



www.viserdata.com

建筑工程与管理

月刊

ARCHITECTURE ENGINEERING AND MANAGEMENT

■ 主办单位 : Viser Technology Pte.Ltd.

■ ISSN 2661-4413(online) 2661-4405(print)

万方数据库收录
RCCSE权威核心学术期刊



2025 12

第7卷 总第78期

COMPANY INTRODUCTION

公司简介

维泽科技文化有限公司(Viser Technology Pte. Ltd.)成立于新加坡，是一家科技与文化高度融合的创新型企业。我们拥有一支具有较高文化素质、管理素质和业务素质的团队，聚焦于国际开源中英文期刊、体现文化含量与学术价值图书的出版发行。秉承“传播科技文化，促进学术交流”的理念，与国内外知名院校，科研院所及数据库建立了稳定的合作关系。坚持开拓创新，实施“跨越-融合”的发展战略，立足中国、新加坡两地，辐射全球，并于中国设立河北和重庆两个分部。我们将紧紧围绕专业化、特色化的发展道路，不断营造“有情怀，有视野，有梦想”的企业文化氛围，独树一帜，做一家“有血、有肉、有温度”的创新型出版企业。

Viser Technology Pte. Ltd. was founded in Singapore with branch offices in both Hebei and Chongqing, China. Viser focuses on publishing scientific and technological journals and books that promote the exchange of scientific and technological findings among the research community and around the globe. Despite being a young company, Viser is actively connecting with well-known universities, research institutes, and indexation database, and has already established a stable collaborative relationship with them. We also have a group of experienced editors and publishing experts who are dedicated to publishing high-quality journal and book contents. We offer the scholars various academic journals covering a variety of subjects and we are committed to reducing the hassles of scholarly publishing. To achieve this goal, we provide scholars with an all-in-one platform that offers solutions to every publishing process that a scholar needs to go through in order to show their latest finding to the world.



建筑工程与管理

Architecture Engineering and Management

2025年·第7卷·第12期(总第78期)

主办单位: Viser Technology Pte. Ltd.

I S S N: 2661-4413 (online)

2661-4405 (print)

发行周期: 月刊

出版时间: 12月

期刊收录: 万方数据库收录

RCCSE权威核心学术期刊

期刊网址: www.viserdata.com

投稿/查稿邮箱: viser-tech@outlook.com

地 址: 195 Pearl's Hill Terrace, #02-41,
Singapore 168976

学术主编: 金光虎

责任编辑: 金 星

学术编委: 刘海涛 柳 洪
骆 辉 魏 柯
邢智权 丁 鹏

美工编辑: 李 亚 Anson Chee

印 制: 北京建宏印刷有限公司

定 价: SGD 20.00

本刊声明

本刊所载的所有文章均不代表本刊编辑部观点;作者文责自负,如有侵犯他人版权或者其他权利的行为,本刊概不负连带责任。

版权所有,未经许可,不得翻译、转载本刊所载文章。

警告著作权人: 稿件凡经本刊使用,如无电子版或书面的特殊声明,即视为作者同意授权本刊及本刊网络合作媒体进行电子版信息网络传播。

目 录

CONTENTS

建筑设计

- 建筑设计与城市更新规划设计的相关性研究 郑鹏飞 1
公共建筑(学校)给排水设计中应急供水保障体系构建 刘姣姣 4

建筑工程

- 住宅建筑工程电气施工现场管理重点探究 侯 辉 8
建筑施工防渗漏施工技术探析 朱志坤 11
建筑外墙外保温材料检测技术初探 范俊雷 14
高层建筑给排水管网水力计算优化及防回流技术应用
赵青琳 17
城市更新背景下历史建筑保护与周边路桥改造协同规划 尹实之 21
零碳园区建设中建筑屋顶光伏系统应用研究 张 培 24

施工技术

- 水利水电工程施工新技术应用与实践研究 尚 昆 27
绿色建筑材料在建筑工程施工技术中的应用研究
许玉滴 30
既有建筑预制板加固技术发展研究 曹紫菲 赵洪州 34
仓顶盖中心立柱加贝雷梁支撑体系的受力分析与验算
刘小鹏 37

工程管理

- 农村供水工程建设管网改造设计优化研究 朱长江 40
智能化工程管理新技术在工程管理中的运用
莫莹洁 温 萌 44
建筑工程管理中的质量通病成因剖析及创新防治对策研
究 马金龙 47
建筑工程中桩基础施工常见问题及处理措施研究
雷汉朝 50

石油化工

- 化学产品中重金属的定性检验方法研究 周业武 54
新型膜分离技术在化工工艺强化中的应用研究
刘新丛 57

化工废水处理工艺中有毒气体逸散风险控制技术研究
..... 黄云飞 61

化学产品质量检验标准体系构建与应用研究 李慧捷 64
勘察测绘

无人机航测在大比例尺地形图测绘中的应用
..... 袁 辉 王志伟 67
基于影像识别技术的农村不动产权籍调查成果核查研究
..... 张 伟 71

节能环保

大数据在生态环境工程咨询中的应用研究
..... 周 星 谢成浩 75

预算造价

新型绿色建筑理念下安装工程造价预算 穆凯红 78

建设工程项目施工现场管理对土建造价的影响及优化策
略 于立然 81

数字化转型背景下建筑工程造价咨询行业发展路径研究
..... 王玉瑶 杨 璐 84

论建设工程项目施工现场管理对土建造价的影响及优化
策略 于世为 87

全过程管理策略在市政工程造价中的应用 鲁 晖 90

探讨交流

水利工程中混凝土质量检测技术分析
..... 宋 扬 左廷萍 94

工业余热锅炉压力安全监测系统设计与应用 张靖衍 97
大型工业装置消防给水系统的可靠性设计与水力验算

..... 郝 杰 101

建筑设计与城市更新规划设计的相关性研究

郑鹏飞

河北省城乡规划设计研究院有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]建筑设计以及城市规划对于推动城市不断发展、提高居民生活品质有着极为关键的作用。建筑设计一方面要留意自身所具有的美学价值，另一方面也要考虑到与周边环境的协调情况，在确保能够满足基本功能需求的前提下，还得关注居民的生活感受以及使用的便捷程度。城市规划在现代所追求的目标，不只是达成城市的可持续发展，而且还着重于提升居民整体的生活品质。建筑设计和城市规划紧密结合起来，既展现了建筑和城市相互间存在依存关系且彼此产生影响，同时也成为了实现未来城市高质量发展以及可持续发展的重要支柱。

[关键词]建筑设计；城市规划；规划设计；相关性

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18670 中图分类号: TU984 文献标识码: A

Research on the Correlation between Architectural Design and Urban Renewal Planning and Design

ZHENG Pengfei

Hebei Province Urban-Rural Planning and Design Research Institute Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Architectural design and urban planning play a crucial role in promoting the continuous development of cities and improving the quality of life of residents. On the one hand, architectural design should pay attention to its own aesthetic value, and on the other hand, it should also consider the coordination with the surrounding environment. While ensuring that basic functional needs can be met, attention should also be paid to the residents' living experience and the convenience of use. The goal pursued by urban planning in modern times is not only to achieve sustainable development of cities, but also to focus on improving the overall quality of life of residents. The close integration of architectural design and urban planning not only demonstrates the interdependence and influence between buildings and cities, but also becomes an important pillar for achieving high-quality and sustainable development of future cities.

Keywords: architectural design; urban planning; planning and design; relevance

引言

随着城市化进程持续加速推进，城市空间结构以及功能格局遭遇到了诸如基础设施老龄化、土地资源较为紧张、人口结构出现变化还有环境方面的诸多压力等多重方面的挑战，城市更新已然成为提升城市所具备的活力、对空间布局加以优化并且推动实现可持续发展的一项十分重要的手段。在城市更新开展的过程当中，建筑设计和城市规划设计之间所存在的关联性变得日益凸显出来。城市规划属于一种宏观层面的指导工具，其借助针对功能分区、用地布局、交通组织、公共空间以及生态环境展开的系统性规划工作，给建筑设计给予了制度层面的框架以及发展的方向指引，而建筑设计则是在微观的尺度范围之上去实现规划理念的具体落实与践行，凭借建筑形态、空间组织、景观营造、功能优化还有环境适应性等相关手段，一方面丰富了城市空间呈现出的形态，另一方面也反过来对规划策略的完善与调整产生了影响作用。建筑设计与城市规划相互之间的协同情况，不仅关乎更新项目在功能上的合理性、空间的连续性以及景观的协调性等方面，而且对城市

品质、居民的生活体验以及城市的可持续发展水平都有着直接的影响作用。所以，针对建筑设计与城市更新规划设计相关性展开的研究，既能够助力于进一步加深对于二者互动机制的理解认识，同时也可为科学合理地制定更新策略、提升建筑与城市整体空间的品质给予理论层面的有力支撑以及实践操作层面的有效指导，具备十分重要的学术价值以及现实意义上的实际意义。

1 建筑设计与城市规划设计的联系

1.1 城市规划设计对建筑设计的指导与约束

城市规划设计乃是城市空间发展的总体制度安排，它对于建筑设计有着指导以及约束作用，这既表现在对用地性质、建筑高度、容积率、密度、绿地率、交通组织等指标做出的强制性规定方面，也体现于对城市空间形态、公共服务体系、生态格局、文化风貌与发展战略等层面展开的整体引领之中。规划凭借对城市功能布局、道路网络结构、景观轴线以及风貌控制区等内容加以系统构建，为建筑设计定了不可逾越的界限与目标，促使建筑在体量、布局、朝向、外观形式、功能组织等方面务必要与城市整

体肌理达成协调一致^[1]。与此规划还借助历史街区保护、城市天际线控制、公共空间连续性建设、绿色低碳要求等诸多维度的内容,引导建筑达成可持续发展以及文化表达的目标。

1.2 建筑设计有效补充了城市规划设计

科学合理的建筑设计是城市规划设计的重要补充。城市规划设计主要从宏观角度对城市土地资源、地理空间、自然环境以及社会设施设备等进行合理规划设计,以提高城市土地的利用率,扩充人们的活动空间,继而达到构建现代文明大都市的目标。建筑设计是城市规划设计的一个重要内容,其主要是从建筑视角来完成城市规划设计的某一目标,为城市发展注入新鲜活力。相对于城市规划设计的宏观性,建筑设计则更加微观具体,它为城市规划设计的顺利进行提供了更先进的设计理念以及更丰富的设计资源,是对城市规划设计的有效补充。例如,绿色建筑设计理念和可持续发展建筑设计理念等融入到城市规划设计,为其指明了方向,有效提高了其整体质量与水平。

1.3 建筑设计与城市规划设计相辅相成

建筑设计和城市规划设计存在着相辅相成的内在逻辑关系,它们一同构成了城市空间构建的整体体系。城市规划从宏观层面出发,涉及功能分区、空间结构、道路系统、生态格局以及发展战略等方面,能够为建筑设计给予方向性的框架以及整体秩序方面的指导,从而让建筑活动能够在合理的空间逻辑之下展开。建筑设计在落实规划意图期间,一方面凭借具体的建筑形态、空间组织方式、材料运用情况以及功能创新举措来充实城市的空间品质,另一方面借助单体建筑和周边环境之间的互动,反过来推动规划理念不断深化并持续演进,进而使得城市整体形态在不断地建造进程中获得优化和完善。建筑的高度以及风貌会对城市天际线起到塑造作用,建筑群体的布局有助于完善城市肌理,公共建筑的开放性能够提升城市活力,这些在微观层面所形成的设计结果最终都会反馈到城市规划的实际运行当中。

2 建筑设计和城市规划的发展状况

当下建筑设计以及城市规划的发展态势,体现出高度的融合化特性以及较强的前瞻性特点。它们共同具有的特点便是,从以往传统的物质空间营造模式,一步步朝着社会、生态还有技术等多个维度展开协同演进的过程。就城市规划方面来讲,各地越发着重于城市空间结构方面的优化事宜,注重产业以及生活功能的复合式布局安排,关注历史文化资源的系统性保护工作,同时也致力于生态格局的整体构建举措。并且,规划所聚焦的着眼点,已经从单纯的物理形态拓展到了城市韧性、安全治理、人口结构的变化情况以及空间公平等诸多深层的相关议题之上,进而让规划能够成为引导城市实现可持续发展以及开展空间治理的一项极为重要的工具。在建筑设计这个层面上,整

个行业愈发看重建筑所具备的环境适应性、文化表达性以及空间体验方面的价值。绿色建筑、低碳技术、智慧建造以及被动式设计理念,正逐步变成主流的发展趋向。建筑不再仅仅是单纯的功能容器,而是变成了承载城市文化、生态价值以及社会互动的复合型载体。除此之外,数字化的浪潮对这两者的发展产生了颇为深刻的影响^[2]。像BIM、GIS、物联网、数字孪生以及大数据分析等一系列技术,正在促使设计从原本的经验导向逐步走向更为科学化、更为精细化以及更具可预测性的状态,从而使得规划决策以及建筑创作都能够变得更加精准到位。

3 处理建筑设计与城市规划设计关系的策略

3.1 对城市规划设计予以充分重视

在处理建筑设计和城市规划设计二者之间的关系时,给予城市规划设计足够的重视,这无疑是达成城市空间协调发展以及建设品质得以提升的关键前提所在。城市规划属于城市空间发展的顶层设计范畴,它一方面明确了像土地功能布局、空间结构形态、交通与市政系统、公共服务体系还有生态环境保护等这些整体性的安排事项,另一方面也针对建筑高度、密度、风貌控制、日照间距、消防疏散等关键指标作出了系统的约束规定。其核心在于借助宏观的视角去为城市长远的发展制定相应的规则以及明确的方向。建筑设计倘若无视规划方面的要求,那么极有可能会出现整体布局出现失衡状况、功能产生冲突、资源遭到浪费甚至是存在安全隐患等情况。所以建筑师在着手开展设计工作之时,务必要对相关的规划文本、技术规定、控制性指标以及城市发展战略展开细致深入的分析,精准地去理解规划背后所蕴含的空间逻辑以及发展意图,从而让建筑方案在平面布局、体量控制、交通组织、景观处理以及功能设置等诸多方面都能够与城市整体结构紧密契合起来。与此充分重视规划并不代表着要被动地接受种种限制,而是在规划所设定的框架范围之内积极主动地去挖掘空间所具备的潜能,把宏观层面的规划理念转化成建筑尺度下可以切实实施的具体策略,进而使得建筑不但能够满足规范方面的要求,而且还能够成为推动城市品质得以提升的重要关键节点所在。

3.2 提升城市规划和建筑设计质量的关系

在城市规划和建筑设计质量不断提升的进程当中,二者间的关系呈现出一种多层次且双向促进的协同机制,其关键之处在于借助高质量的规划来引领高质量的建筑设计,与此依靠优质的建筑实践从反面丰富并验证规划理念所具有的科学性以及前瞻性。城市规划属于城市发展的总体蓝图范畴,其质量一方面决定着城市空间结构是否合理,另一方面还对建筑布局、功能组织、风貌控制以及生态资源利用的上限与方向产生直接影响;高质量的规划可为建筑设计给予明确且稳定的制度框架,这个框架还具备一定的发展空间,能让建筑创作在清晰的空间秩序以及公共利

益导向之下展开相关工作，防止因为规划存在粗放或者失衡情况而致使建筑设计陷入到无序竞争、资源冲突或者风貌混乱的困境之中^[3]。建筑设计作为规划落地的具体承载形式，其质量会通过建筑形态、材料选择、空间营造、功能组织以及人与环境的互动体验等诸多方面，真实地反映出规划的实际实践效果，高水平的建筑作品不但能提升城市的整体形象以及空间品质，而且还能验证规划指标的合理性，进一步完善城市肌理结构，激发区域活力，推动规划思路在实际操作中不断地得到优化。

3.3 建立完善的建筑设计评审机制

建立起完善的建筑设计评审机制，这可是协调建筑设计和城市规划设计二者间关系的重要举措，同时也是确保城市建设品质的关键制度保障。高质量的评审机制一方面要在程序方面构建起一套公开透明、标准清晰明确且流程规范的体系；另一方面在内容层面要达成从单纯的技术指标审查朝着综合性空间品质评估的转变，以此让评审切实成为连接规划意图和建筑实践极为关键的环节。在开展机制建设的时候，得着重强调规划部门、建筑设计单位、专家团队还有公众参与等多方协同合作，务必要让评审结果一方面能够体现出城市整体的发展目标，另一方面又能充分顾及到项目功能的需求以及社会公共利益。与此评审内容应当包含建筑与周边城市肌理的衔接情况、交通组织的合理性、空间形态与城市风貌的匹配程度、公共空间共享的价值、绿色低碳技术的应用水平以及对城市安全、文化和生态系统产生的影响等诸多方面的多维标准，借助系统化的指标体系来实现对建筑方案的科学且合理的评价。除此之外，评审机制不能仅仅停留在“是否符合规定”这种被动审查的状态，而是要凭借专业性的意见来引导设计方案不断优化，使得建筑师可以在方案初期阶段就把规划理念、城市特色和创新设计很好地融合在一起，并且通过多轮的反馈持续提升方案的质量。完整的评审机制还应当具备动态性和可追踪的特点，要保证从前期的设计阶段、施工图审查一直到最终落地建成的整个过程都能够始终和城市规划的目标保持高度的一致，避免出现规划和实施相互脱节的情况。

3.4 城市规划设计应吸取建筑设计经验

城市规划设计需要参考建筑设计实践所积累起来的经验，以此来达成规划理念在科学性、可操作性以及创新性方面的持续优化。建筑设计属于城市空间得以落实的具体实践活动，在功能实现、空间组织、结构技术以及材料

运用等方面都积累了颇为丰富的经验，并且在景观营造、公共空间利用、环境适应性以及文化表达等诸多方面也都形成了可以拿来参照的实践成果。规划设计要是能够全面且细致地去分析以及总结建筑实践里的成功案例以及存在的不足之处，那么在确定像宏观布局、功能分区、容积率控制、建筑高度以及风貌管理这类规划指标的时候，就能够更好地契合实际的需求，进而提升规划的可执行程度以及适应能力^[4]。举例来讲，借助对建筑在日照采光、通风流线、公共活动空间组织、绿色低碳技术应用以及社会互动效能等方面表现情况的观察，规划者能够察觉到原有规划当中存在尺度不相匹配、功能出现冲突或者空间利用不够充分等问题，进而就在新的规划方案里做出优化调整，让规划不但具备指导作用，而且更有操作性以及前瞻性。

4 结语

经过对建筑设计以及城市更新规划设计二者间相关性的探究，能够清楚地察觉到它们在城市空间构建、功能优化以及品质提升方面存在着极为紧密的互动关联。城市更新一方面得依靠科学合理的规划布局去对土地利用、交通组织、公共空间以及生态环境加以统筹安排，另一方面还需借助高质量的建筑设计把规划理念切实转化为可感知的具体形态，呈现为可视化的成果，从而促使城市空间在微观的尺度层面达成功能的完善、景观的和谐以及文化的有效表达。建筑设计和规划设计若能实现良性的互动，那么不但可以让城市的整体形象得以提升，也能让居民的生活质量获得提高，而且还能够助力城市可持续发展目标的达成，进而为老旧城区的改造、城市功能的优化以及生态环境的改善给予强有力的支撑。

【参考文献】

- [1]覃航.建筑设计与城市规划的相关性研究[J].住宅产业,2024(6):87-89.
- [2]彭周.建筑设计与城市规划设计的相关性研究[J].中国建筑装饰装修,2022(4):84-85.
- [3]王仲福.建筑设计与城市规划设计的相关性研究[J].城市建设理论研究(电子版),2023(17):69-71.
- [4]王欣怡.新时期建筑设计与城市规划相关性探讨[J].城市建筑,2022,19(18):141-143.

作者简介：郑鹏飞（1984.1—），男，毕业院校：南京工程学院；所学专业：建筑学，本科学历，学士学位，当前就职单位：河北省城乡规划设计研究院有限公司，职务：主创建筑师，职称级别：高级工程师。

公共建筑（学校）给排水设计中应急供水保障体系构建

刘姣姣

石家庄市建筑设计院有限责任公司，河北 石家庄 050000

[摘要]高等院校是人口密度较大的公共建筑之一，供水的安全直接关系到师生的人身财产安全及正常教学工作的有序运行。而在市政停水、水质被污染或者发生某些灾害事故时，如何制定出合理有效的应急供水预案就成了抵御供水突发事故的一道有力屏障。文章基于高校给排水工程设计的情况，根据应急供水的特点和重要性，从应急供水现状调查、优选水源、供水方案、水质处理措施、应急供水智能化监测控制与调度以及应急管理等方面阐述了应急供水工程的设计方法，提出了具体可行的设计建议，以期为今后进一步完善学校公共建筑的应急供水设施、保证应急供水安全提供借鉴。

[关键词]学校公共建筑；给排水设计；应急供水；保障体系；水质安全

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18655 中图分类号: TU82 文献标识码: A

Construction of Emergency Water Supply Guarantee System in Water Supply and Drainage Design of Public Buildings (Schools)

LIU Jiaojiao

Shijiazhuang Architectural Design Institute Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Higher education institutions are one of the public buildings with high population density, and the safety of water supply is directly related to the personal and property safety of teachers and students, as well as the orderly operation of normal teaching work. When municipal water supply is cut off, water quality is polluted, or certain disasters occur, how to develop a reasonable and effective emergency water supply plan has become a powerful barrier to resist sudden water supply accidents. The article is based on the design of water supply and drainage engineering in universities, and according to the characteristics and importance of emergency water supply, it elaborates on the design methods of emergency water supply engineering from the aspects of investigating the current situation of emergency water supply, selecting water sources, water supply schemes, water quality treatment measures, intelligent monitoring and control of emergency water supply, and emergency management. Specific and feasible design suggestions are proposed in order to provide reference for further improving the emergency water supply facilities of school public buildings and ensuring the safety of emergency water supply in the future.

Keywords: school public buildings; water supply and drainage design; emergency water supply; safety system; water quality safety

引言

水是维持生命活动及正常教学秩序的基本要素之一，学校是一个集教学、生活、活动为一体的公共场所，人流量大，用水量集中，用水时间比较固定，对供水的安全性和连续性要求很高^[1]。近年来受全球气候变暖影响导致极端天气频繁出现，再加上市政供水管网老化、突发污染等情况时有发生，对学校的供水安全存在很大的不确定性风险。如果出现停水或者水质受到污染的情况，会影响到正常的工作、学习及生活，并有可能造成广大师生的恐慌情绪，甚至是危及人身安全^[2]。

目前，在国内大部分学校中，给水工程的设计主要考虑的是正常用水需求，对紧急情况下的应急给水措施考虑不足，如缺乏专门的应急给水水源，完全依靠自来水管网供应；或者没有设置应急给水设备，或虽有设置但平时疏于管理，不能及时投入使用；或应急给水与正常给水无法实现有效的切换等。应急供水水质保障措施欠缺，不能保证应急供水水质；应急管理手段不足，缺乏科学有效的应

急预案及演练程序^[3]。因此在学校给排水设计中提前建立完善的应急供水保障体系，并将其与日常供水统一考虑，增强抗风险的能力，是当前学校类公共建筑给排水设计中的热点问题之一。

本文立足于学校公共建筑场所特征，从理论和技术角度，梳理应急供水保障体系的关键组成要素，明晰各个环节的设计要点及技术标准，以期获得一套科学合理可行的应急供水保障体系建设方法，为学校的给排水工程设计提供参考，支持加强学校饮水安全工程。

1 学校应急供水保障体系构建的核心需求分析

1.1 用水特性分析

学校供水具有明显的时段集中性和使用功能多样性的特点，在教学时间内，每日早晨、中午、晚上为用水高峰期，主要包括教学楼厕所冲水、食堂餐饮用水、学生住宿用水等；在非教学时间（例如假期）内，则负荷下降很多，但也要保证在学校的人群的生活用水需求。当发生紧急情况，供水需求首先确保主要场所使用水，即学生老师日常

饮用水、厕所用水、食堂必要饮食用水以及实验室极小部分临时用水(如有),次要用水如浇灌、洗路等可以暂停。

1.2 应急场景分类与需求差异

学校面临的供水应急场景具有多样性,不同场景下的应急供水需求存在显著差异,需针对性设计保障策略。

按照风险来源可分为三类,一是市政供水中断类,包括市政管网破裂、泵站故障、计划性检修等情况,这类场景中水源本身没有被污染,主要诉求为尽快找到替代水源,满足基本用水量^[4];二是水源污染类,包括市政水源受到工业废水、生活污水、突发化学品泄漏等因素的影响而造成水质下降的情况,三是化学袭击事件,主要为针对水源地的投毒,此种情况下主要考虑对受污染水源进行处理,并保障洁净水源供给作为备用水源;二是生物袭击事件,例如在水源中投放霍乱菌株,此种情况下主要考虑对受污染水源进行处理并保障洁净水源供给作为备用水源;三是自然灾害,包括地震灾害、洪水灾害、台风灾害等,此种情况下可能造成供水基础设施损坏及管网破损,核心需求是构建独立的应急供水系统,保障极端条件下的基本用水供应^[5]。

2 学校应急供水保障体系的核心构成与设计要点

2.1 应急水源系统设计: 多元化配置与优化

2.1.1 备用蓄水池(罐)

备用蓄水池(罐)是学校应急水源的核心形式,主要储存市政自来水或经处理后的清洁水,适用于短期至中期应急场景。

具体的设计要点有以下几点:一是容积的设定,应根据最大的在校人数乘以应急用水定额及应急时间并预留10%~20%的安全储备,可按 $V=Q \times N \times T \times K$ 计算, V 为蓄水池容量, Q 为人均应急用水定额, N 为最大在校人数, T 为应急时间, K 为安全系数^[6];二是位置的选择和布置,应在用水负荷中心处设置,如宿舍区及食堂周围均可。避开低凹积水地段,蓄水池(罐)应有防渗漏、防污染措施,内壁做食品级防腐层,并加盖封闭,以防雨淋、杂物及蚊虫进入;三是补水与循环,正常工况下由市政管网定期补水,保持水质新鲜,设置循环泵实现水体循环,避免滞水变质。

2.1.2 再生水应急利用系统

对于规模较大、用水量大的学校,可构建再生水应急利用系统,将经处理后的校园生活污水(如宿舍生活污水、食堂废水)作为应急补充水源,适用于非饮用水场景(如卫生间冲洗、地面清洁)。设计要点:一是处理工艺,采用一体化再生水处理设备,“预处理+生物处理+深度过滤+消毒”的工艺路线,满足出水水质达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T 18920—2020);二是管网分离,再生水应急管网应与生活饮用水管网分离,并采用不同的颜色进行区分(例如再生水管网使用浅绿色),禁止

混接,防止污染水质^[7];三为切换控制,设置自动切换阀,紧急情况下可以快速切换到再生水供水方式,并配置水质监测装置,确保出水水质达标。

2.2 应急供水输配系统设计: 高效衔接与稳定保障

2.2.1 管网系统设计

采取“正常+应急”双网合一的设计方式,即正常供水管道及应急供水管道公用主管,在主要位置安装转换阀门以便在不同时间进行切换;对主要使用点(例如:餐厅、宿舍、医务室等)设置专用应急供水管线,保证应急供水情况下满足重要用户用水需求。同时选用耐腐蚀性高、强度高的材料(例如:不锈钢管、PE管),防止应急供水过程中发生管道爆裂而中断供水。同时在管道末端安装泄水阀及排气阀,方便应急供水之前对管道进行冲洗排气处理,保证供水水质^[8]。

2.2.2 加压与稳压系统设计

应急供水加压设备采用“变频加压泵+稳压罐”的方式,变频加压泵可以根据用水负荷变化自动调节转速,保证供水压力稳定(末端供水压力不小于0.15 MPa);稳压罐可以有效消除管网压力波动,防止水泵频繁启动,提高设备寿命。加压设备应设备用机组,一机一备或双机一备的设置方式,即在一台机器发生故障的情况下不影响应急用水,并且加压泵需与智能化监控系统相结合,在检测到水压不足时及时开启另一台加压泵。

2.2.3 防冻与抗震设计

对于北方寒冷地区的应急供水管网,应进行防冻处理,例如深埋敷设(埋深小于当地的冻土层深度)或者包裹保温材料(使用聚氨酯保温管),而对于户外裸露出来的管道及设备,则加装电伴热带以保证在低温环境下的正常使用^[9]。由于存在地震等自然灾害的风险,管网节点处应采用柔性连接,在设备基础上设置减震装置,提高系统的抗震性能,防止自然灾害破坏输配系统。

2.3 水质应急保障系统设计: 全流程风险防控

2.3.1 源头水质控制

根据不同的应急水源采用不同的源头防控方式:备用水库(罐)需对水源进行定期清洗消毒(≥ 1 次/季度),建立水源监控点位,监控项目有浑浊度、余氯、pH值等;中水回用作为应急水源则应在取水口前增加预处理单元(格栅及沉淀池),以去除水中的漂浮物以及较大颗粒物质,保障后续处理流程的稳定性。应急供水车接驳设备应在接驳口处设置前置过滤设施以过滤水中的杂质及悬浮物。

2.3.2 过程水质处理

依据应急水源的水质状况,配备相应的应急处理设施:对水质较好的备用水泵房取水采用消毒装置(紫外线消毒、二氧化氯消毒)杀菌后出水,保证余氯量为0.2~0.5 mg/L;对再生水或者受到轻微污染的水源,选用一体化应急净水机,“过滤-软化-消毒”一体化处理^[10],对水体中有机物、

重金属以及细菌病毒进行去除；针对突发性重污染情况，配备移动式应急水处理车辆，采取深度处理方式（膜处理），保障出水水质。

2.3.3 终端水质监测与预警

在应急供水管网关键位置（如蓄水池出水口、加压泵房出水口、重要用水点末梢）安装在线水质监测仪，检测项目为浊度、余氯、pH值、电导率，将采集的数据上传到智慧监管平台，并对超过国家规定限值的指标进行报警提示以及应急处置操作（如切换水源、加大投氯、停水）。另外配置移动式水质分析仪，在应急情况下进行现场快检，补充在线监控设施的功能缺陷。水质应急保障流程如图1所示。

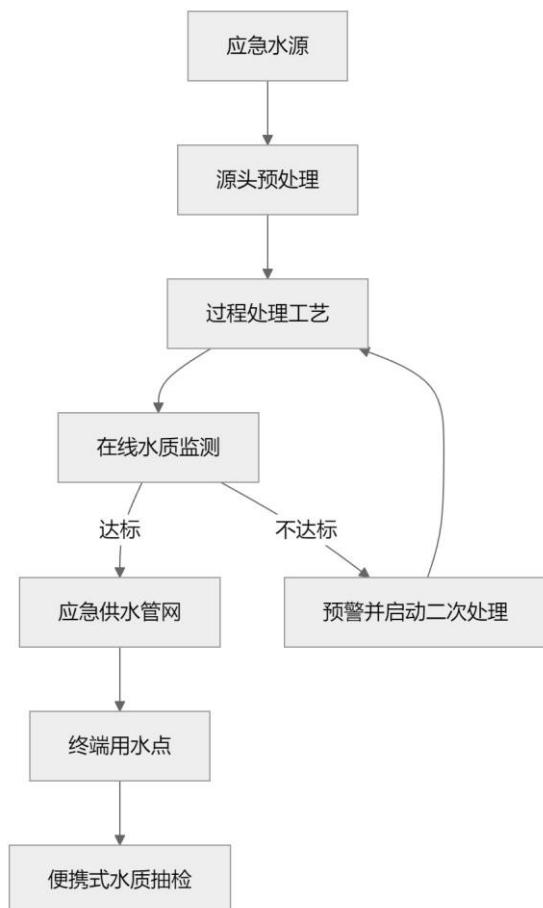


图1 学校应急供水水质保障流程图

2.4 智能监控调度系统设计：精准管控与高效响应

在应急水源、输配系统、水质保障系统的关键节点安装传感器，采集水量、水位、压力、流量、水质等实时数据；采用无线通信技术（如5G、LoRa）将数据传输至智能监控中心，建立数据备份机制，配备可视化监控平台，将采集到的实时数据以图表、地图等形式直观展示，实现对整个应急供水系统的远程监控。当发生供水异常（如管网压力骤降、水质超标）时，系统自动发出预警信号，同

时推送至相关管理人员的移动终端，并启动相应的应急响应预案，指导工作人员快速处置。

2.5 应急管理体系设计：制度保障与能力建设

学校项目的建筑给排水设计工作中，设计人员需要遵循相应的设计要点，按照学校项目建筑的实际情况，制定完善的建筑给排水设计方案和计划，统一相应的设计标准，提升建筑给排水设计的水平，促使学校项目建筑给水和排水系统的良好运行。建立健全应急供水管理制度（含应急水源、设备维护、水质监测、应急预案等制度），明确部门及人员职责。组建专业保障队伍，定期培训应急设备操作、水质检测等技能。建立应急联动机制，加强与多部门协作。制定完善应急供水预案，结合实际定期修订。定期组织实战化演练，每年1~2次，模拟不同应急场景下的供水保障流程，检验应急供水系统的运行效果与队伍的应急处置能力，及时发现并解决体系存在的问题。

3 应急供水保障体系的经济性与可靠性分析

3.1 经济性分析

应急供水保障系统成本主要由建设成本及运维成本组成。在建设成本上，“分阶段、循序渐进”，先实施以应急备用水池、水泵增压装置、简易水质检测仪器为主的应急设施，再结合学校大小、危险程度进行再生水应急回用系统、自动监测系统的建设，不盲目追求一次投入过大。运维成本上，通过优化设备选型、采取节能措施（变频加压泵、太阳能消毒设备）节省电费；通过建立日常维护制度来减少设备损耗及维修费；利用再生水等回用资源，节约水资源采购费用。还可以申请政府专项补助或者寻求社会资本。减轻学校经济负担。

3.2 可靠性分析

系统可靠性的保证主要体现在以下几方面：一是水源可靠，即多个水源供应，不致因为单一水源失效而导致应急供水中断；二是设备可靠，即所用设备的质量合格，性能稳定，并设置一定数量的备用机组，在日常使用中做好维护保养工作以保障其正常运行；三是系统可靠，即通过两路管网合流、柔性连接、抗冻抗震等方法，提高系统的抗风险能力；四是要管得住，完善管理制度及预案，强化队伍建设与演练，保证在应急状态下各项工作的有序开展。此外，可通过可靠性模拟分析，对体系的运行状态进行评估，识别潜在风险点并优化改进。

4 结论

学校作为具有较大社会公共影响力的建筑类型，给排水专业在开展此类项目设计工作的过程中需要选择简洁、易用、好管理的系统及设施，减少后期运维期间的风险及成本。根据学校的用水特点和应急供水需求，应急供水保障体系建设应包括应急水源、输配水系统、水质安全、在线监测、管理制度等多个方面。以多种应急水源为依托，以双水源联合输配方式为主导，以水质安全为主线，以在

线实时监测为手段，以管理制度为核心，能够满足应急供水“安全、足量、及时、可持续”的基本要求，切实提高学校应对供水风险的能力，维护广大师生的生命健康及正常的教学工作秩序。

[参考文献]

- [1]吴绮华.基于学校项目的建筑给排水设计要点[J].石油化工建设,2022,44(5):155-157.
- [2]曹智.浅述屋顶花园对城市雨水资源利用的启示[J].城市地理,2015(14):152-153.
- [3]李娜.建筑消防给排水施工中常见问题及防治对策[J].消防界,2021(20):117-119.
- [4]查湘义.BIM 技术在建筑给排水工程设计中的应用[J].魅力中国,2019,22(39):318-319.
- [5]李月婷.应急避难场所给排水设计要点探讨[J].中国房地产业,2020,11(7):69-70.
- [6]程呈,李晓学,方昊,等.我国缺水地区核电厂中水回用技术初探[J].给水排水,2012,48(11):305-309.
- [7]吴震陵.中小学校园建筑的卫生防疫与安全使用[J].中小学管理,2020,4(22):46-48.
- [8]于诗濛,于利国,郑文清.高校消防安全管理现状分析及对策[J].冶金管理,2024,5(21):60-64.
- [9]王雪峰,贾玉贵,李丹.可持续设计教学模式探讨——基于给排水科学与工程特色专业课程创新教学模式研究[J].教育教学论坛,2016(6):209-210.
- [10]李春娟.新时期地方院校给水排水工程专业课程体系的构建[J].广东化工,2010,37(11):177-177.

作者简介：刘姣姣（1992.2—），毕业院校：河北工业大学城市学院，所学专业：给水排水工程，当前就职单位：石家庄市建筑设计院有限责任公司，职务：设计，职称级别：工程师。

住宅建筑工程电气施工现场管理重点探究

侯 辉

中国二十二冶集团有限公司，河北 唐山 063000

[摘要]住宅建筑工程在现代城市的发展进程里有着基础性以及战略性的地位，其中电气施工是住宅建筑的关键部分，其现场管理的水平直接决定了工程质量、安全性以及运行效率。随着住宅建设规模变得越来越大，施工环境也一天天变得更加复杂，电气施工现场管理的重要性越发突出。文章从住宅建筑工程施工现场管理的重要意义出发，全面且细致地分析了电气施工现场管理的核心内容，在此基础上还提出了优化措施，希望能给住宅建筑工程电气施工现场管理的实践给予一些有用的参考。

[关键词]建筑电气施工；现场管理；管理措施

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18674

中图分类号: TU71

文献标识码: A

Exploration on Key Points in Electrical Construction Site Management of Residential Building Engineering

HOU Hui

China MCC22 Group Corporation Ltd., Tangshan, Hebei, 063000, China

Abstract: Residential construction projects have a fundamental and strategic position in the development process of modern cities, among which electrical construction is a key part of residential buildings. The level of on-site management directly determines the quality, safety, and operational efficiency of the project. With the increasing scale of residential construction and the increasingly complex construction environment, the importance of electrical construction site management has become more prominent. Starting from the important significance of construction site management in residential construction projects, this article comprehensively and meticulously analyzes the core content of electrical construction site management. Based on this, optimization measures are also proposed, hoping to provide some useful references for the practice of electrical construction site management in residential construction projects.

Keywords: building electrical construction; on-site management; management measures

引言

随着我国城镇化进程持续推进，住宅建筑工程步入了快速发展的时期，在住宅建筑体系里，电气施工担负着电力供应、照明控制、安全防护以及智能化功能达成等一系列重要任务，其施工现场的管理水平，一方面影响着工程是否能够依照计划顺利开展，另一方面还和住宅建筑整体功能的完备以及居住者的生活品质紧密相关，施工现场管理涵盖组织协调、质量控制、安全防范等诸多方面，具备综合性与系统性的特点，强化电气施工现场管理，不但可助力确保住宅建筑项目的安全与质量，而且能够促使施工企业在激烈的市场竞争当中提升综合实力，鉴于此，本文会从施工现场管理的重要意义、核心内容以及优化措施这三个维度展开分析，目的是给住宅建筑工程电气施工现场管理提供系统化的研究成果以及实践方面的指导。

1 住宅建筑工程施工现场管理的重要意义

1.1 住宅建筑工程项目管理的内在要求

在住宅建筑工程的庞大体系中，施工现场管理无疑占据了至关重要的位置。它不仅涉及对工程进度、质量以及安全等多个方面的严格把控，还要求管理者具备较高的专

业知识和丰富的管理经验。一个良好的施工现场管理策略能够确保建筑项目能够高效有序地推进，同时保障工人的健康与安全，降低成本，并最终实现预定的建设目标。因此，无论是在规划设计阶段还是施工过程中，施工现场管理都是不可或缺的一环，它直接影响着工程的成败。在实际的施工过程中，受到多种因素的影响，会导致工程建设的进度和质量产生一定程度的偏差，这就要求必须对施工现场进行有效管理，提高施工现场管理水平，减少施工偏差带来的负面影响，保证住宅建筑工程项目能够按照预期计划实施完成。

1.2 保证住宅建筑工程质量和安全的关键环节

电气施工现场管理在住宅建筑工程里，是保证其质量和安全极为关键的一个环节。电气系统包含了强弱电的布设工作、配电装置的安装事宜、线缆的敷设操作以及安全保护设备的调试等方面，它的施工进程往往有着隐蔽性比较强、技术方面的要求颇高的特性。要是管理得不妥当，那很可能会留下安全隐患，进而对住宅的使用寿命以及居住安全产生影响。科学合理的施工现场管理，能够在项目实施推进的过程中，针对工艺流程予以严格的把控，借助

规范的操作方式、合理的监督举措以及过程中的验收环节，尽可能地把偏差与错误减少到最低程度，以此来确保各类电气设备以及线路都能够契合设计方面的要求以及相关标准的规定。与此较为完善的安全生产管理机制，是能够有效地去识别并且防范施工现场有可能存在的各种风险因素的，通过建立起安全责任方面的体系以及应急处理的相关机制，从而保障施工人员的人身安全以及工程实体的结构安全。从这里就能够看出来，施工现场管理一方面可以说是电气工程质量得以控制的一项重要手段，另一方面也是维护住宅建筑整体安全性能的核心保障所在。

1.3 提升施工单位综合竞争力的有效途径

在建筑行业市场化竞争日益激烈的当下，施工单位的综合竞争力呈现出了新的体现方面。以往，人们常常把目光聚焦于施工速度以及造价控制这些层面，然而如今，施工现场管理所达成的规范化与精细化程度，已然成为了更为关键的体现之处。就电气施工现场管理而言，其具备整合人力、物力以及技术资源的作用，可促使施工效率得以提升，同时也让工程成本实现优化。当企业着力强化施工现场管理之时，便能够降低材料出现浪费的情况，减少返工所带来的损耗，如此一来，项目的履约能力便会有所提升，进而使得企业在市场中的信誉以及客户给予的信任都得以增强。并且，良好的现场管理还是施工企业用来提升自身管理水平以及技术能力的一个重要载体。它一方面能推动企业内部管理机制逐步走向完善，另一方面也有助于施工人员职业技能的提高，还能促使团队协作效率得以增强。施工单位凭借系统化的电气施工现场管理，不断积累起经验与优势，进而形成了一种可被复制、可被推广的管理模式，以此在市场当中建立起竞争壁垒，树立起品牌影响力，从而达成可持续发展的目标。

2 电气施工现场管理的核心内容

2.1 施工组织与人员协调管理

在住宅建筑工程开展电气施工期间，科学且合理的施工组织以及人员协调，乃是保证项目能够顺利向前推进的关键前提。施工现场涉及到的工种数量颇多，工序也极为繁杂，各个环节彼此间存在着极高的依赖关联性。倘若组织工作处理得不够妥当，那么就特别容易出现进度被延误以及工程质量出现偏差等一系列情况。施工组织管理方面，需要项目管理人员依据施工计划来对人力资源做出合理的安排与分配，要清晰明确各个岗位各自具体的职责范畴，并且建立起高效能的沟通渠道与机制，以此来保障不同的工序能够于规定的时间范围之内有序地相互衔接起来。与此人员协调的作用不仅仅体现在施工班组内部，而且还涉及到和土建、装饰、暖通等诸多其他专业的工种展开交叉式的配合工作。借助完善健全的组织管理体系，便能够有效地减少因为信息传递不顺畅或者责任划分不清楚而引发的施工冲突以及返工重做的不良现象。除此之外，

施工现场的管理者还应当着重关注对施工人员展开培训以及给予激励举措，以此促使他们的专业技能得以提升，同时也增强他们的团队协作方面的意识，进而从整体层面提高项目的执行能力以及管理工作的效率。

2.2 材料与设备的精细化管理

电气施工所涉及的材料与设备种类繁杂多样，像电缆、配电箱、开关、照明器具等各类检测仪器均包含其中，这些物资的质量状况以及供应情形，与施工能否顺利推进息息相关。精细化管理规定施工单位在采购材料与设备的阶段就得严格把控，要保证供应渠道正规合法，质量满足标准要求，同时依据工程进度去制定合理的供应计划。施工现场需建立起完备的材料入库、出库以及使用登记相关制度，针对关键设备要施行专人负责保管并定期进行维护，防止因保管不当或者使用方式不妥当而引发的损耗以及安全隐患出现。借助信息化手段，比如物资管理系统，可达成对材料与设备的动态实时监控，提升库存管理的透明程度与准确程度。精细化的材料与设备管理，不但能保障工程质量以及施工安全，而且能够有效节省成本，提高资源利用的效率，为施工企业创造出更多的经济以及社会效益。

2.3 施工工艺与质量控制要点

施工工艺对于电气工程顺利推进而言极为重要，其是关键保障所在，质量控制属于核心部分，可确保施工成果契合设计以及规范方面的要求。电气施工涵盖诸多环节，像线路敷设、接线工艺、设备安装与调试等，每个环节都得严格依照工艺标准来执行。科学的质量控制需要项目管理人员在施工开始前做好技术交底以及工艺培训工作，施工进程中强化巡查与监督力度，出现问题要及时纠正，施工结束之后要依据标准严格验收。施工现场需建立质量责任制度，把质量责任具体落实到各个班组以及个人身上，以此提高施工人员的质量意识。借助于全过程且全方位的质量管控举措，能够有效防止因工艺存在缺陷或者操作出现失误而引发的质量问题，进而提升住宅建筑电气工程的整体水准，保证建筑项目能够达到功能性、安全性以及耐久性等方面的要求。

2.4 安全生产与风险防范机制

电气施工是高风险的工种，其中涉及到高压电力设备、临时用电设施以及多种交叉作业环境，安全生产在施工现场管理当中始终占据着极为重要的位置。要建立健全的安全生产与风险防范机制，得先明确安全管理的目标，把安全责任制落到实处，保证每个岗位都有人负责，每项工作都有相应的安全保障。施工现场应当定期开展安全教育以及培训活动，以此来提升施工人员的风险意识以及应急处理的能力。并且，对于临时用电、设备运行、施工操作等环节要进行严格的监管，设置必要的安全警示标志以及隔离防护措施，从而防止出现触电、火灾或者坠落这类事故。建立起安全检查与隐患排查的制度，能够做到对潜在风险

早发现、早处理，最大限度地降低事故发生的概率。安全生产与风险防范机制的完善，既保障了施工人员的生命健康与工程财产的安全，也为项目能够顺利完工打下了稳固的基础。

3 电气施工现场管理的优化措施

3.1 健全责任体系与管理流程

电气施工现场管理，先得把责任体系和管理流程建好立牢，如此一来，各项工作的开展才有章法可依，各类责任也有人能担。把项目经理、施工负责人、质检人员、安全监督员这些不同岗位的职责具体细化一番，就能让责任一级级落到实处，防止出现管理上的真空地带或者职责相互交叉的情况^[1]。与此科学地去规划管理流程，把施工准备、材料进场、工序交接、质量验收等各个环节都规范起来，这既能提升现场的运行效率，又能给后续的质量监督以及安全管控明确的依据。健全责任体系与管理流程，说到底就是借助制度化的方式，推动管理走向标准化，执行变得刚性化，进而让现场管理有了可操作的空间，也具备了可追溯的特性。

3.2 强化全过程质量管控

全过程质量管控对于提升住宅建筑电气施工水平而言，称得上是极为关键的抓手。其最为关键之处就在于要把质量意识切实贯穿到施工的每一个环节当中去，从设计图纸的具体落实一直到最终系统的运行调试，都需要构建起具备系统性的质量保障机制^[2]。在施工进程之中，针对电气线路敷设、接线工艺、设备安装以及绝缘测试等这些关键工序，务必要予以严格的把控，并且要借助旁站监督以及多层次验收等方式来保证每一个环节都能够做到精细化的执行。还可以充分利用检测仪器以及智能监控技术，对施工过程当中所产生的各类数据展开采集以及分析操作，进而达成对质量问题能够做到早发现、早预防的目的。全过程质量管控一方面是对最终工程成果给予的有力保障，另一方面更是对施工过程在规范化以及标准化方面所提出的全方位要求。

3.3 完善安全监管与预防机制

电气施工现场安全管理要秉持“预防为主、全过程监管”这一原则，构建起贯穿施工整个周期的安全监管以及风险预防机制。一开始，得在项目正式开工之前就着手开展风险识别方面的相关工作，并且进行分级评估，与此同时还要制定出与之相对应的预防措施以及应急预案，如此一来便能确保突发状况得以妥善处置。在施工过程当中应当进一步强化动态安全巡查以及隐患排查的工作力度，务必要做到能够尽早发现问题并及时予以整改。除此之外，

还得强化对施工人员展开安全教育以及技能培训的相关事宜，促使他们具备必要的自我防护意识以及操作能力。从技术层面来讲，可以通过借助视频监控、智能传感器还有可穿戴设备等方式来达成实时安全监控的目的，进而提升管理所具有的科学性以及及时性。凭借制度、教育和技术这几个维度的有机结合，是能够切实有效地降低安全事故的风险，从而充分保障人员以及工程的双重安全的。

3.4 推进信息化与智能化管理

在电气施工场地展开现场管理工作的时候引入信息化以及智能化的相关手段，这无疑是一条能够促使管理水平得以提升并且让执行效率获得提高的重要路径。信息化平台可达成施工计划、人员调度、材料进出还有质量检测等环节全流程的数据化管理效果，如此一来能够让管理者清楚地知晓工程的推进状况以及资源分配的具体情形。而智能化技术借助 BIM 模型、物联网传感器以及大数据分析等方式，能给施工现场给予可视化、实时化且具有预测性的管理方面的有力支撑。比如说，凭借 BIM 技术能够预先察觉到电气管线和其他结构之间存在的冲突情况，进而对设计以及施工方案做出相应的优化处理；依靠传感器技术可以对施工环境以及设备运行的状态加以监控，以此实现预警功能以及达成精细化管理的目的。信息化与智能化高度融合起来之后，不但提升了施工现场的透明程度以及管理的效率，而且还给管理决策提供了较为科学的依据。

4 结语

住宅建筑电气施工现场管理的优化需于责任体系、质量管控、安全防范以及信息化应用等诸多方面展开多维度的协同推进工作。借助科学合理的规划以及全方位的实施举措，能够达成施工流程的规范化、精细化以及高效化的实现目标，如此一来，既可保障工程质量处于良好状态，又可确保施工安全无虞，同时还能契合现代住宅建筑对于节能环保以及可持续发展方面的要求。伴随施工技术以及管理方式的持续向前发展，住宅建筑电气施工现场管理会逐渐朝着智能化、绿色化以及高效化的发展方向迈进，进而为行业实现高质量发展给予稳固有力的支撑。

【参考文献】

- [1]付士波,张朝政,韩连斌.住宅建筑工程电气施工现场建设单位管理重点探究[J].居舍,2024(20):139-142.
 - [2]杨郁.BIM 技术在住宅建筑工程施工现场管理中的应用[J].居舍,2024(32):22-25.
- 作者简介：侯辉（1986.5—），单位名称：中国二十二冶集团有限公司，毕业学校和专业：郑州大学，电气工程及其自动化。

建筑施工防渗漏施工技术探析

朱志坤

江苏容跃建设有限公司，江苏 镇江 212400

[摘要]防渗性是衡量房屋建设工程质量的一个重要指标，所以在房屋建筑施工中，防渗是一个不容忽视的问题。如果防渗措施不完善，湿气渗透和渗漏就会对房屋的结构造成很大的危害，从而影响其耐用性和使用性能，因此，在进行防渗处理时，必须严格按照防水施工的实际要求和标准，做好地下室、墙体、屋顶等各个关键部位的防水施工。因此，文章着重分析了防渗施工技术在住宅建筑中的应用，对提高住宅的防渗性和耐久性具有重要意义。

[关键词]建筑工程；施工技术；防渗漏；分析探讨

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18673

中图分类号: TU943

文献标识码: A

Analysis of Anti-leakage Construction Technology in Building Construction

ZHU Zhikun

Jiangsu Rongyue Construction Co., Ltd., Zhenjiang, Jiangsu, 212400, China

Abstract: Impermeability is an important indicator for measuring the quality of building construction projects, so anti-seepage is an issue that cannot be ignored in building construction. If the anti-seepage measures are not perfect, moisture infiltration and leakage will cause great harm to the structure of the house, thereby affecting its durability and performance. Therefore, when carrying out anti-seepage treatment, it is necessary to strictly follow the actual requirements and standards of waterproofing construction, and do a good job in waterproofing construction of key parts such as basements, walls, and roofs. Therefore, the article focuses on analyzing the application of anti-seepage construction technology in residential buildings, which is of great significance for improving the anti-seepage and durability of residential buildings.

Keywords: construction engineering; construction technology; anti-leakage measures; analysis and discussion

引言

住宅工程漏水是我国建筑施工中普遍存在的质量问题，它不仅影响着建筑物的使用寿命、质量，还危及到了人民的生活环境和财产安全。建筑工程防水施工是一套由屋面、墙体、地下室等组成的综合性技术系统。本文就房屋建筑施工中漏水的成因及应注意的防渗技术作一综述，以最大限度地减少漏水现象，有效地改善房屋建筑施工的质量，解决我国住宅工程漏水问题。

1 房屋建筑中常见的渗漏问题

1.1 屋面渗漏原因

屋面防水是房屋质量保证的重要环节，但建筑房屋渗漏问题一直是我国突出问题，屋面渗漏的原因是防水层施工工艺及防水层破旧，造成屋顶出现渗水，从施工工艺看，是由于施工防水层的铺贴操作不当，防水材料的搭接或边缘处理不规范；也可以是防水材料本身质量标准不高，导致发生泄漏。从使用的角度看，可能是屋面排水堵塞积水，从而造成屋面积水严重导致渗漏，或屋面多年不清理，导致植物生长穿刺破坏防水层；或是物业及用户打孔过多，破坏了防水结构，造成漏水。从设计的角度看，设计者没有考虑建筑的特殊性，仅仅根据一般标准、边坡设计房子不合理或排水孔少，从而可以造成屋面的渗漏。

1.2 门窗渗漏的原因

门窗渗漏属于房屋渗漏的常见问题，具体原因为施工工艺、材料质量或设计安装不合理导致的渗漏现象，门窗渗漏不仅影响正常生活，还破坏装修、引发邻里纠纷。从施工工艺看，由于安装前未处理洞口偏差，导致缝隙过大或过小；塞缝前未清理杂质，导致发泡剂无法密实填充；保护膜未及时撕除，后期撕除时破坏保护层产生开裂，安装门窗中受到碰撞导致门窗发生变形，安装过后变形处缝隙内导致渗水，还有固定铁片处未用防水砂浆密封，雨水从缝隙渗入；外部未用密封胶封闭，形成渗水通道。此外，很多门窗在运输或施工过程中受到撞击，很容易导致门窗自身出现裂纹导致渗漏。从材料质量上看，聚氨酯泡沫填充不密实或溢出部分切割粗糙，表面孔隙大；密封胶打胶前未测试基面相容性，或未清洁基面导致黏结失效。从设计不当看，铝合金型材设计壁厚不足、塑钢型材未设增强型钢，导致接缝不严；框体与墙体连接点间距随意，形成渗水路径。

1.3 厨卫渗漏原因

卫生间与厨房是房屋的主要用水场所，厨房和卫生间均铺设有关管道，其存在渗漏的主要原因为施工工艺、材料质量不当及细部处理不明确。与房屋其他部位楼板厚度相比，卫生间与厨房的楼板较薄。从施工工艺看，工人可能

出现钢筋配置错误、数量不准，保护层厚度不对等，而且在混凝土浇筑时破坏了钢筋保护层，未及时保养导致混凝土楼板出现裂缝。从材料质量上看，未能挑选合格的防水材料，导致材料的型号与质量不符合建筑工程的防水设计标准要求。部分厨卫在施工结束后未能及时进行 24h 的蓄水试验，因而未能找出存在的问题，造成细节处理不规范而出现渗漏现象。从细部处理看，地漏安装不当，排水管未直插地漏，导致水渗入砂浆层，引发反碱或渗漏堵塞，油脂、食物残渣堵塞下水道，水压增大后从接口处渗出。

1.4 其他易忽视部位渗漏原因

在房屋渗漏常见部位中，易被忽视和忽略的隐藏部位较多，也常常是房屋渗漏的关键点。飘窗边渗漏主要是由于未打防水胶或滴水线处理不当，导致雨水从墙体渗漏；铝合金推拉门门框边渗漏主要是由于地面沟缝不到位、型材拼缝处未处理好或防水未刷到位导致雨水从缝隙渗漏；阳台排水立管边渗漏主要是由于管破缺、胶水贴不实或存水网盖没拧紧导致雨水从阳台立管渗漏；地漏排水口位置错误、破损或排水不严密导致雨水进入屋面渗漏；顶屋檐口、天沟、女儿墙、管道处因防水层收头不严密或排水坡度较平而导致雨水从缝隙渗漏进入建筑；外墙空调顶板、螺杆洞、施工缝位置因没有做好防水处理，雨水从缝隙进入导致渗漏；地下室剪力墙与剪力墙接缝、水电线槽等位置因结构薄弱、强度较低，或者因覆土水分或施工缝处理不到位，导致渗漏情况发生。

2 房屋建筑中防渗漏技术控制

2.1 施工材料管理及施工技术控制

2.1.1 对混凝土的施工管理

首先检查并检测进场的水泥、骨料、外加剂等原材料的洁净度、强度、耐久性等指标，确认其满足设计与规范要求。混凝土加工阶段，要求专人不定期地检查搅拌厂原材料的计量及搅拌时长，确保配料准确。运输环节控制混凝土不离析、不分层，运输时长不要超过其初凝时长，避免施工缝的出现。浇筑前清理模板、钢筋的污染，木制模板应涂抹界面剂、浸透（无水），缝隙密封以防水浆漏出。泵送前先用水泥砂浆润滑管道，确保整体浇筑、振捣密实、连续，避免初凝后接头问题。振捣时间不宜过长或过短，应控制在 2m 高度以下浇筑振捣。需专人全程监督，坍落度应满足要求后才能浇筑。

2.1.2 对防水卷材施工的质量管理

防水卷材工程的质量控制包括材料进场控制、施工过程控制及验收三个方面，严格执行国家的强制性标准和规范规定，材料进场控制检查的文件资料的核查，查看防水卷材的出厂合格证、检测报告，并须有相关单位有关责任人签署检查结果。见证取样，按批送检，对所有检测项目必须检测合格，不合格，重新取样复验，复验合格才能应用。施工过程控制基层处理：基层应坚实、平整、干燥、干净，阴阳角处应作成圆弧或 45° 坡角，并涂刷基层处理剂。卷材铺贴时不得扭曲、皱折或空鼓，铺贴的卷材应

平整顺直，搭接尺寸准确。铺贴卷材接缝密实且均匀，先平行于屋脊铺贴再垂直于屋脊铺贴。找平层采用聚合物水泥砂浆粘结；平行屋脊铺贴一排卷材，用红外线找平，排直排紧，随排随压实。双层铺贴时，上、下层接缝的间距应错开 1/3~1/2 幅宽，且接缝不得为正交。接缝宽度：自粘法不小于 80mm，冷粘或热熔按规范执行。采用点焊接技术。加强处：阴阳角、变形缝应设加强层，加强层的铺设宽度 ≥500mm。细部构造：天沟、管道根部四周等均需用材料防水层加强处理，铺贴高度自流水层末端向上 300mm。验收标准主控项目：卷材及配套材料必须符合设计要求，检查质量合格证、检测报告及复试报告。防水层无渗漏或积水现象，须经雨后或淋水、蓄水检查合格。细部构造：天沟、管道根部周围等防水细部作法及附加层均符合设计要求。一般项目：搭接缝粘结应牢固、密封应严密，其偏差应为-10mm。保护层应粘结均匀、隔离层设置应符合要求。

2.1.3 对防水涂料施工的质量管理

针对防水涂料的产品性能指标及操作控制，从选材到选厂需把好材质、环保性等重要关卡，本文提出以下要点：选材及环保选材时应对符合质量要求的产品，不得使用无厂家和无合格证的不合格产品；功能性指标，低温弯曲性等其他指标适应当地温度变化。施工时选材、选厂必须把好原材料、环保性等重要关卡，对防水涂料的基层处理质量必须保证，做到平面、坚硬的施工面及阴、阳转角呈圆弧形，避免出现积水的情况。管道的根部、墙根以及管子周围的转角需使用防水砂浆封堵并加强施工，将涂料涂刷于管子根部及转角处时，需在不同的方向上进行涂刷，并按照涂刷的方向交叉进行，必须具备阴角；阴阳角处及管道的根部需铺设无纺布，并且需抹成圆弧形，避免产生开裂的情况，并首先将涂料涂刷到此位置，再对其他地方进行防水涂料的施工；需对整体质量进行验收检验，并按要求进行验收，进行抽检，应确保每一处都符合要求。保护涂膜干燥后铺设细石混凝土保护层，以免防水层破损。验收后做 24~48h 蓄水验证其防水效果。

2.2 施工完成后的渗漏检查检测

2.2.1 门窗的淋水试验要求

建筑门窗淋水试验是检验建筑外窗、外门、外窗工程、外墙等渗水漏雨合格的一个必要工序，淋水试验规范的要求主要是试验范围、试验组织、试验方案及流程等。在室外装修面层完成后，门窗扇安装后拆除外架，开始做淋水试验，且每二层以上检查一次。试验时的外墙需要最低数量的 1 次，而且如果出现渗水漏洞，就要修整好以后进行再次的检测。总包是进行检测的主要责任人，相关的分包人员进行辅助。淋水试验所需要的检测设备与用具有 P25PPR 管，水的孔间距 80~100mm，水的孔径为 3mm，孔的方向须为 90°，淋水管与墙面的角度必须为 90°。喷水压力保持在 0.3MPa，喷水流量在 4L/(min·m²)，

用水的压力不少于 0.3MPa；喷淋方法：采用分段试水方式进行检查，在建筑物的楼层每 3 层设置 1 道横向淋水管；在建筑外部的挑檐或者是深度在 10cm 以上的地方每层的建筑面上都要加一道淋水管；采用压力喷枪的方式进行喷淋：水压为 210kPa，压力喷枪连续的时间必须为 30min。淋水试验的关键试验位置为：窗框与门窗框接缝、窗扇的门窗密封条、横向以及竖向的梃、玻璃与型材接缝的位置。淋水试验时通常进行一种情况：淋水试验通常连续 6~12h，淋水时要保持压力为 0.3MPa；淋水时喷水的压力要大于或者等于 0.2MPa 的时间为 30min。压力喷枪测试：淋水时的喷水的压力要在 30min 之内压力等于或者大于 0.3MPa 的压力喷枪的测试方法。国标压力小于 0.3MPa，一次淋水试验的时长必须在 20min 以上。检测喷水压力的方法：每隔 5 层就是检验的一个单位，淋水的时间最少为 12h。国标中的喷水压力大于 0.3MPa，并且进行淋水试验的时间最少是 20min。处理渗漏问题：如果淋水时发现了有渗漏水的位置，在试验检查的过程中必须做好标记，进行维修整改之后对检测进行重复检查，达到标准后才能进行下一步的工序。

2.2.2 厨卫的闭水（蓄水）试验要求

从国家规范定义来解读厨房、卫生间闭水（蓄水）试验要求主要包括试验部位的蓄水深度、蓄水时间、验收标准等相关参数。其中蓄水深度：厨房、卫生间的闭水（蓄水）深度为试验区域的蓄水深度最浅处不应小于 20mm；厨房、卫生间淋浴区宜达到 180mm 以上。蓄水时间不少于 24h。可根据当地天气、温度和防水涂料的固化时间适当延长至 48h，具体以实践为准。闭水试验验收标准需同时满足以下三个条件：试验期间水位未明显下降，上下楼板及周边墙面无渗漏、无潮湿、无水渍痕迹。尤其须重视的节点为厨房、卫生间的地漏、管道周边以及阴阳角等易渗漏节点。要求防水涂层彻底凝固后方可做闭水试验，在涂抹好防水后，需将地面的杂物清理干净，地漏口和管道口处堵好。若门口处无台阶或处于平地，需用水泥制作出挡水坝，防止闭水时外溢，放水时水流要小，切勿将水冲坏防水层，闭水试验初始阶段每 1h 检测 1 次，最后阶段 3~4h 检测 1 次。参与闭水实验检测的需相关单位共同进行检查，确认无渗漏后签字验收。

2.2.3 雨后观察

房屋雨后检查是最直观、最简单的方法，也是检查屋面、外墙、门窗等建筑防水质量方法。主要是对屋面落水口、檐沟、天沟等检查是否存在积水和渗漏痕迹。检查防水层是否破损、裂缝等渗水部位，变形缝、管道根部等防水节点是否渗水。尖顶房屋无法蓄水时，应利用淋水或雨后检查房屋防水效果。外墙主要检查墙体是否发花、掉色、起泡或出现潮湿痕迹，尤其要仔细检查窗框与墙的交界处。用手去摸摸墙体有无凉或潮水痕迹，可能是墙内已经渗水。检查窗框、窗台是否渗水，密封胶条是否老化脱落。下雨相当于自动做淋水试验，可以检查安装不严或接口处密封

不好。室内检查顶棚、墙角、卫生间四周的墙面是否出现水印、返潮或起皮现象。

3 房屋建筑渗漏常见解决办法

房屋建筑渗漏修复要根据渗漏点及部位差异对症下药，屋面渗漏：（1）修补注浆堵漏，采用丙烯酸类、聚氨酯类、环氧树脂类注浆液通过压力将浆液灌注至缝隙，适用于局部渗漏点的修复。（2）重新做防水层：将原防水层铲除后，采用 SBS 卷材或聚氨酯涂料进行涂刷防水，需进行 24h 闭水试验。（3）重新翻修：若渗漏较为严重，将保温层、砂灰层等拆除后重新施工防水层，并加设附加层。墙体渗漏处理：基层处理：将松动墙皮铲除干净，清理裂缝，用环氧树脂砂浆对裂缝进行硬化。（4）裂缝补修：细裂缝（厚度<1mm），将聚氨酯灌浆料进行灌注；较宽裂缝（厚度>1mm），用小锤沿裂缝剔成 V 形，然后注入聚合物水泥砂浆，并附加钢丝网加强。（5）防水涂刷：涂刷双组份聚氨酯涂料防水，（厚度不小于 1.5mm），对于防水易发部位如阴阳角、穿墙套管等需附加无纺布。（6）现浇板/楼板渗漏修复：开槽止水，先沿渗水点沿裂缝部位开槽，将渗漏的水进行抽水，然后采用治水英泥对其进行封堵，再采用一布三涂防水施工。（防水涂料+聚酯布+多层涂刷）。（7）应急措施：如果不能进行拆除，可在板底安装引流槽，或采用堵漏剂临时封堵。（8）地下室外墙渗漏：挡水工程；清洁地下室外墙施工面基层，采用防水胶膜或丙烯酸弹性涂料进行涂刷，形成一层防水隔断层。（9）注浆堵漏：先通过压力对裂缝进行钻孔灌浆，将环氧树脂或聚氨酯材料灌注至缝内。（10）细部节点：窗框漏水，剔除旧的打硅酮耐候胶密封，增加排水坡度。（11）管件接口：更换损坏的管件，热熔焊接加强防水施工。（12）墙面渗漏：建议从外侧再重做防水，丙烯酸涂料+瓷砖胶。

4 结束语

综上所述，随着防渗技术的发展，住宅的渗水问题有了较大的改善，要进一步加强防水技术的完善，必须加强有关设计人员的设计能力，规范材料的选用和施工工艺，同时，加强对施工质量的监督和验收，对发现的问题及时进行处理，以达到有效地改善房屋建筑工程的防渗技术，这样才能够推动建筑业健康发展，同时也能够促进社会的发展和进步。

[参考文献]

- [1] 王宪军. 建筑施工中防渗漏技术的应用分析 [J]. 建筑技术开发, 2020, 47(23):64-66.
- [2] 邹武标. 建筑工程防渗漏原因及施工技术 [J]. 四川水泥, 2020(12):147-148.
- [3] 郑清松. 建筑工程施工中防渗漏施工技术分析 [J]. 科技风, 2020(34):117-118.

