



www.viserdata.com

工程施工技术

ENGINEERING CONSTRUCTION TECHNOLOGY

月刊

■ 主办单位: Viser Technology Pte.Ltd.

■ ISSN 2972-4058(online) 2972-404X(print)

中国知网 (CNKI) 收录期刊

RCCSE权威核心学术期刊

2025 4

第3卷 总第21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.



工程施工技术

Engineering Construction Technology

2025年·第3卷·第4期（总第21期）

主办单位：Viser Technology Pte. Ltd.

I S S N：2972-4058 (online)

2972-404X (print)

发行周期：月刊

出版时间：4月

数据库收录：中国知网收录期刊

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：111 North Bridge Rd, #21-01 Peninsula Plaza,
Singapore 179098

学术主编：朱 强

学术副主编：魏 忠 高 江

责任编辑：戚 滕

学术编委：倪勤盛 陈 鹏 王子红 张耕野

侯明卫 刘 刚 赵 欢 王海军

王永华 洪秋生 李笑宇 刘汉涛

钱 冰 吉咸伟 杨熠卿 宋世超

美工编辑：李 亚 Anson Chee

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；作者文图责任自负，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

建筑工程

- 建筑工程中智能化技术的应用及其影响分析... 李开封 1
大钢模在高层建筑施工中的优化配置与成本控制..... 刘凯华 5
论建筑桥梁工程地震伤害的成因及防震方案..... 向星宇 张力文 8

市政工程

- 市政道路排水工程顶管施工的关键技术分析..... 黄 华 11
污水处理厂工程池体构筑物大体积混凝土施工及裂缝控制 沈志成 14
市政工程施工技术通病与应对措施探究..... 樊新志 17
市政道路工程路面水稳层施工技术研究..... 高晓军 20
公路工程软基加固碎石桩施工技术应用分析..... 黄 凯 23

工程管理

- 建筑工程项目全过程管理中的风险控制策略..... 李文勇 26
智慧工地技术在建筑工程管理中的应用与发展研究.... 高晓明 29
房屋建筑施工现场的质量及安全管理..... 华 斌 32
道路养护施工中微表处技术及稀浆封层技术的应用分析 张 歌 35
数字化转型对建筑工程项目管理效率的提升作用..... 陈云雄 38

施工技术

- 高速公路路基施工技术要点及质量控制分析..... 张 兴 41
绿色建筑施工技术在建筑工程中的应用探析..... 刘建伟 45
工民建施工中墙体裂缝的诱因及其预防措施..... 杨晓刚 48

土木工程中混凝土浇筑施工技术的应用..... 楼初南 51

石油化工

油气储运中的管道腐蚀问题及防腐措施研究.....
..... 胡东旭 54

天然气电驱压气站冷却水塔系统改造探索.....
..... 庞树红 孙瑞林 冯桃宁 57

油气储运中长输管道的安全性提升研究..... 朱 冉 60

机电机械

一种行走式可变形履带钢结构超声波无损检测机器人的
新型设计 王 圳 63

基于数字化技术的模具设计与制造研究..... 李 波 68

机械产品运输包装设计的标准化流程..... 张 煜 72

电气工程及其自动化在低压电器中继电器的应用.....
..... 张海雷 75

装配钳工工艺要点分析 李佳伟 78

搅拌主机搅拌臂结构对混凝土匀质性能的影响研究....
..... 王学仁 81

能源矿业

煤矿爆破作业中的安全隐患与防控措施.....
..... 傅永和 祁瑞祥 郭卫东 84

煤矿爆破作业的风险评估与安全控制技术.....
..... 王质彬 刘晴晴 祁瑞祥 87

爆破冲击波对煤矿作业人员安全防护的研究.....
..... 祁瑞祥 傅永和 郭卫东 90

煤矿智能爆破技术的安全管理及应用前景.....
..... 郭卫东 王质彬 祁瑞祥 93

勘察测绘

无人机遥感技术在工程测量中的应用..... 王 刚 96

测绘地理信息新技术探讨..... 李大亮 99

建筑设计

传统建筑设计元素在现代建筑中的应用..... 肖家恒 102

建筑结构设计剪力墙结构设计难点分析... 卢永亮 105

建筑设计中对低碳节能理念的运用探析..... 张 哲 108

建筑电气火灾预警系统的设计与性能提升方案研究....
..... 张肖培 111

试析土木工程结构设计的问题及对策..... 卫乐乐 114

电动汽车充电设施在现代住宅区电气规划中的集成与挑
战分析 李思琛 117

医院建筑防排烟系统设计的特殊要求与技术应用.....
..... 郝志校 120

地下空间通风系统的设计与消防安全考量... 陈小娟 123

城乡规划

国土空间背景下的详细规划传承与发展研究
..... 蒋 颖 126

建筑工程中智能化技术的应用及其影响分析

李开封

浙江凯风建筑装饰工程有限公司, 浙江 义乌 322000

[摘要]随着科技的发展, 建筑工程领域智能化技术的应用渐趋成熟, 包括大数据、人工智能、物联网等技术极大提高了工程建设的效率以及品质。文中就此展开论述, 首先介绍了建筑工程中的智能技术包括自动化施工机械、智能建筑材料、3D 打印建筑以及智慧地盘等, 并以实例论述解释这类技术在实际中的应用。其次, 我们通过实证分析对比了采用智能化和传统工艺方式的建筑工程, 明确指出智能化技术在建设过程中的优势, 包括工期短、减少偶发性事故、节省成本、优化工作环境等。然后, 我们针对智能化技术的发展与应用提出了一系列的解决策略, 并建立了相应的发展模型。通过本研究, 我们预计未来智能化技术将推动建筑工程趋向绿色、高效和可持续发展。同时, 我们也认识到, 要大规模应用这些技术, 还需要克服一些挑战, 包括技术复杂性、成本问题以及亟待改进的法规等。本研究旨在为推动建筑工程智能化提供参考。

[关键词] 建筑工程; 智能化技术; 自动化施工机械; 智能建筑材料; 建筑工程智能化

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16128

中图分类号: TU855

文献标识码: A

Application and Impact Analysis of Intelligent Technology in Construction Engineering

LI Kaifeng

Zhejiang Kaifeng Building Decoration Engineering Co., Ltd., Yiwu, Zhejiang, 322000, China

Abstract: With the development of technology, the application of intelligent technology in the field of construction engineering is gradually maturing, including technologies such as big data, artificial intelligence, and the Internet of Things, which greatly improve the efficiency and quality of engineering construction. The article discusses this topic and first introduces intelligent technologies in construction engineering, including automated construction machinery, intelligent building materials, 3D printed buildings, and smart construction sites. Examples are used to illustrate the application of such technologies in practice. Secondly, through empirical analysis, we compared the construction projects that adopt intelligent and traditional craftsmanship methods, and clearly pointed out the advantages of intelligent technology in the construction process, including short construction period, reduced occasional accidents, cost savings, and optimized working environment. Then, we proposed a series of solutions and established corresponding development models for the development and application of intelligent technology. Through this study, we expect that intelligent technology will drive construction projects towards green, efficient, and sustainable development in the future. At the same time, we also recognize that in order to apply these technologies on a large scale, some challenges need to be overcome, including technical complexity, cost issues, and regulations that urgently need improvement. This study aims to provide reference for promoting the intelligence of construction engineering.

Keywords: construction engineering; intelligent technology; automated construction machinery; intelligent building materials; intelligent construction engineering

引言

智能化技术的逐步成熟, 正在推动建筑工程领域的革新。特别是大数据、人工智能、物联网等技术, 带动了建筑工程操作的智能化, 同时也实现了管理方式及理念的智能化转变。不过, 智能化技术在实际应用过程中, 依然面临着大量挑战, 如技术复杂性、高成本以及现行法规的缺失等, 限制了其在建筑工程领域的广泛应用。因此, 对这些技术难题的解决, 需要一套完善的发展策略和模型。这将实现智能化技术在建筑工程中的深度融合, 推动建筑工程向绿色、高效和可持续方向发展。下面的讨论将详细阐述建筑工程中智能化技术的应用、效果以及所面临的困境, 并探讨有效解决策略, 再对其未来发展趋势进行展望。

1 智能化技术在建筑工程中的应用

1.1 自动化施工机械

自动化施工机械是建筑工程智能化发展的重要组成部分, 极大地提升了施工效率和精准度^[1]。这类设备通过集成先进的传感器、控制系统及人工智能算法, 实现了复杂工序的自动化操作, 减少了人工干预。一些典型设备如智能吊装机械、自动化挖掘机和无人驾驶压路机, 能够在实时数据监控下优化操作路径, 从而降低能耗和误操作风险。自动化施工机械的应用不仅缩短了施工周期, 还有效地提升了工程质量的稳定性。这些设备在复杂地形条件下表现出较强的适应性, 能够在减少风险的完成传统人工难以实现的高精度作业。伴随着大数据和物联网技术的支持,

自动化施工机械可实时获取并分析施工现场动态信息,为建筑工程提供智能化的辅助决策功能。尽管成本较高和设备维护要求增加是其推广中的主要限制因素,但伴随技术的不断迭代,自动化施工机械在建筑工程中的普及率持续提高,其发展潜力不容忽视。这一技术的应用将进一步加速建筑领域向数字化、智能化方向的迈进。

1.2 智能建筑材料

智能建筑材料在建筑工程中的应用体现了科技与建筑行业的深度融合。这些材料包括具有自感知、自修复和智能调节功能的新型建筑材料,如光敏玻璃、相变材料和自修复混凝土等。光敏玻璃能够依据光照强度自动调节室内光线与温度,为建筑节能赋能;相变材料通过相态变化调控建筑内部温度,有效提升居住舒适性;自修复混凝土则利用其独特的微生物或化学反应机制,抵抗结构损伤并延长工程使用寿命。这些智能材料不仅增强了建筑结构的耐久性与功能性,还显著提高了施工效率,助力建筑更绿色、更智能地发展。

1.3 3D 打印建筑与智慧地盘

3D 打印技术在建筑领域的应用显著提升了工程效率与创新水平,其通过数字化建模快速生成建筑构件,不仅降低了材料浪费,还能满足复杂结构的定制需求。智慧地盘借助物联网、实时监测和数据集成,实现对施工现场的智能管理与调度,提升了安全性和协作效率^[2]。这两项技术的结合为建筑行业注入了新的活力,使工程建设变得更加高效、灵活,并为未来建筑模式的变革奠定了基础。

2 智能化技术与传统工艺在建筑工程的对比

2.1 工期对比

智能化技术在建筑工程中的应用显著缩短了工期,与传统工艺相比具有显而易见的优势。传统工艺通常依赖大量人工操作和机械设备的分段作业,流程较为复杂且易受到外界环境因素的影响,例如天气情况或施工人员的熟练程度。而智能化技术的引入,通过自动化施工机械、3D 打印等高效手段,实现了作业流程的精简和标准化,从而减轻了人为因素对工期的干扰。例如,基于大数据分析 with 物联网技术的施工进度管理系统可以实时监控和调整施工进度,提高任务协调性与资源分配效率。智能化技术的高精度和低误差率减少了返工情况,从根源处保障了施工效率。对于某些复杂建筑结构的构建,通过采用智能建筑材料与数字化设计,能够降低工序难度及整体工期长度。从实践结果来看,智能化技术的应用不仅缩短了项目的整体施工时间,还对提升经济效益和社会效益产生了深远影响,为建筑工程效率的突破提供了有效途径。

2.2 建设过程中的偶发性事故与成本削减

智能化技术在建筑工程中的应用显著改善了建设过程中的安全性,减少了偶发性事故的发生。传统工艺往往依赖人工操作,其误差易引发工程隐患,而智能化技术通

过自动化设备、实时数据监测与预警系统,实现施工过程的精准控制,降低了人为因素导致的风险。智能化技术在成本削减方面表现出显著优势。通过优化资源分配、减少材料浪费以及提升施工效率,智能化技术最大限度地降低了工程投入。利用智能设备代替传统人工操作,可减少人力成本,避免因事故产生额外的赔偿和整改费用,从而有效控制总预算。在实际应用中,智能化技术的成本效益与安全保障形成了互为支撑的特点,为建筑工程质量提升提供了重要助力。

2.3 工作环境的优化

智能化技术通过引入自动化设备、传感器和智能监控系统,显著改善了建筑工人的工作环境。这些技术能够实时探测危险因素,减少高危操作,降低人身安全隐患,提升施工现场的管理效率与整洁度。智能化技术的应用还降低了劳动力强度,使操作更加精准规范,在整体上促使建筑工地向安全、舒适的方向转变,进一步提高了工人的工作满意度和生产效率。

3 推进建筑工程智能化的策略与模型建立

3.1 策略提出

为推动建筑工程智能化的深入应用,针对现阶段技术发展面临的实际问题与挑战,应采取多层次、系统化的策略。需要加快技术研发与产业化的融合。通过注重原始技术创新,集中研究智能化核心技术,如人工智能算法优化、物联网数据通信协议改进及智能传感器精度提升,以满足建筑工程实际需求^[3]。在行业层面,应促进多方协作,包括政府、企业、高等院校及科研机构等主体,构建相互协同的创新生态体系。政府可通过政策支持和专项资金引导企业投资智能化技术,科研机构则需加强技术理论基础研究,为智能化应用提供坚实支撑。与此应完善相关标准及规范,尤其是在集成技术的通用性、施工过程中的安全操作规程等方面,制定明确的技术框架及应用指引。

教育培训与人才培养亦是不可忽视的重要环节,需进一步建立覆盖智能建造全过程的技能人才培养体系,培养兼具建筑工程专业知识与智能技术应用能力的复合型人才。推广试点示范工程的实施能够加快技术落地,通过总结成功经验与技术瓶颈,优化智能化技术应用路径。通过政策、技术、人才、标准及实践相结合的综合性策略,有助于为建筑工程智能化的发展提供可持续的外部支持与内部驱动力,为传统建筑行业注入全新的发展动力。

3.2 发展模型构建

推进建筑工程智能化的过程中,建立科学的技术发展模型是关键步骤。针对建筑工程领域的特点,发展模型应涵盖技术研发、生产应用、市场推广及监管优化四个维度。在技术研发方面,模型应强调协同创新,结合人工智能、物联网、大数据分析等领域,促进跨学科技术整合,提升智能化系统的适用性及稳定性^[4]。在生产应用方面,发展

模型需突出标准化与模块化建设,确保智能技术在施工机械、建筑材料和现场管理中的高效部署和集成。对于市场推广,模型应着重构建支持政策与激励机制,吸引更多企业参与智能技术应用,优化市场体制以扩大技术普及范围。监管优化则需强化法规约束与质量监督,确保技术应用安全性,并逐步建立关于智能化工程评价和验收的完整体系。通过务实有效的技术发展模型,可以推动智能化技术在建筑工程领域持续深入应用,实现全行业绿色、可持续的转型升级。

4 智能技术对建筑工程的预见性影响

4.1 推向绿色高效和可持续发展

智能化技术的广泛应用正在重塑建筑工程的设计、施工与运营模式,显著推动行业向环保、高效及可持续方向发展。建筑信息建模(BIM)技术通过精确的数字化设计与模拟,实现工程项目的高效规划与资源优化,有效减少材料浪费和能源消耗。大数据技术通过实时采集和分析工地的数据,为工程管理提供科学依据,协助优化决策,显著提高施工效率,降低对环境的负面影响。

物联网技术借助传感器实现对建筑施工现场的动态监测,使空气污染指标、噪声水平等环境参数得到精准控制,从而促进绿色施工环境的形成。3D打印技术的应用能够减少建筑材料的运输与加工过程中的碳排放,为低碳建筑提供技术支持。结合人工智能技术的自动化施工设备,不仅缩短了工期,还降低了能源消耗,进一步推动了建筑工程的能源效率提升与可持续性发展。

智能化技术在建筑运营阶段也发挥重要作用,通过智能楼宇系统的实时调控,实现电力、水资源等的高效利用,显著提升建筑的能源管理能力。这些技术的协同作用促进了绿色建筑的实施,响应了全球可持续发展的战略目标,为建筑工程行业实现环保与高效的双重目标奠定了坚实的技术基础。

4.2 面临的挑战与求解

智能化技术在推动建筑工程绿色、高效和可持续发展方面表现出重要潜力,但其大规模应用仍面临诸多挑战。技术复杂性是其中之一,因为智能化技术的研发、实施和维护通常需要多学科协作,涉及建筑、电子、信息技术等领域,专业技术人才的缺乏成为制约因素;成本问题阻碍了许多中小型企业采用这些技术,高昂的初始投资和相关设备费用对企业形成压力;现行法规和标准滞后也限制了智能技术在建筑领域的应用,现存建设规范未能完全适应智能化技术发展,导致相关技术应用受限。数据隐私与安全问题也在智能化建筑工程中凸显,物联网设备可能带来的信息泄露风险需要重点关注。

针对上述挑战,技术复杂性和人才缺乏问题可以通过加强学术机构与行业合作来解决,培养复合型专业人才以满足需求;成本问题则可以通过技术的规模化生产和应用

来逐步降低,引入政府补贴和税收优惠以支持企业采用智能技术;法规方面需加快修订和完善,制定与智能化技术匹配的新标准;数据安全则需要建立全面的安全防护体系,采用加密技术保障信息隐私。这些策略的实施将助力智能化技术更全面地融入建筑工程领域^[5]。

5 结论

智能化技术在建筑工程领域的应用为行业的发展注入了新的活力,其独特的优势主要体现在提升施工效率、保障建设安全、控制成本以及优化资源利用等方面。在效率提升上,智能化技术引入自动化施工机械与先进的智能化管理系统,使得施工过程更加精确与高效。自动化施工设备能够通过算法优化来完成复杂工序,避免传统人工操作的偏差,从而缩短工期。建筑工程中应用的智能建筑材料,如自修复混凝土和智能玻璃,不仅提升了工程的安全性和建筑寿命,还促进了资源高效使用。结合物联网的实时监控和管理功能,3D打印技术能够快速实现设计蓝图的高精度落地,大幅降低材料浪费并加速施工进度。

智能化技术还显著提高了建筑工程的安全性。一体化的施工管理平台结合人工智能,可及时识别潜在风险,降低人力操作的误差概率。例如,智慧施工现场利用实时数据分析与传感器监测,可追踪危险工况,提前预防事故的发生。智能化技术为劳动者创造了更加舒适和安全的工作环境,无需频繁接触危险区域,也减少了恶劣环境下的工作量,提高了工地运作的整体安全系数。

经济成本方面,智能化技术尽管前期投资可能高于传统工艺,但在长远的运行及维护中,显现了良好的成本控制能力。通过优化施工流程、减少资源浪费和提高能源效率,可以实现建筑项目全生命周期的成本节约。例如,自动化设备与智能化调度系统的结合可合理安排生产和使用资源,避免重复施工与超额支出。智能建筑材料的高耐用性减少了后期维护开销。

尽管智能化技术表现出显著的优势,但其发展与推广依然面临若干挑战。是技术复杂性的问题。作为多学科交叉的技术集合,智能化建筑技术的研发和实施需要高度专业化的知识背景,相关人才的匮乏与培训的不足成为推广的主要障碍。成本问题仍然是限制智能化技术广泛应用的关键因素。虽然智能化技术在长期内展现出较高的经济效益,但高昂的初期设备和材料投入对中小型建筑企业形成了明显的压力。智能化技术的推广也受到法规制度的不完善的限制。现行建筑规范对智能技术支持的具体程度和适配标准较为滞后,给其项目审批与实施带来一定的难度。

针对这些挑战,解决方案的建立显得尤为重要,例如加强智能技术领域的职业教育,设计合理的补助政策以降低初期成本,以及加快制定配套的建筑法规以促进技术应用的规范化发展。在克服上述壁垒后,智能技术将在推动绿色建筑和可持续发展的方向中发挥更加深远的作用。

6 结束语

本次研究着重探讨了科技发展对建筑工程领域带来的智能化进展。综述了智能化技术如自动化施工机械、智能建筑材料、3D 打印建筑、智慧地盘等的实际应用情况,突显了工期短、减少偶发性事故、节省成本、优化工作环境等多方面优势。同时,本研究还通过建立相应的发展模型,提出了一系列智能化技术的发展策略。尽管分析表明智能化技术能够推动建筑工程趋向绿色、高效和可持续发展,然而本研究也清楚地指出,在全面实现智能建筑时,还需克服诸如技术复杂性、成本问题以及法规等改进的挑战。这需要业界、社会以及法制进行更多的调查研究和前瞻性策划。未来应在资金的引导、政策的规划以及行业标准的制定等方面,鼓励和推动智能化建筑的发展。希望本文对建筑工程智能化的方向有所启示,对进一步进行智能化建筑研究以

及推动智能化建筑技术的应用具有更深远的意义。

【参考文献】

- [1] 陈明华. 浅析建筑工程的智能化技术应用[J]. 装备维修技术, 2021(16): 298.
 - [2] 任希, 刘畅, 陶毅. 建筑工程智能化技术应用[J]. 魅力中国, 2021(45): 70-72.
 - [3] 赵东. 建筑工程智能化技术应用分析[J]. 魅力中国, 2021(24): 132-134.
 - [4] 刘亮, 王霄晨. 智能化建筑工程中的自动化技术应用[J]. 集成电路应用, 2023, 40(3): 90-91.
 - [5] 李禹成. 智能化技术在建筑工程中的应用[J]. 新材料·新装饰, 2021, 3(1): 67-68.
- 作者简介: 李开封 (1977.3—), 男, 民族: 汉, 籍贯: 浙江省常山县, 学历: 大学本科, 研究方向: 建筑工程。

大钢模在高层建筑施工中的优化配置与成本控制

刘凯华

北京建工建筑产业化投资建设发展有限公司, 北京 471000

[摘要]文中探讨了大钢模在高层建筑施工中的优化配置与成本控制,指出了当前资源配置不合理和成本控制不当的问题。通过分析大钢模的应用现状,提出了基于项目需求的选型及布局优化方案、采用 BIM 技术实现精细化管理、优化周转流程提高资源利用率等策略。合理的大钢模配置不仅能提升施工效率,还能显著降低成本,为高层建筑施工提供有力支持。强调了加强团队协作、灵活调整使用策略以及注重培训和技术积累的重要性,以确保大钢模配置方案的有效执行并应对突发状况,从而全面提升施工项目的经济效益和技术水平。

[关键词]大钢模; 高层建筑; 优化配置; 成本控制

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16122

中图分类号: TU761

文献标识码: A

Optimization Configuration and Cost Control of Large Steel Formwork in High-rise Building Construction

LIU Kaihua

Beijing Construction Engineering Industrialization Investment Construction Development Co., Ltd., Beijing, 471000, China

Abstract: This article discusses the optimization configuration and cost control of large steel formwork in high-rise building construction, and points out the problems of unreasonable resource allocation and improper cost control at present. By analyzing the current application status of large steel molds, strategies such as selecting and optimizing layouts based on project requirements, implementing refined management through BIM technology, optimizing turnover processes, and improving resource utilization have been proposed. Reasonable configuration of large steel formwork can not only improve construction efficiency, but also significantly reduce costs, providing strong support for high-rise building construction. It emphasizes the importance of strengthening team collaboration, flexibly adjusting usage strategies, and focusing on training and technical accumulation to ensure the effective implementation of the large steel formwork configuration plan and respond to emergencies, thereby comprehensively improving the economic benefits and technical level of construction projects.

Keywords: large steel formwork; high-rise building; optimization configuration; cost control

引言

高层建筑施工的复杂性和规模要求对施工技术和管理提出了更高标准,特别是在结构施工阶段,大钢模的应用对于确保工程质量和加快施工进度至关重要。然而,在实际操作中,由于缺乏科学合理的配置方案和有效的成本控制措施,导致资源浪费和成本增加的现象频发。这些问题不仅影响项目的经济效益,也对施工企业的市场竞争力构成挑战。如何在满足高层建筑施工质量要求的前提下,实现大钢模的优化配置与成本的有效控制,成为当前亟待解决的问题之一。本文旨在通过分析现有文献和实际案例,探索一套行之有效的解决方案,以提升大钢模在高层建筑施工中的应用效果,为相关领域提供参考和借鉴。

1 大钢模在高层建筑施工中的应用现状分析

1.1 大钢模技术的发展及其在高层建筑中的重要性

大钢模技术作为现代高层建筑施工的重要组成部分,其发展经历了从简单到复杂、从单一功能到多功能的演变过程。随着城市化进程的加快,高层建筑的数量和高度不

断增加,对施工技术和效率提出了更高的要求。大钢模的应用不仅提高了混凝土结构的施工质量,还大幅缩短了施工周期,增强了施工现场的安全性。特别是在超高层建筑中,大钢模能够承受更大的荷载,确保模板系统的稳定性和耐久性,从而为工程的整体推进提供坚实保障。大钢模技术的进步也促进了相关行业的发展,如钢材制造、机械加工等,形成了一条完整的产业链^[1]。

1.2 当前高层建筑施工中大钢模配置存在的问题与挑战

尽管大钢模技术取得了显著进展,但在实际应用过程中仍面临诸多挑战。一方面,由于缺乏统一标准,不同项目之间的大钢模配置存在较大差异,导致资源浪费和成本增加。另一方面,部分施工单位对新技术接受度不高,依旧采用传统的施工方法,限制了大钢模效能的最大化发挥。大钢模的设计与施工现场实际情况不完全匹配,造成施工进度受阻和技术难题频发。这些问题的存在,既影响了项目的经济效益,也对施工企业的市场竞争力构成了威胁。如何优化大钢模配置方案,成为了亟待解决的关键问题。

1.3 资源配置不合理导致的成本增加和效率低下现象研究

资源配置不合理是当前高层建筑施工中普遍存在的一个问题,尤其体现在大钢模的使用上。由于未能充分考虑项目的具体需求和施工环境特点,往往出现大钢模选型不当、数量不足或过剩等情况,这不仅增加了直接成本,还因频繁调整而降低了施工效率。大钢模的周转管理不善也会导致资源闲置或过度损耗,进一步加剧成本负担。对于施工企业而言,通过科学合理的资源配置来降低成本、提高效率显得尤为重要。这就需要在项目初期进行详细的规划与评估,并在施工过程中实施动态管理,以实现资源的最佳利用效果。

2 高层建筑施工中大钢模优化配置策略探讨

2.1 基于项目需求的大钢模选型及布局优化方案

在高层建筑施工中,大钢模的选型与布局直接影响到项目的成本和效率。根据建筑物的高度、结构形式以及施工环境等因素,选择适合的大钢模类型至关重要。在超高层建筑施工中,需要选用能够承受更大荷载且具备更高稳定性的模板系统。合理的布局设计可以最大限度地减少模板拼接次数,降低施工难度并提高工作效率。通过对施工现场的空间分析,确定最佳的大钢模安装位置,不仅可以避免与其他施工工序产生冲突,还能有效利用空间资源。考虑到不同施工阶段的需求变化,灵活调整大钢模的配置方案,以满足动态的施工要求^[2]。

2.2 采用 BIM 技术实现大钢模配置的精细化管理

借助 BIM (建筑信息模型) 技术,可以实现对大钢模配置的精细化管理。BIM 技术通过三维建模,为大钢模的设计、安装及拆除提供了可视化平台,使得每一个环节都能够得到精确规划。在设计阶段,利用 BIM 进行碰撞检测,提前发现并解决潜在的空间冲突问题,确保大钢模与其他建筑元素之间的协调性。施工过程中,实时更新 BIM 模型,跟踪大钢模的状态和位置,有助于提升现场管理水平。BIM 还可以用于模拟不同的施工场景,评估各种配置方案的实际效果,从而选择最优方案。这种方法不仅提高了资源配置的准确性,还大大减少了因误操作带来的风险。

2.3 优化大钢模周转流程以提高资源利用率

优化大钢模的周转流程是提高资源利用率的有效途径之一。具体措施包括制定详细的周转计划,明确每个施工阶段所需的大钢模数量及其进场时间,确保材料及时到位的同时避免过度储备造成的浪费。加强现场管理,建立高效的物流体系,确保大钢模能够在不同施工点之间快速转移,减少闲置时间。引入信息化管理系统,实时监控大钢模的使用状态,便于及时调整策略。针对大钢模的维护保养,设立专门的工作小组,定期检查和维修,延长使用寿命。这些举措共同作用,旨在构建一个高效、环保的资源循环利用机制,从根本上提升高层建筑施工的整体效益。

3 成本控制措施在大钢模应用中的实践

3.1 成本控制理念在高层建筑施工中的引入与实施

在高层建筑施工中引入成本控制理念,旨在通过科学的方法优化资源配置,减少浪费,提升经济效益。具体措施包括对项目进行全面的成本分析,识别出主要的成本驱动因素,并针对这些因素制定相应的控制策略。在大钢模的使用上,可以通过精确计算每个施工阶段所需的模板数量,避免过度采购或闲置造成的资源浪费。加强施工现场管理,严格执行材料进出库登记制度,确保每一份材料都能得到合理利用。鼓励采用绿色施工技术,减少能源消耗和环境污染,进一步降低整体成本。这种系统化的成本控制方法不仅有助于提高项目的经济性,还能增强企业的市场竞争力^[3]。

3.2 通过技术创新降低大钢模使用成本的方法探索

技术创新是降低大钢模使用成本的重要途径。通过研发新型的大钢模材料,如高强度轻质合金,可以显著减轻模板自重,便于运输和安装,从而降低人工和机械费用。引入智能化控制系统,实现大钢模的自动化拆装,不仅能缩短施工周期,还能减少人为操作失误带来的额外成本。另外,利用大数据分析工具,对历史项目数据进行深度挖掘,预测未来项目的需求变化,提前做好准备,避免因供需失衡导致的成本波动。采用模块化设计理念,使得大钢模可以根据不同项目需求灵活组合,提高了模板的通用性和重复利用率,降低了单次使用的成本压力。

3.3 制定科学合理的成本预算和监控体系确保经济效益

为确保高层建筑施工项目的经济效益,必须建立一套科学合理的成本预算和监控体系。这一过程涉及详细的成本估算、预算编制以及实时监控机制。在预算编制阶段,需综合考虑市场价格波动、工程变更等多种因素,确保预算既符合实际情况又具有一定的弹性空间。对于大钢模等关键材料,特别设置专项预算,以便更精准地控制成本。实时监控体系则要求项目团队定期对比实际支出与预算计划,及时发现偏差并采取纠正措施。利用现代信息技术,如 ERP 系统,可以实现对成本数据的高效管理和快速响应,确保任何超支情况都能被及时发现并处理,保障项目的财务健康状态。

4 实际案例分析揭示大钢模优化配置与成本控制的成功经验

4.1 某高层建筑工程中大钢模优化配置的实际操作案例

在一项位于城市中心的超高层建筑工程中,针对复杂的施工环境和高标准的质量要求,采用了大钢模优化配置方案。通过精确计算每层楼面所需模板面积及支撑系统强度,确定了最适合的大钢模尺寸与结构形式,减少了不必要的拼接工作量。利用三维建模技术对施工现场进行模拟布局,提前解决了潜在的空间冲突问题,并确保了各施工环节的顺畅衔接。根据建筑高度和形状特点,制定了分阶

段使用不同规格大钢模的策略,不仅提高了施工效率,还显著降低了材料成本。整个过程中,严格执行质量控制标准,保证了工程质量和安全。

4.2 从成功案例看如何有效降低成本并提升施工效率

在一个成功的高层建筑项目中,通过一系列措施实现了成本的有效控制和施工效率的大幅提升。该项目在大钢模选型时充分考虑了现场实际情况和未来变化需求,选择了可调节性强、适用范围广的模板系统,减少了因设计变更带来的额外费用。采用先进的物流管理系统,优化了大钢模的进场顺序和存放位置,缩短了安装准备时间。引入自动化拆装设备,提高了模板周转速度,降低了人工成本。借助信息化手段实时监控施工进度和成本支出情况,及时调整资源配置,避免了资源浪费。这些具体做法为其他类似项目提供了宝贵经验。

4.3 借鉴优秀案例改进自身大钢模应用与成本控制策略

借鉴优秀案例中的成功经验,可以对自身的施工方案进行多方面的改进。在大钢模的应用上,学习如何根据实际需求灵活调整模板配置,提高资源利用率;引入智能化管理系统,实现对大钢模使用的全程跟踪和动态调整,以应对突发状况。在成本控制方面,参考优秀案例中的预算编制方法,结合市场价格波动趋势,制定更加精准的成本计划。加强与其他项目的交流,分享各自在大钢模应用和成本控制上的创新点,共同探索更高效的管理模式。通过不断吸收外部先进经验,结合内部实际情况进行调整优化,逐步形成一套适应自身发展的大钢模应用与成本控制体系^[4]。

5 提升高层建筑施工中大钢模应用效益的综合措施

5.1 加强团队协作与沟通确保大钢模配置方案的有效执行

在高层建筑施工过程中,有效的团队协作和沟通对于大钢模配置方案的成功实施至关重要。通过建立跨部门的工作小组,包括设计、工程管理、采购等部门的专业人员共同参与讨论和决策过程,确保每一个环节都能充分考虑到项目的实际需求和技术要求。定期进行项目进度会议,及时分享各阶段的进展情况及遇到的问题,以便迅速调整策略。利用现代化通讯工具如即时通讯软件和云平台,实现信息的实时共享,使得所有相关人员能够同步获取最新资料和指令,减少误解和延误。设立专门的反馈机制,鼓励现场工作人员及时汇报问题和建议,确保任何潜在风险能够在第一时间得到解决,保障大钢模配置方案的顺利推进。

5.2 结合实际情况灵活调整大钢模使用策略应对突发状况

面对复杂的施工环境和多变的现场条件,灵活调整大钢模使用策略是应对突发状况的关键。在遭遇恶劣天气或

不可预见的技术难题时,需根据具体情况快速做出反应。调整模板布局以适应新的施工顺序或者改变支撑方式来增强结构稳定性,都是常见的应对措施。针对不同施工阶段的需求变化,制定相应的应急预案,明确各种情况下的处理流程和责任分工,确保应急响应的高效性。保持与供应商的紧密联系,确保在紧急情况下能够迅速获得必要的材料和支持。这种灵活性不仅有助于克服短期挑战,还能为长期规划提供宝贵的实践经验,进一步优化大钢模的应用策略^[5]。

5.3 注重培训和技术积累提高施工人员对大钢模的应用能力

提升施工人员对大钢模的应用能力是确保工程质量的重要因素之一。为此,需要开展系统的培训计划,涵盖从基础理论到高级技能的全方位内容。通过模拟实战训练,让施工人员熟悉大钢模的操作流程及其安全注意事项,增强其实践操作能力。组织专家讲座和技术交流会,分享最新的行业动态和技术进展,拓宽员工的知识面和视野。建立内部知识库,记录每次项目的经验教训和技术要点,形成一套完整的参考资料体系,供后续项目借鉴。鼓励技术人员进行自主创新,探索更加高效的大钢模应用方法,并将这些创新成果应用于实际工作中,不断提升整体施工水平。这种持续的学习和积累过程,对于提高施工效率和质量具有重要意义。

6 结语

本文通过对大钢模在高层建筑施工中的优化配置与成本控制进行深入探讨,提出了从选型、布局到实际应用中的一系列策略。强调了科学合理的资源配置和有效的成本控制措施对于提高施工效率、保证工程质量的重要性。展示了如何通过团队协作、技术创新以及人员培训等手段,进一步提升大钢模的应用效果。优化配置方案不仅能够显著降低项目成本,还能有效应对施工现场的各类挑战,为高层建筑施工提供了坚实的技术支撑和发展方向。

【参考文献】

- [1]李明.大钢模技术的发展及其在现代建筑中的应用[J].建筑科技,2023,15(4):78-89.
- [2]王强.高层建筑施工中大钢模配置存在的问题与对策分析[J].工程管理前沿,2023,10(2):112-120.
- [3]赵伟.BIM技术在建筑工程模板施工中的应用研究[J].施工技术,2024,22(3):67-75.
- [4]孙丽.成本控制理念在高层建筑施工中的实践与探索[J].经济与管理评论,2024,18(1):45-53.
- [5]陈刚.提高大钢模使用效益的方法与策略[J].建筑经济,2025,20(5):90-98.

作者简介:刘凯华(1985.11—),男,汉族,毕业学校:河北工程大学,现工作单位:北京建工建筑产业化投资建设发展有限公司。

论建筑桥梁工程地震伤害的成因及防震方案

向星宇¹ 张力文²

1. 重庆建筑工程职业学院, 重庆 400074

2. 重庆市弘禹水利咨询有限公司, 重庆 401120

[摘要]桥梁是现代交通系统中不可或缺的重要组成部分, 它承载着连接不同地区、支撑运输网络的重大责任。随着地震灾害频繁发生, 桥梁的抗震能力已成为建设工程中的关键研究领域。地震造成的损失不仅限于人员伤亡, 还会严重影响社会经济活动, 尤其是交通中断造成的影响。为了有效降低桥梁在地震中的破坏程度, 提高桥梁的抗震能力, 相关设计和技术得到了迅速发展。如今, 随着抗震理论及技术的不断革新, 桥梁的抗震设计已不再仅仅依赖传统的被动防御, 而是融入了更多主动防护手段。近年来, 诸如减震支座、冗余设计等技术的应用, 显著增强了桥梁的抗震性能。本研究旨在探讨不同桥梁类型及施工环境下的抗震设计方案, 分析相关技术对提升桥梁抗震能力的具体作用, 为桥梁工程的抗震设计提供理论依据与实践指导。

[关键词]桥梁震害; 抗震设计; 减隔震技术; 能量耗散; 地基稳定性

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16095

中图分类号: TU352

文献标识码: A

Discussion on the Causes of Earthquake Damage in Building and Bridge Engineering and Seismic Prevention Plans

XIANG Xingyu¹, ZHANG Liwen²

1. Chongqing Jianzhu College, Chongqing, 400074, China

2. Chongqing Hongyu Water Conservancy Consulting Co., Ltd., Chongqing, 401120, China

Abstract: Bridges are an indispensable and important component of modern transportation systems, carrying the significant responsibility of connecting different regions and supporting transportation networks. With the frequent occurrence of earthquake disasters, the seismic resistance of bridges has become a key research area in construction projects. The losses caused by earthquakes are not limited to casualties, but also seriously affect social and economic activities, especially the impact caused by traffic interruptions. In order to effectively reduce the degree of damage to bridges during earthquakes and improve their seismic resistance, relevant designs and technologies have been rapidly developed. Nowadays, with the continuous innovation of seismic theory and technology, the seismic design of bridges no longer relies solely on traditional passive defense, but incorporates more active protection measures. In recent years, the application of technologies such as shock-absorbing bearings and redundant design has significantly enhanced the seismic performance of bridges. The purpose of this study is to explore seismic design schemes for different types of bridges and construction environments, analyze the specific role of relevant technologies in improving the seismic resistance of bridges, and provide theoretical basis and practical guidance for seismic design of bridge engineering.

Keywords: bridge damage; seismic design; seismic isolation technology; energy dissipation; foundation stability

引言

随着社会经济不断发展, 交通基础设施规模持续扩大, 桥梁工程建设呈现出大跨、高墩的特点。我国地震灾害频发, 地震烈度存在局地高值情况, 这给桥梁安全运行带来了严峻考验。桥梁是交通网络中的关键节点, 其抗震性能对区域经济以及应急救援能力有着直接影响。传统桥梁抗震设计往往依靠强化构件强度与刚度, 但忽略了结构体系的延性以及能量耗散能力, 难以应对强震带来的影响。近些年来, 减隔震技术、耗能装置以及高性能材料等新技术层出不穷, 为提升桥梁抗震性能开拓了新的思路。与此国家相关抗震规范也在不断修订, 设计理念逐渐从构件层面拓展到结构整体, 使得桥梁抗震设计步入多元化发展时期, 桥梁全寿命周期管理以及运营维护的抗震安全性也日益

受到重视。特别是跨海大桥的抗震需求更为紧迫。

1 桥梁被地震震害的原因分析

由于地壳的不断移动, 梁式桥梁的盖梁的宽度偏窄引起上部分桥梁的活动节点与落梁不断的摩擦、碰撞导致损坏, 而拱式桥梁却是拱上与拱腹的部分受到了破坏, 拱脚与拱顶处产生了裂缝, 更可能使整个拱变形。在建筑桥梁时没有考虑到抗震级别的要求, 可能使支座受到损害。当与强大的地震力相互作用时, 对支座的要求较高, 由于支座的连接部位或者支座用材的不足等缺陷, 可能会使支座发生较为巨大的变化, 从而使螺丝弹出、压断或是使支座的部位脱落, 进而导致桥梁在地震力的传递过程中发生损坏。有时可能是桥梁下部发生损坏, 该情况是因为桥梁的底部结构存在缺陷而使得难以承受自身的重量和支

座传递的地震力发生形状的变化与裂纹,使得整个桥梁受到损坏。在松软的河边土地上建造桥梁,地基不稳,受到地震力时向河岸滑动,桥台朝着河心移动。

2 桥梁震害的主要表现形式

2.1 上部结构损毁

在地震的作用之下,桥梁的上部结构因为惯性方面的作用,是有可能出现横向位移的情况的,甚至还可能出现扭转变形这样的状况,更有甚者,甚至会出现整体坠落的严重情形。尤其在连续梁桥以及悬索桥这两种类型的桥梁当中,这种现象就显得更为普遍一些。像桥面板、主梁、拱圈等等这些构件,在受到动力激励之后,就会出现裂缝、破碎或者变形等诸多问题,这些问题的存在,无疑会对桥梁的整体刚度以及承载能力产生一定的影响。

2.2 支座系统失效

桥梁支座处在连接上部结构和下部墩台的重要位置,它有着传力以及变形协调方面的作用。当发生地震的时候,因地震波所引发的水平震动远远超出正常的工况载荷情况,这就使得支座出现滑移、脱落或者遭受剪切破坏等状况^[1]。特别是传统的刚性支座,在遭遇强震的作用之下,通常难以吸收足够的能量,非常容易出现失效的情况,最终致使上部结构产生滑移或者掉落的现象,进而引发桥梁的整体功能出现失效的状况。

2.3 下部结构断裂

墩柱、桥台等下部结构会直接承受地震波的作用以及上部结构所传递下来的动力负荷,在地震作用之下,桥墩有可能出现剪切破坏、弯曲屈服乃至断裂倒塌等情况,而高墩或者薄壁桥墩因为其柔度较大,所以更易于发生失稳的现象,另外当墩台与地基之间的连接较为薄弱的时候,同样也会引发基础脱离或者是整体倾覆等问题。

3 桥梁震害的原因分析

3.1 桥梁结构设计缺陷

部分桥梁在设计的时候没有充分考虑到地震的情况,把构造细节和整体抗震性能之间的协同给忽略了。结构刚度分布得不均匀、质量有偏心、节点连接也不合理等等这些问题,会让桥梁在地震当中形成一些薄弱的地方,然后这些薄弱的地方就容易诱发桥梁出现破坏的情况^[2]。另外还有一部分旧桥是按照早期的标准来设计的,它的抗震性能没办法满足当下地震设防的要求,在地震当中特别容易失效。

3.2 抗震设计不足

抗震设计理念存在滞后情况,且规范执行方面也做得不够到位,这无疑成为了桥梁震害频频发生的关键原因之一。部分负责设计的单位仅仅把目光聚焦在竖向承载能力这然而却对水平地震力可能产生的影响给忽略了,如此一来便致使桥梁缺少了本应具备的必要横向抵抗能力。与此就抗震计算而言,其并没有将极限状态分析包含进去,也没有去设置合理的延性设计以及留出相应的变形能力余地,进而使

得桥梁在遭遇大震的时候很难维持住自身的结构整体性。

3.3 桥梁下部结构缺陷

下部结构属于承载基础,若其抗震方面存在薄弱环节,那么这将会径直对桥梁的安全状况产生影响。部分桥墩在设计的时候,其尺寸呈现出偏小的态势,而且配筋的情况也显得不足,如此一来便很难去承受地震荷载,尤其是在高烈度区域,出现剪切或者弯曲破坏的可能性颇高。要是桥台结构的处理不够妥当,像是回填土的压密程度不足,又或者是防冲刷的相关措施落实不到位,那么在地震发生之后,就极有可能会失稳或者塌陷这类情况。

4 桥梁抗震设计的基本原则

4.1 整体抗震体系的协同作用

在整体的抗震体系当中,要借助地震响应分析以及模态分析这两项手段,清楚地弄明白各个部位的主导振型还有剪切力分布情况,并且运用有限元法针对梁、墩以及基础所构成的系统展开联立方面的计算,从而保证设计出来的刚度以及质量分布能够和预期的地震波频谱达成匹配的状态。与此在节点的位置应当设置起缓冲区域或者具备可调刚度特性的构造,就好比在支座下方额外加装能够调节刚度的垫块,以此让上部的结构在不一样的地震工况之下都能够以一种较为协调的方式去发生变形,防止出现因为“硬点效应”而引发的局部破坏状况。

4.2 延性设计及能量消耗机制

延性设计需和容量设计理念相结合起来,针对塑性铰的位置、配筋截面以及构造加固区域予以精确把控,务必要让破坏率先出现在便于监测且易于修复的耗能构件之上,而不是出现在那些容易发生脆性破坏的薄弱部位。除了常规的钢筋混凝土塑性铰之外,还能够在关键截面引入诸如形状记忆合金或者高阻尼橡胶这类耗能元件,以此给结构赋予一条能够持续且稳定地进行能量耗散的途径,并且要留有足够的承载能力以及变形能力,从而能够抵御多次地震动所带来的累积损伤情况。

4.3 多重抗震防护措施

抗震防护需体现出“材料—构造—设备”多层次组合的特点:在初期阶段,要选用高韧性混凝土以及抗拉性能经过优化的钢筋;到了中期阶段,借助弹性限位器、减震阻尼器等构造设备来强化能量耗散效果;在高级阶段,可以于重点桥段采用隔震支座或者滑动装置,达成上部结构和地震基岩的动力脱钩状态。针对关键节点开展冗余设计,在主承力构件以外预留次承力通道,以此提升抗震容错性。

5 桥梁工程防震技术方案

5.1 结构优化与冗余设计

结构优化算得上是提升桥梁抗震性能的关键环节。就不同桥型来讲,得借助恰当分配刚度以及质量的方式,减少结构固有频率和地震冲击出现共振的风险。多跨连续梁桥能够运用预应力连续布置或者斜撑结构体系,以此来增

强桥梁在横向以及纵向的刚度。而在简支梁桥当中,合理安排吊杆又或者是附加箱梁,进而让各跨的承载趋于平衡。在优化设计的过程里,还得运用参数化分析以及多目标优化算法,针对截面尺寸、配筋率还有节点构造展开联合优化,力求最大程度地提升抗震储能的能力。冗余设计会借助在关键受力部位设置备用受力路径的方式,以此来增强结构的容错能力。其具体举措包含:于主梁和支座之间额外增设双向限位器,从而保证当单一构件发生失效情况之后,荷载可以实现及时的转移;在墩台与基础的连接之处安排备用锚杆或者铺设钢板加强环,借此避免连接板出现脱落状况;针对重要的桥塔以及刚架增添内部钢桁,进而构建起多重重力层次,让桥梁在遭遇地震作用而出现局部破坏的时候,依旧能够维持其整体功能。

