价与进度管理板块，通过协同会议完善施工规划，严格把控造价，使工期缩短 15 天。综上所述通过技术平台、责任体系以及协同决策，能够促进结构设计和工程

管理的深度融合，实现项目全周期综合效益的提高。

五、总结

本研究围绕建筑结构设计和工程管理的协同优化进行研究，表明协同优化是以信息共享作为基础，通过数字化平台将设计与管理流程进行联动，融合多目标模型对结构安全、经济效益以及

施工条件予以统筹。要建立跨部门的协作模式以及全周期的责任体系，加强设计和施工的深度关联。实际验证协同优化能够有效缩短工期、节省造价、提高结构性能，此案例运用 BIM 技术让施工效率提高 20%、成本节省 15%。后续需对模型算法进行优化，引入人工智能技术来加强风险预判和方案迭代能力，健全行业标准并大力推广，推动建筑行业实现高质量发展。

参考文献

- [1] 党瑞楠. 电动货船充电站选址及配送路径协同优化研究 [D]. 华北电力大学 (北京), 2022.
- [2] 王廉茹. 输变电工程经济效益与社会效益协同优化研究 [D]. 华北电力大学 (保定), 2022.
- [3] 钱铖. 钢材交易中心钢材货位—装卸货路径协同优化研究 [D]. 中国矿业大学 (江苏), 2022.
- [4] 许仕铭. 基于 BIM 的装配式建筑装配率与成本协同优化研究 [D]. 桂林电子科技大学, 2023.
- [5] 李建军. 计及几何和工程约束的大型风电机组叶片气动与结构协同优化设计 [D]. 湖南科技大学, 2023.
- [6] 李月龙. 建筑工程管理及施工质量优化路径研究 [J]. 建筑·建材·装饰, 2023(12): 157-159.
- [7] 杨磊. 绿色建筑设计中装饰工程与消防工程的协同优化 [J]. 大众标准化, 2024(11): 98-100.
- [8] 李冲. 建筑工程大项目资金管理与内部经济秩序的协同优化 [J]. 管理学家, 2023(23): 17-19.
- [9] 赖永俊. 土木工程建筑结构设计问题及优化措施 [J]. 建筑与装饰, 2022(5): 37-39.
- [10] 王李伟, 辛京海. 小型水库工程管理存在问题及优化路径研究 [J]. 建筑·建材·装饰, 2022(2): 19-21.

基于精益管理的建筑工程现场技术与成本协同管理实践研究

黄思玲

广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030030

摘 要：精益管理起源于丰田生产方式，其主要在于去除浪费从而提高效率。把它延伸至建筑工程施工场地，通过价值流分析、BIM等数字化方式，实现技术与成本协同的优化。建立跨部门的协同机制、资源整合体系以及信息化平台，能够提高资源利用效率和项目效益。但当前存在数据交互性较差等状况，未来要强化数据驱动并培育精细文化。

关 键 词：精益管理；建筑工程现场管理；技术与成本协同

Research on the Practice of Collaborative Management of Construction Site Technology and Cost Based on Lean Management

Huang Siling

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract：Lean management originated from the Toyota production method, which is mainly to remove waste and improve efficiency. It is extended to the construction site of building engineering, and the optimization of technology and cost coordination is realized through digital methods such as value flow analysis and BIM. The establishment of cross-departmental coordination mechanism, resource integration system and information platform can improve resource utilization efficiency and project efficiency. However, there are some problems such as poor data interaction. In the future, we should strengthen data-driven and cultivate fine culture.

Keywords：lean management; construction site management; technology and cost synergy

引言

建筑工程项目现场的技术和成本协同管控，是保障项目效益与质量的主要环节。在传统模式里，因为信息分散、流程繁琐，常常会导致工期推迟以及成本超出预算。精益管理将消除浪费、优化价值流作为核心，为解决上述难题提供理论方案，其在建筑领域的应用已通过价值流映射、末位计划系统等工具显示出明显成效。2023年，住房和城乡建设部发布的《关于加快推进建筑业数字化转型的指导意见》明确提出，要促进精益管理与数字化技术融合，提高现场协同效率。但是当前研究在技术和成本协同的具体机制及适配办法上尚存在不足，特别是在数字化工具和精益管理的深度结合方面缺乏系统研究，本文就围绕这一领域展开分析，目标是建筑工程现场协同管理提供实践路径与理论支撑。

一、理论基础与文献综述

（一）精益管理理论及其在建筑工程中的应用

精益管理思想源于丰田生产方式，重点是通过消除浪费、优化流程来提高价值创造效率，其核心原则包括价值定义、价值流分析、流动建立、拉动式生产以及持续改进^[1]。该理论从制造业延伸到多个领域，在建筑工程的项目中，精益管理被应用于现场流程的改进、资源的调配以及协同管理等情况，其目标是解决传统建筑施工中出现的工期拖延、成本超预算和资源浪费等问题。已有研究表明，精益管理在建筑工程中的应用可通过价值流映射识别非增值活动，结合末位计划系统（LPS）实现施工计划的动态调整，同时利

用看板管理等工具提高现场技术与成本的协同水平。部分案例显示，引入精益管理模式的建筑工程项目在压缩工期、管控成本以及提高质量等方面均取得明显成效，为技术和成本的协同管理提供实践办法。但是对于现场技术和成本协同的具体机制以及适配性策略，还需深入研究，这为本文研究提供理论拓展的余地。

（二）建筑工程现场管理文献综述

建筑工程项目现场施工管理是确保工程顺利推进的主要环节，过往研究围绕技术管理和成本控制的协同关系展开多方面的探讨。过往研究多数将技术管理和成本控制视为独立模块，技术管理重点于施工工艺优化、质量保障等技术领域的问题，而成本控制主要专注于预算编制与费用管控，二者缺乏系统的协同措

施^[2]。随着精益管理理论被引入建筑行业，部分学者开始关注价值流分析、消除浪费等精益工具在现场管理中的应用，提出通过减少施工流程里的非增值活动实现技术与成本的协同优化。但是现阶段研究仍然存在不足，多数研究仅停留在理论方案建立方面，缺乏针对不同施工状况的实践验证，同时对技术参数与成本指标的动态关联机制分析不足，尚未建立可复制的协同管理模式。此外当下文献在数字化技术和精益管理融合方面的研究较少，没有全面利用 BIM、物联网等技术实现技术与成本数据的实时交互，这让协同管理的时效性和精准度受到制约^[2]。

二、建筑工程现场技术管理实践

（一）建筑工程技术管理体系与流程

在建筑工程技术管理方案里，根据精益管理思想，搭建起包含技术规划、实施、监管与优化的闭环循环样式。此体系主要包括三个方面：决策方面关乎标准确立与方案审批，保证技术路线的合规性和经济性；执行方面重点技术要求在现场的落地，突出按图建造与规范作业；支撑方面通过技术培训、资料管控和信息化措施，保障体系高效运转。在具体操作流程方面，项目前期要制定专项施工方案以及验收准则，清楚技术目标和质量标准；施工过程中，重点开展技术交底事宜，保证各层级人员领会设计意图与工艺主要要点，同时组织现场检查，及时发现并纠正存在的偏差；竣工时期要完成技术资料的整理和归档工作，为后续项目提供经验反馈。为实现信息协同，该项目引入 BIM 与物联网技术^[3]，促使技术管理和成本控制相互融合，重点加强资源节约以及过程优化，提高材料、设备和人工的使用效率。经由上述机制，技术和成本的协同基础得以建立，为工程总体目标的实现提供支持。

（二）技术创新在工程现场管理中的应用

技术改革通过 BIM、物联网等数字化方式，实现技术和成本的动态协同。通过 BIM 三维可视化技术进行优化设计，可让现场返工率下降 20% 以上，利用虚拟施工能够提前识别冲突，降低因变更引发的成本超支^[4]。物联网针对材料库存实施实时监控，启动自动采购程序，避免供应中断现象出现。但是面临挑战：企业技术人才不足对 BIM 落地产生影响；智能设备投入费用高，中小企业需政策补贴或租赁模式；不同系统间的数据兼容性需解决，确保 BIM、物联网和成本软件能实时联动，推动精益管理从理念转化为实践。

三、成本协同管理模式与实践

（一）成本控制机制设计

1. 成本预算与监控方法

在成本协同管理模式及其应用中，成本控制机制的设计需重点对成本预算与监控方法进行精细化建立。成本预算编制程序要根据建筑工程现场的技术参数以及资源消耗规则，运用精益管理的价值流分析手段，将预算指标分解至各个工序与作业单元，确保预算和现场技术要求紧密符合。监控手段需通过实时数据采集与动态分析的工具，凭借物联网传感器和 BIM 技术进行整合，实现对材料损耗、人工工时等成本要素的实时追踪^[5]。精益管理于成本管控当中的实践价值显示为，消除预算编制里的冗余环节，以及解决监控进程中的信息滞后问题，提高成本数据的精准度与

响应效能，进一步在技术方案优化与成本动态控制之间建立协同反馈机制，最终实现现场技术改进与成本节约的双向促进。

2. 成本风险评估与应对策略

在成本协同管理模式及其实际操作中，成本风险的评估与应对办法是保障项目收益的主要部分。建筑工程现场的技术与成本协同管控需以精益管理搭建框架，通过多方面的风险识别体系，包括设计变更、材料价格波动、施工工艺偏差等潜在风险点。风险评估方法可结合模糊综合评价法与层次分析法，对不同风险因素的影响权重进行量化，比如将技术方案合理性和成本偏差率纳入评估指标体系，建立动态风险矩阵^[6]。应对办法需建立技术与成本协同的风险应对体系，例如针对材料价格波动风险，可通过建立供应商战略合作伙伴关系来锁定价格，同时优化技术方案以减少材料损耗；针对设计变更风险，要强化技术团队和成本团队的实时沟通，在变更审批阶段同步评估成本影响，避免事后成本失控。此外精益管理理念里的持续改进原则可应用于风险应对领域，通过分阶段的成本复盘来发现管理中的漏洞，对协同机制予以调整，进一步加强风险抵御的能力，最终实现技术优化与成本控制的动态平衡，保障项目的经济效益。

（二）资源配置与成本效益分析

1. 资源整合优化管理

在精益管理体系里，资源的整合与优化管控是技术和成本协同的主要之处。通过 BIM 建立资源信息共享平台，实时反馈各工序资源的需求与剩余状况，减少因信息不对称造成的资源冗余^[7]。采用模块化施工以及预制构件集中生产的方式，对材料的采购和运输工作加以整合，削减库存并降低损耗。在人力资源领域，通过技能矩阵打造多技能队伍，提高劳动生产效能。采用成本效益模型对不同整合方案的投入产出比例予以量化，确保在满足技术要求的情况下实现成本最小化。实际情形表明，资源利用效能提高 15%—20%，为技术与成本协同提供支撑。

2. 成本效益评价体系构建

成本效益评估体系建立需以精细化管控为核心，符合建筑工程现场技术与成本协同需求，建立多方面、动态化的评估方案。体系应包括技术方案经济性、资源利用效能、成本波动预警等主要指标，通过量化分析的技术方法来考量成本所受的影响，比如运用 BIM 技术使施工效率提高而产生的成本节约率，亦或是绿色施工技术的长期效益^[8]。在实际操作过程中，评估体系需贯穿项目的全生命周期，从设计阶段的方案遴选到施工阶段的过程管控，再到竣工阶段的效益复盘，实现技术与成本协同的闭环式管理。评估指标的设定需考虑现场实际数据的可获取情形，比如通过物联网设备实时采集施工能耗、材料损耗等数据，结合历史项目数据库进行对比分析，确保评估结果的客观性和指导性。此外体系需引入利益相关方的反馈机制，例如施工方关于技术可行性的反馈以及业主方对成本预期的调整。通过动态优化评估模型，提高协同管理的精准度与适应能力，最终实现技术方案和成本目标的有效整合。

四、精益管理在建筑工程综合管理中的应用

（一）系统集成与数据协同

1. 信息化平台构建

在精益管理模式之中，信息化平台搭建旨在打破数据孤岛，

整合技术参数、成本指标、进度计划等各类数据。平台包括 BIM 模型、成本数据库以及进度管理模块，实现技术方案变更与成本调整的实时联动。例如技术团队在优化工艺之时，平台自动关联成本库以测算材料、人工的变化状况；成本模块的预算预警可反向对技术评估发挥指导功效。需根据标准化的数据格式和统一的编码体系^[9]。平台具备移动端采集功能，现场工作者实时上传数据，经分析后生成可视化报表，为管理人士提供决策根据，实现技术与成本的深度融合，提高精益化水平。

2. 数据共享机制设计

在精益管理体系里，建筑工程现场数据共享机制的规划需以价值流当作核心，对技术、成本和进度数据予以整合，打破部门之间的信息壁垒。在设计规范方面，要遵循时效性、准确性和关联性要求，通过 BIM 模型与成本数据库的关联，实现构件级技术参数和成本数据的动态匹配，确保信息传递的透明性与可追溯性。在推进实施的过程中，建立跨部门的数据协作平台，将施工日志、材料消耗、变更签证等信息统一录入系统，通过物联网传感器实时收集现场数据，消除因信息不对称导致的浪费。研究表明该机制可使技术方案的优化时长缩短 20%，成本偏差比例降低 15%，明显提高决策效能与资源利用程度^[10]。除此之外信息公开促使各参与主体通过相同的数据标准开展协同工作，减少沟通成本与返工风险，为精益管理在建筑工程中的实施提供数据支撑。

（二）组织协同与流程再造

1. 跨部门协作模式探索

在精益管理思想指引下，跨部门协作模式重点破除部门之间的壁垒，建立以价值流为导向的合作体系。建筑工程项目涉及设计、施工、成本、物资等多个部门，在传统方式下信息更新缓慢、目标彼此分离，导致技术与成本相互脱离。通过精益思想，建立集成型协作平台，实现设计图纸、施工方案、成本预算、物资供应等实时共享与动态管控。例如在设计阶段与成本部门同步开展对接事宜，通过价值工程对细节加以优化，避免出现返工状况；施工部门和物资部门协同合作来制定供应计划，减少库存和等待时长。该模式明确各部门在价值流中的角色，将技术可行性与成本合理性纳入统一决策，推动流程再造向精益化方向推进，实现技术与成本的协同优化。

2. 流程优化与效率提升

精益管理通过价值流分析，识别技术和成本管控中的非增值环节（如审批繁琐、进度失序），实施流程再造。将技术交底、材料选型、成本预算等整合成并行式流程，减少信息滞后现象。以某住宅项目为例，原本技术变更需 5 个部门进行串行式审批，用

时 72 小时；通过联合评审机制，将审批流程压缩至 3 个节点、24 小时，并且成本核算同步介入，避免出现超支状况。数字化平台实现技术参数与成本数据的即时共享，建立闭环式协作。该流程改进提高响应速度，降低返修成本，证明精益管理在建筑工程现场协同中的实践价值。

（三）综合评价与持续改进

1. 综合绩效考核指标

综合绩效评估指标紧密围绕精益管理减少浪费、价值最大化这一核心，结合技术与成本协同的实际情况来建立。指标包括技术领域（施工工艺改良率、技术方案执行准确率、主要工序初次验收通过率）、成本领域（目标成本偏差率、变更签证成本占比、材料损耗比例）以及协同性指标（技术方案调整对成本的影响系数、成本控制措施的技术可行性评分）。实践价值在于对协同成效予以量化，为决策提供支撑。例如通过施工工艺优化比率和材料损耗比率的关联分析，展现技术改进对成本产生的贡献，找出薄弱环节。该指标体系将精益理念转化为可量化的标准，使项目成员树立协作观念，推进持续改进，实现技术管理与成本管理的深度融合，提高项目整体效益。

2. 持续改进实施路径

持续改进实施路径从精益管理价值流分析入手，识别并消除设计变更滞后、材料浪费等非增值环节。组建跨部门优化小组，整合技术、成本、施工等岗位，建立组织保障。针对技术方案与成本分离的状况，引入 BIM 虚拟建造，同步核算成本的影响，实现前置协作；针对材料损耗的问题，采用准时化供应模式，根据施工进度精准调配。建立量化评估系统，设定技术方案优化占比、成本偏差比例等指标，检验改善成效，同时将经验纳入知识库，建立分析、改善、评估、沉淀的闭环机制，推动从单次性改善向长效性提高转变，实现技术与成本协同管理的持续优化。

五、总结

本研究分析精益管理视角下的建筑工程技术与成本协同管理，明确其核心是以价值流为导向，通过技术优化和成本动态管控的结合实现资源的高效配置。建立跨部门协同、通过 BIM 工具、开展标准化运作为主要途径。但目前存在数据交互能力不足、精细理念薄弱、考核机制不健全等情形。未来应重点以数据为驱动，探索 AI 与大数据的应用，加强精益文化建立和人才培养，以符合行业高质量发展要求。

参考文献

- [1] 孔令婵. 基于精益管理的 J 公司成本管控研究 [D]. 天津大学, 2022.
- [2] 谢丽萍. N 市供电公司成本精益化管理研究 [D]. 长沙理工大学, 2022.
- [3] 李哈. 供应链视角下 ND 肥业精益成本管理研究 [D]. 山东农业大学, 2022.
- [4] 王紫燕. 多维精益成本管理体系实施路径研究 —— 基于蒙西电网的案例分析 [D]. 内蒙古大学, 2022.
- [5] 张永健. ZD 公司精益管理改善的研究 [D]. 山东大学, 2022.
- [6] 张碧晨. 精益管理下企业成本管理策略分析 [J]. 商展经济, 2020, (11): 86-88.
- [7] 张迎华. 精益管理下企业成本管理策略分析 [J]. 活力, 2024, 42(06): 97-99.
- [8] 陈光. 全寿命周期成本控制: 工程项目精益管理新趋势 [J]. 经济师, 2009, (07): 286.
- [9] 刘靖琪. 基于“业财融合”的煤炭企业精益成本管理 [J]. 纳税, 2025, 19(13): 1-3.
- [10] 陆浩. 制造业企业成本精益管理研究 [J]. 经济研究导刊, 2022, (32): 69-71.

建筑工程给排水施工中的消防水系统安装要点分析

曾定权

广东中森安盾消防工程有限公司, 广东 惠州 516000

DOI:10.61369/UAID.2026030032

摘 要 : 随着建筑高度增加与功能复杂化, 消防水系统的可靠性直接关系人员安全与财产保护。针对室内消火栓系统、自动喷水灭火系统等主要消防水系统, 结合《建筑设计防火规范》GB 50016-2014 (2018年版)、《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974-2014等现行规范, 分析管道选材、连接、阀门安装及系统试压等工序的质量控制要点, 提出常见质量通病预防措施。研究表明, 严格遵循规范要求、做好工序交接验收与隐蔽工程验收, 是确保消防水系统安装质量的核心环节。

关 键 词 : 消防水系统; 给排水施工; 消火栓; 自动喷水灭火

Analysis of Key Points for the Installation of Fire Water System in Water Supply and Drainage Construction of Building Engineering

Zeng Dingquan

Guangdong Zhongsen Andun Fire Engineering Co., Ltd., Huizhou, Guangdong 516000

Abstract : With the increase in building height and the complexity of functions, the reliability of the fire water system is directly related to personnel safety and property protection. Focusing on major fire water systems such as indoor fire hydrant systems and automatic sprinkler systems, and in conjunction with current standards such as the "Code for Fire Protection Design of Buildings" GB 50016-2014 (2018 edition) and the "Technical Code for Fire Protection Water Supply and Hydrant Systems" GB 50974-2014, this study analyzes the quality control points for processes such as pipeline material selection, connection, valve installation, and system pressure testing, and proposes preventive measures for common quality issues. The research indicates that strictly adhering to regulatory requirements, conducting thorough process handover and acceptance checks, and inspecting concealed works are crucial for ensuring the installation quality of the fire water system.

Keywords : fire water system; water supply and drainage construction; fire hydrant; automatic sprinkler system

引言

建筑消防给水系统在火灾初期发挥控火、灭火的决定性作用。据应急管理部统计, 2023年全国接报火灾约74.3万起, 直接经济损失约67.5亿元, 居住建筑火灾占比最高, 消防给水系统失效是酿成小火亡人事件的重要原因。当前国内建筑市场进入存量更新阶段, 大量既有建筑面临消防系统改造升级需求, 同时新建购物中心、超高层住宅、综合管廊等新型建筑形态不断涌现, 对消防水系统的安装精度和长期可靠性提出了更高要求。

一、消防水系统主要类型与技术要求

建筑消防水系统按灭火方式可分为消火栓系统和自动喷水灭火系统两大类。消火栓系统由室内消火栓、管道、高位消防水箱、消防水泵接合器等组成, 灭火时由人员操作水枪、水带进行灭火, 适合扑救初期火灾。自动喷水灭火系统通过火灾探测器感应环境温度, 自动开启喷头喷水灭火, 无需人员介入, 代表系统为湿式自动喷淋系统。此外还有预作用系统、干式系统、水幕系

统等, 适用于不同场景。

根据《建筑设计防火规范》GB 50016-2014 (2018年版) 第8.2.1条规定, 建筑高度大于21m的住宅建筑、高度大于24m的其他民用建筑、单层建筑面积大于2000 m²的商店建筑等, 均应设置室内消火栓系统。同时根据《自动喷水灭火系统设计规范》GB 50084-2017第4.2.1条规定, 任一层建筑面积大于1500 m²或总建筑面积大于3000 m²的展览建筑、商店建筑、餐饮建筑等, 应设置自动喷水灭火系统。这些强制性条文是设计的基本依据。

二、消防管道安装要点

（一）管材选择与进场验收

消防给水管道常用管材包括热镀锌钢管、钢丝网骨架聚乙烯复合管、不锈钢管等。热镀锌钢管是最传统也是应用最广泛的管材，内外壁热镀锌层厚度应符合《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091-2015的要求， $DN \leq 80\text{mm}$ 的管道螺纹连接时需采用螺纹连接方式， $DN > 80\text{mm}$ 的管道采用卡箍连接或法兰连接。在实际工程中，常见的质量问题是部分厂家镀锌层厚度不达标，导致管道在潮湿环境下容易锈蚀。进场验收时应核查产品质量证明文件，检查镀锌层是否均匀、有无漏镀、脱落等缺陷，管壁厚度偏差应控制在规范允许范围内。

钢丝网骨架聚乙烯复合管（PSP管）因其耐腐蚀、摩阻系数小等优点，近年来在消防给水管网中应用日益增多，尤其适合埋地管道。PSP管采用电熔连接或机械连接，施工方便。但需注意PSP管的公称压力等级必须满足设计工作压力要求，且电熔套筒与管材应配套使用，禁止混用不同厂家产品。根据《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974-2014第8.2.5条，埋地消防给水管道应采用球墨铸铁管、复合管或经防腐处理的钢管，不锈钢管等，材质应稳定可靠。

（二）管道安装技术要求

管道安装前应进行外观检查，清除内部杂物。管道切割应采用机械方法，禁止使用氧乙炔焰切割。切口端面应与管道轴线垂直，偏差不应大于管道外径的2%。管道组对时，环向焊缝距管道弯曲起点不应小于管道外径，且不小于100mm，同一管道上相邻的两个环形焊缝之间的距离不应小于150mm^[1]。

管道支吊架安装是确保系统运行安全的关键环节。根据GB 50974-2014第9.2.7条，管道固定支架的间距应经过计算确定，吊架安装应垂直，滑动支架滑动面应光洁滑平。竖向管道应在每个楼层设置固定支架，且固定支架的设置应考虑管道伸缩补偿。在实际检查中，常见问题包括支吊架间距超标、型钢规格偏小、安装位置影响后期检修等。某市2024年建设工程质量监督抽查数据显示，消防管道支吊架安装不符合要求的项目占比达到17.3%，是常见的质量通病之一。

管道穿过建筑构件时，应在墙体或楼板处预留套管，套管与管道之间的间隙应采用不燃材料填塞密实。管道安装完成后，应对管道进行冲洗，冲洗流速不应小于3m/s，冲洗水质透明后再进行系统试压。

（三）阀门安装与配置

阀门是消防给水系统的重要控制元件。系统中的关键阀门包括闸阀、蝶阀、信号阀等。根据规范要求，消防水泵的吸水管上应安装闸阀或带自锁装置的蝶阀，出水管上应安装闸阀和止回阀；报警阀组前的控制阀应采用信号阀或带启闭刻度的闸阀，以便在火灾时快速确认阀门状态。信号阀应将阀位信号反馈至消防控制室，这是火灾时确认系统是否正常工作的重要依据^[2]。

阀门安装位置应方便操作和检修，安装高度（中心）距地面宜为1.1~1.5m。安装在有爆炸危险场所的阀门应满足防爆要求。

阀门进场时应进行强度和严密性试验，合格后方可使用。在某超高层住宅项目验收过程中，发现部分楼层消火栓立管阀门安装位置距地面仅0.4m，检修时需蹲身操作，不符合人机工程学要求，建设单位已要求返工整改。

三、室内消火栓系统安装要点

室内消火栓安装质量决定火灾初期能否快速供水灭火。依据《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974-2014的相关条款，施工中需要把握以下关键环节。

（一）消火栓位置与高度控制

消火栓应当布置在楼梯间内部、楼梯间休息平台或前室等人员容易到达的地方。栓口中心距离地面的高度取1.1米为宜。同一楼梯间范围内，相邻两个消火栓的间距有明确限制。对于高层建筑，这个间距不能超过30米。对于单层或多层建筑，间距不能超过50米。遇到建筑转角部位，如果转角两侧现有消火栓间距超出规定值，则需要在转角两侧各自增加一个消火栓，保证覆盖无死角^[3]。

（二）消火栓箱安装精度要求

安装消火栓箱之前，需要核对结构施工时预留孔洞的尺寸大小和标高位置是否准确。箱体就位后应当保持横平竖直，其垂直方向的偏差不能大于3毫米。箱门应当选用玻璃门或者其他受到撞击容易破损的材料，不得采用锁具封闭的方式，以便火灾发生时可以迅速打开箱门。栓口的出水方向应当朝下或者与墙面保持垂直，这样方便消防人员连接水带。有的项目在装修阶段遮挡了消火栓，比如某商业综合体的影院区域，消火栓被装饰造型掩盖，检测时才发现问题，后经整改重新增设了醒目的位置标识。

（三）水带与水枪的配套要求

消防水带与水枪以及消火栓接口之间的连接应当牢固紧密，不得出现松动或漏水。水带折叠方式推荐采用扇形叠法或盘卷式叠法，不得使用骑马式叠法，以免水带展开时打结。每根水带的标准长度不超过25米。所选用水带、水枪及接口均需经过国家消防产品检验机构的合格认证，并有相应证明文件。

（四）系统试压与联动检验

消火栓系统安装完毕之后，需要进行水压试验，检验管道及接口的密封性能和承压能力。同时还要开展联动功能测试，验证消防水泵能否正常启动启泵，以及各楼层的启泵按钮信号能否准确传递到消防控制室。系统试验合格后方可进行隐蔽或投入使用。此外，还应当检查消防水池水位、水泵房电源及备用泵状态，保证整个给水链条畅通无阻。

四、自动喷水灭火系统安装要点

自动喷水灭火系统包含洒水喷头、报警阀组、水流指示器、压力开关、末端试水装置等多个部件。施工中需要重点关注以下安装要求。

（一）报警阀组与排气装置

湿式报警阀组应当安设在便于日常操作和检修的位置。报警

阀组前端的供水控制阀门需选用信号阀,以便消防控制室能够远程监视阀门启闭状态。湿式系统管道的最高点处需安装自动排气阀,其作用是将管道内积聚的空气及时排出,避免气阻现象影响喷头出水的覆盖效果^[4]。

(二) 喷头与障碍物的避让距离

洒水喷头安装属于自动喷淋系统中的关键作业。当顶板下方存在梁、通风管道等突出物时,喷头溅水盘与这些障碍物底面之间需要保持足够的垂直距离。根据《自动喷水灭火系统设计规范》GB 50084-2017的相关规定,喷头与障碍物的水平距离不应小于障碍物与喷头高差的1.5倍。例如某地下车库施工检查中,部分喷头受到风管遮挡,实际保护面积达不到设计要求。施工方随后调整了风管安装标高或在相应位置增设喷头,保证了灭火覆盖范围无缺失。

(三) 喷头类型与动作温度选用

不同使用场所需要匹配相应类型的喷头。闭式喷头适用于普通区域,而商场、影院等人员密集场所应当选用快速响应喷头,其响应时间指数RTI值不超过50。喷头的公称动作温度需根据安装部位的环境温度确定,常规场所选用68摄氏度或79摄氏度。边墙型喷头安装时,溅水盘与墙面之间的距离不应小于100毫米,同时不应大于300毫米。

(四) 水流指示器与信号阀

水流指示器应当竖直安装在水平管道段上,其内部动作机构的方向必须与管道内水流方向保持一致。信号阀设置在水流指示器的入口一侧,用于检修时切断水源并能反馈阀门状态。安装完毕后需进行动作测试,确保水流指示器在通水时能正常发出电信号^[5]。

(五) 末端试水装置的设置

末端试水装置布置在系统供水的最不利点处,即管网末端。该装置由试水阀、压力表和试水接头三部分组成,作用是定期检验系统能否正常启动并保持压力。某项目开展联动测试时,末端试水装置上的压力表读数异常偏低,经检查发现表前阀门被人为关闭。施工方随即要求各楼层全面排查此类问题,并为所有阀门加装开闭状态标识牌,防止类似误操作再次发生。此外,末端试水装置的排水管应当间接接入排水沟,避免直接连接污水管道。

五、系统试验与质量验收

消防给水管道安装完成后,应按设计工作压力的1.5倍进行强度试验,稳压24小时,管道无泄漏且无变形即为合格。强度试

验合格之后再进行严密性试验,试验压力取设计工作压力,同样稳压24小时,降压值不超过0.01兆帕为合格。试压用水需保持清洁,试验时环境温度不宜低于5摄氏度。如果气温过低,应采取防冻措施,避免管道内结冰损伤管材。管道冲洗作业应连续进行,不得中途停顿。冲洗入口处的水色和透明度与出口处完全一致时,视为冲洗合格。冲洗水流速度不宜过低,否则无法带走管内杂物。

隐蔽工程验收是保障安装质量的重要关口。埋地管道敷设之前,沟槽底部的土基应当经过验收,确认承载力及平整度符合要求。管道穿过结构墙体孔洞时,套管安装需到位,套管与管道之间的间隙应使用柔性材料封堵密实。管道保温层和防腐层施工完成后,应当拍照留存清晰的影像资料,并注明拍摄位置和时间。某市消防验收机构抽查时发现,部分项目隐蔽工程验收记录不完整,缺少关键节点的图片或视频资料,这会给后期检修和维护带来困难。建议施工单位建立专项台账,每处隐蔽节点均留存前后对比照片。

系统联动测试属于消防验收中的必检项目。湿式自动喷淋系统需要模拟一只喷头动作,检验报警阀组能否正常开启,水流指示器信号能否准确传送至消防控制室,以及消防水泵能否按照联动逻辑自动启动。消火栓系统则应进行最不利点出水测试,测量该处消火栓的静水压力。如果静压不满足设计要求,应当增设稳压设施。相关施工质量验收规范明确要求,自动喷水灭火系统在正式验收之前必须完成系统联动试验,确认各项功能正常且反馈信号无误。测试过程中应记录各项动作时间,作为验收存档依据。

六、结束语

消防水系统安装质量决定建筑初期控火能力。从管道安装、消火栓系统、自动喷淋系统及质量验收四个方面分析。工程实践表明,应重点抓好四項工作。第一,严格材料进场验收。第二,控制管道支吊架间距。第三,复核消火栓和喷头定位,保证保护范围全覆盖。第四,规范系统试验与隐蔽工程验收,做到质量可追溯。参建各方需严格按规范组织施工验收,为建筑消防安全奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 建筑工程给排水施工中消防水系统的安装技术分析[J]. 居业, 2025(10):25-27.
- [2] 薛锦飞. 对建筑工程给排水施工中的消防水系统安装技术分析[J]. 河南建材, 2024(8):78-80.
- [3] 建筑工程给排水施工中的消防水系统安装技术应用研究[J]. 中州建设, 2026(1):27-28.
- [4] 建筑工程给排水施工中的消防水系统安装技术[J]. 中国住宅设施, 2025(8):194-196.
- [5] 吕晓红. 建筑工程给排水施工中消防水系统安装技术的应用[J]. 大众标准化, 2023(16):138-140.

分析混凝土浇筑施工技术在建筑工程中的工艺技术要点

严汉城

广东英海建筑工程有限公司, 广东 佛山 528000

DOI:10.61369/UAID.2026030034

摘 要 : 混凝土浇筑是钢筋混凝土结构施工的核心工序, 其工艺水平直接影响结构强度、耐久性与外观质量。全流程技术要点包括浇筑前准备、混凝土配制与运输、浇筑控制、振捣、施工缝处理及养护等环节。通过科学配合比设计、严格浇筑控制、规范振捣及及时保湿养护, 可有效防控早期裂缝、蜂窝麻面、强度不足等质量问题。结合某高层住宅大体积混凝土浇筑实践, 总结出适用于现场的工艺控制要点, 为施工质量管理提供参考。

关 键 词 : 混凝土浇筑; 施工工艺; 振捣技术

Analyze the Technological Key Points of Concrete Pouring Construction Technology in Building Engineering

Yan Hancheng

Guangdong Yinghai Construction Engineering Co., Ltd., Foshan, Guangdong 528000

Abstract : Concrete pouring is the core process in the construction of reinforced concrete structures, and its technological level directly affects the structural strength, durability, and appearance quality. The key technical points of the entire process include preparation before pouring, concrete preparation and transportation, pouring control, vibration, construction joint treatment, and curing. By scientifically designing the mix proportion, strictly controlling the pouring process, standardizing the vibration, and timely moisturizing and curing, quality issues such as early cracks, honeycombing, and insufficient strength can be effectively prevented and controlled. Based on the practice of mass concrete pouring for a high-rise residential building, key technological control points suitable for the site are summarized to provide reference for construction quality management.

Keywords : concrete pouring; construction technology; vibration technology

引言

混凝土浇筑是钢筋混凝土施工的核心环节, 决定结构强度、耐久性与外观质量。全流程涉及模板钢筋验收、配制运输、浇筑分层、振捣、养护等要点。实践中因支撑失稳、坍落度失控、振捣不规范、养护不及时导致蜂窝麻面、裂缝、强度不足等质量问题。大体积混凝土温度裂缝、泵送顺畅施工、特殊节点振捣是主要难点。系统梳理技术要点与防控措施, 可提升施工质量管理的系统性与可操作性。

一、混凝土浇筑前准备工作的技术要点

(一) 模板工程检查与验收

模板是混凝土浇筑的成型模具, 其刚度、稳定性、拼缝严密性直接影响混凝土构件的成型质量。浇筑前应重点检查以下内容。模板接缝应严密, 缝隙宽度不大于2毫米, 防止漏浆导致蜂窝麻面。模板支撑系统应经过计算确定, 确保浇筑过程中不发生胀模、跑模。根据《建筑施工模板安全技术规范》JGJ 162-2008的要求, 梁、板模板的挠度不应大于模板跨度的1/400。某高层住宅项目在施工中曾因模板支撑间距过大, 导致楼板浇筑后跨中下挠达15毫米, 超出规范允许值, 最终采取结构加固处理, 造成经济损失约80万元。

(二) 钢筋工程隐蔽验收

钢筋隐蔽工程验收是浇筑前最重要的质量控制环节之一。验收重点包括钢筋的品种、规格、数量、间距、锚固长度、搭接长度等是否符合设计要求。根据 GB 50204-2015 的规定, 钢筋保护层厚度的允许偏差为 ± 5 毫米 (板、墙) 和 ± 10 毫米 (梁、柱)。保护层垫块的布置应合理, 板类构件底层钢筋垫块间距不宜大于1米, 上层钢筋马凳筋的支承能力应满足施工荷载要求。实践中, 因钢筋保护层垫块数量不足或布置不当, 导致混凝土浇筑后钢筋锈蚀的案例并不少见。

(三) 混凝土配制与坍落度控制

混凝土配合比设计应根据结构部位、强度等级、耐久性要求和使用环境进行专项设计。普通混凝土的强度等级从 C15 到 C80

不等，建筑工程中最常用的是 C25 至 C40。泵送混凝土的坍落度一般控制在 140 毫米至 180 毫米之间，坍落度过大容易导致混凝土离析，过小则泵送困难。据某商品混凝土企业的生产数据统计，2023 年该公司供应的混凝土中，因坍落度损失过大导致退料的批次约占 1.2%，因离析导致退料的批次约占 0.8%。因此，高温季节施工时应考虑坍落度损失问题，必要时添加缓凝型减水剂。

二、混凝土浇筑工艺控制要点

（一）浇筑顺序与分层厚度控制

混凝土浇筑应遵循“由低到高、由远及近、分层浇筑、循序渐进”的原则。对于梁板柱同时浇筑的情况，应先浇筑柱混凝土，待柱混凝土沉实后再浇筑梁板混凝土，避免出现“夹渣”质量缺陷。分层浇筑的厚度应根据振捣方式确定：采用插入式振捣器时，浇筑层厚度不宜超过振捣器长度的 1.25 倍，通常控制在 300 毫米至 500 毫米；采用表面振捣器时，浇筑层厚度不宜超过 200 毫米。

某框架结构工程在梁柱节点部位浇筑时，因柱混凝土浇筑高度超过 3 米未采取串筒或溜管措施，导致混凝土离析，硬化后取芯检测发现该部位混凝土强度仅为设计强度的 78%，最终对该节点进行了碳纤维加固处理。这一案例说明，自由倾落高度超过 2 米时应采取缓降措施，超过 3 米时必须使用串筒或溜管^[1]。

（二）浇筑间歇时间与施工缝留设

混凝土运输、浇筑及间歇的全部时间不应超过混凝土的初凝时间。普通硅酸盐水泥配制的混凝土，在气温 20℃ 至 25℃ 条件下，初凝时间一般为 2 至 3 小时。超过初凝时间后继续浇筑，会在新旧混凝土之间形成冷缝，严重影响结构整体性。因此，混凝土浇筑应连续进行，确需留设施工缝时，应按规范要求受剪力较小且便于施工的部位留设。

施工缝的处理质量直接影响结构的抗剪性能和耐久性能。继续浇筑混凝土前，应将施工缝表面的浮浆、松动石子凿除干净，露出坚实基层，并用清水冲洗干净。浇筑前宜先铺一层 10 毫米至 15 毫米厚的水泥砂浆（同配合比去石子），以提高新旧混凝土的粘结强度。GB 50204-2015 规定，施工缝处混凝土的抗压强度应达到 1.2 兆帕以上方可继续浇筑^[2]。

三、混凝土振捣技术要点

（一）振捣设备选型与布置

混凝土振捣的目的是排除混凝土中的气泡，使骨料和水泥浆充分密实，提高混凝土的密实度和强度。常用的振捣设备包括插入式振捣器（振捣棒）、平板振捣器和附着式振捣器。插入式振捣器适用于梁、柱、墙等构件的振捣，平板振捣器适用于楼板等大面积平面的振捣，附着式振捣器适用于薄壁构件和钢筋密集部位的振捣。

振捣棒的选型应根据钢筋间距和构件尺寸确定。钢筋密集部位宜选用小直径振捣棒（如 30 毫米或 25 毫米），以确保振捣棒

能顺利插入钢筋间隙。某剪力墙工程因选用了 50 毫米大直径振捣棒，无法插入钢筋间距仅 80 毫米的剪力墙内，导致墙体混凝土振捣不密实，拆模后发现多处蜂窝和孔洞，最终采取钻孔注浆补强处理，延误工期约 15 天。

（二）振捣操作要点

振捣操作应遵循“快插慢拔、插点均匀、上下抽动”的要领。快插是为了避免混凝土分层离析，慢拔是为了防止振捣棒拔出后形成空洞。振捣点应均匀布置，振捣棒的作用半径一般为 300 毫米至 400 毫米，振捣点间距不宜大于作用半径的 1.5 倍，即 450 毫米至 600 毫米。振捣时间应适当，一般每点为 10 秒至 30 秒，以混凝土表面不再显著下沉、不再出现气泡、表面泛出灰浆为准。振捣时间过长容易导致混凝土离析，时间过短则振捣不密实^[3]。

振捣时应避免振捣棒撞击钢筋和预埋件，防止钢筋移位或预埋件脱落。分层浇筑时，振捣棒应插入下层混凝土 50 毫米至 100 毫米，以消除层间冷缝。对于梁柱节点、剪力墙底部等钢筋密集、空间狭窄的部位，可采用小型振捣棒配合人工插捣，确保混凝土密实。

四、特殊部位混凝土浇筑技术要点

（一）大体积混凝土浇筑

大体积混凝土是指混凝土结构物实体最小尺寸不小于 1 米的混凝土，或预计会因水泥水化热引起混凝土内外温差过大而导致裂缝的混凝土。大体积混凝土浇筑的核心问题是温度裂缝控制。水泥水化热会使混凝土内部温度急剧升高，而表面散热较快，形成较大的内外温差，当温差超过 25℃ 时，混凝土表面容易产生裂缝。

温度控制措施主要包括以下几个方面。选用中低热水泥（如矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥），降低水化热峰值。在混凝土中掺加粉煤灰或矿粉，替代部分水泥，减少水泥用量。控制混凝土入模温度，高温季节施工时应应对骨料进行遮阳降温，必要时使用冰水拌制混凝土。采用分层浇筑、薄层推进的浇筑方式，增加散热面积。某大型商业综合体项目的基础底板厚度达 2.5 米，混凝土浇筑量约 4800 立方米。该项目通过优化配合比（掺加 30% 粉煤灰和 10% 矿粉）、控制入模温度在 28℃ 以下、采用循环水冷却等措施，将混凝土内部最高温度控制在 68℃，内外温差控制在 22℃ 以内，浇筑后未出现有害温度裂缝。

（二）高性能混凝土的泵送与浇筑

随着泵送技术在建筑工程中的普及，泵送混凝土的施工工艺也日趋成熟。泵送混凝土的特点是坍落度大、砂率高、胶凝材料用量多，这使其和易性较好，但也更容易出现收缩裂缝。泵送前应先使用同配合比的水泥砂浆润滑泵管和输送管，避免混凝土在管道中阻塞。泵送过程中应保证混凝土供应的连续性，防止停泵时间过长导致管道内混凝土初凝堵管^[4]。

夏季高温季节泵送混凝土施工时，应在输送管上覆盖湿麻袋或草帘，并定时洒水降温，防止混凝土在管道内因温度过高而假凝堵管。某高层住宅项目在 2023 年 7 月施工时，因未及时对泵管

采取降温措施，导致泵管内的混凝土在停机30分钟后发生初凝，造成整条泵管堵塞，清理耗时约6小时，影响混凝土浇筑进度约80立方米。

五、混凝土养护技术要点

（一）养护开始时间的确定

混凝土养护的目的是保持混凝土适宜的温湿度条件，促进水泥水化反应的充分进行，防止混凝土早期失水过快导致开裂。养护开始的时间应根据气温条件和混凝土凝结情况确定。一般在混凝土浇筑完毕后的12小时以内（炎夏季节应缩短至2至3小时）开始覆盖并保湿养护。对于掺加缓凝型外加剂的混凝土，养护开始时间可适当延后，但不应超过24小时。

（二）养护持续时间与保湿措施

养护持续时间对混凝土强度发展和耐久性有重要影响。GB 50204-2015规定，对于采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥配制的混凝土，养护时间不应少于7天；对于掺加缓凝型外加剂或有抗渗要求的混凝土，养护时间不应少于14天。某检测机构对100组不同养护条件下混凝土试块的抗压强度进行对比试验，结果显示：标准养护28天的试块平均强度为设计强度的115%，自然养护（仅覆盖不洒水）的试块平均强度为设计强度的98%，未覆盖养护的试块平均强度仅为设计强度的82%。这一数据直观地说明了养护对混凝土强度的重要影响^[5]。

保湿养护可采用覆盖浇水、塑料薄膜覆盖、喷涂养护剂等方法。覆盖浇水养护应保持混凝土表面始终处于湿润状态，浇水频次应根据气温和风力确定，夏季高温季节一般每2至4小时浇水一次。塑料薄膜覆盖养护适用于面积较大的楼板、路面等，覆盖时应保证薄膜与混凝土表面紧密贴合，边缘用砂袋或土压实，防止被风吹起。对于不便覆盖浇水的高耸结构（如柱、墙），可采用喷涂养护剂的方法，在混凝土表面形成一层保水膜，减少水分蒸发。实际施工中应根据结构特点与环境条件灵活选用。

六、常见质量缺陷及防控措施

（一）蜂窝麻面

蜂窝麻面是指混凝土表面出现类似蜂窝状的孔洞或麻点，主

要原因是混凝土振捣不密实、模板漏浆、混凝土离析等。防控措施包括：严格控制混凝土坍落度，避免离析；模板拼缝严密，支撑牢固；振捣作业规范化，确保无漏振、过振现象；钢筋密集部位选用小直径振捣棒，必要时配合人工插捣。

（二）裂缝

混凝土裂缝分为塑性收缩裂缝、干缩裂缝、温度裂缝、荷载裂缝等类型。塑性收缩裂缝多发生在混凝土浇筑后3至12小时内，表面水分蒸发过快导致，可采取挡风措施减少表面空气流速；干缩裂缝多发生在养护结束后，混凝土内部水分散失引起收缩，应适当延长养护时间并保持表面持续湿润；温度裂缝多发生在大体积混凝土中，内外温差过大引起。防控措施包括：高温季节避开中午时段浇筑，选择早晚气温较低时施工；浇筑后及时覆盖保湿养护，如覆盖塑料薄膜或喷涂养护剂；大体积混凝土采取温控措施，包括预埋冷却水管、控制入模温度；合理配置构造钢筋，提高混凝土的抗裂能力。

（三）强度不足

混凝土强度不足的原因较为复杂，可能涉及原材料质量、配合比设计、施工工艺、养护条件等多个方面。某工程质量检测中心2023年对辖区内86个项目的混凝土强度进行了回弹法检测，结果显示约有7.2%的构件混凝土强度低于设计强度的90%，其中因养护不到位导致的约占45%，因配合比不当导致的约占30%，因振捣不密实导致的约占25%。因此，预防强度不足应采取综合治理措施，从原材料进场检验、配合比设计、施工过程控制到养护管理，每个环节都不能放松。

结束语：混凝土浇筑涉及模板验收、配合比、浇筑分层、振捣、施工缝处理、养护等环节，任一疏漏可致蜂窝麻面、裂缝、强度不足。大体积混凝土需防控温度裂缝，高性能泵送注意坍落度损失与降温，钢筋密集处用小直径振捣棒并配合人工插捣。养护时机与保湿措施对强度发展至关重要。遵循工艺规范，从原材料到成品实施全过程管控，可显著提升结构强度、耐久性与外观质量。施工现场应细化方案，提高浇筑精细化水平。

参考文献

- [1] 高英. 建筑工程混凝土浇筑施工技术要点分析探讨[J]. 砖瓦世界, 2020(6): 76.
- [2] 林凤飞. 建筑工程混凝土浇筑施工技术要点分析[J]. 陶瓷, 2020(11): 95-96.
- [3] 仇爱华. 建筑工程中混凝土浇筑施工技术要点探讨[J]. 砖瓦世界, 2025(11): 25-27.
- [4] 沈欣. 建筑工程中混凝土浇筑施工技术要点分析[J]. 建筑与装饰, 2021(14): 166.
- [5] 陈坤煌. 建筑工程混凝土浇筑施工技术要点分析[J]. 建筑工程技术与设计, 2021(15): 967.

建筑工程检测领域防雷技术的标准化管理 与质量控制路径

王书琪

广东 广州 510800

DOI:10.61369/UAID.2026030035

摘 要： 防雷技术对于房地产工程的安全十分重要，应根据 IEC 和 GB 系列标准建立多层次的防护体系。其管理要将风险评估和技术实施相结合，通过接地电阻检测、SPD 监控等检测方式，配合全生命周期标准化流程（设计、施工、验收）实现风险管控。在实际实施流程里，能够通过 BIM、物联网等技术去提高检测效能，加强质量把控以及风险预警事宜，确保建筑防雷系统的稳定性。

关 键 词： 防雷技术；标准化管理；质量控制

Standardized Management and Quality Control Path of Lightning Protection Technology in the Field of Construction Engineering Detection

Wang Shuqi

Guangzhou, Guangdong 510800

Abstract： Lightning protection technology is very important for the safety of real estate projects. A multi-level protection system should be established according to IEC and GB series standards. Its management should combine risk assessment with technical implementation, through grounding resistance detection, SPD monitoring and other detection methods, with the whole life cycle standardization process (design, construction, acceptance) to achieve risk management and control. In the actual implementation process, BIM, Internet of Things and other technologies can be used to improve the detection efficiency, strengthen quality control and risk early warning, and ensure the stability of the building lightning protection system.

Keywords： lightning protection technology; standardized management; quality control

引言

防雷技术是确保房地产项目安全运转的主要因素，其应用效果直接关系到居民的生命财产安全以及建筑功能的稳固性。随着建筑高度的增加以及电子系统的繁杂化，针对雷击风险的防控要求更为急切。我国建立以《建筑物防雷设计规范》（GB50057-2010）为核心的标准体系，2022 年住房和城乡建设部颁布的《关于加强房屋建筑工程防雷管理工作的通知》进一步清楚防雷检测以及全生命周期管理的要求，为行业的规范化发展提供政策支持。在此背景状况下，深度研究防雷技术的标准化管控以及质量把控方法，对于整合检测流程、强化风险预警、提高工程防雷系统的可靠性具备主要的理论和实践意义，同时也为应对复杂建筑场景中的雷击隐患给出科学的解决办法。

一、房地产工程中防雷技术的基本框架

（一）防雷技术的重要性和标准体系

防雷技术在房地产项目里保障建筑物的稳定与安全运转，其主要功能体现在两个方面：一是通过直击雷防护系统（包括接闪器、引下线、接地装置）以及感应雷防护手段（浪涌保护器）建立多层次的防护方案；二是降低雷击引发的火灾、设备损坏等事故，保障居民的安全。在全球范围内建立较为完备的标准化体

系，国际上把 IEC 62305 系列标准当作典型示例，清晰定义雷击风险评估和防护措施分级的有关要求^[1]；国内将《建筑物防雷设计规范》（GB 50057）作为主要核心，再结合《建筑物电子信息系統防雷技术规范》（GB 50343）等，针对防雷类别划分、接地电阻参数等作出详细规定，为防雷工程的实施提供科学的根据。

（二）风险管理与技术管理的关联

防雷技术里的风险管理以风险辨认与评定为基础，要结合项目所处区域的雷电活动参量、建筑构造特性，辨认出像直击雷、

感应雷这类风险并开展定量评定，为技术管理提供决策根据。技术管理应将防雷标准融入工程整个生命周期，从设计环节的参数运算，到施工环节的质量管控，再到验收环节的测试核实，都通过标准化实现风险防控。两者的联系表现为风险评估成果指引技术方案改进，技术管控保障风险控制措施落实，比如根据 GB 50057 设计接地装置时，要结合雷暴日数量对接地电阻参数予以调整^[2]。通过建立联动体系，把风险防控融入技术执行各步骤，实现从辨识到落实的闭环式管理。

二、建筑工程检测中的防雷技术应用现状

（一）检测方法与技术实施

防雷装置检测把接地电阻测试当作主要手段，采用四极法或者钳形接地电阻仪来测定接地电阻数值，保证符合 GB/T 21431 - 2023《建筑物雷电防护装置检测技术规范》要求。浪涌保护器（SPD）的监测要对它的残压、泄漏电流还有动作次数进行检测，进一步判断其工作状况。技术执行流程包括前期资料审核、实地检测点位安排、接闪器、引下线以及 SPD 等部件检验、出具检测报告并提出整改意见。当前面临的困境有复杂建筑构造下检测点覆盖不全面、陈旧建筑翻新困难大、不同机构标准执行存在差异。质量管控的主要要点是对设备开展定期校准、人员具备专业资质认证，同时检测数据具有可追溯性。

（二）管理流程与风险控制实践

防雷检测根据 GB/T 21431 - 2023《建筑物雷电防护装置检测技术规范》建立标准化管理流程，包括检测方案拟定、现场数据采集、数据分析以及报告撰写等步骤，监督机制运用第三方抽检和内部审核相融合的方式，文档管理规定原始记录和报告需具备可追溯性^[4]。检测手段能够有效识别接地电阻超出规定、接闪器焊接存在缺陷等风险问题，比如在对某高层楼宇检测时，发觉接闪带和引下线有虚焊现象，经过整改规避电位差导致的危害。管控措施包括加强人员培训以提高缺陷辨别能力，采用红外热成像技术加强隐蔽工程检测的精确程度，建立风险预警机制对异常项目实施实时追踪与闭环处置，确保防雷系统的可靠性。

三、标准化管理与质量控制路径的分析

（一）标准化管理体系构建

1. 管理原则与标准制定

防雷技术标准的规范管控要把合规性作为基础，保证符合国家当下的规范要求，同时重点凸显可操作性，让标准能够直接对现场检测以及施工实践起到指导作用。标准制定流程先对当下防雷技术的主要参数与检测指标进行梳理，像接地电阻临界值、引下线间隔等，参考国内外完善的标准体系；接着通过专家论证和工程反馈来明确适用范围与技术规定，包括高层建筑、商业综合体等不同项目的需求；同时把质量控制的核心要素融入进去，例如检测方法标准化、数据记录规范化以及防雷装置维护周期的确定。在实施阶段要建立动态调整体系，根据气象变动、雷击情形

以及技术改革按时更新标准，并且重视科研单位、检测机构、施工单位等多方面的介入，加强标准的权威性和实用性^[5]。

2. 实施路径与方法

以防雷技术的相关国家规定为根据，结合房地产项目的特性对检测程序、技术参数以及质量标准进行细化，建立包括材料检测、施工监督、竣工验收整个流程的管理措施。在实施措施方面，人员培训重点防雷检测专业技能以及标准阐释，提高对 GB 50057 等规范的执行水平^[6]；资源配备要配置接地电阻测量仪、SPD 性能检测装置等设备，并且建立定期校准的机制；监督体制采用内部审查与第三方评价相融合的方式，对检测数据的真实性、流程的合规状况开展动态监管，同时把检测结果纳入工程风险管理体系，实现标准化管理与风险防控的紧密衔接。

（二）质量控制的核心环节

1. 检测过程的质量保证

在建筑工程检测领域内，防雷技术的标准化管理以及质量控制途径方面，检测流程的质量保障是主要环节之一，其执行成效直接关系到防雷体系的稳定性与工程安全性。数据精确性把控要通过建立多方面验证机制实现，比如针对防雷接地电阻、接闪器规格等主要参数运用双设备同步检测方法，并且结合现场环境要素（像土壤湿度、温度）开展实时校正，保证数据偏差控制在行业标准许可范围之内^[7]。检测参数的校准应遵循定期和不定期相融合的准则，针对像接地电阻测试仪、等电位测试仪这类检测设备进行计量检定工作，校准周期需根据设备的使用频率和精度要求来明确，并且校准记录要归入质量追溯体系。记录管理要对检测流程里的原始数据、仪器状态、环境状况等信息开展实时且规范的电子化保存，防止人工记录出现的误差和篡改隐患，同时建立数据关联系统，让每一项检测数据都能追溯到具体的检测人员、仪器以及时间点。这些质量管控办法通过建立全流程的质量监管网络，确实降低因防雷检测缺失所引发的雷击隐患，为建筑项目的防雷安全提供技术支撑。

2. 风险导向的质量监控

在建筑工程检测领域防雷技术的标准化管理及质量控制途径里，以风险为导向的质量监管是质量控制的主要环节之一。其核心是通过风险概率评估来辨认防雷检测流程中的潜在风险因素，像接地电阻超出标准、接闪器安装有偏差等，进一步根据此建立动态的监控体系。此体系要搭配定期审计和反馈机制，定期审计包括防雷装置的材料特性、施工工艺以及检测数据的准确性，通过抽样检测与实地核查来查验防雷体系的合规性和有效性，而反馈机制需把审计结果转变为具体的改进措施，针对高风险部分（比如雷电频发区域的接地系统）优化检测流程和技术参数。风险概率的评估要全面考虑区域雷电活动的频次、建筑结构类型以及防雷装置的使用年限等要素，对风险发生的可能性和影响领域进行量化，为明确监控重点提供数据根据^[8]。把风险管理嵌入质量监控整个流程，能够实现从被动处理到主动防范的转变，保障

房地产工程防雷系统长时间安全且平稳运行。

四、优化路径与实践建议

（一）路径优化的理论基础

1. 管理模型的应用分析

管理模型的运用分析需以建筑工程检测领域防雷技术的标准化管理和质量管控为重点，参考 PDCA 循环等前沿管理模型的逻辑方法，把它融入防雷技术标准化体系之内。PDCA 循环里的计划（Plan）环节能够对应防雷技术标准的拟定与目标确定，结合房地产项目工程防雷检测的需求，清楚检测流程、技术指标以及质量规范，保证标准符合工程实际情形；执行（Do）环节重点于标准的具体执行，通过培训、技术沟通等途径确保检测人员严格根据标准化流程开展防雷装置检测、接地电阻测定等工作；检查（Check）环节要建立多方面的质量检查机制，对比检测结果和标准规定间的差别，找出防雷技术管理存在的欠缺；处理（Act）环节针对检查中发现问题进行整改，同时把优化方案纳入标准体系，形成管理的闭环循环。此模型的整合方法要重视和房地产工程整个生命周期的关联，从设计时期的防雷方案审核到施工时期的过程监督，再到验收时期的全面评价，都应融入 PDCA 循环的管理理念，借此加强防雷技术管理的系统性与规范性。在实际操作时，可通过引入信息化管理平台实现各阶段数据的实时跟踪与分析，强化 PDCA 循环的执行效能，促使防雷技术标准化管理与质量控制不断改进^[9]。

2. 技术创新的支持策略

在优化途径与实践提议方面，途径优化的理论根据要结合建筑工程检测行业防雷技术特点，以系统理论为方案建立标准化管理和质量控制的协同模式，清楚各环节的关联以及反馈机制，为技术创新运用提供理论支持。在技术创新的扶持策略方面，传感器和物联网技术相结合能够实现防雷检测数据的实时采集与传送，通过智能终端针对防雷装置的接地电阻、浪涌保护器状况等主要参数开展动态监测，在提高检测效率的同时加强风险预警能力。此策略要依靠标准化的数据接口和协议，保障多源数据的互通与整合，建立起从数据采集、分析到决策的闭环管理系统。相关研究显示，物联网技术于防雷检测里的运用能够让检测周期缩减约 30%，并且降低因人为失误造成的漏检风险^[10]。在实际操作时要建立技术应用的标准准则，确定传感器的设置位置、数据传输频次等参量，并且强化检测人员的技术训练，保证新技术和现行管理体系能够实现有效结合，进一步促进防雷技术标准化管理与质量控制路径不断完善。

（二）房地产工程实践案例

1. 成功经验与案例解析

某一线城市的超高层住宅建设项目在防雷技术管理事务里，严格根据 GB 50057-2010《建筑物防雷设计规范》以及地方补充规范，建立设计、施工、检测全流程的标准化系统。项目启动阶段利用 BIM 技术对防雷装置的布置情况进行模拟，对接闪带走向和接地极间距加以优化，使材料浪费减少约 12%；在施工阶段施

行样板先行机制，对防雷引下线焊接、均压环安装等主要工序开展 100% 的旁站监督工作，在检测阶段引入第三方机构同时进行过程检测和竣工检测，把防雷系统的不合格率控制在 0.3% 以下。此案例的成功办法是把标准化要求嵌入各个流程：通过清楚材料进场验收的指标（像接闪器材质厚度、接地电阻阈值）、细化工序操作规范，实现质量管控的可量化；并且建立风险预警机制，针对雷电多发区域增添接地极数量，在降低雷击风险的同时，防止后期整改费用超出预算。该模式于同类住宅项目里具备较强的适用性，特别适用于地质状况复杂、雷电活动较为频繁的地区，不过要结合项目的实际情况对接地系统的设计参数进行调整，以此保证标准化管理和现场条件的适配度。

2. 实施挑战与改进方案

在房地产项目工程防雷检测的具体操作环节，常见的问题有资源投入欠缺以及标准执行不一致。一些项目由于成本管控削减检测环节费用，造成专业设备配置不足、检测人员资质不佳，难以达到 GB 50057-2010《建筑物防雷设计规范》等标准规定；不同区域的检测机构对标准条款的理解存在差异，导致同一项目在不同时期的检测结果缺乏连贯性，加大后期整改的困难。针对此前提出的问题，改进策略要从政策和技术这两个方面协同推进实施。在政策领域，要促使地方住建部门把防雷检测归入房地产工程全流程监管方案，清楚检测步骤与合格准则，针对达标的项目提供绿色建筑认证加分等奖励；从技术方面而言，引入物联网监测装置实现防雷装置实时数据收集，结合 BIM 技术建立防雷系统数字化模型，提高检测精准度与效率。某住宅项目建立检测、反馈、整改的闭环体系，在施工环节纳入防雷隐蔽工程分阶段检测工作，最终防雷验收一次通过的占比提高 35%，这表明标准化管理与技术改革具备可行性。

（三）工程风险管理的整合路径

1. 风险管理框架构建

在优化措施与实践提议方面，工程风险管理的整合措施要围绕建筑工程检测领域防雷技术的规范化管理与质量把控来开展，风险管理框方案建应把防雷技术风险纳入整体工程风险体系。首先要建立包括防雷技术整个生命周期的风险矩阵，结合防雷检测的主要要点，像接闪器装设、接地电阻测定、SPD 选型等，确定不同风险等级所对应的的影响程度和发生概率。比如把接地电阻超出标准列为高风险项目，它或许会引发雷击事件，进一步造成结构损坏或者设备发生故障。要建立动态监测指标系统，实时跟踪防雷装置的性能参量，像接地电阻数值、SPD 残压等，保证数据收集的及时性与准确性。此框架要和房地产项目质量管控流程充分融合，把防雷技术风险指标嵌入到项目推进的各个环节，像主体结建造时期的接地系统检查、竣工检验时期的防雷装置全面检测，实现风险预警和质量控制的同步开展。

2. 风险防范的质量强化

在优化途径与实施建议里，工程风险管理的整合办法要贯穿建筑工程检测的整个流程，把防雷技术检测和整体工程风险管理体系进行深度融合，通过建立跨部门协作机制，实现检测数据和风险评估的实时交互，保证防雷检测环节的风险识别和工程整体

风险管控同步开展。提高风险防控的水平，需重点运用以风险为指引的质量管理模式，建立通过防雷技术特性的前瞻性监测体系。通过设定主要参数的边界值（比如接地电阻动态监测、接闪器腐蚀速率预警等），预先识别潜藏的风险点。拟定具备针对性的应急计划，清晰划定防雷检测出现异常状况时的响应程序，包括紧急复测的制度、技术方案的变更方法以及责任主体的确定，从而保证在风险事件出现时能够迅速展开处理工作。

五、总结

防雷技术于建筑工程检测领域的标准化管理及质量控制途径研究，主要成果专注于建立系统的标准体系和全流程质量管控机

制。此路径经由清晰界定检测技术准则、统一检测程序以及评估规范，实现防雷检测工作的规范化与可追溯特性，为房地产项目的安全建立技术支撑。其主要意义体现在三个方面：一是提高工程安全程度，确实降低因雷击导致的结构损坏和电气故障发生的几率；二是健全风险管控体系，依靠标准化检测提前察觉潜在的隐患，减少后期整改费用和安全事故出现的可能性；三是加强技术管理工作，推动检测机构和施工单位建立协同机制，促使防雷技术在工程整个生命周期中得以落实。

参考文献

[1]张敏.ZQ电厂运行班组安全生产标准化管理改进研究[D].广东工业大学,2023.

[2]纪晓艳.基于管理标准化方法的F餐饮公司供应链优化研究[D].青岛大学,2022.

[3]郭弘.基于需求导向的标准化管理在腔镜手术配合中的应用研究[D].山西医科大学,2023.

[4]张智超.建筑工程项目施工质量控制体系优化研究[D].东南大学,2022.

[5]黄建伟.A电源公司的生产计划与质量控制管理问题研究[D].上海财经大学,2023.

[6]陆伟.建筑物防雷工程施工质量的监督与管理研究[J].散装水泥,2026,(01):182-184.

[7]何佳明.气象数据驱动的建筑雷电防护效能分析[J].科技创新与应用,2025,15(25):107-110.

[8]李光曦,蔡雄飞,熊光,等.文保建筑物修缮保护防雷设计要点分析[J].现代建筑电气,2025,16(06):30-34+38.

[9]郑慧丹.建筑物防雷设计要点及防雷检测常见问题研究[J].全面腐蚀控制,2025,39(04):95-97.

[10]李西军,曹连德,王斌.高层建筑电气防雷接地施工技术研究[J].灯与照明,2025,49(02):145-147.

存量建筑结构模型还原与荷载耦合作用下 承载力达标性检测分析

李龙山

广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030036

摘 要： 本论文针对既有建筑结构，全面研究模型复原与荷载耦合效应下的承载力达标状况检测。提出多源数据融合的精准化建模技术，整合现场检测、历史档案以及数值模拟来提高模型精准度；建立多荷载协同作用下的模型，揭示耦合效应下内力的分布规律；结合静动态检测与工程实例验证方法的有效性，为存量建筑的安全评估提供可靠的技术支撑，实现理论与实践的双重突破。

关 键 词： 存量建筑；模型还原；荷载耦合

Restoration of Existing Building Structural Models and Analysis of Bearing Capacity Compliance Testing under Load Coupling

Li Longshan

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： This paper comprehensively studies the detection of bearing capacity compliance under the coupling effect of model restoration and load on existing building structures. Propose precise modeling techniques for multi-source data fusion, integrating on-site detection, historical archives, and numerical simulations to improve model accuracy; Establish a model under the synergistic effect of multiple loads to reveal the distribution law of internal forces under coupling effects; By combining static and dynamic detection with engineering case verification methods, reliable technical support is provided for the safety assessment of existing buildings, achieving a dual breakthrough in theory and practice.

Keywords： existing buildings; model restoration; load coupling

引言

随着我国城市更新战略的持续推进，既有建筑的安全性能评估与改造升级为行业关注重点。2022年施行的《既有建筑维护与改造通用规范》（GB 55022-2022）明确规定对既有建筑结构承载能力开展精确检测，为后续相关工作提供规范引导。既有建筑结构模型重建要整合现场检测数据和数字化建模方法，搭建体现实际状况的精准化数值模型；荷载耦合作用机制的研究会揭示多源荷载（恒载、活载、地震等）协同效应给结构内力分布带来的影响，这两者共同形成承载力达标性检测的主要基础。文章围绕模型还原原理、荷载耦合分析及检测方法开展系统研究，目的是为存量建筑安全评定与改造提供科学支撑，以促进城市更新行动的高质量推进。

一、存量建筑结构模型还原基础

（一）模型还原理论基础

存量建筑结构模型复原是根据既有建筑实际状况建立精确数值模型的流程，其理论方案要整合结构特征提取与数值建模准则。结构特性提取要通过现场检测来获取材料性能、几何参数以及损伤状态等主要信息，例如混凝土强度回弹测试、钢筋锈蚀程度评定等，这些数据是模型复原的基础^[1]。数值建模的原理是根据结构力学和有限元理论，把提取的特征参数转变为能够计算的模型参数，包括单元类型的挑选、边界条件的设定以及荷载工况的模拟等。模型复原于承载力分析里的重要意义表现为，仅依靠

设计图纸建立的模型难以体现结构服役之后的性能衰退，而复原模型能够更真切地模拟结构实际的受力状况，为承载力达标性检测提供可靠的根据。通过理论框架的支持，模型复原能够实现从物理构造到数值模型的精确映射，保障后续荷载耦合作用分析的精确性。

（二）模型还原技术实现

存量建筑结构模型复原基础里的模型复原技术实现，要结合非接触式量测与数字化建模办法，来精确显示结构实际状况。激光扫描技术通过发射激光束来获取结构表面的点云数据，能够迅速捕捉构件的尺寸、空间位置以及损伤特征。其操作步骤包括现场扫描路径的规划、点云数据的采集与去噪处理，经过配准和拼

接之后生成三维点云模型，为后续的结构几何建模奠定基础^[2]。BIM 技术通过点云数据开展构件参数化建模工作，把结构构件的几何信息、材料属性以及连接方式整合成数字化模型。同时结合现场检测所获得的材料强度、钢筋配置等数据，对模型的力学参数予以补充，让模型能够更真切地体现结构的承载力特性。操作时要通过点云与 BIM 模型的拟合验证，校正建模偏差，保证模型和实际结构相符，为后续荷载耦合作用时的承载力分析提供可靠的数字化基础。

二、荷载耦合作用下的承载力建模

（一）荷载耦合作用机理

荷载耦合作用原理是存量建筑结构承载力建模的主要部分，要关注多源荷载（风、地震、活载等）的相互影响机制与临界组合形式。风荷载和地震作用的耦合通常体现为动力效应叠加，风致震动或许会放大地震响应的峰值加速度，而地震引发的结构变形又会改变风荷载的分布样式，二者的相位差与频率耦合特性直接影响结构内力的分布规则^[3]。活荷载当作静力荷载时，其空间分布的随机性会和动力荷载（风、地震）构成非线性组合，比如楼面活荷载的局部聚集或许会加重结构薄弱之处在地震作用下的应力集中。临界荷载组合方式要考虑荷载的概率分布特性，通过可靠度理论明确不同荷载组合的超越概率，比如风荷载和地震作用的组合要根据极值统计模型分析二者同时作用的概率界限，而活载和风荷载的组合则需结合时程分析手段模拟荷载的动态叠加进程。多源荷载的耦合并非单纯线性累加，而是通过结构的动力特性产生协同或抵消作用，要通过数值模拟和试验验证来揭示其内在机制，为承载力建模提供理论支撑。

（二）承载力数学建模

在荷载耦合效应下开展承载力建模时，要考虑存量建筑结构的复杂特性，搭建多荷载协同作用的数学模型。首先根据结构力学的基本原理，把恒载、活载、风荷载以及地震作用等荷载效应予以耦合，建立考虑荷载组合系数的极限状态方程式，通过引入荷载效应组合系数矩阵，实现不同荷载工况时的内力叠加分析。运用有限元模拟技术时，要对既有建筑的材料参数、几何尺寸以及边界条件开展精确还原，结合实测数据对模型做参数优化，例如通过灵敏度分析来调整混凝土弹性模量、钢筋屈服强度等主要参数，从而提高模型和实际结构的符合度。引入可靠度理论来对模型开展验证工作，计算承载力极限状态时的可靠指标，保证模型在荷载耦合作用时的准确性和安全性^[4]。在模型搭建进程中要全面考量存量建筑的材料老化、构件损坏等要素，通过引入损伤系数来修正承载力计算式，让数学模型更符合实际服役情形下的结构反应，为后续承载力达标的检测提供科学支撑。

三、承载力达标性检测分析

（一）评估指标体系

1. 承载力关键指标

在存量建筑的结构模型还原以及荷载耦合作用影响下的承载

力达标性检测分析里，承载力的主要指标属于评估结构安全状况的核心根据，要结合结构特性与荷载耦合场景来界定定量指标。极限承载强度作为重要指标之一，是指结构在荷载共同作用下（像恒载和活载叠加、静载与动载组合）能够承受的最大荷载数值，该数值要通过模型还原后的力学分析来确定，直接体现结构抵抗破坏的能力^[5]。安全余量是结构实际承载能力和设计荷载或者使用荷载的差值和设计荷载的比率，此指标要考虑模型还原的精准度（像材料参数误差、几何尺寸偏差）以及荷载耦合的不确定性，通过量化分析确定结构在正常使用和极限状态时的安全储备。另外变形限制指标（像层间位移角、构件挠度）同样要纳入主要指标体系，原因是荷载耦合作用时的变形超出限值或许会导致结构功能失效，甚至引发连锁性破坏。这些指标要根据模型还原的精确性以及荷载耦合的动态特征开展动态调节，保证检测分析的结果能够确实体现存量建筑的承载力达标状况，为后续的加固或者维护提供科学的根据。

2. 达标判定标准

承载力达标状况检测分析通过科学完善的评估指标体系和严谨的达标判定准则，对存量建筑结构安全状态予以精准量化评估，为结构安全管控提供可靠依据。评估指标体系涵盖核心静态指标与关键动态指标，其中静态指标包括结构关键部位的应力、形变及裂缝宽度，直接反映结构当前受力状态和损伤程度；动态指标则引入荷载效应比、延性系数等，结合结构动力学特性，全面考量结构在不同荷载作用下的受力响应规律，确保评估指标与结构类型、实际荷载工况高度匹配，提升评估的针对性和准确性。达标判定准则主要包括规范阈值设定与失效模式评估两部分：阈值设定以现行建筑结构设计规范的限值为基础，充分考量建筑使用过程中材料老化、环境侵蚀导致的材料退化，以及长期荷载作用下的损伤累积效应，通过数值模拟分析与现场实测数据相互校准，确定合理的判定阈值；失效模式评估针对框架、剪力墙、砌体等不同结构体系，精准识别典型失效路径，结合多荷载耦合作用下的内力重分布特性，明确结构从局部构件损伤、性能劣化到整体失稳破坏的临界状态，为存量建筑安全评估、隐患排查及加固改造提供坚实的技术支撑^[6]。

（二）检测技术方法

1. 静态检测技术

静态检测方法通过模拟真实荷载响应来评定结构承载能力。实验设计要结合荷载耦合特征，明确加载形式与量级，保证工况和实际相符。收集位移、应变信息，记载主要位置变形和裂缝。此案例里某框架结构在恒荷载和风荷载共同作用下，梁的应变没有超出限值，不过节点处出现细微裂缝。此技术对耦合荷载作用下的承载性能进行量化，为安全评估和加固工作提供直接的参考根据，要结合模型开展还原综合分析^[7]。

2. 动态检测技术

动态监测技术通过捕捉结构在荷载耦合作用下的动力反应，实现承载力的实时评定。执行流程包括：于主要位置布置加速度计、应变计等，收集恒载和活载耦合时的振动、应变信息；通过模态分析确定固有频率、阻尼比等参量，反推结构刚度与承载力

的动态改变。此技术打破静态检测的限制，能够实时体现荷载耦合时承载力的变化，特别适合地震、风载和使用荷载耦合的工况。研究显示它可有效捕获非线性响应，为既有建筑承载力达标性分析提供精确动态数据支撑^[8]。

四、案例研究与验证

（一）案例背景与数据准备

1. 案例对象选择

挑选2005年建成的某6层钢筋混凝土框架结构办公楼作为案例，该办公楼处于7度区，柱网尺寸为6m×6m，梁的截面是250mm×500mm，柱的截面为400mm×400mm，已投入使用18年。搜集设计阶段的恒载、活载、施工荷载以及近10年使用荷载的变动信息。此建筑保存有完整的设计图纸、施工记录以及验收资料，能够通过现场回弹和钢筋扫描来获取材料和配筋方面的信息，再结合历史荷载数据建立精确的有限元模型，符合承载力达标性检测的条件^[9]。

2. 数据采集与处理

选择2005年建造的框架办公楼作为案例，围绕功能改造实施承载力检测。数据收集阶段，在梁端、柱顶等主要位置布置光纤光栅应变计以及振动传感器，取得荷载耦合响应。数据处理运用小波去噪和卡尔曼滤波手段，去除干扰同时对时程数据进行动态校正。根据竣工图纸、材料试验及无损检测成果，通过BIM建立精细化有限元模型，输入荷载耦合数据开展时程分析，为承载力达标状况评估提供可靠根据。

（二）模型应用与仿真实施

1. 模型还原具体过程

以2005年框架式办公楼为例，模型复原过程：运用三维激光扫描（精度±3mm）来获取点云数据，经过处理之后建立BIM模型，再结合图纸并通过钻芯来修正材料参数。检测到梁的尺寸偏差为±5%，保护层厚度减少10mm，经修正后的模型误差可控制在8%以内。初步评估表明，恒活荷载作用下底层柱的轴压比为0.72（限值0.8），边梁的承载力储备系数是1.15，这为后续的荷载耦合分析提供精确的基准。

2. 荷载耦合加载模拟

挑选2000年建成的框架式办公楼，根据检测数据建立精细化有限元模型（考量节点刚接以及楼板刚度）。同时施加恒载、

活载（2.0kN/m²）、地震（8度，El Centro波）以及温度荷载（±25℃）。结果表明：底层角柱在地震和温度共同作用时，混凝土压应力达到32.5MPa（接近C30限值），钢筋屈服应变是0.0025，产生塑性铰；顶层梁端在活载和温度共同影响下，承载力富余系数降低至1.05。与单一荷载相比，耦合作用让主要部位的承载力需求提高15%–22%，揭示出多元荷载的叠加效应。

（三）检测结果与分析讨论

1. 承载力检测结果

挑选2005年竣工的钢筋混凝土框架式办公楼，因为功能改造的需求，要验证荷载耦合状况下的承载能力。经静载试验与有限元模型还原分析，实际测量框架梁的受弯承载能力为125kN·m（设计数值130kN·m，偏差3.8%），柱的轴压承载能力达2800kN（设计数值2700kN，超出3.7%），节点的受剪承载能力是320kN（设计数值300kN），均符合规范规定。恒活荷载共同作用时，梁端剪力相比设计值提高8%，不过仍然低于极限承载力的90%。整体承载能力达标率在95%以上，这显示出模型还原与耦合分析手段能够有效核验存量建筑改造之后的安全使用要求。

2. 结果讨论与验证

挑选2005年建成的框架式办公楼，根据现场检测数据建立有限元还原模型，动力特性误差小于5%。在恒载和新增活载共同作用下，部分梁端以及柱底的应力接近限定值，其中三层的某根梁应力达到设计值的92%，存在局部承载能力不足的风险。模型计算所得结果和荷载试验的偏差小于8%，可有效识别出薄弱部位。但未考量材料老化的非线性作用，后续应引入时变参数并整合实时监测数据，从而提高分析精准度与安全性评估效能^[10]。

五、总结

本文专注存量建筑结构模型还原与荷载耦合承载力检测开展研究，提出通过多源数据融合的精细化建模方法，整合现场检测、历史档案以及数值模拟，解决信息缺失和精度不够的问题；建立考虑恒载、活载以及环境荷载协同作用的耦合效应模型，揭示不同荷载组合情形下的内力分布规律。经由实际工程项目，证实该方法具备准确性和有效性。未来能够将机器学习和物联网相结合，实现结构状态的实时监测，并且深入开展极端荷载工况的研究，提高检测的精准度与时效性。

参考文献

- [1]高津津. 温度与风荷载耦合下玻璃幕墙破坏机理与智能预警研究[D]. 山东科技大学, 2022.
- [2]章科. 溶蚀-荷载耦合作用下混凝土结构的非线性分析[D]. 浙江工业大学, 2022.
- [3]祁泽昊. 荷载与温度耦合作用下能量桩承载性能研究[D]. 吉林大学, 2022.
- [4]石萃卿. 海水与荷载耦合作用下FRP筋与ASSC界面粘结耐久性研究[D]. 广东工业大学, 2022.
- [5]元振. 多筒吸力桩基础单调与循环荷载作用下承载力与变形数值分析[D]. 大连理工大学, 2023.
- [6]徐鹏, 钟耀, 马昊达, 等. 条形荷载作用下加筋土挡墙承载力上限分析[J]. 铁道工程学报, 2023, 40(03): 14–19.
- [7]姜瑛, 元振, 曹永, 等. 多向荷载耦合作用下复合基础承载特性分析[J]. 东北石油大学学报, 2024, 48(01): 107–118+12.
- [8]魏艳红, 苏销淇, 张建, 等. 边坡降雨和动荷载耦合作用下模型试验研究[J]. 宁波大学学报(理工版), 2024, 37(03): 96–103.
- [9]郭颖. 存量时代中小学校更新策略研究——以广州市中小学校基础设施建设项目为例[J]. 建筑技艺(中英文), 2024, (S1): 71–73.
- [10]张广泰, 李雪藩, 鲁海波, 等. 冷热-荷载耦合下锂渣混凝土梁的受弯承载力[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2022, 50(07): 991–997.

绿色建筑背景下建筑幕墙设计的节能性能优化路径探析

陆明波

广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030037

摘 要： 在绿色建筑的大背景之下，建筑幕墙朝着生态表皮方向转变，需要将被动节能策略与主动技术进行整合。开展设计时结合地域气候对参数（像传热系数、遮阳系数）予以优化，运用高性能材料以及断热桥构造，整合智能控制系统和BIM技术。通过国内外实际案例对系统集成的节能成效进行验证，其在经济和环境方面均展现出明显效益，促使幕墙由被动节能朝着主动智能节能方向转变，为实现绿色建筑目标提供帮助。

关 键 词： 绿色建筑；建筑幕墙；节能设计

Energy Saving Performance Optimization Path of Building Curtain Wall Design under the Background of Green Building

Lu Mingbo

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： Under the background of green building, the building curtain wall is changing towards the direction of ecological skin, which requires the integration of passive energy-saving strategy and active technology. During the design, the parameters (such as heat transfer coefficient and shading coefficient) are optimized in combination with the regional climate, high-performance materials and heat break bridge structure are used, and intelligent control system and BIM Technology are integrated. The energy-saving effect of system integration is verified by actual cases at home and abroad, which shows obvious benefits in terms of economy and environment, and promotes the transformation of curtain wall from passive energy-saving to active intelligent energy-saving, providing help for the realization of green building goals.

Keywords： green building; building curtain wall; energy saving design

引言

随着全球碳中和目标的推行，建筑幕墙身为建筑围护结构的核心构件，其节能性能的优化已然成为绿色建筑发展的主要话题。2022年发布的《十四五建筑节能与绿色建筑发展规划》清晰指出，要提高建筑围护结构的热工性能，促进光伏建筑一体化等技术的运用，为建筑行业碳减排提供帮助。传统幕墙设计主要关注美学和结构安全，较难符合新时代的节能要求。在绿色建筑的大背景下，幕墙要融合被动式节能策略和主动智能技术，实现热工性能、视觉舒适度以及可再生能源利用的多目标协同。文章通过梳理节能原理、技术情况以及国内外典型实例，研究设计参数优化、智能控制系统整合等途径，为幕墙节能设计提供理论支持与实践参考，促进建筑幕墙朝着低能耗、智能化方向转变，帮助绿色建筑目标实现。

一、建筑幕墙设计概述

（一）绿色建筑背景下的建筑幕墙设计概念

绿色建筑观念以全生命周期资源高效运用、环境负荷最低化及人居质量提高为核心，促使幕墙由传统围护部件向生态调节型建筑外皮转变。常规幕墙设计大多关注美学和结构安全，在绿色建筑的背景下，设计要融合被动式节能和主动式技术，建立生态表皮系统。幕墙作为建筑物和外部环境的分界，通过材料挑选、构造改良以及技术整合，实现自然采光和通风的充分运用，同时

减少建筑能耗与碳排放。举例而言高性能 Low-E 玻璃、光伏一体化组件以及动态遮阳系统的运用，要根据地域气候特性开展参数化设计，权衡采光需求和热损失管控。该概念推动幕墙设计由单一功能朝着多目标协同的方向转变，为提高建筑整体节能性能提供主要支撑^[1]。

（二）幕墙设计在节能建筑中的功能定位

幕墙身为建筑围护结构的主要部分，直接作用于建筑整体能耗以及室内热环境品质。经由恰当的材料挑选、构造规划与技术整合，幕墙能够确实降低建筑在采暖、制冷以及照明方面的能

耗,是实现建筑节能目的的主要步骤。当代节能幕墙要兼顾透光性和隔热功能,通过优化玻璃种类、框架材质以及密封体系,减少热量传导与空气渗漏,降低空调系统负载^[2]。幕墙设计要结合气候区域特征,通过遮阳体系、自然通风这类被动式设计方法提高能源利用效能。幕墙的节能性能要和建筑整体设计相符合,运用数字化模拟技术来优化设计参数,保证全生命周期的节能效益实现最大化。

二、节能性能理论与技术

(一) 节能原理与指标体系

建筑节能的根本原理是以热力学定律作为根据,通过减少能耗需求以及提高能源利用效率实现节能目的。幕墙节能的原理是围绕降低热量传递来进行的,包括对传热、辐射以及空气渗透的控制。在传热领域,通过优化热工特性来降低冬季热量散失以及夏季热量传入;在辐射领域,运用遮阳体系减少太阳辐射热的进入;在空气渗透方面,通过提高气密性来降低室内外的热交换。性能指标体系可为节能设计给出定量参考,常见指标包括传热系数、遮阳系数、可见光透射比、气密性等等级。热传递系数越低,保温特性越好;遮阳系数越小,遮阳特性越优;可见光透射比要在节能和采光之间实现平衡^[3]。

(二) 建筑节能技术现状及趋势

当下建筑节能技术已建立多方面应用格局,围护结构保温隔热工艺通过真空玻璃、相变材料等运用,把传热系数降低至0.8–1.2 W/(m²·K)^[4]。可再利用能源集成技术像光伏幕墙的普及程度逐年提高,部分绿色建筑可再利用能源的使用率达到20%以上。智能控制技术通过BIM和传感器协同运作,让空调系统能耗下降15%–25%。未来发展关注技术协同与智能走向,把主动节能和被动设计充分结合,通过AI算法对能源调度进行优化。零碳建筑技术系统会成为主要方向,通过整合光伏与建筑一体化、地源热泵等技术,促使建筑行业朝着碳中和目标前行。

三、建筑幕墙设计的节能优化策略

(一) 设计参数优化

1. 材料选择与结构设计优化

设计参数的优化要根据气候区热工要求对传热系数、遮阳系数等指标加以调整,通过模拟软件对窗墙比进行优化。在材料挑选方面,具备高性能的Low-E玻璃、真空玻璃能够有效降低传热损耗,保温特性出色的金属复合板可加强热工性能。结构设计重点进行断热桥构造,降低冷桥现象,配备可调控的遮阳体系,动态适配太阳角度的改变。双层幕墙体系通过空气间层的热缓冲效应来降低建筑物能耗,其通风方式要与自然通风策略相结合。材料和结构协同开展优化工作,要通过全生命周期评估,同时兼顾节能需求与经济可持续性^[5]。

2. 能耗模拟与性能预测

能耗模拟方法通过建立建筑能耗模型,针对幕墙热工特性、

采光效能开展定量分析,预估不同方案情形下的能耗状况以及节能潜力^[6]。通过调节传热系数、遮阳系数、玻璃种类等参数,运用模拟工具分析不同搭配对全年能耗的作用,挑选出最优设计方案。效能预估根据模拟成果评定实际节能成效,给设计抉择提供数据支撑,保证设计规划符合绿色建筑规范,促使幕墙朝着低能耗、高舒适的方向迈进。

(二) 系统集成与智能控制

1. 智能控制系统在能耗管理中的应用

智能控制体系通过整合环境传感器、幕墙执行部件以及中央控制单元,建立起闭环控制系统。当光照强度超出阈值时,自动对遮阳百叶的角度进行调节,以减少辐射热。在夜间根据温差来控制通风口的开启,通过自然通风。有办公建筑实例表明,运用智能控制系统之后,幕墙能耗下降约25%,热舒适度提高18%^[7]。系统通过数据挖掘来分析能耗规律,对季节性能耗需求进行预测并提前优化策略,实现幕墙能耗的精细化管控,还与建筑能源管理系统开展集成,促使幕墙由被动节能向主动智能节能转型。

2. 建筑信息模型在设计优化中的应用

BIM技术通过搭建包括几何、材料、性能等多方面数据的参数化模型,为幕墙节能优化提供集成化的平台。设计环节能够实现多专业协同作业,通过参数化手段对材料热传导系数、遮阳构件角度等加以调整,同时模拟不同方案的能耗指标。通过BIM能耗模拟插件能够精确算出年空调负荷,经过迭代调节双层幕墙空腔厚度或者通风策略,使建筑能耗降低15%以上^[8]。BIM可实现全生命周期数据的动态更新,从设计前期评估到施工预制精准度把控,再到运营阶段能耗监测,建立起闭环优化系统,提高幕墙长期节能成效。

四、案例分析及应用实践

(一) 国内外案例对比分析

1. 国内绿色建筑幕墙设计案例解析

国内绿色建筑幕墙设计案例分析专注典型项目的节能实践情况,以深圳平安金融中心作为例子,其双层呼吸式幕墙体系通过内层玻璃和外层穿孔金属板构成空气间层,夏季运用自然通风把热量带走,冬季封闭间层降低热损失,搭配光伏玻璃幕墙年发电量可达1.2万度,相较于传统幕墙节能率提高35%^[9]。上海中心大厦运用单元式玻璃幕墙,通过Low-E玻璃(传热系数0.8W/(m²·K))和遮阳百叶的联合控制,实现夏季遮阳率超60%,冬季透光率提高25%,年空调能耗减少22%。北京中国尊大楼的光伏幕墙和通风系统的集成设计,把光伏板当作幕墙的外层材料,在发电的同时通过背板通风通道来调节室内温度,每年的节能效益达到400万元,证实幕墙材料与系统集成对节能性能的提高功效。这些事例显示,国内绿色幕墙设计已从单纯材料挑选转变为系统集成优化,通过被动式设计和主动技术的融合,实现节能目的与建筑功能的协同。

2. 国外节能幕墙设计成功经验

国外节能幕墙设计的成功案例重点展现为技术整合和地域适

配性的紧密融合。德国柏林索尼中心运用双层呼吸式幕墙，通过内层玻璃和外层玻璃之间的空气腔建立自然通风体系。在夏季利用热压效应将热空气排出；到冬季关闭通风口以形成保温层。其传热系数K值低至 $1.5\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，相较于传统幕墙节能约35%^[10]。日本东京晴空塔的单元式幕墙运用高性能Low-E玻璃和真空层构造，搭配光伏玻璃组件，在实现透光要求的同时实现太阳能发电，年发电量为幕墙面积的8%，进一步减少建筑能耗。美国芝加哥水塔广场大厦通过动态遮阳系统和智能控制系统协同运作，根据实时的太阳辐射强度自动调整遮阳百叶的角度，确实降低夏季空调的负荷，经检测其节能效果达到LEED白金级认证标准。这些实例的共同之处是把被动式节能技术（像双层幕墙、遮阳体系）和主动式技术（例如光伏集成、智能管控）相融合，并且全面考量气候特性开展有针对性的设计，为绿色建筑幕墙的节能优化给出可参考的技术途径与实践模式。

（二）技术应用与实施效果评估

1. 节能技术在幕墙工程中的应用效果

以位于上海的某超高层办公楼幕墙项目为例，此项目运用双层呼吸式幕墙搭配Low-E中空玻璃技术。由实测数据表明，在夏季其制冷能耗相较于传统单层玻璃幕墙减少32%；冬季采暖能耗降低28%，全年综合能耗大约下降30%。对节能效果产生影响的主要因素包括幕墙结构设计的气密性能（此项目气密性能达到GB/T 15227-2019标准的8级）、Low-E玻璃的遮阳系数（把控制在0.35）以及可见光透射比例（保持在0.6以上），并且幕墙通风系统的智能控制方案（根据室内CO₂浓度与室外温湿度自动调整换气频次）进一步提高节能成效。另一个案例是深圳的某绿色商业建筑，该建筑运用光伏玻璃幕墙和动态遮阳系统相结合的方式，光伏组件每年的发电量能达到 $1200\text{kWh}/\text{m}^2$ ，动态遮阳帘会根据太阳高度角自动调节角度，在夏季能够减少45%的太阳辐射热进入室内，进一步让空调系统的负荷降低25%。此案例里光伏组件的转化效率（18.5%）、遮阳体系的响应速率（≤5秒）以及幕墙和建筑能源管理系统的联动状况，是影响节能成效的主要因素。从上述案例能够看出，节能技术的应用成效要通过多技术协作以及精准的参数把控来实现，并且要结合建筑所在地区的气候特点（例如上海显示出夏热冬冷的气候，深圳则是夏热冬暖的气候）开展有针对性的设计，如此才可以让节能效益达到最大化。

2. 实施过程中的能耗监测与评估

在案例分析及应用实操里，技术运用与实施成效评估要重点关注实施进程中的能耗监测与评定。以某超高层绿色建筑幕墙工程为例，该项目运用光伏玻璃幕墙和动态遮阳系统相结合的设计规划。在实施环节，在幕墙不同朝向的玻璃面板以及遮阳部件处设置温度传感器、光照强度传感器和电能计量设备，搭建实时监测网络。监测范围包含夏季制冷时段和冬季采暖时段的幕墙传热系数、遮阳系统开启与关闭状态下的室内热环境指标（例如室温、PMV值）以及光伏组件发电量，数据通过建筑能源管理系

统（BEMS）进行实时采集和分析。评估体系以《绿色建筑评价标准》作为根据，结合项目实际的能耗数据，对比设计阶段的模拟数值与实际运行数值的偏差情况，分析幕墙材料的导热系数、遮阳系统的响应延迟等要素对能耗产生的影响。结果表明此幕墙体系实际年度能耗比传统幕墙减少18.2%，光伏组件年度发电量可满足建筑12%的公共区域用电需求，证实节能设计途径的有效性。通过建立能耗监测与评估的闭环体系，为后续幕墙设计的优化工作提供数据方面的支撑，实现从理论设计至实际应用的性能落实。

（三）经济与环境效益分析

1. 成本控制与投资回报分析

以某高层办公建筑的光伏玻璃幕墙改造工程为例，初始投入比传统幕墙增加约18%，主要是由于光伏组件和智能遮阳系统的采购费用。不过项目通过优化幕墙透光率和隔热层的厚度，搭配动态遮阳调节，让建筑每年的空调能耗下降32%，照明能耗下降25%，每年运营成本减少大约12万元。此外光伏幕墙每年的发电量可达8.5万度，通过并网收益以及碳交易补贴，年收益进一步提高到9.2万元。经计算该项目静态投资回收期限为6.8年，动态回收期由于考虑资金时间价值延长到7.5年，均短于幕墙系统25年的设计使用时长。此案例显示，绿色建筑幕墙的节能设计在短期内会提高建造成本，不过通过长期运营的能耗节省以及可再生能源的收益，能够实现经济上的可行性，为项目的经济性评估提供量化的根据，证实节能优化途径在成本管控与投资回报方面的合理性。

2. 环境影响与可持续发展评估

以某超高层办公大楼为例，该建筑的幕墙设计运用双层呼吸式玻璃幕墙搭配光伏玻璃组件，通过生命周期评估（LCA）可知，幕墙在全生命周期的碳排放量相较于传统玻璃幕墙下降35%。其中光伏组件平均每年的发电量约为12万kWh，通过替代火电可减少96吨/年的CO₂排放，同时能使建筑的制冷负荷降低22%，进一步减少空调系统的能耗以及相应的污染物排放。从生态影响方面来看，幕墙材料选用可回收的铝型材（回收率能达到85%）以及低辐射的玻璃因子玻璃，降低原生资源开采给生态系统造成的破坏；通风设计改善室内空气质量，使病态建筑综合征发生率下降15%，提高使用者的健康水准。此设计通过节能技术和生态材料的融合，实现建筑运营时期碳排放与资源消耗的双项降低，符合《绿色建筑评价标准》里的可持续发展目标，为城市建筑由高耗能向低环境影响转变提供实践参考，证实幕墙节能设计在推动建筑行业碳中和进程中的重要作用。

五、总结

该文归纳绿色建筑环境下建筑幕墙设计的节能性能提高途径，通过理论研讨和案例分析，确定设计参数改良与智能控制系

统整合这两大核心策略的实践意义。设计参数的优化要结合建筑所在区域的气候特点，恰当选取幕墙材料的热工性能指标，像玻璃的传热系数、遮阳系数之类的，同时通过构造设计提高气密性与保温性，以减少建筑的能耗。智能控制系统集成依靠物联网和传感技术，实现幕墙系统的动态调控，例如按照实时光照强度自动改变遮阳装置角度，根据室内外温差优化通风方式，进一步提

高能源利用效能。相关研究成果不但为绿色建筑幕墙的设计提供理论上的指引，还为实际的工程应用提供可参考的实践经验，有利于推动建筑幕墙由被动节能向主动智能节能转变，帮助实现绿色建筑的目标。

参考文献

[1] 成浩源. 大连绿色公共建筑运行性能分析及节能设计策略研究 [D]. 大连理工大学, 2022.

[2] 丁永韬. 建筑幕墙施工安全风险评价研究 [D]. 重庆大学, 2022.

[3] 陈菲. 严寒地区近零能耗建筑低碳节能优化设计研究 [D]. 沈阳建筑大学, 2023.

[4] 赵一帆. 基于自然光热性能的郑州地区办公建筑节能设计研究 [D]. 郑州大学, 2023.

[5] 盛云亮. 未来气候变化情景下绿色建筑节能的适应性策略研究 [D]. 江苏大学, 2023.

[6] 周志宏. 绿色建筑理念下的建筑节能设计探析——以万博中央商务区数码产业总部商业楼为例 [J]. 低碳世界, 2024, 14(12): 52-54.

[7] 肖健. 绿色建筑理念下建筑节能设计研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2024, (14): 49-51.

[8] 李少博, 陈佳襄. 低碳理念下绿色建筑的节能设计理念与实践策略研究 [J]. 中华民居, 2024, 17(01): 80-83.

[9] 李晨. 绿色建筑理念下建筑节能设计措施研究 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2022, (08): 131-133.

[10] 赵龙, 蔡兆磊. 《绿色建筑理念下的建筑节能研究》: 高校教学楼电源节能设计 [J]. 建筑学报, 2022, (08): 125.

精益管理视角下建筑工程施工技术管理的质量控制与效率提升策略

郭凤磊

河北冶金建设集团有限公司, 河北 邯郸 056000

DOI:10.61369/UAID.2026030039

摘 要 : 从精益管理的角度来看建筑工程施工技术管理, 其通过整合技术资源、优化流程实现质量控制和效率提高的协同发展。包含施工方案的优化、技术交底等质量管控环节, 以及通过价值流分析的流程优化、BIM与信息化管理的效率提高策略, 搭建跨部门协作与风险预警体系。当下存在精益落地不够等状况, 未来要强化数字化与精益的融合, 促进该行业的高质量进步。

关 键 词 : 精益管理; 建筑工程施工技术管理; 质量与效率协同

Quality Control and Efficiency Improvement Strategies for Construction Technology Management in Building Projects from a Lean Management Perspective

Guo Fenglei

Hebei Metallurgical Construction Group Co., Ltd., Handan, Hebei 056000

Abstract : From the perspective of lean management, the construction technology management of construction engineering realizes the coordinated development of quality control and efficiency improvement by integrating technical resources and optimizing processes. It includes quality control links such as optimization of construction scheme and technical disclosure, as well as efficiency improvement strategies through value flow analysis, BIM and information management, and builds cross-departmental collaboration and risk early warning system. At present, there is a lack of lean landing. In the future, it is necessary to strengthen the integration of digitization and lean to promote the high-quality progress of the industry.

