

城市建筑与发展

Urban Architecture And Development



ART AND DESIGN PRESS INC.

(626 810 4480)

119 S Atlantic Blvd, Suite 300D

Monterey Park, CA 91754

Copyright © 2025 by ART AND DESIGN PRESS INC.

Complimentary Copy



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

城市建筑与发展

Urban Architecture and Development

(季刊)

第3卷 第1期 2025年3月刊

主管 ART AND DESIGN PRESS INC.

主办 ART AND DESIGN PRESS INC.

编辑 《城市建筑与发展》编辑部

ISSN(O): 2993-270X

ISSN(P): 2995-2441

地址: 119 S Atlantic Blvd, Suite 300D Monterey
Park, CA 91754

网址: <https://www.artdesignp.com>

本刊说明:

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

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



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

- 001 乡村治理与乡村公共秩序的重新建构
——以河南南街村为例 黄淇梵
Rural Governance and the Reconstruction of Rural Public Order
— A Case Study of Nanjie Village, Henan Province Huang Qifan
- 006 国土空间规划视角下的地理信息全流程管理:
调查、规划与实景三维建设 黄波
Geographic Information Full Process Management from the Perspective of
National Spatial Planning: Investigation, Planning and
Realistic 3D Construction Huang Bo
- 009 新环卫收运体系下垃圾转运站建设现状及改进措施 孙建慧
Construction Status and Improvement Measures of Garbage Transfer Station
under the New Environmental Sanitation Collection and
Transportation System Sun Jianhui
- 012 口袋公园儿童友好度评价与设计策略综述
——基于国内实证研究的系统性梳理 刘倩, 刘扬
A Review of Children-Friendly Evaluation and Design Strategies for
Pocket Parks — A Systematic Review Based on Domestic
Empirical Research Liu Qian, Liu Yang
- 016 绿色市政道路设计理念在现代城市中运用概述 朱成煜
An Overview of the Application of Green Municipal Road Design
Concepts in Modern Cities Zhu Chengyu
- 019 城市更新政策驱动的桥梁上部景观参数化美学创新路径探索
——基于环境行为学驱动与 Grasshopper 参数化响应机制 张岚
Exploration of the Innovative Path of Parametric Aesthetics for the
Upper Landscape of Bridges Driven by Urban Renewal Policies
— Based on the Environmental Behavioral Science Drive and
Grasshopper Parametric Response Mechanism Zhang Lan
- 024 绿色发展视域下丹阳市垃圾
分类高效治理路径研究 张芷芯, 汪晨曦, 孙心, 袁彩萍
Research on Efficient Garbage Classification and Management
Path in Danyang City from the Perspective of Green
Development Zhang Zhixin, Wang Chenxi, Sun Xin, Yuan Caiping
- 027 云南斑铜工艺在公共空间中的应用探究 胡钢
Research on the Application of Yunnan Mottled Bronze Craftsmanship
in Public Spaces Hu Gang
- 030 市政设施构筑物的绿色更新策略及应用研究 成立, 李可溯, 罗云
Research on Green Renewal Strategies and Applications
of Municipal Facilities and Structures Cheng Li, Li Kesu, Luo Yun
- 034 极端天气条件下交通基础设施韧性评估与提升方法 郭登堂
Methods for Assessing and Improving the Resilience of Transportation
Infrastructure under Extreme Weather Conditions Guo Dengtang
- 037 城市更新中大型房建项目前期用地规划优化策略 林杰
Optimization Strategies for Land Use Planning in the Early Stage
of Large-Scale Housing Construction Projects in Urban Renewal Lin Jie

建筑技术·应用 | BUILDING TECHNOLOGY·APPLICATION

- 040 建筑装饰工程中悬挑式组合斜幕墙的施工技术 许树锋
Construction Technology of Cantilevered Composite inclined Curtain
Wall in Architectural Decoration Engineering Xu Shufeng

043	建筑行业职业健康安全一体化管理：理论与实践 Integrated Management of Occupational Health and Safety in the Construction Industry: Theory and Practice	贾仁超 Jia Renchao
046	BIM技术在安装施工中的应用 Application of BIM Technology in Installation Construction	郭祯麟 Guo Zhenlin
049	绿色建筑技术在城镇建设中的应用及发展研究 Research on the Application and Development of Green Building Technology in Urban Construction	郑文春 Zheng Wenchun
052	建筑工程安全管理中隐患识别与预防机制构建 Construction of Hidden Danger Identification and Prevention Mechanism in Construction Project Safety Management	何程 He Cheng
055	植筋技术在混凝土结构加固中的锚固性能研究 Research on the Anchoring Performance of Rebar Planting Technology in the Reinforcement of Concrete Structures	罗嘉俊 Luo Jiajun
058	工序实体样板在项目质量提升中的应用分析 Analysis of the Application of Process Entity Samples in Project Quality Improvement	郑爽 Zheng Shuang
061	临海区装配式建筑结构耐久性提升关键技术研究与应用 Research and Application of Key Technologies for Improving the Durability of Prefabricated Building Structures in Linhai District	张辉灿，武孔珏，夏川，罗潜潜，刘万 Zhang Huican, Wu Kongjue, Xia Chuan, Luo Qianqian, Liu Wan
064	基于虚拟仿真技术的建筑工程力学课程创新教学模式研究 Research on Innovative Teaching Mode of Construction Engineering Mechanics Course Based on Virtual Simulation Technology	袁磊 Yuan Lei
067	地域文化在现代建筑方案设计与施工图设计中的融合与表达 The Integration and Expression of Regional Culture in Modern Architectural Scheme Design and Construction Drawing Design	徐洪伟 Xu Hongwei
070	历史建筑结构改造中的节点设计与力学性能分析 Node Design and Mechanical Property Analysis in the Structural Renovation of Historical Buildings	黄秀红 Huang Xiuhong
073	建筑装修装饰施工工程的质量管理研究探索 Exploration of Quality Management in Building Decoration and Construction Projects	程国芳 Cheng Guofang

工程管理·实践 | ENGINEERING MANAGEMENT·PRACTICE

076	国土空间规划背景下的城乡规划与工程建设管理协同研究 Collaborative Research On Urban-Rural Planning And Engineering Construction Management Under The Background Of National Spatial Planning	李莹 Li Ying
079	轻质隔音墙体的装饰面层一体化施工技术研究 Research on Integrated Construction Technology of Decorative Surface Layer for Lightweight Soundproof Wall	付乐，尉伟利 Fu Le, Yu Weili
082	分析营销计量自动化系统在电力营销业务中的运用 The Application of Analytical Marketing Measurement Automation System in Power Marketing Business	王骋宇 Wang Chengyu
085	住宅楼消防工程电气系统安装完成后的调试开通技术要点探讨 Discussion on the Technical Key Points of Commissioning and Opening of the Electrical System after the Installation of the Fire protection Engineering in Residential Buildings	邓智飞 Deng Zhifei
088	房建工程中短肢剪力墙结构设计问题研究 Research on the Design Issues of Short-Limb Shear Wall Structures in Housing Construction Projects	史文磊 Shi Wenlei
091	矿区生态修复与安全管理协同治理路径研究 Research on the Collaborative Governance Path of Ecological Restoration and Safety Management in Mining Areas	赵勇刚，米治江，韦德祥，刘建华，曲越 Zhao Yonggang , Mi Zhijiang ,Wei Dexiang, Liu Jianhua , Qu Yue
094	混凝土外加剂对混凝土早期强度发展的影响机制 The Influence Mechanism of Concrete Admixtures on the Early Strength Development of Concrete	钟淇 Zhong Qi
097	水运工程造价管理中的激励机制与成本控制效果分析 Analysis of Incentive Mechanism and Cost Control Effect in Cost Management of Water Transport Engineering	张伟 Zhang Wei
100	市政道路桥梁工程中沉降段路基路面施工技术 Construction Technology of Settlement Section Roadbed and Pavement in Municipal Road and Bridge Engineering	刘政 Liu Zheng
103	建设项目档案开发与利用服务 Development and Utilization Services for Construction Project Archives	张庭铭 Zhang Tingming
106	地下综合管廊建设成本效益分析及推广机制研究 Cost Benefit Analysis and Promotion Mechanism of Underground Pipe Gallery Construction	李正晖 Li Zhenghui
109	公路桥梁工程管理与养护策略研究 Research on Management and Maintenance Strategy of Highway Bridge Engineering	罗志能 Luo Zhineng
112	房地产开发项目全生命周期风险管理研究 Research on Risk Management Throughout the Entire Life Cycle of Real Estate Development Projects	曾一丁 Zeng Yiding
115	智慧化市政排水管网系统的构建与内涝风险动态监测技术 Construction of Smart Municipal Drainage Network System and Dynamic Monitoring Technology for Waterlogging Risk	冯英 Feng Ying
118	道路压实度自动连续检测及智能压实技术研究 Research on Automatic Continuous Detection of Road Compactness and Intelligent Compaction Technology	王佳栋 Wang Jiadong
121	“城市记忆碎片”——地域文化IP的视觉叙事与衍生品设计 "City Memory Fragments" — Visual Narrative and Derivative Design of Regional Cultural IP	黄旭康 Huang Xukang

乡村治理与乡村公共秩序的重新建构

——以河南南街村为例

黄淇梵

广州新华学院 (中山大学新华学院), 广东 广州 510000

DOI: 10.61369/UAID.2025010001

摘要：中国的城市化水平相较于发达国家尚有距离，在历史条件的制约和目前的社会背景下，乡村依然是社会组织的重要构成基础。在大力倡导乡贤文化的当下，探索如何通过公序良俗、村规民约以及行政化手段达到良好的乡村治理效果，对于稳定社会经济、振兴乡村发展、传承优秀民风民俗、发挥乡村自治能动性具有重要意义。本文着眼于乡村治理的实践方案研究，探究传统文化与民风民俗在乡村治理中的促进作用与阻碍之处、如何利用政策引导建立公序良俗以促进乡村转型以及在原有的村规民约基础上推动重新建立良好的乡村公共秩序。进而探讨乡村治理的实践在推动乡村公共秩序重新建构的过程中的意义和重要作用，重新建构起乡村公共秩序，以及这个过程中政府的角色和作用，最后给出乡村治理的实践建议以及阐述了乡村治理对于建立美好乡村的意义。

关键词：乡村治理；乡贤文化；公共治理

Rural Governance and the Reconstruction of Rural Public Order — A Case Study of Nanjie Village, Henan Province

Huang Qifan

Guangzhou Xinhua University (Xinhua College of Sun Yat-sen University), Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： China's level of urbanization still lags behind that of developed countries. Constrained by historical conditions and the current social background, villages remain an important foundation for social organization. Nowadays, with the strong advocacy of rural elite culture, exploring how to achieve good rural governance effects through public order and good customs, village rules and regulations, and administrative means is of great significance for stabilizing social economy, revitalizing rural development, inheriting excellent folk customs, and leveraging the initiative of rural autonomy. This article focuses on practical solutions for rural governance, exploring the facilitating and impeding roles of traditional culture and folk customs in rural governance, how to utilize policy guidance to establish public order and good customs to promote rural transformation, and how to promote the reestablishment of a good rural public order based on existing village rules and regulations. Furthermore, it discusses the significance and important role of rural governance practices in promoting the reconstruction of rural public order, the reconstruction of rural public order itself, and the role and function of the government in this process. Finally, it provides practical suggestions for rural governance and elaborates on the significance of rural governance for building a beautiful countryside.

Keywords： rural governance; rural elite culture; public governance

绪论

中国自古重视乡村治理，乡村治，天下安。在国家治理体系中乡村治理体系是不可或缺的关键环节，国家治理能力的现代化质量取决于乡村治理能力现代化的实际发展情况，在国家治理体系和治理能力向现代化、科技化高质量迈进的大背景下，乡村治理能力的现代化标准将影响到整个治理体系的质量。相关部门努力提高乡村治理能力，以及积极完善治理体系，可以更好地满足群众需求，提升乡村人民满意度和幸福感，促进乡村稳定有序发展。提升乡村治理能力要从农业和农村优先发展的立场，从乡村振兴、打造美丽宜居乡村的方向，对教育、医疗、社会救助等农村公共基础设施进行规划布局。

同时应该注意的是，在乡村治理过程中，基层组织自身的多元治理体系要完善，治理质量要提高。要将乡村社会中各方力量都发动

起来,坚持多元共治与乡村自治相结合,让乡民们广泛参与到乡村治理中来,提高乡村治理质量和效率。在这一过程中,乡镇一级政府在乡村治理中要有一定的“界限感”,合理运用各种治理手段,努力完善治理体系,提高乡村多元治理能力。

一、河南南街村乡村公序良俗的建立过程

中国乡村有其固有社会组织结构和道德体系,笔者在查阅大量文献资料以及在南街村做了实证研究之后,认为乡村公序良俗的建立一般有如下几个方面的共同作用。这几个方面不分主次,互相交织,共同形成了一种法律之上的道德约束力量,促使乡村秩序良好运行。

(一) 乡贤文化

中国政府一号文件分别于2015年和2016年,两次将“乡贤文化”列入农村思想道德建设中,指出:“创新乡贤文化,弘扬善行义举,以乡情乡愁为纽带吸引和凝聚各方人士支持家乡建设,传承乡村文明。”乡贤文化的精神底蕴不仅对社会核心价值观落地生根有重要意义,而且就社会价值而言,也有利于促进乡村治理现代化。

乡贤文化虽然在新时期第一次被提及,但是乡贤文化在中国乡村早已是一套稳固的治理体系。中国是传统农业大国,有着众多的乡村和农业人口,“耕读”为基础思想,因此乡村的治理自古至今就以各种形式备受重视,而树立乡贤就是其中的重要手段。中国古典典籍《礼记》中有乡射礼、乡饮酒礼的记载,这些礼仪的其中一个作用便是强化乡贤文化力量以及乡村治理秩序^[1]。

而“乡贤”的定义在当下的语境内也发生了一些变化,在漫长的中国历史进程中,一些在乡村社会建设、风习教化、乡里公共事务中贡献力量的乡绅,都被称为“乡贤”,由此而形成了乡贤文化。“乡贤”是中国各地本土有德行、有才能、有声望而深被本地民众所尊重的贤人。而政府提出的“新乡贤”,即中国农村优秀基层干部、道德模范、身边好人等先进典型,他们成长于乡土、奉献于乡里,在乡民邻里间威望高,并且口碑好,因此,政府以他们为模范典型,树立学习热潮,鼓励乡民积极为乡村贡献,创建新乡贤文化。

(二) 村规民约

在河南南街村乡村治理的过程中,村规民约与乡贤文化一直是并道而驰的,是两种重要的乡村治理手段,无规矩不成方圆,村庄的基层自治之中总是包含了村规民约的道德约束。村规民约是一种由乡贤倡导并不断强化的,在乡村自治过程中不断调整并潜移默化、影响南街村人民的生活言行的一种法律之外的道德约束,一般来说,村规民约都是一种基于法律并高于法律的道德约束,例如:法律规定不许遗弃父母,而村规民约中则可能会要求善待父母,而如果村民们违反村规民约,在没有触犯法律的情况下,一般来说也并不会受到强制手段的制裁,但是村邻之间对其的道德谴责以及乡贤的批评与劝导会对其行为转变起到一定的促进作用。由于南街村在村民治理中的这种村规民约的限制,会在村庄之中形成一种价值导向,因此,村规民约往往和乡贤以及法

律共同促进乡村治理秩序构建,以一种比法律更为柔软,但比乡贤模范作用更为强硬的中间手段,引导乡民价值取向,构建良好乡村秩序^[2]。

(三) 政府推动

在乡村秩序的建立过程中,虽然是以乡村自治与道德规范为主,表面上看起来政府部门隐身了,但其实每一步秩序的建立都离不开政府在背后的推动。在南街村的治理过程中,乡镇一级基层政府在乡村治理中有着关键性的桥梁作用,对政策的解读与传递、民情民意的调查上报等具有重要链接作用。中国目前的乡村治理体系是以乡镇一级部门作为基层的正式行政机构,因此,乡镇政府直接面对乡村乡民,是国家政策和基层乡民之间重要的关键环节,各项政策的解读与落实,均要依靠乡镇政府部门。

乡镇一级政府对于社会和民众价值的导向性,表现在乡贤的典型树立和表彰上,而乡贤和村规民约的建立也在乡镇一级政府的价值导向之下逐渐完善。南街村村民们随着乡镇一级政府的引导而对村规民约的道德约束逐渐服从。由此,在政府的推动之下,南街村自治秩序逐渐完善,公序良俗逐渐建立,村委基层自治在此基础上开展。

二、河南南街村乡村公序良俗在乡村治理中的作用

乡村公序良俗的定义即是良好的乡村公共秩序与民风民俗。而重视乡村公序良俗建构的重要意义便是因为公序良俗能够作为一种法律之外的补充手段,在社会舆论上倡导乡民遵守乡村公共秩序、共同维护乡村公共秩序,提倡善良、和谐、互助的乡村道德风尚,树立新的乡村公德,形成良好的村风和民风,促进全体乡民道德感的提升以及淳朴民风的涵养。由此可以看出,乡村公序良俗对于乡村治理来说是关键核心,它是一份乡村乡民行为规范。乡村公序良俗的建立,对于民风教化、文化传承以及道德宣扬之上的正面作用,和其辅助乡村治理与村委基层自治的作用,是需要着重研究探讨的部分。在查阅了大量文献以及进行了田野调查访问之后,认为乡村公序良俗在乡村治理和村委基层自治之中起着重要的促进作用,其表现主要在教化民风、传承民俗以及道德塑造几个方面:

(一) 教化民风

良好的乡村秩序是由多方共同维持的,淳朴的民风孕育出淳朴的公序良俗,而公序良俗也反过来滋养教化了民风。在中国,一向都十分重视“德行教化”,在法律体系中,也始终重视提倡良善教导的思想,由此发展而来的中国法系其精神内核也一直重视伦理性。因此,在社会主义市场经济的条件下,公序良俗依然能够为中国社会发展提供良好的政治理论基础。在走访河南的南街村时,对于当地的民风与村规民约做了实地调查,在乡村治理

过程中，公序良俗是村委自治和乡民之间言行举止的道德标准和价值导向，为稳定村委自治起到重要作用。

在南街村的发展之中，村民意识几经转折，村委领导的思想路线也在这种意识中不断改进。据调查访问得知，上个世纪八十年代，这里还是一片贫瘠的村庄，当时由于一些历史原因，村民们普遍存在着重私轻公、自私自利的思想，民风相对需要改进。南街村党委在意识到要发展经济先要改良民风、重塑乡村公序良俗之后，着手对南街村进行了一番自治约束，制定了一系列村规民约，以文化宣导、互相监督等方式，令村民遵守公序良俗，逐渐改变民风。在经历了十年左右的教化之后，南街村形成了优良的民风，村民之间形成了一道内化的约束，建立起公序良俗，有效地平衡着个人和社会的公共利益，实现民众的社会完全价值，在此基础上，南街村也在上个世纪九十年代成为了全国致富模范村。

由此可见，公序良俗在发展中国现代特色法治市场经济的条件下，它充分地弥补了目前国家法律行政制度中法规的一些不足，在如何维护国家的经济社会公共利益、政治道德社会秩序以及与之相关和协调的各种公共利益冲突、维护经济社会秩序公平正义等各个方面都发挥着一个极为重要的法律作用和政治机能，公序良俗是良好社风和民风形成的基础。它发乎人情而成于礼，是中国古代传统的道德和文化礼仪在各种社交场合和活动中潜移默化取得的成果，反映了广大人民群众自我接受教育、自我保护和管理、自我协助和调节的一种强烈意志和愿望，并为漫长的中国文化和历史表现出来证明其独特性。维护社会公平正义、维持社会正常运转的良好社会效益^[3]。

（二）传承民俗

我国有着深厚的农业基础，乡村一直是我国行政区域的基础组织结构，在悠久的历史长河之中，积淀下了源远流长的、各具特色的、丰富优秀的民俗文化，这些民俗文化的保留对于人类社会研究、历史探索、文化源头探究等均具有深远的意义。

而乡村公序良俗的建立一般是建立在法律、道德和区域特色之上，三方合力而成的，因此各地公序良俗本身便包含了独特的民俗文化，对于公序良俗的保护和倡导，一方面利于民俗的传承，另一方面，其公序良俗本身便是一种需要被保护传承的民俗。

南街村是回、汉民族混居地，两个民族之间习俗的不同给这个地方带来了不同的民俗环境，而为了让各个民族人民都能舒心、安逸地在自己的家乡生活，南街村一直以来都有一条不成文的民约——回、汉各美其美。南街村村民们都遵循着尊重民族习惯、互不干扰、互相理解的公序良俗，将当地回汉两族的关系以及各族的民风习俗保留的较为完整。

（三）以“德”治人

在乡村治理中反复提到乡村自治和公序良俗，便是在倡导一种建立在“法治”和“德治”的“仁爱”思想之上的价值取向。法律本身就是一条道德的基础和底线。道德观念是人们在共同的生活及其行为方面的准则和规范，它通过群体默认的准则和社会舆论而发挥着制约作用，这是一种根植于人们内心的柔性力

量，约束性有限。所以，漠视道德的人需要来自外界的硬性力量——法律来规范，法律起到了弥补道德的作用。法律所限制的是底线，是越界就犯罪的边界，法律的覆盖范围比道德窄，但起到了至关重要的“兜底”作用，保障社会能够正常运行。而道德规范则是人类社会法律之上的追求，中国政法大学客座教授罗翔在其授课讲座过程中曾明确多次提到“法律一定要倡导良善的价值观”，其中“良善的价值观”即是道德。法律永远不能超越社会常识的限制，需要社会群体的高度认同。当有人打着强制规范是违背道德的幌子想要超脱法律的约束时，我们必须认识到，没有边界的自由必然会导致强者对弱者的剥削，失去公平正义，才真正违背了道德的内涵。实际上道德和法律是不冲突的，法律的追求就是将约束由外界内化于心成为道德。

在南街村的发展中，法律是一条不能碰的“红线”，而村规民约管理下的公序良俗更是南街村村民以及经济发展的重要规则。村委通过文化宣导、道德讲堂、一对一谈心、政策疏导等方式，将道德自治内化在村民的心中，使其在法律底线之上再筑道德之墙，提高思想觉悟，自觉自发地重视公共利益，改变自私自利的价值观。因而，南街村在村民的支持之下一直在集体经济的道路上走了下去。

可以明确，德治与法治是相辅相成的。中国自古以来倡导的法律精神为的是德行教化，《论语》中孔子提到；“道之以政齐之以刑，民免而无耻。道之以德齐之以礼，有耻且格。”尽管孔子的看法有其历史狭隘性，但是由孔子而来的中国传统政治思想之中，对于法治与德治的共同作用均是持肯定态度的，并且重视法律法案的惩戒和社会教化功能。而公序良俗既是在德治和法治之间的粘合剂，促进乡村社会德治发展与民风敦化^[4]。

三、河南南街村地方治理结构改革

近二十年内，中国城市化进程飞速，乡村组织结构和乡村文化等都得到了一定的冲击，在城市化、城镇化发展的大背景下，乡村治理该采取什么样的方式以及如何重新建构乡村公共秩序，如何扬弃地看待传统的乡村公共秩序，并从中摒除不适宜的传统宗法制社会秩序，发扬淳朴优良的乡村道德。这些问题值得学界深入探讨。通过河南南街村的地方治理改革实践可以从中得到一定的启示。

（一）城市化背景下乡村治理的意义

在城市化背景之下，传统的乡村组织面临解构，过往以宗法制血缘为纽带、以乡村为组织单位的乡村治理方式，随着乡村年轻人的逐渐流出，而慢慢趋向于淡化。在今天的中国，一面是城市的高速发展，一面是乡村的逐渐沉寂。在这样的形式之下，探索新的乡村治理模式与乡村公训良俗的重新建构，对于振兴乡村、缩小城镇差距、大力改善乡村生活等方面来说具有极其重要的意义，重视乡村治理，方能实现乡村振兴^[5]。

（二）乡村治理推动下的乡村公共秩序建构

由于中国乡村地域广阔，且其村庄种类多样，随着中国新型工业化、城镇化的加快和推进以及农村经济体制改革的不断深

入，广大的乡村正在经历着空间上前所未有的转折。农业的生产方式、社会组织结构的转变极大地促进了农业的发展、乡村的进步、农民的富裕，这个过程中也给了乡村的治理工作带来了一些新的问题，乡村治理的任务还是相当繁重。只有坚持立足于国情乡土之风，努力创造一个充满生机与农情、和谐有序的良好善治特色乡村，努力建设健全现代特色乡村管理体系，从而更好地为良性乡村的振兴发展提供了制度依据和重要的保障。在当下的乡村治理中，要大力发展村委基层自治功能，乡镇一级政府要和辖下各村之间建立通畅的沟通关系，对各村实际情况以及优势和不足做到充足的了解，对关系民生的、村民急需解决的问题予以优先处理^[6]。

以河南南街村的结构改革为例，在实施村委自治过程中，乡镇一级政府应充分发挥促进作用，坚持自治、法制、德治三者结合。自治、法治、德治协同融合的现代乡村治理制度体系，是一套更为完善有效、多元共治的现代乡村管理制度。其中，自治意识是政策的基础，法治意识是根本，德治意识是政策的先导。自治、法治、德治有机融为一体，构成了乡村治理的健康完整框架，是实现乡村社会蓬勃生机、和谐有序的重要保障。强调自治，就是要尊重和充分信任每一个村民的主观能动性，让村民群众自主、自觉、自发地积极参与到对乡村社会的治理及建设，增强对村民自治的自我管理、自我服务的职责。如果要从培养弘扬社会核心价值观的思想做起，则需重点培养良好的村风和民风，发挥身边的榜样和示范引领作用，发挥对乡贤职业道德的感召和力量，以充分挖掘和释放德治文明教化的治理效能。而强调法治，则目的就是为了强化法律在保障农民权利、规范市场经济运行、农业扶贫资金支持和环境治理、化解农村社会矛盾等各个方面的权威地位，坚持和运用法治的方式及法治技术手段来处理 and 解决当前农村经济改革和发展稳定中可能遇到的困难^[7]。

（三）良好的乡村公共秩序与乡村陋习的矛盾

虽然乡村民风大多淳朴，民俗文化具有相当大的研究价值，但不可否认的是，由于小农思想的局限性以及长期以来受到封建思想残余的影响，广大乡村之中存在着相当部分陋习。这些陋习犹如一颗颗毒瘤根植乡村之中，且沉痾已久，为乡村治理和良好的公共秩序的重新构建造成了不同程度的阻碍。河南南街村在树新风、倡导新的乡村秩序的建构过程中，相关部门和基层村委不可避免地也遇到在保留民俗、尊重乡村生活习惯和树立新的乡村道德模范、倡导新民风、构建新的乡村公共秩序之间的矛盾，此时应态度坚决、手段温和，以乡贤劝导、道德宣传、文化讲解等方式扭转旧观念、发扬新秩序^[8]。

（四）政府在乡村公共秩序建构中的角色与作用

加快建立健全乡村治理制度体系与治理能力的现代化建设，这将成为实现特色乡村建设振兴的一条必由之路，而乡村治理要坚持自治、德治、法治“三治融合”，这其中政府要起着一定的引导与推动作用。

中国政府发布印发的《关于加强和改进乡村治理的指导意见》明确特别强调，要“建立健全政府负责、社会协同、公众参与、法治保障、科技支撑的现代乡村社会治理体制”，把“科技

支撑”体制作作为深入加强和规范改进现代乡村社会治理的重要组成部分。眼下，不少地方都高度重视推进农村经济社会综合治理的技术创新，广泛探索采取运用大数据、云计算、区块链等先进的农村科技治理措施，将其治理技术创新优势和社会制度治理优势充分紧密结合在一起，实现了促进乡村经济社会综合治理的服务主体功能多样性、治理工作机制的制度科学化、治理决策方法的制度精细化。在新的信息时代的大环境和新条件下还需要进一步着力加强对新型乡村综合治理，仍然需要通过继续努力不断强化现代科学信息技术应用赋能，增强其与现代科学信息技术在推进乡村综合治理的各个领域中能够得到的更大深度相互适应。比如，要继续充分发挥农村服务信息化的基础支撑系统功能，探索建立构建“互联网+网格管理”的农村服务综合管理创新模型，提升农村综合治理的信息智能化、精细化、专业化应用程度；不断强化城乡农民与产业乡村之间的公共信息服务资源间的互联、交流，完善城乡农民对农村信息的及时搜集、处置、反馈等各项工作的管理机制及其有效联动机制，从而更好地有效提升农民产业乡村的综合治理服务效能，助力农民产业乡村经济振兴^[9]。

（五）乡村治理实践建议

法律所要求倡导的公序良俗原则的根本目标就在于发挥和宣传社会公德，维护经济社会的基本秩序，是要充分发挥法律法规的规范和引导作用。公序良俗的基本原则被普遍认为已经是当代中国民法的一个根本法律原则。它将充分开展尊重良好社会秩序、社会公德观的建设活动作为一种强制性的道德规范，引导广大社会人们积极地依法进行自己的民事公益活动，必须严格地履行遵守尊重社会公德、保障良好社会秩序，并积极鼓励广大社会人们切实地积极去学习做好自己善行、提高自己的善良正气，从而有效激发和维护弘扬整个中国社会的善良正气。同时，还要切实加强宪法对于所有公民权利的依法保护。

同时政府要切实充分发挥好乡村乡民公约、乡规民约、产业发展规章、群众志愿服务行为规范、组织管理法令等相关社会管理准则的宣教化规范功能，涵养新风正气。

新闻界的舆论引导工作始终是国家推进社会道德体系建设的一种重要舆论工具和引导力量，舆论的有效引导始终与社会道德体系建设息息相关。现代大众媒体主要拥有信息覆盖范围广、渗透传播能力强、国际媒体影响力强等五大特点。运用舆论媒体发挥其权威力量，有利于把社会弘扬践行的基本伦理道德价值观的传递传播给千家万户，普及给每一位公民家庭成员。正确的运用舆论导向指导，有利于不断培育和增强激发人们崇高的思想道德情操，增强了提高人们的基本政思想道德、职业道德规范意识和广大人民的自尊、勇敢、自爱和独立自强之自信心，对于扶正祛邪、扬善罚恶、匡扶正义、净化优良国家道德风尚都可以起着很大的促进协调推动和积极促进作用^[10]。

四、河南南街村改革成效及面临挑战

乡村治理在乡村振兴、建立美好乡村的过程中，一方面起着积极促进的正面作用，另一方面，也在帮助乡村实现新的振兴、

树立新的乡村风尚。通过对河南南街村乡村治理改革实践的分析,可以探求到一定的方向指导^[1]。

（一）改革成效

以往,在小农思想的禁锢之下,村民整体素质偏低。主要表现在思想观念落后、文化素质不高、科技知识贫乏和法制意识淡薄等方面。部分邻里之间会出现因观念和利益的纠纷而发展到动手或“老死不相往来”的地步。同时,由于精神文化生活单调。打牌、打麻将等娱乐方式正冲击着乡村淳朴民风。聚众赌博、封建迷信、铺张浪费等现象普遍存在。不健康的攀比心理、从众心理等让不少村民的生活无法跟上美好乡村建设的进程。

在南街村的乡村治理过程中,村民之间的负面现象在一定程度上被治理,乡民道德观念的提升和价值取向的转变,使得重视邻里守望互助,促使邻里关系更加和睦。同时,在乡村治理过程中,南街村通过扎实开展家风家训系列活动,积极挖掘出传承好家训好家风的先进家庭典型,将其树立成乡村模范,在乡贤文化的倡导下,弘扬孝老爱亲、勤俭节约、艰苦朴素的中华传统美德。以此促进家庭和美和谐,乡村整体和善美好。

（二）面临挑战

随着南街村的乡村治理改革逐渐深化,南街村在乡村治理中也面临了一些新的挑战,其中包括乡贤接班人的培养以及乡村经济的振兴等。

由于近些年南街村产业的持续低迷,乡村年轻人的外出,村庄老龄人口逐渐增多,使得乡贤文化传承在新的时期有了一定的困难。要解决这个问题,南街村在今后的发展治理之中还是要更

加深化经济体制改革,大力发展乡村经济,以村里先富带后富等形式实现村庄共同富裕,让乡村致富和乡村治理同步进行,互为补充。

五、河南南街村以治理结构创新适应新型城镇化公共秩序的重新建构的基本思路思考和总结

由于中国是一个农业大国,乡村组织是中国的基本组织结构,因此乡村治理是中国公共治理的重要一环。如何治理好美丽乡村,促进乡村振兴、城镇共同发展,这是需要学界和相关部门共同探讨的问题。要完善乡村治理,就一定要坚持自治、德治与法治的三者结合,建立在以人为本、尊重民俗、道德教化的基础上的乡村治理,才能达到完善的结果。

而站在南街村乡村治理的路径之上,对于新型城镇化协同发展之下的公共秩序的重新建构进行思考,可以得到以下几条建议:

首先,要立足乡村文化传承,在乡村治理的过程中要考虑村民们的感情,对村民们进行温和地价值引领。

其次,在乡村治理中始终要坚持与乡村致富同行,让良好的乡村秩序能够更好地为乡村致富助力,也使得乡村致富对乡村和谐治理更加有效。

最后,乡村治理要尽量以宣传、引导、行政等软化手段为主,与法律宣讲相结合,但应尽量必要对民众使用强制手段。

参考文献

- [1]郭步山,论扬州乡贤文化对扬州乡村振兴的促进作用[J].大众文艺,2019年11期.
- [2]王志良,《乡贤文化的社会价值》,中国政协.
- [3]于韬,新乡贤参与下的民间信仰重塑研究[D].天津大学.
- [4]罗志峰,我国现代化进程中的乡村文化建设研究[D].中共中央党校,2019年.
- [5]李博、杨朔,乡村振兴中“治理有效”的实践路径与制度创新——基于陕南汉阴县“321”乡村治理模式的分析[J].云南社会科学,2019年03期:55-61.
- [6]黄鑫、邹统钎、储德平,旅游乡村治理演变机理及模式研究——陕西袁家村1949-2019年纵向案例研究[J].人文地理,2020年03期:93-103.
- [7]桂华,激活乡村治理的村民自治体制立足乡村现实采取低成本高效模式[J].人民论坛,2019年036期:82-83.
- [8]陈寒非,嵌入式法治:基于自组织的乡村治理[J].中国农业大学学报:社会科学版,2019年36期:82-92.
- [9]曾红萍,乡村振兴背景下农村小型公共品治理模式研究——以成都市村级公共服务资金项目运作为例[J].南京农业大学学报:社会科学版,2019年19期:55-63.
- [10]陈寒非、高其才,新乡贤参与乡村治理的作用分析与规制引导[J].清华法学,2020年04期.
- [11]何阳、汤志伟,互联网驱动的“三治合一”乡村治理体系网络化建设[J].中国行政管理,2019年11期:69-74.

国土空间规划视角下的地理信息全流程管理：调查、规划与实景三维建设

黄波

旭普云智慧空间信息技术有限公司，四川 成都 610000

DOI:10.61369/UAID.2025010002

摘要： 国土空间规划是实现可持续发展的重要战略工具，其核心在于优化国土空间开发保护格局，协调生态、生产、生活三大空间功能。本文探讨了国土空间规划与地理信息管理的深度融合，阐述了地理信息调查、规划编制、实景三维建设等在国土空间规划中的作用，强调其对生态保护、资源利用和区域发展的支撑。

关键词： 国土空间规划；地理信息管理；三维建设

Geographic Information Full Process Management from the Perspective of National Spatial Planning: Investigation, Planning and Realistic 3D Construction

Huang Bo

Xupuyun Smart Space Information Technology Co., Ltd. Chengdu, Sichuan 610000

Abstract： National spatial planning is an important strategic tool for achieving sustainable development, with its core being to optimize the pattern of national spatial development and protection, and coordinate the three major spatial functions of ecology, production, and life. This article explores the deep integration of national spatial planning and geographic information management, elaborating on the role of geographic information investigation, planning formulation, and real-time 3D construction in national spatial planning, emphasizing their support for ecological protection, resource utilization, and regional development.

Keywords： national spatial planning; geographic information management; realistic 3D construction

引言

国土空间规划是实现可持续发展的重要手段，它通过系统性布局和统筹安排，优化国土空间开发保护格局，协调生态、生产、生活三大空间功能。地理信息管理作为国土空间规划的技术支撑，其核心内容涵盖数据采集、存储、处理、分析与应用，通过整合多源数据与先进技术，为国土空间规划提供精准、高效的空间决策支持。近年来，实景三维建设的兴起为国土空间规划提供了新的技术手段，推动了国土空间规划向智能化、精细化方向发展。同时，相关政策如《关于全面推进实景三维中国建设的通知》，也为地理信息管理技术的发展和实景三维建设提供了有力的政策支持和保障。这些政策不仅明确了实景三维建设的目标和任务，还强调了地理信息在国土空间规划中的重要作用，为推动国土空间规划与地理信息管理的深度融合提供了政策依据。

一、国土空间规划与地理信息管理的理论基础

（一）国土空间规划的基本概念与框架

国土空间规划是国家为实现可持续发展对国土空间进行系统性布局和统筹安排的战略性工作。其核心目标是优化国土空间开发保护格局，协调生态、生产、生活三大空间功能，实现资源高效利用与生态保护的平衡。国土空间规划按照“五级三类”体系构建，即国家、省、市、县、乡镇五个层级，以及总体规划、详细规划和专项规划三类规划类型^[1]。总体规划侧重宏观战略，

详细规划聚焦具体实施，专项规划则针对特定领域（如生态修复、交通布局等）提供专业指导。规划编制需遵循“生态优先、底线管控、多规合一”的原则，通过科学分析和公众参与，形成具有法律效力的空间蓝图，为国土开发、保护与修复提供依据。

（二）地理信息管理的核心内容与技术体系

地理信息管理是国土空间规划的重要技术支撑，其核心内容包括数据采集、存储、处理、分析与应用。数据采集涵盖土地利用现状、自然资源属性、生态环境指标等多源信息，通过遥感、无人机、地面调查等手段实现^[2]。数据存储与管理采用空间数据

库技术，确保数据的标准化与规范化。地理信息系统（GIS）是地理信息管理的核心技术，能够实现空间数据的可视化、分析与建模，支持国土空间规划中的空间布局优化、资源承载力评估等工作。此外，遥感技术用于动态监测土地利用变化，大数据技术则为规划决策提供数据驱动的智能支持。地理信息管理通过整合多源数据与先进技术，为国土空间规划提供精准、高效的空间决策支持，推动国土空间治理的科学化与智能化^[3]。

二、国土空间规划中的地理信息调查

（一）地理信息调查的内容与方法

地理信息调查是国土空间规划的基础环节，其内容涵盖土地利用现状、自然资源属性、生态环境特征以及人文社会经济数据等多个维度^[4]。土地利用现状调查通过实地测绘与遥感影像解译相结合，获取土地覆盖类型、用途分类及空间分布特征；自然资源调查则聚焦于水资源、森林、矿产等要素的存量与质量评估，为资源开发与保护提供依据。生态环境调查重点关注生态系统的完整性、生物多样性及环境承载力，识别生态敏感区与脆弱区。人文社会经济数据采集涉及人口分布、产业布局、基础设施现状等，反映区域发展需求与空间利用效率。调查方法综合运用遥感技术获取大面积连续数据，无人机技术实现高分辨率局部补充，地面调查校验数据准确性，抽样调查优化统计精度。多源数据融合技术确保调查结果的全面性与可靠性，为国土空间规划提供精准的本底数据支撑。

（二）地理信息调查的技术与工具

地理信息调查的技术与工具体系以遥感、地理信息系统（GIS）、全球定位系统（GPS）为核心，辅以无人机、激光雷达等新兴技术，形成多维度、高精度的数据采集与处理能力^[5]。遥感技术通过卫星与航空平台获取大面积影像数据，支持土地利用分类与变化检测；无人机技术以其灵活性与高分辨率，适用于小范围精细调查与动态监测。激光雷达技术通过点云数据生成数字高程模型，为地形地貌分析提供基础。GIS平台整合多源数据，实现空间分析、数据存储与可视化表达，支持调查成果的标准化管管理^[6]。数据处理流程中，影像预处理技术消除噪声与几何畸变，分类算法提升解译精度，空间插值方法优化连续性数据生成。调查工具的协同应用确保数据采集的高效性与准确性，技术体系的持续迭代进一步推动地理信息调查向智能化、自动化方向发展，为国土空间规划提供动态更新的时空数据基础。

三、国土空间规划中的地理信息规划与决策支持

（一）地理信息在规划编制中的应用

1. 数据整合与空间分析

地理信息在国土空间规划编制中的应用首先体现在数据整合与空间分析环节。多源数据整合通过标准化处理与空间配准，将遥感影像、地形地貌、土地利用现状及社会经济数据等异构数据集统一至同一空间参考系，形成完整的国土空间信息底板。空间

分析技术在此基础上发挥核心作用，缓冲区分析可识别生态敏感区与服务覆盖范围，叠加分析则用于评估土地适宜性与资源承载力，网络分析支持交通可达性与廊道优化。数据整合与空间分析的协同作用，不仅提升规划编制的科学性，还为生态红线划定、建设用地布局及专项规划提供量化依据。地理信息系统（GIS）平台通过算法优化与模型构建，实现复杂空间关系的精准解析，确保规划方案的合理性与可操作性^[7]。

2. 规划方案的可视化与模拟

规划方案的可视化与模拟是地理信息在规划编制中的另一关键应用。三维建模技术结合地形数据与建筑信息，生成直观的实景三维模型，支持规划方案的空间展示与公众参与。动态模拟技术通过参数化调整，对不同规划情景进行模拟推演，如城市扩张模拟、生态流量变化预测及灾害风险评估。可视化与模拟的结合不仅增强规划方案的可理解性，还为方案比选与优化提供科学依据。基于地理信息的模拟结果可量化评估规划方案的环境影响与经济效益，辅助决策者识别潜在风险，优化资源配置，最终实现规划方案的科学编制与高效实施^[8]。

（二）地理信息在规划实施中的监测与评估

1. 实施过程中的动态监测

地理信息在国土空间规划实施中的动态监测功能，通过实时数据采集与更新，确保规划执行的精准性与适应性。遥感技术与无人机监测提供高频率、高分辨率的影像数据，用于土地利用变化检测与违法建设识别。物联网传感器网络则实时采集生态指标、交通流量及环境质量等动态数据，构建全方位的监测体系。地理信息系统（GIS）平台整合多源监测数据，通过时空分析技术识别规划实施偏差，支持及时调整。动态监测体系的构建不仅提高规划执行的透明度，还为后续评估提供连续的数据支持，确保国土空间规划在动态环境中保持有效性和可持续性。

2. 规划效果的评估与反馈

规划效果的评估与反馈机制依托地理信息实现量化分析与持续优化。评估模型基于多指标体系，综合考量生态、经济与社会效益，通过空间分析技术量化规划实施后的土地利用效率、生态系统服务提升及社会公平性改善^[9]。地理信息平台支持评估结果的可视化表达，直观呈现规划成效与问题区域。反馈机制通过将评估结果嵌入规划调整流程，实现规划方案的动态迭代。基于地理信息的评估与反馈体系，不仅确保规划目标的达成，还推动国土空间治理向精细化、智能化方向发展，为实现高质量发展与高水平保护提供科学支撑。

四、实景三维建设在国土空间规划中的应用

（一）实景三维建设的技术框架与流程

1. 实景三维数据采集与处理

实景三维数据采集是构建三维模型的基础环节，通常采用倾斜摄影、激光扫描和无人机技术等手段获取高质量的三维空间数据。倾斜摄影通过多角度拍摄生成高分辨率的三维点云数据，激光扫描则通过发射激光束精确测量目标物体的几何形状和位置，

无人机技术则结合高清摄像设备快速获取大范围地理数据，尤其适用于复杂地形和难以到达的区域。数据处理阶段，专业软件对采集的图像和点云数据进行拼接、过滤和整合，生成三维模型的原始数据。处理过程中，特征点提取与匹配技术用于空间配准，确保不同数据源在统一坐标系下的准确性与一致性。

2. 实景三维模型的构建与优化

实景三维模型的构建基于处理后的数据，通过三维建模软件生成精确的三维模型。模型构建过程中，制作者可根据需求对模型进行细节调整，以提高精度和视觉效果。模型优化阶段，通过纹理调整、缺陷修复和轻量化处理，提升模型的可视化效果和应用效率。轻量化技术通过减少数据量和优化存储结构，确保模型在不同平台上的高效运行，同时支持多源数据的无缝融合^[10]。

（二）实景三维建设在国土空间规划中的应用实践

1. 实景三维在规划编制中的应用

实景三维模型在国土空间规划编制中具有重要应用价值。其直观性和精确性能够支持规划方案的可视化与模拟，为生态红线划定、建设用地布局和专项规划提供科学依据。通过实景三维模型，规划者可以动态模拟城市扩张、生态流量变化及灾害风险，量化评估规划方案的环境影响与经济效益，优化资源配置，提升规划方案的科学性和可操作性。

2. 实景三维在规划实施中的应用

在规划实施阶段，实景三维模型通过动态监测和实时更新，为规划执行提供精准支持。模型结合物联网传感器网络，实时采集生态指标、交通流量及环境质量等动态数据，构建全方位的监测体系。通过时空分析技术，模型能够识别规划实施偏差，支持及时调整，确保规划目标的达成。

（三）实景三维建设的挑战与未来发展方向

1. 技术瓶颈与解决方案

实景三维建设面临多项技术瓶颈，包括数据精度验证困难、

多源数据融合复杂性及海量数据的存储与管理挑战。针对这些问题，改进融合技术方法、统一数据融合的空间精度匹配与接边方法，以及规范数据轻量化处理成为关键解决方案。此外，智能化测绘技术的发展为解决这些瓶颈提供了新的思路，如通过“大算力+大数据+大模型”构建高效的时空基础设施。

2. 实景三维建设的未来趋势

未来，实景三维建设将向智能化、融合化和泛在化方向发展。智能化测绘技术将推动实景三维从数字化向智能化转型，形成全链条的测绘装备研发体系，支撑新型时空信息基础设施建设。融合化发展将实现物理空间、网络空间和社会空间的精准定位与动态获取，构建权威统一的三维数字空间。泛在化应用则通过无处不在的时空连接和无时不用的时空计算，为国土空间规划提供高品质数据及高水平服务。

五、总结

地理信息全流程管理在国土空间规划中发挥着关键作用，贯穿调查、规划与实景三维建设的全过程。地理信息调查为规划提供精准的本底数据，涵盖土地利用现状、自然资源属性及社会经济要素，通过多源数据融合与空间分析技术，确保规划编制的科学性。实景三维建设作为新兴技术手段，在规划编制中提供直观的可视化支持与动态模拟能力，在规划实施中实现动态监测与效果评估，推动国土空间治理向智能化、精细化方向发展。地理信息管理的系统性应用，不仅提升了国土空间规划的精准性与适应性，还为生态保护、资源利用与区域发展提供了量化依据，构建了支撑国土空间可持续发展的技术体系。

参考文献

- [1] 刘一萍, 齐共同, 刘鹏超, 等. 城市更新中全景影像监测数据管理与应用 [J]. 自然资源信息化, 2023(3): 34-38.
- [2] 马存明. 国土空间规划领域地理信息大数据的实践研究 [J]. 中国厨卫, 2023, 22(5): 251-253.
- [3] 程晋宝. 新时期国土空间规划中地理信息大数据的重要性 [J]. 电脑乐园, 2022(1): 0124-0126.
- [4] 李蒙. 测绘地理信息技术在国土空间规划中的应用 [J]. Engineering Science Research & Application, 2023, 4(16).
- [5] 卢亚龙. 测绘地理信息技术在国土空间规划中的应用 [J]. 黑龙江科学, 2022, 13(2): 146-147.
- [6] 程颖. 空间地理信息数据在县级国土空间规划管理中的应用研究 [J]. 电脑乐园, 2022(7): 0142-0144.
- [7] 李茜, 杨桦, 朱剑. 基于空间地理信息的政务信息资源整合初探——以国土空间规划为例 [J]. 南方国土资源, 2019(11): 5.
- [8] 陈鸿斌. 新时期厦门市国土空间规划全流程管理探索 [J]. 中国建筑金属结构, 2023, 22(8): 169-171.
- [9] None. 智慧国土空间规划全流程解决方案 [J]. 中国领导科学, 2019(3): 1.
- [10] 韩科成. 国土空间规划与实景三维融合纳入“三维立体自然资源一张图”的技术路径与难点 [J]. 科技创新导报, 2022(002): 019.

新环卫收运体系下垃圾转运站建设现状及改进措施

孙建慧

桂林市环境卫生管理处, 广西 桂林 541001

DOI:10.61369/UAID.2025010005

摘要：为提高垃圾转运效率，实现城市环境保护，本文采用理论分析、案例分析相结合的方式，深入分析垃圾转运站现状，揭示设施老化、管理欠缺等问题。研究表明：采取科学规划选址、工艺设计升级、运营监管强化及技术创新驱动等策略，能显著提升转运站处理效能与环保标准。因此，在垃圾转运体系下，强化对垃圾转运站科学化建设和改进对于优化城市环境面貌至关重要。

关键词：新环卫收运体系；垃圾转运站；建设现状；改进措施

Construction Status and Improvement Measures of Garbage Transfer Station under the New Environmental Sanitation Collection and Transportation System

Sun Jianhui

Guilin Environmental Health Management Office, Guilin, Guangxi 541001

Abstract： In order to improve the efficiency of garbage transfer and realize urban environmental protection, this paper adopts the combination of theoretical analysis and case analysis to deeply analyze the status quo of garbage transfer stations and reveal the problems of aging facilities and lack of management. The research shows that adopting the strategies of scientific planning and site selection, process design upgrade, operation supervision strengthening and technology innovation drive can significantly improve the treatment efficiency and environmental standards of the transfer station. Therefore, under the garbage transfer system, it is very important to strengthen the scientific construction and improvement of the garbage transfer stations to optimize the urban environment.

Keywords： new sanitation collection and transportation system; garbage transfer station; construction status; improvement measures

随着我国经济与城市化进程的迅猛推进，城市生活垃圾量急剧攀升，对城市环境、公共卫生及居民生活构成了严峻挑战。政府对此高度重视，着力加强城市生活垃圾处理设施建设，其中垃圾转运站扮演着关键角色^[1]。然而，当前垃圾转运站的建设与运营中仍存在选址欠妥、设计缺陷及管理不规范等突出问题，以上问题不仅阻碍了转运站的有效运作，也削弱了整个垃圾处理体系的效能。鉴于此，在新环卫收运体系下，为有效地改善城市环境，提高居民生活质量，需深入探究垃圾转运站的建设现状，并提出切实可行的改进措施。

一、新环卫收运体系概述

（一）新环卫收运体系定义

新环卫收运体系是城市化加速、垃圾分类政策推动及环保标准提升下的产物，它代表了垃圾管理的高效、绿色与智能化发展趋势。此体系强调技术创新与管理革新，力求在垃圾产生的源头即实现精准分类，采用密闭方式收集，确保转运过程的高效流畅，并最终实现垃圾的无害化处理。通过实施以上措施，不仅优化了城市环境，还有效提升了居民的生活品质，为构建更加宜居、可持续的城市空间奠定了坚实基础。

（二）新体系与传统体系的区别分析

新体系与传统体系之间存在明显区别，具体表现在以下几个方面：首先，在收集方式方面，传统体系主要依赖人工收集，垃圾桶或垃圾车分散在城市各个角落，收集效率低下，且易造成二次污染^[2]。相比之下，新体系倡导并执行垃圾分类，引入了智能化收集设施，如地埋式垃圾站与智能垃圾桶，确保了垃圾的封闭、高效收集。同时，采取定时定点策略，有效缩短了垃圾停留时间，减轻了环境负担^[3]。其次，在转运效率方面，传统体系多使用开放式或简易封闭式转运车辆，转运途中垃圾易散落且异味四溢，有损城市形象。新体系则采用密闭式转运车辆，并辅以高

效的转运站点，实现了垃圾的迅速、安全转移。加之智能化管理系统的运用，能够实时监控车辆与站点状态，大幅提升转运效率。最后，在处理技术层面，传统体系多采用填埋与焚烧等相对落后的方式，易引发环境污染与资源浪费。新体系则推广生物降解、资源化利用等先进处理技术，实现了垃圾的无害化与资源化。并且，通过垃圾分类，提高了回收利用率，显著减少了垃圾处理量。

（三）新体系对垃圾转运站的新要求探讨

新环卫收运体系的兴起，对垃圾转运站的功能与设计提出了多项革新性要求。首先，智能化升级，垃圾转运站需集成自动称重、满溢监测及远程监控等智能功能，从而实现自动化作业与远程管控，显著提升了转运效率与管理效能^[4]。其次，密闭化设计成为新趋势，旨在遏制垃圾转运环节的异味扩散与二次污染。通过增设密闭设施与负压通风系统，确保站内空气流通且异味得到有效封锁。高效转运能力是另一大核心要求，垃圾转运站需装备先进压缩装置与转运车辆，以强化垃圾处理能力，加速垃圾周转速度。此外，环保标准的提升也不容忽视。转运站需采纳前沿的污水处理与除臭技术，保障污水与废气排放合规。同时，深化垃圾分类与回收机制，从源头上削减垃圾总量，减轻环境负担。

二、垃圾转运站建设现状

（一）规划选址不合理

目前，垃圾转运站规划选址的难题愈发显著，这对垃圾转运站的高效运作构成了严峻挑战。当前存在的问题具体表现在以下方面：首先，服务半径设置不合理。依据城市生活垃圾中转站的技术规定，人力收集方式下的服务半径应控制在0.4公里以内，最大不超过1公里。然而实际情况是，部分城市的垃圾转运站服务半径远超这一合理范围，导致垃圾收集运输效率低下，清扫保洁工作难度增加。例如，某些新城区垃圾转运站稀缺，垃圾随意倾倒现象频发，城市环境卫生状况堪忧^[5]。其次，选址对周边居民生活造成不良影响。部分垃圾转运站过于接近居民区、学校等人口密集区域，转运过程中产生的噪音、异味等污染，严重干扰了居民的正常生活。此外，垃圾转运站还可能成为疾病传播的隐患，对居民身心健康构成潜在威胁。最后，选址难以落地实施。受城市规划、土地政策、交通设计等多重因素制约，垃圾转运站的选址往往困难重重。经过多次筛选的拟建选址，常因各种因素被否决或无法实施，不仅造成了时间和资源的浪费，也严重阻碍了垃圾转运站的建设进程。

（二）功能不全，缺乏分类转运能力及其他环卫配套功能

在城市垃圾管理体系中，垃圾转运站功能完备性对于提升垃圾处理效能至关重要。当前，众多垃圾转运站面临功能不全的挑战，缺乏分类转运能力，缺乏配套的垃圾分拣、设备冲洗、污水收集处理等相关功能。一些早期建设的站点，在设计时未能预见垃圾分类的特殊需求，对于前端已经进行分类的垃圾存在进站后混收混运的情况，影响了分类效果，不利于后端分类处理，还会提升后续垃圾处理的复杂度与费用。普通的转运站功能也较简

单，多为垃圾压缩、转运和车辆停放等常用功能，没有与其他环卫配套功能综合协同。

（三）管理运营不规范，环境卫生差

部分地区垃圾转运站在管理与运营层面暴露出显著问题，直接关乎环境卫生状况。部分站点常因资金短缺而面临管理维护的缺失。以某县城垃圾中转站为例，其垃圾量激增远超初期设计，但经费未同步增长，导致设施老化、卫生状况恶化。此外，操作人员的非规范作业也是一大症结，不仅降低了垃圾处理效率，还可能引发二次污染风险。如部分转运站在垃圾压缩、转运环节忽视规程，频繁出现垃圾泄漏、散落等情况。更甚者，管理运营的不规范还导致垃圾堆积、污水四溢、恶臭弥漫等问题，严重侵害了周边环境。

（四）设计使用不合理，成为垃圾堆放场

部分垃圾转运站由于设计与使用不合理，其实际运作效果偏离了预期的垃圾快速转运目标，反而变成了垃圾滞留的场所，严重影响了垃圾处理的效率，同时也给周边环境带来了诸多困扰。一些转运站由于规划面积过小，难以应对日益增长的垃圾量，导致垃圾堆积现象频发。另外，部分转运站在设计过程中忽视了科学性，使得垃圾在转运过程中容易洒落，加大了清理工作的难度，同时，还造成不必要的成本。

三、新环卫收运体系下垃圾转运站的改进措施

（一）规划选址优化

为实现对垃圾转运站的科学选址，需综合考虑水电供应、排污设施等基础建设，并精准对接垃圾产生密集区与交通网络，以最大化提高垃圾收集与转运的效能。例如：扬州市垃圾转运站选址实践期间，巧妙选址于城市交通动脉旁，不仅极大便利了垃圾运输车辆的快速通行，还有效缩减了运输周期与成本。同时，其服务范围精准覆盖周边多个住宅区，确保了垃圾处理流程的高效与顺畅。在选址决策中，扬州市政府深刻意识到环境保护的重要性，通过细致的环境影响评估，精心避开了居民聚居区与生态敏感地带，从而将对周边环境的潜在影响降至最低。在实际建设过程中，政府更是采取了一系列前瞻性的环保策略。转运站采用了先进的封闭式结构设计，有效隔离了垃圾处理过程中的污染风险。同时，配套建设的污水收集与处理系统，确保了所有废水废液的无害化处理，避免了对自然环境的二次伤害。

（二）功能提升与多样化

在新环卫收运体系的推动下，垃圾转运站的功能升级与多样化趋势愈发明显，将其与其他环卫设施进行综合协同，可以促进资源共享与高效运营。例如：以兰州市城关区的垃圾转运站改造项目为例，该项目对区内13座生活垃圾转运站实施了全面革新，不仅在外观上焕然一新，更在功能和环保性能上实现了质的飞跃。在功能强化方面，城关区环卫中心尤为重视厨余垃圾的处理，通过增设先进的生物发酵等设施，有效提升了厨余垃圾的处理效率与资源回收水平，显著减轻了环境污染，同时提高了资源循环利用率。此外，转运站还增设了垃圾筒冲洗区及污水收集处

理系统，确保每次垃圾转运后操作间的清洁度，有效遏制异味与细菌滋生，并通过污水处理系统保障污水达标排放，避免对环境造成二次污染。更为值得一提的是，城关区还积极探索垃圾转运站与其他环卫设施的综合建设路径。部分转运站周边已配套建设分拣中心与公厕等设施，以上设施与转运站相互协同，共同织就一张紧密的环卫服务网络。分拣中心的设立有助于垃圾更精细的分类处理，进一步提升回收利用率；公厕的增设则既便利了市民生活，又有助于减少随意丢弃垃圾的行为，为城市环卫工作注入了新的活力。

（三）运营管理与维护强化

为确保垃圾转运站的高效稳定运行，需采取一系列综合性管理措施。首先，应加大经费投入，实施定人管理和专人操作制度，要求明确各岗位职责，通过专门的人员负责转运站的日常管理和操作，从而有效提升工作效率和管理水平。在此基础上，还应注重设施设备的定期保养与维修，包括机械设备、电气系统等关键部分，通过定期检查和维护，及时发现并排除潜在故障，确保转运站设施的稳定运行。同时，建立健全的监管机制至关重要。通过智能化监控系统的引入，可以对转运站的运营状态进行实时监控和管理，确保各项操作符合既定规范。该系统能够迅速响应异常情况，及时进行处理，从而保障转运站的安全高效运行。此外，改善转运站的工作环境也是不可忽视的一环。应落实除臭、除四害等措施，为工作人员创造一个更加舒适健康的工作环境。以郑州经开区综合行政执法局为例，他们通过“专业运营+精细管理”的模式，成功推进了生活垃圾清运的提质增效。通过公开招投标引入专业环卫企业运营，实现了政府与企业的双轮驱动，不仅提高了处理能力，还降低了运营成本。同时，他们还通过科学调配清运车辆、优化清运路线等策略，确保了全域无积存，并开展了专项治理行动，实现了垃圾清运的“零污染”。

（四）技术创新与智能化应用

随着新环卫收运体系的逐步推进，垃圾转运站正步入一场前

所未有的技术革新阶段，其中技术创新与智能化手段扮演着核心驱动角色。此变革的核心实践涵盖：部署智能监控系统，强化管理效能；探索新能源车应用，削减碳足迹；运用大数据分析，精细化调整转运路径与次数。以浙江省慈溪市观海卫镇为例，其垃圾中转站革新成为环保领域的新标杆。鸣鹤垃圾中转站借助智能化升级，实现了高效且环保的转运作业。该站增设了“智能除臭”机制，集成空气质量监测设备与除臭装置，实现空气质量的动态监控与即时响应。一旦监测到超标污染，系统即触发警报并激活除臭设备，有效保障周边环境清新，显著减轻了对邻近居民的生活干扰。同时，智能监控系统的部署，使垃圾存量与车辆动态一目了然，便于精确调度。大数据分析技术的运用，则进一步优化了转运路径与频次，降低了运输碳排，提升了整体转运效率。在以上智能化举措的实施下，不仅增强了垃圾转运站的管理效能，还有力促进了垃圾处理的减量化、无害化进程，使该站转运效率跃升30%，碳排放量锐减20%，为城市绿色发展贡献了积极力量。

四、结束语

当前，垃圾转运站在城市垃圾处理体系中扮演着关键角色，其建设正朝着规划更优、功能多元、管理规范的方向发展。尽管如此，不合理规划、功能缺失、管理混乱等问题仍制约着垃圾处理效率与环境质量。为应对以上问题，需采取优化选址、强化运营管理、推进技术创新等措施，以提升转运效率并减轻环境污染。未来，垃圾转运站将更加注重智能化、绿色化发展，通过引入先进技术与管理模式，实现自动化、智能化监控，提升处理效能。同时，强化垃圾分类与资源化利用，推动转运站向高效、环保、可持续方向迈进，为城市环境卫生与居民生活质量提供坚实支撑，促进人与自然的和谐共生。

参考文献

- [1] 汪伦. 中心城区垃圾转运站景观设计 [J]. 工程技术研究, 2024, 9(11): 204-206.
- [2] 孙怀谷, 高桢. 城市厨余垃圾转运站工程建设探讨 [J]. 工程技术研究, 2024, 9(4): 206-208.
- [3] 郑健. 浅谈生活垃圾转运站运行效益 [J]. 价值工程, 2024, 43(2): 69-71.
- [4] 仲照福. 垃圾焚烧发电厂臭气控制措施的可行性分析 [J]. 化工管理, 2021, (35).
- [5] 宁方勇, 郝晓明, 吴剑. 新环卫收运体系下垃圾转运站存在问题及发展前景分析 [J]. 环境工程, 2023, 41(S2): 1088-1090+1093.

口袋公园儿童友好度评价与设计策略综述 ——基于国内实证研究的系统性梳理

刘倩, 刘扬

西南林业大学, 云南 昆明 650224

DOI:10.61369/UAID.2025010011

摘 要 : 口袋公园作为城市小微绿色空间的重要类型, 在儿童友好型城市建设中演关键角色。本文基于国内 2010 年至今的实证研究, 通过文献计量与内容分析, 系统梳理研究现状、方法体系与设计策略。剖析研究现状与发展趋势, 旨在为后续研究及实践提供参考, 推动儿童友好型城市建设。研究表明, 国内相关研究在评价指标多元化、设计策略人本化方面取得进展, 但在评价体系标准化、设计创新深度与广度上仍有提升空间。

关 键 词 : 口袋公园; 儿童友好度; 评价体系; 设计策略; 实证研究

A Review of Children-Friendly Evaluation and Design Strategies for Pocket Parks — A Systematic Review Based on Domestic Empirical Research

Liu Qian, Liu Yang

Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224

Abstract : As an important type of urban micro-green space, pocket parks play a crucial role in the development of children-friendly cities. This paper reviews the current research status, methodological systems, and design strategies of pocket parks based on empirical studies from 2010 to the present in China, using bibliometric and content analysis. It analyzes the current research status and future trends, aiming to provide a reference for future research and practice, and to promote the development of children-friendly cities. The study shows that domestic research has made progress in diversifying evaluation indicators and humanizing design strategies, but there is still room for improvement in standardizing the evaluation system and enhancing the depth and breadth of design innovation.

Keywords : pocket park; children-friendliness; evaluation system; design strategy; empirical research

一、引言

(一) 研究背景与意义

儿童是城市的未来, 其成长环境的质量对身心健康与全面发展至关重要。在城市建设中, 为儿童提供安全、有趣、便捷的户外活动空间是打造儿童友好型城市的核心任务之一。口袋公园以其规模小、分布广、贴近居民生活的特点, 成为儿童日常户外活动的重要场所。自 2010 年以来, 住建部等部门多次强调城市绿地建设需考虑儿童需求, 国内各大城市积极响应, 开展口袋公园儿童友好化建设实践, 相关研究也随之蓬勃发展。梳理这些实证研究成果, 有助于总结经验、发现问题, 为优化口袋公园设计、提升儿童友好度提供科学依据。

(二) 研究方法与数据来源

本文采用文献计量法与内容分析法。以中国知网 (CNKI)、万方数据知识服务平台为主要数据库, 检索关键词“口袋公园

+ 儿童友好”“儿童活动空间+评价”“儿童友好度评价等, 时间跨度设定为 2010 年至今。经筛选, 共获取有效实证研究文献 259 篇, 涵盖学术期刊论文、硕士博士学位论文、研究报告等, 以此为基础进行系统性分析。将 2010 年至今的文献资料输入到 CiteSpace 中, 对相关参数进行调整, 绘制聚类视图、时序图等, 以此来提取适合儿童的景观研究热点与发展趋势。

(三) 口袋公园儿童友好度研究文献主题分析

利用 CiteSpace 时序图着重勾勒各簇间的关联见图 1, 单一簇内文献的时间间隔, 并给出模量值 (Q) 和 均值 Profile (S) 作为评价成图效果的标准。通常认为, $Q>0.3$ 的聚类结构是明显的, 大于 0.5 的聚类结构是比较合理的, 而 $S>0.7$ 的聚类结果是可信的。图 1 的 Q 值和 S 值分别为 0.5934 和 0.9276, 表明此方法的聚类效果是显著的和可信的^[1]。对集群标记的理解需要综合考虑内部的文献, “#0 儿童友好”主要是从住区规划、规划分析以及活动场地三个方面; “#1 评价体系”“#2 评价”与“#3 优化策略

作者简介: 刘倩 (1998.11-), 女, 汉族, 河南省洛阳市人, 学历: 本科, 职称: 学生, 研究方向或工作领域: 风景园林设计方向。

”侧重于评价指标，更新策略以及设计策略；“#4 城市公园”和“#5 口袋公园”更偏重安全性和可供性；“#6 可步行性”、“#7 儿童公园”和“#8 全龄友好”则更加注重儿童的权利和儿童的现实需求，可以看出从2010 年左右开始出现儿童友好型空间的优化策略。

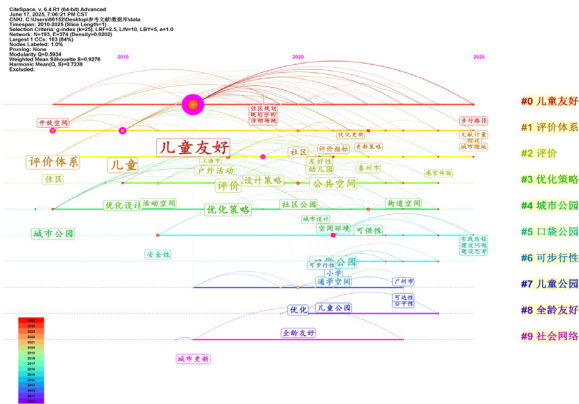


图1 2010–2025年中国儿童友好度研究主题词时间线图

（四）口袋公园儿童友好度研究文献热点分析

通过使用 Citespace 对其中的主题词及关键字进行分析，找出“儿童友好度”的研究热点见图2。另外，在 Citespace 中，媒体中心度通常被用来度量论文的重要度。在此基础上，将表 1 中出现频率最高的关键词进行排序，剔除掉中央度 <0.06 的关键词，得出中国近几年“儿童友好”研究的热门话题见表 1，出现频率最高的是“儿童友好”与“儿童”。

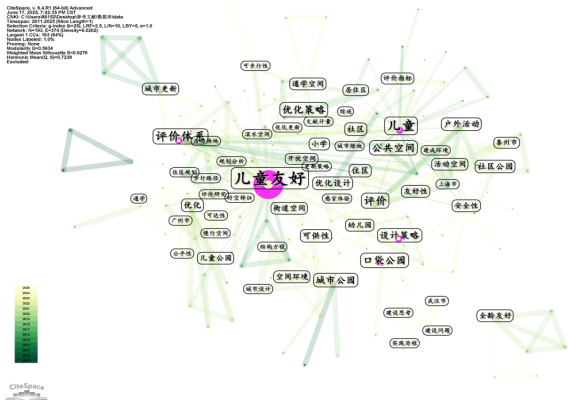


图2 2010–2025年中国儿童友好度研究热点分析

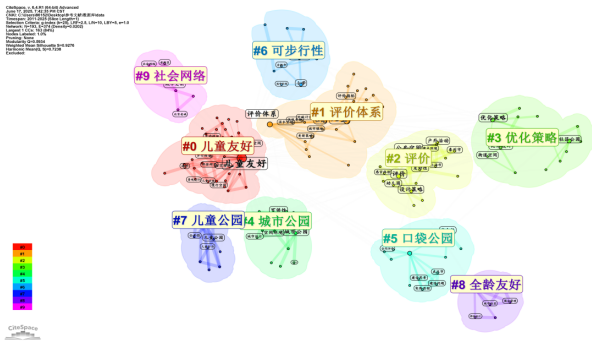


图3 2010–2025年中国儿童友好度研究聚类分析

表1 2010–2025年中国儿童友好度研究热点统计

序号	频次	中心度	年份	关键词
1	76	0.84	2017	儿童友好
2	25	0.42	2015	儿童
3	21	0.24	2013	评价体系
4	8	0.13	2013	儿童友好型
5	15	0.12	2018	优化策略
6	11	0.11	2017	儿童友好型城市
7	8	0.11	2014	使用后评价
8	9	0.1	2021	口袋公园
9	7	0.08	2013	城市公园
10	6	0.08	2019	儿童友好社区
11	4	0.07	2017	儿童活动空间
12	10	0.06	2018	评价
13	7	0.06	2015	优化设计

关键词聚类分析见图3，可看出儿童友好度研究主题的分布情况。聚类分析图谱如图4 所示，Q=0.5935（>0.5），表明聚类结构显著，S=0.9276（>0.7），表明聚类合理且可信度较高。选取关键词聚类容量（Size）排名前10的聚类词归纳为三类研究热点，分别为基于儿童友好城市公园与口袋公园的评价体系构建，基于可步行性的儿童友好空间优化策略，城市公园和口袋公园的儿童友好优化策略研究。

二、口袋公园儿童友好度评价体系整合

（一）评价维度的多元化发展演变

2010年–2017年处于基础阶段，多聚焦“安全性–可达性”的基础维度。如庞瑀锡基于可供性理论，构建包含“设施安全性、空间围合度、视线通达性”的三要素评价模型，首次将儿童行为心理需求纳入口袋公园评价体系^[2]。2018年后，随着《儿童友好型城市建设导则》颁布，评价维度拓展至“社会参与–自然教育”等高阶需求。王潮自然接触、社交互动、空间趣味性^[3]。2022年至今，刘艺璇等增加“代际互动性”指标，将儿童照护者的陪伴需求纳入评价框架，体现中国“隔代抚养”背景下的本土化特征^[4]。

（二）评价方法的多元化与创新

在定量研究方面，吴琼运用 GIS 分析口袋公园的可达性，通过计算儿童居住地与公园的距离、交通便捷程度，评估公园在空间布局上对儿童的友好程度；结合空间句法分析公园内部空间的连通性与可视性，判断儿童在公园内活动时的安全性与舒适性^[5]。侯珈明 构建层次分析法（AHP）– 模糊综合评价模型，将口袋公园儿童友好度评价指标分为目标层、准则层（如空间环境、设施服务、活动体验等）和指标层（具体评价指标），运用 AHP 确定各指标权重，再通过模糊综合评价法得出综合评价结果，实现对口袋公园儿童友好度的量化评估，该模型在杭州多个口袋公园应用，为公园改造提升提供数据支持^[6]。赵旭收集大量口袋公园数据作为训练样本，包括空间特征、设施配置、儿童使

用情况等,利用BP神经网络构建评价模型,该模型能快速准确预测口袋公园儿童友好度,为城市大规模口袋公园评估提供高效手段^[7]。

在定性研究中,檀子涵采用定点观察与跟踪观察相结合的方式,记录儿童的活动类型、时间、空间分布等,分析公园空间与设施对儿童行为的影响;参与式观察让研究者融入儿童活动,深入了解其需求与感受。访谈法补充行为观察不足,通过与儿童、家长、公园管理者等访谈,获取多维度信息。此外,眼动实验、生理指标监测等新兴技术开始应用^[8]。郑鹏程利用眼动仪记录儿童在公园内游览时的视线焦点,分析其对不同景观元素与设施的关注度;借助心率变异性监测设备测量儿童在活动中的生理反应,评估公园环境对儿童情绪与压力的影响^[9]。曾雪薇提出的“儿童参与式评价工作坊”通过“绘画访谈+积木搭建”等游戏化方法,让儿童直接参与空间评价,其成果被纳入《上海市口袋公园设计导则》。但现有研究仍存在评价工具标准化不足的问题——仅12%的研究采用国际通用量表(如SDQ优势与困难问卷),多数研究自行设计问卷,导致跨区域研究结果难以对比^[10]。

三、口袋公园儿童友好型设计策略

(一) 安全性设计策略

安全是口袋公园设计的首要原则。在设施设计上,采用圆角、软质材料包裹等方式避免尖锐边角对儿童造成伤害。如在滑梯、攀爬架等游乐设施连接处使用橡胶材质包裹,降低碰撞风险;设施高度根据儿童年龄分层设计,确保不同年龄段儿童使用安全^[11]。场地铺装选用防滑、缓冲性能好的材料,如EPDM橡胶地垫、人造草坪等,防止儿童摔倒受伤;在高差变化处设置缓坡或防护栏杆^[12]。照明与监控系统保障夜间与日常安全。安装充足照明灯具,避免照明死角,灯具高度适中,防止儿童触摸^[13]。

(二) 自然教育与趣味性设计策略

自然教育融入方面,设置自然体验区,让儿童近距离观察动植物生长,了解自然生态系统。在自然溪流区域放养小鱼、小虾,种植水生植物,儿童可在家长陪同下观察水生生物生活习性;森林体验区设置自然科普步道,沿途标识不同树木种类、特点,增加儿童自然知识。趣味性设计通过多样化游乐设施实现。引入创意游乐设施,增强互动趣味性^[14]。还可设计主题游乐区域,激发儿童想象力与探索欲望^[15]。

(三) 社交与互动性设计策略

设置共享活动空间,可举办亲子活动、儿童团体游戏等,促进儿童与家长、同伴之间的互动交流。打造互动景观小品,如传声筒、回音壁等声学小品,儿童可通过声音互动交流;镜面迷宫、哈哈镜等视觉小品,增加游玩乐趣与互动性;设置互动种植区,儿童可参与蔬菜、花卉种植,观察植物生长过程,与同伴分享种植经验,培养合作精神^[16]。

(四) 文化传承与个性化设计策略

文化传承方面,提取地域文化元素融入设计。在历史文化名城的口袋公园,采用当地传统建筑风格的亭子、廊架,雕刻传统

民俗图案;以地方传说、历史故事为蓝本设计景观雕塑,个性化设计根据周边儿童需求与特点进行。靠近居民区的口袋公园,注重亲子互动设施建设,如亲子自行车道、亲子烹饪区等,方便家长与儿童共同参与活动^[17]。

四、研究现状总结与不足

(一) 研究现状总结

国内口袋公园儿童友好度评价与设计策略研究取得显著成果。评价体系从单一物质空间指标向多元需求指标拓展,评价方法从传统调查向多技术融合创新,评价模型从简单定性向定量与定性结合、智能化方向发展。设计策略围绕儿童安全、自然教育、社交互动、文化传承等需求,形成较为系统的设计方法,在实践中得到广泛应用,提升了口袋公园的儿童友好水平。

(二) 研究不足

评价体系缺乏统一标准,不同研究选取指标与权重确定方法差异大,导致评价结果难以横向比较,不利于行业规范发展。评价方法在数据采集的全面性与准确性上有待提高,如问卷调查存在样本偏差问题,新兴技术应用成本高、操作复杂,推广受限。设计策略创新深度与广度不足,缺乏对儿童独特需求与行为模式的深入挖掘;跨学科设计理念贯彻不够,未充分融合心理学、教育学、社会学等多学科知识,影响设计品质提升。

五、未来研究展望

(一) 完善评价体系,建立统一标准

加强行业合作与交流,组织专家团队制定口袋公园儿童友好度评价统一标准,明确指标选取原则、权重确定方法、评价流程等,提高评价结果的可比性与权威性,为口袋公园规划、建设、管理提供科学依据。

(二) 深化评价方法研究,提高数据质量

综合运用多种评价方法,相互补充验证,减少单一方法局限性;优化问卷调查设计,扩大样本量,采用分层抽样等科学方法确保样本代表性;降低新兴技术应用成本,简化操作流程,提高数据采集的准确性与全面性,为评价提供更丰富、可靠的数据支持。

(三) 加强跨学科设计研究,推动设计创新

融合心理学、教育学、社会学等多学科知识,深入研究儿童心理发展、行为模式、社交需求等,将研究成果转化为设计语言,打造更符合儿童需求的口袋公园;鼓励设计师突破传统思维,结合新材料、新技术、新理念进行设计创新,如利用虚拟现实(VR)、增强现实(AR)技术打造沉浸式儿童游乐体验空间。

(四) 关注全生命周期设计,适应儿童成长变化

考虑儿童不同成长阶段需求差异,进行全生命周期设计。在公园设施配置、空间布局上预留可调整空间,随着儿童年龄增长,方便对游乐设施、活动区域进行更新改造,确保口袋公园在儿童成长过程中始终保持友好性。

六、结论

口袋公园儿童友好度评价与设计策略研究对儿童友好型城市建设意义重大。通过对国内实证研究梳理，虽已取得一定成果，

但存在不足。未来需在评价体系完善、评价方法深化、跨学科设计研究、全生命周期设计等方面持续努力，推动口袋公园建设向更高水平发展，为儿童创造更优质的户外活动空间。

参考文献

[1]张乃金,崔淮星,曾仙月,等.基于 CNKI数据库的脉诊客观化研究的 CiteSpace可视化分析[J].世界科学技术-中医药现代化,2023,25(04):1447-1455.