作者简介：朱志坤（1988.6—），单位名称：江苏容跃建设有限公司，毕业学校和专业：中央广播电视台大学 土木工程。

建筑外墙外保温材料检测技术初探

范俊雷

建研院检测中心有限公司，北京 101200

[摘要]随着建筑节能标准逐步提升，建筑外墙外保温技术在住宅以及公共建筑当中获得了广泛运用，其材料性能和建筑节能效果、使用安全紧密相关。因为外墙外保温材料种类繁多、性能存在明显差异，要是检测控制不妥当，容易出现节能失效以及安全隐患的情况。鉴于此，文章围绕建筑外墙外保温材料的检测需求展开分析，全面剖析导热系数、力学性能、吸水率、耐久性以及防火性能等关键检测内容，还对实验室检测技术与现场检测方法加以探讨，同时结合工程实践给出提高检测质量的相关举措，期望能为外墙外保温工程质量控制给予参考。另对不同检测方法的适用性进行了分析，提出了优化检测流程的建议，以期为工程实践提供更加科学和可操作的指导。

[关键词]建筑外墙；外墙外保温；材料检测

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18663 中图分类号: TU7

文献标识码: A

Brief Exploration on Testing Technology for External Insulation Materials of Building Exterior Walls

FAN Junlei

CABR Testing Center Co., Ltd., Beijing, 101200, China

Abstract: With the gradual improvement of building energy efficiency standards, external insulation technology for building exterior walls has been widely used in residential and public buildings, and its material properties are closely related to building energy efficiency and safety. Due to the wide variety and significant differences in performance of external insulation materials for exterior walls, improper detection and control can easily lead to energy-saving failures and safety hazards. In view of this, the article focuses on the analysis of the testing requirements for building exterior wall insulation materials, comprehensively analyzing key testing contents such as thermal conductivity, mechanical properties, water absorption, durability, and fire resistance. It also explores laboratory testing techniques and on-site testing methods, and provides relevant measures to improve testing quality based on engineering practice, hoping to provide reference for quality control of exterior wall insulation projects. Furthermore, the applicability of different detection methods was analyzed, and suggestions for optimizing the detection process were proposed in order to provide more scientific and operational guidance for engineering practice.

Keywords: building exterior walls; external wall insulation; material testing

引言

建筑能耗在社会总能耗里占了相当大的一部分，而围护结构的热工性能对于建筑节能水平有着决定性的影响。外墙外保温是当下应用极为广泛的围护结构节能技术之一，在提高墙体保温隔热性能以及降低冷热桥效应等方面有着较为显著的优势。不过，在实际工程操作当中，部分项目因为选用材料不够恰当或者检测环节把控得不够严格，使得外墙保温系统出现了开裂、脱落、保温性能变差甚至存在火灾风险等一系列问题。所以说，针对建筑外墙外保温材料展开科学且系统的检测研究有着十分重要的现实意义。通过将检测内容与方法予以完善，提高检测质量，能够切实有效地保障外墙外保温工程的安全性、耐久性以及节能效果。系统化的检测研究可以为相关标准制定和施工规范优化提供数据支持，也能够为设计单位、施工单位和监管部门提供科学的决策依据，从而提升整个行业的工程质量管理水平。

1 建筑外墙外保温材料概述

外墙外保温是在建筑外墙外表面设置保温层，以改善墙体保温性能的技术。

其结构复杂，主要由保温层、保护层、黏结层、饰面层等构成。保温层是增强外墙保温性能的关键部分，应优先选用热阻大、导热系数小的保温绝热材料，如岩棉、挤塑板等。保护层对保温效果至关重要，多数由玻璃纤维网格布和抹面胶浆组成，其施工质量直接影响外墙保温能力。黏结层主材料为粘结胶浆，施工时需根据墙体结构特性设置铆钉，注意其位置和数量，粘结胶浆以水泥和乳液为黏结剂，用于黏结保温板或水泥砂浆基层。饰面层为保温层外的装修层，一般需借助金属骨架施工。

2 建筑外墙外保温材料的主要检测内容

2.1 导热系数与节能性能检测

导热系数作为衡量外墙外保温材料节能性能的关键指标，其数值的大小可直观地体现出材料阻隔热量传递的

能力。在建筑的实际使用进程中，导热系数相对较小的保温材料，能够在很大程度上减缓室内外热量交换的速度，既能在冬季减少热量的散失，又能在夏季防止外界热量传入，进而大幅度降低采暖与空调系统的能耗水平。所以，在检测的过程中，要严格按照国家以及行业相关标准，运用规范的检测方法来精准测定材料的导热系数，并且结合建筑节能设计的要求，对材料的整体节能性能展开系统的分析与评价。通过将检测结果和设计控制指标加以对比，一方面可以判断保温材料是否符合节能规范的要求，另一方面还能为工程材料的选用、施工质量的控制以及竣工验收给予可靠的数据方面的支撑。

2.2 力学性能检测（抗压、抗拉等）

外墙外保温材料于长期使用进程中，不但得承受自身所具备的重量，而且还需要能够抵挡住风荷载、因温度变化而产生的应力以及来自外部的冲击等多种多样的作用力。所以说，其力学性能乃是评判该材料适用程度以及工程安全与否的关键要点。抗压强度与抗拉强度在力学性能检测方面属于极为重要的核心指标，这两者会直接对保温材料在施工环节的操作安全性以及在使用期间的长期稳定性产生影响。借助科学且有系统的开展力学性能检测工作，能够精准地判断出材料在受到力的作用状态之下，是否拥有足够的承载能力，进而切实有效地防范因材料强度不够而导致保温层出现变形、开裂或者脱落等种种问题，以此来确保外墙外保温系统的整体结构安全以及耐久特性。除此之外，力学性能检测所得到的结果，还能够给材料选型、施工工艺的优化以及工程质量的验收给予可靠的依据，让外墙外保温系统在符合节能以及装饰相关要求的具备稳固的承载能力以及良好的长期使用性能，进而为建筑的整体安全以及使用寿命给予重要的支撑。

2.3 吸水率与耐久性能检测

吸水率是外墙外保温材料防潮性能与长期使用稳定性的重要关键指标。吸水率过高的材料，导热性能会下降，还易老化，影响系统可靠性与寿命。实际工程里，外墙长期面对雨水、湿气、季节性冻融等，这些都对保温材料有负面影响。所以要靠系统的吸水率与耐久性能检测，全面评估材料在不同环境下的性能变化。做相关试验，能准确判断材料在潮湿、冷冻、长期使用情况下的性能稳定性，给外墙外保温系统的耐久性设计、施工质量控制以及后期维护管理提供科学依据，也给选材决策和工程验收提供可靠数据，保障建筑节能效果长期达成和外墙系统安全可靠运行。

2.4 防火与燃烧性能检测

外墙外保温材料的防火性能属于当下建筑工程质量把控环节里的重点难题之一，特别是在高层建筑、公共建筑以及人员密集的场所当中，要是保温材料出现燃烧情况，那么火势很轻易就会迅速蔓延开来，进而导致极为严重的财产方面的损失以及人员方面的伤亡，由此还会带来相当

大的安全隐患。所以，在针对材料展开检测以及在工程进行验收的过程里面，务必要严格依照国家当下施行的防火标准以及行业的相关规范，对外墙外保温材料的燃烧性能予以全方位的检测并且做出科学合理的分级处理，同时要结合建筑的具体结构、实际的使用功能还有所处的环境条件来对其防火等级做出合理的判定。通过针对材料的燃烧特性、火焰传播的速度、热释放的速率以及烟雾产生的状况等一系列关键指标展开系统的测试操作，能够对它的防火安全性能进行全面且细致的评估，以此为施工环节的选材工作、设计环节的优化工作以及后期的维护工作给予可信赖的依据，与此同时还能保证外墙外保温系统在达成节能效果以及保温效果之时，同样拥有稳定且可靠的消防安全方面的保障措施。

3 建筑外墙外保温材料检测技术与方法

3.1 实验室检测技术

实验室检测技术属于一种极为重要的手段，其在受控环境条件下针对外墙外保温材料性能展开系统测试，具备检测精度颇高、重复性较为出色以及可控性较强等明显特点。借助标准化的试验设备、操作流程严格规范以及统一的环境条件，能够对材料的导热系数、力学性能、吸水率、耐久性以及燃烧性能等关键指标予以全面且系统的测定，进而精准地反映出材料的实际性能。实验室检测所得到的结果往往作为材料性能评价、施工选材以及工程验收的关键依据，在外墙外保温工程质量控制方面发挥着基础性与指导性的作用。规范的实验室检测不但有利于不同材料之间的性能对比，而且能够为设计优化、施工工艺调整以及后期维护给予科学数据方面的有力支撑，以此来为达成建筑节能、结构安全以及长期使用性能目标提供可靠的保障。

3.2 现场检测技术

现场检测技术属于一种重要补充手段，其在工程实际条件之下针对外墙外保温材料以及施工质量展开评估与检测，可如实呈现出材料在使用状态时的性能状况以及系统整体的运行情形。和实验室检测相比较而言，现场检测着重于对已经施工完成的外墙保温系统给予全面评定，借助取样检测、现场实测或者无损检测等方式，来判定材料性能会不会因为施工工艺存在差异、受到环境影响或者处于长期使用条件而出现变化情况。现场检测不但能够察觉到材料存在的局部缺陷、粘结不够良好或者保温层发生开裂等问题，而且可以为施工质量整改、维护管理工作以及工程竣工验收事宜给出科学方面的依据。与此合理运用现场检测技术还能够给工程管理部门以及设计单位带来实时的反馈信息，以此来优化施工工艺以及材料选型工作，提高外墙外保温系统的可靠性、耐久性以及节能效果，进而确保建筑整体的使用安全以及长期运行性能得以保障。

3.3 不同检测技术的适用性分析

实验室检测和现场检测各自身怀绝技且适用范围不

同，在针对外墙外保温材料展开检测之时，得依据实际工程的具体需求来科学且合理地做出选择并加以组合应用，如此才能让二者在材料性能评估以及工程质量把控方面的作用得以充分发挥出来。实验室检测因为是在受控环境里开展的，所以能够对材料的导热系数、力学性能、吸水率、耐久性以及防火性能等诸多关键指标做到高精度的测定，它适用于材料进场之前的性能验证、不同材料之间的性能比对以及工程设计阶段的科学选材，能为工程设计方案的优化以及材料选用给予可靠的科学依据。现场检测则把侧重点放在了施工过程控制以及竣工验收上，它可以真实地反映出已经施工完毕的外墙外保温系统在实际环境当中的性能状况，还能及时发现施工环节当中存在的质量问题，像是粘结情况不佳、保温层出现开裂或者局部性能存在异常等问题，进而为施工整改以及后期维护提供有力的参考依据。通过全面且细致地分析不同检测技术的适用性，并且合理地加以组合运用，便能够构建起较为完善的检测体系，达成从材料选型、施工过程控制一直到工程验收的全方位质量保障，从而大幅提高外墙外保温材料检测工作的科学性、准确性和有效性，同时也为保障建筑的节能效果、结构安全性以及长期使用性能筑牢坚实的技术根基。

4 提高建筑外墙外保温材料检测质量的措施

4.1 完善材料进场与复检制度

材料进场检测以及复检制度，在保障外墙外保温工程质量方面属于极为重要的一个环节，同时也是达成工程具备安全性、耐久性以及节能性能的关键前提所在。借助于针对进场材料展开严格的检测以及验收工作，便能够有效地阻止那些不合格或者性能不太稳定的保温材料进入到施工现场当中，进而从源头之处对工程质量加以把控^[1]。在实际开展工程施工活动的过程中，需要依据建筑的具体类型、施工所处的环境状况以及材料所应具备的性能要求等情况，去科学且合理地设定复检的相关环节，着重针对材料的导热系数、力学性能、吸水率、耐久性以及防火性能等一系列关键指标展开重点检测以及复核操作，以此来保证检测所得到的结果是准确并且可靠的。将材料进场与复检制度予以完善，一方面有利于提升工程施工的可控程度以及规范水平，另一方面还能够在很大程度上降低因为材料不合格而引发的安全隐患以及经济损失情况，与此还能为后续的施工质量监督以及竣工验收工作提供较为可靠的依据，进而构建起从材料选用一直到施工全过程的质量保障体系，切实推动外墙外保温工程整体性能以及使用寿命的提升。

4.2 健全检测标准与管理流程

检测标准以及管理流程实现规范化，这无疑是对提高

检测质量起到极为关键的保障作用的。在实际开展工作的过程当中，务必要严格依照国家层面以及行业领域所制定的相关标准来执行，要清晰明确地界定好检测项目具体包含哪些方面，检测方法又是怎样的，判定依据到底是什么，与此还要着手建立起较为完善的检测管理流程^[2]。借助于对检测操作加以规范，还有对数据管理予以规范，如此一来便能够有效地降低人为因素给检测结果所带来的影响，进而促使检测结果的准确性得以提升，其可信度也能够得到增强，从而为外墙外保温工程的质量控制给予强有力的支撑。

4.3 加强检测设备更新与人员培训

随着外墙外保温技术以及相关材料持续向前发展，检测设备和技术手段同样需要实现同步更新换代，如此才能契合愈发提升的检测方面的要求。检测人员所具备的专业能力会直接对检测质量产生影响，应当借助系统的培训方式来不断地提升他们的技术水平以及规范方面的意识^[3]。通过强化设备的更新工作以及人员的培训事宜，能够使检测工作的专业化程度得到全方位的提升，进而保障外墙外保温材料检测结果具备科学性与可靠性。

5 结语

建筑外墙外保温材料检测属于极为关键的技术环节，其重要性在于能够对建筑节能效果予以保障，同时还能确保使用的安全性。仔细分析主要检测内容、检测技术以及质量提升方面的相关措施可以发现，一套科学且规范的检测体系，对于外墙外保温工程质量的提高而言，有着不容忽视的重要意义。在后续的日子里，于工程实践方面务必要进一步强化针对检测技术的研究工作，与此同时还要着力加强管理制度方面的建设，持续不断地将外墙外保温材料检测工作完善好，从而为建筑节能以及安全给予更为稳固可靠的技术保障。同时，应积极推动新型检测技术的应用和推广，以提升检测效率和精度。未来，结合大数据与智能化手段优化检测流程，也将为外墙外保温工程的科学管理和长期性能提供更加可靠的支撑。

【参考文献】

- [1]段军,徐爽.住宅建筑外墙外保温材料检测技术应用探讨[J].居舍,2025(5):35-38.
- [2]李路程.建筑外墙保温材料应用及检测技术分析[J].现代物业(中旬刊),2020(1):55.
- [3]阳启航.关于建筑外墙节能保温材料及其检测技术[J].中国建筑金属结构,2023,22(7):69-71.

作者简介：范俊雷（1988.2—），单位名称：建研院检测中心有限公司，毕业学校：河北工程大学，专业：工程管理。

高层建筑给排水管网水力计算优化及防回流技术应用

赵青琳

石家庄市万成民用建筑设计有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]高层建筑给排水系统因管网结构复杂，用水点多，建筑高度大等典型特点，其给水排水系统在水力工况的稳定性维持以及用水安全性面临严峻挑战。水力计算偏差极易导致管网压力分布失衡，增加系统能耗，而回流污染现象的发生对饮用水安全造成直接影响。鉴于此，文章研究对高层给排水管网水力计算的核心难点进行了深入的剖析，并在此基础上提出基于EPANET 软件耦合动态节点流量模型的水力计算优化方法，同时也对防回流技术的类型进行系统的梳理，为实际工程的应用提供有力的指导。研究结果显示经优化后的水力计算方法应用效果显著，可以有效控制管网压力偏差，降低能耗，合理的选用防回流装置，可以杜绝回流污染现象的发生。文中所开展的研究可以为高层建筑给排水系统的设计与安全运行提供坚实的技术支撑。

[关键词]高层建筑；给排水管网；水力计算优化；EPANET 模拟；防回流技术；回流污染控制

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18653

中图分类号: TU7

文献标识码: A

Optimization of Hydraulic Calculation and Application of Backflow Prevention Technology for High-rise Building Water Supply and Drainage Pipeline Network

ZHAO Qinglin

Shijiazhuang Wancheng Civil Architecture Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The water supply and drainage system of high-rise buildings faces severe challenges in maintaining hydraulic stability and ensuring water safety due to its complex pipe network structure, multiple water points, and large building height. Hydraulic calculation deviation can easily lead to imbalanced pressure distribution in the pipeline network, increase system energy consumption, and the occurrence of backflow pollution has a direct impact on drinking water safety. In view of this, the article deeply analyzes the core difficulties in hydraulic calculation of high-rise water supply and drainage pipelines, and proposes a hydraulic calculation optimization method based on EPANET software coupled with dynamic node flow model. At the same time, the types of backflow prevention technologies are systematically sorted out, providing strong guidance for practical engineering applications. The research results show that the optimized hydraulic calculation method has significant application effects, which can effectively control the pressure deviation of the pipeline network, reduce energy consumption, and reasonably select anti reflux devices to prevent the occurrence of reflux pollution. The research conducted in the article can provide solid technical support for the design and safe operation of water supply and drainage systems in high-rise buildings.

Keywords: high-rise buildings; water supply and drainage pipeline network; hydraulic calculation optimization; EPANET simulation; anti reflux technology; reflux pollution control

引言

伴随着城市化进程的加快，高层建筑已经成为城市建设的主流趋势，伴随着建筑高度的增加，需要多级分区设计管网，进而导致各区域间的静水压差异较为明显，容易导致高、低层水压不均衡的问题出现，对不同楼层用户的正常用水体验造成了严重的影响^[1]。此外，高层建筑内用水点分布较为密集，并且用水时间段高度集中，增加了水力工况的复杂性。在高层建筑给排水系统领域中，管道布置呈现出紧凑的特点，局部阻力损失占比高，传统计算方法难以实现精准的计算，导致计算结果偏差较大，从而导致水泵能耗居高不下，影响管网运行的稳定性，甚至会导致管道破损^[2]。与此同时，回流污染是高层建筑给排水系统重大安全隐患，管网负压或压力失衡时，非饮用水可

能回流至生活饮用水管网，引发群体性用水事故。近年来国内外多起回流污染致饮用水污染事件，对居民的身体健康与生命安全造成严重的威胁。目前，高层建筑给排水管网水力计算研究多为单一工况静态计算，忽略节点流量动态变化，导致计算结果与实际工况情况存在很大的偏差。防回流技术应用存在选型不合理、安装不规范等问题。因此，本文聚焦高层建筑给排水管网水力计算与防回流技术应用开展系统性研究，以提出兼顾经济性与安全性的方案，填补研究空白。

1 高层建筑给排水管网水力计算现状与难点

1.1 水力计算现状

当前高层建筑给排水管网水力计算主要采用《建筑给水排水设计标准》(GB 50015—2019)推荐的节点流量法，

即根据用水定额和人数计算设计秒流量，再通过管段流量平衡方程和能量方程求解管网压力与流速。该方法具有计算简便、适用性广的特点，在低层建筑设计中应用成熟，但在高层建筑中存在明显局限性：一是设计秒流量计算基于静态平均工况，未考虑不同时段（如早高峰、晚高峰、夜间低谷）的用水流量波动；二是对局部阻力损失的计算多采用经验系数估算，精度较低；三是未考虑竖向分区之间的水力耦合作用，难以精准反映管网整体水力工况。

1.2 核心计算难点

高层建筑不同功能区用水时段差异大，节点流量波动强。传统静态计算用固定设计秒流量，难以精准的捕捉变化，易致管网设计不合理。此外，高层建筑管网因空间受限，管道变化多^[3]。传统经验系数估算误差大，影响计算精度。高层建筑竖向分区供水，分区间靠设备连接，水力工况相互影响。传统独立计算各分区，忽略耦合作用，整体水力预测偏差大。

2 高层建筑给排水管网水力计算优化方法

2.1 优化思路

针对传统水力计算短板，本文提出“动态流量预测+精准阻力计算+全管网耦合模拟”思路：基于用水监测数据建动态节点流量模型以精准预测流量；经管道水力试验得管件局部阻力系数提升计算精度；用 EPANET 软件建全管网模型实现分区耦合模拟精准求解水力参数。

2.2 动态节点流量模型构建

动态节点流量模型依建筑功能分区用水特性，以时间为变量构建。首先安装智能水表对高层建筑各功能区连续 72h 监测得小时流量数据，再用 K-means 聚类算法分类数据识别用水峰、谷、平时段；最后基于聚类结果建各节点流量随时间变化的拟合模型，表达式如下：

$$Q_i(t) = a_i \cdot \sin(b_i t + c_i) + d_i \quad (1)$$

式中： $Q_i(t)$ 是第 i 个节点在时刻 t 的流量 (m^3/h)； a 、 b 、 c 、 d 为拟合参数，利用最小二乘法根据监测数据求出。

2.3 精准阻力损失计算

阻力损失包含沿程及局部阻力损失，对于沿程阻力损失，采用采用达西-魏斯巴赫公式计算：

$$h_f = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

式中： h_f 为沿程阻力损失 (m)； λ 为沿程阻力系数，由科尓布鲁克公式求解； L 为管段长度 (m)； D 为管道内径 (m)； v 为管内流速 (m/s)； g 为重力加速度 (m/s^2)。

局部阻力损失采用局部阻力系数法计算：

$$h_j = \zeta \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

式中， h 表示局部阻力损失 (m)， ζ 是局部阻力系数。

为更精准计算，本文通过管道水力试验，测得高层建筑常用管件（如 90° 弯头等）的局部阻力系数，如表 1 所示。

表 1 常用管件局部阻力系数实测结果对比

管件类型	公称直径 (mm)	实测局部阻力系数 ζ	传统经验系数 ζ	误差 (%)
90°光滑弯头	50	0.65	0.75	13.3
90°光滑弯头	100	0.52	0.60	15.4
三通（分流）	80	1.23	1.50	18.0
减压阀	150	2.85	3.50	18.6

2.4 基于 EPANET 的全管网耦合模拟

利用 EPANET 构建高层建筑给排水全管网水力模型步骤：

- ①拓扑构建，依施工图在软件中绘制元件，输入管段基础参数；
- ②动态流量加载，导入动态节点流量模型，设节点流量边界条件；
- ③阻力参数设置，输入实测的沿程和局部阻力系数；
- ④耦合模拟求解，设模拟时长 72h、步长 1h，求解水力参数。

全管网耦合模拟能直观呈现不同时段水力工况，找出问题管段，为优化设计提供依据。

3 防回流技术类型及应用选型

3.1 防回流技术核心原理

防回流技术的核心原理主要是通过借助水力机制或者物理手段阻断非饮用水向生活饮用水管网的回流通道，以免发生交叉污染的情况。以回流的类型差异主要分为两种情形，一种是虹吸回流，另一种是背压回流。防回流装置可细分为密封型、减压型以及阻断型，通过将回流路径快速的切断，以此为居民的生活饮用水安全提供保障。

3.2 主要防回流技术类型及特性

常用防回流技术有空气隔断、真空破坏器、倒流防止器等，其工作原理、适用场景及优缺点详见表 2。

3.3 防回流技术选型策略

防回流技术的选型需要考虑管网的压力状况，回流风险等级以及安装空间条件等。针对污水处理间、化工企业、医院等高回流风险的区域，建议选用密封型或减压型倒流防止器。真空破坏器主要应用于绿化灌、成面雨水管等虹吸回流风险的场景中，可以有效控制成本。对于水箱溢流等回流风险较低，且安装空间充足的场景，主要应用于空气隔断。在二次供水系统、消防水系统与饮用水管网的衔接部位建议使用减压型倒流防止器，并按既定周期对其密封性能开展专业检测。防回流装置安装要求要远离振动源，倒流防止器装于回流污染源上游；空气隔断间隙 \geq 管道直径 2.5 倍且 $\geq 25\text{mm}$ ；真空破坏器装于管道最高点。

表 2 主要防回流技术类型及特性对比

防回流技术类型	工作原理	适用场景	优点	缺点
空气隔断	利用空气作为隔断介质，使生活饮用水管道与非饮用水容器之间保持一定的空气间隙	水箱溢流管、卫生器具排水口、污水提升设备接口	结构简单、成本低、无能耗、防回流效果可靠	占用空间大、需定期检查空气间隙是否被堵塞
真空破坏器	当管网出现负压时，自动开启进气阀引入空气，破坏虹吸效应，阻断虹吸引流	热水供应系统、屋面雨水管与饮用水管连接点、绿化灌溉用水接口	体积小、安装方便、响应速度快、成本较低	仅能防止虹吸引流，无法阻断背压回流；需定期维护进气阀
减压型倒流防止器	采用双止回阀结构，中间设置减压腔，当出现回流趋势时，减压腔压力降低，触发阀门关闭，阻断回流	消防水系统与饮用水管网连接点、工业用水与生活用水接口、二次供水加压设备出口	可同时防止虹吸引流和背压回流；防回流效果稳定	成本较高、存在一定水头损失、需定期校验双止回阀密封性
密封型倒流防止器	通过弹性密封件实现阀门的严密关闭，在管网压力波动时保持密封状态，阻断回流	高污染风险区域（如医院污水系统、化工企业用水接口）	密封性能好、防污染等级高	成本高、维护难度大、水头损失较大

4 工程案例验证

4.1 工程概况

某高层综合体集住宅、办公、商业于一体，地下两层、地上多楼层，分商业、办公、住宅区域。给排水系统竖向分区供水，低区由市政管网直供，中区采用变频加压泵供水，高区采用高位水箱+加压泵供水。管网采用 PPR 管，本次研究针对中、高区给排水管网开展水力计算优化，并在关键节点配置防回流装置。

4.2 水力计算优化实施

首先，对商业、办公、住宅区域进行 72h 用水流量监测，建立动态节点流量模型；其次，实测常用管件局部阻力系数，用 EPANET 软件构建全管网耦合模型；最后，经模拟求解不同时段水力参数，识别出原设计存在压力过高和不足的管段。

针对这些问题优化调整管网：

- ① 对压力过高管段扩径；
- ② 调整压力不足管段处变频加压泵运行参数以优化供水曲线；
- ③ 合理布置减压阀平衡分区压力。

根据工程回流风险评估，在关键节点配置防回流装置：

- ① 消防水系统与生活饮用水管网连接处装减压型倒流防止器^[4]；
- ② 屋面雨水回收系统与绿化灌溉用水接口装真空破坏器；
- ③ 高位水箱溢流管与排水管道连接处设空气隔断；
- ④ 商业区域厨房污水提升设备与饮用水管邻近接口装密封型倒流防止器。

为验证效果，开展回流模拟试验：消防水系统压力高于生活饮用水管网时，倒流防止器快速关闭，无回流；屋面雨水管出现负压，真空破坏器自动进气，阻断虹吸引流。

工程实施后对管网运行工况结果显示：水力计算优化使各关键节点压力偏差控制在合理范围，满足设计要求；

管网运行能耗降低，年节约电费可观；防回流装置运行稳定，未出现回流污染；高层供水不足与低层水压过高问题得到彻底解决，用户用水满意度提升。

5 建筑工程给排水系统管网布局优化策略

5.1 优化设计方法

基于拓扑优化的管网布局：拓扑优化是一种新型的结构优化方法，它通过对结构的拓扑形式进行优化，以达到减轻结构重量、提高结构性能等目的。将拓扑优化方法应用于建筑工程给排水管网布局，以管网的总投资、水头损失、可靠性等为目标函数，通过优化管网的拓扑结构，确定最优的管道连接方式和布局形式。多目标优化方法：建筑工程给排水系统管网布局的优化往往涉及多个目标，如经济性、水力性能、可靠性等。采用多目标优化方法，如加权法、模糊综合评价法等，将多个目标进行综合考虑，通过对不同目标赋予不同的权重，得到满足不同需求的最优布局方案^[5]。例如，在一个住宅小区的给排水管网设计中，对于经济较为紧张的开发商，可以适当提高经济性目标的权重，优先考虑降低建设成本；而对于对居住品质要求较高的小区，则可以提高水力性能和可靠性目标的权重，确保居民用水的舒适性和稳定性。

5.2 新技术应用

物联网技术在管网监测与优化中的应用：利用物联网技术，在给排水管网中安装各种传感器，如压力传感器、流量传感器、水质传感器等，实时采集管网的运行数据。通过对这些数据的分析和处理，及时发现管网中的故障和异常情况，如管道漏水、水压异常等，并采取相应的措施进行修复和调整。同时，根据实时监测的数据，对管网的运行进行优化调度，如合理调整水泵的运行频率和台数，实现节能降耗。BIM 技术在管网设计与布局中的应用：BIM（建筑信息模型）技术具有可视化、协同性、模拟性等特点，在建筑工程给排水系统管网设计与布局中具有广阔的应用前景。通过建立三维的 BIM 模型，可以直观地展示管网的布局情况，方便设计人员进行方

案的讨论和优化。同时，利用 BIM 模型的模拟功能，可以对管网在不同工况下的运行情况进行模拟分析，提前发现潜在的问题，如管道碰撞、水力失调等，并及时进行调整。

6 结论

城市给排水管网改造不仅是技术更新，更是城市管理理念的革新。给排水管网改造需要我们兼顾经济效益、环境效益和社会效益，本文针对高层建筑给排水管网水力计算与防回流技术应用开展研究，结论如下：“动态节点流量预测+精准阻力损失计算+全管网耦合模拟”的水力计算优化方法可提高计算精度、降低运行能耗；不同防回流技术适用场景不同，基于相关因素的选型策略能平衡防回流效果与经济性，减压型倒流防止器适用于高风险场景，工程案例验证，优化计算方法与合理应用防回流技术可保障管网稳定高效安全运行。

【参考文献】

- [1] 张琳明. 城镇老旧小区给排水改造中的问题及解决措施[J]. 工程技术研究, 2022, 7(13):219-221.
- [2] 刘旭晔, 由和璧, 陈泓光, 等. 城镇老旧小区给排水改造优化策略研究[J]. 建设科技, 2022, 12(22):41-43.
- [3] 曲振军, 邸文正. 基于多目标优化算法的市政给排水管网改造模型[J]. 工程建设与设计, 2022, 11(8):36-38.
- [4] 张慧, 秦玥, 杨娟. 市政工程给排水管网改造设计分析[J]. 工程技术研究, 2022, 7(21):182-184.
- [5] 张亮. 城市给排水管网的现状及建设改造方案探讨[J]. 门窗, 2023(2):223-225.

作者简介：赵青琳（1993.7—），毕业院校：唐山学院，所学专业：建筑环境与设备工程，当前就职单位：石家庄市万成民用建筑设计有限公司，职务：给排水设计，职称级别：工程师。

城市更新背景下历史建筑保护与周边路桥改造协同规划

尹实之

襄阳路桥建设集团有限公司，湖北 襄阳 441002

[摘要]在城市更新实践中，周边路桥改造作为完善基础设施、激活片区活力的重要手段，往往涉及空间拓展、荷载提升、线路优化等工程内容，而历史建筑保护对空间利用、施工工艺、环境扰动等有着严格限制，二者在实施过程中易出现规划脱节、目标冲突、资源浪费等问题。如何在城市更新背景下，实现历史建筑保护的真实性、完整性与周边路桥改造的功能性、安全性、高效性有机协同，避免“重改造、轻保护”或“重保护、轻发展”的极端倾向，成为当前城市规划与治理领域亟待解决的重要课题。

[关键词]城市更新；历史建筑保护；周边路桥改造；协同规划

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18644 中图分类号: TU984 文献标识码: A

Collaborative Planning of Historical Building Protection and Surrounding Road and Bridge Renovation under the Background of Urban Renewal

YIN Shizhi

Xiangyang Road & Bridge Construction Group Co., Ltd., Xiangyang, Hubei, 441002, China

Abstract: In the practice of urban renewal, the renovation of surrounding roads and bridges, as an important means to improve infrastructure and activate the vitality of the area, often involves engineering content such as spatial expansion, load lifting, and line optimization. However, the protection of historical buildings has strict restrictions on space utilization, construction technology, environmental disturbance, etc., and the two are prone to problems such as planning disconnection, target conflicts, and resource waste during the implementation process. How to achieve an organic synergy between the authenticity and integrity of historical building protection and the functionality, safety, and efficiency of surrounding road and bridge renovation in the context of urban renewal, and avoid extreme tendencies of "heavy renovation, light protection" or "heavy protection, light development", has become an important issue that urgently needs to be addressed in the field of urban planning and governance.

Keywords: urban renewal; preservation of historical buildings; surrounding road and bridge renovation; collaborative planning

1 历史建筑保护与周边路桥改造协同规划的核心矛盾

1.1 文化传承与功能提升的失衡

历史建筑保护的核心目标是维护建筑本体的真实性、完整性与文化价值，优先保障历史风貌的延续与文化功能的传承，对空间利用、工程扰动、风貌变化有着严格的限制，往往追求“最小干预”原则。而周边路桥改造的核心目标是提升交通通行效率、完善基础设施功能、适配现代城市生活需求，往往需要通过拓宽道路、提升荷载、优化线路等方式实现功能升级，易对历史建筑及周边环境产生较大扰动。二者目标的差异易导致规划方向的冲突：过度强调路桥改造的功能提升，可能破坏历史建筑的结构安全与周边风貌；过度强调历史建筑保护，可能限制路桥设施的升级空间，导致片区交通拥堵、设施滞后等问题难以解决，形成“保护与发展”的两难困境。

1.2 肌理延续与线路优化的冲突

历史建筑周边片区往往形成了独特的空间肌理，包括道路的走向、宽度、街巷格局、建筑间距等，这些肌理是

历史文化氛围的重要组成部分，也是历史建筑保护的核心内容之一。而路桥改造为实现通行效率最大化，往往需要对原有道路进行拉直、拓宽、裁弯取直，或新建桥梁、隧道等设施，可能打破原有空间肌理的连续性与完整性。例如，道路拓宽可能占用历史建筑周边的庭院、街巷空间，破坏建筑与周边环境的空间关系；线路拉直可能改变原有街巷的格局，导致历史片区的空间特色消失。同时，历史建筑的存在也可能限制路桥线路的优化空间，导致改造方案难以实现最优的交通组织效果。

1.3 保护要求与工程规范的差异

历史建筑保护有着特殊的技术标准与要求，例如在结构加固方面，需采用与原有建筑材料、工艺相兼容的技术，避免使用对建筑本体造成损伤的加固方式；在风貌控制方面，需严格控制周边建筑的高度、体量、材质、色彩，避免与历史建筑风貌冲突。而路桥改造遵循现代工程技术规范，强调结构安全、通行效率、施工便捷性，其技术标准与历史建筑保护要求存在明显差异。例如，路桥改造中常用的重型施工机械、大开挖施工工艺，可能对历史建筑的

地基、墙体造成损伤；路桥设施的配套构件（如路灯、护栏、指示牌等）的样式、材质，若按照现代标准设计，可能与历史建筑周边风貌不协调。此外，历史建筑周边的地质条件往往较为复杂，进一步加剧了路桥改造工程规范与历史建筑保护技术要求的矛盾。

1.4 工期管控与保护精度的失衡

路桥改造工程往往有明确的工期要求，需要快速推进施工以减少对周边居民生活与交通的影响，施工过程中强调效率优先。而历史建筑保护对施工过程的精度、安全性要求极高，需要进行详细的勘察、设计、监测，施工过程中需严格控制振动、沉降、粉尘等扰动因素，必要时需采用手工施工、分段施工等方式，导致施工周期较长、效率较低。二者在实施节奏上的差异易导致矛盾：若追求路桥改造工期，可能简化历史建筑保护的勘察、监测流程，增加建筑受损风险；若严格遵循历史建筑保护的施工要求，可能导致路桥改造工期延误、成本增加。同时，二者的施工范围往往相互重叠，施工工序的衔接不当也可能引发安全隐患与冲突。

2 历史建筑保护与周边路桥改造协同规划的机制构建

2.1 多元主体协同治理机制

构建“政府主导、部门联动、社会参与”的多元主体协同治理机制，明确各主体的职责与分工，形成工作合力。政府层面成立专门的协同规划领导小组，统筹协调历史建筑保护、路桥改造、规划审批、施工管理等工作，打破住建、交通、文旅、规划等部门的壁垒，建立常态化的沟通协调机制。部门层面加强分工协作，住建部门负责历史建筑的保护与修缮监督，交通部门负责路桥改造的规划设计与施工推进，文旅部门负责历史文化价值的挖掘与指导，规划部门负责整体规划的编制与审批。社会层面鼓励周边居民、文化保护组织、专家学者参与协同规划的全过程，通过听证会、座谈会、公示等方式，广泛征求意见，确保规划方案的科学性与合理性。同时，引入市场主体参与历史建筑的活化利用与路桥改造的投融资，缓解政府财政压力，提升规划实施的可持续性。

2.2 全流程协同规划机制

建立从前期勘察、规划设计、施工建设到运营管理的全流程协同规划机制，实现各环节的有机衔接。前期勘察阶段，同步开展历史建筑的详细勘察（包括结构状况、文化价值、周边环境）与路桥设施的现状勘察（包括道路等级、桥梁结构、交通流量），整合勘察数据，为规划设计提供统一依据。规划设计阶段，由同一规划团队或牵头单位统筹编制历史建筑保护规划与周边路桥改造规划，确保二者在空间布局、技术标准、风貌控制等方面衔接统一，避免规划冲突。施工建设阶段，建立联合施工管理小组，统筹协调历史建筑保护与路桥改造的施工工序，同步开展

施工监测与保护监督，及时解决施工过程中出现的矛盾与问题。运营管理阶段，建立联合运维机制，同步开展历史建筑的日常维护与路桥设施的运营管理，定期开展安全检测与评估，根据评估结果优化运维方案，实现长期协同发展。

2.3 信息共享与技术支撑机制

构建统一的信息共享平台，整合历史建筑、路桥设施、规划方案、施工进度、监测数据等各类信息，实现各部门、各主体之间的信息互通与共享，避免信息不对称导致的规划脱节与冲突。依托大数据、物联网、BIM（建筑信息模型）、GIS（地理信息系统）等先进技术，构建协同规划的技术支撑体系。利用BIM技术构建历史建筑与路桥设施的三维模型，模拟改造方案的实施效果，优化空间布局与施工工艺；利用GIS技术分析历史建筑周边的空间肌理、交通流量，为规划方案的制定提供数据支撑；利用物联网技术对施工过程中的振动、沉降、噪音等指标进行实时监测，及时预警可能对历史建筑造成的损伤，保障保护与改造工作的安全推进。

2.4 利益协调与风险防控机制

建立健全利益协调机制，针对多元主体的诉求差异，通过协商、调解、补偿等方式，平衡各方利益。对因路桥改造受到影响的周边居民，合理制定补偿安置方案，保障其合法权益；对历史建筑活化利用的市场主体，给予政策扶持与激励，提升其参与积极性；对文化保护组织的合理诉求，充分予以采纳，确保历史文化价值得到有效保护。同时，建立风险防控机制，识别协同规划与实施过程中的潜在风险（包括历史建筑受损风险、施工安全风险、利益冲突风险、资金风险等），制定风险评估指标体系与应急预案，定期开展风险评估，及时采取防控措施，降低风险损失，保障协同规划工作的顺利推进。

3 历史建筑保护与周边路桥改造协同规划的技术路径

3.1 前期勘察与评估技术路径

前期勘察与评估是协同规划的基础，需采用科学的技术方法，全面掌握历史建筑与周边路桥设施的现状，为规划设计提供依据。历史建筑勘察方面，采用无损检测技术（如超声波检测、雷达检测）对建筑本体的结构状况、材料性能进行检测，避免传统检测方式对建筑造成损伤；通过文献调研、实地调研等方式，挖掘历史建筑的文化价值、历史背景与周边环境特征，明确保护范围、保护要求与风貌控制标准。路桥设施勘察方面，对道路的路面状况、路基稳定性、交通流量、通行能力进行检测评估，对桥梁的结构安全性、荷载等级、使用寿命进行全面检测，明确改造的重点与难点。同时，开展协同评估工作，分析路桥改造对历史建筑的潜在影响（包括结构扰动、风貌破坏、环境影响等），制定影响评估报告，为规划方案的制定提供约束条件。

3.2 空间布局协同设计路径

空间布局协同设计的核心是实现历史建筑保护与路桥改造的空间适配，维护历史片区的空间肌理与文化风貌。道路改造方面，优先采用“窄马路、密路网”的布局模式，避免大规模拓宽道路，尽量保留原有道路的走向与格局；对必须拓宽的道路，采用单侧拓宽、局部拓宽等方式，减少对历史建筑周边空间的占用；优化道路横断面设计，合理划分机动车道、非机动车道与人行道，优先保障慢行交通，构建与历史片区氛围相适配的交通环境。桥梁改造方面，若桥梁位于历史建筑核心保护范围内，优先采用加固、修缮的方式提升其功能，避免新建、改建对历史风貌造成破坏；若需新建桥梁，其造型、体量、材质需与历史建筑及周边环境相协调，避免过度现代化设计。同时，合理规划路桥配套设施的布局，将路灯、护栏、指示牌等设施融入历史风貌，采用仿古设计或隐蔽式布局，减少对历史环境的视觉干扰。

3.3 技术标准协同适配路径

针对历史建筑保护与路桥改造技术标准的差异，构建适配性的技术标准体系，实现二者的技术协同。结构安全方面，路桥改造的结构设计需充分考虑历史建筑的结构稳定性，采用减震、隔振技术减少施工与运营过程中振动对历史建筑的影响；历史建筑的加固技术需与路桥改造的荷载要求相适配，确保建筑本体能够承受周边路桥设施的荷载传递与振动影响。风貌控制方面，制定专门的风貌协同技术标准，明确路桥设施的设计规范与历史建筑保护的风貌要求，对路桥设施的材质、色彩、样式进行严格控制，确保与历史建筑风貌协调。施工技术方面，推广采用低影响施工技术，如非开挖施工技术、手工施工技术、分段施工技术等，减少对历史建筑的扰动；对施工过程中的振动、沉降等指标制定严格的控制标准，采用实时监测技术确保指标符合要求。

3.4 施工过程协同管控路径

施工过程的协同管控是保障历史建筑安全与路桥改造顺利推进的关键。制定协同施工方案，明确历史建筑保护与路桥改造的施工工序、施工范围、施工节奏，避免工序冲突与交叉干扰；优先开展历史建筑的保护加固工程，再推进路桥改造施工，为路桥改造提供安全约束。加强施工过程监测，在历史建筑本体及周边设置监测点，对振动、沉降、位移等指标进行实时监测，建立监测预警机制，若监测数据超出阈值，立即停止施工，调整施工方案。优化施工组织管理，采用绿色施工技术，控制施工粉尘、噪音、

污水等污染，减少对周边环境与居民生活的影响；加强施工人员的培训，提高其历史建筑保护意识与专业施工技能，避免因操作不当对历史建筑造成损伤。

3.5 活化利用与交通融合路径

以协同规划为纽带，推动历史建筑活化利用与周边交通系统的深度融合，实现文化价值与功能价值的统一。结合历史建筑的文化特色与周边交通条件，合理确定活化利用方向，将其打造为文化展馆、民俗体验馆、特色民宿、文创空间等，同时优化周边交通组织，增设步行道、自行车道等慢行设施，构建“交通+文化”的游览路线，提升历史建筑的可达性与吸引力。利用路桥改造后的空间资源，规划建设小型停车场、游客服务中心等配套设施，满足游客与居民的需求，同时避免配套设施对历史建筑风貌造成破坏。此外，通过交通标识系统的优化设计，将历史建筑的文化元素融入交通标识，实现交通引导与文化展示的双重功能，提升历史片区的整体文化氛围。

4 结论

城市更新背景下，历史建筑保护与周边路桥改造的协同规划是实现城市文化传承与功能提升双赢的关键路径。二者在规划目标、空间布局、技术标准、实施过程、利益主体等方面存在诸多矛盾，这些矛盾的核心是文化传承与功能发展的失衡、多元诉求的不协调。为解决这些矛盾，需遵循文化优先、功能适配、低影响开发、系统协同、可持续发展的原则，树立整体统筹、风貌融合、活化利用、精准施策的理念，从机制构建、技术路径、实施保障三个层面构建系统性的协同规划体系。

[参考文献]

- [1]陈美玲,郭红光,董治,等.历史建筑更新的价值实现路径[J].建筑经济,2025,46(9):43-46.
 - [2]张皓,姚桂凯.历史地区城市更新中的话语、理念与制度[J].规划师,2023,39(7):56-63.
 - [3]金余挺.泛建筑视域下的历史建筑保护与更新研究[J].美与时代(上),2023(5):43-48.
 - [4]侯建设.城市更新下历史建筑保护风险防控[J].上海建设科技,2022(6):13-17.
 - [5]闫峻明.城市更新过程中对历史建筑的安全状态控制[J].建筑安全,2022,37(8):42-47.
- 作者简介：尹实之（1985.6—），男，武汉理工大学，土木工程，襄阳路桥建设集团有限公司，项目经理，高级工程师。

零碳园区建设中建筑屋顶光伏系统应用研究

张培

河北能源工程设计有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]在“双碳”战略不断深化的背景下，零碳园区是实现区域能源结构调整和产业绿色发展的重要平台，逐渐成为新型产业园区发展的趋势所在。建筑物既是园区内的主要耗能点也是主要的碳排放者，因此能否实现建筑物的低碳用能对整个零碳园区建设的成功与否至关重要。建筑屋顶光伏发电系统因其分布广且分散、就近利用以及技术相对可靠的特点而具备应用于零碳园区的价值潜力。文中基于零碳园区建设的目的，分别从建筑屋顶光伏发电系统的应用价值、建筑屋顶光伏发电系统的应用模式、建筑屋顶光伏发电系统的建设路径以及建筑屋顶光伏发电系统存在问题等方面进行详细剖析，分析了建筑屋顶光伏发电系统如何通过调整园区能源结构来减少碳排放并从中获得最大化的收益，并在此基础上提出相应的解决措施，以期对建筑屋顶光伏发电系统在零碳园区中的合理运用有所借鉴意义。

[关键词]零碳园区；建筑屋顶光伏；分布式光伏

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18651

中图分类号: TU201.5

文献标识码: A

Research on the Application of Building Roof Photovoltaic Systems in Zero Carbon Park Construction

ZHANG Pei

Hebei Energy Engineering Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Against the backdrop of the continuous deepening of the "dual carbon" strategy, zero carbon parks are an important platform for achieving regional energy structure adjustment and industrial green development, gradually becoming a trend in the development of new industrial parks. Buildings are both the main energy consuming points and carbon emitters within the park, so achieving low-carbon energy consumption for buildings is crucial to the success of the entire zero carbon park construction. The rooftop photovoltaic power generation system has the potential to be applied in zero carbon parks due to its wide and dispersed distribution, nearby utilization, and relatively reliable technology. Based on the purpose of zero carbon park construction, this article provides a detailed analysis of the application value, application mode, construction path, and existing problems of building rooftop photovoltaic power generation systems. It analyzes how building rooftop photovoltaic power generation systems can reduce carbon emissions and maximize benefits by adjusting the energy structure of the park. Based on this, corresponding solutions are proposed to provide reference for the rational application of building rooftop photovoltaic power generation systems in zero carbon parks.