Keywords : lean management; construction technology management in building projects; synergy between quality and efficiency

引言

建筑工程施工技术管理作为确保工程质量、提高建设效率的核心要素, 对其进行系统性的优化, 对于促进行业高质量发展起着至关重要的作用。2022年公布的《十四五建筑业发展规划》清晰提出推广精益建造模式, 强化施工全过程质量管控与效率提高, 为行业技术管理转变提供政策导向。当下传统施工技术管理方面存在流程繁杂、质量和效率目标分离、数字化应用程度不够等状况, 对工程建设的协同效能产生制约。精益管理思想以消除浪费、持续改善为核心, 为解决上述难题提供全新的理论方案与实践途径。该文专注于精益管理视角下的施工技术管理开展研究, 研究质量控制的主要要点、效率提高的策略、BIM技术和信息化平台的运用, 以及跨部门协作机制与风险预警系统的搭建, 目的是为实现建筑工程质量和效率的协同提高提供理论根据与实践参考。

一、施工技术管理概述

(一) 建筑工程施工技术管理的内涵

建筑工程施工技术管理的含义是指在建筑项目开展进程中, 通过对施工技术活动进行规划、组织、协调以及控制, 保证施工流程符合技术规范、质量标准和进度要求的系统性管理工作。它的主要在于整合技术资源、对技术流程进行优化, 从而实现施工

质量、效率和成本的协同提高。详细来讲施工技术管理包含施工方案的编写与完善、技术交底的执行、现场技术难题的处理、新技术和新材料的应用普及等方面, 并且要根据项目特性建立技术保障机制, 保证施工流程的科学性与规范性。在当代建筑工程里, 施工技术管理并非仅着眼于技术自身的合理性, 更重点技术与管理的结合, 通过技术方法提高施工效率、减少资源损耗。精益管理思想的融入为施工技术管理提供新的理论根据, 其核心观

念像消除浪费、持续改进等，能够有效引导施工技术管理的完善，促使施工流程朝着精细化、高效化的方向进步^[1]。

（二）精益管理理论与实践在施工中的应用现状

在施工技术管理的概述里，精益管理理论及其实践在施工中的应用状况表明，近段时间建筑行业渐渐引入精益管理思想，通过价值流分析、准时化生产等手段对施工流程加以优化，降低等待时长与资源损耗，提高现场作业的效率。一些项目运用精益手段实现施工周期的缩短和成本的降低，比如在预制构件的生产和装配阶段，通过拉动式生产削减库存积压，减少资金占用^[2]。但是在实际运用时仍然存在欠缺：其一精益管理的系统性落实不够，部分企业仅重点于单个环节的改进，未能建立全流程的协同机制；其二一线员工对精益工具的掌握水平受限，造成理论和实践相脱离，对质量控制的稳定性产生影响。另外精益管理于施工技术管理里的运用缺少标准化体系，不同项目之间的经验不易复制，限制其在质量管控与效率提高方面的持续功效。

二、建筑工程施工质量控制策略

（一）施工技术质量控制的关键环节

施工技术的质量管控贯穿工程全流程，直接影响建筑整体的施工质量。在工程施工前期，确实开展技术交底相关工作，根据施工现场的实际状况对技术方案加以调整，明确界定各道工序的技术参数以及质量标准，降低因认知差异所引发的施工问题。严谨进行进场材料核验工作，检查材料的规格、性能以及质检相关资料，坚决禁止将劣质材料用于施工，夯实工程质量基础。在施工阶段根据规定开展工序验收工作，实时掌控混凝土浇筑、钢结构安装等作业的各项细节，及时对现场出现的质量问题进行整改，避免缺陷累积叠加。全方位检查地基、管线等隐蔽工程，确保施工内容符合设计标准，排除后续安全与使用方面的隐患。同步整理留存工程施工技术档案，确保资料真实且完整，为质量核查与竣工验收提供支撑。各管控环节紧密相连，构成完整的质量管控闭环，任何一个环节出现疏漏都会对工程整体品质造成损害^[3]。

（二）现代质量管理工具在建筑施工中的应用

现代质量管理工具于建筑施工里的运用能够有效提高施工技术管理的质量管控水准，其中统计过程控制（SPC）通过实时监控施工流程中的主要指标，像混凝土强度、钢筋间距等，识别流程波动并对潜在质量问题发出预警，防止不合格产品出现，减少返工比例。全面质量管理（TQM）重点强调全员积极参与以及持续开展改进工作，把质量意识融入施工的整个流程之中。从材料的采购、工艺的挑选直至现场的操作，均以客户的需求作为导向，对技术管理的相关环节加以优化，进一步提高整体的施工质量。这些工具的运用不仅可减少质量瑕疵，还能通过标准化程序提高施工效能，缩短工程周期，降低费用^[4]。比如某住宅工程通过引入 SPC 对模板安装偏差开展实时监测，把墙面平整度的合格率提高到 95% 以上，并且减少后期修补工序的时间耗费，展现出现代质量管理工具在建筑施工里的明显效益。

三、施工效率提升策略实践

（一）效率提升战略规划

1. 流程优化策略

凭借精益管理思想重新建立施工技术管理方案，去除流程里的冗余部分，科学调配各类资源，确实提高施工效能。通过价值流分析对整个施工流程进行梳理，去除等待、无效搬运这类无用的工序，对材料运输和工序衔接模式加以优化，降低返工情况的出现。引入准时化生产思想，根据施工进度动态配置人力、设备和物料。采用 BIM 技术模拟施工流程，统筹规划设备运用和材料入场安排，避免资源闲置或供应不足情况。建立连续作业体系，缩短工序衔接间隙，运用构件预制组装方法减少高空作业时间，通过可视化管理迅速解决施工难题。精益流程改进能够使施工工期缩短 15%–20%，资源利用效率提高超过 10%。建立常态化的优化体系，定时核查工作流程、收集相关人员的意见，不断完善工程施工管理流程，巩固效率提高的成效^[5]。

2. 技术创新与管理模式

在施工效率提高策略的实践里，效率提高的战略谋划要以技术创新和管理模式的深度结合作为核心。通过精益管理的视角，新技术的引入不但改变施工技术，还促使施工组织设计与管理模式发生系统性的变革。比如 BIM 技术的运用能够实现施工全流程的可视化仿真，优化资源分配与工序连接，降低因设计矛盾造成的返工^[6]。装配式建筑技术的普及推动施工组织由传统的现场浇筑转变为工厂预制和现场装配相互协作的模式，使工期得以缩短，还降低现场作业的强度。在管理模式领域，精益管理里的拉动式生产理念和物联网技术相融合，能够实现物料供应和施工进度动态适配，防止库存积压以及资源闲置。除此之外数字化管理平台的建立可整合施工各阶段数据，支撑实时决策以及风险预警，进一步提高管理效能。这些技术改革和管理方式的改变并非单独存在，而是通过战略谋划产生协同作用，最终实现施工效能的持续提高。

（二）协同管理与信息技术应用

1. BIM 技术应用

BIM 技术作为施工协同管理和信息化融合的重要方法，当下此技术已延伸到工程全生命周期的数字化管理，但实际运用中仍然存在应用程度浅、协同体系不健全等状况。建立 BIM 信息共享系统，能够打通建设、施工、监理各主体的数据渠道，打破信息障碍，提高协同作业效能。通过 4D 施工模拟，融合进度和资源数据，直观地对施工流程进行推演，提前避免工序冲突，降低返工情况和工期损失。参数化模型能够自动核算工程量以及耗材数据，为成本控制、资源分配提供可靠根据，碰撞检测也可提前排查设计方面的问题，减少现场设计变更。BIM 结合物联网、云计算技术，拓展施工监测与安全管控应用场景，促使施工管理朝着动态化、智能化方向迈进^[7]。

2. 信息化管理系统

信息化管理系统是提高施工效率的重要技术通过，通过整合项目管理、进度监管、资源分配等功能板块，实现施工现场数据

的即时采集与共享，大幅缩短信息传输路径且降低交流成本。系统通过物联网技术对施工的设备、人员以及物料开展动态追踪，保证资源配置和施工进度精确匹配，降低窝工与等待时长^[8]。在决策支撑方面，系统通过大数据分析生成进度偏差告警、资源需求预估等可视化报表，帮助管理人员迅速识别主要工序并优化施工规划，加强决策的及时性与科学性。另外该系统能够支持多个部门开展协同作业，各个参与方通过统一的平台同步更新施工日志、验收记录等相关信息，防止因信息孤岛而造成的管理脱节现象，进一步对现场管理流程进行优化，为通过精益管理视角的施工效率提高提供技术支撑。

四、质量与效率协同提升机制

（一）策略整合与协同机制构建

1. 质量与效率目标一体化设计

整体化设计统合施工质量管控和效率提高目的，改变二者相互限制的传统管理方式，建立互帮共进的协作体系。通过精益管理价值流分析，分解质量管控主要要点，细化如混凝土强度、钢筋施工精度等工序的质量控制标准，将效率要求转变为工序时长、资源利用率等量化指标，依靠目标矩阵确保这两项指标实现协调统一。精益管理秉持消除浪费的思想，能够降低返工、误工这类无效消耗，同时兼顾施工效率与品质把控^[9]。根据约束理论精准定位流程的瓶颈之处，把质量管控融入到工序增效的具体环节，维系两者的动态均衡。按照协同理论建立目标模型，使质控办法与增效措施全程关联产生正向效应，最终实现工程施工质量和作业效率同步提高。

2. 跨部门协同管理机制

从精益管理的角度来看，建筑工程施工技术管理在质量控制和效率提高方面，要依靠跨部门协同管理体系，以此破除传统部门间的障碍，实现信息共享和联合决策。不同施工单位（像设计、施工、监理、物资供应等）需建立通过精益理念的协同方案，通过数字化平台整合施工进度、质量检验、资源分配等数据，保证各部门及时获取主要资讯^[10]。例如施工单位的进度数据和物资部门的材料供应规划进行联动，能够避免材料出现短缺或者积压的情况，减少等待所造成的浪费；质量检测部门把实时数据反馈给施工班组，可及时纠正工艺偏差，提高施工质量。联合决策体系要清晰界定各部门在质量和效率目标之下的职责与权力，通过定期的协同会议或者数字化决策平台，针对施工方案的完善、资源冲突的协调等事项开展集体研讨，保证决策能够同时兼顾质量规范和效率需求。另外建立跨部门的绩效评估体系，把协同成果纳入各部门的考核领域，能够激励部门之间积极开展协作，营造出以质量、效率为双目标导向的协同文化，最终促进整体施工效能的提高。

（二）施工现场智能化管理

1. 智能监测与实时数据分析

通过物联网、传感器以及大数据平台，智能监测技术能够动态掌控施工的整个过程，实现精细化管理控制。在质量管控方

面，布置多种监测设备来收集施工主要数据，实时根据规范标准进行对比分析，一旦参数出现异常便立刻发出预警，及时对混凝土养护等施工工艺作出调整，确实避免结构裂缝等质量问题。在效率管理方面，通过定位方式了解人员和机械的作业情况，合理优化作业路径与资源分配，降低人力和物力的闲置损耗。对各工序的作业时长开展统计分析，找出施工瓶颈所在并对作业排布进行优化，缩减主要工序的施工周期。此项技术转变传统的事后查验模式，变为全过程动态监管，舍弃经验型管理方法，凭借数据支持科学决策，同时推动施工质量和作业效率提高，帮助建筑工程精细化管理落实。

2. 施工现场信息化管理平台

信息化管理系统是质量与效率协同管控的主要，整合多样数据和智能算法，实现施工的动态监督管理与资源的优化配置。平台配备进度、质量、安全以及资源管理相关模块，凭借 BIM 建立三维模型，将图纸、方案和现场数据进行关联，实现施工数字化模拟预测。依靠物联网收集人员、设备、物料的数据，凭借数据分析查找质量隐患和效率方面的不足，对养护环境进行监测、跟踪物料的流转情况，降低质量问题和物资的损耗。平台连通各方信息渠道，即时同步设计变更、技术交底内容，避免因信息偏差导致的返工误工情况。运用集成智能算法对施工进度进行预判，根据环境工况灵活调配资源，科学安排施工工序。平台统筹数据安全和系统兼容，确保数据顺利交互，凭借数据化决策促进施工质量和作业效率共同提高。

（三）风险管控与应急策略优化

1. 风险评估与预警机制

通过精益管理思想，融合施工全流程的技术环节以及资源调配特性，建立多维风险评估指标系统，包括技术偏差、物资供应、环境影响等风险因素。采用层次分析方法和模糊评估模型，对施工方案、工艺施工以及现场操作的风险进行量化研判，确定风险发生的概率和危害程度。通过 BIM 和物联网监测系统，即时收集工序参数、设备运行状况以及人员操作信息，设置风险判定的临界值。当数据出现异常状况时，系统会自动进行分级预警，并将信息推送给相关人员。此模式改变事后处理模式，实现风险提前防控，按照研判结果动态更改施工方案，稳固工程建设质量，降低风险导致的工期延误与资源浪费，推动质量和施工效率共同提高。

2. 应急响应与事故处置流程

按照精益管理的准则来规划处置流程，凭借标准规范并进行动态调整，提高应急处置的效率和质量。规划流程确定预警触发之后的响应体系，明确各方的权责以及联动方式，确保信息能够高效传输。事故起始阶段，迅速对现场进行隔离，及时疏散人员，快速判别事故的诱发原因，为后续处置工作奠定基础。处理阶段简化调配程序，按照预设物资、设备调度计划提高资源投送速率。建立多部门协同决策机制，合理拟定处理方案，避免事态持续恶化。事故完结后开展复盘，梳理流程存在的缺陷，总结经验以完善作业规范，促使流程持续优化。采用 BIM、物联网等数字化方式收集分析现场数据，帮助应急决策，确实加强工程项目

整体抗风险能力。

五、总结

精益化管理能够为建筑工程施工技术管理带来全新的发展方向。管理工作将流程优化、严格执行技术标准作为核心，保障工程施工质量，凭借精益理念降低资源消耗，提高资源利用效能。价值流分析能够剔除无效的施工步骤，对施工组织规划进行优

化，实现精细化的技术管理与控制。当前阶段精益管理落地仍然存在不足，技术标准执行不严格、精益工具使用不熟练、部门协作性较差，对管理模式的深入应用造成阻碍。后续能够结合 BIM 等数字化技术，提高施工管理的智能化水平。同时开展人员精益思想培训，完善相关激励机制，促使管理模式深入一线。不断优化管控策略，可同时提高工程质量和施工效率，推动建筑行业稳健高质量进步。

参考文献

- [1] 涂晓云. 基于精益管理的 J 公司生产效率提升研究 [D]. 广东: 华南理工大学, 2023.
- [2] 张涛. SJZY 物流公司仓储精益管理提升策略研究 [D]. 辽宁: 大连海事大学, 2023.
- [3] 吴星霖. 基于精益管理理论的 TS 公司生产线效率提升研究 [D]. 重庆: 重庆理工大学, 2022.
- [4] 鲍晓苏. 精益管理视角下 J 高速公路分公司财务内部控制优化研究 [D]. 河北: 河北地质大学, 2023.
- [5] 郭政. 基于精益管理视角下的 X 企业设备管理优化方案研究 [D]. 北京: 北京化工大学, 2023.
- [6] 袁艳. 精益管理视角下医疗卫生档案管理质量的提升研究 [J]. 现代企业文化, 2022(5): 31-33.
- [7] 杨国全. 谈精益管理对生产效率效益提升的作用 [J]. 管理学家, 2022(6): 1-3.
- [8] 温爽. 精益管理视域下医疗卫生档案管理质量提升途径 [J]. 兰台内外, 2022(27): 69-70.
- [9] 王熹. 智慧建筑精益化管理策略研究 [J]. 江苏建材, 2022(3): 148-150.
- [10] 刘月君, 赵梦琦, 王晓莹, 等. 基于利益相关者视角装配式建筑质量精益管理研究 [J]. 建筑设计管理, 2023(6): 36-41.

基于学生身心需求的校园建筑空间 与经济性立面设计实践

陈超

广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030041

摘 要： 新兴的教育理念（例如 STEAM、全人教育）促使校园建筑设计向以学生的身心需求为核心进行转变。空间布置需打破传统的封闭模式，通过开放、灵活的设计以符合协作与自主学习的要求；具备经济性的立面构造采用模块化部件、本地材料以及预制技术，实现成本和功能美学的均衡。需整合空间与立面，融汇智能化以及可持续技术，营造符合学生需求且具有成本效益的校园环境。

关 键 词： 校园建筑设计；学生身心需求；经济性立面设计

Practical Design of Campus Architectural Spaces and Cost-Effective Facades Based on Students' Physical and Mental Needs

Chen Chao

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： Emerging educational philosophies, such as STEAM and holistic education, are prompting a shift in campus building design towards prioritizing students' physical and psychological needs. The spatial layout must break away from traditional enclosed models, adopting an open and flexible design to meet the requirements of collaboration and autonomous learning. Economical facade constructions utilize modular components, local materials, and prefabrication techniques to achieve a balance between cost and functional aesthetics. It is necessary to integrate space and facades, incorporating intelligent and sustainable technologies to create a cost-effective campus environment that meets students' needs.

Keywords： campus building design; students' physical and psychological needs; economical facade design

引言

崭新教育理念的进步推动校园建筑从传统教学承载物演变为帮助学生全面发展的第三教师，其设计需综合考量空间灵活性、经济性以及和身心需求的符合度。2023年教育部等部门颁布的《关于实施新时代基础教育扩优提质行动计划的意见》明确提出，要优化校园空间的布局状况，营造符合素质教育的学习氛围，为相关研究提供政策方面的支持。全文围绕新型教育理念背景下的校园建筑理论方案进行探讨，研究以学生身心需求为指引的空间布局逻辑、低成本空间与立面的设计手段，以及空间和立面整合的创新渠道，旨在通过参数化设计、本土化材料应用等形式，实现功能、美学与经济性的平衡，为打造符合新时代教育需求的校园建筑环境提供理论与实践方面的参考。

一、新型教育理念在校园建筑中的理论框架

（一）新型教育理念的内涵与演变

新型教育理念的内涵与演变形成校园建筑设计的理论基础，它主要是突破传统教育模式的限制，以学生为核心建立符合成长需求的空间规划。STEAM教育作为跨学科整合的案例，源自美国21世纪技能培养战略，重点科学、技术、工程、艺术与数学的融合，要求校园建筑营造支持项目式学习、合作研究的弹性空

间^[1]。全人教育可溯源至人本主义教育思想，主张教育应促进学生在认知、情感、社交和身体等方面实现全面成长。此理念为校园建筑设定功能多元、场景丰富的要求，例如通过开放连廊、共享中庭这类设计促进不同年级学生相互交流互动。

（二）理念对空间布局的影响机制

在新型教育观念融入校园建筑的理论设计中，观念对空间布局的作用机理主要体现为以学生的身心要求为核心，对空间逻辑加以重新建立。传统校园的空间布置大多根据功能单一且区分明

确的样式，而新兴教育观念重点互动性、自主性以及场景式学习，推动空间从封闭变为开放。开放式教室的建立打破传统教室的物理边界，通过可移动的隔断、共享中庭等途径，为小组协作与跨学科交流提供灵活的空间。这种布局的变动从本质上来说是让学习行为由被动接受转变为主动建立。多功能学习区域的设置进一步淡化教学、社交与休闲的功能边界，例如将图书馆和创客空间加以融合，使空间能根据不同的学习情境灵活变换。这种灵活特性不仅提高空间使用效率，还符合学生于不同学习时期的身心需求，例如专注学习之际所需的私密空间以及讨论交流之时的开放场地。理念对空间布局的作用机理并非简单的理念输出，而是通过对学生行为方式的深度洞察，反向推动空间形态的改革。该机理的主要在于空间设计与教育活动的动态符合，确保建筑空间成为帮助学生全面成长的物质凭借^[2]。

二、学生身心需求导向的空间设计实践

（一）学生身心需求的分析与评估

在对学生身心需求开展分析与评估时，要建立多方面的体系，包括生理、心理以及社交领域的主要需求。生理需求专注于学生对空间物理环境的基本要求，比如休息区域的人体工程学规格、活动区域的采光通风准则，要通过行为观察和问卷调查来量化空间使用频次与舒适度反馈^[3]。心理需求重点关注空间在情绪调控方面的功能，比如休息区域的色彩组合和材料挑选要符合学生学习之后的放松要求，活动区域的开放程度应协调社交互动和个人专注的心理界限。在对社交需求进行评估时，要结合校园群体的交往方式，通过空间使用比例和社交行为路径分析，确定不同功能区域的社交场景准则，例如小组讨论区域的围合式布置和公共活动区域的开放型安排。此评估系统要融合量化数据和质性分析，建立能指导设计实践的需求准则，给后续校园建筑空间与立面设计提供精确根据。

（二）低造价空间设计的典型案例

低费用设计可通过空间重新排布和本地化材料实现身心需求的符合。国内案例选取云南腾冲幸福小学的改造项目。团队采用微介入办法，保留原有的土木设计方案，拆除不会承重的墙体以建立开放式学习空间，并且用当地的杉木、竹材替代价钱昂贵的装饰面材。此项措施不仅让单方造价下降约40%，还依靠自然材质的触感，符合学生对温暖环境的心理归属感要求^[4]。参考国际经验，日本富士幼儿园奉行的是无边界理念。虽然其本体建设成本较高，不过其无走廊化的空间理念具有明显的经济性启示：在现有的建筑当中，通过拆除硬性隔断、利用交通空间来布置软装节点，以零增添成本实现功能复合与社交促进。上述案例表明，低造价成本并非降低质量水准，而是通过在地材料运用与空间流动性重塑，在严格管控预算的前提下，精准满足学生协作、探索以及情感抚慰等多方面身心要求，为经济性校园建设提供可复制

的实践案例。

三、经济性立面设计的方法探究

（一）低成本立面设计的原则与技术

1. 材料选择与经济性优化

低投入的建筑立面设计要考虑初始建造费用和全生命周期成本（LCC）。在材料领域，优先选择标准化的工业制成品，而非定制部件。比如采用预制混凝土挂板（GRC）来代替天然石材，这种材料成本只是石材的40%—60%，并且通过工厂预制能够让现场施工周期缩短30%以上，把材料损耗率控制在3%以内^[5]。在耐久性指标上，选用氟碳喷涂铝单板，尽管初始投资稍多，不过它的耐候性能能够达到20年以上，能明显减少翻新次数。在保障维护便捷性上，推行单元式模块化的建设形式，例如深圳地区部分学校所采用的干挂陶土棒体系，其能够实现单根构件的独立更换，无需搭建大型脚手架，让后期运维效率提高50%以上。另外结合光伏一体化（BIPV）技术，通过立面发电所获收益抵减部分初始投入。综上所述通过标准化模数、耐候材料以及易维护构造相结合的策略，实现从建设直至运维整个流程的经济性优化，保障立面功能和成本的动态均衡。此外结合光伏一体化（BIPV）技术，利用立面发电取得的收益来抵减一部分初始投入。综上所述通过标准化模数、耐候材料与易维护构造的组合策略，实现从建设到运维全流程的经济性优化，确保立面功能与成本的动态平衡。

2. 构造技术与美观平衡

建立技术与美观的协调关系，在经济性立面营造中需以学生的身心需求为重点，通过模块化规划和创新建造工艺的协同，实现成本控制与视觉舒适度的符合。模块化预制构件可通过标准化生产，减少材料损耗与现场施工时间。其表面色彩和纹理的预制处理，既能保证立面视觉的一致性，又能降低现场涂装等二次工序的成本投入。改革施工工艺，像干式挂装系统，在简化安装流程的同时，可通过构件间的组合变化塑造出富有层次感的立面纹理，符合学生对空间环境的审美需求。此外低成本材料的创新性应用需兼顾耐久性 with 视觉成效。例如再生骨料混凝土板材采用表面压印工艺来模拟天然石材的纹理，在控制成本的前提下营造出近似自然的视觉体验，符合学生对校园空间的心理归属感^[6]。

（二）学生需求整合的设计策略

1. 身心需求在立面上的体现

因为机械遮阳有着较高的运维费用，具备经济性的立面应优先采用被动式固定遮阳与自然通风策略。在光线调节方面，根据当地纬度通过参数化模拟来确定固定遮阳板（如水平遮阳板）的最佳倾角，既可以阻挡夏季的直射光线，又能够引入冬季的温暖阳光，实现零能耗、零维护的光环境优化^[7]。在自然元素引入方面，摒弃价格昂贵的智能灌溉生态墙，采用低成本的模块化垂直绿化手段（例如利用PVC管或者回收容器开展种植），通过植物的蒸腾效应使立面表层温度下降3—5℃，缓解热岛现象以及学生的焦虑心情。在声学优化领域，不选用定制的穿孔铝板，而是使用普通镀锌钢板或者水泥纤维板，在其背后填充价格相对较低的

岩棉，依靠精确计算的穿孔率来实现教室 NR-40 噪声标准。此种普通材料加上精细化构造节点的模式，在对初始投资严格把控之际，有效响应学生对于舒适光、热、声环境的生理及心理需求，实现经济性与健康性的符合。

2. 安全性和互动性设计

对于经济性立面设计方法的研究，需将学生的身心要求当作核心，在控制成本的前提下兼顾功能性与美观性。学生需求整合的设计方法可从社交与探索需求切入，通过模块化部件实现立面的灵活性，例如采用可移动的轻质板材，既能降低施工成本，又能为学生提供个性化展示空间。安全性和互动性设计需同步推进，无障碍设计应符合校园空间的通行规范，比如设置带有防滑特性的立面底座以及可调整高度的互动界面，确保不同身体条件的学生都可参与^[9]。能够开展交互的界面，例如活动墙面，可以使用低成本的涂鸦板或者磁性面板，鼓励学生通过创作实现社交互动。而且这种材料拥有易替换的特点，这也让后期维护费用得以减少。

四、空间与立面设计的整合创新

（一）整体设计协同优化

1. 校园布局与立面一体化策略

空间与立面设计的整合改革要以学生身心需要为引领，通过整体规划协同完善来建立校园布局和立面结合的策略。在校园入口这类主要空间的规划进程里，要把功能需求和具有经济性的立面设计进行深度整合。比如入口空间的尺度、流线规划要符合学生的社交交流需求，同时运用模块化、预制化的立面部件来降低建造成本，提高空间利用效率^[9]。校园规划应突破传统功能分界界限，通过立面元素的连贯性实现空间与立面的视觉整合，例如运用立面材料的渐次变化或者色彩的相互呼应，加强不同功能区域的联系，让学生在校园里拥有连贯的空间感受。经济性的立面设计并非单纯的成本把控，而是通过材料挑选、构造样式的改革，在实现美学准则的同时削减长期维护费用。比如选用透光性能良好的低成本材料来加强室内自然采光，既符合学生对舒适学习环境的要求，又降低能源的消耗。总体设计协同优化要建筑设计团队和教育管理机构密切协作，保证空间布局与立面构造既符合当下的教学要求，又可适应未来教育模式的演进，实现功能、美观与经济性的有效统一。

2. 低成本多功能空间实现

空间与立面设计的融合改革要以学生的身心要求为引领，把立面构造和内部空间功用加以全面整合。例如通过可调节遮阳体系的模块化搭建，让立面不但拥有遮阳隔热的物理特性，还能够凭借构件的翻转、折叠或者移动，转变内部空间的采光方式与围合情形，进一步更优地适配小组讨论、独立阅读、创意实践等多样学习场景。整体进行统筹协同优化，需要建筑的结构设计、围护体系和空间布局建立成有机整体。在设计方案环节，就通过参数化方式模拟不同立面样式对内部光环境、热舒适性以及空间灵活性所产生的影响，保证立面设计和空间功能需求动态符合，同

时降低后期改造的成本与资源消耗。低投入多功能空间的实现可通过可调节立面构件的标准化制造与装配式装配，减少施工的复杂程度和材料消耗。比如运用低投入的金属构架与半透明聚碳酸酯板搭配，在实现遮阳和采光要求的同时，凭借构件的灵活搭配实现空间的迅速转变，既防止单一功能空间的闲置，又通过立面和空间的协同规划提高建筑的适应性，为学生打造兼具经济性与舒适性的学习环境^[10]。

（二）案例评价与性能分析

1. 标杆项目经济性评估

为保证数据真实且具备可追溯特质，本研究挑选深圳某绿色示范中学当作实证案例，运用竣工决算和性能模拟相融合的双重评价方法。此建筑的外墙面运用标准化预制陶土棒遮阳体系，根据项目的决算资料，与常规玻璃幕墙相较，其初始建设成本降低 18%，并且由于材料的耐候性能出色，全生命周期的维护费用预计下降 40%。在性能展现方面，通过 EnergyPlus 软件开展全年能耗模拟，结果表明因被动式遮阳和自然通风的优化，夏季空调能耗相较于基准建筑降低 22%；而且通过 Daysim 采光模拟，室内天然采光系数达标率提高至 85% 以上。参考《绿色校园评价标准》以及同类项目后评估的相关文献资料，这种光热环境的优化明显提高学生的视觉与热舒适程度。研究实证显示，采用本土材料并结合被动式设计，用以取代高成本的机械调控系统，能够在低造价的状况下实现节能效益，同时满足学生的身心需求，实现双重优化，为经济性校园建设提供通过量化模拟的可靠根据。

2. 设计性能指标构建

设计性能指标的建立需紧密结合校园建筑的特点，将学生的身心要求和经济性立面设计的目的转化为量化的参数系统。经济指标应包括材料初始花费、施工安装状况、全生命周期维护以及能耗节省效益等领域，通过单位面积造价、年维护费用占比、能耗降低率等指标来评估其经济性。需求响应度指标从生理与心理方面来设置参数：生理方面包括自然采光系数、通风效率、热舒适度、隔声性能；心理方面涉及立面视觉丰富度、空间开敞感以及环境互动性。要建立权重分配体系，根据教学区、生活区等不同的使用场景对权重加以调整，比如在教学区提高采光和隔声的权重，在生活区重点关注热舒适度与视觉的丰富程度

（三）未来趋势与发展建议

1. 智能化与可持续发展整合

智能化与可持续发展成为校园建筑空间和经济性立面设计的主要趋势。人工智能辅助设计能够利用参数化算法，根据气候数据对建筑立面的材料与构造进行优化，例如建立自适应遮阳系统，在减少建筑材料使用和施工费用的同时，动态调控光照和温度，符合学生对舒适环境的身心要求。绿色科技领域中，诸如光伏一体化的建筑外立面设计，能把建筑表皮转变为能源单元，依靠长期的能源收益来冲抵初始的投资成本，加强经济性和可持续性之间的平衡。通过智能传感体系，建筑外立面能够实时对室内环境予以监测，并开展联动调节，从静态的围护构造转变为动态响应学生需求的智能界面。未来的设计需促进 AI 和绿色技术深度融合，建立全生命周期成本与性能的大数据库，同时注重技术的通

用性和可操作性，保障创新方案在各种校园场景里具备落地实施的可能性，最终实现经济性、舒适性和可持续性的协同提高。

2. 实践应用建议

针对教育建筑师与政策制定者的策略，重点把学生身心需求作为核心，通过空间与立面设计的整合改革，实现低成本状况下的持续改进。建议采用参数化手段建立功能和性能的动态联系，开展模块化、具备可适应性的设计来应对教育模式的变革。在政策领域内，应把学生需求纳入规划准则并推广低成本科技；建筑设计人员要运用参与式的设计方式，通过模拟软件来检测经济性与舒适度，比如采用本地可重复利用的材料以及立面遮阳设备，共同提高环境质量和成本效益。

五、总结

本章节的研究显示，校园建筑的设计应当将学生的身心需求作为指引，通过空间与立面的协同改进实现功能、美学以及经济

适用性的融合。空间设计需通过灵活地划分空间、优化采光并合理安排流线，实现学习、社交以及心理舒适程度方面的要求。立面设计要采用模块化组件、当地材质以及被动式节能技术，在控制成本与运维费用的同时营造美观的环境。今后需从政策和技术方面推动需求导向式标准，加强 BIM 技术应用与可持续材料改革，营造精准且经济的校园建筑氛围。

本章研究表明，校园建筑的设计要以学生的身心需求作为导向，通过空间和立面的协同优化实现功能、美学以及经济性的统一。空间规划要通过弹性分区、改善采光与流线安排，实现学习、社交以及心理舒适程度的要求。立面的设计需运用模块化部件、当地材料以及被动式节能手段，在把控成本和运维开支的同时打造美观的环境。未来要从政策和技术方面推进需求导向的标准，强化 BIM 技术运用以及可持续材料改革，打造精确且经济的校园建筑环境。

参考文献

- [1] 李少轩. 基于书院制空间需求的既有校园改造更新设计研究 [D]. 青岛理工大学, 2023.
- [2] 石子澄. 基于应力的建筑形态设计方法研究 —— 以立面秩序建构与界面肌理设计为例 [D]. 东南大学, 2022.
- [3] 李喆靖. 基于行为需求的会展展厅空间设计研究 [D]. 哈尔滨工业大学, 2022.
- [4] 庄科举. 基于校园文化的高校书店空间设计研究 [D]. 中国矿业大学 (江苏), 2022.
- [5] 张阳. 现代木构建筑立面设计及表现研究 [D]. 长沙理工大学, 2022.
- [6] 岳凌云. 基于人性化设计理念的校园建筑设计探讨 [J]. 中国建筑装饰装修, 2023, (05): 109–111.
- [7] 李鑫宇, 苏丹. 基于学生需求调研的校园寝室空间设计 [J]. 鞋类工艺与设计, 2023, 3(18): 119–121.
- [8] 姚知秋, 黄乔木, 张利斌. 大学校园规划与建筑设计常见设计目标歧义问题解析 [J]. 中国建筑装饰装修, 2024, (07): 67–69.
- [9] 刘文博. 绿色生态视角下的校园建筑设计策略探讨 [J]. 中国设备工程, 2022, (04): 255–256.
- [10] 陈岩, 古林强. 高速公路旁校园建筑立面声屏障设计 [J]. 噪声与振动控制, 2024, 44(02): 225–229+279.

建筑工程造价全流程控制体系构建 及关键影响因素实证研究

吴清

广东 东莞 523000

DOI:10.61369/UAID.2026030043

摘 要： 随着建筑业向集约化、高质量方向转变，工程项目的规模与复杂程度持续提高，传统的事后结算式造价管理模式易导致三超现象以及资源的损耗。本研究通过一级造价师的实际业务，根据全生命周期造价、全面造价管理以及动态闭环控制等相关理论，建立包括投资决策、设计、招投标、施工和竣工这五个阶段的造价全流程闭环管理系统。通过文献梳理、深度交流以及实证研究，识别出材料价格波动、设计调整、方案科学性、施工管理水平和建设标准这五个主要影响因素，同时提出源头管控、价格预警、变更规范、合同健全、BIM赋能以及人才培养等优化办法。通过实际住宅项目的检验，确实化解传统造价管理所存在的零散性与延迟性问题，为全流程造价管控提供理论和实务方面的参照。

关 键 词： 建筑工程；工程造价；全流程管控；体系构建；影响因素；实证分析

Empirical Study on the Construction of a Whole Process Cost Control System for Construction Projects and Key Influencing Factors

Wu Qing

Dongguan, Guangdong 523000

Abstract： With the transformation of the construction industry to an intensive and high-quality direction, the scale and complexity of the project continue to increase, and the traditional post-settlement cost management model can easily lead to three-over phenomenon and resource loss. Based on the actual business of the first-class cost engineer, this study establishes a closed-loop management system of the whole process of cost including investment decision-making, design, bidding, construction and completion according to the related theories of whole life cycle cost, total cost management and dynamic closed-loop control. Through literature review, in-depth communication and empirical research, the five main influencing factors of material price fluctuation, design adjustment, scheme scientificity, construction management level and construction standard are identified. At the same time, the optimization methods of source control, price early warning, change specification, contract perfection, BIM empowerment and talent training are put forward. Through the inspection of actual residential projects, the problems of decentralization and delay in traditional cost management are indeed solved, which provides theoretical and practical reference for the whole process cost control.

Keywords： architectural engineering; engineering cost; full process control; system construction; influencing factors; empirical analysis

引言

（一）研究背景

当前我国建筑工程项目显示出规模化、复杂化和紧凑化的形势，工程造价作为贯穿项目整个周期的管理要点，直接关系到投资效益和企业的可持续发展。但是多数项目仍然把竣工结算当作主要形式，对决策、设计、招投标和施工阶段的成本控制未提供足够关注，另外由于材料价格波动、变更缺乏规范、合同条款不明确、管理方式粗陋等多个因素，导致超概算、超预算的情形频繁发生。一级造价工程师的执业准则正由传统的概预算编制向全过程造价咨询与动态风险管控转变^[1]。在该背景下，重新建立工程造价全流程的管控框架，对主要影响因素开展定量识别，同时提出有针对性的管控办法，具有重要的行业实际价值和应用意义。

（二）研究意义

文章的理论意义在于：因为已有研究大多专注于单一阶段或单一要素，缺乏全流程体系建立与定量实证研究，重新界定造价各环节

的管控领域与运行机制，建立闭环管控系统，拓展全生命周期造价理论的应用场景；同时通过量化分析影响权重，弥补定性研究的不足，完善影响因子评估方案。实践意义在于：符合一级造价师执业以及全过程咨询的实际情形，梳理主要环节和风险隐患之处，帮助参建各方专注核心影响因素，提前开展风险预估，遏制投资超支情况，节约建设资金，推动行业造价管理朝着规范化、精细化、系统化的方向发展提高。

（三）研究内容与方法

在研究内容方面，首先梳理工程造价全过程管控的基础理论，根据项目建设的五个阶段建立闭环控制体系，并且明确各阶段的目标和任务；其次通过调研与访谈归纳造价影响要素，结合样本开展实证研究以确定主要因素；最后提出优化管控策略，结合实际的工程项目案例验证体系的可行性。研究方法包括文献研究途径（梳理国内外专著、论文以及计价规范）、专家访谈途径（搜集一线造价师和管理人员的实际操作难题与经验）、实证调研途径（采集不同地域、业态已完工项目的决算数据和指标进行统计）以及案例分析途径（以城市高层住宅项目为例验证体系落地效果）。

（四）技术路线

理论基础分析→全过程管控阶段划分→闭环管控体系建立→造价影响因素识别→实证研究筛选主要因素→拟定优化控制策略→工程项目实例应用验证→研究成果显示与展望。

一、建筑工程造价全流程控制相关理论基础

（一）全生命周期造价管理理论

全生命周期造价管理的核心要点是将工程项目的前期谋划、投资抉择、方案规划、招投标活动、施工建设、竣工结算以及后期运营维护视为一个不可分割的整体系统，打破传统各阶段彼此独立分离的管控观念^[2]。该理论重点把造价管控的主要节点前置，并非只专注于施工与结算环节的成本，而是在项目立项的初期便全方位考量一次性建设投资以及长期运维成本，通过全周期方案的优化实现综合造价的最优成效。该理论是建立工程造价全流程管控体系的主要逻辑根据，也是一级造价师进行全流程执业的核心指导理念。

（二）全面造价管理理论

全面造价管控包括四个主要方面，即全流程、全要素、全参与方、全风险。全过程包括工程造价从预估、概算、预算到最终结算的全部形成环节；全要素统筹协调工程质量、施工工期、建设费用、安全生产这四大目标之间的制约关联；全参与方需要建设、设计、施工、监理、造价咨询等多类主体共同参与、各司其职；全风险要求系统辨识政策调整、市场起伏、技术短板、管理失误等各类造价风险^[3]。这一理论符合建筑工程存在参与主体多样、建设周期长久、不确定因素繁杂的行业特点，为全流程体系的建立提供全面性、系统性的思维支撑。

（三）动态控制理论

建设工程的项目建设周期偏长，人工工资、建筑材料以及机械设备租赁的费用会显示周期性的波动，另外还有设计变更、现场签证、政策调整、地质情况突发改变等意外情况，工程造价始终处于动态的变化状态里。动态管控理论把投资估算、设计概算、施工图预算作为基准控制线路，及时归集实际造价相关数据，与计划造价进行对比偏差分析，精准确定偏差的原因，快速采用组织优化、技术调整、经济调控、合同约束等措施来纠正偏差，实现造价事前预警、事中调控、事后复盘的动态闭环式管

理，是施工阶段造价过程管理的主要理论根据^[4]。

二、建筑工程造价全流程控制体系构建

按照工程项目建设的实施顺序，本研究建立包括投资决策、工程设计、招投标、施工实施、竣工结算的五位一体全流程造价闭环管控体系，明确各阶段的管控定位、核心目标以及主要管控要点。

（一）投资决策阶段：造价源头前置管控

投资决策阶段是工程造价形成的初始源头，对项目整体投资具有决定性意义，其影响比例可达25%~30%。这一阶段管控的目标是科学确定建设的规模、规格、选址和布局，编制精准的投资估算，划定投资管控的界限。管控主要要点包括：全面收集地质勘察、城乡建设规划、建筑材料市场行情以及收费标准等基础资料；运用指标估算法等手段编制估算，充分考虑预备费，防止出现缺项；开展多套方案的技术经济对比与筛选，选取功能匹配、造价适宜的方案；同时建立专家评审与多级复核机制，严格把控估算的精确程度，为后续各阶段的造价管控提供可靠的基准根据。

（二）工程设计阶段：造价核心关键管控

工程设计阶段对总造价的影响比例能达到70%~80%，是从源头控制投资超支的主要时期。这一阶段管控目标为严格落实限额设计，确保设计概算不超出投资估算、施工图预算不高于设计概算，通过设计优化削减后期变更与签证所产生的额外造价。管控主要要点有：将投资估算的总体金额分配至各个专业，明确造价限额，严格落实限额设计；通过价值工程对结构布局 and 材料设备的配置加以优化，剔除设计里的冗余部分；造价专业人员提前介入图纸会审工作，排查错漏碰缺情况以及造价偏高的设计问题；严格审核初步设计概算和施工图预算，核查工程量、定额套用以及费率取定的合规性和准确性^[5]。

（三）招投标阶段：造价合同锁定管控

招标和投标阶段是确定计价规则、商定合同价款并划分风险

责任的主要环节。其管控目标是精准编制工程量清单与招标控制价，择选履约能力优良的施工单位，签署权责清晰的施工合同。管控主要要点有：根据图纸和计价规范编制清单，确保项目完整、特征描述详细；结合市场实际情况合理设定招标控制价；规范招投标评标程序，避免围标、串标等违规行为，综合考量投标报价和履约业绩；在合同中清晰明确计价方式、价款调整规则、变更签证流程、索赔时效、进度款支付节点以及风险划分等重要条款，为后续结算与造价管控奠定坚实基础。

（四）施工阶段：造价动态过程管控

施工阶段是工程实体建立与造价实际形成的主要环节，也是管控难度最大的时期。其目标是严格把控工程变更和现场签证情况，动态监测建材价格的波动，规范进度款项的审核与给付，确保实际造价处于施工图预算领域内^[9]。管控主要要点如下：建立造价动态管理的记录，按月开展实际造价与预算造价的对比分析，及时纠正偏差；严格执行先审批、后施工的变更管控模式，经多方对造价增减数额确认之后方可执行；规范现场签证的流程，遵循一事一签、即时核定、手续完备的原则；搭建主材价格动态监测机制，通过集中采购等方式锁定成本；优化施工组织的规划，合理安排施工工序，减少返工和材料损耗，防止因工期延误产生额外费用。

（五）竣工结算阶段：造价闭环收尾管控

竣工结算阶段是工程造价最终核定与管控实现闭环的主要部分，其目的是严格根据合同、图纸以及计价规范，精准审核结算文件，核减高估冒算、重复计费不合理费用，确保造价真实合规、结算高效实现闭环。管控主要要点有：全方位收集竣工图纸、变更签证、验收记录等结算相关资料；逐一核查工程量、单价以及税费情况；妥善处理甲乙双方在造价方面的分歧；审核结束后开展全流程复盘，梳理存在的薄弱之处并建立造价指标数据库，为后续的项目提供参考。

三、建筑工程造价关键影响因素实证分析

（一）影响因素初步识别

工程造价的影响因素可分为五类：前期决策类因素（建设规模、标准等级、选址状况、估算精准度、方案合理性）；设计技术类因素（方案优化水平、图纸深度、错漏碰缺情况、限额设计执行状况）；市场环境类因素（主材价格、人工薪酬、设备租赁费用、市场供需关系）；施工管理类因素（变更频次、签证规范性、施工组织安排、工期管控情况、返工损耗情况）；合同与外部类因素（合同完备程度、计价模式、政策法规、场地地质与气候条件）^[7]。

（二）实证研究设计

此次实证研究选取区域内 28 个已完工的建筑工程项目作为样本，包括高层住宅、公共办公建筑、中小型工业厂房等多种业态，工程的建设规模、建设周期、结构类型具备良好的代表性。将各项目竣工结算的总体造价视为因变量，选取建设规模大小、设计方案合理性状况、建材价格波动范围、工程变更发生频次、

施工管理实际水平、合同条款完备情况、地质条件复杂程度这七项指标作为主要自变量，采用实际工程数据同时结合专家打分方法来实现指标的量化赋值。运用相关性分析与多元线性回归分析方法，检验各变量和工程造价的关联状况以及统计明显性，筛选主要影响因素。

（三）实证结果与关键因素确定

通过统计软件开展分析，回归模型的拟合情况较为理想，自变量能够有效解释工程造价的变化规律。影响权重由高至低依次是：建材价格波动、工程变更频次、设计方案合理性、施工管理水平、建设规模，被认定为核心主要要素；合同条款完善程度与场地地质情况为次要要素。实证检验：建筑材料的价格是非常直接的外部影响根源，随意转变为主要内部引发因素，设计方案存有缺陷、管理模式粗放以及盲目扩张规模均明显提高投资。

四、基于关键影响因素的全流程造价管控优化策略

（一）强化源头前置管控，严控建设规模与设计品质

严格根据工程建设的标准规范执行，杜绝随意扩大建筑面积、盲目提高装修档次以及设备配置标准的行为，从项目立项之初就对投资数额进行把控。全方位推动限额设计以及价值工程的常态化施行，将造价管控工作前置到方案设计和初步设计阶段。安排专业造价人员自始至终参与设计方案评估与图纸会审事宜，对结构布置、构件断面以及材料设备选样进行优化，在设计初始阶段减少图纸缺陷与后期变更的概率，筑牢造价源头管控的防线。

（二）搭建价格监测机制，对冲建材价格波动风险

建立区域性建筑材料价格信息的数据仓库，对钢材、水泥、砂石、装饰主材、机电设备等主要材料的价格走势进行实时监测，并设置价格涨跌的预警系统。在招标文件与施工合同中增设主材价格动态调整专项条款，合理约定价格波动区间以及甲乙双方的风险分担比例。推行行业集中采购、企业战略集中式采购、批量招标采购方式，锁定中远期材料的采购价格，有效缓解因市场价格大幅上涨造成的造价上升压力。

（三）规范变更签证流程，提升施工现场精细化管理

建立分级授权的工程变更核准机制，明确划分变更发起、审核、核准的权限和流程，严禁施工单位擅自变更、先开展施工再补办手续。对现场签证的格式、办理流程和时间限制进行规范，遵循即时核验、量化标注、闭环归档的准则，避免出现模糊签证、事后补签、虚假签证等状况。持续优化工程建设施工组织规划，科学安排施工流程和资源调配，强化施工现场质量、进度、安全的综合管理，减少返工、停工现象以及材料的非必要损耗，通过精细化施工管控来抑制造价的增长。

（四）健全合同管理体系，明晰造价权责与风险划分

推广使用标准化的工程施工合同示范文本，对工程计价方式、变更价款计算、索赔处理程序、竣工结算时间、违约责任等主要条款进行细化。加强合同执行全流程的动态监管，及时留存变更、签证、会议纪要、现场影像等证明资料，为造价结算以及

争议处理提供支持。引入专业的造价咨询机构全程参与合同的拟定、审核以及交底事宜，防止因条款表述模糊、权责界定不清而引发的造价纠纷。

（五）推广 BIM 与信息化技术，打造数字化管控模式

全方位采用 BIM 技术开展高精度工程量的核算、图纸碰撞的检查、变更造价的模拟预测，减少人为计算的误差与设计的错漏情形。搭建工程造价全流程信息化协同平台，实现建设、设计、施工、监理、造价咨询多主体的数据共享、线上审批、动态刷新，消除各阶段信息壁垒，提高全流程造价管控效率与数据精准度。通过大数据技术积累同类项目的造价指标，为后续项目的投资估算、概算编制提供数据支撑。

（六）强化专业人才培养，打造复合型造价管理队伍

加强一级造价师和基层造价工作者全流程管控能力的培养，定期安排学习最新的计价标准、新材料新技术、工程合同法规、BIM 信息化运用等专业知识。转变过去重核算、轻管控的从业理念，树立事前控制、全周期规划、风险预估的执业思维，培育具备工程技术、经济分析、现场管理、法律合规能力的复合型造价专门人才，为全流程造价管理提供坚实的人才保障。

五、工程实例应用分析

以某城市高层住宅工程（总体建筑面积 7.8 万平方米，建设时长 24 个月）为例，针对传统事后结算造成的变更随意、成本管控不严格等情形，引入全流程造价管控机制：在投资决策阶段严格把控项目规模与投资概算，设计阶段确实推行限额设计，招投标阶段精准编制清单与合同条款，施工阶段动态监控主要材料价格并实施变更分级审批制度，竣工阶段规范结算审核事宜。投入使用后，工程领域的变更情形明显降低，主要材料成本的偏差处于可控范围，未出现超概算的情况，确实有效节约投资。这有力证实该体系在管控主要因素时效果明显，拥有良好的落地执行性与推广意义。

六、结论与展望

（一）研究结论

本文根据全生命周期、全面造价管理、动态控制这三项基础理论，建立包含投资决策、工程设计、招投标、施工实施、竣工结算这五个阶段的一体化建筑工程造价全流程闭环管控体系，明确划分各阶段的管控定位、目标和核心工作内容。通过文献调研、专家问询和实证研究，确定建材价格波动、工程变更数量、设计方案合理性、施工管理水准、建设规模高低是影响工程造价的五个主要因素。就各主要要素的影响机理，从源头把控、价格监测、变更签证规范、合同管理、信息化帮助、人才培养这六个方面，给出具备系统性、可实施性的全流程造价优化管控策略，并且通过实际工程项目案例来验证该体系的实用性与有效性。

（二）研究展望

后续研究可进一步扩大实证样本的覆盖范围，对住宅建筑、公共建筑、装配式建筑、绿色建筑等不同类型业态在造价影响方面的差异进行细致划分，建立分类别的造价管控指标体系。全方位研究大数据、人工智能、BIM 数字化技术在造价智能预警、自动算量、变更智能计价方面的深入应用，推动造价管控向智能化、数字化转型。可以建立起造价管控效果的量化评价体系，实现管控成效可量化、可考核、可复盘的目的，符合建筑业绿色化、工业化、数字化高质量发展的新要求。

参考文献

- [1]住房和城乡建设部. GB/T 50500-2024 建设工程工程量清单计价规范[S]. 北京：中国计划出版社，2024.
- [2]罗廷雪. 建筑工程施工中工程造价管理要点及控制策略探究[J]. 建材与装饰，2024，20(3): 115-117.
- [3]王志亮. 建筑工程造价全过程动态管控[J]. 砖瓦世界，2024(24): 148-150.
- [4]柴娇娆. 建筑材料价格波动对工程造价影响分析[J]. 建筑与装饰，2026，29(4): 43-45.
- [5]林晓斌. 建筑工程全过程造价咨询控制策略及优化路径研究[J]. 现代工程科技，2025，4(18): 185-188.
- [6]高佳佳. BIM 技术在建筑工程造价精细化管理中的应用研究[J]. 居业，2026(2): 134-136.
- [7]王志亮. 建筑工程造价全过程动态管控[J]. 砖瓦世界，2024(24): 148-150.

建筑工程施工安全管理存在的问题分析 ——应对措施与优化建议

张宁波

广州市增城区东进城市开发投资有限公司, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030049

摘 要 : 建筑工程施工安全管理关系到施工人员的安全和工程项目的顺利推进。当前施工现场安全管理存在制度执行不到位、人员安全意识薄弱、安全投入不足等问题, 这些隐患容易引发安全事故。通过分析这些问题产生的深层原因, 从完善管理制度、加强人员培训、落实安全责任、引入技术手段等方面提出应对措施与优化建议, 有助于提升施工现场的安全管理水平, 降低事故发生率, 保障施工活动安全有序开展。

关 键 词 : 建筑工程; 施工安全; 管理问题

Analysis of Issues in Construction Safety Management in Building Engineering — Countermeasures and Optimization Suggestions

Zhang Ningbo

Guangzhou Zengcheng District Eastward Urban Development Investment Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : The safety management of construction project construction is crucial for the safety of construction personnel and the smooth progress of the project. Currently, there are issues with inadequate system implementation, weak safety awareness among personnel, and insufficient safety investment in construction site safety management, which are potential hazards that can easily lead to safety accidents. By analyzing the underlying causes of these problems, this paper proposes countermeasures and optimization suggestions from aspects such as improving management systems, strengthening personnel training, implementing safety responsibilities, and introducing technical means. These measures will help enhance the safety management level of construction sites, reduce the incidence of accidents, and ensure the safe and orderly conduct of construction activities.

Keywords : construction engineering; construction safety; management issues

引言

建筑工程施工环境复杂, 高处作业、大型机械使用、临时用电等环节风险较高。安全管理一旦出现漏洞, 就可能造成人员伤亡和财产损失。近年来建筑施工安全事故仍有发生, 暴露出安全管理体系中的诸多短板。因此有必要系统梳理当前施工安全管理中存在的突出问题, 分析问题背后的管理原因, 并在此基础上提出切实可行的改进方向。这不仅是提升施工企业安全管理能力的需要, 也是推动建筑行业健康发展的重要环节。

一、建筑工程施工安全管理存在的主要问题

(一) 安全管理制度执行流于形式

许多施工项目虽然建立了安全管理制度, 但在实际操作中制度约束力不强。一些项目仅仅把制度写在纸上、挂在墙上, 日常检查记录存在应付现象。安全技术交底工作走过场, 作业人员未能真正了解岗位风险点。定期安全检查停留在表面, 隐患整改通知单下发后跟进不及时, 同类问题反复出现。制度执行缺乏刚性约束, 违规操作得不到及时纠正, 导致安全管理逐渐失去严肃性和有效性。

(二) 施工人员安全意识普遍薄弱

施工现场一线作业人员流动性大, 其中不少是短期雇佣的农民工。这部分人员文化程度偏低, 接受安全培训的时间有限, 对操作规程和危险识别缺乏足够认识。部分工人图省事、凭经验干活, 不正确佩戴安全帽、安全带, 随意拆除防护设施等行为时有发生。管理层对安全意识培养重视不够, 安全教育活动形式单一, 未能真正触动作业人员内心。安全意识的缺乏使得许多原本可以避免的事故最终发生。

(三) 安全投入不足且资源配置不合理

部分施工企业为控制成本, 压缩安全专项经费。安全防护设

施陈旧老化却未及时更换,劳动防护用品质量达不到标准要求。一些项目在脚手架搭建、临边防护、基坑支护等关键环节减少材料用量或降低规格,埋下安全隐患。安全管理人员配备不足,一名安全员负责多个作业面,难以做到全面巡查。安全培训教育经费被挤占,培训工作草草了事。这种重效益轻安全的做法直接削弱了现场安全防护能力。

(四) 现场安全监管力量薄弱

施工现场的安全监管存在盲区和漏洞。监理单位的安全监理职责履行不到位,对施工方案审查不严,对违规行为制止不力。建设单位过分追求施工进度,对安全管理环节干预较多,导致安全措施无法充分落实。总包单位与分包单位之间的安全管理责任划分不清,分包队伍尤其是劳务分包队伍处于监管真空地带。现场安全检查频次不足,检查内容针对性不强,夜间施工、节假日施工等特殊时段的监管尤其薄弱。

(五) 施工机械设备管理存在隐患

建筑起重机械、施工升降机、物料提升机等大型设备的使用管理不规范。设备进场验收把关不严,老旧设备带病运行现象存在。日常维护保养记录缺失,关键部件磨损后未及时更换。特种设备操作人员无证上岗或证件过期,操作技能不熟练。设备安全装置失效后仍继续使用。此外小型手持电动工具、临时用电设施的保管和检查较为随意,漏电保护、接地接零等措施不到位,容易引发触电事故。

二、施工安全管理问题的成因分析

(一) 企业安全管理责任落实不到位

施工企业主要负责人对安全生产的认识存在偏差,将安全管理视为额外负担而非分内职责。企业安全管理机构地位不高,安全管理人员的话语权有限。在工期紧张或成本压力增大时,企业往往优先保证进度和利润,安全要求被迫让路。安全生产责任制虽然建立,但考核机制不健全,失职追责难以落地。企业缺乏对安全管理持续改进的内生动力,满足于应付外部检查,没有真正形成自我约束、自我完善的管理机制^[1]。

(二) 从业人员安全培训体系不健全

施工现场的安全培训教育缺乏系统性和针对性。新入场工人的三级安全教育时间短、内容空泛,未能结合具体岗位风险进行讲解。日常安全活动形式大于内容,班前会变成简单签字,安全技术交底照本宣科。培训方式单调,多为口头讲授,缺少直观演示和实操训练。培训效果缺乏检验手段,工人是否真正掌握安全知识无人过问。特种作业人员复训换证管理不严格,知识更新滞后。培训体系的缺陷直接造成从业人员安全素养偏低。

(三) 施工现场环境复杂多变增加了管理难度

建筑工程施工现场始终处于动态变化状态,作业区域会随着施工推进持续调整。不同施工阶段潜藏的安全隐患各有侧重,风险防控的重点也随之改变。基坑施工期间,土体失稳引发的坍塌问题最为突出;进入主体施工环节,高空作业增多,高处坠落事故易发;到了后期装饰装修阶段,现场用电设备增多、易燃材料

集中堆放,临时用电与消防安全隐患显著增加。

施工现场常出现多工种同步作业的情况,各工序相互穿插干扰,人员与作业区域的协调工作难度较大,单个岗位的违规操作,都有可能引发连锁安全问题。户外施工还会直接受到自然天气制约,大风、降雨、高温等天气都会干扰正常施工,多数场地的应急防护准备不够及时,无法快速应对突发状况。此外,场内建材堆放位置、临时搭建设施时常调整,部分安全通道会被物料、器械挤占,通行条件得不到保障。现场各类要素持续变动,进一步抬高了安全管理门槛,沿用传统管理模式,已经很难适配当下复杂的施工场景^[2]。

(四) 安全监督执法存在不足

政府层面的施工安全监督力量相对有限,监督频次和覆盖面难以满足实际需求。一些地区监督人员数量少,每人负责多个项目,检查深度不够。监督方式以告知性检查为主,项目提前准备,检查时看到的并非真实状态。对违规行为的处罚力度偏轻,违法成本低,企业产生侥幸心理。安全事故责任追究多停留在直接责任人层面,对企业负责人的问责力度不够。监督信息的公开透明度不高,行业警示作用未能充分发挥。

三、建筑工程施工安全管理的应对措施

(一) 健全安全管理责任体系

施工企业应建立覆盖各层级、各岗位的安全生产责任清单,明确项目经理、技术负责人、安全员、班组长等人员的安全职责。推行安全责任考核制度,将考核结果与薪酬、晋升挂钩,形成正向激励。建立安全责任追溯机制,对因失职导致隐患或事故的人员实施追责。总包单位应将分包单位纳入统一安全管理体系,签订专门的安全管理协议,明确各方责任边界。建设单位不得随意压缩合理工期和造价,为安全管理提供必要条件^[3]。

(二) 加大安全投入并优化资源配置

施工企业应当严格执行安全费用提取和使用管理规定,保证安全经费足额到位。安全费用实行专款专用,优先用于防护设施更新、防护用品购置、安全培训开展等方面。企业应配备足够数量的专职安全管理人员,每个作业面至少有专人负责安全巡查。在脚手架、临边洞口、起重设备等高风险环节增加技术性防护投入,采用工具化、标准化的防护设施。安全培训教育经费单独列支,每年按计划组织开展各类安全活动,确保资源投入转化为实际防护能力。

(三) 强化安全教育培训实效

针对不同岗位、不同工种开展差异化安全培训。新入场工人接受不少于规定学时的三级安全教育,内容包含岗位风险识别、操作规程、应急处理等,培训结束后进行考核,考核合格方可上岗。日常安全教育采用案例教学、现场演示、实操训练等多种形式,避免单纯说教。定期组织安全事故警示教育,用真实案例警醒作业人员。对特种作业人员严格执行持证上岗制度,证书到期前安排复训换证。班前安全会由班组长结合当天任务讲解风险点和防范措施,作业人员复述确认后开始施工。

（四）提升现场安全监管能力

施工现场实行安全网格化管理，将作业区域划分为若干单元，每个单元指定专人负责安全巡查。提高安全巡查的频次和针对性，日常巡查每日开展，专项检查根据施工阶段和季节特点安排。对发现的隐患建立台账，明确整改责任人、整改期限、验收标准，实行销号管理。监理单位应当认真履行安全监理职责，审查施工方案中的安全措施，对关键工序实施旁站监理。建设单位应尊重安全管理的专业性，不得强行要求违反安全规定的施工行为。特殊时段施工要增加监管力量，确保管理无死角^[4]。

（五）规范施工机械设备管理

建立施工机械设备全生命周期管理制度，从设备选型、进场验收、安装调试、使用维护到拆除退场各环节均有记录。设备进场前核验相关证照和技术资料，不符合要求的不得入场。大型起重机械的安装拆卸必须由具备资质的专业队伍承担，作业前编制专项方案并组织验收。设备使用期间按照产品说明书和规范要求进行日常检查、定期保养，安全装置保持灵敏有效。特种设备操作人员必须持有效证件上岗，操作前进行设备试运行。小型机械设备同样要登记造册，定期检查绝缘性能和保护装置的有效性。

四、建筑工程施工安全管理的优化建议

（一）引入信息化技术辅助安全管理

施工企业可逐步推广应用智慧工地管理系统，利用物联网技术对塔吊、施工升降机、基坑监测等进行实时数据采集和预警。作业人员佩戴集成定位功能的安全帽，便于掌握人员分布和行动轨迹。重要风险区域设置电子围栏，人员未经授权进入时系统自动报警。安全隐患排查使用移动终端记录和上报，整改流程线上流转，提高处理效率。安全培训资料上传至网络平台，工人可随时学习，系统记录学习时长和测试成绩。信息化手段有助于弥补人工管理的不足，提升安全管理的精细化水平。

（二）培育企业安全文化

企业应将安全理念融入日常经营管理活动之中。管理层以身作则，进入施工现场主动遵守安全规定，树立良好示范。建立安全行为观察和反馈机制，鼓励员工指出他人不安全行为，也乐于

接受他人提醒。定期评选安全标兵和安全班组，给予物质奖励和精神表彰，营造人人关注安全的氛围。开展家属参与的安全主题活动，让作业人员感受到安全不仅关系自己，也关系家庭幸福。安全文化一旦形成，将从内在驱动人员主动遵章守纪，效果优于外部强制约束。

（三）建立多方协同管理机制

施工安全管理需要建设单位、总包单位、分包单位、监理单位以及劳务队伍的协同配合。建议建立安全生产联席会议制度，定期通报安全管理情况，协调解决跨单位的安全问题。建设单位在合同中明确安全管理的权力和责任分配，避免出现管理真空。总包单位对现场安全负总责，分包单位对其承包范围内的安全负责，劳务队伍接受总包和分包的统一管理。监理单位独立履行监督职责，发现问题及时发出指令。各方之间建立通畅的信息沟通渠道，重大问题第一时间通报，形成齐抓共管的工作格局^[5]。

（四）完善安全应急管理体系

施工项目部应根据工程特点和风险辨识结果编制针对性的生产安全事故应急预案，明确应急组织架构、响应程序、处置措施和联络方式。现场储备充足的应急物资和设备，包括灭火器材、急救箱、通讯设备、照明工具等，并定期检查有效期和完好状态。每半年至少组织一次应急演练，检验预案的可操作性和人员的应急反应能力。演练结束后进行评估总结，对暴露出的问题及时修正。与附近医疗机构建立应急联动，确保事故发生后伤员能够在最短时间内获得救治。应急知识的普及教育同样重要，使每名作业人员知晓紧急情况下的撤离路线和基本自救互救技能。

五、结束语

建筑工程施工安全管理仍存在制度执行不力、人员意识薄弱、资源保障不足、监管力量欠缺等问题，原因涉及管理、素质、环境等多方面。应通过健全责任体系、加大安全投入、提升培训效果、强化现场监管、规范设备管理等举措提升水平。同时引入信息化技术、培育安全文化、建立协同机制、完善应急体系，推动安全管理从被动应付向主动预防转变。施工企业需正视短板，把安全放在首位，创造安全可靠的工作环境。

参考文献

- [1] 马振国. 建筑工程施工安全管理存在的问题及应对措施分析[J]. 建筑·建材·装饰, 2023(24): 19-21.
- [2] 薛松, 李俊杰. 建筑工程施工安全管理存在的问题及应对策略分析[J]. 建筑与装饰, 2024(2): 72-74.
- [3] 宋苏丰. 建筑工程施工安全管理存在的问题及应对措施分析[J]. 建筑·建材·装饰, 2024(7): 64-66.
- [4] 谈宇杰. 建筑工程施工安全管理存在的问题及应对措施分析[J]. 工程技术研究, 2022, 7(23): 146-148.
- [5] 梁晓龙, 曾海龙. 建筑工程施工安全管理存在的问题及应对措施分析[J]. 中国公共安全, 2023(11): 136-138.

分析建筑智能化弱电系统施工质量管控关键技术

周济剑

中建电子信息技术有限公司, 广东 深圳 518100

DOI:10.61369/UAID.2026030050

摘 要 : 建筑智能化弱电系统施工质量直接决定建筑功能与管理水平。分析系统构成与施工特点,从施工准备、过程控制、系统调试三个维度,探讨管线敷设、设备安装、联调联试、质量检测等关键技术。通过编制针对性施工组织设计、严格执行工序交接检验、应用 BIM 技术优化管线综合、建立质量追溯体系,可有效提升施工质量。结合某大型公共建筑实践,验证了上述技术的应用效果。

关 键 词 : 建筑智能化; 弱电系统; 施工质量; 管控技术

Analyze Key Technologies for Construction Quality Control of Intelligent Building Weak Current Systems

Zhou Jijian

China Construction Electronic Information Technology Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518100

Abstract : The construction quality of the intelligent building weak current system directly determines the building's functionality and management level. This paper analyzes the system composition and construction characteristics, and discusses key technologies such as pipeline laying, equipment installation, joint debugging and testing, and quality inspection from three dimensions: construction preparation, process control, and system debugging. By preparing targeted construction organization design, strictly executing process handover inspection, applying BIM technology to optimize pipeline integration, and establishing a quality traceability system, the construction quality can be effectively improved. The application effect of the above technologies is verified through the practice of a large public building.

Keywords : intelligent building; low-voltage system; construction quality; control technology

引言

建筑智能化弱电系统是现代建筑的重要组成部分,其施工质量直接决定建筑的使用功能与运行管理水平。然而,弱电系统构成复杂、专业协调难度大、隐蔽工程多,施工中容易出现管线敷设不规范、端接工艺不达标等质量问题。如何从施工准备、过程控制到系统调试与检测,系统性地管控弱电系统施工质量,成为工程管理的重点。围绕弱电系统构成与施工特点,探讨各项质量管控关键技术,有助于提升智能化系统的施工水平与交付质量。

一、建筑智能化弱电系统构成与施工特点

(一) 弱电系统的构成

建筑智能化弱电系统通常包括以下几个主要子系统。建筑设备监控系统(BAS)对空调、给排水、照明、电梯等设备进行集中监视和控制。安全防范系统包含视频监控、入侵报警、出入口控制及电子巡更。通信网络系统涵盖综合布线、计算机网络、移动通信室内覆盖。办公自动化系统包括计算机网络、电话交换、会议系统。火灾自动报警及消防联动系统具有独立验收要求。此外,大型公共建筑还可设置智能照明、能源管理、车位引导等专项系统。这些系统共同构成弱电智能化体系。

(二) 弱电系统施工的主要特点

弱电系统施工具有以下显著特点。一是系统构成复杂,涉及

多个专业领域,施工需要跨专业协调配合。二是设备种类多、数量大,一条综合布线系统中可能包含数千个信息点位,设备管理难度大。三是施工精度要求高,网络线缆的敷设弯曲半径、端接工艺等都有严格的技术要求,稍有偏差就会影响系统性能。四是调试工作量大,各子系统需要先单独调试,再进行系统集成联调,调试周期较长。五是质量隐蔽性强,线缆敷设、接头制作等工序属于隐蔽工程,一旦覆盖后难以直观检查质量。

二、施工前准备阶段的质量管控技术

(一) 施工图纸会审与技术交底

施工图纸是施工质量的基础保障。弱电系统施工前,应组织设计单位、施工单位、监理单位进行图纸会审,重点审查以下内

容：弱电各系统的点位布置是否与建筑功能匹配；弱电间、设备机房的位置和面积是否满足设备安装和运行维护要求；弱电管线与强电管线、给排水管线、暖通管线在空间上是否存在冲突；弱电设备的供电和接地措施是否明确。会审中发现的问题应以书面形式反馈给设计单位，待设计变更或澄清后再进行施工。

技术交底是施工前质量管控的关键环节，应由上往下逐级进行，第一级是项目层，由项目技术负责人向项目全体管理人员进行交底；第二级是专业级，由项目专业技术工程师/专业工程师向施工员、施工班组长进行交底；第三层是作业级，由施工班组长向现场一线作业工人进行交底，三级技术交底纸质版资料要妥善存档保存。交底内容包括施工工艺要求、质量标准、关键工序的操作要点、常见质量问题的预防措施等。对于综合布线系统这类对工艺要求较高的分项工程，建议先制作样板，经建设、监理、设计单位共同确认后，再大面积展开施工^[1]。

（二）材料与设备进场检验

弱电系统所用材料与设备的品质，直接关系系统投入使用后的实际表现。在材料和设备运抵施工现场时，相关管理人员需要重点核查多项内容。对于各类电缆，要查看其规格型号是否与设计图纸一致，导体直流电阻、绝缘电阻以及阻燃性能是否满足技术要求。针对网络交换设备，需确认端口数量、数据转发能力以及与其他品牌设备的兼容性是否达到系统设计指标。至于摄像机、探测器这类终端器件，则要检验外壳防护等级、探测灵敏度、拍摄视角等参数是否符合预先制定的技术标准^[2]。

所有进场的材料与设备，都必须附带生产厂家出具的出厂合格证、质量保证文件以及法定检测机构提供的检测报告。如果涉及进口产品，还需查验海关报关单据和入境商品检验证明，确保产品来源合法、质量可靠。

在某个大型公共建筑施工案例中，监理人员对进场网络电缆进行抽检时，发现部分电缆的直流电阻测试结果超出允许范围。随后将样品送往具备法定资质的检测机构进一步检验，最终确认这批电缆不符合国家标准 GB/T 50311-2016 的规定。项目管理方立即要求供货单位将整批电缆清退出场，避免了不合格材料用于工程实体。这一过程说明了进场检验对于防范质量隐患的重要性，也提醒施工各方不能忽视材料源头控制。

三、施工过程质量管控关键技术

（一）管线敷设质量控制技术

管线敷设是弱电系统施工的基础工序，其质量直接影响后续设备安装和系统运行。管线敷设的质量控制要点包括以下几个方面。线缆敷设前应核对线缆规格型号，避免用错线缆。线缆敷设时应避免强行拉扯，防止线缆内部导体断裂或绝缘层破损。线缆的最小弯曲半径应符合规范要求，非屏蔽双绞线的弯曲半径不应小于线缆外径的4倍，屏蔽双绞线不应小于外径的8倍，光缆不应小于外径的10倍。线缆敷设时应做好标识，桥架内的线缆应按系统分类绑扎，每间隔1.5至2米设置标识牌，便于后续维护。

某办公楼项目在综合布线施工中，因施工人员为图省事，将

六类非屏蔽双绞线紧贴桥架锐角弯头敷设，导致多处线缆弯曲半径不足，经福禄克（Fluke）网络测试仪检测，约有12%的信息点位永久链路性能不达标，最终对该部分线缆进行了重新敷设，返工量约为850米，造成经济损失约6万元。

（二）设备安装精度控制技术

弱电设备的安装精度对系统性能有重要影响。摄像机的安装位置和角度直接决定监控覆盖范围，安装时应根据现场实际情况微调，确保监控画面覆盖关键区域且无盲区。探测器的安装高度和安装角度影响其探测范围和灵敏度，安装时应严格按照产品说明书的要求进行。网络设备的安装应保证通风良好，避免设备过热导致性能下降或故障。机架式设备的安装应整齐排列，标签清晰，便于维护和管理^[3]。

对于精密安装要求的设备，建议使用激光水平仪、角度仪等工具进行辅助定位，确保安装精度满足设计和规范要求。某机场航站楼的视频监控系统中，因球型摄像机的安装角度偏差约8度，导致行李提取区域的监控画面出现盲区，后被安检部门要求整改，重新调整了约120台摄像机的安装角度。

（三）线缆端接与接线质量控制技术

线缆连接头制作与导线连接操作属于弱电施工中工艺要求较高的环节。处理双绞线连接时，施工人员需要按照A类或B类线序规则排列线芯，同时让双绞线节距尽量靠近连接点十三毫米以内，这样能够减少信号干扰。

对于光缆接头，操作人员需使用专用工具完成光纤切断与热熔，热熔后的接续衰减应 $\leq 0.05\text{dB}$ ，随后用热收缩保护管包裹接头。连接端子的压迫连接必须牢固可靠，防止出现松动接触或导通不良的情况。所有连接头制作与导线连接工作结束后，还要使用专业检测设备开展连通性检测和传输性能检验，以此确认连接质量达标。

在实际施工中，线芯剥离长度不当、线序排错或压接力度不均都会影响信号传输，甚至造成系统运行不稳定。因此，操作人员应当提前熟悉设备说明书中的端接要求，并在正式批量制作前先完成样品测试。光缆热熔前需清洁光纤端面，避免灰尘导致接续衰减过大。施工过程中还应注意线缆两端标识的一致性，方便后续调试与维护。只有把每个连接环节的细节把控到位，才能保证整个弱电系统后续调试顺利开展，减少因接线质量问题引发的返工。

四、系统调试与检测质量管控技术

（一）子系统独立调试技术

各个弱电子系统完成安装工作之后，需要先开展独立调试，目的是确认每一个子系统都能够自主稳定地运行。对于视频安防监控系统，调试工作包含检查图像画面是否清晰、录像存储与回放功能是否正常，以及远程访问画面与控制功能是否顺畅。出入口控制系统的调试则要测试读卡器的感应灵敏度、电锁的开启与关闭动作，同时验证报警信号能否准确触发。综合布线系统的调试要借助专用网络分析仪（例如福禄克测试仪）来执行永久链路

或者信道的性能测试,测试项目中涵盖插入损耗、回波损耗、近端串扰以及远端串扰等参数,最终的检测结果必须符合国家标准 GB/T 50312-2016 的规定。

除了上述常规检查之外,调试过程中还应注意各子系统内部设备的配合情况,比如摄像机与录像机的时钟同步、读卡器与控制器的通信稳定性等。独立调试阶段要逐一记录每个功能点的测试数据,发现异常立即调整设备参数或检查接线。只有各个子系统自身运行可靠,后续的集成联调才能顺利进行,否则系统之间的联动功能可能因为基础缺陷而反复出现问题。因此,独立调试不仅仅是对安装质量的验证,也为整个智能化系统稳定交付打下必要基础^[4]。

(二)系统集成联调联试技术

各子系统独立调试完成后,应进行系统集成联调联试,验证各系统之间的联动功能是否正常。建筑设备监控系统的联调应验证传感器数据采集是否准确、控制器指令执行是否可靠、中央管理工作站显示是否与实际状态一致。安全防范系统的联调应验证视频监控系统与入侵报警系统的联动功能,即当入侵报警触发时,视频监控系统能否自动切换到相应画面并进行录像。火灾自动报警系统的联调应验证其与消防联动设备(如排烟阀、防火阀、消防泵等)的联动控制功能是否正常。

某大型商业综合体项目的智能化系统联调中,发现建筑设备监控系统与冷水机组控制系统的通信接口协议不匹配,导致监控系统无法读取冷水机组的运行参数。后经设备厂家协调,升级了冷水机组的通信接口固件,实现了数据传输,联调工作才得以完成。这一案例说明,系统集成联调前应提前确认各系统之间的通信协议和接口标准,避免联调时出现问题。

(三)系统检测与质量评估技术

系统调试工作结束之后,需要委托具备法定检测资质的机构开展系统检测。只有检测结果合格,相关方面才能组织竣工验收。检测内容涵盖系统功能、系统性能以及系统运行可靠性等方面。检测数量需要遵守相关技术规范的要求,以视频监控系统为例,检测点位数量不得低于整个系统总点位数的百分之二十,同时绝对数量能少于3个,总点位数量少于3个时应全部检测。

检测机构出具正式的检测报告,报告里面要详细记录每一项

检测的结果。如果在检测过程中发现质量问题,建设或监理单位应当要求施工单位限期整改。施工单位完成整改工作之后,检测机构需要再次进行复测,反复这一过程直到所有检测项目均达到合格标准。除了视频监控系统之外,其他弱电子系统如出入口控制、综合布线等同样需要按照规范比例抽取点位进行检测。系统可靠性检测可以采取连续运行测试的方式,观察系统在规定时间内是否存在故障或异常。只有通过这样严格的多轮检测与整改闭环,才能确保弱电系统交付时满足设计要求和运行需要^[5]。

五、施工质量管控的信息化技术应用

随着信息技术的发展,施工质量管控也逐步向信息化、智能化方向升级。BIM技术在弱电施工中的应用日益普及,通过BIM模型可以进行弱电管线的碰撞检查、点位布置优化、施工进度模拟等,提高施工质量和效率。某智能建筑工程在管线敷设前,利用BIM技术进行管线综合优化,发现并解决了约160处管线冲突问题,弱电管线敷设一次合格率达到98.5%,较传统施工方法提高了约12个百分点。

此外,质量追溯系统的应用也为弱电施工质量管控提供了有力支撑。通过在关键工序和关键部位设置质量追溯点,记录施工时间、施工人员、施工参数、检验结果等信息,实现施工质量的可追溯性。一旦出现质量问题,可以快速定位问题环节和责任人员,有利于增强质量责任意识和改进施工质量。

六、结束语

建筑智能化弱电系统施工质量管控需贯穿全过程。从施工准备阶段的图纸会审与材料检验,到施工过程中的管线敷设、设备安装及线缆端接控制,再到系统调试与检测阶段的独立调试、集成联调与性能检测,每一环节均不容忽视。应用BIM技术优化管线综合、建立质量追溯体系等信息化手段,可显著提升施工质量与管理效率。系统化、精细化的质量管控能有效保障弱电系统功能实现与长期稳定运行,为建筑智能化目标提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 张建民. 建筑智能化弱电系统施工质量管控关键技术 [J]. 科技与创新, 2026(8): 98-100.
- [2] 苑亚楠. 智能化建筑弱电工程的技术施工与质量管理分析 [J]. 电脑采购, 2021(51): 136-138.
- [3] 王银龙. 建筑电气智能化弱电系统安装及质量管理 [J]. 砖瓦世界, 2025(23): 184-186.
- [4] 刘瑶. 建筑智能化工程施工中的质量通病及管控策略 [J]. 电脑校园, 2020(6): 1984-1985.
- [5] 高杰华. 建筑电气智能化弱电系统安装及质量管理 [J]. 中州建设, 2025(11): 115-116.

关于绿色建筑施工安全管理的现状分析及解决对策

朱俊杰

珠海常生科技有限公司, 广东 珠海 519000

DOI:10.61369/UAID.2026030051

摘 要 : 绿色建筑施工安全管理, 除把控基础施工安全, 还需落实环保、节能与资源节约要求。梳理绿色施工各类安全风险, 理清人员、设备、环境与管理制度之间的关联。不少在建绿色项目, 在安全责任划分、前期绿色方案编制、作业人员环保安全素养上存有短板。优化现场安全管理, 可完善安全考核制度、落地智能化监测、优化安全教育模式、落实奖惩细则, 严控专项经费使用, 减少安全事故, 保障绿色施工稳步推进。

关 键 词 : 绿色建筑; 施工安全管理; 现状分析; 解决对策

Analysis of the Current Situation of Green Building Construction Safety Management and Its Solutions

Zhu Junjie

Zhuhai Changsheng Technology Co., Ltd., Zhuhai, Guangdong 519000

Abstract : In the management of green building construction safety, it is necessary to not only control basic construction safety but also implement requirements for environmental protection, energy conservation, and resource conservation. It is crucial to sort out various safety risks in green construction and clarify the connections between personnel, equipment, environment, and management systems. Many green projects under construction have shortcomings in the division of safety responsibilities, the preparation of preliminary green plans, and the environmental protection and safety literacy of operating personnel. Optimizing on-site safety management can involve improving the safety assessment system, implementing intelligent monitoring, optimizing safety education models, implementing detailed reward and punishment rules, strictly controlling the use of special funds, reducing safety accidents, and ensuring the steady progress of green construction.

Keywords : green building; construction safety management; current situation analysis; solutions

引言

绿色建筑施工现场环境繁杂, 各施工工序穿插重叠。安全管理除管控质量、工期, 还要落实节能环保相关规定。绿色建筑建设体量逐年增加, 新型建材与施工工艺持续应用, 衍生出新的安全隐患, 提升了安全管控难度。不少项目在安全权责划分、前期方案编制、人员培训、经费投入上存在漏洞, 风险管控无法形成完整闭环。立足现场安全隐患梳理现存管理弊病, 制定对应优化办法, 推进安全管理事前防控, 助力绿色项目顺利建设。

一、绿色建筑施工现场安全风险概述

绿色建筑施工中, 工程安全与工程质量、环境保护紧密相关。有效开展施工现场安全风险分析及管理工作, 既能支撑项目顺利推进, 也能为施工安全与绿色施工目标奠定基础。各施工环节需牢固树立“生命至上, 安全第一”与“绿色环保”理念。基于此, 应着重对现场安全风险进行系统分析, 构建切实可行的绿色安全管理制度, 并严格依照规范标准组织施工, 以保障绿色工程安全实施。

(一) 安全系统内容

预防是安全工作的核心。安全管理的研究重点集中于安全系

统与事故系统。安全系统以人员安全素质、设备与环境的安全可靠性、生产过程的安全性以及充分可靠的安全信息流为核心要素, 这些方面共同构成安全保障的基础。事故系统则涵盖人、机、环境、管理四个关键要素, 通常称为“4M”要素。在绿色施工背景下, 环境要素还需纳入扬尘、噪音、废弃物排放等环保指标。

(二) 安全风险分析

在安全事故的四个核心要素中, 人与机械因素常被视为直接诱因, 环境因素为事故提供条件与背景, 管理因素对前三者具有显著调控作用, 被认为是影响事故发生的關鍵。安全风险分析重在深入剖析人、机械、环境三者的复杂交互关系, 包括其间的作

用方式、反馈机制与动态调整过程。通过此类分析，能够精准识别系统内部潜藏的危险因素，揭示事故即将发生时的系统状态特征，尤其是那些与人的感知、记忆、理解及行为决策等心理过程密切相关的特征。绿色施工中还需分析环保设施运行、化学品储存等带来的新型风险^[1]。

（三）安全风险分析的内容

安全风险分析主要包括危险源识别和风险评估两部分。风险评估用于预判风险发生的频率及其可能造成的后果。通过风险分析，能够明确生产活动中存在的风险，进而制定科学、有针对性的防范措施与管理对策，以最大限度降低风险。重大危险源指工程中潜在的、可能因某种情况或多种因素引发重大安全风险的因素总和。从历年施工情况看，高空施工、深基坑和起重机械是三种主要危险源。在绿色建筑施工中，还需关注扬尘控制设备、废弃物处理装置、太阳能板安装等特殊危险源。这些危险源一旦发生事故，极易导致群死群伤，危害和影响巨大。危险源识别则是通过主动干预和意识作用，对项目建设过程中出现的危险源以及以往发生的重大安全事故进行分析与总结的工作流程。常用判断方法包括安全检查表法、事故树分析法、作业安全分析法等。建设工程既属于粗放式经营产业，又属于劳动力密集型行业，因此重大危险源的识别还需根据工人密集程度进行确定^[2]。

二、绿色建筑施工安全管理的现状及存在问题

（一）建筑企业安全生产责任制执行不力等问题

在当前绿色建筑施工环境中，部分建筑企业将自身经济效益置于首位，管理重心往往向施工进度、收益回报倾斜，并着力压低施工成本，由此导致对施工安全的重视程度不足。同时，绿色施工增加的环保投入（如扬尘监测、降噪措施、废弃物处理）进一步压缩了安全经费空间。公司各部门管理人员在日常工作中，多仅依照岗位职责进行“责任性”的指导与要求，例行开展周检查、月检查、季度检查，却未能结合绿色施工特点制定针对性的安全管理意见，造成安全管理与现场绿色施工管理相互脱节，安全责任在施工过程中被“打折扣”式执行，难以真正落到实处。此类现象反映出安全生产责任制的执行仍存在明显不足，企业在追求经济效益的同时，未能将绿色安全理念深度嵌入生产组织各环节，致使责任链条在逐级传导中出现弱化，制度要求与现场实际之间存在落差，难以形成有效的风险防控闭环^[3]。

（二）工程前期绿色安全规划不系统

工程前期绿色安全规划缺乏系统性，已成为制约项目平稳推进的关键短板。在项目启动阶段，企业的关注点往往集中于进度安排、质量管控及施工总平面布置等直观且易于量化的要素，对绿色施工安全层面的系统设计则呈现分散与弱化态势，难以形成与工程风险相匹配的整体布局。由于未能从“本质安全”与“绿色环保”双重视角出发，建立起兼具科学逻辑与前瞻视野的管理机制，致使风险识别、预防与消除长期缺乏坚实的制度依托。前期在规划布置环节暴露出的准备不足，随着施工不断深入而逐步放大，隐患层层叠加，最终为生产安全埋下难以估量的潜在威

胁。绿色施工中的扬尘控制、废弃物分类、节能措施等若缺乏前期安全考虑，可能引发额外风险。实践经验表明，唯有将绿色安全理念真正嵌入前期决策与整体布局之中，方能在源头上构筑起有效的防控屏障，避免因规划缺失而付出更为沉重的代价。

（三）建筑施工人员绿色安全素质偏低

建筑行业施工作业特殊性，决定了其从业人员的构成与素质呈现较为突出的分化特征。除部分管理人员具备相对系统的专业训练外，大量直接参与一线施工的人员，其文化程度普遍偏低。现阶段，劳务公司与施工班组中的建筑工人多以农村劳动力为主，其中不少仅接受过小学教育，知识结构单一，认知层次有限。对于绿色施工涉及的环保要求、新材料操作规范、节能设备使用等内容，更是缺乏基本了解。许多一线作业人员不仅安全知识储备不足，对风险辨识与防范缺乏应有认知，操作技能也难以达到规范标准与施工技术要求。在实际作业过程中，自我保护能力明显欠缺，同时也不清楚绿色施工中的环保安全要点（如化学品泄漏处置、扬尘防护措施等）。这种人员素质方面的短板，使得施工现场隐患频生，违规操作屡禁不止，安全管理措施在落地执行时频频受阻，给绿色建筑工程现场施工带来了难以忽视的安全风险。

（四）绿色安全教育培训没有全面落实到位

工程现场虽普遍建立了“三级安全教育体系”，但在实际运行中却未能实现真正意义上的全面落实。相关监管机制与效果评估均存在明显短板，导致制度设计与现场执行之间形成较大落差。针对绿色施工安全的培训内容更是严重缺乏，多数项目未将环保安全要点纳入常规培训体系。

从现场施工检查情况看，安全教育交底文件虽整理完备，形式层面似乎已做到位。然而一旦对管理人员或一线作业人员开展随机抽查询问，不少涉及绿色安全操作的关键问题便难以得到清晰而准确的回应，反映出培训内容与实际需求之间的脱节。承担安全教育职责的人员在讲授过程中，多习惯于沿用行业术语与程式化表达，内容流于空泛、缺乏针对性。未能结合农民工群体的实际认知特点与日常生活经验，以通俗易懂的方式将绿色安全要点讲深讲透，导致受训人员对所学内容的理解度与吸收度普遍偏低，培训成效严重受限，难以真正转化为现场安全行为的自觉遵守。最终，安全培训活动逐步陷入形式化困境，参与者只需在相关资料上签字确认即可完成流程，表面程序虽已走完，实际效果却微乎其微。绿色安全教育培训本应发挥的警示提醒与能力提升作用难以落地，给施工现场的安全管理埋下了较为突出的形式主义隐患。

（五）绿色安全防护资金投入不到位

房地产调控与市场下行拖累建筑行业发展，市场竞争加剧、工程报价趋于透明，施工企业盈利空间持续收窄。绿色施工配套的扬尘监测、降噪设备与环保建材，额外抬升项目建设成本。部分项目优先压缩造价、侧重经济效益，安全生产经费无法专款专用，绿色安全相关开支持续缩减。施工现场安全密目网铺设不达标，安全宣教布置敷衍，防护用品存在劣质、旧品顶替新品问题，防尘、隔音等专用劳保物资缺口突出。资金短缺造成现场防

护措施缺位，施工现场安全隐患持续上升，阻碍绿色安全管理落地^[4]。

三、绿色建筑施工安全管理对策

（一）建立和完善绿色安全管理考核体系

建立绿色安全管理与考核体系，是落实安全责任制的关键。公司总部应完善对项目的绿色安全管理评价制度，将绿色安全评价纳入常态化管理。工程管理中增设专门的绿色安全管理部门与专职管理人员，强化对现场的绿色安全指导。针对绿色施工中的薄弱环节（如扬尘控制、废弃物处理、化学品管理等）制定专项防护措施。提高现场巡检频率，加大重大危险源及环保隐患的辨识与治理力度。每月由公司安全管理部门牵头，与项目部负责人及专职安全员共同实施绿色安全巡检，对排查出的隐患及时下发整改通知单，明确整改时限并督促落实。建立工程绿色安全奖惩机制，工程负责人作为第一责任人，将绿色安全责任与个人收入挂钩。年度评优中对发生安全事故或环保违规的工程实行“一票否决”。

（二）积极引进绿色安全监测的新技术手段

积极运用现代管理技术强化绿色安全监测，加快智慧云、人工智能等新技术在工程设备及环保设施监控系统中的落地。在塔吊等大型机械上安装安全监测系统，实现实时监测，并与项目负责人及住建系统联网，通过可视化与数据采集方式加强机件监测。建筑工地应增设扬尘在线监测、噪音实时监控、废弃物追踪等绿色安全设备。利用 GPS、信息技术以及绿色安全管理与考勤系统，对现场作业人员安全状况及环保措施执行情况进行动态监控。一旦发生安全事故或环保事件，系统所采集的数据可为紧急处置提供可靠依据^[5]。

（三）创新绿色安全培训方式，开展实效教育

绿色安全技术交底需针对不同工种与工程特点制定可行措施，摒弃空话套话。讲解中多列举因违反操作规程及绿色施工要求导致惨痛教训的真实案例，辅以图文并茂形式，给参训人员以心理震慑。培训方式应改变单纯开会讲座的形式，转为组织观看

影片、录像，特别是从实际安全事故及环保违规事件中精选素材制作的警示片，观后交流心得体会。训练结束后再辅以书面技术交底。同时加强领导管理层绿色安全思想意识培养，将绿色安全工作提升到与经济效益同等重要位置。发挥企业安全文化的导向作用，结合工程特点培育绿色安全文化。

（四）合理运用奖惩措施

绿色建筑施工安全与每位成员息息相关，落实绿色安全责任最有效的方式在于奖惩并举。奖惩机制分为物质与精神两个层面：物质方面包括奖金、纪念品、实物奖励等；精神方面涵盖奖状、奖杯、职务晋升与职称评审等。各级绿色安全责任人的履职情况应及时评价，并依据责任目标完成情况迅速兑现奖惩。对在绿色施工安全方面表现突出、提出有效改进建议的个人或班组给予额外奖励。同时将惩罚带来的被动约束转化为主动激励，发挥更持久的教育作用。

（五）加强对绿色安全专项资金的监督

按照国家规定，工程安全文明措施费及绿色施工专项费用必须专款专用。项目施工启动前，应对施工企业的绿色安全资金投入与使用情况进行充分监督，设立独立账户确保资金专项使用。根据项目建设进度计提相应数额资金，明确列出扬尘控制、降噪措施、废弃物处理、绿色防护用品等细分用途。同时强化现场绿色安全巡查，严格核查绿色防护措施是否落实到位，保证资金高效使用。加大资金监管力度，一旦发现挪用行为，须对施工企业给予必要处罚。

四、结束语

绿色建筑施工安全管理具备系统性与连续性，覆盖项目全施工周期。梳理现场安全隐患可知，项目普遍存在责任落实欠缺、安全教育走形式、专项经费短缺等问题。可健全考核标准、加装智能监测设备、优化培训模式、细化奖惩条例、严控经费使用。把绿色安全要求落实到各道工序，完善管理制度，就能缩减施工风险，稳固施工质量，促进行业平稳发展。

参考文献

- [1]王震. 基于绿色建筑施工安全管理的措施分析[J]. 陶瓷, 2025(5): 163-165.
- [2]刘书敬. 绿色建筑工程管理存在的问题与对策研究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024(11): 114-116.
- [3]李彦呈, 程秋丽. 绿色建筑管理中存在的问题与对策研究[J]. 包装世界, 2023(2): 130-132.
- [4]焦阳, 赵高阳. 绿色建筑管理中存在的问题及对策研究[J]. 中国招标, 2024(7): 135-138.
- [5]王昌伟, 杨文腾, 杨美祥. 绿色建筑管理中存在的问题与对策研究[J]. 建筑与装饰, 2024(24): 91-93.

分析建筑工程进度管理中全过程动态控制的应用

黄佳荣

广州南沙开建商业运营有限公司, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030052

摘 要 : 工程进度管理是项目的核心, 直接影响效益与目标落地。传统模式依赖静态计划, 很难适配施工动态变化, 易造成延期与资源浪费。全过程动态管控将管控理念贯穿立项、设计、施工至竣工各阶段, 依托计划编制、过程监督、偏差识别与动态调整, 构建闭环管理。研究梳理了进度影响因素, 从计划编审、实施监控、方案优化、竣工反馈四环节, 提出全过程动态管控策略。这可为进度管理提供理论支撑与实践参考。

关 键 词 : 建筑工程; 进度管理; 全过程动态控制; 动态调整

Analyze the Application of Dynamic Control Throughout the Entire Process in Construction Project Schedule Management

Huang Jiarong

Guangzhou Nansha Kaijian Commercial Operation Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : Project progress management is the core of project management, directly affecting benefits and the achievement of goals. Traditional models rely on static plans, making it difficult to adapt to dynamic changes in construction, which can easily lead to delays and resource waste. Whole-process dynamic control integrates the concept of control throughout all stages from project initiation, design, construction to completion, relying on plan preparation, process supervision, deviation identification, and dynamic adjustment to establish a closed-loop management system. This study examines the factors affecting progress and proposes a whole-process dynamic control strategy from four aspects: plan review, implementation monitoring, scheme optimization, and completion feedback. This can provide theoretical support and practical reference for progress management.

Keywords : construction engineering; schedule management; whole-process dynamic control; dynamic adjustment

引言

建筑工程进度管理事关效益与目标。传统静态计划难以适应施工动态, 常致延期与浪费。全过程动态控制则贯穿立项至竣工, 围绕计划、监控、偏差识别和调整修正, 形成闭环。针对计划粗放、管控弱、应变差、反馈缺等问题, 从编审计划、动态监控、优化调整和竣工反馈四个环节入手, 构建应用策略, 为进度管理提供系统理论支撑与实践路径。

一、建筑工程进度管理的基础理论

(一) 进度管理的内涵与目标

建筑工程进度管理, 是围绕工程项目施工全流程开展的系列管理工作, 包含计划编制、执行监督、偏差分析与调整管控等内容。其核心是依照合同工期科学安排计划, 施工中持续跟进实际进度, 比对偏差、分析成因并落实纠偏措施, 保障进度始终可控。进度管理与质量、成本既相互制约又彼此支撑, 构成有机整体。三者的内在关联决定了, 进度管理必须兼顾工程质量标准与成本约束要求, 在保证质量合格的前提下合理压缩工期、控制成本, 实现综合效益最大化。

(二) 全过程动态控制的理论基础

全过程动态控制源自现代项目管理学的系统控制理念。其核心是将管控行为贯穿项目全生命周期, 覆盖从启动到交付的各个阶段, 强调管控的连续性、系统性与适应性。在建筑工程进度管理领域, 这一理念体现为全流程覆盖的管控模式, 涵盖进度计划编制、施工过程监控、偏差识别分析、计划调整优化等核心环节。全过程动态控制的理论根基可追溯至 PDCA 循环原理, 也就是计划、执行、检查、处理四个环节的持续循环运转, 每一轮循环都会将管理水平推向新的层次。将其应用到进度管理工作中, 就是计划阶段编制管控方案, 施工阶段落地执行并做好记录, 检查阶段比对进度偏差, 处理阶段分析成因并作出调整, 随后进入

下一轮循环。与此同时，全过程动态控制还吸纳了系统论的整体性思想。将建筑工程视作由多个子系统构成的复杂系统，进度管理需统筹考量各子系统的相互影响与协同配合，避免局部优化损害整体效益^[1]。

（三）全过程动态控制对进度管理的价值

把全过程动态控制理念应用到建筑工程进度管理中，可从多个维度提升管理实效。从预见性层面看，动态控制要求各阶段持续排查影响进度的潜在风险，提前制定应对方案，由被动补救转为主动防控。从适应性层面看，动态控制赋予进度管理体系灵活的自主调整能力。施工条件、资源配置、设计变更等外部条件变动时，能及时修正进度计划，维持其指导价值。从协同性层面看，全过程动态控制注重设计、采购、施工等环节的衔接配合，推动各参与方在统一目标框架下协同运作。从积累性层面看，竣工后的评价反馈环节会沉淀项目执行中的经验教训，为后续项目提供参考支撑，实现管理能力的稳步提升。

二、建筑工程进度管理面临的现实困境

（一）进度计划编制与管控意识薄弱

当下部分建筑施工企业在进度管理中，存在计划意识薄弱、管理观念陈旧的问题。实际施工过程中，不少项目管理人员依赖过往经验安排施工内容。没有充分认识到规范进度计划对施工组织的基础指导作用，进度安排因此缺少系统性与前瞻性。对于规模较大、工艺复杂的工程项目来说，缺少科学进度计划会引发工序衔接脱节、资源调配无序等问题。一旦遭遇突发状况，管理者难以快速判断影响程度并做出合理决策，施工延误风险会显著提升。计划编制的粗放特征还体现在目标分解不充分上。总体工期目标没能有效细化为分部、分项工程直至工序级的具体进度安排，管理人员缺少明确的节点控制依据，过程检查与考核难以落到实处^[2]。

（二）进度计划编制的粗放与失衡

进度计划编制质量参差不齐，不同企业与项目都存在明显的粗放特征。部分施工单位提交的进度计划过于简略，只标注几个关键节点时间，对中间工序的持续时长、资源需求、前置条件缺少详细规划。施工人员难以参照这类计划安排日常工作，进度控制最终沦为走形式的纸面作业。反过来，部分项目的进度计划又陷入过度细化的误区，将衔接紧密的施工工艺拆分成过多独立环节。这不仅加大了计划编制与跟踪的工作量，还割裂了施工流程的内在连续性。进度计划的粗细尺度，应当匹配项目规模、管理能力与工艺特点，保持适度颗粒度。此外，部分企业编制时未考虑机械作业半径、运输通道、安全间距等空间约束，实际执行中操作空间不足，进而造成资源闲置与工期浪费。

（三）施工过程管控与风险应对不力

施工阶段的执行控制是进度管理由计划转化为现实的关键环节，也是当前管理薄弱环节最为集中的领域。施工现场的不确定因素众多，包括天气变化、材料供应波动、劳动力流动、技术难题等，若缺乏有效的动态监控机制，实际进度极易偏离计划轨道

而未被及时察觉。许多项目虽然编制了初始进度计划，但在施工过程中未能建立系统化的进度跟踪制度，对每日、每周的实际完成情况缺少量化记录和分析，偏差积累到一定程度后才引起重视，此时已错失最佳干预时机。风险管理意识的不足同样突出，部分施工企业对施工过程中可能出现的突发事件缺少前瞻性判断和应急安排，当遇到资金周转困难、关键设备故障、分包单位履约不力等情况时，进度计划迅速失去约束力，甚至出现大面积停工。资金保障问题尤为突出，部分企业垫资施工，若建设方付款延迟或资金回笼不畅，材料采购和人工支付受阻，进度将受到重创。

（四）竣工评价与经验反馈机制缺失

建筑工程竣工交付后，进度管理的系统评价与经验总结常被忽略。当前行业内，多数项目只聚焦施工阶段的进度推进。工程一旦完工，管理团队就快速解散或转入下一个项目，很少深入复盘进度计划编制质量、偏差成因、纠偏措施效果等内容。这一缺失直接造成同类进度管理问题在不同项目中反复出现，企业整体的进度管理能力难以获得实质性提升。进度管理过程产生的各类数据，比如现场施工日志、进度检查记录、变更签证、延误事件处理报告等，都具备很高的分析价值。但受归档管理制度不完善的影响，这些资料常常散失或存储不规范，无法给后续项目编制进度计划提供可靠的历史参考^[3]。

三、全过程动态控制在建筑工程进度管理中的应用策略

（一）规范化的进度计划编制与评审

进度计划是全过程动态控制的起点和基准，其编制质量直接决定了后续控制工作的有效性。在编制阶段，应当以工程项目总体工期目标为导向，结合施工条件、场地环境、地理位置等实际情况，综合考虑资源配置能力与工序技术逻辑，将总目标逐级分解为单项工程进度计划、单位工程进度计划、分部工程进度计划和分项工程进度计划，形成层次清晰、逻辑严密的目标体系。编制内容应当涵盖施工总进度计划、阶段性进度计划、资源需求计划、劳动力配置计划和物资采购计划等相互配套的子计划，确保各维度之间协调一致。施工组织设计中的流水作业方案应当合理规划分施工段并确定各工序的先后顺序，为进度计划的可行性提供技术支撑。

进度计划评审发挥关键把关作用，但当前各方对专项评审重视不足。评审核心任务包括：核对基础数据准确性、梳理工序逻辑关系、验证工期可行性、识别风险并给出优化建议。开展评审需组建专业小组，成员应具备充足施工经验与过硬技术能力，结合定性与定量方法综合研判。大型复杂项目可借助项目管理软件开展工期模拟与资源平衡分析，依托数据找出进度计划中的薄弱环节。

（二）施工阶段动态监控与偏差分析

施工阶段是项目全流程中动态管控最活跃的环节，也是现场监控密度最高的阶段。该阶段需以审批通过的进度计划为基准，

对施工现场每日作业情况进行系统跟踪记录。现场管理人员应建立完善的进度数据采集体系,通过施工日报、周报、月报等形式,记录各工序实际起止时间、资源投入量、完成工程量等关键信息。在此基础上,定期对比实际与计划进度数据,采用横道图、S形曲线、前锋线等比较方法量化偏差幅度,判断偏差是否在允许范围内,并追溯超限偏差的产生原因^[4]。

全过程动态控制的核心,是提前识别并主动管控影响进度目标的各类风险因素。施工阶段需从多维度系统梳理潜在风险。资金延续性、材料供应稳定性、天气等自然条件适配性、现场技术问题处置效率,均需纳入动态监控范围。项目管理者应建立常态化进度协调会议机制,组织各参建单位同步进度信息,协调工序衔接中的矛盾,共同解决影响施工进度的突出问题。技术管理人员需深入施工现场,核查施工组织设计与技术交底的落地情况,强化关键工序、隐蔽工程的过程管控,避免质量返工造成进度延误。针对分包单位的施工进度,总包单位需履行统筹协调职责,定期核查分包计划执行情况,督促其按节点完成对应工作,保障项目整体进度体系有序推进。

(三) 进度计划的动态调整与纠偏

建筑工程施工过程中,实际进度与计划进度的偏差难以完全杜绝。偏差出现后,能否及时准确启动计划调整程序,是评判全过程动态控制水平的重要标准。进度计划调整并非随意改动工期目标,而是在坚守总工期要求的前提下,通过优化施工组织、调整资源配置、改进施工工艺等措施,推动剩余工作在调整后的计划框架内有序推进。调整工作需遵循最小改动原则,尽量保留原计划仍具有指导价值的部分,仅对受影响的工作内容做局部修正。

进度计划调整有多种具体手段,包括加大资源投入、优化施工工艺、调整作业顺序、延长每日作业时长、以平行作业替换流水作业等。采取压缩工期的措施时,应优先选取关键线路上的工作内容。只有缩短关键线路的持续时间,才能对总工期产生实质性影响。非关键线路上的工序带有一定浮动时间,在不影响后续

工作启动时间的前提下,可允许其小幅顺延,以此将管理资源集中到关键环节。进度计划调整完成后,需形成正式书面文件,向所有参建单位告知调整内容与执行要求,保障各方协同行动。调整后的计划仍需持续开展进度检查与动态调整,形成循环往复的管理流程,直至工程竣工^[5]。

(四) 竣工验收与评价反馈

竣工验收阶段的全过程动态控制工作通常容易被忽视,但这一阶段恰恰是形成管理闭环、实现能力积累的关键节点。竣工后的进度管理评价应当涵盖计划编制的合理性与准确性评价、过程控制的有效性评价、偏差产生的原因分析、纠偏措施的实效评价等内容。具体而言,需要将施工各阶段的计划进度与实际进度进行回顾性对比,找出偏差最为集中的时段和工序,分析偏差的性质属于可预见因素还是突发因素,判断项目管理体系在应对偏差时响应的及时性和措施的有效性。这些评价结论应形成书面报告,作为项目知识资产的重要组成部分进行归档保存。与评价相配套的是进度管理资料的全面整理,包括施工进度计划各版本文件、进度检查记录、会议纪要、变更指令、延误事件报告等,均需按照规范的编目体系进行分类存储,建立可追溯、可检索的项目档案,为施工企业积累宝贵的进度管理经验,推动进度管理水平在持续总结中不断精进^[6]。

四、结束语

全程管控涵盖计划编审、过程监督、偏差纠正与竣工反馈,形成闭环。计划期,严审规范,筑牢基准。施工期追踪实际进度,用横道图、进度曲线量化偏差,追溯成因。针对关键线路,调配资源、优化工序,动态修整计划。竣工后系统评估,归档资料,沉淀经验。此模式弥补静态计划不足,增强进度管理的适应与协同。全程管控提升预见力与应变力,保障工期。提升管理水平,须坚守闭环思维,在循环反馈中持续改善。

参考文献

- [1] 原媛. 全过程动态控制在建筑工程进度管理中的应用分析 [J]. 河南建材, 2025(5): 164-166.
- [2] 苗壮. 建筑工程进度管理中全过程动态控制的应用策略 [J]. 砖瓦世界, 2025(23): 208-210.
- [3] 王丙洋. 建筑工程进度管理中全过程动态控制的应用策略 [J]. 中国建筑金属结构, 2022(6): 129-131.
- [4] 林俊辉. 建筑工程进度管理中全过程动态控制的应用策略探析 [J]. 房地产导刊, 2021(33): 149-150.
- [5] 白杰. 建筑工程进度管理中全过程动态控制的应用对策浅析 [J]. 建材发展导向(上), 2020, 18(6): 11-12.
- [6] 吴银杏. 建筑工程进度管理中如何应用全过程动态控制 [J]. 河南建材, 2020(9): 156-157.