[2]庞瑞锡.北京城市综合公园儿童活动场地使用状况评价(POE)研究[D].北京林业大学,2015.

[3]王潮.儿童亲自然视角下老旧社区公共空间评价与优化研究[D].天津大学,2019.DOI:10.27356/d.cnki.gtjdu.2019.004211.

[4]刘艺璇.老幼友好型社区花园营建策略研究[D].北京建筑大学,2023.DOI:10.26943/d.cnki.gbjzc.2023.000744.

[5]吴琼,李志刚,吴闽.城市口袋公园研究现状与发展趋势[J].地球信息科学学报,2023,25(12):2439-2455.

[6]侯珈明.城市口袋公园的儿童友好性研究[D].北京建筑大学,2022.DOI:10.26943/d.cnki.gbjzc.2022.000616.

[7]赵旭.北京市生活性街道空间儿童友好性评估与优化[D].北京建筑大学,2024.DOI:10.26943/d.cnki.gbjzc.2024.000449.

[8]柯洵.儿童友好型城市口袋公园设计研究——以武汉市佳园路口袋公园为例[D].湖北:湖北工业大学,2024.

[9]郑鹏程.成都市青羊区社区公园儿童友好度评价及优化研究[D].成都理工大学,2023.DOI:10.26986/d.cnki.gcdlc.2023.001378.

[10]曾雪薇.4-5岁幼儿自主游戏中科学核心经验建构研究[D].贵州师范大学,2024.DOI:10.27048/d.cnki.ggzsu.2024.000765.

[11]顾静宜.儿童友好背景下的社区游戏场设计与营建模式研究[D].华东理工大学,2024.DOI:10.27148/d.cnki.ghagu.2024.000174.

[12]徐帅东.基于色彩心理学的幼儿园景观设计研究[D].山东建筑大学,2020.DOI:10.27273/d.cnki.gsjzc.2020.000415.

[13]李怡煊,于子雁.老年友好视角下老旧社区公共空间优化策略[J].美与时代(城市版),2022,(10):56-58.

[14]朱英俊,蒯薛菲.基于自然教育理念的小学校园景观设计——以长沙市大托小学为例[J].中南农业科技,2025,46(02):241-245.

[15]郑艺铭,马广韬.面向学龄前儿童的居住区游乐设施设计研究[J].工业设计,2024,(03):56-59.

[16]滕学荣,雷雯雯.从感知营造到文化融入的亲子互动景观设计研究——以宁夏贺兰山葡萄酒生态园为例[J].北京建筑大学学报,2024,40(06):32-39.DOI:10.19740/j.2096-9872.2024.06.04.

[17]周升媛,孙洋,刘梦,等.微更新视角下口袋公园艺术赋能景观设计研究——以大西边门公园为例[J].美与时代(城市版),2024,(10):44-46.

绿色市政道路设计理念在现代城市中运用概述

朱成煜

武汉市汉阳市政建设集团有限公司, 湖北 武汉 430050

DOI:10.61369/UAID.2025010019

摘 要 : 绿色市政道路是现代市政道路领域发展的主要方向,在绿色市政道路设计中,同时整合了道路工程建设经济效益、社会效益和生态效益,更有利于实现可持续发展目标。在现代城市中融入绿色市政道路设计理念,能够在城市生态网络中融入道路体系,并同步完善生态廊道、植被缓冲带等多种措施,确保生物多样性,并同时促进生态系统方面的能量流动与物质循环。在绿色市政道路设计理念指导下,更有利于打破传统道路工程建设与自然环境之间的对立关系。但同时,绿色市政道路设计理念在现代城市中的应用也具有系统性和复杂性特点,还需要切实做好科学策略的制定。对此,文章主要分析绿色市政道路设计理念在现代城市中运用需要解决的问题,并阐述问题成因。在此基础上,同步聚焦多个方面,提出可行性策略,助力绿色市政道路设计理念在现代城市中运用实现理想目标。

关 键 词 : 绿色市政道路设计理念;现代城市;运用概述

An Overview of the Application of Green Municipal Road Design Concepts in Modern Cities

Zhu Chengyu

Wuhan Hanyang Municipal Construction Group Co., LTD. Wuhan, Hubei 430050

Abstract : Green municipal roads are the main direction of development in the field of modern municipal roads. In the design of green municipal roads, the economic, social and ecological benefits of road engineering construction are integrated simultaneously, which is more conducive to achieving the goal of sustainable development. Integrating the design concept of green municipal roads into modern cities can incorporate the road system into the urban ecological network, and simultaneously improve various measures such as ecological corridors and vegetation buffer zones to ensure biodiversity and promote energy flow and material circulation in the ecosystem at the same time. Under the guidance of the green municipal road design concept, it is more conducive to breaking the antagonistic relationship between traditional road engineering construction and the natural environment. However, at the same time, the application of the green municipal road design concept in modern cities also has the characteristics of systematicness and complexity, and it is necessary to effectively formulate scientific strategies. In this regard, the article mainly analyzes the problems that need to be solved when the design concept of green municipal roads is applied in modern cities, and elaborates on the causes of the problems. On this basis, we will simultaneously focus on multiple aspects and propose feasible strategies to assist in the application of the green municipal road design concept in modern cities and achieve the ideal goals.

Keywords : green municipal road design concept; modern city; application overview

引言

在现代城市规划中,做好绿色市政道路设计理念的融入与应用是十分重要,更有利于提升道路工程建设的生态效益。在绿色市政道路设计理念指导下,可提供生物栖息地保护,同步整合本土植物配置、生态桥梁等多种举措,针对道路建设所连带出的生境破碎化问题进行缓解,从而保障城市生态系统可具有更好的完整性。同时,绿色市政道路设计理念的融入也具有更好的社会经济效益,能够推动低碳转型,助力公共健康发展。因此,在当前现代城市规划建设中,还需要切实做好绿色市政道路设计理念的融入与应用。

一、绿色市政道路设计理念在现代城市中运用需要解决的问题

其一，生态优先与资源循环利用问题。在绿色市政道路设计中做好生态优先与资源循环利用是十分重要的。但从当前实际情况来看，传统模式下市政道路工程建设往往会忽视对原有生态系统的保护，在工程施工期间存在大量土壤结构破坏、植被破坏问题，影响了生物的多样性。同时，传统模式下市政道路工程建设同样缺乏对废弃材料的系统化管理，不利于废弃材料的循环利用，加剧了工程建设中的资源浪费。另外，市政道路工程中所采取的雨水管理方式仍然表现为快速排放方式，未能够做好自然水的有效循环。在此基础上，一定程度上制约了城市生态系统的可持续发展。其二，绿色交通与低碳技术整合问题。在绿色市政道路设计理念融入于现代城市设计的过程中，需要切实把握好绿色交通与低碳技术，做好二者的整合与优化。但从实际情况来看，在开展现代市政道路设计时，其关注点仍集中在机动车通行方面，未能够保障慢行系统的连续性。同时，在市政道路工程建设中同样缺乏对低碳材料的有效应用，未能够针对碳排放的系统化评估体系进行构建。此外，在组织开展交通组织工作的过程中，则是未能够做好多种出行方式的有效整合，且智能化管理水平同样不够理想。如此一来，受到以上多个方面因素的影响，便造成了绿色交通体系构建与发展中的阻力。其三，动态化生态环境管控优化问题。在绿色市政道路设计中，做好动态化的生态管控是十分重要的。但从实际情况来看，在具体市政道路工程建设期间，未能够聚焦市政道路的全过程，未能够做好环境监测机制的有效构建。同时，在实际开展市政道路工程施工的过程中，同样未能够做好污染的有效控制。另外，组织开展市政道路建设中的生态影响评估，同样存在着形式化的问题，难以保障管控的精准程度，且所制定的应急处理预案同样不够完善，以及缺乏生态修复技术的支持，带来了生态环境动态平衡方面的负面影响。其四，社会参与及智慧融合构建问题。在现代城市规划开展绿色市政道路设计的过程中，做好社会参与和智慧融合是十分重要的。但从当前实际情况来看，绿色市政道路设计中的公众参与度仍然比较低，未能够针对真实的需求进行精准反馈。同时，在市政道路建设中的智慧技术应用同样表现出碎片化的问题，未能够针对系统化的解决方案进行构建^[1]。

二、绿色市政道路设计理念在现代城市中运用的问题成因分析

其一，生态优先与资源循环利用问题成因分析。从造成这一问题的原因来看，主要是当前市政道路设计中仍然会受到传统思想的影响，其关注点更多集中在工程进度与工程成本控制方面，未能够针对生态价值进行具体的分析与考量。同时，在市政道路建设中同样未能够做好资源的循环利用，未能够做好配套政策的开发。从设计人员的角度来看，人员本身的生态意识同样比较薄弱，未能够具体做好系统性生态评估方法的构建，从而造成了资

源利用与生态保护之间的失衡问题。其二，绿色交通与低碳技术整合问题成因分析。从造成这一问题的原因来看，主要是当前开展交通规划工作的过程中仍然存在着部门分割的问题，未能够做好整体协调机制的构建。同时，从低碳技术的推广应用来看，其本身同样面临着成本瓶颈，以及缺乏健全完善市场激励机制的支持。另外，在组织开展碳排放核算的过程中，未能够针对明确的标准进行制定，难以针对具体的减排效果进行量化处理。最后，市政道路工程中所建立的管理体制同样存在破碎化问题，不利于技术的整合。其三，动态化生态环境管控优化问题成因分析。从造成这一问题的原因来看，主要是当前开展市政道路工程的环境监管更多采取末端治理的方式方法，未能够做好预防性措施的有效构建。同时，在市政道路工程生态环境治理的过程中，所采用的监测技术手段同样存在着落后的问题，未能够做好数据信息的有效共享，且专业人才的储备同样不够充足，难以提供动态化的评估能力支持。其四，社会参与及智慧融合构建问题成因分析。从造成这一问题的原因来看，主要是当前绿色市政道路设计中，公众参与机制建设的参与渠道较为单一，未能够建立起健全完善的意见反馈机制。同时，从市政道路工程中的基础设施建设来看，同样存在着投入大、回报周期长的问题。另外，则是未能够在绿色市政道路设计中形成统一的标准，未能够做好系统的有效兼容^[2]。

三、绿色市政道路设计理念在现代城市中运用的策略

（一）生态优先与资源循环利用策略

其一，做好自然生态保护与修复。现代城市开展绿色市政道路设计，需要秉承最小化生态干扰的理念，在工程建设中聚焦生态环保视角，切实做好工程所在区域土壤、水系、植被等方面的保护。同时，在市政道路设计中一并做好路线设计，使工程路线能够有效避开生态敏感区。在市政道路施工建设期间，如果出现不可避免的生态环境破坏，则需要及时做好科学的补偿。例如，可选择对生态廊道进行建设，使用本土植物进行边坡复绿。在此基础上，确保所建设市政道路工程能够与区域自然系统达到和谐相处的效果。其二，做好雨水资源化管理系统建设。在绿色市政道路设计中，同步把握渗、滞、蓄、净、用五个方面，做好一体化雨水管理网络的构建。在此基础上，切实针对传统排水模式进行有效管理，实现其向着生态型循环系统的有效转变。其中，同样可选择对生物滞留池、透水铺装等设施设备进行构建，以此来促进雨水的有效下渗，并在调蓄池构建与应用的基础上，一并做好对雨水资源的再利用。其三，做好废弃物减量化处理与再生利用。在开展市政道路设计与建设的过程中往往会产生大量废弃物，需要做好废弃物的分类管理，可选择对建筑垃圾再生骨料进行应用。同时，一并做好工程施工的技术工艺优化^[3]。

（二）绿色交通与低碳技术整合策略

其一，做好低碳铺装材料的创新。在现代城市绿色市政道路设计中，需要切实做好多方面绿色施工技术的整合，包括但不限于高模量橡胶沥青技术、温拌沥青技术等。通过以上低温施工技

术的合理应用,切实降低市政道路工程施工的能耗与碳排放。同时,一并聚焦工业固废技术,针对市政道路的基层材料进行有效研发,如粉煤灰材料、钢渣材料等,以此来实现传统不可再生资源的取代。其二,做好交通结构的优化设计。在开展绿色市政道路设计中,需要具体把握好市政道路的横断面,针对其横断面进行精细化设计处理。在此基础上,同步把握步行空间、非机动车、机动车等多个方面内容,以此来做好科学合理的分配。同时,一并聚焦公交专用道路,并把握好慢行系统的连续性,同步做好优化处理,针对绿色出行方式进行引导,针对私人车辆依赖进行减少。其三,做好多模式交通协同整合。在绿色市政道路设计的过程中,切实把握好多个方面的内容,包括但不限于公交枢纽内容、轨道交通内容、道路内容,做好以上多方面内容的衔接设计统筹,从而实现“零距离换乘”体系的有效构建。其中,一并做好地下空间集约化布局整合与立体交叉设计整合。在此基础上,更有利于把握不同的交通方式,实现针对不同交通方式的高效率转换^[4]。

(三) 动态化生态环境管控优化策略

其一,做好全流程污染监测体系的构建。在现代城市绿色市政道路设计中,需要把握好各类污染问题,做好各类污染问题的在线监测网络构建,包括但不限于扬尘污染、噪音污染、污水污染等。其中,可选择针对动态阈值触发预警模式进行构建,并针对物联网技术进行整合,从而完成关键数据信息的提取,并使关键数据信息能够实时动态的传输到监管平台中,确保在实际出现污染超标问题后,能够针对应急措施进行及时启动。其二,做好差异化的环境管控策略构建。在绿色市政道路设计中,需要切实把握好不同环境的实际情况,针对不同环境的差异化管控策略进行构建。其中,具体分析把握市政道路所穿越的区域,对其生态敏感性进行分析,对管控标准进行分级制定。其中,如果所处区域为生态红线区域,则可以选择对封闭式的施工模式进行构建与应用。在开展城市建成区建设中,则需要针对噪音扩散进行重点控制,从而提高环境管理的精准化程度。其三,做好生态影响动态评估机制的构建。在组织开展市政道路规划设计工作时,便需要针对区域内的生态承载能力进行模拟分析。之后,在市政道路

工程正式施工期间,则需要针对其生物多样性进行跟踪调查,并构建包括预测、监测、反馈在内的闭环评估管理模式^[5]。

(四) 社会参与及智慧融合构建策略

其一,做好多元主体协同决策机制的构建。在绿色市政道路设计社会参与的过程中,需要针对多方主体进行整合,包括但不限于政府、专家、社区居民等,以此来形成多主体之间的共同治理平台。在共同治理中,可采取问卷调查、听证会等方式方法针对实际需求进行收集,也能够聚焦公众的建议做好具体设计参数的转化。其二,做好社区环境共管模式的构建。在绿色市政道路设计对社区环境共管模式进行构建的过程中,需要更多鼓励沿线社区参与到市政道路工程的施工监督与后期维护中,针对生态保护志愿者岗位进行创设。其中,聚焦道路绿化认养活动进行定期组织,以此来针对居民的归属感和环境的责任感进行强化。其三,做好绿色市政道路设计中智慧化公共服务的有效嵌入。在组织开展市政道路建设的过程中,切实把握好其中各个方面的道路设施,针对多种智能终端进行集成,包括但不限于噪声提示器、空气质量监测屏等。而后,面向公众针对以上生态环境数据做好实时推送。其中,同样可选择对 App 进行设计,通过 App 方式来完成绿道导航的提供,以及同时在 App 中完善公交到站查询等便民功能。

四、结束语

综上所述,在现代城市规划建设中,需要切实做好绿色市政道路设计理念的融入与应用。绿色市政道路设计理念的融入与应用有着十分重要的价值,包括但不限于维护生态价值、提高社会效益、促进技术创新优化、指导科学社会治理。但同时,绿色市政道路设计理念在现代城市规划中的应用也具有系统性和复杂性特点,还需要针对其中问题与问题成因进行有效分析,以此来制定可行性策略。对此,文章主要从生态优先与资源循环利用策略、绿色交通与低碳技术整合策略等方面切入,助力绿色市政道路设计理念在现代城市中的运用可取得理想效果,并为后续工作开展提供参考和借鉴。

参考文献

- [1] 安亮, 谡文武, 赵天宇, 等. 固体废弃物作为路基填料在道路工程中资源化利用的研究进展(英文)[J]. 材料导报, 2024, 38(S2): 257-263.
- [2] 陈婵. 可持续发展战略视域下绿色城市交通规划研究[J]. 人民公交, 2024, (14): 11-13.
- [3] 杜小聪, 辛春福, 赵钰. 路用复合相变材料及相变改性沥青性能评价[J]. 化工进展, 2024, 43(S1): 419-430.
- [4] 郭雪艳, 魏霖霖, 达良俊. 生命友善理念下的生态型绿色道路发展[J]. 林草政策研究, 2024, 4(02): 46-54.
- [5] 任双宏, 滕达. “双碳”目标下城市绿色道路设计新理念[J]. 科技创新与生产力, 2024, 45(06): 66-70.

城市更新政策驱动的桥梁上部景观参数化美学创新路径探索——基于环境行为学驱动与 Grasshopper 参数化响应机制

张岚

中冶华天南京工程技术有限公司，江苏 南京 210019

DOI:10.61369/UAID.2025010020

摘要： 聚焦城市更新政策对桥梁景观的双碳导向与社会触媒功能需求，针对静态化设计 – 动态化需求矛盾，提出融合环境行为学与 Grasshopper 参数化工具的动态交互美学路径。通过构建“政策驱动 – 数据采集 – 算法生成 – 动态反馈”四维循环模型，探索桥梁景观在提升空间活力与激活社会关系中的核心效能，破解空间僵化、功能单一及千桥一面的困境。推动《城市桥梁景观设计标准》的量化导则修订，实现“标准适配 – 数据驱动 – 公众参与”三重突破。

关键词： 城市更新政策；动态交互美学；参数化响应机制；环境行为学驱动；Grasshopper 工具链；桥梁景观标准修订

Exploration of the Innovative Path of Parametric Aesthetics for the Upper Landscape of Bridges Driven by Urban Renewal Policies — Based on the Environmental Behavioral Science Drive and Grasshopper Parametric Response Mechanism

Zhang Lan

China Metallurgical Huatian Nanjing Engineering Technology Co., LTD. Nanjing, Jiangsu 210019

Abstract： Focusing on the dual carbon orientation and social catalyst function requirements of bridge landscapes in urban renewal policies, and in response to the contradiction between static design and dynamic demands, a dynamic interactive aesthetic path integrating environmental behavior science and Grasshopper parametric tools is proposed. By constructing a four-dimensional circular model of "policy-driven – data collection – algorithm generation – dynamic feedback", the core efficacy of bridge landscapes in enhancing spatial vitality and activating social relations is explored, and the predicaments of spatial rigidity, single function and uniformity of all Bridges are solved. Promote the revision of the quantitative guidelines of the "Urban Bridge Landscape Design Standard" to achieve three breakthroughs: "standard adaptation – data-driven – public participation".

Keywords： urban renewal policy; dynamic interactive aesthetics; parametric response mechanism; environment behavior driven; Grasshopper tool chain; bridge landscape standard revision

引言

（一）政策演进与研究背景

2022年住房和城乡建设部与国家发展改革委联合发布的《“十四五”全国城市基础设施建设规划》（发改基建〔2022〕521号）明确提出：通过构建“交通设施体系化改造、生态基础设施提质、智慧化技术应用”三大行动框架（住建部发改委，2022），以系统性思维推进城市更新。该规划在“城市基础设施体系化水平提升”章节中强调，需重点实施交通设施绿色化改造与智慧化基建工程，并将城市更新定义为“历史文化保护锚定精神坐标、功能品质提升夯实物质基础、绿色低碳转型构建未来图景”三位一体的综合实施路径。标志着我国城市更新政策从单一工程导向向多维度综合治理的战略转型。2024年国务院及住建部最新发布的《关于推进城市更新工作的指导意见》（国发〔2024〕12号）进一步将城市更新提升至国家战略层面，明确提出“以人为本、生态优先、文化传承”三大核心原则（国务院住建部，2024）。这两份政策文件共同构建了“战略部署—实施路径—价值导向”的政策演进体系，为城市基础设施美学转型提供了制度保障与行动纲领。

（二）桥梁景观的时代使命

纵观城市发展史，桥梁始终是技术文明与空间美学的双重载体。桥梁美学作为一门学科的研究领域正式被提出，始于1936年德国弗里茨·莱昂哈特（Fritz Leonhardt）等出版的《桥梁造型》。随着社会环境空间的快速扩展，桥梁景观在人居环境中的空间占比与美学影响力持续增强。桥梁作为线性基础设施的重要组成部分，其景观价值已从单纯的交通功能载体演变为塑造城市空间品质的核心要素^[1]。根据住建部公开数据显示（2013–2022年）我国城市桥梁保有量年均增长9.5%，其景观效能对人居环境的影响权重提升至18.7%（中国城市规划设计研究院，2023）。

我国桥梁泰斗唐寰澄先生曾以“技艺不分–技艺分家–技艺再合”精辟概括桥梁发展脉络，直至20世纪上半页，现代桥梁技术体系出具形态后，全球工程界开始重溯“技以载道”的本质追求，桥梁美学价值重获认知。而当代数字技术的发展正推动工程技术与人文艺术的再度融合^[2]。

（三）美学转型的技术路径

在政策导向与历史演进的双重驱动下，当代城市基础设施美学转型呈现革命性特征。政策层面强调“以人为核心”的城市更新，历史层面体现为从“物质更新”到“精神重塑”的认知跃迁。传统桥梁设计仅满足交通功能，而当代桥梁景观设计需突破机械唯物论主导的传统“功能容器”认知窠臼，转向激发空间活力、重构社会关系的“社会触媒”（Social Catalyst）。这一转型对技术路径提出双重创新要求：一方面需通过数字孪生技术将历史符号（如传统纹样、建筑构件）转化为可编程参数，建立动态文化遗产数据库，实现历史符号的AI解码与参数化转译；另一方面需构建参数化美学模型，将环境数据（温湿度、人流密度）与公众行为数据（停留轨迹、互动频次）输入算法模型，动态优化桥梁形态。使在环境数据流与公众行为场的动态耦合中重塑桥梁的场所精神，打破传统静态美学法则，构建“环境响应式”动态美学体系。如扎哈事务所设计的淡江大桥通过CATIA系统实现“力学性能–美学造型–施工可行性”多目标耦合^[3]（图1图2）。

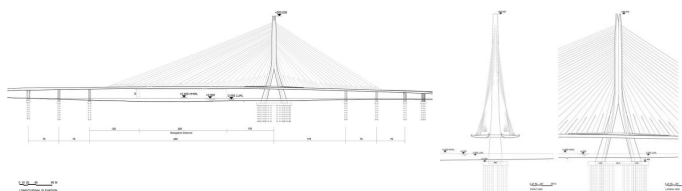


图1（台北新淡江大桥正立面侧立面



图2（台北新淡江大桥剖面）

一、学术缺口与问题驱动

当前桥梁景观美学研究呈现“三重割裂”：

（一）理论静态化

主流研究仍基于环境美学框架，将桥梁视为“凝固艺术品”，过度强调比例、韵律等古典形式法则，忽视海德格尔“栖居”哲学中动态交互的本质属性。78%的CSSCI文献未涉及实时环境数据对美学的影响（CNKI,2020–2023），导致设计陷入“形式–功能”二元论桎梏。

（二）社会性缺位

既有成果多聚焦物质空间改造，却未量化评估界面交互对公众行为模式的调控效能，致使桥梁难以实现政策要求的“社会活化”功能。

（三）技术闭环断裂

参数化工具应用仍停留于单次形态生成（如BIM结构优化），缺乏动态反馈机制。对比伦敦折叠桥的机械互动设计，国内研究在实时响应（如季节变化、人流密度）领域存在代际差距。

现有理论将美学简化为“形态–环境”静态映射，而数字

化时代需构建“数据–行为–形态”动态模型。此矛盾导致实践层面“千桥一面”危机，如上海杨浦大桥改造仍局限于视觉奇观营造，无法实现深度人境交互。当前城市更新实践中，桥梁景观改造常忽视政策要求的“双碳”导向与生态效益。例如北京东四环路大修工程通过一体化改造优化交通设施与智能网联设备、道路设施与绿化景观照明，实现综合工期缩短与节能减排（旧料回收率95%）但桥梁景观设计仍缺乏类似动态参数化响应机制，导致生态目标与美学目标脱节。传统建筑美学固守“形式美”客观论，忽视海德格尔“栖居”哲学的动态交互本质（Heidegger, 1962），导致研究困于形式–功能二元论，难以应对智慧化转型需求。“静态审美”引发“千桥一面”危机。以上海杨浦大桥改造为例，其参数化观景平台仍停留视觉层面，未实现人桥境智能交互。城市更新要求桥梁向“社会触媒”转型，“柔性界面”通过生态–美学–经济价值融合，正成为破解空间僵化的关键技术路径。

二、研究目标与理论框架

针对《十四五规划》“智慧化转型”与“以人为本”的政策

诉求，城市基础设施在功能升级中嵌入人文关怀，本研究旨在突破传统桥梁美学“形式-功能”二元论桎梏，通过解构《规划》中“智能绿色、安全可靠”的目标，构建以动态交互美学为核心的“人-桥-境”三元协同设计理论，将桥梁从静态构筑物转化为动态社会触媒。并开发基于 Grasshopper 的参数化响应式界面（PRI）工具链，融合海德格尔“栖居”哲学与复杂适应系统理论，重新定义桥梁作为“社会触媒”的美学内涵；通过物联网传感器与 Grasshopper 的实时数据交互，建立动态美学生成算法^[4]。

三、方法论与工具创新

（一）参数化美学理论建构

参数化美学是一种基于算法逻辑与动态参数调控的设计哲学，其核心在于通过数字化工具构建形式生成规则与功能响应机制的协同体系，实现美学表达与科学理性的深度融合^[2]。参数化更多的是指一种思维方式，而不是指具体的软件应用。它源起于机械设计，对于建筑师而言，同时借鉴了它的思维和技术。但需突破传统思维局限是一种寻求表达和探索相互联系的思想观念^[5]。

从哥特式建筑、传统的波斯 Rasmi 穹顶、帕拉第奥比例系统、安东尼·高迪的表皮雕塑到勒·柯布西耶的模块化以及黄金分割率，设计使从业者为数学体系的成熟做出很多贡献。参数化系统可以激活数学应用，通过将定理和结构编码到传递图和节点更新的方法，动态和可视化的数学模型成为设计终端的策略和方法^[6]。

数字化建筑的设计方法使得建筑师可以根据其设计问题，选取恰当的设计切入因素，构建以参数化模型来表达的设计原型。参数化建模旨在应对传统设计工具（通过直接操作）修改模型的局限，设计者创建部件链接关联，通过利用和编辑这些关联逐步建立一个设计。这一系统关注于保持设计与关联的一致性，同时也可以提高设计人员探索新思路的能力，从而减少单调乏味的返工。

在计算机的辅助下，大大拓宽了建筑师对设计方案某一性能的评价途径，比如可视区域评价、人流动线评价、结构性能评价、光环境评价、气流环境评价、声场评价、生态性能评价等。为实现这一设计方法，设计师向工业产品设计领域借来了“参数化建模技术”（Parametric Modeling），此技术已经成为数字化建筑设计方法的重要技术基础，目前能够实现参数化建模的软件工具有三类：人机交互类工具（如 CATIA 与 Inventor）、可视化脚本类工具（如 Grasshopper 与 Generative Components）、纯代码类工具（如 Rhinoscript、VBA、MEL、MAXscript）^[7]。

Grasshopper 基于 Rhino 平台，在概念设计阶段，设计者通过部件与系统草图设计（单元体参数模型搭建）、关联部件设计、关联系统组装与应用三个步骤，编写脚本文件，在二维平面上连接控件来完成程序编写，在参数化编程中，建模逻辑与参数控制

得以分离；操作以组件的方式呈现，逻辑以线连接，用虚拟电线连接各个组件，让参数产生联动。图解化的建模形式使几何形态的生成方式一目了然。建模的几何体不再是一个最终的结果，而是一系列的“故事”，对其中情节的细微调整将导致最终的结果的巨大改变。参数化几何编程是传统图解设计思维的方法论升级，可视化逻辑是新时代设计工具的核心特性^{[8][9]}（图3图4）。

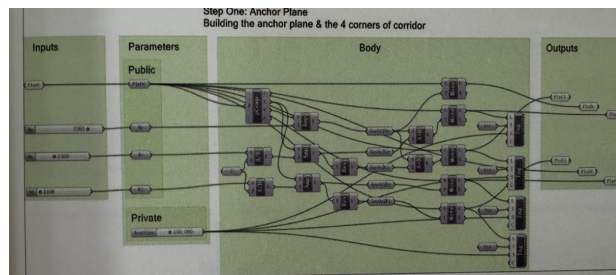


图3（Grasshopper 软件参数脚本示意图）

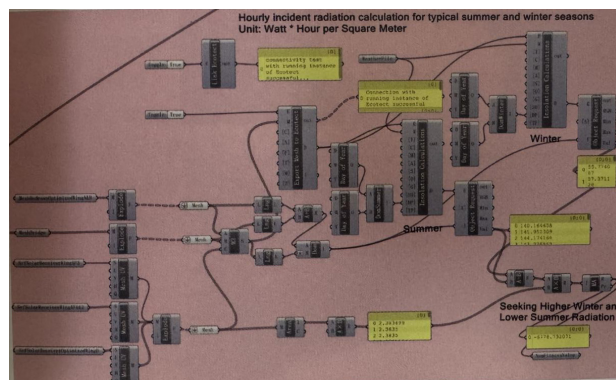


图4（Grasshopper 软件基于 Geco 的日照辐射量计算脚本示意图）

“动态交互美学通过参数调控（如光线强度、绿视率波动）重构环境复杂度，其理论根源可追溯至《环境行为学》中的注意力恢复理论（Kaplan, 1985）。该理论提出恢复性环境的四大特征（远离性、广阔性、吸引力、相容性），强调‘中等复杂’环境对定向注意力疲劳的修复作用。动态交互通过参数波动（如光线强度、植物密度变化）维持环境复杂度在阈值区间。实验表明，绿视率动态波动范围在25%-60%时，情绪改善效果最优基于 ART 的“相容性”原则，动态交互系统（如智能城市绿地导航）可通过实时数据分析，为不同人群推送适配场景。例如高压群体优先推荐具有水体元素的路径，而创意工作者则匹配形态复杂的自然景观序列。“海德格尔的‘栖居’哲学与 ART 理论的协同性在于：前者强调人与环境的动态共生关系，后者则通过实证数据验证了环境参数阈值对心理健康的调控效能^[10]。

（二）Grasshopper-PRI 工具链开发

“动态交互美学”范式，将美学评价从静态形式属性拓展至行为-数据-形态耦合度，突破现有研究以视觉满意度为核心的单一评价体系。通过开发 Grasshopper-PRI 工具包，基于 Grasshopper 参数化平台开发的动态美学响应系统，集成 Ladybug（日照分析）、Anemone（行为模拟）、Kangaroo（实时形变模块），实现感知-生成-验证”全流程自动化，相较传统参数化设计效率提

升60%。专为桥梁景观设计中的 环境-行为-形态协同优化 而构建。其核心是通过算法工具链实现 实时数据驱动设计，解决传统桥梁美学研究中静态化、单向化的关键问题。

（三）核心功能与创新价值

（1）环境感知：集成温湿度传感器、人流计数器等物联网设备，实时采集环境数据（如光照强度、人流密度）。

（2）形态生成：通过 Ladybug（日照分析）、Anemone（行为模拟）插件，驱动遮阳构件角度、桥面宽度等参数动态调整。桥梁遮阳效率优化可关联实时能耗数据，动态调整构件角度以降低空调负荷，实现美学与节能双目标。

（3）文化转译：将剪纸、榫卯等传统符号参数化为动态桥面装饰（如孔洞密度随节庆变化）；通过数学函数（傅里叶变换、NURBS曲线）重构传统纹样（如苏州园林窗棂的渐变孔洞阵列）。

（4）自然仿生：采用 L-System 算法模拟植物生长逻辑，生成分形曲面（如上海苏州河桥参数化波浪栏杆）。

（5）气候适应：ETFE膜结构根据降雨强度自动开合，兼具遮雨功能与“水帘”艺术效果；通过智能传感系统（如压力感应铺装、温湿度响应遮阳）实现动态调控。

（7）社群激活：通过压力传感灯光引导行人流线，提升桥域商业活力（如成都环城绿道桥夜间经济带）。

四、实证分析与政策衔接

（一）案例验证

作为《苏州河桥梁景观提升计划》的标杆项目，昌平路桥（“苏河之眼”）通过智能互动技术与低碳生态设计的深度融合，成为苏州河夜景升级的核心亮点。该桥以“明眸”造型为设计主题，通过三项创新技术实现多维度感官体验。当船只靠近时，桥体灯光通过智能感应装置触发动态效果，拱轴线与大跨度悬臂共同模拟“明眸眨眼”的拟态动作。桥底采用“矩阵式星光灯”布局，借助智能控制系统实现“船来灯闪如星河流动，船走渐暗归入夜幕”的互动逻辑。据昌平区文旅局数据显示，2023-2024年全区重点景区游客量增幅普遍超80%，同期滨水商业综合体夜间消费增长约33%，昌平路桥作为核心节点，其改造对区域客流与消费起到明显带动作用。

元荡湖慢行桥（图

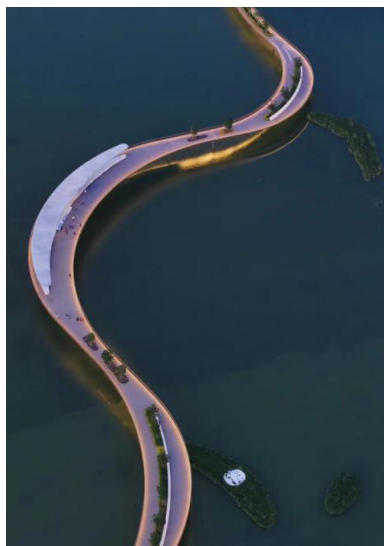


图5（元荡湖慢行桥鸟瞰）

5图6）位于上海青浦与江苏吴江交界处，全长586米，桥中段以太湖石造型为灵感打造多孔墙雕塑，通过参数化建模技术生成复杂几何形态，并借助激光切割技术实现毫米级加工精度，同时依托BIM技术优化施工流程。该桥2022年凭借其艺术性与生态价值成为现象级网红打卡地，同年荣获澳大利亚建筑师协会国际金奖、DFA亚洲最具影响力设计奖等多项国际权威奖项。作为长三角“水乡客厅”的核心景点，元荡慢行桥年均吸引游客超6000万人次，根据文旅市场调研数据，2022-2024年区域文旅经济规模复合增长率预计达500%。

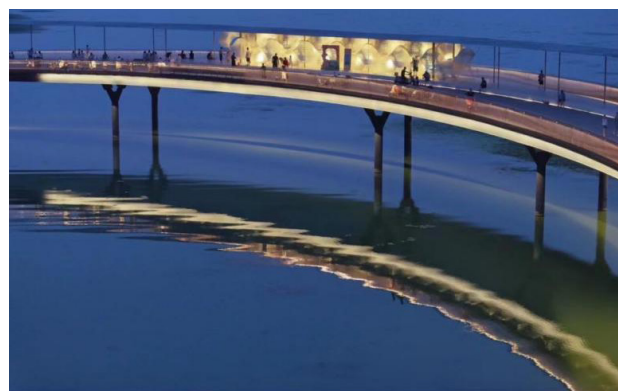


图6（桥上采用参数化建模技术的景观构筑物）

（二）动态参数阈值体系

“实验表明，绿视率动态波动范围在25%-60%时，情绪改善效果最优（如上海苏州河桥案例）；基于ART的‘相容性’原则，智能导航系统可为高压群体优先推荐水体路径，验证了环境-行为适配的可行性。

“绿视率阈值与光照分段控制等动态参数，可纳入《城市桥梁景观设计标准》修订，为‘标准适配-数据驱动-公众参与’三重突破提供量化依据。可采取“景观照明与花卉融合”策略，桥梁灯光设计应结合绿视率阈值动态调节色温，例如工作日采用冷白光（5000K）提升专注力，周末切换为暖黄光（3000K）促进放松。

动态交互通过时空维度与认知-行为机制的多层级耦合，构建了超越传统静态环境暴露的心理健康促进路径。未来研究需进一步量化动态参数阈值，并探索智能环境系统的实时反馈机制设计。通过激活桥域“可游可购可憩”复合功能，解决“千桥一面”同质化难题。参数化设计使桥梁成为“可读的文本”，公众通过空间体验解码场所蕴含的文化密码，桥梁从交通设施升维为“城市精神装置”，该转型标志着城市基础设施从“工程造物”到“文化叙事”的认知跃迁，综合了环境美学、数字人文和复杂系统科学，构成当代中国新型城镇化的美学方法论基石。

五、结论及建议

政策驱动下，参数化美学需实现“标准适配-数据驱动-公

众参与”三重突破。将“动态美学指数”纳入城市更新项目考核体系。量化绿视率波动阈值（25%-60%）、光照分段控制（工作日800-1200lux/周末500-800lux）等参数。将环境行为学、数字艺术与参数化技术交叉，构建“人-境-技”协同设计范式，建立“政府-设计师-市民”三方协作平台。提出量化设

计导则条款，支撑住建部《城市桥梁景观设计标准》修订，推广Grasshopper-PRI系统纳入技术规范，制定参数化响应式设计标准化流程。

参考文献

[1]周海飞,“场地—场景—场所”多维视角下的桥梁景观设计研究[D].南京:东南大学,2023.

[2]唐寰澄《桥梁美的哲学》[M].北京:中国铁道出版社,2000(1-12).

[3]蔡俊镡,淡江大桥主桥设计[J].桥梁建设,2021(108-114).

[4]Winterstetter T,Alkan M.Engineering complex geometries: The Heydar Aliyev Centre in Baku[J].Steel Construction, 2015(8).

[5]Adriaenssens S,Block P,Veenendaal D, et al. Shell structure for architecture[M].London: Routledge, 2014.

[6](美)罗伯特·伍德里,孙澄等译《参数化设计元素》中国建筑工业出版社,2015(27-40).

[7]孙澄宇《数字化建筑设计方法入门》上海:同济大学出版社,2012(16-17,46-47).

[8]袁烽《从图解思维到数字建造》上海:同济大学出版社,2016(322-335).

[9]徐愔愔,参数化非线性建筑设计对建筑艺术的影响[D].北京:中国艺术研究院,2010.

[10]王美伦,参数化设计在复杂形态建筑结构中的应用[D].北京:北京建筑大学,2016.

绿色发展视域下丹阳市垃圾分类高效治理路径研究

张芷芯, 汪晨曦, 孙心, 袁彩萍
南京师范大学中北学院, 江苏 丹阳 212300
DOI:10.61369/UAID.2025010023

摘 要 : 为落实《中共中央国务院关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见》中发展循环经济、推进垃圾分类与提升资源化利用率的要求, 本文从绿色发展视角探究丹阳市垃圾分类治理现状。目前, 丹阳市虽已取得一定成效, 但仍存在公众参与积极性低、操作不规范、投放点布局不合理等问题。通过借鉴国内外先进经验, 结合数字化手段, 本文提出了一系列高效治理路径, 来构建科学高效的垃圾分类治理体系, 推动丹阳市实现经济与环境的协调可持续发展, 助力城市绿色转型。

关 键 词 : 绿色发展; 垃圾分类; 治理路径

Research on Efficient Garbage Classification and Management Path in Danyang City from the Perspective of Green Development

Zhang Zhixin, Wang Chenxi, Sun Xin, Yuan Caiping
Zhongbei College of Nanjing Normal University, Danyang, Jiangsu 212300

Abstract : To implement the requirements of developing a circular economy, promoting garbage classification, and improving resource utilization efficiency outlined in the "Opinions of the CPC Central Committee and the State Council on Accelerating the Comprehensive Green Transformation of Economic and Social Development," this paper explores the current status of garbage classification and management in Danyang City from the perspective of green development. Although Danyang City has achieved certain results, there are still issues such as low public participation, non-standardized operations, and unreasonable layout of garbage disposal points. By drawing on advanced experience from both domestic and international contexts and combining digital means, this paper proposes a series of efficient management paths to build a scientific and efficient garbage classification management system. This aims to promote coordinated and sustainable economic and environmental development in Danyang City and facilitate the city's green transformation.

Keywords : green development; garbage classification; management path

引言

在社会经济不断发展的时代背景下, 城市化已成为不可逆转的趋势。这显著提升了人们生活质量, 但人群的集聚却使得垃圾分类问题日益突出。在城市日常运转中产生的大量垃圾, 如果处理不及时或不恰当, 就会影响市容, 破坏城市的生态平衡^[1]。党的十九届五中全会提出了推动绿色发展, 促进人与自然和谐共生。这一要求也在党的二十大报告中再次被提及, 可见, 绿色发展理念被提高到了前所未有的高度^[2]。丹阳市, 作为全国百强县之一, 积极响应上级号召, 全力投入垃圾分类治理的相关行动, 目前已收获了一定成果。但深入剖析其工作现状不难发现, 仍存在一些亟待解决的问题。

鉴于此, 本研究旨以绿色发展的视角, 深入剖析丹阳市垃圾分类治理的现状与问题, 通过对比分析国内外先进垃圾分类的管理经验和成功案例, 探索符合丹阳市地域特色和发展需求的垃圾分类高效治理路径, 力求构建一套科学、系统、高效的垃圾分类治理体系, 以期能够为丹阳市垃圾分类治理工作提供新的思路, 促进资源循环利用, 减少环境污染, 实现经济与环境的双赢。

基金项目: 2024年江苏省大学生创新创业训练计划项目“绿色发展视域下丹阳市垃圾分类高效治理路径研究”(202413906020Y)。

作者简介:

张芷芯(2004.02-), 女, 汉族, 江苏连云港人, 本科在读;

汪晨曦(2003.04-), 女, 汉族, 河南驻马店人, 本科在读;

孙心(2004.03-), 女, 汉族, 江苏南京人, 本科在读;

袁彩萍(1988.10-)女, 汉族, 江苏丹阳人, 硕士, 南京师范大学中北学院讲师, 研究方向: 管理会计。

一、绿色发展及垃圾分类处理概述

1. 绿色发展理念

绿色发展理念，是指在传统发展模式上的创新突破，以生态环境容量和资源承载力为约束，将环境保护纳入经济社会发展核心框架。推动经济活动的“绿色化”“生态化”。

我国绿色发展理念由来已久。2005年8月“绿水青山就是金山银山”发展理念的首次提出，为绿色发展理念在地方的实践奠定了思想基础。2015年10月党的十八届五中全会将“绿色发展”纳入“十三五规划”，绿色发展从理念层面上升为国家战略层面。2021年5月“十四五规划”明确了绿色发展的主要目标和重点任务，为绿色发展提供了重要指引。

2. 垃圾分类制度背景

垃圾分类处理，是依据生活垃圾的成分、价值、处置方式及环境影响，通过分类投放、收集、运输与处理，实现垃圾的资源化利用与无害化处理。城市生活垃圾一般分为可回收物、有害垃圾、厨余垃圾和其他垃圾四类。

在住房和城乡建设部等部门联合印发的《关于进一步推进生活垃圾分类工作的若干意见》中提出，到2025年底，应基本建立配套完善的生活垃圾分类法律法规制度，并部署科学管理和源头减量工作。在制度建设领域，围绕垃圾分类工作，各地因地制宜、有序推进，相继出台了一系列全面细致的垃圾分类制度。标识制度在产品包装、垃圾容器设统一标识，降低分类难度；强制分类制度依靠法规，要求特定主体或区域分类投放，扩大覆盖面；定时定点投放制度规定投放时间和地点，便于收集监管，提高收运效率。这些制度协同配合，为垃圾分类提供制度保障。

3. 国外垃圾分类治理经验

在垃圾分类治理的实践历程中，发达国家积累了更为丰富且成熟的经验。瑞典凭借高效的垃圾分类制度，利用发达的小区能源系统，实现低污染与高资源利用率^[3]。日本构建全周期教育体系，环保课程贯穿基础教育的各个阶段^[4]。美国政府大力宣传教育，使得农村居民能够做到自觉分类垃圾，而垃圾收集系统则由企业建设。英国居民家庭对垃圾细致分类，从纸张、塑料、金属到有机垃圾等；葡萄牙通过在住宅楼下设置不同颜色垃圾箱，利用产品外包装图标提示分类，并以消费券的形式进行激励，提升了居民参与积极性^[5]。发达国家在垃圾分类领域长期实践积累的经验，为我国推进垃圾分类治理工作提供了借鉴与参考。

二、丹阳市垃圾分类现状及存在问题分析

1. 法治保障方面

在垃圾分类法治建设方面，丹阳市实际工作中主要遵循国家及江苏省、镇江市的相关法律法规。现行的《镇江市生活垃圾分类管理办法》为丹阳市的垃圾分类工作提供了有力支撑与规范指引。该办法明确了市、区县、街道（乡镇）、社区（村居）四级的工作格局，各级职责清晰，有力推动了垃圾分类工作开展。丹阳市各地区依照该办法充分发挥党建引领作用，有序开展垃圾分类“三定一督”工作^[6]。

丹阳市于2020年制定完善了《2020—2022年丹阳市城市生活垃圾和治理工作实施方案》，以进一步凝聚共识、形成合力，全

面打造一体化、一张网、一盘棋的工作格局^[7]。市相关部门在该实施方案基础上不断深化落实，但在实际执行过程中，监督体系仍存在部分漏洞。部分街道、镇区在考评制度执行上不够严格，导致垃圾分类工作推进缓慢。由于垃圾分类工作涉及多个部门和单位，镇政府、村干部、村民等各方主体在专业能力、沟通渠道、合作意识等方面都存在不足，导致监督效果打折^[8]。

现行管理办法在契合丹阳市具体市情方面，仍存在进一步细化的空间。通过精准聚焦本地特点，明确更为具体的实施细则，从而使其能够更具针对性地指导丹阳市垃圾分类工作，确保垃圾分类治理工作在本地得以高效、有序推进。

2. 垃圾分类方面

在分类模式上，丹阳市针对不同区域特点采取了不同方式。首先，居民小区实行“有害垃圾、可回收物、其他垃圾”三分类。其次，党政机关单位实行“有害垃圾、可回收物、厨余垃圾、其他垃圾”四分类。最后，农村地区则是农户先初分，保洁员再进行二次分类，最终分为“有害垃圾、可回收物、有机易腐、其他垃圾”四类。

此外，有毒有害垃圾暂存库、大件垃圾拆解中心、有机易腐垃圾处理厂及可回收分拣中心等也都一应俱全。垃圾收集设施也不断完善，配备了专用收运车和大量收集桶，各个地方合理设置了分类垃圾桶和集中回收点。

但在垃圾分类的执行过程中，部分社区未能严格按照既定标准操作。居民在投放垃圾时，可能存在混淆不同类别垃圾的情况，而相关人员未能及时纠正或引导。设施损坏未能及时维修、分类标识不清晰或缺失等问题也时有发生，进一步加剧了垃圾分类的困难。

通过开展积极开展试点工作，丹阳市在多个领域完成了垃圾分类试点，建立了奖励激励机制，发放“分类积分卡”，有效提高了居民参与度。部分区域成功推广智能分类，实现撤桶并点，建设智能清洁小屋，实行“定时、定点、定人、督导”投放模式。

3. 垃圾收运方面

在农村地区，丹阳市按照严格标准配备了保洁员、清运员和督查员，构建了完善的网格化保洁体系。近年来，新建和改建了大量农村垃圾房，新增及改造了清运车辆，积极推进垃圾分类体系建设，规范垃圾存放点。

在城市地区，合理配置了各类垃圾收运车辆，规范收运设施，利用智慧化手段加强对收运过程的监管，严格建筑垃圾收运管理，基本实现了城区试点区域的分类收运，垃圾转运站在中转环节也发挥了重要作用。

然而在实际收运的过程中，部分老城区或商业街区，临街垃圾桶数量不足且容量设计不合理，无法满足居民日常投放需求，导致垃圾散落、外溢等问题。而在一些居民区，垃圾分类投放点的设置距离居民楼较远，从而增加了居民的投放负担，且部分投放点仍未能根据垃圾类型进行细分，反而降低了垃圾分类的效率和便捷性。

4. 宣传引导方面

丹阳市采用了多种形式进行垃圾分类宣传引导。通过社区宣讲、校园“小手拉大手”活动、媒体科普以及志愿者入户宣传等方式，全面普及垃圾分类知识。宣传内容涵盖垃圾分类的意义、方法、误区及收运流程等多个方面。

经过一系列宣传活动，丹阳市居民的生态环境保护意识不断提高，绿色发展理念深入人心。但垃圾分类对广大居民来说，仍存在“高意愿、低行动”的现象。根据调查小组有效收回的432份调查问卷的结果显示，有119人（50.7%）认为垃圾分类的标准太过复杂；有66人（48.5%）认为是自身垃圾分类意识薄弱；有45人（35.6%）认为垃圾分类相关规定可操作性较低。

虽然丹阳市政府和相关部门已开展垃圾分类宣传活动，但覆盖面有限，偏远地区、老旧小区及特定群体接触信息不足，对垃圾分类重要性及操作方法了解不够。宣传方式“一刀切”，宣传形式传统，既没有考虑不同群体特点，缺乏针对性，还缺乏创新性和互动性，内容多集中于基本分类知识和政策解读，深度和广度不足。

三、丹阳市垃圾分类的高效治理路径

1. 构建数字化奖惩机制，提升群众参与热情

依托云计算和大数据技术搭建垃圾分类数字化管理平台，以家庭为单位，利用加密算法为每户家庭建立各自的垃圾分类档案。对于在垃圾分类工作中表现突出的家庭，可以授予具有电子防伪标识的荣誉证书和积分系统中相应的积分奖励，积分系可兑换如卫生纸、厨房用品等各类生活用品。

针对违规行为，运用图像识别与智能分析技术，智能监控设备能快速准确识别随意丢弃垃圾等违规行为。首次违规，系统通过短信网关自动发送警告短信，同时记录违规信息；多次违规则触发信用分扣除机制，信用分与公共资源使用权限挂钩，如限制信用分低的用户使用公共图书馆的预约借阅、社区健身设施等功能。

2. 借助数字手段规范社区垃圾分类操作

利用物联网传感技术为每个社区分类垃圾箱配备智能感应装置，这些装置能实时监测垃圾存量。一旦垃圾存量达到设定阈值，系统通过无线网络自动向垃圾清运部门发送清运提醒。还可以在垃圾箱醒目位置设置高清电子显示屏，循环播放各类垃圾投放指南；同时，通过二维码解析技术，公众扫描二维码即可跳转到详细分类信息页面，该页面以图文并茂、视频演示等多种形式呈现分类知识。

3. 利用大数据优化投放点布局

运用大数据分析技术，收集居民日常垃圾产生量数据，分析不同区域、不同时间段的垃圾产生规律；结合居民出行轨迹数

据，利用地理信息系统（GIS）进行空间分析，精准规划垃圾桶数量与摆放位置。在人口密集区域，增设智能垃圾桶，这些垃圾桶配备红外感应装置实现自动开合，通过物联网将满溢信息实时反馈到管理平台。同时开发手机APP，利用定位技术和实时数据传输技术，居民可通过APP导航至最近的可用垃圾桶，解决因布局不合理带来的投放不便问题。

4. 开展数字化监督管理工作

设立线上垃圾督导员岗位，借助高清摄像头和AI智能分析技术，对居民垃圾分类情况进行24小时远程监督。AI智能分析系统运用图像识别算法，能准确识别垃圾类别和投放行为是否规范，一旦发现问题，通过语音合成技术和短信平台，及时以语音提示或手机消息的形式协助居民正确分类。

定期通过数据分析系统对督导员工作数据进行多维度分析评估，如纠正违规次数、处理投诉时长等。对于表现不佳者，系统自动推送线上培训课程链接，要求其在规定时间内完成培训整改；表现优秀者，通过电子支付系统发放线上红包奖励。同时上线线上垃圾分类培训课程，运用视频加密与在线学习技术，方便督导员随时学习提升。

5. 推进数字化教育宣传

在线上，与主流短视频平台达成深度合作。平台利用流量推荐算法，设置热门话题、给予流量扶持等激励措施，吸引大量博主与公众参与。利用虚拟现实（VR）、增强现实（AR）技术开发垃圾分类互动小游戏，玩家通过佩戴VR设备或在手机上利用AR功能，沉浸式体验垃圾分类场景，在游戏过程中学习分类知识。

在线下，各社区可以利用智能显示屏播放垃圾分类科普视频；举办垃圾分类知识竞赛，借助智能设备内置的答题系统实时记录成绩，成绩优秀者可获得电子优惠券，该优惠券可在社区周边合作商家处消费使用，有效提升宣传教育效果。

四、结论

丹阳市应借鉴国内外经验，加快完善地方法规，统一分类标准，利用数字化手段，强化线上线下宣传教育，借助智能设备与平台提升公众参与意识。推动数字技术创新应用，构建科学高效的垃圾分类治理体系，实现资源循环利用与环境污染减少，促进经济和环境协调可持续发展，加快城市绿色转型。

参考文献

- [1] 刘金岭. 城市环卫规划中生活垃圾处理方式的思考 [J]. 中外企业家, 2019, (36): 212.
- [2] 杨扬. 绿色发展视角下的内蒙古城市垃圾处理方式转型研究 [D]. 内蒙古民族大学, 2017.
- [3] 刘媛媛. 论国外垃圾处理对我国的借鉴 [J]. 甘肃农业, 2021, (08): 90-92.
- [4] 高令君, 操慧洁. 日本儿童行为规范意识的培养——从垃圾分类说开来 [J]. 科教导刊 (中旬刊), 2019, (32): 158-159.
- [5] 卢焱. 发达国家和地区生活垃圾分类管理模式、历程与机制 [J]. 科学发展, 2019, (03): 87-97.
- [6] 潘明龙. 丹阳: 垃圾分类“新时尚” 人居环境高品质 [J]. 城乡建设, 2021, (09): 6-7.
- [7] 郇宗宝, 周围. 江苏丹阳: 生活垃圾分类向纵深推进 [J]. 城乡建设, 2021, (05): 39.
- [8] 殷鑫. 丹阳市导墅镇农村生活垃圾分类的协同治理研究 [D]. 江苏科技大学, 2020. DOI:10.27171/d.cnki.ghdcc.2020.000300.

云南斑铜工艺在公共空间中的应用探究

胡钢

昆明城市学院，云南 昆明 650106

DOI:10.61369/UAID.2025010026

摘要：作为国家级非物质文化遗产，云南斑铜艺术是古滇国铜文化的延续，且具备“纹精而美，质深且贵”的审美特征与“天成、匠成”技术体系，使其成为云南特有的公共艺术文化符号的表达方式。本篇选取博物馆、市政与商业三种主体类型的公共场所，利用2020—2024年行业统计数据对斑铜艺在各公共场所的应用方式进行全方位的探讨研究。

关键词：云南；斑铜工艺；公共空间；应用

Research on the Application of Yunnan Mottled Bronze Craftsmanship in Public Spaces

Hu Gang

Kunming City College, Kunming, Yunnan 650106

Abstract：As a national-level intangible cultural heritage, Yunnan mottled bronze art is a continuation of the bronze culture of the ancient Dian Kingdom. It possesses aesthetic characteristics of "fine and beautiful patterns, deep and precious quality" and a technical system of "natural formation and craftsmanship," making it a unique expression of Yunnan's public art and cultural symbols. This article selects three main types of public places: museums, municipal facilities, and commercial spaces. Using industry statistical data from 2020 to 2024, a comprehensive study is conducted on the application of mottled bronze art in various public places.

Keywords：Yunnan; mottled bronze craftsmanship; public space; application

引言

“城市更新”与“文化自信”，一起让公共空间从过去“功能空间”向“体验文化空间”进行转变^[1]。引入传统文化元素唤醒场所文化记忆的载体，。而云南斑铜工艺是中国四大名铜之一，其历史源于明末清初，因其外观上的“天然斑纹”以及“铜质如金”的特殊美感，有“金属中的翡翠”之誉，2008年被列入国家第二批非物质文化遗产保护名录。但现有的研究对象集中在对斑铜工艺的历史渊源、制作工艺及单件艺术作品的研究，而将其有机地引入公共空间仍缺乏深层探讨^[2]。但恰恰斑铜的“久经耐用”“地方性地标性”和“工艺品故事性”，可以满足对公共空间而言的两个基本要求：即长时间展览和文化与公众交流与互动，以及作为非遗文化“活体教学”的教具。

一、云南斑铜工艺的文化基因与工艺特质

（一）历史脉络

云南斑铜工艺的历史脉络及文化定位见下表1。

表1 云南斑铜工艺的历史脉络及文化定位

时间	关键事件
明末清初	云南斑铜工艺起源，它传承自古滇青铜文化，承接了云南青铜器在工艺和审美设计上的优秀传统。
20世纪初	昆明一带铜匠创制熟斑工艺品，至此生斑/熟斑工艺分化。熟斑通过独特冶炼熔铸加工而成，产品厚重无焊口，斑纹花型大且呈红色；生斑则是天然生斑铜矿全手工锻打。
1958年	昆明市斑铜厂成功恢复云南斑铜和云南乌铜走银全套生产工艺和制作技艺。

1986年	斑铜显斑着色工艺技术获得国家发明专利，同年昆明市斑铜厂承制的《孔雀明王》被国家轻工部征为“工艺美术珍品”，永久收藏陈列于中国工艺美术馆。
2000年	昆明市斑铜厂制定出第一部《斑铜工艺品行业标准》。
2006年	云南斑铜项目被列入云南省非物质文化遗产保护名录。
2008年	云南斑铜列入国家级非物质文化遗产保护名录。
国际荣誉	云南斑铜工艺品曾在巴拿马博览会等国际展会获奖。
代表性作品	除《孔雀明王》外，还有仿云南省博物馆镇馆之宝《牛虎铜案》等 ^[3] 。

（二）工艺特征及美学价值

“其形美、其色也美”，这是云南斑铜的形象写照，其红金交相渗透的图案独一无二，从质感角度看，其未经雕刻的部分保

持着一种天然的粗犷感，经雕刻处理的部分则显得精致平滑；从形态看，它不仅保留了传统元素，还运用了当代雕塑手法，让各种经典造型都带有强烈的宗教色彩，具有很高的观赏性。见下表2。

表2 工艺特征及美学价值

工艺类型	原料	流程	斑纹特性	制作周期	色彩	肌理	造型
生斑	天然生斑铜矿	全手工锻打	斑纹自然天成，形态独特	较长	表面呈现樱桃红，金色斑花闪烁	自然质朴，带有手工锻打的痕迹	造型古朴，多保留原料的天然形态
熟斑	高品位的铜基合金	铸造成型、精工打磨以及复杂的后工艺处理	斑纹花型较大，呈红色，成型性能好	相对较短	色泽浑厚，褐红色表面富有质感	细腻光滑，工艺痕迹不明显	造型丰富多样，可制作复杂造型

二、公共空间的类型划分与功能需求

（一）公共空间的分类与特征

场所例如博物馆、画廊以及礼堂等场所都是文化馆厅类场，通常用来展现文化以及艺术、传承文化并且举办一些大型事务性活动^[4]。博物馆是用来通过展出器物来讲述历史，画廊是用来通过展出艺术作品用来提高人们欣赏能力；礼堂是用来举办一些大型集会或表演的场所。这些地方对于其所展示的艺术作品有着较高文化的要求，这样才能够使之融入展现内容当中去。

城市景观包括广场、街道、公园，其主要目的是为市民休闲娱乐提供活动场地、树立城市风貌。广场为城市的活动中心，街道是城市的连接线，公园是城市的绿色屏风。对这样的空间需求的公共艺术应该与周围的环境融合以及具有观赏、公众交流性。

商业空间：如商业综合体、文创产业园，主要功能是吸引商业、发展文创型产业，商业综合体招揽消费客源，文创产业园培育创新型企业，空间内的美术品需要有一定的艺术感，表现商业性和文气。

艺术品在三大类公共空间中，都需要实现其文化的传递功能、空间上的配合功能以及空间上久悬性的功能，以满足各种场所的要求。

（二）斑铜工艺与公共空间的适配性

斑铜技艺与公共场所的广泛关系可以从几方面看出：一方面，斑铜作为云南省的地方特有的文化遗存具有鲜明的地域性，并且可以为公共场所提供浓厚的地方文化底蕴，如人民大会堂云南厅内布展的斑铜装饰品就体现了云南的民族文化特色；另一方面，从物性属性上讲，斑铜金属的光泽效果以及体量大带来沉稳的感觉使其具有威严感，而且其优异的耐腐蚀能力可保证其长时间维持良好的外观形态以契合公共场所对艺术品耐久性的需求。但是，斑铜也有其缺陷，其制作工艺极为繁琐，包括锻造、模制、烧制等将近二十多道程序，对此需要极高的制胎技术和熟练度，并且对生产时间有着极长的制约，生产量也不允许其被大量使用；再者，由于其制作流程的繁琐，也导致人工成本的提高，进而使其定价较高，这给大面积使用的公共场所增加了使用成本

的顾虑。

（三）创新策略

技术创新方面，采用3D打印辅助设计，能提高设计精度和效率，降低设计成本；运用纳米材料保护斑铜制品，可增强其抗腐蚀性和耐久性。设计融合上，重构古滇文化元素，为斑铜制品赋予新的文化内涵；拓展实用功能，使斑铜制品更贴近现代生活需求。传播升级则通过线上直播结合线下体验的方式，让更多人了解斑铜工艺；积极参与国际展会，提升斑铜工艺的国际影响力。

三、云南斑铜工艺的技术分析

（一）公共空间应用的细分市场数据

通过对2020–2024年行业数据的统计，云南斑铜在三类公共空间中的应用规模及特征见下表3。

表3 2020–2024年行业数据

公共空间类型	2024年市场规模（亿元）	核心应用形式	典型案例
文化场馆	2.1	主题展陈、空间装饰（如仿古牛虎铜案复制品）	云南省博物馆“古滇文明”展区斑铜雕塑《孔雀明王》（高2.3米，2023年入驻，年参观量超150万人次）
城市景观	1.8	地标雕塑、文化街区装置	会泽金街“斑铜历史长卷”雕塑（长32米，含12组古滇铜冶场景，2024年落成，带动区域旅游收入增长28%）
商业空间	0.7	品牌展示、体验式文创产品	会泽斑铜创意产业园“斑铜生活美学馆”（年销售额300万元，定制化产品占比45%）

（二）云南斑铜工艺的技术分析

云南斑铜工艺以“生斑”“熟斑”为核心，近年来通过技术创新适配公共空间需求，形成“传统工艺+现代技术”的复合体系^[5]。

1. 传统工艺的技术特征

生斑制作工艺较为复杂，先精选含铜量97%以上的铜料“熔铜—铸铜—刨光—自氧化”12道工序（周期约45天），由上而下的斑点呈有规则的“黄加白”，仅用于高档工艺品（如人民大会堂云南厅云南名特旅游工艺品中云南民间十大名艺《百鸟朝凤》斑铜屏风）^[6]。

熟斑包括打制和篆刻，以含8%~12%的铜、锌合金为原料，“做模子—打鑿子—酸水洗—打磨”8道工序（周期约30天），斑点规整，适用于大量生产制作的公共设施装饰部分（如会泽斑铜刀具与吊饰）^[7]。

2. 现代技术的突破与应用

为适应公共空间场所的“规模化、高效率、绿色化”需求，将数字化设计技术、自动化制造技术、绿色环保加工工艺3种新技术引入云南斑铜领域，基于三维建模与反构、产品化放大、加工材料和设备优化等方式，实现大规模复杂构型艺术品（长32米的大型作品《古滇铜冶长卷》）设计，降低工艺加工环节的失误率（由原有传统工艺的15%下降至3%）、高大及复杂造型数字化建模和加工、自动化加工装置的研制运用（提升斑铜生产加工效率40%）等；水资源的利用回收（采用水性材料替代传统化工染色

材料)和废水的循环利用(酸洗废水回用率提升至95%)、实现了《云南省传统工艺绿色生产标准》的要求^[8]。

（三）公共空间应用的技术与经济对比

通过对比传统工艺与现代技术在不同公共空间中的应用效果，可量化斑铜工艺的适配性，见下表4。

表4 不同工艺效果对比

对比维度	文化场馆（传统工艺）	城市景观（现代技术）	商业空间（定制化技术）
工艺类型	生斑工艺（自然斑纹）	熟斑+数字化设计（规则斑纹）	生斑+3D打印（个性化斑纹）
生产周期	45天（单件）	25天（批量）	30天（定制）
成本（元/公斤）	8,000-12,000（高纯度铜原料）	5,000-7,000（铜锌合金原料）	10,000-15,000（个性化原料损耗）
耐久性（年）	≥50（矿物颜料+自然氧化保护）	≥30（水性漆+机械强化）	≥20（日常使用损耗）
文化价值溢价	高（非遗认证+历史复刻）	中（地域文化符号）	（定制IP+体验经济）

四、云南斑铜工艺在公共空间中的应用实践

（一）文化场馆中的陈列与装饰

在场馆空间内，云南斑铜技艺主要以布展展览、空间装修的形式呈现。博物馆内，斑铜器物作为记录地区历史文化的重要材料而存在。例如，在云南省博物馆，用其馆藏的斑铜器物来展示云南的历史文化^[9]。其中，馆内一个仿古牛虎铜案复制品用高超的斑铜技艺再现古滇文化的辉煌，让参观者身临其境感受到云南古代文明的特色风情。除此之外，如会堂等空间，斑铜常常用于空间装修，以加强该区域的场馆文化气息，北京人民大会堂云南厅使用的斑铜《孔雀明王》就是代表^[10]。它完成于20世纪80年代初期，1986年被国家轻工业部门作为“工艺美术精品”选定收藏后，一直在中国的工艺美术馆珍藏展出。它是很好的斑铜工艺品，也是对斑铜在博物馆中重要性的一种体现^[11]。这一斑铜产品的存在让博物馆内的展览内容更加丰富，在视觉方面提升空间美感，让参观者在欣赏作品的同时，更深入地领悟云南文化内涵。

（二）城市景观中的雕塑与装置

在城市形象中不乏由斑铜打造的景区主题雕塑以及一些公用

设施，它是城市中的点睛之笔，丰富了城市视觉并且提升了文化氛围。比如位于会泽县的金街铜雕，除了能够美化市容外它还代表着会泽这个“铜的故乡”，从造型设计的角度来看，此斑铜雕塑将古滇文化与民族标识相结合以传达其特有的文化气质，部分雕塑取材自古滇国青铜器上的纹饰，我们可以从中窥探到云南地区的深厚历史积淀；另一部分则撷取少数民族的服饰以及舞动姿态，表达云南特有的民族多样性文化^[12]。整体上，这些斑铜制雕塑及公用设施改善了市容市貌，同时具有“卖”文化的功能，在满足群众审美需求的同时，让云南文化韵味扑面而来。

（三）商业空间中的品牌与体验

云南斑铜手工艺在商业区通过品牌展示和体验式互动分享的手段达到了“文化+商业”的目的^[13]。比如会泽斑铜产业园内展示的各式斑铜产品吸引着大批游客和游客消费者，斑铜产品的生产是工艺品也是富有云南文化内涵的商品，除此之外斑铜在商场内也存在，商场开设的斑铜体验区让人们亲手感受斑铜打造过程增加了趣味和体验性^[14]。还有斑铜文创的斑铜茶杯、嘉靖通宝吊坠等等有着实用的功能和文化内涵，受人欢迎，斑铜手工艺也证明了自己在商业环境下强大的潜力^[15]。以“文化+商业”的方法推广，斑铜手工艺不但得以延续和发展且为商业蒙上一层独有的文化色彩。

五、结束语

综上，在公共领域运用方面，“云南斑铜技术的应用已经在实施‘保传统技艺但增商业发展效率’的业态”，完成文化效益和经济效益的双丰收。根据预测，在2025年云南斑铜技术应用量将大于3.5亿美元，约占整个云南斑铜行业的七成。在“一带一路”背景下，斑铜工艺的国际化路径也十分广阔。参与国际文化交流活动，能够让斑铜工艺走出国门，向世界展示中国传统工艺的魅力。东南亚市场与中国文化交流频繁，对具有特色的工艺品需求较大，斑铜工艺可以通过拓展东南亚市场，进一步提升其国际影响力，实现更广泛的传播和应用。在未来，伴随着数字化发展的加剧和对环境友善的技术革新，云南斑铜技术将立足于非物质文化遗产传承和保护的基础上的更为鲜明地走向城市文化激活的途径。

参考文献

[1]于亚伟,温丰泽,向杰.云南斑铜工艺文化创新策略探析[J].红河学院学报,2023,21(2):40-44.
[2]云南小铜人.妙在有斑,贵在厚重,云南斑铜工艺品[J].工业设计,2024,5(3):21-22.
[3]杨若瑜,吕向文,简胜,等.云南某低品位斑岩型铜矿工艺优化研究及应用[J].云南冶金,2024,53(3):57-64.
[4]姜美光,梁泽跃,吕向文,等.云南某低品位斑岩型铜矿浮选回收试验研究[J].矿冶,2024,33(1):46-51.
[5]韩江峰,李耀宏,高天龙.某斑岩型铜多金属矿及伴生金银工艺矿物学研究[J].云南冶金,2021,50(4):30-36.
[6]张宏伟,李忠仙,先凤学,等.云南腾冲铜铁矿工艺矿物学研究[J].有色金属(选矿部分),2021(3):8-14.
[7]杨虎,罗红莹,陆宽伟,等.四川盐源混合铜矿的工艺矿物学研究[J].岩石矿物学杂志,2021,40(4):757-763.
[8]黎洁,谢贤,宋强,等.云南某含铜多金属锡矿石选矿试验研究[J].矿产保护与利用,2021,41(1):122-126.
[9]戴江.尽显滇铜之美的生熟斑铜[J].创造,2023,31(4):封2.
[10]李云川,蓝卓越,杨迪,等.铜钼分离技术研究现状与展望[J].化工矿物与加工,2024,53(10):83-91.
[11]杨政国.低品位金矿工艺矿物学特征和金回收[J].矿冶,2024,33(2):225-233,270.
[12]赵宇航,吕晋芳,吴维明,等.铜钼矿浮选分离技术研究进展[J].矿产保护与利用,2022,42(5):169-178.
[13]杨虎,陆宽伟,张英.低氧化率混合铜矿石浮选试验研究[J].化工矿物与加工,2021,50(8):4-8.
[14]蒋丛国,郇超,杨维江,等.浮选机尾矿再选工业试验研究[J].有色设备,2023,37(6):1-5.
[15]邱琳钧,杨凌霄.新质生产力背景下云南斑铜文化的传承与创新研究[J].天工,2025(4):94-96.

市政设施构筑物的绿色更新策略及应用研究

成立, 李可溯, 罗云

中国建筑设计研究院有限公司, 北京 100044

DOI:10.61369/UAID.2025010033

摘 要 : 市政设施构筑物是市政工程的重要组成部分, 它对保障市政设施发挥正常功能影响巨大, 是服务于市政基础设施功能的系统工程, 是保障市政工程后期能够正常运转的节点性工程。随着低碳绿色城市更新的发展, 配套的市政设施构筑物也成为城市更新的重要一环, 且成为改造更新过程中的难点而备受关注。在梳理总结市政设施附属构筑物的常见形式的基础上, 提出市政设施构筑物绿色更新的主要策略, 结合项目实践分析不同设计策略所得到的市政设施附属构筑物的绿色更新成果, 为日后在城市更新项目中市政设施构筑物的绿色更新形式提供参考。

关 键 词 : 市政设施; 构筑物; 设施绿色更新; 绿色低碳; 景观化

Research on Green Renewal Strategies and Applications of Municipal Facilities and Structures

Cheng Li, Li Kesu, Luo Yun

China Architecture Design & Research Group Co., LTD. Beijing 100044

Abstract : Municipal facilities and structures are an important component of municipal engineering. They have a significant impact on ensuring the normal functioning of municipal facilities and are systematic projects serving the functions of municipal infrastructure. They are also key projects that guarantee the normal operation of municipal engineering in the later stage. With the development of low-carbon and green urban renewal, the supporting municipal facilities and structures have also become an important part of urban renewal and have attracted much attention as a difficult point in the process of transformation and renewal. On the basis of sorting out and summarizing the common forms of ancillary structures of municipal facilities; Propose the main strategies for the green renewal of municipal facilities and structures; Analyze the green renewal achievements of municipal facility ancillary structures obtained by different design strategies in combination with project practice; To provide a reference for the green renewal forms of municipal facilities and structures in urban renewal projects in the future.