Keywords: zero carbon park; building rooftop photovoltaics; distributed photovoltaic

引言

伴随地球变暖趋势愈加严峻，加速能源结构调整朝着低碳化的方向转变已经成为世界各国共同的追求。中国在“双碳”发展战略目标的指导下也在探寻适合自身的低碳化发展方向，零碳园区是承载产业、能源和空间三大方面的有效载体对地区减碳和绿色发展可以起到良好的带头模范作用。园区内建筑物数目众多且能耗密集属于大型耗能体、排碳体。将可再生电力系统嵌入建筑内部是使园区走向零碳化有效方法。屋顶光伏系统是最主要的一种分布式发电形式，它具有安装环境比较成熟、与建筑物结合紧密等优点，在零碳园区的应用上具有很大的潜力。但是屋顶光伏系统的应用仍然有很多难题有待突破，例如技术适应性的问题、经济效益问题和管理制度的问题，需要我们对其进行系统的分析。

1 建筑屋顶光伏系统在零碳园区建设中的应用价值

1.1 优化园区能源结构与清洁能源供给能力提升

在零碳公园发展背景下，建筑屋顶光伏系统借助园区的各种建筑屋顶科学设置光伏板，把太阳能这种可再生资源直接转换成为电能并且及时消费。增加了园区内清洁能源的比例。在常规园区的能源结构之下，电能主要依靠外部公用电网提供，能源以燃煤发电为代表的化石类能源为主，能源利用率低，碳排放量大，不能达到绿色节能的发展目标，屋顶光伏的应用使得园区的能源供应模式从传统的集中式供电逐渐过渡到分布式及多元化的供电方式，提高了园区供电的稳定性以及灵活性，减轻了常规化石能源和外部电网输入的压力。此外，分布式发电依托建筑物主体就近发近用的方式也可以减少远距离送变电过程中电

能的损失，增加电能利用率，在一定程度上可以缓解电网的压力。随着屋顶光伏装机容量不断增加，园区可以实现以可再生能源为主的能源供应格局，从而带动整个园区能源结构向更清洁、更低碳、更高效率的方向转变。

1.2 碳减排效应与零碳目标支撑作用

在推进零碳园区的过程中，建筑屋顶光伏系统有明显的降碳效果，并成为了实现零碳化的一个主要支撑方式。光伏发电是一种常见的可再生清洁能源，在进行发电时不会有任何直接的碳排放，而且还可以代替园区内部以及从外网接入的电厂燃烧化石燃料所产生的电力来满足园区内的能耗需求，从而大幅度削减了燃煤发电以及燃天燃气发电所带来的间接碳排放。园区里屋顶光伏系统安装量越多，光伏发电在其能源系统中的比例越大，则该园区应用清洁能源的比例便越高，有利于对园区碳排放规模进行约束，在长期上也能对园区趋近于零排放起到可靠的技术保证作用。此外，屋顶光伏系统的发电特性与园区内的用电规律具有一定的时间上的契合度。尤其是到了白天日照强烈且用电高峰的时候，可以直接向建筑物输送绿色低碳的电能，对大电网的依赖较小，可以有效减轻电网尖峰时刻的供电负担。即发即用的模式不仅能提升能源的应用效率，而且还能增强园区能源系统运行中的低碳化程度以及自我调节水平。另外，屋顶光伏发电系统的普遍应用也为园区碳排放核算、碳排放权交易以及评估园区是否具备绿色发展能力提供了必要的基础数据信息支持。如此，使得整个零碳型园区构成了一个在能源供给、环境保护和经济效益三方面互为闭合联系且可循环持续的低碳发展模式，为其达成零碳化目标打下了牢固的基础。

1.3 园区经济效益与综合可持续发展价值

在经济方面来说，建筑物屋顶光伏系统除了有环保效应之外还能够给园区提供稳定的经济效益。园区可以通过自发电自用，多余电量并入电网等手段来降低其自身的用电花费，节约电费，增加利润。而与此同时随着技术的发展以及建设成本的日益降低，屋顶光伏系统带来的经济效益将会更加突出。同时屋顶光伏系统的建设以及运作可以推进相关产业的发展，提高园区形象，增加园区的综合实力。把经济效益跟社会效益及环境效应有效的结合起来，在推动园区可持续发展中建筑屋顶光伏系统有着巨大的作用。

2 零碳园区中建筑屋顶光伏系统的主要应用形式

2.1 不同类型建筑屋顶光伏配置模式

零碳园区建筑物种类繁多，不同类型建筑的功能用途、结构和屋面情况有所不同，相应的屋面光伏系统安装形式也有所不同，需要具体问题具体分析。工业厂房的屋面一般较大较规整，宜大规模安装光伏发电设备，是典型的光伏发电系统的应用对象。办公楼以及研发中心的屋顶结构较为复杂，可依据建筑设计进行光伏组件的一体化安装设计，做到实用和美观相结合。而公共服务设施的屋顶可以

安装分布式光伏发电系统起到良好的示范作用，增强园区整体绿色低碳的理念。针对不同类型屋面安装不同的光伏发电系统，能充分利用园区建筑物屋顶资源，提升光伏系统应用程度。

2.2 屋顶光伏与储能系统的组合应用

零碳园区的建设中，为了加强建筑物屋顶光伏系统的就地消纳水平及运行安全可靠性，更多的园区开始推进屋顶光伏和储能设施的深度融合应用。储能装置可以在光伏大发电、用电负荷需求较小的时间段，把多余的电量储存起来，在用电高峰或者光照较弱发电不足难以覆盖园区负荷需求时进行放电，给整个园区电网系统供电，以此达到供用电平衡。此模式下光伏与储能的配套使用既可以解决光伏发电的不稳定以及波动的问题，增加园区内能源系统的稳定程度和可靠性，又可以对电力调度计划做出调整，降低对大电网的依赖度，经过测算并制定合理的储能系统容量，这样园区就可以根据需要在不同的时间对电能做出调节控制，提高其能源利用的灵活性和自主性，增强自身抵御风险的能力。另外光伏加储能的配合运行也可以为园区的高比例低碳化工作提供技术支持，同时也可作为智慧能源管控平台优化调度的基础条件，使得光伏发电与储能、负荷之间形成闭环联动，进而促进园区向着更清洁、低碳、高效的能源格局转型。

2.3 屋顶光伏与园区智慧能源系统协同运行

随着信息技术和能源技术不断融合的趋势下，建筑物屋顶光伏发电系统开始向产业园区的智能能源综合管理系统有机结合，形成信息化、可视化及智能化的智慧能源管理方式。智慧能源管理系统通过采集监控光伏发电功率、园区负荷需求、储能装置运转状况、气象因素等多种信息并加以处理分析，实现对园区内部的生产、储备、消耗等一系列能源活动的准确协调控制，达到供需平衡的目的。其过程中，屋顶光伏发电不仅是清洁能源的供应者还是智慧能源系统的数据输入端口，协助智慧能源系统做出对光伏发电预测、负荷控制、储能的合理安排。联合运行方式提高了光伏的光电转化率及利用率，还通过智能管控节约了能源损耗，减少了不必要的开支。更为重要的是提升了园区供电系统的灵活度和适应性，可以根据实际负荷变化和自然光照情况调节自身运作，确保园区稳定可靠的供电供应。屋顶光伏系统成为了智慧能源系统不可或缺的一部分，在整个零碳园区的能源治理方面有着重要的支撑功能，不仅助力园区能源的绿色、低碳转型，同时也为之后产业园区的能源智能化管理和发展做好准备。

3 零碳园区建筑屋顶光伏系统的实施路径与关键措施

3.1 规划设计与技术路线选择

对于零碳园区的建设，建筑屋顶光伏系统的合理部署应该从园区总体规划环节开始综合考虑，在园区总体布局

规划设计和各单体建筑设计中首先应对建筑屋顶的结构承载力进行详细评估，计算屋顶允许安装的光伏板重量以及其他附件荷载情况，确保光伏系统的稳定安全应用；其次根据屋顶方位、倾斜角度、遮挡、光照时间等条件确定合理的光伏阵列排布方式，选择最优朝向，提高光伏发电量。对于技术路径的选择则应该根据园区用电负荷特点、用能需求曲线以及远期规划来合理选取光伏板种类、转换效率、逆变器型号、系统容量等，并充分考虑光伏板与建筑物的一体化设计、便于运维检修以及成本经济性等问题。通过提前的系统分析和规划设计能够有效避免日后因为扩容改造或者重新调整而造成不必要的浪费和经济损失，也使得光伏系统更好地融入到园区的整体能源体系并具有良好的扩展性。同时兼顾园区的能源中长期规划和减碳目标，还可以根据不同建筑用途制定差异化的光伏设计方案，例如工业生产车间、办公场所或者公共服务设施的屋顶光伏铺设可以有不同的安排，以达到整个园区内光伏系统最大化的利用效能，为打造零碳园区提供了强有力支撑和技术保障。

3.2 建设实施与运行维护管理机制

在项目建设期间需要强化施工管理与质量管理，保证屋顶光伏系统能够与整个建筑物牢固、可靠地结合在一起。在施工中要严格按照相关的技术规定及标准来实施，保证整个系统的安装质量。在投入运行阶段，要建立健全相应的运维管理制度，定期对光伏系统进行巡视检查以及性能测试，以便及时发现问题和解决问题。通过科学的运维管理，有利于延长光伏系统的使用寿命，使其能长期平稳的进行工作，为整个园区源源不断供应绿色能源。

3.3 投融资模式与政策保障措施

建筑屋顶光伏发电系统的推广离不开科学的投融资体系以及相应的政策扶持。合理地构建多种投融资机制，可以更好地为园区减轻对光伏系统投资的资金负担，提升了园区进行项目建设的可能性^[2]；完善相关政策措施如简化并网程序、完善补贴奖励政策等有利于提升园区建设方开展屋顶光伏建设的积极性。政策同市场机制相互配合，为零碳园区建筑屋顶光伏发电系统的广泛应用提供了政策基础。

4 零碳园区建筑屋顶光伏系统应用面临的问题与对策建议

4.1 技术条件与建筑结构约束问题

在现实操作过程中，一些园内建筑物因为屋顶构造复杂、承重较低导致限制了屋顶分布式光伏系统的布局规模与方式；而且各个建筑建造时期不同，设计标准也不尽相同，为光伏系统的一体化安装实施造成了一些阻碍^[2]。对此应当在园区总体规划的基础上做好技术性整合，在此基

础上合理评价并加固现有建筑结构。提高屋顶光伏系统的兼容性与安全性。

4.2 经济性与运营管理方面的现实挑战

虽然目前屋顶光伏发电系统的整体经济性随着技术的发展、组件成本降低不断提高，但是在一些零碳园区仍面临着投资回报期长、收益不稳定及经济收益不明朗等情况，从而在一定程度上打击了园区管理方及投资者的积极性。此外，光伏系统在使用过程中的监控管理、日常管理和故障检修方面都有较高的管理要求，但是很多园区缺乏系统的规范化运营管理政策，使得系统的发电性能以及经济效益无法达到最佳^[3]。因此，应该合理设计系统方案，提高系统运营管理效率，增加智能管理方法等措施，同时采用合理的商业模式如自发自用加余电上网的形式、第三方提供运维服务或开展分布式能源交易等手段，来增加屋顶光电系统的经济效益和稳定保障，使光伏发电系统能够长期稳定的持续运行下去，以达到零碳园区的减排目标和经济目标双优的结果。

4.3 标准规范与政策协同优化对策

目前零碳园区建设及屋顶光伏发电系统的应用，在相关的标准规范和配套政策上还有待进一步提高。一些技术规范和管理制度不能够满足对零碳园区发展的要求，政府扶持和协调力度不足。建立健全相应的标准制度，做好相关的政策规划和指引工作能够更好的促进屋顶光伏发电系统在零碳园区的应用和发展，使其有序化、规模化发展。

5 结语

建筑物屋顶光伏发电作为零碳产业园区能源系统中不可或缺的一部分，在调整能源结构，减少碳排放以及实现综合效益上有着重要影响，合理设计应用模式，健全实施方案，积极解决实际困难，可以更好的推动屋顶光伏发电系统对零碳产业园区的支持意义，今后应进一步在技术、管理和政策等方面进行深入研究，不断提高建筑屋顶光伏利用程度，助力零碳产业园建设与绿色发展。

【参考文献】

- [1]程宁远.“双碳”背景下杭州市高教园区屋顶光伏综合配置优化研究[D].杭州:浙江大学,2024.
 - [2]蒋庆哲,刘杨,蒲欣宇,等.零碳园区建设的系统路径、发展模式及治理生态 [J]. 中国人口·资源与环境,2025,35(5):13-23.
 - [3]刘佳.“双碳”背景下工业园区近零碳建设路径研究[D].长春:吉林大学,2024.
- 作者简介：张培（1994.1—），毕业院校：河北建筑工程学院，所学专业：电气工程及其自动化，当前就职单位：河北能源工程设计有限公司，职务：电气主设人，职称级别：中级。

水利水电工程施工新技术应用与实践研究

尚昆

山东大禹水务建设集团有限公司，山东 济南 250000

[摘要]当前我国能源供应同能源利用率矛盾日渐加剧，伴随社会生产力的逐步增强，其对于能源需求量也越来越大，在此背景下为了能够有效解决能源危机问题、促进社会和谐发展并构建节约型社会就必须要大力发展水利水电项目，并且要想提高水利水电工程施工品质就必须不断地开发并引进一系列新型施工技术与此同时也要注意施工行为给周围自然环境所造成不利影响，文中就此对其加以阐述，从而进一步使水利工程建设顺利开展。

[关键词]水利水电工程；新技术应用；实践

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18659 中图分类号: TV512 文献标识码: A

Research on the Application and Practice of New Construction Technologies in Water Conservancy and Hydropower Engineering

SHANG Kun

Shandong Dayu Water Construction Group Co., Ltd., Ji'nan, Shandong, 250000, China

Abstract: Currently, the contradiction between energy supply and energy utilization efficiency in China is becoming increasingly severe. With the gradual increase of social productivity, the demand for energy is also increasing. In this context, in order to effectively solve the energy crisis, promote social harmony and development, and build a conservation oriented society, it is necessary to vigorously develop water conservancy and hydropower projects. In order to improve the construction quality of water conservancy and hydropower projects, a series of new construction technologies must be continuously developed and introduced. At the same time, attention should be paid to the adverse effects of construction behavior on the surrounding natural environment. This article elaborates on this, so as to further promote the smooth development of water conservancy engineering construction.

Keywords: water conservancy and hydropower engineering; application of new technologies; practice

引言

当今社会中伴随着经济水平的不断发展和能源需求量的不断提升，而水利水电工程是重要的能源供给及水资源调控基础设施之一，在此背景下水利水电工程建设规模不断扩增，技术难度不断提高。传统的施工方法在遇到复杂的地形地质条件、较长的工期、较高的安全性要求下越来越显现出了施工效率低下，质量管控困难等问题，已经不能够适应当代水利水电工程建设高质量、高效率、绿色环保的要求，因此对于施工新技术的应用成为了提升工程建设水平的主要措施。水利水电工程施工的新技术包括了建筑材料、施工工艺，机械设备、计算机信息管理系统、数字仿真模拟设计、绿色环保等方面，可以用来简化施工工序并加快施工进度，保证质量，同时还能够降低施工过程中的危险系数，减少对周边环境的扰动，节约资源，保护生态环境，符合可持续发展的理念。例如：GIS 和计算机数据库用于统筹整个项目的施工过程并对其进行实时记录；CAD 计算机辅助制图软件提供了复杂结构的设计精准度和灵活性；施工导流技术和预应力锚固技术是复杂工作环境下安全性与可靠性的保证；而且使用数字化、自动化的施工方法使得项目管理变得更合理化，更精细且具有可追踪性，从而促进施工现场朝着智能化，自动化和信

息化的方向迈进。本文的研究目的是为了通过全面了解当前有关水利水电工程施工新技术的进展情况，并结合实际应用案例来探究不同种类的新技术及其具体的应用方式和应用效果，并以此为基础指出目前存在的问题并对如何更好地利用好这些新技术以达到提升施工管理水平的目的，优化工程建设方案，促进绿色环保施工，确保工程的安全可靠性提出一些理论依据和建议策略，从而为水利水电工程高质量建造和绿色发展提供有效的技术支持和新思路。

1 新技术在水利水电施工中的重要作用

1.1 加快施工进度

水利水电工程建设中新技术应用对于推进建设速度有着重要的意义。一般来说，水利水电工程往往都是大型工程，工期较长且涉及的施工程序较多，在很大程度上要受到自然环境和外界因素的影响制约，而传统的施工方法效率低下并且缺乏联动性。借助一些先进的新技术，包括一些机械及智能型施工器械、信息化的施工管控系统以及一系列新的施工方法等来对整个施工过程加以改进，尽可能地降低人员的操作步骤并提升工作效率。比如运用自动化的机器以及模块化的施工方式，可节省每个工作环节的时间并降低各道工序间出现的空档和重复劳动，应用数字技术及时跟踪掌握工程进度并对其进行灵活调整，便于

更好地统筹调度劳动力和建筑材料以及各类工具机器，防止因为反馈迟缓而造成的耽搁误工。此外新技术在施工管理协调、同步开展多个作业点以及预警防范等施工措施上也更具优越性，让整个施工过程变得更为迅速流畅，进而使得整个项目的施工进程在不牺牲工程质量与安全的前提下获得较大幅度的提升，在计划时间内甚至是赶早完成工程任务。

1.2 能降低成本

新技术相对于传统的施工技术而言，在施工的成本方面比较低，它能很好地解决过去的技术不足的问题，既能满足结构施工的需求，又能节省一些材料的消耗，很好地完成了施工成本管控的目的。在具体的工程建设中，一旦行业内的技术标准发布后，施工单位就能参照相关的施工规定及标准，严格按照要求进行施工作业，进而对技术运用加以合理化管控，使水利水电项目中的工程建设资源可以被最大限度地合理化配置和应用，有助于工程项目公司获取一定的经济效益。

2 水利水电工程施工新技术的发展现状

目前水利水电工程施工新技术的发展正处于一个不断发展、深入应用的过程当中，整个行业新技术发展的趋势主要是技术种类多元化、应用场景不断扩大以及信息技术、智能技术的应用越来越广泛。近年来随着工程规模越来越大、施工环境越来越复杂，传统的施工技术越来越不能达到工程质量、施工安全、进度以及生态环境保护等方面的要求，各种各样的新材料、新工艺、新设备以及新技术越来越多的被引入到水利水电工程建设当中^[1]。其中在建筑材料上主要采用的是高性能混凝土以及新型的防渗材料和高耐久性的材料用于水利水电的大坝和隧洞以及相关水工建筑的建设当中，大大提高了水利水电工程建筑结构的安全性和耐用度；而在施工方法上也越来越倾向于机械化的施工方式、装配式施工方式以及专业化的施工手段，复杂的施工流程也越来越少地需要依靠人工的经验来完成。与此同时信息以及数字技术也越来越多的应用到了项目施工的管理环节当中去，例如施工现场的数据记录、工程质量进度检查监督、机械设备状态管理等都已经开始朝着信息化的方向进行管理为项目的施工过程实现了精准控制提供了技术支持。除此之外智能检测监测设备和技术也被更多的应用到了位移观测、安全预警以及工程评估上来使得整个施工过程变得更加可控可靠并且有迹可循。

3 水利水电工程中的新技术应用

3.1 地理信息系统和计算机数据库技术

在水利工程项目建设及其运维管理阶段，GIS 技术和计算机数据库系统的集成应用正日益成为水利水电工程项目精细化管理、科学化决策不可或缺的技术支撑工具。GIS 基于其空间定位、空间分析及可视化表现的功能优势，对河流区域内地形地势、水体分布、地质构造、生态环境以及各类水利设施的空间分布加以集成整合，让零碎、抽

象的数据变得具象化、可视化，有利于充分把握工程周围所处的自然环境状况及空间格局特点；而计算机数据库系统则为水利水电项目的顺利开展提供强有力的数据支撑保障，它以对水情观测数据、工程施工数据、质量检验数据、机器设备运转性能指标及其他历史运行数据等加以统一存储、分类整理并及时更新的方式保证了工程项目相关数据的齐全、完整、连续可靠及可追溯。而在具体应用层面，则是以 GIS 的空间信息同数据库中的对象属性之间相互挂接、相互补充的方式来建立起一体化的信息管理系统，实现了包括项目规划勘测设计到施工安排、进度监督、安全管控直至后期的运行维修各阶段之间的信息互通、资源共享。随着工程体量和建设时间的增长，水利水电工程对于信息精确度、及时性的需求越来越高，GIS 同计算机数据库系统的运用也不仅仅停留在简单的数据储存管理上，而是朝着融合多种来源数据加以综合处理分析并对数据进行实时更新、覆盖工程全生命周期的方向不断拓展延伸，在提高工程管理水平、强化风险预警防范意识及服务整个工程生命周期等方面发挥着越来越大作用。

3.2 CAD 计算机绘图软件

在水利水电工程的建设过程中，CAD 计算机绘图软件作为工程设计、施工管理的关键技术手段，不再是单纯的传统二维绘图角色，更是工程数字化设计、智慧化施工与信息化管控不可或缺的技术支持。利用 CAD 软件，设计师可以将水利工程的水工建筑物、大坝结构、泄洪设施、取水设施和各类机器设备安装等工程要素精准建模，在工程的各个组成部分之间得到精确的比例、尺寸和位置关系上的展现，大大降低了人为手绘带来的各种误差和差异性。在设计的过程中，CAD 软件所具备的参数化设计、智能化绘图能力使得工程师能迅速得到多个设计方案选项供比较选择，研究不同设计方案下的可实施性、建造难度和成本预算等问题，做到科学化、量化的最佳设计选择。并且 CAD 软件可以与 BIM、GIS、现场施工管理系统进行联动，将设计图纸、施工安排、施工现场和质量检验情况在一个系统内完成共享同步，确保了设计与施工的一致性。而在工程建设过程中，施工单位也可以依照准确的 CAD 图纸开展技术交流和技术指导，配合三维可视化和虚拟现实仿真等特点，预先对一些复杂的施工步骤和危险源点进行模拟演示，得到最优的施工步骤流程，避免重复工作和施工失误，加快工程进度并提升安全水平^[2]。再者就是 CAD 软件在大型水利水电项目当中还能发挥跨专业联合设计的优势作用，土建、电气设备和控制系统等多个专业共同在一个模型上绘制整合设计内容，为工程施工过程中的跨专业合作提供技术支持。

3.3 施工导流技术

水利水电工程施工过程中，施工导流技术是对主体工程施工作业和施工安全提供基本保证的关键施工技术之一，施工导流技术的应用水平影响着整个工程项目的工期、

质量和项目总投资控制情况。施工导流工作的重点就是依据施工现场的水文资料，结合当地的地形特征，河流特点，考虑施工时间计划等因素，合理有序地对天然来水进行疏导分配，在满足泄洪要求的基础上给主体建筑物施工搭建安全可靠的作业平台。随着工程项目规模的日益扩大、施工难度的逐渐增加，现代施工导流技术在其设计方案制定的过程中越来越强调综合性与统筹规划性，在充分掌握枯水季节段和洪水季节段流量变化的基础上，精心挑选围堰布置方式、导流建筑物类型和施工顺序等要素以尽可能减少流水对施工现场的影响。而在具体的应用层面导流技术也由单纯的围堰拦挡演变为多种形式联合使用的方式，在各种复杂的地质状况、繁杂的河床条件下也能灵活应对，保证了导流工程的安全可靠。并且施工导流技术在实际应用过程当中还突出体现了其与主体工程施工的高度关联性，它通过对导流方案适时优化的方式来调节处理各施工时段的水流问题，确保各个时期段落的正常作业不受导流失误而出现停工或者险情的现象。

3.4 预应力锚固技术

水利水电工程中，预应力锚固技术作为一种新型的重要加固及稳定控制手段被用于大坝、边坡、厂房以及地下洞室等重要部位，在整个水利水电工程的安全可靠度以及耐久性的提升方面发挥着重要作用。预应力锚固技术是在岩石或者混凝土结构体里布置锚索、锚杆并施加一定拉力使其在内部形成有益的应力状态从而用来抵抗外加载荷产生的拉伸应力和位移变形，进而提高整体结构稳定性的一种技术。在复杂的围岩条件下使用预应力锚固可以最大限度地利用岩体本身所具有的承载力，把一些松散破碎或有较多裂隙的岩体连接成一个整体，大大优化了工程所处应力环境，可有效避免滑动、破裂甚至塌方等问题的发生。随着施工技术和锚固材料的发展，预应力锚固技术的应用也日趋科学化、精确化，在设计及施工时力求做到锚固参数、张拉吨位以及锚固长度的精确计算以达到对建筑物变形的良好控制的目的。预应力锚固技术不仅可用于新建设施而且对于已建工程的加固改造也非常适用，对于提高旧有工程的安全可靠性有着积极的意义^[3]。此外预应力锚固在施工时所需占地面积较小，施工便捷灵活，适用范围广，在基本不对原结构造成较大变动的前提下即可达到加固目的，有利于加快施工进度节约工程投资。

4 水利水电工程施工的环境保护

水利水电工程施工的环境保护问题是建设生态文明、促进人与自然和谐发展的必然要求，同时也是检验工程可持续发展能力的一个重要指标，在工程建设的过程中伴随着大量的土石方开挖、材料的搬运、混凝土的浇筑以及一些临时设施的搭建都会或多或少地给周围的生态环境、河流水质、土地质量和空气质量带来一定的影响，所以要将环保意识渗透在整个项目的施工过程当中。合理的安排施工方

案，科学的安排施工现场及临时便道的位置可以有效的减少占地对植被和农田的侵占程度，从而减轻了对原生地形地貌的扰动；合理的划分施工区和弃渣场并且对其进行围挡、遮盖、排水等一系列措施可以有效避免水土流失和泥沙堵塞河道，进而保证区域内的水域生态环境稳定安全；与此同时，施工期间产生的各类污水、扬尘、噪音以及固废垃圾如果管控不到位就有可能会影响到周围群众的生活质量并对周围的生态环境造成不良后果，所以需要通过建造沉淀池、喷淋洒水、隔音降噪、回收利用等手段进行严格把控使其满足相应的环保要求^[4]。而在众多的涉水建设项目当中，施工过程中的环境保护又显得尤其突出，通过严格监督施工废水、机械设备漏油、混凝土养护废水等一系列污水的排放可以有效防止河水受到污染，进而保障了下游地区人民用水的安全。除此之外，随着绿色环保的理念深入人心，更多的项目也在积极践行着节约能源消耗和资源再利用的原则，通过改进施工技术、使用环保型材料和提升机器设备的工作效能来减少整个项目施工建设期间对周围环境的负面影响。

5 结语

水利水电工程施工新技术对水利工程的建设有着巨大的贡献，采用 GIS 以及计算机数据库技术来对所有施工的数据进行整合并且图像化的分析处理，从而使得施工的规划更加合理，决策的速度更快，而使用 CAD 计算机辅助制图软件，则让施工的设计更为精确，施工方案也更具可行性，一些复杂的结构因而能够得到较为完善的落实；而在施工导流技术和预应力锚固技术的应用下，在复杂的水文地质环境下也能保证建筑物的稳固性及安全性。此外，数字化、信息化、智能化管理方式渗透到整个施工过程中，使得施工过程精细化、动态化管理成为可能，并为环境保护提供技术支持，减少工程施工对周围环境生态的冲击。新技术的综合运用既简化了施工环节，加快了工程建设速度并提高了工程质量，也为水利水电工程的科学发展、节能减排和绿色环保提供了有效保障，为水利工程项目 的管理和施工水平的提高积累了宝贵经验和发展范本。

【参考文献】

- [1] 丁超.水利水电工程施工中新技术应用及发展状况分析[J].水上安全,2025(20):31-33.
 - [2] 杜颖,胡苏.水利水电工程施工中的新技术应用和环境保护[J].城市建筑,2019,16(14):127-128.
 - [3] 黄玉红,周泽军.水利水电工程施工中的新技术应用模式[J].工程建设与设计,2021(5):129-130.
 - [4] 蒋国树.水利水电工程施工中的新技术应用与环境保护初探[J].居舍,2018(24):78.
- 作者简介：尚昆（1985.3—），毕业院校：山东农业大学，所学专业：水利水电工程，当前就职单位：山东大禹水务建设集团有限公司，职务：职工，职称级别：工程师。

绿色建筑材料在建筑工程施工技术中的应用研究

许玉滴

河北冀科工程项目管理有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]随着我国建筑工程行业的快速发展，建筑工程施工技术水平也得到了显著提升，同时建筑行业也逐渐向着绿色化方向发展，对绿色建筑材料的应用变得更加广泛。绿色建筑材料具有显著的高效、节能和环保特性，通过结合施工技术和绿色建筑材料，不仅可以使建筑工程施工的资源消耗量得到减少，降低环境影响程度，还可以使建筑工程使用性能得到提高，进一步提升建筑舒适度。本篇文章针对绿色建筑材料在建筑工程施工技术中的应用展开分析，介绍了绿色建筑材料的应用优势，探讨了绿色建筑材料在工程施工中的主要应用场景，并提出具体的应用策略，希望能够为相关研究人员起到一些参考作用。

[关键词]绿色建筑材料；建筑工程；施工技术；应用策略

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18658 中图分类号: TU24

文献标识码: A

Research on the Application of Green Building Materials in Construction Technology of Building Engineering

XU Yudai

Hebei Jike Engineering Project Management Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the rapid development of Chinese construction industry, the level of construction technology has also been significantly improved. At the same time, the construction industry is gradually moving towards green direction, and the application of green building materials has become more widespread. Green building materials have significant characteristics of high efficiency, energy conservation, and environmental protection. By combining construction technology and green building materials, not only can the resource consumption of construction projects be reduced and the degree of environmental impact be reduced, but also the performance of construction projects can be improved, further enhancing building comfort. This article analyzes the application of green building materials in construction technology, introduces the advantages of green building materials, explores the main application scenarios of green building materials in engineering construction, and proposes specific application strategies, so as to provide some reference for researchers.

Keywords: green building materials; building engineering; construction technology; application strategy

引言

在以往的建筑工程施工中，由于建筑材料存在高污染和高能耗特点，进而导致工程施工过度消耗资源，并产生严重的环境污染问题。绿色建筑材料的环境影响程度相对较小，且具有较高的资源利用率，使用性能优异，包括环保型保温防水材料、再生骨料混凝土以及节能型墙体材料等。通过在建筑工程施工中应用绿色建筑材料，可以合理优化建筑施工工作，提高建筑施工质量，并减少工程施工的资源和能源消耗，降低环境污染程度，促进我国建筑工程行业的健康发展。

1 绿色建筑材料在建筑工程施工技术中的应用优势

1.1 降低施工阶段的环境负荷

在建筑工程施工中应用绿色建筑材料，可以使污染物排放量得到减少。在传统建筑材料使用时，包括涂料和砂浆等，在施工期间容易释放有害物质，包括苯、甲醛以及挥发性有机化合物等，除了会导致现场空气质量受到污染，还会导致施工人员健康被危害。在采用绿色建筑材料时，

包括无机矿物涂料以及水性环保涂料等，可以使污染物释放得到严格控制，使现场空气污染指数得到降低，为施工人员的职业健康提供保障。与此同时，对于绿色建筑材料的应用，包括粉煤灰砖以及再生骨料混凝土等，可以使工业固废得到消纳，使工业废渣填埋所造成的地下水以及土地污染问题得到减少，提升工程施工的生态效益。在绿色建筑材料生产期间，主要运用低碳工艺，例如新型节能墙体材料，其生产能耗对比传统黏土砖相对较低，可以使材料生产期间的碳排放量得到减少。在建筑工程施工技术应用过程中，包括预制装配式绿色建材，可以使现场湿作业得到减少，使大型机械的电力消耗和使用频率得到降低^[1]。

1.2 提升施工效率与质量稳定性

绿色建筑材料的应用可以使建筑工程施工流程得到简化，并使工程工期得到缩短。绿色建筑材料具有容易安装、预制化以及模块化的特点，与现代装配式施工技术具有较高的适配性。例如，对于预制保温一体化墙板，其有着较强的装饰、保温和承重功能，在施工过程中可以直接吊装拼接，使传统施工中的多道工序得到省略，使工程施

工周期得到缩短。对于新型绿色防水材料的应用，在实际施工中不需要复杂的热熔工序，只需要在基层清理后直接粘贴，对比传统卷材具有更高的施工效率，而且受天气因素的影响相对较小，可以避免由于雨天停工而延误工期。绿色建筑材料具有稳定的使用性能，且耐久性较强，例如绿色节能门窗的应用，对比传统塑钢门窗具有更高的密封性、隔音性以及隔热性。在施工安装后，可以使建筑工程的使用能耗得到降低，使采暖以及空调等设备的运行成本得到减少。与此同时，绿色建筑材料具有优异的耐腐蚀和抗老化性能，可以使门窗使用寿命得到延长，使后期维修和更换成本得到降低。

1.3 优化建筑使用性能

在建筑节能实施过程中，绿色建筑材料作为其核心载体，通过应用到建筑施工中，可以使建筑采光通风和保温隔热性能得到提升。例如，在墙体施工过程中可以运用绿色保温材料，包括聚苯板以及岩棉板等，并搭配外墙外保温施工技术，使围护结构的传热系数得到降低，使冬季和夏季的热量散失量和传入量得到减少，保证建筑室内温度的稳定性，使居住舒适度得到提升，同时还可以使建筑使用能耗得到降低。在建筑屋面和墙面施工中，通过采用光伏玻璃以及透光混凝土等绿色建筑材料，可以实现光伏发电和自然采光，不仅可以使人工照明能耗得到减少，还可以为建筑提供清洁能源，使建筑能源自给率得到提升。除此之外，通过采用绿色建筑材料，可以在源头上使有毒有害物质的使用得到规避，如对天然矿物原料加以采用，包括硅藻泥壁材、内墙腻子等，可以发挥出吸附甲醛和呼吸调湿等功能^[2]。

2 绿色建筑材料在建筑工程施工技术中的应用流程

2.1 施工前

在建筑工程施工中，应结合项目需求做好材料选型，具体需要考虑建筑项目的节能标准要求、地域气候以及使用功能，合理选择绿色建筑材料。例如，在寒冷地区开展建筑工程项目，应合理选择岩棉板和真空绝热板，确保其导热系数相对较低。对于多雨地区的建筑施工，应合理选用防水保温材料，确保其具有较强的耐候性。在全生命周期成本核算中，对比传统材料，绿色建筑材料的初期采购成本相对较高，在全生命周期成本分析后，需要对材料废弃回收成本、运维成本以及施工成本充分考虑，选择性价比最高的材料方案。此外，还需要建立材料质量管控体系，在施工前严格抽检绿色建筑材料，做好材料检测报告与认证证书的核查工作，使材料性能满足国家标准，避免不合格材料入场。

2.2 施工中

在建筑工程施工中，应做好装配式施工技术的推广和应用。对于此类施工技术，与绿色建筑材料的预制化特性

相符合，需要合理采用吊装施工技术，做好预制叠合板、预制楼梯以及装配式墙板等构件的吊装。在装配式施工过程中，可以使现场湿作业得到减少，使施工扬尘污染以及噪音污染程度得到降低，并提高工程施工质量和效率。与此同时，在建筑工程施工中应做好节能减排，合理运用BIM技术，做好施工模拟，使绿色建筑材料的下料方案得到优化，使材料浪费问题得到减少，提升材料利用率。在建筑工程施工现场应合理运用节能型施工设备，包括太阳能路灯以及电动起重机，可以使工程施工的能源消耗量得到减少。

2.3 施工后

在建筑工程施工后，应合理构建绿色建材运维档案，全生命周期地跟踪绿色建筑材料，做好材料维护周期、性能参数和使用部位的记录工作，为建筑工程后期运维提供参考依据。同时，应合理回收和利用废弃物。对于建筑工程中产生的垃圾，应做好分类收集工作，并对其破碎再生，使建筑垃圾得到闭环利用。施工人员还应定期检测材料使用性能，确定防水材料的防渗性能、保温层的隔热性能，将老化失效材料及时更换，使建筑工程使用寿命得到延长^[3]。

3 绿色建筑材料在建筑工程施工技术中的应用策略

3.1 节能型墙体材料的施工应用

在绿色建筑材料中，节能型墙体材料是一类核心材料，主要包括石膏空心条板、陶粒混凝土空心砌块、蒸压加气混凝土砌块等，有着良好的隔音、保温以及轻质特点，其中混凝土空心砌块如下图所示。在砌筑前应严格控制砌块含水率，防止由于砌块干燥收缩而引起墙体开裂问题。在实际砌筑蒸压加气混凝土砌块时，应合理控制含水率，具体要维持在15%~20%。与此同时，施工人员应合理运用薄层砂浆砌筑技术，控制砂浆厚度为3~5mm，使砂浆用量得到减少，增强墙体保温性能。对于墙体和梁柱的连接处，应使用钢丝网片有效加固，避免由于材料收缩率不同而出现裂缝问题，使结构稳定性得到提升。对于此类材料，与传统黏土砖相比，可以使建筑能耗降低30%~50%，一般以工业废渣作为原料，包括矿渣以及粉煤灰等，可以使建筑固废实现资源化利用目标。



图1 混凝土空心砌块

3.2 再生骨料混凝土的施工应用

在实际应用再生骨料混凝土时，其以建筑垃圾为原料，通过破碎可以形成再生骨料，可以对天然砂石制备的混凝土加以替代，使建筑垃圾得到绿色化处理。在实际施工中，需要做好再生骨料的筛分、强化以及清洗处理，将其杂质去除，使骨料强度得到提升，严格控制再生骨料的压碎指标，使其保持在 30% 以下。在设计配合比时，应将水泥用量合理增加，或者可以掺入矿粉以及粉煤灰等掺合料，使再生骨料混凝土的力学性能得到改善，并提升混凝土和易性。在混凝土浇筑期间应充分振捣，防止由于再生骨料的吸水率过高而增大混凝土内部孔隙率，避免对结构强度产生影响。在混凝土养护阶段应做好保湿养护，严格控制养护时间，使其保持在 14d 以上，确保有效提升混凝土强度。此类施工材料可以用于非承重结构构件、广场地面、道路基层施工，一些高性能再生骨料混凝土，可以在建筑工程承重结构中加以使用。



图 2 再生骨料混凝土

3.3 环保型保温防水材料的施工应用

从保温材料来看，环保型保温材料具体包括聚氨酯硬泡、真空绝热板、岩棉板以及挤塑聚苯板等，在实际施工中应注意和主体结构的密封性与贴合度。在实际采用外墙外保温施工技术时，应结合粘结砂浆与锚栓固定，做好保温板的安装工作，并使用发泡剂充分填充板缝，在表面对抗裂砂浆进行涂抹，合理铺贴耐碱玻纤网格布，避免保温层出现开裂脱落问题。对于屋面保温施工技术，应合理运用倒置式屋面保温系统，在防水层上方铺设保温材料，避免防水层在受到紫外线照射后出现老化问题，使防水层使用寿命得到延长。对于绿色防水材料的使用，主要包括聚合物水泥基和聚氨酯等防水涂料，与传统溶剂型的防水材料相比，有着无污染、无味以及无毒的特点。在实际施工前应做好基层找平和干燥处理，严格控制基层含水率，使其保持在 9% 以下。此外，需要应用多遍涂刷技术，严格控制每遍的涂刷厚度，使其维持在 0.5mm 以下，保证涂层的均匀度，并确保无针孔，使防水效果得到提高^[4]。

3.4 低碳型门窗与玻璃材料的施工应用

对于低碳型门窗材料，具体包括断桥铝合金门窗以及塑钢门窗，应合理搭配中空玻璃，使建筑门窗热损伤得到减少。在实际应用低碳型门窗和玻璃材料时，需要在安装门窗前充分复核洞口尺寸，严格控制洞口垂直度与水平度误差，使其不超过 3mm。施工人员可以使用发泡聚氨酯，将窗框和洞口间的缝隙充分填充，使门窗的保温隔音性能得到提升，并在外侧采用密封胶进行密封处理，避免出现雨水渗漏问题。在安装中空玻璃时，施工人员应确保玻璃镀膜面朝向室内，防止镀膜层出现氧化失效问题。通过搭配断桥铝合金门窗和中空玻璃，可以降低门窗传热系数，与传统门窗相比具有更加优异的保温性能。

3.5 透水路面及海绵城市施工

对于城市道路、停车场以及广场等工程项目，通过应用透水砖以及透水混凝土，可以提升海绵城市建设水平。在透水混凝土施工过程中，应合理使用单粒级骨料，并采用低碱硅酸盐水泥，掺入专用的透水增强剂。在搅拌过程中应做好水灰比的控制，使混凝土孔隙率保持在 15%~25%。在实际摊铺时，应采用平板振动器充分振捣，防止由于过度振捣导致孔隙被堵塞。混凝土养护时间应达到 14d 以上，在养护期间禁止行人和车辆通行。在透水混凝土路面施工中，应确保雨水渗透率超过 80%，使城市内涝压力得到缓解。在透水砖铺设过程中，基层部位应选用透水砂垫层和级配碎石垫层，在铺设时确保对齐砖缝，并使用透水砂浆进行勾缝处理，使雨水可以从基层、砖缝渗透到地下。与传统沥青路面相比，通过采用透水砖路面，可以使地表温度降低 2~3°C，使热岛效应得到减少。

3.6 绿色装饰工程施工

在绿色装饰材料使用过程中，可以使建筑施工的污染问题得到减少，并使建筑人居体验得到提升。在水性涂料施工期间，施工人员应在施工前，做好基层的打磨除尘处理，使表面的平整度和干燥度得到保证。在涂刷时应合理运用薄涂多遍工艺，每一遍的涂刷间隔应达到 2h 以上，防止漆膜出现流挂问题。在采用水性涂料时，应将水作为稀释剂，严格控制挥发性有机化合物含量，使其控制在 50g/L 以下。在硅藻泥墙面施工过程中，应合理运用批刮工艺，首遍批刮厚度控制在 1mm，并在干燥后展开第二遍批刮，控制厚度在 1.5~2mm。施工人员应按照设计需求合理进行肌理造型，在干燥后使用砂纸打磨。硅藻泥有着调节湿度以及吸附甲醛的功能，可以控制室内甲醛浓度，使室内空气质量得到提高^[5]。

4 结束语

综上所述，在建筑工程施工技术中合理运用绿色建筑材料，可以促进建筑行业的绿色化、低碳化转型。在建筑施工前应做好材料选型，并合理优化施工技术，在施工后实现材料的循环利用，使绿色建筑材料的环保和节能优势

得到发挥。在建筑行业未来的发展过程中，应合理采用绿色建筑材料，做好政策引导工作，充分研发施工技术，并加强人才培养，确保在建筑工程中实现绿色建筑材料的规模化应用，促进我国建筑工程行业的可持续发展。

[参考文献]

- [1]蒲智琦.绿色建筑材料在建筑工程施工技术中的应用研究[J].佛山陶瓷,2024,34(1):110-112.
- [2]刘延旭,曹辉.绿色建筑材料在建筑工程施工技术中的应用研究[J].中国厨卫,2025,24(7):313-315.
- [3]浦卫东.绿色建筑材料在建筑工程施工中的应用研究[J].工程与建设,2025,39(4):913-915.
- [4]张龙.绿色建筑材料在建筑工程施工中的应用研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(6):100-102.
- [5]姜志清.绿色建筑材料在建筑工程施工中的应用研究[J].工程建设与发展,2025,4(6):230-232.

作者简介：许玉滴（1994.9—），女，毕业院校北京交通大学海滨学院；所学专业工程管理，当前就职单位河北冀科工程项目管理有限公司，职务职员，职称级别中级。

既有建筑预制板加固技术发展研究

曹紫菲 赵洪州*

河北建研建筑设计有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]我国存量建筑中，20世纪中后期建造的预制板楼屋盖建筑占比很高，这类建筑受设计标准、材料性能、施工工艺及长期使用损耗等因素影响，普遍面临承载力不足、整体性差、支座连接薄弱及耐久性劣化等问题，已难以满足现行结构规范与抗震设防要求。在城镇化进入存量发展的背景下，既有建筑预制板加固成为保障建筑安全、延长使用寿命、推动城市更新的关键路径。文中基于既有建筑预制板的病害特征与加固需求，系统梳理加固技术的发展脉络，从材料、工艺、体系三个维度构建技术框架，详细阐述技术的原理与应用要点，最后展望未来技术发展趋势，为既有建筑预制板加固工程提供参考。

[关键词]既有建筑；预制板；加固技术；城市更新

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18645 中图分类号: TU311 文献标识码: A

Research on Strengthening Technology for Prefabricated Panels in Existing Buildings

CAO Zifei, ZHAO Hongzhou*

Hebei Jianyan Architectural Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Among the existing buildings in China, prefabricated panel roof buildings constructed in the mid to late 20th century account for a high proportion. These buildings are affected by design standards, material properties, construction processes, and long-term use losses, and generally face problems such as insufficient bearing capacity, poor integrity, weak support connections, and durability degradation. They are no longer able to meet current structural specifications and seismic design requirements. In the context of urbanization entering the stage of stock development, the reinforcement of prefabricated building panels has become a key path to ensure building safety, extend service life, and promote urban renewal. Based on the disease characteristics and reinforcement requirements of existing prefabricated building panels, this article systematically reviews the development of reinforcement technology, constructs a technical framework from three dimensions: materials, processes, and systems, elaborates on the principles and application points of the technology, and finally looks forward to future technological development trends, providing reference for existing prefabricated building panel reinforcement projects.

Keywords: existing buildings; prefabricated panels; reinforcement technology; urban renewal

引言

20世纪70至90年代，预制板凭借施工便捷、造价低廉的优势，成为我国民用建筑与公共建筑楼盖系统的主流构件，广泛应用于住宅、学校等建筑中。经过数十年的服役，这些预制板在自然环境侵蚀、使用功能变更等多重因素作用下，结构性能显著退化，安全隐患日益凸显。

传统加固技术如增大截面法等，存在湿作业量大、影响建筑使用空间、耐久性不足等局限，已难以满足现代加固工程对高效、环保、精准的要求。随着材料科学、施工技术与设计理念的进步，既有建筑预制板加固技术正朝着高性能、装配化、数字化、绿色化的方向发展。因此，系统研究既有建筑预制板加固技术的新成果与发展趋势，对于推动加固工程的规范化、高效化实施，降低城市更新成本，实现建筑可持续发展具有重要的理论价值与工程意义。

1 既有建筑预制板的病害特征与加固需求

1.1 主要病害特征

既有建筑预制板的病害表现形式多样，根源可归结为设计、材料、施工及使用等多方面因素。承载力不足是突

出的问题之一，使用过程中功能变更导致荷载增加、混凝土碳化、钢筋锈蚀及板面损伤等因素，使得板体抗弯、抗剪承载力显著下降，表现为板底裂缝开展、挠度增大。

整体性差是预制板楼盖的固有缺陷，传统预制板简支搁置于墙体上，板间仅靠细石混凝土灌缝连接，缺乏有效的水平拉结，在地震等水平力作用下各板独立工作，无法形成协同受力的水平隔板，易发生移位、碰撞甚至掉落。支座连接薄弱同样不容忽视，预制板在墙体或梁上的支承长度通常仅80~100mm，且板端无可靠锚固措施，地震作用下易因往复错动导致滑落，引发连续性倒塌。

耐久性劣化则表现为混凝土保护层疏松剥落、钢筋锈蚀、板缝渗漏等问题，经过多年使用，预制板混凝土在碳化、冻融、化学侵蚀作用下性能下降，板缝灌缝混凝土老化收缩与原板剥离，不仅影响使用功能，更直接削弱结构力学性能。

1.2 主要加固需求

针对上述病害，既有建筑预制板加固的主要需求可概括为四个方面：一是提升单块预制板的极限承载力与刚度；

二是加强板与板、板与支座之间的连接，形成整体协同工作的楼盖体系，提升水平力传递能力；三是改善支座连接可靠性，延长支承长度，防止地震作用下板体滑落；四是修复结构损伤，提升耐久性与抗裂性能，延长建筑使用寿命。同时，加固工程还需兼顾施工可行性、经济性与环保性，尽量减少对建筑正常使用的影响，避免大规模湿作业与建筑垃圾产生。

2 既有建筑预制板加固技术体系

2.1 材料：高性能材料的研发与应用

传统加固材料存在自重较大、耐久性不足、施工适应性差等问题，新型高性能材料的研发与应用显著提升了加固效果与工程质量。在纤维复合材料领域，碳纤维布、芳纶纤维布等材料凭借抗拉强度高、重量轻、耐腐蚀、施工便捷等优势，逐渐取代传统钢材成为承载力补强的核心材料。

高延性纤维增强水泥基复合材料、自密实灌浆料、早强微膨胀混凝土等逐步应用于加固工程。高延性混凝土具有优异的抗裂性与变形能力，在板缝加固、支座处理中能有效抑制裂缝开展，提升结构延性；自密实灌浆料无需振捣即可充满预制板孔洞与连接缝隙，确保粘结密实，缩短施工周期。此外，耐候钢、高强不锈钢等新型钢材的应用，降低了金属构件的防腐要求，延长了加固体系的使用寿命。

2.2 工艺：装配化与数字化施工的突破

传统加固工艺多依赖现场湿作业，施工周期长、劳动强度大、质量控制难度高，而装配化施工工艺的发展实现了加固构件的工厂预制与现场快速装配。例如，标准化角钢节点、模块化连接件等构件在工厂生产，现场通过螺栓连接、植筋锚固等方式快速安装，大幅减少了现场湿作业量，提高了施工精度与质量稳定性。在支座加固中，预制角钢支托通过预埋钢板与新增构造柱或圈梁可靠连接，形成传力明确的装配式节点，避免了在老旧砖墙上大量钻孔的问题。

数字化技术的融入为加固工程提供了精准化解决方案。基于 BIM 技术的精细化设计，可实现加固方案的三维建模、模拟分析与优化，提前规避施工冲突；三维扫描技术能精准获取既有建筑预制板的实际尺寸、损伤位置与程度，为个性化加固方案制定提供数据支撑；无损检测技术（如雷达探测、超声波检测）可有效识别预制板内部钢筋锈蚀、孔洞填充缺陷等问题，确保加固设计的针对性。

2.3 体系：复合协同与功能集成的发展

单一加固技术难以同时解决预制板的多重病害，复合加固体系通过不同技术的优势互补，实现了加固效果的最优化。复合加固体系的核心在于协同工作，例如“板底碳纤维布补强+板顶混凝土叠合层+板端角钢支托”的组合方案，既通过碳纤维布提升抗弯承载力，又利用叠合层增强整体性，同时通过角钢支托解决支座薄弱问题，全面提升结构性能。针对破损严重的预制板，采用“临时支撑+

叠合层加固+板缝暗梁连接+支座高延性混凝土包裹”的综合措施，实现了损伤修复与性能提升的双重目标。

功能集成化是加固体系的另一重要方向，现代加固技术已不再局限于力学性能提升，而是与节能改造、设施更新等功能需求相结合。例如，绿色节能加固技术采用“上板体-预制板主体-承压板”的三层结构，利用环保灌浆料填充间隙，在提升承载力的同时实现保温隔热功能。

3 主要加固技术的应用

3.1 协同加固技术

协同加固技术是针对预制板承载力不足与抗裂性能差的方案，通过碳纤维材料与混凝土、钢筋的协同受力，显著提升板体抗弯、抗剪能力。该技术的核心在于多维度增强设计：板底沿跨方向粘贴碳纤维布，补充受拉区钢筋作用，提升抗弯承载力；在板端采用角钢锚固与碳纤维布弯折搭接相结合的方式，解决端部剥离问题，确保协同工作。

老旧小区因加装电梯需加固预制板，采用“碳纤维布+混凝土叠合层”协同加固方案，抗弯承载力提升，挠度减小，满足设计要求。该技术施工周期短，且不增加建筑自重，不影响使用空间，展现出显著的技术优势。

3.2 支座连接加固技术

针对预制板支座连接薄弱与支承长度不足的问题，支座连接加固技术通过构造优化与材料协同，实现了支承可靠性的大幅提升。角钢支托与墙体加固层协同加固技术是典型代表，该技术在预制板与墙体交接处设置通长角钢，角钢一侧通过锚栓固定于墙体加固层（钢筋网混凝土层），另一侧与预制板底面拉结，形成“钢制牛腿”支托结构，既延长了支承长度，又通过加固层增强了墙体承载能力，避免了直接在脆弱砖墙上钻孔的弊端。

对于无圈梁或圈梁薄弱的建筑，装配式圈梁加固技术成为根治支座问题的有效方案。该技术通过工厂预制型钢组合圈梁或钢筋混凝土圈梁构件，现场利用钢制牛腿、植筋或对穿锚杆与墙体、预制板有效连接，形成连续可靠的支撑体系，将同层墙体与楼板紧密“箍合”，提升了结构整体稳定性与抗震性能。

3.3 预应力悬吊与灌芯复合加固技术

预应力悬吊与灌芯复合加固技术是针对大面积预制板楼盖整体性差、承载力不足的方案，该技术结合了灌芯加固的局部增强与预应力悬吊的整体拉结优势。首先，对间隔布置的预制板进行灌芯加固，在空心孔洞内穿入贯通钢筋，灌注自密实灌浆料，形成“芯梁”加强单元；随后，在加强单元之间设置预应力钢丝绳或钢绞线，两端锚固于边部加强板或墙体，通过张拉形成水平向预压力，将离散的预制板“捆扎”成整体，实现荷载重分配与协同受力。

老旧厂房楼盖预制板整体性差，存在多处裂缝与渗漏问题，加固后楼盖整体刚度提升，抗弯承载力满足荷载要求，且施工过程中无需完全清空建筑内部，对生产影响较小。

3.4 绿色节能加固技术

响应“双碳”目标与绿色建筑理念，绿色节能加固技术在提升结构性能的同时，实现了环保与节能的双重目标。该技术采用环保型加固材料（如工业废料制备的高延性混凝土、水性胶黏剂），减少了水泥用量与碳排放；通过优化施工工艺，采用干式作业、模块化装配等方式，降低了施工噪音与扬尘污染，减少建筑垃圾产生。

城市更新项目中的老旧住宅采用绿色节能加固技术，通过“预制混凝土模块+环保灌浆料+高强钢筋”的复合体系，在不拆除原有预制板的前提下，实现承载力提升与保温性能优化。该技术无需满堂脚手架，施工周期缩短，建筑垃圾排放量减少，加固后建筑能耗降低，既满足结构安全要求，又提升居住舒适度，符合城市更新的可持续发展理念。

4 既有建筑预制板加固技术发展趋势

4.1 高性能与多功能材料深度融合

未来，加固材料将朝着更高性能、多功能集成的方向发展。智能材料（如自修复混凝土、形状记忆合金）的研发与应用有望解决加固结构的长期耐久性问题，自修复混凝土可通过内部微胶囊技术自动修复裂缝，减少后期维护成本；形状记忆合金则能在地震后恢复原状，提升结构抗震韧性。此外，兼具加固、保温、隔音等功能的复合一体化材料将成为发展热点，实现结构性能与使用功能的同步提升。

4.2 装配化与模块化标准化发展

装配化加固构件的标准化、系列化将是未来技术发展的重要方向。通过建立统一的加固构件标准体系，实现角钢支托、预制圈梁、模块化连接件等构件的批量生产与通用互换，降低生产成本，提高施工效率。同时，基于BIM技术的模块化设计平台将逐步完善，实现加固构件的参数化设计、虚拟装配与性能模拟，推动加固工程向工业化、规模化方向发展。

4.3 数字化与智能化全流程覆盖

数字化技术将贯穿加固工程的设计、施工、运维全生命周期。在设计阶段，基于人工智能算法的加固方案优化系统将实现病害识别、方案选型、参数设计的自动化；施工阶段，实时质量监测系统将进一步提升施工精度与安全

保障；运维阶段，植入式传感器与物联网技术将实现加固结构性能的长期动态监测，及时预警潜在风险，为维护决策提供数据支撑，形成“设计-施工-监测-维护”的闭环管理体系。

4.4 绿色低碳与可逆性加固理念强化

绿色低碳将成为加固技术创新的核心导向，低能耗、低污染、可循环的加固材料与工艺将得到广泛应用。同时，可逆性加固技术将受到更多关注，通过设计可拆卸、可更换的加固节点与构件，为建筑未来的再次改造预留可能性，减少资源浪费。此外，加固工程与城市更新等政策的协同融合，将实现结构安全、功能提升与生态环保的多目标共赢。

5 结论

既有建筑预制板加固是保障建筑安全、延长使用寿命、推动城市更新的重要技术手段，面对传统加固技术的局限与现代工程的多元需求，加固技术正朝着材料高性能化、工艺装配化、体系复合化、设计数字化、发展绿色化的方向前进。

随着高性能材料的深度融合、装配化标准化的推进、数字化智能化的全覆盖以及绿色低碳理念的强化，既有建筑预制板加固技术将更加规范、高效、可靠，为我国存量建筑改造与城市更新提供强有力的技术支撑，助力实现建筑行业的可持续发展。

[参考文献]

[1]高平平,王滋军,朱建,等.一种预制空心楼板的抗弯加固结构及其施工方法:CN106088642B[P].2018-04-13.

[2]苏祚奇.一种老旧建筑空心预制板圈梁加固结构:CN214739952U[P].2021-11-16.

[3]徐峰衍,顾夏英,陈贊,等.一种绿色节能的预制板砌体加固结构:CN222501174U[P].2025-02-18.

作者简介：曹紫菲（1986.6—），毕业院校：石家庄经济学院，所学专业：土木工程，当前就职单位：河北建研建筑设计有限公司，职务：结构设计师，职称级别：高级工程师；^{*}通讯作者：赵洪州（1990.4—），毕业院校：湖南理工学院南湖学院，所学专业：土木工程，当前就职单位：河北建研建筑设计有限公司，职务：结构设计师，职称级别：高级工程师。

仓顶盖中心立柱加贝雷梁支撑体系的受力分析与验算

刘小鹏

中国五冶集团有限公司，四川 成都 610000

[摘要]仓顶盖结构支撑体系的安全性对整个仓储结构的稳固性有着直接影响，中心立柱加贝雷梁支撑体系具备适应性良好、组装方便、高承载力等诸多优势在大跨度仓顶盖的施工中得到了广泛的应用。文章研究基于贝雷梁与中心立柱的结构特性，对该支撑体系的受力进行了系统的剖析，着重围绕贝雷梁、中心立柱、节点连接部位开展关于刚度、强度、稳定性的验算，同时提出针对性的支撑体系优化相关建议，确保工程的质量。

[关键词]仓顶盖；中心立柱；贝雷梁；支撑体系；受力分析；强度验算

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18652 中图分类号: U441 文献标识码: A

Stress Analysis and Verification of the Center Column and Berea Beam Support System of the Warehouse Roof Cover

LIU Xiaopeng

China MCC5 Group Corp. Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract: The safety of the support system for the warehouse roof structure has a direct impact on the stability of the entire storage structure. The center column and Berea beam support system has many advantages such as good adaptability, easy assembly, and high bearing capacity, and has been widely used in the construction of large-span warehouse roofs. The article systematically analyzes the stress of the support system based on the structural characteristics of the Berea beam and the central column, focusing on the stiffness, strength, and stability calculations of the Berea beam, central column, and node connection parts. At the same time, targeted optimization suggestions for the support system are proposed to ensure the quality of the project.