建筑机电设备安装工程管理的价值探究

梁家荣

广东荣合发工程有限公司，广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030053

摘 要： 机电设备安装是建筑工程的核心组成部分，工程管理直接影响项目质量、成本与安全效益。从质量管控、成本优化、组织配合及技术升级角度，可体现机电安装工程管理的多重价值。当前行业在材料管理、工序衔接、管理体系及人员素养方面仍有短板。要通过源头把控、过程管控、技术创新、人才培育及效益平衡优化管理，提升机电安装工程质效，夯实工程品质与运行稳定性，实现建筑全生命周期的价值最大化。

关 键 词： 建筑机电设备；安装工程；工程管理；管理价值；质量控制

Exploring the Value of Management in Building Electromechanical Equipment Installation Engineering

Liang Jiarong

Guangdong Ronghefa Engineering Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： The installation of electromechanical equipment is a core component of construction projects, and engineering management directly impacts project quality, cost, and safety benefits. From the perspectives of quality control, cost optimization, organizational coordination, and technological upgrading, the multiple values of electromechanical installation engineering management can be demonstrated. Currently, the industry still has shortcomings in material management, process coordination, management systems, and personnel competency. It is necessary to enhance the quality and efficiency of electromechanical installation engineering through source control, process control, technological innovation, talent cultivation, and benefit balance optimization management, in order to strengthen engineering quality and operational stability, and maximize the value of the entire building lifecycle..

Keywords： building electromechanical equipment; installation engineering; engineering management; management value; quality control

引言

城镇化推进不断提速，建筑工程规模持续扩张，功能需求更显多样。机电设备安装是施工核心环节，直接决定建筑使用功能、运行稳定与长期效能。这类工程涉及范围广、工序繁多，交叉作业频繁，管控难度相对较高。部分项目管理意识不足，管控方式较为粗放，易引发质量、工期与安全隐患，拉低项目整体效益。梳理机电安装现存问题，探索优化方向，对提升施工质量、增强过程管控效能、保障建筑全周期价值有重要现实意义。

一、建筑机电设备安装工程管理的多维价值

建筑机电设备安装工程管理，有着保障施工质量、优化成本与进度、强化施工现场安全等价值。

（一）保障工程质量与提升建筑综合效益

机电设备安装工程管理的核心价值，在于保障工程质量。建筑机电安装涵盖多道工序与众多环节，任意一处出现疏漏，都可能引发设备运行故障，进而影响建筑的整体使用功能。落实严格的管理举措，可对施工筹备、材料进场、安装作业、调试运行等

全流程开展有效管控，及时排查并修正偏差，确保每道工序都符合设计与规范要求。这种全流程、全维度的质量把控，能从根源减少质量通病与安全风险，延长设备的使用年限。与此同时，高效的管理能显著提升建筑的长期使用效益。一套经过细致安装与调试的机电系统，运行稳定性、能源利用效率都处于较好水平，能够为业主节省可观的长期运维成本，降低全生命周期用能消耗。尤其在商业综合体、医院、甲级写字楼等对运行连续性要求较高的建筑中，可大幅减少机电故障引发的运营中断、功能停摆与租户损失，降低后期维修拆改对建筑正常使用的干扰，实现建

筑全生命周期内的价值最大化。

（二）优化资源配置与控制工程成本进度

工程管理在成本管控与进度保障层面，具备直接的经济价值。科学优化施工组织设计，可合理调配人力、机械与各类材料资源，避免窝工与资源损耗。现场管理环节，管理人员通过精准核算与严格管控，能有效约束材料消耗，减少施工失误引发的返工损失。成本管控贯穿设备选型、材料采购至现场使用全流程，在符合质量标准的基础上，推动资源投入达到最优状态。除此之外，科学的进度管控是工程按期交付的核心保障。制定细化的施工进度方案，结合现场实际动态调整，可保障各工种、各工序衔接顺畅，避免交叉作业混乱导致的工期延误，间接压缩工程的时间成本与管理费用^[1]。

（三）强化现场组织协同与促进技术革新应用

机电安装工程涵盖多个专业工种，施工现场的协调管控本身就是一项复杂的系统工作。高效的管理能在土建、装修、机电等作业团队间搭建顺畅的沟通渠道，明确划分各自工作界面，协调化解施工中的矛盾冲突，建立统一的现场调度与信息同步机制，减少因信息差造成的重复作业与无效返工，提升多专业交叉施工的整体运转效率。这种组织协同的价值，保障了多工种在有限时空内有序作业，为整个项目的顺利推进创造良好的管理环境。与此同时，科学的管理体系也对技术进步有着正向推动作用。面对愈发复杂的安装需求，传统施工方式与管理手段已难以适配。这推动施工企业持续探索并引入 BIM 技术、建筑工业化等先进理念与方法。BIM 技术可在施工前完成管线综合排布与碰撞检查，将问题解决在虚拟建造阶段。它既能提升安装精准度，也能减少材料损耗，有效降低施工变更的频次。这项技术的有效应用，正是管理水平提升与技术发展双向促进的成果。

二、建筑机电设备安装工程管理存在的主要问题

建筑机电设备安装工程管理在物料品质、施工环节、管理体系与人员能力等方面尚存短板。

（一）材料质量管理与控制环节存在疏漏

施工材料的品质，是机电安装工程实体质量的核心基础。但当前不少项目里，材料质量管控仍存在明显短板。一方面，部分施工单位为压缩成本，采购环节选用低价劣质产品，导致进场的导线、管材、设备大多不符合设计要求。导线导电性能不达标、管壁厚度不足等问题时常出现，为电气系统的安全运行埋下隐患。另一方面，材料进场后的检验制度落实不严，验收流程管控松散。检测手段陈旧、抽检流于形式的情况十分常见，不少不合格材料被直接用于工程。水泥、油漆、密封胶等对存储条件有特殊要求的辅材，现场保管往往缺乏规范。材料容易受潮变质、性能下降，同样会对安装质量造成直接威胁^[2]。

（二）施工过程规范性及工序衔接有待加强

机电设备安装对施工工艺规范度要求较高，但实际操作中违规作业的情况依然普遍。部分施工人员质量意识不足，在管线铺设、设备接线等关键工序里，未严格依照设计图纸与施工标准作

业。管线弯曲半径不够、绝缘层破损、设备安装减震处理不当等不规范行为，严重影响工程质量与观感效果。同时，机电安装与土建、装修等其他专业的工序衔接问题也较为明显。由于前期缺少充分沟通，预留孔洞位置偏差、预埋管线堵塞、设备安装空间被挤占等问题频发。这不仅造成后期大量剔凿和返工，损伤结构强度，也严重拖延整体施工进度，抬高了协调与管理成本。

（三）管理体系与现场监管力度不足

完善的管理体系是工程平稳推进的制度支撑，但不少施工企业在体系构建与执行上存在短板。部分企业质量管理体系不完备，技术交底未落到实处、流于表面，未能将工艺标准与操作要点有效传递给一线作业人员。施工方案编制后审查把关不严，缺少针对性与指导性，难以应对现场复杂多变的工况。除此之外，现场监管力度不足也是普遍问题。管理人员未尽岗位职责，未及时发现并制止施工中的质量隐患与违规操作，赶进度时常牺牲工程质量。特别是隐蔽工程验收管控不严，容易遮盖管线渗漏、接地不达标、支吊架锈蚀等深层质量缺陷，后期返修往往需要破除已完工的装修面层与结构围护，不仅产生高额的拆改维修成本，还可能留下永久性的结构损伤与观感瑕疵，造成难以挽回的损失。

（四）施工管理人员与作业人员专业素养参差不齐

人员因素是决定工程管理成效的核心要素。当前建筑行业一线作业人员流动性较强，多数安装工人未接受系统的专业培训。这类工人对机电安装的技术原理、操作规范与安全要求理解不深，技能水平高低不一。经验不足的工人上岗作业，是诱发质量问题与安全事故的重要原因。管理岗位同样存在专业人才不足的问题。兼具技术与管理能力的复合型人才十分紧缺，部分项目管理人员只靠经验办事。这类人员缺少现代管理理念与方法，对 BIM 等新技术的应用能力较弱。管理人员专业素养与责任心缺失，直接拉低管理决策水平。他们无法对工程进行有效的计划、组织、指挥与管控，从根本上限制管理效能释放^[3]。

三、提升建筑机电设备安装工程管理水平的策略

机电设备安装工程管理的优化，需从前期筹备、过程管控、技术运用、人员培养与成本把控等维度同步推进。

（一）强化源头管控，优化施工准备与设计阶段管理

提高管理水平需从源头入手，施工准备与设计阶段就要下足功夫。正式开工前，必须对设计图纸开展全面细致的会审，组织各专业技术人员共同排查图纸中的错、漏、碰、缺问题，主动与设计单位沟通协调解决，保障施工依据准确可行。同时运用 BIM 技术深化管线综合设计，对复杂节点优化空间排布、开展碰撞检查，提前扫清施工过程中的障碍。材料采购环节，要建立严格的供应商准入与考核机制，优先选用信誉良好、质量稳定的厂商，依照规范要求全面复检进场材料，确保其规格、性能符合设计与标准要求。此外，还应编制详实且针对性强的施工组织设计和专项施工方案，明确关键工序的质量控制点与工艺要求，落实分级技术交底工作，保证交底内容清晰、责任明确，为后续施工筑牢

扎实基础。

（二）严格过程控制，加强现场施工与工序衔接管理

过程控制是工程质量的核心保障。施工阶段严格落实“自检、互检、专检”三检制度，每道工序完工后，须经质量检查员验收通过，方可进入下一道工序。隐蔽工程须经监理工程师旁站监督或验收确认，同步留存完整的影像资料。要强化关键工序与特殊过程的动态管控，例如大功率设备接线调试、消防联动系统测试等，安排专业技术人员全程跟进指导。工序衔接管理方面，需搭建高效的沟通协调机制。定期组织建设、监理、总包及各专业分包单位召开协调会议，及时化解施工中的界面冲突与交叉作业矛盾。结合现场实际进度动态优化施工计划，明确各专业的工作面移交标准、责任边界与节点时限，合理排布各工种的作业时间与作业场地，减少无谓的等待与相互干扰，确保安装作业在有序工作界面内高效开展，维持施工的连续性与均衡性^[4]。

（三）推动技术创新，深化 BIM 技术与信息化管理应用

技术创新是提升管理效率与精准度的核心动力。施工企业要积极推广、深化 BIM 技术在机电安装工程中的应用。施工前期，借助 BIM 模型精准统计工程量、提取材料清单，为采购计划提供科学支撑。施工过程中，利用 BIM 可视化功能开展三维技术交底，指导工人精准定位安装，减少信息偏差带来的施工误差。同时依托 BIM 协同管理平台，实现设计变更、进度安排、质量问题的实时共享与协同处理，提升信息传递的效率与透明度。在此基础上，可探索将 BIM 模型与物联网、云计算等技术融合，对施工现场的进度、资源、安全等开展集成化、智能化管控。比如在核心设备上加装传感器，实时监测运行状态与安装参数，实现施工过程的精细化远程监控与数据化决策，全面提升工程管理的现代化水平。

（四）重视人才培养，建设高素质的管理与作业团队

人才是提升管理水平核心根基。施工企业需制定并落实长期人才培养战略，打造专业素质过硬的管理与作业队伍。针对管理人员，定期组织现代管理理论、最新规范标准培训，同步开展 BIM、项目管理软件等技能教学，提升其专业素养与创新能

力。同时重视职业道德教育，强化质量意识、责任意识与服务意识。一线作业人员层面，严格执行岗前培训制度，重点培训施工工艺、操作技能与安全生产知识。引导工人参与职业技能鉴定，落实持证上岗要求；企业内部推行师徒帮带制度，推动成熟经验与精湛技艺的传承。构建合理的薪酬体系与激励机制，吸引并留住优秀人才，营造尊重劳动、崇尚技能的良好氛围。人员整体素质的提升，是各类先进管理方法与施工工艺有效落地执行的根本保障。

（五）注重效益平衡，完善成本管控与安全长效机制

科学管理的最终目标，是推动质量、成本、安全与进度协同统一。成本管控上，要落实全面预算管理，把成本控制目标逐层拆解，对应到具体岗位和责任人。做好施工全程的成本核算与分析，及时发现成本偏差并落实整改，杜绝材料浪费与不合理支出。同时要摆正成本与质量的关系，不能为了一味压低成本而损害工程质量。安全管理上，必须健全安全生产责任体系，加大安全投入，保障安全防护设施与个人防护用品配备到位。常态化开展安全教育与应急演练，提升全员的安全防范意识和应急处置能力。加强现场安全巡查与隐患排查治理，对重大危险源实行重点管控。只有把安全管理贯穿日常管理的各个环节，才能有效防范事故发生，保障工程建设平稳推进，为管理价值的全面落地筑牢安全根基^[5]。

四、结束语

机电设备安装工程管理贯穿项目全周期，兼具质量、成本、进度、安全与技术多重价值，直接影响项目综合效益与长期运营水平。当前行业管理仍存在材料管控松散、工序衔接脱节、体系建设滞后、人员能力不足等短板。需从源头管控、过程监督、技术创新、人才培养与安全机制建设多维度发力，完善管理体系，强化执行力度，释放管理效能，保障机电系统稳定运行，夯实工程创优基础，推动工程品质与行业水平稳步提升。

参考文献

[1] 李金宝. 建筑工程机电设备安装的施工管理探究[J]. 中国设备工程, 2025(9): 252-254.
[2] 张达. 建筑机电安装技术及安装质量技术探究[J]. 建材发展导向, 2024, 22(1): 165-167.
[3] 王金珠. 建筑工程机电设备安装施工管理分析[J]. 越野世界, 2021, 16(1): 124.
[4] 左梅智翔. 机电安装工程施工技术及质量控制要点探究[J]. 魅力中国, 2021(38): 349-350.
[5] 张星星. 关于机电安装工程项目安全风险管理的探析[J]. 砖瓦, 2020(7): 131, 133.

建筑工程现场文明施工管理实践与改进措施研究

刘志斌

广东蓝清建设有限公司, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030055

摘 要 : 文明施工管理涵盖场区规划、扬尘控制、噪声管理和人员行为规范。当前, 制度执行不力。扬尘与噪声控制不精细。智慧工地进展不一。员工素质待提升。改进措施包括: 健全制度, 严格追责。推动智慧工地自动联动控制。实施分层培训。建立台账。建立多方协同监管机制。依靠制度、技术和人员协同, 能改善现场绩效。减少周边干扰。促进管理标准化、数字化、精细化。

关 键 词 : 建筑工程; 文明施工; 扬尘治理; 智慧工地; 安全管理

Research on Civilized Construction Management Practices and Improvement Measures at Construction Site

Liu Zhibin

Guangdong Lanqing Construction Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : Civilized construction management encompasses site planning, dust control, noise management, and personnel behavior norms. Currently, there is inadequate enforcement of regulations. Dust and noise control are not precise. Progress in smart construction sites varies. Employee quality needs improvement. Improvement measures include: strengthening systems and strictly enforcing accountability. Promoting automatic linkage control in smart construction sites. Implementing tiered training. Establishing ledgers. Establishing a multi-party collaborative supervision mechanism. Relying on system, technology, and personnel collaboration can improve on-site performance. Reduce surrounding interference. Promote standardized, digitalized, and refined management.

Keywords : construction engineering; civilized construction; dust control; smart construction site; safety management

引言

城市化加速, 施工活动对环境与居民生活的影响加大。文明施工管理是现场水平的重要衡量指标, 它关联扬尘、噪声与安全控制。近年来相关规范陆续出台, 扬尘监测、实名制等技术逐渐推广, 智慧工地建设持续进行。但制度执行偏弱。治理方式较为粗放, 人员素质存在不均, 这些问题限制了管理实效。在绿色发展和精细管理的要求下需梳理关键环节找出薄弱点探索改进路径这具有较强的现实意义和应用价值。

一、文明施工管理的主要内容

(一) 施工场区管理

施工场区是文明施工管理的基础空间载体, 其管理质量直接体现项目整体管控水平。施工场区内部道路必须实施硬化处理, 混凝土路面的厚度与强度等级, 需满足施工车辆通行要求。道路两侧应设置排水沟或雨水收集设施, 保障雨季路面不会积水。场内需合理划分施工作业区、材料堆放区、办公区与生活区, 各功能分区保持适当间距, 办公与生活区尽量避开扬尘、噪声突出的作业区域。施工现场主出入口需配备车辆冲洗设施, 所有驶离工地的车辆, 必须经冲洗平台清洁轮胎与车身, 严禁带泥上路污染

城市道路。场区内需及时清理施工垃圾与杂物, 落实工完料尽场地清的要求。建筑垃圾应分类收集、统一清运, 严禁随意倾倒。

(二) 扬尘污染防治

扬尘污染是施工活动影响城市空气质量的主要因素。扬尘防治的核心措施, 涵盖场地硬化、裸土覆盖、物料存放遮盖、湿法作业、车辆冲洗等常规手段。智慧工地扬尘在线监测系统, 已成为各地建设主管部门推进工地标准化管理的标配设备。系统标配PM2.5、PM10、TSP与噪声四项核心监测参数, 同时集成温湿度、风速、风向、气压等气象参数。监测数据通过户外LED公示大屏实时展示, 接受社会监督。监测数据超出设定阈值时, 系统可自动联动雾炮、喷淋等降尘设备启停, 实现无人值守的智能降

尘管控。土方开挖与回填作业是扬尘排放的高风险环节，需坚持湿法作业原则。开挖产生的土方及时清运或覆盖，不得长时间裸露放置。建筑材料应入库存放或采用防尘网覆盖，水泥、石灰等粉状物料严禁露天堆放与倾倒。

（三）施工噪声控制

施工噪声是引发居民投诉与邻里纠纷的主要诱因之一。依据《中华人民共和国环境噪声污染防治法》规定，城市市区噪声敏感建筑物集中区域内，禁止夜间开展产生环境噪声污染的建筑施工作业。因特殊需求必须连续作业的，需经县级以上人民政府或相关主管部门审批，并公告周边居民。施工现场噪声管控，应从声源、传播途径、受声点防护三个层面综合推进。声源管控层面，优先选用低噪声设备与施工工艺。固定噪声源设备应布置在远离居民区的位置，同时加装隔声罩。传播途径管控层面，高噪声作业区域周边应搭设隔声围挡，形成噪声阻隔带。夜间确需开展混凝土浇筑等连续作业的，应提前办理夜间施工审批手续。在工地出入口与周边居民区张贴施工公告，明确施工时间与作业内容。噪声监测设备需与扬尘监测系统联动布设，实时采集工地边界噪声数据，为噪声超标预警、执法检查提供数据支持。

（四）施工人员管理

施工人员是文明施工管理的核心主体，人员素养与行为规范直接决定现场管理的实际成效。全国建筑工人实名制管理制度持续推进，为施工人员规范化管理提供了制度支撑。实名制管理系统通过身份证识别、生物特征采集，实现进场作业人员的动态管控。劳务人员进出考勤与工资发放直接挂钩，有效遏制农民工工资拖欠现象，也为工地安全管理提供人员底数支撑。进场作业人员需接受文明施工专项培训。培训内容涵盖施工现场行为规范、安全操作规程、环境保护要求等，考核合格后方可上岗作业。施工现场应推行标准化着装与安全防护配备。施工人员统一穿着带企业标识的工作服，佩戴安全帽；高处作业人员须系挂安全带。施工现场严禁赤膊、穿拖鞋等不文明行为。管理人员应定期检查作业人员的劳动防护用品佩戴情况。宿舍区与食堂管理也是人员管理的重要组成部分。食堂需取得食品卫生许可证，并定期开展检查^[1]。

二、当前管理存在的主要问题

（一）管理制度执行落实不到位

国家与地方已搭建起较为完备的文明施工管理法规标准体系。但在落地执行环节，仍存在明显差距。部分施工企业的文明施工管理，仅停留在制度纸面。项目部编制的文明施工管理方案流于形式，缺少针对性与可操作性，难以有效指导现场管理。施工现场管理人员对文明施工标准的认知参差不齐。部分管理人员对规范要求理解不深，日常巡查时无法及时发现、纠正违规行为。奖惩机制不健全，是制度执行乏力的重要原因。问题发生后缺少有力的责任追究，违规成本普遍偏低。此外，建设单位受工期和成本压力制约，压缩文明施工费用的情况，在行业内并不少见^[2]。

（二）扬尘和噪声治理精细化程度不足

施工带来的扬尘、噪音，是干扰周边环境的两大主要因素，治理成效会直接关系城区空气状况与群众日常居住体验。扬尘管控工作中，绝大多数施工现场虽安装扬尘实时监测装置，却普遍存在安装不合规、监测数据失真等问题，不少设备难以发挥实际作用。雾炮、喷淋这类降尘装置依靠人工开关，作业效果受工作人员责任心、现场管理能力制约，没有对接监测数据的自动调控系统，扬尘浓度超标后降尘处置响应应迟缓，或是降尘操作和现场污染程度不匹配。噪音管控工作同样缺少精细管理思路，多数工地只装设噪声监测仪器，没有配套完整的噪音研判、管控计划。高噪音器械摆放、隔音围挡搭建、噪音敏感时段施工约束等内容都缺少细化安排，即便完成夜间施工报备，噪音超标的情况依旧频繁出现。城区内部不少施工地块面积有限，周边住宅楼栋分布密集，狭小的场地条件，压缩了扬尘、噪音各类防控措施布置空间。

（三）智慧工地建设水平参差不齐

智慧工地的搭建模式，已经告别单一设备单独布设的阶段，逐步转向多平台协同联动的一体化体系，但行业整体落地质量差距明显。央企、上市建筑企业的新建工程，在智慧工地配套上资金投入充足，扬尘在线监测、AI视频识别、人员实时定位、现场作业管控等模块能够打通数据，业务流程互相衔接，完全符合高标准工程与国有项目的智能化核验标准。反观中小施工单位承建的项目，受预算有限、技术储备不足双重制约，智慧工地仅简单采购少量设备应对核查，各类软硬件彼此割裂，数据难以共享互通，智能化管理的实用价值难以发挥。不少现场管理人员不熟悉智能平台操作，系统内置的数据研判功能长期闲置，各类智能设备只用作大屏展示，失去管理实效。与此同时，行业尚未出台统一的数据对接准则与技术实施规范，不同供应商生产的设备、搭建的平台存在数据阻隔，阻碍多系统集成与数据深度挖掘工作推进^[3]。

（四）施工人员综合素质有待提高

建筑劳务班组以农民工为主要构成，人员流动频繁，整体文化水平高低不一，规范施工的观念普遍不足。不少一线工人不熟悉工地现场管理规定，经常乱堆乱放建筑废料，随意排放施工污水，也没能充分意识到扬尘、噪音带来的周边影响。现场安全培训多流于表面，新人入场的安全学习、文明施工讲解内容笼统浅显，很难起到实际约束作用，工人实操行为时常偏离标准要求。部分架子工、焊工等持证特种作业人员实操能力不足，高危作业中的违规操作，极易诱发各类安全事故。劳务分包层级繁杂，总包单位很难直接管控一线班组，文明施工相关规定经过多层分包传递后不断弱化，现场落实力度持续降低。

三、改进措施

（一）完善文明施工管理制度体系

想要改善现场文明施工现状，首要工作是健全管理制度，同时狠抓落地执行。施工项目部要结合项目规模与场地条件，定制

适配的文明施工管控方案，清晰划定管理目标、人员组织、岗位职责与考核奖惩细则，把文明施工相关职责分配至各个管理岗位与施工班组。配套设立责任追究机制，一旦出现违规施工行为，严格依照规章处置，杜绝宽松处理，依靠制度约束全体现场人员。把文明施工相关要求写入工程合同，建设方需足额拨付文明施工专项经费，不得擅自削减安全文明施工措施款项。属地住建管理部门需要加大工地巡查频次，加重违规惩处力度。针对扬尘、噪音严重超标的施工现场，依规处罚并对外公示，相关处罚记录同步记入企业信用台账。对屡次违规的企业开展多部门联合约束，抬高企业违规代价，强化监管警示作用。

（二）推进智慧工地精细化管理

智慧工地是落地文明施工精细化管控的核心技术依托，行业需推动其从单纯硬件布设，转向深层次场景化应用。扬尘管控维度，要打通扬尘监测终端与雾炮、喷淋等降尘设备，搭建全自动联动体系。一旦PM10、TSP监测数值超出设定标准，系统可自主启停降尘设备，无需人工手动操作，既能缩短应急响应时长，也能提升扬尘治理效率。噪声管控维度，需要搭建施工噪声预判分析模型，结合场地布局调整高噪音施工设备摆放位置，尽量将噪声源远离居民区、学校等环境敏感点位。同时普及视频AI识别技术，依托算法自动抓拍安全帽未佩戴、违规闯入危险作业区、裸土裸露未覆盖等现场违规问题。此外，需统一智慧工地数据传输标准与接口规范，破除不同品牌软硬件的数据孤岛，整合扬尘、噪声、视频、人员管控各类系统数据，实现全域数据互通共享，为文明施工数字化全域管控筑牢底层基础^[4]。

（三）强化施工人员教育培训

提升施工人员的文明施工意识和操作技能是改进文明施工管理的长效之策。施工企业应建立分层次、多形式的文明施工培训体系，新进场人员须接受入场安全文明教育培训，经考核合格后方可上岗；在岗人员每年接受继续教育，强化安全意识。培训内容应注重实用性和针对性，避免流于形式，可结合真实事故案例和典型违规案例开展警示教育，使作业人员真切认识到不文明施工行为的后果 and 危害。依托劳务实名制管理系统建立人员培训档

案，记录每个作业人员的培训经历和考核成绩，培训记录与进场考勤挂钩，确保培训覆盖到每一个人。对于特种作业人员，应严格核验证件的真实性，不具备相应操作技能的人员一律不得从事特种作业。鼓励大型施工企业建设企业级技能实训基地，开展师徒帮带和岗位练兵活动，通过实操训练提升劳务人员的规范操作能力，逐步培养一批技能过硬、素养较高的稳定劳务骨干队伍^[5]。

（四）构建多方协同管理机制

文明施工管理涉及建设单位、施工单位、监理单位、劳务分包队伍以及政府监管部门等多个主体，构建多方协同的管理机制是提升整体管理效能的关键。建设单位应在招标文件和合同中明确文明施工的具体要求和费用保障，不得合理压缩工期和费用，为施工单位开展文明施工管理创造必要条件。监理单位应将文明施工纳入监理范围，对施工现场的文明施工状况进行检查和记录，对违规行为及时发出监理通知单并督促整改。政府监管部门应推进监管信息共享和联合执法机制，住建、城管、生态环境等部门之间建立案件移送和信息共享制度，对跨部门监管事项开展联合检查，减少重复检查对企业造成的负担。引入社会监督机制，鼓励周边居民通过12345市民服务热线等渠道举报施工扰民问题，对严重违规项目向社会公开曝光，形成共治格局^[6]。

四、结束语

房建工程文明施工管控，事关城市生态与现场施工安全。当前工地制度落实浮于表面，扬尘、噪声治理方式粗放。智能技术应用流于表面，人员行为管控存在疏漏，阻碍现场管理。需完善管控细则，压实岗位责任。深挖智慧工地价值，落实设备自动联动。结合岗位工种开展差异化安全教育，联动各方补齐监管短板。随着绿色建造与数字技术不断升级，文明施工将朝着标准化、智能化、人本化演进，助力优化城市人居环境，推动建筑业高质量发展。

参考文献

[1] 王东亮. 建筑施工现场的安全生产与文明施工管理分析 [J]. 工程技术研究, 2024, 6(22): 76-78.
[2] 刘钊. 绿色建筑施工现场文明施工管理的路径探析 [J]. 建材发展导向, 2025, 23(15): 133-135.
[3] 林俭金. 浅谈建筑工程施工现场文明施工管理 [J]. 数码设计 (上), 2021, 10(2): 128-129.
[4] 薛松. 建筑工程现场的安全生产与文明施工管理措施 [J]. 建材发展导向 (下), 2021, 19(7): 250-251.
[5] 陈晓伟. 建筑工程现场文明施工管理浅探 [J]. 建筑工程技术与设计, 2021(12): 1832.
[6] 戴黎明. 浅谈建筑工程现场的文明施工管理 [J]. 建筑工程技术与设计, 2021(4): 1524.

建筑工程检测的特点及检测技术探讨

湛奇

广东保顺检测鉴定有限公司, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030057

摘 要： 建筑工程检测事关工程质量把控。按对结构的影响，检测分三类：非破损、微破损、破损。三类方法各有适用场景，也各有局限。当前，超声波、红外热像、雷达波、回弹法等技术已普遍用于实践。不同技术对应不同工况条件。但从实践看，部分检测技术成熟度不高，操作规范也有欠缺。检测管理的精细化程度仍需加强。推进信息化管理，优化作业流程，提升人员能力，这些举措有助于检测工作持续改进。

关 键 词： 建筑工程检测；非破损检测；超声检测；红外热像；雷达探测

Discussion on the Characteristics and Testing Techniques of Construction Engineering Inspection

Zhan Qi

Guangdong Baoshun Testing and Appraisal Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： Construction engineering inspection is crucial for controlling project quality. Based on their impact on the structure, inspections are categorized into three types: non-destructive, slightly destructive, and destructive. Each method has its own applicable scenarios and limitations. Currently, technologies such as ultrasonic waves, infrared thermography, radar waves, and rebound methods are widely used in practice. Different technologies correspond to different working conditions. However, from practical experience, some inspection technologies are not yet mature, and there are shortcomings in operational norms. The level of refinement in inspection management still needs to be enhanced. Promoting information management, optimizing operational processes, and enhancing personnel capabilities are measures that contribute to the continuous improvement of inspection work.

Keywords： construction engineering inspection; non-destructive testing; ultrasonic testing; infrared thermography; radar detection

引言

建筑业发展迅速，工程规模扩大，结构形式复杂化。建筑质量受关注。检测工作用于评估结构安全和施工质量，其水平直接影响质量控制成效。超声波、红外热像、雷达波、回弹法等技术在工程实践中应用较广，各有自身特点，同时存在局限。从实际工作来看，部分检测技术成熟程度不够，操作规范尚有欠缺。为此，围绕检测的基本特征、主要技术和实际问题进行讨论，有利于促进检测工作有序实施。

一、建筑工程检测的基本特点

建筑工程检测是在建筑物施工过程或竣工阶段对其结构性能、材料质量和使用功能进行评定的技术活动。根据检测过程中对建筑结构的影响程度，可以将建筑工程检测的特点归纳为以下几种类型。

（一）非破损检测特点

非破损检测是一种检测建筑结构的方法，这种方法不会改变原有形态，也不会损害物理力学性能，检测过程不会损伤建筑物外观，内部结构同样不会受损。检测完成后，建筑仍能正常使

用，其承载能力不会受到影响。这种检测流程较为简洁，操作起来也比较方便，检测人员能在短时间内完成数据采集。例如检测混凝土结构，可以测量表面硬度，也可利用物理场与材料的相互作用。这样就能获得质量参数，不会破坏构件本身。磁效应检测也能用于此目的，它可以确定钢筋位置，还能查明钢筋数量和直径。这都属于非破损检测。但这种方法也有不足之处，通常需要大量样本，这样才能保证结果准确。样本数量增加会带来问题，人力投入会相应提高，物力消耗也会增加，检测成本因此上升。另外检测所用样品，测试完成后无法回收，这在一定程度上浪费了资源^[1]。

（二）微破损检测特点

微破损检测处于非破损与破损检测之间。这种方法需要轻度破坏建筑局部，通过少量样品推断整体性能。钻芯法和拉拔法较为常用。钻芯法在混凝土上钻取芯样，用以测定抗压强度。拉拔法通过拔出锚固件的拉力，推算混凝土强度等级。这种方法只需局部取样，人力物力投入相对较少，检测成本较为可控。但其缺陷同样明显，钻取或拉拔操作会损伤构件，影响结构整体性与耐久性。所获样品仅代表取样点附近情况，难以全面反映整体质量。若为获取更多信息增加取样，又可能造成过度累积损伤。

（三）破损检测与结构性试验特点

破损检测与结构性试验是建筑检测的重要方法。破损检测需在结构上截取试件，或在原位加载至构件破坏，以此获取极限承载能力参数。结构性试验模拟荷载作用，对结构整体或局部进行加载，验证设计安全储备与变形特性。这类方法直接反映极限状态力学行为，所得数据可靠性较高。在评估实际承载能力方面作用独特，对重要建筑或复杂结构尤为关键，提供的信息能验证设计假设，发现潜在薄弱环节。但其局限性同样明显，破坏性取样或加载会损害结构完整性，修复损伤需要额外费用，耗费更多时间。因此实际工程中，这类检测通常针对特定部位，用于关键构件深入检测，很少对整体结构全面普查^[2]。

二、建筑工程检测的主要技术方法

建筑工程检测技术的选择需要根据检测目的、结构类型、现场条件等因素综合确定。目前工程实践中广泛应用的技术方法涵盖了超声检测、红外热像、雷达探测、频谱分析和回弹法等多个方向。

（一）超声波无损检测技术

超声波无损检测技术在建筑工程领域应用广泛。该技术基于声波在材料中的传播特性。检测时，设备通过换能器向材料发射超声波脉冲，声波在材料内部传播。当遇到界面或缺陷时，声波会发生反射、折射和散射。接收装置采集返回的声波信号。通过分析传播时间、波速和波形变化，可以判断材料内部状况。超声波传播速度与材料弹性模量、密度和泊松比等参数相关。测定波速可间接评估材料强度和变形特性。在混凝土结构检测中，该技术能发现内部空洞、不密实区、裂缝深度及表层损伤厚度。对于钢管混凝土结构，可有效检测混凝土与钢管壁间的脱空现象。超声波具有穿透力强、设备便携、完全无损的特点。随着电子技术进步，检测设备正变得小型化和智能化。数据采集和分析自动化程度持续提高。检测效率和准确性显著改善。但检测结果准确性受材料均匀性、耦合条件和测试面平整度影响。检测前需处理被测表面。应选择合适的耦合剂。这能确保声波有效传入和接收。

（二）红外热像检测技术

红外热像检测技术是一种新型检测方法。该技术基于红外辐射原理，其原理是物体温度与红外辐射强度存在对应关系。建筑结构内部存在缺陷时，热传导性能会发生变化，缺陷部位与周围完好区域产生热传导差异，这种差异在结构表面形成温度场不均

匀分布。红外热像仪能将物体表面红外辐射转换成热图像。通过分析热图像中温度异常区域，可以判断结构内部缺陷。分析内容包括异常区域的形状、位置和温度差异程度。该技术在建筑工程领域应用广泛。主要用于检测建筑物围护结构保温缺陷。可用于发现外墙饰面层空鼓和剥落隐患。能够识别屋面防水层渗漏路径。适用于评估火灾后混凝土结构损伤深度。该技术具有显著优点。检测速度快，观测范围大，采用非接触测量方式。能在大面积区域快速识别疑似缺陷部位。为后续精细检测提供方向依据。红外热像检测效果受多种因素影响。环境温度、太阳辐射、风速都会影响检测结果。检测时间选择也很重要。操作通常需要在稳定气象条件下进行。需要避免强烈反射源干扰热图像质量^[3]。

（三）雷达波无损检测技术

雷达波无损检测技术，也称为探地雷达技术，利用高频电磁波在介质中的传播与反射进行探测。检测系统通过发射天线向被检测结构定向发射宽频带高频电磁波脉冲，电磁波在介质中传播过程中遇到介电常数或电导率发生变化的界面时会发生反射，反射信号被接收天线采集并记录。通过对反射波的双程走时、振幅和相位等特征参数进行分析，可以确定目标体的空间位置、几何形态和物理性质。在建筑工程检测中，雷达技术被广泛应用于混凝土结构内部钢筋和预埋管线的定位、混凝土保护层厚度的测定、结构层厚度评估、以及路面结构层界面识别等任务。雷达波检测具有分辨率高、采样连续、对结构完全无损伤和抗干扰能力较强的特点。与雷达技术工作原理类似的还有频谱分析检测方法，该方法通过分析不同介质中表面波传播的频率特征来评价材料的力学参数。在路面雷达检测中，高频电磁波能够有效探测地下管线的走向和埋深，也可以用于岩溶地质勘探和水库坝体隐患调查等场景。雷达波检测的效果与介质的导电性和含水量密切相关，在含水量较高的粘土质材料中，电磁波的衰减较为显著，探测深度会相应减小。

（四）回弹法检测技术

回弹法是一种在混凝土强度检测中应用较为简便的传统方法。回弹法通过重锤冲击混凝土表面，依据回弹距离推算表面硬度。操作时冲击杆垂直贴于混凝土面，释放重锤后读取回弹值。由于混凝土的表面硬度与其抗压强度之间具有一定的经验相关关系，通过建立回弹值与强度的换算曲线，可以间接推定混凝土的抗压强度等级。回弹法检测操作简便快捷，设备价格相对低廉，适合在现场对大量构件进行快速普查。然而，回弹法检测的是混凝土表面约两厘米深度范围内的硬度，因此检测结果受到碳化深度、表面湿度、粗骨料类型和模具表面状况等因素的影响较大。在实际检测工作中，回弹法通常需要配合钻芯取样或超声波检测等其他方法使用，通过多种手段的相互印证来提高检测结论的可靠程度。

三、建筑工程检测中的常见问题与改进方向

建筑工程检测工作在取得技术进步的同时，在实践层面仍然面临一些问题需要关注。这些问题涉及检测技术的完善程度、检

测管理规范性以及信息化建设等多个方面。

（一）检测技术的成熟度问题

我国建筑工程检测技术发展起步较晚，部分技术方法尚未完全成熟。一些检测技术已在实际工作中应用，但检测结果准确性受多种因素影响。不同检测条件下数据一致性难以保证。以无损检测技术为例，这类方法大多通过物理场与材料的间接关系推断结构性能。这种间接推定方式可能导致检测结果偏离材料真实状态。不同地区检测机构技术装备水平差异明显。部分机构设备精度无法满足现行标准要求。设备定期检定和校准工作执行不到位。检测人员专业素质存在较大差异。部分一线操作人员对检测原理理解不够深入。在测点布置环节操作规范性有待提升。数据采集过程需要更加规范。结果判读准确性需要提高。这些因素影响了检测质量稳定性。数据可信度也受到一定影响^[4]。

（二）检测工作的实施与管理问题

建筑工程检测工作的有效开展不仅依赖于技术方法的先进性，还有赖于检测过程管理的规范性。从实际工作来看，部分工程项目的检测内容界定不够清晰，检测工作的重点不够突出，导致检测资源未能集中用于关键部位和重要参数。有些检测工作按照事先通知的时间节点进行，施工单位在得知检测安排后可能对受检区域进行针对性处理，这样的检测结果难以真实反映工程质量的常态水平，检测工作对工程质量的监督作用因此削弱。在检测方案制定环节，检测方法的选择与检测目的之间的匹配程度有时不够理想，未能充分考虑不同检测技术各自的适用范围和限制条件，影响了检测结论的科学性和针对性。检测完成后对不合格项目的整改环节，整改措施的针对性和有效性有待提高。这些问题的存在在一定程度上限制了建筑工程检测对工程质量控制和提

升的促进作用。

（三）检测信息化与系统性提升的方向

信息技术的发展为建筑工程检测工作的改进提供了新的途径。构建检测信息管理系统，实现检测数据从现场采集、传输、存储到分析的全流程信息化管理，有助于减少人工记录与传递的差错，提高检测工作效率和信息准确性。通过对检测数据的系统积累和统计分析，可以掌握不同材料、不同结构形式、不同施工条件下工程质量参数的分布规律，为后续类似工程的检测方案制定和质量评价提供参考依据。在检测人员能力建设方面，加强专业培训和学术交流，建立检测技术人员持证上岗和继续教育制度，促进检测队伍专业素质的整体提升。在检测管理层面，进一步完善检测工作的流程规范和操作细则，明确从方案编制、现场实施、数据记录到报告出具各个环节的质量控制要点，使检测工作有据可依、有章可循。检测机构应注重装备的持续更新与维护，确保仪器设备始终处于良好的技术状态，为获得准确可靠的检测数据提供硬件保障^[5]。

结束语：建筑检测技术不断发展。无损检测日趋成熟，微损与破损检测仍有独特作用，超声、红外技术应用广泛，回弹法简便但需综合运用。现有技术成熟度仍需提升，管理规范亟待加强，人员素质整体有待提高，设备精度维护不容忽视。未来需完善标准体系。严格质量控制流程，推进数据系统管理，加快设备更新步伐，强化人员专业培训。检测服务于工程质量，确保建筑结构安全，促进行业持续进步。发展任务艰巨。各方需协同努力，共同推进行业发展。

参考文献

- [1] 欧阳雪婷. 建筑工程检测主要技术发展特点探讨 [J]. 中国房地产业, 2020(20): 296.
- [2] 马坤. 建筑结构工程无损检测技术研究 [J]. 现代工程科技, 2024, 3(22): 32-35.
- [3] 马振. “绿色建筑”工程检测要点探讨 [J]. 实验室检测, 2025, 3(24): 93-95.
- [4] 杜鸿雁. 建筑工程检测特点与检测技术 [J]. 建筑·建材·装饰, 2020(5): 184, 195.
- [5] 冯涛. 建筑工程检测技术特点及分析 [J]. 城市建筑与发展, 2024, 5(23). DOI: 10.37155/2717-557X-0523-29.

基于海绵城市理念的城市道路路面结构设计探讨

陈彬

广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030058

摘 要 : 文章围绕海绵城市理念下城市道路路面结构设计展开研究,明确海绵城市道路兼具交通通行与雨水管理双重功能,梳理透水铺装、下沉式绿地等核心海绵设施体系。重点阐述透水沥青、透水水泥混凝土、透水砖三类透水路面的结构组成、材料参数、配合比设计及适用条件,剖析透水路面排水机理与设施设计要点。提出因地制宜选型、协同绿地设计、严控施工与维护等关键设计要点,为海绵城市道路路面结构设计提供技术参考。

关 键 词 : 海绵城市; 城市道路; 透水路面

Discussion on Urban Road Pavement Structure Design Based on the Concept of Sponge City

Chen Bin

Guangdong Provincial Transportation Planning and Design Institute Group Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : This article focuses on the research of urban road pavement structure design under the concept of sponge city. It clarifies that sponge city roads serve dual functions of traffic passage and rainwater management, and sorts out core sponge facility systems such as permeable pavement and sunken green spaces. It emphasizes the structural composition, material parameters, mix design, and applicable conditions of three types of permeable pavements: permeable asphalt, permeable cement concrete, and permeable bricks. It analyzes the drainage mechanism and key design points of permeable pavements. It proposes key design points such as selecting types according to local conditions, coordinating with green space design, and strictly controlling construction and maintenance, providing technical reference for the design of sponge city road pavement structures.

Keywords : sponge city; urban road; permeable pavement

引言

随着城市化快速推进,城市内涝、径流污染问题日益突出,海绵城市理念成为解决城市水生态问题的重要路径。城市道路是基础设施关键部分,也是雨水径流产生与汇集的核心区域,其结构设计直接影响雨水管理成效。传统道路侧重交通功能,雨水处理能力不足,难以适配生态发展需求。结合海绵城市要求,探究透水沥青、透水水泥混凝土等路面设计方法,明确要点与参数,为提升道路雨水调蓄、净化能力提供技术支撑,助力改善城市水生态环境。

一、海绵城市道路设计理念

(一) 海绵城市道路功能定位

传统城市道路的主要功能是交通通行,设计重点在于承载力和行车舒适性。海绵城市道路在满足交通功能的前提下,增加了雨水管理功能,要求道路具备雨水渗透、滞留、净化、利用等能力。海绵城市道路应实现“道路-绿地-排水”一体化设计,形成完整的雨水管理系统。

海绵城市道路设计目标:(1) 年径流总量控制:通过透水铺装、下沉式绿地等措施,控制道路雨水径流总量,减少外排雨水量;(2) 径流峰值削减:通过蓄水设施调蓄雨水,削减径流峰

值,减轻排水系统压力;(3) 径流污染控制:通过植被过滤、土壤渗透等措施净化雨水,减少面源污染;(4) 雨水利用:收集处理后的雨水用于道路冲洗、绿化灌溉等。

(二) 道路海绵设施体系

城市道路海绵设施主要包括透水铺装、下沉式绿地、生态植草沟、雨水花园、蓄水模块等。透水铺装适用于人行道、非机动车道、机动车道、停车场等区域;下沉式绿地适用于道路绿化带;生态植草沟适用于道路两侧排水通道;雨水花园适用于道路节点和开阔空间;蓄水模块适用于地下蓄水空间。

道路海绵设施布局原则:(1) 源头控制优先:优先采用透水铺装、下沉式绿地等源头措施,就地消纳雨水;(2) 分散与集中

结合：小型设施分散布置，大型设施集中设置，形成分布式海绵系统；（3）与排水系统衔接：海绵设施应与市政排水管网有效衔接，超标雨水能够及时排出；（4）便于维护管理：设施布置应便于日常维护和清理。

二、透水沥青路面设计

（一）透水沥青路面结构组成

透水沥青路面由透水沥青面层、透水基层、透水底基层、排水层和土基组成。与传统沥青路面相比，透水沥青路面各层均具有透水能力，雨水可直接渗透至土基或排水层。透水沥青面层采用大孔隙沥青混合料，空隙率一般控制在18%~25%，渗透系数不小于 0.1cm/s ^[1]。

透水沥青路面结构设计要点：（1）面层厚度：机动车道透水沥青面层厚度一般为40~80mm，非机动车道和人行道厚度一般为30~50mm；（2）基层材料：采用大粒径透水沥青稳定碎石（ATPB）或级配碎石，厚度一般为100~200mm，空隙率不小于15%；（3）底基层材料：采用级配碎石或透水水泥稳定碎石，厚度根据道路等级和交通量确定；（4）排水层：在基层底部设置排水管或排水板，收集渗透雨水并排出。

（二）透水沥青混合料设计

透水沥青混合料采用间断级配或开级配，粗集料含量高，细集料含量少，形成连通孔隙结构。集料应选用坚硬、耐磨的石材，压碎值不大于26%，洛杉矶磨耗损失不大于28%。沥青结合料应采用高粘度改性沥青，60℃动力粘度不小于 $20000\text{Pa}\cdot\text{s}$ ，以提高混合料抗飞散性能。

透水沥青混合料配合比设计要点：（1）目标空隙率：根据道路类型和使用要求确定，一般为18%~25%；（2）沥青用量：采用马歇尔试验方法确定，一般为4.0%~5.5%；（3）性能检验：应进行渗水试验、车辙试验、飞散试验等，渗透系数不小于 0.1cm/s ，动稳定度不小于3000次/mm，飞散损失不大于20%。

某城市主干道改造工程，机动车道采用透水沥青路面，面层厚度60mm，基层采用150mm大粒径透水沥青稳定碎石，底基层采用200mm级配碎石。建成后实测路面渗透系数 0.15cm/s ，年径流总量控制率达到68%，有效缓解了道路积水问题。

（三）透水沥青路面适用条件

透水沥青路面适用于：（1）新建或改造的城市道路机动车道、非机动车道；（2）停车场、广场等开放空间；（3）土基渗透性较好的路段（渗透系数不小于 $1\times 10^{-4}\text{cm/s}$ ）。不适用于：（1）土基渗透性差的路段，如粘土、淤泥质土；（2）地下水位较高的路段（距路面底面小于1.0m）；（3）重载交通量大的路段；（4）环境噪声敏感区域（透水沥青路面噪声相对较大）。

三、透水水泥混凝土路面设计

（一）透水水泥混凝土路面结构组成

透水水泥混凝土路面由透水水泥混凝土面层、透水基层、垫

层和土基组成。透水水泥混凝土面层采用无砂大孔隙混凝土，空隙率一般控制在15%~25%，渗透系数不小于 0.1cm/s 。透水水泥混凝土路面具有强度高、耐久性好、施工简便等优点，适用于人行道、非机动车道、停车场等区域^[2]。

透水水泥混凝土路面结构设计要点：（1）面层厚度：人行道一般为80~120mm，非机动车道一般为120~180mm，停车场一般为150~200mm；（2）基层材料：采用级配碎石或透水水泥稳定碎石，厚度一般为100~150mm；（3）垫层材料：采用中粗砂或石屑，厚度一般为30~50mm，起平整和隔离作用；（4）接缝设计：透水水泥混凝土路面应设置缩缝、胀缝，缩缝间距一般为3~5m，缝宽3~5mm。

（二）透水水泥混凝土配合比设计

透水水泥混凝土采用单粒级或间断级配粗集料，不参加或少量掺加细集料，水泥浆体包裹粗集料表面形成骨架-孔隙结构。水泥强度等级不低于42.5级，水胶比一般为0.28~0.35，水泥用量一般为 $300\sim 400\text{kg/m}^3$ 。可掺加硅灰、减水剂、增强剂等外加剂，提高混凝土强度和耐久性^[3]。

透水水泥混凝土性能要求：（1）抗压强度：人行道不低于C20，非机动车道不低于C25，停车场不低于C30；（2）空隙率：一般为15%~25%，连通空隙率不低于12%；（3）渗透系数：不小于 0.1cm/s ；（4）抗冻性：严寒地区冻融循环次数不少于300次，寒冷地区不少于200次。

某城市公园道路采用透水水泥混凝土路面，面层厚度100mm，抗压强度C25，空隙率20%，渗透系数 0.18cm/s 。建成后雨水可快速下渗，路面无积水现象，周边植物生长良好，形成了良好的生态环境。

四、透水砖路面设计

（一）透水砖类型与性能

透水砖分为透水水泥砖、透水陶砖、透水砂基砖等类型。透水水泥砖以水泥、骨料为主要原料，经压制或振动成型、养护而成，具有强度高、成本低等优点；透水陶砖以陶瓷废料、矿渣等为主要原料，经高温烧制而成，具有美观、耐磨等优点；透水砂基砖以沙漠风积沙为主要原料，采用免烧工艺制成，具有环保、节能等优点^[4]。

透水砖性能要求：（1）透水性能：透水系数不小于 $1.0\times 10^{-2}\text{cm/s}$ ；（2）强度等级：人行道不低于Cc40，停车场不低于Cc50；（3）耐磨性：磨坑长度不大于35mm；（4）抗冻性：严寒地区冻融循环不少于300次，寒冷地区不少于200次；（5）尺寸偏差：长度、宽度偏差不超过 $\pm 2\text{mm}$ ，厚度偏差不超过 $\pm 3\text{mm}$ 。

（二）透水砖路面结构设计

透水砖路面由透水砖面层、找平层、透水基层、垫层和土基组成。透水砖面层厚度一般为60~80mm，铺装时应留设透水缝隙，缝宽一般为3~5mm，缝隙采用透水砂填充。找平层采用中粗砂或石屑，厚度一般为30~50mm，起平整和找平作用。透水基层

采用级配碎石或透水水泥稳定碎石，厚度一般为100–200mm。

透水砖路面铺装要点：（1）基层处理：基层应平整、密实，压实度不小于95%；（2）找平层铺设：找平层应均匀铺设，厚度一致，表面平整；（3）透水砖铺装：采用人字形、错缝等形式铺装，缝隙均匀，表面平整；（4）边缘固定：路缘石、边框等应固定牢固，防止透水砖移位；（5）压实：铺装完成后采用振动压路机或平板振动器压实。

某城市商业街人行道改造工程，采用透水水泥砖铺装，面层厚度60mm，找平层30mm，基层采用150mm级配碎石。改造后路面透水性能良好，雨天无积水，行人出行舒适度提高，街区环境品质提升。

五、路面排水系统设计

（一）透水路面排水机理

透水路面排水分为表面排水、内部排水和地下排水三种路径。表面排水是指雨水从路面表面径流排入雨水口或边沟；内部排水是指雨水通过路面结构层孔隙下渗，经排水层收集后排出；地下排水是指雨水下渗至土基后，通过土壤渗透补充地下水。透水路面设计应合理配置三种排水路径的比例，实现雨水的高效管理^[5]。

透水路面排水设计原则：（1）优先渗透：土基渗透条件好的路段，雨水应优先通过路面下渗；（2）蓄排结合：设置蓄水设施调蓄雨水，超标雨水通过排水系统排出；（3）溢流保障：设计溢流口或溢流管，确保暴雨时路面不积水；（4）防止堵塞：采取过滤措施防止泥沙堵塞路面孔隙，定期清洗维护。

（二）排水设施设计

透水路面排水设施主要包括排水管、排水板、蓄水模块、溢流口等。排水管设置在基层底部，收集渗透雨水并排出，管径一般为100–200mm，坡度不小于0.5%。排水板设置在基层与土基之间，汇集渗透雨水并排入排水管。蓄水模块设置在路基下方，储存渗透雨水，容积根据设计降雨量确定。

溢流口设计要点：（1）溢流口设置高度：一般高于路面10–20mm，使雨水优先渗透；（2）溢流口间距：一般不大于30m，低洼处应增设；（3）溢流口连接：溢流口应与市政雨水管网连

接，确保超标雨水及时排出；（4）溢流口防护：设置拦污栅，防止树叶、垃圾等进入雨水管网。

六、海绵城市道路设计要点

（1）因地制宜选择透水路面类型：根据道路等级、交通量、土基条件等因素，因地制宜选择透水路面类型：机动车道优先采用透水沥青路面，其孔隙率大、降噪抗滑，能承受重载交通，需配合透水基层和排水设施；人行道和非机动车道可采用透水水泥混凝土路面（强度高、耐久性好）或透水砖路面（便于维护、色彩图案多样，适合景观要求高的区域）。对于轻交通、低填方或土基渗透性差的路段，应增设盲管或碎石垫层，确保雨水及时下渗，避免路基软化，从而在满足承载力的同时充分发挥海绵体功能。

（2）合理确定年径流总量控制目标：根据当地降雨特征、土壤渗透条件、海绵城市总体目标等确定道路年径流总量控制率，一般城市道路控制率为50%–70%，重要区域可达70%–85%。

（3）透水路面与下沉式绿地协同设计：道路绿化带应设计为下沉式绿地，低于路面100–200mm，承接路面径流。透水路面溢流雨水应优先排入下沉式绿地，充分利用绿地蓄水、净化功能。

（4）注重施工质量控制和后期维护：透水路面施工应严格控制材料配合比、铺装厚度、孔隙率等关键指标，确保透水性能。建成后应定期清洗养护，防止孔隙堵塞，保持透水效果。一般每年应清洗1–2次，采用高压水枪或真空吸尘设备。

七、结束语

海绵城市理念下的城市道路路面结构设计，是实现雨水资源化管理、缓解城市内涝的重要举措。透水沥青、透水泥混凝土与透水砖等路面，具备良好的渗透净化性能，可有效控径流、削峰值、降污染。合理搭配海绵设施、优化排水系统、严控施工与养护，能保障道路生态功能长效发挥。因地制宜的设计方案，显著提升雨水调蓄能力，推动道路建设与生态协调发展，为海绵城市建设提供可靠技术参考与实践借鉴。

参考文献

- [1] 陈静. 基于海绵城市理念的城市道路路面结构设计探讨[J]. 智能城市, 2020(9): 40–41.
- [2] 凌浩. 基于海绵城市理念的城市道路路面结构设计探讨[J]. 建筑工程技术与设计, 2020(19): 2109.
- [3] 杨子易. 基于海绵城市理念的 城市道路路面结构设计探讨[J]. 中华建设, 2020(15): 98–99.
- [4] 邓建平. 基于海绵城市理念的城市道路路面结构设计探讨[J]. 现代物业, 2022(20): 7–9.
- [5] 郭浩. 基于海绵城市背景下的城市道路设计分析[J]. 科学与财富, 2021, 13(23): 148–149.

城市更新背景下老旧小区建筑改造工程施工技术

邹波, 薛诗瀚

建研凯勃建设工程咨询有限公司, 北京 100013

DOI:10.61369/UAID.2026030059

摘 要 : 在城市更新精细化发展的大趋势下, 对老小区建筑进行翻新已从简单的修缮维护、换门补窗, 转变成为了结构更安全、功能再完善、人居环境优化的全面升级。由于旧楼使用时间长、房屋老旧、管道纵横交错以及施工场地狭小等因素, 在居民正常居住条件下采用传统施工工艺容易造成结构破坏、噪声扰民以及建筑质量好坏参差等问题的发生。文章结合当前老旧小区改造工程实际, 介绍了建筑物改造施工技术概述, 阐述了建筑物改造施工的原则, 深入探讨当前建筑施工技术应用存在的问题, 并提出针对性解决措施, 为老旧小区建筑改造工程质量 and 安全性以及便于施工操作提供一定的参考价值。

关 键 词 : 城市更新; 老旧小区; 建筑改造; 施工技术; 精细化施工

Construction Technology for Building Renovation Projects in Old Residential Areas under the Background of Urban Renewal

Zou Bo, Xue Shihan

Jianyan Kaibo Construction Engineering Consulting Co., Ltd., Beijing 100013

Abstract : Under the general trend of refined development in urban renewal, the renovation of buildings in old residential areas has shifted from simple repair and maintenance, such as replacing doors and windows, to a comprehensive upgrade aimed at ensuring safer structures, improved functionality, and optimized living environments. Due to factors such as long service time, aged buildings, criss-crossing pipelines, and limited construction sites, the use of traditional construction techniques under normal residential conditions can easily lead to structural damage, noise disturbances, and varying construction quality issues. This article introduces an overview of building renovation construction techniques based on the current reality of old residential area renovation projects, expounds on the principles of building renovation construction, deeply explores the existing problems in the application of current building construction techniques, and proposes targeted solutions. It provides certain reference value for the quality and safety of building renovation projects in old residential areas, as well as facilitating construction operations.

Keywords : urban renewal; old residential areas; building renovation; construction technology; refined construction

引言

城市更新是提升城市建设存量品质、挖掘老旧资源潜能、完善人民生活配套的重要手段。与新建工程不同, 老旧小区改造工程是对已有建筑的保护性、修复性、升级性工程建设。投入使用多年以后, 老旧住宅小区普遍存在结构功能退化、建筑功能老化、配套设施瘫痪、外墙渗漏等病害, 不仅降低了居民的生活质量, 而且存在安全隐患。当前, 对于老旧小区改造不再采取“大拆大建”的模式而是采用微创治疗、精准复原和迭代升级的形式对施工技术的细致性、安全性、微扰动性都提出了较高的要求。在具体实施过程中由于受到小区场地狭小的影响以及既有建筑结构复杂的影响再加上管线布置杂乱无章影响以及正常居民居住影响, 相关施工技术应用存在较多不足之处。因此结合老旧小区现场的工况条件详细分析了老旧小区改造工程中各项施工技术的应用要点、存在问题及改善对策为城市更新环境下有效落实实施好老旧小区改造工程提供帮助。

一、老旧小区建筑改造工程施工技术简析

老旧建筑改建建设不同于新建建筑，具有依托原建筑、局部改造和全过程少干扰的特点。其施工技术主要从主体结构加固、外墙改建、屋面防水、附属设施增设以及内部改建五个方面展开，在不破坏原有的主体建筑物，并满足居住条件要求的前提下进行各项施工技术的应用^[1]。

加固补强技术是旧楼改造工程基本技术。多数既有旧房屋建筑的砖混结构房屋普遍产生风化，砂浆粉化，梁柱裂缝，构造柱老化现象。主要采用碳纤维布，粘贴钢板、植筋法，灌浆墙体加固等技术方法进行施工。此工艺在不需要完全拆除和重新建造原结构的基础上对建筑物局部进行加固修复处理，解决结构老化、开裂、承载力不足的安全问题，适用于老旧房结构物的修缮要求。

外立面和围护结构的改造技术对改善小区面貌及提高居住舒适性至关重要。主要指外墙保温改造、墙体裂缝修补、渗漏治理、门窗更换和外立面平整化处理等。以往对外墙进行整体铲除并重新施工等粗放式做法，精细化改造则是对局部维修、分层翻新、微创修复等为主开展针对性地处理解决建筑外墙漏水、保温性能下降、墙面剥离脱落及老旧门窗隔热隔音效果不佳等问题，达到既美化建筑又节能减排之目的^[2]。

屋面及防水改造技术针对建筑渗漏顽疾，主要针对老旧建筑屋面普遍存在的防水层老化开裂、排水坡度丧失以及落水管破损堵塞等病害展开处理施工，通过基层清理找平、局部修补补强和新式卷材分层铺设以及落水系统的重建等新技术对屋面系统进行修复。避免了传统重新做屋面的模式，通过对渗漏点的确定和分段修复，降低了费用和扰民。

二、老旧小区建筑改造工程施工作业基本原则

（一）安全原则

严守建筑结构安全这一红线，在进行任何施工流程、使用任何技术时都不得影响和破坏原有的主体结构及承重体系。施工前对建筑结构进行了详尽的勘察，对建筑物中重要的承重墙体、构造柱以及承重梁、柱都作出了准确的标记，禁止在随意打孔开槽，拆除承重结构。所有加固、改造的技术都应该符合原有建筑结构特点，避免在整个施工过程中造成二次结构性损伤，消除由于不合理的施工带来的建筑安全隐患。

（二）最小施工扰动原则

不搬迁，这是老旧小区改造最大的特点。施工过程中，百姓全天候生活在小区，也天天走小区的道儿，所以施工必须做到扰动最小。优先采用微创、模块拼装、小修的技术，最大限度减少墙体破除、地面开挖以及大拆大建。科学布置现场、动线及作业面，尽量少占地，避开主要干道。减轻对行人通行、采光、通风等影响，最大限度地避免扬尘、噪声、污水困扰百姓^[3]。

（三）新旧兼施持久原则

旧建筑基层老化、材料性能下降，新材料、新结构与旧结构

的适应性是保证改造质量的重要因素。所采用的加固材料、保温材料、防水材料及修补材料等与原有建筑基层的收缩值、荷载功能、老化状况相一致，防止新旧材料连接不当而造成开裂、脱皮、渗水等问题的再次发生。同时考虑施工工艺的耐久性，使改造部分与原建筑同步老化，增强改造工程的使用效果。

（四）便民有序施工原则

老旧小区改造是一项民生工程，在改造施工过程中要体现便民原则。严格遵守施工时间，严禁在午休和夜间休息时段进行高噪音、高强度的作业，分区域、分段位施工，做到一段成型一段、清理一段，针对老人、儿童等特殊群体优化现场防护及通行措施，并做好相关施工公示、居民沟通协调等工作，平衡好工期进度与居民正常生活秩序。

三、老旧小区建筑改造工程施工技术应用存在的问题

（一）前期勘测不够细致，技术方案适应性差

多数老旧小区由于历史久远，缺失建筑结构施工图和管线资料，采用人工粗查的方式，对建筑结构的隐蔽性病害及地下管线的分布走向、墙体内部隐患识别不精准。施工工艺主要套用模板内容，并没有根据楼栋的老旧状况及结构特点、管线分布进行有针对性的工艺改进和优化设计。如一些砖混结构小区一味选择碳纤维布加固技术，在未充分考虑其墙体风化、砂浆酥软等问题采取提前补强措施的情况下进行施工作业，影响最终效果，有些小区外墙改造全部拆除并更换为新砌块，未对墙体的部分完好位置给予有效保留，造成材料浪费与不必要的拆装扰动^[4]。

（二）精细化的施工技术措施得不到有效的实施，工艺粗糙

由于老旧小区改造工程主要由中小型施工队承建，其施工人员专业素质不高，微创化、精细化的工艺掌握不好，普遍存在重进度、轻工艺的问题。结构加固中出现植筋钻孔不达标、植筋胶不饱满、碳纤维空鼓及钢板不贴合等工艺问题；在墙体防水保温改造工程中基层处理不到位、分层厚度不达标、接缝粗糙等问题普遍存在，使改造后的墙面较短时间内就产生裂缝、渗水及保温脱落等情况发生。而且存在交叉作业混乱现象，在进行土建、管线和立面改造时工序杂乱无章地穿插，很容易导致已完项目受损，造成反复修补。

（三）低扰动技术的运用极少，烦扰百姓严重

当前大多数施工现场还采用较为原始的湿法作业、人工破除和现场浇筑等粗放式施工，微创化、模块化、装配式等绿色施工技术应用少。传统施工方法扬尘大、噪音高、垃圾多，并且施工物料堆码无序、建筑废料未及时清运，严重干扰着群众生活。另外在时序安排方面，部分高噪音工序安排在居民休息时段，场地围挡、降噪防尘措施简陋，完全不能满足老旧小区便民施工作业的最基本要求，极易与居民产生矛盾而造成工程延误。

（四）新旧衔接工艺粗糙，后期病害严重

新旧结构，新旧建材交接是旧有改造中最困难的部位也是最容易发生质量问题的部分。实际施工中，忽视新旧基层之间的过渡性处理，老旧墙体基层酥松，浮灰，油污清理不彻底直接进行

新材料的铺设粘结力不足；结构加固及管道更新后的节点封口，间隙封闭粗糙简陋，伸缩缝和沉降缝做法随意不规范。不规范操作往往造成改造后后期易发生裂缝、渗水、脱漏以及管线泄露现象频繁发生，旧有改造工程缺乏持久性的提升效果^[5]。

四、老旧小区建筑改造施工技术优化对策

基于解决上述施工技术应用中操作性问题，并考虑城市更新精细化改造要求，以老旧小区施工现场为出发点，在充分研究分析前期准备、工艺实施、技术革新、衔接控制、现场管理等方面存在问题及基础上，提出了具体的优化措施。

（一）做好前期详细勘测，选择合适的施工技术方案

转变粗放的勘察方法，运用人工普查和智能检测手段详细探查建筑物结构病症、管道设置、基层性能等关键信息，并构建单体楼栋改造技术档案。根据不同楼栋不同部位不同的老化状况与结构特点摒弃采用通用施工模板，针对性地设计差异性、具体化的施工方法。首先在结构方面仅对开裂、酥软、承载力不够部分进行微创补强性的局部性加固而避免大动干戈；在外墙与屋面方面病害位置精准定位并采取局部修补与区域翻新的模式，最大限度保留原有完好结构及面层，在保障建筑质量前提下减小工程量及浪费情况的发生，增强技术方案的适用性及可行性。

（二）精细化施工，控制关键工序

老旧小区改造成品细部的工艺标准要进行详细的交底，并贯穿到每一个操作工人，严禁野蛮施工。结构加固过程严格控制好植筋粘贴钢板、碳纤维布全过程，对钻孔、清孔、注胶、粘贴、固化等各道工序认真规范，重点检查粘结度和压实情况，防止出现空鼓、移位；墙体防水保温施工时仔细打磨清理找平基层，分层次控制好每层厚度（包括保温层和防水层），并对接缝处阴阳角、窗边等重要部位认真处理；管线改造应采取先调查再行动原则（先排查后施工）、（先理顺后更换），严禁野蛮无序破墙开槽行为。规范施工顺序、合理安排交叉作业，采用完工一段，验收一段，保护一段的原则，避免交叉破坏和反复施工的现象。

（三）推广微创装配式技术，实现低扰动便民施工

全面革新传统的作业方式，积极推广微创、模块化及装配化

的施工工艺技术。外墙装饰、楼内公共区域翻新、管线包封等项目均采用工厂定制化生产加工、施工现场直接拼接的装配式施工技术大幅减少现场湿法作业，大大缩短工期且降低扬尘、噪音影响；墙体修补、结构打孔以及管线开槽等工作采用微创设备进行，从而减少了破除范围，同时完善便民施工措施，设置标准化施工围挡，配置防尘降噪设施，及时洒水降尘、清理建筑垃圾；控制施工时段，杜绝在休息时段高扰时作业，合理设置施工场地、通行线路，在最大程度上降低施工作业对居民生活的干扰。

（四）加强新旧工艺的连接，保证改造工程的使用寿命。

以新旧面层衔接处理为质量控制要点，采取针对性的施工工艺。在改造之前清除老屋面中的浮灰、松散层及油污和老化表层，对结构较差基层进行补强及找平处理，确保新老材料结合在一起不留隐患，选用适应收缩性、力学性能相近的修补材料、补强材料、防水材料等减少两种不同材质性能差异造成的开裂脱落现象。在墙体拼接部位、结构加固部位、管线预留洞、屋面接缝处，用专用密封材料或专用补强构件做细致的封堵，在伸缩缝、沉降缝的处理上规范其具体操作方法，防止出现病害。通过一系列的面层新旧连接的工艺措施来彻底消除因新旧性能不符而引起的后期病害，提高工程改造后的使用效果。

五、结语

城市更新中的老旧建筑改造是以精细化、安全化、小扰动化的建筑施工技术为手段，使老旧小区建筑实现由“托底”向“提品”的转变。当下在老旧小区改造中施工工艺的应用仍存在着勘察粗略、工法粗糙、扰动过大、衔接较弱以及控制不足等问题，在很大程度上影响着改造工作的质量与效果。基于存量发展导向，需要改变传统的大包大揽式的粗放型施工模式，以实境需求为基础，秉持安全化、便民性、耐用性、提质效的原则，通过精准定制施工方案、规范精细工艺标准、普及微创装配式工艺、提升新旧衔接工艺、强化全过程控制等措施提高建筑改造工程中施工工艺实施质量，切实解决好老百姓的居住痛点，真正做到城区空间存量提品质、人居环境优化升福祉的改造目的。

参考文献

- [1]尹磊，武定国，韩飞飞.城市更新背景下老旧小区建筑改造工程施工技术[J].科技与创新，2026，(12): 165-167.
- [2]张太超，赵燕贞.城市更新背景下老旧小区改造的施工组织优化与居民满意度提升路径[J].陶瓷，2026，(6): 156-158.
- [3]朱圣奕.城市更新背景下老旧小区品质提升路径——以大雄城市花园为例[J].现代园艺，2026，49 (12): 144-146.
- [4]刘欣，姚惠玲.城市更新背景下老旧小区建筑垃圾运输路径优化及碳排放影响研究——以扬州市为例[J].土木工程与管理学报，1-7.
- [5]代婧.城市更新背景下老旧小区改造电气工程综合施工与管理实践研究[J].建筑工人，2026，47 (6): 40-42.

高层建筑结构风荷载与地震作用效应对比分析及设计优化

钱洪权

广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030060

摘 要 : 超高层建筑的风荷载和地震作用的作用原理有明显区别: 风荷载是不规则的脉动类荷载, 容易造成结构出现共振与疲劳性损伤; 地震作用为脉冲状的宽频动力作用, 主要会产生弹塑性变形和结构损毁。本研究通过对比上海中心大厦、东京晴空塔等项目的实际监测数据, 对两种荷载带来的反应差别展开量化分析, 还确定在7度设防区域Ⅱ类场地条件下, 100米以下建筑以地震荷载控制为核心要点、100至300米建筑需要风荷载与地震荷载双重控制、300米以上建筑由风荷载发挥主导作用的临界高度相关准则。通过这样的基础, 可设计出一套通过多目标遗传算法生成的风力和地震协同优化方案, 全面运用空气动力外形优化、调谐质量阻尼器(TMD)、隔震工艺这类技术方法。拿广州一栋高350米的框筒结构超高层写字楼来举例(这栋楼是按7度地震烈度设防的, 基本风压数值为0.55千牛每平方米), 应用这套计算框架后, 在完全达到规范规定的位移限值要求的前提下, 整栋楼的钢材使用量大概降低8%, 工程的建设成本大概下降5%, 能合理解决抗风刚度和抗震柔性之间存在的问题。后续的研究要重点进行极端台风和近场脉冲地震二者结合效应的模拟分析, 再一步提高结构韧性的设计水准。

关 键 词 : 高层建筑; 风荷载; 地震作用; 调谐质量阻尼器(TMD); 结构韧性

Comparative Analysis of Wind Loads and Seismic Effects on High-Rise Building Structures and Design Optimization

Qian Hongquan

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : The action principle of wind load and earthquake action of super high-rise buildings is obviously different : wind load is an irregular pulsating load, which is easy to cause resonance and fatigue damage of the structure ; the earthquake action is a pulse-like broadband dynamic action, which mainly produces elastic-plastic deformation and structural damage. In this study, by comparing the actual monitoring data of Shanghai Tower, Tokyo Sky Tower and other projects, the quantitative analysis of the response differences caused by the two loads is carried out. It is also determined that under the condition of Class II site in 7 degree fortification area, the seismic load control is the core point for buildings below 100 meters, the wind load and seismic load are double controlled for buildings from 100 to 300 meters, and the wind load plays a leading role in buildings above 300 meters. Through this foundation, a set of wind and earthquake collaborative optimization schemes generated by multi-objective genetic algorithm can be designed, and the technical methods such as aerodynamic shape optimization, tuned mass damper (TMD) and isolation technology can be fully used. Taking a 350-meter-high frame-tube structure super high-rise office building in Guangzhou as an example (this building is fortified according to 7-degree seismic intensity, and the basic wind pressure value is 0.55 kilos per square meter), after applying this set of calculation framework, under the premise of fully meeting the requirements of the displacement limit specified in the specification, the steel usage of the whole building is reduced by about 8 %, and the construction cost of the project is reduced by about 5 %, which can reasonably solve the design conflict between wind-resistant stiffness and seismic flexibility. The subsequent research should focus on the simulation analysis of the combination effect of extreme typhoon and near-field pulse earthquake, and further improve the design level of structural toughness.

Keywords : high-rise buildings; wind load; earthquake action; Tuned Mass Damper (TMD); structural resilience

引言

高层建筑物结构的安全维护和性能提高，得同时处理风荷载及地震作用带来的丰富难题，二者在作用机理和反应特征上有明显不同。风荷载属于随机变动荷载，它的低频部分较容易和高柔结构产生共振，长时间作用下引起的的疲劳损伤不能轻视；地震作用属于宽频脉冲激励，对结构的延性和耗能能力给出严格要求。2023年调整的《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2023）更细化兼顾功能的抗震设计思路，是对高层建筑，收紧罕遇地震作用下弹性时程分析的硬性要求，还新增高层建筑在罕遇地震作用下的层间位移角限值（从以往的1/100压缩为1/120），并加入近场脉冲型地震动的调整系数；这一改动明显提高对结构非线性变形控制的要求。在这一时间段，现行的《建筑结构荷载规范》（GB 50009-2012）为风荷载的概率统计模型、体型系数和风振系数的计算，建立相应的基础框架。不过因为风的荷载和地震的作用的规范系统，是各自分开发展起来的，两种类型的作用在荷载的组合方式、性能的设定目标和控制的指标方面，都缺乏一致的协同机制，这种情况在客观上加大了结构综合性能设计的复杂程度。尽管现阶段的研究，在单一灾种下的结构优化方面，已经取得了较多的成果，但在风与地震的协同优化这个领域，仍然存在着较为明显的研究空白。首先风荷载与地震荷载的优化方案存在固有的刚柔冲突：比如基础隔震方法可有效降低地震响应，但其带来的隔震层刚度降低或引起的强风工况下结构水平位移超出限值，对正常使用功能造成不利影响。再者当前的协同研究往往难覆盖周全。Zhang等人（2024）提出的隔震结构抗风优化方案，未充分顾及近场脉冲地震对隔震层位移的过度放大效应；Li等人（2025）开发的风振优化算法只将人体舒适程度视为单一目标，忽略地震荷载作用下结构延性与耗能能力的平衡要求。此外当前的多目标优化研究常采用固定的权重参数，较难灵活适配带有各类功能特征的建筑（像住宅对舒适度敏感度高、医院对安全程度敏感度高），还有不同设防烈度区域的差异化需求，这让优化得出的结果缺少广泛适用性。目前对100至400米区间高度的超高层大型建筑，因风产生的疲劳作用与地震带来的累积损伤二者结合产生的效应，和该效应在建筑全使用周期的抗震设计中所起的作用原理，至今还未被明确研究。

对以上不足，本研究只在系统比对高层建筑物在风荷载作用与地震作用下的反应机理差异，阐明两类荷载控制标准的矛盾性与协调可能性。本研究选取处于7度抗震设防区、属II类场地的框架、剪力墙与框筒结构作为研究对象，围绕分析高度处于100至400米区间内的风致响应、地震响应的差异和协同优化问题，本次研究不包含软土地、混合结构和极端灾害场景下的倒塌分析内容。在此前提条件下，制定一套同时考虑地震后的恢复能力与风力抵御安全性的共同优化办法，加入通过多目标遗传算法的动态权重调整机制，并结合常见工程项目案例证明它的实用价值，期望为超高层建筑的多种灾害防御设计提供理论根据和实际支持。

一、风荷载效应分析

（一）风荷载理论基础与计算模型

风力荷载的产生，是近地面大气层中的气体流动与建筑外表面的交互作用带来的，它的根本属性是气体流动过程中在建筑外表面形成的动压力与静压力的总作用力^[1]。从全球范围来看，对超高层建筑物风荷载的计算工作，已形成一套较为全面的标准系统，像国内的《建筑结构荷载规范》GB 50009、美国的ASCE 7规范便属于这类系统范围。各类规范通过对基本风压、体型系数、风振系数等核心参数的明确规定，为风荷载的工程简化计算建立起标准化的框架系统。但是对复杂形体的物体或者超高的建筑，只依靠规范中的相关公式，往往很难准确捕捉局部区域的风力分布情况和不断变化的反应特点，因而需要引入根据流体流动的力学原理的先进预测模型。在数值模拟的技术领域中，经常采用的计算方法主要包含雷诺平均法（RANS）、大涡模拟（LES）和分离涡模拟（DES），这三种方法各自拥有独有的特点：RANS（雷诺时均纳维-斯托克斯方程组）采用时间平均的方法来处理水流的不规则波动，计算的速度较快，适合用在设计流程的准备阶段的初期风力作用估算和整体外形的优化；LES（大涡模拟方法）直接计算大的流动涡旋且对小的流动涡旋开展建立模型工作，可以准确抓住气流分开和涡旋脱离的随时间变化的特征，非

常用在横方向涡旋引起的的振动的精细分析；DES（分离涡模拟方法）则结合前两者的优势，在靠近壁面的区域使用RANS来降低网格的要求，在流动分开的区域使用LES来提高精确度，适合用在外形复杂的建筑物的全流场高精度模拟。将这类数值模拟方式同物理风洞实验相互搭配，也就是通过缩小比例的模型在人为操控的气候空间中复刻真实的大气边界层，直接测量建筑物承受的风荷载反应，可以实现双向核对，提高风荷载预判的精确度，为高层建筑结构的抗风设计提供可信的理论支撑。特别值得提及的是，对高度超过300米的超高层建筑，横向风的涡旋振动和扭转风振效果常常会比顺风向响应更大，成为抗风设计中的主要要素。横向风的涡旋振动是因为气流在建筑两侧交替分离形成的周期性漩涡脱落而触发的。当漩涡脱离的频率和结构自身振动的频率差不多时，会发生锁定情况，引起的度的共振。须重视横向上的漩涡引起的的振动和扭转方向的风致振动的互相作用：相关研究表明，当建筑物的高宽比大于8时，这类气动力与结构变形的耦合反应可以让结构顶部的加速度再提高20%-30%。由于现行《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012没有明确说明这种耦合效应的具体计算方法，对这类超高层或者细长的柔性结构，需要通过高频天平风洞试验或者大涡模拟（LES）进行精细分析，全面考虑气动阻尼、结构阻尼和共振放大的整体作用，来保证计算模型的完整性和设计的安全性。根据相关规定，高度达150米以上

且高宽比高于5的高大构筑物,要开展横风向风振验算;对存在明显耦合风险的超高层楼宇来说,风洞实验与高阶数值模拟是不可或缺的设计环节。

(二) 高层建筑风致响应特性

高层建筑在风力作用下的反应,是风荷载作用效果分析的核心内容,它的动态反应主要包括位移、加速度和疲劳效应这三个主要指标^[2]。建筑内部的空间结构出现位置变动的程度,会直接影响建筑的安全性能和日常运作的状态。楼层之间出现过大的位置偏移,很可能让幕墙、隔墙这类非建筑结构的配套部件被损坏,对建筑的实际使用效果产生负面影响。建筑在受力或振动时产生的加速度变化,直接决定人在建筑内居住时的舒适程度。要是建筑振动产生的加速度峰值超出人类身体可以感知的范围上限,人们就容易感到不舒服,情况严重时还可能引起的恐慌。这类数据需要通过有限元计算模拟,并搭配风洞实际试验来进行准确的测算。按照我国当前施行的规则规定,遇到每十年出现一次的风荷载标准值作用时,住宅建筑和办公建筑顶部的加速度限值各自为 0.15m/s^2 与 0.25m/s^2 ,这是超高层建筑舒适度设计的核心控制底线。除此以外风荷载自带的随机脉动特征可能引起的结构的疲劳问题,在长期重复的作用下会让材料的性能出现劣化,对结构的耐久性造成不利影响。在各类工程建设项目当中,人们通常会采用 Miner 线性累积损伤准则去估算风致疲劳的使用寿命。对钢构节点与幕墙连接构件这类易出现问题的部位,需重点考虑百年一遇风力负荷影响下的疲劳损伤积攒情况,保障其在整个设定使用周期内的安全程度。以上海中心大厦为实例,它的幕墙连接件的疲劳设计年限按照120年的标准确定,设计师通过高频天平风洞试验获得精密的疲劳荷载谱,搭配 Miner 准则进行严谨验算,确实消除长期风振带来的连接失效问题。通过所建立的高精准三维有限元分析模型,对不一样风速、不同风向角度工况下的结构反应展开数值模拟,并结合风洞试验所得数据来核验该模型的可信性,可以较为全面地测算位移、速率和疲劳作用的分布特点。这既为抗风设计供给实际数据支撑,又为后续风荷载同地震作用的对照解析和协同优化奠定扎实基础。

二、地震作用效应分析

(一) 地震作用基础理论与计算

地震作用的理论基础源自地震波在岩土介质内部的传播机制。地震波包括体波(纵波、横波)与面波(瑞利波、洛夫波),其传播会使地面产生位移,再传导至高层建筑结构,引起的惯性力响应^[3]。结构动力分析主要通过反应谱理论和时程分析方法开展工作。统计单自由度振动体的最大振动反应,反应谱方法能建立出可供设计使用的频谱,这种做法可以让多自由度结构的计算过程变得简单易行;直接输入地震波的时间变化曲线,用时程分析的方法去解题,通过数值积分的方式来求得动力相关的方程解,可以更准确地展现出复杂结构在地震发生时的即时反应情况。根据 GB 50011-2023 的规定,高度达100米以上或者构造形

式特殊的高层建筑物,需通过时程分析法完成额外计算。该规范对地震波的挑选设定更严苛的条件:开展时程分析时选用的地震波组合,需要包含不少于两条天然地震波和一条人工地震波,并且天然地震波的震级应比设防烈度对应的震级高出0.5到1级,来覆盖可能出现的强烈地震危险;对靠近断层的区域,还需要额外考虑速度脉冲的放大效应,保障输入的地震动在频谱特征方面的真实性与完整度。在工程现场操作中,需按照既定规则建立运算计划,利用要求的设计反应谱指标和地震影响系数来确定基础载荷。过程分析可细分为弹性和弹塑性两类:在小震工况下,弹性时程分析可开展构件内力的验算作业,此时预设结构仍处于弹性工作状态;弹塑性时程分析则对大震工况展开,它将重点考虑构件的非线性滞回表现,主要用来变形验算环节和抗倒塌性能的评定工作。通过对应的系统算出结构在遇到地震影响时的内部受力状态和整体变形情况,既满足相关规范对于结构安全性和结构延展性这类量化指标的要求,也为接下来开展的风振与地震协同作用分析,还有结构的优化设计积累扎实的数据支撑。

(二) 高层建筑地震响应表现

高层建筑的地震作用下的响应特点,主要体现在结构形变、损伤演化规律与安全储备三个方面^[4]。受地震扰动时,结构的侧向形变通常显示出层间位移角提高的状态。是在8度和震级更大的剧烈地震中,建筑结构很容易出现超出弹性范围的弹塑性变形,造成核心构件发生屈服问题。区分常遇地震和罕遇地震所引起的破坏差异非常主要:在常遇小级别地震作用期间,结构整体处于弹性状态或者细微开裂问题,损伤主要表现为连接构件端部的微细裂缝和框架梁端部的弹性变形,不会给主体结构的安全带来影响;而在罕见大级别地震作用时,按照先让柱保持坚固、先让抗剪部位保持坚固的延性设计思路,连接构件作为最先起到防护作用的部分,率先产生屈服并形成塑性铰来耗散地震带来的能量,然后底部剪力墙的墙肢出现弯曲裂缝。要是建筑结构竖向的刚度分布不均匀,很容易在加强层的上下位置形成较薄弱的区域,引起的较严重的层间位移集中问题,还会造成局部出现损坏,甚至可能引起的坍塌。不同结构系统下,框架及剪力墙结构的剪力墙底部墙肢易出现弯曲裂缝,框架梁端可能形成塑性铰;超高层建筑常用的筒体或框筒结构,其损伤多集中于底部加强区的墙肢、连梁和伸臂桁架节点,这类部位的延性设计是保障抗倒塌性能的核心;纯框架结构需关注柱端损伤引起的整体失稳风险。安全储备的评估要跟随延性设计一同推进,通过弹塑性时程分析来校验耗能构件(比如阻尼器)在缓解结构损伤、提高抗倒塌能力方面的成效。不同强度地震的反应差异十分明显:处于6度区间的结构,多数体现出弹性类的反应,损坏的程度偏轻;处于9度区间的区域,存在出现局部损坏的可能性,需要通过增量动力分析(IDA)来对该区域抗倒塌的储备量实施量化。另外地震引起的反应受建筑高度、刚度的分布情况和场地的影响十分明显,刚度分布均匀的建筑结构,变形的协调度更高,可以合理减轻损伤集中出现的问题。为清晰对比风荷载与地震作用的核心不同之处,表1从加载特征、频率区间、控制参数等对两者进行

定量比对。

表1 风荷载与地震作用效应量化对比

对比维度	风荷载作用	地震作用
加载特性	随机脉动荷载，长周期持续作用	脉冲式宽频激励，短时突发作用
频率范围	0.1~1Hz（低频为主）	0.1~10Hz（宽频覆盖）
作用时间	数小时至数天（台风过境全程）	10~30s（主震能量释放阶段）
控制高度	300m以上绝对控制，100~300m重要控制	100m以下绝对控制，100~300m重要控制
核心控制指标	顶点加速度（舒适度）、顶点位移、疲劳寿命	层间位移角（弹塑性）、延性系数、抗倒塌储备系数
主要破坏模式	幕墙脱落、非结构构件损坏、钢结构疲劳断裂	构件屈服、薄弱层倒塌、节点脆性破坏

三、风荷载与地震作用响应的对比分析

（一）响应机理对比

1. 加载方式与频率响应对比

高层构筑物结构中，风的荷载和地震的作用所产生的响应规律存在明显差别。风的荷载属于带有随机性的动态载荷，它的作用过程会显示出不间断的波动特点，这种情况是大气边界层内的紊乱流体运动引起的。荷载的量值与指向会随时间无规则变化，且拥有突出的频域分布特点，通常汇聚在较低的频率区间（一般是0.1~1Hz），和高层建筑的基本自振频率（通常为0.1~2Hz）存在较高的共振联动概率，易于触发结构的共振响应^[6]。地震产生的震动波显示出脉冲状的运动特点，它的能量大多分布在跨度较大的频率区间中，包括较高频段与较低频段，并它的一直时长相对偏短，一般为几秒钟到十几秒钟不等，这类震动产生的作用力的强度大小与频率分布形态，由引起的震动的地层破裂方式、能量传递经过的路径和震动发生地的环境条件共同确定。在频率响应这种情况中，风荷载带有的随机脉动特点，让结构的反应主要受到它的脉动部分和结构自身振动频率的匹配状态影响。当风荷载的脉动频率和结构某一阶自身振动频率相近时，结构会表现出明显的共振放大效果，特别对高柔结构来说，风荷载的共振反应也许会成为控制设计的主要因素。地震产生的脉冲式特征会使结构受到的影响更多由地震动频谱特征与结构本身自振频率的达到程度决定，不同场地环境下地震动频谱的差异会造成结构不同等级振型的响应放大程度出现区别。比如邻近场地的地震动脉冲式特征或许会触发结构的高阶振型反应，而距离较远场地的地震动则可能更多对结构的低阶振型产生影响。另外风荷载的影响拥有长期存在的特点，结构在风荷载作用下产生的变化需要考虑累积的效果和可能的疲劳问题。而地震产生的影响作用时间很短，结构的反应主要围绕于瞬间的动力放大情况和最大承载的能力。

2. 结构响应异同点分析

风荷载和地震作用的响应产生原理有着本质的差别。风荷载是随时间随机变动的空气动力类荷载，当外界引起的的振动频率和结构自身的振动频率相近时，比较容易诱发共振这类特殊效应；

地震作用是地表运动经由基础传递到结构部件的惯性力，它所覆盖的振动频率范围更宽，和结构自身振动特征的相互影响也更加丰富^[6]。在结构反应方面，两者既有共通之处，又存有明显差别：共通的地方是位移都被视作主要控制条件。无论是风力作用下的层间位移角，还是地震作用下的弹塑性位移角，均需达到规范的限制需求，保障结构的常规使用性能和抗坍塌的安全程度。二者的不同点藏在加速度响应、破坏样式和极限状态的深层区分中。由风荷载带来的加速度峰值主要会影响人对环境的舒适感受，而由地震引起的的加速度峰值则直接和构件内部受力情况和损坏程度挂钩；另外风荷载通常会让结构保持在弹性的工作状态，而强度大的地震常常会引起结构的弹塑性损坏，甚至造成整体坍塌。非常主要的一点是，这两者的管控边界情形有着明显不同。风荷载引起的的结构位移要符合正常使用状态的管控要求，采用50年一遇的风压作为控制根据，明确要求结构保持弹性状态，保证幕墙这类非结构构件完好，并满足室内人员的居住舒适度；而地震引起的的结构位移则由承载力极限状态控制，采用罕遇地震作为控制根据，允许结构进入弹塑性变形阶段，核心目标是通过连梁、阻尼器这类耗能构件的损伤消耗地震产生的能量，最终避免主体承重结构发生倒塌。此响应准则和极限临界状态的区分与共性，为多目标优化架构的建立提供理论支撑。在开展设计作业时，需全面考虑风荷载施加过程中的弹性位移和舒适状态、地震作用时的弹塑性形变和耗能水平，经由协同优化实现结构稳固性、适配性和经济性的最优均衡。

（二）实际工程案例分

1. 典型高层建筑风致响应实例

选取上海中心大厦当作超高层建筑风致振动响应的典型研究案例，它那带有特殊螺旋上升结构的气动外形，对风荷载的分布情况有着较为明显的优化作用。风洞试验得到的数据显示，该建筑顶部区域的风压脉动系数为0.65，相比建筑中下部的0.32数值更高，这种问题和结构动力学领域的实际测量结果达到程度很高。在对应量化情形中，结构顶点顺着风向的最大挪动距离到1.2米（大概是H/500），横着风向的挪动距离是0.8米，都严格符合规定限值的需求；顶点顺着风向的最大晃动加速度是0.12g，横着风向的晃动加速度是0.08g，达到人体感官舒适度的标准。把按照规范算出的数值，和风洞实验得到的数值、和实际现场测出的数值进行比对就能发现，按照规范计算时，人们会对复杂曲面的风压分布做简化处理，所以得到的结果会稍微偏安全；而风洞实验是模拟真实的近地大气边界层情况开展的，能精准抓到螺旋状涡流引起的气流分离与二次贴合现象，还能很好地修正规范自带的偏差^[7]。此案例表明，在应对带有不规则外观的超高楼宇时，风洞测试在优化理论模型、保障抗风设计的成本控制与安全性能方面，拥有无法替代的作用。

2. 地震作用下的建筑物响应案例

在地震反应实例分析当中，东京晴空塔作为超高层建筑的典型案例，它的震害检测数据与模拟模型校验为研究供应核心根据。在2011年日本东部地区发生强烈地震之际，该塔挺过强劲地

震振动的挑战。监测数据显示，该时刻所选测试场地的地面峰值加速度为0.32g，结构最顶端的加速度峰值达到1.8g，结构各楼层间的最大位移角被控制在1/300的范围内。就算加速度响应比原设想的略大些，位移响应却稳稳落在规定区间内，很好验证达到性能导向的抗震设计（Performance-Based Seismic Design）的实际作用。这得益于它所采用的高延展钢构件，还有多重耗能系统，通过构件的塑性形变高效消耗地震带来的能量，实现以柔克刚的抗震目标。精细化有限元模拟的结果显示，算出的层间位移角和实际监测数据的偏差控制在5%以内，这又一次证实模型的可靠性。实际观测结果表明，受地震作用时高层楼房的反应多为低频次的震动，损坏部位常集中在底部的梁和柱连接点；受风力作用时产生的反应，更多会对外墙面板等附属部分造成影响。这种差别在做设计时要进行专门的抗侧移结构调整，比如用隔震设备减少地震引起的反应，或是通过优化空气动力形态来减弱风力引起的震动。为清晰划分不同层高楼房的控制荷载差别，挑选一处7度设防地带Ⅱ类场地、高度到80m（高宽比3.5）的框架、剪力墙结构当作例子。基本风压力数值为0.40kN/m²，抗震设防的烈度为7度（0.10g）。研究数据显示：当普通地震发生时，建筑楼层间的最大转角约为1/800，而相关规定的上限为1/550；当50年才出现一次的大风吹过建筑时，楼层间的最大转角约为1/1200，规定的上限为1/500。就算把大风的情况调整为100年才出现一次，这种情况一般会用来重要建筑的幕墙设计，此时风造成的楼层间转角会变成1/950，还是比地震引起的楼层间转角要小得多。凭此可知对7度抗震设防区、高度达80米的这类结构，小地震是决定层间位移角大小的关键因素。再对6度、8度抗震设防区的情况开展对比分析就能发现：6度抗震设防区，风荷载和地震荷载控制结构设计的临界高度约为60米；8度抗震设防区的该临界高度则提高至约150米。这清晰反映出抗震设防烈度越高，受地震外力制约的建筑物高度区间就越广，风力荷载的核心影响得在更高楼层才会凸显。这一准则说明不同高度区间有清晰的荷载控制转换临界点，为协同优化策略的分段使用提供量化根据。

四、设计优化策略与应用

（一）针对风荷载的优化技术

1. 风荷载减轻措施

在制定改进方案及其落实过程中，对风带来的作用力的改进技术得优先选用风作用力减弱方法，把高层楼房作为研究内容，通过结构轮廓的调整还有建材的筛选实现风引起的晃动的有效消减^[7]。结构外形优化可选用空气动力学造型，例如把建筑平面设置为流线样式、切角样式或是退台样式，让风在建筑表面的分离现象和漩涡生成量减少，继而削弱脉动风荷载对结构的激励效果。譬如超高层建筑运用锥形或是弧形外立面，能降低风阻系数，缓解风致振动的反应表现。在材料选择方面，采用碳纤维增加聚合物（CFRP）这类复合材质或是高强度钢材，能在维持结构牢固程度的基础上减轻自重，缩减结构自然振动频率与风力作用频率的重合概率，控制振动幅度变大的情况。这类材质拥有的

强阻尼属性可以通过能量消耗的原理削弱风力引起的振动，提高结构抵御风力的能力。这些方法得搭配风洞试验或是计算流体力学（CFD）模拟来开展确认，保证优化后的成效达到设计要求的条目，实现高层建筑在风力载荷作用下稳固性与实惠性的平衡。为研判各类可用来降低风荷载影响的工程措施所拥有的实用价值，下述表格就核心技术方案的减震成效、额外耗资金额，和可应用的场合展开比对，为规划制定相关决策提供支撑。

表2 主流风荷载优化技术效果 - 造价对比				
优化技术	减振效果（顶点加速度降低率）	造价增量（相对常规方案）	适用场景	技术成熟度
气动外形优化（切角/退台）	15%~30%	+3%~8%	方案设计阶段，建筑造型未定型	成熟
调谐质量阻尼器（TMD）	25%~40%	+0.5%~2%（仅阻尼装置）	200m以上超高层，舒适度控制为主	成熟
粘滞阻尼器（VD）	20%~35%	+1%~3%	风震双控需求，兼顾抗风与抗震	成熟
碳纤维复合材料（CFRP）应用	10%~20%	+20%~50%	特殊性能要求（如减重、耐腐蚀）	发展中
主动/半主动控制系统	35%~50%	+5%~15%	地标性超高层，无预算上限	较高

数据来源：《高层建筑抗风设计手册》（2024）及国内12个超高层项目实测统计”

2. 刚度与阻尼系统优化

对风荷载的优化应同时加强结构的刚度与阻尼系统的关联，你可以通过调谐质量阻尼器（TMD），通过调试它的质量、刚度和阻尼比，在风荷载的主要震动频率附近产生抵消震动能量的反向力^[8]。通过导流板这类能遏制涡旋的装置调整建筑的空气动力外形，打乱涡旋的生成流程，削弱脉动风的作用力。在风荷载起主要影响的部位加强局部的刚性，防止出现应力集中的情况，还可以将粘弹性阻尼器与TMD组合布置，共同增加能量消耗的性能。充分使用这类技术可以缩减建筑物结构的位移与加速度反应，让高层建筑在遇到风的时候，能满足安全保障与居住舒适的标准。

（二）针对地震作用的优化技术

1. 抗震设计策略

以不同等级地震作用下的性能要求为核心的，经过性能优化的抗震设计方案，对结构变形和损伤管控指标进行量化^[9]。通过加入隔震支座、屈曲约束支撑（BRB）这类装置，通过其拉长周期和消耗能量的特征，减弱地震带来的反应同时保障主体结构安全。在设计工作开展阶段，会融入动力时程分析内容，或是pushover分析方法，对装置的各项参数与空间布置做出调整，让整个结构可以达到强度、延性还有耗能方面的相关要求。综合考虑场地的实际问题 and 地震动的各类特征，对装置的选择范围和空间布局进行优化，实现安全性能与经济成本的协调，提高高层建筑的抗震水平。

2. 基础与节点连接优化

建筑底部与上部承重新建立件衔接处的优化是控制超高层建

筑地震影响的主要。建筑基底隔震技术通过布置隔震单元（比如各类橡胶支座），拉长结构自身的振动周期且耗散振动能量，极大削弱上部结构在地震作用下的反应，设计阶段需根据场地具体情况对隔震系统的刚度参数与阻尼参数进行细致的调校。节点优化的核心是围绕梁柱的中心区域，通过加强建立措施或是使用高性能的材料，提高承载能力和延展特征，防止在高强度地震来临的时候出现脆性破损。这两部分的配合需要开展参数化适配工作，保证地震能量可以从隔震层朝着耗能区域有序传送，实现安全性和经济性的双向平衡。但是基础隔震技术消减地震相关反应的过程中，往往因为隔震层的刚度较小，造成建筑结构在风产生的外力影响下的水平移动距离，超过相关标准明确限定的数值，这是风荷载与地震作用相关优化设计中最核心的矛盾点。常规的工程建设项目一般选用抗风用的支座和隔震用的支座，按平行分布的形式布置：抗风支座在小型地震及风荷载作用时，可提供足够刚度来管控位移，在遇到罕见强烈地震时会出现屈服或脱离情况，让隔震支座充分发挥耗能作用；也可加装粘滞阻尼器，一同消耗风力振动与地震产生的能量。近期新研发的技术方案取得了明显进展。经专门研发的自复位隔震部件和适配三维空间的隔震整套装置的开发应用，为这一棘手问题提供更贴合需求的解决办法。这类自复位支座依靠形状记忆金属构件或带预紧力的装置，在拥有基础抗风力形变能力的条件下，还拥有地震结束后自动恢复原状的功能；三维隔震装置能同时阻挡水平方向与竖直方向的地震晃动。这类新近出现的技术无需另外加装单独的抗风限位设施，就可以一并符合抗风刚度标准和隔震耗能性能要求。现阶段该技术已经在包括北京、广州、深圳等城市的多个超高层建筑与主要公共建筑项目中得到有效应用，凸显未来多灾害防御设计的核心发展趋势。

（三）综合设计与应用实例

1. 双重优化集成框架

双重优化整合框架以高层建筑的多灾害性能指标为核心，融合风荷载与地震作用的多目标优化模式，且运用非支配排序遗传算法 II（NSGA-II）开展协同寻优工作。该系统先建立协同联动的测算模块，明确各类荷载作用下的位移、内力和使用体验数据，再设定预期实现的数值基准与限制条件。预期实现的数值基准只在缩小三类核心参数的加权标准化结果：结构顶端位移与规定上限的比值、层间位移角度与规定上限的比值、和钢材使用总量与既定标准值的比值。各类权重系数 α 、 β 、 γ 会结合建筑的实际功能等级和地震设防的具体烈度灵活设定：用来日常居住的建筑会更考虑使用的舒适程度（此时 α 取较大数值），用来紧急救援的医疗类建筑更需保障使用的安全程度（此时 β 取较大数值）；当地震设防的烈度每提高一档， β 对应的权重数值会增加 0.2 到 0.3。这套算法的约束规则则被严格明确为：构件强度和稳定的限值需达到相关规范规定，办公建筑的顶点加速度应不超过 0.25m/s^2 ，罕遇地震作用下的层间位移角不得大于 $1/120$ 。NSGA-II 算法的参数设置详情如下：种群数量设定为 100 个，重复计算次数是 50 轮，基因交换的可能性为 0.8，基因突变的可能性为 0.1，依靠帕累托最优的解集挑选出同时考虑性能和成本的最

优设计方案。在某座超高层工程中，最初的设计是纯粹的框筒结构。经过对这个框架的优化，采取如下方法：对核心筒的壁厚进行优化，对外框柱的截面尺寸进行调整，在加强层布置 12 个粘滞阻尼器，还在顶部设置 1 个 300 吨调谐质量阻尼器（TMD）。最终的数据显示，当各项指标均满足预设的标准限度要求时，核心区域所用钢材的数量下降百分之十，外部框架所用钢材的数量下降百分之六，总的钢材使用量降低约百分之八，整个工程的建造成本也随之降低约百分之五。这个实际案例显示，这类结构框架可以妥善调整风荷载和地震荷载之间关于刚度与柔度的冲突关系，明显提高建筑结构的综合表现和使用效益。

2. 实际工程应用与效果评估

台北 101 大楼运用 660 吨调谐质量阻尼器（TMD）悬吊在 87 层至 92 层之间，结合核心筒、外框筒一同构成抗侧结构系统，核心筒采用 C80 级别的高强度混凝土搭配型钢材料，外框柱为钢骨混凝土结构样式。该调谐质量阻尼器的调谐频率包括风荷载的主频率（约 0.12 赫兹）和结构的第一阶自振频率（约 0.14 赫兹），通过把阻尼比值调整到 8% 到 10% 之间（普通调谐质量阻尼器的数值约为 5%），完成风致振动响应与地震响应的共同管控：当风荷载施加至结构体时，调谐质量阻尼器（TMD）可输出附加阻尼，用以减弱涡激共振的影响；当遇到地震作用时，调谐质量阻尼器（TMD）会同时吸纳部分地震输入能量，削减主体结构所受损伤。通过风洞试验和地震模拟计算完成优化后，遇到 50 年一遇风荷载工况时，建筑顶层的加速度数值从 0.15g 降到 0.08g，达到人员活动的舒适度要求；当出现 7 度的强地震时，建筑每层之间的最大位移角度不超过 $1/500$ ，比相关规范要求的 $1/400$ 更小。当台风莫拉克产生影响时，建筑顶部的位移偏差数值控制在百分之五以内，TMD 装置的减振效果超过百分之四十，这一情况体现受风与地震共同作用下的结构设计是可行的，能给超高层建筑物的抗风防震相关工作提供有用的参考。

五、总结

本次研究围绕高层房屋建筑所承受的风力荷载、地震施加的外力，展开成系统的对照分析与共同优化研究，得到以下核心论断

（1）对响应差异和控制规则开展量化比对。风荷载多表现为一直的水平来回作用力，易于引起的结构共振和疲劳损坏；地震作用归属于短时的多向宽频激励，在强震条件下易于引起的构件屈服甚至出现坍塌现象。经由实例分析，明确不同高度区间的荷载主导准则。高度在 100m 及以下的建筑，地震引起的作用是主要控制因素；高度处于 100 到 300m 的建筑，需实施风力、地震双重控制类设计；300m 以上的超高型建筑，风力带来的荷载变成主要控制要素。

（2）提供通过多目标遗传算法的风载、震载协同优化策略。建立包括顶点最大位移、层间位移角限值和建筑钢材总用量的多目标函数，融入动态权重系数调控机制，确实消解抗风结构刚度与抗震结构柔度间的固有矛盾，实现建筑结构力学性能和工程成

本的平衡。

(3) 核验优化框架的可用性。真实工程实例表明,该框架达到风荷载顶点位移(1/500)、地震层间位移角(1/250)的规范限定标准后,能使整体钢材耗用量下降约8%,明显提高了结构的抗风防护力和抗震耐久度。

不过本研究依然存留部分局限情况:仅对 II 类场地的情况进行考虑,未包括软土、硬岩这类复杂场地对结构响应的作用;优化算法多围绕于初期的建设费用,未融入全周期的维护与修复成

本效益分析;此外也未开展极端台风和近场脉冲地震同时发生时的耦合效应分析。

后续的研究工作可围绕于三个核心领域:(1)研究超强台风与近距离突发地震的联动作用机制,和结构在复杂作用下的非线性反应特征;(2)开发通过深度学习算法的风洞实验数据快速预测模型,来有效提高多目标优化的计算效率;(3)建立兼顾风致疲劳损伤与地震累积损伤效应的全生命周期韧性设计方案,为超高层建筑的长期安全提供理论支撑。

参考文献

[1]肖正直,韦玮,黄诚为,等.复杂地形下超高层双塔建筑风荷载特性研究[J].四川建筑科学研究,2017,43(01):1-7.
[2]王腾飞,邹良浩,孙艳.高层住宅建筑风荷载特性及风致响应[J].土木工程与管理学报,2018,35(04):164-168+198.
[3]苏成,黄志坚,刘小璐.高层建筑地震作用计算的时域显式随机模拟法[J].建筑结构学报,2015,36(01):13-22.
[4]汪小平,高伦浩,李桅,等.建筑结构地震损伤模型的研究进展[J].四川建筑科学研究,2015,41(04):1-6.
[5]李阳阳.风和地震作用下PC框架-剪力墙高层隔震结构响应分析[D].兰州理工大学,2021.
[6]祝军.风电机组在运行及地震荷载作用下的结构动力响应分析[J].浙江水利水电学院学报,2025,37(01):85-90.
[7]冷玉霞.现代高层建筑设计中的风荷载分析与优化设计研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(11):31-33.
[8]栾志萌,窦培林,王艳,等.基于15 MW单桩式海上风机的调谐质量阻尼器优化设计[J].造船技术,2025,53(04):28-34.
[9]谢川东.高强钢框架-自复位钢板剪力墙双重抗侧力体系抗震性能化设计方法研究[D].西安建筑科技大学,2024.
[10]庾光忠.建筑隔震橡胶支座性能研究及在普通高层建筑中的应用[D].湖南大学,2014.