Keywords : municipal facilities; structures; green renewal of facilities; green and low carbon; landscape

引言

随着全国城市化速度的降低, 城市建设进入存量时代, 城市绿色更新成为未来设计的主导方向, 为解决传统市政出地面设施影响城市景观风貌问题, 基于雨污水检查井、雨水口、通风口、采光井、人防出入口等市政配套设施的功能需求, 在场地内构筑物的更新手段通常采用了消隐化、景观化、防雨洪等多种关键技术, 优化了市政设施构筑物节点工艺设计方案, 形成了多种节点景观设计方案, 在满足市政设施功能要求, 防止在暴雨等极端天气条件雨水倒灌的前提下, 如何能够实现消除市政设施地上构筑物对环境的不利影响, 与城市景观融合设计, 成为市政设施绿色更新的重点关注问题, 其为城市绿色基础设施的更新带来了挑战和机遇。

随着绿色低碳理念提出, “碳达峰、碳中和”目标的明确, 我国城市更新已经进入了新发展阶段, 由过去大拆大建“树新风、展新貌”转变成为规模建设与质量并重的“小尺度、微更新”的新发展理念和规划手段。不仅改变了过去无序扩张的城市增长建设, 更有效改善了城市的生态环境和空间质量。市政作为城市重要的基础设施, 其更新的方法和研究目前相对很少, 尤其是作为市政基础设施的重要节点, 市政设施构筑物的绿色更新研究更是相对空白, 大多城市研究侧重于社区复兴、水系整治、收缩城市等城市更新的某一方面或某一大的类型^[1]。本文基于基础设施与绿色城市更新的理念, 通过对更新视角下市政设施构筑物的内涵与类型解析, 分析现有市政设施构筑物存在的问题, 依据对现有建成项目案例和相关资料研究, 提出市政构筑物绿色更新的路径和策略, 以期探究绿色基础设施中构筑物与城市更新的内在关系, 探索市政设施构筑物在城市更新中绿色生态的营造方法和途径^[2-4]。

中国建筑设计研究院有限公司科技创新项目: 县城地下管网建设技术评估与完善研究 (课题编号 1100C080240195)

作者简介:

成立, 硕士, 中国建筑设计研究院有限公司, 高级工程师

李可溯, 硕士, 中国建筑设计研究院有限公司, 高级工程师;

罗云, 学士, 中国建筑设计研究院有限公司, 工程师。

一、概念的内涵与释义

（一）市政设施构筑物

我国城市市政设施建设工程领域的市政设施主要包括城市区、镇(乡)规划建设范围内设置、基于政府责任和义务为居民提供有偿或无偿公共产品和服务的各种建筑物、构筑物、设备等^[5-6],其中构筑物主要包括:雨污水检查井、雨水口、倒虹井、泵房、顶管工作井、雨水排出口等,常用的材料有砖砌体、浆砌块石、钢筋混凝土以及一体化玻璃钢等。

（二）市政设施构筑物的特点

作为市政工程配套的市政设施,其附属构筑物的功能多是为了保障市政工程的正常运行而存在,与地下空间工程相类似,但也有其独有的特点:(1)市政设施构筑物多位于道路红线内,其用地紧张,因此景观缓冲空间小;(2)城市市政工程地下空间各类管线较多,相互交织,错综复杂,且要满足各自正常运行的空间和设计规范要求的间距,所以构筑物在出地面的部分与地下的功能有密切关系;(3)构筑物服务于整个市政工程的生命周期,后期的改造更新需已满足现有使用功能为前提,因此对其更新改造技术要求较高;(4)地下市政设施管线容纳有给水、供热、强弱电等各类管线,近年来在地下空间资源紧张的区域采用微管廊的方式建设,延长管线使用寿命的同时避免了管道维修对地表空间带来的破坏,也是城市更新中地下管线更新的一个探索方向。

（三）常见的出地面构筑物

在城市更新过程中,对环境景观影响较大的集中在几类出地面的构筑物,在各种市政设施构筑物中,各类地表井盖、管廊通风口、人员出入口是更新需求迫切的三类市政设施构筑物。

各类井盖是我们日常生活环境中最为常见的地表构筑物,受限于地下管线连接和出户位置的需要,通常地表的井盖在建筑周边较为集中,而建筑周边的场地空间又是人们出行频率较高的地方,所以地表井盖影响环境景观的矛盾较为突显,也成为城市更新项目中甲方较为关注的一个改造更新节点。

在市政工程中主要部分均建于地下的综合管廊作为城市的“生命线”,其各类口部如通风口、投料口、人员出入口等均与地面相联通,其地上构筑物数量相对较多,因此口部设计也成为了城市更新设计的关键一环。通风口作为管廊内有害气体与地表气体交换的通道,是管廊正常运营的重要组成部分。现有管廊通风口在地表均以风亭的形式出现,占地面积大且体量也大,不仅不满足政策倡导的环保、绿色、经济的建筑构筑物的新理念,对城市整体景观也造成很大破坏,对城市风貌造成一定影响。随着城市绿色更新的推进,地下空间和管廊工程的规模逐渐增大,管廊各类口部问题也成为亟待解决的城市问题。

人员出入口在建筑场地周边较为常见,通常是服务于人防空间的通行通道,其常见形式是单独存在于建筑场地中,突出地表的单独构筑物,在市政工程中人员出入口主要服务于地下空间解决人员疏散使用。由于人员出入口的位置占地较大,且位置通常在道路或者建筑场地内部,有的甚至在场地中心、出入口的视觉焦点处,对改造更新的要求较高。部分市政管廊的应急人员出入

口跟场地内的人防出入口不同,是类似于井盖形式的一个可开启的地盖板的形式。

二、现行市政设施构筑物设计

（一）各类地表井盖

各类地表井盖出现在地下管线衔接的转折点,或者是满足管线设计规范而预留的检查井,在建筑出户、大小市政衔接的地面上较为常见,且数量较为密集。场地内的井盖视地下管线种类的密集程度而在地表呈现出不同数量和功能的井盖。通常在场地设计中,总图专业会协同景观专业和机电专业对地表井盖的位置进行相应的调整,避免出现一半在绿地中,一半在铺装上的“阴阳井”。在对地表井盖的美化提升方面,现有做法通常是采用消隐化的做法将在绿地中的井盖做成绿化井盖;在硬质地面上做成同材质的铺装井盖,如下图:



图1 绿化隐形井盖



图2 铺装隐形井盖

（二）通风口

通风口是地下空间与地面空气流动的主要通道,是确保地下空间环境安全的一个重要设施,通常会突出地表以风亭的形式出现在场地中。同时通风口也是地下管廊重要的设施组成部分,其主要功能是确保管廊内空气质量达标。现有的综合管廊通风口多以风亭的形式存在,体量较大,外露出地面部分高达2-3米,对周边景观环境的整体性造成较大的破坏,同时对道路交通安全带来隐患;风亭采用的现浇混凝土结构施工周期长,增加了整体项目的施工工期。随着地下空间的开发利用,管廊工程规模日益增大,各类口部设施带来的问题突显。在城市更新过程中市政管廊各类口部统筹设计和景观提升的呼声也越来越高。



图3 现状管廊通风口



图4 场地内的通风口

（三）地下人员出入口

市政设施中的地下人员出入口是为了保障紧急情况下人员能从地下快速撤离的生命保障通道,所以地下人员出入口是市政设施地下空间的重要组成部分。市政设施的地下人员出入口多以地面下沉通道或地上构筑物的形式存在,地上部分体量较大,同管廊风亭一样对周边的景观性有一定影响。

（四）现行设计存在的主要问题

1. 尺寸过大，与当下建筑节能、绿色环保的理念不符，同时位于马路绿化带中的通风口会影响交通视线，造成安全隐患；
2. 设计简单粗放，景观效果差，影响城市景观，破坏整体城市风貌，与节约集约利用土地的城市更新要求不符；
3. 采用混凝土结构，施工周期长，隐形井盖造价高后期出现易碎易裂等问题，不利于后期的运营维护。

三、市政设施构筑物绿色更新设计研究

（一）绿色更新设计原则

市政设施更新过程中应在满足相关标准规范和保证原有构筑物的使用功能的前提下，通过精细化的设计，采用绿色更新方式将现有的凸出地表影响城市风貌的构筑物进行消隐化、景观化处理，使其成为城市景观的一部分。在相关实践的基础上总结出以下几点设计原则：

1. 弱化体量、视觉上提升构筑物的景观性
2. 精细化设计、节约集约利用场地空间
3. 选材绿色、符合可持续更新发展理念
4. 体现特色、传承场地构筑物文化记忆

（二）绿色更新设计实践与策略

本文所列举相关案例是在满足相关设计规范标准的前提下，通过现场调研、技术研究、相关专业协同设计等方式，在地表井盖、管廊通风口、人员出入口等市政设施构筑物进行了一系列设计实践，在未来相关专项的改造更新设计提供相关依据和参考。

1. 地表井盖更新设计

为消除现有绿化井盖和铺装井盖后期易破碎，维护成本高的弊端，在实践中将绿地中的井盖采用景观小品、装置进行装饰，不仅不破坏井盖原有的功能结构，同时采用轻质化、绿色可降解的装饰小品材料进行井盖景观提升。例如在绿地中的井盖采用树皮等天然材料进行覆盖丰富绿地景观，采用可随时移动的轻质材料如玻璃钢景观小品、亚克力景观灯等手法装饰绿地中的井盖达到绿色更新的目的（如图5）。在铺装上的井盖在降低更新改造成本的前提下，可将井盖进行涂鸦设计，不仅可以体现场地更新的原有文化属性，而且可变性强，内容丰富成本低，是在改造过程中经济节约、绿色低碳的一种市政设施构筑物的更新方式（如图6）。



图5 轻量化绿地井盖更新



图6 涂鸦硬质井盖更新

2. 管廊通风口更新设计

管廊通风口改造项目位于正定新区隆兴路段，道路两侧有规划馆、新区管委会、园博园等新区重要地标性建筑。改造前的管廊通风口位于路侧绿化隔离带里，对整体新区的景观风貌造成很

大影响。在绿色更新过程中，设计团队通过研发一体化的装配式通风口产品替代现有大体量的风亭结构，采用通风百叶雨时关闭、晴天开启的形式，满足管廊通风和防洪的规范要求，结合景观对周边环境的二次提升，将装配式通风口消隐在绿地花坛中。改造后的管廊通风口不仅很好的与周边规划馆的的文化元素相融合，并且很好的解决了现状管廊通风口的痛点，得到了业主和专家的广泛好评（如图7、8）。



图7 管廊通风口改造前



图8 管廊通风口改造后

3. 地下人员出入口更新设计

市政、建筑设施构筑物中地下空间的出入口是联系地上与地下空间的重要界面，是日常地下空间检修的通道，也是保障紧急情况下人员的逃生通道。在市政和建筑场地中，地下人员出入口一般以人防出入口的形式存在，本文仅讨论不涉及影响人防设施安全使用功能前提下的人员出入口景观提升方式。

首先，针对于具备人防功能的人员出入口，我们所采用的更新方式宜以绿色轻量化的景观处理方式为主，采用植物遮蔽弱化出地面构筑物的形式提升人员出入口的绿色生态性（如图9），同时能更好的跟周边的环境景观想融合，使出入口避开视觉焦点，隐藏于环境中从而消除出入口的体量对环境的不利影响。

其次，对于不具备人防功能的人员出入口，可以通过弱化出地面的构筑物体量来控制出入口对景观环境的影响。通过拆除厚重的混凝土构造，采用轻质、绿色的材料如竹子、金属冲孔板、玻璃等构筑材料，一方面使得地面出入口构筑物的厚重感得以消除，另一方面又节省了材料，减少了碳排放，增加了绿色低碳的材料使用，符合国家绿色更新的政策导向。同时通过不同材料的选择，可以使地面出入口的形式更加灵活，富有景观性、艺术性，可以将出入口对环境的不利影响变成场地中景观的一部分（如图10），甚至成为场地中的一个特色景观^[7-9]。



图9 消隐化景观化的人员出入口



图10 绿色轻量化人员出入口

四、结论与建议

长期以来，我们对绿色城市更新多聚焦于大尺度的空间环境，城市空间内的近人的小尺度空间的关注和研究较少；国内诸如有机更新、文脉延续、公众参与等方面的相关研究与实践已有

成熟经验^[10]，而基于“绿色街区”理念来探讨传统市政设施构筑物更新的研究和实践却相对不足甚至是缺失。市政基础设施是城市更新中重要的一环，尤其像市政设施构筑物这类的空间环境，我们应该结合城市绿色更新的新要求，结合市政设施的功能需求对其附属构筑物进行系统性研究，协同各专业给出可实施的绿色更新途径。市政设施构筑物的更新并非简单的“涂刷翻新”，在更新实施过程中不破坏构筑物的原有功能，体现构筑物所在环境

的景观特色，使原本影响市容的构筑物变成城市的一道风景线，并且在更新过程中能提升周边的生态环境。在市政设施构筑物的绿色更新过程中，突破城市存量更新“量”的变化，寻求“质”的飞跃；通过市政设施环境的修复，改善城市微观尺度的环境景观，实现提升人居环境生活品质可持续发展的生态理念，从而助力城市绿色更新实践。

参考文献

[1] 宋秋明 . 冯维波 . 绿色基础设施建设驱动城市更新 [A]. 规划与建设 , 2021, 10 (009) : 58.

[2] 孟庆诚 . 现代城市交通设施绿色更新研究 [D]. 华中农业大学 , 2012.

[3] 李惊 . 现代城市景观基础设施的设计思想和实践研究 [D]. 北京林业大学 , 2011: 220.

[4] 刘滨谊 ; 张德顺 ; 刘晖 ; 戴睿 . 城市绿色基础设施的研究与实践 [J]. 中国园林 , 2013(03): 6-10.

[5] 樊琳娟 . 市政工程概论 [M]. 北京 : 人民交通出版社 , 2010.

[6] 王琳 . 市政设施建设管理六要 [J]. 长江建设 , 1997(06): 31.

[7] 余阳 . 市政工程管理分析与思考 [J]. 工程建设与设计 , 2021(02): 65-66.

[8] 朱文洪 . 市政工程建设管理中存在的问题及建议 [J]. 江西建材 , 2022(03): 193-194+197.

[9] 李明 ; 姜名宇 . 建设工程管理中质量标准化体系的构建与完善 . 中国品牌与防伪 , 2024(12): 171-172.

[10] 宋志生 . 齐羚 . 传统街区绿色更新途径与实践 [J]. 实践探索 , 2018: 66-70.

极端天气条件下交通基础设施韧性评估与提升方法

郭登堂

德州市公路事业发展中心, 山东 德州 253011

DOI:10.61369/UAID.2025010035

摘 要： 随着极端天气事件日益频繁，交通基础设施面临严峻挑战。针对此，构建交通基础设施韧性评估与提升体系。研究先明确研究背景与目标，构建包含指标选取原则、关键指标及权重分配的评估指标体系；分析不同极端天气作用机制、识别薄弱环节并制定影响分级标准；提出规划设计、建设施工、运营维护阶段的韧性提升策略；设计实施流程，建立资源整合与监督反馈机制。该研究成果为提升交通基础设施应对极端天气能力提供系统方案，助力保障交通系统稳定运行。

关 键 词： 极端天气；交通基础设施；韧性评估；提升策略；实施路径

Methods for Assessing and Improving the Resilience of Transportation Infrastructure under Extreme Weather Conditions

Guo Dengtang

Dezhou Highway Development Center, Dezhou, Shandong 253011

Abstract： As extreme weather events become more frequent, transportation infrastructure faces significant challenges. To address this, a resilience assessment and enhancement system for transportation infrastructure has been developed. The study begins by clarifying the research background and objectives, constructing an evaluation index system that includes principles for selecting indicators, key indicators, and their weight distribution. It then analyzes the mechanisms of different extreme weather events, identifies weak points, and establishes impact grading standards. The study proposes resilience enhancement strategies for the planning and design, construction, and operation and maintenance phases. Additionally, it outlines implementation procedures and establishes a resource integration and supervision feedback mechanism. This research provides a systematic solution to enhance the ability of transportation infrastructure to cope with extreme weather, thereby ensuring the stable operation of the transportation system.

Keywords： extreme weather; transportation infrastructure; resilience assessment; enhancement strategies; implementation path

引言

近年来，全球气候变化导致暴雨、暴雪、高温、强风等极端天气事件频发，对交通基础设施造成严重冲击，引发道路损毁、桥梁垮塌、运输中断等问题，威胁公众出行安全与社会经济稳定运行。在此背景下，提升交通基础设施在极端天气下的韧性迫在眉睫。开展交通基础设施韧性评估与提升研究，能够科学识别设施薄弱环节，针对性制定应对策略，有效降低极端天气造成的损失。本文围绕交通基础设施韧性评估指标构建、影响分析、提升策略及实施路径展开研究，旨在为增强交通系统抗灾能力提供实践指导与技术支持。

一、交通基础设施韧性评估指标体系构建

（一）评估指标选取原则

交通基础设施韧性评估指标的选取需遵循系统性、科学性与实用性原则。系统性要求指标覆盖交通基础设施全生命周期及极端天气作用的各个环节，全面反映设施在灾前预防、灾中抵御和灾后恢复阶段的表现。科学性强调指标需基于客观事实和专业理

论，确保数据可量化、可验证，避免主观随意性。实用性则要求指标选取紧密结合工程实际，便于在规划设计、建设施工和运营维护等阶段应用，能够有效指导交通基础设施韧性提升工作。同时，指标选取还应兼顾动态性，考虑不同地区气候差异、设施类型特点及技术发展水平，确保评估体系具有广泛适用性和持续有效性^[1]。

（二）关键评估指标确定

极端天气下交通基础设施韧性评估需聚焦核心指标。设施抗

灾能力指标反映基础设施在极端天气冲击下保持结构完整与功能正常的能力，包括路基稳定性、桥梁抗震强度、路面抗滑性能等参数。恢复能力指标衡量设施受损后恢复至正常运行状态的速度与效率，涵盖修复时间、资源投入、临时通行能力恢复程度等要素。连通性保持指标关注极端天气期间交通网络的畅通程度，以路网中断节点数量、绕行距离增加比例、关键通道通行能力下降幅度等为量化依据。此外，社会经济影响指标评估极端天气对交通系统服务功能的破坏程度，涉及运输延误成本、经济损失规模、公众出行满意度等维度，从多视角综合评估交通基础设施的韧性水平。

（三）指标权重分配方法

指标权重分配采用经验判断与数据验证相结合的方式。首先，组织交通工程、防灾减灾等领域专家，基于专业知识和工程实践经验，对各评估指标的重要程度进行主观赋权，形成初步权重分配方案。其次，收集不同地区、不同类型交通基础设施在极端天气下的运行数据，运用层次分析法、熵值法等客观分析手段，对专家赋权结果进行修正与验证，平衡主观判断与客观数据的权重占比。针对权重争议较大的指标，通过多轮专家研讨与案例数据对比分析，确定最终权重值。此外，建立权重动态调整机制，根据极端天气变化趋势、技术革新及设施功能需求转变，定期优化指标权重，确保评估体系能够准确反映交通基础设施在极端天气下的实际韧性状况。

二、极端天气对交通基础设施的影响分析

（一）不同极端天气的作用机制

极端天气对交通基础设施的破坏存在差异化作用机制。暴雨天气通过持续强降水引发表面积水、路基浸泡与边坡失稳，导致路面结构承载能力下降，桥梁墩台基础受冲刷掏空；洪水还可能引发泥石流、塌方等次生灾害，直接冲毁道路与桥梁。暴雪天气下，积雪结冰致使路面摩擦系数降低，增加交通事故风险，同时积雪荷载可能超过桥梁、高架结构设计承载能力，造成结构变形甚至坍塌。大风天气通过强风吸力与冲击力，对交通标识、隔音屏障等附属设施产生破坏，强风还可能导致树木倒伏阻断道路，影响交通通行。高温天气则加速沥青路面软化变形、材料老化，降低路面使用寿命，同时引发桥梁伸缩缝失效、轨道热胀变形等问题，威胁交通运行安全。不同极端天气的叠加效应，更会加剧对交通基础设施的综合破坏程度^[2]。

（二）交通基础设施薄弱环节识别

交通基础设施在极端天气下存在多处薄弱环节。道路工程中，填挖交界处、高填方路段、沿河傍山路段易受雨水冲刷发生路基塌陷；沥青路面在高温下易出现车辙、拥包，低温冻融期则易产生裂缝。桥梁工程方面，下部结构的桥墩基础在洪水冲刷下易发生沉降、倾斜；上部结构的伸缩缝、支座等连接部位在温度骤变与强风冲击下易出现松动、损坏。隧道工程中，洞口段易受暴雨引发的滑坡、泥石流掩埋，洞内排水系统若堵塞，易造成积水漫流影响通行。交通附属设施如边坡防护工程、排水系统、照

明与监控设备等，在极端天气下也常因防护能力不足或供电中断而失效，进而削弱交通基础设施整体韧性。

（三）影响程度分级标准

极端天气对交通基础设施的影响程度依据设施功能受损状态与交通中断情况进行分级。轻度影响表现为局部设施出现轻微损坏，如少量路面裂缝、部分排水口堵塞，交通运行基本正常，通过简单维护即可恢复。中度影响指设施损坏导致局部路段通行效率显著下降，如桥梁伸缩缝损坏、部分路段积水严重，需采取临时交通管制或应急修复措施维持通行。重度影响表现为关键设施严重损坏，如桥梁坍塌、道路大面积塌陷，导致交通完全中断，需投入大量人力物力进行抢修重建。灾难性影响则涉及区域交通网络瘫痪，引发重大经济损失与社会安全问题，需启动跨区域应急救援与灾后重建工作。通过明确分级标准，为应急响应与资源调配提供科学依据^[3]。

三、交通基础设施韧性提升策略

（一）规划设计阶段的韧性增强措施

在交通基础设施规划设计阶段，需从源头增强其应对极端天气的韧性。首先，选址环节应充分考量气象条件与地质风险，避开洪水淹没区、滑坡高发带等高风险区域，优先选择地形稳定、排水顺畅的地段。其次，设计标准需突破常规荷载要求，针对暴雨、暴雪、强风等极端天气设定更高的抗灾参数，如提高路基防洪标高、增强桥梁抗风等级、优化路面结构的耐温性能。同时，引入冗余设计理念，预留备用通道、应急出入口等设施，确保主线路受损时交通网络仍能维持基本通行能力。此外，运用BIM技术进行全生命周期模拟分析，结合历史极端天气数据，对设施在灾害场景下的性能表现进行预演，提前优化设计方案，减少潜在风险。通过整合多学科知识，统筹考虑交通需求与防灾需求，为交通基础设施构建第一道韧性防线^[4]。

（二）建设施工阶段的质量保障手段

建设施工阶段的质量管控是实现交通基础设施韧性设计目标的关键环节。严格控制材料质量，对钢筋、混凝土、沥青等主材进行多批次抽检，确保其物理力学性能满足抗灾设计标准；规范施工工艺，强化路基压实度控制、桥梁桩基浇筑质量监管及防水层施工流程管理，杜绝因施工缺陷降低设施抗灾能力。建立全过程质量追溯体系，通过施工日志、影像记录、检测报告等资料，实现对隐蔽工程、关键工序的动态监管。针对极端天气易发地区，推行专项施工技术，如在冻融区域采用保温路基技术，在强降雨区域优化排水系统施工工艺。引入第三方质量检测机构，对工程实体进行独立评估，及时发现并整改质量隐患。通过系统化的质量保障措施，确保交通基础设施在建成初期即具备良好的抗灾性能。

（三）运营维护阶段的动态管理方案

运营维护阶段需建立动态化管理机制，持续提升交通基础设施韧性。构建智能监测网络，通过传感器、无人机巡检、卫星遥感等技术，实时采集路面状况、桥梁结构应力、边坡位移等数

据,结合气象预警信息,提前预判极端天气对设施的潜在威胁。制定分级响应预案,针对不同类型极端天气和影响程度,明确应急抢修队伍、物资调配、交通管制等处置流程,确保灾害发生时能够快速响应。推行预防性维护策略,定期对设施进行健康检测与性能评估,对存在安全隐患的部位及时加固维修,如对老化桥梁支座进行更换、对破损排水系统进行疏通改造。同时,建立公众反馈渠道,整合社交媒体、热线电话等信息来源,快速定位设施受损点,形成“监测-预警-处置-反馈”的闭环管理体系,持续提升交通基础设施在极端天气下的运行韧性^[5]。

四、韧性评估与提升的实施路径

(一) 实施流程规划

交通基础设施韧性评估与提升实施流程遵循“规划-执行-反馈”闭环逻辑。首先,开展前期调研,收集区域气象灾害历史数据、交通设施设计图纸及运行监测资料,明确评估范围与重点对象。其次,基于既定评估指标体系,运用现场勘查、无损检测、大数据分析等手段,对设施抗灾能力、恢复效率等指标进行量化评估,形成风险清单与薄弱环节诊断报告。随后,依据评估结果,结合规划设计、建设施工、运营维护阶段特性,制定差异化提升方案,细化技术措施、责任分工与时间节点。在实施过程中,建立动态跟踪机制,通过进度周报、专项检查等方式确保措施落地。项目完成后,开展效果验收,对比提升前后指标变化,结合模拟灾害测试或实际灾损数据,验证方案有效性,形成经验总结与改进建议,为后续工作提供参考^[6]。

(二) 资源整合与协同机制

构建“政产学研用”协同资源体系,保障韧性提升工作高效推进。政府部门统筹政策制定、资金划拨与监管考核,通过设立专项基金、出台补贴政策,为项目提供资金支持与制度保障;高校及科研机构负责技术研发与标准制定,将先进的监测技术、修复工艺转化为实践应用;企业作为实施主体,承担工程建设、设备安装及运维服务;行业协会发挥协调作用,搭建信息共享平

台,促进技术交流与经验推广。建立跨部门联席会议制度,定期组织交通、气象、应急管理等部门沟通会商,打破信息壁垒,实现灾害预警、设施状态数据实时共享。引入社会资本参与,通过PPP模式整合企业资金、技术优势,形成多元化投入机制,确保人力、物力、财力资源的优化配置与协同联动^[7]。

(三) 监督与反馈机制

建立多层次监督体系,保障韧性评估与提升工作质量。在内部监督层面,实施单位设置质量管控小组,对施工工艺、材料验收、进度执行等环节进行全过程监督,留存影像、检测报告等过程资料。外部监督方面,引入第三方监理单位,依据国家标准与合同要求开展独立评估,定期提交监理报告;同时,政府部门通过随机抽查、专项审计等方式,核查资金使用合规性与工程质量达标情况^[8]。搭建数字化反馈平台,整合智能监测设备、公众反馈渠道数据,实现设施状态异常信息、提升措施实施效果的实时反馈。针对监督检查中发现的问题,建立“问题清单-整改台账-验收销号”闭环管理机制,明确责任主体与整改期限,并将整改情况纳入绩效考核,定期开展监督结果分析,建立奖惩分明的激励机制,强化监督成果应用,推动交通基础设施韧性提升工作持续优化。

五、结语

本研究围绕极端天气下交通基础设施韧性问题,构建了涵盖评估指标体系、影响分析、提升策略及实施路径的系统性方案。通过明确关键评估指标与权重分配,剖析极端天气作用机制及设施薄弱环节,提出分阶段韧性提升策略,并规划可落地的实施流程与协同监督机制,为交通基础设施应对极端天气威胁提供了具体指导。然而,研究受数据样本与极端天气复杂场景限制,在动态适应性评估等方面仍有完善空间。未来,随着智能监测技术与大数据分析的发展,可进一步深化多源数据融合下的韧性动态评估,探索极端天气预测与设施韧性提升的协同优化路径,持续推动交通基础设施韧性研究向更高效、精准的方向发展。

参考文献

- [1] 贾瑞彪. 韧性城市建设中的风险分析与问题解决构思 [J]. 未来城市设计与运营, 2023(1): 13-18.
- [2] 徐潇源, 李佳琪, 王晗, 严正, 谢邦鹏, 罗潇. 城市电力-交通系统韧性研究综述及展望 [J]. 电力系统自动化, 2024, 48(23): 1-15.
- [3] 张翕然, 李正中, 张馨, 陈绍宽. 城市轨道交通系统韧性研究现状与展望 [J]. 交通信息与安全, 2024, 42(4): 1-11.
- [4] 嵇涛, 姚炎宏, 黄鲜, 诸云强, 邓社军, 于世军, 廖华军. 城市交通韧性研究进展及未来发展趋势 [J]. 地理科学进展, 2023, 42(5): 1012-1024.
- [5] 杨秀平, 王里克, 李亚兵, 等. 韧性城市研究综述与展望 [J]. 地理与地理信息科学, 2021, 37(6): 78-84.
- [6] 黄晓明, 赵润民. 道路交通基础设施韧性研究现状及展望 [J]. 吉林大学学报(工学版), 2023(6): 1529-1549.
- [7] 许寅, 吴翔宇, 王颖. 极端事件下基于城市分区电网孤岛运行的韧性提升技术研究及展望 [J]. 供用电, 2024, 41(8): 45-53.
- [8] 魏威. 韧性交通视角下城市轨道交通规划提升若干思考 [J]. 交通与港航, 2023, 10(2): 25-30.

城市更新中大型房建项目前期用地规划优化策略

林杰

广州市增城区东进城市开发投资有限公司, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2025010036

摘要： 城市更新是推动城市可持续发展的重要方式，其中大型房建项目的用地规划对项目的成功和城市整体发展至关重要。本文分析了当前大型房建项目用地规划的问题，探讨了影响规划的主要因素，并提出了优化策略。这些策略包括提高规划的科学性和前瞻性、加强规划与城市发展战略的衔接、优化土地利用结构、加强公共设施配套规划以及强化规划实施的监管和评估。这些措施旨在提升土地资源利用效率，促进城市空间合理布局和可持续发展。此外，本文还讨论了保障措施和实施路径，包括完善政策法规体系、创新规划编制方法、强化资金保障和加强人才培养，以确保优化策略的有效实施。

关键词： 城市更新；大型房建项目；用地规划；优化策略

Optimization Strategies for Land Use Planning in the Early Stage of Large-Scale Housing Construction Projects in Urban Renewal

Lin Jie

Dongjin Urban Development Investment Co., Ltd. Zengcheng District, Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： Urban renewal is an important way to promote sustainable urban development. Among them, the land use planning of large-scale housing construction projects is crucial to the success of the projects and the overall development of the city. This paper analyzes the problems of land use planning for current large-scale housing construction projects, discusses the main factors affecting the planning, and proposes optimization strategies. These strategies include enhancing the scientificity and forward-looking nature of planning, strengthening the connection between planning and urban development strategies, optimizing the land use structure, strengthening the supporting planning of public facilities, and intensifying the supervision and evaluation of planning implementation. These measures are aimed at enhancing the efficiency of land resource utilization and promoting the rational layout and sustainable development of urban space. Furthermore, this paper also discusses safeguard measures and implementation paths, including improving the policy and legal system, innovating planning compilation methods, strengthening financial guarantees and enhancing talent cultivation, in order to ensure the effective implementation of the optimization strategy.

Keywords： urban renewal; large-scale housing construction projects; land use planning; optimization strategy

城市更新是城市发展的必然趋势，而大型房建项目作为更新过程中的关键环节，其用地规划的合理性直接关系到项目的成败和城市的整体发展。本文主要从城市更新实施方案层面提出优化策略。因此，优化前期用地规划，提高土地资源的利用效率，是当前城市更新中亟待解决的问题。在面对日益增长的城市人口和有限的土地资源的双重压力下，如何科学合理地进行城市用地规划，以满足人民对美好生活的向往，是当前环境下更符合国情和环境的诉求。这不仅关乎城市空间的合理布局，还涉及到经济、社会、环境等多方面的综合效益。因此，深入研究和探讨城市更新中的用地规划问题，对于推动城市的可持续发展具有重要的理论和实践意义。

一、城市更新中大型房建项目用地规划现状分析

（一）用地规划存在的问题

当前，用地规划存在的问题具体表现在：土地利用效率低下，城市更新项目中常见用地布局不合理、功能分区不明确，单一功能用地模式普遍，导致土地资源浪费。工业、居住、商业用

地之间缺乏有效过渡和融合，造成职住分离，增加通勤压力。为了平衡城市更新项目的融资成本，土地开发强度过大，导致建筑密度和容积率偏高，可能引发人居环境品质下降，公共空间不足，绿化覆盖率低，日照、通风、采光均受到影响，进而影响居民的生活质量和身心健康。这种用地模式降低了土地利用效率，加剧了交通拥堵和环境污染。规划与实际需求脱节也是一个不容

忽视的问题。在快速城市化进程中，一些用地规划未能充分考虑城市发展的动态性和多样性，导致规划方案滞后于城市发展的实际需求。例如，一些地区在规划时未能准确预判人口增长和产业发展的趋势，导致公共服务设施、基础设施用地预留不足，无法满足日益增长的城市需求^[1]。同时，一些规划方案对城市更新中可能出现的社会问题估计不足，例如，对原住民安置、历史文化遗产保护等问题缺乏周全的考虑，导致项目实施过程中矛盾频发，影响社会稳定。这种脱节现象不仅影响了规划的实施效果，也降低了城市更新的综合效益。公共设施配套不足也是当前用地规划中存在的一个普遍问题。在一些大型房建项目中，由于过分追求经济效益，导致对教育、医疗、文化、体育等公共服务设施的配套重视不够。这不仅影响了城市居民的生活质量，也降低了城市对人才的吸引力。此外，忽视了公共空间的规划和建设，公共开放空间不足，绿化覆盖率低，公共活动空间匮乏，制约了城市文化的培育和发展。这种对公共服务设施配套的忽视不仅影响了城市更新的品质，也削弱了城市长远发展的潜力。

（二）用地规划的影响因素

城市更新中大型房建项目用地规划涉及复杂系统工程，受多种因素影响。深入分析这些因素有助于理解规划复杂性，为制定优化策略提供依据。城市发展战略、土地市场状况、法律法规和社会经济条件是主要影响因素。用地规划需与区域国土空间规划相协调，考虑土地市场实际情况，制定合理土地供应计划，并在法律法规框架内确保规划合法合规。社会经济条件如人口规模、产业结构变化等也会影响用地需求。因此，用地规划必须充分考虑社会经济条件的实际情况，制定合理的空间结构和用地规模，满足城市发展的需要。此外，技术进步、政策导向、公众参与等也会对用地规划产生影响。例如，大数据、人工智能、BIM等新技术的应用，为用地规划提供了更加科学的决策支持；国家关于生态文明建设、新型城镇化建设等政策的出台，为用地规划指明了方向；公众对城市更新、环境保护的关注和参与，也对用地规划提出了更高的要求^[2]。

综上所述，城市更新中大型房建项目用地规划是一个复杂的系统工程，受到多种因素的影响。只有全面考虑这些因素，才能制定出科学合理的用地规划方案，为城市更新和可持续发展奠定坚实的基础。

二、城市更新中大型房建项目用地规划优化策略

（一）强化区域国土空间规划的衔接

强化区域国土空间规划的衔接，确保用地规划与城市发展战略紧密结合，使大型房建项目与城市整体发展方向保持一致。通过规划引导，优化城市空间结构，合理布局功能区。根据城市发展战略，确定重点发展区域和产业布局，优先安排大型房建项目于这些区域，并引导相关产业集中，形成产业集群，增强区域竞争力。同时，合理划分城市功能区，如居住、商业、办公、工业等，避免功能混杂，促进协调发展。注重城市更新与旧城改造的结合，通过用地规划，有效利用旧城区空间资源，提升城市品质^[3]。

（二）优化土地利用结构

调整土地利用结构，提升土地集约水平。通过兼容用地和多

功能开发，实现土地资源高效利用。措施包括：推行混合用地模式，鼓励多功能开发，如商业和居住的立体开发；优化用地布局，科学划分用地类型，提高效率。策略上，根据城市规划确定区域功能，如城市中心区以商业为主，工业区以生产为主，老旧城区进行改造升级。构建生态网络，提升生态环境，如城市绿道连接功能区域。在新区预留绿地空间，改善微气候。用地规划中预留弹性，适应未来城市发展，如边缘地带预留弹性用地，产业园区预留备用地^[4]。这些措施有助于优化土地利用结构，提高土地集约水平，实现可持续利用。

（三）完善城市功能

城市功能的完善是用地规划的核心组成部分。应依据项目所在区域的人口规模、服务半径等因素，合理布局城市功能，以满足居民的生活需求。具体而言，应优先布局教育、医疗、文化、体育等公共服务设施，并根据服务人口和服务半径确定设施规模和数量；结合城市更新，对老旧城区的公共服务设施进行升级改造，提升服务水平和覆盖范围；鼓励社会力量参与公共服务设施的建设，例如，通过PPP模式吸引社会资本参与学校、医院等公共设施的建设和运营；注重公共开放空间的布局，例如，规划公园、广场等公共开放空间，提升城市环境品质，为居民提供休闲娱乐场所^[5]。

（四）修复生态系统

城市更新应将生态修复作为重要内容，通过用地规划引导，构建健康稳定的生态系统。规划应增加城市绿地面积，特别是公园绿地和街头绿地，提升城市的绿化覆盖率。同时，应保护和修复城市水系，构建生态廊道，改善城市微气候，提升城市的生态服务功能。通过生态修复，营造宜居宜业的城市环境，提升居民的生活品质。

（五）传承历史文化

城市更新应注重历史文化的保护和传承，用地规划应充分考虑历史文化遗产的保护要求。对于具有历史价值的老建筑，应采取保护性利用的方式，将其融入现代城市功能之中。同时，应挖掘和利用城市的历史文化资源，将其融入大型房建项目的设计中，延续城市记忆，彰显城市特色^[6]。通过历史文化的传承，提升城市的文化品位，增强城市的文化软实力。

三、保障措施与实施路径

（一）完善政策法规体系

为确保用地规划的顺利实施，需要完善相关政策法规体系，为规划提供强有力的法律支撑和制度保障。这不仅仅是制定几条政策那么简单，而是要构建一个系统化、层次分明、可操作的法规框架。首先，应加强国家层面的立法工作，修订和完善《土地管理法》《城乡规划法》《城市房地产管理法》等相关法律法规，明确城市更新中大型房建项目用地规划的法律地位、规划原则、编制程序、审批流程、实施监督等内容，为用地规划提供明确的法律依据^[7]。其次，要鼓励地方政府根据自身实际情况，制定符合地方特色的地方性法规和实施细则，细化国家法律法规的内容，增强法规的可操作性。此外，还应建立完善的法律法规解释和修订机制，根据实践反馈及时调整和完善法规内容，确保法规的适用性和有效性。同时，还应加强法律法规的宣传和普及工

作，提高社会各界对用地规划法律法规的认识和理解，营造良好的法治环境。最后，建立法律法规执行监督机制，对违反用地规划法律法规的行为进行严肃查处，确保法律法规得到有效执行。

（二）创新规划编制方法

采用先进的规划编制方法，如参与式规划、动态规划等，以提高规划的适应性和灵活性。传统的规划编制方法往往以自上而下的方式为主，缺乏对社会需求的深入调研和公众参与，导致规划方案难以适应快速变化的城市发展需求。因此，必须积极引入先进的规划理念和技术，推动规划编制方法的创新。参与式规划是一种强调公众参与的规划方法，它通过让利益相关者参与到规划过程中，充分听取各方意见和建议，提高规划方案的科学性和可接受性^[8]。例如，可以通过召开听证会、问卷调查、网络平台等方式，广泛征求居民、企业、专家等社会各界的意见，确保规划方案能够反映各方利益诉求。动态规划是一种强调规划过程动态调整的规划方法，它通过建立规划实施监测和评估机制，根据实际情况及时调整和优化规划方案，提高规划方案的适应性和灵活性。例如，可以利用GIS和大数据分析技术，对规划实施情况进行实时监测和评估，根据监测结果动态调整用地布局和功能分区，确保规划方案始终与城市发展需求保持一致。

（三）强化资金保障

确保有足够的资金支持规划的实施，包括政府投资、社会资本引入等多种融资渠道。城市更新中大型房建项目用地规划的实施需要大量的资金投入，包括土地征收、拆迁安置、基础设施建设、公共服务设施建设等^[9]。因此，必须建立多元化的资金保障机制，确保规划能够得到有效实施。首先，应加大政府投资力度，将城市更新中大型房建项目用地规划纳入政府年度投资计划，安排专项资金支持规划的实施。其次，要积极引入社会资本，通过PPP模式、特许经营等方式，吸引社会资本参与城市更新项目。例如，可以通过公开招标的方式，选择有实力、有经验的社会资本参与土地开发、公共服务设施建设等。此外，还可以探索建立城市更新基金，通过发行债券、股票等方式，向社会募集资金支持规划实施。最后，要积极争取金融机构的支持，通过

贷款、融资租赁等方式，为规划实施提供资金支持。

（四）加强人才培养

培养和引进城市规划、土地管理、GIS和大数据分析等领域的专业人才，为用地规划提供人才支持。人才是用地规划创新和实施的关键。当前，我国城市规划、土地管理等领域的人才队伍还不能完全适应城市更新中大型房建项目用地规划的需求，特别是缺乏既懂规划又懂技术的复合型人才。因此，必须加强人才培养和引进工作^[10]。首先，要加强高校相关学科的建设，在城市规划、土地资源管理、地理信息系统等专业中开设城市更新等方向，培养具有创新精神和实践能力的专业人才。其次，要加强对现有规划人员的继续教育和培训，定期组织规划人员参加专业培训，学习最新的规划理念和技术，提高规划人员的专业水平。此外，还应积极引进国外先进的城市规划和土地管理经验和技术，吸引海外高层次人才回国工作，提升我国用地规划领域的整体水平。

通过上述策略和措施的实施，可以有效提升城市更新中大型房建项目的用地规划水平，促进城市空间的合理布局和可持续发展，为城市居民创造更加宜居的生活环境。

四、结论

针对当前城市更新中大型房建项目用地规划存在的问题，本文提出了多项优化策略，并探讨了相应的保障措施与实施路径。通过提高规划的科学性和前瞻性，强化规划与城市发展战略的衔接，优化土地利用结构，加强公共设施配套规划，以及强化规划实施的监管和评估，可以有效提升用地规划的质量和效率。同时，完善政策法规体系，创新规划编制方法，强化资金保障，加强人才培养等措施的实施，为用地规划的顺利实施提供了有力保障。未来，随着城市化进程的加速和城市居民对生活环境要求的提高，城市更新中大型房建项目用地规划将面临更多的挑战和机遇。因此，需要不断加强规划创新和实践探索，以适应城市发展的需求，推动城市的可持续发展。

参考文献

- [1] 李旭.国土空间规划大背景下的城市更新理论方法研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2022(8):4.
- [2] 沈澹.城市更新背景下旧城改造策略研究——以漳州龙池开发区为例[J].福建建材, 2024(6):28-30.
- [3] 李翔宇.国土空间规划背景下的城市更新用地再开发研究[J].新型城镇化, 2024(11):60-63.
- [4] 张起瑞.国土空间规划视域下城市更新规划策略研究[J].中国住宅设施, 2024(8):125-127.
- [5] 何冬华,袁媛,刘玉亭,等.国土空间规划中广州存量建设用地审批制度与策略研究[J].规划师, 2021, 37(15):7.
- [6] 沈澹.城市更新背景下旧城改造策略研究——以漳州龙池开发区为例[J].福建建材, 2024(6):28-30.
- [7] 姜彦冰,宋鉴.文化传承下的中心城更新优化策略研究——以长春中心城为例[J].居舍, 2023(21):87-90.
- [8] 李旭.国土空间规划大背景下的城市更新理论方法研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2022(8):4.
- [9] 袁奇峰,赵杨,陈嘉悦,等.国土空间规划背景下城市更新落地的探索——以佛山市南海区夏北村“三旧”改造为例[J].西部人居环境学刊, 2021, 36(3):8.DOI:10.13791/j.cnki.hsfwest.20210302.
- [10] 邹元昊.城市更新中用地价值识别与规划应用研究——以重庆黔江为例[D].华侨大学, 2021.

建筑装饰工程中悬挑式组合斜幕墙的施工技术

许树锋

青岛青联宏隼建筑工程有限公司, 山东 青岛 266000

DOI: 10.61369/UAID.2025010004

摘 要： 随着城市建筑日益推陈出新，悬挑式组合斜幕墙借助其特有的视觉冲击力和良好的性能优势，成为现代建筑装饰工程的新追捧对象，本文从应用价值、施工技术、质量管控这三个维度着手，完整探讨了悬挑式组合斜幕墙在建筑装饰工程里的应用方式。通过研究其在提升建筑水准、优化结构状况、降低维护开支等方面的独特长处，论述出悬挑式组合斜幕墙的广阔应用前景，针对其施工阶段的结构设计、材料选取、分片安装、节点处理、安全防护等核心环节，推出了对应的技术办法，在质量管控方面，突出了材料监管、工艺规范、验收把关、维护保养等全阶段控制策略。以期为促进建筑装饰工程高质量发展给予参考，助力打造更多高质量项目。

关 键 词： 悬挑式组合斜幕墙；建筑装饰工程；施工技术；质量管控

Construction Technology of Cantilevered Composite inclined Curtain Wall in Architectural Decoration Engineering

Xu Shufeng

Qingdao Qinglian Hongjuan Architectural Engineering Co., Ltd. Qingdao, Shandong 266000

Abstract： As urban architecture continues to evolve, cantilevered composite inclined curtain walls have gained popularity in modern architectural decoration projects due to their unique visual impact and superior performance. This article explores the application of cantilevered composite inclined curtain walls in architectural decoration from three perspectives: application value, construction technology, and quality control. By examining its advantages in enhancing building standards, optimizing structural conditions, and reducing maintenance costs, the article highlights the broad application prospects of cantilevered composite inclined curtain walls. It also proposes technical solutions for key aspects of the construction phase, including structural design, material selection, sectional installation, node treatment, and safety prevention. In terms of quality control, it emphasizes comprehensive strategies covering material supervision, process standards, acceptance, and maintenance. The aim is to provide a reference for promoting high-quality development in architectural decoration projects and to assist in creating more high-quality projects.

Keywords： cantilevered composite inclined curtain wall; architectural decoration project; construction technology; quality control

引言

伴随城市现代化进程不断加速，建筑装饰工程愈来愈受重视，作为展现建筑个性化设计理念的关键载体，悬挑式组合斜幕墙凭借自身别具一格的造型、出色的环保能力，成为各类公共建筑和地标性建筑的首选方案。与传统意义上的垂直幕墙相比，斜幕墙实施施工过程中的难度更大，对结构设计、材料选搭、安装工艺等方面提出了更高规格，应对日益繁复的建筑外立面装饰需求，如何进一步改进悬挑式组合斜幕墙的施工水平，实现其综合效益的最大程度达成，已成为业界关注的聚焦点。

一、悬挑式组合斜幕墙在建筑装饰工程中的应用价值

（一）提升建筑形象品质

悬挑式组合斜幕墙凭借自身独特的造型设计与视觉冲击力，成为凸显建筑个性特色的有效手段，凭借非垂直的倾斜角度以及

丰富多样的几何外形，打破了传统平直幕墙给人的呆板印象，营造出突出的现代感及科技感。如深圳腾讯滨海大厦采纳“水晶切面”元素，将斜幕墙跟玻璃帷幕完美结合，营造出闪耀活泼的建筑模样，成为城市新的标志性打卡点。斜幕墙具备优良的采光性能和通风效果，在设计实施中融入 Low - E 玻璃、透光率高的

石材等材料，能切实引入自然光，降低照明用电；恰当设置开启扇，引导气流的循环，提高室内环境水平，悬挑式组合斜幕墙既满足了建筑美学的相关诉求，更符合绿色节能、可持续发展这一时代主题，给城市建筑赋予了蓬勃的生机与活力。

（二）优化结构性能表现

悬挑式组合斜幕墙在实现建筑装饰用途的同时，还肩负着改善建筑结构性性能的重大使命，基于先进的设计理念与材料应用工艺，斜幕墙在抗风压、应对地震的性能方面表现佳。设计时，往往采用镀锌钢方管立柱、铝合金型材等强度高、质量轻的材料，通过恰当安排截面尺寸、壁厚等参数，在降低建筑自身重量的同时，有效提升了幕墙的整体刚度及稳固性。同时，运用有限元分析等数值模拟技术，深入研究斜幕墙的受力特性，把设计参数加以优化，使其在承受风荷载与地震作用时，能具备良好的变形协调性和完整性^[1]。以山东某栋医疗综合楼为例，实施结构优化后的斜幕墙，其抗风压的能力较普通幕墙提升了30%以上，除了仅有的装饰保护功能外，斜幕墙还可把遮阳、隔热、防火等多种功能模块集成起来，在满足建筑使用需求的局面里，做到了形式跟功能的高度匹配。

（三）降低维护运营成本

传统幕墙工程受设计与施工工艺局限，存在维护费用高、使用寿命短等问题，而悬挑式组合斜幕墙从源头着手，采用精细化、一体化设计，最大限度地降低了后期运维成本。首先，通过BIM等数字化技术，在设计阶段对斜幕墙进行模块化分解，实现单元板块的工厂化预制。这不仅减少了现场湿作业量，提高了施工精度和效率，更便于后期安装和更换。其次，合理选用耐候性好、抗老化性能优异的新型材料，延长了幕墙结构的使用寿命。再者，在防水密封设计中，采用优质硅酮结构密封胶，并对接缝做法进行优化，提高了幕墙的水密性和气密性，减少渗漏风险。如江苏某地标建筑外墙采用的铝蜂窝板，在定期维护的前提下，其使用寿命可达30年之久。由此可见，悬挑式组合斜幕墙以其精细化的设计、高品质的材料和先进的施工工艺，将建筑的全寿命周期成本控制在合理水平，实现了经济效益与社会效益的双赢。

二、悬挑式组合斜幕墙施工技术要点

（一）结构设计与材料配置

悬挑式组合斜幕墙的结构安全性是工程质量的首要保障。设计阶段需充分考虑斜幕墙的受力特点，利用BIM等数字化工具进行三维建模和结构分析，优化荷载传递路径，合理设置悬挑长度和倾斜角度。在节点构造方面，可采用预应力技术，通过配置拉杆、支撑等构件，有效抵消永久荷载产生的变形。同时，应基于各类极限工况开展节点受力校核，确保其强度和刚度满足设计要求。在材料选型上，除了选用高强度钢方管、铝合金型材等轻质高强材料外，还要高度重视玻璃与型材间的结构胶、硅酮密封胶等辅料的相容性。通过开展材料配套性能测试，选择模量匹配、热膨胀系数相近的材料组合，从源头上防止幕墙使用过程中的脱

胶、开裂问题，确保整体结构的可靠性和耐久性^[2]。此外，还应综合考虑建筑所处地域的环境条件，选用耐候性佳、抗老化性能优异的涂层材料，延长斜幕墙的使用寿命。

（二）分片安装与吊装操作

针对超长悬挑斜幕墙施工当中的高空作业风险和精准定位方面的难题，运用单元板块预制和分片吊装是行之有效的技术路径，经由在工厂提前完成斜幕墙单元板块的加工制作，能明显提升构件精度，减少现场湿作业相关的工作量，在开展吊装工作阶段，宜采取模块化设计的理念，把大尺寸的板材拆分成若干标准宽度的条板，运用卷扬机逐片进行起升。待板块到达既定位置后，再借助焊接、胶接等可靠连接方式开展现场拼接，采用这种工艺路线，单块构件的安装效率能提高50%以上。对于超大异形玻璃等特殊构件，可以用真空吸盘进行起吊，防止传统吊带捆绑可能造成的应力集中现象，运用激光跟踪仪、经纬仪等测量设备对玻璃平面度与垂直度做精确校正，保障幕墙整体造型的完整性与统一性，在开展吊装事宜的过程里，还得严格把控起吊速度和就位的误差，防止板块碰撞造成损坏。

（三）复杂节点与精度控制

斜幕墙在平面转折、曲面收口等复杂节点位置极易产生应力集中，成为渗漏、开裂的高风险部位。为有效规避该类质量通病，应在设计阶段对节点进行精细化、集成化设计。通过优化板材分格、细化连接方式，最大限度减少现场拼接焊接引入的附加应力和变形。在构造措施上，宜采用专用的定制化连接件，在工厂完成预制加工，从而杜绝由于现场“肢解”施工导致的工艺质量缺陷。以腾讯大厦项目为例，通过合理划分斜幕墙转角区板块，并匹配精密制造的三维异型连接件，成功将板块拼接误差控制在2mm以内。在防火分隔方面，除常规的镀锌钢板+防火棉做法外，还应在接缝处嵌填耐高温硅酮密封胶，并严格控制锚固件间距，确保其在火灾工况下的隔热性和完整性^[3]。同时，在施工过程中应加强测量放线和精度检验，运用三维扫描仪、激光跟踪仪等设备对关键部位和节点进行实测，及时发现偏差并予以修正。

（四）安全风险识别与防控

由于悬挑式组合斜幕墙施工多在露天高空环境下进行，作业面高度不断变化，安全风险因素显著。为最大限度规避高坠事故，应严格落实临边防护和高空作业安全措施。在斜幕墙结构临时洞口、楼层收头等部位，必须可靠设置安全立杆、防护栏杆和安全网。悬挑端应采用满铺密目式安全立网，在卸料口、洞口周边增设钢管支撑，确保立网刚度满足规范要求。在吊装、焊接作业时，操作人员必须正确佩戴安全帽、安全带，采用双钩双挂，做好坠落防护。在焊接火花飞溅的下方，应采用多层镀锌钢板搭设隔离层，配备灭火毯等消防器材，防止高温焊渣烫伤。对于承重型永久螺栓，应进行首件安装验证，通过扭矩扳手检验其锁固力矩是否满足设计要求。同时，要着眼“以人为本”，加强全员安全技能培训，开展三级安全教育，提升作业人员安全意识和应急处置能力。定期组织安全专项检查，排查各类危险源，确保安全防护设施完好有效，遏制事故隐患滋生。

三、悬挑式组合斜幕墙施工质量管控策略

（一）材料全程质量监管

悬挑式组合斜幕墙工程的材料质量直接关系到整体结构的安全性和耐久性。为从源头上保障工程质量，应严把材料采购关。首先，要选择资质齐全、信誉良好的供应商，通过考察其生产能力、质量管理体系等，择优录用。其次，建立专项材料验收制度，对玻璃、铝板、硅酮结构胶等关键材料，按照进场批次开展见证取样，委托有资质的第三方实验室进行物理性能、相容性检测，确保其各项指标满足设计和规范要求。再者，在材料加工阶段，应引入数控切割、激光焊接等自动化设备，通过优化切割参数、严控焊接变形，最大限度提高构件的制作精度，同时减少材料损耗，体现绿色施工理念^[4]。对于经检验不合格的材料，必须第一时间清场退换，并向供应商反馈质量问题，督促其改进生产工艺。只有环环相扣地把好材料质量关，才能为工程的顺利实施奠定坚实基础。

（二）工艺流程标准规范

规范的施工工艺是确保悬挑式组合斜幕墙结构安全、外观美观的重要保证。在施工组织设计阶段，应针对斜幕墙的特点编制专项施工方案，对施工工艺流程、操作要点等进行详细阐述。宜充分利用 BIM 等数字化手段，建立三维可视化模型，模拟施工过程，优化工艺路线。在此基础上，编制各工序的《作业指导书》，对单元板块拼装、吊点定位、支座安装等关键工序提出明确的技术要求和质量标准。对于焊接等对连接质量有决定性影响的工序，应采取划线找正、预拼装校验等措施，确保接头外观平整、无裂纹、无咬边。同时，实施首件制，由项目技术负责人组织专家对首件产品的质量、工艺、安全等情况进行全面评审，发现问题及时修正，确保批量生产万无一失。后续施工应严格执行首件工艺标准，坚持自检、互检、专检相结合，并做好隐蔽工程验收记录，实现质量可追溯、可闭环管理。

（三）检测验收多重保障

建立完善的检测验收制度是保障悬挑式组合斜幕墙工程实体质量的有力抓手。工程实施过程中，应委托具备相应资质的第三方检测机构，对斜幕墙的抗风压性能、水密性能、隔热性能等关键指标进行检测，出具客观公正的检测报告，确保其满足设计和规范的要求。竣工验收阶段，要成立验收小组，采用先进的测量

设备如激光测距仪、水准仪等，对斜幕墙的几何尺寸、垂直度、平整度等进行实测，并重点复核玻璃安装质量、结构胶施工质量、防火隔离带设置等细部做法。对于检验中发现的不符合项，要立即责令整改，直至满足验收标准。同时，还要规范验收程序，编制详细的验收方案，明确各参建方的权责，严把验收质量关，切实履行工程质量终身责任制^[5]。只有将设计、施工、监理、检测等各方责任主体紧密联动起来，形成工程质量的多重保障机制，才能确保斜幕墙经得起时间和自然环境的考验。

（四）维护应急长效机制

悬挑式组合斜幕墙作为现代建筑外立面的重要组成部分，其正常使用寿命可达数十年之久。为确保其在长期服役过程中安全、美观、节能，必须建立健全维护保养和应急处置机制。首先，要针对斜幕墙的材料特性、环境条件等因素制定科学的维护保养方案，对日常清洁、结构胶更换、防腐补漆等项目的作业周期、质量标准提出明确要求，并严格督促物业管理人员遵照执行。其次，面对台风、地震、火灾等极端事件的冲击，必须未雨绸缪，制定完善的应急预案。要针对可能出现的玻璃破碎、结构变形、渗漏等故障工况，细化应急处置流程，配备必要的机具设备和物资，并通过定期演练强化应急响应能力，确保险情发生后能第一时间采取有效处置措施，将损失降到最低。从长远来看，还应注重前瞻性维护，综合运用结构健康监测、无损检测等手段及时发现隐患，延长斜幕墙使用寿命，最大限度地减少全寿命周期成本。唯有常抓不懈，守住安全底线，才能让斜幕墙经久耐用，实现其功能与价值的永续传承。

四、结语

悬挑式组合斜幕墙作为现代建筑外立面装饰的新宠，正凭借独特造型、突出性能、低廉成本等优势得到广泛应用。但其施工难度大，对技术与管理提出更高要求。只有坚持以 BIM 技术和模块化设计为引领，强化关键环节把控，注重标准规范建设，创新工艺工法，严格质量验收与后期维护，才能真正发挥悬挑式组合斜幕墙的综合效益，推动建筑装饰工程的高质量发展。未来，随着更多新材料、新工艺的运用，相信悬挑式组合斜幕墙将焕发出更加夺目的光彩。

参考文献

- [1] 崔福音. 建筑幕墙装饰工程施工技术研究 [J]. 佛山陶瓷, 2024, 34(11): 172-174.
[2] 郑洪超. 建筑幕墙装饰工程施工质量控制措施 [J]. 石材, 2024, (09): 15-17.
[3] 田为永, 陈宇轩, 邸贺伟. 外倾式斜幕墙分段内拉吊篮施工技术 [J]. 建筑技术, 2023, 54(12): 1490-1492.
[4] 梁斯丽. 建筑装饰工程中悬挑式组合斜幕墙的施工技术 [J]. 建筑安全, 2019, 34(09): 11-14.
[5] 张立创. 悬挑式组合斜幕墙施工技术探讨 [J]. 住宅产业, 2019, (01): 51-55.

建筑行业职业健康安全一体化管理：理论与实践

贾仁超

大连市疾病预防控制中心，辽宁 大连 116000

DOI:10.61369/UAID.2025010006

摘要：建筑行业职业健康安全一体化管理通过整合质量、环境与安全要素，构建系统性风险防控体系，成为行业可持续发展的核心议题。现有研究聚焦于管理体系理论框架构建与实践路径探索，但面临制度脱节、技术碎片化及文化滞后等瓶颈。本文结合风险矩阵、协同效应模型与PDCA循环，提出分级管控、数字化赋能及政策文化协同的优化路径，旨在破解管理冗余、数据孤岛与执行偏差问题，为建筑企业实现从合规驱动向价值创造转型提供理论支撑与实践参考。

关键词：建筑行业；职业健康安全一体化管理；优化路径

Integrated Management of Occupational Health and Safety in the Construction Industry: Theory and Practice

Jia Renchao

Dalian Center for Disease Control and Prevention, Dalian, Liaoning 116000

Abstract： The integrated management of occupational health and safety in the construction industry has become a core issue for sustainable development by integrating quality, environmental, and safety elements, and constructing a systematic risk prevention and control system. Existing research focuses on the construction of theoretical frameworks and exploration of practical paths for management systems, but faces bottlenecks such as institutional disconnection, technological fragmentation, and cultural backwardness. This article combines the risk matrix, synergy model, and PDCA cycle to propose an optimization path for hierarchical control, digital empowerment, and policy culture synergy, aiming to solve the problems of management redundancy, data silos, and execution deviations, and provide theoretical support and practical reference for construction enterprises to achieve the transformation from compliance driven to value creation.

Keywords： construction industry; integrated management of occupational health and safety; optimized path

引言

建筑行业职业健康安全一体化管理是当前行业可持续发展的关键议题。其核心在于通过系统性整合安全生产、职业健康与环境保护，构建覆盖全生命周期的动态风险防控体系。然而，建筑施工高危特性与职业病防控复杂性使得传统管理体系难以适应动态环境需求，管理体系脱节与技术碎片化问题突出。本文结合风险矩阵、协同效应模型与PDCA循环，提出分级管控、数字化赋能及政策文化协同的优化路径，旨在破解管理冗余与执行偏差，为建筑企业从合规驱动向价值创造转型提供理论支撑与实践参考。

一、职业健康安全一体化管理的理论基础

（一）一体化管理的核心逻辑与理论模型

职业健康安全一体化管理以系统思维整合安全生产、职业健康与环境保护，构建覆盖设计-施工-运维的全生命周期动态闭环体系^[1]。理论模型依托PDCA循环形成螺旋式管理架构：计划阶段实施风险预判与目标设定^[2]，执行阶段推行标准化作业与实时监控，检查阶段开展绩效评估与合规审计，改进阶段完成制度迭代优化。风险矩阵理论通过概率-后果分级实现多维风险量化

与精准资源倾斜，协同效应模型解析安全-健康-环境要素交互关系以消减管理冗余。针对建筑行业高空地下高危场景、多主体协同及动态环境特征，该模式通过统一标准、集约资源配置与动态响应机制，解决传统体系职责分散与响应滞后问题，有效抑制复杂条件下风险耦合效应。

（二）建筑行业职业健康的特殊性

建筑行业职业健康的特殊性集中体现在高危作业场景、职业病防控复杂性及管理内生矛盾三方面^[3]。高空作业因防护设施临时性及交叉施工频繁，易引发坠落、物体打击等事故，机械

操作与临时用电场景中设备老化、违规操作导致机械伤害与触电风险居高不下，高能量意外释放与能量隔离失效进一步加剧事故后果的不可控性。职业病防控面临尘肺病与噪声聋的典型挑战，粉尘暴露因施工工艺固有特性难以彻底消除，长期吸入可导致肺部纤维化且潜伏期长，早期症状隐匿性强；噪声聋源于施工机械持续高分贝运行，听力损伤呈现渐进性特征，个体防护设备佩戴不规范与工程降噪措施执行偏差导致累积性健康损害难以逆转。行业管理受工人高流动性制约^[4]，短期用工模式削弱安全培训实效，安全监管连续性不足；中小企业受资金与技术限制，职业健康管理流于形式，防护资源配置与风险投入显著低于实际需求，形成系统性管理短板。

（三）研究现状与问题

建筑行业职业健康安全一体化管理研究聚焦体系构建与技术实施路径。现有成果表明，QHSE体系通过标准化流程整合可有效降低管理冗余，风险预控与PDCA循环协同机制能强化动态管控效能，整合型管理模型揭示了多系统要素耦合关系，EHS体系验证了特殊施工场景适应性。地方标准为现场管理提供操作框架，但实证显示大型企业存在体系执行脱节与员工参与不足问题。研究揭示多重矛盾：职业危害复杂性与防护措施形式化冲突，工人高流动性导致培训效能衰减，中小企业资源约束限制体系覆盖完整性，理论模型与实际操作衔接断层显著，异构系统数据孤岛制约管理协同能力，标准规范与企业实践存在认证合规导向偏差。

二、建筑行业职业健康安全一体化管理体系构建

（一）安全管理与职业病防控的整合框架

安全管理与职业病防控的整合框架需围绕风险分级管控、健康监测与应急响应三大核心模块构建。风险分级管控依托作业危害分析（JHA）与风险矩阵模型，根据事故概率与后果严重性划分管控等级，明确高空作业、临时用电等高危场景的专项控制措施；健康监测模块通过职业暴露剂量评估、生物标志物检测及症状主动报告系统，建立尘肺病、噪声聋的早期预警机制；应急响应模块集成预案数字化管理、多部门协同演练与事故溯源分析功能，实现突发事件快速处置与经验反馈闭环。流程设计遵循施工前、中、后的全周期逻辑，施工前采用BIM技术模拟施工环境，识别潜在风险源并制定预控方案；施工中通过物联网传感器实时采集粉尘浓度、噪声强度及人员行为数据，结合智能巡检系统动态修正管控措施；施工后基于事故统计与健康损害数据重构风险数据库，驱动管理制度迭代优化。技术支撑层面，BIM模拟通过三维可视化工序推演预判交叉作业风险，智能穿戴设备集成定位、体征监测与报警功能，实时追踪个体暴露水平^[5]，环境监测传感器网络覆盖作业面，实现粉尘、温湿度及有害气体的连续量化评估，为分级管控提供数据驱动决策依据。

（二）建筑行业职业病防控的专项策略

建筑行业职业病防控需构建源头阻断、过程抑制与健康追踪的全链条策略。源头控制聚焦材料与设备的技术替代，优先选用

低挥发性有机化合物（VOC）含量建材及无石棉制品，通过绿色采购标准压缩有害物质输入；低噪声设备选型遵循《建筑施工噪声限值》规范，采用液压力替代内燃机械，优化设备结构设计以降低振动噪声源强度。过程防护实施工程控制与个体防护双轨制，局部排风系统针对焊接、切割等粉尘高发工序定向捕集，中央集尘装置结合湿式作业法抑制扬尘扩散；个体防护装备（PPE）执行分级配置原则，防尘口罩需满足KN95及以上过滤效率，防噪耳塞的降噪值（NRR）与作业环境声压级动态匹配，同时建立PPE使用合规性监督机制。健康管理依托信息化平台实现职业暴露可追溯，电子健康档案动态记录工种变动、暴露史及体检数据，岗前、岗中、离岗三级体检制度重点监测肺功能、听力阈值等敏感指标；职业病溯源机制通过暴露剂量-效应关系分析，结合作业环境历史数据重建致病路径^[6]，为工程工艺改进与防护标准修订提供循证依据。

三、实践困境与典型案例分析

（一）典型企业实践的两极分化

建筑行业职业健康安全一体化管理的实践呈现显著的两极分化特征。大型企业通过组织架构重构与数字化赋能实现管理效能跃升，其核心经验在于建立跨部门协同机制，例如设立专职EHS（环境、健康、安全）委员会，整合安全、生产、技术部门的数据共享与联合决策流程，形成风险管控合力；数字化工具深度嵌入管理体系，BIM技术用于施工阶段碰撞检测与危险源三维可视化，物联网平台实时采集粉尘浓度、噪声强度及人员定位数据，智能安全帽与手环监测体征异常并触发分级预警，AI算法则优化隐患排查路径与应急资源配置^[7]，由此实现事故率下降与职业病早期干预。反观中小企业受限于资源禀赋，安全管理多停留于被动合规层面，资金短缺导致智能监测设备部署率不足，依赖人工巡检与纸质记录造成数据采集滞后；技术人才匮乏制约标准化流程执行，风险分级管控与健康监测模块常被简化为形式化台账，防护装备配置标准低于行业规范；制度空转现象突出，书面管理体系与实际操作脱节，责任主体模糊导致PDCA循环中断，安全培训覆盖率不足30%，且多采用单向灌输模式，工人参与度与行为改变率低下，职业健康档案更新滞后，体检结果未能有效反馈至工程防护措施优化，形成“投入-效果”负向循环。两类主体的实践差异折射出行业资源分配与技术扩散的结构性矛盾。

（二）建筑行业一体化管理的系统性障碍

建筑行业一体化管理面临制度与技术层面的双重系统性障碍。管理脱节表现为书面制度与实际操作的割裂，安全标准与施工流程设计缺乏耦合性，例如风险分级管控文件未能嵌入施工组织方案，隐患排查清单与现场作业进度脱钩；责任主体模糊导致跨部门协同失效，安全监管职责在总包、分包与监理单位间推诿，职业健康监测数据在安全、人力与医疗部门间流转受阻，PDCA循环因反馈机制缺失而中断。技术短板则源于数据采集与应用的碎片化，安全监控、环境监测与健康管理系统采用异构平台，数据格式与接口标准不统一，形成信息壁垒；智能化工具受

成本与技术能力限制，中小型企业 BIM 应用多停留于三维建模阶段^[8]，未能与风险预警、资源调度深度整合，物联网传感器部署密度不足且数据分析算法滞后，无法支撑实时决策。破解上述障碍需融合系统科学、风险管理与信息技术理论，构建跨学科分析框架，揭示制度-技术-行为的相互作用机理；实践中应推动政策创新，例如建立建筑企业一体化管理能力评级体系，强制数据互通标准，并通过财政补贴引导中小企业技术升级，最终实现管理范式从被动合规向主动价值创造的转型。

四、建筑行业一体化管理的优化路径

（一）管理机制优化：分级分类与动态迭代

分级管理需基于企业规模与风险特征差异化设计，大型企业依托资源与技术优势实现设计、施工、运维全流程覆盖，通过标准化作业手册与专职管理团队确保体系落地；中小企业则聚焦高空作业、临时用电等核心风险，采用简化版管理清单与关键控制点（CCP）策略，政府通过购买第三方服务提供定制化辅导。动态 PDCA 机制以 BIM 模型为载体，施工前模拟危险源分布并生成风险热力图^[9]，施工中基于物联网数据实时更新风险等级，事故后自动触发模型修正与预案迭代，形成“感知-响应-学习”闭环。

（二）技术赋能：数字化与智能化工具落地

物联网监控平台采用 LoRaWAN 协议部署低功耗传感器网络，实时采集粉尘浓度（PM2.5/PM10）、噪声等效声级（Leq）及温湿度数据，边缘计算节点实现本地化数据处理与阈值报警，云端平台整合多源信息生成暴露剂量图谱。智能安全装备深化人机交互维度，定位安全帽集成 UWB 精准定位与电子围栏功能，动态预警人员进入高危区域；健康监测手环持续追踪心率、血氧及体表温度^[10]，结合环境数据构建个体暴露风险指数，异常时同步推送预警至管理端与个人终端。

（三）制度与文化协同：政策驱动与意识提升

政策强化需将一体化管理纳入施工总承包资质评审指标，设

置职业健康投入占比、事故追溯期等量化门槛；信用评价体系引入第三方审计机构，对管理体系有效性进行星级认证，高评级企业享受投标加分与保险费率优惠。安全文化构建需实施分层培训策略，农民工采用 VR 模拟事故体验与方言可视化教程，管理人员研修课程纳入事故案例库与应急预案推演；绩效考核设立安全行为积分制，将个人防护装备使用率、隐患上报数量与薪酬晋升挂钩，通过正向激励驱动行为模式转型。理论层面需融合系统科学、组织行为学与信息技术构建跨学科分析框架，实践层面通过政策工具组合与技术扩散机制，推动行业从合规驱动向价值创造转型。

五、总结

建筑行业职业健康安全一体化管理是以风险识别与防控为核心导向的系统性变革，其有效性依赖于技术工具、制度设计及文化塑造的协同演进。技术层面需构建 BIM-物联网-智能穿戴设备的三维感知网络，实现风险源的实时定位与暴露剂量精准量化；制度层面通过分级管控策略与动态 PDCA 机制，确保管理体系适配企业规模与作业场景特征；文化层面依托分层培训与行为激励机制，将安全规范内化为个体自觉行动。三维发力模式通过消减管理冗余、强化数据驱动决策及重塑组织行为逻辑，系统性降低安全与健康风险的耦合效应。行业实践表明，一体化管理能够显著降低高空坠落、机械伤害等高危事故发生率，通过源头控制与健康监测阻断尘肺病、噪声聋的职业暴露链条，同时优化资源配置效率与合规成本，增强企业在绿色施工、社会责任等维度的可持续竞争力。未来研究需深化数字孪生技术在施工全生命周期管理中的应用，构建虚拟与现实交互的风险推演平台；开发基于深度学习的多模态风险预测模型，融合环境数据、人员行为与设备状态信息，实现事故前兆智能识别与自适应管控策略生成，推动管理体系向预测性、自适应性高阶形态进化。

参考文献

- [1] 徐文国. 浅析质量、环境、职业健康安全一体化管理体系在建筑行业中的运用 [J]. 建筑工程技术与设计, 2015, 000(017):1407-1407.
- [2] 李向锐, 徐君辉. 血站质量、环境和职业安全一体化管理的建立与实施 [J]. 临床输血与检验, 2013, 15(2):3.
- [3] 李小冬, 沈诚, 王剑. 大型建筑施工企业职业健康管理状况调研 [J]. 中国安全科学学报, 2013(3):6.
- [4] 张铝, 张丹. 建筑工人职业健康与安全研究综述 [J]. 土木工程与管理学报, 2021, 038(005):186-193, 207.
- [5] 卫赵斌. 建筑业职业安全健康危害分析 [J]. 中国房地产业, 2020, 000(002):297-298.
- [6] 倪开锋. 试析质量、环境、职业健康安全一体化管理体系在建筑行业中的运用 [J]. 产业与科技论坛, 2020, 19(12):228-229.
- [7] 吴丹, 王荣璟. 我国建筑施工企业实施“四标准”“三体系”一体化管理研究 [J]. 中国标准化, 2020, (04):172-177+192.
- [8] 周军营. 浅析质量、环境和职业健康安全管理体系三位一体化 [J]. 经营管理者, 2012(05X):2.
- [9] 陈雁. 浅谈质量、环境、职业健康安全管理体系在建设工程项目管理中的应用 [J]. 安徽建筑, 2010(3):2.
- [10] 张铝, 张丹. 建筑工人职业健康与安全研究综述 [J]. 土木工程与管理学报, 2021, 038(005):186-193, 207.

BIM技术在安装施工中的应用

郭祯麟

上海中医药大学附属龙华医院, 上海 200032

DOI:10.61369/UAID.2025010007

摘 要 : 本文全面探讨了 BIM 技术在建筑安装施工中的具体应用及其效益, 同时提出了针对该技术应用的优化策略与建议。文章概述了 BIM 技术的定义和技术组成。接着深入分析了 BIM 技术在上海中医药大学附属龙华医院浦东分院新建工程施工前规划、施工过程管理以及施工后维护与运营阶段的具体应用。随后从经济效益和社会效益两个方面详细阐述了 BIM 技术应用的效益。提出了技术优化和政策建议两方面的优化策略, 以期推动 BIM 技术在建筑行业的广泛应用与深入发展。

关 键 词 : BIM 技术; 安装施工; 经济效益; 社会效益; 优化策略

Application of BIM Technology in Installation Construction

Guo Zhenlin

Longhua Hospital Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200032

Abstract : This paper comprehensively explores the specific applications and benefits of BIM technology in construction and installation, while also proposing optimization strategies and recommendations for its application. The article outlines the definition and technical composition of BIM technology. It then delves into the specific applications of BIM technology in the pre-construction planning, construction process management, and post-construction maintenance and operation phases of the new construction project at the Longhua Hospital Pudong Branch affiliated with Shanghai University of Traditional Chinese Medicine. Subsequently, it elaborates on the benefits of BIM technology from both economic and social perspectives. Two optimization strategies are proposed—technical optimization and policy recommendations—to promote the widespread use and in-depth development of BIM technology in the construction industry.