Keywords: warehouse top cover; central pillar; Berea beam; supporting system; force analysis; strength verification

引言

仓顶盖是仓库不可或缺的关键构成部分，在承受自重的同时，需要承受风雪荷载、温度应力、活荷载等，在工程设计中对支撑体系进行合理规划设计与安全验算是重要环节。中心立柱加贝雷梁支撑体系里，中心立柱是竖向承重的核心部分，贝雷梁承担着水平方向的承重任务，并作为传力构件发挥作用，由节点相互连接，进而构建成一个完整的受力体系，可切实满足仓顶盖在不均匀荷载作用下、大跨度的受力要求。若支撑体系设计不合理，验算工作未落实到位，极易引发工程事故，例如地基沉降、贝雷梁弯曲变形等，对仓库结构的安全性造成严重影响。因此本文研究对其荷载传递规律与各构件的受力特性进行深入分析，建立一套全面覆盖构件强度、刚度、稳定性，以及节点和地基的验算体系，旨在为工程领域提供科学合理的设计与验算依据，推动工程建设向更高效、更安全的方向发展。

1 仓顶盖中心立柱加贝雷梁支撑体系的结构构成

仓顶盖中心立柱加贝雷梁支撑体系是空间受力体系，由竖向承重（中心立柱）、水平承重与传力（贝雷梁）、节点连接构件及地基基础组成，各构件协同共同达成荷载的合理传递以及支撑体系的稳定受力。中心立柱承担贝雷梁

传递的竖向荷载及水平荷载产生的弯矩与剪力，其常用型钢立柱，在部分承受较大荷载的工程场景中，可选用组合型钢立柱。中心立柱的高度往往与仓顶盖的净空高度保持一致，柱顶和贝雷梁借助节点实现连接，常见的连接形式有铰接、刚接等。贝雷梁主要承受来自仓顶盖自身重量、风雪等产生的水平方向上的分布荷载，并且将荷载均衡地传递到中心立柱上。贝雷梁一般是由贝雷片以及连接件拼装组合而成，贝雷片通常选用 16Mn 低合金钢进行加工制造。通常情况下，贝雷梁的布置模式为辐射式与双向交叉式这两种，防止出现局部受力过度集中的现象。节点连接构件作为支撑体系里承受关键作用力的部件，贝雷梁和中心立柱相连接的节点，通常采用刚接或者铰接的连接方式，贝雷片之间的连接，通常选用标准化的销钉或者螺栓作为连接件，贝雷梁和仓顶盖的连接方式，通常选取柔性连接或者刚性连接。地基基础主要对中心立柱传递的竖向荷载和水平荷载起到承载作用，维持整个支撑体系竖向的稳固性。地基基础的形式选定，需以荷载大小与地质条件为重要参考依据，常见的基础形式涵盖独立基础、桩基础等类型。

2 仓顶盖中心立柱加贝雷梁支撑体系的受力分析

2.1 荷载组成与分类

支撑体系受到的荷载作用主要有竖向荷载、水平荷载

与温度应力，其中在支撑体系所受荷载中，竖向荷载是最为关键的荷载类型，直接对各构件的竖向受力状态起到决定性作用，包括以下几类：①自重荷载：支撑体系自身重以及仓顶盖的自重；②活荷载：仓顶盖在投入使用阶段所产生的各类临时性荷载，诸如施工作业人员所承载的荷载、物料堆积所造成的荷载、检修设备所导致的荷载等；③风雪荷载：属于自然方面的荷载，其大小与当地的气候密切相关。水平荷载主要对支撑体系水平方向产生作用，影响支撑体系的水平稳定性，主要包括风荷载、地震荷载以及顶盖使用过程中产生的水平推力（如物料侧压力、检修设备的水平作用力）。温度应力是因环境温度发生改变而产生的，引发支撑体系各构件产生热胀冷缩的物理变化，产生内应力。贝雷梁与中心立柱所采用的钢材，其热膨胀系数相对较大，当温度应力过大时，致使构件开裂、节点结构被破坏。温度应力的大小与温度变化的幅度、构件自身的长度以及约束条件存在关联。因此，需要结合当地的温度变化精确计算对各个构件所产生的影响。

2.2 各构件受力状态分析

2.2.1 贝雷梁受力状态

贝雷梁主要承受竖向荷载与水平荷载协同作用产生的效应，其受力状态主要涵盖以下几个方面：（1）竖向受力。受到竖向方向荷载影响时，贝雷梁的上弦杆主要承受由荷载引发的压力作用，腹杆在结构受力时，会承受剪力，亦或承受轴力，下弦杆承担着因结构承载而产生的拉应力，贝雷梁将会出现竖向的弯曲变形情况，因此需要对其的弯曲强度以及竖向刚度进行验算。（2）水平受力：贝雷梁承受由水平荷载作用而引发的水平推力，贝雷梁在水平荷载的影响下将产生水平向的弯曲变形，承受水平方向上的剪力以及弯矩作用。因此需要对其的水平刚度与弯曲强度进行验算。（3）局部受力：贝雷片之间用于连接的节点承受着局部产生的剪力与轴力，因此需要对连接节点的抗剪切能力、强度进行验算。

2.2.2 中心立柱受力状态

中心立柱主要承受竖向荷载与水平荷载共同作用产生的力学效应，其受力状态有以下几个方面：（1）竖向受力：中心立柱在竖向轴力作用下发生压缩变形，若贝雷梁的布置存在不对称情况或荷载分布不均匀，中心立柱将承受由荷载偏心作用引发的偏心压力载荷而产生弯曲变形。

（2）水平受力：中心立柱在水平剪力作用下发生剪切变形，在水平弯矩作用下发生弯曲变形，因此，需要对中心立柱的弯曲强度、抗剪强度以及疲劳强度进行分析。（3）局部受力：中心立柱的柱顶连接节点与柱底连接节点要承受局部剪力、弯矩以及轴力的协同作用，节点处存在受力集中的状况，因此需要对节点连接的可靠性与强度进行验算。

2.2.3 节点连接构件受力状态

节点连接构件是荷载传递关键，多呈局部受力集中，

不同节点受力有差异：（1）贝雷梁与中心立柱连接节点：若节点采用铰接，连接件主要承受剪切力作用，节点板承受着局部范围内产生的压应力；若节点采用刚接构造，需要承担弯矩、剪力以及轴力，节点所涉及的连接件承受剪切力和拉力带来的力学影响（2）贝雷片之间连接节点：采用销钉或者螺栓进行连接，主要承担剪切力以及少量的轴力，其连接孔处会承受因受力集中而引发的局部压应力。

（3）贝雷梁与仓顶盖连接节点：节点采用刚性连接方式时，承担弯矩与剪力的传递，连接件承受着由外部作用力引发的剪切力以及拉力；当采用柔性连接方式时连接件主要承受由外部载荷或结构作用所引发的剪切力，节点仅传递剪力。

3 仓顶盖中心立柱加贝雷梁支撑体系的验算

3.1 贝雷梁的验算

贝雷梁强度验算主要针对贝雷片弦杆、腹杆及连接节点，验算其在荷载下拉、压、剪应力，确保不超材料允许强度。贝雷梁为桁架结构，可按其计算方法算出各杆件轴力（拉/压力）、剪力与弯矩，再结合截面面积验算实际应力。弦杆强度验算的实际应力公式为 $\sigma=N/A$ (σ 为实际应力, MPa; N 为轴力, N; A 为截面面积, mm²)。验算时，拉应力 $\sigma \leq [\sigma_t]$ (材料允许拉应力)，压应力 $\sigma \leq [\sigma_c]$ (材料允许压应力)。腹杆强度验算：在结构受力时，斜、竖腹杆会受到剪力或轴力的影响，斜腹杆常常承受拉、压两种力，竖腹杆主要承受剪力。实际应力计算与弦杆相同，要确保不超材料允许强度。受剪力的腹杆，还需验算抗剪切强度，公式为 $\tau=V/A_v$ (τ 为剪切应力, MPa; V 为剪力, N; A_v 为抗剪切截面面积, mm²)，确保 $\tau \leq [\tau]$ (材料允许剪切应力)。贝雷片连接孔处受力集中，需验算局部压应力，公式为 $\sigma_c=F/A_{oc}$ (σ_c 为局部压应力, MPa; F 为压力, N; A_{oc} 为局部承压截面面积, mm²)，确保 $\sigma_c \leq [\sigma_c]$ (材料允许局部压应力)。

贝雷梁的刚度验算，在一般工程情形中，贝雷梁竖向允许挠度往往取其跨度的 1/250 到 1/300，均布荷载下 $f_{max}=5ql^4/(384EI)$ ，集中荷载下 $f_{max}=Pl^3/(3EI)$ (f_{max} 单位 mm, q 单位 N/mm, P 单位 N, l 单位 mm, E 单位 MPa, I 单位 mm⁴)，需确保 $f_{max} \leq [f]$ (允许竖向挠度)。

贝雷梁稳定性验算主要针对受压弦杆与腹杆，采用欧拉或经验公式验算受压杆件临界压力，需将其与实际轴力展开对比分析，充分考量长细比对验算带来的影响 $\lambda=l_0/i$ (λ 为长细比, l_0 为计算长度, mm; i 为截面回转半径, mm)。 l_0 依支撑条件定，弦杆取贝雷片节间长，腹杆取两端节点间距。临界压力计算中，长细比大 ($\lambda \geq \lambda_p$, λ_p 为比例极限长细比) 用欧拉公式 $F_{cr}=\pi^2 EI/l_0^2$ (F_{cr} 为临界压カ, N)；长细比小 ($\lambda < \lambda_p$) 用经验公式，结合屈服强度确定临界压力。稳定性的验算按 $N/F_{cr} \leq 1/\phi$ (ϕ 为稳定系数，依长细比 λ 与材料类型定)。贝雷梁连接节点抗剪切

强度验算用公式 $\tau = V/(nAv)$ 算剪切应力 (τ 为剪切应力, MPa; V 为剪力, N; n 为剪切面数量; Av 为单个剪切面面积, mm²), 确保 $\tau \leq [\tau]$ 。弯曲强度验算用公式 $\sigma = M/W$ 算弯曲应力 (σ 为弯曲应力, MPa; M 为弯矩, N·mm; W 为截面抵抗矩, mm³), 确保 $\sigma \leq [\sigma]$ 。

3.2 中心立柱的验算

中心立柱的强度验算根据受力状态 (轴心/偏心受压) 计算实际应力, (1) 轴心受压: 均匀竖向荷载且作用线与轴线重合时, 按 $\sigma = N/A \leq [\sigma_c]$ 验算 (σ 为压应力, MPa; N 为竖向轴力, N; A 为截面面积, mm²; $[\sigma_c]$ 为材料允许压应力, MPa)。(2) 偏心受压: 荷载不均或贝雷梁布置不对称时, 按 $\sigma_{max} = (N/A) + (M/W) \leq [\sigma_c]$ 验算最大压应力 (σ_{max} 为最大压应力, MPa; M 为弯矩, N·mm; W 为截面抵抗矩, mm³); 同时验算最小应力防开裂 (型钢立柱可允少量拉应力, 不超允许拉应力)。(3) 抗剪强度: 受水平荷载剪力时, 按 $\tau = V/Av \leq [\tau]$ 验算 (τ 为剪切应力, MPa; V 为剪力, N; Av 为抗剪切截面面积, mm²; $[\tau]$ 为材料允许剪切应力, MPa)。中心立柱的刚度验算验算水平荷载下水平变形, 确保不超允许值。按 $f_{max} = VI^3/(3EI)$ 算水平最大挠度 (f_{max} 为水平最大挠度, mm; V 为水平剪力, N; I 为柱高, mm; E 为弹性模量, MPa; I 为截面惯性矩, mm⁴), 确保 $f_{max} \leq [f]$ (允许水平挠度)。

重点验算竖向轴力与水平荷载下整体与局部稳定性, 防止出现屈曲失稳的情况, (1) 整体稳定性: 用欧拉或经验公式算临界压力, 结合稳定系数验算。轴心受压按 $N/(\varphi A) \leq [\sigma_c]$ 验算 (φ 为整体稳定系数, 依长细比 λ 与材料类型定); 偏心受压按 $N/(\varphi A) + M/(\gamma x W_{nx}) \leq [\sigma_c]$ 验算 (γx 为截面塑性发展系数; W_{nx} 为净截面抵抗矩, mm³)。长细比 $\lambda = l_0/i$ (l_0 为计算长度, mm, 依支撑条件定: 柱顶铰接、柱底刚接时 $l_0 = 0.7l$; 柱顶与柱底均刚接时 $l_0 = 0.5l$; 柱顶与柱底均铰接时 $l_0 = l$; i 为截面回转半径, mm)。(2) 局部稳定性: 型钢立柱 (如 H 型钢、钢管柱) 需验算翼缘板、腹板局部稳定性, 防局部屈曲。翼缘板按 $b/t \leq 13\sqrt{235/f_y}$ 验算 (b 为翼缘板宽度, mm; t 为厚度, mm; f_y 为屈服强度, MPa); 腹板按 $h_0/tw \leq 100\sqrt{235/f_y}$ 验算 (h_0 为腹板高度, mm; tw 为厚度, mm)。

3.3 节点连接整体验算

除贝雷梁节点和中心立柱柱底节点单独验算外, 还要开展节点连接整体验算, 验算各节点荷载传递能力, 确保承载力与传递荷载匹配。同时, 验算各节点变形能力, 确保与构件变形协调, 防节点变形大致构件相对位移。此外, 验算节点刚度, 确保足够刚度传递弯矩与剪力。可采用有

限元法, 建节点连接三维模型, 模拟荷载下节点受力与变形, 验算强度、刚度与稳定性。

3.4 地基基础的验算

地基承载力验算核心是保证地基土承载力能扛住中心立柱传递的竖、水平荷载, 按公式 $p \leq fa$ 验算 (p 为地基实际压应力, kPa; fa 为地基允许承载力, kPa), 其中 p 按 $p = N/A_f$ 计算 (N 为竖向轴力, N; A_f 为地基基础底面积, mm²)。地基沉降强度验算主要验算总沉降量与不均匀沉降量, 总沉降量 $s = s_1 + s_2$ (s 为总沉降量, mm; s_1 为瞬时沉降量, mm; s_2 为固结沉降量, mm), 瞬时沉降量用弹性力学公式验算, 固结沉降量用分层总和法验算。独立基础强度验算底板抗弯、抗剪、抗冲切强度。抗弯按 $M = (NI)/2 - (ql^3/8, \sigma = M/W \leq [\sigma])$ 验算; 抗剪按 $\tau = V/Av \leq [\tau]$ 验算; 抗冲切按 $\sigma_{\text{冲}} = F/lh \leq [\sigma_{\text{冲}}]$ 验算 (l 为底板长, mm; h 为底板厚, mm; $[\sigma_{\text{冲}}]$ 为允许抗冲切强度, MPa)。桩基础强度验算桩身与桩头强度。桩身按 $\sigma = N/A \leq [\sigma_c]$ 验算; 桩头验算方法与柱底节点强度验算方法相同。

4 结论

仓顶盖中心立柱搭配贝雷梁所构成的支撑体系, 其承受的荷载主要包括竖向荷载、水平荷载及温度应力, 贝雷梁主要承受来自竖向方向的弯曲作用、水平方向的弯曲作用以及局部位置的受力情况。中心立柱主要承受沿竖向的轴向作用力、水平方向的剪切作用力以及弯矩, 节点连接构件主要承受因结构传力特性而导致的局部受力。支撑体系的验算中需要重点验算贝雷梁、中心立柱、节点连接构件、地基基础强度、稳定性以及刚度, 与此同时在验算期间严格落实相关规范, 确保验算的精准性, 从而提高工程质量。

[参考文献]

- [1] 杨魁. 贝雷梁式钢栈桥设计施工技术 [J]. 黄河水利职业技术学院学报, 2020, 32(2): 17-20.
 - [2] 朱进军. 贝雷栈桥施工技术及验算 [J]. 交通建设与管理, 2015(8): 383-386.
 - [3] 陈璞. 基于增强型贝雷梁临时钢便桥的设计与受力分析 [J]. 四川水泥, 2025(1): 267-269.
 - [4] GB 50009—2012. 建筑结构荷载规范 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
 - [5] GB 50017—2017. 钢结构设计标准 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
- 作者简介: 刘小鹏 (1991.8—), 毕业院校: 山西大学, 所学专业: 建筑环境与设备工程, 当前就职单位: 中国五冶集团有限公司, 职务: 技术负责人, 职称级别: 工程师。

农村供水工程建设管网改造设计优化研究

朱长江

塔城水利设计研究院有限公司乌鲁木齐分公司，新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]农村供水管网乃是连接水源地与用户的“生命线”，其设计是否合理、运行是否可靠，这二者都直接牵涉到农村居民的生活品质以及农业生产的效率情况。就当下形势来讲，农村供水工程的管网改造设计务必要紧密贴合实际用水的需求状况以及未来的发展走向趋势，要全方位地去考量地理环境、经济条件、人口分布还有水资源状况等诸多方面的因素。在这样的大背景之下，文章着重围绕农村供水工程管网改造设计所具有的重要性以及相应的优化策略展开较为细致的探讨，其目的在于推动农村水利朝着现代化的方向开展建设工作，促使供水系统的运行水平得以提升，同时推动城乡融合进程以及实现可持续发展这一目标。

[关键词]农村供水工程；建设管网；改造设计；设计优化

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18672

中图分类号: TU991

文献标识码: A

Research on Optimization Design of Rural Water Supply Engineering Construction Pipeline Network Renovation

ZHU Changjiang

Urumqi Branch of Tacheng Water Conservancy Design and Research Institute Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: The rural water supply network is the "lifeline" connecting water sources and users. Whether its design is reasonable and its operation is reliable directly affects the quality of life of rural residents and the efficiency of agricultural production. In terms of the current situation, the pipeline network renovation design of rural water supply projects must closely match the actual water demand and future development trends, and comprehensively consider various factors such as geographical environment, economic conditions, population distribution, and water resources. In this context, the article focuses on the importance of rural water supply engineering pipeline network renovation design and corresponding optimization strategies, with the aim of promoting the modernization of rural water conservancy construction, improving the operation level of the water supply system, promoting urban-rural integration, and achieving the goal of sustainable development.

Keywords: rural water supply engineering; construction of pipeline network; renovation design; design optimization

引言

农村供水工程属于保障居民生活用水以及农业生产用水的关键基础设施，其建设水准同农村饮水安全、公共卫生以及区域经济社会发展存在紧密关联。随着农村人口不断增长、生活水平逐步提高以及水资源利用需求日益增加，传统供水管网在布局、设施、管理以及水质保障等方面呈现出许多问题，像是管网出现老化情况、漏损率颇高、水压不够稳定、水质存在安全隐患且较为突出、管理较为分散以及运行效率偏低等状况。这些问题对居民日常生活产生了影响，同时也限制了农村经济可持续发展以及水资源合理利用。近些年来，伴随信息技术、智能化管理以及先进管网设计理念不断发展，农村供水管网改造与优化迎来了全新机遇。科学的管网规划、合理的布局、技术创新、智能化监控以及水质保障体系建设，可大幅提升供水系统安全性、可靠性以及运行效率，同时减少资源浪费以及运行成本。并且，政策支持、资金投入以及公众参与在管网改造当中起到重要作用，给项目实施以及长期管理给予保

障。由此，着手开展农村供水工程建设管网改造与设计优化研究，具备重要理论价值，有益于完善农村供水系统规划以及管理体系，还拥有明显实践意义，能够为提高农村饮水安全水平、推动经济社会发展以及达成水资源可持续利用给予科学依据以及技术支撑。

1 农村供水工程建设管网改造设计优化的重要性

1.1 提升农村饮水安全水平

农村供水工程建设中管网的改造以及设计优化，对于提高农村饮水安全程度而言，有着颇为重要的意义。就当前情况而言，农村人口呈现出分布较为分散的态势，水源所处的条件也相对复杂，并且管网设施还存在着老化的状况。在这种情形下，传统的供水系统在保障水质、维持供水稳定性以及提升运行效率等方面，常常会暴露出一些不足之处。借助科学合理的管网改造以及精心优化的设计方案，是能够切实有效地对供水的覆盖范围加以改善的，如此一来便能够确保水压处于稳定状态，同时还能减少出现漏损以及产生二次污染的风险，进而可充

分保障农村居民能够获取到安全、可靠且稳定的饮用水。除此之外，经过优化之后的管网系统，在日常的监测与管理工作上也会更为便利，这样就能够及时地察觉到并妥善处理掉那些潜在的水质方面的问题，从而进一步降低饮水安全所存在的隐患。

1.2 促进农村经济社会发展

农村供水工程建设管网的改造以及优化工作，其重要性不容小觑。它直接关系到居民的生活质量；它对于农村经济社会的发展也有着极为重要的推动作用。当供水管网得以完善之后，便能够为农业灌溉、农村工业还有服务业的发展给予稳定的水源保障。如此一来，生产效率得以提升，生产成本也能相应降低，进而有力地促进了农产品加工、乡村旅游以及小微企业发展。与此一个可靠的供水系统还能够改善居民的生活环境，让生活便利性得以提高，居住质量也有了提升，这无疑增强了农村人口的生活满意度以及稳定性，同时也为人才回流以及劳动力留乡创造了相应的条件^[1]。除此之外，经过优化后的管网建设，在节约水资源、降低能源消耗以及维护成本等方面均有着积极的作用，这对于实现农村经济的可持续发展以及社会的整体进步都是极为有利的，也能够推动城乡一体化建设进程向前迈进。

1.3 提高资源利用率与环境保护

农村供水系统的优化升级意味着要打破传统粗放式的水资源管理模式，转向精细化、智能化的水资源配置。通过精确的需水量预测、科学的管网布局设计以及高效的节水技术应用，可以明显降低输水过程中的损耗，提高水资源的有效利用率。而且，传统的供水方式往往忽视了对水源地的保护，导致水质恶化、生态系统受损，将生态理念融入整个供水系统的规划与运营中，通过构建绿色基础设施，如生态湿地、透水铺装等，可以增强系统的自然净化能力，实现供水与生态保护的和谐共生。

2 农村供水工程管网现状分析

农村供水工程管网的当下状况显得颇为复杂，其特点主要聚焦在设施呈现老化的态势、布局不够合理、水源种类多样以及管理模式相对分散等诸多方面。因为农村居民点的分布较为零散，并且地形存在较大的差异，所以管网线路往往都比较长，节点也极为繁杂，这就使得供水压力出现不均衡的情况，在一些偏远的地方或者地形高差比较大的区域，常常会出现供水量不足亦或是间歇性断水的状况。与此不少管网设施是在较早的年代建设的，管材已经老化了，接口也有松动的现象，像泵站、水塔这类关键设备也都比较老旧，由此导致漏损率偏高，运行效率低下，系统的稳定性以及可靠性都存在欠缺。就水源来讲，农村供水依靠的是地下水、地表水、小型水库还有山泉等多种多样的水源，不同水源的水质存在着明显的差异，然而水

质监测以及保障的相关手段却普遍有所欠缺，这就存在着潜在的水质安全方面的隐患。除此之外，管网设计缺少系统性与科学性，管径的选择并不合理，分区管理也不够完善，对于供水压力的调控能力是比较有限的，很难去满足居民生活以及农业生产所呈现出的多样化用水需求^[2]。在管理这个层面上，大多数农村供水系统依旧采取的是分散化管理的方式，缺乏统一的调度以及数字化的监控手段，日常的维护工作以及对故障的响应效率都不高，运行所面临的风险也比较高。

3 农村供水工程建设管网改造设计优化措施

3.1 科学规划与合理布局

农村供水工程管网的科学规划以及合理布局，对于保障供水系统能够高效、安全且可持续地运行而言，属于极为关键的一个环节。其最为关键之处就在于要全面且细致地考量人口分布状况、用水需求情况、地形地貌特点、水源条件优劣以及水质存在差异等诸多方面的诸多因素，以此达成管网能够实现较为全面的覆盖，供水具备较高的可靠性，并且运行成本相对较低的目的。在开展布局设计工作的时候，应当依据农村居民点的实际分布密度、农业生产所涉及的用水需求以及公共服务领域的用水需求等方面的情况，去合理地划分出管网的不同分区，进而对主管、支管以及末端管网的走向予以优化，防止出现因管网走向迂回曲折、存在重复铺设或者局部区域过长等情况而引发的水压不够稳定以及输水过程中损失过大的问题。与此还需要将水源的位置、泵站以及水塔的合理布置情况相互结合起来，以此来确保供水压力能够保持均衡的状态，流量分配也能够做到科学合理，从而进一步提升整个系统的抗风险能力以及适应外界变化的能力。在管径的选择以及管材的配置这些方面，应当凭借水力计算以及流量分析的相关成果，充分兼顾到长期运行的实际需求以及经济方面的考量因素，既要保证能够具备充足的供水能力，又要便于后续的施工操作以及维护管理工作。科学规划还要求管网设计要具备一定的前瞻性，要充分考虑到未来人口数量可能出现的增长情况、用水结构有可能发生的改变情形以及技术不断升级所带来的系统调整方面的需求，进而为智能化的监控、远程的调度以及运行优化等工作提供一个可靠的基础结构支撑。

3.2 技术创新与智能化管理

在农村供水工程开展管网改造以及优化工作的过程中，技术创新以及智能化管理方面的应用情况，已然成为提升供水系统运行所具备的效率水平、切实保障水质处于安全状态并且达成可持续发展目标的关键手段之一。伴随着信息技术以及自动化技术持续向前发展，智能化管网管理能够借助物联网、传感器、远程监控以及数据分析等相关技术手段，针对管网的水压状况、水量情况、水质状态

以及设备运行的实际状态展开实时的监测操作,进而实现对管网运行状况的全方位精准掌控。通过在相应位置安装压力传感器、流量计以及水质在线监测设备等装置,便能够及时察觉到诸如漏损、管道出现破裂、水质存在异常以及泵站发生故障等一系列问题,并且凭借自动对阀门进行调节、控制水泵的启停以及对压力加以控制等举措,达成对供水压力以及流量实施动态优化的效果,如此一来,就能够有效降低能耗以及漏损率^[3]。技术创新还涵盖对管网设计与运行环节开展数字化建模以及仿真的相关工作,通过构建供水管网的数字化模型,在改造设计的阶段当中,便能够模拟不同管径、不同布局以及不同设备配置给系统运行所带来的影响,以此为优化方案的制定提供较为科学合理的依据。处在智能化管理体系之下,对数据进行实时采集以及分析的操作,可有力支持远程调度事宜、预防性维护工作以及运行决策事项,使得管网运行呈现出更强的主动性以及前瞻性特点,与此还能促使故障响应的速度得以提升,维护效率也获得提高。

3.3 水质保障与监测体系

在农村供水工程管网展开改造以及进行优化之时,构建起完备的水质保障以及监测体系,这无疑是在确保居民能够饮用安全的水以及维护公共卫生方面极为重要的根基所在。农村供水所涉及的水源类型呈现出多样性特点,像地下水、地表水、小型水库还有山泉等都包含在内,而不同的这些水源,其水质之间存在的差异是比较大的。并且在管网将水输送的过程中,还存在着遭受二次污染的可能性,另外管道出现腐蚀情况或者微生物开始滋生这类风险也是存在的。所以,在进行管网设计以及开展运营管理相关工作的过程当中,必须要全面且细致地去考量水质保障方面的问题。一套科学合理的水质保障体系,应当把从水源保护环节、到净化处理环节、再到输配管网运行环节以及最后的终端用水环节等一系列全流程的管理都囊括进去。要通过科学合理地去布置水质监测点,借助在线水质监测设备来实时地采集诸如水温、浊度、余氯、pH值还有微生物指标等方面的数据,以此达成对管网在运行期间水质变化状况进行持续不间断的监控这一目的。与此与之配套的水质管理平台能够针对监测所获取的数据展开分析并给出预警提示,从而能够在水质出现异常情况或者是存在潜在风险的时候及时察觉到,并且还能指导泵站的运行操作、管网的消毒工作以及末端水处理措施方面的调整事宜,进而切实保障供水系统能够稳定且安全地运行下去。在改造设计的这个阶段当中,需要把水力模拟的情况以及管网布局优化的相关事宜综合起来加以考虑,以此来降低水流出现滞留现象以及污染物质不断积累的风险,进而在一定程度上提高管网自身的清洁能力,最终确保水质在整个输送过程当中

的稳定性得以维持。

3.4 多元融资渠道与政策支持

在农村供水工程管网改造与优化进程里,多元融资渠道以及政策支持可保障项目顺利开展,提高供水系统的可持续性。农村地区地理分布较为分散,建设成本较高,维护资金有限,单一的资金来源通常无法满足管网改造、设施更新以及智能化管理所需的投资需求,所以要借助多元化融资模式来拓宽资金渠道。其一,依靠政府财政投入,结合中央以及地方专项补助资金,给农村供水基础设施建设给予政策性支持,以此降低建设和运营成本;其二,需鼓励社会资本、金融机构以及合作社、企业等参与投资,凭借PPP模式、贷款、项目债券或者合作开发等方式达成资金多渠道筹集。政策支持不只在资金投入方面有所体现,还涉及完善相关法规标准、简化项目审批流程、提供税收优惠及补贴政策、推动用水计量和水价机制改革等,以此激励投资主体积极投身管网改造以及管理运营。

3.5 提高公众参与度与教育培训

在农村供水工程管网改造以及优化进程里面,提升公众参与的程度并强化教育培训工作,这可是保证供水系统能够长期稳定地运行并且实现可持续发展的极为重要的一项保障措施。公众参与起来,一方面能促使居民对供水项目有着更强的认同感觉,另一方面也能让居民的责任意识得以增强,并且在管网的实际使用、日常的维护工作以及节水管理等诸多方面都能够起到颇为积极的作用^[4]。借助于开展关于水资源保护、水质安全状况以及合理用水方面的宣传教育活动,能够使得居民对于饮水安全的关注程度有所提升,同时居民的风险防范意识也会得到加强,进而让他们在日常生活当中主动去配合管网的运行管理工作,比如说要避免出现管道被破坏的情况,做到合理用水,并且要及时地将供水出现异常的状况上报等。与之针对管理人员还有技术人员所展开的教育培训同样属于关键的环节所在,应当全面且系统地去开展有关管网运行管理、设备维护保养、智能化监控系统的操作方法、水质监测以及应急处理等方面的专业培训工作,以此来提升他们自身的专业技术能力,同时也提高他们在应对突发事件时的水平,从而切实保障管网运行的安全性以及效率。

4 结语

农村供水工程管网的改造与优化有着十分重要的意义,其能够保障居民饮水安全,提升供水系统运行效率,推动农村经济社会发展。借助科学规划与合理布局,管网可达成覆盖范围广、压力平衡以及供水可靠性提高的效果;依靠技术创新与智能化管理,能够实现运行情况的实时监控、调度的优化以及故障的快速应对;完善的水质保障与

监测体系可确保整个供水过程的安全；多元化的融资渠道与政策支持能为改造给予稳定的资金与制度方面的保障；公众参与教育培训能增强居民的用水意识以及管理责任。管网改造一方面改善了农村居民的生活条件与供水服务水平，另一方面促进了水资源的高效利用与农村可持续发展，为推进农村水利现代化建设打下了坚实的基础。

[参考文献]

[1]周余丽.农村供水工程建设管网改造设计优化研究[C].广西:广西生产力学会.新质生产力与科技发展学术研讨会论文集.兴平市水利局,2025.

[2]王晓慧,傅渝然.农村供水工程建设管网改造设计优化研究[J].水利科技与经济,2024,30(10):1-6.

[3]何莲,吴欣潞.农村供水安全保障存在的问题及其对策[J].南方农业,2022,16(9):187-190.

[4]王传义,张宝明,王明明.浅议农村村内管网改造的必要性[J].山东水利,2014(9):57-58.

作者简介：朱长江（1990.7—），毕业院校：新疆农业大学科学技术学院，所学专业：水利水电工程，当前就职单位名称：塔城水利设计研究院有限公司乌鲁木齐分公司，职称级别：工程师。

智能化工程管理新技术在工程管理中的运用

莫莹洁¹ 温萌²

1.广西远潮管理咨询股份有限公司，广西 南宁 530000

2.祥浩工程造价咨询有限责任公司，广西 南宁 530000

[摘要]建筑工程规模持续扩大，施工流程变得复杂，传统工程管理模式无法满足高效、精细、安全的管理需求。智能化工程管理新技术给建筑工程管理带来全新解决办法，利用建筑信息模型（BIM）、物联网（IoT）、大数据分析、人工智能等技术，达成工程全过程信息整合、实时监控、决策支持。文中全面梳理智能化工程管理技术，剖析其在建筑工程管理中的必要性、技术种类、应用举措，评估其提高工程管理效率、降低风险成本、优化资源配置的价值，为建筑工程管理的现代化、可持续发展提供参考。

[关键词]智能化；新技术；工程管理

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18668

中图分类号: TU71

文献标识码: A

The Application of New Intelligent Engineering Management Technologies in Engineering Management

MO Yingjie¹, WEN Meng²

1 Guangxi Yuanchao Management Consulting Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

2 Xianghao Engineering Cost Consulting Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract: The scale of construction projects continues to expand, and the construction process has become more complex. Traditional project management models cannot meet the needs of efficient, refined, and safe management. The new technology of intelligent engineering management brings new solutions to construction project management, utilizing technologies such as Building Information Modeling (BIM), Internet of Things (IoT), big data analysis, and artificial intelligence to achieve information integration, real-time monitoring, and decision support throughout the entire engineering process. The article comprehensively summarizes intelligent engineering management technology, analyzes its necessity, technical types, and application measures in construction engineering management, evaluates its value in improving engineering management efficiency, reducing risk costs, and optimizing resource allocation, and provides reference for the modernization and sustainable development of construction engineering management.

Keywords: intelligence; new technology; engineering management

引言

建筑工程管理属于建筑行业极为重要的一部分，它的核心任务在于确保工程建设进程能够做到安全、高效并且经济方面有所保障。不过，随着城市化进程不断加快以及建筑项目规模持续扩大，传统的管理模式碰到了诸如信息孤岛、管理效率不高、人工干预存在较高风险等一系列问题，这些情况使得它很难去契合现代建筑工程对于精细化、动态化还有智能化管理方面的诸多需求。智能化工程管理新技术借助数字化、信息化以及智能化的相关手段，达成对工程项目整个生命周期的管理目标，这其中涵盖了设计环节、施工环节、监控环节、成本控制环节以及运维环节等多个方面，进而给工程管理给予较为完备的数据方面的支持以及决策方面的参考依据。本文针对智能化工程管理技术的应用所具备的优势、不同类型的技术以及具体的实施措施来展开相应的探讨，目的在于对它在建筑工程管理当中的实践价值以及未来的发展前景予以系统性的总结，从而为行业的智能化转型给予理论层面的有力支撑以及

实践层面的有效指导。

1 建筑工程管理中智能化技术的必要性

1.1 推动建筑业转型升级

随着我国城镇化率的持续上升，为了满足居民对城镇住房的需求，我国加大了城镇地区建筑工程项目的建设力度。由于建筑工程项目规模的不断扩大和数量的持续增长，传统的建筑工程管理模式和工作理念已经难以适应未来建筑行业的发展需求。因此，利用不断进步的智能化技术，将智能化技术与建筑工程管理相结合，通过智能化工程管理技术来提高工程管理的效率和质量，确保建筑工程的各个施工阶段都能实现专业化的管理。这有助于及时发现施工过程中可能出现的各种潜在安全隐患，提升施工现场的管理效能，确保相关问题能够迅速得到解决，从而为建筑工程行业的转型升级提供强有力的技术支持。

1.2 提升工程质量与效率

工程管理所呈现出的质量状况以及效率高低，实则是衡量项目是否能够取得成功的极为关键的指标所在。就传

统管理模式来讲，在信息传递这还有施工协调以及质量控制等各个领域，往往都存在着明显的滞后情况，同时也具有一定的局限性。而智能化工程管理技术借助数据采集手段，再加上实时监控以及信息分析等方式，是能够做到及时且全面地掌握施工现场各类相关信息的，像施工进度方面的信息、材料使用情况的相关信息、人员分布状况的信息以及安全风险的具体状况等，都能够被充分掌握到。如此一来，便可以有效地规避掉施工过程当中存在的那些管理盲点，也能对潜在的风险起到很好的防范作用。与此数字化管理手段在设计环节以及施工环节均能够达成模拟以及优化的效果，进而能够减少人为操作所产生的误差，使得资源的利用率得以提高。工程管理者凭借智能化平台，能够迅速生成分析报告以及决策方面的建议，如此便能让施工计划变得更加科学且合理起来，质量控制也会更为细致，整体的管理效率更是有了较为显著的提升，进而能够确保工程项目能够在既定的工期之内以较高的质量完成相关工作。

1.3 降低风险与管理成本

建筑工程项目通常具备投资额度颇高、项目周期较长以及专业分工情况复杂等诸多特点，在传统的管理模式之下，往往要依靠人工来进行监控工作，并且凭借经验做出判断，如此一来，便很容易出现信息存在滞后情况、沟通渠道不够畅通以及管理环节出现漏洞等问题，进而使得安全风险有所增加，经济成本也会随之提高。而智能化工程管理所采用的新技术，借助自动化监控手段、传感器发出的预警信号以及对数据展开分析的方式，可达成对施工全过程当中风险的识别以及预防目的，能够及时察觉到异常状况，并且给出相应的应对办法，大幅度地降低了安全事故发生的可能性。与此智能化管理还能够对资源配置加以优化，有效减少重复的操作行为以及材料方面的浪费情况，进而使得人工成本以及管理开支都有所降低。凭借着系统化开展的数据管理工作以及给予决策的支持，企业在确保工程质量与安全状况得以保障的前提下，能够实现对成本的有效控制，并且促使效益得到提升，这无疑为建筑工程的可持续发展筑牢了稳固的基础。

2 智能化工程管理新技术类型

2.1 建筑信息模型（BIM）技术

建筑信息模型（BIM）属于一种依据数字化信息而打造的集成化管理工具，其借助三维可视化的模型把建筑项目的结构、构件、工艺、材料还有施工信息加以整合，进而达成设计、施工以及运维的全生命周期管理。BIM 技术在施工之前可开展虚拟建造与模拟分析，以此提前察觉设计冲突及潜在的问题，在施工进程中还能给予实时的数据支撑，保证各个专业能够协调一致，提升施工的精度以及管理的效率。凭借 BIM 平台，项目管理者能够实现资源的合理调配、进度的可视化管理、成本的精确核算以及风险的把控，由此大幅度提高工程项目管理的水平，给智

能化施工奠定稳固的技术根基。

2.2 物联网（IoT）与电子信息射频技术

物联网技术以及由其延伸出来的电子信息射频识别技术，在建筑工程管理方面有着十分重要的作用。它能实时感知施工现场各类设备、材料以及人员的情况，并且采集相关数据，以此来实现信息的高效传输以及智能处理。借助物联网技术，可以对施工进度、设备运行状况、环境条件以及安全隐患展开动态监测，一旦出现异常情况，便能及时察觉并发出预警，进而有效减少事故的发生。再结合 RFID 技术，对于施工材料和设备的定位、跟踪以及管理会更加精确，如此一来便避免了资源的浪费以及管理上存在的漏洞。经过对数据加以集中管理与分析，工程管理者能够依据实际情形做出科学合理的决策，提升整个项目的控制能力，让施工管理朝着更为智能化且高效的方面发展。

2.3 电源监控与中央控制技术

电源监控技术以及中央控制系统属于智能化工程管理当中的重要构成部分，其借助集中监控以及智能化调控的方式，达成施工现场电力、设备还有环境系统得以安全且稳定地运行这一目的。电源监控技术可对施工现场的电力负荷、设备运行状态以及潜在的异常情况予以实时监测，而后凭借中央控制系统完成远程调度与管理方面的相关事宜，以此来保证工程施工能够在安全且稳定的状况下推进开展。与此项技术还能够和其他的智能化管理系统相互联动起来，进而实现数据的共享以及自动化控制，提升现场管理的整体所具备的效率，减少人为操作所存在的风险，给施工现场给予可靠的在技术层面的保障，确保建筑工程可以顺利地得到实施。

2.4 大数据分析与人工智能技术

大数据分析以及人工智能技术在智能化工程管理方面占据着极为关键的地位。其借助对海量数据展开收集、处理以及分析等一系列操作，从而能为工程管理给出具备科学性的决策依据。大数据技术可对设计、施工、质量、安全、成本还有进度等各种各样的信息加以整合，进而构建出可视化的数据模型，以此助力管理者去识别施工进程当中的规律、瓶颈以及潜在存在的风险。而人工智能技术能够在此基础上开展预测分析，对施工方案予以优化，并且实现自动化决策，以此来提高工程管理的精准度以及工作效率。凭借大数据与人工智能相互融合的方式，工程管理者便能够达成动态监控、智能调度以及风险预警等目的，进而让工程项目的管理能力得到明显提升，同时也为建筑工程迈向数字化、智能化的发展进程给予了极为有力的技术支撑。

3 智能化工程管理技术的应用措施

3.1 推动智能化规划理念与制度革新

在建筑工程管理的实际开展过程当中，智能化技术得以有效应用的情况，并不只是单纯依靠技术自身便能够达

成的，它同样还需要管理理念以及相关制度能够同步地予以升级才行。积极推动智能化规划理念的贯彻实施，这就要求在项目的立项阶段、设计阶段、施工阶段乃至运维阶段等各个不同阶段当中，都应当把信息化思维、数字化思维以及智能化思维切实且充分地融入到管理流程里面去，进而达成对工程在整个生命周期范围内都能够实现科学化且精细化的管理这样一个目标。与此制度方面的革新乃是智能化技术可以顺利应用的一项极为重要的保障因素。通过去建立起较为完善的管理标准、操作规范、流程制度还有绩效考核机制等一系列的制度安排，如此一来便能够保证各类技术在实际的管理过程之中真正地落实到位并且高效地运转起来^[1]。这样一种理念与制度相互之间有机结合起来所形成的状态，一方面优化了管理流程，另一方面也提升了各个部门彼此之间在协作方面的效率以及信息共享所达到的水平，并且还给施工现场给出了明确且具备可操作性的规范规定，从而促使智能化技术在建筑工程管理当中能够充分地发挥出它所具有的巨大潜力，进而提升项目管理的整体效率以及质量方面所达到的水准，为工程管理朝着现代化的方向发展以及实现可持续发展打下坚实稳固的基础。

3.2 优化施工过程与管理流程

智能化工程管理技术所具备的核心价值当中，其一就在于可对施工过程以及管理流程予以全面优化。凭借BIM、物联网、大数据还有人工智能等一系列先进技术，管理者便能够实时且清楚地知晓施工现场的具体进度、人员分布状况、材料消耗情况、设备运行的实际状态以及环境条件等方面的情况，进而达成对施工环节的精准把控以及高效的调度安排^[2]。借助这些技术手段，管理者能够科学地去安排施工的先后顺序以及资源配置事宜，以此来削减重复作业的出现以及管理上存在的盲点问题，并且在施工正式开始之前，通过开展模拟与分析工作，提前将潜在的冲突和风险给识别出来，进而提出具有可行性的方案，促使各个工序能够紧密地衔接起来，相互间协调且高效运作，以此确保工程项目可以依照计划顺利地向前推进。在这个过程当中，施工流程的优化不但使得项目管理的效率以及质量都得到了提升，而且还强化了安全保障的能力，同时降低了管理方面的成本，实现了资源的合理利用以及施工效益的最大化，从而为建筑工程管理朝着智能化、精细化以及可持续发展的方向奠定了坚实的支撑基础。

3.3 强化工程事前控制与风险预警

工程管理有着诸多核心任务，其中风险控制当属其一。智能化技术在事前控制以及预警层面有着颇为突出的优势。借助传感器展开监测、利用物联网来采集数据，再加上人工智能进行分析等一系列操作，施工现场所存在的各类潜在风险便能够在事前得到较为精准的识别了^[3]。这里所说的潜在风险涵盖了施工安全方面的问题、设备可能出现的故障情况、材料存在缺失的情形以及环境出现异常等

诸多情况。智能化系统能够在相关问题尚未发生之时就发出预警信息，并且还会给出相应的处理建议，如此一来，管理者便能够采取行之有效的措施，进而避免这些风险进一步演化成为事故。与此这样的一种事前控制模式还让工程管理变得更加主动且更具科学性，大幅减少了对传统经验判断的依赖程度，也使得项目的安全性以及可控性都得到了提升，从而为建筑工程得以顺利实施筑牢了坚实的保障。

3.4 提升管理人员综合素养与技术能力

智能化工程管理技术要有效应用起来，管理人员的专业素养和技术能力是关键。随着数字化、信息化还有智能化技术在建筑工程里越来越普及，工程管理人员不光得掌握传统管理知识，还得有BIM操作、物联网应用、大数据分析以及智能控制等方面的技能。把管理人员的综合素养提上来，就能让他们在项目管理当中灵活运用各种技术手段去解决实际碰到的问题，达成靠数据驱动的科学决策效果。通过系统化的培训以及持续学习这样的机制，能强化管理人员对新技术的适应能力，保证智能化技术在项目各个阶段都能高效地应用，进而提升整体的管理水平，提高工程项目成功的概率。

4 结语

智能化工程管理新技术给建筑工程管理带来了全新的发展模式，借助数字化、信息化以及智能化手段，达成工程全生命周期的高效、精细且可控管理。从推动建筑业转型升级开始，到提升管理质量与效率，再到降低风险与成本，智能化技术在各个环节都发挥着极为关键的作用。将BIM、物联网、电子信息射频、电源监控以及大数据与人工智能融合起来，实现了施工现场信息的集成、实时的监控以及科学的决策，为资源配置的优化、施工流程的精细化以及风险预警给予了有力支撑。与此智能化管理推动理念和制度不断革新，提升了管理人员的综合素养与技术能力，增强了工程管理的科学性以及可持续性。虽然还面临着数据安全、系统兼容以及人员技能等方面的诸多挑战，但是随着技术的进步与实践的积累，智能化工程管理将会成为推动建筑行业走向现代化、提高项目质量与效率、降低风险与成本的重要保障，为高质量以及可持续发展给予坚实的支撑。

【参考文献】

- [1] 孙宇,屈磊,耿何翔.智能化工程管理新技术在建筑工程管理中的运用[J].产业创新研究,2025(10):99-101.
 - [2] 樊东阳.智能化工程管理技术在建筑工程管理中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2024(11):20-22.
 - [3] 董斌.智能化工程管理技术在建筑工程管理中的应用[J].居舍,2023(20):36-39.
- 作者简介：莫莹洁（1989.6—），毕业院校：广西科技大学，所学专业：土木工程专业，当前就职单位：广西远潮管理咨询股份有限公司，职务：项目经理，职称级别：中级职称。

建筑工程管理中的质量通病成因剖析及创新防治对策研究

马金龙

青龙满族自治县国控建设发展集团有限公司，河北 秦皇岛 066500

[摘要]建筑工程质量通病是常见的，并且影响着工程的使用寿命和安全性，本次研究的目的是对产生的原因进行系统的分析，并且提出创新性的防治对策。此文通过文献综述，案例分析和管理实践相结合的方式，将主体结构、装饰装修、给排水和防水工程中常见的典型病害进行了归类，对设计、施工、材料、管理环节中出现的问题进行了深入分析。研究结果表明：传统的管理模式在全过程控制、技术应用和责任落实等方面均有缺陷，防治措施的针对性和创新性受到限制。在此基础上提出了全过程的精细化管理，数字化和信息化技术的运用，标准化施工和技术创新的整合以及质量责任追溯的应对措施，可有效地防止通病的产生和增强持续改进的能力。

[关键词]建筑工程；质量通病；成因分析；创新防治；精细化管理

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18662

中图分类号: TU746.2

文献标识码: A

Analysis of the Causes of Common Quality Problems in Construction Project Management and Research on Innovative Prevention and Control Measures

MA Jinlong

Qinglong Manchu Autonomous County State-owned Construction and Development Group Co., Ltd., Qinhuangdao, Hebei, 066500, China

Abstract: Common quality problems in construction projects are common and affect the service life and safety of the project. The purpose of this study is to systematically analyze the causes and propose innovative prevention and control measures. This article combines literature review, case analysis, and management practice to classify common typical diseases in the main structure, decoration and renovation, water supply and drainage, and waterproofing engineering, and conducts in-depth analysis of problems that arise in the design, construction, materials, and management processes. The research results indicate that traditional management models have deficiencies in whole process control, technology application, and responsibility implementation, and the pertinence and innovation of prevention and control measures are limited. On this basis, refined management of the entire process, the application of digital and information technology, the integration of standardized construction and technological innovation, and measures to trace quality responsibilities were proposed, which can effectively prevent the occurrence of common problems and enhance the ability for continuous improvement.

Keywords: construction engineering; common quality problems; cause analysis; innovative prevention and control; refined management

建筑工程质量的好坏是工程管理水平高低的一个重要指标，但质量通病问题仍然广泛存在于实际建设过程当中，对建筑的使用功能和寿命造成了严重的影响。质量通病既体现出施工工艺与材料控制不到位，又暴露管理体系、设计衔接与责任落实不到位。在建筑行业技术日益发展和信息化管理手段不断运用的背景下，传统的防治措施已经很难达到工程高标质量。为此系统分析质量通病产生的原因，提出创新性的防治对策对促进工程整体质量的提高，确保建筑的安全性和耐久性有着重要的实际意义。

1 建筑工程质量通病主要种类及其表现形式

1.1 主体结构存在质量通病

主体结构是建筑工程安全性和耐久性最核心的载体，质量缺陷隐蔽性高，影响范围广、修复成本高。在工程实际中主体结构的质量通病体现在混凝土的强度不够，构件截面尺寸的偏差，钢筋保护层的厚度与规范不符以及结构裂缝的频繁出现。形成以上通病，常常与施工工艺把关不严，原材料质量起伏，现场管理无效，技术交底执行不力

等因素有密切关系。与此同时一些项目的建设忽略了对结构耐久性和整体受力性能的需求，过分追求进度而造成关键工序的质量失控。

1.2 建筑装饰装修中常见的质量问题

建筑装饰装修工程是建筑使用功能和空间品质的一个重要表现，它的好坏程度直接关系到项目的整体形象和使用安全。实践证明装饰装修中常见的质量通病有墙面开裂和空鼓，饰面材料剥落，接缝处理不好和观感质量不过关。出现以上问题与施工工序连接不合理，基层处理不当，材料性能和环境条件缺乏匹配性等因素有着密切关联。与此同时一些施工单位迫于进度压力，忽略了工艺标准的落实，造成隐蔽阶段质量隐患的不断累积和最后暴露。装饰装修工程工序繁杂，交叉作业频繁，如果没有系统化质量管控和过程监督很容易造成重复性的质量缺陷。

1.3 建筑给排水及电气安装中的质量通病

建筑给排水及电气安装工程是建筑工程体系当中专业性和隐蔽性较强的一项工程，质量通病通常会对建筑的

使用安全和运行性能产生直接的影响。在给排水工程当中，普遍存在着管道渗漏，坡度设置不尽合理以及接口封闭不严的现象，这主要是来自于对施工工艺的把控不当以及选材的不标准。在电气安装工程当中，线路敷设达不到设计要求，接线松脱以及接地系统不足的情况经常发生，容易造成运行故障，甚至存在安全隐患。出现以上质量通病与施工人员技术水平良莠不齐，交叉作业管理欠缺和施工过程检查流于表面等因素有密切关系。

2 建筑工程质量通病产生原因系统分析

2.1 工程管理体系不够健全

在建筑工程质量通病中，工程管理体系的不健全是最核心的诱因。一些工程项目的质量管理制度的建立缺乏系统性和可操作性，职责划分不明确，造成质量控制流于表面。在项目管理中由于质量目标和进度及成本目标配合不到位，容易产生用进度挤压质量管控环节。同时在质量管理流程上缺乏全过程的协调，事前的防范，事中的控制及事后的反馈联系不够密切，对隐蔽工程及关键工序的监督不力。一些工程在标准规范实施过程中出现了选择性落实的现象，质量检查验收机制没有有效约束力，很难及时发现并改正可能出现的不足。

2.2 施工人员缺乏技术和责任意识

施工人员的技术水平和责任意识，是建筑工程质量通病产生的一个重要影响因素。有的施工人员专业技能储备不到位，对施工规范、技术标准和工艺流程了解不透彻，造成作业随意性大，容易造成结构偏差，工序缺失的质量问题。与此同时，现场管理的责任划分不明确，考核机制不健全等问题使得个别工作人员质量意识薄弱，对于隐蔽工程及关键工序不够重视，抱有侥幸心理及应付行为。另外技术交底流于表面，缺乏持续培训机制等问题进一步弱化施工人员把握质量控制要点，很难满足新材料的需求、新工艺和复杂施工环境对其的需求，因而加剧了质量通病反复出现和蔓延。

2.3 物料和设备的质量控制不够

材料和设备的质量控制不当，是诱发建筑工程质量通病最主要的原因。实际工程管理中，一些工程存在着对材料采购环节把控不严，对供应商资质审核流于表面等现象，致使与设计和规范不符的物资流入施工现场。与此同时进场材料检验制度落实不规范、抽检频次不够或者检测手段简单等问题也使得潜在的质量缺陷无法得到及时的认定。从设备管理的角度来看，施工机械的选择不合理，维护保养不当及超负荷使用等问题普遍存在，这些问题直接影响了施工精度和结构成型的质量。

3 目前质量通病防治措施的缺陷

3.1 预防和控制措施缺乏针对性

目前在建筑工程质量通病防治方面，常见的是措施缺乏针对性。一些管理单位对防治方案的编制过多地依赖于

通用规范以及既有经验而没有结合工程类型、结构形式以及施工环境的不同细化分析，造成措施与实际质量风险的匹配程度较低。从执行情况来看，防治手段往往停留于事后纠正的水平上，关键工序及隐蔽工程前瞻性控制不足，很难有效遏制质量通病反复出现。另外质量通病成因识别不系统、缺乏以数据与过程分析为依据的准确判断等问题使得防治措施很难涵盖核心问题。以上因素综合作用弱化质量管理实效性，限制建筑工程总体质量的提高。

3.2 过程控制注重形式忽视实效

建筑工程质量管理的实践过程控制常常停留于制度与程序的水平上，呈现重形式轻效果的趋势。一方面是施工期间质量检查多以资料完整性及流程合规性作为考核重点，而忽略关键工序及隐蔽工程实质质量动态监测，造成施工阶段质量问题不能及时揭露。另一方面一些管理人员对于过程控制的认识仅限于例行检查与节点验收等环节，缺少以风险识别为基础的差异化管控手段使得质量控制流于形式。

3.3 信息反馈和整改机制落后

建筑工程质量管理中信息反馈和整改机制滞后是质量通病屡禁不止的主要原因之一。施工现场的质量信息往往依赖于人工记录和事后总结，其传递层级繁多，周期较长，很难对实际的质量状况进行及时的反映，从而造成问题的发现和处理在时间上的显着差异。有的工程虽然制定了质量检查和整改制度，但是反馈渠道不畅和责任划分不明确，使得整改措施流于表面，很难形成行之有效的闭环管理。同时对质量问题整改结果的系统性评估及数据积累不充分，不能为后续项目提供可靠的依据，使得类似的质量缺陷反复出现于不同的阶段、不同的项目。

4 建筑工程质量通病创新预防与处理对策

4.1 构建全过程的质量精细化管理模式

全过程质量精细化管理模式注重对建筑工程设计、施工、验收和运行等各个环节进行系统化和精细化控制，从而对质量风险进行前置预防和闭环管理。通过厘清各个阶段质量责任，制定标准化操作流程和动态监控机制可以有效降低主体结构，装饰装修和机电安装过程中通病发生率。同时综合施工日志，现场巡检及阶段性验收等数据构建多维度的质量评价体系以达到对问题的早期发现与纠正。这种模式既重视过程管理的严谨性又强调专业间信息的共享和协同，从而提高了设计和施工衔接的效率。

4.2 加强数字化信息化技术的运用

就建筑工程管理而言，运用数字化和信息化技术已经成为预防和控制质量通病发生的重要途径。利用建筑信息模型（BIM）、物联网（IoT）和大数据分析技术，我们可以实现施工过程的可视化、追溯性和精细化管理，从而有效地识别潜在的风险环节并及时调整施工方案。数字化技术可以整合管理设计、施工、监理与验收等数据，实现资

源的优化配置，提升施工精度与质量控制的效率。同时信息化平台还支持对施工环境和材料状态进行实时监控、异常预警、智能调度等功能，以减少由于施工偏差或者材料不合格等原因导致通病的发生。

4.3 健全质量责任追溯和激励机制

健全质量责任追溯和激励机制，是提高建筑工程质量管理水品至关重要的一环。通过构建清晰的责任界定体系可以使设计、施工、监理各个环节的质量责任都落实在具体的单位或个人身上，从而达到整个过程可追溯。结合信息化管理平台实现了质量问题的实时记录、分析和反馈，可以迅速定位责任主体并减少推诿和盲点。同时要引进科学激励机制，把质量表现同经济奖励、职业评价和项目承接资格联系起来，建立正向激励和约束共存的管理格局。健全的追溯和激励体系既有利于增强各方面质量意识，又能促进施工单位在项目实施中积极采取防控措施，这样才能有效地减少质量通病的发生，提升工程整体质量，使建筑工程管理不断优化和高效运行。

5 创新防治对策落实保障应用前景广阔

5.1 完善制度和监管的协同机制

建筑工程质量管理是否有效，主要取决于健全的制度保障和多层次的监管协同。要建立涵盖设计、施工和验收全过程的质量管理体系，确定各个环节的责任主体和操作规范，并形成制度化和标准化约束体系。同时加强监管部门和施工单位以及监理机构间信息共享和协作机制建设，使质量监管具有实时性和动态性。通过构建多维度监督网络可以及时发现建设中可能存在的通病风险并促进问题快速整改和闭环管理。另外系统和监管协同配合信息化手段可以对质量数据进行可追溯、可分析和可预警，从而为建筑工程安全性、耐久性和功能性等方面提供了坚实保障。制度健全和监管协同有机融合，才能切实提高项目整体质量水平、减少通病出现频率、为建筑行业实现高质量发展打下基础。

5.2 加大专业人才培养和技术支持力度

强化专业人才培养和技术支持，是促进建筑工程质量管理水平不断提高的重要保证。建筑工程施工涵盖了设计、材料、结构以及安装多个环节，对其质量通病进行预防和治理需要有系统化专业知识和实践能力。通过构建完整的培训体系对不同职位进行技能提升与新技术应用培训可以切实提升施工人员、监理与管理层专业素养。同时引进先进的施工技术，信息化管理工具和智能检测设备可为现场施工实时提供技术支持和数据参考，有利于提高问题识别和解决的效率。将行业标准和企业内部管理规范相结合

形成一种持续性技术迭代和经验积累机制既能降低重复性的质量问题又能促进施工技术创新和管理模式的优化，使建筑工程质量防控由被动整改变为主动预防。

5.3 促进质量管理持续改进

提高持续改进能力，是建筑工程质量管理走向精细化、智能化的关键环节。通过构建全流程质量监控体系可以对设计、施工、验收等环节进行闭环管理，发现和修正可能存在的不足。同时利用大数据分析和建筑信息模型技术（BIM），动态监控和预测施工过程质量数据，并形成科学改进依据。定期进行质量评估和复盘既可以总结通病的形成规律，又可以优化施工工艺和管理流程，促进标准化和规范化的完善。另外要建立持续培训机制来提升施工及管理人员的专业素养及责任意识，从而形成制度化、技术化以及人才化的持续改进方式，从而为建筑工程质量的长久稳健发展提供扎实的保证。

6 结论

建筑工程质量通病是由多因素、多环节叠加而成，涉及到设计、施工、材料与管理各个方面。通过对通病类型及其产生原因进行系统阐述，可以发现传统管理模式中全过程控制，技术应用以及责任落实等方面均有缺陷，防治措施针对性和创新性亟待增强。有针对性的建设全过程精细化管理体系并与数字化和信息化技术手段相结合，促进标准化施工和技术创新相融合，可有效防范质量通病。同时健全质量责任追溯机制及持续改进体系能够促进工程质量管理长效性及稳定性。从整体上看实施创新防治对策既能提高当前工程质量水平，又能为建筑行业科学管理及可持续发展提供可行路径及理论支持。

[参考文献]

- [1]孙宝富.房屋建筑工程质量通病的成因与防治分析[J].居业,2018(10):90-91.
- [2]赵芝飞.建筑工程质量通病成因及控制措施分析[J].建筑与预算,2018(7):28-30.
- [3]喻仲平.建筑工程质量通病成因分析及控制管理方法[J].智慧城市,2018(13):85-86.
- [4]周俊.新时期背景下建筑工程质量通病成因及工程质量控制管理分析[J].河南建材,2018(3):267-269.
- [5]赵芝飞.建筑工程质量通病成因及控制措施分析[J].居舍,2018(4):14-18.

作者简介：马金龙（1975.12—），男，毕业院校：中央广播大学，学历：本科，所学专业：法学，当前就职单位：青龙满族自治县国控建设发展集团有限公司，职务：集团副总经理。

建筑工程中桩基础施工常见问题及处理措施研究

雷汉朝

溆浦县建设工程质量安全监督站，湖南 溆浦 419300

[摘要]伴随着建设工程项目越来越大，而桩基础又作为一种主要的受力体系而在其中应用着，在整个项目当中占据着重要的作用，同时桩基础的质量也将对建设工程的安全性和耐用性产生决定性的作用，但是现阶段在施工现场依旧存在着一些诸如：成孔质量不合格、桩体错位、钢筋笼安装不符合标准规定要求以及灌注混凝土时出现问题、承载力达不到设计要求的情况发生。这些都会导致项目工程中的质量问题进而使整个建筑变得不再安全可靠。文中针对桩基础工程施工过程中常见的问题进行了具体原因的深入剖析并给出了相应的解决办法，从前期勘探到成孔以及护壁技术的应用再到钢筋笼装入和混凝土浇筑、桩基础检测验收等方面来提升桩基础工程的质量，让建设工程变得更加安全可靠并为以后遇到同样的情况提供了借鉴意义。

[关键词]建筑工程；桩基础；问题及措施

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18647

中图分类号: TU753.3

文献标识码: A

Research on Common Problems and Treatment Measures in Pile Foundation Construction in Construction Engineering

LEI Hanchao

Xupu County Construction Project Quality and Safety Supervision Station, Xupu, Hu'nan, 419300, China

Abstract: With the increasing size of construction projects, pile foundations play an important role as a major load-bearing system in the entire project. At the same time, the quality of pile foundations will also play a decisive role in the safety and durability of construction projects. However, at present, there are still some situations on the construction site, such as unqualified hole quality, pile misalignment, steel cage installation not meeting standard requirements, problems during concrete pouring, and failure to meet design requirements. All of these will lead to quality issues in the project engineering, making the entire building no longer safe and reliable. The article provides a detailed analysis of the common problems in the construction process of pile foundation engineering and corresponding solutions. From early exploration to the application of drilling and wall protection technology, to the installation of steel cages and concrete pouring, pile foundation inspection and acceptance, etc., the quality of pile foundation engineering is improved, making the construction project safer and more reliable, and providing reference for similar situations in the future.