5.2 减隔震技术应用

减隔震技术会在结构和支座之间引入耗能或者隔震装置,以此来有效减弱地震波的传播。粘滞阻尼器由于其具备阻尼特性,能够把结构动能转变成热能,所以在主梁和桥墩之间或者是斜拉索节点处得到了广泛应用,进而可大幅减少位移响应。屈服型耗能器则是凭借金属塑性屈服机制,给出稳定的滞回能量耗散成效,适合用在桥梁中跨与支座连接的区域。隔震技术主要运用铅芯橡胶支座以及滑动摩擦支座^[3]。其中,LRB是由高阻尼橡胶层加上铅芯构成的,在正常工况之下能够确保一定的刚度,并且在遭遇地震作用时还能够给出可控的位移以及实现能量耗散;FPS则是凭借不锈钢板或者陶瓷涂层所具有的摩擦特性,让上部结构能够在地面运动之外实现滑动隔离,它比较适用于那种地震烈度特别高或者对于桥梁震后可用性要求极为苛刻的场景。在实际开展工程建设的过程中,可以把减震装置和隔震装置组合起来加以应用,进而构建起多层次的防护网络。

5.3 下部结构加固与基础处理

下部结构可以说是桥梁抗震的根基所在,其加固工作需要从整体性和延性这两个方面来展开。就新建的高墩桥而言,可以在设计阶段选用大截面且低纵横比的墩柱,同时在柱端安置MPA装置,以此来提升屈曲承载力。而对于那些既有的老旧桥墩来讲,纤维增强聚合物包裹技术因其施工较为简单并且附加荷载比较小,所以被广泛应用于墩柱的外部包裹操作上,经过加固之后能够大幅度提高抗弯以及抗剪的性能。除此之外,采用钢套筒包裹加上高强细石混凝土的双重加固方式,能够在关键截面形成高强薄壁环,进而增强延性。就基础处理来讲,依照地基所具备的承载力以及场地出现液化风险的情况,可以优先考虑选用预应力管桩、灌注桩或者沉井基础,如此便能够保证深层土体去承担绝大部分的地震荷载,在软弱土所在的区域,借助静压、振动夯实亦或是高压喷射注浆等方式,让地基的密实度以及抗剪强度得以提高。而对于填土或者淤泥质地基而言,可以采用换填砂砾或者是夯实灰土桩的技术手

段,并且要和土钉墙或者锚索支护相互结合起来,以此来提升整体的抗震稳定性。

5.4 高性能材料与智能监测系统

高性能材料的运用给桥梁抗震开拓了全新的可能性。高性能混凝土具备高强度的特点,还有较低的渗透性以及不错的粘结性能,能够大幅提高结构的耐久性以及抗裂性。自密实混凝土在复杂的节点位置施工起来表现优异,确保了构造细节的完整无缺。形状记忆合金有着超弹性的特性,并且有自恢复的能力,能够在拉索、缆索或者铰支座等部位达成自愈式的耗能以及变形恢复的效果。智能监测系统会在主梁、桥墩以及地基处布置加速度计、应变片还有位移传感器,以此来实时采集桥梁的响应数据,同时结合无线通信以及云平台技术,去构建在线监测与预警模型。借助大数据以及机器学习算法,可以对地震动数据展开分析,从而预测出结构可能存在的潜在损伤,在地震发生之后,还能快速完成安全评估,以此来指导应急维修以及风险管控工作。依据数字孪生所打造的全寿命周期管理系统,是能够达成桥梁设计、建设、运营以及维护方面的闭环反馈的,进而持续对抗震性能加以优化。

6 结语

随着桥梁结构变得越来越复杂,使用环境也呈现出多样化的态势,在这样的情况下,地震灾害给桥梁带来的威胁一天比一天明显起来。本文从桥梁遭受地震灾害之后所呈现出来的表现形式以及产生这些表现的原因着手,全面且细致地对抗震设计应当遵循的基本原则以及当下较为前沿的技术路径展开了探讨。通过相关研究可以发现,倘若想要构建起一个在科学层面以及合理性方面都经得起推敲的桥梁抗震体系,那么就必须把结构方面的优化举措、注重延性的设计思路、能够起到减隔震作用的相关措施还有针对地基所采取的加固办法有机地结合起来才行。与此智能材料和信息技术相互融合之后所产生的成果,很可能会在未来桥梁抗震领域的发展过程当中成为一个极为重要的指向标。

【参考文献】

- [1] 匡文飞. 门式墩—桥梁—轨道—接触网系统地震易损性分析[D]. 长沙: 中南大学, 2023.
 - [2] 冯佳. 桥梁工程中地震韧性的评估和优化[J]. 工程技术研究, 2023, 8(22): 187-189.
 - [3] 罗承轶. 桥梁工程中隔震支座对地震响应影响的实验研究[J]. 交通建设与管理, 2024(4): 84-86.
- 作者简介: 向星宇(1997.2—), 毕业院校: 中南大学, 所学专业: 土木工程, 就单位职务: 专任教师, 当前就单位名称: 重庆建筑工程职业学院; 张力文(1997.7—), 毕业院校: 大连理工大学, 所学专业: 土木建筑, 当前就单位名称: 重庆市弘禹水利咨询有限公司, 就单位职务: 纪检委员, 职称级别: 助理工程师。

市政道路排水工程顶管施工的关键技术分析

黄 华

西安市西郊市政设施养护管理有限公司, 陕西 西安 710082

[摘要]随着城市化进程的加速,城市基础设施的建设需求日益增长,市政道路排水工程成为保障城市正常运行的重要组成部分。顶管施工作为一种先进的地下施工技术,因其高效、安全、环保的特点,越来越多地应用于市政道路排水系统的建设中。顶管施工无需开挖地面,能够有效减少对交通的影响,降低环境污染,同时还具有较强的适应性,能够在狭小的空间中完成复杂的工程任务。通过这种方式,不仅能够提高施工效率,还能确保城市排水系统的稳定性和可靠性,有力支持城市排水能力的提升。

[关键词]市政道路排水工程;顶管施工;关键技术;安全控制;施工质量

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16119

中图分类号: TU991

文献标识码: A

Key Technical Analysis of Top Pipe Construction in Municipal Road Drainage Engineering

HUANG Hua

Xi'an Xijiao Municipal Facilities Maintenance and Management Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710082, China

Abstract: With the acceleration of urbanization, the demand for urban infrastructure construction is increasing day by day, and municipal road drainage engineering has become an important component to ensure the normal operation of cities. Top pipe construction, as an advanced underground construction technology, is increasingly being applied in the construction of municipal road drainage systems due to its high efficiency, safety, and environmental protection characteristics. Top pipe construction does not require excavation of the ground, which can effectively reduce the impact on traffic and environmental pollution. At the same time, it has strong adaptability and can complete complex engineering tasks in small spaces. Through this approach, not only can construction efficiency be improved, but the stability and reliability of the urban drainage system can also be ensured, effectively supporting the improvement of urban drainage capacity.

Keywords: municipal road drainage engineering; top pipe construction; key technology; safety control; construction quality

引言

城市防洪排涝及市政基础设施的持续发展,与市政道路排水系统建设相辅相成,传统挖掘技术面临现代城市排水需求之挑战,尤其在都市中心及商业密集地带,施工开挖常伴随交通拥堵及环境污染现象,鉴于顶管技术在较小开挖规模中的实施性,实施管道布线作业,构成解决问题的关键途径,本文将全面分析市政道路排水工程顶管施工的核心技术,考察技术实施过程中的难题及处理途径。

1 顶管施工技术的基本原理

1.1 顶管施工概述

顶管施工是一种先进的无开挖施工技术,它在市政建设中的地下管道铺设方面得到了广泛地应用,尤其是排水管道、输水管道以及通信管道等项目。与传统的开挖施工方法相比,顶管施工采用了一种非开挖的方式进行,显著减少了对地面交通和环境的破坏,同时施工过程中也大幅降低了对周围建筑物的潜在影响。在顶管施工的过程中,施工设备会从管道的起点处开始推进,利用顶管机的力量,通过土壤或岩石的压力,逐步将管道推进到预定的位置。由于这种施工方式无需进行大规模的地面开挖,因此能够

大幅度缩短工期,并且在施工过程中减少了安全隐患。特别是在城市密集区或交通繁忙的地区,顶管施工技术能够有效地避免对周围环境和交通的干扰,特别适合于跨越河流、铁路、道路等难以开挖的区域。此外,顶管施工还具有环境友好、节省空间、减少噪声等优点,完全符合现代化城市建设对环保和资源节约的高标准要求^[1]。

1.2 顶管施工设备的组成与作用

在顶管施工过程中,所使用的设备种类是相当繁多的。其中,顶管机作为核心设备,扮演着至关重要的角色。它主要负责将管道从起始点逐步推进至目标位置。顶管机的设计具有极高的灵活性,可以根据不同的土层条件进行相应的调整,无论是坚硬的岩石还是松软的土壤,顶管机都能够顺利地进行作业。通过其强大的推进力,顶管机能够克服土壤的阻力,将管道安全地安装到预定的位置。除此之外,顶管机还配备了各种先进的传感器和监控系统,这些系统能够实时监测施工过程中管道的状态以及推进的力道,从而确保施工过程的精确性和安全性。导向装置是顶管施工中的另一个重要组成部分,它的主要作用是确保顶管机能够沿着预定的路径行进,避免偏离目标位置。导

向装置通常会采用激光或其他先进的测量技术进行精准定位,以保证管道的精度与方向性。而土方清理设备则负责处理施工过程中产生的土方和杂物,确保施工通道畅通无阻,避免土方堆积影响施工进度和质量。正是通过这些设备的紧密配合和高效协作,顶管施工才能够顺利、稳定地完成。

2 顶管施工过程中的关键技术问题

2.1 设计要求与施工方案的优化

顶管施工设计构成项目实施的核心要件,设计阶段应对土壤及水文地质背景进行调研,也需纳入管道尺寸与敷设路径等核心考量,施工难度受土层性质及类型制约明显,全面地质条件评估是设计阶段的基础,针对复杂地层结构,施工方案优化乃关键途径。顶管路径抉择极为关键,维持路径畅通无障碍,应消除潜在障碍,管道规格应与地质条件相契合,适应施工强度与耐久性挑战的挑战要求,设备选用需与地质条件相契合,在高密度及坚硬地层,高推进力顶管机为首选,设计阶段应采纳监测系统方案,持续跟踪施工全过程的土层变化、管道安装及顶管机运行状态,保障施工安全水平,调整施工结构,应全面权衡成本、工期与资源的高效实施,实现项目实施的高效成果^[2]。

2.2 土层与地质条件对施工的影响

顶管施工受土层硬度、密实度及水文地质条件制约明显,土层硬度及密实度偏高,土层硬度与施工阻力成正比,硬度高则阻力大,尤其是在岩石质或硬土层层位层段,顶管机推进力可能未达到施工所需水平,甚至面临不可逾越的障碍,加大顶管机推力,或采用辅助施工手段,辅助施工措施,诸如爆破与钻孔,应对施工阻碍现象。施工过程明显受水文地质条件约束,在高水位地段,管道浮升问题与地下水变化紧密相扣,甚至引发管道稳定性降低,施工阶段应先行进行水文地质勘探,研究地下水位变动规律,在高水位地带实施,可实施高效防水防护方案,实施临时排水设施及防水材料部署,保障顶管施工的稳定性和安全水平,地质环境复杂区域群,施工顺利实施的核心要素为方案的适应性调整与即时应对策略。

2.3 管道安装与质量控制

顶管施工阶段,管道安装质量与后期使用安全及耐久性紧密相连,施工实施阶段,管道连接环节必须按照设计规范实施,维持接头密封牢固性,减少接头不严密引起的管道泄漏与位移,管道安装质量与材料品质紧密绑定,旨在保障管道对长期使用中不同外部负荷的承受力,初期施工阶段宜选用满足设计规范及高耐久性的管材。安装实施阶段,必须持续校对管道的水平和垂直定位,预防安装误差引起的管道应力集中风险,安装作业之后阶段实施,管道应进行严密的质量检验,实施压力测试与水密性检验,再现管道内外压力值,维持管道在标准操作条件下的稳定性,水密性检验维护管道无渗漏,维持管道系统的安全稳

定性,施工阶段中实施,常规检验是质量保障的根基,必须采用精细的检测技术消除潜在隐患,维持管道系统的整体性与稳定性水平^[3]。

3 顶管施工中的安全控制与风险管理

3.1 施工安全管理的重要性

顶管技术构成地下工程的关键施工技术,普遍融入城市基础设施项目,诸如城市轨道交通、地下管网等行业,顶管施工流程繁复,风险等级高,设备与人员数量繁复,安全管理为核心环节要求,力保施工过程无停滞,预防事故隐患,施工前及施工阶段应严格执行安全管理程序。全面安全培训是施工队伍的必经阶段,保障工人对顶管施工风险及应对策略的掌握,培训需包含设备操作规范、安全防护及应急处理程序细节,特别强调顶管机操作及故障处理、管道铺设的安全关键点,确立详细的安全作业指导原则,是施工单位针对项目特性的关键步骤,制定安全措施执行细则,施工各阶段需依循规程操作。

施工安全保障的实现离不开施工现场的安全设施,基于现场实际背景,施工单位需实施,配备所需的安全器具,规范安全装备清单,如防护网、警示标识及应急救援设备等,施工实施阶段之,应进行设备运行状况的周期性审查活动,特别关照顶管机的养护与检测作业,及时识别并消除潜在故障,减少因设备故障引发的卡死及损坏概率,须提高管道铺设监控水平,防止施工失误及土质不稳定引起的塌方、滑坡等灾害,建立突发事件的应对预案,应配置专业救援团队及装备,确保突发事件发生时迅速开展救援行动,规范操作人员操作纪律,降低由设备误操作引起的潜在安全威胁。

3.2 风险识别与应对措施

顶管施工技术归类于复杂且风险显著的地下工程作业范畴,面临多重挑战与风险,不稳定土壤状况易造成管道铺设时的变形与坍塌现象,管道质量问题往往引起泄漏及破裂,设备故障可能引起施工中断,导致安全事故,实施有效手段应对风险挑战,各施工阶段应执行一系列程序,维持施工连续性,降低风险隐患的潜在威胁。施工前应进行系统地质勘探,对施工区域土壤、地下水位及岩土结构等要素进行细致探测,可全面把握地下环境的复杂层面,构建施工方案的科学根基,报告助力施工单位预见不稳定土壤地带,实施针对性加固施工,缓解施工期地质灾害的潜在威胁,勘察成果辅助施工设备与工艺的选配,提高施工效率及安全防护水平^[4]。

施工实施阶段,迅速应对潜在威胁源,推进实时监控与数据分析的结合,实施自动化监控手段,实时监控顶管机操作、管道铺设状况及施工场地土壤变化等核心参数,检出异常数据信号,系统激活预报警模式,引领调整操作实施,防止问题进一步扩散,土壤松动及设备故障显现之刻,系统自动调整设备速度参数,或实施停工程序,确保

安全。风险管理中,应急预案的制定占据核心地位,施工单位需识别潜在紧急事故,涵盖设备故障、塌方、管道质量问题等潜在威胁,预先制定全面应急预案,实现突发事件的即时反应能力,可快速实施有效应对,设备故障情形出现,应配置备用设施及快速修复机制;若出现塌方,现场应配备专业救援队伍及应急物资保障机制,实现事故处理的即时高效处理。

4 顶管施工的环保与可持续性分析

4.1 减少对环境的影响

与传统的挖掘技术相对比,显著展现环保潜力,尤其是在城市化快速扩张的阶段,顶管技术成为城市基础设施建设的首选技术方案,传统施工模式普遍依赖大面积地面开挖,能源及资源消耗急剧上升,也产生了土方运输及堆放环节的环境污染后果,尤其在人口稠密区,施工过程大幅消耗道路资源,引起交通拥堵效应,干扰周边居民出行节奏,施工开挖对城市外观质量构成损害,破坏了道路美感,居民生活面临干扰。

顶管施工技术采纳地下作业技术路线,施工阶段无需地面大规模开挖,摆脱了土方运输的依赖,出土方回收成为标准作业程序,并实施科学管理,与传统的挖掘技术形成对比,环境破坏降低至较低水平,顶管施工多采用地下作业方式,施工噪音及扬尘量明显削减,显著降低了施工对周边居民生活环境的干扰,与既定施工模式相较,顶管施工技术有效减轻了施工引起的空气污染,有效阻断了周边环境的二次污染扩散,大幅减轻了城市生态环境的破坏后果。在都市密集地带,顶管施工有效降低地下水破坏及土壤污染风险,传统挖掘作业常干扰地下水流动规律,或引发水源污染,顶管施工技术实施精细化的地下作业,阻隔地下水系破坏,维持地下水资源,防止施工引起的土壤沙化后果,现代城市建设采纳顶管技术以实现环保施工,也为促进城市可持续发展的核心途径^[5]。

4.2 资源回收与再利用

顶管施工阶段,废土回收与处理是施工绿色环保的核心要求,顶管施工伴随废土大量生成,废土主要源自地下施工的挤压及挖掘作业,若废土回收处理未达预期,存在环境污染的潜在威胁,也引发资源回收的浪费,探讨废土利用路径的合理性,成为施工绿色化与资源节约研究的核心焦点领域。废土回收与再利用助力城市基础设施建设拓展环保空间,筛选、改良及加工后的废土展现出广泛的应用前景,处理废土被城市绿化项目采纳,为公园绿地补给优质土壤,扩大绿化地带,增进空气质量水平;在建筑材料应用方面,废土可作为砖块、混凝土等建材的基底,降

低了自然资源依赖水平,减少了矿产资源的开采依赖,优化了资源循环利用的路径,该行动契合了当代社会对环保的迫切需求,该行动推动了城市可持续材料供应的进步。

顶管施工阶段,设备与材料应采纳环保标准,现代顶管施工设备普遍采用节能环保动力机制,能源消耗同步降低至新水平,降低CO₂排放水平要求,采用环保施工机械,显著降低环境污染水平,也增强施工效率,精简施工阶段,增进工程效益的整体水平。采纳环保型及可回收资源,摒弃对环境持续污染的化学成分,持续降低施工环境压力水平,实施废土回收与再利用路径,整合现代与绿色施工理念,顶管施工有效降低施工环境负荷,推动市政工程与城市建设向环保低碳的新阶段过渡,该策略与城市可持续发展的理念相协调,也推动未来城市建设走向环保高效的新阶段^[6]。

5 结语

顶管施工技术作为市政道路排水工程中的重要施工方法,具有许多优势,如减少开挖、节省时间、降低环境污染等。然而,在施工过程中,仍然存在着诸多技术难点,如土层条件的影响、设备选择与管道质量的控制等。通过加强设计优化、施工方案的合理性、施工质量控制及安全管理,可以有效地提升顶管施工的效率与质量。同时,随着环保意识的提高,顶管施工的可持续性和环保技术也将成为未来发展的重要方向。我们应继续探索顶管施工技术的创新与优化,为市政道路排水工程的顺利实施提供更加坚实的技术支持。

[参考文献]

- [1]周火凯.市政道路排水工程顶管施工的关键技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025(6):139-141.
- [2]杨志刚.市政道路排水工程污水顶管施工关键技术研究[J].水上安全,2024(23):139-141.
- [3]李熙浩.浅析简析市政道路排水管道顶管施工技术的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2024(24):103-105.
- [4]朱小龙.市政道路排水工程中的污水管顶管施工技术研究[J].建材发展导向,2024,22(4):116-118.
- [5]宋国强.市政道路排水工程污水管顶管施工技术研究[J].运输经理世界,2023(19):16-18.
- [6]黄腾飞.市政道路排水工程污水管顶管施工技术研究[J].智能建筑与智慧城市,2023(5):170-172.

作者简介:黄华(1984.6—),毕业院校:长安大学,所学专业:道路桥梁与渡河工程,当前就职单位:西安市西郊市政设施养护管理有限公司,职务:设备管理员,职称级别:初级工程师。

污水处理厂工程池体构筑物大体积混凝土施工及裂缝控制

沈志成

安徽建工三建集团有限公司, 安徽 合肥 235300

[摘要] 大体积混凝土施工是污水处理厂工程池体构筑物建设的核心, 其施工质量和效果直接影响着工程池体构筑物的性能、稳定性。在大体积混凝土施工的过程中, 如何控制混凝土裂缝, 保证池体结构的稳定、耐用最为关键。本篇文章简要分析污水处理厂工程池体构筑物大体积混凝土施工的技术要点, 针对裂缝控制问题提出相应的预防措施、补救方案, 以期提高大体积混凝土施工的质量、效果, 减少裂缝的发生, 为污水处理厂工程的顺利建设奠定坚实的基础。

[关键词] 污水处理厂; 大体积混凝土; 施工裂缝

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16126

中图分类号: TU9

文献标识码: A

Construction and Crack Control of Large Volume Concrete for the Pool Structure of Sewage Treatment Plant Engineering

SHEN Zhicheng

Anhui Construction Engineering Sanjian Group Co., Ltd., Hefei, Anhui, 235300, China

Abstract: The construction of large volume concrete is the core of the construction of sewage treatment plant engineering pool structures, and its construction quality and effect directly affect the performance and stability of the engineering pool structures. In the process of constructing large volume concrete, how to control concrete cracks and ensure the stability and durability of the pool structure is the most critical. This article briefly analyzes the technical points of large volume concrete construction for sewage treatment plant engineering pool structures, and proposes corresponding preventive measures and remedial plans for crack control issues, in order to improve the quality and effectiveness of large volume concrete construction, reduce the occurrence of cracks, and lay a solid foundation for the smooth construction of sewage treatment plant projects.

Keywords: sewage treatment plant; large volume concrete; construction cracks

引言

污水处理厂是我国城市基础设施建设的一环, 其池体构筑物的质量、性能直接关系到污水处理的质量、效果, 也影响着污水处理厂的运营效率。在大体积混凝土施工中, 为保证池体结构的稳定、安全, 应严格控制施工裂缝, 但因混凝土材料相对特殊, 易受施工环境及工艺等因素的影响而出现裂缝问题, 污水处理厂还应严格管控大体积混凝土的施工质量, 深入研究裂缝控制技术, 以提高工程质量。

1 工程概况

某城市污水处理厂扩建项目包含粗格栅及提升泵房、生物池、二沉池等混凝土池体构筑物。其中, 生物池呈矩形, 平面尺寸 100m*50m, 池深接近 10m, 设计壁厚与底板厚度分别 0.7m、1.0m, 混凝土强度等级 C30。粗格栅及提升泵房结构呈矩形, 平面尺寸 34m*16.5m, 池深比生物池大, 接近 18m, 池壁与底板厚度分别 1.0m、1.2m, 混凝土强度等级 C30。基于项目工程情况与施工需要, 污水处理厂决定采用大体积混凝土施工方法, 单次最大浇筑量(连续) 1200m³。而因项目所处的地质环境相对复杂, 地下水位高, 对混凝土的抗渗性能、耐久性能等均提出严格的要求。考虑到池体结构复杂、体积较大, 对于尺寸把控极为严格, 施工过程中需要解决水化热温升、内外温差控制等

问题。加之, 池体长时间接触污水、腐蚀性介质等, 在裂缝控制上也有极高的要求, 其裂缝宽度应不超过 0.2mm。

2 大体积混凝土施工技术要点

2.1 施工准备

为规避施工过程中出现裂缝问题, 在项目施工前污水处理厂严格选定水泥材料。如, 检验海螺牌、铁鹏牌等 4 种 425R 普通硅酸盐水泥, 结果如图 1 所示。图中 3、4 分别是海螺牌、铁鹏牌的 425R 水泥, 与其他水泥相比, 这两种水泥的水化热升温最低, 是 62℃, 其出现热高峰的时间段较晚。为避免大体积混凝土施工中出现裂缝, 污水处理厂决定选用铁鹏牌水泥。选完水泥材料后, 需要确定混凝土配合比, 其需满足混凝土等级 C30 要求, 抗渗等级应达到 P8, 水灰比控制在 0.55, 坍落度 110~140mm 以外。在不影响混凝土质量的基础上, 需要尽可能降低每立方米混凝土拌合物的水泥用量。该项目利用双掺技术, 在掺加粉煤灰时同步掺入减水剂, 利用粉煤灰代替部分水泥, 能够降低混凝土拌合物的温升, 还能延迟热高峰时间。

除了上述准备工作外, 该项目配置 4 台 52m 臂架泵车, 19 台 ZN-70 型高频振捣棒, 并备用 1 台 500kW 的柴油发电机, 以保证混凝土浇筑的连续性。在施工前的 48 小时

内做好设备联调,确保施工不会受设备影响而中断。同时,污水处理厂使用精度为 $\pm 2s$ 的全站仪复测池体轴线、标高等,其允许偏差范围如下:池体轴线 $\pm 5mm$;标高 $\pm 3mm$,并设置11处沉降观测点,在混凝土浇筑前后实时监测基础的稳定性。

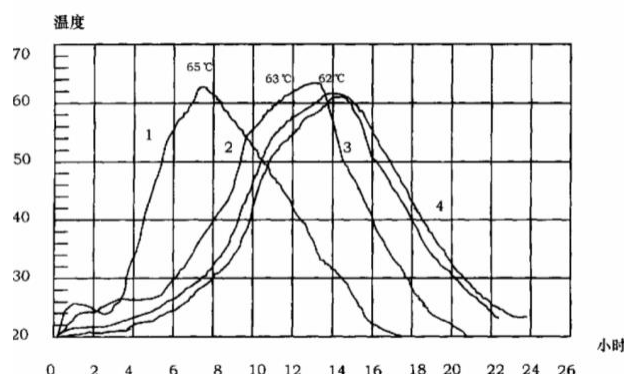


图1 相同条件下的水化热对比化验

2.2 后浇带与施工缝处理

为管控施工中的收缩裂缝,保证整体结构的稳定、可靠,该项目还开展后浇带与施工缝处理工作。由于污水处理厂的池体体积较大、结构相对复杂,需要合理设置后浇带并处理好施工缝来释放温度应力,消除薄弱界面。在后浇带设置环节,该项目避开池体应力相对集中的区域,如进出水管预埋部位、池壁转角处等,并顺沿结构的纵向、横向布置后浇带。后浇带的布置间距保持35m,宽度最小是800mm,最大不超过1000mm。其中,温度后浇带可以释放混凝土28天内的温度收缩应力,封闭时间超过60天;沉降后浇带主要协调各区块的沉降差异,封闭时间一般是90天^[1]。该项目还进行界面处理、微膨胀混凝土等操作,即对两侧混凝土进行凿毛处理,深度控制在5mm以上,全面清除浮浆后为其涂刷界面剂。施工过程中,还使用C45补偿收缩混凝土,限制膨胀率在0.025%以上,以抵消收缩变形。

施工缝处理中,该项目将施工缝设置在结构受力相对较小的区域,如远离池体转角、预埋管件的部位,能够防止应力过于集中而出现/扩展裂缝。在混凝土初凝之后,需要对施工缝表面进行凿毛处理,将其浮浆全部清除,裸露粗骨料,能够增强新混凝土、旧混凝土之间的黏结力。完成凿毛操作后,施工人员还要使用高压水枪进行冲洗,保证界面无油污或颗粒存在。为有效止水,施工人员在施工缝部位还预埋橡胶止水带,选用连续、紧密的止水材料,确保止水系统完整、可靠。浇筑施工前,在凿毛表面涂抹环氧树脂界面剂,保证涂抹均匀、有序,可以填补微观孔隙,形成一层黏结层。

2.3 分层分段浇筑工艺

该项目采用分层分段浇筑施工工艺,其参数情况见表1。

表1 浇筑参数

结构部位	分块尺寸(长*宽)/米	间隔时间	单块浇筑量/立方米	分块数量
生物池底板	45*42	1~3天	200	4~10
粗格栅池壁	5*4	1.5~3h	20	2~4

分层浇筑过程中,该项目采用跳仓法来划分浇筑单元。针对生物池的底板,依照其长度方向划分为多个单独的区块,严格把控各区块的尺寸,以免一次性浇筑体积过大致使混凝土水化热积聚。对于相邻两个区块,浇筑的时间间隔需要满足收缩应力释放需求,在硬化初期实现混凝土的部分变形,能够规避后期开裂。至于各区块的接缝部位,其应避开结构应力集中区域,合理预埋止水带能够保证接缝处的密封性^[2]。同时,对于不同的结构部位该项目采用差异化分层浇筑方法,在底板施工过程中以斜面分层、循序推进为主,推进速度不超过2m/h,严格把控每层混凝土浇筑的厚度,再基于斜面坡度管控其流动速度,能够保证各层结合紧密,以免出现冷缝。在池壁浇筑环节,该项目采用垂直分层工艺,每层高度不超过300mm,相邻两层的浇筑时间间隔1.5h,初凝时间在6h以上。由于该项目施工处于多雨、炎热的季节,在遇到降雨天气时施工人员分段搭设雨篷进行浇筑工作;在遇到炎热气候时,为减少混凝土后续冷缩发生开裂,施工人员严格管控混凝土的入模温度。施工过程中主要使用较低温度的水,为混凝土输送管覆盖草袋,每隔一定时间进行洒水,保持其湿润,以减缓管道混凝土的升温,避免混凝土吸入过多热量而失水并堵塞管道。

2.4 混凝土振捣

浇筑完成后,施工人员需要开展振捣作业,以保证混凝土的密实性、抗渗性等。该项目选用ZN-70型振捣棒,功率1.5kW,振动频率不低于12000次/分钟,振幅保持1.4mm,并搭配使用附着式振捣器、平板振捣器等,有机形成了“插入+附着+平板”的三位一体振捣系统^[3]。振捣作业中,振捣棒插入下层混凝土的厚度不小于50mm,以便消除层间的冷缝,主要按照“行列式”布点,其间距不超过390mm,单点振捣的时间保持在20~30s,如果混凝土表面泛浆且无气泡逸出,表明达到时间,可停止振捣。具体施工中,底板采用斜面分层浇筑方法,施工人员将振捣棒由坡脚斜向插入,这一过程需要保证上下层混凝土结构紧密、稳定。在完成一层混凝土浇筑作业后,需要及时振捣,以免时间间隔过久而出现冷缝问题。在池壁垂直分层浇筑的过程中,需要保证振捣棒与模板保持一定的距离,以免振捣棒触及模板而出现移位、漏浆等情况。针对钢筋相对密集的部位,施工人员使用小型振捣棒进行作业,同时配合人工插钎,以全面、高效地填充骨料。完成振捣作业后,施工人员通过敲击的方式检查模板外侧,以免出现空洞问题。由于管底和侧壁部位容易积聚气泡,施工人员还将振捣棒倾斜插入管底的空隙部位,适当延长振捣时间,由施工人员手动补料。对于

新、旧混凝土的交接位置,施工人员着重进行振捣处理,振捣棒需要插入旧混凝土的一定深度,以保证界面的黏结力。首次振捣完成后,施工人员在混凝土初凝前二次振捣,以免形成毛细孔道,减少混凝土的塑性收缩裂缝。二次振捣过程中,其深度即表层混凝土,时间管控在初凝阶段的临界点,能够避免影响已凝结部位^[4]。在振捣结束后,施工人员利用刮杠找平,在混凝土终凝前二次抹压并封闭表面的毛细孔,为其覆盖土工布这类保水材料,做好后续的洒水养护,有效防止混凝土的水分快速蒸发而出现龟裂问题。

2.5 温度控制及监测

大体积混凝土硬化过程中会出现水泥水化反应,从而产生大量的热量,这使混凝土内部温度不断升高,而混凝土的外部因散热速度较快,表面温度不断降低,致使混凝土的内外形成明显的温差。受此影响,混凝土会产生一定的拉应力,一旦拉应力超过混凝土的抗拉强度,会出现裂缝问题。考虑到这点,该项目针对温度控制进行了一系列工作。如,上文提及的使用水化热相对较低的水泥材料,加入粉煤灰减少水泥用量,延缓混凝土的升温速度。在内部降温过程中,施工人员预埋循环冷却水管,借助水流带走混凝土内部的热量,减小内部与外部的温差。同时,施工人员还进行了外部保温,在混凝土浇筑结束后为其覆盖保温材料,如塑料薄膜,减缓混凝土表面的散热速度,以免温度快速降低而出现收缩裂缝。

温度监测过程中,施工人员在混凝土内部的不同深度、位置安装温度传感器,实时采集混凝土温度数据,构建三维温度场模型。同时,基于无线传输技术将温度数据传输到监测系统,通过设定温差阈值,在其数据达到阈值时可以触发预警,并第一时间调整冷却水流量,规避温差问题。

2.6 养护

该项目混凝土终凝后,即浇筑后的6~12小时,施工人员为其覆盖土工布、麻袋等保水材料,利用自动喷淋系统保持混凝土表面湿润,确保覆盖的保水材料与混凝土紧密贴合,以免出现脱水情况。养护过程中,施工人员结合环境温度、湿度等条件灵活调整洒水的频率,特别是高温、大风天气下适当增加洒水次数,能够保证混凝土表面始终湿润^[5]。该项目混凝土的养护时间共14天,前7天主要控制温度、保持混凝土湿润,以免过早流失水分或温度降低而出现裂缝问题。在7~14天内,依据情况适当减少洒水频率,但保证混凝土的整体湿润,注重对后浇带、施工缝等部位的养护。14天后,池体拆模,在其暴露部位喷涂养护剂,形成保水屏障,进一步保证混凝土结构的抗渗性、抗冻性等。

3 污水处理厂工程池体构筑物大体积混凝土的裂缝控制措施

3.1 严格管控施工工艺

除采用分层浇筑、施工缝处理等方法外,合理设置模板与支撑系统也能避免混凝土裂缝。通常情况下,保证模

板的平整性、严密性,构建稳定、安全的支撑系统,能够防止浇筑环节模板变形或移位而导致混凝土裂缝。拆模过程中,严格管控操作时间,具体需由混凝土强度、气温条件等决定^[6]。在混凝土终凝前,施工人员应二次收浆,做好抹平处理,减少混凝土的塑性收缩裂缝。整个施工过程中,施工人员还要实时监测混凝土的温度、湿度、坍落度等参数,依据现场情况灵活调整施工参数,能够保证混凝土性能达到设计要求。

3.2 做好人员培训

施工人员是大体积混凝土施工的主体,施工人员的能力、素质直接影响着施工质量、效果。为有效控制混凝土裂缝,确保混凝土施工的质量,污水处理厂还应做好人员的培训工作。即组织施工人员系统学习大体积混凝土的施工理论,掌握裂缝产生的机理、预防措施,如温度控制、养护要求等。还要组织人员进行振捣、模板安装等实操培训,保证每位施工人员都能熟练掌握正确的操作方法,以免操作失误而出现裂缝。另外,污水处理厂还应定期考核施工人员,检验培训效果,考核不通过的人员不可上岗工作。

4 结束语

总而言之,大体积混凝土施工易受多方因素的影响而出现裂缝问题,严重影响着施工质量。在污水处理厂工程池体构筑物施工中,科学应用大体积混凝土施工技术,严格管控施工流程,做好各环节的质量与细节控制,能够提高大体积混凝土施工的质量、效率。尤其是混凝土浇筑、振捣与养护环节,严格按照工程标准、要求进行作业,能够有效控制混凝土裂缝,确保污水处理厂工程建设的质量与综合效益。未来,伴随科技水平的不断提升,还可以借助物联网、大数据等先进技术来智能化监控并管理施工过程,如利用智能传感器实时监测混凝土的内部应力、温度变化等,更能有效降低混凝土裂缝发生的风险,为施工决策提供有力的依据。

【参考文献】

- [1] 杨勤. 城市污水处理厂工程池体构筑物大体积混凝土施工及裂缝控制研究[J]. 建筑工程技术与设计, 2021(17): 795.
- [2] 黄贤斌. 水工构筑物大体积混凝土施工温控措施[J]. 中国水运, 2023(4): 140-142.
- [3] 刘松. 大体积混凝土水工工程施工中的温控措施探讨[J]. 水上安全, 2023(13): 194-196.
- [4] 王善义. 关于建/构筑物基础工程大体积混凝土施工要点的探讨[J]. 门窗, 2023(23): 208-210.
- [5] 李杰. 建筑工程大体积混凝土无缝施工技术分析[J]. 居业, 2020(6): 53-54.
- [6] 黎昌尧. 建筑工程中大体积混凝土结构施工技术研究[J]. 中国房地产业, 2020(4): 212.

作者简介: 沈志成(1990.11—), 男, 南京工程学院, 工程管理, 安徽建工三建集团有限公司, 技术负责人, 工程师。

市政工程施工技术通病与应对措施探究

樊新志

河北建设集团股份有限公司, 河北 保定 071000

[摘要]随着城市化进程的不断推进, 市政工程的规模与复杂性不断扩展, 对施工技术的要求也日益提高。传统的施工方法与管理模式, 已无法满足现代市政工程所面临的种种新挑战, 特别是在技术应用与资源管理方面。施工过程中, 测量误差、材料质量问题及机械设备配置不当等问题屡见不鲜, 这些问题不仅给工程的质量与安全带来了隐患, 也加大了风险。与此同时, 施工管理体系的不完善以及缺乏长远规划, 常常导致工程进度延误、成本上升, 甚至引发安全事故。鉴于此, 深入分析市政工程施工技术中的常见问题, 并探索有效的应对措施, 对于提升市政工程的整体水平以及确保项目顺利完成, 具有至关重要的意义。

[关键词] 市政工程; 施工技术; 通病; 应对措施

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16125

中图分类号: TU723

文献标识码: A

Exploration on Common Problems and Countermeasures in Municipal Engineering Construction Technology

FAN Xinzhi

Hebei Construction Group Corporation Limited, Baoding, Hebei, 071000, China

Abstract: With the continuous advancement of urbanization, the scale and complexity of municipal engineering continue to expand, and the requirements for construction technology are also increasing. Traditional construction methods and management models are no longer able to meet the various new challenges faced by modern municipal engineering, especially in terms of technology application and resource management. During the construction process, measurement errors, material quality issues, and improper configuration of mechanical equipment are not uncommon. These problems not only pose hidden dangers to the quality and safety of the project, but also increase risks. At the same time, the imperfect construction management system and lack of long-term planning often lead to delays in project progress, increased costs, and even safety accidents. Given this, in-depth analysis of common problems in municipal engineering construction technology and exploration of effective response measures are of great significance for improving the overall level of municipal engineering and ensuring the smooth completion of projects.

Keywords: municipal engineering; construction technology; common problems; countermeasures

引言

市政工程, 作为城市基础设施建设的重要组成部分, 涵盖了道路、桥梁、排水、供水、供电等多个领域, 其施工质量对城市的功能、安全性以及可持续发展具有直接影响。在市政工程施工过程中, 常常会出现一些技术性问题, 这些问题不仅影响工程进度与质量, 还可能带来较高的安全风险和额外成本。识别这些常见的施工问题, 并采取有效的应对策略, 成为了确保市政工程顺利推进的关键。深入分析市政工程施工中的常见技术问题, 并提出相应的解决方法, 为未来的工程项目提供有价值的参考。

1 市政工程施工技术的特点

市政工程施工技术具有其独特的特点, 体现在工程规模庞大、施工周期长以及涉及领域广泛等方面。与传统建筑项目相比, 市政工程通常涵盖道路、桥梁、地下管网、给排水系统等多个领域, 每个环节都需要高精度的技术支持与严格的质量管理。例如, 在地下管线的施工过程中, 不仅要考虑土壤的性质与环境因素, 还必须确保管道的精

确安装以及后期的可维护性。此外, 市政工程面临的另一个挑战是复杂的地质条件与环境因素, 如软土地基与较高的地下水位等, 这要求在处理地基和基础时采用先进的技术手段。由于市政工程直接关系到城市交通、排水、供水等关键基础设施, 施工过程中的任何问题都可能对社会与经济造成广泛影响, 因此对施工管理与技术应用提出了更高的要求。在这些复杂条件下, 市政工程施工技术与城市规划、资源分配以及环境保护等方面密切协作的需求日益增加。施工团队不仅需要具备丰富的技术经验, 还应具备灵活应对突发状况的能力。面对这些特殊要求, 市政工程施工技术呈现出高度的多样化与高技术化, 每个施工步骤都需要精细操作与团队间的紧密配合。

2 市政工程施工技术通病分析

2.1 缺乏完善的施工技术管理体系

在市政工程施工中, 施工技术管理体系的不完善是一个普遍存在的问题。缺乏系统化的技术管理, 常常使得各项技术环节在项目推进过程中无法得到有效监督与控制。

具体表现为,技术规范在施工过程中未能得到严格执行,设计变更未及时反馈,技术文件的传递也存在障碍,最终导致施工质量无法得到有效保障。同时,管理体系的不足还导致施工人员在技术操作上缺乏统一的标准,技术细节未能得到充分重视,从而出现施工偏差,进而影响工程的整体质量。在实际操作中,许多项目缺少明确的技术管理责任划分,沟通与协作不足,致使各环节之间缺乏有效衔接。施工现场的技术支持往往未能及时提供,许多技术问题通常是在施工后期才被发现,且此时问题已发展为较为严重的质量隐患。更为重要的是,施工阶段的技术管理人员培训工作不到位,技术更新滞后,导致先进技术和规范性技术未能得到充分应用。

2.2 工程测量误差问题

工程测量误差在市政工程施工中是一个常见且严重的问题,特别是在大规模项目中,测量精度直接影响着工程的质量与进度。测量误差的来源复杂多样,包括设备本身的误差、操作人员技术水平差异以及现场环境的各种干扰。即使是细微的测量偏差,在工程推进过程中,随着时间的推移也可能积累并导致重大问题。对于道路、桥梁、地下管网等对精度要求极高的项目来说,任何误差都可能引发结构不稳定或功能不达标。测量误差的产生往往并非仅仅是技术设备的故障所致,更多的是由于测量工作未得到足够重视或前期准备不足。例如,气候变化、光照条件、地形复杂等外部因素都会影响测量精度。如果施工人员未能根据现场实际情况及时调整操作方法,误差便容易发生。此外,工程进度的压力也常使得测量工作被草率对待,进而造成施工中的频繁调整与返工,增加了成本与时间压力。更为复杂的是,测量误差往往不会立即显现,通常要到后期施工或验收阶段才会被发现。这种延迟暴露的特性,增加了项目管理的难度。一旦问题被发现,修复的成本较高,且可能对项目的整体规划产生影响。因此,工程测量误差不仅是一个技术问题,在项目管理与质量控制中也占据着不可忽视的重要地位。

2.3 施工材料质量问题

施工材料质量问题在市政工程中是一个常见且关键的隐患,它直接影响到工程的整体质量及其后期使用效果。市政工程中,常见的材料如混凝土、沥青及管道等,其质量问题尤为突出。为了确保施工质量能够达到预期的投资与工期目标,必须对每种原材料进行严格把控,确保其符合设计要求。但由于在原材料采购、储存及运输环节中存在管理漏洞,常常出现材料不符合规定标准的情况,从而影响工程进度与质量。以混凝土施工为例,若材料配比不精确或混凝土强度未达标,极易出现地面沉降,影响道路的平整度与耐久性。类似的,沥青质量问题在施工中也时有发生,若沥青的温度控制不当或其质量不合格,常会导致路面出现裂缝或沉降,长时间使用后甚至可能造成道路

损坏。此外,在管道施工过程中,若材料质量不合格,极易发生龟裂、积水或泄漏问题,这不仅会影响供水、排水等系统的正常运行,还可能引发安全隐患及高额的修复成本。这些材料质量问题通常在项目初期不易察觉,但随着施工的深入,它们逐渐暴露出来,最终影响工程的使用寿命与功能。因此,确保施工中每一环节的材料质量,对于规避后期风险、保障市政工程的安全与稳定至关重要。

2.4 机械设备问题

机械设备在市政工程中发挥着至关重要的作用,直接影响施工效率、质量和安全。设备的选择、配置和管理需要谨慎,科学合理的操作能够确保工程顺利进行,不当的设备选择会导致工程进度延误,甚至影响施工质量。例如,若在道路施工中使用的压路机辊筒过小,压实效果差,可能导致路基不稳定。较小的辊筒无法有效压实,长时间使用后,路面可能出现龟裂或下沉,影响道路耐久性。此外,设备的维护和保养同样重要,故障停工会影响施工进度并带来安全隐患。因此,合理选择机械设备,精确配置并进行科学管理,是确保市政工程顺利推进的关键。

3 市政工程施工技术通病的应对措施

3.1 建立市政工程建设项目管理体系

建立一个完善的市政工程建设项目管理体系,是提升施工技术质量、确保工程顺利实施的关键所在。科学且合理的管理体系能够为项目的每个环节明确责任和标准,并在施工过程中及时发现问题、进行有效调整。通过系统化的管理框架,项目的计划、设计、施工、监控等环节得以有机衔接,从而确保技术、资源和进度的合理配置与优化^[1]。具体而言,项目管理体系应包括明确的技术管理标准、质量控制程序及安全管理要求,确保每个施工环节都有可执行的规范,保证标准能够有效落实。此外,体系建设还应加强对施工团队的培训及技术支持,以提升全体成员的业务能力与应急响应能力。随着项目管理体系的不断优化,能够显著减少因缺乏协调与规划而导致的质量问题,确保各项技术方案的有效实施,从而提高项目的整体效率与质量。该管理体系的核心在于全过程的控制,确保从项目启动到竣工验收的每个环节都具备完善的技术监控与评估机制。在一个强有力的管理框架下,施工技术得以充分发挥,避免因操作失误或管理松懈而产生的潜在风险。

3.2 完善测量技术的应用

在市政工程施工中,精确的测量技术为保证施工质量与精准度提供了基础。随着技术的进步,传统的手工测量方法已无法满足现代工程对精度与效率的高要求。通过采用先进的测量设备,如全站仪、激光扫描仪、GPS定位系统等,能够显著提高测量精度,减少人为误差,确保施工过程中严格按照设计要求进行。在实际应用中,精准的测量不仅推动了施工进度,还有效避免了因测量误差导致的返工与资源浪费^[2]。例如,在道路建设中,路基的高程、坡

度等关键参数需要极高的精确度,任何微小的误差都可能引发后期路面不平或不稳定,进而影响道路的使用性能与安全性。通过引入先进的测量技术,施工前可以精准地控制各项数据,确保每个细节都符合设计标准。完善的测量技术不仅提升了施工精度,还大幅提高了施工效率,缩短了工程周期。传统的人工测量既费时又容易产生偏差,而现代测量设备则能够快速、准确地获取大量数据,为施工提供了坚实的依据。随着技术的不断更新与完善,施工质量得以提升,项目管理者也能够实时监控工程进展,并根据实际情况进行调整,从而确保项目顺利进行。

3.3 确保施工材料质量

施工材料的质量对市政工程的顺利实施与长期使用起着至关重要的作用。无论是混凝土、沥青,还是管道等常用材料,只有确保每一批材料均符合设计要求及行业标准,工程才能得到可靠的保障。结构的安全性与使用寿命直接受到材料质量的影响,因此,整个采购、运输、储存与使用过程必须经过严格的管理与控制。在采购阶段,选择信誉良好的供应商是基本要求,确保所有材料符合相关国家或行业标准。在运输与储存过程中材料的保护尤为重要,应避免外界环境或不当操作引起损害或性能下降^[3]。例如,水泥与钢筋在潮湿环境中容易腐蚀,混凝土在运输过程中若遭受过多振动,可能导致配比不均,从而影响施工质量。施工现场,材料的验收与检测也不可忽视,定期检查材料的使用情况至关重要,以确保其未超过有效期或发生质量问题。同样,施工人员的操作规范也是关键,材料的使用应严格按照技术要求执行,避免因人为因素导致材料性能未能得到充分发挥。只有从每个环节着手,严格把控每一项操作,才能有效确保材料质量不受影响,减少施工过程中的质量隐患。

3.4 科学地引进机械设备

在市政工程中,机械设备的科学引进至关重要,它直接影响施工效率与质量的提升。市政工程的施工内容复杂,所需的设备种类繁多,包括挖掘机、压路机、起重机等。每种设备的选择应根据项目的具体要求及施工现场的条件精准匹配。合理选型的设备,不仅能够加快施工进度,还能在确保质量的前提下,有效降低成本并节省时间。设备选择过程中,项目的独特要求必须充分考虑。例如,在道路施工中,压路机的类型与吨位应根据路面性质与施工需求来确定。使用过小的压路机,压实效果差,而过大的压路机,则可能对路基造成破坏。与此同时,还需根据现场条件,如地形、作业空间、施工周期等因素,选择合适的设备型号与数量,避免设备资源的过剩或不足。机械设备的引进不仅仅局限于采购阶段,还涵盖了后期的管理与

维护。设备应定期接受检查、保养及必要的更新,以确保其始终处于良好的工作状态,从而减少由于故障引发的停工及潜在的安全隐患。科学引进机械设备的过程应贯穿设备的整个生命周期,从采购到管理,都需有清晰的规划与严密的控制,确保设备能够最大限度地发挥效能,保障项目的顺利进行。

3.5 制定科学的施工规划

制定科学的施工规划,对于市政工程的顺利推进至关重要,它为项目的高效执行提供了有力的保障。一个精确且合理的规划,不仅能够有效控制项目的时间进度,降低成本,提升施工质量,还能避免由于计划不当导致的混乱或延误。良好的规划应涵盖项目的整体布局、施工顺序以及资源配置,每个环节的设计都必须精心考量,确保各部分的紧密衔接,从而优化施工效率。施工规划应根据项目的具体情况,明确关键节点与进度安排,避免时间拖延或资源分配不合理。通过科学安排每个施工阶段,优先推进关键区域和核心环节,可以确保项目的关键任务按时完成。此外,设备、人员及材料的精确调配不可忽视,避免资源短缺或浪费,确保每项资源都得到高效利用。施工规划还应充分考虑潜在的风险与问题,识别可能影响施工进度因素,如恶劣天气、技术难题或人员管理等,并为这些问题设计相应的应急方案。通过这种预见性,能够为项目的顺利推进提供足够的灵活性,使得在实际操作过程中可以迅速调整应对突发情况。

4 结语

在市政工程施工中,常见的技术问题涉及管理、测量、材料、设备等多个环节,这些问题的出现,往往会对工程的质量与安全产生深远影响。通过优化管理体系、强化技术应用、保障材料质量、科学选型设备以及合理规划施工,可以有效避免这些问题,从而确保项目的顺利、高效、安全完成。随着技术的不断发展与管理水平的提升,市政工程施工的方向,必将朝着更加高效、安全和可持续的目标迈进。

【参考文献】

- [1] 范小柳. 市政工程施工技术通病与应对措施探讨[J]. 居舍, 2020(10): 40.
- [2] 陈凯. 市政工程施工技术通病与应对措施探究[J]. 绿色环保建材, 2021(9): 111-112.
- [3] 蓝丽华. 市政工程施工技术通病与应对措施探究[J]. 居舍, 2022(20): 57-60.