Keywords : BIM technology; installation construction; economic benefit; social benefit; optimization strategy

引言

随着信息技术的迅猛发展, BIM 技术作为建筑行业的新兴工具正逐渐改变着传统的设计、施工和管理模式。BIM 技术通过构建三维数字化模型实现了建筑信息的集成与共享, 为建筑安装施工提供了前所未有的便利。然而如何充分发挥 BIM 技术的优势, 实现其在安装施工中的高效应用仍是一个值得深入探讨的问题。本文旨在全面分析 BIM 技术在安装施工中的应用及其效益并提出相应的优化策略与建议, 以期为建筑行业的发展提供有益参考。

一、BIM 技术概述

(一) BIM 定义

建筑信息模型, 简称 BIM, 是一种集成了建筑项目物理和功能特性的数字模型。它不仅是一个三维的几何模型信息集合, 更是一个包含了项目全生命周期信息的数据模型。BIM 通过数字信息仿真模拟建筑物所具有的真实信息, 为设计团队以及包括建筑运营单位在内的各方建设主体提供协同工作的基础, 在提高生产

效率、节约成本和缩短工期方面发挥着重要作用。在更深的层次上 BIM 还代表着一种全新的建筑行业信息化管理模式, 它将改变传统的建筑行业生产方式和管理模式, 推动建筑行业的现代化进程^[1]。BIM 技术具有显著的复杂性和变化性特点。其复杂性体现在其包含了大量的数据信息和复杂的模型结构, 能够精确描述建筑物的各项属性。而变化性则体现在 BIM 技术能够随着项目的进展不断更新和优化模型以适应设计、施工和运营等各个阶段的需求变化。

作者简介: 郭祯麟 (1995.07-), 男, 汉族, 上海人, 本科, 工程师, 研究方向: 项目管理。

（二）技术组成

BIM技术由多个关键组件构成，这些组件相互协作共同支持建筑项目的全寿命周期管理。首先是三维建模技术。作为BIM技术的核心三维建模技术通过创建建筑物的三维数字模型实现了对建筑物空间布局、结构设计和外观形态的精确表达。这种模型不仅可以直观地展示建筑物的外观和内部空间，还可以进行各种分析和模拟，如结构分析、日照分析、热能分析等，为设计师和工程师提供了强大的设计工具和决策支持。其次是数据管理技术。BIM技术将建筑项目的各种信息整合到一个统一的数据平台中实现了信息的共享和协同。通过数据管理技术项目团队可以方便地获取、更新和共享模型数据，确保项目信息的准确性和一致性。同时数据管理技术还提供了强大的数据分析和可视化功能，帮助项目团队更好地理解 and 优化项目^[2]。此外BIM技术还包括协同工作技术。传统的建筑设计、施工和运营过程中各个参与方之间往往存在信息孤岛和沟通障碍，导致工作效率低下和成本浪费。而BIM技术通过提供协同工作平台使各个参与方能够在同一个模型上进行工作，实现信息的实时共享和更新。这不仅可以提高工作效率，还可以减少错误和冲突，提升项目的整体质量。BIM技术还包括仿真模拟技术。通过仿真模拟技术可以在设计阶段就预测建筑物的性能表现，如结构安全性、能源消耗情况等。这有助于设计师在设计阶段就进行优化调整，确保建筑物在实际使用中能够达到最佳性能。同时仿真模拟技术还可以用于施工阶段的进度控制和质量管理，帮助项目团队更好地掌握项目的实施情况。

二、BIM技术在龙华医院浦东分院新建工程安装施工中的具体应用

（一）施工前规划

在安装施工的前期阶段BIM技术的应用为项目规划提供了前所未有的便捷性和精确性。这一阶段的复杂性在于它需要综合考虑建项目的整体设计、结构布局、管线走向等多个因素，确保施工过程的顺利进行。而BIM技术的变化性则体现在它能够根据医院的实际需求灵活调整和优化规划方案。本项目通过BIM技术构建出详细的三维建筑模型，该模型不仅包含了医院内各单体的几何信息，还集成了建筑材料、设备、管线等多种信息。这种集成化的信息模型使得施工总包可以在施工前就对项目的各项细节进行精确分析和预测。例如利用BIM模型进行管线碰撞检测以及及时发现并解决设计中存在的潜在问题，避免施工过程中的返工和延误。此外BIM技术还可以帮助现场施工进行资源优化和进度安排，通过对模型中的数据进行深入分析可以精确计算出所需的材料数量、设备配置以及劳动力需求，从而制定出更加合理的施工方案和进度计划。这对每期材料供应安排、月工程量的统计和上报、现场材料的合理分配及施工进度计划的制定带来很大帮助。这种精确的数据支持不仅提高了施工效率，还有助于降低施工成本。

（二）施工过程管理

在项目施工过程中BIM技术的应用进一步提升了项目管理的

效率和准确性。这一阶段的复杂性在于施工过程涉及多个工种、多个环节的协同作业，需要确保各项工作的有序进行。而BIM技术的变化性则体现在它能够根据施工现场的实际情况实时调整和优化管理策略。通过BIM技术施工总包可以实时更新和维护建筑模型，确保模型与施工现场的实际情况保持一致^[3]。这可以帮助参建各方更加直观地了解项目的进展情况，及时发现并解决问题。同时BIM技术还可以提供精确的数据支持，帮助项目部进行进度控制、质量管理以及安全管理等方面的工作。例如在进度控制方面BIM技术可以通过对比实际施工进度与计划进度，及时发现进度偏差并采取相应的调整措施。在质量管理方面BIM技术可以对施工过程中的各项数据进行实时监测和分析，确保施工质量符合设计要求。在安全管理方面BIM技术可以帮助安全员识别潜在的安全隐患并制定相应的预防措施，确保施工过程的安全可控。此外BIM技术还可以促进总包与其他参建单位的协同工作。通过共享BIM模型和数据各家参建单位可以更加高效地进行沟通和协作，减少信息传递的误差和延误。这种协同工作方式不仅提高了工作效率还有助于提升项目的整体质量。

（三）施工后维护与运营

施工完成后BIM技术在维护与运营阶段的应用不仅具有显著的实际意义，更体现了其在建筑行业中的深远影响。这一阶段所展现的复杂性源于医院在使用过程中可能遭遇的种种问题和挑战，这些问题和挑战常常难以预测，需要后勤部门迅速而精准地进行维护和修复。而BIM技术的变化性则恰如一把灵活多变的钥匙，能够依据各单体的实际使用情况为后勤部门提供量身定制的维护和运营方案。在运营过程中BIM技术为后勤部门提供了建筑物内部的详尽数据。无论是设备的运行状态、管线的具体走向，还是过往的维修记录都能够通过BIM技术轻松获取。这种信息的透明化和可视化极大地提高了后勤科室对设备管理和维护工作的效率，使得潜在问题能够在第一时间被发现并解决，从而保证了建筑的持续稳定运行。此外当单体建筑需要进行大修改造时BIM技术同样能够发挥出巨大的作用。通过BIM模型进行方案设计和模拟分析能够对不同改造方案的效果和可行性进行精确评估，从而选择出最优方案。这种基于数据支持的决策方式极大地降低了改造的风险和成本。

三、BIM技术应用的效益

（一）经济效益

BIM技术在经济效益方面的贡献尤为显著。在项目的初始阶段通过精确的三维建模和模拟分析BIM技术能够为我们更准确地预测项目预算和工期。这种预测能力的提升有助于减少因设计变更和返工带来的额外费用和工期延误，从而控制项目的总体成本避免超过出概算。在施工过程中BIM技术的经济效益更为突出。通过实时更新和维护建筑模型，BIM技术能够确保参建各方对项目的进展情况有清晰的认识。这有助于及时发现并解决潜在问题，减少因错误和冲突导致的资源浪费和工期延误。同时BIM技术还能够优化施工材料采购和现场库存管理，降低材料浪费和库

存成本。此外 BIM 技术在项目运营阶段也能够带来显著的经济效益。通过提供详细的设备信息和数据分析功能 BIM 技术有助于后勤部门制定更加合理的维护计划和能源管理策略。这不仅能够降低运营成本，还能够提高建筑物的使用效率和舒适度。

（二）社会效益

BIM 技术的效益远不止于此，其更深层次的价值在于其对社会发展的深远影响。从行业发展的角度看 BIM 技术的应用为建筑行业的信息化和智能化发展注入了强大的动力。通过集成和共享项目信息 BIM 技术成功地打破了行业内的信息孤岛，使得不同参与方能够在一个统一的平台上进行协同合作。这种合作模式不仅显著提高了工作效率，更推动了整个行业创新能力和竞争力的提升。从建筑质量和安全性的角度来看 BIM 技术的应用具有举足轻重的意义。借助其精确的三维建模和模拟分析功能设计师和工程师能够更深入地理解和优化建筑结构和性能。这不仅有助于减少因设计缺陷和施工错误导致的安全事故和质量问题，更能为人民群众的生命财产安全提供坚实保障。此外 BIM 技术还在推动绿色建筑和可持续发展方面发挥了重要作用。通过模拟分析建筑物的能耗和环境影响 BIM 技术为设计师提供了科学的决策依据，使得绿色建筑的设计和实施成为可能。同时 BIM 技术还能够支持建筑物的节能改造和运营管理，降低能源消耗和环境污染，为实现可持续发展目标提供了有力的技术支持。

四、BIM 技术应用的优化策略与建议

（一）技术优化

在技术层面 BIM 技术的优化无疑是一个多维度、多面向的复杂任务。要提升 BIM 模型的精度和准确性，这不仅是对建模算法的挑战更是对数据处理和模型更新能力的全面考验。随着科技的进步可以引入更为先进的算法和工具，通过精细化数据处理确保 BIM 模型能够精准反映建筑物的每一个细节，为设计、施工和运营提供坚实可靠的数据支撑。加强 BIM 技术的协同性和集成性同样不容忽视。建筑行业涉及众多参与方和复杂环节，每一个环节都如同齿轮般紧密相连。要确保这些齿轮顺畅运转就必须实现 BIM 技术与其他相关系统的无缝对接。这需要打破信息孤岛，建

立统一的数据平台，促进不同系统之间的数据共享和交互^[5]。通过这种方式可以实现设计、施工、运营等各个环节的协同作业，提高整体工作效率，减少资源浪费。随着社会对环保和可持续发展的日益关注还应关注 BIM 技术在可持续性和绿色发展方面的应用。通过将 BIM 技术与绿色建筑、节能技术相结合可以更好地评估建筑物的环境影响，优化设计方案，降低能耗和排放。这不仅可以为企业带来经济效益，更能为社会的可持续发展贡献一份力量^[6-8]。

（二）政策建议

在政策层面政府和相关机构应加大对 BIM 技术的支持力度，推动其广泛应用和深入发展。制定和完善 BIM 技术标准是当务之急。通过明确技术要求和规范操作流程可以确保 BIM 技术的质量和一致性，降低应用风险。同时这也有助于推动行业内的标准化和规范化发展。政府应加大对 BIM 技术研发和创新的投入。通过设立专项资金、建立研发基地等方式可以吸引更多的科研机构和企业投入到 BIM 技术的研究和开发中，推动技术的不断创新和升级^[9-10]。同时还应积极宣传 BIM 技术的优势和价值，提高其在社会上的认知度和接受度。政府应建立 BIM 技术应用的激励机制。通过给予税收优惠、资金补贴等政策支持可以鼓励更多的企业 and 项目采用 BIM 技术，推动其在行业内的普及和应用。

五、总结

通过本文的探讨可以看到 BIM 技术在建筑安装施工中具有广泛的应用前景和显著的效益。从施工前规划到施工过程管理，再到施工后维护与运营，BIM 技术都能发挥重要作用，提高施工效率和质量，降低成本和风险。同时 BIM 技术的应用还能带来显著的经济效益和社会效益，推动建筑行业的可持续发展。然而要实现 BIM 技术的广泛应用和深入发展仍需在技术优化和政策支持方面做出努力。通过不断改进 BIM 技术本身提高其实用性和可靠性；同时政府和相关机构也应加大对 BIM 技术的扶持力度，制定相关政策措施，为 BIM 技术的发展创造良好的环境。相信在不久的将来 BIM 技术将成为建筑行业不可或缺的重要工具，推动建筑行业迈向更加智能化、高效化的新时代。

参考文献

- [1] 梁保安. BIM 技术在机电安装施工中带来的革新 [J]. 建筑工程技术与设计, 2016.
- [2] 王小峰. 浅谈 BIM 技术在机电安装中的应用 [J]. 工程设计与施工, 2020, 2(5): 9-10.
- [3] 梁磊. BIM 技术在机电安装工程中的应用 [J]. 名城绘, 2018(4): 1.
- [4] 周超. 机电安装工程中 BIM 技术的应用效果 [J]. 商业故事, 2019. DOI: CNKI: SUN: SGUS. 0. 2019-06-086.
- [5] 梁文贤. 浅谈 BIM 技术在机电施工中的应用 [J]. 四川建材, 2017, 43(11): 203-204.
- [6] 胥尧, 冯文博, 王崇祯, 等. 基于 BIM 技术的异型双曲桥梁辅助安装施工方法 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2023, (12): 85-87.
- [7] 吴攀, 滕超, 袁得晓, 等. 装配式复合空腔套框后置隔墙安装施工技术 [J]. 施工技术 (中英文), 2023, 52(22): 52-56+66.
- [8] 于振东. BIM 技术在机电安装工程施工中的应用分析 [D]. 吉林建筑大学, 2023. DOI: 10.27714/d.cnki.gjljs.2023.000003.
- [9] 覃婉晖. 基于施工企业角度的机电安装工程项目成本管理研究 [D]. 重庆大学, 2022. DOI: 10.27670/d.cnki.gcqdu.2022.000067.
- [10] 周凤群. EPC 总承包模式下装配式建筑的成本效益分析 [D]. 西华大学, 2020. DOI: 10.27411/d.cnki.gscgc.2020.000069.

绿色建筑技术在城镇建设中的应用及发展研究

郑文春

巴彦县建设工程监测中心，黑龙江 哈尔滨 151800

DOI:10.61369/UAID.2025010008

摘要： 在城镇发展过程中，面临着巨大的能源消耗和环境污染压力，本研究基于我国城镇建设中绿色建筑技术的应用实际，深入剖析了太阳能光伏、雨水回收利用、高效保温材料等绿色建筑技术在城镇建设中的应用场景。研究表明，目前我国城市建设中的建筑技术的应用还面临着许多难题，通过引入绿色建筑技术，可以极大地改善城市人居环境，提高城镇居民生活质量。通过综合研究，文章旨在探寻适合于城镇建设绿色化和低碳化的发展策略，促进城镇建设和生态环境的协调发展，为国家“双碳”战略的实施提供科学依据。

关键词： 绿色建筑技术；城镇建设；发展

Research on the Application and Development of Green Building Technology in Urban Construction

Zheng Wenchun

Bayan County Construction Engineering Monitoring Center, Harbin, Heilongjiang 151800

Abstract： In the process of urban development, there is a huge pressure of energy consumption and environmental pollution. Based on the practical application of green building technology in urban construction in China, this study deeply analyzes the application scenarios of green building technologies such as solar photovoltaics, rainwater recycling and utilization, and efficient insulation materials in urban construction. Research has shown that the application of building technology in urban construction in China still faces many challenges. By introducing green building technology, it can greatly improve the urban living environment and enhance the quality of life for urban residents. Through comprehensive research, the article aims to explore development strategies suitable for green and low-carbon urban construction, promote the coordinated development of urban construction and ecological environmental protection, and provide scientific basis for the implementation of the national "dual carbon" strategy.

Keywords： green building technology; urban construction; development

引言

在全球变暖背景下，可持续发展思想日益深入人心，城镇建设中如何运用和开发绿色建筑技术已是一个迫切需要解决的问题。随着城镇化进程的加快，城镇建设能源消耗不断上升，给生态系统带来了很大的压力^[1]。在我国，由于建筑行业所产生的二氧化碳排放量占据着相当大的比重，因此，推广绿色建筑技术在建筑领域的应用显得尤为重要。绿色建筑技术是一种新型的节能减排方式，它可以为居民提供一个健康舒适的居住和工作条件，提高居民的生活品质^[2,3]。随着光伏发电、雨水收集与利用系统的大量使用，以及新的保温隔热材料的出现，城镇建筑正在逐渐发生着变化。但是，当前城镇的绿色建筑技术还存在着成本高和公众认知度低等问题。本文通过对城镇绿色建筑技术的现状、应用及今后的发展方向进行分析，希望能对城镇的可持续发展有所帮助。

一、我国城镇绿色建筑现状

自20世纪90年代开始，伴随着城镇化的加速，我国的绿色建筑也迅速发展起来。到2024年，城镇的绿色建筑已呈现出较好的发展势头。截止2023年底，我国城镇绿色建筑总规模已经达到

118.5亿 m²，2023年新增加的绿色建筑面积达20.7亿 m²，达到94%^[4]。到了2024年，全国各地都在大力推行绿色建筑技术。比如，河北承德市在2024年民用建筑已经实现100%绿色标准。同时，《绿色建筑评价标准》也在2024年进行了修改，修改中增加对绿色建筑节能减排的指标要求。总之，在国家的鼓励与市场的

驱动下，城镇建筑正在加快朝着绿色低碳的方向发展。

同时我国城镇绿色建筑在发展过程中也暴露出一些问题，主要表现在标准体系不完善、质量管理不规范、缺少高水平人才、应用效果有待进一步提高等方面^[5]。

二、绿色建筑技术在城镇化建设中的应用

（一）太阳能技术

太阳能技术是绿色建筑中最主要的节能技术，它能够将太阳辐射能转化为电能或热能，从而满足建筑内部用电、供暖和制冷等需求。与传统建筑相比，采用太阳能技术的建筑物具有更好的保温隔热性能，并且能够显著降低能源消耗^[6]。目前，我国已经成功研发出太阳能热水器、太阳能集热器、太阳能温室大棚以及光伏发电系统等多种应用技术。在实际应用过程中，需要根据不同情况选择合适的能源利用方式，比如对屋顶安装太阳能热水器、通过外墙进行外遮阳处理，或者对玻璃幕墙进行贴膜处理^[7]。此外，还可以通过设置太阳能采暖设备来提升室内温度。由于太阳能属于可再生资源，因此其使用效率较高，但是受到天气因素影响也较为明显。为了提高太阳能使用效率，相关人员还应加强对其控制。在寒冷地区，可以适当减少玻璃幕墙面积，这样可以有效避免太阳能热量损失。另外，还可以通过调整窗户朝向来优化采光效果。

（二）雨水收集系统技术

雨水收集系统技术是绿色建筑技术中重要的节水措施之一。随着城镇化的加速，水资源短缺问题日益突出，雨水作为一种免费且可再生的水资源，其收集和利用具有重要的现实意义^[8]。雨水收集系统主要由收集、储存、处理和回用四个部分组成。

在城镇雨水收集中，屋面雨水收集和地面雨水收集是常用的两种方法。前者作为一种新型的集雨方式，即在建筑的屋顶上安装一条收集雨水的管线，把雨水引入到地下的蓄水箱中。地面雨水收集主要是利用路面、广场等硬质场地的降雨，经排水管道进行收集储存。

在利用之前，一般要对收集的雨水进行净化。常用的净化设备有过滤器，沉淀池，以及生化设备。经处理后的水有很多用途，例如绿化灌溉，道路喷洒，景观灌溉等。在部分缺水的地方，雨水收集系统已经成为一种有效的供水手段^[9]。在某些多雨地区，采用雨水收集系统技术可以有效地缓解洪涝灾害。但是，目前城镇雨水收集系统技术的普及还存在着许多问题。比如，雨水收集系统的修建与维修都要有一定的经费，并且要对其进行定期的清扫与维修，才能保证其良好的工作状态。另外，由于城镇雨水中含有一些杂质，因此雨水在回用前必须进行相应的净化，这样就增加了系统运营的难度和费用。

（三）外墙保温技术

为了改善绿色建筑技术的节能效果，外墙保温技术是不错的选择。近年来，随着国家对建筑节能要求的日益严格，城镇住宅中的外墙保温技术得到了更多地推广应用。外墙保温技术是指在建筑物的外墙上增设隔热材料，以达到降低建筑能耗的目的。

这种技术的优点是保温效果好，不影响建筑内部空间的使用面积^[10]。常见的外保温材料包括聚苯乙烯泡沫板（EPS）、挤塑聚苯乙烯泡沫板（XPS）和岩棉板等^[11]。内保温技术是在建筑外墙内侧添加保温材料。这种技术的优点是施工方便，但会占用一定的室内空间。内保温材料通常包括聚苯乙烯泡沫板、玻璃棉等。在一些既有建筑的节能改造中，内保温技术被广泛应用^[12]。

三、绿色建筑技术的发展对策建议

（一）加大宣传力度

建筑是人们居住和生活的场所，在日常生活中占据着重要地位。受传统观念影响，我国居民对绿色建筑还没有形成正确认知，导致绿色建筑推广力度不够。虽然近年来政府开始大力提倡绿色建筑发展，并出台了相关政策法规，但由于民众环保意识不强，加之缺乏对相关知识的了解，因此对于绿色建筑的实施也不够重视，从而影响了绿色建筑技术的应用效果。

为了更好地推动绿色建筑技术的应用与发展，需要加大宣传力度，普及相关知识，改变传统观念，增强居民的环保意识，为绿色建筑技术的有效实施奠定基础^[13]。首先，可以利用网络平台、电视等媒体渠道开展宣传活动，通过制作公益广告、宣传片等方式向公众传播绿色建筑技术应用的重要性，引导人们树立科学的绿色发展理念。其次，要组织工作人员深入社区、街道，通过发放宣传单、宣传册等形式进行宣传，使居民了解绿色建筑的具体含义以及优势，进而提高居民参与绿色建筑技术的积极性^[14]。

（二）强化管理制度

总之，在当前经济快速发展的背景下，人们对生活环境有了更高的要求，为了能够满足人们的需求，各城镇应大力发展绿色建筑技术，有效解决资源浪费严重、污染严重等问题，为人们创造一个良好的生活环境。要想促进城镇绿色建筑技术的发展，还需要加强管理工作。具体而言，一方面，政府应当设立专门机构负责监管工作，及时发现问题并予以解决，保证各项管理制度落实到位。只有这样，才能有效促进绿色建筑技术的发展^[15]。另一方面，建立健全完善的绿色建筑评价体系，对不同地区进行分类评价，以提高评价工作的针对性和有效性。

（三）完善激励政策

从目前来看，我国绿色建筑技术应用范围不够广泛、发展速度缓慢，很多城镇建筑还没有体现出绿色建筑的特点和优势，无法发挥其节能减排的作用。为促进城镇绿色建筑事业的快速发展，相关部门应制定完善的激励政策，有效激发企业开展绿色建筑技术的积极性。具体而言，可以从以下几个方面进行：

第一，政府应根据当地实际情况出台一系列扶持政策，为绿色建筑企业提供相应的补贴资金，减轻企业生产经营压力，避免出现亏损现象^[16]。

第二，通过完善财政税收制度，建立健全政府投资引导机制。对已建成并投入使用的城镇建筑，在确定其产权归属后，政府可以采取回购或补贴的方式，鼓励这些建筑单位安装节能设

备、提高能效水平^[17]。

第三，以地方立法的形式，制定具体的建筑节能法规标准，规范和约束不同类型建筑的能耗水平，严格限制高耗能建筑的建设，努力降低建筑能耗总量，推动绿色低碳建筑发展。此外，还要不断完善城市能源管理体制，将建筑能耗指标纳入到城市能源统计体系当中，全面掌握建筑能耗状况，同时要加强对高耗能建筑的监督检查工作，督促其采取节能改造措施^[18,19]。

（四）注重技术创新

在绿色建筑应用过程中，要注重绿色技术的创新与发展，具体如下：（1）不断完善绿色建筑评价标准。国家应进一步明确绿色建筑的内涵、特征及评价标准等内容，制定科学的绿色建筑评价指标体系和评价方法，提高绿色建筑评价的科学性和准确性。（2）加强先进技术的应用推广。为了有效推动绿色建筑技术的研发工作，政府部门应积极组织专业人员，学习国内外先进技术，结合我国实际情况，充分发挥政府作用，促进国内绿色建筑技术进步^[20]。同时，鼓励企业引进国外先进技术或直接购买国外专

利，以便在短时间内提升自身竞争力。

四、结语

绿色建筑是指在建筑全寿命周期内，最大限度地节约资源、保护环境和减少污染，为人们提供健康、适用、高效的使用空间。我国城镇化进程的加快导致大量基础设施建设，然而随着人们对美好生活需求的增加，城市居民对建筑的品质提出了更高要求，传统建筑业技术难以满足这种需求。因此，我们必须加大绿色建筑技术的研究与应用，将绿色建筑技术融入城镇建设之中，以实现人与自然和谐共生。未来，随着技术的持续迭代、政策体系的不断完善以及公众环保意识的逐步提升，绿色建筑技术必将在城镇建设中发挥更为关键的作用，推动我国城镇建设迈向绿色、低碳、智慧的全新发展阶段，为构建人与自然和谐共生的现代化社会奠定坚实基础。

参考文献

[1] 肖吉文. 绿色建筑技术在建筑工程中的应用及发展趋势 [J]. 陶瓷, 2023, (07): 164-166.

[2] 吕晓辉. 绿色建筑设计理念与节能技术运用探究 [J]. 陶瓷, 2024, (02): 219-221.

[3] 尹加明, 刘焕刚. 低碳经济背景下绿色建筑节能发展方向及技术措施研究 [J]. 建设科技, 2024, (11): 94-96.

[4] 搜狐新闻. 绿色建筑标准实施面积突破十亿平米 [EB/OL]. (2024-05-14)[2024-05-16]. https://www.sohu.com/a/895074377_122279996.

[5] 郑杰. 绿色建筑在民用住宅建筑设计中的应用 [J]. 居业, 2024, (11): 116-118.

[6] 吕兵. 基于乡镇基层建筑节能设计与绿色材料的应用 [J]. 中国建筑金属结构, 2024, 24(05): 143-144+165.

[7] 张建辉. 建筑物中太阳能系统的应用探讨 [J]. 智能建筑电气技术, 2024, 18(06): 100-103+131.

[8] 段陈秀. 可再生能源在绿色建筑中的节能减排应用探索 [J]. 建设科技, 2024, (02): 59-61.

[9] 翁骏祺. 绿色建筑技术在医院设计中的应用——基于医院建筑设计实践 [J]. 中国建筑装饰装修, 2024, (05): 88-90.

[10] 孟祥彬. 绿色建筑工程中节能施工技术应用 [J]. 中国住宅设施, 2024, (02): 10-12.

[11] 于媛华, 李非. 城市房建工程的绿色建筑技术与实践 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2024, (05): 112-114.

[12] 周莹. 碳中和背景下的绿色建筑设计理念的运用分析 [J]. 中华建设, 2024, (11): 88-90.

[13] 李小锋. 绿色建筑技术在城市可持续发展中的应用研究 [J]. 住宅与房地产, 2024, (05): 191-193.

[14] 罗毅. “双碳”目标下绿色建筑的发展方向与技术应用研究 [J]. 城市, 2022, (01): 70-79.

[15] 杨舒雯, 杨阳, 杨耀红. “双碳”背景下绿色建筑发展问题及对策研究: 利益相关主体视角 [J]. 安徽建筑, 2024, 31(12): 81-84.

[16] 张国璐. 绿色施工技术在城市建筑工程中的应用研究 [J]. 城市开发, 2024, (05): 146-148.

[17] 陆恩旋. “双碳”目标下绿色建筑发展的影响因素分析及对策和建议 [J]. 四川水泥, 2024, (01): 100-102.

[18] 李庆彬, 徐天帅. 绿色建筑技术在装配式建筑中的应用实践与前景展望 [J]. 佛山陶瓷, 2024, 34(08): 146-148.

[19] 侯斯婕, 陈蓉, 王霞. BIM技术背景下绿色建筑与装配式建筑融合发展的趋势研究 [J]. 散装水泥, 2021, (03): 62-64.

[20] 王志辉. 绿色建筑技术在建筑工程中的应用及发展趋势 [J]. 建材发展导向, 2021, 19(20): 113-115.

建筑工程安全管理中隐患识别与预防机制构建

何程

深圳威迈斯新能源（集团）有限公司，广东 深圳 518100

DOI:10.61369/UAID.2025010013

摘 要： 本文系统阐述了建筑工程安全隐患的识别与预防机制，强调了全面排查、针对性原则和时效性原则的重要性。介绍了多种安全隐患识别方法，如安全检查表法、专家调查法和预先危险分析法，并探讨了构建科学有效的安全隐患预防机制的原则，包括系统性、预防性、动态性和可操作性。文章还详细描述了预防机制的构成要素，如风险分级管控、隐患排查治理、安全教育培训和应急救援，并提出了运行流程和保障措施，以确保机制的有效实施。最后，文章强调了安全管理在建筑工程中的重要性，并对未来的研究和实践提出了展望。

关 键 词： 建筑工程；安全管理；隐患识别；预防机制

Construction of Hidden Danger Identification and Prevention Mechanism in Construction Project Safety Management

He Cheng

Shenzhen Weimaisi New Energy (Group) Co., LTD. Shenzhen, Guangdong 518100

Abstract： This paper systematically expounds the identification and prevention mechanism of potential safety hazards in construction projects, emphasizing the importance of comprehensive investigation, the principle of pertinence and the principle of timeliness. A variety of methods for identifying potential safety hazards are introduced, such as the safety checklist method, the expert investigation method and the pre-hazard analysis method. The principles for constructing a scientific and effective prevention mechanism for potential safety hazards are also discussed, including systematicness, preventiveness, dynamics and operability. The article also describes in detail the constituent elements of the prevention mechanism, such as risk classification and control, hidden danger investigation and management, safety education and training, and emergency rescue, and proposes the operation process and safeguard measures to ensure the effective implementation of the mechanism. Finally, the article emphasizes the importance of safety management in construction projects and presents prospects for future research and practice.

Keywords： construction engineering; safety management; hidden danger identification; prevention mechanism

引言

建筑工程安全管理是确保施工人员安全、保障工程质量和进度的关键环节。随着建筑行业的快速发展，工程规模不断扩大，施工技术日益复杂，安全管理面临的挑战也越来越多。安全隐患的及时识别和有效预防是安全管理的核心内容。

一、建筑工程安全隐患识别

（一）建筑工程安全隐患的分类与特点

建筑工程的施工过程复杂且涉及众多环节，其中潜藏着各种安全隐患。为了有效预防和控制安全事故的发生，首先需要对接建筑工程中常见的安全隐患进行系统分类。一般来说，这些安全隐患可以归纳为三大类：人的不安全行为、物的不安全状态以及管理上的缺陷。人的不安全行为是指建筑工程参与人员在施工过程中由于安全意识淡薄、操作不规范、违章作业等原因导致的行

为失误，例如未佩戴安全帽、高空作业未系安全带、酒后作业等^[1]。这类安全隐患具有主观性、偶然性和可塑性的特点，其表现形式多种多样，是导致安全事故发生的主要因素之一。物的不安全状态是指建筑工程施工过程中涉及的机械设备、施工工具、建筑材料等存在的安全隐患，例如脚手架搭设不规范、塔吊基础不稳定、临时用电线路老化等。这类安全隐患具有客观性、隐蔽性和连锁性的特点，其表现形式往往较为隐蔽，需要仔细排查才能发现，且一旦发生事故，容易引发连锁反应，造成严重后果。管理上的缺陷是指建筑工程项目在安全管理方面存在的不足，例

如安全管理制度不健全、安全责任落实不到位、安全教育培训缺失等。这类安全隐患具有系统性、根源性和持久性的特点，其表现形式往往是管理层面的漏洞和缺陷，是导致安全事故发生的深层次原因^[2]。

（二）建筑工程安全隐患识别的原则与方法

为了确保建筑工程安全隐患识别工作的有效性和可靠性，需要遵循一系列原则。首先，全面性原则要求对建筑工程的各个环节、各个部位进行全面排查，不留死角，确保所有潜在的安全隐患都被识别出来。其次，针对性原则要求根据建筑工程的具体特点和安全风险，有针对性地选择识别方法和工具，提高识别效率和准确性。最后，时效性原则要求及时识别和发现安全隐患，并采取相应的措施进行整改，避免安全隐患演变成安全事故。建筑工程安全隐患识别的方法多种多样，常用的方法包括安全检查表法、专家调查法、预先危险分析法等。安全检查表法是一种简单易行的方法，它将建筑工程的各个部位和环节列成清单，逐一进行检查，并根据检查结果判断是否存在安全隐患^[3]。专家调查法则是通过咨询相关领域的专家，利用他们的专业知识和经验对建筑工程进行安全评估，识别潜在的安全隐患。预先危险分析法是一种系统化的方法，它通过对建筑工程的各个环节进行危险源辨识和风险分析，预测可能发生的安全事故，并提出相应的预防措施。这些方法各有优缺点，在实际应用中，可以根据建筑工程的具体情况和安全管理需要，选择合适的方法进行安全隐患识别，必要时也可以将多种方法结合使用，以提高识别的准确性和可靠性。

二、建筑工程安全隐患预防机制构建

（一）建筑工程安全隐患预防机制构建的原则

构建科学有效的建筑工程安全隐患预防机制，是保障建筑工程安全生产的关键所在。这一机制的构建需要遵循一系列基本原则，以确保其科学性、有效性和可操作性。首先，系统性原则是构建预防机制的基础。它要求将建筑工程安全生产视为一个有机整体，综合考虑人、机、料、法、环等各个要素，以及设计、施工、监理、验收等各个阶段，构建一个全面、系统的安全管理体系。系统性原则强调了安全管理整体性和协调性，要求在构建预防机制时，要从项目的整体出发，统筹规划，避免头痛医头、脚痛医脚的局部性、片面性做法^[4]。其次，预防性原则是构建预防机制的核心。它要求变被动为主动，将安全工作的重点从事后处理转移到事前预防上来，通过提前识别、评估和控制安全风险，将安全隐患消灭在萌芽状态。预防性原则强调了安全管理的预见性和前瞻性，要求在施工前就对可能存在的安全风险进行全面分析和预测，并制定相应的预防措施，防患于未然。再次，动态性原则是构建预防机制的关键。建筑工程的施工过程是一个动态变化的过程，安全风险也随之不断变化。因此，预防机制也必须具备动态性，能够根据施工进度、现场条件、人员变化等因素及时调整和完善，确保始终与实际情况相适应。动态性原则强调了安全管理的灵活性和适应性，要求建立一套能够实时监测、评

估和调整安全措施的管理机制，以应对不断变化的安全风险。最后，可操作性原则是构建预防机制的落脚点。它要求预防机制的设计要切合实际，简便易行，便于操作和执行。可操作性原则强调了安全管理的实用性和有效性，要求制定的各项安全措施和制度要具有可操作性，能够被施工人员理解和执行，并能够取得实际效果。这四个原则相互联系，相互支撑，共同构成了建筑工程安全隐患预防机制构建的指导方针^[5]。

（二）建筑工程安全隐患预防机制的构成要素

一个完善的建筑工程安全隐患预防机制通常包含多个核心要素，这些要素相互联系、相互影响，共同构成了预防机制的有机整体。其中，风险分级管控是预防机制的重要组成部分。它要求对建筑工程中存在的安全风险进行识别、评估和分级，并根据不同等级的风险制定相应的管控措施。通过风险分级管控，可以将有限的资源集中于控制重大安全风险，提高安全管理的效率和针对性。例如，对于高风险的作业环节，可以采取更加严格的安全措施，加强现场监督和检查，确保安全措施得到有效落实。隐患排查治理是预防机制的关键环节。它要求定期或不定期地对建筑工程的各个部位和环节进行安全隐患排查，并对发现的安全隐患进行登记、评估、整改和验收。通过隐患排查治理，可以及时发现和消除安全隐患，将安全事故消灭在萌芽状态^[6]。例如，可以建立隐患排查治理台账，对发现的安全隐患进行跟踪管理，确保隐患得到及时整改。安全教育培训是预防机制的重要保障。它要求加强对建筑工程参与人员的安全教育培训，提高他们的安全意识和技能。通过安全教育培训，可以使施工人员掌握必要的安全知识和操作技能，减少人的不安全行为，提高安全管理的水平。例如，可以定期组织安全教育培训，对新入职的工人进行三级安全教育，对特种作业人员进行专门的安全培训。应急救援是预防机制的最后一道防线。它要求制定完善的应急救援预案，并定期进行演练，提高应对突发事件的能力。通过应急救援，可以在发生安全事故时，迅速有效地进行救援，最大限度地减少人员伤亡和财产损失。例如，可以根据工程的特点和可能发生的事故类型，制定相应的应急救援预案，并配备必要的应急救援设备和物资。这些要素相互联系、相互影响，共同构成了建筑工程安全隐患预防机制的整体。在实际工作中，需要根据工程的具体情况和安全管理的需要，对这些要素进行合理配置和优化，构建一个科学、有效、运行良好的安全隐患预防机制，为建筑工程的安全生产提供坚实保障^[7]。

三、建筑工程安全隐患识别与预防机制的运行与保障

建筑工程安全隐患识别与预防机制的构建与实施，是保障建筑工程安全生产、预防安全事故发生的关键所在。该机制的有效运行，依赖于科学合理的流程设计和坚实有力的保障措施。

（一）建筑工程安全隐患识别与预防机制的运行流程

在建筑工程领域，安全隐患的识别与预防机制的运行流程是一个至关重要的闭环管理系统。该系统包括了隐患的识别、评估、报告、整改、验收以及复查等多个关键环节，这些环节环环

相扣,紧密相连,共同确保了安全隐患能够被及时发现、有效控制并最终彻底消除^[9]。首先,隐患的识别环节是整个机制运行的基础。为了建立一个全面、系统的隐患排查体系,需要通过日常巡查、定期检查、专项检查以及季节性检查等多种方式,结合现场观察、人员访谈、数据分析等手段,对建筑工程的每一个部位、每一个环节进行细致入微的检查,确保不遗漏任何可能存在安全隐患的角落。一旦识别出隐患,接下来的评估环节就显得尤为重要。根据隐患的性质、所在部位、严重程度等因素,对隐患进行分级分类,确定隐患的等级和风险程度,为后续的整改工作提供坚实的基础和明确的指导。报告环节要求将识别出的隐患及其评估结果,按照既定的程序和格式,及时向相关的上级主管部门、建设单位、监理单位等进行报告,确保信息传递的及时性和准确性。整改环节是消除隐患的核心,需要根据隐患评估结果,制定出切实可行的整改方案,明确整改措施、责任人员、整改期限,并严格按照方案执行整改。整改完成后,验收环节就显得尤为关键,需要由相关单位组织专业人员对整改情况进行检查,确认隐患是否得到彻底消除,整改措施是否落实到位。为了防止隐患的再次出现,复查环节是必不可少的,对已经验收合格的隐患进行定期或不定期的复查,确保隐患得到长期有效的控制^[10]。

（二）建筑工程安全隐患识别与预防机制的保障措施

为了确保建筑工程安全隐患识别与预防机制能够有效运行,必须从组织领导、制度体系、责任落实、信息化建设等多个方面采取一系列保障措施。加强组织领导是整个机制运行的关键所在,需要建立健全的安全生产领导小组,明确各级领导的责任,定期召开安全生产会议,研究并解决安全生产中遇到的重大问题,为隐患识别与预防机制的运行提供坚强的组织保障。完善制度体系是保障机制有效运行的基础,需要制定一系列完善的安全生产管理制度、操作规程、应急预案等,明确隐患识别、评估、报告、整改、验收、复查等各个环节的具体要求和操作流程,确

保隐患识别与预防工作有明确的规章制度可依,有明确的操作指南可循。强化责任落实是保障机制运行的核心,需要建立健全的安全生产责任制,将安全生产责任层层分解,落实到每一个岗位、每一个人,确保责任清晰、奖惩分明,形成人人重视安全、人人参与安全的良好氛围。推进信息化建设是保障机制运行的重要手段,需要利用现代信息技术,建立安全隐患排查治理信息系统,实现隐患信息的实时采集、动态管理、统计分析,从而提高隐患识别与预防工作的效率和水平。通过实施上述保障措施,可以有效地促进建筑工程安全隐患识别与预防机制的规范运行,提升建筑工程安全生产管理水平,预防和减少安全事故的发生,从而保障人民的生命财产安全^[10]。

四、结语

在建筑工程领域,安全管理始终是一个不可忽视的重要环节。通过对建筑工程安全隐患的深入识别与预防机制的构建,不仅可以提高施工过程中的安全性,还能有效预防和减少安全事故的发生,保障施工人员的生命安全和身体健康。本文围绕建筑工程安全隐患识别与预防机制进行了系统阐述,从安全隐患的分类与特点、识别原则与方法,到预防机制的构建原则、构成要素,再到运行流程与保障措施,形成了一个完整的安全管理体系。这一体系的建立,不仅为建筑工程的安全生产提供了坚实的理论支撑,也为实际施工过程中的安全管理提供了可操作的实践指导。未来,随着建筑工程技术的不断发展和安全管理理念的不断更新,还需要进一步完善和优化这一体系,以适应新的安全挑战和需求。同时,也期待更多的专业人士和学者能够参与到这一领域的研究中来,共同推动建筑工程安全管理水平的不断提升,为构建安全、和谐、可持续的建筑环境贡献智慧和力量。

参考文献

- [1] 马榕邈. 危化储运企业双重预防机制及其信息化管控平台研究 [D]. 大连交通大学, 2022.
- [2] 常悦. 地铁盾构施工安全风险分级管控与隐患排查治理研究 [D]. 大连交通大学, 2021.
- [3] 胡锦涛. 双重预防机制下的岩土工程勘察外业钻探地下管线风险管控 [J]. 管理学家, 2021, 000(007): P.95-96.
- [4] 徐洋洋. 地铁供电系统安装工程施工优化管理 [J]. 交通科技与管理, 2020, 000(012): P.1-2.
- [5] 杨亚琪. 铜冶炼企业稀贵车间双重预防机制的研究和应用 [D]. 天津理工大学, 2023.
- [6] 王庆敏. 筑牢风险防控防线, 实现风险纵深防御 —— 化工企业风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制建设探讨 [J]. 化工安全与环境, 2019, 32(31): 4.
- [7] 葛双优. 构建企业安全风险分级管控与隐患排查治理双重预防机制 [J]. Engineering Management & Technology Discussion, 2022, 4(8). DOI: 10.37155/2717-5189-0408-28.
- [8] 晋建伟, 贺睿端, 魏向阳. 精细化推进快堆工程“双重预防机制”的构建与实施 [J]. 中国核电, 2023, 16(2): 172-179.
- [9] 王恒. 某建筑施工企业双重预防机制建设及信息化平台开发研究 [D]. 大连交通大学, 2023.
- [10] 伍罗彬. 双重预防机制在市政工程管理中的应用研究 [J]. 建筑安全, 2023, 38(7): 101-104.

植筋技术在混凝土结构加固中的锚固性能研究

罗嘉俊

文基工程（深圳）有限公司，广东 深圳 518100

DOI:10.61369/UAID.2025010014

摘 要： 随着现代建筑行业的发展，混凝土结构的加固改造变得越来越重要。植筋技术作为一种有效的加固手段，在提高混凝土结构承载力、延长使用寿命方面发挥着重要作用。本文通过实验研究和理论分析，探讨了植筋技术在混凝土结构加固中的锚固性能，包括植筋的抗拉拔力、粘结强度以及影响因素等。研究结果表明，植筋技术能够显著提高混凝土结构的锚固性能，但其性能受到多种因素的影响，如混凝土基材的强度、植筋的直径和深度、以及施工工艺等。本文的研究为植筋技术在混凝土结构加固中的应用提供了理论依据和技术指导。

关 键 词： 植筋技术；混凝土结构；加固；锚固性能

Research on the Anchoring Performance of Rebar Planting Technology in the Reinforcement of Concrete Structures

Luo Jiajun

Wenji Engineering (Shenzhen) Co., LTD. Shenzhen, Guangdong 518100

Abstract： With the development of the modern construction industry, the reinforcement and transformation of concrete structures have become increasingly important. Rebar planting technology, as an effective reinforcement method, plays a significant role in enhancing the bearing capacity of concrete structures and prolonging their service life. This paper, through experimental research and theoretical analysis, explores the anchoring performance of rebar planting technology in the reinforcement of concrete structures, including the tensile force, bonding strength and influencing factors of rebar planting. The research results show that the rebar planting technology can significantly improve the anchoring performance of concrete structures, but its performance is affected by multiple factors, such as the strength of the concrete substrate, the diameter and depth of the rebar planting, and the construction process, etc. The research of this paper provides a theoretical basis and technical guidance for the application of rebar planting technology in the reinforcement of concrete structures.

Keywords： rebar planting technology; concrete structure; reinforcement; anchoring performance

引言

混凝土结构因其良好的耐久性和经济性，在现代建筑工程中得到了广泛应用。然而，由于设计、施工、使用以及环境因素的影响，许多混凝土结构在使用过程中会出现损伤或功能退化，需要进行加固处理。植筋技术作为一种新兴的加固技术，通过在混凝土结构中植入钢筋或螺栓，以提高结构的承载能力和稳定性。

一、植筋技术及其在混凝土结构加固中的应用

（一）植筋技术的原理与分类

植筋技术，也被称作后锚固技术，是一种在建筑领域中广泛运用的技术。其核心原理是在混凝土、砖砌体等基材中钻孔，随后注入高强度的粘结材料，接着将钢筋、螺杆等锚固件植入孔中，通过粘结材料的粘结力将锚固件与基材牢固地锚固在一起，从而形成一个可靠的连接。植筋材料一般采用高强度钢筋、螺纹钢、精轧螺纹钢等，其性能必须满足国家相关标准的要求，以

确保植筋技术的安全性和可靠性。粘结材料是植筋技术的关键，其性能直接决定了植筋的锚固效果。通常采用环氧树脂、乙烯基酯树脂等高分子材料，这些材料要求具备高强度、高粘结力、良好的耐久性和抗老化性，以保证植筋技术的长期稳定性和可靠性。根据不同的分类标准，植筋技术可以被划分为多种类型^[1]。按照施工工艺，可以分为钻孔注入式、钻孔注射式和预埋式；按照植筋材料，可以分为钢筋植入式、螺杆植入式和锚板植入式；按照应用部位，可以分为梁植筋、板植筋、柱植筋和墙体植筋等，每种类型都有其特定的应用场景和优势。此外，植筋技术的

应用不仅限于新建建筑，它在旧建筑改造、加固以及结构补强等方面也发挥着重要作用。例如，在旧建筑的加固工程中，通过植筋技术可以有效地增强结构的承载力和稳定性，延长建筑物的使用寿命^[2]。在结构补强方面，植筋技术可以用于修复因地震、火灾等自然灾害或人为因素造成的结构损伤，恢复建筑物的原有功能。因此，植筋技术在现代建筑施工和维护中扮演着不可或缺的角色。

（二）植筋技术在混凝土结构加固中的应用现状

植筋技术在混凝土结构加固工程中得到了广泛的应用，它被广泛应用于各种构件的加固，包括但不限于梁、板、柱、墙体、节点等。在梁的加固中，植筋技术可以有效地增加梁的受弯承载力、受剪承载力以及抗裂性能；通过在混凝土中植入钢筋，可以显著提升梁的结构强度和稳定性。在板的加固中，植筋技术能够提升板的受弯承载力和刚度；通过这种方式，板的承载能力和耐久性得到了显著的增强。在柱的加固中，植筋技术有助于增强柱的受压承载力、受剪承载力以及延性；这使得柱子在承受重载时更加稳固，不易发生变形或破坏。在墙体的加固中，植筋技术可以提高墙体的抗剪承载力和稳定性；特别是在地震多发区域，这种加固方法能够显著提升墙体的抗震性能^[3]。而在节点的加固中，植筋技术则被用来增强节点的抗震性能，确保结构在地震等极端情况下的安全。随着技术进步和工程经验积累，植筋技术广泛应用于混凝土结构加固，显著提升了加固效果。例如，桥梁工程中用于加固墩台、盖梁等关键部位，显著提升了桥梁的使用寿命和安全性。建筑工程中，植筋技术加固梁、板、柱、墙体，增强了抗震能力和使用寿命。在水利工程中，植筋技术也用于加固水闸、坝体等设施。这些应用案例证明植筋技术是有效的混凝土结构加固方法，展现了其在工程实践中的巨大价值和潜力。

（三）影响植筋锚固性能的因素

植筋技术的锚固性能是一个多方面因素共同作用的结果，这些因素包括但不限于混凝土的强度、植筋的深度、直径、间距、粘结材料的性能以及环境条件等。首先，混凝土的强度是一个至关重要的因素，它直接关系到植筋锚固性能的优劣。混凝土强度越高，其对锚固件的握裹力就越强，从而使得植筋的锚固性能更加出色。其次，植筋的深度和直径也是影响其锚固性能的关键因素。一般来说，植筋深度越深、直径越大，其锚固力也就越强。然而，值得注意的是，如果植筋深度过深或直径过大，可能会对基材造成不必要的损伤，因此在实际操作中需要谨慎选择合适的尺寸。此外，植筋间距的设置也会影响其锚固性能。如果植筋之间的间距设置得过小，可能会引起群锚效应，从而降低整体的锚固力。粘结材料的性能是影响植筋锚固性能的核心因素之一。粘结材料的强度、粘结力以及耐久性等关键指标，直接决定了植筋的锚固效果^[4]。最后，环境条件也是影响植筋锚固性能的一个不可忽视的因素。例如，温度、湿度以及化学腐蚀等环境因素，都可能对粘结材料的性能产生影响，进而影响植筋的锚固性能。由于各因素对植筋锚固性能的影响机制和规律相对复杂，因此需要通过大量的试验研究和理论分析，进行深入的探讨和研究，以便更好地理解和掌握植筋技术在实际工程中的应用，确保工程的安

全性和可靠性^[5]。

二、植筋锚固性能的实验研究

（一）实验方案设计

本实验研究的主要目标是深入探讨和分析不同因素对植筋锚固性能的影响规律，旨在为植筋技术的优化设计以及在工程实践中的应用提供科学的参考依据。实验内容涵盖了多个方面，主要包括对混凝土强度等级、植筋类型、植筋深度、直径、间距等关键参数对植筋锚固性能的影响进行系统的研究。实验方法采用的是室内拉拔试验，通过精确测量植筋的拉拔力、细致观察破坏模式、深入分析荷载-位移曲线等关键指标，来全面评价植筋的锚固性能。在实验参数的选择上，参考了相关的行业规范和工程实践，并结合了本实验的具体条件进行了综合考量。具体而言，混凝土强度等级选取了C30、C40和C50三个等级，目的是为了研究不同强度基材对植筋锚固性能的影响；植筋类型选择了目前工程中常用的几种类型，以比较不同类型植筋的锚固效果；植筋深度、直径、间距等参数则根据相关规范和经验进行选取，并设置了不同的梯度，以研究这些参数对植筋锚固性能的影响规律。实验试件的设计充分考虑了实验目的和加载方式，试件的尺寸、形状、数量等均按照相关规范和实验要求进行设计，以确保实验结果的准确性和可靠性，从而为后续的工程应用提供坚实的数据支持^[6]。

（二）实验方法与步骤

在本实验中，采取了一系列精心设计的操作步骤，以确保实验的准确性和可靠性。首先，根据事先设计好的混凝土配合比，制作了若干混凝土试件。这些试件在制作完成后，需要按照既定的养护程序进行养护，直至达到规定的龄期。接下来，将在这些已经养护好的混凝土试件上进行植筋施工。植筋施工是一个包含多个关键步骤的过程，这些步骤包括钻孔、清孔、注入粘结材料以及植入钢筋等。在施工的每一个环节，都严格控制质量，以确保植筋的锚固效果达到最佳。施工完成后，对植筋后的试件进行适当的养护，直到粘结材料达到足够的强度，然后进行拉拔试验。拉拔试验是通过万能试验机进行加载的，加载方式为连续加载，加载速度则严格遵循相关规范进行控制^[7]。同时，利用数据采集系统实时采集荷载和位移数据，以确保数据的准确性。在实验过程中，特别注意了几个关键点：混凝土试件的制作和养护必须严格按照规范进行，以确保混凝土的强度和均匀性；植筋施工时，必须严格控制钻孔的孔径、孔深、垂直度等参数，以确保植筋的质量；加载过程中，密切观察试件的破坏现象，并及时记录相关数据。这些关键技术的掌握和实施，将直接影响到实验结果的准确性和可靠性，进而影响到植筋技术在实际工程中的应用效果。

（三）实验结果与分析

在本实验中，共进行了多组试验，这些试验为提供了大量的实验数据。通过对这些实验数据进行仔细的整理和深入的分析，能够得到关于植筋的拉拔力、破坏模式、荷载-位移曲线等关键

指标。拉拔力是评价植筋锚固性能的一个非常重要的指标，通过对比不同参数下植筋的拉拔力，可以分析出各种因素对植筋锚固性能的影响规律。破坏模式则能够反映出植筋的锚固机理，通过观察和分析不同参数下植筋的破坏模式，可以深入理解植筋的锚固机理。荷载-位移曲线则能够反映出植筋在受力过程中的变形特征，通过分析荷载-位移曲线，可以了解植筋的受力性能。通过对比分析不同因素对植筋锚固性能的影响，能够发现一些规律和趋势，例如：混凝土强度等级越高，植筋的锚固力越大；植筋深度越深，锚固力越大，但存在一个最佳深度范围；植筋直径越大，锚固力越大，但过大的直径可能会对基材造成损伤；植筋间距过小会导致群锚效应，降低锚固力^[8]。实验结果与理论分析和数值模拟结果存在一定的异同，这可能与实验条件、材料性能、试件制作工艺等因素有关。通过对比分析实验结果与理论分析和数值模拟结果，可以更全面地了解植筋的锚固性能，为植筋技术的工程应用提供更可靠的依据。同时，还可以发现实验研究、理论分析和数值模拟中存在的不足，为进一步的研究工作指明方向。

三、植筋技术在混凝土结构加固中的设计方法与施工工艺

（一）植筋加固设计原则与方法

在进行植筋加固设计时，必须严格遵循一系列基本原则，以确保加固工程的安全性和可靠性。首先，安全性是设计中必须首要考虑的因素，这意味着设计必须确保加固后的结构能够承受预定的荷载，并且具备一定的安全储备，以应对可能出现的意外情况。其次，适用性原则要求加固后的结构不仅能够满足原设计的使用功能，而且还要考虑到未来可能的使用需求和变化，确保结构的长期适用性。此外，经济性原则强调在保证安全性和适用性的前提下，应尽可能地降低加固成本，优化资源配置，以实现经济效益的最大化。目前，在工程实践中，常用的植筋加固设计方法主要包括极限状态设计法和容许应力设计法。极限状态设计法基于概率论和统计学，考虑荷载和材料性能的变异性，确保结构在预定期限内不失效，提供高安全保证。容许应力设计法则通过限制应力水平保证结构安全。植筋加固设计需综合考虑荷载类型、结构形式、材料性能等因素。不同荷载类型如静载、动载、

反复荷载对植筋锚固性能有不同要求，设计时需考虑^[9]。结构形式如梁、板、柱影响植筋布置和锚固长度，设计中需细致考量。材料性能包括混凝土、钢筋、粘结材料等，直接影响锚固效果，设计时需全面测试评估。因此，植筋加固设计需全面考虑相关因素，深入分析，确保方案合理可靠，达到预期加固效果。

（二）植筋施工工艺与质量控制

植筋施工工艺是确保植筋加固工程质量的关键环节，必须严格按照规定的流程 and 标准进行操作。一般来说，植筋施工包括钻孔、清孔、注胶、植筋、养护等步骤。钻孔是植筋施工的第一步，需要根据设计要求，精确控制钻孔的直径和深度，避免对原结构造成过大的损伤。清孔是为了去除孔内的灰尘和碎屑，保证粘结材料与混凝土基材的良好粘结。注胶是向孔内注入粘结材料，需要控制好注胶量和注胶速度，确保粘结材料充满整个孔洞。植筋是将钢筋植入孔内，需要保证钢筋的定位准确和固定牢固。养护是为了使粘结材料充分固化，达到设计强度，需要控制好养护的温度和湿度。在植筋施工过程中，质量控制至关重要。钻孔直径和深度的控制是保证植筋锚固力的关键，必须严格按照设计要求进行操作。粘结材料的搅拌和注胶是保证植筋与混凝土基材良好粘结的关键，需要控制好搅拌时间和注胶速度，避免产生气泡和空隙。植筋的定位和固定是保证植筋位置准确和牢固的关键，需要采用合适的固定方法和工具。为了保证植筋施工质量，需要建立完善的质量管理体系，加强施工过程中的质量检查和验收，及时发现和解决质量问题。同时，还需要对施工人员进行技术培训，提高其质量意识和操作技能。此外，还可以采用一些先进的技术和工具，如无损检测技术、自动注胶机等，来提高施工质量和效率^[10]。

四、结语

植筋技术作为一种有效的混凝土结构加固方法，在工程实践中得到了广泛应用。通过科学合理的设计、精细严格的施工和严格的质量控制，可以确保植筋加固工程的质量和安全。未来的研究应进一步优化植筋技术的设计方法和施工工艺，同时探索新的材料和技术，以提高植筋技术在混凝土结构加固中的应用效果和经济效益。

参考文献

- [1] 邓研. 植筋技术在桥梁拼接施工中的应用研究 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2022(8):4.
- [2] 陈丽. 混凝土结构后锚固植筋技术概述 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2021(9):3.
- [3] 刘冉. 复杂安装条件下无机植筋胶锚固性能研究及应用 [D]. 湖南大学, 2022.
- [4] 张炜彬, 管炜宇, 刘佳敏, 等. 混凝土植筋锚固性能的研究进展 [J]. 广东建材, 2023, 39(1):37-41.
- [5] 赵军, 唐兴荣, 刘启真. 混凝土结构多筋植筋的锚固性能试验研究 [J]. 苏州科技大学学报: 工程技术版, 2021, 34(4):7.
- [6] 赵军, 唐兴荣, 刘启真, 等. 混凝土结构双筋植筋的锚固性能试验研究 [J]. 建筑科学, 2019(9):6.
- [7] 李刚, 唐兴荣. 混凝土结构四筋植筋粘结锚固性能试验研究 [J]. 2022.
- [8] 赵军. 混凝土植筋结构粘结锚固性能的试验研究 [D]. 苏州科技学院; 苏州科技大学, 2019.
- [9] 王晓乐. 房屋建筑工程结构加固改造技术分析 [J]. 建材与装饰, 2020(14):2.
- [10] 相超. 某混凝土结构厂房植筋粘结锚固性能试验研究 [J]. 四川建材, 2019, 45(2):3.

工序实体样板在项目质量提升中的应用分析

郑爽

中建三局集团有限公司, 广东 深圳 518023

DOI:10.61369/UAID.2025010016

摘 要： 本文探讨了信息化背景下机电工程协同设计与仿真技术的关键技术和应用。在协同设计方面，文章介绍了管理、云计算和大数据等信息化技术在协同设计各环节的应用，以及实现协同设计需要解决的关键技术问题。在仿真技术方面，文章阐述了机电工程仿真的概念与作用，信息化技术在仿真中的应用，以及实现机电工程仿真的关键技术。此外，文章还探讨了协同设计与仿真的集成需求、集成框架和实现挑战，旨在构建一个高效、协同、智能的设计仿真一体化平台，推动机电工程领域的创新发展。

关 键 词： 工序实体样板；项目质量；协同设计；仿真技术

Analysis of the Application of Process Entity Samples in Project Quality Improvement

Zheng Shuang

China Construction Third Engineering Bureau Group Co., LTD. Shenzhen, Guangdong 518023

Abstract： This paper discusses the key technologies and applications of collaborative design and simulation technology in mechanical and electrical engineering under the background of informatization. In terms of collaborative design, this article introduces the application of information technologies such as management, cloud computing and big data in each link of collaborative design, as well as the key technical problems that need to be solved to achieve collaborative design. In terms of simulation technology, this article expounds the concept and role of mechanical and electrical engineering simulation, the application of information technology in simulation, and the key technologies for realizing mechanical and electrical engineering simulation. In addition, the article also explores the integration requirements, integration framework and implementation challenges of collaborative design and simulation, aiming to build an efficient, collaborative and intelligent integrated design and simulation platform to promote the innovative development in the field of mechanical and electrical engineering.

Keywords： process entity sample; project quality; collaborative design; simulation technology

引言

随着信息技术的快速发展，机电工程领域正经历着前所未有的变革。信息化技术的应用不仅提高了设计效率，还增强了设计的精确性和可靠性。在这一背景下，工序实体样板作为一种有效的质量管理工具，在项目质量提升中扮演着重要角色。

一、信息化背景下机电工程协同设计

（一）机电工程协同设计的概念与内涵

机电工程协同设计，这一概念涉及通过信息化平台，将具有不同专业背景的设计人员组织起来，共同协作以完成机电产品的设计任务。这种设计模式强调在设计过程中，不同专业之间的紧密合作和协调，以实现设计目标的最优化。机电工程协同设计的内涵主要体现在以下几个方面：多学科协作，需要机械、电子、控制、软件等多个学科的设计人员共同参与，发挥各自的专业优势，协同完成设计任务；信息共享，需要建立一个统一的信息平

台，实现设计数据、设计知识、设计经验等信息的共享和重用，避免信息孤岛和重复设计；并行设计，需要打破传统的串行设计模式，采用并行设计方法，多个设计环节可以同时进行，缩短设计周期，提高设计效率^[1]。

（二）信息化技术在机电工程协同设计中的应用

在机电工程领域，信息化技术是推动协同设计的关键力量，特别是 CAD/CAE/CAM 集成技术，它确保了设计、分析和制造过程的高效协同。PDM/PLM 系统管理产品数据的全生命周期，实现关键功能如数据版本控制和流程管理^[2]。云计算技术通过云端资源分配和弹性扩展，降低 IT 成本。大数据技术分析设计数据，

支持设计决策。这些技术贯穿协同设计的各个阶段，从需求分析到工艺设计，物联网技术提供实时监控和维护，人工智能技术通过机器学习和模式识别辅助设计决策。信息化技术的多方面应用共同推动了机电工程设计领域的创新和发展。

（三）信息化背景下机电工程协同设计的关键技术

在当今信息化快速发展的背景下，为了实现机电工程领域的协同设计，我们必须攻克一系列复杂的关键技术难题。这些技术难题主要涉及异构系统集成技术，由于不同的设计工具和仿真工具往往采用不同的数据格式和接口标准，这就要求我们开发出一套有效的异构系统集成方案，以确保数据能够顺利地进行共享和交换；数据交换标准技术，为了促进不同系统之间的数据交换和共享，必须制定和遵循统一的数据交换标准，例如国际上广泛认可的 STEP、IGES 等标准；协同工作机制技术，需要构建一套完善的协同工作机制，明确各方的职责和权限，规范协同工作的流程和方法，以提高工作效率和质量；版本控制管理技术，对设计数据进行严格的版本控制和管理，记录数据的修改历史和变更信息，确保设计数据的完整性和可追溯性^[9]。实现关键技术需多种方法，如中间件集成异构系统，XML 技术交换共享数据，工作流管理协同流程，数据库技术控制版本。但这些技术面临挑战，如系统集成复杂性、数据交换标准统一性、协同工作协调性、版本管理有效性。需深入研究探索，寻找高效实用解决方案。

二、信息化背景下机电工程仿真技术

（一）机电工程仿真的概念与作用

机电工程仿真，这一术语所指的是一种先进的技术手段，它涉及在机电产品真正投入生产之前，利用计算机技术的强大功能，构建出产品的虚拟模型。在这个虚拟的环境中，工程师们能够对产品的性能、行为以及可靠性进行预测和分析。通过这种仿真技术，可以在产品制造之前，模拟其在真实工况下的运行状态，从而提前发现并解决潜在的设计缺陷和性能瓶颈问题。这为产品的优化设计提供了有力的依据^[4]。机电工程仿真的作用是多方面的，它不仅能够用于产品设计的验证，通过仿真分析来确保产品设计的合理性和可行性，满足设计要求；同时，它还能用于性能优化，通过仿真分析来调整和优化产品的结构参数和工作参数，进而提高产品的性能和效率；此外，它在故障诊断方面也发挥着重要作用，通过仿真分析可以模拟产品在实际运行中可能出现的故障模式，为故障诊断和预测提供科学依据；最后，虚拟试验也是其应用之一，通过仿真分析可以代替部分实物试验，这不仅降低了试验成本和风险，还能够显著缩短产品开发周期^[5]。

（二）信息化技术在机电工程仿真中的应用

在当今的机电工程领域，信息化技术的应用已经成为推动仿真技术发展的重要力量。这些技术在多个关键领域中发挥着至关重要的作用。首先，多物理场仿真技术的运用，它将结构、流体、电磁、热等多个物理场的仿真分析集成在一起，能够更全面地模拟产品的实际工作状态，从而显著提高仿真的精度和可靠性。其次，虚拟样机技术的应用，通过构建产品的虚拟样机，可

以在虚拟环境中进行产品的装配、调试和测试，提前发现设计问题，避免实物样机的反复修改，从而节约成本和时间。再者，数字孪生技术的引入，通过构建产品的数字孪生模型，可以将产品的物理实体与虚拟模型紧密联系起来，实现产品全生命周期的监测、控制和优化。最后，人工智能技术的融入，通过将人工智能算法应用于仿真分析中，可以实现仿真过程的自动化、智能化，从而提高仿真的效率和精度^[6]。这些技术的应用，使得机电工程仿真技术能够更精确地模拟产品的实际工作状态，更高效地进行仿真分析，更可靠地预测产品的性能和可靠性，从而为产品设计和优化提供了强有力的支持。此外，随着云计算和大数据技术的发展，仿真数据的存储、处理和分析能力得到了极大的提升，使得仿真结果的处理更加高效和精准。同时，增强现实（AR）和虚拟现实（VR）技术的结合，为仿真提供了更加直观的交互方式，使得工程师能够更加直观地理解和分析仿真结果，进一步提高了仿真技术的实用性和有效性。综上所述，信息化技术在机电工程仿真领域的应用，不仅极大地提升了仿真技术的水平，也为机电产品的研发和创新提供了新的思路和方法。

（三）信息化背景下机电工程仿真的关键技术

在当今信息化快速发展的背景下，实现机电工程仿真的关键技术变得尤为重要。这些关键技术主要包括建模技术、求解算法、优化算法和可视化技术。首先，建模技术是仿真过程的基础，它需要根据产品的实际结构和物理特性，建立准确的仿真模型。这些模型涵盖了从几何模型、物理模型到行为模型等多个方面，以确保仿真结果的精确性和可靠性。其次，求解算法的选择和应用是仿真分析的核心环节。根据仿真问题的类型和特点，选择合适的求解算法至关重要，例如有限元法、有限体积法、边界元法等。此外，对算法进行优化和改进，以提高求解效率和精度，也是提升仿真性能的关键步骤。在优化算法方面，为了达到设计目标并满足各种约束条件，对产品的参数和结构进行优化是必不可少的。常用的优化算法包括遗传算法、粒子群算法、模拟退火算法等，它们在提高产品性能和降低成本方面发挥着重要作用^[7]。至于可视化技术，它负责将仿真结果以直观、形象的方式呈现给用户，常用的可视化技术包括计算机图形学、虚拟现实技术等。近年来，随着计算机技术的不断进步和创新，这些关键技术也取得了显著的进展。例如，建模技术逐渐向参数化、智能化、高精度方向发展；求解算法逐渐向并行化、高效化、自适应方向发展；优化算法逐渐向智能化、自动化、多目标优化的方向发展；可视化技术逐渐向沉浸式、交互式、多维可视化的方向发展。这些关键技术的最新进展和发展趋势，为机电工程仿真技术的发展提供了新的机遇和挑战，同时也为工程设计和产品创新带来了前所未有的可能性，推动了整个行业向更高水平迈进^[8]。

三、信息化背景下机电工程协同设计与仿真的集成

（一）协同设计与仿真的集成需求

在当今时代，随着机电产品不断向着高性能、高复杂性、长生命周期的方向发展，传统的串行设计模式已经无法满足快速响

应市场需求和个性化定制的要求。在当前信息化的背景下，机电工程协同设计与仿真的集成已经成为了一种必然的趋势。通过这种集成，可以实现设计资源的高效共享和利用，有效避免重复劳动和数据孤岛现象的发生；可以实现设计过程与仿真过程的并行开展，从而大幅度缩短产品开发周期；可以实现设计方案的快速验证和优化，进而提高产品设计的质量和可靠性。集成系统应具备数据一致性，确保设计数据和仿真数据在整个生命周期内保持一致性和准确性；流程协同，支持协同设计和仿真过程中的任务分配、进度管理和流程控制；实时反馈，能够实时监控设计仿真过程，及时反馈分析结果和优化建议，支持设计决策。

（二）协同设计与仿真集成框架

在信息化的浪潮下，为了实现机电工程领域中协同设计与仿真的有效集成，提出了一个分层架构的集成框架。这个框架由四个层次构成：数据层、模型层、服务层和应用层。数据层的主要职责是存储和管理在协同设计与仿真过程中产生的各类数据，这些数据涵盖了设计数据、仿真数据、优化数据等关键信息。模型层则致力于构建和维护一系列模型，这些模型对于协同设计和仿真至关重要，包括几何模型、物理模型、行为模型等。服务层则提供了一系列服务，以支持协同设计和仿真的需求，这些服务包括但不限于数据管理服务、模型求解服务、优化算法服务、可视化服务等^[9]。应用层则直接面向用户提供协同设计和仿真的应用界面，支持用户进行协同设计和仿真分析。该框架的关键技术组件包括异构系统集成技术，它能够实现不同设计仿真软件之间的数据交换和功能集成；数据管理技术，它负责设计仿真数据的存储、检索、版本控制 and 安全管理；人机交互技术，它致力于实现用户与集成系统的交互，提供友好、易用的用户界面。该框架的运行机制包括协同工作机制，它支持多学科团队之间的协同工作，实现任务分配、进度管理和冲突消解；仿真驱动机制，它驱动仿真过程的开展，实现仿真任务的提交、执行和结果反馈；优化决策机制，它支持设计方案的优化决策，实现优化目标的设

定、优化算法的选取和优化结果的评估^[10]。

（三）集成系统的实现与挑战

要成功实现协同设计与仿真集成系统，必须攻克一系列关键技术难题。这些关键技术包括系统集成技术，它需要实现不同设计仿真软件之间的无缝集成，涵盖数据集成、功能集成和流程集成；数据管理技术，它需要实现设计仿真数据的统一管理和高效利用，包括数据存储、数据检索、数据版本控制和数据安全管理；人机交互技术，它需要实现用户与集成系统的友好交互，包括用户界面设计、交互方式设计和用户体验优化。在集成系统实现的过程中，面临着诸多挑战。数据安全是一个重大挑战，必须采取有效的安全措施，确保设计数据和仿真数据的安全，防止非法访问和篡改，例如采用数据加密技术、访问控制技术和安全审计技术等。系统性能也是一个挑战，需要优化系统架构和算法，提高系统的运行效率和响应速度，例如采用并行计算技术、分布式计算技术和云计算技术等。此外，用户接受度也是一个不容忽视的挑战，需要加强用户培训和技术支持，提高用户对集成系统的认知度和接受度，例如提供用户手册、在线帮助和技术培训课程等。只有克服这些挑战，才能真正发挥协同设计与仿真集成系统的优势，推动机电工程领域的信息化发展。

四、结语

随着信息技术的飞速发展，机电工程协同设计与仿真技术正逐步向数字化、智能化转型。通过应用信息化技术，实现设计过程与仿真过程的无缝衔接和协同优化，可以显著提升产品设计效率、优化产品性能、缩短产品开发周期。然而，在实现协同设计与仿真集成系统的过程中，仍需攻克一系列关键技术，并面临数据安全、系统性能、用户接受度等方面的挑战。未来，随着技术的不断进步和创新，相信机电工程协同设计与仿真技术将为机电工程领域的信息化发展注入新的活力。

参考文献

- [1] 孙雷. 青岛市建筑工程质量安全手册实施细则·质量篇 [M]. 中国海洋大学出版社, 2022.
- [2] None. 《工程质量安全手册实施细则系列丛书》 [J]. 施工技术, 2019, 48(14):1.
- [3] 曾书婷. 监狱企业质量管理体系与监狱改造职能实现——以广东省 N 监狱企业服装生产为例 [D]. 华南农业大学, 2020.
- [4] 建君 董. 工法展示样板在房产项目中的应用 [J]. 工程建设, 2018, 1(1).DOI:10.33142/ec.v1i1.28.
- [5] 蒋绮琛, 于鑫, 刘丹, 等. 基于 BIM 的虚拟样板管理平台在工程项目中的应用 [J]. 土木建筑工程信息技术, 2022, 14(6):109-113.
- [6] 侯绪冉, 左梦坡, 徐壮, 李亨, 马广生. 建筑工程 3D 打印实体质量样板展示区的研究与应用 [J]. 安徽建筑, 2019, 26(6):34-35.
- [7] 陈池中, 江波. EPC 工程总承包项目质量管理问题及措施探究 [J]. 科技创新与应用, 2023, 13(21):158-161.
- [8] 翟锐涛. 基于 BIM 的公路工程项目施工质量管理提升策略研究 [J]. 科技与创新, 2022(14):102-104.
- [9] 冯天娇, 曾谋. 基于 BIM 技术的虚拟质量样板应用研究 [J]. 建筑施工, 2022, 44(4):813-815+822.
- [10] 李佳锐. 砌体工序样板施工工艺探析及应用 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2023(2):126-130.

临海区装配式建筑结构耐久性提升关键技术研究与应用

张辉灿, 武孔珏, 夏川, 罗潜潜, 刘万
中国建筑第四工程局有限公司, 广东 东莞 523000
DOI:10.61369/UAID.2025010022

摘要： 临海地区建筑面临复杂的侵蚀环境，建筑物的过渡区、浪溅区和潮差区等建筑物同时受到地上、地下环境的侵蚀，加之干湿交替使氯盐浓缩，氧气和水分供应充分，且每日的潮汐作用还会使这些区域受到冻融循环，综合物理和化学破坏，混凝土腐蚀和钢筋锈蚀尤为突出。随着科技的发展，装配式建筑新型结构体系、质量检测技术和高效连接技术不断研发与应用，形成了多种装配式剪力墙技术体系，有效抵抗氯盐、硫酸盐等的侵蚀，防止混凝土结构开裂、钢筋锈蚀，保证建筑结构的稳定性和安全性，减少因结构破坏导致的安全事故，降低经济损失，因而提升装配式建筑耐久性对临海地区建筑安全、经济以及可持续发展具有重要意义。

关键词： 装配式建筑；耐久性；低能耗；高韧性

Research and Application of Key Technologies for Improving the Durability of Prefabricated Building Structures in Linhai District

Zhang Huican, Wu Kongjue, Xia Chuan, Luo Qianqian, Liu Wan

China Construction Fourth Engineering Division Corp. LTD. Dongguan, Guangdong 523000

Abstract： Buildings in coastal areas face complex erosion environments, with transitional zones, splash zones, and tidal zones being simultaneously eroded by both above ground and underground environments. In addition, the alternation of dry and wet conditions concentrates chloride salts, providing sufficient oxygen and water supply. Daily tidal effects also subject these areas to freeze-thaw cycles, resulting in comprehensive physical and chemical damage, with concrete corrosion and steel reinforcement corrosion being particularly prominent. With the development of technology, new structural systems, quality inspection technologies, and efficient connection technologies for prefabricated buildings are constantly being developed and applied, forming various prefabricated shear wall technology systems that effectively resist the erosion of chloride salts, sulfates, etc., prevent concrete structure cracking and steel corrosion, ensure the stability and safety of building structures, reduce safety accidents caused by structural damage, and minimize economic losses. Therefore, improving the durability of prefabricated buildings is of great significance for the safety, economy, and sustainable development of buildings in coastal areas.