Keywords: construction engineering; pile foundation; problems and measures

引言

近年来随着建筑工程体量越来越大，高层乃至超高层建筑广泛出现，桩基础作为一种常见的建筑结构重要受力构件，其施工质量关乎着整个工程的安全性、可靠性以及使用寿命。桩基础施工涉及到成孔过程、钢筋笼制作及下放、浇筑混凝土以及后期的检测等一系列步骤，任何一个步骤上的失误都会导致桩基本身乃至整个工程结构上的缺陷，从而使建筑自身强度尤其是桩的承载能力遭受巨大损失甚至破坏整个结构体系。最近几年虽然桩基础的施工技术伴随着施工机械以及施工方式的进步已经得到了巨大的提升和发展，但是在桩基础的实际应用过程中仍然存在着钻孔质量问题、桩定位偏移、钢筋笼放置问题、混凝土浇筑时产生的缺陷以及桩本身的承载效果不够理想等情况，不仅会导致工程的施工效率下降经济损失增加还会使整个建筑物在未来使用过程中出现问题从而威胁人们的生命财产安全。所以，为了提升桩基础的施工水平保

证整个结构的安全有必要深入地探讨一些桩基施工过程中经常出现的问题并给出相应的应对建议，具有重要意义。本文试图通过对桩基础施工中各个质量方面的问题的表现形式和原因进行剖析，并根据具体施工经验给出有针对性、可实施性的施工技术与管理对策为建筑工程中的桩基础施工提供一定的理论和技术支持，并且能够对其他类似项目在施工过程的质量管理和防范风险提供参考经验。

1 建筑工程施工中桩基础施工技术的重要性

建筑可分为上部结构与下部结构。而对下部结构来说，它所承担的工作主要是承受上部结构的垂直荷载以及水平荷载的作用。如建筑地基为较好土层，则基本上能承受上部结构的荷载，但若为软弱土层或者建筑物体型较大较高层，则此时的地基土层不能胜任承载荷载的任务。正是依照此实际要求来进行的桩基础施工技术的应用。它能凭借桩基础施工深度大的优势，成功通过地基，进

而直接将建筑物体传递下来的荷载作用传达至持力层，使建筑物的使用性能更为稳定可靠。由于应用桩基础施工技术的要求较为严格，因此，我们需要通过对具体实例的了解查阅有关文献，对桩基础施工技术的应用实例进行全面搜集整理。

2 建筑工程中桩基础施工的常见问题

2.1 成孔质量问题

在建筑工程建设中的桩基工程施工中成孔的质量问题是整个桩基工程的施工质量包括其本身承载能力的重要影响因素。施工现场复杂的地质环境使得一旦前期勘探力度不够或者是在施工现场的各项施工参数把握失误都会很容易造成桩身的成孔孔径偏小，成孔孔壁不稳定，孔深不够甚至是坍孔、缩孔等各种问题的发生。而且一旦选用的钻机不合适、使用了过多老旧钻头甚至是施工人员的操作不当都会造成桩体的孔身垂直偏差过大而导致后期钢筋笼难以下放以及砼浇筑的质量不能得到保障的情况发生。再加上如果地下水位过高或是土质松软而护壁工作不到位抑或是泥浆指标控制不到位都会引起孔壁不稳定与孔内沉渣过多的现象从而致使桩底的支撑力下降严重的时候就会造成整根桩基报废。

2.2 桩位偏差与垂直度超限问题

在建筑工程项目中的桩基工程施工中出现桩位偏差、桩身垂直度超标的问题比较普遍，这两个方面的问题都对整个建筑物的桩基承载能力和整栋楼的质量安全有着重要影响。桩位的偏差通常是在测量定位的精度不够，控制桩没有得到有效的保护或者是在进行施工作业时常遭到人为的移动等情况下发生的，在这样的情况下所形成的桩孔的位置就会相对偏离了其设计时候的中心轴线，桩身的垂直度超出标准主要是在打桩机立设不牢靠和平整度不高还有就是在钻孔的过程中遇到了上下土层硬度不同的阻力等原因造成的^[1]。当遇见软弱地层、回填土地层或者含有孤石、硬夹层的地层时，在钻孔过程中常常会出现偏斜的情况，此时如果不加以纠正的话那么偏差会越来越大。再加上现场施工人员违章作业，缺少实时检测纠偏的步骤。这些都是造成桩身倾斜的主要原因。

2.3 钢筋笼制作与安装问题

对于建筑工程项目中的桩基工程施工而言，钢筋笼的制造与安放的质量决定着桩体受力情况以及建筑物寿命的长短，在具体施工操作时还存在着一些问题。如果钢筋笼在制造环节未能严格按照施工图及有关标准规定来做，则会出现钢筋种类使用错误，主筋排列疏密不一，箍筋绑扎松懈或焊接不合格等情况，从而使得整个钢筋笼刚度和强度不足。在钢筋笼下放环节当中因钢筋笼过长且自重大，一旦其吊装方式选择不科学和吊点分布不合理就会造成钢筋笼形变歪斜甚至部分受损；而如果钻孔质量不过关、

孔径大小不符合要求或者孔底残渣量过多，都会给钢筋笼的下落带来障碍，容易出现卡顿、偏离的情况，进而会影响到钢筋笼在孔洞内部的位置居中与否。

2.4 混凝土灌注质量问题

对于整个建筑工程项目中的桩基施工而言，混凝土灌注的质量问题也是造成桩体完整性和桩基承载能力下降的一个重要原因。受到施工现场环境与灌注操作工艺方面的影响，桩孔内混凝土灌注时常会产生混凝土分离、堵塞导管、夹泥、断桩等一系列的问题。一方面的原因是因为混凝土配合比选择不合理或者混凝土坍落度的大小把握不准都会使得混凝土流动性变差、可灌性降低，在后续进行灌注的时候会导致灌注过程并不连续；另一方面是由于灌注导管的设置不符合标准要求、接头密封状况不佳、埋设深度不合理等情况的存在，在灌注时也很有可能会混入泥浆或是空气从而导致整根桩身的混凝土不能完全密实。再有就是在整个灌注施工的过程中如果对灌注速率以及是否连续性的把控不到位或者说中途搁置时间太长的话就很容易产生灌注层面的冷缝而致使桩体本身的整体强度及完整性受损。

2.5 桩身完整性与承载力不足问题

建筑工程项目桩基础施工过程中遇到的桩身质量与桩的承载力偏低情况是诸多不良条件相互影响造成的，同时也是威胁整个桩基结构安全性以及可靠性的重大危险因素。由于成孔质量差，钢筋笼居中偏差，砼浇筑不连续等原因会造成桩内存在缩颈、夹泥、断桩、强度不够等问题造成桩体完整性的受损。另外土质环境复杂、持力层判定失误、桩底残渣未能清除干净等情况容易造成桩底部不能很好的与持力层接触致使桩基的端承性能下降^[2]。而且如果在施工阶段未能严格按照相关标准进行工程质量检查验收，一些隐蔽问题便不能得到及时暴露和解决使得桩基的实际使用荷载小于理论计算值。

3 建筑工程桩基础施工问题的处理措施

3.1 加强施工前勘察与技术准备

建筑工程项目桩基础施工过程中，加大施工前期勘察与技术准备工作力度是获得良好桩基础质量以及安全施工的前提条件，这对于整个施工过程以及日后使用而言都是极为重要的。首先要做好施工现场全面且精确度高的地质勘探，着重了解掌握地形中土层结构的情况、地下水位升降问题、土层薄弱层次、含沙层以及不良地质体存在情况，特别是对于一些地质状况复杂或者跨越地质构造层次较多的地层要加密钻孔数、加深钻孔取样程度从而提高勘探结果真实性典型代表性；其次要做好技术方面准备工作即根据地质勘探资料合理的选择桩类型、决定桩长度并选取科学合理的成桩方法、制定具体的施工技术难点控制措施与质量检验标准，考虑工程本身大小、机械性能状况、

场地具体条件等综合因素编制具体可行的施工方案以及应急处理办法等,在此之前还要对即将投入使用的机械设备如:钻孔机、导管以及护壁器具等进行仔细检测调试确保机器良好正常运作无安全隐患;最后就是施工技术人员业务学习培训与交底工作必不可少,采取实地操练、重要节点讲解、强调工程质量要求的方式使施工者熟练掌握施工流程及细节、工程质量主要风险点、安全生产注意事项等。

3.2 优化成孔与护壁施工工艺

对于建筑工程项目桩基工程施工而言,加强成孔及护壁施工工法的优化是保障桩体质量、施工安全的关键所在,尤其是在复杂的地质环境以及水位高的地区显得更为重要。首先是要结合地质勘探资料、项目设计要求合理选择成孔方式以及护壁措施等如针对软土地基采用泥浆护壁或者是旋挖钻机加套管护壁、针对砂性土层以及松散人工填土要严格控制泥浆密度和黏稠度以利于孔壁保持稳定状态从而达到降低塌孔的概率。其次是控制好钻头下降速率、钻杆轴线的摆动幅度防止由于钻机操作过猛造成偏孔或者孔内土体扰动严重以及适当位置处设置验证点位检查孔斜度以及孔深误差情况以便及时纠正。再者就是护壁施作时要做好泥浆各项指标的实时检测,适时对密实度、流动度、清渣效果进行调整使得泥浆具有较好的支护孔壁的能力、携渣能力以及孔底层沉渣沉淀抑制作用。对于成孔结束之后必须要严格清理孔底层的沉渣而且要复核一下孔尺寸大小、深度以及成孔垂直程度保证其孔的几何形状满足设计所提的要求以便后续钢筋骨架顺利下落、混凝土顺利灌入创造便利条件^[3]。最后应当制定施工工艺优化措施反馈制度,通过对施工参数记录、异常状况统计、施工经验总结的方式进一步完善成孔、护壁工法从而尽可能地避免了孔壁失稳、孔底沉渣超标的的现象出现进而导致桩体成型质量低劣的情况发生提升了整个桩基础受力性能和工程质量水平可靠性。

3.3 严格钢筋笼制作与安装控制

在建筑工程项目桩基施工过程中,严格控制钢筋笼生产和安装是保障单桩受力效果及工程结构耐久性的重要步骤,关系着整个桩体的承载能力及后期稳定情况。首先,在钢筋笼生产方面需要严格按照施工图及相关规范对钢筋进行下料、弯折、捆扎和焊接处理,特别注意控制主筋和箍筋种类、数量与间距,确保满足桩体要求的钢筋笼整体刚度及结构强度和刚度;并且要分阶段验收钢筋笼生产情况,及时校正调整误差缺陷。其次,在钢筋笼的安放环节,则要合理规划吊运和植入顺序步骤、安排吊点位置、选择优质吊装机械来保障钢筋骨架顺利入孔且不受损害,无变形、弯折、损毁等情况发生,利用导向设备和支撑系统使钢筋笼居中置于桩孔内并保证达到设计规定的保护层尺寸。施工时对钢筋笼植入状况予以全程摄像记录,配

合桩孔内的成孔质量,桩径情况和沉渣量做同步检验核验防止出现植入偏斜、上浮等问题造成桩体受力不佳。

3.4 强化混凝土灌注过程管理

在建筑施工工程桩基施工中加强混凝土灌注工序的管控是保障桩体密实度与桩体荷载的重要步骤,在施工时必须严格管控混凝土配比和坍落系数,使其具备较好的流动性和灌注性能,此外还要按孔深、桩径科学设置灌注流速和导管分布情况,并防止因为灌注速度过快或者中断而导致的混凝土离析、断桩以及产生冷缝等问题;在灌注之前必须要做好清孔工作,使导管可以畅通无阻地到达桩底部而不会出现夹泥和堵管等情况,而在整个灌注过程当中也要做到连续性的浇筑并加以振动或提升导管辅助手段来达到所要求的混凝土均匀密实无蜂窝的效果,在现场必须要有专人负责观测并对灌注量、混凝土面高程及孔内情况进行记录控制,同时依据试块或者现场测试的数据进行适时调节。

3.5 完善桩基检测与质量验收机制

对于建筑施工项目桩基础部分,在建筑工程项目桩基础部分的建设过程中,完善的桩基检测机制以及严格的质量验收手段是保障单桩的安全性能及整个建筑工程建设质量的前提条件,因此,在桩基础施工的同时应当建立起相应的检测体系,针对桩基施工各个具体步骤进行实时的检验以及监控,如孔成形的质量状况,钢筋网骨架安放是否居中,浇筑混凝土时候密实情况,桩身完整程度等都是需要重点关注的地方,同时还应对桩身所具有的实际荷载能力及其整体完整性运用诸如静载荷测试,桩的动力检测中的低应变和高应变方式,超声波投射检测以及钻孔取芯的方法对其进行科学合理的判定分析,并保证每一桩都需满足相应的要求以及规定标准^[4];与此同时还应该形成一套清晰明了的验收方案及步骤,结合桩基检测的数据结果,施工时的相关资料以及具体施工中的一些相关工艺参数,对出现的问题要及时进行补强加固或者补桩甚至重新开挖施工等相应处理方式杜绝留下隐患,最后在承包商和监理方的监督之下及时对技术以及验收情况进行总结汇报,使得施工质量具有可靠性和可追溯性。

4 结语

桩基础是建筑物的基础承重结构之一,对其施工的质量直接影响到整个工程的安全可靠性及耐久性,在实际施工时经常出现钻孔质量不合格、偏桩、钢筋笼制安不到位、混凝土浇筑缺陷、桩体承载力不够等情况而导致整桩乃至整个桩基不合格从而影响工程质量。对于以上桩基础常见质量问题,文章提出了一系列包含做好施工前期勘查和技术准备工作、钻孔护壁施工方法改进、严格把控钢筋笼的制作安装环节、狠抓混凝土的浇筑过程控制、健全对桩基的质量检测验收制度等方面的综合性解决对策。上述

措施的实施能有效地改善桩基础的施工质量情况,减少施工安全隐患,保证建筑项目的正常安全使用。今后随着施工技术、检测技术的进步,我们还应对桩基础施工质量管控体系加以丰富,借助智能化、数字化等先进手段全面加强对桩基础各施工工序的质量管控,为建设优质高效的建筑工程提供强有力的技术支持。

[参考文献]

[1]李永宾.建筑工程施工中的桩基础施工技术[J].工程建设与设计,2025(3):233-235.

[2]任帅,金欢,王菲.建筑工程施工中桩基础施工技术运用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025(27):112-114.

[3]张卓武.浅谈建筑工程土建施工中桩基础施工技术的应用[J].陶瓷,2025(3):202-204.

[4]裴畅财.土木工程施工中桩基础施工技术的应用分析[J].建材发展导向,2025,23(15):97-99.

作者简介:雷汉朝(1979.12—),男,湖南溆浦人,汉族,本科学历(土木工程),从事建设工程质量检测和建设工程质量安全监督工作。

化学产品中重金属的定性检验方法研究

周业武

梧州市产品质量检验所，广西 梧州 543000

[摘要]化学工业不断发展，化学产品里可能有铅、镉、汞、砷、铬等重金属，这些元素对人体健康和环境有潜在危害。当下，检测化学产品重金属多靠定性检验法，像化学反应法、沉淀反应法、显色反应法、比色或试纸检测法以及快速检测试剂法。这些方法操作简便，能快速判断重金属存不存在，不过在复杂样品里易受干扰，灵敏度和准确性都有局限。整体而言，定性检验在初步筛查中应用很广，但还得改进，提高可靠性与准确性。

[关键词]化学产品；重金属；定性检验方法

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18665

中图分类号: TS207.51

文献标识码: A

Research on Qualitative Testing Methods for Heavy Metals in Chemical Products

ZHOU Yewu

Wuzhou Product Quality Inspection Institute, Wuzhou, Guangxi, 543000, China

Abstract: With the continuous development of the chemical industry, chemical products may contain heavy metals such as lead, cadmium, mercury, arsenic, and chromium, which pose potential hazards to human health and the environment. At present, the detection of heavy metals in chemical products mostly relies on qualitative testing methods, such as chemical reaction method, precipitation reaction method, colorimetric or test paper detection method, and rapid detection reagent method. These methods are easy to operate and can quickly determine the presence or absence of heavy metals, but they are susceptible to interference in complex samples and have limitations in sensitivity and accuracy. Overall, qualitative testing is widely used in preliminary screening, but further improvement is needed to enhance reliability and accuracy.

Keywords: chemical products; heavy metals; qualitative testing method

引言

随着化学工业发展，化学产品生产、流通、使用过程易受重金属污染。铅、镉、汞等重金属有毒性、难降解、易累积，微量存在就可危害人体健康，影响环境。监测、控制化学产品中重金属，关乎安全、环保。化学产品重金属来源复杂，定性检验能快速判断特定重金属存在与否，常用方法有化学反应法、沉淀反应法等，各有优势和局限。本研究系统梳理化学产品中重金属的常见种类及来源，分析不同定性检验方法的原理及操作特点，比较其灵敏度、选择性、操作便捷性和应用场景，并探讨其在实际检测中的优势与改进方向，为化学产品重金属的快速筛查和质量控制提供参考。

1 常见重金属种类及其来源

常见重金属包括汞、镉、铅、砷和铬等，这些元素在环境中普遍存在，但过量接触会对人体健康造成严重危害。汞主要来自工业排放、含汞日用品和化妆品，可通过呼吸、皮肤接触或误食进入人体；镉常存在于矿山开采、电镀废水及污染土壤中的农作物中，长期摄入可引起肾脏损伤和骨骼病变；铅来源包括含铅油漆、蓄电池制造、汽车尾气及老旧水管，儿童尤其容易通过接触进入体内；砷可通过自然地质活动或农药、工业废水污染进入饮用水和农产品，

长期积累可能导致皮肤病变或癌症；铬，尤其是六价铬，多见于皮革加工和电镀废水中，可通过皮肤或呼吸道吸入，对人体具有刺激性和致癌风险。总体来看，重金属的来源既包括自然过程，也主要来自人为活动，如工业排放和农业化学品使用，因此加强工业治理和个人防护是减少重金属风险的关键措施。

2 化学产品中重金属的常用定性检验方法

2.1 化学反应法

化学反应法属于化学产品当中重金属定性检验的一种基础性方法。这种方法的关键之处就在于借助不同重金属元素在化学性质方面所存在的差异，促使它们和特定试剂产生具备指示意义的反应，进而凭借能够被观察到的反应现象来判定重金属是否存于其中。此方法一般会采用酸溶或者消解这类方式去对化学产品展开前处理工作，让样品里的重金属转变成游离离子又或者是可反应的状态。之后在把控好一定的温度、酸碱度以及反应时间这些条件之后，再加入相应的检验试剂。因为不同的重金属离子在溶解度、络合能力还有反应活性等方面有着明显的区别，所以其反应的结果往往呈现出特征性的沉淀生成、颜色出现变化或者反应速率存在差别等情况，由此便形成了直观的定性判据。化学反应法有着操作步骤相对较为简单、检

测成本比较低廉、对于仪器设备的依赖程度不高等诸多优势，是适合作用于化学产品生产进程当中的快速筛查以及质量初步检测的。不过在复杂的化学体系里面，共存的离子以及基体成分有可能会对反应结果造成干扰，进而引发假阳性或者假阴性这类现象，所以在实际的应用过程当中就需要结合合理的样品预处理手段、掩蔽剂的使用情况以及对照实验等相关内容来进行综合性的判断。

2.2 显色反应法

显色反应法属于化学产品里重金属定性检验常用的一种方法，它的原理是借助特定显色试剂和重金属离子产生络合或者取代反应，在特定条件之下形成带有特征颜色的化合物，进而凭借颜色的呈现、变化或者深浅状况来判定重金属的存在情况。此方法一般是在样品经过溶解或者消解处理之后施行，依靠调控溶液的酸碱程度、反应时长以及试剂用量，促使显色反应可以稳定且充分地开展。不同重金属离子同显色试剂的络合能力以及显色特性存在显著区别，这就让显色反应法在选择性以及灵敏度方面具备一定的长处，可达成对微量重金属的直观辨别。相较于传统化学反应法来讲，显色反应法的检测结果更容易观察并且比对，适宜和标准色阶或者空白对照一道辅助做出判断，在实验室常规检测以及现场快速筛查当中都具备不错的适用性^[1]。然而该方法同样会受到样品基体复杂性、共存离子竞争络合还有光照以及温度条件变化等因素的影响，所以在实际运用过程中需要合理挑选显色试剂，并且通过优化反应条件、设置对照实验等相关举措，提升定性判断的精确性以及可靠性，以此充分发挥显色反应法在化学产品重金属定性检验方面的技术优势。

2.3 沉淀反应法

沉淀反应法算得上是在化学产品重金属定性检验领域里应用时间颇为久远且原理相对直观的一种方法了。这种方法的基本思路是借助重金属离子于特定条件之下同沉淀剂展开反应，进而生成那些难溶或者微溶的化合物。随后凭借沉淀所呈现出来的生成状况、颜色特点以及形态方面的特征，去判定重金属具体的存在情形。在实际开展检测工作的过程当中，一般而言都需要针对化学产品样品给予适当的溶解处理或者消解处理，目的是让其中所含的重金属能够转化成为可以参与反应的那种离子状态。接着要在对溶液酸碱度以及离子强度加以控制的情况下，加入像硫化物、氢氧化物这类或者是其他的特定沉淀剂。因为不同的重金属化合物在溶解度积、生成条件以及沉淀特性等方面存在着比较明显的差异，所以沉淀反应法能够在某种程度上达成对多种重金属进行区分以及做出初步判断的效果。此方法的操作流程较为简单，所得的结果也较为直观，比较适宜用于化学产品生产进程当中的快速筛查环节，同样也适用于实验室层面的初步检测工作。不过，在那种复杂的样品体系当中，共存的离子很可能会引发共沉

淀的情况出现，又或者会抑制沉淀的生成，如此一来便会对检验结果的准确性产生影响。所以在运用该方法的时候，就需要合理地去选择沉淀剂，并且要配合着对反应条件予以调节，倘若有必要的话，还需结合掩蔽方面的相关措施以及对照实验一道来进行综合性的分析，以此来提升沉淀反应法在重金属定性检验方面所具备的可靠性以及实用价值。

2.4 比色与试纸检测法

比色以及试纸检测法属于一类凭借颜色变化来作为判别依据的快速定性检验办法，在化学产品的重金属初步筛查以及现场检测方面有着颇高的应用价值。该方法的基本原理在于借助重金属离子和特定的显色试剂或者功能化的试纸相互作用之后，引发颜色的出现或是变化，接着依靠人眼去观察或者同标准色卡做对比，进而判断样品当中是否存在有目标重金属。比色法一般是样品经过简单的前处理以后，把反应体系和标准溶液或者色阶拿来对照，能够在相对较短的时间内获取到直观的结果；而试纸检测法则会把显色试剂预先固定于载体之上，其操作流程更为简便，适宜在非实验室的环境当中使用^[2]。相较于传统的化学反应方法来讲，比色与试纸检测法有着检测速度较快、操作步骤较少、对仪器设备的依赖程度较低等诸多优势，可满足化学产品在生产、流通以及监管过程里对于快速定性判断的需求。

2.5 快速检测试剂法

近年来，随着分析化学以及材料技术不断发展，快速检测试剂法慢慢开始推广开来，这是一种用来定性检验重金属的手段。它的关键之处就在于把特定的化学反应体系、能够显色的试剂或者络合剂都集成到试剂包、检测试剂盒亦或是可以一次性使用的检测装置当中，如此一来，就能让检测的过程变得更为标准，操作的流程也得以简化。在针对化学产品展开检测的时候，这种方法一般只需要对样品做简单的处理，依照说明去加入相应的试剂，并且在规定的时间范围内观察反应出现的现象，之后凭借颜色产生的变化、沉淀形成的状况或者指示出来的结果便能判断出重金属具体的存在情况。相比于传统的实验室检测方法而言，快速检测试剂法有着检测速度比较快、对于操作的要求相对较低以及重复性较为不错等诸多优势，尤其适合在生产现场、市场监管还有应急检测等这样的场景当中运用。不过，因为试剂的配方以及反应的条件已经被固定下来了，所以它的适用范围以及检测灵敏度往往会受到一定的限制，在复杂的化学基体环境里还可能出现干扰的情况或者是判断时产生误差。

3 定性检验方法的比较与应用分析

3.1 方法灵敏度与选择性比较

在针对化学产品展开的重金属定性检验工作当中，各种各样的检验方法在灵敏度以及选择性这两个方面存在

着颇为明显的差异，而这两方面的差异会实实在在地对其在不同检测场景之下的适用情况产生影响。灵敏度具体指的是检验方法所能具备的检测到微量重金属的那种能力，而选择性则是体现出该方法对于目标重金属和其他共存离子加以区分的那种能力。化学反应法还有沉淀反应法，虽说它们的操作流程是比较简单的，而且所花费的成本也是相对低廉的，然而在对微量元素展开检测的时候，其灵敏度就显得有些有限了，并且在那种较为复杂的样品基体环境当中，还特别容易受到共存离子的干扰，如此一来就会使得选择性有所降低。显色反应法是借助特定的显色剂和重金属相互作用进而形成具有特征颜色的复合物，这种方法在一定程度上提升了对特定金属离子的识别能力，不过在有多金属同时共存的情形之下，颜色方面的差异或许就不会那么明显了，所以选择性还是需要依靠对试剂以及反应条件加以优化的方式来进一步增强。比色与试纸检测法，它的灵敏度是比较高的，比较适合用于快速筛查相关情况，可是其最终的判断结果往往会受到观察条件以及色差方面主观因素的影响，而选择性也得依赖于试纸或者比色剂所具有的特异性才行^[3]。快速检测试剂法是凭借预制好的试剂组合以及标准化的操作流程，这在很大程度上提高了灵敏度以及重复性，与此同时也在一定程度上增强了选择性，然而即便如此，它还是有可能会受到样品复杂成分所带来的干扰。

3.2 操作便捷性与检测效率分析

在化学产品的重金属定性检验方面，操作便捷性以及检测效率这两个因素，属于评价相应方法适用性的关键指标所在，它们和实验的可操作性、现场应用的可行性存在着直接关联。传统的化学反应法还有沉淀反应法，其操作相对来说较为简单，所需求的仪器设备数量不多，然而步骤却相对繁琐，样品前处理环节以及反应所需的时间都比较长，在进行批量检测的时候，其效率相较于而言是比较低的。显色反应法在操作层面略微显得更为简化一些，能够凭借直接对颜色变化加以观察的方式，便能获取初步的判断结果，检测效率也得到了一定程度的提升，不过对于那些复杂的样品而言，依旧需要对反应条件予以严格的把控，并且要开展对照实验，如此一来便增加了操作的难度。比色以及试纸检测法借助标准化的试剂以及直观的比色结果，大幅度地提升了操作的便捷性，不需要复杂的仪器，便能够快速地完成判断工作，这种方法比较适合在现场进行快速检测以及对大量的样品展开初筛操作。快速检测试剂法是把所有的试剂预先准备好或者将其集成于试剂盒当中，其操作步骤极为简单，仅仅只需要将样品加入进去并经过短时间的反应之后，就能够得到相应的检测结果，其检测效率颇高，重复性表现也不错，特别适用于生产现场或者应急检测的情况。

3.3 成本与应用场景分析

在化学产品重金属定性检验方面，成本以及应用场景属于选择检验方法时需要重点考量的因素。不同的检验方法在试剂消耗、仪器依赖、人员操作以及实验时间等方面所呈现出的成本差异颇为显著，而这也决定了其适用的检测环境以及规模情况。传统化学反应法还有沉淀反应法这两种方法所需使用的试剂成本相对较低，对仪器的依赖程度也较少，所以它们比较适合实验室条件相对简陋的基础检测工作，或者针对批量样品进行初筛操作。不过这些方法的操作步骤数量较多，检测周期也相对较长，所以在大规模且需要快速筛查的场景当中，其效率就会受到一定的限制。显色反应法虽然需要特定的显色试剂，成本会略微偏高一些，但是凭借直观的颜色变化情况，可以较为快速地做出判断，因此它比较适合在实验室里开展快速检测工作，也可以应用于质量控制环节^[4]。比色法以及试纸检测法能够借助标准化试剂或者试纸来实现便捷的操作流程，然而每次开展检测的时候，依旧需要消耗相应的试剂或者试纸，单次检测的成本处于相对中等的水平，所以它们比较适合用于现场检测、应急监测或者是生产过程中的快速筛查工作。

4 结语

化学产品里重金属的定性检验，是确保产品安全的一项关键手段。仔细分析各类方法能够察觉到，每种方法在灵敏度、选择性以及操作便捷性方面均有着各自的长处与短处，并且还存在着干扰情况以及准确性方面的制约因素。在实际的应用过程当中，需要依据样品的具体状况以及检测的实际需求来挑选相宜的方法，当有需要的时候，甚至可以将多种方法综合起来加以运用，从而促使检测的可靠性以及效率得以提升。在未来，伴随着技术的不断进步，这些方法是有希望能够变得更加迅速、更加精准并且更加规范化的，进而为产品质量的把控给予有效的支撑助力。

【参考文献】

- [1]张青春.标准件产品有毒重金属及其化学成分检测新方法 [Z].浙江省,国家标准件产品质量监督检验中心,2007-01-19.
 - [2]郭恒横,魏森林,梅利,等.化学法处理钒工业废水中重金属[J].辽宁化工,2025,54(8):1366-1370.
 - [3]席竹梅.基于化学方法的水环境重金属污染物去除技术研究[J].化纤与纺织技术,2025,54(10):75-77.
 - [4]俞佳利,金佳慧.废水中重金属离子的化学分析方法比较[C].广西:广西网络安全和信息化联合会.2025 年第六届工程领域数字化转型与新质生产力发展研究学术交流会论文集.诸暨市水业技术检测有限公司,2025.
- 作者简介：周业武（1996.10—），毕业院校：广西大学，所学专业：环境工程，当前就职单位名称：梧州市产品质量检验所，就职单位职务：检验员，职称级别：助理工程师。

新型膜分离技术在化工工艺强化中的应用研究

刘新丛

河北科防治金安全评价有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]伴随着我国工业化进程的不断发展与推进，化工行业对于分离技术的需求也越来越高，特别是在环境保护、资源回收等各个环节中。加强化工过程强化是推进行业绿色低碳发展及高质高效利用的重要手段之一，膜分离技术以其高效、低能耗以及绿色环保的特点在打破传统流程限制、降低过程成本上具有重要作用。文章对环铵酚酞聚芳醚砜型阴离子交换膜、有机-无机复合膜、氟化共轭微孔聚合物（Fx-CMP）膜等新膜进行了介绍，考察其对湿法磷酸净化、有机共沸物分离及高附加值药物提纯等典型过程的强化机理及应用性能；以实验结果说明新型膜分离技术在提高分离选择性、节能降耗以及增加产品附加值等方面的优势，并探讨膜污染控制、大规模制备等关键问题分析关键技术挑战并提出优化策略，助力其工业化推广与化工工艺绿色升级。

[关键词]新型膜分离技术；化工工艺；膜材料；绿色化工；资源回收

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18656 中图分类号: TQ028 文献标识码: A

Research on the Application of New Membrane Separation Technology in Chemical Process Enhancement

LIU Xinchong

Hebei Kefang Metallurgy Safety Evaluation Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the continuous development and promotion of industrialization in China, the demand for separation technology in the chemical industry is also increasing, especially in various aspects such as environmental protection and resource recovery. Strengthening chemical processes is one of the important means to promote the green and low-carbon development and high-quality and efficient utilization of the chemical industry. Membrane separation technology plays an important role in breaking traditional process limitations and reducing process costs due to its high efficiency, low energy consumption, and green environmental protection characteristics. The article introduces new membranes such as cyclic ammonium phenolphthalein polyarylethersulfone anion exchange membrane, organic-inorganic composite membrane, and fluorinated conjugated microporous polymer (Fx-CMP) membrane, and investigates their enhanced mechanisms and application performance in typical processes such as wet process phosphoric acid purification, organic azeotrope separation, and high-value drug purification; The experimental results demonstrate the advantages of the new membrane separation technology in improving separation selectivity, energy saving and consumption reduction, and increasing product added value. Key issues such as membrane fouling control and large-scale preparation are discussed, and key technical challenges are analyzed and optimization strategies are proposed to assist in its industrial promotion and green upgrading of chemical processes.

Keywords: new membrane separation technology; chemical process; membrane material; green chemical industry; resource recycling

引言

化工过程普遍存在着高耗能、高污染、低物效的问题，常规的分离技术（蒸馏、吸收、萃取、结晶、中和沉淀等）存在着传质效率低、二次污染严重、产物附加值不高及操作复杂等诸多缺陷^[1]。近年来，伴随着我国工业化进程的不断发展与推进，化工行业对于分离技术的需求也越来越高，特别是在环境保护、资源回收等各个环节中，传统的分离技术主要是通过选择性透过能力的膜材料进行物质分离、浓缩和提纯，然而，在具体的应用过程中因其分离效率不高、膜污染及耐用性等问题在一定程度上对其在复杂工艺中的应用造成了严重的影响。鉴于此，有必要开发新型膜材料逐渐代替传统分离技术^[2]。近些年来，伴随着

工业化领域的不断发展，新型膜材料的研究也有了显著的进展，提出了功能化膜与复合膜的制备技术，主要涵盖了溶胶-凝胶法、等离子体处理、相转化法等，通过改进有助于增强膜的亲水性、优化结构，提高其抗污染的性能^[3]。但是在当前的化工工艺强化中仍然面临着很大的挑战，基于此，本文研究将进一步深入探究新型膜分离技术在化工工艺强化中的应用效果。

1 新型膜分离技术的核心优势与强化机理

1.1 核心技术优势

与传统的分离技术和普通膜相比，在强化化工生产过程中，新型膜分离技术主要具有以下三个方面的特点：第一是高选择性分离功能，利用膜的微孔结构大小及膜表面

的功能基团来实现对特定物质的选择透过，例如环铵酚酞聚芳醚砜膜的酸盐选择性能是商品化膜的3~6倍甚至更高^[4]；第二是节能减排，一是依靠浓度差、压力差等温和驱动条件，不需高温高压也不需大量化学试剂，例如采用膜法分离碳酸二甲酯-甲醇共沸物可降低蒸汽消耗；二是绿色资源循环，可实现酸碱、溶剂、高价值组分的高效回收，减少危废排放，例如高浓度酸碱废水资源化回收率可达90%以上，满足绿色化工发展的理念^[5]。

1.2 工艺强化机理

强化化工过程是新型膜分离技术的主要应用途径之一，其主要方式有3类：（1）传质过程强化，在膜材料制备过程中引入非对称结构、分级孔道结构等来降低传质阻力，提高目标物质通量，例如溶剂蒸发-水刻蚀法获得的非对称膜可以将酸通量达到商品膜的2.5倍。（2）反应-分离集成强化，采用膜分离技术与化学反应过程耦合，实时分离产物，打破化学平衡，提高反应转化率与产物纯度；（3）复杂体系适配性强化，通过对膜进行材料改性，增加膜的耐腐蚀性、抗污染性，适配高浓度、强腐蚀、含复杂杂质的化工体系，如Fx-CMP膜在18 mol/L H₂SO₄中长期浸泡仍保持稳定分离性能^[6]。

2 新型膜材料的分类与制备技术

2.1 新型膜材料的分类

新型膜材料的分类可依据化学组成、分离机理、膜结构等多种维度，其中按化学组成分类最能反映材料本质特性，也是化工工艺应用中最常用的分类方式，主要包括以下三类：

一是有机高分子膜。采用聚合物作为材料基础，并进行分子设计及功能改性来达到一定的分离效果，在制备过程中有低成本、柔软性强以及易扩大生产等特点。之后文中所应用的环铵酚酞聚芳醚砜阴离子交换膜就是该类中的一种，它是在聚芳醚砜骨架上加入环铵功能基团，提供膜良好的酸盐分离选择性。另外，氟化共轭微孔聚合物（Fx-CMP）膜也是有机高分子膜的一种，由于特殊的共轭骨架及氟化修饰，使得Fx-CMP具有高的溶剂渗透性和化学稳定性。

二是无机膜。以陶瓷、金属、分子筛等无机物为材质，具备耐高温、耐强腐蚀、机械强度高等特点，在高温、强酸碱、高黏性体系等苛刻的化学环境中适用性强，并且常常作为复合膜的支撑体使用，例如案例二中有机-无机复合膜中的陶瓷支撑体，为分离层提供了稳固的基础，提高膜组件运行稳定性。

三是有机-无机复合膜。有机相与无机相相结合进行复合，将二者优点结合起来克服单体材料存在的局限性。有机-无机复合膜既有有机物材料的高通量及易于加工的特点，又有无机物材料的稳定性和选择性的优点，是目前化工强化技术的研究热点之一。典型的如南京工业大学研

制的有机-无机复合膜。它的聚合物分离层和陶瓷支撑层配合使用可以解决有机膜在有机溶剂中出现的溶胀问题。

2.2 新型膜材料的制备技术

膜材料的制备方法主要是根据不同的化工工艺过程的要求对膜的化学成分、孔径大小及分布、亲疏水性进行控制，主要的方法有：

有机高分子膜最传统的制备方法为溶液浇铸-相转化法，即将聚合物溶解形成均一的溶液，在浇铸成型的基础上利用溶剂与非溶剂的交换产生相分离而得到具有多孔结构的膜。溶剂蒸发-水刻蚀法制备的环铵酚酞聚芳醚砜膜正是基于上述原理的一种改进。通过控制溶剂挥发速度以及水刻蚀过程来构筑具有超薄分离层及多孔支撑层的不对称结构，从而提高膜的通量及选择性。

界面聚合法常用于制备致密型分离膜，其原理是利用两种不同的单体，在两相界面上发生快速度的聚合反应，从而生成超薄的分离皮层。此方法的优点在于膜层厚度容易控制，分离效果较好，并被广泛应用在制备复合膜分离层方面。在有机-无机复合膜制备过程中可以通过界面聚合法实现在无机支撑层上直接合成有机分离层，促进有机相和无机相之间紧密结合，提高膜的界面相容性和分离稳定性。

原位聚合和掺杂改性是提高膜材料性能的重要方法之一。在Fx-CMP膜上，利用超酸催化乙酰基进行原位聚合形成环状大分子，通过调节单体种类及比例、温度压力等工艺参数获得“笼型”的传质通道；而在有机-无机杂化膜中，则可以通过将无机纳米粒子（如SiO₂、分子筛等）掺入到有机骨架当中来实现。进一步改善膜的孔道结构及分离特性；提高膜的抗污染能力和机械强度。

另外，模板法、静电纺丝法制备新型膜材料也是新的尝试，在此过程中也可以实现对膜材料性能的提升：模板法可以精确控制膜的孔道大小及形貌特征；静电纺丝法可制备比表面积大、孔隙率高的纤维膜^[7]。

3 新型膜分离技术在典型化工工艺中的应用研究

3.1 环铵酚酞聚芳醚砜膜强化湿法磷酸净化工艺

3.1.1 传统工艺瓶颈

湿法磷酸作为磷化工产业链的基础产品，在传统的生产工艺中生产出来的湿法磷酸含有较多杂质，需要使用溶剂萃取的方法对其进行提纯处理，然而在实际应用过程中由于其萃取率低、消耗大量的有机溶剂以及排放出大量含磷污水而无法进一步开发成为更高价值的产品，因此如何为企业提供更加绿色环保且高效的技术手段来解决这一难题迫在眉睫。

3.1.2 新型膜技术方案与强化效果

以新型的环铵酚酞聚芳醚砜阴离子交换膜为研究对象，开发了基于扩散渗析的膜分离纯化工艺，其关键技术主要体现在以下几个方面：（1）提出了新的膜合成方法，

改变了膜中的官能团排列及离子迁移特性; (2) 利用逐步缩聚的方法控制膜中离子通道直径以及表面电荷密度; (3) 溶剂挥发结合水蚀刻法制备具有极薄的分离界面和厚而多孔的支撑层的不对称膜。

表1 不同膜材料在湿法磷酸净化中的性能对比

膜类型	酸盐选择性	酸通量 (L·m⁻²h⁻¹)	净化后磷酸纯度 (%)	处理成本 (元/吨)
商业阴离子交换膜	1.0	8.2	95.3	860
环铵酚酞聚芳醚砜膜	30~70	20.5	99.9 (电子级)	516

实验验证与中试结果表明 (表 1): 该新型膜的酸盐选择性达到 30~70 倍于商业膜, 酸通量提升至商业膜的 2.5 倍; 可实现从肥料级磷酸到电池级磷酸、准工业级磷酸到电子级磷酸的跨越, 净化后磷酸纯度满足高端应用需求; 相较于传统萃取工艺, 药剂消耗降低, 无含磷废水排放, 处理成本降低。

3.2 有机-无机复合膜强化有机共沸物分离工艺

3.2.1 传统工艺瓶颈

碳酸二甲酯是新能源汽车锂电池电解液的重要原材料, 其生产过程产生的碳酸二甲酯—甲醇共沸混合物很难用普通的精馏实现分离。传统的变压精馏工艺需要消耗大量的蒸汽, 每分离 1t 碳酸二甲酯需要消耗 8t 蒸汽, 能耗大、经济效益低, 限制了新能源材料工业的绿色发展。

3.2.2 新型膜技术方案与强化效果

研发的有机-无机复合膜通过建立聚合物分离层与陶瓷支撑层复合结构, 解决了传统有机膜在有机溶剂中的易溶胀导致分离性能不稳定的问题^[8]。其通过利用刚性无机支撑体和有机膜层共同作用, 形成受限溶胀界面, 克服膜通量和选择性的制衡关系; 同时利用表面疏水疏油改性的热辅助原位功能化的方法提高膜的抗污染性。

应用证明: 利用新开发的膜分离技术处理碳酸二甲酯-甲醇共沸物, 汽耗由原来的 8t/t 产品下降到 4t/t 产品, 能耗降低, 膜对碳酸二甲酯的选择性提高, 产品质量提高, 膜组件长期使用的寿命延长, 对小于超细微尘粒的除尘率高。

4 新型膜分离技术应用的关键挑战与优化策略

4.1 核心挑战

虽然新型膜分离技术对于强化化工工艺具有很大的优越性, 但是其在工业生产中仍然面临着以下三个方面的难题: ①膜污染问题, 在化工原料中含有许多悬浮物、胶体、有机物等物质容易黏附到膜的表面或者阻塞膜的空隙, 使得膜的通量降低, 增加了运行成本, 比如含有高浓度酸、碱废液的废水, 其中含有大量的重金属离子以及有机物就很容易造成膜污染; ②批量生产受限, 在实验室规模下的膜制备方法不能简单地进行扩大化生产, 在大规模膜制备中会出现膜面厚薄不一、膜表面与支撑体粘结不够牢固等

情况, 不利于工业化应用; ③适用性有待提高, 一些工业流程涉及的物料存在黏稠、高温、强酸强碱等性质, 目前的新膜材料还不能保证长时间使用, 例如在炼油过程中, 由于原料原油组成复杂, 膜材料易被油相破坏。

4.2 优化策略

为此, 本文给出几点解决方案: ①膜污染治理方面, 在“前处理-膜过滤-化学洗涤”的工艺中进行改进, 利用 MF 或 UF 滤除较大粒子污染物^[9]; 研制出以柠檬酸+EDTA 复合螯合剂洗涤液来剥离金属氧化物污堵物质; 在制备过程中加入纳米材料及表面 PTFE 改性以增强膜的耐污能力; ②大规模生产技术突破, 学习海水淡化膜的界面聚合法, 改进膜制备装置及条件, 获得大尺寸均匀膜面连续产出; 创新模块化膜元件, 提高膜使用率以及适应设备能力; ③膜材料定向修饰, 从分子层面出发, 在高分子中引入耐腐蚀、耐高温等功能基团, 例如氟原子、酰亚胺链等; 制备复合型支撑层, 综合有机材料的大孔隙率及无机材料的高强度特性, 提高膜的抗污染能力^[10]; ④智能控制, 采用人工智能传感器对膜进行在线监控, 并根据反馈结果调节进水流量、压力以及温度等参数, 降低膜污染速率, 维持系统的正常运作。

5 结论与展望

本文对环铵酚酞聚芳醚砜阴离子交换膜、有机-无机复合膜、Fx-CMP 膜等新型膜材料应用于湿法磷酸净化、有机共沸物分离、高附加值药物提纯等过程的研究表明, 通过合理的膜结构设计及膜材料的改性制备得到的新型膜分离技术能够克服传统化工过程效率低、能耗大以及环境污染等问题, 同时提高分离的选择性和通量以及稳定性, 降低工艺能耗及成本, 提高产品的附加值。本研究开发的新型膜分离过程能够有效降低相关工艺能耗, 降低分离成本, 将产品提纯到电子级、医药级等高附加值级别, 是化工过程强化的有效手段。

展望未来, 新型膜分离发展方向应该包括以下方面: 制备具有自修复、超双疏等功能的高抗污染性、稳定性的新型膜材料; 将膜分离与其他操作如反应、精馏、吸附等进行耦合, 形成一个完整的绿色化工过程; 利用 AI 和大数据技术对膜分离过程进行优化和控制。深化产研融合合作, 加快实现实验室成果转化, 让膜分离技术在炼油、石化、新能源材料等领域得到越来越多的应用, 为化工行业减碳作出贡献。

参考文献

- [1] 戚广贤, 陈顺权. 基于微波热解膜分离蒸发结晶的废盐资源化中试研究 [J]. 当代化工, 2023, 52(11): 2576-2579.
- [2] 李杰, 闫祖喻, 张锁, 等. 静电纺丝纳米纤维在膜分离领域中的应用研究进展 [J]. 当代化工, 2023, 52(9): 2218-2228.
- [3] 岳庆友, 王宝珠, 李存磊, 等. 二氧化碳膜分离材料及其性能研究进展 [J]. 精细化工, 2024, 41(6): 1230-1245.

- [4] 李思诺, 刘静, 孙凯, 等. 贻贝仿生矿化超亲水表面膜的制备及其油-水分离性能 [J]. 膜科学与技术, 2024, 44(4): 65-74.
- [5] 陈彦睿, 张星冉, 李方. 基于层层自组装技术的抗污染膜研究进展 [J]. 化工进展, 2023, 42(11): 5956-5968.
- [6] 负柯, 张澄, 杨旭, 等. 基板表面粗糙度对 TiO_2-SiO_2 复合薄膜制备及耐蚀性影响研究 [J]. 涂层与防护, 2023, 44(7): 35-40.
- [7] 宋春菊, 王海涛, 刘国昌, 等. 非溶剂致相转化法 PTFE/TPU 复合膜制备与性能表征 [J]. 塑料工业, 2023, 51(2): 153-160.
- [8] 王启程, 王玮, 冯槊, 等. PBAT/没食子酸酯化纳米纤维素复合膜的制备及性能 [J]. 塑料工业, 2024, 52(6): 76-82.
- [9] 王牌, 杨少玲, 戚勃, 等. 基于共混和层层自组装方法协同交联剂对琼胶/海藻酸钠复合膜性能的影响 [J]. 食品与发酵工业, 2024, 50(1): 89-97.
- [10] 卢硕, 沈士泰, 张小雨, 等. 铝表面超疏水复合涂层的制备及其表面性能 [J]. 表面技术, 2023, 52(11): 318-325.

作者简介: 刘新丛 (1980.10—), 毕业院校: 沈阳理工大学, 所学专业: 安全工程, 当前就职单位: 河北科防冶金安全评价有限公司, 职务: 安全评价师, 职称级别: 中级。

化工废水处理工艺中有毒气体逸散风险控制技术研究

黄云飞

泛华保险公估股份有限公司河北分公司，河北 石家庄 050000

[摘要]化工废水成分复杂，在格栅、调节池、厌氧反应等处理工段极易逸散出诸如硫化氢（H₂S）、氨气（NH₃）、挥发性有机物（VOCs）、氯气（Cl₂）等具有高度毒性的气体，不仅会引发严重的安全事故，而且会造成严重的环境危害，破坏生态平衡，对现场人员的人身安全造成严重影响。文章通过多层级、全方位的技术手段构建“源头抑制-过程拦截-末端净化”风险控制技术体系，并提出基于数值模拟与智能调控的技术优化路径。研究表明，三级控制体系协同运行可实现对化工废水处理过程中有毒气体逸散风险的有效管控，确保化工废水处理领域的安全生产，保护环境，以供参考。

[关键词]化工废水处理；有毒气体逸散；风险控制；源头抑制；末端净化

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18650 中图分类号: TQ522 文献标识码: A

Research on Risk Control Technology for Toxic Gas Release in Chemical Wastewater Treatment Process

HUANG Yunfei

Hebei Branch of Fanhua Inc., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Chemical wastewater has complex components and is prone to release highly toxic gases such as hydrogen sulfide (H₂S), ammonia (NH₃), volatile organic compounds (VOCs), chlorine gas (Cl₂), etc. in treatment sections such as grilles, regulating tanks, and anaerobic reactions. These gases not only cause serious safety accidents, but also pose serious environmental hazards, disrupt ecological balance, and have a serious impact on the personal safety of on-site personnel. The article constructs a risk control technology system of "source suppression process interception end purification" through multi-level and all-round technical means, and proposes a technical optimization path based on numerical simulation and intelligent regulation. Research has shown that the collaborative operation of a three-level control system can effectively control the risk of toxic gas emissions during chemical wastewater treatment, ensuring safe production and environmental protection in the field of chemical wastewater treatment, for reference.

Keywords: chemical wastewater treatment; release of toxic gases; risk control; source suppression; end purification

引言

化工生产的工艺流程基本都会有废水排放，水中掺入了多种不同类型的毒害性物质，它们相互存在联系和作用，导致废水处理难度增加，且充满风险^[1]。例如，废水中的有机物和无机物在特定条件下可能发生化学反应，生成毒性更强的物质^[2]。不同物质的挥发性、溶解度等理化性质方面差异很大，使废水处理面临重重困难^[3]。为实现废水达标排放，企业普遍采用物理、化学及生物联合处理工艺，但在处理过程中，传统的废水处理技术受水质稳定性的影响很大，且水质波动让废水处理流程变得异常错综复杂，要求配置更加先进的工艺流程、质量性能更强的处理设施。据统计，化工废水处理场是工业有毒气体逸散的高发区域，逸散的H₂S、NH₃、苯系物、Cl₂等气体不仅具有恶臭特性，还具有毒性、腐蚀性甚至易燃易爆性，对操作人员健康、厂区周边生态环境及生产安全构成严重威胁^[4]。

随着环保法规日益严苛，对化工行业有毒气体排放浓度提出了更严格的要求。在此背景下，传统单一的末端治理技术已难以满足精准防控需求，亟需构建覆盖全处理流

程的有毒气体逸散风险控制体系，实现从源头到末端的全链条管控^[5]。因此，开展化工废水处理工艺中有毒气体逸散风险控制技术研究，有利于保护生态环境，为企业节约资源消耗量，压缩成本开支，提高经济效益，推动化工产业安全可持续发展。

1 化工废水处理中有毒气体类型与影响因素

化工废水处理逸散的有毒气体分四类：一是恶臭类（H₂S等），多源于厌氧和污泥处理；二是有机有毒气体（如 VOCs、苯等），来自高浓度有机废水挥发降解；三是无机有毒气体（如 Cl₂等），由化学氧化等反应产生；四是酸雾/碱雾，产生于酸碱调节等工艺。这些气体理化特性各异，逸散后危害程度和范围不同。

影响有毒气体逸散的关键因素有四类：①废水特性：pH值影响酸碱污染物逸散，如低 pH 促 H₂S 逸散、高 pH 促 NH₃逸散；温度升高加快分子扩散，每升高 10°C 逸散速率提 1.5~2 倍；污染物浓度越高逸散驱动力越强。②工艺参数：厌氧处理溶解氧浓度和停留时间影响微生物代谢产物及 H₂S、NH₃ 逸散量；曝气量与强度大促 VOCs 逸

散；化学药剂投加不合理会生成有毒气体。③水力条件：废水流动速率和搅拌强度大，液膜薄、传质阻力小，逸散速率提升；构筑物液面面积大，气液接触面积大，逸散量增加。④环境条件：环境风速大促气相污染物扩散，增大传质推动力；环境气压降低提升污染物挥发度，增加逸散速率。

2 有毒气体逸散风险三级控制技术体系。

2.1 源头抑制技术

2.1.1 工艺参数优化

在污水处理流程中，针对不同的处理工段所呈现的易散特性对关键工艺参数进行针对性优化。在调节池阶段，鉴于不同污染物易受 pH 值影响有效控制废水的逸散潜能，含有硫化物的废水把 pH 值调节至 8.5~9.0 范围，能够对 H₂S 逸散起到抑制作用。氨氮多以铵离子形式存在，将含氮废水的 pH 值调节至 6.5~7.0，能够对 NH₃ 逸散起到抑制的作用。在厌氧处理工段要对溶解氧浓度以及停留时间进行优化，溶解氧浓度严格控制在 0.2mg/L 以下，停留时间控制 24~48h，此外，引入分段厌氧工艺，从而降低单个工段的污染物负荷，减少代谢副产物产量。在曝气工段，采用低强度曝气方式，控制曝气量在 1.5~2.0m³/ (m² · h)，并优化曝气装置布局，减少气液接触面积，降低 VOCs 逸散速率。

2.1.2 化学预处理技术

对于含有高浓度氰化物与硫化物的化工废水，通过进行预处理环节将其中易逸散的污染物去除或转化，可以保障后续处理过程中的安全性与稳定性。当前主要采用的预处理技术主要有两种，一种是化学氧化法，借助过氧化氢、次氯酸钠等具备强氧化性的化学药剂将废水中的硫化物氧化为硫酸盐。

在氧化反应的操作过程中氰化物氧化为无害的 CO₂ 与 N₂，把控氧化剂的投加量，通常为理论需求量的 1.2~1.5 倍区间内，在确保硫化物与氰化物充分氧化的同时可以有效避免过量氧化剂而衍生出二次有毒气体^[6]。另一种是化学沉淀法，在操作过程采用氯化铁、硫酸亚铁等药剂，与废水中的硫化物发生化学反应生成难溶性硫化物沉淀，该技术的应用可以提高沉淀去除率，同时经此处理后可以有效降低后续处理工段的 H₂S 逸散风险。

2.1.3 微生物调控技术

在生物处理的环节中，通过对微生物群落进行精准性的调控，可以对产毒微生物活性到抑制作用，进一步促进污染物的高效降解作用。于厌氧处理系统内按 5~10mg/L 的浓度投加钼酸盐抑制硫酸盐还原菌活性，减少硫化氢 (H₂S) 生成量。除此之外，通过接种高效降解菌强化系统对有机物的降解效能，降低产毒代谢途径的底物浓度。

2.2 过程拦截技术

2.2.1 密闭化改造

对格栅等高逸散工段密闭设计，用密封设备隔绝气液与大气接触。密封材料选不锈钢或 FRP，振动大设备用柔

性密封接头。地下构筑物全密闭防毒气，露天池用弧形盖板。密闭化改造可减无组织逸散量 60%~80%，是过程拦截核心技术。

2.2.2 分级收集系统

依据工段逸散气体浓度特性，采用分区分级收集，提升效率降能耗。高浓度工段（如厌氧反应器等）用整体密闭+多点集气，罩全覆盖防泄漏；中低浓度工段（如调节池等）用局部集气罩，设于逸散强处。风量按构筑物容积与逸散速率，以 6~10 次/h 换气次数设计，高浓度取上限、中低浓度取下限，确保收集效率≥90%。

2.2.3 负压控制技术

在密闭空间与收集系统的协同运作中采用负压控制方式确保内部气压低于外界大气压，达成-50 至-100Pa 的精准负压控制，可以有效避免有毒气体的泄漏风险。同时在管道系统中配置压力监测装备，对管道内的压力变化进行实时监测，如果压力偏离了所预设的参数，自动对系统运行参数进行调整。除此之外，在管道连接处创新性地运用了气动密封技术对阀轴与阀座进行二次密封处理，以此确保封密性与实现臭气实现零泄漏。

2.3 末端净化技术

2.3.1 吸收法

末端净化技术用于处理收集的有毒气体以确保达标排放，需依气体成分、浓度及处理要求选针对性技术。吸收法适用于水溶性强且呈酸性或碱性的有毒气体（如 H₂S、NH₃ 等），通过气液接触使污染物溶于吸收液实现净化。常用吸收设备有喷淋塔、填料塔，吸收剂依污染物特性选：酸性气体用碱性吸收剂（如 8% 氢氧化钠溶液，pH 控制在 9~10，由 pH 自动控制系统调节投加量）；碱性气体用酸性吸收剂（如 5% 硫酸溶液）。吸收塔填充 PP 规整填料增大气液接触面积，控制气体停留时间≥1.5s，吸收效率超 95%。吸收后的富液可通过再生工艺回收有用物质，如 H₂S 吸收富液可回收硫单质。

2.3.2 吸附法

吸附法适用于处理低浓度、高毒性的苯系物、甲硫醇等 VOCs 与恶臭气体，靠吸附剂多孔结构和高比表面积吸附污染物实现净化。常用吸附剂有活性炭等，活性炭因优势明显应用最广。为提升效果，选比表面积≥1000m²/g 的特种活性炭，控制气速 0.5~1.0m/s、停留时间≥1.5s、动态吸附容量 20%~25%。吸附系统双罐交替运行，再生用蒸汽脱附，脱附物可再处理。此法效果稳定、操作简单，但吸附剂要定期换，成本较高。

2.3.3 氧化法

氧化法处理高浓度、难降解 VOCs 与有毒气体，将其氧化分解为无害物质，常用技术有蓄热式热氧化 (RTO，主流技术，核心为氧化室与蓄热室，净化及热效率高，需配预处理单元) 和催化燃烧（适用于中低浓度废气，能耗低、净化效率高，但催化剂易中毒，需控制废气杂质）。

2.3.4 生物法

生物法处理中低浓度、易生物降解有毒气体（如 H₂S 等），用微生物代谢转化污染物。常用工艺有生物滤池等，核心是构建高效微生物群落并控温、湿、pH 值。生物滤池填充载体形成生物膜降解气体，去除率 80%~90%。其运行成本低、无二次污染，但受环境因素影响大，但是对于难降解污染物处理效果有限。

3 控制技术优化

3.1 基于数值模拟的参数优化

利用 OpenFOAM 等 CFD 软件建立化工废水处理构筑物气体逸散数值模型，模拟不同工况下气体逸散情况。据此优化密封盖板结构、集气罩布置与风量分配，减少气流死角，如集气罩设液面上方 1.5m、按浓度区域分配风量，收集效率可提升 10%~15%。同时，用数值模拟优化 RTO、吸收塔等末端设备内部结构参数，提高处理效率与能耗利用率。

3.2 基于智能调控的系统优化

化工企业可在生产线上安装智能化监控系统，实时跟踪采集废水处理技术参数，实现稳定可靠的废水处理流程。这种实时监测控制系统，可辅助管理人员对废水处理流程和参数设置进行持续优化，大幅提升处理成效。技术革新和普及推广，不仅可提升化工企业产能，还可防止废水潜在的环境污染，达到保护生态环境的目的。构建一套智能化调控体系可以有效实现对三级控制体系（源头抑制、过程拦截、末端净化）的实时监测与调控。在源头抑制阶段，部署污染物浓度传感器、温度传感器等多类型传感器实时捕捉废水各项关键特性的细微变化，基于具体情况自动且精准地调节药剂投加量以及各类工艺参数，从而在源头上可以对污染物的产生与扩散起到抑制作用。进入过程拦截阶段安装气体浓度传感器、压力传感器，对管道内的气体浓度以及压力进行实时监测，智能控制器根据传感器反馈的数据自动调节风机转速确保负压稳定。在末端净化阶段，安装能耗监测仪以及进出口气体浓度传感器，基于实际工况自动调节吸收剂浓度、氧化温度等关键参数。同时，引入机器学习算法，对海量历史运行数据进行深度挖掘与分析，基于历史运行数据训练预测模型洞察系统运行过程中可能出现的逸散风险，实现提前预警与参数的精准调控，避免了因突发状况导致的处理中断提升系统的稳定性与经济性。

3.3 技术融合与创新

为了可以提高污染物处理效果以及应用范围，积极推动多元控制技术的深度融合与协同创新的优势互补与集成优化。以生物法与吸附法的融合为例，通过构建生物吸附联用工艺，利用吸附剂的高吸附容量在处理初期迅速捕捉并去除高浓度污染物，随后，借助生物降解的强大能力实现吸附剂再生，进而实现循环利用效果，提高去除污染物的效率，同时可以降低运行成本。将催化燃烧技术与蓄热技术有机融合应用于催化燃烧领域，通过开发高效蓄热

式催化燃烧设备，能够在燃烧过程中高效回收并降低燃烧温度，催化燃烧技术借助催化剂的催化作用提升能耗利用率。同时，研发新型纳米吸附材料、高效抗中毒催化剂等新型高效材料作为提升技术核心性能的关键突破口。相较于传统活性炭，新型纳米活性炭的比表面积提高，可以更加彻底快速的吸附各种污染物。

4 结论与展望

4.1 结论

化工企业生产过程中产生大量废水，对人类健康、水环境、土壤以及生态系统等带来严重污染和危害。传统废水处理技术和方法存在诸多弊端，在国家强调可持续发展、社会呼唤绿色环保的大背景下，本文研究化工废水处理有毒气体逸散风险控制技术，结论如下：有毒气体逸散是物理挥发、微生物代谢与化学反应共同作用所致，关键影响因素有废水 pH 值、温度等，pH 值与温度对逸散速率影响最大。“源头抑制-过程拦截-末端净化”三级控制体系可全链条管控风险，提高各种污染物。

4.2 展望

未来可从以下方向开展进一步研究：深入研究复杂组分化工废水处理过程中有毒气体的逸散机理，建立多因素耦合的逸散预测模型，提升风险预测的精准度。研发新型高效、低成本的控制技术与材料，如新型光催化氧化技术、高效生物降解菌剂等，推动控制技术的升级迭代。化工废水处理工艺中有毒气体逸散风险控制技术与智能调控技术进行高度融合，通过结合人工智能技术、大数据、物联网等技术实现逸散风险的实时监测、提前预警，基于具体工况精准调控，推动绿色化工技术持续向前发展，为化工废水处理工艺中有毒气体逸散风险控制技术提供更多支持。

[参考文献]

- [1]江涛,谭田立,裴文丑.含氟废水改造工程实例[J].给水排水,2024,60(12):69-74.
- [2]严晓红,王丽,叶红,等.废水中微塑料吸附去除技术与调控方法研究进展[J].塑料科技,2025,53(8):212-218.
- [3]盛艳.化工工程工艺中的绿色化工关键技术分析[J].化纤与纺织技术,2023,52(7):22-24.
- [4]罗建军.化工工程中绿色化工技术的应用[J].汽车博览,2022(14):100-102.
- [5]慕杨,张鑫,卢立泉,等.芬顿-臭氧联合氧化用于化工园区污水处理厂深度处理[J].给水排水,2025,61(8):95-99.
- [6]王卫红,冉丽君,杨金涛,等.我国工业园区污水处理厂废水管控现状及建议 [J].环境工程学报,2025,19(7):1619-1626.

作者简介：黄云飞（1982.6—），毕业院校：河北科技大学，所学专业：药学，当前就职单位：泛华保险公估股份有限公司河北分公司，职务：安全工程师，职称级别：中级注册安全工程师。

化学产品质量检验标准体系构建与应用研究

李慧捷

梧州市产品质量检验所，广西 梧州 543000

[摘要]化学工业发展迅速，化学产品种类多样，其质量关乎安全性与使用性能。当下，化学产品质量检验有诸多问题，比如原材料及工艺控制欠稳定、检验方法执行不规范、行业标准不够完善等。现代检测技术与信息化手段在质量管理中的应用并不广泛。整体而言，需构建系统化且层级化的质量检验标准体系，规范检验方法与标准执行，提升企业质量控制水平，确保产品安全可靠。

[关键词]化学产品；质量检验；检测标准；体系构建；应用

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18666

中图分类号：U445

文献标识码：A

Research on the Construction and Application of Chemical Product Quality Inspection Standard System

LI Huijie

Wuzhou Product Quality Inspection Institute, Wuzhou, Guangxi, 543000, China

Abstract: The chemical industry is developing rapidly, with a wide variety of chemical products, and their quality is related to safety and performance. At present, there are many problems in the quality inspection of chemical products, such as unstable control of raw materials and processes, non-standard implementation of inspection methods, and inadequate industry standards. The application of modern detection technology and information technology in quality management is not widespread. Overall, it is necessary to establish a systematic and hierarchical quality inspection standard system, standardize inspection methods and standard implementation, enhance the level of enterprise quality control, and ensure product safety and reliability.

