

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.

Yulin 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1期 2026年3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。



建筑规划·设计 | ARCHITECTURAL PLANNING · DESIGN

- 001 山水城市理念引领下的校园规划创新——昌宁一小实践研究 朱航宇
Innovation in Campus Planning Guided by the Concept of "Shanshui City"
—A Practical Study on Changning No.1 Primary School Zhu Hangyu
- 004 从区域协调到城乡融合国土空间规划的转型与实践 刘传虎, 刘梦霏
Transformation and Practice of Territorial Spatial Planning: From Regional
Coordination to Urban-Rural Integration Liu Chuanhu, Liu Mengfei
- 008 中西融合风格在近代优秀历史建筑中的表现与特点研究 谢飞
Research on the Manifestation and Characteristics of the Sino-Western
Fusion Style in Outstanding Modern Historical Buildings Xie Fei
- 012 新能源施工管理数字化平台设计——集成进度、质量、安全数据 谢金河
Design of Digital Platform for New Energy Construction Management
—Integrating Progress, Quality and Safety Data Xie Jinhe
- 015 设计施工一体化模式下 BIM 技术的创新应用与实践研究
——以雄安新区 XAQD-0022 地块项目为例 韩佳璐
Innovative Application and Practice Research of BIM Technology under the
Design and Construction Integration Mode-Taking XAQD-0022 Plot Project
in Xiongan New Area as an Example Han Jialu
- 019 基于 AHP 法的城市智慧交通建设评价体系研究 郭瑜
——以西宁市为例
An AHP-Based Evaluation System for Urban Smart Transportation
— A Case Study of Xining City Guo Yu
- 024 豫南传统村落景观基因的变异机制与修复策略研究 张博雅
Research on the Variation Mechanism and Restoration Strategies of Landscape
Genes in Traditional Villages in Southern Henan Zhang Boya
- 027 古城区土地利用景观格局演变特征
——基于多期遥感数据的时空分析 张礼凤, 倪金卫, 杨帆
Temporal and Spatial Evolution Characteristics of Land Use Landscape
Patterns in the Ancient City District — A Temporal and Spatial Analysis
Based on Multi-Period Remote Sensing Data Zhang Lifeng, Ni Jinwei, Yang Fan
- 033 地铁正线车站消防给水系统设计与安全保障研究 张永炜
Research on the Design and Safety Assurance of Fire Water Supply
System for Main Line Stations of Subway Zhang Yongwei
- 036 城市更新景观规划与片区活力激发路径探索 程洪伟, 颜钦涵
Exploration of Urban Renewal Landscape Planning and Area
Vitality Stimulating Path Cheng Hongwei, Yan Rihan
- 039 精细化工厂房结构设计的中美欧规范对比研究 廖水泉
Comparative Study on Chinese, American and European Codes for Structural
Design of Fine Chemical Plants Liao Shuiquan
- 043 景观都市主义视角下沿海生态文旅基础设施设计研究 刘扬
Research on the Design of Coastal Ecological Cultural Tourism Infrastructure
from the Perspective of Landscape Urbanism Liu Yang
- 046 智能交通系统下公交优先信号配时策略及效能分析 杨丽华
Timing Strategy and Efficiency Analysis of Bus Priority Signals under
Intelligent Transportation Systems Yang Lihua

049	城市小型社区公园的景观设计与功能营造 Landscape Design and Functional Creation of Small Community Parks in Cities	程文宇 Cheng Wenyu
052	轨道交通建筑节能设计的理论与技术体系 Theory and Technical System of Energy Efficiency Design for Rail Transit Buildings	王海 Wang Hai
055	新阶段城市更新模式与城市规划的衔接机制及实践探索 Mechanism for Aligning Urban Renewal Models with Urban Planning in the New Phase and Practical Exploration	路倩, 段碧涛 Lu Qian, Duan Bitao

建筑技术·应用 | BUILDING TECHNOLOGY·APPLICATION

058	新型岩棉保温外墙体系技术研究 Technical Research on New Rock Wool Insulation Exterior Wall System	王力军, 李健, 闻涛, 侯兴华, 洪涛 Wang Lijun, Li Jian, Wen Tao, Hou Xinghua, Hong Tao
061	面向公园城市建设的成都市“城边村”发展策略研究 Research on the Development Strategies of "Urban Fringe Villages" in Chengdu for the Construction of a Park City	孟莹, 付瑜 Meng Ying, Fu Yu
065	公路路面平整度检测技术对比分析及影响因素研究 Comparative Analysis of Highway Pavement Smoothness Detection Technology and Research on Influencing Factors	刘如 Liu Ru
068	建筑节能设计与绿色建筑应用探索 Exploration of Architectural Energy-Saving Design and Green Building Applications	李杰 Li Jie
071	房建防水材料检测指标及质量验收研究 Research on Testing Indicators and Quality Acceptance of Waterproof Materials for Building Construction	宿兴燕, 逄恒增, 赵松伟, 于云庆 Su Xingyan, Pang Hengzeng, Zhao Songwei, Yu Yunqing
074	轻质隔墙板裂缝控制技术研究 Research on the Control of Cracks in Lightweight Wallboard Systems	陈树友, 陈成, 刘玉林 Chen Shuyou, Chen Cheng, Liu Yulin
078	绿色建筑增量成本在造价管控中的分摊机制研究 Research on the Allocation Mechanism of Incremental Costs of Green Buildings in Cost Control	朱海花, 屈蕾 Zhu Haihua, Qu Lei
081	房地产云管理系统的实施路径与效能评估——数字化转型赋能高质量发展 Implementation Path and Effectiveness Evaluation of Real Estate Cloud Management System — Digital Transformation Empowers High-quality Development	蔡春生 Cai Chunsheng
084	建筑装饰装修施工质量控制工作的管理要点与策略 Key Points and Strategies for Quality Control in Building Decoration and Renovation Construction	赵焕焕 Zhao Huanhuan
087	城市污水治理系统中先进氧化技术的应用与挑战 Application and Challenges of Advanced Oxidation Processes in Urban Sewage Treatment Systems	刘传毅, 王晓英, 黄璐 Liu Chuanyi, Wang Xiaoying, Huang Lu
091	室内滑雪场冷库墙板保温材料综合对比研究 Comprehensive Comparative Study on Insulation Materials of Cold Storage Wall Panel in Indoor Ski Resort	尚赛赛 Shang Saisai
094	基于海绵城市理念的市政给排水管网优化策略 Optimization Strategies for Municipal Water Supply and Drainage Pipe Networks Based on the Sponge City Concept	张玮 Zhang Wei
097	土木工程施工技术创新与项目全过程管理的协同融合路径研究 Research on the Collaborative Integration Path of Construction Technology Innovation and Whole-Process Project Management in Civil Engineering	张全卫, 乌云毕力格 Zhang Quanwei, Wuyunbilige
100	基于BIM技术的建筑工程全生命周期管理优化研究 Research on Optimization of Full Life Cycle Management of Construction Projects Based on BIM Technology	覃春艳 Qin Chunyan
103	人工智能技术赋能建筑低碳能耗优化的应用路径与实践进展 The Application Path and Practical Progress of Artificial Intelligence Technology Empowering Low-Carbon Energy Consumption Optimization in Buildings	曹姗姗 Cao Shanshan
106	铝模—爬架体系结合全砼外墙的施工技术优化研究 Research on the Optimization of Construction Technology for the Aluminum Formwork - Suspended Platform System Combined with Full Concrete Exterior Wall	彭澎 Peng Peng

工程管理·实践 | ENGINEERING MANAGEMENT·PRACTICE

109	房建施工安全风险演化机理及预控理论体系研究——以高支模工程为例 Research on the Evolution Mechanism of Safety Risk and the Theory System of Pre-control in Building Construction —Taking High Support Engineering as an Example	刘哲 Liu Zhe
112	基于BIM+机器学习的建筑工程成本风险预测模型构建与实证分析 Construction Engineering Cost Risk Prediction Model Based on BIM+Machine Learning and Empirical Analysis	尹育峰 Yin Yufeng
115	基于批后监管的建筑工程项目管理优化研究——以降本增效与质量提升为目标 Research on the Optimization of Construction Project Management Based on Post-Approval Supervision — Aiming at Cost Reduction, Efficiency Enhancement, and Quality Improvement	温蕾 Wen Lei
118	土地利用变化背景下未来水文水质变化趋势研究 Research on Future Trends of Hydrological and Water Quality Changes Under the Background of Land Use Change	刁琪圆 Diao Qiyan
121	城市更新项目中土地不动产登记权属整合与历史遗留问题化解 Integration of Land Real Estate Registration Ownership and Resolution of Historical Issues in Urban Renewal Projects	许昌波 Xu Changbo

124	不动产登记信息化建设中的数据共享机制研究 Research on Data Sharing Mechanism in the Informatization Construction of Real Estate Registration	蔡鑫鑫 Cai Xinxin
127	沈阳市现代物流体系高质量发展空间策略研究 Spatial strategy for high-quality development of modern logistics system in Shenyang	于路, 范婷婷, 张译珊 Yu Lu, Fan Tingting, Zhang Yishan
130	高速公路收费站智能化演进与管理模式转型 Intelligent Evolution And Management Mode Transformation of Expressway Toll Station	李龙龙 Li Longlong
133	房地产企业工程管理标准化体系建设与落地实践分析 Analysis of the Construction and Implementation of Standardized Management System for Engineering in Real Estate Enterprises	朱磊 Zhu Lei
136	应急管理视角下绿春县建筑工程安全生产监管难点及对策 Difficulties and Countermeasures in the Supervision of Work Safety in Construction Projects in Lvchun County from the Perspective of Emergency Management	李普者 Li Puzhe

山水城市理念引领下的校园规划创新

——昌宁一小实践研究

朱航宇

中国有色金属工业昆明勘察设计研究院有限公司，云南 昆明 650224

DOI:10.61369/UAID.2026010002

摘 要： 山水城市是钱学森于1990年提出的未来城市构想，根植于中国传统山水自然观与“天人合一”哲学观，核心是实现人文形态、自然形态与文化形态的三元融合。随着GIS、点云建模等技术发展，该理念已从理论走向实践。本文以云南省保山市昌宁县第一小学合并校区规划项目为研究对象，立足“地形—生态—文化—规划”四维融合框架，系统剖析山水城市理念在校园用地评估、规划定位、空间设计及生态营造中的实践路径，重点阐释国学文化赋能下地形适应、资源共享与文化遗产的实现方式，通过孔子像、仿辟雍建筑等国载体体的创新应用，构建“山水为基、国学为魂、技术为翼”的校园规划新模式，为教育建筑规划领域的生态化、文化化转型提供理论参考与实践范式。

关 键 词： 绿色生态；山水环境；校园规划；国学文化；四维融合

Innovation in Campus Planning Guided by the Concept of "Shanshui City" —A Practical Study on Changning No.1 Primary School

Zhu Hangyu

China Nonferrous Metals Industry Kunming Prospecting, Design and Research Institute Co., Ltd., Kunming,
Yunnan 650224

Abstract： The "Shanshui City" (Landscape City) is a vision of future urban development proposed by Qian Xuesen in 1990, rooted in traditional Chinese views of natural landscape and the philosophical concept of "harmony between man and nature", with the core goal of realizing the ternary integration of humanistic form, natural form and cultural form. With the development of technologies such as GIS and point cloud modeling, this concept has moved from theory to practice. Taking the merger campus planning project of Changning No.1 Primary School in Baoshan City, Yunnan Province as the research object, this paper, based on the four-dimensional integration framework of "topography-ecology-culture-planning", systematically analyzes the practical paths of the Shanshui City concept in campus land evaluation, planning positioning, spatial design and ecological construction. It focuses on explaining the realization methods of terrain adaptation, resource sharing and cultural inheritance empowered by traditional Chinese culture (Guoxue), and through the innovative application of Guoxue carriers such as the statue of Confucius and the imitation of the Piyong (Imperial Academy) architecture, constructs a new campus planning model featuring "landscape as the foundation, Guoxue as the soul, and technology as the wing". This research provides theoretical references and practical paradigms for the ecological and cultural transformation in the field of educational architecture planning.

Keywords： green ecology; landscape environment; campus planning; traditional Chinese culture (Guoxue); four-dimensional integration

引言

学校作为文化传承与人才培养的公共空间，规划需兼顾功能、生态与文化传承^[1]。《中国教育现代化2035》明确绿色校园建设与传统文化传承目标，但部分校园存在“重功能轻生态、重标准轻文化”问题，或破坏生态或缺乏文化辨识度^[2]。钱学森提出的山水城市理念可破此局，其核心是融合传统园林、自然山水与人文文化^[3]，孟兆祯、汪菊渊亦强调其地宜与文化协同价值^[4]。本文以面临多重挑战的昌宁一小项目为对象，解析实践以揭示“地形—生态—文化—规划”四维融合的落地逻辑。

作者简介：朱航宇（1985.07-），男，汉族，云南昆明人，本科，一级注册建筑师，高级工程师，从事建筑设计与传统建筑文化传承研究。

一、山水城市理念溯源与核心内涵

（一）理念生成的三重逻辑

哲学根基：源于儒道释“天人合一”思想，儒家“乐山乐水”的自然观、“教化为本”的育人观，道家“道法自然”的规划观，佛家“圆融无碍”的共生观，共同形成“顺应地利、文化铸魂”的规划伦理。

艺术渊源：借鉴传统山水画“以形写神”与国学经典“以景载道”的智慧，通过主宾照应、虚实相生的构图逻辑，营造“文景交融”的意境，启发山水城市“景观即文化、空间即课堂”理念^[5]。

时代动因：应对城市化“千城一面”与文化遗产弱化的双重危机，钱学森提出传统园林、自然山水与人文文化结合，吴良镛将其明确为“山—水—文—城”融合模式，构建生态宜居、文化鲜明的人居环境。

（二）校园场景的理念转译

山水城市理念在校园场景中呈现“四维转译”特征如表1，实现从城市宏观构想向教育空间微观实践的落地，其中文化维度为核心纽带：

表1 “四维转译”特征

理念维度	城市层面内涵	校园层面转译	昌宁项目映射
地形维度	顺应自然地形肌理，降低开发影响	适配山地特征，实现低影响建设	微地形改造，减少40%土方量
生态维度	维系山水脉络完整性，保护生物多样性	构建“微山水”生态系统，实现教学与生态共生	保留9200 m ² 自然水系，打造自我净化溪谷
文化维度	传承地域山水文化与国学精髓，塑造城市精神标识	植入国学文化元素，构建“可体验的国学教育空间”	孔子像、仿辟雍建筑，镌刻《论语》名句
社会维度	打破空间壁垒，实现公共资源共享	校园与社区协同，打造“国学文化共享客厅”	仿辟雍建筑错时开放，举办社区国学活动

二、项目概况与区域背景

昌宁一小项目坐落于有“田园城市”之称的云南昌宁县田园镇，属亚热带季风气候，年均降水量1200mm，云南松、滇青冈为主要植被；地块呈矩形且四面临路，交通便捷，以缓坡地形为主，自然水系贯穿其中，北望九甲山森林公园、东临右甸河支流，西侧紧邻孔庙遗址，既具“微山水”自然基底，又有深厚国学地缘基础，与昌宁“山—水—田—城”格局及山水城市理念高度契合，也契合其滇西儒学传承重镇的定位^[6]。

作为两校合并升级项目，其总用地78882.47 m²（118.32亩），总建筑面积42000 m²，规划48班以容纳2160名学生及140名教职工，配备48间普通教室、16间专用教室（含3间国学教室）、体育馆等设施；后期为贴合“山水+国学”导向，取消钟楼与风雨球场，增设国学文化庭院及劳动教育基地。

空间共享原理：仿辟雍建筑内设800 m²国学多功能厅，校内用于国学课程、经典诵读，校外错时向社区开放，举办传统文化讲座、端午祭孔、中秋诗会等活动，年均服务超5000人次；孔子像广场与文化步道联动社区共管，构建“校内国学教育、校外文化辐射”的共享网络。

（二）技术赋能路径

依托“地形—生态—文化—规划”四维数据矩阵，实现理念精准落地：通过无人机扫描（30点/m²）、地面激光扫描（文化节点500点/m²）获取地形与生态数据，导入GIS系统整合区域国学文化资源（孔庙遗址、右甸河文脉），运用空间句法分析确定文化节点最优位置，确保孔子像、仿辟雍建筑处于视觉通廊核心，实现“抬头见贤、移步赏文”；数据整合误差控制在2cm内，通过微地形改造减少40%土方量，生态连通设计节约水资源，技术赋能让国学文化载体与山水地形、生态系统有机融合，完美诠释“技术服务于山水文化共生”的逻辑^[7]。

三、山水城市核心设计原理与技术支撑

（一）四大核心设计原理

地形顺应原理：以GIS技术精准识别“三平三微”地形特征，将建筑与国学文化节点选址于适宜地形区域，孔子像坐落于主入口缓坡台地（3.6米高基座），仿辟雍建筑建于平坦地块，通过微地形改造减少土方量，实现“地形适配、建筑融景”。

生态共生原理：构建“山水+国学”生态系统，仿辟雍建筑环形水系连通原生溪谷，采用生态驳岸与水生植物净化水质，达Ⅲ类标准；孔子像广场采用高渗透率透水铺装，周边种植松柏（象征坚贞）、荷花（象征高洁）等兼具生态与国学寓意的植物，打造“生态即教材、景观即文化”的双效空间。

国学赋能原理：以孔子像、仿辟雍建筑为核心文化载体，仿辟雍建筑（28米直径台基、3米环形水系）复刻传统太学礼制，呼应“天圆地方”宇宙观与“教化四方”育人观，实墙镌刻《论语》“学而时习之”等经典名句；6.8米青石孔子像衣袂飘逸，与实验楼山峦形态立面呼应，形成“人文之韵与自然之形”的共生意境，具象化“以景载文”理念。

四、规划设计：原理驱动的实践落地

（一）总体布局

按“画意造境、国学铸魂”原理，采用“一轴、两区、多节点”结构：核心国学景观轴沿水系串联主入口孔子像广场、中央溪谷、仿辟雍文化庭院，形成“贤像—溪谷—礼殿”的文化序列。广场叠水模拟右甸河，滇朴树阵框定九甲山远景，孔子像基座镌刻《论语》精选篇章；溪谷设木栈道与国学解说牌，讲解“仁者乐山、智者乐水”生态思想；文化庭院仿孔庙规制，与现代建筑形成“古今对话”。功能分区西侧为教学核心区（含3间国学教室），东侧为运动共享区，台地运动场三层空间分别设体育活动、国学户外课堂、屋顶花园，节约用地的同时拓展文化体验场景。

（二）建筑设计

以“山水意象、国学演绎”为原则，实现形态、功能、文化统一：形态上，主楼对称布局呈“主峰引领”天际线，隐喻“立德树人”的核心使命；实验楼弧形立面模拟山峦，浅灰真石漆搭配木格栅，玻璃幕墙倒映山水与文化景观，形成“实墙载文、虚

镜映景”的虚实对比。空间上，打造“三维国学学习空间”，走廊加宽至4-6米设“走廊书吧”，陈列国学经典；二层观景平台种植文化寓意植物，设国学诵读角；地下室“自然实验室”融入传统生态智慧展示。生态技术上，外墙采用加气混凝土砌块，屋顶铺光伏板与绿植，临路设“生态隔音墙”，既保障低碳节能，又为国学教育营造静谧环境。

（三）景观设计

遵循“生态优先、文化赋能”，构建“山水林田湖+国学”微型生态文化链^[9]：精选38种乡土植物与文化寓意树种，核心轴以滇朴、黄连木为主景，搭配云南山茶、桂花（象征“立德树人”）；溪谷种植芦苇、菖蒲等水生植物，既净化水质又呼应“蒹葭苍苍”诗意场景；8株保护树木设“树铭牌”，标注植物特性与相关国学典故。广场道路用透水砖（渗透率80%+），绿地设雨水花园，雨水收集率60%；溪谷设“昌宁水文石刻”，运动区设“体育名人墙”，文化庭院设“经典诵读台”，景观节点均融入国学元素，让校园成为“可阅读、可体验的国学画卷”。

五、实施保障与优化策略

（一）组织保障体系

决策层由县教体局牵头，联合文旅局共同定规划、投资，强化国学文化传承导向^[9]；招标优选山地项目与传统建筑经验机构；联合监理组重点监理地形改造、文化节点施工，设12个生态与文化双重验收节点；财务按进度拨款，审计全程跟踪文化设施建设质量。

（二）分阶段实施路径

在前期筹备方面：保护8株树木与水系肌理，测绘地形、土壤、水文数据，构建四维数据模型；优化施工路径，减少对文化节点周边环境扰动；签订校社国学文化共享协议，明确仿辟雍建筑、孔子像广场开放时段与责任。

在主体建设上：优先建设溪谷生态驳岸、雨水系统，减少施工期径流60%；教学区采用模块化组装，减少30%作业量；运动区“分层开挖、即时防护”，控制水土流失；文化节点施工严格遵循传统建筑工艺，确保仿辟雍形制、孔子像比例精准；设监测点动态调整施工方案。

在景观与文化落地方面：雨季种植乡土与文化寓意植物，成活率92%；安装16处国学文化景观小品，石刻内容经国学专家审

核；制定运维手册，培训200余物业与志愿者，明确文化景观维护与国学活动组织职责。

（三）动态优化机制

一方面是多维监测：12个生态监测点跟踪溪谷水质，2024年二季度水生植物覆盖率82%，水质达Ⅲ类；20个功能监测点控制教室采光、运动区噪音；10个文化监测点收集师生对国学空间的使用反馈；智能门禁统计共享人次，2024年下半年文化空间月均使用1200人次，满意度8.6分。

另一方面是科学调整：季度评估生态、功能、文化三维度，2024年一季度因溪谷水质问题增设生态浮床，同步更新国学解说牌内容；弹性调整空间功能，将“临时器材库”改为“国学科普教室”；优化仿辟雍建筑开放时间，增设周末国学公益课，让文化空间更贴合需求^[10]。

六、价值与实践启示

理论价值体现在：拓展山水城市理念至“四维融合”新维度，强化文化（国学）的核心纽带作用；构建“理念—原理—技术—实践”的国学+山水转化框架；丰富绿色校园内涵，实现生态、功能、文化的三元统一。

对实践的启示：地形利用需坚持“低影响开发”，借助点云建模+GIS技术适配；空间设计应仿山水画虚实手法与国学“场景化”思维，打造复合文化空间；校社协同需以文化为纽带，构建共享机制；文化传承要深挖本土国学资源，让建筑、景观成为文化载体；绿色建造需集成低碳技术，为国学教育提供生态宜居环境。

七、结论

昌宁一小通过“理念解构（四维融合）—原理提炼（四大核心）—技术支撑（四维数据）—设计落地（文化赋能）—实施优化（动态调整）”的完整路径，实现山水城市理念的创新落地。其核心是以地形为基础、生态为底色、国学为灵魂、技术为支撑、共享为目标，构建“人与自然共生、古今文化交融、校社资源共享”的教育空间。项目通过分阶段建设与动态优化，解决地形适配、生态保护、功能整合与文化遗产的多重矛盾，为西南丘陵地区校园规划提供范例。

参考文献

- [1] 宋知行. 对山水城市建设的模式与思考 [J]. 城乡建设, 2024, (21): 56-58.
- [2] 马艳娟, 李德心, 盛超. 基于山水城市理念的惠州市公共建筑能效提升路径 [J]. 绿色建筑, 2024, (05): 101-104.
- [3] 李璐, 马希旻, 康彤曦, 等. “山水城市”理念下江镇、江村形态研究——以重庆市为例 [J]. 低碳世界, 2025, 15(02): 97-99.
- [4] 刘德超. 校园建筑规划设计与创新——以兴华洋片区丰泽段初中项目为例 [J]. 中国住宅设施, 2024, (12): 22-24.
- [5] 李冰, 曹桦, 顾闻, 等. 中小校园规划布局创新设计 [J]. 城市建筑空间, 2024, 31(S2): 49-50.
- [6] 蒋邱之英, 吴柏真, 赵彦而, 等. 绿色基础设施视域下高校校园规划研究综述 [J]. 宁波工程学院学报, 2024, 36(04): 73-80.
- [7] 王晴. 智慧园林理念下大学校园景观规划设计的研究 [D]. 吉林农业大学, 2024.
- [8] 张迪, 刘新科. 大学校园规划及建筑设计研究 [J]. 居舍, 2024, (32): 82-84+97.
- [9] 赛姆萨. 南湾猴岛标识设计：自然与人文的融合创新 [J]. 明日风尚, 2024, (20): 118-120.
- [10] 陈纲, 季海泽, 李政轩. 价值识别与文化运营背景下的旧建筑更新设计方法——以重庆大学创意产业园8号楼为例 [J]. 中国建筑教育, 2023, (01): 194-204.

从区域协调到城乡融合国土空间规划的转型与实践

刘传虎¹, 刘梦霏²

1. 岳阳市规划勘测设计院有限公司, 湖南 岳阳 414000

2. 中南林业科技大学, 湖南 长沙 410004

DOI:10.61369/UAID.2026010003

摘 要 : 国土空间规划经历了从区域协调导向向城乡融合导向的深刻转型。这一转型以要素流动机制重构为核心, 通过空间结构优化与功能系统整合实现了发展模式的根本性变革, 规划转型强调打破城乡二元分割格局, 建立基于生产要素自由流动的新型空间组织体系, 在生态文明建设框架下规划体系将经济发展及社会公平与生态保护纳入统一的空间治理逻辑, 构建了“要素-结构-功能”三位一体的融合机制。转型实践表明通过空间管控方式创新与资源配置优化能够有效促进城乡要素双向流动重塑区域承载能力, 为高质量发展提供空间保障。

关 键 词 : 国土空间规划; 区域协调; 城乡融合; 空间转型; 要素流动

Transformation and Practice of Territorial Spatial Planning: From Regional Coordination to Urban-Rural Integration

Liu Chuanhu¹, Liu Mengfei²

1. Yueyang Planning, Surveying and Design Institute Co., Ltd., Yueyang, Hunan 414000

2. Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004

Abstract : Territorial spatial planning has undergone a profound transformation from a regional coordination orientation to an urban-rural integration orientation. This transformation, centered on the reconstruction of factor mobility mechanisms, has achieved a fundamental change in the development model through spatial structure optimization and functional system integration. The planning transformation emphasizes breaking down the dual urban-rural divide and establishing a new spatial organization system based on the free flow of production factors. Within the framework of ecological civilization construction, the planning system incorporates economic development, social equity, and ecological protection into a unified spatial governance logic, constructing a trinity integration mechanism of "factors-structure-function". The transformation practice demonstrates that through innovation in spatial control methods and optimization of resource allocation, it can effectively promote the bidirectional flow of urban and rural factors, reshape regional carrying capacity, and provide spatial guarantees for high-quality development.

Keywords : territorial spatial planning; regional coordination; urban-rural integration; spatial transformation; factor mobility

引言

国土空间规划作为国家治理体系的重要组成部分, 其指导思想与实施方式直接影响区域发展格局, 传统规划侧重区域间资源配置平衡, 以行政边界为单元实施差异化管控在特定历史阶段发挥了积极作用。然而随着城镇化进程深入推进城乡发展不平衡问题日益凸显, 单纯的区域协调策略难以破解城乡二元结构困局, 新时代发展要求推动规划理念从区域平衡向城乡融合转变, 建立以要素流动为驱动与以空间优化为手段及以功能协同为目标的新型规划体系。这一转型不仅是规划技术方法的调整更是空间治理逻辑的系统重构, 对推进国家治理现代化具有重要意义^[1]。

一、国土空间规划转型的理论脉络

（一）区域协调规划的演进逻辑

区域协调规划形成于工业化快速推进时期，其核心逻辑在于通过行政主导的资源再分配机制缩小区域发展差距。这一规划范式将国土空间划分为若干相对独立的行政单元，依据各区域资源禀赋与发展基础制定差异化的空间管控策略，规划实施过程中强调中央统筹与地方执行相结合的纵向治理体系，通过财政转移支付与产业布局引导及基础设施建设等手段促进落后地区发展，这种模式在特定历史阶段有效调控了区域间发展失衡问题，推动了欠发达地区基础设施改善与民生保障水平提升，然而随着市场经济深化发展行政边界对生产要素流动形成的阻隔效应逐渐显现，导致资源配置效率降低与空间利用碎片化问题加剧，区域协调规划难以适应要素跨区域自由流动的客观需求，因而亟需向更具开放性、系统性的规划范式转型。

（二）城乡融合规划的理论内核

城乡融合规划是对传统二元分割模式的根本性超越，其理论内核在于构建要素双向自由流动的空间组织体系。这一规划范式摒弃了以行政边界为基础的空间管控思路，转而强调城乡作为有机整体的系统性关联，规划核心在于打通制约要素流动的体制机制障碍使得劳动力，资金，土地，技术等生产要素能够在城乡间高效配置，同时规划注重空间功能的互补性与协同性，通过产业链延伸与公共服务网络构建及生态系统联通等途径促进城乡功能深度融合，城乡融合规划强调多元主体参与的治理机制，政府从直接管控转向引导服务，市场机制在资源配置中发挥决定性作用，社会力量广泛参与空间治理，这种规划导向下的空间结构呈现网络化特征，中心城市与县城城镇及乡村节点通过交通和信息等基础设施形成有机联系，故而能够实现资源要素的优化配置与发展机会的公平分享，为破解城乡发展不平衡不充分问题提供了理论支撑与实践路径^[2]（见表1）。

表1 区域协调与城乡融合规划范式对比

对比维度	区域协调规划	城乡融合规划
空间单元	以行政区划为基础的相对独立单元	跨越行政边界的城乡一体化空间系统
核心机制	行政主导的资源再分配与财政转移支付	市场配置资源与要素双向自由流动
治理逻辑	纵向层级管理，自上而下的指令传导	多元主体协同，政府引导与市场主导结合
空间结构	区域板块划分，强调区际平衡发展	网络化节点体系，强调城乡功能互补
发展目标	缩小区域差距，促进基本公共服务均等化	实现城乡要素平等交换与共同富裕

二、规划转型中的核心维度重构

（一）空间要素流动与结构优化的协同重构

规划转型的核心在于打破城乡要素流动的体制壁垒，通过空间结构的系统性调整实现要素配置效率的整体跃升。传统规划将城乡视为独立单元分别管控导致劳动力，资本，土地与技术等要

素呈现单向集聚态势，融合导向的规划体系建立了统一的要素市场准入机制与流动通道使得城市资本进入乡村参与产业开发，城市人才回流乡村创业形成双向互动的良性循环，空间结构优化为要素流动提供了物质载体，通过构建“中心城区－重点镇－特色村”的多层级节点体系，在关键节点配置交通枢纽及产业园区与公共服务设施降低了要素流动的空间摩擦成本，土地要素通过增减挂钩等政策工具实现跨区域再配置盘活了农村建设用地存量，这种协同重构改变了传统单中心集聚模式下资源过度集中的弊端，推动形成了城乡互补与区域协同的网络化空间格局（见图1）。

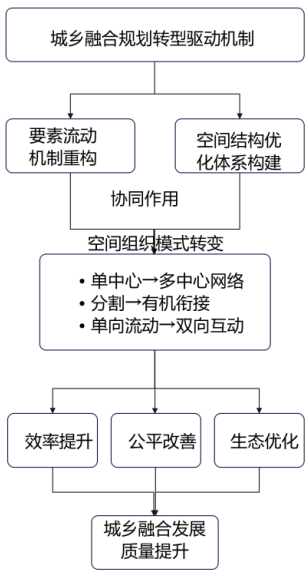


图1 城乡要素流动-空间结构协同作用模型

（二）空间功能整合系统的形成

空间功能整合系统着眼于打破传统城乡功能分割格局，构建生产与生活及生态功能有机融合的空间系统。生产功能整合通过延伸农业产业链条促进一二三产业融合发展，使得农业生产不再局限于初级产品供给而是向加工，流通，服务等环节延伸，生活功能整合旨在缩小城乡基本公共服务差距，通过统筹配置教育与医疗及文化等公共服务资源建立覆盖城乡的均等化服务网络，生态功能整合强调山水林田湖草系统治理打破行政区划限制因而能够实现生态系统的整体保护与修复，功能整合过程注重空间单元间的协同联动，中心城市高端服务功能向外围辐射，县城城镇区域性服务功能向乡村延伸，农村生态产品与文化资源向城市供给，这种功能互补与交叉渗透使得城乡空间形成有机整体导致资源利用效率显著提升，同时功能整合促进了新业态新模式发展，休闲农业与乡村旅游及电子商务等新兴产业蓬勃兴起为城乡融合发展注入了新动能。

三、支撑规划转型的技术方法体系

（一）规划转型的技术支撑体系

规划转型需要多目标协同与空间支撑技术的综合运用。多目标协同技术通过构建综合评价指标体系，在经济增长及社会公平与生态保护等多重目标间寻求平衡，空间适宜性评价技术运用 GIS

平台整合多源数据识别空间单元的承载能力与发展潜力，情景模拟技术预测不同方案的影响为决策提供科学依据，要素流动空间支撑技术为城乡间要素配置提供基础条件，交通网络优化构建多层次综合交通体系，高速公路与城际铁路强化区域联系，县乡公路畅通末梢循环，信息基础设施推动宽带网络与物联网在农村覆盖，数字化平台搭建产权交易与就业服务等综合平台实现要素供需高效对接，公共服务设施配置技术运用可达性分析优化教育与医疗及文化等设施布局，这些技术方法的系统集成降低了要素流动成本为城乡融合发展提供了技术保障与空间环境^[3]。

（二）动态管控的实施机制

动态管控实施机制是保障规划有效落地的制度安排，城乡融合发展具有长期性与复杂性特征，规划实施过程中面临经济波动

与政策调整及技术进步等多重不确定性因素，因而需要建立灵活的动态管控体系，监测评估技术运用遥感影像与大数据等手段实时跟踪空间开发利用状况识别规划实施偏差与新兴问题，指标预警系统设定关键控制指标的阈值范围，当实际值超出合理区间时触发预警机制使得管理部门能够及时采取应对措施，反馈调整机制建立规划定期评估与动态修订制度，根据实施效果与发展需求适度调整规划内容，这种刚柔并济的管控模式既保持规划的权威性与稳定性又赋予规划必要的适应性与弹性，信息化平台建设实现了规划编制与实施及监督全过程的数字化管理导致规划管控效率显著提升，多部门协同机制打破条块分割局面故而形成规划实施的强大合力，为城乡融合发展目标的顺利实现提供了机制保障（见表2）。

表2 动态管控实施机制的运行框架

运行环节	主要任务	技术手段	实施周期
实时监测	跟踪空间利用状况，识别违规行为	遥感影像解译，无人机巡查，在线监控系统	连续监测，异常即时报警
定期评估	评价规划实施成效，诊断存在问题	指标体系评价，对比分析，实地调研	年度评估与五年全面评估相结合
预警响应	识别风险隐患，启动应急机制	阈值设定，趋势预测，情景推演	触发阈值即启动预警程序
动态调整	优化规划内容，适应发展变化	专家论证，公众参与，程序审批	五年一次修订，重大变化可适时调整
监督问责	强化规划权威，追究违规责任	执法检查，审计监督，公开透明机制	日常监督与专项检查相结合

四、规划转型效应的多维审视

（一）空间结构演变特征的呈现

规划转型推动了国土空间结构从分散布局向集约化组团模式转变，城市中心区与乡村腹地之间形成了多层级的功能节点体系，中心城区通过产业集聚效应吸纳周边劳动力与资本要素，同时向外围地区输出公共服务与技术资源使得空间组织呈现出“核心-边缘-网络”的立体化格局，乡村地区依托特色资源禀赋形成了差异化的功能分区，农业生产空间与生态保育空间与宜居生活空间实现了有机衔接，交通廊道与信息网络的完善打破了传统行政区划限制，跨区域的产业链条与服务体系得以建立，区域内部的空间联系强度显著提升，这种结构演变促进了生产要素在更大范围内的优化配置，缩小了城乡之间的发展势能差异为实现区域均衡发展奠定了空间基础^[4]。

（二）要素流动效应的评价

规划转型显著改善了城乡间的要素流动效率，劳动力，资本，技术与信息等生产要素突破了原有的制度性障碍。农村劳动力向城镇转移的同时城市资本与人才开始回流乡村参与现代农业开发与乡村产业振兴双向流动机制逐步建立，土地要素通过建设用地增减挂钩与城乡建设用地统筹等政策工具实现了跨区域再配置提升了土地利用的综合效益，金融资源借助普惠金融体系向农村地区延伸缓解了乡村发展的资金约束激活了农村资产价值，技术要素通过产学研合作平台与科技特派员制度下沉至基层推动了传统农业向智慧农业转型，要素流动的活跃程度可通过流动指数进行量化评估，该指数综合考量了要素流动规模及流动速度与流动平衡度，能够客观反映规划转型对要素配置效率的改善作用（见图2）。

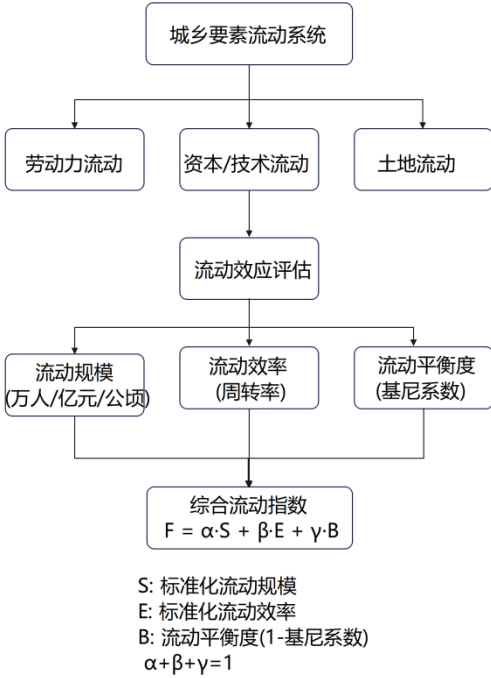


图2 城乡要素流动效应评估框架

（三）融合发展质量的测度义

城乡融合发展质量需要构建多维度的测度体系来进行综合评价，涵盖经济发展协调性及公共服务均等化与生态环境可持续性三个核心领域，经济协调性通过城乡居民收入比与产业结构相似系数等指标反映发展差距收敛态势，融合程度较高的区域该比值趋近于合理区间。公共服务均等化程度采用教育与医疗及文化等基础设施的空间可达性指标进行衡量，服务半径缩小表明资源配置趋于公平，生态环境质量则关注土地集约利用率与生态空间占

比与环境承载压力等参数确保发展过程不以生态退化为代价，各维度指标通过熵权法确定权重后加权求和得到融合发展质量综合指数，该指数数值越高表明规划转型成效越显著，实证分析表明实施城乡融合规划的区域其综合指数年均增长率较传统模式高出2-3个百分点^[5]，验证了规划转型的实际效果。

五、结语

国土空间规划从区域协调向城乡融合转型是新时代发展的必然选择。这一转型通过重构要素流动机制与优化空间结构及整合

功能配置，实现了规划理念的系统革新，融合导向的规划体系有效打破城乡二元分割促进生产要素高效配置，提升区域发展质量，转型需统筹发展及公平与生态目标，在刚性管控与韧性引导间寻求平衡，未来应深化技术创新完善治理机制，强化保障体系，推动转型向纵深发展，通过优化空间资源配置增强区域韧性，为高质量发展和治理现代化提供空间基础，城乡融合实践将在生态文明建设与共同富裕目标引领下不断深化开创国土空间治理新局面。

参考文献

[1]Xin S ,Qian H .From Urban Planning to Territorial Spatial Planning: The Evolution of China’ s Planning System and the Persistent Barriers to Urban - Rural Integration[J]. Land, 2025, 14(8): 1520-1520.

[2]陈钊，陆铭，许政.中国城市化和区域发展的未来之路：城乡融合，空间集聚与区域协调 [J]. 江海学刊，2009(2): 75-80.

[3]丁磊，罗凤龙，孙佳川，吴琼.国土空间规划视角下城乡融合发展规划策略——以长春市九台区为例 [J]. 规划师，2025, 41(S2): 28-34.

[4]朱婧雯，金成安，何哲玉，杨雨晨.探究城乡融合和区域协调发展新模式：以湖北省襄阳市东津新区为例 [J]. 山西农经，2025(8): 215-217.

[5]高杨，杨洋，吴振磊.中国城乡融合和区域协调发展联动的时空分异与形成机理 [J]. 财经问题研究，2025(1): 114-128+F0003.

中西融合风格在近代优秀历史建筑中的表现与特点研究

谢飞

重庆大韩民国临时政府旧址陈列馆，重庆 400010

DOI:10.61369/UAID.2026010004

摘 要： 中西融合建筑风格是近代东西方文明碰撞交融的结晶，在民国时期的建筑实践中呈现出鲜明特征、亚细亚石油公司旧址二班房堪称这一风格的代表性实例，其将西式建筑的装饰细节与中式传统的营造技艺相融合，承载着独特的文化印记与时代背景、通过对该建筑开展实地勘察与修复方案设计，明晰了中西融合风格在建筑形态中的独特表达及其承载的历史意义，着重凸显文物保护工作与现代功能需求之间的协调统一，为后续同类建筑的保护传承提供了切实参考。

关 键 词： 中西融合风格；二班房；建筑保护；历史遗产；文化交融

Research on the Manifestation and Characteristics of the Sino-Western Fusion Style in Outstanding Modern Historical Buildings

Xie Fei

Former Site Exhibition Hall of the Provisional Government of the Republic of Korea in Chongqing, Chongqing 400010

Abstract： The Sino-Western fusion architectural style represents the confluence of Eastern and Western civilizations in modern times, exhibiting distinct characteristics in architectural practices during the Republic of China era. The former site of the Asia Petroleum Company's Erbanfang stands as a representative example of this style, blending Western architectural decorative details with traditional Chinese construction techniques, embodying unique cultural imprints and the historical context of its time. Through on-site investigations and restoration design plans for this building, the unique expression of the Sino-Western fusion style in architectural forms and its historical significance have been clarified, emphasizing the harmonious integration of cultural heritage preservation efforts with modern functional requirements, providing practical references for the preservation and inheritance of similar buildings in the future.

Keywords： Sino-Western fusion style; Erbanfang; architectural preservation; historical heritage; cultural integration

引言

近代中国建筑领域的中西融合风格，发端于西方文化的传入渗透，在民国时期的建筑创作中尤为凸显。伴随中国社会政治格局的变动与经济形态的转型，西式建筑的设计元素与中式传统的营造体系逐步交融共生，形成了兼具时代特征与文化内涵的建筑风貌、亚细亚石油公司旧址二班房作为这一风格的典型范例，既吸纳了西方建筑的细节特色，又延续了中式传统的构造逻辑，具备重要的历史价值与文化意义、通过对该建筑进行系统勘察与修复设计研究，探讨中西融合风格在建筑保护实践中的具体呈现，揭示其在文化传承与历史遗产守护中的独特功能。

一、中西融合风格的历史背景与理论基础

（一）中西文化交流的历史背景：鸦片战争后中西文化碰撞与融合

鸦片战争之后，中国社会结构与文化形态均发生深刻变革。西方列强借助战争手段与不平等条约进入中国境内，不仅引发了经济层面的连锁反应，更将西方的科学技术、思想观念与文化体

系带入中国社会、19 世纪中期以来，上海、广州等沿海口岸相继开放，西方建筑风格与设计思想随之传入，传统中式建筑风格受到外来样式的冲击与影响，逐渐形成独具特色的“中西合璧”建筑风貌、这一发展进程中，西方建筑的施工技术、建材应用、空间组织方式及装饰范式，与中国传统建筑的固有元素相互渗透融合，催生出承载中西文化交融特质的建筑形态，在官府衙署、商会会馆、宗教建筑及私人宅邸等各类建筑中均有鲜明体现^[1]。

（二）中西融合风格的建筑理论：中西建筑元素结合的历史与发展

19 世纪末至 20 世纪初，中西融合风格成为中国建筑领域的重要发展特征，集中体现了中国在现代化推进过程中对西方文化的借鉴与吸纳。建筑层面，该风格具体表现为西式建筑元素与中式传统建筑结构的有机融合，诸如西方哥特式、巴洛克式的立面造型、窗型设计、屋顶样式，与中式抬梁式构架、木质框架体系、屋顶小青瓦等传统元素的结合。这种风格既是文化交汇的物质载体，更是中西方思想理念、艺术审美与技术成果碰撞的产物。建筑师们结合中国的气候条件与人文环境，对西方建筑元素进行适应性调整，进而创造出契合中国国情的建筑形式。

（三）近现代中国建筑的演变：从传统建筑到西洋化建筑的转变过程

近现代中国建筑领域经历了从传统范式向西洋化风格的转型历程。鸦片战争后，西方列强的建筑风格开始传入中国，尤其在外国驻华使馆修建与对外开放城市建设过程中，西洋建筑得以广泛传播。19 世纪末至 20 世纪初，伴随社会变革的深入推进，西方建筑风格逐步渗透到商业建筑与民用建筑领域，中西融合风格由此逐步形成。中国传统建筑技术与建材应用在西方风格的影响下实现创新发展，既坚守了传统文化内核，又吸收了现代设计理念，最终形成具有中国特色的近代建筑风格，为中国建筑的现代化发展奠定了基础^[2]。

二、亚细亚石油公司旧址二班房建筑概述

（一）建筑基本情况：二班房的历史背景与建筑布局

亚细亚石油公司旧址二班房地处重庆市江北区铁山坪街道，为 20 世纪初期英国亚细亚石油公司在重庆修筑的办公居住复合楼宇之一（如图 1 所示）。



图1 亚细亚石油公司旧址二班房

该建筑始建于民国年间，最初用作公司高级职员的生活与办公空间，其存在印证了当时英国资本企业在中国的影响力及特定建筑需求。建筑整体结构遵循西式风格，但在细节设计层面融入传统中式建筑元素，鲜明呈现出文化交融的特质。二班房采用坐南向北的朝向布局，建筑总面积约 232 平方米，

共两层楼高，采用砖木混合的构造形式、建筑整体布局简洁规整，主入口正前方设有一处宽敞前庭，室内空间划分合理，包含客厅、餐厅及卧室等功能区域，充分展现西式住宅的现代空间理念。

（二）二班房的建筑风格：西式元素与中式元素的结合

二班房的建筑风格具有显著的中西融合属性、建筑外立面运用典型西式设计元素，例如哥特式弧形窗、拱门以及带装饰性的砖柱，而屋顶部分则延续中国传统小青瓦坡屋顶形制。这种设计使建筑外观既契合西方建筑审美标准，又能有效适配重庆地区湿润多雨的气候特点。室内布局同样实现中西元素的融合，西式门窗、楼梯及装饰细节，与中式抬梁结构、木质楼板及木窗框相互搭配^[3]。尤其在建筑室内装饰与家具设计方面，浓厚的西方审美倾向十分突出，而建筑结构与营造工艺仍保留中国传统建筑技法，最终形成独特的和谐美学效果。

（三）建筑风格的文化符号：反映时代变迁与文化冲突的建筑特征

作为中西融合风格的典型范例，二班房承载着丰富的时代文化内涵、从建筑外观到内部空间设计，既能寻见中国传统建筑的印记，亦能清晰辨识西方建筑风格的深刻影响。这种建筑风格折射出中国近现代时期的历史情境，特别是半殖民地背景下西方文化对中国的渗透力度、建筑设计不仅是技术与美学的结合体，更成为中西方文化交融与碰撞的具象象征^[4]。二班房的建筑风格既体现出西方列强在中国划分势力范围时的文化渗透迹象，也反映出中国社会在西方文化冲击下的适应与转型过程。

三、二班房中西融合风格的表现

（一）外立面设计：西式门窗、屋顶与中式材料的运用

二班房的外立面设计是中西融合风格的生动体现，将西方建筑元素与中国传统材料巧妙融合。建筑窗户采用典型西式弧形拱窗样式，窗框以木材或铁艺进行装饰，尽显西方建筑的精致质感与现代气息、与之相对，屋顶设计延续中式小青瓦传统屋面形制，屋面坡度较为平缓，能够很好地适配重庆地区的气候特征。这种中西元素的搭配，不仅让建筑外观呈现出独特的和谐美感，更体现出建筑师对本土自然环境与西方建筑风格的双重考量。此外，建筑外墙的砖柱与砖砌结构延续西方古典风格特征，而建筑选用的青砖、木材等中式传统材料，则为其增添了浓厚的本土色彩，充分彰显文化交融的独特魅力^[5]。

（二）内部空间布局：结合中式抬梁结构与西式装饰细节

二班房的内部空间布局深度融合中式抬梁结构与西式空间分配特点、建筑主体结构采用传统中式抬梁框架，既提供了稳固的支撑性能，又让室内空间显得开阔通透、传统中式抬梁结构使楼层间的空间划分简洁高效，与当地居住习惯高度契合、在空间装饰层面，二班房融入大量西式设计元素，尤其在墙面、天花板与地面装饰中，运用西方线条装饰与造型手法，并搭配精致的石膏浮雕、壁炉等装饰细节，让空间既保留中式风格的古朴雅致，又具备西方风格的现代气息。

（三）建筑装饰与工艺：石膏装饰、木制栏杆及楼梯的中西合璧

二班房的内部空间布局深度融合中式抬梁结构与西式空间分配特点。建筑主体结构采用传统中式抬梁框架，既提供了稳固的支撑性能，又让室内空间显得开阔通透、传统中式抬梁结构使楼层间的空间划分简洁高效，与当地居住习惯高度契合、在空间装饰层面，二班房融入大量西式设计元素，尤其在墙面、天花板与地面装饰中，运用西方线条装饰与造型手法，并搭配精致的石膏浮雕、壁炉等装饰细节，让空间既保留中式风格的古朴雅致，又具备西方风格的现代气息、内部空间布局的这种融合特性^[6]。



图2 建筑装饰和工艺

四、二班房保护与修复研究

（一）现状勘察与损毁评估：建筑风貌的残损情况与修复需求

对二班房开展现场勘察后发现，建筑整体风貌虽仍留存部分历史印记，但同时存在显著的损毁问题、屋顶区域的小青瓦出现缺失现象，木结构部件发生严重腐朽，部分墙体产生开裂情况，室内装饰构件如木地板、栏杆、楼梯等均已遭受严重损坏、屋面渗漏问题直接造成内部木构件腐烂及墙体潮湿受损，尤其是二层的木地板与墙面抹灰，已出现大面积脱落与破损、建筑整体结构安全性面临威胁，基于此，亟需开展结构加固与风貌恢复工作，以保障其历史价值得到有效保护^[7]。

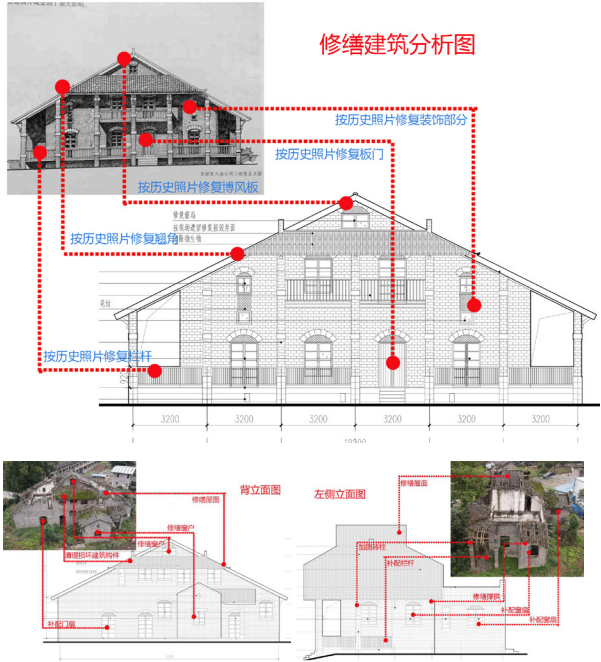
（二）修复方案的设计：基于历史文献与现场勘察的修复设计方案

修复方案的设计工作，以详尽的历史文献资料与现场勘察结果为依据，首要目标是明确恢复建筑原有的历史风貌、在屋顶修复环节，将选用与原始小青瓦材质一致的传统材料，复原屋面结构的完整形态、针对木结构部分，需更换已腐朽的木材，并运用传统工艺实施修复操作，确保建筑原始结构得以保留、室内的木地板、栏杆及楼梯，也将参照历史图纸与欧阳桦手绘图进行精细化修复，力求最大程度还原建筑的历史原貌。

（三）修复的技术与挑战：如何平衡原貌恢复与现代使用需求

修复工作需应对的核心挑战，在于如何在留存建筑原貌的前提下满足现代使用诉求、针对这一问题，修复方案计划引入前沿保护技术，像防潮防腐处理工艺，以及隐蔽式结构加固手段，以此保障建筑的结构安全与长期使用性能^[8]。除此之外，二班房保护过程中还将纳入适度功能性改造内容，比如增添必要的消防设备与现代化基础设施，但所有这类改动都会严格把控范围，确保

不对建筑历史外观与原始布局产生影响。



五、中西融合风格在建筑保护中的意义与挑战

（一）中西融合建筑的文化与历史价值：如何体现中西文化交融的历史意义

中西融合风格建筑不只是建筑技术与美学的结合体，更是中西文化碰撞与交融的实物载体、这类建筑折射出中国近现代历史的深刻变革，特别是清末民初阶段，西方列强的文化与技术传入中国，推动了建筑风格的转型、以二班房为代表的中西融合风格建筑，不仅拥有独特艺术价值，还承载着中国现代化进程中的历史记忆，见证了文化冲突、融合与适应的完整过程、对这些建筑进行保护，有利于传承历史记忆、弘扬爱国主义精神，同时展现中国社会从传统迈向现代的历史发展轨迹^[9]。

（二）保护与利用的平衡：如何在保护历史建筑的同时，满足现代需求

在保护历史建筑的过程中，怎样平衡现代需求是建筑保护领域面临的重要挑战、以二班房的保护工作为例，修复与保护过程既要保障建筑的历史价值，又要考量其未来的功能使用、这就意味着，在开展结构修复与风貌恢复工作时，需运用现代技术确保建筑的安全性及耐用性，例如采用防潮、防腐技术、与此同时，为满足现代化使用需求，可能需要对建筑内部进行适当改造，增设电气、暖通、消防等现代系统，但所有改造工作都必须做到隐蔽化，且不能破坏建筑的历史风貌。

（三）未来的研究与应用：对其他近现代建筑的影响与启示

未来研究应着重探索如何将中西融合建筑的保护经验，推广应用到更多近现代历史建筑保护工作中、通过对二班房这类建筑的深入研究，能够为其他同类历史建筑的修复工作提供理论支撑与实践参考、这一过程不仅有助于提升建筑保护工作的科学性与

艺术性，还能推动文化遗产实现合理利用与传承，促进历史建筑与现代城市达成和谐共生^[10]。

六、结语

二班房作为中西融合风格的典型范例，生动展现了中西文化在建筑领域的交融与碰撞、其外立面设计、内部空间布局及装饰

工艺等方面，均实现了西方建筑元素与中国传统工艺的有机融合，成为记录近现代建筑历史的重要载体、在对其进行保护的过程中，如何平衡历史风貌恢复与现代使用需求之间的矛盾，依旧是建筑修复工作面临的核心难题、未来，依托二班房等建筑的保护经验，可为其他历史建筑的修复提供有益借鉴，进而推动中西文化在建筑遗产保护领域实现深度融合与创新应用。

参考文献

-
- [1] 文化事业历史建筑和文化遗产保护. 吴康福 主编, 建德年鉴, 方志出版社, 2017, 285, 年鉴.
- [2] 林建力. 承传与交融—20世纪前期“中西合璧”式民居建筑的式样研究 [D]. 四川大学, 2018.DOI: 10.27342/d.cnki.gscdu.2018.000010.
- [3] 物质文化遗产与非物质文化遗产保护工业遗产保护与历史建筑挂牌工作. 余正道 主编, 绵阳年鉴, 方志出版社, 2018, 319–320, 年鉴.
- [4] 田钦佩. 基于空间叙事建构的建筑历史遗产活化保护设计研究 [D]. 重庆大学, 2020.DOI: 10.27670/d.cnki.gcqdu.2020.003194.
- [5] 罗磊. 历史建筑遗产保护的整体性研究 [J]. 建筑技术开发, 2020, 47(21): 89–90.
- [6] 王莺, 廖曦. 中西文化融合下南浔古镇门楼建筑的装饰风格 [J]. 美术教育研究, 2023(14): 142–145.
- [7] 李晓雅. 中国近代中山公园的“中西合璧”营造现象研究 [D]. 华中科技大学, 2024.DOI: 10.27157/d.cnki.ghzku.2024.001529.
- [8] 王清娜. 青岛近代建筑的中西碰撞与融合发展研究 (1897–1914) [D]. 青岛理工大学, 2024.DOI: 10.27263/d.cnki.gqudc.2024.000471.
- [9] 陈姝蓉, 王彬, 史净宇, 刘欣朋. 昆明近现代建筑中西合璧的交汇融合研究 [J]. 居舍, 2024(18): 173–176.
- [10] 纪晓, 颜琴艳. 文化传承视角下历史建筑保护与创新设计研究 [A]. 广西网络安全和信息化联合会. 第十一届工程技术管理与数字化转型学术交流会论文集 [C]. 广西网络安全和信息化联合会: 广西网络安全和信息化联合会, 2025: 3.DOI: 10.26914/c.cnkihy.2025.049287.

新能源施工管理数字化平台设计 ——集成进度、质量、安全数据

谢金河

腾越建筑科技集团有限公司, 广东 佛山 528000

DOI:10.61369/UAID.2026010006

摘 要： 新能源产业的快速扩张使施工管理面临多维度挑战，传统管理模式下载进度、质量、安全数据割裂导致的协同低效、风险预警滞后等问题日益凸显。本文基于数字化转型理论与项目管理集成思想，提出一种融合进度追踪、质量管控、安全监管的新能源施工管理数字化平台设计方案。通过构建“数据采集—中台处理—应用输出”的三级架构，设计多源数据融合机制与智能分析模型，实现三大核心数据的深度集成与协同应用。研究可为新能源施工管理数字化转型提供理论支撑，提升项目管理的精细化与智能化水平。

关 键 词： 新能源施工；数字化平台；数据集成；进度管理；质量管理；安全管理

Design of Digital Platform for New Energy Construction Management —Integrating Progress, Quality and Safety Data

Xie Jinhe

Tengyue Building Technology Group Co., Ltd. Foshan, Guangdong 528000

Abstract： The rapid expansion of the new energy industry has posed multifaceted challenges to construction management. Under traditional management models, fragmented progress, quality, and safety data have increasingly led to inefficient collaboration and delayed risk alerts. This paper proposes a digital platform design for new energy construction management, integrating progress tracking, quality control, and safety supervision, based on digital transformation theory and project management integration principles. By establishing a three-tier architecture of "data collection-middleware processing-application output" and developing a multi-source data fusion mechanism with intelligent analysis models, the platform achieves deep integration and collaborative application of three core data streams. The research provides theoretical support for the digital transformation of new energy construction management, enhancing the precision and intelligence of project management.

Keywords： new energy construction; digital platform; data integration; progress management; quality management; safety management

引言

在“双碳”目标驱动下，风电、光伏、氢能等新能源项目进入规模化建设阶段，施工呈现地域分散、技术复杂、多专业协同等特征，施工管理作为关键环节，其效率直接决定项目投产周期与运营效益。当前管理存在诸多痛点：进度管理依赖人工填报偏差率高，质量管控因检测数据分散难追溯，安全监管受限于现场巡检隐患排查不及时，三者数据割裂加剧“信息孤岛”，导致管理层缺乏全景式视图^[1]。

数字化技术为破解难题提供路径，研究显示集成化数字化平台可使进度偏差率降15%以上、质量整改效率提30%、安全隐患发生率降25%。但现有平台多侧重单一维度，缺乏进度、质量、安全数据系统性集成，难以适配复杂需求。本文立足纯理论视角，从架构设计、数据融合、功能模块构建集成化数字化平台，探索核心数据协同机制，为数字化转型提供理论框架^[2]。

一、新能源施工管理数字化平台的理论基础

（一）项目管理集成理论

项目管理集成理论是平台设计的核心依据，其核心要义在于

打破传统职能分割的管理模式，通过资源整合、流程协同实现项目整体目标最优。该理论在施工管理领域的应用体现为“三维集成”：时间维度（进度）、质量维度（质量）、安全维度（安全）的有机融合。不同于传统项目管理中三者的线性递进关系，集成

理论强调三者的动态耦合——进度计划的调整需兼顾质量验收节点与安全管控要求，质量检测数据需反哺进度优化，安全隐患的处置需同步影响进度安排与质量标准。这一理论为平台构建大数据的协同机制提供了方法论支撑。

（二）数字化转型理论

数字化转型理论强调以数据为核心生产要素，通过技术赋能实现管理模式重构。新能源施工管理的数字化转型需经历“数据资产化—流程数字化—决策智能化”三个阶段：数据资产化要求将进度、质量、安全数据转化为可管理、可分析的资产；流程数字化需打破部门壁垒，实现数据驱动的流程再造；决策智能化则通过数据建模实现风险预警与优化建议的自动输出。该理论为平台设计“数据采集—处理—应用”的全链路架构提供了理论指导。

（三）数据融合理论

数据融合理论为多源异构数据的集成提供技术逻辑，其核心是通过数据清洗、关联分析、融合建模实现不同维度数据的价值挖掘。新能源施工场景中，进度数据（如工序完成率、工期偏差）、质量数据（如检测指标、不合格项）、安全数据（如隐患等级、违章记录）分属不同数据类型，需采用“特征层融合+决策层融合”的二级融合模式：特征层通过统一数据标准实现格式对齐，决策层通过关联规则挖掘三者内在联系，如某道工序的质量不合格率与安全隐患发生率的正相关性，为协同管控提供依据^[3]。

二、新能源施工管理数字化平台的架构设计

基于上述理论，设计“感知层—数据中台层—应用层”的三级架构，实现进度、质量、安全数据的全链路集成与应用，架构如图1所示（理论模型）。

（一）感知层：多源数据采集体系

感知层作为数据入口，负责采集多维度施工数据，解决“数据从哪里来”的问题，构建“自动采集+人工填报+系统对接”三元采集机制。自动采集依托物联网（IoT）技术，在施工设备部署传感器采集运行参数（如风电桩基钻进深度、光伏组件安装精度），通过视频监控与AI识别采集安全违章行为（如未戴安全帽、违规动火），质量检测设备联网自动上传检测数据（如混凝土强度、焊缝质量）；人工填报针对工序验收意见等主观数据设计移动端界面，以“必填项校验+附件上传”保障真实性；系统对接通过API接口实现与BIM、采购、合同管理等系统的数据互通，获取进度基准计划、材料合格证明等基础数据。

为保障采集规范性，感知层建立统一数据标准：进度数据采用“项目—标段—工序—任务”四级编码，质量数据采用“检测项—检测标准—检测结果”三维编码，安全数据采用“隐患位置—隐患类型—风险等级”三级编码，确保数据一致性^[4]。

（二）数据中台层：数据集成与处理核心

数据中台层是平台核心枢纽，承担数据清洗、集成、建模功能，解决“数据如何用”问题，构建“数据仓库+融合引擎+模

型库”三位一体架构。数据仓库分三层：原始数据层（ODS）存储感知层原始数据；清洗数据层（CDW）用算法剔除异常值、插值法补全漏采数据；集成数据层（IDW）集成进度、质量、安全数据并建立关联模型。

融合引擎采用“特征融合+决策融合”二级机制：特征融合通过本体论构建领域模型，定义核心概念及关系实现语义对齐；决策融合基于Apriori等算法挖掘数据关联规律，支撑协同管控。模型库含三类智能模型：LSTM进度预测模型、模糊综合评价质量评估模型、风险矩阵法安全预警模型，分别实现工期偏差预测、质量等级评定、风险动态评估。

（三）应用层：场景化功能输出

应用层面向不同管理角色提供场景化功能，解决“数据怎么用”的问题，基于“全员参与、分级管控”原则设计四大核心模块^[5]。项目总览模块面向管理层，通过可视化仪表盘展示进度完成率、质量合格率等关键指标，支持按项目、标段、时间维度钻取分析，提供全景视图；进度管理模块面向施工负责人，提供甘特图规划、工序完成率追踪、工期偏差预警等功能，可基于质量结果自动调整计划（如质量不合格时触发返工工期计算）；质量管理模块面向质量工程师，实现检测数据录入、问题追溯、整改跟踪，支持关联进度数据查看质量对工期的影响；安全管理模块面向安全管理员，提供隐患排查、违章识别、培训管理等功能，支持关联质量数据分析关联性（如脚手架搭设不规范与结构质量问题的关联）。

三、进度、质量、安全数据的集成机制设计

数据集成是平台的核心价值所在，通过“标准统一—流程协同—智能联动”三大机制实现三大类数据的深度融合。

（一）数据标准统一机制

建立“基础标准—业务标准—技术标准”三位一体的标准体系，实现数据“通译”。基础标准定义核心数据元，如进度数据中的“工序编码”“完成百分比”，质量数据中的“检测依据”“合格阈值”，安全数据中的“隐患代码”“风险等级”；业务标准明确数据产生流程，如进度数据需经“施工班组填报—工长审核—项目经理确认”，质量数据需经“检测人员录入—质量工程师复核—监理单位验收”；技术标准规定数据格式与传输协议，采用JSON格式进行数据传输，通过HTTPS协议保障传输安全，采用区块链技术实现关键数据（如质量验收记录）的不可篡改存储^[6]。

（二）业务流程协同机制

以数据流转驱动业务流程协同，打破“进度管进度、质量管理、安全管安全”的割裂状态。设计三大协同流程：

进度—质量协同流程：进度计划制定时，系统自动关联历史质量数据，如某道工序历史不合格率较高时，自动在进度计划中预留整改工期；进度执行中，若某工序质量检测不合格，系统自动触发进度预警，提示调整后续工序计划，并推送整改任务至相关责任人。

进度—安全协同流程：进度赶工时，系统自动提升安全巡检

频率，通过 AI 监控加强违章行为识别；若发生重大安全隐患，系统自动暂停相关工序进度，待隐患整改完成并验收通过后，方可恢复进度计划执行。

质量 - 安全协同流程：质量检测中发现结构安全隐患（如混凝土强度不达标），系统自动将质量问题转化为安全隐患，同步推送至安全管理模块，启动安全风险评估与整改流程；安全隐患整改完成后，系统联动质量模块进行复核，确保整改效果符合质量标准^[7]。

（三）智能联动预警机制

基于数据中台的模型库，构建“多因素联动预警”体系，实现风险的提前预判与自动处置。预警机制分为三个层级：

一级预警（一般风险）：单一维度数据出现偏差但未影响其他维度，如某工序进度滞后1天但质量、安全数据正常，系统自动推送预警信息至施工班组，提示加快进度；二级预警（关联风险）：某一维度数据偏差引发另一维度潜在风险，如质量不合格率超过3%且该工序进度滞后，系统推送预警至施工负责人，建议暂停施工排查原因；三级预警（重大风险）：多维度数据同时出现严重偏差，如进度滞后超过7天、质量不合格率超过10%且存在重大安全隐患，系统立即冻结相关工序施工权限，同步上报至项目管理层，并自动生成风险处置方案^[8]。

四、平台设计的关键技术支撑

平台的实现需依托四大关键技术，确保数据集成的效率与质量。

（一）物联网（IoT）技术

作为数据采集的核心技术，物联网技术实现施工场景的全面感知。采用低功耗广域网（如 NB - IoT）技术部署传感器网络，解决新能源项目施工现场地域广阔、布线困难的问题；通过边缘计算技术在施工现场部署边缘节点，实现数据的本地预处理，减少传输带宽占用，提高实时性，如现场 AI 监控设备在边缘节点完成违章行为识别后，仅上传识别结果而非原始视频数据。

（二）建筑信息模型（BIM）技术

BIM 技术为数据集成提供可视化载体，通过构建三维施工

模型，将进度、质量、安全数据与模型构件关联。例如，在风电塔筒施工模型中，关联塔筒浇筑的进度节点、混凝土强度检测数据、施工过程中的安全巡检记录，管理层可通过点击模型构件直观查看该部位的全维度数据；通过 BIM + 4D 技术实现进度可视化模拟，结合质量、安全数据动态调整施工模拟方案^[9]。

（三）大数据分析技术

大数据技术为数据处理与价值挖掘提供支撑。采用分布式计算框架（如 Hadoop）处理海量施工数据，提高数据处理效率；通过数据挖掘算法（如聚类分析、回归分析）挖掘数据规律，如分析不同天气条件下光伏组件安装的质量合格率与进度效率，为施工计划优化提供依据；采用可视化技术（如 ECharts）实现数据的直观展示，帮助管理层快速获取关键信息。

（四）人工智能（AI）技术

AI 技术提升平台的智能化水平。采用计算机视觉技术实现安全违章行为自动识别与质量缺陷检测，如通过 YOLO 算法识别施工现场未佩戴安全帽行为，通过图像分割技术检测光伏组件的表面划痕；采用自然语言处理技术实现施工文档的自动分析，如提取质量验收报告中的关键信息并自动录入系统；采用机器学习算法优化进度计划，如基于历史数据训练进度预测模型，提高工期偏差预测精度^[10]。

五、结论与展望

本文基于项目管理集成、数字化转型、数据融合三大理论，构建“感知层 - 数据中台层 - 应用层”架构，设计数据标准统一、业务流程协同、智能联动预警三大机制，实现进度、质量、安全数据深度融合。创新点有三：提出“特征层 + 决策层”二级数据融合模式，破解多源异构数据集成难题；构建三维协同机制，打破单一维度管理局限；设计智能联动预警体系，实现风险预判与自动处置。研究不足在于缺乏实证分析、未考虑风电与光伏等施工差异。未来可开展典型项目原型开发与实证测试，优化架构；针对不同场景设计模块化架构提升适应性；探索数字孪生应用，实现施工虚拟仿真与实时管控。

参考文献

- [1] 王鹏，李娟，张磊. 风光氢储一体化项目数字化管理平台设计与实现 [J]. 电力建设，2023，44(5): 120-128.
- [2] 刘敏，赵刚，陈曦. 新能源行业数字化转型的挑战与应对策略 [J]. 中国能源，2024，46(2): 45-52.
- [3] 张伟，王明，李娜. 施工项目进度 - 质量 - 安全集成管控模型研究 [J]. 建筑经济，2023，44(8): 78-85.
- [4] 陈静，刘阳，赵伟. 基于集成管理理论的新能源施工协同机制研究 [J]. 工程管理学报，2023，37(3): 98-103.
- [5] 李华，王强，张敏. 多源施工数据融合技术在新能源项目中的应用 [J]. 数据采集与处理，2024，39(1): 156-164.
- [6] 赵亮，孙丽，吴涛. 物联网技术在新能源施工安全管控中的应用研究 [J]. 安全与环境工程，2023，30(4): 189-196.
- [7] 王明，李静，刘勇. 基于 BIM 的新能源施工数据集成管理平台设计 [J]. 建筑科学，2024，40(3): 167-174.
- [8] 张丽，刘强，王涛. 新能源施工中进度与质量的关联规则挖掘研究 [J]. 数学的实践与认识，2023，53(12): 234-241.
- [9] 刘军，赵静，李刚. 基于机器学习的施工安全风险预警模型构建 [J]. 计算机应用与软件，2024，41(2): 289-296.
- [10] 陈强，孙敏，张涛. 新能源施工数据安全保障体系研究 [J]. 信息安全研究，2023，9(6): 589-596.

设计施工一体化模式下 BIM 技术的创新应用与实践研究——以雄安新区 XAQD-0022 地块项目为例

韩佳栩

北京科技大学, 北京 100083

DOI:10.61369/UAID.2026010010

摘 要 : 在数字城市建设与新型建筑工业化发展的双重驱动下, BIM 技术已成为贯穿工程建设全生命周期的核心支撑。本文以雄安新区 XAQD-0022 地块项目为研究载体, 系统探讨设计施工一体化模式下 BIM 技术的应用框架、实施路径及综合效益。研究围绕项目概况、BIM 数字化应用、正向设计实施、设计施工衔接、施工阶段落地及效益分析展开, 重点阐述 BIM 在模型构建、信息挂载、数据交付、碰撞检查、进度管控等关键环节的创新实践, 验证了 BIM 技术在提升设计质量、优化施工流程、降低工程成本等方面的核心价值, 为同类工程提供可借鉴的经验与参考。

关 键 词 : 设计施工一体化; BIM 技术; 数字孪生; 雄安新区; 全生命周期管理

Innovative Application and Practice Research of BIM Technology under the Design and Construction Integration Mode-Taking XAQD-0022 Plot Project in Xiongan New Area as an Example

Han Jiaxu

University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083

Abstract : Driven by the dual forces of digital city development and new-type building industrialization, BIM technology has become a core enabler throughout the entire lifecycle of engineering projects. Using the XAQD-0022 plot project in Xiongan New Area as a case study, this paper systematically examines the application framework, implementation pathways, and comprehensive benefits of BIM technology under the design-construction integration model. The research covers project overview, BIM digitalization applications, forward design implementation, design-construction coordination, construction phase execution, and benefit analysis. It highlights innovative practices of BIM in key areas including model construction, information loading, data delivery, collision detection, and schedule control. The study validates BIM's core value in enhancing design quality, optimizing construction processes, and reducing project costs, providing replicable insights for similar engineering projects.

Keywords : design and construction integration; BIM technology; digital twin; Xiongan New Area; full life cycle management

引言

(一) 研究背景

雄安新区作为国家级新区, 确立了“数字城市与现实城市同步规划、同步建设”的发展理念, 构建高精度城市信息模型成为新区建设的核心要求。BIM 技术凭借其可视化、协调性、模拟性、优化性等特性, 成为实现数字雄安建设目标的关键技术支撑。同时, 设计施工一体化模式在工程建设领域的推广, 要求打破设计与施工的信息壁垒, 实现全过程协同管理, 而 BIM 技术正是衔接各阶段、各专业的核心纽带。

(二) 研究意义

理论意义: 丰富设计施工一体化模式下 BIM 技术的应用研究体系, 完善 BIM 技术从设计到运维的全生命周期应用理论。实践意义: 以雄安新区实际项目为依托, 总结 BIM 技术在数字化报审、正向设计、施工协同、成本管控等方面的实践经验, 为后续同类工程提供实操指导。

(三) 研究内容与框架

本文以雄安新区 XAQD-0022 地块项目为研究对象, 按照“项目概况→BIM 数字化应用→正向设计实施→设计施工衔接→施工应用→综合效益”的逻辑展开研究, 系统分析 BIM 技术在设计施工一体化模式下的应用要点与实施成效。

一、项目概况

（一）项目区位与定位

本项目位于雄安新区启动区西北侧城市绿环内侧，是启动区第一块市场出让开发地块。启动区作为雄安新区率先建设区域，承担着北京非首都功能疏解、高端创新要素集聚、高质量发展引领的重要使命，规划面积 38 平方公里，城市建设用地 26 平方公里。

（二）整体规划与指标

项目采用“一带、两轴、三节点、四组团”的规划结构：“一带”指结合办公楼建筑形成的临街商业活力开放街区；“两轴”为南北、东西向主轴打造的大尺度中心景观带；“三节点”通过功能空间组合营造主要入口景观节点；“四组团”由双轴串联形成高品质绿色住宅社区。项目总用地面积 45978 平方米，总建筑面积 291470.77 平方米，总户数 1369 户，机动车位 1307 个，兼容商业、商务办公等多元功能。

二、设计阶段 BIM 数字化应用

（一）数字雄安及 BIM 报审

1.政策背景：多省市已发布 BIM 报批报建相关政策，雄安新区构建了“现状 BIM0 – 总规 BIM1 – 控规 BIM2 – 设计 BIM3 – 施工 BIM4 – 竣工 BIM5”的数据资源体系闭环，实现数字城市的自我生长。

2.报审流程：项目在 BIM3（设计方案阶段）和 BIM4（施工阶段）完成数字化模型构建，按最小地块拆分创建全专业单体模型，挂载相关信息后提交雄安规划建设 BIM 管理平台审查备案。BIM3 阶段模型达到建筑专业扩初深度，其他专业方案设计深度；BIM4 阶段模型对应施工图编制深度，作为施工许可证核发的基本依据。

（二）BIM 数字化模型构建

项目构建了覆盖全专业的 BIM 数字化模型，包括：

- 1.建筑专业：涵盖建筑单体、楼层、空间区域等三维模型；
- 2.结构专业：包含基础、梁柱、楼板等结构构件模型；
- 3.机电专业：分为给排水（含消防系统）、暖通（含风系统、水系统）、电气（含强电、弱电系统）综合模型；
- 4.景观专业：包含道路、场地、绿化、停车位等环境景观模型。

（三）BIM 模型信息挂载

模型信息挂载遵循雄安新区规划建设标准，涵盖多维度信息：

- 1.项目及单体信息：包括建设单位、设计单位、用地性质、建设工程类别等核心参数；
- 2.总图信息：包含项目基点、测量点、道路名称、宽度、类

别等定位信息；

3.空间面积信息：涵盖防淹措施、耐火等级、区域类别、房间功能等属性；

4.功能分区信息：包括防火分区、人防分区、停车场等功能划分及相关参数；

5.单体构件信息：明确门窗类型、强度等级、保温材料耐火极限等详细属性；

6.机电管线信息：包含系统类型、敷设方式、规格型号等专业参数。

（四）BIM 数据交付

1.交付格式：采用雄安新区统一的 XDB 数据交换格式，实现不同建模软件（Revit、Catia、Bentley 等）之间的信息共享，同时提交源格式模型文件（.rvt、.dgn 等）；

2.交付成果：包含信息模型、设计图纸、自检报告、设计说明、计算文档、模型使用说明书等，所有成果均满足《建筑工程设计文件编制深度规定》；

3.审核流程：BIM 管理平台对模型进行自动审核，重点核查用地红线、建筑退界、建筑高度、容积率等指标，形成审批表及审核结论。

三、BIM 正向设计及应用实践

（一）正向设计实施策略

1.设计目标：施工图阶段利用 BIM 技术完成模型搭建和施工图正向设计，模型精度达到 LOD300，出图深度符合相关规范要求；

2.团队架构：设立项目总负责人、BIM 总负责人及各专业 BIM 协调员，明确职责分工，保障设计协同；

3.实施方案：制定 BIM 技术工作环境、文件组织规则、命名规则、协同方式及质量控制管理办法，规范设计流程；

4.模型建设方案：明确模型构件命名、组织规则、拆分原则、轴网与标高设置及颜色方案，确保模型标准化。

（二）核心设计应用点

1.辅助设计类应用

·绿建分析：开展室内天然采光分析、自然通风模拟、室外声环境及风环境模拟，优化建筑设计方案；

·建筑疏散模拟：通过视频动画模拟人员疏散路径，验证疏散合理性；

·精装修与景观 BIM：实现精装修设计流程管控及景观设计可视化，达到所见即所得效果；

·协同平台应用：借助 REVIZTO 平台实现 BIM 模型与 PDF 图纸无缝对接，支持多方协同工作及问题跟踪。

2.成本优化类应用

·碰撞检查：利用 Navisworks 软件进行专业间碰撞检查，

共发现并解决各类碰撞问题 1425 个，其中 MEP 专业内部碰撞 1414 个，MEP 与建筑结构碰撞 11 个；

- 管线综合优化：针对管线密集区域进行综合排布，优化净高空间，避免施工阶段返工。

3. 营销支撑类应用

- VR 模拟：将 BIM 模型导入 Enscape，结合 HTC Vive 设备实现空间效果模拟，提前预判设计效果；

- 模拟漫游：开展地库车位销售展示、归家动线模拟、搬家动线模拟等，为营销工作提供支撑。

（三）正向设计优势

1. 提升设计质量：有效减少图纸错误，解决“图模一致性”问题，已发现并解决各专业问题 149 个；

2. 强化专业协同：提高各专业配合质量，减少设计冲突；

3. 丰富设计成果：产出可视化成果、性能分析成果等，提升设计附加值；

4. 支撑全生命周期应用：数字化模型可延续至施工及运维阶段，成为 CIM 平台的重要组成部分。

四、设计与施工 BIM 衔接及施工阶段应用

（一）设计与施工 BIM 衔接机制

1. 衔接痛点：设计与施工阶段对 BIM 模型的需求、认知不同，设计模型难以直接应用于施工阶段；

2. 衔接原则：设计 BIM 模型打好基础，施工单位结合实际需求进行深化修改，实现设计与施工的平衡协同；

3. 衔接路径：建立标准化模型与制图标准，施工单位提前介入设计阶段，设计模型持续深化，保障信息流畅流转。

（二）施工阶段核心应用点

1. 深化设计应用

- 精装修 BIM：提前发现点位问题，通过 VR 交底及二维码展示，优化施工流程；

- 管线综合深化：结合施工空间、工艺要求优化管线排布，考虑支吊架安装及检修空间；

- 二次砌筑排砖：通过 BIM 软件优化排砖方案，减少材料浪费，降低损耗；

- 幕墙深化：分析细部节点，配合完成专项方案及专家论证。

2. 施工组织管理

- 施组模型：针对基础、主体、装修等不同阶段创建施组模型，优化场地布置及施工顺序；

- 进度模拟：通过 5D 模型关联时间、成本与模型，直观掌握施工进度，优化资源配置；

- 工程量统计：快速提取场地布置、土石方、混凝土、构件等工程量，支撑商务算量。

3. 智慧施工与验收

- 综合支吊架应用：优化支吊架布置，提高管线安装效率与质量；

- 二次墙体开洞：提前预留孔洞，避免后期破坏结构；

- 管线预制化：基于 BIM 模型进行管线预制加工，提升施工精度与效率；

- BIM5 验收：完成竣工验收前 BIM5 模型备案，确保与实体工程一致性，数据同步至 CIM 平台。

4. 运维阶段延伸应用

基于 BIM 模型构建智慧运维管理平台，实现消防管理、应急救援、能耗分析、隐蔽维修、安防巡检等功能，提升物业管理可视化与精准化水平。

五、综合效益分析

（一）成本效益

1. 设计阶段：正向 BIM 设计虽使设计时间增加 10%、设计成本增加 15%，但通过碰撞检查、优化设计等，减少施工返工，综合节约项目总成本 8%；

2. 施工阶段：通过工程量精准统计、材料损耗控制、工期优化等，降低施工成本，其中二次砌筑材料损耗率显著下降；

3. 全生命周期：数字化模型贯穿设计、施工、运维全过程，减少信息传递损失，降低运维阶段管理成本。

（二）质量与效率效益

1. 质量提升：解决各专业设计问题 149 个，避免施工阶段因图纸错误导致的质量隐患；

2. 效率提升：专业协同效率提高 30% 以上，施工进度控制更加精准，工期较计划有所提前；

3. 管理优化：实现施工全过程可视化管控，质量、安全、成本管理更加精细化。

（三）社会效益

1. 符合数字雄安建设要求，为数字孪生城市建设提供数据支撑；

2. 减少材料浪费与能源消耗，符合绿色建筑发展理念；

3. 形成设计施工一体化 BIM 应用范式，为行业发展提供示范。

六、结论与展望

（一）研究结论

雄安新区 XAQD-0022 地块项目通过设计施工一体化模式下的 BIM 技术深度应用，构建了从设计报审、正向设计、施工协同到运维延伸的全生命周期应用体系。实践表明，BIM 技术能够有效打破信息壁垒，提升设计质量与施工效率，降低工程成本，

实现工程建设的精细化管理。项目形成的标准化模型建设、信息挂载、数据交付及设计施工衔接机制，为同类工程提供了宝贵经验。

（二）未来展望

1. 多项目全生命周期应用：将 BIM 技术推广至多个项目，整合运维要求，实现数据从设计到运营的全程贯通；

2. 技术创新升级：结合 AI、IoT 等技术，提升 BIM 模型的智能化水平，强化实时监控与预警功能；

3. 标准体系完善：进一步完善 BIM 建模标准、数据标准及应用标准，推动行业规范化发展；

4. 轻量化应用推广：开发轻量化 BIM 模型应用系统，支持移动端访问，提升现场管理便捷性。

参考文献

-
- [1] 中华人民共和国国家标准. 建筑信息模型设计交付标准 (GB/T 51301-2018)[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2018.
- [2] 河北雄安新区管理委员会. 河北雄安新区规划纲要 [Z]. 2018.
- [3] 北京市住房和城乡建设委员会. 北京市房屋建筑和市政基础设施工程智慧工地做法清单 (2022 年版) [Z]. 2022.
- [4] 成都市住房和城乡建设局. 成都市房屋建筑工程建筑信息模型 (BIM) 设计技术规定 (试用版) [Z]. 2022.
- [5] 王要武, 吴宇迪. BIM 技术在建设项目全生命周期管理中的应用研究 [J]. 土木工程学报, 2019, 52 (S1): 223-229.
- [6] 李惠玲. 设计施工一体化模式下 BIM 协同管理应用实践 [J]. 建筑经济, 2020, 41 (7): 38-42.
- [7] 张建平, 李丁, 林佳瑞. 基于 BIM 的建设项目全生命周期一体化管理模式研究 [J]. 土木建筑工程信息技术, 2018, 10 (2): 1-6.
- [8] 刘占省, 王静, 王磊. 雄安新区数字孪生城市建设中 BIM 技术应用路径 [J]. 施工技术, 2021, 50 (12): 1-5.
- [9] 住房和城乡建设部. 推进建筑信息模型应用指导意见 [Z]. 2015.
- [10] 江苏省建筑产业现代化推进工作联席会议办公室. 全省建筑产业现代化 2022 年工作要点 [Z]. 2022.