作者简介: 樊新志 (1979.5—), 毕业院校 1: 河北工程技术高等专科学校, 所学专业: 市政工程, 毕业院校 2: 燕山大学, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 河北建设集团股份有限公司, 职务: 项目经理, 职称级别: 工程师。

市政道路工程路面水稳层施工技术研究

高晓军

西安市西郊市政设施养护管理有限公司, 陕西 西安 710077

[摘要] 市政道路工程里, 路面水稳层为道路建设的关键组成部分, 它直接关乎着道路的承载能力和使用期限。伴随道路交通量的持续增长和环境要求变高, 水稳层施工质量以及技术创新显得极为重要。针对市政道路工程路面水稳层的构造特点、施工技术所存在的难点和应用策略等方面进行研究, 分析了当下常见的施工毛病, 提出了有效的技术改进办法, 又对未来的发展路径进行了展望。通过分析归纳, 旨在给水稳层施工提供更科学合理的解决办法, 保障市政道路建设长时间稳固又安全。

[关键词] 市政道路工程; 路面水稳层; 施工技术; 技术问题; 施工策略

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16115

中图分类号: U416

文献标识码: A

Research on Construction Technology of Water Stable Layer for Municipal Road Engineering Pavement

GAO Xiaojun

Xi'an Xijiao Municipal Facilities Maintenance and Management Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710077, China

Abstract: In municipal road engineering, the pavement water stable layer is a key component of road construction, which directly affects the bearing capacity and service life of the road. With the continuous increase in road traffic volume and higher environmental requirements, the construction quality and technological innovation of water stable layers have become extremely important. Research was conducted on the structural characteristics, construction techniques, difficulties, and application strategies of the water stable layer in municipal road engineering pavement. Common construction problems were analyzed, effective technical improvement methods were proposed, and future development paths were also discussed. Through analysis and induction, the aim is to provide a more scientific and reasonable solution for the construction of water stable layers, ensuring the long-term stability and safety of municipal road construction.

Keywords: municipal road engineering; road surface water stable layer; construction technology; technical problems; construction strategy

引言

市政道路工程作为城市基础设施建设的主要组成, 其质量好坏直接影响着城市交通的安全与畅通。路面水稳层作为道路结构体系的核心组成, 发挥着分散荷载、提升路面稳定性与抗压强度的关键作用。随着道路交通相关条件不断变动, 水稳层施工技术一直碰到新的挑战。尤其是在水稳层开展施工的阶段, 怎样保障施工质量、提升施工效率、削减成本、处理复杂地质条件与气候变化, 成为施工单位迫切需要处理的问题。本文要从现阶段市政道路工程水稳层施工中常碰到的问题入手, 研究实用的技术改进手段和施工策略, 为推进市政道路工程质量上扬提供参考。

1 市政道路水稳层的构造要求

市政道路水稳层是道路结构体系里必不可少的关键部分, 其主要功能是为上层路面构建坚实的基础, 分散车辆的荷载、抵御变形并降低水分侵蚀。水稳层的质量对道路的整体稳定性、承载能力及使用寿命有直接影响。施工时必须严格依照相应的构造要求开展。

要结合路基土的强度、交通流量以及气候条件等因素合理确定水稳层厚度。一般情形中, 水稳层的设计厚度得根据交通荷载等级和地质条件开展优化计算。一般水稳层

用到的材料有水泥稳定碎石、石屑、碎石等, 水泥稳定碎石鉴于其较高的抗压强度和不错的稳定性, 频繁应用于市政道路建设中^[1]。

施工期间的操作要求有材料的配比、拌和、摊铺、碾压等流程, 各个环节都必须严格按规范实施。水泥与骨料的比例需精准把控, 以达到最优的强度跟稳定性, 若水泥用量过多, 会造成水稳层过于脆弱, 若用量过少, 就会影响其强度与耐久性。此外, 水稳层的摊铺施工必须均匀开展, 不应当出现较大的厚度波动, 摊铺之后要迅速把压实工作做好, 以达成层面平整且紧实, 防止出现空隙和不均现象。

2 施工中常见的问题

2.1 水稳层施工质量问题

道路承载能力和使用寿命直接受水稳层施工质量左右。在实际开展施工的时候, 实际施工时质量问题较常见, 主要体现是压实度未足够、材料配比有偏差、厚度不一致性、裂缝及松散等问题。若水稳层未达到规定的压实度要求, 路面在后期使用当中, 也许会出现沉降、开裂甚至结构毁坏。

要是摊铺厚度有偏差, 会引起部分区域的承载能力欠佳, 进而让路面的整体稳定性有所下降。此问题一般是因

为施工人员操作不规范、机械设备调整不合理,再加上施工过程中没有进行有效的测量与控制。裂缝出现有可能与材料收缩、施工出现差错以及环境改变相关,而松散问题有可能是鉴于水泥跟集料结合不稳固、碾压不充分或者施工后期养护工作没落实好所致。这些问题会让路面损坏加速,影响到道路的使用时长。水稳层施工质量问题主要是由施工工艺控制不严格、材料配比不合理以及施工后养护没做好等因素引起^[2]。

2.2 环境因素对施工的影响

水稳层施工受环境因素影响十分明显,尤其像温度、湿度、降水量以及季节变换等因素,都会在一定程度上影响施工质量与后期使用性能。要是温度过高了,水泥水化反应加速开展,施工操作时间明显缩短,容易导致材料拌和不充分。从而影响到整体的施工质量。面临高温环境之际,水分蒸发速度偏快,大概会让水稳层过早失水,由此影响强度的形成效果。

水稳层施工需要恰当的含水量,为保证拌和和压实有不错的效果。要是湿度过高,施工材料也许会出现离析情形,干扰水稳层的均匀性与密实度。湿度太大说不定会造成施工路段积水,影响到施工的进度与质量,湿度变得过低的时候,材料里的水分蒸发速度快,也许会引起水泥水化不充分,进而影响到水稳层的最终强度。处于降水的天气情形下,水稳层的施工易被雨水冲刷,引起混合料含水量变化,从而影响材料均匀性以及水稳层的整体质量。若在降雨的天气进行摊铺施工,大概会出现水稳层被稀释、路基软化这类现象,影响施工完毕后的耐久性。在雨季时段施工的时候,要对施工时间进行合理安排,且实施有效的排水手段,以减少降水对施工造成的不良后果。

季节变化对水稳层施工的影响主要体现在材料性能的波动和施工条件的变化上。例如,在夏日高温阶段,施工期间需增添养护手段,防止水分蒸发过猛,而到了冬季低温的环境里,就必须采取保温与防冻的相关措施,防止施工完的水稳层受冻出现开裂。因此,在不同季节开展施工之际,需依照具体的环境状况调整施工工艺,以此保障水稳层的稳定性和耐久性。环境因素对水稳层施工质量影响十分明显,施工单位需预先做好天气预判,恰当安排施工时段,并按照不同的环境格局采取相应的技术手段,以此减少环境因素对水稳层施工产生的负面作用^[3]。

2.3 施工技术的局限性

尽管水稳层施工技术近些年实现了较程度的发展,但依旧有一些技术上的短板,影响施工的质量以及效率。水稳层施工要采用专业的摊铺机、拌和机以及压实设备等,但在部分复杂地形或施工空间受限的区域。例如,常规设备大概难以进行有效作业,在狭窄道路区间或城市改造工程里,传统的大型施工设备也许无法顺利地实施施工,引起水稳层摊铺质量不均匀现象。此外,一部分设备的精度

不达标,很难达成对施工过程的精准掌控,由此影响到施工的质量。水稳层施工依旧采用传统的拌合、摊铺、碾压工艺,即便已有了既定的施工规范,但因施工现场情况复杂,实际施工之际往往没办法完全达到设计的要求。例如,材料配比的控制、摊铺厚度的一致性、碾压强度的把控等,皆需要实施更精细化管理,在实际进行施工操作的过程中,因人员操作水平、施工现场管理等因素受限,也许会引发施工质量出现偏差。

虽然现有的质量检测手段,像核密度仪、无损检测设备之类的,能对水稳层质量做一定程度的监测,但在实际施工地点,检测还是表现出滞后的特性,往往要等质量问题出现了才开始修正,而不是事先进行预防。此外,目前的检测途径难以对部分施工过程中的问题实时监测,诸如拌合是否均匀、材料含水率的动态变化等,要把检测手段进一步优化一下,增强施工质量把控的精准度。水稳层施工技术还是有一定的局限性,未来需进一步加强施工设备升级,提高施工工艺的细致化水平,而且改进并完善质量控制手段,以提高市政道路水稳层的施工质量与耐久性^[4]。

3 解决策略与技术改进

3.1 提高施工技术的精细化管理

在市政道路水稳层施工期间,精细化管理是提高施工质量与耐久性的关键点。由于施工工艺烦琐、影响因素繁杂,传统的粗放式管理模式无法适应现代市政道路建设的实际要求,故而需在施工技术管理的各个环节达成精细化控制,以此提高水稳层的施工质量。要依据施工地的气候条件、路基土质的实际情况以及道路荷载要求精准调整水稳层配合比。在实际开展施工的时候,以往的经验配比往往没法保证材料的均匀性与强度,必须采用科学的试验途径进行优化,能利用现代实验室的检测器械,诸如激光粒度分析仪、X射线衍射仪之类,对集料级配、水泥含量、含水率等实施精准测定,保证材料性能平稳。在水稳层实施摊铺期间,摊铺厚度均匀性和连续性的状况,直接关乎其最终强度和耐久性。为把摊铺质量提升上去,不妨采用先进的智能摊铺机,其自动找平系统可精准控制摊铺的厚度,减少施工差错。谈及碾压工艺方面,以往的施工方式常常凭借人工经验来明确碾压遍数与压力,而现代施工作业可采用智能碾压设备,其内部装设的传感器可实时监测压实度,然后依照数据反馈做动态调节,保障水稳层的密实度达到最佳情形^[5]。

信息化技术的发展使施工管理有条件实现全过程数字化监测。例如,采用BIM(建筑信息模型)技术,可于施工前创建完整的施工模型,对不同工况下水稳层的施工效果进行模拟,进而优化施工的方案。此外,处于施工进行阶段,能运用GPS定位技术、无人机航测技术对施工现场实施实时管控,保证施工按照既定计划实施,减少人为因素对施工质量产生的负面效应。施工后期的质量评估与

反馈机制也是精细化管理不可或缺的一部分。传统质量检测主要借助施工完成后的取样检测,而现代质量控制规定在施工进程中实施实时监测。例如,可借助FWD(落锤式弯沉仪)对施工结束后的水稳层进行强度测定,以检验其承载能力是否符合设计要求,施工单位需建设完备的质量反馈机制,及时归纳施工过程中发现的问题,并调整优化后续施工方案,以造就高效的质量闭环管理体系。

3.2 环境适应性施工措施

市政道路水稳层施工受环境因素的影响十分明显,如温度、湿度、降水等不利情况说不定会影响施工质量。因此,依照不同的环境情形,采取合适的施工手段是保障水稳层施工质量的核心^[6]。

高温环境下的施工措施主要针对水分蒸发过快、材料水化反应加快等问题。当遇到高温天气,水稳层材料的含水量易降低,由此影响碾压效果以及最终强度,在实际施工过程中,可采用以下办法:①合理加大搅拌用水的量,以补偿高温引起的蒸发损失,保证拌合物有充足的可塑性;②采用遮阳装置或进行夜间施工,缓和高温对材料性能造成的负面效应;③增多洒水养护的次数,预防水稳层过早失水对强度的形成有影响。低温环境下的施工措施需要应对水泥水化反应缓慢、施工周期延长这类问题,处于低温状态进行施工之际,可采取以下办法:①采用可加热的拌和设备,对水稳层材料做预先的加热,以保证材料温度契合施工规格;②提升水泥用量或运用早强水泥,为加快水化反应的进行,增进初期强度水平;③施工结束后实施保温养护手段,若覆盖防寒保温膜,预防水稳层在低温下开裂或强度达不到要求。

雨季施工的应对措施主要针对雨水冲刷导致的材料含水率变化、施工难度变高 等问题,赶上雨季来进行施工的时候,可能采用以下做法:①在施工开始前提前查看天气预报,科学安排施工时段,错开降雨集中的时段;于施工现场布置排水系统,防止积水对水稳层的摊铺质量形成干扰;③施工的时候可采用速凝材料,减弱雨水对水泥水化反应的不利情形;④施工工作完成以后,及时把表面覆盖妥当,防止雨水冲刷侵蚀已铺设的水稳层。此外,复杂地形和特殊地质条件下的施工措施也需要特别关注。在山区、软土地基或者地下水位超出常规的区域,水稳层施工也许会面临不一样的技术挑战。例如,在软土地基上开展施工之际,先得对地基做处理,诸如换填、加固或预压,以此增强地基承载能力。在地下水位偏高的区域范围,可

采用排水举措,就像铺设渗水管、设置排水明沟,以此减轻地下水对水稳层稳定性的不利影响^[7]。

3.3 新材料与新技术的应用

伴随道路工程技术的进步,水稳层施工不断采用新材料与新技术,以此增强施工质量与道路耐久性,高性能水泥稳定材料的应用显著提高了水稳层的抗压强度和耐久性。例如,纳米硅粉掺合料可改善水稳层的微观构造,提升其抵御开裂的性能。采用完成改性的水泥,像硅灰水泥、粉煤灰水泥这两种,可实现水化反应过程的优化,提高水稳层的持久度和抗冻本质。

智能施工设备的应用使水稳层施工更加精准和高效。例如,智能摊铺机可达成自动找平,维持水稳层厚度的均匀性;智能碾压设备可实时对压实度进行监测,即刻自动进行调校,强化施工的精准水平。此外,施工质量监督可采用无人机巡检技术,及时找出施工中的失误并进行调节。

4 结语

市政道路工程中的水稳层施工技术面临着一系列的挑战,但通过对施工过程中的问题分析和改进措施的研究,能够有效提高施工质量。通过加强质量控制、合理调整施工工艺、创新材料应用等手段,可以提升水稳层的性能,确保市政道路工程的长期稳定与安全。

[参考文献]

- [1]高羚俸.市政道路工程水稳层施工技术及其质量控制措施研究[J].运输经理世界,2024(33):22-24.
 - [2]柳文斌.水稳层施工技术在市政道路工程中的应用研究[J].建材发展导向,2024,22(18):59-61.
 - [3]邵华.市政道路工程水稳层施工技术及其质量控制措施研究[J].中国住宅设施,2024(2):112-114.
 - [4]夏娟.水稳层施工技术在市政道路工程中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2023(19):190-192.
 - [5]石国雄.市政道路工程路面水稳层施工质量控制[J].中国建筑装饰装修,2022(3):173-174.
 - [6]袁新.市政道路工程水稳层施工技术及其质量控制措施研究[J].砖瓦,2020(12):204-205.
 - [7]侯伟辉.市政道路工程水稳层施工技术及其质量控制措施研究[J].工程建设与设计,2020(8):183-184.
- 作者简介:高晓军(1991.8—),毕业院校:西安科技大学高新学院,所学专业:土木工程,当前就单位:西安市西郊市政设施养护管理有限公司,职务:项目经理,职称级别:中级工程师。

公路工程软基加固碎石桩施工技术应用分析

黄 凯

北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]碎石桩是一种常用的路基处理方法, 它是以砂、碎石等密实度较好的填料代替软土土层, 通过振动挤密等方法将密实材料与周围非加固部位形成组合基础, 显著提升其承载力, 与其它软土地基处理方法比较, 它具有施工简单, 工艺成熟, 造价低廉, 工作效率高等优点。为了更好地发挥其在工程中的作用, 需要对其增强作用机制、把握其工作程序、强化现场检测等方面进行深入研究, 以确保其在工程中得到良好的使用效果。基于此, 文章分析了公路工程软基加固碎石桩施工技术应用策略。

[关键词]公路工程; 软基加固; 碎石桩施工; 技术应用

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16098

中图分类号: U416

文献标识码: A

Application Analysis of Gravel Pile Construction Technology for Soft Foundation Reinforcement in Highway Engineering

HUANG Kai

Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Gravel pile is a commonly used method for roadbed treatment. It replaces soft soil layers with compacted materials such as sand and gravel, and forms a composite foundation with surrounding non reinforced parts through vibration compaction and other methods, significantly improving its bearing capacity. Compared with other soft soil foundation treatment methods, it has the advantages of simple construction, mature technology, low cost, and high work efficiency. In order to better play its role in engineering, it is necessary to conduct in-depth research on its enhancement mechanism, grasp its working procedures, and strengthen on-site inspections to ensure its good use effect in engineering. Based on this, the article analyzes the application strategy of gravel pile construction technology for soft foundation reinforcement in highway engineering.

Keywords: highway engineering; soft foundation reinforcement; construction of gravel pile; technical application

引言

我国土地广大,大量的软土地基属于承载力和稳定性严重不足的类型,在建设过程中若不加以适当的处置,极易造成上部结构变形和坍塌等问题。在当前的工程建设中,对于软黏土这一特定的概念并没有一个清晰的界定,一般认为渗透性差、压缩系数大、孔隙比大、含水量高的地基都属于软土,在受到外部载荷作用时极易产生压缩变形。目前,随着公路等基建项目的不断增加,工程中经常会碰到软土地基。在软基地区建设工程中,极易出现不均匀沉降、裂缝和变形等病害,为了保证道路工程的实施质量,增强其稳定性和安全性,必须对加固技术进行适当的选择,并对其进行优化。目前,我国已将碎石桩施工技术作为一种新型的地基处理方法,其在道路上得到了越来越多的运用^[1]。

1 碎石桩施工技术概述

1.1 碎石桩加固机理

根据道路软土地基的特点,采用碎石桩进行地基处理,可以考虑采用碎石桩进行地基加固。因此,应事先做好各种前期工作,包括地质调查,了解其对软土地基的作用机制,并分析其进行处理后能否达到地基处理的要求。对于

疏松的砂性土,采用的是碎石桩的压密效应、排水效应和减震效应。挤密作用通过沉管成桩或是振动制桩方法来实现,前者在制桩期间向周边土体施加较大横向排挤力来提高土体密实程度,后者制桩期间利用荷载振动挤密作用来重新排列土体颗粒结构并提高土体密实度,从而减少地基后期固结沉降量,预防地基液化。利用具有优良透水性的填料(如卵石、砾石、砾石等)制备成桩,在道路工程中,碎石桩作为一种垂直排水道,不断将基础水分排出,并对其进行水分调控,从而达到防止液化的目的。防震功能主要表现为:在成孔和成桩过程中,碎石桩对基础产生一定的震动/挤压效应,产生预震动效应,有助于提高基础抗液化性能。

1.2 技术类型

目前,我国碎石桩施工技术已出现多样化的发展方向,主要有振冲碎石桩、沉管碎石桩、干法振动挤密碎石桩和强夯置换碎石桩等。其中,振冲碎石桩采用振冲机连续冲击压实基础,使土中的孔隙不断减小,密度增大,逐步生成大量的钻孔,并在钻孔中填充高强砾石,从而构成桩。沉管碎石桩采用的是将沉桩打入土体中,并将其按一定的顺序进行灌注,最终完成整个桩基的施工。干法振动挤密

碎石桩是一种通过外部荷载与周围土体的共同作用来减小土体中的脱空,同时在钻孔中填充高强碎石,使碎石桩与周围土体共同组成组合基础。强夯置换碎石桩对软弱地基进行重锤重击,经几次重击后,在钻孔中填充碎石和砾石。从工程实践中可以看出,采用振动冲填碎石桩和沉管碎石桩是一种较为常用的施工方法,其施工过程简单,施工质量易于控制^[2]。

2 公路工程软基加固碎石桩施工技术应用策略

2.1 施工前准备

(1) 在工程开始之前,必须清除场地内的植物和杂物,并设置临时的排水设施,以防止现场发生水浸。由作业工人用挖掘机将地面铲平 10~20cm,将所形成的土壤等垃圾集中在场区以外,再用平地机平整地面。(2) 由于在建造中需要大量的碎料,所以为了确保足够的原材料,需要对周围的场地进行详细的勘察。在项目中,采用的砂石颗粒尺寸在 20~50mm 之间,砂石土含量不能大于 3%,确保颗粒级配合理。(3) 碎石桩成桩施工中较为常用的机械设备之一为振动成桩机,这种机器的平底活页式桩尖的实际长度与设计值相差甚远,在使用过程中,一般要适当地布置辅助供料口,并与装载机一起对砂石等物料进行输送。在没有电力供应的情况下,建筑公司为了确保工程的持续进行,还需要事先配备 300kW 的发电机,确保工地的电力供应。(4) 专业的员工来管理和操作建设过程中的各种装备和设施,用机器来进行上料、测量、装载、打桩等作业,这样可以极大地减轻建筑工人的工作量,加速建设进程,提升建设的效率。

2.2 施工放样

根据图纸上的技术标准,安排专门的勘测团队,利用全站仪对制高精度的排石桩边线和中线进行准确定位。工程勘察工作应依据场地情况,选取适当数量和位置的碎石桩进行埋设。布桩布置方式为等边三角形,距离为 1.8m。桩位的位置由手工拉线进行,并在完成后用白色的石灰作标记。放线完毕后,由监理工程师进行现场检查,并做好相关资料^[3]。

2.3 桩机就位

先将桩机移动到指定地点,然后缓慢地将桩筒下降到离地面 10cm 左右的地方,然后将钻机进行轻微调节,使其与桩帽的中心线保持一致。以上各项工作都做完后,就可以进行桩基的沉降工作。在这个过程中,一定要以垂直度作为参考点,对桩基的垂直度进行实时检测,并对其进行适当的校正。每次进行碎石桩的施工,技师都要对桩位的中心、垂直度等进行综合检验,确定所有的指标都符合要求后才可以进行钻孔,并且要对桩位的偏移、垂直度等进行严格的控制。

2.4 试桩技术

为了更好地了解施工场地的地质和地层状况,获得正

确的施工资料,判断施工工艺适宜与否,施工人员必须对场地的差别和机械设备的选择进行检验,从而为工程的正式施工提供理论依据。通过对桩基进行测试,使工程设计中的各种工艺指标得以确定,从而为工程的顺利进行奠定基础。(1) 当所有的工作都做好后,方可进行铺砾垫的工作,必须先对垫层进行检验,确保垫层的平整和密实,达到相关的设计规定。(2) 在垫层达到设计标准后,由工人们根据预定的桩间距,对每个位置进行详细的复合检测,并将其编号清晰地标示出来,确保其在 $\pm 5\text{cm}$ 之内的位置上控制,确保了孔位的精度。对桩进行编号时,必须按照以下几个标准进行:在施工现场,桩的序号要按照纵(或沿线路方向)和横向(如:10-1,前数为一行,后数为每行),并将已安装好的桩头放置在适当位置。(3) 在打桩的施工过程中,必须使施工方的地基稳固,并将施工机械安全可靠地固定好。沉管必须垂直对齐,中心与桩位之间的误差要以不超过 2cm 为基准进行调整,下沉管道的垂直度误差不能超过 1.5%。在后续的桩基施工工作中,必须经常对桩基垂直度进行检测。通过在沉管上划出明显的标志桩顶和底部具体位置的直线,这样就可以精确地标明桩顶和底部的具体位置,确保下沉的深度。(4) 当施工正式启动时,施工单位必须将振动锤的自重和静压进行最大限度的平衡。沉放至 1~2m 时,工人可用振锤振捣地基,为了加快沉放速度,可适当缩短钢索。在两轮提升之后,可以将桩机的前部抬高 10~20s,以保证上部的自重能被充分地支撑在桩柱上。在沉放至设计深度后,由工作人员对成孔的中央及位置的偏移量进行检查,若偏差小于 5cm 则说明其误差在允许的范围之内,并根据设计要求确定桩径、桩长是否符合要求。(5) 在进行施工操作的过程中,工人逐步向进料口投入砂石,并对实际的灌注量和岩石的容积进行称量与控制,从而得到了实际的砂石填充系数,从而达到了设计目的。(6) 当沉管法中的卵石达到了沉管长的三分之一时,就可以进行起管工作。在拔管的整个期间,应确保器械的振动维持 10~20s,并在振动的同时,将拔管提起。在下潜 1m 后,作业人员将下沉的深度不少于 50cm,并留出 10~20s 的震动间隔,重复进行。在拔管过程中,流速必须保持一致,拔管的实际速率要严格保持 1m/min,拔管到距离地面 5m 的地方,要小心地放慢拔管速率,减少拔管高度,同时进行分批搅拌。(7) 工人将桩导管吊至地面后停止震动,向钻孔中添加碎石,直至与表面齐平,并及时进行补料、回插等操作。回填完毕,待物料与地表齐平后,工人将一批小石子填入钻孔内,再用一层钢板将其封住,再用外力加强。在这一步的过程中,要正确地控制好桩顶的高度。(8) 当工程结束后,工人要关闭钻机,然后移动到下一个钻孔,然后再进行同样的工作。(9) 经试桩作业后,技师即可确定所有施工工艺参数,施工效果^[4]。

2.5 正式施工

(1) 根据设计规范要求,将表层土壤清除,利用挖掘机、推土机等机器设备开挖表层土壤,同时去除根部及杂草。一旦地表被清理干净,一座合适的、合乎规范的路拱构造便成形了。(2) 在工地上,对加固范围进行精确的测量和复核,对工程中所需的地质条件、设计桩长、桩位布局、标高等作详尽的工艺说明。(3) 在使用石料或滚压碎石时,一定要确保砂砾干燥、洁净,并具有良好的抗磨损性能和良好的力学性能。这种砂砾应该有明显的棱角,并且没有任何的杂质。粒度要求为 19~63mm,污泥浓度小于 10%。桩头为 C30 砼浇筑而成。(4) 在施工过程中,必须对施工地点进行科学的设计,并对各种施工机械和工具进行适当配置,以免给施工带来不良的后果。(5) 在工地上,工程技术人员要根据设计图,从内到外,严格按照要求进行放样,并作好相关标记。(6) 夯实打桩机械,进行预制桩的施工,保证沉管对齐桩位,施工过程中要注意机械的稳定,防止出现倾斜、坍塌等安全问题。(7) 根据试验测得的参数,正式开展碎石桩的工作。在沉放沉锤的作用下,工人们可以利用自重来完成沉放,在下沉至 1~2m 深时,用振槌对齐振动,加速下沉。施工时,必须严格控制钻孔的成孔点与位置的偏离,施工时要严格按 5cm 以内的要求进行。在进行碎石桩施工时,必须事先对所使用石材进行估算,并要求工人事先做好所需的材料,以保证所需要的砂石数量得到充分的保证,以免在工程过程中产生原料短缺等问题。在混凝土浇筑至管柱 1/3 处时,需要进行一段时间的震动,然后拔管,边拔管,边振捣。每次拉出 1m,要向后拔 50cm。在没有发现任何下沉现象后,开始下料,保持相同的速率。拔管速率通常为 1m/min,但拔管到离地 5m 后,可减慢拔管速率,降低拔管高度,缩短拔管深度。在下一个循环中,若有必要增加或减少碎石量,也可反复进行上述操作。砂石材料要分阶段投放,并及时进行补给。在施工期间,要保证每个桩均能平稳地抽出,每次只能抽出一根桩。当桩导管上举到地面时,震动方可终止,并通过孔口将材料持续运到地面。在倒插工作结束之后,必须将其扩展至地表,并将碎石堆放在地面上。在此基础上,进行铺板、压力成型,并对桩顶进行严格控制。(8) 监理工作人员根据设计及验收标准,对其进行静载试验,采用动力触探、重式贯入动力触探等测试手段,对其进行各项技术指标的测试^[5]。

3 保障碎石桩技术在公路工程软基加固施工效果的措施

3.1 严控碎石材料质量

碎石桩施工质量与碎石料的性能参数直接相关。在材料选择阶段,应重点把控碎石粒径与含泥量两项核心指标。

依据工程实践数据,建议选用粒径不大于 50mm 且含泥量严格控制在 5% 以内的优质碎石。这类规格的骨料既能保证桩体密实度,又能有效提升桩身结构的抗压强度与整体稳定性。

3.2 建立设备全周期管理体系

针对振冲器、压力水泵等关键施工设备,需建立“预防为主”的管理机制。具体实施包含两个方面:其一,制定标准化管理制度,明确设备巡检、保养的具体规程与责任人,通过量化考核指标确保管理责任落实;其二,实行计划性维护制度,建立设备维修档案,按设备运行时长或作业量设置强制保养节点,特别是对易损部件实施重点监测,确保设备始终处于最佳工作状态。

3.3 强化施工队伍专业能力

施工人员的技能水平直接影响工艺实施效果。建议采取“理论+实践”的复合型培训模式:理论层面组织专家开展专项技术讲座,系统讲解施工参数控制、质量检测等核心知识;实践层面依托专业机构开展模拟操作训练,重点强化设备操作、故障排查等实操技能。同时建立技能等级认证制度,要求操作人员持证上岗,确保施工队伍整体技术水平符合工程要求^[6]。

4 结论

综上所述,在公路软基处理中,采用碎石桩作为一种重要的处理方法,其施工技术对提高软基处理效果和保证公路交通的安全性具有重要意义。施工企业要继续强化其施工工艺,根据实际情况,对其进行优化选择,并熟练运用振冲施工和沉管施工这两种常用施工工艺,同时对其进行成桩检验和工后变形观察,以保证软土地基的处理结果能够充分满足设计要求。

【参考文献】

- [1] 黄秋玲,黄波. 公路工程软基加固施工中碎石桩技术的应用[J]. 汽车周刊,2025(1):162-164.
 - [2] 陈军伟. 高速公路软基加固采用振冲碎石桩施工技术研究[J]. 工程机械与维修,2024(6):30-32.
 - [3] 路子腾. 碎石桩施工技术在公路工程软基加固中的应用研究[J]. 交通世界,2024(11):68-70.
 - [4] 钟久红. 公路工程软基加固碎石桩施工技术应用分析[J]. 运输经理世界,2023(36):35-37.
 - [5] 王晓东. 公路工程软基加固碎石桩施工技术应用[J]. 交通世界,2023(16):37-39.
 - [6] 周刚,张丹. 软基处理施工技术在公路工程施工中的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版),2023(14):87-89.
- 作者简介:黄凯(1971.10—),男,兰州铁道学院,工程造价(专),开放大学,土木工程(本),北新路桥集团股份有限公司,项目经理,工程师。

建筑工程项目全过程管理中的风险控制策略

李文勇

玉溪市第九建筑工程公司, 云南 玉溪 653106

[摘要] 建筑工程项目在执行过程中面临多种风险因素, 影响工程的质量、进度和成本。通过对项目全过程的有效管理, 可以对潜在的风险进行预测、评估和控制。在项目的立项、设计、施工、竣工等各个阶段, 采用科学的风险管理方法, 结合风险识别、分析和应对措施, 能够提前规避工程可能遇到的问题。实施全方位的风险监控, 及时调整策略和资源配置, 确保项目目标的实现。优化风险管理体系, 提高项目整体的执行效率和经济效益, 降低不确定性因素的影响, 提升建筑工程项目的管理水平。

[关键词] 建筑工程; 项目管理; 风险控制; 全过程管理; 风险评估

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16093

中图分类号: F426.92

文献标识码: A

Risk Control Strategies in the Whole Process Management of Construction Projects

LI Wenyong

Yuxi Ninth Construction Engineering Company, Yuxi, Yunnan, 653106, China

Abstract: Construction projects face various risk factors during implementation, which affect the quality, progress, and cost of the project. By effectively managing the entire project process, potential risks can be predicted, evaluated, and controlled. By adopting scientific risk management methods in various stages of project initiation, design, construction, and completion, combined with risk identification, analysis, and response measures, potential problems that may arise in the project can be avoided in advance. Implement comprehensive risk monitoring, adjust strategies and resource allocation in a timely manner, and ensure the achievement of project goals. Optimize the risk management system, improve the overall execution efficiency and economic benefits of the project, reduce the impact of uncertainty factors, and enhance the management level of construction projects.

Keywords: construction engineering; project management; risk control; whole process management; risk assessment

引言

建筑工程项目的实施过程中, 风险无处不在, 可能影响工程的质量、进度、成本等各方面的目标。随着建筑行业的发展, 项目的规模越来越大、工期越来越紧、管理要求也逐步提高。面对复杂的外部环境和不可预见的内外部风险因素, 传统的管理方式已无法有效应对。如何通过全程管理从源头到终结阶段识别、分析和应对风险, 成为提升项目成功率的关键。科学的风险控制策略不仅能够保障项目顺利进行, 还能提升整体效益和管理水平, 为建筑工程项目的可持续发展奠定坚实基础。

1 建筑工程项目全过程风险管理的框架与体系构建

建筑工程项目的全过程管理涉及从项目立项、设计、施工到竣工的各个环节, 面临着各种潜在的风险因素。有效的风险管理框架和体系能够帮助识别、评估和应对这些风险, 从而确保项目顺利进行, 降低各类不确定性带来的负面影响。

1.1 风险管理体系的基本构成

建筑工程项目的风险管理体系应当包括风险识别、风险评估、风险控制和风险监控四个主要环节。首先, 在项目初期, 通过详细的市场调研、环境分析和资源评估, 识

别可能影响项目进展的风险因素。然后, 通过对各类风险的发生概率与影响程度进行评估, 确定高风险领域。在风险控制环节, 采取合适的策略进行风险缓解, 如设计优化、合同管理、技术改进等措施, 减少风险的发生。最后, 在整个项目过程中建立持续的风险监控机制, 确保及时发现和处理潜在的风险。

1.2 全过程风险管理的实施步骤

全过程风险管理的实施需要分阶段进行。首先, 项目立项阶段, 应对项目的初步风险进行识别并形成初步风险评估报告。设计阶段, 重点对技术风险和资源配置的风险进行深入分析, 确保设计方案的可行性与安全性。施工阶段, 需特别关注工程进度、质量和安全方面的风险, 确保施工计划能够按期完成。竣工阶段, 应评估项目交付后的风险, 如维护期的质量保证和用户反馈等。每一阶段的风险管理措施都需要明确具体责任人, 确保风险应对措施的有效落实。

1.3 风险管理框架的协同与整合

建筑工程项目通常涉及多个部门和团队, 如何实现这些团队之间的有效协作, 是风险管理成功与否的关键。因此, 风险管理框架应当具备良好的协同机制, 整合各个环节的管理力量, 确保信息流通、问题及时反馈。项目管理

团队应定期召开风险评估会议,针对可能出现的新风险进行讨论与应对,并对前期的风险管理成果进行总结与优化。

1.4 风险管理框架的动态调整

项目实施过程中,风险环境往往是动态变化的。因此,建筑工程项目的风险管理框架应具备灵活调整的能力。随着项目的推进,新的风险因素可能会出现,已有的风险评估和应对策略可能需要调整。通过建立项目风险数据库和定期的风险审查机制,确保风险管理方案的实时更新和优化,最终为项目的顺利完成提供保障。

2 风险识别与评估方法在建筑工程项目中的应用

在建筑工程项目中,风险识别与评估是风险管理的基础。通过科学、系统的识别与评估方法,可以准确把握项目中潜在的风险,采取有效的对策,降低不确定性对项目实施过程的影响。

2.1 风险识别的方法与工具

风险识别是整个风险管理过程中至关重要的一步,它有助于提前发现可能对项目造成影响的各种因素。常见的风险识别方法包括专家评估法、头脑风暴法、德尔菲法和SWOT分析法等。专家评估法通过召集建筑工程领域的专家,借助他们的经验和专业知识来识别项目中可能存在的风险。头脑风暴法是一种通过集思广益的方式,集合团队成员的意见,全面、系统地列出项目中可能的风险因素。德尔菲法则采用匿名反馈的方式,通过多轮征询专家意见,逐步确定最可能发生的风险。SWOT分析法则通过评估项目的优势、劣势、机会与威胁,从中识别出可能对项目产生影响的外部 and 内部风险。

2.2 风险评估的方法与步骤

风险评估是在识别风险后,对各类风险进行定量和定性分析的过程,旨在确定风险的发生概率、潜在影响及其可能造成的损失。常用的风险评估方法包括定性风险评估和定量风险评估。定性评估通过对风险事件的性质、发生概率及其后果的影响程度进行评估,形成相对简单的风险等级(如高、中、低风险)。定量评估则通过数学模型对风险事件进行数值化评估,通常结合历史数据和统计分析,计算风险发生的概率和影响范围。

一种常见的定量评估方法是故障树分析法(FTA),通过构建逻辑树,分析每个潜在故障的发生原因及其可能导致的结果,从而进行风险量化评估。另一种方法是蒙特卡洛模拟,它通过大量的随机抽样和模拟,估算不同情况下项目风险的分布,提供更加准确的风险预测。

2.3 风险评估在项目各阶段的应用

在建筑工程项目的不同阶段,风险评估方法应当有针对性地进行调整和应用。在立项阶段,通过宏观的环境分析和历史数据回顾,进行初步的风险识别与评估,为项目的可行性研究提供决策依据。设计阶段,评估设计方案的风险,尤其是技术方案是否存在安全隐患或操作复杂性过

高的风险。施工阶段,则要对工程进度、施工质量、资源供应等方面进行详细的风险分析,确保项目按计划顺利推进。竣工阶段,进行质量验收和交付前的风险评估,确保项目交付给客户时,能够符合标准和要求。

2.4 风险评估结果的应用与决策支持

通过风险评估所得的结果,为项目团队提供了有效的决策依据。基于评估结果,项目管理团队可以明确重点控制的风险领域,制定切实可行的风险应对措施。同时,评估结果还可以为资源分配、资金投入以及施工方案的优化提供支持,确保项目整体目标的实现。风险评估不仅是应对潜在问题的工具,更是保障项目顺利执行的有力武器。

3 建筑工程项目各阶段的风险控制策略与实践

建筑工程项目的实施周期长,涉及多个阶段,每个阶段都有特定的风险特征。针对不同阶段的风险特点,采取有效的控制策略是确保项目成功的关键。通过风险控制策略的合理运用,能够减少潜在风险对项目进度、成本和质量的影响,提高项目的整体执行效能。

3.1 项目立项阶段的风险控制

在项目立项阶段,主要面临的风险通常来自于市场分析、资金预算、政策环境等方面。风险控制的核心在于进行详细的市场调研和需求分析,确保项目立项的可行性。项目经理和相关团队需对项目的投资回报率、融资方式以及潜在的法律法规风险进行全面评估。通过编制完整的风险评估报告,确定项目是否具备可持续性,并根据市场环境的变化做出必要的调整。在此阶段,合理的风险控制策略包括选定合适的项目合作方、制定应急资金预案以及确保项目合规性。

3.2 设计阶段的风险控制

设计阶段的风险主要包括设计方案的可行性、施工工艺的安全性,以及设计变更带来的潜在风险。在该阶段,需通过详细的技术论证和审查,确保设计方案符合工程要求并具备实施可行性。采取有效的设计风险控制策略,可以通过多次方案比选、加强设计变更管理和及时与施工单位沟通,确保设计与施工之间的协同。此外,项目团队应建立严谨的技术审核和变更控制流程,预防不必要的设计变动及由此带来的风险。在方案确定后,定期评审设计进度与质量,保证设计不因各方利益的变化而产生偏差。

3.3 施工阶段的风险控制

施工阶段的风险控制是建筑工程项目中最为复杂的一部分,涉及施工安全、进度控制、质量管理以及资源供应等方面。此阶段的风险管理重点在于提前预见和应对可能出现的施工技术、环境、人员等问题。首先,通过施工图纸审查、施工方案论证和施工队伍培训,降低施工过程中因技术问题引发的风险。其次,制定详细的施工进度计划,并通过项目管理软件或工具进行进度跟踪,及时调整计划以应对工期延误的风险。此外,应加强施工现场安全

管理,落实安全生产责任,确保施工人员的安全和工程质量。同时,要确保各类资源(如材料、设备等)的及时供应,避免因供应链问题影响项目进展。

3.4 竣工阶段的风险控制

竣工阶段主要涉及项目验收、交付和运营阶段的衔接。此阶段的风险多源于质量问题、客户需求变化以及维护期内可能出现的问题。风险控制策略应包括对项目竣工后的质量检查,确保所有工程符合设计要求和规范,避免在交付后发现重大质量缺陷。项目团队需制定详细的交付标准,确保项目各项交接工作顺利进行。同时,建立有效的售后服务与维护机制,确保在项目交付后能够及时响应客户的需求与问题。此外,竣工验收阶段还需要注意资金的最终结算、合同的履约检查等环节,以确保项目顺利交付并关闭。

4 优化建筑工程项目风险管理的效果与收益分析

优化建筑工程项目风险管理,不仅可以有效降低项目实施过程中的风险,还能提高项目的执行效率和经济效益。通过合理的风险控制策略,可以帮助项目团队预见并应对各种不确定性因素,从而最大程度地保障项目的成功率,并确保项目按时、按预算完成。

4.1 降低项目成本与提高资金利用效率

建筑工程项目的风险管理优化能够有效控制项目实施中的各种潜在成本。例如,通过精准的风险评估与规划,项目管理团队能够提前识别可能出现的施工延误、材料涨价等问题,并采取相应措施防范风险的发生。通过实施全程风险监控,及时调整项目资源配置,可以避免资金的浪费和不必要的支出。此外,优化风险管理还能够帮助项目团队在项目预算范围内合理分配资金,提升资金使用效率,减少资金的滞留与浪费,确保资金的合理流动。

4.2 提高项目进度的可控性与预测性

通过优化风险管理,项目团队可以更好地控制工程进度,确保项目按计划顺利推进。首先,风险评估的结果能够帮助项目管理者提前了解可能导致工期延误的风险,并在施工前采取应对措施,如合理安排施工资源、加强与供应商的沟通和协调等。其次,项目实施过程中,优化的风险管理可以帮助及时发现进度延误的隐患并进行调整。例如,当发现某项工程进展缓慢时,项目团队能够迅速调配资源,制定应急措施,从而避免整体项目进度受到拖累。通过提高进度的可控性,项目能够更顺利地按时交付,提升客户的满意度与信任度。

4.3 提升工程质量与减少返工率

质量是建筑工程项目成功的关键因素之一,优化的风险管理能够有效提升项目质量。通过在项目各个阶段进行

风险识别与评估,项目管理者可以识别出可能影响工程质量的关键环节,如设计错误、施工技术不当等。通过有效的控制策略,避免因设计缺陷或施工问题导致的质量事故,减少因质量问题引起的返工及修改工作,从而降低返工成本和质量事故的发生率。优化风险管理后,质量监控和管理体系更加完善,项目团队可以实时检测项目质量,确保所有工序和标准符合设计要求,从而提高最终工程的质量。

4.4 提升项目的整体效益与可持续发展能力

通过全面的风险管理优化,建筑工程项目能够在预期的时间、成本和质量范围内顺利完成,进而提升项目的整体效益。在此基础上,项目团队能够通过合理的资源配置与精细化管理,增强项目的可持续发展能力。例如,项目管理优化有助于减少资源浪费,推动绿色施工和可持续建筑材料的应用,从而提高项目的环境效益和社会效益。此外,优化的风险管理使得项目可以应对未来可能出现的变化和挑战,增强项目在复杂市场环境中的适应能力,确保项目在长期发展中能够保持竞争力。

5 结束语

建筑工程项目的风险管理贯穿整个项目生命周期,涵盖从立项到竣工的各个阶段。通过优化风险识别、评估和控制策略,项目团队能够有效应对可能出现的风险,减少不确定性对项目的影响。科学的风险管理不仅可以降低项目成本,提高资金利用效率,还能确保工程质量和进度,提升客户满意度与公司品牌影响力。最终,优化的风险管理体系有助于增强项目的整体效益和可持续发展能力,为建筑行业的健康发展提供坚实的保障。因此,加强风险管理的优化,将为建筑工程项目的成功实施奠定更加稳固的基础。

[参考文献]

- [1]罗志威. 建筑工程造价合同管理及风险控制[J]. 住宅与房地产, 2021(3): 60-61.
 - [2]郝晓璇. 论建筑工程经济管理的风险及控制[J]. 今日财富, 2018(22): 57.
 - [3]毕钰. 全过程管理对建筑工程审计的影响分析[J]. 居舍, 2020(32): 131-132.
 - [4]陈玉. 建筑工程造价管理中的全过程管理控制[J]. 新城建科技, 2024, 33(5): 193-195.
 - [5]张忠霞, 刘林, 盖泳伶, 等. 全过程管理在住宅项目工程管理中的应用分析[J]. 居舍, 2024(30): 177-180.
- 作者简介: 李文勇(1975.2—), 男, 云南省玉溪人, 汉族, 大学专科, 中级建筑工程师, 就职于玉溪市第九建筑工程公司, 从事建筑工程管理工作。

智慧工地技术在建筑工程管理中的应用与发展研究

高晓明

北京深国高投物流有限公司, 北京 102400

[摘要]随着建筑行业信息化水平的不断提升, 智慧工地技术在工程管理中的应用日益广泛。通过物联网、云计算、大数据、人工智能等先进技术, 智慧工地实现了对施工现场的实时监控、数据分析与智能调度, 提升了项目管理的精度与效率。文中通过梳理智慧工地的主要技术手段, 结合典型工程案例, 分析其在施工进度、安全管理、资源配置等方面的应用成果, 并探讨当前存在的问题与未来发展方向, 以期为建筑工程智慧化管理提供可借鉴的思路和实践经验。

[关键词]智慧工地; 建筑工程管理; 物联网; 安全管控; 数据分析

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16129

中图分类号: TU7

文献标识码: A

Research on the Application and Development of Smart Construction Site Technology in Construction Project Management

GAO Xiaoming

Beijing Shenguo Gaotou Logistics Co., Ltd., Beijing, 102400, China

Abstract: With the continuous improvement of informationization level in the construction industry, the application of smart construction site technology in engineering management is becoming increasingly widespread. Through advanced technologies such as the Internet of Things, cloud computing, big data, and artificial intelligence, smart construction sites have achieved real-time monitoring, data analysis, and intelligent scheduling of construction sites, improving the accuracy and efficiency of project management. By sorting out the main technical means of smart construction sites and combining typical engineering cases, this article analyzes their application achievements in construction progress, safety management, resource allocation, etc., and explores the current problems and future development directions, in order to provide reference ideas and practical experience for intelligent management of construction projects.