Keywords: chemical products; quality testing; testing standards; system construction; application

引言

化学产品属于工业生产和日常生活的关键基础范畴，其质量状况直接影响着产品的安全性、使用性能，同时也关乎环境以及人体健康方面的保障事宜。当下处在经济发展快速推进且产业不断升级这样的大背景之下，化学产品的种类变得日益多样起来，生产工艺也在持续地更新换代，市场针对产品质量所提出的要求也随之越来越高涨，如此一来便给化学产品的质量控制设定了更高的标准，同时也带来了诸多挑战。不过在实际的生产环节当中，依旧存在着原材料质量出现波动的情况、工艺控制不够稳定的问题、检验方法并不统一的状况以及质量管理制度存在不完备之处等诸多问题，这些问题的存在致使部分产品在性能方面、安全性方面以及稳定性方面都很难完整地契合设计以及应用的相关要求。所以去构建一套科学合理、系统完备且具备可操作性的化学产品质量检验标准体系，这对于规范企业的质量管理方面的行为举措、提高产品整体的质量水准、确保生产过程的安全性以及满足行业监管方面的需求而言，有着十分重要的意义。质量检验标准体系一方面能够清晰明确核心的质量指标以及相应的检验方法，另一方面还能够凭借支撑标准以及操作规范达成对整个过程的质量控制，并且实现闭环式的管理，进而能够为企业给

予技术层面的指导以及管理方面的依据。与此标准体系得以有效运用之后，还能够在推动行业监管以及企业质量管理朝着规范化方向发展这一方面起到积极作用，进而促使标准制定、执行、监督以及改进这几个环节能够彼此相互衔接，形成一个良性的循环状态。鉴于此，针对化学产品质量检验标准体系展开构建以及应用方面的系统研究，这不但有益于明确检验指标、检验方法以及层级结构等方面的具体情况，而且能够对它在企业内部管理以及行业监管当中的实际效果予以评估，从而为提升化学产品质量的水平、保障产品的安全以及推动行业实现可持续发展给予理论层面的基础支撑以及实践方面的指导。

1 化学产品质量特点

化学产品的质量通常体现在多个维度，包括化学纯度与成分稳定性、物理性能一致性、功能特异性与有效性、稳定性与安全性、批次一致性与可重复性以及附加值与经济性。高质量产品要求纯度高、杂质少、成分稳定，以保证反应活性和最终产品的可靠性，同时物理特性如外观、粒度、熔点和溶解性需保持一致，满足特定应用需求。功能导向的化学产品应在特定用途上具备优异性能，如阻燃、催化或防锈效果，而在储存和使用过程中保持化学稳定性、低毒性和环境友好性也是关键。规模化生产还要求各批次

产品具有高度一致性和可重复性，以确保应用可靠性。同时，高质量化学品通过技术密集型工艺提升附加值和经济性，实现单位成本降低和市场价值提升。

2 化学产品质量检验标准体系构建

2.1 标准体系设计原则

在着手构建化学产品质量检验标准体系之际，标准体系设计原则称得上是保证体系具备科学性、完整性以及可操作性的关键所在。一开始，体系设计务必要秉持科学性原则，也就是说标准的制定应当把化学产品的性质、用途还有质量要求当作基础，再综合国际、国家以及行业相关的各类标准，以此来保障检验方法与指标有着可靠性与准确性。接着，得遵循系统性原则，要把核心标准、支撑标准、检验方法以及指标体系有序整合起来，形成层次分明、逻辑清楚且彼此互补的完整标准体系，使得各个标准相互间有协调性并且能够衔接得当。设计进程当中要体现出适用性原则，要确保标准可以涵盖不同类型化学产品的主要质量特点，并且能够契合企业生产条件以及行业监管方面的要求，如此一来在实际运用之中才会有可操作性并且具备可推广的特性。与此体系设计还需坚持动态性原则，要能够随着产品研发推进、检测技术取得进展以及法规有所更新而做到及时地调整与优化，维持标准体系的先进性与实用性^[1]。还得考虑到可验证性以及可追溯性原则，要保证每一项检验指标与方法都能够经由实验去验证并且能够凭借数据给予支持，进而为质量控制给出可靠的依据。

2.2 核心标准与支撑标准的确定

在构建化学产品质量检验标准体系期间，确定核心标准以及支撑标准这一环节，对于体系的科学性与完整性而言极为关键。核心标准一般是指那些对化学产品质量起到决定性影响，且与产品性能以及安全性有着直接关联的检验指标以及相应的方法，像主要的理化性质、关键成分的含量还有安全性指标等，这类标准在整个体系当中属于基础且核心的部分，能够保证产品在最关键的那些质量特性方面，是符合设计以及使用的要求的。支撑标准是为了让核心标准可以顺利地去实施而设立的一种辅助性的标准，其包含原材料的质量要求、生产工艺方面的控制指标、检测方法的规范以及相关的环境和安全标准等，它发挥着对核心标准予以支持并加以补充的作用。确定核心标准与支撑标准的过程，需要依据对产品特性的分析情况、行业标准的相关要求以及企业的实际生产条件来进行，并且要结合质量管理的目标，合理地去划分标准的层级以及范围，从而确保核心标准可以反映出产品最关键的质量属性，而支撑标准也能够有效地对核心标准的实施以及验证起到支撑作用。

2.3 检验方法与指标体系构建

在着手构建化学产品质量检验标准体系之际，检验方法以及指标体系的构建工作着实称得上是极为关键的核

心环节所在。一开始，务必要依据化学产品所具有的具体性质、实际用途还有质量方面的各类特征，去明确检验指标究竟属于哪些类别以及其涵盖的范围到底有多广，这里面就包含了像理化指标、性能指标、安全性指标以及环境影响指标等诸多方面，只有这样做了，才能够切实保障指标体系可以完整且精准地将产品质量的实际状况给反映出来。与此在选择检验方法的时候，得把指标所具有的特性以及检测技术方面的实际条件都综合考量进去，要充分兼顾到科学层面的要求以及实际操作的可行性，进而采用那些经过标准化处理并且规范化了的实验方法，另外还要运用仪器分析的相关手段，如此一来，便能够有效保证最终所得出的结果具备准确性以及重复性这两个重要特点。指标体系在构建的过程中应当遵循系统性这一原则，要把核心指标和辅助指标有机地结合起来，进而形成一个层级清楚分明、内在逻辑清晰顺畅的结构框架，从而让各项指标能够在彼此之间相互给予有力的支持，实现相互之间的补充作用。与之还得考虑到检验方法在操作上是否简便易行、是否具有适用性以及是否具备可推广的潜力，唯有如此，才能够让它可以契合不同企业在生产过程当中所处的具体条件以及监管方面提出的各项要求，并且还便于在较长的时间跨度里得以实施，进而不断推进后续的持续改进工作。

2.4 标准体系的层级结构与衔接关系

在构建化学产品质量检验标准体系的过程中，标准体系的层级结构以及它们之间的衔接关系，对于确保体系具备科学性、完整性以及可操作性而言，是非常关键的。标准体系一般是由核心标准、支撑标准还有操作规范这三级结构构成的。在这当中，核心标准是用来直接对化学产品的关键质量特性加以衡量的，它在整个体系里既是基础也是核心所在。支撑标准则是核心标准的一种延伸，并且起到辅助的作用，其涵盖了原材料方面的要求、生产工艺控制的相关内容以及环境与安全规范等方面，能够为核心标准的有效实施给予技术层面以及管理层面的保障。操作规范包含着具体的检验方法、操作流程以及数据记录的要求，以此来确保标准能够在实际的检验工作当中得到准确的执行^[2]。各个层级的标准之间应当维持着清晰明确的衔接关系，核心标准会定义出产品最为关键的质量指标，支撑标准为核心标准提供执行的依据以及条件方面的保障，而操作规范则会把前两者转化成为可以具体实施的操作程序，进而达成从设计环节、生产环节一直到检验环节的全过程闭环管理。与此在层级结构的设计方面，需要兼顾灵活性以及适应性这两个方面，要能够依据产品的特性、行业的发展情况以及检测技术的进步状况来行动态的调整，以此来保证体系在长期的应用过程当中，一方面稳定可靠，另一方面还具备可扩展性以及更新的能力，最终构建起一个科学的、系统的并且能够可持续运行的化学产品

质量检验标准体系。

3 标准体系在化学产品质量管理中的应用

3.1 企业内部质量控制实践

在化学产品开展质量管理相关工作的时候,企业内部所实施的质量控制实践活动属于标准体系得以应用的关键环节,并且还是保证产品质量能够维持稳定以及具备安全性的极为重要的举措。企业需要凭借已经构建起来的质量检验标准体系,把其中的核心标准、起到支撑作用的标准以及操作规范切实贯彻到生产的整个过程当中,从原材料采购开始一直到生产工艺控制,再到成品检验以及包装出厂等诸多环节,进而形成一个完整的闭环质量管理机制。最初,在原材料采购这个环节当中,企业借助执行支撑标准以及原材料检验的各项指标,针对原材料的物理化学性能、纯度还有安全性展开严格的筛选工作,以此来确保投入到生产当中的基础条件是可靠的。接着,在生产以及工艺控制的整个过程里,企业依照标准体系针对关键工序、工艺参数以及环境条件实施持续不断的监控与调整,像温度、反应时间、搅拌强度等这些工艺指标都得处于标准化控制所划定的范围之内,通过这样的方式来降低人为方面出现的偏差以及工艺自身产生的波动给产品质量所带来的影响。与此在成品检验环节要严格按照核心标准来执行相关事宜,运用标准化的物理化学性能测试办法、性能指标测定手段以及安全性评估方式,对产品的关键质量特性予以全面细致的验证。企业内部还需要建立起完备的质量记录以及追溯体系,把检验数据、操作记录以及出现的异常情况都进行系统的归档处理,从而为后续的质量分析、问题追踪以及持续改进等相关工作提供相应的依据。

3.2 行业监管与标准执行情况分析

在化学产品质量管理领域当中,针对行业监管以及标准执行情况进行分析,这无疑是一个极为重要的环节,其对于评估标准体系所具备的有效性有着关键作用,同时也能够有力地推动产品质量得以提升。行业监管部门会依照国家或者行业所制定出来的质量标准,去对企业在生产方面的诸多环节、检验环节还有产品流通环节展开监督检查工作,以此来保证企业能够切实地严格执行标准体系以及与之相关的各项法规要求。监管所涉及的内容并不仅仅是针对原材料采购环节、生产工艺环节以及产品检验环节的合规性展开检查,而且还涵盖了企业质量管理制度的建立状况、操作规范的实际落实状况以及质量记录的完整性与可追溯性等方面的情况。通过对企业的标准执行情况进行细

致分析,便能够从中发现标准在实施过程里所存在的那些较为薄弱的环节,就好比部分企业在关键指标检验方面、隐蔽工序控制方面或者是在记录归档方面都存在着这样那样的不足之处,又或者在新产品以及特殊产品的检验方法应用过程当中存在着一定的偏差情况^[3]。这样的分析一方面能够为监管部门给予科学合理的依据,助力其优化检查策略并且制定出具有针对性的指导意见,另一方面也能够给企业自身改进质量管理提供相应的参考,让企业可以清楚地识别出自身在管理以及技术层面所存在的差距,进而促使企业提升标准执行所具有的那种一致性以及可靠性。

3.3 标准体系对质量提升的作用

化学产品质量检验标准体系的构建与运用,对于提升产品质量而言,有着基础性以及引导性的成效。该标准体系借助清晰界定核心质量指标以及检验方法,给企业赋予了科学且具备操作性的质量控制依据,使得生产流程以及检验环节可以依照统一的规范来施行,如此一来便能够降低人为操作差异以及工艺波动给产品质量带来的影响。标准体系的应用有益于达成全过程、全环节的质量监控,从原材料的选择、生产工艺的把控直至成品的检验以及包装出厂,构建起闭环管理,让每一个环节的质量要求都拥有明确的依据,保证关键质量特性能够得到切实有效的保障。与此标准体系还为企业质量管理给予了可追溯的技术途径,检验数据、操作记录以及异常处理均能够被系统予以记录并加以分析,这对于及时发现潜在的问题颇为有助,可推动持续不断的改进以及优化工艺流程^[4]。除此之外,标准体系在行业监管方面同样发挥着重要的作用,借助统一的标准执行以及监督检查,提升了整个行业的质量水准,推动企业质量管理朝着规范化与科学化的方向发展。

[参考文献]

- [1]徐营营,卜伟庭,张凯.影响化工产品质量检验的因素分析及对策研究[J].化工管理,2025(22):12-15.
 - [2]王艳红.化工产品质量控制与检验技术的研究进展[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(7):45-47.
 - [3]陈金水,李卫,安金奇,等.化工产品分析与检验常见难题及应对策略[J].清洗世界,2023,39(8):76-78.
 - [4]肖云夺,张英英,何玉柱,等.提升化工产品质量检测水平的措施研究[J].产品可靠性报告,2023(2):51-52.
- 作者简介: 李慧捷 (1987.10—), 毕业院校: 广西师范大学漓江学院, 所学专业: 财务管理, 当前就职单位名称: 梧州市产品质量检验所, 就职单位职务: 科长。

无人机航测在大比例尺地形图测绘中的应用

袁辉 王志伟

江苏煤炭地质物测队，江苏 南京 210046

[摘要]随着测绘地理信息技术快速发展起来，无人机航测技术凭借自身高效、灵活以及高精度等特性，在大比例尺地形图测绘这个领域里凸显出了颇为显著的应用优势以及潜在的发展潜力。文章主要对无人机航测技术的核心构成以及作业流程展开较为系统的阐述，同时针对大比例尺地形图测绘所提出的有关精度、内容以及规范方面的严格要求给予细致剖析，并且着重就无人机航测在该领域应用时所涉及到的各项关键技术环节展开探讨，其内容包含从精细化的航线规划以及控制点布设一直到高分辨率多视角影像的采集工作，接着生成高精度的实景三维模型以及点云数据，最后完成数字化测图以及地形要素提取这一整个过程。

[关键词]无人机航测；实景三维模型；数字化测图

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18664 中图分类号: P231

文献标识码: A

Application of UAV Aerial Survey in Large Scale Topographic Mapping

YUAN Hui, WANG Zhiwei

Jiangsu Coal Geological Survey Team, Nanjing, Jiangsu, 210046, China

Abstract: With the rapid development of surveying and mapping geographic information technology, unmanned aerial vehicle (UAV) aerial surveying technology has highlighted significant application advantages and potential development potential in the field of large-scale topographic mapping due to its high efficiency, flexibility, and high accuracy. The article mainly elaborates on the core components and operational processes of unmanned aerial vehicle (UAV) aerial surveying technology, and provides a detailed analysis of the strict requirements for accuracy, content, and specifications in large-scale topographic mapping. It also focuses on exploring the key technical aspects involved in the application of UAV aerial surveying in this field, including fine route planning and control point layout, high-resolution multi view image acquisition, high-precision real-world 3D models and point cloud data, and finally completing the entire process of digital mapping and terrain feature extraction.

Keywords: unmanned aerial vehicle surveying; realistic 3D model; digital mapping

引言

近年来，随着测绘科技的迅猛发展，以无人机测量为代表的新型测量方法正逐步被引入到大比例尺地形图测绘领域中。传统的地形测绘技术主要依靠野外实测和航拍，尽管已有一定的经验，但仍存在着人力成本高、周期长、受地形、气候等因素制约的问题。无人机航拍为上述问题的解决开辟了一条新的途径，借由无人机的机动性、高效性与现代传感技术的优势，可实现复杂地形条件下的高分辨。

1 无人机航测技术概述

1.1 系统组成与工作原理

无人机航测系统属于一个综合性技术体系，其中整合了飞行平台、任务载荷、地面控制以及数据处理软件等诸多方面。其核心的飞行平台主要是指那些可搭载传感器的各类固定翼或者多旋翼无人机，这些无人机的任务是依据预先设定好的航线来稳当地实现自动飞行操作。任务载荷涵盖的范围比较广，像高分辨率数码相机就包含在内，尤其是那种拥有多个镜头且能同步曝光的倾斜摄影相机，

还有由惯性测量单元以及全球导航卫星系统接收机构成的定位定姿系统，它们一道在飞行期间从垂直或者倾斜的不同角度去获取地表影像，并且同步把每张影像所对应的高精度位置以及姿态参数都记录下来。地面控制系统在整个系统中充当着任务规划以及飞行监控方面的指挥中枢角色，而数据处理软件则担负着处理海量影像数据的诸多繁重任务，比如影像数据的拼接工作、空三加密操作、模型重建事宜以及信息提取等方面。无人机航测的基本工作原理是这样的：先合理规划好飞行航线，让无人机所搭载的传感器系统针对目标区域有条不紊地开展影像数据采集活动，随后借助摄影测量学里的共线方程理论以及多视角立体匹配算法，把那些存在重叠度的二维序列影像还原成目标区域的三维空间信息，进而构建出能够用于测量以及制图的数字化产品。

1.2 技术特点与作业流程

无人机航测和传统测绘技术相比，有诸多技术特点。其作业高度灵活，数据获取快，空间分辨率高，还能轻松获取建筑物立面纹理信息。其标准化作业流程一般从详尽

的测前规划开始,包含空域申请、航线设计以及像控点布设方案制定。之后进入外业数据采集阶段,无人机依据计划升空,执行自动飞行与拍摄任务。外业结束后,获取的原始影像与 POS 数据会被导入专业处理软件,经过一系列核心处理步骤,如数据预处理、空中三角测量计算、密集匹配生成点云、构建纹理映射三维模型等。在数字化测图环境下,依据生成的实景三维模型或数字表面模型,完成地形地物要素的测绘与编辑,输出符合规范要求的大比例尺地形图成果。

2 大比例尺地形图测绘的技术要求

2.1 比例尺与精度指标

大比例尺地形图,一般而言是指比例尺大于或者等于1:5000的那种地形图产品,它的关键特点就在于能够极为详尽且精确地对地理要素的空间位置以及属性信息加以描述。国家层面以及相关行业所颁布的一系列测绘规范,针对这类图件的数学精度设定了极为严苛的要求^[1]。就好比说,对于比例尺为1:500的地形图来讲,图上地物点相对于附近控制点的点位中误差,在平坦地区通常是不允许超出特定的厘米级限差的,而高程注记点的高程中误差也都有着相应的明确规定。这些精度指标堪称是检验地形图成果是否能够达标的最为根本的依据所在,不论何种生产技术手段,都务必要把确保能够满足这些精度要求当作前提条件来遵循,无人机航测技术在应用的时候也同样得围绕着这一核心目标去开展相关工作,其技术设计以及流程优化也需要紧紧围绕着最终成果的精度保障这个方面来服务。主要精度指标示例如表1所示。

表1 大比例尺地形图主要精度指标示例(部分摘录)

比例尺	地物点平面位置中误差 (图上 mm)	高程注记点高程中误差(基本 等高距)
1:500	平坦地区: ≤0.3	平坦地区: ≤1/3
	丘陵地区: ≤0.4	丘陵地区: ≤1/2
	山地: ≤0.6	山地: ≤2/3
1:1000	平坦地区: ≤0.3	平坦地区: ≤1/3
	丘陵地区: ≤0.4	丘陵地区: ≤1/2
	山地: ≤0.6	山地: ≤2/3
1:2000	平坦地区: ≤0.3	平坦地区: ≤1/3
	丘陵地区: ≤0.4	丘陵地区: ≤1/2
	山地: ≤0.6	山地: ≤2/3

2.2 要素内容与表示规范

除了数学精度之外,大比例尺地形图还应当完整且准确地呈现出测量规范里所规定的所有各类地形以及地物要素。这些要素所涉及的内容,一方面包含了道路、水系、植被、地貌等属于自然地理范畴的实体,另一方面也包含了建筑物、管线、垣栅、独立地物等属于人文地理范畴的实体,并且要依照统一的图式符号、线划规格以及注记规则来达成规范化呈现的目的。地形图在表达方面必须要具

备清晰性、易读性以及一致性,从而能够为使用地图的人给予直观并且没有歧义的空间相关信息。所以说,凭借无人机航测数据去生产地形图的整个过程,绝不仅仅只是一个单纯提取几何信息的过程,而是一个依据制图规范来开展综合取舍以及符号化表达的工作,这无疑对数据处理以及要素识别提取算法的智能化程度以及规范化程度都提出了比较高的要求。

3 无人机航测在大比例尺地形图测绘中的关键技术环节

3.1 航线规划与像控点布设

科学且合理的航线规划,乃是保障航测数据质量以及后续处理精度的关键前提。规划时所涉及的各项内容,得全面考量诸多因素,像是成图比例尺所要求的地面分辨率、重叠度的具体设定情况、无人机可续航的实际能力、测区地形呈现出的起伏状况以及确保安全飞行所需的高度等方面。一般来讲,要满足三维建模方面的需求,那么航向重叠度以及旁向重叠度就需要设定在相对较高的程度上。与此像控点的布设方案同样是极为重要的。这些像控点作为地面标志点,会均匀分布在测区的内部与外部,它们所具有的精确大地坐标是借助地面测量的方式去获取的,在后续开展的空中三角测量环节当中,能够起到绝对的约束作用以及对精度加以控制的作用。像控点的数量多少、分布的密度大小还有点位目标的选取情况,会对空三加密的整体精度以及可靠性产生直接影响,进而最终确定了地形图的数学精度,所以务必要根据测区的具体形状以及精度方面的要求来精心地予以设计。关键作业参数与技术要求如表2所示。

表2 大比例尺地形图无人机航测关键作业参数与技术要求

关键环节	主要参数/要求	建议指标/说明
影像重叠度	航向重叠度	≥80% (确保三维建模可靠)
	旁向重叠度	≥60%
像控点布设	布设方案	“周边+中间”均匀分布
	测量精度	应高于成图精度一个等级
	标志要求	醒目、稳定、易于识别
地面分辨率 (GSD)	1:500 比例尺	≤5cm
	1:1000 比例尺	≤10cm
飞行时间/天 气	光照条件	晴朗无云, 避免阴影过长
	风力	一般不大于4级

3.2 多视角高分辨率影像获取

数据获取阶段最为关键的任务是要借助无人机所搭载的传感器系统来高效地采集影像,这些影像要能覆盖整个测区,并且得具备高空间分辨率以及高辐射质量,还是多视角的序列影像才行。高分辨率是保证能够识别并提取细小地形地物要素的基础,多视角影像,尤其是依靠倾斜摄影技术所获取的那些包含建筑物立面信息的影像,对于

实现实景三维模型的完整重建、解决建筑物遮挡的问题以及提升高程测量的精度而言，是极为关键的。在开展飞行作业的时候，务必要确保相机曝光参数的设置是合适的，使得影像清晰、色彩均匀、曝光适度，防止出现运动模糊或者过曝、欠曝等情况，从而给后续的处理工作提供优质的原始数据来源。

3.3 实景三维模型与点云生成

获取的原始影像数据在经过相应的预处理操作之后，便进入到最为关键的计算阶段。在这个阶段当中，先是凭借带有 POS 数据作为辅助手段的区域网空中三角测量方式，来对所有影像的高精度外方位元素加以解算，进而构建起影像彼此之间那种极为严密的几何关联^[2]。在此之后，依靠多视角立体匹配算法，去生成出高密度的三维点云数据，而这样的点云密度之高，完全可以细致入微地呈现出地物的几何形态。把点云进行构网处理并且自动映射上真实的纹理，由此便形成了一种拥有真实视觉效果的实景三维模型。这一模型属于一种数字化的、具备可量测特性的、极为逼真的地理场景再现形式，它一方面能够成为后续地形要素测绘环节里的主要工作底图，另一方面其自身还能够直接衍生出像数字表面模型、数字高程模型以及真正射影像图等诸多种类的数字化产品。

3.4 数字化测图与地形要素提取

以生成的实景三维模型或者 DSM 当作主要的数据来源，作业人员会在专业的数字摄影测量工作站又或者是三维测图软件里开展交互式的数字化测图相关工作。和传统的那种基于立体像对的测图方式相比而言，基于三维模型的测图环境会更为直观一些，而且不需要专业的立体观测设备，如此一来便把操作的门槛给降低了。作业人员借助于在三维场景当中直接去采集地物的轮廓线以及特征点线，并且赋予其相应的属性编码与符号，进而一步步地完成所有地形要素的提取以及表达方面的工作。对于部分规则地物或者特定要素来讲，同样可以试着利用人工智能算法来达成半自动或者自动识别与提取的目的，以此提升作业的效率。这个阶段可以说是最终地形图产品能够成型的极为关键的步骤，在此期间需要作业人员同时拥有测绘方面的知识以及地图制图方面的知识，从而保证提取内容的准确性以及表示方式的规范性。

4 无人机航测在大比例尺地形图测绘中的优化策略

4.1 数据获取阶段的优化策略

在数据获取这个阶段，优化策略应当着重关注提升原始数据的质量以及适用性。在获取方式上，除了常规的正射航线之外，要优先采用那种搭载着五镜头相机的倾斜摄影方案，如此便能够从多个角度去获取地物的相关信息。对于那些高大建筑物比较密集的区域或者地形高差变化十分剧烈的区域，可以去设计分层飞行的方案，或者增加

交叉航线，通过这样的方式来让遮挡区域的数据获取效果得以改善。像控点在布设的时候，应该遵循“周边加中间”的这样一个原则，同时要使用那种醒目且稳定的标志，而且其测量精度务必要比成图精度高出至少一个等级才行。除此之外，挑选光照条件比较好的天气来进行相关作业，并且要对相机展开严格的检校工作，这些都属于是保障影像质量必不可少的一些措施。

4.2 数据处理阶段的优化策略

数据处理阶段的优化，其目的在于提升计算效率以及成果精度。借助高性能计算集群或者云计算资源来处理海量影像数据，这已然成为行业的普遍趋势。在空三加密这一环节当中，若引入更多连接点并且采用更为稳健的平差算法，那么便能够有效地对误差的积累与传播加以控制^[3]。就点云生成而言，需要依据地物类型以及复杂程度，灵活且自适应地去调整匹配算法的各项参数，在确保细节得以保留的前提下，尽可能地减少那些冗余的数据^[3]。而在开展三维模型重建工作之时，务必要关注模型几何结构方面的优化，同时还要妥善处理纹理接边处的自然融合事宜，从而避免出现诸如扭曲或者破洞之类的不良现象，进而为后续的测图营造出一个较为良好的可视化环境。

4.3 产品生成阶段的优化策略

在产品生成也就是数字化测图这个阶段，优化的方向主要集中在提高人机交互的智能化程度以及让作业流程的标准化程度得以提升上。去开发或者集成那种依据深度学习所打造的地物自动分类还有提取工具，如此一来便可以让作业人员从诸多重复性的轮廓描绘工作当中获得部分的解脱，进而能够把精力更多地聚焦在质检以及编辑相关的工作上面。要建立起标准化的地形要素采集模板以及符号库，以此来保障不同作业人员所取得成果的一致性。与此还需要构建起一套从三维模型数据一直到最终地形图成果这样完整链条之中的、高效且顺畅的数据流转以及质检流程，从而降低在中间环节可能出现的错误情况。

4.4 全流程协同与管理优化策略

从更为宏观的角度来讲，得构建起能够贯穿整个项目始终的全流程协同以及质量管理体系。要制定出详尽且专门针对无人机航测项目的那份技术设计书，同时还得制定出相应的作业指导书，把各个不同环节所对应的技术指标以及质量控制点都清晰明确地确定下来^[4]。得强化外业团队和内业团队彼此之间的沟通联系，务必要保证像控点信息、飞行记录还有原始数据都能够准确无误地完成交接工作。要引入项目管理软件来对项目的进度情况、数据版本状况以及问题记录事项展开跟踪式的管理操作。借助定期开展的人员培训活动以及技术方面的交流研讨，持续不断地提升整个团队所具备的技术能力以及协作效率，进而从系统层面切实有效地保障项目成果具备可靠性以及规范性，最终顺利达成项目所设定的目标。

5 结束语

无人机航测技术给传统的大比例尺地形图测绘增添了新的生机与活力。它把先进的飞行控制技术、传感器技术还有数据处理技术整合到一起，搭建起一套完整的从空中采集数据一直到地面生成信息产品的技术方案。这项技术可大大提升测绘作业的效率，让外业工作的强度以及风险都降低了。凭借其获取数据时具备的高分辨率、多视角的能力，还为生产那种精度高、时效性强且信息丰富的地形图打下了稳固的数据根基。往后，随着无人机平台性能不断进步、传感器技术一天天完善，再加上人工智能算法在数据处理以及信息提取环节里融合得更深，无人机航测技术肯定会在自动化、智能化方面获得更大进展，进而进一步稳固并扩展其在大比例尺地形图测绘以及相关地理信息工程服务里的关键地位，持续为国家经济建设和社会发展给予更为精准、高效且可靠的空间地理信息保障。

【参考文献】

- [1] 袁祥海,谢志锋.无人机航测在大比例尺地形图测绘中的应用探究[J].中国战略新兴产业,2025(9):128-130.
 - [2] 乐泽龙.无人机航测技术在矿山大比例尺地形图测量中的应用[J].中国高新科技,2022(24):145-147.
 - [3] 路璐.基于微型无人机航测大比例尺地形图的测绘[J].黑龙江科学,2022,13(8):130-131.
 - [4] 魏世丽,董巧玲.浅析无人机航测技术在大比例尺地形图测绘中的应用[J].华北自然资源,2023(4):99-101.
- 作者简介：袁辉（1987.3—），毕业院校：中国地质大学武汉，所学专业：测绘工程技术，当前就职单位名称：江苏煤炭地质物测队，就职单位职务：职员，职称级别：助理工程师；王志伟（1993.3—），毕业院校：丽水职业技术学院，所学专业：工程测量与监理，当前就职单位名称：江苏煤炭地质物测队，就职单位职务：职员，职称级别：助理工程师。

基于影像识别技术的农村不动产权籍调查成果核查研究

张伟

陕西地矿第三地质队有限公司，陕西 宝鸡 721300

[摘要]摸清和完善农村“房地一体”不动产的数据资料，对保护农民不动产权利、夯实不动产统一登记、助力乡村振兴，具有重大意义。长期以来，我国大多数农村地区不动产权籍数据管理工作不规范，无法获取精准的调查数据，进而影响最终测量的结果以及不动产确权登记发证工作。据此，提出基于影像识别技术的农村不动产权籍调查测量，首先梳理核查要求与问题，剖析技术原理与适用场景，构建全流程核查技术体系，分析农村不动产权籍调查测量中存在的难点与优化路径。研究表明该技术可提高核查效率与数据的精准度、降低纠纷率，助力农村不动产管理数字化转型。

[关键词]影像识别；农村不动产；权籍调查；成果核查；数字化转型

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18660 中图分类号: P237 文献标识码: A

Research on Verification of Rural Real Estate Ownership Survey Results Based on Image Recognition Technology

ZHANG Wei

Shaanxi Geological and Mineral Third Team Co., Ltd., Baoji, Shaanxi, 721300, China

Abstract: Understanding and improving the data and information of rural "integrated real estate" is of great significance for protecting farmers' real estate rights, consolidating the unified registration of real estate, and assisting rural revitalization. For a long time, the management of real estate registration data in most rural areas of China has not been standardized, making it difficult to obtain accurate survey data, which in turn affects the final measurement results and real estate registration and certification work. Based on this, a rural real estate survey and measurement based on image recognition technology is proposed. Firstly, the verification requirements and problems are sorted out, the technical principles and applicable scenarios are analyzed, a full process verification technology system is constructed, and the difficulties and optimization paths in rural real estate survey and measurement are analyzed. Research has shown that this technology can improve verification efficiency and data accuracy, reduce dispute rates, and assist in the digital transformation of rural real estate management.

Keywords: image recognition; rural real estate; title investigation; achievement verification; digital transformation

引言

党的二十大报告明确提出“全面推进乡村振兴，深化农村土地制度改革，赋予农民更加充分的财产权益”。农村不动产登记作为深化农村体制改革的一项重要工作，其中不动产权籍调查有利于提升该项工作的效率^[1]。但不动产权籍调查需要借助相应的仪器进行单独测量，虽具备可靠程度高的特点，但在测量的过程中需要消耗大量的人力及物力资源，且操作所需的成本较高、工期较长^[2]。随着5G、人工智能等技术的发展，影像识别技术凭借智能化分析、高分辨率等优势，成为破解传统核查困境的有效办法。国家出台政策推动技术革新，多份文件要求加快相关影像技术在农村不动产权籍调查中的应用，自然资源部也鼓励利用影像编制底图开展成果核查^[3]。在此背景下，研究基于影像识别技术的农村不动产权籍调查成果核查对于提升了土地管理的科学性和准确性意义重大，同时可以为各级政府部门提供高效、准确的土地信息支持，有助于优化土地资源配置，推动城乡统筹发展^[4]。

1 农村不动产权籍调查成果核查核心要求与传统模式痛点

1.1 农村不动产权籍调查成果核心内容

农村不动产权籍调查成果含宅基地、林地、耕地等多种类型，核心内容有权属、界址信息、地类与面积三类信息，如权利人、界址点坐标、土地利用类型等。根据《不动产登记数据库标准》，成果要“归属清晰、权责明确、信息完整”，保证数据可追溯验证^[5]。不同不动产核查重点在于宅基地重界址与建筑面积合规；林地重权属界线与林种匹配；耕地重承包经营权归属与面积真实。各类成果要形成“图、表、册、证”档案体系，保证空间与属性信息相符。

1.2 成果核查的法定要求与质量标准

自然资源部规定，农村不动产权籍调查成果核查要遵循《地籍调查规程》等相关标准，核心质量指标有登记发证率（集体土地所有权≥95%，宅基地等使用权≥80%）、权属争议调处率（当年≥80%，无群体性事件）、成果精度（解析法界址点定位精度≥5cm等）、数据一致性（吻合度≥98%）。核查要经“村、乡（镇）、县（区）”三级

审核，重点查材料、程序、权属，有疑问的通过实地等方式核实，保证结果合法有效。

1.3 传统核查模式的操作流程与痛点

传统农村不动产权籍调查成果核查采用“内业人工比对+外业实地核验”模式，传统核查模式的流程主要分四步：内业准备资料核对信息；外业核查测量并核实现状；争议调处协商解决模糊争议地块；成果确认签字归档。但该模式面对日益庞大的土地资源数据存在诸多问题，核查效率比较低、且操作所需的成本较高、工期较长且易出错，争议解决难，缺权威证据，部分边界纠纷久拖不能有效解决。

2 影像识别技术在核查中的适配性分析

2.1 影像识别技术核心原理

影像识别技术依托计算机视觉与深度学习，自动提取、分析、识别影像中的空间与属性信息，核心流程含影像获取、预处理等。在农村不动产权籍核查中，主要应用遥感影像识别、OCR 文字识别、多源数据融合三类核心技术^[6]。关键算法有语义分割（如 U-Net 等）、实例分割（如 QueryFormer 等）、循环神经网络（RNN）等，语义分割可像素级分类地类，实例分割能精准提取地块轮廓，OCR 结合融合模型可高效识别印刷与手写体。

2.2 核查适配的影像数据源选择

(1) 卫星影像

卫星影像适用于大范围宏观核查，有覆盖广、时效性强特点。高分辨率卫星影像（如高分系列）空间分辨率达 0.5m，能满足平原耕地、宅基地边界识别。历史权属核查可调取 2005 年以来影像对比地块变迁，为争议解决提供证据，解决土地纠纷。不过，卫星影像受天气影响大，云层遮挡会降低精度，对复杂地形细节捕捉能力欠佳。

(2) 无人机影像

无人机影像因高机动性与高分辨率，成为农村不动产权籍核查核心数据源^[7]。固定翼无人机单次飞行覆盖面积广泛，适合平原大规模核查；多旋翼无人机灵活起降，适用于山区等复杂地形精细核查。搭载亿像素相机可获 5cm 分辨率影像，捕捉细节；多光谱传感器能识别作物与土地状态，辅助核查。

(3) 倾斜摄影影像

倾斜摄影技术通过多角度拍摄构建三维模型，能直观呈现建筑物与地形的空间关系，适用于宅基地等面积与权属界线核查^[8]。可解决传统正射影像对遮挡问题识别难的情况，如山地宅基地与山体关系、多层房屋面积核算。在复杂地形核查时，其影像结合激光雷达数据，能实现厘米级精度三维建模，精准定位界址点。

3 基于影像识别的农村不动产权籍核查技术体系构建

3.1 技术体系总体框架

构建“数据层-技术层-应用层-保障层”四层技术体系。

数据层采集、存储、管理多源影像与权籍数据；技术层实现影像预处理等核心功能；应用层为不同不动产类型与地形场景提供核查服务；保障层以标准规范等确保技术落地。体系目标是“厘米级定位、亚米级精度、分钟级响应”，构建全流程闭环管理。

3.2 数据层：多源数据采集与整合

(1) 数据采集规范

制定多源影像数据采集规范，卫星影像选分辨率 $\geq 0.5\text{m}$ 高分影像，无人机可见光分辨率不低于 5cm、多光谱不低于 1m，用 RTK 技术使界址点定位精度 $\leq 2\text{cm}$ 。权属数据采集含证书等，用 OCR 技术数字化提取建立标准数据库。历史数据采集覆盖 2000 年以来卫星影像与权属档案，助力变迁分析。

(2) 数据整合与管理

根据实际情况合理构建“一图一表一库”数据模型，整合三维地理与时间序列数据。建立数据共享机制，对接多系统实现跨部门互联互通，用云计算平台存并处理 300TB+ 海量数据，边缘端部署轻量化终端实时预处理。在核查的过程中使用区块链，并可以进行成果的存证，以此来确保数据不可篡改，进一步提升公信力。

3.3 技术层：核心功能实现

(1) 影像预处理

影像预处理分四步：先去噪，合理运用算法去除拍摄噪点与纸张污渍提升影像质量；再进行几何校正，结合北斗数据修正畸变确保坐标精准；接着实施影像配准，确保多时相、多源影像空间对齐，误差 ≤ 1 像素；最后影像增强，用局部算法强化模糊边界与褪色文字，提高污渍房产证识别率。预处理数据要符合《不动产登记数据库标准》，与权属数据兼容。

(2) 关键信息智能识别

采用“语义分割+实例分割”融合算法识别建筑物轮廓、地块边界、界址点等空间信息。QueryFormer 实例分割框架适用于密集区域宅基地，有助于提升识别的精确度；而对于林地边界主要是结合多光谱数据与纹理特征，实现林种类型与权属界线的同步识别。通过数字表面模型（DSM）与数字地面模型（DTM）对比，计算建筑高度与坡度，辅助合规核查。属性信息识别方面，用 OCR 技术提取权属证书等关键信息，构建“模板库+自适应定位”双引擎适配多种版式，支持特殊版式，识别准确率超 99%，还通过 NLP 技术解析历史合同文本辅助权属核查。

3.4 成果比对与核查

建立多维度比对核查机制：空间比对，将识别信息与权籍成果坐标比对，误差超 5cm 标异常；属性比对，核查 OCR 信息与登记库关键字段一致性；逻辑比对，验证地类与用途匹配性；时序比对，分析地块变迁核查权属变更合法性。制定分级核查指标体系（表 1），含核心与一

般指标，权重比 6:4。依指标达标情况，用“黄橙红预警”机制：黄色预警需补材料核实，橙色预警要实地核查，红色预警暂停登记并立案。

表 1 农村不动产权籍核查分级指标体系

指标类型	具体指标	达标标准	权重	预警阈值
核心指标(60%)	界址点匹配精度	≥98%	20%	<95% 橙色, <90% 红色
	面积误差率	≤2%	15%	>3% 黄色, >5% 红色
	权属信息一致性	≥99%	15%	<98% 黄色, <95% 红色
	地类匹配度	≥98%	10%	<95% 橙色, <90% 红色
一般指标(40%)	影像清晰度	≥85 分	15%	<75 分 黄色, <65 分 红色
	资料完整性	100%	15%	缺失 1 项 黄色, 缺失 2 项 以上 红色
	变更合规性	100%	10%	不合规 1 项 橙色, 2 项以上 红色

3.5 异常处置与反馈

建立“自动派单-整改核验-预警预防”全流程异常处置机制：黄色预警由村级人员 1 个工作日内补材料整改；橙色预警由乡（镇）级人员 3 个工作日内实地核查整改；红色预警由县（区）级部门 7 个工作日内立案处置。整改后系统自动重新比对形成闭环，建异常问题知识库提升核查效率。

3.6 应用层：分场景核查应用

(1) 宅基地核查

重点核查界址、建筑面积合规及权属真实性。用无人机航拍与倾斜摄影生成三维模型，提取宅基地轮廓与面积；OCR 识别权证并比对权利人信息；借助历史影像查宅基地有无违规扩建改建。对密集宅基地，用实例分割算法提高识别精度，防止边界混淆。

(2) 林地核查

聚焦权属界线与林种匹配核查，用多光谱无人机影像识别林种并比对林权档案；以激光雷达突破密林遮挡，精准提取林地边界；构建“室内三维建模+远程指界”模式，减少外业工作。

(3) 耕地核查

重点核查土地承包经营权归属及地块面积真实性。用卫星影像与固定翼无人机大范围核查，提取耕地边界与种植类型；借多时相影像分析耕地利用变化，查耕地撂荒、非粮化、非农化、违规流转；OCR 识别权证，比对地块面积与四至范围。

3.7 保障层：标准与安全体系

制定如《农村不动产权籍调查影像识别技术规程》等技术应用标准规范，统一数据格式、精度及核查流程；建立数据安全体系，用加密传输等技术保护隐私与安全；加强人才培养，通过“技术培训+实操演练”提升工作人员

影像识别技术能力。

4 技术应用的关键难点与优化路径

4.1 核心难点分析

(1) 复杂场景识别精度不足

山地、林区等复杂地形遮挡严重、地物破碎，致界址点提取精度降低，如密林区激光雷达采集成本高、阴影区地物易误判；密集宅基地边界易混淆，实例分割算法精度不足。老旧权属证书褶皱、褪色、手写不规范，OCR 识别准确率不高，影响属性核查质量。

(2) 数据共享与协同壁垒

不动产登记、公安、农业农村等部门数据标准不一，形成“信息孤岛”。如公安与不动产登记系统对接差，权利人身份核实效率低；历史权籍数字化低，纸质档案难与影像协同分析。且跨区域数据共享机制缺失，省际边界地块核查需重复采数，影响效率。

(3) 基层技术支撑薄弱

县（区）级以下基层单位缺专业技术人才，影像处理和算法应用能力弱；无人机等设备购置成本高，基层财政压力大；技术培训滞后，工作人员操作影像识别系统熟练度低，影响技术应用；部分偏远地区网络覆盖差，云端数据处理与共享受限。

(4) 标准规范不完善

影像识别技术用于权籍核查的标准未统一，不同地区数据源精度、算法模型、核查指标有差异，成果难跨区域互认，如无人机影像分辨率要求不一，部分无法精准定位界址点，且异常处置流程不规范，当前存在“重识别、轻处置”现象。

4.2 优化路径

(1) 提升复杂场景识别能力

优化算法模型，为复杂地形研发自适应算法（如结合注意力机制的实例分割算法）提升特殊区域识别精度；研制低成本激光雷达降数据采集成本。优化 OCR 技术，引入手写体专项模型提高老旧证书识别率；建立“算法识别+人工校正”模式，确保关键信息提取质量。

(2) 构建统一数据共享平台

制定全国统一农村不动产权籍数据标准，规范相关格式与规则；建国家级大数据平台，对接多部门实现数据实时共享核查；推进历史数据数字化，结合 OCR 与人工构建时间序列库；建立跨区域共享机制，实现省际地块数据互通。

(3) 强化基层技术支撑体系

加大基层技术投入，以中央补贴、地方配套为县（区）级配设备；构建“省级中心+县（区）级站”支撑体系，省级研发指导、县（区）级实操应用；开展分层分类培训，培养复合型人才；推进偏远地区网络优化，运用 5G 与卫星通信保障数据传输。

(4) 完善标准规范体系

出台影像识别技术应用规范，明确核查各环节标准；制定影像数据质量标准，统一影像相关要求。建立评估机制，定期评估推广经验；完善异常处置规范，明确预警流程、责任与时限，形成闭环。

5 结论

影像识别技术与农村不动产权籍核查适配性高，具有良好的测量效果，通过差异化数据源与算法组合可精准核查不同地形；构建的四层技术体系实现核查全流程自动化精准化，提升效率与质量，解决权属纠纷，推动登记发证率达标，能够为后续权籍调查测量提供相应的测量数据支撑，更好地为使用者提供服务。

[参考文献]

- [1] 王嘉伟,孙漳林,唐伟建.ArcGIS 模型构建器和 Python 语言在第三次全国国土调查数据处理中的应用[J].长春工程学院学报(自然科学版),2020,21(4):34-38.
- [2] 武东海,朱岩.浅析如何做好第三次全国土地调查工作

- [J].国土资源,2018(4):56-57.
- [3] 夏琳.乡村振兴背景下农村不动产登记研究[J].房地产世界,2024(3):30-32.
- [4] 王菲.能源企业成本会计体系构建探讨[J].投资与创业,2024,35(21):85-87.
- [5] 杨远芳,师俊峰.农村房地一体化权籍调查方法[J].城市建设理论研究(电子版),2018(11):30.
- [6] 李芹,楚慧娟.地形图中等高线与高程点矛盾检查方法探讨[J].测绘与空间地理信息,2020,43(8):158-160.
- [7] 范维锋,朱二巧,王红燕.基于 LiDA R 点云数据进行地貌要素快速更新方法研究 [J]. 测绘与空间地理信息,2018,41(11):91-93.
- [8] 方立,张铁男.倾斜摄影技术的农村不动产权籍调查测量[J].测绘与空间地理信息,2025,48(5):198-202.
- 作者简介：张伟（1983-10—），男，湖北国土资源职业学院，工程测量技术，长期从事地质测绘、地籍测量和地理信息系统等方面的研究。

大数据在生态环境工程咨询中的应用研究

周 星 谢成浩

浙江钱江水利供水有限公司，浙江 杭州 310000

[摘要]近年来伴随着信息技术的快速发展，大数据的应用渗透到了各个行业领域之中，在生态环境工程咨询领域，大数据在环境检测、生态测评及治理措施等方面为其提供了强有力的数据支撑，并对生态环境工程咨询决策科学化、精准化、智能化等起到重要的技术支持作用。文中以生态环境工程咨询中大数据的应用为主题，通过对大数据的技术特点及生态环境数据特质进行深入解析，对其如何应用于环境决策支持、治理措施建议以及监测与管理等方面进行论述，另外还立足未来发展，对大数据与人工智能融合、跨领域数据平台构建及智能化发展趋势等问题进行了探讨并指出大数据的应用可以有效提高生态环境工程咨询的效率及科学水平，有助于实现绿色发展战略和构建可持续城市。

[关键词]大数据；生态环境工程；智能化管理

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18661

中图分类号：X321

文献标识码：A

Research on the Application of Big Data in Ecological Environment Engineering Consulting

ZHOU Xing, XIE Chenghao

Zhejiang Qianjiang Water Conservancy and Supply Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract: In recent years, with the rapid development of information technology, the application of big data has penetrated into various industries. In the field of ecological environment engineering consulting, big data provides strong data support for environmental detection, ecological evaluation, and governance measures, and plays an important technical support role in the scientific, precise, and intelligent decision-making of ecological environment engineering consulting. The article focuses on the application of big data in ecological environment engineering consulting. Through in-depth analysis of the technical characteristics of big data and the characteristics of ecological environment data, it discusses how it can be applied to environmental decision support, governance measures suggestions, monitoring and management. In addition, based on future development, it explores the integration of big data and artificial intelligence, cross domain data platform construction, and intelligent development trends. It points out that the application of big data can effectively improve the efficiency and scientific level of ecological environment engineering consulting, and help achieve green development strategies and build sustainable cities.

Keywords: big data; ecological environment engineering; intelligent management

引言

生态环境工程咨询是实现生态环境保护与可持续发展的主要措施之一，近几年来遭受到了前所未有的挑战和机遇。伴随着城镇化建设速度加快、工业现代化进程加快和环境污染日趋严重复杂等问题，传统的实地勘察和经验判断的方式越来越不能达到科学高效的标准。而这时大数据的技术恰好以大规模数据收集储存和处理的优势应用于生态环境工程咨询行业之中。大数据对生态环境的应用，不仅可以给当前环境状况研究提供可靠数据保障，还能在环境影响评估、生态保护策略制定以及污染治理成效检验等方面起到举足轻重的作用。此外，大数据与信息平台、人工智能技术和物联网技术的整合应用也使生态环境决策有了更智能便捷的选择途径，有助于城市的绿色进步和生态文化建设。

1 生态环境工程咨询服务概述

生态环境工程咨询是指基于环境保护和可持续发展的理念，利用科学技术手段，对环境污染、生态破坏等问

题进行调查、分析、评估和治理的过程。环境工程咨询业务范围广泛，包括环境影响评价、环境规划、环境治理工程设计与施工、环保设施运行维护等。此外，环境工程咨询还可为企业提供环保技术研发、环保设备设计与制造等方面的服务。城市生态环境工程咨询服务主要是通过对城市生态环境进行科学、合理的规划与设计，实现对城市生态系统的结构与功能的优化，进而提高其生态环境品质与可持续发展能力。咨询服务团队根据实际存在的问题，提出切实可行的解决办法，为城市进行生态修复与环境改造。

2 大数据技术及生态环境数据基础

2.1 大数据技术体系

大数据的技术架构就是生态环保工程咨询应用的基础架构，主要是针对大规模、多类型、动态化的数据进行有效的获取、保存、计算、解析的过程。其中大数据获取依靠传感器网络、卫星遥感、智能终端与公共平台等方式来实时记录大气、水质、土壤和生物多样性等方面的状态信息。而大数据保存与管理基于分布式数据库、云计算存

储以及数据仓库等方案来满足海量数据的安全可靠存储条件。最后大数据分析挖掘技术作为大数据系统中最重要的一部分包含统计方法、机器学习模型、人工智能算法与可视化工具等,进而指导咨询建议。整个技术框架的联动让大数据应用于生态环保工程咨询不再局限于简单信息收集而是转变成智能辅助式决策方式,形成了基于数据分析的新模式。

2.2 生态环境数据类型与特点

生态环境信息是生态环境工程咨询业的生命线资源,种类多样复杂,主要包括自然环境信息、工程建设信息和社会经济与政策信息三类。其中自然环境信息是指大气环境质量信息、水文水资源信息、土壤理化性质信息、生物物种信息和生态环境质量信息等,这些数据往往具有较高空间时间分辨率和连续性的特点,是进行环境影响评价和生态环境恢复治理设计方案编制的重要前提。工程建设信息主要是指建设项目施工信息、建设项目排污信息和项目本身对周边环境影响的信息,在建项目和已建成项目均会产生此类信息并随时间不断更新变化。社会经济与政策相关信息是指区域的人口数量结构信息、产业信息、能耗信息、法律法规信息、环境管理和保护政策信息等,它们为环境工程咨询决策提供相应的边界条件、社会环境背景。生态环境数据来源广泛,维度众多,实时性强等特点决定了大数据平台的数据整合、清洗和处理能力的重要性,而环境工程咨询所需要的数据支撑也必须建立在强大的数据获取和加工能力之上。

2.3 数据质量控制与安全管理

数据质量和安全是大数据应用于生态环境工程咨询的基础。环境数据来源广数量庞大,而数据质量问题例如丢失值、离群值以及采样偏差在应用过程中较为常见,影响着分析结论的有效性和工程咨询决策的合理性。这就要求在数据收集时制定严谨的标准规范,在此基础上利用交叉验证、数据清洗和异常探测等方式来确保数据真实可靠。对于数据储存和使用过程的安全问题,则需采用分层存储、访问授权、数据加密的防护措施,并对数据访问使用情况进行记录审查以规范数据分享分析的行为保护隐私。通过构建严格的数据质量和安全保障体系,可以增加大数据应用的信任程度,为其在生态环境工程咨询领域的持续有效运用提供支持,也为日后实现智慧化监管、合理化决策打下基础。

3 大数据在生态环境工程咨询中的应用模式

3.1 决策支持与环境影响评价

大数据在生态环境工程咨询决策支持方面是最直观也是最本质的应用方向。其通过对海量的历史环境观测数据、工程建设数据和社会经济数据的集成处理分析来为环境影响评价提供有效的量化参考。一方面,大数据可针对项目的建设对环境产生的可能影响做出预测,在此基础上

通过模拟不同的工程项目方案对于大气、水资源、土地以及生态环境等方面的影响来进行项目环境风险的评估。不仅是历史经验数据的积累,更是基于当前实时监测数据以及其他各类相关信息的综合集成,进而使得环境影响评估的结果更为准确可靠、更具时效性。另一方面,大数据可以通过机器学习和数据挖掘等手段来探寻环境演变的趋势从而找出可能存在的污染源点和生态敏感地带,进而向环境管理者提出具体可行性的管控策略建议。由此,环境影响评估不再是单一的固定性报告文件而是一个不断更新迭代的智能型动态环境决策参考系统,因此生态环境工程咨询才得以在复杂环境下做出合理化的科学判断。再一方面,大数据平台还可以将来自各相关政府部门和机构的数据集中起来进行跨界跨域的联合数据分析处理,以供领导部门做出相应政策决策并合理分配资源,尤其是在面对紧急环境污染状况以及制定生态保护计划和分析长时间跨度下的环境影响等情况时可以有效提高决策的速度和准确性,进而为构建可持续的城市发展和生态系统奠定可靠的数据基础和科学保证。

3.2 环境治理与生态修复方案优化

而在环境治理与生态修复当中,大数据的应用也是不可或缺的一环。生态环境工程咨询要根据不同的地域、针对不同的生态系统提出有针对性的治理策略,而大数据的特点就在于它能对多个来源的环境信息加以集成处理并对治理策略选择做出优化可行性论证。基于以往治理项目的数据库,当前环境现状以及生态修复模型的组合分析,量化出所有可能采取的不同治理手段的成本效益值并找到最优解策略路线^[1]。如对于水体环境治理项目而言,运用大数据进行计算模拟能够精确描绘污染物迁移轨迹、观测水体污染物的变化过程并依据瞬时数据反馈及时修正治理方案以求得资源投入最少化而治理效益最大化的目的。同时大数据也能对生态修复策略方案实施后的远期效果作出评判,通过对生态系统组成结构、生物种类恢复程度以及各项环境参数的不间断观察来达成对治理策略的不断优化与完善,使得生态环境工程咨询能在具备合理可信度的基础上兼顾实际可行度进而提升环境质量改善的有效性及持久性。更进一步来讲,大数据亦可通过引入经济社会统计数据以及相关政策法规限制条件来考察对比各治理备选方案的经济成本大小、社会认可度高低及其推行的难易实现程度等方面的问题,为相关主管部门提供全面立体式的参考依据。借助模拟仿真预测预报的功能,大数据不但能完善现有的治理举措而且还可为即将面临的环境危机超前准备防范预案,让生态环境治理修复变得更加有序、科学、精细。为地区生态稳定安全及环境可持续发展提供可靠的数据支撑与科技保障。

3.3 生态环境监测与管理优化

生态环境监测与管理优化也是大数据应用于咨询服

务最有实效性的一环,建立立体化网络化多层次生态环境监测体系,对传感器数据、遥感数据和社会经济数据的即时汇总整理,大数据可以做到环境质量的及时检测可视化管理,在管理优化上大数据不仅可以发现环境系统的潜在危机以及异样波动,更能根据以往数据及走势规律帮助管理者合理安排、合理调配。比如针对城市大气环境管理,大数据可实现实时收集各区空气质量指标,车流状况,天气情况并据此预测空气质量指数从而为车辆管控、工厂减排乃至紧急应对措施等方面提供参考依据,同时大数据也能够对水质,土壤,噪音,动植物等多重环境因子进行同步监测,进而进行跨区划环境治理^[2]。另一方面大数据平台可把各个部门单位乃至地区之间的环境数据加以集成,打破部门壁垒,促进交流合作从而提高工作效率和精准度;管理者也可以通过对智能算法和数据模型的运用来进行环境警报提示、污染来源定位、生态恢复轻重缓急排序等一系列的操作由被动变主动、由点及面,让生态环境工程咨询不再仅限于技术层面的服务而是在管理和决策上同样给予支持,让生态环境工程咨询成为贯穿环境治理全程的技术决策服务为构建和谐宜居城市、美丽中国做出贡献。

4 大数据在生态环境工程咨询中的发展趋势与应用前景

4.1 与人工智能技术的深度融合

未来大数据与人工智能技术的有机结合是生态环境工程咨询的发展趋势,人工智能依靠其算法、机器学习、模式分析及预测功能大大提升了大数据用于环境监管、环境治理措施制定以及环境问题决策等方面的效果。人工智能算法植入大数据平台后生态环境工程咨询可以进行自动化的数据挖掘、环境反常现象搜寻以及环境风险提示,减少了从数据获取到做出决策的时间成本并且加快了决策速度提高了准确性^[3]。比如对于城市的水环境的治理,人工智能程序可以根据以往的历史水质情况加上现在的监测数据来自动辨别出污染来源并对污染物的发展态势作出判断,为主管部门提供合理的、可行性的控制策略。再如人工智能的图像识别处理,遥感技术和生态系统模拟等功能的应用也给生态环境的大数据使用提供了技术支持,使得环境服务咨询由事后反馈向事前预判转变,环境决策更聪明、灵活。

4.2 构建跨领域大数据平台

跨领域大数据平台建设也是生态环境工程咨询未来发展的一个重要方向。生态环境问题本身就是高度复杂和综合的问题,涉及自然科学研究、工程技术手段、经济社会活动以及法律法规政策等多种数据交叉融合。跨领域大数据平台除了可以实现不同类型数据的汇聚和规范化管理之外,它通常集成了数据收集、存储、计算以及展示等功能模块,服务于环境影响评估、生态保护修复方案设计、环境污染治理等方面。在具体应用中跨领域大数据平台能

够将环境观测数据与城市建设情况、产业发展状况、能源使用水平、政策限制条件等结合起来进行交叉分析,让环境管理和环境规划可以在科学性和可行性方面达到新高度。

4.3 推动生态环境工程咨询智能化发展

大数据的应用无处不在,生态环境工程咨询也在朝着智能化方向迈进。智能化不仅仅是技术层面的进步,更是咨询模式乃至决策过程的整体革新。智能化背景下的咨询工程师可以通过大数据对环境问题进行即时检测、即时评价和及时反馈,形成一个闭环式的环境治理体系;此外借助人工智能、云计算以及物联网等相关信息技术生态环境工程咨询也可以做到环境监管自动化、生态环境修复项目智能化以及环境管理的精准化调控等。智能化同样意味着咨询业务不再局限于以往的数据处理、规划编制而是覆盖整个生态环境项目的全过程管理甚至是环境领域的战略选择。智能化的发展使生态环境工程咨询成为名副其实的环境守护者以及生态文明建设者的智囊团,为生态环境保护、生态工程建设以及城市绿色生态发展保驾护航。今后随着数据库的进一步积累、技术方法的不断创新以及不同部门之间的联动合作生态环境工程咨询的智能化程度也会越来越高,环境治理不再依靠经验和感觉,也不再依赖于人的主观意志,取而代之的是基于可靠数据的科学治理和智能系统辅助的合理决策,环境保护同经济社会协调发展相得益彰。

5 结语

本文以大数据应用于生态环境工程咨询为主题进行了系统的探究,剖析大数据技术和生态环境数据背景,阐述其应用于生态环境工程咨询领域的具体方式:大数据应用于环境决策、环境治理、生态环境监测管理等方面的情况,并对大数据应用于生态环境工程咨询的发展趋势和应用前景进行预测。得出结论认为大数据对于生态环境工程咨询有重要的应用意义,可提高环境领域决策的合理性、环境问题解决方案的有效性、环境保护管理工作的精细化管理水平,为智能型、动态化的生态环境管理工作提供技术支持。

[参考文献]

[1] 丁杰瑜,梁芳逸,阮吉琴.大数据在生态环境工程咨询决策支持中的应用研究 [J].皮革制作与环保科技,2025,6(12):190-192.

[2] 岳静芸.浅析城市生态环境工程咨询服务在城市规划中的作用 [J].皮革制作与环保科技,2025,6(14):174-176.

[3] 阮吉琴,丁杰瑜,梁芳逸.生态环境工程咨询中环境影响评价的精准化策略研究 [J].皮革制作与环保科技,2025,6(13):171-173.

作者简介:周星(1995.9—),毕业院校:东华理工大学,所学专业:地球化学,当前就职单位:浙江钱江水利供水有限公司,职务:职员,职称级别:初级。

新型绿色建筑理念下安装工程造价预算

穆凯红

河北建研高科科技有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]新型绿色建筑理念的核心在于节约建筑安装成本与资源，并且在工程造价预算管理的实施中坚持绿色发展导向。与传统的建筑安装工程造价预算模式相比，渗透新型绿色建筑理念的工程造价预算方案更加贴合实际需要，能够起到优化资源配置、降低成本、提升造价管理效率等作用。因此如何将绿色建筑的可持续发展理念贯穿于安装工程造价预算的全过程，应当视为建筑安装工程获得良性发展的关键。本篇文章基于新型绿色建筑理念的研究视角，为建筑安装工程的造价预算控制提供有益的借鉴。

[关键词]新型绿色建筑理念；安装工程；造价预算

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18671 中图分类号: TU723.3

文献标识码: A

Cost Budget for Installation Projects under the New Green Building Concept

MU Kaihong

Hebei Jianyan High-tech Technology Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The core of the new green building concept is to save building installation costs and resources, and to adhere to the green development orientation in the implementation of engineering cost budget management. Compared with the traditional cost budgeting model for construction and installation projects, the engineering cost budgeting scheme that incorporates new green building concepts is more in line with practical needs, and can optimize resource allocation, reduce costs, and improve cost management efficiency. Therefore, how to integrate the sustainable development concept of green buildings into the entire process of installation project cost budgeting should be regarded as the key to achieving healthy development of building installation projects. This article is based on the research perspective of the new green building concept, providing useful reference for cost budget control of building installation engineering.