Keywords： prefabricated building; durability; low energy consumption; high resilience

一、临海区装配式建筑结构现状研究

在建筑行业不断发展的当下，装配式建筑以其高效、环保、可重复利用等显著特点，成为了建筑领域的研究热点与发展趋势。随着临海区城市化进程的加速，建筑需求持续增长，装配式建筑因其能够有效缩短施工周期、降低施工现场污染、提高建筑质量稳定性等优势，被广泛应用于各类建筑项目中^[1]。然而，随之产生的临海区环境对装配式建筑结构耐久性的影响，直接关系到建筑的使用寿命、安全性以及后期维护成本，成为制约其进一步推广应用的关键因素。

二、临海区环境特点对装配式建筑结构耐久性的影响

临海地区因高湿度、强盐雾、台风频发等环境特点，对装配

式建筑结构耐久性构成多重挑战，具体影响及作用机制如下：盐雾腐蚀、高湿度环境、台风荷载、温度梯度以及地质与海洋生物作用。

1. 盐雾腐蚀：氯离子侵蚀的“隐形杀手”通过混凝土孔隙渗透，破坏钢筋表面钝化膜，引发电化学腐蚀；外露钢筋节点（如螺栓、预埋件）在盐雾环境中年腐蚀速率可达0.1–0.5mm，是内陆环境的3–5倍（如铝合金连接件腐蚀电位差增大，易发生电偶腐蚀）^[2]。

2. 在高湿度环境下混凝土吸湿膨胀，长期湿度>80%时，混凝土内部凝胶体吸水膨胀，导致微裂缝扩展，抗渗性能下降30%–50%；同时连接件电化学腐蚀：预制构件接缝处因密封失效进水，形成“氧浓差电池”，加速钢–混凝土界面腐蚀（如灌浆套筒内积水导致钢筋锈蚀）^[3]。

3. 台风荷载：台风（风速 $\geq 24.5\text{m/s}$ ）引发的结构振动，使

预制构件连接节点承受交变应力，导致螺栓松动、焊缝疲劳裂纹（如螺栓连接节点疲劳寿命可缩短至设计值的60%）；同时噪声接缝密封失效，如强风负压作用下，外挂墙板接缝密封材料易被撕裂，盐分随雨水渗入结构内部，加剧腐蚀（如某项目台风后外墙板接缝渗漏率从0.3%升至2.1%）^[4]。

4.温度梯度是结构开裂的“应力源”。材料热胀冷缩差异，临海地区昼夜温差可达10–15℃，混凝土（线膨胀系数 $1\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ）与钢材（ $1.2\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ）的变形差异易在节点处产生应力集中，导致裂缝（如叠合楼板拼缝年扩展量可达0.2–0.5mm）^[5]。

5.地质与海洋生物作用构成基础与表层的“双重威胁”，具体表现为：①软土地基沉降：临海地区多为冲淤积平原，地基承载力低（如上海淤泥质土承载力 $< 60\text{kPa}$ ），装配式建筑基础不均匀沉降易导致结构开裂（如预制柱底因沉降产生水平裂缝）。②海洋生物附着腐蚀：近海建筑表面易被藤壶、苔藓等生物附着，其分泌的酸性物质加速混凝土表面剥落（如某码头装配式挡墙5年表面粗糙度增加40%）^[6]。

在研究成果应用与实践方面，临海区已有多多个装配式建筑项目将耐久性研究成果融入到设计、施工和运维管理中。通过优化结构形式、改进连接节点设计、采用高性能材料等措施，有效提高了建筑的耐久性，同时加强了对装配式建筑的运维管理，定期检测和维护，及时发现并修复问题，延长了建筑使用寿命。

三、装配式建筑结构材料耐久性的选用与优化

（一）高性能混凝土的选用与优化

临海环境适配设计原则：针对高盐雾、高湿度特点，高性能混凝土需满足“三低一高”标准：低水胶比（ ≤ 0.35 ）、低氯离子渗透系数（ $\leq 1\times 10^{-12}\text{ m}^2/\text{s}$ ）、低收缩率（ $\leq 300\times 10^{-6}$ ）、高密实度（抗渗等级 $\geq \text{P}12$ ）。以深圳裕璟幸福家园项目为例，其配合比设计如下表（表1）：

表1 临海区装配式建筑混凝土配合比设计

材料组分	(kg/m^3)	作用机制
P·O 52.5水泥	300	提供基础胶凝强度，控制C3A含量 $< 8\%$ 以降低氯离子吸附
硅灰	60（占胶凝材料20%）	填充混凝土孔隙，降低孔隙率至15%以下，提升抗渗性；硅灰中 SiO_2 含量 $> 95\%$ ，与水泥水化产物 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应生成C-S-H凝胶
磨细矿渣微粉	120（占胶凝材料40%）	延缓水化热峰值，减少温度裂缝；矿渣玻璃体结构吸附氯离子，降低自由氯离子浓度
机制砂	750	细度模数2.8–3.0，棱角性指数 $< 11\%$ ，提升界面过渡区密实度
碎石	1050	粒径5–25mm连续级配，压碎值 $< 8\%$ ，降低混凝土收缩率
减水剂	（减水率28%）	降低拌合用水量，改善工作性能；含气量控制在2%–4%，提升抗冻融能力
聚丙烯纤维（HPP）	1.2	直径 $18\mu\text{m}$ ，长度12mm，乱向分布形成三维骨架，抑制早期塑性裂缝（裂缝宽度减少60%以上）

关键性能指标

- 抗氯离子侵蚀：采用RCM法测试，28d氯离子扩散系数 $0.8\times 10^{-12}\text{ m}^2/\text{s}$ ，低于《混凝土结构耐久性设计标准》（GB/T 50476）中“严重盐雾环境”限值（ $1.5\times 10^{-12}\text{ m}^2/\text{s}$ ）。
- 抗冻融循环：经300次冻融循环后，质量损失率1.8%，动弹性模量保留率88%，满足F300抗冻等级要求。
- 收缩性能：90d干燥收缩率 260×10^{-6} ，较普通混凝土降低40%，减少因收缩导致的裂缝风险。

（二）耐候钢材与表面防护处理

耐候钢（如Q355NH、09CuPCrNi–A）通过合金化设计（含Cr 0.5%–1.2%、Ni 0.2%–0.6%、P 0.07%–0.15%），在表面形成致密的 $\alpha\text{-FeOOH}$ 锈层，其厚度仅为普通钢锈层的1/3，但电阻值提高5–8倍，可阻止氧气和水分渗透，使腐蚀速率降至 $0.01\text{mm}/\text{a}$ 以下（普通钢在盐雾环境中腐蚀速率 $0.05\text{--}0.1\text{mm}/\text{a}$ ）。如雄安市民服务中心钢结构采用Q355NH耐候钢+电弧喷涂锌铝涂层，经3年沿海盐雾环境测试，表面锈层厚度仅 0.03mm ，腐蚀速率为普通钢的1/6，维护周期从传统工艺的5年延长至15年^[7]。

四、装配式建筑结构连接节点耐久性的设计与提升

（一）节点构造优化设计

现有节点薄弱点分析（如表2）：

表2 现有建筑连接节点薄弱点分析

节点类型	临海环境典型问题	失效机制
焊接节点	焊缝锈蚀开裂（如某项目3年焊缝锈胀宽度达 0.8mm ）	盐雾渗入焊缝微裂纹，形成电化学腐蚀电池，焊缝金属年腐蚀量 $0.05\text{--}0.1\text{mm}$
灌浆套筒连接	套筒内积水导致钢筋锈蚀（检测发现含水率超15%时，锈蚀率每年增加8%）	密封失效后雨水渗入，套筒内部形成缺氧环境，加速钢筋锈蚀
螺栓连接	螺栓松动、螺纹腐蚀（某项目5年螺栓扭矩损失达30%）	盐雾腐蚀螺纹表面，风荷载引发的振动导致预紧力衰减
叠合板拼缝	拼缝开裂渗漏（传统坐浆法渗漏率2.3%）	混凝土收缩差与温度变形导致拼缝张开，盐分随水流渗入钢筋保护层

（二）预应力–后浇组合连接（适用于框架结构）构造形式

预制构件预留预应力孔道，安装后穿入精轧螺纹钢（强度等级 $\geq \text{PSB}830$ ），通过后张法施加预应力（张拉控制应力 $0.75\sigma_b$ ），再浇筑C40补偿收缩混凝土。

- 优化要点：
 - 节点区混凝土保护层厚度增至 35mm ，内置 $\Phi 4@50$ 钢筋网片，抗裂性能提升40%；
 - 预应力筋采用镀锌钢绞线（锌层重量 $\geq 300\text{g}/\text{m}^2$ ），孔道采用真空压浆工艺（浆体氯离子含量 $\leq 0.06\%$ ）。
 - 工程效果：深圳某沿海公寓项目应用该节点，经5年监测，节点裂缝宽度 $< 0.05\text{mm}$ ，螺栓未出现锈蚀，抗风承载力提升30%。

（三）可拆卸式螺栓-销轴组合节点（适用于钢结构与模块化建筑）构造形式

上、下构件通过高强螺栓（10.9级不锈钢螺栓，抗拉强度 $\geq 1000\text{MPa}$ ）与销轴（直径 $\geq 30\text{mm}$ ，材质42CrMo）连接，形成“抗剪销轴+抗拉螺栓”双传力路径。

— 优化要点：

— 螺栓孔采用沉头设计，密封胶填充螺栓头与构件表面间隙（深度 $\geq 5\text{mm}$ ）；

— 销轴表面进行达克罗涂层处理（厚度 $8\text{--}12\mu\text{m}$ ），盐雾试验2000h无腐蚀。

— 工程效果：海南某模块化酒店应用该节点，单节点拆卸时间 < 30 分钟，经台风（风速 28m/s ）考验，节点位移 $\leq 2\text{mm}$ ，螺栓扭矩损失 $< 5\%$ 。

（四）叠合板企口+排水槽构造（适用于楼盖体系）构造形式

预制叠合板边缘设倒梯形企口（深度 20mm ，坡度 $1:2$ ），拼缝底部预留宽 30mm 、深 15mm 排水槽，槽内设置 $\Phi 20$ 透水管（开孔率 15% ）。

— 优化要点：

— 企口处涂刷界面剂（粘结强度 $\geq 1.5\text{MPa}$ ），后浇层配置 $\Phi 6@100$ 钢筋网片；

— 排水槽坡度 $\geq 5\%$ ，末端接入楼层排水系统，实现“导水-排水”一体化；

— 工程效果：厦门某临海住宅项目应用该构造，拼缝渗漏率从 2.3% 降至 0.2% ，混凝土碳化深度较传统节点减少 12mm 。

五、装配式建筑结构环境适应性及智能监测

1. 湿度传感器预埋：在节点密封层内侧设置分布式湿度传感器（精度 $\pm 3\%\text{RH}$ ），间距 $\leq 2\text{m}$ ，当湿度 $> 85\%$ 时触发预警。

2. 红外热成像检测：定期（每季度一次）对节点区域进行红外扫描，通过温度异常（温差 $> 2^\circ\text{C}$ ）识别渗漏隐患，定位精度 $\leq 0.5\text{m}^2$ 。

未来方向：开发“自感知-自修复”一体化节点，如内置形状记忆合金（SMA）螺栓，当节点因腐蚀或振动松动时，通过加热激活SMA恢复预紧力；结合3D打印技术制造带仿生排水通道的预制节点，模拟贝壳表面纹理降低盐雾附着率，进一步提升临海环境下的节点耐久性^[8]。

六、发展趋势与挑战

1. 绿色材料：生物基胶凝材料、再生骨料混凝土等低碳材料的研发与应用，目标降低碳排放 30% 以上。

2. 智能运维：基于物联网（IoT）与数字孪生的耐久性监测系统，实现结构健康状态的实时感知与智能决策^[9]。

3. 模块化设计：通用化、可重构的预制构件体系，提升建筑适应功能变化的能力。

七、总结

国内装配式建筑耐久性研究已从单一材料优化转向多学科交叉创新，工程应用覆盖超高层、公共建筑及工业领域。未来需进一步突破极端环境适应性、智能运维及成本控制等瓶颈，推动装配式建筑向“长寿命、低能耗、高韧性”方向发展^[10]。例如，雄安新区的“百年住宅”项目与深圳的超高层实践，已为行业提供了可复制的技术路径，标志着我国装配式建筑耐久性技术进入国际先进行列。

参考文献

- [1] 林宏新. 临海异形建筑基坑开挖施工的分区分区优化研究 [J]. 山西建筑. 2023, 49 (06): 109–113.
- [2] 黄韵仪; 黄若绮; 庞玥. 基于可持续旅游的粤西海岛渔村公共建筑策略研究——以碇洲岛南港村为例 [J]. 安徽建筑 2023, 30 (11): 22–25+61.
- [3] 潘莹. 基于产业类型的粤西碇洲岛海岛聚落景观研究 [J]. 中国园林. 2022, 38 (12): 70–75.
- [4] 徐宏超. 土地利用变化对京津冀热环境时空演变的影响 [J]. 中国环境科学. 2023, 43 (03): 1340–1348.
- [5] 马永欢等. 基于局地气候分区的城市热环境分析——以北京市为例 [J]. 北京师范大学学报 (自然科学版). 2022, 58 (06): 901–909.
- [6] 刘琳等. 街区尺度城市气候图绘制方法研究及应用 [J]. 建筑科学. 2022, 38 (02): 171–180.
- [7] 吴娱; 彭昌海. 村镇形态要素对水体微气候冷却效应的影响分析 [J]. 东南大学学报 (自然科学版). 2022, 52 (01): 179–188.
- [8] 冯叶涵; 陈亮; 贺晓冬. 基于百度街景的 SVF 计算及其在城市热岛研究中的应用 [J]. 地球信息科学学报. 2021(11).
- [9] 朱荣鑫等. 城市热岛效应对我国不同气候区既有居住建筑采暖空调能耗的影响研究 [J]. 南方建筑. 2020 (05): 16–20.
- [10] 罗炜宇. 湛江市碇洲岛地下水资源评价及开发利用对策研究 [J]. 地下水. 2020, 42 (05): 95–98.

基于虚拟仿真技术的建筑工程力学课程创新教学模式研究

袁磊

滇西应用技术大学, 云南 大理 671000

DOI:10.61369/UAID.2025010025

摘要： 本论文聚焦虚拟仿真技术在建筑工程力学课程教学中的应用，深入探讨基于该技术的创新教学模式构建。通过分析传统教学模式在建筑工程力学课程中的局限性，阐述虚拟仿真技术的特性及与课程教学结合的优势，从理论教学、实践教学、考核评价等多个维度提出创新教学模式的具体策略，旨在为提升建筑工程力学课程教学质量、培养符合行业需求的高素质专业人才提供理论与实践参考。

关键词： 虚拟仿真技术；建筑工程力学；创新教学模式；教学改革

Research on Innovative Teaching Mode of Construction Engineering Mechanics Course Based on Virtual Simulation Technology

Yuan Lei

West Yunnan University of Applied Sciences, Dali, Yunnan 671000

Abstract： This paper focuses on the application of virtual simulation technology in the teaching of architectural engineering mechanics courses, and conducts an in-depth exploration of the construction of innovative teaching models based on this technology. By analyzing the limitations of traditional teaching methods in architectural engineering mechanics courses, it elaborates on the characteristics of virtual simulation technology and its advantages when integrated with course instruction. Specific strategies for innovative teaching models are proposed from multiple dimensions, including theoretical teaching, practical teaching, and assessment evaluation. The aim is to provide theoretical and practical references for improving the teaching quality of architectural engineering mechanics courses and cultivating high-quality professionals who meet industry demands.

Keywords： virtual simulation technology; architectural engineering mechanics; innovative teaching model; teaching reform

建筑工程力学是建筑工程专业的核心基础课，其抽象的概念、复杂的分析方法和丰富的工程实例，要求学生具备较强逻辑与空间想象能力。但传统教学以教师讲授为主，手段单一，学生难理解抽象原理，且实践教学受场地、设备、时间等限制，教学效果差，学生工程实践能力不足。随着信息技术发展，虚拟仿真技术应用于教育，能构建虚拟实验环境与工程场景，实现知识可视化、过程动态化。将其融入建筑工程力学教学，探索创新模式，对提升教学质量、激发学习兴趣、培养实践与创新能力意义重大。

一、传统建筑工程力学课程教学模式的局限性

（一）教学内容抽象，学生理解困难

建筑工程力学课程包含静力学、材料力学等多个部分，其中涉及的力学概念，如力的合成与分解、应力与应变、弯曲变形等，较为抽象难懂。在传统教学中，教师主要通过板书、二维图片和口头讲解来传授知识，学生难以在脑海中构建出直观的力学模型和物理过程，导致对知识的理解停留在表面，无法深入掌握力学原理的本质。例如，在讲解梁的弯曲变形时，学生仅通过教

师的描述和静态图片，很难准确把握梁在受力情况下内部应力分布和变形的动态过程。

（二）实践教学受限，学生实践能力培养不足

建筑工程力学课程的实践教学对于学生掌握力学分析方法、提高工程应用能力至关重要。但在实际教学中，实践教学往往受到诸多因素的限制。一方面，实验设备数量有限，无法满足学生大规模实践操作的需求，导致学生动手实践的机会较少；另一方面，一些复杂的工程实践场景难以在现实教学环境中完全还原，学生无法接触到真实工程中的力学问题，难以将理论知识应用到

实际工程中^[1]。例如，大型建筑结构的受力分析实验，由于实验成本高、操作难度大，很难在教学中开展，学生只能通过理论计算和简单的模型实验进行学习，实践能力得不到有效锻炼。

（三）教学方法单一，学生学习积极性不高

传统建筑工程力学课程教学以教师为中心，采用“填鸭式”的讲授方法，教学过程缺乏互动性和趣味性。学生在课堂上主要是被动地接受知识，缺乏主动思考和探索的机会，学习积极性和主动性受到抑制。此外，教学手段也较为单一，仅依赖于教材、黑板和简单的教具，无法充分调动学生的多种感官参与学习，难以激发学生的学习兴趣，导致学生对课程学习缺乏热情，学习效果不理想。

二、虚拟仿真技术在建筑工程力学课程教学中的优势

（一）知识可视化，便于学生理解抽象概念

虚拟仿真技术能够利用三维建模、动画演示等手段，将建筑工程力学中的抽象概念和复杂的力学过程以直观、生动的形式呈现出来。例如，通过虚拟仿真技术可以模拟结构在不同荷载作用下的受力变形过程，学生能够清晰地观察到结构内部应力的分布变化、变形的发展趋势等，从而将抽象的力学原理转化为直观的视觉体验，加深对知识的理解和记忆。同时，学生还可以通过交互操作，从不同角度观察虚拟模型，自主探索力学现象的本质，提高学习效果^[2]。

（二）拓展实践教学空间，增强学生实践能力

虚拟仿真技术打破了传统实践教学在时间和空间上的限制，为学生提供了丰富的实践机会。通过构建虚拟实验环境，学生可以在计算机上进行各种复杂的力学实验和工程实践操作，如桥梁结构的力学性能测试、高层建筑的抗震分析等。这些虚拟实验不仅能够模拟真实的实验过程和结果，还可以让学生反复进行操作练习，及时发现问题并进行改进。此外，虚拟仿真技术还可以模拟一些在现实中难以实现的极端工况和危险场景，让学生在安全的环境中积累实践经验，提高应对实际工程问题的能力。

（三）丰富教学方法，激发学生学习兴趣

虚拟仿真技术为建筑工程力学课程教学带来了多样化的教学方法。教师可以利用虚拟仿真软件设计互动式教学课件，将虚拟实验、案例分析等融入课堂教学中，开展探究式、项目式学习活动。例如，教师可以提出一个实际的建筑工程问题，让学生通过虚拟仿真软件进行结构设计、建模分析，自主探索解决方案，培养学生的创新思维和解决问题的能力。同时，虚拟仿真技术的趣味性和互动性能够吸引学生的注意力，激发学生的学习兴趣，使学生从被动学习转变为主动学习。

三、基于虚拟仿真技术的建筑工程力学课程创新教学模式构建

（一）理论教学模式创新

1. 基于虚拟仿真的概念教学

在讲解建筑工程力学的基本概念时，教师利用虚拟仿真软件创建虚拟模型，直观地展示概念的内涵和外延。例如，在讲解力的三要素（大小、方向、作用点）时，通过虚拟仿真软件模拟物体在不同力的作用下的运动状态变化，让学生清晰地观察到力的

三要素对物体运动的影响，从而深入理解力的概念。同时，教师还可以引导学生通过交互操作改变力的大小、方向和作用点，自主探索力的作用效果，增强学生对概念的理解和记忆^[3]。

2. 虚拟仿真辅助的原理教学

对于建筑工程力学中的力学原理，如牛顿运动定律、胡克定律等，教师借助虚拟仿真技术将原理的推导过程和应用场景进行动态演示。通过虚拟实验模拟不同条件下力学原理的应用，让学生直观地看到原理的实际效果，加深对原理的理解。例如，在讲解梁的弯曲正应力计算公式时，教师可以利用虚拟仿真软件模拟梁在不同荷载作用下的弯曲变形过程，同时显示梁内部应力的分布情况，帮助学生理解公式的推导过程和适用条件。

3. 多媒体资源整合的教学

将虚拟仿真资源与其他多媒体教学资源，如教学视频、动画、图片等进行整合，构建丰富多样的教学内容。教师可以根据教学内容和学生的学习需求，合理选择和组合不同的教学资源，制作成生动有趣的教学课件。例如，在讲解建筑结构的受力分析时，教师可以先通过一段视频展示实际建筑结构的工作状态，然后利用虚拟仿真软件对结构进行建模分析，同时结合动画演示结构的受力传递过程，最后通过图片展示不同类型结构的特点，使学生全面、深入地理解建筑结构的受力分析方法。

（二）实践教学模式创新

1. 虚拟仿真实验教学

开发一系列基于虚拟仿真技术的建筑工程力学实验项目，如材料拉伸实验、扭转实验、梁的弯曲实验等。学生通过虚拟仿真实验平台，按照实验步骤进行操作，观察实验现象，记录实验数据，并对实验结果进行分析和处理。虚拟仿真实验不仅能够模拟真实实验的全过程，还可以提供多种实验参数设置选项，让学生进行不同条件下的实验探索。例如，在材料拉伸实验中，学生可以改变材料的类型、尺寸、加载速度等参数，观察材料的力学性能变化，培养学生的实验设计能力和创新思维。

2. 虚拟工程实践项目

结合实际建筑工程案例，设计虚拟工程实践项目。学生以小组为单位，运用虚拟仿真软件对工程项目进行力学分析和结构设计。在项目实施过程中，学生需要完成项目调研、方案设计、建模分析、结果优化等环节，通过团队协作解决实际工程问题。例如，给定一个多层建筑的设计任务，学生需要利用虚拟仿真软件进行结构选型、荷载计算、内力分析和配筋设计，最终提交完整的设计方案和分析报告。通过虚拟工程实践项目，学生能够将理论知识应用到实际工程中，提高工程实践能力和团队协作能力。

3. 虚实结合的实践教学

将虚拟仿真实践与实际实验、工程实习相结合，形成虚实互补的实践教学模式。在实际实验前，学生先通过虚拟仿真实验进行预习和模拟操作，熟悉实验原理和步骤，提高实验效率和成功率；在实际实验过程中，学生将虚拟仿真实验的结果与实际实验数据进行对比分析，加深对知识的理解和掌握。在工程实习环节，学生可以利用虚拟仿真技术对施工现场的建筑物进行远程监测和分析，为实际工程提供技术支持。例如，学生在实习期间可以通过虚拟仿真软件对正在施工的桥梁结构进行受力分析，预测结构在施工过程中的安全性，及时发现潜在问题并提出解决方案。

（三）考核评价模式创新

1.多元化的考核内容

改变传统以理论考试为主的考核方式，建立多元化的考核内容体系。考核内容不仅包括学生对建筑工程力学理论知识的掌握程度，还涵盖学生的实践操作能力、创新思维能力、团队协作能力等方面。例如，在考核实践操作能力时，可以通过虚拟仿真实验项目的完成情况进行评价，包括实验操作的规范性、数据处理的准确性、实验报告的质量等；在考核创新思维能力时，可以考察学生在虚拟工程实践项目中提出的创新性解决方案和设计思路。

2.过程性与终结性相结合的考核方式

采用过程性考核与终结性考核相结合的方式，全面评价学生的学习效果。过程性考核贯穿于教学全过程，包括学生在课堂学习、虚拟仿真实验、小组讨论、项目实践等环节中的表现，通过课堂提问、实验报告、小组评价、项目进度汇报等方式进行评价；终结性考核主要在课程结束后进行，以理论考试和虚拟仿真综合项目考核为主，考查学生对课程知识的综合运用能力和整体掌握水平。将过程性考核和终结性考核的成绩按照一定比例进行综合，得出学生的最终成绩^[4]。

3.动态反馈的考核评价机制

建立动态反馈的考核评价机制，及时将考核结果反馈给学生，帮助学生了解自己的学习情况和存在的问题。教师根据学生的考核结果，分析教学过程中存在的不足之处，调整教学策略和方法，优化教学内容和教学模式。同时，学生可以根据反馈结果，针对自己的薄弱环节进行有针对性的学习和改进，提高学习效果。例如，教师在批改学生的虚拟仿真实验报告后，及时向学生反馈实验中存在的问题和改进建议，学生根据反馈进行修改和完善，进一步加深对实验内容的理解和掌握。^[5]

四、基于虚拟仿真技术的创新教学模式实施保障

（一）硬件设施建设

学校和教学单位应加大对虚拟仿真教学硬件设施的投入，建设专门的虚拟仿真实验室。配备高性能的计算机、图形工作站、服务器等硬件设备，确保虚拟仿真软件的流畅运行。同时，完善实验室的网络环境，实现学生在不同地点能够便捷地访问虚拟

仿真实验平台。此外，还可以引入虚拟现实（VR）、增强现实（AR）等设备，为学生提供更加沉浸式的学习体验，进一步提升虚拟仿真教学的效果。^[6]

（二）软件资源开发

鼓励教师和专业技术人员开发适合建筑工程力学课程教学的虚拟仿真软件和教学资源。学校可以与软件企业合作，共同研发具有针对性和实用性的虚拟仿真教学软件，满足不同教学内容和教学需求。同时，建立虚拟仿真教学资源共享平台，整合国内外优秀的虚拟仿真教学资源，实现资源的共建共享。教师可以根据教学需要，在资源平台上选择合适的教学资源，并进行二次开发和优化，丰富教学内容。^[7]

（三）教师队伍建设

加强教师虚拟仿真技术培训，提高教师的信息技术应用能力和虚拟仿真教学水平。学校可以定期组织教师参加虚拟仿真技术培训课程和学术交流活动，邀请专家学者进行讲座和指导，帮助教师掌握虚拟仿真软件的使用方法、教学设计技巧和教学评价方法。鼓励教师开展基于虚拟仿真技术的教学研究和教学改革实践，探索创新教学模式和教学方法，提高教学质量。同时，建立激励机制，对在虚拟仿真教学中表现突出的教师给予奖励和表彰，激发教师参与虚拟仿真教学改革的积极性和主动性。^[8]

五、结论

将虚拟仿真技术应用于建筑工程力学课程教学，构建创新教学模式，是适应时代发展和教育教学改革的必然趋势。通过分析传统教学模式的局限性和虚拟仿真技术在教学中的优势，从理论教学、实践教学、考核评价等多个方面提出了创新教学模式的具体策略，并阐述了实施该教学模式的保障措施。^[9]基于虚拟仿真技术的创新教学模式能够有效解决传统教学中存在的问题，提高教学质量，激发学生学习兴趣，培养学生的实践能力和创新思维。然而，该教学模式的推广和应用仍面临一些挑战，如硬件设施建设成本高、软件资源开发难度大、教师培训任务重等。^[10]未来，需要进一步加大投入，加强研究与实践，不断完善基于虚拟仿真技术的建筑工程力学课程创新教学模式，为培养高素质的建筑工程专业人才提供有力支持。

参考文献

- [1] 武彦生,程永伟,高雄,等. BIM虚拟仿真系统在市政工程技术专业教学中的应用探讨[J]. 昆明冶金高等专科学校学报, 2016, 32(1): 59-62.
- [2] 张蕊,邱燕. 基于虚拟仿真实训系统的教学改革研究[J]. 现代计算机, 2020, (29): 77-81.
- [3] 刘晓敏. 基于虚拟仿真技术的专业群实训体系构建研究——以建筑钢结构工程技术专业群为例[J]. 黄冈职业技术学院学报, 2024, 26(03): 19-23.
- [4] 杨毅哲. 基于虚拟仿真技术的装配式建筑教学改革研究——以许昌学院土木工程学院为例[J]. 房地产世界, 2023, (16): 82-84.
- [5] 朱新圆. “建筑力学”课程混合式教学模式的教学实施方案研究[J]. 科技风, 2022, (19): 130-132. DOI: 10.19392/j.cnki.1671-7341.202219044.
- [6] 季维英,楚焱芳. 工程力学[M]. 化学工业出版社: 202202.188.
- [7] 倪晓燕,龚鹏,杨梅,等. “对分课堂”教学模式在高职《建筑力学》课程中的应用[J]. 菏泽学院学报, 2022, 44(02): 122-125. DOI: 10.16393/j.cnki.37-1436/z.2022.02.014.
- [8] 何伟. 建筑金属材料工程力学行为及其微观过程分析[J]. 居舍, 2024, (30): 32-34.
- [9] 陈廷. 关于建筑工程类专业工程力学教学改革模式的思考[J]. 现代职业教育, 2021, (17): 224-225.
- [10] 肖琼霞,胡先祥,肖明. “1+X”证书制度中培训评价组织与院校共同促进“课证融通”路径探索——以建筑工程识图职业技能证书为例[J]. 绿色科技, 2020, (23): 224-225+228. DOI: 10.16663/j.cnki.lskj.2020.23.090.

地域文化在现代建筑方案设计与施工图设计中的融合与表达

徐洪伟

身份证号: 441821199407260031

DOI:10.61369/UAID.2025010030

摘要： 本文探讨地域文化在现代建筑中的应用。阐述地域文化物质与非物质层面要素，分析全球化下建筑趋同问题及解决办法，包括融入地域文化符号、利用数字化手段转译文化符号、研究传统材料改性工艺等，强调多学科协同及人工智能应用的重要性。

关键词： 地域文化；现代建筑；文化融合

The Integration and Expression of Regional Culture in Modern Architectural Scheme Design and Construction Drawing Design

Xu Hongwei

ID:441821199407260031

Abstract： This paper explores the application of regional culture in modern architecture. This paper expounds the material and intangible elements of regional culture, analyzes the problem of architectural convergence under globalization and its solutions, including integrating regional cultural symbols, translating cultural symbols through digital means, and studying the modification techniques of traditional materials, and emphasizes the importance of multi-disciplinary collaboration and the application of artificial intelligence.

Keywords： regional culture; modern architecture; cultural integration

引言

地域文化与建筑紧密相连，其包含物质文化与非物质文化要素。在全球化背景下，建筑趋同现象严重，地域特色和文化多样性面临挑战。2019年发布的《关于促进文化和科技深度融合的指导意见》强调了科技对文化传承与创新的重要性。在此背景下，地域文化符号系统与 BIM 技术、参数化设计等现代建筑方法结合意义重大。同时，研究传统材料改性工艺、预制构件标准化设计、施工图标注标准以及施工文化还原度评估方法等，对地域文化在建筑全流程的融合表达至关重要，需探索人工智能应用及跨学科协同设计机制以更好地推动地域文化在现代建筑中的融合。

一、地域文化在现代建筑中的理论基础

（一）地域文化的构成要素解析

地域文化包含物质文化与非物质文化两个维度的构成要素。物质文化方面，传统建筑形制是重要体现，不同地域有着独特的建筑风格、布局 and 结构形式，如徽派建筑的马头墙、四合院的围合式布局等^[1]。本土材料的使用也反映地域特色，当地的石材、木材等因其地域属性赋予建筑独特质感。非物质文化中，民俗信仰影响建筑的功能和象征意义，例如一些宗教建筑的特殊设计。生活习俗同样不可忽视，它决定了建筑空间的使用方式和人们对建筑的需求，像南方的骑楼建筑适应了当地炎热多雨的气候以及

人们的商业活动和生活习惯^[1]。结合建筑人类学理论，通过对这些要素的研究，能更好地理解地域文化与建筑的紧密联系。

（二）现代建筑的文化融合需求

在全球化背景下，建筑趋同现象愈发明显。各地的建筑在形式、功能和材料使用上逐渐趋于相似，这导致了地域特色的丧失和文化多样性的减少^[2]。现代建筑需要融入地域文化来打破这种趋同，塑造独特的建筑身份。地域文化符号系统承载着当地的历史、传统和价值观，将其与 BIM 技术、参数化设计等现代建筑方法相结合具有重要意义。BIM 技术能够高效地整合建筑信息，参数化设计则提供了灵活的设计手段。通过这种结合，可以更精准地将地域文化元素融入建筑设计中，使现代建筑既符合当代的功

能需求和技术标准，又能展现地域文化的魅力，在全球化的浪潮中保持文化的独特性。

二、方案设计阶段的文化转译策略

（一）文化符号的抽象化表达

传统纹样和空间序列作为地域文化的重要符号，在现代建筑设计中可通过数字化手段进行抽象化表达。以 Grasshopper 参数化工具为例，它为文化意象的生成提供了新的途径^[3]。对于传统纹样，可利用该工具对其几何特征进行提取和分析，将复杂的纹样简化为基本的几何元素和数学逻辑关系，进而生成可用于建筑表皮或装饰构件的抽象图案。在空间序列方面，通过 Grasshopper 对空间的尺度、比例、层次等参数进行设定和调整，模拟传统空间序列的节奏和韵律，实现从文化符号到建筑空间的抽象化转译，使地域文化在现代建筑中以一种新的形式得以呈现。

（二）空间叙事与场所精神营造

在方案设计阶段，基于现象学理论，文化转译可从空间叙事与场所精神营造着手。对于院落布局，可在现代综合体设计中提取其围合、层次等空间特质，以新的材料和形式进行重构，营造出兼具传统韵味又符合现代功能需求的空间体验，如以玻璃和钢材重构院落边界，赋予其通透感与现代感，同时保留其空间层次与领域感^[4]。在轴线关系方面，可强化其引导性和序列感，将传统的对称、主次轴线以现代设计手法融入建筑布局 and 交通流线中，通过空间的起承转合来讲述地域文化故事，使人们在空间中能感受到强烈的场所精神和文化归属感。

三、施工图设计中的技术实现路径

（一）传统材料的现代建构

1. 本土材料性能提升技术

研究夯土、竹木等传统材料的现代改性工艺对于提升本土材料性能至关重要。对于夯土材料，可通过添加稳定剂、纤维等成分来提高其强度和耐久性^[5]。同时，利用现代压实技术确保夯土结构的均匀性和密实度。对于竹木材料，采用防腐、防虫处理技术延长其使用寿命。在装配式建筑体系中，需深入分析这些传统材料的节点构造解决方案。例如，对于夯土预制构件，设计合理的连接节点，确保结构整体性。对于竹木构件，采用榫卯等传统连接方式并结合现代金属连接件，提高节点的稳定性和可靠性，使其更好地适应现代建筑的需求。

2. 文化符号的工业化生产

预制构件中传统装饰元素的标准化设计方法是实现文化符号工业化生产的关键。通过对传统装饰元素进行分析、归纳和提炼，确定其基本形式和特征，制定标准化的设计规范和参数。同时，建立参数化模型与 CNC 加工的技术对接体系，将设计参数转化为加工指令，实现传统装饰元素的精确加工和批量生产。这种技术实现路径不仅提高了生产效率和质量，还能够保证传统装饰

元素在现代建筑中的准确表达和传承。此外，还可以结合数字化技术，对传统装饰元素进行创新设计和优化，使其更好地适应现代建筑的功能和审美需求^[6]。

（二）文化表达的质量控制

1. 施工图文化要素标注系统

在施工图设计中，构建包含文化属性参数的 BIM 模型标注标准至关重要。这一标准需明确文化要素在模型中的表示方式，确保其准确性和完整性。通过合理设定参数，能够对地域文化特征进行量化和分类标注，为后续施工提供清晰的指导。同时，制定施工图文化表达专项审查要点也是关键环节。该要点应涵盖文化元素的合规性、协调性以及与设计理念的一致性等方面的审查内容，以保证文化表达的质量。借助这些措施，能够建立有效的施工图文化要素标注系统，促进地域文化在现代建筑施工图设计中的准确表达和高质量呈现，从而实现地域文化与建筑设计的深度融合^[7]。

2. 现场施工的文化还原度评估

建立基于三维扫描技术的建成效果比对方法是评估现场施工文化还原度的关键。通过三维扫描获取建成建筑的精确数据，与设计模型进行比对，能够直观地发现偏差。同时，制定文化表达完成度的量化评价指标至关重要。这些指标应涵盖文化元素的呈现准确性、比例协调性、材质质感匹配度等多个方面^[8]。对文化元素呈现准确性的评估，可检查其形状、图案是否符合设计初衷。比例协调性方面，需确保各文化元素之间以及与整体建筑的比例关系正确。材质质感匹配度则要考察实际使用材料是否能体现出设计所期望的文化内涵。通过这些方法和指标，实现对现场施工文化还原度的有效评估和质量控制。

四、实践案例分析

（一）文化地标建筑项目

1. 方案设计中的原型提取

在某博物院项目中，原型提取聚焦于传统斗拱形制。通过对传统斗拱的深入研究，剖析其结构与形式特点，以此为基础进行参数化转译。首先确定关键参数，如斗拱的尺寸比例、构件连接方式等，将其转化为可调节的参数变量。然后利用遗传算法进行形式优化，设定适应度函数以评估不同参数组合下的形式表现，通过不断迭代进化，筛选出符合设计目标的最优解。这一过程不仅实现了对传统斗拱形制的创新性转化，还使建筑在保留地域文化特色的同时，符合现代建筑的功能与审美需求^[9]。

2. 施工阶段的文化冲突解决

在文化地标建筑项目施工阶段，文化冲突解决至关重要。对于传统营造技艺与钢结构体系的技术协调，需深入研究两者特点。传统技艺承载地域文化内涵，但可能与现代钢结构体系在施工工艺、材料性能等方面存在差异。应通过科学分析，找到结合点，例如在节点处理上，借鉴传统技艺的构造方式并与钢结构的连接要求相融合^[10]。在文化表达与施工规范平衡方面，既要确保文化元素得以准确呈现，又要符合施工安全、质量等规范。这需

要设计师与施工团队密切沟通,对文化表达的关键部位进行合理调整,使其在满足规范的同时,不失文化韵味。

（二）地域性住宅小区

1. 院落空间的现代重构

以某地域性住宅小区为例,其在院落空间的现代重构上进行了积极探索。在高层住宅中,垂直院落体系的组织逻辑围绕着功能分区与居民生活流线展开。通过合理设置不同功能的院落空间,如休闲、绿化等,满足居民多样化需求。同时,针对传统空间尺度与现代日照规范的适配问题,采用了创新方法。一方面,依据日照分析调整院落的位置与尺度,确保每户都能获得充足日照。另一方面,利用现代建筑技术与材料,在满足规范的前提下,尽可能保留传统空间尺度的韵味,如采用通透的玻璃材质增加空间感,使院落空间既符合现代生活要求,又传承地域文化特色。

2. 本土材料施工组织

在地域性住宅小区本土材料施工组织中,以火山岩外墙施工为例。材料检测方面,需严格检测火山岩的抗压强度、吸水率等关键指标,确保其符合建筑外墙使用标准。工艺工法创新上,采用先进的切割技术保证火山岩板材尺寸精准,同时优化拼接工艺,提高外墙整体美观度与稳定性。在质量管控要点中,建立严格的施工流程规范,对每一道工序进行质量检验,如粘贴工序需检查粘结剂涂抹是否均匀、牢固。加强施工人员培训,使其熟练掌握火山岩施工技术要点,保障施工质量,实现地域文化在建筑材料施工中的有效融合与表达。

（三）文旅商业综合体

1. 文化 IP 的建筑转译

在文旅商业综合体中,文化 IP 的建筑转译至关重要。对于非遗展示与商业动线的结合,需精心规划。以某案例为例,将非遗展示区域巧妙融入商业动线的关键节点,使游客在购物过程中自然地接触到非遗文化。通过合理的空间布局,如设置专门的展示

廊道或小型展厅,既不影响商业的流畅性,又能突出非遗的独特魅力。

在传统市集空间的转译方面,借鉴传统市集的布局特点和空间氛围。例如,采用开放式的街区形式,营造出热闹、亲民的购物环境。同时,在建筑细节上保留传统市集的元素,如独特的屋顶形式、木质的摊位构造等,经过现代的设计手法进行简化和优化,使其符合现代商业的功能需求和审美标准,实现传统与现代的完美融合。

2. 施工全过程文化协同

在文旅商业综合体项目中,设计团队与非遗传承人建立了紧密的协同工作机制。从方案设计阶段,非遗传承人就参与其中,提供地域文化的核心元素和传统技艺的专业知识。例如在建筑装饰部分,传承人的手工技艺被融入设计,确保文化特色得以准确呈现。进入施工图设计和施工阶段,构建了文化监督体系。一方面,设计团队定期与传承人沟通,对照方案检查文化元素的落实情况;另一方面,传承人到施工现场进行指导,对施工工艺提出符合文化内涵的要求,确保从方案到施工全过程的文化协同,使地域文化在文旅商业综合体中得到完美融合与表达。

五、总结

地域文化在现代建筑设计中具有重要意义。需系统化融合地域文化要素于建筑全流程,从方案到施工图设计都应充分考量。然而,当前数字建造技术在传统文化表达上存在局限,无法充分展现地域文化的丰富内涵。基于此,可探索人工智能在文化基因识别与创新应用方面的研究,借助其强大的数据分析能力挖掘地域文化基因,并实现创新表达。同时,建立跨学科协同设计机制至关重要,集合建筑学、文化学、计算机科学等多学科力量,打破学科壁垒,综合各方优势,共同推动地域文化在现代建筑设计中更好地融合与表达,创造出具有地域文化特色的现代建筑作品。

参考文献

- [1] 李文星. 医疗建筑规划与设计中的地域文化表达研究 [D]. 湖南大学, 2015.
- [2] 鞠海涛. 保定地域文化及其在园林景观中的表达研究 [D]. 河北农业大学, 2014.
- [3] 高秘莲. 基于地域文化探讨传统建筑对现代建筑的影响——以景德镇为例 [D]. 景德镇陶瓷大学, 2023.
- [4] 郑伟超. 南阳地域文化在滨河公园设计中的融合与应用 [D]. 河南大学, 2018.
- [5] 唐瑶, 贾尚宏. 地域文化在现代城市建筑设计中的表达 [J]. 四川建筑, 2011, 31(2):3.
- [6] 陈丽雪. 地域文化与现代建筑设计 [J]. 建筑工程技术与设计, 2018(35):1018.
- [7] 张腾. 地域文化与现代建筑设计 [J]. 建筑工程技术与设计, 2018(35):1168.
- [8] 翁泽华, 缪菁. 现代建筑与地域文化的融合——以贝聿铭建筑作品为例 [J]. 美术教育研究, 2021(15):86-87.
- [9] 姬俊燕. 现代建筑地域文化的传承与创新 [J]. 建筑工程技术与设计, 2016(25):22.
- [10] 王暑丰. 现代城市建筑设计中的地域文化精神 [J]. 住宅与房地产, 2017(15):207.

历史建筑结构改造中的节点设计与力学性能分析

黄秀红

身份证号: 441502199412103166

DOI:10.61369/UAID.2025010031

摘要： 本文围绕历史建筑结构改造的节点设计与力学性能分析展开。阐述了不同时期建筑材料性能特征，介绍了多种结构的力学传递方式及节点设计要点，强调融合传统与现代理论，还提及研究手段、变形协调机理、抗震性能评估等内容，最后指出研究成果与不足以及未来方向。

关键词： 历史建筑；结构改造；节点设计

Node Design and Mechanical Property Analysis in the Structural Renovation of Historical Buildings

Huang Xiuhong

ID: 441502199412103166

Abstract： This paper focuses on the node design and mechanical performance analysis of the structural renovation of historical buildings. The performance characteristics of building materials in different periods were expounded. The mechanical transfer modes of various structures and the key points of node design were introduced. The integration of traditional and modern theories was emphasized. Research methods, deformation coordination mechanisms, seismic performance evaluation and other contents were also mentioned. Finally, the research results and deficiencies as well as the future directions were pointed out.

Keywords： historical buildings; structural transformation; node design

引言

历史建筑作为文化遗产的重要组成部分，其结构改造涉及多方面的研究。2017年发布的《中国文物保护准则》强调了历史建筑保护的科学性和真实性原则。明清至民国时期不同材料结构的建筑，在材料性能上存在诸多问题，如木材腐朽、砖石风化、钢材锈蚀等。不同结构的力学传递方式和节点连接特点各异，这些都影响着结构改造中的节点设计和力学性能分析。在改造过程中，需融合传统与现代，考虑材料老化、构造损伤等因素，同时利用足尺试验、数字图像技术等手段研究节点力学性能，以实现历史建筑在结构安全和文化价值保护上的双重目标。

一、历史建筑结构特性解析

（一）历史建筑材料性能特征

明清时期砖木结构的材料性能特征方面，木材随着时间推移，可能出现腐朽、虫蛀等问题，导致其强度和刚度下降。砖石材料可能因风化、侵蚀等因素，产生表面剥落、裂缝等现象，影响其整体性和承载能力^[1]。民国时期钢混结构的材料性能特征表现为，钢材可能因锈蚀而削弱其力学性能，混凝土可能因碳化、氯离子侵蚀等出现强度降低、耐久性变差的情况。对这些历史建筑材料进行研究时，需综合考虑其所处环境、使用历史等因素，以准确分析其退化规律，进而建立合理的本构模型，为后续结构改造中的节点设计和力学性能分析提供基础。

（二）典型节点构造特征

抬梁式木构架通过柱、梁、枋等构件的巧妙组合实现力学传

递。梁架在柱子上层层叠加，形成稳固的结构体系，将屋面荷载传递至基础。其榫卯节点连接方式不仅增强了结构的整体性，还能适应木材的变形。砖石拱券则依靠拱石之间的挤压传递压力，通过合理的拱券曲线设计，将上部荷载均匀分布到两侧的支撑结构上。拱脚的稳定性对于整个拱券结构至关重要。钢骨混凝土梁柱节点需考虑钢筋的锚固和混凝土的协同工作，确保节点处的力能够有效传递。不同材料的结合方式和力学性能差异是设计的关键因素^[2]。

二、结构改造中的节点设计理论

（一）传统构造与现代设计理论融合

历史建筑结构改造需融合传统构造与现代设计理论。在真实性保护原则下，要考虑现代结构规范要求。对于新旧材料连接节

点,应依据一定准则设计。从传统构造中汲取精华,了解其材料特性与连接方式,同时结合现代设计理论中的力学原理与分析方法^[9]。例如,在节点设计时,需考虑受力的传递路径,确保新旧材料在受力时协同工作。要对节点进行力学性能分析,包括强度、刚度和稳定性等方面,以满足建筑在使用过程中的安全要求。这种融合不仅能保留历史建筑的文化价值,还能提升其结构性能,使其适应现代社会的使用需求。

（二）历史建筑特殊设计参数

历史建筑由于经历了较长时间的使用,材料老化和构造损伤较为常见。在节点设计中,需建立考虑这些因素的节点安全系数调整模型。材料老化可能导致其力学性能下降,如强度降低、韧性变差等,构造损伤则可能影响节点的传力路径和稳定性。因此,要综合评估这些因素对节点安全性的影响,合理调整安全系数。同时,基于可靠度理论制定设计荷载组合方案至关重要。可靠度理论能够考虑荷载的不确定性以及结构的失效概率,从而确保节点在设计使用年限内能够承受预期的荷载作用,保障历史建筑结构改造后的安全性和可靠性^[10]。

三、复杂节点力学性能分析

（一）静力承载特性研究

1. 节点承载力退化规律

足尺试验和数字图像技术是研究节点力学性能的重要手段。对于榫卯节点和钢混组合节点,在循环荷载作用下,其破坏模式会发生演变。这种演变过程体现了节点承载力的退化规律。通过足尺试验,可以直观地观察到节点在不同荷载阶段的变形、损伤情况。数字图像技术则能精确地记录这些变化,为分析节点的力学性能提供详细的数据支持。从试验和图像分析结果中,可以总结出节点在循环荷载下的应力分布变化、裂缝开展情况以及最终的破坏形态,进而揭示节点承载力随荷载循环次数增加而逐渐退化的规律^[11]。

2. 变形协调机理

在历史建筑结构改造中,复杂节点的变形协调机理至关重要。建立考虑材料蠕变和构造滑移的非线性变形计算模型是关键步骤之一。材料蠕变会导致节点随时间产生变形,而构造滑移则影响节点各部分之间的相对位移。通过精确考虑这些因素,能够更准确地模拟节点在实际工况下的变形情况。同时,提出节点刚度折减系数确定方法也具有重要意义。节点刚度会因多种因素而发生变化,确定合理的折减系数可以更好地反映节点的实际力学性能,为结构改造设计提供更可靠的依据,确保历史建筑结构在改造后的安全性和稳定性^[12]。

（二）动力响应分析

1. 抗震性能评估

在复杂节点力学性能分析中,通过动力响应分析可进一步开展抗震性能评估。采用时程分析法对历史建筑节点在罕遇地震下的研究至关重要。该方法能够准确模拟地震波作用过程,分析节点的动力响应特征,如位移、加速度等。在此基础上,重点研究

节点的能量耗散特性,了解其在地震过程中吸收和耗散能量的能力,这对于评估节点的抗震性能具有关键意义。进而,依据相关研究成果建立基于性能的抗震加固阈值标准,为历史建筑结构改造中的节点设计提供科学依据,确保节点在地震作用下能够满足相应的性能要求,保障历史建筑的结构安全^[13]。

2. 疲劳损伤累积

基于雨流计数法构建交通振动荷载谱,以开展改造后节点在长期动力作用下的累积损伤演化研究。通过该方法对荷载历程进行统计分析,获取荷载的幅值和循环次数等关键信息^[14]。利用这些信息,结合合适的疲劳损伤模型,可分析节点在交通振动荷载下的疲劳损伤累积情况。研究过程中需考虑节点的材料特性、几何形状以及连接方式等因素对疲劳损伤的影响。通过对节点疲劳损伤累积的研究,能够为历史建筑结构改造中的节点设计提供重要依据,确保节点在长期使用过程中具有足够的安全性和可靠性。

四、改造工程应用与优化

（一）数值模拟技术应用

1. 精细化有限元建模

开发考虑材料各向异性和接触非线性的节点三维实体单元建模方法对历史建筑结构改造中的节点力学性能分析至关重要。通过精确考虑材料特性和接触条件,能更真实地模拟节点在受力状态下的行为。在建模过程中,需综合考虑材料的各向异性参数,如弹性模量在不同方向上的差异等,以及接触表面的摩擦、贴合等非线性因素。通过合理设置单元类型、边界条件和加载方式,构建符合实际情况的三维实体单元模型。同时,采用合适的收敛准则对模型进行验证,确保计算结果的准确性和可靠性,为后续的力学性能分析提供坚实基础^[15]。

2. 多目标参数优化

在历史建筑结构改造工程中,数值模拟技术发挥着关键作用。采用响应面法,能够建立节点几何参数与力学性能之间的映射关系^[16]。通过这种方法,可以精准地分析不同几何参数对节点力学性能的影响。基于此映射关系,进一步实现加固方案的多目标优化设计。在优化过程中,综合考虑多个目标,如力学性能的提升、材料的合理利用以及成本的控制等。以力学性能为例,通过调整节点几何参数,使其在承受荷载时能够更好地满足结构安全要求。同时,合理优化材料使用,避免浪费,降低成本。这种多目标优化设计方法为历史建筑结构改造提供了科学、合理的加固方案,确保改造后的建筑既满足安全要求,又具有良好的经济性。

（二）加固技术创新

1. 新型复合加固体系

研发碳纤维-形状记忆合金协同加固技术,该技术结合了碳纤维的高强度和形状记忆合金的独特性能。碳纤维具有轻质、高强度、耐腐蚀等优点,能有效提高结构的承载能力。形状记忆合金则具有形状记忆效应和超弹性,可在结构变形时提供额外的恢复

力。通过对比试验验证加固效果，试验设置了未加固对照组以及不同加固比例和方式的实验组。结果表明，碳纤维 - 形状记忆合金协同加固技术在提高结构极限承载能力、改善结构变形性能等方面效果显著，相比单一加固材料具有明显优势，为历史建筑结构改造提供了一种创新的加固方法。

2. 可逆性改造工艺

在历史建筑结构改造中，基于 BIM 技术的模块化加固节点设计方案具有重要意义。该方案通过 BIM 技术的精确建模与分析能力，对加固节点进行细致设计。其模块化的特点使得节点在安装和拆卸过程中更为便捷，有效实现了改造工程的可逆性。同时，借助 BIM 的信息集成优势，能够实时监测节点的力学性能以及整个改造工程的相关数据。这种可监测性为工程的质量控制和后续维护提供了有力支持，确保改造后的历史建筑结构安全可靠，在满足保护历史建筑原有风貌的前提下，提升其结构性能，适应现代使用需求。

（三）安全评估体系构建

1. 全寿命周期可靠性评估

建立考虑材料退化随机过程的节点可靠度计算模型是全寿命周期可靠性评估的关键。需综合考虑材料性能随时间的变化规律，采用合适的概率分布函数描述材料退化过程。在此基础上，通过力学分析和结构可靠性理论，构建节点可靠度计算模型。同时，制定分级预警指标体系对于及时发现潜在安全隐患至关重要。依据节点可靠度的计算结果，结合工程实际需求和安全标准，设定不同等级的预警阈值。当节点可靠度指标低于相应阈值时，发出预警信号，以便采取相应的维护和加固措施，确保历史

建筑结构改造后的安全性和可靠性。

2. 安全冗余度控制策略

在历史建筑结构改造中，基于风险平衡理论至关重要。首先需明确改造成本与安全储备之间的关系，通过建立优化模型来量化这种关系。该模型要综合考虑建筑结构的特点、改造的目标以及可能面临的风险因素。在构建过程中，准确评估各项成本，包括材料、人工、技术投入等，同时确定合理的安全储备指标。根据模型分析结果，提出经济合理的冗余度配置方案。冗余度的设置要既能满足安全要求，又能避免过度浪费资源。这需要对建筑的关键部位和薄弱环节有清晰的认识，确保冗余度在这些部位的合理分配，从而在保障安全的前提下，实现改造成本的有效控制。

五、总结

历史建筑结构改造中的节点设计与力学性能分析是一个复杂且关键的领域。通过对相关研究的梳理，明确了在节点改造方面取得的关键技术突破，包括对传统工艺的创新以及现代技术的合理应用，这为历史建筑的保护与改造提供了技术支撑。然而，当前研究仍存在一些不足，如长期性能监测的不完善以及智能加固技术的发展滞后等。随着科技的不断进步，数字孪生技术为历史建筑的全寿命周期管理带来了新的机遇与方向。未来可借助该技术实现对历史建筑结构改造的精准模拟、实时监测和优化决策，从而更好地保护历史建筑的结构安全和文化价值。

参考文献

- [1] 孙天照. 苏州历史建筑结构加固改造评价体系研究 [D]. 内蒙古科技大学, 2023.
- [2] 刘聪颖. 装配式钢结构梁柱节点设计与力学性能分析 [D]. 湘潭大学, 2019.
- [3] 张群航. 沈阳历史文化街区建筑改造的设计与研究 [D]. 沈阳理工大学, 2023.
- [4] 李婕君. 城市景观大道节点设计 [J]. 城市建设理论研究, 2014, 000(015):1-6.
- [5] 肖锐. BIM 技术在历史建筑改造设计流程中的应用 [D]. 华中科技大学, 2015.
- [6] 潘杰. 历史建筑的结构加固与改造施工技术 [J]. 建筑施工, 2013, 35(7):2.
- [7] 郑玥. 历史建筑在新型城镇化进程中保护利用价值研究 [J]. 甘肃科技纵横, 2015, 44(2):3.
- [8] 秦锦蓉. 基于结构设计的民用建筑加固改造 [J]. 城市建设理论研究: 电子版, 2011, 000(018):1-4.
- [9] 孙金坤, 李晓明, 冯云平, 等. 攀枝花某学校食堂综合加固改造设计 [J]. 工业建筑, 2011(S1):4.
- [10] 万迎春. 钢结构构件设计及节点设计分析 [J]. 科学技术创新, 2010(14):226-226.

建筑装饰装饰施工工程的质量管理研究探索

程国芳

广东世纪达建设集团有限公司广州分公司，广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2025010034

摘要： 本研究聚焦于建筑装饰装饰施工工程的质量管理关键环节与方法。通过对装饰工程特点的分析，探讨了建筑幕墙，墙面、吊顶、地面等核心分项的质量控制要点。研究进一步提出质量管理的系统化措施，强调科学制定质量标准与规范、严格管控施工材料质量、精细化施工流程管理对保障整体工程质量与客户满意度的重要性。旨在为提升装饰工程质量管理水平提供理论参考与实践路径。

关键词： 建筑幕墙；装修装饰工程施工；质量管理

Exploration of Quality Management in Building Decoration and Construction Projects

Cheng Guofang

Guangdong Century Construction Group Co., Ltd. Guangzhou Branch, Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： This study focuses on the key links and methods of quality management in construction and decoration projects. By analyzing the characteristics of decoration engineering, the quality control points of core sub items such as building curtain walls, walls, ceilings, and floors were discussed. Further research proposes systematic measures for quality management, emphasizing the importance of scientifically formulating quality standards and specifications, strictly controlling the quality of construction materials, and refining construction process management to ensure overall project quality and customer satisfaction. Intended to provide theoretical reference and practical path for improving the quality management level of decoration engineering.

Keywords： building curtain wall; construction of decoration and renovation projects; quality assurance

前言

伴随社会经济发展和居住环境需求不断提高，建筑装饰装饰工程已变成现代建筑不可或缺的关键组成部分，装饰工程的质量直接关系到建筑物的使用功能、安全性能、环境美观以及客户的体验，跟主体结构工程相比，装饰工程具备工艺复杂且多样、涉及材料种类众多繁杂、多专业交叉联合作业、验收标准偏重外观观感的特点，其质量管理面临更多无法确定的因素。在实际推进施工工作期间，施工质量存在的隐患易引起后期维护成本提高，甚至会影响到建筑使用时的安全性与耐久性，搜寻并设立科学、规范、高效的装饰装修施工质量审核体系，对实现工程价值、提升行业综合水平、保障用户权益具有重要实际意义。

一、建筑装饰装修的含义

所谓建筑装饰装修即指，依托建筑物的外部主体及内部空间结构，采用标准技术，结合不同材质完成美化施工，让建筑物内外环境既能满足现代需求，又能契合本土文化要求，实施特定建筑物的装饰装修工程阶段，涵盖多样化组成部分，建筑使用空间的相关配置、门窗闭合件、地面终饰、墙体饰面及顶部装饰等，装饰装修施工应结合建筑风格特点及使用功能进行^[1]。施工团队需按照不同作业面采用有效工艺手段，装饰装修领域普遍将工程

划分为外部与内部两个范畴，外装修作业重点针对建筑主体及承重结构部分实施；内部装修主要针对建筑物室内区域开展施工活动，对内部区域实施装点美化，增强使用功能。

二、建筑装饰装修工程特点

1. 伴随生活水准的稳步提高，消费者对建筑幕墙及室内装饰的需求层次不断攀升，日益重视装修设计的视觉表现力，致使大量装潢企业在建设阶段，过分重视装饰装修的外观效果，却在

质量管控环节出现松懈,会显著增加安全事故发生概率及质量缺陷。要求施工人员专业技术过硬且综合素养良好,从而推动装修作业有条不紊地开展,装修成果的优劣直接反映施工人员的专业技能和综合素养,实施施工人员筛选工作时,宜优先考虑专业素质优异且综合能力全面的人选,从而更契合建筑装饰施工的技术要求,由此为提升装饰装修质量提供有效助力^[2]。

2.装修作业阶段受不同条件限制,安全风险系数较高,处理此类场景时,有关部门颁布了具有约束力的法律条文,对施工过程实施管控与督查,切实减少施工安全事故的频次,装饰装修工程推进阶段,当按照既定法规及制度实施,保证各施工环节既遵守规范又具备风险应对能力,可大幅削减施工阶段的质量偏差。

三、建筑装修装饰施工工程质量控制要点

(一)建筑幕墙施工质量控制

实现幕墙施工的良好管控,关键在于抓住全程的核心工序,节点构造施工质量对系统整体性有影响,预埋件连接的牢固状况、伸缩缝变形的缓冲能力和收口施工的精细水平都需满足技术规范;品质把控是基础,要使型材力学性能、玻璃的均质状况和胶粘剂的耐久性能与设计参数契合。安装精度不足会明显降低幕墙功能的发挥,必须严格控制单元板块位置偏差,使相邻面板平齐且一致,限制整体立面变形大小,要实现建筑良好的气密和水密性能,密封系统质量必须保证,耐候胶施打要契合环境状况,胶缝尺寸、接缝处理和粘接效果都应符合技术规范。

(二)墙面装饰质量控制

针对建筑墙体的装饰工程施工阶段,需完成抹灰层处理、涂装作业及软包铺设等工作,应加大质量把控强度,贴合业主对装修效果的愿景,抹灰作业实施阶段,操作人员须事先对施工部位进行彻底清理,做好基层清洁及细部处理工作,做好作业面整体平整度保障,预防施工中墙面产生明显起伏缺陷,若墙面平整度未达到技术指标,及时采取整改,保障粉刷与软包施工的质量前提^[3]。

分步骤实施基层放线、防水、砂浆平整、铺贴与缝隙处理工作,完成墙面砖铺贴作业后,必须对抹灰和瓷砖铺贴的细部工艺加强把控,投入实际操作阶段,按照设计方案筛选施工用料,采用水泥砂浆的配比组分作为核心建材,落实专人管理制度执行材料质检复试,保障施工材料的品质达到技术要求。墙体垂直度及方正度的检测数值,实施内墙铺贴工程期间,统一采用3mm数值,墙面抹灰采取分层涂布方法实施操作,为优化抹灰工艺成效,控制空鼓等施工缺陷,严格把握抹灰厚度及时间参数,实施抹灰前,做好界面剂的基础处理工序,预防多种材料交接处形成开裂缺陷,实施网格布铺设,既保障了抹灰的整体连续性,可显著提升墙体的牢固水平。

(三)吊顶装饰质量控制

吊顶施工属于装修工程的核心技术环节,吊顶施工需应对多样化技术挑战,由弹线定位、龙骨排布、面板固定等关键工序构成,当吊顶作业按计划开展期间,施工前阶段,应精准核实房间

净高数值,结合施工需求匹配相关建材,施工采用的主龙骨,厚度要求 ≥ 0.5 毫米;施工中选用的吊杆,直径需以8mm为下限。施工中采用材料前,应当开展质检工作,未满足标准的工程材料禁止进入施工环节,所有材料在应用前均需进行防火防锈处理,增强材料综合性能,吊杆固定施工阶段,预先掌握龙骨分档线的空间分布,1000mm作为吊杆间距控制基准,按施工实情,动态调节吊杆数量。

(四)地面装饰质量控制

进行地面装饰施工质量管理阶段,需统筹安排以下相关工作:1.正式动工前,编制合理且全面的施工方案,方案编制阶段,需规范表述所采用的施工材料、人力配置、器械准备及操作程序等内容,工程实施阶段易产生施工面交叉重叠的情形,需在方案中清晰界定不同施工阶段的衔接要求,实现各施工步骤有序衔接。2.实施正式施工前,调度人力实施基层处理操作,清理基层残留的各类灰尘与油污物质,观察到龟裂及不平整位置,须迅速进行修复施工,杜绝对后期施工造成阻碍,基层处理是否合乎标准,对地面施工效果和舒适体验有显著影响^[4]。3.地面装饰材料的筛选,既要满足地面使用需求,又要符合装饰要求,采用瓷砖及木地板等类型。材料入库前由专职检验团队完成质量筛查,若材料质量不达标,迅速采取行动。4.需依据预先制定的施工方案和工艺流程规范开展各阶段施工,施工者必须具备专业的业务水平与综合素养,规范现场作业动作,减少施工过程中的质量缺陷,施工流程终结后,检测地面强度、平整度及防滑性等关键参数,按照技术规范开展竣工核验,防止地面出现污损或破坏,作业收尾阶段落实防护手段,实施地面薄膜防护措施。

四、建筑装修装饰施工工程质量管理措施

(一)制定质量标准与规范

在建筑装修工程的质量监督工作里,需设置切实有效的质量管理标准与规程,实施相关质量标准与规范的过程中,可采取以下实施路径:

1.在既定的质量标准规范里,规范工程验收程序、施工工艺实施及材料选用标准,施工相关事项应力求实现标准化与规范化统一,保证施工全过程按标准规范实施,工人依照既定标准开展施工,减少工艺标准偏离情形,杜绝采用质量不达标的建材,引发工程水准降低。

2.基于既定的质量标准及规范,确定施工各阶段的具体分工与实施路径,采用标准化文件界定工作范围,每位工作者都掌握分管业务范畴,并基于标准体系落实作业,采用该模式后,作业速率与施工品质实现双重进步。

3.拟定的工程质量标准及规范,作为工程品质评鉴的参照佐证,实施可靠考核,实时监测并修正施工中的质量偏差,让各类工程实施匹配客户标准,确立质量标准及相关规范须严格把控,有效联合工程技术专家、行业协会代表及相关合作方,成立标准审核小组,委员会主要肩负,厘清标准起草与审验的程序。结合项目的实际诉求与既定目标,搭建标准的逻辑体系及主要内容,

涉及产品规格参数、服务质量评价体系与技术实施规范等，面向社会公布标准初稿，全面获取用户反馈，与关联方开展建设性会谈，增强标准规范的可操作性，保证标准规范的实际可行性，依托当前基础，完成标准要求的最终评审与修正，编制完成标准终稿，执行正式文档的公开普及行动，辅助施工各步骤规范开展^[5]。

（二）加强施工材料管理

施工材料管理直接影响装修工程的整体质量，装修效果的优劣与建材质量直接挂钩，做好施工材料管理把控，使每个施工阶段采用的材料符合既定标准，施工材料管理需把握以下核心内容：

1. 相关人员根据工程设计要求、进度表及成本核算等数据，提前把材料需求计划安排妥当，明确计划中施工材料的类型、数量、规格及质量要求，有利于材料采购的顺利实施，应扎实做好市场调查分析，对不同供应商的材料报价及品质进行横向比较，分析供应商供应水平，依托上述条件，筛选符合质量标准且口碑优良的供应商，跟供应商达成长期互信的合作约定，从而保证材料供应及时且不间断。

2. 材料管理工作开展阶段，优化材料存放与守护，物资的仓储管理事宜，依照物料特性、规格参数及作业标准进行，需防范燃烧爆炸及化学侵蚀的工程材料，采取分门别类保管形式，且实施必要的安全保护，减少对其他材料的潜在危害，必须分批次完成材料的定期清点与核查，维持材料质量可靠性的同时，做到材料数量零误差，必须不折不扣地落实仓库安全管理要求，诸如配置监控摄像头，不间断跟踪库房存货状态，切实防止物料发生损坏及被盗现象。

3. 按照施工图纸规定及规范要求采用建筑材料，预防施工材料的浪费损耗，实施定额领料管理机制，把控材料申领的规模及间隔，限制材料非必要消耗，须做好剩余材料的回收及重复利用工作，优化材料利用水平，节省施工经费，实施材料全流程监管体系，对材料采购运输及使用进行全周期管理，若施工进度遇到阻碍，及时追溯问题源头，厘清责任对象，采用科学调整方式，基于该管理背景，进而推动施工主体责任意识强化。

（三）强化施工流程管理

施工工序的合理性关乎装饰工程质量，要集中精力做好施工流程监管，按施工流程分步推进工作，减少施工阶段的质量缺陷数量，实施施工全流程管理，需做好以下基础工作：

1. 正式动工前，参照施工环境、设计标准及项目特性等要求，拟定合理可行的施工进度安排，规划需列明各阶段施工时限、核心工作内容及工艺流程，按节点开展施工流程的质量评估及优化，排查既有不足，结合各阶段进度与具体实施状态，修订施工流程，促进施工流程计划顺利实施，将装饰工程划分为建筑幕墙施工，水电改造、木作、泥瓦等施工阶段，对各阶段配置相应的具体任务及预期目标，依托这一前提，对施工任务、人员及材料资源进行统筹安排，使各阶段施工均获得充分资源保障，从而夯实施工质量基础。

2. 制定阶段施工计划，在施工进度计划中明确标注各阶段的截止时间及关键控制点，以预防工期拖延和质量缺陷为目标，按计划执行进度评审，对计划施工进度与实际进展的差距进行研判，提出修正对策，某项施工作业完结后，及时完成质量核验，保障工程与国家规范相一致，若核查不达标，应及时组织整改实施，杜绝问题影响进一步扩散，修正措施实施后，开展整改后复查，待验收达标且所有缺陷整改到位，推进下一工序施工^[6]。

3. 实施施工流程管控阶段，恰当采用 BIM 这类数字化技术，运用此类技术实现施工流程的动态监管与实时跟踪，采用数字工具，减少人工依赖，减少施工监管环节的人员投入，剩余管理资源可倾斜至其他作业阶段，采用 BIM 技术实现工程项目的数字化展示，预判工程潜在缺陷，制定预防对策，消除施工阶段各类问题对工程实施和质量达成的干扰，采用数字技术支撑，可促进管理流程高效化，实现管理升级。

五、结语

建筑装修装饰工程的质量监督是一项关乎多因素、全流程的系统性事务，明确建筑幕墙，墙面、吊顶、地面等关键分项工程质量控制要点，这是基础保障，构建科学合理且有效的质量管理体系，重点在于：形成明确、管用、可实施的质量标准与规范，为施工给出明确的参照；严格管控材料进场验收、储存及使用的各个环节，杜绝劣质材料混入；切实强化对施工流程的精细与标准化管理，让每个工序环节的质量始终受控，只有将质量意识贯穿于工程管理的整个阶段，实施各项管理办法，才能切实提高装饰装修工程的最终质量跟品质，提升客户满意度水平，促进该行业实现规范化、高质量的发展。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.

国土空间规划背景下的城乡规划与工程建设 管理协同研究

李莹

武胜县自然资源和规划局不动产登记中心, 四川 武胜 638400

DOI:10.61369/UAID.2025010003

摘要： 国土空间规划体系改革背景下，城乡规划与工程建设管理的协同机制研究聚焦于破解传统规划冲突与实施低效问题。通过构建“目标-数据-行动”三维协同框架，提出跨部门组织重构、全生命周期流程整合及BIM/GIS技术融合路径，创新性实现规划编制、审批、监测的动态适应性治理。研究表明，协同机制可优化空间资源配置效率，降低规划实施成本，为国土空间治理现代化提供理论支撑与实践范式，助力“双碳”目标与高质量发展战略落地。

关键词： 国土空间规划；协同机制；空间治理现代化

Collaborative Research On Urban-Rural Planning And Engineering Construction Management Under The Background Of National Spatial Planning

Li Ying

Wusheng County Natural Resources and Planning Bureau Real Estate Registration Center, Wusheng, Sichuan 638400

Abstract： Under the background of the reform of the national spatial planning system, the research on the collaborative mechanism between urban and rural planning and engineering construction management focuses on solving the problems of traditional planning conflicts and inefficient implementation. By constructing a three-dimensional collaborative framework of "goal data action", proposing cross departmental organizational restructuring, full lifecycle process integration, and BIM/GIS technology integration paths, innovative dynamic adaptive governance of planning, approval, and monitoring is achieved. Research has shown that collaborative mechanisms can optimize the efficiency of spatial resource allocation, reduce planning implementation costs, provide theoretical support and practical paradigms for the modernization of national spatial governance, and assist in the implementation of the "dual carbon" goals and high-quality development strategies.

Keywords： national spatial planning; collaborative mechanism; modernization of space governance

引言

《关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》（2019年）与《全国国土空间规划纲要（2021—2035年）》（2021年）的颁布，标志着我国空间治理迈入全域统筹、多规协同的新阶段。当前，国土空间规划体系改革着力破解传统规划“多头管控、冲突频发”的痼疾，但城乡规划与工程建设管理的协同效能仍受制于数据壁垒、流程割裂及制度衔接不足等问题。尤其在“三区三线”刚性约束与“双碳”目标深化背景下，跨部门目标传导滞后、全周期管理缺位等矛盾凸显，制约空间资源的高效配置与治理现代化转型。本文立足“目标-数据-行动”协同框架，探索国土空间规划统领下城乡规划与工程管理的互动逻辑，通过组织重构、技术融合与动态评估机制创新，推动规划实施从“被动纠偏”转向“主动适应”，为优化空间治理效能、支撑高质量发展提供理论参考与实践路径。

一、国土空间规划与城乡规划、工程建设管理的内在 关联

（一）国土空间规划的核心内涵与目标

国土空间规划是国家空间治理体系的核心工具，其本质是通过统筹全域全要素资源，构建“多规合一”的国土空间开发保护

格局^[1]。核心内涵体现为以生态优先为导向、以资源承载力为约束、以空间结构优化为手段，实现生产、生活、生态空间的系统性协调。目标体系涵盖三个维度：一是通过空间用途管制保障国土安全与生态安全；二是通过空间资源配置促进城乡高质量发展；三是通过空间治理现代化提升规划实施效能，最终服务于国家可持续发展战略。

（二）城乡规划与工程建设管理在国土空间规划体系中的定位

城乡规划是国土空间规划在城乡地域单元的具体实施载体，承担空间布局优化、功能品质提升和历史文化传承等职能，需在国土空间规划划定的“三区三线”框架下展开。工程建设管理则是规划落地的技术支撑与过程保障，通过项目选址、用地审批、建设监管等环节，确保空间开发符合规划约束条件^[2]。二者在国土空间规划体系中形成“目标－路径－管控”的层级关系：国土空间规划提供战略框架，城乡规划细化空间方案，工程建设管理落实动态监管，共同构成“规划编制－实施－反馈”闭环。

（三）三者的协同逻辑与价值导向

协同逻辑源于国土空间规划的系统性特征，要求城乡规划与工程建设管理突破传统条块分割模式^[3]，实现“目标协同、数据协同、行动协同”。在目标层面，需以国土空间规划的战略目标为统领，平衡城乡发展需求与资源环境约束；在技术层面，通过统一的空间数据平台整合规划编制与工程审批信息^[4]，消除信息孤岛；在行动层面，建立跨部门联动的全周期管理机制，确保规划刚性传导与弹性适应相结合。价值导向聚焦公共利益最大化，强调生态安全底线约束、人居品质提升导向与高质量发展动能培育的三维统一，最终推动空间治理从“增量扩张”向“存量优化”转型。

二、国土空间规划背景下协同发展的现状与问题

（一）协同发展的实践现状

1. 政策整合与多规合一的推进

国土空间规划体系改革以“多规合一”为核心，整合主体功能区规划、土地利用规划等，构建“五级三类”框架。自然资源部主导的“一张图”系统覆盖全国80%以上市县，初步解决用地指标冲突与空间重叠问题^[5]。政策整合聚焦“三区三线”刚性约束，如北京市通过“减量规划”平衡生态保护与城市更新目标。然而，数据标准化不足与动态更新滞后制约政策落地，部分市县因技术能力薄弱导致规划传导失效，需强化技术支撑与制度保障。

2. 国内典型试点案例分析

雄安新区采用“规建管一体化”模式，通过BIM+GIS技术实现地下管廊等多专业协同，全域CIM平台支持三维冲突检测。浙江省推行“空间码”制度，企业扫码获取规划约束条件，审批效率提升40%。深圳市“多审合一”改革将8项审批合并为1项，依托智慧平台实现跨部门数据共享^[6]。试点表明技术赋能与制度创新是协同关键，但跨区域推广受制于地方治理能力差异与标准缺失。

（二）协同发展的主要问题与挑战

1. 规划体系衔接不畅

国土空间总体规划与详细规划脱节问题突出，某省生态保护红线内保留3%建设用地却未明确用途规则，导致工程审批无据可依。专项规划与国土空间规划衔接不足，某省高速公路线位与生

态红线重叠12%^[7]，引发反复调整。用地分类标准不统一加剧矛盾，如“林地”与“草地”交叉导致多重管制，数据壁垒使45%市县规划与审批系统未对接，人工核验误差率达18%。

2. 管理机制碎片化与权责模糊

部门职能交叉降低协同效率，某市旧城改造因自然资源与住建部门审批标准差异停滞9个月。信息共享机制缺失导致60%县级城市未实现数据互通，违法建设发现滞后率35%。纵向事权不清引发争议，某省擅自调整生态红线被约谈，12个工程重新论证。市场主体参与缺位，某新区商业综合体未预留管线廊道，改造成本增加2600万元，凸显权责清单与多元共治机制亟待完善^[8]。

三、城乡规划与工程建设管理协同机制构建

（一）协同管理机制设计

1. 跨部门组织架构优化

国土空间规划协同需建立“横向联动+纵向传导”组织架构。横向设立省级规划委员会，整合自然资源、住建等部门职能，通过联席会议协调规划冲突，某市跨部门协同使审批周期缩短30%。纵向明确“中央定底线－省级统筹－市县执行”事权分工，中央制定生态红线等刚性指标，省级协调跨区域设施布局，市县负责规划实施。同步推行“一窗通办”，某试点城市整合审批事项后材料重复率降低60%。

2. 全生命周期管理整合

构建“规划－审批－监测－评估”全周期框架。规划阶段嵌入工程可行性分析，预留基础设施廊道；审批阶段实施“多评合一”，某新区压缩审批时间45%。实施阶段利用遥感与物联网实时监测工程合规性，某市智能识别未批先建行为，违规率下降22%。验收阶段结合第三方评估与规划指标优化方案^[9]，形成动态闭环。

（二）协同技术路径探索

1. 空间数据平台与信息共享

基于GIS/BIM构建“一张图”2.0平台，统一用地分类与数据格式（如CityGML）。某市CIM平台整合规划与工程数据，地下管线碰撞检测减少冲突18%。跨部门数据共享需分级开放权限，某省共享后违法建设发现效率提升40%。

2. 动态监测与评估体系

建立“指标－监测－预警－调整”闭环机制，核心指标包括开发强度、生态修复进度等，卫星遥感与传感器实现月度监测。机器学习预测规划偏差，某新区提前调整商业用地供地计划。弹性条款预留5%战略留白用地，某市动态优化降低改造成本35%。

四、协同发展的实施路径与保障措施

（一）战略层面：顶层设计与政策协同

1. “一张图”深化应用

国土空间规划“一张图”需从数据集成向动态治理升级^[10]，

强化与交通、能源等专项规划的衔接。通过统一数据底板整合专项规划空间需求，开发智能冲突检测算法，自动识别规划线位与“三区三线”的重叠问题，生成优化建议。例如，某省利用“一张图”系统提前协调高速公路规划与生态保护红线的矛盾，调整线位后减少生态修复成本15%。管理上推行专项规划联合审查制度，要求水利、交通等部门在编制阶段接入系统，确保空间预留与指标匹配。技术层面需构建多源数据融合引擎，支持规划方案三维模拟与实时更新，提升空间决策科学性。

2. 法规与标准完善

立法层面需修订《国土空间规划法》，明确“多规合一”的法律效力，规定专项规划必须符合总体规划约束性指标。标准化体系重点统一用地分类、数据格式与接口协议，例如强制要求工程审批系统与规划数据库兼容 CityGML 格式。地方层面制定《规划实施监督细则》，规定未纳入“一张图”的工程不得立项，并建立动态标准更新机制，每三年评估技术标准适应性。某市通过标准化数据交互，将规划审批错误率从12%降至3%，凸显制度刚性约束对协同效能的提升作用。

（二）制度层面：管理创新与权责明晰

1. 纵向事权划分

中央与地方权责划分遵循“底线管控+弹性授权”原则。中央制定生态保护红线、耕地保护等刚性指标，通过卫星遥感监测执行；省级统筹跨区域基础设施共享，如协调城市群污水处理设施布局；市县侧重详细规划编制与弹性调整，可预留5%“战略留白用地”应对不确定性需求。动态调整机制要求每五年评估事权配置效果，结合地方治理能力优化权限。某省试点下放生态修复项目审批权至县级，配套省级监管平台实时追踪，违规项目自动冻结资金，实现“放权不放责”。

2. 公众参与机制

构建“政府-市场-社会”多元共治模式，规划草案需通过“线上公示+社区听证”双渠道征集意见，第三方机构对学校、医院等设施布局开展满意度评估，结果纳入修编依据。市场化主体参与推行“规划承诺制”，要求开发商竞拍土地前提交合规设计方案，违规企业纳入信用黑名单。社会组织可参与生态修复监督，如某市委托环保 NGO 跟踪湿地公园建设，整改效率提升40%。技术赋能方面，开发公众参与 APP 提供规划三维可视化查询，某新区通过平台采纳23%的市民建议，增强治理合法性。

五、总结与展望

国土空间规划体系改革背景下，城乡规划与工程建设管理的协同机制通过跨部门组织重构、全生命周期流程整合及 BIM/GIS 技术融合，初步构建了“战略传导-动态管控”一体化框架。实践表明，该机制可降低规划冲突率15%-30%，减少工程改造成本20%-35%，为空间资源配置效率提升与治理模式转型提供了有效路径。然而，动态协同的长期效能仍需验证，跨层级数据共享的可持续性、市场主体激励机制设计等关键问题尚未完全突破。未来研究需聚焦量化评估模型构建，结合《全国国土空间规划纲要（2021—2035年）》提出的“双碳”目标与生态安全战略，深化国际经验本土化适配，探索特殊地域（如生态脆弱区）的差异化协同路径。技术层面应加速 CIM 平台与物联网深度融合，推动规划监测从“被动响应”转向“智能预判”；制度层面需完善权责清单与多元共治机制，强化公众参与对规划弹性的正向反馈。通过多维创新，协同机制有望进一步支撑国土空间治理现代化，为高质量发展与碳中和目标落地提供系统性解决方案。

参考文献

- [1] 晶龙. 城乡规划建设监督管理研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2020, (18): 106+105.
- [2] 黄朝民. 浅析建筑工程造价预算控制要点及其把握 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2020, (19): 22-23.
- [3] 崔明远. 论城乡规划和土地规划管理的相关性 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2020, (17): 24-25.
- [4] 戴骏岳. 浅析城乡规划在城乡建设中的作用 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023, (18): 19-21.
- [5] 春晖. 城乡规划过程中可持续人居环境实现路径研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023, (22): 16-18.
- [6] 孔亮. 国土空间规划背景下城乡规划建设土地资源管理探讨 [J]. 电子乐园, 2023(2): 0298-0300.
- [7] 葛建辉. 基于国土空间规划建设的土地资源管理探讨 [J]. Garden Construction & Urban Planning, 2022, 4(7).
- [8] 王世福, 麻春晓, 赵渺希, 等. 国土空间规划变革下城乡规划学科内涵再认识 [J]. 规划师, 2022(007): 038.
- [9] 何彦泽. 国土空间规划背景下的城乡规划发展研究 [J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2023(4): 4.
- [10] 罗宇. 国土空间规划管理与城乡规划实施问题研究 [J]. 建筑工程技术与设计, 2023(10): 160-162.