Keywords: smart construction site; construction project management; Internet of Things; safety control; data analysis

引言

传统建筑工程管理方式存在效率低、协调难、安全风险高等问题。近年来, 智慧工地技术的出现为解决这些难题提供了新的路径。通过集成多种智能技术, 智慧工地改变了施工现场的管理模式, 实现了信息化、精细化、实时化的工程管理。本文将围绕智慧工地技术的组成、在实际项目中的应用与成效展开探讨, 旨在为推动建筑行业数字化转型提供参考。

1 智慧工地技术体系构成

1.1 物联网技术在施工现场的部署

在智慧工地建设中, 物联网技术是实现现场信息数字化的基础。通过在施工现场关键位置部署传感器、摄像头、RFID 识别设备等, 实现对人、机、料、法、环五大要素的实时感知与信息采集。例如, 在塔吊、升降机等大型设备上安装传感器, 可以监测设备运行状态、使用频率及是否存在违规操作; 在危险区域设置红外感应与视频监控联动系统, 实现实时画面回传与异常行为预警; 而 RFID 则被广泛应用于人员考勤、物料进出管理、设备定位等环节, 通过扫描即可完成记录和追溯, 极大提升了信息的实时性和透明度。

物联网技术能够与边缘计算模块联动, 实现本地数据

的快速处理与上传, 确保在网络不稳定或极端环境下, 仍能保持数据完整和安全。这种全天候、全场景的数据采集能力, 为后续的数据分析与智能决策提供了坚实的数据基础。

1.2 大数据与云平台的集成应用

智慧工地的数据来源多样, 数据量庞大而复杂, 依赖于大数据技术进行分类、分析与预测。所有从施工现场采集的数据将被上传至云平台, 进行集中管理。云平台具备强大的计算和存储能力, 能实时分析施工现场的进度、安全、质量等多维度数据, 并自动生成报表、图表和预警信息, 供项目管理人员随时查阅与决策。

通过数据可视化模块, 管理者可以在可交互式界面上了解项目的整体运行状态和具体施工单元的进展情况。此外, 数据平台还能实现多项目、多工地的数据共享与对比, 帮助企业从宏观角度把控多个项目的运行质量与效率。

1.3 人工智能与移动终端的协同控制

人工智能技术正在成为智慧工地的“智能大脑”。通过 AI 视觉识别系统, 可以对人员穿戴安全帽、反光衣等标准作业行为进行自动识别, 发现异常即自动发出警报; 基于机器学习的算法模型, 还能预测施工进度风险, 提前给出预警建议, 辅助项目管理人员调整计划。

在劳务管理中, AI 算法可以根据以往的数据, 智能调配人力资源, 合理安排班组, 减少闲置与冲突。在质量管理方面, AI 还能识别混凝土裂缝、钢筋排列异常等施工质量问题的, 提升缺陷发现的及时性。

同时, 移动终端作为智慧工地的重要接口, 使得管理人员和现场施工人员之间的信息流更加通畅。通过 APP 或小程序, 项目经理可远程查看现场状态, 巡检人员可以即时上传隐患照片并打标签, 施工班组可接收最新的作业任务和变更通知, 真正实现了“移动指挥+一线执行”的闭环管理模式。

2 智慧工地在建筑工程管理中的关键应用

2.1 施工过程的实时监控与数据采集

智慧工地技术通过传感器、监控设备和智能硬件对施工现场进行实时监控, 实现对施工环境、工人行为、设备运行等多方面的数据采集与管理。物联网技术的应用使得各类设备和传感器能够实时传输数据, 并通过云平台进行集中管理与分析。建筑管理人员可以通过终端设备及时获取工地的现场状况, 快速反应、调整施工计划。比如, 传感器可以实时监控施工现场的温湿度、气体浓度等环境参数, 一旦出现异常, 可以立即发出警报, 从而防止事故发生。这种精准监控和即时反应, 大大提升了建筑项目管理的效率 and 安全性。如图 1 所示。



图 1 智慧工地实时监控与数据采集

2.2 人员和设备管理的智能化

智慧工地在人员与设备管理方面的应用, 进一步提高了施工现场的精细化管理水平。通过人脸识别、RFID 技术、智能卡等方式, 智慧工地能够实时记录并管理每一位工人的进出情况、工作时间、健康状况等信息。此外, 设备管理系统能够对施工设备进行全程监控, 包括设备的使用频率、故障预警、维护记录等, 确保设备的高效运转与及时维修。智能化的人员与设备管理, 不仅优化了资源配置, 还有效减少了人员缺勤、设备闲置等问题, 提高了工作效率与工地的安全性。

2.3 工程进度与质量控制的智能化

智慧工地技术通过数据分析与预测, 帮助项目管理人员实时监控施工进度和质量。基于大数据分析, 系统能够通过对各项指标(如工程进度、材料使用量等)的动态监控, 及时发现潜在的进度滞后问题, 采取相应的补救措施,

确保工程按计划推进。通过智能化的质量控制系统, 施工质量得到了有效保障。通过智能检测设备, 能够自动识别施工过程中的质量问题, 如混凝土强度不达标、钢筋布置不符合要求等, 及时反馈给项目经理, 避免了人工检测的疏漏, 提高了检测效率和准确性。这种智能化的质量控制手段, 有助于减少施工缺陷, 保证工程质量。

3 典型工程案例分析

3.1 北京城市副中心某高层建筑项目

在北京城市副中心某高层建筑项目中, 建设方全面引入智慧工地综合管理平台, 涵盖了视频监控、环境监测、塔吊安全控制、人员定位、劳务实名制管理等多个系统模块。施工现场部署了超过 60 个高清摄像头与 AI 图像识别终端, 实现对塔吊运行、作业层安全、材料堆放等重点区域的全天候可视化监控。

同时, 平台集成 BIM+进度管理系统, 将施工流程与虚拟模型实时对接, 现场进度通过数据自动反馈至平台, 系统根据偏差自动提醒施工管理人员。此外, 该项目还部署了扬尘噪声监测设备, 与喷淋降尘系统联动, 在污染数据超标时自动开启治理装置, 实现智能环保控制。整个智慧工地系统实现了项目管理的数字化、精细化和一体化, 极大提高了安全防控与决策效率。

3.2 上海某大型基础设施工程

上海某大型地铁枢纽工程由于工期紧张、施工环境复杂, 对智慧工地技术的依赖尤为突出。该项目在地铁基坑施工期间, 部署了智能监测系统, 对周边建筑物沉降、支护结构位移、基坑水位等关键指标进行 24 小时实时采集与远程监控。一旦监测数据超出安全阈值, 系统立即触发多级预警机制, 并同步发送至现场施工管理 APP, 确保快速响应。

为了保障施工进度, 该项目还应用了物联网与施工调度系统联动的“机械数字化调度平台”, 所有施工设备如挖掘机、混凝土泵车等均安装智能终端, 用于采集使用频率、停工时长与作业区域分布等数据。施工单位可根据实时数据动态调整施工组织计划, 有效减少资源浪费。此外, 施工过程中还利用无人机定期巡航, 结合三维建模, 实现施工现场高精度的影像比对与进度核查, 推动工程高效推进。

3.3 深圳智慧园区建设项目

深圳某智慧产业园区项目则在资源调度和绿色施工方面进行了深入的智慧化探索。项目施工采用了智能物流系统, 对所有建筑材料实行电子化采购、进场登记和使用追踪, 实现材料从采购到消耗全过程的数字化管理。系统根据每日施工任务自动生成材料调配清单, 既避免了现场堆料浪费, 也优化了材料运输路线和效率。

在人员管理方面, 项目部署了智慧门禁与工人健康码系统联动的人脸识别系统, 不仅实现实名制管理, 还能监测工人健康状态, 尤其在疫情期间保障了现场施工的连续性与安全性。同时, 该项目重视绿色低碳施工, 现场安装了能耗监测系统和建筑垃圾分类系统, 通过数据分析推动能耗节约和绿色建造目标落地。

4 智慧工地技术应用成效评估

4.1 提升施工效率与协同能力

智慧工地通过多系统集成,实现了施工流程的数字化协同。项目管理人员可实时掌握现场进度、设备使用、劳务分布等信息,并通过平台即时分发任务、调度资源,避免了传统模式下“信息传递滞后、现场响应不及时”的问题。以北京某写字楼项目为例,通过部署 BIM+智能调度系统,其施工周期较原计划缩短了近 12%,管理人员数量减少 15%,但整体管控效率却显著提升。

同时,施工单位、监理单位、甲方之间的沟通也更加高效。平台支持多端接入,所有审批、问题反馈、验收流程实现线上流转与留痕,减少了中间环节的人为延误。现场遇到的问题可通过拍照、标注、上传的方式进行处理,大大提高了响应速度与闭环效率。

4.2 降低安全事故发生率

安全是衡量智慧工地价值的重要维度。智慧工地通过智能安全帽、视频识别系统、边界警示系统等技术,有效杜绝了诸如“违规操作”“未戴安全装备”“误入高危区域”等常见安全隐患。在上海某隧道工程中,施工单位在引入智能预警系统后,仅半年时间内就发现并干预了超过 200 次高空作业违规行为,避免了潜在的人员伤害。

统计数据显示,实施智慧工地技术的项目,在同类型工程中,其安全事故发生率平均下降 30%以上,尤其在高风险作业和夜间施工环境中,预警系统的介入使安全防护更具前瞻性和实时性。相比传统工地,智慧工地已从“事故响应”逐步过渡到“风险预测与主动干预”的新模式。

4.3 管理成本与资源利用率优化

通过对人、材、机的智能化管理,智慧工地显著提升了资源利用效率。在深圳某智慧园区项目中,材料进出场全部通过 RFID 扫码与平台同步记录,结合每日施工计划进行精准调度,减少因多次搬运、浪费带来的成本。据统计,该项目的材料利用率提升约 18%,现场库存平均减少 20%,有效降低了堆场占用空间和管理压力。在人力资源方面,通过人脸识别门禁、智能工牌考勤系统,项目实现了对施工人员的精细化管理。在无需增加管理人员数量的前提下,考勤效率提升 30%,并可实现劳务工资的自动计算和结算,降低了人工统计与纠纷成本。如表 1 所示。

表 1 应用成效数据对比表(数据来源于问卷调查)

指标类别	传统工地平均值	智慧工地平均值	效益变化(%)
施工周期(天)	365	320	-12.3%
安全事故频率	5起/年	3.4起/年	-32.0%
材料利用效率	72%	85%	+18.1%
考勤效率	70%	91%	+30.0%
项目沟通响应时长	2天	0.5天	-75.0%

5 智慧工地技术的未来发展趋势与挑战

5.1 智能化技术的深化与普及

未来,智慧工地技术将进一步深化智能化应用,特别是

在人工智能、机器学习等领域的应用。随着技术的不断创新,智能化施工设备将更加普及,如无人机巡检、智能机器人施工等设备将成为常态。这些技术的广泛应用将有效提升施工效率,降低人为错误率,并减少人力成本。同时基于人工智能的数据分析能力,施工过程中的决策将更加智能化和精准化,进一步提升建筑工程管理的效率与质量。智能化技术的普及将推动建筑行业向更加自动化、精准化的方向发展。

5.2 数据融合与大数据分析的强化

数据的融合与大数据分析将成为未来智慧工地技术发展的重要趋势。随着物联网、传感器等技术的普及,施工现场将收集大量的数据,这些数据如果能够得到有效融合与分析,将为项目管理提供更有价值的信息支持。通过大数据分析,项目管理人员能够实时掌握施工进度、质量问题和安全隐患,提前预判可能发生的风险,优化资源配置。未来,大数据的全面运用将使得建筑工程管理更加精细化、科学化,有助于实现更高效的项目执行与控制。

5.3 技术标准化与管理挑战

尽管智慧工地技术的发展潜力巨大,但在应用过程中仍面临着技术标准化和管理上的挑战。不同建筑项目对智慧工地技术的应用需求不同,导致技术标准和应用模式的缺乏统一,制约了其广泛应用。同时,智慧工地技术的高成本和技术门槛,使得一些中小型建筑企业在实施过程中面临困难。未来,解决这些挑战将是智慧工地技术进一步推广的关键。行业需要加强技术研发与标准化建设,完善配套政策,以促进智慧工地技术的普及和应用,推动建筑行业的整体升级。

6 结束语

智慧工地通过集成物联网、BIM、大数据等技术,有效提升了建筑工程的管理效率与安全水平。实践表明,其在进度管控、资源调配和风险预警等方面具有显著优势。未来,随着技术深化与标准完善,智慧工地将在推动建筑业数字化、智能化转型中发挥更大作用,助力行业高质量发展。

[参考文献]

- [1]李伟娟. 智能化工程管理技术在建筑工程管理中的应用[J]. 大众标准化, 2023(21): 143-145.
- [2]吴彬. 建筑工程管理中智慧工地的应用研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(33): 38-40.
- [3]赵泽章,丁伟,陈硕,逯艳婷. 基于 BIM5D 技术的智慧工地系统在建筑工程施工管理中的应用[J]. 中国建设信息化, 2023(20): 95-99.
- [4]吴永杰. 智慧工地系统在建筑工程管理中的应用[J]. 新疆有色金属, 2024, 47(2): 105-106.
- [5]刘伟,李平平. 智慧城市视域下建筑工程管理信息化应用探析[J]. 城市开发, 2025(3): 150-152.

作者简介: 高晓明(1988.7—),男,河南省洛阳市人,就职于北京深国高投物流有限公司,工程项目负责人,助理工程师、全国造价员、一级建造师,长期从事建筑工程管理工作。

房屋建筑施工现场的质量及安全管理

华 斌

江西嵩辉建设工程有限公司, 江西 赣州 341000

[摘要]近年来,随着整个社会对房屋建筑品质要求的提升和安全意识的提高,人们逐步意识到施工现场质量安全管理的的重要性。施工现场质量安全管理的实施有利于保持房屋建筑工程施工现场的有序性,使得各项施工活动可以顺利进行,实现了良好的工程质量与安全管理,使得房屋建筑工程项目的各项施工活动都可以满足施工的质量标准。基于此,文中分析了房屋建筑工程施工现场质量安全管理的策略等内容,有利于提升房屋建筑工程的整体质量,减少工程安全事故的发生。

[关键词]房屋建筑;施工现场;质量管理;安全管理

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16127

中图分类号: TU71

文献标识码: A

Quality and Safety Management of Building Construction Sites

HUA Bin

Jiangxi Songhui Construction Engineering Co., Ltd., Ganzhou, Jiangxi, 341000, China

Abstract: In recent years, with the increasing demand for building quality and safety awareness in society, people have gradually realized the importance of quality and safety management on construction sites. The implementation of quality and safety management at the construction site is conducive to maintaining the orderliness of the construction site for building projects, enabling various construction activities to proceed smoothly, achieving good engineering quality and safety management, and ensuring that all construction activities of building projects can meet the quality standards of construction. Based on this, the article analyzes the relevant strategies for quality and safety management of construction sites in building construction projects, which is conducive to improving the overall quality of building construction projects and reducing the occurrence of engineering safety accidents.

Keywords: building construction; construction sites; quality management; safety management

引言

房屋建筑施工现场的质量与安全管理是保证工程顺利完成的关键要素,也是确保施工人员生命安全、维护公众财产以及促进社会稳定的重要保障。随着城市化进程的加速,房屋建筑项目的规模不断扩大,施工工艺逐渐复杂,施工现场的质量与安全问题日益凸显。高效的质量管理能确保建筑结构的安全性、耐久性与舒适性,而安全管理则直接影响施工人员的生命安全与健康。因此,提升施工现场的质量管理水平,强化安全管理措施,已成为当前建筑行业亟待解决的重大问题。在房屋建筑施工过程中,质量控制不仅依赖于技术手段和工艺水平的提升,还需要依靠严格的管理体系与强有力的执行力。此外,施工现场的安全管理同样至关重要,涉及施工前的安全规划、施工过程中的实时监控以及施工后的安全检查等各个环节。只有在加强质量管理与安全管理的双重保障下,事故的发生才能有效预防,房屋建筑项目才能顺利实施,整体施工效率和工程质量得以提升。因此,深入研究房屋建筑施工现场的质量与安全管理,不仅对推动建筑行业健康发展具有重要意义,也为解决实际施工中面临的种种问题提供了理论支持。

1 房屋建筑施工现场质量及安全管理的意义

房屋建筑施工现场的质量与安全管理在工程建设中

占据着至关重要的地位。施工质量直接关系到建筑物的安全性、使用寿命及居住者的生命安全。质量合格的建筑能够有效避免日后出现的质量缺陷和安全隐患,降低后期维修与改造的费用,同时提升建筑物的长期稳定性与功能性。在施工过程中,安全管理作为确保施工人员生命安全的基本保障,发挥着至关重要的作用。由于建筑行业工作环境普遍存在较高的风险,安全管理的作用显得尤为关键。合理的安全管理措施能够有效防止事故的发生,减少工伤及死亡事件,进而提高施工人员的工作积极性与生产效率。同时,优秀的质量与安全管理不仅提升了企业的社会责任感,还能增强企业的品牌信誉与市场竞争力,为企业带来更多的项目机会。随着建筑技术的不断进步及国家对安全法规的日益严格,科学的质量与安全管理已成为企业合规运营的重要组成部分。强化施工现场的质量与安全管理,不仅是确保建筑工程顺利完成的根本保障,也是提升整体社会安全水平的重要举措。

2 房屋建筑工程质量与安全管理问题分析

2.1 工程建筑管理制度不完善

在许多房屋建筑工程中,管理制度的不健全往往被视为引发质量与安全问题的关键因素之一。部分建筑企业在施工现场的管理制度缺乏系统性和全面性,未能建立完善的质量与安全保障机制,从而在施工过程中暴露出许多隐

患。例如,施工流程的不规范、项目管理职责分工不清晰、责任落实不到位等问题频繁出现,导致不同施工环节之间信息传递不畅,协同工作变得困难。此外,制定与执行管理制度时,部分企业存在松懈、不细致的问题,未能根据具体项目特点进行有针对性的调整,致使施工现场在面对复杂环境与突发状况时缺乏有效的应对措施。再者,管理制度的监督与执行力度不足,导致部分施工人员未能充分重视质量与安全,甚至出现违规操作的现象。

2.2 安全意识薄弱

安全意识薄弱是导致施工现场事故频发的重要原因之一。许多施工现场的事故反映出建筑工人的安全意识较低,部分工人甚至没有接受过安全培训。在一些建筑企业中,为了提高工作效率,往往忽视了员工的人身安全和工作环境的合理性。整体来看,大家更关注如何加快施工进度,而忽视了安全生产的根本问题。许多企业为了节省成本,倾向于雇佣没有施工经验的人员,但往往缺乏对这些工人的有效培训和组织管理,这直接导致了施工中的安全事故频发。此外,部分企业在进行巡查时,只关注高风险作业区域,缺乏全面的管理和保障措施。在施工过程中,由于缺乏足够的工程技术知识,安全技术和操作规范的执行不到位,进一步增加了安全隐患。

2.3 安全管理力度不足

在众多房屋建筑工程中,安全管理不到位被认为是导致事故频发的关键原因之一。尽管国家及地方政府已经制定了相关的安全管理法规,许多企业在实际施工过程中对安全管理的重视仍然不足,且表现出了形式化和表面化的管理现象。一方面,部分施工单位未能建立专门的安全管理团队,安全管理人员配置不足,甚至缺乏专门负责安全监督的工作人员,致使安全管理缺乏专人负责,无法对施工现场的安全状况进行有效监控。另一方面,虽然一些建筑企业已设有安全管理制度,但其执行力度较弱,安全检查与隐患排查的深度和广度不足,未能及时发现并消除潜在的安全隐患^[1]。此外,安全培训与教育的频率及深度远远不够,施工人员的安全意识未能得到充分提高,导致他们在作业时忽视安全操作规程,进而增加了施工现场事故的发生风险。

2.4 施工人员的整体素质和专业水平不高

在房屋建筑工程中,施工人员整体素质和专业能力的不足被认为是导致工程质量不达标的关键因素之一。许多施工人员的技术水平和操作技能未能达到要求,尤其是在一些技术要求较高的项目中,缺乏必要的专业知识和实践经验,使得他们难以应对复杂的施工工艺及安全管理需求。部分施工人员依赖简单的操作经验,忽视了规范的操作流程和安全规定,从而使得施工过程中容易出现失误和疏忽。同时,随着建筑技术和施工工艺的不断更新,许多传统施工方法已无法满足现代建筑工程的要求,而一些施工人员未能及时接受新技术和新材料的培训,导致在应用新工艺和设备时存在知识盲区或操作不当的情况。

3 房屋建筑施工质量管理措施

3.1 增强施工人员的安全意识

增强施工人员的安全意识,是房屋建筑施工安全管理中不可忽视的关键环节。施工现场的安全隐患往往源自施工人员对安全生产规程的忽视或缺乏了解,尤其是在高风险、高强度的建筑环境中,施工人员因工作压力大、操作繁忙或对规程的松懈理解,而容易忽略安全操作。为了有效提升施工人员的安全意识,必须建立持续性的安全培训体系,定期开展安全教育,并根据施工现场的具体情况,进行针对性的安全技能培训。培训内容应涵盖从基本的安全操作规范到复杂的应急处理方案,确保每位施工人员在面对高风险环境时,具备足够的安全操作能力与应变能力。除了传统培训方式,现代技术手段也应得到充分利用,例如虚拟现实(VR)安全模拟训练等,以提高培训的互动性与实际效果。同时,施工现场的安全文化建设不容忽视,通过营造一个以安全为核心的工作氛围,可以有效增强每一位施工人员的安全意识。

3.2 提高管理力度, 保证房屋建筑施工质量

提升管理力度,是确保房屋建筑施工质量的关键保障。要增强管理力度,必须从完善制度和流程入手,确保各个环节严格按照规范和标准执行。从项目启动之初,到施工过程中的每一个环节,再到最终验收阶段,都应设有明确的质量控制措施和标准。通过优化管理流程,明确各方职责,确保每一层级的管理人员都能够对施工质量进行全面监督,及时发现并解决问题。同时,现场质量检查与监督必须加强,确保施工人员在每个工序中严格遵循操作规范,及时消除潜在的质量隐患。在此基础上,施工管理人员的责任感也需进一步强化,要求其在关注进度和成本的同时,始终把施工质量放在首位,做到严要求、细管理。同时,技术管理层应发挥重要作用,定期组织施工技术的培训与评估,确保技术人员保持高水平的技术能力,能够有效应对施工中的各类技术挑战^[2]。建立质量追溯体系也至关重要,确保每一项施工任务、每一批次施工材料以及每一个工序的质量状况能够被追踪与记录。

3.3 完善管理机制, 实现房屋建筑安全管理

完善管理机制,是确保房屋建筑施工安全的核心要素。建立一个高效且系统的管理框架,有助于在整个施工过程中实现全面的安全管理。项目管理层必须明确各岗位的安全责任,确保每位员工充分理解并履行其安全职责,特别是对于项目经理、安全员和技术负责人等关键岗位,职责分工必须严格执行。在此基础上,制定涵盖施工前、安全规划、施工过程中的日常监管及施工后期安全检查与评估等多个环节的综合安全管理制度,应成为重点。这些制度应包括对施工人员的安全培训、隐患排查、事故报告等常规管理内容,并特别注重紧急情况的应急处理方案,确保在突发事件发生时能够迅速有效地响应。同时,管理机制的完善还应包含定期的安全检查制度,对施工现场的各项安全措施进行常规检查,以及时发现并消除安全隐患。通

过建立严格的检查制度并落实到每个施工环节中,安全事故的风险能够有效减少,特别是那些因疏忽而发生的事故。此外,数字化管理技术的引入,也可极大提升管理效率。通过建立信息化平台,施工现场的安全状况可以实时监控,使得管理人员随时掌握现场动态,快速做出决策。

3.4 采取科学方式,切实落实

在房屋建筑施工中,科学的管理方法一旦被采用并切实执行,施工质量与安全的提升便能得到有效保障。科学管理方式不仅仅依赖传统的经验或手工操作,而是通过现代科技手段的广泛应用,如信息化技术、数据分析与数字化监控,显著提高了管理的精度与效率。例如,施工过程中,各环节可通过电子化平台进行实时监控,从而确保施工质量与安全措施得到切实执行。通过构建完善的质量控制体系及风险评估模型,全面的规划与预判得以在施工前、施工中及施工后进行,确保每一项操作均符合相关标准与规范。科学管理还特别强调精细化操作,如通过高精度检测设备与技术,施工材料、结构及工艺能够被实时监测,从而及时发现并纠正潜在的质量问题^[3]。此外,标准化的作业程序也能有效指导工人的操作,确保每个环节有明确的操作规程,并定期进行技术培训,从而不断提高施工人员的专业技能。

3.5 严格管控施工材料和机械设备

在房屋建筑施工中,施工材料与机械设备的质量管理必须被严密控制,这对施工质量与安全保障至关重要。建筑物结构的稳定性与安全性,直接受到施工材料质量的影响。在此背景下,所有进入施工现场的材料必须经过严格检验与筛选,确保符合国家及行业标准。采购渠道也需经过仔细审核,只有信誉卓著的供应商才能被选定,并确保每批材料的来源可追溯,批次清晰。对于关键建筑材料,如钢筋、水泥、砂石等,取样检测也是必不可少的,以确保在使用过程中能够达到预定的技术要求。此外,施工过程中,材料的存储、运输与使用必须严格管理,防止因储存不当或运输损坏而导致材料性能下降。机械设备作为施工的重要工具,其工作状态直接影响工程进度与质量。所有设备在使用前,必须经过全面检查,确保其正常运行,以避免因设备故障引发的安全问题或影响施工进度。同时,设备还应定期进行保养与维修,确保其保持最佳工作状态,从而减少故障发生的可能性。

3.6 加强现场管理人员的培训

强化现场管理人员的培训,作为确保房屋建筑施工质量与安全的关键举措之一,其重要性不言而喻。作为施工现场的核心管理力量,管理人员的专业素养与管理能力对项目的顺利进行和质量控制起着决定性作用。为此,必须制定针对性的培训计划,帮助管理人员建立坚实的建筑工程知识基础、卓越的管理技能以及高度的安全意识。培训内容应涵盖建筑施工的各个方面,施工工艺、质量管控、安全管理、现场协调等领域,尤其应注重对国家及地方施工法规、标准与技术规范的深入学习。此外,培训应帮助管理人员掌握识别与应

对施工过程中可能出现的各种问题的能力,从而提升实际问题解决的技巧。同时,管理人员的沟通与协调能力,也应得到培养,以确保他们能够高效地与施工团队成员、供应商及其他相关方协作,确保信息流畅并且问题能得到及时解决。随着建筑行业技术的不断更新与新型施工方法的广泛应用,现场管理人员还需不断更新自己的知识储备,熟悉新技术与新设备的使用,以便提升应对复杂施工任务的能力。

3.7 做好安全监督检查

安全监督检查在确保房屋建筑施工现场安全管理有效实施方面,起着至关重要的作用。施工现场的安全隐患,往往潜藏在细节之中,若没有进行严格的监督检查,可能会导致严重的事故发生。为了有效预防事故的发生,必须制定科学且详细的安全检查制度,确保每项安全措施在施工过程中都能得到严格执行。安全监督检查需涵盖施工的各个环节,包括施工人员的安全防护措施、机械设备的操作安全以及现场的安全防范设施等方面。定期对施工现场进行全面而细致的巡查,检查人员应及时发现隐患并采取整改措施,从而确保所有安全措施得到有效落实。在检查过程中,施工人员的安全培训与教育情况,也应被评估,确保每位从业人员都具备必要的安全知识和应急应对能力^[4]。此外,安全监督检查不仅应关注现有的安全措施,还需关注潜在的新风险与变化的施工环境。通过现代技术手段,如物联网监控系统与数据分析平台,施工现场的实时监控能够更高效地发现潜在的安全隐患,并采取及时的预防措施。

4 结语

房屋建筑施工现场的质量与安全管理,正是确保工程顺利推进的关键所在。通过管理制度的完善、施工人员专业素养的提高,并严格把控施工过程中的每个环节,质量问题与安全事故的发生概率得以有效降低。尽管目前行业中仍面临一些困难与挑战,但随着管理理念的不断革新及技术的不断进步,建筑施工的质量与安全水平将得到不断提升。展望未来,需进一步强化各项管理措施的落实,确保建筑工程的安全与质量,最终为社会创造出更加稳固、安全的建筑环境。

【参考文献】

- [1]季湧,韩海朋,陈国顺.房屋建筑施工现场的质量及安全管理[J].城市建设理论研究(电子版),2025(4):59-61.
 - [2]窦智.浅析房屋建筑工程施工现场的安全管理[J].大众科技,2023,25(3):194-197.
 - [3]王荣军.房屋建筑施工的质量与安全管理策略[J].中国建筑装饰装修,2022(4):180-181.
 - [4]曾永忠.浅谈房屋建筑施工现场的质量与安全管理[J].产品可靠性报告,2023(9):37-38.
- 作者简介:华斌(1987.8—),毕业院校:南昌工程学院,所学专业:土木工程,当前就职单位:江西嵩辉建设工程有限公司,职称级别:中级工程师。

道路养护施工中微表处技术及稀浆封层技术的应用分析

张 歌

盐城市交通规划设计院有限公司, 江苏 盐城 224000

[摘要]随着我国经济社会的快速发展,公路基础设施建设水平已跻身世界前列。在建设成果持续扩大的同时,现有公路也迎来周期性养护高峰。微表处与稀浆封层作为两种典型的路面预防性养护技术,具有施工便捷、造价低廉、施工周期短以及开放交通快等优点,已在我国得到大力推广。然而,在实际使用过程中效果并不理想,部分微表处路面的使用寿命较短,极大地限制了微表处技术和稀浆封层技术在预防性养护的应用与推广。因此本篇文章对道路养护施工中微表处技术及稀浆封层技术的应用情况进行归纳分析,旨在为道路养护施工提供一定启示。

[关键词]道路养护施工;微表处技术;稀浆封层技术

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16113

中图分类号: U418

文献标识码: A

Application Analysis of Micro Surface Technology and Slurry Sealing Technology in Road Maintenance Construction

ZHANG Ge

Yancheng Transportation Planning and Design Institute Co., Ltd., Yancheng, Jiangsu, 224000, China

Abstract: With the rapid development of Chinese economy and society, the level of highway infrastructure construction has entered the forefront of the world. While the construction achievements continue to expand, the existing highways are also experiencing periodic maintenance peaks. Micro surfacing and slurry sealing are two typical preventive maintenance techniques for road surfaces, which have the advantages of convenient construction, low cost, short construction period, and fast open traffic. They have been widely promoted in China. However, in actual use, the effect is not ideal, and the service life of some micro surfacing road surfaces is relatively short, greatly limiting the application and promotion of micro surfacing technology and slurry sealing technology in preventive maintenance. Therefore, this article summarizes and analyzes the application of micro surfacing technology and slurry sealing technology in road maintenance construction, aiming to provide some inspiration for road maintenance construction.

Keywords: road maintenance and construction; micro surface technology; slurry sealing technology

引言

传统的道路施工养护通常时间较长,极易阻碍正常的交通,已经无法适应现代化道路养护的发展。近年来微表处技术及稀浆封层技术凭借其便捷、高效、经济等优势逐渐得到广泛应用,通过实施微表处技术与稀浆封层技术,不仅能够维持道路性能,还能避免对正常交通产生严重干扰,且养护效果相对较好^[1]。但是微表处及稀浆封层技术在应用过程中常出现道路寿命短的问题,主要与其施工质量及效率存在紧密关联,因此还需对施工技术进行科学控制,从而提高道路养护质量。因此本文主要对微表处技术及稀浆封层技术在道路施工养护中的应用要点进行分析总结。

1 道路养护施工的意义

道路承担着承载车辆与行人的重要任务,但是其面临着道路病害问题,通过实施道路养护施工技术极为关键,采用良好的道路施工养护技术,有助于维持道路的平整度与舒适性,能够降低行驶风险,为驾驶员与乘客提供舒适保障。同时路面养护施工技术,能够及时检查路面病害,修复与预防路面破损,维持路面结构的良好状态,有利于

减少路面维修成本,延长道路使用寿命。通过定期养护施工,可及时发现道路潜在风险。此外路面养护施工还能够提高公路整体形象及可持续发展能力,促进区域经济的发展。

2 微表处技术与稀浆封层技术概述及应用优势

2.1 微表处技术

微表处技术在道路施工养护中应用较为广泛,在施工过程中通过采用耐磨性较高的改性乳化沥青,并掺配一定量地硅酸盐水泥,在路面结构形成结构层,有助于提高道路耐磨性、抗滑性和抗渗性。在高速公路、一级公路的预防性养护中均可应用微表处技术,其应用优势主要包括5点:①微表处技术能够应用减薄涂层,可发挥抗滑性能,预防路面湿滑,减少行车的摩擦阻力,提高行车安全;②微表处技术通过使用耐磨损、耐腐蚀的材料,可延长使用寿命,以减少维护成本;③微表处技术可参考道路特性与噪声分布情况,应用降噪功能材料,进而降低道路噪声污染;④微表处技术可运用液滴结构的防污涂层,能够预防尾气、融雪剂等产生的道路路面污染问题^[2]。

2.2 稀浆封层技术

稀浆封层技术在公路养护施工中较为常见,其主要通

过乳化沥青与矿料、填料、水、添加剂进行配比混合为稀浆混合料，在路面上进行均匀摊铺，该技术具有简便、高效的特点，能够缩短工期、减少成本，降低对正常交通的影响。稀浆封层技术在二级、二级以下公路预防性养护中有良好的应用效果，可预防路面病害问题，同时在新建公路中将稀浆封层作为下封层，能够有效提升道路抗渗性能，其主要应用优势包括3点：①稀浆封层技术能够与原路面形成薄层，该薄层耐磨、防水性能较为优异，可发挥良好的抗滑作用。②稀浆封层技术可改变路面颜色对比度，保证路面更加平整，以增强行车体验感。③稀浆封层技术使用的乳化沥青一次加热即可，其对加热温度要求相对较低，在常温环境下即可完成施工。

3 微表处技术在道路养护施工中的应用

3.1 原路面预处理

疲劳裂缝在养护施工过程中较为常见，其主要与车辆动态荷载引起的路面弯曲、沉降有关，进而形成了裂缝，因此还需要在养护施工前做好道路检测工作，以便提高养护效果。针对车辙深度 $<15\text{mm}$ 的沥青路面，可直接进行微表处罩面；对于车辙深度在 $15\text{mm}\sim 25\text{mm}$ 的路面，需先进行微表处车辙填充，随后进行微表处罩面，还可运用双层微表处技术；对于深度 $25\sim 40\text{mm}$ 的车辙，需先运用多层微表处车辙填充；针对深度 $>40\text{mm}$ 的车辙，不宜采用微表处车辙填充处理；对于较为严重的路面病害，可开展补浆、换填等处理方式。

3.2 做好施工准备

在开展微表处技术前，一是需要针对道路病害情况进行调研，评估需养护路段、养护等级、道路病害风险等情况。二是参考施工路段的情况制定养护施工方案，对整体施工流程进行明确，包括施工时间、施工方法、材料、机械设备等，均需结合道路实际情况做好准备，并评估养护施工风险，以实施预见性的处理措施。三是需要参考施工要求对材料进行采购，在采购乳化沥青过程中，需要选择耐磨、坚硬的合格材料，同时填料需考虑施工标准选取矿粉或水泥，以奠定良好的施工基础，促使微表处技术应用效果得到提升。在施工过程中通过多方面的准备工作，能够保证机械及材料等配备充足，为机械的持续作业奠定基础。

3.3 装料、摊铺处理

在放样前，还需要对路幅宽度进行测量，结合测量结果对铺箱进行适当的移动，确保往返路程处于整数，并沿着路边进行放样，按照逐级的方式进行划线。以初步施工设计方案为准，对摊铺机中的乳化沥青、填料、集料等进行合理调配，以预防资源浪费。在完成装料后，需要由专人负责摊铺设备的操作，在养护施工期间，需要保证摊铺厚度符合技术要求，并做好设备运行速度的控制，保证设备铺料部位能够与施工面高度切合，在摊铺过程中需及时补料，以满足施工需求。另外在喷雾机口可堆放混合料，

确保堆放的均匀状态，进而维持乳剂操作的持续性。在对水参数进行调节后，需要检测混合料的化学指标是否无误，随后可启动摊铺设备，保证工作速度在规范的范围内，以实现预期的摊铺目标^[3]。

3.4 碾压与接缝处理

在正常道路养护施工过程中，微表层结构在破乳时可能存在一定间隙，如果路段交通量相对较大，则可在循环荷载的作用下，缓凝处理孔隙；针对交通量较少的路段，可使用 $3\sim 5\text{t}$ 的胶轮压路机，并对其行进速度进行控制，以便及时压实孔隙，促使道路压实度得到明显提升。在对横缝进行处理过程中，第一批混合料铺好后需要即刻使用铁皮进行覆盖，如果发现路面出现不平整情况需及时找平，在明确摊铺厚度与预期要求相符时，需要清理铁皮及其他材料，并为下一步的摊铺做好准备。在对纵缝进行处理时，需要参考搭接缝形式，并依据养护施工的要求，确保搭接段高度在 6mm 以内，搭接宽度在 76mm 以内，同时还需要将 15cm 宽的混合料加铺在道路外侧边缘，以维持路面外观的完整及美观状态，以促进后续养护施工的有序进行。

3.5 微表处技术的应用要点

微表处技术施工环节为装料、摊铺、碾压、养护等，在施工过程中，需要注意以下要点：①选择坚固、耐磨的石料，沥青路面铺设需选用中粒式或粗粒式碎石，在施工前需对石料质量进行检查，并做好石料配比试验，确保稠度适中成型，在满足施工要求后方可进行施工。②微表处技术选择的乳化沥青均需经聚合物改性，确保其残留物软化点处于较高水平，在使用前，还需要检查乳化沥青材料的规格是否合格。③针对养护施工区域需要实施清理与平整化处理，以保证基层的干净整洁状态，为后续施工奠定基础。④在进行碾压过程中，需要提前检修压路机，对电气、油压等异常情况进行明确，以便促进碾压工作质量得到提升，同时需对碾压速度与次数进行控制，并关注接缝处的碾压效果，预防接缝不平整问题，以确保微表层更加密实，提高路面的稳定性。⑤另外微表处技术在应用过程中有较高的温度要求，因此乳化沥青破乳及混合料成型均需对其温度进行科学的控制，以提升施工效率与质量^[4]。

4 稀浆封层技术在道路养护施工中的应用

4.1 路面清扫及材料拌合

为了确保稀浆封层与面层的良好结合，还需做好一系列措施，首先需要开展路面清洁工作，因此在实施稀浆封层技术前，需要对路面上的泥土、杂物等进行全面清理，通过高压水枪冲洗，以便完成对微小杂物及粉尘的全面清理，维持路面的清洁状态。同时施工现场需划分警示区域，设置明确的警示牌，以便为施工过程提供安全保障。稀浆封层技术应用时通常需使用多种材料，并参考道路养护施工要求与实际情况对材料质量与性能进行控制，材料均需依据特定比例进行拌合，在拌合材料过程中需遵循充

分混合原则,以预防材料离析;为了维持拌合后稀浆封层材料性能的稳定,可使用稀浆封层车,以促使拌合效果得到提升;在拌合材料时,还需控制拌合时间,以避免发生拌和不均匀、材料老化等问题。

4.2 摊铺作业及要点

在摊铺施工前,需要针对施工现场进行全面的评估,以便为摊铺效率与质量提供良好保障。首先工作人员需要做好养护施工区域的道路表面的检查工作,明确路面是否存在不平整、潮湿等情况,以确保道路无积水与淤泥,避免水分渗透而对材料性能产生不良影响。通过对可能阻碍施工的杂物进行全面清理,能够确保施工现场的清洁状态,以促进施工作业有序开展。其次需要针对石料、填料、沥青等多种材料的质量实施检查,保证材料与养护施工的要求相符合,通过实施专业的检测后,能够对材料的性质进行明确,以便保证施工的安全。良好的设备是保证施工质量和效率的重要因素,因此最后需要对摊铺设备进行检查,保证机械设备处于正常运行状态,以便推动施工步骤的有序进行、完成预期的施工目标、实现施工质量提升。在实施摊铺作业时,需要关注5点:①结合养护施工路段的宽度、长度等,对摊铺速度进行控制,每分钟摊铺长度为20m,以便取得均匀的摊铺效果^[5]。②在摊铺需做好摊铺设备出料口高度与速度的控制,保证摊铺厚度在5mm以内,以便达到预计的施工要求。③在摊铺期间需对路面平整度进行时刻检查,以改变路面不平整问题,保证摊铺后路面的平整状态。④针对稀浆封层材料的用量进行控制,保证材料应用的合理性,预防材料浪费情况。⑤在完成摊铺作业以后,需要做好稀浆封层的初始养护工作,以便避免稀浆封层材料受到雨水腐蚀或车辆碾压。

4.3 压实作业

在完成摊铺工作后应及时开展压实工作,保证稀浆封层材料的压实度与预期要求相符,确保基层的稳定状态,保证路面强度得到提升。在实施压实作业前,需结合材料种类、性质等对压实设备及压实次数进行控制,同时需关注施工现场的环境与气候变化,对于路面负荷进行评估,尽量避免因环境因素导致养护施工质量下降。在压实施工期间,工作人员需要时刻关注压实作业的实施过程,并结合实际情况对压实方法进行适当的优化,达到预期的养护施工要求。稀浆封层施工质量评估过程中,更加关注其密实度情况,因此需严格控制压实的密实度 $>90\%$,以延长路面的使用寿命。

4.4 稀浆封层技术的应用要点

稀浆封层技术的应用要点主要包括以下几点:①稀浆封层养护施工对温度具有一定要求,因此需要避免在温度

过高或过低的环境下进行施工,以免影响施工质量。②选择与施工要求相符的材料,并结合养护施工的实际情况对稀浆封层材料的配比进行系统性试验、优化配比,避免因配比不合理导致性能缺陷。③在施工前需保证路面处于清洁、干燥状态,不良天气极易影响乳化沥青的强度,可能会降低养护施工质量,阻碍正常交通运输,因此需要提前关注天气变化,避免在阴天、道路积水的情况下进行施工。④在摊铺过程中还需要使用专用的摊铺机,做好摊铺速度与厚度控制,并依据导线行车,关注摊铺实际厚度变化,确保材料在路面上摊铺的均匀状态。压实工作需要在摊铺完成后及时开展,进行全面压实,以保证压实作业的密度。⑤在施工期间,需要定期检测稀浆封层材料,并做好摊铺、压实作业的监测,以确保施工质量。⑥在完成预定工序时,需要做好质量验收,针对施工细节进行严密地检查,避免出现遗漏。在摊铺后需要做好初步养护,需等待混合材料成型后重新开放交通。对稀浆封层材料的摊铺厚度、压实密度等进行检查,确保摊铺厚度、压实密度及配套指标均达标,针对不合格、质量较差的情况需及时优化、完善,以便确保道路使用性能。

5 结语

综上所述,在道路施工养护中常应用微表处与稀浆封层技术,其应用优势较为显著,具有施工便捷、高效的特点,能够促进养护效率与质量均得到提升。在道路实际养护施工过程中,还需要按照道路的实际情况、交通量、养护需要等各类因素进行综合考虑,并对微表处、稀浆封层技术的应用要点进行明确,通过做好材料准备、加强施工控制、实施施工监测等措施,以便发挥技术的应用效果,进而提高整体施工养护质量。

【参考文献】

- [1]周礼.市政交通路面下封层施工中的稀浆封层技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025(2):170-172.
 - [2]司鹏.道路养护施工中微表处及稀浆封层技术分析[J].运输经理世界,2024(30):126-128.
 - [3]温友江.公路沥青路面冷再生稀浆封层及其摊铺压实技术应用要点[J].工程机械与维修,2024(10):152-154.
 - [4]张云星.微表处技术在高速公路沥青路面养护中的应用[J].交通世界,2022(2):219-220.
 - [5]赵辉,王海有,王健,等.微表处技术的应用研究[J].河南城建学院学报,2021,30(3):56-64.
- 作者简介:张歌(1994.8—),男,毕业院校及专业:南京工业大学交通运输工程专业,当前就职单位:盐城市交通规划设计院有限公司,职务:道路桥梁设计师。

数字化转型对建筑工程项目管理效率的提升作用

陈云雄

玉溪市第九建筑工程公司, 云南 玉溪 653106

[摘要]随着信息技术的飞速发展,数字化转型在建筑工程项目管理中的应用逐步深入,通过引入大数据、云计算、物联网等技术手段,实现了项目的全面数字化监控与管理。采用数字化工具对项目进度、成本、质量等方面进行实时跟踪和分析,能够提前预测潜在风险并及时调整优化方案,提高了项目管理的精度和效率。数字化转型不仅提高了信息流的畅通性,还减少了人工操作带来的误差,缩短了项目周期,降低了成本,提升了项目的整体竞争力。通过整合智能技术和管理流程,建筑工程项目管理的协同效率和决策效率得到了显著提升,推动了项目从传统模式向现代化、智能化的转变。

[关键词]数字化转型; 建筑工程; 项目管理; 效率提升; 智能化

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16094

中图分类号: F49

文献标识码: A

The Role of Digital Transformation in Improving the Efficiency of Construction Project Management

CHEN Yunxiong

Yuxi Ninth Construction Engineering Company, Yuxi, Yunnan, 653106, China

Abstract: With the rapid development of information technology, the application of digital transformation in construction project management has gradually deepened. By introducing technologies such as big data, cloud computing, and the Internet of Things, comprehensive digital monitoring and management of projects have been achieved. The use of digital tools for real-time tracking and analysis of project progress, cost, quality, and other aspects can predict potential risks in advance and adjust optimization plans in a timely manner, improving the accuracy and efficiency of project management. Digital transformation not only improves the smoothness of information flow, but also reduces errors caused by manual operations, shortens project cycles, reduces costs, and enhances the overall competitiveness of projects. By integrating intelligent technology and management processes, the collaborative efficiency and decision-making efficiency of construction project management have been significantly improved, promoting the transformation of projects from traditional modes to modernization and intelligence.