Keywords: new green building concept; installation project; cost budget

引言

随着建筑安装工程的规模扩大，建筑安装工程的能源消耗以及成本支出也在不断增长。在此趋势下，造价预算在建筑安装工程的成本控制方面占据重要的地位。建筑安装工程如果要达到降本增效的目标，则不能够缺少造价预算作为保障。目前在新型绿色建筑理念的指导下，安装工程的造价预算更应当突出集约化、精细化的原则，将绿色发展理念渗透于建筑安装工程造价预算的实施过程。

1 安装工程造价预算的基本要点

1.1 信息收集

在建筑安装工程的造价预算编制实施中，安装工程的造价管理部门首先需要全面收集第一手的资料数据，从而明确建筑安装工程在造价预算控制方面的基本构成要素。一般情况下，安装工程造价预算的前期信息收集应包括项目背景调查、造价控制的需求分析、相关文件采集，安装工程的预算编制人员应准确掌握建筑安装的整体结构图纸、布局方案、建筑材料的数量与规格等^[1]。建筑安装项目的预算编制人员通过深入展开市场调研，可进一步收集关键设备与材料的价格变化信息，以此为支撑调整原有的预算编制方案，确保优化后的安装工程造价预算方案更符

合市场实际情况。

1.2 设定目标

安装工程造价预算控制的实施前提就在于明确总体目标，工程造价预算控制人员应当在明确工程范围、施工规模、建筑使用功能等关键要素的前提下，遵循因地制宜的指导原则进行编制。渗透新型绿色建筑理念的工程预算编制既要着眼于保障工程质量，同时还不能够忽视建筑安装施工中的节能与环保措施。基于以上的考虑因素，安装工程的造价预算人员应坚持可持续发展的宗旨，通过实施科学、合理的造价预算编制来降低建筑安装施工的生态污染风险，对于安装工程的材料设备、人力资源、时间资源进行最优化的分配与使用^[2]。

1.3 量化估算

安装工程的造价预算编制主要采用定性分析、定量评估的两种技术手段，其中的量化评价方法旨在准确统计建筑安装项目全过程中的支出成本，并采取行之有效的项目成本管控方案，旨在避免项目安装成本超出最大的预期范围。工程造价预算人员在识别项目成本要素的过程中，应当精确估测建筑安装施工的人工劳动成本、材料采购成本、机械设备成本、管理经费成本等。在实施量化分析的基础

上,工程造价管理部门还应当进一步预测建筑安装市场的变化风险^[3]。

2 新型绿色建筑理念融入安装工程造价预算的含义与价值

2.1 理念内涵

新型绿色建筑理念旨在提倡工程造价管理部门采用精细化的预算编制做法,相关负责人员在正式进入工程预算编制环节之前,首先应当全面考察安装工程的场地条件、能耗状况、支出成本等关键因素,以期达到降低成本、节约能源、减轻环境负担等目的。在安装工程的造价预算领域引进新型绿色建筑理念,最根本的就是要维护业主的安全、健康,将传统的建筑装饰装修材料替换为新型的节能环保材料。唯有如此,安装工程的造价预算编制才能够彰显“以人为本”的目标导向,确保绿色发展理念贯穿在安装工程项目的全寿命周期。

2.2 重要作用

目前随着建筑工程市场的加快转型,建筑安装工程的造价预算复杂度持续增加,客观上对于安装工程的造价预算控制提出了全新的挑战。工程造价管理部门通过引进并推广新型的绿色建筑理念,能够在全面控制建筑安装成本的同时优化工程资源配置,推动安装工程朝着绿色发展的方向转型。融入新型绿色建筑理念的安装工程造价预算管理还体现了精细化与集约化的指导思想,建筑企业的造价控制以及预算编制部门能够进一步增进协同,从而为安装项目工程的经济效益、环境效益提升打下良好的基础^[4]。

3 安装工程的造价影响因素

3.1 工程设计因素

绿色建筑安装工程的设计方案是否科学、合理,直接关系到新型绿色建筑安装工程的造价控制实施成效。具体在绿色建筑安装工程的项目设计阶段,工程设计人员应准确评估多个方面的造价影响要素,并需要利用BIM的信息化建模技术实施精准的预测。绿色建筑安装工程的设计人员应加强对建筑材料的环保性能审查,避免由于建筑安装材料的不当选取,进而导致建筑工程的安装作业成本显著增长。建筑安装工程的设计人员还需要加强前期勘察,做到深入建筑安装场地展开全方位的前期考察,如此才能够保证建筑安装工程的造价控制部门进一步掌握成本管控要点,从根源上降低预算编制错误的风险。

3.2 人员素养因素

建筑安装企业人员的业务素养是否符合基本要求,在很大程度上关系到建筑安装项目的造价预算控制目标实现。当前时期的一部分建筑企业人员本身缺乏良好的信息技术运用能力,上述的建筑企业人员没有充分认识到绿色建筑理念融入造价控制的必要性,易导致建筑安装工程出现多次返工的情况,客观上增加了建筑安装材料的消耗以及资源的浪费^[5]。安装工程的造价管理部门忽视对于预算

编制人员展开专业化、精细化的培训,导致上述人员无法掌握BIM等先进技术手段。此外,一些建筑工程的造价管理部门忽视与建筑施工企业展开密切的沟通协调,易导致不同工序的作业人员之间缺乏有序的配合,从而增加建筑安装作业实施中的造价成本。

3.3 材料与设备因素

施工材料及设备管理都属于建筑安装工程造价控制的重要部分,建筑安装工程的施工材料选择直接关乎工程的总体造价。建筑安装工程的造价预算编制人员没有全面考虑材料价格导致的成本变化影响,就会由于不当选择建筑安装材料而增加额外的采购成本支出,从而不利于建筑安装企业获得良好的经济效益。此外,一些建筑安装工程的造价预算部门没有密切关注设备与材料的造价控制,或者由于建筑安装施工人员缺乏针对机械设备的运维保养,因此增加了建筑安装施工中的机械设备故障率,并导致建筑安装工程的工期有所延长。

4 新型绿色建筑理念下的安装工程造价预算实现策略

某大型绿色办公楼属于城市综合体建筑,建筑安装工程的总体占地规模达到4800 m²,安装工程的基本内容包括高层建筑的门窗安装施工、外墙保温以及装饰装修施工、建筑防水施工等。工程造价监管部门在全面实施造价控制的基础上,经过预算得出该综合体建筑安装工程的总造价大约为600万元。为达到精细化的安装工程造价控制目标,工程预算编制人员拟采用太阳能光伏系统、环保玻璃幕墙材料、人工智能的照明控制设备等,在工程预算的编制与实施阶段渗透绿色建筑理念^[6]。具体而言,该建筑安装项目的造价预算编制与实现策略包含如下方面:

4.1 综合成本控制

安装工程造价预算的基本任务就在于控制项目成本,工程预算编制人员应当在加强前期勘察的基础上,采取综合性、动态化的项目成本控制做法。具体需要从不同的工程成本控制维度入手,采用定性评价、量化评估相结合的方法,针对建筑安装工程的各项成本要素予以明确界定。例如在安装工程的投资决策管理方面,造价管理部门应综合考虑施工工艺、材料数量与种类、能源消耗等影响要素,在量化数据分析的前提下制定可行性最佳的解决方案。并通过对比多个项目实施方案的优势与不足,从中选取最符合绿色发展理念的一类方案。加强综合性、动态化的安装工程造价控制,相关部门还应当着眼于建筑安装材料的可回收性与可再生性,从源头入手降低建筑安装工程的运维成本。

4.2 可持续设计

安装工程如果要在造价预算方面体现可持续设计的基本原则,那么关键就是要加强针对安装工程的运维管理,以期在最大程度上延长建筑安装工程的使用寿命,突出绿色发展的安装工程造价控制目标。依据可持续设计的总体

思路,安装工程的造价管理机构应当与施工单位保持良好的沟通,充分利用智能控制技术、可再生的清洁能源、绿色环保材料作为支撑,切实减轻建筑安装施工引发的人身健康威胁,降低建筑工程在使用阶段的维护成本^[7]。例如,安装工程的设计人员通过选择绿色节能的新型环保建材,既能够起到良好的墙体保温与隔热效果,还可以显著改善建筑居民的体感舒适度,避免在建筑使用过程中消耗过多的暖通空调能源。

4.3 动态化的风险预警监测

建筑安装工程在全寿命周期的范围内,很难彻底避免发生市场价格变化、工程设计变更、极端气候影响等事件,以上情况应当视为建筑安装工程的潜在风险因素。为降低突发事件引发的工程经济损失,则工程造价管理部门需进一步加强风险预警,遵循动态化、可视化的指导思想予以完善。例如在安装工程的项目启动阶段,重点就是要识别并分析多个维度的造价变化风险,相关负责部门应制定可行性的应对处置方案。具体可以划分为市场维度、技术维度、环境维度、政策维度的风险预警指标,建构 BIM 的人工智能风险预测模型,建构一体化的建筑安装工程造价风险预警机制。例如在安装工程材料的市场价格发生变化时,造价预算编制人员应当启用应急处置方案,旨在有效降低供应材料中断造成的经济损失,切实维护建筑安装企业的经济利益。

5 新型绿色建筑理念下的安装工程造价预算完善路径

5.1 健全机制, 加强合同管理

合同管理属于建筑安装工程造价控制的关键组成部分,安装工程的造价预算编制人员只有充分重视了项目合同管理,才能够推动安装工程朝着绿色、可持续的方向转型。安装工程的造价控制部门在新型绿色建筑理念的支撑下,应当着眼于工程造价预算控制的规章制度完善,尤其需要加强针对建筑安装工程的项目合同管理。相关负责人在签订建筑安装合同之前,首先应当精确评估工程招投标造价,使得建筑安装工程的造价预算编制更加贴合实际情况。建筑安装企业还应当致力于避免后续的合同纠纷后果产生,在出现工程设计变更的情况下应当停止建筑安装施工作业,经过协商确定最佳的解决方案。

5.2 创新手段, 减轻生态负担

近些年来,安装工程的施工材料品种更加丰富多样,其中包括新型的绿色建筑安装施工材料。创新安装工程的造价预算技术手段,充分利用新型绿色建筑材料来减轻生态破坏与影响,彰显建筑企业的社会责任意识。在此前提下,现阶段的建筑企业需加强绿色建筑安装材料的采购与使用,以期更好发挥新型绿色建筑材料的作用功能,从源头入手减轻建筑安装施工导致的生态破坏影响。例如在高层建筑的幕墙安装、室内装饰与装修施工、建筑防水施工

等关键环节,工程造价管理部门都应当坚持绿色发展的宗旨,灵活节约建筑工程的安装施工成本。并应当切实减轻建筑安装施工作业中的噪声污染、固体废弃物污染、粉尘污染等,依托绿色施工的技术手段保障居民的人身健康。

5.3 提升素养, 增进工序衔接

安装工程的造价管理人员需具备良好的专业素养,能够妥善应对常见性、突发性的工程造价变更情况。目前在人工智能技术平台的支撑下,安装工程的造价预算编制人员应充分利用 BIM 的智能建模工具,旨在增进相关专业之间的衔接,打造一体化的安装工程造价控制体系。当前时期的建筑企业还需要加强针对造价预算编制人员的培训,确保上述人员能够准确了解新型绿色建筑理念的内涵,并且在建筑工程的造价管理方面渗透可持续发展原则。打破传统意义上的机构或专业局限,安装工程的预算编制人员应坚持扁平化的造价控制做法,畅通工程造价控制方面的信息共享渠道。

6 结束语

综上所述,新型绿色建筑理念下的安装工程应突出造价预算的重要性,建筑工程的造价管理部门不仅需要结合实际来编制预算方案,而且还应当加强工程全寿命周期的成本控制。为发挥新型绿色建筑理念在安装工程造价预算方面的导向作用,关键就是要全面采集第一手的数据资料,以此为依据制定科学、合理的造价控制决策。当前时期的建筑工程造价管理部门还要充分利用人工智能的建模技术,将 BIM 技术应用于绿色建筑安装工程的造价预算领域,在根源上降低建筑安装工程的能耗。

[参考文献]

- [1]江信斌.建筑安装工程造价预算重要性及控制措施[J].居业,2025(10):136-138.
 - [2]杜文佳.建筑水电安装工程造价超预算的原因及解决策略[J].建材发展导向,2025,23(19):112-114.
 - [3]位文倩,黄峰,尚依依,等.建筑安装工程造价管理中的概预算编制研究[J].中国招标,2025(3):174-176.
 - [4]庄艳丹.建筑安装工程造价预结算审核存在的问题及优化对策[J].中国住宅设施,2024(10):97-99.
 - [5]刘世才,刘容辛.建筑安装工程造价预算与成本控制措施[J].建筑与预算,2024(7):40-42.
 - [6]王清波,刘猛,王盼.新型绿色建筑理念下安装工程造价预算[J].散装水泥,2024(2):160-162.
 - [7]刘素娟,王素霞.新型绿色建筑理念下安装工程的造价预算[J].中国建筑金属结构,2023,22(8):181-183.
- 作者简介: 穆凯红 (1994.5—), 女, 毕业院校: 石家庄铁道大学, 所学专业: 工程造价管理, 当前就职单位: 河北建研高科科技有限公司, 职务: 造价师, 职称级别: 工程师。

建设工程项目施工现场管理对土建造价的影响及优化策略

于立然

河北慧德工程项目管理有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]施工现场管理与建设工程项目按时按质按量完工存在紧密关联，其能够对施工现场的各项活动进行科学的协调与控制，以提高整体施工质量。伴随建筑行业的日益发展，建筑工程项目施工现场管理逐渐趋于精细化，但如果缺乏科学的管理措施，则会对正常施工与质量控制产生不良影响，进而引起施工成本随之增加。为了提高经济与社会效益，在施工现场还需要实施有效的管理措施，以达到降低土建造价的目的。基于此，本篇文章主要对建筑项目施工现场管理对土建造价的影响及优化策略进行深入分析，从而提高施工现场管理效果，促进工程项目效益提升。

[关键词]建筑工程项目；施工现场管理；土建造价；优化策略

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18669 中图分类号: TU723.3

文献标识码: A

The Impact of Construction Site Management on Civil Engineering Cost and Optimization Strategies for Construction Projects

YU Liran

Hebei Huide Engineering Project Management Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: There is a close relationship between construction site management and the timely, quality, and quantity completion of construction projects. It can scientifically coordinate and control various activities on the construction site to improve the overall construction quality. With the increasing development of the construction industry, on-site management of construction projects is gradually becoming more refined. However, if there is a lack of scientific management measures, it will have a negative impact on normal construction and quality control, leading to an increase in construction costs. In order to improve economic and social benefits, effective management measures need to be implemented at the construction site to achieve the goal of reducing civil engineering costs. Based on this, this article mainly conducts an in-depth analysis of the impact of construction site management on civil engineering costs and optimization strategies, in order to improve the effectiveness of construction site management and promote the improvement of project efficiency.

Keywords: construction project; construction site management; civil construction cost; optimization strategy

引言

在建筑工程项目施工期间，离不开施工现场的科学管理，通过对施工管理流程与方法进行持续优化，便于促进施工环节的逐步落实，同时达到维护施工现场安全、确保工程造价合理的目的。施工现场管理在项目管理中具有重要作用，其效率与水平是影响工程造价的重要影响因素，但许多工程存在较多管理不足情况，导致其土建造价难以控制在合理范围内。因此还需要进行科学的项目施工现场管理，以保证建筑工程契合相关施工要求，在规范的施工操作下提高工程质量，有效控制土建造价。

1 建筑工程项目施工现场管理的重要性

建筑工程项目现场管理的重要性主要包括五方面：①提高施工效率：在施工现场实施合理规划与组织，能够保证施工进度稳步推进，保证如期完成施工项目，且可以对施工流程进行持续改进，确保施工效率得到提升。②保证工程项目施工安全性：在现场管理中通过识别潜在的风险隐患，能够及时制定应急方案，降低施工风险，为施工过程提供安全保障。③优化资源配置：通过对人力、物力、

财力等资源进行优化配置，能够依据施工要求完成建筑过程，在提高资源利用率的同时取得良好的施工效果。④提高团队协作性：施工单位管理人员需要与不同单位、部门人员进行工作沟通与协调，能够激发团队成员在工作中的主动性，及时分享工作经验，提供工作上的帮助与指导，以取得良好的团队协作效果^[1]。⑤提高企业竞争力：施工单位通过实施现场管理，能够严格把控施工质量、安全及成本，积极适应建筑市场环境的异常变化，按时完成项目施工要求，树立企业良好形象，促使企业在激烈的建筑市场竞争中充分发挥优势。

2 建筑工程项目施工现场管理对土建造价的影响

2.1 施工组织与计划

通过科学的施工组织设计，便于对施工各个环节与流程进行合理安排与协调，便于对施工相关资源进行合理配置，以保证如期完成工程。通过详尽的施工计划，能够结合建筑施工实际情况进行调整，便于及时发现施工过程中存在的隐患、问题与不足，保证各项工序顺利完成，以避免出现施工延误引起成本增加的情况。利用科学合理的施

工组织与计划，能够对施工资金流动过程进行控制，保证项目施工资金在预估范围内，从而在提高施工效率的同时减少土建造价。

2.2 劳动力管理

合理的施工人员配置可以为项目施工顺利开展奠定基础，以保证实现对资源的优化配置，便于预防资源浪费引起的成本增加。通过实施技能培训，能够帮助施工人员增强对施工相关注意事项与安全内容的了解，确保其遵循规范操作施工，从而辅助施工效率提升。同时通过绩效考核、激励机制等方法，将施工人员的实际工资与工作成果挂钩，更加便于激发施工人员的工作积极性。通过科学的劳动力管理能够减少人力成本支出，同时在施工效率与质量提高的同时可以避免产生更多间接成本支出^[2]。

2.3 材料管理

材料管理涉及多个方面，结合施工需求完成材料的采购、储存与使用，能够减少材料浪费，避免增加建筑成本。通过参考建筑要求设计采购计划，合理选择材料供销商，能够减少材料采购期间的成本；通过为材料提供良好的储存条件，能够有效预防材料损坏、变质，减少材料浪费；通过依据施工计划使用材料，能够保证材料使用的良好效果，在材料使用过程中，还可以引入信息化技术，便于对材料使用情况进行持续监测，保证材料管理效率与质量，预防材料成本支出过多。

2.4 设备管理

在建筑施工过程中，科学的设备选型及采购能够为顺利竣工提供保障作用，以减少施工期间额外费用支出。设备经过定期维护与保养能够及时发现其存在的隐患与故障，通过良好的修复能够进一步提高设备使用性能，避免频繁地更换与维护，减少维修成本支出。在使用设备前，还需要对设备进行科学调配，提高设备在施工期间的利用率，避免设备长期闲置引起资源浪费。在设备使用过程中，通过信息系统对设备的使用情况进行实时监测，便于及时对设备使用情况进行科学调整，提高其使用效率。通过科学有效的设备管理，能够预防设备相关直接成本随之提升，且能够促进施工顺利完成，以达到间接控制土建造价的目的。

2.5 质量控制

施工现场管理过程中的质量控制是确保施工效果的重要环节，通过良好的质量控制，能够保证施工流程与方法与规范要求相契合，有效预防严重的质量问题，以节约返工及维修成本。在质量控制期间构建全面化、系统化的质量管理体系，能够从材料进场到施工结束进行全方位的监测，及时发现施工问题与隐患，预防严重施工问题发生。通过第三方质量检测机构，能够实现对施工工序的全面质量控制，以保证达到预期的施工目标，减少后续维护费用。通过提高施工质量控制的重视，便于为土建造价的有效控制奠定坚实基础。

2.6 安全管理

施工事故、风险隐患预防的重要前提是保证施工安全，以避免因事故增加施工成本，在施工现场一旦发生安全事故，不仅会对现场工作人员的生命安全构成严重威胁，还可能延误施工进度，引发法律诉讼、赔偿纠纷等问题，进而引起施工成本明显增加。通过实施定期培训、检查、隐患排查等安全管理制度，能够帮助施工人员强化安全防范意识，有效预防安全事故发生，为施工人员的安全提供良好保障，更加便于塑造企业形象，实现经济与社会效益的统一。科学有效的安全管理措施，不仅能够为施工现场人员安全提供重要保障，而且是控制土建造价的有效手段，因此还需强化安全管理重视。

2.7 环境管理

为了遵循施工环保要求，在施工期间需要确保环保观念贯穿施工全流程，以减少因污染环境增加罚款支出。环境管理与噪声、废水、废弃物的处理存在紧密关联，在实施环保措施过程中，初期涉及多方面，因此需要加大投入力度，但需要注重环境措施实施带来的长远效益，不仅能够减少罚款与整改成本支出，确保工程造价随之下降，而且能够帮助企业塑造良好形象，为企业在竞争中提高整体竞争力，以获取更多合作的机会。另外实施环保措施能够提高资源利用率，保证建筑项目成本结构得到全面优化，达到控制土建造价、促进建筑工程高质量发展的目的。

2.8 信息管理

信息管理系统是及时、准确传递施工现场数据的重要工具，其与施工现场管理效率存在显著关联，有助于确保沟通的实时性、准确性，以减少信息滞后引起过度成本支出。信息管理不仅需要在管理软件的辅助下开展数据采集、分析、传输、共享等，同时还需要加强对现场施工进度、材料使用、成本支出等多方面数据的持续监测与控制，从而为施工现场管理人员提供重要的信息支持，支撑其作出科学决策。信息化管理是各部门之间协作与沟通的重要基础，能够提高信息共享的透明化、流畅性，可以帮助施工项目团队发现潜在的施工风险影响因素，从而对施工现场的各项资源进行合理配置，持续提升施工效率与质量^[3]。在土建造价有效控制过程中，还需要在信息管理数据的支撑下，推动项目施工现场工作的有序进行。

3 建筑工程项目施工现场管理控制土建造价的优化策略

3.1 加强工程项目施工现场管理培训

为了提高工程项目施工现场管理成效，还需要提高对管理人员培训的重视，以加快管理人员综合能力的改善。通过系统的培训，能够帮助管理人员明确施工现场管理的重要性与必要性，依据科学的管理理念与方法进行安全施工，并学习施工现场管理计划制定、执行的相关要求，积极应对施工挑战与问题，从而达到减少土建造价的目标。

在实际建筑工程项目施工现场管理过程中,可以通过组织多次专业的讲座与培训工作,邀请外部专家分享工程项目施工现场管理、成本控制、质量控制等经验,充分激发管理人员的积极性与主动性^[4]。在实际施工过程中,掌握充足知识与经验的管理人员能够提高解决问题的高效性、便捷性,以便实现对施工资源的优化配置,减少土建造价的成本支出。

3.2 引入先进的施工现场管理技术

伴随信息技术日益发展,施工现场管理模式也随之逐渐更新,通过引入建筑信息模型、项目管理软件、大数据技术等,均能够为施工现场管理提供重要的辅助作用,从而对施工现场的资源进行合理配置,避免资源浪费引起成本增加。通过引入先进技术进行施工管理,便于实现对施工环节的模拟与分析,评估施工进度管理中存在的不足与缺陷,并能够对潜在隐患进行判断,及时预见施工管理中的实际问题,以便及时采取精细化的管理措施,提高现场管理的协调性,从而预防施工矛盾、纠纷形成,实现对土建造价的进一步控制。

3.3 落实精益施工管理理念

精益管理理念是通过最小化人力、时间等资源投入,提供最大化价值的管理理念,其注重基于流程优化实现持续改进目标,核心在于消除浪费、提高效率,在施工现场管理中落实精益施工管理理念,有助于预防时间、人力、物力资源浪费引起的整体造价升高,同时可以对施工流程进行进一步的优化,以确保土建造价在合理范围内。在落实精益施工管理理念后,能够对施工流程实施优化设计,以减少施工等待时间,并结合施工要求及时供应充足的材料与设备,保证施工稳步推进,在提升施工效率的同时有助于预防资源的过度浪费,从而达到控制造价、节约成本的目的。

3.4 注重各方工作沟通与协调

施工现场管理过程中离不开良好的沟通与协调,通过搭建有效的沟通渠道,能够实现各部门之间的信息共享,及时分享施工过程中遇到的挑战,能够确保沟通的通畅性,预防出现工期延误、资源浪费等情况。通过构建信息共享平台召开会议,能够为各方提供良好沟通的平台,促进协作意识得到强化,从而保证管理效率与质量,有效降低土建造价。如在住宅项目施工过程中,通过每周例会制度,能够帮助不同的施工小组之间及时了解施工进度,积极传达施工现场的信息,并对项目进展进行评估,以便了解最新的现场管理信息,减少施工信息滞后情况,真正达到信息共享、节约工程造价的目的。

3.5 加强控制工程变更管理

工程变更会对工程量增减、施工难度、工期调整、现场管理等产生重要影响,在多因素的综合作用下,对工程

造价的直接影响较为显著,通过对工程变更进行严格的审核,可以预防工程频繁变更,从而减少成本支出。针对必要的工程变更,还需要对工程变更后产生的成本、带来的风险等进行全面的评估,以保证工程变更符合实际施工需求,以便对土建造价进行控制。在建筑工程项目施工过程中,在项目初期即会设置工程变更管理制度,在实施变更过程中需要对成本效益进行分析、审批与评估,以便对非必要的变更进行科学控制,有效节约变更产生的成本支出^[5]。

3.6 定期实施成本监控与评估

通过定期对工程成本进行监控与评估,能够发现工程项目施工期间存在的成本过度支出情况,以完成对项目预算的有效控制,维持整体土建成本在预估范围内。通过对成本管理体系进行完善,能够围绕成本预算、核算、分析等方面进行全面评估与控制,以减少工程造价。通过实施对工程成本持续监控、定期召开分析会议等措施,能够明确施工过程中不同费用支出的具体应用情况,及时发现是否有材料采购成本超支、施工进度控制不佳、施工成本预估不足等问题,从而对采购、施工过程进行科学的调整,以便将整体施工成本控制在预算范围内,达到节约造价的目的。

4 结束语

综上所述,建筑工程项目施工现场管理是执行施工计划的重要环节,在土建造价中发挥着关键作用,从施工组织、计划、劳动力、材料、设备、质量与安全控制、环境及信息管理方面对造价产生不同程度的影响。因此还需要加强对施工现场的有效管理,注重实施全面的沟通与协调,积极引入先进技术共享施工信息,以便构建合理、科学的施工管理方案,积极落实精益管理理念,在确保施工进度的同时提升施工现场的管理效率与质量,不仅能够达到控制土建造价的目的,还有助于切实提高建筑工程项目建设的经济与社会效益,为建筑行业的优质发展奠定坚实基础。

【参考文献】

- [1]李潇佃.工程项目施工现场管理优化策略研究[J].房地产世界,2025(4):74-76.
 - [2]程梦琦.建设工程项目施工现场管理策略分析[J].建材发展导向,2024,22(12):91-93.
 - [3]杨磊.建设工程项目施工现场管理对土建造价影响[J].中国住宅设施,2022(9):43-45.
 - [4]赵飞胜,董艳亮,贾潇.建筑工程项目管理中的施工现场管理与优化措施[J].工程建设与设计,2025(18):257-259.
 - [5]饶学优.数字化背景下建设工程项目施工现场管理措施研究[J].办公自动化,2025,30(6):58-60.
- 作者简介:于立然(1989.3—),女,毕业院校:河北工业大学;所学专业:土木工程,当前就职单位:河北慧德工程项目管理有限公司,职务:预算员,职称级别:中级。

数字化转型背景下建筑工程造价咨询行业发展路径研究

王玉瑶¹ 杨璐²

1. 青岛万科房地产有限公司, 山东 青岛 266000

2. 青岛青特产城集团有限公司, 山东 青岛 266000

[摘要]随着社会经济的不断发展，建筑领域中各企业面临着日益激烈的市场竞争。在这一过程中，要想进一步提高自己的综合竞争力，就需要做好企业内部的成本管理工作，针对工程建筑施工全过程进行造价咨询管理。基于此，文中基于数字化转型的时代要求，系统分析建筑工程造价咨询行业转型的背景与战略意义，深入剖析建筑工程全过程造价咨询管理中存在的问题，并基于数字化时代背景，并提出相应的建筑工程全过程造价咨询管理优化措施，以供参考。

[关键词]数字化转型；建筑工程；造价咨询；发展路径；数据治理

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18657 中图分类号: F426.9 文献标识码: A

Research on the Development Path of Construction Cost Consulting Industry under the Background of Digital Transformation

WANG Yuyao¹, YANG Lu²

1. Qingdao Vanke Real Estate Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China

2. Qingdao Qingte Chancheng Group Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China

Abstract: With the continuous development of the social economy, various enterprises in the construction field are facing increasingly fierce market competition. In this process, in order to further enhance one's comprehensive competitiveness, it is necessary to do a good job in internal cost management of the enterprise, and carry out cost consulting management for the entire process of engineering construction. Based on this, the article systematically analyzes the background and strategic significance of the transformation of the construction cost consulting industry in response to the requirements of the digital transformation era. It delves into the problems existing in the cost consulting management of the entire construction process, and proposes corresponding optimization measures for the cost consulting management of the entire construction process based on the background of the digital era for reference.

Keywords: digital transformation; architectural engineering; cost consulting; development path; data management

引言

在数字化时代背景下，我国市场经济建设快速发展，建筑工程项目也逐步朝着现代化方向发展，在项目建设过程中，各项任务分工逐渐趋于精细化，促使建筑市场中的造价咨询单位应运而生^[1]。造价咨询单位是指对工程项目施工中涉及的造价环节提供合理的咨询服务与支持的机构^[2]。造价管理是企业管理的重要组成部分，在建筑产业链中承担着投资估算、设计概算、施工图预算、竣工结算等核心职能。然而，全过程工程造价咨询管理仍存在各种各样的问题，在一定程度上限制着工程成本控制目标的实现，直接影响工程项目的投资效益与建设质量^[3]。政策层面，国家发改委等部门出台文件，推动工程咨询行业数字化转型，构建数字化咨询标准体系。市场层面，新型城镇化、城市更新等对工程咨询服务提出更高要求。技术层面，BIM 应用率提升，人工智能等逐步渗透，推动行业向智能造价转型。在此背景下，探索工程造价咨询行业数字化发展路径意义重大。

1 数字化转型对建筑工程造价咨询行业的影响

投资决策与方案设计阶段是建筑项目成本控制的“黄

金窗口期”，其决策和设计决定项目全生命周期 70%以上成本。数字化时代，BIM 技术凭借可视化等优势，实现该阶段全过程数字化闭环管理，改变传统设计与造价脱节局面。方案设计可视化上，BIM 构建三维模型，直观呈现建筑核心信息，业主与设计团队可沉浸式审视方案合理性，避免后期变更成本增加；方案模拟与优化中，BIM 结合软件开展多维度分析，助力设计团队优化方案，降低造价，且参数化特性使调整高效；在设计与造价数据衔接方面，BIM 模型实现设计信息与造价数据实时联动，缩短造价估算周期、提高准确性，辅助科学决策，还能实现多专业协同，减少造价增加^[4]。传统工程造价咨询行业以计量计价为核心，服务局限于施工阶段，价值定位单一、附加值低。数字化转型下，BIM 等技术打破其服务边界，推动企业向全生命周期价值管理服务商转变，实现全方位升级。

服务范围拓展上，数字化技术助企业参与项目全生命周期管理，覆盖前期决策、设计、施工、竣工、运维各阶段。前期借助 BIM 与大数据评估投资可行性；设计阶段提供造价优化建议；施工阶段用数字化平台与 5D-BIM 动

态管控；运维阶段提供运维成本优化等服务。服务模式创新方面，数字化造价管理平台是转型核心，整合多维度信息，实现集中管理与共享协同，有实时监控等功能。能动态跟踪分析造价数据，预警成本偏差、预测走势，还支持多方协同，提高管理效率。核心价值升级上，企业核心价值从精准计量计价转变为提供全生命周期价值优化方案，助力业主全流程精细管控成本，降低风险、提升回报率，还能为后续决策提供数据支撑，提升投资管理水平^[5]。除BIM技术外，AI识图系统、5D-BIM、大数据等前沿数字化技术深度应用于工程造价管理，破解传统痛点，推动其向智能化、高效化发展。AI识图系统凭借强大图像识别与数据提取能力，改变传统手工识图算量模式。它能自动解析多专业施工图纸，精准识别构件关键信息并生成标准化工程量清单，大幅缩短计算时间（通常超50%），降低人为误差，还能识别图纸错误，避免造价偏差。如在复杂高层建筑机电项目中，可精准识别各类构件完成统计。5D-BIM技术在3D-BIM模型基础上，融入时间与成本维度，实现成本与进度动态管控与协同优化。通过关联施工进度计划与造价预算形成“进度-成本”联动体系，实时更新成本数据，模拟成本支出，精准掌握成本动态变化，自动对比偏差、分析原因并生成报告、提出建议。如遇工期延误，可测算成本增加并给出优化建议，还支持施工方案可视化模拟与优化。大数据技术为工程造价管理提供数据支撑与分析能力。企业构建标准化造价数据库，借助大数据分析挖掘数据，总结造价规律与成本控制关键点，为新项目提供参考。如预测材料价格走势制定采购计划，分析成本偏差数据提前防控，还能实时监测市场动态，为造价管理提供市场依据。

2 建筑工程造价咨询行业数字化转型现状与核心问题

2.1 行业数字化转型现状

随着BIM、大数据、人工智能等技术广泛应用于造价咨询行业，头部企业多引入AI辅助工具用于工程量计算、造价分析等^[6]，大数据在成本预测、风险评估等领域应用逐步深入。数字化转型推动工程造价咨询行业市场规模不断扩大，其中BIM造价咨询市场规模增长显著，且预计未来几年将保持高速增长态势。行业内企业对数字化转型的认识不断深化，转型意愿提升，数字化咨询企业占比增加，企业纷纷加大数字化投入，布局平台建设与人才培养。

2.2 行业数字化转型核心问题

数据是数字化转型核心要素，但当前工程造价咨询行业数据标准化不足。专业融合度不足将会导致建筑工程项目各专业领域间的沟通协作不畅，造成信息孤岛现象。例如，在项目初期阶段，建筑设计师、结构工程师及机电工程师等各专业人员间应密切协作，确保方案设计的可行性，但在实际中，因为专业融合度不够，各专业领域往往只关

注自身利益，导致设计方案的整体性不足。同时，数字化技术应用范围扩大，但深度普遍不够。多数企业处于初级阶段，集中在基础环节，对AI、大数据等深度应用不足，未充分发挥其在成本优化、风险预警、价值管理等方面的作用，不同技术融合应用不足。数字化转型需复合型人才，但行业人才结构失衡，此类人才严重短缺。专业人才缺口大，现有从业人员数字化技能不足^[7]。数字化技术应用需大量资金投入，后续维护、更新、培训等投入持续增加，企业投资回报周期不确定，影响数字化转型积极性，中小型企业转型受严重制约。工程造价咨询行业涉及多主体，但协同机制不完善，信息共享不畅。各主体数字化系统不同，缺乏统一协同平台与数据交换标准，项目信息传递效率低、误差大，制约数字化技术在项目全生命周期的深度应用。在项目进行过程中，可能会出现设计变更材料、价格波动、施工进度延误等情况，需要造价咨询管理及时调整预算、评估风险，然而项目本身具有一定的复杂性，管理者往往花费更多时间去处理这些问题，导致时效性不足。此外，工程造价数据敏感，泄露、篡改会带来重大损失。部分企业数据安全意识薄弱，防护体系与管理制度不完善，数据备份机制不健全，难以应对风险。

3 数字化转型背景下建筑工程造价咨询行业发展路径

3.1 技术赋能路径：深化数字技术融合应用

（1）推进BIM技术全生命周期应用

以BIM技术为核心，推动其在项目全生命周期（投资决策、设计、施工、竣工结算、运营维护）深度应用。设计阶段，借助BIM技术进行碰撞检查与多专业协同设计，不断优化设计方案^[8]；施工阶段，借助5D-BIM模型实时跟踪工程变更与签证，实现成本与进度的动态管控，从而优化方案，精准控成本；竣工结算阶段，数字化技术的应用能为工程结算带来前所未有的便利，通过建立数字化造价管理平台，能对工程造价数据进行实时监控和分析，实现对工程进度成本及质量的全方位管理。在工程结算过程中，也能借助人工智能、大数据技术进行数据处理与核算，从而进一步提高核算结果的准确性，避免出现人为疏漏，进一步提升效率与准确性。此外，在数字化时代下，建筑工程涉及的参与者众多，信息交流和沟通成为工程管理的关键环节，因此，应建立信息共享与协同合作机制，实时更新相关数据信息，以免出现信息故障或信息不对称现象，提高工程结算的协同效率。

（2）强化人工智能技术深度应用

拓展AI技术在造价咨询领域应用，从工程量计算延伸至成本预测、风险预警等高端环节。开发造价数据分析系统构建成本预测模型提升估算精准度；用AI审计系统自动比对数据提升审计效率。推动AI与BIM、大数据融合，提升效能。

(3) 探索区块链技术应用

探索区块链技术用于工程造价咨询，利用其特性实现造价数据存证、追溯。合同管理中通过区块链技术实现合同条款的数字化存证；工程变更、签证环节采用区块链技术记录过程流程，减少纠纷；为了提高结算支付的安全性与效率，结算支付时可以通过区块链技术存证验证支付凭证。

(4) 数据治理路径：构建标准化数据体系

按照 2024 清单计价标准等政策建行业数据标准体系，统一用 OmniClass 分类编码，明确规则字段，同时制定全流程标准、构建质量评分体系，提升可用率。推动数据整合共享，构建行业资源库，鼓励多主体开放共享，企业建统一数据中心与共享机制。同时构建安全防护体系，采用技术保护敏感数据，制定制度规范管理，加强监测，并建立备份恢复机制。

3.2 业务创新路径：重构服务模式与业态

借助数字化技术，将造价咨询服务贯穿于项目的全周期。通过整合设计概算、投资估算等传统服务，拓展增值服务，用数字化平台动态管控全生命周期成本，为业主提供全方位服务，提升投资效益^[9]。基于数字化与数据资源，拓展增值服务。开展造价数据分析、绿色建筑造价咨询、碳计量咨询等业务，还可提供标准编制、数字化造价咨询培训等服务，拓展业务边界。借助数字化平台实现服务线上化、智能化。

3.3 人才培育路径：打造复合型人才队伍

企业制定培训计划提升员工素养，引进懂造价又具备数据分析等能力的复合型人才，建立灵活机制吸引外部专家，积极引进海外人才与技术。同时，健全人才激励制度，将数字化技能与考核、薪酬挂钩，设专项奖励基金，完善职业发展通道，留住核心人才^[10]。

5 建筑工程造价咨询行业数字化转型保障措施

5.1 政策保障：完善政策支持体系

针对现有政策制定实施细则，明确支持范围、标准与流程，如明确企业数字化投入优惠补贴标准及申请流程，重点扶持试点项目，并推广经验。政府联合协会推进数字化标准体系建设，制定统一数据、技术、服务与安全标准，监督执行，鼓励企业参与，提升标准的科学性和实用性。构建数字化监管平台，实时监测咨询企业，及时发现处置违法违规行为。推行“互联网+监管”简化流程，提升监管效率；建立政企沟通机制，及时解决企业转型过程中所存在的问题。

5.2 技术保障：提升技术创新能力

政府应聚焦关键技术攻关，构建分层分类科技项目支撑体系与多元资金支持模式，提升行业创新效能，基础研究设专项计划，应用技术研发推重点计划。建立转化机制，鼓励企业试点产业化，整合资源提供一站式服务；鼓励建行业共性技术平台，降低中小企业产业化门槛，依产业化

指标分级奖励，资金用于后续研发升级，将成果转化成效纳入考核，激励突出贡献者。组织研讨会、展会等活动，鼓励企业参与国际标准制定与合作，提升行业国际化水平，推动国内外企业技术交流，引进先进技术与管理经验。

6 结论与展望

建筑行业是我国重要的经济支撑，在工程建设过程中，每个建筑企业都想获得最大的经济效益，在逐步提升自身效益的基础上获得更好的发展空间，数字化转型是建筑工程造价咨询行业高质量发展的必然趋势，已带来多方面深刻影响。当前行业转型有进展，但存在数据标准化低、技术应用不深、人才短缺、协同机制不完善等问题。为此，提出五大发展路径：技术赋能深化数字技术融合应用；构建标准化的数据体系，并加强管理；发展全过程造价咨询服务，并加强人才培育完善体系、加大引进，并建立激励机制，同时从政策、技术、人才四维度提出保障措施。未来，随着 AI、大数据、BIM 数字技术的融合应用将更加深入，完善行业数据标准体系，实现从“智能算量”到“智能决策”跨越，形成良性发展格局。同时，造价咨询单位应注重提升自身的业务素质，定期进行专业人员培养，为推动我国建筑行业的持续稳定发展奠定坚实基础。

[参考文献]

- [1] 杨沛元.全过程工程造价咨询管理的要点及优化措施[J].房地产世界,2023(11):82-84.
 - [2] 何贵明.建筑工程全过程造价控制探讨[J].中国厨卫,2023,22(5):107-109.
 - [3] 范晓凤.建筑工程全过程工程造价咨询控制要点及优化策略探讨[J].居舍,2023(31):145-147.
 - [4] 俞陈琴.试论如何进行建筑机电安装工程造价控制[J].工程建设与设计,2023(5):248-250.
 - [5] 吴世伟.建筑工程造价全过程管控对策[J].建材世界,2023,44(1):123-125.
 - [6] 郭莉莉.建筑工程造价咨询对造价控制的影响性分析[J].数码·移动生活,2023(5):139-141.
 - [7] 马静.建筑工程造价影响要素与全过程工程造价成本管控的分析[J].建材发展导向(上),2022,20(3):52-54.
 - [8] 周圣厚.建筑工程造价超预算的原因与控制策略[J].陶瓷,2023(1):176-178.
 - [9] 赵强.建筑工程造价咨询对造价控制的影响研究[J].现代装饰,2022,511(14):136-138.
 - [10] 杜志强.工程造价咨询对工程造价控制的影响分析[J].住宅与房地产,2021(24):40-41.
- 作者简介：王玉瑶（1988.12—），毕业院校：青岛理工大学，所学专业：工程造价，当前就职单位：青岛万科房地产有限公司，职务：成本工程师，职称级别：中级工程师；杨璐（1991.11—），毕业院校：山东建筑大学，所学专业：工程造价，职务：成本工程师，职称级别：中级工程师。

论建设工程项目施工现场管理对土建造价的影响及优化策略

于世为

河北慧德工程项目管理有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]施工现场管理属于建设工程项目管理的核心部分，建设工程的施工现场管理能否达到精细化、规范化程度，直接关系到建设工程的造价与成本。随着建设工程规模的不断扩大，施工现场管理与项目土建造价之间的关联性表现得更加显著。基于此，项目管理部门需采取行之有效的造价控制方案，还要围绕建设工程的实际情况加以灵活地调整，推动建设工程的最大化效益实现。本研究阐释建设工程项目施工现场管理对土建造价形成的多个方面影响，为建设工程的造价管理工作提供有益借鉴。

[关键词]建设工程项目；施工现场管理；土建造价；影响因素；优化策略

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18649 中图分类号: TU5 文献标识码: A

Discussion on the Impact and Optimization Strategies of Construction Site Management on Civil Engineering Costs in Construction Projects

YU Shiwei

Hebei Huide Engineering Project Management Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Construction site management is the core part of construction project management. Whether the construction site management of a construction project can achieve a refined and standardized level directly affects the cost and cost of the construction project. With the continuous expansion of construction project scale, the correlation between construction site management and project civil engineering cost has become more significant. Based on this, the project management department needs to adopt effective cost control plans and make flexible adjustments around the actual situation of the construction project to promote the maximization of the project's benefits. This study elucidates the multiple impacts of construction site management on the formation of civil engineering costs, providing useful references for cost management in construction projects.

Keywords: construction project; construction site management; civil construction cost; influencing factors; optimization strategy

引言

建设项目的施工现场管理，指的是项目主管部门依据规章制度监督施工开展过程；其最终目的就是要维护工程质量安全，使得建设项目能够在合同期限的范围内交付使用。建设项目的施工现场管理包括材料管理、机械设备管理、人员安全管理、质量管理等，以上各方面因素都会对项目土建造价形成不可忽视的影响。因此如何制定并落实精细化的施工现场管理方案，从而达到优化建设工程资源配置的目标，应视为建设工程获得可持续发展的关键。

1 建设工程项目施工现场管理的基本要点

1.1 材料管理

材料管理在建设工程的施工现场管理当中占据突出的地位，建设工程的施工材料只有达到最基本的质量要求，才能够在根源上降低项目安全隐患。具体在开展建设工程的施工材料管理时，项目管理部门应安排专业人员负责检查各类建筑材料，做到严格核对材料规格、型号、数量等。经过审查符合行业规定要求的建筑材料才能够进入施工场地，否则不应当允许材料运送入场^[1]。项目施工部门应妥善保存钢筋、混凝土、水泥等材料，并采取覆盖保护等

措施，施工人员应依据项目规划方案，做到灵活分配与使用现有的建筑材料。

1.2 设备管理

建设项目的现场施工不能够缺少机械设备的支撑，建设工程的机械设备如果经过长时间的持续使用，则有可能出现机械连接处松动、设备腐蚀、外观损坏等情况，威胁机械操作人员的人身安全。在此前提下，项目施工企业需加大对机械设备的运维管理，避免机械设备出现长期停机的状态，并应当妥善做好机械设备的润滑、紧固等工作。施工人员如果察觉到工程机械已经出现了损坏或者面临失灵的风险，则应当立即告知主管机构，使得机械设备的运行故障获得妥善地解决。在常规使用中，施工人员需自觉爱护机械设备，避免由于错误操作而造成设备的运行失效^[2]。

1.3 工程质量管理

质量应当视为建设项目的命脉，项目主管部门需监督施工企业严格把控工程质量，坚持防患于未然的原则。全面加大对建设项目的施工质量控制，最根本的就是要降低项目返工概率，将精细化管理的理念渗透于项目施工的全过程。基于此，建设项目的施工人员应高度重视隐蔽工序的缺陷整改，并应当密切配合工程主管部门做好竣工审查^[3]。

加强建设项目的施工质量监管，采取有力措施保证施工人员的生命健康，从源头上降低建设工程的事故发生率。

1.4 人员安全管理

建设工程项目施工安全管理应置于首要的地位，建设工程项目管理应着眼于保障人员安全，禁止施工人员在未佩戴防护设施的情况下从事高风险作业。具体有必要加大对项目施工人员的培训、教育与宣传力度，将“安全为本”的理念植入施工人员的思想深处。建设项目的施工人员在从事基坑支护作业、外墙保温与防水作业、高空吊装、地下室施工等特殊作业阶段，施工人员需严格按照企业规章制度予以实施。在确保人员安全的基础上，推动建设工程项目资源优化配置。

2 建设工程项目施工现场管理对土建造价形成的影响

2.1 施工进度对于土建造价的影响

在建设项目的施工阶段，项目施工进度将会显著影响土建工程造价，体现了施工进度管理与土建造价之间的密切关系。一部分建设工程的施工企业为了追赶项目进度，就会存在忽视工程建设质量的现象，易导致建设工程在竣工阶段无法通过专业机构的审核，增加建设工程的返工成本。片面重视建设工程的工期目标达成，还有可能造成施工人员忽视潜在的细节隐患，甚至酿成重大的施工事故，以上因素都会显著增加建设工程的土建造价^[4]。

2.2 施工图纸对于土建造价的影响

建设项目的图纸设计方面是否存在疏漏，直接影响到建设工程的土建造价。一些建设项目由于缺少科学而完善的施工图纸作为支撑，就会导致最终的项目施工效果与业主的预期不符，引发项目业主与工程总承包企业之间的纠纷，同时也不利于建设项目实现最大化的经济效益目标。对于大型的建设工程而言，其中的一些分支项目缺乏良好的图纸可行性，就会导致整个项目的施工进度被延迟，客观上增加了建设工程的土建造价或者养护成本。

2.3 施工环境对于土建造价的影响

建设工程一旦进入了现场施工阶段，通常就会无法避免受到极端自然气候、复杂地质环境等因素影响，以上情况都会增加建设工程的土建成本。一部分建设项目所在区域存在地下水异常涌出的问题，那么施工人员就需要妥善处理湿陷性土层、不良地质构造等情况，导致工程总承包企业无法按照合同工期交付使用。并且在遇到极端降雨、暴雪、霜冻等灾害气候时，施工部门也会被迫停工，易造成项目业主的不满情绪滋长，还有可能产生较多的临时性施工费用。

3 建设工程项目施工现场管理中存在的问题

3.1 工序衔接不够紧密

当前时期一部分建设工程在施工阶段存在工序衔接不紧密的问题，施工企业的各班组、各专业人员之间没有

形成有机协调的整体，从而不利于建设工程发挥最大化的协同效应。在建设项目的施工阶段，不同工序人员之间存在十分明显的信息壁垒，易导致工序之间的衔接不畅，还有可能埋下建设工程的隐蔽缺陷。一部分建设工程的施工人员缺乏专业协同意识，在遇到施工问题的情况下相互推诿责任，造成建设项目的工期延长^[5]。

3.2 人员素养有待提升

建设工程的施工人员素养直接决定了工程管理效果，还会对建设项目的土建造价形成显著的影响。现阶段的一些建筑企业缺乏对施工人员的培训或教育，易造成建筑企业的施工人员缺乏良好的专业素养，并有可能埋下建设项目的质量安全隐患。建设工程的施工人员在遇到突发事件时，通常无法在最短的时间内进行妥善处理，则会增加土建施工成本，违背土建造价的精细化管理宗旨^[6]。施工人员由于缺乏良好的信息化素养，导致其无法适应数字时代下的全新要求，从而在工程测量、竣工审查、项目运维等阶段出现差错，影响建设工程的经济效益提升。

3.3 忽视隐蔽工程验收

建设工程项目往往存在很多的隐蔽环节，建设工程的土建施工企业容易忽视隐蔽工序的质量验收，缺乏严格的隐蔽工序验收。例如在开展高层建筑工程的地下室防水作业、外墙保温作业、建筑装饰与装修作业等阶段，一部分建筑企业未安排专门人员负责检查隐蔽工序的实施效果，就会埋下建筑工程隐蔽环节的重大事故风险。由此可见，缺乏动态化、规范化的隐蔽工程验收与监管规定，易导致建设项目的总体成本增加，甚至还会损于建设项目的业主权益。

4 建设工程项目施工现场管理与土建造价控制的优化策略

某建设工程属于大型城市综合体建筑，该建筑工程的总体占地规模达到 $28000m^2$ 。建设项目的工程勘察人员经过前期勘测得出，建设项目所在区域的地质环境十分特殊，施工场地的表面覆盖着大量的粉质黏土、淤泥等，在地下水的浸入影响下易发生建筑基础结构的沉降。基于以上的特殊因素考虑，项目施工承包企业拟采取精细化的现场管理实施方案，并采取源头防控风险的做法，推动建筑施工项目的工期效益、经济效益、环境效益实现同步提升。

具体而言，改进建设工程项目的施工现场管理模式应着眼于如下要点：

4.1 健全机制，增进机构衔接

建设项目的总承包施工企业最为关注的，往往就是建设工程的经济效益，那么施工部门通常就会采取多种形式来控制土建造价。为发挥施工现场管理在节约土建资源方面的最大化作用，关键就是要打破传统的工序边界，增进各职能机构之间的衔接。基于此，建设项目的工程总承包企业应重视规章制度的完善，并结合建设工程的实际情况加以调整，明确企业各班组、各工序人员需承担的责任^[7]。

有关负责人员还要加大针对土建环节中的隐蔽工序验收，利用物联网设备检测土建隐蔽工序的质量、安全缺陷，提醒项目总承包施工部门对此进行妥善的整改。

健全建设工程的预算管理机制，工程预算人员应高度重视规章制度的落实，并要增进工程预算管理部门与施工企业之间的协调、沟通。在建设项目的预算执行阶段，具体负责人员应表现出高度的责任意识，避免出现土建造价严重超出项目预算的现象。工程管理部门应定期组织各施工班组人员参加成本分析会议，做到及时发现并纠正土建施工成本方面的偏差，从而使得整个土建施工作业得以有序的展开。具体负责人员还应当高度重视土建成本核算、误差分析等工作，充分利用信息技术手段跟踪土建施工现场施工中的费用支出情况^[8]。

4.2 创新手段，提升人员素养

建设工程项目施工现场管理的目标若要获得完整的实现，则需要依靠素质过硬的施工人员队伍。在此前提下，建设工程的施工总承包部门需进一步加大对施工人员的培训力度，推动施工人员的综合素养提升。并应当全面开展针对各施工班组的安全宣传，利用真实而生动的案例唤醒施工人员对于事故的警惕意识，将防患于未然的理念贯穿在整个施工过程。创新建设项目的施工现场管理以及土建造价控制手段，通过建构计算机数据库来采集、分析并传输相关数据，针对施工阶段的各项支出费用应进行精确的统计。采用大数据为主的信息技术手段，结合项目土建施工的实际情况调整原有的工程图纸，使得优化后的施工图纸更符合工程业主的使用需要。

此外，项目管理部门为应对建设工程市场的激烈竞争趋势，关键就是要加强针对施工人员的业务培训，确保建设工程的施工企业人员都能够认识到土建造价管理的意义，并通过严格把控土建施工质量来节约造价管理资源。具体应当采取系统化培训的做法，结合建设项目的实际情况来制定可行性方案。项目管理部门应多次组织施工人员参与培训，鼓励施工人员分享土建施工操作中的经验做法，推动土建造价管理资源实现最优化的配置。

如下表，为某建设项目在土建施工阶段的工程概算、预算对比结果：

表 1 某建设项目在土建施工阶段的工程概算、预算对比结果（单位：万元）

项目内容	工程概算	工程预算	评价结果
路面工程	539.4	522.6	达到设计要求
路基工程	660.7	661.4	达到设计要求
桥涵工程	438.9	437.5	达到设计要求
其他沿线设施	290.5	298.2	达到设计要求

4.3 动态验收，源头防范风险

施工企业在全面强化现场管理的同时，还应当建构全过程、一体化的风险预警机制，做到精准识别建设工程在

土建造价控制过程中的风险因素。在建设工程的施工阶段，应当增进施工部门与造价管理人员之间的沟通，从根源上防范并消除潜在的隐患。当前时期的建设项目施工企业最好重视信息技术方法的采用，充分依靠大数据平台作为支撑，建构多维度的风险评价指标体系。

在建设工程的土建施工阶段，施工人员应表现出强烈的责任感，真正做到为业主的人身安全与经济利益考虑，如此才能够加大建设工程的施工风险防范力度，将项目安全隐患消除于萌芽之中。例如在选取建设工程的材料供应商时，工程总承包企业应当加大对供应商的资质审查力度，避免在材料采购阶段出现差错。建设工程的总承包企业在多方对比的基础上，才能够选出质量达标、采购成本低廉的最佳供应商企业，进而为建设工程的土建施工节约宝贵资源。

5 结语

综上所述，建设项目的施工现场管理与土建造价之间具有密切联系，加大建设工程的施工现场监管力度有助于项目资源节约，还能够起到降低风险、缩短工期等重要作用。在目前的状况下，建设项目的施工现场管理手段更加多样化，然而在建设项目的土建造价控制方面仍存在亟待完善之处。为发挥施工现场管理在优化项目资源配置中的最大化价值，那么关键就是要严格把控建筑材料的质量安全，并督促施工人员定期检查机械设备的潜在隐患。项目管理部门需重视信息技术手段的推广，依托大数据、物联网等设备增进相关专业的衔接，打造一体化的建设项目建设现场管理模式。

【参考文献】

- [1]高汉奇.建设工程项目施工现场管理对土建造价的影响及优化策略[J].住宅与房地产,2025(20):123-125.
 - [2]杨磊.建设工程项目施工现场管理对土建造价影响[J].中国住宅设施,2022(9):43-45.
 - [3]邵转吉.施工现场管理对土建造价影响研究[J].甘肃科技,2022,38(18):48-50.
 - [4]刘东娜.探究建筑工程项目现场施工管理对土建造价的影响[J].商业文化,2022(10):93-95.
 - [5]王聪杰.论建筑工程土建施工现场管理的优化策略[J].四川水泥,2020(5):183.
 - [6]吴迪.浅析建设项目的现场施工管理对土建造价的影响[J].现代物业(中旬刊),2019(7):133.
 - [7]许俊业.加强建筑工程造价成本管理的优化策略[J].建材与装饰,2019(11):201-202.
 - [8]王伟珍.人工、主要材料费用波动对某厂房项目土建造价的影响[J].福建建材,2025(4):112-115.
- 作者简介：于世为（1994.12—），性别：男，毕业院校：中国地质大学长城学院，所学专业：工程管理，当前就职单位：河北慧德工程项目管理有限公司，职务：预算员，职称级别：助理。

全过程管理策略在市政工程造价中的应用

鲁晖

河北冀科工程项目管理有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]新时代背景下工程行业竞争加剧，工程造价作为项目效益核心组成，应用全过程管理策略，摆脱静态管理模式的局限性适应材料价格波动、工艺革新方面的协同需求。对接市政工程造价重点，合理应用全过程管理策略控制资源、减少造价超支等情况。本篇文章立足市政工程实际情况，从决策阶段、设计阶段、招标阶段、施工阶段四个方面提出了全过程管理策略在市政工程造价中的主要内容，阐述了全过程造价管理的主要方法，并提出了相关的应用路径以供参考。

[关键词]全过程管理；市政工程；工程造价

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18648

中图分类号: TU723.3

文献标识码: A

Application of Whole Process Management Strategy in Municipal Engineering Cost

LU Hui

Hebei Jike Engineering Project Management Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: In the context of the new era, competition in the engineering industry has intensified, and engineering cost is the core component of project benefits. By applying a full process management strategy, we can overcome the limitations of static management mode and adapt to the collaborative needs of material price fluctuations and process innovation. Coordinate with the key points of municipal engineering cost, reasonably apply full process management strategies to control resources, and reduce cost overruns. This article is based on the actual situation of municipal engineering, and proposes the main content of whole process management strategy in municipal engineering cost from four aspects: decision-making stage, design stage, bidding stage, and construction stage. It elaborates on the main methods of whole process cost management and proposes relevant application paths for reference.