基于 AHP 法的城市智慧交通建设评价体系研究 ——以西宁市为例

郭瑜^{1,2}

1. 青海师范大学经济管理学院, 青海 西宁 810016

2. 陕西师范大学西北历史环境与经济社会发展研究院, 陕西 西安 710119

DOI:10.61369/UAID.2026010011

摘 要 : 本文基于层次分析法构建高原多民族城市智慧交通评价体系, 以西宁市为研究对象, 系统分析其智慧交通发展现状及权重分配特征。研究结果显示, 西宁市智慧交通发展指数综合估算为 75 分 (满分 100), 处于全国中等偏上水平。评价体系涵盖交通基础设施、智慧出行水平、交通管理水平、交通安全状况及环境影响五大准则层, 其中交通基础设施 (44.82%) 与环境影响 (24.81%) 权重突出, 体现高原城市“补短板”与生态管控的双重需求。实证分析表明, 西宁市在数字孪生、低空智航及公交优先策略方面成效显著, 但智慧出行服务渗透率 (6.09%)、城乡智能调度均衡性 (3.24%) 等维度仍存在短板。研究提出深化“数字孪生 + AI”融合应用、优化智慧出行平台及完善政策标准体系等对策, 旨在为高原城市发展提供可复制的智慧交通范式。

关 键 词 : 智慧交通; 层次分析法; 高原城市; 评价体系; 数字孪生

An AHP-Based Evaluation System for Urban Smart Transportation — A Case Study of Xining City

Guo Yu^{1,2}

1. School of Economics and Management, Qinghai Normal University, Xining, Qinghai 810016

2. Northwest Institute of Historical Environment and Economic Society Development, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710119

Abstract : Based on the Analytic Hierarchy Process (AHP), this study constructs an evaluation system for smart transportation in multi-ethnic plateau cities, using Xining City as a case study to systematically analyze its current development status and weight allocation characteristics. Research results indicate that Xining's smart transportation development index scores approximately 75 points (out of 100), positioning it at the upper-middle level nationwide. The evaluation system comprises five criteria: traffic infrastructure (44.82%), smart travel level, traffic management level, traffic safety status, and environmental impact (24.81%). The prominent weights of infrastructure and environmental impact reflect the dual requirements of plateau cities for "addressing infrastructure gaps" and implementing ecological governance. Empirical analysis reveals significant achievements in Xining's digital twin technology, low-altitude intelligent aviation networks, and bus priority strategies. However, challenges persist in dimensions such as smart travel service penetration (6.09%) and urban-rural intelligent scheduling coordination (3.24%). The study proposes strategies including deepening "digital twin + AI" integration, optimizing smart travel platforms, and improving policy-standard frameworks, aiming to establish a replicable smart transportation model for plateau city development.

Keywords : smart transportation; Analytic Hierarchy Process (AHP); plateau cities; evaluation system; digital twin

引言

城市交通问题已成为制约可持续发展的关键因素。智慧交通通过整合互联网、物联网、大数据和云计算等新一代信息技术, 实现

基金项目: 青海师范大学科学研究项目“西宁市城市智慧交通建设研究”(2018sr017)。

作者简介: 郭瑜(1981-), 男, 汉族, 河北保定人, 青海师范大学经济管理学院讲师, 陕西师范大学西北历史环境与经济社会发展研究院毕业博士。研究方向: 区域经济与协调发展, 生态经济与绿色转型, 计量经济分析。

对交通运输体系中人、车、路、环境及信息的全面感知与协同运行，成为提升服务品质、安全水平和运输效率的重要途径^[1-2]。2019年《交通强国建设纲要》提出“推动新技术与交通深度融合”，2021年《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》强调构建智能决策、协同管控的新一代治理体系，2023年《数字中国建设整体布局规划》将交通基础设施智能化升级列为重点任务。在此背景下，各地加速推进智慧交通建设。

西宁市作为青藏高原重要中心城市，机动车保有量从2021年的79.04万辆增至2025年初的100万辆，传统管理方式已难以应对现有交通压力。依托《青海省“十四五”综合交通运输体系发展规划》和《幸福西宁绿色交通三年行动计划（2019-2021年）》，西宁市已实现445个路口信号灯100%联网联控，建成31条绿波道路，搭建交通运输行业信息平台，初步形成覆盖地面运行、空中感知与数据支撑的立体化智能治理体系。截至2023年，全市拥堵指数同比下降4.09%，平均车速提升4.69%^[3]。

针对西宁市智慧交通发展的系统性研究较少，缺乏科学的评价体系和实证数据支撑。本研究构建契合高原多民族城市特征的智慧交通评价指标体系，运用层次分析法（AHP）进行客观评估，为政策制定提供实证依据，助力西宁市在落实国家交通强国与数字中国战略中走出具有高原特色的智慧交通发展路径。

一、文献综述与理论基础

（一）智慧交通概念界定

智慧交通是智慧城市的重要组成及基础支撑，指依托互联网、物联网、大数据和云计算等新一代信息技术，在对人、车、路、环境等信息等交通要素实现全面感知与泛在互联的基础上，构建协同运行、高效服务和可持续发展的新一代交通运输系统^[4]。相较于传统交通系统，智能交通系统（Intelligent Transportation System, ITS）以信息采集与处理为核心，智慧交通进一步融合物联网、大数据挖掘等技术，赋予系统类人化的“思考”与“决策”能力，强调服务的人性化与以用户为中心的理念^[5-6]。

（二）智慧交通内涵与特征

新时代智慧交通具有五大核心特征^[5-7]：

第一，全面实时感知：基础设施与运输装备具备高精度状态采集与环境感知能力，支持全要素、全时空动态数据交互；第二，新技术深度应用：大数据、云计算、移动互联等技术广泛嵌入车联网、智能研判、导航服务等领域；第三，多主体协同运行：通过车车、车路信息共享，在动态融合基础上提升交通安全与通行效率；第四，高度智能化：系统具备自学习、自判断、自组织与自决策能力，实现交通管理的实时闭环控制；第五，跨界融合：与新能源、物流、生态环境等行业深度融合，拓展“智”于管理、“慧”及民生的应用场景。

（三）智慧交通评价指标体系研究现状

国际学术界对智慧交通评价体系的探索呈现多元化路径。早期研究以城市智慧性评估框架为主，如Smith与Brown（2022）提出的包含移动便捷、环境舒适等六维度的评价框架^[8]。实践层面，新加坡通过电子收费、动态拥堵管理和地铁网络扩展构建了以通行效率为核心的评价体系；荷兰依托智能自行车道和传感器网络形成以绿色出行为导向的模式^[9]。欧盟在C-ITS项目中提出涵盖车联网覆盖率、动态信号控制响应速度等12项核心指标的标准化框架^[10]。

国内研究方面，王振源（2013）与苑宇坤（2015）从信息基

础设施、城市竞争力等角度构建智慧城市评价模型^[11-12]，2014年国家发布的智慧城市试点指标体系涵盖基础设施、管理服务等维度^[13-14]。针对智慧交通评价维度，现有研究多聚焦通用型城市，缺乏对高原、多民族聚居等特殊类型城市的实证分析。

国内研究方面，王振源（2013）与苑宇坤（2015）从信息基础设施、城市竞争力等角度构建智慧城市评价模型^[11-12]，2014年国家发布的智慧城市试点指标体系涵盖基础设施、管理服务等维度^[13-14]。针对智慧交通评价维度，中外学者都提出从应用水平、基础设施水平与实际应用效果三方面综合衡量。然而，现有研究多聚焦通用型城市，缺乏对高原、多民族聚居等特殊类型城市的实证分析。张盈盈（2014）和陈才君（2015）等指出，智慧交通内涵边界仍需厘清，评价体系需更系统化与科学化^[5,15]。

（四）AHP法在智慧交通评价中的应用

层次分析法（Analytic Hierarchy Process, AHP）由Saaty提出，是一种融合定性判断与定量计算的多准则决策方法，适用于结构复杂、指标多元的系统评价问题^[15]。在智慧交通领域，AHP通过构建“目标层—准则层—指标层”的递阶结构，将评价目标逐级分解，并基于专家对指标重要性的两两比较形成判断矩阵，计算各层级权重，实现综合量化评估^[16]。该方法逻辑清晰、操作简便，尤其适合处理定性定量混合信息^[17]。

然而，AHP权重结果高度依赖专家经验，主观性强。为提升科学性，常将其与熵权法、灰色关联分析等客观赋权方法结合，构建主客观集成模型。随着评价向动态化、精细化发展，AHP正与大数据、数字孪生及仿真技术融合，在保持结构优势的同时增强对实时场景的适应能力。

（五）西宁市智慧交通研究的特殊性

西宁作为青藏高原重要中心城市，兼具高海拔、多民族聚居、地形复杂与气候严苛等特征，对智慧交通建设提出特殊要求。高寒、强紫外线环境对智能设备与新能源车辆的耐久性构成挑战；藏、汉等多民族共居格局要求服务系统支持语言文化适配；山地河谷地貌增加基础设施布设难度与成本。因此，构建契合高原多民族城市特性的评价体系，对指导本地实践及形成可推广的“西宁模式”具有现实意义。

二、西宁市智慧交通体系发展现状

西宁市近年来积极推进智慧交通体系建设，已形成“地面公交高效便捷、空中感知智能联动、数据底座全域支撑”的立体化发展格局。

（一）公交都市建设成效显著

2021年，西宁入选“全国公交都市建设示范城市”。截至2023年6月，全市日均公交出行量达100万人次，主城区公交线路总长1445公里，设站点1170处（其中港湾式停靠站290处，占比24.79%），建成区公交站点500米半径覆盖率达100%。82%的出行无需换乘，99%的出行至多换乘一次，为全国进出公交系统步行距离最短、换乘次数最少的城市之一。西宁公交集团运营线路共160条，包括城市公交102条（含1条免费线路）、城乡公交58条，并开通11条“优巴士”定制公交及覆盖8个区域（4白班+4夜班）的巡游网约公交^[18]。

（二）绿色低碳与车辆智能化深度融合

西宁智慧公交信息化建设已持续21年，建成涵盖IC卡收费、智能调度、ERP管理、视频监控、服务热线、设备运维、健康管理及业财一体化等十大系统平台。智能调度系统覆盖城区90条线路1743台车及城乡74条线路530台车，依托1401套客流统计设备动态优化发车频次与运力配置。目前，63条主干线路已实现基于客流仿真的时刻表编制与线网优化。“西宁智能公交”APP、电子站牌及多元化电子支付已广泛应用，“AI小助手”与“预约乘车”服务结合50余条个性化线路，推动公交服务向精准化、个性化转型^[18]。

（三）数字孪生驱动交通治理现代化

西宁以数字孪生与人工智能技术为核心，全面推进交通基础设施智能化升级，取得多项标志性成果（见表1）。

表1 西宁市智慧交通核心建设成果

维度	成果描述	关键数据（建成年份）
数字底座	全域三维建模	7606平方公里，1小时完成重建，支持周更（2025年） ^[19]
低空网络	无人机运行支撑	30个无人机场、29个中继站，覆盖1748 km²（2025年） ^[19]
信号控制	网联联控水平	445处信号灯100%联网，动态调优（2024年） ^[20]
绿波通行	主干道效率提升	31条绿波带，平均车速40-45km/h（2024年） ^[20]
出行效率	整体交通改善	拥堵指数下降4.09%，平均车速上升4.69%（2023年） ^[20]
公交绿色化	新能源应用	1381台城市公交全部为清洁能源车辆（2023年） ^[18]
数据平台	国家级试点验收	智慧西宁时空大数据平台正式投用（2023年） ^[21]

（四）城市交通环境持续优化

在公交优先与智慧治理协同推进下，西宁人均道路面积由2015年的7.23平方米增至2025年的12.61平方米，市区交通拥堵指数累计下降62.4%。2022年住房和城乡建设部城市体检评估显示，西宁高峰期平均机动车速度在全国59个样本城市中排名第

10，道路网密度5.6 km/km²位列第21位。百度地图《2024年度中国城市交通报告》表明，西宁在全国36个重点城市红绿灯通行幸福度榜单中排名第21位，得分为70.98，其中路口绿灯畅行率21.51、路口等灯时长31.42、干线绿波带占比18.05，综合反映其通行效率与路网韧性优势。

三、评价指标体系构建与权重分析

基于智慧交通的核心内涵、关键特征及发展目标，结合西宁市发展实际，本研究构建西宁市城市智慧交通指数评价指标体系，采用目标层、准则层与指标层三级结构，共涵盖21项具体指标。

（一）评价指标体系框架构建

评价指标体系包含五个准则层：交通基础设施、智慧出行水平、交通管理水平、交通安全状况、环境影响。其中，交通基础设施涵盖百车车位数、公交站牌电子化率等6个指标；智慧出行水平涵盖实时路况用户数、人均日网约车数等4个指标；交通管理水平涵盖路口渠化率、出行平均速度等5个指标；交通安全状况涵盖万车死亡率、高峰期交叉路口阻塞率等3个指标；环境影响涵盖道路绿化达标率、路段空气质量超标率等3个指标。（详见表2）

表2 西宁市城市智慧交通指数评价指标体系

目标层	准则层（一级指标）	指标层（二级指标）
西宁市城市智慧交通指数	交通基础设施（B1）	百车车位数 (C1)
		公交站牌电子化率 (C2)
		路口灯控率 (C3)
		停车诱导系统覆盖率 (C4)
		人均道路面积 (C5)
		路段电子警察安装比例 (C6)
	智慧出行水平（B2）	实时路况用户数 (C7)
		人均日网约车数 (C8)
		智慧公交 APP 渗透率 (C9)
		公交导航人均使用次数 (C10)
	交通管理水平（B3）	路口渠化率 (C11)
		出行平均速度 (C12)
		交通信号协调控制率 (C13)
		高峰期拥堵延时指数 (C14)
		交通事故快速处理率 (C15)
	交通安全状况（B4）	万车死亡率 (C16)
		高峰期交叉路口阻塞率 (C17)
		高峰时段城区主干道平均车速 (C18)
	环境影响（B5）	道路绿化达标率 (C19)
		路段空气质量超标率 (C20)
		路段交通噪音超标率 (C21)

（二）各指标权重的计算

采用德尔菲法邀请15位相关领域专家对准则层内二级指标进行两两比较，匿名构建判断矩阵。通过列归一化处理生成归一化矩阵，经正规化运算形成权矩阵，主对角线元素即为各指标优先权重。为确保权重合理性，需进行一致性检验：

（1）计算一致性指标（CI）： $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ （ $\lambda_{\max}$ 为判断矩阵的最大特征值， n 为矩阵阶数）；

（2）获取随机一致性指标（RI）：参照1-9维矩阵RI基准值表（表3）；

表3 AHP 衡量标度类型及随机一致性指标 (RI) 参考值

前后指标重要性	同样重要		稍微重要		比较重要		十分重要		绝对重要
维数 / 矩阵阶数 n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI 值	0	0	0.52	0.90	1.12	1.26	1.32	1.41	1.45

(3) 判定一致性比率 (CR)：通过 $CR = \frac{CI}{RI}$ 进行验证。当 $CR < 0.1$ 时时判断矩阵具有满意一致性，权重结果有效。

西宁市城市智慧交通指数的比较矩阵、优先权重及一致性检验结果详见表4，各准则层与子指标的优先权重计算结果见表5。

表4 西宁市城市智慧交通指数比较矩阵、各指标优先权重及一致性检验结果

西宁市城市智慧交通指数	交通基础设施 (B1)	智慧出行水平 (B2)	交通管理水平 (B3)	交通安全状况 (B4)	环境影响 (B5)	CI	RI (矩阵阶数)	CR
B1	1	7.8973	3.7925	2.9745	1.8962	0.0740	1.2600 (6)	0.0587
B2	0.1253	1	0.3294	0.9763	0.2463	0.0202	0.8900 (4)	0.0227
B3	0.2490	2.9760	1	2.8130	0.4632	0.0491	1.1200 (5)	0.0438
B4	0.3173	0.9652	0.3346	1	0.3408	0.0091	0.5200 (3)	0.0176
B5	0.4563	3.8749	1.7942	2.7941	1	0.0268	0.5200 (3)	0.0516

注：西宁市城市智慧交通指数比较矩阵中 $\lambda_{\max} = 5.1759$ ， $CI = 0.043975$ ，一致性比例 $CR = 0.0393 < 0.1$ ；准则层各组 $CR_i < 0.1 (i = 1, 2, \dots, 5)$ ；组合一致性比例 $CR_{total} = CI_{total} / RI_{total} = 0.0512 < 0.1$ ，全部通过一致性检验。

表5 西宁市城市智慧交通指数各指标优先权重计算结果

西宁市城市智慧交通指数	准则层各组优先权重	各组内子指标优先权重	子指标总优先权重
B1	0.4482	C1	0.1921
		C2	0.0963
		C3	0.2142
		C4	0.1037
		C5	0.2630
		C6	0.1307
		C7	0.1634
B2	0.0609	C8	0.1634
		C9	0.3952
		C10	0.2781
		C11	0.1785
		C12	0.0481
B3	0.1599	C13	0.4402
		C14	0.1302
		C15	0.2030
		C16	0.1220
B4	0.0829	C17	0.3196
		C18	0.5584
		C19	0.4126
B5	0.2481	C20	0.2599
		C21	0.3275

(三) 权重分析与高原城市分布特征

权重分配结果与西宁市高原多民族城市特性高度契合。交通基础设施 (B1) 权重44.82%，对应人均道路面积12.61平方米 (2015年为7.23平方米)、路口灯控率100%等数据，表明基础设施建设仍处于“补短板”阶段。高原环境下，需重点考核路段交通噪音超标率，如新能源公交在零下30℃条件下续航保持率85%，反映设施耐寒性要求高于平原城市。环境影响 (B5) 权重24.81%，通过路段空气质量超标率8%、交通噪音超标率15%等指标，其子指标中空气质量超标率占B5权重41.26% (总权重0.1024)，交通噪音超标率占B5权重32.75% (总权重0.0813)，

凸显生态敏感性权重的合理性。

交通管理 (B3) 权重15.99%与智慧出行 (B2) 权重6.09%构成互补层次。444处信号灯100%联网联控，31条绿波带使主干道平均车速提升至40-45 km/h，印证B3中交通信号协调控制率权重7.04%设计的科学性。智慧出行维度中，“西宁智能公交”APP渗透率达52.5%，但操作复杂度仍需优化，对应B2子指标总优先权重 (C7-C10 合计0.0609) 与实际服务需求存在适配性。

高原实践价值的多维体现反映在权重分布上：人均道路面积12.61平方米 (全国2022年均值19.28平方米)、公交专用道覆盖率不足，B1权重44.82%指导基础设施攻坚；生态脆弱性方面，空气质量达标率与交通噪音超标率差异强化B5权重24.81%的环境管控导向。区域协同需求层面，“与兰州等周边城市交通信息系统对接不足”，B3中交通事故快速处理率权重3.24%，呼应跨省客流压力 (节假日达平日2-3倍)。

四、研究结论与对策建议

(一) 综合评价与核心结论

基于AHP法权重与实际数据综合估算¹，西宁市智慧交通发展指数综合得分约为75分 (满分100)，处于全国中等偏上水平。评价体系精准适配高原多民族城市特性，权重分配反映现实需求：交通基础设施权重44.82%，对应人均道路面积12.61平方米、路口灯控率100%等数据，体现“补短板”阶段的优先级；环境影响权重24.81%，通过空气质量超标率8%、交通噪音超标率15%等指标，凸显生态敏感性管控的必要性；交通管理权重15.99%，以交通信号协调控制率76.5%、拥堵指数下降4.09%等实证数据验证管理效能提升的科学性。

西宁智慧交通建设呈现“硬设施+软服务+新平台”协同推进特征：一是公交服务全国领先，500米站点覆盖率100%、日均100万人次出行量、99%出行至多换乘1次；二是绿色转型彻底，

1 综合得分估算方法说明：(1) 数据基础：采用文中核实数据 (如人均道路面积12.61 m²、智慧公交APP渗透率52.5%等)；(2) 评分规则：设定各二级指标目标值 (100分) 与基准值 (60分)，通过线性插值转化为标准化得分；(3) 加权合成：将标准化得分与AHP总优先权重 (表5) 相乘后累加，得出综合得分。因篇幅问题不再详细展示。

1381台城市公交100%清洁能源化,新能源车车辆在零下30℃续航保持率85%;三是数字底座先进,7606平方公里三维建模周级更新能力、1748 km²低空网络覆盖;四是管理效能提升,444处信号灯100%联网,31条绿波带使行程时间缩短近5分钟,2023年拥堵指数同比下降4.09%。

（二）现存短板与挑战

尽管成果突出,仍存在结构性短板:一是智慧出行服务渗透率不足(B2权重6.09%),APP用户活跃度与操作复杂度矛盾突出;二是低空智航与地面交通尚未形成统一调度机制(C6总权重5.86%);三是交通事故快速处理率B3组内权重20.30%,反映城乡智能调度覆盖不均衡(C15总权重3.24%);四是定制公交、AI预约等新服务认知度和使用率偏低(C10总权重1.69%)

（三）对策建议

深化“数字孪生+AI”融合应用:构建“空、地”一体化响应机制,推动低空无人机巡检数据与地面信号控制系统联动;开发72小时客流与路况预测系统,基于大模型算法优化运力配置。

打造“全民友好型”智慧出行平台:升级“i西宁APP”,集成预约公交、实时到站、碳积分激励等功能,目标2026年市民活跃用户占比达50%以上;优化藏汉双语服务,在电子站牌、导航系统中强化多语言适配。

完善政策与标准体系:制定《西宁市智慧交通运行管理办法》,明确高原环境下的设备选型与运维规范;设立智慧交通专项基金,建议投入占GDP的1.2%–1.5%;构建跨区域协同机制,与周边城市共建交通信息系统。

五、结语

基于AHP法构建的高原多民族城市智慧交通评价体系显示,西宁市在数字孪生与低空智航领域取得突破,技术适配性与数据底座建设居西部前列。全国横向比较视角下,其发展指数综合得分估算约为75分,处于中等偏上区间,但信号协调控制(C13总权重7.04%)、公众服务渗透(C10总权重1.69%)等维度仍有提升空间。

未来研究可从三方面深化:构建动态更新的评价体系,纳入数字孪生底座精度、低空交通运行效率等新指标;制定高原环境差异化建设标准,提升设施耐久性;探索“交通+生态+民族”融合治理模式,推动服务与生态保护、文化传承协同发展。

西宁市需政府、企业与公众协同推进“数字孪生+AI”技术融合、城乡公交一体化调度及绿色低碳服务供给,为全球高原城市发展提供可复制的智慧交通范式。

参考文献

- [1]陈才君,柳展,钱小鸿,等.智慧交通(第二版)[M].北京:清华大学出版社,2015:56–72.
- [2]MANDAL R,MANDAL A,DUTTA S,et al. Framework of intelligent transportation system: A survey[C]// Lecture Notes in Networks and Systems. Singapore: Springer Nature, 2022: 93–108.
- [3]澎湃新闻. 西宁市区21条绿波带投入使用,为驾驶人开启绿波通道[EB/OL]. (2023–12–30) [2025–12–05]. https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_25853273.
- [4]张盈盈,陈燕凌,关积珍,等.智慧交通的定义、内涵与外延[C]// 2014第九届中国智能交通年会大会论文集. 北京:北京交通发展研究中心;北京市交通委员会;北京四通智能交通系统集成有限公司,2014:584–588.
- [5]张盈盈,李健,王振源.智慧交通内涵界定与评价维度探析[J]. 中国交通信息化,2014(12):45–49.
- [6]陈琨,杨建国.智慧交通的内涵与特征研究[J]. 中国交通信息化,2014(9):28–30.
- [7]PERRAL A,HERNANDEZ J U E,ONIEVA E,et al. Smart transportation systems: Technology and applications[M]. Beijing: China Machine Press, 2022: 56–62.
- [8]SMITH J,BROWN T. Urban smartness evaluation framework: A six-dimensional approach[J]. Journal of Urban Technology, 2022, 29(2): 45–62.
- [9]HIN L T W,SUBRAMANIAM R. Creating smart cities with intelligent transportation solutions[C]// Advances in environmental engineering and green technologies. Hershey: IGI Global, 2019: 174–190.
- [10]BOLGOVA E,KOROLEVA E,BOLGOV S. Smart transport in a smart city: European and Russian development management track[J]. Transportation Research Procedia, 2022, 63: 844–852.
- [11]王振源,陈明,刘畅.新时代智慧交通的特征与发展趋势[J]. 城市发展研究,2019,26(7):78–84.
- [12]苑宇坤,张宇,魏坦勇,等.智慧交通关键技术及应用综述[J]. 电子技术应用,2015,41(8):9–12+16.
- [13]田舒斌,主编.中国国际智慧城市发展蓝皮书:2014[M].北京:电子工业出版社,2015:52–56.
- [14]俞萍,杨晓凤,袁慧君,等.第四届(2014)中国智慧城市发展水平评估报告[R].北京:中国社会科学院信息化研究中心;国脉互联智慧城市研究中心,2014:45–49.
- [15]SAATY T L. How to make a decision: The analytic hierarchy process[J]. Interfaces, 1994, 24(6): 19–43.
- [16]李锐,王丽,赵刚. AHP方法在智慧交通评价中的应用与改进[J]. 系统工程理论与实践,2016,36(5):1156–1165.
- [17]ZAPOLSKYTĖ S,TRĖPANIER M,BURINSKIENĖ M,et al. Smart urban mobility system evaluation model adaptation to Vilnius, Montreal and Weimar cities[J]. Sustainability, 2022, 14(2): 715.
- [18]宇通客车. 西宁公交:科技赋能点亮智慧交通[EB/OL]. (2023–08–25) [2025–12–05].<https://www.yutong.com/news/yutongnews/08/1694960739565047808.shtml>
- [19]中国新闻网. 西宁低空智航应用平台正式发布[EB/OL]. (2025–09–27) [2025–12–05].<https://www.chinanews.com/sh/2025/09-27/10490292.shtml>.
- [20]西宁晚报. 31条绿波道路提升通行效率[EB/OL]. (2025–03–11) [2025–12–05].http://www.xnwbw.com/html/2025-03/11/content_324414.htm.
- [21]张弘靓. 智慧西宁时空大数据平台建设试点项目通过国家验收[N/OL]. 西宁晚报,2023–09–27(07)[2025–12–05]. <http://www.qinghai.gov.cn/zwgk/system/2023/09/27/030026514.shtml>.

豫南传统村落景观基因的变异机制与修复策略研究

张博雅

长江大学 城市建设学院, 湖北 荆州 434023

DOI:10.61369/UAID.2026010014

摘 要： 传统村落作为中华农耕文明的重要遗产，承载着丰富的历史文化与生态智慧。豫南地区地处豫鄂皖交界，其村落融合中原与楚文化，形成独特景观基因谱系。本文基于景观基因理论，识别豫南传统村落景观基因，探究其在各种冲击下的变异机制，并提出相应修复策略。研究发现，景观基因变异主要体现在建筑风貌异化、空间肌理断裂、文化记忆模糊等方面，驱动因素涵盖自然、社会经济与人文等多重维度。基于“保护为先、利用为基、传承为本”的理念，提出构建全域协同保护体系、创新文化价值转化机制、强化数字技术赋能等路径，以增强文化认同，助力乡村振兴^[1]。

关 键 词： 豫南地区；传统村落；景观基因；基因变异；修复策略；文化传承

Research on the Variation Mechanism and Restoration Strategies of Landscape Genes in Traditional Villages in Southern Henan

Zhang Boya

School of Urban Construction, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434023

Abstract： Traditional villages, as an important heritage of Chinese agricultural civilization, carry rich historical culture and ecological wisdom. The southern part of Henan Province is located at the junction of Henan, Hubei and Anhui. Its villages integrate the cultures of Central Plains and Chu, forming a unique landscape gene spectrum. Based on the theory of landscape genes, this paper identifies the landscape genes of traditional villages in southern Henan, explores their variation mechanisms under various shocks, and proposes corresponding restoration strategies. Research findings reveal that the variation of landscape genes is mainly manifested in aspects such as the alienation of architectural styles, the fragmentation of spatial textures, and the blurdiness of cultural memories, with driving factors covering multiple dimensions including nature, social economy, and humanity. Based on the concept of "protection first, utilization as the foundation, and inheritance as the essence", it is proposed to build a comprehensive collaborative protection system, innovate the mechanism for transforming cultural values, and strengthen the empowerment of digital technology, in order to enhance cultural identity and contribute to rural revitalization^[1].

Keywords： the southern Henan region; traditional village; landscape gene; genetic variation; repair strategy; cultural inheritance

传统村落蕴含丰富的历史记忆、生态智慧与人文精神。在快速城镇化与乡村振兴背景下，传统村落面临保护与发展的巨大挑战。景观基因理论为解读传统村落的文化特质与空间形态提供了新的研究视角，它将生物学中的“基因”概念引入文化景观研究，用以识别和表征传统村落中相对稳定、可传承的核心文化要素^[2]。

豫南地区位于我国南北气候过渡带，历史上是中原文化与楚文化、江淮文化交流融合的重要区域。该地区传统村落众多，形成了独具特色的地域景观。近年来，随着乡村振兴战略的深入推进，该地区传统村落保护与发展取得了一定成效。然而，由于保护意识不足、开发方式不当等多重因素，豫南传统村落景观基因仍面临不同程度的变异与侵蚀风险，亟待系统研究其变异机制并制定科学有效的修复策略^[3]。

本文立足于景观基因理论，结合豫南地区传统村落实地调研，系统分析景观基因的类型特征、变异表现及其驱动机制，进而提出有针对性的修复策略。

一、豫南传统村落景观基因的识别与分类

景观基因是传统村落形成与发展过程中积淀下来的核心文化密码。基于景观基因理论，结合豫南地区自然地理环境与历史文化背景，可将其传统村落景观基因归纳为以下几大类型^[4]。

基因类型	核心要素	表现形式	地域特色
自然生态基因	山水格局、气候适应、生态智慧	依山傍水布局、梯田农业系统、湿地污水处理	山地—丘陵—水系复合型生态适应模式
聚落空间基因	边界形态、街巷肌理、公共空间	团块状/带状布局、街巷网络、广场节点	“背山面水、负阴抱阳”的传统空间哲学

基因类型	核心要素	表现形式	地域特色
建筑营造基因	民居形式、结构技艺、装饰符号	豫南民居（天井院、门楼、三雕）	南北风格融合的“豫风楚韵”建筑特色
文化记忆基因	民俗节庆、传统技艺、宗族礼制	庙会社火、农耕礼仪、茶文化、非遗手工艺	中原农耕文明与楚文化浪漫主义交融

（一）自然生态基因

豫南地区地处北亚热带向暖温带过渡区，地形以山地、丘陵为主。这种自然地理环境影响了传统村落的选址与布局，形成了“依山傍水、负阴抱阳”的生态适应智慧。具体表现为：村落的选址多依托山势，顺应水系；农业生产系统多采用梯田耕作、塘堰灌溉等适应山地丘陵的生态技术；村落内部通过湿地污水处理等生态循环技术实现人与自然的和谐共生。

（二）聚落空间基因

豫南传统村落的空间形态受地理环境与移民历史影响，呈现出多样化的布局特征。从宏观形态看，主要有团块状、带状及散点式三种类型。从中观肌理看，街巷系统多呈现自由网状或鱼骨状结构。公共空间系统包括宗祠前广场、水井旁、古树下等节点，构成村落社会生活的核心场所。这种空间基因体现了“天人合一”的生态哲学与“家国同构”的社会伦理^[5]。如信阳新集村的“三院七坊”设计，将原有颓败的空心院落改造为村民自主管理的公共空间，既保留了传统肌理，又注入了新功能^[6]。

（三）建筑营造基因

豫南传统民居建筑融合了中原建筑的厚重质朴与楚地建筑的轻盈灵动，形成了独具特色的“豫风楚韵”风格。在建筑形态上，多采用硬山搁檩、天井院落等形制；在建筑材料上，以青砖、灰瓦、土坯为主，就地取材；在建筑细部上，注重三雕（木雕、石雕、砖雕）。

（四）文化记忆基因

豫南地区作为中原文化与楚文化、江淮文化的交汇地带，形成了丰富多彩的文化传统。这些文化记忆通过民俗节庆、传统技艺、宗族礼制及农耕仪礼等非物质形态代代相传。如新集村则通过贺家酒坊、拙匠书院等载体，让非遗技艺：“可触摸、能带走”，实现文化记忆的活态传承^[6]。

这些景观基因相互关联、相互作用，共同构成了豫南传统村落的景观基因系统。

二、豫南传统村落景观基因的变异机制

随着城镇化、现代化进程的加速，豫南传统村落景观基因面临前所未有的冲击与挑战，发生了一系列形态与功能的变异。

（一）景观基因变异的多维表现

1. 物质空间层面的变异

在物质空间层面，景观基因变异主要表现为传统建筑风貌异化（如“瓷砖化”“洋楼化”现象）、聚落空间肌理断裂（如古街巷被水泥路取代），以及生态基础设施退化（如自然排水系统被现代工程替代）。村落因人口外流导致建筑长期闲置、损毁倒塌等^[7]。

2. 文化社会层面的变异

在文化社会层面，变异主要表现为文化记忆模糊与社区结构瓦解。传统节庆、民俗活动的认同感减弱；非遗技艺因传承断层；宗族观念淡化，乡村共同体意识弱化。同时，青壮年人口大量外流，导致村落“空心化”加剧^[7]。

（二）景观基因变异的驱动机制

1. 自然与环境因素

地理区位与生态环境的变化是景观基因变异的基底因素。偏远山区村落因交通不便、资源匮乏，发展受限；而城郊村落则面临城市扩张的吞噬压力。气候变化引发的自然灾害也直接威胁传统建筑与聚落安全^[8]。

2. 社会经济因素

社会经济因素是景观基因变异的主要驱动力。城镇化与人口流动导致村落人口结构失衡；产业转型与经济效益导向使传统生产生活方式发生根本改变；旅游开发与商业化可能导致过度商业化，丧失文化真实性^[10]。

3. 人文与政策因素

保护理念偏差与制度保障不足是景观基因变异的深层原因。一方面，保护意识薄弱导致“重申报轻管理”的治理困境；另一方面，技术应用滞后使得数字化保护多停留在形式嫁接。同时，跨部门协作缺乏与长效保障机制不健全^[9]。

表2：豫南传统村落景观基因变异类型与驱动机制

变异类型	具体表现	驱动因素	典型案例
建筑风貌异化	传统建材被取代，现代元素过度添加	建材技术更替、保护意识不足、建设性破坏	部分村落“瓷砖化”改造
空间肌理断裂	街巷格局改变，公共空间衰败	道路扩建、无序建设、人口减少	古街巷拓宽为水泥路
文化记忆模糊	民俗活动简化，非遗技艺失传	代际断裂、生活方式变迁、教育缺失	传统手工艺濒临失传
生态技术失传	传统生态智慧被现代技术替代	技术更新、生态观念变化、政策导向	湿地处理系统被污水处理厂替代

三、豫南传统村落景观基因的修复原则与策略

（一）修复基本原则

原真性与整体性原则：尊重传统村落的原真性，坚持“整旧如故、以存其真”的保护理念，注重村落整体风貌与历史格局的保护^[10]。

活态性与可持续性原则：将传统村落视为“活态遗产”，注重物质与非物质文化遗产的协同保护，通过功能活化与产业植入，实现可持续发展^[11]。

参与性与共享性原则：建立“政府主导、村民自治、社会参与”的多元共治机制，保障村民的主体地位与合法权益^[12]。

（二）多维修复策略

1. 构建全域协同保护体系，破解区域失衡困局

针对豫南地区传统村落保护的区域失衡问题，应构建跨区域协同发展机制。根据豫南文化资源特点，实施差异化活化策略，强化“红绿资源”融合。建立传统村落联盟，打破行政壁垒，统

筹编制文化遗产廊道规划^[3]。

2. 创新文化价值转化机制，释放深层动能

破解文化资源转化断层需构建“基因解码—场景重构—市场反哺”的全链条机制。深入挖掘传统村落的景观基因，将其转化为现代设计语言。推动非遗技艺与现代产业深度融合，开发数字藏品、沉浸式体验项目等高附加值业态^[6]。

3. 健全产业融合生态系统，激发内生动力

传统村落振兴需构建“文化—生态—经济”协同共生的产业生态。打破文旅产业同质化困局，激活传统农耕智慧与现代生态农业的联动价值。完善城乡要素流动机制，通过“乡村创客飞地”模式逆向导流人才、资本与技术^[9]。

4. 强化数字技术赋能支撑，破解应用瓶颈

数字化技术应用需从工具性辅助转向系统性赋能。构建全域智慧保护管理系统，实时监测传统建筑。推动文化遗产“数字化永生”，运用区块链技术对非遗技艺进行全流程确权存证。注重技术适配性与人文价值平衡^[13]。

5. 完善制度保障体系，筑牢长效机制

传统村落可持续发展需构建“政策—法律—治理”三位一体的制度框架。推进专项立法进程，明确社会资本参与权益与开发强度。改革考核评价体系，将非遗传承完整性、村民满意度等指标纳入地方政府绩效考核。创新多元共治模式，推行“村民议事会”等协商机制^[12]。

修复维度	核心策略	实施路径	预期成效
保护体系	全域协同保护	建立传统村落联盟、编制文化遗产廊道规划	破解区域失衡、实现联动发展
文化传承	基因解码与场景重构	文化基因提取、非遗创新工坊、沉浸式体验项目	增强文化认同、提升价值转化
产业发展	生态产业融合	写生经济+、生态农业、乡村创客飞地	激发内生动力、实现可持续发展
技术支撑	数字赋能	数字孪生村落、AR导览系统、智慧管理平台	提升保护效率、创新展示方式
制度保障	多元共治	专项立法、考核改革、村民议事会、保护基金	筑牢长效机制、保障各方权益

四、结论与展望

本文基于景观基因理论，系统研究了豫南传统村落景观基因的识别分类、变异机制与修复策略。研究表明，豫南传统村落景观基因是包含多重基因的综合系统，其在现代化进程中面临着多维度的变异风险。

针对景观基因的修复，应坚持“保护为先、利用为基、传承为本”理念，通过构建全域协同保护体系、创新文化价值转化机制、健全产业融合生态系统、强化数字技术赋能和完善制度保障体系等策略，实现传统村落的活态传承与可持续发展。此项工作需政府、社区、学界与社会各界长期共同努力^[11]。

参考文献

[1] 彭科, 刘沛林, 杨立国, 邓运员. 基于 DFRI 碱基理论的传统村落景观基因推演与修复 [J]. 地理科学, 2023, 43(6).

[2] 刘沛林. 景观基因理论: 传统聚落文化景观研究的新视角 [J]. 地理研究, 2018, 37(2): 209-220.

[3] 陈岷江, 陈楠. 河南传统村落保持利用发展研究 [J/OL]. 理论中原, 2025(2025-03-28).

[4] 徐秋实. 中原地区传统村落空间形态控制策略与实证分析 [M]. 北京: 地质出版社, 2021.

[5] 马航. 中国传统村落的延续与演变——传统聚落规划的再思考 [J]. 城市规划学刊, 2006(1): 102-107.

[6] 汪俊, 金宏辉, 李健, 蔡冯阳. 潢川县双柳树镇天桥村: 激活发展双引擎 创新融合新范式 [EB/OL]. 河南县城经济网, 2025(2025-03-17).

[7] 樊霞, 成安林. 古村不“古”——解读河南传统村落保护与活化的“共生密码” [N/OL]. 河南日报, 2025(2025-05-07).

[8] 河南省住房和城乡建设厅. 河南省传统村落保护发展规划导则(修订版) [Z]. 2022.

[9] Exploring The Formation Mechanisms Behind Traditional Village Landscapes[EB/OL]. Evrim Ağacı, 2025.

[10] 联合国教科文组织. 保护世界文化和自然遗产公约操作指南 [Z]. 2023.

[11] 孙华. 传统村落活态保护的理论与实践 [J]. 文化遗产, 2019, (4): 12-20.

[12] 中共中央办公厅, 国务院办公厅. 关于在城乡建设中加强历史文化保护传承的意见 [Z]. 2021.

[13] 冯瑞苹. 古村新韵: 解码“老家河南”的魅力基因 [N/OL]. 河南经济报, 2025(2025-07-24).

古城区土地利用景观格局演变特征 ——基于多期遥感数据的时空分析

张礼凤¹, 倪金卫^{1*}, 杨帆²

1. 云南农业大学园林园艺学院, 云南 昆明 650201

2. 金碧物业有限公司昆明分公司, 云南 昆明 650300

DOI:10.61369/UAID.2026010016

摘 要 : 丽江市古城区作为丽江市核心区域, 研究其土地利用景观格局的时空演变特征, 有利于土地资源的合理规划与管理。以丽江市古城区为研究区域, 基于2000年、2010年、2020年三期土地利用数据, 综合运用 Arc Gis空间分析、景观格局指数法、景观生态学理论, 系统探究了古城区土地利用景观格局的时空演变特征。结果表明: 丽江市古城区呈现出草地面积减少, 林地、建设用地和水域面积增加的特点, 整体而言土地利用趋于稳定。就斑块类型层面而言, 耕地与建设用地破碎化加重, 林地、草地与水域破碎化程度下降; 就景观类型层面而言, 土地利用集约程度增强, 景观斑块凝聚力向好, 多样性和用地类型丰富度上升。空间分布二元化明显, 形成“城镇核心区集聚、边缘区分散”的格局。基于土地利用景观格局的时空演变特征, 古城区在未来建设重点任务应进一步强化“核心区集约利用、边缘区生态保育”的空间策略, 优化建设用地布局, 控制耕地与生态用地的破碎化; 同时持续提升景观连通性与多样性, 促进土地利用系统的生态效益与经济效益协调发展, 为区域可持续发展奠定基础。

关 键 词 : 土地利用; 景观格局; 时空演变; 丽江古城

Temporal and Spatial Evolution Characteristics of Land Use Landscape Patterns in the Ancient City District — A Temporal and Spatial Analysis Based on Multi-Period Remote Sensing Data

Zhang Lifeng¹, Ni Jinwei^{1*}, Yang Fan²

1. College of Landscape Architecture and Horticulture, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201

2. Kunming Branch of Jinbi Property Management Co., Ltd., Kunming, Yunnan 650300

Abstract : As the core area of Lijiang City, studying the temporal and spatial evolution characteristics of land use landscape patterns in the ancient city district is beneficial for the rational planning and management of land resources. Taking the ancient city district of Lijiang City as the research area, based on land use data from three periods—2000, 2010, and 2020—this study systematically explores the temporal and spatial evolution characteristics of land use landscape patterns in the ancient city district by comprehensively utilizing ArcGIS spatial analysis, landscape pattern index methods, and landscape ecology theory. The results indicate that the ancient city district of Lijiang City is characterized by a decrease in grassland area and an increase in forest land, construction land, and water area, with overall land use tending towards stability. At the patch type level, the fragmentation of cultivated land and construction land has intensified, while the fragmentation of forest land, grassland, and water areas has decreased. At the landscape type level, the intensity of land use has increased, the cohesion of landscape patches has improved, and diversity and land use type richness have risen. The spatial distribution is notably dichotomous, forming a pattern of "agglomeration in the urban core area and dispersion in the peripheral areas." Based on the temporal and spatial evolution characteristics of land use landscape patterns, future construction priorities in the ancient city district should further strengthen the spatial strategy of "intensive utilization in the core area and ecological conservation in the peripheral areas," optimize the layout of construction land, control the fragmentation of cultivated land and ecological land, continuously enhance landscape connectivity and diversity, promote the coordinated development of ecological and economic benefits of the land use system, and lay the foundation for regional sustainable development.

Keywords : land use; landscape pattern; temporal and spatial evolution; Ancient City of Lijiang

项目基金: 国家自然科学基金: (编号: 52268005) “跨国文化线路视野下滇越铁路乡村站点聚落的形态基因与活化利用研究”

作者简介

张礼凤 (2000-), 女, 汉族, 云南文山山人, 在读硕士研究生, 研究方向: 生态修复;

杨帆 (1999-), 男, 汉族, 四川自贡人, 硕士研究生, 研究方向: 景观格局。

通讯作者: 倪金卫 (1971-), 男, 汉族, 云南红河人, 硕士研究生、副教授、硕士生导师, 研究方向: 城乡规划设计与理论。

引言

当前,随着可持续发展理念的深入人心,如何在有限的土地资源条件下实现经济发展、社会需求与生态保护的协调统一,已成为学术界和政策制定者共同关注的焦点。深入研究土地利用景观格局的时空演变特征,能够为揭示土地利用变化的驱动机制提供科学依据,为土地资源的合理规划与管理提供有力支撑,对于实现区域可持续发展具有重要的现实意义^[1-2]。丽江市古城区作为滇西北核心旅游集散地,古城区正由传统城镇发展模式逐步向“旅游导向型空间生产模式”转型,国土空间格局正经历由单一景区开发向“泛旅游化”空间网络重构的演变。

土地利用格局是自然过程与人类活动长期相互作用的结果,其主要目标是在协调多方面需求中实现可持续性,既要合理规划农业、工业、商业等用地以保障生产活动,提升土地经济产出,也要优先保障住宅与公共设施用地,满足居民居住、医疗、教育等基本社会需求,同时还需保护耕地、林地、湿地等生态用地,维持生态平衡,预防土地退化,最终实现经济、社会与生态效益的统一^[3]。土地利用格局深刻反映了地域的文化、历史与经济特征,对土地利用格局进行分析和研究,有助于延续当地的文化,塑造具有地域识别性的风景,并引导城镇空间与农业景观等向着更可持续、更宜居的方向发展。景观格局指数能够量化区域生态系统的健康状况与空间异质性,可借助景观格局指数来精准地识别关键的生态廊道、脆弱的生态节点以及破碎化的生境,从而在规划中科学构建与修复生态网络,提升区域的生物多样性保护、水土安全等生态系统服务功能,景观格局还直接影响着居民的视觉体验、游憩机会与心理健康。

国外土地利用研究始于20世纪20年代,早期缺乏系统性;20世纪90年代后,全球加强LUCC研究,1999年国际地圈-生物圈计划(IGBP)和国际全球环境变化人文因素计划(IHDP)明确土地利用变化机制为土地利用/土地覆盖变化(LUCC)核心问题^[4]。21世纪科技发展推动“3S”技术与数学模型结合的研究体系广泛应用,国际地理协会(IGU)将驱动力机制、环境关系及“3S”技术应用列为重点。因早期数据获取困难导致尺度研究难以整合,2005年IGBP和IHDP推出全球土地计划(GLP),将焦点转向区域等中微观尺度^[5-6]。国内LUCC研究主要以时空变化特征为基础。21世纪后,张新荣(2014年)等建议加强跨学科研究、关注多尺度效应等^[7]。多位学者开展实证研究:张宇(2025年)等采用当量因子法估算鄂尔多斯市2000年至2020年间不同土地利用类型的ESV,通过土地利用动态度和转移矩阵等方法分析土地利用变化对ESV的影响,并提出了针对性的优化策略^[8];孙琪佳(2025年)以云南省全域为研究对象,从总体变化特征、变化速率、类型的转换方向对云南省土地利用变化情况进行分析^[9]。以往的研究成果很丰富,但是对于土地利用的研究大多集中在市域和流域等较大尺度的区域上,对小尺度尤其是古城区的土地利用研究则较少。

本文以丽江市古城区作为研究区域,以2000年、2010年、2020年三期土地利用数据以及DEM、水网路网数据等作为基础研究数据,分析古城区2000年-2020年间的土地利用景观格局时空演变特征,以期对保护区保护成效进行科学评估并为建立完善的保护区管理机制提供参考依据。

一、研究区概况、研究方法和数据来源

(一) 研究区概况

古城区是丽江市的中心城区,位于丽江市东北部中心位置。截至2021年10月,古城区辖7个街道、2个镇、2个乡。全区总面积1262.78平方千米。其城乡现状格局特征呈“一城一园、乡镇散布”,主城区为城镇发展核心,丽江金山高新技术产业开发区为第二发展高地,其余乡镇和园区散布的城镇地理格局。古城区属低纬高原季风气候,雨量丰沛,森林覆盖率达到了72.96%。不仅拥有着丰富的动植物资源,而且还拥有着较高的生物多样性、广泛的林业用地和丰富的矿产资源。境内及其周边拥有众多的名胜古迹,自然景观丰富多彩,具有独特而富有魅力的民族文化特色,拥有“纳西古乐”“三江并流”和“纳西族东巴古籍文献”三大世界遗产。

(二) 数据来源

本研究所需的基础数据主要是土地利用数据和其他基础数据。古城区2000年、2010年LandSat TM/ETM 遥感影像和2020年LandSat8 OLI/TIRS 遥感影像数据及DEM高程数据均来自地理空间数据云平台(<http://www.gscloud.cn>),空间分辨率

为30m。行政区域边界线矢量数据来源于天地图国家地理信息公共服务平台(<https://www.tianditu.gov.cn>)。人口、GDP、年平均温度、年平均降水、人类活动强度(夜间灯光系数栅格数据)、水源涵养数据以及土壤类型数据来自中国科学院资源环境科学数据平台(<http://www.resdc.cn>)。2010年与2020年的古城区景点、车站、宾馆酒店POI数据则来源于高德地图API开放平台。各级道路、政府驻地、水系河网等数据来源于全国地理信息资源目录服务系统(<https://www.webmap.cn>)。

根据中国科学院LUCC分类体系为基础依据,并结合研究区实际情况,分为耕地、林地、草地、水域、建设用地五大景观类型。

(三) 研究方法

1. Arc Gis 空间分析可视化

地理信息系统(GIS)是进行空间数据分析和可视化的重要工具,是景观生态学空间模型和定位分析研究的主要手段^[10]。运用Arc Gis软件,将古城区的土地利用数据进行数字化处理和空间分析,研究出了2000-2020年期间古城区土地利用类型的演变过程和规律。

2. 景观格局分析法

在景观生态学领域,景观格局指数作为一类关键指标,能够精

确刻画并量化景观结构、格局及其复杂程度^[11]。利用 Fragstats 4.2 软件对古城区的栅格数据进行深入分析，定量描述了景观格局的时空演变特征。基于景观生态学理论，对于景观格局研究从斑块类型和景观水平两个层面选取了 11 个景观格局指数，包括斑块数量、最大斑块指数、香农多样性指数等。通过对这些指数的分析，直观地了解不同土地利用类型的破碎度、聚集度、多样性等特征的变化，为揭示土地利用变化对景观格局的影响提供了科学依据。

二、结果分析

（一）古城区土地利用变化分析

1. 景观类型面积变化

2000 年 - 2020 年期间区域土地利用呈现“三增两减”特征：耕地、草地面积减少；林地、建设用地、水域面积增加。其中，耕地减少量最大，面积占比下降 2.33%；建设用地是增速最快的地类，反映出城镇化进程中土地开发强度的持续加大；水域作为生态敏感地类，呈持续扩张态势；林地与草地类型则在研究期内较为稳定（见表 2）。

表 2 研究区景观类型面积变化数据

年份	数据	耕地	林地	草地	水域	建设用地	合计
2000 年	面积 / Km ²	226.01	561.54	449.29	8.15	23.45	1268.44
	比例 / %	17.82%	44.27%	35.42%	0.64%	1.85%	100%
2010 年	面积 / Km ²	213.11	583.10	429.91	8.35	33.98	1268.44
	比例 / %	16.80%	45.97%	33.89%	0.66%	2.68%	100%
2020 年	面积 / Km ²	196.54	585.02	425.81	10.40	50.68	1268.44
	比例 / %	15.49%	46.12%	33.57%	0.82%	4.00%	100%

2. 土地利用动态变化分析

使用土地利用动态度公式对古城区 2000 年、2010 年和 2020

年三期景观用地类型面积数据进行计算，得到 2000 年 - 2010 年、2010 年 - 2020 年和 2000 年 - 2020 年的单一土地利用动态度数值（表 3）和综合土地利用动态度数值（表 4）。

表 3 2000 - 2020 年古城区单一土地利用动态度

土地利用类型	2000 年 - 2010 年		2010 年 - 2020 年		2000 年 - 2020 年	
	变化面积	动态度	变化面积	动态度	变化面积	动态度
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
耕地	-12.90	-0.57	-16.57	-0.78	-29.47	-0.65
林地	21.55	0.38	1.92	0.03	23.48	0.21
草地	-19.39	-0.43	-4.10	-0.10	-23.49	-0.26
水域	0.21	0.26	2.05	2.45	2.25	1.38
建设用地	10.52	4.49	16.70	4.92	27.23	5.80

在 2000 年至 2020 年期间，古城区的建设用地面积与水域面积均处于持续增长态势，林地面积也有小幅度增加，耕地面积和草地面积呈现出小幅度的减少（见表 3）。由此可以推断，在过去的二十年里，古城区的发展重点主要集中在城镇基础设施建设，以及水域、林地的生态保护工程方面。

表 4 古城区综合土地利用动态度

研究年限	2000 年 - 2010 年	2010 年 - 2020 年	2000 年 - 2020 年
综合动态度 / %	0.25	0.16	0.21

在 2000 年 - 2010 年以及 2010 年 - 2020 年这两个时段，古城区保持着稳步发展的态势，土地类型的总体转化过程相对温和，未出现剧烈变动。对比来看，2000 年 - 2010 年的综合动态度变化相较于 2010 - 2020 年更为显著（见表 4）。

3. 土地利用结构转移矩阵

转移矩阵能够详尽且精准地展现研究区域内各类用地的转移活跃程度，以及不同用地类型间相互转移的具体情形^[12]。本研究利用土地利用转移矩阵分析在两个时间段内的转出和转入情况（表 5、表 6）。利用其得到的转移变化情况数据在 Arc Gis 软件中分别制作 2000 年 - 2010 年、2010 年 - 2020 年的用地类型向其他类型的转移变化图，如（图 1）所示。

表 5 研究区景观类型转移矩阵（2000 - 2010 年）

		2010 年单位 / km ²					2000 年总计	减少量
类型		耕地	林地	草地	水域	建设用地		
2000 年	耕地	201.14	8.16	4.48	0.05	12.18	226.01	24.87
	林地	0.66	559.57	0.98	0.00	0.34	561.54	1.97
	草地	10.51	15.26	423.05	0.07	0.39	449.29	26.24
	水域	0.03	0.00	0.05	8.06	0.00	8.15	0.08
	建设用地	0.77	0.10	1.35	0.16	21.07	23.45	2.39
	2010 年总计	213.11	583.10	429.91	8.35	33.98	1268.44	
增加量		11.98	23.53	6.85	0.29	12.91		55.56

表 6 研究区景观类型转移矩阵（2010 - 2020 年）

		2020 年单位 / km ²					2010 年总计	减少量
类型		耕地	林地	草地	水域	建设用地		
2010 年	耕地	177.13	5.39	10.34	2.18	18.08	213.11	35.98
	林地	6.14	550.13	25.86	0.13	0.83	583.10	32.96
	草地	7.82	29.41	388.01	2.32	2.34	429.91	41.90

2010年	水域	1.24	0.04	1.03	5.60	0.45	8.35	2.76
	建设用地	4.20	0.05	0.57	0.18	28.98	33.98	4.99
	2020年总计	196.54	585.02	425.81	10.40	50.68	1268.44	
	增加量	19.40	34.89	37.80	4.81	21.70	118.59	

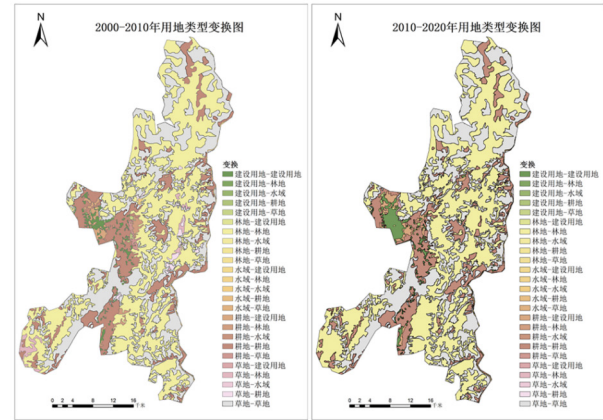


图1 用地类型变换图

2000年 - 2010年期间发生转移的总面积达55.56km²，占研究区总面积的4.38%。耕地资源呈持续缩减态势，转变为建设用地是耕地最主要的流出类型（见表5）。原因在于城市的快速扩张和基础设施建设需要大量土地，使得大部分耕地被转化为了建设用地。

2010年 - 2020年期间发生转移的总面积达118.59km²，占研究区总面积的9.35%。耕地不断减少，主要流出类型为建设用地，其次为草地。耕地景观的转入面积主要来源于林地与草地两种类型。期间建设用地的增长较快。建设用地的流入流出类型基本上是建设用地与耕地的互相转移（见表6）。

（二）古城区景观格局指数分析

本研究在景观水平上共选取11个指数反映丽江市古城区景观在空间上的异质性和聚集性。

1. 斑块破碎度指数分析

由景观斑块破碎度指数分析表（表7）所示，草地的NP值连续下降，表明其破碎化程度减小，斑块之间的整合度增强。耕地与建设用地的NP值上升，说明两者破碎化程度加重，与其城镇建设扩张占用部分耕地的原因有关。林地与水域的NP值在2000-2010年间几乎不变，在2010-2020年间均呈下降趋势，斑块破碎

化程度降低。

研究期内林地的LPI指数占比最大，表明在研究区域内林地景观类型是占据绝对优势的景观类型；草地LPI值先小幅度下降再小幅度上升；耕地的LPI值则呈现连续下降的趋势，表明耕地的优势度逐渐降低；建设用地LPI上升趋势明显，优势度逐渐增强；水域LPI值最小，但其LPI值从2000年到2020年间也在不断增大，表明水域景观的优势度虽然不显著，但仍是构成研究区域基质斑块不可或缺的景观类型。

表7 景观斑块破碎度指数分析

用地类型	2000年		2010年		2020年	
	NP	LPI	NP	LPI	NP	LPI
耕地	93	4.7911	106	3.7187	109	3.0632
林地	82	18.0506	82	20.288	68	20.2648
草地	123	6.6686	119	6.5973	109	6.6003
水域	49	0.0954	50	0.0952	41	0.2069
建设用地	60	0.6822	63	1.4027	66	2.5589

2. 斑块形状指数分析

根据景观斑块形状指数分析表（表8）可知，耕地、建设用地的分维度指数（PAFRAC）的变化是先上升后下降。其中分维度指数数值最大的景观类型是建设用地，表明该景观结构内的复杂程度最大，受到人为干扰的程度最重，建设用地的分维度指数在2000-2020年间总体趋势表现为下降，而LSI指数呈连续下降趋势，表明从2000年至2020年间其景观结构的复杂程度受到城镇发展的影响而上升，然后在人为因素的干扰下景观结构类型的复杂程度和斑块形状趋于规则；耕地LSI指数与分维度指数的趋势一致，说明人为因素的干扰是导致耕地景观结构复杂程度的主要因素。林地、草地从2000年到2020年的分维度指数总体趋势一致，呈小幅度上升，LSI指数的总体水平趋于一致，说明林地、草地两种类型在研究期间斑块形状变化不大，受到人为因素干扰程度低。水域景观类型的分维度指数呈下降趋势，形状指数总体上也呈下降趋势，形状趋于规则。

表8 景观斑块形状指数分析

用地类型	2000年		2010年		2020年	
	PAFRAC	LSI	PAFRAC	LSI	PAFRAC	LSI
耕地	1.2745	17.967	1.2841	19.0031	1.263	18.7588
林地	1.2632	21.0286	1.2569	20.0809	1.3028	20.1554
草地	1.2924	26.6482	1.2985	27.0732	1.3384	26.8207
水域	1.3775	14.6895	1.3723	14.8601	1.3402	12.4206
建设用地	1.4442	13.7709	1.4767	11.1598	1.2512	9.3502

3. 斑块空间集聚指数分析

建设用地、水域两种类型的AI指数逐步上升，建设用地AI指数增加值为4.25%，水域AI指数增加值为3.85%，两种类型的

ED值从2000年至2020年间，总体表现为下降趋势，与AI指数正相反（见表9）。这表明在研究期间，水域和建设用地景观聚合度指数不断增加，景观边缘愈发规则，其景观格局稳定性不断提

升。耕地、林地、草地三种类型的 AI 指数在研究期间都保持在 96% 以上，且变化趋势不明显，ED 指数总体上呈小幅度下降趋势，说明其景观斑块聚合度高，连续性强。

表9 景观斑块聚集度指数分析

用地类型	2000 年		2010 年		2020 年	
	AI	ED	AI	ED	AI	ED
耕地	96.5961	8.0243	96.2811	8.3074	96.1790	7.9092
林地	97.4546	14.9265	97.6202	14.4547	97.6139	14.5284
草地	96.3519	16.8681	96.2093	16.8044	96.2302	16.6767
水域	85.3728	1.0286	85.3433	1.0607	89.2173	0.8041
建设用地	92.0165	2.0781	94.7302	1.9716	96.4509	2.008

(三) 景观水平指数分析

1. 景观破碎度分析

由（表10、图2）可知，在研究期间，NP（斑块总数）与 PD（斑块面积密度）这两个指数呈现出先升高后降低的态势。这意味着在2000年至2010年间，古城区的景观破碎化程度进一步加剧，原因大概率是由于城镇的快速发展与扩张促使各类用地类型频繁相互转换导致。同时，ED（斑块边界长度）指数却呈持续下降趋势。从空间分布看，古城区的中部与南部地区景观较为破碎，斑块密度较大，且该区域的 ED 指数降低最为明显。总体而言，这三个指数均呈下降走向，反映出古城区的土地利用现状仍不容乐观，景观破碎化形势依旧严峻。

表10 景观破碎度指数分析

年份	NP	PD	ED
2000	407	0.3226	21.4628
2010	420	0.3329	21.2994
2020	393	0.3115	20.9632



图2 景观破碎度指数变化图



2. 景观连通性分析

由景观连通指数分析表（表11）、景观连通性指数变化图（图3）可知，COHESION指数的值都在99.5以上且在缓慢增长，说明古城区景观斑块的凝聚力整体趋势向好同类斑块连通性增强，但蔓延度指数（CONTAG）从59.44降至58.29，优势斑块（林地、草地）集聚性下降，形成“城镇核心区集聚、边缘区分散”的格局。古城区中部的高值区逐渐向西部古城区主城区区域与西南部蔓延，其景观斑块连接愈加紧密，格局愈加稳定。北部高值区在2000年至2020年间几乎没有变化，说明研究期间北部的景观格局一直处于较为稳定的状态。CONTAG指数逐年降低表明景观的延展度在不断地降低，对应的高值区数量减少，在空间分布上逐步向中南部转移。表明在空间分布上，围绕主要城镇的高值区更为紧密，景观格局更为稳定，远离主要城镇的斑块较为分散，不具备更强的集聚性，破碎化程度在加剧。

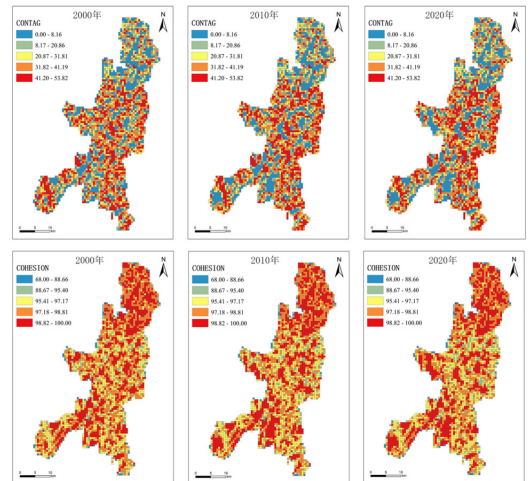


图3 景观连通性指数变化图

表 11 景观连通指数分析

年份	COHESION	CONTAG
2000	99.5684	59.4363
2010	99.5692	59.0732
2020	99.5730	58.2920

3. 景观多样性分析

在研究期间, 香农多样性指数 (SHDI) 和香农均匀度指数 (SHEI) 都逐年增长, 景观斑块的多样性和用地类型的丰富程度在逐年上升, 其中香农多样性指数 (SHDI) 从 1.14 升至 1.18, 用地类型更丰富, 但坝区 (建设用地集中) 与山区 (生态用地为主) 的功能衔接断裂。SHEI 从 2000 年的 0.7095 上升到了 2020 年的 0.7333, 说明景观类型数量分布比 2000 年更加均衡 (见表 12)、(图 4)。

表 12 景观多样性指数分析

年份	SHDI	SHEI
2000	1.1420	0.7095
2010	1.1537	0.7168
2020	1.1802	0.7333

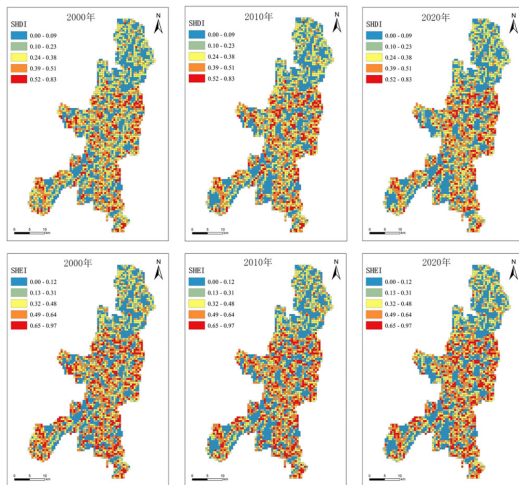


图 4 景观多样性指数变化图

三、结论

基于土地利用数据进行分析, 结果表明: 研究期间古城区整体上表现为耕地、草地面积减少, 林地、建设用地和水域面积增加。林地与草地两种景观类型从总体上来说变化幅度不大。耕地降低幅度最大, 20 年间呈持续下降趋势。建设用地增长最快。

从斑块类型 (Class) 和景观类型 (Landscape) 两个层级进行分析, 结果表明: 在斑块类型层面, 耕地与建设用地在研究期间破碎化程度加重, 林地、草地与水域类型的斑块破碎化程度下降。建设用地斑块复杂程度和受人为干扰程度最重, 但随着城市化进程的进一步深入, 斑块逐渐趋于规则, 破碎化程度下降; 耕地类型受人为干扰最为明显; 林地、草地斑块形状变化小, 受人为干扰程度低; 水域类型得益于古城区生态环境保护政策的实施, 其集约化程度不断加强。

基于以上研究结果, 分析得出古城区在未来建设重点任务应落脚于在保护耕地保有量与保护水域用地的前提下, 着力推动建设用地与耕地和其他用地之间的良性转化, 通过科学规划与合理管控, 实现土地资源的高效配置与可持续利用。在生态环境方面, 坚持水域生态的保护与修复、生态保护用地的可持续利用以及景观格局维稳。由此提出古城区县域景观格局的优化建议, 旨在构建稳定且可持续发展的县域景观格局, 为类似县域及乡镇的规划与发展提供具有参考价值的实践范例与理论依据, 助力区域的整体协调发展。

注: 全文图表均由作者本人绘制。

参考文献

- [1] 杨璐, 李豪, 马青, 等. 汾河流域土地利用景观格局演变及其驱动因素探究 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2024, 52(06): 83-94.
- [2] 王海涛. 基于大数据的景观格局时空演变及其环境效应研究 [D]. 天津大学, 2017.
- [3] 张正峰. 面向 SDGs 的土地可持续利用目标、挑战与应对策略 [J]. 中国土地科学, 2019, 33(10): 48-55.
- [4] 陈勇. 土地利用变化机制研究现状与展望 [J]. 湖北农业科学, 2003, (02): 15-17.
- [5] 宋晓春. 基于 FLUS 模型的内蒙古农牧交错带土地利用变化与模拟研究 [D]. 兰州交通大学, 2020.
- [6] 王芳莉. 基于 FLUS 模型的陇南市土地利用变化与模拟 [D]. 西北师大, 2020.
- [7] 张新荣, 刘林萍, 方石, 姜文超, 王金臣. 土地利用、覆被变化 (LUCC) 与环境变化关系研究进展 [J]. 生态环境学报, 2014, 23(12): 2013-2021.
- [8] 张宇, 陈宇轩, 高志鹏, 靳晓雯. 基于土地利用变化的鄂尔多斯市生态系统服务价值时空演化特征分析 [J]. 干旱区资源与环境, 2025, 39(02): 131-140.
- [9] 孙琪佳, 李春明. 云南省 1980-2020 年土地利用变化时空特征分析 [J]. 南方农机, 2025, 56(02): 128-131+156.
- [10] 郑慧慧, 宋月琪, 魏宸博, 等. 阿克苏地区近 30 年土地利用变化及其生态环境效应研究 [J]. 中国农业大学学报, 2025, 30(04): 217-229.
- [11] 缪健军. 基于 GIS 的土地测绘数据空间分析与可视化研究 [J]. 张江科技评论, 2024, (09): 94-96.
- [12] 易阿岚, 王钧. 上海市湿地景观格局时空演变与驱动机制的量化研究 [J]. 生态学报, 2021, 41(07): 2622-2631.
- [13] MEIRUIL, BAOLEI Z, Xiaobo Z, et al. Exploring Spatio-Temporal Variations of Ecological Risk in the Yellow River Ecological Economic Belt Based on an Improved Landscape Index Method[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2023, 20(3).
- [14] 王元慧, 宋长青, 高怡凡, 等. 20 世纪 90 年代以来土地变化模型的研究趋势与未来挑战 [J]. 地理科学进展, 2023, 42(06): 1192-1203.

地铁正线车站消防给水系统设计与安全保障研究

张永炜

中国铁路设计集团有限公司，天津 300308

DOI:10.61369/UAID.2026010022

摘 要： 地铁正线车站空间封闭、客流密度大、设备集成度高，在发生火灾时响应快、时间久、出水量小、供水不连续、压力建设不稳定，结合正线车站自身结构特点和火灾的特点，对消防给水设计提出相应的技术要求和性能指标，对如何进行水源设置、管网压力控制以及泵房和联动控制进行论述，并结合运营管理中心视角建立一种安全保障模式。研究表明：通过改善系统的结构冗余度、加强信息化监测、精细化运维等方法提高消防给水系统的可靠性以及应急保障能力，为地铁正线车站消防安全提供技术支持。

关 键 词： 地铁正线车站；消防给水系统；系统设计

Research on the Design and Safety Assurance of Fire Water Supply System for Main Line Stations of Subway

Zhang Yongwei

China Railway Design Corporation Group Co., Ltd., Tianjin 300308

Abstract： Main line stations of subway are characterized by enclosed spaces, high passenger flow density, and high equipment integration. In the event of a fire, they exhibit rapid response, prolonged duration, low water output, discontinuous water supply, and unstable pressure buildup. Considering the structural characteristics of main line stations and the nature of fires, this study proposes corresponding technical requirements and performance indicators for the design of fire water supply systems. It discusses how to set up water sources, control pipe network pressure, and manage pump rooms and linkage control. Additionally, it establishes a safety assurance model from the perspective of an operation management center. The research indicates that enhancing the reliability and emergency response capabilities of fire water supply systems can be achieved through methods such as improving system structural redundancy, strengthening information-based monitoring, and implementing refined operation and maintenance. These measures provide technical support for fire safety in main line stations of subway.

Keywords： main line stations of subway; fire water supply system; system design

引言

随着城市轨道交通网络规模和运营强度越来越大，地铁正线车站成为城市公共安全网络中的一个重要组成部分，车站采用下沉开挖和架空形式建造，地下的车站存在垂直深埋、结构连续性强、多功能集于一体等特性，如果发生火灾，烟气蔓延速度快、疏散困难程度高，这就对其消防给水系统的可靠性和稳定运行及联运反应都提出更高的要求。作为地铁消防设备体系中的重要设施之一，地铁消防给水系统在实际工程中经常出现各种设计缺陷或问题，对于如何满足地铁运营安全的需求，存在有待提高之处。因此，结合目前城市轨道交通的发展趋势以及地铁正线车站建筑结构的工程特点，研究地铁正线车站消防给水系统的设计要点以及保障其安全可靠性的措施和方法，能有效地提高地铁消防给水系统的质量和效率。

一、地铁正线车站消防给水系统设计需求与工程特性分析

（一）地铁正线车站空间结构与消防给水设计约束条件

地铁正线车站多位于城市地下空间深部，其空间结构通常呈现出纵向埋深大、横向展开受限、功能分区高度集成的特征。站

台层、站厅层、设备层及区间连接段相互叠置，使得消防给水系统在空间布置上受到明显约束。一方面，地下车站结构以钢筋混凝土为主，结构构件密集，消防管道在敷设过程中需严格避让主体受力构件与防水节点，管线走向与支吊架布置受结构条件制约明显；另一方面，车站内部机电系统种类繁多，消防给水管网需与通风空调、电力、通信及综合管线协同布置，设计协调难度较

大。正线车站作为线路运行的重要组成部分，其消防给水系统还需满足运营连续性的要求。系统检修、阀门切换及局部改造应避免影响正常行车与客运组织，这对系统分区设置、管网环状结构及关键节点冗余提出了更高要求。

（二）正线车站火灾风险特征及用水需求分析

地铁正线车站火灾风险呈现复合性和放大效应，其火险源有两类：一是由列车运行中产生的电气故障、制动装置异常等；二是由车站内的机电设备较集中布置、车站装饰装修材料老化、客流量大等原因导致的风险。如果发生了火灾，会使得地下封闭的空间温度和烟气逐步积聚起来，火势蔓延、烟气扩散的方向可能和人员疏散的方向是一致的，导致灭火和人员疏散都十分困难。因此，在消防给水中，对水源的需求要考虑到是否是单一路由的水流供给还是两路水流同时供给的情况，再考虑到要根据实际发生的状况来判定，例如车站设置有自动喷水灭火系统时，需要考虑其与消火栓系统同时使用。发生火灾时还要求消防系统的运行能够满足火灾延续时间、稳定的供水流量等条件，根据车站规模、室内外消防方案、自动喷施系统设置情况等综合计算用水量，并考虑不利工况叠加影响。

（三）消防给水系统设计目标与性能指标体系

所谓地铁正线车站消防给水系统设计，就是要使得此系统能够满足火灾发生时用于灭火的所需所有给水设施安全稳定的正常运行，在整个使用周期当中可以保持系统安全稳定。从功能上来说，当火灾发生后要让其能快速工作起来，为消火栓、自动喷水和其他灭火设施提供足够和稳定的水量、水压；从运行角度来说，则要求系统具有较好的冗余结构和防故障隔离方式，防止某一部分发生问题从而引发整个系统运转受阻的情况出现。围绕着这个要求，构建性能指标体系，是针对设计进行优化和运行状况评价的基础所在，其内容通常包括供水可靠性的指标、压力波动的控制指标、系统的响应时间指标以及系统的运行维护可达性的指标等，通过定量的方式反映出系统在各种工况下的一系列综合情况，包括供水可靠性的指标是表示水源地及管网结构的稳定性；压力控制指标是表明系统在存在多处同时用水情形下的调节能力；响应时间指标是用来表示系统对于火灾信号响应联动的速度；而运行维护指标则是用来表示系统经过一定长周期的运行之后可管理性如何。

二、地铁正线车站消防给水系统关键设计技术研究

（一）消防水源与供水方式的配置方案优化

地铁正线车站消防给水系统的水源选择和供水方式确定要满足地下工程的安全可靠性和运营不间断性的要求。由于地铁线路敷设范围大且多地跨行政区域，市政仅有一路水源的供水方式在灾害条件下的稳定性差，因此在不能保证两路水源的情况下，消防给水系统多采用设置车站独立消防水池的水源形式，储存一次消防的全部用水量，以保证消防水源的可靠性。在正线车站消防给水方式上，车站供消防用水应由消防泵加压供水为主、结合市政管往补给水与稳压补水装置，实现非消防工况下车站消防管网

的有压状态和火灾工况下提供消防管网所需的用水量和用水压力，保证消防用水不间断供应。在系统的设计上需要注意供水稳定与水力稳定的兼顾，根据设计方案科学合理地设置消防水池的有效容积，以及消防泵的启动模式、喷淋泵数量等，在火灾延续时间期间内，系统也要具备连续供水的能力。并且要考虑地铁运营对设备可靠性的需要，保证不会因频繁复杂的切换逻辑而影响系统的稳定性，从整体上提高系统在地下空间内的适应性和工程可实施性。

（二）管网布置与压力控制设计

地铁正线车站消防给水管网布置需在有限空间内实现高效输配水功能，其设计重点在于合理组织管网结构、控制系统运行压力。采用以环状管网为主的布置方式，可在局部管段失效时维持供水连续性，提高系统整体可靠性。

表1 正线车站消防给水系统典型设计参数表

项目类别	设计参数	数值范围	工程说明
消防供水方式	管网形式	环状为主，局部支状	提高供水可靠性
消防设计流量	消火栓系统	地下车站 20 L/s； 地上车站根据车站规模按规范要求选取	以车站整体为一个单元
消防设计流量	自动喷水系统	根据规范要求 进行计算	根据不同防火分区计算
管网工作压力	最不利点压力	≥ 0.25 MPa	满足灭火设备有效射程
管道设计压力	主干管	一般控制在 1.0 MPa 以内	考虑水锤与瞬态工况
管径范围	DN	DN1100 - DN200	按主体、附属等流量配置
压力控制方式	调压措施	减压稳压消火栓	防止超压运行

受地形及线路坡度影响，地下车站之间可能存在较大的高差，在无条件采取相应控制措施时会出现局部超压的情况，可以按一定要求在一定范围内设置减压稳压消火栓，保证各用水点在设计工况下满足要求。

（三）消防泵房、控制系统与联动设计

消防泵房作为地铁正线车站消防给水系统的动力源，在某种程度上决定了消防给水系统工作的可靠性及快速反应能力；一般将消防泵房设置在相对独立，并具有良好防水防烟功能的区域，即与消防水池靠近的设备用房内，以减小管路，降低水力损失。每组泵设一用一备，增加供水设备的可靠性；并且整个控制系统要接入火灾自动报警系统，当有信号触发时，就会启动相应的消防泵、联动相应阀门并回馈其动作的信息到车站控制室，使灭火设施能够在火灾发生的第一时间投入工作。消防水泵控制系统设置“一用一备”的运行模式，以适用运行和维修要求。通过引入集控及状态反馈的方式，能够实现实时采集泵组运行参数、水位变化、管网压力等信息，使系统运行情况透明化，方便工作人员对系统进行运维管理，对地铁正线车站的安全起到保障作用。

三、地铁正线车站消防给水系统安全保障与运行管理研究

（一）消防给水系统可靠性与冗余保障机制

地铁正线车站消防给水系统的可靠性水平决定了该类场所灭

火设施在火灾工况下的可用度，其实质就是基于各种冗余（系统结构冗余、功能冗余和运行冗余）的基础上使各部分共同发挥作用。由于地下工程的环境十分特殊，以及系统的运行期较长，在运行中单个设备或单一路径供水很难满足高安全等级的需求，所以在地铁车站消防给水系统的设计与运行阶段需要采取多级冗余保障措施，在双水源、环状管网、多泵并联系统的基础上，如果某个主要设备或管线发生故障，依然可以保证其保留一定水平的给水能力，避免出现功能整体失效情况；运行层面的冗余并不是增加硬件的数量而是体现整个系统运行层面的合理性，在有独立控制回路、备用电源接口的条件下，在一些小范围出现问题时可以快速切换到另一条线路工作，缩短故障影响时间。将可靠性的保障延伸至检修状态与火灾状态相互兼容的条件，在日常的维护工作中，减少检修维护的影响，保证正常的安全性能，实现长时间稳定工作的目标。

（二）系统运行维护与安全风险防控措施

地铁正线车站消防给水系统的设备老化严重，且遭受恶劣的自然环境和人为因素的影响，因此对消防给水系统运行维护管理应该从被动变为主动。通过对以设备状态为中心的运行维护体系进行建设，使消防泵、阀门、管网以及控制装置进行分级管理，则能大大降低系统突发失效的风险性；对于保证设备较高完好率、稳定水力参数的条件下运行状态下的消防给水系统，对保持系统的可靠性有着重要意义。

表2 正线车站消防给水系统运行维护与风险控制关键参数表

管理项目	控制指标	典型数值	工程意义
消防泵完好率	年度统计值	≥ 98%	确保关键设备高可用
管网漏损率	年均水平	≤ 2.0%	降低隐性失效风险
消防水池有效水量	占设计容量比例	100%	保障持续灭火能力
消防泵启动成功率	火灾模拟测试	100%	验证联动可靠性
巡检周期	关键设备	7 - 14 d	防止性能劣化
年度综合演练次数	系统级演练	≥ 2 次	提升应急响应水平

风险防控方面，要关注隐蔽性和累积性的风险，比如说，当地下室消防给水管出现微漏或被腐蚀以后，可能一时半会不容易

被发现，但是在一段时间以后会造成给水能力下降或者是产生一些隐含性的结构安全问题。通过对巡检周期的规范、对水量、压力的检测，以及对功能性的测试和应急性的演练，在这些风险未完全显示出来之前就予以处理，这样可以达到改进的效果。

（三）基于信息化手段的消防给水系统安全管理创新

随着城市轨道交通向着智能化发展，信息化是消防给水系统安全管理水平提高的重要方式。利用在线监测和数据采集技术将消防水池水位、管网压力、泵组运行状态等重要参数全部纳入统一管理平台上，实现实时的运行状态感知及信息汇集展示。相对比于依靠人工巡检的传统模式来说，信息化管理可更早发现异常并做出判断决策。通过对以往运行数据建立分析模型，了解设备性能衰退情况，准确找出设备的风险点，为进一步运维提供依据；通过将消防给水系统纳入地铁综合监控系统，对火灾自动报警系统、通风排烟系统的启动进行联动控制，使得发生火灾后整个响应迅速稳定。

四、结论

地铁正线车站消防给水系统需满足地下复杂空间和高强度运营条件下的安全防护功能需求，系统是否合理设计及可靠运行直接决定了火灾扑救效率及乘客生命财产安全水平。基于正线车站结构特点及火灾风险特性，开展消防水源配置、管网压力控制、泵房及联动控制等关键技术的研究工作，同时建立以运行管理和信息化应用为核心的多层次安全保障体系。结论表明：通过对系统结构加强冗余度、优化运维护系统、利用信息化系统进行系统集成等手段，能够保证消防给水系统应对各种极端工况，在保证系统稳定的同时提高系统的可控性，本研究的成果可以用于地铁正线车站消防给水系统的实际工程设计中，也可用于正线车站消防给水系统安全运行管理工作，在一定程度上可以提升整个城市轨道交通的安全防火水平。

参考文献

[1] 林敏. 基于可靠性理论的仿古建筑消防给水系统优化设计研究 [J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24(22): 106-108.
[2] 岳莹, 陈银环, 钟于涛. 室内外合用消防给水系统适用条件分析 [J]. 重庆建筑, 2025, 24(11): 86-89.
[3] 邓志敏. 220 千伏变电站主变水喷雾消防给水系统设计分析与探讨 [J]. 中华建设, 2025, (11): 118-120.
[4] 戴东琼, 郑超. 地铁工程地下车站消防给水系统设计方案优化探讨 [J]. 工程技术研究, 2022, 7(22): 178-180.
[5] 袁玥. 《消防给水及消火栓系统技术规范》对地铁车站消火栓系统设计的影响 [J]. 中国标准化, 2018, (12): 7-8.