Keywords: digital transformation; construction project; project management; efficiency improvement; intelligent

引言

随着建筑行业面临着日益复杂的项目管理挑战,传统的管理模式已无法满足高效、精确的需求。数字化转型为建筑工程项目管理带来了突破性的变化。通过引入先进的技术手段,如大数据、云计算和物联网等,项目管理从数据收集、分析到决策的整个流程都实现了智能化升级。数字化不仅提高了工作效率,还能够大幅降低成本和风险,优化了项目执行的各个环节。随着这一转型的推进,建筑行业的管理模式正朝着更高效、更智能的方向发展,推动了行业的快速进步和持续创新。

1 数字化转型在建筑工程项目管理中的应用现状

1.1 建筑工程项目管理中的传统模式及其局限性

传统的建筑工程项目管理模式通常依赖于手工操作和纸质文档的流转,信息传递速度慢,且易出现误差和遗漏。项目进度、成本、质量等核心要素的监控大多依靠人工汇报和定期检查,存在较大的信息滞后性和决策延迟。在复杂的大型项目中,传统模式不仅增加了管理难度,还极易产生成本超支、进度延误等问题。随着项目规模的扩

大和复杂度的增加,传统模式逐渐暴露出其效率低下、反应迟缓的局限性,急需通过技术手段进行优化。

1.2 数字化技术在建筑工程中的逐步应用

近年来,随着数字化技术的快速发展,建筑行业开始逐步将数字化工具引入项目管理中。大数据技术可以对项目全生命周期的数据进行实时采集、分析和反馈,通过对历史数据的学习预测项目进展和风险。云计算技术的应用使得项目相关信息可以在各方之间实时共享,提升了信息流转的效率与透明度。物联网设备则帮助实现对施工现场的实时监控,包括环境、设备和人员的动态数据采集,从而提升了管理的智能化水平。数字化工具的逐步应用,标志着建筑工程管理开始向现代化、智能化转型。

1.3 数字化转型对建筑项目管理的影响

数字化转型改变了建筑工程项目管理的工作流程和决策机制。通过集成管理平台,所有项目数据得以实时同步、共享,不同部门和团队之间的信息流转不再受限于时间和空间。这种数字化管理方式提高了工作效率,减少了因信息不对称造成的延误和错误。项目经理可以借助智能

化分析工具,实时监控项目进度、成本和质量,及时识别潜在风险并作出调整。数字化转型不仅提高了管理的透明度和精准度,还为建筑行业带来了更高的项目交付质量和更低的运营成本。

2 关键技术在建筑工程数字化管理中的作用与优势

2.1 大数据技术在建筑工程项目中的应用

大数据技术在建筑工程项目中的应用,主要体现在对项目全生命周期数据的全面管理,包括项目的规划、设计、施工、运营及维护阶段。通过实时采集和监控项目的进度、成本、质量、安全等各项关键数据,管理者能够对这些信息进行深入分析,识别出潜在的风险点与瓶颈,优化资源配置和施工计划。大数据技术通过数据挖掘与预测分析,能够精确预测项目的进展情况,帮助项目团队制定更加科学合理的决策。借助大数据,项目管理者还能够提升对施工现场的实时监控能力,确保项目的顺利推进,提高整体施工效率和项目质量,从而确保建筑工程项目在预算、时间及质量上达到最佳效果,推动建筑行业向智能化、数字化方向发展。

2.2 云计算在建筑工程项目管理中的优势

云计算技术为建筑工程项目管理提供了灵活、可扩展的计算资源和存储能力。借助云平台,项目相关的数据和信息可以随时随地进行访问和共享,极大地提升了团队协作的效率。不同地区、不同部门的项目成员可以通过云端系统共享最新的项目数据和进度报告,消除了信息滞后和传递误差。此外,云计算还为建筑工程提供了高效的资源调度和数据存储解决方案,减少了传统IT基础设施的维护成本,提升了信息处理的速度和可靠性。

2.3 物联网技术在建筑施工过程中的应用

物联网技术在建筑施工过程中的应用,能够通过施工现场部署传感器、智能设备和监控系统,实现对各类数据的实时采集与分析。例如,传感器可以监控设备运行状态、环境温度湿度、噪音水平、施工材料的使用情况等关键指标。通过对这些数据的实时监控,项目经理能够迅速发现潜在问题,及时调整施工方案,有效预防安全事故的发生。同时,物联网技术通过智能调度系统优化设备使用,提高资源利用率,避免设备闲置或过度使用,进一步降低施工成本。此外,物联网还能帮助提高施工质量和效率,使得建筑项目更加智能化、精准化,推动建筑行业的数字化转型。

2.4 无人机与人工智能在项目管理中的协同作用

无人机和人工智能的结合在建筑工程项目管理中发挥了重要作用。无人机可以用于施工现场的全景拍摄、进度监控以及地形测量,提供高效的现场数据采集工具。人工智能则可以利用图像识别、数据分析等技术对无人机获取的数据进行处理和分析,实时评估项目进展和质量。通过人工智能对施工现场进行智能化监控和预测,能够在早

期发现问题并及时进行调整,显著提高项目管理的精度和响应速度。人工智能的应用不仅减少了人为干预,还提升了项目管理的自动化和智能化水平。

3 数字化转型对项目管理效率的提升机制

3.1 提高决策效率与精准度

数字化转型使得项目管理者能够通过实时数据监控和智能分析工具,在项目实施过程中快速做出决策。传统的管理模式往往依赖于人工汇报和定期评估,信息传递滞后且易出错,而数字化转型通过大数据分析、云计算和物联网技术,能够实时收集项目进展数据,自动生成报告,帮助项目管理者及时了解项目状态。这种即时反馈机制让管理者能够迅速发现问题并作出调整,提高了决策的精准度和效率。决策者能够基于精确的数据做出更加科学、合理的决策,从而避免了传统管理模式中因信息延迟或错误判断而导致的项目偏差。

3.2 加强协同合作与信息共享

数字化平台的应用加强了项目团队成员之间的信息共享与协同合作。传统的项目管理模式常常因为信息流通不畅、沟通延迟等问题而导致项目执行效率低下,而数字化转型则打破了这种局限。通过云计算和集成化平台,项目参与方(如设计、施工、监理等)能够在同一个系统上共享最新的项目数据,实时查看项目进度、成本、质量等关键指标。这种信息共享模式促进了各部门之间的紧密协作,使得项目管理更加透明、高效。团队成员能够在第一时间获取到所需信息,并根据最新数据调整工作计划,从而减少了工作中的重复与冗余,提高了整体协作效率。

3.3 降低成本与风险控制

数字化转型使得项目管理能够更加精细化地控制成本与风险。通过实时数据监控和分析,项目管理者能够动态调整资源配置和工作进度,确保成本控制在预定范围内。大数据技术可以通过对历史数据的挖掘和分析,预测项目中可能出现的风险点,如进度延误、成本超支、材料短缺等,从而提前做好风险预警。通过智能化的调度和资源优化,数字化平台还可以减少无效劳动和资源浪费,进一步降低施工成本。此外,物联网技术使得施工现场的设备、材料等资源得到实时监控,确保施工过程中不会发生资源浪费或设备故障,从而有效降低了项目实施中的潜在风险。

3.4 提升项目透明度与监督效率

数字化转型为项目管理提供了高度透明的管理平台,所有的项目进度、资金流向、质量控制等数据都可以在平台上实时查看和跟踪。这种透明度使得项目各方(包括投资方、监管部门等)能够全面了解项目的实际情况,减少了信息不对称的情况。在此基础上,项目管理的监督效率得到了极大提升。管理者可以通过实时监控系统,随时获取关于项目状态的准确数据,并且能够第一时间发现任何偏差,从而进行及时调整和干预。数字化转型使得项目管

理更加规范、透明，监督机制也因此得到了有效增强，推动了建筑工程项目管理的高效运作。

4 数字化转型推动建筑工程项目管理模式创新

4.1 从传统管理向智能化管理转型

数字化转型推动了建筑工程项目管理模式的根本性变革，由传统的人工管理模式向智能化管理转型。传统的建筑工程项目管理大多依赖手动操作和纸质文件记录，信息传递速度慢且容易出错。而随着物联网、大数据、云计算等技术的应用，项目管理逐渐从单一的人工管理向综合性智能化管理转变。这种转型不仅提高了管理效率，还为项目各个环节提供了精确的数据支持。智能化管理平台能够自动生成报告和数据分析结果，实时监控项目状态，使项目管理者能够基于真实数据做出决策，进一步提高了项目执行的精准性和效率。

4.2 创新项目协作与沟通模式

数字化转型推动了建筑工程项目管理中的协作与沟通模式的创新。传统的项目管理往往存在信息滞后、沟通不畅等问题，各方信息无法实时同步，造成管理效率低下。而在数字化平台的支持下，项目管理信息可以实时传递，各部门和团队之间可以通过云平台共享最新的项目进展数据、成本控制数据、质量监控信息等。这种高效的信息流转打破了传统项目管理中的“信息孤岛”，促进了各方的协作和配合。项目经理可以即时获取到所有参与方的工作进度和成果，及时发现并解决问题，提高了项目管理的响应速度和执行效率。

4.3 提升项目执行的灵活性与适应性

数字化转型为建筑工程项目管理提供了更强的灵活性和适应性。随着技术的发展和市场需求的变化，建筑项目面临的环境更加复杂多变。传统的项目管理模式往往难以快速应对外部环境的变化，容易导致项目进度滞后和成本增加。然而，数字化管理平台提供了灵活的数据分析和即时反馈机制，使得项目管理者能够快速应对突发问题和变化。例如，智能化进度管理系统可以根据施工进度变化，自动调整资源配置和调度计划，确保项目能够按时完成并且不会超支。这种灵活性使得项目管理更具适应性，能够及时调整策略应对不断变化的环境。

4.4 打造全生命周期的项目管理模式

数字化转型还推动了建筑工程项目管理模式向全生命周期管理模式转变。传统项目管理模式通常侧重于单一的建设阶段，而忽略了项目生命周期中的其他环节，如设计、施工、运营等。然而，数字化转型使得从项目设计、

施工、到运营维护的各个阶段都能通过数字平台进行全程监控和管理。通过数字化工具，项目管理者可以在设计阶段就开始进行精准的成本控制和质量监控，在施工阶段实时跟踪进度并调度资源，在运营阶段进行设施维护和管理。这种全生命周期的管理模式确保了项目的可持续性和长期效益，也提升了建筑工程项目管理的整体水平。

4.5 促进行业标准化与规范化

数字化转型还为建筑工程项目管理的行业标准化和规范化提供了有力支持。随着数字化工具的普及，建筑项目管理中的数据和流程越来越标准化，信息采集和处理流程更加规范。通过数字化平台，项目管理者可以确保所有操作和决策都符合行业标准和法规要求，同时也能够进行实时的合规性检查。这种标准化和规范化的管理模式不仅提高了项目执行的质量，还增强了项目的透明度和可追溯性，有助于推动整个行业向更加规范、高效的方向发展。

5 结束语

数字化转型在建筑工程项目管理中展现出显著的优势和潜力，推动了管理模式的根本性变革。通过引入大数据、云计算、物联网等先进技术，项目管理从传统的人工操作向智能化、精细化方向发展，极大地提高了工作效率、决策精准度和风险控制能力。数字化转型不仅优化了资源调度、加强了协作与信息共享，还促进了项目管理流程的透明化和规范化，推动了行业标准的提升。随着智能化技术的不断发展和应用，建筑工程项目管理将在更高效、更精确的基础上持续创新，提升整体竞争力。未来，数字化转型将继续助力建筑行业应对日益复杂的项目需求，推动行业向更加智能化、可持续的方向发展。

[参考文献]

- [1] 郭威. 建筑工程创新管理的策略及发展[J]. 砖瓦, 2024(6): 109-111.
 - [2] 肖映灼, 龙春莲, 崔阳阳. 建筑工程项目质量管理数字化转型应用研究[J]. 中国设备工程, 2024(23): 67-69.
 - [3] 楚兴华, 刘路路. 数字化转型下建筑工程管理信息系统集成研究[J]. 新城建科技, 2024, 33(8): 175-177.
 - [4] 郭威. 建筑工程创新管理的策略及发展[J]. 砖瓦, 2024(6): 109-111.
 - [5] 尚超. 5G与AI技术助力建筑工程项目管理数字化转型[J]. 砖瓦, 2021(2): 139-140.
- 作者简介: 陈云雄(1976.10—), 男, 云南省玉溪人, 汉族, 中级建筑工程师, 就职于玉溪市第九建筑工程公司, 从事建筑工程管理工作。

高速公路路基施工技术要点及质量控制分析

张 兴

新疆北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 高速公路工程作为我国交通事业的重要组成部分, 承担着为人民群众提供交通出行条件的重要职责。路基施工是高速公路工程的关键环节, 具有工艺烦琐、技术要求高、施工周期长的特点, 需要明确技术要点, 加强质量控制, 保障高速公路的高质量建设。基于此, 本篇文章从实际情况出发, 结合具体的工程案例, 分析了高速公路路基施工技术要点, 并针对性提出了高速公路路基施工的质量控制措施以供参考。

[关键词] 高速公路; 路基施工; 技术要点; 质量控制

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16191

中图分类号: X734

文献标识码: A

Key Points and Quality Control Analysis of Highway Subgrade Construction Technology

ZHANG Xing

Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: As an important component of Chinese transportation industry, highway engineering bears the important responsibility of providing transportation conditions for the people. Roadbed construction is a key link in highway engineering, characterized by tedious processes, high technical requirements, and long construction periods. It is necessary to clarify technical points, strengthen quality control, and ensure the high-quality construction of highways. Based on this, this article starts from the actual situation and combines specific engineering cases to analyze the key points of highway subgrade construction technology, and proposes targeted quality control measures for highway subgrade construction for reference.

Keywords: highway; subgrade construction; technical key points; quality control

引言

高速公路路基是公路的重要组成部分, 路基施工质量直接决定了高速公路工程的建设质量。近年来, 我国交通运输压力显著增大, 各类公路病害问题接连出现, 为道路通行产生了不利影响。为了提高道路建设质量, 为人民群众打造出高品质的高速公路, 就需要重视路基施工, 对接施工技术要点, 结合工程实际建设需求和各项施工条件, 采取有效的质量控制举措, 对于提高高速公路工程的整体建设质量有着不可替代的重要影响。

1 项目概况

表 1 项目公路路基施工工程量

序号	路基工程	工程量参数/m ³
1	水稳基石量	33.69 万
2	填方量	363 万
3	级配碎石量	16.13 万
4	挖方量	151 万
5	AC-20 沥青混凝土	6.33 万
6	ATB-25 沥青稳定碎石	12.35 万
7	AC-13 沥青混凝土	4.55 万

某新建高速公路全长 112.36km, 路基宽度 27.1m, 为四车道设计, 设计行驶速度为 120km/h, 四条行车道宽度均为 3.85m, 硬路肩宽度为 2×2.50m, 土路肩宽度为 2×

0.80m。在公路建设期间要求各项设计参数满足《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)中高速公路建设标准, 其中路基施工的工程量见表 1。

2 高速公路路基施工技术要点

2.1 施工工艺流程及技术指标汇总

路基施工作为本项目的重要施工部分, 在工艺制定方面遵循“三阶段、四区段、八流程”的原则, 具体工艺流程见图 1。

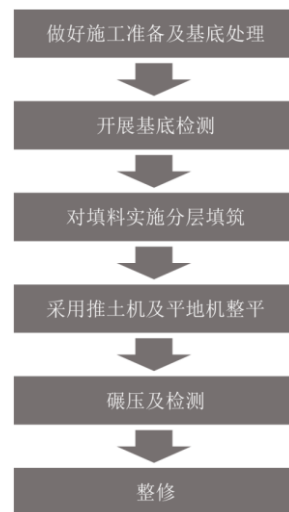


图 1 项目公路路基施工工艺流程

按照图 1 所示工艺流程进行技术指标的制定与汇总。具体数据见表 2。

表 2 项目高速公路路基施工技术指标

路基填挖类型	路床顶面下深度/cm	填料最大直径/cm	填料最小强度 CBR (%)	压实度 (%)
路堑及填平路床	0~90	10	10	≥96
上路堤	90~150	15	4	≥93
下路堤	>150	15	3	≥93
上路床	0~35	10	10	≥96
下路床	35~90	10	5	≥96
原地面压实	—	—	—	≥90

2.2 路基施工准备工作

结合施工图纸和道工序要求,选择相关的施工设备,包括压路机、破碎机、挖掘机等,确保施工期间设备的有效供给。设备投入前需要强化设备的性能检测,加强质量控制,确保设备能够在入场前保持良好性能。路基施工的准备阶段,需要对各项材料加以控制,为后续的路基施工奠定良好基础。在材料选择过程中,重点关注材料质地的均匀性、无机质含量以及液塑限差等核心因素,如黏土或粉质黏土具有较强的材料性能;土料选择方面需要注重材料颗粒度和均匀性,尽可能选择砂砾少、杂物少的材料。结合施工区域土质条件和土层强度,合理选择需要掺和的材料,控制各项材料掺量,优先选择具有较强活性的新鲜生石灰消解土团^[1]。同时要求施工人员就路基施工的各项方面技术展开全面技术交底,能够确保各项工艺及质量控制要求,加强基线布设。

2.3 挖方路基施工

路基挖方开始前,需要做好一系列的准备工作。首先是做好场地清理,重点关注路面上堆积的杂物、杂草和各类碎石,避免开挖期间设备受到杂物影响;其次是进行场地的大致找平,确定路基表面的斜坡率并强化整平处理,能够按照实地勘测数据动态调整施工方案。路基开挖过程中,一般可采取“一坡到地”的施工方法。此过程中,控制土质路基的坡率和挖方高度,设计分级施工方案。在挖方过程中采用推土机、装载机、挖掘机等设备,强化设备的综合使用,如针对 II 类土需要使用多种设备确保每日挖方量在 3000m² 以上。施工过程中,需要按照事前阶段的放线位置做好定位,能够使用钻机对炮眼进行钻设,按照梅花形方式布孔。挖方工作开展时,利用推土机、挖掘机等设备将基坑内的杂物清理干净修整边坡,能够按照由上至下的方式开挖台阶,挖设一层就需要固定边坡位置,减少边坡失稳问题。

2.4 路基填筑

本项目路基施工阶段的沿线范围填料选用碎石土、砂砾土、挖方石渣等材料,沿线取土场土质选用含砾细砂和改良土作为填筑材料,个别路段选用普通土。台背及挡土

墙位置的填制主要使用碎石土和砂砾,具体工作包括:

(1) 土方翻晒。结合施工图纸要求,对建设区域进行测量放样与精准标记,选取精确度较高的仪器设备,标记边线、中心线等重要部分,对测量部分进行核算后设置边桩和中心桩。路基填筑过程中采用分层填筑的方式,根据土层实际情况对各类填料进行针对性处理,强化填料布置的平整与处置效果。粉碎土层结块部分,控制翻晒时间,使土层达到标准含水量后进行推平处理。推平后只需进行 1~3 次的粗略碾压,使路基土能够具备一定的平整度。

(2) 布料拌和。根据施工图纸要求和工序方案设计,确定填料技术参数,并合理计算出施工区域所需要的填料用量总量、不同施工环境所需要的填料区域用量^[2]。在路基填筑部分使用装载机将设计好的填料分层填筑到基坑内,并使用人工搭配机械施工的方式,强化填料布设效果。使用搅拌机进行拌和作业,按照从两侧到中间的顺序组织规范性拌合,安排专业人员跟随检查。检查重点包括拌合的均匀性、拌合深度,控制路基填料的对接与拌合紧实度,实现材料的均匀布设。安排施工人员跟随检查搅拌机拌合作业情况,严格控制拌合深度与拌合的均匀性,关注路基和填料的含水量,避免可能存在的局部结块情况。

(3) 浸水路段的填筑。项目路段存在一批浸水路基段,针对这部分特殊的路基路段,在填筑时选用土石混填的方法,减少路基浸水量。土石料选用粗粒土和强度在 30MPa 以上的石料。施工人员按照大面填筑的方式,对大块石料进行填筑,随后利用挖掘机和破碎机对横断面进行分层处理,按照分层化的横断面实现填料的分层填筑,确保石料和路基的紧实度。每层填筑厚度在 30cm 以上,最大松浦厚度 40cm 以内。本路段路基土质为软弱土质,需要将松软土质全部挖除再进行回填。施工过程中注重接头位置、挖设位置和行车道范围内的宽度,利用高渗水材料填筑。

2.5 路基排水施工

路基施工中,需要重点关注路基结构的稳定性和含水量,过高的含水量会导致路基松软,影响路基质量。为了保障路基含水量达到预设标准,分别采取以下措施进行排水施工:

(1) 设置排水沟槽。针对部分含水量较高的路段,选择开挖排水沟的方式进行排水。利用挖掘机和人工辅助的方式开挖 60cm 深的排水沟槽,前 30cm 沟槽利用挖掘机开挖,后 30cm 沟槽由人工开挖。施工期间严格控制挖设深度,加强挖掘质量控制,全方面确保开挖深度的精准,避免挖设深度不够、挖掘过深等情况出现。排水沟底部布设排水井,井口四周坡度需要保持在 10° 左右,确保多余积水能够进入排水井。排水井四周需要确保一定的平滑度。选用碎砾石材料作为铺设材料,材料的铺设厚度在 2~4cm 区间,确保多余积水能够流入排水井。同时,在

排水沟两侧布置波纹管作为透水管,严格按照每 25cm 布设一根的标准做好检测,检测完毕后进行回填作业。

(2) 中央分隔带排水。本项目工程在中央分隔带设计期间,选用绿化分隔的方式进行处理。按照两侧低、中间高的方式布设护栏,中间设置绿化。护栏与绿化的布设需要结合施工图纸合理设计参数,从护栏高度、布设间距和断面深度等方面,计算具体指标,确保施工设施的依次推进,做好计算明确标注位置。按照预设的图纸参数与计算指标,明确上下底宽度后,按照机械主铺、人工配合的方式设置分隔带。基坑开挖并检测完毕后,将开好孔的波纹管按照预设标准参数进行分批次布设,为了确保分隔带的排水效果,为避免出现渗漏需要做好找平处理^[3]。土工布铺设完毕后,涂抹沥青材料和沥青油并进行碎石回填。施工人员对表面进行找平处理后,将 $\phi 150\text{mm}$ 的 U-PVC 管布设在分隔带四周,并在出口位置布设防护设施。

2.6 路基碾压及边坡防护施工

本工程将《公路路基施工技术规范》(JTG/T 3610—2019)作为文件指导,确定了路基碾压和边坡防护的相关工作参数,严格控制路基回填质量,要求路基碾压密实度在 96%以上,针对上路床、下路床、上路堤、下路堤四个层面的填料,分别设置 10%、7%、5%、3%的最小碾压强度参数。在施工过程中,基于上述参数要求,在松浦系数小于 30cm 的路段位置采取针对性的碾压设计,使用 35t 振动压路机进行多次碾压,直至路基碾压紧实度满足工程参数要求,具体的碾压方法见表 3。

表 3 项目高速公路路基碾压方案

碾压机械	碾压方法	碾压次数
振动压路机	强振	2 次
振动压路机	弱振	2 次
振动压路机	振压	1~2 次
重型压路机	静压	1~2 次
重型钢轮压路机	静压	1 次

在碾压施工前对碾压设备进行全面的质量检测,并按照路基方向预先做好大致地找平处理,能够确保路面基本平整度。初次找平完成后铺,按照路面直线段的方向,从两侧向中间碾压,振动压路机与重型压路机错开碾压。碾压施工期间,需要严格控制碾压速度,一般情况下振动压路机速度需要保持在 2~4km/h 区间,在横向接头位置重叠 50cm 进行碾压。路基两侧边缘位置可能存在碾压不足的情况,需要使用小型振动夯板进行多次碾压处理,确保路面路基的全面碾压。

本项目开工期间常遇到下雨天气,为了避免降雨影响施工,在路基施工过程中额外采取了边坡防护作业。项目人员采取边坡防护和护栏等方式,为坡道提供了巩固点,并在两侧位置设置了横坡,避免坡道失稳、滑落产生的风险问题。针对浸水路段等重要位置,利用浆砌片石护坡方法,做好浸

水路段的作业处理,采取联合防护手段,避免边坡失稳。

3 高速公路路基施工的质量控制措施

3.1 有效把握路基土质量

路基施工期间的质量控制措施,直接决定了最终的施工效果。结合本项目内容和项目重点,重点把握路基土方质量,从填筑前到碾压阶段做好全方位的质量控制,从填筑材料颗粒大小、路基含水量控制、塑性指数等方面加强质量检测,确保施工材料的质量效果^[4]。本项目中,砂性土是主要的填筑材料,为了加强施工质量,就需要对砂性土进行严格的材料控制。在材料进场前,从含水量、塑性指数和最大干密度等指标方面控制材料强度,避免施工过程中出现沉陷、填料不均衡等质量隐患。可以利用分层检验的方式做好施工调控,明确最佳填筑参数和碾压次数,把握路基土质量。

3.2 严格控制路基含水量

路基含水量直接决定了路基施工方案的选择,在施工期间必须控制路基的最大干密度。含水量作为一项重要参数,需要将其作为一项重要工艺加强设计,在部分含水量较高的路段中,需要做好路基的晾晒处理。在反复开挖晾晒的过程中,确保路基达到最佳含水量后再进行碾压作业。此过程中需要尽可能保持作业的连贯性,选择在无雨、少云的晴朗天气进行施工。此外,砂石含泥量与细度模数等参数,也直接影响了路基的含水量情况,为了加强含水量控制,需要做好试验处理,把握相关参数。路基土碾压过程中做好洒水准备,能够确保每层地质含水量的均匀,保障土层间颗粒润滑^[5]。路基土压实振动作业需要交替开展,确保路基填筑材料颗粒相互挤压、填充,提高碾压作业质量,使其能够达到最佳参数水平。

3.3 加强路基质量监测

为了强化路基施工质量,本项目组织开展了施工全过程的质量检测工作。施工人员对路基施工中的中线、导线和水准点进行测量,确保各项数据参数能够达到行业标准,为后续施工作业奠定基础。同时为了强化路基基础的稳定性,中线测量时额外增加水准基点,满足路基施工的各项需求。在详细、充分、全覆盖的路基质量检测工作中,严格要求各道工序按照施工图纸依次推进,其中本项目各项施工允许偏差标准见表 4。

表 4 项目公路路基施工质量标准

监测项目	允许偏差	检查方法或频率
中线偏位/mm	50	每 200m 测 4 点
纵断高程/mm	+10, -15	每 200m 测 4 断面
平整度/mm	15	3m 直尺每 200m 测 2 处
横坡 (%)	± 0.3	间隔 200m 测 4 断面
路基压实度	符合规定	施工记录
弯沉	路段设计值	——
宽度	路段设计值	每 150m 测 5 处
边坡坡度	路段设计坡度	每 150m 测 5 处

4 结束语

综上所述,路基作为高速公路施工的重要组成部分,随着高速公路交通压力和运输流量的不断增大,路基结构和路基质量要求显著增加。在实际施工过程中,需要充分把握路基施工技术组成,加强施工准备,做好质量控制。多重因素会对路基的施工质量产生的影响较为多样,需要严格遵循施工技术工艺和质量控制,结合设计方案和现场勘察结果,按照事先制定的方案保障路基施工质量达到技术标准,为高速公路建设的高质量建设奠定基础。

【参考文献】

[1]徐善运.高速公路改扩建工程路基路面拼接施工技术研究[J].科技资讯,2025,23(2):141-143.

[2]王云丽.高速公路桥台路基中泡沫轻质土施工质量控制技术研究[J].运输经理世界,2023(32):10-12.

[3]梁颖颖.CFG 桩+袋装砂井施工技术在高速公路软弱土地基高填方路基中的应用及质量控制[J].居业,2024(3):70-72.

[4]邓旭源.高速公路高液限土路基填筑施工工艺与质量控制[J].工程技术研究,2021,6(7):201-202.

[5]石通义.基于土石混填路基 PFWD 法检测压实质量的应用分析[J].交通科技与管理,2025,6(3):54-56.

作者简介:张兴(1989.3—),男,毕业院校:西安建筑科技大学,所学专业:工程管理,当前就职单位:新疆北新路桥集团股份有限公司,职务:项目主任工程师,职称级别:中级工程师。

绿色建筑施工技术在建筑工程中的应用探析

刘建伟

河北省绿色住宅信息化技术创新中心, 河北 石家庄 051430

[摘要] 伴随着全球环境问题日益加剧, 建筑行业逐渐认识到环境保护的重要性。在工程建设过程中, 绿色建筑技术的应用促进了建筑行业的快速转型, 并在新时代的要求下实现了稳定发展。作为推动行业可持续发展的关键技术, 绿色建筑技术贯穿整个建筑工程的生命周期, 从项目立项到竣工验收, 每一阶段都需要充分应用这些技术, 以减少施工对环境的影响, 并创造更加适宜人类居住的空间。通过加强绿色建筑技术的使用, 建筑行业能够在实现发展目标的同时, 减少对生态环境的负面影响, 为人们提供更健康、舒适的生活环境。

[关键词] 绿色建筑; 施工技术; 建筑工程; 技术应用

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16118

中图分类号: TU7

文献标识码: A

Exploration on the Application of Green Building Construction Technology in Construction Projects

LIU Jianwei

Hebei Province Green Housing Information Technology Innovation Center, Shijiazhuang, Hebei, 051430, China

Abstract: With the increasingly severe global environmental problems, the construction industry has gradually realized the importance of environmental protection. In the process of engineering construction, the application of green building technology has promoted the rapid transformation of the construction industry and achieved stable development under the requirements of the new era. As a key technology driving sustainable development in the industry, green building technology runs through the entire lifecycle of construction projects, from project initiation to final acceptance, and every stage requires the full application of these technologies to reduce the impact of construction on the environment and create more suitable spaces for human habitation. By strengthening the use of green building technology, the construction industry can achieve development goals while reducing negative impacts on the ecological environment, providing people with a healthier and more comfortable living environment.

Keywords: green building; construction technology; architectural engineering; technical application

引言

随着全球环境问题日益严峻, 建筑行业作为主要的能源消耗者及环境污染源之一, 面临着巨大的转型压力。作为一种有效减少资源消耗、降低环境污染并提升能源效率的建筑模式, 绿色建筑近年来已在全球范围内得到了广泛推广。绿色建筑不仅仅体现在建筑外观的变化上, 它更涵盖了建筑设计、施工过程、材料选择、能源管理与环境保护等多个方面的综合优化。在建筑施工阶段, 绿色施工技术的应用, 已经成为推动建筑可持续发展的关键因素之一。通过高效节能技术、环保材料、废物管理措施以及智能化建筑技术的采用, 绿色建筑施工技术不仅提升了建筑的能源性能和环境友好性, 而且还改善了建筑的舒适度与人居环境。然而, 尽管绿色建筑在全球范围内已经取得了一定的进展, 如何高效地应用这些绿色施工技术, 依然面临诸多挑战, 如技术的普及、成本控制及市场推广等问题, 仍亟待解决。本文将探讨绿色建筑施工技术在建筑工程中的实际应用, 分析其发展趋势、面临的主要挑战以及实践中的应用情况, 旨在为绿色建筑技术的普及与实施提供有益的参考与借鉴。

1 绿色施工技术的特点

绿色施工技术是一种以环境保护、资源节约、降低能

源消耗以及提升建筑物使用性能为核心目标的施工方法。其主要特征在于, 建筑项目的全生命周期环保性受到高度关注, 从设计、施工到运营管理的各个阶段, 均强调资源的高效利用与环境的可持续性。在节能减排方面, 绿色施工技术通过选用高效节能设备、优化施工工艺以及应用新型绿色材料, 最大程度地减少了能源消耗及污染物的排放。此外, 绿色施工技术还注重水资源与土地资源的合理使用, 采用雨水收集与再利用技术, 以及低碳环保的建筑材料, 以减少资源的浪费。施工过程中, 室内环境质量亦被特别关注, 通过合理设计通风、采光、温湿度控制等, 确保了居住者的舒适性。在施工现场, 要求对噪音、粉尘等污染物进行有效控制, 减少对周围环境的负面影响。最后, 技术创新与环保材料的应用, 得到了绿色施工技术的鼓励, 这推动了建筑行业从传统的资源消耗型模式向低碳、环保的方向转型, 促进了建筑行业的可持续发展。

2 绿色建筑技术在建筑工程中的应用挑战

2.1 技术成本与投资回报的权衡

绿色建筑技术的应用, 面临着技术成本与投资回报之间的平衡问题。尽管绿色建筑在长期使用中能够显著提升节能效果并带来环境效益, 但其初期投入往往较高。环保

材料、节能设备以及绿色施工技术的采用,通常需要额外的资金投入。此外,专业设备和技术人员的支持,亦是这些技术实施与监控的必要条件。在运营阶段,绿色建筑通过节能减排和降低维护成本,为业主创造的经济效益,虽然具有可观的长期回报,但这些回报往往是分阶段累积的,难以在短期内显现出来。对于开发商和投资者来说,高昂的初期投入与较慢的回报速度,可能会导致他们对绿色建筑技术的投资兴趣减弱。尤其在市场竞争激烈或资金紧张的环境下,可能更倾向于选择那些能够迅速带来回报的传统建筑方式。

2.2 行业标准与政策环境的不完善

目前,绿色建筑的标准和评价体系尚未完全统一,各地存在不同的标准和认证体系,缺乏统一的指导和规范。这种不一致的情况使得开发商在实际操作中感到困惑,从而增加了绿色建筑技术实施的难度。在政策支持方面,尽管国家和地方政府已经出台了一些鼓励绿色建筑的政策,但这些政策的落实和执行力度仍显不足,导致实际效果不如预期。此外,市场推广力度的不足也是一大难题。政府和相关机构在宣传和教育方面的投入有限,公众对绿色建筑的认知和接受度较低,市场需求未能得到充分激发^[1]。这些因素共同制约了绿色建筑技术的广泛应用与发展。政策环境的不完善,导致市场对绿色建筑技术的信任度和依赖度不足,开发商和投资者在选择绿色建筑技术时往往因缺乏明确的政策指引和支持而犹豫不决。

2.3 技术普及与市场推广的难度

绿色建筑技术的推广与普及,面临着一定的挑战。一方面,这些技术涉及多方面的创新及复杂的技术整合,需要建筑设计、施工、材料、设备等多个环节的紧密协调。实现这一目标,要求相关从业人员具备较高的专业知识与技术能力。然而,在当前建筑行业中,许多施工人员和设计师对绿色建筑技术的理解和应用仍然较为有限,相关技术培训和专业知识的普及,尚未覆盖足够广泛的范围。另一方面,绿色建筑的市场需求尚未完全形成,尤其在某些地区和市场,开发商与消费者对绿色建筑的认知较为薄弱,且对其长期效益的理解存在偏差。这种认知差异,在一定程度上限制了绿色建筑技术的应用^[2]。同时,绿色建筑技术的实施,往往需要较高的初期投入,而许多开发商和投资者,在考虑短期回报时,倾向于避免承担较大的成本压力,这进一步制约了其市场推广的进程。

2.4 技术与设计的整合挑战

绿色建筑技术与设计的整合面临着将技术应用与设计理念有效结合的挑战。在建筑工程中,绿色建筑技术的引入不仅要求设计师在传统设计基础上进行创新,还要求确保建筑既能满足功能性需求,又能实现节能、环保及资源高效利用等目标。然而,绿色建筑技术涉及的领域广泛,包括节能系统、可再生能源利用、环保材料等,其有效应

用往往需要对传统设计模式做出较大调整。每项绿色技术的原理与适用范围,设计师必须深刻理解,进而合理地将其与建筑功能、结构与外观协调。与此同时,绿色建筑技术的实施通常要求跨学科的合作,建筑设计师、环境工程师、机电工程师等专业人员的紧密配合被认为是项目成功的关键。平衡技术的复杂性与设计的灵活性,成为绿色建筑技术应用中的一大挑战。如何在设计阶段将各项技术合理整合,以确保其有效实现,同时也在项目预算与进度的控制下完成,是建筑项目中必须克服的重要难题。

3 绿色建筑技术在建筑工程中的实践应用

3.1 节能技术的应用

节能技术在绿色建筑中的应用,是推动可持续发展的核心,旨在降低建筑的能源消耗、减轻环境负担并提升建筑的整体能效。在建筑设计阶段,合理的布局与朝向至关重要。建筑朝向与窗户配置的优化,能够最大限度地利用自然光和自然通风,减少对人工照明和空调系统的依赖。例如,朝南的窗户设计,能够充分利用阳光,在冬季降低采暖负荷;而外遮阳系统,则能有效防止夏季过多热量的进入,降低空调负荷。在围护结构方面,保温隔热性能的提升,是节能技术的另一个重点。高性能的隔热材料,如外墙保温板、双层玻璃窗以及高效隔热门窗的选用,可以显著减少建筑内部热量的流失或外部热量的进入,从而降低供暖和制冷的需求。对于空调和暖气系统,高效能设备与智能调节系统的选择,是现代绿色建筑的重要特点。例如,变频空调、智能温控系统以及热回收通风系统等设备,能够根据室内外温度变化,自动调节运行状态,减少能源浪费,并提高舒适度与能效。在能源来源方面,绿色建筑注重可再生能源的应用,屋顶绿化、太阳能光伏发电与地热能等自然资源的利用,不仅减少了对传统能源的依赖,还能实现建筑能源的自给自足。结合太阳能热水系统与光伏发电系统,绿色建筑能够显著降低外部电网的负荷,提高建筑的能源独立性。此外,智能建筑管理系统,也被广泛应用,通过集中监控与管理建筑内的各类设备,实时调整照明、空调、加热等设施的运行模式,确保了能源的最优使用,减少了不必要的浪费。

3.2 环保材料与资源管理的应用

环保材料与资源管理,在绿色建筑技术中占据着重要地位,其核心目标是通过选择对环境影响较小的建筑材料和优化资源利用方式,最大程度地减少建筑对生态环境的压力。环保材料的选择,成为绿色建筑实现可持续发展目标的基础。低碳、可再生、可回收或易降解的建筑材料的使用,能够有效减少建筑过程中的能源消耗和废弃物的产生。例如,再生混凝土、竹材、回收钢材以及天然石材的采用,不仅减少了对自然资源的依赖,还降低了生产这些材料时的能源消耗和污染排放。同时,低挥发性有机化合物(VOC)涂料和无毒性材料的使用,有助于提升室内空

气质量,保障居住者的健康。在资源管理方面,绿色建筑对水资源、能源资源以及建筑废料的高效利用,起着至关重要的作用。水资源的管理,包括雨水收集与再利用系统的建设,通过储存与处理雨水,减少了对市政供水系统的依赖,从而降低了建筑的用水总量^[3]。在能源方面,高效的能源管理系统和节能设备的采用,可以最大化地利用建筑内部与外部的可再生能源,如太阳能、风能及地热能,从而降低了能源消耗和碳排放。此外,建筑废料管理,作为绿色建筑中的关键措施之一,通过对建筑垃圾的分类、再利用与回收,有助于显著减少建筑过程中的废弃物,避免了资源的浪费。

3.3 室内环境质量提升的应用

室内环境质量的提升,在绿色建筑中具有重要意义,它直接影响到居住者的健康、舒适性以及工作效率。通过采用一系列技术手段,绿色建筑旨在改善室内空气质量、温湿度调节、噪音控制和自然采光等方面,从而为居住者创造一个更加健康、舒适的居住和工作环境。空气质量的改善,成为其中的关键之一。绿色建筑通过使用低挥发性有机化合物(VOC)涂料及无毒材料,减少了室内空气中有害气体的释放;同时,配备了高效通风系统,如热回收通风系统,促进了空气流通,确保室内始终保持新鲜空气,并减少了污染物的积累。采光和通风的优化,也是绿色建筑中的重要环节。通过合理布置窗户、设计天窗以及使用自然通风系统,阳光与自然风得以充分利用,从而降低了人工照明与空调的使用,既有助于节能,又提高了室内舒适度。为了有效控制温湿度,绿色建筑通常配备高效恒温恒湿系统,确保了室内环境保持在适宜的温度与湿度范围内,避免了因过度干燥或潮湿引发的健康问题。噪音控制方面,绿色建筑采用了隔音材料及结构设计,减少了外界噪音的干扰,为居住者提供了一个安静、舒适的空间。此外,绿色建筑还重视植物绿化的应用,室内植物与屋顶绿化不仅有助于提升室内空气质量,还能改善美观度,增加居住者的心理舒适感。

3.4 绿色建筑规划与设计的应用

绿色建筑的规划与设计,是绿色建筑技术的核心环节,对建筑的整体性能与可持续发展具有深远的影响。设计的重点,不仅仅在于外观与功能,而更加强调从一开始就将节能、环保以及资源高效利用等多个原则融入设计过程中。绿色建筑规划设计,首先强调与自然环境的和谐融合。通过合理选址与布局,建筑的朝向、周围地形以及气候特点得到了充分考虑,这样可以最大化地利用自然光与通风,从而减少了对人工照明和空调系统的依赖。优化后的设计,

既提升了建筑的能源使用效率,又改善了室内环境的舒适度。在材料选择方面,绿色建筑着重采用低碳、可再生及环保材料,这些材料不仅环境负担较低,而且具有较长的使用寿命与较低的维护成本。使用可持续资源,如再生材料、竹材及石材,配合无害涂料和黏合剂,不仅减少了对自然资源的消耗,还降低了建筑过程中的污染排放,进一步改善了室内空气质量。水资源的高效利用,也成为绿色建筑中的重要内容^[4]。通过引入雨水收集系统、节水设备以及高效水处理技术,显著降低了对市政供水的依赖,实现了水资源的可持续管理。能源管理方面,设计中集成了太阳能光伏、地热能等可再生能源技术,这些技术增强了建筑的能源自给能力,减少了对传统能源的依赖。此外,绿色建筑设计还重视整个生命周期的管理,除了关注建筑使用期间的能效与环境影响外,还考虑了建筑废弃后的回收与环保拆除技术,从而确保了建筑的全面可持续性。

4 结语

绿色建筑施工技术的应用,已成为推动建筑行业可持续发展的关键因素。面对全球日益严峻的环境问题,绿色建筑技术通过在设计、材料选择、能源利用及环境保护等方面的优化,推动了建筑工程的绿色转型。尽管在技术普及、成本管理以及政策支持等领域仍存在一定困难,但随着绿色建筑理念的深入传播与技术的不断进步,这些施工技术的未来发展潜力是巨大的。为了进一步促进绿色建筑技术的应用,建筑行业必须加大技术创新力度、完善相关政策支持体系,并提升公众与行业对这一技术的认知度,以确保建筑行业能够实现更加高效、环保和宜居的目标。绿色建筑施工技术的推广,不仅提升了建筑的整体性能与质量,还对全球生态环境保护、资源节约以及社会的可持续发展起到了积极推动作用。

【参考文献】

- [1] 李国保. 绿色建筑技术在建筑工程中的应用研究[J]. 佳木斯职业学院学报, 2025, 41(2): 219-221.
- [2] 李湘宁. 建筑工程中绿色建筑施工技术应用分析[J]. 建材发展导向, 2025, 23(2): 43-45.
- [3] 龚宣超, 郭强. 绿色建筑施工技术在建筑工程中的应用探析[J]. 科技与创新, 2025(1): 209-211.
- [4] 李雪梅. 建筑工程中绿色建筑施工技术应用研究[J]. 陶瓷, 2024(8): 230-233.