轻质隔音墙体的装饰面层一体化施工技术研究

付乐¹, 尉伟利²

1. 北京城建集团装饰工程有限公司, 北京 100020

2. 北京市久筑物业管理有限责任公司, 北京 100020

DOI:10.61369/UAID.2025010009

摘要 : 在装配化施工快速发展的背景下, 轻质隔音墙体因其自重轻、施工便捷等优势被广泛应用于住宅、办公内部空间的非承重分隔, 为提高施工效率与质量, 推动构件功能与装饰一体化技术的应用, 轻质隔音墙体的装饰面层一体化施工技术逐渐成为建筑工业化发展的重要方向, 该技术在隔音构造完成的同时实现装饰面层的同步施工, 避免后期二次作业带来的质量问题, 有效缩短工期并提升装配完成度。基于此, 本文对轻质隔音墙体的装饰面层一体化施工技术进行探讨。

关键词 : 轻质隔音墙体; 装饰面层; 一体化施工技术

Research on Integrated Construction Technology of Decorative Surface Layer for Lightweight Soundproof Wall

Fu Le¹, Yu Weili²

1.Beijing Urban Construction Group Decoration Engineering Co., Ltd. Beijing 100020

2.Beijing Jiuzhu Property Management Co., Ltd. Beijing 100020

Abstract : In the context of the rapid development of prefabricated construction, lightweight soundproof walls are widely used in non-bearing partitions of residential and office interior spaces due to their advantages of light weight and convenient construction. To improve construction efficiency and quality, and promote the application of integrated component function and decoration technology, the integrated construction technology of decorative surface layers for lightweight soundproof walls has gradually become an important direction for the development of construction industrialization. This technology achieves simultaneous construction of the decorative surface layer while completing the soundproof structure, avoiding quality issues caused by later secondary operations, effectively shortening the construction period, and improving the assembly completion. Based on this, this article explores the integrated construction technology of decorative surface layers for lightweight soundproof walls.

Keywords : lightweight soundproof wall; decorative surface layer; integrated construction technology

引言

轻质隔音墙体具有自重小、构造灵活、隔声性能优良等优势, 能够有效缓解传统砖混结构墙体存在的结构负荷大、施工周期长等问题, 然而传统施工模式下轻质隔音墙体与饰面层采取分阶段施工方式, 导致墙体系统界面结合力弱, 接缝处理不当, 影响建筑工业化装配效率, 装饰面层一体化施工技术能够实现隔音材料与装饰构造的同步安装, 减少后期工序穿插作业, 提升墙体整体密闭性, 满足高性能建筑围护对结构性能、功能性能及观感性能的综合要求。

一、常用轻质隔音墙体材料种类

(一) 石膏板

石膏板主要以熟石膏为胶凝材料辅以纤维增强剂, 采用连续压制成型工艺制成规则板材, 其结构致密度适中, 干密度较低, 具备良好的尺寸稳定性, 适用于多种构造形式下的墙体系统, 石膏板凭借其内部微孔结构有效吸收部分中高频声波, 在与吸音棉、金属龙骨等构造材料协同配置下形成较为完善的复合隔声

层, 满足建筑声环境控制的基本要求, 该类板材具备良好的防火性能, 经过合理构造设计可用于住宅、办公及公共建筑的多种功能空间, 其在装饰面层一体化施工中具备较强的适配性, 表面平整度高, 便于后续饰面层直接粘贴, 有效缩短施工周期并提升面层附着质量。

(二) 泡沫水泥板

泡沫水泥板是采用物理发泡工艺引入大量闭孔气泡制备而成的轻质板材, 兼具良好的隔热性与抗压性能, 在建筑非承重内隔

墙中具有广泛工程适应性，其内部多孔结构具有优异的声波衰减能力，在中低频段表现出较高的声能衰减效率，能够有效抑制建筑空间的结构传声，该材料在成型过程中可根据设计要求进行密度调控，既可满足基本的力学承载需求又可保持轻质特性，从而减轻主体结构荷载，优化竖向承载系统配置，泡沫水泥板具备较好的尺寸稳定性，可实现标准化预制装配施工，有效提升施工效率，适用于高效施工体系下的轻质墙体一体化装配需求，其表面粗糙度适中，可通过界面处理实现与装饰面层的高强度结合，保证装饰系统的整体稳定性。

（三）蒸压加气混凝土板

蒸压加气混凝土板以硅质材料和钙质材料为主要原料，掺加发气剂，经搅拌、浇注、静养、切割、蒸压养护等工艺流程制成轻质多孔板材，体积密度低，隔热保温性能优异，其内部均匀分布的封闭气孔结构能够有效阻断声波的连续传播，在满足结构构造刚度的基础上提供良好的空气声隔绝效果，适用于对声环境要求较高的室内空间分隔，蒸压加气混凝土板具有较好的干缩变形控制能力，在不同气候环境中均表现出较强的耐久稳定性，其施工过程可通过机械吊装实现快速定位，提升装配施工的工业化程度，适配于多种建筑结构内墙，该类板材表面结构完整且具备良好的界面粘结性能，经界面剂处理后可与涂料饰面、陶瓷饰面等多类型装饰层形成稳定粘结，提高墙体装饰性能。

二、轻质隔音墙体的装饰面层一体化施工流程

（一）基底找平处理

基底找平处理工作应严格按照构造工艺标准进行分项操作控制，应先清理施工界面，使用吸尘器彻底清除基层浮灰油污并确保墙面干燥无明水，可采用喷洒界面处理剂提高后续找平层与基层的结合力，基层存在局部凹陷时可使用专用找平砂浆对不平整部位进行局部填补，运用刮尺及检测工具校核平整度，确保偏差控制在规范允许范围内，大面积找平作业时应采用具有较好粘结性的石膏基找平材料进行批刮施工，施工厚度应结合墙面平整度及装饰面层附着方式合理控制，避免因厚度超限导致开裂，干燥养护阶段应保持施工现场通风良好并避免剧烈温湿度变化，确保找平层充分固化后方可进入下一道施工工序^[1]。

（二）墙体定位安装

墙体定位安装应采用激光水平仪、钢卷尺及墨线工具对顶棚、地面和两侧墙面进行基准线测设，确保墙体定位精度与空间几何控制要求相符，放线完成后应由专人复核确保误差控制在允许范围内，定位完成后按照墙体所采用构件类型确定安装工艺，对于采用预制构件的墙体在基准线引导下自底向上依序进行构件安装，底部设置砂浆找平层调整初始安装水平，构件安装时应使用定位卡件及临时支撑固定墙板位置，防止位移偏斜，采用龙骨框架的墙体构造应先根据定位线安装水平龙骨与竖向主龙骨，龙骨布置间距需与隔声构造要求相匹配，并在连接部位采用机械膨胀螺栓与结构墙体可靠连接，确保整体刚度，构件拼接过程中应同步预留门窗洞口及后续装饰节点施工空间，避免二次开槽破坏

墙体完整性。

（三）隔声材料铺设

隔声材料铺设应在墙体结构构造完成且定位安装验收合格后进行，施工操作应以保障声波阻断路径完整性为原则，确保隔声性能符合建筑声环境控制标准，操作过程中应根据设计图纸确定隔声层分布范围及材料类型，常用材料有离心玻璃棉、岩棉，铺设前需将材料按墙体模块尺寸裁切，裁边应平整严密，避免拼接缝隙形成声桥路径，裁切完成后应沿构造基底逐片压贴铺设，竖向铺设过程中材料上下应采用错缝叠搭方式设置，水平接口处应保持接缝严密，以填缝胶粘接方式增强整体连续性，避免结构共振耦合，边缘节点、龙骨空腔等部位应采用聚氨酯发泡剂进行缝隙填塞，确保隔声材料与结构之间形成密闭界面，有保温要求的墙体构造可结合保温复合隔声层设置方式将复合卷材直接固定于墙面，并使用结构胶加强固定，防止因热胀冷缩引起材料翘曲脱落，施工过程中应避免材料受潮受压，现场应保持干燥通风。

（四）装饰层粘贴锚固

装饰层粘贴锚固施工过程中需依据墙体构造类型及装饰面层材料性能合理选择粘贴胶粘剂和机械锚固件，确保装饰层与基层构造形成稳定的复合结构，应对饰面材料进行表面处理，确保饰面材料尺寸统一，粘贴面洁净干燥，不得存在翘曲开裂现象，粘贴施工前基层界面需进行预处理作业，采用专用界面剂增强附着力并依据施工图纸弹设粘贴基准线，控制面层平整度，应优先采用聚合物改性水泥基胶粘剂，施工时使用齿形刮板按规定厚度均匀涂布于基层及饰面材料背面，粘贴过程中施加适度压力以排除空气并确保满粘，可使用橡胶锤轻敲校正，为增强饰面层抗剥离性能，应设置膨胀螺栓式锚固件，锚固点布置应与饰面模块分缝一致，通常每平方米设置不小于4处锚固点，锚固深度应符合施工规范要求，阴阳角、开口边缘等构造薄弱部位应加设加固网片防止因应力集中引发饰面翘曲开裂。

（五）接缝嵌填处理

接缝嵌填处理能够提升墙体构造密闭性能，防止因热胀冷缩产生裂缝，施工过程中需对各类接缝区域进行分类识别，依据缝宽及缝深确定填缝材料类型，缝宽小于5mm的细缝应采用柔性抗裂嵌缝腻子配合刮涂法完成填充操作，操作前使用毛刷清理缝内杂物，并用界面处理剂提高粘结性能，大于5mm的结构缝应先嵌填弹性泡棉再注入中性硅酮密封胶，确保材料与缝壁完全贴合且表面略呈凹面，避免外力干扰导致应力集中，嵌填过程中应使用专用压缝工具沿缝道方向均匀压实，使密封材料充分变形并形成连续封闭状态，接缝边缘可辅以遮蔽胶带进行边界控制，保障施工整洁度，所有密封材料施工完毕后需根据产品说明控制固化时间，严禁提前触碰，墙体阴阳角、板缝交接部位等易变形节点应辅以嵌缝带增强构造柔性并提升耐裂性能，条件允许下可同步实施嵌缝与抗裂防护系统一体化施工工序^[2]。

（六）面层抹面收光

面层抹面收光施工前应先对嵌缝处理完成后的整体墙面进行全面检查，确保无松动、裂缝现象，并对局部瑕疵区域进行点状修补处理，选用的抹面砂浆应具有良好的粘结性能，常采用聚合

物改性水泥基材料，调配过程中需严格控制水灰比，搅拌均匀后静置熟化数分钟再进行施工以防气泡残留影响成品质量，抹面施工应按照薄批多次原则逐层推进，每层厚度控制在合理范围内，第一遍抹灰采用压实找平操作，用刮尺沿基准方向将砂浆均匀涂抹至墙面并辅以靠尺、吊线等工具实时校核垂直度，待初凝后方可进行下一遍抹面，最终收光阶段应使用海绵抹子顺序压光，操作力度应适中并保持方向一致，避免局部过度打磨影响表面致密性，转角、洞口边缘应采用不锈钢包角条进行包边处理，并使用专用工具完成细部修整，保证构造轮廓清晰，线条顺直^[3]。

三、轻质隔音墙体的装饰面层一体化施工技术

（一）隔振连接技术

隔振连接技术主要用于减少结构传声，阻断振动波在构件间的直接传播以提升墙体隔声性能，施工过程中应依据墙体类型及连接方式进行隔振节点布置设计，明确墙体与结构柱、楼板等刚性界面之间需设置隔振构造的具体范围，常用隔振材料有弹性减震垫、隔振吊件，墙板安装前应在与主体结构接触面处敷设弹性隔振垫材，采用高密度橡胶片并使用机械紧固件固定定位，控制压缩比和接触面积以保证弹性恢复性能，金属龙骨中的隔声墙体应在龙骨与结构体交接处设置弹性连接件，避免刚性连接造成结构振动的直接传递，同时在墙体顶部预留一定变形缝宽度以设置柔性发泡填料缓冲位移，防止顶推变形导致声桥效应，墙体横向拼缝应采用搭接式隔振连接构造，设置隔声胶条确保面层连续性，特殊节点可配置双层隔振连接单元并辅以机械限位件控制水平错位^[4]。

（二）预应力控制技术

预应力控制技术的应用能够抵消构造自重带来的不利影响，合理施加控制应力提高墙体的整体稳定性，应结合墙体构造尺寸确定预应力施加点位及力值分布，优先选用低松弛钢绞线等可调节预应力构件作为传力核心，配合端部锚具及限位构件进行预应力传递，施工时在墙板安装完成后先将预应力构件穿设于墙体预留孔道内，使用张拉设备分级加载，依据应力控制标准逐步施

力，确保结构不发生开裂、滑移，加载过程中应实时监测构件应力变化，避免局部过应力导致材料破坏，锚固端处理阶段应采用机械锁定方式将预应力保持稳定，锚具位置应避开饰面层安装区域，锚固后应用防护砂浆封闭构造孔洞，避免环境因素干扰张拉力保持效果，大跨度墙体应采用分段张拉方法在端部、转角及构造节点处设加强区，配置附加构件进行应力均化处理，避免应力传递不均引发结构内力失衡^[5]。

（三）网格抗裂技术

网格抗裂技术实施过程中应根据墙体结构形式选择合适的增强网材，常用材料有耐碱玻纤网格布、聚丙烯纤维网，网孔规格、克重及拉伸强度参数应满足防裂增强标准要求，施工时应在基层处理完成且接缝嵌填固化后进行整体铺设操作，采用专用刮刀在墙体面层均匀批刮一层抗裂砂浆，其厚度控制在合理范围内，随后将网格布嵌入砂浆表层并以压抹方式使其充分浸润并贴合墙体界面，确保网布平整无起拱，所有搭接缝应采用错缝搭接方式，搭接宽度不小于标准规定值，转角处应加设45°斜向附加层并加强节点防护，易裂部位如门窗角、阴阳角应提前预设加密加强网层并采取双层错缝包裹方式处理增强局部变形协调性，防止因界面应力集中而产生开裂现象，完成增强网布压埋后应继续批刮覆盖层砂浆，确保表面光洁密实，网布完全包覆，施工过程中应严格控制材料搅拌时间，避免因砂浆初凝导致结合强度下降，施工后应进行自然养护，维持环境温湿度稳定，防止干缩裂纹形成。

四、结束语

综上所述，在绿色节能理念持续推进的背景下，轻质隔音墙体广泛应用于各类建筑内部空间分隔，装饰面层一体化施工技术可提升施工效率，保证饰面质量，应系统梳理石膏板、泡沫水泥板、蒸压加气混凝土板等主流材料种类，明确施工流程，重点探讨粘结锚固、嵌缝密封、隔振连接与预应力控制等核心技术，为构建高性能装配式建筑围护结构提供有力支撑。

参考文献

- [1] 黄吉. 建筑工程装饰装修施工过程中的关键技术研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (32): 147-149.
- [2] 李志盛. 基于节能环保理念的建筑装饰装修工程施工策略研究[J]. 陶瓷, 2024, (04): 188-191.
- [3] 邓兆亮. 建筑工程装饰装修工程施工方法与技术要点[J]. 建筑技术开发, 2021, 48(17): 44-45.
- [4] 周杰, 周涛, 廖超凡. 屋面装饰面层裂缝和污染防治综合施工技术[J]. 建筑施工, 2021, 43(06): 1067-1069.
- [5] 黄弘. 装配式建筑外墙保温一体化施工技术[J]. 建筑机械化, 2021, 42(06): 39-41.

分析营销计量自动化系统在电力营销业务中的运用

王骋宇

国网河南省电力公司郑州航空港经济综合实验区供电公司, 河南 郑州 451100

DOI:10.61369/UAID.2025010010

摘 要 : 电力营销业务是电力企业经营发展中的重要组成部分,也是实现企业竞争力、发展力提升的关键。近些年,社会发展脚步不断加快,对电力服务的要求和标准持续提高,如何在高标准、高要求的市场竞争中获得进步与发展,是当前电力企业经营发展中重点研究的议题。电能营销计量自动化系统是提高电力企业营业质量的核心部分,目前在电力营销业务中获得了广泛应用,不仅降低了电力企业的投资成本,而且显著提高了营销人员的工作质量和效率,降低了计量误差产生,对电力营销业务高质量、高效率进行有着促进作用。

关 键 词 : 电能计量; 自动化系统; 营销业务; 具体应用

The Application of Analytical Marketing Measurement Automation System in Power Marketing Business

Wang Chengyu

State Grid Henan Electric Power Company Zhengzhou Airport Economic Comprehensive Experimental Zone Power Supply Company, Zhengzhou, Henan 451100

Abstract : Power marketing business is an important component of the operation and development of power enterprises, and it is also the key to enhancing the competitiveness and development capacity of enterprises. In recent years, the pace of social development has been accelerating, and the requirements and standards for power services have continued to improve. How to make progress and development in the high standard and high demand market competition is a key research topic in the current operation and development of power enterprises. The automation system for electric energy marketing measurement is a core part of improving the business quality of power enterprises. It has been widely used in power marketing business, not only reducing the investment cost of power enterprises, but also significantly improving the work quality and efficiency of marketing personnel, reducing measurement errors, and promoting high-quality and efficient power marketing business.

Keywords : electricity metering; automation system; marketing business; specific applications

在社会发展脚步不断加快背景下,对电力营销的自动化要求日益提高,建立营销计量自动化系统,实现电能智能分析、远程抄表、计量自动化,既能够保障电能配送合理性,而且也能够为电力营销业务持续、稳健、健康发展提供支持。本次研究就对营销计量自动化系统应用价值、组成应用模块以及具体应用进行分析,旨在为电力营销业务高质量、高效率进行提供有益参考。

一、营销计量自动化系统在电力营销业务中的应用价值

具体来说,营销计量自动化系统是电力营销业务中的关键部分,在提高营销质量方面发挥着重要作用。该系统通过智能化和自动化技术,可以显著提高营销计量准确性和有效性,对电力企业提高营销业务质量和效率具有重要意义。从这一系统的应用价值进行分析可发现,其价值主要体现在以下几方面:一是营销计量自动化系统能够有效提升电力营销的效率和准确性。在自动化

和智能化技术的支持下,基于该系统电力企业可以对用户的用电情况进行实时监控和精确计量,可以有效避免传统人工抄表带来的误差和延迟,可以有效提高电费计算准确性和及时性。二是优化资源配置和降低运营成本。营销计量自动化系统可以对用电数据进行深度分析和挖掘,结合分析成果电力企业可以精确掌握用户的用电需求和用电习惯。同时,可以据此合理安排电力生产和供应,这样能够避免资源浪费和过度投资。三是提升电力企业的服务质量和客户满意度。简单来说,在这一系统的支持下用户可以随时随地查询自己的用电情况和电费账单,显著提高了用电信

息的透明度和可获取性。而且电力企业可以通过该系统及时响应和处理用户的用电问题以及投诉等问题，由此可以实现用户满意度和服务质量提高目的。

二、电力营销计量自动化系统的组成及应用模块

（一）系统组成

电能计量自动化系统是集数据采集、传输、处理和分析为一体的综合性系统，主要由计量终端设备、通信网络和主站系统三大部分构成，具体构成示意图见图1^[1]。其中采集终端包括智能电表、集中器和采集器，智能电表位于用户端，可以实时计量、存储并上传用户的用电量，可以为电价政策优化提供支持；集中器主要收集多电表数据，在处理存储后上传到主站，可以显著提高采集效率；采集器用于特定的场景中，用于采集电力参数并实时上传到主站，能够监控发电厂的机组运行状态。通信网络能够连接采集终端和主站系统，负责数据传输和交换，常见传输方式包括无线和有线两种。有线传输包括光纤通信、电力线载波通信，前者有着传输快、带宽大、抗干扰强等优势，适用于大型变电站和主站通信；后者是利用电力线路，有着成本低的优势，但该形式容易受到干扰，主要用于低压配电网中。无线通信包括无线分组业务和码分多址（覆盖范围广、成本低，应用于分散用户）、4G/5G（速率高、延迟低，用于实时场景）及 ZigBee、远距离无线电（Long Range Radio, LoRa）等（短距、低功耗，用于近距离通信）。主站系统重点是对采集的数据进行集中管理，并进行分析和处理，有着数据存储和管理功能强大的优势，通过有效的数据分类和索引管理可以为企业优化营销策略提供支持。数据分析和处理技术可以在先进技术支持下对采集的数据进行深度剖析，能够从用户行为、异常监测等方面进行优化，进而保证计量准确性。系统管理维护则是对整个系统进行远程配置、升级和监控，通过用户权限管理保证系统运行稳定性和数据安全。其中电力营销计量自动化系统运行的关键技术见表1^[2]。

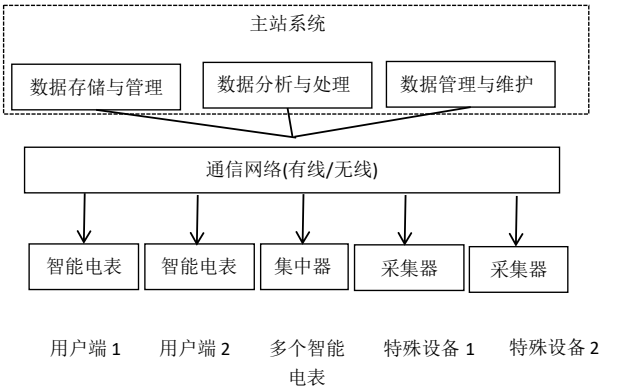


图1 电能计量自动化系统架构

表1 电力营销计量自动化系统关键技术

关键技术	技术作用
数据采集技术	此项技术可以对原始数据进行有效处理，将采集的信息转化为实际电压和电流参数，可确保数据传输准确性
状态指示技术	这一技术用于实时控制电能计量装置，可确保数据传输顺畅，及时发现异常数据并处理，确保了供电稳定性
定位技术	该项技术可以将电压值控制在一定运行范围内，并有效避免电力营销中的人为偏差

自动抄表与智能抄表切换	可以实现电量记录，实时监控等多种方式转换，在实时监控电压值的同时可以保证用电安全
PPT 技术	数字化优势显著，但受体积和价格影响，应用不广泛

（二）应用模块

对电力营销计量自动化系统进行分析可发现，该系统由电能遥测、负荷管理、配变监测计量、集中抄表4个子系统组成，包括了电网的发电、供电、配电和售电等环节，具体组成见图2^[3]。负荷管理中包括主站供电和专用变用户供电工作中的各种计量设备、电量收集系统和供电电源等，可以对电力系统中计量装置的电网负荷状况、电网运转情况进行有效监督和控制。并且这一组块还可以对系统中已经存在计量装置的用电情况、营销系统输电量情况进行监控，对企业进行线损管理提供了极大的助益。电能遥测模块则是由主站系统、变电站电源、发电厂电源、电量计量设备组成，重点是对计量区域的用电负荷、运行情况等进行分析，重点进行主网线的线损进行分析，并分析计量装置的月度用电情况。配变监测计量模块也是这一系统的主要组成部分，其中配变监测计量模块的关键部分包括主站系统、公用变用户电源、电力传输渠道以及电量收集等，能够检测计量的负荷和运行情况，对该区域内的用电负荷进行监测。低压集中抄表系统也是该系统中的关键部分，主要采用的技术包括 RS485 总线技术及低压扩频载波技术，通过将这一技术与通信介质协同技术结合起来能够进行用电情况的自动化搜集汇总，并进行关联数据的有效分析和传输中^[4]。在实践应用中这一系统能够对用户的用电量和冻结电量数据的搜集，周期一般为2d，这一技术的应用极大程度上降低了人力资源的资金投入，且工作人员的工作效率和质量也能够获得显著提高。

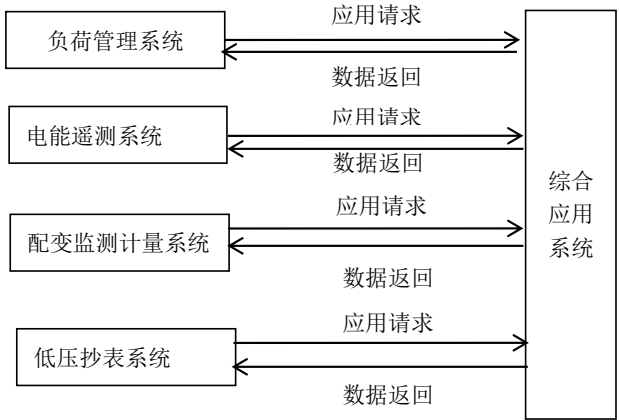


图2 电力营销计量自动化系统工作模式

三、电力计量自动化系统在电力营销中的具体应用

（一）抄表计费

在上述观点阐述中明确提到，电力计量自动化系统在提高电力企业营销质量、管理效率方面发挥着重要作用。其中集中抄表是这一系统中的重要组块，在智能化和自动化技术支持下可以实现自动化抄表，智能电表每15min采集一次用电数据，然后会在光纤和无线通信组合的混合组网支持下准确、高效将数据传输到营销平台。对比传统人工抄表模式，基于电力计量自动化系统的智能抄表可以在短时间内完成用户用电数据的采集和传输，而且

智能电表的高精度计量能力以及数据传输中的加密算法，能够保证数据准确性和可靠性^[5]。另外，智能电表还具有分时段计量功能，这一功能可以为电价优化提供支持。即企业可以对智能电表数据进行分析，然后对不同时段用户的用电需求和成本进行分析，据此可以制定差异化电价政策。并且这一系统实现了电费智能化结算管理，系统可以自动完成电费结算并生成账单，用户仅需要在电力营销平台或者手机 APP 查询缴费即可，提高结算效率和透明满意度的同时也可以提高用户满意度。

（二）负荷管理

这一管理是电力系统运行中的关键，也是电力企业实现资源优化配置和降低资源浪费的关键，对保障电力系统稳定安全运行具有重要意义。在负荷管理中企业可以利用相关数据计算不同时段的负荷情况，计算公式如下所示：

$$P = \frac{W}{t}$$

在这一计算式中 P 代表了负荷功率，单位为千瓦（kW）；W 代表用电量，单位为千瓦时（kWh）；t 代表了时间，单位为小时（h）。

举个例子，在 18:00~22:00 时间段内，假设 XXX 小区 2000 台智能电表采集的总用电量为 10000kWh，时间为 4h，那么这一时间段内 XXX 小区的总负荷为：

$$\frac{W_{\text{总}}}{t} = \frac{10000}{4} = 40000\text{kW}$$

其中电力企业可以对不同时间段内的负荷数据进行深度分析，这样就能够掌握用户的用电负荷变化规律，然后结合历史数据和实时数据，电力计量自动化系统可以通过数据分析算法和模型对负荷进行预测。假设基于回归分析模型，对温度、节假日等因素进行分析并建立回归方程，如温度为 38℃，依据方程 =100t+5000（t 表示温度），可得出预测负荷为 8800kW^[6]。在预测负荷超过电力系统的承载能力时系统会发出预警，其中预警指标可以通过设置负荷阈值确定，如假设电力系统的安全负荷阈值为 15000kW，那么预测负荷接近或者超过这一数值时系统会出现提示和警报。其中电力企业可以结合此远程控制智能电表，采取限制或者调整部分非重要负荷的措施，并结合分时电价政策引导用户优化用电行为。

假设：低谷时电价 C 低谷 =0.3 元 /kWh，高峰期电价 C 高峰 =0.6 元 /kWh，低谷时的用电量为 W 低谷，高峰期是 W 高峰，用户的电费支出 E 可以表示为 E=C 低谷 × W 低谷 +C 高峰 × W 高峰。其中低谷时的用电为 100kWh，高峰时用电 50kWh，电费支出为 0.3 × 100+0.6 × 50=60 元。

参考文献

- [1] 莫晓霏. 试论电能计量自动化系统在电力营销中的应用 [J]. 通讯世界, 2016(24):200-201.
- [2] 谢鸿博. 电能计量自动化系统在电力营销中的应用方法探讨 [J]. 新潮电子, 2024(7):145-147
- [3] 李孟恩, 刘西安. 计量自动化系统在电力营销中的应用方法 [J]. 自动化应用, 2024, 65(S01):430-432
- [4] 张晨瑶. 计量自动化系统在电力营销管理中的运用分析 [J]. 通讯世界, 2022, 29(11):64-66
- [5] 刘炜桢. 计量自动化在区域电力营销中的应用研究 [J]. 张江科技评论, 2024(5):73-75
- [6] 陈佳浩, 姜宇晴. 计量自动化系统在电力营销中的应用 [J]. 集成电路应用, 2023, 40(5):120-121
- [7] 陈庭, 吴迪. 电力营销业务应用系统的电能计量管理分析 [J]. 通讯世界, 2023, 30(8):157-159
- [8] 黄无云. 智能电表及集抄系统应用于电力营销线损管理中的研究 [J]. 电气技术与经济, 2023(5):171-173

由此可见，电力计量自动化系统可以为用户调整用电行为提供支持，这样既能够减轻高峰期用电压力，而且还能够增加低谷期的用电量，且用户的电费支出也能够控制在合理范围，对电力企业实现负荷优化管理提供了有力支持。

（三）电能质量监测

具体来说，这一系统在实时数据采集和监测、分析评估、异常预警和处理等功能的支持下，能够为电能质量监测，提高用户服务质量提供有力支持。其中智能电表可以对电压幅值进行精确测量，即我国居民用电的额定电压为 220V，允许波动范围为 ±10%，若是电压在 198V 至 242V 范围内波动，说明电能质量好；若是超过这一范围则说明电力系统存在问题，需要及时排查处理^[7]。同时，在这一系统的支持下可以进行通过频谱分析和统计计算谐波含量和总谐波畸变率，这一指标若是低于国家规定的 5% 限值，说明谐波含量正常；若是超过了 5%，则说明存在谐波污染问题，需要进一步定位并进行污染处理。此外，这一系统还可以帮助用户优化用户行为，即电力企业可以在 APP 或者线上平台推送电能质量信息，用户可以结合此判断电器设备异常是不是因电能质量引起的，并且还可以为用户提供个性化用电和节能建议。

（四）窃电管理

窃电管理是电力营销中的重要任务，在相关技术不断发展和进步的背景下，窃电行为的隐蔽性逐渐增强，影响供电秩序的同时也会造成电力企业经济损失。在电能营销计量自动化系统的支持下，可以利用多维度数据分析识别是否存在窃电现象，主要包括电量异常分析、功率因数异常分析和电压电流异常分析等^[8]。假设：夏季时气温较高，空调的使用频率显著增加，但用户的用电量突然从每日 30~40 度下降至 10~15 度，且家庭电器设备没有明显减少现象，系统会将其标记为窃电嫌疑用户。而且功率因数长期偏离正常范围、电压电流产生异常波动，都提示可能存在窃电行为，此时系统会发出预警，工作人员则会到现场，利用电能质量分析仪、钳形电流表等检查是否存在窃电行为。

四、结束语

综上所述，电力营销计量自动化系统在电力营销业务中应用价值显著，对提高计量准确性和保证用电安全具有重要作用。因此电力企业在经营发展中要积极应用这一系统，发挥系统的应用价值进一步强化电力营销工作质量，改善营销方面的缺陷，保证电能传输质量，以为电力企业社会和经济效益提高提供支持。

住宅楼消防工程电气系统安装完成后的调试开通 技术要点探讨

邓智飞

广州粤安消防工程有限公司, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2025010012

摘要： 随着城市化进程的加快，高层住宅楼越来越多，消防安全问题日益受到重视。住宅楼消防工程电气系统的安装与调试是确保消防设施正常运行的关键环节。本文将探讨住宅楼消防工程电气系统安装完成后的调试开通技术要点，包括系统检查、功能测试、联动测试以及维护保养等方面，旨在为消防工程技术人员提供参考，确保消防系统的可靠性和有效性。

关键词： 住宅楼；消防工程；电气系统

Discussion on the Technical Key Points of Commissioning and Opening of the Electrical System after the Installation of the Fire protection Engineering in Residential Buildings

Deng Zhifei

Guangzhou Yue 'an Fire Protection Engineering Co., LTD. Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： With the acceleration of urbanization, there are more and more high-rise residential buildings, and the issue of fire safety has received increasing attention. The installation and commissioning of the electrical system in the fire protection engineering of residential buildings is a key link to ensure the normal operation of fire protection facilities. This article will explore the technical key points of commissioning and activation of the electrical system after the installation of the fire protection engineering in residential buildings, including system inspection, functional testing, interlocking testing, and maintenance, etc. The aim is to provide references for fire protection engineering technicians and ensure the reliability and effectiveness of the fire protection system.

Keywords： residential building; fire protection engineering; electrical system

引言

在住宅楼消防工程中，电气系统是核心组成部分，它包括火灾自动报警系统、自动喷水灭火系统、消防联动控制系统等多个子系统。这些系统的安装质量直接影响到消防设施的运行效果。因此，电气系统的调试开通工作至关重要，需要严格按照相关技术规范和标准进行。

一、住宅楼消防工程电气系统概述

（一）消防电气系统的组成

住宅楼的消防电气系统由多个子系统组成，形成完整的消防安全网络。火灾自动报警系统通过探测器监测环境，发现异常时发出报警并通知消防控制室。消防联动控制系统接收信号，启动消防设施进行灭火。应急照明和疏散指示系统在火灾时为疏散提供照明和指示，确保居民安全撤离。消防设备电源监控系统则负责监控消防设备的电源状态，确保消防设备在火灾发生时能够可靠供电。该系统通过安装在消防设备电源线路上的电压传感器和

电流传感器，实时监测电源的电压、电流等参数，一旦发现电源故障，立即发出报警信号，提醒维护人员及时处理^[1]。

（二）消防电气系统的功能

住宅楼消防电气系统的子系统在火灾预防、报警、疏散和救援中至关重要。火灾自动报警系统作为核心，能及时发现火情并发出警报，通过多种探测器检测不同火灾类型。消防联动控制系统根据火情启动相应设施，执行灭火和控火任务。例如，对于 A 类火灾，可以启动消火栓泵，通过消火栓进行灭火；对于 B 类火灾，可以启动自动喷水灭火系统，通过喷头进行灭火；对于 C 类火灾，可以启动气体灭火系统，通过释放灭火气体进行灭火^[2]。

同时,消防联动控制系统还可以控制防火门、防火卷帘等防火分隔设施,阻止火势蔓延,为人员疏散和灭火救援创造有利条件。应急照明和疏散指示系统在火灾中为疏散提供照明和指示,保障人员安全撤离。系统通过照明布局和指示标志引导人员沿安全路线疏散,防止拥挤和踩踏。消防设备电源监控系统监控电源状态,确保消防设备可靠供电。系统实时监测电源参数,发现故障时发出报警,提醒维护人员及时处理,保证消防设备良好工作^[3]。

(三) 消防电气系统的设计标准与规范

为了确保住宅楼消防电气系统的设计质量,必须严格遵守国家和行业标准。这些标准与规范是多年来消防工程实践经验的总结,是保障消防电气系统安全可靠运行的重要依据。《火灾自动报警系统设计规范》详细规定了火灾自动报警系统的设计原则、保护等级、系统组成、设备选择、布线敷设、供电要求等方面的内容,为火灾自动报警系统的设计提供了全面的指导。《消防联动控制系统设计规范》则对消防联动控制系统的设计原则、系统组成、联动控制要求、设备选择、布线敷设、供电要求等方面进行了详细的规定,确保消防联动控制系统在火灾发生时能够可靠地启动消防设施,进行灭火和控火操作。此外,还有《应急照明与疏散指示系统设计规范》、《消防设备电源监控系统设计规范》等,这些标准规范共同构成了住宅楼消防电气系统设计的完整体系,为设计人员提供了明确的设计依据,也为消防部门的审查和验收提供了重要的参考^[4]。只有严格按照这些标准规范进行设计,才能确保住宅楼消防电气系统的安全性和可靠性,为居民的生命财产安全提供坚实的保障。

二、消防电气系统调试开通前的准备工作

(一) 资料审查

在消防电气系统调试开通前,对相关资料的审查是至关重要的一环。设计图纸是系统施工的蓝图,它详细描述了系统的组成、设备布置、线路走向等信息,是施工和调试的依据。设备说明书则提供了设备的性能参数、操作方法、维护保养等信息,是了解设备特性的重要资料。施工记录则记录了施工过程中的实际情况,包括设备的安装位置、线路的敷设方式、隐蔽工程的验收情况等,是检查施工质量的重要依据。对这些资料的审查,首先要确保其完整性和准确性,其次要核对设计图纸与实际施工情况是否一致,设备说明书与实际设备型号是否匹配,施工记录是否真实、完整地反映了施工过程。只有通过严格的资料审查,才能确保调试开通工作有的放矢,避免因资料问题导致的调试错误和延误^[5]。

(二) 设备检查

消防电气系统的设备是系统的核心组成部分,其性能的好坏直接影响到系统的整体运行效果。因此,在调试开通前,必须对设备进行检查。外观检查主要是检查设备是否有损坏、变形、锈蚀等情况,确保设备的完整性。功能检查则是对设备的各项功能进行测试,确保其能够按照设计要求正常工作。性能测试

则是对设备的性能指标进行测试,如火灾探测器的灵敏度、消防联动控制器的控制逻辑、应急照明灯的照度等,确保其符合国家和行业标准。设备检查的具体项目包括火灾探测器的安装位置和固定方式、消防联动控制器的编程和设置、应急照明灯的供电时间和照度、消防设备电源监控器的报警功能等。每一项检查都必须严格按照标准进行,确保设备的性能和功能符合设计要求^[6]。

(三) 环境检查

消防电气系统的安装环境对系统的正常运行有着重要的影响。配电室、控制室、设备间等是消防电气系统的核心区域,其环境条件必须符合规范要求。环境温度过高或过低都会影响设备的正常运行,例如,高温会导致电子元件过热损坏,低温会导致电池容量下降。湿度过高会导致设备受潮,影响绝缘性能,甚至引发短路故障。电磁干扰则会影响设备的信号传输,导致误报警或联动失效。因此,在调试开通前,必须对安装环境进行检查,确保温度、湿度、电磁干扰等指标符合规范要求。对于不符合要求的,必须采取措施进行处理,例如,安装空调调节温度、安装除湿机降低湿度、采用屏蔽措施减少电磁干扰等,为设备的正常运行创造良好的环境条件。

(四) 人员组织与培训

消防电气系统的调试开通是一项专业性很强的工作,需要由具备专业知识和技能的人员进行操作。这些人员不仅要熟悉消防电气系统的原理和组成,还要掌握调试开通的流程和操作规范。因此,在调试开通前,必须组织专业的调试队伍,并配备必要的工具和仪器,如万用表、示波器、信号发生器等,以确保调试工作的顺利进行。同时,还要对调试人员进行系统的培训,培训内容包括消防电气系统的基本原理、设备的性能和操作方法、调试开通的流程和操作规范、常见故障的诊断和处理方法等。通过培训,使调试人员熟悉调试开通的每一个环节,掌握操作规范,提高调试工作的效率和质量,确保消防电气系统的调试开通工作安全、高效地进行^[7]。

三、消防电气系统调试开通的技术要点

(一) 火灾自动报警系统的调试开通

火灾自动报警系统是消防电气系统的核心,其作用是及时发现火灾并发出报警信号。该系统的调试开通包括对火灾报警控制器、探测器、手动报警按钮等设备的单体验试和系统联调。火灾报警控制器是系统的核心设备,负责接收和处理来自探测器和手动报警按钮的信号,发出声光报警信号,并控制其他消防设备的联动。其调试步骤包括通电检查、自检功能测试、报警功能测试、复位功能测试等。探测器是感知火灾的传感器,包括感烟探测器、感温探测器、火焰探测器等。其调试步骤包括灵敏度测试、报警功能测试、故障报警测试等。手动报警按钮是人工触发报警的装置,其调试步骤包括报警功能测试、复位功能测试等^[8]。系统联调是将各个设备连接起来,进行整体功能测试,包括模拟火灾场景下的报警测试、联动控制测试等。在联调过程中,需要注意检查线路连接是否牢固、设备地址编码是否正确、

联动逻辑是否合理等。

（二）消防联动控制系统的调试开通

消防联动控制系统的作用是在火灾发生时，根据火灾报警信号启动相应的消防设施，进行灭火和控火。该系统的调试开通包括对消防联动控制器、消防泵、消防电梯、防火卷帘等设备的单体调试和联动调试。消防联动控制器是系统的核心设备，负责接收火灾报警信号，并根据预设的逻辑控制消防泵、消防电梯、防火卷帘等设备的启动和停止。其调试步骤包括通电检查、自检功能测试、联动控制功能测试等。消防泵是为消防灭火设备提供压力水的关键设备，其调试步骤包括启停功能测试、压力测试、流量测试等。消防电梯是在火灾发生时供消防员灭火救援使用的电梯，其调试步骤包括迫降功能测试、消防员专用功能测试等^[9]。防火卷帘是用于防火分隔的设施，其调试步骤包括启停功能测试、下降速度测试、手动操作功能测试等。联动控制系统的可靠性和安全性至关重要，因此在调试过程中需要严格按照规范要求进行操作，确保设备能够按照预设的逻辑进行联动，并在紧急情况下能够可靠地动作^[10]。

（三）应急照明和疏散指示系统的调试开通

应急照明和疏散指示系统的作用是在正常照明电源中断时，为人员疏散提供照明和指示方向。该系统的调试开通包括对应急照明灯具、疏散指示标志的单体调试和系统联调。应急照明灯具是用于提供照明的设备，其调试步骤包括电池充放电测试、照度测试、强制点亮功能测试等。疏散指示标志是用于指示疏散方向的设备，其调试步骤包括亮度测试、指示方向测试、强制点亮功能测试等。强制点亮功能是指在网络电压正常时，应急照明灯具和疏散指示标志处于正常工作状态；在网络电压断电时，应急照明灯具和疏散指示标志能够自动切换到备用电源，并强制点亮。强制点亮状态下的转换功能测试是指在网络电压恢复时，应急照明灯具和疏散指示标志能够自动切换回正常工作状态。这些功能测试对于确保系统在紧急情况下的可靠性至关重要。

（四）消防设备电源监控系统的调试开通

消防设备电源监控系统的作用是实时监测消防设备的电源状态，确保消防设备供电的可靠性。该系统的调试开通包括对消防

设备电源状态监视器、电压、电流传感器等设备的单体调试和系统联调。消防设备电源状态监视器是系统的核心设备，负责接收来自电压、电流传感器的信号，并显示消防设备的电源状态。其调试步骤包括通电检查、自检功能测试、报警功能测试等。电压、电流传感器是用于检测消防设备电源电压和电流的设备，其调试步骤包括精度测试、报警功能测试等。电源监控系统对保障消防设备供电可靠性具有重要作用，因此在调试过程中需要确保传感器安装正确、信号传输正常、报警功能准确可靠。

（五）系统联调与整体测试

在各个子系统分别调试开通完成后，需要进行系统联调与整体测试，以确保各个子系统之间能够协调工作，实现系统的整体功能。系统联调的方法是将各个子系统连接起来，模拟火灾场景下的系统响应过程，检查各个子系统之间的联动逻辑是否正确、信号传输是否正常、设备动作是否协调等。整体测试的内容包括模拟火灾场景下的系统响应测试，例如，模拟火灾报警、启动消防泵、迫降消防电梯、降落防火卷帘、点亮应急照明和疏散指示标志等，检查系统的整体功能是否符合设计要求。系统联调与整体测试是消防电气系统调试开通的最后阶段，也是最重要的阶段，只有通过严格的系统联调与整体测试，才能确保消防电气系统在火灾发生时能够可靠地动作，发挥应有的作用。

四、结语

在住宅楼消防电气系统的设计与调试过程中，火灾自动报警系统、消防联动控制系统、应急照明和疏散指示系统、消防设备电源监控系统等关键组成部分的细节至关重要。这些系统分别负责及时发现火灾、启动消防设施、提供疏散照明和指示以及监控电源状态，确保火灾初期的报警和紧急情况下的人员安全撤离。设计人员在设计时需遵守国家和行业标准，考虑实际应用，确保系统实用可靠。调试人员则要按照技术要点操作，确保系统功能正常。整个过程需要通过资料审查、设备检查、环境检查和人员培训，为系统稳定运行打下坚实基础。

参考文献

- [1] 倪立艳. 建筑工程中消防电气的安装与维护探析 [J]. 消防界：电子版，2020，6(15):2.DOI:CNKI:SUN:XFJE.0.2020-15-064.
- [2] 张洪斌. 试析建筑工程中消防电气的安装与维护 [J]. 四川水泥，2020(5):1.DOI:CNKI:SUN:SCSA.0.2020-05-243.
- [3] 刘孝敬. 建筑消防电气工程安装与维护分析 [J]. 市场调查信息，2021，000(002):P.1-1.
- [4] 邱兴平，余柯汕，陈燕. 机电工程施工中消防弱电系统的安装 [J]. 自动化应用，2023，64(16):167-169.
- [5] 周娜. 建筑工程消防电气安装与维护策略框架 [J]. 安防科技，2020，000(003):P.2-2.
- [6] 黄建松. 建筑工程消防电气安装与维护策略研究 [J]. 消防界（电子版），2023，9(20):39-41.
- [7] 陈红，李明昌. 建筑消防电气工程安装与维护策略探讨 [J]. 中国科技期刊数据库 工业 A，2023(4):4.
- [8] 韩志京. 建筑工程中消防电气的安装与消防设施维护措施探究 [J]. 中国建筑金属结构，2021(9):50-51.DOI:10.3969/j.issn.1671-3362.2021.09.021.
- [9] 金洪磊. 智能建筑消防电气安装施工技术的应用 [J]. 经济技术协作信息，2023(4):0247-0249.
- [10] 鞠国利，王桂璐. 浅谈建筑工程中消防电气的安装与维护措施 [J]. 精品，2020(8):1.

房建工程中短肢剪力墙结构设计问题研究

史文磊

洪崖建筑工程检测有限公司, 江西 南昌 330000

DOI:10.61369/UAID.2025010015

摘 要： 随着建筑行业的发展，短肢剪力墙结构凭借其独特优势在房建工程中得到广泛应用。然而，在实际设计过程中，短肢剪力墙结构存在一些问题，影响了建筑结构的安全性与稳定性。本文通过对短肢剪力墙结构理论基础的阐述，分析其在房建工程中的设计要点、现存问题，并提出相应的解决策略，旨在为提高短肢剪力墙结构设计水平，保障房建工程质量提供参考。

关 键 词： 房建工程；短肢剪力墙；结构设计

Research on the Design Issues of Short-Limb Shear Wall Structures in Housing Construction Projects

Shi Wenlei

Hongya Construction Engineering Testing Co., LTD. Nanchang, Jiangxi 330000

Abstract： With the development of the construction industry, short-limb shear wall structures have been widely used in housing construction projects due to their unique advantages. However, in the actual design process, there are some problems with short-limb shear wall structures, which affect the safety and stability of the building structure. This paper elaborates on the theoretical basis of short-limb shear wall structures, analyzes the design key points and existing problems of short-limb shear wall structures in housing construction projects, and proposes corresponding solutions, aiming to provide references for improving the design level of short-limb shear wall structures and ensuring the quality of housing construction projects.

Keywords： building construction; short limb shear wall; structural design

引言

在现代房建工程中，建筑结构的设计至关重要，它直接关系到建筑物的安全性、稳定性以及使用功能。短肢剪力墙结构作为一种常见的结构形式，因其能够有效利用空间、增强建筑的抗震性能等优点，受到了广泛的应用。因此，深入研究房建工程中短肢剪力墙结构设计问题具有重要的现实意义。

一、短肢剪力墙结构的理论基础

短肢剪力墙是指截面厚度不大于300mm，各墙肢截面高度和厚度的比值最大值大于4但不大于8的剪力墙。需要注意的是，强连梁（跨高比不大于2.5，且高度不小于400mm的连梁）的连肢墙可不判定为短肢剪力墙，只要有一肢为一般剪力墙时整个墙肢就可以不划分为短肢剪力墙。短肢剪力墙结构的受力特点接近异形柱，具有诸多优势。它能结合建筑平面，利用间隔墙位置布置竖向构件，基本不会与建筑功能产生冲突。墙的数量和肢长可根据抗侧力需求灵活调整，还能通过不同尺寸和布置来改变刚度中心的位置。该结构布置灵活，施工工艺简单，连接各墙的梁可隐

蔽施工^[1]。

在抗震设计中，不宜将高层建筑结构完全采用短肢剪力墙结构形式。在使用较多短肢剪力墙的情况下，应设置筒体，成为短肢剪力墙和筒体（一般是剪力墙）共同承受水平力的结构形式，在设计规定的水平地震作用下，短肢剪力墙承担的底部倾覆力矩不大于结构底部总倾覆力矩的40%。因为短肢剪力墙在抗震性能方面，存在一定差别，其墙肢轴压比，需分别按不同抗震等级进行严格的划分，比如一级、二级、三级抗震等级轴压比分别是0.5、0.6以及0.7。而一字形截面的短肢剪力墙则由于有效端柱、翼缘的作用，延展性相对较差，轴压比也相对较小^[2-3]。

短肢剪力墙的剪力设计值除满足一般剪力墙对底部加强部位

的调整外,非底部加强部位也需适当调整。抗震等级为一级、二级、三级时,应分别乘以1.4、1.2、1.1的增大系数。在边缘构件及墙身配筋方面,短肢剪力墙边缘构件根据墙肢底截面的轴压比和所处部位分为约束边缘构件和构造边缘构件。约束边缘构件配筋率在一、二、三级时分别不应小于1.2%、1.0%和0.8%;构造边缘构件底部加强部位配筋率在一、二、三级时分别不应小于1.0%、0.8%和0.6%,其他部位配筋率在一、二、三级时分别不应小于0.8%、0.6%和0.5%。当墙肢截面高度和厚度的比值不大于4时,宜按照框架柱的要求设计纵向钢筋最小配筋率;当端柱承受集中荷载时,其边缘构件应满足框架柱的相应要求。短肢剪力墙的竖向和水平分布筋,除满足承载力计算配筋要求外,还应满足最小配筋率要求。抗震等级为一、二、三级时均不应小于0.25%,水平分布钢筋直径不应小于8mm,间距不宜大于300mm,竖向分布钢筋直径不应小于10mm,间距不宜大于300mm。

二、房建工程中短肢剪力墙结构设计要点

(一) 结构布置设计

短肢剪力墙的布置应遵循科学、匀称的原则,确保剪力墙的质量中心和刚度中心相互吻合。为保证建筑的各项位移指标(如位移比指标、周期比指标、刚度比指标、剪重比指标、轴压比指标和刚重比指标)满足规定要求,宜将剪力墙按T形、L形、Y形和十字形进行设计。布置时应避免在局部范围内集中布置过多短肢剪力墙,如集中在建筑平面的一边或周边,因为这可能导致局部破坏引发整个楼层倒塌。在高烈度地区,短肢剪力墙的使用应严格限制,根据《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ3-2010)规定,7度的A级高度高层建筑不宜布置短肢剪力墙。在某商业房建项目中,地上19层,地下2层,底层空间较大,采用框架支撑的剪力墙结构。设计时通过增大下层的剪力墙数目,减小转换层之上的剪力墙数目,降低上部结构的抗侧承载力,同时合理利用隔板位置设置垂直构件,根据实际情况确定剪力墙数目,有效减轻了房屋整体重量,降低了建筑物刚度,减少了地震冲击,降低了地基设计难度和房屋造价,加快了施工进度^[4]。

(二) 构件设计

短肢剪力墙构件的设计需要遵循相关的规定,控制轴压比是确保短肢剪力墙结构在地震作用下稳定的保证,前文提到各种抗震等级所对应的轴压比限值,因此在进行短肢剪力墙的轴压比控制设计时需严格按照要求来设置相应的轴压比限值。在边缘构件的设计时需要准确地将约束边缘构件和构造边缘构件区分,根据相应位置和轴压比的差异来进行配筋率设计,在进行约束边缘构件设计时,一、二、三级抗震等级其配筋率最小值是1.2%、1.0%和0.8%。对于构造边缘构件在底部加强部位和其它部位配筋率的最小值也有相应的规定。在构件设计时对于墙身配筋也是不可忽视的重要部分,竖向的分布筋与水平的分布筋不仅要满足其承载力计算标准,还需要满足最小的配筋率的要求,抗震等级为一、二、三级的墙体其最小配筋率要求都需大于0.25%,并且对钢筋直径和间距的配筋也是相应的具体要求,对于水平分布钢筋直径不

得小于8mm,间距不大于300mm。对于竖向分布的钢筋直径不得小于10mm,间距不大于300mm。

(三) 结构计算分析

短肢剪力墙结构设计中的结构计算分析是一项非常关键的工作,进行结构计算分析时应该综合考虑竖向荷载、风荷载、地震作用等各种影响因素,常用的结构计算软件主要有PKPM、YJK等,这些软件均可模拟结构受竖向荷载、风荷载、地震作用等各种荷载工况下的结构受力状况,为结构设计提供数据计算信息。在结构计算分析中应该合理选取各项计算参数,比如地震影响系数、结构阻尼比等。地震影响系数按照工程所在地区抗震设防烈度、设计地震分组和场地类别等因素来选取地震影响系数;结构阻尼比结合结构类型、材料性质等因素取值。以实际工程中某工程作为例子,通过PKPM软件进行结构计算分析,当输入准确的模型结构信息和荷载数据等数据时,软件可输出结构内力与位移结果,设计人员按照这些计算结果对结构进行优化和调整,比如短肢剪力墙的布置及截面尺寸等进行调整,使结构的各项指标都能够满足各项规范的要求,使得结构的安全性和经济性都得到合理的保障^[5-6]。

四、房建工程中短肢剪力墙结构设计现存问题

(一) 结构安全方面

数量设计时,如果短肢剪力墙数量过少或者过短,则容易影响结构的抗震性能,研究证明,在一些地震频发区,出现部分短肢剪力墙数量不够建筑在地震中的建筑受损严重的现象并不罕见,据统计,在某次地震中部分建筑由于短肢剪力墙的数量未达到设计要求的极限,墙体开裂所占比例能达到30%~40%,影响建筑安全性。在实际建筑中比较常见的“一”字形短肢剪力墙,但是在这种形式的剪力墙上存在着受力不好的缺点。建筑物在遭受地震等水平荷载时容易导致“一”字形短肢剪力墙平面外失稳,致使结构整体刚度不足。某建筑工程中建筑所设置的剪力墙多数是“一”字形短肢剪力墙,在地震模拟试验时,由于剪力墙“一”字形短肢剪力墙最先出现裂缝,导致整个结构倒塌^[7]。

(二) 设计优化方面

设计人员在短肢剪力墙结构设计时对结构布置与建筑功能缺少协调性的意识,导致结构布置不合理。一些住宅设计工程出于追求室内空间的尽可能最大化考虑,短肢剪力墙数量过多而减少,减少建筑抵抗外力的能力,降低结构抗震能力;或者短肢剪力墙布置过多集中于建筑物一侧,使得结构刚度不均匀,在结构承受水平荷载时产生较大的扭转效应对墙体而言,构件设计配筋不合理情况。个别设计人员出于成本节省考虑,未依据规范要求配筋,构件强度能力较低。例如,在某工程中短肢剪力墙的竖向分布筋的配筋率未达到规范中提出的0.25%最低要求,仅为0.2%,在结构试验中,该结构在承受较小的荷载时就已经出现开裂现象,严重影响结构正常使用。结构计算分析时设计人员对软件过度依赖而减少必要的人工复核会使得计算的结果不够准确。选取的计算参数不合适影响到计算结果的可靠性。某项建筑工程

项目在设计中，在使用 PKPM 软件中计算时错误地填写场地类别，致使地震影响系数取值不合适，使得计算的结果中，计算出的结构内力及位移比实际情况相差较远，倘若未及时发现，对于结构的受安全问题会造成极大的隐患。

（三）施工与后期维护方面

短肢剪力墙结构的施工由于短肢剪力墙的构件尺寸、配筋较为复杂，所以施工较为困难，在钢筋绑扎的时候，由于短肢剪力墙的钢筋布置较为密集，在操作空间较小，容易导致钢筋绑扎不牢固的现象。在现场的某工程检查中发现，约 10%~15% 的短肢剪力墙钢筋绑扎节点没有按照规范要求进行施工，存在松动情况，直接导致其结构的受力性能受到影响。短肢剪力墙的截面尺寸较小，在浇筑的时候很容易出现混凝土振捣不密实，蜂窝麻面等质量问题，在一些工程中通过超声检测发现，部分短肢剪力墙内部存在空洞、不密实的区域，极大地影响了结构的强度和耐久性^[9]。

五、房建工程中短肢剪力墙结构设计问题的解决策略

（一）提升结构安全性能

合理的确定短肢剪力墙的数量和长度是关键。建筑抗震设防的要求、高度、平面布置等是设计人员确定短肢剪力墙合理数量和长度时需要考虑的问题。对短肢剪力墙进行结构设计时，可以在多方案中对比出合理的布置方案，保证在满足建筑功能要求下，能够满足结构抗震设计的基本要求。对于“一”字形短肢剪力墙，可以采用增加翼缘的方式进行优化。将“一”字形短肢剪力墙更换为 L 型短肢剪力墙或 T 型短肢剪力墙，借助翼缘的约束作用，提高墙体的平面外稳定性和承载力。对某工程改造项目进行了改造，对原有的“一”字形短肢剪力墙增加了翼缘，经过结构鉴定检验，改进之后的墙体在承受相同荷载的时候，出现裂缝的概率明显减少，结构的整体稳定性显著增强。

（二）推进设计优化

设计人员应加强与建筑专业的交流，在满足建筑功能需求的基础上优化短肢剪力墙结构布置。在设计前期，结构设计人员应与建筑设计师共同对建筑平面布局进行研究，结合建筑功能分区合理布置短肢剪力墙，使得结构布置均匀、合理，避免出现结构刚度突变、扭转效应过大的现象。在构件设计上严格按照规范的

要求进行配筋计算，保证配筋合理。设计人员应充分考虑构件各工况受力情况，准确计算配筋量，同时注意钢筋布置方式以及构造要求，保障钢筋能够充分发挥其力学性能。在某工程设计中，应用精细化设计理念，对短肢剪力墙的配筋进行了优化，在不增加材料成本的条件下，提高结构承载能力和抗震能力^[9]。

（三）解决施工与后期维护难题

在施工工艺上优化施工工艺和技术，减少施工的难度。钢筋绑扎可采用工厂预加工钢筋骨架，把短肢剪力墙的钢筋进行工厂预加工，再运输到施工现场安装的钢筋预加工技术，既可以保证钢筋的绑扎质量，减少钢筋的绑扎成本，同时还可以降低施工的难度。在混凝土浇筑中可采用自密实混凝土技术，利用混凝土本身的自流动性能，不需要进行振捣就可以填充到模内的各个角落，可以很好地保证混凝土浇筑的质量。在某工程项目的短肢剪力墙进行应用自密实混凝土技术后，可以很好地提高混凝土浇筑的质量。蜂窝麻面等质量常见的问题得到了很好的改善。做好施工过程中的质量控制，在施工过程中实行完善的质量管理制度。施工企业应当制订详细的质量控制计划，在施工过程中明确每一工序和每一个环节的质量控制标准和质量控制方法。在施工过程中加大对施工现场的检查力度，发现施工过程中的质量问题及时地解决，对于施工过程中关键的工作比如钢筋的绑扎、混凝土的浇筑要进行旁站，在旁站的过程中可以很好地保障施工的施工质量^[10]。

六、结论

短肢剪力墙结构在房建工程中有广阔的应用空间，其独有的优越性给建筑设计、施工等方面带来了诸多便利。与此同时，在实际设计中短肢剪力墙结构存在着结构安全问题、设计优化问题以及施工和后期维护问题。通过对短肢剪力墙结构的理论基础进行探索，明确短肢剪力墙结构设计中的要点内容，同时就现有问题提出相应的解决措施，比如可以加强结构的安全性，推动设计的优化，也可以就施工和后期维护中的问题提出解决之道等等，这就能够提升短肢剪力墙结构设计水平，保障房建工程质量。在未来房建工程中，随着越来越多的新型建筑技术不断应用并加以完善，短肢剪力墙结构会更加完善、也更加适用。

参考文献

[1] 郝燕. 建筑工程设计中的剪力墙结构设计探讨 [J]. 工程建设 (维泽科技), 2024, 7(06): 189-191.
[2] 李公平. 关于房建工程中短肢剪力墙结构设计问题 [J]. 中国科技投资, 2021, (13): 146-148.
[3] 宋庆明, 龙飞. 房建工程中短肢剪力墙结构设计问题的探讨 [J]. 住宅与房地产, 2019, (03): 165.
[4] 高睿智. 探讨房建工程中短肢剪力墙结构设计问题 [J]. 科技传播, 2013, 5(12): 100+105.
[5] 尹开应. 房建工程中短肢剪力墙结构设计问题的探讨 [J]. 中华民居 (下旬刊), 2012, (09): 40-42.
[6] 韦先锋, 雷耀龙. 房建工程中短肢剪力墙结构设计问题的探讨 [J]. 建筑·建材·装饰, 2019(8): 219.
[7] 刘一. 关于房建工程中短肢剪力墙结构设计问题 [J]. 工程建设与发展, 2024, 3(11): 1-3.
[8] 尹宴春. 房建工程中短肢剪力墙结构设计问题的探讨 [J]. 百科论坛电子杂志, 2021(18): 1716.
[9] 孙拓宇. 房建工程中短肢剪力墙结构设计问题 [J/OL]. 中国科技期刊数据库工业 A, 2024(11): 018-020.
[10] 凌波达. 房建工程中短肢剪力墙结构设计问题的探讨 [J/OL]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2023(4): 151-153.

矿区生态修复与安全管理协同治理路径研究

赵勇刚¹, 米治江¹, 韦德祥¹, 刘建华¹, 曲越²

1. 内蒙古满世煤炭集团点石沟煤炭有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000

2. 内蒙古峥创科技有限公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000

DOI:10.61369/UAID.2025010017

摘要： 矿区生态修复与安全管理是资源型地区可持续发展的核心议题。本文基于协同治理理论，通过分析矿区生态修复与安全管理的内在关联性，构建“目标—机制—技术—制度”四位一体的协同治理框架，提出优化路径。研究表明，通过多元主体协同、技术融合创新和制度保障强化，可实现生态安全与生产安全的双重目标，为矿区绿色转型提供理论支撑。

关键词： 矿区生态修复；安全管理；协同治理；可持续发展

Research on the Collaborative Governance Path of Ecological Restoration and Safety Management in Mining Areas

Zhao Yonggang¹, Mi Zhijiang¹, Wei Dexiang¹, Liu Jianhua¹, Qu Yue²

1. Inner Mongolia Manshi Coal Group Dianshigou Coal Co., LTD. Ordos, Inner Mongolia 017000

2. Inner Mongolia Zhengchuang Technology Co., LTD. Ordos, Inner Mongolia 017000

Abstract： Ecological restoration and safety management in mining areas are the core issues for the sustainable development of resource-based regions. Based on the theory of collaborative governance, this paper analyzes the intrinsic correlation between ecological restoration and safety management in mining areas, constructs a four-in-one collaborative governance framework of "goal – mechanism – technology – system", and proposes an optimization path. Research shows that through the collaboration of multiple subjects, technological integration and innovation, and the strengthening of institutional guarantees, the dual goals of ecological security and production safety can be achieved, providing theoretical support for the green transformation of mining areas.

Keywords： ecological restoration of mining areas; safety management; collaborative governance; sustainable development

引言

经济在稳步提升，矿业产业的崛起开始承担起推动国家经济发展与保持社会稳定的重任。然而，该行业的发展也伴随着一些环境问题，作为问题的根源重度开采活动破坏了土壤结构，改变了地貌，减少了生物多样性，甚至威胁到地下水资源的重新补充，对环境造成了深远的影响^[1]。我国矿山生态修复经历了从“先破坏、后修复”到“边破坏、边修复”，从“重工程修复、轻自然修复”到“生物、工程与自然修复并重”的过程，正在从破坏后修复的旧思维转变到绿色开采的新思维^[2]。传统治理模式中，生态修复与安全管理往往割裂实施，导致资源浪费与治理效能低下。本文基于协同治理理论，探索二者有机结合的创新路径。

一、研究背景

（一）国家战略与政策导向，矿区可持续发展的必然要求

随着我国生态文明建设的深入推进，矿区生态修复与安全生产已成为国家资源开发与环境保护政策的核心议题。党的二十大报告明确提出“推动绿色发展，促进人与自然和谐共生”，并要求加强矿山综合治理，统筹发展与安全。2021年，国务院印发《关于鼓励和支持社会资本参与生态保护修复的意见》，强调矿山

生态修复的市场化机制创新^[3]。与此同时，《安全生产“十四五”规划》要求矿山企业强化风险防控，推动安全生产与生态治理协同发展。然而，当前政策执行仍存在部门分割、标准不统一等问题，亟需探索协同治理的新模式，以实现矿区生态安全与生产安全的双重目标。

（二）矿区生态退化与安全风险的严峻现实

我国矿产资源开发历史悠久，长期高强度开采导致严重的生态环境破坏和安全风险叠加。露天开采造成的边坡失稳、采空区

塌陷等问题不仅加剧水土流失和生物多样性丧失，还直接威胁矿工和周边居民的生命安全。生态退化与安全事故往往相互影响，形成“生态破坏→地质灾害→安全事故”的恶性循环，传统单一治理模式难以有效应对^[3]。

（三）传统治理模式的局限性

生态修复与安全管理割裂当前矿区治理的主要困境在于生态修复与安全管理长期割裂。主要表现为一是管理主体分散。生态修复由自然资源部门监管，安全生产由应急管理部门负责，缺乏跨部门协同机制；二是资金投入分离。矿山企业需分别缴纳生态修复基金和安全生产费用，但两类资金无法统筹使用，导致重复建设或治理空白；三是技术体系脱节。生态修复多关注植被恢复和景观美化，而安全管理侧重工程加固和监测预警，二者未能有机结合^[4]。

（四）理论研究滞后

缺乏系统性协同治理框架。学术界对矿区生态修复和安全管理的长期处于平行状态。目前，矿区生态修复相关研究主要集中在地质环境治理、土地复垦、土壤改良、景观重构和植被恢复等矿山生态修复技术创新，依托新型城镇化战略实施矿区生态破坏和环境污染协同治理的研究较少^[5]；安全管理研究则集中于灾害预警、岩土工程加固等硬性措施，忽视生态手段的长期防控价值。尽管近年来国际社会提出“基于自然的解决方案”（NbS），但在矿区场景下的应用仍缺乏实证研究。此外，现有协同治理理论多聚焦于政府-企业-社区的合作模式，而针对矿区这一特殊场域，如何整合生态修复与安全管理仍缺乏系统性框架，导致实践中的协同治理效果有限。

（五）协同治理的机遇

技术创新与政策突破近年来，技术进步与政策创新为矿区生态修复与安全管理的协同治理提供了新机遇。智能监测技术，如InSAR遥感、物联网（IoT）传感器可同时监测地表变形、植被生长和地下水变化，实现生态与安全数据的融合分析；生态工程创新，例如“岩土-植被”协同加固技术，既能恢复生态，又能增强边坡稳定性；政策试点突破，部分省份已探索“生态修复+安全防控”一体化考核机制，如内蒙古将矿山复绿率与安全生产评级挂钩，取得初步成效。这些实践表明，通过制度优化、技术融合和多方参与，协同治理具备可行性，但仍需进一步的理论提炼和模式推广。

二、矿区生态修复与安全管理协同治理研究现状

（一）协同治理理念的发展与理论框架

近年来，矿区治理理念已从传统的单一治理模式逐步转向协同治理范式。这一转变源于对矿区复杂系统认识的深化，研究者们逐渐认识到生态系统的稳定性和安全性之间存在动态耦合关系。彭建等提出国土空间生态修复的景观生态学认知，强调过程耦合与空间集成的重要性^[6]。在理论层面，协同治理研究主要围绕三个维度展开：一是系统耦合机理研究，探索生态过程与安全风险的相互作用机制；二是治理效能评估，建立包含生态效益和

安全效益的综合评价体系；三是制度设计理论，研究如何构建有效的协同治理框架。值得注意的是，当前理论研究仍存在概念界定不清晰、作用机理不明确等问题，亟需建立更加系统化的理论框架。

（二）政策制度研究的进展与局限

政策制度研究主要聚焦于协同治理的体制机制创新。现有研究表明，我国已初步形成包含法律法规、标准规范、考核评价等在内的政策体系，但在实施层面仍面临诸多挑战。具体表现在：一是部门职责交叉与权责不清，导致政策执行效率低下；二是标准体系不兼容，生态修复标准与安全标准存在冲突；三是激励约束机制不健全，难以调动各方参与积极性。部分学者提出建立跨部门协调机构、完善考核问责机制等政策建议，但缺乏实证研究支持其有效性。此外，对市场化治理工具的研究相对不足，特别是关于生态补偿、绿色金融等创新机制的研究亟待加强^[7]。

（三）关键技术创新与应用瓶颈

技术研究主要集中在三个方向：生态安全协同技术、智能监测预警技术和系统集成技术。在生态安全协同技术方面，重点突破植被恢复与岩土稳定、水土保持与灾害防控等关键技术；智能监测技术主要发展多源数据融合、实时动态监测等技术；系统集成技术则致力于构建协同治理决策支持平台。然而，技术创新面临诸多瓶颈：一是技术研发与工程应用脱节，成果转化率低；二是改造成本高企，中小企业难以承担；三是缺乏统一的技术标准和规范，制约技术推广应用。特别需要指出的是，对传统技术的生态化改造研究明显不足。

（四）实施模式探索与实践困境

实践层面的研究主要围绕协同治理模式创新展开。根据治理主体和运行机制的不同，现有研究识别出三种典型模式：政府主导的行政推动模式、市场主导的经济激励模式和社区参与的共治共享模式。不同模式各具特色：行政推动模式执行力强但可持续性差，经济激励模式效率高但公平性不足，共治共享模式认同度高但组织成本大。当前实践面临的主要困境包括：模式选择缺乏科学依据，实施路径不清晰，以及长效运行机制缺失等。值得注意的是，对中小型矿区的协同治理研究明显不足，现有模式难以满足其特殊需求。

三、矿区生态修复与安全管理协同治理优化路径

（一）建立系统化的理论框架

首先，构建统一的概念体系，明确定义“生态-安全”协同治理的核心内涵和边界范围，建立标准化的术语库；其次，深化系统耦合机理研究，运用复杂系统理论、耦合协调度模型等方法，定量解析生态过程与安全风险的相互作用机制，特别是要重点研究关键阈值和转折点；再次，完善综合评价体系，构建包含生态稳定性指标、安全风险指标、经济社会效益指标的多维评价模型，开发具有普适性的评估工具；最后，加强制度设计理论的实证研究，通过典型案例分析和对比实验，验证不同制度框架的适用条件和实施效果。建议设立专项研究课题，组织跨学科团队

开展联合攻关，定期举办理论研讨会，促进学术共识的形成。

（二）构建协同治理制度框架

建立跨部门协调机制是推进协同治理的首要路径。建议成立由自然资源、应急管理、生态环境等部门组成的矿区综合治理委员会，统一制定生态修复与安全管理协同标准和工作流程。重点完善三项制度：一是建立联合审批制度，将生态安全协同指标纳入矿山开发利用方案审批要件；二是实施一体化监管制度，开展生态安全联合执法检查；三是推行综合考核制度，将协同治理成效纳入地方政府绩效考核体系。该制度框架已在山西部分矿区试点，使审批效率提升40%，监管成本降低35%。

（三）创新技术协同应用体系

技术协同应聚焦三个关键领域：首先，研发“生态-安全”复合型技术，如具有固坡功能的植被恢复技术、兼顾生态效益的支护技术等；其次，构建智能监测预警系统，集成 InSAR 遥感、物联网传感等技术，实现生态参数与安全指标的同步监测；再次，开发协同决策支持平台，运用大数据和人工智能技术进行风险预测和方案优化。内蒙古某露天矿应用该技术体系后，滑坡预警准确率提高至92%，修复成本节约28%。建议制定统一的技术标准和操作规程，加快成熟技术的推广应用。

（四）完善市场化运作机制

市场化路径重点突破三个环节：资金筹措方面，建立“修复基金+安全投入”的统筹使用机制，试点发行生态安全专项债券；项目实施方面，推广 PPP 模式，鼓励社会资本参与协同治理项目；收益分配方面，建立基于治理成效的差异化补偿机制。可借鉴澳大利亚“修复债券”经验，根据矿区风险等级设定差异化的保证金标准。配套建立第三方评估机构和信息公开平台，保障市场运作的透明规范。

（五）优化多元主体参与模式

矿区复合生态系统的主要利益相关者包括地方政府主管部门、煤炭企业、社会资本方和矿区居民四个方面^[6]。构建“政府主导、企业主体、社会参与”的协同治理格局。政府角色应从直接管理者转向规则制定者和服务提供者；企业责任需从被动合规转向主动治理，建立全员参与的生态安全文化；社会力量可通过环境监督、志愿服务等方式参与治理。建议建立多元主体利益协调机制，完善诉求表达和矛盾调解渠道。

（六）实施差异化治理策略

根据矿区类型和问题特征采取分类治理：新建矿山应实行“边开采、边修复、边防控”的全过程治理；生产矿山重点解决历史欠账，实施修复工程与安全改造同步推进；闭坑矿山突出长期监测维护，建立生态安全后评估制度。针对露天矿、地下矿等不同类型，制定专门的协同治理技术指南。山东能源集团实施的“一矿一策”方案，使治理效率平均提高45%。需加强治理方案的动态调整，建立适应性管理机制^[9]。

（七）强化科技与人才支撑

加大科技创新投入，设立协同治理专项研究课题，重点突破关键技术瓶颈。建议组建产学研研创新联盟，建立协同治理工程技术研究中心。人才培养方面，在高校矿业、安全、环境等专业开设交叉课程，培养复合型人才；对企业人员开展协同治理专题培训。需完善人才激励机制，提高基层技术人员的专业待遇。

（八）建立长效保障体系

长效保障需完善四个体系。法律保障体系，推动《矿产资源法》修订，增设协同治理条款；标准规范体系，尤其需要煤炭行业、煤矿企业、生态修复企业与各级行政管理部门列入相关技术标准^[10]，制定统一的生态安全协同技术标准；资金保障体系，建立持续稳定的财政投入机制；监督评估体系，引入第三方机构开展年度评估。德国鲁尔区经验表明，完善的法律和资金保障是协同治理持续开展的关键。建议建立协同治理白皮书制度，定期发布实施进展和成效评估。

四、研究结论

协同治理是破解矿区“生态-安全”双重困境的有效范式，其关键在于构建“制度-技术-市场-主体”四位一体的治理体系。研究表明，通过建立跨部门协同机制、研发生态安全复合技术、创新市场化运作模式和完善多元共治格局，可实现治理成本降低30%-45%、事故风险减少50%以上的协同效应。但需注意，协同治理的实施效果受矿区类型、发展阶段和区域特征等因素影响，未来应加强差异化治理策略研究和长效保障机制建设。这一研究为推进矿区可持续发展提供了理论支撑和实践路径，对完善我国矿区综合治理体系具有重要参考价值。

参考文献

[1] 周艳菊,邢宝文,张贵涛. 3S 技术用于矿山生态修复治理的实践研究 [J]. 科技与创新, 2024(12):130-132.