Keywords: whole process management; municipal engineering; construction cost

引言

全过程管理策略是一种立足工程项目全生命周期，实现各环节成本控制、资金规划的管理策略，将其应用到市政工程造价工作能显著提升造价控制效果，提升工程成本竞争优势，避免资源浪费，助力工程高质量发展。对接市政工程决策、设计、招投标和施工等主要环节，协调多方利益，融合项目全周期建设要求，强化全过程管理策略的应用效果，对于推动市政工程质量发展、效益提升有着重要的积极影响。

1 全过程管理策略在市政工程造价中的主要内容

1.1 决策阶段造价管理

市政工程决策阶段造价管理要求将抽象的工程建设意图转化为具有明确执行步骤、对系统清晰目标且具有策略性运作思路的系统建设活动。建设单位在工程立项初期建立多维度投资论证机制，借助金中华投资估算控制的方式进行造价管理。造价咨询人员围绕工程区域市场环境变化，明确建材价格指数、地基勘察报告以及同类项目竣工决算等方面的资料，合理估算造价成本，参考当地工程部门发布的工程造价指标调整基础工程费率。采用三级审核流程用于编制投资估算，审核流程应涵盖初级造价员、注册造价工程师和技术负责人三个主体部分，按照初步测算、

工程量复核、专家论证的流程，重点验证工程规模和功能需求的匹配，工程决策阶段的造价管理要素内容见表1。

表 1 编制投资估算三级审核流程控制要点

审核维度	控制要点	允许误差范围
技术方案	特殊地基处理方案的性价比比选	单方案论证
资金可行性	融资成本与工程付款周期的协调性	现金流覆盖
建设规模	工程面积与规划红线的匹配性	$\leq \pm 3\%$

1.2 设计阶段造价管理

设计阶段造价管理重点在于通过技术方案横向对比的方式，明确方案经济优势、技术优势和成本优势，通过建立“三阶递进”造价约束体系的方式依据批准的投资估算分解各专业造价限额，进而实现多方案的横向比选。造价初步设计阶段明确工程设计的底线标准，要求设计概算不得超出投资估算的 10%，借助限额设计方法强化造价管理的底线控制效果（具体见图 1）。合理使用 BIM 技术明确工程各环节所需要的资源投入，按照预算设计要求动态修正施工图预算，通过精简冗余结构部分的方式平衡造价。造价设计交底阶段组织实施“四方会审”制度，将造价咨询单位、设计单位、施工单位和建设单位作为图纸审核的主体部分，强化反索赔预检工作^[1]。

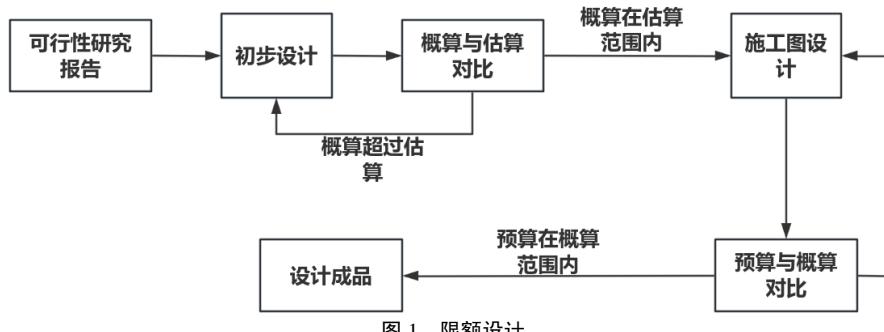


图 1 限额设计

1.3 招投标阶段造价管理

招投标阶段是市政工程造价管理的重要阶段，需要建立契合工程实际情况的造价控制流程方法，确保工程成本在合同签订前就能得到有效约束。首先，招标过程应确保过程公开、流程透明、制度公正，利用线上平台的方式发布招标文件，强化投标主体参与竞争，重点审查投标报价的合规性，将多方评审主体纳入招投标合规性审查工作中，识别可能存在的串标、围标等行为^[2]。在发现异常报价或异常招投标行为时需要及时上报事件成因并组织违规行为调查。招投标控制价格一方面需要参考当地造价管理部门提供的价格指数，另一方面则需要强化市场调研，明确材料的市场价格变化情况，设置弹性调整空间，确保价格调差机制的切实落实。建设单位按照招标文件嵌入的成本控制条款和制度内容，要求投标单位提交详细的施工组织设计和成本分解方案，明确造价成本组成，选择优质承包商，避免出现成本超支和浪费的问题。

1.4 施工阶段造价管理

施工阶段造价管理应实现工程造价的动态监控，以此应对现场不确定因素，减少资源浪费、成本额外支出等问题。施工单位需要严格控制材料的投入使用，以材料出入库管理为基础，实施全流程的材料成本管控制度。以施工图纸为基础制定采购计划，大宗设备、材料的采购实施供应商准入机制和月度市场询价，如果价格波动超出合同约定阈值则需要启动替代方案，考虑工程建设的材料设备使用需求，选择性价比更高的设备和材料用于降低成本。造价工程师与施工单位、设计单位协同会审施工图纸，借助BIM技术将二维图纸可视化，明确图纸存在的模糊区域和隐蔽区域。建立隐蔽工程验收制度，尤其是钢筋绑扎、地基处理等关键工序必须进行全流程的记录管控，核查工程量避免高估冒算情况出现。

2 全过程管理策略的造价控制方法

2.1 目标成本控制

目标成本控制是全过程管理策略在工程造价中的核心组成，其实施重点在于以目标成本为导向，发挥成本控制目标在预测造价、计划实施、多流程控制与核算方面的重要价值，以此实现对市政工程造价的全过程管理控制。综合考量项目规模和技术功能，以当地工程部门和造价管

理部门提供的过往工程案例为基础，预测工程合理的成本目标范围，在造价执行期间通过目标分解的方式落实整体造价要求，各工程环节和岗位都有与之相对的控制目标，以此明确责任主体，强化权责控制。落实全过程成本控制要求，制定严格的成本核算制度，横向对比造价目标和实际成本支出的偏差，及时纠正偏差部分避免出现超支问题。

2.2 动态造价管理

全过程管理策略是一种立足工程全生命周期的管理策略，注重造价控制的阶段性和整体性。动态造价管理是一种以工程全生命周期为视角的管理策略，旨在明确工程建设的造价目标以及区域内市场成本变化的方式，执行动态化的管理方式。动态造价管理应用涵盖决策、设计和施工阶段^[3]。工程决策阶段基于市场调研预测造价范围，设计阶段依据造价管理要求和市场变动预留一部分的弹性预算空间，施工阶段根据市场材料价格变动调整后续造价指标，同步跟进市场材料价格变化和工程进度偏差之间的关系，当发现指标偏差过大时造价人员能及时调整策略方案优化资源配置，避免风险的持续扩散。

2.3 风险管理

市政工程造价风险类型多样，内容组成较多，涵盖技术风险、管理风险和市场风险等多种类型。全过程管理策略在市政工程造价中的应用，借助多种风险识别方法控制造价风险，包括目标成本控制、风险管理、动态造价管理和BIM技术应用等，具体见表2。

表 2 主要控制方法对比

方法名称	核心原理	适用阶段	优点	局限性
动态造价管理	实时跟踪、动态调整	施工阶段	及时响应变更，降低超支风险	依赖完善的信息系统，数据更新频率要求高
BIM技术应用	三维建模、数据集成	设计—施工阶段	可视化强，减少冲突，提高算量精度	初期建模成本高，人员培训需求大
目标成本控制	分解总目标成本，逐级控制	项目全周期	目标明确，责任到人，便于考核	对前期数据准确性要求高，调整灵活性不足
风险管理	识别、评估、预警风险	项目全周期	提前规避重大损失，降低不确定性	风险评估模型需结合项目特点定制，成本较高

3 全过程管理策略在市政工程造价中的应用路径

3.1 优化预防控制招投标风险

首先,对招标文件做好招标管控。招标文件是市政工程招投标的重要文件,文件中应包括技术标准、材料使用、工程建设周期以及工程量等要求和标准设定。招标文件内容的完善,有利于投标人后续报价的精准性提升,对于后续项目建设的成本控制也有一定的帮助作用。因此,建设单位应合理设置标底,提升报价水平,规范投标人报价方式,从资质审核、标底设置两方面进行造价控制。为了避免投标人之间恶意报价,影响项目成本控制,就需要对招标文件进行全面审核与严格管理,按照国家规范要求确保招标文件的准确性。相关单位需要关注国家政策规定内容是否有所变动,并按照文件编制要求对招标文件进行全面审核,重点关注文件中的经济指标、技术标准、技术要求、报价要求等重点内容。其次,科学组织评价。普遍采取工程量清单百分制的方法进行评标,结合专家评审的方式,实现对工程技术、材料价格、商务模式方面的综合评价,依据分项工程性质特点来确定招标各项评审指标权重。按照事先制定的项目建设造价控制要求以及造价总结,初步拟定工程量清单后,计算投标单位拟定的施工综合单价,重新梳理清单工程量内容,以固定单价形式确定最终的中标价格,能有效增强工程造价管控效果。

3.2 完善工程变更管理体系

工程变更是导致工程造价产生较大波动变化的主要因素,也是造价全过程管理关注的重要因素。市政工程的施工建设重点在于加强对工程变更的关注和重视,从而健全完善工程变更管理机制,从变更控制、合同控制、支付控制等几方面入手,加大工程变更管理力度。以加强合同控制为目的,以施工图纸、工程案例为依据,针对工程建设存在的主要变更问题明确价格变更与市场环境变化的影响,能够将工程变更产生的分项工程造价成本变动情况纳入统计范畴中,实现对各类合同文件的保存管理,基于合同文件的实际要求,严格遵循合同中的各类材料规定组织开展施工作业任务。基于造价控制目的,在针对工程变更的支付控制方面采用三级审核制度,将监理单位、施工单位和建设单位纳入审核制度中,对影响后续造价的具体变更内容进行综合审核,直至获取三级单位审批结果,能有效提升工程变更管理成效。

3.3 实施分阶段动态管控机制

全过程管理策略在市政工程造价中的应用可按照设计阶段、施工阶段、竣工结算三部分进行动态管理,实施分阶段动态管控机制,强化对工程的全过程造价控制管理,具体见图 2。设计阶段推动实施“BIM 动态算量+限额设计”模式,利用 BIM 技术将二维施工图纸转化为三维模型计算工程量,同时做好限额设计优化,执行设计变更动态审批作业。利用调整 BIM 模型的方式更新工程量与造

价数据,部分设计内容出现数据偏差、数据失衡的情况系统自动发出预警并提供调整方案。施工阶段,借助物联网技术定位施工物料和设备的使用情况,实时获取设备运行时间、人工工时、材料消耗等方面的数据,同步上传至 BIM 平台用于监控资源使用情况^[4]。物联网上传数据量化为指标后与系统预设的价格指标进行对比,如果发现价格涨幅超出预设阈值,系统会自动预警,按照设计阶段的进度计划动态调整资源配置。竣工结算阶段制定动态复核方式,按照物联网传感设备获取的数据定位工程进度,实现结算清单的动态复核,针对争议事项可引用施工阶段实时记录数据快速记录数据协商解决,有效缩短工程结算周期。

1 设计阶段: BIM 动态算量 → 限额设计优化 → 设计变更动态审批 → [施工阶段]

2 施工阶段: 物联网实时数据采集 (材料 / 人工 / 机械) → 动态预警 → 资源配置调整 → [竣工结算阶段]

3 竣工结算阶段: 动态工程量复核 → 争议数据追溯 → 最终造价确定 → [动态管理成效评估]

图 2 市政工程造价全过程动态管理

3.4 制定动态考核与调整机制

全过程管理策略落实执行,应以动态考核与调整机制作为实施方法,立足各部门核心职责和造价管控节点,完善动态考核机制,实现指标的调整机制,实现“部门指标+个人 KPI”机制的架构完善。工程各部门考核指标的设计,需要按照限额设计的原则明确部门达标率,附加单次超 5 万元设计变更考核。施工部门的考核指标重点关注材料使用、设备占用、人工工时等施工指标,合理计算材料消耗动态偏差率,要求主要材料消耗量偏差控制在 5% 以内,设备闲置时间低于标准时限,将其与人工效率直接关联。采购部门将材料延期工期成本作为主要考核指标。造价考核执行的过程中按照指标预警、指标核查、指标纠偏等方式优化的动态考核方法。当检测到主要材料消耗偏差超出 5% 的标准偏差值后,系统自动定位工程出现偏差的环节,管理人员可第一时间核查偏差部分做好纠偏工作^[5]。实现考核与绩效的深度绑定,对满足造价控制要求的团队给予绩效奖励,对连续超标且整改力度不足的团队扣除绩效并通报批评,根据项目当前情况和市场情况优化指标设计,预设弹性空间,提高考核的灵活性和动态组织效果。

4 结束语

综上所述,市政工程造价控制效果直接决定了市政工程成本支出、综合效益和建设成果,应用全过程管理策略强化工程造价管理控制效果,是当前市政工程造价优化的重要组成。通过立足成本控制优化预防招投标风险、减少无效变更完善工程变更管理机制、实施分阶段动态管控机制、制定动态考核与调整机制,确保工程高效稳定开展,避免造价浪费,是巩固市政工程效益基础的重要环节。持续推动全过程管理策略在市政工程中的深度应用,持续优

化市政工程造价管理流程,为市政工程的高质量建设筑牢根基,提供充分条件。

[参考文献]

- [1]陈文亮.全过程管控视角下代建单位建筑工程造价管理优化路径[J].江苏建材,2025(6):137-138.
- [2]王晓璇.探讨信用风险在工程造价全过程管理中的传导机制与防控策略[J].中国信用,2025(12):122-125.
- [3]洪伟.EPC 模式下全过程造价管理及成本控制——以某大型三甲医院办公楼项目为例 [J]. 城市开

发,2025(20):115-117.

[4]张先鹏.基于建筑经济理念的全过程造价管理策略创新研究[J].投资北京,2025(10):117-119.

[5]贺张毅,黄加娜,欧阳丽娟.造价市场化改革背景下高校基建项目全过程工程造价管理实践与优化——以高校科创大楼为例[J].建材发展导向,2025,23(17):97-99.

作者简介: 鲁晖 (1995.5—),女,毕业于燕山大学,土木工程,就职于河北冀科工程项目管理有限公司,造价工程师,工程师。

水利工程施工中混凝土质量检测技术分析

宋 扬 左廷萍

扬州水利建筑工程有限责任公司，江苏 扬州 225000

[摘要]随着水利工程规模的持续拓展，混凝土已然成为其中极为关键的结构材料，而其质量的好坏，会直接影响到工程的安全状况以及使用寿命的长短。本论文从混凝土质量检测所具有的必要性方面着手，对水利工程混凝土质量检测涉及的主要内容以及常用的各类技术方法展开了较为系统的剖析，这里涵盖的方法有回弹法、超声波检测法、钻芯法以及综合检测技术等。还给出了提升检测水平的相关对策。通过针对检测方法及其应用情况展开的分析，希望能够为水利工程施工管理工作给予科学方面的依据，推动工程在安全、耐久以及经济效益等方面都得以提升。

[关键词]水利工程；混凝土；质量检测技术

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18667 中图分类号: TU74

文献标识码: A

Analysis of Concrete Quality Testing Technology in Water Conservancy Engineering

SONG Yang, ZUO Tingping

Yangzhou Water Conservancy Construction Engineering Co., Ltd., Yangzhou, Jiangsu, 225000, China

Abstract: With the continuous expansion of water conservancy projects, concrete has become an extremely critical structural material, and its quality directly affects the safety status and service life of the project. This paper starts with the necessity of concrete quality testing and systematically analyzes the main content and commonly used technical methods involved in concrete quality testing in hydraulic engineering. The methods covered here include rebound method, ultrasonic testing method, core drilling method, and comprehensive testing technology. Relevant measures to improve the detection level were also provided. By analyzing the detection methods and their applications, we hope to provide scientific basis for the construction management of water conservancy projects, and promote the improvement of safety, durability, and economic benefits of the projects.

Keywords: water conservancy engineering; concrete; quality inspection technology

引言

水利工程属于国民经济里的关键基础设施，它的结构安全与否，和防洪、灌溉、供水以及发电等诸多功能能否可靠运行紧密相关。混凝土具备不错的力学性能、较强的可塑性还有良好的耐久性，所以在水利工程建设当中，它成了极为重要且必不可少的一种材料。不过，混凝土的质量在施工期间以及后续长期的服役过程里，会受到原材料配比情况、施工所采用的工艺以及环境方面的诸多条件等因素的影响，存在着出现早期裂缝、孔隙率偏高以及耐久性有所欠缺等潜在的风险情况。所以说，去开展科学并且系统的针对混凝土质量的检测工作，一方面能够有效保证工程可以安全地运行，另一方面也能够为延长工程的使用寿命以及降低维护的成本给予重要的保障。伴随现代工程技术不断向前发展，检测所用的手段以及方法也在逐步变得丰富起来，信息化以及智能化的技术被引入进来之后，更是给混凝土质量实现全生命周期的管理开拓出了全新的可能性。这篇文章将会围绕混凝土质量检测所涉及的主要内容、常用的各类技术手段以及提升检测水平的相关策略这三个方面展开较为系统的分析，希望能够为水利工程当中混凝土的科学

管理给出一定的参考依据。

1 混凝土质量检测的必要性

随着经济、科技的飞速发展，水利工程已成为社会经济发展的重要组成部分，水利工程能否安全、稳定运行，关联到人民群众的财产安全、生命安全及社会利益。混凝土是水利工程建筑应用的主要材料，其质量优劣与水利工程的运行效率、运行安全息息相关，混凝土的质量检测俨然已成为工程关注的重点。因此，水利工程混凝土质量检测是必要的，通过有效的技术手段，对混凝土的质量状态进行有效评估，为工程质量的评定提供有效的技术参考。结合混凝土质量检测的技术措施、社会效益，将混凝土质量检测的必要性概括为四方面。其一，这有益于实时掌握混凝土的整体质量状况，从而为工程结构的安全运行给予可靠的依据；其二，这有助于发现混凝土在早期出现的缺陷以及潜在的隐患，防止质量问题在工程的服役进程当中进一步蔓延扩大；其三，这能够为工程维护、加固以及改造决策给予科学的支撑，以此来延长水利工程的安全使用时长；其四，这可提升水利工程建设与运行管理的科学化、规范化程度，保障工程综合经济效益与社会效益得以充分地发挥出来。

2 水利工程混凝土质量检测的主要内容

2.1 原材料质量检测

水利工程混凝土的质量在很大程度上取决于原材料的性能，这里所说的原材料包含了水泥、骨料、水以及外加剂等多种类型。对原材料开展质量检测，其主要意图在于确认这些材料的物理性能还有化学成分都能够契合设计规范所提出的要求，进而给混凝土施工给予一个较为可靠的根基方面的保障。就实际工程来讲，水泥得要去做细度方面的检测、凝结时间的检测、强度相关的检测以及化学成分的检测等一系列工作，通过这样的方式来确保它的水化性能还有强度的发展走向是符合相关要求的。骨料的粒径分布情况、级配状况、含泥量的具体数值、含水率的实际大小以及强度性能等各项指标，这些都会对混凝土的工作特性、密实程度以及耐久性能产生直接的影响。至于水质检测，那就需要着重去留意 pH 值这一参数、含杂质的相关情况以及溶解盐类等方面的参数了，如此一来便能够防止对混凝土的强度以及耐久性造成不利的影响。外加剂的性能是否稳定以及掺量是否精确这两方面的情况，同样会在很大程度上决定混凝土施工的操作可行性以及后期的性能表现情况。借助于对原材料实施严格的检测以及相应的控制举措，就可以从源头处切实保障混凝土整体的质量水平，进而为水利工程的结构安全状况以及长期的耐久性能提供一个可靠的依据支撑。

2.2 拌合物性能检测

混凝土拌合物性能检测属于保证施工质量的关键环节，其中囊括了坍落度、流动性、保水性以及粘聚性等诸多指标的检测工作。拌合物性能可直观地反映出混凝土施工的操作便利程度以及浇筑的质量状况，在水利工程开展大体积混凝土施工的时候，这一点显得格外重要。通过检测坍落度，能够知晓混凝土的流动性情况以及其泵送的适应程度，以此来确保浇筑过程可以顺利推进。而针对流动性和保水性所开展的测试，对于控制混凝土内部水分的迁移状况以及降低早期出现干缩的风险是有帮助的，进而能够减少施工过程中裂缝的产生。粘聚性的检测可以对混凝土出现离析的倾向做出评估，由此来对骨料的级配以及掺合料的设计方案加以优化。在实际的应用场合当中，拌合物性能检测一方面能够为施工给出即时的数据方面的有力支撑，另一方面也为后续预测硬化混凝土性能提供了相应的依据，达成了施工阶段和结构性能之间有效的衔接效果。

3 水利工程中常用混凝土质量检测技术

3.1 回弹法检测技术

回弹法是混凝土强度无损检测的传统方法，在水利工程里广泛运用。此方法借助弹性回弹仪给混凝土表面施加冲击力，测定回弹值，并且参照标准换算曲线来估算混凝土抗压强度。回弹法操作简单、检测速度快、对结构破坏

轻微，所以在大体积混凝土以及大面积施工结构当中有很突出的优势。事实上，回弹法不但能够给出施工阶段的快速检测数据，而且还能用于长期结构监测以及质量复核工作。不过，回弹法受混凝土表面平整度、湿度、碳化程度以及环境温度等因素的影响比较大，所以其结果存在一定的离散性，得依靠多点测量以及统计分析来进行修正。在水利工程的应用当中，回弹法一般会和其他检测手段联合使用，以此提升数据的可靠性以及工程适用性，达成对混凝土强度状态的综合评估。

3.2 超声波检测技术

超声波检测技术属于一种无损检测手段，其借助声波传播方面的特性来对混凝土内部结构的状态加以评估。在水利工程领域当中，超声波可用来检测混凝土的均匀程度、密实情况以及内部存在的各类缺陷，像孔隙、裂缝还有分层等方面的问题。该方法的操作流程是先发射高频声波，然后接收其在传播过程中的信号，接着对波速、衰减以及反射特性展开分析，进而对混凝土内部的质量状况做出判断。超声波检测技术有着能够检测内部缺陷以及评估整体结构健康的长处，并且它还适用于不同类型以及不同厚度的混凝土构件。不过，超声波检测对于操作人员的技术水平有着较高的要求，而且会受到混凝土水灰比、骨料类型以及温湿度条件等因素的影响，所以测量数据有可能会出现偏差，这就需要将其与经验值以及其他检测方法相结合来进行综合性的分析。随着信息化技术不断向前发展，超声波检测系统也逐步实现了数据的数字化以及可视化呈现，从而能够为水利工程混凝土的质量评定给予更为精准的技术层面的支持。

3.3 钻芯法检测技术

钻芯法属于微损检测范畴，借助取样钻芯手段针对混凝土展开抗压强度以及耐久性方面的测试，进而获取直观的材料性能相关数据。此方法在针对关键结构或者疑似存有质量问题的部位开展精确检测时适用，可如实呈现混凝土的实际力学性能状况以及内部结构情况。于水利工程当中的大坝、闸门还有泵站等关键构件处于施工以及运行进程期间，钻芯法能够用于评估混凝土强度的发展态势、早期裂缝的形成状况以及长期服役期间的性能表现。尽管钻芯法具备一定的破坏性，然而其所获取到的数据是精确且可靠的，能为施工方面的调整以及加固改造事宜给予科学层面的依据。在实际的应用环节当中，钻芯取样的操作需要对钻孔的位置、孔径的大小以及样品的养护条件加以严格把控，以此来保障检测结果具备代表性与可比性，进而给混凝土质量的科学评定给予稳固的数据支撑。

3.4 综合检测技术

随着检测技术不断发展起来，在一些特定情况之下，单一的检测方法往往很难全面且准确地反映出混凝土实际的质量状况，所以综合检测技术慢慢就变成了水利工程

质量管理方面的一项极为重要的手段。综合检测一般会把回弹法、超声波法、钻芯法以及其他物理化学测试等方法综合到一起运用,凭借多种不同技术手段所获取的各项参数展开交叉验证以及综合性的分析,以此来提升检测结果所具有的可靠性以及精度水平。在实际的应用过程当中,综合检测技术不但可以对混凝土的力学性能加以评估,而且还能够针对其密实性、均匀性以及耐久性能等方面做出较为全面的判定,进而给工程管理者带来多维度的质量相关信息。与此综合检测技术还方便形成标准化的检测流程,达成对施工质量进行全程的监控以及对长期运行状态实施动态的评估这样的效果,由此显著地提升了水利工程混凝土质量管理所具备的科学性以及可操作性程度。

4 提升水利工程混凝土质量检测水平的对策

4.1 完善检测标准与技术体系

提升混凝土质量检测水平,当务之急是构建并完善一套科学且规范的检测标准以及技术体系。这一标准化体系需涵盖从混凝土原材料的检验、拌合物性能的检测、施工阶段的监测一直到硬化混凝土长期性能的评估等各个环节,以此来保证各个检测环节在方法上以及数据指标方面具备一致性与可比性。清晰明确检测程序、规定仪器精度的要求以及确定数据分析的方法,能够在实际工程当中削减人为方面的偏差,提升检测结果所具有的准确性以及可操作的程度。与此要依据水利工程特有的结构特点以及工况环境,去制定具有针对性的检测规范,以此来引导施工单位和监理单位科学地开展相关检测工作,进而给混凝土质量管理工作给予技术层面的有力支撑以及制度方面的可靠保障。

4.2 推动检测技术信息化与智能化

随着信息化技术不断发展,混凝土质量检测正朝着数字化、智能化的方向推进。借助信息化平台,可以达成检测数据的实时采集、传输、存储以及分析,进而给工程管理者带来高效的决策辅助。像数字传感器、无人机监测还有智能算法分析这类智能化检测技术,在应用时能对混凝土结构的强度发展情况、裂缝扩展状况以及温湿度变化加以实时监控,完成对混凝土施工与运行状态的动态化管理。并且,引入信息化以及智能化技术,对于构建数据可追溯体系是有帮助的,能够为水利工程混凝土质量评估给予长期且连续的数据支撑,提升工程整体管理的科学性以及精细化程度。

4.3 加强检测人员专业培训

混凝土质量检测的有效性一方面依靠技术以及设备,另一方面则要看检测人员的专业水平与经验。经过系统的培训以及实践操作的方式,可以让检测人员对于各类检测方法的理解能力以及应用能力都得到提升,进而能够科学地去选择适合的检测技术,并且能够对检测数据展开合理的

分析以及判定工作。专业培训还涉及要掌握最新的国家标准以及行业规范,要熟悉仪器的操作流程以及数据处理的流程,同时还要具备分析异常数据以及解决现场问题的能力。凭借持续开展的教育以及技能的不断提升,既能够确保检测结果的准确性,又能够提高工程管理的专业化程度,从而为水利工程混凝土质量管理给予稳固的人才保障。

4.4 建立全过程质量检测管理机制

构建起全过程的质量检测管理机制,这无疑是提升水利工程混凝土质量水准的一项关键举措。此机制得涵盖从原材料的采购环节、配合比的设计环节、施工的操作环节一直到硬化混凝土的长期监测环节等每一个环节,进而形成一个全周期且具备闭环特性的管理体系。在施工的阶段当中,要结合现场所检测出来的结果来展开动态的调整工作,以此来保证混凝土施工的质量能够契合设计方面的要求。而在运行的阶段,需要定期去开展针对结构健康的评估活动,对潜在存在的质量风险做到早期的预警。全过程的管理机制一方面有助于把施工以及材料方面存在的缺陷给发现出来并且加以纠正,另一方面还能为后期的维护以及加固事宜提供较为可靠的依据,达成水利工程混凝土质量管理朝着科学化、系统化以及规范化方向发展的目标,从而使得工程的安全性以及使用寿命都得以显著地提升。

5 结语

水利工程混凝土质量检测属于重要手段,其作用在于保障工程安全、延长使用寿命以及提高经济效益。借助科学且系统的检测手段,能够全面知晓混凝土的性能状态,进而为施工管理以及结构安全评估给予技术方面的有力支撑。本文全面剖析了混凝土质量检测的关键内容以及常用的各种技术方法,明确指出了在检测进程中所存在的种种不足之处,还给出了诸如完善标准体系、推进信息化智能化进程、强化专业培训以及构建全过程管理机制等一系列的对策。伴随技术持续取得进展以及管理水平不断提升,水利工程混凝土质量检测将会变得更为精细化、更为科学化,从而为工程的安全运行以及可持续发展筑牢坚实的保障基础。

[参考文献]

- [1] 吕永强.水利工程中混凝土质量检测技术分析[J].科技资讯,2024,22(21):136-138.
- [2] 赵宇江,高岳,孙君,等.水利工程混凝土质量检测技术方法探析[J].东北水利水电,2024,42(4):64-67.
- [3] 刘赟.水利工程中混凝土检测试验与质量控制研究[J].水上安全,2024(2):145-147.

作者简介:宋扬(1979.9—),男,毕业院校:南京工程学院,所学专业:工程管理,当前就职单位:扬州水利建筑工程有限责任公司,职务:工程管理人员,职称级别:工程师。

工业余热锅炉压力安全监测系统设计与应用

张靖衍

河北诺聘网络科技有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]为了可以有效解决工业余热锅炉运行过程中所面临的压力参数监测滞后、安全预警不及时等问题，切实保障锅炉运行的稳定性以及生产过程中的安全性设计一套工业余热锅炉压力安全监测系统。文章研究首先对余热锅炉压力变化特性与监测需求进行了深入性的探析，构建系统总体架构，开展压力传感单元选型校准、信号调理电路设计、STM32核心控制单元开发及上位机平台搭建等关键技术研究，经调试测试，该系统可以高效实现对压力参数的精准采集，响应时间快，可以快速触发分级预警，进一步提高余热锅炉压力安全管控水平。

[关键词]工业余热锅炉；压力监测；安全预警；STM32；数据采集

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18654 中图分类号: TK229.929 文献标识码: A

Design and Application of Pressure Safety Monitoring System for Industrial Waste Heat Boiler

ZHANG Jingyan

Hebei Nuopin Network Technology Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: In order to effectively solve the problems of pressure parameter monitoring lag and untimely safety warning faced during the operation of industrial waste heat boilers, and to effectively ensure the stability of boiler operation and the safety of production processes, a pressure safety monitoring system for industrial waste heat boilers is designed. The article first conducted an in-depth analysis of the pressure change characteristics and monitoring requirements of the waste heat boiler, constructed the overall system architecture, carried out key technical research on pressure sensing unit selection and calibration, signal conditioning circuit design, STM32 core control unit development, and upper computer platform construction. After debugging and testing, the system can efficiently achieve accurate collection of pressure parameters, with fast response time, and can quickly trigger graded warnings, further improving the pressure safety control level of the waste heat boiler.

Keywords: industrial waste heat boiler; pressure monitoring; safety warning; STM32; data collection

引言

在余热回收利用系统中工业余热锅炉作为一个核心的设备，在电力化工等多个领域中得到了广泛的应用。通过回收工业生产过程中所产生的余热资源，并借助工艺将其转化为热水或蒸汽，既可实现节能减排，又可达成能源梯级利用的重要目标。然而，余热锅炉的运行环境较为复杂，容易受水质情况、负荷、温度波动等影响，导致锅内压力出现波动，如果未及时监测到压力异常波动会增加安全事故的发生风险，不仅会导致设备损坏，生产中断，而且会造成人员伤亡。鉴于此，为了推进生产的高效进程，确保生产人员的安全，加强对余热锅炉安全监测尤为重要。目前在工业余热锅炉的应用场景中，通常使用简易的监测装置或传统的压力表对设备压力进行监测，然而常规的监测方式存在明显的短板，如缺乏主动预警机制、数据无法实时上传、测量结果的精确度不高等。随着我国工业领域自动化水平的提高，对于余热锅炉的压力安全监测也有了更为苛刻的要求，为了可以确保余热锅炉全生命周期更加安全稳定的运行，设计具有高效预警、精准分析的智能化监测系统尤为关键。

2 工业余热锅炉系统基本构成、压力监测需求分析

2.1 余热锅炉系统基本构成与原理

燃气—蒸汽联合循环电站中，燃气轮机排烟温度通常高达 500~600°C，若直接排放将造成大量热能浪费^[1]。为充分利用其排烟余热，一般采用余热锅炉回收烟气热量，产生高温高压蒸汽驱动汽轮机做功，从而有效提升机组综合效率^[2]。以 2×400MW 级 9F 燃机组为例，单台余热锅炉由低压蒸发器、低压过热器、高压蒸发器、高压过热器等受热面依次构成，串联于烟气流动方向，通过逆流传热原理，实现烟气与工质水/汽的多级换热，使锅炉出口烟温降至 120°C 以下。其中，低压蒸发受热面管束采用 SA210C 材质，高压蒸发及过热受热面管束选用 TP347H 不锈钢，耐高温且抗腐蚀性能优异^[3]。在控制系统层面，余热锅炉运行工况复杂多变，需实时监测汽包水位、蒸汽温压、烟气参数等，并根据负荷需求与燃机运行状态实施协调控制，以保证锅炉安全稳定运行^[4]。

2.2 压力变化特性分析

工业余热锅炉的压力变化主要受锅炉负荷、余热烟气流

量、运行状况等密切相关。锅炉处于正常稳定运行状态时，锅内的压力可以维持在合理区间范围之内，尽管出现波动，幅度也维持在极小的范围内。然而，当出现余热烟气量突增、给水系统运行异常、安全阀功能故障等突发状况时，压力也会随之发生异常变化。工业余热锅的压力不仅具有突发性，而且在现场容易受到温度、振动、电池等多因素的干扰，影响压力测量数据的准确性^[5]。此外，在锅炉运行的过程中，其内部介质所涉及的介质传热、传质过程存在滞后性，在一定程度上均增加了监测与控制难度。基于此，基于安全管理要求以及余热锅炉运行的主要特点，部件的系统需要满足高精度测量、高测点覆盖、实时性传输等监测需求。

2.3 系统核心性能指标

基于上述需求分析，确定系统核心性能指标如下表所示：

表1 系统核心性能指标

性能指标	参数要求
测量范围	0~6MPa (可根据实际工况调整)
测量误差	≤±0.5%FS
响应时间	≤200ms
数据传输延迟	≤500ms
预警方式	本地声/光预警、远程短信/平台预警
预警响应时间	≤1s
工作环境温度	-20~85°C
工作环境湿度	≤95%RH (无凝露)

3 系统总体架构设计

本系统采用分层分布式架构，自上而下分五层：

数据采集层：由安装在余热锅炉关键部位的压力传感器组成，同步采集不同部位压力参数，信号为模拟信号。

信号处理层：对模拟信号调理消除干扰、放大微弱信号，再经 AD 转换模块转为数字信号。

数据传输层：有线（工业以太网）与无线（LoRa 模块）结合，实现各层数据交互与指令传输。

监测控制层：核心部分，核心控制单元用 STM32 单片机，对比信号判断异常并生成预警与指令；上位机监测平台用 LabVIEW 开发，具多种功能。

执行层：由安全阀等执行机构组成，接收指令主动调控余热锅炉压力。

4 系统关键硬件设计

4.1 压力传感单元设计

结合余热锅炉工况，选扩散硅压力传感器采集压力，其精度高、响应快、抗干扰强、工作温度范围宽（-40~125°C）^[6]。按监测点压力范围选型：汽包用 0~6MPa，过热器出口用 0~4MPa，省煤器入口用 0~2MPa。用标准压力源多点（0%、25%、50%、75%、100%量程）校准传感器，记录输出电压，用最小二乘法拟合校准曲线修

正误差。校准公式。校准公式如下：

$$P_{\text{真实}} = k \cdot U_{\text{输出}} + b \quad (1)$$

$P_{\text{真实}}=kU_{\text{输出}}+b$ ($P_{\text{真实}}$ 为真实压力, k 为校准系数, U 为传感器输出电压, b 为校准偏移量)。

4.2 信号调理电路设计

对于传感器输出的微弱模拟信号容易受到电池干扰，且信号强度不足的难题。设计涵盖前置放大、滤波以及二次放大三个核心功能模块的信号调理电路^[7]。在前置放大电路功能板块中，优先选用 OP07，放大 10 倍，其低失调电压等特性保稳定精度；滤波用 RC 低通，截止频率 10Hz，合理选参数并屏蔽接地降干扰；二次放大用 LM324，放大至 0~5V，放大倍数可调。

4.3 核心控制单元设计

核心控制单元选 STM32F103ZET6 单片机（基于 ARM Cortex-M3 内核，最高 72MHz 时钟，外设丰富），硬件电路含电源、AD 转换接口、通信、预警电路等。

电源电路用 AC-DC 模块将 220V 交流转 12V 直流，再用 LM1117 转 3.3V 直流供电，加电容滤波稳压降噪。用单片机内置 12 位 ADC 转换信号，调理电路模拟信号经接口输入，转换精度 0.00122V/LSB 满足要求。通信接口有 UART（MAX3232 芯片，用于与上位机有线传输）和 LoRa 无线（SX1278 芯片，433MHz 频段，用于与执行层无线指令传输）。预警电路由蜂鸣器和 LED 指示灯组成，压力异常时单片机输出高电平控制发声闪烁，不同预警等级对应不同频率，方便现场判断。

5 系统软件设计

系统软件采用模块化设计，分下位机（基于 Keil MDK 用 C 语言开发，实现数据采集、处理、传输、预警及指令下发等功能）与上位机（基于 LabVIEW 图形化编程，实现数据实时显示、历史管理、阈值设置及预警等功能）两部分，通过工业以太网以 Modbus-RTU 协议交互，确保数据传输可靠标准化。

5.2 下位机软件设计

下位机软件含主程序及数据采集、信号处理、通信、预警判断、控制指令下发等子程序模块。系统上电先初始化配置，包括 GPIO、ADC、UART、LoRa 模块初始化以保正常工作。数据采集模块经 ADC 接口将传感器模拟信号转数字信号；信号处理模块用滑动平均滤波算法滤波，提升数据稳定性^[8]。滑动平均滤波算法公式如下：

$$P_{\text{滤波}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (2)$$

$P_{\text{滤波}}$ 为滤波后压力值， n 是采样点数， P_i 为第 i 次采样压力值。

预警判断模块：将滤波压力值与一、二级预警及紧急停机阈值对比，定异常等级，超不同阈值触发对应预警并下发相应控制指令，经 LoRa 传至执行机构调控压力。

通信模块：通过 UART 与上位机有线通信传数据，用 LoRa 与执行机构无线通信收发阈值指令、下发控制指令，以校验码确保数据完整。

5.3 上位机软件设计

上位机监测平台用 LabVIEW 开发，人机交互好、数据处理强，有数据显示、管理、阈值设置、预警提示等模块。

数据显示：以仪表盘、数值框、趋势图等实时展示各监测点压力，趋势图用波形图表绘曲线，仪表盘动态显值且异常时背景变色。

数据管理：自动存实时数据至 SQLite 数据库，可设存储周期；操作人员能按条件查询并导出为 Excel。

阈值设置：操作人员依工况设各监测点预警阈值，设好后下发至下位机存 Flash。

预警提示：压力异常时，界面弹框、蜂鸣器发声、（外接短信模块时）发短信预警。

6 系统调试与性能测试

6.1 系统调试

硬件调试：用万用表测电源电路输出电压，确保 12V 与 3.3V 稳定、误差 $\pm 0.1V$ 内；用示波器测信号调理电路输出，验证滤波与放大性能，确保信号无干扰、幅值达标；通过短接测通信接口连通性，确保 UART 与 LoRa 模块能正常传数据。

软件调试：采用分步与联调结合，先单独调试各子程序模块，如验证数据采集、预警判断子程序；再上下位机联调，确保数据传输可靠实时，上下位机指令收发准确^[9]。

6.2 性能测试

为验证系统核心性能，搭建模拟测试平台，模拟工业余热锅炉不同工况下的压力变化，对系统测量精度、响应时间、预警可靠性等指标进行测试。

6.2.1 测量精度测试

采用标准压力源为传感器提供不同压力值（覆盖各传感器测量范围），记录系统测量值与标准压力值，计算测量误差。测试结果如下表所示：

表 2 测试结果

监测点	标准压力值 (MPa)	系统测量值 (MPa)	测量误差 (MPa)	误差百分比 (%)
汽包	1.5	1.506	+0.006	0.40
	3.0	2.988	-0.012	0.40
	4.5	4.515	+0.015	0.33
	6.0	5.982	-0.018	0.30
	均值	-	-	0.36
过热器出口	1.0	1.003	+0.003	0.30
	2.0	1.994	-0.006	0.30
	3.0	3.009	+0.009	0.30
	4.0	3.988	-0.012	0.30

由测试结果可知，系统各监测点的压力测量误差百分比均 $\leq 0.5\%FS$ ，满足系统设计的测量精度要求。

通过标准压力源测试：快速改变压力值测系统响应时间，10 次测试平均为 156ms，满足实时性要求；模拟不同等级压力异常，50 次测试预警准确率 100% 且响应时间 $\leq 1s$ ，满足可靠性要求；模拟工业环境（50°C、85%RH）连续运行 72h，系统稳定，压力测量波动 $\leq 0.02MPa$ ，长期稳定性良好。

本系统实时精准监测并主动调控工业余热锅炉关键部位压力参数，提升其安全稳定性，应用效益显著，实时监测、分级预警，提前发现隐患，降低事故风险。压力异常时自动调控，减少生产中断。便于故障追溯，减少排查时间，降低设备磨损，延长寿命。提升余热回收效率，减少浪费，创造经济与社会效益。

7 提升锅炉设备管理水平措施

(1) 完善并执行锅炉管理规程。编制全面的锅炉操作、维护、检测和应急处理规程，确保每位操作人员都能熟知并严格遵循这些规程^[10]。(2) 实施专业培训计划。定期对锅炉操作及维护人员进行专业知识和技能培训，涵盖安全操作、故障诊断和应急响应等方面，确保人员具备相应的资质证书。(3) 落实定期检查与维护制度。对锅炉及其配套设施进行定期的内外部检查、清洁和保养，详细记录检查与维护情况，便于后续追踪和审查。

(4) 配置安全防护设备。安装必需的安全防护装置，如压力控制器、安全阀、水位报警器等，并定期对这些装置进行检测，确保其正常工作。(5) 开展风险评估与应急演练。定期进行锅炉运行风险评估，识别潜在风险点。制定相应的应急预案，并定期组织应急演练，提高应对突发事件的能力。

8 结论与展望

本研究设计工业余热锅炉压力安全监测系统，采用分层分布式架构，完成压力传感单元选型校准、信号调理电路设计等关键工作。系统调试显示，其测量精度高（误差 $\leq \pm 0.5\%FS$ ）、响应快（ $\leq 200ms$ ）、预警可靠（准确率 100%）、运行稳定，能满足监测需求，提升运行安全性、稳定性，降低运维成本。未来可引入 AI 算法预测压力异常趋势；拓展监测温度等参数；用 5G 优化无线通信；开发移动端 APP 提升操作便捷性。

[参考文献]

- [1]徐国望,易彬.催化裂化余热炉主体设备腐蚀成因分析与对策[J].长炼科技,2018,11(4):45-48.
- [2]陈阳.催化裂化装置高温烟气管道焊缝开裂原因分析及应对措施[J].石油化工设备,2024,53(4):74-77.
- [3]黄修行,麻克栋,韦文业,等.某供热锅炉腐蚀结垢原因分析及化学清洗[J].化学工程与装备,2024,11(8):89-93.
- [4]张世东.浅析锅炉省煤器泄露事故[J].内蒙古石油化

- 工,2015,41(11):68-70.
- [5]林张新,姚锐,韦士波.燃气轮机分布式能源技术在导热油余热锅炉项目中的应用[J].今日制造与升级,2024,12(1):127-129.
- [6]崔新房,尤德峰,赵宇龙,等.上置式烧结余热锅炉在环冷机余热回收利用实践[J].冶金动力,2023(5):114-118.
- [7]陈嵩涛,朱德力,刘军,等.焚烧炉—余热锅炉系统不同负荷下运行能效与分析[J].锅炉技术,2023,54(5):61-65.
- [8]魏铭毅,张暄博,杜伟,等.余热锅炉汽水系统泄漏分析及特征提取[J].科技与创新,2023,21(16):70-72.
- [9]刘永明.某水泥厂余热发电系统用风测试及分析[J].建材技术与应用,2023,11(1):39-41.
- [10]唐寅,闫城,朱静,等.基于传热性能变化的余热锅炉故障诊断及应用[J].热能动力工程,2022,37(10):156-161.
- 作者简介：张靖衍（1988.5—），毕业院校：河北联合大学轻工学院，所学专业：热能与动力工程，当前就职单位：河北诺聘网络科技有限公司，职务：职员，职称级别：中级。

大型工业装置消防给水系统的可靠性设计与水力验算

郝杰

中国电子系统工程第四建设有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]随着我国社会经济的快速发展，城市化进程日益加快，城市消防负荷不断增大，消防问题愈发严重，重特大火灾频发。灾时消防给水系统无法及时自动启动或正常运行，是小火最终酿成重特大火灾的首要原因。大型工业装置工艺复杂、危险源集中、火灾荷载大，火灾易引发连锁反应，造成重大人员伤亡与财产损失。消防给水系统作为火灾扑救的主动核心系统是保障消防安全的最后一道防线。文中从“系统架构、设备配置、管网设计”等维度阐述大型工业装置消防给水系统可靠性设计要点，探讨水力计算参数确定方法、模型及验算流程，提出协同优化策略，为同类项目设计提供参考。

[关键词]大型工业装置；消防给水系统；可靠性设计；水力验算；管网优化

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18646 中图分类号: TU991.41 文献标识码: A

Reliability Design and Hydraulic Verification of Fire Water Supply System for Large Industrial Plants

HAO Jie

The Fourth Construction Co., Ltd. of China Electronics System Engineering, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the rapid development of Chinese social economy, the urbanization process is accelerating, the urban fire load is constantly increasing, the fire problems are becoming more and more serious, and major fires occur frequently. The inability of the fire water supply system to start automatically or operate normally in a timely manner during a disaster is the primary reason for small fires ultimately leading to major and catastrophic fires. Large industrial facilities have complex processes, concentrated hazards, and high fire loads, which can easily trigger chain reactions and cause significant casualties and property damage. The fire water supply system, as the active core system for fire fighting, is the last line of defense to ensure fire safety. The article elaborates on the key points of reliability design for large-scale industrial fire water supply systems from the dimensions of "system architecture, equipment configuration, and pipe network design", explores the methods, models, and verification processes for determining hydraulic calculation parameters, proposes collaborative optimization strategies, and provides reference for the design of similar projects.

Keywords: large industrial facilities; fire water supply system; reliability design; hydraulic verification; pipeline optimization

引言

大型工业装置广泛应用于煤化工、电力、石油化工等多行业^[1]，其生产过程不仅涉及一些有毒有害的介质，而且存在大量的易燃易爆介质，具备极高的火灾爆炸风险。在大型工业装置火灾事故中，超 30% 因消防给水系统失效导致现场火势蔓延扩大，经济损失远超普通建筑火灾^[2]。消防给水系统是指为了应对火灾，通过设置在建筑物内的专用管道、泵房、水源和喷头等设施，将水输送到火灾现场的系统^[3]。消防给水系统的工作原理基于压力控制和水流分配，通过管网将水输送到各个防火区域，是保障工业装置安全运行的核心前提^[4]。可靠性设计通过科学的架构选型与合理的设备配置降低系统故障概率，水力验算则精准验证系统核心运行性能，二者

协同互补、相辅相成，共同支撑系统稳定发挥作用。因此，研究大型工业装置消防给水系统的可靠性设计与水力验算方法，对提升火灾防控能力、减少事故损失意义重大。

1 大型工业装置消防给水系统可靠性设计要点

1.1 系统架构选型设计

(1) 供水方式选择

大型工业装置消防给水系统供水方式主要包括稳压供水系统以及临时高压供水系统，不同供水方式的特性、可靠性与适用场景存在一定的差异，具体对比如表 1：

由表 1 可知，稳高压供水系统可靠性高但成本大，用于高危险核心区；低压供水系统仅适用于辅助区，难满足核心装置灭火需求。

表 1 系统架构选型

供水方式	核心特性	可靠性等级	投资成本	适用区域
稳高压供水	持续提供设计压力、流量，无需加压设备	高	高	原油储罐区、反应釜区等火灾危险性高区域
低压供水	仅满足消防车取水，需消防车加压	低	低	辅助办公区、仓库等火灾危险性低区域

(2) 管网布置设计

管网布置影响供水的可靠性，大型工业装置消防管网应环状布置，确保单段失效仍有其他供水路径。大型装置区可分多个独立环状管网，用连通管和阀门实现分段控制与冗余保障^[5]。同时，管网敷设时应避开高火灾危险区，无法避开的情况下则需采取防火保护干预策略。

1.2 关键设备可靠性配置

(1) 消防泵组设计

消防泵是消防给水系统的核心，其可靠性影响着系统的供水能力。消防泵与生活泵的运行工况存在显著差异：生活泵通常在流量-压力性能曲线的固定区间内稳定运行，而消防泵的实际运行工况点由火场用水量决定，可能是流量压力性能曲线上任何一点^[6]。大型工业装置消防泵组应冗余配置，根据设计流量与压力要求确定主、备用泵数量，如设计流量>100L/s时，宜采用“两用一备”或“三用一备”配置，反之，设计流量≤100L/s时，可采用“一用一备”配置。备用泵需与主泵型号一致，具备自动启动功能，在主泵故障或系统压力不足时，能在30s内自动投入运行，确保供水连续性。泵型选型方面，应优先选用高效、抗气蚀性能优良的离心泵，同时需配备独立应急电源，保障火灾全程泵组稳定运行。

(2) 稳压设施设计

临时高压供水系统要设置稳压设施，核心作用是维持管网静压稳定，确保火灾初期消防设施能快速出水，为火情控制争取关键时间。稳压设施可选稳压泵或气压罐，稳压泵“一用一备”，流量满足管网泄漏（1-5L/s）；气压罐容积根据稳压泵流量和启动时间计算，确保启动前管网压力稳定^[7]。

(3) 阀门及配件设计

阀门作为消防管网的控制核心，其运行可靠性直接影响管网分段控制效果与故障隔离能力，是保障系统局部故障不扩散的关键。大型工业装置消防管网要选带气压罐的消防稳压设备。环状管网干管设分段阀，间距不超100m，每段消火栓不超5个。阀门设置启闭标志，定期维护，确保启闭灵活。

1.3 管网材料与敷设设计

(1) 管材选择

消防给水及消火栓系统是大型工业装置消防的重要部分，能在火灾时通过消火栓供水，供消防水系统灭火。管网管材的选择需考虑系统工作压力、耐腐蚀性等因素对管网性能的影响。大型工业装置消防管网设计压力高（0.7~1.2MPa），且环境高温、具腐蚀性，宜优先选钢管（无缝、焊接）或球墨铸铁管。钢管强度高、耐高压、适应性强，用于高压及恶劣环境；球墨铸铁管耐腐蚀、水力优，用于中低压管网。腐蚀性强区域，管材表面应防腐（如涂塑、镀锌）。

(2) 管道敷设

管道敷设要避开火灾、爆炸危险区以及障碍物，无法避开时，则及时采取防火、防爆、防碰撞的干预措施。敷设方式分架空和地下，架空便于检修但要远离高温，且需设置支架进行固定；地下敷设可以节省空间，但是在敷设时需防腐、防渗，并设警示标志。管道连接宜采用焊接或沟槽，确保牢固。

1.4 安全保障系统设计

(1) 压力监测与报警系统

为实时掌控管网运行状态，需在管网干管、最不利点消防设施等关键位置设置压力监测点，实现压力数据实时采集。当管网压力低于设定值时，系统立即发出报警信号，并联动启动稳压泵或消防泵，保障供水稳定性。

(2) 应急排水系统

消防给水系统设置应急排水设施，配备排水泵及管路，排水能力满足管网最大的排水需求，防止积水损坏设备。

(3) 防雷与接地设计

消防给水设备及管网做好防雷接地。

3 大型工业装置消防给水系统水力验算

3.1 水力验算核心参数确定

(1) 设计流量确定

消防给水系统设计流量需综合考虑大型工业装置的火灾危险等级、保护的面积以及消防设施的类型等因素进行确定^[8]。依据相关规范，不同危险等级工业装置的消火栓、自动喷水灭火系统设计流量有明确规定，如消防给水系统依储罐类型、容积及保护面积情况计算。

(2) 设计压力确定

设计压力需满足最不利点消防设施的工作压力要求，包括最不利点与消防水池最低水位的高差、沿程水头损失与局部水头损失之和、最不利点水灭火设施所需的设计压力。

3.2 水力计算基本原理与方法

基本原理：消防给水系统水力计算以伯努利方程为依据，即管网内任意两断面总水头（位置、压力、流速水头）差等于该段水头损失。数学表达式为：

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_w \quad (1)$$

式中：z₁、z₂为断面位置水头（m）；p₁、p₂为断面压水头（mH₂O）；v₁、v₂为断面流速（m/s）；ρ为水密度（kg/m³）；g为重力加速度（m/s²）；h_w为断面间水头损失（mH₂O）。

水头损失计算：水头损失含沿程和局部水头损失两类。沿程水头损失是水流在管段内因黏滞力致能量损耗，可用哈森-威廉斯公式算：

$$h_f = 10.69 \frac{Q^{1.852} L}{C^{1.852} D^{4.8704}} \quad (2)$$

式中：h_f为沿程水头损失（m）；Q为管段流量（m³/s）；

L 为管段长 (m); C 为管材粗糙系数 (钢管 100~130, 球墨铸铁管 120~140); D 为管道内径 (m)。

局部水头损失是水流经阀门、弯头等配件时, 因流向改变或流速变化产生的能量损耗, 可用局部阻力系数法计算:

$$h_j = \sum \xi \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

式中: h_j 为局部水头损失 (m); ξ 为局部阻力系数 (查规范手册); v 为水流速度 (m/s)。实际工程中, 局部水头损失可按沿程水头损失 10%~30% 估算, 管网复杂、配件多时可适当提高比例。

3.3 管网水力计算模型与流程

(1) 计算模型

大型工业装置消防管网多为环状, 水力计算复杂, 常用模型有哈迪-克罗斯法 (适用于简单管网, 迭代消除闭合差求流量和水头损失)、节点法 (复杂管网, 以节点流量平衡建方程组求解)、管段法 (以管段流量为变量建方程求解)。计算机发展下, EPANET、AutoCAD Civil 3D 等数值模拟软件可快速建模, 模拟不同工况, 提升计算效率与精度。

(2) 水头损失计算: 管网水头损失包括沿程水头损失和局部水头损失, 两者需分别计算后叠加得到总水头损失。

①沿程水头损失: 沿程水头损失是指水流在管段内流动时, 因水的黏滞力和管壁摩擦力产生的能量损失, 采用哈森-威廉斯公式计算, 该公式适用于消防给水管道的水力计算, 精度较高, 公式为:

$$h_f = 10.69 \frac{Q^{1.852} L}{C^{1.852} D^{4.8704}} \quad (4)$$

式中: h_f 为沿程水头损失 (m); Q 为管段流量 (m^3/s); L 为管段长度 (m); C 为管材粗糙系数 (钢管 $C = 100\sim130$, 球墨铸铁管 $C = 120\sim140$, 镀锌钢管 $C = 90\sim110$); D 为管道内径 (m)。

②局部水头损失: 局部水头损失是指水流通过阀门、弯头、三通、异径管等配件时, 因水流方向改变、流速变化产生的能量损失, 采用局部阻力系数法计算, 公式为:

$$h_j = \sum \xi \frac{v^2}{2g} \quad (5)$$

式中: h_j 为局部水头损失 (m); ξ 为局部阻力系数 (不同配件的阻力系数可查相关规范手册, v 为管道内水流速度 (m/s); g 为重力加速度 (m/s^2), 取 $9.81m/s^2$)。

在实际工程计算中, 为简化计算, 对于管网配件较少的管段, 局部水头损失可按沿程水头损失的 10% 估算; 对于管网复杂、配件较多的管段 (如阀门集中区域、节点处), 局部水头损失可按沿程水头损失的 15%~20% 估算, 确保计算结果偏于安全。

四 可靠性设计与水力验算的协同优化策略与方法

4.1 管网结构优化

管网结构决定水力性能与可靠性, 优化核心是调整拓扑结构与匹配管径, 保障供水连续性的同时最大限度降低水头损失。拓扑优化方面, 环状管网可靠性高, 但需优化节点布局减少水力盲区。在管径优化上, 长距离管段需采用变径设计, 依水力经济流速原理, 在流量较大的主干管段, 选用大管径, 从而降低沿程水头的损失, 在流量递减的支管段, 逐步减小管径, 从而控制成本, 可用水力计算软件模拟选择最优的管径组合。此外, 优化节点水力特性, 减少配件, 关键节点采用流线型管件, 降低局部水头损失。

4.2 设备参数优化

设备参数与管网水力特性的匹配度, 直接影响系统运行效率与可靠性, 优化核心是基于精准水力计算, 避免发生参数不匹配的现象。消防泵组选型除了依据设计流量和压力选主泵, 还要关注效率曲线特性, 结合水力计算得出的管网特性曲线使泵的工作点落在效率曲线的 70%~90% 区间内。稳压设施中, 稳压泵流量匹配管网正常泄漏量 (1~5L/s), 压力设定兼顾最不利点静压与消防泵启动值; 气压罐容积依公式 $V=\beta \times (Q_b \times T) / \Delta P$ 计算确定。此外, 优化设备的辅助参数, 规避泵体气蚀、超压等损坏风险。

4.3 冗余配置优化

冗余配置要基于可靠性分级与效益分析实现“精准冗余”。核心是借故障树分析 (FTA) 识别关键失效环节: 通过 FTA 明确顶事件, 拆解中间事件与底事件, 计算失效概率与最小割集, 锁定关键环节 (如核心区消防泵等); 高可靠性区 (如原油储罐区) 用 “N+2” 冗余及备用主干管段, 中可靠性区 (如普通生产装置区) 用 “N+1” 冗余配置, 低可靠性区 (如辅助办公区) 设基本备用设施。同时优化冗余切换逻辑, 运用自动监测与快速切换装置 (如消防泵组双电源自动切换开关, 切换 $\leq 15s$; 关键阀门电动控制)。此外, 用可靠性成本模型计算不同冗余配置生命周期成本, 选择成本最低方案。

4.4 优化效果评估指标

协同优化效果可从四方面指标评估: 可靠性指标 (系统失效概率、平均无故障工作时间、故障修复时间等); 水力性能指标 (最不利点流量和压力、管网最大流速、总水头损失等); 经济性指标 (系统总投资、年运行维护成本、投资回收期等); 实用性指标 (系统可维护性、施工难度、空间占用率等)。综合分析这些指标, 评估优化方案的可行性。

5 结论

本文深入研究了大型工业装置消防给水系统的可靠性设计与水力验算, 主要结论如下: 大型工业装置火灾特点对消防给水系统要求高, 可靠性设计应遵循冗余、分段、

适应性和标准化设计原则。系统架构选型等是可靠性设计关键环节，采取环状管网等措施可提升系统的可靠性。水力验算核心是确定设计流量和压力，用计算方法求解参数，重视特殊工况的验算。协同优化策略可降低成本，提升方案经济性和实用性。未来可引入智能化技术，开发智能监测与预警平台，提升系统智能化水平。

[参考文献]

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部.消防给水及消火栓系统技术规范:GB 50974—2014[S].北京:中国计划出版社,2014.
- [2] 韩刚,向杨.某电厂自动水消防管道连接方式探讨[J].信息记录材料,2018,19(11):203-204.
- [3] 黄晓家,马恒.GB 50974-2014,消防给水及消火栓系统技

术规范[S].北京:中国计划出版社,2014.

[4] 卢国建,宋波.GB 50261-2017,自动喷水灭火系统施工及验收规范[S].北京:中国计划出版社,2017.

[5] GB 50160—2008,石油化工企业设计防火规范[S](包括修订版报批稿).

[6] GB 50016—2014,建筑设计防火规范[S].

[7] GB 50974—2014,消防给水及消火栓系统技术规范[S].

[8] 韩艳萍,张晋武.石油化工企业常见消防设计问题探讨[J].工业用水与废水,2014,45(2):78-82.

作者简介：郝杰（1986.1—），毕业院校：河北建筑工程学院，所学专业：给水排水工程，当前就职单位：中国电子系统工程第四建设有限公司，职务：给排水工程师，职称级别：副高级工程师。

Call for Papers

征 稿

《建筑工程与管理》由新加坡Viser Technology Ltd主办，ISSN: 2661-4405 (印刷)。本刊长期以来注重质量，编排规范，选稿较严格，学术水平较高，深受高校教师及科研院所研究人员青睐。期刊是一个开放获取刊，致力于出版建筑领域的高质量学术论文。同时为建筑工程技术人员和专业人士提供一个交流和信息交换平台，文章被万方数据库等权威数据库收录。

《建筑工程与管理》秉承科学精神，以促进学术交流、科技进步，提高工程建设水平为宗旨，为推动建筑设计、建筑材料、建筑技术、城市规划、市政园林等领域的科研、设计、施工方面的最新研究成果与工程实践总结服务。

《建筑工程与管理》期刊的主要栏目有：

建筑设计、建筑工程、施工技术、材料科学、工程管理、市政园林、机电机械、城乡规划、石油化工、勘察测绘、节能环保、预算造价等。

鼓励建筑界各领域的专业技术人员和管理干部以及大专院校相关专业的师生和科研人员来稿，有关国家科技计划、自然科学基金和各种部门、地方、院所科技基金资助项目的文章优先发布。

征文格式与要求：

(1) 论文要求：论点新颖，论证充分；设想可行，结论可靠；条理分明，书写清楚，用字规范，上交电子文件（word格式）。

(2) 论文格式：题目、作者姓名、工作单位、省份及邮政编码、中英文内容摘要（150字符-300字符为宜）及关键词（3-5组为宜）、正文、参考文献。（附个人简介、邮箱、联系方式及详细收件地址，如：省、市、区、路）。

(3) 论文篇幅：字符数要求在5000-8000字符之间。

投稿网址：www.viserdata.com



Viser Technology Pte. Ltd.

公司地址

195 Pearl's Hill Terrace, #02-41, Singapore 168976

官方网站

www.viserdata.com