作者简介: 刘建伟(1986.10—), 男, 毕业院校: 青海大学昆仑学院, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 河北金锋建设工程有限公司, 职务: 副主任, 职称级别: 中级。

工民建施工中墙体裂缝的诱因及其预防措施

杨晓刚

中国华冶科工集团有限公司, 重庆 401325

[摘要] 墙体裂缝是影响工业与民用建筑结构安全性、美观性及使用功能的重要问题, 常见于建筑施工与使用过程中。裂缝不仅降低了建筑物的使用寿命, 也加大了后期维护成本。此文围绕工民建施工中墙体裂缝的常见类型与产生诱因进行系统分析, 结合实际案例探讨了设计、施工、材料及环境等多方面的影响因素。在此基础上, 提出了相应的预防与控制措施, 包括优化设计结构、规范施工流程、选择合适材料及强化后期维护管理等。

[关键词] 墙体裂缝; 施工管理; 结构设计; 建筑质量; 预防措施

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16114

中图分类号: TU746.3

文献标识码: A

The Causes and Preventive Measures of Wall Cracks in Industrial and Civil Construction

YANG Xiaogang

China Huaye Group Company Limited, Chongqing, 401325, China

Abstract: Wall cracks are an important issue that affects the safety, aesthetics, and functional use of industrial and civil building structures, and are commonly found in the construction and use processes of buildings. Cracks not only reduce the service life of buildings, but also increase maintenance costs in the later stage. This article systematically analyzes the common types and causes of wall cracks in industrial and civil construction, and explores various influencing factors such as design, construction, materials, and environment through practical cases. On this basis, corresponding prevention and control measures were proposed, including optimizing the design structure, standardizing the construction process, selecting suitable materials, and strengthening post maintenance management.

Keywords: wall cracks; construction management; structural design; building quality; preventive measures

引言

随着我国建筑行业的快速发展, 工业与民用建筑数量逐年上升, 但随之而来的质量问题也日益突出。其中, 墙体裂缝是最常见的问题之一, 其不仅影响建筑物的安全性和稳定性, 还影响使用功能与视觉美观。墙体裂缝的产生往往涉及设计、施工、材料及环境等多个环节, 是一个综合性技术问题。目前, 尽管有关部门已出台一系列规范和标准, 但在实际施工中仍频繁出现裂缝问题, 反映出施工管理与技术执行中存在不足。深入研究墙体裂缝的诱因并制定有效的预防措施, 是提高工程质量、保障建筑使用安全的关键所在。

1 墙体裂缝的分类及特点

1.1 结构性裂缝

结构性裂缝是指由于建筑结构本身的受力变化或设计缺陷导致的裂缝, 通常发生在承重墙体、梁柱连接处、基础部位等关键结构位置。这类裂缝对建筑物的安全性和稳定性具有直接影响, 属于较为严重的质量问题。结构性裂缝的主要成因包括: 一是结构设计不合理, 如墙体厚度不足或布置不当, 无法承受实际荷载; 二是施工过程中钢筋布置不规范、混凝土浇筑质量差或未按规范养护, 导致结构抗裂性能下降; 三是使用期间建筑物发生较大沉降或受力重分布, 使局部构件产生应力集中, 出现开裂。该类

裂缝通常呈现贯穿性, 裂缝宽度较大, 走向规则或沿结构受力方向延伸。如梁柱交接处出现的斜裂缝, 基础不均匀沉降导致的竖向裂缝, 都是典型的结构性裂缝。这类裂缝如不及时处理, 可能导致结构破坏或失稳, 甚至引发安全事故。

1.2 非结构性裂缝

非结构性裂缝是指在建筑物正常使用过程中, 由于材料性能、环境变化或施工细节问题而产生的裂缝。这类裂缝通常不会直接危及建筑结构的安全, 但会影响建筑物的外观质量和使用寿命, 甚至引发更严重的问题。常见的非结构性裂缝包括温度裂缝、干缩裂缝和装饰层裂缝等。温度裂缝主要由于气温变化引起墙体膨胀和收缩, 特别是在昼夜温差大或季节变换剧烈的地区更为明显。干缩裂缝则多见于砂浆、水泥、混凝土等材料在硬化过程中水分蒸发引起的体积收缩所导致。装饰层裂缝往往出现在抹灰层、瓷砖层或油漆层表面, 可能是由于基层处理不当、材料黏结力不足或施工环境湿度控制不合理造成的。这些裂缝通常宽度较小, 形状不规则, 有的呈网状、有的沿材料拼接缝出现, 虽不影响结构承载, 但影响美观并可能成为渗水、发霉的隐患。

1.3 裂缝的分布规律

墙体裂缝的发生具有一定的分布规律, 往往集中出现

在建筑物的结构薄弱部位或应力集中区域。了解这些分布规律有助于在设计和施工阶段提前进行预判与防控,从而有效降低裂缝发生率。从位置上看,裂缝多发生在门窗洞口、楼板与墙体交接处、梁柱交汇处、墙体转角等部位。这些部位由于结构不连续、受力突变或约束条件变化,极易引起应力集中,从而导致开裂。特别是窗角四周,因应力集中和砌筑连接不牢,极易产生放射状或“八”字形裂缝。从时间维度上分析,裂缝一般分为施工期裂缝与使用期裂缝。施工期裂缝通常在混凝土初期养护、温度变化剧烈或砌筑完成不久后出现;使用期裂缝则随着时间推移,受到沉降、气候变化、荷载调整等长期因素影响逐渐发展。在裂缝发展的形态上,早期裂缝多为细小、表面浅裂,随着应力积累,裂缝可能逐步扩展、贯穿墙体,演变为严重的结构问题。

2 墙体裂缝的主要诱因分析

2.1 设计因素

墙体裂缝的发生,首先与建筑设计阶段存在的问题密切相关。结构设计作为整个工程质量的基础,其合理与否直接影响建筑物在后期使用中的安全性与耐久性。若设计过程中对结构受力情况估计不足,或者忽略了材料性能与使用环境的差异,很容易埋下裂缝隐患。在具体表现上,最常见的问题包括墙体厚度设计不合理、荷载分布不均匀、结构布置缺乏连续性等。例如,在高层建筑中,部分设计未考虑层间位移差异,导致墙体与楼板之间产生相对位移,易出现水平或斜向裂缝。缺少变形缝、沉降缝、伸缩缝等关键构造处理,也会因结构刚性过强而导致热胀冷缩产生裂缝。另外,设计阶段对气候条件、地质环境的考虑不周,也会加剧裂缝风险。例如,在寒冷地区如果没有采用抗冻胀设计,墙体受冻后极易产生裂缝。

2.2 施工工艺问题

除了设计问题外,施工阶段的不规范操作也是导致墙体裂缝的重要诱因。即便图纸设计合理,若施工过程中执行不到位,依然可能造成质量缺陷,形成隐蔽性裂缝问题。首先是砌筑工艺不当。例如,砖砌体未按规定设置拉结筋、错缝搭砌,或砂浆未饱满铺设,均可能造成墙体局部强度降低,导致在受力或温湿变化作用下开裂。其次,混凝土施工中,如果振捣不充分或养护不到位,会使混凝土内部存在空隙或早期干裂,从而影响整体抗裂性能。其次是施工节奏掌控不当。如砌体尚未完全干燥即进行上部施工,可能因受压不均导致初期裂缝;或是在高温天气下未及时洒水养护,使墙体水分蒸发过快,导致干缩裂缝。墙体与结构构件交接处若未设柔性连接处理,也极易在使用阶段因热胀冷缩或结构变形而出现断裂。

2.3 材料质量问题

材料质量的优劣直接关系到墙体的整体性能,是墙体裂缝产生的又一关键因素。当前建筑市场上部分施工项目

存在偷工减料、使用劣质材料的现象,给建筑安全带来潜在威胁。首先是砌筑材料质量不达标。例如,采用强度等级过低或尺寸不合格的砖块,容易因自身变形或抗压能力不足,导致墙体整体稳定性降低。部分新型轻质墙体材料吸水率大、干缩率高,在干湿交替的环境中容易出现裂缝,若未配合使用专用黏结剂或增强措施,效果更差。其次是砂浆或混凝土配比不合理。若砂浆水灰比控制不当或搅拌不均,会使其黏结性和抗裂性下降,砌体整体强度难以保障。特别是在冬季或低温环境下施工,若未使用防冻剂等添加剂,材料性能进一步降低,易引发温度裂缝。另外,部分墙体饰面材料与基层材料收缩性能差异大,未进行界面处理或未预留伸缩缝,也会导致装饰层与基层之间产生应力集中,最终形成装饰层裂缝。

3 环境与外部因素影响

3.1 温湿度变化

温度和湿度的变化是引发墙体裂缝的常见外部环境因素之一,尤其在季节交替、昼夜温差大或空气湿度波动明显的地区更为显著。墙体材料在不同温湿度条件下会产生膨胀或收缩,若未有效控制或未设置变形调节构造,极易导致材料内部应力积聚并最终产生裂缝。例如,在夏季高温环境中,混凝土或砖墙会因热胀现象而膨胀,若没有预留伸缩缝,结构内部应力无法释放,就会导致纵向或横向裂缝。而在冬季或昼夜温差大的地区,墙体表面和内部温差显著,会形成温度梯度,引起不同部位变形不一致,导致墙面出现龟裂或放射状裂缝。湿度变化同样对墙体影响显著。当空气湿度降低或通风过强,墙体内水分迅速蒸发,会使砂浆或混凝土产生干缩裂缝。反之,在梅雨季节或潮湿环境中,墙体吸湿膨胀,待水分蒸发后又恢复收缩,频繁的体积变化极易损伤墙面结构。

3.2 地基不均匀沉降

地基的不均匀沉降是引发结构性墙体裂缝的重要原因之一,尤其在软弱土质或地基处理不当的区域更为常见。地基沉降一旦不均,会使建筑物的不同部分产生相对位移,导致结构构件和非结构墙体之间产生拉应力或剪应力,从而引起墙体开裂甚至断裂。在实际工程中,常见的诱因包括:地基承载力分布不均、地质条件差异大、地基未充分压实、地下水位变化频繁等。例如,一栋建筑若部分基础位于填土地段,而另一部分位于原状土区域,两者沉降速度不同,就会造成建筑整体不均匀沉降,从而在墙体上形成竖向裂缝或斜裂缝。若建筑物临近地铁、地下管廊或基坑施工区域,周边地基受扰动,也可能发生局部沉降或位移,导致墙体出现裂缝。施工前应进行详细的地质勘察,根据地基特性采取合理的基础形式和加固措施,如采用桩基、筏板基础或设置沉降缝等。

3.3 外力作用

除自然因素外,来自外部的突发性或长期性外力作用

也是导致墙体裂缝的重要外部诱因。建筑物在使用过程中,可能受到地震、风荷载、施工扰动或设备运转振动等外力影响,若墙体缺乏足够的刚度或柔性调节能力,极易产生开裂问题。地震是典型的突发性外力,其振动波传播会对墙体结构产生巨大的剪应力和拉应力,尤其在结构薄弱区域如门窗洞口、墙体转角等位置,最易发生X形斜裂缝。虽然现代建筑多有抗震设计,但若施工质量不达标或未考虑非结构墙体的变形协调能力,裂缝依然难以避免。施工扰动亦是一种常见外力来源。如邻近地段进行打桩、爆破或深基坑作业时,地层发生微小位移,也可能引起已有建筑墙体的变形和裂缝。部分建筑在使用过程中新增大型机械设备或楼层负载增加,也会使结构重分布,导致墙体应力变化而开裂。长期的机械振动同样不可忽视,尤其在工业厂房或靠近交通干线的建筑中,墙体若未采取隔振措施,持续性振动将使微裂缝逐渐扩大、蔓延。

4 墙体裂缝的预防与控制措施

4.1 优化设计方案

设计是建筑工程质量控制的起点。科学合理的结构设计不仅能提高建筑整体性能,还能在根源上预防裂缝的产生。为防止墙体出现裂缝,首先要依据建筑类型、使用功能和地质环境,进行精准的结构受力分析,合理布置承重构件与非承重构件,确保墙体受力均匀,避免局部应力集中。在墙体结构设计中,应根据建筑的长度、高度和地理气候条件,合理设置伸缩缝、沉降缝和防震缝等构造缝。这些缝隙能有效释放因温湿变化、沉降差异或地震振动等引起的结构变形,从而降低墙体产生裂缝的风险。同时,对于门窗洞口、墙角等应力集中的部位,应加强构造配筋设计,采用斜向钢筋、钢筋网片等加强措施,提升局部抗裂能力。

4.2 规范施工管理

科学的施工管理是裂缝防治的关键环节。即使设计合理,若施工阶段操作不规范,也可能导致裂缝问题频发。必须从施工全过程入手,实施精细化、标准化管理。首先,施工单位要严格按照设计图纸和施工规范组织施工,严禁随意更改结构或简化工艺流程。砌筑墙体时,应确保砂浆饱满、错缝搭砌,按规定设置拉结筋和构造柱,增强墙体整体稳定性。在门窗洞口等关键节点,应使用加强网布或斜向钢筋进行加固,避免应力集中开裂。其次,混凝土及砂浆的浇筑与养护必须符合施工规范。混凝土在初凝后应及时洒水养护,保持湿润状态不少于7天,避免早期干缩引起裂缝。同时,在高温或寒冷季节施工时,应采取防高温

干裂或防冻害措施,如使用遮阳棚、保温棉、养护剂等材料。施工管理中还应加强现场监督与质量检查,落实三级质量验收制度,确保每一道工序符合标准要求。

4.3 材料与后期维护

优质的建筑材料是墙体抗裂的重要保障。施工单位必须从源头把控材料质量,严禁使用未检合格或来源不明的劣质建材。对砖块、水泥、砂石、加气块、黏结剂等材料要严格执行入场检验制度,确保其强度、干缩率、吸水率等指标满足设计和施工要求。在材料选择方面,应优先选用干缩率低、变形稳定的墙体材料,并根据不同部位合理配置。对易受温湿变化影响的部位,可使用抗裂性能强的抗渗砂浆、微膨胀混凝土、柔性防水材料等,增强其适应性和稳定性。除了材料控制外,后期的维护管理也是裂缝防治不可忽视的一环。建筑物在投入使用后,若缺乏定期检查和保养,细微裂缝将可能逐渐扩大,最终影响结构稳定性。物业或管理单位应建立墙体裂缝监测制度,对墙面定期巡视,发现问题及时处理。

5 结语

墙体裂缝问题作为建筑工程中的普遍现象,其根源复杂,涉及设计、施工、材料及外部环境等多个方面。本文通过对墙体裂缝类型、诱因以及环境影响的系统分析,提出了相应的预防与控制策略。实践证明,只有在施工全周期中实施全方位、多层次的质量控制,才能有效减少裂缝发生,提升建筑工程的整体质量与安全性。未来,需进一步强化建筑从设计到运维全过程的技术管理与监督机制,推动科技创新与新材料应用,为工民建工程高质量发展提供保障。

[参考文献]

- [1]仇晋伯.工民建施工中墙体裂缝的诱因及其预防措施[J].中国住宅设施,2024(2):130-132.
- [2]李孝忠.工民建施工中墙体裂缝的诱因及其预防策略[J].城市建设理论研究(电子版),2022(32):52-54.
- [3]邓世涵.分析工民建施工中墙体裂缝的防治措施[J].城市建设理论研究(电子版),2022(24):73-75.
- [4]王显淑.乡村工民建施工中墙体裂缝的防治对策分析[J].农家参谋,2022(4):22-24.

作者简介:杨晓刚(1984.1—),男,毕业院校:河北理工大学,学历本科,所学专业:土木工程,当前就职单位:中国华冶科工集团有限公司,所在职务的年限5年,职称级别:工程师。

土木工程中混凝土浇筑施工技术的应用

楼初南

海天建设集团有限公司, 浙江 东阳 322100

[摘要]随着经济发展水平的不断提高,我国土木工程事业取得了显著成就。然而,随着人们对建筑质量关注度的提升,混凝土施工技术在实际应用中仍未能完全满足日益增长的需求。因此,正确认识混凝土施工技术及其应用变得尤为重要,充分发挥其在提高土木工程质量中的关键作用显得尤为必要。本论文在概述混凝土施工技术重要性的基础上,重点分析其在土木工程中的具体应用。

[关键词]土木工程;混凝土浇筑;浇筑施工技术;技术应用

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16096

中图分类号: TU7

文献标识码: A

Application of Concrete Pouring Construction Technology in Civil Engineering

LOU Chunan

Haitian Construction Group Co., Ltd., Dongyang, Zhejiang, 322100, China

Abstract: With the continuous improvement of economic development level, Chinese civil engineering industry has made significant achievements. However, with the increasing attention to building quality, concrete construction technology has not yet fully met the growing demand in practical applications. Therefore, it is particularly important to have a correct understanding of concrete construction technology and its application, and it is necessary to fully play its key role in improving the quality of civil engineering. On the basis of summarizing the importance of concrete construction technology, this paper focuses on analyzing its specific applications in civil engineering.

Keywords: civil engineering; concrete pouring; pouring construction technology; technical application

引言

在土木工程领域,混凝土作为最常见的建筑材料之一,广泛应用于道路、桥梁、建筑物及水利工程等各类基础设施的建设。浇筑施工技术,作为混凝土施工的关键环节,直接决定了工程的质量、进度及耐久性。浇筑不仅仅是将材料物理性地堆砌在一起,更是一项技术要求极高的施工过程。涉及的技术问题众多,包括混凝土的配比、搅拌、运输、浇筑、振捣及养护等多个环节,而每一环节的细,都有可能对混凝土的最终质量产生深远的影响。特别是在大体积混凝土的浇筑及特殊环境条件下,施工技术的合理应用和精确控制尤显重要。根据工程的具体特点与环境因素,施工人员必须采取合适的技术措施,确保混凝土具备必要的强度、密实度及长久的耐久性。此外,混凝土浇筑施工技术的不断进步,也推动了土木工程技术的发展。从传统的人工浇筑方式到现代的机械化浇筑,技术创新不仅提高了施工效率,且显著降低了安全风险和质量问题。随着混凝土配方的多样化以及新型浇筑设备的投入,施工过程中面临的挑战愈发复杂。然而,面对这些挑战,现代化的施工技术提供了更加高效的解决方案。因此,混凝土浇筑施工技术的深入研究,不仅有助于提升工程质量,也为土木工程施工的规范化与科学化提供了重要的技术支持。

1 混凝土施工的重要性

混凝土在土木工程中具有至关重要的作用,是各类建

筑物和基础设施的关键组成材料之一。作为一种高强度、耐久性优良且适应性强的建筑材料,混凝土被广泛应用于桥梁、道路、高层建筑、隧道等各类工程项目中。混凝土施工不仅直接决定了结构的强度与稳定性,而且还对工程的使用寿命及经济效益产生深远的影响。在公路建设中,混凝土需要承受大量的交通荷载,并应对温度变化、湿度波动等环境因素的影响。因此,混凝土施工质量与技术水平的保证,对于公路的安全性、耐久性及使用效率至关重要。高质量的施工不仅能有效预防裂缝、渗漏等常见问题,而且能够显著降低后期维护和修复成本,从而提升工程的经济性与可持续性。合理的施工技术与精确的材料控制,确保了混凝土的均匀性与结构的整体性,同时增强了工程抵抗自然灾害的能力。例如,浇筑、搅拌与养护等工艺的精准实施,不仅提升了施工效率,而且保障了混凝土在长期使用中的稳定性与承载力。因此,混凝土施工在土木工程建设中扮演着决定性角色,直接影响了工程的质量、进度与使用效果。

2 土木工程施工中混凝土施工技术应用特点

2.1 混凝土材料强度较高

混凝土是土木工程中的一种重要建筑材料,因具备较高的强度,其在承载重载、抗压能力及结构稳定性方面表现尤为突出。混凝土的强度,主要由水泥、骨料与水的比例及它们之间的相互作用所决定。通过合理的配比与精确的固化过程,能够确保混凝土形成坚固的结构,从而满足

建筑物或基础设施对承载力的需求。在工程建设中，混凝土强度对于结构的安全性与稳定性至关重要，尤其是在高层建筑、桥梁与道路等关键工程中^[1]。为确保结构能够长期承受外部荷载与环境压力，混凝土必须具备足够的强度。

2.2 操作便捷

混凝土施工技术在土木工程中具有较高的操作简便性，这体现在施工过程中其简单性与灵活性的优势上。与其他建筑材料相比，混凝土施工通常无需复杂设备或过多人工干预。根据工程规模与设计要求，施工人员可以采用常见的搅拌机、泵送设备及浇筑工具进行作业。这种方式使得混凝土施工更加高效且易于操作，特别是在大型项目中，施工人员能够迅速根据现场情况调整施工节奏，从而减少停顿或等待的时间。此外，混凝土施工技术的便捷性还表现在其较强的适应性上。无论是在高温还是寒冷的天气条件下，通过合理的技术措施，混凝土施工都能够顺利进行，满足不同环境下的施工需求。

2.3 可连续作业

混凝土施工技术的连续作业特性，在提高土木工程施工效率与质量方面，起着关键作用。混凝土浇筑过程可实现不间断进行，特别是在大型建筑项目中，能够保持持续的施工进度。借助现代化的混凝土搅拌、运输与浇筑设备，施工团队能够在预定时间内持续完成混凝土的生产与浇筑任务，这不仅减少了施工中的停工时间，还优化了整体施工流程。通过这种连续作业模式，大体积混凝土工程的需求得以有效满足，如基础、桥梁、道路等项目的施工，避免了因间断作业所导致的冷接缝或质量不均问题。此外，混凝土的可连续作业特性推动了施工自动化与机械化水平的提升，从而进一步提高了施工效率，确保工程能够顺利推进。

2.4 对材料依赖性较大

混凝土施工技术在土木工程中的应用，对原材料的依赖性较强，混凝土的质量与性能与所选原材料及其配比密切相关，尤其是水泥、骨料、水及外加剂的质量与比例。原材料的性质与质量差异，对混凝土的关键性能，如强度、耐久性、抗渗性等，具有显著影响。例如，水泥的种类与强度等级直接决定了混凝土的基础强度，而骨料的粒度、清洁度及级配则影响混凝土的密实度与抗压性能；水的质量与水泥的水化反应密切相关，水中的杂质可能会妨碍水泥的充分水化，从而影响混凝土的最终性能。此外，外加剂的使用，如减水剂与速凝剂，也会在不同施工环境下影响混凝土的工作性与硬化速度，进而对施工进度与质量产生重要作用。

3 混凝土施工技术在土木工程各施工环节的应用

3.1 施工前期

3.1.1 混凝土材料控制技术分析

混凝土材料控制技术在土木工程施工的前期阶段至关重要，因为混凝土的质量与所选材料的性能及配比紧密相关。在施工的初期，必须严格选择和控制在混凝土、骨料、水及外加剂等原材料。混凝土的强度等级与化学成分应符合设计

要求，以保证混凝土的强度与耐久性；骨料的级配与洁净度同样需要严格把关，劣质或不符合规范的骨料会直接影响混凝土的和易性、强度与耐久性。水的质量也必须得到特别关注，污染的水源可能含有不溶物质或有害成分，这些成分会干扰水泥的水化过程，进而降低混凝土的性能。因此，所有原材料应接受严格的质量检测，以确保其符合设计要求。在材料控制技术中，外加剂的使用同样需要特别注意。外加剂，如减水剂、引气剂与缓凝剂等，常用于改善混凝土的工作性、延长凝结时间与提高抗渗性等性能，但其种类与用量必须严格控制。过量或不当使用，可能会降低混凝土的整体性能。

3.1.2 混凝土的配置

混凝土的配置在土木工程施工的前期阶段至关重要，因其直接影响混凝土的工作性、强度及耐久性。在配置过程中，合适的混凝土强度等级必须依据设计要求与施工环境进行选择，并合理确定水泥、骨料、水及外加剂的比例。水泥的品种与强度等级，决定了混凝土的基础强度；骨料的类型与粒径分布，则影响混凝土的密实度与稳定性。水的质量与用量，对水泥的水化反应至关重要，水分过多或过少，都会对混凝土的强度与工作性产生不良影响。外加剂的选择，应根据混凝土的具体性能要求来决定，例如提升抗渗性或控制凝结时间。在配置过程中，配比的精度与均匀性，必须得到严格保证。为确保混凝土的一致性与质量，现代土木工程中，常使用自动化配料系统，通过精确计量与高效搅拌，确保每一批次混凝土的各项性能符合要求^[2]。混凝土的工作性，包括其可操作性与流动性，也需在配置时进行合理控制，确保混凝土能够顺利浇筑到施工位置，且不发生离析或泌水现象。此外，环境因素如温度与湿度，对混凝土的质量有着重要影响。因此，在配置过程中，施工现场的气候条件，尤其是温度过高或过低的情况下，需特别关注，并采取适当的调节措施，如保温或降温，确保混凝土在适宜的温度范围内进行配置与浇筑。

3.1.3 混凝土搅拌技术

在混凝土的搅拌过程中，施工人员应首先识别并确定影响混凝土质量的关键因素，如搅拌时间、原材料的数量和顺序等。明确这些因素后，施工人员需要有针对性地对其进行有效控制，以确保混凝土搅拌技术符合规范，从而提升混凝土的质量。此外，正确使用搅拌机并严格控制各类原材料的数量非常重要，搅拌时间也必须按照技术规范进行，确保混凝土的均匀性和稳定性。这些控制措施为生产高质量混凝土奠定了坚实基础。在搅拌过程中，施工人员还应当适当控制砂浆的流失，并确保在搅拌完成后，及时将混凝土放置到合适的位置。同时，要确保将搅拌机中的混凝土完全卸载，不应在卸载之前向搅拌机中继续添加原材料，以免破坏混凝土的配比，保证最终产出的混凝土质量。

3.2 施工中期

3.2.1 混凝土的浇筑技术应用

混凝土浇筑是土木工程施工中至关重要的一环，其质

量直接决定了结构的强度、耐久性以及整体性能。在浇筑过程中,必须确保混凝土能够均匀填充模板与钢筋之间的每一处空间,避免出现空洞、气泡或不均匀的固化区域。浇筑技术的应用,在施工过程中,需根据实际工程情况进行调整,以确保混凝土达到最佳性能并提高施工效率。浇筑顺序与方法的确定,通常依赖于工程设计要求与结构形式。对于大面积的浇筑,如楼板与道路等,通常采用分段浇筑的方式,以防止一次性浇筑过多混凝土,导致温度应力或沉降裂缝。在竖向构件(如柱子与墙体)的浇筑中,分层浇筑是常见的方法,每次浇筑时,层厚需严格控制,以确保混凝土的密实性与强度。浇筑过程中,振捣工艺同样至关重要,必须通过振动器等设备进行充分的振捣,以去除气泡与空隙,从而确保混凝土的密实性与均匀性。此外,施工环境的影响也不可忽视。温度过高或过低,都会影响混凝土的凝固速度。在这种情况下,适当的温控措施必须采取。例如,在炎热的天气条件下,应使用保温措施,而在寒冷天气下,则可采用加热设备,确保混凝土在适宜的温度下硬化。

3.2.2 混凝土接缝以及切缝技术

在土木工程施工中,混凝土接缝及切缝技术对确保混凝土结构的整体性与耐久性起着至关重要的作用。由于在大规模浇筑过程中,混凝土受温度波动、收缩及沉降等因素的影响,裂缝常常会出现,尤其是在较大区域或不同施工段之间,接缝的处理显得格外关键。为避免裂缝的扩展及水分渗透问题,混凝土接缝的设计与施工,必须精细化进行。接缝的设置,需要严格按照施工设计要求,确保其黏结强度与抗渗性能满足标准。在施工过程中,接缝的处理包括合理地分隔、清理以及修补工作,以确保新旧混凝土之间能够牢固结合。切缝技术的应用,同样不可忽视。在操作时,施工人员应根据混凝土的强度与温度条件,选择合适的切缝深度与切割时机。通过切缝,能够有效减少混凝土在干燥过程中可能产生的裂缝,并有助于控制裂缝的发生位置^[3]。一般而言,切缝时机应选择在混凝土初凝后、硬化之前进行,此时混凝土尚保持一定的塑性,切割操作能避免过早产生裂缝。

3.2.3 建筑梁柱节点箍筋施工技术

在土木工程施工中,建筑梁柱节点的箍筋施工,对于确保结构的稳定性与安全性,具有至关重要的作用。作为建筑结构的核⼼部分,梁柱节点承受来自多个方向的复杂荷载,尤其是剪力与弯矩。因此,必须通过精确的箍筋布置,来增强节点的抗剪强度及抗震性能。在施工中,箍筋的布置,必须严格按照设计要求进行,确保其规格、数量及间距符合设计标准。围绕主钢筋布置的箍筋,特别是在节点处的钢筋交点,应特别注意,以确保其准确性,避免由于钢筋位置不当导致受力不均或结构失效。在进行箍筋绑扎时,施工人员必须确保钢筋固定牢靠,防止出现偏移

或松动的情况。此外,箍筋的搭接长度与弯曲角度等参数,也应符合相关规范,以确保其具备足够的承载能力。梁柱节点箍筋施工的质量,直接关系到混凝土结构的整体安全性。因此,在施工完成后,每根箍筋的位置与绑扎方式,必须进行详细检查与验收,以确保其符合设计要求。

3.3 施工后期的养护技术

在土木工程施工的后期阶段,混凝土养护技术,对其强度、耐久性 & 整体施工质量,起着关键作用。养护的主要目标,是保持混凝土的湿润状态,确保水泥水化反应得以充分进行,从而实现预定的设计强度。在混凝土浇筑后的初期阶段,因水分蒸发过快,表面容易发生收缩,导致裂缝的产生,因此,采取适当的养护措施以维持适当湿度,显得尤为重要。常见的养护方法,包括覆盖保湿布、喷洒养护剂、定期浇水等,这些方法有助于防止水分流失,确保水泥与水的完全反应,从而促进混凝土均匀硬化^[4]。与此同时,养护措施需要根据不同气候条件进行调整。例如,在高温环境下,养护的频次应增加,或使用覆盖物来减缓水分蒸发;而在寒冷环境下,保温措施应采取,以防止混凝土冻结并影响强度的正常发展。养护的时长也非常关键,通常建议至少保持7天的养护期,以确保混凝土在此期间得到足够的水化。

4 结语

混凝土浇筑施工技术在土木工程中的应用,至关重要,直接关系到结构的安全性、耐久性以及施工质量与成本控制。随着技术的不断发展,混凝土浇筑技术得到了不断优化,这不仅提升了施工效率,还确保了工程质量的可靠性。从前期材料的选择与配比,到中期施工过程中的精确操作,再到后期的养护与质量检测,各个环节的细致管理,均对工程的最终效果产生深远影响。因此,混凝土浇筑施工技术,必须得到施工单位的高度重视,施工人员的专业水平也需不断提升,并严格按照施工规范进行操作,以确保项目的顺利实施与长期稳定。在未来的土木工程建设过程中,混凝土浇筑技术将继续朝着更高效、更高质量的方向发展,推动工程成果的持续提升。

【参考文献】

- [1]李婷. 土木工程中混凝土浇筑施工技术的应用[J]. 中国水泥,2025(3):112-114.
- [2]张军. 土木工程施工中混凝土浇筑施工技术的应用[J]. 中国建筑金属结构,2023,22(5):85-87.
- [3]杨国涛. 土木工程施工中混凝土浇筑施工技术应用[J]. 砖瓦,2024(9):169-171.
- [4]侯方泰. 土木工程中混凝土施工技术的应用研究[J]. 中国新技术新产品,2020(1):93-94.

作者简介:楼初南(1986.8—),男,毕业院校:天津大学,所学专业:土木工程,当前就单位:海天建设集团有限公司,职务:项目经理,

油气储运中的管道腐蚀问题及防腐措施研究

胡东旭

冀东油田储气库建设项目部（储气库公司），河北 唐山 063200

[摘要] 油气管道腐蚀问题严重影响油气储运的安全与效率，其成因复杂，涉及化学、物理和环境等多方面因素。现有防腐技术虽已广泛应用，但仍存在局限性，难以完全满足复杂环境下的防护需求。近年来，新型防腐材料的研发、防腐工艺的创新以及防腐体系的优化为解决这一问题提供了新思路。通过实际案例分析，验证了优化措施的有效性，同时经济性分析和长期监测数据为防腐技术的推广应用提供了重要依据。未来，防腐技术将朝着智能化、可持续方向发展，进一步提升油气管道的防腐性能，保障油气储运行业的安全与可持续发展。

[关键词] 油气管道；腐蚀问题；防腐措施；技术优化；案例分析

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16110

中图分类号: TE97

文献标识码: A

Research on Pipeline Corrosion Issues and Anti-corrosion Measures in Oil and Gas Storage and Transportation

HU Dongxu

Jidong Oilfield Gas Storage Construction Project Department (Gas Storage Company), Tangshan, Hebei, 063200, China

Abstract: Corrosion of oil and gas pipelines seriously affects the safety and efficiency of oil and gas storage and transportation. Its causes are complex and involve various factors such as chemistry, physics, and environment. Although existing anti-corrosion technologies have been widely applied, there are still limitations that make it difficult to fully meet the protection needs in complex environments. In recent years, the research and development of new anti-corrosion materials, innovation in anti-corrosion processes, and optimization of anti-corrosion systems have provided new ideas for solving this problem. Through practical case analysis, the effectiveness of optimization measures has been verified, and economic analysis and long-term monitoring data provide important basis for the promotion and application of anti-corrosion technology. In the future, anti-corrosion technology will develop towards intelligence and sustainability, further enhancing the anti-corrosion performance of oil and gas pipelines and ensuring the safety and sustainable development of the oil and gas storage and transportation industry.

Keywords: oil and gas pipelines; corrosion issues; anti-corrosion measures; technical optimization; case analysis

引言

腐蚀不仅导致管道泄漏、破裂等安全隐患，还引发巨大的经济损失和环境风险。随着油气资源开发向更复杂环境拓展，管道腐蚀问题愈发严峻，传统防腐技术难以满足日益增长的防护需求。深入分析管道腐蚀现状与成因，探索更高效、经济且可持续的防腐措施，已成为油气储运领域亟待解决的重要课题。研究新型防腐材料、优化防腐工艺并构建智能化防腐体系，对于提升管道运行安全性和经济性具有重要意义，也为行业未来的发展提供了方向。

1 管道腐蚀现状与影响因素

1.1 腐蚀现状概述

油气管道腐蚀是油气储运领域面临的严峻挑战之一。当前，全球油气管道腐蚀问题普遍存在，尤其是在复杂的自然环境和长期运行条件下，腐蚀现象更为突出。管道腐蚀不仅影响其物理完整性，还可能导致泄漏、破裂等事故，对油气运输的安全性和稳定性构成严重威胁。随着油气资源开发向深海、极地等极端环境拓展，管道腐蚀问题愈发复杂，腐蚀速率加快且形式多样化。研究

表明，腐蚀导致的管道失效事件占总事故比例较高，且维修成本巨大，给油气行业带来了沉重的经济负担。腐蚀问题还受到多种因素的综合影响，包括管道材质、输送介质特性、环境条件以及施工质量等。全面了解管道腐蚀现状对于制定有效的防腐策略至关重要，同时也有助于优化管道设计、施工和运行管理，保障油气储运系统的高效与安全运行^[1]。

1.2 腐蚀成因分析

油气管道腐蚀的成因是多方面的，涉及化学、物理和生物等多种因素的综合作用。化学腐蚀主要源于管道内部油气介质的酸性成分以及外部土壤中的腐蚀性物质，这些成分与管道金属发生化学反应，导致金属表面逐渐被侵蚀。物理因素如温度、压力变化以及管道的应力集中也会加速腐蚀进程。微生物腐蚀也是不可忽视的因素，某些微生物在管道内外表面形成生物膜，促进局部腐蚀的发生。管道施工过程中的焊接缺陷、涂层破损以及运行过程中的维护不足也会为腐蚀提供条件。这些因素相互交织，使得管道腐蚀问题变得更加复杂和难以控制。

1.3 腐蚀影响评估

管道腐蚀对油气储运行业的影响是深远且多维度的,不仅体现在经济层面,还涉及安全、环境等多个关键领域。从经济角度看,腐蚀导致的管道泄漏、维修和更换成本极为高昂,给油气企业带来沉重的经济负担,同时降低了生产效率和资源利用率。在安全领域,腐蚀引发的管道破裂和泄漏可能导致油气泄漏,进而引发火灾、爆炸等事故,威胁人员生命安全和设施完整性,严重影响油气储运系统的可靠性。腐蚀还可能对环境造成严重破坏,油气泄漏会污染土壤、水体和大气,对生态系统产生不可逆的影响,甚至引发社会和环境问题。因此,准确评估腐蚀的影响,对于制定合理的防腐措施和优化管道运行管理具有极为重要的意义,是保障油气储运行业可持续发展的关键所在^[2]。

2 现有防腐措施的局限性

2.1 防腐技术应用现状

在油气管道防腐领域,多种技术已被广泛应用于实际工程中。目前,防腐涂层技术是应用最为广泛的手段之一,通过在管道表面涂覆防腐材料,形成物理屏障以隔离腐蚀介质。阴极保护技术也被大量采用,通过外加电流或牺牲阳极的方式,使管道金属表面处于阴极状态,从而抑制腐蚀反应的发生。近年来,随着材料科学的进步,新型防腐材料如纳米复合涂层、自修复涂层等逐渐进入应用阶段,为管道防腐提供了更多选择。智能监测技术的发展也为防腐措施的实施提供了数据支持,通过实时监测管道腐蚀状态,及时发现潜在问题并采取相应措施。然而,尽管技术手段不断丰富,但现有防腐技术在复杂环境下的适应性和长期稳定性仍面临挑战。

2.2 防腐措施的不足之处

尽管多种防腐措施已被应用于油气管道,但现有技术仍存在诸多不足。防腐涂层在施工过程中易出现涂层不均匀、附着力差等问题,且在长期运行中可能因机械损伤、环境侵蚀而失效。阴极保护技术虽然能有效抑制腐蚀,但在复杂的地质环境中,电流分布不均匀可能导致保护死角,影响保护效果。新型防腐材料虽然性能优异,但成本较高,限制了其大规模应用。不同防腐技术之间的协同性不足,缺乏系统化的防腐方案,导致在实际应用中难以充分发挥各自的优点。这些不足之处使得现有防腐措施难以完全满足油气管道在复杂工况下的防腐需求^[3]。

2.3 防腐效果的制约因素

影响油气管道防腐效果的因素是多方面的,其中环境条件是重要的制约因素之一。油气管道往往铺设在复杂的自然环境中,如高盐高湿的海洋环境、高温高酸的土壤环境以及极寒地区,这些环境条件加剧了腐蚀速率,降低了防腐措施的有效性。管道的运行工况也对防腐效果产生显著影响,如油气介质的成分、温度、压力变化以及流速等,都会改变腐蚀介质与管道表面的相互作用。防腐技术本身的局限性也不容忽视,如防腐涂层的耐久性不足、阴极保

护的电流效率低等,这些因素共同作用,限制了防腐效果的进一步提升。要提高管道防腐效果,需综合考虑环境、工况和技术因素,优化防腐方案。

3 防腐技术优化与改进策略

3.1 新型防腐材料的应用

新型防腐材料的研发与应用为油气管道防腐提供了新的思路和解决方案。近年来,纳米复合材料因其独特的物理化学性能受到广泛关注。这类材料通过纳米颗粒的加入,显著提高了涂层的致密性和附着力,增强了抗腐蚀性。自修复防腐材料也逐渐应用于管道防腐领域。这种材料能够在局部损伤后自动修复涂层缺陷,延长涂层使用寿命。高性能的聚脲弹性体涂层因其优异的耐化学腐蚀性和机械性能,被用于应对复杂的腐蚀环境。这些新型防腐材料的引入,不仅提升了管道防腐的可靠性,还为解决传统材料在极端环境下的不足提供了有力支持。

3.2 防腐工艺的创新实践

防腐工艺的创新是提升油气管道防腐效果的关键环节。在传统防腐工艺的基础上,新型喷涂技术的应用显著提高了涂层的均匀性和施工效率。例如,超音速火焰喷涂技术能够将涂层材料以极高的速度喷涂到管道表面,形成高致密的涂层,显著提升了涂层的耐磨性和耐腐蚀性。数字化施工技术的引入为防腐工艺带来了变革。通过实时监控喷涂过程中的参数,如温度、喷涂速度和涂层厚度,能够确保施工质量的稳定性和一致性。新型防腐工艺还注重与环境的兼容性,采用环保型溶剂和低挥发性有机化合物(VOC)的材料,减少了对环境的影响。

3.3 防腐体系的优化设计

防腐体系的优化设计是实现油气管道长期稳定运行的重要保障。综合考虑管道的运行环境、输送介质特性以及经济成本,构建多层次、协同作用的防腐体系成为研究的重点。在设计过程中,将防腐涂层与阴极保护技术相结合,发挥两者的优势,形成互补的防护机制。引入智能监测系统作为防腐体系的重要组成部分,通过实时监测管道的腐蚀状态和涂层完整性,及时调整防腐措施。优化防腐体系还注重材料的兼容性和施工的便利性,确保防腐措施能够在复杂的工程条件下高效实施。这种系统化的防腐设计思路,能够有效提升管道的防腐性能,降低维护成本。

4 防腐措施实施效果验证

4.1 案例分析与效果评估

本研究选取某沿海输油管道项目作为案例,以验证新型防腐技术在实际工况下的应用效果。该管道位于我国东部沿海地区,总长 150 公里,主要用于输送原油。由于地处海洋环境,管道长期暴露于高盐高湿的空气中,腐蚀风险极高。为解决这一问题,项目采用了新型纳米复合涂层结合阴极保护的防腐体系。经过三年的长期运行监测,结果显示该管道的耐腐蚀性能显著优于传统材料。具体表

现在：涂层完整性良好，腐蚀速率仅为传统防腐措施的1/5，泄漏风险大幅降低，维修次数减少了70%以上，全生命周期成本降低了约30%。该案例的成功实施为新型防腐技术在复杂海洋环境中的应用提供了有力的数据支持和经验借鉴，证明了优化后的防腐措施在提升管道安全性、可靠性和经济性方面的显著优势。

4.2 防腐措施的经济性分析

防腐措施的经济性是影响其广泛应用的重要因素之一。在油气管道防腐领域，不仅要考虑防腐技术的性能，还需综合评估其成本效益。新型防腐材料和工艺虽然在性能上具有显著优势，但往往伴随着较高的初始投资成本。然而，从长期运行角度来看，高性能防腐措施能够有效延长管道使用寿命，减少维修和更换频率，从而降低全生命周期成本。例如，采用自修复防腐涂层的管道在运行过程中因涂层耐久性增强，减少了因腐蚀导致的停机维修时间，间接提高了管道的运行效率。经济性分析还需考虑防腐措施的施工难度和维护成本，通过优化施工工艺和降低维护要求，进一步提升防腐措施的经济性^[4]。

4.3 防腐效果的长期监测

防腐效果的长期监测是确保油气管道安全运行的重要保障。随着管道运行时间的延长，防腐涂层的性能可能会因环境因素和机械磨损而逐渐下降。建立完善的长期监测体系对于及时发现潜在腐蚀风险至关重要。现代监测技术，如光纤传感技术、智能监测系统等，能够实时获取管道表面的腐蚀数据，包括涂层完整性、腐蚀速率和阴极保护电流分布等信息。通过对这些数据的持续分析，可以提前预警腐蚀加剧的区域，并及时采取修复措施。长期监测数据的积累也为防腐技术的改进提供了重要依据，有助于优化防腐体系的设计，提升管道的长期运行可靠性。

5 防腐技术的发展趋势与展望

5.1 未来防腐技术的方向

未来油气管道防腐技术的发展将聚焦于高性能材料与智能化应用的深度融合。一方面，新型防腐材料的研发将继续朝着多功能、高性能方向发展，如自修复、自感知和高耐久性涂层，这些材料能够在极端环境下保持稳定性能，并具备自我修复能力，显著延长管道使用寿命。另一方面，防腐技术将更加注重与管道全生命周期管理的结合，从设计、施工到运行维护的各个环节提供系统化解决方案。随着纳米技术、生物技术和复合材料科学的不断进步，防腐技术将不断拓展应用领域，满足油气管道在深海、极地和复杂地质条件下的防腐需求。

5.2 防腐技术的智能化发展

智能化防腐技术是未来油气管道防腐领域的重要发展方向，其核心在于利用先进的传感器技术、数据分析和自动化控制手段，实现防腐过程的实时监测与动态管理。通过在管道表面部署高精度传感器，智能防腐系统能够实时采集

温度、湿度、腐蚀速率、涂层完整性等关键数据。借助大数据分析和机器学习算法，系统可以对腐蚀风险进行精准预测，提前识别潜在的腐蚀隐患。基于这些数据，智能防腐系统能够自动调整防腐措施，例如优化阴极保护电流分布或触发涂层修复机制，从而实现主动式防腐管理。智能化防腐技术与物联网技术的深度融合，将使远程监控和管理成为现实，进一步提高防腐工作的效率和可靠性，同时降低人工成本和维护风险。这种智能化的防腐模式不仅能够提升管道的运行安全性，还能为油气管道的全生命周期管理提供有力支持。

5.3 防腐技术的可持续性

可持续性是现代防腐技术发展的重要考量因素，在通过环保材料和绿色工艺减少对环境的影响。一方面，新型防腐材料的研发将更加注重环境友好性，减少挥发性有机化合物（VOC）的排放，采用可再生资源或生物基材料替代传统化学材料。另一方面，防腐技术的可持续性也体现在其经济性和资源利用效率上，通过优化防腐体系设计，降低材料消耗和施工成本，延长管道使用寿命，从而减少资源浪费和废弃物排放。可持续防腐技术还将推动行业标准的更新，促使防腐措施更加符合环保和资源节约的要求，为油气管道行业的绿色发展提供支持。

6 结语

油气管道腐蚀是制约油气储运行业发展的关键问题，严重影响运输安全、稳定性和经济性。本文通过分析腐蚀现状与成因，明确了现有防腐技术的不足。研究提出新型防腐材料、创新防腐工艺和优化防腐体系的综合方案，并通过案例验证了其显著效果。新型纳米复合涂层与阴极保护结合的防腐体系在沿海输油管道中应用，大幅降低了腐蚀速率和泄漏风险，提升了运行稳定性和经济效益。未来，随着油气资源开发向深海、极地等复杂环境拓展，防腐技术需向智能化、可持续方向发展。智能化监测与高性能材料的结合将进一步提升防腐性能，保障油气管道的安全高效运行，助力行业高质量发展。研究成果为行业提供了实践经验，未来需持续创新，推动可持续发展。

【参考文献】

- [1] 许宇崇. 油气储运管道腐蚀影响因素与管道防腐蚀技术的应用[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2025, 45(1): 22-24.
- [2] 刘得欢. 油气储运中的管道腐蚀问题及防腐措施[J]. 全面腐蚀控制, 2024, 38(11): 180-183.
- [3] 吕良辰. 油气储运中的管道腐蚀成因与防治探讨[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(18): 37-39.
- [4] 徐舒. 油气储运中的管道腐蚀成因与防治对策[J]. 化工管理, 2023(23): 103-105.