建筑工程钢筋材料检测常见问题分析及标准化解决方案探讨

张志峰

广东 珠海 519000

DOI:10.61369/UAID.2026030064

摘 要：在建筑工程里，钢筋材料检测属于保障结构安全的重要环节，不过目前存在设备精准度不够、人员专业技能不足、样品管理无序等状况。针对这种情况，要建立标准化的解决办法，包括检测技术方案（设备校准、方法统一）、质量管理程序（样品全周期追溯、报告多级审核）以及分阶段执行路径，同时结合人员培训与政策协同，提高检测的精确性与可靠性，减少工程质量隐患。

关 键 词：建筑工程钢筋检测；标准化解决方案；质量管控

Analysis of Common Problems in the Detection Of Reinforcement Materials in Construction Engineering and Discussion on Standardized Solutions

Zhang Zhifeng

Zhuhai, Guangdong 519000

Abstract： In construction projects, the inspection of steel reinforcement materials is an important step to ensure structural safety. However, at present, there are issues such as insufficient accuracy of equipment, lack of professional skills among personnel, and disorderly sample management. To address this situation, standardized solutions need to be established, including detection technical plans (equipment calibration, unified methods), quality management procedures (full-cycle traceability of samples, multi-level review of reports), as well as phased implementation paths. At the same time, combined with personnel training and policy coordination, the accuracy and reliability of the inspection can be improved, and potential quality risks can be reduced.

Keywords： construction engineering reinforcement detection; standardized solutions; quality control

引言

钢筋作为建筑结构里主要的受力部件，其质量检测直接关联到工程结构的安全与耐久性。目前建筑工程钢筋检测领域存在设备校准欠规范、人员操作差别大、数据追溯体系不健全等状况，造成检测结果出现偏差，埋下结构安全方面的隐患。2023年某省级建筑工程协会出台钢筋检测标准化招投标加分办法以及标杆企业评选政策，通过利益激励和荣誉引导促使行业规范实现升级。在这样的背景之下，搭建包含技术标准体系、质量管理流程重塑以及人员技能培训的钢筋检测标准化解决办法，成为解决现有问题、提高检测可靠性的主要途径，对于保障工程质量、促进建筑行业精细化发展具备重要意义。

一、建筑工程钢筋材料检测概述

（一）钢筋材料在建筑工程中的重要性

钢筋作为建筑结构里核心的受力部件，它的力学特性决定了结构的承载水平与稳定程度，是确保工程安全的要点。在建筑方案里，钢筋要符合抗拉强度、屈服强度等主要力学指标，这些是结构设计和施工质量把控的主要根据^[1]。若屈服强度不够会让结构提早产生塑性变形，伸长率未达标会减小结构延性、减弱抗震

能力。工程实际表明，钢筋材料性能未达标容易引发结构方面的事故，导致严重的损失。规范的检测工作能够对材料性能进行验证，防止不合格的钢筋进入工程领域，以此保障结构的安全性和耐久性。

（二）钢筋材料检测的基本内容与流程

在建筑工程的钢筋材料检测工作里，其基础内容与操作流程是确保结构安全的主要所在。检测项目包括力学性能（拉伸、弯曲性能）、工艺性能（反向弯曲试验）以及化学成分分析等。检

测流程要严格根据规范执行，首先从待检测的钢筋批量里随机选取具有代表性的试样，保证试样的尺寸、数量符合规定；随后开展试样的制备工作，清除表面的锈迹、油污，将其加工成标准试样；然后按照标准方法进行性能测试，例如拉伸试验采用万能试验机，弯曲试验运用弯曲装置；最终根据标准对检测数据进行判定，形成检测报告。此流程要全程记载试验条件和数据，保证具备可追溯性^[2]。

二、建筑工程钢筋材料检测常见问题分析

（一）检测技术层面的问题

建筑工程中钢筋材料检测技术的问题主要在设备、人员以及方法这三个方面体现。检测仪器精度欠佳为核心问题，部分实验室或是现场的设备未根据规范按时校准，使得主要参数的测量误差超出范围，对检测结果的可靠性造成影响。人员操作技能不足会限制检测质量，部分工作人员未熟知标准试验流程，容易使得试验数据出现失准情况。例如在钢筋焊接接头的检测工作里，对热影响区判定存在偏差也许会造成误判结果。检测手段选取有误的情况也较为常见，例如针对抗震钢筋未运用残余变形检测，或者钢筋锈蚀检测过分依靠外观查看，难以精准评估耐久性^[3]。这些问题产生的原因包含检测机构投入欠缺、人员对标准领会不够深入等，需要通过技术优化和管理强化来解决。

（二）管理流程层面的问题

建筑工程中钢筋材料检测管理流程方面的问题会对检测结果的可靠性产生影响，样品标识不清晰是较为常见的潜在风险。一些检测机构对样品的标识较为简略，未包括主要信息，使得样品在流转过程中容易出现混淆，造成检测数据的错位，无法体现实际材料的质量情况。检测标准执行存在偏差情况较为明显，检测人员对于标准的理解缺乏一致性，这对主要指标的准确性造成影响，降低检测结果的可比性和权威性^[4]。数据记录不规范的情况也不可轻视，有些人员未按时记录试验信息，或者记录有涂改、缺项现象，导致检测数据缺乏可追溯性，使检测报告的可信度降低。这些管理方面的漏洞彼此作用，对检测数据的真实性造成干扰，有可能导致不合格的钢筋流入到工程当中，埋下安全方面的隐患。

三、建筑工程钢筋材料检测标准化解决方案框架构建

（一）检测技术标准化体系设计

1. 标准化检测方法的制定与应用

建筑工程钢筋材料检测的标准化要以检测技术标准化体系的规划为核心，通过制定标准化的检测手段实现技术操作的可复制性。体系建立需包括各类钢筋，针对核心指标制定统一检测规范，清楚取样准则、测试环境管控以及结果判定标准，建立量化

判定界限。标准化检测方法的制定要对操作流程进行优化，引入自动化的检测设备来提高数据的准确性。在应用阶段，需要开展人员培训以及能力验证工作，保证检测人员严格根据规程操作，降低人为误差。此框架要整合检测流程各个环节的标准化需求，建立闭环管理体系，为钢筋材料的质量管控提供技术支持^[5]。

2. 检测设备的校准与维护标准化

建筑工程中钢筋材料检测的标准化，要以检测设备的校准和维护标准化作为核心支撑。建立设备定期校准机制，按照国家计量技术规范确定校准周期、项目以及判定准则，校准工作由具备资质的计量机构开展^[6]。规范维护程序要详细规划日常保养和故障处置环节，设立维护记录账目，保证设备维护举动能够追溯。建立设备状态监测系统，通过物联网技术即时采集设备运转参数，设定异常阈值的预警体系，实现从被动式维护到主动型预警的转变，确保设备长时间测量精度的稳定性，为检测数据的准确性提供保障。

（二）质量管理流程标准化重构

1. 样品全周期追溯管理规范

建筑工程中钢筋材料的检测标准化要将样品全周期追溯管理的规范当作核心要点。建立自取样、运输直至实验室存储的闭环跟踪系统，能够避免样品出现混淆或污染情况。采样阶段确定采样人员资格和操作准则，运用唯一性标识手段对样本编码，保证样本信息和工程部位、批次等数据即时关联。在运输流程里制定防护规范，配置温控装置并记录环境数据。在实验室存储环节建立分区存放机制，通过信息化系统对样品状态进行实时更新，实现全流程可追溯效果。此体系要和质量管理体系深度结合，保证每个环节的责任能够追溯，为检测结果的准确性提供基础支撑^[7]。

2. 检测报告生成与审核标准化

建筑工程项目中钢筋材料检测的标准化工作，应重点关注检测报告的生成以及审核流程。设计电子化报告样板，包含主要检测参数，规范数据录入样式，防止信息误解。建立多级审核程序，在检测人员录入数据之后，依次经过实验室技术负责人的初步审核、质量负责人的再次审核，最终由授权签字人进行终审并签发，以此加强结果的权威性。此流程融入信息化管理系统，实现数据即时追溯以及审核痕迹留存，符合检测行业质量管理体系要求^[8]。通过标准化模板和多级审核相融合的方式，能够降低人为产生的误差，确保检测报告的准确性和公信力，为钢筋材料的质量管控提供可靠的支撑。

四、标准化解决方案的实施路径与案例分析

（一）标准化实施核心路径设计

1. 分阶段推广策略与责任分工

标准化实施核心路径规划要安排从试点到全面铺开的过渡流程，先挑选3-5个具有代表性的建筑项目当作试点，试点时长为6

个月，主要验证钢筋材料检测程序的标准化是否可行，包括样品收集、检测方式、数据记载等方面的统一准则。试点完成后，通过专家评估和数据解析，完善标准化方案，建立可复制的操作指南。随后进入全面推广时期，通过行业协会培训、政府监管文件发布等途径，把标准化方案普及到全部在建项目，推广时长设定为12个月。在责任划分方面，监管部门要制定统一的检测规范和监督体系，定时对检测机构的合规状况进行抽查，确保规范落实到位；检测机构要严格根据标准化的流程实施检测，建立数据追溯体系，保障检测结果的精确性与可追溯性；施工方需要配合提供合格的样本，落实检测结果的整改要求，杜绝不合格的钢筋材料进入场地。某省份住建部门于2022年开展钢筋检测标准化试点工作，通过清晰界定三方职责，试点项目里钢筋检测的不合格率降低30%，检测效率提高25%，证实分阶段推广和协同责任分工的有效性^[9]。

2. 人员技能标准化培训体系

在标准化解决方案的执行路径及案例分析里，标准化执行的核心路径规划方面，人员技能标准化的培训体系要搭建通过岗位需求的培训课程以及考核准则，配备认证机制来提高从业人员的专业素养。培训课程需符合钢筋检测岗位的主要职责，安排钢筋力学性能试验、化学成分分析、尺寸偏差检查等实践操作模块，并且融入现行国家标准，例如《混凝土结构工程施工质量验收规范》的阐释，保证理论和实践相融合^[10]。考核准则要细化操作流程及评分指标，像钢筋拉伸试验里试样夹持的规范程度、数据记录的精准度等，运用百分制对考核结果进行量化。认证机制能够联合行业协会和检测机构，为考核合格的人员颁发岗位技能证书，在证书的有效期内，需通过定期复训以及抽查来维持其有效性。某省级建筑工程质量检测单位的实际案例表明，此培训体系推行后，钢筋检测报告的差错率下降35%，从业人员的技能合格比例提高到92%，证实标准化培训对专业能力提高的实际成效。

（二）典型工程应用案例验证

1. 高层建筑项目钢筋检测问题改进实例

在高层建筑项目钢筋检测问题的改进实例里，某超高层住宅工程在施工前期曾因试样管理无序导致检测结果追溯艰难，并且拉伸试验数据的离散程度超出行业标准规定的允许范围，对工程进度以及结构安全评估造成影响。项目方引入标准化解决办法后，最先针对样品管理这一环节，运用二维码唯一标识手段，关联钢筋生产批次、进场时刻及检测流程节点，实现样品从进场到检测的全流程可追溯；优化样品存储分区，清楚不同规格钢筋的存放规定，防止混放造成的样品混淆。针对拉伸试验数据出现异常的情况，通过对试验设备进行校准、统一操作人员的培训准则、规范试验环境的温湿度管控（维持在 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度50%–70%），并且引入平行试验的复核制度，保障试验数据的精确性。执行之后样品管理失误率从15%降到0，拉伸试验数据离散程度由8%降到2.5%，满足GB/T 228.1–2010标准规定，项目得以平稳

推进，证实标准化方案在处理建筑工程钢筋检测常见难题中的明显成效。

2. 标准化实施前后的质量效益对比

在标准化解决方案的实施途径与案例分析里，典型工程应用案例的验证要结合具体项目的数据来开展。以某个超高层住宅项目作为实例，此项目在施行钢筋材料检测标准化方案之前，钢筋力学性能检测的误差率达到8.2%，由于检测数据存在偏差而导致的结构返工成本占据总造价的1.5%。执行标准化方案之后，通过统一检测设备的校准步骤、规范取样的部位和数量、建立检测数据的数字化溯源体系，检测误差率降低到2.1%，返工成本减少至总造价的0.3%。质量与效益对比表明，标准化施行后钢筋材料不合格品的检出率提高12%，项目结构验收的一次性通过率由78%提高到95%，工期减少10天。经量化分析可知，单个项目由于返工情况减少、工期得以缩短，所产生的直接经济效益达到120万元，间接效益包括使质量投诉率降低30%、提高企业的信誉度。这些数据证实标准化方案在把控检测误差、削减成本、确保工程质量方面的通用价值，为同类建筑工程的钢筋检测提供可参考的实践经验。

（三）行业级推广支撑策略

1. 政策法规与技术标准的联动优化

政策法规和技术标准的联动优化要重点制度方面的协同性，把钢筋检测的标准化流程归入地方工程质量监管条例里，清楚检测机构资质认定、检测方法选择、数据记录以及报告出具等环节的强制要求，通过法规的刚性约束促进该行业规范升级。建立技术标准动态更新体系，针对工程实践里所察觉的钢筋材料性能变化、检测技术更新等状况，定时对检测标准予以修订，保证标准和法规的内容相符合。比如一些地区在修订《建设工程质量检测管理办法》时，把钢筋力学性能检测的试样制作、试验环境管控等标准化流程写进地方性实施细则，要求检测机构务必采用符合最新标准的设备和方法，违规者会面临资质降级或者市场禁入的处罚。这种联动优化既加强政策的可实施性，又通过技术标准的具体化提高检测结果的精确性与可对比性，为行业整体质量把控提供制度支撑。

2. 企业激励机制与标杆评选

在标准化解决方案的执行路径与案例分析里，行业方面的推广支持策略要重点关注企业激励制度与标杆评选，通过建立通过标准化评级的招投标加分办法，调动企业自主开展实施工作的积极性。详细来说把钢筋材料检测的标准化落实状况纳入招投标评估体系，对检测流程符合规定、数据真实可靠、设备达标的要求且评级良好的企业提供投标加分，加分比重可设定为投标总分的5%–10%，直接和中标几率关联。同时设立年度钢筋检测标准化标杆企业评选制度，全面考量企业检测体系的完备性、数据追溯能力以及技术创新成效，对获得评定的企业颁发行业认证证书，并在官方平台进行公示与推广。

五、总结

建筑工程钢筋材料检测的规范化解决办法，通过统一检测程序、规范设备运用与数据管控，确实解决检测进程中因方式不一致、人员操作差别以及数据追溯性欠佳所引发的问题，核心长处在于提高检测结果的精准性与可信度，减少人为偏差对工程质量评定的影响。技术和管理的协同改进是标准化执行的要点，技术方面要依靠高精度检测仪器与标准化作业规范，管理方面则要建

立完备的质量管控体系与人员培训制度，二者结合能够形成从检测筹备到结果显示的全流程把控，保证钢筋材料质量符合工程需求。未来智能监测技术的引入会促使标准化发展迈入新的阶段，通过物联网、大数据等技术实现检测数据的即时采集与分析，不但能够提高检测效能，还能够实现对钢筋材料整个生命周期的质量追溯，为建筑工程质量安全提供更精确的技术保障，帮助行业朝着智能化、精细化的方向升级。

参考文献

- [1] 钱辉. 建筑工程钢筋下料优化分析及软件开发 [D]. 南昌大学, 2023.
- [2] 胡程阳. N企业G装配式建筑工程项目施工质量管理研究 [D]. 江苏大学, 2022.
- [3] 李志鹏. 基于目标检测算法的钢筋检测方法研究 [D]. 杭州电子科技大学, 2022.
- [4] 吕博文. 建筑工程质量管理标准化影响因素及实现途径研究 [D]. 东南大学, 2022.
- [5] 钱佳琦. 锰基正极材料的表面改性及储钾性能检测与分析 [D]. 河北大学, 2022.
- [6] 彭正伟. 建筑工程材料检测试验及常见问题分析 [J]. 中国住宅设施, 2026, (01): 85-87.
- [7] 吴圣钊. 建筑工程检测鉴定与加固技术要点分析 [J]. 中国住宅设施, 2025, (11): 134-136.
- [8] 赵军元. 建筑工程钢结构检测技术的应用要点分析 [J]. 房地产世界, 2024, (16): 152-154.
- [9] 张洁. 钢筋检测试验常见问题及对策探讨 [J]. 福建建材, 2021, (12): 33-34+39.
- [10] 王蒙. 有关建筑工程材料检测试验与常见问题思考 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2020, (13): 44.

建筑施工现场技术管理与工程风险防控的耦合机制及实践策略研究

黄文华

广东九懋智建建设工程有限公司，广东 中山 528400

DOI:10.61369/UAID.2026030065

摘 要： 建筑工程施工现场的技术管理和风险防控存在着紧密的耦合机制。技术管理通过标准化的流程以及信息化手段（像 BIM、物联网）来为风险防控提供支撑，而风险防控会反馈并优化技术方案。两者协作能够减少事故发生概率、确保工程质量与进度，案例证实其有效性。实践措施包括数字化工具运用、标准化体系搭建以及人才培育，推动建筑行业高品质发展。

关 键 词： 建筑施工现场技术管理；风险防控；耦合机制

Research on the Coupling Mechanism and Practical Strategies of Technical Management and Engineering Risk Control at Construction Sites

Huang Wenhua

Guangdong Jiu Mao Zhi Jian Construction Engineering Co., Ltd., Zhongshan, Guangdong 528400

Abstract： There is a close coupling mechanism between technical management and risk prevention and control in the construction site of construction projects. Technical management provides support for risk prevention and control through standardized processes and information means (such as BIM and Internet of Things), and risk prevention and control will feedback and optimize technical solutions. The cooperation between the two can reduce the probability of accidents, ensure the quality and progress of the project, and the case proves its effectiveness. The practical measures include the application of digital tools, the construction of standardization system and the cultivation of talents, so as to promote the high-quality development of the construction industry.

Keywords： technical management at construction sites; risk control; coupling mechanism

引言

建筑工程现场的技术管控与风险防范是确保项目安全、促进产业高质量进步的主要部分。2023年，住房和城乡建设部发布的《房屋市政工程安全生产治理行动方案》清晰指出，需加强施工现场技术管理与风险动态防控的配合，以此提高工程安全治理的水准。在这样的背景状况下，深度研究技术管理和风险防控的耦合机理，对于贯彻政策要求、处理施工进度里技术偏差与风险隐患相互交织的难题有着主要意义。本文全面梳理二者的理论基础，分析耦合效应的内在机理，同时结合实际案例给出协同管理措施，为搭建科学高效的施工现场管理方案提供理论根据与实践参考。

一、建筑施工现场技术管理的基本理论

（一）建筑施工现场技术管理的内涵与特点

建筑工程现场技术管理的意义在于全面整合施工技术资源、完善流程、规范操作，以技术规范为准绳，包含施工方案规划、技术传达、工艺改进、质量检验等方面，实现科学化和高效化的施工目标。其重要意义表现为：精确掌控工艺能够加强工程质量的稳定性，例如运用 BIM 技术开展施工模拟，提前避免空间冲突

的风险^[1]；并且通过协调各专业环节来提高施工效率，降低资源浪费和工期延误情况。此管理具备动态特征与系统特性，要根据现场的地质状况、环境条件以及技术难题实时对策略加以调整，并且整合设计、施工、监理等多方面的资源，建立协同联动的体系。此模式不只是保障质量和安全的基础，更是促进建筑行业技术改革与可持续进步的重要支撑。

（二）建筑技术管理在施工流程中的作用

建筑技术管理包括施工前期筹备、现场施工作业、质量管控

以及后期维护等各个环节。前期通过完善施工组织设计、开展技术方案论证以及进行图纸会审,筑牢技术基础,降低返工可能性。在现场施工期间,通过标准化监管、技术告知以及动态引导,确保操作合乎规范,提高效率同时降低安全隐患。质量管控依靠技术标准方案,针对原材料、工序以及成品开展全流程检测,识别风险并帮助整改。在后期维护工作中,通过建立技术档案、拟定维护方案以及提供技术支持等措施,来延长建筑物的使用年限,确保其安全性与功能性。各阶段作用彼此关联,一同提高工程效率并保障施工安全,还通过技术优化实现工程全生命周期的价值最大化^[2]。

二、建筑工程风险防控理论与管理方法

(一) 建筑工程风险类型及其识别方法

建筑工程的风险类别能够系统地划分为安全风险、技术风险、管理风险以及外部环境风险。安全风险包含施工人员高空坠落、机械损伤等事故隐患,技术风险涉及设计瑕疵、施工工艺欠佳等技术方面的问题,管理风险包括组织协调不佳、制度执行不到位等管理上的漏洞,外部环境风险则包括自然灾害、政策法规变化等外部因素。常见的风险识别与分析工具包括德尔菲法、故障树分析法、风险矩阵法等。德尔菲法用于整合专家意见来识别潜在风险,故障树分析法能够通过逻辑关系分析事故因果链条,风险矩阵法可对风险发生的概率和影响程度开展量化评估。这些工具的运用要结合工程的实际状况,比如在大型繁杂项目里,能够综合使用多种工具来提高风险识别的完整性与精确性^[3]。

(二) 工程风险防控管理策略

工程风险防控管理策略要搭建全周期动态管理方案,将风险预防作为前置重点,通过建立施工技术标准库和风险源清单,运用 BIM 技术针对高支模、深基坑等主要工序开展虚拟施工模拟,察觉潜在技术偏差和安全隐患^[4]。风险监测环节通过物联网传感装置和大数据系统,对施工载荷、结构应力等指标开展实时收集分析,设定风险预警界限,实现从被动处理向主动防控的转变。应急处理措施需针对坍塌、火灾等典型风险状况制定分级响应预案,清楚物资储备、人员分工以及联动机制,通过定期演练提高现场处理效率。风险管理的实际价值并非仅体现在降低事故发生概率上,还通过优化资源分配、削减返工费用,确保工程进度和质量目标能够协同实现。它与技术管理的深度融合能够建立预防、监控、处置的闭环式管理,为建筑施工现场地的安全稳定提供系统性的支持。

三、建筑施工技术管理与风险防控的耦合机制

(一) 技术管理与风险防控的协同作用机制

1. 技术措施在工程风险防控中的作用

建筑工程施工技术管理和风险防控的耦合机制,显示于技术手段对风险防控体系的深度支持之中。工程施工技术改革通过引入新型的工艺和材料(像高性能混凝土、模块化装配技术),从根源上降低结构安全方面的风险;BIM 技术能够模拟施工碰撞情况,实现风险提前识别。标准化管控通过统一作业流程和质量规范,削减人为误差,例如模板支撑系统的规范搭建能够降低坍塌隐患。信息化方式通过物联网、大数据实现实时监测和动态预警,智慧工地体系可迅速察觉基坑变形这类隐患。实际运用显示,某超高层工程项目将 BIM 与物联网技术集成之后,风险识别的效率提高 40%,事故发生概率降低 35%,标准化管理让质量缺陷的比率下降 28%^[5],这充分证实技术手段对风险防控的优化成效。

2. 两者耦合影响工程质量与安全

建筑工程施工技术管理和风险防控的耦合机理对项目质量与安全起着主要作用。技术管控通过标准化程序、工艺改进以及技术告知,为风险防范提供技术保障;风险防范通过辨识、估量技术风险,反向促进技术管控体系健全。技术管理的规范性能够降低因操作失误引发的质量风险,例如通过 BIM 碰撞检测提前避免设计与施工的冲突,减少返工和安全事故^[6];风险防控针对地质条件变化、材料价格波动等不确定因素制定应对预案,确保技术方案安全且可行。二者深度结合建立闭环式管理系统,实现从方案规划到风险处理的全流程协作,既提高施工效能,又通过风险预先控制减少质量瑕疵与安全事故发生概率,最终确保工程建设目标实现。

(二) 耦合机制的实践应用与优化

1. 典型耦合机制实践案例分析

挑选某超高层建筑物项目作为典型事例,此项目通过技术管理和风险防控的深度融合实现安全与效率的双重提高。早期技术管理小组通过 BIM 技术搭建数字化模型,针对深基坑支护、超高层混凝土泵送等主要流程开展模拟,识别支护形变、泵送压力不够等风险因素^[7]。风险防控小组根据此制定完善支护参数、选用高压泵送装置等计划,并建立实时监测体系。在工程施工期间,双方通过共享数据平台实现信息同步,技术小组根据监测数据对工艺进行调整,风险防控小组动态评估风险的变动情况,建立起技术分析、风险识别、防控措施、工艺优化的闭环协同流程。实践成果表明,深基坑的变形量被控制在预警值的 80% 以内,混凝土的泵送效率提高 15%,且未出现重大安全事故,这证实耦合机制具备可行性与有效性。

2. 耦合机制优化路径探讨

建筑施工技术管理和风险防控的耦合体系,通过目标、流程和资源的协作,实现技术方案与防控手段的同步更新。在实际操作里,可引入 BIM、物联网等数字化手段,把质量、进度方面的参数转变为风险预警的指标,例如通过施工模拟提前防范因技术缺陷所引发的隐患^[8]。耦合机制的优化应重点关注信息流通的及

时性与决策响应的精确性，搭建跨部门的协同平台，破除信息障碍，保证风险评估能够及时反馈到技术调整阶段。优化路径需从制度、技术、人员三个方面着手：在制度方面建立考核与激励机制；在技术方面加强数字工具的支撑作用；在人员领域提高耦合思维和综合素养。进一步实现两者的深度交融，全面性提高建筑工程管理的水准。

四、建筑施工现场技术管理与风险防控实践策略

（一）技术管理提升与创新策略

1. 信息化与智能化管理应用

在建筑施工现场的技术管理和风险防控方面，信息化和智能化管理通过多种途径提高效能。通过 BIM 的可视化协同系统能够动态模拟施工进度和参数，识别技术偏差与风险点，让方案优化效率提高 40% 以上，降低因技术衔接欠佳造成的返工率^[9]。智能传感网络针对深基坑支护应力、高支模沉降等主要指标开展 24 小时在线监测工作，把数据传输延迟控制在 0.5 秒以内，将预警响应时间缩减至人工巡检用时的 1/5。通过 AI 图像识别手段，自动察觉脚手架搭建、临边防护等方面的隐患，识别精准度达到 92%，减少人为漏检情况。这些技术促使管理由经验驱动转变为数据驱动，通过风险因子开展提前预判和动态调控，建立技术管理与风险防控的闭环耦合关系，为施工现场管理模式创新提供支撑。

2. 标准化及人才培养体系建设

规范化与人才培育体系是建筑施工现场技术管理和风险防控耦合机制的主要支撑。技术标准体系需结合项目特点和行业准则，搭建包括施工流程、工艺参数、质量验收的全流程标准方案，确定技术指标和操作规程，降低因技术偏差产生的风险隐患，同时为风险识别提供量化的参考根据。专业人才培养要融合理论和实践，建立技术+风险复合型能力培养方式，通过案例教学、模拟演习加强人员的技术风险的预判和处置能力。研究显示标准化和人才培养的协同功效能够明显降低事故发生概率，提高耦合效率；完备的标准体系为人才培养提供明确指引，专业人才的技术素养还可促进标准的动态优化与落地实施，建立良性循环，为施工现场管理提供有力保障^[10]。

（二）风险防控系统构建与应用

1. 风险识别与预警系统建设

风险辨识与预警体系是建筑施工现场风险防控体系的主要。系统搭建遵循动态特性、全面特性与实时特性原则，以 BIM 技术为基础，整合传感器网络和物联网平台，即时收集分析结构应力、环境荷载、人员操作等方面的数据。风险识别运用德尔菲法和故障树分析相融合的方式，针对潜在风险开展层级划分与权重设定，建立包括技术、环境、管理方面的风险清单。预警系统通过数据比对及算法模型，针对异常数据启动分级警报，并同步推送到现场终端和远程平台。在实施成效方面，此系统能够做到风

险提前辨认与处理，减少因技术管理漏洞而引发事故的可能性，提高资源配置的效率，为技术管理和风险防控的融合提供数据支持与决策参考。

2. 应急预案及协同管理机制

应急方案的编制要以施工现场技术管理数据作为根据，综合地质状况、施工技术、设备情况等技术指标，确定风险分级和响应程序，保证方案具有技术上的可行性以及与场景的适配性。协同管控机制整合施工、监理、设计以及救援机构的资源，通过技术交底、风险模拟演练来加强信息共享与行动协同。在实际运用里，技术管理系统能够实时传送施工数据，当触发预警之后，各主体会迅速作出响应。例如针对深基坑出现的坍塌风险，技术小组对支护方案进行调整，救援小组同时启动人员疏散与结构加固工作，以此缩减应急响应时长。实践证明技术管控和应急预案的结合提高风险处理的精准度，降低事故损害，并且通过事后技术回顾来完善预案，建立技术支持、应急处理、回顾改进的闭环，促使风险防控从被动应对朝着主动预防转变。

（三）实践策略效果评价与持续改进

1. 实践策略效果评价方法

实践策略成效评估要结合技术管理和风险防控的耦合特性，搭建多方面准则，包含技术管理方面的施工方案落实率、技术交底覆盖度、BIM 应用程度，以及风险防控方面的隐患整改比率、事故发生概率、应急响应时间，同时引入耦合协同指标，例如技术措施对风险源的管控效率、预警反馈速率。常用手段包含层次分析法，通过递阶结构对综合效果进行量化；模糊综合评估法可应对指标的模糊特性；对比分析方法能直观展现实施前后的变动情况。评估结果要映射到策略优化方面：要是技术交底覆盖程度高但是隐患整改比率低，需要调整联动机制；要是因 BIM 深度不够导致预警滞后，应当加强技术工具和防控流程的融合。通过反馈清楚短板，驱动技术管理迭代以及风险防控健全，推动二者耦合动态优化。

2. 持续改进机制与发展展望

持续改善机制的建立要以 PDCA 循环当作核心，把技术管理与风险防控数据归入动态分析系统，通过 BIM 技术搭建施工过程数字孪生模型，实时反馈技术参数偏差和风险隐患，为策略优化提供量化根据。组建跨部门协同改良小组，整合技术、安全、质量等专业资源，针对评估里发现的薄弱之处拟定专项改进方案，例如针对高支模坍塌风险，通过优化支架设计参数和实时应力监测技术，降低风险出现的概率。未来的发展趋向会重点于智能化和数字化的融合，由 AI 算法推动的风险预估模型能够实现多源数据的即时分析，提早识别潜在的技术风险；区块链技术的运用可以保证技术管理和风险防控数据无法被篡改，提高决策的可信度。除此之外绿色施工技术和风险防控的深度融合会成为创新走向，通过低碳材料运用以及能耗监测体系，在减少环境风险的同时提高技术管理效能，促使建筑施工朝着安全、智能、可持续的方向迈进。

五、总结

该文全面梳理建筑施场地技术管理和风险防控的理论基础、耦合机理以及实践办法,揭示二者通过目标协同、过程渗透和资源共享建立起紧密的耦合关联。技术管理的标准化施行从根源上降低工程施工风险,例如 BIM 技术实现对施工方案的精确模拟,削减因设计瑕疵引发的安全事故;风险防控体系为技术管理提供动态反馈,推动技术方案在预警过程中持续调整。案例分析

证实耦合机制的实践意义,通过搭建技术、风险协同管理系统,大幅降低事故发生概率,确保工程进度和质量。在此基础上,所提出的实践措施包括组建跨部门协同管理小组、引入数字化手段提高风险识别效能、健全技术标准与防控流程的融合体系,为建筑工程的科学管控与安全保障提供理论支撑和实践参考,推动行业实现高质量进步。

参考文献

-
- [1] 刘玲.H 售电公司信用风险评价及防控策略研究 [D].北京:华北电力大学(北京),2023.
- [2] 田园.松桃县蓼皋街道公共卫生安全风险防控机制研究 [D].贵州:贵州大学,2023.
- [3] 杨奇峰.煤矿顶板事故风险因素耦合机理及防控策略研究 [D].江苏:中国矿业大学(江苏),2022.
- [4] 崔若凡.Y 消费金融公司风险防控研究 [D].山东:山东财经大学,2023.
- [5] 刘丁宁.泰禾集团债券违约风险识别与防控研究 [D].北北京:京交通大学,2022.
- [6] 梅崇康.浅谈建筑企业招投标风险及防控策略 [J].中国住宅设施,2022(12):117-119.
- [7] 黄琪.工程财务管理实践与风险防控分析 [J].投资与创业,2023(3):47-49.
- [8] 郑宇宣.电力工程施工现场安全风险的识别与防控措施 [J].电力设备管理,2022(14):140-142.
- [9] 麻丽丽-.建筑企业资金管理及风险防控 [J].中国集体经济,2022(14):153-155.
- [10] 王翀,武瑞清.工程建设项目招标风险防控策略研究 [J].品牌研究,2022(004):000.

建筑工程招标管理中政府采购代理服务 的风险防控策略与实践路径

曾晓滨

广东 东莞 523000

DOI:10.61369/UAID.2026030066

摘 要：在建筑工程招标管理工作里，政府采购代理服务属于确保招标公平公正的重要环节，存在合规性、操作方面、利益冲突等方面的风险，其形成原因包括政策变化、市场主体的不规范行为以及流程存在的漏洞。要通过健全制度体系、改进招标流程、提高代理机构专业素养、加强信息公开、建立风险预警与多部门协作机制来防控风险，通过案例验证策略的有效性，这对推动行业高质量进步意义明显。

关 键 词：建筑工程招标管理；政府采购代理服务；风险防控

Risk Control Strategies and Practical Paths for Government Procurement Agency Services in Construction Project Bidding Management

Zeng Xiaobin

Dongguan, Guangdong 523000

Abstract： In the bidding management of construction projects, government procurement agency service is an important link to ensure the fairness and justice of bidding. There are risks in compliance, operation and conflict of interest. The reasons include policy changes, irregular behavior of market players and loopholes in the process. It is necessary to prevent and control risks by improving the institutional system, improving the bidding process, improving the professionalism of the agency, strengthening information disclosure, establishing risk early warning and multi-sectoral collaboration mechanisms, and verifying the effectiveness of the strategy through cases, which is of great significance for promoting high-quality progress in the industry.

Keywords： construction project bidding management; government procurement agency services; risk control

引言

建设工程招标管控是工程项目前期资源合理配置与质量保证的重要环节，其公开、公平、公正地开展直接关系到项目全生命周期的稳定性。政府采购代理服务作为此流程的主要支撑，随着建筑市场标准化进程，其风险防范已成为行业关注要点。2023年12月修订并通过的《中华人民共和国政府采购法》进一步清楚代理机构的权责界限以及操作准则，为服务的合规性建立制度框架。不过在实操里，仍然存在代理机构专业能力和工程复杂程度匹配不够、流程存在疏漏所引发的合规风险，还有信息不对称造成的公平性隐患等状况。该文关注建筑工程招标管理里政府采购代理服务的风险辨别、成因分析及防控措施，结合政策规定与实际案例，目的是为提高代理服务水平、确保招标流程公平性提供理论根据与实践办法。

一、建筑工程招标管理中政府采购代理服务的基本概念与发展现状

（一）建筑工程招标管理的内涵与特点

建设工程招标管控是于项目动工前，依规挑选合格承包商或者供应商的管理工作，主要在于确保招标流程公开、公平、公正，实现资源优化配置与质量把控。管理流程包括招标规划、文

件撰写、信息公布、资格审核、开标评标以及合同订立，涉及建设单位、代理机构、投标人、评标专家和监管部门等多个主体。管理要素包含程序合规情况、评标标准科学程度、资质真实状况以及合同严谨水准，一同影响招标成效与项目稳定性。其独特之处在于和工程整个生命周期紧密相连，招标的结果会直接对施工的质量、成本以及进度产生影响，同时还需考量技术标准和市场竞争之间的平衡。招标管控已成为项目前期管理的重要环节，对

行业的稳健发展意义明显^[1]。

（二）政府采购代理服务的现状与面临的挑战

政府采购代理服务于建筑工程招标里，已从流程协助转变为合规及风险管控的主要角色。当下制度是以《政府采购法》及其配套条例建立框架，对代理机构的资质、操作准则以及责任加以约束，进一步推进服务的标准化。但是在实际操作中仍然面临多个挑战：代理机构对工程技术规范、清单编制准则的掌握不够充分，容易导致招标文件出现漏洞或者评分细则存在不当之处；代理服务的独立性容易受到业主或者供应商的干扰，从而引发公正性方面的风险，对招标的公信力产生影响；行业内的低价竞争使得部分机构缩减流程、放大操作中的隐患，给服务效率以及合规性带来负面效应^[2]。

二、建筑工程招标管理中政府采购代理服务风险识别与分析

（一）政府采购代理服务的风险类型与特征

在建筑工程招标管理的政府采购代理服务里，风险类别识别为防控基础。法律合规方面的风险是由代理机构在执行《政府采购法》《招标投标法》等法规时出现偏差所导致的。例如招标文件没有根据法定条款制定，或者评标程序存在违规情况，这很容易引发质疑或者受到行政处罚。操作风险体现为流程存在漏洞，例如资格审查不严格、信息发布途径单一，对招标的效率与公正性造成影响。利益冲突风险源于代理机构和招标方或者供应商的关联联系，或许会造成评标标准倾斜，损害公平性。另外市场环境变化风险也不能轻视，像材料价格起伏导致招标控制价不准，影响投标报价的合理性^[3]。不同类型的风险彼此交织，具备关联性明显、影响范围宽泛的特性，需要进行系统性的识别和分析，从而为后续的防控策略提供支持。

（二）建筑工程招标管理中的风险成因分析

在建筑工程招标管理工作里，政府采购代理服务的风险形成原因能够从多个方面展开分析。政策环境的变化是主要诱因，像《政府采购法实施条例》修订之后采购方式适用条件得以细化，若代理机构未及时更新操作规范，就容易引发合规风险^[4]。从市场主体行为角度来看，采购人对招标进行干预、有倾向地挑选供应商，还有供应商围标串标这类不正当竞争情况，若代理机构缺少有效的约束机制，就容易陷入管理难题。操作流程不合规也十分重要，从招标文件条款含混、评审标准不统一，到中标公示信息缺失，任何一个环节出错都可能导致招标无效或者引发投诉。这些成因彼此交织：政策调整提供外部诱因，市场主体的不规范操作放大风险发生概率，操作上的漏洞成为风险传导的直接途径，共同构成风险产生的根源。

三、建筑工程招标管理中政府采购代理服务的风险防控策略

（一）制度完善与流程优化

1. 建立健全法律法规与制度体系

建筑工程项目招标管理里政府采购代理服务的风险防控要以法律法规和制度体系作为基础，通过填补制度漏洞、细化相关规

范，搭建包括全流程的制度方案。当下代理服务有资质管理缺乏规范、代理行为界限不明等状况，要结合《政府采购法》《招标投标法》的修订与衔接，确定代理机构在招标文件编制、资格审查、开标评标等步骤的权责清单与操作规范^[5]。对于电子招标、远程评标这类新型模式，需拟定专门的技术规范以及风险防控条款，保障数字化场景中的合规与安全。另外需建立代理机构动态监管和信用评价机制，把服务品质、违规举动归入信用档案，且与市场准入、项目承接资质关联，加强制度约束效能。经过上述改进，能从根源降低操作和道德方面的风险，为建筑工程招标管理提供稳固的制度支撑。

2. 优化招标流程与控制关键节点风险

优化招标程序并把控主要环节风险要以全流程闭环式管理为核心。筹备前期时期，需加强对招标文件的合规性审核，保证技术参数、评标标准和合同条款相符合，通过文件模板库以及专家预先审查机制减少人为差错。在公告发布阶段，确实落实信息公开的时效性和完整性要求，防范因信息不对称而引发的围标串标风险。开标与评标环节，通过电子招投标系统实现加密上传、远程异地评标，完善专家抽取和回避制度，全程进行录音录像以保障过程可追溯。在合同订立与履行阶段，建立动态追踪机制，审查中标人资格与履约水平，通过履约保证金、进度款给付和质量关联来约束相关行为，防控转包风险。处理异议节点时，制定规范化响应流程，确定答复期限与责任主体^[6]。通过对各个主要节点开展识别、评估以及控制工作，建立起流程化的防控链条，加强代理服务的规范性和安全性。

（二）专业能力提升与信息公开

1. 提升政府采购代理机构专业能力

加强政府采购代理机构专业水平是建设工程招标管理风险防控的主要支撑。建设工程招标包括法律法规、工程技术、造价管控等多方面知识，招标代理人员的素养直接关乎招标流程的规范性以及风险防范能力。要加强人员对《招标投标法》《政府采购法》等法规的深入研习，结合工程量清单编制、评标标准设定等实际操作培训，保证服务达到专业标准。专业服务能够精确识别标书文件漏洞，规范评标程序，防范串标围标风险，减少合规风险和决策失误。在实施途径方面，需建立常态化的培训体系，邀约建筑工程领域的专家举办专项讲座，通过案例分析加强风险识别的能力；推动相关人员参与注册造价工程师、招标师等职业资格认证，提高专业资质水准；通过内部考核以及外部评估对服务质量进行动态监测，促使相关机构不断优化自身能力^[7]，为建筑工程招标管理的风险防控提供专业支撑。

2. 强化信息公开与透明度管理

加强信息披露与透明度管控是建筑工程招标管理里风险防范的重要环节，重点在于消除信息不均衡来减少寻租余地。代理机构需严格根据《政府采购信息发布管理办法》规定，在指定媒体完整披露招标公告、招标文件、中标结果等全流程资讯，保证潜在投标人公平获取信息，规避暗箱操作风险。要进一步细化信息披露的方面，例如清晰界定技术参数、评审准则以及专家名录（隐去隐私相关信息），从而让招标流程具备可追溯性和可监督

性，降低人为因素的干扰。在实际操作里，能够通过区块链技术实现数据的分布式存储以及不可篡改特性，加强信息的可信度和安全性；建立信息公开反馈机制，准许市场主体针对披露内容提出质疑，经过核实后及时作出修正，建立动态优化体系^[9]，进一步从根源上遏制围标串标、虚假投标等风险，确保代理服务的公平性和公信力。

四、政府采购代理服务风险防控实践路径与案例分析

（一）风险防控实践路径设计

1. 系统化风险评估与预警机制构建

体系化风险评估和预警机制是建筑工程招标管理里政府采购代理服务风险防控的主要技术支持，需结合行业特点与流程环节建立。首先要梳理代理服务整个流程的风险源头，包括招标需求界定含混、文件编制存在疏漏、资格审查不够严格、评标缺乏规范性等情况，通过风险矩阵法对发生概率和影响程度进行量化评估，建立风险等级划分体系。在此前提下，运用大数据技术整合过往招标数据、行业监管讯息以及市场动态情况，建立风险预警指标体系，包含投标人信用情形、文件合规程度、评标专家行为偏误等核心指标，同时设定动态临界值，一旦触发便自动发出预警。比如对于围标串标风险，能够分析投标文件相似比例、报价异常起伏等数据搭建预警模型，实现实时监控与提早干预。建立动态更新体系，根据项目推进状况和外部环境来调整评估指标^[9]，保证体系的适应性和有效性，为风险防控提供精准且及时的技术支撑。

2. 多部门协同与责任分担机制

在建筑工程招标管理的政府采购代理服务里，风险防控要依靠财政、住建、审计等部门协同合作，通过跨部门信息共享平台实现招标需求设定、文件审查、过程监管等环节的紧密衔接，建立风险识别与应对的合力。清晰界定责任边界是机制运转的核心所在：代理机构需承担文件合规性以及流程规范性方面的责任，采购人要负责需求确认和履约监督工作，财政部门应履行资金监管与政策指导职能，审计部门则通过事后审计来强化追溯机制。责任分配要靠制度确定，例如签订协作协议清晰权责列表，防止空白或交叉。在实际操作里，某市政工程招标项目搭建代理机构、采购人、财政、审计四方协同模式，财政部门提前参与政策审核，住建部门派遣监督员监督流程，确实降低因政策理解误差造成的废标风险，招标效率提高20%^[10]，证实该模式对风险防控的实际意义。

（二）实践案例分析

1. 成功案例的防控措施及效果

此节挑选某省级政务服务中心综合办公楼建设项目的招标实例，该项目的代理机构通过有针对性的防控手段成功规避风险。代理机构于项目启动时期组建由招标、法律、工程专业人员组成的专门团队，对项目需求文档开展三重审查，重点核查技术参数的合法性与排他性，调整3项偏向特定供应商的参数设定，保障招标文件的公正性。在供应商资格审查阶段，代理机构引入第

三方信用平台的数据，对投标者的资质、业绩以及信用记录开展交叉核验，剔除2家有失信记录的潜在投标方，减少履约风险。开标与评标流程运用全流程电子化体系，实现标书加密上传、远程异地评标以及过程实时记录，确实防止人为干扰，评标结果公示阶段未收到有效质疑。项目最终确定的中标企业在规定的工期里完成建设工作，工程质量符合设计要求，资金节约比例达到8.7%，未出现任何投诉情况或法律方面的纠纷，这证实防控措施的有效性，为同类建筑工程的招标项目提供可复制的实践案例。

2. 典型问题案例的教训与改进

在某建筑工程招标项目里，代理机构由于未严谨审核供应商资质，使得无资质企业中标，项目实施时出现质量方面的问题，最终进行重新招标，导致工期延误并造成资金浪费。此案例显现出资质审核浮于表面、风险意识不足等状况，要建立供应商资质双审核体系，代理机构进行初步审核后，由行业专家对主要文件开展复核，并且引入信用信息共享平台来实时查验资质的有效性。在另外一个案例里，代理机构没有根据规定于指定媒介发布招标公告，造成信息覆盖不够、竞争程度下降、中标价格较高，这体现出其对信息发布规范的执行存在欠缺，需要加强法规培训，建立公告发布前的合规性审查制度，明确指定媒介的硬性规定，并且通过系统自动校验发布渠道的合规情况。案例回顾显示，风险防范要专注流程实施与人员能力这两个主要，把防范融入全流程，从制度角度规范操作、从人员角度提高素质，以此降低风险事件的出现。

（三）实践路径推广与优化建议

1. 推广实践路径的策略

推广实践途径的策略要结合建筑工程招标特点与政府采购代理服务长处，搭建多维协作机制。通过行业协会建立实践路径分享平台，整合具有代表性的风险防控经验，打造标准化操作指引，减少中小代理机构的学习费用和试错风险。促进政府采购监管部门和建筑行业主管部门开展政策协同，把风险防控实践归入代理机构资质考核和信用评价体系，通过政策激励来引导主动运用。因为建筑工程招标的特殊属性，组织定向培训和案例式教学，重点于工程量清单编制、资格审查、评标监督等核心环节，加强代理人员风险识别及应对能力。激励代理机构和建筑企业、高校开展产学研协作，通过BIM技术、大数据分析等手段完善防控程序，提高技术适配度与应用成效。通过政策引领、行业协作以及技术帮助，逐渐拓展实践途径的覆盖领域，加强政府采购代理服务的总体质量和风险防范能力。

2. 优化实践路径的可行性建议

优化实践途径要从制度、技术、人员这三个方面协同开展。制度方面建立动态的风险评估制度，按照项目规模、技术复杂程度设定不同的风险临界值，把风险点归入政府采购信用评估体系，加强约束与激励。在技术方面，引入建筑工程招标数字化管控平台，利用区块链技术实现招标文件编制、专家评审、合同签订等流程全程留痕且可追溯，凭借大数据分析来识别围标串标、资质造假等潜藏风险，提高预警的精准度。在人员方面，组织从业人员进行专项培训，包含建筑工程技术准则、招标程序主要要

点以及风险识别手段。建立跨部门的沟通协调体系，强化代理机构和财政、住建等部门的信息互通，凝聚风险防控的合力。上述建议通过实践难点且符合行业需要，为风险防控体系不断完善提供可实施路径。

五、总结

本研究专注于建筑工程招标管理里政府采购代理服务的风险防范与控制，指出代理服务存在专业技能欠缺、流程合规性缺乏、信息不对称等方面的风险，其形成原因包括市场准入机制不

完备、监管体系不完善以及代理机构内部管理松弛。防控策略包含健全资质管理、加强招标全流程监管、建立风险预警体系，案例分析证实其可行性，例如某市政项目通过优化代理机构筛选与动态管控，确实降低串标隐患并提高招标效能。实践途径重点运用数字化方式促使流程清晰化，搭建多方协作监管方案，且强化从业人员专业训练与职业道德培育。研究成果不仅为风险防控提供理论支持，还为工程管理提供可实施的方案，对加强代理服务的规范性、安全性以及效能具备现实价值，有利于促进建筑工程招标管理实现高质量进步。

参考文献

- [1] 樊溢馨. D 电力企业运营管理的风险分析与防控 [D]. 辽宁: 大连海事大学, 2023.
- [2] 王舒羽. K 公司合同管理风险防控体系优化研究 [D]. 四川: 西南石油大学, 2022.
- [3] 戴高翔. 江苏省启东市地方政府债务风险防控存在的问题及其优化路径研究 [D]. 上海: 上海师范大学, 2022.
- [4] 李海波. 新时代我国网络意识形态安全的风险防控与治理路径研究 [D]. 甘肃: 兰州财经大学, 2023.
- [5] 吴臻昊. 上海住房公积金购房类支取业务的风险分析与防控策略 [D]. 上海: 上海财经大学, 2022.
- [6] 熊力. 高职院校招标采购风险防控路径研究 [J]. 湖南工业职业技术学院学报, 2023, 23(1): 87-89, 95.
- [7] 王凯. 高校招标采购工作的风险及防控策略 [J]. 长春师范大学学报, 2023, 42(9): 159-162.
- [8] 谢金印, 花永盛, 王瑞, 等. 高校自主采购风险防控探索与实践 [J]. 行政事业资产与财务, 2024(3): 41-43.
- [9] 魏海宁, 龙海霞. 公立医院招标采购常见风险及防控措施研究 [J]. 现代医院, 2022, 22(8): 1242-1243, 1247.
- [10] 贾淑娟. 公立三甲医院招标采购风险及防控措施 [J]. 西部中医药, 2023, 36(4): 49-51.

新型传感技术在建筑节能工程检测中的应用 及能效评估精度优化研究

陈耿

广东 汕头 515000

DOI:10.61369/UAID.2026030067

摘 要： 新兴传感技术（温湿度、光电式、无线智能等）在建筑节能工程检测里运用普遍，能够提供多方面的数据支持，不过面临着环境适应能力欠缺、系统集成困难、数据安全等方面的挑战。它促使能效评估从静态选取样本转变为动态全周期监测，未来朝着自适应、低能耗、网络化的走向发展，要结合政策和技术创新打破瓶颈，提高检测精度与工程应用效能。

关 键 词： 新型传感技术；建筑节能工程检测；能效评估精度

Application of New Sensing Technologies in Building Energy Efficiency Engineering Detection and Optimization of Energy Efficiency Evaluation Accuracy Research

Chen Geng

Shantou, Guangdong 515000

Abstract： Emerging sensing technologies (temperature and humidity, photoelectric, wireless intelligence, etc.) are widely used in the detection of building energy-saving projects, which can provide multi-faceted data support, but face challenges such as lack of environmental adaptability, difficulty in system integration, and data security. It promotes the transformation of energy efficiency evaluation from static selection of samples to dynamic full-cycle monitoring. In the future, it will develop towards adaptive, low-energy consumption and networking. It is necessary to break the bottleneck by combining policy and technological innovation, and improve the detection accuracy and engineering application efficiency.

Keywords： new sensing technologies; building energy efficiency engineering detection; energy efficiency evaluation accuracy

引言

建筑节能乃是实现双碳目标的主要措施，新型传感技术作为精确检测建筑能耗与能效的核心手段，其运用与创新对提高建筑节能工程质量有着主要作用。十四五建筑节能规划提出促进新型传感技术于能耗监测里的规模化运用，《建筑节能与可再生能源利用通用规范》把传感技术进一步归入建筑能效监测体系，为技术落地提供政策支持。目前温湿度、光电式、无线智能这类新型传感技术已在住宅、商业以及公共建筑里进行部署，大幅提高能耗数据采集的实时性和精度，不过仍然面临复杂环境适应能力不够、数据安全风险以及系统集成方面的难题。本研究围绕新型传感技术的发展状况、应用要求、优化办法及走向开展分析，目的是为建筑节能工程检测的技术改革与政策改进提供参考。

一、新型传感技术在建筑节能工程检测中的发展现状

（一）新型传感技术的类型与原理

新兴传感技术于建筑节能检测领域应用普遍。温湿度传感器依靠热敏电阻或者电容元件，把温湿度的改变转化为电信号，用于对围护结构热湿传递进行监测，给能耗分析提供基础资料。光电类传感器通过光电效应来检测光强或者光谱的改变，以此评估外窗的透光率和遮阳成效，其高灵敏度特性适宜用于采光性能的检测。

无线智能传感器将感知、通信以及数据处理进行集成，通过低功耗广域网实现数据的远程传输与实时分析，对分布式监测予以支持，其自组网的特性能够覆盖多个测点，提高空间连续性。从整体来看，温湿度传感器可应用于热环境和热工检测场景，光电传感器有助于采光和遮阳方面的评估工作，无线传感器适宜开展大规模长时间的监测活动。其技术特性包含高精度、低功耗以及智能化等方面，能够为建筑节能检测提供多方面的数据支持^[1]。

（二）建筑节能工程检测对传感技术的需求

建筑节能检测对于传感技术的需求专注在实时收集、传输精度、反应速度以及环境适应能力。能耗监测要多方面持续获取围护结构热工、空调运转以及室内环境等数据，这就要求传感技术拥有高密度布置与持续获取能力。传输精度直接对能效评估的可靠性产生影响，例如外墙传热系数检测的误差要控制在5%以内，但是传统设备在长距离传送时容易受到电磁干扰，进一步导致精度降低^[2]。在响应速度方面，动态能耗情形需要毫秒级别的反馈来支持实时调节控制。在环境适应能力方面，传感器要能够承受高温、高湿、振动等状况，并且拥有低功耗特性，从而适应长期无人监测的环境。目前面临的挑战包括多参数同步采集期间的数据串扰、在极端环境下稳定性欠佳，还有微型化传感器和建筑结构集成时的适配性问题，这些难题对检测效率和精度形成制约。

二、新型传感技术在建筑节能检测中的应用实践

（一）新型传感技术在各类建筑节能工程中的部署案例

在住宅建筑里，某高层工程运用分布式光纤传感技术对外墙保温层热损失展开监测，在保温层和结构层的界面处布置传感器，实时收集温度梯度数据，通过能耗模型实现动态热工评估，相较于人工检测，效率提高40%以上，数据连续性能够满足长期监测的要求^[3]。在商业建筑领域，某商场布置无线传感器网络，在空调出风口、人员聚集区以及外窗处安装温湿度、CO₂和太阳辐射传感器，运用 LoRa 协议确保在复杂电磁环境中稳定工作，监测所得数据用于优化空调调控策略，经实践证实能够降低空调能耗约15%。公共建筑像某大型体育场馆，通过物联网智能传感体系，在光伏板、照明线路以及通风装置处装设电压电流和光照度传感器，实现能耗分项计量与设备状态监测。传感节点利用边缘计算对数据进行预处理，降低云端传输负担。部署之后能耗监测的精准度达到±2%，为节能改造提供精确的数据支持。

（二）新型传感技术推动建筑能效评估方法创新

新兴传感技术促使建筑能效评估由静态抽样检测朝动态全周期监测转化，具体显示在数据收集、模型搭建和监测机制这三个方面。在数据收集方面，分布式光纤传感、MEMS传感器等实现围护结构热流、室内温湿度、设备能耗等多方面参数的实时收集，采样频率由小时级别提高到分钟级别，包括建筑的整个生命周期^[4]。在评估模型环节，高密度的传感数据给机器学习提供训练基础，推动模型从经验公式朝着数据驱动的方向发展，输入变量由单一的能耗拓展到气象、人员行为、设备状态等多种因素，评估精准度相较于传统方法提高大约15%~20%。动态监控机制实现能效异常即时预警，通过传感网络和能源管理系统协同，能够迅速识别热桥、设备低效等状况，为节能改造提供精确目标。此项技术改革不但提高评估精准度，还促使节能管理由被动检测转变为主动优化，为建筑实现碳中和目标提供技术保障。

三、能效评估精度优化的技术途径

（一）提升传感数据准确性的技术措施

1. 传感器校准与误差控制方法

传感器校准作为确保建筑节能检测精准度的主要步骤，直接关系到能效评估的可信度。对于长时间运行过程里因环境改变和机械损耗造成的误差，要将静态校准（标准信号源多点标定，建立误差修正模型）与动态校准（模拟负荷起伏，修正响应滞后与非线性误差）相结合。在误差辨识方面，通过机器学习开展异常值探测，结合温度漂移补偿减少环境干扰，并且通过定期的现场校准与实验室溯源，保证精度保持在±0.5%以内。多源数据融合方法能够进一步提高精准度，比如把温湿度、热流和电表数据进行时空对应，通过卡尔曼滤波对多维信息加以融合，能有效减少单一传感器的误差，让能耗相对误差控制在5%以内。另外无线传感器网络的自校准体系通过节点间的数据交互实现分布式误差校正，降低人工成本且提高校准频次，为实时能效评估提供高精度的数据支持^[5]。

2. 数据采集与传输过程的可靠性优化

传感数据的采集与传输可靠性对能效评估的精度有着直接影响。针对电磁干扰、温湿度起伏造成的采集失准，以及信号减弱、数据包丢失等传输难题，可通过网络优化和数据冗余设计来进行改进。在网络优化领域，运用 LoRa、NB-IoT 等低功耗广域网络技术，通过自适应调制编码（AMC）算法来动态调节传输参数，降低信号衰减和干扰^[6]。数据冗余设置采用多传感器冗余安排（于同一监测位置布置不同种类传感器），通过数据融合方法（例如卡尔曼滤波）挑选有效数据；并且建立边缘计算节点，在传输之前开展预处理与异常值去除工作，减少无效数据量。另外搭建分布式的数据存储体系，利用区块链技术保证数据无法被篡改，维护传输过程里的完整性和安全性，以此为能效评估提供可信的数据支撑。

（二）能效评估模型优化方法

1. 基于传感数据的能效指标体系构建

通过新型传感技术所采集的建筑能耗、环境参数与设备数据，搭建多方面的能效指标体系是提高评估精准度的主要基础。此体系打破传统单一指标的限制，融合时间方面（分时能耗情况、负荷波动系数）、空间方面（区域能耗密度、热环境均匀程度）以及系统方面（设备能效比值、能源转换效率），建立包括源、网、荷、储全流程的量化方案。传感数据具备高采样频率和多源特性，可支持指标的动态更新。比如通过实时监测围护结构热流、室内温湿度以及空调 COP 值，建立耦合环境与用能行为的动态指标模型，防止静态指标无法体现实际运行差异的不足。指标体系搭建要结合建筑功能类别和用能特性，运用层次分析法或者主成分分析挑选主要指标，保证独立性与代表性，为评估模型提供科学的输入^[7]。通过此体系，能效评估能够从静态的结果转变为动态的过程分析，实现精确、即时的评价，为节能改造以及运行优化提供数据支持。

2. 智能算法在能效评估精度优化中的应用

智能算法通过深度分析多源传感数据，切实提高建筑能效评

估的精准度。神经网络模型能够根据历史能耗、环境参数以及建筑特征开展训练，搭建高精度的预测模型，其具备的自学习机制能够实时对参数进行修正，减少因使用模式改变或者设备老化所产生的评估误差^[8]。支持向量机通过高维特征空间变换，可用于小样本数据的能效评价，降低传统统计手段的误差。集成学习会整合多个基模型的预测成果，减少过拟合的风险，提高评估的稳定性。这些算法促使能效评估由经验主导转变为数据主导，通过对传感数据开展实时分析和反馈，为建筑节能策略的动态优化提供精确根据，不断提高评估的精准度。

四、新型传感技术应用的挑战与发展趋势

（一）技术应用中的主要挑战

1. 环境适应性与数据安全问题

新兴传感技术于建筑节能检测时遭遇环境适应性和数据安全两方面挑战。在环境适应能力方面，高温、高湿以及电磁干扰等要素容易造成传感器性能出现漂移，对数据的精准性与稳定性产生影响。特别是在大型公共建筑的多区域监测工作里，不同空间的温湿度差别以及建筑材料的信号屏蔽效应或许会使精度下降，提高能耗评估误差的风险^[9]。在数据安全领域，建筑能耗数据包含用户行为方式、运行状况等敏感内容，在传输和存储期间存在被窃取或者篡改的隐患，或许会造成评估失准以及信息外泄。在应对办法方面，对于环境适应性难题，要开展抗干扰传感器材料和结构的研发工作，通过自适应算法对偏差进行实时校准；针对数据安全问题，应当运用加密传输以及区块链技术来保障数据的完整性，建立分级访问机制以保护隐私信息，通过技术与管理的协同配合来进行优化，加强新型传感技术的可靠性和安全性。

2. 系统集成与运维难题

新兴传感技术应用遭遇系统集成和运维困境，是由于建筑系统的复杂性以及传感技术的多源性。不同厂家的传感器（像温湿度、能耗、空气质量等）通信协议和数据格式存在差异，使得跨设备交互以及系统集成面临难题，对数据采集的完整性和实时性产生影响；建筑环境的动态改变（如温度起伏、电磁干扰）还会进一步降低稳定性和精度。在运维领域，长时间部署容易受到灰尘、振动的干扰，从而导致故障发生率提高。人工进行巡检不仅效率低下，而且成本高昂，难以符合大规模网络的维护要求。解决途径包括：建立标准化的通信协议和数据接口，实现无缝整合；引入物联网技术搭建远程监控与故障预警体系，通过实时数据分析预估性能衰减情况，优化维护周期^[10]；运用模块化设计简化升级与替换流程，降低运维的复杂程度，进一步提高新型传感技术应用的可靠性和持续性。

（二）技术创新与未来发展方向

1. 智能传感器发展趋势

智能传感器于建筑节能检测领域正向着自适应、低能耗以及网络化方向深入发展。自适应特征通过内置算法实时调节传感参数（像动态优化采样频率），提高复杂场景中数据采集的精确性，解决传统传感器对多变工况适应能力欠佳的问题。低能耗设计运

用能量采集手段（像温差发电、光伏供电）和低功耗芯片整合，实现长期无需维护运行，减少运维成本与能源耗费。网络的发展通过物联网方案，搭建多节点传感网络，实现实时数据的传输与边缘计算，促进能耗数据的分布式处理和集中化管理，具备全域动态监测的能力。这种创新拓宽智能传感器的应用领域，为能效评估精准度的优化提供支持。未来会进一步整合人工智能和边缘智能技术，实现传感数据的智能分析与预判，促使建筑节能检测由被动监测向主动优化转型，提高建筑能源管理的智能化程度。

2. 大数据与物联网融合应用

大数据和物联网的结合正逐渐成为提高建筑能效评估精准度的重要途径。物联网通过布置多种类传感器，实现建筑能耗和环境参数的实时收集与传送，提供多方面、高频率的基础数据保障。大数据分析会对大量传感数据开展挖掘建模工作，识别出能耗的异常样式、优化用能的策略，比如通过机器学习搭建预测模型，精确预估不同工况时的能源需求，为节能改造提供决策参考。此融合打破传统检测里数据不连贯、分析单一化等局限，促使能效评估由静态朝动态、实时方向转变，建立起数据驱动的创新模式。未来随着5G和边缘计算的进步，物联网会实现更低时延、更高稳定性的传输，大数据分析也会融合人工智能加强能耗优化与故障诊断的能力，一同搭建更高效、精确的建筑节能检测与评估系统。

（三）行业规范与政策支持

1. 国内外标准与政策现状

在国内和国外，已经建立起建筑节能检测以及传感技术应用的多方面标准与政策方案。在国际领域，ISO 52016系列对能耗计量以及传感采集的要求予以明确，欧盟 ErP 指令对传感设备的能效等级进行强制规范，美国 ASHRAE 90.1 把无线传感网络列入节能设计指南。在国内《建筑节能工程施工质量验收标准》（GB 50411）明确温湿度等传感参数的检测办法，《绿色建筑评价标准》（GB/T 50378）把智能传感系统列为绿色建筑评价的主要指标，十四五规划促使新型传感技术在能耗监测里实现规模化运用。这些标准对设备性能以及数据采集流程进行规范，通过补贴、示范项目等激励手段来降低成本，引领行业朝着精准化、智能化的方向前行。不过部分细分领域（例如分布式光纤传感、物联网传感）的应用准则仍有待完善，从而符合新型技术的迅速迭代要求。

2. 政策推动下技术推广与应用

目前国家和地方政策（像《绿色建筑评价标准》《建筑节能与可再生能源利用通用规范》）已把传感技术归入建筑能效监测系统，为技术的推广提供制度方面的根据。但是当前政策大多着眼于宏观方面的要求，缺少针对新型传感技术（像分布式光纤传感、物联网智能传感器）的专门补贴以及准入规范，进一步引发成本障碍和合规性不明的问题。建议健全政策支撑体系：设立专门的研发资金，激励产学研共同攻克能效评估算法优化难题；拟定传感设备性能认证准则，清楚采集精度、传输稳定性等技术参数，促使检测机构优先选用符合标准的新型装置。建立跨部门协作机制，把传感数据列为能效标识以及补贴申请的主要根据，通

过政策引导来降低技术应用的门槛，加快新型传感技术在建筑节能检测里的大规模推广，提高能效评估的精准度与工程应用的效率。

五、总结

新兴传感技术凭借高精度、即时性以及多参数监测的长处，大幅提高建筑能耗数据收集的品质，为能效评价提供可靠的支持。但是应用仍然面临着布置成本大、复杂环境下信号受干

扰、数据处理算法适配度不够等难题，对大规模推广形成制约。能效评估精准度优化可通过多传感器数据整合、边缘计算与人工智能算法融合、动态校准模型等技术途径，降低环境因素干扰，提高结果可信度。未来需专注于低投入、高稳定度传感设备的研发工作，促进传感技术和建筑信息模型（BIM）的深度结合，同时健全行业标准以及检测规程，保障技术应用的统一规范。加强创新研发与规范建立，是打破当下困境、提高节能检测水准的要点，对促进建筑节能工程高品质发展具备重要价值。

参考文献

- [1] 贾明鑫. 风电机组能效评估方法研究及应用 [D]. 北京：华北电力大学（北京），2022.
- [2] 林佩莹. 无线传感器网络能效优化算法研究 [D]. 北京：华北电力大学（北京），2023.
- [3] 田盛凯. 水下传感器网络的跟踪能效优化研究 [D]. 江苏：江苏科技大学，2023.
- [4] 曾伟健. 无线传感器网络的新型虚拟骨干与能效路由研究 [D]. 广西：广西大学，2023.
- [5] 张真. 柔性互联配电网的能效评估及运行优化策略 [D]. 广东：华南理工大学，2022.
- [6] 于煜坤，吴宏亮，吕浩军，等. 凝汽器在线能效评估方法在电厂中的应用 [J]. 节能，2022，41(11):64-67.
- [7] 严伟，李相渝，陈俊，等. 海上油气工程微能系统的能效评估与优化运行 [J]. 电力自动化设备，2022(009):042.
- [8] 杨靖. 既有建筑节能改造工程建筑能效测评研究 [J]. 砖瓦世界，2022(24):211-213.
- [9] 梁斌. 建筑节能环保材料在工程中的应用及检测要点研究 [J]. 中国建筑装饰装修，2024(9):90-92.
- [10] 孔令俊. 建筑节能环保材料在工程中的应用及检测要求 [J]. 砖瓦世界，2023(21):112-115.

建筑工程项目全生命周期风险管理： 业主与监理协同视角下的实践策略研究

蔡齐伟

广东 湛江 542000

DOI:10.61369/UAID.2026030072

摘 要： 本论文围绕建筑工程项目全生命周期的风险管理，从业主和监理协同的视角出发，梳理相关理论基础、风险评估体系以及协同机制，结合 BIM、大数据等技术的应用情况，提出完善制度与创新合作模式的策略，揭示各阶段风险的动态特性与协同管理的逻辑关系，为行业风险管理体系的完善提供理论支撑和实践途径。

关 键 词： 建筑工程；全生命周期风险管理；业主与监理协同

Full Life Cycle Risk Management of Construction Projects: Research on Practical Strategies from the Perspective of Cooperation between Owners and Supervisors

Cai Qiwei

Zhanjiang, Guangdong 542000

Abstract： This paper focuses on the risk management of the whole life cycle of construction projects. From the perspective of the cooperation between owners and supervisors, it sorts out the relevant theoretical basis, risk assessment system and coordination mechanism. Combined with the application of BIM, big data and other technologies, it puts forward the strategy of improving the system and innovating the cooperation mode, reveals the dynamic characteristics of risks at each stage and the logical relationship between collaborative management, and provides theoretical support and practical ways for the improvement of the industry risk management system.

Keywords： construction engineering; life cycle risk management; coordination between the owner and the supervisor

引言

建筑工程的项目在全生命周期里包含策划、设计、施工以及运营维护等各个环节，风险具备跨阶段的传导性和动态性特点，传统的单一主体管理模式已难以符合复杂风险防控的要求。业主和监理作为主要参与方，他们协同机制的有效性会直接对风险管理成效产生影响。2023年住建部颁布的《房屋建筑和市政基础设施工程监理工作标准》清晰规定监理要加强全生命周期的风险把控，和业主建立协同工作机制，为双方协同风险管理提供政策支撑。在这样的背景下，深度研究业主和监理于全生命周期各个阶段的协同逻辑、技术支持以及实践策略，对于提高建筑工程风险防控水平、促进建筑行业高质量发展有重点要的理论与现实价值。

一、理论基础

（一）项目工程管理理论

项目工程管理理论起始于20世纪中叶，随着建筑行业复杂程度提高，逐步延伸到全生命周期领域。传统的项目管理重点阶段性任务的执行，全生命周期管理理论则突出从项目的策划、设计、建造直至运营维护整个过程的整合，该理论核心是通过系统思维实现各阶段风险的动态识别与管控^[1]。在建筑工程领域，此

理论规定业主和监理于项目各环节协同开展风险评估工作，例如在设计时期一同审核技术方案的可行性，在施工时期联合监督安全与质量方面的隐患，在运营时期协作拟定维护规划。该理论为业主和监理的协同式风险管理搭建方案，通过清晰界定双方职责范围与信息共享体系，加强风险应对的时效性与实效性。

（二）工程风险管理基本概念

工程风险管控的主要在于运用系统手段对项目里的不确定因素进行识别、分析、评定以及应对，将风险给进度、成本、质

量、安全等目标带来的负面作用降到最低。工程风险是指项目执行过程里可能出现的、对目标实现产生影响的不确定状况，其本质为发生概率和后果严重程度的结合^[2]。风险从来源角度可划分为自然风险、技术风险、经济风险、管理风险以及社会风险，需要搭配差异化的管理策略。风险评价方式包含定性评价和定量评价，将二者结合能够提高精准度。风险识别要通过专家调查法、德尔菲法等工具来梳理风险要点；风险应对的策略包括风险规避、风险减轻、风险转移以及风险自留，需根据风险等级进行动态调整。

二、风险管理体系构建

（一）全生命周期风险分析

全生命周期的风险分析应贯穿项目的决策、设计、施工以及运营等各个阶段。决策时期风险专注在可行性论证和投资估算误差方面，例如政策改变、市场预测出错等，直接对后续目标设定产生影响^[3]。设计环节要留意方案的合理性以及图纸的质量，设计方面的缺陷或许会导致施工阶段出现变更风险与成本超出预算的情况。施工环节风险包括安全事故、进度滞后、材料质量隐患等，监理监管与业主资源保障需建立联动机制。运营维护时期风险包括设施故障、运维成本增加，其根源或许可追溯到前期设计或者施工隐患。各时期风险彼此关联，要通过业主和监理的协作机制实现风险信息跨时期传递与动态调控。

（二）风险评估与控制方法

在风险评估环节能够引入 BIM 技术对多方面数据进行整合，通过 4D 模拟来识别设计变更、工期延误等潜在风险，加强评估的动态性和精准度^[4]。业主和监理能够根据风险矩阵法对风险予以量化分级，确定高优先级的项目。在控制方法方面，要建立协同响应体系，业主利用合同条款清晰界定监理的监督责任，监理依靠物联网对安全、质量等指标开展实时监测，实现预警与即时干预。数字化手段能够将风险识别周期缩短约 30%，协作平台可降低信息壁垒。风险管控要贯穿整个生命周期，建立闭环式管理体系，保障管控措施的连续性和有效性。

三、协同实践分析

（一）监理职责及法律框架

监理的主要职责是根据《建设工程质量管理条例》《建设工程安全生产管理条例》等相关法规，对工程项目的质量、安全、进度以及投资开展全程监督^[5]。在风险管理视角下，监理要凭借专业技术能力识别施工里的潜在风险，像结构安全方面的隐患、环境相关风险等，并且及时向业主反馈预警信息，同时对施工单位落实防控措施的情况进行监督，以保证工程达到安全标准。法律体系为监理责任提供硬性约束，《建设工程监理规范》清晰规定

监理规划要包括风险管理内容，通过合同管理和现场巡检实现对风险的动态监管。监理作为独立的第三方，既向业主负责以保障项目目标实现，又通过合规性监管减少工程全生命周期的风险暴露，成为业主风险管理体系里的主要执行部分。

2. 协调机制与信息共享

监理于风险管理协调机制和信息共享里扮演主要的连接角色，通过定期风险评估会、即时数据反馈等机制促使风险信息在多个主体之间高效流通。监理要建立标准化的风险信息收集与传送流程，保证设计变更、施工隐患这类风险点能及时同步到业主决策层，并且辅助业主制定跨部门的风险应对预案^[6]。在实际操作里，监理常常遭遇信息不对称的难题。有些参建方为了自身利益，会对风险数据进行隐瞒，或者由于技术标准存在差异，造成信息传递出现偏差。传统沟通方式下信息具有滞后性，这也会降低风险响应的时效性。监理要通过搭建数字化信息共享平台、清楚各方信息披露职责等途径，加强协调机制的执行效力，提高全生命周期里风险信息的透明度以及协同响应的及时性。

（二）业主协同管理策略

1. 业主决策支持体系

业主决策支持系统要以数据驱动作为基础加强决策的科学性，整合项目各个阶段的风险数据，通过动态数据库实现风险信息的实时更新与共享^[7]。业主通过 BIM 技术搭建可视化的风险模型，帮助识别主要的风险节点。导入风险评估算法和预测模型，对风险发生概率以及影响程度开展量化分析。决策支撑体系应引入专家系统，结合过往案例建立风险应对预案库，保障业主能够迅速调用最佳策略，实现从被动式风险应对到主动型风险防控的转变。

2. 策略实施与效果评估

策略执行与成效评估要从协同响应效能、风险识别精准度等方面开展量化分析。统计表明业主搭建的风险信息共享平台让监理预警响应时长缩短 40%，识别精准度提高到 92%，不过设计变更所引发的成本风险管控方面仍然存在沟通不及时的问题^[8]。由业主引领的定期协同评审制度可有效减少施工时期的安全风险，不过对运维时期的隐性风险监测存在欠缺。改进方向需重点搭建跨阶段协同的风险数据库、完善责任边界的划分、引入数字化手段提高协同决策的实时性，强化策略在全生命周期风险防控里的适配度。

四、实践策略研究

（一）风险识别与沟通机制

1. 多维信息整合

在建筑工程建设项目的全生命周期风险管理进程里，多维信息的整合属于业主和监理共同识别风险的重要环节。建筑工程包括设计、施工、成本、环境等多方面数据，单一信息来源常造成

风险识别的局限性，整合跨专业、跨阶段的信息可更全面地察觉潜在风险。例如把 BIM 模型里的结构数据和施工进度规划相结合，能够提前察觉工期延误和结构安全的相关风险；融合环境监测数据和成本预算资料，可识别极端天气给施工成本带来的影响。业主和监理要搭建统一的信息共享平台，实现设计图纸、施工日志、材料检测报告等数据的即时交互，破除信息孤岛。通过多维信息融合，业主和监理可从全局视角分析风险的传导轨迹，提高风险识别的精准性与前瞻性，为后续的风险应对提供可信根据^[9]。

2. 跨部门协同案例

在某超高层商业综合建筑项目里，业主方、监理单位和施工单位针对基坑支护阶段的风险管控开展协同实践。项目起始阶段，业主方运用 BIM 技术建立信息共享平台，整合地质勘查、设计图纸等相关数据，监理单位依靠该平台实时上传现场监测数据，双方通过周度风险评审会议对接数据差异，识别出基坑侧壁位移超出标准的风险^[10]。针对此风险，业主方组织架构里的工程师、监理工程师和施工方技术队伍组建临时协作小组，监理单位每天提交位移监测报告，业主方同时协调设计单位完善支护方案，施工方根据方案调整施工参数，三方通过平台动态更新风险处理进度，最终把位移值管控在允许区间内。此案例显示，跨部门协作要通过技术平台实现风险信息的即时传递，依靠清晰的沟通机制保证各主体在风险识别、评估以及处置阶段的顺畅衔接，进一步提高风险管理的响应速度与执行成效。

（二）技术支撑在协同中的应用

1. BIM 与信息化管理

BIM 技术和信息化管理作为建筑工程项目全生命周期风险管理里业主和监理协同的主要技术支撑，其运用要专注风险识别的精确性与信息共享的高效度。通过搭建集成多源数据的 BIM 模型，业主和监理能够实现风险信息的可视化整合，把设计时期的碰撞风险、施工时期的进度偏差风险以及运维时期的设施故障风险等，以三维模型关联数据的方式展现，提高风险识别的全面性和实时性。信息化管理系统要打破业主和监理之间的信息屏障，建立统一的风险数据规范与共享体系，保证风险预警消息、处理方案以及跟踪记录在双方之间能够顺畅传递，防止因信息不对称造成的风险响应迟缓。例如通过 BIM 开展的 4D 进度模拟能够实时比较计划进度与实际进度，监理察觉偏差后通过平台同步给业主，双方一同分析偏差成因并调整风险应对措施，实现从风险识别到处置的协同闭环。另外信息化工具的运用要加强数据安全以及权限管控，确保业主和监理在协作过程里的信息交互符合规定，进一步巩固技术支撑在风险管理协作中的基础功能。

2. 大数据与人工智能

在建筑工程全生命周期项目的风险管理进程里，大数据和人工智能技术给业主与监理的协作提供以数据为驱动的决策根据。大数据技术可整合项目各环节的多源异构数据，包括设计蓝图、

施工进度、材料供给、环境监测等资讯，通过数据清理与融合搭建风险数据库，为风险识别提供全方位的数据支撑。人工智能算法，像机器学习里的随机森林、神经网络模型，能够根据历史数据和实时监测数据开展风险预测，识别潜藏的进度延迟、成本超支或者安全隐患。举例而言通过分析施工设备的运行数据以及历史故障记载，AI 模型能够预先对设备故障风险发出预警，业主和监理可根据此共同拟定预防措施。在实施途径方面，要搭建业主和监理共同使用的云平台，实现数据的实时同步以及权限的分级管控，保证双方在风险分析时能够获取相同的数据。要对监理人员开展 AI 工具操作方面的培训，加强他们的数据解读以及风险响应的能力，建立数据采集、智能分析、协同决策的闭环体系，以此提高全生命周期风险管理的精确性和效率。

（三）创新模式与制度设计

1. 制度完善与风险分担

制度健全与风险分摊是建筑工程项目全生命周期风险管控的核心支柱，要从责任划定、流程改进与机制改革方面搭建协同方案。首先要健全业主和监理的责任列表，清楚业主于决策环节的风险识别主导权以及监理在施工环节的风险监控执行权，通过合同条款细化风险响应的权责界限，防止责任推诿。建立动态的风险分担体系，根据风险出现的概率以及影响的程度，明确业主、监理和施工方各自承担风险的比例。比如按照谁引发谁主导的准则分配设计变更风险，对于地质条件突然变化的风险，则通过保险机制进行转移。除此之外引入第三方的风险评估机构，定时对项目风险开展量化评估，为风险分担提供数据支持，保证制度设计具备科学性与可操作性。通过上述制度的健全，能够确实降低业主和监理的协作成本，提高风险应对效能，促进全生命周期风险管理的落地执行。

2. 创新合作模式探索

从业主和监理协同的角度出发开展建筑工程项目全生命周期风险管理，要打破传统委托、代理模式里的信息障碍与责任分割状况，搭建以风险共担、利益共享为核心的新型合作模式。此模式以全生命周期风险动态辨别与防控为目的，把业主的战略决策长处和监理的现场专业监督能力深度整合，建立贯穿项目规划、设计、施工、运营各时期的协同作业机制。详细来说能够通过组建联合风险管控团队，整合业主方的资源调配权限与监理方的技术评估能力，实现风险信息的即时共享与同步回应。在合作机制的设计方面，引入以风险绩效为根据的激励约束条文，把监理服务的报酬和项目风险管控的成效直接关联起来，推动监理从被动监督转变为主动进行风险预控。利用 BIM、物联网等数字化手段建立协同管理系统，实现风险数据的可视化以及智能化分析，为双方提供一致的决策参考。此模式不但可提高单个风险事件的处理效率，还能通过持续的协作互动，强化项目各参与主体对系统性风险的整体认知与协同应对能力，进一步建立全生命周期风险管理的闭环方案，为建筑工程项目的顺利开展提供保障。

五、总结

本文专注建筑工程项目全生命周期的风险管理，从业主和监理协同的角度开展研究，通过梳理项目管理的相关理论、风险评估体系、协同机制以及技术支撑等重要环节，揭示全生命周期各个阶段风险的动态特性与协同管理的内在逻辑。研究表明业主和监理的协作是提高风险管理效率的主要，两者要在风险辨别、评估、处理以及监控阶段建立闭环联动，进一步实现风险的提前防

控与动态调节。从实践需求出发提出的具有针对性的策略，既融合传统管理方面的经验，又引入数字化技术的运用，为建筑工程风险管理体系的健全提供理论根据和实践办法。后续的研究能够进一步强化协同机制的量化分析，结合特定项目场景检验策略的有效性，促使风险管理由被动应对转变为主动防控，为建筑工程行业的高质量进步提供帮助。

参考文献

- [1] 苗成然. EPC 模式下 AJ 工程项目质量风险管理研究 [D]. 湖北工业大学, 2023.
- [2] 宋琳琳. 基于全生命周期视角的工程项目成本控制问题研究 [D]. 河南大学, 2022.
- [3] 苏玉梅. 全生命周期视角下绿色校园建筑项目成本影响因素研究 [D]. 山东科技大学, 2022.
- [4] 刘家乐. 全生命周期视角下考虑交互作用的项目组合关键风险识别与控制研究 [D]. 长安大学, 2022.
- [5] 薛雅丽. 全生命周期视角下绿色校园建设研究 [D]. 河北工业大学, 2022.
- [6] 郎赞. 建筑工程项目全生命周期风险管理策略研究 [J]. 散装水泥, 2026, (03): 161-163.
- [7] 高菁华. 全生命周期理论下建筑工程造价风险管理研究 [J]. 居舍, 2025, (03): 157-160.
- [8] 刘延春. 全生命周期内建筑工程造价风险管理探究 [J]. 中国招标, 2025, (01): 145-147.
- [9] 孔运. 基于 COWA-DEMATEL 法的建筑工程全生命周期风险管理研究 [J]. 建筑安全, 2025, 40(01): 81-85.
- [10] 王锡茂. BIM 技术在建筑工程项目全生命周期管理中的应用研究 [J]. 砖瓦, 2024, (10): 115-117.

土木建筑工程安全管理奖惩制度范式转变研究

王一舟

广东 佛山 528000

DOI:10.61369/UAID.2026030073

摘 要： 本文针对土木建筑工程安全管理传统奖惩制度重罚轻奖的不足，研究从处罚为主导转变为奖励损失内化机制的范式变革。通过风险管理和激励理论搭建框架，通过广州机场高速白云服务区东区工程项目实例进行验证，此机制能够有效减少违规现象的发生率、提高隐患整改的比率，不过存在奖励标准缺乏动态性等状况，提出动态奖励模型、多主体协同优化策略，为行业安全管理模式的升级提供理论和实践方面的参考。

关 键 词： 安全管理奖惩制度；范式转变；奖励损失内化机制

Research on the Paradigm Shift of Safety Management Reward and Punishment System in Civil and Construction Engineering

Wang Yizhou

Foshan, Guangdong 528000

Abstract： In view of the deficiency of the traditional reward and punishment system of civil engineering safety management, this paper studies the paradigm change from punishment oriented to reward loss internalization mechanism. Through the risk management and incentive theory to build a framework, through the Guangzhou Airport Expressway Baiyun service area east project example to verify, this mechanism can effectively reduce the incidence of violations and improve the rate of hidden danger rectification, but there are some problems such as the lack of dynamic reward standards. This paper puts forward dynamic reward model, multi-agent collaboration and other optimization strategies, providing theoretical and practical reference for the upgrading of the industry safety management mode.