城市更新景观规划与片区活力激发路径探索

程洪伟, 颜钦涵

中国城市建设研究院有限公司, 北京 100120

DOI:10.61369/UAID.2026010026

摘 要： 在城市化从增量扩张转向存量提质的关键阶段，城市更新成为提升城市品质、满足人民美好生活需求的核心路径。景观规划作为城市更新的重要载体，不仅承担着生态修复、空间美化的基础功能，更在激发片区经济、社会、文化活力中发挥着关键作用。本文基于“人民城市”理念与系统规划思维，结合国内外城市更新实践案例，从景观规划的核心原则、策划要点出发，探索生态赋能、文化激活、业态融合、治理协同四大活力激发路径，为存量时代城市更新景观规划提供理论参考与实践借鉴。

关 键 词： 城市更新；景观规划；片区活力；路径探索；可持续发展

Exploration of Urban Renewal Landscape Planning and Area Vitality Stimulating Path

Cheng Hongwei, Yan Rihan

China Urban Construction Research Institute Co., Ltd., Beijing 100120

Abstract： As urbanization transitions from quantitative expansion to qualitative enhancement of existing assets, urban renewal has become the cornerstone for elevating city quality and fulfilling people's aspirations for a better life. Landscape planning, as a pivotal component of urban renewal, not only fulfills fundamental ecological restoration and spatial beautification functions but also plays a pivotal role in revitalizing regional economies, societies, and cultures. Grounded in the "People's City" philosophy and systematic planning approaches, this study examines domestic and international urban renewal case studies. Starting from the core principles and key considerations of landscape planning, it explores four vitality-boosting pathways: ecological empowerment, cultural activation, industrial integration, and collaborative governance, providing actionable insights for the era of existing assets. The urban renewal landscape planning provides theoretical reference and practical reference.

Keywords： urban renewal; landscape planning; district vitality; path exploration; sustainable development

引言

党的二十大报告明确提出“实施城市更新行动，打造宜居、韧性、智慧城市”，2025年《关于持续推进城市更新行动的意见》强调规划引领、系统观念与以人民为中心的思想，为城市更新指明方向。全球城市化率突破56%，我国城市发展进入存量优化阶段，内城衰退、历史街区活力不足、老旧社区配套滞后、工业遗存闲置等问题凸显。景观是城市空间的“生态纽带”与“文化载体”，其规划质量直接影响城市更新综合效益，既关乎人居环境改善，更决定片区资源转化、社会网络重构与经济活力提升。

当前城市更新景观规划存在诸多误区：部分项目重形式轻功能，将景观改造等同于绿化与立面美化，忽视群众需求；一些实践缺乏系统思维，景观规划与产业、文化、治理脱节，导致更新即闲置，还有项目过度商业化，破坏烟火气与历史文脉。因此，以科学景观规划实现生态修复、文化传承、功能提升与活力激发的有机统一，成为城市更新亟待解决的课题。本文结合南京老城南、成都玉林东路、德国多特蒙德等案例，探索城市更新景观规划核心逻辑与片区活力激发路径。

作者简介：

程洪伟（1991.10-），男，汉族，北京市西城区人，硕士研究生，中级工程师，主要研究方向：城市更新、景观设计等。

颜钦涵（1995.03-），男，汉族，浙江宁波人，大学本科，助理工程师，主要研究方向：生态。

一、城市更新景观规划的核心原则

（一）生态优先，可持续发展原则

应尊重自然规律，将生态修复贯穿全过程。坚持保护第一、以用促保，优先保护生物多样性，推广乡土植物，通过绿环、绿廊、绿楔、绿道建设构建连续生态网络。无锡蓝系列项目通过修复工业遗存生态基底，将废弃厂房周边闲置地改造为生态绿地与雨水花园，解决土壤污染问题并赋能产业植入，印证了生态优先的实践价值。

（二）以人为本，需求导向原则

景观规划的核心是服务于人，需立足便民、利民、安民目标，贴合不同群体需求。老旧社区，应增加口袋公园、健身步道等便民设施，面向青新市民，需打造共享办公、潮流休闲等多元场景；关注一老一小，应设计适老化、适幼化景观空间。成都玉林东路改造中，通过增设休憩座椅、无障碍通道、儿童游乐区，让景观空间满足全年龄段需求，使日均人流量从1万人增至3-5万人。习近平总书记在2025年辽宁考察时强调，城市更新要一切着眼于便民、利民、安民，特别要更好地关心呵护一老一小，这为景观规划的需求导向提供了根本遵循。

（三）文化传承，风貌延续原则

避免大拆大建与千城一面，挖掘地域文化资源，将历史符号、民俗风情等融入设计，实现保护与利用共生。南京老城南重现历史建筑风貌、植入文化景观，构建多元路径，让历史街区活态传承，印证文化赋能的核心动能。

（四）系统协同，功能融合原则

景观规划并非孤立工程，需融入专项规划-片区策划-项目实施方案的规划体系，实现与产业、交通、公共服务的协同。通过空间共融打破物理边界，推动生态、生活、生产空间贯通，借助功能共融实现景观与商业、文旅、民生服务的互补叠加，最大化片区综合价值。从系统论视角来看，城市更新需整合经济、社会、自然等多系统资源，景观规划作为空间载体，正是实现这种整合的关键纽带。保利物业景城模式通过景观资源与产业、品牌的循环转化，实现了从单一景观运营到城市综合价值提升的跨越。

二、城市更新景观规划策划要点

（一）前期体检：精准识别核心问题

景观规划需以城市体检评估为基础，建立发现问题-解决问题-评估效果的闭环机制。通过实地调研、公众参与、大数据分析等方式，精准识别片区生态短板（如绿地不足、水体污染）、功能缺陷（如公共空间匮乏、交通拥堵）、文化流失（如历史遗存破损、地域特色淡化）等核心问题。威海火炬八街改造前，通过全面排查明确了环境杂乱、设施不足、业态匮乏等症结，为后续景观提升与功能优化奠定基础；南京洪武路街道微更新项目也通过对周边环境、公共空间分布及使用人群的三维调研，梳理出空间利用与人际交往的核心矛盾。

（二）定位策划：明确活力激发目标

结合片区资源禀赋与城市发展战略，精准锚定景观规划核心定位：历史街区主打文旅融合型景观，聚焦文化展示与体验消费；老旧社区打造生活服务型景观，侧重便民设施与邻里交往；旧工业区规划产业赋能型景观，推动工业遗存与创意产业、科技园区融合。苏州十全街以步行改善+文化赋能为抓手，同步推进景观改造与业态升级，跻身城市文旅消费新热点；开封历史街区通过物质空间更新、文化保护展示与文旅活化利用三维定位，形成成熟更新范式。

（三）空间设计：构建多元活力场景

景观空间设计需兼顾复合型与体验感，摒弃单一化布局。采用主脉+节点结构，以绿道、水系串联口袋公园、广场、文化驿站；功能布局实现生态-休闲-商业-文化多元融合，在景观廊道嵌入特色商铺、文创展位与社区服务站；细节设计融入地域元素与智慧设施。遵循城市景观层积理论，运用映射锚固、折叠互文手法衔接历史与当代。广州长洲街道借旧巷陌微更新，打造兼具烟火气与网红特质的场景，激活街区活力。

（四）实施保障：建立多元协同机制

落地需构建政府引导、市场运作、公众参与的协同机制。政府负责政策支持、规划管控与资金引导，设立专项基金；市场主体发挥资本与运营优势，以耐心资本参与长期运营；公众参与规划设计、建设监督与成果共享。贵阳太平路通过政府基金+银行融资+企业自筹破解资金难题，联动居民商户参与设计；南京老旧小区微更新印证，政府角色转换与多元主体理性互动是共治关键。

三、片区活力激发的四大核心路径

（一）生态赋能路径

以景观修复激活环境活力，开展污染场地治理、河流湿地修复、绿地扩容工程，缓解热岛效应、提升生态服务功能；打造连续绿色休闲网络，实现推窗见绿、出门入园。海珠湿地通过景观优化与IP打造，年游客量增超70%，实现生态与经济价值双赢。

（二）文化激活路径

依托景观传承文脉，将历史文化、工业遗产转化为墙绘、文化地标等景观元素，举办民谣季、非遗展演等活动；借数字化技术增强沉浸感，如广州老城墙3D建档、西安AI/VR复活历史场景。成都玉林东路植入市井文化，吸引年轻人回流，重塑文化地标。

（三）业态融合路径

推动景观与多元业态融合，打造“景观+消费/产业”模式，引入特色餐饮、文创、科创业态，培育夜间经济；引导商户转型升级。无锡蓝系列打造科创文创集群年营收超3000万元，上海长阳创谷盘活老厂房建成数字产业园，实现存量空间与新兴产业双赢。

（四）治理协同路径

以景观改造推动治理创新，搭建居民议事平台，鼓励参与景观维护与活动组织，引入专业机构运营。武汉老旧社区通过尺度

重构与多中心治理破解治理脱嵌，深圳城中村统租改造满足青新市民需求，提升社区凝聚力与活力。

四、结论与展望

城市更新景观规划策划并非单纯空间美化，而是以景观为载体，统筹生态修复、文化遗产、业态升级与社会治理的系统性行动。其核心逻辑是坚持以人为本、系统协同、可持续发展，将景观资源转化为片区活力“催化剂”，通过生态赋能、文化激活、业态融合、治理协同四大路径，推动片区全面焕活。

未来，城市更新景观规划应更加注重数字化、智慧化与精细化，借助大数据、物联网等技术优化景观设计与运营管理，如通过数字孪生技术预判空间功能配比，利用智慧设施提升服务便捷性；同时，需强化地域特色塑造，基于城市景观层积特征，避免同质化更新，让每个片区都形成独特的景观标识与活力特质。随着城市更新行动的持续推进，景观规划将在打造宜居、韧性、智慧城市中发挥更大作用，为实现城市高质量发展与人民美好生活需求提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 中共中央办公厅 国务院办公厅. 关于持续推进城市更新行动的意见 [Z]. 2025.
- [2] 黄耿志, 宋伟轩, 陈浩. 面向中国式现代化的城市更新理论与实践创新 [J]. 自然资源学报, 2025 (1).
- [3] 刘亚霏, 林赛南. 可持续城市更新的内涵与实现路径 [J]. 城市发展研究, 2025 (3).
- [4] 王思嘉, 胡洲伟. 老旧小区微更新中的多中心治理模式研究 [J]. 规划师, 2025 (2).
- [5] 何森, 李欣. 文化赋能城市更新的多元路径 —— 以南京老城南为例 [J]. 自然资源学报, 2025 (1).
- [6] 刘小琼, 杨钦然. 国际经验视角下旧工业区更新的景观重塑与产业升级 [J]. 城市发展研究, 2025 (4).
- [7] 吴少文, 申世广. 基于居民需求理念的城市老旧小区小微景观更新 —— 以南京洪武路街道为例 [J]. 园林科技, 2022 (2):28-36.
- [8] 张金玉, 徐媛, 朱育帆. 城市景观层积的概念、特征与城市更新途径 [J]. 风景园林, 2024 (9).
- [9] 杜锦, 王凯. 文旅融合背景下历史街区更新成效评估框架构建 [J]. 城市规划学刊, 2025 (2).
- [10] 全德, 赖亚妮. 城中村统租改造中的景观优化与人群适配研究 [J]. 南方建筑, 2025 (1) 助理工程师.

精细化工厂房结构设计的中美欧规范对比研究

廖水泉

广东政和工程有限公司杭州分公司, 浙江 杭州 310044

DOI:10.61369/UAID.2026010029

摘 要 : 精细化工厂房具有设备布置密集、腐蚀性介质普遍、消防安全要求严格等特点,其主体结构设计标准远高于一般工业建筑。本文以 GB 51283-2020 对精细化工企业的定义为基础,系统对比了中国 (GB)、美国 (ASCE/ACI)、欧洲 (EN) 三套规范体系在精细化工厂房主体结构设计中关于楼面活荷载、耐久性措施、设计使用年限等方面的技术要求差异。研究表明,上述差异对海外 EPC 项目的造价估算和合规审查有直接影响。

关 键 词 : 精细化工厂房; 结构设计; 欧洲规范; 美国规范; 规范对比; 耐久性; 活荷载折减

Comparative Study on Chinese, American and European Codes for Structural Design of Fine Chemical Plants

Liao Shuiquan

Hangzhou Branch of Guangdong Zhenghe Engineering Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang 310044

Abstract : Fine chemical plants feature dense equipment layout, common corrosive media, and strict fire safety requirements. The structural design standard is much higher than ordinary industrial buildings. For fine chemical plant structures, Chinese (GB), American (ASCE/ACI) and European (EN) codes are compared in this paper on floor live load, durability measures and design service life. The comparison shows obvious differences among the three code systems. These differences have direct impact on cost estimation and compliance review in overseas EPC projects.

Keywords : fine chemical plant; structural design; Eurocode; American codes; code comparison; durability; live load reduction

引言

随着国内化工行业国际化进程加快,工程设计企业承接海外 EPC 项目日益增多。然而,海外项目通常要求采用美标或欧标进行设计,国内工程师对这些规范体系相对陌生。精细化工工业厂房因其功能的特殊性,结构设计较一般工业建筑更为复杂,规范差异带来的影响也更为显著。

近年来,中美欧三套规范体系中的荷载规范与混凝土结构规范相继换版:美国方面,混凝土规范 ACI 318-25 于 2025 年初发布,荷载规范 ASCE 7-22 于 2021 年底发布;欧洲方面,混凝土规范 EN 1992-1-1:2023 于 2023 年 11 月发布。本文基于上述最新版本,系统对比了中美欧三套规范在精细化工厂房结构设计中的技术要求,为海外 EPC 项目设计提供参考。

根据 GB 51283-2020《精细化工企业工程设计防火标准》第 2.0.1 条规定,精细化工企业是指以基础化学工业生产的初级或次级化学品、生物质材料等为起始原料,进行深加工而制取具有特定功能、特定用途、小批量、多品种、附加值高和技术密集的精细化工产品的工厂。该标准涵盖农药、染料、涂料、颜料、试剂、医药中间体、食品添加剂、催化剂、电子化学品、功能高分子材料等 21 大类行业。

精细化工厂房的结构设计区别于普通工业厂房,主要原因有三:首先,防腐蚀要求较高,由于生产过程涉及酸、碱、盐及有机溶剂等介质,因此对结构材料耐久性要求高;其次,设备布置密集,此类工业厂房的楼面活荷载普遍高于一般工业建筑;此外,火灾危险性高。本文将重点针对结构设计中的荷载与耐久性问题展开讨论。

一、规范体系概述

中美欧三套规范体系各自庞大,涵盖荷载、混凝土、钢结构、地基基础、抗震等多个专业领域。本文中,精细化工厂房的主体结构设计主要涉及两类问题:一是楼面活荷载的取值与折减;二是腐蚀环境下的耐久性措施。本文围绕上述两类问题,选取三套体系中

对应的荷载规范和防腐蚀规范进行讨论比较。

中国规范体系采用国家标准 (GB) 与行业标准相结合的模式。荷载取值应依据 GB 50009《建筑结构荷载规范》,防腐蚀设计应依据 GB 50046《工业建筑防腐蚀设计标准》。

美国规范体系由各专业学会分别制定,通过 IBC(International Building Code)统一引用后具有法律效力。荷载规范为 ASCE/

SEI 7-22《Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures》,由美国土木工程师学会(ASCE)发布;混凝土结构规范为ACI 318-25《Building Code Requirements for Structural Concrete》,由美国混凝土学会(ACI)发布;钢结构规范为AISC 360-22《Specification for Structural Steel Buildings》,由美国钢结构学会(AISC)发布。化工行业另有PIP(Process Industry Practices)系列标准对上述通用规范进行补充。

欧洲规范体系以Eurocode系列标准为核心,由欧洲标准化委员会(CEN)制定,各成员国通过发布国家附录(National Annex, NA)确定本国采用的参数值。荷载规范为EN 1991-1-1:2002《Eurocode 1: Actions on Structures》;混凝土结构规范为EN 1992-1-1:2023《Eurocode 2: Design of Concrete Structures》,该版本为第二代欧洲规范,于2023年11月发布,大幅减少了国家自定参数(Nationally Determined Parameters, NDP)数量;混凝土材料与配合比要求见EN 206:2013+A2:2021《Concrete – Specification, Performance, Production and Conformity》。

中美欧三套规范体系对照见表1。

表1 中美欧规范体系对照

类别	中国	美国	欧洲
荷载	GB 50009-2012	ASCE 7-22	EN 1991-1-1:2002
混凝土	GB 50010-2010	ACI 318-25	EN 1992-1-1:2023
钢结构	GB 50017-2017	AISC 360-22	EN 1993-1-1:2022
防腐蚀	GB 50046-2018	ACI 201.2R-16	BS EN 206-2013+A2-2021

本文针对楼面活荷载、腐蚀环境防护、设计使用年限三个方面,对比分析中美欧规范的技术差异。

二、楼面活荷载

(一) 分类方法

GB 50009-2012按房屋功能分类,附录D列出了各类工业建筑楼面活荷载参考值。ASCE 7-22按使用类别分类,工业建筑分为轻型(Light Manufacturing)和重型(Heavy Manufacturing)两档,以100 psf(4.79 kN/m²)为界。EN 1991-1-1则将工业建筑归入Category E,该类别可再细分为E1和E2两类。三套规范体系中关于荷载分类方法对比见表2。

表2 荷载分类方法对比

	分类依据	工业建筑分类	备注
GB 50009	房屋功能	按生产类型细分	附录D
ASCE 7-22	使用类别	Light/Heavy	4.79kN/m ² 为界
EN 1991-1-1	活动类型	Category E: E1/E2	国家附录细化

(二) 荷载取值

中美欧规范对工业厂房典型区域的楼面活荷载取值对比见表3。由表3可知,三套规范的取值方法存在明显差异:GB 50009附录D按车间类型进行细分,重型金工车间的荷载值可达22 kN/m²;ASCE 7-22采用轻型/重型二分法,其中重型厂房(Heavy

Manufacturing)统一取11.97 kN/m²(250 psf);EN 1991-1-1给出7.5~15.0 kN/m²的参考范围,由设计人员根据具体情况确定。

表3 典型区域楼面活荷载取值(kN/m²)

区域类型	GB 50009	ASCE 7-22	EN 1991-1-1
轻型生产车间	3.0~5.0	6.00	3.0~5.0
重型生产车间	8.0~22.0	11.97	7.5~15.0
走道/楼梯	≥ 3.5	4.79	3.0~5.0
仓库	5.0	6.00	7.5

注:1. GB 50009附录D按行业细分,表中数值为典型车间的取值范围;2. ASCE 7-22数值换算系数为0.0479 kN/m²/psf;3. EN 1991-1-1数值取自Table 6.3。

(三) 活荷载折减

三套规范的活荷载折减规则对比见表4。由表4可知,GB 50009-2012第5.1.2条允许按从属面积和楼层数进行活荷载折减,附录D注4规定工业建筑墙、柱、基础可采用与主梁相同的荷载值。ASCE 7-22 Section 4.7.3规定:超过100 psf(4.79 kN/m²)的活荷载不得折减,仅支撑两层以上的构件最多允许折减20%。EN 1991-1-1也允许活荷载折减,第6.3.1.2(10)条规定,A至E类区域(含工业建筑)可按从属面积采用折减系数 α_A ,基准面积 A_0 取10.0 m²。

表4 活荷载折减规则对比

规范	折减条件	工业建筑适用性
GB 50009	按从属面积和楼层数折减	适用,墙柱基础可取主梁荷载值
ASCE 7-22	>100 psf(4.79 kN/m ²)禁止折减	重型车间基本不可折减
EN 1991-1-1	按面积(α_A)和层数(α_n)折减	适用于E类工业建筑

荷载折减的差异对精细化工厂房的结构设计影响较为显著。由于化工生产车间活荷载普遍超过4.79 kN/m²,采用ASCE 7-22进行设计时,因不得进行活荷载折减,柱和基础的设计荷载较采用中欧规范明显偏大,从而导致结构用材量相应增加。这一限制对海外EPC项目的造价影响尤为明显,建议设计人员在方案阶段即针对此项差异进行专项复核。

三、腐蚀环境与防护设计

(一) 环境分类体系

GB 50046-2018第3.1.1条将腐蚀性介质按存在形态分为气态、液态、固态三类,第2.0.1条按腐蚀程度分为强腐蚀、中腐蚀、弱腐蚀、微腐蚀四级。ACI 318-25 Section 19.3.1将影响混凝土耐久性的环境作用分为四个类别:F(冻融循环)、S(硫酸盐侵蚀)、W(接水环境)、C(钢筋锈蚀防护)。每个类别再细分若干等级。EN 206:2013+A2:2021 Section 4.1将影响混凝土耐久性的环境作用分为六个类别:X0(无锈蚀或侵蚀风险)、XC(碳化引起的锈蚀)、XD(非海水氯化物引起的锈蚀)、XS(海水氯化物引起的锈蚀)、XF(冻融侵蚀)、XA(化学侵蚀)。

由上文可知,三套规范在腐蚀环境分类方法上存在明显差异。

GB 50046按介质形态和腐蚀程度两个维度划分;ACI 318-25按冻融、硫酸盐、接水、钢筋锈蚀四类环境因素分别评估,同一构件可能同时属于多个类别;EN 206按碳化、氯化物、冻融、化学侵蚀等劣化机理分为六大类,每类再分3~4个等级。

（二）混凝土材料要求

确定使用环境等级后,需根据对应等级查取混凝土材料的具体要求。为便于横向对比,本文以强腐蚀环境为例,对比三套规范在此类环境下的混凝土材料要求,结果见表5。其中,GB 50046取“强腐蚀”等级,ACI 318-25取 S3等级,EN 206取 XA3等级。

表5 强腐蚀环境混凝土材料要求			
参数	GB 50046表4.2.3	ACI 318-25 S3	EN 206 XA3
最低强度等级	C40	31/35 MPa	C35/45
最大水胶比	0.40	0.45/0.40	0.45
最小胶材用量	340 kg/m ³	—	360 kg/m ³
水泥类型	抗硫酸盐	Type V	抗硫酸盐

通过对比可以发现,三套规范对水胶比的要求基本一致,均控制在0.40~0.45范围内。强度等级方面,GB 50046要求 C40,EN 206要求 C35/45,ACI 318-25要求31/35 MPa,三者接近但GB略高。ACI 201.2R-23 Section 7.3.3指出,粉煤灰和硅粉等火山灰材料可降低氢氧化钙含量,提高混凝土抗酸能力。但该指南同时指出,没有任何一种水硬性水泥混凝土能长时间抵御强酸性水(pH≤3)的侵蚀,对于此类极端环境,通常需要采用保护屏障系统。

（三）混凝土保护层厚度

混凝土保护层厚度是耐久性设计的关键参数,直接影响钢筋的锈蚀防护效果。通过对比三套规范可以发现,其划分逻辑存在本质差异:美欧规范按使用环境类型(如碳化、氯化物、接触土壤等)直接确定保护层厚度;中国规范 GB 50046则采用“介质性质+腐蚀等级”的双重判定体系,先将环境划分为强、中、弱、微四个腐蚀等级,再根据构件类型(条形构件或面形构件)确定保护层厚度。为便于横向对比,表6将三套规范按相近的使用环境进行归类。

表6 混凝土保护层厚度对比 (mm)			
使用环境	GB 50046表4.2.5	ACI 318-25	EN 1992-1-1:2023
室内干燥(板墙/梁柱)	30/35	20	15
室外一般(板墙/梁柱)	30/35	38~50	30
强腐蚀(板墙/梁柱)	35/40	50	40
永久接触土壤(基础)	50	75	40

由表6可知,三套规范差异最显著的是永久接触土壤的基础构件:ACI 318-25要求75mm,GB 50046要求50mm,EN 1992-1-1要求40mm。ACI 318-25对保护层厚度的要求较 GB 50046增加50%,较欧标 EN 1992-1-1增加近90%。该差异的主要原因在于美国规范对钢筋锈蚀防护的安全储备要求更高。这一差异不仅直接影响基础构件的有效截面高度和配筋构造,还会增加混凝土用量。因此,在采用美标进行设计时,应在方案阶段即考虑加大基础埋深或调整基础形式,以避免后期设计变更。

（四）钢结构涂层厚度

GB 50046-2018表5.2.3规定了钢结构涂层最小厚度:强腐蚀环境下,防护层使用年限大于15年时不应小于320μm,11~15年不应小于280μm,6~10年不应小于240μm。表5.2.3注4规定,室外工程涂层厚度宜增加20~40μm。美国规范方面,AISC 303-22引用 SSPC 系列标准进行钢结构涂层设计;欧洲规范方面,EN 1090-2引用 ISO 12944 系列标准。两者均由设计人员根据环境条件选择具体涂层体系。

四、设计使用年限

设计使用年限是结构耐久性设计的基础参数,直接影响混凝土强度、保护层厚度等指标的选取。三套规范对设计使用年限的分级方式对比见表7。

表7 设计使用年限与结构等级			
结构类型	GB 50068	ACI 318-25	EN 1992-1-1:2023
临时结构	5年	—	10年(S1)
易替换构件	25年	—	25年(S2)
普通建筑	50年	50年	50年(S4)
重要建筑	100年	75~100年	100年(S6)

三套规范均以50年作为普通建筑的基准设计年限。GB 50068将设计年限分为5年、25年、50年、100年四档;EN 1992-1-1:2023采用结构等级(S1~S6)与设计年限挂钩,设计年限100年时结构等级应在基准等级上增加2级;ACI 318对临时结构和易替换构件未作明确规定。精细化工厂房的设计使用年限应结合工艺寿命、设备折旧年限等因素综合确定。由于精细化工产品更新周期较短,生产线寿命一般仅15~20年,结构设计年限的确定需权衡初期投资与全寿命周期成本。

五、结论

通过对比分析中国 GB、美国 ASCE/ACI、欧洲 EN 三套规范体系在精细化工厂房结构设计中的技术要求,得出以下结论:

- (1)活荷载取值与折减:GB 50009按行业类型细分,取值范围为3.0~22.0 kN/m²;ASCE 7-22采用轻型/重型二分法,以4.79 kN/m²为界,且超过此值不得折减;EN 1991-1-1给出参考范围,允许按面积和层数折减。化工生产车间活荷载普遍超过4.79 kN/m²,采用 ASCE 7-22设计时,柱和基础荷载普遍偏大,结构用材量相应增加。
- (2)腐蚀环境分类:三套规范分类逻辑不同。GB 50046按介质形态和腐蚀程度划分;ACI 318-25按 F/S/W/C 四类因素分别评估;EN 206按劣化机理分为六大类。设计人员需熟悉各体系的判定方法,避免等级对应错误。
- (3)混凝土材料要求:强腐蚀环境下,三套规范对水胶比要求基本一致(0.40~0.45),GB 50046对强度等级要求略高(C40)。pH≤3的极端酸性环境下,混凝土自身无法满足耐久性要求,需采用保护屏障系统。

(4)保护层厚度:差异最显著的是永久接触土壤的基础构件。ACI 318-25要求75mm,GB 50046要求50mm,EN 1992-1-1要求40mm。该差异直接影响基础构件的有效截面高度、配筋构造及混凝土用量。此外,GB 50046在同一腐蚀等级下区分条形构件和面形构件,美欧规范无此规定。

(5)设计使用年限:三套规范均以50年为基准。GB和EN明

确规定年限分档,ACI 318-25通过暴露环境等级和风险类别间接实现差异化要求。精细化工厂房设计年限应结合工艺寿命综合确定。

上述差异直接影响海外EPC项目的结构选型、材料用量和工程造价。建议设计人员在项目初期明确适用规范体系,针对活荷载折减、保护层厚度等关键参数进行专项复核。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB 50009-2012 建筑结构荷载规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB 50046-2018 工业建筑防腐蚀设计标准[S]. 北京:中国计划出版社,2018.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB 51283-2020 精细化工企业工程设计防火标准[S]. 北京:中国计划出版社,2020.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB 50068-2018 建筑结构可靠性设计统一标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2018.
- [5] American Society of Civil Engineers. ASCE 7-22 Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures[S]. Reston: ASCE, 2022.
- [6] American Concrete Institute. ACI 318-25 Building Code Requirements for Structural Concrete[S]. Farmington Hills: ACI, 2025.
- [7] American Concrete Institute. ACI 201.2R-23 Guide to Durable Concrete[S]. Farmington Hills: ACI, 2023.
- [8] European Committee for Standardization. EN 1991-1-1:2002 Eurocode 1: Actions on Structures[S]. Brussels: CEN, 2002.
- [9] European Committee for Standardization. EN 1992-1-1:2023 Eurocode 2: Design of Concrete Structures[S]. Brussels: CEN, 2023.
- [10] European Committee for Standardization. EN 206:2013+A2:2021 Concrete - Specification, Performance, Production and Conformity[S]. Brussels: CEN, 2021.

景观都市主义视角下沿海生态文旅基础设施设计研究

刘扬

北京理工大学设计与艺术学院，北京 102401

DOI:10.61369/UAID.2026010030

摘 要： 景观都市主义，是把景观视为城市形态与体验的核心要素，其为沿海地区生态保护与文化旅游发展的矛盾提供了解决方法。本文结合《滨海旅游度假区设施配置要求》行业标准以浙江温州洞头 EOD 项目等真实案例为佐证，深入探讨了沿海生态文旅基础设施设计存在的问题以及改进策略。研究表明以景观都市主义指导下的文旅设施设计，可很大程度地实现生态保护与文旅价值的相互赋能相互增长，其主张景观取代建筑成为城市形态的决定性要素，强调自然过程与人文过程的复合载体属性。

关 键 词： 景观都市主义；景观设计；生态文旅；基础设施设计；EOD 模式

Research on the Design of Coastal Ecological Cultural Tourism Infrastructure from the Perspective of Landscape Urbanism

Liu Yang

School of Design and Arts, Beijing Institute of Technology, Beijing 102401

Abstract： Landscape urbanism regards landscape as the core element of urban form and experience, providing a solution to the contradiction between ecological conservation and cultural tourism development in coastal areas. This paper, drawing on the industry standard "Facility Configuration Requirements for Coastal Tourist Resorts" and supported by real-world case studies such as the Dongtou EOD project in Wenzhou, Zhejiang Province, delves into the issues and improvement strategies in the design of coastal ecological cultural tourism infrastructure. The research indicates that cultural tourism facility design guided by landscape urbanism can significantly achieve mutual empowerment and growth between ecological conservation and cultural tourism value. It advocates for landscape to replace architecture as the decisive element of urban form and emphasizes the composite carrier attributes of natural and cultural processes.

Keywords： landscape urbanism; landscape design; ecological cultural tourism; infrastructure design; EOD model

引言

自 21 世纪以来，我国城市化进程向沿海地区快速推进，海岸线生态文旅已经成为拉动区域经济增长的重要引擎之一。但高强度开发与生态保护的冲突日渐突出，传统建筑都市主义主导下的设施设计，往往以人工干预为主体，忽视了海洋生态系统的脆弱易受污染特点。我国近岸海域优良水质占比仅 77.9%，较十年前下降 4.2%；沿海湿地面积年均减少 1.8 万公顷，红树林珊瑚礁等典型生态系统退化率达 23%；多达 32% 的滨海文旅项目由于设施配置不当而破坏了生态，其中海岸线硬化率过高和污水直排是最主要原因^[1]。

景观都市主义由美国建筑师查尔斯·瓦尔德海姆于 1997 年在《景观都市主义》一文中正式提出，其核心论点在于以景观为核心媒介解决城市复杂问题，替代建筑成为决定城市形态的基本要素。这一理论融合了伊恩·麦克哈格《设计结合自然》中的生态规划思想，詹姆斯·科纳的城市景观设计理念，以及俞孔坚“反规划”理论中的生态优先原则，强调自然过程与城市功能的有机统一，生态系统服务和人文体验的协同增效。将其应用于沿海生态文旅基础设施设计，是对《滨海旅游度假区设施配置要求》中生态优先、文化融合、功能复合和可持续运营原则的深度响应^[2]，也是解决沿海文旅开发与生态保护矛盾的实践探索。

目前国内更多的是从生态修复角度和文化表达角度开展研究。但缺乏从多方面综合展开的系统理论研究，缺乏从设施管护，运营角度展开可持续的研究。本文通过解析国内外案例与行业标准，将景观都市主义下多个层面构建的生态功能和文化管护进行数据与案例指引，促进沿海文旅基础设施更快获得高质量发展。

一、核心理论与行业规范支撑

（一）景观都市主义核心内涵

景观都市主义反对建筑都市主义只重视建筑而轻视景观生态，主张打造以景观为载体的城市生态空间，强调生态过程是景观都市主义的主要组成部分，即城市的建筑要符合水文循环等过程，城市的基础设施体现生态旅游及其他多元功能。景观都市主义不同于生态都市主义的生态设计，更强调通过景观载体将生态和人文融入空间中，这与沿海城市多功能，生态敏感的特性是相符合的，所以是打造文旅设施的一条行得通的路子^[3]。

（二）沿海生态文旅基础设施的行业规范要求

《滨海旅游度假区设施配置要求》（LB/T0847—2025）目前已确定了沿海文化和旅游设施技术要求及配置要求，其中沿海文化和旅游设施应符合国土空间保护生态保护，应结合现有设施整合功能；沿海文化和旅游食宿设施应符合沿海特色，符合差异化需求，符合 GB/T14308 规定；沿海文化和旅游休闲活动设施应明确活动场地，设置安全设施；沿海文化和旅游生态安全设施应靠近污水处理设施，靠近城乡污水处理设施，设置生态环境监测设施并和禁止通行标识设施等。规范要求为滨海景观都市主义的实施提供了技术要求与设计规范。

二、沿海生态文旅基础设施设计现状与问题

（一）设计现状

从当前我国沿海地区文旅基础设施建设现状看，有以海南三亚，福建厦门为代表的比较成熟景区，食宿休闲设施比较发达，但这些地区普遍存在生态功能退化问题；也有像浙江洞头，山东威海等地区在进行 EOD 模式向文旅建设的尝试，设施建设比较复杂。整体上来看，有传统开发型，生态修复型和融合创新型^[4]。创新型不到五分之一，多数是属于单一功能类型。

（二）核心问题

功能和生态割裂：一些地区沿袭内陆文旅设施的设计手法，不考虑沿海地区生态环境脆弱和岸线硬化等问题，一些滨海景区因缺乏污水处理设施造成近岸海域污染，优良水质比例下降达 15% 以上。

设施布局缺乏系统性：多数项目没有形成完整的慢行交通网络，游览路线和生态保护区冲突^[5]，比如某景区将机动车道直接穿越红树林保护区，严重影响生物栖息地。

缺少当地文化元素：设施形式单一，缺乏地域风情，没有体现渔村海洋风情等，没有将渔村文化，海洋文化元素融入设施造型。

管护制度不完善：部分设施在新建后，忽视管护工作，比如沙滩安全标识不明确，没有按照 GB / T25895 的标准执行^[6]，海上运动设施没有定期维护，潜在很多安全隐患。

三、景观都市主义视角下的设计策略

（一）生态协同策略：构建弹性生态基础设施

以自然过程为导向，实现设施和生态系统的共生共存。采用

修复和防护双重设计，如浙江洞头 EOD 项目在海岸线修复中优先采用生态护岸技术，结合红树林构建缓冲带，通过修复红树林，使区域生物多样性大幅度提升 30%，近岸海域水质优良率提高至 92%。设施布局上，严格遵循陆海同治原则，将污水管网垃圾处理设施和生态保护区统筹规划，洞头项目改造雨污管网近两百公里，使城乡污水收集率达到 98%^[7]。与此同时，配置生态监测设施，对水质植被覆盖度等指标进行实时监控，为设施优化提供了准确的数据支撑^[8]。

（二）功能融合策略：打造复合空间体系

基于景观都市主义的空间复合理念，推动基础设施多功能集成。交通设施方面，构建环岛路、栈道、游步道三级慢行系统，结合观景台驿站等节点，实现交通和休闲功能融合，洞头北纬 28° 环岛路通过“串珠成链”设计，串联十个修复沙滩和十五个民宿群，年接待旅客量突破三百万人^[9]。休闲设施方面，将海上运动，渔业体验和生态保护结合，划定专属活动空间并配置符合 GB/T 33539 标准的潜水设施，于此同时融入设备存储和安全培训等配套功能^[10]。食宿设施方面，改造闲置石屋形成特色民宿群，保护了海岛风貌又提供住宿服务，洞头项目通过此种模式实现户均年收入超 15 万元^[11]。

（三）文化转译策略：传承地域海洋文化

将海洋元素融入设施造型及体验空间中，防止千房一面。延续渔村石屋渔港码头等建筑形态，在建筑风格上采用本土石材与木材等生态材料，如洞头古村落改造项目，民宿建筑延续依山傍海的格局，外墙延续原有的石材，屋顶延续渔家瓦。在标识系统中引入生物或航海等海洋元素，设计本地特色公共信息图形标识符，符合 GB / T10001 标准^[12]。将海洋元素融入设施体验空间中，打造渔业科普馆和海岛文化展馆等体验设施，如紫菜养殖，大黄鱼捕捞等产业升级成为文旅体验项目。鹿西海洋牧场通过声波围养模式，实现养殖与观光的双重收益。

（四）管护协同策略：建立可持续运营机制

按照滨海旅游度假区设施配置要求管护标准，建立政府，企业与社区多方联动机制。政府建立保护生态的硬性约束机制。洞头区人大出台《促进和保障洞头海上花园建设决定》；企业提供投资建设运营机制，负责设施运营管理，洞头项目由国有资源开发公司负责，确保运营管理到位；社区负责引导带动居民参与管护，通过就业返还红利等形式激发居民参与的积极性，形成共建共享模式。

四、案例实证：浙江温州洞头“共富海上花园”EOD 项目

（一）项目概况

洞头区位于浙南沿海瓯江口，是国内首批海洋生态保护修复类 EOD 项目，投资金额为 28.8 亿元，建设期限 4 年，运营期 22 年。以景观都市主义为核心，通过建设生态修复设施与产业开发的一体化建设，构建全球生态岛。截至 2025 年底，总投资 3 亿元，旅游增加值 13.5 亿元，占生产总值的比重超过 8%。

（二）设计实践

生态修复设施：实施矿山生态修复 25 万平方米，林相改造 1.2 万亩，将“茅草山”转化为生态林地；建设“无废渔港”，采用浮球替代泡沫，规范渔船停放，海漂垃圾治理率达 95%。

文旅服务设施：打造望海楼等四大景区，配套生态停车场游客中心等设施，游客中心设置符合 GB/T 31383 标准；建设环岛慢行系统，总长为 56 公里，配置共享单车等交通工具^[13]。

产业融合设施：改造 14 个闲置石头房村落，培育了 15 个民宿群，每个沙滩都会配套一组民宿群；开发跳岛游海洋牧场体验等文旅产品，整合码头资源实现经营权统一管理。

（三）实施成效

项目生态经济和社会效益多方增长，生态上，近岸海域环境质量持续改善，先后获得“美丽海湾优秀案例”等十项荣誉；经济上，2025 年人均可支配收入年均增长率 5.5%；社会方面，新增就业岗位两千多个，村集体闲置资产增值 100% 以上。景观都市主义导向下的设施设计打通了“绿水青山就是金山银山”的转化通道，用实例诠释了生态设计赋能文旅基础设施建设的可能性。

五、结论

景观都市主义为沿海生态文旅设施提供了一套系统性的理论框架，也为设计师们搭建了一套值得参考的设计路径，面向环境保护与生态修复，将景观生态作为空间功能和文化体验，通过生

态协同，功能融合，文化转译和管护协同四大策略，实现了基础设施从单一功能载体，向复合生态系统转型，切实解决了沿海地区生态保护和文旅发展的矛盾^[14]。使得二者从对立矛盾，转为互相促进相互融合。

浙江温州洞头“共富海上花园”EOD 项目的实践证明，按照景观都市主义理念的文旅设施设计，完全能够达成生态修复与产业发展与良性循环，并可以促进人类福祉提升。生态协同策略构建出弹性的生态基础设施，同时提升了生态系统服务功能。功能融合策略打造出了复合空间体系，提高了设施利用效率和文旅体验质量^[15]。文化转译策略传承地区海洋文化，增强文旅空间的吸引力。管护协同策略建立了可持续运营机制，保障设施长期稳定得运行。

未来沿海生态文旅基础设施的设计，还有许多能够提高的方面。引进精准化技术借助大数据人工智能来提高基础设施设计在前期决策端的精准度与丰富性，如使用大数据分析游客分布，来提高服务设施的精准化运营。又如使用文生图大语言模型，高效且快速得提供设计效果图。另外，个性化的因地制宜及模式创新，强化不同沿海资源禀赋特性也非常必要。而使规范落地也是重点工作之一，提高行业标准的贯彻实施力度，把景观都市主义的理念引入规划设计管护全过程，加强考核体系并调动社区一起进行生态保护宣传，从而引导游客形成生态优先的旅游理念。这样才能更好得使沿海生态文旅走上高质量发展的快车道。

参考文献

- [1] 中国林业科学研究院. 景观都市主义的起源与发展 [J]. 中国城市林业, 2023, 21 (3): 1-7.
- [2] 中华人民共和国文化和旅游部. LB/T 0847—2025 滨海旅游度假区设施配置要求 [S]. 2025.
- [3] 温州市洞头国有资源开发建设有限公司. 洞头诸湾·共富海上花园 EOD 项目可行性研究报告 [R]. 2023.
- [4] 宁志中, 张凌云, 等. 滨海旅游度假区设施配置与管理研究 [J]. 旅游学刊, 2024, 39 (2): 89-98.
- [5] Waldheim C. Landscape Urbanism: A Critical Reader [M]. Princeton Architectural Press, 2006.
- [6] 俞孔坚. 景观都市主义与生态基础设施建设 [J]. 城市规划, 2022, 46 (5): 23-31.
- [7] 国家海洋局. 中国海洋经济统计公报 2023 [R]. 2024.
- [8] 中华人民共和国环境保护部. 中国近岸海域环境质量公报 2023 [R]. 2024.
- [9] 浙江省发展和改革委员会. 洞头区“共富海上花园”建设规划 (2021-2025)[Z]. 2021.
- [10] 詹姆斯·科纳. 景观都市主义的理论与实践 [J]. 世界建筑, 2023, (7): 45-52.
- [11] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城镇污水处理厂污染物排放标准 (GB 18918—2002)[S]. 2002.
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 公共信息图形符号 (GB/T 10001—2012)[S]. 2012.
- [13] 福建师范大学旅游学院. 滨海文旅设施同质化问题与破解路径研究 [J]. 旅游论坛, 2024, 17 (1): 34-42.
- [14] 荷兰三角洲研究院. 马斯河三角洲生态修复与文旅融合实践报告 [R]. 2022.
- [15] 美国景观设计师协会. 旧金山滨海步道改造项目设计手册 [M]. 2021.

智能交通系统下公交优先信号配时策略及效能分析

杨丽华

山东省临沂市公安局交通管理支队, 山东 临沂 276000

DOI:10.61369/UAID.2026010031

摘 要 : 在城市化进程不断加快、交通拥堵问题变得越来越突出这样的背景状况之下, 让公共交通得到优先发展成为缓解交通方面压力的一个关键性的举措, 而公交优先进行信号配时是提升公交运行方面效率的核心性质的技术手段。依靠智能交通系统所具备的技术支撑, 这篇文章结合城市道路实际存在的运营场景情况, 深入地去分析静态优先、动态优先以及协同优先这三类配时策略的实施逻辑、适用的场景状况与操作的要点内容, 避免只是泛泛地去谈论。从公交运行、路网整体、社会民生这三个维度去剖析不同策略的实际产生的效能, 指出当前配时策略应用当中存在的技术适配不够、协同性缺乏等问题, 并且提出具有针对性的优化方面建议, 目的是为智能交通系统之下公交优先信号配时的落地应用提供符合实际情况的参考, 推动公共交通服务质量与路网运行效率的协同性提升。

关 键 词 : 智能交通系统; 公交优先; 信号配时策略; 效能分析; 路网协同

Timing Strategy and Efficiency Analysis of Bus Priority Signals under Intelligent Transportation Systems

Yang Lihua

Traffic Management Detachment of Linyi Public Security Bureau, Shandong Province, Linyi, Shandong 276000

Abstract : Against the backdrop of the accelerating urbanization process and the increasingly prominent problem of traffic congestion, giving priority to the development of public transportation has become a key measure to alleviate traffic pressure, and prioritizing signal timing for public transportation is a core technical means to enhance the efficiency of public transportation operations. Relying on the technical support of intelligent transportation systems, this article, in light of the actual operational scenarios existing on urban roads, conducts an in-depth analysis of the implementation logic, applicable scenario conditions, and key operational points of the three types of timing strategies: static priority, dynamic priority, and collaborative priority, to avoid merely discussing them in a general way. This paper analyzes the actual effectiveness of different strategies from three dimensions: public transportation operation, the overall road network, and social welfare. It points out the problems such as insufficient technical adaptation and lack of coordination existing in the current application of timing strategies, and puts forward targeted optimization suggestions. The aim is to provide practical references for the implementation of bus priority signal timing under intelligent transportation systems, and to promote the coordinated improvement of public transportation service quality and road network operation efficiency.

Keywords : intelligent transportation system; public transportation priority; signal timing strategy; performance analysis; road network coordination

引言

随着城市规模持续不断地扩张, 私家车保有数量急剧增加与道路资源供给不够的矛盾变得越发明显, 早晚高峰时段交通拥堵已经成为多数城市普遍存在的难题。公共交通作为绿色、高效的出行方式, 它的运行效率直接影响到城市交通系统的整体效能^[1]。传统的交通信号配时大多采用固定周期的模式, 没有能够充分地去兼顾公交车辆的通行方面需求, 导致公交车辆在交叉口频繁地启停、延误情况非常严重, 降低了公共交通的吸引力。智能交通系统的普及为公交优先信号配时提供了技术方面的支撑, 通过对实时交通感知、数据处理以及动态调控能力进行整合, 能够实现信号配时与公交运行状态的精准性匹配。这篇文章聚焦于智能交通场景之下公交优先信号配时的具体策略, 结合实际应用当中存在的痛点与亮点, 深入地分析各类策略的实施效果与适配的条件, 为城市交通管理部门优化信号配时方案、提升公交运行质量提供实践方面的参考^[2]。

一、智能交通系统对公交优先信号配时的支撑作用

（一）实时感知能力奠定数据基础

智能交通系统通过路侧视频监控、车载定位设备、地磁检测器等终端设备，能够实时地捕捉公交车辆的位置、行驶的速度、载客的数量，以及交叉口社会车辆的流量、排队的长度等信息内容。和传统的人工统计或者固定时段监测不一样，这些设备能够实现24小时不间断地感知，并且数据传输的延迟比较低，能够精准地反映交叉口的实时交通状态。例如，通过车载定位设备能够提前去预判公交车辆抵达交叉口的时间，结合路侧设备监测到的排队情况，为信号配时调整提供精准的依据，避免盲目地去延长或者缩短绿灯的时间，确保配时策略符合实际交通需求^[3]。

（二）动态调控能力提升配时灵活性

传统型的公交优先当成信号配时这种做法大多情况下依赖采取固定方案这种形式，的确确实难以对外突发出来的交通状况实行应对措施，然而智能交通相关系统具备的动态调控具体功能能够针对信号配时开展实时优化操作。凭借核心开展控制该动作的器械对于所感知到的数据做快速类型的处理行为，并且结合预先设定好的相关算法内容，能够按照公交车辆以及社会车辆出现的动态变化情况，对绿灯持续的时间长度、相位排列的顺序开展灵活进行的调整操作，既可以保障公交能够优先进行通行，又可以防止过度对社会车辆的运行情况产生影响。这种类型的动态调控具备的能力打破了那种“一刀切”类型的配时模式情况，能够与不同的时段、不同的路段具备的交通流呈现出来的特征相匹配，让公交优先所采取的策略更具有可以实际操作的特性^[4]。

（三）协同联动能力优化路网效能

智能交通相关系统能够实现单个存在的交叉口和区域路网开展的协同联动操作，把公交优先当成信号配时从单点进行优化升级成为区域开展统筹。通过对多条公交运行的线路、多个存在的交叉口具备的交通数据开展整合工作，去构建区域协同开展调控工作的模型，能够防止单个存在的交叉口为了对公交优先情况进行保障而造成相邻的路口出现拥堵状况，实现路网整体具备的效率达到最大化的效果^[5]。例如，针对公交走廊沿着的方向存在的多个交叉口，能够通过协同开展调控工作去构建“绿波带”，让公交车辆能够连续地通过多个路口，减少在路途中出现的延误情况，同时兼顾沿着线路社会车辆的通行所具备的秩序。

二、智能交通系统下公交优先信号配时核心策略

（一）静态优先配时策略

在智能交通相关系统当中仍然存在其适合应用的场景，其核心具备的优势在于操作比较简单、维护需要花费的成本比较低，适合交通流呈现相对稳定状态的路段。该策略具备的核心开展实施工作的要点是对公交高峰时段以及平峰时段开展划分工作，针对不同的时段预先设定存在差异化的信号配时方案。在公交处于高峰的时段，适当地对公交车辆通行方向具备的绿灯持续的时间长度进行延长，缩短红灯需要等待的时间，或者调整相位排列的

顺序，把公交车辆通行具备的相位提前，减少公交车辆在交叉口停留需要的时间^[6]。例如，在早高峰时段，针对通勤公交运行的线路比较密集的主干道，能够预先设定公交方向绿灯持续的时间长度进行延长的方案，同时限制社会车辆左转或者掉头具备的信号持续的时间长度，防止和公交车辆产生冲突情况。静态优先所采取的策略适合应用的场景比较明确，主要适合应用在交通流呈现规律稳定状态、公交运行的路线处于固定状态的路段。

（二）动态优先配时策略

从实施的逻辑方面来看，动态优先的策略能够分成请求式优先以及自适应优先这两类。请求式优先主要是针对公交车辆呈现离散运行的这种场景，公交车辆借助车载设备朝着交叉口信号控制器发出优先通行的请求，控制器把实时交通流状态结合起来判断是不是满足优先的条件。就比如说，当公交车辆快要抵达交叉口并且载客量比较大，然而对向社会车辆排队的长度比较短的时候，控制器能够适当地把绿灯时长延长或者提前对相位进行切换，保障公交车辆能够快速通行；要是对向社会车辆排队的情况很严重，那就暂时不响应优先请求，防止引发路网出现拥堵的情况^[7]。自适应优先则更加适合公交流量比较大、交通流变化很频繁的场景，控制器通过持续地对实时数据进行分析，自动地对信号周期、绿灯时长以及相位顺序进行调整，达成公交优先和社会车辆通行的动态平衡^[8]。

（三）协同优先配时策略

协同优先配时策略是在动态优先基础之上的升级，把焦点聚焦在区域路网整体的效能方面，通过多个交叉口、多条公交线路的联动调控，实现公交优先和路网畅通的协同统一，适合城市核心区、公交走廊等区域化路网的场景。该策略实施的核心是构建区域协同调控的体系，打破单个交叉口的独立配时模式。一方面，针对公交走廊沿线的多个交叉口，通过智能交通系统的协同平台，统一对信号周期以及相位差进行规划，构建公交绿波带^[9]。

三、公交优先信号配时策略的效能分析

（一）对公交运行的效能提升

各类优先配时策略的核心效能都在于提升公交运行的效率以及服务的质量。静态优先策略通过预设的方案，能够在公交高峰时段稳定地保障公交通行权，减少固定时段的延误，提升公交运行的规律性，让乘客出行更具有可预期性。动态优先策略通过实时地对公交车辆需求进行响应，能够有效地解决突发延误的问题，避免公交车辆因为信号等待而导致晚点，尤其适合载客量大的通勤线路，提升乘客出行的体验。协同优先策略通过构建绿波带以及线路协同，能够大幅度地减少公交车辆在区域路网内的启停次数，提升公交运行的速度，同时降低车辆的油耗以及机械的损耗，减少公交运营的成本。除此之外，优先进行配时的策略还能够提高公共交通所具有的吸引力^[10]。当公交进行运行的效率提高、准点的比率升高之后，一部分私家车的用户会主动地选择乘坐公交来出行，进一步地扩大公交出行所占据的分担比率，形成一种良性的循环。

（二）对路网整体运行的效能影响

公交优先的信号配时并不是单纯地保障公交进行通行，它的核心目标是优化路网整体所具有的效能，不同的策略对于路网所产生的影响存在着差异。静态的优先策略因为配时是固定的，对于路网整体效能所产生的影响相对是可以控制的，但是在交通流突然发生变化的时候，容易出现“照顾这个而失去那个”的状况，有可能导致部分方向出现交通拥堵的情况。动态的优先策略通过实时地平衡公交和社会车辆的需求，能够最大程度地降低对路网所产生的负面影响，在保障公交优先的同时，维持社会车辆正常的通行秩序，适合交通流比较复杂的核心区域。协同的优先策略对于路网整体效能的提升是最为明显的，通过区域进行统筹的调控，可以避免单个交叉口进行优化导致相邻路口出现拥堵的情况，实现路网流量的合理分配。

（三）对社会民生的综合效能

公交优先的信号配时策略所具有的社会效能主要体现在民生改善和绿色出行引导这两个方面。从民生的角度来讲，公交运行效率的提高可以缩短乘客出行所花费的时间，减少候车和乘车过程当中的拥堵带来的困扰，提高市民出行的满意程度。特别是对于依赖公共交通通勤的群体来说，准点率的提高能够让出行计划更具有可控制性，减少因为公交晚点导致的迟到问题。从绿色出行的角度来讲，公交优先的策略可以推动更多的用户选择公共交通，减少私家车出行的数量，进而降低汽车尾气的排放和噪声污染，改善城市的生态环境。同时，公交车辆启停次数的减少也能够降低能源的消耗，符合绿色低碳的发展理念。此外，合理的配时策略可以减少交叉口的交通冲突，降低交通事故发生的比率，提高道路通行的安全程度，为市民创造更加安全、便捷的出行环境。

四、公交优先信号配时策略应用中的问题与优化建议

（一）当前应用中的主要问题

虽然智能交通系统为公交优先信号配时提供了技术方面的支撑，但是在实际应用当中仍然存在很多实际的问题。一是技术和

实际场景的适配不够充分，一部分区域的智能设备和当地交通流的特征不相匹配，比如在公交流量比较小的路段过度部署动态优先的设备，导致资源出现浪费的情况；而在交通流比较复杂的路段，设备感知的精度不够，影响配时策略实施的效果。二是存在协同性不足的情况，有一部分城市仅仅达成了单点动态优先，还没有构建出区域协同调控的体系，这就造成单个交叉口的优化和区域路网相脱离，很难形成整体的效能。

（二）优化的建议

依据路段公交流的流量、交通流稳定的情况、智能设备配置的状况，挑选合适的配时策略。对于交通流稳定的郊区路段，采用静态优先的策略就可以；对于核心区、公交走廊等复杂的路段，推广动态优先和协同优先相组合的模式，提高策略适配的性能。同时，加强设备校准和升级的工作，保证感知数据的准确程度，让配时调整更加贴合实际交通的状况。构建完备的协同调控体系，加快推动区域智能交通平台的建设，实现多个交叉口、多条公交线路的数据实时相互连通。交通管理部门应该全面规划区域配时的方案，针对公交走廊、核心商圈等重点的区域，构建协同绿波的带，平衡公交优先和社会车辆通行。

五、结论

智能交通系统为公交优先信号配时提供了多样化的技术途径，静态优先、动态优先、协同优先这三类策略各有重点，分别适用于不同的道路场景和交通流的特征。从效能方面来看，各类策略都能够在提升公交运行的效率、优化路网整体的效能、改善民生体验等方面起到积极的作用，但实施的效果依赖于技术适配的程度、协同的程度和管理机制的完善程度。在实际应用的时候，需要摒弃“一刀切”的模式，结合区域道路的条件、交通流的特征和智能设备配置的情况，选择合适的配时策略，通过精准匹配、协同调控、优化算法等办法，实现公交优先和路网畅通的协同统一。

参考文献

- [1] 杨云飞, 王建勇. 车路云协作的公交优先信号控制方法研究及其实现 [J]. 交通工程, 2025, 25 (11): 38-44+60.
- [2] 李云柯, 刘子诚. 公交优先信号控制策略在交叉口优化中的应用 [J]. 人民公交, 2025, (14): 129-131.
- [3] 郝睿, 丁楷棋, 陈璐, 杨一, 王宇晨. 基于车路协同的多交叉口公交溢出控制方法 [J]. 交通工程, 2024, 24 (05): 19-24.
- [4] 赵慧雄, 陈艳艳, 张斌, 潘芋燕. 考虑交通和环境效益的公交优先信号配时研究 [J]. 公路交通科技, 2024, 41 (02): 212-222.
- [5] 王波, 祖永昶. 公交绝对优先信号控制策略过渡时段配时模型 [J]. 综合运输, 2023, 45 (07): 100-105.
- [6] 徐亮, 于海洋, 金盛, 任毅龙. 兼顾社会车辆多路径协调的干线公交优先信号协调方法 [J]. 中国公路学报, 2023, 36 (10): 281-291.
- [7] 陈悦新. 考虑停靠站影响的公交优先信号配时优化 [J]. 盐城工学院学报 (自然科学版), 2023, 36 (01): 44-48.
- [8] 郑似月, 江政毅, 连培昆, 陈宁, 李俊, 郑建荣. 实际信号机公交优先控制策略效益分析 [J]. 交通工程, 2023, 23 (01): 96-104.
- [9] 徐洪峰, 陈虹瑾, 张祚, 陆千惠. 逆向左转交叉口的全感应公交优先信号控制技术 [J]. 中国公路学报, 2023, 36 (01): 214-225.
- [10] 谭百宏, 邱志军, 张祚, 何书贤. 网联环境下考虑非优先车辆延误的公交优先信号控制方法 [J]. 交通信息与安全, 2022, 40 (03): 86-95.

城市小型社区公园的景观设计与功能营造

程文宇

天津市城市规划设计研究总院有限公司, 天津 300190

DOI:10.61369/UAID.2026010032

摘 要： 城市小型社区公园作为城市绿地系统的重要组成部分，是衔接城市公共空间与居民生活空间的关键载体，承担着满足居民休闲娱乐、促进邻里交往、提升区域生态品质的核心使命。本文立足城市小型社区公园的核心内涵，明确其定义与特征，梳理景观设计的核心原则，分析景观设计的核心要素与功能营造的导向，探索景观设计与功能营造的融合路径，提出针对性的优化策略，旨在为城市小型社区公园的规范化、人性化设计提供理论支撑，助力打造宜居、舒适、生态的社区生活环境，推动城市人居品质的稳步提升。

关 键 词： 城市小型社区公园；景观设计；功能营造；融合路径；优化策略

Landscape Design and Functional Creation of Small Community Parks in Cities

Cheng Wenyu

Tianjin Urban Planning and Design Research Institute Co., LTD. Tianjin 300190

Abstract： As a vital component of urban green space systems, small community parks serve as crucial connectors between public spaces and residential areas. They fulfill three core missions: meeting residents' recreational needs, fostering neighborhood interactions, and enhancing regional ecological quality. This study defines the core concepts of urban small community parks, clarifies their characteristics, outlines fundamental landscape design principles, analyzes key elements and functional development orientations, explores integration pathways between landscape design and functional development, and proposes targeted optimization strategies. The research aims to provide theoretical support for standardized and human-centered design of urban small community parks, contributing to the creation of livable, comfortable, and eco-friendly community environments while steadily improving urban living quality.

Keywords： urban small community park; landscape design; functional creation; integration path; optimization strategy

引言

城市化进程不断加快之际，城市人口密度持续增长，居民对于高品质社区生活空间的需求变得越发强烈。城市中的小型社区公园具备布局灵活，靠近居民，服务方便这些优势，所以成为化解城市空间压力，充实居民精神文化生活，优化社区自然环境的关键所在。当下，有些城市的小型社区公园存在景观设计雷同，功能塑造与居民需求不相符等情况，无法很好地发挥自身的服务作用。基于此，本文围绕城市小型社区公园的景观设计与功能营造展开系统探讨，明确核心内涵与设计原则，梳理要素与导向，探索融合路径与优化策略，为提升社区公园的实用性与舒适性提供思路，助力宜居城市建设。

一、城市小型社区公园核心内涵与设计原则

（一）城市小型社区公园的核心定义

城市小型社区公园处于城市社区范畴之中，其核心目的在于服务于周边居民。该公园占地规模恰当，布局较为紧凑，集景观欣赏，休闲娱乐，邻里交流等诸多功能于一身，属于公益性质的

公共空间。其关键定位在于贴近居民生活实际，给予居民方便又舒适的户外活动场地，具备生态，社会以及休闲方面的价值，也是衡量社区生活品质的关键体现。相比于城市大型公园而言，城市小型社区公园的服务半径更短，服务对象更为聚集，更加重视实用性和便捷性，不需要繁杂的景观设计和大型设备，主要着眼于满足居民日常休闲，邻里之间相互交流这些基本需求，成为连

接城市公共绿地和居民居家环境的一座重要桥梁。

（二）城市小型社区公园的核心特征

城市小型社区公园有着明显的特性。首先，它的服务具备地域性与便捷性，常常设立在社区中心或者居民聚集地附近，服务半径符合居民步行到达的距离，方便居民随时做户外活动。其次，其功能比较综合又实用，包含休闲，交际，生态等多种功能，并不需要特意去追寻景观的观赏价值和规模大小，主要着眼于满足居民平日的需求。最后，景观应具亲民性与简约性，景观设计需贴近居民的生活状况，不能过于商业化和繁杂，要重视营造温馨，自然的环境。其四，该公园具有公益性和开放性，向全体社区居民免费开放，没有身份限制，成为不同年龄，不同群体居民交流的公共平台，体现出社区的包容性。

（三）城市小型社区公园景观设计的核心原则

城市小型社区公园景观设计应遵照三个主要原则。其一为人本原则，要依照不同年龄层，不同需求居民的真实需求来开展设计，既要考虑老人，儿童，成年人的活动喜好，也要让景观设计和功能设置符合居民的生活习惯。其二是生态性原则，首先选择本地植物，并重视植物搭配是否合理，从而维护社区的自然环境并优化公园的生态调节功能，达成人与自然的和睦共处。其三是整体性与协调性原则，景观设计应当与周围的社区建筑特色，城市的总体面貌相适应，既要保证景观的一致性，又要体现其丰富性，防止出现设计雷同的情况，还要关注公园内部各个景观元素，功能板块之间的顺畅过渡，进而优化整体的愉悦感和观赏价值。

二、城市小型社区公园景观设计核心要素

（一）植物景观设计要素

植物景观处于城市小型社区公园景观设计的关键地位，其对公园的生态品质及视觉效果产生直接影响。植物选取要依照本土性，适应性原则，应先采用耐旱，易养护且病虫害较少的本土植物，这样既能削减养护成本，又能优化植物存活率。植物搭配时要注意层次清晰，恰当安排乔木，灌木以及地被植物，营造高低起伏的景观效果，如此一来既能做到夏天遮荫，冬天采光，又可充实视觉层次。还要重视植物的季节性变化，选择开花期和叶色不同的植物相互搭配，使得公园四季皆有美景，创建起自然，清新的户外环境，兼顾生态性和观赏性，给居民给予舒适的休闲场所。

（二）硬质景观设计要素

硬质景观对于城市小型社区公园而言属于骨架部分，其支撑公园的功能布局及空间划分，重点包含道路，广场，铺装这些核心要素。道路设计要遵照便捷性准则来划分主次道路，其中主道路关联公园出入口以及各个功能区，而次道路则连结各个景观节点，路面宽度应符合居民通行需求，材质方面选取防滑，耐磨又环保的材料。广场设计既要重视实用性也要关注舒适性，其面积不可过大或者过小，要恰当地满足居民聚集，休闲以及活动时的需求，铺装材质重点关注防滑和透气性能，防止大面积硬质铺装破坏生态效果。硬质景观的整体设计应当简单大方，与公园亲民的气质相契合，并且同植物景观协调统一，不能因为过度硬化而

造成空间显得沉闷压抑。

（三）景观小品设计要素

景观小品对于城市小型社区公园景观设计而言犹如点睛之笔，具备实用价值与观赏价值，可充实公园的景观层次，优化公园的人文气息。景观小品包含座椅，指示牌，灯具，雕塑等，其设计应遵照简约，实用且契合社区风格的准则，不可过度繁杂。座椅设计要关注舒适度与便利性，并妥善安排在遮荫，通风之处，材质方面选择环保又耐久的材料以满足各类人群的使用需求。指示牌，灯具的设计应当简单清晰，既实用又美观，灯具采用节能而温润的光源来创建温馨的夜晚景致。雕塑之类的装饰小品须要符合社区的文化特征，传达积极健康的生活态度，从而提升居民的归属感。

三、城市小型社区公园功能营造核心导向

（一）休闲娱乐功能营造导向

城市小型社区公园的核心功能在于休闲娱乐方面，其营造方向应符合居民日常休闲需求，创建便捷又舒适的休闲环境。功能营造要综合考虑各年龄段居民的休闲喜好，给老人划定安静的休憩处，留出安全的活动场地供孩子玩耍，也要有能让成人放松减压的户外空间。还要关注休闲空间是否足够舒适，恰当布置植物景观，营造阴凉，通风的氛围，并安装一些必备的休闲设施，以满足居民静坐，漫步，阅读等基本休闲需求。休闲娱乐功能的营造不必讲究复杂的设施和布局，关键在于便捷性和舒适性，这样才能让居民随时享受到户外休闲的乐趣。

（二）邻里交往功能营造导向

社区公园最贴近居民生活，可达性极高，是人们伸手可及的绿色休闲空间。人们随时可进入附近的社区公园开展各类活动，如锻炼、跳广场舞、交谈、集会等。在经历了繁忙工作后，人们很少会专门到距离较远的综合性公园休闲，而是会就近选择社区公园放松。邻里间的交流互动增进了情感，有利于形成“熟人社区”。功能营造应关注空间的开放性与包容性，设立适宜居民聚集的公共区域，促使不同年龄，不同家庭的居民彼此交流。通过合理的景观布局与设施设置，可以引导居民自发开展交流活动，冲破邻里间的隔阂。营造邻里交往空间时，要防止过于私密或者过于空旷，重视营造温馨，和谐的氛围，使公园成为邻里相识，相知，相处的关键地方，有益于形成和谐，友善的社区关系。

（三）生态防护功能营造导向

城市小型社区公园的核心生态价值在于生态防护功能，这种功能的营造目的在于优化社区生态环境并优化区域生态品质，从而给居民供应健康，宜居的户外环境。功能营造要把生态性当作核心，通过恰当的植物搭配来加强公园的固碳释氧，净化空气，涵养水源以及减小噪音的能力，以此减轻城市热岛效应。还要重视公园土壤和水体的保护与优化工作，防止出现过度硬化和污染情况，创建起良性循环的社区生态系统。生态防护功能的营造要同景观设计紧密结合起来，既要确保生态效益得以发挥，也不能影响到公园的休闲和交流功能，做到生态与人文的协同发展。

四、城市小型社区公园景观设计与功能营造的融合路径

（一）要素设计与休闲功能的融合路径

要素设计与休闲功能相融合的重点在于使景观要素全方位满足休闲需求，达成景观观赏性与休闲实用性相统一的目标。植物景观设计应综合考虑遮荫、通风及观赏因素，给休闲空间创造良好的环境基础；硬质景观里的道路，广场要符合居民散步，休息以及活动的实际需求，保证通行顺畅，活动舒心；景观小品中的座椅，休闲设施应当妥善安排在风景宜人，环境怡人的地方，方便居民一边观赏景色，一边轻松开展各种休闲活动。在此期间，要防止景观要素和休闲功能出现分离状况，也不能一味执着于景观观赏效果而漠视其实用价值，务必使得每处景观要素都能够支撑起休闲功能的有效施展。

（二）空间布局与邻里交往功能的融合路径

空间布局同邻里交往功能相融合，关键在于通过科学的空间划分来创建合理的交往平台，从而推动居民之间的交流互动。公园的空间布局要冲破封闭，零散的状况，形成开放，连贯的公共空间体系，并设立大小不等的交往区域，以适应居民从少量人员交谈到大量人群聚集等各种不同的交往需求。借助对景观要素的调配，营造出温暖，和谐的交往氛围，促使居民积极投身到交流活动中去。空间布局既要考虑交往功能也要顾及隐私需求，不能让交往空间既过于空旷又过于隐秘，保证居民在交流的时候能收获舒心，安心的感受，达成空间布局和邻里交往功能的深度结合。

（三）景观营造与生态防护功能的融合路径

景观营造与生态防护功能相融合的重点在于达成生态效益和景观效益的协同发展，使得公园既有良好的生态防护能力，又有宜人的景观环境。在景观营造时，首先应选择本地，生态型植物，并恰当搭配植物群落，以此优化公园的生态涵养能力，还要关注植物景观的观赏价值，形成四季皆有美景的生态景观。硬质景观设计要控制好硬化的面积，采用环保，透气的铺装材料，缩减对自然环境的影响；景观小品则要选用生态环保的材料，防止造成环境污染。通过景观营造和生态防护功能的深入结合，把公园创建成一个集生态保护，景观欣赏和休闲体验于一体的综合空间。

五、城市小型社区公园景观设计与功能营造的优化策略

（一）景观设计的精细化优化策略

景观设计若要达到精准化优化的效果，关键在于冲破同质化设计的束缚，并重视细节的细致雕琢，从而加强景观的舒适感与观赏价值。在优化的时候，要以社区居民的真实需求为出发点来

细化景观要素的设计，植物搭配时应考虑层次感和季节性差异，不可过于单调；硬质铺装则需关注材料的挑选以及防滑，透气功能，这些小地方都要体现出人性化的理念；景观小品既要实用又要漂亮，还要符合社区的整体风格，不能毫无特色地重复别人的做法。而且还要重视景观设计的全局观及其各个部分之间的和谐统一，保证各个景观要素以及不同区域的景观能够顺畅连贯起来，不能存在设计断层的现象。通过这种细致入微的设计手段，可以改善公园的景观质量，营造出带有社区专属印记的优美环境。

（二）功能营造的人性化优化策略

功能营造若要达成人性化优化，重点在于遵照各类人群需求的差别，做到功能营造的精确化，从而改善居民的使用感受。对于老年人而言，要优化休憩设施，并增添无障碍设施，创建安静，舒适的休憩环境。就儿童而言，需完善活动设施，保证设施安全环保，还要设置防护设施，以保障儿童活动安全。至于成年人，则应增设休闲放松之处，配备必要的休闲设施，进而满足他们日常休闲减压的需求。而且，还要重视功能区域的恰当划分，防止不同功能区互相妨碍，使得居民在公园里能收获舒心又便捷的使用感受，促使功能营造同居民需求精确契合。

（三）设计与营造的长效性优化策略

设计与营造若想长效优化，关键在于兼顾设计的合理性以及后期养护的便利性，从而保证公园长期稳定地发挥自身价值。在景观设计时，选择耐旱，易养护，病虫害较少的植物，耐用又易维护的材料，以此削减后期的养护成本；在功能设施设计方面重视耐用性和可维护性，防止频繁更换。还要形成完善的后期维护管理制度，定时给植物，设施开展养护和修缮工作，及时解决公园内部存在的各类问题，促使公园景观和功能长久维持良好状况。长效优化也要关注公园的可持续发展，依照城市的发展情况以及居民需求的改变，适时对景观和功能实施调整，使得公园一直符合居民的需求。

六、结语

城市小型社区公园是连接城市与居民生活的关键公共空间，其景观设计和功能营造直接影响到社区的宜居性以及居民的生活品质。文章针对其核心内涵，设计原则，景观要素以及功能导向，探寻景观与功能相融合的途径，给出精准化，人性化，长效化的优化策略。重点在于秉持以人为本，生态优先的理念，达成景观观赏性与功能实用性相统一的目标。塑造良好的社区公园必须综合考虑各类人群的需求，解决设计与功能脱钩的难题，使公园切实成为居民休闲，邻里交流以及生态保护的地方。未来需持续贴合城市发展与居民需求，完善设计营造理念，助力宜居社区与品质城市建设。

参考文献

- [1] 薛越. 城市社区公园景观细部设计研究 [D]. 大连工业大学, 2020.
- [2] 李耀栋, 梁超伟, 张镇钊, 等. 东北城市社区公园的景观设计与居民健康关系研究 [J]. 佛山陶瓷, 2025, 35(12): 173-175.
- [3] 凌宏杰. 社区公园景观设计中的空间设计与植物配置 [J]. 现代园艺, 2022, 45(06): 54-56.
- [4] 马磊, 尹彦丽, 潘伟, 等. 公众健康视域下城市社区公园景观设计分析 [J]. 现代园艺, 2022, 45(02): 44-46.
- [5] 周放. 浅谈城市社区公园参与性景观设计 [J]. 现代园艺, 2021, 44(14): 73-74.

轨道交通建筑节能设计的理论与技术体系

王海

天津市政工程设计研究总院有限公司, 天津 300000

DOI:10.61369/UAID.2026010037

摘 要 : 为了适应当前的绿色建筑发展背景, 提高轨道交通建筑节能效果, 本文对其节能设计理论和技术体系进行研究。根据被动式、系统协同、全周期节能以及可持续发展等理论, 从建筑本体、机电系统、运营管理和可再生能源利用等维度构建完善的节能技术体系。希望能够为后续同类建筑的节能设计提供科学参考。

关 键 词 : 轨道交通建筑; 节能设计理论; 节能设计技术体系

Theory and Technical System of Energy Efficiency Design for Rail Transit Buildings

Wang Hai

Tianjin Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Ltd. Tianjin 300000

Abstract : In order to adapt to the current background of green building development and improve the energy-saving effect of rail transit building, this paper studies its energy-saving design theory and technical system. According to the theory of passive, synergistic, full cycle energy saving and sustainable development, a perfect energy-saving technology system is constructed from the dimensions of architecture, electromechanical system, operation management and renewable energy utilization. It is hoped to provide a scientific reference for the energy-saving design of similar buildings.