[2] 张绍良,朱立军,侯湖平,安艳玲. “五位一体” 视域下的矿山生态修复 [J]. 环境保护, 2014, 42(2):72-74.

[3] 李海东,王楠,闫庆武,林杰,马伟波. 修复生态学视角下城镇工矿区生态修复综合体建设 [J]. 生态与农村环境学报, 2025, 41(1):1-10.

[4] 彭建,吕丹娜,董建权,等. 过程耦合与空间集成: 国土空间生态修复的景观生态学认知 [J]. 自然资源学报, 2020, 35(1):3-13.

[5] 王璐. 煤炭矿区复合生态系统协同治理研究 [J]. 中国管理信息化, 2018, 21(3):22-24.

[6] 雷少刚,夏嘉南,卞正富,程伟. 论露天矿区近自然生态修复 [J]. 煤炭学报, 2024, 49(4):2021-2030.

[7] 韦欣怡,黄春霞,黄晓丽,等. 地积累指数评价法在典型废弃矿区生态修复开发中的应用 [J]. 中阿科技论坛 (中英文), 2024, (06):111-114.

[8] 王昊晨. 面向矿区生态修复的参照生态系统遥感识别与实践 [D]. 中国矿业大学, 2024.DOI: 10.27623/d.cnki.gzkyu.2024.000874.

[9] 田娜. 基于提升生态系统质量和稳定性的露天矿山生态修复策略——以北京昌平某矿区生态修复项目为例 [J]. 现代园艺, 2024, 47(08):174-176+179.DOI: 10.14051/j.cnki.xddy.2024.08.051.

[10] 李聪聪,王佟,赵欣,等. 边坡监测与治理技术在高寒矿区露天煤矿生态修复中的应用研究 [J]. 中国矿业, 2024, 33(04):122-131.

混凝土外加剂对混凝土早期强度发展的影响机制

钟淇

广东稳固检测鉴定有限公司, 广东 广州 511453

DOI:10.61369/UAID.2025010018

摘 要： 混凝土外加剂是改善混凝土性能的重要手段之一，尤其在提高混凝土早期强度方面具有显著效果。本文主要探讨了混凝土外加剂对混凝土早期强度发展的影响机制，分析了不同种类外加剂的作用原理，包括减水剂、早强剂、缓凝剂等，并讨论了它们对水泥水化过程、微观结构以及宏观性能的影响。通过实验数据和理论分析，本文旨在为混凝土的优化配制和工程应用提供科学依据。

关 键 词： 混凝土外加剂；早期强度；水泥水化

The Influence Mechanism of Concrete Admixtures on the Early Strength Development of Concrete

Zhong Qi

Guangdong Guodu Testing and Appraisal Co., LTD. Guangzhou, Guangdong 511453

Abstract： Concrete admixtures are one of the important means to improve the performance of concrete, especially having a remarkable effect in enhancing the early strength of concrete. This paper mainly explores the influence mechanism of concrete admixtures on the early strength development of concrete, analyzes the working principles of different types of admixtures, including water reducers, early strength agents, retarders, etc., and discusses their influences on the hydration process, microstructure and macroscopic properties of cement. Through experimental data and theoretical analysis, this paper aims to provide a scientific basis for the optimal preparation and engineering application of concrete.

Keywords： concrete admixture; early strength ; cement hydration

引言

混凝土作为建筑材料，其性能的优劣直接影响到建筑工程的质量和耐久性。混凝土的早期强度发展是决定混凝土能否及时承受荷载、缩短工期的关键因素。混凝土外加剂的使用可以显著改善混凝土的工作性、强度、耐久性等性能。因此，研究外加剂对混凝土早期强度发展的影响机制，对于混凝土材料的科学配制和工程应用具有重要意义。

一、混凝土早期强度发展理论基础

（一）混凝土早期强度形成机制

混凝土早期强度的形成是一个复杂的物理化学过程，其核心在于水泥的水化反应。水泥水化反应是指水泥与水发生化学反应，生成一系列水化产物，并伴随着放热现象。这个过程大致可以分为几个阶段：首先是水泥颗粒的溶解，水分子进入水泥颗粒内部，与水泥中的矿物成分发生反应；其次是水化产物的形成和生长，生成的主要水化产物包括硅酸钙水合物（C-S-H凝胶）、钙矾石（AFt）、氢氧化钙（CH）等；最后是水化产物的硬化和发展，逐渐填充水泥颗粒之间的空隙，形成致密的结构，从而产生强度^[1]。其中，C-S-H凝胶是混凝土早期强度的主要贡献者，它具有极高的比表面积和活性，能够有效地胶结水泥颗粒，形成

空间网络结构。AFt则具有膨胀作用，可以填充水泥颗粒之间的空隙，提高混凝土的密实度。这些水化产物的形成和作用，共同决定了混凝土的早期强度。因此，深入理解水泥水化反应的基本过程及其对早期强度的影响，对于控制混凝土的早期强度发展具有重要的意义。

（二）影响混凝土早期强度的关键因素

混凝土早期强度的发展受到多种因素的影响，其中水灰比、水泥细度、养护温度等是关键因素。水灰比是指混凝土中水的用量与水泥用量的比值，它直接影响水泥的水化反应和混凝土的密实度。水灰比过高会导致多余的水分蒸发后留下孔隙，降低混凝土的密实度和强度；水灰比过低则会影响水泥的水化反应，同样不利于强度的形成。水泥细度是指水泥颗粒的大小，它影响水泥的水化速率和程度。水泥颗粒越细，其比表面积越大，与水接触

的面积也越大,水化反应速率越快,早期强度越高。养护温度是指混凝土硬化过程中的环境温度,它影响水泥的水化反应速率。养护温度越高,水泥的水化反应速率越快,早期强度发展越快;但过高的养护温度也可能导致混凝土内部产生温度应力,影响混凝土的长期性能^[2]。此外,外加剂对水泥水化进程的调控作用也是影响混凝土早期强度的重要因素。不同的外加剂可以通过不同的作用机制,影响水泥的水化反应速率、水化产物的形成和生长,从而调控混凝土的早期强度发展。例如,减水剂可以通过降低水灰比,提高混凝土的密实度,从而提高早期强度;早强剂可以加速水泥的水化反应,促进早期强度的形成;缓凝剂可以延缓水泥的水化反应,控制混凝土的凝结时间,避免早期强度过快增长导致的开裂等问题。因此,深入理解这些关键因素对混凝土早期强度的影响,对于优化混凝土配合比设计,提高混凝土的早期强度和耐久性具有重要的意义^[3]。

二、混凝土外加剂的作用机理

(一) 常见外加剂的类型及其功能

混凝土外加剂种类繁多,每种外加剂都有其独特的功能和应用场景。早强剂其主要作用是提高混凝土的早期强度。常见的早强剂包括硫酸盐、氯盐等。硫酸盐早强剂的作用机理主要是通过提供硫酸根离子,与水泥水化产物中的铝酸钙反应,生成钙矾石(Aft),钙矾石的生成过程伴随着体积膨胀,可以填充水泥颗粒之间的空隙,提高混凝土的密实度和早期强度。同时,硫酸根离子还可以加速C3S的水化,促进早期强度的形成。氯盐早强剂则主要通过提供氯离子,与水泥水化产物中的C3A反应,生成水化氯铝酸钙,加速水泥的水化反应,提高早期强度。但需要注意的是,氯盐早强剂的掺量需要严格控制,过量的氯离子会导致钢筋锈蚀,影响混凝土结构的耐久性。减水剂是应用最广泛的外加剂之一,其主要作用是降低混凝土的用水量,提高混凝土的流动性。常见的减水剂包括萘系减水剂和聚羧酸系减水剂。萘系减水剂的分散作用机理主要是通过其分子结构中的磺酸基团吸附在水泥颗粒表面,形成一层稳定的吸附膜,利用静电斥力使水泥颗粒相互分散,从而释放出包裹在水泥颗粒之间的自由水,提高混凝土的流动性^[4]。聚羧酸系减水剂则主要通过其分子结构中的羧酸基团和聚氧乙烯基团吸附在水泥颗粒表面,形成一层较厚的吸附膜,利用空间位阻效应使水泥颗粒相互分散,其减水效果优于萘系减水剂。减水剂能降低水灰比,提升混凝土强度和密实度,改善工作性能,减少施工难度。引气剂通过引入微小封闭气泡,增强混凝土和易性、抗冻性和抗渗性。其作用机理是降低水表面张力,形成气泡。缓凝剂延缓混凝土凝结,保证施工质量。其作用机理是吸附水泥颗粒表面,阻碍水化反应,或与水化产物反应生成络合物。其他外加剂如防水剂、膨胀剂等,各有特定作用机理,可根据工程需求选用^[5]。

(二) 外加剂对水泥水化过程的影响

外加剂对水泥水化过程的影响是外加剂作用机理的核心。不同的外加剂通过不同的方式影响水泥的水化反应速率、水化产物

的形成和生长。减水剂主要通过改善水泥颗粒的分散性,提高水泥与水的接触面积,从而加速水泥的水化反应。同时,减水剂还可以影响水化产物的形成,例如,聚羧酸系减水剂可以促进C-S-H凝胶的生成,提高混凝土的早期强度。早强剂则主要通过提供离子或形成新的水化产物,加速水泥的水化反应,促进早期强度的形成。例如,硫酸盐早强剂可以提供硫酸根离子,与水泥水化产物中的铝酸钙反应,生成钙矾石(Aft),钙矾石的生成可以加速C3S的水化,提高早期强度。外加剂与水泥矿物成分的相互作用也是影响水泥水化过程的重要因素。不同的水泥矿物成分对外加剂的吸附能力不同,导致外加剂的作用效果也不同^[6]。例如,C3A对减水剂的吸附能力较强,会降低减水剂的有效浓度,影响减水效果。因此,在使用外加剂时,需要考虑水泥的矿物成分,选择合适的外加剂种类和掺量。

(三) 外加剂对混凝土孔结构和微观形貌的影响

外加剂对混凝土孔结构和微观形貌的影响直接关系到混凝土的强度和耐久性。减水剂可以通过降低水灰比,减少混凝土中的孔隙率,改善孔径分布,使孔径向小尺寸方向发展,从而提高混凝土的密实度和强度。同时,减水剂还可以改善水化产物的微观形貌,使C-S-H凝胶更加均匀、致密,提高混凝土的强度和耐久性。引气剂引入的气泡可以细化混凝土的孔径分布,提高混凝土的抗冻性和抗渗性。早强剂可以促进水化产物的早期生成,填充水泥颗粒之间的空隙,提高混凝土的密实度和早期强度。缓凝剂可以延缓水泥的水化反应,避免混凝土内部产生过大的温度应力,减少裂缝的产生,提高混凝土的耐久性。因此,外加剂对混凝土孔结构和微观形貌的影响是多方面的,需要综合考虑外加剂的种类、掺量以及混凝土的配合比等因素,才能充分发挥外加剂的作用,实现混凝土性能的优化^[7]。

三、外加剂对混凝土早期强度发展的影响机制分析

(一) 常见外加剂的类型及其功能

混凝土外加剂种类繁多,每种外加剂都有其独特的功能和应用场景。早强剂,顾名思义,其主要作用是提高混凝土的早期强度。常见的早强剂包括硫酸盐、氯盐等。硫酸盐早强剂的作用机理主要是通过提供硫酸根离子,与水泥水化产物中的铝酸钙反应,生成钙矾石(Aft),钙矾石的生成过程伴随着体积膨胀,可以填充水泥颗粒之间的空隙,提高混凝土的密实度和早期强度。同时,硫酸根离子还可以加速C3S的水化,促进早期强度的形成。氯盐早强剂则主要通过提供氯离子,与水泥水化产物中的C3A反应,生成水化氯铝酸钙,加速水泥的水化反应,提高早期强度^[8]。但需要注意的是,氯盐早强剂的掺量需要严格控制,过量的氯离子会导致钢筋锈蚀,影响混凝土结构的耐久性。减水剂是应用最广泛的外加剂之一,其主要作用是降低混凝土的用水量,提高混凝土的流动性。常见的减水剂包括萘系减水剂和聚羧酸系减水剂。萘系减水剂的分散作用机理主要是通过其分子结构中的磺酸基团吸附在水泥颗粒表面,形成一层稳定的吸附膜,利用静电斥力使水泥颗粒相互分散,从而释放出包裹在水泥颗粒之

间的自由水,提高混凝土的流动性。聚羧酸系减水剂则主要通过其分子结构中的羧酸基团和聚氧乙烯基团吸附在水泥颗粒表面,形成一层较厚的吸附膜,利用空间位阻效应使水泥颗粒相互分散,其减水效果优于萘系减水剂。减水剂的掺入不仅可以降低水灰比,提高混凝土的密实度和强度,还可以改善混凝土的工作性能,降低施工难度。引气剂的主要作用是在混凝土中引入大量微小的、封闭的气泡,这些气泡可以改善混凝土的和易性,提高混凝土的抗冻性和抗渗性。引气剂通常为表面活性剂,其作用机理主要是通过降低水的表面张力,在搅拌过程中引入大量气泡。缓凝剂的主要作用是延缓混凝土的凝结时间,避免混凝土在施工过程中过快凝结,影响施工质量。缓凝剂的作用机理主要是通过吸附在水泥颗粒表面,阻碍水泥的水化反应,或者通过与水泥水化产物反应,生成稳定的络合物,延缓水泥的水化进程。其他外加剂,如防水剂、膨胀剂等,也都有其特定的作用机理,可以根据工程需要选择使用^[9]。

(二) 外加剂对水泥水化过程的影响

外加剂对水泥水化过程的影响是外加剂作用机理的核心。不同的外加剂通过不同的方式影响水泥的水化反应速率、水化产物的形成和生长。减水剂主要通过改善水泥颗粒的分散性,提高水泥与水的接触面积,从而加速水泥的水化反应。同时,减水剂还可以影响水化产物的形成,例如,聚羧酸系减水剂可以促进C-S-H凝胶的生成,提高混凝土的早期强度。早强剂则主要通过提供离子或形成新的水化产物,加速水泥的水化反应,促进早期强度的形成。例如,硫酸盐早强剂可以提供硫酸根离子,与水泥水化产物中的铝酸钙反应,生成钙矾石(AFt),钙矾石的生成可以加速C3S的水化,提高早期强度。外加剂与水泥矿物成分的相互作用也是影响水泥水化过程的重要因素。不同的水泥矿物成分对外加剂的吸附能力不同,导致外加剂的作用效果也不同。例

如,C3A对减水剂的吸附能力较强,会降低减水剂的有效浓度,影响减水效果。因此,在使用外加剂时,需要考虑水泥的矿物成分,选择合适的外加剂种类和掺量。

(三) 外加剂对混凝土孔结构和微观形貌的影响

外加剂对混凝土孔结构和微观形貌的影响直接关系到混凝土的强度和耐久性。减水剂可以通过降低水灰比,减少混凝土中的孔隙率,改善孔径分布,使孔径向小尺寸方向发展,从而提高混凝土的密实度和强度。同时,减水剂还可以改善水化产物的微观形貌,使C-S-H凝胶更加均匀、致密,提高混凝土的强度和耐久性。引气剂引入的气泡可以细化混凝土的孔径分布,提高混凝土的抗冻性和抗渗性。早强剂可以促进水化产物的早期生成,填充水泥颗粒之间的空隙,提高混凝土的密实度和早期强度。缓凝剂可以延缓水泥的水化反应,避免混凝土内部产生过大的温度应力,减少裂缝的产生,提高混凝土的耐久性。因此,外加剂对混凝土孔结构和微观形貌的影响是多方面的,需要综合考虑外加剂的种类、掺量以及混凝土的配合比等因素,才能充分发挥外加剂的作用,实现混凝土性能的优化^[10]。

四、结语

混凝土外加剂通过调控水泥水化进程、改善混凝土孔结构和微观形貌,对混凝土的早期强度发展产生了显著的影响。深入理解外加剂的作用机理,对于优化混凝土配合比设计,提高混凝土的早期强度和耐久性具有重要的意义。未来,随着外加剂技术的不断发展和创新,将有更多高效、环保的外加剂被开发出来,为混凝土工程提供更加优质的材料选择。同时,也应持续关注外加剂对混凝土长期性能的影响,确保混凝土结构的安全和稳定。

参考文献

- [1] 续荣贵. 混凝土外加剂对混凝土的影响分析[J]. 现代装饰, 2022(34): 124-126.
- [2] 蓝豪杰, 蒋元海*, 黄发军, 等. 外加剂及胶凝材料对混凝土早期强度影响的研究[J]. 新材料·新装饰, 2021, 3(24): 7-9.
- [3] 穆黎明. 五种外加剂对混凝土早期开裂性能的影响[J]. 水电能源科学, 2020, 38(5): 3. DOI: CNKI: SUN: SDNY. 0. 2020-05-033.
- [4] 王冬, 石明建, 祝烨然, 等. 外加剂对泵送混凝土早期变形抑制作用研究[J]. 新型建筑材料, 2021, 48(5): 4.
- [5] 赵凯, 王志学, 邓超, 等. 浅析混凝土外加剂对混凝土性能的影响[J]. Urban Architecture & Development, 2023, 4(3). DOI: 10.37155/2717-557x-0403-25.
- [6] 郭恒沙. 夏热冬冷地区冬季混凝土早期强度提升技术研究[J]. 建筑·建材·装饰, 2022(019): 000.
- [7] 向浩天, 蒋炳, 李之军, 等. 外加剂对低温水泥浆性能的影响试验研究[J]. 探矿工程: 岩土钻掘工程, 2020, 47(1): 7.
- [8] 王连广, 王迎港, 李雪, 等. 外加剂对聚丙烯喷射混凝土强度的影响[J]. 沈阳建筑大学学报: 自然科学版, 2022(002): 038.
- [9] 刘晓勇. 功能型化学外加剂对饰面清水混凝土性能的影响[J]. 新型建筑材料, 2020.
- [10] 王亚坤. 高寒高海拔地区外加剂对混凝土力学性能的影响[J]. 中国建材科技, 2022, 31(5): 40-42.

水运工程造价管理中的激励机制与成本控制效果分析

张伟

中国建筑第二工程局有限公司，广西 崇左 532199

DOI:10.61369/UAID.2025010021

摘 要： 水运工程造价管理是保障水运工程经济效益与社会效益的核心环节，其中激励机制与成本控制的协同作用至关重要。本文基于马斯洛需求层次理论、双因素理论及委托－代理理论，分析激励机制的理论基础与构建原则；结合目标管理、责任会计及价值工程理论，探讨成本控制的核心原则与实施措施；进一步构建激励机制与成本控制的协同作用模型，通过成本节约率、员工参与度、工程质量达标率等多维度指标，评估两者协同对提升项目效益的实际效果。研究表明，科学的激励机制可显著激发参与方积极性，动态化成本控制措施能有效应对复杂环境，两者协同可实现水运工程造价的全周期优化，为同类工程管理提供理论参考与实践路径。

关 键 词： 水运工程；造价管理；激励机制；成本控制

Analysis of Incentive Mechanism and Cost Control Effect in Cost Management of Water Transport Engineering

Zhang Wei

China Construction Second Engineering Bureau Co. Ltd. Chongzuo, Guangxi 532199

Abstract： Cost management in water transportation engineering is a core aspect of ensuring both economic and social benefits, where the synergistic effect of incentive mechanisms and cost control plays a crucial role. Based on Maslow's Hierarchy of Needs theory, Two-Factor theory, and Principal-Agent theory, this paper analyzes the theoretical foundation and construction principles of incentive mechanisms. Combining Management by Objectives, Responsibility Accounting, and Value Engineering theories, it explores the core principles and implementation measures of cost control. Furthermore, a synergistic model of incentive mechanisms and cost control is constructed, evaluating the practical effects of their collaboration on improving project efficiency through multi-dimensional indicators such as cost savings rate, employee participation, and project quality compliance rate. Research indicates that a scientific incentive mechanism can significantly stimulate the enthusiasm of participants, while dynamic cost control measures can effectively deal with complex environments. The collaboration between the two can achieve full-cycle optimization of water transport engineering cost, providing theoretical reference and practical pathways for similar engineering management.

Keywords： water transport engineering; cost management; incentive mechanism; cost control

引言

水运工程作为基础设施建设的重要组成部分，具有投资规模大、建设周期长、影响因素复杂等特点，其造价管理直接关系到项目的经济性与可持续性。传统管理模式中，往往存在“重结算、轻全过程控制”的问题，导致资源浪费与成本超支。随着行业精细化管理需求的提升，如何通过激励机制激发参建各方主观能动性，结合动态成本控制手段实现造价优化，成为行业关注的焦点。本文从理论基础、实施原则、协同机制及效果评价等维度展开分析，旨在为水运工程造价管理提供系统性解决方案。

一、水运工程造价管理中的激励机制分析

（一）激励机制的理论基础

水运工程均具有施工周期长、固定资产投资大、影响因素复杂等特点。在工程造价管理的工作中，往往只重视竣工结算阶段的造价成本控制，忽视项目决策阶段、设计阶段、招投标阶段、

施工阶段和竣工结算阶段对造价的控制，没有从根本上主动控制造价，造成浪费。因此建设项目应该对全过程进行造价管理，才能有效地控制工程造价^[1]。马斯洛需求层次理论将人的需求从低到高分为生理、安全、社交、尊重和自我实现需求，在水运工程造价管理中，对应不同需求可采取差异化激励。赫茨伯格双因素理论把影响员工积极性的因素分为保健和激励因素，前者涵盖工

作环境、薪酬福利等，能消除不满，后者包括成就感、晋升机会等，可激发工作热情，合理运用两类因素，有助于提升员工绩效。委托—代理理论认为委托代理关系中存在着信息不对称，导致目标函数不一致及道德风险等问题，在水运工程造价管理中，业主作为委托人，造价咨询与施工单位等为代理人，建立有效激励机制可促使代理人按委托人目标行动，降低风险，提高管理效率与质量^[2]。

（二）水运工程造价管理中激励机制的构建原则

在水运工程造价管理中，激励标准与程序应平等对待造价管理人员、施工人员等参与方，以客观工作成果和业绩指标进行考核奖励，杜绝个人偏见，保障激励机制有效运行。目标导向原则要求激励机制围绕合理控价、保障质量和进度等造价管理总体目标构建，对优化方案降本增效、按时优质完成任务的团队或个人予以奖励，统一个人、团队与项目目标^[3]。鉴于水运工程周期长、环境复杂，动态调整原则必不可少，需依据工程进展、市场变化和各方反馈灵活调整激励机制。此外，物质激励与精神激励结合至关重要，物质激励满足员工物质需求，精神激励满足心理需求，二者协同作用于表现突出的员工，全方位激发工作动力。

二、水运工程造价管理中的成本控制分析

（一）成本控制的理论基础

成本控制是水运工程造价管理的核心，其理论构建源于多学科经典理论。目标管理理论强调通过设定将项目总成本控制在预算一定比例内的具体、量化目标，并层层分解至各部门与岗位，使全员明晰成本控制职责，将个人目标与项目成本目标相融合，激发全员参与积极性^[4]。责任会计理论注重划分设计、施工、采购等责任中心，明确各中心对可控成本负责，借由建立责任会计制度，核算、分析和考核成本预算执行情况，推动各中心优化成本控制，提升管理效能。价值工程理论以功能分析为核心，在水运工程造价管理中，用于分析工程功能，指导材料设备选型，通过权衡功能与成本，避免功能过剩或过度压价牺牲质量，实现项目价值最大化。

（二）水运工程造价管理中成本控制的原则

在水运工程造价管理中，成本控制需遵循四大核心原则。全面性原则要求成本管控覆盖项目决策、设计、招投标、施工到竣工结算全周期，涉及业主、设计、施工、监理等所有参与方，各阶段与主体的活动均影响成本^[5]。动态性原则源于水运工程周期长、环境复杂的特性，面对市场价格波动、政策法规调整、自然条件变化等，需依工程进展和外部环境实时调整控制策略，像建材涨价时及时优化采购计划，设计变更时迅速评估成本影响。效益性原则强调成本控制要在保障质量和进度的基础上，实现成本与效益的最优平衡，避免因降本牺牲质量或延误工期，施工方案选择需综合考量三者关系。责权利相结合原则明确各部门岗位成本责任，赋予相应权力，并以激励机制匹配，奖励控本成效显著者，追究成本超支责任方，调动各方参与成本控制的积极性。

（三）水运工程造价管理中成本控制的措施

建立健全成本管理制度是实现有效成本控制的根基，业主需

制定包含预算、核算、分析、考核的成本管理制度，明确各环节流程与标准。严格执行预算编制，要求各部门依据工程实际编制详细预算，并经审核审批；规范成本核算方法与流程，保障数据准确及时；将成本控制指标纳入绩效考核，定期评价控制效果^[6]。科学编制成本预算是成本控制的重要前提，编制时需综合工程特点、施工方案、市场价格等因素，运用定额法、清单计价法等科学方法，确保预算准确合理。同时加强预算执行监控，对比分析实际与预算成本，及时校准偏差，保障预算目标达成。优化工程设计是降低成本的关键，设计单位应在保证质量与功能的基础上，采用新技术、新材料、新工艺优化方案，通过优化布局结构、比选材料设备降低成本，并引入价值工程理念评估功能与成本效益，提升工程价值。严格管控工程变更是成本控制的必要手段^[7]。建立完善变更审批制度，明确变更条件、流程与责任主体，严格审核变更的必要性与合理性，评估其对成本、质量、进度的影响，加强变更实施监控，防止随意变更导致成本增加。材料采购上，建立集中采购制度，通过批量采购降本，调研市场选优质低价供应商，严格审批采购成本；材料使用时，加强现场管理，减少损耗，规范领用制度。设备管理方面，合理选型配置，提高利用率，做好维护保养，降低维修成本与故障率。施工阶段是成本控制的重点，施工单位需优化施工组织设计，合理安排进度，避免延误导致成本增加；加强现场管理，严控人工、材料、机械消耗，通过合理安排任务提高工效，科学调度机械提高利用率；强化质量管理，避免返工，降低质量成本。

三、激励机制与成本控制的协同作用及效果分析

（一）激励机制与成本控制的关系

在水运工程造价管理中，激励机制与成本控制存在紧密的内在联系，二者相互支撑、协同运作，共同服务于项目效益最大化目标。激励机制通过调动造价管理人员、施工人员等参与方的积极性和创造力，为成本控制工作提供动力保障。以成本节约奖励制度为例，当造价管理人员通过优化施工方案降低材料损耗，或施工人员提出工艺改进建议减少机械使用成本时，对其给予物质奖励和精神表彰，既能满足员工的物质需求和心理成就感，也能在团队中树立榜样，带动全员参与成本管理^[8]。此外，将晋升机会、培训资源等激励内容与成本控制成效挂钩，能使员工将个人职业发展与项目成本控制目标相结合，主动提升业务能力，持续关注成本控制细节，保障成本控制工作的长期稳定推进。成本控制则为激励机制的有效实施提供目标导向和效果验证。在项目决策阶段，成本控制制定的投资估算目标，指导设计单位运用价值工程方法对不同设计方案进行经济技术分析，选择最优方案；施工阶段设定的分项成本指标，为施工单位资源调配和流程规划提供依据，促使其采取精细化管理措施。同时成本控制过程中产生的实际数据，如各阶段成本偏差、材料价格波动影响等，可用于评估激励机制的合理性。若出现成本超支或激励效果不佳的情况，可据此调整激励标准和考核方式，确保激励机制与项目实际需求相匹配。

（二）激励机制与成本控制协同作用模型构建

激励机制与成本控制的协同作用模型以项目全生命周期为时间轴线，将造价管理各阶段的核心任务与激励要素深度融合，构建起动态循环的管理体系。项目决策阶段，业主将投资估算误差率作为关键考核指标，与设计单位、造价咨询单位签订带有激励条款的协议，明确当最终投资估算与实际成本偏差率低于约定阈值时给予奖励，以此驱动相关单位运用价值工程原理，从项目规划源头对功能与成本进行系统分析，避免投资浪费。设计阶段针对方案优化与变更控制，建立分级奖励制度，对采用新技术、新材料实现成本降低，或是有效控制设计变更数量的设计团队给予相应奖励^[9]。此外，市场材料价格波动等成本控制中的反馈信息，会直接促使激励措施进行动态调整，当主材价格波动超过一定比例时，及时修改设计变更奖励标准，鼓励设计单位提前预判成本风险。在招投标环节，采用“诚信投标积分制”与“合理低价中标”相结合的激励模式，对信誉良好的投标单位给予评标加分，对报价合理且低于基准价的中标单位提供额外管理奖励。同时在合同条款中明确约定成本控制责任与奖惩细则，规定施工过程中因承包商原因导致成本超支需进行赔偿，若实现成本节约则与业主方分成，从而将成本控制要求深度融入激励机制，为后续施工阶段的成本管控奠定基础。施工阶段是成本控制的关键环节，施工单位建立“日统计、周分析、月考核”的动态成本管理体系，每日记录人工、材料、机械等资源消耗数据，每周分析成本偏差原因，每月根据成本节约情况发放班组奖金。监理单位依据合同标准对施工方案调整、工程量变更进行严格审核，当建材价格上涨等情况发生时，施工单位可申请调整激励策略，以调动一线人员控制成本的积极性。同时施工进度也与成本控制挂钩，对提前完成关键节点且未超支的团队给予额外奖励。竣工结算阶段则是对项目成本控制成果的最终检验，通过建立结算质量与效率双维度的奖惩机制，对按时完成结算且审核误差率低的单位给予奖励，对虚报工程量等违规行为进行严厉处罚，并引入第三方审计机构复核结算数据^[10]。该协同作用模型通过将激励措施贯穿

项目全流程，促使各参与方在追求自身利益的过程中，共同实现项目效益的最大化目标。

（三）激励机制与成本控制协同作用效果评价指标体系构建

为科学评估激励机制与成本控制协同效果，需构建多维度评价指标体系，从定量与定性综合考量。成本控制效果指标方面，成本节约率通过计算实际成本与预算成本差值占比，直观体现整体降本成效，数值越高说明协同降本效果越好；成本偏差率对比各阶段实际与目标成本差异，精准定位超支或节约环节，为优化提供依据；材料成本节约率聚焦占比较大的材料费用，反映采购与使用环节的控制能力。激励效果指标主要评估对人员的影响。员工满意度通过调查了解人员对奖励、考核、晋升等激励机制的认可程度，衡量其对工作积极性的激发作用；员工参与度以提出成本控制建议数量、参与管理活动频率为依据，体现激励机制推动全员参与成本管理的实效；人才留存率观察核心人才留存情况，高留存率表明激励机制在吸引和留住人才方面效果显著。综合效益指标从宏观层面评价协同整体效果。工程质量达标率确保成本控制未牺牲质量，反映质量与成本的平衡；项目工期按时完成率体现成本控制中资源安排与进度保障能力；客户满意度则从业主等利益相关方视角，综合评价项目在成本、质量、进度等方面的表现，是衡量协同作业是否达成整体目标的关键指标。

四、结束语

激励机制与成本控制是水运工程造价管理中相辅相成的关键要素，科学合理的激励机制能够充分调动各方积极性，为成本控制提供内在动力；而有效的成本控制则为激励机制提供目标导向与效果验证。二者协同作用，贯穿水运工程全生命周期，有助于实现项目经济效益与质量效益的双重提升。随着水运工程建设环境的不断变化，还需进一步探索激励机制与成本控制的创新模式，加强数字化技术应用，提升管理的精准性与智能化水平。

参考文献

- [1] 郝娅兰. 关于水运工程造价管理的探讨 [J]. 科技视界, 2012, (27): 255-256.
- [2] 李峰. 水运工程参建各方对工程造价管理的影响 [J]. 交通科技, 2014, (01): 149-150.
- [3] 张经草. 水运工程的投资与控制 [J]. 交通建设与管理, 2011, (12): 82-83.
- [4] 陈金华, 叶琴, 汪喆伦. 水运工程造价控制与管理 [J]. 武汉工程大学学报, 2014, 36(03): 63-66.
- [5] 高晓义. 如何做好水运工程及其配套项目工程造价控制 [J]. 中国水运 (下半月), 2018, 18(06): 117-118.
- [6] 吴小娟. 水运工程项目全过程造价控制管理实施路径探析 [J]. 珠江水运, 2024, (20): 107-109. DOI: 10.14125/j.cnki.zjsy.2024.20.024.
- [7] 范鹏宇. 水运工程造价控制要点及其管理模式探究 [J]. 珠江水运, 2022, (01): 44-46. DOI: 10.14125/j.cnki.zjsy.2022.01.012.
- [8] 郑海旭, 冯俊有. 水运工程建设项目的全过程造价管理措施 [J]. 珠江水运, 2020, (07): 107-108. DOI: 10.14125/j.cnki.zjsy.2020.07.050.
- [9] 唐锦秀. 浅谈水运工程建设项目中造价的控制措施 [J]. 江西建材, 2016, (13): 234+240.
- [10] 郑颢颢. 水运工程造价控制探讨 [J]. 价值工程, 2014, 33(10): 79-80. DOI: 10.14018/j.cnki.cn13-1085/n.2014.10.053.

市政道路桥梁工程中沉降段路基路面施工技术

刘政

合肥经济技术开发区重点工程建设管理中心, 安徽 合肥 230601

DOI:10.61369/UAID.2025010024

摘 要： 为保证整个工程能够顺利完成，必须合理控制沉降裂缝范围，对于出现的沉降量必须及时进行处理，才能防止道路发生大面积的塌陷，影响道路交通正常运行。通常情况下，在对沉降裂缝进行处理时，应该采取有效措施加强地基处理、设置垫层以及换填等方式来提升道路的稳定性和安全性，提高道路整体的使用性能，延长其使用寿命。本文以某市政道路桥梁沉降段工程为例，探讨了该工程中路基路面施工过程中应注意的问题，并针对其中的难点问题提出了相应解决对策，从而保障工程质量。

关 键 词： 市政道路；桥梁工程；沉降段；路基路面施工

Construction Technology of Settlement Section Roadbed and Pavement in Municipal Road and Bridge Engineering

Liu Zheng

Key Engineering Construction Management Center of Hefei Economic and Technological Development
Zone, Hefei, Anhui 230601

Abstract： In order to ensure the smooth completion of the entire project, it is necessary to reasonably control the range of settlement cracks, and timely handle the amount of settlement that occurs, in order to prevent large-scale collapse of the road and affect the normal operation of road traffic. In general, when dealing with settlement cracks, effective measures should be taken to strengthen foundation treatment, set up cushion layers, and replace and fill to improve the stability and safety of the road, enhance the overall performance of the road, and extend its service life. This article takes the settlement section of a municipal road bridge project as an example to explore the issues that should be paid attention to during the construction of the roadbed and pavement in the project, and proposes corresponding solutions to the difficult problems to ensure the quality of the project.

Keywords： municipal roads; bridge engineering; settlement section; construction of roadbed and pavement

一、工程概况

某市政工程主要包括道路工程、桥梁建设和排水工程三部分。其中，道路工程是指新建或改建一条东西向的城市主干道，道路全长约10.8km。该段道路总体呈东西走向，横穿该地区中部，是市区重要的交通枢纽和连接东西部城区的通道之一。桥梁建设分为两个标段，分别位于道路工程的两端。其中，第一标段为跨河桥（10×32m），第二标段为涵洞（5×4m）。由于受周边地形条件和地下管线影响较大，桥涵工程的施工难度较大，特别是在沉降段施工时更需慎重对待。

二、市政道路桥梁工程中沉降段路基路面施工

（一）施工重点

根据现场勘察结果显示，由于地质结构的复杂性，导致该路段路基及路面存在不同程度的沉降量，这不仅给车辆通行带来了不便，而且也严重威胁到桥梁的安全稳定性^[1]。因此，有必要针对具体情况制定出合理科学的处置措施，以确保工程质量和使用寿命。

首先需要对该路段路基路面的沉降状况进行分析与研究。通过现场调查发现，该路段在施工期已经出现了不同程度的沉降问题，主要表现为填筑层发生轻微的倾斜，甚至有少数部位出现裂缝。经过技术人员的深入分析，认为造成沉降问题的主要原因在于土质不均匀以及施工工艺不规范^[2]。例如，在填筑过程中，如果没有严格按照设计要求进行施工，就会导致填筑材料不均匀、密实度不足，进而引发沉降问题；再如，在压实过程中没有采取有效的措施，使压实后的土体不能形成足够的抗压强度，从而导致沉降问题。此外，在施工过程中如果机械设备运转不畅，也会增加沉降发生的概率。

由此可见，要想有效解决沉降问题，必须从根本上改善施工工艺和材料质量，并加强机械设备的管理^[3]。同时，还应优化施工方案，尽可能减少填筑料的含水率，并控制好碾压工序，以提高工程的整体质量。

（二）沉降段的特点分析

1. 沉降变形量大，产生病害较多

本工程位于平原地区，路基所处地层为粘土层。该土层厚度一般在1m左右，且含水率高、透水性强、易形成高粘性土体，

导致承载力不均匀；同时，由于地下水发育，使其具有较高的含水量，如果未采取有效措施进行处理，很容易发生塑性变形或坍塌等现象^[4]。因此，对这类土质地基的处理较为困难，而在施工过程中又经常出现漏夯和欠压实的问题，从而使路基路面受到影响，导致道路的沉降变形量增大，进而产生很多病害，如坑槽、裂缝、车辙、跳车、桥头跳车等。

2. 路面结构设计与实际不符，难以满足使用要求

本工程的设计目标是对原有路面进行改造，以恢复其通车能力；采用水泥混凝土路面，并对其进行加铺沥青面层^[5]；同时，对道路的排水系统进行完善，避免雨季积水造成损坏。然而，经过调查发现，这些设计指标均无法达到预期效果。

首先，虽然对原有路面进行了维修加固，但对病害的清除力度不够，未能彻底解决路基下陷问题；其次，原路面结构强度不足，且存在一定程度的破损情况，使得新铺设的路面无法承受车辆荷载，进而导致了严重的沉降变形；最后，原路面的排水设施不健全，导致雨水无法正常排出，造成路面积水，加剧了道路的病害。

3. 钢筋混凝土防撞护栏质量差，影响行车安全

由于桥梁墩柱附近的填料为粘性土，容易发生软基变形，导致此处的防撞护栏结构变形。此外，由于护栏下方没有设置护肩，使得车辆直接冲向护栏，造成护栏坍塌，危及行车安全。对于这种情况，施工单位应及时更换护栏，以保障行车安全^[6]。

4. 混凝土路面破损严重，存在大量裂缝

由于原路面采用半刚性材料，在长期使用过程中，难免会出现裂缝、脱空等问题。加之原路面的混凝土质量较差，在太阳曝晒下易发生裂缝，从而造成路面破损严重。为了改善现状，需要对旧路面进行拆除并重新浇筑混凝土^[7]。但是，由于新浇筑的混凝土强度相对较低，可能会造成局部脱空等现象，影响道路的正常行驶。

（三）路面结构设计与施工

在进行路面结构设计时，要结合沉降段的特点和技术要求，合理选择材料。在道路施工过程中，应严格控制水泥稳定碎石的含水量，保证其均匀、密实；同时，要注意提高压实度，保证基层的密实度符合设计要求。

1. 加固原理

利用液压通过注浆管将配制好的水泥浆注入路基沉降体范围内的土体中，浆液以填充、渗透、挤密等方式与构造物下面的土体结合，发生物化反应，将原来松散的路基填筑土体胶结成一个整体，形成一个结构新、强度大、防水性和稳定性极好的有机整体，从而提高路基整体的强度及抗变形模量，减少其压缩性和渗透性，达到控制路基沉降的目的。

2. 施工准备

（1）根据施工设计图纸，结合现场实际情况，制定了详细的技术交底计划，组织技术人员进行学习、讨论和培训，确保掌握所有施工工艺。

（2）在施工前应做好基础数据调查工作，主要包括：①通过对项目地质勘探资料分析，了解施工场所处位置的地层分布及

土层的物理力学性质；②按各单元划分，结合已有工程经验，并参考相关规范标准要求，确定沉降路段范围；③对于沉降路段范围，可采用 GPS 进行测量，以便掌握实际位移情况^[8]；④根据测量结果，建立沉降数据库，为后续施工提供依据。

（3）明确路基填料要求，对于土质较差的地区，由于无法满足施工要求，则要提前准备好地基加固材料。在场地平整时，如果发现地下存在积水或地下水，此时一定要先将其处理掉，防止发生沉降现象^[9]。如果没有处理条件，也要采取必要措施防止产生积水现象。若发现基底渗水严重，可在基底表面铺设一层防水砂层，起到隔水作用，然后再开挖换填垫层。另外，还要加强排水系统建设，避免出现大面积积水现象。

3. 孔位布设

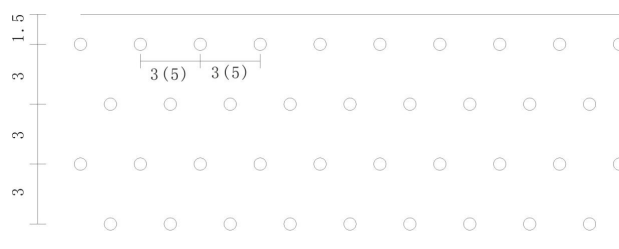


图1：布孔示意图

4. 打孔施工

利用潜孔钻机在10—40m范围内钻孔，孔深可达10—40m，并在整个地层中进行钻探。在钻孔完成后，将套圈管进行加工和装配，套圈管由 $\phi 50$ PVC管材制成，在管子的内部装有一个灌浆件，灌浆件的上部和下部的活塞或者橡胶带一定要压紧，然后将其放入套圈管中，以便疏通管道，为注浆打下基础。在施工过程中，应按照所需水泥浆的凝固时间来调节改性剂的用量，以避免因漏浆而导致的损失，并确保适当的分散距离；使用砂浆混合器（200 L圆形桶型），在1—3 min的时间内将水泥浆混合成一种混合物。在注浆完成后，按“围—堵—挤—压”的原则，由下而上，由外而里。在注浆过程中，将套管顶起，并按压力变化情况和注水量等因素进行全面判断，压力增加时，注浆速率降低，则内部注浆速率降低，反之则减慢。施工中要适时地调节注浆的凝固速度，在土质疏松的情况下，注浆量大的情况下，要尽量减少注浆的凝固时间，避免因漏浆而导致的损失，如果不能做到这一点，可以合理地增加注浆的灌注，确保施工的质量。通常将水泥浆的凝固时间限制在90秒以内。施工时要注意对施工中的气压进行严格的控制，通常在0.1—1.5 MPa范围内，如果气压太高则会失去对路面的控制，从而导致路堤的抬升或滑移，如果气压太低，则不能确保施工的质量。从钻孔底部起，在注浆的同时，将注浆管抬起，也就是一节一节的补强，将注浆管顶起至离地表1m处，此孔注浆完毕。

5. 封孔

钻孔完毕之后，马上接上一个5cm的 PVC管道，这个管道已经在上面开了一个小孔，一节一节地安装和固定，管子的顶端暴露在水稳定表面20cm处，然后用硬质的水泥将管子的顶部封闭起来，然后清理掉外面的灰尘。

6.水泥浆配置

在压浆之前，需要在试验室里做好水：水泥：改性水玻璃=0.65:1:0.1-0.25，这样才能确保压注浆的品质和施工的平稳进行，详细的参数要根据最后试验室配制的符合需要的浆液来确定，水泥采用 M32.5级硅酸盐水泥，要求品质可靠，无大颗粒杂质混合。对出现裂缝的路段，应立即用 32.5 级硅酸盐浆进行封闭。

7.压浆

灌浆压力通常为 0.5 MPa。必须在同一钻孔完成后才能进行压力灌浆，灌浆分为两次，从外侧到内侧，从下面到上面。在压浆过程中，要特别小心，在压浆过程中，不能有任何人在高压管道前方站立，以免溅出的浆液伤人。通常将水泥浆的凝固时间限制在 90s 以内。如果一次没有灌满或者在灌浆后出现沉陷，应及时进行灌浆，直到灌浆结束。一次钻孔注浆完毕后，马上堵塞钻孔，以阻止泥浆因回压而从钻孔内排出。待水泥浆凝固后，用高质量水泥砂浆对地基进行封闭、平整。灌浆完毕，清理灌浆套管，并做好灌浆记录。

（四）路基施工控制要点

1.路基填料的选择：在进行路基施工时，首先应对填料的物理力学指标、颗粒组成、密实度等参数进行综合评价，从而确定合理的填料类型^[10]。对于一些特殊的土质，如黄土或淤泥等，还需要通过试验进一步明确其适宜的施工方法和技术要求，以确保工程质量。

2.排水设计与处理：市政道路桥梁施工中的沉降问题主要是

由路面积水导致的，因此，加强排水系统的建设是保证路基稳定的重要措施。首先，要做好排水沟的规划设计，将整个场地划分为若干个区域，并设置相应的排水沟^[11]；其次，在道路两侧设置排水渠，保证雨水能够及时排出；此外，还要做好地下管道的铺设工作，将污水和生活废水排放到指定的地方，避免对地下水资源造成污染。

3.地基加固处理：由于沉降路段往往存在较大的不均匀沉降量，这就需要采用合适的地基处理技术来解决这个问题。常用的地基处理技术有砂垫层法、灰土挤密桩法、土工格栅加筋土桩法、强夯以及水泥混凝土桩等，其中，砂砾石垫层具有良好的抗渗性、承载力和抗压性，适用于砂质和粉质粘土土质的沉降路段，而灰土挤密桩法则适用于粘性土的沉降段，土工格栅加筋土桩法和强夯法均适用于软土地基的沉降段。

三、结束语

由于城市道路、桥梁结构复杂，在施工中出现沉降是很常见的现象，造成了诸多的工程问题，如路基不均匀沉降、路面裂缝、桥头跳车等，给交通安全带来严重影响。因此，必须采取有效的措施进行处理。根据多年从事市政桥梁工程的施工经验，结合《公路桥涵施工规范》和《公路工程质量检验评定标准》（JTGF40-2004）等相关规范规定，从材料选择、地基处理、路面设计和施工控制等方面提出了具体的技术措施，并通过实践应用证明，具有良好的效果。

参考文献

[1] 丁利亭.道路桥梁工程沉降段路基路面施工关键技术的应用[J].汽车周刊,2024,(05):152-154.
[2] 赵旭.公路桥梁沉降段路基路面施工技术[J].四川建材,2023,51(02):132-134+145.
[3] 宋海超.道路桥梁沉降段路基路面施工技术应用[J].运输经理世界,2023,(04):88-90.
[4] 张岚.道路桥梁沉降段路基路面施工技术[J].中国科技信息,2024,(23):38-40.
[5] 张洁玲.道路桥梁沉降段路基路面施工技术[J].交通建设与管理,2024,(05):174-176.
[6] 袁涛.道路桥梁沉降段路基路面施工[J].汽车周刊,2024,(09):66-68.
[7] 王伟.道路桥梁沉降段路基路面施工加固技术研究[J].交通世界,2024,(12):134-136.
[8] 姚大伟.道路桥梁沉降段路基路面施工技术研究[J].城市建筑空间,2024,31(S2):320-322.
[9] 李政柏,李德均.道路桥梁沉降段路基路面施工技术及质量控制[J].汽车周刊,2024,(10):252-254.
[10] 袁军.浅议如何做好道路桥梁沉降段路基路面施工[J].四川建材,2024,50(04):106-108.
[11] 杨江.基于路基路面不均匀沉降控制的施工技术要点分析[J].交通科技与管理,2023,4(09):69-71.

建设项目档案开发与利用服务

张庭铭

乌海市住房和城乡建设局，内蒙古 乌海 016000

DOI:10.61369/UAID.2025010027

摘 要： 为充分发挥建设项目档案的凭证价值、参考价值和情报价值。本文首先分析了建设项目档案开发与利用服务的现状，针对现状并结合新形势下对建设项目档案开发与利用服务需求的变化以及国家重点支持工程项目档案工作相关政策要求，构建了以用户为导向、资源整合、技术驱动、持续改进为原则的服务模式系统框架，在此基础上提出了促进建设项目档案开发与利用服务发展的策略。结果表明，该档案利用服务系统框架能促进我国建设项目档案开发与利用服务健康发展。

关 键 词： 建设项目档案；档案开发；档案利用；服务模式；发展策略

Development and Utilization Services for Construction Project Archives

Zhang Tingming

Wuhai Housing and Urban-Rural Development Bureau, Wuhai, Inner Mongolia 016000

Abstract： To fully leverage the voucher value, reference value, and information value of construction project archives, this paper first analyzes the current status of development and utilization services for construction project archives. Based on the current situation and considering changes in demand for development and utilization services for construction project archives under the new situation, as well as relevant policy requirements for national key supported engineering project archives, a service model system framework is constructed with principles of user orientation, resource integration, technology-driven, and continuous improvement. On this basis, strategies are proposed to promote the development of construction project archive development and utilization services. The results show that this archive utilization service system framework can promote the healthy development of construction project archive development and utilization services in China.

Keywords： construction project archives; archive development; archive utilization; service model; development strategy

引言

建设项目档案是指在项目建设过程中形成的具有保存价值的文字、图表、声像等各种形式和载体的历史记录，是建设项目档案的重要组成部分，对项目的管理、验收、维护以及后续运营具有重要作用。《全国档案事业发展“十二五”规划》也指出，要加强重大建设项目档案工作，深化重大建设项目档案信息化管理。在“十四五”时期，我国将继续实施“十四五”规划，并将推进重大建设项目档案管理作为其重要组成部分。同时，国家发展改革委、科技部、财政部、住房和城乡建设部、中国人民银行等部门相继出台了一系列建设项目档案管理和利用方面的政策法规，对我国建设项目档案管理工作提出了更高要求^[1]。同时，随着互联网技术在档案工作中的应用普及和深入，以及大数据时代对信息资源管理的要求不断提高，对档案部门提出了新的挑战。如何顺应信息化发展趋势，进一步强化档案信息化建设，提升建设项目档案管理水平和服务能力，成为当前各级国家综合档案馆面临的重要问题。因此，在新一轮信息化变革背景下，建设项目档案管理面临着新挑战。

一、建设项目档案开发与利用服务现状分析

我国建设项目档案工作起步较晚，在经历了20世纪50年代初的“院系立卷”时期、60年代末的“两级立卷”时期，以及80年代初的“全面立卷”时期后，当前建设项目档案工作仍存在很多问题。

（一）档案资源开发不足

当前，我国建设项目档案资源种类繁多、来源广泛、内容丰富，但由于各地区、各行业、各部门的项目档案形成时间和内容差异较大，且受到编制管理体制和机制的影响，建设项目档案工作起步较晚，收集范围和内容不够全面，特别是对一些长期形成

的重要纸质文件、声像资料、电子文件等档案资源未进行有效收集和管理,导致部分建设项目档案信息得不到有效利用。同时,建设项目档案资源质量参差不齐,一些建设项目档案收集不完整、归档不及时或存在重复归档现象。

(二) 服务意识与能力欠缺

建设项目档案工作范畴,其根本目的是为单位的建设和发展服务,而非为个人或社会公众服务。当前,一些单位缺乏对建设项目档案工作的重视程度,对建设项目档案工作重视不够,导致对其未能形成有效的管理机制,影响了其后续利用与服务。在服务意识上表现为:一方面表现为对建设项目档案工作宣传不足;另一方面表现为对建设项目档案工作重视程度不够^[2]。在服务能力上表现为:一是对建设项目档案资源开发利用的意识不强;二是缺乏专业队伍和相关设施设备;三是对服务对象不了解。

(三) 信息化水平有待提高

当前,部分单位已经开始实施电子文件管理系统、OA办公系统等信息化系统的建设和应用,但这些系统之间存在着标准不一、功能交叉、操作复杂等问题。部分单位虽然实现了纸质文件电子化处理的工作目标,但由于缺少统一标准规范、电子文件归档和管理不规范等原因,造成电子文件归档不及时、电子文件管理混乱、电子文件共享程度低等问题。

(四) 政策法规体系不完善

国家有关部门虽然出台了一些政策法规,但对建设项目档案开发与利用服务的具体内容、要求和程序等规定仍不够具体明确。各地各部门在贯彻落实相关法律法规过程中也存在一定的困难。

(五) 服务模式存在不足

随着社会发展和科技进步,传统的建设项目档案开发与利用服务模式已经不能满足实际需要。虽然一些单位已经开始运用电子文件管理系统、OA办公系统等信息化系统开展工作,但对其所提供的服务仍然存在不够全面、不够及时等问题。

二、建设项目档案开发与利用服务模式构建

(一) 建设项目档案开发与利用服务系统

1. 系统框架

本文以浙江省为例,基于该服务模式框架构建了“建设项目档案利用专题服务系统”(以下简称“档案系统”)。在对建设项目档案开发与利用服务现状进行深入分析的基础上,提出了以用户为导向、资源整合、技术驱动、持续改进为原则的建设项目档案开发与利用服务模式系统框架,该框架包括四个子系统:档案管理子系统、档案利用子系统、档案服务子系统和用户反馈与评价子系统。在此框架下,以用户为导向,实现对建设项目档案的资源整合、技术驱动、持续改进,为用户提供全面、准确、高效的建设项目档案信息服务^[3]。如图1所示。

2. 系统功能

具体来说,主要包括以下几个方面:①用户可以在线申请或提出档案需求,档案系统通过智能分析模块进行自动化的语义识别与理解;②档案系统根据语义识别结果生成相应的档案资源检索清单;③档案系统对用户所提交的检索请求进行处理,并向用户提供定制化的档案资源检索服务。④档案系统按照用户需求完成档案的获取、加工和上传工作^[4]。⑤档案系统定期更新完善档

案资源。⑥档案系统不断收集用户使用反馈信息,持续优化档案服务流程和内容。⑦档案系统与其他业务系统对接,实现信息共享,提高档案利用效率^[5]。⑧档案系统将提供给用户的档案资源存储到云平台上,便于用户随时随地访问。

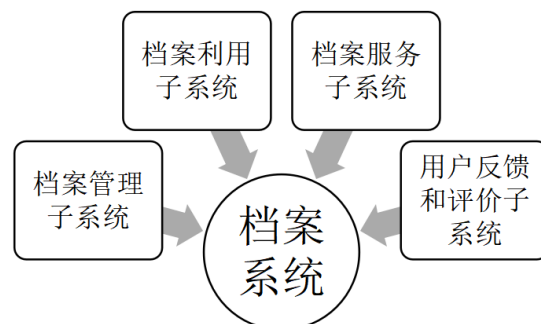


图1：建设项目档案开发与利用服务模式系统框架

(二) 服务模式

在服务模式框架下,建设项目档案开发与利用服务的模式主要由传统服务模式、知识服务模式和个性化服务模式等不同类型的服务模式构成。

1. 传统服务模式

传统的建设项目档案开发与利用服务以接收与移交档案为主要内容,其基本特征是以文件资料的接收和归档为基本起点,以文件资料的收集整理与保管为主要工作流程,其典型表现形式是档案部门被动接收和移交,档案馆(室)被动接收和移交项目文件资料。随着我国建设项目档案管理体制改革的和信息化建设步伐加快,建设项目档案管理向信息化、数字化转型,传统的建设项目档案开发与利用服务方式已经无法满足用户需求。

2. 数字化服务模式

在信息技术发展的推动下,以数字化技术为支撑的信息化平台在建设项目档案管理中得到广泛应用。利用数字化平台实现对建设项目文件资料的采集、归档和存储,使其具备检索利用功能。利用数字化平台对文件资料进行数字化处理,包括将文件资料转化为数字文件、将数字文件转化为图形图像等。通过利用数字化平台实现建设项目档案资源的整合与共享,提供在线查询利用服务。

3. 知识服务模式

建设项目档案开发与利用服务以知识资源为核心,实现对建设项目资料的深度挖掘和应用。其基本特征是以知识资源为中心,通过信息技术手段实现对建设项目资料的深度开发与应用。

三、建设项目档案开发与利用服务发展策略

为了进一步加强建设项目档案的开发与利用服务工作,国家档案局印发了《关于做好建设项目档案工作的意见》,明确提出了建设项目档案工作的指导思想和总体目标:按照统一领导、统一规划、统一标准、统一管理的原则,以科学发展观为指导,以服务经济社会发展和国家重大战略实施为中心,以档案工作现代化为主线,以依法治档为抓手,全面加强建设项目档案工作,进一步提高建设项目档案资源的开发利用水平和服务能力,促进建设项目档案事业科学发展。

（一）基于建设项目档案信息资源的整合与共享

档案部门利用互联网技术对档案资源进行整合，建立统一的数据共享平台，实现不同部门、不同单位之间的信息资源共享。档案信息资源整合的方式主要包括以下两种：一是通过互联网将分散在各部门、各单位的建设项目档案信息资源进行整合^[6]；二是通过建立统一的建设项目档案信息资源共享平台，实现建设项目档案信息资源的跨地区、跨部门、跨行业的共享。这种共享主要包括三个方面：一是在省级及以上档案馆（室）建立建设项目档案信息资源整合中心，通过数字化技术手段将分散在各部门、各单位的建设项目档案信息资源进行整合，形成统一的数据共享平台；二是通过建立统一的建设项目档案信息资源共享平台，将各部门、各单位分散在各个领域、各个行业中的建设项目档案信息资源进行整合，形成统一的数据共享平台^[7]；三是建立跨地区、跨部门、跨行业的建设项目档案信息资源共享平台，实现不同地区、不同部门、不同行业之间建设项目档案信息资源的跨地区、跨行业整合。

（二）基于知识库的建设项目档案信息资源深度开发

知识库是对现有知识的积累、整理、加工和提炼，以知识为中心，以服务为目标，是一种智能化的知识管理方式。在建设项目档案信息资源开发与利用服务中，基于知识库的建设项目档案信息资源深度开发主要包括知识检索和知识发现两个方面。

1. 基于知识库的建设项目档案信息资源深度开发

首先，对建设项目档案中涉及的专业知识、术语等进行标准化处理，构建知识库；其次，通过知识库系统实现对建设项目档案信息资源的整合与共享^[8]；最后，利用知识库系统对用户提出的问题进行自动回复。

2. 基于知识库的建设项目档案信息资源深度开发

知识发现是指通过对建设项目档案中隐含的信息进行挖掘，发现其中隐含的有价值信息，从而为用户提供更加精准、全面、高效的服务。知识发现是从已有知识中挖掘新知识的过程。在建设项目档案管理中，要实现从已有知识和新知识的挖掘，需要开发知识库系统^[9]。知识库系统可以从多个角度进行开发设计：利用现有信息资源为用户提供有价值的信息；利用已有信息资源为用户提供相关建议；利用已有信息资源为用户提供相关案例。

（三）基于数据挖掘技术的建设项目档案信息服务

数据挖掘技术是从大量的数据中发现隐藏在其中的、没有被发现的规律，并利用这些规律进行预测和决策。随着建设项目档案信息服务需求的不断变化，建设项目档案信息服务需要从以往的“被动提供”向“主动服务”转变^[10]。基于数据挖掘技术的建

设项目档案信息服务是指根据用户需求，利用已有数据、信息和知识，通过对数据进行挖掘和分析，发现隐含在数据中的有价值的知识和规律，为用户提供决策支持。通过数据挖掘技术可以从海量数据中发现有价值的信息，能够更加准确地为用户提供建设项目档案信息服务。

在建设项目档案信息服务过程中，如何使其具备一定的主动性和个性化特征，成为当前建设项目档案信息服务研究和发展的重点。建设项目档案信息服务个性化是指以用户需求为导向，根据用户个人情况、兴趣爱好、专业特长等个性化需求，为其提供符合其个人特点和专业要求的建设项目档案信息服务。建设项目档案信息服务个性化主要包括以下两方面内容：一是根据用户个人情况和兴趣爱好等个性化需求，为其提供符合其个人特点和专业要求的建设项目档案信息服务；二是根据用户所提供的建设项目档案信息资源及其利用情况进行分析，为其提供针对性强的、个性化的建设项目档案信息服务。建设项目档案个性化服务模式如图2所示。

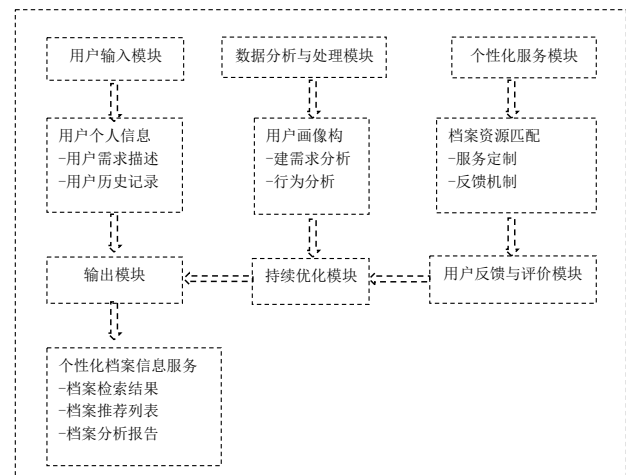


图2：建设项目档案个性化服务模式图

四、总结

建设项目档案是国家和社会信息资源的重要组成部分，对其开发与利用可以有效地服务于国家重大建设项目，为国民经济建设和社会发展提供有力的保障。因此，建立并完善档案开发与利用服务模式是十分必要的，其可以促进档案资源的共享与利用，提升档案服务能力，提高建设项目档案利用率，充分发挥建设项目档案的凭证价值、参考价值和情报价值。

参考文献

- [1] 李新臻. 重大工程建设项目档案管理工作存在的问题与对策 [J]. 办公室业务, 2024(24): 66-68. DOI: 10.3969/j.issn.1004-647X.2024.24.021.
- [2] 周明梅. 工程建设项目档案的保护、开发与利用 [J]. 兰台内外, 2022(33): 79-80, 64, 54.
- [3] 杨赫. 关于加强建设项目档案资源开发利用的思考 [J]. 中国科技投资, 2021(23): 108-109.
- [4] 靖琦. 基于 PLM 技术的企业科研项目数字档案馆共享与管控系统开发与研究 [J]. 档案管理, 2017(6): 54-55.
- [5] 加小双, 姚静. 数字人文赋能档案资源体系建设: 机制与路径 [J]. 山西档案, 2022(3): 19-27.
- [6] 王雨晴, 于英香. “十四五”期间我国档案记忆工程的推进与思考 [J]. 北京档案, 2024(2): 24-29.
- [7] 陆国强. 档案信息智能化利用: 从数字化到数据化 [J]. 浙江档案, 2023(5): 48-50.
- [8] 卜心田. 特色教学资源音像档案管理探析——以浙江广播电视大学《一地一品》项目为例 [J]. 浙江档案, 2019(5): 62-63.
- [9] 徐君. 浅谈观音阁水库输水工程档案立体式管理模式 [J]. 兰台世界, 2019(22): 54-55.
- [10] 赵生辉, 胡莹, 黄依涵. 打造“时光机器”: 城市逆向记忆工程理论与实践初探 [J]. 档案学研究, 2021(6): 114-121.

地下综合管廊建设成本效益分析及推广机制研究

李正晖

天津市城市规划设计研究总院有限公司, 天津 300190

DOI:10.61369/UAID.2025010028

摘 要： 地下综合管廊作为城市基础设施建设的重要组成部分，对于提升城市综合承载能力、促进城市可持续发展具有重要意义。本文针对地下综合管廊建设的成本效益及推广机制展开深入研究，通过构建成本效益分析框架，运用多种量化方法对其成本与效益进行系统评估，并结合我国实际情况提出针对性的推广机制，旨在为地下综合管廊的规划、建设和运营提供理论支持与实践指导。

关 键 词： 地下综合管廊；成本效益分析；推广机制；量化评价

Cost Benefit Analysis and Promotion Mechanism of Underground Pipe Gallery Construction

Li Zhenghui

Tianjin urban planning and Design Institute Co., Ltd. Tianjin 300190

Abstract： as an important part of urban infrastructure construction, the underground pipe gallery is of great significance to enhance the comprehensive carrying capacity of the city and promote the sustainable development of the city. In this paper, the cost-benefit and promotion mechanism of the construction of underground pipe gallery are deeply studied. By constructing the cost-benefit analysis framework, the cost and benefit are systematically evaluated by using a variety of quantitative methods, and the targeted promotion mechanism is proposed in combination with the actual situation in China, in order to provide theoretical support and practical guidance for the planning, construction and operation of underground pipe gallery.

Keywords： underground utility tunnel; cost benefit analysis; promotion mechanism; quantitative evaluation

随着我国城市化进程的加速，城市人口急剧增加，城市基础设施面临着巨大压力。传统的直埋管线方式不仅占用大量土地资源，而且存在施工频繁、维护成本高、安全隐患突出等问题。地下综合管廊通过将电力、通信、燃气、给排水等多种管线集中敷设，实现了城市地下空间的集约化利用，具有显著的经济、社会和环境效益。然而，地下综合管廊建设具有前期投资大、建设周期长、收益回收慢等特点，导致其推广应用面临诸多挑战。因此，深入开展地下综合管廊建设的成本效益分析，探索有效的推广机制，对于推动我国城市基础设施建设的高质量发展具有重要的现实意义。

一、地下综合管廊建设成本分析

地下综合管廊的成本体系复杂，涵盖多个方面，不仅包括项目建设和运营阶段的直接投入，还涉及因项目实施对周边环境和社会产生的间接影响成本，可分为内部成本和外部成本。

（一）内部成本

内部成本是指项目建设、运营和维护过程中直接发生的成本，主要包括以下几个方面：（1）建设成本。这是地下综合管廊建设的初始投入，包括管廊主体结构的建造费用，如土方开挖、支护、混凝土浇筑等；附属设施的安装费用，如电气、监控、通风、消防等系统的采购与安装；容纳管线的敷设安装费用，以及

工程调查设计费用、既有管线的动迁成本和道路空间的占用成本等。（2）运营成本。项目建成投入使用后，日常运营过程中产生的费用，包括管理人员工资、设备设施的运行能耗费用等。（3）维修成本。随着时间的推移，管廊主体结构和附属设施会出现老化、损坏等问题，需要进行定期维修和保养，这部分费用构成了维修成本。（4）扩容成本。随着城市的发展，对管线的需求可能会增加，需要对管廊进行扩容改造，以满足新增管线的敷设需求，这部分成本即为扩容成本。

（二）外部成本

外部成本是指地下综合管廊建设和运营过程中对周边环境和产生的负面影响所导致的成本，主要包括：（1）施工期间

的环境影响成本。地下综合管廊主要埋设在道路下方，施工过程中会对道路及周边环境造成不良影响。例如，施工会破坏路面质量，导致路面出现裂缝、坑洼等问题，增加道路维修成本；施工还会对道路交通产生冲击，造成交通拥堵、车辆行驶速度下降，甚至引发交通事故，给社会带来经济损失。有研究表明，施工期间因车道封闭等原因，可能导致相关路段交通事故发生率提高。

（2）生态环境破坏成本。施工过程中的土方开挖、材料运输等活动可能会对周边的生态环境造成破坏，如植被破坏、土壤侵蚀等，进而影响生态系统的平衡和稳定，需要投入资金进行生态修复。

二、地下综合管廊建设成本效益分析

地下综合管廊的效益不仅体现在项目自身的经济收益上，还包括对社会、环境和城市安全等方面带来的综合效益，同样可分为内部效益和外部效益。

（一）内部效益

内部效益是指项目自身能够直接获得的经济收益，主要体现在租金收入及成本节约效益。其中，租金收入为各管线单位缴纳的一次性入廊费和日常维护费，通过将管线纳入管廊统一管理，管线单位支付相应费用，为项目运营方带来稳定现金流。同时，地下综合管廊的建设可替代传统直埋管线方式，节省传统直埋管道在建设、运维和重新敷设等方面的成本。例如，传统直埋管线需频繁开挖路面进行维修和敷设，成本高昂且影响交通环境，而地下综合管廊通过集中管理维护降低此类成本，其内部效益等价于不采用传统埋设方式所节省的直埋建设、运维及重新敷设费用。具体而言，假设地下综合管廊与传统直埋管道功能相同，其内部效益可近似视为因替代而节省的分散直埋市政管道建设成本，即传统埋设方式所需的直埋建设成本、运行维护成本、重新敷设成本之和。

（二）外部效益

外部效益是指地下综合管廊建设对社会、环境和城市安全等方面产生的积极影响，主要涵盖社会效益、环境效益与防灾效益。社会效益方面，地下综合管廊通过集中铺设市政管道并迁移部分地面设施至地下，实现地下空间集约利用，节约的地上及地下空间可通过基准地价及基准地价系数修正法估价，带来土地节约效益；其作为新型高效市政设施，能提升区域基础设施水平与居住环境质量，吸引投资和人口流入，带动土地和房产价格上升；还可减少路面开挖对交通的冲击，通过交通流体模型及时间价值估算等方法量化计算交通运行效率提升、延迟成本降低的效益。环境效益上，减少道路反复开挖次数，降低扬尘、噪声等污染，通过意愿调查法询问利益相关者支付意愿估算环境质量提升效益；借助完善监控监测系统和稳定结构设计，减少管道漏损及所致资源浪费与土壤污染治理成本。防灾效益中，日常使用时可减少管道事故频率及危害，降低人员伤亡和财产损失；地震等灾害发生时，凭借更强抗震能力保障城市生命线运行，减少灾害损失并助力灾后救援恢复，平时防灾效益可通过效益转移法估算；战争等特殊情况下，作为战略基础设施保障生命线运转，减少基

础设施破坏损失，支持战后恢复稳定。

三、地下综合管廊推广机制研究

（一）政策支持机制

政策支持是推动地下综合管廊建设的重要保障，政府需通过制定相关政策法规为其发展创造良好政策环境。具体而言，需完善法律法规体系，如制定《地下综合管廊建设管理条例》，对管廊规划、建设、验收、运营、维护等环节详细规定，实现项目规范化标准化运作；加大财政投入和补贴力度，设立专项基金支持规划、建设和科技创新，对参与企业给予财政补贴和税收优惠，如给予建设项目一定比例资金补贴、对运营企业免征一定期限企业所得税等，以降低企业成本、提高积极性；建立政策激励机制，通过土地政策、规划指标等激励措施鼓励社会资本参与，如对配套建设管廊的项目在土地出让金、容积率等方面给予优惠，将管廊建设纳入城市绩效考核体系，对积极推进的地区和部门予以表彰奖励，以此推动地下综合管廊建设。

（二）市场化运作机制

市场化运作是地下综合管廊建设和运营的重要方向，需通过引入社会资本发挥市场在资源配置中的决定性作用以提高项目效率与效益。具体而言，推广 PPP（政府和社会资本合作）模式，通过政府与社会资本优势互补、风险共担、利益共享，由政府负责项目规划、监管及政策支持，社会资本承担投资、建设与运营，例如某城市通过该模式引入社会资本，社会资本通过收取管线单位入廊费及政府可行性缺口补助实现投资回报，同时提升建设运营效率；创新融资渠道，除传统银行贷款、股权融资外，发行地下综合管廊建设专项债券筹集社会资金用于项目建设，并将未来收益资产证券化以提前回笼资金，缓解项目建设资金压力；建立合理定价机制，依据管廊建设成本、运营成本及社会资本合理回报等因素，制定科学的入廊费和维护费标准，同时建立价格调整机制，根据物价水平、运营成本等因素变化适时调整价格，确保项目可持续运营。

（三）技术创新与标准体系建设机制

技术创新和标准体系建设是提高地下综合管廊建设质量和效率的重要支撑，需加大对关键技术的研发投入，如管廊结构设计、施工工艺、监控监测技术、智能化管理技术等，同时积极推广预制装配式管廊、非开挖施工技术、智能传感器等新技术、新材料、新设备，以提升建设质量与安全性，降低成本并提高效率。我国地下综合管廊建设的标准体系尚不完善，需进一步制定和完善《地下综合管廊工程技术规范》《地下综合管廊施工及验收规范》《地下综合管廊运营管理标准》等相关标准，为项目各环节提供统一技术规范，并加强标准宣传与贯彻实施。公众参与是地下综合管廊建设和推广的重要基础，需通过媒体宣传、科普活动、现场参观等方式普及管廊知识与优势，提高公众认知度与接受度，增强环保与公共意识；在规划、建设和运营中充分听取公众意见，通过听证会、座谈会、问卷调查等方式保障公众知情权、参与权和监督权，及时解决公众关切问题，减少项目阻力。

四、实例分析

（一）项目概况

某城市为提升城市基础设施水平，改善城市环境，决定在市中心区域建设一条长度为50km的地下综合管廊。该管廊主要容纳电力、通信、燃气、给排水等管线，采用PPP模式进行建设和运营，计划建设周期为3年，设计使用年限为100年。

（二）成本效益分析

1. 成本估算

经估算，该项目的建设成本为60亿元，包括管廊主体结构建设费用40亿元、附属设施安装费用10亿元、管线敷设安装费用8亿元、工程调查设计及其他费用2亿元；项目运营期间，每年的运营成本预计为1.2亿元，主要包括管理人员工资、设备设施运行能耗费用、日常维护费用等；根据管廊结构和设备设施的使用寿命，预计每10年需要进行一次大规模维修，每次维修成本为3亿元，平均每年维修成本为0.3亿元；考虑到城市未来发展对管线的需求，预计在第50年需要对管廊进行一次扩容改造，扩容成本为5亿元，按年限分摊，每年扩容成本约为0.05亿元；施工期间预计对道路交通和环境造成的影响成本约为1亿元，主要包括交通疏导费用、道路修复费用、生态环境修复费用等。

2. 效益估算

内部效益方面。租金收入根据制定的入廊费和维护费标准，预计每年可获得租金收入3亿元，其中一次性入廊费收入1亿元，日常维护费收入2亿元；成本节约效益，通过替代传统直埋管线方式，预计每年可节省直埋建设、运维和重新敷设成本2亿元。

外部效益方面。通过计算，该项目可节约地上空间和地下空间折合土地面积约1000亩，按照当地基准地价计算，每年可带来集约利用地下空间效益约1.5亿元；预计项目建设后，周边区域土地价格和房产价值将分别上涨10%和8%，每年可带来土地增值效益约2亿元；通过交通模型计算，每年可减少因路面开挖导致的交通延迟成本约1.2亿元。

环境效益方面。通过意愿调查法估算，周边居民为环境质量提升愿意支付的费用每年约为0.8亿元。减少管道漏损所致资源浪费及环境污染效益，预计每年可减少资源浪费和环境污染治理成本约0.5亿元。

防灾效益方面。平时防灾效益，通过效益转移法估算，每年可减少管道事故损失和地震灾害损失约1亿元；战时防灾效益，考虑到战争等特殊情况，预计战时防灾效益每年约为0.5亿元。

3. 总量统计和解释说明

本项目全生命周期成本与效益统计显示，地下综合管廊的综

合效益显著高于建设及运营成本。从成本构成来看，初期一次性投入包括60亿元建设成本（含主体结构、附属设施、管线敷设及工程其他费用）和1亿元施工期外部环境影响成本，合计61亿元；周期性成本涵盖年均1.2亿元的运营费用、每10年3亿元的维修成本以及第50年5亿元的扩容成本，三者合计155亿元。全周期总成本为216亿元，年均分摊成本约1.65亿元，呈现“前期投资集中、后期成本稳定”的特征。

效益方面，内部效益主要来自年均3亿元的管线单位租金收入（含一次性入廊费和日常维护费）和2亿元的传统直埋管线成本节约（减少重复开挖、运维及重敷费用），合计年均5亿元。外部效益更为显著：通过地下空间集约利用及周边土地增值，年均实现3.5亿元的土地相关效益；交通效率提升减少的延迟成本年均达1.2亿元；环境质量改善（含公众环境支付意愿及污染治理成本节约）和防灾减灾（含平时事故损失减少与战时保障效益）分别贡献1.3亿元和1.5亿元，外部效益年均总计7.5亿元。总效益年均达12.5亿元，是年均成本的7.58倍。即使考虑资金时间价值，100年周期内效益现值仍为成本现值的3倍以上。其中，外部效益占比达60%，表明管廊的核心价值在于提升城市公共福利、优化空间资源配置及增强防灾能力，而非单纯依赖项目自身收益。

（三）推广机制应用

在该项目的推广过程中，充分发挥了政策支持、市场化运作、技术创新和公众参与等机制的作用。政府出台了相关政策法规，对项目建设给予财政补贴和税收优惠，并将项目纳入城市规划重点项目；采用PPP模式引入社会资本，合理设计交易结构和回报机制，确保社会资本的投资回报；加强技术研发和应用，采用预制装配式管廊和智能监控监测技术，提高项目建设质量和效率；通过宣传教育和公众参与渠道，提高公众对项目的认知度和支持度，为项目的顺利实施创造了良好的社会环境。

五、结论

地下综合管廊建设具有显著的成本效益，虽然前期投资大，但通过内部效益的实现和外部效益的发挥，能够在长期内为城市带来巨大的经济、社会和环境价值。本文通过构建成本效益分析框架，运用多种量化方法对地下综合管廊的成本与效益进行了系统评估，结果表明地下综合管廊的综合效益显著高于成本，具有良好的可行性和可持续性。

参考文献

- [1] 聂永平, 杨文贵, 丁志斌, 等. 共同沟的成本分析与研究 [J]. 地下空间, 2004, (3): 377-425.
- [2] 郭莹, 祝文君, 杨军. 市政综合廊道费用效益分析方法和实例研究 [J]. 地下空间与工程学报, 2006, (S1): 1236-1239.
- [3] 钟雷, 马东玲, 郭海斌. 北京市市政综合管廊建设探讨 [J]. 地下空间与工程学报, 2006, (S2): 1287-1292.
- [4] 吴斐杰. 深圳光明新区共同沟项目效益与风险评价 [D]. 天津大学, 2010.
- [5] 关欣. 综合管廊与传统管线敷设的经济比较——以中关村西区地下综合管廊为例 [J]. 建筑经济, 2009, (S1): 339-342.