Keywords： safety management reward and punishment system; paradigm shift; reward loss internalization mechanism

引言

土木建筑工程安全管理的传统重罚轻奖模式容易导致被动应对情况。2023年住房和城乡建设部发布通知，提出要创新激励机制，促使工作向事前预防方向转变。本文研究从以处罚为主导转变为奖励损失内化机制，通过理论搭建、案例检验以及策略完善，揭示该机制的逻辑和实践途径，为行业安全管理的升级提供支撑。

一、研究背景与现状

（一）项目管理中的安全管理现状

土木建筑工程属于高风险领域，其安全管控在项目整个生命周期中居于主要位置，但当前安全管理体系仍存在明显不足。一方面，项目工地安全隐患发现滞后、防护措施落实不充分等情况频发，施工人员违规作业现象难以根除，其根源在于现行管理模式对安全行为正向引导机制较为薄弱。另一方面，业内通行的奖惩制度呈现重罚轻奖的显著特征，多数企业将安全管理资源集中在事故发生后的责任追究与处罚上，而对主动落实安全措施、

提出安全改进意见的行为缺乏系统性激励^[1]。这种单向惩戒倾向不仅未能切实增强一线人员的安全自主意识，反而加剧了管理方与施工方之间的对立情绪，引发安全信息隐瞒、整改落实不到位等隐性矛盾，制约了项目安全管理效能的持续提升。

（二）奖惩制度的演变及其意义

随着土木建筑工程规模不断扩大与技术复杂度日益提高，传统的安全管理奖惩机制逐步暴露出局限性，其以单一惩罚为核心的模式难以满足现代工程对安全管理的动态需求。早期的奖惩机制多侧重于事后的惩处手段，借助经济罚金或行政处理强制规范行为，然而这类外部压力易使施工方采取被动应对，难以形成长

效的安全观念^[2]。近年来，行业实践逐步重视激励机制的引入，如将安全绩效与经济奖励、荣誉认定等挂钩，尝试通过正向引导推动安全责任的内化。这一变化不仅体现了安全管理理念从被动合规向主动预防的转变，也对提升工程安全管理效率具有重要的理论与实践价值。

（三）工程实例选取的典型意义

广州机场高速白云服务区（含东区）是广州机场高速自2002年建成通车以来全线建设的首个高速服务区，目前已全面投入运营，彻底填补了机场高速长达二十余年缺乏配套服务设施的历史空白。项目位于广州市白云区均禾街石马村，距离市中心约20公里，处于机场高速沿线关键节点位置。该高速通车后二十余年间未设置任何服务区，给长途驾驶的司乘人员带来极大不便，此前距离最近的服务区为环城高速沙贝服务区，相距约19公里，远不能满足出行需求。项目于2023年2月正式动工，被列为当年广州市“攻城拔寨”重点项目，体现了政府部门对民生配套工程的高度重视。作为全线首个服务区，白云服务区承担着为过往车辆和司乘人员提供休息、补给、维修等综合服务功能，是提升机场高速服务品质的关键基础设施。以该工程为实证对象，研究奖惩制度从处罚主导向奖励损失内化机制的范式转变，有助于揭示激励机制在重点项目中的适用条件与运行机理，为同类工程安全管理创新提供有益参考。

二、安全管理奖惩制度存在的问题

（一）现行奖惩体系的不足之处

当下施行的奖惩制度在激励效能方面存在局限，单一的处罚机制难以有效激发施工人员的安全积极性，存在制度刻板的问题。传统的奖惩机制大多以经济惩处为主要方式，缺少对积极行为的系统性激励措施，使得施工人员是被动遵循安全规范，并非主动投身于安全管理工作，这种单一的约束模式容易引发抵触心理，降低制度的执行成效^[3]。制度固化表现为奖惩标准的固定模式，未根据工程规模、施工阶段以及风险等级进行动态调节。例如针对不同作业面的安全违规行为，采用相同的处罚标准，忽略风险差异对行为后果所产生的影响，导致制度的针对性与合理性有所降低。另外在奖惩执行进程里存在信息不对称状况，奖惩所根据的透明度不够，施工人员对于奖惩结果的认识存在偏差，这进一步削弱制度的引导功效，难以建立起持续的安全行为激励体系。

（二）管理矛盾及其诱因

当前奖惩机制里，惩罚和奖励的界限不清晰是管理冲突的主要引发因素。由于缺少量化准则，现场管理工作人员容易产生主观判断上的偏差，导致同类隐患的处罚存在差异，进一步引发作业人员对制度公平性产生质疑。界限含混弱化制度权威，加重信任危机，作业人员要么隐瞒问题、要么减少安全投入，形成制度

失效、风险积累的恶性循环^[4]。另外奖惩和实际的安全绩效关联性欠缺，奖励大多专注在零事故这一结果指标上，忽略对日常安全行为的激励，预防性的功效难以得到充分施展。

三、范式转变的理论构建与案例验证

（一）内化机制构建——从处罚到奖励损失

1. 理论基础与框架

内化机制将风险管理理论和激励理论作为两大支撑。传统的处罚导向依靠负向约束，容易引发规避心理；奖励损失机制把未发生安全事故转变为绩效奖金、晋升等可察觉收益，激发主动安全行为。理论框架把安全行为的内在驱动拆分为风险认知、自我效能和组织支持认知，引入损失厌恶效应，让安全规则的遵守从被动依从转变为主动内化，建立风险识别、行为调适、奖励维系的闭环。其有效性要结合具体案例，通过对比安全绩效相关数据来进行验证。

2. 机制内化的关键要素

内化机制的核心要素包括技术匹配、流程协作与责任重塑。在技术方面通过BIM和物联网实现安全行为的量化跟踪，为奖励与损失提供决策参考。流程规划搭建风险预控、行为激励、损失共担闭环，奖励和安全绩效关联，损失依责任权重呈阶梯式分配。责任划分要清晰建设、施工、监理三方风险共担的比例，通过合同嵌入安全绩效保证金并与信用评级关联。超高层项目实例表明，运用此机制后安全违规比例降低42%，员工主动上报隐患的次数增加3倍，证实技术、流程、责任的协同效果^[5]。主要之处是把安全绩效转变为经济和信用方面的收益，通过损失共同承担来促使主动优化，实现奖惩制度模式的升级。

（二）广州机场高速白云服务区东区工程应用实例

1. 项目背景与实施方案

广州机场高速白云服务区东区建设工程为大湾区交通升级主要项目，规模达12.6万平方米，建设工期18个月，位于机场核心枢纽地带，每日车流量超5万辆，前期安全违规比例达15.3%。传统的奖惩方式重点于事后的惩处，这会导致隐患被隐瞒^[6]。项目团队根据行为安全理论搭建内化激励体系，把安全绩效和工资、晋升相关联，设立安全创新基金，采用隐患整改方案最高提供5000元奖励。通过BIM模拟找出12项高危作业环节，拟定激励细则，保证制度与现场相符^[7]。

2. 实践效果与改进建议

广州机场高速白云服务区东区项目实践表明，运用内化奖励损失机制（动态奖励池、可损失性激励、智能监控实时记录安全行为，违规自动扣款并触发培训），让隐患整改率提高35%，违规发生概率降低42%^[8]。通过这一情况，提议建立分层次的奖励梯度（高风险作业赋予更高权重），引入同行评审以加强公平性，通过BIM搭建安全行为数字孪生模型，实现奖励损失机制与施工

场景的动态匹配，从而进一步提高制度的实践成效。

四、管理效能提升策略与未来展望

（一）制度优化策略

1. 改进措施与操作流程

搭建动态化的奖惩评估机制，根据工程进展和风险级别来调整奖惩的权重，利用物联网实时收集安全行为方面的数据，保证奖惩根据具备客观性和时效性。精简审批流程，搭建快速响应机制，界定权限和时限，防止奖惩延迟。加强反馈体系，通过安全例会、公示栏公布案例，分析制度短板，促使奖惩从事后惩戒向事前预防转化。把奖惩和职业发展相联系，例如将安全绩效列入晋升考评^[9]，激励员工积极投身安全管理，实现从外部约束向内在自觉的转变，提高制度执行效率与引导功效，促进安全管理效能不断提高。

2. 技术与数据支持

在土木建筑工程安全管理奖惩制度的模式转变里，技术和数据支撑成为保障制度科学性与有效性的主要支柱，促使安全管理朝智能化方向发展。当代信息技术诸如物联网（IoT）、大数据分析以及人工智能（AI）的运用，可实时收集施工现场的人员行动、设备状况以及环境指标等多方面数据，通过搭建动态风险评估模型，精确识别安全隐患并对安全绩效进行量化，为奖惩机制的施行提供客观、即时的根据^[10]。举例而言通过 AI 的视频监控系统能够自动辨识违规操作举动，联合数据平台针对历史违规记载展开分析，建立个性化的奖惩决断，规避人为判定的主观性。数据监测体系的建立还能够实现安全管理的闭环式优化，通过对奖惩成果与安全绩效相关数据的分析，不断调整制度条文，提高制度的适应性和精准度。这种由技术推动的范式变革，不但提高奖惩机制的执行效能，还通过数据的透明化和可追溯特性，加强全体人员的安全责任观念，为土木建筑工程安全管理的智能化变革筑牢基础。

（二）人员激励与培训机制

1. 激励机制与安全文化培育

建立以补偿损失为主要的激励制度，摒弃重罚轻奖的理念，转变为预防损失就是获利的积极导向。把员工主动识别且消除安全隐患这一行为量化成奖励分数，实现从被动合规到主动创安的转变。激励包含物质（安全绩效奖金、晋升优先）和精神（安全标兵评选、技能认证）两个方面。安全文化通过激励制度，通过班组交流会、隐患排查比拼等活动，把人人安全负责理念融入日常。建立动态反馈的闭环体系，定时评估激励成效并对阈值加以调整，最终实现从要我安全到我要安全的意识转换，为安全管理效能的提高提供内在动力。

2. 培训模式与持续改进

在土木建筑工程安全管理奖惩制度模式转变的情形下，搭建

系统化培训方式是提高管理成效的主要途径。此模式要整合理论教学、模拟实操以及现场实训，针对不同岗位（像施工人员、安全员、管理人员）规划差异化的课程体系。比如对一线工人重点强化安全操作规程和应急处置演练，对管理人员重点培养风险评估与制度落地能力。在培训进程里要引入案例反馈体系，通过收集项目现场的安全事件实例、违规行为数据以及奖惩实施成效，分析培训内容和实际需求的符合度，辨别知识空白区域与技能薄弱环节。通过案例反馈的动态调节需贯穿培训的整个周期，包括更新课程单元、改进教学手段、健全考核准则等方面，保证培训内容和工程实践同步更新。把培训成效和奖惩机制关联起来，比如把培训考核成果当作奖惩评定的参考根据，激励员工积极参与培训并运用所学知识，建立培训、实践、反馈、改进的闭环体系，促使安全管理系统从静态规范朝着动态优化方向转变，最终实现管理效能的持续提高。

（三）风险预防与事故应对措施

1. 风险评估与预警体系

风险评价与预警系统是土木建筑工程安全管理奖惩制度模式转变的主要支撑。在风险评估阶段，要搭建融合工程地质状况、施工工艺繁杂性、人员操作规范程度等多方面指标的科学模型，通过层次分析法和模糊综合评价法相融合，对不同风险因素的权重和影响程度进行量化，实现对深基坑支护、高支模搭设等主要环节潜在风险的精确识别。预警系统要依靠物联网技术，实时收集施工现场的人员定位、设备运行参数、环境监测数据等信息，建立风险阈值数据库。当监测数据超出安全阈值时，系统会自动启动分级预警机制，向项目管理人员发送风险预警信息和处置建议。该体系的健全可把传统的事后赏罚转换为事前防范，通过预先介入风险环节，减少安全事故的发生几率，为赏罚制度从惩处导向往激励导向的模式转变提供技术支撑，保证赏罚措施与风险管控的动态符合，加强安全管理的前瞻性和实效性。

2. 应急管理 with 事故处理

应急管理与事故处理需构建“预防—响应—恢复”全流程闭环体系。在预防环节，部署智能监测系统，利用物联网与 AI 算法实现异常状态的实时预警与精准定位，将风险遏制在萌芽阶段。响应阶段依托 BIM 模型动态模拟事故扩散路径，优化救援路线与资源调配方案，同时建立跨部门协同响应机制，明确指挥权限与联动流程，显著缩短应急响应时长。事后需严格界定责任归属，制定标准化处置方案，系统追溯事故根源，并将经验反馈至预防措施中，实现闭环迭代。未来应深度融合数字孪生技术，打造应急场景虚拟推演平台，支持多情景事故模拟与资源动态优化配置，提升预案科学性与实战性。同时，推动奖惩制度从结果考核向过程管控延伸，构建应急能力量化评估体系，将评估结果与奖惩机制挂钩，强化全员主动响应意识，最终形成“风险预判—快速处置—持续改进”的效能提升闭环，系统增强组织整体应急韧性。

五、总结

本研究专注土木建筑工程安全管理奖惩制度的模式变革,研究从以处罚为主导转变为奖励损失内化的机制。根据制度经济学和安全管理学说,说明此机制在风险防范、责任分担以及安全行为激励等方面的长处。在广州机场高速白云服务区东区项目实践里,把安全绩效和经济奖励、责任追溯相绑定,确实降低了事故

发生概率,加强主动安全观念,不过也显现出奖励标准动态调节欠缺、跨部门协作机制不完善、一线人员参与程度不高等状况。提出建立动态奖励机制、搭建多主体协作网络、健全一线参与激励等优化策略。该研究为奖惩制度的优化建立理论框架,其实践经验具备可参考性,有助于推动安全管理由被动监管朝着主动防控的方向转变。

参考文献

- [1]程敏.关于建筑工程项目安全管理创新的研究[J].山西建筑,2013,39(13):254-255
- [2]胡晓武.土木工程施工安全管理模式创新研究[J].科技致富向导,2012,000(2):74
- [3]易冬福,殷耀玺.土木工程施工安全管理模式创新研究[J].中国建筑金属结构,2021(10):40-41
- [4]邵琳,李小方.建筑工程的安全与经济管理研究[J].建筑工程技术与设计,2016,000(19):3176
- [5]李刚.土木建筑工程结构的安全性及耐久性探析[J].商品与质量:消费研究,2015,000(9):P.346-346.
- [6]夏根平.试论土木建筑工程的施工管理[J].城市建设理论研究(电子版),2016,000(4):359-359.
- [7]梁雪峰.土木建筑工程的质量影响因素及其管理分析[J].建材与装饰,2018,(16)168-169.
- [8]孔雪娇.对土木建筑工程造价控制的问题和措施分析[J].引文版:工程技术,2016,000(001):P.55-55.
- [9]赵长智,赵乐臣.论建筑土木工程中施工质量的控制措施[J].住宅与房地产,2016,(27)211.
- [10]周亚超.土木工程施工管理[J].商品与质量:建筑与发展,2014,000(006):P.290-290.

建筑工程施工创优资料关键环节指导策略

贺泓雨

广东 东莞 523000

DOI:10.61369/UAID.2026030074

摘 要： 建筑工程施工创优资料的管理属于系统性的工作，要通过前期的规划以及制度的搭建来明确目标与责任，在施工进程中同步生成资料并且进行动态的归集，针对主要的专项资料（像物资试验、隐蔽工程等）实施精细化的管控，以此保证资料真实且可追溯，再结合影像资料与申报资料开展结构化的编排，各个环节相互协作建立起科学的体系，为创优评审以及质量目标的实现提供支撑。

关 键 词： 建筑工程；施工创优资料管理；全过程管控

Guidance Strategy for Key Aspects of High-Quality Construction Project Documentation

He Hongyu

Dongguan, Guangdong 523000

Abstract： The management of excellent materials for construction of construction projects is a systematic work. It is necessary to clarify the objectives and responsibilities through early planning and system construction, synchronously generate data and dynamically collect them in the construction process, and implement fine management and control for the main special materials (such as material tests, hidden projects, etc.), so as to ensure the authenticity and traceability of the data. Combined with the image data and the declaration data, the structured arrangement is carried out. Each link cooperates with each other to establish a scientific system, which provides support for the evaluation of excellence and the realization of quality objectives.

Keywords： construction engineering; high-quality construction documentation management; full-process control

引言

建筑工程施工的创优资料管理属于保障工程质量、加强项目竞争力的主要部分，其规范性与系统性会直接对创优评审结果以及工程全生命周期的价值实现产生影响。2022 年公布的《十四五建筑业发展规划》清晰提出以质量提高为核心，促进建筑业数字化转变与精细化管控，为创优资料管理提供政策引导。根据这一指引，创优资料管理要从前期规划开始，通过目标拆分和体系搭建来清楚资料管理方案，在工程施工期间建立同步记录与动态归集的机制，并且重点关注物资试验、隐蔽工程等主要专项资料的精准化管控，保证资料的真实性、完整性以及可追溯性。这些管理措施不仅符合政策规定，还能为工程创优评估提供有力保障，推动项目实现质量指标与品牌意义的双重增进。

一、前期策划与制度指导

（一）开工阶段创优目标与体系构建

动工阶段的创优目标及体系搭建要以工程全流程质量提高为指引，体系化地设定创优目标，且为后续资料管理提供引导。质量目标需根据工程类别、规模以及行业规范开展层级划分，从单位工程直至分部分项工程，转变为混凝土强度合格比率、装饰面平整程度等具备可操作性的指标。优质创建指标的量化工作要通过技术规范 and 评价标准，确定验收的阈值以及数据采集的要求，

为资料记录提供支撑根据。组织管理体系需组建以项目经理为核心的创优质工程工作小组，清晰界定技术、质量、资料等岗位的职责，建立目标责任矩阵，形成目标、责任、资料的联动模式。在项目前期策划时，要同时确定好资料管理的逻辑，保证全部施工资料围绕着实现创优目标的进程来记录，维持资料的真实性、完整性以及可追溯性，为全程的创优资料管理建立执行方案，让资料成为体现创优目标实现状况的主要载体^[1]。

（二）创优资料管理制度与责任分工

创优资料管理机制需以归口管控为主要，确定资料产生、搜

集、整理及归档的责任方，建立包括全流程的管理闭环。制度规划应把资料管理融入项目管理方案，设置特定岗位承担标准拟定、流程监管以及质量审查工作，保证资料和工程进度同步推进，防止事后补登造成偏差^[4]。岗位责任需细化到各参与主体：施工单位的技术负责人对资料的真实性承担总体责任，资料管理员负责日常的收集与整理工作，专业工程师要及时提交原始资料，监理单位履行审核签认的职责，通过将责任落实到个人来保障资料的质量。过程监管需包括定时检查和动态抽检，根据工程节点设定资料验收步骤，针对不符合要求的情况及时整改，并且把资料质量和绩效考核相联系，通过制度化约束加强资料管理的规范性与连贯性，为创优评估提供可信支持。

二、施工过程基础竣工资料全过程控制

（一）施工过程资料同步形成机制

施工流程资料同步生成机制要保证施工记录和工程实体进展高度相符。在施工活动进行期间，技术人员需按照工序节点及时填写施工日志、检验批验收记录、材料进场检验报告等资料，防止事后补写造成信息失真。举例来说钢筋绑扎完毕后要同步记载规格、间距以及质量数据，同时附上影像资料，建立实体施工、资料记录、影像留痕的闭环式管理。动态归集体系需搭建电子化管理系统，把各专业的过程资料按照施工段落、分部工程进行分类存档，实现实时更新和共享。技术负责人需定时核对资料和实体进度的相符程度，迅速纠正偏差。过程记录与即时整理能够确保竣工资料的完备性，为创优评审提供真实且可追溯的凭据，防止因资料延迟而对申报产生影响^[5]。

（二）竣工资料完整性与一致性控制

竣工资料的完备性与连贯性控制，是确保符合创优评审标准的主要所在。完整性核查应包括施工记录、检验批、隐蔽工程验收、材料合格证等全流程文件，通过建立资料清单与过程台账，防止桩基检测报告、混凝土强度报告等重要文件出现缺失。逻辑连贯性审查需留意时间、数据以及责任主体逻辑，例如施工日志的日期要和检验批验收时间相符，试验报告的要满足设计要求，签字盖章的人员要符合管理方案，消除时间上的矛盾或者数据的冲突。跨专业协作要通过统一编码系统和协作平台，实现土建、机电、装饰等资料的关联，例如机电管线图要和结构预留孔洞资料相匹配，避免专业分离造成漏洞。运用BIM等数字化手段开展关联校验，能够提高审查效能，保障资料的系统性与严谨度，为创优评审提供可靠支持^[4]。

三、关键专项资料精细化管理

（一）物资与试验检测资料控制

1. 材料进场验收与合格证明管理

材料入场验收资料的管理应以来源真实、过程可追溯为主要，通过多方面核验实现资料和实物一致性的管控。入场材料要同时核查合格证、出厂检测报告等证明文件的完备性与有效性，

重点验证文件编号、批号、参数和实物标识的匹配状况，防止证物不符或无证入场。验收需建立双签认机制，材料员和质检员一同认定资料的真实性以及实物质量，随后签字留存，以此保障责任具备可追溯性。重要材料像钢筋、混凝土之类的，要同步收集第三方复试报告，建立合格证、检测报告、复试报告的闭环资料链条^[6]。能够通过信息化平台开展数字化存档工作，运用二维码或者RFID技术关联批次数据，实现动态查询以及全生命周期跟踪，为创优提供可信的物资资料保障。

2. 试验检测频率与数据真实性控制

试验检测频次与数据真实性把控是创优资料管理的主要部分，直接关乎评审成效。检测频次应严格按照国家和行业规范，针对不同材料以及施工时期明确批次与数量，例如混凝土抗压试块每100m³或每台班留置一组，抗渗试块每500m³留置一组^[6]。数据记载需保证实时且规范，原始记载要包括检测的时间、环境、设备编号以及人员信息，严禁事后补填或者涂改。真实性核验需贯穿整个流程，通过见证取样、机构资质审查以及数据追溯实现，例如核对钢筋合格证、复验报告和现场记录的相符性，排查造假隐患。能够通过信息化平台实现数据的自动采集与上传，削减人为因素的干扰，加强可信度，降低创优评审里主要的扣分风险。

（二）隐蔽工程与质量安全资料控制

1. 隐蔽工程验收记录标准化

隐蔽工程验收记录的标准化要通过规范验收步骤、签字手续以及影像保存，实现质量可追溯。验收程序需清晰规定施工单位在自行检验合格之后填写相关记录，由技术负责人进行审核并告知监理开展验收工作；验收工作要根据设计图纸以及规范要求，对材料规格、施工工艺、偏差情况等逐一进行检查，保证达到创优标准。签字流程要明确各方职责，质检员、技术负责人、专业监理以及总监按顺序签署意见，严格禁止代签和补签。影像保存需运用高清设备对施工和验收的主要环节进行拍摄，影像要包括部位、日期、人员等相关信息，和验收记录对应存档，并且按部位建立电子档案并标注编号，以方便检索。通过上述办法，建立完备质量证据链条，为创优工作提供可靠保障^[7]。

2. 质量安全问题整改闭环资料

质量安全问题整改的闭环资料管理要贯穿从问题识别到归档的整个流程，保证资料和整改行为同步进行验证。在问题记录环节，要确定问题出现的部位、问题的性质、责任的主体，并且要有影像作为佐证，编制《质量安全问题整改通知书》，写明整改的期限和要求，防止因表述模糊而造成追溯难题。整改办法需根据问题根源来制定，包括技术方案、资源分配以及执行负责人，资料要留存方案审批单、过程影像和材料合格证等支撑性文档，保证措施能够追溯。复查核验环节应由项目技术负责人或者第三方监理开展，填写《整改复查记录表》，比较整改前后状况，针对未达标项目要求进行二次整改，直至达到规范标准。归档完整性管控要求把问题记录、整改方案、复查结果以及验收意见根据时间顺序编号装订成册，建立电子台账并关联对应施工部位和验收节点，以利于后期质量追溯以及创优评审查阅。此闭环管理机

制要融入项目质量管控体系，通过资料的动态更新和交叉核实，确保质量安全问题整改的有效性和可追溯性，为工程创优提供重要资料支持^[8]。

四、创优专项与申报资料体系

（一）创优特色资料策划

1. 工程亮点提炼与资料支撑

工程创建优质项目时亮点挖掘要结合技术改革、管理模式的突破以及质量管控成效，通过系统化的资料支撑来加强说服力。在技术成果领域，需重点关注新型模板系统、绿色建筑等创新运用，将施工规划、技术指导、检测信息以及第三方报告当作核心材料，展现其先进性。管理改革要凸显 BIM 等信息化方面的突破，通过流程文档、数据图表以及案例报告来量化效率提高的成果。质量方面的优势依靠验收记录、常见问题防治办法以及影像资料，再结合第三方评估报告，建立起闭环的证据链条。资料支撑需重视逻辑联系，融合技术、管理和质量要素，通过数据比对、案例分析以及专家见解提高可信度，保证规范完备，防止碎片化，建立系统亮点证明方案，加强申报竞争能力，例如程丹（2023）重点指出资料管理对于工程质量的核心价值^[9]。

2. 专项工法与技术总结资料

专项工法及技术总结材料是建筑工程施工创优材料的主要技术保障，其编撰要重点于技术成果的体系化梳理与规范化显示。专项工法需清晰界定工法名称、适用范围、工艺原理、施工流程以及操作要点，结合实际工程案例说明主要技术参数和质量控制标准，凸显工法的创新性与应用价值。例如新型模板支撑体系工法要对周转次数、安装精度等指标进行量化，展现技术的先进性^[10]。技术总结材料要针对工程重点难点，梳理主要技术的研发背景、实施流程与成果检验，通过对比传统工艺的优势数据，像工期缩减率、成本节省比例等，加强技术成果的说服力。资料编写应根据行业规范样式，保证内容逻辑通顺、数据精准，同时纳入 BIM 技术运用、绿色建筑等创新要点，让技术深度和创优需求紧密相符，为申报材料提供稳固的技术支撑。

（二）影像资料专项管理

1. 施工过程影像采集规范

此节围绕施工影像资料采集准则展开，主要包括拍摄节点把控、内容完备性要求以及标准化记录形式，从而加强影像资料的证据效能。施工影像资料收集要严格符合工程主要部位，包含地基处理、主体结构施工、隐蔽工程验收、主要工序交接等核心部分，保证影像节点和施工进度同步，防止错过重要施工阶段。内容完备性要求包括施工位置、时间、参与人员、施工状况等要素，要清晰展现施工工艺的具体细节、材料规格以及质量管控措施，像钢筋绑扎的间距、混凝土浇筑的流程等主要信息都要体现，同时要记录特殊情况及其处理流程，确保影像资料具备可追溯性。规范化记录形式要统一影像摄制参数，运用高清器材保证画面清楚，摄制角度应包含整体场景和局部详情，摄制时同时记录文字阐释，包含工程名称、部位、日期、拍摄人等内容，并且

建立影像资料编码机制，实现分类保存与迅速检索，为创优申报提供具备法律效力的直观证据支持。

2. 关键节点影像归档要求

重要节点影像存档需以创优准则为主要，确定采集和存档规范。影像应包括地基、主体、主要部位建造、隐蔽工程验收以及新材料运用等环节，清楚展现实体质量、工艺细节和验收流程。归档需按照施工阶段和专业进行分类，建立与进度同步的时间轴索引，防止逻辑出现混乱。影像资料应和实体工程相符，部位、工艺、规格等要与施工记录和验收资料相匹配，禁止进行编辑或虚构。文档应标注工程项目名称、具体节点部位、拍摄的时间以及相关人员等元数据，运用不可篡改的格式进行存储，保证数据真实且可追溯，为创优申报提供直观可信的视觉支持，满足评审工作对实体质量和过程管理的核查要求。

（三）奖项申报资料编制指导

1. 申报材料结构与逻辑组织

申报材料方案要紧扣创优核心目的，以项目工程概况为基础，依次铺陈创优规划、过程管理、技术改革、质量成效、社会效益等板块，建立从目标确立到成果检验的完备逻辑链条。各个模块的内容应当紧密相连，例如策划要清晰指出技术难题与应对办法，管控要和策划节点相对应，创新需展现出对质量的实际功效。逻辑方案需符合评审角度，重点于质量控制有效性、技术先进性、管理规范，把工程闪光点与评审准则逐一对应，凭借数据、图表、影像等实证加强说服力。编排宜采用总分方案，总体说明提炼核心价值，分点叙述细化具体措施与成效，保证评审人员迅速获取主要信息，加强可读性与评审效能。

2. 评分要点匹配与优化策略

申报材料需以评审指标为核心，搭建专项内容、评分要点、资料支撑对应关联，把工程优势转变为可量化、可核验的申报表述。匹配方案需严格根据评审细则的分值分布情况，针对技术创新、质量控制等方面，把主要数据和评分项逐个对应起来，防止出现冗余或者缺失的状况。优化表述时要凸显独特性和先进性，例如把复杂的工艺流程转变为直观的可视化流程图和对比图，以数据图表的形式展示验收合格比率、工期节约比率等各项指标，同时通过第三方检测报告、专家的相关意见等具有权威性的材料来加强可信度。资料需以工程时间顺序为线索，串连技术难题攻克、创新运用以及综合效益实现的整个过程，保证评审专家能够迅速抓住亮点，加强说服力与通过率。

五、总结

建筑工程施工优质资料管理属于一项系统性的工作，其主要在于对主要节点进行精确掌控，实现资料的完备性、真实性以及提高评审的竞争力。早期规划与制度建立为创优资料管理筑牢基础，清晰的目标和规范的流程让资料管理有规可依；施工进度中的资料把控贯穿项目全周期，动态追踪与即时记录保证资料和工程进度协同；物资试验、隐蔽工程、质量安全以及专项申报资料作为创优资料的主要构成部分，要用严谨的态度保证数据真

实、过程可回溯。全流程管理要求自项目启动到竣工验收，资料管理和工程建设深度结合，防止资料出现脱节情况；规范化管理通过统一的格式和要求，提高资料的规范性与可读性；闭环式管理依靠定期检查、问题整改以及持续优化，建立管理的良性循

环。各部分彼此关联、协同发力，一同搭建起一套科学有效的创优资料管理机制，为建筑工程创优评审提供有力支撑，最终推动项目实现质量目标与品牌价值的提高。

参考文献

- [1] 潘思韵. 名创优品品牌重塑策略研究 [D]. 吉林: 吉林大学, 2022.
- [2] 潘彦霖. 蔚来汽车自有 APP 的价值共创优化策略研究 [D]. 上海: 上海财经大学, 2023.
- [3] 许玉林. 建筑工程施工现场安全评价虚拟仿真实验系统设计研究 [D]. 辽宁: 沈阳建筑大学, 2022.
- [4] 林超. 基于数据包络分析法 (DEA) 的建筑工程施工阶段 BIM 5D 应用效能研究 [D]. 广东: 华南理工大学, 2022.
- [5] 陈亚雄. 浅析建筑电气工程施工资料创优要点 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2023(11): 126-129.
- [6] 温贞. 建筑工程造价全过程管控思路研究 [J]. 建筑与装饰, 2022(17): 10-12.
- [7] 李平. 建筑工程造价全过程管控对策 [J]. 建筑与装饰, 2023(9): 1-3.
- [8] 程丹. 试析建筑工程施工资料管理的重要性及优化策略 [J]. 建筑·建材·装饰, 2023(19).
- [9] 王利民. 建筑工程造价的全过程管控要点探析 [J]. 现代工程科技, 2022, 1(4): 117-120.

建筑工程现场管理中质量控制与进度协调 的集成管理模式探讨

叶剑飞

广州珠江监理咨询集团有限公司，广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030075

摘 要： 在建筑工程的现场管理工作中，要兼顾质量把控与进度协同，这两者既相互制约又相互促进。当下管理方面存在质量制度落实不彻底、进度计划缺少动态特性等情况。集成管理模式将系统协同、动态优化作为核心，通过组织重构、信息化支撑（例如 BIM、物联网）、全过程监测等措施，破除部门间的壁垒，实现二者的动态均衡，加强工程质量与进度的可控程度，未来要结合技术对体系进行深化完善。

关 键 词： 建筑工程现场管理；质量控制与进度协调；集成管理模式

Discussion on the Integrated Management Model for Quality Control and Progress Coordination in Construction Project Site Management

Ye Jianfei

Guangzhou Pearl River Supervision Consulting Group Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： In the on-site management of construction projects, both quality control and progress coordination should be taken into account, both of which restrict and promote each other. At present, there are some problems in management, such as incomplete implementation of quality system and lack of dynamic characteristics of schedule. The integrated management mode takes system coordination and dynamic optimization as the core. Through organizational reconstruction, information support (such as BIM, Internet of Things), whole process monitoring and other measures, it breaks down the barriers between departments, realizes the dynamic balance between the two, and strengthens the controllable degree of engineering quality and progress. In the future, the system should be deepened and improved in combination with technology.

Keywords： construction project site management; quality control and progress coordination; integrated management model

引言

建设工程现场管控作为项目工程实施阶段的核心要点，对确保工程质量、进度与安全目标实现起着主要效用。但是在传统管理模式当中，质量控制和进度协调往往处于孤立状况，容易导致工序矛盾、资源损耗等问题，对项目整体效益的提高产生制约。2022年发布的《十四五建筑业发展规划》清晰提出推进智能建造与新型建筑工业化协同发展，提高工程质量安全水平和效率，为现场管理模式改革提供政策导向。在此基础上，本文针对建筑工程现场质量管控与进度协调的内在联系开展研究，分析现存的问题，提出系统协同、动态优化等集成管理准则，探寻信息化支持下的协同机制与优化措施，目的是建立符合现代建筑工程需求的集成管理方式，为提高现场管理精细化程度与项目综合效益提供理论和实践方面的参考。

一、建筑工程现场管理中质量控制与进度协调的理论基础

（一）建筑工程现场管理的基本内涵

建筑工程项目实施阶段中，建筑工程现场管理是针对人、机、料、法、环等要素开展统筹安排、组织协调以及动态把控的系统性工作。其目的在于通过优化资源配置和过程管理控制，实

现工程建设的目标^[1]。其包括的内容有施工组织实施、工序质量监管、进度追踪、安全维护以及成本管控等，各项之间相互关联且相互制约，共同构成管理的整体。管理目的是于预定工期内，用合理费用交付合格的建筑产品，且保证施工安全符合规定。质量把控是现场管控的主要，通过原材料检测、工序查验以及隐蔽工程核对等措施防范质量瑕疵；进度管理会制定且动态优化计划，确保工序衔接顺畅。二者于现场管理里的地位无可取代：质

量把控对进度推进提供保障,进度管控为质量实现创造条件,其协同水平直接影响工程总体效益,为集成管理模式研究提供理论支撑。

(二) 质量控制与进度协调的内在关系

在建筑工程的现场管理工作里,质量控制和进度协调显示出相互制约且相互促进的动态关联。质量管控应根据技术规范,若过度缩减工序或许会造成质量瑕疵并引发返工,反倒拖慢进度^[2];科学的进度安排能够为质量检验预留充裕时间,减少赶工产生的质量隐患。两者协同很主要:仅仅强调品质容易使得工期变长、成本提高,单方面追求速度则或许会牺牲品质,增添安全风险与后期维护费用。集成管理的重要性源自建筑工程的系统特性,施工现场管理需同时实现质量合格与进度可掌控的目标。通过集成管理方式,能够破除部门障碍,建立信息共享与协同决策的机制,在确保工程质量的基础上优化进度规划,提高项目总体效益,为后续的研究提供理论支持。

二、建筑工程现场管理中质量控制与进度协调存在的问题

(一) 质量控制存在的主要问题

在建筑工程的现场管控里,质量把控的主要难题显示在施工安排、管理规章、现场监管以及人员治理等领域。施工组织欠缺前瞻性,前期规划未全面考量工艺合理性和资源配置均衡度,导致工序衔接不顺、交叉作业杂乱,对质量稳定性产生影响^[3]。质量管理制度落实不充分,存在重形式、轻实效状况,例如材料检验浮于表面、隐蔽工程验收记录有缺失,未能建立起有效的管控闭环。现场监管机制欠佳,监管人员专业素养或监督频次不够,难以迅速察觉质量风险,特别是在主要工序与隐蔽部位,容易造成问题在后期显现,提高返工费用。在人员管理领域,一线工人的技能水平存在差异,质量意识的培训有所欠缺,操作不依规的情况较为常见;管理人员在质量责任方面划分不清晰,问题产生后互相推诿,对及时解决造成影响。这些难题彼此关联,一同对质量控制成效产生制约,迫切需要通过集成管理方式进行优化。

(二) 进度协调存在的主要问题

进度协调的主要问题专注在施工规划编制、资源调配、工序衔接以及沟通协调等方面。施工规划编制欠缺动态特性与灵活性,大多根据理想化情形制定,未全面考量现场突发情况,导致规划和实际执行明显脱节,难以处理设计变更、天气变动等影响^[4]。资源分配不均衡,人力、材料、设备等调配依靠经验判定,未根据工序要求精确调度,导致主要工序资源短缺、非主要工序资源闲置,导致进度延迟。工序衔接缺少系统性的规划安排,各专业施工队伍在交叉作业时缺乏有效的协同配合,前道工序验收出现滞后情况或者后道工序提前介入,造成工序冲突以及窝工现象频繁发生。沟通协调机制存在不足,建设、施工、监理和分包单位之间信息传递出现滞后或偏差情况,问题反馈与决策的流程较为冗长,难以迅速解决现场进度方面的阻碍。这些问题彼此关联,不但降低建造效率,还可能因抢工期而舍弃质量管控

标准,最终对质量目标实现产生影响。

三、建筑工程现场管理中质量控制与进度协调的集成管理模式

(一) 集成管理模式构建原则

1. 系统协同管理原则

系统协同管控原则是集成管理模式的主要,注重把质量把控与进度协调当作彼此关联、动态作用的有机整体^[5]。此项原则强调全过程的协同配合,在项目策划时期就同步规划好质量目标和进度安排,防止后续因目标出现冲突而造成资源浪费以及工期延迟。全要素协同要对人、材、机、法、环等要素进行整合,通过统一的信息平台实现动态优化,例如把材料检验结果及时反馈到进度调整步骤,保证材料供应和施工相互匹配。多主体协作需要业主、施工单位、监理单位等破除信息障碍,通过定期协作会议、跨部门工作小组等机制建立目标统一的管理共同体,防止因利益矛盾造成质量和进度失调。系统协同原则的施行要依靠数字化技术搭建集成管理系统,实现质量和进度数据的即时交互与分析,在动态调控里确保工程整体目标的一致。

2. 动态优化管理原则

动态优化管理准则将施工现场的动态特性作为核心,通过动态监测、即时调整以及持续优化的闭环体系,实现质量管控与进度协调的动态均衡。面对设计更改、资源起伏等不确定因素,传统的静态模式难以适应^[6]。此原则需要建立包括全流程的动态监测系统,通过BIM、物联网实时收集质量和进度信息,建立动态数据库;凭借阈值预警来识别偏差,例如当质量超出规定范围时自动启动进度调整方案,当进度落后时重新评估资源分配以保证质量不受影响。需持续结合历史数据和实时反馈来迭代优化管理策略,分析质量问题里与进度相关联的因素,对工序衔接做出调整并对进度弹性空间加以优化,加强对现场动态变动的适应能力,最终协同推动质量和进度的提高。

(二) 集成管理模式实施路径

1. 质量与进度协同管理机制建设

质量和进度协同管控要以组织体系重塑为基础,搭建由项目经理引领的跨职能小组,破除部门隔阂,实现目标一致、资源共用^[7]。确定岗位职责,把质量指标和进度节点归入统一的考核机制,例如技术负责人同时审核方案的质量合规情况与进度可行状况,施工班组一并提交质量验收与进度完成的报告。通过BIM建立集成式信息平台,即时共享质量检测、进度偏差以及资源调配数据,降低因信息不对称而产生的协调成本。建立动态闭环式监督反馈体系,通过联合巡查、第三方测评同步预警质量方面的隐患以及进度的延误情况,针对问题的根源拟定联动整改措施,例如在进行质量返工的时候,进度管理部门同步对计划作出调整并且协调资源进行补位,最终实现质量整改和进度纠偏的协同推进,提高管理效能与决策响应速率。

2. 信息化支撑下的集成管理应用

在信息化支持下的集成管理运用能够通过BIM技术搭建可视

化的模型，把质量控制规范和进度规划嵌入到模型节点之中，实现质量验收和进度节点的实时关联。一旦某道工序的质量检测数据出现异常，系统会自动启动进度预警并推送整改方案^[8]。物联网装置能够实时收集施工现场的人员、材料、设备的状态信息，通过数据分析平台动态适配资源需求和进度规划，防止因资源匮乏造成的进度滞后或质量隐患。移动终端应用程序能够实现质量验收记录、进度偏差反馈的实时上传，管理人员通过云端平台同步获取现场数据，结合大数据分析手段预估潜在风险，提前对资源配置与施工方案进行调整。区块链技术的运用可保证质量数据和进度记录无法被篡改，为集成管理提供可靠的数据基础，进一步提高管理决策的精确性与效能。

四、建筑工程现场管理中质量控制与进度协调集成管理模式优化策略

（一）完善现场管理体系

1. 健全质量与进度管理制度

完善集成管理模式要以完备质量和进度管理规章为基础。质量制度需详细划分各分部分项的验收准则，确定主要工序的控制要点，引入第三方检测和内部旁站监督相融合的机制^[9]。进度机制要根据 WBS 来制定动态规划，运用主要路径法识别主要工序，设置偏差预警界限（例如偏离规划 10% 时开启协调程序）^[9]。制度执行方面要把质量达标比例与进度完成比例纳入绩效考评，加强责任的落实；并且建立协同决策体系，在出现质量返工或者进度滞后情况时组织多方面进行协调，在符合质量规范的基础上调整规划，防止单一目标占优造成整体失调。集成式制度规划能够让质量缺陷比率降低 15% 以上，让进度延误风险降低 20%，通过系统性的优化实现质量和进度目标的协调一致。

2. 优化现场组织与资源配置

对组织与资源配置进行优化，是实现质量和进度集成管理的核心保障。需搭建以项目经理为核心的扁平式团队，清晰界定质量和进度交叉的岗位责任，破除信息障碍，保证验收节点和进度规划相符合^[10]。通过 BIM 建立动态资源信息库，及时匹配人员、设备以及材料需求，例如统筹混凝土的供应和运输，防止因断供引发延误或缺陷。在人员管理上开展技能分级并采用弹性排班方式，以平衡人力需求，避免人员闲置或人力不足情况。设备管理建立维护和预警体系，根据计划安排设备的进场与退场，例如塔吊的布置需同时考量效率与安全。物资管理加强供应链协作，运用 JIT 方式降低库存，严格把控进场检验，从根上杜绝返工与延误。经过上述优化措施，实现质量和进度的深度交融，为集成化管理奠定坚实基础支撑。

（二）强化全过程动态控制

1. 建立全过程监测机制

建立全流程监测机制为集成管理的主要部分，要针对施工整个周期搭建多方面动态监测系统。通过实时数据收集，融合 BIM、物联网传感器和移动终端，同步跟踪质量指标（如混凝土强度）和进度节点（如工序衔接时间）。监控覆盖材料入场、施

工操作直至成品验收的整个流程，针对高风险工序设定预警界限值，当质量出现偏差或者进度滞后比例达 10% 以上时，自动启动预警并推送。同时建立质量缺陷和进度延误的因果联系，通过数据分析找出主要影响因素（例如材料供应延迟、工艺返工情况），为持续优化提供支持。机制引入第三方监督环节，定时核查数据的真实性和完整性，保证结果可信，为质量和进度的动态调控提供精确根据，提高现场管理的精细化程度。

2. 加强现场协调与风险应对

优化整合管理要加强现场协同与风险处理能力。搭建通过 BIM 的信息共享体系，实现设计、施工、监理等主体的实时数据交换，破除信息障碍，保证质量标准和进度计划同步传递。组建跨部门协作小组，定时开展现场协调会议，实时商议工序衔接和资源分配，防止因沟通欠佳造成返工或者延误。依靠大数据分析预先识别材料滞后、方案更改等风险，建立等级评定体系和应急预案，例如针对混凝土强度不够预存备用配合比，针对恶劣气候提前调节工序并储备物资。通过上述办法实现质量和进度的深度交融，确保工程在动态改变中顺利推进，提高现场整体效率。

（三）提升综合管理保障能力

1. 加强人员能力建设

强化人员能力培育是集成管理模式的主要人才支撑，要从专业训练、绩效考评以及团队合作三方面展开。培训需搭建包含质量准则、进度手段、BIM 运用以及冲突协调措施的课程方案，通过案例与模拟实操加强管理人员权衡质量和进度的决策水平。绩效考评要建立以质量达标比率、进度偏差比率以及协同效果为主要指标系统，把集成目标拆解成岗位职责，定时评估且动态优化，防止片面地追求单个目标。团队协作机制要破除部门隔阂，通过跨专业交流平台、定时协调会议以及信息互通，推动技术、施工、监理等岗位协同合作，建立以集成目标为指引的工作合力，保障质量和进度紧密衔接，为集成管理提供稳固人才保障。

2. 推动持续改进与管理创新

促进持续优化与管理改革是完善集成管理模式的主要途径。要建立常态化的经验总结模式，定时回顾质量偏差以及进度延误的实例，萃取主要难点与成功做法，打造能够复制的管理知识库。促使理念由事后纠偏朝事前预防转换，引入精益建造、敏捷管理，把质量目标和进度节点进行深度关联，打造动态适配逻辑。在技术改革领域，通过 BIM 实现质量和进度的可视化整合，运用物联网实时收集数据，凭借大数据预估质量隐患与进度阻碍，加强决策的精确性。在组织架构方面，破除部门隔阂，组建跨职能的集成式团队，清晰界定质量和进度协同的职责，促进信息共享以及流程改革，建立质量、进度的联动闭合回路。凭借理念改革、技术升级以及组织完善，不断加强集成管理的适配性与实效性，实现管理水准螺旋式提高。

五、总结

总结部分重点围绕建筑工程现场管理里质量控制和进度协调集成管理模式的主要研究内容展开，包含通过动态数据的交互机

制搭建、多目标优化模型及智能决策工具的开发，还有跨部门协同机制的规划。此集成管理方式通过破除传统管理里质量和进度的孤立屏障，实现二者的动态均衡，在实践当中显示出明显的积极效用：其一利用实时数据反馈以及预警体系，确实降低质量瑕疵率，提高工程实体品质；其二凭借资源的动态调配和工序的精确衔接，降低工期延误风险，确保施工进度度的可掌控性。集成管理模式对现场管理流程进行优化，降低信息传递的损耗，提高管

理效率以及决策的科学性。未来的研究工作需要进一步健全集成管理体系，通过物联网、大数据等技术实现数据的深度分析与智能研判，加强不同管理模块间的协同作用，探寻更符合复杂工程情形的集成管理方案，进一步全方位提高工程现场的综合管理效能，为建筑工程的高质量、高效能推进提供更稳固的理论和实践保障。

参考文献

[1] 陆晶. 战略激励度、内部控制质量与企业金融化 [D]. 上海: 上海财经大学, 2022.

[2] 王月. LD 建筑工程项进度管理研究 [D]. 北京: 北京化工大学, 2022.

[3] 张藩. 基于 BIM 的房地产项目进度集成管理研究 [D]. 河南: 华北水利水电大学, 2022.

[4] 范琦琪. 分级分组护理质量控制管理模式在麻醉护理管理中的应用研究 [D]. 河南: 郑州大学, 2023.

[5] 王博. H 公司 G 信息系统集成项目进度管理研究 [D]. 陕西: 西安电子科技大学, 2022.

[6] 王恒. 房屋建筑工程现场进度管理及质量控制 [J]. 建材与装饰, 2024, 20(22): 91-93.

[7] 张国滋. 建筑工程管理施工过程中质量控制与进度控制策略探讨 [J]. 建筑·建材·装饰, 2023(5): 43-45.

[8] 遇志远. 房建工程建设中现场进度管理与质量控制方法探讨 [J]. 居业, 2024(7): 148-150.

[9] 张继伟, 张望彬, 解文龙, 等. 建筑工程管理中质量控制与进度控制策略探究 [J]. 散装水泥, 2022(6): 23-24.

[10] 马鹏辉. 建筑工程管理中施工质量控制与进度控制策略 [J]. 建材与装饰, 2023, 19(34): 94-96.

电力工程建筑电气智能化施工管理研究

刘传红

鸿信电力建设集团有限公司, 四川 成都 610000

DOI:10.61369/UAID.2026030033

摘 要 : 伴随着信息技术同工程建设的深度融合, 建筑电气智能化施工管理也成了电力工程领域的重要发展趋向。本文从意义、问题和策略三个方面展开论述, 即智能化施工管理对于提高施工质量、促进行业转型、提升管理效能有着十分重要的意义, 接着分析目前智能化技术应用同施工现场融合不到位、管理人员专业水平不高、标准规范体系不健全等问题, 最后从创建技术集成应用体系、加强人才队伍建设、健全标准规范这三个方面给出改善策略, 期望能给电力工程建设电气智能化施工管理水平的改进给予参照。

关 键 词 : 电力工程; 建筑电气; 智能化施工; 施工管理; 优化策略

Research on Intelligent Construction Management of Electrical Engineering in Power Projects

Liu Chuanhong

Hongxin Electric Power Construction Group Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 610000

Abstract : With the deep integration of information technology and engineering construction, intelligent construction management of building electrical systems has become an important development trend in the field of power engineering. This article discusses from three aspects: significance, problems, and strategies. That is, intelligent construction management has very important significance for improving construction quality, promoting industry transformation, and enhancing management efficiency. Then, it analyzes the problems such as the insufficient integration of intelligent technology with the construction site, the low professional level of managers, and the incomplete standard and specification system. Finally, it provides improvement strategies from three aspects: establishing a technical integration application system, strengthening talent team building, and improving the standard and specification system. It is expected to provide a reference for the improvement of the intelligent construction management level of building electrical systems in power engineering.

Keywords : power engineering; building electrical engineering; intelligent construction; construction management; optimization strategy

引言

近年来, 电力基础设施建设速度不断加快, 建筑电气工程规模和复杂程度不断提高, 传统的施工管理模式已经不能满足现代工程对于质量、效率、安全的要求。智能化技术被广泛使用之后, 给建筑电气施工管理带来了深刻的改变, 促使管理方式由粗放型转变为精细化、数字化。但是目前我国建筑电气智能化施工管理还存在着许多薄弱环节, 需要进行系统的探究并加以推进。本文根据电力工程建设实际情况, 对建筑电气智能化施工管理的主要问题进行分析, 提出行之有效的改进措施, 为电力工程建设实践提供一定的理论依据和借鉴意义。

一、建筑电气智能化施工管理的意义

(一) 提升电力工程施工质量与安全水平

施工质量、安全属于电力工程建设的主要命题, 智能管理手段的加入为它的达成提供有力支撑。建筑电气工程包含供配电、照明、弱电等诸多系统, 施工工序繁杂, 技术标准高, 传统的依靠人工巡检和经验判断的管理方式存在着较大的不足, 不能够对

施工全过程进行精确的控制。引入智能化施工管理系统之后, 可以利用传感器、物联网等技术手段对电气设备安装精度、线路敷设规范性、绝缘性能等重要指标展开实时监测和数据采集, 一旦出现偏差就会发出预警信号, 管理人员能够立即采取措施进行处理, 有效地防止质量隐患的发生^[1]。与此同时, 智能化管理平台可以对施工现场的电气安全风险实施动态评价, 依靠数据加以提前察觉那些会致使安全事故发生的危险要素, 从而有效地削减安

全事件出现的可能性。

（二）推动建筑电气工程智能化转型升级

目前，以数字化、网络化、智能化为特点的新一轮工业革命正在深刻地影响着建筑业的转型发展，建筑电气工程智能化已经成为行业发展的必然趋势。全面推广应用 BIM 技术、智慧工地平台等智能化工具到电力工程建筑电气施工中，可以达到电气设计信息三维可视化表达、全周期数据贯通的目的，从而促进设计、施工、运维各个环节之间的协同联动，很好地解决了传统施工过程中存在的信息孤岛、图纸错误、返工频繁等问题^[2]。更深层次的意义就是智能化施工管理的广泛推行，促使电气工程企业加快技术更新和管理创新的步伐，使整个行业由原来的劳动密集型向技术密集型转变，提高生产效率的同时也提高了工程的科技含量和附加值。

（三）增强施工管理效能与资源利用效率

施工管理效能的好坏直接影响工程项目进度控制、成本控制和资源配置是否合理。传统的建筑电气施工管理很大程度上依靠着管理人员个人的经验来开展工作，信息传递迟缓、协调能力欠缺等状况较为明显，从而引发材料浪费、工期延误等种种问题不断出现。智能化施工管理系统可以使得各种管理指令和现场数据可以以统一平台的形式实时流转，管理层可以随时了解人员、设备、材料的分布情况，科学调度资源，大大缩短了等待和协调的时间^[3]。智能化系统可以对材料消耗、用工数量、设备使用等重要数据加以准确地记载并加以统计分析，从而给管理决策赋予数据支撑，有效地防止了跑冒滴漏和重复采购的情形出现。

二、建筑电气智能化施工管理存在的问题

（一）智能化技术应用与施工现场融合不足

虽然智能化技术在建筑电气领域应用的力度越来越大，但是技术应用同施工现场的实际需求相融合的程度仍然较低，这已经成为限制智能化施工管理水平提高的主要障碍。就目前而言，部分企业虽然已经配置了 BIM 系统、智慧工地平台等硬件和软件工具，但是由于没有对本项目的实际情况进行深入的定制和流程再造，使得这些工具只能停留在表面的形式上，仅仅满足验收要求或者资料留存的目的，并不能真正地融入到施工决策、现场协调、质量控制等重要管理环节中去^[4]。造成该现象的原因有多个方面，技术产品同施工现场数据接口标准不统一，系统互连互通存在障碍，施工现场环境复杂多变，智能设备在恶劣条件下稳定性、适应性差，部分管理人员对新技术应用缺少系统培训，使用能力欠缺，致使技术功能大打折扣。除此之外，各个专业系统之间的数据共享机制还不健全，电气、土建、机电等不同的专业智能化管理平台各自为政，不能实现跨专业的协同控制，严重降低了智能化管理的总体效果，必须从系统集成以及应用深度两方面入手进行突破。

（二）施工管理人员智能化专业能力欠缺

建筑电气智能化施工管理有效推进的基础是拥有复合型专业能力的管理人才。但是目前行业内管理人员的智能化专业素养普遍不高，对提高智能化管理水平起着重要的作用。就人员构成而言，大部分现职施工管理人员是在传统的施工管理模式中成长起来的，其知识结构主要以土建、电气专业为主，对于物联网、大数据、BIM 等智能化技术的系统学习和实际操作能力比较缺乏，

面对新的技术工具时常常会表现出一种畏惧的心理或者依赖的心理，不能充分发挥出智能化工具应有的效能。建筑电气智能化施工管理所需复合型人才的培养体系还不健全，高校、职业院校相关专业课程设置跟不上行业发展需要，既懂电气工程又懂智能化管理技术的复合型人才供应严重短缺^[5]。就岗培训而言，部分企业虽然进行了技术培训，但是培训内容系统性较差、与工作实际相脱离的情况比较突出，不能产生持续的效果。人才队伍建设的滞后，已经成为建筑电气智能化施工管理深入发展的重大制约，必须引起高度重视，从培养源头和在职提升两个方面同时发力。

（三）电气施工标准规范体系有待完善

标准规范是建筑电气智能化施工管理有序开展的重要保证，但是目前相关标准规范体系的建设远远落后于行业实践的发展速度。在现行标准体系中，传统建筑电气施工的技术规范比较成熟，但是针对智能化施工管理的专项标准还处在起步阶段，覆盖范围不全、操作性不强等问题比较明显。就智能化设备选型、系统集成技术要求、数据采集和传输规范、施工过程数字化验收标准等主要方面来说，目前还没有形成统一的行业标准来加以规范，造成各个项目、各个企业之间在实际操作时存在较大的差别，管理质量也良莠不齐。与此同时，伴随着人工智能、边缘计算等新技术不断渗透，建筑电气智能化施工管理技术路线更新迭代的速度越来越快，现有的标准修订周期不能跟上技术发展的步伐，从而加大了标准规范滞后性的程度。标准缺乏既会影响工程质量的统一评价，又会给监管部门的监督执法造成麻烦，进而阻碍整个行业智能化水平的共同进步。推进创建科学完备、不断更新的建筑电气智能化施工管理标准规范体系，已经成了行业发展的迫切需要。

三、电力工程建筑电气智能化施工管理的优化策略

为直观呈现电力工程建筑电气智能化施工管理优化策略的整体逻辑与推进路径，本文对三大策略的内在结构及其最终目标加以归纳，具体如图 1 所示。

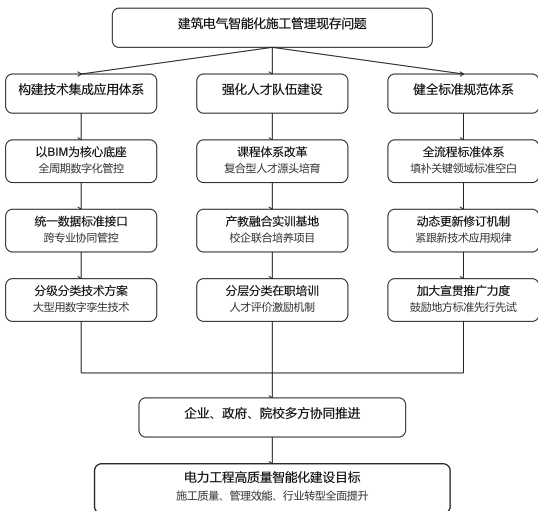


图 1：电力工程建筑电气智能化施工管理优化策略流程图

（一）构建智能化施工技术集成应用体系

解决智能化技术同施工现场融合不足的问题，关键之处在于

促使各种智能化技术由单点应用变为系统集成，创建起涵盖全流程、多专业协同的智能化施工技术集成应用体系。首先要把 BIM 技术作为主要的底座，把电气设计模型同施工现场的数据结合起来，从而达成从图纸会审、深化设计到施工交底、竣工验收全过程的数字化控制。在此基础上，依靠物联网感知网络，对现场电气设备安装位置、线缆敷设路径、接地电阻等重要参数实施实时采集并动态呈现，保证施工过程中出现的质量偏差可以被及时察觉并加以修正。其次，要统一数据标准和接口规范，促使电气、暖通、土建等各个专业的智能化管理平台之间可以相互接通，从而达成跨专业施工协调的可视化、智能化，避免出现因为信息壁垒造成的返工、延误等问题。另外，根据不同的规模、类型电力工程项目来制定分级、分类的智能化技术应用方案，不能一刀切地推广，保证技术应用的适用性、实效性。对大型复杂的工程可以采用数字孪生技术建立施工仿真模型，提前模拟施工方案的可行性并优化工序安排；对中小型工程则可以使用轻量化智慧工地平台，集中精力于质量、安全两个主要的管控要素上，精准匹配而不是盲目叠加，从而达成智能化技术由“部署工具”向“创造价值”的根本性改变，促使建筑电气施工管理效能实现实质性的改进。

（二）强化智能化施工管理人才队伍建设

人才是建筑电气智能化施工管理持续发展的第一资源，创建起结构合理、能力过硬的复合型人才队伍，才是破解管理人员智能化能力欠缺这个制约瓶颈的治本之策。就人才培养机制而言，要促使高校和职业院校加快课程体系改革步伐，把 BIM 应用技术、智慧工地管理、建筑电气智能系统这些前沿课程引进到电气工程及自动化、建筑智能化等有关专业核心课程体系当中，从根基处应对复合型人才供应短缺状况。同时推进产教融合，鼓励电力工程企业同院校共建实训基地、联合培养项目，使学生在真实的项目环境里获得智能化施工管理实战经验，加快理论到能力的转化。企业应该制定系统化的智能化能力提升计划，用分层分类的方式对不同岗位的管理人员进行培训，根据各个岗位实际需要来确定培训的内容，对项目经理和技术负责人重点培养他们的综合运用智能管理系统的能力以及决策支持能力，对施工员和质检员则主要培养他们具体使用智能工具的能力以及数据解读的能力。另外还要建立完善的智能化施工管理人才评价激励机制，把智能化应用能力作为职称评定、绩效考核、职业晋升的重要考虑

因素，用制度导向来激发管理人员主动学习、不断改进的内在动力，营造出“人人重视智能化、人人提高智能化”的良好氛围，为建筑电气智能化施工管理的持续深化提供有力的人才支撑。

（三）健全建筑电气智能化施工标准规范

标准规范的健全和完备是建筑电气智能化施工管理走向规范化、高质量发展的制度基础，也是解决目前标准缺失、执行不一问题的重要措施。首先要加快创建起覆盖智能化施工全流程的标准体系框架，重点填补智能化设备选型验收、施工过程数字化管控、系统集成技术要求、数据安全和隐私保护等关键领域缺少的标准空白，塑造起由设计、采购、施工到验收、运维各个阶段相互衔接的完备规范链条。就标准制定主体而言，应当充分调动行业协会、龙头企业、科研单位以及政府部门等各方面的积极性，广泛地吸纳一线施工管理实践中的经验，使标准既具有前瞻性又具有较强的可操作性。其次要创建标准动态更新机制，创建定期评价和快速修订通道，及时把人工智能、数字孪生、边缘计算等新技术在建筑电气施工管理方面的应用规律加入到标准里，防止标准同技术实践出现长时间的脱离情况。加大标准的宣传推广力度，以培训、示范工程、在线平台等形式提高企业、从业人员对智能化施工管理标准的知晓率和执行力，保证标准能够真正落实到实践当中。还应该鼓励有条件的地方和企业根据自身情况制定高于国家标准的地方标准和企业标准，先行先试积累经验，逐步向行业层面推广复制，最终达到建筑电气智能化施工管理全行业标准化、规范化的目的。

四、结语

建筑电气智能化施工管理属于电力工程建设领域现代化转型的课题。本文通过对智能化施工管理提升质量安全、促进行业升级、提高管理效率等各方面重要价值的梳理，对目前技术融合不够、人才能力不足、标准规范滞后等突出问题进行分析，并从技术集成应用、人才队伍培养、标准规范完善三个方面提出相应的对策。推进建筑电气智能化施工管理要企业、政府、院校等多方面共同参与，在实践中持续改进，才能真正达成电力工程高质量、高水平的智能化建设目的，为我国电力事业的持续发展筑牢根基。

参考文献

- [1] 黄春生. 建筑电气智能化弱电工程施工难点与技术要点研究 [J]. 移动信息, 2025, 47(10): 411-413.
- [2] 董帅. 建筑电气智能化弱电工程施工技术及管理 [J]. 城市开发, 2025, (14): 154-156.
- [3] 马海洋. 智能建筑电气工程施工管理信息化创新路径 [J]. 中国建设信息化, 2024, (14): 50-53.
- [4] 薛菁鑫. 建筑电气工程智能化技术的施工策略实践研究 [J]. 门窗, 2024, (9): 208-210.
- [5] 耿欣. 建筑电气工程中的电气设备智能化管理研究 [J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24(15): 160-162.

混凝土无损检测优化房建工程建材选型研究

吴美

四川省兴旺建设工程项目管理有限公司, 四川 成都 610000

DOI:10.61369/UAID.2026030056

摘 要 : 围绕房建工程混凝土质量控制与建材选型, 构建回弹法与超声波法无损检测体系, 实现表层强度与内部密实性联合评价; 结合骨料级配与区域材料适配性优化配合比与材料选择; 通过多指标融合与误差修正提升检测一致性; 基于环境作用与材料性能耦合, 形成面向全寿命周期的材料配置与质量控制方法。

关 键 词 : 混凝土无损检测; 回弹法; 超声波检测; 建材选型

Optimization of Building Materials Selection in Housing Construction Projects through Non-destructive Concrete Inspection

Wu Mei

Sichuan Province Xingwang Construction Project Management Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 610000

Abstract : Focusing on the quality control of concrete in building construction projects and the selection of building materials, an in-situ rebound method and ultrasonic wave method non-destructive testing system was established to jointly evaluate the surface strength and internal compactness; the mix ratio and material selection were optimized based on the aggregate gradation and regional material compatibility; through the integration of multiple indicators and error correction, the detection consistency was improved; based on the coupling of environmental effects and material properties, a material configuration and quality control method for the entire life cycle was formed.

Keywords : non-destructive testing of concrete; rebound method; ultrasonic testing; building material selection

引言

市政配套居住建筑是城市片区更新与新区开发中的重要组成, 其空间布局不仅关系到住宅使用效率, 也影响道路组织、公共服务半径、消防疏散及管线接入效果。随着居住人口密度提高, 传统单一地块布置方式容易出现交通绕行、日照不足和配套分散等问题。围绕用地集约、功能复合与运行便利开展布局优化, 能够提升居住区整体建设质量。

一、工程概况

本工程为华东沿海某市保障性住房建设项目, 包含12栋高层住宅及1座地下两层整体车库, 总建筑面积约18.6万 m², 结构形式为剪力墙体系, 设计抗震设防烈度为7度。主体结构混凝土强度等级涵盖 C30 ~ C50, 基础形式采用筏板基础结合局部桩基础。项目场地地质以填土层与粉质黏土层为主, 地下水位较高且受海洋气候影响显著, 氯盐侵蚀风险较突出。在施工过程中, 混凝土浇筑量大、工序交叉频繁, 对材料稳定性与质量一致性要求较高, 因此需结合无损检测手段对结构实体质量进行全过程控制, 以保障主体结构耐久性与服役性能。

二、混凝土无损检测技术应用与指标体系

(一) 回弹法强度检测原理与现场应用

回弹法是工程中常用的一种检测表面硬度方法, 它主要依靠

混凝土表面硬度、抗压强度之间的关系。研究人员用回弹仪撞击构件表面, 得到回弹数值, 再用碳化深度进行调整因此快速判断构件强度。

在工程实践中, 这种方法可以用在梁、板、柱等大范围构件质量初步检查上, 检测一个点的时间比较短, 通常在1分钟之内, 能够满足高频次抽检需要^[1]。这种方法表现的是表面层的性质因此容易受到表面处理情况、养护时间、空气湿度影响, 在使用时要把区域修正系数考虑进去并且对有问题点再测一次, 防止局部误差影响整体判断。

(二) 超声波传播法与缺陷识别参数体系

超声波传播法基于弹性波在混凝土介质中的传播特性, 通过测定波速、幅值衰减以及传播时间差等参数, 实现对内部结构质量的间接评价。弹性波在致密混凝土中传播较为稳定, 当内部结构均匀时, 波速通常维持在3500 ~ 4500m/s区间, 而当存在孔洞、裂缝或蜂窝麻面等缺陷时, 传播路径会发生绕射与散射效应, 使等效传播距离增加, 从而表现为波速降低、信号能量衰减

加剧以及接收波形畸变等特征。

在实际工程检测中，该方法对内部不密实区域具有较高敏感性，尤其适用于厚大体积混凝土构件及钢筋密集或不可直接观测的隐蔽结构部位^[2]。对于梁柱节点、地下室剪力墙及基础承台等关键区域，超声波检测能够较为有效地反映内部连续性与均匀性状态，从而为结构安全评估提供依据。

为提高缺陷识别的准确性，工程中通常采用对测法、斜测法以及多路径扫描方式布置测点，通过不同传播路径的波速差异进行交叉验证。当多组数据出现显著偏离时，可结合幅值衰减率与首波到达时间进行综合判断，从而对缺陷位置进行初步定位。同时引入统计平均与异常值剔除方法，可进一步降低测量误差，提高结果稳定性，使检测结论更贴近实际结构状态。

（三）多方法融合检测的误差修正机制

每种单独的检测方法在工程中都会遇到一些限制。为了增强对混凝土质量评估的稳定性，实际工程中经常把多种方法组合起来，进行相互验证，回弹法主要用来测试表面强度，超声波法则用来体现内部是否均匀，把两者结合起来可以减少单一指标带来的误差。

在处理数据时，研究人员用经验修正曲线把回弹值、超声波波速结合起来分析，这样能提高强度推定拟合准确度。对于数据分布不均匀的测区，研究人员用统计剔除方法处理异常数据，让最终的评估结果更接近实际结构情况因此增强检测结论的可信度、工程应用价值。

三、建材选型评价方法与工程适配分析

（一）基于力学性能的混凝土等级匹配方法

确定混凝土等级直接关系到结构受力体系的安全储备，重点在于荷载作用时结构的承载能力、材料强度是否匹配。在房屋建筑工程中，梁、板、柱以及剪力墙等常见结构构件受力方式差别明显因此它们的混凝土强度等级通常按照梯度设置，通常来说，框架梁以及楼板多使用 C30 到 C35 等级而竖向承重构件则会用 C40 或更高等级，以达到轴压比以及抗弯承载要求，在设计过程中，除了考虑标准立方体的抗压强度，还要把轴心抗压强度、弹性模量作为校核指标，让材料性能以及结构计算模型保持一致。

在工程适配时，混凝土强度等级不是单独选择的而是、安全系数、荷载组合、使用年限一起影响结果^[3]。研究人员用分项系数法对材料强度设计值进行折减处理，让计算结果更接近实际使用情况，在长期荷载作用下，徐变以及收缩效应会让构件刚度变小所以在选择强度等级时要把强度余量留出来，用以减少长期变形积累的风险。

表 1 混凝土强度等级与构件匹配参数

构件类型	强度等级	轴压比范围	弹性模量（GPa）
楼板	C30	0.20 - 0.35	30 - 32
梁	C35	0.30 - 0.45	31 - 33
柱	C40	0.45 - 0.65	32 - 34
剪力墙	C45	0.50 - 0.70	33 - 35

（二）骨料级配与区域材料适配性分析

骨料是混凝土中体积占比最大的部分，它的级配是否合理会直接影响混凝土拌合物的密实程度以及工作性能。连续级配的骨

料体系在工程中使用较多，把不同大小的颗粒合理地填充在一起，可以减少空隙，让结构更加紧密，在实际工程采购时，粗骨料一般选择 5 到 20 毫米的连续级配碎石，细骨料则主要用中砂，细度模数控制在 2.3 到 3.0 之间，这样能保证混凝土有较好的和易性以及泵送能力^[4]。

区域材料的不同对混凝土性能影响明显。河砂资源多地方，含泥量少有助于提升界面粘结强度，而一些沿海地区，需要重点控制氯离子的含量，以防止钢筋生锈，在配合比设计时，研究人员用调整砂率以及掺和料比例方法，来应对区域材料变化，让不同来源骨料在性能上变得接近，另外在高层建筑的泵送施工中，骨料的级配还要同时考虑流动性、抗离析能力，通常用改良 0.16mm 以下颗粒含量方式，改善浆体对骨料包裹效果，把坍落度控制在 160 ~ 220mm 之间。

（三）耐久性指标与环境作用耦合评价体系

混凝土耐久性评估要靠材料自身性能，也要看外部环境影响。在实际工程里，碳化、氯盐侵蚀、冻融循环是影响结构使用年限的主要原因，不同环境等级对应不同的设计控制标准，在普通大气环境中，水胶比可以控制在 0.45 附近而在沿海或潮湿环境中则需要把水胶比降到 0.35 到 0.40 之间，用这种方式提升抗渗能力跟结构密实程度。

保护层厚度设计也是控制耐久性的关键部分，其数值一般在 30 到 50 毫米之间并依据构件的重要性跟环境作用等级进行调整^[5]。当混凝土内部孔隙较多时，外部水分以及侵蚀性离子更容易进入，使钢筋锈蚀加快，因此在配合比设计时，需要加入矿物掺合料，粉煤灰或矿渣粉，用以改良孔结构分布并减少渗透系数。

在耐久性综合评价体系中，把环境作用参数以及材料性能指标结合起来分析很重要。用扩散系数以及碳化深度之间的关系模型，可以估计结构在使用过程中的性能下降趋势因此为材料选择提供限制条件，结构的长期使用性能不仅仅看初始强度高，更要看抵抗环境影响能力以及微观结构稳定性的协调情况，这种想法也慢慢成为中国现代房屋建筑工程中材料选择的重要参考。

四、检测结果驱动的材料优化与质量控制

（一）基于检测反馈的配合比动态调整方法

混凝土配合比设计在工程实践中不是一次定好参数而是根据现场检测结果连续调整过程。无损检测得到的强度数据、波速信息以及表面缺陷特征，为改进配合比提供直接依据，当检测结果发现局部强度较低或数值差异较大时，一般需要从水胶比、胶凝材料用量、外加剂系统三个方面进行修改，以让材料性能恢复稳定，在高层建筑施工过程中，水胶比的轻微变化常常会让强度出现 10% 到 15% 的波动因此水胶比的控制精度通常要保持在 ± 0.02 以内。

在工程应用中，把不同批次的混凝土强度数据进行统计分析，可以找出拌合系统以及运输过程中出现的偏差原因。坍落度损失太快，通常是因为外加剂适配性不好；强度增长太慢，可能是因为水泥活性低或者矿物掺合料的比例不合适，用检测反馈的结果对配合比进行小幅度调整，能够防止出现大规模返工，提升

材料使用效率同时减少结构实体质量问题。

（二）施工过程混凝土离散性控制技术路径

混凝土的不均匀性是影响结构整体一致性的主要问题，其原因主要集中在原材料变化、搅拌不够均匀以及施工时振捣不一致等步骤。在施工过程中，用标准搅拌参数设置，能把出机坍落度控制在设计值上下20mm的范围，从源头上减少性能变化，运输时控制时间也很重要，当运输时间超过90分钟，混凝土的流动性、工作性都会明显变差。

在浇筑过程中，振捣方法对结构的均匀性有直接作用。振捣过度容易造成粗细骨料分离，振捣不够则会形成蜂窝麻面，这两种情况都会使结构的离散性变大，用分层浇筑的方式控制每层厚度为300到500毫米并配合插入式振捣设备的合理布置，可以有效提升内部的密实程度，在重要结构连接部位增加一次复振步骤，能够减少局部孔隙数量，使整体结构更加一致。

现场质量控制把随机抽检、连续监测结合起来，对关键构件进行强度跟踪评估。当检测数据发生异常变化时，用原材料批次记录进行追溯分析，找到问题来源，实现施工过程闭环控制。

表2 混凝土施工离散性控制指标范围

控制环节	指标名称	标准范围	允许偏差
拌合	坍落度（mm）	180	±20
运输	时间（min）	≤90	≤15
浇筑	分层厚度（mm）	300-500	±50
振捣	密实度（%）	≥96	±2

（三）结构关键部位材料分区优化策略

不同结构部位受力情况、所处环境不同因此在选择材料时无法完全使用相同的标准。基础底板、地下室外墙一直处在潮湿以及受压的环境中，对防止渗水的能力要求比较高，通常要把水泥用量增加并且把水胶比降低，因此让结构更加紧密，柱子作为主要的承重部分，所用的混凝土强度等级一般比梁以及板要高，目的是为了达到承受垂直担子以及保持稳定要求。

在楼板以及次要构件区域，为了同时保证施工效率、经济性，可以用强度较低的材料。同时通过调整配筋比例以及加强构

造措施，可以提升承载能力，在阳台、屋面板等外露构件部位，还要考虑温度变化以及干湿交替的影响，把抗裂性能指标提高一些因此降低早期出现裂缝的可能性。

分区改良在强度等级差异上有体现，也涵盖对材料组成的调整。在地下结构中，把矿物掺合料的比例适当提高，可以减少水化热并增强抗渗性，在地上结构中，把重点放在早期强度提升上，能够加快施工进度，用这种分区控制的方法，可以在结构安全性得到保障的情况下，使材料性能以及工程需求达到更好的匹配。

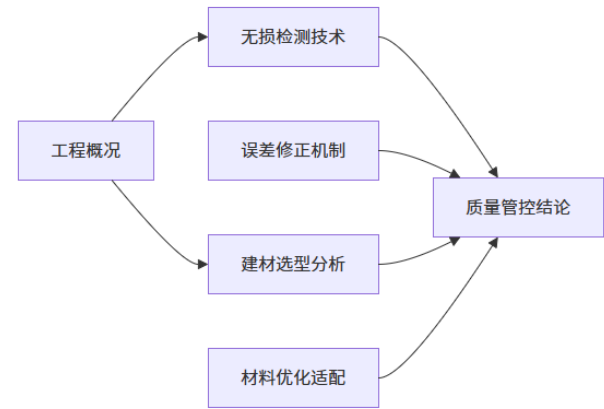


图1 混凝土无损检测优化房建工程建材选型研究思维导图

五、结语

本文分析混凝土无损检测以及建材选型之间的关系，根据工程实际需要，讨论检测结果在材料改良、质量控制中的使用方式。研究显示，无损检测技术可以清楚地表现混凝土的强度以及内部均匀性特点，为建材选型提供数据支持，把检测结果用于配合比调整以及施工控制时，能明显提高结构质量的稳定性、耐久性，在工程实施中，要把检测数据、材料设计之间的联系加强，用这种方式实现房屋建筑工程质量的持续改进以及精细管理。

参考文献

[1] 张荣成, 国天逵. 建设工程高强混凝土强度无损检测技术的试验研究 [C]//“井岡山论坛”——现代混凝土生产施工技术交流研讨会. 中国混凝土与水泥制品协会预拌混凝土分会; 江西省散装水泥和预拌混凝土协会, 2014.

[2] 张睿尧. 既有房建工程中剪力墙结构无损检测技术应用研究 [J]. 2026(6).

[3] 张荣成, 国天逵. 建设工程高强混凝土强度无损检测技术的试验研究 [J]. 江西建材, 2014(12):5.

[4] 代晓峰. 超声波检测技术在房建工程中的应用研究 [J]. 城市开发, 2025(12).

[5] 曾海宁, 曾美玉, 曾芳金. 混凝土无损检测方法及应用展望 [J]. 山西建筑, 2007, 033(028):88-89.

基于点云数据的古建筑测绘与数字化保护方法研究

赵杰, 应飞燕

云南工商学院, 云南 昆明 651700

DOI:10.61369/UAID.2026030062

摘 要 : 古建筑结构复杂、构件形制多样、残损病害隐蔽, 传统人工测绘存在效率低、精度离散、数据留存单一等短板。三维激光扫描获取的高密度点云数据, 具备非接触、高精度、全覆盖的技术优势, 契合古建筑不可破坏性测绘保护原则。本文依托文物建筑数字化测绘规范, 结合点位精度、点间距、配准误差等量化参数, 系统阐述点云测绘优势、精细化测绘策略与数字化保护技术路径, 实现古建筑精准测绘、病害监测、虚拟修复与永久存档, 为古建筑长效保护、活化利用提供标准化技术支撑。

关 键 词 : 古建筑; 三维激光扫描; 点云数据; 数字化测绘; 文物保护

Research on Ancient Architecture Surveying and Digital Protection Method Based on Point Cloud Data

Zhao Jie, Ying Feiyan

Yunnan Technology and Business University, Kunming, Yunnan 651700

Abstract : Ancient buildings have complex structures, diverse component shapes, and hidden damages and diseases. Traditional manual surveying has shortcomings such as low efficiency, scattered accuracy, and single data retention. The high-density point cloud data obtained by 3D laser scanning has the technical advantages of non-contact, high-precision, and full coverage, which is in line with the principle of non-destructive surveying and protection of ancient buildings. This article relies on the digital surveying and mapping standards for cultural relics and buildings, and combines quantitative parameters such as point accuracy, point spacing, and registration error to systematically explain the advantages of point cloud surveying, refined surveying strategies, and digital protection technology paths. It achieves precise surveying, disease monitoring, virtual restoration, and permanent archiving of ancient buildings, providing standardized technical support for long-term protection and revitalization of ancient buildings.

Keywords : ancient architecture; 3D laser scanning; point cloud data; digital surveying and mapping; cultural relics preservation

古建筑承载着地域历史文脉和传统营造技艺等, 是一种不可再生文化遗产资源。传统的卷尺和全站仪人工测绘模式容易对古建构件产生触碰破坏, 并且很难捕捉到曲面、斗拱和榫卯的复杂细部形貌, 测绘点位误差一般在15mm以上, 总体数据缺乏完整性。三维激光点云技术能够实现毫米级的无接触数据获取, 满足文物无损保护的原则。在现有古建筑数字化采集规范的基础上, 优化测站布设、点云校正、模型重建和病害分析的工艺过程, 可以建设高精度的古建三维数字化底座, 促进古建筑保护从经验修缮到数据化、精准化、智能化的保护转变。

一、基于点云数据的古建筑测绘与数字化保护优势

与传统人工测绘手段相比较, 三维激光点云测绘技术最突出的优点是无损采集、全域覆盖、精度可控和数据可回溯等, 与古建筑文物保护限制性要求充分适配, 传统的人工测绘需要攀爬和触碰构件, 容易对风化木构件、彩绘和砖雕等产生二次干扰, 并

且只能得到离散的特征尺寸而不能全面地记录建筑的空间形态和细微形变^[1]。三维激光扫描通过非接触式获取, 有效地避免了人工作业对文物造成破坏的风险。根据文物测绘的标准规定, 精细古建筑的主体点间距可以控制在 $\leq 5\text{mm}$ 的范围内, 点位的相对中误差也可以控制在 $\leq 10\text{mm}$, 而细部彩绘和雕花区域的点间距可以达到0.3mm, 与传统的厘米级测绘精度相比, 点位的精度明显优

作者简介:

赵杰 (1981.07—), 男, 白族, 云南大理人, 淮海工学院本科学士, 研究方向: 工程测量、土木工程;

应飞燕 (1982.09—), 女, 汉族, 云南宣威人, 淮海工学院本科学士, 研究方向: 工程造价、土木工程。

于0.1mm。同时点云数据能够完整地保留建筑的整体轮廓、细部纹理、细微裂缝和沉降偏移的所有原始空间信息,具有较大的数据容量和全面的维度以及时效性,本发明可以在复测对比、形变分析、病害溯源及虚拟复原等方面进行长期应用,解决了传统测绘数据碎片化、不可重用和不能动态监测等不足,为古建筑的全周期数字化保护工作提供了准确、完整、可迭代的数据基底。

二、基于点云数据的古建筑测绘策略

(一) 多站点协同扫描,优化测站布设

古建筑多为错落式木结构,坡屋面和叠层斗拱等构造,遮挡盲区较多,单站扫描很难实现全域全覆盖,需要多站协同扫描和科学的测站部署方案相结合,才能保证数据的完整性和获取的均匀性^[2]。参照古建筑的测绘等级标准,整体建筑遵循二等测绘准则,其中最大的点间距不超过10mm,而局部的精细构件则遵循一等标准,最大点间距不超过5mm。测站布设遵循“均匀布站、重叠覆盖、优先遮挡、高程分层”原则,站间重叠区域控制在30%~45%,有效提升后续配准融合精度。为了应对高墙、屋檐、梁柱背侧以及斗拱间隙等可能造成遮挡的区域,增加了密集的测站,并将扫描的俯仰角度限制在-45°至90°之间,以防止死角被漏扫。该设备使用了地面的三维激光扫描仪,其标准测距精度为 $\leq 2\text{mm} \pm 2 \times 10^{-6}\text{mm}$,角度测量精度为 $\pm 2''$,而在50m的测距范围内,点位的精度稳定不超过6mm。在外业中布设了与之相匹配的标靶控制点并建立了CGCS2000坐标系1个控制网,物方控制精度超过了总体测绘总精度的三分之一,确保了多站数据基准的统一。通过对测站布局的优化,可以显著减少空洞、残缺和密度不均等问题,从而确保整体点云的有效覆盖率超过99%,为后续的校正、重建和制图工作提供了高品质的原始数据支持。

(二) 点云配准和精度融合校正

多站扫描的原始点云具有坐标偏差、姿态偏移、密度不均和噪声冗余的特点,需要采用精准配准和精度融合校正的方法,对全站数据进行统一拼接和误差收敛,项目主流使用标靶自动配准和ICP迭代精配准的双重模式进行粗配准,粗配准依靠人工标靶完成站点的初始对准,并控制初始拼接偏差 $\geq 5\text{mm}$;精配准采用ICP算法进行迭代最优匹配,并设定迭代收敛阈值为0.001mm;最终站间配准误差趋于稳定 $\leq 2\text{mm}$;总体点位的平均误差为 $\leq 1.6\text{mm}$ ^[3]。对室外光照干扰、粉尘反射和远距离扫描等因素引起的漂浮噪点和离散杂点进行统计去噪和半径去噪相结合的滤波处理,去除距离均值偏差三倍标准差以外的异常点并保留建筑物真实结构点云的特征。同时介绍了系统误差补偿模型的建立方法,实现了仪器测距误差、温度漂移、大气折变和架设对中等误差的统一校正以及高差大地区高程精度的校正。在进行了融合校正之后,整体点云的平面误差不超过5mm,高程误差不超过8mm,这完全达到了古建筑一等精细测绘的标准要求,有效地解决了多站数据的分层、错位和重影问题,实现了全域点云的高精度一体化融合。

(三) 特征提取和几何轮廓重建

经过高精度去噪配准的完整点点可以采用算法自动识别和人

工精修相结合的方法,完成古建筑结构特征提取和三维几何轮廓重建,古建筑的梁柱、墙体、台基、斗拱和门窗等具有规则的几何特征和层级结构的特征,利用平面拟合、圆柱拟合和边界梯度提取等算法进行拟合,对墙体立面、柱体曲面和屋面坡面的主体结构特征点集进行了自动划分^[4]。对斗拱榫卯、雕花、转角和屋脊曲线这些不规则的精细构件利用局部高密度的点云进行精细化提取,以保留细微的曲面起伏及形制细节。重建流程按照“主体粗模——结构精模——细部补模”的层级构建原则进行,主体网格重构后三角面片的边长保持在3~8mm之间,细部构件的网格精度提高到0.5~2mm;网格拓扑结构规则,不存在自相交和空洞畸变现象。采用轮廓边界优化、曲面光滑迭代和结构闭合修复等方法恢复古建筑的真实空间形态,构件尺寸、倾斜形变及曲面弧度等。重建的模型在形状和位置的精确度上超过了8mm,其轮廓的边缘偏移被限制在0.5像素之内,这有助于准确地展现古建筑的原始结构及其当前的变形特点,为以后的制图、监控、修复建模等提供了高精度的几何基底。

(四) 矢量线划图的生成及误差评定

在高精度三维点云模型的支持下,能够对古建筑的二维矢量线划图进行自动的正射投影和生成,代替了传统的手工手绘测绘图纸的绘制,从而实现了平面、立面和剖面图的自动化和标准化的出图。利用点云切片技术截取指定高程位置处的截面轮廓,实现了墙体边线、柱网轴线、门窗洞口、屋面轮廓和台基边界矢量要素的自动生成,具有线型规则、比例均匀、大小准确的特点^[5]。根据文物测绘的标准,出图的比例被设定为1:50和1:100的精细制图标准,这些图层按照结构、装饰、病害和轴线进行分层管理,完全符合古建筑文物的归档制图规范。制图后进行了系统性的精度评定工作,选择建筑转角、柱中心、门窗对角和台基四角作为稳定特征检核点并对平面位置中间误差、高程中间误差和边长相对误差进行了统计。实测资料显示:矢量图纸平面点位中差 $\leq 6\text{mm}$ 、高程中差 $\leq 9\text{mm}$ 、边长相对差在1/2000以内,远远好于常规人工测绘的1/500精度指标。同时针对图面偏移、轮廓偏差和尺寸闭合差等进行残差分析和局部修正,以保证图纸的准确性、规范性和完整性符合文物验收、修缮设计及存档复用等方面的要求。

三、基于点云数据的古建筑的数字化保护方法

(一) 病害信息识别及三维标注

在高密度、高保真点云模型的基础上,能够对古建筑表面病害进行精细化识别、量化统计和三维空间标注等处理,解决了传统病害目视排查中主观性大、不能量化和定位模糊等问题,古建筑中常见的开裂、风化剥落、空鼓残损、彩绘褪色、砖面酥碱、木构件腐朽等等病害都可以利用点云高差突变、法向量突变和曲面曲率等异常特征进行智能识别。该系统通过匹配局部点云的密度差异和表面起伏偏差来自动圈定病害范围并准确提取裂缝走向、裂缝宽度、剥落面积和残损深度的量化指标,裂缝识别的最小宽度可达到0.2mm,深度误差可限制在 $\pm 0.3\text{mm}$ 范围内。在三

维模型坐标系的支持下进行了空间精准标注工作,并将病害位置、病害类型、尺寸参数、病害等级和拍摄影像资料等信息与相应构件的空间位置进行绑定,从而形成直观的病害台账。与传统的平面拍照记录相比较,三维标注可以做到病害空间定位无偏移、数据可以量化、信息可以追溯,可以完整地保留古建筑病害现状的原始数据,为修缮方案的制定、病害等级评定和靶向修复治理等工作提供准确的数据依据,促进古建筑病害保护由定性描述向定量精准研判转变。

（二）结构变形监测和对比分析

采用不同时段多期次的点云数据进行叠加匹配,可以实现古建筑整体沉降、构件倾斜、结构位移和屋面形变等动态监测和定量分析,从而实现古建筑结构安全的正常监护,通过 CGCS2000 基准坐标系的统一,实现了年、季复测点云模型和首期原始基准模型的全局配准和叠合,并利用三维偏差色谱分析算法实现了配准,整体变形色差云图的自动生成直观地显示了位移、沉降、凸起和凹陷的面积分布情况。对木梁挠度、柱体倾斜、墙体偏移和屋面塌陷等重点风险部位布置了固定监测断面和特征控制点,实现了单点三维位移量、整体倾斜角度和构件挠曲变形量的自动输出。工程监测精度可以达到毫米级,单点位移的监测误差 $\leq 1.5\text{mm}$,角度偏差的监测精度 $\leq 0.02\%$ 。通过对多期资料的时序对比可以准确把握结构的变形速率、变形趋势及风险演化规律等,分辨出自然老化的匀速变形和异常的突发形变,对结构安全隐患进行超前预判,对古建筑的加固、纠偏和支护防护等工作提供时序化的数据支持,对古建筑结构的安全进行动态预警和科学管护。

（三）残缺构件的虚拟修复和推演

对于古建筑风化残缺、构件缺失、榫卯破损和局部坍塌的不可逆转的破坏,依靠高精度点云模型和传统营造形制规律可以进行无损虚拟修复和形制推演,以恢复建筑原始风貌,根据现有完整构件点云几何参数提取标准形制尺寸、曲面方程、榫卯咬合结构、对称排布规律,并采用镜像对称和形制拟合等方法进行拟合、参数复刻算法实现了残缺斗拱、断裂屋脊、缺失雕花和残损门窗的数字化补全修复。修复过程中严格按照同时期古建筑的营造工艺和形制特征进行复刻,并将现存的完好构件作为复刻参数

的参考依据,确保了复刻构件的比例、弧度、大小、结构咬合关系等和原生形制的高度一致。虚拟修复模型的网格精度能够达到 $0.5\sim 2\text{mm}$ 的范围,修复后的边缘连接误差不超过 1mm ,并且没有出现变形或突然的畸变。这种方法没有触及到真正的文物本体,充分符合文物最小干预的原则,能够恢复建筑的完整原始形制和弥补历史残缺的不足,对古建的修缮设计和复原复建具有重要意义、营造技艺的研究为可视化和参数化的复原奠定了基础,并有效地继承了古建筑的传统营造规制和工艺特征。

（四）数字化存档和展示平台的建设

在点云重建高精度三维实体模型、矢量图纸、病害台账、监测数据和修复模型等基础上,可以建设古建筑一体化的数字化存档体系和可视化展示平台,从而达到文物数据永久保存、重用和活化传播的目的。全部资料统一使用国家标准坐标系和高程基准,存档内容包括原始点云和去噪校正成果以及三维网格模型、纹理贴图、矢量图纸和病害报告等、形变监测数据、虚拟修复成果的整套数据,其数据精度、格式和图层体系等都满足古建筑数字化采集归档的标准。模型纹理贴图的分辨率 $\geq 50\text{dpi}$ 、色差平均偏差 ≈ 4 、模型总体精度 $\approx 20\text{mm}$,符合文物永久存档的验收要求。基于云端平台构建轻量化三维展示系统支持漫游查看、构件剖切、尺寸量测、病害查询、历史比对和虚实切换,打破了传统纸质档案不能进行三维展示、不能动态交互等局限性。标准化数字档案可以长期保存、迭代更新和共享复用,不仅实现了古建筑本体资源永久数字化保存,而且为文旅活化展示、学术研究、技艺传承和科普教育等提供了现代化传播载体。

四、结语

点云三维激光扫描技术以其毫米级精度、无损采集、全域覆盖和数据可回溯等特点有效地弥补了传统古建筑测绘与保护工作中存在的技术不足,该项技术可精准量化古建病害及结构变形情况,为修缮保护和形制复原提供科学支撑,达到永久保存文物真实资料的目的。不断普及将点云数字化技术运用于古建保护工作,能够促进传统文物修缮工作向数据化、精准化和智能化保护方向转变,有利于历史建筑文化遗产的长效传承和活化利用。

参考文献

- [1]詹喜研,蔡欣恩,李德健.三维激光测量技术在古建筑测绘中的精度提升与数据修复方法研究[J].智能建筑与智慧城市,2025(08):24-26.
- [2]肖好良,龙丹丹.三维激光扫描技术在古建筑测绘中的应用研究[J].科技风,2025(27):4-6.
- [3]胡大贺,王慧.数字化测绘技术在古建筑保护中的应用分析[J].山西建筑,2025,51(20):31-35.
- [4]张灿新.激光扫描与贴近摄影测量在古建筑测绘的联合应用[J].江西测绘,2025(04):17-19.
- [5]王琛.激光雷达点云数据在古建筑立面测绘中的处理方法探析[J].江西建材,2025(11):242-244.

复杂地质条件下管桩植桩范围控制技术与实践

张达, 马彦波

江门市滨江置地投资开发有限公司, 广东 江门 529000

DOI:10.61369/UAID.2026030006

摘 要 : 针对南方丰水地区丘陵回填整平场地岩面起伏大、地基不均匀、局部存在回灌水沟与硬夹层等复杂地质条件, 常规管桩施工易出现短桩、塌孔、入岩困难等问题, 且植桩范围预判不准易造成成本浪费。以某 10 万 m^2 商住配套项目为工程实例, 通过前期勘察分析、试桩验证、超前钻加密补勘、动态修正植桩范围, 结合旋挖引孔植桩工艺, 实现对管桩植桩范围的精准管控。实践表明: 该技术可将植桩范围由约 3400 m^2 缩减至 376 m^2 , 节约工程造价约 170 万元, 管桩施工合格率满足设计与规范要求。研究成果可为类似复杂地质条件下管桩基础施工与成本控制提供参考。

关 键 词 : 复杂地质; 预应力管桩; 植桩技术; 植桩范围控制; 引孔施工; 动态修正; 超前钻; 成本控制

Research and Practice on Pile Planting Scope Control Technology of Pipe Piles Under Complex Geological Conditions

Zhang Da, Ma Yanbo

Jiangmen Binjiang Real Estate Investment and Development Co., Ltd., Jiangmen, Guangdong 529000

Abstract : Aiming at the complex geological conditions such as large rock surface undulation, uneven foundation, local backfilled ditches and hard interlayers in hilly backfilled and leveled sites in water-rich southern areas, conventional pipe pile construction is prone to problems such as short piles, hole collapse, and difficulty in rock penetration, and inaccurate prediction of pile planting scope easily leads to cost waste. Taking a 100,000 m^2 commercial and residential supporting project as an engineering example, through preliminary investigation and analysis, test pile verification, advanced drilling for supplementary investigation, dynamic correction of pile planting scope, combined with rotary drilling pilot hole pile planting technology, precise control of pipe pile planting scope is realized. Practice shows that this technology can reduce the pile planting scope from about 3,400 m^2 to 376 m^2 , save project cost by about 1.7 million yuan, and the qualified rate of pipe pile construction meets the design and specification requirements. The research results can provide reference for pipe pile foundation construction and cost control under similar complex geological conditions.

Keywords : complex geology; prestressed pipe pile; pile planting technology; pile planting scope control; pilot hole construction; dynamic correction; advanced drilling; cost control

一、工程背景与问题提出

(一) 工程概况

某项目是某地方城投为响应当地政府号召, 积极配合当地工业园区配套设施升级, 改善园区商业和人居环境而投资开发项目, 建设范围涵盖商业、住宅楼(含一层地下室)、幼儿园、配建道路, 建筑面积约 10 万平方米。由于受项目定位和总体投资目标限制, 项目投资预算有限, 控制难度较大。

(二) 地质条件复杂性分析

项目位于某区属工业园范围内, 该区域属南方丰水地区, 地貌单元属于丘陵、丘间洼地, 后经人工开挖回填整平, 地面较平坦。项目地层主要有第四系填土层(Q_4^{ml}), 第四系冲洪层($Q_4^{\text{al+pl}}$), 第四系残积土(Q_4^{el}), 白垩系下统青山组泥质粉砂岩(K_1^{p})。项目地震设防烈度为 7 度, 土类型为中软~中硬土, 场地无活动断裂通过, 无滑坡、危岩和崩塌、泥石流、采空区、地面

沉降等不良地质作用和地质灾害, 场地较稳定, 未揭露古河道、沟浜、墓穴及防空洞等对工程不利埋藏物, 但在局部区域揭露有填埋水沟。场地地层厚度变化较大, 造成地基土承载力不均匀, 故本场地土层地基稳定较差, 场地地基为不均匀地基。

地质条件特征根据勘察报告, 场地地层由上至下依次为: 素填土(Q_4^{ml}): 层厚 0.3~9.0m, 结构松散, 局部含淤泥质土, 地基承载力特征值仅 100kPa, 稳定性差。粉土($Q_4^{\text{al+pl}}$): 层厚 0.8~6.0m, 松散~稍密, 承载力 120kPa, 透水性弱, 易产生不均匀沉降。粉质黏土(Q_4^{el}): 层厚 0.7~7.3m, 硬塑, 承载力 180kPa, 遇水易软化。全风化~中风化泥质粉砂岩(K_1^{p}): 全风化层厚 0.6~9.2m, 承载力 350kPa; 强风化层厚 1.0~10.0m, 承载力 650kPa; 中风化层未揭穿, 承载力 950kPa, 岩体节理裂隙发育, 局部夹硬夹层, 基岩面标高变化达 9.30~15.90m, 起伏剧烈。

场地地下水位受季节和天气的影响而产生变化, 雨季水位明显上升, 旱季水位会相对下降, 变化幅度约 2~3m。

（三）核心问题聚焦

在复杂地质条件与前期勘探局限性的双重影响下，如何精准控制管桩植桩范围，既要避免因植桩范围过大造成的材料、人力等资源浪费，又要确保管桩施打顺利进行，满足工程质量和进度要求。

二、植桩技术应用与范围控制

（一）植桩技术应用的原因

根据勘察报告显示，二期项目3#楼~8#楼三栋住宅楼基础下岩面较高如直接采用预制桩有效桩长不满足设计规范要求，若采用灌注桩基础则工程造价则提高较多，不利于建设成本控制。经前期经与勘察、设计、施工等相关单位充分研讨，并参考相关案例，综合考虑成本控制、规范要求和施工可行性，决定采用直径500mm的预应力高强混凝土管桩，局部结合植桩法沉桩的施工工艺施工。

（二）植桩技术要求

1.管桩施工要求

管桩为合格品的AB型管桩，竖向抗压承载力特征值均为1850KN(含50KN的负摩阻力)持力层为强风化泥质粉砂岩，单桩竖向抗拔承载力特征值为200KN。

2.引孔植桩工艺

（1）采用旋挖钻机引孔，钻孔直径为600mm,钻孔深度按有效桩长8m。

（2）用液压打桩机将管桩放入孔内。控制好垂直度，管桩居中放置。

（3）采用压力灌注水泥砂浆，采用 M30 砂浆（P.O42.5R 普通硅酸盐水泥拌制），水灰比为 0.40。高压注浆，压力值为 0.8MPa，待浓浆涌出孔口后停止注浆

（4）采用液压打桩机对管桩进行施打，收锤标准按照贯入度最后三阵十锤每阵击的贯入度 <20mm 控制或者锤击后管桩顶平地而停止施打。

（5）按有效桩长8米引孔，打桩嵌入深度达不到1米且正常收锤的管桩，后期通过静载试验检测承载力，视检测情况进行复核。

3.注意事项：

按有效桩长8米引孔，孔底存在软岩土层，按收锤标准控制好第一根配桩，周围桩以此为参考配桩。

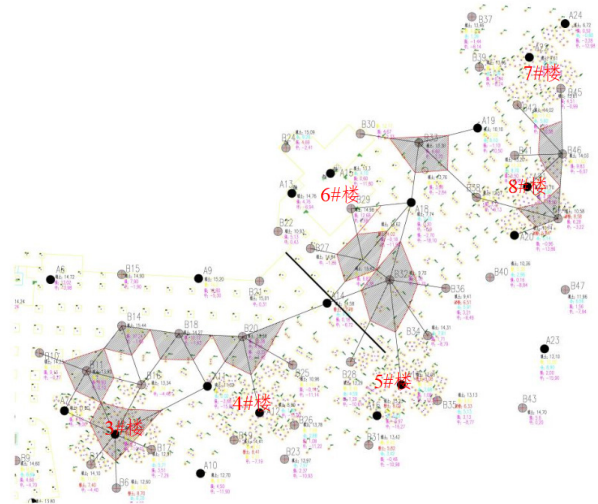
部分引孔穿透硬夹层后（未达到设计要求引孔8米）遇软土层易塌孔，为防止塌孔引穿硬夹层即可，打桩嵌入土层深度至少大于3米，有效长不少于6米，若不能满足此条件，需及时反馈设计进行补桩复核。

三、植桩范围控制

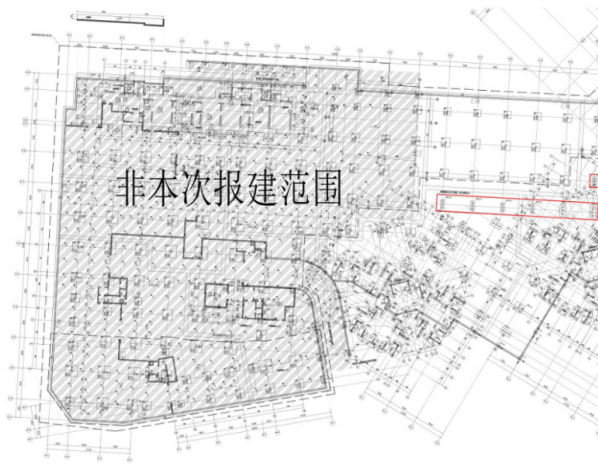
（一）确定初步植桩范围

在桩基础施工前，项目建设单位组织了勘察单位、设计单位、监理单位和施工总承包单位就植桩范围进行了初步讨论。建

立了基于前期地质勘察数据、试桩数据和现场基坑开挖情况的植桩范围评估模型，对植桩范围进行初步评估和界定，具体情况如下：二期桩基施工预估短桩范围主要分布在 A8、B49、B32、B33、B44、B46、B11、B18、B20、B29 孔附近，涉及范围有：3#楼中心区域、3#、4#楼北侧非塔楼区域、6#楼东侧和东南侧非塔楼区域、8#楼东部、8#楼东北侧非塔楼区域。该范围强风化泥质粉砂岩标高均在6m 以上，预估短桩率为约 16.4%。



施工单位短桩预测分布图



设计院预测植桩范围图1



设计院预测植桩范围图2



设计院预测植桩范围图3

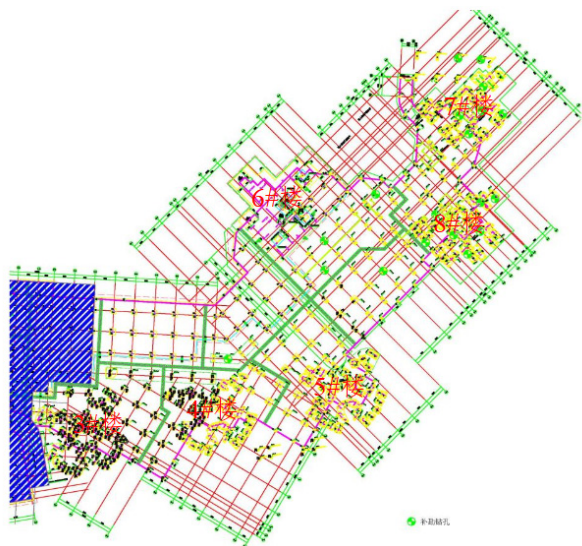
(二) 动态修正植桩范围

施工总承包单位根据预估短桩范围开始管桩施工,施工顺序为从西向东施工(即从3#楼向7#楼施工),从非植桩范围向植桩区域逼近施工,根据成桩情况(如入岩难度、桩长偏差)确定分区线,避免因地质突变导致大范围返工。

在完成3#、4#楼桩基础施工时,根据现场施工记录数据,施工总承包单位发现3#楼中心区域、3#、4#楼北侧非塔楼区域并未出现短桩情况,与原植桩范围评估模型不符,及时向监理单位反馈了相关情况。

经研究分析,造成以上情况主要因为原施工问题根源勘察精度不足,未充分揭示局部沟谷、岩面突变等细微地质差异,导致植桩范围预判与实际岩面埋深偏差较大。

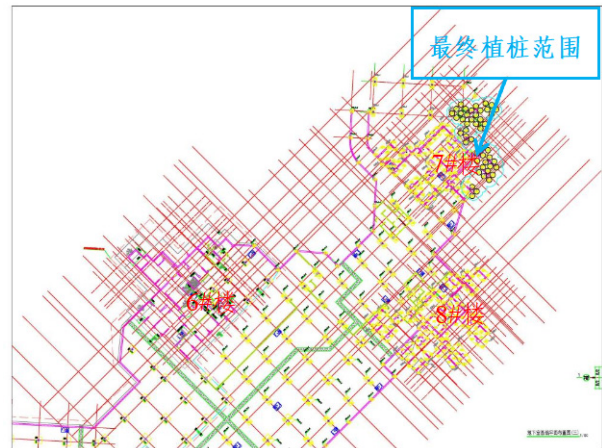
解决办法:根据前期勘探和预测结果,并结合现场施工实际情况,对剩余区域增加超前钻加密钻探。重点针对地质复杂、可能存在异常的区域和原勘察薄弱区域进行加密勘探,按15~20m间距加密钻孔(新增18个超前钻孔),覆盖所有拟建桩位,尤其关注建筑物荷载较高的高层区域(如6栋25~26层商住楼)。具体布置如下图:



超前钻加密布孔图

根据加密勘探报告,地质复杂性超出预期,现场揭露部分区域存在回填水沟(深度>7m)、强风化岩夹中风化硬夹层,管桩施工

时易出现“跳钻”、“桩身倾斜”等问题,非植桩区域管桩无法按设计入岩。经研究讨论,现场继续按原定施工顺序逼近施工,同时将管桩有效桩长调整为6m,进一步了植桩范围,具体详见下图。



最终植桩范围图

(三) 工程实践成效

通过采用上述植桩范围控制技术和管理措施后,本项目植桩范围得到了有效控制,且保证了管桩施工的合格率。其中植桩范围从原计划约3400m缩减到最终376m,节省工程造价约170万元。

四、结论与展望

(一) 结论

总结本项目在复杂地质条件下控制管桩植桩范围的关键技术和管理经验,明确通过补充地质勘察、建立动态调整机制、应用辅助施工技术以及加强施工管理等措施,能够有效解决植桩范围把控难度大的问题,在避免资源浪费的同时,保证管桩施打顺利进行,为类似工程提供参考依据。

(二) 展望

指出在复杂地质条件下管桩植桩范围控制领域未来的研究方向和发展趋势,如进一步优化地质勘察技术和植桩范围评估模型,探索智能化、信息化的施工管理方法,提高植桩范围控制的精准度和效率,为更多复杂地质条件下的房建工程地基处理提供更先进、更可靠的技术支持。

参考文献

- [1] 马国梁, 冯家强, 安会丽. 复杂地质条件下预应力高强混凝土管桩施工技术 [J]. 建筑施工, 2022, 44(08): 1772-1774.
- [2] 万秀柱. 复杂地质条件下预应力管桩植桩施工工艺研究 [J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(30): 121-123.
- [3] 邓贵海, 王伟, 李康远. 岩层起伏地段管桩引孔植桩关键技术研究 [J]. 建筑机械化, 2023, 44(04): 59-62.
- [4] 戴立. 植入式管桩施工质量控制与工程实践 [J]. 工程质量, 2021, 39(S1): 74-77.
- [5] 黄欣. 复杂地基下旋挖引孔植桩工法应用分析 [J]. 工程技术研究, 2025, 10(02): 167-169.