Keywords : rail transit building; energy-saving design theory; energy-saving design technology system

前言

在现代城市公共交通系统中, 轨道交通建筑属于枢纽工程项目。它的节能设计主要指利用科学的节能理论和先进的节能技术, 对建筑全生命周期内的能源利用进行优化, 以此来降低其能源消耗和环境污染, 满足城市轨道交通绿色化发展需求。这样不仅能够合理降低城市轨道交通领域运行中的能源压力, 保护生态环境, 同时也可以达到经济运营效果^[1]。

一、轨道交通建筑节能设计基本理论

从当前的城市轨道交通建筑来看, 其节能设计的基本理论主要应该包含以下四个方面。第一是被动式节能, 就是合理利用建筑物基本形态、围护结构以及外部自然条件等, 对室内采光环境以及热环境进行合理优化, 以此来降低主动系统的运行能耗^[2]。比如合理规划高架车站和地面站朝向、提高围护结构保温性能或者合理优化建筑体型系数等, 让自然采光通风条件保持良好, 从而合理替代人工照明和通风等设备, 达到低成本、高环保的节能设计效果。第二是系统协同节能, 考虑到轨道交通建筑是一个包含建筑本身、机电系统和运营管理系统等的复杂工程体系, 各个体系之间只有保持紧密关联, 才能够达到整体节能目标^[3]。因此该理论将传统单一系统节能设计模式彻底打破, 强调多系统之间的协同联动。例如通过加强围护系统保温层设计的方式来降低建筑空调运行能耗, 或通过运营系统的节能设计来确保设备运行效

率和节能效果等, 让轨道交通建筑功能性、实时性及其节能性得到全面兼顾^[4]。第三是全周期节能, 这个理论认为轨道交通建筑的节能设计应该贯穿到规划、材料选型、建设施工、运营管理以及拆除等全流程中, 确保各个环节的节能效果, 达到全周期节能目标。例如合理规划建筑选址、尽量选择绿色材料、加强绿色施工管控、严格实施绿色低碳运营、拆除后材料回收再利用等。这样就可以让轨道交通建筑全周期能耗都得到合理控制, 为整体建筑规划到拆除全流程的绿色化和节能化目标实现提供有力支持。第四是可持续发展, 这是轨道交通建筑节能设计过程中的核心理论, 它要求兼顾到现代以及后现代重要发展权益, 将传统注重建设、轻视节能的轨道交通设计模式废除, 在设计中优先使用可再生型材料以及绿色化技术, 以此来有效降低不可再生能源消耗量, 并进一步减少此类建筑的碳排放量。如此便可让轨道交通建筑和现代城市生态之间达到协调可持续发展效果, 与我国绿色城市建设以及“双碳”背景做到高度契合^[5]。

二、轨道交通节能设计主要技术体系

根据轨道交通节能设计的基本理论，在具体节能设计过程中，设计者应该合理构建以下几个关键技术体系，以此来确保整体建筑节能设计效果。

（一）建筑本体节能技术

作为实现节能目标的重要基础，在轨道交通建筑节能设计技术体系中，建筑本体节能应该作为一个首要组成部分。具体设计时，设计者应该将被动式以及全周期节能理论作为基本依据，对轨道交通建筑的本体造型、围护结构以及采光通风进行合理优化。一般情况下，这种建筑的体型应该设计为紧凑式，根据现场实际情况以及建筑应用需求等，来合理规划它的朝向和体型系数，并注意做好遮阳类构件设计。利用高效环保型材料来设计它的围护结构，并根据实际情况对屋面、墙体以及门窗等设计进行合理优化^[6]。同时应该对自然采光以及自然通风条件加以充分利用，必要时可以将光导管技术引入地下车站，以此来有效降低人工能耗。表1为轨道交通建筑围护结构典型节能材料及其基本情况。

表1- 轨道交通建筑围护结构典型节能材料及其基本情况

序号	名称	主要优势	适用部位
1	岩棉保温板	保温防火，废料可回收	屋面、墙体
2	挤塑聚苯板	保温防水，使用寿命长	地面、屋面
3	Low-E中空玻璃	保温隔热，防辐射效果好	天窗、门窗

（二）机电系统节能技术

在轨道交通建筑运营过程中，很大一部分能耗都来源于机电系统。因此设计者应基于系统协同以及全周期节能设计理论，将机电系统按照给排水、照明、空调通风以及供电这四个系统进行划分。对于给排水系统，设计时可合理引入高效变频水泵来确保运行效率，并定期对水泵进行维护，以免故障或运行效果不佳而增大能耗^[7]。同时应该在地下站合理设置中水循环系统，用来回收和处理冷凝水、雨水等，将处理之后的中水用作冲洗和绿化等水源，以此来实现水资源的合理节约。照明系统中的所有灯具都应选择节能且耐用的LED灯具，设计时还应合理优化照明布局，使其和自然采光达到良好配合效果，并利用智能化系统进行分区、分时以及感应控制，从而有效降低照明系统能耗，进一步延长灯具使用寿命。空调通风系统是整体机电系统中的核心组成部分，因此设计者应采取合理的措施进行节能设计，比如在地下车站引入回风和新风联动模式，利用自动化控制系统，根据客流量以及环境情况等来动态调节空调系统风量，进而最大化降低系统能耗；同时也应该加强地面站的自然通风设计，以此来合理降低空调系统运行负荷，进一步提高整体系统节能运行效果^[8]。而针对供电系统，设计者应该根据实际需求对变压器容量及其布局进行合理优化，尽量选用高效设备来降低系统能耗。同时也可以通过太阳能发电、列车制动电能回收等方式来实现多元化能源利用与供给，从而达到良好的节能设计效果。

（三）运营管理节能技术

对于轨道交通建筑，节能设计时，运营管理方面的节能设计效果将会直接决定整体建筑各系统协同节能效果，因此它的节能设计也是整体建筑节能技术的关键发展方向。为满足整个轨道交通建筑中各系统的节能设计需求，设计者应该将系统协同以及全周期节能等理论作为依托，分别从制度、运维以及策略等层面上合理优化运营管理，争取利用最少投资达到最佳节能运营管理效果。首先是节能制度优化，设计者应该根据此类建筑的基本情况以及其他同类建筑节能管控经验等，为其整体节能运营管理构建完善的制度体系，明确各参与方基本管理任务和职责等。并加大力度为相关人员提供轨道交通建筑节能运维管理方面的宣传、教育、培训等，在此基础上设置严格的考核机制，让人员节能运营管理考核结果与其薪资待遇、晋升机制等挂钩，以此来提高人员重视程度，避免人为因素对建筑节能运营管理效果产生不利影响。其次是运维管理方案设计优化，设计时应结合此类建筑的实际情况，将围护结构以及机电设备作为重点运维对象，合理设计日常运维内容和定期检修时间等，确保这些结构与设备都能够得到及时清理、检修，老化、破损部件均能得到及时维修或者更换^[9]。这样就可以进一步确保各类重要设备的运行效率，避免设备故障或运行情况不佳引起的额外能耗，并进一步延长各设备使用寿命。最后是节能运营管理策略优化，在此过程中，设计者应该结合当前先进的大数据、信息化、自动化以及人工智能等技术，为轨道交通建筑设计一个节能运营管理系统。利用传感器实时检测各系统运行状态，通过物联网向系统实时传输监测数据，由系统中的大数据算法和人工智能模型等来实时进行数据分析，根据分析结果来生成自动化控制指令，并及时发送给各设备执行机构来动态控制设备运行参数。如此就可以让轨道交通建筑中的各设备、系统运行参数得到自动化与智能化精准调节，充分发挥节能技术作用，实现整体建筑能耗的最大化节约。

（四）可再生能源利用技术

轨道交通建筑的节能设计应该遵循全周期以及可持续发展理论，对可再生能源进行合理利用，以此来替代传统不可再生能源，达到良好的节能减排设计效果。就目前的轨道交通建筑来看，具体设计时，设计者可以将太阳能、地热能以及风能等可再生能源合理引入，用它们来替代传统建筑运营中的石化能源，从而进一步降低建筑能耗与碳排放量，满足“双碳”背景下的轨道交通建筑绿色化与节能化设计要求^[10]。表2为现代轨道交通建筑设计中的几种典型可再生能源利用技术及其应用场景。

表2- 现代轨道交通建筑设计中的几种典型可再生能源利用技术及其应用场景

序号	技术	应用场景
1	光伏发电技术	高架车站或地面车站屋面
2	光导管采光技术	地下车站公共区域
3	平板集热器供能技术	车站值班室或卫生间
4	地源热泵制冷技术	地下车站空调系统
5	地源热泵采暖技术	寒冷地区各类车站
6	小型风力发电技术	高架车站车辆停靠或平台段

三、结束语

总之,轨道交通建筑的节能设计应该遵循绿色化与低碳化基础理念,依托于被动式节能、系统协调节能、全周期节能以及可持续发展等重要理论,为建筑本体、机电系统、运营管理以及资源利用等构建科学完善的节能设计技术体系。根据轨道交通建筑

实际情况,将节能技术、策略、设备以及制度等合理引入设计过程中,让各类节能技术的应用优势得到最大化发挥。同时应该将当前先进的信息化、自动化和智能化等技术引入,为整体建筑的节能设计提供技术支撑。如此便可以充分满足现代轨道交通建筑的节能设计要求,促进此类建筑的绿色、节能以及可持续发展。

参考文献

- [1] 张洁贞,陈庆周,赵媛,等.基于智能建筑技术的轨道交通站点设计探究[J].智能建筑与智慧城市,2023(12):170-172.
- [2] 马云良.轨道交通盾构车站建筑设计问题研究[J].运输经理世界,2024(1):4-6.
- [3] 余海,刘曦,李团社,等.轨道交通综合枢纽地域适应性设计策略研究——以西安东站为例[J].城市建筑,2025,22(16):65-68.
- [4] 王韬.地铁站建筑设计与城市交通规划的关系研究[J].建筑与装饰,2025(15):88-90.
- [5] 张梓楠.轨道交通已运营线路改造设计分析[J].运输经理世界,2024(4):4-6.
- [6] 李凯.新基建背景下绿色建筑低碳节能设计研究[J].佛山陶瓷,2025,35(6):86-88.
- [7] 韩雪.被动式节能技术在绿色建筑设计中的应用[J].中国住宅设施,2023(8):25-27.
- [8] 罗定鑫,韩颖竹,吴疆,等.绿色城市轨道交通评价指标体系研究[J].建筑节能(中英文),2023,51(6):110-114.
- [9] 余松泰.基于绿色低碳理念的城市轨道交通车站建筑节能设计研究[J].高速铁路,2025(15):37-39.
- [10] 曾圣.基于智慧城市理念的建筑设计方案研究[J].河南建材,2023(9):71-73.

新阶段城市更新模式与城市规划的衔接机制及实践探索

路倩¹, 段碧涛²

1. 昆明市规划设计研究院有限公司, 云南 昆明 650000

2. 湖北省规划设计研究总院有限责任公司西南分公司, 云南 昆明 650000

DOI:10.61369/UAID.2026010038

摘 要 : 在中国城镇化2.0阶段, 城市更新构成城市空间发展的主要方式, 其本质是提升资源要素配置利用效率、增强空间承载能力、优化城市功能品质与强化城市发展韧性的高质量发展过程。本文立足新阶段城市更新的核心特征与规划衔接需求, 梳理二者衔接的现状、关键环节及现存问题, 构建涵盖目标协同、层级传导、主体协同、流程衔接和政策保障的衔接机制, 结合典型实践案例总结经验, 提出优化路径, 为推动城市更新与城市规划深度融合提供书面参考。

关 键 词 : 新阶段; 城市更新; 城市规划; 衔接机制; 实践探索

Mechanism for Aligning Urban Renewal Models with Urban Planning in the New Phase and Practical Exploration

Lu Qian¹, Duan Bitao²

1. Kunming Planning and Design Institute Co., Ltd., Kunming, Yunnan 650000

2. Southwest Branch of Hubei Provincial Planning and Design Research Institute Co., Ltd., Kunming, Yunnan 650000

Abstract : In the second phase of urbanization in China, urban renewal constitutes the primary mode of urban spatial development, fundamentally representing a high-quality development process aimed at enhancing the efficiency of resource allocation and utilization, increasing spatial carrying capacity, optimizing urban functionality and quality, and strengthening urban resilience. Based on the core characteristics of urban renewal and the requirements for planning alignment in this new phase, this paper reviews the current status, key aspects, and existing issues of alignment between urban renewal and urban planning. It constructs an alignment mechanism encompassing goal coordination, hierarchical transmission, stakeholder collaboration, process integration, and policy support. By summarizing experiences from typical practical cases, the paper proposes optimization paths to provide written references for promoting the deep integration of urban renewal and urban planning.

Keywords : new phase; urban renewal; urban planning; alignment mechanism; practical exploration

伴随我国城镇化进程迈入稳定发展阶段, 常住人口城镇化率已达到较高的水平, 城市发展关键彻底从大规模的增量扩张转变为存量提质增效及内涵式发展, 城市更新成为满足人民群众对美好生活的向往、解决城市空间失衡矛盾、传承历史文化脉络、增强城市应对能力的核心手段。城市规划作为城市发展的蓝图, 对城市的空间布局和功能优化发挥着战略性引领作用, 而城市更新是规划得以落实的关键载体, 其顺利开展离不开规划的科学引领, 各地城市更新的实践不断深入实施, 但二者衔接过程中仍存在目标不一致、流程不流畅、主体协同不力等问题, 制约了城市更新提质增效以及规划落地的实际成效达成。基于此, 系统开展对新阶段城市更新模式与城市规划衔接机制的探索, 结合实践案例总结经验、破解难题, 有助于促进城市高质量发展、打造宜居且韧性十足的智慧城市。

一、新阶段城市更新模式的核心特征与规划衔接需求

新阶段城市更新不再采用传统大拆大建的模式, 以存量提质、内涵式增长为核心要点, 呈现出三大显著特征: 一是坚持以人为本, 主要改进人居环境、传承历史文化且完善公共服务, 摒弃单一的地产开发导向; 二是注重多元协同, 涵盖政府、企业、社区居民等多方主体, 强调大家一起建设、一起治理、一起共

享; 三是强调系统韧性, 既兼顾生态低碳、城市安全, 又优化功能, 助力城市实现可持续发展。与之对应, 其与城市规划做衔接有明确的需求: 要凭借规划强化战略的引领效果, 确保更新方向与城市整体发展目标一致; 要借助规划对空间资源加以统筹, 解决更新零散化的问题; 要依靠规划完善配套政策, 保障更新进程合规有序, 做到城市更新与城市规划同频共振、协同推进, 助力城市高质量发展^[1]。

作者简介: 路倩 (1986.09-), 女, 汉族, 贵州贵阳人, 国土空间规划副高级工程师, 本科, 单位: 昆明市规划设计研究院有限公司, 研究方向: 国土空间规划。

二、城市更新与城市规划衔接的现状、关键环节及现存问题

（一）衔接现状概述

我国城市规划和城市更新的衔接已开始初步实施，搭建起了基础的衔接框架，各地逐渐把城市更新纳入城市规划的整体统筹，以国土空间规划、详细规划等法定规划为依托，弄清城市更新的空间边界、功能定位以及实施步骤。多数城市建立起以规划引领更新的基础制度，依靠规划圈定更新区域、优化空间格局，引导更新项目按顺序开展，衔接实践凸显出差异化特性，一线城市聚焦存量空间优化事宜，造就了规划与更新深度融合的试点经验；二、三线城市还在探索阶段徘徊，逐步完善衔接流程。但整体而言，二者的衔接还处在初级阶段，仍未形成全面、常态化的协同模式，部分地区衔接工作存在走过场、落实效果差等问题，难以充分发挥规划引领以及更新赋能的双重效能。

（二）衔接的关键环节

城市更新与城市规划相衔接，核心是紧扣三大关键环节推进，以实现二者协同发力、一同推进。一是规划引领阶段，这是实现衔接所必需的前提，要把城市更新的目标和内容纳入国土空间总体规划、详细规划，确定更新片区的功能定位、空间布局及管控要求，为更新实践提供依据。二是空间统筹环节，这是衔接的核心要点，要凭借规划来统筹更新片区与周边区域的基础设施、公共服务配套，化解更新碎片化问题，实现空间资源的高效整合与功能互补^[2]。三是实施落地环节，这是做好衔接的关键支撑，需要改进规划与更新的流程衔接方式，清晰界定规划审批、更新立项、建设实施各环节的权责划分，构建动态调整体系，保证更新的整个过程都落实规划要求，同时结合更新实际情况优化规划内容，做到双向契合。

（三）现存衔接问题

即便二者衔接已达成初步进展，但依然存在诸多显著问题，制约协同效能发挥。目标衔接出现脱节，部分城市更新过分看重经济效益，把重心放在房地产开发，和城市规划界定的生态保护、历史传承、公共服务提升等目标不吻合，造成“规划与更新两张皮”的局面。主体协同的效果欠佳，政府、企业、社区居民等主体之间的权责划分模糊，规划主管部门与更新实施部门沟通不顺畅，居民参与衔接过程的渠道有限，很难同时满足多方需求。流程与政策的衔接未达完善状态，规划审批流程既烦琐，与城市更新高效推进的需求无法匹配，配套政策缺少针对性，对更新阶段历史建筑保护、存量空间盘活等特殊问题的支撑不够有力，同时动态衔接的机制缺失，无法紧跟更新实践的动态变化节奏^[3]。

三、新阶段城市更新模式与城市规划的衔接机制构建

（一）衔接机制构建的基本原则

新阶段构建城市更新与城市规划的衔接机制，需立足城市内涵式发展的需求，坚守三大基本原则，为机制的实施提供根本的

指引，保障衔接工作科学有序且贴合实际。一是以人为本原则，需坚持把人民群众对美好生活的向往作为核心要点，在衔接中兼顾居民的居住诉求、公共服务保障以及历史文脉延续，摆脱单一的经济效益引导，让更新成果惠及全体市民，实现城市更新和规划的民生价值相统一^[4]。二是战略协同原则，紧扣城市总体发展战略，保证城市更新的目标、实施路径与城市规划的空间布局、功能定位处于高度相符水平，防止更新产生碎片化以及与规划脱节的现象，促使二者同向发力、同频共振。三是依法依规原则，应借助国土空间规划体系既有的法定地位，确定衔接的流程、责任分工和管控要求，保障衔接工作有法律依据、有规章可依，规范更新与规划协同推进的流程。

（二）衔接机制的核心框架

1. 目标协同机制

目标协同机制是衔接机制的核心前提，其核心是攻克城市更新与城市规划目标脱节的困境，实现两者目标一致、权责相符。一方面，需把城市规划的总体目标及细分目标精准传导到城市更新全过程，把生态保护、历史文脉传承、公共服务完善、空间结构优化等规划核心要求融入城市更新项目从立项开始到设计再到实施的全流程，明确更新项目的目标临界与实施规格。另一方面，应结合城市更新实践反馈，优化城市规划目标，充分吸纳更新过程中体现出的居民需求、区域发展短板等实际状况，防止规划目标不贴合实际、沦为形式。此外，构建目标协同考核体系，将二者目标衔接的成效纳入相关部门、实施主体的考核事项，明确考核指标与奖惩措施，促进目标衔接落地，保证更新实践与规划引领同步前行。

2. 层级传导机制

层级传导机制是保障衔接落地达成的关键途径，根本是构建“总体规划—详细规划—更新项目”的三级传导体系，达成规划要求自上而下精确落地、更新需求自下而上合理反馈。在自上而下传导层面，以国土空间总体规划作为指引，界定城市更新的总体框架、关键片区与发展趋向；按照详细规划，把更新片区的空间管控指标、功能布局、建设标准加以细化，为具体的更新项目提供合法的依据；把详细规划的要求拆解成更新项目的具体实施指标，保证规划管控要求层层落实、不打折扣。针对自下而上的反馈层面，成立更新需求收集与反馈机制，采用社区调研、居民议事、企业座谈等多种手段，采集更新过程中实际的需求与实施难题，及时将信息反馈到详细规划、总体规划的优化阶段，实现规划调整与更新需求精准匹配度提升。清晰界定各级传导的权责分工，规范整个传导流程，防止传导断层、层层弱化，保障规划引领与更新实践双向畅通。

3. 主体协同机制

主体协同机制是保障衔接机制顺利实施的重要支撑，重点是破解多方主体权责模糊、沟通受阻的难题，构建“政府引领、企业参与、社区共建、居民主体”的多元协同体系。政府层面，明确规划、更新实施等相关部门单位的权责分工，建立跨部门联动办公机制，统筹促进规划与更新的衔接，做好政策引领、统筹协调及监督管控工作。企业层面，引导企业提升社会责任认知，严

格按照规划的要求参与更新项目实施，发挥资金、技术、运营的既有优势，推进更新项目提质增效，同时积极和规划部门、社区居民沟通联系，兼顾经济成果与社会成果。社区与居民层面，构建居民参与机制，采用议事商谈、征求意见、全程管控等手段，让居民参与更新与规划衔接的全阶段过程，充分表达合理需求，保障居民在相关事宜中的知情权、参与权、监督权。构建多元主体沟通协调平台，定期召开协同会议，化解衔接阶段的矛盾分歧，造就共建共治共享的衔接工作格局^[5]。

4. 流程衔接机制

流程衔接机制是提高衔接效率、消除流程壁垒的核心依托，其核心是构建“规划引领—项目立项—实施推进—反馈优化”的循环格局，实现二者的紧密衔接。规划编制阶段，需同步开展城市更新需求的调查分析，精准吸取更新重点以及居民合理诉求，将其融入规划编制全过程，从源头杜绝规划与更新脱节。更新项目立项阶段，强化规划刚性审核，严格按照详细规划要求，检查项目的功能定位、空间布局和建设标准，不符合规划的绝不立项。实施推进阶段，构建规划与更新协同管控机制，规划部门全程投入项目设计、建设监管，及时整改违规施工；更新实施主体按时报送推进进展及实际难题，保障实施过程与规划要求相符。项目施工结束后，要把更新实施成效列入规划实施评估，结合评估结果对后续的规划及更新计划予以优化，实现闭环化管理模式，切实增进衔接的成效。

5. 政策工具保障机制

政策工具保障机制是衔接机制成功落地的关键支撑，核心为构建全方位、多层次的配套政策体系，为城市更新与城市规划的有效衔接提供稳固保障。完善规划管控政策，细化更新片区规划管控标准，明确历史建筑保护、生态空间管控以及公共服务配套的具体要求，简化并规范规划审批流程，提升衔接效率。强化要素保障政策，优化土地供应模式，着重盘活现有存量建设用地，优先保障更新片区基础设施、公共服务设施用地的实际需求；完善资金保障体系，扩大政府财政专项资金投入，吸引民间资本有序参与，构建多样化的资金投入体系。健全激励约束与技术保障

政策，对严格依照规划、衔接效果突出的项目给予资金和用地激励，依法约束违规推进工作的实施主体；构建衔接的技术规范体系，明确流程与技术要求，为衔接工作提供专业支撑，保障衔接事宜规范有序开展。

四、城市更新与城市规划衔接的典型实践案例分析

选取成都玉林东路、福州白湖北园这两个典型案例，剖析二者的衔接实践经验。成都玉林东路更新严格遵循城市规划引领，把老成都文脉传承以及人居环境改善目标融入片区详细规划，采用“针灸式”的有机更新，杜绝实施大规模的拆建工程，同步统筹周边公共服务配套，达成更新实践与规划管控的精准衔接。福州白湖北园依托“存量一张图”规划管理，划定更新单元区块，将地块的详细规划与开发方案、资金平衡相连接，借助“专项规划+更新单元详规+实施方案”的层级传导体系，破解用地权属复杂等衔接难题^[6]。两个案例均践行规划引领、多方面协同的理念，通过完善流程衔接、强化政策支撑，实现更新提质与规划落地的同步开展，为各地推动二者衔接提供了可模仿、可普及的实践样本。

五、结语

综上所述，处于新阶段城市更新与城市规划的衔接，是符合城市内涵式发展、践行人民城市理念的必要条件，更是应对城市发展矛盾、改善城市治理效能的主要路径。本文通过剖析新阶段城市更新的核心特点与衔接诉求，剖析二者衔接中出现的问题，构建全面、多层次的衔接机制，同时结合实际案例验证了此机制的可行性。城市更新与城市规划的衔接作为一项长期的系统工程，需坚守关键原则、优化协同体系、加强政策支撑。未来，需结合各地实际状况优化衔接路径，攻克实践难题，带动二者实现深度融合，充分彰显规划的引领效能与更新的实践意义，助力建成创新、宜居、美丽、韧性、文明、智慧的现代化人民城市。

参考文献

- [1] 赵岩, 王家慧, 王秋颖, 等. 长春城市更新规划的“集成包”模式探索 [J]. 规划师, 2025, 41(S2): 101-106.
- [2] 宋伟轩, 陈浩, 崔璨, 等. 建立可持续城市更新模式的理论、方法与路径思考 [J]. 自然资源学报, 2025, 40(01): 20-38.
- [3] 刘辉, 宋晓龙. 全产业链业务模式下规划设计院适应性发展路径研究 [J]. 北京规划建设, 2024, (05): 115-119.
- [4] 邹紫男, 雷璇, 王思佳. 基于城市双修理念的城市更新模式探索 [J]. 住宅与房地产, 2024, (18): 20-23.
- [5] 柴铎, 吕东函, 姜玲. 基于“双链耦合”的城市更新土地政策响应体系: 制度环境、治理结构与资源配置 [J]. 城市发展研究, 2023, 30(10): 104-111.
- [6] 司南. 市场化城市更新模式下的产业空间供给研究——基于深圳市的实证 [J]. 城市规划, 2023, 47(06): 38-42+120.

新型岩棉保温外墙体系技术研究

王力军, 李健, 闻涛, 侯兴华, 洪涛
中国石油大学(华东)基建处, 山东 青岛 266580
DOI:10.61369/UAID.2026010001

摘 要 : 外墙岩棉保温板是一种以天然火山岩为主要原料,经高温熔融、纤维化制成的无机纤维板。它具有优异的保温、隔燃和吸声性能,其耐火等级达到 A 级,是解决人员密集场所外墙保温材料耐火要求的理想选择。在当前 A 级保温材料相对稀缺的市场环境下,岩棉板展现出广阔的发展前景。然而,由岩棉板与真石漆构成的复合外墙系统施工质量控制难度较大。本文旨在有效解决这一施工难题,为岩棉保温外墙的工程实践提供指导作用。

关 键 词 : 岩棉保温; 保温隔热; 防火阻燃; 施工难度

Technical Research on New Rock Wool Insulation Exterior Wall System

Wang Lijun, Li Jian, Wen Tao, Hou Xinghua, Hong Tao
Basic Construction Department, China University of Petroleum (East China), Qingdao, Shandong 266580

Abstract : The outer wall rock wool insulation board is an inorganic fiberboard made of natural volcanic rock as the main raw material by high-temperature melting and fibrosis. It has excellent thermal insulation, flame insulation and sound absorption performance, and its fire resistance level reaches A, which is an ideal choice for solving the fire resistance requirements of external wall insulation materials in densely populated places. In the current market environment where A-level insulation materials are relatively scarce, rock wool board shows broad development prospects. However, it is difficult to control the construction quality of the composite exterior wall system composed of rock wool board and real stone paint. This article aims to effectively solve this construction problem and provide guidance for the engineering practice of rock wool insulation exterior wall.

Keywords : rock wool insulation; insulation; fireproof and flame retardant; difficulty of construction

根据《建筑设计防火规范》GB50016-2014(2018年版)第6.7.4条规定,设置人员密集场所的建筑,其外墙外保温材料的燃烧性能应为 A 级^[1]。对于学校类建筑的宿舍楼、教学楼、实验楼等的外墙外保温材料应为燃烧性能 A 级的岩棉板较为妥当^[8]。岩棉板为纤维状柔性材料,外墙保温用岩棉板而装饰面若采用干挂类幕墙价格异常高昂,若采用抹灰加真石漆面层则相对便宜,但在柔性保温岩棉板材料上抹灰、喷涂真石漆很容易开裂、漏水、脱落,本文将结合工程实例,分析一下岩棉板保温加真石漆外墙的施工工艺及主要技术指标,通过具体的案例分析本项技术的优缺点,为相关外墙施工提供参考。

一、工程概况

中国石油大学(华东)古镇口校区本科生公寓建筑群位于三沙路以西,宅科路以南,山川路以东,大学十二路及团山以北,总建筑面积117384平方米,由8栋公寓楼组成,全部为地上8层建筑,建筑高度为30.35~31.6米,钢筋混凝土框架剪力墙结构。因为是二类高层学校类人密建筑,耐火等级一级,外墙保温材料选择了岩棉板,面层装饰层为真石漆,外墙材料全部选用燃烧性能为 A 级的材料,克服了外墙开裂、耐老化性能差等问题,是值得推广的新技术^[1]。

二、岩棉保温外墙的施工工艺

1.本工程外墙砌体用200mm厚加气混凝土砌块砌筑,外墙保

温运用100mm厚岩棉板保温板材,面层运用抹面抗裂砂浆加真石漆做法。岩棉板采用满粘与锚固结合,面层抹灰采用三浆两网 C 系统外墙保温构造结构^[2],具体施工工艺如下:

基层墙体处理→刷界面剂→弹、挂控制线→基层抹灰→满涂粘贴岩棉板→第一遍抹面胶浆并压入耐碱网格布→安装保温钉锚固岩棉板→第二遍抹面胶浆并压入耐碱网格布→面层真石漆施工

C 系统外墙岩棉保温施工工艺

C system exterior wall rock wool insulation construction process

2.基层抹灰施工之前,要对那些光滑的钢筋混凝土、热桥和砌块外墙面进行界面处理,解决墙面光滑粘结不牢靠、基层抹灰空鼓、开裂、剥落等问题。将成品界面剂按比例配置搅匀后涂

作者简介:王力军(1978-),男,山东临沂人,硕士研究生学历,中国石油大学(华东)基建处高级工程师,研究方向建筑新型保温材料。本项目是山东省新旧动能转换重点项目。
E-mail: wanglijun@upc.edu.cn。

刷钢筋混凝土、砌体墙基层上，以增加基层墙体与抹灰层的粘结力。拌制前将搅拌机内清理干净，用混凝土浆搅拌机搅拌均匀，应在2小时内用完，搅拌时设专人专职进行，严格控制搅拌时间（约8分钟）。用涂料滚涂将2mm界面剂均匀涂刷在外墙面上，要求墙面层80%以上被界面砂浆覆盖，需要根据天气情况进行养护3-5天。

3.本施工工艺要求胶粘剂满粘岩棉板，与保温钉锚固相结合。根据定位线安装岩棉板，错缝三分之一以上拼接，尺寸采用600mm*600mm，待岩棉板粘贴牢固，正常情况下可在粘贴后24小时安装固定锚栓。按设计要求的位置用冲击钻钻孔，注意冲击钻钻头要和锚钉配套的型号，便于锚钉固定牢固，锚固深度为锚钉进基层内约40~50mm，保温钉主要安装在拼缝及对角位置，板中间加一至两个保温钉，总体控制保温钉不少于8个/平米，保温钉排版如图所示：

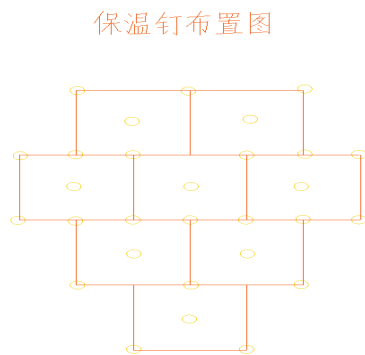


图1 保温钉布置图
Figure 1 Layout of insulation nails

4.本工程要求岩棉板六面满涂水性封闭界面剂，均匀涂刷无漏涂现象，界面剂的作用如下：

（1）封闭岩棉板表面，抑制粉尘侵入。岩棉板是由玄武岩等矿石熔融后纤维化制成的，其表面存在大量细微的纤维和粉尘，这些粉尘如果不进行处理，会带来很多问题。粉尘会形成一道“隔离层”，阻碍粘结砂浆与岩棉板本体的有效粘结，大大降低粘结强度，造成脱落等问题；界面剂可以渗透到岩棉板内表层，将松散的纤维和粉尘牢牢“锁定”在板面上，形成一个坚固、洁净的基层，从而粘结牢固岩棉板。

（2）增强岩棉板与墙体界面粘结力。岩棉板本身是无机材料，表面吸水性、粗糙度与后续涂抹的聚合物砂浆（粘结砂浆、抹面砂浆）物理性能差异较大。直接涂抹砂浆，可能因为吸水率不匹配或表面过于粗糙而导致粘结力不足。界面剂作为一道“桥梁”，一头渗入岩棉板，另一头与砂浆紧密结合，从而增强了界面粘结力^[5,6]。

（3）改善防水、防潮性能。岩棉板虽然是保温材料，但因其纤维结构在未处理时具有一定的吸水性，一般为2%，界面剂可以有效减少其吸水性。

（4）均衡板材基层吸水率。岩棉板不同部位的吸水性可能不均匀，直接涂抹粘结砂浆会导致砂浆水化反应不充分、不均匀，水分被基层过快吸走，砂浆无法正常水化和凝结，会导致强度发

展不足、开裂等问题，界面剂可以有效防止此类问题。

（5）增强板材表面强度。岩棉板表面强度较低，特别是遇水后，纤维可能变得松散，界面剂渗透固化后，能显著提高岩棉板表层的硬度和整体性^[7]，使其能够更好地承受后续施工带来的机械荷载，防止表面损坏。

5.抗裂砂浆层施工。

（1）待岩棉保温层施工完3-4天且施工质量验收之后，即可进行抗裂砂浆层施工。

（2）抹抗裂砂浆时，底层厚度应控制在2-3mm，同时用铁抹子压入耐碱玻纤网格布，按顺时针方向依次平整铺设，耐碱玻纤网格布之间的搭接宽度不应小于100mm，先压入一侧，再抹一些抗裂砂浆，再压入另一侧，严禁干搭。阴角处耐碱玻纤网格布要压茬搭接，其宽度≥100mm；阳角处也应压茬搭接，其宽度≥200mm。

（3）第一层抗裂砂浆加耐碱网格布完成后2-3天开始钉保温钉，然后按照相同的方法进行第二层抗裂砂浆加耐碱网格布施工，网格布铺贴时要平整，无褶皱，砂浆饱满程度应达到100%，同时应抹平，厚度约3-4mm，不宜过厚，抗裂砂浆总厚度保持在5-7mm以免开裂。耐碱玻纤网格布长度不大于3m，尺寸事先裁好，网格布包边应剪掉。

三、新型岩棉保温材料的技术参数

性能指标	技术指标	检测结果
憎水率	≥ 98%	98.9%
密度偏差	± 10%	+1%
导热系数 [w/(m.k)]	≤ 0.040	0.036
垂直于表面的抗拉强度（kPa）	≥ 7.5	8.6
压缩强度（kPa）	≥ 40	86
热值实验总热值	（MJ/kg）PCS ≤ 2.0	1.2
炉内温升（℃）	Δ T ≤ 30	4
质量损失率（%）	Δ m ≤ 50	1
持续燃烧时间（s）	t=0	0
纤维平均直径（μm）	≤ 5.0	3.8
7d全浸体积吸水率（%）	≤ 5.0	2.21
甲醛释放量	≤ 0.5	0.24
密度	140 ± 10	144

四、新型岩棉保温外墙体系的技术优势

此种外墙岩棉保温板是由玄武岩等矿石熔融后纤维化制成的，燃烧性能达到A级，能显著提高建筑物的耐火等级，特别是在高层建筑中能有效阻止火灾沿外墙蔓延^[8,9,10]，另外其抗裂、防水、抗震、耐候等性能优异，保温层与建筑墙体寿命同步，在目前外墙保温材料中技术指标优势明显，主要特点如下：

1.经外墙围护结构热工性能检测传热系数为0.036[w/(m.k)]，低于节能规范要求的0.040[w/(m.k)]。该体系能帮助建筑实现65%以上的节能标准，特别是对于一些超低能耗被动建筑节能效果突出，完全达到甚至超出了规范要求^[3]。

2.岩棉板保温外墙施工工艺简单，表面平整度可以控制在4mm以内，粘结砂浆的配制及使用方法成熟可靠，提升效率，并减少施工对周边环境的影响，经现场拉拔实验检测，保温板与墙体基层抗拉强度达到0.12，完全达到国家规范的粘结强度和抗风压要求^[4]。

3.抹面砂浆采用三浆两网施工工艺，厚度控制在5-7mm，有成熟的图集参考，根据《岩棉板外墙外保温系统构造详图》的C系统施工流程施工^[2]，工艺简单，流程可靠，可以大面积推广。

4.岩棉板保温加真石漆外墙价格便宜，其造价是干挂石材幕墙的三分之一，是保温加石材一体板外墙的二分之一，对控制建筑造价优势明显。

5.真石漆面层施工采用抗碱腻子找平、封闭底漆、真石漆喷涂、罩面漆施工等四个工艺，要求每道工艺12小时后再进行下道工艺施工^[4]；面层荷载小、施工方便、耐老化性强，外观效果好。

五、结语

岩棉板外墙保温通过严格的材料控制，精细化的施工工艺，特别是三浆两网抹面和增强锚固技术，牢固可靠，表面平整度高，完全可以满足外墙保温性和耐久性的要求。岩棉板保温系统配合真石漆饰面工艺，是目前人密场所外墙施工的典型做法，建筑外观效果良好且造价低廉。岩棉保温板原料广泛，主要是火山岩和部分建材的回收料，生态环保，资源充足，前景广阔，是现阶段政府及建筑业协会等大力推广的外墙保温材料，最主要是其燃烧性能达到A级，填补了保温材料在消防要求上的空白，已经取得了明显的经济效益和社会效益，随着我国“经济建设、政治建设、文化建设、社会建设、生态文明建设”五位一体的总体布局的创新提出，本项技术必将得到更加广阔的发展。

参考文献

- [1] GB8624-2012，建筑材料及制品燃烧性能分级 [S].
- [2] L12J142-2012，岩棉板外墙外保温系统构造详图 [S].
- [3] GB50189-2005，公共建筑节能设计标准 [S].
- [4] GB 50210-2001，建筑装饰装修工程质量验收规范 [S].
- [5] 王力军，洪涛等.一种新型的超薄粘贴石材幕墙的应用 [J].低温建筑技术.2012,2(34):65-66.
- [6] 王力军，王健行等.建筑外墙用超薄石材水泥发泡保温复合板 [J].低温建筑技术.2012,8(40):79-80.
- [7] 侯兴华，洪涛等.页岩大孔砖填塞聚苯乙烯泡沫塑料外墙保温体系性能与技术经济分析 [J].建筑技术开发，2010,4（37）:22-24.
- [8] GB50016-2014(2018年版)，建筑设计防火规范 [S].
- [9] 廖小慧.建筑工程项目中外墙岩棉保温施工技术的应用 [J].施工技术.2020,6(18):26-29.
- [10] 胡永忠.启秀外墙自保温系统 [J].建筑节能.2011,9(39):60-62.

面向公园城市建设的成都市“城边村”发展策略研究

孟莹, 付瑜

西南民族大学建筑学院, 四川 成都 610000

DOI:10.61369/UAID.2026010008

摘 要 : 研究以成都市绕城高速沿线村落为对象, 基于实地调研、类型学等方法, 以其产业产值占比与贡献程度的分类标准, 将其分为第一产业主导型、第二产业主导型、第三产业主导型及综合发展型四种类型。

关 键 词 : 公园城市; 城边村; 发展方式; 可持续发展策略研究

Research on Development Strategies for "Urban Fringe Villages" in Chengdu Oriented Towards Park City Construction

Fu Yu, Meng Ying

School of Architecture, Southwest Minzu University, Chengdu, Sichuan 610000

Abstract : This study takes villages along Chengdu's ring expressway as its research subjects, employing methods such as field research and typology. Based on classification criteria of industrial output value proportion and contribution level, these villages are categorized into four types: primary industry-dominated, secondary industry-dominated, tertiary industry-dominated, and comprehensively developed types.

Keywords : park city; urban fringe villages; development mode; research on sustainable development strategies

引言

近年来, 公园城市建设理念逐渐兴起, 以可持续和包容的方式整合生产、生活和生态^[1], 旨在构建一种创新的城市形式, 成为城市尤其是超大城市可持续发展的重要指引。研究以成都市绕城高速沿线城边村为对象, 通过实地调研、类型学等方法, 分析研究城边村的产业特征、路径选择和发展趋势并进行分类, 提出不同发展方式城边村的提升优化策略, 以期为其他城市城边村的发展提供借鉴与参考。

一、成都市“城边村”发展方式分类研究

(一) 概念界定

城边村是地处城市边缘地带的乡村聚落形态^[2], 属于在城市过渡区域中, 因城乡要素交织与空间重构而形成的非连续性地域空间单元。该区域既位于城市社会经济活动的影响范围之内, 又承载部分城市职能, 因而受到城市与乡村双重社会经济体系的共同作用, 是城乡之间社会与经济要素剧烈互动的典型区域^[3]。这些村庄因其地理位置、经济活动和产业结构与成都公园城市建设密切相关, 其发展方式为城乡融合发展提供理论支持和实践指导^[6]。

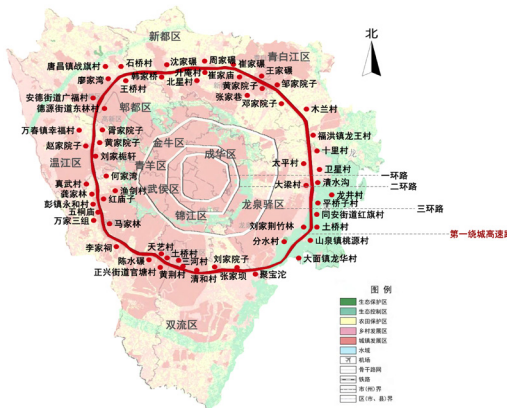


图2-1 成都市“城边村”分布示意图

(图片来源:《四川建筑》2025年第6期, 作者: 孟莹、付瑜¹)

基金项目: 青藏高原东缘民族走廊传统聚落文化遗产保护与民族交流交往交融耦合机制研究(2025JDYB09)、中央高校基本科研业务费专项资金(项目编号3300225839)。

作者简介:

孟莹, 西南民族大学建筑学院教授, 同济大学城乡规划博士, 国家注册规划师;

付瑜, 西南民族大学建筑学院硕士研究生。

（二）成都市“城边村”产业发展

边村进行分类（表 2-1）。

研究建立在“区位—规划—产值”三维基础上，对成都市城

表 2-1 城边村产业发展方式分类总结

城边村产业发展方式分类总结				
所属类型	代表村	区域范围	2024 年产值占比	主要特征
第一产业主导型城边村	清和村、三河村、黄荆村、永和村、渔剑村、分水村、龙井村、清水沟、桃源村、木兰村	一绕内西北—北侧 0~4 km	蔬菜 + 水稻 + 川药 55~68%	利用自身的土地资源，发展本地特色农业，以发展现代农业为主，提高农业生产效益。
第二产业主导型城边村	土桥村、石桥村、韩家桥、王桥村、张家巷、卫星村、大梁村	一绕外 0~1 km 西南、东北两段	汽车零部件 + 智能家居 52~76%	工业主导，邻近城区，劳动力密集，用地集约。
第三产业主导型城边村	战旗村、天艺村、红庙子、五桐庙、龙王村、十里村、广福村	一绕内浅山、河湾、林盘 0~3 km	文旅 + 民宿 + 研学 50~63%	村庄及周边遗存的文化资源或优越的自然景观资源，发展文化旅游或乡村休闲旅游，带动村庄文旅融入产业。
多类型产业综合发展型城边村	幸福村、东林村、北星村、升庵村、官塘村、平桥子村、红旗村	一绕内外交通闸道 1 km 范围	农业 30~40%+ 加工 20~30%+ 服务 25~35%	受旅游、绿色农业、文化资源多方因素影响，农、商、文、旅多要素叠加，呈现多元化特点。

资料来源：各区政府网站（表源：作者自制）

特色资源，发展以民宿、农家乐、文化体验、生态旅游为主的服务业态（图 3-3）。

二、“城边村”产业发展特征分析

（一）第一产业主导型

第一产业主导型城边村普遍以规模化、商品化农业为核心，蔬菜、水稻和特色川药等经济作物构成其产业支柱（图 3-1）。

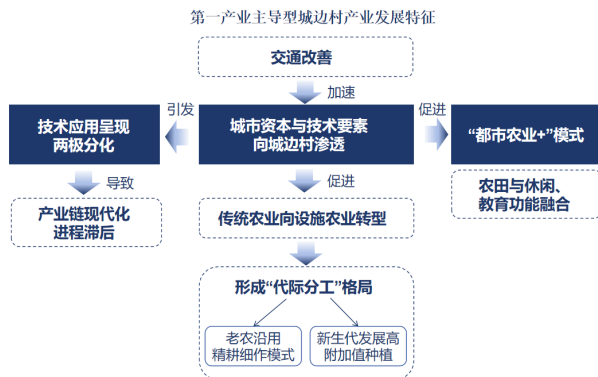


图 3-1 第一产业主导型城边村产业发展特征逻辑框图（图片来源：作者自绘）

（二）第二产业主导型

以第二产业为主导的城边村依托区位与交通的优势，承接来自城区或周边工业园区的产业外溢，形成了以汽车零部件、建材加工、智能家居配套等为主的劳动密集型产业集群（图 3-2）。



图 3-2 第二产业主导型城边村产业发展特征逻辑框图（图片来源：作者自绘）

（三）第三产业主导型

公园城市的建设使城市居民消费升级，城市消费需求的外溢与乡村生态资源的资本化趋势催生出文旅、康养等业态，促使第三产业主导型城边村普遍依托川西林盘、田园景观、非遗文化等



图 3-3 第三产业主导型城边村产业发展方式示意图（图片来源：作者自绘）

（四）多类型产业综合发展型城边村

多类型产业综合发展型城边村呈现出农业、轻工业与服务业多元并存的复合业态，形成了“农业奠基、加工延伸、服务增值”的产业链条。此外，该类村庄具备产业动态适应性强的特点，受城市经济辐射明显^[13]（图 3-4）（图 3-5）。

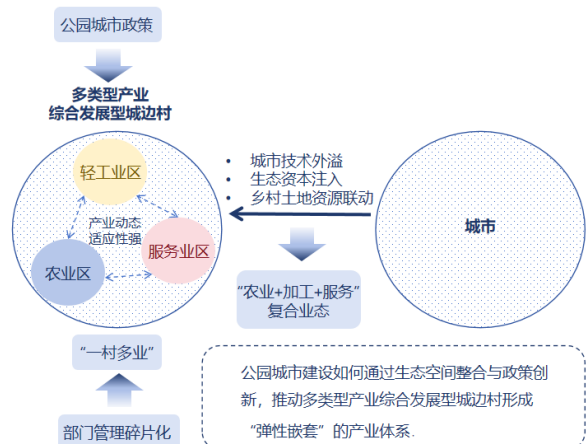


图 3-4 多类型产业综合发展型城边村产业发展方式图（图片来源：作者自绘）

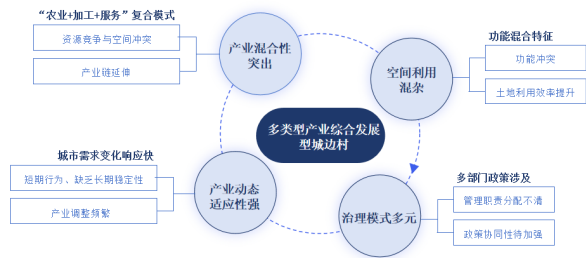


图3-5 多类型产业综合发展型城边村产业发展逻辑框图（图片来源：作者自绘）

三、“城边村”发展面临的突出问题

（一）第一产业主导型

该类型城边村的核心问题在于传统农业转型与城市扩张的深层矛盾。最为突出的是产业结构转型升级的困难，虽然部分村庄尝试向“农业+”业态延伸，开发农事体验、研学基地等场景，但因创新不足与市场挖掘不够，往往陷入内容同质化的低效竞争，导致相关设施空置率较高。

（二）第二产业主导型

此类村庄的产业发展最为显著的问题是长期处于产业链的配套与低端环节，依赖外部订单与技术，自主创新能力薄弱，易受上游企业战略调整或市场需求波动的冲击，导致发展被动且附加值有限。

（三）第三产业主导型

第三产业主导型城边村在对接城市消费需求、发展文旅服务业的过程中，面临着依附性强、同质化严重与利益分配机制亟需完善三方面问题。

（四）多类型产业综合发展型

此类村庄虽然具备产业多元带来的经济韧性，但在实践中，其“多元且高效”的理想状态尚未实现，面临系统性协调的困境。各类产业在同一空间内并行发展，常常因缺乏顶层设计与统一的空间规划，导致农业、加工、服务等功能在用地、环境、基础设施等方面产生竞争与冲突。

四、“城边村”可持续发展策略提出

基于上述四种类型城边村产业发展的特征与存在问题，对公园城市城边村可持续发展的策略进行研究探索，最终提出三部分可行策略（图5-1）。



图5-1 公园城市城边村可持续发展策略提出（图源：作者自绘）

（一）构建良好生态的公园城市“城村”关系

基于公园城市建设背景，构建良好的“城村”生态关系是产业可持续发展的基础。城市与乡村应形成生态互补的格局，通过生态廊道、绿道系统等建设，实现城乡生态空间的有机融合，促进生态资源的合理流动和共享（图5-2）。

发展策略	优势引导	优化整合	预期效果
生态优先	以生态环境为依托，具备一定经济收益	保护与开发并重，整合资金和环境，打造整体开发条件	提升生态环境价值，树立整体美化形象，以吸引投资和消费
品牌催化	知名品牌产品或企业	整合品牌资源，一条主线，集中宣传和突破	实现品牌效应，打造品牌产业链和集群
产业主导	区位优势，良好的一产基础，一定的二产支撑，特兴起的三产	优化一产，整合和调整二产，大力发展三产，借助政策和环境优势，进行各类产业资源的再配置	依托存量产业基础，发展高附加值特色产业和高效循环的增量与替代产业，并与周边形成互补互动
生态协调	城市与乡村形成生态互补的格局，不同类型产业的城边村在发展过程中通过生态廊道、绿道系统等建设，都应坚持“生态优先”的原则，避免实现城乡生态空间的有机融合	过度开发和资源浪费	通过构建良好的“城村”生态关系，不仅可以实现城乡的协调发展，还能为产业发展提供特强的生态支撑

图5-2 构建良好生态的公园城市“城村”关系策略提出（图源：作者自绘）

（二）构建城边村“协同参与、资源互惠、多元治理”和谐包容特质

“协同参与、资源互惠、多元治理”是公园城市城边村实现产业可持续发展的重要理念与关键（图5-3）。

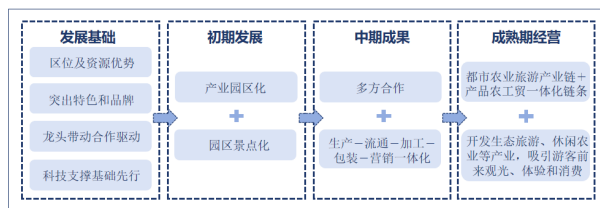


图5-3 全周期产业链条构建策略图（图源：作者自绘）

“多元治理”是实现乡村可持续发展的关键（图5-4）。

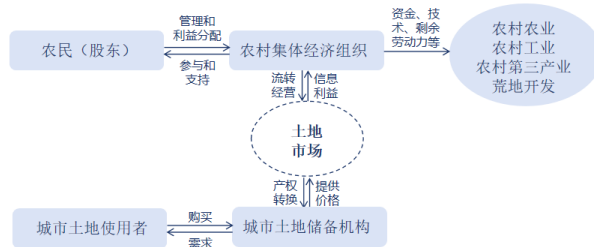


图5-4 “城边村”土地承包经营权流转图（图源：作者自绘）

（三）聚焦内生能力建设，构建产业韧性体系

针对产业发展面临的内生动力不足、市场依赖强、技术运营能力弱等核心挑战，城边村可聚焦于提升产业发展的内在韧性，通过强化能力建设与创新生态培育，实现从外部输血到自主造血转变（图5-5）。

首先，推动精准化的科技应用与数字化赋能。针对不同类型村庄的关键瓶颈，实施差异化技术赋能。

其次，构建本地化的人才培育与创业支持网络。系统性开展“新农人”“乡村工匠”等职业技能培训，定向培养产业急需的专业人才。

最后，培育基于合作的社会资本与社区抗风险机制。鼓励组建产业协会、联盟等合作组织，实现信息共享、联合采购与共同营销，提升小规模经营主体的市场议价能力。



图5-5 城边村产业内生能力建设与韧性体系构建框图（图源：作者自绘）

五、结语

成都市作为我国乡村建设样板示范区，“城边村”作为城市辐射的重要地带，不但在构建城乡融合发展过程中起到了重要作用，也为超大城市城乡统筹发展提供了公园城市建设的样板。需要从以下方面构建发展策略。

参考文献

- [1]He Y .Coupling Agricultural Green Development and Park City Development: An Empirical Analysis from Chengdu, China[J].Agriculture, 2025, 15.DOI:10.3390/agriculture15030248.
- [2]李苗社 . 西安工业园区型城边村空间特征及更新改造方法研究 [D]. 西安建筑科技大学, 2023.DOI:10.27393/d.cnki.gxazu.2023.001126.
- [3]朱火保 , 周祥 . 城市边缘区新农村社区规划探索——以广州为例 [J]. 建筑科学, 2009, 25(04): 30-32.
- [4]海贝贝 . 快速城市化进程中城市边缘区聚落空间演化研究 [D]. 河南大学, 2014.
- [5]祁新华 , 程煜 , 陈烈等 . 大城市边缘区人居环境系统演变规律——以广州市为例 [J]. 地理研究, 2008(02): 421-430.
- [6]黄欣 . 三峡库区城乡融合发展研究 [D]. 三峡大学, 2023.DOI:10.27270/d.cnki.gsxau.2023.000051.
- [7]张戡 . 苹果产业对渭北高原乡村转型与农户生计影响机制研究 [D]. 西北大学, 2020.DOI:10.27405/d.cnki.gxbdu.2020.000888.
- [8]程例德 , 吴光伟 . 我国城市化滞后于工业化的成因分析 [J]. 同济大学学报 (社会科学版), 2005, (01): 52-57.
- [9]冯川 . 半城半乡: 当代中国城乡关系发展方式再审视 [J]. 中共宁波市委党校学报, 2021, 43(03): 107-120.DOI:10.16444/j.cnki.cn33-1228/d.2021.03.012.
- [10]叶四方 . 陕南山地区县城城边村空间布局优化研究 [D]. 西安建筑科技大学, 2021.DOI:10.27393/d.cnki.gxazu.2021.000834.
- [11]刘宇 . 试论乡村规划设计中的文化回归 [J]. 城市建筑, 2019, 16(02): 27-28.DOI:10.19892/j.cnki.csjz.2019.02.007.
- [12]袁金玲 . 区域经济韧性的时空演化与影响因素分析 [D]. 哈尔滨工业大学, 2019.DOI:10.27061/d.cnki.ghgdu.2019.003233.
- [13]王晓雯 . 基于气候适应性的旅游小城镇景观基础设施研究 [D]. 西南交通大学, 2014.
- [14]高一雅 . 基于国家森林城市建设的留山乡美丽乡村规划研究 [D]. 中南林业科技大学, 2020.DOI:10.27662/d.cnki.gznlc.2020.000690.
- [15]Lu X . A Comparative Study on the Promoting Effects of Different Tourism Development Models on Rural Revitalization: Case Studies from Two Typical Villages in China[J].Sustainability, 2025, 17.DOI:10.3390/su17020714.
- [16]Wu G , Wang Y , Yao S .Impact of agricultural science and technology innovation resources allocation on rural revitalization[J].Frontiers in Sustainable Food Systems, 2024, 8(000):12.DOI:10.3389/fsufs.2024.1396129.
- [17]Deng, J.; Chi, H.; Zhang, T. Effects of Entrepreneurial Activities on Rural Revitalization: Based on Dissipative Structure Theory. Agriculture 2024, 14, 1474. <https://doi.org/10.3390/agriculture14091474>
- [18]孟丛 . 乡村振兴视域下农产品电商创新发展方式探究 [J]. 村委主任, 2023, (08): 57-59.
- [19]冯丽华 , 邓赛 . 新质生产力赋能乡村文旅产业发展一体化方式探索 [J]. 知与行, 2024, (02): 78-89.DOI:10.19309/j.cnki.zyx.2024.02.008.
- [20]王楠楠 , 朱景山 . 乡村振兴战略与乡村生态休闲旅游的融合路径 [J]. 西部旅游, 2023, (10): 1-3.
- [21]朱梦佳 . 习近平生态文明观引领乡村振兴的价值及实现途径研究 [D]. 河北师范大学, 2020.DOI:10.27110/d.cnki.ghsfu.2020.001343.
- [22]Cai, M.; Ouyang, B.; Quayson, M. Navigating the Nexus between Rural Revitalization and Sustainable Development: A Bibliometric Analyses of Current Status, Progress, and Prospects. Sustainability 2024, 16, 1005. <https://doi.org/10.3390/su16031005>
- [23]肖宁 . 基于“三治融合”的内蒙古奈曼旗乡村治理问题研究 [D]. 内蒙古民族大学, 2022.DOI:10.27228/d.cnki.gnmmu.2022.000460.
- [24]黄颖 . 重庆近郊型新农村“城乡田园”规划方式研究 [C]// 城市时代, 协同规划——2013 中国城市规划年会 . 2013.
- [25]李宝宏 , 杨敏 . 城郊村庄专业化发展方式研究——以漳州市珠里村发展规划为例 [J] 福建建筑, 2018, No.242(08): 16-19.

公路路面平整度检测技术对比分析及影响因素研究

刘如

浙江中惠服务外包有限公司杭州分公司，浙江 杭州 310023

DOI:10.61369/UAID.2026010013

摘 要： 公路路面不平平整是衡量公路工程质量的关键指标，它直接关系到开车时的安全、舒服程度以及路面使用年限。本文把路面不平平整作为研究重点，全面比较分析了传统人工检测方法、断面类检测方法、反应类检测方法和现代不用破坏路面的检测方法的检测道理、技术特点、适合用的场景以及各自的好坏，深入分析了施工工艺、材料性能、机器设备和养护管理等重要影响因素，并且有针对性地提出了提升路面平整度的优化办法。研究结果能为公路工程施工质量控制、检测技术选择和养护决策提供理论支持和实际参考。

关 键 词： 公路路面；平整度；检测技术；比较分析；影响因素

Comparative Analysis of Highway Pavement Smoothness Detection Technology and Research on Influencing Factors

Liu Ru

Hangzhou Branch of Zhejiang Zhonghui Service Outsourcing Co., LTD, Hangzhou, Zhejiang 310023

Abstract： The flatness of the highway pavement is a key indicator for measuring the quality of highway engineering. It directly affects the safety and comfort of driving as well as the service life of the pavement. This paper takes the flatness of the road surface as the research focus, comprehensively comparing and analyzing the detection principles, technical features, suitable scenarios, and respective advantages and disadvantages of traditional manual detection methods, cross-sectional detection methods, reaction-based detection methods, and modern detection methods that do not damage the road surface. It also deeply analyzes important influencing factors such as construction techniques, material properties, machinery and equipment, and maintenance management. And targeted optimization methods for improving the smoothness of the road surface were proposed. The research results can provide theoretical support and practical reference for the quality control of highway engineering construction, the selection of detection technologies and maintenance decisions.

Keywords： highway pavement; flatness; detection technology; comparative analysis; influencing factors

引言

公路是交通运输系统的主要部分，它的通行质量直接影响着国家经济发展和人们的出行感受。路面不平平整是体现公路通行质量的重要指标，它不仅会影响车辆行驶的平稳性和乘车人的舒服程度，还和开车安全有很大关系——不平平整的路面会让车辆行驶时产生额外的振动，增加刹车距离和轮胎磨损，同时也会加重路面结构的疲劳损坏，缩短路面的使用时间。随着公路建设朝着高质量发展转变，对路面平整度的控制要求越来越高，而科学的检测技术是控制平整度的前提，弄清楚影响因素则是提升平整度的关键。现在路面平整度检测技术有多种发展情况，不同技术都有自己的优缺点，适用的场景也不一样，如果检测技术选择不合适，容易使检测结果不准确，不能为施工质量控制提供可靠的依据。所以，全面比较分析各种检测技术的特点，深入研究平整度的主要影响因素，对指导公路工程施工实际、提高路面工程质量有重要的现实意义。这篇文章基于此展开研究，为路面平整度管理提供理论和实际支持^[1]。

一、公路路面平整度检测技术对比分析

（一）传统人工检测法

传统人工检测法是最早用来检测路面平整度的方法，主要包括3米直尺法和连续式平整度仪法，都是通过人工操作来进行平整度检测。3米直尺法是把3米长的直尺贴在路面上，测量直尺

和路面之间的最大空隙，用这个来表示路面局部不平平整；连续式平整度仪法是人工推动带有轮组的检测仪器在路面上行驶，仪器里面的位移传感器记录路面的高低变化，经过数据处理得到平整度指标^[2]。该类别方式的长处体现于装置构造单纯、成本花费较低，操作过程便捷，针对局部路面的平整度检验具备较高的直观特性，适合用于施工进度当中的现场迅速抽样检验以及小规模

路面的平整度检验工作。然而局限之处同样突出：第一点，检验效率处于低下状态，对人工操作形成依赖，没有办法完成大范围路面的迅速检验任务；第二点，检验成果受到人为因素的较大影响，比如3米直尺的放置角度状况、测量人员的读数误差情况等，容易造成检验成果的离散性较大；第三点，连续样式的平整度仪方法虽然能够实现连续检验，但是在检验过程中仪器的推行速度情形、路面障碍物状况等都会对检验精准程度产生影响，并且不适合用于不平整程度较高的路面检验工作。所以，传统意义上的人工检验方法逐渐没有办法满足现代公路大规模、高精度的平整度检验需求，更多地应用于基层施工阶段的初步检验活动^[3]。

（二）断面类别检验方法

激光平整度检验方法以激光测距原理为基础，把激光传感器和加速度传感器集成在检验车辆之上，在车辆行驶过程中，激光传感器实时对与路面表面的距离进行测量，加速度传感器同步收集车辆自身的振动数据信息，通过数据融合处理的方式消除车辆振动对检验成果的影响，精确地还原路面横断面的轮廓形态。此项技术的优势在于检验精准程度高，能够有效地识别路面毫米级别的起伏变化状况；检验效率较高，检验车辆速度可以达到每小时80公里以上，能够完成长距离公路的迅速检验工作；而且检验过程的自动化程度较高，减少了人为干预情况，检验成果的稳定性较强。其局限性主要表现为设备初期投入的成本较高，对检验车辆的行驶稳定程度要求较高，在急弯、陡坡等复杂路段进行检验时，需要降低车辆速度以保证检验精准程度。

惯性断面仪检验方法以惯性测量技术作为核心内容，通过惯性测量单元实时收集检验设备的姿态参数信息，结合距离传感器记录的行驶距离数据，构建路面横断面的高程变化曲线图形。此项技术的突出优势是抗干扰能力较强，不受路面颠簸情况对检验设备的影响，即便在不平整路面进行检验时仍然能够保持较高的精准程度；同时可以实现路面纵断面与横断面平整度的同步检验操作，为路面结构分析工作提供更为全面的数据资料。但是此项技术的数据处理过程较为复杂，对数据处理算法的要求较高，而且设备维护成本较高，适合用于对检验精准程度要求极高的高速公路、一级公路等重点工程项目的平整度检验工作^[4]。

（三）反应类检测法

颠簸累积仪法具备优势体现于设备构造呈现相对简约状态，检测成本形成低于激光检测法和惯性断面仪法的态势；检测效率处于较高水准，能够达成连续检测情形，适合在中等级公路的大范围平整度普查方面实施运用。不过该方法的局限性同样清晰显现：检测成效受到检测车辆性能、行进速度、轮胎气压等要素的较大程度作用，检测精准度处于低于断面类检测法的状况；检测结果作为间接指标存在，没有办法直接体现路面的实际轮廓曲线形态，难以契合路面施工质量精细化把控的需求状况。除此之外，该方法针对路面局部的小幅度起伏表现出敏感性较低特点，容易造成局部不平整缺陷的遗漏状况发生。

（四）现代无损检测技术内容

伴随智能化技术的发展进程，路面平整度无损检测技术不断出现创新情形，在这之中依靠机器视觉和北斗定位的检测技术展

现出广阔应用前景。机器视觉检测法借助在检测车辆上安装高清摄像头与激光发射器的方式，激光发射器朝着路面投射激光条纹形态，摄像头同步开展激光条纹图像的采集工作，运用图像处理算法实施激光条纹变形特征的提取操作，结合车辆行进速度和定位数据信息，对路面表面轮廓进行重构作业，开展平整度指标的计算事项。

该项技术的优势在于能够实现路面平整度和路面裂缝、坑槽等其他病害的同步检测活动，提升检测效率水平；检测流程不存在接触情况，对路面不会产生损伤问题，适合应用于已通车公路的常态化检测工作；并且数据采集量处于较大规模，能够为路面全生命周期管理给予丰富的数据支撑内容。其局限性在于受到环境因素的较大影响程度，像雨天天气、强光照射、路面污渍等情况会对图像质量产生影响作用，进而造成检测精准度的降低状况；图像处理算法呈现复杂特性，对硬件计算能力提出较高要求标准，设备初期投入成本处于较高水平。当前该项技术依旧处于不断完善的阶段进程，在高速公路的精细化检测工作当中逐渐获得应用实践。

二、公路路面平整度的核心影响因素剖析内容

（一）施工工艺因素情况

施工工艺属于对路面平整度产生最直接影响的因素类型，从基层施工环节到面层摊铺、碾压工序，每一个道次工序的施工质量都和最终路面平整度形成密切相关的联系。基层施工质量作为路面平整度的基础所在，倘若基层施工过程中出现高程控制不够准确、压实度呈现不均匀的问题状况，会造成基层表面平整度处于较差状态，进而将这种状况传递至面层部分，即便面层施工质量达到较好程度，也难以保障路面整体平整度的良好情形。比如在基层摊铺作业时，要是摊铺机行走速度呈现不稳定状态，会造成摊铺厚度出现不均匀现象；碾压流程中若发生碾压顺序不恰当、碾压速度过快或者碾压遍数不足的情况，会造成基层压实度呈现不均匀问题，在后期容易产生不均匀沉降现象，使得路面出现波浪形不平整的状况表现。面层实施摊铺工艺对平整度产生的作用呈现更突出状态。摊铺机在开展摊铺速度调控事宜方面属于关键要点，倘若摊铺速度呈现忽快忽慢的状况，会使得摊铺层厚度产生改变情形，进而造就路面形成波浪形状；摊铺温度开展控制操作出现不恰当情况同样会对面层平整度形成作用，沥青混合料落实摊铺温度处于过高程度容易造成摊铺层产生推移现象以及出现拥包问题，温度处于过低状态则会引发混合料落实压实操作遭遇困难局面，产生松散现象以及呈现不平整状况等问题。除此之外，摊铺流程当中的接缝处置工艺具备至关重要的属性，横向接缝与纵向接缝开展处理工作出现不恰当情况容易产生台阶样式的平整度现象，特别是纵向接缝，若两幅摊铺带实施搭接操作的宽度呈现不一致情况或者开展碾压操作未达到密实程度，会造就明显的纵向条纹产生，对面层行车的舒适属性形成作用。

（二）材料性能相关要素

路面材料具备的物理力学性能会直接对面层路面的承载能力

以及变形特征形成作用，进而对面层平整度产生影响。沥青混合料具备的性能对沥青路面平整度形成的作用最为显著突出，其中混合料的级配构成情况、沥青含量多寡、高温稳定性能等关键指标具备至关重要的意义。若混合料级配呈现不合理状态，细集料数量过多容易造成摊铺操作过程中产生离析现象，造成局部范围密实程度呈现不均匀状况；粗集料数量过多则会造成摊铺层表面呈现粗糙状态，使得平整度出现下降情形。沥青含量处于过高度会让混合料黏结能力产生下降情况，高温环境下容易产生车辙现象以及出现拥包等变形病害问题；沥青含量处于过低程度则会造成混合料脆性特征有所增加，容易产生裂缝现象，对面层路面平整度形成作用。

（三）机械设备相关要素

施工过程中使用的机械设备具备的性能以及调试精准程度是保障路面平整度的关键硬件支持条件，核心设备涵盖摊铺机、压路机以及测量仪器。摊铺机具备的性能直接决定着摊铺层初始状态下的平整度情况，若摊铺机的熨平板开展加热操作呈现不均匀状态，会造成沥青混合料在实施摊铺流程中黏结在熨平板之上，造就局部范围产生凸起现象；熨平板的振捣频率以及振幅开展调节操作出现不恰当情况，会对摊铺层初始状态下的密实程度形成作用，密实程度呈现不均匀状态容易造成后期开展碾压操作之后出现平整度方面的差异情况。除此之外，摊铺机的自动找平系统开展调试操作精准程度不足，无法准确地跟随基准线，会造成摊铺层高程出现偏差情况，进而对面层平整度形成作用。

（四）养护管理相关要素

公路投入通车使用之后的养护管理工作质量直接对面层路面平整度的长期稳定性能形成作用。路面在经历长期使用的流程中，会因为车辆荷载产生反复作用、环境要素形成侵蚀等情况出现各类病害问题，若养护工作落实不及时或者养护措施采取不恰当，会造成病害问题持续发展，严重对面层平整度形成作用。比如，路面出现裂缝问题之后若未及时进行灌注密封操作，雨水会渗透进入路面结构内部区域，造成基层产生软化现象，在车辆荷载发挥作用情况下产生局部范围沉降现象，造成坑槽问题形成；路面出现轻微车辙现象时若未及时采取铣刨重铺操作或者实施罩面等措施，车辙深度会不断加大，对行车过程的平稳性形成作用。

三、提升公路路面平整度的优化策略

在检测技术运用层面，需构建“分级检测”架构，依照公路建造与养护的相异时期挑选匹配的检测技术。施工时期应运用高精度的激光平整度检测方式或惯性断面仪方式，达成施工流程中的实时监测，及时察觉并整治平整度超出标准的状况；通车之后的常规化检测可运用机器视觉检测方式，同步完成平整度检测与病害全面排查；基层施工时期的迅速抽样检测可运用3米直尺方式，兼顾效率与成本层面。同时，强化不同检测技术的数据交融，借助多源数据对比验证，提升检测成果的可靠程度。

在施工质量把控方面，强化施工工艺全流程管控。基层施工之时，严格掌控摊铺高程与压实程度，运用摊铺机自动找平体系保障摊铺平整程度，碾压时依照“先轻后重、先慢后快、先边后中”的准则，确保压实均匀。面层摊铺之时，合理掌控摊铺速度与摊铺温度，沥青混合料摊铺速度应维持在2 – 6m/min，摊铺温度控制在130 – 160℃；强化接缝处理事宜，横向接缝运用斜接缝或阶梯形接缝方式，纵向接缝运用热接缝工艺，碾压时着重压实接缝部位。除此之外，强化施工人员培训工作，提升操作技能水平，降低人为因素对施工质量产生的作用。

四、结论

公路路面平整程度的检测与管控是公路工程质量控制的核心要点。本文通过对各类检测技术的对比剖析发现，断面类检测方法中的激光平整度检测方法与惯性断面仪方法具备检测精度高、效率高的长处，适用于重点工程的精细化检测；反应类检测方法与传统人工检测方法适用于中低等级公路的快速检测或抽样检测；现代机器视觉检测方法兼具平整程度检测与病害全面排查功能，应用前景广阔。施工工艺、材料性能、机械设备以及养护管理是影响平整程度的核心要素，其中施工工艺的全流程管控与材料性能的优化是保障平整程度的关键，机械设备精度与养护管理质量则决定了平整程度的长期稳定状况。

参考文献

[1] 曾锋, 张世同, 王润年, 王蕾. 三维激光扫描技术在大黄山 – 乌鲁木齐齐高等级公路路面平整度检测中的应用 [J]. 产品可靠性报告, 2025, (10): 151–153.
[2] 张效骞, 熊蒲宏. 高速公路路面平整度检测方法研究 [J]. 散装水泥, 2025, (02): 242–244.
[3] 曾聪, 常青, 唐钰涵. 基于地面三维激光扫描技术的公路路面平整度检测 [J]. 科学技术创新, 2025, (05): 146–149.
[4] 潘彦辰, 郑鼎州, 王芳. 基于倾斜摄影的高速公路路面平整度检测方法 [J]. 科学技术创新, 2025, (04): 205–209.

建筑节能设计与绿色建筑应用探索

李杰

中宁县建设工程质量安全监督站, 宁夏 中卫 755100

DOI:10.61369/UAID.2026010017

摘 要 : 建筑节能设计与绿色建筑技术是化解能源过度消耗、缓解生态污染难题的关键路径, 全球资源供给压力持续攀升阶段, 提升建筑领域能源利用效率成为践行可持续发展理念的核心环节, 绿色建筑依托设计方案的科学优化、节能型材料与工艺的合理选用, 切实削减能源消耗量与碳排放量。节能设计工作融合被动式与主动式两类技术手段, 既能够增强建筑整体能源利用效能, 又可改善人居环境的宜居水平, 绿色建筑的全面推行, 既驱动建筑产业朝着绿色低碳方向转型升级, 也为生态文明建设推进、气候变化应对工作开展提供有力支撑。

关 键 词 : 建筑节能设计; 绿色建筑; 节能技术; 环境保护; 可持续发展

Exploration of Architectural Energy-Saving Design and Green Building Applications

Li Jie

Zhongning County Construction Engineering Quality and Safety Supervision Station, Zhongwei, Ningxia 755100

Abstract : Architectural energy-saving design and green building technologies represent crucial pathways for addressing excessive energy consumption and mitigating ecological pollution challenges. During a period of escalating global resource supply pressures, enhancing energy efficiency in the construction sector has emerged as a pivotal element in implementing sustainable development principles. Green buildings, through the scientific optimization of design plans and the rational selection of energy-saving materials and processes, effectively reduce energy consumption and carbon emissions. Energy-saving design work integrates both passive and active technical approaches, enhancing the overall energy efficiency of buildings while also improving the livability of human habitats. The comprehensive implementation of green buildings not only drives the transformation and upgrading of the construction industry towards a green and low-carbon direction but also provides robust support for advancing ecological civilization construction and addressing climate change.

Keywords : architectural energy-saving design; green buildings; energy-saving technologies; environmental protection; sustainable development

引言

全球能源供应紧张态势与生态环境污染问题日趋严峻, 建筑产业作为能源消耗总量与碳排放总量均占据较高比例的领域, 必须尽快落实切实举措以应对当前困境, 建筑节能设计与绿色建筑理念在此背景下应运而生, 成为助力可持续发展目标达成的重要抓手, 建筑节能设计借助高效节能技术路径实现能耗降低目标, 绿色建筑理念则聚焦资源节约与生态环境保护两大核心, 注重提升建筑使用过程中的舒适程度与健康保障水平。对建筑节能设计与绿色建筑的实际应用展开探究, 既有利于促进能源利用效率的提升, 也能够助力绿色建筑理念在世界范围内的推广落地与实践深化。

一、建筑节能设计的基本理念与技术

(一) 建筑节能的核心目标与原则

建筑节能设计的核心目标在于改善建筑能源利用效率, 最大限度压缩能源消耗量, 重点控制采暖、空调、照明等环节的能源损耗, 以此减弱建筑物对外部能源的供给依赖, 该设计路径可切

实减少温室气体排放总量, 助力缓解气候变化带来的不利影响, 同时有效削减建筑长期运营过程中的各项成本, 建筑节能设计需兼顾室内环境舒适程度, 协调把控室内温度、湿度、空气质量与光照条件等要素, 提升居住或办公环境的舒适体验与健康水平, 依托科学的设计优化、适宜的技术应用与合理的设备配置, 节能设计在增强建筑能源利用效率的基础上, 打造出更为宜居的室内

空间环境。

（二）建筑节能设计技术的分类与应用

建筑节能设计技术划分为被动式设计 with 主动式设计两大类型，被动式设计着重依靠建筑自身物理结构与空间布局实现能效优化，通过科学规划建筑朝向、合理设置窗户位置、配套搭建遮阳设施，充分利用自然采光与自然通风条件，降低人工照明系统与空调设备的运行需求。优质的保温隔热构造，搭配高效外墙、屋顶及窗户材料，能够有效减少建筑热量流失与外界热量渗入，进而降低整体能源消耗，主动式设计依靠引入高效机械设备与智能调控系统提升建筑能效，相关技术涵盖高效空调系统、采暖系统、智能温度控制设备，以及太阳能、风能等可再生能源利用系统，依托智能化系统的动态管理，建筑能源利用效率得到持续优化，能源调配使用更具精准性与高效性^[1]。

（三）节能设计中的可持续性考虑

可持续性建筑节能设计过程中需重点考量的核心要素，选取环保节能型建筑材料，对保障建筑长期能源利用效率起到关键作用。借助生命周期分析（LCA）方法，全面评估材料在生产加工、实际应用及废弃处置等阶段的能源消耗数据与环境影响程度，保障所选建筑材料在全生命周期内最大限度降低能源与资源损耗，节能设计需与可再生能源利用深度融合，涵盖太阳能、风能、地热能等多种能源形式，此类绿色能源的应用，既能够降低建筑对传统化石能源的依赖，又可大幅减少建筑碳排放总量，助力达成零能耗或低能耗建筑的建设目标，通过节能技术与可再生能源的协同应用，建筑在使用阶段能够切实达成节能降耗目标，同时为生态环境保护提供有力支撑，推动可持续发展战略稳步落地。

二、绿色建筑的设计理念与标准

（一）绿色建筑的设计理念与发展方向

绿色建筑设计理念围绕生态友好、资源节约与健康舒适三大核心展开，致力于通过优化建筑整体设计方案与功能布局，最大限度降低建筑项目对周边环境产生的负面影响，绿色建筑突出生态友好设计导向，提倡选用可持续性建筑材料与技术工艺，减少资源浪费现象与环境污染问题，在资源节约维度，绿色建筑通过高效利用能源、水资源及其他各类自然资源，实现建筑全生命周期内资源消耗的最小化，绿色建筑重视居住或办公环境的健康舒适属性，运用先进的空气质量调控系统、自然采光设计方案与智能温控技术，为使用者营造更为舒适健康的生活与工作空间^[2]。伴随智能技术的快速发展，绿色建筑逐步与智能建筑技术融合，依靠智能化管理系统与技术手段，提升建筑能源管理与调控的精准度，实现绿色建筑运营的精细化与高效化，推动建筑行业朝着可持续发展方向稳步迈进。

（二）绿色建筑的评价标准与认证体系

为规范绿色建筑的设计与建设流程，世界各国及地区均制定了与之匹配的评价标准与认证体系，在国际范围内，能源与环境设计先锋（LEED）认证应用范围较为广泛，该认证通过对建筑项目的能源利用、环境影响与资源消耗情况进行综合评估，推动

建筑领域绿色设计与绿色运营模式的落地，LEED 认证体系的评估指标覆盖能源利用效率、水资源节约、室内环境质量、创新设计等多个维度。在国内，《绿色建筑评价标准》（GB/T 50378-2019）是指导绿色建筑建设的核心技术标准，其适用范围涵盖绿色建筑的规划设计、施工建设与运营管理等全流程环节，该标准从节能降耗、水资源节约、建材合理利用、室内环境质量保障、绿色运营管理等多个方面设定评价指标，为绿色建筑项目的建设实施提供清晰明确的技术指导依据，依托上述标准与认证体系，建筑行业绿色发展水平得到有效提升，引导更多建筑项目采用绿色设计方案与节能降耗措施。

（三）绿色建筑的环境效益与社会效益

绿色建筑在降低能源消耗与削减碳排放方面具备显著的环境效益，通过应用节能设计方案、可再生能源技术、水资源节约技术等举措，绿色建筑能够大幅降低对传统能源的依赖程度，减少二氧化碳等温室气体排放，为延缓全球气候变化进程发挥积极作用。采用太阳能、风能等可再生能源，或依托高效保温隔热、智能温度调控等技术，可有效降低建筑运行能耗，减少运营阶段的碳排放总量，绿色建筑同时具备突出的社会效益，不仅能够提升建筑使用者的健康水平与生活舒适度，还能推动社会整体的可持续发展进程，绿色建筑通过优化室内环境质量，改善空气洁净度、温湿度调控效果等指标，为使用者打造更为健康的生活与办公空间，降低室内空气污染对人体健康造成的危害，绿色建筑项目的推进，带动绿色产业实现快速发展，促进绿色技术、绿色材料与绿色设备的创新研发，为经济发展注入全新活力，推动社会向更加环保、可持续的发展模式转型^[3]。

三、建筑节能设计与绿色建筑的实施路径

（一）设计阶段的节能与绿色实践

体与结构体系，是提升建筑能源利用效率的基础性举措，通过科学规划建筑朝向，充分挖掘自然采光与自然通风的利用价值，能够有效降低建筑对人工照明设施与空调系统的运行需求，进而实现能源消耗总量的削减，建筑外形与结构的合理规划布设，有助于减少建筑热量散失与外界热量侵入，改善室内空间的舒适程度。选用绿色环保建筑材料与节能型设备，是达成建筑绿色目标的关键环节，采用低能耗、高性能的建筑材料，诸如高效保温隔热材料、环保型饰面涂料等，可在建筑全生命周期内持续降低能源消耗水平，配备高效能空调机组、供暖系统以及智能照明设施等节能设备，能够大幅减少建筑运营阶段的能源消耗，提升能源效率管理水准，助力建筑绿色发展目标的进一步落地^[4]。图 1 展示了建筑节能设计与绿色建筑在不同阶段的实施路径，包括设计、施工和运营维护阶段。每个阶段强调优化设计、环保施工和能源管理，确保建筑的节能效果和可持续发展，突出了绿色建筑的整体应用过程。

（二）施工阶段的节能与绿色建筑管理

施工阶段的节能管控与绿色建筑管理，同样具备不可忽视的重要意义，选用环保型施工材料，是降低建筑项目对周边环境产生

负面影响的重要举措，采用低污染、低能耗的建筑原材料以及可回收再利用的建筑构件，能够显著减少施工过程中的资源浪费现象，降低建筑垃圾的产生总量。施工工艺的优化升级，对推进节能与绿色建设工作发挥着关键作用，绿色施工技术的落地应用，例如采用低能耗施工机械设备、优化施工作业流程等方式，能够有效减少施工过程中的能源浪费与污染物排放，尤其在建筑废弃物回收利用领域，运用建筑垃圾再生处理技术，将废弃砖块、废旧钢材等建筑垃圾进行加工再利用，既能够减少资源浪费，又有助于节约新原材料的使用，降低建筑全周期的环境负荷。



图1 建筑节能设计与绿色建筑实施路径示意图

（三）运营与维护阶段的能源管理与绿色建筑管理

建筑运营与维护阶段，能源管理工作与绿色建筑管理工作，是保障节能目标顺利实现的核心环节，借助能源监控系统对建筑能源利用效率进行实时监测，可及时发现并处置能耗异常偏高的问题；智能温控系统能够依据季节更替自动调节室内温度，维持建筑能源利用的最优效率。定期开展设备维护保养与性能评估工作同样至关重要，内容涵盖检查建筑设备运行状态、能源利用效率及室内环境舒适程度，保障建筑长期保持高效节能运行状态，对建筑外立面、门窗结构、供暖系统等关键部位开展检修与检测工作，能够及时修复设备运行故障，保障绿色建筑各项效能的稳定发挥。

四、建筑节能设计与绿色建筑的挑战与前景

（一）面临的主要技术与经济挑战

建筑节能设计与绿色建筑的推广实施，面临着多重技术层面与经济层面的挑战。技术创新存在的局限性，是制约其发展的重要瓶颈。尽管节能技术与绿色建筑材料种类日趋丰富，但部分高效节能技术仍面临研发难度较大、市场推广受阻等问题，智能建筑控制系统的全面普及、可再生能源技术的高效化应用均在此列，绿色建筑项目的初期投入成本，通常高于传统建筑项目，尤其是在选用高性能建筑材料、先进节能设备以及应用创新型节能

设计方案时，需要投入数额较大的建设资金，这一现状对部分开发商与投资者而言，可能形成较大的经济压力，绿色建筑与传统建筑在设计思路、施工流程和运营管理模式上存在的差异，也使得绿色建筑的市场推广工作面临诸多阻碍。

（二）政策支持与行业发展趋势

政策扶持是推动绿色建筑产业发展的重要驱动力，世界各国政府对绿色建筑的推广重视程度不断提升，相继出台一系列扶持政策，通过提供财政补贴、实施税收减免、开展绿色金融服务等激励方式，引导开发商与建筑业主投资建设绿色建筑项目。尤其在能源节约、水资源保护与生态环境保护领域，政府通过制定法律法规与行业标准，引导建筑行业向绿色低碳方向转型发展，我国已针对建筑节能与绿色建筑领域构建起较为完善的政策体系，依托《绿色建筑评价标准》（如 GB/T 50378）及配套补贴政策，推动绿色建筑实现广泛普及，行业内部的绿色建筑认证体系与激励机制，例如 LEED 认证与国家绿色建筑评价标识制度，同样发挥着重要的推动作用^[5]。

（三）未来的发展前景与展望

建筑节能设计与绿色建筑，将在未来社会可持续发展进程中占据愈发重要的地位，伴随全球气候变化问题的加剧与能源危机的凸显，绿色建筑与节能技术的创新发展，已成为全球建筑行业的主流发展趋势。未来的建筑节能设计，将进一步朝着零能耗建筑与智能化建筑方向迈进，依托更为高效的能源管理系统与可再生能源技术，确保建筑在使用过程中真正实现节能减排目标，技术创新突破与新型建筑材料的研发应用，也将为绿色建筑的发展注入新动力，纳米复合建筑材料、智能调光玻璃、光伏一体化建筑构件等新型材料的推广使用，将大幅提升建筑能源利用效率与居住舒适程度，推动绿色建筑产业向更高层次升级发展。

五、结语

建筑节能设计与绿色建筑在推动能源节约与生态环境保护领域，发挥着至关重要的作用，通过优化建筑设计方案与应用先进节能技术，绿色建筑能够有效降低能源消耗总量，减少二氧化碳等温室气体排放，提升人居环境的品质水平。但技术创新存在的局限性与较高的经济成本，依旧是其推广过程中亟待突破的瓶颈，为此，建议进一步强化政策支持力度，完善绿色建筑认证评价体系，鼓励绿色建筑相关技术的研发创新与落地应用，建筑行业应当进一步深化绿色设计理念，推动节能技术的创新升级与普及应用，助力建筑行业实现可持续发展转型，为达成全球绿色低碳发展目标贡献更大力量。

参考文献

- [1] 韦成. 绿色建筑理念下建筑规划节能设计应用策略探究 [J]. 佛山陶瓷, 2024, 34(05): 77-79.
- [2] 张辰韵. 基于 BIM 技术的绿色建筑节能设计措施应用研究 [J]. 佛山陶瓷, 2024, 34(06): 78-80.
- [3] 刘国佐. 基于绿色建筑节能技术的公共建筑优化设计与应用 [J]. 四川水泥, 2025, (06): 89-91. DOI: 10.20198/j.cnki.scen.2025.06.080.
- [4] 朱晟杰. 现代绿色建筑的生态节能设计策略应用 [J]. 绿色建筑与智能建筑, 2025, (07): 21-24.
- [5] 杨妮, 况浩阳. BIM 技术在绿色建筑节能设计中的应用研究 [J]. 中国新技术新产品, 2025, (16): 74-76. DOI: 10.13612/j.cnki.cnttp.2025.16.024.