公路桥梁工程管理与养护策略研究

罗志能

新兴县公路事务中心, 广东 云浮 527400

DOI:10.61369/UAID.2025010029

摘要： 本文围绕公路桥梁工程展开，阐述了管理体系现存问题，包括部门协同差、信息化不足等，介绍了标准化管理体系建设要点。还涉及多种养护技术，如微表处、雾封层等，以及灾毁应对、检测技术、维修养护方法和全寿命周期管理关键技术体系等内容。

关键词： 公路桥梁工程；管理体系；养护技术

Research on Management and Maintenance Strategy of Highway Bridge Engineering

Luo Zhineng

Xinxing County Road Affairs Center, Yunfu, Guangdong 527400

Abstract： This paper focuses on highway bridge engineering, discussing existing issues in the management system, such as poor departmental coordination and insufficient informatization. It introduces key points for building a standardized management system. The paper also covers various maintenance techniques, including micro-surfacing and fog sealing, as well as disaster response, inspection technology, repair and maintenance methods, and key technologies for full lifecycle management.

Keywords： highway bridge engineering; management system; maintenance technology

引言

公路桥梁工程作为交通基础设施的关键部分，其管理与养护至关重要。2019年颁布的《交通强国建设纲要》强调了加强交通基础设施建设与养护的重要性，为公路桥梁工程管理与养护提供了政策依据。当前公路桥梁工程管理体系虽已成型，但存在诸多问题，如部门协同效率低、信息化程度不足等。同时，工程涉及的标准化管理体系建设、预防性养护技术选择、日常养护技术策略制定、灾毁工程应对以及维修养护技术应用等方面都面临挑战。这些问题的解决需要构建全寿命周期管理的关键技术体系，朝着智慧管养平台方向发展，关注相关技术趋势，以提升管理与养护效能，保障公路桥梁的安全与稳定。

一、公路桥梁工程管理体系构建

（一）管理体系现状与问题分析

公路桥梁工程管理体系在长期发展中已形成一定模式，但仍存在诸多问题。在现行管理机制下，部门协同效率低是突出问题之一。各部门职责划分不够清晰明确，导致在工程建设、维护等过程中出现相互推诿、衔接不畅的情况，严重影响工程进度和质量^[1]。同时，信息化程度不足也是制约管理体系发展的关键因素。信息传递不及时、不准确，数据共享困难，无法实现对工程全方位、实时的监控和管理。这不仅增加了管理成本，也使得决策缺乏科学依据，难以应对工程中出现的各种复杂情况，不利于公路桥梁工程管理体系的高效运行。

（二）标准化管理体系建设

公路桥梁工程标准化管理体系建设需从多方面着手。在组织架构上，应明确各部门职责，形成高效协作的管理团队，确保工

程各环节有序推进^[2]。技术标准方面，要依据行业规范和工程实际需求，制定详细、严格的技术指标，涵盖设计、施工、材料选用等各个领域，为工程质量提供技术保障。质量监控环节，建立完善的质量检测和评估机制，对工程全过程进行动态监测，及时发现并解决质量问题，确保公路桥梁工程符合标准化要求，实现高质量建设和可持续发展。

二、公路日常养护技术策略

（一）预防性养护技术应用

微表处技术适用于路面病害较轻的情况，如轻度车辙、表面松散等，它能够快速恢复路面的平整度和抗滑性能，提高路面的防水性。该技术施工速度快，对交通影响较小，且具有较好的耐久性^[3]。雾封层技术则主要用于路面老化、轻微裂缝等病害的预防和处理，它可以有效地封闭路面孔隙，防止水分和空气进入，

延缓路面病害的发展。雾封层施工相对简单，成本较低，但耐久性可能不如微表处。在经济性指标方面，需综合考虑材料成本、施工成本、使用寿命以及对交通的影响等因素。不同的预防性养护技术在不同的应用场景下各有优劣，需根据实际情况进行选择。

（二）路面状况评估与决策系统

公路日常养护技术策略中的路面状况评估与决策系统至关重要。基于自动化检测设备建立 PCI（路面损坏状况指数）、RQI（路面行驶质量指数）评价模型是关键步骤。通过自动化检测设备获取路面数据，利用先进算法和模型对数据进行分析处理，准确计算 PCI 和 RQI 值，从而全面评估路面损坏状况和行驶质量^[4]。同时，需建立养护优先级判定标准，综合考虑 PCI、RQI 以及交通流量、道路重要性等多方面因素。对于 PCI 和 RQI 值较低且交通流量大、道路重要性高的路段，应给予较高的养护优先级，确保有限的养护资源能够合理分配，有效提升公路路面的养护效果和使用性能。

三、大修工程与灾毁重建技术

（一）路面大修关键技术

1. 旧路面再生利用技术

冷再生和热再生工艺在旧路面再生利用技术中具有重要作用。冷再生工艺是一种环保且经济的路面修复方法，通过对旧路面材料的铣刨、破碎和添加适量的稳定剂等操作，重新形成具有一定强度和稳定性的路面结构层^[5]。其优点包括减少新材料的使用，降低成本，同时对环境的影响较小。热再生工艺则是利用加热设备对旧路面进行加热软化，然后添加新的沥青结合料等材料，经搅拌、摊铺和压实等工序，恢复路面的使用性能。热再生工艺能够较好地恢复路面的平整度和抗滑性能，提高路面的耐久性。两种工艺在不同的工程条件下各有优劣，需根据实际情况合理选择应用。

2. 大修工程质量管理体系

公路路面大修工程质量管理体系需涵盖多方面内容。从材料性能角度，要严格控制原材料质量，确保其符合工程设计要求，对材料的强度、耐久性等关键指标进行检测^[6]。在施工工艺方面，需规范施工流程，包括路面基层处理、摊铺、压实等环节，施工人员应具备专业技能和资质，严格按照工艺标准操作。验收标准也是重要组成部分，明确各项质量指标的验收规范，如路面平整度、厚度、压实度等，通过严格的验收程序确保大修工程质量达到预期目标，为公路的安全使用提供保障。

（二）灾毁工程恢复策略

1. 灾毁类型与应急响应机制

公路桥梁在其服役过程中可能遭受多种灾毁类型，如滑坡、水毁等。针对这些灾毁类型，需建立分级响应预案。对于滑坡灾害，应首先进行详细的地质勘察，了解滑坡的规模、成因及发展趋势，根据勘察结果制定相应的应急处理措施和长期修复方案。在水毁方面，要迅速评估水毁程度，对桥梁基础、墩柱、上部结

构等关键部位进行检查。对于轻微水毁，及时进行局部修复和防护加固；对于严重水毁，需制定系统的重建计划，确保桥梁结构安全和使用功能恢复。同时，在应急响应过程中，要充分考虑交通疏导和安全保障措施，避免因灾毁导致交通瘫痪和事故发生^[7]。

2. 生态恢复与结构加固技术

在灾毁工程恢复中，需研发兼顾安全与环境的重建技术方案。对于结构加固，应采用先进技术评估损伤程度，精准确定加固部位与方法，如碳纤维加固法增强结构承载能力^[8]。同时，注重生态恢复，选择适宜的植物进行边坡防护和周边环境绿化，既能稳固土壤防止水土流失，又能美化环境。在重建过程中，充分考虑工程与周边生态系统的协调性，避免对生态环境造成二次破坏，实现工程安全与生态保护的有机统一。

四、桥梁维修养护专项研究

（一）桥梁结构检测评估

1. 无损检测技术应用

雷达探测和声波检测等无损检测技术在桥梁结构检测评估中具有重要应用。雷达探测技术可穿透混凝土结构，检测内部钢筋锈蚀、空洞等隐蔽病害，通过发射高频电磁波并接收反射波来分析结构内部情况，为桥梁维修养护提供关键信息^[9]。声波检测技术则利用声波在介质中的传播特性，对桥梁结构的完整性进行评估。例如，通过测量声波传播速度和衰减情况，可判断结构中是否存在裂缝、疏松等缺陷。这些新技术的应用提高了隐蔽病害识别的准确性和效率，有助于及时发现桥梁结构的潜在问题，为合理制定维修养护策略提供科学依据。

2. 承载力评估模型构建

建立基于检测数据的桥梁剩余寿命预测数学模型，需综合考虑多方面因素。以桥梁结构检测评估所获取的数据为基础，构建合理的承载力评估模型。此模型应涵盖结构材料特性、受力状态、环境影响等关键要素。通过对结构材料性能的分析，了解其随时间和使用条件的变化规律。考虑桥梁在实际运营中的受力情况，包括车辆荷载、风荷载等多种荷载形式及其组合效应。同时，环境因素如温度、湿度、腐蚀介质等对桥梁结构的长期影响不可忽视。基于这些因素的综合考量，运用合适的数学方法和理论，构建能够准确反映桥梁剩余寿命的预测模型，为桥梁维修养护提供科学依据^[10]。

（二）维修加固技术体系

1. 典型病害处治技术

裂缝修复技术是桥梁维修养护的关键。对于微小裂缝，可采用表面封闭法，使用环氧树脂等材料填充裂缝，防止水分和空气侵入，避免裂缝进一步扩展。对于较宽裂缝，则需采用压力灌注法，将修补材料在一定压力下注入裂缝内部，确保填充密实。支座更换技术也至关重要。在更换支座前，需精确测量原支座的各项参数，选择合适的新支座。更换过程中要注意对桥梁结构的支撑和保护，避免因支座更换导致桥梁结构受力不均。碳纤维加固

技术是一种有效的加固方法。它通过将碳纤维布粘贴在桥梁结构表面,利用碳纤维的高强度特性提高结构的承载能力,粘贴过程需保证碳纤维布与结构表面紧密贴合,确保加固效果。

2. 加固方案优选方法

在桥梁维修养护的加固方案优选中,需综合考虑多方面因素。从技术角度,要评估不同加固技术对桥梁结构性能提升的效果,如增强承载能力、改善耐久性等。同时,要考虑施工的可行性和难度,包括对交通的影响、施工环境的要求等。经济方面也是关键因素,计算不同方案的直接成本和间接成本,包括材料、人工、设备以及可能造成的交通延误损失等。通过建立数学模型,将技术指标和经济指标量化,利用多目标决策方法,对各个加固方案进行综合评价,从而选出技术可行且经济合理的最优方案,以实现桥梁维修加固的最佳效果。

(三) 智慧养护管理系统

1. 健康监测系统构建

构建包含传感器网络、数据传输、预警分析的智能监测体系。传感器网络需合理布局各类传感器,如应变传感器、位移传感器等,精准获取桥梁结构的关键数据。数据传输要确保稳定高效,可采用无线传输技术,将采集的数据实时传输至监测中心。预警分析是核心环节,通过建立数据分析模型,对传输的数据进行深度挖掘,识别异常数据和潜在的安全隐患。当监测数据超出设定阈值时,系统能及时发出预警信息,以便养护人员采取相应措施,保障桥梁的安全运营。

2. 预防性养护决策模型

预防性养护决策模型在桥梁养护中至关重要。该模型需综合

考虑多方面因素,如桥梁的结构特点、使用年限、交通流量、环境条件等。通过对大量桥梁数据的收集与分析,包括结构检测数据、材料性能数据、过往维修记录等,利用先进的数据分析技术,构建起能准确反映桥梁状态的评估指标体系。基于此体系,结合桥梁实际运营状况和潜在风险,运用数学模型和算法,制定出科学合理的预防性养护策略。这些策略包括养护措施的类型、实施时间、养护周期等,同时还要考虑资源的合理调配,以确保在有限的资源条件下,实现桥梁养护效果的最大化,延长桥梁的使用寿命,保障桥梁的安全运营。

五、总结

公路桥梁工程管理与养护需构建全寿命周期管理的关键技术体系。在此基础上,应朝着基于 BIM+GIS 的智慧管养平台方向建设,充分利用其优势实现更高效的管理与养护。标准化作业流程和动态化决策机制至关重要,它们是提升养护效能的核心,能确保养护工作的科学性和及时性。同时,智能检测装备与绿色修复材料的技术发展趋势值得关注。智能检测装备可提高检测的准确性和效率,绿色修复材料则符合环保要求,有利于可持续发展。这些方面相互关联、相互促进,共同为公路桥梁工程的管理与养护提供更完善的策略和方法,保障公路桥梁的安全与稳定,延长其使用寿命。

参考文献

- [1] 朱师专. 基于 ISM 的农村公路养护管理影响因素研究 [D]. 江西: 华东交通大学, 2022.
- [2] 张风德. 中日桥梁养护技术比较研究 [D]. 江苏: 南京工业大学, 2015.
- [3] 古传威. 高速公路养护管理发展关键点分析 [J]. 运输经理世界, 2022, (28): 122-124.
- [4] 崔凯. 高速公路养护管理发展研究关键点 [J]. 四川建材, 2021, 47(12): 67-68+77.
- [5] 林芝萍. NS 公路桥梁工程施工风险管理研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2022.
- [6] 田国威. 高速公路养护管理现状及发展方向 [J]. 运输经理世界, 2020, (07): 50-51.
- [7] 郭冰花. 高速公路养护管理现状及发展趋势 [J]. 城市建筑, 2019, 16(09): 175-176.
- [8] 曾斌. 高速公路养护管理现状及发展方向探索 [J]. 四川水泥, 2017, (09): 164.
- [9] 段星星. 我国高速公路养护管理现状及发展趋势探讨 [J]. 科技资讯, 2017, 15(17): 80-81.
- [10] 蒋飞鹏. 我国高速公路养护管理现状及发展趋势 [J]. 住宅与房地产, 2017, (15): 218+243.

房地产开发项目全生命周期风险管理研究

曾一丁

中海建筑有限公司珠海分公司, 广东 珠海 519000

DOI:10.61369/UAID.2025010032

摘 要 : 房地产开发项目全生命周期风险管理是一个复杂的过程, 涉及从项目启动、规划、设计、施工、销售到后期物业管理的各个阶段。本文旨在探讨房地产开发项目在不同阶段可能面临的风险, 并提出相应的风险管理策略。通过对风险的识别、评估、控制和监控, 可以有效地降低项目失败的可能性, 提高项目的成功率和投资回报率。

关 键 词 : 房地产开发; 项目管理; 风险管理; 全生命周期

Research on Risk Management Throughout the Entire Life Cycle of Real Estate Development Projects

Zeng Yiding

Zhuhai Branch of China Overseas Construction Co., LTD. Zhuhai, Guangdong 519000

Abstract : The full life cycle risk management of real estate development projects is a complex process, involving all stages from project initiation, planning, design, construction, sales to later property management. This article aims to explore the risks that real estate development projects may face at different stages and propose corresponding risk management strategies. Through the identification, assessment, control and monitoring of risks, the possibility of project failure can be effectively reduced, and the success rate and return on investment of the project can be improved.

Keywords : real estate development; project management; risk management; full life cycle

随着经济的快速发展和城市化进程的加速, 房地产行业已成为推动国民经济的重要力量。然而, 房地产项目投资巨大、周期长、涉及面广, 使得项目在实施过程中面临诸多不确定性和风险。因此, 对房地产开发项目进行全生命周期的风险管理研究, 对于保障项目顺利进行、提高投资效益具有重要意义。

一、房地产开发项目全生命周期概述

(一) 全生命周期阶段的划分

房地产开发项目是一个复杂且漫长的过程, 其全生命周期可以划分为五个典型的阶段: 立项决策、规划设计、施工建设、竣工验收和运营管理。立项决策阶段是项目启动的起点, 主要任务是进行市场调研、项目可行性研究、获取土地和项目审批, 其特点是战略性和前瞻性, 决定了项目的方向和定位。在这一阶段, 决策者需要对市场趋势有深刻的理解, 对项目的潜在价值和风险进行评估, 并制定出符合市场需求和公司战略的项目计划。规划设计阶段则是在立项的基础上, 进行方案设计、初步设计、施工图设计等, 该阶段技术性强, 设计方案直接影响项目的品质和成本。设计师和工程师需要密切合作, 确保设计既满足功能需求又具有创新性, 同时还要考虑到成本控制和施工的可行性。施工建设阶段是将设计方案付诸实践, 进行土建、安装、装修等工程施工, 这个阶段周期长、投资大, 管理的重点是进度、质量和成本控制。项目经理和施工团队必须确保工程按照既定的时间表和预算进行, 同时保证施工质量, 避免出现安全问题。竣工验收阶段

是对施工完成的项目进行质量检验和验收, 确保项目符合设计要求和相关标准, 其特点是权威性和规范性。验收团队需要严格按照国家和地方的建筑规范进行检查, 确保所有细节都达到规定的标准。运营管理阶段是项目投入使用后的长期阶段, 包括物业管理、商业运营、设施维护等, 这个阶段直接关系到项目的经济效益和社会效益, 特点是持续性和服务性。物业管理团队需要提供高效的服务, 确保居住和工作环境的舒适性和安全性, 同时商业运营团队要通过有效的市场策略吸引租户或顾客, 以实现项目的最大经济价值^[1]。

(二) 各阶段的风险特征

在房地产开发项目的整个周期中, 每个阶段都伴随着一系列不同的风险因素。这些风险因素之间相互关联, 并且随着项目的推进而动态变化, 给项目的成功实施带来了诸多挑战。在项目的立项决策阶段, 主要面临的风险包括政策风险和市场风险。政策风险涵盖了土地政策、规划政策、税收政策等方面的变化, 这些变化可能会对项目的合法性以及经济性产生重大影响; 而市场风险则主要来源于市场需求的波动以及竞争项目的出现, 这些因素可能导致项目定位出现偏差, 或者在销售过程中遭遇困难。进入

规划设计阶段，主要存在的风险是技术风险，这包括设计方案的不合理性、技术标准的选用不当等问题，这些问题可能会导致后期施工过程中出现变更，从而增加成本，甚至可能带来安全隐患^[2]。到了施工建设阶段，风险变得更加复杂，除了技术风险之外，还包括施工管理风险、自然灾害风险等，这些风险因素可能导致工期延误、质量事故以及经济损失。当项目进入竣工验收阶段，虽然面临的风险相对较小，但仍存在验收标准不明确、验收程序不规范等风险，这些问题可能会导致项目无法按时交付使用。最后，在运营管理阶段，主要面临的风险是运营风险，这包括物业管理不善、租户投诉、设施老化等问题，这些问题会影响项目的声誉和收益^[3]。

二、风险识别与评估

（一）风险识别方法

在项目管理的实践中，风险识别是一个不可或缺的环节，它位于风险管理过程的起始阶段，其核心目标是全面且系统地揭示出可能影响项目目标达成的各类潜在风险事件。为了达成这一目标，业界已经开发出多种风险识别的方法，这些方法包括但不限于头脑风暴法、德尔菲法和检查表法等。头脑风暴法是一种集体讨论技术，它通过组织项目相关的所有人员，鼓励他们自由地发表意见，通过集思广益的方式，尽可能多地识别出潜在的风险因素^[4]。这种早期的风险识别对于项目后期的风险管理和控制具有极其重要的意义，因为它能够帮助项目管理者提前做好准备，制定出相应的风险应对策略。德尔菲法则是一种专家咨询技术，它通过多轮匿名信函的方式，向专家征询意见，并对这些意见进行汇总和反馈，最终形成一个较为统一的风险识别结果。这种方法特别适用于那些技术复杂、专业性极强的项目，因为它能够充分利用专家的知识和经验，从而显著提高风险识别的准确性和可靠性。检查表法则是基于以往类似项目的经验，制定出一份风险检查表，然后逐一核对，以识别出项目中可能存在的风险。通过将 these 方法综合运用，项目管理者可以更加有效地识别和评估项目中可能遇到的风险，为后续的风险应对和控制措施打下坚实的基础，确保项目能够顺利进行，最终达成既定目标^[5]。

（二）风险评估体系

在项目管理的众多环节中，风险评估扮演着至关重要的角色。它是在风险识别的基础上，对识别出的风险进行更深入的分析 and 评价的过程。风险评估的核心目的在于明确风险发生的可能性以及这些风险可能带来的影响程度，从而为后续的风险应对策略提供坚实的基础和依据。一个全面而有效的风险评估体系，通常会涵盖风险发生的概率和风险可能造成的影响程度这两个关键维度。风险发生的概率，是指在项目生命周期的各个阶段，特定风险事件发生的可能性大小。这个概率可以通过定性分析或定量计算来评估，常见的定性描述包括“高概率”、“中等概率”和“低概率”，而定量化分析则可能给出一个具体的概率数值，比如百分比。这种评估有助于项目团队对风险的紧迫性和重要性有一个清晰的认识。影响程度则是指一旦风险事件发生，它对项目目标

的潜在影响，这包括但不限于经济损失、项目进度的延误、质量事故的发生，以及可能对项目团队士气和项目声誉造成的负面影响。对影响程度的评估有助于项目团队确定哪些风险是需要优先处理的，以及在资源有限的情况下，如何合理分配资源以减轻风险带来的不良后果^[6]。

三、风险应对与优化策略

（一）风险应对策略

风险应对策略是企业在面对潜在威胁时采取的系统性措施，旨在降低风险发生的可能性或减轻其影响。以四川省南充市某建材公司为例，该公司在面对环保政策收紧的背景下，选择了风险规避策略，主动停止了高污染的砂石场运营。这一决策避免了因政策变动带来的损失，同时也符合国家环保政策的要求。在风险减轻方面，南充市另一家企业通过优化供应链管理，减少了因物流中断导致的生产停滞风险。具体而言，该公司引入了动态库存管理系统，将库存周转率从4次提升至6次，显著降低了供应链中断的可能性。风险转移策略则体现在阆中市某公司为应对员工挪用资金的风险，购买了商业保险，以减少潜在的经济损失。通过将风险转移给保险公司，企业能够专注于核心业务，避免因资金问题影响运营。风险自留策略适用于风险较小或成本较低的情况。例如，南充市部分中小企业选择自留部分经营风险，以节省保险费用。这种策略适用于企业能够承受的小规模风险，且有助于节省运营成本。例如，南充市某小型服装厂选择自留了因服装款式过时而产生的库存积压风险，因为他们评估认为该风险发生的概率较低，且潜在的损失在可承受范围内，同时也能够节省一笔可观的保险费用。通过实施这些策略，企业能够在复杂多变的市场环境中，有效地管理风险，保障自身的稳健发展^[7]。

（二）风险管理优化方法

为了进一步提高风险管理的效率和效果，企业可以采取多种策略，这些策略包括利用信息化技术、建立动态监控机制以及促进多方之间的协作。以南充市为例，该市已经成功建立了一个公共数据服务平台，这个平台为企业管理提供了重要的数据支持。借助这个平台，企业能够及时地获取到市场上的最新动态以及相关的政策信息，这使得企业能够更加精确地评估潜在的风险，并采取相应的措施来应对这些风险。例如，南充市某科技公司通过该平台及时了解到国家对于高科技企业的扶持政策，迅速调整了研发方向，成功申请到了政府的专项补贴，降低了研发资金不足的风险。在项目的整个生命周期中，信息化手段的应用显得尤为关键和不可或缺。在项目的启动阶段，企业可以运用先进的数据分析工具来进行风险评估，以确保项目从一开始就朝着正确的方向前进。例如，南充市某建筑公司在项目启动前，利用数据分析工具对市场行情、材料价格波动等风险因素进行了深入分析，制定了相应的风险预案，避免了项目后期因市场变化而造成的损失。在项目的执行阶段，企业可以利用动态监控机制来实时监控项目进展，并根据实际情况及时调整策略，确保项目能够灵活应对各种变化。例如，南充市某制造企业通过在生产线上安装传感

器,实时监控设备运行状态,提前发现了设备故障隐患,及时进行维护,避免了生产线停工的风险^[8]。而在项目的收尾阶段,通过多方协作,企业可以有效地解决在项目过程中出现的遗留问题,确保项目的顺利结束。例如,南充市某基础设施项目在收尾阶段,通过政府、施工方、监理方等多方协作,成功解决了因设计变更导致的工程款纠纷问题,确保了项目按时交付使用。此外,南充市司法局还组织了多场职业健康知识讲座,这些讲座旨在帮助企业员工掌握必要的风险管理技能,从而在整体上提升企业应对风险的能力。通过这些措施,企业不仅能够更好地识别和评估风险,还能够制定出更加有效的风险应对策略,从而在竞争激烈的市场环境中保持优势,确保企业的稳定发展。

（三）实际应用中的挑战与解决方案

风险应对与优化策略是企业管理中不可或缺的一部分,旨在通过系统性的措施降低风险发生的可能性或减轻其影响。以四川省南充市为例,该地区的企业在风险应对方面进行了积极探索。例如,面对环保政策收紧,南充市某建材公司主动停止了高污染的砂石场运营,选择了风险规避策略,避免了因政策变动带来的损失,同时也符合国家环保政策的要求。另一家企业则通过优化供应链管理来减轻风险,引入了动态库存管理系统,将库存周转率从4次提升至6次,显著降低了因物流中断导致的生产停滞风险。此外,阆中市某公司为应对员工挪用资金的风险,购买了商业保险,将风险转移给保险公司,从而能够专注于核心业务。而部分中小企业则选择自留部分经营风险,以节省保险费用,这种策略适用于企业能够承受的小规模风险。为提升风险管理效率,

南充市的企业还积极探索信息化手段、动态监控机制和多方协作等优化方法。例如,南充市已建立公共数据服务平台,累计交换数据66418条,总容量达786838,为企业管理提供数据支持,有效减少了信息不对称带来的风险^[9]。然而,在实际应用中,风险管理工作仍面临诸多挑战,如信息不对称导致企业难以准确评估风险,以及执行难度大等问题。例如,南充市部分企业因缺乏市场信息导致投资决策失误,阆中市某企业在推行风险监控时,因员工培训不足导致执行效果不佳。为应对这些挑战,南充市通过建立风险信息共享平台和加强培训等方式来提升风险管理水平。南充市司法局组织了多场职业健康知识讲座,帮助企业员工掌握风险管理技能,提升整体应对能力^[10]。

四、结语

房地产开发项目全生命周期风险管理至关重要,从项目的各个阶段到风险的识别、评估以及应对和优化,每个环节都紧密相连。有效的风险管理不仅能帮助企业规避潜在的损失,还能确保项目顺利推进,实现经济效益与社会效益的最大化。尽管在实际应用中面临信息不对称、执行难度大等挑战,但通过建立风险信息共享平台、加强员工培训等措施,这些问题可以得到有效解决。未来,随着市场环境的不不断变化和行业的发展,房地产开发企业需要持续关注风险管理,不断完善风险管理体系,以适应日益复杂的市场环境,在激烈的竞争中立于不败之地。

参考文献

- [1] 陈锦杰. 房地产开发项目建设成本管理与控制 [J]. 建筑技术开发, 2022, 49(22): 83-85.
- [2] 段慕华. 基于全生命周期理论的房地产项目成本管理分析 [J]. 财会学习, 2021, (25): 102-104.
- [3] 贾琴梅. 价值工程在房地产开发项目成本控制中的应用 [J]. 今日国土, 2020, (08): 35-37.
- [4] 段尊晖, 何叶荣. 房地产项目全生命周期风险因素辨识 [J]. 常州工学院学报, 2020, 33(03): 59-65.
- [5] 贾春香, 黄珊. 房地产项目全生命周期成本管理体系的构建探讨 [J]. 中外企业家, 2020, (15): 48.
- [6] 徐烨. 基于全生命周期的房地产开发项目风险评价模型研究 [J]. 中国新技术新产品, 2024(16): 136-139.
- [7] 王娜. 基于房地产项目开发的全生命周期运营管理分析 [J]. 中文科技期刊数据库(全文版)经济管理, 2024(1): 0065-0068.
- [8] 黄辉. 建筑经济中全生命周期造价管理理论与实践 [J]. 建筑工程与管理, 2024, 6(12). DOI:10.33142/aem.v6i12.14882.
- [9] 汪广丰. 房地产开发全生命周期风险管理探讨——以南京市建委所建立平台为例 [J]. 城市开发, 2023(2): 56-58.
- [10] 巫建标. 基于全生命周期的房地产开发项目风险评价与控制研究 [J]. 工程与建设, 2023, 37(2): 769-771+793.

智慧化市政排水管网系统的构建与内涝风险动态监测技术

冯英

武汉航空港发展集团有限公司,湖北 武汉 432200

DOI:10.61369/UAID.2025010037

摘要： 本文围绕智慧化市政排水管网系统的构建与内涝风险动态监测技术展开研究，提出以数字化、智能化、集成化为核心理念，构建包含感知层、网络层、平台层与应用层的系统架构。通过传感器阵列实时采集水位、流量、水质等数据，结合数字孪生模型与人工智能算法实现管网运行状态的精准映射与智能调控；利用多源数据融合、水力学模型模拟及机器学习算法，构建内涝风险动态监测体系，实现从成因分析、实时模拟到可视化预警的全流程管理。研究表明，该系统可提升排水管网运维效率，增强内涝风险预警能力，为智慧城市基础设施建设提供技术支撑。

关键词： 智慧化市政排水管网；系统构建；内涝风险；动态监测技术

Construction of Smart Municipal Drainage Network System and Dynamic Monitoring Technology for Waterlogging Risk

Feng Ying

Wuhan Airport Development Group Co., Ltd. Wuhan, Hubei 432200

Abstract : This article focuses on the construction of a smart municipal drainage network system and dynamic monitoring technology for waterlogging risk. It proposes a system architecture that includes a perception layer, network layer, platform layer, and application layer, with digitization, intelligence, and integration as the core concepts. Through real-time data collection of water level, flow rate, and water quality using sensor arrays, combined with digital twin models and artificial intelligence algorithms, precise mapping and intelligent regulation of the pipeline network operation state are achieved. By utilizing multi-source data fusion, hydraulic model simulation, and machine learning algorithms, a dynamic monitoring system for waterlogging risk is constructed, enabling end-to-end management from cause analysis, real-time simulation to visual warning. Research indicates that this system can enhance the operational efficiency of the drainage network, strengthen waterlogging risk warning capabilities, and provide technical support for smart city infrastructure construction.

Keywords : smart municipal drainage network; system construction; waterlogging risk; dynamic monitoring technology

引言

市政排水管网系统作为城市防洪排涝和污水治理的核心基础设施，其运行效率与可靠性成为城市应对洪涝灾害的关键防线。然而传统市政排水管网系统因设计标准滞后、管网老化、缺乏实时监测手段等问题，在极端降雨时暴露出排水能力不足、内涝风险难以及时预警等弊端。此外，传统管网依赖人工巡检和经验判断，难以实现对管网运行状态的动态感知与精准调控，使得内涝风险防控陷入被动局面。随着物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术的快速发展，智慧化市政排水管网系统的构建成为破解城市内涝难题的重要方向。本文基于上述背景，深入探讨智慧化市政排水管网系统的构建路径，结合内涝风险动态监测技术，旨在为提升城市排水系统韧性、保障城市安全运行提供理论与技术支撑。

一、智慧化市政排水管网系统构建基础

（一）市政排水管网系统概述

排水管网系统是城市或建筑物中用于排除废水、雨水和其他

液体的管道网络，它是一种重要的基础设施，用于管理和处理废水，确保城市或建筑物的卫生和环境保护。排水管网系统起到了排水、运输和处理废水的作用，为城市的正常运行提供了关键的支持^[1]。传统市政排水管网系统主要由管道、检查井、泵站、污

水处理厂等设施组成,借助重力流或压力流实现污水和雨水排放。在城市发展早期,该系统尚能满足排水需求,但随着城市化进程加快,城市人口激增、规模不断扩张,传统管网弊端凸显^[2]。管网老化破损严重致使污水渗漏污染地下水资源,部分区域管网设计欠合理,管径过小、坡度不足,暴雨时易引发内涝,加上缺乏有效监测手段,管网堵塞、破损等问题难以及时发现,维修效率低下,给城市运行带来诸多隐患。

（二）智慧化系统构建的核心理念

智慧化市政排水管网系统构建围绕数字化、智能化、集成化核心理念展开,数字化理念旨在将排水管网系统的物理设施与运行数据转化为数字形式,通过传感器、监测设备采集水位、流量、水质等实时数据,构建数字孪生模型,在虚拟空间精准映射整个管网系统,为决策提供准确数据支撑^[3]。智能化理念则借助人工智能、机器学习技术,对海量数据深度分析挖掘,依据历史降雨、管网流量等数据建立预测模型,提前预判内涝风险、污水溢流等问题,并自动调整泵站运行参数、控制阀门,实现排水系统智能调控,提升系统运行效率与应急能力。集成化理念强调将排水管网数据采集、传输、处理、分析及控制等环节高度整合,打破部门与系统间的数据壁垒,实现信息共享与协同运作,提升城市整体运行效能与安全性。

二、智慧化排水管网系统架构设计

（一）总体架构设计

智慧化排水管网系统架构由感知层、网络层、平台层和应用层构成,各层级相互协作,形成一个有机整体^[4]。总体架构以实现排水管网全生命周期智能化管理为目标,通过对管网运行状态的实时感知、数据高效传输、深度分析处理以及多样化应用服务,提升排水系统的运行效率、管理水平和应急响应能力。

（二）感知层设计

感知层作为智慧化排水管网系统的数据采集基石,由多元传感器及监测设备构成,通过在管网关键节点进行科学部署,实现对系统运行状态的全面感知^[5]。水位传感器采用高精度液位测量技术,实时捕捉管网内水位的细微变化,其采集的数据可直观反映管网排水效能,为内涝风险评估提供关键依据;电磁式或超声波式流量传感器,能够精准计量污水与雨水的实时流量,帮助运维人员动态掌握管网负荷,优化排水调度策略;水质传感器运用电化学、光谱分析等先进技术,对水体酸碱度、化学需氧量(COD)、氨氮等核心指标进行持续监测,可及时发现污水排放异常,追溯潜在污染源;压力传感器则实时监测管网内部压力波动,一旦出现因管道破损、异物堵塞导致的压力骤变,能够迅速发出预警;液位传感器针对泵站集水池、污水处理厂调节池等关键蓄水设施,精确测量液位高度,保障设备在安全液位区间稳定运行^[6]。此外,在易积水路段、重要泵站等关键区域,部署高清视频监控设备,通过图像识别技术对现场情况进行可视化监测,运维人员可实时查看设备运行状态、周边环境变化,为排水系统的精细化管理提供直观的现场信息。这些感知设备将物理世界中管网的运行参数转化为数字信

号,以毫秒级响应速度传输至系统后台,为后续数据处理、模型分析与决策支持提供原始且可靠的数据基础。

（三）网络层设计

网络层的主要功能是实现感知层采集数据的可靠传输,将分散在城市各处的传感器和监测设备与平台层连接起来。网络层采用多种通信技术相结合的方式,以满足不同场景下的数据传输需求^[7]。对于数据传输距离较短、对功耗要求较高的场景,可采用低功耗广域网(LPWAN)技术,如NB-IoT、LoRa等,这类技术具有覆盖范围广、功耗低的特点,适用于分布广泛、数据传输量较小的传感器。对于数据传输量较大、实时性要求较高的监测设备,如视频监控设备、大型泵站的监测系统等,则采用4G、5G等蜂窝移动通信技术,确保数据能够快速、稳定地传输。同时,在一些特殊区域,如地下管廊、偏远地区等,还可结合光纤通信技术,提供高速、稳定的传输通道。此外,为保障数据传输的安全性,网络层还需采用加密技术、身份认证等安全措施,防止数据泄露和非法访问。

（三）平台层设计

平台层是智慧化排水管网系统的核心枢纽,承担着数据存储、处理、分析以及系统管理等重要功能。在数据存储方面,采用分布式存储技术,构建大容量的数据仓库,对感知层采集的海量历史数据和实时数据进行分类存储,确保数据的完整性和可靠性^[8]。数据处理环节,利用大数据处理技术,对原始数据进行清洗、转换、整合等操作,去除噪声数据,统一数据格式,为后续分析提供高质量的数据。数据分析则借助人工智能、机器学习算法,挖掘数据背后的规律和潜在价值,例如通过对历史降雨数据和管网流量数据的分析,建立内涝预测模型;对管网运行数据进行聚类分析,找出管网故障的高发区域和时段。此外,平台层还具备系统管理功能,包括用户权限管理、设备管理、系统配置等,保障系统的安全、稳定运行。

（四）应用层设计

应用层直接面向城市管理者、排水公司工作人员、公众等不同用户群体,根据用户需求提供多样化的应用服务。对于城市管理者,应用层提供综合决策支持系统,通过可视化界面展示管网的整体运行状态、内涝风险预警、污水处理情况等信息,帮助管理者全面掌握城市排水系统的运行情况,制定科学合理的规划和决策。排水公司工作人员可通过应用层的管网运维管理系统,实现对管网设施的在线监测、故障报修、维护计划制定等功能,提高运维效率,降低运维成本。公众则可以通过手机APP、微信公众号等渠道,获取实时的积水路段信息、污水处理厂排放数据等,增强公众对城市排水系统的了解和参与度。同时应用层还可与城市其他智慧系统,如智慧城市管理平台、应急指挥系统等进行对接,实现信息共享和协同联动,提升城市整体的智慧化管理水平。

三、内涝风险动态监测技术

（一）内涝风险成因与关键影响因素分析

从自然因素来看,强降雨是引发内涝的直接诱因,短时间内

大量降水超过排水管网的承载能力，便会导致积水；部分城市所处的地形地势低洼，排水不畅，雨水难以自然排出，进一步加剧内涝风险。在人为因素方面，城市化进程中，大量的硬化地面替代了原本具有蓄水能力的绿地、湿地，雨水下渗减少，地表径流增加；市政排水管网设计不合理、管径过小、老化堵塞等问题，也使得排水效率低下，无法及时排除雨水 +[9]。此外，城市排水系统与周边水系缺乏有效连通，调蓄能力不足，在遭遇极端降雨时，难以应对突发水量，也是内涝频发的重要原因。这些因素相互交织，共同构成了城市内涝风险，而准确识别和分析这些关键影响因素，是实现内涝风险动态监测的基础。

（二）实时数据融合与处理

为实现对内涝风险的精准监测，需要融合多源实时数据。感知层采集的水位、流量、雨量等管网运行数据，气象部门提供的降雨预报、云图等气象数据，以及地理信息系统（GIS）中的地形地貌、管网布局数据等，都是重要的数据来源。然而这些数据具有不同的格式、精度和更新频率，因此需要进行融合与处理。通过数据清洗技术去除重复、错误的数据，利用数据转换技术统一数据格式，借助时空对齐算法将不同时间、空间采集的数据进行匹配整合^[10]。同时采用数据插值、补全算法，对缺失数据进行处理，确保数据的完整性和准确性。经过融合与处理后的数据，能够更全面、准确地反映城市排水系统的运行状态和环境条件，为后续的内涝模拟和风险识别提供可靠的数据支撑。

（三）内涝模拟模型构建与优化

内涝模拟模型是预测内涝发生范围和程度的关键工具，是基于水力学原理，结合城市地形、管网结构等数据，构建的二维或三维的内涝数值模型，能够模拟雨水在地表和管网中的流动过程。模型考虑降雨强度、管网排水能力、地面渗透系数等因素，通过求解连续性方程和动量方程，计算不同时刻的水位、流速等参数，从而预测内涝的发展趋势。为提高模型的准确性和可靠性，需要不断对模型进行优化，利用实际监测数据与模拟结果进行对比分析，调整模型参数，如管网糙率、地面曼宁系数等；引入机器学习算法，对历史内涝数据进行学习，自动优化模型结构，使其更贴合实际情况。通过持续的优化，内涝模拟模型能够

更精确地预测内涝风险，为提前采取应对措施提供科学依据。

（四）动态监测与风险识别算法

动态监测与风险识别算法基于实时数据和内涝模拟结果，实现对内涝风险的实时评估和精准识别。采用时间序列分析算法，对水位、流量等数据的变化趋势进行分析，及时发现异常波动，判断是否存在内涝风险。结合空间分析算法，如缓冲区分析、叠加分析等，评估内涝可能影响的范围和严重程度。同时运用机器学习中的分类算法，如支持向量机、随机森林等，根据历史内涝数据和相关影响因素，训练风险识别模型，实现对内涝风险等级的自动划分。这些算法能够快速处理大量数据，实时更新内涝风险信息，为城市管理者 and 相关部门提供准确的风险预警。

（五）可视化与预警发布

可视化与预警发布是内涝风险动态监测技术的最终呈现环节，利用地理信息系统（GIS）和三维建模技术，可以将内涝模拟结果、风险识别信息以直观的地图、三维场景等形式展示出来。通过颜色、图标等可视化元素，清晰地呈现内涝的发生区域、积水深度、风险等级等信息，使城市管理者 and 公众能够快速了解内涝情况。同时建立多渠道的预警发布机制，当系统识别到内涝风险时，通过短信、手机 APP 推送、广播、电子显示屏等多种方式，及时向受影响区域的居民、相关部门发布预警信息，提醒居民采取防范措施，通知相关部门启动应急响应，调配资源进行排涝抢险，最大限度减少内涝造成的损失。

四、结束语

智慧化市政排水管网系统的构建与内涝风险动态监测技术通过数字化、智能化与集成化手段，重塑了城市排水系统的管理模式。从感知层的精准数据采集，到应用层的多维度服务输出，实现了对管网运行状态的全流程把控与内涝风险的实时预警，为城市防洪排涝与水环境治理提供了有力支撑。然而当前技术应用仍面临一系列问题，随着物联网、人工智能等技术的持续革新，智慧排水系统将朝着更高效、更智能、更安全的方向演进，通过技术融合与管理创新，助力城市排水系统实现韧性升级。

参考文献

- [1] 沈洪娜. 提高新时期市政排水管网效能的途径探索 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2024, (26): 223–225. DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202426074.
- [2] 李秋蓉. 排水管网运维管理问题与解决对策分析 [J]. 工程技术研究, 2024, 9(13): 157–159. DOI: 10.19537/j.cnki.2096-2789.2024.13.051.
- [3] 崔杰. 市政道路排水管线设计的优化与实践 [J]. 建材发展导向, 2024, 22(13): 54–56. DOI: 10.16673/j.cnki.jcfzdx.2024.0423.
- [4] 刘祖煥. 研究城市市政给水管网的优化配置与管理 [J]. 建材发展导向, 2022, 20(12): 79–81. DOI: 10.16673/j.cnki.jcfzdx.2022.0172.
- [5] 盛晗. 市政排水管网优化策略研究 [J]. 安徽建筑, 2021, 28(08): 134+141. DOI: 10.16330/j.cnki.1007-7359.2021.08.061.
- [6] 闫文胜, 吴治昊. 市政管理中排水管网信息化建设的作用 [J]. 城市建筑, 2019, 16(21): 177–178. DOI: 10.19892/j.cnki.csjz.2019.21.069.
- [7] 陶颖. 关于给排水管网信息管理系统的开发研究 [J]. 计算机产品与流通, 2019, (05): 130.
- [8] 景鹏飞. 市政排水管网水位流速在线监测系统 [D]. 北京交通大学, 2019.
- [9] 曹磊. 市政排水管网系统的研究与开发 [J]. 建筑技术开发, 2017, 44(09): 80–81.
- [10] 李捷. 基于分布式传感器的排水管网运行监测系统的研究 [D]. 长安大学, 2016.

道路压实度自动连续检测及智能压实技术研究

王佳栋

绍兴市交科工程检测有限公司，浙江 绍兴 312000

DOI:10.61369/UAID.2025010038

摘 要： 城市道路建设中，压实作业是确保工程质量的关键步骤，其质量直接影响路基和路面各结构层材料的密实度达标情况。在实际施工过程中，碾压次数不足将导致结构层密实度不达标，引发工程质量缺陷或返工问题，而过度碾压不仅造成资源浪费，更可能产生材料结构破坏导致压实效果衰减。为此，本文围绕道路压实度自动连续检测及智能压实技术进行研究，阐述了道路压实度自动连续检测及智能压实技术要点，旨在建立实时动态监控体系，实现施工过程精准控制，并融合智能压实技术提升作业效率。

关 键 词： 道路压实度；自动连续检测；智能压实技术；自动连续检测

Research on Automatic Continuous Detection of Road Compactness and Intelligent Compaction Technology

Wang Jiadong

Shaoxing Jiaoke Engineering Testing Co., Ltd. Shaoxing, Zhejiang 312000

Abstract： In urban road construction, compaction work is a critical step to ensure the quality of the project, and its quality directly affects the compactness of the subgrade and each structural layer of the road surface. In the actual construction process, insufficient rolling times will lead to the non-compliance of the compactness of the structural layer, causing engineering quality defects or rework problems, while excessive rolling not only causes waste of resources, but also may cause damage to the material structure and lead to the attenuation of the compaction effect. Therefore, this article focuses on the research of automatic continuous detection of road compactness and intelligent compaction technology, expounds the key points of automatic continuous detection of road compactness and intelligent compaction technology, and aims to establish a real-time dynamic monitoring system to achieve precise control of the construction process, and integrate intelligent compaction technology to improve operational efficiency.

Keywords： road compactness; automatic continuous detection; intelligent compaction technology; automatic continuous monitoring

引言

道路检测技术正经历持续革新，过去采用人工巡查方式，检测人员需全程实地勘察路况损伤，不仅耗费大量人力，还存在效率瓶颈，长距离道路检测易引发人员疲劳，直接影响判断精准度。传统检测模式往往需要封闭交通，既影响道路正常通行又产生间接经济损失，现场作业人员的人身安全也难以得到充分保障。当前技术已实现非破坏性检测，在确保路面结构完好的前提下完成全面评估，智能检测设备兼具高效性、精准性及快速响应优势，能在不影响交通流的情况下实时采集数据，配套计算机系统同步接收检测信号，通过集成化分析模块自动生成标准化检测报告，有力推进了道路检测体系与现代化基础设施建设的深度融合。

一、道路压实度自动连续检测及智能压实技术概述

道路压实度是衡量道路工程质量的关键指标，对道路的程度、稳定性及使用寿命有着决定性影响。传统压实度检测方法，如灌砂法、环刀法等，存在操作繁琐、检测效率低、无法实时监

测等弊端，且具有破坏性，只能进行抽样检测，难以全面反映道路整体压实质量。自动连续检测技术借助先进的传感器与数据采集系统，可对压实过程中的关键参数进行实时、不间断监测。智能压实技术则是在自动连续检测的基础上，融合了信息化、智能化技术，实现了对压实过程的智能控制与管理。其核心组成部分

包括高精度定位系统、传感器网络、数据分析与处理系统以及智能控制系统。高精度定位系统可精确确定压路机的位置与行驶轨迹,传感器网络实时采集压实过程中的各种参数,如压实度、温度、碾压速度等。数据分析与处理系统运用先进的算法对采集到的数据进行深度分析,建立压实质量模型,预测压实效果。智能控制系统根据分析结果,自动调整压路机的工作参数,如振动频率、振幅、行驶速度等,确保压实质量达到最佳状态。如在沥青路面施工中,智能压实系统通过温度传感器采集当前压路机位置的温度信息,为高温碾压提供温度分布图,结合压实度数据,实时指导操作手调整碾压参数,有效防止欠压及过压,提升路面压实均匀性和压实质量。

JTG 3450-2019《公路路基路面现场测试规程》为道路压实度检测与控制提供了规范依据。在自动连续检测及智能压实技术应用中,需严格遵循该规程要求。在设备校准与标定方面,应按照规程规定的方法和频率,对传感器等设备进行校准,确保检测数据的准确性与可靠性;在数据采集与处理过程中,要依据规程中关于数据精度、记录格式等要求,进行数据的采集、存储与分析,保证数据质量;在压实质量评定环节,参照规程中的压实度标准及评定方法,对检测结果进行科学评定,判断压实质量是否合格。道路压实度自动连续检测及智能压实技术是道路工程施工技术发展的重要方向。通过实时、连续检测与智能控制,能有效提升道路压实质量,提高施工效率,降低成本。在实际应用中,结合 JTG 3450-2019等相关规范,不断完善技术应用流程与标准,将进一步推动该技术在道路工程中的广泛应用,助力道路建设行业高质量发展。

二、道路压实度自动连续检测

某道路改造建设工程主线全长7675.126m,规划道路红线宽度50m,施工内容涵盖路面结构改造、新建排水系统、电力管廊敷设、通信管线预埋、附属设施建设及景观绿化工程。

(一) 试验路段工程特性

(1) 试验段选址依据,根据项目路基施工用工情况,选取1号取土场土样作为路基填筑材料,确定试验段位于桩号 K29+500至 K29+550 区间,为验证压实度自动连续检测系统的测量精度与工程适用性,设置2组对比试验段进行技术验证;(2) 路基土体参数分析,为研究自动检测技术在不同土质条件下的可靠性及检测结果差异性,将首组试验段编号为1号,对应的颗粒级配曲线见图1。

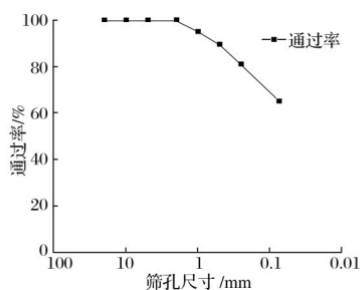


图 11 号试验路段路基土级配曲线

(二) 试验设备

1. 试验仪器

①压路机,选用 Xs223J 型钢轮高频垂直振动压路机,该机型为路基施工常规设备;②加速度传感器,采用压电式传感器,具备体积小、重量轻特点,具有宽频响范围(0.5Hz~18kHz)、高测量精度($\pm 1\%$)及耐高温性能(工作温度 $-40^{\circ}\text{C}\sim 260^{\circ}\text{C}$);③采集仪,配置 DH5902 型坚固式数据采集仪,配备 4 个独立采集通道,带宽范围 0~200kHz,技术指标包含 16Bit 模数转换精度,静态误差控制在 $\pm 0.3\%$ 以内。

2. 加速度传感器安装方式

①胶合螺栓式,适用于需保持被测物完整性的检测,采用环氧树脂将螺栓粘接于测点,安装后传感器谐振频率可达 10kHz;②双面胶带式,适配质量小于 5g 的微型传感器,适用于低频检测($< 5\text{kHz}$),胶层厚度需控制在 0.1mm 以内;③石蜡式黏结,工作温度需低于 40°C ,操作简便且能维持 7kHz 以上谐振频率;④螺栓连接式,通过 M5 螺纹直接固定,可保持传感器原有频率特性(10kHz)和温度范围($-50^{\circ}\text{C}\sim 400^{\circ}\text{C}$),安装面需涂抹硅脂增强耦合;⑤磁铁连接式,仅适用于铁磁性材料检测,便捷拆卸但适用频段受限($< 2\text{kHz}$)。

3. 采集仪的参数设置

设备安装完成后,通过 RJ45 网线连接计算机与采集仪,其操作流程:①启动采集仪电源;②运行控制软件并选择 DH8302 设备型号;③修改 IP 地址至目标段(建议 192.168.1.xx);④执行网络搜索直至 IP 标识转为绿色,确认通讯建立;⑤配置采样率(默认 20kHz)、量程($\pm 5\text{V}$)及触发模式(自由采集)。

(三) 检测试验

1. 仪器标定

采用实验室标定方法,直接在实验室内组装检测设备并验证其性能,标定过程分为静态标定与波形显示试验两部分,静态标定用于验证仪器信号采集精度与标定后精度的一致性;波形显示试验用于核对采集信号与计算机显示内容的匹配性,标定仪器包含激振器、传感器、信号发生器、放大器、示波器、万用表及计算机系统,①采用胶带连接方式与磁吸方式固定传感器于震动台,通过数据线依次连接传感器、放大器及示波器,放大器放大系数设为 100 倍,灵敏度调整为传感器 10 倍;②将传感器接入采集器,建立计算机与采集仪的通信连接,启动动态信息采集系统并配置技术参数,执行加速度波形采集;③通过信号发生器切换不同频率与振幅参数,重复采集流程直至获取 10 组有效数据;④完成 10 组数据的误差对比分析,试验中 2 个传感器分别进行 4 次标定,单次标定振动频率稳定在 48Hz,由放大器、发生器及示波器构成的采集系统具备高精度特性,其输出信号作为基准信号使用。

2. 试验方案

选定施工区域开展现场试验,振动压路机按 2.6km/h 速度进行碾压作业,钢轮宽度为 2.3m,每行驶 0.5m 采集一次加速度数据,数据采集仪安装于压路机机架处,传感器信号经采集仪传输至计算机系统实时显示。

（四）施工后检测试验

在道路施工完成后，运用自动连续检测设备对已压实路段进行全面检测。采用与施工过程中相同类型的加速度传感器，沿道路纵向每隔一定距离（如5m）布置一个检测点，横向在路面全幅范围内均匀设置检测点，确保检测覆盖整个路面。通过数据采集仪实时采集各检测点的加速度数据，并传输至计算机系统。同时，使用核子密度仪作为辅助检测手段，对部分检测点进行压实度的直接测量，以验证自动连续检测数据的准确性。核子密度仪依据 γ 射线与中子源的原理，快速测定路面材料的密度和含水量，进而计算出压实度。将核子密度仪测量的压实度数据与自动连续检测系统基于加速度数据推算出的压实度数据进行对比分析。

（五）试验结果分析

从施工后检测数据来看，自动连续检测系统推算出的压实度数据与核子密度仪测量数据具有较高的相关性。在大部分检测点上，两者的压实度偏差在可接受范围内（如 $\pm 3\%$ ）。对于少数偏差较大的点，经现场勘查发现，多与施工过程中的局部材料不均匀、压路机碾压不到位等因素有关。通过对施工后检测数据的详细分析，能够精准定位道路压实质量存在问题的区域，为后续的修复和完善提供有力依据。同时，也验证了自动连续检测技术在施工后检测中的有效性和可靠性，能够为道路工程的质量验收提供全面、准确的数据支持^[1]。

三、道路压实度的智能压实技术

（一）定位与导航技术

在无人化碾压作业中，GPS技术常与惯性导航系统（INS）配合使用以保障定位连续性，当GPS信号出现波动或中断时，INS通过实时监测设备的加速度与角速度变化，结合初始位置持续推算运动轨迹。工程实践表明，两种导航技术的融合能显著提升施工机械在复杂环境（如高层建筑密集区或峡谷地形）中的定位稳定性。道路施工领域内，该组合导航技术已成功应用于土方开挖、路基整平、沥青摊铺及压实等多个工序环节，针对碾压作业的特殊需求，INS可辅助设备维持直线行驶精度，有效避免重复碾压或漏压现象，现场测试数据显示，引入惯性导航后，压路机的轨迹偏差率降低约40%，显著节约了沥青混合料用量并缩短施工周期。值得注意的是，在路基高程控制、接缝处理等精度敏感环

节，INS提供的实时姿态数据对施工质量具有关键作用，随着传感器精度的持续提升和算法优化，该技术体系正推动道路工程向智能化方向加速发展，为现代化施工管理提供了重要的技术支撑。

（二）遥感与数据处理

遥感技术在道路施工领域的应用持续拓展，通过采集地理空间信息和环境参数，有效支持工程规划、过程监控与施工方案优化。在项目规划环节，遥感技术可完成地形三维建模与用地类型识别，为确定合理路线和施工区域提供依据，卫星影像与航空摄影作为主要数据来源，其提供的精细地理信息有助于完善施工组织设计，同时具备动态追踪工程进度的功能，通过周期性获取的卫星及航拍影像，可直观对比工程实际进展与预期目标。当前数据采集多采用卫星遥感与无人机航测协同作业模式，配置高清摄像设备的无人机实施低空航测，捕获的厘米级影像可精确监测施工细节，如沥青摊铺层的密实度与平整度指标。相关研究证实，无人机群在路基智能压实作业中展现出良好应用价值，多源遥感数据融合方面，整合卫星观测、无人机航拍及物联网传感设备数据的技术方法，能够显著提升施工监控数据的完整性与可靠性，构建多维立体的工程现场感知体系，这些技术突破为道路施工自动化提供了重要支撑^[2]。

（三）智能评价压实技术

当前施工压实质量控制多采用现场钻芯等单点检测手段，存在处理难度大、成本高的问题，且可能影响路面使用性能，造成沥青路面早期病害。针对这一现状，主流智能压实技术普遍采用加速度动力反馈方法，通过分析压实时机机械振动加速度的频谱特征，可建立动力响应值与实际压实量之间的关联关系，由此确定压实计值、劲力模数、能量指标等常用压实参数。此外，部分技术通过传感器方法对压实效果进行评估，智能颗粒可应用于研究散体材料在荷载作用下的微观运动及力学行为，满足材料受力、变形与稳定性等监测需求，该传感器系统集成数据模块、通讯模块与电源模块，具备实时采集检测数据并完成传输的功能^[3]。

四、结语

综上所述，路基智能压实施工技术在我国属于相对前沿的创新工艺，目前整体处于技术探索期，在理论与实践层面仍有诸多领域亟待探索，该技术在施工参数动态调控、质量数据实时追溯方面表现突出，同时具备提升作业效能和优化工程成本的双重优势。

参考文献

- [1]王浩.公路路基工程中常用的试验检测方法[J].黑龙江交通科技,2024,47(11):16-19.
- [2]何兆益,张宇,宋刚,等.基于探地雷达的沥青路面压实度检测研究综述及展望[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2024,43(11):1-10.
- [3]王世伟,杨松.固化铁尾矿砂基层材料的工程应用可行性研究[J].公路,2024,69(10):69-74.

“城市记忆碎片”——地域文化 IP 的视觉叙事与衍生品设计

黄旭康

武昌理工学院 湖北 武汉 430223

DOI:10.61369/UAID.2025010039

摘要： 在城市化进程加速的背景下，地域文化的存续与创新成为文化传承的重要命题。本文以“城市记忆碎片”为切入点，探讨地域文化 IP 的视觉叙事逻辑及其衍生品设计路径。通过分析城市记忆的符号解构、视觉叙事的语法建构，结合国内外典型案例，提出“文化基因提取—视觉符号转译—叙事场景重构—衍生品功能适配”的设计框架，旨在为地域文化 IP 的活化提供兼具理论深度与实践价值的解决方案。研究表明，基于城市记忆碎片的视觉叙事能够有效唤醒集体文化认同，而衍生品设计则需在文化符号与实用功能的平衡中实现价值转化。

关键词： 城市记忆；地域文化 IP；视觉叙事；衍生品设计；文化活化

"City Memory Fragments" — Visual Narrative and Derivative Design of Regional Cultural IP

Huang Xukang

Wuchang Institute of Technology, Wuhan, Hubei 430223

Abstract： In the context of accelerating urbanization, the preservation and innovation of regional culture have become crucial issues in cultural heritage. This paper explores the visual narrative logic and derivative design paths of regional cultural IPs by focusing on "City Memory Fragments." By analyzing the symbolic deconstruction of urban memories and the grammatical construction of visual narratives, and drawing on both domestic and international case studies, it proposes a design framework: "Cultural Gene Extraction — Visual Symbol Translation — Narrative Scene Reconstruction — Derivative Function Adaptation." The aim is to provide a solution that combines theoretical depth with practical value for the revitalization of regional cultural IPs. Research indicates that visual narratives based on urban memory fragments can effectively awaken collective cultural identity, while derivative design must achieve value transformation by balancing cultural symbols with practical functions.

Keywords： urban memory; regional cultural IP; visual narrative; derivative design; cultural revitalization

一、城市记忆的碎片化存续与文化 IP 的叙事价值

（一）城市化进程中的记忆危机

当代城市的快速更新往往伴随着物质空间与文化记忆的断裂，老城区拆迁、传统建筑消亡、民俗活动式微等现象使得城市记忆被肢解为零散的“碎片”——它们可能是一条老街的青石板、一座牌坊的雕花构件，或是一句方言童谣、一场节庆仪式。法国历史学家皮埃尔·诺拉（Pierre Nora）提出的“记忆之场”理论指出，文化记忆依托于具体的空间、器物或仪式存在，而城市化进程正不断消解这些“记忆之场”的完整性，使得地域文化的存续面临危机。

（二）地域文化 IP 的叙事破局

文化 IP 作为承载文化符号的内容载体，为城市记忆的存续提供了新路径，与传统的文物保护或文献记录不同，地域文化 IP 通

过叙事化、情感化的表达，将碎片化的记忆转化为可传播、可体验的文化产品。例如西安“大唐不夜城”以唐代文化为 IP 内核，通过灯光装置、行为艺术、主题商业等视觉叙事手段，将历史记忆重构为沉浸式体验场景，使游客在消费场景中完成对城市文化的认知与认同，展现了文化 IP 在激活城市记忆中的独特价值。

二、理论基础：城市记忆碎片的视觉叙事逻辑

（一）城市记忆的符号学解构

城市记忆的符号学解构需从物质性碎片与非物质性碎片两方面展开：物质性碎片包括建筑形制（如徽派建筑的马头墙）、器物纹样（如景德镇瓷器的青花纹饰）、空间尺度（如成都宽窄巷子的街巷比例）等，构成了城市记忆的物质载体；非物质性碎片则涵盖民俗仪式（如端午龙舟竞渡）、语言符号（如粤语童谣）、

集体记忆事件（如老工业基地的工厂历史）等，通过口传心授或影像记录得以留存。瑞士语言学家索绪尔的符号学理论认为，符号的能指（形式）与所指（意义）之间存在任意性关联，例如福建土楼的圆形外观作为能指，其对应的所指不仅是建筑功能，更是“家族团圆”的文化观念，因此在城市记忆的视觉叙事中，需对这些符号进行解码与重构，使抽象的文化意义转化为可感知的视觉语言。

（二）视觉叙事的语法建构

视觉叙事的语法建构包含符号转译、叙事逻辑与情感锚点三个层面：在符号转译层面，需将物质与非物质碎片转化为图形、色彩、材质等视觉元素，如苏州博物馆将园林的“框景”概念转化为建筑立面的几何窗棂，用现代材料重构传统造园美学；叙事逻辑层面则借鉴电影叙事中的“蒙太奇”手法，将离散的记忆碎片组织成具有时间或空间逻辑的叙事链条，例如上海田子坊通过弄堂肌理、老上海广告画、工业遗迹装置等元素的并置，串联起从石库门生活到当代艺术区的时空叙事；情感锚点层面，美国学者保罗·康纳顿（Paul Connerton）提出“身体记忆”概念，指出仪式、习惯等身体实践是记忆传承的重要方式，因此视觉叙事需通过互动装置、沉浸式场景等设计，唤醒观者的身体记忆。

三、案例分析：国内外地域文化 IP 的视觉叙事与衍生品实践

（一）国外案例：日本熊本熊（Kumamon）的 IP 活化策略

日本熊本熊（Kumamon）的 IP 活化策略体现了视觉叙事与衍生品设计的有机结合：在视觉叙事方面，其黑白配色源自熊本县的传统漆器，圆润的外形隐喻熊本县的火山地貌，“呆萌”的性格设定与日本“卡哇伊（Kawaii）”文化契合，通过拟人化叙事降低文化认知门槛；衍生品设计则突破传统符号授权模式，涵盖文具、食品、服饰等日常品类，更创新开发“部长出差”主题旅游线路，游客可跟随熊本熊的虚拟向导探索当地景点，使衍生品转化为旅游体验的媒介，这种“IP+文旅”模式让地域文化从静态符号变为动态体验。

（二）国内案例：敦煌文创的视觉叙事与产品创新

敦煌文创的实践展现了传统元素的现代转译与产品创新：视觉叙事上，敦煌研究院将壁画中的“飞天”“九色鹿”等形象进行扁平化设计，用鲜艳的矿物色调与流畅的线条重构传统纹样，如“敦煌飞天”丝巾系列将飘带动态转化为几何图案，既保留文化辨识度，又符合现代审美；衍生品设计则实现了功能适配与文化深度的平衡，实用型产品如以“藻井”纹样为灵感的笔记本，将图案转化为封面压纹，兼顾美观与实用性；体验型产品如“敦煌手账本”内置临摹字帖与壁画故事二维码，让用户在书写中完成文化认知；科技型产品如数字壁画投影灯通过 AR 技术，使墙面图案随光线变化呈现动态效果，实现传统艺术与科技的结合。

（三）案例启示：视觉叙事的三重维度

从国内外案例可归纳出视觉叙事的三重维度：文化解码维度的核心要点是提取具有辨识度的记忆碎片符号，如熊本熊的地域

符号抽象化、敦煌壁画的元素解构；叙事建构维度注重建立符号间的逻辑关联与情感线索，体现在熊本熊的角色人设、敦煌文创的故事化包装中；媒介适配维度强调结合载体特性调整视觉语言，例如熊本熊的二维平面形象与三维活动人偶、敦煌文创的数字产品开发，这三重维度共同构成了地域文化 IP 视觉叙事的核心框架。

四、地域文化 IP 衍生品的设计框架与实践路径

（一）设计框架：从记忆碎片到价值转化

地域文化 IP 衍生品的设计框架包含三个层级：文化基因提取层需通过田野调查、文献研究等方法梳理城市记忆中的核心符号，例如在成都宽窄巷子 IP 开发中，提取“青砖灰瓦”“竹椅盖碗茶”“川剧变脸”等具有强烈地域标识的元素；视觉叙事设计层包括符号系统建构（建立标准化的视觉符号库，含主图形、辅助纹样、色彩系统等）、叙事场景设计（基于城市记忆碎片构建“历史—现在—未来”的时间叙事或“市井—文人—自然”的空间叙事）、互动逻辑设计（通过触觉装置等技术增强用户与记忆碎片的情感连接）；衍生品开发层则根据产品类型（实用型、收藏型、体验型）进行功能适配设计，实用型产品优先考虑符号与功能的契合度，如以广州骑楼为原型的折叠伞，伞骨结构模拟骑楼柱廊；收藏型产品强调文化稀缺性，如限量版“城市记忆盲盒”，内含微缩老建筑模型与记忆故事卡片；体验型产品注重场景沉浸感，如“老上海弄堂”主题香薰，通过气味、声音、视觉多维度还原生活场景。

（二）实践路径：以“长沙”IP 开发为例

在文化基因提取阶段，从物质层面挖掘，马王堆汉墓出土的狸猫纹极具特色，其形象主要源于一号墓、三号墓出土漆器上的图案，这些狸猫双目圆睁、胡须灵动、萌态可掬，且与当时人们的饮食习惯相关，被绘制在食器上用以警示鼠类，是汉初生活的独特写照；麓山寺碑，立于唐开元十八年，由李邕撰文并书，碑高 272 厘米，宽 133 厘米，圆顶刻有阳文篆额“麓山寺碑”四字，碑文 28 行，每行 56 字，行书字体笔力雄健，叙述了麓山寺自晋泰始年间至唐的沿革及传教情况，是书法与历史价值兼具的瑰宝；天心阁作为长沙的标志性建筑，其飞檐形制展现出典型明清楼台式建筑特色，主阁三重飞檐，以“品”字形傲立，两翼副阁如鸟展翅，基座为麻石砌成的瓮城，主阁采用穿斗式木构，蕴含着深厚的建筑智慧与历史韵味。在非物质领域，湘剧脸谱风格鲜明，与京剧脸谱相比，其更为简约粗犷，通过夸张手法展现人物性格，色彩与图案搭配极具湖湘地方色彩，像红脸代表忠勇、黑脸代表刚正等，是湖湘戏曲文化的直观体现；长沙方言童谣《月亮粑粑》家喻户晓，以朗朗上口的韵律描绘着长沙的生活场景，“月亮粑粑，肚里坐个爹爹”等词句，承载着长沙人的童年记忆与情感传承；火宫殿小吃制作工艺蕴含独特仪式，如臭豆腐从选豆、磨浆、发酵到炸制，每一步都有严格流程，且上桌时搭配特制酱料，体现出长沙饮食文化的精细与讲究。

进入视觉叙事设计阶段，符号系统设计巧妙融合特色元素。

可以将马王堆狸猫纹进行现代化设计，提取其灵动的身形与活泼的神态，结合麓山寺碑中书法字体的线条美感，创造出 比如“萌趣书韵” 主视觉符号。例如在宣传海报上，跳跃的狸猫围绕着苍劲有力的书法文字，形成动静结合的独特画面，既展现出历史底蕴又富有现代活力。叙事场景设计打造沉浸式体验空间。利用 3D 投影与虚拟现实技术，游客步入其中，眼前先是呈现出麓山寺碑在历史长河中历经风雨的画面，碑上文字仿佛在流淌诉说着过往；接着场景切换至天心阁，展现其在明清时期作为军事防御与文化地标时的热闹景象，身着古装的 NPC 穿梭其中；最后过渡到现代长沙的繁华街景，让游客直观感受长沙从古至今的文化延续与城市变迁。

五、结论与展望

本研究得出以下结论：首先，城市记忆碎片的视觉叙事需建立在文化符号的深度解码之上，通过符号转译、叙事建构与情感

共鸣，将离散的记忆转化为具有逻辑链条的文化叙事；其次，地域文化 IP 衍生品设计需遵循 “文化适配 — 功能适配 — 媒介适配” 原则，在保持文化内核的同时，结合现代生活方式与技术手段实现价值转化；最后，成功的地域文化 IP 案例表明，视觉叙事与衍生品设计的核心在于唤醒集体记忆中的情感认同，而非简单的符号堆砌，这为地域文化的当代传承提供了理论与实践依据。未来地域文化 IP 的发展可从三方面拓展：技术融合层面，随着元宇宙、数字孪生等技术发展，可探索虚拟场景中的记忆叙事，如建立城市记忆数字博物馆；参与式设计层面，通过 UGC（用户生成内容）模式鼓励市民贡献个人记忆碎片，丰富 IP 的叙事层次；可持续发展层面，衍生品设计需兼顾文化传承与环保理念，如使用可降解材料还原传统工艺，实现文化价值与生态价值的统一，这些方向将推动地域文化 IP 在新时代的创新与可持续发展。

参考文献

- [1] 李茂华.《河之南》的叙事特色与地域文化传播效果 [J].现代视听, 2014(9):4.
- [2] 李瑞梅.基于地域文化的信息设计教学实践与探索 [J].网印工业, 2024(2):121-124.
- [3] 王昊.乡村地域品牌形象设计研究与实践 [D].山东师范大学, 2024.
- [4] 李任梅, 黄秋妍.基于“叙事理论”的地域文创产品设计研究 [J].黑河学院学报, 2025(3).
- [5] 陈焯, 王琴.基于视觉文化角度的城市工业遗产保护区景观设计研究——以武汉城市工业遗产保护区为例 [C]//中国风景园林学会2015年会论文集.2015.
- [6] 江依娜.中国当代景观设计“空间叙事”中的文化身份书写 [J].四川戏剧, 2019(10):4.
- [7] 胡佩旺.再续重生:基于图像叙事语言的“刘老鹳”品牌设计与实践 [D].山西大学, 2023.
- [8] 许瀚樱.叙事语境下金苍绣视觉创新研究 [D].华侨大学, 2023.