新能源汽车动力电池热管理系统优化研究

张照硕^{*}, 张恩硕, 焦学瑞, 鞠恒宇, 董志轩

烟台南山学院, 山东 烟台 264000

DOI:10.61369/UAID.2026030007

摘 要 : 随着新能源汽车产业的持续发展, 动力电池作为整车能量的来源, 其运行状态直接关系到车辆的性能与使用安全。在电池充放电过程中, 大量热量不断累积, 若不能有效控制, 将导致电池性能衰减、寿命缩短甚至引发安全问题。本文围绕动力电池热管理系统展开分析, 在梳理电池发热机理及温度影响因素的基础上, 构建了简化热模型, 并结合典型工况进行仿真分析。在此基础上, 从冷却结构、流体分布以及导热路径等方面对系统进行优化。结果表明, 优化方案能够有效降低电池最高温度并改善温度分布均匀性, 为动力电池热管理系统设计提供了一定参考。

关 键 词 : 新能源汽车; 动力电池; 热管理; 温度控制; 系统优化

Research on Optimization of Thermal Management System for New Energy Vehicle Power Batteries

Zhang Zhaoshuo^{*}, Zhang Enshuo, Jiao Xuerui, Ju Hengyu, Dong Zhixuan

Yantai Nanshan University, Yantai, Shandong 264000

Abstract : With the continuous development of the new energy vehicle industry, the power battery, as the source of energy for the entire vehicle, has its operating state directly related to the vehicle's performance and safety. During the battery charging and discharging process, a large amount of heat is continuously accumulated. If not effectively controlled, it will lead to battery performance degradation, shortened lifespan, and even safety issues. This paper analyzes the thermal management system of the power battery. Based on the analysis of the battery heating mechanism and temperature influencing factors, a simplified thermal model is constructed, and simulation analysis is conducted combined with typical operating conditions. On this basis, the system is optimized from aspects such as cooling structure, fluid distribution, and thermal conduction path. The results show that the optimized scheme can effectively reduce the maximum temperature of the battery and improve the uniformity of temperature distribution, providing a certain reference for the design of the thermal management system of the power battery.

Keywords : new energy vehicle; power battery; thermal management; temperature control; system optimization

引言

近年来, 随着全球对气候变化问题的关注不断增加, 以及锂离子电池技术的快速发展, 电动汽车和混合动力汽车逐渐成为汽车行业的重要发展方向。动力电池是新能源汽车的核心部件, 其性能不仅影响车辆的续航里程, 还直接关系到车辆运行的安全性与稳定性。电池在充放电过程中会产生并积累热量, 特别是在高倍率充放电条件下, 电池温度会迅速升高。若产生的热量不能及时排出, 将造成电池性能下降, 甚至引发热失控等安全问题 (刘华强等, 2017)。

锂离子电池的性能与温度密切相关。当电池处于适宜的温度范围时, 其充放电性能和循环寿命较为稳定; 温度过高会加快电池内部不可逆反应, 温度过低则会抑制电池的能量和功率输出。研究表明, 动力电池较适宜的工作温度范围为 25 ~ 40 °C, 电池组内各单体之间的温差应控制在 5 °C 以内。温度分布不均匀会造成各单体性能不一致, 并影响电池组的容量和循环寿命 (夏国栋等, 2017)。

目前, 常见的电池热管理技术主要包括空气冷却、液体冷却和相变材料冷却。空气冷却系统具有结构简单、质量轻和维护成本低等特点, 但空气的导热性和比热容较低, 冷却能力有限; 液体冷却具有较高的导热性和散热能力, 更适合高倍率充放电条件下的大型电池组; 相变材料冷却则利用材料在相变过程中吸收的潜热调节电池温度, 但其导热性能和结构布置仍存在一定限制 (吴伟雄等, 2019)。

基于上述背景, 本文以动力电池热管理系统为研究对象, 在建立电池热模型的基础上, 通过仿真分析电池在不同工况下的温度变化, 并针对系统中存在的问题提出优化方案, 以提高电池的散热性能和温度均匀性。

一、动力电池热特性分析

锂离子电池发热主要源于充放电过程中发生的电荷移动和化学反应。在充放电过程中，锂离子和电子在电池内部及外部电路中迁移，并产生和积累热量，进而影响电池的性能、寿命和安全性。

根据电池生热理论，电池产生的热量主要包括焦耳热、极化热、反应热和副反应热（艾哈迈德·A·佩萨兰，2002）。焦耳热是电流通过电极、隔膜等材料的欧姆电阻时产生的热量，其大小与电流平方和内阻有关；极化热是电极电势偏离平衡电势时产生的不可逆热量；反应热由锂离子在正负极材料中的嵌入和脱出产生；副反应热主要出现在过充、过放等异常条件下，正常工作通常可以忽略。

电池在不同工作状态下的发热量存在明显差异。随着充放电倍率提高，电池产热量和温升均会增加，电池温度通常在放电过程中持续升高，并在放电末期达到较高值（王涛等，2015）。因此，快速充电和高倍率放电对电池热管理系统提出了更高要求。

温度不仅影响电池的发热过程，还会影响其工作性能。低温条件下，电池内部电化学反应速率降低，导致内阻增大、容量减少和输出功率下降（张升水等，2003）；高温虽然能够增强电化学反应，但也会加快电池老化，降低容量和循环寿命。因此，电池热管理系统不仅需要限制电池的最高温度，还应减小电池组内部的温度差异。

二、热管理系统建模与仿真分析

为了分析动力电池在不同工况下的温度变化，需要建立相应的电池生热和传热模型。目前常用的模型主要包括电化学-热模型和电-热模型。电化学-热模型以电池内部发生的电化学反应为基础，考虑化学反应对电池发热的影响；电-热模型则通过电压、电阻和电容构建等效电路，并将电流通过电池内阻产生的能量损失转化为热量。

本文基于能量守恒原理建立电池热模型，通过含有内部热源项的热传导方程描述电池在发热和散热共同作用下的温度变化。在此基础上，利用数值仿真分析不同工况下电池的最高温度和温度分布，为热管理系统的结构优化提供依据。在具体建模过程中，对系统条件进行了简化。假设电池外表面与冷却介质之间存在对流换热关系，根据不同冷却方式设定相应的换热系数，以反映实际的散热能力。通过上述处理，可以对系统温度分布进行有效监测。

在仿真分析阶段，选取典型高负载的情况作为主要的研究对象，对电池温度变化进行计算。结果表明，在未进行优化的情况下，电池组内部存在明显温度梯度，中心区域温度显著高于边缘区域，随着工作时间延长，温差逐渐增大。这种不均匀分布会对

电池的性能产生不利影响，这也为后续优化提供了事实依据。

三、热管理系统优化设计

针对前文仿真分析中出现的电池温度分布不均及局部温升较高等问题，本文从系统结构设计及传热路径优化两个方面对动力电池热管理系统进行了改进。在优化过程中，既考虑了散热效率的提升，也兼顾了系统复杂度的控制，以保证方案具有应用价值。为更加直观地说明优化前后冷却结构的差异，对动力电池热管理系统流道布局进行展示，如图1所示。

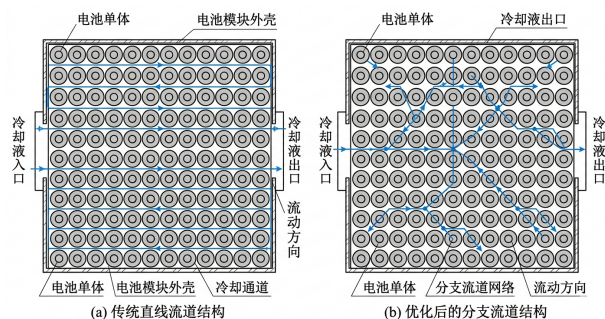


图1 优化前后动力电池冷却通道结构对比图

由图1可以看出，原始结构中冷却通道呈单一线性分布，冷却介质沿固定路径流动，导致靠近入口区域换热充分，而远离入口的区域散热能力明显下降，易形成局部高温区域。相比之下，优化后结构通过引入分支式流道设计，使冷却液能够在进入电池模块后进行多路径分配，从而覆盖更多电池单元区域。该结构有效缩短了冷却介质与各电池单体之间的换热路径，同时改善了流体分布均匀性，为后续温度均匀性的提升奠定了基础。

由此可见，冷却液沿通道流动时，其温度会持续升高，容易导致电池组内部温度分布不均。针对这一问题，可通过优化冷却剂通道结构、设置分流器以及调整管路布置，使冷却液进入电池模块后沿不同通道流动，从而提高各区域的散热能力。同时，通过优化冷却通道的位置和分布方式，可使电池组温度更加均匀，减少局部高温区域的形成。

在流体分配方面，应进一步对冷却液的入口流量和通道结构进行优化。通过调整不同通道的尺寸和布置，使冷却液在各通道中的分配更加均匀，从而提高液冷系统的散热能力。在保证冷却效果的同时，还应合理控制冷却液流量，以兼顾电池组的温度均匀性和冷却系统的泵功率。

在传热路径优化方面，间接液冷系统存在一定热阻，电池产生的热量需要穿过冷却管壁后才能被冷却液带走。因此，可通过增加导热管数量、优化管路结构以及提高冷却液的导热性能，增强电池与冷却液之间的热交换。采用导热性能较好的材料，也可以提高系统的导热和散热能力，进一步改善电池组的温度均匀性。

在完成上述优化设计后，对改进方案进行了仿真实验验证。结果表明，优化后的系统在温度控制及均匀性方面均有所提升。相比原始结构，电池模块的最高温度明显下降，且温度分布更加均

匀,说明所提出的优化措施能够在不增加系统复杂度的前提下提升热管理性能。

四、结果分析与讨论

从仿真结果来看,优化后的动力电池热管理系统在温度控制能力有了明显的改进。以典型高倍率放电工况为例,对比优化前后的温度变化曲线可以发现,原始系统中电池模块中心区域温度上升较快,且在运行一段时间后出现明显的温度峰值,而优化后系统能够有效延缓温升速率,使最高温度始终控制在合理范围内。该结果表明,通过对冷却结构进行调整,可以显著改善系统的散热效率,从而降低电池热积累风险。为进一步分析优化方案对电池温度变化的影响,对优化前后系统在相同工况下的温度变化过程进行对比,如图2所示。

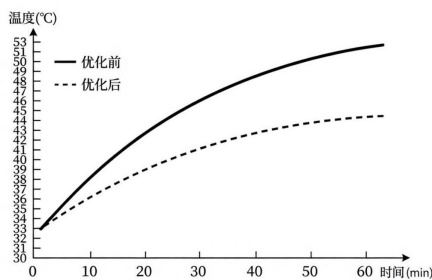


图2 优化前后电池温度变化曲线

如图2所示,在相同运行条件下,优化前电池组温度随时间快速升高,并在运行后期达到较高值;优化后电池组的温升速率减缓,最高温度明显降低。由曲线变化趋势可知,优化后的空气冷却结构能够提高电池组的冷却性能,减少热量在电池组内部积聚。该结果表明,通过优化电池组结构和冷却通道,可以降低电池组的最高温度,改善系统的散热效果(李伟等,2019)。

在温度分布方面,优化后的电池组也表现出较好的温度均匀性。原结构中,由于各冷却通道的空气流量分配不均,部分电池单体的冷却效果较差,导致电池组内部存在较大温差。优化方案通过调整流道结构和电池间距,使各冷却通道内的空气流量更加均匀,从而减小电池单体之间的温度差异。仿真结果表明,优化后电池组的最大温差降低,温度分布更加均匀(陈凯等,2017)。

进一步分析冷却空气的流动特性可知,气流分布会直接影响电池组的冷却性能。原结构中,部分冷却通道内的空气流速较低,不能及时带走电池产生的热量。通过调整气流通道和空气流

动方向,可以改善电池组内部的气流分布,提高温度均匀性并降低最高温度。往复式气流同样能够减小电池组内的温度差异,改善电池单体之间的温度均匀性(拉吉布·马哈穆德、朴灿宇,2011)。因此,空气冷却系统不仅需要考虑入口空气流量,还应合理设计冷却通道和气流路径。

本文采用简化模型对电池组的温度变化进行分析,但模型尚未充分考虑电池的实际结构、外部参数和边界条件。二维或三维模型能够更全面地描述电池内部的温度分布,但其结构较为复杂,计算量也相对较大。因此,后续研究应结合实验结果对模型进行验证,并根据实际运行条件进一步完善模型参数,以提高温度预测结果的准确性。

本文通过数值仿真对动力电池热管理系统进行了分析。结果表明,优化电池组和冷却通道的结构能够改善空气流动状态,降低电池最高温度,并减小电池单体之间的温差,从而提高电池组的温度均匀性。

五、结论

本文围绕新能源汽车动力电池运行过程中的温升和温度分布问题,对电池热管理系统进行了分析。通过分析锂离子电池的发热机理,建立基于能量守恒的简化热模型,并结合典型工况开展数值仿真,在此基础上对冷却通道结构和气流分配方式进行优化。

研究结果表明,未优化的空气冷却系统容易出现空气流量分配不均的问题,导致部分电池单体温度较高,并增大电池组内部温差。通过优化电池间距、冷却通道结构和空气流动路径,可以改善各冷却通道内的流量分布,提高空气与电池之间的对流换热效果。优化后的系统在降低电池最高温度和减小最大温差方面均有所改善,电池组内部的温度分布更加均匀。

本文采用简化热模型开展仿真分析,未对电池内部复杂的电化学反应以及全部实际边界条件进行详细描述,同时缺少实验结果的进一步验证。后续研究可结合实验测试对模型参数进行修正,并进一步研究空气冷却与液体冷却、相变材料或热管相结合的复合冷却方式,以提高电池热管理系统的冷却能力。

综上所述,通过优化电池组结构、冷却通道和空气流动路径,可以提高空气冷却式电池热管理系统的散热性能,降低电池组最高温度和内部温差,为动力电池热管理系统的结构设计提供参考。

参考文献

- [1] 王万兵. 新能源汽车“隐形引擎”: 电池热管理系统探秘 [J]. 时代汽车, 2025(15): 79-81.
- [2] 邓大成, 吴冬杰, 李阳等. 新能源汽车动力电池热管理系统的故障诊断与维修技术研究 [J]. 汽车维修技师, 2025(12): 36-37.
- [3] 杨家兴, 郭晓冬. 新能源汽车空调与动力电池热管理系统协同优化研究 [J]. 汽车测试报告, 2025(10): 46-48.
- [4] 王静远. 新能源汽车动力电池故障诊断及排除方法研究 [J]. 汽车维修技师, 2025(16): 90-93.
- [5] 刘浩. 新能源汽车电池系统故障诊断与维修技术研究 [J]. 时代汽车, 2025(16): 34-37.

政府投资建设项目立项阶段可行性研究报告编制要点 与实践研究

陈立新

广东 汕头 515000

DOI:10.61369/UAID.2026030009

摘 要： 政府投资建设项目在立项阶段的可行性研究报告是决策的核心参考根据，要遵循合法合规的相关要求，对技术经济的合理性以及环境承载力展开论证，识别并管控技术、工程方面的风险。实际操作里能够通过跨部门数据共享、第三方评估、全过程质量控制体系等措施来提高编制质量，为项目的开展提供科学的支持。

关 键 词： 政府投资建设项目；可行性研究报告；立项阶段

Key Points and Practical Research on the Preparation of Feasibility Study Reports During the Project Initiation Stage of Government Investment Construction Projects

Chen Lixin

Shantou, Guangdong 515000

Abstract： The feasibility study report of the government investment construction project in the project approval stage is the core reference basis for decision-making. It is necessary to follow the relevant requirements of legal compliance, demonstrate the rationality of technical economy and environmental carrying capacity, identify and control technical and engineering risks. In practice, the quality of the establishment can be improved through cross-departmental data sharing, third-party evaluation, whole-process quality control system and other measures to provide scientific support for the development of the project.

Keywords： government investment and construction projects; feasibility study report; project initiation phase

引言

政府投资建设项目在立项阶段所形成的可行性研究报告，是在决策之前针对项目的技术、经济、社会等方面开展全面论证的专业文档，是政府进行投资决策的主要根据。2019年7月实施的《政府投资条例》确定其法定地位，规定报告要严格根据合规性要求，关注公共利益和财政承受能力。目前报告编制面临数据零散化、风险评估欠完备等状况，要通过跨部门数据互通、第三方专业评测以及全过程质量把控等优化方式，加强其科学性与可信度。对这些核心要点和实践策略展开深入研究，对于保障政府投资项目的决策质量、推动高质量发展具备重要的理论与实践意义。

一、政府投资建设项目立项阶段可行性研究报告概述

（一）可行性研究报告的基本概念与作用

政府投资建设项目立项环节的可行性研究报告，是在项目决策之前对技术、经济、社会等方面开展全面论证的专业性文档，主要在于判定项目实施的必要性和可能性^[1]。作为立项决策的主要根据，此报告为政府审批机构提供科学支持，通过对市场需求、资源状况、技术方案、财务收益等因素的论证，帮助决策层判定项目是否符合国家战略与区域规划；同时能够有效防控投资

风险，通过不确定性分析识别潜在难题，为风险规避指明方向；报告同样是后续初步设计、资金申请等环节的基础，其论证深度直接影响审批效率与实施成效。

（二）立项阶段编制可行性研究报告的特殊性

政府投资项目在立项阶段开展可行性研究报告的编制工作时，要严格根据法定程序以及行政审查的相关要求进行。政府投资项目围绕公共利益展开，立项要经过规划、国土、环保等多个部门的联合审核，各个环节都有清晰的政策根据和审批准则。在编制流程里，要重点对项目的公共必要性、财政承受能力以及社

会效益展开论证，比如具体说明项目和区域发展规划的相符程度、财政资金的来源和使用计划，保证满足《政府投资条例》等法规的规定。行政审批注重决策的科学性与透明度，报告要包括风险评估、公众参与意见等方面，编制人员需兼具专业技术能力和对政府投资项目管理流程的熟知度，保证报告既能通过行政审批，又能为后续实施提供可靠根据^[2]。

二、政府投资建设项目可行性研究报告编制的核心要点

（一）合法性与合规性要求

合理性与合规性作为可行性研究报告编写的主要基石，要从政策法规方面严格把控立项的根据。报告编写要根据《政府投资条例》《建设项目可行性研究报告编制办法》等相关法律法规，保证项目符合国家以及地方产业政策、国土空间规划、生态环境保护要求等^[3]。要严格落实《建设项目经济评价方法与参数》等技术规范，确保技术方案符合规定。在审批流程上，报告需清晰界定规划选址意见、用地预审、环境影响评价等前置条件的获取标准，保证符合政府投资项目的管理流程。另外要对项目资金来源的合法性予以说明，保证资金渠道符合财政预算管理相关规定以及相关融资政策，经由系统梳理政策法规要求，把合法性与合规性贯穿于报告编制的整个过程。

（二）合理性与可行性分析要点

合理性和可行性分析要从技术路径与经济策略两方面开展论证。技术路线的合理性要根据项目功能的定位以及行业技术的标准，去评判技术方案的成熟水平、适用程度和与现有基础设施的适配性，保证技术路径符合项目的建设的目标以及长期运营的需求。经济方案的合理性重点关注投资估算的精确性以及效益预测的科学性。投资估算需根据工程量清单、市场价格和政策文件，对各分项费用予以细化，预留出合理的预备费；效益预测运用动态分析手段，结合项目运营期间的现金流、社会折现率等参数，对经济效益和社会效益进行量化，同时考量不确定性因素的影响^[4]。资源环境承载能力的分析要评估项目建设给土地、水资源以及生态环境带来的影响，通过环境影响评价来明确污染物排放、生态修复措施和资源节约计划，保证项目符合区域可持续发展的要求，实现经济、社会和环境效益的协同一致。

三、政府投资建设项目可行性研究报告编制的关键环节

（一）技术管理分析

1. 技术方案的可行性评估

技术方案的可行性评定要通过技术比选来论证建设方案的成熟水平、先进程度与适用状况，评估核心技术参数实现项目目标

的程度。成熟度评价要结合技术运用实例和行业规范，分析技术于同类项目里的稳定运转时长、故障发生比率等指标，保证技术经过实践检验且风险可掌控。先进性评价需对照国内外同类技术的性能参数，像能源利用效能、工艺精准度等，阐明技术在行业内的领先地位。适用性评价要结合项目所在地区的自然状况、资源条件以及现有的基础设施，分析技术和地域环境的适配情况，防止因技术和实际状况脱节导致项目实施遇到阻碍。评估核心技术参数时，要建立参数和项目目标的关联模型，通过量化分析参数对项目功能、效益以及安全目标的支撑状况，保证技术方案和项目目标紧密符合^[5]。

2. 技术风险与管理对策

技术风险及管理策略应重点于技术难题与创新风险的辨认以及缓释办法的规划。技术难题识别需结合项目技术路径的前沿特性与复杂程度，通过技术成熟度评价确定风险级别^[6]。创新所面临的风险源自技术方案和现有体系的适配性，要通过试点验证来降低这种风险。在技术储备领域，要梳理核心技术的专利、工艺标准以及设备供应链，针对存在卡脖子情况的技术预先规划替代方案。人才保障要打造包含技术研发、工程执行的专业队伍，通过和高校、科研单位协作建立人才培养机制。协同攻关机制要整合业主、设计单位、施工方以及科研机构的资源，建立跨主体的技术协调小组，通过定期的技术评审和风险预警机制对技术方案进行动态调整，从而形成技术风险的闭环式管理体系。

（二）工程风险管理

1. 工程风险识别与评估

工程风险的识别与评估要全面梳理施工安全、地质状况、供应链保障等核心风险因素。施工安全风险包含高处作业、机械伤害等潜在危险，地质状况风险涉及软土地基下沉、岩溶发育等对工程构造的影响，供应链保障风险包括原材料供应中断、主要设备交付延迟等情况。在识别环节要结合项目所在地区的地域特性与工程类别，通过现场实地勘查、与专家进行访谈以及对历史案例开展分析，来保证风险要素不出现遗漏情况。在风险评估环节运用定量手段，像蒙特卡洛模拟、故障树分析等，针对风险发生的可能性与影响程度开展量化运算，通过建立风险矩阵来划分风险级别，为后续的应对措施提供数据方面的支持^[7]。

2. 风险控制策略与应急预案

工程风险管控要重点规划分级管理机制与风险转嫁方案，界定应急组织架构、资源调度预案以及灾后复原程序。分级管控体系根据风险评估结论，把风险划分成不同级别，且匹配对应的管控主体和措施，保证责任清楚、层级确切。风险转嫁方案通过保险购买、合同条款设定等途径，把部分风险转至第三方，像工程一切险、第三者责任险等，减轻政府投资主体的风险承担负担。应急组织架构要清晰界定指挥部门、执行部门以及各方的具体职责，建立跨部门的协作机制。资源调配方案需预先规划应急物资储备、队伍安排以及资金保障，清楚调用程序和权限。灾后恢复

流程包含受损设施评定、修复计划拟定、进度调控以及资金追加等方面，保证项目迅速恢复建设并实现预期目的^[9]。

四、政府投资建设项目可行性研究报告编制的实践优化研究

（一）提高编制质量的对策

1. 强化前期调研与数据收集

加强前期调研和数据搜集，要建立跨部门的数据共享体系，破除自然资源、生态环境、交通等部门之间的信息屏障。通过建立跨部门的数据共享平台，融合国土空间规划、环境监测、人口普查等多种来源的数据，为可行性研究提供系统方面的支持。采用遥感测绘手段获取地形地貌、土地利用等空间数据，结合社会调研方法收集公众需求等非结构化信息，加强数据的多维性与真实性。比如在交通基础设施工程里，将遥感数据和居民出行需求调研相结合，为项目必要性分析提供可靠的根据^[9]。多源数据的交叉核验能够帮助降低决策的风险，为报告的科学性筑牢基础。

2. 引入第三方专业评估机制

引入第三方专业的评估机制，通过独立的机构开展技术评审和经济评价，以弥补编制单位内部评估存在的局限性。凭借自身专业技术长处和中立地位，对技术方案、工程参数以及经济指标开展系统核查，保证技术可行性和经济合理性实现精确符合。通过专家智库的作用，整合多个领域的专业人才，围绕资源环境承载力、社会影响等主要方面开展深入论证，防止因单一视角造成的决策偏差^[10]。此机制可降低行政干预给评估结果带来的影响，为政府投资决策提供更为可靠的根据。

（二）加强过程控制的措施

1. 建立全过程质量控制体系

建立全流程质量管控体系要以闭环式管理为主要，贯穿编写、审查、修正的整个流程，清晰界定各环节责任主体的权力与责任界限。编制阶段由拥有资质的咨询机构主导，项目负责人对报告方案、数据出处及论证思路负主要责任，保证基础资料的完备性与分析方式的科学性；审核环节引入多主体协作机制，由行业专家、财政部门、行业主管单位根据标准化审核清单逐一核查，清单要包括政策合规性、技术可行性、经济合理性等主要方面，例如项目是否符合区域发展规划、投资估算偏差率是否把控在5%以内；修订环节要求编制单位针对审核意见给出书面回应，明确整改期限与措施，整改完毕后重新提交审核，直至审核通过。同时要搭建量化质量评估指标体系，把报告的完备性、数据精确性、论证充分度等转变为可度量的指标，像基础数据引用失误率、效益分析模型合理性打分等，通过闭环管理和量化评估的融合，保证可行性研究报告的质量可控制、可追溯，为政府投资决策提供可靠支撑。

2. 动态调整与反馈机制

审批机构与编制主体需建立实时沟通途径，通过定期研讨、

在线协作平台等形式，保证编制进程里政策阐释、技术规范等信息的及时传送，防止因信息不均衡造成报告背离审批规定。针对政策变化、市场环境起伏等外部要素，要建立风险预警响应体系，通过设定主要指标临界值（像政策调整频次、原材料价格波动范围等），融合大数据监测与专家评估，实时识别潜在风险并启动调整程序。举例而言当产业政策的导向出现改变时，编制单位能够根据预警信号快速调整项目建设的内容以及投资估算，保证报告始终符合最新的政策要求；当市场需求产生明显波动时，通过反馈机制对市场分析模块进行更新，对项目规模和运营方案予以优化。这种动态调节与反馈体系，不但能够提高报告的及时性与精确性，还可以加强项目应对外部不稳定性的能力，为政府投资决策提供更可信的支撑。

（三）保障措施与制度完善

1. 完善相关法律法规

健全相关法律法规是政府投资建设项目可行性研究报告编制实践改进的主要保障。推进立项评估立法工作要以《政府投资条例》为通过，通过专项立法确定可行性研究报告在立项决策里的法定地位，把它当作项目审批的前置法定文件，防止因法律依据不清晰造成的决策随意性。明确报告编制、审核、运用各阶段的法律责任，确定报告内容虚假、数据伪造等情况的惩处标准，加强编制主体的法律规范。建立分级分类的资质认定系统，根据项目规模、行业特点设定差异化的资质准入门槛，清楚机构以及从业人员的专业能力规范，例如工程咨询、经济评估、风险分析等领域的资质认证需求。责任追究条款要包含编制机构、审批部门以及相关责任人员，针对因报告质量存在缺陷而造成项目损失的情况，根据法律追究民事赔偿、行政处分甚至刑事责任，建立权责统一的法律约束体系，从制度方面保障可研报告的科学性和严肃性。

2. 提升编制人员专业素养

针对政府投资建设项目可行性研究报告编制在实践方面的优化需求，提高编制人员的专业素养可从体系化培育与资源共享着手。建立定期培训和资格认证系统，能够通过设定分层分类的培训板块，包含政策法规、技术标准、经济分析等主要内容，并且引入动态的资格认证机制，把考核结果和执业准入关联起来，保证人员能力与行业需求同步更新。加强跨学科知识融合能力培育，要破除单一学科界限，促进工程技术、财务金融、环境科学等领域知识的交汇融合，比如在培训里增添跨学科案例研讨部分，引领编制人员从多方面评估项目的可行性。施行重大工程案例库共享体制，能够通过数字化平台整合不同地域、不同种类项目的可行性研究报告以及实施反馈数据，为编制人员提供真实场景的参考，帮助其在实际编制时参考成功做法、规避常见风险，最终经由系统化的能力加强，确保可行性研究报告的科学性和可靠性。

五、总结

政府投资建设项目在立项阶段编制可行性研究报告时，其核心要点与实践优化途径需围绕立项阶段的主要目标来开展，包括技术可操作性、经济合理性、社会适应性以及环境影响等方面。核心主要要点包含项目背景和必要性分析、市场需求及预测、技术方案研讨、投资估算以及资金筹集、财务评估、风险测评等重要模块，各个模块要建立逻辑闭环，保障报告的科学与严谨性。实践优化途径需关注流程规范化、数据精确化以及多方协作

机制，通过明确编制责任主体、细化技术参数标准、引入第三方专业机构介入等手段，提高报告品质。当下研究在智能评估工具研发与跨地区协同机制搭建方面存在局限，智能工具能够通过大数据分析、机器学习算法提高风险预测与效益评估的精确程度，跨地区协同机制需要破除行政障碍，建立统一的信息共享平台与决策协调机制。未来研究要进一步研究这些方向，以符合政府投资项目高质量发展的要求。

参考文献

-
- [1]程飞宁.B市政府投资建设项目绩效审计评价指标体系研究[D].西京学院,2022.
- [2]徐玉杰.深圳市L区政府投资建设项目前期管理的问题研究[D].东华大学,2022.
- [3]刘洋.门窗幕墙生产区建设项目可行性研究报告英译实践报告[D].太原理工大学,2023.
- [4]张志宁.《海水淡化项目可行性研究报告》翻译实践报告[D].河北工业大学,2022.
- [5]李莎莎.《天峻山项目可行性研究报告》(节选)英译实践报告[D].西北师范大学,2023.
- [6]蒋卫平,谭渊.政府投资建设项目可行性研究的基本逻辑与编制方法研究[J].项目管理技术,2022,20(3):51-54.
- [7]胡华洁.高校基建项目可行性研究报告编制前提和要点探讨[J].建筑科技,2023,7(3):162-164.
- [8]胡全晔.政府投资项目可行性研究报告的质量控制研究[J].中国招标,2022(5):196-198.
- [9]汤福昊.公立医院改扩建项目可行性研究报告编制要点及相关建议[J].中国医院建筑与装备,2023,24(1):2-6.
- [10]位珍.医院项目可行性研究报告评估要点分析[J].山西建筑,2022,48(11):195-198.

市政工程项目管理中的风险识别 与全过程防控体系构建研究

唐竟程

广东 湛江 524200

DOI:10.61369/UAID.2026030015

摘 要： 本研究重点关注市政工程项目风险识别以及全过程防控体系的搭建，分析其公共属性、复杂特性等特征，还有安全、质量、成本等方面的风险因素，梳理诸如德尔菲法等识别手段，提出遵循系统性与全过程覆盖准则的防控体系，通过结合实际案例验证该体系在降低工期拖延、成本超支等风险方面的成效，指出存在技术融合不够等问题，未来需要深化数字技术的应用以及更新相关政策，以符合绿色智慧转型的需求。

关 键 词： 市政工程项目管理；风险识别；全过程防控体系

Research on Risk Identification and the Construction of the Whole Process Control System in Municipal Engineering Project Management

Tang Jingcheng

Zhanjiang, Guangdong 524200

Abstract： This study focuses on the risk identification of municipal engineering projects and the establishment of a full-process prevention and control system, analyzing their public attributes, complex characteristics, and risk factors in aspects such as safety, quality, and cost. It sorts out risk identification methods such as the Delphi method and proposes a prevention and control system following the principles of systematicness and full-process coverage. By combining actual cases, it verifies the effectiveness of this system in reducing risks such as project delays and cost overruns. It points out problems such as insufficient integration of technologies and suggests that in the future, the application of digital technologies should be deepened and relevant policies updated to meet the demands of green and smart transformation.

Keywords： municipal engineering project management; risk identification; whole process control system

引言

市政工程身为城市基础设施建设的主要载体，其管理的有效性直接关联到民生福利和城市的可持续发展。不过公共性、复杂性以及长期性这些特性让它面临着多方面的风险挑战。《十四五城市基础设施建设规划》（2022 年）清晰提出要加强项目全流程风险管理，提高风险防控水平。当下研究专注于市政工程风险识别手段、防控体系搭建，通过案例证实全流程防控在减少工期延迟、成本超预算以及安全事故方面的效果，不过技术集成障碍与新兴风险规范缺乏等难题仍需解决。本研究对风险要素展开系统梳理，探寻数字技术和防控体系的深度结合，其目的是为市政工程朝着绿色化、智慧化方向转变提供理论根据与实践办法，推动提高项目管理的整体效能。

一、市政工程项目管理基础及风险概述

（一）市政工程项目特征与管理挑战

市政工程类项目具备明显的公共特性，其建造与运营直接关联着城市居民的生活品质和公共权益，项目的决策要充分考量社会需求以及公众的看法，这一属性规定在管理进程中需兼顾经济效益和社会效益的均衡。项目的复杂程度体现在多个方面，包括规划、设计、施工、监理等多个参与方，各环节之间存在紧密的

技术与管理联系。同时市政工程通常处于城市建成区域，受到周边环境、地下管线等因素的限制，加大施工组织的难度。另外项目建设的周期通常较长，从前期准备到竣工完成验收一般会跨越数年时间，在此期间容易受到政策变动、市场价格起伏等外部因素的作用。这些特性带来一系列管理难题，像公共属性导致决策程序繁杂，要协调多方利益相关者的需求；繁杂性让项目各阶段的风险点彼此交织，加大风险识别的难度；长期性则要求管理团队拥有持续应对动态改变的能力，以确保项目目标实现^[1]。

（二）风险管理在市政工程中的重要性

市政工程身为城市基础设施建设的主要载体，其项目管理的成效直接关联着城市功能的完备与民生福利的增进。风险管理于市政工程项目里处于核心位置，是确保项目全生命周期的质量、安全以及效率的主要保障。市政工程项目具备投资规模较大、建设周期偏长、参与主体众多、外部环境繁杂等特性，在项目实施进程中容易受到政策调整、地质状况、资金链起伏、施工技术难关等多种因素的作用。要是缺少系统的风险管理，或许会引发质量瑕疵、安全事故、工期延迟或者成本超支等状况，不但会损害公共利益，还可能对政府公信力造成影响^[2]。

二、市政工程项目风险识别研究

（一）风险识别方法与技术

市政工程建设项目的风险识别工作，要紧密结合项目整个周期的特性，运用多种方法相互协作，从而提高识别的精准程度。德尔菲法通过多轮匿名的专家咨询，汇聚不同领域的专业见解，在复杂的市政项目里能够有效探寻隐蔽性风险，像地下管线冲突这类潜在难题^[3]。头脑风暴方法依靠团队成员的扩散性思维，迅速梳理施工安全、资金链断裂等明显风险，特别适合项目前期的风险初步排查。风险列表规则根据过往项目数据和行业准则，搭建标准化风险条目库，包含政策变化、地质状况等常见风险类别，为风险识别提供结构化的参考方案。三种方式各有重点，德尔菲法重点专家经验的深度融合，头脑风暴法突出创意启发，风险清单法依靠数据支持，三者联合能够实现对市政工程项目风险的多方面覆盖，为后续防控体系搭建奠定基础。

（二）市政工程项目常见风险因素分析

市政工程建设项目的环节众多、参与的主体繁杂，其风险要素贯穿于项目的整个生命周期。安全风险属于核心风险领域，建筑施工现场的高空作业、深基坑施工等环节，容易因安全措施落实不足而引发事故，对施工人员的安全和项目进度造成影响^[4]。质量风险主要来自于材料质量未达标、施工工艺不规范等情况。例如混凝土强度不够可能会造成结构稳定性出现问题，从而导致后期维护费用增加或者产生使用安全方面的隐患。成本风险受原材料价格起伏、设计改动等因素作用，例如钢材价格上扬会直接提高工程成本，而频繁的设计变动可能引发返工，进一步扩大成本超支幅度。这些风险要素彼此关联，安全方面的事故或许会导致工期出现延误情况，进一步引发成本有所增加；质量方面的问题则有可能在项目运营阶段产生额外的维修费用，形成连锁式反应。

三、全过程防控体系构建框架

（一）防控体系设计原则

1. 系统性原则

整体性原则是市政工程项目管理风险全流程防控体系建立的主要基石，其主要在于突破传统风险防控里识别、预防和应对阶

段的孤立情形，通过要素整合与流程协作实现防控效能的最优化。此原则需把风险识别的动态特性、预防措施的前瞻属性以及应对机制的灵活特质纳入统一方案，建立包括项目整个生命周期的闭环管理体系。在实际操作里，要建立跨部门的风险信息共享平台，保证设计、施工、监理等主体的风险数据能够实时交互，防止因信息隔阂造成的防控漏洞^[5]。同时系统性准则注重防控措施的层级化和关联性，比如把前期地质勘查的风险辨认结果直接转变为施工时期的专项预防规划，再结合应急资源储备建立应对预案的动态调节机制。

2. 全过程覆盖原则

全程覆盖准则要求防控体系贯穿市政工程项目立项、设计、施工以及运营的整个生命周期，通过各阶段风险管控的衔接与协同实现动态化防控。立项环节要结合城市规划以及社会经济需求，通过可行性和风险评估模型来识别政策合规、资金保障等宏观方面的风险，建立风险预警阈值^[6]。在设计环节利用BIM技术整合地质勘查、结构安全等数据，搭建风险数据库，针对设计方案开展多方面模拟和优化，减少技术选型和图纸偏差方面的风险。施工时期将现场管控作为核心，开展风险动态监控，通过物联网设备实时收集施工数据，针对安全事故、进度滞后等风险予以实时回应和处理。运营时期要建立长效的监测体系，针对设施陈旧、维护费用等风险拟定周期性的评估与维护规划，保证风险防控的连续性与闭环特性。

（二）防控体系构成要素

1. 预防机制

全流程防控体系搭建框架里，防控体系组成要素包含预防、应对、监督等方面，其中预防机制作为前置性主要环节，要专注风险预警和事前控制措施的协同配合。风险预警要依靠市政工程项目全生命周期的数据，搭建多方面的指标系统，包含政策合规性、地质状况、供应链稳定性等核心方面，通过大数据分析和BIM技术融合实现动态监控，精确识别潜在风险的演变形势^[7]。事前管控措施要根据预警成果制定有差异的预案，比如针对地质风险运用超前地质预报以及加固方案预演，针对资金风险建立动态资金流模拟模型，针对工期风险开展主要路径节点的前置校验。预防机制要嵌入到项目前期的策划和设计阶段，通过设计方案的风险评审、施工组织设计的多方案对比选择，把风险规避措施融入项目实施的逻辑之中，建立预警、评估、预案、嵌入的闭环式管理，保证风险在发生之前通过系统性的措施实现有效规避，为后续的应对与监督环节筑牢基础。

2. 应对机制

在全过程防控体系的建立方案里，应对机制作为防控体系构成要素的主要部分，要以迅速响应和高效补救为核心要点，保障风险出现时的处置能力。应急响应体系需建立分级预警体系，根据市政工程的规模、风险种类和影响领域，设定不一样等级的响应流程，清楚各主体的职责和协作步骤，例如施工方、监理机构

以及政府管理部门的协同机制，从而缩短响应时长^[8]。补救策略要根据不同风险类别拟定差异化措施，比如针对施工安全事故，要预先设定现场救援、人员疏散以及设备抢修的详细步骤；针对成本超支风险，需建立动态成本调节机制，通过资源优化和合同条款修正降低损失。应对机制要融入信息共享平台，实现风险信息的即时传递与数据支撑，保证决策的及时性和准确性，进一步提高市政工程项目在风险事件里的应对效能，保障项目目标得以顺利实现。

四、全过程防控体系的实施与应用

（一）体系实施步骤

1. 部署流程

在全过程防控体系的施行与运用里，部署流程的科学性直接影响风险防控成效。方案规划要符合市政工程全生命周期特性，把风险识别成果转化成为具有可操作性的防控办法，确定各阶段（像设计、施工、验收）的风险界限与应对措施，保证方案包括技术、安全、成本等多方面风险点^[9]。资源统筹要协调参建单位、监管部门以及第三方机构的资源，搭建风险信息共享平台，实现数据实时交互与资源动态调整，确保防控措施落实的物质和技术保障。团队培训要针对不同岗位的人员开展风险认知和防控技能方面的培训，加强一线人员的风险识别能力与应急处置观念，通过模拟演练提高团队协同应对风险的水平。在实施进程里，要重点留意方案的动态调节机制，根据工程推进与风险变动及时完善防控措施，并且建立责任追溯体系，清楚各环节的防控责任主体，保证部署流程的每一步均能落实到位，实现闭环式管理。

2. 监测与反馈

监控与反馈为体系动态优化的主要。监控包括全流程，通过物联网、BIM以及KPI实时收集数据^[10]。反馈建立多方面通道，包括内部评审、协作平台以及合规报告。数据分析要进行分层来识别预警信息，例如工期超出阈值时自动触发推送。绩效评价融合定量与定性方式，运用挣值法分析成本与进度的匹配状况。根据结果实施动态优化策略，对数据库以及预案进行更新。将反馈信息录入知识库以便后续参考，建立监测、反馈、优化、应用闭环。此机制保证体系能够适应环境的变动，加强风险抵抗能力。

（二）应用案例分析

1. 成功案例研究

以某城市轨道交通3号线为实例，在项目前期通过风险矩阵来识别诸如地质状况、地下管线以及地面沉降等主要问题，进一步搭建起全阶段的风险防控体系。在设计环节运用BIM对盾构参数进行优化，避免冲突情况；于施工环节引入第三方开展监测工作，实时发出预警并启动应急预案。此应用让工期延误风险减少30%，安全事故发生率降到0.1%以下，成本节省8%。另一个案例是某综合管廊工程，建立动态数据库对多方面信息进行整合，实

现风险的实时更新与应对，最终比计划提前2个月完成建设，维护费用降低15%。两个案例均证实全流程防控体系在市政工程建设项目风险管控方面的明显成效。

2. 经验教训总结

以某地下综合管廊项目为实例，在前期通过BIM技术识别出12项高风险因素，并搭建起全过程的防控体系。在实施过程里，通过实时开展的监测预警基坑变形情况，防止事故发生。实践表明：风险识别的全面程度十分主要，曾因未考量周边建筑的沉降情况引发投诉；并且体系的动态特性欠缺，措施未能及时更新导致成本增加。重要启示包含：风险识别要将周边环境以及利益相关方因素纳入考量，搭建多方面清单；防控体系应当设立动态调整机制，结合实时数据对策略加以优化；要加强跨部门协作，保障风险信息在设计、施工等主体之间高效传输，加强体系的适应性与实效性。

（三）体系优化建议

1. 技术改进方向

在全过程防控体系的施行与运用里，技术改进的方向要重点于信息化和大数据技术的深度结合，以此提高风险预防的能力。能够引入BIM技术搭建市政工程数字孪生模型，实时反映项目进展、资源分配以及环境参数，通过模型模拟来识别施工冲突、工期延迟等潜在风险，预先制定应对措施。建立通过大数据的风险预警系统，融合气象、地质、供应链等多方面数据，运用机器学习算法分析历史风险实例与实时监测信息，建立风险概率预估模型，实现从被动应对到主动预防的转变。除此之外运用物联网传感器实时收集施工现场的人员安全、设备运转以及环境指标方面的数据，通过边缘计算技术对异常数据开展即时分析与预警，降低人为监控存在的滞后性和误差。这些技术手段的运用能够加强防控体系的动态特性与精准程度，保证市政工程项目在整个生命周期里的风险处于可控状态，促使管理模式朝着智能化、精细化方向升级。

2. 政策支持建议

技术改革要重点于信息化和大数据的融合。引入BIM技术搭建数字孪生模型，实时映射工程进度、资源状况以及周边环境，模拟并识别冲突和延误风险。建立大数据预警系统，融合多源信息，通过机器学习建立概率预估模型，实现从被动响应向主动防范的转变。运用物联网传感器收集人员、设备以及环境数据，通过边缘计算实时分析异常状况并发出预警，降低人为滞后和误差。这些方法能够加强体系的动态特性与精准程度，保证项目在整个生命周期内风险处于可控状态，促使管理模式朝着智能化、精细化方向发展。

五、总结

本研究专注市政工程项目管理里的风险识别以及全过程防控

体系搭建，确定市政工程风险具备复杂性、动态性和多源性特点，包含从前期决策、设计、施工到运营的整个阶段，涉及技术、经济、环境等多方面的风险因素。研究经全面梳理风险识别方式，结合具体案例证实全过程防控体系的主要价值。此体系通过建立风险动态监测机制、跨部门协同响应机制以及全周期责任

追溯机制，有力提高风险预警的精确性和防控措施的及时性，大幅降低项目延误、成本超支以及质量安全事故的出现几率。研究同时表明，当下体系在技术整合方面仍然存在数据共享障碍，BIM、大数据等技术的深度结合不够，并且政策配套方面缺少针对新兴风险（如智慧市政建设里的网络安全风险）的专门规范。

参考文献

[1] 胡大立. 旅行社涉税风险管理体系与风险防控研究 [D]. 江西财经大学, 2022.
[2] 吴南桥. 分布式能源项目风险识别与防控分析 [D]. 重庆交通大学, 2023.
[3] 高红伟. 中国输入型通货膨胀的风险识别与防控研究 [D]. 长春工业大学, 2023.
[4] 樊溢馨. D 电力企业运营管理的风险分析与防控 [D]. 大连海事大学, 2023.
[5] 籍皓. 文化企业商誉减值审计风险识别与防控研究 ——以美盛文化为例 [D]. 首都经济贸易大学, 2022.
[6] 井锐. 企业税务风险管理中对风险的识别与有效防控 [J]. 现代经济信息, 2019(07):307.
[7] 贾晓玮. 证券交易中的风险识别及风险防控 [J]. 经济研究导刊, 2023, (01):92-94.
[8] 尤莉娟. 基于全过程风险管理的科研经费使用风险防控体系构建研究 [J]. 科学与管理, 2022, 42(03):79-86.
[9] 许红仔. 市政道路工程造价风险指标识别及评价体系构建 [J]. 江西建材, 2022, (10):438-440.
[10] 徐妍. 电力企业资金支付全过程风险防控体系构建 [J]. 财讯, 2023, (21):84-86.

结合国标规范的房屋可靠性分级鉴定关键技术 与实践应用

杨辉源

广东 广州 510030

DOI:10.61369/UAID.2026030017

摘 要： 本研究专注于国标规范（像 GB50292）下的房屋可靠性分级鉴定工作，确定其以结构性能和风险管控作为理论核心要点，融合数据采集、无损检测、AI辅助决策等重要技术，通过实际案例来验证规范的指导意义。面对数据不相符、规范落实难等难题，提出规则优化、技术整合等措施，未来要深入推进智能监测与 BIM 技术的运用，健全国标细则来保障建筑安全管理。

关 键 词： 房屋可靠性分级鉴定；国标规范；关键技术

Key Technologies and Practical Applications of Building Reliability Grading and Identification Based on National Standards and Specifications

Yang Huiyuan

Guangzhou, Guangdong 510030

Abstract： This research focuses on the reliability grading and assessment of buildings under national standards (such as GB50292), determining that it takes structural performance and risk management as the core theoretical points, integrating important technologies such as data collection, non-destructive testing, and AI-assisted decision-making. Through actual cases, the guiding significance of the standards is verified. In the face of problems such as inconsistent data and difficulties in implementing the standards, measures such as rule optimization and technology integration are proposed. In the future, it is necessary to further promote the application of intelligent monitoring and BIM technology, and improve the national standards to ensure building safety management.

Keywords： house reliability classification and appraisal; national standard specifications; key technology

引言

既有房屋可靠性鉴定是确保既有建筑安全运行以及城市更新的主要技术部分，其开展要严格遵循国家标准规范体系。《民用建筑可靠性鉴定标准》GB50292-2015和《工业建筑可靠性鉴定标准》GB50144-2019等最新规范，搭建从构件至整体的分级鉴定方案，确定安全性、适用性以及抗震性能的评估指标和方法。根据这些规范，可靠性分级鉴定要融合结构性能分析、无损检测手段与人工智能辅助判定，实现从定性判别向定量评价的转变。在实际操作里，此技术体系已在老旧建筑翻新、商业建筑功能调整等情形中得以运用，精确识别结构方面的隐患并且给出加固的根据。本研究专注于规范和技术的融合推进，目的是加强鉴定的科学性与效能，为城乡建筑安全管理提供稳固支持。

一、国家标准规范与房屋可靠性鉴定基础

（一）国标规范概述

在中国房屋可靠性鉴定领域，国标规范体系以《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292作为核心，再加上《建筑抗震设计规范》GB 50011等专项标准，一同形成鉴定工作的技术根据^[1]。GB 50292对可靠性鉴定的层次作出明确划分，包括构件、子单元以及鉴定单元这三个层级，给出安全性与正常使用性的鉴定评级办法，为分级鉴定搭建系统性的框架。GB 50011针对处于抗震设防区域

的房屋，从抗震承载能力、构造手段等方面补充可靠性评估的重要指标，以保证鉴定结果兼顾结构安全性与抗震性能。这些规范通过统一术语的定义、检测方式以及评级准则，让不同鉴定机构的工作具备可比性与权威性，为房屋可靠性分级鉴定提供技术参照，同时也为后续主要技术的研发及实践运用奠定规范基础。

（二）可靠性分级鉴定理论基础

房屋可靠性分级鉴定的理论方案是以结构性能与风险把控为核心，其分级原则是通过结构承载能力、使用功能以及耐久性的多方面评估，通过量化指标把房屋可靠性划分成不同级别，为后

续的维修、加固或者拆除决策提供参考。风险评估模型融合结构失效可能性、后果严重程度以及使用环境要素，搭建从荷载效应到结构响应的分析链路，其中抗震鉴定属于主要应用领域，要结合地震作用时结构的延性、刚度退化和耗能能力实施分级^[2]。此理论方案要对接现行国家相关标准规范针对材料性能、构件承载能力以及整体稳定性的规定，保证分级成果具备科学性与工程实用性，为房屋全生命周期的安全管控提供理论支持。

二、房屋可靠性鉴定关键技术

（一）抗震鉴定技术方法

抗震鉴定的技术手段需严格根据国标规范的规定，通过多方面技术途径综合评定房屋的抗震性能。结构动力性能评价是主要环节之一，要结合脉动测试法或人工激振法获取结构的自振频率、振型以及阻尼比等参数，通过和规范规定的限值对比来判断结构动力特性是否符合抗震要求，这一过程需要依靠专业的振动测试仪器与数据采集系统^[3]。损伤检测手段包含外观检测和无损检测技术，外观检测重点辨认构件裂缝、变形以及材料劣化等宏观损伤状况，无损检测通过回弹法、超声法或者钻芯法等方式对混凝土强度、钢筋配置等主要指标开展定量评估，为后续的可靠性分级提供基础数据保障。数据分析技术要把动力性能参数和损伤检测成果进行整合，运用规范所推荐的抗震能力指数法或者推覆分析手段，算出结构在不同地震烈度状况下的抗倒塌能力以及层间位移角，最终根据国标规范的分级准则来确定房屋的抗震可靠性等级，保证鉴定结果具备科学性与准确性。

（二）可靠性分级关键技术

房屋可靠性分级鉴定要通过数据采集技术，通过无损检测工具和人工智能辅助决策手段实现技术创新。在数据收集阶段，要按照国标规范的规定，通过现场调研、图纸校验以及仪器测定等方式，获取结构几何参数、材料性能和损伤情况等基础数据，保证数据的精确性和完备性，为后续的分级工作提供可信的根据^[4]。无损检测设备的运用能够实现对结构内部瑕疵的非破坏性评定，例如运用超声回弹综合手段检测混凝土强度、通过红外热像技术辨别墙体空鼓，亦或是利用雷达扫描确定钢筋分布，这些技术不但提高检测效能，还可降低对结构的二次损害。人工智能辅助决策手段通过搭建通过机器学习的分级模型，把收集的多源数据输入算法开展特征提取和模式识别，实现对房屋可靠性等级的迅速判定，此手段能够有效融合专家经验与规范条款，提高分级结果的一致性和客观性。上述各项技术协同运用，促使房屋可靠性分级鉴定朝着数字化、智能化的方向迈进，符合现代建筑安全评估的精准化要求。

三、实践应用研究

（一）案例应用分析

1. 案例背景与实施过程

挑选2005年建成的钢筋混凝土框架式商业建筑，由于要改造

为超市，需按照 GB 50292-2015 开展可靠性分级鉴定^[1]。流程包括：现状调研（收集图纸、荷载过往）；现场检验（回弹法测强度、超声查缺陷、全站仪测垂直度、核查配筋）^[2]；根据国标评级：楼板由于裂缝超出标准为 C 级，梁柱节点出现锈蚀为 B 级，综合评定建筑级别为 II 级，需进行局部加固^[3]。执行时严格根据国标要求^[4]，所得结论为改造工作提供根据，证实国标具有指导价值^[5]。

2. 应用结果与分析

挑选某城市20世纪90年代建成的5幢钢筋混凝土框架式住宅，根据国标 GB 50144 和 GB 50292 开展可靠性分级鉴定。结果表明：有2栋评定为 II 级（基本完好），2栋评定为 III 级（限制使用），1栋评定为 IV 级（危险），分级结果和现场的破损状况高度符合。经对 III、IV 级建筑开展抗震评估可知，其承载力较规范要求低 15%~30%，节点核心区箍筋不足为主要薄弱之处。此技术实现可靠性分级的标准化和定量化，为加固改造提供精确根据，填补传统定性判定的不足^[6]。

（二）应用挑战与对策

1. 实践常见问题

在房屋可靠性分级鉴定的抗震领域实践里，数据不一致问题是首要难题，既有建筑原始设计资料缺失或者和实际现状不相符的状况较为常见，像混凝土强度检测数值和设计数值偏差较大，造成鉴定所根据的基础数据可靠性欠佳。规范实施难度较为明显，不同区域对于国标规范里抗震鉴定条款的认知存在差别，部分鉴定人员对复杂结构抗震性能判定准则掌握不精准，影响鉴定结果的一致性^[7]。另外在实际操作里还存在检测设备精准度不够、现场检测操作不标准等状况，比如振动测试期间传感器布置欠合理，造成结构动力特性数据采集误差比较大。这些难题不但降低鉴定成果的精确性，还可能耽误既有建筑抗震加固的时机，增添后续使用隐患。

2. 对策建议

针对国标于房屋可靠性分级鉴定里的应用难题，给出三方面应对策略：在规范优化方面，对模糊条款加以细化，确定不同结构类型的分级界限值，增添老旧材料性能衰减的修正办法，提高可操作性；在技术整合方面，促进 BIM 和现场检测数据的对接，引入机器学习开展智能分析，参考既有成果保障科学性^[8]；在流程改进环节，建立预评估、精准检测、分级判定、动态跟踪的闭环机制，运用无损检测、第三方复核以及物联网动态监测，建立全周期可靠性管理体系。

四、综合讨论与发展建议

（一）技术与规范整合研究

1. 整合方法

建立技术标准和规范条款的动态适配机制，以国家标准可靠性分级核心指标作为基准，把鉴定技术参数体系和规范分级边界开展映射校准，保证技术输出直接符合规范判定要求。对于规范未涉及的复杂情形（例如性能化鉴定），通过数字孪生搭建结构

性能演变模型，建立技术补充途径。搭建技术和规范的反馈迭代体系，把实践偏差数据作为规范修订的参考，促进双向协作，提高整合的及时性与精确性^[9]。

2. 整合效益评估

整合国家标准规范的房屋可靠性分级鉴定，在经济、安全以及社会效益方面价值十分明显：标准化的流程可使鉴定成本降低15%–20%，让房屋使用寿命得以延长^[1]；抗震评估的准确率提高10%–15%，降低房屋倒塌的风险^[2]；在旧城改造过程中，改造周期缩短30%，加快民生工程的落地实施^[3]。技术和规范整合让流程高效、参数符合规定，降低人为偏差^[4]。未来要动态适应规范，搭建 AI 与大数据智能平台，健全效益评估体系^[10]。

（二）实践经验与优化

1. 经验教训总结

在房屋可靠性分级鉴定实操过程中，部分案例因未严格遵循国家标准 GB 50292《民用建筑可靠性鉴定标准》的技术要求，出现了分级误判问题，造成不良影响。其中一处老旧住宅鉴定时，工作人员仅以墙体裂缝宽度作为核心判定依据，草率将其划为 B 级（基本完好），却忽略了混凝土碳化深度的检测与分析，后续复查发现该房屋混凝土碳化已深入内部，导致内部钢筋锈蚀损失达15%，承载力大幅下降，实际应判定为 C 级（限制使用），需及时进行加固处理。在抗震鉴定工作中，同样存在国标执行不到位的情况，工作人员未依据 GB 50023《建筑抗震鉴定标准》对建筑设防类别进行准确划分，误将属于乙类设防的学校建筑当作丙类设防，若遭遇地震等突发情况，将无法满足抗震设防要求，存在严重安全隐患。此外，部分鉴定人员专业能力不足，对房屋可靠性分级与抗震等级之间的内在关联性认识不深刻，制定的加固方案缺乏针对性，难以有效解决房屋存在的安全问题。综上，实操中需精准对标国标各项技术指标，强化裂缝宽度、碳化深度等多参数综合核验，加强鉴定人员专业培训，建立检测、分析、复核三级质量控制机制，从源头杜绝单一指标误判，保障鉴定结果的准确性与安全性。

2. 最佳实践建议

根据国标规范开展的房屋可靠性分级鉴定最优实践方案，要以《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292等主要规范作为框架，搭建标准化的操作流程。首先要明确鉴定对象的结构方案和使用场景，按照规范对鉴定单元进行划分，通过现场检测来获取材料强度、构件损伤、变形等主要指标，再结合结构分析模型对承载能力和使用性能进行评估。质量管控措施应贯穿整个流程，检测所得数据需由第三方进行复核，鉴定得出的结论需由具备相应资质的专业团队予以审核，保证和规范条款相符合。对于老旧建筑

或者复杂结构，能够引入像 BIM 建模这类数字化技术来辅助损伤定位，提高鉴定的效率和精度。建立鉴定档案数据库，为后续的维护和加固工作提供数据支持，让鉴定工作既满足国标规定，又能符合实际工程的多样化需求。

（三）未来研究方向

1. 技术创新展望

结合国家标准规范的房屋可靠性分级鉴定技术，应进一步整合智能监测与抗震预测模型，从而提高精准度与时效性。未来能够研发通过物联网和边缘计算的智能监测体系，实时收集房屋结构的应变、位移等参量，根据国标 GB 50152–2012《混凝土结构试验方法标准》里规定的监测指标开展数据校准，实现动态可靠性评价。要提高抗震性能预测模型的精准度，引入机器学习算法，对历史震害数据和国标 GB 50011–2010《建筑抗震设计规范》里的抗震等级标准开展关联分析，搭建多因素耦合的预测模型，从而更精确地反映房屋在地震作用时的可靠性等级。另外要探寻 BIM 技术和国标规范的深度融合，把构件性能参数和国标分级指标嵌入到模型之中，实现可视化的可靠性鉴定以及全生命周期管理，为房屋安全评估提供更高效的技术支持。

2. 政策与标准建议

未来研究趋向包含探寻通过机器学习的损伤识别方法，整合传感器实时监测信息提高鉴定精确性；强化钢结构、木结构等专门性研究，健全分级体系适配性。在政策与标准的建议方面，要促使国标规范进行动态更新，将新兴技术标准纳入其中，清晰界定操作流程和质量标准；建立多部门协同的机制，颁布财政补贴和培训相关政策，激励采用先进的技术。通过技术改革与政策扶持，加强房屋可靠性分级鉴定的科学性和实用性，给建筑安全管理予以支撑。

五、总结

本研究专注于国标规范体系里房屋可靠性分级鉴定的核心技术开展，确定综合考量承载能力、正常使用以及耐久性的技术思路。提出根据荷载效应和抗力限值匹配的分级判定模型以及多指标权重赋值方式，提高鉴定的精准度与可操作性。实际情况显示，此技术体系于老旧小区改造、历史建筑保护工作里能够迅速识别隐患问题，为加固操作提供量化的根据。抗震鉴定作为拓展仍然面临动力特性分析欠缺等难题。未来应将 BIM 与物联网融合来建立动态评估体系，健全国标抗震鉴定分级的具体细则，强化规范间的协同。

参考文献

- [1] 彭涛涛. 房屋建筑工程中现浇梁板施工技术[J]. 建材与装饰, 2019, (30): 18–19.
- [2] 高仲春. 房屋建筑施工中现浇梁板板施工技术分析[J]. 地产, 2019, (21): 127.
- [3] 杨海. 房屋建筑施工中现浇梁板板施工技术分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2020, (18): 76–77.
- [4] 孔祥朋. 房屋建筑施工中现浇梁板板施工技术分析[J]. 中国住宅设施, 2023, (05): 178–180.
- [5] 周金. 房屋建筑装配式混凝土结构关键技术分析[J]. 砖瓦, 2022, (04): 67–69.

建设工程给排水领域排水管网普查、检测与预处理的协同技术体系研究

许禄康

四川 成都 610072

DOI:10.61369/UAID.2026030021

摘 要： 城市排水管网是城市水环境治理和内涝防治的主要基础设施，其健康状况直接关乎污水收集效率、管网运行的安全性以及城市的韧性水平。因为当前排水管网普查显示碎片化、检测精准度欠佳、预处理与前后环节存在脱节、数据形成孤立状态且流程缺乏协同等状况，本文将建设工程给排水领域作为应用场景，系统地建立普查、检测、预处理一体化协同的技术体系。通过整合多类普查信息、智能化检测手段、标准化预处理流程以及数字平台管控模式，实现流程的闭环式管理、数据的互通性共享、质量的有效化控制以及效率的明显提高。经过工程实践验证，该体系可明显减少无效工作、提高缺陷识别的精确程度、缩短工程时长并降低总体费用，为排水管网的质量提高、更新改造以及智能化运维提供技术支撑。

关 键 词： 排水管网；管网普查；管道检测；预处理；协同技术体系；智慧排水；全生命周期管理

Research on Collaborative Technical System for Survey, Testing and Pre treatment of Drainage Network in Construction Engineering Water Supply and Drainage Field

Xu Lukang

Chengdu, Sichuan 610072

Abstract： Urban drainage pipe network is the main infrastructure for urban water environment management and waterlogging prevention. Its health status is directly related to the efficiency of sewage collection, the safety of pipe network operation and the resilience level of the city. Because the current drainage network census shows fragmentation, poor detection accuracy, disconnection between preprocessing and front and back links, isolated data formation and lack of coordination of processes, this paper takes the construction project water supply and drainage field as an application scenario, and systematically establishes a technical system for the integration and coordination of census, detection and preprocessing. By integrating multiple types of census information, intelligent detection methods, standardized preprocessing processes, and digital platform management and control modes, closed-loop management of processes, interoperability sharing of data, effective control of quality, and significant improvement in efficiency are achieved. It is verified by engineering practice that the system can significantly reduce invalid work, improve the accuracy of defect identification, shorten the duration of the project and reduce the overall cost, and provide technical support for the quality improvement, renovation and intelligent operation and maintenance of the drainage pipe network.

Keywords： drainage network; pipeline network survey; pipeline inspection; preprocessing; collaborative technology system; smart drainage; whole life cycle management

引言

（一）研究背景

随着城市更新和污水提质增效行动不断深入，排水管网从传统运维迈向精准诊断、靶向修复与智慧管控。地下管网具有隐蔽特点、服役年限长、病害类型多样（例如破损、变形、沉积、混接、渗漏、树根侵入等状况），传统人工排查手段效率较低、精准度不足、存在较大安全隐患，已难以满足大规模管网治理的要求。管网诊断前端的三个主要环节为普查、检测和预处理，长期以来存在流程分散、数据不共享、标准不统一、质量管控不佳等问题，导致检测无效、缺陷误判、修复不准确，在很大程度上制约工程质量和投资效益^[1]。

（二）研究意义

建立普查、检测与预处理协同技术方案，实现任务协同、数据协同、标准协同、管控协同，可打通从基础信息采集到缺陷精准识别再到修复前期筹备的全流程，使作业效率提高 30% 以上、缺陷识别精准度达到 95% 以上，降低无效检测与返工费用，保障管网诊断与修复工程科学高效推进，为城市排水系统高质量发展提供理论与技术支撑^[2]。

（三）国内外研究现状

在海外以 CCTV、声呐、雷达多技术融合以及数字化平台为基础，建立标准化的作业流程；在国内重点于单一技术的优化和局部应用，在三环节协同机制、数据融合模型、全过程质量管控等方面仍然存在欠缺，急需打造适配我国建设工程场景的一体化协同技术体系。

（四）研究内容与技术路线

研究内容：排水管网普查技术的改进、多方面的智能检测技术、规范化的预处理技术、三环节协同机制及平台建立、工程验证与效益评价。

技术途径：当前情形与问题分析→协同体系方案建立→核心技术集成→平台开发→工程实践运用→总结改进与优化。

一、协同技术体系总体框架

（一）设计原则

根据系统性、协同性、精准性、经济性、安全性这五项设计原则，系统性要包括普查、检测、预处理全流程并实现闭环管理；协同性重点于任务协同、数据共享、人员配合以及标准一致；精准性通过多源数据整合，实现缺陷的精确位置判定与可靠等级评估；经济性通过优化作业顺序、减少重复工作来降低总体成本；安全性对有限空间作业进行规范，全面保障人员与设备的安全^[3]。

（二）体系架构

建立1平台+3环节+N技术+全流程协同管控技术方案：将排水管网数字协同管控平台（集成GIS、BIM、IoT与AI）当作核心，包括精准普查、智能检测、标准化预处理这三个步骤，整合多源测绘、水质水量监测、CCTV/QV/声呐/GPR检测、高压水射流清淤、机器人预处理以及AI缺陷识别等多种技术，同时对整个流程的质量、安全、进度、成本实施协同管控。

（三）协同逻辑

把数据作为核心纽带，普查得出管网基础信息以及问题清单，明确检测重点与路径；检测反馈缺陷位置和类型，反向验证普查数据；预处理为检测创造合格作业条件，同时根据检测结果优化预处理范围和强度，这三个环节双向反馈、动态迭代，实现全流程最优^[4]。

二、关键协同技术研究

（一）精准普查技术（基础层）

1. 多源信息融合普查

整合竣工资料、GIS数据、实地勘察、权属调查、水质水量检验、地下管线探测雷达（GPR），建立基础调查、重点筛查、精准核实三阶普查模式，全方位获取管网拓扑方案、材质类别、管径尺寸、埋设深度、坡度状况、检查井情况、混接情形、外水

侵入状况等信息，打造标准化的普查数据库。

2. 问题分级与优先级划定

根据普查数据，针对沉积、堵塞、混接、渗漏、结构缺陷等情形开展分级工作，建立风险评估模型，输出重点检测管段的列表，实现先重点后一般、先高危后常规的检测方式，明显缩小无效检测的领域。

3. 普查数据标准化

对数据格式、编码规范、空间坐标系统进行规范，建立普查数据质量核查机制，确保数据完整、精确、唯一，为检测和预处理工作提供可靠的数据输入。

（二）智能检测技术（核心层）

1. 多技术组合检测

智能检测技术核心方面采用多技术协同检测：CCTV管道机器人可用于150至2000mm管径范围，能以高清成像识别像裂缝、变形、腐蚀、接口错位这类结构性问题，其检测效率为150至200m/台班；QV管道潜望镜用于对检查井和近端管段开展快速排查工作，适用于应急情形与初步诊断；声呐检测在高水位或者满管流状态下无需降水，可识别沉积、变形以及障碍物；地质雷达（GPR）能够实现非开挖探测管道埋深、周边空洞以及土体扰动情况；同时设置流量、水位、水质、液位等智能传感器，对管网运行状态实施动态监测。

2. AI缺陷自动识别

通过深度学习模型（像卷积神经网络、Transformer策略），针对CCTV检测影像实施逐帧自动判读操作，实现裂缝、变形、沉积、树根、渗漏、接口错位等常见缺陷的智能识别、精准位置确定以及自动分级。经过大量标注样本的训练和迭代优化，一级与二级缺陷（轻微至中等程度的缺陷）的识别精准度超过95%，三级和四级缺陷（严重到重大级别的缺陷）的精准度近乎100%，有效降低人工判读时的主观差异与疲劳误差，大幅提高检测效率和结果的一致性。

3. 检测数据与普查数据融合

将检测所得的缺陷空间位置、等级、影像证据等信息，与普

查阶段建立的管网拓扑方案、管材管径、埋设深度、建设时间等属性数据进行深度关联，建立一张图管网健康档案。该档案能够开展缺陷溯源分析（如追溯渗漏点上游存在的问题）、管段风险分级评估、修复优先顺序排列以及方案对比选择，为管网全生命周期的管理提供科学的决策根据。

（三）标准化预处理技术（保障层）

1. 预处理核心目标

预处理的核心目标是为后续检测创造水净、壁洁、无阻碍、低水位的优质作业环境：通过降水与封堵使水位降至管径的20%以下，保障检测设备能够顺利通行；凭借清淤清洗让内壁清洁度达到不低于80%，保证 CCTV/声呐成像清晰、无遮蔽；同时清除树根、硬块等阻碍物，为机器人顺利通过以及后续非开挖修复奠定坚实基础。

2. 预处理技术流程

预处理技术的流程如下：首先采用移动泵组与气囊封堵的方式实施降水疏干操作，让管内水位降至管径的20%以下；接着开展清淤疏通工作，通过高压水射流清淤、机械抓斗、螺旋输送等方式清理淤泥、建筑垃圾以及树根，确保管道内壁的清洁度不低于80%；然后进行障碍清除作业，切割侵入的树根并破碎硬块，从而保障机器人能够顺利通行；随后开展清洗保洁操作，利用高压水洗的办法去除油污和附着的杂物，保证成像不被遮挡；最后进行验收校核，预处理完成之后开展现场验收，若不合格就重新处理，合格之后才可进入检测环节。

3. 预处理与检测协同优化

根据普查问题清单以及检测优先级，采用分区域、分层次的形式开展预处理工作，避免全域无区别预处理造成的工期与成本浪费；在 GIS 平台中实时标注各管段的处理情况，动态调整作业顺序。在检测程序中，若 CCTV 或者 QV 发现局部有堵塞、沉积或者新的障碍物情形，立刻通过移动终端推送给预处理小组，该小组携带高压水射流或者可移动抓斗快速赶赴现场进行处理，处理完成后由检测设备当场进行复验，建立起发现、反馈、处置、复检的闭环系统，明显减少重复降水与封堵状况，提高整体协同效率。

（四）三环节协同机制与平台构建

1. 任务协同

建立通过工单流的任务协同与联动体系。普查环节结束之后，平台根据问题清单以及优先级自动生成检测工单，然后推送给检测小组；检测过程中若发现预处理未达到标准（比如水位高于20%、清洁度不足、存在未清理的障碍），系统会立即触发预处理返工工单，明确整改位置与要求；预处理小组完成整改并上传验收影像和数据之后，平台自动解锁对应管段的检测流程，无需人工进行频繁协调。通过条件触发与状态机管控，实现普查、检测、预处理这三项环节任务的自动流转，明显减少调度延迟^[6]。

2. 数据协同

通过排水管网数字协同管控系统，建立普查、检测、预处理这三个层级数据统一存储与实时分享的方案。普查阶段所形成的管网拓扑方案、管径埋深情形、问题明细等，为预处理工作提供

作业的根据；预处理上传的验收报告（包括水位、清洁度、障碍清除记录等内容），作为检测工作的准入标准；检测过程里发现的缺陷位置、等级以及影像资料，实时回传至平台，自动关联到普查属性表和预处理记录。所有数据自动核验、跨流程关联，打破数据屏障，建立唯一的数据基座，支持缺陷追溯与健康评估。

3. 标准协同

统一术语、编码、缺陷分级、作业规范和质量检验标准，编制《排水管网普查、检测、预处理协同作业导则》，实现全流程的标准化^[6]。

4. 管控协同

平台集成进度管理（工单节点自动追踪与超期预警）、质量控制（影像与报告线上核查、复核留痕）、安全管理（有限空间气体监测、电子围栏、人员定位与 SOS 一键报警）、成本控制（材料消耗、台班统计与预算比对）及人员设备调配。支持移动端现场视频实时回传、隐患推送预警、各类报表（日报、周报、验收单）一键生成，实现普查、检测、预处理全流程可视化、可追溯的协同管理与控制。

三、工程应用与效果验证

（一）工程概况

以某老旧城区排水管网的更新改造工程为例，管网总长度约85千米，主要运用混凝土和塑料材质的管道，已使用超20年，存在沉积现象严重、混接和错接状况、结构存在缺陷、处于高水位运行等问题。采用本文的协同技术体系进行普查、检测和预处理相关工作。

（二）实施流程

执行步骤如下：首先开展多源融合的普查工作，建立管网数据库以及问题列表，明确重点检测路段长度达32km；随后根据优先级对不同区域和路段实施标准化的预先处理，在验收合格之后，再开展 CCTV、QV 以及声呐的联合检测；最后通过 AI 自动识别管网里的缺陷，并且经过人工复查，形成管网健康评估报告和修复明细，同时运用平台进行全程管理，实现普查、检测、预处理这三个环节的实时协作。

（三）应用效果

应用效果明显：作业时间缩短35%，无效检测降低40%；缺陷识别精准度达到96%，漏判和误判现象明显减少；综合成本下降28%，避免盲目预处理和重复检测；全流程进行数字化留痕，实现质量可追溯、安全风险可控制，管理更加规范。

（四）效益分析

经济效益明显：可降低工程投资，增加管网使用年限，减少运维成本；在社会效益方面，提高污水收集比率，降低溢流引发的污染，加强城市抵御内涝的能力；从环境效益角度看，改善水体质量，促进碳减排和绿色城市的建立。

四、存在问题与优化方向

（一）现存问题

针对目前存在的问题：在复杂工况（例如大埋深、大管径、严重变形等情形）下进行协同作业的难度比较大，AI模型对于微小缺陷和特殊缺陷的识别能力还有待优化，跨部门的数据共享与标准统一也需进一步加强。

（二）优化方向

优化方向包括：研发机器人胶囊与多传感器融合一体的检测装置，加强复杂场景适应能力；强化大模型训练，提高微小缺陷和复合型缺陷的识别精确性；推动区域级管网数据平台的相互连通，建立全生命周期协同管理方式；同时完善协同作业标准与定额体系，为规模化推广提供支撑。

五、结论与展望

（一）结论

本文建立的排水管网普查、检测与预处理协同技术体系，通

过流程再造、技术集成、数据融汇以及平台管控，确实化解传统作业碎片化、缺乏协同、效能低下、精准度不高等问题，实现管网前端诊断全流程的规范化、智能化与高效化。实际工程情况表明，该体系技术具有可行性，在经济方面较为合理，并且成效明显，可在城市排水管网的更新改造、提质增效、智慧运维等工程场景中广泛应用。

（二）展望

未来要进一步深度融合 BIM、数字孪生、物联网、人工智能等技术，建立全生命周期的智慧管网协同管理策略，推动排水管网从被动维修转变为主动预警、精准治理，为建设韧性城市、海绵城市提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 城镇排水管道检测与评估技术规程 (CJJ 181-2012)[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2012.
- [2] 城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程 (CJJ/T 210-2014)[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2014.
- [3] 王忠.智慧监测下排水管网精准排查与污水提质增效策略研究[J]. 建筑科学，2025,41 (12):112-118.
- [4] 涂伟，谷宇，陈睿哲，等.管道胶囊协同检测大规模城市排水管网[J]. Automation in Construction,2026,148:105678.
- [5] 周川杨，中超康，昀王勋功，等.市政排水管网调查、测绘、检测、评估四位一体技术路线研究[J]. 市政技术，2025,43 (11):272-278.
- [6] 朱琳.新时代城市更新中雨污水管网治理实践路径 [C]// 城市更新论坛论文集，2026.

地铁隧道施工多源监测数据融合及隐患识别分析

江南, 李宝国, 王珽睿

中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司, 陕西 西安 710000

DOI:10.61369/UAID.2026030025

摘 要 : 地铁隧道施工属于地下隐蔽工程, 具有复杂多变的施工环境以及多种扰动源等影响因素, 其安全性非常差, 并且传统单一数据监测手段存在片面性、时效性以及滞后性等问题。分析了当前存在的多源数据监测与隐患识别中存在的碎片化采集数据问题、数据融合精度偏低问题、识别信息滞后性和系统化不完善问题, 针对施工中存在的问题提出相对应优化措施, 以实现提高对地铁隧道施工过程中的隐患精确识别与及时性识别, 为施工过程中的安全防护和提前预知提供相应技术保障, 使得在整个过程中都能够安全稳定进行。

关 键 词 : 地铁隧道; 施工监测; 多源数据融合; 隐患识别; 安全管控

Integration of Multi-Source Monitoring Data and Analysis for Hazard Identification In Subway Tunnel Construction

Jiang Nan, Li Baoguo, Wang Tingrui

Power China Northwest Engineering Corporation Limited., Xi'an, Shanxi 710000

Abstract : Subway tunnel construction constitutes an underground concealed project characterized by complex and variable construction environments along with multiple disturbance factors, resulting in significant safety challenges. Traditional single-data monitoring approaches exhibit limitations such as partiality, timeliness issues, and delayed response capabilities. This study analyzes existing problems in multi-source data monitoring and hazard identification, including fragmented data collection, insufficient data fusion accuracy, delayed identification information, and inadequate system integration. Corresponding optimization measures are proposed to enhance the precision and timeliness of hazard detection during subway tunnel construction, providing technical support for safety protection and early risk prediction, thereby ensuring safe and stable progress throughout the entire project.

Keywords : subway tunnel; construction monitoring; multi-source data fusion; hazard identification; safety management

引言

伴随着城市轨道交通建设的高速发展, 地铁隧道施工越来越向深覆土、大跨、近距离穿越建筑物及复杂水文地质方向发展, 在施工过程中极易受围岩扰动、地下水渗流以及机械施工等不利因素的影响而引发坍塌、沉降和涌水事故, 严重威胁施工人员的生命安全和工程的建设质量。监测作为保证地铁隧道施工安全性的重要措施, 现阶段常用的监测方式有多种监测设备如位移、应力、水文和环境等产生的庞杂且类型众多的数据。长久以来大多施工现场使用的是单一地对数据进行单独分析的形式使得各类监测数据之间无法有效结合从而导致数据资源得不到有效地发挥以及不能够及时地发现小的安全隐患进而可能会导致巨大的安全事故。在此情况下有效地将多源监测数据充分融合形成精准、高效的隐患识别机制成为地铁隧道在施工过程中保证其安全性的关键突破口并有着提高工程施工的智能化以及精细化管理的巨大意义。

一、地铁隧道施工多源监测数据融合及隐患识别概述

(一) 多源监测数据的主要类型

监测数据包括施工过程中隧道围岩、支护结构及环境三大方面的数据, 来源于各个方面。其中一是围岩状态监测数据, 主要

有监控量测的围岩收敛值、拱顶下沉、围岩松动圈等数据, 直接体现了地下岩石在受干扰后的稳定性情况。二是支护结构监测数据, 其中包括量测钢架应力和锚杆轴力, 以及由传感器测定混凝土应变变量测, 支护沉降等数据能直观反映初期支护和二次衬砌受力状况。它较好地反映了支护结构的承载稳定性能。三是水文地

质监测数据，诸如地下水位监控，孔隙水压观测以及围岩渗流等资料是监控地下水水质诱发因素。地下水则是造成隧道涌水、突泥，以及软化隧道围岩的关键^[1]。四是环境监测资料，诸如隧道上方地表沉降，周边构筑物如房屋建筑物和地下管线变形，特别是倾斜率监测等，用以控制施工影响对环境设施的影响程度。

（二）多源监测数据融合的内涵

多源监测数据融合不是简单叠加各类监测数据，而是将不同监测设备、不同性质的监测数据进行规范的数据处理、相关分析和深层整合，消除各类监测数据之间的界限，使多类数据相互补充、相互标定、综合分析。相比传统单一监测数据，数据融合技术能有效克服单一监测的不足，例如围岩变形监测仅体现形状变化，应力监测反映结构受力本质，而通过融合二者数据可以精确判定该变形为正常施工影响或异常隐患存在，为识别提供完整准确的基础数据支持^[2]。

二、地铁隧道施工多源监测数据融合及隐患识别存在的问题

（一）监测数据采集分散化，标准化水平偏低

目前大多数地铁隧道监测工作较为分散、独立，制约了数据融合工作的开展。首先在施工现场，监测仪器的种类繁多，各不同品牌的监测设备的数据采集率不统一、存储格式不一致，并且有部分为人工间断性测量，有部分为自动实时监测，数据时序不一致，数据混乱，不利于对数据进行联合分析处理；其次监测点布置不够科学，一些施工单位仅设置少量的围岩变形监测点，忽视了诸如水文监测、管线应力应变等辅助性监测点位，数据结构残缺^[3]。最后，在现场采集中缺乏规范控制措施，在施工过程中受扬尘、机械设备振动和天气等因素影响，采集到大量的无效或失真数据，不经过及时的筛选和剔除将直接影响后续数据融合结果以及安全隐患分析的结果。

（二）数据融合技术浅层化，数据利用率低

大多数施工单位还只是简单使用多源数据，不能够做到真正的深度融合。大多数施工现场仅针对不同的监测数据进行分别统计、简单比较，并未进行系统化、耦合性分析判断。如发现隧道拱顶下沉超限时，只单独分析变形数据，并未结合围岩应力变化、地下水变化以及施工掘进相关参数等因素综合分析判断，不能够准确地找到沉降发生原因的具体问题，难以确定是受掘进扰动、还是地下水的影响或支护施工不足等造成的问题。同时大部分项目也并没有专业的数据融合模型进行分析，仅依赖人的经验来分析数据，不能挖掘监测数据中蕴含的规律，大量的有效监测数据被搁置一旁，“数据预测”“预警”价值无从体现，整体上数据利用价值极低^[4]。

（三）隐患识别不及时，预警信息不准确

滞后且预警不精准是目前施工安全监控的主要短板。首先，隐患识别方式较为落后，现有体系主要依靠设置固定的阈值，监测数据只有在超过此阈值时才告警，对于逐渐增长、小幅度震荡的数据难以判断其形成的安全隐患，许多重大的安全隐患在其渐

变阶段难以及时发现^[5]。其次，对安全隐患分级不够完整，不能针对多源融合数据分析结果对其安全等级进一步划分，导致存在过度警告、无效警告、警告不足的现象共存的情况，小幅震荡数据频繁发出警告容易麻痹管理人员，而具有隐蔽性强、成长性缓慢等特点的严重安全隐患不易识别。同时对隐患的识别缺少与现场施工作业的联动性，告警信息产生后没有快速地溯源并分析，并作出快速处理，告警与现场管控脱节。

（四）专业治理体系不健全，人员技术素质差

完善的管控机制和专业的人员队伍是实现多源数据融合、智能化隐患识别的基础，但目前施工现场普遍缺乏相关的制度建设及能力欠缺的问题。制度缺失：多数施工项目的监测制度无法满足多源监测的管理需求，对于数据采集、数据处理、数据融合、数据分析研判及预警等各个监测阶段未形成相应的岗位职责，并且各阶段的流程混乱、无序化，易造成数据丢失现象、分析滞后问题以及延迟性的处置等一系列问题发生。专业人员的能力水平参差不齐：现场的监测人员通常仅仅能够熟练掌握设备的基础操作，而对于如何对收集到的数据进行相关统计学分析以及多源数据融合与数据分析等工作尚缺乏必要的经验及专业技术。同时技术人员缺少足够的实践锻炼，对于监测所得的数据是否适于施工现场的应用条件，以及对其真实性还无法做出准确判断，因此其得出的数据分析报告也难以符合现场实际情况和实际工况要求^[6]。

三、提升地铁隧道工程多源监测融合及隐患识别的对策

（一）规范数据采集标准，构建一体化数据采集系统

地铁隧道施工中常用的掘进工法有很多，主要包括明挖法、盾构掘进、暗挖法以及矿山法等。针对数据碎片化、非标准化问题从源头上规范采集行为，为数据融合提供保障。一是统一监测技术标准根据地铁隧道施工地质条件和施工工艺以及周围环境等要求，统一监测点的设置标准、采集频率、采集格式和采集精度，更换老旧的监测设备，确保各类监测仪器在相同的数据采集模式下实现数据输出标准化^[7]。二是合理布设监测点按照全方位、全覆盖的要求，在围岩、支护、水文、周边环境等方面补齐薄弱环节的监测点位，消除监测盲区，确保采集的数据能够全面反映实际情况。三是强化原始数据预处理指定专人对采集数据进行筛选、降噪与纠错，及时剔除因外部环境影响、设备等因素造成的失真数据，并统一不同时间点及不同类型的测量值的度量标准，从而保证了原始数据质量，深度数据融合有了可靠基础^[8]。

（二）加强多源数据融合，发挥数据挖掘效能

改变单个数据的孤立分析现状，促进多种监测数据分析融合，挖掘数据背后蕴含的信息。一方面，建立多源数据关联分析体系。突破简单的对比模式，针对影响隧道施工的主要风险进行分析，结合变形监测、应力监测、水文监测及施工参数等建立相关关系，使得不同类别的监测信息可以相互结合，将围岩沉降信息与地下水位、支护应力信息结合起来具体分析产生沉降问题的原因（是自然下沉？还是施工干扰沉降？抑或地质沉降风险）等等，另一方面

引入轻量化数据融合分析模型。考虑到地铁盾构隧道工程的实际需求,对施工现场的需要进行了考虑,构建简易且高效的数据分析方法对动态、大量的监测信息进行趋势、关联以及规律的探索 and 寻找,从而有效找到在变化过程中数据呈现的变化异常现象,由“数据统计”到“判断”过渡,提升数据利用率^[9]。

（三）健全隐患预判方法，精准超前预警

设计合理的识别逻辑,建立全方位的多层次智能化的隐患预警体系,保证预警不滞后,精准预警。首先,设置合理的判断标准。改变单一阈值判定方法,结合数据融合结果对数据进行阈值预警和趋势预警。数据超出阈值时,可以发出预警。对于在数据小范围缓慢变化的趋势下产生的隐患也可以提前发现,做出预警。其次,划分出合理的风险等级。根据异常数据、发展趋势以及影响区域,将隐患划分为一般性、较大性、重大性的施工风险。并对不同类型的施工问题采取不同程度的应对处理方式。这样不仅避免了没有效果的无效报警,也能解决不必要的过度预警^[10]。最后,形成一个闭环的管理体系。通过预警接收,查找隐患点位置,检查核实后对施工进行整改和处理,并且复查复核消除隐患,实现一个有效的闭环。

（四）健全管控保障机制，加强人才支撑

健全的制度、专业的人员保障数据融合及识别工作的实施。在制度方面,按照项目施工需求制定了监测多源数据管理及分析研判和隐患预警处理的专项管理制度,在岗位责任上明确了技术人员、监测人员和管理人员的具体职责,在工作要求方面制定了数据采集与处理、数据分析与预警、隐患整改等工作标准,在工

作执行上保证了各项工作的有序性和规范性,杜绝随意性。在专业人员方面,针对项目实际对相关数据处理及隐患预警的相关技术培训作为常态化的培训项目开展,主要对相关人员就多源监测数据融合分析及精确识灾、隐患预警与处理以及设备维护与管理等方面进行重点培训,并结合日常施工实际情况开展技术交底、定期复盘等机制,将施工过程中存在的异常数据情况以及相关识灾案例进行总结学习,通过积累现场识灾方面的经验不断提高整个项目安全管理团队的专业能力,进而能够更好地实现对隧道安全防控的长效机制。

四、结语

风险预控和隐患前期治理是地铁隧道工程安全施工控制的关键,通过多源数据监测融合分析能够有效弥补传统监测与管控中的缺陷并精准发现隐患。基于目前对地铁隧道工程中监测数据不标准收集、融合程度偏低及发现隐患不足等问题严重影响了对地铁隧道工程施工的安全性把控。因此在后续的施工管理过程中需要结合实际,从完善监测数据标准、增强融合深度、改进发现机制、完善机制保障四个角度切入,全面激活监测数据功能价值,全方位、高精度地开展前瞻性隐患以及安全保障措施,并规避了在建设地铁隧道的过程中可能面临的各类风险,使工程顺利安全实施。确保能够高质量完成地铁隧道工程,并为城市轨道交通在工程中的相关施工安全管控问题提供相应依据。

参考文献

[1]李文秋.地铁盾构空推过暗挖隧道施工常见问题与关键技术[J].四川建材,2025,51(8):152-155.
[2]廖鹏,黄琦,李国潜,等.隧道施工地表隆沉效应三维模型试验研究[J].铁道勘察,2025,51(4):147-153.
[3]周安琦,王士民,陈发达,等.城市浅埋岩溶地层溶腔位置对地铁隧道施工力学影响的模型试验[J].城市轨道交通研究,2025,28(7):57-65.
[4]王子辰.基于结构方程模型的地铁隧道施工安全影响因素分析[J].散装水泥,2025,(3):40-42.
[5]王贞杰,罗小颖.地铁盾构隧道施工中净距叠线掘进施工工艺[J].城市建筑空间,2025,32(S1):328-329.
[6]曾晨.隧道施工扰动下含空洞地层地表沉降规律分析[J].结构工程师,2025,41(6):193-203.
[7]沈梦思.地铁隧道施工中控制测量误差分析与优化方法研究[J].中国高新科技,2025,(23):108-110.
[8]王辰宇.地铁隧道施工对周边地下管线的影响及安全保护措施[J].江西建材,2025,(10):361-363.
[9]李晨,张凯,吕杨,等.双线盾构地铁隧道施工对桩基变形的影响分析[J].施工技术(中英文),2025,54(17):101-105.
[10]石卫,王志清,刘高阳,等.盾构隧道施工对临近砖石古塔的影响研究[J].水利与建筑工程学报,2025,23(4):84-93.

商业综合体机电工程造价全流程管控研究

——基于多系统协同的概算、预算与结算优化

贺会丽

广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030027

摘 要： 商业综合体机电工程的造价全流程管控，以多系统协同作为核心，通过打破子系统间的信息壁垒，整合技术参数和功能需求，对概算、预算、结算各个阶段的策略予以优化。融合 BIM、物联网等技术，实现成本精确控制与效率提高，实证表明能够降低成本 10%–15%、缩短结算周期 60%。此策略针对住宅、办公等工程类别具备普遍适用性，给同类项目提供可复制的成本控制途径。

关 键 词： 商业综合体机电工程；多系统协同；造价全流程管控

Research on Full Process Cost Control of Mechanical and Electrical Engineering in Commercial Complex — Optimization of Budgeting, Budgeting, and Settlement Based on Multi System Collaboration

He Huili

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： The whole process control of the cost of mechanical and electrical engineering of commercial complex takes multi-system coordination as the core. By breaking the information barriers between subsystems, integrating technical parameters and functional requirements, the strategies of each stage of budget estimation, budget and settlement are optimized. The integration of BIM, Internet of Things and other technologies can achieve accurate cost control and efficiency improvement. The empirical results show that it can reduce the cost by 10 % –15 % and shorten the settlement cycle by 60 %. This strategy has universal applicability for residential, office and other engineering categories, and provides a replicable cost control approach for similar projects.