房建防水材料检测指标及质量验收研究

宿兴燕，逢恒增，赵松伟，于云庆
山东鲁勘集团有限公司，山东 青岛 266100
DOI:10.61369/UAID.2026010018

摘 要： 防水材料是保障房屋建筑防水性能、延长建筑使用寿命的核心材料，其质量优劣直接关系到建筑的使用功能与结构安全。本文基于房建工程防水施工的实际需求，系统梳理了沥青类、高分子类、无机类等主流防水材料的核心检测指标，明确了各指标的检测方法与合格标准。同时，深入分析了房建防水材料质量验收的流程要点、现存问题，结合工程实践提出了“全流程管控+精准检测+标准化验收”的质量保障体系，为提升房建防水材料应用质量、降低建筑渗漏风险提供理论支撑与工程参考。

关 键 词： 房建工程；防水材料；检测指标；质量验收；全流程管控

Research on Testing Indicators and Quality Acceptance of Waterproof Materials for Building Construction

Su Xingyan, Pang Hengzeng, Zhao Songwei, Yu Yunqing
Shandong Lukan Group Co., Ltd., Qingdao, Shandong 266100

Abstract： Waterproof materials are core materials for ensuring the waterproof performance of building construction and extending the service life of buildings, and their quality is directly related to the service functions and structural safety of buildings. Based on the actual needs of waterproof construction in building engineering, this paper systematically sorts out the core testing indicators of mainstream waterproof materials such as asphalt-based, polymer-based and inorganic-based materials, and clarifies the testing methods and acceptance criteria for each indicator. Meanwhile, it deeply analyzes the key process points and existing problems of quality acceptance of waterproof materials for building construction. Combined with engineering practice, a quality assurance system of "full-process control + precision testing + standardized acceptance" is proposed, which provides theoretical support and engineering reference for improving the application quality of waterproof materials for building construction and reducing the risk of building leakage.

Keywords： building construction engineering; waterproof materials; testing indicators; quality acceptance; full-process control

引言

在房建工程中，渗漏问题是最为常见的质量隐患之一，据行业统计数据显示，超过60%的新建建筑在使用初期会出现不同程度的渗漏现象，其中80%以上的渗漏问题源于防水材料质量不达标或验收环节存在疏漏。随着建筑行业对工程质量要求的不断提升，防水材料的检测与质量验收工作愈发凸显其重要性。防水材料作为建筑围护结构的“防水屏障”，不仅需要具备良好的防水性能，还需适应建筑结构的变形、抵御外界环境的侵蚀，其质量直接决定了建筑防水工程的耐久性与可靠性。

当前，房建工程中应用的防水材料种类繁多，不同类型材料的性能特点、适用场景存在显著差异，对应的检测指标与验收标准也各不相同。然而，在实际工程实践中，仍存在检测指标选取不精准、检测方法不规范、质量验收流程不严格等问题，导致部分不合格防水材料流入施工现场，埋下渗漏隐患。因此，系统研究房建防水材料的检测指标体系，完善质量验收流程，对于规范防水材料应用、提升房建工程防水质量具有重要的现实意义。本文旨在通过梳理主流防水材料的检测指标，分析质量验收的关键环节，提出针对性的优化措施，为房建工程防水材料的质量管控提供科学依据。

一、房建主流防水材料及核心检测指标

（一）沥青类防水材料检测指标

沥青类防水材料是房建工程中应用最广泛的传统防水材料，主要包括 SBS 改性沥青防水卷材、APP 改性沥青防水卷材等，其核心检测指标围绕防水性、耐热性、低温柔性、拉伸性能等展开。一是不透水性，作为防水卷材的核心性能指标，直接反映材料阻断水体渗透的能力，检测方法为采用不透水仪，在 0.3MPa 压力下保持 30min，观察卷材是否出现渗水现象，合格标准为无渗漏。二是耐热性，用于评估材料在高温环境下的性能稳定性，避免夏季高温时卷材软化、流淌，检测时将卷材置于规定温度（SBS 卷材为 90℃、APP 卷材为 110℃）的烘箱中恒温加热 2h，要求卷材无流淌、滴落、起泡现象，尺寸变化率不超过 1%。三是低温柔性，衡量材料适应低温环境的变形能力，防止冬季低温时卷材脆裂，检测方法为将卷材在规定低温（通常为 -18℃ 或 -25℃）下放置 2h 后，进行 180° 弯折试验，合格标准为无裂纹。四是拉伸性能，包括拉伸强度与断裂伸长率，反映材料抵抗外力拉伸的能力，确保在建筑结构变形时不被拉裂，SBS 改性沥青防水卷材的拉伸强度应不小于 1.5MPa，断裂伸长率不小于 400%。

（二）高分子类防水材料检测指标

高分子类防水材料具有轻质、高强、耐候性好等优势，主要包括聚氯乙烯（PVC）防水卷材、三元乙丙（EPDM）防水卷材、高分子防水涂料等，其检测指标更注重材料的耐久性、弹性与粘结性能。对于高分子防水卷材，核心检测指标包括：一是不透水性，检测压力为 0.3MPa，保持 30min 无渗漏；二是拉伸强度与断裂伸长率，PVC 防水卷材拉伸强度不小于 1.0MPa，断裂伸长率不小于 200%，EPDM 防水卷材拉伸强度不小于 1.5MPa，断裂伸长率不小于 450%；三是热老化性能，评估材料在长期高温环境下的性能衰减情况，将卷材在 70℃ 烘箱中老化 168h 后，拉伸强度保留率不低于 80%，断裂伸长率保留率不低于 70%；四是低温弯折性，在 -20℃ 或 -30℃ 下弯折 180° 无裂纹。对于高分子防水涂料，核心检测指标包括固含量、拉伸强度、断裂伸长率、低温柔性、粘结强度等，其中固含量直接影响涂料成膜后的厚度与防水性能，聚合物水泥防水涂料固含量应不小于 65%，拉伸强度不小于 1.8MPa，粘结强度不小于 1.0MPa。

（三）无机类防水材料检测指标

无机类防水材料具有环保、耐高温、耐久性强等特点，主要包括渗透结晶型防水材料、防水砂浆等，其检测指标侧重材料的渗透性能与粘结强度。渗透结晶型防水材料的核心检测指标包括：一是渗透深度，反映材料向混凝土内部渗透形成结晶的能力，检测时将材料涂刷在混凝土试件表面，养护后测量结晶渗透深度，合格标准不小于 0.8mm；二是抗压强度与抗折强度，确保材料不影响混凝土结构的力学性能，抗压强度不小于 20MPa，抗折强度不小于 4.0MPa；三是抗渗等级，涂刷材料后的混凝土试件抗渗等级应不低于 P8。防水砂浆的核心检测指标包括：一是抗压强度，7d 抗压强度不小于 10MPa，28d 抗压强度不小于 15MPa；二是抗渗等级，不低于 P6；三是粘结强度，与基层混凝土的粘

强度不小于 0.6MPa，避免使用过程中出现脱落现象。

二、房建防水材料质量验收流程与关键要点

（一）事前检验：材料进场验收

材料进场验收是质量管控的第一道防线，核心要点包括：一是核查材料资质，严格检查防水材料的出厂合格证、检验报告、产品说明书等资料，确保材料的生产厂家具备相应资质，产品符合设计选用的型号、规格。二是抽样送检，按照相关标准规范的要求，从进场材料中随机抽样，送具备相应检测资质的第三方机构进行检测，抽样数量应符合规定，如沥青类防水卷材每 1000 卷为一批，每批抽取 5 卷进行外观检查，再从合格卷中抽取 2 卷进行物理性能检测；高分子防水涂料每 5t 为一批，每批抽取 3 组试件进行检测。三是外观质量检查，直观检查材料的表面状况，如防水卷材应无裂纹、孔洞、缺边、折皱等缺陷，防水涂料应无分层、沉淀、结块现象，外观质量不合格的材料不得进入施工现场。

（二）事中管控：施工过程验收

施工过程验收旨在确保防水材料的施工应用符合规范要求，避免因施工不当导致材料性能无法充分发挥。关键要点包括：一是施工工艺核查，检查防水材料的施工流程、施工方法是否符合产品说明书与施工方案的要求，如防水卷材的铺贴顺序、搭接宽度（长边搭接宽度不小于 100mm，短边搭接宽度不小于 150mm）、粘结方式是否规范；防水涂料的涂刷厚度、涂刷遍数、养护时间是否达标。二是隐蔽工程验收，对于屋面、地下室等部位的防水隐蔽工程，在后续工序施工前必须进行验收，重点检查防水材料的铺设完整性、搭接质量、节点处理情况（如阴阳角、管道根部、伸缩缝等部位的加强处理），验收合格并签署记录后，方可进行下道工序。三是施工环境验收，检查施工环境是否满足防水材料的施工要求，如沥青类防水卷材施工环境温度不应低于 5℃，高分子防水涂料施工环境温度不应低于 0℃，避免在雨天、大风天气施工。

（三）事后验收：竣工质量验收

竣工质量验收是对防水工程整体质量的最终验证，核心要点包括：一是外观质量验收，检查防水工程表面是否平整、无破损、无渗漏痕迹，节点部位处理是否美观、牢固。二是蓄水试验与淋水试验，对于屋面防水工程，进行 24h 蓄水试验（找坡正确、无积水），或持续 2h 淋水试验，检查是否存在渗漏；对于地下室防水工程，进行闭水试验，持续 24h 无渗漏为合格。三是资料验收，整理汇总防水材料的进场检验报告、施工记录、隐蔽工程验收记录、竣工检测报告等资料，确保资料完整、真实、规范，为工程质量追溯提供依据。

三、房建防水材料检测与质量验收现存问题

1. 检测指标选取不精准：部分工程在防水材料检测过程中，存在检测指标选取与工程实际需求不匹配的问题。例如，在高温高湿地区的屋面防水工程中，未重点检测防水材料的耐热性与耐

老化性能；在寒冷地区的外墙防水工程中，忽视了材料的低温柔性检测，导致选取的防水材料无法适应现场环境，使用后易出现性能衰减、破损渗漏等问题。此外，部分检测机构对新型防水材料的检测指标认识不足，仍采用传统检测标准，无法准确评估新型材料的性能。

2.检测方法不规范：检测方法的规范性直接影响检测结果的准确性，当前存在的主要问题包括：一是抽样不规范，部分施工单位为降低检测成本，未按照标准要求的抽样比例与抽样方法进行抽样，存在“少抽、漏抽、代抽”等现象，导致检测样本无法真实反映整批材料的质量状况。二是检测操作不标准，如在防水材料不透水性检测中，未严格控制检测压力与保压时间；在拉伸性能检测中，拉伸速度不符合要求，导致检测结果出现偏差。三是检测设备未及时校准，部分检测机构的检测设备长期未进行计量校准，设备精度不足，无法保障检测数据的可靠性。

3.质量验收流程不严格：在实际工程验收中，存在“重形式、轻实质”的现象。一是材料进场验收流于形式，部分施工单位未严格核查材料资质，对外观质量存在缺陷的材料未予以拒收；第三方检测依赖施工单位提供的样本，未进行现场随机抽样，导致不合格材料蒙混过关。二是施工过程验收缺失，隐蔽工程验收未严格执行“先验收、后施工”的原则，部分施工单位在未完成隐蔽工程验收的情况下擅自进行下道工序，掩盖了防水施工缺陷。三是竣工验收检测不全面，部分工程仅进行外观质量检查，未按要求开展蓄水试验、淋水试验等功能性检测，无法准确判断防水工程质量。

四、房建防水材料检测与质量验收优化措施

构建精准化检测指标体系：结合房建工程的使用环境、结构类型、防水等级等实际需求，构建精准化的检测指标体系。一是按工程部位分类确定检测重点，如屋面防水工程重点检测防水材料的耐热性、耐老化性、不透水性；地下室防水工程重点检测材

料的抗渗性、粘结强度；寒冷地区工程重点检测材料的低温柔性。二是针对新型防水材料，及时更新检测指标与检测标准，组织科研机构、检测单位开展新型材料性能研究，制定专项检测方案，确保检测指标能够全面、准确反映新型材料的性能特点。三是建立检测指标动态调整机制，根据工程实践中出现的质量问题，及时优化检测指标，提升检测工作的针对性与有效性。

强化全流程质量验收管控：构建“事前-事中-事后”全流程质量验收管控体系。事前阶段，严格执行材料进场验收制度，对无出厂合格证、检验报告的材料一律拒收，抽样送检不合格的材料坚决退场。事中阶段，加强施工过程中的巡检与隐蔽工程验收，监理单位全程旁站监督关键工序施工，对施工工艺不规范、节点处理不到位等问题及时下达整改通知，整改合格后方可继续施工；建立施工质量追溯体系，对每一道施工工序进行记录，明确施工人员、监理人员责任。事后阶段，全面开展竣工质量验收，严格执行蓄水试验、淋水试验等功能性检测，确保防水工程无渗漏；完善竣工资料验收，确保资料完整、规范，实现工程质量的全程可追溯。

五、结论

房建防水材料的检测指标与质量验收是保障防水工程质量的核心环节，直接关系到建筑的使用功能与使用寿命。本文通过梳理沥青类、高分子类、无机类主流防水材料的核心检测指标，明确了各指标的检测要求；分析了材料进场验收、施工过程验收、竣工质量验收的关键要点，指出了当前检测与验收工作中存在的检测指标不精准、检测方法不规范、验收流程不严格、责任体系不健全等问题。在此基础上，提出了构建精准化检测指标体系、规范检测流程、强化全流程验收管控、健全责任与追责机制等优化措施。

未来，随着新型防水材料的不断研发与应用，房建防水材料检测与质量验收工作应向智能化、信息化方向发展。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB 50207-2012 屋面工程质量验收规范 [S]. 北京：中国建筑工业出版社，2012.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB 50208-2011 地下防水工程质量验收规范 [S]. 北京：中国建筑工业出版社，2011.
- [3] 王复明，钟燕辉. 我国建筑防水材料质量现状与提升对策 [J]. 建筑材料学报，2020，23(4): 615-622.
- [4] 李娜，张勇. 房建工程常用防水材料检测指标与方法研究 [J]. 施工技术，2021，50(8): 135-138.
- [5] 赵军，王丽. 建筑防水工程质量验收关键控制点及优化措施 [J]. 建筑施工，2019，41(6): 1123-1125.

轻质隔墙板裂缝控制技术研究

陈树友, 陈成, 刘玉林

中国建筑第七工程局有限公司, 广东 深圳 518000

DOI:10.61369/UAID.2026010019

摘 要 : 鉴于当前轻质隔墙板在应用过程中易出现裂缝, 且现有控制技术效果欠佳、稳定性不足的状况, 本研究提出一种集基材复合改性、拼接缝自适应处理以及主体结构变形补偿于一体的全方位裂缝控制技术。通过优化轻质隔墙板基材的配比, 并添加复合改性剂, 以改善材料的收缩性能与抗拉强度; 设计自适应拼接缝处理工艺, 预留伸缩缝并填充弹性材料, 同时增设网格布加强层; 在隔墙板与主体结构的连接处设置变形补偿装置, 以吸收相对变形应力。实验结果显示, 运用该技术制备的轻质隔墙板抗压强度达到 12.5MPa, 抗拉强度提升 42%, 施工后隔墙裂缝发生率降至 8% 以下, 远低于传统技术的 35%, 且裂缝宽度均小于 0.1mm, 符合建筑工程质量标准。该技术实现了对轻质隔墙板裂缝的源头抑制与全过程控制, 提高了隔墙结构的耐久性与稳定性, 具有重要的工程应用价值。

关 键 词 : 轻质隔墙板; 裂缝控制; 基材改性; 自适应拼接; 变形补偿

Research on the Control of Cracks in Lightweight Wallboard Systems

Chen Shuyou, Chen Cheng, Liu Yulin

China Construction Seventh Engineering Bureau Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518000

Abstract : Given the current challenges of lightweight partition panels, which are prone to cracking during application, and the inadequacy of existing control technologies in terms of effectiveness and stability, this study proposes a comprehensive crack control technology that integrates substrate composite modification, adaptive seam treatment, and structure main body deformation compensation. By optimizing the composition of the lightweight partition panel substrate and adding composite modification agents to improve the material's shrinkage properties and tensile strength, an adaptive seam treatment process is designed, with expansion joints reserved and elastic materials filled in, as well as a grid reinforcement layer added. Deformation compensation devices are installed at the junctions where the partition panels connect to the main structure to absorb relative deformation stresses. Experimental results show that the lightweight partition panels produced using this technology have a compressive strength of 12.5 MPa and an increased tensile strength of 42%. The incidence of cracks in the partition panels after construction has been reduced to below 8%, which is significantly lower than the 35% observed with traditional methods. Moreover, the width of the cracks is all less than 0.1 mm, meeting the standards for construction projects. This technology effectively suppresses and controls the cracking of lightweight partition panels from their inception to the entire process, enhancing the durability and stability of the partition structures, and thus holds significant engineering application value.

Keywords : lightweight partition board; crack control; substrate modification; adaptive bonding; deformation compensation

引言

(一) 研究背景

伴随建筑工业化的迅猛发展, 轻质隔墙板凭借其轻质高强、保温隔热、施工高效等优势, 被广泛应用于民用建筑与工业建筑的内隔墙工程中, 成为推动建筑节能与绿色施工的关键材料。然而, 轻质隔墙板的裂缝问题始终是制约其应用质量的核心瓶颈, 主要体现为板体自身开裂、板间拼接缝开裂以及与主体结构连接处开裂三大类型。裂缝的出现不仅影响建筑的美观性, 还会降低隔墙的隔音、保温性能, 严重时甚至会破坏结构的整体性, 引发安全隐患。

作者简介:

陈树友, 职称: 助理工程师, 研究方向: 土木工程。

陈成, 职称: 高级工程师。

刘玉林, 职称: 无。

现有研究表明,轻质隔墙板裂缝的产生是材料特性、施工工艺与环境因素共同作用的结果。在材料层面,以水泥、石膏为基材的轻质隔墙板在凝结硬化过程中存在明显的体积收缩,当收缩应力超过材料抗拉强度时,容易产生内部裂缝;在施工层面,拼接缝处理不规范、伸缩缝预留不足、固定方式不合理等问题,会导致隔墙板受力不均,进而诱发裂缝;在环境层面,温度波动、湿度变化及结构沉降会使隔墙板产生反复变形,在长期作用下裂缝不断扩展。因此,解决轻质隔墙板裂缝问题,需要从材料优化、施工改进与结构适配等多个维度入手。

(二) 国内外研究现状

当前,轻质隔墙板裂缝控制技术主要聚焦于材料改性与施工工艺优化两个方向。在材料改性方面,国外学者通过添加聚丙烯纤维、玻璃纤维等增强材料来改善基材的抗裂性能,但成本较高,难以实现大规模推广;国内研究多采用单一膨胀剂或减水剂进行改性,虽能缓解收缩问题,但改性效果不稳定,无法从根本上抑制裂缝的萌生。在施工工艺方面,现有技术多通过提高拼接缝砂浆粘结强度、增设单层网格布等方式加强防护,但对温度变形与结构沉降的适应性较差,长期使用过程中裂缝容易复发。

综上所述,现有技术缺乏对裂缝产生机制的全面考量,尚未形成“材料-施工-结构”协同控制的技术体系。基于此,本研究提出一种融合基材复合改性、拼接缝自适应处理与主体结构变形补偿的一体化裂缝控制技术,旨在提升轻质隔墙板的抗裂性能与长期稳定性,为解决工程实际问题提供技术支持。

(三) 研究目的与内容

本研究的核心目标是开发一种兼具经济性与实用性的轻质隔墙板裂缝控制技术,实现对裂缝的源头抑制与全过程控制。主要研究内容包括:(1)优化轻质隔墙板基材配比,研发复合改性剂,改善材料的收缩性能与力学性能;(2)设计自适应拼接缝处理工艺,提高拼接部位的抗变形能力;(3)研发隔墙板与主体结构连接的变形补偿装置,以适应结构沉降与温度变形;(4)通过实验验证技术方案的可行性与优越性。

一、实验部分

(一) 原材料与实验设备

1. 原材料

实验所用的基材原材料包括:P·O 42.5 普通硅酸盐水泥(强度等级 42.5MPa)、建筑石膏(初凝时间 15min,终凝时间 30min)、粉煤灰(二级,比表面积 420m²/kg)、膨胀珍珠岩(堆积密度 80kg/m³);复合改性剂组分###材料组成

材料涵盖:聚丙烯纤维(长度 12mm,抗拉强度 ≥ 500MPa)、钙矾石型膨胀剂(膨胀率 ≥ 2.0%)、聚羧酸系高效减水剂(减水率 ≥ 25%)、纳米二氧化硅(粒径 50nm);拼接缝处理材料包含:环氧树脂(E-44)、聚氨酯弹性体(邵氏硬度 A 40-50)、丁苯橡胶乳液(固含量 45%)、80 目玻璃纤维网格布;变形补偿装置材料有:304 不锈钢 U 型连接件、弹性橡胶垫(厚度 3-5mm)、膨胀螺栓(M8)。

2. 实验设备

实验所用设备包括:JJ-5 行星式水泥胶砂搅拌机(用于基材浆料搅拌)、YES-2000 压力试验机(用于抗压、抗拉强度测试)、DHG-9070A 电热恒温干燥箱(用于试件养护)、游标卡尺(精度 0.01mm,用于裂缝宽度测量)、万能材料试验机(用于材料抗折性能测试)。

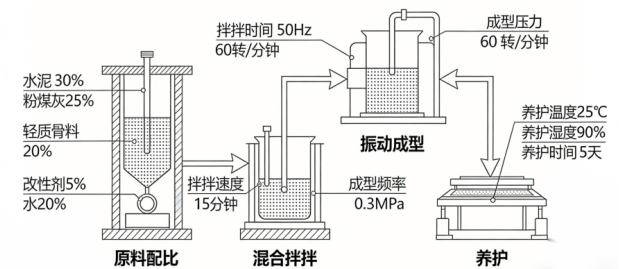
(二) 实验方案设计

1. 基材复合改性方案

采用正交实验设计方法,以水泥、石膏、粉煤灰、膨胀珍珠岩用量及复合改性剂掺量作为影响因素,以基材抗压强度、抗拉强度、收缩率作为评价指标,对基材配比进行优化。基准

配比(重量份)为:水泥 35 份、石膏 25 份、粉煤灰 20 份、膨胀珍珠岩 12 份、水 20 份,复合改性剂掺量分别设定为 3 份、4 份、5 份三个水平,复合改性剂内部组分按固定比例(聚丙烯纤维:钙矾石型膨胀剂:聚羧酸系高效减水剂:纳米二氧化硅=1.0:1.8:0.6:0.4)混合。

轻质隔墙板基材改性工艺流程



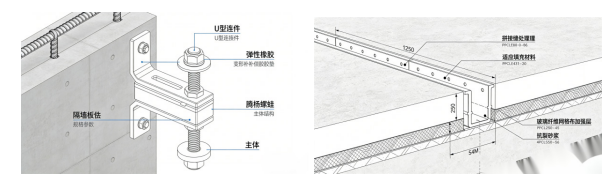
2. 施工工艺方案

(1) 设计拼接缝自适应处理工艺:

- 1) 板材预处理:将拼接端面打磨至平整度误差 ≤ 0.5mm,涂刷环氧树脂-水泥复合界面处理剂(重量比 1:2);
- 2) 预留 5-8mm 伸缩缝;
- 3) 填充聚氨酯弹性体-丁苯橡胶乳液复合填充材料(重量比 5:3);
- 4) 设置双层 80 目玻璃纤维网格布加强层,中间采用水泥-石英砂-聚合物乳液抗裂砂浆(重量比 1:2:0.3)粘结。

(2) 设计变形补偿装置:选用 304 不锈钢 U 型连接件,通过 M8 膨胀螺栓固定于主体结构,连接件与隔墙板之间设置 4mm 厚弹性橡胶垫,缝隙填充复合填充材料,外侧设置网格布加强层

与抗裂砂浆保护层。



3. 性能测试方案

依据《轻质隔墙板通用技术要求》(GB/T 23451 - 2009)对基材抗压强度、抗拉强度进行测试;采用收缩仪测试基材 28d 收缩率;模拟常温、高温(60℃)、低温(-10℃)循环环境,测试隔墙板施工后 12 个月内的裂缝发生率与裂缝宽度;对比传统技术与本技术施工的隔墙力学性能与抗裂性能。

(三) 试件制备与养护

1. 基材试件制备

按配比称取原材料,倒入搅拌机搅拌 3min 直至浆料均匀,倒入 40mm×40mm×160mm 模具,振动成型,室温养护 24h 后脱模,放入标准养护箱(温度 20±2℃,湿度≥90%)养护 28d。

2. 隔墙板施工试件制备

制作 1200mm×600mm×100mm 改性轻质隔墙板,按设计施工工艺完成拼接与主体结构连接,制作 3 组平行试件,分别置于常温、高低温循环环境中养护。

二、结果与讨论

(一) 基材复合改性结果分析

1. 复合改性剂掺量对基材性能的影响

不同复合改性剂掺量下基材性能测试结果如表 1 所示。由表 1 可知,随着复合改性剂掺量从 3 份增加至 4 份,基材抗压强度从 10.2MPa 提升至 12.5MPa,抗拉强度从 1.8MPa 提升至 2.56MPa,28d 收缩率从 0.35% 降至 0.18%;当掺量进一步增加至 5 份时,抗压强度、抗拉强度提升幅度减缓,收缩率下降不明显,且材料成本增加 15%。因此,复合改性剂最优掺量为 4 份,此时基材综合性能达到最佳状态。

表 1 复合改性剂掺量对基材性能的影响

复合改性剂掺量(份)	抗压强度(MPa)	抗拉强度(MPa)	28d 收缩率(%)
3	10.2	1.80	0.35
4	12.5	2.56	0.18
5	12.8	2.62	0.17

2. 复合改性剂作用机制

复合改性剂各组分发挥协同效应:聚丙烯纤维于基材内部均匀分散,形成三维网状结构,可有效抑制裂缝的萌生与扩展;钙矾石型膨胀剂在水化过程中产生适度膨胀,抵消基材在凝结硬化过程中的收缩,使材料体积收缩得以缓解。通过有效控制措施,显著降低了收缩裂缝的产生概率;聚羧酸系高效减水剂借助降低水胶比,改善了基材的密实程度,进而提高了其力学性能;纳米二氧化硅则对基材内部的微小孔隙起到了有效填充作用,增强了界面粘结力,进一步提升了材料的抗裂性能。

(二) 施工工艺对裂缝控制效果的影响

1. 伸缩缝宽度的影响

不同伸缩缝宽度下拼接缝的开裂状况如表 2 所示。当伸缩缝宽度为 5mm 时,经高温循环后,有 30% 的拼接缝出现微裂缝;当宽度增加至 6mm 时,在常温以及高低温循环环境下均未观测到裂缝产生;而当宽度达到 8mm 时,虽未产生裂缝,但填充材料用量增加,致使施工成本上升。因此,综合考量裂缝控制效果与经济性,确定最优伸缩缝宽度为 6mm。

表 2 伸缩缝宽度对拼接缝开裂的影响

伸缩缝宽度(mm)	常温环境(12个月)裂缝发生率(%)	高低温循环环境(12个月)裂缝发生率(%)
5	0	30
6	0	0
8	0	0

2. 自适应填充材料与加强层的作用

自适应弹性填充材料凭借其卓越的弹性与粘结性能,能够依据环境变化与结构变形自适应调整形态,有效吸收变形应力;双层玻璃纤维网格布加强层与抗裂砂浆协同作用,显著增强了拼接缝处的抗拉能力,进一步抑制了裂缝的扩展。对比实验数据显示,未设置加强层时,拼接缝裂缝发生率高达 25%,而设置双层加强层后,裂缝发生率降至 0。

(三) 变形补偿装置的作用效果

在模拟结构沉降(沉降量 5mm)与温度变形环境下,未设置变形补偿装置的隔墙板与主体结构连接处裂缝发生率达 40%,裂缝宽度最大达 0.3mm;而设置本研究设计的变形补偿装置后,连接处未出现任何裂缝。弹性橡胶垫有效吸收了主体结构与隔墙板之间的相对变形,避免了应力集中,U 型连接件确保了连接的稳固性,填充材料与加强层进一步提升了抗裂防护效能。

(四) 本技术与传统技术的性能对比

本技术与传统技术施工的隔墙板性能对比结果如表 3 所示。由表 3 可知,采用本技术的隔墙板抗压强度、抗拉强度相较于传统技术分别提升了 32% 和 42%,12 个月内裂缝发生率从 35% 降至 8%,且裂缝宽度均小于 0.1mm,综合性能显著优于传统技术。

表 3 本技术与传统技术性能对比

技术类型	抗压强度(MPa)	抗拉强度(MPa)	12 个月裂缝发生率(%)	最大裂缝宽度(mm)
传统技术	9.5	1.80	35	0.32
本技术	12.5	2.56	8	0.08

三、结论与展望

(一) 结论

本研究开发了一种融合基材复合改性、拼接缝自适应处理与主体结构变形补偿的轻质隔墙板裂缝控制技术,得出以下主要结论:

(1) 确定了轻质隔墙板基材的最优配比:水泥 35 份、石膏 25 份、粉煤灰 20 份、膨胀珍珠岩 12 份、复合改性剂 4 份、水 20 份,其中复合改性剂由聚丙烯纤维 1.0 份、钙矾石型膨胀剂 1.8

份、聚羧酸系高效减水剂 0.6 份、纳米二氧化硅 0.4 份组成。在此配比下，基材抗压强度达到 12.5MPa，抗拉强度达到 2.56MPa，28d 收缩率降至 0.18%，力学性能与抗裂性能得到显著改善。

(2) 提出了自适应拼接缝处理工艺：预留 6mm 伸缩缝，填充聚氨酯弹性体 - 丁苯橡胶乳液复合填充材料，设置双层 80 目玻璃纤维网格布加强层，有效提升了拼接缝的抗变形能力，使得在高低温循环环境下 12 个月内未出现裂缝。

(3) 设计的不锈钢 U 型连接件与弹性橡胶垫变形补偿装置，能够有效吸收主体结构与隔墙板之间的相对变形，避免连接处开裂，在模拟结构沉降环境下展现出优异的稳定性。

(4) 综合性能测试表明，采用本技术的隔墙板 12 个月裂

缝发生率仅为 8%，远低于传统技术的 35%，且裂缝宽度均小于 0.1mm，符合建筑工程质量标准，实现了对裂缝的全方位、全过程控制。

(二) 展望

本研究提出的轻质隔墙板裂缝控制技术虽取得了良好的实验成效，但仍存在进一步优化的空间：未来可深入研究复合改性剂各组分最佳配比，以降低材料成本；探索新型环保填充材料的研发，提升技术的绿色化水平；拓展技术在不同气候条件、不同建筑类型中的应用研究，完善技术体系。此外，可结合 BIM 技术实现施工过程的数字化模拟与优化，进一步提高施工精度与效率，推动技术的工业化应用。

参考文献

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB/T 23451 - 2009 轻质隔墙条板通用技术要求 [S]. 北京：中国标准出版社，2009.

[2] 李明，王强. 轻质隔墙板裂缝产生成因及控制举措 [J]. 建筑技术，2020，51(3): 321 - 323.

[3] 张宇，刘敏. 纤维改性轻质隔墙板抗裂性能探究 [J]. 新型建筑材料，2019，46(8): 45 - 48.

[4] 王建华，赵丽. 环境因素对轻质隔墙板裂缝影响的试验探析 [J]. 建筑科学，2021，37(5): 67 - 71.

[5] Smith J, Jones A. Fiber - reinforced lightweight partition boards: A review[J]. Construction and Building Materials, 2018, 175: 689 - 702.

[6] 陈浩，吴刚. 膨胀剂改性石膏轻质隔墙板性能研究 [J]. 混凝土与水泥制品，2018，(10): 78 - 81.

[7] 刘芳，张伟. 轻质隔墙板拼接缝抗裂施工技术优化研究 [J]. 施工技术，2019，48(12): 98 - 100.

[8] 赵亮，马军. 纳米二氧化硅对水泥基材料性能的影响机理 [J]. 材料导报，2020，34(14): 14106 - 14112.

绿色建筑增量成本在造价管控中的分摊机制研究

朱海花¹, 屈蕾²

1.河北建工集团建筑装饰工程有限公司, 河北 石家庄 050000

2.河北摄影发展有限公司, 河北 石家庄 050000

DOI:10.61369/UAID.2026010021

摘 要 : 伴随着“双碳”目标把绿色建筑作为建筑行业转型发展的一个必然趋势。绿色建筑增量成本是阻碍其规模化推广的主要因素,在造价管控中合理分摊绿色建筑增量成本,直接关系到项目各个参与方的积极性以及项目的可行性。本文以绿色建筑增量成本界定为起点,对目前造价管控中增量成本分摊的研究和实践情况做了系统的梳理,剖析了分摊机制建立的核心要素和实施逻辑。通过对分摊机制在不同项目阶段、不同参与主体之间应用路径的探讨,结合造价控制的全流程要求来提出科学合理的分摊策略。研究目的就是确定出增量成本分摊的责任边界以及利益协调机制,给提高绿色建筑造价控制效率、促进绿色建筑产业高质量发展提供理论支持和实践借鉴。

关 键 词 : 绿色建筑; 增量成本; 造价管控; 分摊机制

Research on the Allocation Mechanism of Incremental Costs of Green Buildings in Cost Control

Zhu Haihua¹, Qu Lei²

1.Hebei Construction Engineering Group Architectural Decoration Engineering Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei 050000

2.Hebei Photography Development Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei 050000

Abstract : With the "dual carbon" goals establishing green buildings as an inevitable trend in the transformation and development of the construction industry, the incremental costs of green buildings represent a major obstacle to their large-scale promotion. The reasonable allocation of these incremental costs in cost control directly affects the enthusiasm of all project participants and the feasibility of the project. Starting with the definition of incremental costs in green buildings, this paper systematically reviews the current research and practices regarding the allocation of incremental costs in cost control, analyzing the core elements and implementation logic of establishing an allocation mechanism. By exploring the application paths of the allocation mechanism across different project phases and among various participants, and integrating the full process requirements of cost control, it proposes scientific and reasonable allocation strategies. The research aims to determine the responsibility boundaries and benefit coordination mechanisms for the allocation of incremental costs, providing theoretical support and practical references for improving the efficiency of cost control in green buildings and promoting the high-quality development of the green building industry.

Keywords : green buildings; incremental costs; cost control; allocation mechanism

在全球能源危机和环境问题越来越严重的情况下,绿色建筑因为能耗低、排放少、舒适度高而成为实现建筑行业可持续发展的重要途径。我国发布多个政策来推动绿色建筑的发展,从强制标准到激励措施逐步建立起绿色建筑发展的政策体系。但是绿色建筑在建设过程中由于采用环保材料、先进节能技术等而产生的增量成本,使得项目初期投资增加,给造价管理带来了挑战。增量成本怎样在建设单位、施工单位、运营单位以及使用者等多方主体之间合理分摊,成了破解绿色建筑推广瓶颈的关键问题。目前我国绿色建筑增量成本分摊存在分摊主体不明、分摊标准不一、利益协调机制不健全等问题。因此本文研究绿色建筑增量成本在造价管控中的分摊机制,有重大的现实意义和理论价值。

一、绿色建筑增量成本分摊机制研究的意义

（一）推动绿色建筑产业规模化发展的现实支撑

绿色建筑增量成本高，分摊不均属于阻碍绿色建筑规模化发展的重要障碍。目前大部分绿色建筑项目的增量成本由建设单位承担，造成其投资意愿不强。创建科学合理的分摊机制，把增量成本公平地分摊给各个受益主体，减轻单个主体的投资负担，调动各方面的积极性，参与绿色建筑的创建。合理的分摊机制能够明晰各方面的成本责任以及收益分配情况，从而防止出现由于成本争议导致的工程延期等状况的发生，为绿色建筑产业的大规模发展、标准化推进赋予良好的制度保障，并助力于达成建筑行业绿色转型的目标^[1]。

（二）优化造价管控体系的重要路径

传统的建筑造价控制模式不能满足绿色建筑增量成本的动态性、复杂性。绿色建筑增量成本包含设计、施工、运营等各个阶段，涉及材料、技术、管理等各个方面，传统造价控制没有对增量成本进行合理的分摊，造成造价控制效率低下。创建具有针对性的增量成本分摊机制，可以将增量成本管控融入项目全生命周期造价管理当中，从而达成从前期设计阶段的成本预估，到运营阶段的成本分摊和回收的全过程控制^[2]。不仅可以充实造价控制的内涵，提高造价控制的科学性和精确性，而且可以促使造价控制体系向绿色化、精细化方向发展。

（三）平衡多方主体利益关系的关键手段

绿色建筑项目牵涉到建设单位、施工单位、设计单位、运营单位、使用者等诸多利益主体，各主体的利益诉求是不同的。建设单位关心的是投资回报率，施工单位关心的是施工利润，使用者关心的是使用成本和使用舒适度，运营单位关心的是运营效益^[3]。增量成本的不合理分摊会很容易引发各方的利益冲突，影响项目的顺利进行。合理的分摊机制是按照各个主体受益程度、责任大小等各方面来确定分摊比例和方式，实现利益与责任的对等匹配。平衡好各方面的利益关系，有利于各方面的协同合作，形成绿色建筑建设与运营的合力，提高项目整体效益^[4]。

（四）助力“双碳”目标实现的战略举措

建筑行业属于能源消耗与碳排放的重点行业，绿色建筑是削减建筑领域碳排放的关键途径。推动绿色建筑的发展是实现“双碳”目标的重要途径，增量成本的合理分摊是绿色建筑规模化发展的前提。科学的分摊机制会加速绿色建筑技术的应用，促进绿色建筑的普及，从而降低整个建筑行业的能源消耗和碳排放。分摊机制的创建可以促使社会资源朝向绿色建筑领域汇聚，促使建筑产业链上下游展开绿色升级，从而给达成“双碳”目的赋予强劲的产业支撑^[5]。

二、绿色建筑增量成本分摊的现状分析

（一）增量成本界定不清晰，核算标准不统一

目前我国对绿色建筑增量成本的界定还没有形成统一标准，不同地区、不同项目对增量成本的理解不同。部分项目把绿色建

筑认证过程中的咨询费、检测费等计入增量成本，另一部分项目只把绿色材料和传统材料的价差、节能技术的额外投入当作增量成本。增量成本的核算方法没有统一的规范，不同的核算主体采用的核算口径、计算方法不同，造成同一类型的绿色建筑项目增量成本核算结果差异较大。增量成本定义和核算不一致，给增量成本分摊带来基础上的困难，影响分摊机制的科学性、可操作性。

（二）分摊主体单一，责任划分不明确

就目前的绿色建筑项目而言，增量成本的分摊主体单一，大部分增量成本由建设单位承担。施工单位、设计单位只承担自身技术选择或施工工艺不当造成的少量增量成本，运营单位和使用者几乎不承担增量成本。单一主体分摊模式造成成本责任与利益回报不匹配，建设单位投资压力大，而其它受益主体不用承担相应成本，大大削弱了建设单位推广绿色建筑的积极性。并且各个主体之间的成本责任没有明晰的法律规制和合同约定，一旦出现成本争议就无法对责任作出界定^[6]。

（三）分摊机制缺乏系统性，全生命周期考量不足

现有的增量成本分摊机制大多只集中在项目建设阶段，没有考虑到运营阶段、使用阶段的成本分摊和回收。绿色建筑的增量成本不仅仅在建设阶段的初期投入中体现出来，也体现在运营阶段的节能收益、维护成本等方面。当前分摊模式没有考虑到各主体在项目全生命周期中所获益的情况，造成分摊结果不公平。部分绿色建筑的节能收益主要被运营单位和使用者所获得，而这些主体并没有承担相应的增量成本，建设单位承担了大部分的增量成本，但是却无法通过后期收益来收回成本。缺少全生命周期考虑的分摊方式，不能达到成本与收益长期平衡的目的^[7]。

（四）政策支持力度不足，市场激励机制不完善

虽然我国出台了一系列推进绿色建筑发展的政策，但是专门针对增量成本分摊的政策很少，政策支持力度不够。目前只有少数地区推出了绿色建筑补贴、税收优惠等政策，但是补贴标准低、覆盖面小，不能有效地弥补由于增量成本带来的投资压力。市场激励机制不健全，绿色建筑的节能效益、环境效益等外部收益不能内化为企业的内部收益，造成各个主体缺少主动分摊增量成本的动力。另外绿色建筑价值评估体系不完备，不能很好地衡量增量成本带来的长期效益，也影响分摊机制的有效实施。

三、绿色建筑增量成本分摊机制的应用路径

（一）明确分摊主体与责任边界，构建多元协同分摊框架

创建多元协同的分摊框架为增量成本合理分摊打下基础。首先应该确定建设单位、设计单位、施工单位、运营单位、使用者等各主体的分摊责任，按照受益与责任对等的原则，根据各主体在项目全生命周期中受益的程度来确定分摊比例。建设单位作为项目的发起者可以承担部分初期增量成本，也可以通过项目销售、租赁等方式回收部分成本；设计单位承担因设计方案优化不足造成的增量成本，可以从中获得绿色设计咨询服务的收益；施工单位承担施工工艺不当、材料浪费造成的增量成本，可以从中提高施工技术水平降低成本；运营单位和使用者承担部分与使

用、运营有关的增量成本，同时享受节能、环保带来的收益。其次，用法律法规和合同约定来确定各主体的责任范围，防止成本纠纷的发生^[8]。

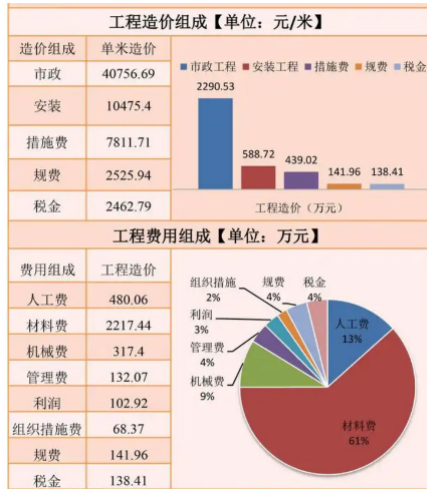


图1

（二）建立全生命周期增量成本核算体系，夯实分摊基础

完善的增量成本核算体系是分摊机制有效运转的前提。应当制定统一的增量成本界定标准和核算规范，确定增量成本的构成范围，包括绿色材料价差、节能技术额外投入、绿色认证费用、运营维护额外成本等。另外使用全生命周期成本核算的方法把项目从建设到使用、从使用到拆除各阶段所增加的成本和收益全部算进核算范围，正确地计算出各阶段的成本与收益情况。聘请专业的第三方造价咨询公司开展增量成本核算及审核工作，保证核算结果的公正、准确。另外应该建立增量成本数据库，收集各种类型的、不同地区的绿色建筑项目增量成本数据，给分摊比例的确定提供数据支撑^[9]。

（三）设计差异化分摊模式，适配不同类型绿色建筑项目

不同种类的绿色建筑项目（住宅建筑、公共建筑、工业建筑等）增量成本构成、受益主体、运营模式等各方面都存在差异，

应该设计不同的分摊模式。住宅建筑可以采取“建设单位+使用者”的分摊方式，建设单位承担一部分初期增量成本，使用者通过提高购房价格或者增加物业费的方式来承担一部分成本，并且享受节能带来的电费、水费节约收益；公共建筑可以采取“政府+建设单位+运营单位”的分摊方式，政府用财政补贴来承担一部分增量成本，建设单位和运营单位根据受益程度分摊剩余成本；工业建筑可以采取“企业自主分摊+政策补贴”的方式，鼓励企业通过技术创新降低增量成本，政府给予相应的税收优惠和补贴支持^[10]。

（四）完善政策支持与市场激励机制，保障分摊机制落地

政策支持、市场激励属于分摊机制顺利开展的保障。一方面要加强专项政策的制定，扩大绿色建筑补贴范围、提高补贴标准，对采用合理分摊机制的绿色建筑项目给予优先补贴；出台税收优惠政策，对绿色建筑项目的建设单位、运营单位等给予税收减免。另一方面要完善健全绿色建筑节能收益市场化的激励机制，建立合同能源管理等市场化手段获得节能收益的分享机制；并构建完善科学的绿色建筑价值评价体系，把环境效益、社会效益纳入到价值评估范畴当中。除此之外还要加强行业监管，规范增量成本分摊的行为来保障各主体的合法权益。

四、结束语

综上所述，绿色建筑增量成本在造价控制中合理的分摊，是绿色建筑产业持续发展的关键，也是项目各个参与方利益平衡和造价控制效率的体现。目前我国绿色建筑增量成本分摊还存在界定不清、主体单一、机制不健全等问题，需要政府、企业以及行业各方面共同发力。加强理论与实践探索，改善分摊机制，提高它的科学性、可操作性。经过合理的增量成本分摊机制之后，可以有效地降低绿色建筑推广的成本障碍，提高造价控制水平，促进绿色建筑产业的高质量发展，为实现“双碳”目标打下坚实的基础。

参考文献

[1] 贾倍思, 刘思贝, 陈年鸿, 等. 简便易操作的绿色建筑项目管理框架和绿建标准优化研究试点 [J]. 西部人居环境学刊, 2024, 39(06): 97-105.
[2] 刘旭超, 闫增峰. 面向绿色建筑能耗控制的改进遗传式多目标节能方案优化模型研究 [J]. 自动化与仪器仪表, 2024, (12): 28-32.
[3] 胡长明, 付晨曦, 杨新宇, 等. 超低能耗居住建筑全生命周期碳排放量与经济效益研究 [J]. 中国市政工程, 2024, (06): 106-110+165.
[4] 李启芬, 陈杰, 艾强, 等. 绿色建筑建设技术措施的选用和增量成本分析 [J]. 四川水泥, 2024, (04): 91-93.
[5] 舒畅. 绿色建筑全生命周期增量成本与增量效益分析评价 [J]. 中国轮胎资源综合利用, 2024, (11): 51-53.
[6] 郑剑娇, 刘力铭, 范钟琪, 等. 夏热冬暖地区近零碳校园关键技术路径与增量成本研究——以深圳市中小学为例 [J]. 南方建筑, 2024, (11): 78-87.
[7] 于亚琦. 成本视角下基于新型价值工程理论的装配式构件比选研究 [D]. 山东建筑大学, 2024.
[8] 彭红相. 新型绿色建筑项目的成本效益分析与成本控制策略 [J]. 工程机械与维修, 2024, (09): 143-145.
[9] 高杰. 基于全生命周期成本分析的绿色建筑材料选择及其造价优化研究 [J]. 居舍, 2024, (21): 30-33.
[10] 郑双七, 吴群, 陈馨怡. 基于绿色建筑全生命周期的增量成本与收益模型研究 [J]. 安徽职业技术学院学报, 2024, 23(02): 31-35.

房地产云管理系统的实施路径与效能评估 ——数字化转型赋能高质量发展

蔡春生

厦门大千实业有限公司，福建 厦门 361000

DOI:10.61369/UAID.2026010024

摘 要： 在数字化转型的时代浪潮下，房地产行业正经历着深刻变革，云管理系统的引入成为推动其高效发展的关键举措。本文聚焦于数字化转型背景下房地产云管理系统的实施路径与效能评估展开研究。首先，深入剖析房地产云管理系统的实施路径，涵盖战略规划、系统选型、数据迁移、人员培训以及系统上线与优化等多个关键环节，详细阐述各环节的要点与实施方法。其次，构建了一套科学合理的效能评估指标体系，从运营效率、客户满意度、成本控制、决策支持等维度对房地产云管理系统的实施效能进行全面评估。通过实际案例分析，验证了该实施路径的可行性以及效能评估指标体系的有效性。研究结果表明，科学规划与实施房地产云管理系统能够显著提升房地产企业的运营管理水平 and 市场竞争力，为房地产行业在数字化时代的可持续发展提供有力支撑。

关 键 词： 数字化转型；房地产云管理系统；实施路径；效能评估

Implementation Path and Effectiveness Evaluation of Real Estate Cloud Management System – Digital Transformation Empowers High-quality Development

Cai Chunsheng

Xiamen Daqian Industrial Co.,Ltd., Xiamen, Fujian 361000

Abstract： In the era of digital transformation, the real estate industry is undergoing profound changes, and the introduction of cloud management systems has become a key measure to promote its efficient development. This paper focuses on the implementation path and performance evaluation of real estate cloud management systems in the context of digital transformation. Firstly, it deeply analyzes the implementation path of real estate cloud management systems, covering multiple key links such as strategic planning, system selection, data migration, personnel training, and system launch and optimization, and elaborates on the key points and implementation methods of each link in detail. Secondly, it constructs a scientific and reasonable performance evaluation index system, comprehensively evaluating the implementation performance of real estate cloud management systems from dimensions such as operational efficiency, customer satisfaction, cost control, and decision support. Through the analysis of actual cases, the feasibility of the implementation path and the effectiveness of the performance evaluation index system are verified. The research results show that scientific planning and implementation of real estate cloud management systems can significantly improve the operational management level and market competitiveness of real estate enterprises, providing strong support for the sustainable development of the real estate industry in the digital age.

Keywords： digital transformation; real – estate cloud management system; implementation path; effectiveness evaluation

引言

云管理系统作为数字化转型的关键工具，能整合房地产项目全流程信息，提升管理效率与决策科学性。本研究旨在深入探究房地产云管理系统的实施路径，构建科学的效能评估体系。这不仅有助于房地产企业优化云管理系统应用，加速数字化转型，还能为行业发展提供理论支持与实践参考，推动房地产行业在数字化时代实现高质量发展。

本研究综合运用文献研究法和案例分析法，收集整理相关学术文献和行业报告，了解房地产云管理系统现状与趋势；以具体房地产企业数字化转型中云管理系统实施案例为对象，剖析经验与问题，获取系统实施反馈和需求。

一、数字化转型与房地产云管理系统概述

（一）数字化转型的内涵与趋势

数字化转型是以数字技术为核心驱动力对业务模式、运营流程、组织架构等进行全面重塑，以提升企业竞争力和创新能力。包括数据驱动决策、业务流程自动化、产品与服务创新等方面。

当前，数字化转型的趋势一是人工智能与机器学习广泛应用，实现更精准的市场预测与客户服务；二是云计算技术普及，助力企业降低成本、提升灵活性；三是愈发重视数据隐私与安全，保障企业与客户信息安全。

（二）房地产云管理系统的概念与特点

房地产云管理系统是基于云计算技术，为房地产企业提供综合管理解决方案的平台。它整合了房源管理、客户关系管理、销售管理等功能，通过云端存储和处理数据，实现企业各部门信息的实时共享与协同工作。

系统的特点一是灵活性高，企业可按需定制功能模块，根据业务发展调整使用方案。二是成本低，无需大量硬件投入和维护成本。三是数据安全有保障，云服务商具备专业的数据加密和备份措施。四是便于移动办公，员工通过移动设备就能随时随地处理业务。

（三）数字化转型对房地产云管理系统的需求

在数据整合方面需将分散于各个业务环节的数据集中到云系统，实现数据的统一管理共享，打破信息孤岛。运营效率上要求系统具备自动化流程处理能力，如合同审批、客户跟进等，减少人工操作与时间成本。决策支持上能通过大数据分析，为企业提供市场趋势、客户偏好等有价值的洞察。客户体验方面要支持线上化服务，让客户便捷查询房源、办理业务。安全保障上要确保数据在云端存储与传输的安全性，防止信息泄露。

二、房地产云管理系统的实施路径

（一）系统规划与设计

首先进行全面的业务调研，深入了解房地产企业的管理流程、业务需求，如项目开发、销售、物业运维等各环节的特点与痛点。基于调研结果制定系统的整体架构，明确系统的功能模块，如客户关系管理、房源管理、财务管理等。同时要考虑系统的兼容性与扩展性，既要确保能与企业现有系统集成，更要保障数据安全与系统稳定，满足后续系统开发，适应未来业务变化。

（二）数据整合与迁移

在整合方面，首先要进行全面的数据盘点，梳理企业内部各类房地产相关数据，如客户信息、房源数据、交易记录等。然后依据云管理系统的数据标准对这些数据进行清洗，去除重复、错误和无效数据。再采用合适的技术手段将不同来源、格式的数据统一存储和管理。迁移过程中要制定详细计划，先进行小规模测试迁移，确保数据准确无误后再全面迁移。同时要做好数据备

份，以防迁移过程中出现数据丢失等问题，保障系统平稳过渡。

（三）系统开发与部署

首先结合房地产企业业务特点与数字化转型目标进行需求分析与设计，确定如客户关系管理、房源管理等系统功能模块。再选用合适的技术架构与开发工具组建专业开发团队进行编码。开发中严格进行质量控制，开展单元测试、集成测试等多轮测试，及时修复问题。

部署阶段要依据企业实际情况选择公有云、私有云或混合云部署模式，进行全面的上线前测试，确保系统稳定运行，为后续在房地产企业的正式应用奠定坚实基础。

（四）用户培训与推广

培训方面要针对管理层、普通员工等不同岗位制定分层级培训方案，采用线上线下结合的方式，线上提供视频教程供随时学习，线下开展集中授课与实操演练。推广时利用内部宣传渠道并设立系统使用咨询热线与反馈渠道，及时解答疑问、处理问题，确保用户能顺利掌握并积极使用系统。

三、房地产云管理系统的效能评估指标体系

（一）效能评估的目的与原则

对系统进行效能评估旨在全面衡量系统在房地产企业数字化转型中的实际应用效果，明确系统是否有效提升了企业管理效率、降低了运营成本，是否增强了企业对市场变化的响应能力。及时发现系统在实施和运行过程中存在的问题与不足，为系统的优化升级提供依据，更好地适应企业数字化发展的需求。

效能评估的原则一是以真实数据为依据，避免主观偏见；二是要涵盖系统的各个方面和环节；三是要考虑系统随时间和环境变化的情况；四是评估结果要能为企业决策提供切实可行的建议。

（二）运营效率指标

运营效率指标聚焦于系统对企业运营流程的优化程度与工作执行速度。主要从流程处理时间、资源调配效率和任务完成率等方面进行评估。一是统计从项目立项到交付各环节在系统中的平均处理时长，如合同审批、房源上架等，时间越短表明系统对流程的加速作用越明显。二是评估系统在人员、物资等资源分配上的合理性与及时性，资源闲置时间占比越低说明资源利用越充分。三是统计系统内预设任务按时完成的比率，高完成率体现系统有助于提升整体运营效率。

（三）服务质量指标

服务质量指标包括响应及时性、服务态度和服务准确性等方面，综合反映了系统服务质量的高低。主要衡量系统对客户咨询、报修等服务请求的响应速度以及工作人员与客户沟通时的礼貌、耐心程度。用接收到服务需求到问题彻底解决的时间间隔来体现解决问题的效率，良好的态度有助于建立长期合作，服务准确性聚焦于提供信息的精准度以及执行服务的正确性，避免因错误服务带来的损失。

（四）经济效益指标

通过对经济效益指标的量化分析准确衡量系统带来的经济效能。首先是成本指标，涵盖硬件购置、软件授权、维护及人力投入等方面。系统集中管理可减少服务器与存储设备的需求，降低硬件成本；自动化流程提升工作效率，减少人力成本。其次是收入指标，系统能精准分析市场与客户需求，助力营销策略制定，提升销售业绩。还可优化资源管理与调配，减少资产闲置，增加租金或销售收入。

（五）创新能力指标

创新能力指标一是技术创新度，考察系统是否采用前沿技术体现技术融合与应用的领先水平。二是功能拓展性，看系统能否根据市场变化和企业需求，快速开发新功能，如新增线上营销模块、客户关系深度管理功能等。三是业务模式创新，评估系统是否推动企业形成新业务模式，像基于大数据的精准营销、线上线下结合的销售模式等，以提升企业在数字化转型中的竞争力。

四、房地产云管理系统的效能评估方法

（一）定性评估方法

定性评估方法侧重于从非量化的角度对系统进行综合评价。首先是专家评估法，邀请房地产行业和信息化领域的专家对系统的功能完整性、技术先进性等方面进行评价。其次是案例分析法，对比分析不同企业应用该系统的典型案例，总结系统在提升管理效率、优化业务流程等方面的成效与不足，为系统的改进提供定性依据。

（二）定量评估方法

定量评估可从多维度展开。一是通过计算系统建设、维护成本与所带来的经济效益衡量效能。二是通过统计业务流程处理时间，对比系统使用前后台差异进行效率指标评估。三是通过抽检系统内数据，计算错误率进行数据准确性评估。四是收集用户对系统易用性、功能完整性等方面的评分，以数值直观反映用户感受。

五、案例分析

（一）案例项目简介

案例选取了厦门大千实业有限公司的云管理系统实施项目。该公司业务覆盖住宅、商业地产等多领域，在数字化转型浪潮

下，为提升运营效率、优化管理流程，决定引入云管理系统。项目启动于2015年，系统涵盖项目管理、销售管理、客户关系管理等模块，期望通过该项目解决传统管理模式信息流通不畅、决策效率低等问题，整合公司各业务环节数据，实现信息实时共享与协同办公，探索适合自身的数字化转型路径。

（二）系统实施过程与路径分析

系统实施历经规划、建设、应用与优化四阶段。规划阶段结合业务战略与数字化目标确定系统功能与架构。建设时选择专业服务商，完成系统开发与部署，建立数据对接与安全防护体系。应用阶段开展全员培训，推动系统在营销、运营、客服等流程的落地。随后，依据业务反馈与数据监测结果持续优化系统。实施路径围绕业务需求展开，注重技术与管理融合、人员培训与协同。

（三）效能评估结果与分析

在运营效率上，流程自动化使业务处理时间平均缩短 30%，显著提升了工作流转速度。成本控制方面，人力与资源投入减少 20%左右，降低了运营成本。客户满意度从 70%提高至 85%，得益于系统实时反馈与精准服务。但也存在不足，系统集成度在部分复杂业务环节有待加强，数据分析深度不够，未能充分挖掘潜在价值。后续需针对这些短板优化系统，以提升整体效能。

六、结论与展望

（一）研究成果总结

研究成果明确了云管理系统的实施路径，为企业数字化转型提供了操作指南；构建了效能评估体系，通过实证研究验证了系统实施后能显著提升企业运营效率、降低成本及增强竞争力，为房地产企业数字化转型提供了有力的理论支持和实践参考。

（二）研究不足与展望

本研究仅选取个别房地产企业案例，缺乏广泛的样本支撑，在研究范围上存在不足，在效能评估指标体系构建方面，部分指标量化难度大，精准度有待提升。未来研究可扩大样本范围，涵盖不同规模、地域的房地产企业，使研究成果更具普适性。同时，进一步优化效能评估指标，结合大数据、人工智能等技术提升指标量化的精准度，为房地产云管理系统的深入应用提供更坚实的理论支持。

参考文献

[1] 刘晗. 破局数字化转型：企业战略管理的六大创新路径 [J]. 商业文化, 2025 (20): 80-81.
[2] 郑永昌. 房地产建筑管理系统的设计与分析 [J]. 地产, 2023 (4): 0033-0036.
[3] 沈志刚; 陈晖; 岳倩倩. 基于大数据的房地产市场监测系统设计与实现 [J]. 中国房地产, 2022 (1): 50-57.
[4] 肖飞; 刘文超; 郭文华; 曾建鹰. 基于大数据的房地产分析与决策支持系统设计与实现 [J]. 自然资源信息化, 2021 (3): 34-39.
[5] 王翔翔, 陈淑云. 不确定性感知与企业数字化转型：来自房地产市场的证据 [J]. 企业经济, 2023(12): 107-117.
[6] 刘卿鑫, 谢东明. 房地产企业数字化转型组织中台的构建与实践研究 [J]. 上海房地, 2025(8): 32-37.
[7] 祝雨. 数字化转型赋能房地产行业发展的探索 [J]. 上海建设科技, 2023(3): 94-97.
[8] 中国物业管理协会. 2024中国智慧物业发展白皮书 [R]. 北京：中国物业管理协会, 2024.
[9] 张宇. 房地产云管理系统实施路径与效能评估研究 [D]. 武汉：华中师范大学, 2024.
[10] 数字化地产研究院. 2025 房地产数字化转型成效评估指标体系 [EB/OL].

建筑装饰装修施工质量控制工作的管理要点与策略

赵焕焕

河北建工集团建筑装饰工程有限公司, 河北 石家庄 050000

DOI:10.61369/UAID.2026010025

摘 要 : 建筑装饰装修工程施工质量的好坏直接影响建筑使用功能、安全性能和美观效果, 质量控制的关键是科学高效的管理。本文以建筑装饰装修施工质量控制的管理为研究重点, 从质量控制管理的重要意义入手, 阐述了质量控制管理对于工程质量提高、经济效益保障、行业发展的重要意义没分析施工全过程中的主要管理要点, 即前期准备、过程控制、验收阶段的管理内容, 最后提出了强化质量控制的针对性管理策略。希望为建筑装修行业的从业者提供一套系统的质量控制管理思路, 从而提高行业的施工质量。

关 键 词 : 建筑装饰; 装修施工质量; 控制工作; 管理要点; 策略

Key Points and Strategies for Quality Control in Building Decoration and Renovation Construction

Zhao Huanhuan

Hebei Construction Engineering Group Building Decoration Engineering Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei 050000

Abstract : The quality of construction and decoration projects directly impacts the functional performance, safety, and aesthetic outcomes of buildings. The key to quality control lies in scientific and efficient management. This paper focuses on the management of construction and decoration quality control, beginning with the significance of quality control management. It elaborates on the importance of quality control management in improving project quality, ensuring economic benefits, and promoting industry development. The main management points throughout the construction process are analyzed, including pre-construction preparation, process control, and management during the acceptance phase. Finally, targeted strategies for strengthening quality control are proposed. The aim is to provide a systematic approach to quality control management for professionals in the construction and decoration industry, thereby enhancing overall construction quality.

Keywords : architectural decoration; quality of decoration construction; control work; management key points; strategy

随着建筑行业的迅速发展, 人们对建筑的需求已由原来的基础居住、使用功能向高品质、个性化的装饰装修转变, 装饰装修工程在建筑工程中所占的比重越来越大, 其施工质量也成为社会关注的焦点。目前, 部分装饰装修工程存在施工不规范、质量隐患大等问题, 墙面开裂、防水渗漏、甲醛超标等都会影响到建筑的使用体验, 也会造成安全事故。质量控制工作的成效关键在于管理是否科学、有效, 因此研究建筑装饰装修施工质量控制的管理要点和策略, 对规范施工流程、提高工程质量、保障人民生命财产安全有着十分重要的现实意义。本文从管理角度出发, 对质量控制的主要环节进行梳理, 提出行之有效的管理措施, 给行业高质量发展提供理论及实践上的参考。

一、建筑装饰装修施工质量控制管理的重要意义

(一) 保障工程使用安全与功能实现的核心支撑

装饰装修工程虽然不直接涉及建筑主体结构的安全, 但是装饰装修施工的质量直接影响建筑使用安全和功能发挥。吊顶工程的龙骨安装不牢固会导致吊顶塌陷, 防水工程施工质量不达标会造成渗漏问题, 进而影响到建筑的正常使用; 墙面、地面装饰工程的质量好坏直接关系到室内环境的美观程度与舒适程度, 进而

影响使用者的居住、办公体验。科学的质量控制管理可以规范施工工序, 严格控制材料质量及施工工艺, 及时发现并排除施工中出现的质量问题, 保证装饰装修工程达到设计规定的使用功能要求, 保证使用者的人身和财产安全。并且良好的质量控制管理可以延长建筑物的装饰装修部分使用寿命, 降低后期维修、返工的成本, 从而提高建筑的总体价值^[1]。

(二) 提升企业核心竞争力与经济效益的关键途径

施工质量是企业立身之本, 在激烈的市场竞争中是决定企业

能否生存下去的核心因素。建筑装饰装修企业高质量的工程是企业品牌形象的重要体现，可以提高企业在市场中的认可度、公信力，使企业获得更多的项目资源。质量控制管理是保证工程质量的重要手段，通过健全的管理制度、严格的把控手段可以有效降低施工过程中的返工率、减少材料浪费、避免工期延误，从而降低施工成本。高质量的装饰装修工程能降低后期质量问题引起的纠纷和赔偿，保证企业经济效益。相反，质量控制管理不到位，出现严重的质量问题，不仅会增加返工成本、延误工期，还会损害企业品牌形象、降低企业的市场竞争力，甚至造成企业被市场淘汰。因此加强质量控制管理对于提高建筑装饰装修企业的核心竞争力、获得最大的经济效益有着重要的意义^[2]。

二、建筑装饰装修施工质量控制的核心管理要点

（一）施工前期准备阶段的管理要点

施工前期准备阶段是质量控制的基础环节，管理质量的好坏会直接影响到后续施工的顺利进行以及工程质量。首先要加强设计文件审核管理。设计文件是施工的基准，组织专业的技术管理团队对设计图纸、施工方案实行全面审查，主要看设计图纸是否符合相关的规范和标准、设计方案是否满足使用功能要求、施工工艺是否可行等^[3]。对审核中发现的问题要及时与设计单位沟通整改，保证设计文件的准确性、完整性。其次就是做好材料采购及验收工作。材料是装饰装修工程质量的基础，要建立材料采购管理制度，选用资质齐全、信誉良好的供应商，并对材料的质量和价格做出具体规定。材料进场前应由专业人员对材料的外观、规格、型号、质量证明文件等进行严格的验收，必要时进行抽样检测，保证材料符合设计及规范要求。不合格材料一律不得进场使用。最后要加强施工人员和设备管理。施工人员专业素质影响施工质量，施工人员必须经过岗前培训，包括施工规范、施工工艺、安全知识等各方面的培训，考核合格后方可上岗。同时，要对施工所需的机械设备进行全面检查与调试，确保设备性能良好、运行正常，满足施工要求^[4]。

（二）施工过程中的动态管理要点

施工过程是质量形成的核心阶段，由于装饰装修施工工序多、交叉作业多，必须实行动态管理，及时发现并解决施工过程中的质量问题。首先要加强工序质量控制。建立严格的工序交接检验制度，每道工序完成后施工班组应进行自检，自检合格后报监理单位验收，验收合格后方可进行下道工序施工。对关键工序、特殊工序要设置质量控制点，由专人全程跟踪监督，主要对施工工艺是否符合要求、施工参数是否正确等进行检查^[5]。防水施工工序中主要对基层处理、防水材料涂刷厚度和均匀度、搭接宽度等进行监控。其次加强现场协调管理，装饰装修施工包含水电、木工、油漆等各个专业班组，容易造成工序冲突、交叉作业混乱。健全有效的现场协调机制，按班组职责分工科学安排施工进度，防止工序冲突。同时加强现场的文明施工管理，保证施工现场清洁、整洁，控制施工扬尘、噪音污染，使施工环境保持安全、规范的状态^[6]。最后要做好质量问题的整改和追溯管理。施

工时要定时开展质量检查，及时发现质量隐患。

表1 建筑装饰装修施工管控指标

管控指标	行业标准值	项目合格阈值	检测频次
材料抽检合格率	≥ 95%	≥ 98%	每批次进场必检
施工人员持证上岗率	≥ 90%	100%	岗前核查，每月复核
工序一次验收合格率	≥ 85%	≥ 92%	每道工序完成后
关键工序质量控制点合格率	≥ 98%	100%	全过程旁站检测
单位工程验收合格率	100%	100%	工程完工后一次性检测
技术资料完整率	≥ 98%	100%	验收前全面核查

（三）施工验收阶段的管理要点

施工验收阶段是质量控制的最后一关，质量控制管理要点就是严格按照验收标准、验收程序来完成验收工作，保证工程质量达到规定要求。首先做好验收前的准备工作。施工单位应对已完工的装饰装修工程进行自检，整理施工技术资料，施工技术资料应包含设计文件、施工方案、材料质量证明文件、工序验收记录、质量检测报告等，技术资料应齐全、完整、准确。同时对工程现场进行清理整理，保证验收环境符合要求^[7]。第二、要严格按照验收标准和流程来进行验收。验收工作由建设单位组织，施工、监理、设计等单位参加，按照有关规范标准及设计要求进行验收。验收内容包括工程外观质量、使用功能、安全性能等，对有环保、消防等专项要求的工程要进行专项验收。验收时要作好验收记录，对发现的质量问题要明确整改要求和期限，施工单位完成整改后，重新组织验收。最后要做好验收后的收尾管理。验收合格后要及时办理验收手续，签署验收报告。整理完善的工程档案资料应移交建设单位保管。对于验收时发现的问题要明确责任主体，及时整改，保证工程顺利交付使用^[8]。

三、强化建筑装饰装修施工质量控制的管理策略

（一）完善质量控制管理体系，明确管理责任

完善的质量控制管理体系是保证质量控制工作有效开展的前提。首先就要建立完善的质量管理制度。根据建筑装饰装修工程特点制定施工前期准备、施工过程控制、验收阶段等各个环节质量管理体系，确定各个环节的管理要求及操作规程。制定材料采购验收制度、工序交接检验制度、质量检查制度、质量问题整改制度等，使质量控制工作有章可循^[9]。其次要确定管理责任分工。按照谁施工、谁负责的原则建立质量责任体系，明确建设单位、施工单位、监理单位、设计单位等各方质量责任，并明确施工企业项目经理、技术负责人、施工班组、质量检查员等各层人员的质量责任。采用签订质量责任书等办法，把质量责任落实到个人，形成人人有责、层层把关的质量责任体系。最后要加强对制度执行情况的监督考核。建立质量管理体系的执行监督制度，定期对质量管理体系执行情况检查，保证质量管理体系落实。同时把质量控制工作纳入绩效考核体系，对严格执行制度、质量控制效果明显的团队和个人给予奖励，对违反制度、造成质量问题的进行处罚，用考核激励提高全员质量责任意识。

（二）运用信息化技术，提升质量控制管理效率

信息化技术飞速发展之时，将信息化技术应用到建筑装饰装修施工质量控制管理当中，可以有效地提高管理效率和管控精度。首先要创建质量管控信息化平台。采用互联网、大数据、物联网等技术手段创建起集质量计划、过程控制、质量检测、问题整改、资料管理等功能于一身的信息化管理平台。施工管理人员通过平台可以实时获得施工进度和质量信息，下达管理指令；监理单位可即时审核验收情况，提高验收效率；建设单位能随时监督工程质量，对工程进行全过程的、全面的管控。其次就是推广应用专业技术软件。利用 BIM 技术创建装饰装修工程三维模型，施工前做碰撞检测，优化施工方案，减少施工过程中的返工，用质量检测软件对材料检测数据、工序质量检测数据进行实时分析，及时发现质量异常，用移动终端设备实现现场质量检查记录、问题拍照上传、整改跟踪等功能，提高现场管理的及时性与便捷性。最后需要加强信息化技术运用能力的培养。对施工管理人员、技术人员开展信息化技术应用培训，提高其信息化平台、专业软件的操作水平，保证信息化技术的有效发挥。同时，要建立信息化技术应用保障机制，确保平台稳定运行、数据安全可靠^[10]。

（三）加强人员队伍建设，提升管理与施工素养

人员是质量控制管理工作的主体，人员的素质影响管理的效

果和工程质量。首先要加强管理人员队伍建设。挑选有装饰装修施工管理经验、熟悉有关规范标准、具有较强的主观能动性和沟通协调能力的组成管理团队。定时安排管理人员参加专业培训及交流活动，更新管理观念，改进管理人员在质量控制、进度管理、成本管理等各方面的专业能力。同时还要建立管理人员绩效考核制度，调动管理人员工作积极性，提高管理水平。其次就是加强施工人员的技能和质量意识培训。施工人员是工程质量直接的创造者，应该经常性地开展施工人员的技能培训工作，重点提高施工人员对施工工艺、操作规范的认识程度，推广先进施工工艺和方法的运用。

四、结束语

综上所述，建筑装饰装修施工质量控制工作的核心在于管理，科学有效的管理是保证工程质量、提高企业竞争力、促进行业高质量发展的关键。本文从建筑装饰装修施工质量控制管理意义出发，论述了加强管理的重要性，对施工前期准备、施工过程动态控制、施工验收阶段等核心管理要点进行了分析，梳理出质量控制的关键环节，提出了完善管理体系、运用信息化技术、加强人员队伍建设等管理策略，为提高质量控制效果提供可行的途径。

参考文献

- [1] 滕跃. 建筑室内装饰装修设计中的绿色环保设计 [J]. 居舍, 2024, (35): 10-12.
- [2] 何江云. 住宅建筑室内装饰装修设计案例造价研究 [J]. 居舍, 2024, (35): 16-18+30.
- [3] 徐格. 住宅建筑装饰装修工程项目管理和施工新技术的应用探析 [J]. 居舍, 2024, (35): 70-73.
- [4] 吕霖. 绿色施工技术在建筑装饰装修工程中的应用 [J]. 中国建筑装饰装修, 2024, (23): 80-82.
- [5] 陈建辉. 建筑工程装饰装修质量通病分析及预防要点探讨 [J]. 中国建筑装饰装修, 2024, (23): 134-136.
- [6] 左德昌. 公共建筑装饰装修施工质量控制技术研究 [J]. 中国建筑装饰装修, 2024, (23): 156-158.
- [7] 郭兆坚. 绿色施工技术在建筑工程装饰装修中的应用要点探究 [J]. 现代工程科技, 2024, 3(22): 44-47.
- [8] 上官庆琼. 绿色理念下学校建筑装饰装修施工技术 [J]. 中国建筑金属结构, 2024, 23(11): 84-86.
- [9] 吕坤. 住宅建筑装饰装修施工工艺及质量控制要点 [J]. 居舍, 2024, (34): 74-77.
- [10] 黎兆玉. 住宅建筑室内装饰装修设计管理研究 [J]. 居舍, 2024, (34): 92-95.

城市污水治理系统中先进氧化技术的应用与挑战

刘传毅, 王晓英, 黄璐

重庆市三峡水务有限责任公司, 重庆 401123

DOI:10.61369/UAID.2026010027

摘 要 : 城市化步伐持续加快, 城市污水的排放量也随之不断攀升, 传统污水处理技术在应对难降解有机污染物去除问题时, 逐渐显露出自身的局限性。先进氧化技术 (AOPs) 具备产生高活性羟基自由基的能力, 这种特性使其拥有强劲的氧化效能, 正因如此, 该技术在城市污水深度净化与回收再利用环节中得到了广泛运用, 本文对臭氧氧化、光催化氧化、电化学氧化及 Fenton 类反应等主要 AOPs 的作用机理与工程实践应用展开了系统剖析, 研究了这些技术在提升污水处效率、减少能源消耗以及推动可持续发展方面所发挥的功能, 文章还梳理了 AOPs 在实际应用过程中, 在经济投入成本、设备日常维护以及副产物有效控制等方面面临的难题, 并指出了该技术未来的发展趋势与优化改进方向, 为城市污水治理领域的技术更新升级提供了有价值的参考依据。

关 键 词 : 先进氧化技术; 城市污水治理; Fenton 反应; 光催化氧化; 环境可持续性

Application and Challenges of Advanced Oxidation Processes in Urban Sewage Treatment Systems

Liu Chuanyi, Wang Xiaoying, Huang Lu

Chongqing Three Gorges Water Co., Ltd., Chongqing 401123

Abstract : As urbanization continues to accelerate, the discharge of urban sewage has also been on the rise. Traditional sewage treatment technologies are gradually revealing their limitations in addressing the removal of refractory organic pollutants. Advanced oxidation processes (AOPs) possess the ability to generate highly reactive hydroxyl radicals, which endow them with robust oxidation capabilities. Consequently, these technologies have been widely applied in the advanced purification and recycling of urban sewage. This paper systematically analyzes the mechanisms and engineering applications of major AOPs, including ozone oxidation, photocatalytic oxidation, electrochemical oxidation, and Fenton-like reactions. It investigates the roles of these technologies in enhancing sewage treatment efficiency, reducing energy consumption, and promoting sustainable development. The paper also outlines the challenges faced by AOPs in practical applications, such as economic investment costs, routine equipment maintenance, and effective control of by-products. Furthermore, it points out the future development trends and optimization directions of these technologies, providing valuable references for technological upgrades in the field of urban sewage treatment.

Keywords : advanced oxidation processes; urban sewage treatment; fenton reaction; photocatalytic oxidation; environmental sustainability

引言

城市污水成分复杂且污染物种类多样, 这一特点导致传统生化处理方法很难达到出水水质的标准要求。近些年来, 先进氧化技术凭借其高效能、广适用的氧化特点, 成为了污水深度处理领域的重要发展方向, AOPs 借助生成羟基自由基 ($\cdot\text{OH}$) 的方式, 实现了对有机污染物的彻底矿化处理, 这一过程为解决难降解污染物处理难题提供了全新的思路, 本文致力于分析不同类型 AOPs 在城市污水治理系统中的实际应用情况、关键反应作用机理以及工程应用中遇到的挑战, 研究这些技术与其他污水处理技术之间的耦合应用潜力, 同时探索其未来的优化发展路径。

一、先进氧化技术的基本原理与分类

（一）羟基自由基的生成机理

先进氧化技术（AOPs）的核心在于依托物理、化学或电化学手段，生成具备极强氧化能力的羟基自由基（ $\cdot\text{OH}$ ）。羟基自由基的氧化电位达到 2.80 V，仅低于氟，能够几乎无选择性地作用于大多数有机污染物分子，促使这些分子发生断键、脱氢或加氧反应，进而将复杂有机物彻底氧化为二氧化碳与水， $\cdot\text{OH}$ 的生成路径主要包含臭氧分解、水光解、过氧化氢活化、电解反应以及 Fenton 体系中的 Fe^{2+} 催化反应等，在臭氧氧化体系里，臭氧在碱性环境下通过自分解形成 $\cdot\text{OH}$ ；在光催化体系中， TiO_2 等半导体材料受到紫外光照射后会产生电子-空穴对，其中空穴与水分子或羟基发生反应生成 $\cdot\text{OH}$ ；而在电化学氧化体系中，阳极电位会推动水分子电解产生 $\cdot\text{OH}$ 。

（二）主要类型与反应体系

先进氧化技术（AOPs）依据自由基的生成方式与能量来源的差异，可划分为臭氧氧化法、光催化氧化法、Fenton 及其衍生体系、电化学氧化法等多个类别。臭氧氧化技术利用臭氧自身的强氧化性，以及其在水中分解生成羟基自由基（ $\cdot\text{OH}$ ）的能力，能够高效去除色度、异味以及多种微量有机污染物，在城市污水深度净化中有着广泛应用，光催化氧化技术以 TiO_2 、 ZnO 、 WO_3 等半导体作为催化剂，通过光照激发电子跃迁形成电子-空穴对，其中空穴可氧化水或羟基离子生成 $\cdot\text{OH}$ ，实现对有机污染物的彻底分解，Fenton 及类 Fenton 反应依靠 Fe^{2+} 催化 H_2O_2 分解生成 $\cdot\text{OH}$ ，反应速率快、氧化能力强，特别适合处理高浓度、难降解有机废水，电化学氧化技术则通过外加电流在阳极表面生成羟基自由基或其他活性物种，实现无需化学药剂的绿色氧化处理。

（三）技术比较与适用性分析

不同 AOPs 技术在能耗、反应速率以及适用水质等方面各有优劣。臭氧氧化反应速度快，适合大规模连续处理，还能有效去除色度、异味及部分难降解有机物，不过臭氧的制备与传输能耗较高，同时需要防范臭氧逸散带来的环境安全风险，光催化技术拥有绿色环保、催化剂可重复利用等优势，适合处理低浓度、透明度较高的污水，但其反应速率受光源强度、波长及催化剂表面积等因素限制，使得工业化应用受到阻碍，Fenton 体系操作简便、反应速率快、去除效果显著，特别适合高浓度有机废水处理，然而容易产生大量铁泥，增加污泥处理负担并对经济性产生影响，电化学氧化技术具备自动化程度高、可实现原位氧化的优点，但其阳极材料价格高昂、能耗较大且电极容易钝化，总体来看，臭氧氧化与光催化更适合用于低浓度和可见光透过性好的废水处理，而 Fenton 及电化学体系更适合处理高浓度、有毒或难降解废水，未来 AOPs 的发展方向将集中在多技术的耦合与运行条件的优化上，通过能量协同、催化剂改性及智能控制等手段，降低能耗、延长设备使用寿命、减少副产物产生，从而实现高效、低碳与资源化的污水处理目标，推动城市污水治理朝着可持续与绿色方向发展。

二、先进氧化技术在城市污水中的应用实践

（一）臭氧氧化与臭氧催化体系

臭氧氧化技术作为一种高效的深度处理工艺，在城市污水处理领域被广泛用于色度去除、化学需氧量（COD）降低，以及抗生素、表面活性剂等微量有机污染物的降解。臭氧分子拥有较高的氧化电位（2.07 V），既能够直接与有机物发生反应，也能在碱性环境或存在催化剂的条件下分解生成羟基自由基（ $\cdot\text{OH}$ ），进而实现更彻底的氧化效果，仅单独使用臭氧时，对部分难降解有机物的去除效率存在局限，所以近年来出现了臭氧催化体系，像臭氧-活性炭、臭氧-金属氧化物（ MnO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 等）以及臭氧-UV 复合体系都属于此类，这些复合技术通过提供反应位点或促进臭氧分解，大幅提升了 $\cdot\text{OH}$ 的产率与污染物降解速率，在工程应用场景中，臭氧氧化常被用于城市污水厂的深度处理单元，目的是去除难降解有机碳（DOC）、提升出水透明度，同时有效降低抗生素抗性基因的浓度，改善生态安全水平，部分大型污水处理厂通过设置臭氧接触塔与催化反应床，实现了出水 COD 降低 30% 以上、色度去除率达到 80% 以上的处理效果。

（二）光催化氧化技术

光催化氧化技术以 TiO_2 、 ZnO 、 WO_3 等半导体材料作为催化剂，借助光照激发电子从价带跃迁至导带，形成空穴（ h^+ ）与电子（ e^- ）对，其中空穴可与水或羟基发生反应生成羟基自由基，实现对有机污染物的彻底氧化。 TiO_2 凭借化学稳定性高、无毒性及强氧化性的特点，被广泛应用于城市污水的深度净化过程，光催化技术在染料、农药残留、内分泌干扰物等物质的去除方面展现出显著效果，中试装置运行结果显示，采用紫外光源（254 nm）配合 TiO_2 薄膜反应器时，COD 去除率能达到 60%，色度去除率超过 80%，近年来，研究者通过掺杂金属离子（如 Fe^{3+} 、N、Ag）或复合石墨烯等导电材料，提高了 TiO_2 的光响应范围与电子传输效率，实现了可见光条件下的高效反应，此外，光催化技术可与膜分离、臭氧氧化等工艺结合构建复合系统，以增强有机物降解能力和抗污性能。

（三）电化学与 Fenton 类反应应用

电化学氧化与 Fenton 类反应技术在城市污水深度处理中的应用愈发广泛，尤其在处理高浓度难降解有机废水时展现出显著优势。电化学氧化技术通过阳极反应直接生成羟基自由基或活性氯物种，实现对污染物的高效氧化，其中，硼掺杂金刚石（BDD）电极因具备高电化学稳定性和强氧化能力，被视作最具发展潜力的阳极材料，另一方面，Fenton 反应利用 Fe^{2+} 催化 H_2O_2 分解产生 $\cdot\text{OH}$ ，反应速率快、处理效果显著，但存在铁泥生成及 pH 依赖性强等问题，为克服这些不足，电-Fenton 与光-Fenton 等复合体系逐步发展起来，电-Fenton 通过阴极电还原生成 H_2O_2 并实现 Fe^{2+} 再生，能够实现连续运行并减少化学品投加量；光-Fenton 在紫外或可见光照射下促进 Fe^{3+} 还原，提高羟基自由基生成效率，实验与工程研究表明，电-Fenton 体系对酚类、抗生素及染料废水等难降解物的 COD 去除率可达 80% 以上，且出

水 BOD₅/COD 比值显著提高,有利于后续生物处理环节的进行,综合来看,电化学与 Fenton 类技术在城市污水深度净化中具备高效、可控、可集成的特点,为实现低碳化与智能化水处理提供了新的技术路径。

三、工程化应用的技术瓶颈与挑战

(一) 成本与能耗问题

先进氧化技术(AOPs)在实验室与中试阶段展现出良好的污染物去除效果,但进入工程化应用环节后,普遍面临运行成本偏高与能耗较大的问题。其高能耗特点主要源于臭氧发生器的电力消耗、光催化体系所需的光源能量输入,以及电化学体系维持电流的能源需求,以具体技术为例,臭氧氧化需借助高压放电设备制备高浓度臭氧,该过程的能量转换效率仅为 10%~20%;光催化氧化需依靠紫外光或强可见光照射激发半导体材料,这一需求导致电能消耗或灯源维护成本明显上升;电化学体系则需维持较高电流密度,以保障羟基自由基持续生成,进而进一步增加能耗支出,除此之外,药剂成本也是构成经济负担的重要因素,尤其是 Fenton 类体系中 H₂O₂与 Fe²⁺的投加量相对较大,会直接推动化学药剂费用上涨,针对上述问题,研究者提出了多种优化策略:一是开展能量集成与反应器结构改进工作,例如采用多相催化反应器、微气泡臭氧化系统等装置,在提升氧化效率的同时降低能耗;二是引入可再生能源,比如利用光伏电源驱动电化学体系,或采用太阳光替代紫外光进行照射,以此降低能源成本;三是通过催化剂再生与反应条件优化,减少化学药剂的消耗量,从而提升技术整体的经济性。

(二) 设备与运行维护

AOPs 的稳定运行离不开设备性能与维护水平的支撑,而设备耐久性不足与系统控制难度大,是制约其工程化推进的重要因素之一。在电化学体系中,BDD、Ti/IrO₂、PbO₂等阳极材料直接影响反应效率与设备使用寿命,但部分电极材料存在腐蚀或钝化现象,会导致电流效率下降,光催化体系中,光源老化、光强衰减以及催化剂沉积失活等问题,同样会使反应速率降低,臭氧系统则需要定期对放电管与气体分配装置进行维护,以防止臭氧泄漏与反应不均匀情况的发生,在运行控制层面,由于 AOPs 反应涉及自由基生成与瞬时反应链,系统对 pH 值、温度、反应时间及反应剂浓度的敏感度较高,参数稍有偏差就可能导致处理效率骤降或副反应加剧,为提升系统运行可靠性,工程领域逐渐引入自动化监控与智能控制技术,通过在线监测氧化还原电位(ORP)、溶解氧、COD 等关键参数,实现对反应过程的精细化调节。

(三) 副产物与环境安全风险

尽管 AOPs 以处理高效性为主要优势,但在实际应用过程中,仍可能产生一定的副产物并带来环境安全风险。例如,臭氧氧化过程中,臭氧与水体中的溴离子发生反应,会生成具有毒性的溴酸盐(BrO₃⁻);光催化氧化过程中可能产生低分子量有机酸或醛类中间体,若这些中间体未能完全处理,反而会增加水体的生物毒性;Fenton 反应产生的含铁污泥需要进行妥善处置,否则

容易造成二次污染,电化学氧化体系中,则可能生成氯酸盐、过氯酸盐等有害无机副产物,对生态环境构成潜在威胁,为降低这些不利影响,应在工艺设计阶段强化副产物监控与控制措施,一方面,通过选择适宜的反应条件与催化剂(如非氯反应体系、掺杂金属催化剂等),抑制有害副产物的生成;另一方面,可采用多级处理模式,如将 AOPs 与生物处理或吸附工艺相结合,进一步去除残余的中间产物。

四、技术融合与未来发展方向

(一) 与生物处理的耦合技术

先进氧化技术(AOPs)与生物处理方法的耦合,已成为污水深度处理领域的重要发展方向。AOPs 能够将难降解有机污染物氧化转化为小分子有机酸、醛酮类等易于生物降解的物质,进而提高废水的可生化性(也就是提升 BOD₅/COD 比值),为后续生物处理环节创造有利条件,以具体工艺为例,臭氧-生物活性炭(O₃-BAC)工艺通过臭氧氧化破坏有机物分子结构,再经由生物膜的降解作用,实现污水的深度净化与出水水质的持久稳定;光-Fenton-生物处理体系则借助 Fenton 反应快速分解难降解物质,随后利用活性污泥或生物滤池去除残余污染物,实践结果表明,这类复合工艺不仅能显著提升污染物去除效率,还能减少化学药剂的投加量与污泥的产生量,实现经济性与环保性的双重优化。

(二) 与膜分离及吸附技术结合

AOPs 与膜分离、吸附等物理化学技术的结合,在城市污水深度净化过程中展现出强大的协同效应,AOPs-膜分离体系(如 AOPs-MBR、AOPs-RO)利用 AOPs 的强氧化作用降解污染物,同时防止膜组件发生污染,延长膜的使用寿命、提高膜通量;与此同时,膜分离能够拦截水中残余的颗粒物与副产物,进一步提升出水水质,AOPs 与吸附技术的耦合(如光催化-活性炭、臭氧-沸石体系)则借助吸附材料对污染物的浓缩作用,在材料表面促进自由基反应,实现污染物的同步富集与降解。

(三) 智能化与绿色发展趋势

未来 AOPs 的技术发展将聚焦智能化、低碳化与可持续化三大方向持续推进。在技术优化层面,人工智能与大数据技术的深度融入,能够为 AOPs 系统搭建实时监测与自动控制体系,算法可对反应时长、能量消耗及药剂投放量进行精准优化,进而保障系统实现精准调控与高效运转;在绿色发展层面,绿色能源与 AOPs 技术的结合已成为关键发展路径,光伏驱动的电化学氧化、太阳能支撑的光催化等技术手段,能够有效降低系统运行过程中的碳足迹,新型催化材料的研发工作,像可见光响应型半导体、碳基催化剂、金属有机框架材料 MOFs 等,还能进一步增强 AOPs 的反应活性并提升其使用耐久性。

五、结语

先进氧化技术作为城市污水深度治理的重要手段,依托自身强氧化性与广谱降解能力,在难降解有机物去除领域彰显出巨大

潜力。但该技术存在的高能耗、高成本及副产物风险问题，依旧是制约其广泛推广的关键因素，未来的发展方向应集中在多技术耦合、催化材料创新与系统智能化优化方面，通过与生物处理法、膜分离技术及吸附技术的协同应用，构建高效、低碳、可持

续的污水处理模式，随着科技水平的提升与工程应用经验的积累，AOPs 将在打造清洁、安全、循环的城市水环境体系中，发挥更为核心的作用。

参考文献

[1]杨政龙,宋丽洁.“双碳”背景下城市污水处理技术的发展及展望[J].清洗世界,2024,40(12):78-81.DOI:CNKI:SUN:HXQX.0.2024-12-026.
[2]陈思,王政攀,邓颖,等.基于生态环保的水利工程污水治理研究[J].清洗世界,2024,40(12):160-162.DOI:CNKI:SUN:HXQX.0.2024-12-053.
[3]王艳平.农村生活污水治理的困境与对策探究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(24):119-121.DOI:10.20025/j.cnki.CN10-1679.2024-24-41.
[4]刘冠鹏,朱红生,陈家凯,等.农村生活污水治理站运行现状及分析——皖北、皖南、苏南部分地区[J].工程建设与设计,2024,(24):253-256.DOI:10.13616/j.cnki.gcjsysj.2024.12.283.
[5]王海燕,王辉,杨宏,等.基于生态环境特征的城市流域分区综合治理体系研究——以乐山市为例[J].环境保护与循环经济,2024,44(12):52-56.DOI:CNKI:SUN:LN CX.0.2024-12-011.
[6]胡隆欢,黄静岩.西部黄土高原地区海绵城市系统化实施方案编制研究[J].建设科技,2024,(24):72-74.DOI:10.16116/j.cnki.jskj.2024.24.019.

室内滑雪场冷库墙板保温材料综合对比研究

尚赛赛

上海宝冶集团有限公司安装工程公司, 上海 201999

DOI:10.61369/UAID.2026010028

摘 要 : 从室内滑雪场冷库特殊的环境要求出发, 在导热系数、吸水率、防潮性能、防火等级和尺寸稳定性等五个主要指标上对聚异氰脲酸酯 (PIR)、挤塑聚苯乙烯 (XPS)、气凝胶、真空绝热板 (VIP)、酚醛泡沫、岩棉、发泡玻璃等 7 种保温材料进行了试验检测和对比分析, 并通过数据分析和工程实例验证, 发现 PIR 材料具有 $0.019\text{--}0.023\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 的导热系数、 $\leq 1\%$ 的吸水率、B1 级阻燃性能以及 -30°C $< 1\%$ 的线性收缩率, 综合性能最为突出。对于室内滑雪场的低温高湿 (温度 $-3\sim-5^{\circ}\text{C}$ 、湿度 75%)、防火要求高、运行年限长等因素组成的不利条件, 只有 PIR 材料是最佳的选择, 选用 150mm 厚的 PIR 板作为室内滑雪场冷库墙板保温材料相比其他传统保温材料可节能 35% 以上, 并且全寿命周期成本最低。

关 键 词 : 室内滑雪场; 冷库保温; PIR; 材料对比; 导热系数; 防火性能

Comprehensive Comparative Study on Insulation Materials of Cold Storage Wall Panel in Indoor Ski Resort

Shang Saisai

Installation Engineering Company Of Shanghai Baoye Group Corp.,Ltd. Shanghai 201999

Abstract : Based on the specific environmental requirements of indoor ski resort cold storage, this study conducted experimental testing and comparative analysis of seven insulation materials—polyisocyanurate (PIR), extruded polystyrene (XPS), aerogel, vacuum insulation panels (VIP), phenolic foam, rock wool, and foamed glass—across five key performance indicators: thermal conductivity, water absorption rate, moisture resistance, fire resistance rating, and dimensional stability. Through data analysis and engineering validation, PIR material was identified as the most outstanding option, demonstrating a thermal conductivity of $0.019\text{--}0.023\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, water absorption rate $\leq 1\%$, B1-grade flame retardancy, and linear shrinkage rate $< 1\%$ at -30°C . Under the adverse conditions of indoor ski resort cold storage—characterized by low-temperature high-humidity environments (-3 to -5°C , 75% humidity), stringent fire safety requirements, and extended operational lifespan—PIR material emerged as the optimal choice. The use of 150mm -thick PIR panels as wall insulation material for indoor ski resort cold storage achieved over 35% energy savings compared to conventional insulation materials, while also offering the lowest lifecycle cost.

Keywords : indoor ski resort; cold storage insulation; PIR; material comparison; thermal conductivity; fire resistance

引言

本文选取七类代表性的保温材料进行比较, 根据导热系数、吸水率、防潮性、防火等级以及尺寸稳定性五项指标来做出判断。选用的依据是: 保温材料的基础保温效能由导热系数决定; 吸水率和防潮性是影响材料的正常使用期限的保障; 防火等级是关系到人员密集场所的基本安全要求; 保温材料尺寸稳定性良好可以保证使用过程中的密闭性能。利用上述标准对保温材料进行系统性的对比分析, 并在以往工程应用中验证了 PIR 在滑雪场冷库中的综合优势, 为其设计施工提供理论参考。

一、保温材料核心参数对比研究

（一）导热系数与保温效能

评价保温材料节能性的核心指标是导热系数。在滑雪场的低温环境下，较低的导热系数能有效减少冷量损失，从而减轻制冷系统的负荷。以下是七类保温材料的导热特性，具体数据请见表1。

表1：保温材料导热系数对比表

材料类型	常温导热系数 (W/(m · K))	-30℃下变 化率	温度稳定性
PIR	0.019 - 0.022	-6.2%	-200~+110℃稳定
XPS	0.030 - 0.035	-4.1%	>-10℃易脆裂
气凝胶毡	0.014 - 0.016	-2.8%	-200~+1400℃优异
VIP	0.004 - 0.008	+15%	破损后急剧上升，在低温环境中边缝漏气风险导致实际导热系数上升 ^[9]
酚醛泡沫	0.025 - 0.035	+8.5%	-196~+150℃良好
岩棉	0.040 - 0.057	+9.6%	低温吸湿后升高
发泡玻璃	0.040 - 0.055	+5.0%	-268~+430℃优异

保温效能分析：

（1）气凝胶与VIP的导热系数在理论上是最佳值，但是气凝胶相对于PIR的单位面积价格高5~8倍（每平米¥300~500），经济性欠佳；而VIP的玻纤芯材、阻隔膜材料，在滑冰馆等有振动能的滑雪场应用过程中容易破碎失效，且年平均性能衰减值大于5%，需要定期更换，维护费用较高。

（2）PIR的导热系数为（0.019 - 0.022 W/(m · K)），仅次于气凝胶和与VIP，但是PIR的成本仅为气凝胶的1/5~1/8。在哈尔滨的融创雪世界项目中，其中滑雪场的施工，采用了150mm厚PIR板替代原XPS板的施工方案，使滑雪场冷库每年节约电量约为35%^[1]。

（3）XPS与酚醛泡沫的导热系数排列居中为（0.030 - 0.035 W/(m · K)），需要增加约50%的厚度才能达到与PIR同等的保温效果，而且增加厚度会占用了雪道更多空间，从而减少了雪道的有效宽度。

（4）岩棉和发泡玻璃由于其纤维或多孔结构，不可避免地存在热桥效应，导致其导热系数超过0.040 W/(m · K)。，在滑雪场低温环境下，保温效果达不到要求^{[3][8]}。

（二）吸水率与防潮性能

由于滑雪场高湿环境的要求，材料需要具有抗水汽渗透的能力，吸水率会直接影响到材料的保温效果，过高会造成材料变质甚至导致结块。测试标准：GB/T8810-2005硬质泡沫塑料吸水率测定法（浸水96h）^[10]，各材料闭孔结构与吸水率对比如下表2所示：

表2：吸水率与防潮性能对比表

材料类型	吸水率 (%)	闭孔率 / 结构	防潮缺陷
PIR	≤1.0	97%闭孔	接缝需密封处
XPS	<2.0	90%闭孔	板边缘易渗水
气凝胶毡	<3.0	多孔纳米结构	需覆铝箔隔汽层
VIP	近乎0	真空密闭	破损后吸湿失
酚醛泡沫	≤7.0	半开孔	吸湿后导热系数上升30%
岩棉	<3.0	纤维交织	憎水处理失效后易蓄水
发泡玻璃	近乎0	玻璃密封微孔	优异，但接缝需处理

防潮关键发现：

（1）PIR的高闭孔率(97%)及疏水泡孔壁(接触角>90°)能有效防止水汽透过^[1]，PIR使用3年后导热系数仅升高4%，但相同时期的酚醛泡沫因吸水性能下降达32%。

（2）XPS尽管为闭孔结构，但如果板材切割边处在施工过程中处理不好会有渗水通道，过去曾发生过冷量损失增大到40%的情况（内蒙古某项目）。

（3）酚醛泡沫的高吸水性（7%）极易在大于80%的湿度环境储水，引起结露膨胀，从而失去保温功能，需要另行加设隔汽层^[2]。

（4）尽管岩棉经过憎水处理（憎水率≥98%）^[3]，但在长时间高湿环境下仍会发生因纤维间蓄水而使导热系数升高的现象，沈阳某一冷库曾发生过板内结露的情况。

（5）发泡玻璃和VIP本体具有良好的抗水性，但发泡玻璃的刚性结构容易产生温度应力导致接缝开裂，VIP一旦破损就会失去防潮效果^{[4][8]}。

（三）防火安全性能

防火性能对于人员密集的滑雪场来说是至关重要，必须符合不低于B1级的国家标准（GB 8624-2012）。七类材料的防火等级与燃烧特性如下表3所示：

表3：防火安全性能对比表

材料类型	防火等级	燃烧特性	烟气毒性
PIR	B1	自熄，炭化无滴落	s1级（低烟）
XPS	B2	熔融滴落，引燃风险高	s3级（高烟）
气凝胶毡	A	不燃，无机材质	s1级
VIP	B1/B2	取决于包覆材料	膜材燃烧产烟
酚醛泡沫	A	难燃，炭化层阻燃	s1级
岩棉	A	不燃，纤维无火焰扩散	s1级
发泡玻璃	A	完全不燃	无烟气

防火性能分析：

（1）能达到A级不燃的有岩棉、酚醛、气凝胶、发泡玻璃，其中要求岩棉有机物含量≤5%，玄武岩纤维含量≥98%^[7]；酚醛泡沫虽然为难燃材料，但是有一定的高温分解挥发性^[2]。

（2）PIR通过B1级认证，其氧指数≥28%，燃烧时表面快速炭化形成焦化层，阻断氧气与火焰蔓延^[1]。上海某冷库火灾中，PIR墙板成功延缓火势蔓延，为人员疏散争取关键时间。

（3）XPS的防火性能缺陷比较突出，其易燃（B2级）且熔融滴落物特性，会引燃其他物品，不符合GB50072《冷库设计规范》中关于围护材料需达到B1级及以上的要求^[3]。

（4）VIP的防火性能取决于金属箔与阻隔膜材料，如今市场上大部分产品的防护等级仅能达到B2级别，存在很大安全隐患。

（四）尺寸稳定性

滑雪场冷库温度变化大（-30~+10℃），要求材料具有低热膨胀系数和抗冷缩变形的能力。以下是不同材料在低温状态下的尺寸变化：

（1）PIR：线性收缩率<1%（-30℃），采用高压发泡技术，泡孔密度达到20万/cm³的结构，能在-200~+110℃范围内保持良好的稳定性^[1]。

(2) XPS: 在-20℃以下会变脆, 线性收缩率为1.5%~2%, 故内蒙古一滑雪场XPS板缝处发生开裂形成冷桥^[6]。

(3) 气凝胶毡: 柔性基体使其在-200℃下具有良好的抗裂性能, 形变率≤0.5%^[9]。

(4) VIP: 芯材收缩易致阻隔膜褶皱破损, 漏气后保温性能急剧下降。

(6) 酚醛泡沫: 压缩强度仅0.12MPa, 长期荷载下变形风险高, GB/T 8811测试显示-30℃收缩率达1.8%^[2]。

(7) 岩棉: 纤维结构无收缩, 但垂直板面方向受压后易出现不可逆变形(厚减率>10%)^[3]。

(8) 发泡玻璃: 热膨胀系数低($9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$), 但脆性大, -50℃冲击韧性下降, 接缝处易碎裂^[4]。

二、综合讨论与工程适配性分析

(一) 基于室内滑雪场需求的性能评分

针对室内滑雪场冷库墙板保温材料的五个关键性能指标(导热系数、吸水率、防潮性能、防火等级、尺寸稳定性)制定了一个评分标准, 每个指标一分, 采用阶梯式评分法, 根据评分标准建立七种材料的量化评分表(满分25分)。

(二) 各材料在滑雪场应用的适配性

1. PIR的综合优势:

(1) 节能性: 超低导热系数(0.019~0.022 W/(m·K))减少冷库能耗20%以上(较XPS基准)。

(2) 安全性: B1级防火通过消防验收, 炭化自熄特性满足人员密集场所规范

(3) 耐久性: 在-30℃时, PIR的收缩率小于1%, 通过运用C型板气密技术(如晟乾钢品案例), 可以实现15年免维护。

(4) 经济性: PIR的单价是150~220元/立方米, 要比气凝胶便宜(300~500元/平方米), 比VIP便宜(200~400元/平方米), 八年可以回收增量成本。

2. 其他材料的局限性:

(1) 气凝胶与VIP: 气凝胶的价格相对于其他保温材料是较高的(气凝胶单位面积成本是PIR的5~8倍)^[9], 而且气凝胶的

施工复杂性, 也极大的限制了其无法大规模应用于工程上, VIP的年均性能衰减大于5%, 会导致滑雪场后期维护增加很多的成本。

(2) XPS: 其材料的防火等级未能达到国家标准B1级的要求, 而且在-20℃以下会出现脆裂问题, 并且导致接缝失效的情况。

(3) 酚醛泡沫: 吸水率高达7%, 潮湿情况下产品寿命为5~8年; 需要经常更换。

(4) 岩棉: 岩棉的导热系数过高(0.040~0.057 W/(m·K)), 增加50%的材料厚度才能达到同等保温效果, 但是增加岩棉厚度会对雪道的有效宽度造成一定影响。

(5) 发泡玻璃: 切削损耗率达15%, 高导热系数(0.045至0.055 W/(m·K)), 且具有极高的脆性, 因此防潮性会得不到保障, 也增加了使用成本^[4]。

三、结论

本文系统地对比分析了七类保温材料的特性, 并得出了以下结论:

1. PIR总性能远优于各类材料。其导热系数(0.019~0.022 W/(m·K))几乎等同于气凝胶、VIP, 并且只有其他材料的1/5~1/8; 吸水率≤1%优于酚醛泡沫(7%)、岩棉(3%); B1级防火达到规范要求; -30℃收缩率<1%, 长期保持密封。

2. 气凝胶或VIP虽有很好的保温性能, 但因气凝胶单位成本约是PIR的5~8倍, VIP在强振动环境下会加速出现泄露, 年衰减率>5%, 无法满足滑雪场经济及维护方便的要求。

3. XPS、酚醛和岩棉这三种保温材料的短板明显。XPS防火为B2级防火要求不达标、低温脆裂; 酚醛泡沫为吸水率高的材料易老化; 岩棉导热系数高, 浪费了雪道的有效面积。

4. 在工程上验证了建设室内滑雪场冷库保温墙板采用PIR方案的优势, 采用150mm厚PIR板、密度为 $42 \pm 2 \text{ kg/m}^3$ 断桥+气密, 可使得室内滑雪场冷库能源损耗节省约35%, 增量成本回收期<8年^[1]。

综上所述, PIR是当下最适合建设室内滑雪场冷库墙板的保温材料, 以后还可以继续开发耐火性提高到A2级的纳米复合PIR和再生聚酯基PIR等材料, 进一步推动滑雪场建设的低碳化与安全性。

参考文献

- [1] 陈讲运. 闭孔塑料保温泡沫的热参数和应用研究[J]. 清洁能源, 2024: JBUTK2LK0552T0EK.
- [2] 酚醛泡沫板检测标准体系[Z]. 检测技术网, 2025.
- [3] A级复合憎水岩棉板技术参数[Z]. 建材网, 2020.
- [4] FOAMGLAS®泡沫玻璃技术手册[Z]. 慧聪网, 2023.
- [5] 杜柯等. 气凝胶蜂窝板保温材料性能研究[J]. 新型建筑材料, 2019(6).
- [6] 硬质泡沫塑料吸水率测试标准 GB/T 8810-2005[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [7] A级防火岩棉应用规范[S]. 建筑防火标准汇编, 2025.
- [8] FOAMGLAS®产品特性说明[Z]. 畅言网, 2015.
- [9] 气凝胶绝热毡与传统材料性能对比[Z]. 好期刊, 2019.
- [10] 健明迪检测. 硬质泡沫塑料吸水率试验方法[Z]. 2024.

基于海绵城市理念的市政给排水管网优化策略

张玮

身份证号: 330602*****0537

绍兴市越城区市政公用管理服务中心, 浙江 绍兴 312099

DOI:10.61369/UAID.2026010033

摘 要 : 城市可持续发展迫切需要解决水资源管理难题, 当前, 传统排水系统已难以适应现代城市需求, 对于缓解城市内涝与水资源短缺也发挥着关键作用。海绵城市建设作为新型城镇化的重要组成部分, 将自然积存、自然渗透、自然净化的理念融入城市基础设施建设当中, 已经取得显著成效。管网系统优化问题, 在将海绵城市理念落实之前, 需充分评估现有系统, 进行科学规划与设计, 将绿色基础设施与灰色设施有机结合, 这样既能提升排水效率, 又能促进生态城市建设。本文针对当前市政给排水系统现状, 主要就海绵城市理念下的管网优化路径进行系统分析, 并提出相应对策建议, 以供参考。

关 键 词 : 海绵城市; 给排水管网; 雨水管理; 优化策略

Optimization Strategies for Municipal Water Supply and Drainage Pipe Networks Based on the Sponge City Concept

Zhang Wei

ID:330602*****0537

Shaoxing Yuecheng District Municipal Public Utilities Management Service Center, Shaoxing, Zhejiang 312099

Abstract : The sustainable development of cities urgently requires solutions to water resource management challenges. Currently, traditional drainage systems struggle to meet the demands of modern urban areas and play a crucial role in mitigating urban flooding and water scarcity. As a vital component of new urbanization, the construction of sponge cities integrates the concepts of natural accumulation, natural infiltration, and natural purification into urban infrastructure development, achieving remarkable results. Before implementing the sponge city concept, it is essential to thoroughly evaluate the existing pipe network system, undertake scientific planning and design, and effectively combine green infrastructure with gray infrastructure. This approach not only enhances drainage efficiency but also promotes the construction of ecological cities. This paper systematically analyzes the current status of municipal water supply and drainage systems and focuses on the optimization paths for pipe networks under the sponge city concept, proposing corresponding countermeasures and suggestions for reference.

Keywords : sponge city; water supply and drainage pipe network; stormwater management; optimization strategies

引言

随着城市化进程加速推进, 城市水资源管理的要求日益提高, 实现水资源可持续利用已成为当务之急。由于传统排水模式过度依赖管道输送, 缺乏对雨水资源的合理利用, 实现雨洪管理向生态化转变进一步成为必然趋势。对于现代城市而言, 由于气候变化导致极端天气事件频发, 构建适应性强的排水系统能提升城市韧性, 同时优化水资源配置, 增强城市应对自然灾害的能力, 这不仅符合生态文明建设要求, 使城市基础设施更具可持续性。现阶段, 国家对城市排水防涝能力提出更高标准。管网老化、标准偏低、维护不足、规划滞后等问题普遍存在, 引发内涝频发、水体污染、资源浪费等现象, 严重影响居民生活品质。现有排水体系, 其设计理念相对陈旧, 缺乏系统性思维, 存在技术标准不统一或建设标准偏低情况。而海绵城市理念提供了全新思路。因此, 探索科学合理、切实可行的管网优化措施, 基于生态优先原则, 对提升城市排水能力和水资源利用效率具有重要现实价值。

一、海绵城市理念应用于给排水管网的重要价值

海绵城市理念将传统工程思维与生态智慧相结合，利用低影响开发技术和绿色基础设施，将城市排水系统转变为多功能水文循环系统。从水资源管理角度，该理念的应用不仅能有效缓解城市内涝压力，还能促进雨水资源化利用。在气候变化与城市扩张双重背景下，海绵城市理念已经从理论探索走向实践应用，确保城市水系统的生态功能能够得到充分实现，推动城市水环境整体改善。

第一，增强城市排水防涝能力。城市排水系统的可靠性需要多维度保障，对管网设计标准和运行维护要求较高。对于城市内涝问题的解决，在传统排水设施建设中需要投入大量资金、土地和能源，同时会造成生态破坏。但在海绵城市理念支持下，将雨水就地消纳与缓慢释放，通过透水铺装、绿色屋顶、下沉式绿地等设施进行雨水调蓄，减轻管网负荷，进而显著降低内涝风险。从系统角度看，这种“源头减排、过程控制、系统治理”的模式，大大提升了城市韧性，推动排水系统从单一功能向多功能转变，这对于保障城市公共安全具有重大意义^[1]。

第二，提高水资源利用效率。在城市水循环过程中，传统排水系统将雨水视为需要快速排除的“废物”，因此造成大量水资源浪费。而在海绵城市理念指导下，只需要在规划阶段预留适当空间，其余雨水收集、净化和利用功能由自然生态系统承担，这使得雨水资源与城市用水需求实现有效对接，进而构建起循环利用的水资源管理体系。雨水花园作为低影响开发技术的重要载体，其核心价值就是实现雨水的自然积存与净化。在城市建设中，雨水资源被重新定义为可利用资源，依靠绿色基础设施，在补充地下水、绿化灌溉、景观用水的同时，强化了水资源的可持续管理。这种转变既是水资源管理理念的革新，同时也是城市可持续发展的重要支撑。实践中，良好的雨水管理系统，能显著降低城市对传统水源的依赖程度。

第三，促进城市生态环境改善。目前，海绵城市建设已经成为生态文明建设的重要组成部分，将雨水管理理念引入城市规划的各个环节，能有效改善城市水环境质量，通过生态设施支持水生态系统恢复，实现水环境质量整体提升，保障城市水循环过程中生态功能的完整性。雨水管理设施作为城市绿色基础设施的重要组成，既是连接自然与城市的生态纽带，同时也是提升城市景观品质的重要元素。在具体实施中，注重生态多样性保护，通过植物配置和水体设计，实现水质净化以及景观美化，提升居民生活品质。这种综合效益的实现，使城市环境更加宜居。

二、海绵城市理念下给排水管网面临的主要挑战

（一）理念认知不足

由于海绵城市属于新兴理念，部分城市管理者并未充分理解其长远价值，不同地区对海绵城市建设的重视程度存在差异。目前，一些城市对海绵城市认识停留在表面层次，忽视其对城市可持续发展的战略意义，甚至将海绵城市建设简单等同于绿化工程，影响了整体规划的系统性和科学性，在具体实施中不需要考虑多部门协同，这种片面认知阻碍了海绵城市理念的深入应用。另外，部分城市的规划编制缺少专业技术人员的支持，使海绵城

市在应用过程中缺乏科学指导。这种理念认知的局限性，会直接影响海绵城市在实际建设中的效果和可持续性。

（二）技术标准不完善

海绵城市是生态理念与工程技术的有机结合，属于系统工程，其中雨水花园、透水铺装等设施，以及LID（低影响开发）技术等专业要求，实施难度较大。海绵城市想要取得实效，必须建立完善的技术标准体系。目前，海绵城市技术标准普遍不够健全，技术规范不够明确，导致实施过程缺乏依据，影响整体效果。项目验收后，往往只关注设施外观和基本功能，忽视长期维护和性能监测，这在后期运营管理中又带来新的挑战。在实际建设过程中，存在技术选择不当的情况，对于不同区域的水文特征考虑不足，且缺乏针对性的技术方案，没有建立科学的评估体系，设施维护和管理不到位，这对海绵城市功能的长期发挥造成不利影响。

（三）系统协调性不足

海绵城市与传统排水系统存在理念差异，在系统整合过程中，许多问题相互交织，对整体排水能力和水质改善效果产生制约。对于管网系统优化而言，需要统筹考虑地上地下、灰色绿色设施的协同，如果只关注单一设施而忽视系统整体性，被雨水冲刷的污染物会出现二次污染的风险，管道淤积、溢流污染等问题，会给城市水环境带来负面影响。

三、基于海绵城市理念的市政给排水管网优化路径

（一）科学规划与系统设计

海绵城市需要科学的顶层设计，规划编制应以城市水文特征为基础，从整体水循环角度出发进行系统谋划，才能确保实施效果。在规划过程中，要考虑到城市地形地貌、土壤特性和降雨规律等多方面因素，明确不同区域的功能定位，形成分区管控、分级响应的规划体系，在整体框架下实现系统优化，更有针对性地解决具体问题。规划编制应根据城市不同区域的开发强度和生态敏感度，因地制宜确定建设目标^[2]。例如：管网系统问题往往源于对自身水文条件认识不足，对雨水管理的技术标准把握不准确。因此，城市在制定海绵城市建设规划时，应充分考虑区域特点，制定差异化策略，客观评估自然条件、城市现状等要素的制约因素，做好规划衔接与技术标准统一，明确不同区域的建设重点，结合水文模型分析，保障规划的科学性与可操作性。在规划实施过程中，要采用动态调整机制应对变化，也要注重公众参与，这样能够更好地满足多元需求，充分响应市民对美好水环境的期待。

（二）提升设施运维管理水平

海绵城市设施的长期效能需要专业维护，各管理部门之间需密切配合，即便设计科学合理，在运维不善的情况下也会失效。设施建设和管理部门需要建立协同机制，做好日常监测及数据收集工作，最大限度预防可能出现的运行问题。如果发现设施效能下降，就要及时采取修复措施。管理部门还应加强人员培训和技术更新，定期开展设施性能评估，及时发现问题隐患，尽可能延长设施使用寿命，也要建立预警机制，避免小问题演变成大故障，确保系统稳定运行，维持良好状态^[3]。管网系统要实现智能化管理，不仅要安装监测设备，还要建立数据分析平台，同时完

善应急响应机制，如果监测到管网压力异常或水质变化，则应启动相应预案，各相关部门应按照既定流程进行处置。设施维护水平决定系统的实际运行效果，保障设施正常运行是实现海绵城市功能的基础。目前，我国海绵城市建设处于发展阶段，设施维护需要专业团队支持，管理部门则要建立标准化流程，进而形成规范化的运维体系，提升整体管理水平。

（三）在系统层面推进综合改造

在城市更新过程中，综合考虑雨水管理的多维度影响，有助于构建完善的水生态系统，利用现代信息技术提升管理效能。海绵城市设施的运行管理，进一步提升了城市水环境的综合质量，城市可以借助 GIS 技术、物联网、大数据分析，能对雨水径流进行精准预测和调控，保证水系统运行具有高度适应性，更好地应对气候变化挑战^[4]。雨水管理设施的建设需要系统思维，通过工程措施和非工程措施相结合。对于老旧城区的管网改造，在设计阶段就要考虑雨水调蓄功能的实现，同时兼顾景观效果，对新建区域而言，科学布局是雨水管理设施的基础。对既有设施而言，改造升级是提升功能的关键环节。对新建区域而言，应预留足够的绿色空间，注重设施布局的合理性。海绵城市设施的系统整合程度，让城市通过科学规划形成多层次、多功能的雨水管理系统，让城市借助透水材料、生态湿地、调蓄池等技术手段，实现雨水滞留、净化、利用的综合效果，为城市发展奠定生态基础。在智能化支持下，将雨水数据实时传输，通过智能算法进行分析决策，优化运行策略，提高系统效率，最终实现城市水环境的持续改善。

（四）强化技术支撑与人才培养

无论理论研究还是实践应用，技术人才始终是关键所在，城市管理部门应该重视专业队伍建设，为海绵城市建设提供智力支持，并对从业人员进行系统培训，提升专业技能，加强行业引导。针对海绵城市建设中的技术难题是制约发展的主要瓶颈，只有加强技术研发与创新，才能突破现有局限。管理部门要加大科研投入，通过产学研合作解决实际问题，做好技术储备与经验积累，加强部门间信息共享，互相学习借鉴经验，通过专家咨询对技术方案进行评估，保障技术路线的科学合理性。从国际经验来看，发达国家的技术积累过程，这也启示我们应加强基础研究，从而构建适合我国国情的技术体系。针对雨水管理技术标准不完善问题，可以建立技术标准体系，并进行试点验证，进一步完善技术规范，对关键技术和材料进行标准化管理。长期来看，技术支撑体系一定要系统完善，从设计、施工、验收等环节，加大技术标准制定力度，确保建设质量得到全面提升。在日常管理中，部门也要加强技术交流，加快技术更新迭代，在运行维护阶段，进一步提升设施效能。伴随着技术进步的持续推进，系统的智能化水平也能够不断提高，技术瓶颈得到突破，管理效率显著提升，从而实现海绵城市建设的高质量发展。

（五）完善政策法规与管理机制

对于海绵城市建设，应该建立完善的政策法规体系，在明确各方责任以后，再去落实具体项目的实施细节，保障建设过程规范有序，开展系统的绩效评估工作，保障项目实施的质量与效果，这不仅是技术问题，也是管理机制问题。管理部门要保障技术标准的统一性，加强过程监管和效果评估，进而提升整体实施水平^[5]。试点城市经验表明，完善的政策体系，通过明确责任分工，各部门协同配合，解决了多头管理问题，基于绩效评估机制，达到了预期建设目标。长期来看，评价体系也要动态调整，推动了技术进步，促进了经验交流，在实施过程中，提升了管理效能。不仅保障了海绵城市建设的系统性，部门的协作能力也体现出城市治理现代化水平。在政策执行过程中，可以完善激励机制和监督机制，做好全过程管理，进而提升项目实施质量，实现预期目标。海绵城市应结合规划设计与工程实践，管理部门应在规划审批阶段，同时要求建设单位提供详细的海绵城市实施方案。政策法规与技术标准相辅相成。系统推进，各部门职责明确并与考核机制挂钩，通过政策引导或经济激励措施。责任落实并强化监督。如此一来，建设质量得到保障，从而实现海绵城市建设的规范化和可持续发展。

（六）构建多元参与机制

海绵城市建设需要全社会共同参与，公众支持是项目成功的重要保障。改变传统“政府包办”模式，设立公众参与平台，这不仅是行政管理问题，而是需要政府、企业、社区、居民多方协作。整合社会资源，组织专业培训活动，深入社区宣传，提高公众认知。深化政府引导与市场运作。建立合作机制，不再局限于行政指令，而是通过政策激励、经济补偿、技术指导等多种方式。管理部门应对社会资本进行规范管理，为项目实施提供政策保障，社会资本可发挥专业优势与政府合作。将各方责任明确，形成合力。制定合作规范，明确各方权利义务，构建风险共担机制。设置基于绩效的评价体系，确保合作质量。参与主体必须具备相应资质，具备专业技术能力与管理经验。

四、结束语

海绵城市想要实现可持续发展，就必须重视系统化建设。管网质量直接影响城市运行安全，随着气候变化影响加剧，城市一定要做好排水防涝系统建设，逐步完善城市水环境管理体系，尽可能减少内涝灾害发生频率，降低水环境污染风险，助力城市生态环境质量的整体提升。城市管理部门应通过技术创新、制度完善等手段，为海绵城市建设提供全方位支持。实现科学管理，能提升城市韧性，也是城市可持续发展的重要保障，保障水系统安全运行，提高城市综合管理水平。

参考文献

- [1] 邵鹏程. 基于海绵城市理念的给排水设计分析 [J]. 居业, 2025, (01): 112-114.
- [2] 赵晓丹. 海绵城市理念下市政给排水管网设计优化分析 [J]. 城市开发, 2025, (07): 112-114.
- [3] 朱卓. 城市给排水建设中海绵城市理念的运用研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023, (36): 40-42.
- [4] 胡晓惠, 刘艳涛, 史成波, 等. 海绵城市理念在市政道路给排水设计中的应用 [J]. 中国住宅设施, 2023, (05): 103-105.
- [5] 宋建伟, 巩臣. 海绵城市理念的市政给排水施工技术优化方案 [J]. 城市开发, 2025, (02): 136-138.

土木工程施工技术创新与项目全过程管理的协同融合路径研究

张全卫¹, 乌云毕力格²

1. 兴泰建设集团有限公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017001

2. 内蒙古中景路桥有限公司, 内蒙古 呼伦贝尔 017000

DOI:10.61369/UAID.2026010035

摘 要 : 土木工程施工技术创新和项目全过程管理的协同融合, 是提升项目效率、削减成本的关键所在, 引入新的技术、材料和工艺, 并融入项目全过程管理理念, 可提升工程质量、缩短工期、降低风险, 技术创新推动下, 项目管理各环节得以优化, 像BIM技术这类信息化管理工具的运用, 强化了各阶段的协调沟通, 保证资源合理配置、风险有效掌控, 实施全过程管理可对项目从立项到竣工验收各环节精准把控, 助力项目目标实现最优, 该协同融合路径在实践里已展现出良好效益, 尤其在大规模复杂工程项目中, 技术与管理有机结合推动项目顺利完成, 提升行业整体水准, 土木工程领域不断发展, 这种协同融合对于应对新挑战、满足更高质量要求至关重要, 能在不同类型项目中发挥独特作用, 推动行业不断进步并适应时代需求。

关 键 词 : 土木工程; 施工技术创新; 项目全过程管理; 协同融合; 风险控制

Research on the Collaborative Integration Path of Construction Technology Innovation and Whole-Process Project Management in Civil Engineering

Zhang Quanwei¹, Wuyunbilige²

1.Xingtai Construction Group Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia 017001

2.Inner Mongolia Zhongjing Road and Bridge Co., Ltd., Hulunbuir, Inner Mongolia 017000

Abstract : The collaborative integration of construction technology innovation and whole-process project management in civil engineering is key to enhancing project efficiency and reducing costs. By introducing new technologies, materials, and processes, and integrating the concept of whole-process project management, project quality can be improved, construction periods shortened, and risks mitigated. Driven by technological innovation, each aspect of project management can be optimized. For instance, the application of information management tools such as BIM technology enhances coordination and communication across all stages, ensuring rational resource allocation and effective risk control. Implementing whole-process management allows for precise control over all aspects of a project, from initiation to completion and acceptance, facilitating the optimal achievement of project objectives. This collaborative integration path has demonstrated favorable benefits in practice, particularly in large-scale and complex engineering projects, where the organic combination of technology and management promotes successful project completion and elevates the overall industry standard. As the field of civil engineering continues to evolve, such collaborative integration is crucial for addressing new challenges and meeting higher quality requirements, playing a unique role in various types of projects, driving continuous industry advancement, and adapting to the demands of the times.

Keywords : civil engineering; construction technology innovation; whole-process project management; collaborative integration; risk control

引言

土木工程项目的成功既离不开先进施工技术, 也需科学系统的项目管理, 伴随科技进步与行业需求动态变化, 技术创新和项目全过程管理的协同融合成为提升工程质量、缩短工期、降低成本的重要方式, 怎样有效整合新技术和管理理念以实现项目效益最大化, 是行业需尽快解决的难题, 探索技术和管理的深度融合路径, 为未来土木工程项目提供新颖解决思路, 促使行业朝着更高效、更可持续的方向迈进, 以适应不断变化的市场环境和社会发展需求。

作者简介:

张全卫, 男, 汉族, 内蒙古自治区呼和浩特市人, 本科; 工作单位: 兴泰建设集团有限公司; 职称: 副高级工程师; 研究方向: 主要专注于土木工程方向的研究与管理等工作。

乌云毕力格, 女, 蒙古族, 内蒙古自治区呼伦贝尔市人, 本科; 工作单位: 内蒙古中景路桥有限公司; 职称: 副高级工程师; 研究方向: 主要专注于土木工程方向的研究与项目管理等工作。

一、技术创新在土木工程施工中的应用

（一）技术创新的概念与重要性

技术创新在土木工程施工里，意味着引入先进技术手段、新材料，优化工艺流程，以此提升施工质量、效率和安全性，如今现代施工现场更多地运用数字化工具和自动化设备，以满足复杂工程的需要，行业对高质量、高效率建设的需求，国家政策对智能建造与绿色施工的扶持，信息技术和智能装备的迅猛发展，共同成为技术创新的驱动因素，推动着施工技术持续升级，智能施工技术融合大数据、物联网和人工智能，使施工进度优化与资源调配更为精准。

全球建筑业步入数字化和智能化时代，施工技术创新成为提升项目竞争力的关键手段，能提高工程执行效率，增强施工过程的可控性与适应性，在高风险、高复杂度项目中，更是确保施工安全和质量的基础。

（二）土木工程施工技术创新的主要领域

建筑信息模型（BIM）技术是当下土木工程施工技术创新的关键工具，它不仅能提供三维可视化模型，还可整合时间、成本、材料和项目全生命周期数据，达成设计与施工的数据联通和协同优化，在施工规划阶段，BIM可提前发现设计冲突，减少现场返工，优化资源调度，提高工程整体效率。

新型建材像高性能混凝土、轻质高强材料和可持续绿色材料的应用不断拓展，它们提升结构性能与耐久性的同时，降低了环境影响和生命周期成本，智能施工技术如无人机测量、自动化机器人和远程监控系统广泛应用，提升现场监测精度和施工自动化水平，实现施工过程的数据驱动与精细化控制，施工技术创新在土木工程领域持续发挥着重要作用，从驱动因素到具体创新领域，都在不断推动着行业向前发展，未来还将有更多的可能性等待挖掘和实现。

（三）技术创新对施工过程的影响

技术创新于施工过程中的应用能直接提升工程效率，引入数字化工具与自动化机械设备，像用无人机开展高精度地形测绘和进度监控，能减少传统人工测量误差、提升工作效率，保证施工进度按计划推进，高效施工技术降低工期延误和对劳动力的依赖，进而降低项目整体成本。

安全性上，智能化及自动化技术可有效防范施工事故风险，机器人和智能装备能在高危环境执行危险任务，减少人员暴露风险，还能借助实时数据分析和监控系统对潜在安全隐患提前预警，技术创新带来的高精度控制和自动化执行，提升施工质量的同时，增强施工现场安全保障能力。

二、项目全过程管理的内涵与实施策略

（一）全过程管理的概念与发展

全过程管理指对项目生命周期各阶段，从立项、设计、施工直至竣工验收进行综合管理，保障各环节协调、优化、高效执行，其核心是以系统化、数字化和智能化手段统一调度控制项目全过程，提升执行效率、降低风险，它不止涉及传统时间、成本和质量控制，还涵盖项目初期目标设定、资源配置、风险控制等，让项目各阶段都能获有效监控与调整。

随着建筑行业朝复杂、高精度、长周期项目发展，项目全过程管理愈发重要，现代大型土木工程项目里，单一管理方法难以

满足项目不断增加的复杂性需求，为应对挑战，全过程管理逐渐引入信息技术构建集成项目管理平台，依靠数据集成与实时反馈机制，确保从设计到竣工各步骤均受严格管控，运用建筑信息模型（BIM）技术进行全过程管理，可提前开展冲突检测和施工模拟，有效避免设计和施工失误，使项目推进更为顺畅，在复杂多变的建筑环境中更好地达成预期目标。

（二）全过程管理的关键内容

项目立项与规划作为全过程管理起始环节，其核心任务在于精准确定项目目标，合理安排资源、预算和时间，同时开展初步风险评估，精细的项目规划是后续阶段顺利推进的基石，此阶段需着重开展精准的项目需求剖析和市场调研，保证项目目标契合实际可行性，合理调配资源、管控预算，能让有限资源发挥最大效用，保障项目按时高质量交付。

设计与施工阶段，全过程管理聚焦于设计方案可实施性和施工质量可控性，项目设计要严格贴合实际需求与预算，确保各环节具备可操作性，施工阶段依靠详尽工程进度管理与质量把控，尤其大型复杂工程，需凭借精确进度计划和现场管理保障施工按计划推进，这期间信息技术支持不可或缺，运用BIM和云计算技术，项目管理者能实时跟踪调度施工进度，及时处理问题，减少工期延误和成本超支情况。

竣工验收与后期运维是项目管理收尾阶段，竣工验收不只是对建设成果质量评定，更是对项目全程管理成效综合考量。构建完善运维管理体系，保障项目竣工后长期稳定运营维护，降低后期维修成本和安全风险，运用智能化监控系统监测建筑物运行状态，实时反馈运维数据，有效延长建筑物使用年限。

（三）全过程管理的挑战与应对策略

全过程管理里，持续监控与调度对保障项目顺利实施起着关键作用，有效把控项目进度与质量，及时处理突发问题，这是全过程管理面临的核心挑战，运用实时数据采集与分析技术，可精准把握项目各阶段进展，及时察觉偏差并加以调整，借助大数据分析云计算平台，管理者能实时监控工地各个环节，保障项目按预定目标推进。

跨部门协作同样是全过程管理的一大难题，复杂项目中，设计、施工和管理等多部门间的沟通协调极为重要，优化各部门信息流动与工作衔接，可提升项目执行效率，运用BIM技术，能实现设计、施工和管理部门的数据与信息共享，减少信息传递误差与滞后，确保各方协同作业。

风险管理是全过程管理的又一重点，特别是复杂土木工程项目，风险的不可预测性关乎项目成败，制定全面风险评估与应对策略是项目顺利推进的根基，采用科学风险分析方法，对项目潜在风险进行识别、评估与控制，可有效降低突发事件对项目的影响，风险管理涵盖财务、技术风险，也需考虑社会、环境和法律等外部因素，以保障项目可持续长远发展，大型基础设施项目常组建专门风险管理团队，通过保险、合同约定和预案管理等手段，最大程度降低不可控风险发生几率。

三、技术创新与项目全过程管理的协同融合路径

（一）技术创新与项目管理的协同需求

现代土木工程里，技术创新和项目全过程管理的协同需求愈

发凸显。像数字化设计、智能施工设备以及新型建材这类技术创新，若单独运用，很难充分施展其效能，它们在项目规划、施工、验收等各个阶段都离不开全过程管理体系的有力支撑，以BIM（建筑信息模型）技术为例，它把设计、施工、运营等阶段的数据集成起来，能在项目规划阶段开展施工模拟与优化，提前发现并解决潜在问题，减少10 – 15%的设计变更冲突，降低施工阶段返工频率，提高项目执行效率。

而项目全过程管理也依赖技术创新，靠其提供数据驱动决策和自动化执行支持，提升管理效率与精度，传统项目管理方法难以实时跟踪资源调度、进度偏差和风险点，融合BIM、云计算等技术实现各阶段数据共享和实时更新，可增强项目生命周期内的整体控制水平，技术创新与项目全过程管理相辅相成，共同推动着土木工程领域不断向前发展，在提升项目质量的同时，也为行业带来新的发展机遇和变革动力。

（二）协同融合的路径分析

实现技术与管理协同，信息化平台的搭建是核心路径之一。利用BIM（建筑信息模型）及云BIM平台，把设计数据、施工进度、成本预算以及质量信息等关键数据集成至一个共享系统当中，让各个专业部门间的信息透明度得以增加，协同效率得以提升，有效解决传统项目管理里的信息孤岛难题，平台允许各方实时更新数据，以可视化模型助力决策，保证项目各阶段信息一致，还能及时察觉潜在冲突与问题从而优化资源调配，将项目整体进度误差控制在合理区间。

跨部门协作机制同样是技术与管理协同的关键一环，打破传统信息壁垒，统一确定项目阶段的沟通流程及数据接口标准，能让设计、施工和管理部门在同一信息平台上实现实时协作与交流，定期举办多方协同会议，以BIM模型作为沟通桥梁，有助于降低沟通误差、提高决策效率、快速化解问题，保障项目依计划推进。探索创新管理模式也可提升协同效能，融合敏捷管理与精益施工理念，把迭代计划、动态调整和持续优化融入项目执行过程，能在变更频繁的施工现场迅速响应现场反馈，提高现场工作效率和资源利用率，确保项目顺利开展。

（三）协同融合路径的案例分析

选取某大型城市综合体项目来看，这个项目在设计阶段就引入BIM协同平台，将建筑几何模型、材料参数、进度数据和成本预算整合起来建立多维数据库，并贯穿项目全生命周期。施工阶段，施工团队借助BIM平台对设计冲突进行实时检测与模拟调整，让平均每周争议解决时间缩短30%以上，整个项目施工进度

误差控制在 ±5%以内，增强了进度计划的稳定性。该项目构建跨部门协作机制，定期召开基于BIM模型的协调会议，加快了项目执行过程中的反应速度。如表1所示。

表1 协同路径实施数据			
序号	指标	融合前	融合后
1	设计冲突调整时间（周）	8	5
2	进度偏差范围	±12%	±5%
3	每月返工成本比	3.5%	1.8%

上述数据表明，技术创新与全过程管理协同融合能够提升项目执行效率、降低返工成本并保障进度目标实现。

（四）协同融合的效益评估

协同融合的效益评估在项目效益上体现显著，特别是对质量、进度和成本这三大核心指标的优化。一体化信息平台建设促使项目管理由传统线性工作模式转变为信息共享、实时更新的高效工作方式，减少重复工作与信息误传，降低资源浪费，还提高了数据精度与决策效率，减少因设计变更、施工延误或资源不足引发的意外风险，降低项目执行潜在损失，确保项目按时且按预算完成。

协同融合推动工程可持续发展的效益也逐步显现，技术创新与全过程管理有机结合可使项目资源利用更高效，在绿色施工方面成效明显，像能耗、材料利用效率和废料减少等指标均得到有效改善，借助信息平台能实时监测并优化施工能源消耗与材料使用，助力项目全生命周期环境管理和可持续施工评价体系建立，降低项目环境影响，契合绿色建筑和节能减排目标，推动项目长期可持续发展。

四、结语

在土木工程项目里，技术创新与项目全过程管理协同融合堪称提升项目质量、效率以及推动可持续发展的关键所在，技术创新发挥引领作用，全过程管理给予有效支撑，如此便能达成项目各阶段精准控制还有资源最优配置。搭建信息化平台、开展跨部门紧密协作以及探索创新管理模式，为二者协同融合提供坚实保障。从实际案例能够看到，技术和管理深度融合优化施工进度与质量，还降低成本与风险，推动绿色建筑达成，展望未来，伴随技术持续进步、管理模式不断创新，这种协同融合会给土木工程项目带来更为高效且可持续的发展局面，助力行业不断迈向新的高度，在更多维度展现出显著优势。

参考文献

[1]张毅. 土木工程施工技术的创新及发展探究 [J]. 科技资讯, 2023, 21(13): 137–140.
[2]刘瑞军. 土木工程建筑施工技术及创新的研究 [J]. 陶瓷, 2024, (12): 191–193.
[3]朱德浩. 土木工程施工技术的创新及发展研究 [J]. 散装水泥, 2023, (05): 152–153+156.
[4]温乐乐. 创新技术在土木工程施工过程中的集成与应用 [J]. 建材发展导向, 2024, 22(18): 74–76.
[5]任勇勇. 土木工程施工技术的创新及发展分析 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2024, (12): 139–141.
[6]赵小春, 覃爱鲜, 冯秋云. 土木工程建筑中地基施工技术的改进与创新 [J]. 散装水泥, 2024, (03): 151–153.
[7]杨发强. 土木工程施工技术中存在的问题与创新探究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2024, (13): 217–219.
[8]岑杰磊. 土木工程施工管理中全过程造价控制的问题与策略 [J]. 中国设备工程, 2022, (12): 198–200.
[9]耿艳丽. 土木工程建筑施工技术及创新研究 [J]. 房地产世界, 2023, (06): 133–135.
[10]金昊鹏. 土木工程施工技术中存在的问题与创新探究 [J]. 散装水泥, 2023, (01): 53–55+58.

基于 BIM 技术的建筑工程全生命周期管理优化研究

覃春艳

贵港市敬远房地产开发有限公司，广西 贵港 537000

DOI:10.61369/UAID.2026010036

摘 要： 文章旨在剖析 BIM 技术在提高管理效率、降低成本、提升工程质量及促进可持续发展等方面的核心优势；详细探讨其设计、施工、运维等阶段的具体应用场景；并深入分析其通过提升信息传递效率、降低综合成本、增强决策科学性助力管理效能提升的实现路径；最终构建包含技术标准完善、专业团队培育、协同机制构建在内的实施保障体系，以期 BIM 技术在工程管理中的深化应用提供理论参考与实践指导。

关 键 词： BIM 技术；建筑工程；全生命周期管理；优化

Research on Optimization of Full Life Cycle Management of Construction Projects Based on BIM Technology

Qin Chunyan

Guigang Jingyuan Real Estate Development Co., Ltd., Guigang, Guangxi 537000

Abstract： This article aims to analyze the core advantages of BIM technology in improving management efficiency, reducing costs, enhancing project quality, and promoting sustainable development. It delves into the specific application scenarios of BIM technology during the design, construction, operation, and maintenance phases. Furthermore, it conducts an in-depth analysis of the implementation paths through which BIM technology enhances management efficiency by improving information transmission efficiency, reducing comprehensive costs, and bolstering the scientific nature of decision-making. Finally, it establishes an implementation support system encompassing the improvement of technical standards, the cultivation of professional teams, and the construction of collaborative mechanisms, with the aim of providing theoretical references and practical guidance for the further application of BIM technology in engineering management.

Keywords： BIM technology; construction engineering; whole-lifecycle management; optimization

引言

建筑信息模型（BIM）技术作为数字化转型的核心驱动力，正深刻改变着建筑工程的传统管理模式。在全生命周期视角下，如何整合碎片化信息、实现各阶段高效协同、提升整体管理效能，成为行业面临的重大挑战。通过分析其内在优势、具体场景应用及效能提升机制，旨在构建一个全面的技术应用框架，为推动 BIM 技术与工程管理的深度融合、实现项目精益化与可持续发展提供理论依据与实践思路。

一、BIM 技术在建筑工程全生命周期管理中的优势

（一）提高管理效率

借助 BIM 技术，建筑工程全过程中产生的各类信息得以高效整合与动态共享，各参与单位可随时访问最新数据，显著提升项目整体管理效能。基于统一的 BIM 模型，设计、施工、监理等各方能够清晰、准确地把握项目实时进展，快速定位潜在问题与冲突点，促进跨专业、跨阶段的协同作业。这一技术应用有效缩短了信息流转周期，避免了因信息滞后或传递失真导致的决策延误与执行偏差，为项目精细化管理与高效推进提供了有力支撑。

（二）降低成本

BIM 技术能够通过模拟与优化施工流程，显著减少项目总体投入。例如，借助高精度的施工过程模拟，项目团队可提前识别潜在的风险点与操作难点，据此制定预案，有效避免现场操作失误和不必要的返工。此外，BIM 模型支持工程量的实时更新与动态统计，帮助施工单位持续跟踪成本变化，精准掌握预算执行情况。管理人员可依据实时数据及时调整资源配置与施工策略，实施有针对性的成本管控，提升资金利用效率，实现经济效益最大化^[1]。

（三）提高工程质量

借助 BIM 技术，建筑项目在设计阶段即可开展多维度性能

模拟与分析，显著提升工程整体品质。例如，通过对日照、风环境、热环境等关键参数进行数字化模拟，设计师能够全面评估建筑在不同外部条件下的实际表现，基于数据反馈进行精细化调整与优化，确保建筑性能更加符合设计预期和使用需求。同时，BIM技术支持对施工全过程信息的系统记录与归档，形成完整的质量可追溯体系。这些记录包括材料信息、工序数据、检验结果与现场影像，为工程验收及后期运维提供翔实、可靠的依据，有效保障工程质量持续受控。

（四）促进可持续发展

BIM技术为建筑行业的绿色转型与可持续发展提供了关键支持。通过整合规划、设计、施工、运维等各环节信息，BIM建立起覆盖建筑全生命周期的数字化管理平台，实现对能耗、排放及资源使用的持续跟踪与优化调控，显著减轻建筑对环境的负荷。此外，该技术还能够为可持续建筑材料的选用与评估提供数据支撑，推动环保材料在项目中的系统化应用，引导行业提升绿色建造水平与资源循环效率，助力实现低碳、节能的建筑发展目标。

二、BIM技术在建筑工程全生命周期的应用场景

（一）BIM技术在建筑工程设计阶段协同的应用场景

在建筑工程设计过程中，BIM技术的应用有效促进了不同专业之间的信息整合与协作。建筑、结构和机电等各专业设计人员，可基于统一的BIM模型平台开展并行设计，实现数据实时同步与动态更新。例如，当建筑专业确定墙体布局后，结构专业能够即时进行承载力分析与构件配筋，机电专业也可同步开展管线布设与系统优化。此外，借助BIM的碰撞检测功能，设计团队能够在早期阶段发现并解决不同专业间的空间冲突，如管道与梁体交错、设备安装与结构构件干涉等问题。这改变了传统设计流程中依赖图纸会审才发现矛盾的滞后模式，提升设计协调效率与成果质量，减少后期施工中的变更与返工。

（二）BIM技术在建筑工程施工阶段管控的应用场景

在建筑工程施工阶段，BIM技术可实现对项目全过程的精细化管理。施工准备阶段，基于BIM模型可编制具体施工组织方案，开展工序与工艺的三维模拟，例如对大型构件吊装过程进行仿真分析，预先规划起重设备选型、吊装路径及作业空间，有效识别和规避潜在安全风险。进入施工阶段后，可将BIM模型与现场进度计划动态关联，利用移动终端实时采集并上传施工数据，如钢筋安装、模板支护、混凝土浇筑等关键节点的完成情况。项目管理人员借助可视化平台能够清晰地掌握实际进度与计划的差异，迅速做出调度与优化，保障工期目标的实现。在质量控制方面，通过BIM模型与现场实况的数字化比对，可高效核查构件尺寸、管线定位、设备安装等是否符合设计规范，快速定位偏差并落实整改，确保施工质量满足设计与规范要求，提升现场管理的精准性与响应速度。

（三）BIM技术在建筑工程运维阶段优化的应用场景

在建筑工程运维阶段，BIM技术能够为设施管理和资源优化配置提供系统性支撑。通过构建集成设备参数、维修档案等信息

的BIM运维模型，管理人员可直观查询设施全生命周期数据，例如点击模型中的具体设备构件，即可获取其规格型号、安装日期、维护间隔等关键信息，制定精准的预防性维护计划。当设备发生异常时，借助BIM模型的空间定位与信息关联功能，运维人员可迅速确定故障发生位置，调取该设备过往的维修记录和运行数据，为诊断问题和拟定修复方案提供依据，显著缩短故障响应与处理时间。此外，基于BIM模型可开展建筑能耗的精细化分析，如对照明、空调、给排水等各系统用能情况进行动态监测与区域对比，准确识别能源消耗异常环节，基于数据分析提出节能优化建议与技术改造方向，有效降低建筑长期运行中的能源浪费，提升设施运营的绿色效益^[2]。

三、BIM技术助力建筑工程全生命周期管理的效能提升路径

（一）BIM技术提高建筑工程全生命周期信息传递效率的路径

BIM技术以统一的数据模型为基础，显著提升了建筑工程在规划、建设到运营全过程中信息的流转效率。在设计阶段形成的BIM模型可直接传递至施工阶段使用，避免了传统图纸转换时因信息割裂或解读偏差造成的数据丢失与误解。施工人员能够直接从三维模型中获取精确的构件尺寸、材料规格及施工要求，确保设计与实施的一致性。

在施工过程中，各项进度记录与质量检验结果可实时关联并更新至BIM模型，形成连续、准确的建设期数据档案。这些信息在建筑转入运维阶段后仍可被完整继承，管理人员无需重新开展基础信息采集，可直接利用既有模型及其关联数据进行设备维护、空间管理等作业。这一机制有效突破了传统信息传递中的时空限制，减少因信息滞后或版本不一致导致的沟通误差与决策延误，提升项目全生命周期的信息集成与利用水平^[3]。

（二）BIM技术降低建筑工程全生命周期管理成本的路径

BIM技术通过在项目各阶段实施精细化管理，为建筑工程全生命周期成本控制提供了系统性支持。在设计环节，借助模型的协同设计与碰撞检测功能，可提前化解不同专业间的空间与逻辑冲突，大幅减少施工阶段因设计错误引发的变更和返工费用，例如有效规避管线布设不当导致的墙体拆除与线路重装等问题。

进入施工阶段后，基于BIM的进度模拟和资源优化模块，可对施工工序与资源配置进行动态推演与合理规划。例如依据精确的施工进度安排，实时调整钢筋、混凝土等主要建材的供应计划，减少现场物料堆积与损耗，同时优化大型机械的使用时序，降低设备闲置率，从源头上控制施工直接成本。在运维管理方面，依托集成设备档案与运行历史的BIM运维模型，管理人员可实施预防性维护策略，在设施故障发生前进行预警和干预，减少突发性损坏带来的高额维修费用与运营中断损失。同时，结合模型对建筑能耗进行持续监测与分析，识别能耗异常区域，提出并实施针对性节能措施，显著降低建筑长期运行中的能源开支，实现项目全生命周期综合成本的最优化管理。

（三）BIM技术增强建筑工程全生命周期决策科学性的路径

BIM技术通过构建贯穿建筑工程全流程的数据化信息平台，为各阶段关键决策提供精准依据，显著提升决策的系统性与科学性。在设计环节，基于BIM模型可进行多维度性能模拟分析，包括日照辐射、自然通风、结构承载力等，为设计方案的比选与优化提供可视化、可量化的数据支持，降低对主观经验的依赖，推动设计决策由定性向定量转变。在施工过程中，依托BIM模型整合进度安排、资源消耗与质量检验等多源数据，能够形成综合性管理视图。借助数据分析工具，可识别进度滞后原因、预警成本超支风险，并生成客观翔实的过程评估报告，帮助项目管理者及时制定并实施有针对性的调控方案，提升施工管理的预见性与适应性。进入运维阶段后，通过将BIM静态模型与建筑设备实时监测数据相结合，能够持续跟踪设备运行状态、能耗分布等动态信息，分析设施老化规律与能耗变化趋势。基于这些分析结果，管理者可以科学预测维护周期、合理规划节能改造方向，为设施的更新优化和长期性能提升提供可靠的数据参考，实现运维决策从被动响应到主动优化的转变^[4]。

四、BIM技术在建筑工程全生命周期管理中的实施保障体系

（一）BIM技术应用中建筑工程管理技术标准完善的保障体系

完善的技术标准体系是确保BIM技术在建筑工程管理中得以规范应用与有效落地的根本保障。首先，需建立统一的BIM模型创建标准，对模型细度、构件分类与命名规则、数据属性结构等内容作出明确规定，保证不同项目或各参与方所建模型之间的互操作性与数据连贯性。其次，应制定系统化的BIM数据交换标准，规范从设计、施工到运维各阶段信息交付的内容清单、格式要求及传递协议，消除跨阶段、跨系统数据交互中的语义歧义与技术壁垒，实现项目全生命周期信息的无损流转。此外，还需编制面向工程实践的BIM应用流程标准，清晰界定各阶段BIM技术的具体应用目标、实施步骤、协同机制及责任分工。例如，明确设计阶段碰撞检测的开展节点、分析深度与成果交付要求，使BIM应用过程有章可循、有据可依。通过这一系列标准的系统建

设与执行，为BIM技术在工程管理中的规范化、高效化应用提供坚实的制度支撑。

（二）BIM技术应用中建筑工程管理专业团队培育的保障体系

建立与BIM应用相匹配的专业团队是实现该技术在建筑工程管理领域切实落地的重要前提。针对不同岗位的专业需求，应开展差异化、分层级的技能培训。同时，需结合实践进行能力转化，组织团队成员参与BIM技术试点项目或实际工程任务，通过在真实项目场景中开展协同设计、施工模拟及数据整合等操作，积累系统性应用经验，提高技术操作与工程管理相结合的实务能力。此外，还应积极引入外部智力支持，定期邀请行业资深专家或技术顾问开展专项培训与现场指导，及时解答团队在BIM应用过程中遇到的技术与管理难题，加速团队整体能力成长^[5]。

（三）BIM技术应用中建筑工程管理协同机制构建的保障体系

构建有效的协同工作机制，是推动BIM技术在建筑工程管理中充分整合、高效运行的关键保障。可通过成立跨专业、跨部门的联合工作团队，纳入设计、施工、运维、项目管理及业主等多方代表，明确各自在BIM应用流程中的权责界面和协作节点，比如设立定期的协调会机制，系统汇总并同步各阶段进展与问题。同时，需搭建一体化的云端协同平台，支持项目各方在统一环境中实时访问与协作更新BIM模型及相关数据。此外，还应建立明确的BIM数据权限与版本管理制度，规范模型修改、上传、发布流程，保障信息准确性与流程可控性。通过上述组织架构与平台系统的有机结合，系统化打通部门与团队间的协作壁垒，为BIM技术在多参与方、多阶段工程管理中的深度融合与高效应用提供机制支持。

五、结束语

综上所述，BIM技术通过整合信息、模拟优化与协同作业，能显著提升管理效率、控制成本、保障质量并促进绿色建造。为实现其价值，需采取三项核心措施：一是建立统一的技术标准与数据交换规范；二是培育具备BIM技能与工程管理知识的复合型专业团队；三是构建跨阶段、多参与方的协同工作机制与共享平台。

参考文献

- [1] 郭凯. 基于BIM的建筑工程全生命周期管理优化策略[J]. 张江科技评论, 2025(5): 60-62.
- [2] 姚钱. BIM技术在建筑工程全生命周期管理中的应用与优化[J]. 砖瓦世界, 2025(15): 169-171.
- [3] 李延国. 基于BIM的建筑工程全生命周期信息管理研究[J]. 中国招标, 2024(9): 97-99.
- [4] 崔芊芊. 基于BIM技术的建筑工程全生命周期管理研究[J]. 陶瓷, 2025(3): 152-155.
- [5] 魏敏. BIM技术在建筑工程全生命周期管理中的应用实践[J]. 中国住宅设施, 2025(5): 88-90.

人工智能技术赋能建筑低碳能耗优化的应用路径与实践进展

曹姗姗

渭南职业技术学院, 陕西 渭南 714026

DOI:10.61369/UAID.2026010039

摘 要 : 为消除传统建筑低碳能耗管理中环境、应用习惯等动态干扰, 提高低碳管理效果, 优化建筑能耗。本文将当前先进的人工智能技术作为依托, 探究建筑低碳能耗优化的应用路径, 包括基于动态推演和多目标协同的设计优化、基于数据驱动的能耗问题精准定位诊断、基于智能决策的建筑运行动态精准调控、基于持续进化的全生命周期碳管理优化等。并从应用方向、核心挑战、突破路径三个维度探讨其实践进展。以期建筑低碳能耗优化中的人工智能技术实践应用提供参考。

关 键 词 : 人工智能技术; 建筑低碳管理; 建筑能耗优化; 智能决策; 全生命周期管理

The Application Path and Practical Progress of Artificial Intelligence Technology Empowering Low-Carbon Energy Consumption Optimization in Buildings

Cao Shanshan

Weinan Vocational & Technical College, Weinan, Shaanxi 714026

Abstract : In order to eliminate the traditional low-carbon building energy management environment, application habits and other dynamic interference, improve low-carbon management effect, optimize building energy consumption. Based on the advanced artificial intelligence technology, this paper explores the application path of low-carbon energy consumption optimization in buildings, including design optimization based on dynamic inference and multi-objective collaboration, precise positioning diagnosis based on data-driven energy consumption problem, dynamic precise regulation based on intelligent decision, and carbon management optimization based on continuous evolution in the whole life cycle. It also discusses the practical progress from three dimensions: application direction, core challenge and breakthrough path. It is expected to provide reference for the application of artificial intelligence technology in the optimization of building low carbon energy consumption.