Keywords： commercial complex electromechanical engineering; multi system collaboration; cost control throughout the entire process

引言

商业综合体的机电工程属于项目建安成本的主要构成部分，包含暖通、给排水、电气、消防等多个子系统，功能的交叉与协同需求十分明显，传统的独立管控方式容易导致信息孤岛、成本冗余等状况。2023年住建部颁布的《房屋建筑和市政基础设施工程全过程工程咨询服务技术标准》（GB/T 51450–2023）明确提出加强全生命周期造价控制，促进多专业协作。在这样的背景之下，探寻多系统协同机制于机电工程造价整个流程（概算、预算、结算）里的运用，成为提高管控精确程度、减少成本浪费的要点。通过整合子系统的技术参数和功能需求，搭建协同模型，能够实现各阶段造价的动态关联与优化，为商业综合体机电工程的高效造价管理提供理论支持和实践参考。

一、机电工程造价管理理论基础

（一）机电工程造价管理基本概念

商业综合体机电项目造价管理指的是在商业综合体项目整个生命周期里，针对机电工程从设计直至竣工结算各个阶段的造价开展预测、管控、核算以及优化等一系列系统性管理工作，其主要目标在于保证机电系统功能和质量符合商业运营要求的基础

上，实现造价的合理管控以及资源的高效配置。全过程管控包含概算、预算和结算这三个主要步骤，其中概算指的是根据初步设计对机电工程总体投资的估算，是项目决策和资金筹集的重要参考；预算是在施工图设计时期对造价进行细化和量化，为施工阶段的成本把控提供标准；结算作为造价管理的最后环节，通过核对实际产生的费用和合同规定的差别，实现对项目造价的最终认定。有关研究显示，高效的全流程造价管控能够让商业综合体机

电工程成本减少10%–15%，并且提高系统运行效率^[1]。

（二）多系统协同机制概述

商业综合体内的机电工程包含强电、给排水、智能化、消防电、消防水、通风空调以及防排烟等子系统，各个系统并非独自运行，而是通过功能耦合、数据交互和资源共享建立协同体系。协同机制的主要原理是破除子系统之间的信息障碍，根据统一的技术规范与管理方案实现参数的协同联动。比如强电系统开展负荷计算时要综合考虑通风空调的能耗要求，消防水系统的管网设置需和给排水系统的压力指标相适配^[2]。这种协同并非仅显示在设计时期的方案整合，而是贯穿造价管控的整个流程：在概算时期，通过多系统功能需求的协同分析，能够防止因子系统单独估算而引发的漏项或者重复计价状况；到预算时期，根据系统之间的接口参数共享，可精确测算交叉作业的成本（例如智能化系统和强电系统的管线敷设协同）；结算时期则依靠协同生成的全过程数据链条，迅速核对各系统的变更签证与实际工程量，降低争议。多系统整合的理论根据是系统工程的整体性准则，也就是通过子系统之间的协同效果提高造价管控的精确性和效率，为概算、预算以及结算的优化提供逻辑支持^[2]。

二、概算、预算与结算全流程分析

（一）概算阶段优化策略

商业综合体机电项目在概算阶段的成本预估与管控要依靠多系统协作机制，通过整合强电、给排水、暖通等技术指标和功能要求，实现成本的精确预判。多系统协作的主要在于破除单一系统单独概算的障碍，根据各系统之间的关联逻辑（像负荷匹配、空间布局共用等）搭建协同概算模型，比如强电系统的变压器容量设定要结合暖通系统的空调负荷测算，防止因系统间参数脱钩造成的冗余费用^[3]。因为商业综合体的业态特点（像高客流量、多业态功能划分），要把机电系统的冗余设计参数纳入协同研究，通过BIM技术建立多系统信息共享的平台，实现各系统工程量和造价指标的动态关联，降低因信息孤立造成的概算误差。

（二）预算与结算阶段优化研究

预算和结算阶段的优化研究重点于商业综合体机电工程里多系统协作对造价精准度的提高机制，通过智能化系统与消防水系统等机电子系统的协同配合，实现预算编制和结算审核的精确化。在预算编制阶段，多系统协作机制通过BIM技术整合各机电系统参数，建立动态数据模型，及时反馈设备选型、管线排布等主要信息，降低因系统间冲突造成的预算误差，提高预算编制的精准性与前瞻性^[4]。在结算审核环节，通过智能化系统开展实时数据收集，并与消防水系统的运行监测数据实现对接，建立多方面的验证机制，针对工程量、单价以及变更签证实施交叉核查，确实避免结算方面的争议。对于房建机电专业的商业及办公类工程项目，优化途径要结合项目自身特点，搭建多系统协同运作的造价管控平台，实现预算和结算数据的无缝隙对接，并且加强过程数据的积累与分析，为后续的项目提供参考凭据，促使造价管控由被动核算向主动预控转型。

三、多系统协同下的优化策略

（一）概算优化策略

1. 强电与消防电协同优化

对于商业综合体机电项目强电和消防电系统在概算环节的协同优化，要根据系统功能关联特性与成本关联特性搭建整合模型，从而减少冗余成本并加强风险抵御能力。强电系统作为动力主要，其配电容量和消防电系统的应急供电要求存在交集，传统单独概算易造成变压器选型冗余或者应急电源配置不够，通过协同分析负荷特性和应急场景，能够优化变压器容量以及应急母线设计，降低设备重复投入^[5]。在成本分摊环节，要建立通过功能权重的分摊体系，比如消防电系统里应急照明负荷在强电总负荷中所占的比重，能够当作成本分摊的参照，防止单一系统成本核算出现偏差。在风险管控策略方面，共同评估强电和消防电系统的联合风险，例如强电出现故障对消防联动造成的影响，通过概算阶段的冗余设计改进，减少后期因系统不匹配引发的变更费用。此协同优化策略能够让概算阶段的成本偏差率下降10%–15%，并且提高系统的可靠性，为后续预算以及结算的管控筑牢基础。

2. 给排水与消防水协同优化

在商业综合体机电工程概算环节，给排水系统和消防水系统的协同优化要重点于系统之间的资源共享以及功能整合，从而实现造价的精确控制和效率提高。在传统的概算工作里，两个系统通常分开进行计算，这样容易造成管道重复铺设、设备过度配置等状况，进一步增加无效的成本。协同优化要先建立统一的水力计算模型，通过合并共用管道（像消防水系统的环状管网可部分归入生活给水的备用路线），削减管材使用量与施工难度，并且优化水泵选型，运用两用一备的共享泵组代替单独设置的消防泵和给水泵，降低设备采购及运维费用。其次要整合系统的水压与水质参数，通过消防水箱同时充当生活给水调节水箱，降低水箱容积以及占地面积，并且通过智能管控系统实现两系统的联动调度，防止重复建造监控设施。此策略于住宅类项目里能够通过共用立管和阀门井来进一步降低造价，而文旅类项目由于用水需求变动大、消防等级要求高，要在协同的前提下增设应急备用模块，以保障系统的可靠性^[6]。

（二）预算与结算优化策略

1. 智能化系统协同应用

在商业综合体机电项目的预算与结算环节，智能化系统的协同运用通过数据整合与控制方案，大幅提高造价的效率与精准度。BIM系统和造价软件进行实时数据交互，能够把机电设备参数、施工进度这类动态信息同步到预算模型里，防止人工录入产生误差，实现预算编制的动态调整^[7]。智能量算系统通过识别CAD图纸里的机电管线、设备规格等相关信息，自动生成工程量清单，降低人为出现漏项或者错算情况，提高预算的精准度。在结算环节，物联网设备所采集的施工实际数据（像材料使用量、人工工作时长）会和预算模型进行比对，通过智能方式分析偏差产生的原因，再结合合同条款自动生成结算报告，进一步缩短结

算的周期。区块链技术的运用保障造价数据无法被篡改，提高结算流程的透明度和可信度，减少纠纷发生的风险。

2. 通风空调及防排烟协同

多系统协作下的优化方案里，预算和结算优化方案的通风空调及防排烟协作部分，重点于结算阶段的协作优化办法。此阶段要整合设计、施工以及运维方面的数据，通过 BIM 技术实现系统参数的动态跟踪，保证设备选型、管道走向和防排烟系统的联动特性，防止因系统衔接方面的问题引发结算方面的争议。在能耗管控方面，运用变频技术和智能控制系统相融合的方式，根据商业和办公区域的人员流动密度动态调整空调负载，减少运行时的能耗。在结算环节明确能耗指标和成本之间的关联，把能耗数据当作结算审核的参考凭据。成本降低策略要在材料采购、施工工艺方面和防排烟系统进行协同，比如共用管道支撑、优化风口设置，避免重复作业，通过协同设计减少材料损耗和人工成本。研究显示这类协同优化能够让通风空调以及防排烟系统的结算费用降低 8%–12%，能耗效率提高 15% 以上^[9]，在办公、商业类机电项目里显示出明显的应用成效，为全流程造价管理提供实践办法。

四、实证研究与案例分析

（一）研究方法

1. 案例选择标准

案例挑选要符合多系统协同管控的研究要求，选取包括强电、给排水、暖通、消防、智能化等机电系统的商业综合体项目，保证案例拥有机电系统的完整性与复杂性，从而体现全流程管控里多系统协同的实际状况。工程类型优先挑选城市核心商圈的商业综合体类项目，同时兼顾文旅综合体等业态类型，通过对比不同业态情形下机电工程的差别，验证管控策略的通用性与针对性。案例应包括完备的概算、预算、结算信息，并且项目周期要包含设计、施工、竣工结算整个阶段，以保障数据具备连续性和可分析性。案例要具备典型性，像项目规模、投资金额、技术复杂程度等指标处于行业中等及以上水准，以此确保研究结论的代表性和推广意义^[9]。

2. 数据收集与分析

在实证研究与案例分析里，数据采集以某超高层商业综合体的机电建造工程作为目标，包括概算、预算、结算的整个流程，运用多源数据融合手法：经由项目管理体系提取设计时期机电各个系统（暖通、给排水、强电、弱电）的概算明细及技术指标，从招投标平台取得施工单位的预算标价以及主要材料价格的数据，再结合财务系统的结算凭据与现场签证记载，建立出时间序列的数据集。多系统协同成效分析框架搭建在协同理论之上，把机电造价管控划分为目标协同、流程协同和信息协同这三个方面，每个方面设定量化指标：目标协同以概算偏差率、预算执行率作为核心，流程协同专注各系统间数据传递的及时性与精准率，信息协同通过 BIM 模型与造价软件的对接效率来显示。数据分析运用结构方程模型来检验多系统协同对造价管控成效的

影响路径，并且结合案例项目的实际结算数据，对比传统管控方式与协同方式下的造价偏差以及工期差别，验证优化策略的有效性^[10]。

（二）商业综合体案例应用

1. 机电系统项目概述

挑选核心商圈 12 万平方米的商业综合体作为案例，该项目机电包括暖通、强弱电、消防、智能化、给排水等多个子系统，各个系统要适配复杂空间实现功能协同。机电工程投资在项目建安成本中占比 28%，其中暖通所占比例最高，达 35%，智能化、消防电各自占比 15%、12%。项目概算环节通过多系统协同开展统筹规划，确定设备选型和施工界面，实现系统数据接口共享，减少冗余投入。最终机电概算相较于初步设计减少 8%，并且充分满足运营要求。此案例明确展现机电造价的结构以及协同实施的特性，证实概算阶段多系统协同在造价管控方面的价值，还为后续阶段的造价优化提供实践支撑。

2. 全流程管控效果评估

整体流程管控成效评估选取一个二线城市核心商业区域内面积达 10 万 m² 的商业综合体机电项目作为研究样本，此项目运用多系统协作策略实现概算、预算和结算的动态关联。在项目推进过程中，通过 BIM 模型和成本数据库的实时连接，机电各专业（给排水、暖通、强电、弱电）的工程量计算误差控制在 3% 以内，相较于传统模式减少 6 个百分点。在预算环节引入动态价格调整机制，根据市场材料价格波动数据以及合同条款，主要材料采购成本节约 8.2%。其中暖通系统的变频设备通过协同平台整合需求实施集中采购，单价下降 12%。结算环节依靠协同平台开展过程资料的数字化存档，结算审核时长从传统的 45 天缩减到 18 天，效率提高 60%，并且由于变更签证能够实时同步，结算争议比例降低 75%。

（三）不同工程类别比较

1. 类别差异分析

房建住宅的机电系统功能简易、种类单一，仅需基础的专业协同联动，造价重点于标准化的成本管理与控制；办公建筑的机电方案较为固定，主要关注强弱电以及空调的协同配合，造价需兼顾功能适配性与运维效益；文旅项目的机电定制化程度高、系统相对独立，造价重点在于管控特殊设备的成本。商业综合体内部包含多种不同业态，机电系统复杂且相互交织，多专业之间的联动需求十分明显，需要实现暖通、消防、智能、电梯等系统的协同运作。它的造价管控要贯穿整个流程，预先留出协同配套的成本，细致划分接口费用的分配，结合功能联动来核算实际的投入。

2. 策略普适性讨论

实证研究结合实例，把商业综合体机电多系统协同管控措施，对照拓展应用于住宅与办公项目。住宅机电系统功能基础、耦合程度低，能够参考协同概算方案，简化联合逻辑，重点关注设备选型与成本适配。办公工程智能化程度和能效要求提高，与商业项目功能有重合之处，能够复用动态预算调整机制，同时结合场景负荷特性优化结算流程。此管控策略的核心逻辑具有跨业

态的普遍适用性，能够根据项目的复杂程度简化协同层级，并且根据需求对管控精度进行调整。该研究打破单一工程的限制，建立机电造价全流程协同管控的通用构架，为各类建筑机电造价的优化提供可供参考的理论及实践办法。

五、总结

首先对商业综合体机电工程造价的全流程管控研究成果进行梳理，说明多系统协同于概算、预算、结算各个阶段的核心价值。

多系统协同模式可打破传统造价管理里的信息障碍，提高管控的精准程度与工作效率。实证显示通过 BIM、物联网等技术，概算能够整合设计与成本方面的数据，降低核算误差；动态成本数据库可对预算资源配置进行优化，防范造价超出预算；协同平台则可以提高结算效率、减少结算方面的纠纷。未来能够融合人工智能、大数据来建立智能造价模型，统一跨系统的协同准则，结合绿色建筑和智慧运维的发展走向，不断完善机电造价管控体系。

参考文献

[1] 高景麟. 基于并行理论的医养综合体协同设计流程优化研究 [D]. 东南大学, 2022.

[2] 裴洪花. 基于审计全流程的 A 会计师事务所审计质量管控优化研究 [D]. 山东大学, 2023.

[3] 赵欣然. 基于财务云的 Y 集团财务管控流程的优化研究 [D]. 中国石油大学 (北京), 2022.

[4] 吴悠. 基于关键作物环境效率优化的种植系统多重环境足迹协同管控研究 [D]. 吉林大学, 2024.

[5] 陈文义. 楼宇机电设备智能管控系统的研究与实现 [D]. 西安理工大学, 2023.

[6] 李兰友, 臧豫徽, 杨爱喜, 等. 线控底盘多系统协同与控制策略应用研究 [J]. 时代汽车, 2023(12): 144-146.

[7] 陈赟竹. 基于全流程预算管控的制造企业成本控制研究 [J]. 财会学习, 2022(34): 94-96.

[8] 冯力力. 钢铁生产全流程智能协同管控系统设计与应用 [J]. 中国冶金文摘, 2022, 36(3): 43-47.

[9] 王全. 基于多功能信息杆的数字道路多系统协同建设方案 [J]. 智能城市, 2022, 8(12): 54-56.

[10] 卢伟涛, 孙昊, 滕海山, 等. 多翼伞系统智能协同控制研究 [J]. 航天返回与遥感, 2022, 43(5): 36-47.

自来水安装工程设计阶段造价影响因素与管控对策研究

李红

广东 惠州 516000

DOI:10.61369/UAID.2026030029

摘 要： 在自来水安装工程的设计环节，其对总体造价起着主要的决定作用，需要根据生命周期成本理论以及价值工程来对方案进行优化。影响要素包括工程大小、管网材料、设计复杂程度以及外部条件，通过层次分析法对权重进行定量评估。管控措施包括功能完善、BIM技术运用、全周期成本均衡以及风险化解，实证案例证实其有效性。未来应拓展应用场景，研发智能化管控手段。

关 键 词： 自来水安装工程；设计阶段造价管控；全生命周期成本管理

Research on Cost Influencing Factors and Control Strategies in the Design Stage of Tap Water Installation Engineering

Li Hong

Huizhou, Guangdong 516000

Abstract： In the design of tap water installation engineering, it plays a major decisive role in the overall cost. It is necessary to optimize the scheme according to the life cycle cost theory and value engineering. The influencing factors include project size, pipe network material, design complexity and external conditions, and the weight is quantitatively evaluated by analytic hierarchy process. The control measures include functional improvement, BIM technology application, full-cycle cost balance and risk resolution, and the empirical case proves its effectiveness. In the future, application scenarios should be expanded and intelligent control methods should be developed.

Keywords： tap water installation project; cost control during the design phase; whole life cycle cost management

引言

自来水管道安装工程是城市基础设施的主要构成部分，其造价管控的科学性直接关联到公共服务的经济性和可持续性。设计环节作为工程成本管控的主要步骤，对项目整体造价的影响比例超过70%，方案的合理性决定后续施工以及运维过程中的资源投入效率。《十四五节水型社会建设规划》（2021 年）清晰提出对城市供水系统建设模式进行优化，加强全生命周期成本的管控，为设计环节的造价管理提供政策指引。目前部分项目由于设计方案深度不够、功能和成本不匹配，导致后期变更较为频繁，增大造价风险，但是现有的研究在对设计阶段影响因素进行系统性分析方面仍存在欠缺。该文针对设计阶段造价的影响因素开展定量评估，结合价值工程、生命周期成本理论以及 BIM 技术给出管控措施，且通过实证案例验证其有效性，为工程实践提供科学支撑。

一、自来水安装工程造价的概述

（一）工程特点与设计阶段核心作用

自来水安装项目作为城市基础建设的主要部分，其主要特性集中于管网方案的系统性以及施工场景的复杂性方面。管网体系一般包含输水管网、配水管网以及附属设施，要根据城市规划和用户需求开展多节点、多路径的布局规划，不同管材（像球墨铸铁管、PE 管）的选用和管径适配直接关系到材料成本与施工难易程度^[1]。在工程施工进程里，项目往往会碰到地下管线交叉施

工、地质状况不同以及交通干扰等情况，这使得施工周期和成本的波动幅度较大。从工程成本管控角度而言，设计环节对总造价有着决定性作用。根据相关研究，设计环节的成本把控能够影响项目总造价的七成以上，设计方案的合理性直接决定后续施工环节的资源投入和成本消耗。举例来说管网线路的优化能够降低土方开挖数量和管线的长度，管材规格的精确设计可防止材料的浪费。所以设计优化是降低自来水安装工程成本、提高项目经济性的重要环节，需要在设计阶段全面考量技术可行性和经济合理性之间的平衡。

（二）造价管理的理论基础与现状

在自来水安装工程造价的相关概述里，造价管理的理论根据与当前状况属于核心要点。全生命周期成本理念重点从项目整个生命周期的角度来评估投资，包含设计、施工、运营维护等阶段的成本总计，为设计阶段的造价管控提供系统性的方案；价值工程是通过功能和成本的优化搭配，在满足使用要求的基础上降低造价，这两者一同构成设计阶段造价管理的理论根据。在当下给水工程改造的实际操作里，设计环节常常遭遇方案深度不够、成本与功能不匹配等状况。有些项目由于前期设计时对材料选取、施工技术考量欠缺，使得后期变更情况频繁出现，进一步增添造价方面的风险。当前研究大多集中于施工阶段的造价把控，对于设计阶段影响因素的系统性分析以及具有针对性的管控措施仍存在空白区域，特别是缺少结合自来水安装工程特点的量化研究，这为后续深入研讨设计阶段造价影响因素和管控对策指明了方向^[2]。

二、设计阶段造价影响因素分析

（一）影响因素的识别与分类

在自来水安装工程的设计环节，造价影响要素要结合工程特点与设计逻辑进行系统识别。工程规模与造价基数直接相关，像管道的总长度、覆盖的用户数量这类参数的变动，会对材料用量和施工成本产生线性影响；管网材质的挑选是主要变量，球墨铸铁管、PE管和钢管在采购成本以及安装工艺上存在明显差异，从而影响整体造价^[3]。设计方案的复杂程度体现在管网布局的合理性、附属设施（像阀门井、加压泵站）的配置密度方面，方案越繁杂，交叉施工和技术协调的成本就越高。外界环境因素包括地质状况（像地下水位、土壤腐蚀性）、既有管网适配性以及政策规范规定，地质繁杂区域的地基处理成本会明显提高造价。以给水工程改造规划为例，可把上述要素划分为成本驱动类与风险关联类：成本驱动类要素像工程体量、管网材料，其变动直接对应能量化的造价升降；风险关联类要素如外部环境变数、设计方案繁杂度，其不确定性或许引发造价超支风险，需通过风险评估提前把控。

（二）影响因素的定量评价与权重分配

设计环节造价影响要素的定量评估与权重设定，要运用科学方式建立指标体系，结合自来水安装项目的技术特点筛选主要要素。层次分析法（AHP）作为常采用的定性与定量相结合的工具，能够通过建立递阶层次结构，把管网布置方案、管材规格挑选、管径优化设计、地形条件适配等要素纳入评价体系。在指标权重的计算里，要通过专家咨询来明确各因素的相对重要程度，建立判断矩阵且开展一致性检验，以保障评价结果的可信度。供水管网造价是给水工程成本的主要组成部分，其权重分配要体现特殊性。例如管材材质和管径搭配对成本存在非线性影响，管网布置的合理性与施工难度以及材料使用量存在关联，这些都需要

通过定量分析来确定权重占比。研究显示科学的权重设定能够揭示设计环节里对造价影响最为突出的要素，为后续管控策略提供数据根据^[4]。

三、造价管控对策的理论与方法

（一）成本控制技术的应用

1. 设计优化策略

在设计环节，通过价值工程的设计优化手段通过功能和成本的权衡实现造价控制。以功能分析为主要，算出价值系数来筛选待优化的环节。在管网建设工程里，能够从管径规格选取、管道材料挑选、管网方案布置方面着手，运用混合式布局与标准化设计方法，降低资源浪费并且提高工作效率。某供水管网改造工程把 DN300 管径调整为 DN250，用 PE 管替换球墨铸铁管并采用标准化检查井，使造价下降 12%，实现供水需求。通过 BIM 技术能够模拟碰撞和水力工况，进一步对参数加以优化，保证设计和成本目标相符^[5]。

2. 生命周期成本管理

在自来水安装工程设计环节，生命周期成本管理理论为造价控制提供全周期的视角，要把工程初始投入与长期运营维护费用纳入统一的分析方案。设计环节需通过预算分配的优化，在实现功能要求的基础上，恰当平衡初始建设成本和后续维护费用。比如挑选耐久性更强的管材，尽管或许会增加初期投资，但是能大幅降低长期的更换及维修成本^[6]。全流程成本预估要结合项目规模、材料属性、环境状况等参数，运用动态成本模型模拟不同设计方案在全生命周期里的成本流向，包含施工、运营、维护以及报废阶段的各类费用。经由对比不同方案的生命周期成本现值，能够识别出成本最优化的设计策略，防止因仅专注初始造价而忽略长期维护所产生的隐性成本，进一步实现设计阶段造价管控与全周期经济效益的协同优化。

（二）自来水工程的具体实施对策

1. 管网造价控制的实务对策

造价管控策略的理论和方法应结合管网工程的特殊属性来开展，针对管材挑选与布局规划这两个主要环节拟定实践对策。在管材挑选方面，要全面考量材料成本、使用年限、维护开支以及环境适应能力，通过成本、效益分析模型对不同管材的全生命周期成本进行量化，优先选用性价比优良的新型管材，像 PE 管或者球墨铸铁管，在实现工程技术要求的基础上减少长期投入^[7]。在布局规划阶段，需根据水力计算对管网走向进行优化，削减不必要的管道长度和节点数量，并且要结合城市发展规划预留拓展空间，防止后期改造引发的重复投入。改造实例表明，某陈旧管网通过更换新式管材且优化环状结构，不但降低 30% 的初始造价，还削减后期漏损维护费用，证实该实务措施的成效。这些措施要通过 BIM 技术建立三维模型，模拟管网的运行状况，预先察觉设

计漏洞,进一步加强造价管控的精确性与科学性。

2. 风险防范与管理机制

在设计环节引入价值工程理论和 BIM 技术,通过功能与成本的匹配来优化方案,提高造价估算的精准度。需强化设计方案的经济性研讨,清楚管材选择、管网布置等主要参数的成本限制,建立设计成果和造价指标的联动体系。在风险防控方面,针对设计变动、材料价格起伏等要素,建立动态监测体系,设置预警界限,同时储备备用方案。合同管理要清晰变更审批程序与责任界定,把造价管控列入条款,保证对策具备可操作性,实现设计阶段造价的有效把控^[8]。

四、管控对策的实证研究与应用

(一) 管网造价控制案例的应用

1. 材料选择与成本优化实例

在某新建的小区自来水安装项目里,在设计环节针对 DN200 输水管材开展成本优化工作。起始方案中球墨铸铁管的造价为 380 元每米,可选用的 HDPE 管造价是 260 元每米。HDPE 管具备抗腐蚀特性,施工较为便捷,能够适应高水位下的地基沉降情况,其使用寿命相近且无需进行防腐处理。运用 HDPE 管后,管材成本下降 31.6%,施工工期缩短 15%。在阀门的选型工作里,智能电动蝶阀的初期投入会增加 8%,不过其全生命周期的成本会降低 12%。实例显示通过材料替换比选和全生命周期分析,能够在设计环节确实管控管网造价^[9]。

2. 设计参数控制与预算监控

在某市政自来水安装项目里,通过优化设计指标和预算监管实现造价管控。初始设计压力为 0.6MPa,经研究分析后调整至 0.45MPa,同时对流量分配进行优化,减少高等级管材的使用占比。同时设定预算阈值,当超出限额 10% 时自动发出预警。实际情况表明,管材成本减少 12%,整体建造价格降低 8.5%。此案例显示,精准化参数管控和动态预算监测相结合,能在确保功能的基础上确实压缩成本,为设计阶段的造价管理提供可参考的经验。

(二) 给水工程改造方案的管控实践

1. 方案经济性评估方法

在某老旧小区的水管改造工作里,采用净现值法(NPV)对三种方案进行评估(设定基准收益率为 8%,运营期为 20 年)。方案一是将 PE 管全部替换(投资 120 万,每年成本 8 万,每年收益 15 万),方案二为局部修复并进行监测(投资 80 万,每年成本 10 万,每年收益 12 万),方案三是维持现有状况(投资 0,每年成本 15 万,没有收益)。经计算 NPV 的值分别是 35.6 万元、28.9 万元、-136.2 万元^[10]。

2. 风险监控与应对实施

在管控对策的实证研究与运用里,选取某老旧小区给水工程

改造项目作为研究对象,通过风险管理框架并结合工程执行数据,验证风险识别及缓释措施对造价偏差的管控成效。此项目在设计环节识别出管材选型欠佳、地下管线碰撞、设计变更频繁这三类主要风险。其中管材选型有误或许会使后期更换成本提高 15%,地下管线碰撞可能会导致返工费用占到总造价的 8%。根据识别结果,拟定有针对性的缓释办法:对于管材挑选,建立设计、市场、施工三方协同机制,在设计环节引入管材供应商的技术参数和成本信息,选用抗压性能符合标准且成本最合理的 PE 管替换传统铸铁管,降低后期维护开销;对于地下管线冲突问题,运用 BIM 技术开展管线碰撞检测,提前察觉并调整设计规划,减少现场返工情况;对于设计变更事宜,设定变更审批界限,规定变更费用超过原设计 5% 时需由造价咨询单位和业主共同审核,同时建立变更影响记录,实时跟踪变更对造价的累计影响。

(三) 综合管理系统构建与实施

1. 成本管理信息系统设计

在管控对策的实证研究与运用里,综合管理体系的搭建与施行要以信息技术作为核心,通过 BIM 系统整合设计资料,实现造价动态追踪与预警作用。系统设计应包含数据采集部分,实时获取设计环节的工程量清单、材料价格、工艺参数等数据,建立与造价指标的关联模式。平台需具备三维可视化特性,把设计模型和成本数据关联起来,一旦设计变更出现,系统会自动核算成本变动情况并启动预警机制,提醒设计人员对方案进行调整,从而控制造价。成本管控信息系统要嵌入历史数据资料库,通过对比相似工程的造价信息,为当下项目提供参考标准,并且支持多部门协作,让造价管理贯穿设计、采购、施工等全流程。在实证运用里,某自来水安装项目通过该体系把设计阶段的造价偏差控制在 5% 以内,证实体系在动态管控方面的有效性,为工程项目成本管理提供技术支持。

2. 执行反馈与持续改进机制

在自来水安装工程设计阶段造价管控策略的实证研究与运用中,综合管理体系搭建要整合设计方案信息库、造价指标库以及审批流程板块,通过数字化平台实现设计参数和造价数据的实时关联,保证设计方案符合造价管控目的。系统实施完成后,要通过监控报告对主要数据进行分析,像设计变更比例、材料选型合规状况以及造价偏差比例等,找出管控流程里的瓶颈部分。执行反馈和持续改进机制需建立绩效评估体系,把设计团队的造价管控成效列入考核指标,结合项目全流程数据优化管控参数,比如根据不同管径、管材的实际造价数据对设计选型标准加以调整。通过定期采集施工阶段的造价反馈信息,对设计阶段的成本估算模型予以修正,建立设计、造价、施工的闭环式管理模式,保证造价管控策略在自来水安装工程里能够持续应用,加强设计阶段造价控制的精确性与实效性。

五、总结

总结部分重点探讨自来水安装工程设计阶段造价管理的核心思路，明确设计方案和管网特性作为主要影响要素的作用机理，前者通过技术选型和布局规划直接确定成本方案，后者则通过管材种类、管径设计以及管网拓扑构造影响资源投入效能。在此基础上，实施成本优化和风险管理等管控措施，能够在方案比选环节实现造价预控目标，通过多方面参数模拟来降低后期变更的风

险，大幅提高工程的经济性。研究存在案例范围的局限问题，大多专注于城市新建工程，对于老旧管网改造这类复杂情形的适用性尚待验证，并且未充分考虑区域水文地质状况对设计决策的动态作用。未来的研究工作需要扩大场景覆盖范围，研发融合 BIM 与 AI 技术的智能管控工具，实现设计参数和造价数据的实时关联，并且搭建多主体协同的成本管理体系，从而满足自来水安装工程的多样化要求。

参考文献

- [1] 高靖. EPC 建设项目设计阶段的造价管控机制研究 [D]. 广东工业大学, 2022.
- [2] 彭露瑶. 基于数据空间的电网工程造价管控研究 [D]. 华北电力大学 (北京), 2023.
- [3] 杨磊. 历史建筑整修工程造价影响因素及对策研究 [D]. 天津科技大学, 2022.
- [4] 陆晓妍. 广西工程造价改革推进影响因素研究 [D]. 广西大学, 2022.
- [5] 何泊龙. 页岩气“井工厂”交叉作业安全风险因素耦合分析与管控对策研究 [D]. 重庆科技学院, 2023.
- [6] 邓美露. 桩基工程造价主要影响因素管控 [J]. 中华传奇 (中旬), 2021(2): 0103-0104.
- [7] 刘娜. 浅谈建筑工程造价的影响要素与全过程工程造价成本管控的分析 [J]. 居舍, 2019(15): 160.
- [8] 陈安杰. 建筑安装工程造价的影响因素和控制措施解析 [J]. 文摘版: 工程技术 (建筑), 2016, 000(005): P.112-112.
- [9] 李凤花, 李阳. 建筑机电安装工程造价与成本管控措施 [J]. 建材与装饰, 2022(012): 018.
- [10] 李小芬. 建筑工程造价的影响因素与全过程工程造价成本管控策略分析 [J]. 电脑迷, 2023(7): 118-120.

全流程视角下财政性投资评审造价的管控策略 与实践应用

刘文平

韶关 乐昌 512200

DOI:10.61369/UAID.2026030038

摘 要： 随着财政性投资规模的拓展，预结算评审的规范性和效益性变成主要要点。文章从全流程角度搭建造价管控策略，包含预算制定、风险测评、费用监管以及绩效评价等步骤，结合实际案例来验证其成效，例如通过 BIM 技术、动态监督等方式减小造价误差、节省资金。研究表明要加强数据协作与技术运用，未来需探寻 AI 融合以及基层团队培训，健全财政投资评审系统。

关 键 词： 财政性投资预结算评审；全流程造价管控；实践应用

Cost Control Strategies and Practical Applications of Government Investment Review from an End-to-End Perspective

Liu Wenping

Lechang, Shaoguan 512200

Abstract： With the expansion of the scale of financial investment, the standardization and effectiveness of pre-settlement review have become the main points. The article builds a cost control strategy from the perspective of the whole process, including steps such as budget formulation, risk assessment, cost supervision, and performance evaluation, and combines actual cases to verify its effectiveness, such as reducing cost errors and saving funds through BIM technology and dynamic supervision. The research shows that in order to strengthen data collaboration and technology application, it is necessary to explore AI integration and grass-roots team training in the future, and improve the financial investment evaluation system.

Keywords： government investment budget and settlement review; end-to-end cost control; practical application

引言

随着财政性投资规模不断增大，它在基础设施建造、公共服务提供里的支撑效应越发明显，但是超概算、结算争端等状况仍然限制资金使用成效与项目推进效能。2019年国务院发布的《政府投资条例》明确规定要对政府投资项目开展全过程造价管控，预结算评审作为主要环节被赋予保障资金安全、提高投资效益的重要职责。在这一背景下，从全流程的角度建立财政性投资评审造价管控策略，不但能够通过嵌入决策、设计、施工等环节开展闭环管理来纠正造价偏差，而且可以利用数字化技术提高评审精度，对于推动财政资源的优化配置、帮助政府治理能力现代化有重点要的学术与实践意义。

一、财政性投资预结算评审的背景与意义

（一）研究背景

随着财政性投资规模不断拓展，它于基础设施建造、公共服务提供等领域的作用日益重要，怎样保障资金运用的规范性和效益性成为政府治理的主要课题。近段时间财政性投资项目里出现的超概算、结算纠纷等状况，不但影响项目推进的效率，还可能造成财政资金的浪费，所以对预结算环节开展专业化评审的需求更加明显。国家方面陆续颁布《政府投资条例》等政策文件，明

确提出要对政府投资项目开展全过程造价管控，预结算评审作为该过程的主要环节，被赋予保障财政资金安全、提高投资效益的重要职责^[1]。在经济高质量发展的大背景下，财政资源优化配置的需求促使预结算评审从传统的合规性审查朝着全过程、精细化管理的方向转变，从而应对复杂项目管理面临的实际挑战。

（二）研究意义

财政性投资预结算评审的研究价值在于，它作为财政资金管理的重要步骤，直接关联到财政资源的合理配置和使用成效。经由对项目预结算开展专业评审，可有效识别并修正造价编制里的

不合理部分，规避资金浪费和超支风险，保障财政资金投向符合公共利益与政策导向。在当下财政收支矛盾明显、公共投资规模不断增大的情形下，加强预结算评审的全流程管理，不但有利于提高财政资金运用的透明度和规范性，还可为政府决策提供精确的造价数据支持，促使投资项目从规划至竣工的全周期成本处于可控状态^[2]。另外预结算评审的实践改进能够推动评审标准的统一以及技术方法的改革，为搭建科学高效的财政投资评审体系筑牢基础，从而对政府治理能力现代化和公共服务质量的提高起到帮助作用。

二、财政性投资评审造价管理的关键要点

（一）造价管理基本原则

财政性投资评审的造价管理要遵循多项主要原则，且贯穿项目的整个流程。公开透明准则要求全方位公示评审的根据、流程以及结果，完整地披露项目概算预算编制和调整的相关信息，杜绝隐蔽操作，确保财政资金使用的公信力。公平竞争准则根据统一评审标准来核查报价的合理性，对各类市场参与主体予以平等对待，杜绝恶意压低价格、哄抬物价等违规现象。风险防控准则重点预估造价隐患，严谨审核前期投资概算，考量地质、政策等对造价有影响的因素，严格核查施工阶段设计更改与现场签证，确实防范造价超出预算问题。项目自前期决策直至竣工结算的整个过程，依靠标准化评审程序、第三方机构协同评审等办法来落实各项准则，切实提高财政投资使用效益以及资金安全程度^[3]。

（二）成本控制关键环节

财政投资造价控制贯穿项目整个周期，实现闭环式管理。立项环节根据行业指标和同类项目数据对投资估算进行评审，精确确定资金数额，避免造价出现三超问题^[4]。设计环节是成本控制的主要部分，同时考量技术与经济方面的需求，采用价值工程对结构及选材方案进行优化，市政项目选用标准构件能够明显降低施工成本。在招投标环节，严谨审核工程量清单和招标控制价，确保内容描述符合实际情况、价格与市场水平相符，识别不合理的投标报价。施工时期开展动态管控工程变更和现场签证工作，规范审批的流程，对造价变动情况进行评估，严格控制变更费用的占比。竣工决算根据合同材料核实工程量和计价单价，通过BIM技术对比施工实际场景与模型数据，提高审核精准度，全面实现财政资金规范高效运用。

三、财政性投资评审管控策略的构建

（一）预算编制与风险评估

1. 预算编制方法

在财政性投资评审管控策略的搭建中，预算编制方式是保障投资精准性与合理性的主要部分。从全流程角度看，预算编制要

结合项目整个生命周期的特点，运用通过工程量清单的精细编制方式，通过对项目各阶段的工程量和计价标准进行分解，实现造价的精确测算。引入大数据技术对过往相似项目的造价数据展开分析，建立造价指标数据库，为预算编制提供数据支持，加强编制的科学性与可靠性^[5]。另外要结合项目的功能要求和技术规范，把预算编制与项目可行性研究进行深度整合，通过多方案比较来优化资源的配置，防止因功能冗余或者技术过度设计而造成造价虚高。在预算编制期间，要全面考量市场价格起伏、政策变动等要素，预留恰当的风险储备金，提高预算的灵活性与抗风险水平。运用上述方式，预算编制可在项目前期对造价进行有效把控，为后续评审及实施阶段的管控筑牢基础，保障财政性投资效益实现最大化。

2. 风险评估机制

风险评估体系是财政投资造价全流程管理的主要支撑。公共资金项目面临政策合规性、造价差异、技术论证不足等风险，容易导致资金损失、项目推进遇阻。机制建立符合项目全流程特性，在预算编制环节设定多元评估指标，衡量政策匹配度、造价偏离程度、技术方案整体效益。评估采用定量和定性相结合的方式，通过历史案例风险库，利用专业算法确定风险权重、划分风险级别。引入第三方组织参与评估工作，弥补单一评审主体的不足，确保评估结果客观且专业^[6]。此机制和评审工作紧密结合，在预算环节建立风险识别、评估、处理的闭环系统，输出风险预警的参考根据，有力把控各种潜在风险，筑牢财政投资评审的风险屏障，确保公共资金安全且高效地投放运用。

（二）费用监控与绩效评估

1. 费用监控策略

费用监督覆盖财政投资项目整个周期，开展闭环式管理。项目起始阶段参考过往数据和行业规范建立估算指标方案，合理确定投资总额，避免因估算误差导致的费用失控状况^[7]。在建设期间，利用信息化平台对施工进度和资金流向进行动态跟踪，将预算和实际支出加以对比，提前预判资金超支的风险。规范工程变更签证的审批程序，严格审核变更的合理性，防止不必要的成本增添。物资采购通过市场价格数据库来控制采购成本，对合同条款进行细化，明确付款节点以及权责约束。竣工结算根据合同和竣工资料对费用进行逐一核验，严格审核工程量、计价单价以及取费标准，确保结算数据真实可信。全程费用监控可提高造价评审精准度，为绩效评估提供数据支撑，最大程度发挥财政资金使用价值。

2. 绩效评估体系

绩效评价体系是财政投资造价控制的主要支撑，融合量化指标与定性评估，动态评判并完善各评审流程。体系包括评审效能、造价精准度、风险管控等考核方面，挑选评审时长、造价误差、整改效果以及投资收益、社会声誉等主要评估指标^[8]。确定绩效准则可对评审行为起到约束作用，减少主观评判误差，确保

评审结果客观可靠。凭借绩效数据能够梳理流程方面的不足，针对概预算审核存在漏项这类常见状况优化评审的内容，建立起评估、反馈、改进的闭环模式。评估结果同步归入机构和人员考核，促使从业者提高专业水准，推动评审工作由合规核查转变为价值提质审查，确实优化财政资金的配置，充分提高资金实际使用效益。

四、实践案例与应用分析

（一）案例选择与背景介绍

1. 案例背景

本文挑选某省级开发区2022年开启的智慧园区基础设施建设项目当案例，此项目总投入18.6亿元，包含5G基站、智能交通体系、地下综合管廊等子项目，属于典型的财政性投资工程。该案例所处地区为促进数字经济转型，颁布《开发区财政性投资项目评审管理办法》，规定要对项目全流程造价开展动态管控，指明投资评审应包括从立项直至竣工结算的各个阶段，并且评审结果作为财政拨款的直接根据。当地财政部门在同一时期发布《关于加强政府投资项目全过程造价管理的指导意见》，重点提出运用限额设计、清单计价规范、变更签证审核等方式来降低造价偏差率，其目标是把项目结算超概比例控制在5%以内。此项目由于包括多专业交叉、新技术运用以及复杂地质状况，在前期概算环节就遭遇设计深度欠缺、清单缺项等难题，为财政性投资评审的全流程管控创造典型应用场景，也为检验全流程造价管控策略的有效性提供实践案例^[9]。

2. 案例意义

案例选取与背景说明部分专注某省级政务服务中心新建工程，此工程总投资约8.5亿元，包含建筑工程、智能化系统、市政配套等多个专业领域，属于典型的综合性财政性投资项目。项目起始阶段，由于设计精细度不够、清单存在缺项等状况，引发预算超支的风险。财政评审部门介入之后，对项目从立项、设计、招标、施工直至竣工结算的整个流程展开造价管控。案例的重要意义在于，此项目在整个流程管控里运用BIM技术来辅助开展设计优化、清单编制以及施工过程跟踪工作，通过建立动态造价数据库实现各个阶段造价数据的实时关联，最终让项目的结算造价相较于初步设计概算减少约7.2%，并且使评审周期缩短约15%。该案例的典型性表现为其包括财政性投资项目的整个生命周期，并且针对不同阶段造价管控的难点提出可复制的解决办法，对同类型项目的造价评审有直接的参考意义，同时为财政评审部门建立全流程管控体系提供实践支撑^[10]。

（二）应用过程与关键节点

1. 应用流程

以省级城市市政道路项目为案例，对造价评审操作要点进行全流程梳理。立项环节根据相关报告审查投资估算，核对编制定

额规范，精确测算征地、管线迁移等潜在成本，避免造价缺项情况。初步设计阶段对比方案和估算的符合程度，对于超标的分项，督促进行设计优化，同时兼顾使用功能以及成本管控。在施工图阶段对工程量清单和建材参数予以核验，严格根据地方计价规范来核查定额套用状况。在招投标环节把控招标控制价，把它和审定预算的偏差控制于5%以内，避免异常报价现象。施工环节严谨审核工程变更的签证，依靠技术和造价论证来把控投资的规模。在结算环节，对比实际施工状况与图纸所标注的工程量，根据合同对材料调价进行审核，明确资金盈亏的原因。各流程闭环管理，通过信息系统共享造价信息，确保评审成果科学合理。

2. 问题与对策

市政道路建设项目建立全流程造价管控系统，包括概算审查、限价核实、变更把控以及竣工结算等各个环节。在项目实际操作过程中，暴露出一系列问题。设计方案的深度不足，导致概算出现漏项；招标文件里清单的表述不够清晰，容易引发结算方面的纠纷；施工变更的审批效率较低，对造价管控形成制约；竣工阶段所提交的资料存在残缺不全的情况。针对不同类型问题拟定相应整改办法，在设计阶段实施限额设计并开展方案优选，对概算编制工作进行动态跟踪。招标阶段实行清单两人复核制度，规范项目内容表述准则。简化施工变更的审批流程，对分级审批权限进行划分，同时附上造价变动的分析。统一竣工资料的模板，明确各方提交的职责，提早完成资料的初审。一批管控措施实施后，项目最终的造价和概算相比减少8.2%，成功实现全流程造价管控的目标。

（三）成效评估与经验总结

1. 成效评估指标

财政投资评审的成效指标围绕造价管控目的设定，分为精准度、效率性、合规性、效益性四大方面。造价精准度以结算和审定金额的偏差率作为评判准则，偏差数值越小，工程量核算以及单价审定工作的准确程度越高。效率指标评估评审完成时长与应急处置速度，确保造价审核不耽误项目建设进程。合规指标核查评审工作根据规定开展，严格遵循财政法规和行业规范，防范资金使用方面的廉政风险。效益指标将评审核减率作为主要，统计因整改不合规变更签证以及优化设计所产生的资金节约金额，全面衡量资金的利用价值。各项指标相互关联，构成完备的量化评估系统，能为造价管控策略的优化提供可信的数据支撑。

2. 经验推广价值

选取省级重点交通建设项目作为案例，全流程造价管理控制成效十分明显。在决策环节通过造价数据库以及方案比对模型，将投资估算的偏差控制于5%以内。在设计环节通过BIM技术进行碰撞检测以及限额设计，钢材和混凝土耗材的损耗都得到有效降低。在施工阶段开展动态评审工作，通过签证以及价格预警体系，总计核减1200万元的不合理支出。项目最终的投资相较于预算节省9.2%，工程工期缩短15天，且工程验收均达到标准。项

目管理重点各流程衔接，建立跨部门合作模式，通过数字化方式提高评审水准。此套四阶段闭环评审体系拥有较高通用性，可运用于市政、水利等财政投入项目，对大型工程造价风险防范具有示范意义，可为同类工程提供参考模式，切实提高财政资金使用效率。

五、总结

文章从全流程的视角出发，梳理财政投资预结算造价管控的理论方案和实际运用。把造价管控融入项目决策、设计、招投

标、施工以及竣工结算全流程，能够有效提高财政资金使用效率，降低投资风险。BIM动态管理控制、大数据成本预警提示、跨部门协同式评审等途径，确实精简评审程序，加强审核精确性。当下管控工作仍然存在不足，各流程数据共享程度不高，智能评审模型难以符合复杂的工程项目，基层人员专业能力与新技术应用需求不相适应。后续要健全全流程数据整合共享机制，结合人工智能、区块链技术改进造价预测模型，同时推进基层人员技能培训工作，持续完善创新财政投资造价评审管控体系。

参考文献

[1]徐丹.S区财政评审中心投资评审管理流程再造研究[D].辽宁:沈阳建筑大学,2023.

[2]王亚楠.全渠道模式下YH仓储成本管控研究[D].河南:中原工学院,2023.

[3]顾婷.文本挖掘视角下医养结合服务关键风险识别及管控策略[D].江苏:江苏科技大学,2023.

[4]孙崇虎.财务共享视角下的T集团财务风险管控体系优化研究——以组织架构与业务流程为例[D].山东:山东大学,2022.

[5]白伟伟.X公司费用管控流程改善研究[D].河北:燕山大学,2022.

[6]张玉军,李兴超,王友芳,等.大型公立医院评审全流程管理策略实践与应用[J].中国医院,2024,28(7):84-86.

[7]刘兴梧.基于业财融合视角下企业成本管控的实践应用研究[J].中国乡镇企业会计,2022(1):3.

[8]汤军.“立体式”工程造价管控模式的理论与实践[J].建设监理,2024(6):71-74.

[9]余威,戴亚辉,张国红,等.全流程质量管控的智能制造实践[J].智能制造,2022(3).

[10]李仪.全生命周期造价管理在印尼某火电投资项目中的应用[J].工程建设,2022(9):69-73.

工业洁净厂房装修设计技术要点 与投标报价风险控制研究

杨爱明

广州致卓洁净技术有限公司, 广东 广州 510530

DOI:10.61369/UAID.2026030045

摘 要 : 工业洁净厂房的装修设计应围绕洁净度级别、建筑密封状况、气流组织形式、系统整合等技术主要要点来开展,要针对投标报价里的设计变更、供应链波动等风险,通过定性定量评估(例如风险矩阵、蒙特卡洛模拟)以及预防性策略(设计复核、合同优化)、应急预案等实现控制。技术要点和风险管控协同,确保项目技术稳定性与经济可行性均衡。

关 键 词 : 工业洁净厂房装修设计; 技术要点; 投标报价风险控制

Research on the Technical Points of Industrial Cleanroom Decoration Design and Risk Control of Bidding Quotation

Yang Aiming

Guangzhou Zhizhuo Clean Technology Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510530

Abstract : The decoration design of industrial clean workshops should be carried out based on the main technical points such as cleanliness level, building sealing conditions, air flow organization form, and system integration. To address risks such as design changes in the tender quotation and supply chain fluctuations, control measures should be implemented through qualitative and quantitative evaluations (such as risk matrices, Monte Carlo simulations) as well as preventive strategies (design review, contract optimization), and emergency plans. The coordination of technical points and risk control ensures the balance between project technical stability and economic feasibility.

Keywords : industrial cleanroom decoration design; technical key points; risk control of bidding quotation

引言

工业洁净厂房作为半导体、制药等高端制造行业的主要基础设施,其装修设计要在确保洁净环境稳定性的情况下,应对投标报价里的多种风险。2023年新版的《洁净厂房设计规范》(GB50073-2023)更清晰地界定洁净度等级划分、气流组织优化以及材料选型等技术准则,为设计和报价提供政策支撑。在设计阶段,建筑布局的洁净区域划分、密封结构的气密性能把控、工艺与水电系统的协同集成等技术主要,直接作用于工程量核算与成本组成;而在投标报价时期,要通过风险识别(像设计变更、供应链变动)、评估(例如蒙特卡洛模拟)以及控制策略(比如设计复查、应急预案),实现技术要求与经济成本的动态均衡。此项研究对技术要点和风险控制的关联进行梳理,为工业洁净厂房项目的高效开展提供理论根据与实践指引。

一、工业洁净厂房装修设计概述

(一) 工业洁净厂房基础与特性

在工业洁净厂房装修设计的概述里,工业洁净厂房的基础和特性构成核心理论根据。其分类准则一般按照洁净度级别、行业用途以及气流组织样式来划分,比如根据 ISO 14644-1 标准,洁净度从 ISO 1 至 ISO 9 级逐步降低,不同级别对应半导体、制药、食品等不同行业的生产要求^[1]。洁净度标准直接关系到生产环境的微粒管控,例如半导体领域要管控 0.1 μm 以下的微粒浓度,食品行业则更注重微生物方面的污染。工业洁净厂房于生产里的主

要作用显示为保障产品质量的稳定性和工艺的精准度。比如在芯片制造时,细微尘埃或许会造成电路短路,洁净的环境能够降低次品率;制药领域通过管控微生物和微粒,保证药品符合 GMP 规范。这些基本特性表明,装修设计要围绕洁净度保持、气流调控、材料挑选等技术主要来开展,为后续设计技术分析提供理论方案。

(二) 装修设计的总体框架与技术原则

工业洁净厂房装修设计概述的整体方案和技术准则要围绕科学程序、规范要求以及质量管控来开展,以确保洁净环境的稳定性和生产需求的适配性。它的基本流程包含前期需求分析、方案

规划、施工图细化、施工协作以及验收评定等步骤，各个步骤要衔接紧凑，防止出现偏差。在技术规范方面，要严格根据 ISO 14644 系列标准关于洁净度等级的划分规定，同时结合 GB 50073 等国内规范针对空气洁净度、气流组织、材料选择等的详细要求^[2]，保证设计参数和生产工艺的适配性。质量把控原则注重全流程管控，从设计环节的参数模拟校验，到施工环节的材料入场检验、隐蔽工程查验，再到竣工后的洁净度测试，均要建立量化指标与责任体系。另外设计要兼顾功能性和经济性，在实现洁净要求的基础上优化空间布局与系统设置，为后续投标报价提供合理的技术支撑，防止因设计漏洞造成的成本风险。

二、建筑与工艺设计关键技术

（一）建筑设计的核心要点

建筑设计的核心要点

工业洁净厂房的建筑设计要以保障洁净环境作为核心要点，其布局应遵循工艺流程和洁净等级分区的准则，通过科学划分洁净区域、准洁净区域与非洁净区域，降低交叉污染的可能性，同时保证人流、物流以及气流路径相互独立，防止不同洁净等级区域之间出现空气串扰情况。密封构造设计是保障洁净度的要点，要运用连续密封工艺处理墙体缝隙、门窗框架以及管线穿越墙板的部位，例如采用硅酮密封胶和不锈钢压条相结合的办法，保证静态密封泄漏率 $\leq 0.01\%$ ^[3]。材料挑选要兼顾洁净度与耐用性，围护结构优先选取不锈钢、彩钢板这类不易产生灰尘、便于清洁的材料。高效过滤器作为空气净化主要组件，要根据洁净等级来选择 HEPA 或 ULPA 过滤器，其过滤效率应当符合 ISO 14644-1 标准规定，并且要配备压差监测系统实时监测过滤器性能。节能设计要结合洁净厂房能耗高的特性，运用热回收系统回收排风的余热，对空调系统的送风量和换气次数进行优化，通过智能控制系统根据生产工况动态调整参数，在确保洁净环境的情况下降低能源的消耗，实现技术性能和经济效益的平衡。

（二）工艺与水电系统设计整合

工艺和水电系统设计整合要以工艺流程的优化作为核心，保证设备配置、接口标准和环境控制具备协同性。在设备配置方面，洁净厂房里工艺设备的布局要和暖通空调系统的气流组织相适配，比如洁净区的 FFU（风机过滤单元）设置应根据工艺设备的产尘量以及操作区域的洁净度等级进行调整，水电系统的管线走向需躲开工艺设备的操作半径，防止对生产流程产生干扰^[4]。在接口标准领域，工艺设备和水电系统的连接要遵循统一的技术准则，例如工艺管道和暖通系统的接口应选用不锈钢材料且设置止回阀，避免交叉污染，电气系统的接线端子需具备防尘防水级别，以符合洁净环境的特殊需求。环境管控难点在于确保洁净区的温湿度、压差以及微粒浓度的稳定，这需要通过工艺和暖通系统的联合控制实现。举例来说当工艺设备运转产生热量时，暖通系统要自动调整送风量和冷量，水电系统要保证设备稳定的供电以及给排水需求，防止因系统波动对产品质量造成影响。另外在设计环节要通过 BIM 技术对各系统的协同运作进行模拟，预先

识别管线碰撞、设备干涉等状况，保障施工阶段能够顺利开展。

三、洁净厂房设计技术要点详细分析

（一）建筑设计的细节实现

1. 空间与气流组织设计

空间与气流组织规划是洁净厂房设计技术主要的核心部分，直接关系到空气洁净度的稳定合格。研究要结合洁净室气流动力学的模型，通过计算流体动力学（CFD）开展模拟，分析气流的速度、方向以及污染物的扩散路径，对送风口和回风口的布局参数加以优化，保证洁净区气流均匀性满足 ISO 14644-3 标准要求^[5]。分区方案要按照生产工艺对洁净程度的不同要求，划分核心洁净区域、辅助洁净区域以及非洁净区域，运用压差控制技术来保持各区域的压力梯度，避免交叉污染。气流组织优化方法要结合单向流、非单向流等不同气流形态的适用情形，比如对高洁净度有要求的工艺区域运用垂直单向流体系，通过高效微粒空气过滤器（HEPA）实现层流送风，减少微粒沉降的可能性；而辅助区域能够采用乱流组织方式，兼顾洁净效果与能耗成本。设计期间还应考量设备布局给气流带来的影响，防止出现气流死角，通过模拟以及现场测试来验证气流组织的有效性，保证洁净厂房于动态生产进程中仍然能够维持稳定的洁净环境。

2. 密封与防尘措施

密封和防尘措施是工业洁净厂房建筑设计细节实现的主要部分，直接关乎洁净度保持与环境稳定性。墙体体系要运用气密性面板材质，像彩钢夹芯板，在接缝之处通过双道密封胶进行处理，保证静态泄漏率 $\leq 0.01\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，且通过正压测试来验证整体的气密性^[6]。门窗设计要选用高气密性的框架结构，在门框和墙体之间填充弹性的密封材料，玻璃采用双层的中空构造并做好边缘密封处理，开启扇配备自动压紧的装置，在关闭状态时将缝隙宽度控制在 0.1mm 以内。接缝密封工艺要针对不同位置采用有差异的方案，像墙体和地面相接处设置弧形过渡密封带，吊顶跟墙体之间运用可伸缩密封胶条，管道穿过墙板处安装专门密封套管，所有密封材料应具备耐温、耐老化特性，使用年限不少于 10 年。维护策略对于密封系统的长期稳定性非常主要，每半年开展一次气密性检测，及时替换老化的密封件，并且制定清洁操作规范，防止密封部位因机械摩擦或者化学腐蚀而受到损坏，保证密封性能始终符合 ISO 14644-1 标准规定。

（二）工艺与水电系统的详细要求

1. 工艺设备布局与接口设计

工艺装备布局应根据生产流程通顺、洁净级别适配以及交叉污染管控原则。装置排列按照工艺流程次序明确相对位置，A 级区装置要运用单向流布局来保持气流稳定。设备和水系统的接口运用卫生级快装接头，管路规避盲管死角，设立在线清洗（CIP）以及在线灭菌（SIP）接口，保证无菌性^[7]。和暖通系统衔接时要考量设备散热的作用，通过局部通风或分区分管来控制环境参数的稳定，设备排出的风经过高效过滤器处理后再排放。电气系统的接口选用防水防尘类插座，线路绕开气流通道，配备紧急断电

设备。各个接口要统一规范，保障安装精准度与密封性能，降低泄漏可能性，利于维护清理，实现高效运转与交叉污染管控。

2. 水电暖通系统的关键技术

纯水净化系统要运用反渗透、EDI等技术，保证水质电阻率达到 $18.2\text{M}\Omega \cdot \text{cm}@25^\circ\text{C}$ ，符合超纯水要求^[8]。暖通空调体系节能设计能够通过变频调控、热回收工艺实现，例如运用新风热交换装置回收排风热能，让能耗降低30%以上；根据洁净度级别（像ISO 5级）配备高效过滤设备（HEPA/ULPA），使室内正压维持在 $\geq 10\text{Pa}$ 。在噪声管控方面，针对空调机组、水泵实施隔振消声手段，保证室内噪声 $\leq 60\text{dB(A)}$ 。智能化监测技术通过BAS系统对温湿度（ $\pm 0.5^\circ\text{C} / \pm 5\%\text{RH}$ ）、洁净度、压差等参数开展实时监测，配合AI算法实现自适应调控，提高资源利用效能。这些技术的集成运用，既确保生产环境的稳定性，又通过能耗优化削减长期运营费用，为投标报价里的技术方案合理性提供支撑。

四、投标报价风险控制策略

（一）风险识别阶段

1. 设计与技术变更风险

设计及技术变更风险要重点识别设计改动与技术参数变动对报价所产生的影响。设计变更或许是由于洁净度级别、消防准则或环保需求等规范变动，使得原方案再度优化，增添材料选择与施工工艺费用。技术参数的波动关联高效过滤器过滤效率的提高或者空调系统风量的改变等情况，会直接对设备采购成本以及安装复杂程度产生影响。常见的触发因素包括业主提高洁净等级、国家规范更新以及设计阶段工艺布局的优化，这些因素或许会造成工程量清单和实际需求出现偏差，加大成本超支的风险。研究显示在洁净厂房装修项目里，由设计变更所引发的成本波动占比能够达到15%~25%^[9]，要建立动态风险识别体系，实时追踪设计文件以及技术参数的变动情况，保证报价的准确性和可控制度。

2. 外部环境及供应链风险

外部形势与供应链风险要关注市场起伏、政策规章以及供应链中断这三个方面。原材料价格起伏是首要风险，钢材、铝材、洁净板材等的价格受宏观经济、大宗商品市场以及供需关系的作用，或许会造成报价和实际成本出现偏差^[1]。政策法规方面的风险表现为环保标准的提高、安全生产规范的改变以及税收政策的变动，例如《洁净厂房设计规范》（GB 50073）的最新规定或许会增加合规的成本，在投标阶段若未充分预估，容易导致报价不充足^[2]。供应链中断的风险来自于供应商产能起伏、物流不畅或贸易冲突，主要设备（像高效过滤器、空调系统）供应滞后或许会造成工期延长以及成本超支^[3]。在搭建风险因子指标体系时，要把市场波动具体化为价格波动比率和预测准确程度；政策法规包含更新的频次以及合规成本所占比例；供应链中断涉及供应商履约比例和物流延误比例等量化指标，通过层次分析法或者德尔

菲法来确定各个因子的权重，从而为后续的风险评估和应对工作奠定基础^[4]。

（二）风险评估方法

1. 定性风险分析工具

投标报价的风险评估要结合洁净厂房的设计特点，精确识别潜在的风险^[10]。风险矩阵方法把风险发生的概率与影响程度划分成不同的等级，建立二维的矩阵直观展现优先级。比如针对洁净等级要求变更风险，根据历史数据判定其发生概率（像中等），并结合成本与工期的影响（如高），将其定位成高风险项目。专家访谈法会邀约设计、施工、造价方面的资深专家，就材料价格起伏、业主需求变更等不确定因素开展深入研讨。针对不锈钢板材、FFU设备等主要材料的价格风险，专家根据行业走向判断其潜在的影响程度，以弥补量化数据的不足。

2. 定量风险建模

定量风险建模可把不确定性转变为能够分析的概率分布。蒙特卡罗模拟针对装修材料费用、人工时长、施工期限等核心变量开展随机抽样，通过历史数据搭建概率模型，模拟数千个报价情形，输出成本偏差的概率分布曲线，清晰展现报价超出预算的概率。敏感性分析采用固定其余参数、单独调节目标变量（像洁净设备采购成本、洁净等级变动）的方式，算出各变量对总报价的影响系数，识别出对报价波动贡献最大的主要风险因素，例如洁净空调系统精度提高所引发的成本增量。

（三）风险应对措施

1. 预防性策略设计

在投标报价环节，预防性措施通过设计审核与合同完善从根源把控风险。设计复核要组建包括设计、造价、技术方面的专家团队，重点关注洁净等级适配性、气流组织合理性、材料选型合规性等主要要点，逐一验证招标文件的要求，重点审查压差控制参数、高效过滤器安装形式、地面防静电及耐腐蚀性能等容易导致成本偏差的细节，保证报价根据和技术要求相符。合同完善需着眼于技术主要点不清晰的变更隐患，在报价文档里清楚洁净度检测验收的根据、设备安装精准度等界定准则，同时增添风险分摊条款。针对因图纸存在歧义或者要求含混导致的工程量调整情况，约定好责任界限与计价方法，防止后期纠纷引发成本增加。通过设计复核与合同优化的协作，把技术不确定性转变为量化报价的凭据，切断技术风险向成本风险的传导渠道。

2. 响应与监控机制

对于供应链中断、材料价格起伏等突发风险，要建立应急预案以及实时成本监测系统。应急方案需明确风险分级准则，针对不同级别拟定缓解措施，例如建立备选供应商库来应对主供应商供应中断状况，提前储备高效过滤器、洁净板材等主要材料从而减小对工期的影响。实时成本监测系统通过整合项目管理软件和财务平台，动态跟踪材料采购花费、人工成本以及设计变更费用，保证成本偏差在可控范围。反馈体系搭建跨部门交流通道，

成本管控团队定时向决策层呈交监测报告，若实际成本超出预警界限，马上启动应急方案，采取和业主协商设计优化策略或与供应商谈判获取价格优惠等措施，实现风险迅速响应与有效管控，确保报价合理性与项目盈利范围。

五、总结

在工业洁净厂房的装修工作里，建筑、工艺、水暖电方面的技术要点和投标报价的风险控制存在紧密联系：建筑的气密性和

布局情况为工程量提供根据；工艺的洁净等级以及流程优化会对选材和施工的复杂程度产生影响，进一步决定报价的精准度；水暖电的节能设计和设备选型能够细化成本的构成。对各专业进行系统整合，建立风险预判体系，防止报价出现漏项与超支情况。需促进设计标准的统一以及技术创新，实现技术可靠性和经济合理性之间的平衡。

参考文献

[1] 李鹏飞. A 公司 EPC 项目投标报价的风险管理研究 [D]. 中国石油大学 (北京), 2022.
[2] 赵美玲. EPC 模式下 A 电子洁净厂房项成本控制研究 [D]. 北京交通大学, 2022.
[3] 刘佳辉. 多区域洁净厂房压差控制和节能研究 [D]. 东南大学, 2022.
[4] 姚刚华. 制药厂房洁净度分级设置与控制——以贵州某制药厂房为例 [D]. 贵州大学, 2022.
[5] 尹欣. 工业厂房污染物扩散规律与通风设计研究 [D]. 中国矿业大学 (江苏), 2023.
[6] 肖凯强, 王开星. 工业洁净厂房照明节能设计分析 [J]. 光源与照明, 2024, (01): 15-17.
[7] 史思岩. 工业洁净厂房照明节能设计分析 [J]. 光源与照明, 2024, (09): 26-28.
[8] 吴臻. 电子洁净工业厂房建筑防火及消防设计分析 [J]. 江西建材, 2021, (10): 219-220.
[9] 王竟萱. 电子洁净工业厂房建筑消防设计分析 [J]. 工程建设与设计, 2023, (12): 43-45.
[10] 杨青梅. 电子洁净工业厂房建筑消防设计要点分析 [J]. 房地产世界, 2024, (14): 43-45.

博物馆展厅室内装饰装修工程中暖通空调系统的设计要点与施工技术优化研究

莫伟

广东省集美设计工程有限公司, 广东 广州 510260

DOI:10.61369/UAID.2026030046

摘 要 : 博物馆展厅的暖通空调系统设计要以文物保护作为核心要点, 精确把控温湿度, 防止展品受到损伤。要和装饰装修进行深度结合, 通过 BIM 协同设计来处理管线冲突问题, 运用隐蔽安装工艺确保视觉显示效果。在施工期间重点加强质量把控, 将智能控制系统和节能技术相结合, 协调展品保护、观众舒适体验与系统能源效率。实例实践证实设计与施工协同优化具备有效性, 可给同类项目提供参考。

关 键 词 : 博物馆展厅; 暖通空调系统; 装饰装修协同

Research on the Design Points and Construction Technology optimization of HVAC System in the Interior Decoration Project Of Museum Exhibition Hall

Mo Wei

Guangdong Jimei Design & Construction Co.,Ltd., Guangzhou, Guangdong 510260

Abstract : The design of the HVAC system in the museum exhibition hall should focus on the protection of cultural relics as the core point. It is necessary to precisely control the temperature and humidity to prevent the exhibits from being damaged. It should be deeply integrated with the decoration and renovation. Through BIM collaborative design, pipeline conflicts can be handled, and concealed installation techniques can be used to ensure the visual display effect. During the construction period, emphasis should be placed on quality control. The intelligent control system and energy-saving technology should be combined to coordinate the protection of exhibits, the comfort experience of visitors, and the energy efficiency of the system. Practical examples have confirmed the effectiveness of the collaborative optimization of design and construction, and can provide references for similar projects.

Keywords : museum exhibition hall; HVAC system; decoration coordination

引言

博物馆展示空间作为文化遗产保护和公众文化传播的主要载体, 其室内环境的稳定性直接影响着文物的长久保存以及观众的参观体验。2023年发布的《博物馆建筑设计规范》(GB 50398-2023) 清晰规定展厅要符合不同文物在温湿度、空气品质方面的精确控制标准, 并且要兼顾空间装饰美感与系统能效。在这一政策环境下, 暖通空调系统的设计与建造要深度符合装饰装修的要求, 通过参数化模拟来优化气流分布、分区温控方案以及隐蔽式设备的布置, 协调好文物保护、观众舒适度和节能目的之间的关系。文章专注博物馆展厅暖通空调系统和装饰装修的协同设计、施工技术改进以及智能化运用开展研究, 为满足政策规定的展厅环境打造提供理论根据与实践参考。

一、博物馆展厅暖通空调系统相关理论与背景

(一) 展厅室内环境特征与空调需求

博物馆的展厅作为文化遗产保护与展示的主要空间, 它的室内环境对暖通空调系统的设计存在特殊要求。展示品丰富多样, 不同材质对于温湿度的敏感程度差异明显, 例如书画需要温度处于18-22℃、相对湿度保持在50%-60%, 以此避免物理或者化学损伤^[1]。展厅人员流动存在间歇情况, 高峰时段热湿负荷波动较

为明显, 系统需具备快速响应和动态调节的能力。在空气净化方面, 要对PM2.5、VOCs等污染物加以管控, 避免展品遭受损害, 空调系统应集成高效过滤以及活性炭吸附模块。另外结合当代建筑艺术设计的理念以及展陈空间设计师的破常规式设想, 展厅的空往往存在结构复杂、造型独特的状况, 因此存在气流死角或者温度分层的状况, 需要对气流组织进行优化, 以保证环境参数的均匀性。这些特性和需求促使空调系统在温湿度调控、负荷调整、空气品质保证以及气流分布等方面开展有针对性地设计, 以

平衡展品保护、观众舒适感与系统能源效率。

（二）暖通空调系统基本原理与装饰装修集成

博物馆展厅的暖通空调系统通过热湿交换、空气调节以及气流组织等理论，由冷热源、空气处理设施、输送管网和末端装置所组成。在装饰装修项目里，系统需和空间布置、材料以及展陈要求深度相符。若要防止风管和吊顶产生冲突，运用隐藏式的安装方式，在装饰设计环节规划暖通末端的位置和形式^[2]。装饰材料的热工特性会对系统能效产生影响，具备保温功能的面板能够降低冷热量的损失。展柜的局部空调系统需与展柜装饰相互融合，同时兼顾功能和美观。系统规划需兼顾功能性和装饰性，通过模拟来优化气流布局，让设备和装饰要素实现统一，提高环境舒适程度与展示成效。

二、暖通空调系统设计要点分析

（一）展厅空调负荷计算与设计优化策略

展厅空调负荷的计算需全面考量空间特征、展品热特点以及人员活动规律，采用动态负荷计算方式来提高精度，例如运用建筑能耗模拟软件建立模型，输入相关参数对逐时负荷进行预测^[3]。设计改进需结合室内装饰布局，科学安排空调末端，防止风口直接吹向展品或影响装饰效果，运用分区分管控制技术，根据不同区域功能调节送风参数，减少能耗。协调空调管道和装修吊顶的空间关联，运用隐蔽式安装或者与装修造型相融合，实现温湿度精确控制和装修美观的统一。

（二）装饰装修工程中的系统兼容性设计

在博物馆展厅的装饰装修工作里，暖通空调系统和室内设计元素的适配性会对展览成效与系统效能产生影响。天花板造型、材料和高度对空调风口布局与气流分布有影响，若没有预留充足的安装空间，会使温度控制精准度下降。墙面装饰材料的热工特性对空调负荷计算和能耗有影响，要开展热工模拟分析。制定整合设计方案时可运用 BIM 技术开展三维协同设计，排查管道、风口和吊顶龙骨、墙面基层结构之间的空间冲突。针对温湿度敏感地带，预留单独的空调分区控制接口，运用嵌入式风口与隐藏型管道设计，实现功能和美学的统一，同时参照行业标准来满足特殊要求^[4]。

三、施工技术与工程实践

（一）空调设备安装技术

1. 设备布局与位置优化

设备的布局与位置调整要全面考量展厅的空间功能、文物的保护要求以及系统的能效情况，在保障设备稳定且高效运转的同时，实现与室内装饰的隐蔽性融合。设备的安装地点应优先挑选展厅非核心的展示区域，例如走廊的吊顶、展品背部的夹层或者墙体预留的空间，防止直接暴露在观众的视线中，或者对展品的陈列布局产生影响。针对风管和风口的布置，要结合展厅的层高以及吊顶结构，运用暗藏式的安装方法，风口的位置应当避开文

物展品的正上方，避免气流直接吹拂而造成温湿度波动，确保文物保存环境的稳定^[5]。空调机组的装设应远离展厅的主体范围，通过消声处置与减振办法减少运行噪音，防止对观众的参观感受产生干扰。设备布置要预留检修区域，保证后续维护操作便利，并且运用 BIM 技术模拟设备安装位置和装饰界面的空间关联，提前避免管道冲突和安装死角，提高施工精准度与装饰效果的协调性。

2. 管道系统布置与隐蔽施工

博物馆展厅的管道系统安排要兼顾功能要求和装饰美感，其布置技术要结合建筑构造与展陈空间的特点，运用分层分区的办法优化路线设计，保证管道走向和装饰造型相适配，防止对展陈区域产生视觉妨碍。隐蔽处理技术需根据不同装饰面层的特点挑选适配的方案，例如吊顶里的管道要使用防火保温材料包裹，通过吊顶龙骨的间隙或者定制的检修口实现隐蔽效果，地面的管道可结合地面找平层或者架空地板来开展暗敷操作。施工期间要严格把控管道坡度和固定间距，保障系统运行的稳定性，并且运用 BIM 技术开展管线碰撞检测，提前避免与装饰构件产生冲突^[6]。隐蔽操作前要完成压力测试、密封测试、防腐、保温等处理，验收通过之后才可开展面层封闭工作，以此确保系统能够长期稳定运行，并且满足博物馆展厅的装饰效果需求。

（二）施工质量控制与安全管理

1. 施工质量控制要点

在博物馆展览厅暖通空调系统的施工过程中，材料挑选要优先考量与展厅环境的适配性，像风管材料应当具备低挥发性有机化合物（VOC）释放的特质，防止对文物展品产生潜在危害^[7]。在工艺标准领域，风管安装要严格根据密封性规定，当采用法兰连接时，需保证垫片材质和系统介质相匹配，降低漏风率来保障展厅温湿度的稳定。在管道焊接阶段，要把控焊缝品质，通过无损检测手段来验证焊接的牢固程度，避免系统在运行期间出现泄漏情况。另外设备在安装之前要开展基础平整度的校验和承载力的测算工作，保证机组运行期间振动满足规范要求，防止对展厅结构以及展品造成干扰。在施工进程里需建立材料进场检验体系，针对保温材料的导热系数、防火等级等指标开展抽样测试，保证其符合博物馆环境的特定需求。工艺实施要根据当下暖通空调施工标准，结合展厅空间的分布情况优化管道走向，降低对装饰效果的干扰，同时确保系统后期维护的便利性。

2. 安全操作规程与风险防范

在博物馆展厅室内装饰装修项目的暖通空调系统施工期间，安全操作规范要根据展厅空间的独特性来拟定，包含设备安装、管道焊接、高空作业等方面的标准化程序。对于空调机组的吊装作业，要确定吊装设备的载重参数以及作业半径的准确性，防止对展厅结构或者文物展柜产生挤压破坏；在进行管道焊接工作时，应选用低烟尘的焊接工艺，并且配备局部排风设备，同时设置防火隔离区域，避免火花点燃装饰材料。技术风险管理策略要关注系统安装和装饰装修交叉施工的风险，运用 BIM 技术模拟管道和吊顶龙骨的空间碰撞，预先优化管线走向，降低现场返工带来的安全隐患。施工人员要经过专项培训，熟知展厅环境里的设

备操作要点。另外对于制冷剂泄漏这类潜在隐患，需建立实时监控机制，配备气体检测装置并拟定应急处理预案，保证施工流程符合博物馆安全管理规定^[8]。

四、技术优化与工程应用研究

（一）节能与智能化技术优化

1. 高效节能空调系统应用

在博物馆展厅的装饰装修项目里，高效节能空调系统的运用需综合考量空间特点和文物保护要求，协调能耗降低与环境稳定性之间的关系。在设计阶段，优先采用变频多联机系统，通过动态调整压缩机转速来适配展厅负荷，相较于传统定频系统，能耗大约降低25%~30%^[9]。根据展厅分层分区的特性，运用分区温控方式，给不同功能区域设定有差异的温湿度参数，防止能源的浪费。在施工过程中重点关注风管的密封以及保温层的质量状况，采用高密度离心玻璃棉这种保温材料，把风管的漏风率把控在3%以内，以此降低冷热量的损耗。采用热回收工艺，通过全热交换器回收排风的能量对新风进行预热或者预冷，提高能效。

2. 智能控制系统优化

节能与智能化技术优化的主要在于智能控制系统的集成以及性能的提高。智能控制体系融合传感器、物联网技术以及算法模型，实时监控并动态调控展厅温湿度、CO₂浓度和人员密度等主要参数^[10]。系统根据预设准则和节能目的，自动对空调机组的运行方式、送风温度以及风量分配进行调整，防止传统系统因固定参数而造成的能源损耗。在博物馆的展厅之中，系统可适配展品的特殊需求，像书画类展品对温湿度较为敏感，通过分区控制以及多变量耦合算法，在保护展品的同时实现能耗降低。它的自学习功能会对历史数据进行分析，以此来优化策略，例如根据参观人流的变动调整负荷分配，提高能源利用的效率。在施工过程中保证控制系统和暖通设备相互兼容，采用模块化的安装调试方式来缩短集成的时间周期，建立数据反馈机制以实时对参数进行修正。

（二）实际工程案例研究

1. 博物馆展厅案例剖析

以新疆维吾尔自治区博物馆二期建设项目《新疆历史文物陈列》为例，此展厅面积大概为2900 m²，展陈区域包括纸质文献、丝织品以及金属器等多种对温湿度较为敏感的文物，装饰装修方案运用无吊顶裸顶+局部造型的设计，要同时兼顾空间视觉的通透性与系统的隐蔽性。在设计环节，根据展厅的功能分区以及文物保护的要求，运用分层空调系统。针对展柜区域，设置独立的恒温恒湿机组，温湿度控制精准度达到±0.5℃、±3%RH。对于公共通道区域，采用变风量末端，并且配合装饰性风口和裸顶管线进行艺术化处理，实现系统与装修风格的融合。在工程施工期间，针对无顶空间的管线布置难题，运用BIM技术对管线走向进行模拟，防止与消防、弱电系统产生冲突，并且在展柜周边的地面预留隐蔽的检修口，降低对装修美观性的影响。在调试时期发现展柜区域的温湿度起伏较大，通过优化送风口的角度以及风速

参数，把送风的风速控制在0.2m/s以下，确实解决气流直接吹向展柜所引发的温湿度不稳定状况。

2. 酒店等公共空间扩展应用

技术改进与工程应用研究实际工程项目案例研究酒店等公共区域拓展应用以永定龙湖大酒店酒店作为实例，该酒店的公共区域包括高吊顶的大堂、大跨度的宴会厅以及多分区的客房，和博物馆展厅具备空间高度、人员密度波动较大的共同特性。该酒店参考博物馆展厅空调系统的分区控温策略，运用分层空调搭配置换通风技术，在大堂区域通过顶部送风与地面低温送风的组合模式，既保证人员活动区的热舒适程度，又减少上部空间的能源消耗，相较于传统全空间空调系统节能约18%。在施工阶段参考博物馆隐蔽式管道的安装经验，对空调风管和装饰吊顶龙骨进行一体化设计，在宴会厅运用弧形风管和曲面吊顶精准贴合的安装方式，在减少空间占用的同时提高装饰美观程度。

（三）问题解决与发展展望

1. 常见技术问题与应对策略

在博物馆展厅室内装饰装修项目里，暖通空调系统施工常见的技术难题主要专注于噪声管控、气流组织失调以及设备和装饰界面的冲突等领域。在应对噪音状况时，施工期间要优先挑选低噪音的风机和水泵，并且在设备基础位置设置弹簧减震装置或者橡胶减震垫片。要对风管实施消声操作，运用消声弯头和静压箱，防止气流高速流通引发的二次噪声。针对气流组织混乱的情况，要根据展厅空间样式优化风口布局，选用旋流风口或者散流器，结合CFD模拟来调试风口角度和风速，保证文物展示区域的温度与湿度均匀且稳定。若设备和装饰界面出现冲突，那就需要在施工之前开展BIM模型碰撞检查工作，提前调节设备管线的走向，采用隐蔽式的安装工艺，把风管和水管嵌入装饰吊顶或者墙面夹层之中，这样既能确保系统功能，又不会破坏展厅的视觉效果。

2. 技术创新与未来方向

技术改进与工程实践研究应关注博物馆展厅的空间特点与展品保护要求，通过BIM技术建立三维模型来模拟气流组织和温度分布状况，精确优化风管布置与风口样式，防止传统设计里出现局部温湿度起伏的问题。施工环节运用模块化预制风道和工厂化制作，搭配现场精确就位技术，缩减安装时长并加强系统密闭性，同时针对展厅高大空间以及复杂装饰界面，创造性采用隐蔽式风道与装饰融合设计，保障视觉效果和功能要求的均衡。问题应对与发展前瞻要留意现存系统运转时能耗偏高、局部温湿度调控精度不够等状况，通过引入AI算法实时监测展品微环境数据，动态调节空调运行参数，融合可再生能源运用与余热回收技术，打造低能耗、强适应性的暖通系统。技术改革与未来走向应朝着智慧化、低排放方向迈进，研制通过物联网的多参数监控体系，实现对展厅温湿度、空气质量的即时调控与预警，同时探寻相变材料在展厅保温与温度调控里的运用，结合被动式设计思路降低系统负载，促使博物馆暖通空调系统朝绿色、高效、智能的方向发展，为展品长久保护与观众舒适感受提供技术保障。

五、总结

本研究专注博物馆展厅室内装饰装修项目里暖通空调系统的设计和施工开展，通过理论分析与实践案例融合，全面梳理设计主要要点与施工技术的优化途径。设计方面要以展厅文物保护的需求作为核心，精确把控温湿度的参数，结合装饰装修的风格以

及空间的布局，运用分区控制和气流组织优化的策略，保证环境稳定性和展示效果之间的平衡。在施工阶段，要重点加强装饰装修和暖通系统之间的协同配合。通过 BIM 技术实现管线的综合规划布局，降低空间冲突的发生，并且对安装工艺进行优化。

参考文献

[1] 秦浩森. 暖通空调系统的时间序列优化控制 [D]. 河北工业大学, 2022.
[2] 马帅. 基于强化学习的暖通空调系统节能控制方法 [D]. 苏州科技大学, 2022.
[3] 章超波. 知识-数据驱动的暖通空调系统故障检测与诊断方法研究 [D]. 浙江大学, 2022.
[4] 王乘熙. 基于 MPC 算法的暖通空调系统舒适节能控制策略研究 [D]. 苏州科技大学, 2022.
[5] 汤钰. 成都博物馆民俗展厅陪同口译实践报告 [D]. 西南科技大学, 2023.
[6] 白麟. 建筑暖通空调系统的热源选择与节能设计优化研究 [J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24(21): 46-48.
[7] 张永祥. 建筑暖通空调系统节能设计研究 [J]. 江苏建材, 2025, (05): 90-92.
[8] 张美琪. 建筑工程暖通空调系统节能技术要点及应用 [J]. 石材, 2024, (05): 77-79.
[9] 聂斌霞. 绿色理念在建筑暖通空调系统节能设计中的应用 [J]. 中国建筑装饰装修, 2024, (04): 87-89.
[10] 许艳. 公共建筑暖通空调系统设计要点研究 [J]. 江西建材, 2023, (06): 144-145+148.

深度学习在工业过程控制优化中的应用研究综述

王根怀

浙江 杭州 310000

DOI:10.61369/UAID.2026030047

摘 要：深度学习为工业过程的控制优化提供理论支持，其模型（像 CNN、LSTM、Transformer）在特征提取、处理非线性数据等方面具备优势，已在房地产工程进度预测、化工风险预警等场景中得到应用。不过存在泛化性能欠佳、数据获取不易、计算繁杂、可解释性不佳等难题。未来应融合物联网、大数据等技术，促进工程管理改革与智能提高。

关 键 词：深度学习；工业过程控制优化；工程风险管理

A Review on the Application of Deep Learning in the Optimization of Industrial Process Control

Wang Genhuai

Hangzhou, Zhejiang 310000

Abstract： This paper focuses on the risk management of the whole life cycle of electric power construction project. From the perspective of technology management coordination, this paper analyzes the engineering scheme, risk characteristics and various causes, studies the risk identification, assessment, response and monitoring strategies of the whole life cycle, and builds a coordination mechanism of deep integration of technology and management, which provides a theoretical framework and practical way for engineering risk management.

Keywords： deep learning; industrial process control optimization; engineering risk management

引言

2023年10月，《关于加快推进新型工业化的指导意见》明确倡导推动工业智能化变革，加强数据驱动的智能控制技术运用。深度学习作为机器学习的一个子领域，通过多层神经网络对人脑的信息处理机制进行模拟。其核心模型，像 CNN、LSTM、Transformer 等，在工业过程控制的优化方面显示出明显优势，能够克服传统控制方法在非线性、多变量耦合系统里存在的局限，为提高生产效率、降低能耗以及管控安全风险提供支持。当下深度学习在房地产工程施工进度优化、化工过程故障预警等场景已取得应用成果，不过仍然面临模型泛化能力欠佳、数据获取困难以及计算复杂度高等挑战。对其应用状况、挑战以及未来发展前景开展系统综述，能够为工业智能化转型进程里的技术落实与管理改革提供理论根据和实践指导。

一、深度学习基础与工业过程控制需求

（一）深度学习基本理论

深度神经网络学习属于机器学习的一个子领域，它通过多层神经网络实现对复杂数据的特征提取和模式识别。主要的模型包括卷积神经网络（CNN）、循环神经网络（RNN及其变体 LSTM）和 Transformer，它们分别适用于空间结构化的数据、时序序列的分析以及长距离依赖的建模。这些模型于数据处理时具备自动学习高维特性、对非线性高噪声数据稳健性佳、可整合多源异构数据等长处。工业流程控制对实时性以及精准决策要求颇高，深度学习的端到端学习和复杂模式建模能力能够有效符合

动态系统优化需求，为其于工业控制里的应用奠定理论基础^[1]。

（二）工业过程控制优化需求

现代工业体系的复杂程度与精细化管理标准促使工业过程控制优化的需求产生，其主要目标为提高生产效能、减少能耗以及管控安全隐患。常规控制手段（例如 PID）在应对非线性、多变量耦合以及动态时变系统时存有局限，而深度学习依靠强大的特征提取和模式识别能力提供新途径^[2]。在房地产工程领域，混凝土养护的温度把控、施工进度调节等要实时处置多源传感数据来优化资源配置；技术管理方面，参数的优化与故障的预测依靠历史数据的挖掘，实现自适应的调整；工程风险管控中，设备的预警与质量的识别要求模型拥有风险提前感知的能力。综上所述

迫切需要搭建数据驱动的智能控制模型，打破传统方法的局限，确保工业系统能够高效、稳定且安全地运转。

二、深度学习关键技术在工业过程控制中的应用

（一）数据预处理与特征工程

数据的预处理和特征工程是深度学习于工业过程控制优化里发挥功效的基础，直接对模型的泛化能力与控制成效产生影响。针对工业数据存在多源异构、噪声干扰、缺失值等状况，要通过传感器实时采集温度、压力等主要指标，并且运用时间同步手段确保时序的一致性。数据清理环节运用滑动窗口滤波、孤立森林等算法来消除噪声和异常点，通过插值的方式填补缺失的数据。特征抽取融合物理机制与数据驱动方式，搭建时域、频域以及非线性特征集合，且采用主成分分析或者自动编码器开展降维操作，留存主要变量关联关系^[3]。恰当的特征工程能够帮助捕捉工业流程的动态特征，加强模型对复杂工况的适应水平，为精确控制策略提供支持。

（二）模型构建与优化

模型搭建与优化属于深度学习在工业过程控制里的主要环节，要根据工业数据的高方面、强耦合以及动态特征来开展设计^[4]。在模型搭建阶段，常运用 CNN 来提取空间特征，采用 RNN 或者 LSTM 捕捉时序依赖关系，Transformer 通过自注意力实现多变量全局关联建模，具体的结构根据工业场景的动态响应特点来确定。在训练进程里，针对标签缺失、噪声干扰这类问题，运用半监督学习和迁移学习，通过预训练模型的知识迁移减少对标注数据的依赖。在参数优化方面，运用 Adam 等自适应学习率算法以及 Dropout 等正则化方法加强泛化性能，同时引入能量守恒、设备安全阈值等物理限制来优化损失函数，让模型输出更贴合工程实际情况。此路径提高控制模型的精准度与稳健性，同时通过监测异常特性为工程风险管控和故障预警提供支撑。

三、深度学习在特定工程领域的应用案例

（一）工程案例分

1. 房地产工程中的应用

深度神经网络学习在房地产工程流程控制里的应用实例，大多专注于施工进度优化、成本的管控以及质量的检测等核心环节。某商业综合体项目搭建通过 LSTM 的施工进度预估模型，融合历史施工数据、天气状况以及资源配置信息，实现对主要节点工期的精确预测，模型预测误差被控制在 5% 以内，相较于传统甘特图方法，预测精度提高 30%，确实规避进度延误风险^[5]。在成本管控方面，某住宅工程运用 CNN 融合注意力机制的成本偏差预警模式，实时分析材料价格起伏、人工费用变动等动态信息，提前 7 天察觉潜在成本超支隐患，项目最终成本相较预算下降

8%。在质量检测阶段，深度学习科技通过图像识别算法，对混凝土浇筑、钢筋绑扎等流程开展实时监测。某高层建筑物项目运用 YOLOv5 模型来检测模板安装的偏差情况，其识别的精准度达到 92%，降低人工巡检时的漏检概率，缩短验收所需的时间周期。这些实例显示，深度学习能够以数据驱动的模式优化房地产工程流程控制，提高项目管理效能与决策的科学性。

2. 工程风险管理中的实践

在工业流程控制优化的工程风险管控实践里，深度学习手段通过搭建动态风险评价模型实现对潜在风险的精确识别与预估。某大型化工企业于连续精馏流程里，运用长短期记忆网络（LSTM）对过往操作数据和实时传感器信号开展融合分析，该模型能够提前 2 小时识别出因进料组分波动所引发的塔压异常风险，准确率达到 92.3%，相较于传统统计方法提高 18.7%^[6]。在风险应对方面，深度强化学习算法通过模拟不同操作参数时系统的响应情况，制定出最优控制策略。在某钢铁企业的加热炉温度控制里，此策略让炉温的波动范围从 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 缩减到 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，并且使燃料消耗降低 12.5%。实际工程经验显示，由深度学习所驱动的风险评估及应对体系，不但能够加强工业流程的稳定性，还能够通过降低非计划停机时长与资源损耗，实现全生命周期内风险成本的优化。

（二）融合技术与管理案例

1. 深度学习与工控技术融合

深度学习和传统工业控制技术的结合主要表现为算法互补以及系统方案的重新建立。常规方法像 PID、模型预测控制在应对复杂非线性流程时稳健性欠佳，而深度学习凭借特征提取能力搭建更精确的过程模型。在离散制造行业里，某汽车零部件制造厂通过深度学习分析过往生产数据和设备状况，搭建动态调度模型，使生产线利用率提高 8%，订单交付周期缩短 12%。另外深度学习和工业物联网（IIoT）相融合，在边缘计算节点布置轻量化模型，实现实时故障预测。某钢铁企业的高炉监测系统将 CNN 与振动传感器数据进行融合，故障预测的准确率达到 92%，非计划停机的时间减少 30%^[7]。这些融合事例改善控制精准度，提高生产管理效能，为工业智能化转变提供可行的途径。

2. 整合技术管理与风险控制

深度学习于工业过程控制优化里融合技术管理与风险控制的应用案例，能够通过石化行业连续催化重整装置的智能优化体系展现。此系统将深度强化学习（DRL）模型当作核心，实时收集装置的温度、压力、催化剂活性等多源数据，通过动态调节反应参数实现能耗降低和产品收率提高。在技术管理领域，模型与企业的 MES 系统进行对接，把优化决策转变为标准化的操作指令。通过数字孪生技术搭建虚拟装置，模拟参数调整给生产全流程带来的影响，帮助管理人员拟定长期的工艺改进方案。在风险管控方面，模型内部设置通过长短期记忆网络（LSTM）的异常监测模块，能够实时识别管道腐蚀、催化剂失活等潜在危险，结合预

先设定的风险评估矩阵自动开启预警机制。比如当预测催化活性低于设定阈值时，系统会推送再生操作建议，并同步到设备管理模块来安排维护规划。实际运用表明，此系统让装置能耗下降12%，非计划停机时长缩减40%，同时通过技术和管理流程的深度结合，实现优化决策从经验驱动向数据驱动的转变，为工业过程控制里技术管理与风险控制的协同提供可行途径^[8]。

四、深度学习技术挑战及未来发展前景

（一）技术挑战

1. 算法复杂性

在工业流程控制优化的场景里，深度学习算法遭遇明显的计算复杂性难题，该问题直接限制其在大规模工业数据处理方面的应用拓展。工业体系产生的实时数据信息流具备高方面、动态性以及多模态特性，比如传感器收集的溫度、压力、流量等时序数据和生产工艺参数的关联，这就要求模型在处理过程中同时兼顾精准度与效率。深度学习模型（像深度神经网络、循环神经网络这类）的多层方案与众多参数，在训练环节需耗费大量计算资源，而工业现场的边缘计算装置通常受限于硬件性能，难以支撑复杂模型的实时推断。另外工业流程的动态改变要求模型拥有在线更新的能力，不过频繁的参数调节会进一步加重计算负荷，造成响应滞后或者控制精准度降低。研究显示计算复杂度不但增加部署费用，还约束模型在资源有限场景里的适用性，成为深度学习技术于工业控制领域规模化运用的主要阻碍^[9]。

2. 模型泛化能力

深度神经网络模型于工业流程控制里常遭遇泛化性能欠佳的状况，体现为在训练数据分布范围里表现优良，但是在新情境（例如生产批次变动、工况起伏）中性能大幅降低。工业流程具备非线性、时变以及多变量耦合特性，模型不易适配分布外样本。举例来说化工反应里原料纯度的改变或许会使预测误差加大，对控制策略产生影响。为提高泛化水平，能够运用迁移学习的方法，把相似工业场景里的知识迁移至目标场景，以此降低对标注数据的依赖；领域自适应通过对齐源域和目标域的特征分布，减小分布差异所带来的影响；元学习是通过学习通用策略实现快速适应新场景的目的^[10]。这些途径为减轻泛化难题提供可行办法，不过还需结合特定工业场景开展有针对性的优化。

（二）应用局限

1. 数据获取难题

工业生产流程里数据获取的难题，主要显示在多源异构数据的整合以及质量保障方面。现场各类传感器种类繁多，包含溫度、压力等物理类传感器以及PLC时序数据，不同装置的数据格式和采样频率差别明显，导致时空对齐存在困难，提高预处理的复杂程度。传感器出现故障、传输存在延迟或者人为产生误差

时，容易出现缺失值和异常值。而传统的清洗办法难以应对复杂的工业噪声，若直接将数据输入模型，会导致特征学习出现偏差，使控制精度下降。另外高成本的实验或者危险工况会造成故障样本短缺，出现数据分布不均衡的情况，导致深度学习模型在小样本以及边缘场景之中泛化能力受到限制，很难有效捕获复杂非线性关系，对其在工业控制优化里的可靠应用形成制约。

2. 实践应用障碍

深度神经网络在工业流程控制优化时遭遇多方面的实际阻碍。首先工业数据往往存在噪声、缺失或者标注不充分的情况，而模型对高质量数据的依赖性较强，这使得训练样本的代表性不够。此外工业体系对实时性要求非常严格，多数模型的推理速率难以实现毫秒级响应，或许会导致控制偏差，甚至带来安全隐患。常规控制系统通过确定性的数学模型，深度学习所具有的黑箱特性导致决策缺乏可解释性，提高验证与排查的难度。另外设备异构特征明显，不同厂家的接口和协议存在差别，模型的部署需要适配多种方案，这会提高集成成本，并且可能对稳定性产生影响。企业对于新技术的接纳程度会受到管理风险的作用，模型的迭代需要进行持续投入，对于数据安全和可靠性的顾虑也对其落地进展形成制约。

（三）未来展望

1. 融合多技术发展

深度学习和物联网、大数据等技术的结合会成为工业过程控制优化的主要趋向。物联网为工业场景供给海量多源异构的数据，联合边缘计算能够实现实时预处理与特征提取，提高模型响应的速度。大数据技术能够提供足够的训练样本以及分布式处理能力，帮助挖掘工业流程里的非线性关联和潜在规则。在流程工业里，将物联网和深度学习相融合，能够实现生产过程的精确预测与动态优化，减少能耗与损耗；于离散制造领域，把历史数据和故障诊断模型相结合，可实现设备预警与维护的优化，提高效率与利用率。随着5G、边缘计算等技术趋于成熟，多技术融合会进一步促使工业制造朝着智能、高效、绿色的方向迈进。

2. 工程管理创新

深度神经网络学习正在促使工程管理模式朝着数据驱动和动态协同的方向开展创新。传统的管理模式依靠经验化的流程，很难满足实时数据处理以及模型迭代的要求，需要转变为数据价值挖掘与风险动态防控。技术管理会重点于模型的整个生命周期，包含数据的标准化、资源调度的优化以及部署后的性能监测，通过跨部门的共享机制加强数据的多样性和时效性。在风险防控方面，建立实时预警体系，将物理约束和历史数据相结合来预判设备异常情况，同时引入具备可解释性的工具以提高决策的透明度。完善人机协同机制，让技术人员专注模型优化和策略拟定，建立数据驱动、模型迭代、风险防控、管理优化的闭环系统，促进工业控制智能化进程。

五、总结

深度神经网络学习在工业流程控制优化领域已获得阶段性成效，在复杂非线性建模、动态预估以及实时决策等方面显示出传统手段难以企及的长处，为提高效率、减少能耗提供技术保障。但是目前的研究仍然存在局限之处：模型的可解释性欠佳，这限制其在高可靠性场景里的应用；对大规模高质量数据的依赖，和

工业环境中数据缺失、噪声干扰的状况形成矛盾；深度学习和传统控制理论的融合机制还不够成熟。未来应重点多领域的交叉融合，在房地产工程里能够优化施工流程的能耗与质量，在技术管理方面搭建全生命周期的控制体系，在工程风险管理时实现异常预警和评估。要强化模型轻量化和边缘计算的融合，促进工业现场的实时化部署，实现工业过程控制的智能化以及自主化提高。

参考文献

[1] 李展. 深度学习在激光器光束控制中的应用研究 [D]. 北京: 中国科学院大学, 2022.

[2] 李炬. 深度学习在工业零件磁瓦表面缺陷检测中的应用研究 [D]. 四川: 四川大学, 2022.

[3] 马晓杰. 深度学习在语义情感分析中的应用研究 [D]. 河北: 华北电力大学 (保定), 2022.

[4] 刘凯. 基于深度学习的工业过程故障诊断方法研究 [D]. 浙江: 杭州电子科技大学, 2022.

[5] 赖宸宇. 深度学习在钢轨轮廓检测中的应用研究 [D]. 四川: 西南交通大学, 2022.

[6] 雪峰豪, 蒋海波, 唐琳. 深度学习在健康医疗中的应用研究综述 [J]. 计算机科学, 2023, 50(4): 15.

[7] 付钰菲, 汪明艳. 深度学习在金融领域的应用研究综述 [J]. 软件工程, 2022, 25(3): 4.

[8] 陈吉尚, 哈里旦木·阿布都克里木, 梁蕴泽, 阿布都克力木·阿布力孜等. 深度学习在符号音乐生成中的应用研究综述 [J]. 计算机工程与应用, 2023, 59(9): 27-45.

[9] 谢俊, 程先琼. 深度学习在地震定位中的应用综述 [J]. 地震工程学报, 2023, (1): 235-243.

[10] 高腾, 张先武, 李柏. 深度学习在安全帽佩戴检测中的应用研究综述 [J]. 计算机工程与应用, 2023, 59(6): 17.

复杂承压水筏板施工关键难题及综合治理工程实践

廖白红

广州花都城兴建设有限公司, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030054

摘 要 : 丰富水深基坑开展筏板基础施工时, 地下承压水突涌极易扰动基底原状土体, 导致混凝土成型缺陷、工期延误等一系列问题。针对广州市花都区多个工程项目出现的基底泉涌问题, 项目自主研发了泥沙过滤盒、带“止水翼环”镀锌管两类专用构件, 组合形成了一套动态调压控水、多级泥沙过滤、结构永久封堵于一体的标准化施工工艺。配套构建了水位在线监测 + 变频自动控水系统, 实现基坑降水 24 小时无人值守与精准调控; 同时融合了无人机航拍视觉采集、深度学习图像识别技术, 大体积混凝土振捣质量智能判别模型, 激光式浇筑厚度检测设备与桩筏施工数字孪生管控平台。多个项目工程实践表明, 整套综合处置方案可快速解决基底承压水泉涌隐患, 确保筏板混凝土成型质量, 有效压缩施工周期, 降低基坑降水用电能耗, 可为华南地区同类富水承压地层筏板施工提供实操参考。

关 键 词 : 深基坑; 筏板基础; 泉涌; 动态降水; 智能在线监测; 质量控制

Key Challenges and Comprehensive Treatment Engineering Practices in Complex Confined Water Raft Construction

Liao Baihong

Guangzhou Huadu Chengxing Construction Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : During the construction of raft foundations in deep excavations with abundant groundwater, sudden inrush of underground confined water can easily disturb the undisturbed soil at the base, leading to a series of issues such as concrete forming defects and construction delays. In response to the foundation spring inrush problems encountered in multiple engineering projects in Huadu District, Guangzhou, the project independently developed two types of specialized components: sediment filtration boxes and galvanized pipes with "water stop wing rings". These components combine to form a standardized construction process that integrates dynamic pressure regulation and water control, multi-level sediment filtration, and permanent structural sealing. A supporting system consisting of online water level monitoring and a variable frequency automatic water control system has been established, enabling 24-hour unattended operation and precise regulation of foundation pit dewatering. Additionally, it incorporates drone aerial photography and visual acquisition, deep learning image recognition technology, an intelligent judgment model for the vibration quality of mass concrete, laser-based pouring thickness detection equipment, and a digital twin control platform for pile-raft construction. Multiple project practices have shown that this comprehensive treatment plan can quickly address the hidden dangers of foundation spring inrush, ensure the forming quality of raft concrete, effectively shorten the construction period, reduce the energy consumption for foundation pit dewatering, and provide practical reference for raft construction in similar water-rich and confined strata in South China.