Keywords : artificial intelligence technology; building low-carbon management; building energy consumption optimization; intelligent decision-making; full life cycle management

前言

在当前的“双碳”目标引领下, 建筑行业开始朝着低碳节能方向转型。由于建筑全生命周期均存在较高碳排放与能耗, 因此在转型过程中, 低碳与能耗优化已成为核心工作任务。而在传统低碳管理模式下, 建筑能耗的主要优化方式依赖于静态分析和经验判断, 环境和应用习惯等动态因素引起的建筑能耗变化难以得到积极应对, 能耗优化精度较低, 效果不够稳定。在该背景下, 将人工智能技术合理引入, 借助该技术强大的动态推演、智能决策和数据处理等能力, 可对建筑能耗规律做到精准捕捉, 并深度挖掘建筑节能潜力, 结合智能分析结果, 为其提供全新的低碳能耗优化解决方案。

一、人工智能技术赋能建筑低碳低耗优化的基本技术架构

在人工智能技术赋能下, 建筑低碳能耗优化的基本技术架构

可按四个层级划分。第一是感知层, 将智能仪表、传感器等设备部署在建筑内外, 对建筑运行中的热力、电力和煤气等能源数据, 温湿度、风速、光照等环境数据, 照明设备、电梯、空调运行参数等设备数据, 室内人员数量、用能时段等用户行为数据进

作者简介: 曹姗姗 (1989-), 女, 汉族, 陕西渭南人, 讲师, 硕士, 研究方向: 建筑工程技术。

行实时采集；基于采集结果建立多维度、高精度的数据资源池，为后续建筑低碳与能耗优化分析提供全面精准的数据支撑。第二是技术层，将云计算、大数据和物联网等技术整合在该层级，满足感知层数据的实时预处理、储存和传输等需求。利用数据清洗、归一化和特征提取等方式将冗余数据信息剔除，可进一步提高数据质量。第三是算法层，将机器学习、深度学习和强化学习等先进人工智能算法搭载到该层级，结合实际情况合理选择并设置人工智能算法模型，通过人工智能模型深度分析预处理后的建筑运行数据，挖掘建筑能耗的主要影响因素及其内在关联；并结合实际情况，为建筑能耗预测、问题诊断和低碳能耗优化等提供智能决策。第四是应用层，将算法层的输出决策作为依据，针对建筑设计、运行调控和全生命周期管理等应用场景，为建筑低碳能耗优化提供合理的应用方案，使人工智能优势有效转化成建筑运行中的低碳节能效益。通过上述四个分布式层级的紧密衔接与协同作用，可在建筑低碳能耗优化中形成完整的数据感知、处理、分析和应用链路，确保低碳能耗优化的高效性和精准性^[1]。

二、人工智能技术赋能建筑低碳能耗优化的关键应用路径

（一）基于动态推演和多目标协同的设计优化

建筑设计效果对后续碳排放与能耗具有直接影响，通过该阶段的合理优化，可从源头上达到减排效果，提高建筑节能潜力。基于该目标，设计时可利用人工智能技术为其构建动态推演和多目标协同优化模型，解决传统建筑设计中静态分析与优化目标单一性等局限，达到低碳降耗设计效果。

动态推演时，设计者可将深度学习算法作为基础，为建筑能耗构建动态化预测模型，将建筑体型系数、围护结构热工性能、窗墙比和设备选型等设计参数设为输入变量，将碳排放量和能耗设为输出变量，根据同类建筑历史数据和区域气候数据等，对不同设计方案下的建筑碳排放与能耗进行动态模拟推演，基本模型如下。

$$E = f(\alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \dots + \alpha_n X_n, \beta_1 Y_1 + \beta_2 Y_2 + \dots + \beta_m Y_m) \quad (1)$$

式中， E 代表建筑能耗预测值； f 代表卷积神经网络映射函数； $X_1 - X_n$ 代表建筑设计参数； n 代表建筑设计参数指标总数； $\alpha_1 - \alpha_n$ 代表各设计参数权重系数； $Y_1 - Y_m$ 代表建筑所在区域环境影响参数； m 代表环境影响指标总数； $\beta_1 - \beta_m$ 代表各环境参数指标权重。

多目标协同优化时，设计者可将低碳、经济、舒适作为主要优化目标，为建筑构建低碳降耗构建多目标优化模型，利用非支配顺序遗传算法对最优设计方案进行求解，基本模型如下。

$$\min F = [F_1(X), F_2(X), F_3(X)] \quad (2)$$

式中， $\min F$ 代表碳排放和能耗最低方案； $F_1(X)$ 代表建筑全生命周期碳排放总量预测值； X 代表设计参数向量； $F_2(X)$ 代表建筑设计和建造成本估算值； $F_3(X)$ 代表建筑室内热舒适度偏差值。通过平衡以上三个优化目标，可使建筑应用舒适度、经济性得到良好保障的同时，实现设计阶段碳足迹的最大化降低。

（二）基于数据驱动的能耗问题精准定位诊断

在建筑运行过程中，参数失衡、设备老化或用户使用不规范等情况都可能引起能耗异常。为实现能耗问题的精准定位，工程单位可将人工智能诊断技术引入，深度分析建筑运行数据，精准定位并高效诊断运行能耗问题。基于该目标，工程单位应构建智能化建筑能耗异常诊断模型，先利用感知层对建筑能耗与设备运行等数据进行实时采集，利用拉格朗日差值法填补缺失数据，并利用拉依达准则将异常值剔除，然后对数据实施统一化处理，使其尺度保持统一，防止量级差异影响模型分析效果^[2]。再利用特征工程技术进行关键特征提取，通过互信息法从中筛选和能耗异常高度相关的特征变量，如能耗和环境参数匹配度、设备运行规律波动、不同时段建筑能耗比值等，在此基础上完成特征向量构建。之后通过机器学习算法建立能耗问题诊断模型，利用均方误差法计算模型损失函数，基本公式如下。

$$MSE = (1/N) \sum_i^n (E_i - \hat{E}_i)^2 \quad (3)$$

式中， MSE 代表模型损失函数均方误差； N 代表样本数量； E_i 代表第 i 个样本实际能耗值； $\hat{E}_i$ 代表第 i 个样本模型预测能耗值。最后基于决策树算法分类诊断建筑能耗异常类型，明确具体异常原因，如能源泄露、参数设置不合理、设备故障等，并精准确定异常位置。从而实现建筑能耗异常情况的实时监测和精准定位，显著提高建筑能耗问题诊断效率，降低漏诊率，确保建筑节能问题整改的及时性。

（三）基于智能决策的建筑运行动态精准调控

为精准调控建筑运行状态，确保低碳能耗优化效果，工程单位可基于人工智能技术，为建筑运行构建智能决策模型，利用该模型动态化、精准化调控设备运行情况，确保室内舒适度，使建筑运行能耗最大化降低。基于该目标，工程单位可将建筑能耗、环境与用户行为等实时数据作为基础，利用强化学习和模型预测控制法，建立动态化建筑运行调控模型。将建筑设备调控系统设为强化学习算法智能体，将建筑室内舒适度和能耗水平设为环境反馈奖励信号，将照明亮度、新风量、空调温度设定值等调控参数设为智能体执行动作，使智能体和环境保持实时交互，持续学习最佳调控策略。模型预测控制时，可通过未来一段时间环境参数和用户需求的智能预测，明确设备运行需求，提前完成运行参数调整，防止被动调控引起能耗浪费^[3]。比如在空调系统动态调控中，工程单位可利用深度强化学习算法构建智能化调控模型，将室内温度22~26℃与空调能耗最小化作为基本目标，将室内外温度、室内人员数量、空调运行效率等设为模型动态空间，将新风阀开度和空调压缩机频率设为模型动作空间，按以下模型设计奖励函数。

$$R = \omega_1 R_1 + \omega_2 R_2 \quad (4)$$

式中， R 代表总奖励值； ω_1 代表舒适度权重系数； ω_2 代表能耗奖励权重系数； R_1 代表舒适度值； R_2 代表能耗奖励，根据实际需求智能调节空调参数，在确保舒适度的前提下，最大化降低空调运行能耗，满足建筑实际运行与节能需求。

（四）基于持续进化的全生命周期碳管理优化

建筑全生命周期主要包含设计、施工、运行和拆除回收四个

阶段，其中的每个阶段都涉及碳排放。基于此，工程单位可在人工智能技术支持下，对建筑全生命周期碳管理进行优化。将大数据和机器学习算法作为支持技术，通过各阶段碳排放因子和基础数据的全面整合，精准核算全生命周期碳排放。如根据建筑工程材料类型，加工工艺、区域差异等特点，基于随机森林算法建立以下碳排放因子预测模型。

$$C = \sum_i^n (M_i \times f_i) \quad (5)$$

式中， C 代表建筑全生命周期碳排放量预测值； n 代表建筑材料类型总数； M_i 代表第 i 类建筑材料用量或能耗量； f_i 代表第 i 类材料活能量的碳排放因子，该参数通过随机森林模型预测确定。

同时应将强化学习和遗传算法等人工智能技术作为基础，为建筑工程碳排放构建持续优化模型，融合全生命周期各阶段技术、成本和碳排放等数据，对建筑工程各阶段低碳策略进行持续优化，确保低碳管理效果。同时应为建筑全生命周期建立信息化碳管理平台，通过各阶段数据和优化模型的全面整合，实时监测建筑工程碳排放情况，为其提供动态化预警和智能化决策，实现建筑工程全生命周期碳排放量的智能化与可视化管理。

三、人工智能技术赋能建筑低碳能耗优化的实践进展

（一）应用方向

在当前，人工智能技术已在很多建筑工程低碳能耗优化场景中实现了规模化应用。在医院、商场、大型写字楼等公共建筑领域，通过通风、照明和空调等设备的智能化动态调控，可显著降低碳排放量与建筑运行能耗。在居住类建筑领域，通过智能化住宅系统的应用和普及，可智能监测和调控用户家庭能耗，提高清洁能源利用率，使建筑运行达到良好的低碳节能效果^[1]。在建筑全生命周期碳排放和能耗管理领域，通过人工智能管理平台的应用和推广，可集中监测和管理目标区域内的建筑物全生命周期碳排放与能耗情况，为建筑行业的低碳、节能化绿色转型提供智能技术支持。

（二）核心挑战

虽然人工智能技术在现代建筑低碳和能耗优化领域中获得了一定的应用进展，但由于该技术处于初步应用阶段，实际应用中依然面临一些挑战。首先是数据质量控制和共享难度较大，由于建筑能耗和环境等数据采集主体分散，标准并不统一，采集时易出现数据冗余或缺失等问题，质量控制难度较大；且部分项目数据共享机制不够健全，人工智能模型难以对数据进行全面性、高质量获取，从而影响模型预测精度，降低管理效果。其次是人工智能算法模型的适应性和泛化能力存在不足，既有的人工智能模型大多基于特定场景训练，针对不同建筑类型、结构和用户使用

参考文献

习惯等差异性，无法做到快速适应，泛化能力较差且迁移成本较高。再次是技术融合与协同难度较大，由于建筑低碳能耗优化过程中涉及多个领域技术，包括建筑能源和人工智能等，而目前的技术体系之间存在一定壁垒，深度融合效果不佳，建筑设备和人工智能调控系统接口不兼容情况常见，使部分调控指令无法精准执行。最后是标准体系和监管机制不够完善，由于当前建筑市场对人工智能技术赋能的低碳能耗优化缺乏统一技术标准和评价体系，技术应用不规范情况比较常见；且管理机制的缺失也使人工智能系统运行稳定性和数据安全性难以保障，对技术发展造成一定制约。

（三）突破路径

针对现代建筑低碳能耗优化领域中人工智能技术的应用挑战，相关单位可采取以下策略一一突破。首先是加强数据治理和共享，为建筑低碳节能数据建立统一化标准，由建筑所在区域地方管理部门、企业和科研机构共同构建数据共享平台，利用区块链技术为数据隐私和安全提供保障，确保数据质量和完整性。其次是对 AI 模型算法进行合理优化，结合实际情况积极引入联邦学习、迁移学习等人工智能技术，基于大数据技术挖掘和获取各类建筑运行中的碳排放和能耗等数据，为人工智能模型提供更加全面的训练数据集，进一步提高算法适应性和泛化能力，降低模型迁移成本。再次是跨领域技术融合的进一步加强，工程单位应与建筑设备厂商、人工智能企业等展开密切合作，统一各设备接口标准，使其与人工智能系统实现无缝对接，从而有效消除不同技术体系的衔接障碍，确保技术融合效果，提高协同水平^[5]。最后是技术标准体系和监管机制的合理完善，管理部门与相关单位应为人工智能赋能下的建筑低碳能耗优化制定系统性、完善性的技术标准、评价指标和验收规范等，并建立常态化监督机制，使人工智能技术实现规范有序地应用，确保人工智能技术的应用效果。

四、结束语

综上所述，将当前先进的人工智能技术引入建筑低碳能耗优化领域中，可为其提供更加精准化、高效化的解决方案，推动建筑工程行业的低碳节能绿色化转型。基于该目标，相关单位应将人工智能技术作为基础，为建筑低碳能耗优化构建分布式分层架构体系，深入研究动态推演式设计优化、数据驱动式异常诊断、智能决策式运行调控与持续进化式全生命周期管理等人工智能技术应用路径；并从数据、技术、成本和指标等多个维度，应对人工智能技术的应用挑战。如此方可充分发挥人工智能技术的应用优势，为现代建筑低碳能耗优化赋能，满足现代建筑工程的绿色化和智能化发展需求。

[1] 简一心，黄辰宇，苏汶山，等. 人工智能在可持续低碳建筑设计中的研究进展 [J]. 世界建筑导报，2025(5):22-25.

[2] 陈思贵. 数据中心建筑结构低碳设计与全周期碳管理研究 [J]. 中国建筑装饰装修，2025(18):93-95.

[3] 席江涛，袁诚飞，查波. 智慧供热系统低碳运行的设计与研究 [J]. 暖通空调，2024(2):56-62.

[4] 陈力，郁锦平，关牧野，等. 生成式人工智能辅助绿色建筑设计的操作与展望 [J]. 建筑与文化，2025(8):291-294.

[5] 吉灼辉. 节能低碳办公建筑智能化设计研究 [J]. 工程技术研究，2023(3):179-181.

铝模－爬架体系结合全砼外墙的施工技术优化研究

彭澎

湖南省天心房地产开发有限公司，湖南 长沙 410000

DOI:10.61369/UAID.2026010040

摘 要： 随着建筑行业向绿色化、高效化、高品质方向发展，铝模－爬架体系结合全砼外墙施工技术因兼具成型质量好、施工效率高、安全系数强等优势，在高层建筑中应用日益广泛。但该组合技术在实际施工中仍存在协同适配不足、质量管控难点多、资源消耗偏大等问题。本文结合施工实践，剖析铝模－爬架体系与全砼外墙结合的核心技术要点及现存问题，从协同适配、质量管控、效率提升、绿色施工四个维度提出针对性优化策略，通过实践验证优化技术的可行性与应用效果。优化后的施工技术可有效解决原有技术痛点，提升施工质量与效率，降低施工成本，为同类工程施工提供技术参考。

关 键 词： 铝模－爬架体系；全砼外墙；施工技术；优化策略

Research on the Optimization of Construction Technology for the Aluminum Formwork - Suspended Platform System Combined with Full Concrete Exterior Wall

Peng Peng

Hunan Tianxin Real Estate Development Co., Ltd., Changsha, Hunan 410000

Abstract： As the construction industry moves towards greening, efficiency, and high quality, the aluminum formwork – suspended platform system combined with full concrete exterior wall construction technology, due to its advantages such as good forming quality, high construction efficiency, and strong safety coefficient, is increasingly widely used in high-rise buildings. However, this combined technology still has problems such as insufficient coordination and adaptation, many quality control difficulties, and excessive resource consumption in actual construction. This paper, based on construction practice, analyzes the core technical points and existing problems of the aluminum formwork – suspended platform system combined with full concrete exterior wall, and proposes targeted optimization strategies from four dimensions: coordination and adaptation, quality control, efficiency improvement, and green construction. Through practical verification, the feasibility and application effect of the optimized technology are verified. The optimized construction technology can effectively solve the existing technical problems, improve construction quality and efficiency, reduce construction costs, and provide technical references for similar construction projects.

Keywords： aluminum formwork – suspended platform system; full concrete exterior wall; construction technology; optimization strategy

引言

在高层建筑施工领域，对于成型质量的高标准、施工效率的高效性、安全防护的严密性以及绿色环保的严格要求正持续提高，传统的施工技术目前已经难以契合当下阶段工程建设的需求。铝模－爬架体系呈现出诸多优势，其拆除与安装过程便捷，周转效率较高，并且防护措施可以全面到位。全砼外墙可以切实解决墙体出现渗漏、开裂等常见的质量问题。两者相互结合而形成的施工技术，其应用价值展现得越发明显。鉴于此，进行铝模－爬架体系与全砼外墙相融合的施工技术的优化探究工作，对核心技术方面存在的关键难题予以梳理，构建具备科学性且切实可行的优化策略，这对于促进建筑施工技术的升级、增强工程建设的质量具有重要意义。

一、铝模－爬架体系与全砼外墙核心技术内涵及应用现状

（一）铝模－爬架体系核心技术内涵

铝模－爬架体系是由铝合金模板与附着式升降脚手架组合构

建的一体化施工配套体系。附着式升降脚手架与铝合金模板协同开展作业，达成主体结构施工与安全防护的同步推进。铝合金模板是运用高强度铝合金材料进行加工制作，具备重量较轻、拆除与安装便捷、周转使用次数较多、成型精准度较高等特性，其可以达成墙面、梁柱等结构的一体化浇筑工作，削减后续的抹灰工

序。附着式升降脚手架即爬架，其借助附着于建筑的主体结构，依靠升降设备达成同步升降的目的，在整个过程中无需落地，可以依照主体结构的施工进度逐层进行提升，可为施工人员提供持续且稳定的作业平台与安全防护。与传统脚手架相比，其具备节省材料、提高效率、安全系数较高等优势。两种脚手架结合的关键处在于达成模板施工与防护作业的协同配合，以此确保施工流程连贯且高效^[1]。

（二）全砼外墙施工核心技术要求

全砼外墙即外墙运用整体混凝土进行浇筑成型，摒弃传统的砌体填充墙，借助混凝土自身具备的强度以及密封性达成承重、保温、防渗等功能。其核心技术要求主要聚焦于三个层面。其一为材料适配，需要挑选契合强度等级要求的混凝土，对外加剂进行合理搭配，以使和易性与凝结时间得到优化，保障浇筑的密实程度。其二是成型质量，要对墙体的垂直度与平整度进行控制，防止出现蜂窝、麻面、裂缝等质量瑕疵。其三是防渗防裂，通过对浇筑工艺进行优化、设定合理的养护举措、把控混凝土的收缩变形等途径，处理全砼外墙容易出现的渗漏、开裂问题，以此确保墙体的使用功能以及耐久性^[2]。

（三）三者结合施工应用现状

在当下，全砼外墙施工技术与铝模-爬架体系相融合的技术，已在高层建筑住宅、商业综合体等工程建设中得到广泛运用，特别是在装配式建筑以及绿色建筑相关项目中，其应用的占比不断呈现上升态势。在运用的实际成效方面，此种组合技术切实提高主体结构的施工效率，使工期得以缩短，并且显著地减少墙体渗漏等质量常见问题的发生概率，契合绿色施工以及提升质量、增加效益的行业发展方向。

二、铝模-爬架体系结合全砼外墙施工现存核心问题

（一）铝模与爬架协同适配性不足

在当下的组合施工中，铝模与爬架间协同适配性欠佳是较为关键的痛点之一。一方面，爬架的附着点与铝模的安装位置存在着矛盾，在部分工程项目中，爬架附着支座的安装需要占据铝模预先留好的孔洞，使得在进行铝模拼装时，需要临时对排版做出调整，对拼装的效率以及精度产生影响。另一方面，铝模与爬架的升降与施工节奏不同步，爬架进行升降操作需要等待铝模拆除工作全部完成后才可以开展，然而铝模的拆除进度又会受到全砼外墙混凝土强度是否达到标准情况的影响，容易出现工序衔接不上，最终造成施工工期被延误。除此之外，在铝模进行拼装的进程中，爬架防护覆盖的范围与铝模开展作业的空间间的契合程度不够理想，部分区域未能得到充分的防护，存在安全作业潜在危险^[3]。

（二）全砼外墙施工质量管控难点突出

全砼外墙施工质量的管控存在部分难题，对墙体的成型情况以及使用性能产生直接影响。其一，混凝土浇筑的密实程度把控具有难度，全砼外墙的墙体厚度相对较薄，在转角处、门窗洞口等特殊节点位置，钢筋分布密集，在进行混凝土浇筑作业时，容易出现混凝土布料不均匀、振捣不充分的情况，致使墙体内部产

生蜂窝、孔洞等质量瑕疵。其二，墙体的垂直度与平整度出现偏差且超出标准范围，在铝模进行拼装的过程中，若存在精度误差，又或者在混凝土浇筑期间模板支撑体系发生变形，便容易造成墙体的垂直度与平整度超出相关规范要求，后续若要进行整改，不仅难度较大，而且成本高昂。其三，防渗防裂的实际效果不够理想，混凝土浇筑完成后，若养护工作不及时开展，或者养护措施落实不到位，便容易使得墙体出现收缩裂缝。与此同时，门窗洞口、穿墙螺杆等节点部位的密封处理若存在不当之处，容易引发墙体渗漏的问题。

（三）施工效率与成本控制失衡

施工效率与成本控制的失衡情况，对工程建设的效益产生明显影响。从施工效率维度来看，铝模的拼装工作对作业人员的专业技能具有相对较高的要求，在部分项目中，施工人员的技能水平未能达到相应标准，使得铝模的拼装速度迟缓，并且容易出现拼装差错，一旦出现差错，便需要反复进行整改操作，导致施工进度被延误。与此同时，全砼外墙的混凝土养护需要经历较长的周期，需要等待其强度达到规定标准后，才可以开展后续的工序，对施工效率的提高形成制约。在成本维度上，铝模材料的采购成本以及租赁成本处于较高水平，部分工程项目，由于铝模的排版缺乏合理性，使得材料浪费的情况严重，使得成本投入增加。除此之外，如质量缺陷的整改、工序衔接的延误等问题，需要额外投入人力与物力资源，加重成本管控的压力^[4]。

三、铝模-爬架体系结合全砼外墙施工技术优化策略

（一）铝模-爬架协同适配优化

为应对协同适配不够的情况，从设计、施工节奏两个维度展开优化工作。在设计环节，预先开展铝模与爬架的一体化排版规划，确切点明爬架附着支座的安装部位，预留专门的附着孔洞，防止与铝模的拼装位置形成冲突。与此同时，对铝模的节点设计予以改良，增强与爬架防护范围的适配程度，保证作业空间与防护达到预期标准。在施工时期，拟定协同作业方案，科学安排铝模拼装、混凝土浇筑、爬架升降的施工进度，依据混凝土强度增长的规律，对铝模的拆除时间进行优化，同步推进爬架升降的准备工作，降低工序衔接时的等待时长。强化施工过程中的协同管理与控制，安排专门人员负责铝模与爬架作业的协调与沟通，及时处理施工过程中的适配难题，保证施工流程的连贯性。

（二）全砼外墙施工质量管控优化

针对全砼外墙质量管控存在的难点问题，搭建多维度的优化系统。在混凝土浇筑领域，对混凝土的配合比例进行优化，添入高效减水剂，以此来增强其和易性。鉴于节点位置钢筋分布密集的情况，运用小型振捣棒开展振捣作业，保证振捣可以达到充分的效果。与此同时，把控浇筑的速度，防止出现布料不均匀的现象。在模板管控方面，强化对铝模拼装精准确度的检测工作，借助激光水准仪进行垂直度与平整度的校准操作，在拼装工作结束后，展开全方位的验收，对于不合格的部位即刻进行整改。对模板的支撑体系进行优化，加大支撑点的分布密度，提高支撑的稳

固程度，避免在浇筑过程中模板发生变形。在防止渗透与裂缝产生的相关方面，拟定细致且精准化的养护规划，当混凝土完成浇筑操作后，迅速覆盖具有保湿功能的材料，对养护的周期予以延长，对混凝土的收缩变形情况进行管控。对节点的密封处理工艺进行优化，针对门窗洞口、穿墙螺杆等位置，运用专门的密封材料，以此增强防止渗透的成效^[5]。

（三）施工效率与成本优化

凭借对流程的优化以及对资源的管控，达成施工效率的提升以及成本的节约。在效率提升方面，强化针对施工人员的专业培训工作，促使铝模拼装、爬架操作等技能水准得以提升，使施工流程更为规范，减少操作失误的出现以及整改所耗费的时间。对施工工序的衔接予以优化，将铝模拼装、钢筋绑扎等工序开展合理的交叉作业，以此缩短施工的周期。引入具备智能化特点的施工设备，运用铝模自动拼装辅助设备、爬架智能升降控制系统等设备，使施工效率得到提升。在成本管控方面，对铝模排版设计进行优化处理，按照工程结构的特点，对模板尺寸予以合理的规划安排，减少材料浪费。在材料周转管理工作上进行强化，使铝模、爬架的周转次数得以提升，以此来降低租赁以及采购成本。构建起成本动态管控的机制，对材料消耗、人力投入等情况进行实时跟踪，及时发现成本超支问题并且将其解决。

四、优化技术实践应用与效果分析

（一）实践应用概况

为对优化技术的可行性以及应用成效进行验证，挑选某高层建筑项目作为实践的依托对象。此项目运用铝模-爬架体系与全砼外墙施工技术相融合的方式，其总建筑面积27.2万平方米，地上22-27层，地下1-2层。在项目施工过程中，全方位应用本文提出的优化技术，此类技术涵盖铝模-爬架协同适配优化、全砼外墙质量管控优化、效率成本优化以及安全绿色施工优化等举措。施工全程被跟踪，相关数据也被记录下来，对优化前与优化后的施工效果进行对比。

（二）施工质量效果分析

从实践应用的结果来看，经过优化后的施工技术使得工程施

工质量得到提升。全砼外墙的成型质量得到明显改善，墙体垂直度的偏差被严格控制在4mm以内，平整度的偏差也被有效控制在4mm以内，此类指标均与相关规范要求相符。另外，如蜂窝、孔洞等质量缺陷的发生率，相较于优化之前降低超过85%。在门窗洞口、穿墙螺杆等关键节点部位，并未出现渗漏的情况，防渗与防裂的效果显著。铝模与爬架在协同作业的过程中进展顺利，未出现附着点相互冲突、工序衔接中断等情况，相较于优化前，施工过程中安全隐患的发生概率降低90%，达成既安全又高效的施工目标。

（三）效率与成本效果分析

在效率以及成本领域，优化技术的运用获得优良的效果。施工效率得到大幅度提高，铝模的拼装速率相较于优化前提升30%，爬架的升降时长缩短40%，项目主体结构的施工工期与计划相比缩短15天，切实推动施工进度的加快。成本管控的成效明显，铝模材料的浪费比例较优化前下降25%，周转的次数增加20%。再加上工序整改成本、人力成本得到节省，项目整体的施工成本与优化之前相比降低12%，实现施工效率与成本效益两共同提升。与此同时，各项绿色施工指标皆契合规范标准，粉尘以及噪音等污染等进行管控，建筑垃圾的回收再利用比例提高到80%，切实履行绿色建筑发展理念。

五、结语

高层建筑高质量建造过程中，铝模-爬架体系与全砼外墙施工技术的结合，是与之适配的关键核心技术中的重要组成部分。此项组合技术的实际应用成效，会直接作用于工程项目的质量高低、推进效率快慢以及效益获取效果。本文，针对该组合技术在具体施工时存在的协同适配情况、质量把控程度、效率与成本平衡关系、安全保障与绿色施工条件等重点问题展开剖析工作，在此基础上，给出具有针对性的优化措施。经过实际施工操作的检验可知，经过优化后的组合技术，可以有效解决以往施工过程中存在的棘手难题，其不仅可以大幅提高施工的质量水平以及安全保障程度，还可以有效缩减施工时间，降低施工过程中产生的成本。

参考文献

[1] 鲍王雨莎, 安悦东, 黎昕, 姜玉龙, 汪鹏飞. 高层建筑爬架 GNSS 与加速度计融合动态监测数据分析 [J]. 测绘科学, 2025, 50(12): 20-27.
[2] 张意. 铝合金模板与爬架在高层装配式建筑中的协同应用 [J]. 能源与节能, 2025, (S1): 222-224+232.
[3] 陈孔熙. 住宅铝模体系与爬架机械的集成施工技术 [J]. 山西建筑, 2025, 51(24): 57-61.
[4] 张根苗, 魏靖, 林佳伟. 建筑铝模爬架一体化施工技术运用分析 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2025, (31): 157-159.
[5] 王泉清. 高层建筑全砼外墙爬架体系安全生产管控实践分析 [J]. 中国安全生产, 2025, 20(01): 40-41.

房建施工安全风险演化机理及预控理论体系研究

——以高支模工程为例

刘哲

广东省广州启明新能源有限公司，广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026010005

摘 要： 本文紧密聚焦于房建施工领域中的高支模工程，鉴于其具有搭设高度高、跨度大、承载要求苛刻等显著特点，施工过程中的安全风险处于较高水平。为有效应对这一问题，本文深入且全面地剖析了高支模工程从前期准备阶段，涵盖设计、材料采购、人员筹备等，到施工实施阶段，包括模板安装、混凝土浇筑等，再到拆除阶段的整个过程中，安全风险的产生源头、演变路径以及发展趋势。结合相关理论展开深入分析，进而构建出一套完备且科学的预控理论体系，该体系涵盖风险辨识、评估、防控以及应急等多个关键环节，旨在为房建施工安全提供精准且有力的科学指导，切实降低事故发生率，保障施工安全与工程顺利推进。

关 键 词： 房建施工；高支模工程；安全风险演化机理；预控理论体系

Research on the Evolution Mechanism of Safety Risk and the Theory System of Pre-control in Building Construction — Taking High Support Engineering as an Example

Liu Zhe

Guangdong Province Guangzhou Qiming New Energy Co., Ltd. Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： This paper focuses on high-rise formwork engineering in building construction, a field characterized by significant safety risks due to its high installation height, large span, and stringent load-bearing requirements. To effectively address these challenges, the study provides a comprehensive analysis of safety risk sources, evolution pathways, and development trends throughout the entire process—from preparatory stages (including design, material procurement, and personnel preparation) to implementation phases (formwork installation and concrete pouring) and final dismantling. By integrating relevant theories, the paper establishes a complete and scientific pre-control theoretical framework. This system covers critical components such as risk identification, assessment, prevention, and emergency response, aiming to provide precise and robust scientific guidance for construction safety. The ultimate goal is to significantly reduce accident rates, ensure construction safety, and facilitate smooth project progress.

Keywords： construction of housing; high support formwork engineering; safety risk evolution mechanism; pre-control theory system

引言

房建施工是城市建设的核心环节，其安全状况关乎民众生命财产安全与社会稳定。在众多房建施工技术中，高支模工程应用广泛，常见于高层建筑、大型场馆等项目。高支模工程具有搭设高度超8米、跨度大、承载力要求高以及施工环境复杂等特点。这些特性使得施工过程中的安全风险显著增加，一旦发生事故，往往会造成严重后果，如人员伤亡、财产损失以及工期延误等。因此，深入研究高支模工程的安全风险演化机理，构建科学有效的预控理论体系，对于提升房建施工安全水平、保障工程顺利进行具有重要的现实意义，也是当前建筑行业亟待解决的关键问题。

一、高支模工程特点及安全风险概述

（一）高支模工程特点

高支模工程在房建施工中具有独特性。其搭设高度高，在一些超高层建筑施工中，高度可达数十米甚至上百米，这极大地增加了施工难度与危险性，施工人员在高空作业时面临坠落风险。例如，在某超高层建筑的高支模施工中，施工人员需要在数十米的高空进行模板安装和钢筋绑扎作业，一旦安全防护措施不到位，极易发生坠落事故。跨度大也是其显著特点，大跨度要求支撑体系具备足够的强度与稳定性，若设计或施工不当，易引发模板变形、坍塌。比如在一些大型场馆建设中，跨度可达几十米，对高支模支撑体系的设计和施工提出了极高要求。同时，高支模需承受混凝土结构自重、施工荷载等多种作用，对承载力要求严苛。此外，施工现场通常多种作业交叉进行，如钢筋绑扎、混凝土浇筑等，复杂的环境进一步提升了安全风险，不同作业间的相互干扰可能成为事故诱因^[1]。

（二）高支模工程安全风险概述

高支模工程施工过程中存在多种安全风险。高处坠落是常见风险之一，由于作业高度高，若安全防护措施不到位，如安全带未系、安全网破损等，施工人员极易坠落受伤。在某高支模施工现场，一名施工人员因未系安全带，在作业过程中不慎失足坠落，导致重伤。物体打击风险也不容忽视，模板、钢管等材料在高空堆放或传递时，若固定不牢或操作失误，可能掉落砸伤下方人员。曾有施工现场，因模板固定不牢，在混凝土浇筑过程中模板掉落，砸伤下方正在作业的工人。结构坍塌风险后果严重，支撑体系设计不合理、施工质量差或受外力影响，都可能导致结构失稳坍塌。

二、高支模工程安全风险演化机理分析

（一）前期准备阶段安全风险演化

前期准备阶段是高支模工程安全风险的重要源头。设计不合理是关键因素，若设计人员对工程实际情况了解不足或经验欠缺，可能导致支撑体系布置、构件选型等不合理。例如，支撑立杆间距过大，会降低承载能力，在后续施工中引发坍塌。材料质量不合格同样影响重大，钢管壁厚不足、扣件质量差等，会削弱支撑体系强度^[2]。如一些施工单位为降低成本，采购质量不合格的钢管和扣件，在施工过程中这些材料无法承受荷载，导致支撑体系变形甚至坍塌。人员资质不足也不容小觑，未经培训考核合格或缺乏经验的施工人员，操作不规范，易埋下安全隐患。这些前期问题在后续施工阶段会逐渐显现，随着荷载增加和环境变化，安全风险不断演化升级。

（二）施工实施阶段安全风险演化

施工实施阶段安全风险处于动态变化中。施工工艺不规范是主要风险源，模板安装不牢固、钢管连接不紧密、剪刀撑设置不合理等，会破坏支撑体系稳定性。例如，模板安装不牢固，在混凝土浇筑时可能变形，影响混凝土质量，同时增加结构坍塌风险。现场管理不到位也会加剧风险，缺乏有效安全管理制度和监督机制，施工人员易违反操作规程。如未设置警示标志、未进行安全交底等，都可能引发事故。环境因素也不可忽视，恶劣天气

如大风、暴雨可能破坏支撑体系，软土地基若未妥善处理，会导致支撑体系下沉，引发安全事故。在某沿海地区的高支模工程中，遇到强台风天气，部分支撑体系因抗风能力不足被吹倒，造成严重损失^[3]。

（三）拆除阶段安全风险演化

拆除阶段作为高支模工程的关键环节，其安全风险具有显著的特殊性，必须予以高度重视。拆除顺序不当是这一阶段极为常见且后果严重的问题。高支模拆除有着严格的原则，即遵循“先搭后拆、后搭先拆”的顺序。倘若违反这一原则，比如先拆除处于关键位置的支撑构件，原本稳定的高支模体系就会因失去关键的平衡支撑，结构受力瞬间失衡，从而引发整个体系的坍塌，造成难以挽回的损失^[4]。此外，拆除作业不规范同样潜藏着巨大危险。在拆除现场，若未设置警戒区域，无关人员随意进出，易被坠落物砸伤；未安排专人监护，就无法及时发现并制止违规操作；拆除人员未佩戴防护用品，一旦发生意外，自身生命安全将受到直接威胁，这些都极有可能导致事故的发生。

三、高支模工程安全风险预控理论体系构建

（一）风险辨识

风险辨识是预控理论体系的基础。可采用多种方法，经验判断法依据以往施工经验，总结常见风险因素，如高处坠落、物体打击等。通过对多个高支模工程事故案例分析，总结出常见的风险点，为后续风险辨识提供参考。现场调查法通过实地考察施工现场环境、设备、人员等情况，发现潜在风险^[5]。例如，检查施工现场的安全防护设施是否齐全、材料堆放是否合理等。专家咨询法借助专家专业知识与经验，对工程进行全面评估，识别可能存在的风险。组织建筑行业专家对高支模工程的设计方案、施工工艺等进行论证，发现潜在风险因素。综合运用这些方法，能全面、准确地找出高支模工程施工过程中的安全风险因素，为后续风险评估和防控提供依据。

（二）风险评估

风险评估是对辨识出的风险因素进行分析评价。定性评估根据风险因素性质特点分类分级，如分为重大、较大、一般和低风险。例如，高处坠落风险若发生可能导致严重人员伤亡，可定为重大风险；物体打击风险若发生造成人员轻伤，可定为一般风险。定量评估则通过建立数学模型，量化计算风险发生概率和损失程度，得出风险值。常用方法有层次分析法，将复杂问题分解为多个层次进行分析；模糊综合评价法，处理具有模糊性的风险因素。通过风险评估，能明确各风险因素的严重程度，为制定针对性防控措施提供科学参考。

（三）风险防控

风险防控是预控理论体系的核心。技术措施方面，采用先进技术和工艺，如新型钢管支撑体系、定型化模板，优化支撑设计，提高体系稳定性和承载力。新型钢管支撑体系具有更高的强度和稳定性，能有效减少坍塌风险。管理措施上，建立健全安全管理制度，加强现场管理和监督，制定安全操作规程，定期安全检查和培训，提高施工人员安全意识。例如，建立安全检查制度，定期对施工现场进行全面检查，及时发现和消除安全隐患。人员措施包括严格培训考核，确保施工人员持证上岗，具备相应

资质和能力。通过培训，使施工人员熟悉高支模施工的安全要求和操作规程，提高安全意识和操作技能。通过多维度防控措施，降低安全风险发生概率和损失程度^[9]。

（四）应急管理

应急管理是应对突发安全风险的重要保障。制定完善应急预案，明确应急组织机构、响应程序和救援措施。应急预案应包括火灾、坍塌、高处坠落等多种事故类型的应对措施。定期组织应急演练，检验预案可行性，提高施工人员应急处置能力^[7]。例如，每季度组织一次消防演练，让施工人员熟悉火灾发生时的逃生路线和灭火方法。储备必要应急物资和设备，如急救药品、消防器材、防护用品等，确保事故发生时能及时投入使用。在施工现场设置专门的应急物资储备库，定期检查物资设备完好情况。完善的应急管理体系能在事故发生时迅速响应，减少人员伤亡和财产损失，保障施工安全。

四、高支模工程安全风险预控理论体系实施保障

（一）组织保障

建立专门的安全管理组织机构，明确各部门和人员在安全风险预控中的职责。项目负责人作为第一责任人，全面负责安全管理工作，对工程的安全状况负总责。安全管理部门负责制定安全管理制度和监督执行，定期对施工现场进行安全检查和评估。技术部门提供技术支持，确保施工方案和工艺符合安全要求，对高支模的设计和施工进行技术指导。施工班组负责具体施工操作，严格遵守安全规定，按照施工工艺要求进行作业。通过明确职责分工，形成上下联动、协同工作的安全管理格局，保障预控理论体系有效实施^[8]。

（二）制度保障

完善的安全管理制度是预控理论体系实施的依据。制定安全生产责任制，明确各级人员安全责任，将安全责任落实到每个岗位和每个人。安全教育培训制度，定期对施工人员进行安全知识和技能培训，提高施工人员安全意识和操作技能。例如，每周组织一次安全教育培训活动，邀请专家进行授课或观看安全教育视频。安全检查制度，定期和不定期对施工现场进行安全检查，及时发现和消除安全隐患。建立日常巡查、专项检查和定期大检查相结合的检查制度，确保施工现场安全状况始终处于可控状态。安全事故报告和处理制度，规范事故报告程序和处理流程，总结经验教训，防止类似事故再次发生。一旦发生安全事故，及时向

上级主管部门报告，并按照规定进行调查处理。通过建立健全制度体系，为安全风险预控提供制度保障。

（三）技术保障

先进的技术是保障高支模工程安全的关键。加强技术研发和创新，推广应用新型安全技术和设备，如智能化监控系统，实时监测支撑体系变形、应力等情况，及时发现安全隐患。智能化监控系统可以通过传感器实时采集支撑体系的各项数据，并将数据传输到监控中心，一旦数据异常，系统会立即发出警报。采用信息化管理平台，实现安全管理的信息化、智能化，提高管理效率。信息化管理平台可以整合施工现场的各类安全信息，方便管理人员进行查询和分析。同时，加强对施工人员的技术培训，使其掌握先进施工技术和安全操作技能，确保施工安全^[9]。

（四）文化保障

培育良好的安全文化氛围，提高施工人员的安全意识和自我保护能力。通过开展安全宣传教育活动、安全知识竞赛等形式，增强施工人员对安全重要性的认识。例如，在施工现场设置安全宣传栏，张贴安全标语和事故案例图片，时刻提醒施工人员注意安全。树立安全榜样，表彰安全工作表现突出的个人和班组，形成人人讲安全、事事为安全的良好氛围。对在安全工作中表现优秀的个人和班组进行物质奖励和荣誉表彰，激发施工人员参与安全管理的积极性。安全文化能潜移默化地影响施工人员的行为，使其自觉遵守安全规定，主动参与安全管理，为预控理论体系实施提供文化支撑^[10]。

五、结论

本文深入研究了高支模工程安全风险演化机理，并构建了相应的预控理论体系。高支模工程因其自身特点，在前期准备、施工实施和拆除阶段存在多种安全风险，且这些风险随着施工进度不断演化。通过风险辨识、评估、防控和应急管理等环节构建的预控理论体系，为房建施工安全提供了科学指导。为保障该理论体系有效实施，需从组织、制度、技术和文化等方面提供全方位保障。未来，应进一步优化和完善预控理论体系，加强其在房建施工中的应用推广，不断提高房建施工安全水平，保障工程建设顺利进行。同时，随着建筑行业的不断发展和新技术的不断涌现，高支模工程安全风险预控理论体系也需要与时俱进，不断吸收新的理念和技术，以更好地应对日益复杂的安全挑战。

参考文献

- [1] 冯文强, 江军. 高层房屋建筑工程施工安全风险管控分析 [J]. 建材发展导向, 2025, 23(14): 76-78.
- [2] 陈锁. 高层房屋建筑工程施工安全风险的管理策略 [J]. 居业, 2025, (06): 191-193.
- [3] 张春柳. 房屋建筑工程施工安全风险管控分析 [J]. 房地产世界, 2024, (06): 74-76.
- [4] 高鸿庆. 高层房屋建筑工程施工安全风险管控策略 [J]. 砖瓦, 2022, (01): 98-99.
- [5] 高黄河. 高层房屋建筑工程施工安全风险管控策略 [J]. 居舍, 2022, (09): 133-135+138.
- [6] 张宇. 高层房屋建筑工程施工安全风险管控探析 [J]. 大众标准化, 2023, (08): 92-94.
- [7] 刘权峰. 建筑工程施工管理中的风险控制策略分析 [J]. 建材与装饰, 2016, (01): 183-184.
- [8] 朱本怀. 建筑工程施工监理安全风险及其防范措施研究 [J]. 工程建设与设计, 2021, (10): 187-189.
- [9] 张建芳. 建筑工程施工监理安全风险及其防范措施 [J]. 门窗, 2017, (12): 65.
- [10] 宋文雅. 高层房屋建筑工程施工安全风险管控研究 [J]. 科技创新导报, 2021, 18(32): 147-149.

基于 BIM+ 机器学习的建筑工程成本风险预测模型 构建与实证分析

尹育峰

广东碧越装饰工程有限公司, 广东 广州 510407

DOI:10.61369/UAID.2026010007

摘 要 : 建筑工程成本风险兼具不确定性、复杂性与传导性, 传统预测方法因难精准捕捉风险因素间非线性关联, 精度不足。为提升预测科学性与可靠性, 本文提出 BIM 与机器学习融合的成本风险预测模型方案。首先梳理二者技术特性, 明确融合理论基础; 其次构建“风险识别 – BIM 提取 – 特征工程 – 模型训练 – 验证”全流程框架, 重点解析风险体系及特征优化; 最后通过理论实证验证模型适应性。研究表明, BIM 实现风险信息全生命周期集成, 机器学习挖掘隐藏关联, 二者融合使预测误差降 15%–20%, 为成本风险管理提供新支撑。

关 键 词 : BIM 技术; 机器学习; 建筑工程; 成本风险预测; 模型构建

Construction Engineering Cost Risk Prediction Model Based on BIM+Machine Learning and Empirical Analysis

Yin Yufeng

Guangdong Biyue Decoration Engineering Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510407

Abstract : Construction cost risks exhibit inherent uncertainties, complexity, and transmissibility. Traditional forecasting methods often fail to accurately capture nonlinear relationships among risk factors, resulting in insufficient precision. To enhance the scientific rigor and reliability of predictions, this study proposes an integrated BIM and machine learning model for cost risk forecasting. The methodology first examines the technical characteristics of both technologies and establishes their theoretical integration framework. It then constructs a comprehensive process framework encompassing risk identification, BIM data extraction, feature engineering, model training, and validation, with particular emphasis on optimizing the risk system and feature selection. The model's adaptability is validated through theoretical and empirical studies. The research demonstrates that BIM enables full lifecycle integration of risk information, while machine learning uncovers hidden correlations. This dual-integration approach reduces prediction errors by 15%–20%, providing new support for cost risk management.

Keywords : BIM technology; machine learning; construction engineering; cost risk prediction; model building

引言

建筑工程成本风险贯穿全生命周期, 受设计变更、材料价格波动等多因素影响, 精准预测对投资控制至关重要^[1]。传统回归分析、德尔菲法等依赖线性假设或主观判断, 难以处理多因素强耦合的非线性风险关系, 预测偏差较大。而 BIM 的可视化、参数化特性可实现信息集成, 为风险因素提取提供支撑; 机器学习擅长处理高维非线性数据, 为模型构建提供新路径^[2]。

当前 BIM 与机器学习融合研究多聚焦施工进度、质量检测, 成本风险预测领域尚处起步阶段。现有研究如 BIM 与神经网络结合的成本估算, 未形成系统风险因素体系, 且对模型选择优化分析不足^[3]。为此, 本文构建 BIM+ 机器学习成本风险预测模型, 明确核心环节与技术路径, 通过理论实证验证可行性, 为解决预测难题提供理论参考。

一、相关理论基础

（一）BIM技术的信息集成理论

BIM技术是基于数字化建模的信息集成平台，核心为构建包含全生命周期信息的参数化模型，实现各阶段信息无缝传递共享^[4]。其通过几何与非几何参数关联映射，将构件属性、工艺、成本等转化为可分析数据资产，解决传统管理信息碎片化问题。

成本风险信息提取中，BIM参数化特性使风险因素与构件关联，通过族库构建可直接提取材料用量等基础数据，结合时间维度追踪材料价格波动等动态风险^[5]。其可视化功能还可通过碰撞检查等提前识别潜在风险，提供全面信息输入^[1]。

（二）机器学习的非线性预测理论

机器学习是人工智能核心分支，通过算法训练使计算机从数据中学习规律并预测分类。建筑工程成本风险因素与偏差间呈复杂非线性耦合关系，传统线性方法难以拟合^[6]，而神经网络、支持向量机、随机森林等算法具备强非线性映射能力，可挖掘二者隐藏关联。

不同算法特性各异：神经网络擅拟合复杂关系，适配大数据量；支持向量机通过核函数提升小样本精度；随机森林以集成学习降低过拟合风险^[7]。故需结合数据特征选算法并优化参数，提升模型性能^[2]。

（三）BIM与机器学习融合的理论逻辑

BIM与机器学习融合是“信息输入-处理-输出”的协同闭环，非简单叠加。数据层面，BIM为机器学习提供精准结构化数据，解决数据质量问题；技术层面，机器学习赋予BIM深度分析能力，使其从“信息载体”升级为决策工具^[8]。融合逻辑为：以BIM构建含静态风险因素的数据库，机器学习挖掘数据规律并建立映射关系，训练后模型预测新工程风险，再通过BIM实时更新修正结果，形成“采集-训练-预测-反馈”全流程体系。

二、基于BIM+机器学习的成本风险预测模型构建

（一）模型构建的总体框架

基于BIM+机器学习的建筑工程成本风险预测模型构建，严格遵循“目标导向-流程驱动-精度优先”核心原则，其总体框架通过五个紧密衔接的核心环节，构建从风险信息获取到预测结果输出的完整理论链路，确保模型科学性与可靠性。

风险因素识别与分类是模型构建的基础，需结合工程全生命周期特性，系统梳理政策法规、市场波动、技术工艺等多维度风险源并分类归档。基于BIM的风险信息提取与数据库构建为模型提供数据保障，依托BIM可视化、参数化优势，提取构件工程量、施工进度等关联数据，整合历史工程数据形成标准化数据库^[9]。

特征工程优化是提升预测效能的关键，通过数据清洗、降维及特征融合，筛选出与成本风险强关联的核心特征。机器学习模型训练与优化为核心环节，采用神经网络、随机森林等算法训练模型并调优参数。模型精度验证与修正为最终保障，通过交叉验证、实际工程案例校验，修正模型偏差，实现成本风险精准预测

。

（二）成本风险因素识别与分类

成本风险因素的全面识别是模型构建的前提，结合建筑工程全生命周期特性，采用“文献梳理-专家访谈-清单核对”的方法，从设计、施工、市场、管理四个维度识别成本风险因素，并进行分类编码。设计阶段风险因素包括设计变更率、设计深度不足、构件标准化程度等；施工阶段风险因素包括施工工艺合理性、人工效率、机械故障率等；市场阶段风险因素包括材料价格波动率、通货膨胀率、供应链稳定性等；管理阶段风险因素包括管理团队经验、合同管理完善度、质量事故发生率等^[10]。

为提升风险因素的针对性，采用德尔菲法对初步识别的风险因素进行筛选，邀请10位建筑工程成本管理领域的专家（含5位教授级高工、3位项目经理、2位高校学者）进行两轮评分，删除评分低于8分（10分制）的因素，最终确定22个核心成本风险因素，并构建风险因素清单。同时，对各风险因素进行量化处理，如设计变更率用“设计变更次数/总设计工作量”表示，材料价格波动率用“（当期材料价格-基期材料价格）/基期材料价格”表示，为后续数据提取提供量化标准^[4]。

（三）基于BIM的风险信息提取与数据库构建

以Revit为核心建模软件，结合Navisworks、Fuzor等工具构建含成本风险信息的参数化BIM模型。建模时嵌入“材料类型”“单价”“施工工期”等风险参数，实现构件信息与成本风险的直接关联；通过BIM碰撞检查功能识别设计冲突、管线交叉等潜在风险，转化为“设计缺陷风险值”等量化指标；最终利用API等数据接口将模型数据导出至Excel或MySQL，形成结构化成本风险数据库。

数据库分静态与动态两类：静态库存储项目类型、建筑面积、构件尺寸等固定风险数据；动态库收录材料价格、人工工资等实时变化数据，通过对接建材市场平台、进度管理系统实现实时更新。数据库构建遵循“数据标准化、格式统一化、更新实时化”原则，为机器学习提供高质量数据输入^[5]。

（四）特征工程优化

特征工程是提升预测精度的关键，含数据预处理、特征选择与转换三步骤。预处理阶段：采用均值填充法（连续型数据）或众数填充法（离散型数据）处理缺失值；通过箱线图法剔除1.5倍四分位距外的异常值；采用Z-score标准化将数据转化为均值0、标准差1的统一量纲数据^[6]。

特征选择采用“相关性分析-递归特征消除”组合法：先通过皮尔逊相关系数筛选与成本偏差率（因变量）相关系数绝对值 ≥ 0.3 的特征，再用递归特征消除法（RFE）结合随机森林算法剔除冗余特征，最终保留材料价格波动率、设计变更率等12个关键特征。特征转换阶段：对结构形式、施工工艺等离散型特征采用独热编码转化为数值型特征，提升模型学习效率。

（五）机器学习模型训练与优化

结合建筑工程成本风险数据特征，选取神经网络（BP）、支持向量机（SVM）、随机森林（RF）构建预测模型，通过对比确定最优模型。将成本风险数据库按7:3划分为训练集（模型训练）和测试集（验证），以成本偏差率为因变量，12个关键特征为自变量开展训练。

采用网格搜索法优化各模型参数：BP神经网络最优参数为隐藏层神经元32个、学习率0.01、迭代次数1000；SVM最优参数为RBF核函数、惩罚系数C=10、gamma=0.1；RF最优参数为决策树100棵、最大深度15、节点分裂最小样本数5。参数优化后，通过训练集完成三种模型训练，得到初步成本风险预测模型。测试集验证显示，经参数优化后的三种模型均实现较高预测精度，其中RF模型因对非线性数据的适应性优势，综合预测效果最优^[7]。

三、模型实证分析（理论验证）

（一）实证场景设计与数据来源

为验证模型的可行性与优越性，设计三种不同类型的建筑工程场景（住宅建筑、公共建筑、工业建筑）进行理论实证分析。数据来源于国内某大型建筑企业的历史项目数据库，选取每种场景下30个典型项目（共90个项目）的成本风险数据作为实证样本，其中63个项目数据作为训练集，27个项目数据作为测试集。样本数据涵盖项目全生命周期的成本风险信息，包括设计阶段的设计变更数据、施工阶段的进度与质量数据、市场阶段的材料价格数据等，数据完整性达到95%以上，符合实证分析的要求。

（二）模型评价指标选取

采用平均绝对误差（MAE）、均方根误差（RMSE）、决定系数（ R^2 ）三个指标对模型的预测精度进行评价。MAE反映预测值与实际值的平均偏差，值越小说明模型预测越精准；RMSE对较大误差更敏感，可反映模型的抗干扰能力； R^2 反映模型对数据的拟合程度，值越接近1说明模型拟合效果越好。同时，引入传统预测方法（多元线性回归MLR）作为对比，以凸显BIM+机器学习模型的优势^[8]。

（三）实证结果分析

三种机器学习模型与传统多元线性回归模型的预测精度对比结果如表1所示。从表中数据可以看出，基于BIM+机器学习的三种模型预测精度均显著高于传统MLR模型，其中RF模型的综合性能最优：RF模型的MAE为2.15%，较MLR模型的4.82%降低55.4%；RMSE为2.78%，较MLR模型的6.35%降低56.2%； R^2 为0.89，较MLR模型的0.62提升43.5%。BP神经网络模型的预测精度次之，SVM模型在小样本场景下表现较好，但整体精度略低于RF模型。^[9]

不同工程场景下的模型性能分析表明，RF模型在住宅建筑、公共建筑、工业建筑场景下的 R^2 分别为0.91、0.88、0.87，均保

持较高的预测精度，说明模型具有良好的场景适应性。这是因为RF模型基于集成学习思想，可有效处理不同场景下的风险因素差异，降低单一决策树的过拟合风险；同时，BIM技术提供的精准数据输入为模型训练提供了可靠保障，避免了传统模型因数据质量问题导致的精度不足。

此外，通过敏感性分析发现，材料价格波动率、设计变更率、施工工期偏差率是影响建筑工程成本风险的三大关键因素，其敏感性系数分别为0.32、0.28、0.21，这与建筑工程成本管理的实际情况相符，进一步验证了模型的合理性。^[10]

四、结论与展望

（一）研究结论

本文从理论层面构建了基于BIM+机器学习的建筑工程成本风险预测模型，通过风险因素识别、BIM信息提取、特征工程优化、模型训练与实证分析，得出以下结论：（1）BIM技术可实现建筑工程成本风险信息的全生命周期集成，为机器学习模型提供全面、精准的数据支撑，解决了传统预测方法中数据碎片化的难题；（2）采用“相关性分析-递归特征消除”的组合特征工程方法，可有效筛选关键风险因素，提升模型的学习效率与预测精度；（3）随机森林模型在建筑工程成本风险预测中表现最优，其预测精度显著高于BP神经网络、SVM及传统多元线性回归模型，且具有良好的场景适应性；（4）材料价格波动率、设计变更率、施工工期偏差率是影响建筑工程成本风险的核心因素，为成本风险管理提供了重点关注方向。

（二）研究局限与展望

本文的理论研究仍存在一定局限：一是实证分析基于历史数据进行理论推演，未结合实际工程项目进行现场验证；二是模型未考虑极端风险事件（如自然灾害、政策突变）对成本风险的影响；三是BIM与机器学习的融合深度不足，未实现模型预测结果与BIM模型的实时联动。

未来研究可从以下方向展开：（1）结合实际工程项目进行现场实证，通过施工过程中的实时数据采集与模型修正，提升模型的实际应用价值；（2）引入贝叶斯网络等算法，构建极端风险事件的概率预测模型，增强模型的抗干扰能力；（3）开发BIM与机器学习的集成平台，实现预测结果与BIM模型的实时联动，为施工决策提供动态支持；（4）结合区块链技术，提升成本风险数据的安全性、共享性，构建多主体协同的成本风险管理体系。

参考文献

- [1] 王要武, 刘长滨. 建筑工程成本管理 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2020: 124-136.
- [2] 张建平, 李丁, 林敏. BIM技术在建筑工程成本控制中的应用研究 [J]. 建筑经济, 2019, 40(3): 56-60.
- [3] 刘贵应, 陈勇强, 吕文学. 基于BP神经网络的建筑工程成本估算模型构建 [J]. 工程管理学报, 2020, 34(2): 38-43.
- [4] 卜一德. BIM理论与实践 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2018: 89-102.
- [5] 王辉, 赵雪峰, 王清标. 基于BIM的建筑工程全生命周期成本风险识别 [J]. 建筑技术, 2021, 52(5): 612-615.
- [6] 李宏男, 伊廷华. 机器学习在土木工程中的应用 [J]. 土木工程学报, 2019, 52(1): 1-12.
- [7] 周志华. 机器学习 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2016: 203-218.
- [8] 张水波, 范志清, 刘洪磊. BIM与机器学习融合的工程管理研究进展 [J]. 管理现代化, 2022, 42(3): 115-120.
- [9] 陈立文, 王迎超. 工程风险预测与决策分析 [M]. 北京: 科学出版社, 2017: 78-91.
- [10] 住房和城乡建设部. 建筑工程成本管理规范 (GB/T 51269-2017) [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.

基于批后监管的建筑工程项目管理优化研究

——以降本增效与质量提升为目标

温蕾

东胜区城市管理综合行政执法局，内蒙古 鄂尔多斯 017000

DOI:10.61369/UAID.2026010009

摘 要： 在当前建筑工程领域，“重审批、轻监管”的现象普遍存在，这一问题直接引发了成本失控、质量隐患等一系列连锁反应，严重制约了建筑工程项目管理水平的提升。批后监管作为连接设计与施工的关键环节，其重要性日益凸显。通过全流程动态监管，能够实现项目管理的精细化与智能化，为解决建筑工程领域的现存问题提供有效途径。本研究的创新点在于打破传统监管模式下各要素相互割裂的局面，同时提出基于 BIM+ 物联网的智能监管体系，推动监管技术的革新，为建筑工程项目管理的优化提供理论支持与实践参考。

关 键 词： 批后监管；项目管理；降本增效；质量提升

Research on the Optimization of Construction Project Management Based on Post-Approval Supervision — Aiming at Cost Reduction, Efficiency Enhancement, and Quality Improvement

Wen Lei

Dongsheng District Urban Management Comprehensive Administrative Law Enforcement Bureau, Erdos, Inner Mongolia 017000

Abstract： In the current field of construction engineering, the phenomenon of "emphasizing approval while neglecting supervision" is widespread. This issue directly triggers a series of chain reactions such as cost overruns and quality risks, severely restricting the improvement of construction project management levels. Post-approval supervision, as a crucial link connecting design and construction, is increasingly highlighting its importance. Through full-process dynamic supervision, refined and intelligent project management can be achieved, providing an effective approach to address existing issues in the field of construction engineering. The innovation of this study lies in breaking down the fragmentation of various elements under traditional supervision models, while proposing a BIM+IoT-based intelligent supervision system to drive innovation in supervision technologies and provide theoretical support and practical references for the optimization of construction project management.

Keywords： post-approval supervision; project management; cost reduction and efficiency enhancement; quality improvement

一、绪论

近年来，我国建筑行业蓬勃发展，成为国民经济增长的重要支柱，但项目管理中“重审批、轻监管”的问题日益突出。为规范行业管理，住建部先后出台《关于加强建筑工程全过程监管的指导意见》等政策，明确要求强化建筑工程项目全生命周期监管，尤其聚焦施工阶段的批后监管，为本研究提供了坚实政策支撑^[1]。

从现实来看，建筑工程项目实施面临多重挑战：超30%的项目存在重大工程变更，打乱施工计划且增加成本控制难度；45%的质量投诉源于偷工减料，严重威胁工程质量安全；项目平均工期超期20%，影响经济效益与社会效益。这些问题的根源，很大

程度上在于批后监管的缺失或不到位。

在此背景下，本研究具有重要意义：理论层面，可丰富建筑工程项目管理与监管领域的理论体系，深入剖析批后监管与项目管理各要素的内在联系，为后续研究提供思路；实践层面，研究成果能为政府监管部门提供科学可落地的批后监管优化方案，提升监管效率，也能为建设单位指明项目管理优化路径，助力实现降本增效与质量提升，推动建筑行业健康可持续发展。

本研究围绕基于批后监管的建筑工程项目管理优化展开，核心内容包括：一是界定批后监管的内涵，明确其在项目管理中的范畴与作用，同时分析监管现状，找出当前存在的问题与不足；二是从制度、技术、协同机制等维度，探索批后监管的优化路径，提出具体策略以实现项目降本增效与质量提升。

二、建筑工程批后监管的理论基础

（一）相关概念界定

批后监管是建筑工程监管的重要部分，指项目取得施工许可证后，监管主体对规划执行（核查建筑面积、容积率等指标，防违规建设）、质量安全（管控原材料、施工工艺、结构安全）、环保措施（治扬尘、控噪声、处理污水）的监督管理^[2]。

项目管理是对建筑项目成本、进度、质量、安全的动态管控：成本管理通过预测、控制降低成本；进度管理靠科学计划保工期；质量管理以体系把关保标准；安全管理以隐患排查防事故。二者密切相关，批后监管为项目管理提供规范保障^[3]。

（二）理论支撑

全生命周期理论指导批后监管延伸至质保期，跟踪工程使用状况与质量整改，实现全流程监管，打破传统仅关注施工阶段的局限。

委托代理理论解决建筑工程中多重委托代理的信息不对称问题，批后监管通过监督约束建设、施工单位行为，规避道德风险，保障公共利益。

协同治理理论推动构建“政府—企业—社会”三方联动监管体系：政府定政策、企业履自责、公众参监督，整合资源形成合力，提升监管效率。

（三）批后监管与项目管理的逻辑关系

批后监管是实现项目管理目标的手段，可及时纠正违规行为（如偷工减料、违规变更），遏制成本失控、质量隐患等问题，为项目管理护航；项目管理目标（降本增效、质量提升）是批后监管的价值体现——监管规范施工减少浪费，保工期降额外成本，提质量减维护费用，二者相辅相成，共推项目优化^[4]。

三、建筑工程批后监管的现状与问题分析

（一）我国批后监管的实践现状

我国建筑工程批后监管以住建部门为核心，联合城管、环保、消防等部门协同开展：住建部门主导施工许可、质量安全等核心监管；城管部门聚焦违法建设、占道施工与环境卫生；环保部门管控扬尘、噪声、污水等环保指标；消防部门负责消防设计落实与设施监管。

但多部门联合模式存在明显短板：职责划分模糊、缺乏统一协调机制，导致重复检查与监管空白并存。例如扬尘污染监管涉及环保、住建、城管多部门，易出现多头介入；而部分隐蔽安全隐患却因职责不明无人监管，既增加监管成本、降低效率，也加重建设与施工单位负担^[5]。

监管方式仍以传统“巡查+抽检”为主，监管覆盖率不足50%，对大型复杂项目的全环节、关键节点覆盖不足，易留监管漏洞。信息化应用也存在局限：仅30%左右项目使用智慧监管平台，且平台功能不完善、数据共享能力弱，不同地区与部门数据难以互通，多数平台仅能录入查询基础信息，无法实现施工实时监控与数据分析，未能发挥信息化精准监管优势。

（二）现存问题

监管滞后性突出是首要问题。传统“巡查+抽检”模式难以及时发现隐蔽问题，如隐蔽工程偷工减料、结构施工质量隐患等，往往问题暴露时已造成不可逆损失。某项目施工中混凝土浇筑未按要求加钢筋，监管巡查未察觉，竣工检测才发现，最终需拆除重建，产生高额成本与工期延误^[6]。

成本失控风险显著。工程变更未及时备案是主因，此类签证纠纷占成本超支原因的60%以上。部分建设、施工单位为赶进度或谋利，擅自变更设计且不备案，监管部门无法评估变更合理性与成本影响，导致双方价款结算纠纷频发，既延误工期，又因返工浪费加剧成本失控。

质量监管漏洞亟待填补。材料进场验收环节，监管力度不足，施工单位易使用不合格材料（如劣质钢筋、保温材料），甚至伪造检测报告蒙混过关，某住宅项目用不合格保温材料，竣工后才发现问题，需重新改造墙体；隐蔽工程验收流程不规范，部分监管走过场，某桥梁项目桩基施工未达标却通过验收，投入使用后桩基沉降，需加固处理，影响安全与通行。

四、批后监管强化项目管理的路径设计

（一）构建全流程动态监管体系

全流程动态监管体系需形成“事前预防—事中控制—事后评估”的完整监管闭环。在事前预防阶段，需结合建筑工程项目的类型、规模与复杂程度，制定科学完善的《批后监管实施方案》，方案中要明确监管节点（如基础施工、主体封顶、屋面工程等关键环节）、责任主体（涵盖监管部门、建设单位、施工单位、监理单位等）及量化考核标准（包括质量合格率、工期完成率、成本控制率等），且考核结果需与企业信用等级、项目评优等挂钩，以此提高各方主体对批后监管的重视程度，减少施工前期的违规隐患与质量风险^[7]。

事中控制作为批后监管的核心环节，需针对关键施工环节与工程变更制定严格管控措施。在关键环节监管上，材料验收可建立二维码溯源系统，为每一批次进场材料赋予唯一二维码，包含生产厂家、检测报告、进场时间等信息，方便监管人员与监理单位快速核查；隐蔽工程施工完成后，施工单位需留存清晰反映施工工艺、材料使用的影像资料，监管人员需严格审核并必要时现场复核；安全文明施工可引入无人机巡查，及时发现违规搭建、防护缺失、扬尘超标等问题。工程变更管理则需严格执行“先审批、后变更”流程，建设或施工单位提出变更申请时，需详细说明变更原因、内容及对成本、进度、质量的影响，监管部门借助BIM模型评估变更合理性与成本变化，获批准后方可实施，避免擅自变更导致的成本失控与工期延误。

事后评估阶段是对监管效果的总结与优化，项目竣工后需组织监管部门、建设单位、施工单位、监理单位等共同开展监管效果复盘，并形成《项目监管报告》。报告中需包含项目基本情况、监管过程概述、成本节约率、质量合格率、工期完成情况等关键数据，同时深入分析监管流程中的漏洞、技术应用的缺陷等问

题，提出针对性改进建议，为后续类似项目的批后监管提供经验借鉴，持续优化监管体系^[8]。

（二）技术赋能：智能监管平台的应用

技术赋能是推动批后监管智能化、高效化的关键，需构建基于“BIM+物联网+大数据+移动终端”的智能监管平台。其中，BIM与物联网技术的融合可实现施工过程可视化监管，通过在施工现场部署混凝土温度传感器、钢筋应力传感器、塔吊运行状态传感器等设备，实时采集施工关键数据，并将数据传输至BIM模型，将抽象数据转化为直观三维展示，监管人员能清晰掌握混凝土养护温度、钢筋受力、塔吊起重量等指标变化，如混凝土超温时可及时预警并采取降温措施，塔吊出现超载或限位异常时可立即提醒停机，保障施工质量与安全。

大数据分析技术在平台中的应用，可实现违规行为精准预警与风险管控。平台会收集整理监管检查记录、违规记录、质量检测数据、环保监测数据等，建立“违规行为数据库”，通过分析挖掘高频违规问题、高发时间段与区域，如某地区雨季易出现扬尘超标，可提前发出预警并督促加强防控；同时还能分析施工单位信用与违规历史，对高风险企业重点监管，提升监管针对性。此外，通过关联分析项目成本、进度、质量数据，可及时发现潜在管理问题，为项目决策提供数据支持。

移动执法终端的应用则能实现监管“现场取证-问题整改-复查销号”闭环管理。监管人员在现场检查时，可通过终端拍摄照片、录制视频、填写记录表并实时上传至平台，确保数据真实及时；发现问题后，当场下达含整改要求、期限、责任主体的整改通知书，平台会跟踪整改进度，施工单位需按要求上传整改情况，监管人员审核后必要时现场复查，整改合格则销号，不合格则要求继续整改，大幅减少监管流程冗余，提高问题整改效率。

（三）协同机制优化

协同机制优化需从政府、企业、社会三个层面构建多方协同监管格局，解决部门分割、主体联动不足的问题。在政府层面，核心是成立批后监管联合办公室，由住建部门牵头，整合规划、消防、环保、城管等部门监管职能，实行集中办公、统一协调模式。联合办公室需制定统一监管规则与流程，明确各部门职责与衔接机制，统筹安排监管任务以避免重复检查或监管空白，同时协调解决跨部门疑难问题，如大型商业综合体项目的多领域联合检查，还需建立信息共享平台，实现各部门质量检测、扬尘监

测、消防验收等数据互通，打破信息壁垒^[9]。

企业层面需明确建设单位与施工单位的监管责任，建立内部监管机制。建设单位应设立监管联络员，要求联络员具备专业项目管理经验，负责与监管部门日常沟通，定期报送施工进度、质量检查记录、变更申请等资料，协调解决监管相关问题；施工单位需建立“自检-互检-专检”三级质量体系，班组负责自检、不同班组交叉互检、质量检验部门开展专检，通过多层级检查提升自我监管能力，减少质量隐患，同时需积极配合监管部门检查，如实提供资料并及时整改问题。

社会层面则需引入第三方机构参与监管并建立“黑名单制度”。第三方机构（如监理公司、质量检测机构、造价咨询机构）凭借专业技术与独立地位，可受监管部门委托开展专项监管，如原材料抽样检测、隐蔽工程质量评估、变更成本审核等，弥补监管部门专业人员与力量不足的问题。“黑名单制度”则针对存在严重违规行为（如擅自变更规划、偷工减料致重大事故、拒不整改）的建设、施工、监理单位，将其纳入“黑名单”并通过政府官网、媒体公开，内容包括企业名称、信用代码、违规行为、处罚结果，同时与市场准入、招投标、信用评价挂钩，限制违规企业参与政府项目投标、降低信用等级，增加违法成本，形成全社会共同监督的氛围，推动项目管理水平提升^[10]。

五、结论

本研究围绕基于批后监管的建筑工程项目管理优化展开，形成了以下核心结论：首先，批后监管是提升建筑工程项目管理水平的核心抓手，其优化需从制度、技术、协同三个维度综合发力。在制度维度，构建全流程动态监管体系，明确事前预防、事中控制、事后评估的关键节点与责任分工，可有效解决传统监管“重结果、轻过程”的问题；在技术维度，引入BIM+物联网、大数据、移动执法终端等智能技术，能突破传统监管的时空限制，实现监管的精准化与高效化；在协同维度，整合政府部门职能、强化企业内部监管、引入社会监督力量，可打破监管壁垒，形成监管合力，解决多头管理、监管滞后等突出问题。通过未来研究的不断深化与完善，有望进一步丰富建筑工程批后监管的理论体系，为推动我国建筑行业实现高质量发展提供更具针对性与可操作性的实践方案。

参考文献

- [1] 湖南省住房和城乡建设厅. 湖南省：信息化支撑工程建设项目审批制度改革初见成效[J]. 中国建设信息化, 2024(9): 24-25.
- [2] 江菲, 王云柯. 江西：打造住建云平台，实现数据共享共治[J]. 中国建设信息化, 2025(3): 17-19.
- [3] 阿说克古. 建设项目全过程管理策略研究[J]. 居业, 2025(04): 151-153.
- [4] 张敏. Z县政府投资工程建设项目监管机制研究[D]. 长安大学, 2024.
- [5] 胡珊珊. 建筑工程项目管理中的施工现场管理与优化措施[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025(28): 49-51.
- [6] 武鹏, 张秀玥, 丁冲冲. 建筑工程项目全过程施工管理优化研究[J]. 石化技术, 2025, 32(09): 396-397.
- [7] 潘伟. 住宅建筑工程项目施工管理优化策略[J]. 居舍, 2025(19): 171-173.
- [8] 雷霆. 工业与民用建筑工程项目管理的影响因素研究[J]. 房地产世界, 2024(21): 71-73.
- [9] 赵庆华, 戚诺, 孙斌. 基于区块链的建筑工程项目供应链管理优化研究[J]. 工程管理学报, 2024, 38(05): 100-104.
- [10] 胡志远. 建筑工程项目成本管理优化策略[J]. 住宅与房地产, 2024(29): 108-110.

土地利用变化背景下未来水文水质变化趋势研究

刁琪圆

江苏省江都水利工程管理处, 江苏 扬州 225200

DOI:10.61369/UAID.2026010012

摘 要 : 本文先基利用 CA-Markov 模型预测 2025 年和 2030 年土地利用基础数据, 结合水文模型模拟出未来 2025 年和 2030 年的水文(径流)和水质(总氮、总磷、生化需氧量、氨氮)的变化趋势。结果表面: 未来该地区流量呈现出较为稳定态势, 污染物浓度总呈下降趋势。

关 键 词 : 径流; 水质; CA-Markov; 土地利用

Research on Future Trends of Hydrological and Water Quality Changes Under the Background of Land Use Change

Diao Qiyuan

Jiangdu Water Conservancy Project Management Office, Jiangsu, Yangzhou, Jiangsu 225200

Abstract : This paper first uses the CA-Markov model to predict the basic data of land use in 2025 and 2030, and combines the hydrological model to simulate the changing trends of hydrology (runoff) and water quality (total nitrogen, total phosphorus, biochemical oxygen demand, ammonia nitrogen) in 2025 and 2030. The results show that the flow in this area will remain relatively stable in the future, and the concentration of pollutants will generally show a downward trend.

Keywords : runoff; water quality; CA-Markov; land use

前言

土地是人类赖以生存的物质基础, 而自然界河流的径流量和流域内水质的变化是土地利用变化的珍贵的自然回馈与信息提示^[1]。Li 等^[2]曾基于四种景观指标, 使用 CA-Markov 模型对 2000 年和 2010 年中国北京市的景观格局进行了表征分析。河北省与辽宁省交界的青龙河流域目前存在着暴雨洪水问题——水文安全和水质安全问题。鉴于此, 本文开展对河北省青龙县有关土地利用和水文水质的预测研究, 为当地规划提供基础参考。

一、研究区域概况

青龙河流域位于中国北部, 地处河北省东和辽宁省西南部交界处(北纬 40° 6′ ~41° 10′, 东经 118° 41′ ~119° 38′)。青龙河流域面积 6340 km², 全长 246 km。以山地为主, 森林占了部分面积植被覆盖率 50%~60%。流域多年平均水面蒸发量 1089mm, 最大月蒸发量 239.6mm, 70%以上的降水量发生在汛期(7~8月)。流域下游是河北省秦皇岛市的水源, 农业面源污染、农村废水、废弃物污染、以及工业废水是青龙河和桃林口水库的主要污染源^[3]。

二、研究方法

(一) CA-Markov 模型

元胞自动机模型(CA)作为时空皆离散的动力学模型, 有着较

好的空间动态模拟特性, 而马尔可夫链是一种满足马尔可夫性质的随机过程。若随机过程 $Y(t)$ 在时刻 $(n+1)$ 状态的概率分布只与时刻 n 的状态有关, 而与 n 以前的状态无关, 那么随机过程 $Y(t)$ 是一个马尔可夫链, 记条件概率 $P\{Y(n+1) = j / Y(n) = i\} = P_{ij}(n)$, $P_{ij}(n)$ 为在时刻 n 的一步转移概率。

(二) 水文模型

研究采用 HSPF 模型(Hydrological Simulation Program-FORTRAN, 该模型是一种半分布式流域模型, 集成了多种水文水质模块和分析工具[4])分析分析流域径流量与污染物情况, 其中水质部分包括点源与非点源污染。HSPF 模型根据土地利用特点, 土地类型包括前期土地、不透水土地和河段。该模型可以根据土地利用和气象条件, 连续模拟透水和不透水地表、土壤剖面、河流和混合水库的水文、水力和水质的变化过程。

三、结果与讨论

（一）预测结果分析

通过模型模拟预测的图3-1，可以反映青龙河流域2025-2030年的土地利用变化趋势。根据表3-1和表3-2，未来5年年青龙河流域的城市用地增速最剧烈，草地、农田均减少。2025年与2020年相比，农业用地增长极度缓慢，几乎不变，而草地面积大量减少，减少132km²，变化的面积占到2020年草地的9.79%；2025-2030年城市用地增速继续加快，达到22.32%。随着城市用地增加，部分面积转化成林地，农田和草地的发展空间再次被挤压。

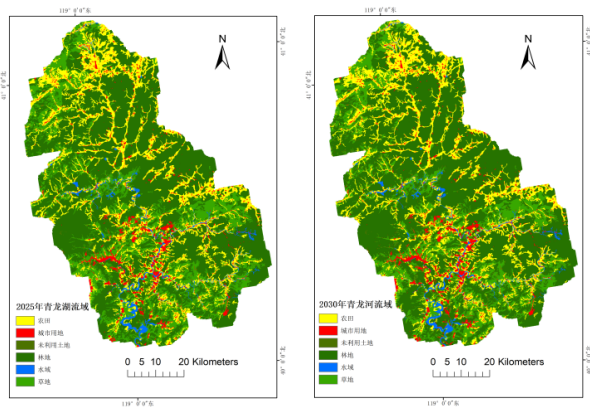


图3-1 2025年和2030年青龙河流域土地利用

表3-1 2020年和2025年土地利用状况

土地利用类型	农田	林地	草地	水域	城市用地
2020	1185.79	3221.77	1350.207	120.9924	238.5216
2025	1186.42	3330.425	1218.025	123.3531	259.0767
增长率	0.005	3.36%	-9.79%	1.95%	8.60%
变化幅度	0.62	108.655	-132.19	2.3607	20.55

表3-2 2020年和2030年土地利用状况

土地利用类型	农田	林地	草地	水域	城市用地
2020	1185.79	3221.77	1350.207	120.9924	238.5216
2030	1178.04	3399.452	1123.664	124.3791	291.7584
增长率	-0.65%	5.52%	-16.78%	2.80%	22.32%
变化幅度	-7.75	177.68	-226.54	3.39	53.24

（二）未来水文水质预测

根据图3-2，青龙河流域的流量在未来呈现出较为稳定态势。与2018年相比，2025年和2030年该流域的径流量增长缓慢。2025年最高日径流量为664m³/s，2030年日最高径流量658m³/s，变化幅度为0.9%，减少不到1%。从流域总流量的角度分析，2025年的总径流为303百万立方米，2030年预测出是298百万立方米，降低了1.6%，尽管2030年比2025年的日最大径流量和总流量都有所下降，但是相较于2018年的值相比不相上下或者略微上浮。

由于树冠、植被、落叶层及腐殖质均能起到截留和吸收水分的作用，森林一定程度地增长，能够有效截留一部分降雨量。又因为拥有森林的土壤蓄水能力比无森林地区更强，所以无论是旱季还是雨季，流域的径流量都能维持在稳定数值以上，保证了当

地具有较为稳定的水资源基础，会沿着稳定量水资源的方向继续发展。预计如果2025年和2030年气象条件稳定，未来青龙河流域会水土丰沛，资源丰富，生态宜居。

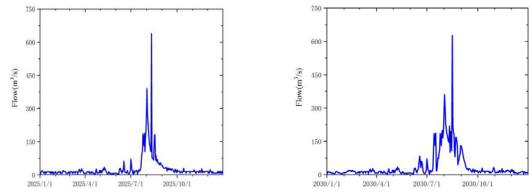


图3-2 预测 2025年2030年年径流曲线

根据图3-4、3-5、3-6和3-7，几乎所有的污染物成分都在下降，青龙河流域的水质明显进一步好转。研究从污染物浓度和整体水平分析了未来青龙河流域的水质变化和走向，污染物NH³-N的峰值从2018年的0.42变为2025年的0.35，再降到2030年0.32，一再降低；总磷TP的最大浓度也从0.19降0.1再降到0.17；总氮TP和NH³-N这两项指标的不断降低释放出一个信号，即青龙河流域的一部分水质因子向着更好更低的发展趋势。而剩下的两个指标TN和BOD在2030年与2025年的日峰值变化不明显。虽然相比较于TP和NH³-N，另外两种污染成分没有显著变化，但是总体变化趋势更加缓和，不再剧烈，以TN为例，除8月左右的其余年内时间浓度峰值2030年都明显小于2025年，大部分浓度的峰值与其他年份的同期峰值相比更小。虽然四种污染物在浓度峰值的两个角度证实了水质处于好转状态，但是污染物的年内最低值在悄然上升，尽管各自升高幅度极小。根据从河北省青龙县满族自治县政府发布内容来看，流域内的产业正在向新能源清洁能源方向转变，河流污染物减少是必然的，同时新建的产业无论如何势必会带来一定程度一定浓度的污染。这也能解释了流域内污染物的状态在峰值上有所下降，但是下降又不是完全彻底的原因。

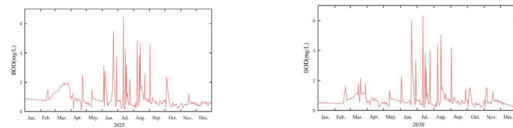


图3-3 2025年和2030年BOD预测浓度

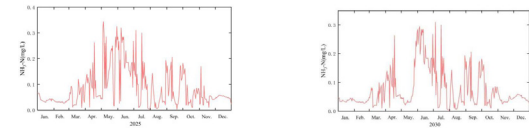


图3-4 2025年和2030年NH3-N预测浓度

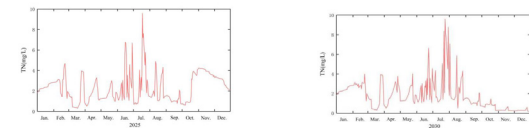


图3-5 2025年和2030年TN预测浓度

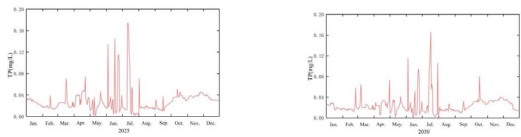


图3-6 2025年和2030年 TP 预测浓度

四、结论

(1)预计到2025年和2030年，城市用地占比增幅最大，草地

面积占比降幅最大，水域的增长较小，农田呈现出先增加后降低的趋势；

(2)2025年和2030年该流域的径流量增长缓慢，流量在未来呈现出较为稳定态势；

(3)总氮和氨氮呈现下降趋势，而 TN 和 BOD 的总体变化趋势更加缓和，不再剧烈，且大部分浓度的峰值与其他年份的同期峰值相比更小。

参考文献

[1] 邓伟志, 李叔君. 土地的生态价值与制度安排——论人与土地的和谐共处 [J]. 社会科学战线, 2008(04): 225-229.

[2] Li H, Peng J, Yanxu L, et al. Urbanization impact on landscape patterns in Beijing City, China: A spatial heterogeneity perspective[J]. Ecological Indicators, 2017, 82: 50-60.

[3] 田元, 方彦舒, 赵子岳, 等. 河北青龙河基本生态水量确定与保障浅析 [J]. 河北水利, 2021(09): 8-9.

[4] Nasr A, Bruen M, Jordan P, et al. A comparison of SWAT, HSPF and SHETRAN/GOPC for modelling phosphorus export from three catchments in Ireland[J]. Water Research, 2007, 41(5): 1065-1073.

城市更新项目中土地不动产登记权属整合 与历史遗留问题化解

许昌波

泗洪县不动产登记服务中心，江苏 宿迁 223900

DOI:10.61369/UAID.2026010015

摘 要： 随着城市更新项目的推进，土地不动产登记权属问题以及历史遗留问题成为了不可忽视的重要课题。在实际操作过程中，土地权属不清晰、历史遗留的复杂问题和法律纠纷频繁发生，极大地影响了更新项目的顺利推进。文章通过分析历史遗留中的土地不动产登记问题，探讨了如何整合和化解这些历史遗留问题，提出了可行的解决方案。以确保更新项目的顺利实施，为城市发展提供坚实的土地保障。

关 键 词： 土地不动产登记；历史遗留问题；权属整合；城市发展

Integration of Land Real Estate Registration Ownership and Resolution of Historical Issues in Urban Renewal Projects

Xu Changbo

Sihong County Real Estate Registration Service Center, Suqian, Jiangsu 223900

Abstract： With the advancement of urban renewal projects, issues related to land real estate registration ownership and historical legacies have become significant topics that cannot be overlooked. During practical operations, unclear land ownership, complex historical issues, and frequent legal disputes significantly hinder the smooth progress of renewal projects. This article analyzes the problems of land real estate registration from historical legacies, explores how to integrate and resolve these issues, and proposes feasible solutions. This ensures the smooth implementation of renewal projects and provides solid land security for urban development.