Keywords : deep foundation pit; raft foundation; spring gushing; dynamic dewatering; intelligent online monitoring; quality control

引言

近年随着城市地下空间开发规模持续扩大, 大量地下室开挖深度越来越深, 地下室土层孔隙水、基岩裂隙水交叉分布, 承压水水压越来越高, 基坑开挖至坑中坑、集水井等较深区域时极易发生承压水泉涌现象。传统明沟集中抽排方式存在明显劣势: 涌水会携带大量的细砂泥浆冲刷作业面, 工作面泥浆淤积严重导致正常施工无法开展; 泥土晾干混凝土浇筑间隔太久, 大幅拉长了总工期; 同时流动水环境下浇筑的混凝土极易产生夹泥、蜂窝麻面、内部孔洞等结构性质量缺陷, 后期渗漏修补反复, 结构堵漏治理成本居高不下。

现有的基坑降水、混凝土质量检测手段多为单一独立技术，缺少针对承压水泉涌工况下的一体化成套解决方法。依托本公司广州市花都区三项房建项目（智慧车辆研发检测中心、文旅城地块、城中村安置区）富水承压地层施工实践，项目团队自主研制过滤构件及开发全自动变频控水体系、混凝土质量监控平台。经现场工程应用表明，该综合技术体系可同步完成基底涌水治理与施工全过程自动质量管控，具备较强工程推广价值。

一、工程概况与泉涌风险分析

（一）实践工程概况

本技术应用于智慧车辆研发检测中心项目、文旅城地块项目、城中村改造安置区项目，三个项目在广州市花都区。各项目均采用了旋挖灌注桩+筏板基础形式，均含有地下室，基坑开挖深度约12~15m。地下水丰富，包括第四系孔隙水和基岩裂隙水，承压水头高度达6~8m，渗透系数约为 10^{-4} ~ 10^{-3} cm/s。基坑开挖三个项目共计发现25处承压水泉涌点，主要集中在集水井、坑中坑底位置。单点最大涌水量可达80m³/h，涌水裹挟了大量粉细砂、粉质黏土等，造成防水垫层破坏、防水卷材施工环境差，直接阻碍筏板混凝土连续浇筑施工。

（二）泉涌形成机理与传统工艺缺陷

1. 泉涌发生机理

基坑开挖剥离了上部土层后，垫层及坑底结构自重荷载不足以平衡下层承压水水头的压力；承压水流击穿上部较弱隔水层，或沿着土体内部微裂隙形成贯通渗流通道，在基坑低洼处形成集中泉涌。此类泉涌具有水压高、含砂量大、突发性强的特点，渗流位置可在数分钟内持续扩大，若处置不及时会引发基底大面积涌砂涌水、更可能造成基坑支护结构侧向变形，地面塌陷、基底土体隆起、围护失稳、周边地表沉降等重大安全质量事故。

2. 传统处置工艺局限性

工程中常用挖汇水沟、集中抽排的治理方式，该方法存在三个突出问题：

- （1）泉涌水混合着泥砂持续渗流，作业面泥浆遍布，垫层、防水卷材铺设无正常施工条件；
- （2）持续排水基底泥土晾晒、混凝土浇筑间隔时间长，严重拖慢整体施工进度；
- （3）持续流动水干扰混凝土正常成型，结构内部易形成夹泥、孔洞等质量缺陷，完工后渗漏问题频发，堵漏修补工作循环反复。

二、泉涌综合处置核心工艺

针对基底泉涌处理中过滤、抽排、封堵等技术难题。项目攻关小组“头脑风暴”借鉴等方式自主研发过滤盒、带“止水翼”封堵镀锌管部件，构建出了“动态控水控压+多重过滤层+永

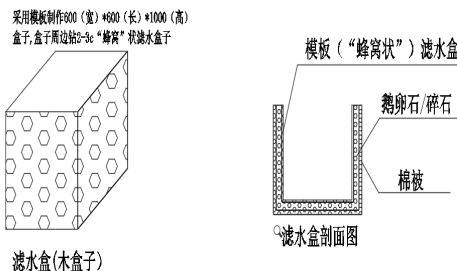
久封堵技术”的一体化施工工艺，适用于集水井、坑中坑泉涌处置、大筏板泉涌处置两种工况。

（一）核心构件研发

1. 预制过滤盒

过滤盒外轮廓尺寸长×宽×高为600mm×600mm×1000mm，可根据项目施工周期决定：短期临时施工选用现场模板制作过滤盒（时间快成本低），时间长可采用不锈钢材质。过滤盒内部设置三层分级过滤系统：外侧包裹高密度过滤棉，拦截粗颗粒砂石及净化水质；过滤盒身除上口面均匀开设10mm左右导流带“蜂窝”孔，实现二次泥沙阻隔；水泵吸水口外侧包覆高精度滤网，截留细微粉砂，确保水泵运行不被堵塞顺利抽排水。

过滤盒顶部采用钢筋伸入两侧垫层位置，抵消承压水水体浮力防止箱体上浮移位。现场实量该装置整体泥砂拦截效率达95%以上，大幅减少细砂进入水泵降低管道堵塞风险。



一种有效过滤装置

图1 预制过滤盒结构

2. 预制封堵镀锌管

封堵镀锌管以直径150厘米的热镀锌钢管为主体，管身焊接“止水翼”，防止水沿管壁造成渗漏。过滤盒内设置水位球阀，镀锌管底设置不锈钢拉线，便于后期撤出水泵闭合钢板阻止水上溢。配套盲板、卡箍、密封胶圈共同组成后期封堵体系，盲板与管口的衔接采用密封胶圈强化止水效果。

管道预埋高过于过滤盒顶部，筏板位置管顶则低于筏板面8厘米，集水井处则外露10厘米，兼具抽水导流与永久封堵功能。筏板混凝土达强度后加大抽水功率降低水位随后关闭阀门，闭合合页钢板，管内采用速凝高强微膨胀混凝土，管口用盲板加卡箍密封，彻底阻断涌水。

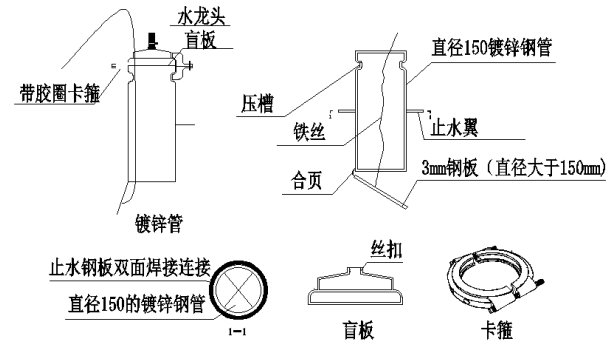


图2 预制封堵镀锌管构造示意图

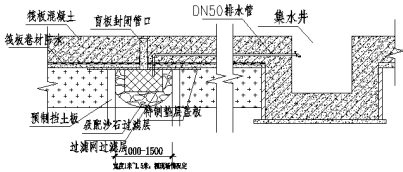
(二) 标准化施工流程

1. 集水井泉涌处置流程

发现泉涌开挖预埋过滤盒洞口, 预埋过滤盒及在箱体四周填充碎石滤料, 预埋镀锌封堵套管(预埋管与筏板钢筋焊接进行固定), 安放抽水泵进行动态控水, 将地下水位控制在垫层底面以下 500mm; 随后开展垫层浇筑、防水卷材施工、筏板大体积混凝土浇筑等施工, 同步进行混凝土测温养护; 养护不少于 14 天, 混凝土达到设计强度撤出抽水泵, 关闭套管内合页钢板采用速凝高强微膨胀混凝土, 盲板加卡箍对套管进行双重封堵, 定期对套管周围进行渗漏检查。

2. 垫层底泉涌处置流程

筏板区域(不含集水井、坑中坑)的处置流程, 与集水井处基本一致, 施工中加装直径 50 厘米排水管, 将积水引流到就近集水井。以此构建起全域排水网络, 实现整片基坑水位的统一管控。如图 3 所示



第九步: 完成封闭, 关闭泄压水龙头, 并观察镀锌管周围是否有漏水点。

图3 筏板泉涌处置流程

三、筏板基底水位智能控制技术

传统降水设备需 24h 满负荷持续运行, 不仅电能消耗量大, 水位波动也幅度大, 还极易诱发基底不均匀沉降。本系统依托物联网、自动控制技术搭建水位 + 流量远程监测变频控水系统, 实现全天候无人值守及精准降水调控。

(一) 系统硬件组成

水位智能控制系统由四大模块组成:

1. 变压供电模块: 将施工现场 220V 的交流电转换为 24V、5V 直流电, 为传感器、控制器、网络传输设备提供稳定电源;
2. 传感采集模块: 搭配 0~10m 量程液位变送器、涡轮流量变送器, 统一输出 4~20mA 标准模拟信号;

3. 核心控制模块: 以“树莓派”4B 为主控单元, 配套直流隔离变送器、RS485 信号转换器, 完成信号解析, 逻辑运算, 设备启停指令下发;

4. 云端传输模块: 搭载 4G 物联网通信卡, 设备数据实时上传阿里云服务器, 网页端可视化展示降水运行参数。

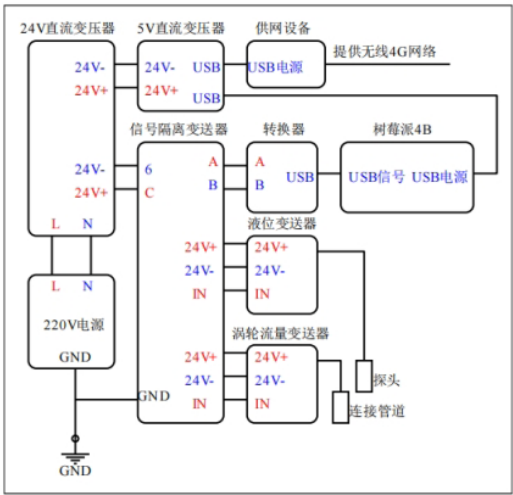


图4 智能监测设备整体接线示意图

(二) 系统软件与控制逻辑

控制程序是基于 Python 语言自主编写, 系统每 5min (也可以情况调整时间) 自动采集一次基坑水位、管道流量数据, 内置数据纠错、运行日志存储、定时重启功能, 保障设备长期稳定不间断运行。

1. 水泵启停逻辑: 设定水位上下限阈值, 水位超过上限自动启动水泵, 降至下限自动停机, 避免设备频繁启停损耗;

2. 变频调控: 匹配通用变频器划分 6 档功率档位, 根据实时涌水量动态调节水泵转速, 现场实测基坑水位波动幅度可控制在 $\pm 50\text{mm}$ 以内, 实现按需降水;

3. 自动预警机制: 程序内嵌邮件推送模块, 当水位突升、传感器故障、水泵停机等异常情况出现时, 自动向项目管理人员推送预警信息。

(三) 设备调试

设备进场后先在实验室完成传感器率定, 建立电信号与实际水位、流量的换算关系; 现场安装后联动云端平台, 实现数据查询、曲线绘制、报表导出。该系统可降低人力值守成本 80% 以上, 综合节电 30%~40%。

四、混凝土施工质量智能监控技术

筏板混凝土振捣、浇筑厚度直接决定结构密实度与整体质量, 传统人工目视检查主观性强、时效性差。本文融合无人机视觉、深度学习、激光测距技术, 实现施工质量全过程智能管控。

(一) 基于计算机视觉的振捣质量识别系统

1. 数据集构建

使用搭载工业相机的无人机采集混凝土振捣视频, 每 30 帧抽取 1 张图像。振捣质量划分为不合格、过渡、合格三类, 初始样本

1500张。采用 StyleGAN2生成对抗网络进行数据增强，样本扩至2100张，按7:3比例分为训练集与验证集。

2. 识别模型与应用平台

采用 SE-ResNet50网络，嵌入注意力机制增强图像特征提取，可准确区分漏振、欠振、过振等状态。基于 PyQt5开发桌面端系统，支持图片上传、实时识别、结果输出与置信度展示，便于管理人员远程指导施工，实现振捣质量实时调整。

（二）混凝土浇筑厚度实时检测装置

研发激光厚度检测装置，含支撑架、激光传感器、调平水泡与升降组件。浇筑及收面过程中实时测厚，变事后检测为过程管控，偏差即调，从源头控制误差，适用于大体积筏板连续作业。

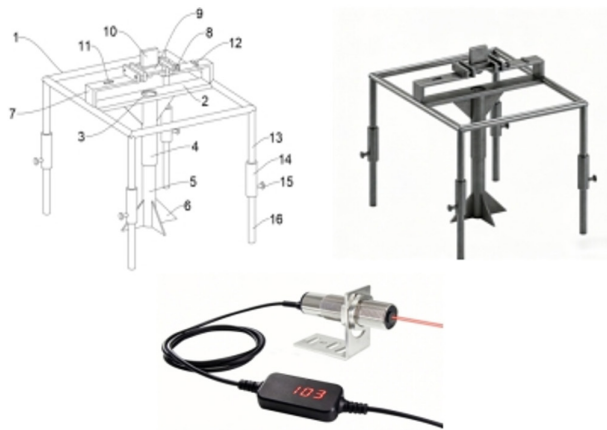


图5 混凝土浇筑厚度检测装置

（三）桩筏施工数字孪生管控系统

建立桩筏基础全流程数字孪生平台，汇集传感器、视频及设备运行数据，构建施工偏离指数并量化风险等级。系统自动生成协同管控方案，经虚拟仿真验证后执行，实现风险预判、工序协同与全流程数字追溯。

五、工程应用效果

（一）质量控制效果

三个项目共发现25处泉涌点采用本套技术处理后，持续数

周观察均未见渗漏。通过钻芯取样显示，筏板混凝土骨料分布均匀，无夹泥、蜂窝、孔洞等质量缺陷，强度及抗渗指标满足设计规范要求。振捣识别系统与激光测厚装置检测准确，混凝土厚度及施工质量均控制在允许范围内。

（二）工期与经济效益

与传统明排抽排及后期可能造成的反复注浆堵漏相比，本技术省去基底长时间抽排水，排污等工序，单个项目整体施工工期缩短15d以上。按日均投入9名施工人员、3台抽水泵、1台挖掘机测算，单项目可节约人工、机械闲置成本12~15万元。

基坑抽排地下水经三级沉淀池净化处理后，可循环用于现场喷淋降尘、车辆冲洗、场内道路洒水降尘，三个项目累计回收利用地下水约1500余吨，减少市政自来水支出约4500元，契合了绿色施工政策要求。

（三）安全与管理效益

智能监测、视觉识别系统替代大量人工现场值守，降低人员在潮湿基坑作业的安全风险；全流程数据可追溯，完善工程质量管控体系，工艺标准化、模块化程度高，可直接推广至同类富水基坑项目。

六、结束语

针对深基坑筏板承压水泉涌施工难题，项目团队研发过滤盒与带“止水翼”封堵镀锌管，形成了动态降水、多级过滤及永久封堵一体化的工艺。同时搭建了水位智能监测与变频控水系统，实现了无人值守及精准降水。结合无人机视觉与深度学习，构建振捣质量识别模块及厚度检测装置。工程应用表明，该成套技术可高效治理泉涌，保障混凝土质量，缩短施工工期，降低水电能耗，兼顾了绿色施工，工艺标准化程度高，可为丰富水地层筏板施工提供技术借鉴。

参考文献

- [1] 龚晓南. 岩土工程地下水控制理论、技术及工程实践 [M]. 北京：中国建筑工业出版社，2020.
- [2] 刘创，周千帆，许立山，等. “智慧、透明、绿色”的数字孪生工地关键技术研究及应用 [J]. 施工技术，2019, 48 (01): 4-8.
- [3] 陆磊. 浅析建筑混凝土质量检测 [J]. 四川水泥，2017 (12): 278.
- [4] 杨士超. 基于 BIM 技术的建筑工程施工质量过程管理研究 [D]. 北京：中国科学院大学 (工程管理与信息技术学院)，2016.
- [5] 王要武，吴宇迪，薛维锐. 基于新兴信息技术的智慧施工理论体系构建 [J]. 科技进步与对策，2013, 30 (23): 39-43.
- [6] 姚礼杨. 大数据在工程质量监管中的应用研究 [D]. 聊城：聊城大学，2017.

盘扣式脚手架安全管理的技术应用与标准化体系构建

杨乐

广东 佛山 528000

DOI:10.61369/UAID.2026030061

摘 要： 盘扣式脚手架是一种新型的承插式钢管脚手架，它依靠盘扣节点作为核心部件，有着不错的承载能力，建立工作也很高效。它的安全管理覆盖整个使用周期，现在存在材料检查不足、操作不符合规定、管理环节有疏漏等情况。拥有自感知特征的监测类技术、通过建筑信息模型的建造技术等可以实现对项目全周期的动态风险管控，包括从前期策划到后期运维的全流程标准化系统需包含设计、安装等核心环节，这两类技术与系统的协同运作可增加安全管理的实施效率与结果精准度，帮助该领域逐步走向规范化发展路径。

关 键 词： 盘扣式脚手架；安全管理；技术与标准化协同

Technical Application and Standardized System Construction for Safety Management of Plate-Fastened Scaffolding

Yang Le

Foshan, Guangdong 528000

Abstract： The plate-lock scaffold is a new type of socket-and-spigot steel pipe scaffold, which relies on plate-lock nodes as its core components. It has good load-bearing capacity and is efficient in setup. Its safety management covers the entire usage cycle. Currently, there are issues such as insufficient material inspection, non-compliant operations, and omissions in management processes. Monitoring technologies with self-sensing features and construction technologies through building information modeling can achieve dynamic risk control throughout the entire project lifecycle, including a standardized system from early planning to later operation and maintenance, which needs to include core aspects such as design and installation. The collaborative operation of these two types of technologies and systems can increase the implementation efficiency and accuracy of safety management, helping the field gradually move towards a standardized development path.

Keywords： buckle-type scaffolding; safety management; technology and standardization coordination

引言

在建筑作业中，盘扣式脚手架是效率颇高且承载力不错的支撑装置，它的安全管控与工程品质、作业人员的安全有着直接关联。随着行业对施工效率的要求不断提高，这类脚手架的使用频率越来越高，可节点松动、荷载超标之类的隐患，仍然制约着它安全性能的充分发挥。2021年颁布的《建筑施工承插型盘扣式钢管脚手架安全技术标准》（JGJ/T 231-2021）为安全管理提供重要参照根据，但在具体作业过程中还存有材料抽检不到位、技术方法运用不全面等问题，让标准执行的实际效果受到不小的影响。本篇文章以盘扣式脚手架安全管控的现存情况、智能监测与BIM技术的运用、标准化系统的建立、技术和标准的协同机制为研究核心，研究的目标是为该行业提高安全管控的水平提供理论支撑与实操方法。

一、盘扣式脚手架安全管理概述

（一）盘扣式脚手架的基本原理与安全管理内涵

盘扣式脚手架作为一种新兴的承插式钢管脚手架，以盘扣节点作为核心结构属性，通过立杆上的圆盘和水平杆、斜杆的插销完成扣合，形成几何形态稳定的桁架结构，拥有承载能力出众、建立效率高、整体稳定性优良等优势，其工作原理是通过多向受

力的节点连接方案，实现荷载在立杆、水平杆和斜杆之间的均匀传导，适配不同建筑施工场景的支撑需求^[1]。安全管理的内涵，是围绕结构安全、施工安全、使用安全来推进的，核心管理要素包括节点连接的可靠性把控、立杆垂直度的管控、荷载限值的管理和搭设拆除流程的规范等内容。它的定义包含从材料选型、搭设施工直至使用维护的全生命周期的安全管控工作。在功能方面，既要保证脚手架本身构造的稳固，又要给施工现场的人员提

供稳妥的作业台面。安全隐患的特点主要反映为节点松脱带来的结构不牢靠、负荷超过阈值诱发的垮塌、组装拆卸环节中的高空坠落等，得通过系统化的管理完成风险提前把控，为之后的技术应用和标准化框架建立打下基础。

（二）当前安全管理现状与主要问题

如今建筑行业对高效施工任务的要求不断提高，盘扣式脚手架因为承重能力强、组装和拆解便捷等优势得到普遍使用，但是安全管控方面仍然存在较为突出的漏洞。参考国内外近年来的意外案例，支架坍塌、杆件晃动这类情况频繁出现，其原因能追到多个环节存在的危险：施工材料入场时，相关人员未按规定核验壁厚误差、锈蚀问题等核心参数，造成建立结构的承载能力不足；在脚手架建立阶段，存在立杆竖直度远超许可范围、水平杆间距违规拉大等不合规的作业问题；部分项目未按照指定流程完成承载计算，随意抬高施工层数或堆砌物料，超出支架预设的最大承压值。管控方面的缺陷也十分突出，施工方的安全培训执行不到位，一线作业人员对盘扣节点的锁紧要求、临边防护的防护准则等内容认识模糊，现场巡查的监督工作流于形式，没法及时发现且整改各类安全隐患。技术不足与规范缺失形成主要阻碍，现有要求对复杂场景中的结构构件设计、检查流程的设置不够周全，不同地段的实施要求存在区别，缺少统一的智能化管控方法，很难实现全流程的动态风险管控^[2]。这些难题相互缠绕，严重阻碍盘扣式脚手架安全特征的发挥，急切需要全面补充管理系统。

二、技术应用在安全管理中的作用与实施

（一）核心安全技术的类型与应用方式

智能监测系统通过在盘扣式脚手架的主要部位布设感知设备，时时采集负荷、倾斜程度、晃动情况等内容，内容经边缘运算设备初步梳理后传输到云端平台，治理人员可以经由可视化页面动态掌控构造状态^[3]。自动报警装置把预先设定好的数值和 AI 算法结合到一起，要是监测得来的数据超过安全范围，这个系统就会利用闪光和发声信号、手机端推送这类方式，给现场的工作人员发送提醒信息，让他们及时采取加固或者撤离的行动。除此之外 BIM 技术可以在正式施工前建立出脚手架的三维模型，模拟各类工作问题下的受力情况，帮助优化搭设的方案。在施工推进期间，模型与监测数据彼此配合，实现虚拟实物的即时对比，提高风险判断的准确度。这类技术的应用需遵从数据收集、解析加工、预警回应的操作流程，经由技术方法把过往经验把控的安全管理转变成数据把控的主动防控模式。

（二）技术应用的效果与挑战评估

盘扣式脚手架安全管控中，技术应用的成效评估需关联实地采集的数据和现场的实践反馈结果。通过智能监测装置，能对脚手架的荷载大小、倾斜幅度、节点连接的牢固程度开展实时记录，来让项目现场安全隐患的识别效率，比过去人工挨个巡检提高大约 40%，并也让事故的响应时间缩减至 15 分钟以内^[4]。BIM 技术拥有的空间建模与碰撞检测的作用，让脚手架搭设方案的合

规性检查精确度提高到九成多，确实减少因设计缺陷引起的坍塌风险。不过技术落地还是有不少困难，先进的传感设备与数据传递装置的初期开支拉高单个项目 15% 到 20% 的花费，而且一些建成已久的项目受场地限制，出现智能设备信号没法覆盖的情况。另外不同项目的建立基础框架的实际问题差异不小，统一化技术计划的可用范围还需要再完善，像复杂地形中的测量器装设点位校准要多投入人力开支，这种情况在一定范围内阻碍技术的大范围普及。

三、标准化体系构建的理论与实践

（一）标准化建设的重要性与框架设计

1. 标准化在安全管理中的核心作用

标准化系统为盘扣式脚手架的安全管理提供统一的衡量标尺，确实减少设计、生产、安装流程中的不稳定因素，其包括的内容包括技术规范、管理规范 and 操作规范这三类。研发阶段敲定原料力学表现与连接点抗拉抗压能力，保障结构支撑上限；生产环节落实物料检测与防腐蚀步骤，从源头管控质量；装配阶段明确建立先后与核验流程，降低人工失误。除此之外全周期溯源系统可以实现构件专属编号追踪，为事故责任定义提供根据^[5]。这套系统通过整合技术要求和流程，将安全把控融入每一个操作环节，实现盘扣式脚手架安全隐患的全面化防范。

2. 体系构建的原则与框架模型

标准化系统建立的理论、实践要把安全当做核心，结合盘扣式脚手架的技术特点、工程要求，遵循国际、国家规范准则，保障系统的科学性、适用性。在全球范围内，需参考 ISO 45001 职业健康安全管理系统及对应的脚手架安全标准，在国内则务必严格遵照《建筑施工承插型盘扣式钢管脚手架安全技术标准》（JGJ/T 231-2021）等合规文件，保证准则的合规性与权威性^[6]。系统的方案设计需要包括技术准则、具体操作规程、内部管理流程和相应监督机制这类多方面的内容。相关技术准则需清晰明确材料质地、建立数据、承载测算等核心指标；操作流程要细化建立、运用、拆除每个环节的作业要求；管理程序要建立从规划审查到竣工备案的全时段管控系统；监督制度则要整合外部检测与实地检查方法。建立这个框架之后，就能让盘扣式脚手架的安全管理达到标准、合乎规矩，减少人工操作的失误和结构方面的隐患，为工程安全供应系统的保障。

（二）标准化实施的策略与路径

1. 政策法规支持与推广机制

建立规范化系统需将理论与实践相结合，通过整合结构力学定律、材料科学和安全工程理论，明确盘扣式脚手架从规划、布设到拆解全流程的技术规范，建立包括荷载核算、节点衔接、稳固性核验的标准化方案。在实操阶段，要按照实际工程案例调整既定标准参数，保证相关系统拥有实用性和科学性。标准化工作的推进需明确核心策略与实施路径，从企业端出发做好技术传授与资质认定工作，加强一线现场管理者对相关规范的了解程度及执行力度，并建立动态监管系统，通过物联网技术同步采集脚手

架的结构数据，完成风险提示与规范落地的循环式管控。政策法规扶持和推广系统是标准化扎根的核心，政府要完善行业准入制度，把标准化相关要求融入企业资质检查，且建立多部门联动的监管机制，借定检检查和专项整治保障标准执行。还需出台相关的激励办法，对那些在标准化推进工作上表现出色的企业，提供税收优惠或是项目优先级的扶持，推动该领域整体标准化水平的提高^[7]。

2. 企业层面的执行与优化策略

标准化工作的推进需以风险管控为核心，建立覆盖设计、安装与拆卸全流程的技术方案。落实路径需细化构件配件参数和荷载验算方法，并且通过 BIM 技术模拟建立作业场景来提前管控风险^[8]。企业的执行需将标准深度融入日常管理工作当中：构筑层级化培训框架，对管理岗与操作岗开展讲解和实操训练，保障核心岗位人员熟稔技术要点；建立责任倒查制度，通过记录簿和巡查工作划定安全权责，加强流程管控强度；完善动态响应机制，通过互联网获得运转数据，按期对规则进行调整，建立落实、反馈、优化的闭环，一直提高框架的适配性和管控能力。

四、安全管理体系的综合应用与优化

（一）技术与标准融合的机制分析

1. 整合模型的设计与验证

技术、标准的深度融汇需遵循动态适配、双向赋能的逻辑，一方面物联网、BIM 技术要嵌入立杆垂直度这类核心监测点位，严密对照安全限值并关联悬挑施工核心技术^[9]；另一方面标准要随技术更新对预警阈值进行动态调优。集合模型应用感知、分析、决策三类系统，通过多种传感器采集架构数据，联动数字孪生仿真载荷变动且给出合法整改方案。核验流程结合数值仿真与实地实际测量，对比不同架设高度时安全系数的偏差状态。研究表明，这套模型可以高效同步开展风险辨识工作，让隐患处置时间缩短四成，完全达到安全检查准则所给出的管控规范^[10]。

2. 协同机制的作用评估

协作机制只在加强插销式脚手架风险防控的时效性和管控成效。通过 BIM 技术核验建立参数的合规情况，运用物联网监测数据与标准阈值开展联动实现自动预警，动态标准可适配繁复的作业环境。量化测评的结果显示，技术和标准的结合让风险识别的滞后时长缩短 60% 以上，推动管理向事前预控的方向转变，让体验验收的通过率提高至 95%。优化工作的重心主要放在人工智能算法的标准参数调整，和运用区块链技术保障整个操作流程都拥有可追溯的条件。此机制核心作用为消解应用方面的阻碍，经由数据互通建立技术支撑标准落地、标准引领技术迭代的循环系统，实现风险的精准防范与管理效果的最大化提高。

（二）实际应用案例分析

1. 案例一：技术主导的改善效果

安全管理体系的综合运用和优化工作，在实际项目当中，往往通过各类技术方法来实现十分明显的效果提高。挑选一栋超高层楼宇项目作为案例，该项目在盘扣式脚手架建立作业阶段导入

BIM 技术实施三维模型建立工作，提前模拟脚手架安装过程中的荷载分布情况、节点连接强度和与建筑结构的达到程度，找出传统二维图纸难发现的空间冲突和荷载超出限值的问题，像局部立杆间隔过大造成的承载能力不足隐患这类情况。这个项目还用到智能化监测的一套装置，在主要点位装好受力测试器件和倾斜测试器材，时时搜集垂直杆件受到的压力、横向杆件的弯曲程度和整套支撑结构的偏移数据，并且通过远程数据处理平台做数据分析和风险提示工作。项目落地之后，这个项目的脚手架搭设时长缩减 15%，物料损耗的比例下调 8%，且未出现任何和脚手架相关的安全事件；相较于同类型未采用技术措施的项目，安全意外发生率降低 60%。该事例表明，以技术为核心的安全管理调整，不单能提高作业效率，还能使用数据化、具象化的方法加强风险预防管控，为盘扣式脚手架安全管理机制的完善提供实践支撑。

2. 案例二：标准化实践的挑战与改进

在一项超高层施工项目选用盘扣式脚手架时，虽说已经规划好规范化的搭设步骤，但实际操作中出现立杆间距超出规定标准的情况占比达到 15%、斜杆缺失的问题占比达 8% 这类问题，并缺少动态荷载监控机制，造成局部架体形变没来得及发出预警信号。通过梳理可以发现，造成问题的根源是一线现场的操作岗位人员对标准化准则的认知不足，相关培训内容仅停留在书本方面的理论内容，并未紧扣具体的作业场景开展动手操作类的训练，另外安全检查工作依赖人工现场排查，排查的频次和覆盖的范围都不符合动态作业的实际需求。对这类挑战，该项目团队建立“理论教学 + 实操演练”的分层级培训框架，将盘扣式节点建立、荷载限值这类核心作业规则转化为 VR 仿真场景，让现场操作的人员通过沉浸式的体验来把握规则的主要要点；引入智能化监测装置，在主要的竖向杆件、横向杆件上布设应力传感器与倾角测试仪，实时传输数据至专属管控平台，当参数突破预设临界值时自动触发预警信号；建立由班组自我检查、技术部门复核、第三方抽样核验构成的多级检查制度，厘清各流程的责任主体与考核基准，保证标准化要求从顶层制度方面确实落地至具体执行环节。优化后的架体建立偏差率降至 3% 以内，并未发生因结构不稳造成的安全事故，印证对性措施对加强标准化实践的有效性的作用。

（三）安全管理体系的优化建议

1. 技术应用的持续创新路径

要实现安全管理体系的全面运用与优化，需留意盘扣式脚手架全使用过程的风险控制，借由技术设计与制度规则的深度融合提高管理能力。安全管理体系的优化方案需建立动态式的风险评估方式，根据项目所在场地、荷载变化和结构参数等问题，建立结合 BIM 三维模型与实时监测数据的预警机制，实现从设计、施工到拆解的全流程数字化管理与管控。完善人员培训和资质认证系统，加强一线作业人员的安全操作准则和突发问题处置能力。技术应用的不断优化方案可以通过人工智能和大数据技术，建立以计算机视觉为基础的搭设质量智能检测系统，通过图像识别技术实时判断立杆间距、横杆步距等核心参数的偏差，结合传感器采集的应力、倾角数据，利用机器学习算法建立风险预判模型，尽早识别结构失稳的潜在隐患并自行触发预警；同时探索区块链

技术在安全数据保存记录中的应用,保证监测数据的无法修改性,为事故追查与责任认定提供可靠凭据,推动盘扣式脚手架安全管理向智能化、精准化方向发展。

2. 标准化体系的完善方向

标准化体系的完善核心在于动态优化和行业共同认同两部分协调推进。一方面建立通过工程实操数据的动态调整机制,通过收集盘扣式脚手架在各类工作状态下的载荷检测与结构监控信息,融合事故案例的技术拆解,按时修订建立参数、材料特征和验收标准,保证规范和工程需要相达到。换个角度来看,应当深化全球范围内的技术讯息传递,主动加入国际方面各类规则的拟定及双向认可活动,对标科技领先国家在材料检验、结构运算等范围的操作准则,提高国内各类规范的全球适配水平。完善覆盖生产、安装、检查各环节的第三方认证制度,对生产类企业和安装类机构实施层级认证,通过市场信息公开和信用绑定推动规范落地。最终建立以灵活规范为核心、跨地区协作做后盾、认证规则为保障的标准系统,全面提高盘扣式脚手架安全管控的整体性和实用性。

五、总结

对盘扣式脚手架安全管理范围内的技术运用和标准化系统建立展开的相关研究表明,技术运用与标准化系统之间的协同配

合,是提高安全管理层级的核心内容。在工程作业领域,BIM工具通过三维模型开展施工前的碰撞排查与预案优化,感知网络技术通过探测设备动态监测架体受力、位置变动等数值,智能算法技术通过数据研判预判隐患风险,各类技术为现场管控提供细致、灵活的工具支撑。标准化系统建设需覆盖从规划、布置、检查、应用到拆解的全步骤,明确各阶段的技术指标、操作规范与负责对象,建立可落地的管理规划。二者的合作能力体现为技术应用为标准化供给数据支持与技术校验,标准化则为技术应用划定统一准则与执行路径,共同减少安全意外的发生几率。在推广实施环节要完善相关的政策激励办法,推动企业加大技术方面的资金投入,开展好各类标准化技能培训。后续的科研工作可以围绕在技术融合的优化、智能预警系统的开发和标准化系统的实时更新这几个方面,让相关工作达到建筑领域的发展需求,一直提高盘扣式脚手架安全管控的合理度与实用性。

参考文献

- [1] 胡湘艳.基于 ABAQUS 二次开发的盘扣式脚手架稳定性分析 [D].湖南:中南林业科技大学,2023.
- [2] 张钰贵.碗扣式脚手架施工安全风险管理研究 [D].陕西:西安理工大学,2023.
- [3] 李目达.基于可视化技术的附着式升降脚手架安全管理研究 [D].河北:河北工程大学,2022.
- [4] 王凝.盘扣式钢管脚手架半刚性节点受力性能研究 [D].陕西:西安工业大学,2023.
- [5] 刘雨琪.盘扣式钢管高支模体系综合监测技术研究 [D].湖南:湖南科技大学,2022.
- [6] 王晓斌.盘扣式脚手架在某工程中的应用和管理 [J].城市建筑,2022,19(22):164-166.
- [7] 张桂林.BIM 技术在地铁站盘扣式脚手架中的应用 [J].中国高新科技,2022(013):000.
- [8] 朱原宏,李鹤鹤,周毅.浅述承插型盘扣式脚手架的应用与风险管理 [J].建筑与预算,2023(012):000.
- [9] 周泓.盘扣式悬挑脚手架施工关键技术 [J].建筑机械,2023(3):17-19.
- [10] 赵夫埔.盘扣式钢管脚手架在项目上的应用特点 [J].江西建材,2022(001):000.

房屋修缮与改造工程全生命周期管理的关键问题及优化策略研究

王超

广东 韶关 512000

DOI:10.61369/UAID.2026030063

摘 要： 房屋的修缮与更新项目是对已建成建筑施行结构补强、功能优化等一系列整体作业，拥有已建成性、丰富性和限制性等属性。它的全生命周期管理碰到成本超预算、质量安全存在隐患、资源分配不顺畅这类问题，要通过 BIM 和大数据的融合、流程调整还有风险防控方法的优化，提高决策的合理性和行动的效果，帮助工程的智能化、长久发展。

关 键 词： 房屋修缮与改造工程；全生命周期管理；BIM 技术

Research on Key Issues and Optimization Strategies for Whole Life Cycle Management of House Repair and Renovation Projects

Wang Chao

Shaoguan, Guangdong 512000

Abstract： The renovation and renewal project of the building is a series of overall operations such as structural reinforcement and functional optimization of the completed building, which has the attributes of completion, richness and restriction. Its life cycle management encounters problems such as cost overruns, hidden dangers in quality and safety, and unsmooth resource allocation. It is necessary to improve the rationality of decision-making and the effect of action through the integration of BIM and big data, process adjustment and optimization of risk prevention and control methods, so as to help the intelligent and long-term development of the project.

Keywords： house repair and renovation projects; full lifecycle management; BIM technology

引言

房屋的修缮和扩建工程属于城市发展更新的核心环节，对拉长建筑物的使用时长、调配空间的功能格局、帮助生态节能方向的转型具有主要作用。2023 年，房屋建设管理部门印发的《城区发展升级行动方案》清晰规定，加强已有建筑从建造到拆除全流程的监管，推动修补改造与功能升级紧密结合。此领域目前存在前期需求定义模糊、各阶段信息脱节、风险管控系统不完善等问题，使得成本突破预算、工期发生拖沓和安全隐患频繁出现。按照全生命周期管控的核心理念，融合数字建筑模型、海量数据这类数字化技术，建立跨角色协同制度与动态风险评判方法，不单能处理常规管理模式下的资源分配不当和判断延迟问题，还可给政策推行提供技术保障，帮助实现城市长久发展的目标。

一、房屋修缮与改造工程管理基础

（一）房屋修缮与改造工程概述

已建成建筑的房屋修缮及升级项目，属于一项牵涉多环节的工作，其对已建成建筑开展结构加强、性能优化、设备更新和外观修护等作业。它所覆盖的建筑类型包含住宅、公共用途建筑和工业用途建筑，具体包括的内容有防渗修护、墙体处理、水电路路改造、抗震加强等^[1]。这类工程拥有继承性、繁复性、限制性这三大特点：继承性指在建筑处于正常运行状态期间开展施工；繁复性体现在原始资料稀缺、隐蔽工程情况不清、新旧结构衔接存

在难处；限制性表现为施工空间有限、周边环境较为敏感和文物建筑保护要求十分严格。它是建筑在被使用的这段时间中完整生命周期管理的核心组成部分，一方面能处理因建筑老化带来的各类安全隐患、拉长建筑的实际使用时长、提高建筑的日常使用效率，另一方面还能实现能源节省与消耗降低和功能升级的目标，推动已有的旧建筑朝着绿色化、智能化的方向前进，为城市的更新改造和长期的可一直发展提供有力支撑。

（二）全生命周期管理理论框架

有关房屋修缮和改造工程管理入门范围的全生命周期管控理论方案，是以工程从需求预判到拆除弃用的完整流程为基础建立

起来的，它的核心理论框架包括计划制定、图样绘制、现场施工、设施养护和效果评价等环节。在筹备阶段，得全面考虑建筑物的实际问题评价和使用方面的需要，清晰划定修缮改建的目标与技术方向；在构思阶段，要平衡结构稳固、实用能力和环保降耗等的要求，拟定出技术上行得通、经济上划得来的计划；在建造阶段，要加强过程管理，协调不同工种的交错施工安排，保障建造的质量与安全；在使用后期阶段，要建立常规化的监控机制，及时解决设备故障和性能变差的问题。这套理论应用在房屋的修补整治和翻新工程中时，务必要达到系统性、协同性和动态性的要求。整体的系统需要统筹每个环节的资源 and 数据，不让管理出现零散的状态；配合性关注业主方、设计机构、施工团队还有运维部门进行跨环节协作，突破信息交流的阻碍；变化性要求按照工程开展期间的实际问题调整管理方案，实现全链条的循环完善^[2]。

二、全生命周期管理关键问题分析

（一）修缮工程的关键问题

在房屋修缮项目的整个运行周期的管理工作过程中，存在着不少主要的问题，其中成本管控不到位的表现较为突出。老旧建筑的整修工程总因动工前的筹备工作考虑不周，对建筑主体构件的损耗问题、隐蔽管线的故障地带等判断有偏差，造成后续施工阶段不停出现设计方案的变更和施工任务量变大的问题，使得预算超支的占比明显升高^[3]。老旧建筑的结构安全问题本就不佳，结构稳定性较差，在房屋修缮的全过程中，质量安全方面的风险始终潜藏其间。要是施工人员在施工阶段没有严格按照国家规定的加固标准作业，或是使用不符合要求的建材，就很容易造成墙体出现裂缝、建筑构件发生脱落这类安全问题。但是在以往采用的房屋修缮模式中，质量监控工作大多围绕于施工结束之后的收尾阶段，很难在短时间内找到那些隐藏在施工内部的质量问题。资源分配的难题也会对管理的效果产生作用，房屋修护项目牵涉到设计、建筑、工程监理、原料供给方等众多相关角色，各个工作环节的信息流通很容易出现耽误或者偏离原定要求的问题，比方说原料入场的时间和建筑作业的进度不相符，让工程的完工时间往后推迟；并且房屋修护的建筑作业一般要临时使用公共场地，或者对居民的日常起居造成干扰，要是跟社区、物业的交流商量做得不够，很容易引起争执和对立，加大管理的难度。

（二）改造工程的关键问题

在房屋修缮与改造工程的全生命周期管控环节中，改造阶段会遇到功能升级、周边环境影响和结构安全等专属难题，这类难题形成技术和管理方面的阻碍。使用性能的提高要达到当前的使用要求，譬如加装智能装置或者调整空间布局，不过已有建筑的管道线路排布、承重问题往往会约束改建计划的弹性，使得使用功能的加强和构造的适配性出现矛盾。就环境作用来说，翻新阶段的建筑废弃物处置、施工声响与扬尘管控要达到绿色建筑准则，不过老旧房屋翻新时常缺少前期环境测评，容易诱发再度污染^[4]。建筑本体的结构安全是整个工程的核心主要，投入使用许久的建筑会出现本体结构老化、组成材料性能下滑的问题，这些

问题会让检测作业的难度上升。还有部分建筑没有留存初始的设计资料，这就需要通过无损检测之类的技术方法来明确建筑结构的具体状态，而这一过程对技术的精准度和管理的流程都提出更高的标准要求。

三、优化策略的理论与实践

（一）策略理论基础

1. 管理模型优化

优化方法的理论研究与落地实践需通过全生命周期管控理念作为核心根据，该理念对重点工程项目从需求研判到废弃处理的全部环节展开系统化把控，为民房修缮和改造项目的程序革新提供可行思路^[5]。管控框架的优化重心在于程序调整与要素统筹。流程重新建立要打破传统分段式管理的壁垒，依靠数字化平台让前期评估、设计、施工、运维这类流程实现信息共享和协同决策。比如通过 BIM 技术建立三维模型，让修缮方案实现可视化模拟与冲突检测，提高决策效率。资源整合的核心要义在于不同部门间资源的灵活调度安排，依靠建立一套统一的资源信息库，收集梳理设计机构、施工企业、物料提供方和保障运营的团队的相关信息内容，实现人力、物资、资金的合理配比，规避资源的搁置及损耗情况。这类模型优化措施的应用基础，通过于房屋补葺与升级工程的独有特征，这类工程包括不同参与方的协同配合和不同步骤的有序衔接，常规管控方式常会引起的信息中断和资源分配不当的问题，而通过优化得出的该模型，依靠流程调整削减管控节点，通过资源整合提高整体成效，实现房屋修缮及改造工程全流程的价值最大化。

2. 风险防控与决策支持

在优化策略的理论与实践范围内，风险防控和决策支持是核心部分。房屋修缮和改造工程项目的全链条管控工作，要把风险辨认当作核心，通过系统化梳理设计环节的技术类风险、施工环节的安全类风险、运维环节的保障类风险，建立多角度风险评定机制，通过模糊层级判定法对风险等级做定量处理^[1]。辅助决策要通过由数据推动的规划方案，融合 BIM 技术与物联网相关数据，实现对风险的一直监测和预先提醒^[2]。在具体落实环节中，对风险的应对方法要匹配不同类别的风险，拟定有所区别的应对办法。例如通过模块化设计，减少科技范围内的各类风险，利用预制构件，降低工程建造过程中的安全隐患^[3]。决策辅助系统需要覆盖整个使用周期的全部环节，在备选方案筛选阶段加入多目标决策的模式，对费用、施工时长还有品质要求进行统筹考虑^[4]。要建立风险应对的预先处置方案，结合过往的各类实例集合，调整优化决策对应的反馈执行系统，提高工程管控在主要步骤中的适配性和作用^[5]。理论和实践的衔接要留心动态的调节，靠着 PDCA 循环不断优化风险防范和执行流程，保障全周期管控的合理性和有用性^[6]。

（二）实践应用探索

1. 信息化技术整合

在房屋修葺与革新工程全流程管控的优化方案中，信息化技

术糅合是提高管控效率的核心措施。BIM技术能建立三维信息模型,来实现设计环节、施工时段、运维阶段的信息整合与协同运作,该技术的参数化建模特征可以精确显示建筑的真实状态,为修缮方案的制定提供直观根据,还能支撑多专业的碰撞检测,降低施工阶段的返工可能性。大数据技术通过采集过往的房屋修缮数据、建筑实际使用数据与周边环境监测数据,建立建筑工程性能的预估模型,协助决策人员调整资源分配方案和项目工期安排,比如结合历史数据展开的物料消耗占比分析可以缩减采购过程中的成本开支。两类技术彼此融合建立起BIM模型和大数据分析的配合运转系统,模型给出空间与几何类信息,数据平台发掘潜藏的关联规则,一同支撑整个生命周期的动态管控。在具体操作阶段,某老旧社区的修缮项目采用BIM与物联网传感装置相配合的方式,对结构形变和设施运转问题开展实时追踪,再经由大数据预警算法提前判别安全风险,使运维响应能力提高四成以上^[7]。这个技术结合,既帮传统管理消除了信息零散、决策迟缓的麻烦,又让管理模式朝数字化、智能化方向转变,给全周期管理的精细化提供技术方面的支持。

2. 案例研究与经验提炼

优化策略方面的相关理论和实操内容要和实际的应用研究工作结合起来,通过对具体实例的分析和从过往经验中总结提炼,可以为该策略的落地执行提供真实可靠的实际根据。挑选一个旧住宅小区整体修缮改建项目作为示范案例,这个项目包含房屋结构加固、管道线路替换、节能优化和公共区域完善等全过程,通过导入BIM技术实现设计、建造和运维阶段的数据互通,确实解决旧有管理模式中信息割裂引起的施工延后问题^[8]。项目团队使用EPC总承包模式统筹设计工作与施工相关资源,同步建立覆盖全流程的质量追溯系统,把材料进场时的检测、隐蔽施工环节的验收等阶段的数据录入智能数字化平台,让项目的整体总成本比常规模式低12%,总工期较传统模式缩减18%。

四、实证研究与方案设计

(一) 现状调研与问题诊断

1. 调研方法与数据收集

在实证调研与项目谋划中,现状了解及问题定位的调研路径和信息搜集环节,选用书面提问与面对面交流搭配的综合研究形式。书面提问内容覆盖房屋修补与更新整个过程的计划制定、具体设计、现场施工、后期维护等阶段,设置管理步骤、物资调配、技术运用等的内容,通过可量化的信息展现实际运作情况。对项目业主、工程承建方、现场监理单位等多方主体,采用分群抽样方法派发调研问卷,包括不同体量、不同类型的房屋整修项目,保障样本拥有典型性和丰富性。访谈挑选产业范围内的行家、专案主持这类核心参与人员,透过半结构化的交流方式深入挖掘各阶段管理环节中的隐蔽类问题,举例来看计划敲定阶段的目标抵触、项目推进阶段的调和制度不足这类情况,增补问卷统计没法包括的定性类资讯。在数据搜集的前期阶段,运用线上工具和线下走访相配合的模式,一共收回有效问卷三百二十六

份,展开深度访谈十八次,为后续研究分析提供充足的第一手材料^[9]。

2. 问题诊断与根因分析

相关调研显示,房屋修缮与改造工程在其整个存续周期的管理工作中,存在多部分环节协同配合不够、技术要求和真实情况不符、风险应对的措施不够周全这类突出问题^[10]。前期决策多通过过往经验做判断,缺少可量化的检测数据作为支撑,制定的方案 and 实际使用需求之间有不小的偏差,施工阶段的返工占比达到百分之二十八。在设计环节用到传统的平面图纸,各方联系时花费的时间与精力较多,中途修改设计内容的次数占比要比新建类型工程高出一成五。施工环节中多个工种同时开展作业缺少统一安排,流程冲突造成项目延期的占比超过三成。在后续维护运行阶段,多数时候不会留存数字化的档案资料,装置出现故障后做出应对的平均时长增加四十八个小时。核心原因是管控流程体现分散无条理,信息各自封闭的问题十分突出,BIM技术只在设计可视化范围被投入运用,还没实现全周期的数据整合。技术标准比新型材料、新制作工艺落后,环保建筑材料因缺少相应规定,损耗占比达到12%;潜藏的问题没有被融入动态研判,紧急处理的能力偏弱。专业型人才的储备规模不够充足,不同部门之间的审核与批准流程十分繁琐复杂,这两个因素也使得建筑修缮工程相关的整体管理运作效率变得更低。

(二) 优化方案框架构建

1. 策略框架设计

优化策略计划紧扣全生命周期管控的这个重心,把成本、质量、安全这三个主要内容全部包含进去,建立多主体协同的运作机制。成本管控覆盖项目的每一个阶段,通过动态成本数据库和BIM技术精确计算工程量、预先对变更风险发出提醒,通过价值工程调整资源的分布,并兼顾近期的资金投入与长远的收益目标。性能优化从设计定型化、单元化入手,建设推进全程质量溯源,通过智能装置监测工序参数;运维通过定期检查和事前维护延伸建筑使用期限。在安全领域建立全程的风险评价系统,谋划并推进结构校核与灾害模拟关联工作。在施工现场重点加强安全技术交底工作、风险隐患排查工作,在运维阶段完善应急处置预案、做好房屋结构健康监测相关事务。通过互联网化平台为通过,贯通各阶段数据链路、建立全流程信息闭环,增加跨部门协同联动能力、提高智能决策层级,实现房屋修缮改造项目的高质且长效管理运行。

2. 实施步骤与监控机制

这套被优化后的全新计划建立工作,会把从项目启动到最终交付运维的全阶段要求当成中心任务,把前期调研评价、中期细节设计、现场施工作业还有后期日常养护各部分的协作规则都梳理好,把各个参与方的责任和权利明确划分,建立起包括技术规范、物资调配和问题防控的整套计划。具体的工作步骤还能拆解成按照不同时间节点区分的待做事项清单:前期要做修缮改造相关需求的摸底和技术方案的研究;施工阶段要明确绿色建材的选取要求和施工工艺的标准;运维阶段要建起数字化的监测系统。节点时间结合项目规模和复杂程度设定,老旧小区改造的前期评

估限定在十五至三十天内，施工环节按楼栋单元做分片处理，来缩减整体施工总时长。建立覆盖多方面的监控系统，明确成本控制占比、施工进度占比、质量合格占比、群众满意程度等可量化标准，通过物联网及时搜集推进情况与物资消耗相关的信息，再经由现场巡查和第三方测评，动态找出执行过程中的偏差并立刻进行修正，保障优化方案可以确实推进且收效明显。

（三）案例验证与效果评估

1. 案例选取与应用

挑一个建造年代较久且未加装电梯的小区中的老式多层住宅的翻新工程来当有代表性的案例，这个工程包含建筑主体的加固整修、各类管道线路的更换、降低能耗的改造和使用功能的升级等模块，能体现全流程管理的典型特征。把之前说的那些优化方案用到这个项目的每一个环节当中：在筹划阶段通过 BIM 打造建筑信息模型，融合以往修补和当前问题检测的信息，梳理出安全范围的问题、能耗方面的缺陷和功能方面的请求，拟定出带有优先级的修缮清单。在落地阶段采用单元化建立与预制定型技术，通过传感网络对施工进度和品质开展全程跟踪监管，灵活调整资源，使工期缩短 15%，有效降低现场施工操作的风险。在养护阶段建立智慧养护系统，整合能耗监测、设备预警和住户反馈等内容，实现设施的即时监测与预先性维护。

2. 效果分析与改进建议

借老旧小区整体翻新工程与历史遗存建筑修缮工程这两种实例，建立起全生命周期管理模式的优化方案。前者通过 BIM 技术实现设计、施工、验收、运维的信息共享，并吸纳第三方监管方与住户加入的模式，令施工时长缩短 18%，把成本偏差控制在

5% 范围内，让住户的满足度提高到 92%；后者围绕清代的砖木构造民居，运用材料追溯、传统手艺数字化存档和结构监测系统，实现修复质量达标率达 100%，并且预先察觉 3 处开裂的风险。相关评估结论显示，BIM 协同联动和多主体参与的运行机制是提高实施能力的核心载体，前期预判监控与全流程闭环管控可以确实缩减安全隐患的出现概率。优化升级的路径可从多方面推进，一是开发轻量化的 BIM 功能单元，使其匹配中小型建设项目的应用需求，二是完善住户要求反馈机制，三是建立通过物联网技术的运维数据共享平台。这套办法能用在城乡建设中，对城镇、乡村区域中的房屋修缮工作。它能和地方政策相匹配，建立起统一的管理系统，帮助建筑从规划到拆除的各阶段管理变得正规且先进。

五、总结

对房屋修缮改造项目的全生命周期管理展开系统性研究，梳理出该项目存在的几类典型问题：规划阶段的需求定义不够清晰、设计阶段的方案与实际情况存在脱节、施工阶段的资源配置效率偏低、运维阶段的数据反馈机制存在缺位等。围绕对应需求，提供通过 BIM 实现全阶段信息整合、推进单元式设计 with 预构件组装技术、调整动态资源调配算法、建立运行阶段数字孪生服务平台等优化措施。该研究产出的内容可以为工程管理提供可行的操作方案，通过梳理多环节的数据和相关技术方法，优化项目决策的合理性与落实速度，有效控制工程的开销和潜在隐患。

参考文献

[1] 胡秋. T 企业实物资产全生命周期管理研究 [D]. 扬州大学, 2022.
[2] 刘天如. B 行政单位固定资产全生命周期管理研究 [D]. 内蒙古科技大学, 2023.
[3] 王立阳. 基于成本优化的全生命周期下智能产品设计开发研究 [D]. 山东建筑大学, 2023.
[4] 张晋伟. Z 市行政事业性固定资产全生命周期管理研究 [D]. 山西大学, 2022.
[5] 王昊鑫. 基于智慧互联的选煤设备全生命周期管理系统研究 [D]. 中国矿业大学 (江苏), 2022.
[6] 赵楠, 李万渠, 陈燕萍. 基于 BIM 技术的水利工程全生命周期管理研究 [J]. 四川水利, 2022, 43(4): 116-121.
[7] 张爱连. 医疗设备全生命周期管理优化策略研究 [J]. 中国设备工程, 2022(23): 73-75.
[8] 梁建宝. 工程项目全生命周期管理策略研究 [J]. 中国设备工程, 2023(z1): 128-131.
[9] 陈敬云. 公立医院医疗设备全生命周期管理优化策略探讨 [J]. 财经界, 2022(9): 35-37.
[10] 周兴华, 赵辉, 余浩, 等. 海上风电工程全生命周期管理过程中 BIM 技术的应用研究 [J]. 中国科技纵横, 2023(23): 124-126.

工业厂房土建工程监理中技术管理与风险防控的协同机制研究

王流富

广东德正工程管理有限公司, 广东 佛山 528000

DOI:10.61369/UAID.2026030069

摘 要 : 工业厂房土建项目的监理工作需要将技术管理和风险防控进行协同开展。技术管理为监理工作提供基础支持, 包含方案审核、质量把控和风险预估; 风险防范要动态辨识评估主要风险之处, 通过信息化方式实现闭环管理。两者通过BIM、数据平台等手段, 融合制度完善与技术改革建立协同体系, 提高监理效能与风险管控水平, 帮助工程安全质量目标实现。

关 键 词 : 工业厂房土建工程监理; 技术管理; 风险防控协同机制

Research on the Synergistic Mechanism of Technical Management and Risk Control in Construction Supervision of Industrial Factory Buildings

Wang Liufu

Guangdong Dezheng Engineering Management Co., Ltd., Foshan, Guangdong 528000

Abstract : The supervision of industrial plant civil engineering projects needs to coordinate technical management and risk prevention and control. Technical management provides basic support for supervision work, including scheme audit, quality control and risk estimation. Risk prevention should dynamically identify and evaluate the main risks, and realize closed-loop management through information technology. Through BIM, data platform and other means, they integrate system improvement and technical reform to establish a collaborative system, improve supervision efficiency and risk management and control level, and help to achieve the goal of engineering safety and quality.

Keywords : construction supervision of industrial factory buildings; technical management; risk control synergistic mechanism

引言

工业厂房土建工程监理属于工程建设管理体系里的主要部分, 直接关联着项目质量、进度以及安全目标的实现。它具备专业性突出、技术复杂程度高以及多工序相互交叉的特性, 这对监理单位的技术管理和风险防控能力提出严格要求。2022年公布的《十四五建筑业发展规划》清晰提出推动智能建造和新型建筑工业化协同进步, 重点指出数字化技术在工程监理里的深入运用, 给工业厂房土建工程监理的改革升级提供政策导向。当下实践里, 技术管理和风险防控的脱离状况限制监理效能的提高, 迫切需要搭建二者的高效协作机制。本研究专注工业厂房土建工程监理里技术管理和风险防控的协同机制开展研究, 通过制度完善、技术整合与信息化方式结合, 探寻提高监理工作科学性和精准度的途径, 给行业实践提供理论根据。

一、工业厂房土建工程监理与技术管理基础

(一) 工业厂房土建工程监理的内涵与特点

工业厂房土建项目监理意在対施工全流程的质量、进度和安全开展综合管控, 具备专业性突出、技术复杂程度高、多工序交叉作业等特性, 对监理单位的技术管理水平提出较高标准。对于大跨度钢结构、重型设备基础这类特殊结构, 监理要围绕混凝土强度把控、钢结构焊接质量检验等核心环节拟定专项方案, 从

而满足工业生产荷载和工艺需求^[1]。此外项目工期紧张、标准较高、结构体系繁杂, 监理要依靠系统化技术管理, 通过建立技术交底制度、实时监控施工参数、完善工序衔接等办法, 协调土建和设备安装等交叉施工, 减少技术衔接产生的质量隐患, 保证项目依目标推进。

(二) 技术管理在监理体系中的作用定位

技术管控于工业厂房土建项目监理里起到基础支撑和核心驱动功效, 贯穿项目全流程主要步骤。施工方案审核与技术交底属

于首要步骤，经由审核施工组织设计以及专项方案的合规状况与可行程度，并传达主要工序的技术要点，给施工提供技术根据，保证符合设计和规范的要求。质量把控为核心目的，通过技术参数监测系统和质量验收准则，对混凝土强度、钢结构安装精准度等主要要素实施动态管理，确保实体品质。风险预估是技术管理和监理的深度结合，通过技术数据解析与规范运用，能够预先察觉地质变动、工艺瑕疵等潜在隐患，为防控工作提供支撑^[2]。技术管理的标准化和规范化提高监理工作的科学性与可实施性，降低人为干扰，强化客观专业性。技术管理通过实时收集并分析技术参数，为风险的识别与应对提供量化支持，促使监理从被动式管控转变为主动型预防，帮助实现质量、安全以及进度目标的综合优化。

二、风险防控体系在土建监理中的构建

（一）风险识别与评估机制设计

风险辨识与评价机制是工业厂房土建工程监理风险防控体系的主要基础，要针对施工环境、技术方案、材料设备以及人员管理等因素开展系统分析。因为大跨度结构、重型荷载等特点，监理单位需建立动态识别列表，包含地质突然变化、基坑支护存在缺陷、钢结构焊接出现偏差、预制构件吊装稳定性等重要风险点。评价环节结合定性和定量手段，定性分析通过专家交流、过往案例回顾来判定风险类别，定量评估引入层次分析、模糊综合评判等模型，关联施工进度、费用及安全指标，对风险出现概率和影响程度开展量化分级，建立风险矩阵。该流程通过监理信息系统实现数据的实时刷新，保证识别和评估的及时性，为后续风险管控措施给出精确根据^[3]。

（二）风险控制流程与动态调整方法

风险管控流程和动态调节方法是风险防控体系的主要支撑，二者协作保障工业厂房施工的安全与质量。管控流程注重从预警、处理到反馈的闭环式管理，通过传感器、BIM技术等搭建监测网络，实时收集结构荷载、混凝土强度、基坑支护等主要指标，当数据超出阈值时启动预警并协同施工方拟定处理方案，处理完成后通过现场复查和数据对比来验证成效，再反馈至风险数据库。动态调节机制根据施工进度与环境变动修正管控策略，例如在主体结构时期把风险主要从基坑安全转变为模板支撑稳固性，要同步更新监测参数与预警界限；碰到极端气候需加强脚手架防风措施并调整规划。动态调节搭配风险评估模型迭代优化，引入机器学习算法分析历史信息，预估风险发展趋向，保证防控策略符合工程实际需要^[4]。

三、技术管理与风险防控的协同机制分析

（一）技术标准与风险控制的耦合路径

1. 技术标准对风险预防的约束机制

技术标准在工业厂房土建工程监理里，针对风险预防的约束机制，通过清晰界定施工工艺、材料选取以及验收准则，对施工活

动建立起刚性约束，自源头减少违规操作和质量方面的风险。标准化体系的完备状况直接关乎风险防控的基础水准，当标准包括从地基处理至主体结构的整个流程时，监理工程师能够根据标准精确掌控主要工序，降低因工艺不规范而引发的结构隐患。材料选取标准通过限定建筑材料性能参数以及检测要求，防止不合格材料进入施工现场，减少因材料缺陷所引发的质量隐患。验收标准为监理验收提供量化参考，保障分项工程质量合格，建立风险防控的闭环式管理。技术标准对施工人员的行为起到规范作用，降低人为差错，加强施工的稳定性和质量。动态更新的技术规范可适配新型施工工艺与材料的运用，提高风险防范的及时性与精准性^[5]。

2. 风险反馈对技术优化的反向驱动

在技术管理和风险防控协同机制的分析里，技术标准和风险控制的耦合途径表现为技术标准的设定要以风险控制目的为指引，比如通过明确混凝土强度级别、基坑支护参数等技术要求，把结构安全风险归入标准化约束体系^[6]。风险反馈对技术优化的逆向驱动体现为施工进度里产生的风险信息（像混凝土裂缝、沉降数据异常等）经由监理日志、检测报告等途径传至技术管理方面，推动技术团队重新评判现有工艺的适用性。例如在某厂房基础施工期间，若出现局部沉降超出预警值的风险反馈情况，技术管理部门能够结合地质勘察资料对桩基布置方案加以调整，优化地基处理的工艺。把修订之后的技术参数归入后续施工标准，建立风险识别、反馈分析、技术调整、标准更新的闭环机制，最终实现技术体系和风险防控能力的动态适配。

（二）信息化手段下的协同管理模式

1. BIM与数据平台在协同中的应用

在工业厂房土建工程的监理工作里，技术管理和风险防控的协同要依靠信息化方式破除信息障碍，BIM和数据管理平台的融合运用成为重要支撑。BIM模型通过三维可视化展示建筑构件的空间关联与技术参数，监理单位能够实时获取结构设计、材料性能等数据，和施工方、设计方分享技术信息，降低因信息不匹配引发的技术误差^[7]。数据平台集成施工进度、质量检验、风险预报等多类数据，建立技术指标和风险因素的关联模式，比如把混凝土强度检验数据与结构安全风险级别动态关联，实现技术管理和风险防控的同步反应。监理人员通过平台的实时数据刷新，能够迅速识别技术方案实施过程里的偏差，参考风险数据库内的过往案例，拟定具有针对性的防控办法，提高协同决策的效能。此模式加强多主体间信息交互的能力，通过数据驱动实现技术管理和风险防控的深度融合，为监理工作提供精准且动态的协同支持。

2. 实时监测与预警机制构建

在工业厂房土建项目监理工作里，信息化方式下的实时监控与预警体系是技术管理和风险防控协同的重要部分。通过传感技术和信息化监测体系，针对施工主要参数开展实时收集与解析，

能够搭建动态预警体制，实现风险的早察觉与早处理。技术管控通过信息化平台整合施工技术指标、工艺程序等数据，为风险防范提供支持，而风险防范凭借实时监测数据反馈，反方向优化技术管控方案，建立双向协同。举例来说通过物联网传感器实时收集混凝土浇筑温度、钢结构应力等主要参数，结合 BIM 技术搭建数字孪生模型，实现施工可视化模拟与风险预判^[9]。当监测数据超出预先设定的阈值时，系统会自动启动预警，监理人员能够根据技术管理要求迅速制定应对方案，保证风险在萌芽状态就得到管控。此协同机制提高监理效能，加强技术管理和风险防控的关联性，给工程安全和质量予以双重保障。

四、协同机制优化路径与实施策略

（一）制度层面的协同机制优化

1. 监理责任体系的重构

明确监理单位、施工单位与建设单位彼此的责任界限，优化责任分配体系，能够提高协同管理效能，降低因责任不清造成的管理风险。监理责任体系的重塑应以权责匹配为主要，建立通过风险分级的责任界定框架，把技术管理和风险防控的详细职责融入监理工作的整个流程。比如在施工方案审核阶段，监理单位要承担技术合规性核验与风险预估的直接职责，施工单位则承担方案的可行性研讨与风险管控措施的执行，建设单位要提供必需的资源保障与决策参考^[9]。经由细分各主体于主要节点的责任列表，能够防止因责任交叉或缺位造成的协同失败，并且要建立责任追溯体系，把责任履行状况与绩效评估关联起来，加强各主体的协同观念与执行活力。

2. 风险问责机制完善

在协同机制的优化路径与实施策略里，制度方面的协同机制优化，要重点完善风险问责机制。搭建科学恰当的风险问责机制，需针对工程施工全流程里的风险状况，打造包括设计、施工、监理等各个环节的责任追查链条，清晰划分不同参与主体在风险状况中的责任范围，通过细化责任列表与问责准则，实现责任判定的精确化与公开化。此体系要依靠信息化平台整合风险数据，保证风险事件出现后可迅速确定责任主体，防止责任推诿或过度追责的状况^[10]。通过加强问责机制的约束效能，推动各参与主体于技术管理进程中积极落实风险防控措施，建立技术管理和风险防控的内在关联，促使协同机制由形式化协同向实质性协同转化，最终提高工业厂房土建工程监理的整体成效。

（二）技术层面的协同优化路径

1. 数字化监理工具集成

通过 BIM 和物联网建立的数字化监理集成体系，将多源数据的实时交互作为核心要点。通过 BIM 三维模型对施工进度和设计标准开展动态对比，物联网传感器实时收集混凝土强度、钢结构

应力等主要参数并上传至云端。在现场运用 AR 智能巡检设备，能够随时调取图纸和历史资料，标记质量瑕疵并自动关联风险级别。AI 算法对数据进行分析后产出风险评估报告，推送到管理模块，实现数据采集的标准化以及流程的闭环，破除信息孤岛。此系统保证技术指令和防控措施以统一数据标准为根据，大幅缩短问题响应时长，提高决策精确性，在技术管理和风险防控方面实现高效协作，全方位加强工业厂房土建工程监理的动态管控效能。

2. 智能化风险分析模型应用

通过多源数据融合的智能型风险分析模型，整合工程施工图纸、地质勘察报告、实时监测数据（像应力、位移）以及历史案例，搭建动态的数据池。运用随机森林、LSTM 等机器学习方法，开展特征提取和模式识别工作，实现风险预测目标。举例来说模型能够输入配合比、温湿度等参量来计算混凝土裂缝发生概率，并且输出预警界限值，也可以结合土体参量和位移数据对基坑变形走向进行预测。系统和监理信息平台实现无缝连接，通过风险热力图、趋势曲线等可视化方式展示结果，协助监理人员迅速锁定高风险部分。此应用大幅提高风险防控的前瞻性和精准度，促使技术管理和风险防控在数据方面实现深度协作。

（三）组织与流程协同优化

1. 多主体协同管理机制

多主体协同管理机制的搭建要以清楚各参与方的权责界限为基础，把监理单位设定为技术管理与风险防控的主要协调者，联合建设单位、施工单位、设计单位以及第三方检测机构建立动态协作网络。通过 BIM 共享信息系统整合施工进度、质量检测、风险预警等数据，保障各主体及时获取工程状况，破除信息障碍。对于主要工序验收、设计变更审批这类决策环节，建立多方联合评审机制，通过监理主导的定期协调会议来集中化解技术冲突和风险问题。同时引入协同考评机制，把协作的效率与质量归入绩效评估，加强责任共担的观念，促使各方从分散式管理向一体化协同模式转变，实现技术管理和风险防控的深度融合，提高监理的整体效能。

2. 流程再造与闭环控制体系

流程重塑要以技术管理和风险防控的协同要求为主要，突破传统线性分割，打造计划、执行、检查、反馈的闭环管控体系。规划阶段融合技术规范与风险清单，把结构安全等需求转变为可量化的监理要点，嵌入地质状况、材料品质等预控参数。实施阶段通过数字化系统实现技术交底、隐蔽验收等即时数据收集，同步启动风险警示，动态监控混凝土强度、基坑支护形变等状况。检查阶段建立技术符合性和风险消除成效的双重评价，通过 BIM 对比、第三方检测核实来验证防控的有效性。反馈阶段把检查结果转变为优化参考，对监理手册和风险数据库进行更新，促使闭环持续更新，加强工程管理的系统性和自我改进能力。

五、总结

本研究围绕工业厂房土建工程监理里技术管理和风险防控的协同机制开展分析，全面研究技术管理于监理体系中的功能定位、风险防控体系搭建办法以及二者的协同途径。研究显示通过制度完善、技术整合和信息化方式结合，能够有效提高监理效能

与风险管控能力。技术管理为风险防控提供专业支持，风险防控为技术管理指明目标方向，二者协作可明显提高监理工作的科学性与精准度。未来的研究工作需强化实践数据的收集，探寻量化评估模型以及智能化技术的运用，从而进一步优化协同机制，促进工业厂房土建工程监理水准的不断提高。

参考文献

-
- [1] 何重阳. 西藏脱贫成果巩固中返贫风险及其防控机制研究 [D]. 西藏: 西藏大学, 2022.
- [2] 李朝阳. 基于车路协同技术的交通风险防控方法研究 [D]. 浙江: 浙江大学, 2023.
- [3] 郭凯新. G 市疫情防控中的协同治理研究 [D]. 山东: 山东大学, 2023.
- [4] 刘浩. H 市 S 县脱贫人口返贫风险防控机制的研究 [D]. 黑龙江: 哈尔滨工业大学, 2022.
- [5] 陈泽宇. A 药业财务风险防控研究 [D]. 江苏: 江苏大学, 2023.
- [6] 万吉财. 建筑土建工程中的技术管理问题及对策 [J]. 建材与装饰, 2024(13).
- [7] 帅毅. 高校预算管理风险防控机制探索与研究 [J]. 经济师, 2023(4): 71-73.
- [8] 张卓华, 徐晓磊, 吴巧敏. 深圳社工疫情防控服务中的协同机制 [J]. 中国社会工作, 2022(19): 17-18.
- [9] 胡桂碧. 房建工程安全风险识别与防控机制研究 [J]. 中国建筑装饰装修, 2024(8): 137-139.
- [10] 王捷. 电气安装与土建工程施工配合的技术管理研究——以温州某污水处理厂改扩建工程为例 [J]. 工程建设与设计, 2024(3): 217-219.

全生命周期视角下房地产住宅建设工程技术管理与风险管理协同研究

梁浩

广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030070

摘 要： 从全生命周期的角度来看，房地产住宅项目的工程技术管理要贯穿于策划、设计、建造、运营维护等各个阶段，并且要与风险管理进行深度的协同配合。通过搭建信息化支撑（像 BIM）、标准化程序、跨部门组织框架等实施途径，实现技术优化和风险预控、动态调节的结合，提高工程质量管控精准度与风险应对能力，为住宅工程精细化管理提供理论和实践指引。

关 键 词： 全生命周期；房地产住宅工程；技术与风险管理协同

Collaborative Research on Technical Management and Risk Management in Real Estate Residential Construction Projects from the Perspective of the Entire Life Cycle

Liang Hao

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： From the perspective of the whole life cycle, the engineering technology management of real estate residential projects should run through all stages of planning, design, construction, operation and maintenance, and should cooperate with risk management in depth. Through the construction of information support (such as BIM), standardized procedures, cross-departmental organizational framework and other implementation methods, the combination of technical optimization, risk pre-control and dynamic adjustment can be realized, and the accuracy of project quality control and risk response ability can be improved, which provides theoretical and practical guidance for the fine management of residential projects.

Keywords： entire life cycle; real estate residential project; technical and risk management collaboration

引言

房地产住宅项目的高品质发展是促进城市更新和民生提高的重要方面，其管理质量直接关乎建筑性能、使用感受和长远价值。随着《十四五建筑节能与绿色建筑发展规划》（2023年）针对全生命周期绿色低碳管理以及碳达峰碳中和目标提出明确要求，以往分段式技术管理模式难以满足现代工程的协同需求。从全生命周期角度出发，技术管理要贯穿于策划、设计、建设、运维直至更新改造等各个阶段。通过各环节技术目标和管理逻辑的协同配合，整合设计标准把控、施工技术安排、信息化运用等主要要素，且与风险管理深度结合，从而实现工程价值的最大化以及可持续性发展。文章围绕此体系的搭建开展系统研究，为提高住宅工程精细化管理水准提供理论根据与实践办法。

一、全生命周期视角下房地产住宅工程技术管理体系构建

（一）全生命周期技术管理的内涵与阶段划分

从全生命周期的角度来看房地产住宅工程技术管理，主要是把技术活动贯穿于从项目策划到更新改造的整个周期，通过各阶

段的协同合作实现工程价值的最大化^[1]。规划阶段重点进行技术可行性的论证和标准体系的建立；设计环节运用 BIM 技术、合理开展结构选型以及采用绿色建筑集成优化技术来平衡技术经济；施工过程中突出工艺的标准化、质量问题的防治和交底工作的落实；运维时期依靠智能监测实现设备的动态维护；更新改造阶段根据性能评估拟订技术升级的方案。各时期通过信息传达与目标

承接建立有机整体，例如设计参数对施工起到指导作用，运维数据反馈于改造决策，此种协同机制是提高住宅工程质量与可持续性的要点。

（二）房地产住宅工程技术管理的核心要素

从全生命周期的角度来看，房地产住宅工程技术管理的主要要素包括设计标准把控、施工技术安排、材料设备管控以及信息化运用。设计标准的控制需根据国家规范以及项目定位，确定结构安全、绿色建筑等方面的技术指标，通过 BIM 开展碰撞检测与优化工作，降低变更风险^[9]。施工技术组织根据项目特性拟定专项方案，像装配式构件起吊、高支模搭建等，保证施工合规高效。材料设备管理建立供应商评估体系，利用物联网技术实现进场验收的数字化追踪，提高管控精准度。信息化运用通过项目管理平台整合设计、施工、运维等数据，实现技术参数实时共享以及动态调节，为全周期技术协同提供支撑。各要素协同开展管理工作，能够有效实现质量、进度与成本的平衡，为后续的风险管理工作打下基础。

二、全生命周期风险识别与评估方法

（一）住宅建设工程风险类型与来源分析

从全生命周期的角度出发，住宅建设工程的风险类型和来源要结合各个阶段的特性来进行分析。设计环节的风险大多来自设计漏洞，像结构安全隐患、功能布局欠佳或绿色建筑技术运用有误，或许会导致后期施工重新进行或使用阶段性能不满足标准^[9]。施工环节的风险专注在质量和进度方面，质量方面的风险包括材料不达标、工艺执行有偏差或者隐蔽工程存在缺陷，进度延迟的风险则和施工组织不合理、资源调配不均衡或者主要工序衔接出现失误有关。运营时期的风险包括设施保养不达标、能耗超出标准或安全体系失灵，而外部环境的不确定性风险贯穿整个周期，包含政策法规的变动、市场需求的波动、自然灾害的冲击等，要动态评估其对工程目标所产生的影响。各阶段风险具备传递性和关联性，像设计瑕疵或许引发施工环节的质量问题，进度滞后又可能造成成本超出预算，要通过全生命周期方案实现风险的系统性识别和分类管控。

（二）基于生命周期的风险评估模型构建

根据生命周期开展的风险评估模型搭建，要结合住宅工程各个阶段的特性，将定性和定量方法协同运用以提高评估的精确性。该模型将风险发生可能性与影响程度构成的二维矩阵作为核心方案，针对决策环节政策改变、设计环节方案存在的缺陷、施工环节工艺出现的偏差以及运维环节设施老化等风险情况，分别运用德尔菲法、故障树分析、层次分析法和模糊综合评价等工具来实现量化^[9]。模型嵌入动态调节机制，通过设定阶段性风险界限与监控指标，在各阶段衔接点自动启动数据更新，保证评估结果和工程进展、环境变动以及技术迭代保持同步。举例而言在施

工环节通过实时收集施工日志、质检数据以及环境参数，对初始评估的概率和影响程度开展动态调整，让模型包括全周期风险范围且精确把握阶段风险演变规律，为技术管理和风险管理的协同提供数据支持。

三、技术管理与风险管理的协同机制

（一）技术驱动下的风险预控机制

1. 设计阶段技术优化与风险前置控制

在技术管理和风险管理的协同体系里，设计环节通过技术优化和风险提前管控的深度结合实现预控。运用 BIM 三维建模和碰撞检测技术，能够预先察觉管线冲突、结构受力不均衡等状况，规避施工阶段出现返工的风险；加强规范审查要结合防火、抗震等现行标准，针对设计方案开展多方面的合规性核查，降低因违规产生的安全隐患和法律风险；多专业协同通过信息共享平台促使建筑、结构、机电等专业同时参与，运用协同设计工具进行实时交互，把交叉作业矛盾、工序衔接问题提前解决。此机制把风险识别的节点往前移动，建立技术改进、风险预控、设计完善闭环，在设计阶段开展的技术优化，对施工风险预控的贡献率能够达到35%以上，明显提高全周期风险管控的效率^[9]。

2. 施工阶段技术措施与动态风险调整

在施工环节，通过技术交底、工艺改进以及现场监控，实现质量与安全风险的动态辨别和即时调控。技术交底确切清楚各环节的标准以及风险控制点，自源头处降低人为出现的失误情况；工艺优化引入像装配式施工这类新型工法，削减现场的不确定性因素，提高效率与稳定性；现场监测凭借 BIM 实时采集结构应力、沉降等相关参数，察觉潜在风险并且触发调整机制。建立技术手段与风险应对的联动程序，一旦监测数据超出预警界限，能迅速变更施工方案或者工艺参数，实现风险即时管控。研究显示此机制能够使工程质量缺陷率降低15%-20%，安全事故发生概率下降25%以上^[9]，明显加强工程实施的稳定性，为全周期技术与风险管理的协同提供实践根据。

（二）信息化支撑下的协同管理模式

1. BIM 技术在技术与风险协同中的应用

BIM 技术作为信息化的主要支撑，它的三维可视化和数据集成功能能够实现工程技术信息与风险信息的统一管控。从全生命周期的角度出发，BIM 模型融合设计参数、施工工艺、材料性能等技术信息，并且嵌入地质状况、气候要素、施工标准等风险因素，建立技术、风险关联数据库。通过信息交互平台，技术管理和风险管理人员能够实时分享模型数据。当技术方案作出调整时，系统会自动启动风险评估模块，迅速识别潜在的风险点并输出应对办法。比如在结构设计出现变更的情况下，BIM 能够同步模拟荷载改变对施工安全所产生的影响，帮助决策风险缓解措施。此模式破除信息壁垒，提高协同决策的效率和精准度，为全

周期的技术改进与风险管控提供一体化的解决办法^[7]。

2. 数据驱动的风险动态反馈机制

信息化系统融合 BIM 模型、进度信息、质量检验成果以及运维时期设备参数、住户反馈，搭建跨阶段数据交互通道，让技术管理和风险管控通过统一数据基础协同开展工作。数据引领的风险动态反馈体系通过实时收集工序偏差、材料性能起伏、结构沉降、能耗异常等数据，配合预设阈值和机器学习方法，自主识别风险点且量化级别，同时向技术管理发送调整意见。举例来说当混凝土强度不够时，系统能够关联配合比的优化策略与养护参数，实现风险响应和技术调整的即时协同。此机制把风险信息转变为决策参考，促使技术方案由静态预设朝动态适配改变，保证技术措施和风险演化走向相符，提高全周期协同效率^[8]。

四、全生命周期协同管理的实施路径与优化策略

（一）管理体系一体化构建路径

1. 组织架构与职责协同优化

管理体系一体化搭建要把组织架构与职责协同完善当作核心步骤，破除传统部门障碍，把设计、施工、运维归入统一管理体系。设计环节清晰界定建筑、结构、机电等专业的协同责任，保证技术方案符合施工的可行性以及运维的便捷性；施工环节加强与监理、设计方的即时沟通，防止因技术变更造成风险传导；运维环节促进物业和建设部门的信息互通，实现设施维护和技术参数的有效对接。通过把技术管理和风险管控目的融入层级安排与流程规划，实现系统化管理流程的整合，增进各阶段的协同效能。应参考全生命周期管理及协同治理模式，保证组织架构符合工程技术管理的动态要求^[9]。

2. 标准化流程与制度体系建设

管理体系一体化搭建要以标准化的流程和制度体系作为核心支撑。搭建统一的技术管理和风险控制标准方案，需包括规划设计、施工建设直至运维服务的全流程，界定各环节的技术指标、操作规程以及风险识别、评估和应对的统一规则。比如在设计阶段拟定结构安全和绿色建筑标准，同时嵌入地质风险、设计变更风险的评估程序^[10]。标准化系统要融合行业准则与企业实操，把技术管理规定和风险把控点转变为可实施的流程文档，例如施工环节技术交底的标准流程应包括工艺风险预先控制的条款，运维时期设备检修的标准要关联故障预警体系。通过标准化建立，能够消除分阶段管理的障碍，保证技术管理和风险管控在目标、流程以及责任方面协同一致，加强管理的可复制性与稳定性，为全周期协同提供制度支撑。

（二）数字化技术赋能协同管理

1. 智慧工地与物联网技术应用

在数字化技术帮助协同管理进程里，智慧工地和物联网技术为核心支撑要素。通过于在建筑施工现场布置传感器、智能监控

以及传输终端，实时收集进度、质量、安全等多方面数据，经过边缘计算处理之后上传至云端，结合 BIM 搭建动态数字孪生场景。技术管理工作人员能够根据实时数据对方案进行调整，例如通过混凝土温度反馈来完善养护工艺，防止出现裂缝风险；安全管理工作人员依靠设备监测数据，提前对塔吊超载、临边防护缺失等隐患发出预警。此模式破除数据滞后和信息孤岛状况，让技术管理与风险管控从被动响应转变为主动预判，为全周期协同决策提供精确、动态的数据支撑，促使工程管理朝着智能化、协同化方向升级。

2. 大数据分析决策支持机制

大数据分析和决策支持体系以全生命周期数据为根据，整合设计 BIM 参数、施工进度与质量数据、运维设施状态等多源异质信息，通过清洗和标准化建立统一的数据仓库。采用机器学习搭建风险预测模型，针对地质变动、材料供应延迟、工艺瑕疵等风险实现实时识别与概率测算，为技术决策提供量化支撑；通过关联分析探寻技术参数和工程绩效的内在关联，例如混凝土配合比和强度的相关性，帮助技术方案的优化。同时建立动态更新的决策知识库，把历史案例的经验转变为决策规则，对设计优化、方案调整以及风险应对等环节起到辅助作用，实现技术管理与风险管理在全周期各个阶段的深度协作。

（三）全生命周期持续优化策略

1. 运维阶段反馈驱动优化机制

运维阶段反馈驱动的优化机制要搭建多主体数据共享的平台，整合物业的报修记录、设备的运行参数、住户的满意度调查等多源头信息，通过大数据分析来识别设计的缺陷以及施工的隐患，像户型功能不恰当、管线布局有冲突或者材料耐久性不够等问题。把反馈数据转化为可操作的优化指标，建立设计、施工、运维的联动反馈机制。比如对于运维期间经常出现的外墙渗漏状况，追溯施工环节防水工艺的执行误差，同时调整设计阶段的防水材料选择与节点构造。把优化措施融入工程技术标准和风险管理体系，建立全生命周期的闭环式改进机制，让后续项目在设计环节提前避免类似风险，施工环节加强主要工序的管控，最终提高住宅建设工程的总体质量和长期使用效能。

2. 持续改进与绩效评价体系

在全生命周期协同管理的执行路径和优化策略里，持续改进和绩效评价系统是促使管理模式动态优化的主要支撑。此体系要以量化指标作根据，从技术管理和风险管理的协同方面搭建多方面评估方案，包含设计时期协同方案的可操作性、施工时期技术手段与风险防控的符合度、运维时期技术保养与风险预警的联动效能等重要环节。通过设定协同响应速率、风险识别精确率、技术方案落地偏离率等可量化的指标，融合项目整个周期的成本、进度、质量数据，建立动态评估模型。评估结果要和管理团队的绩效相关联，确定改进的方向。比如针对施工阶段技术变更和风险应对不匹配的情况，通过优化信息共享机制以及责任追溯流

程，提高协同决策效能。建立定期复盘体系，把评价数据转变为改进的根据，促使管理流程进行迭代更新，保证技术管理和风险管理的协同模式一直符合项目全生命周期的动态要求，实现从被动处理到主动优化的转变。

五、总结

从全生命周期的角度出发，对房地产住宅建设工程的技术管理和风险管理协同开展研究，其目的在于搭建一套包括项目策划、设计、施工以及运维等各个阶段的协同机制，实现技术体系

和风险管控的深度融合。研究通过系统分析方法，分析技术管理和风险管理的内在联系，清楚二者在目标设定、资源分配以及过程管控方面的协同逻辑，提出以信息化平台作为支撑、以标准化流程作为保障的协同执行路径。实际情况显示，此协同方案可切实提高工程质量管控精准度，强化风险预警及应对能力，为住宅工程精细管理提供理论支撑与实践指引。未来的研究能够进一步探寻数字化技术于协同管理里的应用情形，优化协同机制的动态适应性，从而更妥善地应对复杂且多变的工程环境和市场需求，促进房地产住宅建设工程管理模式的改革与提高。

参考文献

[1]王洪磊. A 商业地产项目全生命周期投资风险管理研究 [D]. 河北：河北地质大学，2023.

[2]唐婕. DY 文旅小镇全生命周期视角的关键风险识别与控制研究 [D]. 四川：电子科技大学，2022.

[3]张青松. 基于全生命周期风险管理的药品检查体系建设研究 [D]. 河南：郑州大学，2023.

[4]代帅令. 基于全生命周期的 A 体育馆项目风险管理研究 [D]. 四川：电子科技大学，2022.

[5]吕巍龙. 基于全生命周期的 R 房地产公司项目成本管理研究 [D]. 河南：郑州大学，2023.

[6]葛琨. 全生命周期视角下房地产土地增值税纳税筹划管理 [J]. 中国市场，2024(10):56-59.

[7]闫振虎，吕敏蓉. 全生命周期视角下 PPP 项目风险管理研究 [J]. 经济研究导刊，2022(31):75-77.

[8]兰静. 供应商全生命周期风险管理研究 [J]. 中国总会计师，2024(3):50-53.

[9]王星宇. 全生命周期视角下高校专项债券风险识别与应对——以 Y 高校为例 [J]. 通化师范学院学报，2024,45(1):116-122.

[10]孟凡翠，魏亮. 基于全生命周期视角的国有企业境外股权投资管理风险与相关建议 [J]. 产权导刊，2023(11).

基于全生命周期的工程总承包风险动态管控路径

李治奇¹, 徐列², 韩冬², 李军³, 李果绵⁴

1. 加拿大多伦多凯谛思设计公司, 加拿大 多伦多 M4V 2V7

2. 华泰永创(北京)科技股份有限公司, 北京 100176

3. 鞍钢集团公司教育培训中心, 辽宁 鞍山 114000

4. 中冶焦耐(大连)工程技术有限公司, 辽宁 大连 116085

DOI:10.61369/UAID.2026030071

摘 要 : 工程总承包项目风险存在阶段传导、动态演变、多主体耦合的特点, 静态分段管控难以适配整体履约工作。立足项目全生命周期, 建立覆盖决策、设计、采购、施工、移交的风险管控体系, 完成风险识别、分级评估、信息共享、监测预警与责任考核工作。依托数字平台更新风险数据、追踪关联动态, 转变事后处置的风控模式, 实现全程动态防控, 改善工程总承包项目履约水平, 增强项目管理综合韧性。

关 键 词 : 全生命周期; 工程总承包; 风险识别; 动态管控; 监测预警

Dynamic Risk Control Path of Engineering General Contracting Based on Whole Life Cycle

Li Zhiqi¹, Xu Lie², Han Dong², Li Jun³, Li Guomian⁴

1. Kaitis Design Company, Toronto, Canada, Toronto, Canada M4V 2V7

2. Huatai Yongchuang (Beijing) Technology Co., Ltd. Beijing 100176

3. Education and Training Center of Ansteel Group Company, Anshan, Liaoning 114000

4. Zhongye Jiaonai (Dalian) Engineering Technology Co., Ltd., Dalian, Liaoning 116085

Abstract : Risks in EPC (Engineering, Procurement, and Construction) projects exhibit characteristics of phased transmission, dynamic evolution, and multi-stakeholder interaction, making static segmented control inadequate for overall project performance. By covering the entire project lifecycle, an integrated risk management system should be established that encompasses decision-making, design, procurement, construction, and handover phases, encompassing risk identification, classification assessment, information sharing, monitoring and early warning, and accountability evaluation. Leveraging digital platforms to update risk data and track related dynamics shifts the risk control approach from post-event response to comprehensive, real-time prevention, thereby enhancing project performance and strengthening overall project management resilience.

Keywords : full life cycle; engineering turnkey contracting; risk identification; dynamic management and control; monitoring and early warning

引言

工程总承包把设计、采购、施工及移交工作归入统一履约体系, 各阶段衔接紧凑, 风险会顺着合同接口、技术调整、供应链与施工组织不断传导。传统风险管理依靠阶段核查与静态台账, 难以捕捉风险状态变动与连带影响。全生命周期动态管控体系的搭建, 可整合风险清单、协同渠道、预警机制、合同权责与成效复盘, 让风险信息覆盖项目全程, 保障工期、成本、质量、安全与履约目标的统筹管控。

一、工程总承包风险管控的概念基础与理论依据

(一) 工程总承包风险及全生命周期管理概念界定

工程总承包风险产生于项目策划决策、勘察设计、物资采

购、现场施工、竣工交付及运营衔接的全过程, 合同界定模糊、技术条件变动、资源调配失衡、团队协作欠缺、市场行情起伏与政策环境变动, 都会造成工期、成本、质量、安全及履约效果偏离预设目标^[1]。全生命周期管理聚焦项目整体价值落地, 把风险

作者简介: 李治奇(1991.12-), 男, 辽宁鞍山人, 汉族, 土建工程师, 硕士, 研究方向: 土木结构。

辨识、评估、预警、处置与复盘融入各个建设环节，打通设计、采购、施工各板块的信息隔阂，形成跨主体、跨专业、跨流程的连贯管控体系，借助数字化平台完成风险动态更新、责任节点定位与管控举措的实时调整。

（二）全生命周期风险动态管控理论基础

全生命周期风险动态管控依托系统管理、全过程控制、协同治理和价值管理相关理论，把工程总承包项目视作相互关联、持续演化的复杂系统^[2]。系统管理理论梳理各类风险要素的传导联系，遏制局部问题侵扰项目成本、工期与质量目标。全过程控制理论在项目各阶段布设风险监测节点与管控标准，结合风险波动调整管控方案，协同治理理论落实建设、总包、设计、供应及分包各方的信息互通与责任联动。

二、工程总承包全生命周期风险识别体系构建

（一）风险识别体系构建原则

风险识别体系遵循全周期覆盖、分级分类、动态更新、协同共享的核心准则，归集工程总承包全流程各类风险内容形成标准化清单。结合风险发生概率、影响覆盖面、传导路径与处置时限划定风险等级，匹配对应识别频次、预警标准与岗位责任节点。识别工作涵盖合同、技术、成本、进度、质量、安全、环保及供应链多个核心维度，借助数字平台持续校准风险实时状态，让识别内容贴合项目实际，可全程追溯、可落地执行。

（二）决策、设计、采购、施工与移交阶段风险识别

决策阶段侧重排查投资范围、建设基础、功能定位与审批限制相关风险；设计阶段把控方案完善度、专业衔接、规范适配与设计变动情况；采购阶段核验供货水平、价格起伏、交付时效与设备配套性能；施工阶段排查资源调配、工序搭接、质量偏差、安全隐患及环境制约问题；移交阶段核对竣工档案、性能核验、问题整改与运维对接工作。项目各阶段风险均可形成专属清单，界定各类风险的触发条件、监测标准与负责主体。

（三）全生命周期风险关联传导机制

项目全生命周期风险存在阶段交织叠加与链式扩散的特性，前期决策偏差会顺着设计细化、物资采购、现场施工的流程持续放大，最终引发成本超额、工期滞后或施工质量等问题^[3]。风险传导管控依托项目关键节点搭建对应机制，梳理风险源头、扩散路径、承接环节与反馈结果的对应关系，依托时序数据、责任链条与数据关联判定风险扩散趋势，通过联动预警、管控调整、结果复盘阻断风险持续扩散蔓延。

三、工程总承包风险动态管控核心路径

（一）建立全过程风险清单与分级评估机制

全过程风险清单划分决策、设计、采购、施工、验收移交及

缺陷责任期六大阶段风险条目，统一登记风险来源、触发条件、影响目标、岗位职责、处理时限与实时跟进状态。风险评估体系从发生概率、损失体量、扩散边界、持续时长及管控能力五个维度完成量化判定，划分出重大、较大、一般、低级四档风险等级。清单内容随设计调整、市场行情、施工条件及供应链状态实时迭代更新，高阶风险可提升复核频次并配套专属处置方案，风险识别成果可直接对接资源调配、进度调整与成本管控各项工作。

（二）构建多参与方风险信息协同共享平台

风险信息协同共享平台统一归集建设、设计、采购、施工、监理、分包及供应各方业务数据，搭建标准化数据字段、交互接口与权限体系，消解数据分散、资料割裂的问题。平台按项目阶段整合合同执行、图纸变更、设备物资、施工进度、质量巡检、安全监测等各类数据，依托时间标签与责任编码搭建完整风险台账。各参建主体依照岗位职责完成信息填报、审核、反馈与确认，重要风险内容自动推送至对应管理岗位。平台留存全部数据修改轨迹与处置记录，为多专业协作、责任追溯、项目管理决策提供可靠数据支撑。

（三）完善风险动态监测与预警响应机制

风险动态监测针对工期、成本、质量、安全、合同与供应链搭建量化指标体系，对项目计划数值、实际数值、偏差比例与动态趋势开展持续监控。平台结合项目类型与风险等级设置分层预警临界值，指标趋近或超出管控标准时，自动推送预警内容，标注影响范围、紧急层级与对应责任环节^[4]。预警响应流程规范信息核实、局势研判、问题处置、成果复核与流程闭环的相关要求，高等级风险执行限时上报与多方会商机制。各类处置结果同步录入风险数据库，修正后续预警参数，监测体系依托工程实时状态完成迭代优化，规避风险在阶段交替过程中堆积恶化。工程总承包风险监测覆盖项目决策、设计、采购、施工、移交全流程，构建指标采集、分级预警、响应处置、参数更新的完整闭环体系，具体见图1。

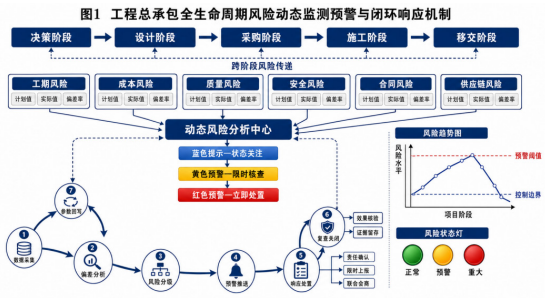


图1 工程总承包全生命周期风险动态监测预警与闭环响应机制

（四）强化合同履约风险与责任边界管控

合同履约风险管控依托招标文件、总承包合同、分包合同与采购协议开展，明确设计标准、供货范围、工期节点、质量规范、调价规则、变更流程及索赔流程。合同交底阶段搭建条款责

任矩阵,把各项履约义务对应至执行部门、在岗人员、完成时限与佐证资料,规避岗位重叠与管理盲区。履约过程持续核对付款依据、进度承诺、物资交付、变更指令及验收资料,出现偏差即刻落实书面确认与资料留存。边界调整需完成正规审批并同步更新合同台账,让风险承担与管理权限相互适配。

四、工程总承包风险动态管控现实困境与优化策略

(一) 工程总承包风险动态管控现实困境

工程总承包风险管控存有阶段割裂、信息滞后、处置断层各类问题,前期决策潜藏隐患无法完整流转至设计采购环节,设计调整、材料市价、设备供货、现场工况相关数据分散存储于各类管理平台,风险实时状态无法同步更新。不少项目依靠定期巡检与人工填报完成管控,识别结论受数据滞后、判定标准差异、人为主观判断干扰。建设、总包、设计、分包、供货各方存在信息壁垒,权责分界缺少统一认定依据,风险显露后产生重复核验、处置滞后、权责纠纷等现象。绿色施工、供应链稳定、数字化交付相关标准持续提升,原有静态台账无法体现风险随项目推进产生的动态变化。

(二) 完善全生命周期风险协同治理机制

全生命周期风险协同治理依托总承包统筹、专业联动、关键事项共议的运行模式,在项目决策、设计、采购、施工、移交各阶段设置专属风险管理端口。项目启动阶段统一敲定风险分类标准、数据统计口径、上报层级与处置权限,阶段交接前完成风险核验梳理,明确未办结事项、残余影响及后续管控责任。设计变更、采购延期、施工偏差与验收问题纳入统一协同流程,各参与方同步研判各类问题对工期、成本、质量、安全的实际影响。重大风险开展联合研判、限时处置与资源统筹调配,各类处置成果同步对接计划、合同、资金管控工作,规避局部整改衍生出新的关联风险。

(三) 强化数字技术对风险监测预警的支撑

数字技术支撑依托建筑信息模型搭建项目空间载体,汇总进度排布、款项拨付、设备供货、质量核验、安全监测多类数据,生成风险实时动态映射。华南理工大学广州国际校区二期工程建筑体量约42万平方米,覆盖13处地块、20余栋独立建筑,整体施工周期532天,施工峰值阶段在岗人员超2000人、劳务班组40余个、塔吊32台^[9]。项目搭载CPS智慧工地系统打通设计、构件生产、物料运输、现场吊装各类数据,构件二维码同步同步供货实时情况;塔吊监测装置持续采集运行参数,急停、超载等违规操作触发自动告警与计分,高密度施工场景内进度、质量、安全各类风险可统一识别并快速处置。

(四) 健全风险管控责任考核与长效保障制度

风险责任考核结合识别完整情况、预警响应速度、问题处置

成效、风险复发情况及损失管控成效评定项目绩效,依照风险等级分配差异化考核权重^[9]。责任判定依托合同内容、岗位权责、审批记录、数据更新时序及全程处置轨迹,厘清决策、执行、监督与协同四类责任,杜绝以最终成果片面评判全过程管控质量。重大风险隐瞒迟报、预警响应滞后、整改闭环资料缺失的情况,均需开展责任追溯与履约考评。长效管控工作依托风险数据积累、人员能力培育、平台运维保障、常态化复盘机制,汇总各类风险场景与处置经验形成企业固有管理经验,为后续项目投标报价、合同磋商与资源调配提供参考依据^[7]。

五、工程总承包风险动态管控成效评价

(一) 风险动态管控评价指标设置

风险动态管控评价指标覆盖识别、监测、预警、处置、协同、复盘完整流程,搭建体现管理水平与管控效果的多维指标体系。识别环节设定风险清单覆盖比例、重大风险辨识精准度、阶段更新时效指标;监测环节统计核心指标接入比例、数据完整程度、异常捕捉效率与状态更新频率;预警环节衡量预警精准度、消息推送速度、分级执行合规比例;处置环节纳入整改办结比例、平均销项时长、风险复发比例、损失缩减幅度^[8]。协同层面统计多方信息互通比例、联合处理办结率、权责确认时效,持续改进层面统计复盘成果落地比例、制度调整次数、知识库调取效率。全部指标结合项目体量、复杂程度、阶段特点分配不同权重,不依靠风险总量或是损失数值评判管控优劣。

(二) 风险管控实施效果检验

风险管控实施效果检验融合过程数据与结果数据,对比项目管控措施落地前后的整体风险状态差异,过程检验聚焦数据采集时效、预警触发精度、责任主体响应速度以及处置流程资料留存情况,核查各项风控动作的落地闭环情况^[9]。结果检验围绕工期偏差、成本超支、设计变更、采购延误、质量问题、安全事故及合同纠纷各项指标,研判风控工作对项目建设目标的实际作用^[9]。重大风险需完成节点复核与关联研判,排查单项整改工作衍生的成本、进度、资源类次生风险。

(三) 管控体系持续改进机制

管控体系的迭代优化可搭建问题排查、根源剖析、规则优化、过程核验、经验沉淀的闭环机制。各项目阶段收尾后,汇总高频风险隐患、反复出现的施工缺陷、偏差预警记录与超时处置案例,结合合同履行、资源调配、技术调整与多方协作情况深挖问题根源^[10]。针对风险漏判、参数偏移、权责划分模糊等问题,优化风险分类标准、预警数值、审批流程与岗位职责,在后续施工环节完成落地核验。成熟有效的管控经验可整理为企业风险范本、标准化作业规范及数字化管控规则,归入项目知识库留存应用;无效管控方式明确适用局限,规避二次套用。

六、结语

工程总承包风险动态管控覆盖项目决策、设计、采购、施工、移交全部流程，依托风险清单、分级评估、信息互通、监测预警、责任考核完成整体管控。统一数据规范搭配数字化载体持

续捕捉风险实时状态与延伸路径，风险处置不再局限分段应对，全程保持联动处置节奏。合同责任划分、考核指标、闭环整改机制同步运转，压缩工期、成本、质量、安全、履约各类偏差，提升工程总承包项目管理抗冲击能力与管控细致程度。

参考文献

[1] 丁吉辰. 绿色建筑全生命周期工程管理评价方法研究 [J]. 中国招标, 2025, (9)187-190.

[2] 徐晶. 工程审计在项目全生命周期中的作用与实践 [J]. 商讯, 2025, (15)159-161.

[3] 赵旖哈. 智能建造背景下工程管理专业教学改革探索 [C]// 大连理工大学. 工程管理2025. 中国建筑工业出版社, 2025: 204-209.

[4] 王紫薇. 项目工程全生命周期造价管理的特征与发展趋势 [J]. 中国招标, 2025, (3)186-188.

[5] 李开孟, 梁军, 张恒力, 等. 工程生命体: 生命周期、生态支持与健康诊断 [J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2025, 17(1)7-18.

[6] 唐娟. EPC 总承包模式下的全过程造价咨询管理 [J]. 价值工程, 2026, 45(21)53-55.

[7] 王贇, 陈静妍, 杜宁宇, 等. 工程总承包模式下业主施工图设计管理研究 [J]. 建筑施工, 2026, 48(6)765-771.

[8] 王欣悦, 冷玉洁. EPC 模式下的地下污水厂工程总承包造价影响因素及优化策略研究 [J]. 科技资讯, 2026, 24(12)182-184.

[9] 张大伟, 张涛, 柳志刚. 海外工程总承包项目质量管理探究 [J]. 工程质量, 2026, 44(S1)137-142.

[10] 刘俊龙. EPC 总承包工程不宜设置暂估价问题的探讨 [J]. 企业改革与管理, 2026, (4)146-148.