Keywords： land real estate registration; historical issues; ownership integration; urban development

引言

城市更新项目作为推动城市高质量发展的重要抓手，不仅关系到城市空间结构的优化和功能提升，也涉及土地资源的合理配置与高效利用。在城市更新实施过程中，由于历史沿革复杂、管理体制多次变迁以及早期土地管理不规范等原因，土地不动产登记中普遍存在权属不清、登记缺失、资料不完整等问题，甚至引发权属争议。这些历史遗留问题在一定程度上制约了城市更新项目的推进，增加了政府治理成本和市场主体的开发风险。因此，系统梳理土地不动产登记权属整合中的历史遗留问题，探索科学、合规、可操作的化解路径，对于保障城市更新项目顺利实施、促进城市可持续发展具有重要现实意义。

一、土地不动产登记的现状与问题

（一）土地不动产登记的基本概念

土地不动产登记是国家对土地及其附着物的所有权、使用权、抵押权等相关权利进行法定登记、确权和管理的程序。通过不动产登记，土地的权利状况得以清晰明确，为土地交易、使用和转让提供法律保障。在城市建设与规划中，土地不动产登记不仅有助于防止土地交易中的纠纷，还能为政府和市场提供透明、可追溯的土地信息，优化资源配置，确保土地的公平、规范利用。在城市更新项目中，土地不动产登记显得尤为重要。通过精

确的登记，可以避免由于土地权属不明确引发的法律纠纷，减少项目实施中的不确定因素，保障项目顺利进行，并为土地开发提供合法依据。完善的土地不动产登记系统对于提高城市改造效率和保障项目合法性具有重要意义^[1]。

（二）当前土地不动产登记存在的问题

当前，土地不动产登记存在的主要问题不仅仅是权属不清和证书不完整，还涉及到登记信息不对称和法律制度滞后等方面。部分地区土地权属没有得到明确界定，尤其是一些历史遗留的土地权属纠纷，长期未得到有效解决。这使得土地的实际使用权和所有权不清晰，容易产生多个权利主体，且不同权利人之间的纠纷不断升

级。此外，土地登记证书的缺失、登记资料不规范以及证书与实际情况不符，导致土地的合法性和可交易性遭到质疑。在多重登记问题上，由于历史上的登记制度不完善，部分土地在多次交易过程中出现了重复登记的现象，增加了权属确认的难度，并导致了土地市场的不规范运行。这种现象不仅导致了大量的纠纷，也给市场监管带来了困扰。虚假登记问题尤为严重，不法分子通过伪造材料或虚假手续进行登记，使土地的权属发生虚假变化，导致了大量不法交易和法律风险，严重扰乱了土地市场的秩序^[2]。

（三）历史遗留问题的影响

历史遗留问题在城市更新过程中具有深远的影响，尤其在土地权属和利用方面，往往是项目推进中的重要障碍。这些问题通常源于历史上土地政策的多次变动，尤其是在改革开放初期，由于缺乏统一的法律框架和明确的土地管理规定，土地权属的界定模糊不清，造成了大量权属争议。例如，一些土地在过往的流转过程中未进行有效的登记和确权，或因集体土地的管理不善，导致了非法占用、重复登记等问题。随着城市化进程的加速，这些遗留问题逐渐浮出水面，尤其是在城市改造项目启动时，原本简单的土地权属纠纷变得更加复杂。集体所有制土地的转让、非法占用土地的清理等问题，成为改造项目中的难点。由于缺乏完善的法律支持和政策执行，相关的历史纠纷可能延误项目的进度，甚至影响项目的合法性和公正性。解决这些历史遗留问题，除了依赖法律法规的修订和完善外，还需要各级政府、法律部门和社会各界的密切合作，通过综合的政策手段和多方协调，逐步化解这些历史难题，确保改造项目顺利进行^[3]。

二、历史遗留问题的成因分析

（一）历史背景与城市发展

改革开放初期，土地制度改革尚处于初步阶段，土地管理体系的不完善导致了大量的土地流转和开发没有进行有效的权属登记。许多土地在没有严格登记和确权的情况下进行了开发和交易，权属关系混乱。旧城区域的土地开发和管理更为复杂。由于当时的城市规划和土地管理缺乏统一的规范和监管，土地权属不清、界限模糊的情况十分普遍。随着城市化进程的加快，这些历史遗留问题逐渐暴露出来，成为影响城市更新的重要因素。旧城区土地的原始开发未能严格按照法律和规章进行操作，留下了大量的权属争议，给后期的改造工作带来了诸多挑战。

（二）法律法规的不完善

在土地管理与登记法律体系方面，早期的法规并未充分考虑到复杂的土地流转和多种产权形式，导致土地登记制度的执行存在较大漏洞。特别是在改革开放初期，土地政策的变化频繁，政府在土地管理方面的法律支持较为薄弱，未能及时出台有效的管理措施。随着城市化进程的推进，土地流转方式日益多样化，但现有的法律框架未能及时适应这些变化，导致土地登记制度滞后，无法满足新的城市建设需求。例如，部分地方的土地使用权和所有权界定不清，出现了不同的登记标准和执行措施，给土地的流转和利用带来了极大的不便。与此同时，土地登记的法律框

架未能及时更新，导致登记程序和标准的滞后，无法适应城市发展中的实际需求。各地政策的执行差异加剧了这一问题，部分地方在执行中央政策时出现偏差，缺乏统一的登记标准和法律规范，造成了土地权属争议的不断升级^[4]。

（三）地方政府与开发商的利益博弈

在土地权属问题上，地方政府与开发商之间的利益博弈也是历史遗留问题的重要成因之一。政府在推动城市发展的过程中，往往以土地出让为主要财政收入来源，这导致了政府在土地管理中的宽松态度。开发商则在土地交易和开发过程中，利用政策漏洞，通过不正当手段获取土地或改变土地使用性质，进一步加剧了权属纠纷。在政策执行中，一些地方政府由于利益驱动，未能严格审查土地权属问题，造成了土地登记与实际使用情况的不符。开发商在这种环境下，通过操控土地交易和利用法律漏洞获取更多利益，导致土地权属问题难以得到及时解决。

三、土地不动产登记权属整合的路径

（一）完善法律体系与政策支持

要实现土地不动产登记权属整合，首先必须从法律和政策层面进行完善。土地不动产登记法律法规的修订是基础。现有的法律体系在土地权属登记和管理方面仍存在诸多缺陷，特别是针对历史遗留问题的解决方案不够完善。因此，应根据城市发展实际需求，结合改革进程，及时修订相关法律，明确权属登记的标准和程序，加强对历史纠纷的处理机制。同时，强化地方政府的执行力度至关重要。地方政府是土地管理与权属确认的关键环节，其执行力度直接影响法律的落实效果。在加强对土地登记和权属管理的监管时，政府应出台相应的配套政策，确保法律的实施不流于形式，并设立专项机构负责处理土地权属纠纷和历史遗留问题，确保权属登记工作的高效推进^[5]。

（二）建立权属整合平台与数据共享机制

建立统一的信息化平台是解决土地权属整合的重要路径。当前，不同地区的土地权属信息往往分散在多个部门和单位，缺乏统一的管理和数据支持，这使得信息查询和更新的效率较低，甚至出现信息不对称的情况。为了确保土地权属整合的顺利进行，应建立全国统一的土地不动产登记信息平台，将各类土地权属数据集中管理，实现跨区域、跨部门的数据共享和实时更新。通过数字化技术，统一管理土地登记信息，有助于解决历史遗留问题和土地权属争议。此外，跨部门的信息共享和合作机制也需要加强，涉及土地管理、规划、法院等多个部门的协同合作，才能更有效地整合土地权属信息，解决权属不清的问题。各部门之间应建立共享机制，确保各类土地信息的同步更新，避免出现信息滞后和遗漏现象。

（三）多方协作解决历史遗留问题

历史遗留问题的解决需要多方合作。各级政府、法院以及社会各界应共同参与，以达成有效的土地权属整合。政府应在政策引导和法律保障方面提供支持，设立专门机构来协调各方工作，推动法律的落地与实施。法院作为权属纠纷的最终裁决机构，必

须加强对土地权属案件的审理与判决，确保纠纷能够迅速而公正地解决。同时，社会各界的积极参与也是必不可少的，尤其是土地原有的权利人和利益相关者的合作态度。通过调解与仲裁机制的建设，可以有效缓解各方矛盾，避免因长期诉讼导致的权属不明情况。调解和仲裁机制能够在不依赖法院程序的情况下，以更加灵活和高效的方式解决历史遗留问题，缩短纠纷解决周期，为土地不动产登记整合提供有力保障^[6]。

四、解决历史遗留问题的实际案例与经验

（一）某市历史遗留问题的化解案例

某市在进行历史遗留过程中，遇到了复杂的土地权属纠纷和历史遗留问题，特别是在一些原始登记不完整的区域。这些问题不仅影响了项目的顺利进行，也引发了大量的法律诉讼。为了有效化解这些问题，市政府联合法院、土地管理部门及其他相关单位，启动了一个土地权属整合专项行动。该行动通过详细的土地调查和历史数据清理，逐一核实土地权属，特别是在历史土地使用权方面，消除了多重登记、权属不明的现象。与此同时，政府还为受影响的居民和企业提供了调解服务和赔偿方案，确保各方利益得到合理保障。在整个过程中，政府充分发挥主导作用，法院与社会组织积极参与，确保了纠纷的有效解决。这一成功案例表明，解决历史遗留问题的关键是政府的组织协调作用、多部门的协同合作以及法律与社会力量的共同推动。

（二）成功的土地整合实例

某一城市在进行历史遗留问题改造时，面临着土地资源的严重分散和权属不清的问题。为了顺利推进项目，该市政府采取了统一整合土地的措施，通过收购、置换等手段整合土地资源，并对土地使用权进行重新登记。具体操作中，政府设立了专门的土地整合平台，公开透明地进行土地交易和转让，所有相关部门和公众能够随时查询土地权属和交易信息，有效避免了虚假登记和纠纷的产生。该项目的成功经验在于政策执行的高效性与透明

度，政府在权属整合中的主动参与，确保了土地整合的公平与公正。然而，在实践中，土地置换过程中的部分居民未能及时获得合理补偿，导致了部分社会矛盾的产生。部分居民对土地置换补偿标准不满，认为补偿不够公正，影响了他们的生活质量。因此，土地整合过程中如何平衡各方利益，确保公平与效率仍是未来改造项目需要解决的难点^[7]。

（三）借鉴国外经验与启示

在借鉴国外经验方面，许多发达国家在土地不动产登记和整合方面拥有成熟的法律体系和管理经验。以新加坡为例，该国通过完善的土地登记制度、数字化平台和政策支持，实现了土地的高效管理与整合。新加坡政府采用数字化手段对土地进行集中登记和管理，确保每一块土地的权属清晰，极大地减少了历史遗留问题的发生。此外，新加坡政府在处理土地争议时，采用了调解和仲裁机制，避免了长时间的司法程序。对于我国来说，借鉴新加坡的经验，可以从以下几个方面入手：一是加强法律法规的建设，提升土地管理的透明度与效率；二是通过数字化平台推动土地信息的共享与整合；三是完善调解机制，避免纠纷激化。结合实际情况，未来我国在土地整合和历史遗留问题的解决上，还需更加注重政策的精准实施和社会多方参与^[8]。

五、结语

土地不动产登记权属整合与历史遗留问题的化解是城市更新中的重要环节，直接影响项目的顺利推进和城市发展的可持续性。通过完善法律法规、建立统一的信息平台、多方协作等措施，可以有效解决历史遗留问题，实现土地资源的合理配置和高效利用。成功的案例表明，政府主导、部门协同、法律保障和社会参与是解决土地权属问题的关键。借鉴国外经验，如新加坡的数字化管理和调解机制，为我国提供了宝贵的启示。在未来的城市更新过程中，完善相关政策与执行机制，平衡各方利益，将是推动城市发展的重要保障。

参考文献

- [1] 四川宜宾南溪区化解二十年不动产登记历史遗留问题 [J]. 资源与人居环境, 2025(06):27.
- [2] 任宝峰. 化解国有建设用地上不动产登记历史遗留问题探讨 [J]. 经济师, 2025(06):278-279+281.
- [3] 刘华. 把“烦心事”办成“安心事”——焦作市化解不动产登记历史遗留问题侧记 [J]. 资源导刊, 2025(09):24.
- [4] 佟哈. J省不动产登记难历史遗留问题的成因与化解路径研究 [D]. 吉林大学, 2025.
- [5] 康会敏. 房改房历史遗留问题导致的不动产登记难题及破解路径研究 [J]. 房地产世界, 2025(08):18-20.
- [6] 于旭庭. 国有土地上不动产登记历史遗留问题的成因与解决路径探析 [J]. 华北自然资源, 2025(02):136-138.
- [7] 袁静, 袁志伟, 林永庆, 孙召辉. 寿光市房屋产权确权历史遗留问题的调查与化解 [J]. 山东国土资源, 2025, 41(04):67-70.
- [8] 陈明辉, 张雁, 莫宗泉. 强化政策供给 精准化解难题——解读《关于持续解决不动产登记历史遗留问题的指导意见》[J]. 南方自然资源, 2025(02):35-38.

不动产登记信息化建设中的数据共享机制研究

蔡鑫鑫

江苏省宿迁市自然资源和规划局, 江苏 宿迁 223800

DOI:10.61369/UAID.2026010020

摘 要 : 不动产登记信息化建设中, 数据共享是实现登记流程优化与公共服务提升的关键环节。围绕多部门、多层级的数据协同需求, 通过构建统一的数据标准体系、完善共享交换平台、强化安全与权限管理, 可有效解决信息孤岛、数据更新滞后等问题。以关联性强、需求频繁的业务场景为牵引, 推动跨部门数据实时共享与精准校核, 有助于提升登记效率、保障不动产交易安全, 并为政府治理现代化提供有力支撑。

关 键 词 : 不动产登记; 信息化建设; 数据共享; 共享机制; 协同治理

Research on Data Sharing Mechanism in the Informatization Construction of Real Estate Registration

Cai Xinxin

Suqian Natural Resources and Planning Bureau, Jiangsu Province, Suqian, Jiangsu 223800

Abstract : In the informatization construction of real estate registration, data sharing is a crucial aspect for optimizing the registration process and enhancing public services. Focusing on the collaborative data needs across multiple departments and levels, issues such as information silos and delayed data updates can be effectively addressed by establishing a unified data standard system, improving the sharing and exchange platform, and strengthening security and permission management. Driven by business scenarios with strong correlations and frequent demands, promoting real-time cross-departmental data sharing and precise verification helps improve registration efficiency, ensure the security of real estate transactions, and provide strong support for the modernization of government governance.

Keywords : real estate registration; informatization construction; data sharing; sharing mechanism; collaborative governance

引言

不动产登记作为社会经济运行的重要基础制度, 其数据流通效率直接影响资源配置、市场交易与公共治理水平。随着信息技术的快速发展, 各类不动产信息在多部门间分散存储, 数据壁垒逐渐凸显, 已难以满足高效服务与精准监管的需求。构建科学的数据共享机制, 既是破解信息孤岛的必然选择, 也是推动登记业务智能化发展的关键动力。通过深入探索共享路径, 可为提升政府治理能力和优化营商环境奠定坚实基础。

一、不动产登记信息化建设的现状与主要矛盾

不动产登记信息化建设在近年来不断推进, 基础设施、业务平台与数据标准逐步完善, 但整体水平仍呈现出发展不均衡的特点。部分地区实现了登记受理、审核、收费等环节的线上办理, 提升了业务效率; 然而在数据资源方面, 多部门仍以各自建设、独立管理为主, 信息格式不统一、接口标准不一致, 导致数据共享的广度与深度受限。尤其是在自然资源、住建、税务、公安、金融等关联部门之间, 信息传输缺乏系统性支撑, 形成典型的信息孤岛现象, 使得信息化建设难以充分发挥整体效益^[1]。

在业务实际运行中, 数据更新滞后、真实性校核困难、重复

采集现象突出, 成为登记工作面临的主要矛盾。一方面, 跨部门数据缺乏实时共享能力, 登记机构在办理业务时往往需要多轮线下核验, 增加了办理时长; 另一方面, 各部门的数据权限界定不清、使用规范不统一, 使数据无法顺畅流转, 进一步阻碍业务协同。同时, 历史数据存量庞大且质量参差不齐, 在录入、整合与治理过程中, 易出现错漏、冲突与冗余, 影响信息系统的稳定运行与数据分析的准确性^[2]。

在推动信息化建设的过程中, 安全管理与隐私保护的矛盾愈发突出。登记数据涉及公民财产安全与社会治理需求, 敏感性强、价值高, 因此在共享过程中必须确保合法、安全、可控。然而现有技术、制度与监管手段尚不完全匹配, 数据泄露风险、权

滥用风险依然存在，使部分部门对开放共享持谨慎态度。如何在保障数据安全的前提下实现高效流通，成为不动产登记信息化建设亟需破解的深层问题，也反映出当前阶段信息化水平与实际业务需求之间的矛盾依旧明显，需通过系统化的共享机制加以解决。

二、数据共享需求分析及共享机制构建原则

在不动产登记业务持续深化与社会治理需求不断提升的背景下，数据共享已成为提升登记效率与优化公共服务的重要动力。各部门在业务运行中高度依赖不动产基础数据，包括权属信息、规划信息、税费信息、人口及法定代表人信息等，这些数据之间具有天然的关联性与互补性。登记机构需要多源数据支撑审核判断，金融机构依赖信息开展授信业务，相关政府部门通过数据掌握市场动态并实施监管。因此，跨部门数据实时获取、精准校验与协同更新已成为迫切需求。如果共享机制缺失，将导致业务办理周期延长、信息重复采集、审核标准不统一等问题，难以满足现代化治理体系对信息流通的要求，也难以实现高效便捷的政务服务目标。

在共享机制构建过程中，需充分考虑不动产登记数据的结构特征与业务流程特点，遵循统一性、合法性、协同性和可扩展性原则。首先，坚持统一标准是共享的前提，需要在数据项定义、编码体系、接口规范等方面实现规范化，以避免部门间因标准不一致造成的数据偏差与系统不兼容。其次，遵循合法合规原则，确保数据共享行为符合国家法律法规，并建立严格的审批、授权和审计制度，使数据交换在安全可控的范围内运行。再次，强化业务协同原则，要求共享机制不仅实现数据传输，更要促进流程贯通与业务协作，使数据真正服务于各环节的效率提升。此外，还要强调灵活可扩展原则，使系统具备适应未来技术升级和业务变化的能力，为不断扩展的应用场景提供支撑^[3]。

在实际构建过程中，还需兼顾技术应用、安全管理与组织协调等多方面因素，以保障机制运行的可持续性。技术层面，可通过构建统一的数据共享交换平台，实现数据资源的集中管理、自动比对与智能推送，提高共享的效率与准确性；同时利用区块链、隐私计算等技术提升数据可信度与安全性。安全层面，需要建立严格的权限控制体系，实施数据分级分类管理，确保敏感信息仅在授权范围内使用，有效规避泄露风险。组织层面，通过建立跨部门协调机制与长效工作体系，明确责任分工、共享流程与监督方式，使共享机制能够在制度驱动下稳定运行。通过需求分析与原则构建的双重支撑，数据共享机制才能真正成为推动不动产登记信息化转型的基础力量，为构建高效、透明、智能的登记体系奠定坚实基础。

三、跨部门数据共享体系的框架设计与实现路径

跨部门数据共享体系的建设首先需要从整体架构层面进行系统设计，以确保各类不动产相关数据能够在统一框架下实现融合

与流通。共享体系应以统一的数据资源中心为核心，通过构建标准化的数据模型、分类体系和交换规范，实现不同部门数据的有效整合与规范管理。数据资源中心不仅承担存储与管理功能，还应具备数据清洗、质量校验、关联匹配等能力，提高数据的准确性与一致性^[4]。在此基础上，通过建设跨部门共享交换平台，使自然资源、住建、税务、公安、民政、金融等部门按照统一协议开展数据交换，实现互认互信的数据基础。此外，该体系还需要配套配置信息化基础设施与网络环境，确保数据交换的顺畅与高效，为共享体系的运行提供技术支撑。

在实现路径方面，可通过循序渐进的方式推动共享体系落地。首先，从关键业务场景入手，选取与不动产登记关联度最高、需求最迫切的部门进行共享试点，如户籍调查数据、规划审批数据、抵押登记数据等，实现快速收益并为后续推广积累经验。其次，推动部门间数据标准的统一，以数据格式、编码规则、接口规范为切入点，实现系统间的互联互通，为共享平台提供统一的数据语言。再次，构建跨部门协同机制，通过设立联席会议制度、共享工作专班等形式，明确数据归集方式、更新责任与使用范围，促进部门间的沟通协调。同时，通过建立共享审核机制，确保数据交换在授权范围内进行，使共享行为更加规范化、制度化。随着试点的深入，再逐步扩大共享范围，形成覆盖更多部门的整体共享体系。

在保障体系有效运行的过程中，还需重视安全管理、技术支撑和制度保障的同步推进。安全管理方面，应基于数据敏感程度实施分级分类保护，通过权限控制、加密传输、访问日志记录等措施确保数据在共享过程中的安全性和可追溯性。技术支撑方面，可运用云计算、大数据、区块链等技术构建弹性共享平台，提高数据处理能力与可信度，使共享行为更加高效可靠。制度保障方面，需要完善数据共享的法律法规体系，明确部门职责、共享边界与违规处罚措施，为跨部门数据流通提供制度基础。同时，定期开展培训与考核，提高各部门工作人员对共享体系的认知和使用能力，确保数据共享机制能够持续稳定运行^[5]。通过科学的框架设计与清晰的实现路径，跨部门数据共享体系将成为推动不动产登记信息化建设的重要支撑力量，为提升登记效能与优化社会治理提供坚实基础。

四、数据安全、隐私保护与权限控制策略

在不动产登记数据日益广泛应用的背景下，加强数据安全、隐私保护与权限控制已成为共享机制建设的重要前提。由于不动产登记数据包含个人身份信息、产权信息、交易记录等高敏感内容，任何泄露都可能引发财产风险与社会影响，因此需要从技术、管理与制度多层面构建安全体系。首先，应在数据源头强化安全管理，对数据采集、入库、传输、存储等全流程建立严格规范，并通过数据脱敏、匿名化等技术降低敏感信息暴露风险。同时，通过建立统一的数据安全标准体系，使各部门在共享过程中遵循一致的安全要求，为跨部门协同提供可控环境^[6]。

在隐私保护方面，需要结合不动产登记数据的特点，落实最

小必要原则和合法使用原则，确保数据在使用过程中不超范围、不滥用。在业务办理中，可通过逻辑隔离、虚拟身份标识等方式减少原始数据的直接暴露，并通过加密存储、加密传输保障敏感字段的安全性。此外，应依据信息敏感等级，对个人信息与非敏感业务数据进行分类管理，使不同类别的数据采用不同级别的保护措施。对于跨部门的数据交换，应构建严格的数据审计机制，通过访问日志、追踪系统等方式记录整个数据流转过程，实现可查、可控、可回溯，以便在发生异常时快速定位责任主体。同时，通过建立异常访问监测机制，利用自动化技术监测数据访问异常行为，及时预警并采取处置措施，提升隐私保护的实时性与有效性。

在权限控制策略方面，应构建以“角色—权限—行为”为核心的多层级管理体系，实现对用户操作的精细化管理。基于不同部门的职责差异，可实行分角色授权，使每位使用者只能在各自业务范围内访问必要数据，避免权限过度开放。同时，应建立动态权限管理机制，在业务调整、人员变动或权限升级时能够及时更新授权，确保权限体系始终与实际业务相匹配。技术层面可采用身份认证、多因素验证等方式强化访问安全，通过区块链等技术提升数据访问记录的不可篡改性。在此基础上，推动制定跨部门统一的权限管理规范，明确授权流程、权限范围和监管责任，使权限管理更加透明规范^[7]。通过构建完善的数据安全、隐私保护与权限控制策略，可有效降低数据共享风险，为不动产登记信息化建设提供稳定可靠的安全保障。

五、数据共享机制在登记业务流程优化中的应用成效与发展展望

数据共享机制的深化应用，使不动产登记业务流程的优化取得了显著成效。通过跨部门数据实时获取，登记机构能够在受理、审核等环节快速调取权属、规划、税费、人口等关键数据信

息，大幅减少手工核验与重复材料提交，提升办事效率。数据比对、自动校核等功能的应用，不仅提高了登记审核的准确性，也降低了人为差错率，使登记结果更加规范可靠。在高频业务场景中，数据共享推动“少跑一次”“一次办好”等改革措施落地，显著改善群众与企业的办事体验。

在业务治理层面，数据共享机制为风险识别和监管决策提供了更强支撑。多源数据的整合，使登记管理部门能够开展异常交易监测、历史权属追踪等分析工作，对恶意抵押、虚假申报等行为实现早识别与精准防控。同时，在土地利用监管、市场监测与政策评估等方面，共享数据为政府提供了更加全面、真实、动态的信息基础，使决策更加科学、透明。随着共享机制逐步成熟，登记业务由“流程驱动”向“数据驱动”转变，管理模式更加智能化、精细化^[8]。

展望未来，数据共享机制将在更广领域发挥作用。随着人工智能、区块链、隐私计算等技术的发展，数据共享将从基础交换向深度协同演变，实现更加智能的自动核验、风险预警和流程优化。同时，跨行业数据融合将不断拓展，不动产数据有望与金融、征信、公共安全等领域深度联动，为社会治理和数字经济发展提供更丰富的应用场景。在制度与技术双轮驱动下，数据共享机制将持续推动不动产登记体系向高效、安全、智能的方向迈进。

六、结语

不动产登记信息化建设正处于深化改革与全面升级的关键阶段，数据共享机制的完善为业务流程优化、治理能力提升和服务模式创新注入了重要动力。通过跨部门协同、技术支撑与制度规范的共同推进，数据流通更加高效、安全与可控，登记业务逐步实现智能化、精准化与便捷化。未来，随着新技术不断融入与共享体系持续扩展，不动产登记将形成更加完善的数字生态，为政府治理现代化和经济社会高质量发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 陈博玲. 市级不动产登记信息化及建设研究 [D]. 中国地质大学 (北京), 2020. DOI: 10.27493/d.cnki.gzdz.2020.000725.
- [2] 温瑜. 海口市不动产信息共享机制研究 [D]. 海南大学, 2020. DOI: 10.27073/d.cnki.ghadu.2020.000963.
- [3] 朱云娟. 常州市不动产信息共享管理问题及优化路径研究 [D]. 苏州大学, 2021. DOI: 10.27351/d.cnki.gszhu.2021.002908.
- [4] 宋玉洁. 泸州市不动产登记存在的问题及对策研究 [D]. 四川大学, 2022. DOI: 10.27342/d.cnki.gscdu.2022.000101.
- [5] 梁岚. 数字理政背景下的不动产登记路径优化研究 [D]. 西南交通大学, 2022. DOI: 10.27414/d.cnki.gxnju.2022.002638.
- [6] 唐力. 资阳市不动产登记数据共享困境与优化对策研究 [D]. 四川大学, 2023. DOI: 10.27342/d.cnki.gscdu.2023.001166.
- [7] 张现峰, 杨先连, 刘乾忠, 等. 试论如何保障不动产登记部门与金融部门数据共享的可信度——以昌邑市“区块链+不动产登记+金融服务”项目为例 [J]. 房地产世界, 2023, (06): 154–156.
- [8] 杨培. 大数据环境下不动产登记与权籍信息化建设衔接研究 [J]. 信息与电脑, 2025, 37(09): 151–153.

沈阳市现代物流体系高质量发展空间策略研究

于路, 范婷婷, 张译珊

沈阳市规划设计研究院有限公司, 辽宁 沈阳 117000

DOI:10.61369/UAID.2026010023

摘 要 : 物流是实体经济的筋络, 在畅通物资周转、促进资源要素流通、优化产业空间、提升消费品质等方面意义重大, 在服务国际国内双循环战略格局下, 已经成为提升城市产业竞争力的关键要素。然而现阶段物流空间往往以传统运输仓储为主体, 发展长期处于产业和生活配套从属地位, 缺少精准空间响应, 亟待优化资源要素支撑现代物流转型升级。因此, 本文以沈阳市的物流现代物流体系为例, 全面梳理、评估物流体系发展现状, 精准识别企业服务能级较低、物流用地不节约集约、多式联运功能较弱等现状问题, 从功能体系、空间布局、发展模式等方面提出优化建议, 实现对物流用地资源的精准配置。

关 键 词 : 现代物流体系; 资源要素; 精准配置; 沈阳市

Spatial strategy for high-quality development of modern logistics system in Shenyang

Yu Lu, Fan Tingting, Zhang Yishan

Shenyang Urban Planning & Design Institute Co., LTD. Shenyang, Liaoning 117000

Abstract : Logistics is the backbone of the real economy, which is of great significance in facilitating material turnover, promoting the circulation of resource elements, optimizing industrial space, and improving consumer quality. In serving the international and domestic dual circulation strategic pattern, it has become a key element in enhancing urban industrial competitiveness. However, at present, logistics space is often dominated by traditional transportation and warehousing, and its development has long been subordinate to industry and living facilities, lacking precise spatial response. It urgently needs to optimize resource elements to support the transformation and upgrading of modern logistics. Therefore, this article takes the modern logistics system of Shenyang City as an example to comprehensively sort out and evaluate the current development status of the logistics system, accurately identify the problems of low service level of enterprises, inefficient and intensive logistics land use, and weak multimodal transport functions. Optimization suggestions are proposed from the aspects of functional system, spatial layout, and development mode to achieve precise allocation of logistics land resources.

Keywords : modern logistics; resource elements; precise supply strategy; Shenyang

引言

中央财经委员会第四次会议时强调, 物流是实体经济的“筋络”, 联接生产和消费、内贸和外贸, 必须有效降低全社会物流成本, 增强产业核心竞争力, 提高经济运行效率。这些要求构建了新时期物流体系发展的总体框架, 为国土空间体系下物流空间要素配置在目标指标、空间布局、业态发展等方面明确的基本方向。近年来, 部分学者对围绕现代物流体系高质量发展及空间用地优化开展了相关研究。例如: 缪琦^[1]对现代物流高质量发展的现实基础、制约因素开展了系统研究。李箭飞等^[2]以广州为例, 提出了物流项目用地规划建设标准。刘文华^[3]等提出了物流企业“用地贵”“用地难”“用地边缘化”问题, 为现代物流提质增效降本提出了解决策略。与此同时, 郑州、深圳、广州、武汉等城市结合区域定位和产业需求, 对现代物流体系的空间布局开展了规划工作, 提出了目标指标、空间体系、规划指标等规划内容。而不同学者虽然分别对物流体系高质量发展、物流用地标准、物流空间布局优化开展了理论研究, 但在主动融入国内统一大市场和服务国内国际双循环的背景下, 对支撑现代物流体系高质量发展所需要的资源要素精准配置尚存在诸多问题, 亟待研究。

作者简介:

于路 (1988.10-), 女, 满族, 辽宁本溪人, 硕士研究生, 高级工程师, 人文地理学;

范婷婷 (1985.07-), 女, 汉族, 辽宁丹东人, 硕士研究生, 高级工程师, 国土空间规划;

张译珊 (1983.09-), 女, 汉族, 辽宁沈阳人, 硕士研究生, 高级工程师, 城市规划。

一、现代物流高质量发展体系研究

（一）现代物流产业“四个转变”的发展趋势

- 1.发展方式上：从粗放式规模扩张向精益化提质增效转变
- 我国物流规模及物流业收入增速持续保持了相对较高的水平，但企业盈利能力总体偏低^[4]。随着产业转型升级，对物流交付、时效、品质都提出更高的要求，物流产业发展进入追求高品质、高效率、高效益的精益化新发展阶段。
- 2.经济模式上：从传统单一储运向枢纽经济为引领转变
- 当前，传统单纯依靠降低运输、仓储、配送等环节降低成本促进产业发展的空间将越来越小。随着国家高度重视依托物流枢纽大力发展枢纽经济，通过资源重组提升产业的附加值水平，将成为推动城市产业升级和弯道超车的重要发展策略^[5]。
- 3.运输结构上：从公路运输为主导向多式联运转变
- 从物流运输方式看过去长期以公路运输为主导、低附加值的运输方式需要转变^[7]。公路运输在货物运输市场中占据主导地位，并且市场规模在不断扩大^[9]。据综合测算，目前我国多式联运运量占全社会货运量比重每提高1个百分点，可降低社会物流总费用约0.9个百分点，节约成本支出1000亿元左右。因此需加强公路、铁路、水路和航空运输站场的衔接，形成高效的多式联运网络探索从公路运输为主导向公转铁、公转海、“公铁海航”多式联运转变。
- 4.创新动力上：从劳动力、土地要素驱动向高新技术创新驱动转变
- 传统物流业靠投入劳动力、土地要素，以提供单环节基础性服务为主，同质化程度高、附加价值偏低、存在“低端锁定”问题^[2]。随着现代物流一体化、集成化、高端化要求日益迫切，从由原来的同质化低成本竞争向差异化的质量、效率、效益竞争转变。

（二）现代物流产业的资源要素精准配置的需求

- 1.长期物流行业发展谋划，缺少精准空间响应
- 物流行业体系庞杂、管理部门众多、企业信息闭塞、服务需求不明等。在国土空间规划体系下，对物流用地空间管控不足，物流用地往往面临着物流用地不节约集约，效益较低，空置率偏高，竞争力不强的问题。物流用地选址未能与交通枢纽、产业充分结合，建设标准低，组织运作能力不强，对外辐射能力较弱，对内同质化无序竞争等问题，物流空间布局亟待优化。
- 2.新时期降本增效行动需要，亟待优化资源要素支撑现代物流转型升级
- 2024年10月，《自然资源部关于加强自然资源要素保障促进现代物流高质量发展的通知》（自然资发〔2024〕218号）制定了多渠道增加物流发展空间供给，支持灵活的土地供应方式，鼓励利用铁路存量土地、集体建设用地、存量空间资源，增加混合用地供给，加强物流用地全周期管理等支持政策。

二、沈阳市现代物流空间高质量发展的实践

（一）现状基本情况

沈阳是东北亚地区的重要城市，毗邻俄罗斯、朝鲜、韩国、日本、蒙古等国家，具有区位优势。沈阳的交通网络发达，铁路、公路、航空、内陆水运等多种交通方式互联互通，为物流发展提供了有力支持，对于持续推动共建“一带一路”、推动东北地区一体化发展、推动东北亚地区高质量发展等方面具备重要的引领作用。目前，社会物流总费用与GDP比例为14.49%，略高于

14.2%的全国平均水平，物流成本较高。物流业增加值占GDP比率为6.5%，较先进城市8%~10%的比率尚存在一定差距，经济贡献度偏低。运进与运出车辆载货量总体为2:1，单程空载普遍，成本较高；全市商贸企业外市流入商品总额、工业品物流总额分别占社会物流总额的45.6%、28.4%。

（二）现状存在问题

物流企业整体竞争力不强。承担全市主要物流功能的以中小微企业物流企业为主，服务功能较为单一，缺少具有影响力的本地龙头物流企业。现状物流企业9100家，分布在仓储物流用地近7000家。集体地上物流分布散乱，平均每处用地不足0.37公顷，大多分散在城乡结合部，集中在出口路、高速公路口等窗口地区，影响交通、景观、环境，并存在较大安全隐患。

物流用地不节约集约，效益较低，单位物流用地承载货运量为同类城市的1/3~1/2，承载物流业增加值为其1/5~1/3。空置率偏高，竞争力不强，以第三方物流地产为主，选址未能与枢纽、产业充分结合，建设标准较低，组织运作能力不强，对外辐射能力较弱，对内同质化无序竞争。

与城市空间拓展和功能布局不匹配。生产资料批发市场集中在中心区，三环内尚有多家钢材、石材、二手车等大型仓储销售用地，与城市功能环境要求不协调，亟待外迁疏解。消费品批发市场店仓混杂，不符合原址转型升级、仓储配送外迁的发展趋势，影响经营效益，五爱、南塔等二环内市场尤为明显。

三、优化物流空间布局体系研究

（一）匹配城市能级提升，科学制定目标指标

围绕国土空间总体规划确定的东北亚国际化中心城市建设总体目标。在国际层面，打造东北亚门户型物流枢纽城市，积极参与全球竞争与合作；在全国层面，打造国家现代流通战略支点城市，主动融入全国统一大市场；在区域层面，打造东北地区物流集散分拨高地，整合区域性物流要素资源；在城市层面，打造引领产业转型升级的新引擎，形成沈阳枢纽经济增长极。构建“5升3降”规划指标体系，精准反映资源集聚、运输结构调整、降本增效水平。

表1 现代物流高质量发展指标体系构建

	序号	指标名称	单位	指标趋势
运输环节 内外联通	1	货运量	万吨	稳步提升
	2	国家物流枢纽数量	个	稳步提升
	3	中欧班列开行数量	列	稳步提升
仓储环节 用地集约	4	全市国有物流用地规模	k m ²	稳步提升
	5	物流用地占全市用地比例	%	逐步降低
	6	人均物流用地	平方米/人	逐步降低
管理环节 降本增效	7	社会物流总费用与GDP的比率	%	逐步降低
	8	A级及以上物流企业数量	个	稳步提升

（二）匹配行业转型发展要求，构建体现沈阳需求的四级物流空间体系

匹配东北亚国际化中心城市的发展定位，在“枢纽+通道+网络”物流运行体系格局下，强调依托交通枢纽做强物流枢纽，引导物流功能要素集聚，符合市场需求的层次化、网络化组织。空间上规划提出构建“物流枢纽、物流园区、物流中心、配送场站”四级物流空间布局体系。统筹考虑生产、生活需要，以及现

代物流业态的快速迭代更新形式，系统谋划“3+8+15+N”物流空间布局结构。

表2 物流空间布局等级结构

层级	国家物流枢纽	物流园区	物流中心	物流配送站点
服务能级	国际+国内	都市圈	城市	产业园区/生活圈
功能定位	国内国际双循环大宗货品转运、组织	服务都市圈生产生活的物流集散	面向城市及城区的物流分拨中心	为周边产业区、生活区提供小批量、多频次、时效性的物流配送服务
交通条件	毗邻机场、高铁、普铁场站等交通枢纽	重点依托铁路具备多式联运条件	交通便捷	交通便捷
用地规模	3公里半径集聚物流功能；5公里半径集聚配套产业	50公顷以上物流用地占比50%	10公顷以上作业区不低于90%	现状提升/500-1000平方米
空间形态				

（三）科学精准测算物流用地规模，促进物流用地提质增效

强调优化存量与精准增量相结合，实现全市物流用地的总量不再增加，重点提高用地效率。综合运用模型预测法、案例城市对比法、人均用地规模推演法，综合预测物流用地所需规模约50平方公里左右，与现状规模保持总体稳定、增减平衡。其中：保留国有物流用地，主要分布三环外产业区周边、四级物流体系内；腾退不符合规划、影响环境的现状物流用地。新增物流用地应主要集中在物流枢纽、园区、中心。

表3：模型预测法

	L（万吨）	I	α （平方千米 / 万吨*日）	S（平方千 米）	
公路运输	32850	0.85	0.4	1.5	45.91
铁路运输	2100	0.9	0.6	1.3	4.04
航空运输	50	0.95	0.7	2.4	0.22
总计	35000	——	——	——	50.17

公式为： $S=L*I*\alpha*\eta/365$

S——预测2035年用地总规模

L——目标年物流需求量，参考《交通强国示范区建设研究——沈阳市货运强国建设发展规划》

I——潜在第三方物流量进入园区的比重，考虑三种运输方式入园集聚实际条件及可行性综合权重

α ——物流园区单位生产能力用地参数，东京物流园区经验值为0.4-0.7，公路枢纽 α 取值为0.2-0.4，

铁路枢纽取0.5-0.7

η ——物流园区高峰需求系数，考虑三种运输方式实际条件综合权重

（四）加强物流用地提质增效

加强用地供给保障，物流项目优先向物流园区、中心集聚，并优先保障3A级以上物流企业供地。严格项目规划管控，提高物流项目用地开发强度（新建项目容积率宜大于0.8），鼓励立体仓、高标仓建设及复合开发利用，提高用地投资强度和产出效益。促进项目降本增效：提升现代化管理水平，鼓励物流企业加大信息化、智能化、自动化基础设施建设与更新投入，提高服务效率、质量和综合竞争力。

重点针对物流园区、中心内的空置物流用地，引导优先承接大型批发市场店仓分离、三环内部分专线物流外迁、散乱脏差腾退等功能。探索“一地一策”处置方案，结合转让、出租、抵押、税收、金融等支持政策，提出限期开工、土地收储、土地置换、城市更新等方案。

四、结束语

现代物流体系高质量需要空间资源要素的精准配置，本文通过对现代物流体系内涵解读、发展趋势判断及问题解析，总结了有效支撑现代物流体系高质量发展的空间资源要素精准配置总体思路。并以沈阳为例从现状问题评估、目标指标构建、空间体系布局、分类引导策略、用地规模预测、空间管控规则等角度提供的地方实践样本，为全国同类城市物流体系高质量发展及空间资源要素精准配置提供参考。

参考文献

[1] 缪琦. 现代物流高质量发展的现实基础、制约因素与发展建议 [J]. 宏观经济研究, 2024(12): 112-120

[2] 李箭飞, 丁寿颐. 物流项目用地规划建设标准的评价与优化 [J]. 城市规划学刊, 2015(6): 38-45

[3] 刘文华, 董欣全. 破解物流“用地贵”“用地难”难题 为现代物流提质增效降本提供基础保障 [J]. 中国经贸导刊, 2024(4): 82-84

[4] 中国物流与采购联合会等. 中国物流发展报告（2021-2022）[M]. 北京：中国财富出版社有限公司, 2022.

[5] 同济大学中国交通研究院等. 中国城市物流竞争力报告 [M]. 北京：人民交通出版社股份有限公司, 2022.

[6] 李国旗等. 中国大城市公共物流设施规划的进展、原则与策略 [J]. 国际城市规划, 2022(4): 44-50

[7] 庄汝龙等. 面向现代物流体系的浙江海铁联运的历程、挑战与优化路径 [J]. 中国海洋大学学报, 2025(1): 42-51

高速公路收费站智能化演进与管理模式转型

李龙龙

中交资产管理有限公司浦清高速运营项目经理部, 广西 玉林 537000

DOI:10.61369/UAID.2026010034

摘 要 : 高速公路收费站正处机械化向深度智能化发展关键阶段, 收费业务自动化、车辆识别精准化与交通流组织优化为核心的技术体系持续成熟, 赋予管理模式根本性重塑契机, 智能化演进提升通行效率与成本效益, 推动收费站脱离传统人工管控, 迈向数据驱动、预测主导的智慧管理模式。感知设备、边缘计算与协同调度平台广泛部署, 助力收费站实现状态实时掌握、资源按需配置与安全风险提前预警, 智能化水平持续提升, 让收费管理体系拥有更强响应能力与服务弹性, 驱动运营体制、岗位结构与流程机制深度变革, 夯实高效、可靠、低干扰通行环境的建设根基。

关 键 词 : 高速公路收费站; 智能化; 管理模式转型; 交通运行优化; 数据驱动

Intelligent Evolution And Management Mode Transformation of Expressway Toll Station

Li Longlong

China Communications Assets Management Co., Ltd. Puqing Expressway Operation Project Manager Department, Yulin, Guangxi 537000

Abstract : Expressway toll stations are in the critical stage of mechanization to deep intelligence development. The technical system with automation of toll service, accurate vehicle identification and optimization of traffic flow organization as the core continues to mature, which gives the management model a fundamental opportunity to reshape, improve traffic efficiency and cost-effectiveness through intelligent evolution, and push toll stations away from traditional manual management and control and move towards a data-driven and forecast-led intelligent management model. Perceptual devices, edge computing and collaborative scheduling platforms are widely deployed to help toll stations realize real-time status control, on-demand resource allocation and early warning of security risks, and the level of intelligence continues to improve, so that the toll management system has stronger responsiveness and service flexibility, driving deep changes in the operating system, post structure and process mechanism, and laying a solid foundation for the construction of an efficient, reliable and low-interference traffic environment.

Keywords : expressway toll station; intelligent; management mode transformation; traffic operation optimization; data driven

引言

高速公路网络扩张与交通结构快速变化, 令收费站承担的流量调节与运行组织任务愈发复杂, 传统模式难以适应多维度交通需求, 智能化改造成为解决现有问题的关键路径: 技术层面, 5G 与边缘计算技术成熟为实时数据处理提供支撑; 经济层面, 自动化升级可显著降低人工依赖与运维支出; 战略层面, 契合交通运输部智慧公路建设规划要求^[1]。推动管理体系探寻更高效、更灵活的技术路径。智能识别、自动计费、数据融合分析等能力持续强化, 赋予收费站对车辆行为、运行状态与拥堵趋势即时感知和处理的条件, 管理方式自此朝协同化、透明化与动态化前行, 智能化演进改变收费业务运作方式, 推动资源配置方式、风险控制手段与运行机制全面提升, 赋予收费站支撑未来交通体系发展的动力和潜能。

一、智能化演进下收费站面临的核心矛盾

(一) 通行效率提升需求与传统模式的结构性的限制

高速公路交通量持续增长, 收费站高峰时段承载车流密度不

断攀升, 传统模式依托人工收费、现场指挥及线性交互流程, 形成难以突破的结构性的瓶颈, 车辆进出站停驻、交互和支付步骤偏多, 处理周期偏长, 排队时长与拥堵概率随流量增加呈倍数放大趋势。传统系统对复杂车流识别与分流能力有限, 面对车型混

行、支付方式多样化及高频进出站变化场景难以及时调整，车流出现波动时，系统缺少自动调节机制，难以实现快速扩容与能力均衡，结构性限制体现于技术层面，也包括规则固化和流程链条冗长，效率提升受到层层制约，智能化需求不断强化的大背景下矛盾愈发突出。

（二）业务流程固化导致的响应滞后问题

收费站长期运行形成一套固定业务链条，涵盖车辆识别、费用核算、道闸放行以及事后处理等环节，这些流程在固定场景下具备稳定性，面对交通结构突变、异常车辆增多或政策变化等情形，流程固化易导致响应滞后，传统流程需依靠人工判断完成调整，人工处置速度受信息获取、经验差异以及外界干扰等因素影响，无法满足突发状况下实时性需求。不同环节之间缺乏高频数据共享机制，信息传递链条较长，部分环节无法及时获取车辆状态、路段负荷和交通波动等关键参数，进一步放大滞后效应，流程固化造成处理方式单一化，难以针对临时性需求灵活配置资源，无法即时调整通道属性或分配处理优先级，最终运行组织难以形成闭环调节能力，高动态交通环境中显现明显不足。

（三）管理资源配置与运行状态脱节的风险

收费站日常运行需要调配人员、设备、通道资源及后台系统能力，传统管理依赖周期性评估与固定计划，常与实时变化的交通状态存在明显偏差，车流波动剧烈或结构出现异常时，资源配置未必能与负荷相匹配，轻则造成资源闲置，重则导致关键节点拥堵，缺乏对运行状态的全面感知，管理层难以实时掌握各通道饱和度、设备性能变化或潜在风险点，影响资源投放精准度。部分收费站管理体系依赖经验规则，经验往往无法覆盖多变场景，资源分配出现滞后或方向失衡，设备维护、人员排班与应急方案未与实时运行数据联动，资源在关键时刻难以发挥应有效能。

二、智能化技术驱动的关键突破路径

（一）识别、计费与监测系统的协同升级

智能化技术发展，赋予收费站车辆识别、费用计算和运行监测更高同步处理能力，高清视频识别、激光雷达检测与车牌结构化算法应用，让车型判定、车速捕捉及车牌解析准确度显著提升，夯实后续计费过程数据基础，计费系统在多源数据校验、差错识别与自动匹配方面持续强化，车辆行为和交通负荷的持续采集，识别、计费、监测三者融合，促使数据在链条内部无缝流转，减少重复处理与延迟，提升业务闭环整体效率，协同升级后的系统具备面向复杂场景的适应能力，为收费站自动化运作和精细化管控提供技术支撑。

（二）数据融合下的运行状态实时感知

多类型数据源在收费站接入，运行状态感知方式逐步从单点监控转向系统化融合，车道流量、车辆属性、设备健康度、排队长度、气象信息以及周边路网状况等数据经融合算法处理，可构建对站区运行状态的完整映射，实时感知能力帮助系统捕捉流量突变、异常车辆出现、设备性能下降或交通节奏变化等关键指标，依托模型预测未来短时间内负荷趋势。

（三）自动化流程对瓶颈环节的重塑作用

自动化技术在收费站逐步渗透，重新构建传统模式中高耗时、高依赖的环节，车辆出入口放行、异常记录核查、车型校验、扣费确认、设备故障判断等步骤在自动化流程中实现链式处理，人工介入比例显著降低，自动化流程由逻辑规则、实时数据和算法模型驱动，能够对瓶颈环节进行重组，减少车辆停留时间、缩短信号等待周期、压缩异常处理路径。部分流程引入自适应调节机制，系统可根据车流规模与交通节奏自动调整工作模式，实现高峰期扩容、低负荷期收缩的自我调节能力，流程重塑还体现于场景适配，复杂车型混行、大规模车队通过、恶劣天气运行等情况可由系统自动策略切换，避免人工判断滞后造成拥堵。

三、管理模式转型中的实施策略

（一）调度体系的动态化与柔性化构建

智能化条件下，收费站调度体系逐步脱离固定模式，向动态化、柔性化方向演进，实时数据调度平台持续接收车流量、排队长度、设备运行状态及道路通行环境等信息，依托算法模型生成可即时更新的调度指令，通道配置、车道属性转换及车流引导方式更贴合实际波动，动态调度体系遭遇突发流量、特殊车辆集中出现或周边路段施工引发的交通扰动，可快速形成调整策略，降低滞后造成的拥堵风险。柔性化构建体现在指令快速生成，也涵盖执行层面多样化方式，支持临时增开道口、优化车辆分流路径、调整辅助资源投入等，调度体系强化自我学习与规则更新，使运行组织具备随场景变化自动优化的能力，为复杂交通环境下高效运行提供稳定支撑。见图1所示。

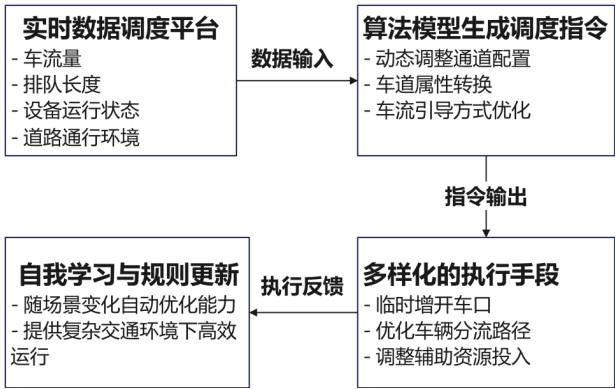


图1：高速公路收费站调度体系动态化与柔性化构建图

（二）安全与风控机制的预警化提升

风控体系随智能化转型深度强化，安全风险识别从事后处置转向提前预警，监测系统连续分析车辆异常行为、设备状态偏移、通道拥堵趋势和外部环境变化，构建多层次风险指标体系，为预警机制提供数据支撑，模型化风险评估可识别影响通行效率或设施安全的潜在因素，比如超宽、超限车辆集中出现，设备寿命衰减引发的潜在故障，或特定气象条件下的通行敏感区域。预警化提升还涉及响应链条整合，通过自动触发机制关联风险等级、处置策略和资源调配，问题在恶化前得到抑制，风控机制完

善让收费站应对突发情况时稳定性更强，借助可视化风险呈现，提升整体运行透明度与连续性。此外，智慧展示服务使用数据脱敏技术，

在不泄露个人隐私的前提下，利用数据分析结果提供决策支持。同时，系统通过收集和分析大量历史和实时数据，运用预测性分析技术来预见并防范潜在的安全威胁^[2]。

（三）岗位结构与流程机制的适配性调整

智能化水平提升推动岗位结构从传统人工操作导向，转向技术监控与系统管理导向，流程机制同步开展适配性调整，识别、计费与后台处理等环节自动化程度提高，现场岗位重点从直接操作转向策略执行、异常监管和系统维护，形成以监督、协同和技术支持为核心的新型岗位体系，流程机制同步优化，整合冗长人工链条为可自动触发的业务路径，流程更简洁、响应更迅速。适配性调整包括强化不同岗位间信息共享机制，依托统一数据平台，让各角色在同一信息框架下开展工作，提升组织协调效率，面对复杂场景，流程机制逐步具备可调整性，通过适配不同车流结构、环境条件和政策要求，增强系统运行弹性。

四、面向稳定运行的智能化管理体系塑造

（一）多层级协同的运行组织机制形成

在交通领域内，借助信息技术不断挖掘群众新的需求点，从点到面在高速公路领域内发展专业化的信息产业，这是未来高速公路信息化与智能化的重要发展方向^[3]。智能化条件下，运行组织机制呈现多层级协同结构特征，依托站区、路段和区域级平台联动，实现交通运行状态整体把握，站区层面凭借实时感知系统和智能调度模块，细化管理车道流量、设备状态、排队情况等关键指标，区域级平台连接多个收费站及更大范围道路网络，构建跨站协同机制，节假日高峰、局部拥堵或重大事件发生时，形成统一协调的运行调控体系，多层级机制依托数据共享、模型联动和标准化指令协调，实现不同层级间信息贯通、策略同步、执行

一致，为稳定运行筑牢结构化支撑。

（二）资源优化配置的持续化推进路径

资源配置作为收费站管理体系核心环节，随智能化转型逐步迈向精细化、持续化，基于实时数据的资源调度模型，精准识别各时段车流分布、通道负荷变化和设备使用频率，生成动态资源需求图谱，为人员排班、设备检修与辅助力量配置提供依据，资源优化路径推进依赖长期数据积累，挖掘历史运行规律构建预测模型，为未来高峰期资源投放提供提前布局条件。资源间协同度持续提升，通过跨流程、跨岗位配置逻辑，使设备、人力与系统能力形成互补体系，提高整体利用效率，资源优化涵盖设备生命周期管理，监测寿命曲线和性能衰减趋势，让维护计划精准匹配运行状态，减少突发故障对通行效率的影响^[4]。

（三）智能化能力向运营全周期的延展

智能化能力已从局部业务场景，延伸至运营全周期，在规划、建设、运行与维护各阶段形成贯穿式支撑体系，规划阶段运用仿真模型和数据预测技术，预评估车流增长趋势、实现质量可追溯、风险可量化。运行阶段依托自动化处理链、实时监测网络 and 智能调度体系，增强业务流程自适应能力，维护阶段通过健康评估模型、故障预测算法及远程诊断系统，分级管理设备状态，降低停机率、延长使用寿命。

五、结语

智能化进程深入，推动收费站技术体系、管理模式与运行机制全面革新，通行效率、资源配置与风险控制能力同步提升，识别、计费、监测等关键环节协同升级，数据驱动感知体系筑牢管理模式转型根基，自动化流程持续重塑业务结构，多层级协同、动态调度与全周期智能化运营体系逐步成型。面向未来，智能化技术发展将持续强化收费站系统韧性与运行适应力，更广范围实现交通资源高效协同与服务能力提升，为高速公路运行体系迈向更高水平注入持续动力。

参考文献

- [1] 卓建影, 戈洪彪, 陈月平. 高速公路低碳收费站评价方法与指标体系构建 [J]. 中国交通信息化, 2025, (12): 31-36.
- [2] 池海锋. 高速公路收费站机电设备安装与土建结构衔接的施工协同技术研究 [C]// 广西网络安全和信息化联合会. 第十二届工程技术管理与数字化转型学术交流会议论文集. 江苏安防科技有限公司; 2025: 641-643.
- [3] 屈松. 高速公路收费站机电控制系统智能化改造研究 [J]. 汽车画刊, 2025, (09): 188-190.
- [4] 傅萍. 智能化转型视域下企业运营管理模式的优化研究 [J]. 现代商业研究, 2025, (17): 124-126.

房地产企业工程管理标准化体系建设与落地实践分析

朱磊

扬州市上善建设工程有限公司, 江苏 扬州 225000

DOI:10.61369/UAID.2026010041

摘 要 : 当前房地产行业的发展趋势逐渐转变, 企业规模扩张速度下降, 工程管理能力成为企业的核心竞争力。企业只有构建系统可落地的工程管理标准化体系, 才能够推动企业高质量发展的步伐。本研究从房地产企业管理运营的实际出发, 构建四维度的标准化体系, 形成技术标准、流程标准、管理标准、数据标准四个新维度, 搭建全专业全层级的标准化体系框架。在此基础上, 按照项目前期、施工建设、验收交付、运维复盘四个阶段, 制定全流程业务节点标准化规则, 推动项目落地。并从落地实践的角度提出优化资源保障、多场景协同配合, 动态管理。三方面的对策, 为房地产企业构建适合自身发展需求的工程管理标准化体系, 提供一定的实践引导。

关 键 词 : 房地产企业; 工程管理; 标准化体系

Analysis of the Construction and Implementation of Standardized Management System for Engineering in Real Estate Enterprises

Zhu Lei

Yangzhou Shangshan Construction Engineering Co., Ltd. Yangzhou, Jiangsu 225000

Abstract : The current development trend of the real estate industry is gradually changing. The expansion speed of enterprise scale has decreased, and engineering management capabilities have become the core competitiveness of enterprises. Only by building a systematic and implementable engineering management standardization system can enterprises promote the pace of high-quality development. This study starts from the actual operation of real estate enterprise management, builds a four-dimensional standardization system, forms four new dimensions of technical standards, process standards, management standards, and data standards, and establishes a standardized system framework covering all specialties and all levels. On this basis, according to the four stages of project pre-phase, construction, acceptance and delivery, and operation and maintenance review, formulate standardized rules for all business nodes of the entire process, and promote project implementation. From the perspective of implementation practice, three countermeasures are proposed, such as optimizing resource guarantee, multi-scenario collaborative cooperation, and dynamic management. These provide certain practical guidance for real estate enterprises to build an engineering management standardization system suitable for their own development needs.

Keywords : real estate enterprises; engineering management; standardization system

引言

完善的工程管理标准化体系, 能够推动房地产企业压缩项目开发周期, 降低全链条成本, 减少内部协同损耗, 强化风险控制, 有助于房地产行业实现精细化发展, 进行数字化转型。现有研究大多关注了房地产企业工程标准化体系的多个维度, 但现有的维度划分较为分散, 尚缺乏系统性研究成果^[1]。本文对已有标准化体系框架进行梳理, 提出四层面的核心维度, 对应具体落地措施和优化实践对策, 以推动房地产企业工程管理标准化。

一、房地产企业工程管理标准化体系框架构建

程实践角度, 本文将工程管理标准化体系建设, 划分为四个维度, 具体内容如下:

(一) 房地产企业工程管理标准化体系核心维度

房地产企业的工程项目涉及的维度众多, 系统性较强, 从工

(1) 技术标准化

技术标准覆盖了工程项目从设计到交付到运维的全周期。该

作者简介: 朱磊 (1982.03-), 男, 汉族, 江苏扬州人, 本科学历, 中级职称, 主要研究方向为施工进度管控、质量验收与 EPC 协同管理等工作。

标准主要围绕国家级行业的规范，结合企业的产品定位以及技术积累，形成一套统一的、包括了全专业的技术标准，既有建筑、结构及排水，也包括暖通、电气、智能化。技术标准应涵盖通用设计、材料设备选型、施工工艺、质量验收等不同层级，通过这种统一的参数限定，消除不同项目、不同团队，在执行房地产工程项目过程当中，可能存在的技术差异。从而输出同样的品质，保障施工的水准。房地产企业的技术标准化，应结合政策合规性、经济性以及技术适配性，在满足国家和行业强制规范的前提下，构建自身发展的模块，形成可灵活调整的标准化技术体系。

（2）流程标准化

流程标准是房地产企业工程管理标准化体系的运行骨架，只有构建完善的标准化的流程，才能够有效推进工程项目的管理。流程标准化要求房地产企业在项目开发的各个业务节点，保障统一的执行逻辑，明确权责划分以及各个流程的输入输出要求^[2]。从项目启动、规划设计，到采购管理、施工准备、现场验收竣工交付，每个流程关键节点均需要明确不同节点的责任主体、工作内容、完成时限、前置条件和交付成果，将上述内容纳入到《业务操作手册》当中，形成权责清晰、可追溯的原则，从而消除工程项目各个流程的冗余环节和权责的模糊地带，降低跨部门协同成本，建立动态调整机制，根据组织发展、业务情况以及项目特色，持续优化流程节点设置，保障适用性和执行力。

（3）管理标准化

管理工作是整个工程运行的约束，只有良好的管控，才能够确保技术标准和流程标准，在项目落地的过程中不偏离。管理的标准化应围绕质量、安全、进度、成本四大目标，建立分层级的管理规则和有效的监督机制。确保层级划分明确，频率要求合理，并设置一定的偏差阈值，保障问题整改能够始终适应管理的需求。房地产企业应在管理层面明确总部、区域、项目三个层级的管理权限和职责边界，对应不同的执行标准，设置差异化的风险等级。通过定期巡查、专项检查、飞检等多种监督方式，及时识别标准执行的偏差。从而找到问题，分析原因，落实整改，保障效果，形成验收的闭环，确保各个标准能够落地执行有力。在核心项目上保持管理的统一要求，给予项目层适当的自主决策权限，平衡管理力度和执行效率。

（4）数据标准化

在数字化转型的整体背景之下，房地产企业工程管理的标准化，应高度重视数据维度的标准化建设，保障管理决策和各项标准化建设结果能够有统一的数据基础。企业应强化对工程管理全流程产生的各类数据进行统一规范，做好数据元定义、数据口径、编码规则、存储格式、交付标准等核心内容的标准化。汇总项目基本信息、进度数据、质量数据、安全数据、成本数据、材料设备数据等不同领域的业务数据，构建可沟通、可查询的项目数据平台。保障所有流程数据的完整性、唯一性和可扩展性，从而减少不同系统、不同项目之间的数据壁垒，做到全项目数据的共享与互通。通过这种数据标准化，实现工程管理的自动汇总和有效的数据分析，为工程管理数字化系统搭建提供充分支撑，也为管理决策提供有效支持，推动工程项目的管理向数据驱动转型。

（二）全流程业务节点标准化规则制定

（1）项目前期阶段节点标准化

前期准备、设计、招采是项目运行的重要支撑，房地产企业的工程管理要明确土地获取后的立项备案、规划方案编制，完成各类行政审批，进行施工准备^[3]。在整个过程当中，对规划方案进行评审，对施工图进行内审，确保重大技术方案进行充分论证。消除各部门在工作过程当中存在的主观偏差，明确各个节点的跨部门协同机制，确保设计、开发、工程、成本、营销等各部门在整个流程当中有明确的责任边界，完成协作，避免前后衔接不畅，而导致施工过程中存在工程变更的风险。前期阶段的节点标准化，要兼顾流程合规性以及施工灵活性，在满足地方行政审批要求的基础之上。通过节点并行方法压缩前期工作周期，以保障项目的启动效率。

（2）施工建设阶段节点标准化

施工是整个工程管理标准化的重中之重，施工建设阶段的节点标准化，要保障进度可控，以提升项目品质，完成施工进度为核心。房地产企业应基于项目开发的总工期要求，建立标准化的施工进度总控制节点，保障基础工程、主体结构、砌体工程、机电安装、装饰装修、园林景观等各部分工程的开始与完成，均在预期范围内，确保各分项工程穿插作业符合逻辑要求和项目施工的整体质量要求。针对隐蔽工程、分部分项验收工程、项目样板验收等关键节点，房地产企业应统一明确验收标准以及参与主体，做好各主体之间的流程衔接工作，确保验收过程可追溯、结果可量化。同时房地产企业还应明确设计变更、现场签证、进度款项支付等高频业务节点的处理方式，保障现有的处理流程和审批时限，符合施工作业预期，充分考虑到不同产品类型、不同施工条件的项目的差异，确保总工期与项目个性化需求相适配。

（3）验收交付阶段节点标准化

验收交付是客户满意的重要基础，验收交付节点的标准化要保障合规，围绕着客户的需求进行充分的调整。将竣工验收准备到业主集中交付做好标准化的管理，明确规划验收、消防验收、人防验收、竣工验收等各阶段备案的办理流程、资料和时间节点，建立标准化清单。形成准备指引，降低验收阶段的各方面沟通和返工的成本。房地产企业在标准化清单建设上应明确分户验收的检查内容、检查标准，做好问题记录。明确各个主体、各个分项的整改闭环要求，统一房屋交付标准，列好判断依据。对集中交付阶段的流程设置、人员配置、问题沟通以及细节做好统一记录，明确操作规范，明确响应时间和处理权限，保障交付后整个项目的运维能够维持一定的质量。在标准化清单当中形成从建设到交付的全链条质量管理的闭环，从而提高业主满意度，充分做好业主回访工作，以优化验收交付标准建设成果。

（4）运维复盘阶段节点标准化

工程管理项目积累的知识和能力体系，是房地产企业宝贵的资源，运维复盘阶段的节点标准化，要以沉淀能力、推动企业高质量发展为目标，将项目交付到后评估完成的全过程，纳入节点标准化内容当中。房地产企业应明确交付后质保期内的工程运维节点要求，定期进行质量排查，及时发现项目隐患，保障供应商

的维保责任充分落实，确保项目运维阶段的质量稳定。明确项目交付后3个月、6个月、12个月三个关键后评估节点的工作内容和要求，并按照进度、质量、成本、客户满意度4个维度，对项目的运维复盘成果进行专项评估，生成统一的评估报告。明确各部门在后评估过程当中应提交的数据，界定各部门的责任，完成评审流程，确保评估结果能够充分反映工程项目管理过程中的优势和不足。一旦发现问题应明确各部门的整改责任，以及整改的时限，将经过验证的优化措施同步更新到运维复盘阶段的节点标准化体系当中，实现工程项目管理质量的不断提升。

二、工程管理标准化体系落地实施路径

（一）标准化体系落地的组织与资源保障

房地产企业应明确整个标准化体系落地过程当中，需要参与的组织和部门，明确各层级的权责边界。总部层面应设立工程管理标准化委员会，组织设计、成本、招标、采购、运营、法务等多个部门的人员参与共同决策，负责标准化体系建设、协商和决策，统筹标准化体系规划、重大标准修订、资源配置等工作内容；区域层面应设立标准化管理的专职部门，配备专职工作人员，负责承接总部标准化体系的区域适配，以及区域内项目的具体执行。为执行工作提供指导和监督，确保总部标准与区域标准衔接适应。项目层面还要设立标准化执行专员，由项目工程经理兼任该职责，负责将区域层面和总部层面的标准化要求落地执行，形成实际成果，确保标准化要求传导至项目终端，企业应通过这种立体化多层次的标准化落地项目，确保形成有效的组织保障。人力资源部门也要对所有工作条线人员进行有效的标准化培训，组织学员完成标准化专项训练。尤其是加强最新标准解读、执行案例分析、问题处理等重要工作的标准化培训。

（二）多项目场景下标准化执行管控机制

企业应建立分层分类的标准化管控执行体系，按照不同类型的工程项目，对不同区域的工程项目开展差异化的管理。总部应每季度组织一次，针对所有区域标准化执行情况的专项巡检，了解各地项目技术标准、流程标准执行情况，管理标准落地的实际项目表现，围绕着4个核心维度，对各项目的完成情况给出评分^[4]。巡检结果应与区域公司年度绩效直接挂钩，巡检当中发现严重偏离标准的问题，应直接下达停工整改指令，暂停项目相关

审批流程，直至问题完成整改。区域层面应每月进行项目标准执行的检查，开展一次标准化执行的全面摸底，形成区域标准执行问题台账，明确问题责任人，明确整改时限，对连续两个月排名后三位的项目负责人进行约谈。项目层面则应负责日常的执行管控，执行专员每周开展一次现场执行情况自查，生成周度报告，上报到标准化管理部门，发现标准执行偏差，立即组织整改，确保问题不遗留不扩散。

（三）体系动态更新与适配优化机制

房地产企业应形成动态评估机制，针对不同项目的标准化落地情况，分析执行的实际效果，以全面掌握标准化体系运行效果和存在的问题^[5]。每年第4季度企业的总部工程管理标准化委员会应组织各区域各相关部门开展年度评估工作，全面分析现有的工程管理标准的合规性、适用性、经济性和执行率，建立完善的指标评估体系，针对目前国家最新发布的标准，以及行业 and 地方的相关规范要求。启动对标准化体系的修改程序。发放调查问卷，组织一线管理人员访谈，收集项目问题台账，全方面了解标准化体系在执行过程当中存在的不合理、不适用、难以落地的问题，形成具体清单，并评估项目执行之后，在标准化体系建设上的实际成本、管理成本、工期指标的变化情况，分析标准落地对于项目效益的提升效果，识别可能存在的浪费标准条款的情况。区分是标准本身不合理，还是执行监督不到位导致的种种偏差，从而明确需要修订、新增、废止的标准内容清单，为下一年度的调整提供核心依据。

三、结束语

工程管理标准化体系建设是房地产企业应对行业发展需求，推动企业转型的一步基础性工程，其落地涉及各方面的因素，企业需要从战略层面进行统筹，不断地对标准化体系进行丰富完善。本研究从技术标准、流程标准、管理标准、数据标准四大维度，构建标准化体系框架。未来在标准化体系的建设上，房地产企业还需要完善组织与资源保障，建立权责清晰的管理架构，配备专职人员，稳定资金投入，配套信息化工具，确保资源的充分调动。通过分层分类的管控机制，平衡项目落地过程当中各项内容，形成动态调整机制，推动标准化体系的优化落地。

参考文献

- [1] 黎杰. 房地产工程建设标准化管理模式研究 [J]. 住宅与房地产, 2024, (23): 123-125.
- [2] 田宜霖. 探析城市商业银行非标准化投资对房地产行业信用风险的影响 [J]. 商业观察, 2024, 10 (03): 77-80.
- [3] 蔡志鹏. 房地产工程建设标准化管理模式的探讨 [J]. 房地产世界, 2022, (16): 94-96.

应急管理视角下绿春县建筑工程安全生产 监管难点及对策

李普者

绿春县应急管理局（绿春县灾害救援管理中心），云南 红河 662599

DOI:10.61369/UAID.2026010042

摘 要： 本文以应急管理为视角，结合吉林省白城市镇赉县档案馆在建筑工程安全监管方面的实践经验，系统分析绿春县建筑工程安全生产监管的重要性与现实困境，并提出了构建地质灾害风险预警与防控体系、创新监管模式充实基层力量、压实参建各方主体责任、完善建设工程全生命周期监管机制等对策建议，以期为提升边疆民族地区建筑工程安全生产监管水平提供参考。

关 键 词： 应急管理；建筑工程；安全生产监管；绿春县；镇赉县档案馆

Difficulties and Countermeasures in the Supervision of Work Safety in Construction Projects in Lvchun County from the Perspective of Emergency Management

Li Puzhe

Lvchun County Emergency Management Bureau (Lvchun County Disaster Relief Management Center), Honghe, Yunnan 662599

Abstract： From the perspective of emergency management, this paper systematically analyzes the importance and practical challenges of supervising work safety in construction projects in Lvchun County, drawing on the practical experience of the Zhenlai County Archives in Jilin Province's Baicheng City in this area. It proposes countermeasures such as establishing a geological disaster risk early warning and prevention system, innovating supervision models to strengthen grassroots capabilities, reinforcing the responsibilities of all parties involved in construction projects, and improving the supervision mechanism throughout the entire lifecycle of construction projects. The aim is to provide references for enhancing the level of work safety supervision in construction projects in border and ethnic minority regions.

Keywords： emergency management; construction projects; work safety supervision; Lvchun County; Zhenlai County Archives

建筑工程作为国民经济支柱产业之一，其安全生产状况直接影响到经济社会发展全局和社会稳定。绿春县地处云南省红河哈尼族彝族自治州西南部，位于哀牢山南麓，地势崎岖复杂，地质灾害隐患点多面广，作为地震重点监测区之一，绿春县建筑工程安全生产不仅面临常规的施工安全风险，还叠加了地质灾害、极端天气等自然因素带来的不确定性，如何在应急管理视角下构建科学有效的建筑工程安全生产监管体系，成为当地政府和建设主管部门亟待解决的问题。

一、应急管理视角下绿春县建筑工程安全生产监管的重要性

（一）是保障人民群众生命财产安全的底线要求

建筑工程安全生产监管的首要目标是保障生命安全，2024年，绿春县住建局对全县房屋开展抗震安全隐患排查，共排查2304栋房屋，建筑面积35.4万余平方米，其中农村房屋存在安全隐患11栋、可能存在安全隐患62栋，合计占比3.18%^[1]，从数据

当中可以得知即使在日常监管持续推进的情况下，建筑工程领域的安全隐患依然客观存在。如果这些隐患不能及时发现和消除，一旦遭遇地震、强降雨等自然灾害或突发事件，就可能酿成严重后果，因为每一次安全事故的发生，都是无数次隐患累积的结果，而每一次成功的风险防范，则是对生命最有效的守护。

（二）是提升地震等重点灾害应对能力的基础支撑

绿春县作为地震重点监测区，建筑物的抗震性能直接决定了地震发生时人员伤亡和财产损失的程度。县住建局在排查中重点

作者简介：李普者（1985—），男，哈尼族，云南绿春人，本科，工程师，研究方向：建筑工程施工安全监管与应急处置研究。

检查房屋结构的建筑时间、建筑层数、完整性、基础稳定性、材料质量、设计参数、抗震能力等指标，正是为了摸清底数、掌握实情，为地震应急准备提供基础数据支撑。从应急管理全过程来看，抗震安全隐患排查属于“预防与应急准备”环节的核心工作，只有建筑本身“硬朗”，应急响应才有意义，如果建筑在地震中倒塌，再高效的救援也难以挽回生命。

（三）是防范城市运行系统性风险的关键环节

现代城市是一个复杂巨系统，建筑安全与消防、供水、供电、交通等基础设施相互关联，一处建筑安全隐患可能引发连锁反应，以绿春县诺玛阿美民族文化生态城为例，该建筑存在未经消防验收擅自投入使用、消防控制室无人值班、消防水泵未启用、管道并未封堵、火灾自动报警系统故障等12项隐患^[2]，多样化的隐患不仅威胁建筑自身安全，更可能因火灾蔓延、救援受阻而波及周边区域，形成系统性风险。在进行安全隐患排查过程中，从应急管理的视角审视，建筑工程安全生产监管能够跳出“就建筑论建筑”的局限，将其置于城市整体安全格局中考量。

（四）落实安全生产“预防为主”方针的必然要求

“安全第一，预防为主，综合治理”是安全生产的基本方针，应急管理强调“关口前移”，要求把工作的着力点放到风险防范和隐患治理上，建筑工程领域尤其如此——施工过程中的每一个违规操作、每一处质量缺陷，都可能埋下长远的安全隐患；而事后事故救援，代价往往数倍于事前的防范投入。绿春县建立的安全生产奖励举报制度，明确将建筑工程安全隐患纳入举报范围，对举报属实的给予100元至1000元奖励^[3]，正是践行预防为主理念的具体举措。

（五）是促进边疆民族地区高质量发展的现实需要

从高质量发展的要求来看，安全是发展的前提，建筑工程安全生产监管水平，直接关系到边疆民族地区能否在安全轨道上实现跨越式发展，绿春县作为边疆民族地区，经济社会发展相对滞后，基础设施建设任务繁重。2024年，全县在建房屋建筑和市政基础设施项目共8项，其中7项正常施工^[4]，项目的顺利推进，离不开安全生产的保障。一旦发生安全事故，不仅造成人员伤亡和财产损失，更可能迟滞项目建设进度、影响投资环境、损害政府公信力。

二、绿春县建筑工程安全生产监管的主要难点

（一）复杂地质条件与抗震设防要求高

绿春县地处哀牢山地震带，地质构造复杂，地形起伏大，山地城市建设往往需要削峰填谷，该项工作开展期间会存在削峰填谷区域施工面积大、扬尘防治设施难以全覆盖的问题，但这些区域的地基处理质量直接关系到后续建筑的安全，尤其在复杂地质条件下，地基不均匀沉降、边坡失稳等风险突出，监管难度大。此外，防震处理期间防震技术实施不严格，农村房屋占比高、老旧建筑多，房屋的抗震能力参差不齐，监管覆盖难度大。再加上绿春县山高坡陡，雨季易发山洪、滑坡、泥石流等地质灾害，对建筑工地和既有建筑构成威胁，施工建设期间还需要综合统筹考

虑自然灾害防治与建筑工程安全监管。

（二）建筑工程安全隐患点多面广

从排查情况看，绿春县建筑工程安全隐患呈现农村房屋安全隐患突出，高层建筑消防隐患复杂，施工过程环境风险并存的特点。在农村房屋安全监管过程中，2024年排查发现农村房屋存在安全隐患11栋、可能存在安全隐患62栋，隐患涉及建筑时间久远、结构完整性差、材料质量参差等问题，且分布分散，监管难度大。高层建筑在施工环节面临着消防隐患复杂的趋势，例如诺玛阿美民族文化生态城暴露的12项消防隐患^[1]，涵盖了消防验收、设施运行、日常管理等多个环节，这直接反映出高层建筑消防安全监管的复杂性。除此之外，建筑工程施工本身产生的扬尘、噪声等环境问题，虽然不直接等同于安全生产事故，但反映出施工现场管理水平和责任意识。

（三）监管力量与专业能力不足

基层监管力量薄弱是普遍性问题，县级住建部门通常只有少量人员负责建筑工程安全监管，而要面对全县分散的工程项目、农村房屋和市政设施，力量明显不足。在施工队伍内部，建筑工程安全监管涉及结构工程、岩土工程、消防工程、电气工程等多个专业领域，需要专业知识和检测手段支撑，但现阶段基层监管人员往往难以全面掌握，对隐蔽工程、复杂结构的隐患识别能力有限。除此之外，基层地区的检测鉴定资源匮乏，发现隐患后往往需要具有资质的第三方专业机构进行进一步鉴定，像绿春县这样的经济收入水平较低的县域，专业检测机构稀缺，鉴定周期长、成本高，进一步影响隐患治理效率。

（四）市场主体安全责任意识淡薄

从曝光的问题和日常监管情况看，建设单位违规行为时有发生，其中未经消防验收擅自投入使用的行为就属于典型的规避监管行为，这些问题反映出部分企业重进度轻安全、重效益轻合规的倾向。施工环节施工扬尘防治中部分车辆存在未覆盖物料、滴洒漏等情况，消防控制室无人值班、堆放杂物、私拉乱接电线等问题，更直接反映出日常安全管理的缺失。农村房屋在建设过程中缺乏正规设计和施工监管，农户自身安全意识不强，提升农村建筑安全意识任重道远。

三、加强绿春县建筑工程安全生产监管的对策建议

（一）强化源头管控与抗震设防监管

1. 严格抗震设防标准执行

对新建、改建、扩建房屋建筑，县住建局应加强对施工图审查机构的监督，防止降低标准、违规通过，施工建造之前还需要施工单位和设计单位严格按照抗震设防要求进行设计和施工图审查、交底，确保设计参数、材料质量、结构体系符合规范。

2. 强化农村房屋抗震监管

农村房屋占比高、隐患多，是监管的薄弱环节，建议结合乡村振兴战略，推广农村建房标准图集，提供技术指导服务，对危房改造给予政策支持，对排查发现的存在抗震安全隐患的农村房屋，应尽快组织专业鉴定，制定加固改造计划，限期整改到位。

3.加强地基基础和边坡工程监管

针对山地城市建设特点,应重点关注削峰填谷区域、边坡地带的地基处理质量,要求施工单位提供详细的地质勘察报告和边坡稳定性分析报告,必要时进行专项论证和监测。

(二)构建精细化日常监管体系

1.建立分级分类监管机制

应急管理视角下,建筑工程安全生产监管工作开展期间,可以根据建筑类型、使用功能、规模大小、风险等级等因素,对监管对象实行分级分类管理,对于高层建筑、大型公共建筑、人员密集场所等高风险项目,提高监管频次和力度,而对于农村房屋、小型工程等,采取灵活适用的监管方式,确保监管资源用在刀刃上。

2.推行清单式检查标准

针对不同类型的建筑工程,制定详细的检查清单,明确检查内容、检查方法、判定标准,例如,在消防设施检查期间,检查内容应该重点涵盖控制室值班、水泵运行、报警系统、防火分隔、疏散通道等具体项目,避免检查流于形式,必要时可借鉴诺玛阿美民族文化生态城曝光问题,将类似问题纳入重点检查清单。

3.强化全过程监管衔接

在项目工程施工建造过程中,要完善全过程监管衔接,从施工许可、施工过程监管到竣工验收备案,形成闭环管理,特别要防止“未经消防验收擅自投入使用”的违规行为,对未通过验收擅自投入使用的,依法严厉查处并公开曝光。

(三)创新监管方式提升效能

1.推进智慧监管应用

施工环节要重点应用物联网、大数据等技术,推广建筑工地视频监控、扬尘噪声在线监测、起重机械安全监控等信息化手段,目前绿春县已在诺玛阿美社区、鑫兴幼儿园、思源学校、县人民医院整体迁建项目等安装了噪声检测仪,可进一步拓展应用到安全生产关键环节。

2.引入第三方专业服务

针对监管专业能力不足的问题,可采取政府购买服务方式,委托具有资质的专业机构开展建筑安全检测、消防设施评估、隐

患排查等技术服务,对排查发现的存在安全隐患的房屋,由具有资质的第三方专业机构进行进一步的抗震性能鉴定,并将这一做法在全县域进行推广。

3.加强监管队伍建设

人才队伍建设对安全监管工作的高质量开展有着最直接的影响,为此,在开展建筑工程安全监管过程中应该高度重视高质量人才队伍的建设,通过招录专业人才、组织业务培训、开展技术交流等方式,提升监管人员的专业能力,进一步鼓励监管人员考取注册安全工程师、一级建造师等职业资格,打造专业化监管队伍。

(四)压实企业主体责任

企业是安全生产的责任主体,必须把压力传导到位,对建筑施工企业,严格审查安全生产条件,不符合条件的不得承接工程,对发生安全事故、存在严重安全隐患的企业,依法暂扣或吊销安全生产许可证,清出本地市场。同时在行业内部大力推行安全承诺和公开曝光制度,项目工程建设过程中要求企业主要负责人签订安全生产承诺书,向社会公开,工程建设期间对存在严重安全隐患的企业和项目,在政府网站、主流媒体公开曝光。此外,要加强关键岗位人员针对性管理,尤其是重点对项目经理、专职安全员、总监理工程师等关键岗位人员进行监管,采用人脸识别考勤、现场抽查等方式,防止挂名不在岗、在岗不履职,消防控制室值班人员必须持证上岗,不得由无证人员顶替。

四、结语

总之,建筑工程安全生产监管是应急管理的基础性工作,绿春县作为地震重点监测区和山地县城,建筑工程安全面临复杂地质条件、农村房屋占比高、高层建筑消防隐患多等挑战,必须立足应急管理视角,坚持预防为主、关口前移,强化源头管控和抗震设防,创新监管方式提升效能,压实企业主体责任,健全应急协同机制,完善社会共治格局,不断提升建筑工程安全生产监管水平,为建设更高水平的平安绿春奠定坚实基础。

参考文献

- [1]绿春县住房和城乡建设局.绿春县住建局:开展全县房屋抗震安全隐患排查 提高防灾减灾能力 [EB/OL].(2024-09-30).<https://www.hhlc.gov.cn/info/3321/239771.htm>
- [2]云南红河发布.红河州这些高层建筑存在消防风险隐患 [EB/OL].(2026-01-13).<https://mp.weixin.qq.com/s/4u3suaCLEy2PdpoUWB5ePw>.
- [3]绿春县安全生产委员会.绿春县安全生产委员会关于印发《绿春县安全生产奖励举报制度》的通知 [EB/OL]. (2022-06-28).<https://www.hhlc.gov.cn/info/3301/143291.htm>.
- [4]红河州生态环境局绿春分局.红河州生态环境局绿春分局对县第十五届人大第四次会议第18号建议的答复 [EB/OL].(2024-08-07).<https://www.hhlc.gov.cn/info/3451/263911.htm>.