作者简介：胡东旭（1999.1—），男，汉族，毕业学校：重庆科技学院，现工作单位：冀东油田储气库建设项目部（储气库公司）。

天然气电驱压气站冷却水塔系统改造探索

庞树红 孙瑞林 冯桃宁

国家管网集团西北公司西安输油气分公司, 陕西 西安 710000

[摘要] 文中深入剖析天然气电驱压气站冷却水塔系统设备老化问题, 详细阐述空冷器冷机联合系统的改造过程。通过对原冷却水塔系统问题的梳理、新空冷器冷机联合系统设计思路与实施步骤的展开, 探究该联合系统在提升冷却效率、降低能耗、环境保护等方面的优势与分析应用效果, 为天然气行业相关设施改造提供参考范例。

[关键词] 天然气电驱压气站; 冷却水塔系统; 设备老化; 空冷器冷机联合系统

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16097

中图分类号: X9

文献标识码: A

Exploration on the Renovation of Cooling Water Tower System in Natural Gas Electric Drive Compressor Station

PANG Shuhong, SUN Ruilin, FENG Taoning

Xi'an Oil and Gas Transportation Branch of National Pipeline Network Group Northwest Company, Xi'an, Shaanxi, 710000, China

Abstract: This article deeply analyzes the aging problem of the cooling water tower system equipment in the natural gas electric drive compressor station, and elaborates in detail on the transformation process of the air cooler combined system. By sorting out the problems of the original cooling water tower system, exploring the design ideas and implementation steps of the new air cooler combined system, and analyzing the advantages and application effects of the combined system in improving cooling efficiency, reducing energy consumption, environmental protection, etc., this study provides a reference example for the renovation of related facilities in the natural gas industry.

Keywords: natural gas electric drive compressed gas station; cooling tower system; equipment aging; joint system of air cooler and refrigeration unit

引言

天然气压气站在天然气长距离输送中占据关键地位, 其稳定运行直接关联天然气输气管网的可靠性与安全性。冷却水塔系统作为电驱压气站的核心辅助设施, 承担着对站内电驱压缩机组电机及电机配套变频器设备的冷却任务, 确保设备在适宜温度环境下稳定运行。然而, 随着运行年限的增加, 冷却水塔系统出现设备老化现象, 严重影响冷却效果, 增加运维成本, 甚至威胁压气站的正常运行。因此, 对老化的冷却水塔系统进行改造升级已刻不容缓。本文所介绍的空冷器冷机联合系统, 正是针对这一问题的有效解决方案。

1 天然气电驱压气站现冷却水塔系统问题分析

1.1 设备老化严重

在天然气电驱压气站长期运行体系里, 超 10 年服役期的冷却水塔系统, 设备老化问题突出。风机轴承磨损加剧, 损坏频繁, 设备运行振动异常, 稳定性受损; 冷却水泵叶轮磨损严重, 流量和扬程难达冷却标准, 动力不足; 散热管受杂质和化学物质侵蚀, 结垢、老化严重, 甚至堵塞, 热交换受阻, 冷却效率大幅降低; 冬季低温, 冷却水喷淋易结冰, 维护成本增加, 威胁保供机组运行, 降低机组可用率, 影响压气站正常生产。

1.2 水资源浪费与成本增加

冷却水塔系统依赖大量喷淋冷却水维持运行。设备老

化使冷却效果变差, 耗水量增加约 20%, 用水成本大幅上升。制取软化水时产生大量废水, 加剧水资源浪费, 与可持续发展理念相悖。

1.3 自动化程度低

现有冷却水塔系统以手动操作为主, 自动化控制程度低。手动切换效率低, 影响机组切换时效性, 无法满足现代智能场站建设需求, 成为智能化、无人化站场建设的阻碍。

1.4 高温环境下冷却效率受限

环境温度达 35℃ 以上时, 现有冷却水系统受水质影响, 冷却效率下降。变频器和电机无法满负荷运行, 压缩机组最大功率受限, 站场最大输送能力降低。一旦功率无法满足工况, 输气量减少, 影响天然气正常输送。

1.5 运维成本高且影响设备寿命

设备老化和技术缺陷致使冷却水塔系统故障率高, 运维和检修费用高昂。以某压气站 4 座 TBT-200 型密闭式冷却塔为例, 每年风机轴承维护费达 108800 元。频繁故障降低设备性能和效率, 缩短使用寿命, 还可能引发电机及变频器故障, 增加维修成本和停机时间, 影响天然气稳定输送, 且老化设备能耗高, 不符合节能减排趋势。

1.6 环境污染问题

冷却水塔系统运行时释放含细菌、真菌和病毒等微生物的水蒸气和微小水滴, 易传播疾病, 如引发细菌性肺炎。

冷却塔排放物质影响周边环境,制取软化水时,树脂再生产生的废水含大量污染物,4座密闭式冷却塔每年产生1026m³废水,污染严重。



图1 密闭式冷却水塔现场图

2 空冷器冷机联合系统设计思路

2.1 设计目标

新的空冷器冷机联合系统旨在全面解决原冷却水塔系统设备老化问题和自动化程度低问题,具体目标如下:(1)确保压气站设备在各种工况下都能获得稳定可靠的冷却;(2)降低系统能耗,提高能源利用效率;(3)减少维护工作量和成本;(4)提升智能化技术水平,满足智能站场建设需求;(5)符合相关环保标准,减少水资源消耗和环境污染。

2.2 系统组成与原理

空冷器冷机联合系统主要由泵橇(主循环离心泵)、空冷器、冷机(制冷机组)、稳压系统、补水装置、控制系统以及相关的管道、阀门等部件组成。系统主泵通过汇管将低温冷却水输送到电机侧冷却器及变频器内置板式换热器,经过热交换导出电机和变频器热量,再将高温水输送到空冷器和冷却水机组,通过二次换热将热量散发到空气中或被冷却水机组冷却。该联合系统为持续不断地向电机和变频器提供冷却用水的密闭式循环系统。

(1)空冷器:利用空气作为冷却介质,通过翅片管等结构增大换热面积,实现对高温流体的初步冷却。

(2)冷机:在空冷器冷却的基础上,进一步降低流体温度,以满足设备的冷却需求。

(3)控制系统:根据设备运行温度和环境条件等参数,自动调节空冷器和冷机的运行状态,实现精准控温。

2.2.1 空冷器冷机联合系统冷却模式

冷机联合系统采用空冷器和冷却水机组串联,具备四种冷却模式:

模式一:当循环介质温度低于设定温度(假设为5℃)

时,电加热开启;当循环介质温度高于设定温度(假设为10℃)时,电加热关闭。

模式二:当气温较低时(假设 $\leq 20^{\circ}\text{C}$),采用空冷器单独冷却。

模式三:当气温升高,空冷器不能满足冷却需求时,开启冷却水机组补充冷却,即联合冷却。

模式四:气温升高接近当地最高温度时,空冷器不再发挥冷却效果,则开启冷却水机组冷却。冷机联合系统中各机电单元和传感器由PLC自动监控运行,并通过操作面板界面实现人机实时交流。冷机联合系统的运行参数和报警信息实时传输至主控制器,并通过主控制器远程操控冷机联合系统。冷机联合系统中所有仪表、传感器、变送器测量元件安装在方便维护的位置,均可在线检修或更换。

2.2.2 空冷器冷机联合系统操作模式

为满足输气智能建设发展,冷机联合系统的控制具备一键启停功能,且操作分为手动模式和自动模式,可通过触摸屏选择运行模式。无论冷机联合系统处于何种操作模式,触摸屏在线显示、参数设定及故障信息均能正常工作。

手动模式:按触摸屏上手动键时,水冷系统处于手动操作模式。通过操作屏启动/停止主循环泵、风机、冷却水机组。手动模式一般在系统检修维护及调试时采用。

自动模式:在自动模式下,冷机联合系统接受就地启动或远程启动指令后自动启动,并根据整定参数监控冷机联合系统的运行状况和检测系统故障。PLC自动控制冷却水温度,参数超标及时发出预警。主泵、风机等由PLC根据实际工作条件进行自动控制。在自动模式下,冷机联合系统停运时,冷却水控制系统输出停运节点信号。

2.3 优势分析

相较于传统的冷却水塔系统,空冷器冷机联合系统具有多方面显著优势:

(1)节水显著:联合系统无需补水,耗水量基本为零,减少了水的蒸发和排污损失,可大幅降低水资源消耗。

(2)适应性强:现冷却塔需有稳定可靠的水源;空冷器冷机联合的环境适应能力较强,受水源及温度影响较小。

(3)运维成本低:控制系统集成于机组,操作简便,无需补水。维护时,专业人员保养风机电机,定期补充制冷剂、清洗换热器即可。冷却水管路加32%乙二醇溶液防冻,无冻胀风险,人力、物力、经济成本都更低。

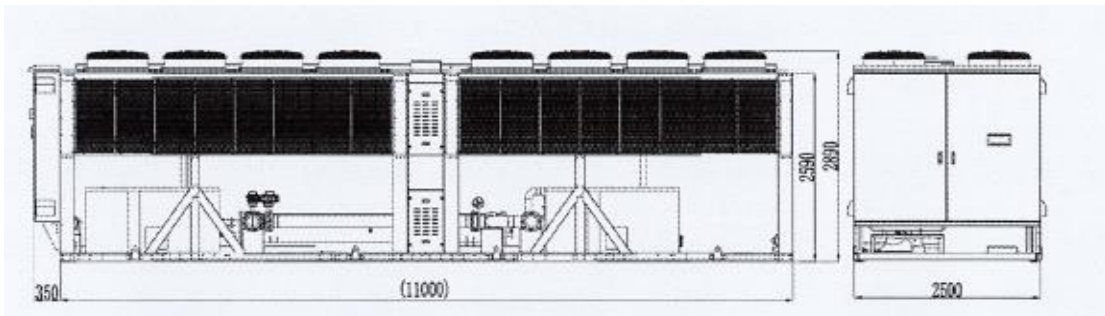


图2 联合制冷机组示意图

(4) 环保性能优越:联合系统优选低噪声设备,同时采取一些减少噪音的措施,运行期间声音不高于 85 分贝,基本无噪音;冷却介质(例如:32%乙二醇+65.5%纯水+2.5%防腐剂)密闭循环重复利用,不会散发细菌、真菌和病毒等微生物,对周边环境的影响减小。

(5) 对输气量无负面影响:联合系统制冷效果稳定,不受水质干扰,可确保变频器和电机正常满负荷运行,避免压缩机组最大功率受限,有效保障站场最大输送能力不受影响。

(6) 自动化程度高:联合系统设有手动/自动操作功能,自动切换运行不影响制冷效果

3 空冷器冷机联合系统的实施过程

3.1 方案设计与评审

邀请专业设计单位,依据电驱压气站的实际需求和现场条件,进行空冷器冷机联合系统的详细设计。设计过程充分考虑原系统的布局和接口,确保新系统能够顺利接入。设计方案完成后,组织相关专家和技术人员进行评审,对方案的可行性、合理性和安全性进行全面评估,并根据评审意见进行优化完善。

3.2 设备选型与采购

根据设计要求,综合考虑设备的性能参数、品牌信誉、价格等因素,精心选择合适的空冷器和冷机设备。优先选择具有高效换热性能、可靠运行质量和良好售后服务的产品。设备采购过程严格按照相关规定和流程进行,确保设备质量和交货期。

3.3 施工安装与调试

施工安装阶段,严格按照设计图纸和施工规范进行操作。组织专业施工队伍进行施工,确保施工质量和安全。在安装过程中,注重各设备之间的连接和配合,保证系统的密封性和稳定性。安装完成后,进行全面调试工作。对空冷器、冷机、控制系统等进行单机调试和联动调试,调整设备运行参数,使其达到最佳运行状态。同时,对系统的冷却效果、能耗、噪音等指标进行测试,确保满足设计要求。

4 应用效果分析

4.1 冷却效果提升

新的空冷器冷机联合系统投入运行后,电驱压气站电机及变频设备的冷却效果将得到显著提升。在相同工况下,关键设备的运行温度明显降低,且温度波动范围减小,有效保障了设备的稳定运行。

4.2 能耗降低

通过优化系统设计和智能控制,空冷器冷机联合系统实现了能耗的有效降低。机联合系统无需补水,耗水量基本为零。这主要得益于空冷器在部分工况下的高效自然冷却作用,以及冷机根据实际需求的精准调控和冷却水密闭循环利用,避免了不必要的水资源浪费。

4.3 维护成本减少

由于新系统采用了耐腐蚀、免维护的设备和材料,减

少了设备的维修和更换频率。同时,系统运行的稳定性提高,降低了因设备故障导致的紧急维修成本。据统计,改造后的维护成本较之前将降低 80%以上,大大减轻了运行单位的维护维修负担。

4.4 环保效益显著

空冷器冷机联合系统减少了水资源的消耗和废水排放,具有良好的环保效益。以 4 座密闭式冷却塔(型号为 TBT-200,设计流量 200m³/h)为例,每年可节约用水 15790 立方米,减少废水排放 1026m³。此外,系统运行过程中噪音降低,冷却水循环密闭循环重复利用,不会散发细菌、真菌和病毒等微生物,对周边环境的影响减小,符合绿色发展的要求。

4.5 输气量提高

每年 6 月 15 日到 8 月 31 日,某干线压气站因冷却水系统效率下滑,天然气压缩机供气受影响。每天约 10 小时处于供气减少状态,全年累计减少供气达 5.994×10⁸ Nm³。若完成空冷器冷机联合系统改造,这些损失气量便能恢复,显著提升输气能力。

4.6 满足智能站建设要求

联合系统集成手动与自动双重操作模式,可实现无扰自动切换,保障制冷效果不受影响。系统具备一键启停功能,自动化程度高,契合智能站建设的各项要求。

5 结束语

针对天然气压气站冷却水塔系统设备老化问题,引入空冷器冷机联合系统改造是极具潜力的方向。目前虽处于探索尝试应用阶段,但理论分析和前期研究表明,该联合系统有望在提高冷却效率、降低能耗、减少维护成本和提升环保效益等方面发挥显著作用,有力保障压气站未来稳定运行。随着天然气行业发展,对压气站运行可靠性和经济性要求渐高,未来空冷器冷机联合系统可结合先进物联网技术和大数据分析,实现智能化运行和预测性维护,同时研发更高效节能的空冷器和冷机设备,提升系统性能。相信在不断探索与技术进步下,空冷器冷机联合系统未来在天然气行业将有广阔应用前景,为行业可持续发展提供有力支持。

[参考文献]

- [1] 杨焜,何丽梅,刘家李,等.电驱压气站的变配电系统配置方案探讨[J].天然气与石油,2015,33(5):5.
 - [2] 钟帅帅,庞树红,王生龙,等.电驱压缩机冷却水塔风机轴承故障原因与对策[J].管道保护,2024(3):76.
 - [3] 孙在蓉,陈凤,游伦,等.2013 年全国天然气学术年会[C].云南:中国石油学会,2013.
- 作者简介:庞树红(1990.2—),男,陕西人,汉族,本科学历,助理工程师,油气输送工(输气)技师,主要从事长输天然气管道输气工作;孙瑞林(1986.5—),男,宁夏人,汉族,本科学历,助理工程师,电工技师,主要从事电气方面的工作;冯桃宁(1987.9—),男,陕西人,汉族,本科学历,助理工程师,油气输送工(输气)高级技师,主要从事长输天然气管道输气工作。

油气储运中长输管道的安全性提升研究

朱冉

冀东油田储气库建设项目部(储气库公司), 河北 唐山 063200

[摘要] 油气长输管道的安全性是油气储运领域的重要课题。分析了长输管道的运行现状, 其安全、高效、稳定的运输至关重要, 指出了当前面临的主要安全风险和技术管理瓶颈, 并提出了优化管道材料与设计、强化施工质量控制、提升监测技术智能化水平以及完善应急预案和安全管理体系统等对策。结合国内外成功案例, 探讨了技术创新与管理实践的融合, 并对未来发展方向进行了展望。研究旨在为油气长输管道的安全运行提供理论支持和实践指导, 推动行业安全管理水平的提升。

[关键词] 油气储运; 长输管道; 安全性; 监测技术; 风险管理

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16109

中图分类号: TE97

文献标识码: A

Research on Safety Enhancement of Long distance Pipeline in Oil and Gas Storage and Transportation

ZHU Ran

Jidong Oilfield Gas Storage Construction Project Department (Gas Storage Company), Tangshan, Hebei, 063200, China

Abstract: The safety of long-distance oil and gas pipelines is an important issue in the field of oil and gas storage and transportation. The current operation status of long-distance pipelines has been analyzed, and safe, efficient, and stable transportation is crucial. The main safety risks and technical management bottlenecks faced at present have been pointed out, and countermeasures such as optimizing pipeline materials and design, strengthening construction quality control, enhancing intelligent monitoring technology, and improving emergency plans and safety management systems have been proposed. Combining successful cases at home and abroad, this paper explores the integration of technological innovation and management practice, and looks forward to future development directions. The research aims to provide theoretical support and practical guidance for the safe operation of long-distance oil and gas pipelines, and promote the improvement of industry safety management level.

Keywords: oil and gas storage and transportation; long distance pipelines; security; monitoring technology; risk management

引言

随着全球能源需求的持续增长, 油气长输管道作为能源运输的关键基础设施, 其安全性直接关系到能源供应的稳定性和公共安全。然而, 当前油气长输管道在运行过程中面临着诸多挑战, 包括复杂地质环境、技术瓶颈以及管理不足等问题。这些问题不仅影响管道的长期稳定运行, 还可能引发严重的安全事故和环境风险。因此, 深入探讨油气长输管道的安全性提升策略, 优化技术与管理手段, 借鉴国内外成功经验, 对于推动行业可持续发展、保障能源安全具有重要意义。

1 长输管道运行现状与安全挑战

1.1 现行管道运行模式

油气长输管道的运行模式主要依赖于复杂的工程系统, 涵盖了从油气田源头到终端用户的多个环节。管道的运行涉及油气的采集、处理、输送以及储存等多个阶段, 每个环节都需要精确的技术支持和严格的安全管理。在油气输送过程中, 管道通常采用高压输送方式, 以提高输送效率并降低能源消耗。然而, 这种运行模式对管道的材料强度、密封性能以及监测系统提出了极高的要求。管道的运行还依赖于先进的自动化控制系统, 通过实时监测压力、

流量等参数来确保管道的安全运行。管道的维护和检修工作也是运行模式的重要组成部分, 需要定期进行巡检、防腐处理以及泄漏检测等操作, 以保障管道的长期稳定运行。

1.2 面临的主要安全风险

油气长输管道运行过程中面临诸多复杂的安全风险, 这些风险主要源自自然因素、技术故障和人为活动。自然因素如地震、洪水、滑坡等灾害, 可能直接导致管道损坏和泄漏。技术层面, 管道老化、腐蚀、焊接缺陷等问题可能在长期运行中积累并引发事故, 同时监测系统和自动化控制设备的可靠性也至关重要。人为活动方面, 第三方施工、非法侵占和恐怖袭击等行为对管道安全威胁极大。这些风险不仅可能引发油气泄漏、火灾爆炸等事故, 还会对环境、社会和经济造成严重影响, 因此必须通过综合措施加以防范。

1.3 技术与管理瓶颈分析

在油气长输管道的安全管理中, 技术和管理层面均存在一些瓶颈问题, 制约了安全水平的进一步提升。从技术角度看, 尽管现代监测技术不断发展, 但在复杂环境下的应用仍面临挑战, 例如在偏远地区或地质条件复杂的区域, 监测设备的安装和维护难度较大。现有技术在早期泄漏检

测和精准定位方面仍存在不足,难以及时发现微小泄漏。在管理方面,管道运营企业面临着安全管理体系不完善、应急预案执行不到位以及人员培训不足等问题。跨部门协调机制不够顺畅,导致在应急响应过程中可能出现信息传递不及时、资源调配不合理等情况。这些问题的存在使得管道安全管理难以达到理想状态,亟待通过技术创新和管理优化加以解决^[1]。

2 管道设计与施工中的安全优化策略

2.1 管道材料与标准提升

在油气长输管道建设中,管道材料的性能和设计标准的完善是确保安全运行的基础。管道材料需具备高强度、高韧性以及良好的耐腐蚀性,以应对复杂的地质环境和长期的油气输送压力。近年来,随着材料科学的进步,高强度钢材和新型复合材料逐渐应用于管道建设,这些材料不仅提高了管道的抗压能力和耐久性,还降低了管道的自重,便于施工和运输。设计标准也在不断更新,以适应更高的安全要求。新的设计标准强调管道的全生命周期管理,从选材、设计到施工和运营,每个环节都需严格遵循规范。设计标准还增加了对极端工况的考量,如地震、火灾等灾害条件下的管道安全性能,确保管道在复杂环境下仍能保持稳定运行。

2.2 施工过程中的质量控制

施工质量是油气长输管道安全运行的关键环节,贯穿管道铺设、焊接、防腐处理及回填等工序。焊接质量直接影响管道密封性和整体强度,需采用先进焊接技术和无损检测手段,确保焊接部位无缺陷。防腐处理是施工质量的重要内容,通过高性能防腐涂层和阴极保护技术,可有效抵御土壤腐蚀。施工质量控制还涉及施工人员的专业技能培训和设备维护管理。严格的施工质量控制体系能有效减少施工隐患,为管道长期安全运行提供坚实保障^[2]。

2.3 地质灾害风险评估与应对

油气长输管道的建设与运行常常面临复杂的地质环境,地质灾害风险评估与应对是保障管道安全的重要措施。在管道规划阶段,需对沿线地质条件进行全面勘察,识别潜在的地质灾害风险,如地震活动区、滑坡地带、河流冲刷区域等。通过建立地质灾害风险评估模型,结合历史地质数据和实时监测信息,对管道沿线的地质灾害风险进行量化分析。

3 监测技术升级与智能化应用

3.1 先进监测技术的引入

在油气长输管道的安全管理中,引入先进监测技术是提升安全水平的关键举措。随着科技的不断进步,多种新型监测技术应运而生,为管道的安全运行提供了有力支持。光纤传感技术利用光纤的光学特性,能够实时监测管道的温度、压力和应变变化,具有高精度、抗电磁干扰和长距离监测的优势。泄漏检测技术也在不断升级,分布式光纤

传感系统可以实现对管道泄漏的精确定位,检测到微小泄漏并及时发出警报。无人机巡检技术的应用为管道巡检提供了高效、灵活的解决方案,能够快速覆盖偏远地区和复杂地形,及时发现管道周边的异常情况。这些先进监测技术的引入,不仅提高了管道监测的效率和准确性,还为后续的智能化管理奠定了基础。

3.2 智能化监测系统的构建

智能化监测系统的构建是油气长输管道安全管理的重要发展方向。该系统通过整合多种监测技术与数据分析平台,实现了对管道运行状态的实时监控和智能化管理。智能化监测系统的核心在于数据采集与传输网络,通过在管道沿线部署大量传感器,实时收集管道的压力、温度、流量等运行参数,并利用无线通信技术将数据传输至中央控制中心。在控制中心,借助大数据分析和人工智能算法,对采集到的数据进行深度挖掘和分析,实现对管道运行状态的实时评估和故障诊断。智能化监测系统还具备自适应功能,能够根据管道的实际运行情况动态调整监测策略,优化资源分配,提高系统的运行效率和可靠性。通过智能化监测系统的构建,管道运营企业能够实现对管道的精细化管理,提升安全管理水平。

3.3 数据分析与预警机制

数据分析与预警机制是油气长输管道安全管理的重要环节,其核心在于通过对监测数据的深度挖掘和分析,及时发现潜在的安全隐患并发出预警。在管道运行过程中,监测系统会持续产生大量的运行数据,这些数据包含了管道的压力、温度、流量、振动等多维度信息。通过对这些数据的实时分析,可以利用机器学习算法建立管道运行状态的模型,识别正常运行与异常状态的差异。当监测数据超出预设的安全阈值时,预警机制将自动触发,及时通知相关人员采取措施。数据分析还可以结合历史数据和气象信息,对潜在风险进行预测,提前制定应对方案。通过完善的数据分析与预警机制,能够有效缩短应急响应时间,降低事故发生概率和损失,为管道的安全运行提供有力保障。

4 应急响应与安全管理强化

4.1 应急预案的优化与完善

应急预案的优化与完善是提升油气长输管道应急响应能力的重要环节。在油气管道运行过程中,应急预案需要针对不同类型的突发事件进行精细化设计,包括泄漏、火灾、地震等各类紧急情况。优化后的预案应明确各参与方的职责分工,确保在应急响应过程中各部门能够快速协调行动。预案中还需详细规定应急物资的储备与调配机制,确保在事故发生时能够及时提供必要的救援物资。预案应结合地理信息系统(GIS)和实时监测数据,实现对事故现场的快速评估和精准救援部署。通过定期的应急演练,验证预案的可行性和有效性,并根据演练结果和实际运行情况不

断更新和完善预案内容,以适应不断变化的安全环境。

4.2 安全管理体系的创新

安全管理体系的创新是保障油气长输管道安全运行的关键。传统安全管理体系在应对复杂多变的安全挑战时存在局限性,因此需要引入新的管理理念和技术手段。创新的安全管理体系强调全过程风险管理,从管道设计、施工到运营维护的各个环节,均需纳入系统的风险评估与控制框架。引入先进的安全管理工具,如风险矩阵和安全绩效指标(KPI),能够实现对安全风险的量化管理和动态监控。安全管理体系还需加强与外部监管机构、科研机构的协同合作,及时引入最新的安全技术和管理经验。通过建立跨部门、跨区域的应急响应机制,提升应对重大安全事故的综合能力。创新的安全管理体系不仅能够有效降低事故发生概率,还能在事故发生时最大限度地减少损失^[3]。

4.3 人员培训与安全文化建设

人员培训与安全文化建设是油气长输管道安全管理的重要组成部分。在人员培训方面,针对不同岗位的员工制定个性化的培训计划,涵盖管道操作、应急处置、安全法规等多方面内容。培训方式应结合理论教学与实践操作,确保员工能够熟练掌握安全技能并正确应对突发情况。定期开展复训和考核,以保持员工的专业能力。在安全文化建设方面,通过宣传、教育和制度建设,营造全员参与的安全文化氛围。企业需将安全理念融入企业文化,通过设立安全奖励机制和开展安全主题活动,增强员工的安全意识和责任感。安全文化的建设不仅能够提升员工的安全素养,还能促进企业安全管理的高效实施,为油气长输管道的安全运行提供坚实的人文保障。

5 案例分析与未来发展趋势

5.1 国内外成功案例剖析

在油气长输管道领域,国内外众多成功案例为安全管理提供了宝贵经验。国外方面,美国的阿拉斯加输油管道项目通过在极寒环境下采用先进的保温技术和严格的施工标准,确保了管道的长期稳定运行。该项目还建立了完善的监测系统,实时跟踪管道的运行状态,有效预防了事故的发生。挪威在北海的海上输气管道建设中,通过严格的环境评估和先进的防腐技术,成功应对了海洋环境的复杂挑战。在国内,西气东输工程作为我国重要的能源输送项目,通过引入智能化监测系统和优化应急预案,实现了高效的安全管理。该项目还通过跨区域协调机制,确保了管道沿线的安全运行。这些成功案例表明,技术创新与管理优化的结合是保障油气长输管道安全运行的关键。

5.2 技术创新与管理实践的融合

技术创新与管理实践的融合是油气长输管道安全管

理的重要趋势。在技术层面,新型监测技术如光纤传感和无人机巡检的引入,极大地提高了管道的监测效率和准确性。智能化管理系统的应用实现了对管道运行状态的实时监控和数据分析,为安全管理提供了有力支持。在管理实践方面,通过优化应急预案、完善安全管理体系以及加强人员培训,企业能够有效提升应对突发事件的能力。跨部门合作机制的建立促进了技术与管理的深度融合,确保了安全管理措施的高效执行。这种融合不仅提升了管道的安全性,还推动了行业的可持续发展,为未来油气长输管道的安全管理提供了新的思路^[4]。

5.3 未来油气长输管道安全发展方向

未来油气长输管道的安全发展方向将聚焦于智能化、绿色化和协同化。智能化方面,随着物联网、大数据和人工智能技术的快速发展,油气管道将实现更高效的实时监测和智能预警,提升事故预防能力。绿色化方面,管道建设将更加注重环境友好性,采用低碳材料和节能技术,减少对生态环境的影响。协同化将成为安全管理的重要趋势,通过加强企业、政府和社会的多方合作,构建更加完善的安全管理体系。未来的发展还将注重国际标准的接轨与技术交流,推动油气长输管道安全管理的全球化进程。这些发展方向将为油气长输管道的安全运行提供更坚实的保障,助力行业的高质量发展。

6 结语

油气长输管道的安全性提升是保障能源稳定供应和公共安全的关键。通过对现状的剖析、技术与瓶颈的突破以及成功案例的借鉴,油气长输管道安全管理已取得显著进展。未来,随着智能化技术的深化应用、绿色发展理念的融入以及协同化管理的推进,油气长输管道的安全性将得到进一步增强。在这一过程中,持续的技术创新与管理优化将为行业高质量发展提供强大动力,助力油气储运领域迈向更加安全、高效和可持续的未来。

[参考文献]

- [1]梁乐乐. 油气储运中长输管道的安全性提升研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(15): 19-21.
- [2]刘诚. 油气储运中长输管道的安全性提升思考[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(16): 64-66.
- [3]吴秀亮. 油气储运中长输管道的安全性提升思考[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(1): 84-86.
- [4]党富华. 油气储运中长输管道的安全性研究进展[J]. 化工管理, 2018(14): 148.

作者简介: 朱冉(1984.5—), 女, 回族, 毕业学校: 中国石油大学(华东), 现工作单位: 冀东油田储气库建设项目部(储气库公司)。

一种行走式可变形履带钢结构超声波无损检测机器人的新型设计

王 圳

上海建工二建集团, 上海 200080

[摘要]文中首先阐述了研发一款可自行行走的钢结构超声波无损检测探伤机器人的工程背景。然后依次介绍了这款探测机器人所用到的物理理论基础知识, 和应用技术背景知识。阐述了设计该款机器人的思路 and 结构组成。其中, 重点阐述了主体结构、局部构造、可变形履带的行进模式、示教部分、内部控制系统, 以及该型无损机器人的内部控制结构框图。此外, 还分析该型机器人的特点和创新点。最后交代了该型机器人的工作流程, 并做出结论与展望。

[关键词] 钢结构检测; 可变形履带; 超声波无损检测; 机器人

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16121

中图分类号: TS652

文献标识码: A

A Novel Design of a Walking Deformable Tracked Ultrasonic Non-destructive Testing Robot for Steel Structures

WANG Zhen

Shanghai Construction No. 2 Construction Group Co., Ltd., Shanghai, 200080, China

Abstract: The article first elaborates on the engineering background of developing a self-propelled ultrasonic non-destructive testing robot for steel structures. Then, the basic knowledge of physics theory and application technology background used in this detection robot were introduced in sequence. Elaborated on the design concept and structural composition of this robot. Among them, the main structure, local construction, the walking mode of the deformable track, the teaching part, the internal control system, and the internal control structure diagram of this type of non-destructive robot are emphasized. In addition, the characteristics and innovative points of this type of robot are also analyzed. Finally, the workflow of this type of robot was explained, and conclusions and prospects were drawn.

Keywords: steel structure testing; deformable track; ultrasonic non-destructive testing; robot

引言

随着建造技术和材料性能的提升; 越来越多的新颖的钢结构建筑出现在生活中。建筑设计上的突破; 带来了结构设计上的精细; 以及现场施工时的难度。在很多特殊或极端施工条件下; 比如常见的高空施工; 不仅危险; 同时施工难度大。

目前工程中实际用到的钢结构缺陷及焊接焊缝质量检测还依赖于人工操作的钢结构超声波无损检测仪器, 因此还有很多改进的空间: 比如: 钢结构焊接及功能性结构缺陷的超声波检测还依赖人工手持式的超声波检测工具; 在超声波扫描完成之后, 出超声波检测图的时间过长。无法做到及时出图。需要甄别和再处理; 尚无一款适用于钢结构立面和高空行走的可移动式钢结构无损检测机器人, 并真正实现远距离操控; 无损检测机器人应较为轻巧, 使其能跨越一些障碍和凹凸的表面; 更多类型及先进的智能传感器 (如视觉传感器), 尚未完全成熟地引入到钢结构无损检测机器人中。因此, 设计了一种新型的特别适用于高空钢结构上行走的, 具有电磁控铁贴片履带的, 基于远程遥控和超声波探伤技术的可自行行走的焊缝检测机器人。整个机器人的传动采用电力传动, 用电力电子器件的弱电系统控制行进系统的运动和焊接机具的工作, 并用电

能变换装置控制电机的运行^[1]。工作履带的磁力吸附采用了电气控制系统中最常见的电磁式电器, 当轮上凸起嵌入履带中时, 完成电磁机构电路的闭合, 产生使机器人通过履带吸附在钢结构上的磁力^[2]。机器人的行进和探测的控制都是由嵌入式系统完成^[3]。机器人工作主体需要加装视觉传感器^[4]和控制探测设备移动的机械臂^[5]。

1 理论基础与技术背景

1.1 理论基础

波分为电磁波 (如无线电波、X 射线、可见光等) 和机械波 (如声波、水波等)。声波的本质是机械振动在弹性介质中传导形成的机械波。超声波是由机械振动源在弹性介质中激发的一种机械振动波, 其实质是以应力波的形式传递能量。其必要条件是要有振动源和能传递机械振动的弹性介质, 它能透入物体内部并可以在物体中传播。频率高于 20Hz 的机械振动称为超声波。

就目前的无损检测技术 (NDT: non-destructive testing) 而言, 涉及的物理学基础包括: 声、光、热、电、磁、电磁、机械、放射线辐射、物理化学、粒子束、高能物理等, 及其某些组合。焊缝检验主要由破坏性检验和无损检验。在实际钢结构工程中宜选用无损检测手段。无损检测主要包括外观检验、密封检验、耐压实验、渗透

探伤等。其中，超声波无损检测是最合适的。

超声波检测(UT)是利用超声波在物体中的多种传播特性(如反射、透射、折射、衍射、散射、干涉、衰减、谐振、声速变化等)来测量物体的几何尺寸、探测物体表面与缺陷的大小与位置、判断材料的显微组织变化等。超声波在检测中最主要是利用的压电材料:单晶体的压电效应和多晶体的电致伸缩效应来产生和接收超声波。

发射超声波时,发射探头中的压电晶片在发射电脉冲的作用下做强迫振动,产生超声波。同时,又在阻尼块的影响下做阻尼振动,超声波脉冲宽度变窄。电脉冲的频率与晶片的固有频率越接近,晶片的电声转换效率越高。超声检测用探头的固有频率各不相同,为了能使超声波检测仪器与不通用频率的发射探头相匹配,达到最佳声电转换频率,发射探头所连接的发射电路所产生的发射电脉冲信号必须有很宽的频带。

1.2 技术背景

随着钢结构在全生命周期内服役的时间越来越长,焊接技术在钢构件连接时越发重要。有必要对各类钢结构的内部(焊接)缺陷进行检测。因此,制作一款可实现远程遥控的行走式超声波无损检测机器人就显得尤为必要。

钢结构的相关不连续性与超声波的回波特性相关。因此,工程中的钢结构缺陷宜采用A显示脉冲波检测技术,分为反射法和穿透法,具体分为:方法一:脉冲反射法接触斜束横波检测。这是应用最普遍的检测技术,可发现焊缝中的多数不连续性;方法二:脉冲穿透接触斜束横波检测——串列检测。该方法主要用于大厚度、窄间隙焊缝中的垂直于表面的不连续性的检测;方法三:脉冲反射法接触直束纵波检测。对于对接焊缝,直束纵波检测可用于测量母材的厚度和检测母材的不连续性。当加强高打磨平时,也可检测接头的不连续性;对于T形接头、管座焊缝等可检测焊缝不连续性;方法四:脉冲反射法接触斜束纵波检测。在奥氏体焊缝的超声波检测中,由于横波的衰减很严重、信噪比低,尤其当焊缝厚度较大时,横波检测很困难,需要使用斜束波检测。

常规的工业机器人是一种在计算机控制下的可编程的自动机器。该型钢结构机器人可视作是现有无损检测技术集成在一款工业机器人上,并同时给这款无损检测机器人加装了一个可实现障碍物跨越和钢结构磁力吸附的高支架式履带。

2 设计方案

2.1 设计思路

因此,需要将工程现场使用的人为操作的超声波无损检测仪器,首先加装到机械臂式的工业机器人上,并且通过加装高支架的电磁铁贴片的履带来完成行走装置的制作。因为是用于钢结构缺陷或焊缝的无损检测,尤其要涉及高空行走来取代人为吊篮或登高车等高空作业模式,将

工人从危险的高空作业中解放出来。因此,特意设计了一个可吸附在钢结构上的电磁铁履带。该履带由一片一片的电磁铁贴片组合而成,并且连接到一个可以控制每一横排电磁铁片是否通电的控制器。通过行走时前端的电磁铁片通电,后端的电磁铁片断电,来给履带变换电磁场,从而保证在电磁铁片矩阵吸附钢构件的同时完成行走的动作。同时,行走的车载平台上安装了超声波无损检测仪器,并可通过信号操控工作臂主要完成钢结构表面扫描等动作。

2.2 结构组成

整个新型的可变形履带式行走式钢结构(含焊缝)超声波无损检测机器人的主体结构主要由以下几部分组成:第一、采用视觉传感器跟踪系统,可实现超声波无损检测机器人对钢结构表面状态的实时观察和记录。在智能化升级的过程中,可通过选择性加装其他接近觉传感器(电涡流、光电、超声波式等三种可选,并配合PC控制主机及相应AI程序)实现自主微调;第二,行走机构:行走机构采用可变形的非等边三角形行走的履带机构。底盘两侧履带架分别连接导向轮(前)和驱动轮(后),履带架中连接有主臂杆,主臂杆通过曲臂连接行星轮。导向轮、驱动轮,和行星轮共同支撑起履带。左右两侧后方的驱动轮各自连接着一台电动机。通过控制电动机的转速控制焊接机器人的行进和转向;第三,主体机械结构:超声波无损检测机器人的主体机械机构包括连接行走机构的底盘、机械臂、超声波发射和接收装置、图像成像装置,以及其他配套机械构件;第四,超声波检测机器人工作机构:机器人控制箱、工业机器人的多自由度机械手臂、机器人用电池、超声波发射与接收用电池、图像生成仪、超声波检测控制器、示教控制器、电缆等;第五、行进动力、机器人自身动力、焊接能源:驱动轮连接的电动机用充电电池、机器人自身系统的动力充电电池、焊接电源蓄电池;第六、传感器系统。它包括内传感器和外传感器系统。内传感器系统宜包括:位置、角度传感器,速度、角速度加速器,加速度传感器。外传感器系统至少应包括接近觉传感器和机器人视觉传感器系统。

3 新型自行走钢结构无损检测机器人

3.1 主体结构

目前,钢结构无损超声波检测机器人的基本工作原理也应该类似于通用工业机器人实际操作过程中的“示教”“再现”和“可编程”。“示教”就是机器人学习的过程。在这个过程中,操作者需要利用示教器(或在计算机的控制软件的界面上手动拖动)来操纵机器人执行某些动作。而机器人的控制系统会以程序的形式将其记忆下来,然后将程序输入给机器人控制器。而机器人控制系统会指示机器人按照示教时记录下来的程序展现这些动作,就是“再现”的过程。“可编程控制”就是事先根据机器人的(检测)任务以及(检测)轨道编制控制程序,然后将程

序输入给机器人控制器。

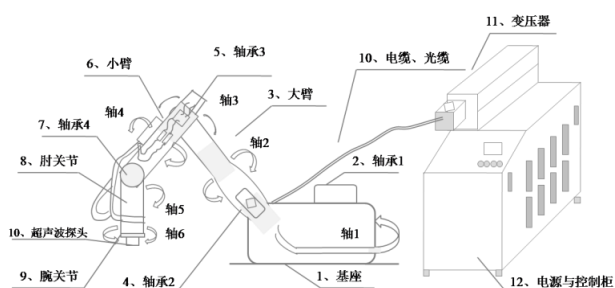


图1 超声波无损检测机器人的主体结构及主要构件详图

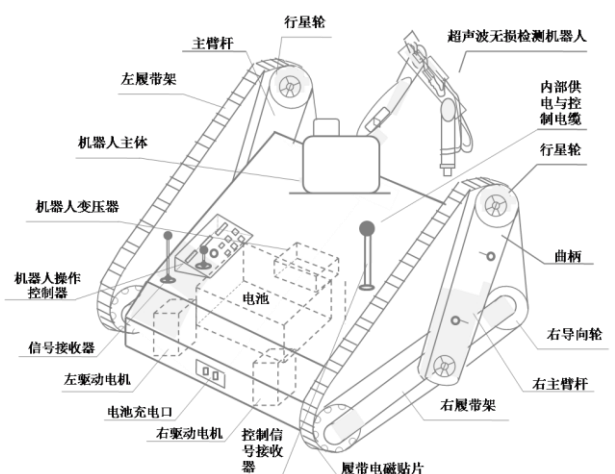


图2 高支架履带式超声波无损检测机器人的主要构件及详图(轴视图)

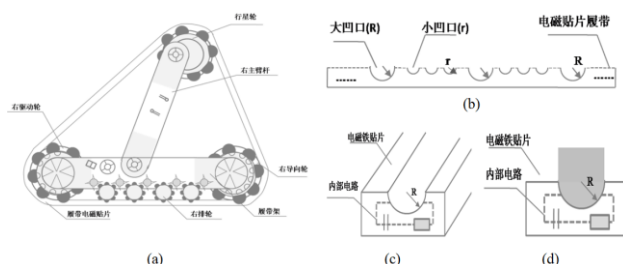


图3 高支架履带式超声波无损检测机器人的行走机构的主要构件及履带通电产生磁性的细部结构详图

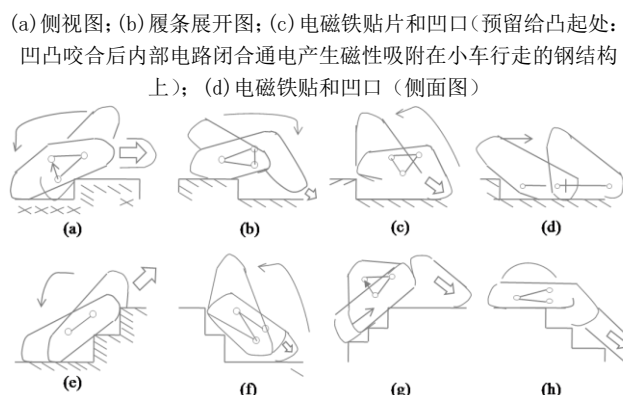


图4 一种新型的可移动超声波无损检测机器人可变形履带与障碍跨越物的相对位置关系图

一个超声波无损检测机器人系统主要包括:机器人主体、各种电缆和控制电线、各种传感器、控制器、超声波探头(发射与接收)等。如下图所示:

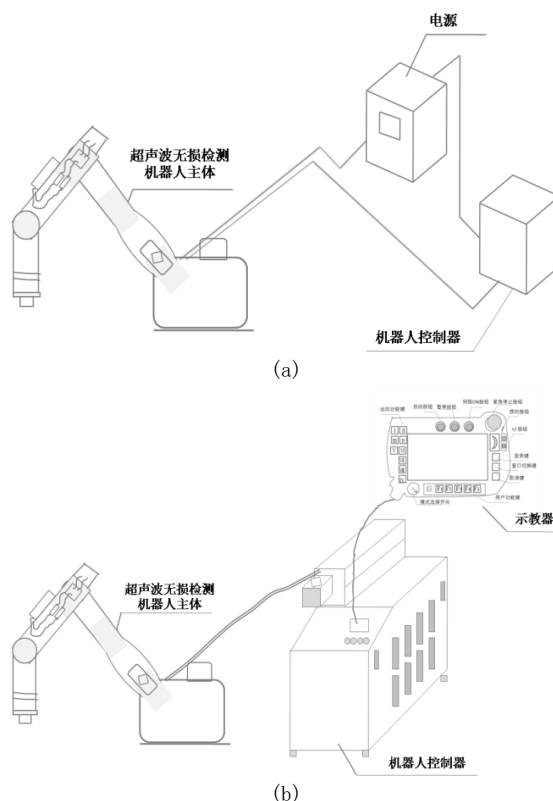


图5 (a)一种新型的可移动超声波无损检测机器人系统示意图(含控制器);(b)该新型的可移动超声波无损检测机器人系统通过示教器来实现机器人操控的示意图

3.2 内部控制系统结构

该型无损检测机器人采用遥控示教器进行远程操控(图6.a、b)。其内部控制结构框图见图6.c:

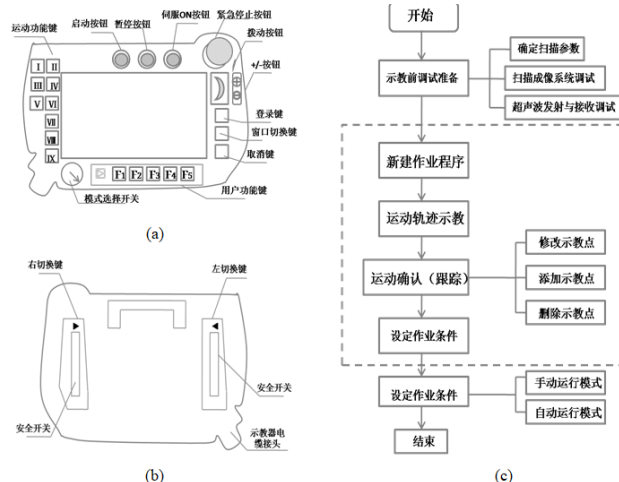


图6 一种新型的可移动超声波无损检测机器人遥控示教器

(a)示教器正面;(b)示教器背面;(c)示教器内部运行程序逻辑结构框图

该型履带式无损检测机器人的遥控巡检系统运动控制系统控制结构框图如下图 7:

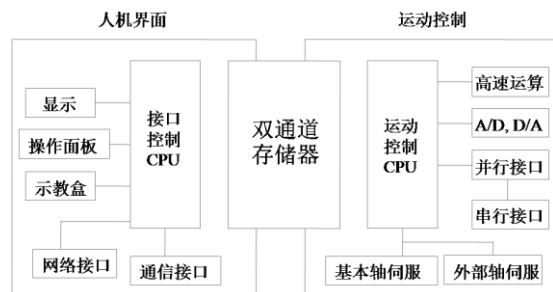


图 7 该型远程遥控的履带式遥控巡检系统运动控制系统框图。

4 特点分析

该新型的具有电磁控铁贴片阵的基于远程遥控和超声波无损检测技术的自行走钢结构缺陷及焊缝检测机器人及其改型，主要有以下创新点：

该型无损检测机器人宜采用视觉传感器，能够通过图像处理的方法提取钢结构位置和特殊节点，可实现自动探测区域的寻位。在定位需钢结构损伤检测的构件时，需加装接近觉传感器（电涡流、光电、超声波式等三种可选）。可集成一种或多种传感器，该型超声波无损检测工业机器人可实现对环境的感知、信息提取及处理；通过视觉、触觉等感知的反馈形成一定的闭环控制，对外部环境的变化具有一定的适应能力，如钢结构节点位置的自动寻位、钢结构焊缝自动寻迹等；

首先将现有的无损检测设备搭载到可多自由度活动的机械臂上，再采用了电磁控磁片组合阵列组成履带给传统检测类机器人安装上了行走装置。并且可以通过控制电路，来给磁片通电以控制磁性，通过履带上环形磁片依次通电来实现履带的行走，并且使得履带由于电磁效应，产生磁力，从而可以在高空的钢结构，以及竖向钢结构实现自由行走和远距离操控；用贴片组成的履带代替车轮直接与钢结构平面接触，不仅可以缓冲路面状态，还可以贴合各类型钢结构平面，实现无障碍行走。并通过电磁片的通电与否控制履带的磁性能对钢结构平面具有相当的吸附力；

并且采用非等边三角形的可变形履带机构。底盘两侧的履带架连接导向轮（前）和驱动轮（后），履带架中连接有主臂杆，主臂杆上通过曲臂接着行星轮。导向轮、驱动轮，和行星轮三只轮子共同支撑住履带。当主臂杆绕履带架上的轴旋转时，通过曲柄带动行星轮转动，以此实现履带的不同构形，以适应不同的移动环境。两个驱动轮各自连接着一台电动机。两台电动机转速相同时，左右两条履带转速相同，机器人匀速直线前进。当两台电动机转速不一致时，机器人向转速慢的一侧转弯；

超声波钢结构无损检测机器人主体部分采用最常见的 6 自由度、负载为 10kg 的工业机器人，关节处采用了

旋转编码器。末端执行器为超声波无损检测仪器。并且在机器人总体设计上设计成可改装的末端执行器接口形式；

将传统的钢结构超声波无损检测机器人系统的各种分散的组成部分进行集成化，集成到可移动的焊接机器人体系中。并通过接入网络可实现多台工程焊接机器人的同步施工控制。驱动方式从液压到电机驱动；控制方式从传统的磁鼓记录控制发展到计算机控制。集成的部分包括传统钢结构无损检测机器人系统的基本组成部分等；

控制系统的研发可采用 Workspace 系统，是一款由美国 Robert Simulation 公司开发的通用类机器人商业开发软件，可实现基于 PC 的机器人离线编程；也可招标采购相应的 IPC（工控机）、DCS（集散控制系统），或其他嵌入式控制装置；

远程遥控，自主微调。明确给出了钢结构超声波无损检测机器人的巡检轨迹示教编程流程框架。示教编程与通用型机器人示教编程的基本流程相似。示教器是一种智能终端，也可以用 PC 或 IC。示教编程有两种方式：一种为先编程后校点；另一种为编程校点同时进行。前者，将编程的操作现场隔开，可以在相对安静的环境中将程序写入或导入示教器。后者，编程与校点同时进行，主要用于机器人轨迹不确定，要根据现场来确定机器人动作的场景。当然，利用简单的单片机或工控机无法完成更为复杂的机器人检测动作的控制，在现有 PC 机操作系统的基础上应研发相应的专属控制软件。特别地，钢结构超声波无损检测机器人与通用机器人不同的是，超声波无损检测机器人在示教前需要进行一些调试准备工作，行走过程实现、行走姿态控制、检测区域定位、超声波发射与接收调试，以及图像和数据生成的调试等。这些操作可在“生产屏幕”选项来实现。具体流程见附图；

同时，需要安装并测试相应的传感器。内部宜设置车载 AGV 控制系统，可根据相应的系统，如：驱动系统、导航系统、引导系统、自动充电系统、无线局域网通信系统、驱动控制系统、非接触碰撞系统等。

5 工作流程

具体实施方式就是主要描述焊缝检测机器人的无损检测工艺流程，并阐述钢结构无损检测系统之间的关联和协作关系。因此，该型电磁铁贴片履带式行走焊缝检测机器人的主要使用流程如下：

打开开关，通过遥控器控制无损检测机器人在钢结构上的行走。当检测区域在钢结构上，焊接机器人可直接放置其上并行走至需检测处；打开示教器，对齐钢结构上需要检测的区域，完成准备工作；打开示教器上的超声波接收开关，开始检测；平行移动机械臂前端超声波探针，完成扫描区域的超声波检测；通过示教器远程遥控信号指令来开关超声波发射与接受；完成超声波接收，示教器显示屏上或 PC 端等智能终端设备上显示出钢结构超声波检测结果。

6 结论与展望

本发明属于新型钢结构焊接施工设备发明,特别涉及在危险和人工不易到达的区域(如高空)完成的自行走焊接的情况。因此,特意设计了一种新型的特别适用于高空钢结构上行走的,具有电磁控铁贴片振型履带的,基于远程遥控和超声波探伤技术的可自行行走的焊缝检测机器人。属于工程装备的研发和工程智能化建造领域。实现宏观遥控、微观自主。

在核、太空、深海等极限环境的超声波无损巡检机器人的遥控操作,除了需要考虑极限环境的辐射、气压、重力、温度等方面的特殊性,同时需要机器人在机械结构、电气设计、传感方式、控制技术,等方面均有应对措施。

【参考文献】

- [1]汤天浩. 电力传动控制系统——运动控制系统[M]. 北京:机械工业出版社,2022.
 - [2]吴中俊,黄永红. 可编程控制器原理及应用[M]. 北京:机械工业出版社,2018.
 - [3]张玉莲. 传感器与自动检测技术[M]. 北京:机械工业出版社,2023.
 - [4]陈贇. ARM 嵌入式技术原理与应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2010.
 - [5]陈万米. 机器人控制技术[M]. 北京:机械工业出版社,2019.
- 作者简介:王圳(1990.11—),男,汉族,上海人,本科,上海大学,研究方向:施工技术与管理。

基于数字化技术的模具设计与制造研究

李 波

湘西民族职业技术学院, 湖南 吉首 416000

[摘要]模具作为现代工业体系的基石, 其技术演进始终与制造业升级紧密交织。从蒸汽时代的手工雕模到电气时代的标准化生产, 模具技术历经百年积淀形成完整学科体系。随着智能终端、新能源汽车等新兴产业崛起, 产品复杂度呈现指数级增长: 消费电子外壳的微孔结构精度逼近光学器件标准, 动力电池盖板的密封面粗糙度要求达到纳米级别。传统模具开发模式在应对这些挑战时愈发捉襟见肘, 设计阶段 70% 的潜在缺陷需通过物理试模暴露, 造成资源浪费与进度延误。数字孪生、人工智能等新一代信息技术的发展, 为模具产业突破物理限制、重构价值链提供了历史性机遇。本研究旨在系统解析数字化技术对模具全生命周期的赋能机理, 构建覆盖设计优化、制造升级、质量管控的完整技术框架。

[关键词]模具数字化设计; 智能制造; 增材制造; CAE 仿真; 数字孪生

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16120

中图分类号: TH16

文献标识码: A

Research on Mold Design and Manufacturing Based on Digital Technology

LI Bo

Xiangxi National Vocational and Technical College, Jishou, Hu'nan, 416000, China

Abstract: As the cornerstone of modern industrial system, the technological evolution of molds has always been closely intertwined with the upgrading of manufacturing industry. From manual carving in the steam age to standardized production in the electrical age, mold technology has accumulated over a hundred years to form a complete disciplinary system. With the rise of emerging industries such as smart terminals and new energy vehicles, product complexity is growing exponentially: the precision of the micro porous structure of consumer electronics casings is approaching optical device standards, and the sealing surface roughness of power battery cover plates is required to reach the nanometer level. The traditional mold development model is becoming increasingly inadequate in addressing these challenges, with 70% of potential defects in the design phase needing to be exposed through physical trial molding, resulting in resource waste and schedule delays. The development of new generation information technologies such as digital twins and artificial intelligence provides a historic opportunity for the mold industry to break through physical limitations and reconstruct the value chain. This study aims to systematically analyze the empowering mechanism of digital technology on the entire lifecycle of molds, and construct a complete technical framework covering design optimization, manufacturing upgrading and quality control.

Keywords: digital design of molds; intelligent manufacturing; additive manufacturing; CAE simulation; digital twins

全球制造业正经历以数字化转型为核心的第四次工业革命, 模具行业面临双重变革压力: 下游产业对精密化、个性化产品的需求持续升级, 上游材料与工艺创新推动成型技术边界不断拓展。德国工业 4.0 战略将模具智能工厂列为重点示范领域, 博世集团在斯图加特建立的模具数字化中心, 通过虚实融合技术将试模次数从 8 次降至 2 次。与此同时, 新兴市场劳动力成本优势削弱倒逼产业升级, 日本牧野机床开发出配备 AI 视觉系统的五轴加工中心, 使复杂模具加工精度稳定在 $\pm 1 \mu\text{m}$ 水平。我国《智能制造发展规划》明确提出模具行业数字化转型路线, 格力电器自主研发的精密模具智能生产线, 实现从设计到检测的全流程数字化贯通。

1 概述

1.1 模具行业在制造业中的重要性

模具作为工业生产的核心载体, 其精密程度直接决定终端产品的功能实现与质量稳定性。在医疗器械领域, 微

创手术器械模具的型腔精度需达到 $\pm 2 \mu\text{m}$, 确保器械表面无毛刺残留。航空航天领域, 劳斯莱斯涡轮叶片模具采用单晶铸造技术, 使叶片耐高温能力突破 1700°C 。新兴的微型连接器模具要求插针间距精度达 0.01mm , 相当于人类头发直径的 $1/8$ 。这些尖端需求推动模具制造向超精密、多功能方向发展, 美国制造工程师协会将模具技术列为《2030 先进制造技术路线图》重点攻关领域。

1.2 传统模具设计与制造的局限性

传统工艺在应对复杂曲面时暴露结构性缺陷: 五轴加工中心在切削深窄槽时易产生刀具震颤, 导致侧壁垂直度偏差超 0.05mm ; 电火花加工成形齿轮模具时, 电极损耗造成齿形渐开线误差累积^[1]。更为严重的是, 韩国生产技术研究院研究发现, 传统手工抛光模具的型腔表面残留微观裂纹, 在注塑百万次后裂纹扩展导致产品飞边缺陷。这些技术瓶颈使模具寿命与产品良品率难以突破物理极限, 制约高端制造发展。

1.3 数字化技术对模具产业的变革意义

数字化转型构建了全要素协同的创新体系:在设计端,达索系统的 3DEXPERIENCE 平台实现跨学科协同设计,保时捷采用该平台开发碳纤维增强模具,使设计迭代次数减少 70%;在制造端,通快集团的 TruLaser Cell 7030 激光加工系统,通过数字孪生技术将模具纹理加工精度提升至 $\pm 0.8\mu\text{m}$;在服务端,马扎克智能工厂通过机床数据云端分析,实现模具加工参数自优化。这种全链条数字化重构,使模具开发从孤岛式作业转向网络化协同,催生制造服务新模式。

2 模具设计与制造基础理论

2.1 模具分类与典型结构

模具作为工业成型的核心装备,其分类体系与结构特征直接关联制造工艺的物理本质。按成型方式可分为体积成型与板料成型两大类别:体积成型模具涵盖注塑模、压铸模、锻模等,其中注塑模凭借高分子材料加工的普适性占据市场主导地位;板料成型模具以冲压模为代表,在汽车覆盖件制造中具有不可替代性^[2]。典型两板式注塑模由定模、动模、浇注系统、顶出机构等模块构成,博世集团开发的汽车灯罩模具采用热流道技术,通过 128 个独立温控点实现光学级表面质量。级进冲压模则呈现多工位连续成型特征,富士康研发的 64 工位连接器模具采用渐进式折弯结构,确保 0.15mm 间距插针的成型精度。压铸模需设置复杂溢流与排气系统,布勒公司为新能源汽车开发的高真空压铸模,通过三级真空阀将型腔残氧浓度控制在 0.1% 以下。这些结构创新体现了模具设计与材料流变学、热力学的深度耦合。

2.2 传统模具开发流程

传统开发模式遵循“设计-加工-试模-修正”的线性路径,其内在缺陷在复杂模具开发中暴露无遗。设计阶段依赖二维图纸传递信息,三菱重工统计显示图纸 misinterpretation 导致的返工占总工时的 18%。加工环节受制于设备与人员技术水平,牧野机床研究指出,五轴加工深腔模具时刀具颤振造成的侧壁垂直度偏差常超 0.05mm。试模阶段成为问题集中爆发点,美国汽车工程师协会研究表明,传统流程中 70% 的设计缺陷在试模环节暴露,单个修正成本可达初始投入的 3 倍。知识传承断层加剧效率损失,日本模具工业协会调研发现,技师经验中仅有 30% 可转化为可复用的工艺规范。这种碎片化开发模式难以满足汽车行业 24 个月新车迭代的节奏要求,成为产业升级的主要障碍。

2.3 数字化技术对模具开发的理论支撑

计算力学与优化算法的突破为数字化设计奠定科学基础。连续介质力学框架下的有限元分析,通过 Johnson-Cook 本构模型精确描述金属塑性流动行为,ANSYS 软件据此预测冲压回弹量的误差小于 5%。计算流体

力学中的 VOF 方法模拟聚合物熔体前沿形态, Moldflow 对注塑短射位置的预测准确率达 92%。拓扑优化理论中的变密度法,借助 SIMP 插值模型实现材料最优分布,大众汽车发动机支架模具经优化后减重 19% 而刚性不变。离散元法在粉末冶金模具设计中实现颗粒流动可视化,德国克虏伯公司运用该技术使齿轮模具装粉密度均匀性提升 25%。这些理论突破构建了虚拟验证的科学体系,使模具开发从经验试错转向预测驱动。

2.4 数字化模具设计理论模型

参数化设计模型通过特征树实现全关联驱动, Pro/E 软件应用此模型使标准件库调用效率提升 40%。基于本体论的知识工程模型,将设计规则封装为可执行的逻辑单元,丰田建立的侧围模具知识库包含 213 项几何约束规则。响应面法构建多目标优化空间,格力电器应用该模型使空调面板模具的冷却效率提升 35%。深度学习驱动的生成式设计突破传统拓扑局限,欧特克 Generative Design 模块为空客开发的航空支架模具,在满足强度要求下实现 41% 轻量化。数字孪生模型通过多物理场耦合实现虚实映射, ANSYS Twin Builder 构建的压铸模热力耦合模型,可预测 2000 次循环后的热疲劳裂纹扩展路径。这些理论模型推动模具设计从几何建模向智能创造跃迁。

3 数字化模具设计关键技术

3.1 CAD 技术在模具设计中的应用

三维参数化 CAD 技术彻底改变了传统模具设计模式,通过特征建模、装配关联和干涉检查等功能实现全流程数字化设计。达索系统的 CATIA 软件在汽车覆盖件模具开发中,采用曲面连续性分析模块,使 A 级曲面拼接精度达到 0.001mm 级,显著提升车身外观质量。西门子 NX 的同步建模技术允许直接编辑导入的第三方模型,上汽集团应用该技术将模具设计周期缩短 40%^[3]。针对微型连接器模具, PTC Creo 的柔性建模功能可快速调整 0.1mm 间距的插针阵列布局,满足 5G 通信设备高频信号传输要求。模具标准化库的智能调用技术大幅提升效率,海天精工开发的注塑模架自动配置系统,可在 30 分钟内完成龙记标准模架的完整装配设计。

3.2 CAE 仿真优化技术

多物理场耦合仿真技术为模具设计提供科学验证手段, ANSYS Workbench 平台集成结构-热-流体耦合分析模块,成功预测大型压铸模的热平衡状态。在特斯拉一体化压铸模具开发中,通过 MagmaSoft 软件模拟 6800 吨锁模力下的铝液流动行为,优化了真空排气系统布局,使铸件孔隙率降低至 0.3% 以下。针对精密光学透镜模具, Moldflow 的双折射分析模块可预测材料分子取向对透光率的影响,舜宇光学据此优化浇口设计,使镜片成像畸变控制在 $\lambda/10$ 波长以内。回弹补偿仿真技术大幅提升冲压模精度, AutoForm 的增量成形算法为宝马车门模具提供

0.12mm 级回弹补偿方案,减少后期手工调试工作量 75%。

3.3 基于 AI 的智能设计方法

深度学习技术正在重塑模具设计范式,生成对抗网络 (GAN) 在随形冷却水道设计中展现出强大创造力。格力电器研发的 AI 设计系统,通过训练 10 万组历史案例数据,自动生成满足 $\pm 1^\circ\text{C}$ 温控要求的异形水路方案,设计效率提升 5 倍。华为 2012 实验室开发的拓扑优化算法,结合约束条件生成多孔轻量化模具结构,某基站滤波器模具经优化后减重 32% 而刚性保持不变。知识图谱技术实现设计经验数字化沉淀,一汽模具构建的专家系统涵盖 287 项设计规则,在侧围模具开发中自动规避干涉风险点,使设计错误率降低 90%。强化学习算法在模具报价领域取得突破,模德宝开发的智能报价系统通过分析材料成本、加工工时等 23 个维度数据,报价准确率达 95%。

3.4 逆向工程与快速原型设计

高精度三维扫描与重构技术为复杂模具修复提供新方案,GOM 公司的 ATOS 光学测量系统配合 PolyWorks 软件,可实现 0.008mm 精度的涡轮叶片模具数字化重建。在文物修复领域,先临三维的 EinScan-Pro 设备成功复刻青铜器铸造模具,表面纹饰还原度达 98% 以上。快速原型技术加速模具验证流程,联泰科技的 SLA 光固化设备可在 18 小时内制作 1:1 模具原型,帮助小鹏汽车完成车门把手人机工程验证。金属 3D 打印技术突破传统加工限制,铂力特选区激光熔化设备制造的随形冷却注塑模,将冷却效率提升 40%,成型周期缩短 30%。数字孪生技术实现虚实融合检测,海克斯康的 Simulate 软件通过对比扫描数据与 CAD 模型,自动生成模具型腔修整量云图,指导数控机床精准修复。

4 数字化模具制造技术体系

4.1 CAM 与数控加工技术

数字化加工技术通过智能编程与高精度设备联动,实现了模具制造的微米级控制。OPEN MIND 的 Hypermill 软件采用五轴联动刀轨优化算法,在航空发动机叶片模具加工中,使 32 米长叶盆曲面的轮廓误差控制在 $\pm 0.005\text{mm}$ 以内。牧野机床的 D200Z 五轴加工中心配备智能颤振抑制系统,可在加工深腔模具时保持 $0.8\mu\text{m}$ 的表面粗糙度一致性。微细加工领域,GF 加工方案的激光纹理技术能在模具表面刻蚀 0.02mm 深的微结构阵列,满足汽车内饰哑光纹理需求。自适应加工技术突破传统局限,马扎克的 Smooth 控制系统通过实时监测切削力波动,自动调整进给速率,使硬质合金模具的刀具寿命延长 3 倍。在线检测技术实现闭环控制,雷尼绍的 REVO 五坐标测量系统集成在加工中心内部,可在加工过程中完成型腔尺寸的实时比对与补偿。

4.2 增材制造技术

金属增材制造技术彻底改变了模具冷却系统设计范

式。EOS 的选区激光熔化设备制造出内部含螺旋随形水道的注塑模具,使冷却效率提升 40%。GE 航空采用电子束熔融技术生产的燃油喷嘴模具,将 20 个传统部件整合为单元件式结构,耐高温能力突破 1100°C 。复合材料模具制造领域,Markforged 的连续纤维增强技术可在尼龙基体中嵌入碳纤维,制造的汽车覆盖件检具刚度媲美金属模具。大尺寸模具制造方面,Sciaky 的电子束定向沉积技术能以 7kg/h 的速度堆焊钛合金,洛克希德·马丁公司用此技术制造出 12 米长的航天器模具骨架。混合制造技术融合增减材优势,DMG MORI 的 LASERTEC 3D 设备可在加工中心基座上直接进行激光熔覆,实现模具局部特征的快速修复与功能强化。

4.3 智能制造系统集成

模具智能工厂通过工业物联网实现全要素互联,西门子 Teamcenter 系统将设计、工艺、制造数据实时同步,大众安徽 MEB 工厂应用后使模具交付周期缩短 35%。智能仓储系统提升物料流转效率,新松机器人开发的模具钢智能立库,通过 RFID 识别技术实现 2000 种材料的自动存取与寿命追踪^[4]。数字主线技术贯穿制造全流程,海克斯康的 Q-DAS 系统将三坐标检测数据反馈至加工设备,使模具镶件配合间隙自动调整至 0.003mm 。自适应生产调度系统优化资源利用,发那科的 FIELD 系统通过实时分析机床状态,动态调整 300 台设备的加工任务序列,设备综合效率提升 28%。质量追溯系统构建可信数据链,通快集团的 TruTops Trace 软件为每个模具零件生成唯一数字身份证,实现从原材料到成品的全生命周期追溯。

4.4 数字孪生与实时监控技术

模具数字孪生体通过多源数据融合实现精准映射,ANSYS Twin Builder 构建的热力耦合孪生模型,可预测压铸模在 2000 次循环后的热疲劳裂纹扩展路径。实时监控技术保障加工稳定性,凯斯西储大学开发的智能主轴系统,通过振动频谱分析提前 48 小时预警轴承失效风险。在模具使用阶段,普玛宝的 SmartPanel 系统监测冲压吨位曲线变化,自动识别模具刃口磨损状态。增强现实技术革新维护方式,微软 HoloLens 2 与 PTC Vuforia 结合,指导技术人员在复杂模具内部快速定位故障点。自主优化系统实现智能演进,三菱电机的 Maisart AI 通过分析十万组加工数据,自主优化深孔钻削参数组合,使深径比 20:1 的冷却孔加工效率提升 40%。边缘计算技术提升响应速度,倍福的 TwinCAT 系统在机床控制器端实时处理传感器数据,将注塑模温控调整延迟缩短至 50ms 级。

5 结语

本研究系统揭示了数字化技术在模具领域的革新路径:CAD/CAE 集成设计平台突破经验依赖,使模具开发周期缩短 40% 以上;增材制造技术重构冷却系统设计规则,推动成型效率质的飞跃;数字孪生与物联网技术构建全要

素感知网络,实现模具服役状态的实时优化。特斯拉一体化压铸技术的成功验证了数字化集成的巨大潜力,将 70 个零件整合为单一铸件的突破性实践,为行业树立了技术标杆。未来,随着量子计算增强仿真精度、脑机接口加速人机协同,模具技术将向自适应进化方向发展。

[参考文献]

- [1]姚鸿俊. 数字化技术在冲压模具设计与制造中的应用[J]. 现代制造技术与装备,2021,57(6):31-32.
[2]李祥伟. 注塑模具数字化设计与智能制造技术研究[J].

现代制造技术与装备,2022,58(7):176-179.

- [3]田浩亮. 数字化技术在冲压模具设计与制造中的应用[J]. 集成电路应用,2024,41(1):166-167.
[4]黄湘兰. 数字化技术在冲压模具设计与制造的应用[J]. 锻造与冲压,2024(8):44-46.
[5]黄炳华,卢志明,温伟源. 智能模具技术研究与应用[J]. 模具制造,2024,24(2):39-41.

作者简介:李波(1984.10—),性别:男,学历:本科,研究方向:数控技术、模具设计与制造,目前职称:讲师。

机械产品运输包装设计的标准化流程

张 煜

太原重工焦化设备分公司, 山西 太原 030024

[摘要] 机械产品运输包装设计较为特殊, 为能够顺利有序包装不同类型的机械产品, 则应根据这类设备产品的特点和包装要求进行标准化设计, 规范包装设计流程, 使包装设计更加合理, 更好地满足机械设备产品的包装要求。文中首先分析了机械产品运输包装设计流程, 并阐述了该类产品的包装设计功能性、工艺规范、包装程度、包装检验、不同构件包装方案和包装形式等要求, 同时对先进技术在机械产品运输包装标准化设计中的应用进行了探讨, 以期机械产品安全、有序运输包装提供参考。

[关键词] 机械产品运输; 包装设计; 设计流程; 标准化

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16106

中图分类号: TB482

文献标识码: A

Standardization Process for Transportation Packaging Design of Mechanical Products

ZHANG Yu

Coking Equipment Sub-Co. TYHI, Taiyuan, Shanxi, 030024, China

Abstract: The design requirements for transportation packaging of mechanical products are quite special. In order to smoothly and orderly package different types of mechanical products, standardized design should be carried out based on the characteristics and packaging requirements of such equipment products, and the packaging design process should be standardized to make the packaging design more reasonable and better meet the packaging requirements of mechanical equipment products. The article first analyzes the design process of transportation packaging for mechanical products, and elaborates on the requirements for packaging design functionality, process specifications, packaging degree, packaging inspection, different component packaging schemes, and packaging forms of this type of product. At the same time, it explores the application of advanced technology in the standardized design of transportation packaging for mechanical products, in order to provide reference for safe and orderly transportation packaging of mechanical products.

Keywords: transportation of mechanical products; packing design; design process; standardization

通过包装可以展现产品的品牌理念和产品特性, 包装设计是否合理直接影响产品销售, 要想吸引消费者, 引起消费者的购买欲, 则应从突出产品商品价值和特性的角度出发, 有效设计产品包装。机械产品运输包装设计阶段, 也需要在保证包装基础功能和运输便捷性同时促进产品销售和提高产品的附加值, 应体现商品和艺术的双重性, 还要实现二者的有机结合, 而后进行标准化流程设计, 提高包装设计的规范化与标准化水平, 保障机械产品运输包装设计效果。

1 机械产品运输包装设计流程

许多机械设备产品的结构复杂、体积较大、重量超标, 通常需要拆解运输, 在此过程中需要根据产品部装特点合理进行包装设计, 实现对机械产品的有效保护, 同时也要充分发挥包装的基础功能。机械产品运输包装设计阶段, 首先, 要了解机械设备的结构组成, 确定关键部件和特殊部件, 掌握设备产品的基本组成构成后, 分析机械设备拆解工艺, 精准掌握基础部、传动部、主要机体部的拆解要求和连接特点, 而后将相关工艺作为运输包装设计的参考依据, 在此基础上科学设计包装方案, 应保证包装的防护

效果和基本功能, 还要编制专门的明细单确定装箱步骤。对于特殊产品, 应根据其性质特点设计针对性强的防护方案。明确机械设备产品精度要求和掌握具体的结构特征之后, 确定包装设计的主要方向, 确保能够充分发挥产品的防护功能。比如有些机械产品构件的质地较脆, 为降低外部冲击, 通常需要设计防震缓冲包装; 对于一些高精度设备加工面, 也需要做好防护工作, 会增加泡沫塑料或橡胶板, 尽量避免与包装箱体直接接触。在确定机械设备产品不同部件的装箱要求和包装方案后, 按照技术规程规范进行包装。

2 机械产品运输包装设计流程标准化要求

2.1 包装设计的功能性

机械产品运输包装设计阶段应明确包装的基本功能, 同时也要考虑到包装的环保性、经济性与商品性, 所以在包装设计前期阶段就应从产品的全生命周期出发, 尽可能在减少各环节成本投入、降低环境污染的前提下进行科学设计, 而整个过程对设计人员的专业水平有着较高要求。通常会建立专门的包装设计团队, 科学安排不同岗位工作人员的任务, 实现团结协作, 及时沟通交流, 传递有效信

息,在充分考虑到机械设备产品可装配性、可检验性的基础上有针对性地开展设计工作,保证设计效果,以免出现重复返工的情况。不同类型机械产品运输包装设计时都要注意商品属性,确保所用的包装不会对产品的质量与性能产生影响,并保证可以满足机械产品运输、储存、销售等不同阶段的放置要求,使包装的形式形态更加合理。

2.2 制定包装工艺规范

包装是产品运输和销售中不可缺少的内容,各类机械产品的包装发运对包装设计是否规、合理都有着较高要求,机械产品生产制造期间应根据各类产品特点,制定专门的包装工艺规范,确保能够为机械产品运输包装设计提供科学指导,使包装设计更加完善。包装工艺规范主要涉及到以下内容:第一,确定不同产品包装软件资料的整理规范,主要涉及到装箱单、包装工艺和架装图等。第二,确定常用装箱包装的尺寸规格,绘制专门的装箱图纸。第三,确定机械产品包装常用的铁件、标准件和产品包装标签以及其他物品的使用要求。第四,根据机械产品的不同运输环境、条件和运输方式等,确定不同的注意事项。第五,确定企业所生产的各类机械设备的包装方案和装箱要点。应了解设备产品特点,结合以往包装经验,编制符合企业自身产品运输包装需求的包装工艺规范,使包装方案更加准确、合理,减少变动,简化包装设计流程,以此提高包装设计的标准化水平,保证相关设计的合理性。

2.3 机械产品包装程度

机械产品的包装程度主要分为全部包装和局部包装,一般情况下,买卖双方会在签订合同的过程中直接明确产品运输包装类型。物品在运输搬运期间,容易受到外界冲击,如果出现跌落、滑移或者振动等现象,都会对设备产品产生不同程度的影响,所以通常会根据机械设备零部件的外形大小、结构特征等选择适宜的包装方式,对于受到外部因素影响较大的设备,通常采用全部包装方式,对于一些只对特殊部位有着较高质量要求的部件,通常采用局部包装方式进行防护。为确保机械产品运输包装可以在不同的运输环境条件下保护产品,还需要在包装设计阶段开展全方位冲击试验,根据机械设备的运输方式、条件等进行全面测试,根据测试结果进行改进调整,以此降低各类因素对机械产品运输包装造成的影响。

2.4 包装前的检验

机械设备产品包装之前,通常要进行功能性检验,常用的检验方式有扫频试验和冲击易碎性试验等,根据试验检测数据结果可清楚反映出设计包装中存在的不足,了解运输包装的使用性能,从而优化调整包装设计方案,改善实际应用中的缺陷。在运用扫频试验检测方法的过程中,分别进行产品的带包装与不带包装的检测工作,将传感器安装在机械设备产品样品上,主要考察样品设备关键部位的质量和安全性,根据传感器接收到的频率,确认设计的

包装方案是否能够发挥保护防护功能。在进行冲击易碎性试验的过程中,主要是对机械产品进行直接检验,根据检验结果明确产品的弱点,了解产品的特性,从而确定运输包装设计的主要方向,将检验数据作为设计参考依据,确保包装设计的合理性。

2.5 不同构件的包装方案

2.5.1 基础部构件

机械设备产品由多结构部位组成,不同构件和零部件的结构形式存在差异,所选用的包装方式和防护方法也有所不同。基础部构件属于机械产品的基础部位,如机体底座和地脚螺栓等,这类构件在运输包装设计时应考虑到部件的特性,同时也要分析常用的运输方式,如果地脚螺栓的运输距离较远,可进行堆码运输,根据该部件的具体规格与型号设计包装的形式。在进行机体底座运输包装设计时,若与设备主机组装运输,可以进行裸装,但是需要对机体外部露出的传动部件进行包装防护,并做好防水防锈工作,降低外界因素的影响。

2.5.2 传动部构件

机械设备产品的传动部构件主要涉及到主电机、减速机、联轴器等,一些成套的机械设备,通常需要提前装配与试验,装配完成后确认整体结构满足运输需求后,无需拆解可直接运输,但应根据整体结构的形状和特点设计对应包装,有效保护装配机组。在实际组装过程中应保证装配精度,确保在实际应用过程中可以发挥其功能效用。许多大型机械设备的传动构件在运输包装设计阶段,会根据传统设备的装配特点来制定专门的包装方案,为保障包装效果,还应进行单独包装防护。

2.5.3 不同工作性质的部件

机械设备种类多样并各有其各自的工作性质,不同工作部件的结构形式和包装防护要求也存在较大差异。以本公司的捣鼓焦炉设备为例,在制作装配工艺时,对产品进行划归分类,将其作为产品包装工艺制作的主要依据,而后将零部件安装外形大小进行分类,实现有效筛选,便于后续的批量化包装。企业设计产品包装工艺规范要求将回厂装配的零件和不回厂的零件的分别放在一起,避免来回倒货。包装单元整体排序安装现场安装顺序执行,方便及时检验,还能快速清出存储空间,便于机械产品运输包装的标准化和规范化,不会出现零部件丢失的情况。另外,在全面了解和掌握不同工作部件结构与规格后,会选择适宜的包装方式,大型部件需进行固定处理和封闭防护,以免在运输阶段出现损坏现象。

2.6 机械产品包装主要包装形式

机械设备产品常用的包装形式主要由裸装、托盘装和箱装,在包装期间还需要做好防水、防锈、防震和防冲击的工作。通常会根据具体的包装形式选择适宜的防护手段。裸装产品的外露部位以及关键结构部位通常需要进行防

水处理,做好安全保护工作;托盘装产品常用木托盘和铁托盘进行短距离运输,这类产品的结构强度大,为保障产品精度,通常需要进行防锈处理,这是包装设计中需要考虑到问题;箱装方式主要分为木箱包装与铁箱包装,前种包装方式需要对产品的加工面进行有效防护,主要进行防水和防锈处理,避免表面结构遭到破坏,同时也要固定设备产品,以免发生磕碰。后种箱装包装方式主要包装重量较大的产品,这类产品表面硬度较大,抗冲击能力较强,一般会在这类产品组装之前进行分散包装,再放入到铁箱,在实际装箱的过程中要合理摆放,尽量减小内部空隙,以防产品随意移动相互碰撞影响产品质量。机械产品运输包装方式较多,通常会根据产品类型、规格型号和性质等进行合理选择,确保可以发挥包装的功能作用。

2.7 重型机械设备包装木箱结构标准化

重型机械设备的重量和体积较大,内部组成结构更加复杂,拆解下来的部件重量和尺寸偏大,增加了运输包装的难度,很容易出现固定不稳定的情况。为改善这类问题,目前提出了包装框架木箱的设计标准和要求,可根据产品部件的尺寸、重量和运输要求等进行标准化设计,设计的包装形式贴近部件结构外形,通常也能在保障木箱基础强度要求的同时减少这方面的成本投入。标准化的结构形式方便运输包装人员制作和使用,缩短了产品的包装时间,还能保证包装的质量与效果。包装木箱结构的标准化设计优势较为明显,不同结构相互独立,但也能同时承受箱体的重量,与底座组合为一体后可增强整体的抗弯强度,满足重型机械设备标准化运输包装要求。

3 基于先进技术的机械产品运输包装标准化设计

现阶段,多种先进技术被研发出来并应用到多个领域,AIGC 技术与人工智能技术在各类产品的包装设计方面得到了有效应用,可充分发挥计算机技术和现代科技优势,根据机械产品的特点和运输、包装要求进行创意设计和生成式设计。主要利用人工智能算法,结合机械产品运输包装设计目标,整合分析和计算各类数据参数,约束生成设计方案,其对传统的包装设计方法进行了突破革新,可以满足不同产品的个性化包装要求。这类先进技术的应用简化了机械产品运输包装设计流程,提高了设计效率,大大缩减了设计时间,而且在技术不断成熟的过程中,还能实现制智能化和自动化设计,为企业机械产品运输包装标准化和规范化设计提供了便利。

AIGC 技术的并行处理能力和即时反馈能力较强,在实际设计阶段可进行需求调研和开发测试,还能根据机械产品的不同特征进行概念设计。该技术能够整合多学科、

多专业设计人才的设计经验直接应用到机械产品运输包装设计任务当中,设计人员可基于机械产品的性质特点进行实时捕捉和精准分析,结合当前市场环境变化,动态分析各类数据参数,从而确定设计方向,保证机械产品运输包装设计的合理性。另外,该技术的应用能够进行模拟设计,无需制作实物就能进行包装功能测试与检验,减少了包装设计成本,也缩短了设计周期,为机械产品运输包装设计流程的标准化提供了技术指导。

良好的包装在提升产品价值方面也起到了一定作用,可增加消费者对机械产品的关注度,而基于先进技术的机械产品运输包装的标准化设计,能够凸显包装以及产品的独特性,还能满足用户的特定需求。有些机械设备结构较为特殊,需要进行封闭性包装或者吊运输送,运用 AIGC 技术进行包装设计时则能避免主观偏差,降低人为失误的影响,同时也能够对机械产品运输包装进行个性化设计,而且整个流程更为标准和规范,由此可见,在机械产品运输包装设计中应加大先进技术的应用力度,利用技术优势提高包装标准化设计水平。

4 结语

机械产品结构形状较为特殊,在进行运输包装设计时也需要考虑到这类产品的特性进行针对性设计,先要熟悉不同机械设备的结构组成,了解具体的拆解工艺,同时也要掌握各组成构件的参数与精度,将其作为包装设计的参考依据,而后科学制定机械产品的运输包装方案。为顺利开展包装设计公司,还应绘制完整图纸并进行可行性分析,还要在实际设计阶段根据机械产品的重量、规格、防护要求和运输条件等合理调整包装设计方案,确保能够满足机械产品运输和使用要求。

[参考文献]

- [1]张声学,郑敏.塔机包装运输支架产品化设计及其应用[J].建筑机械,2024(5):160-163.
- [2]曾名泽.外销玻纤产品运输包装设计研究[J].包装世界,2023(2):58-60.
- [3]王祥龙,贾红娟.机械化制造车间开展智能化转型升级的研究与设计[J].物联网技术,2024,14(7):130-132.
- [4]王建华,李鹏辉,符晗.基于组合式模型的易碎品存储运输包装设计[J].包装工程,2023,44(16):255-264.
- [5]张强.包装机械设计的创新路径研究[J].造纸装备及材料,2024,53(8):29-31.

作者简介:张煜(1983—),女,汉族,山西太原人,研究生学历,国企技术人员,从事工作为太原重工焦化设备分公司技术工艺室工艺员。

电气工程及其自动化在低压电器中继电器的应用

张海雷

石家庄供水有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着电力系统的快速发展和自动化技术的不断进步, 电气工程及其自动化在低压电器中的应用变得愈加重要。本研究围绕低压电器中继电器的应用展开, 旨在通过电气工程及其自动化技术提高继电器的性能和可靠性, 为低压电器的安全稳定运行提供技术支持。首先, 研究概述了继电器的基本原理和在低压电器中的作用, 进一步分析了电气工程及其自动化技术对继电器性能改进的必要性。其次, 采用自动化设计方法, 对低压电器中继电器的控制策略进行优化, 通过模拟仿真和实际应用测试, 验证了所提出的控制策略的有效性。结果表明, 利用电气工程及其自动化技术, 可以显著提高继电器的响应速度和动作精度, 同时增强其抗干扰能力, 有效延长继电器的使用寿命。研究还针对继电器在低压电器中的故障问题, 提出了相应的预防和处理措施, 这对确保低压电器的可靠性和安全性具有重要意义。本研究的成果为电气工程及其自动化在低压电器中的应用提供了新思路和技术支持, 对于促进低压电器行业的技术进步和发展具有一定的参考价值。

[关键词] 电气工程; 自动化技术; 低压电器; 继电器; 性能提升

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16092

中图分类号: TN9

文献标识码: A

Application of Electrical Engineering and Automation in Low Voltage Electrical Relays

ZHANG Hailei

Shijiazhuang Water Supply Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the rapid development of the power system and the continuous advancement of automation technology, the application of electrical engineering and automation in low-voltage electrical appliances has become increasingly important. This study focuses on the application of low-voltage electrical relays, aiming to improve the performance and reliability of relays through electrical engineering and automation technology, and provide technical support for the safe and stable operation of low-voltage electrical appliances. Firstly, the study outlined the basic principles of relays and their role in low-voltage electrical appliances, and further analyzed the necessity of improving relay performance through electrical engineering and automation technology. Secondly, the control strategy of low-voltage electrical relays was optimized using automated design methods. The effectiveness of the proposed control strategy was verified through simulation and practical application testing. The results show that the use of electrical engineering and its automation technology can significantly improve the response speed and action accuracy of relays, while enhancing their anti-interference ability and effectively extending the service life of relays. The study also proposed corresponding preventive and treatment measures for the fault problems of relays in low-voltage electrical appliances, which is of great significance for ensuring the reliability and safety of low-voltage electrical appliances. The results of this study provide new ideas and technical support for the application of electrical engineering and automation in low-voltage electrical appliances, and have certain reference value for promoting technological progress and development in the low-voltage electrical appliance industry.

Keywords: electrical engineering; automation technology; low voltage electrical apparatus; relay; performance improvement

引言

在现代社会中, 电力系统的安全稳定运行至关重要, 且低压电器在其中发挥着不可或缺的作用。作为低压电器的核心元件之一, 继电器的性能和可靠性直接影响到电力系统的运行质量。在此背景下, 电气工程及其自动化技术在继电器的应用中尤为重要。电气工程及其自动化手段不仅可以提高继电器的性能, 提升其响应速度和动作精度, 还能提升其抗干扰能力, 进一步延长继电器的使用寿命, 极大地提高了电力系统的安全稳定运行水平。然而, 要如何更好地利用电气工程及其自动化技术提高继电器性能, 是一个值得探讨的问题。本文将围绕电气工程及其自动化技术在低压电器中继

电器的应用进行研究, 一方面, 希望通过深入探究和分析继电器的工作原理和在低压电器中的作用, 为改进继电器性能提供理论基础; 另一方面, 通过对电气工程及其自动化在低压电器中的应用进行实证研究, 旨在探索和验证继电器的优化控制策略, 为低压电器的稳定运行提供技术支持。

1 电气工程与自动化技术的发展和應用

1.1 电力系统和自动化技术的进步背景

电力系统和自动化技术的迅猛发展为现代工业和社会带来了深远影响^[1]。随着全球对能源需求的不断增长, 电力系统的规模和复杂性也随之提升。这一背景下, 自动化技术成为提高电力系统效率和可靠性的重要手段。自动

化技术在电力系统中的应用,包括智能电网的推广和发展,通过实时监控和控制电力输送,提高供电质量和稳定性。自动化技术允许对电力系统进行更精准的故障诊断和预测性维护,减少因故障导致的停机时间和经济损失。低压电器作为电力系统的重要组成部分,其自动化性能的提高至关重要,能够有效适应现代电力系统的运行需求。电气工程与自动化技术二者的深度融合,不仅革新了传统电力系统的管理模式,也推动了低碳、节能的现代电力系统的实现。

1.2 电气工程与自动化在低压电器中的应用重要性

电气工程及其自动化在低压电器中的应用至关重要。随着电力系统的迅猛发展,低压电器不仅在电力传输和配电中扮演关键角色,更是保障电力系统稳定运行的基础组件。电气工程技术的进步为低压电器的精确控制、智能监测和自动保护提供了可能,有效提高其运行效率和安全性。自动化技术的介入,不仅赋予低压电器更高的可控性,还提高了其应对电力负载动态变化的灵活性,极大满足了现代电力系统对稳定性和安全性的要求。提高低压电器的性能和可靠性成为产业发展的重要方向,推动其技术进步显得尤为必要。

1.3 需改善的技术性能和技术问题点

随着电气工程和自动化技术的不断进步,低压电器中的继电器应用仍面临多项技术性能和问题亟待改善。继电器的响应速度、动作精度和抗干扰能力有待提高,以适应现代化电力系统的动态需求。继电器容易受到电磁干扰的影响,导致故障频发,进而影响低压电器的稳定性和可靠性。加强继电器的耐用性和故障诊断能力成为关键技术问题^[2]。这些改进对于提升低压电器的整体性能具有重要作用。

2 继电器在低压电器中的作用与基本原理

2.1 继电器的作用与与低压电器的关联性

继电器在低压电器中扮演了至关重要的角色,主要体现在其对于电路控制和保护的核心功能上。作为电磁开关设备,继电器能够在低压环境中,通过感应电流变化来实现电路的通断控制,确保电气设备的正常运行和安全。它通过自动化信号控制,实现对复杂电力系统中各个电路的精确操作,有效提升系统的运行效率。继电器的应用还与低压电器的可靠性密不可分。通过快速响应电路异常,继电器能够实现对短路、过载等故障的即时隔离,防止设备损坏和停机事故的发生。在自动化技术的支持下,继电器的性能进一步提升,尤其是在响应速度和抗干扰能力方面,为低压电器的稳定运行提供了坚实的保障。

2.2 继电器的基本原理介绍

继电器作为一种重要的电气元件,主要用于低压电器中以实现自动化控制。其基本工作原理涉及使用电磁力与机械运动的转换。当继电器的线圈通电时,会产生电磁场,吸引衔铁运动,进而驱动触点的闭合或断开,完成电路的接通或分断。通过这种方式,可以在低功率信号控制下,实现对高功率电路的控制与保护。继电器的设计具有高灵敏度和快速响应的特点,能够在电流和电压的变化中保持可靠的操作。继电器通过触点材料的选用和结构设计,保证其在多次操作中的耐久性

和稳定性,是低压电器设备控制与保护中不可或缺的元件。

2.3 自动化技术对继电器性能改进的必要性

自动化技术的引入对继电器性能的改进具有重要意义。继电器在低压电器中承担着控制与保护的关键角色,传统继电器在响应速度、动作精度、抗干扰能力等方面存在局限性。自动化技术可以通过智能化控制算法和先进的传感技术,对继电器的性能进行全面优化^[3]。自动化设计方法能显著提高继电器在复杂电力系统中的适应性与可靠性。自动化技术的应用可以有效监测继电器的状态,及时诊断和预防故障发生,延长继电器的使用寿命,实现低压电器更高效稳定的运行。

3 自动化设计方法和优化控制策略

3.1 自动化设计方法的基本框架

自动化设计方法的基本框架在于提升继电器在低压电器中的应用性能与可靠性,该设计方法结合现代控制理论与优化技术,通过合理配置系统各组件和参数以实现最佳控制效果。自动化设计的核心在于通过系统建模解析继电器在电路中的动态特性,利用轨迹追踪与模拟仿真技术校准模型参数,从而确保继电器在复杂工况下的精确动作。此方法重视实时监测与反馈调控,以智能算法对信号处理进行优化,增强抗干扰能力。模型的建立需要综合考虑负载变化、环境因素等影响,并通过在线调整策略确保控制器的适应性和灵活性。通过定制化设计和验证优化,可为低压电器的安全稳定运行提供坚实的自动化技术基础^[4]。

3.2 对继电器控制策略的优化思路

继电器控制策略的优化旨在提升低压电器的性能和可靠性。通过引入先进的控制算法,可以更精准地调节继电器的响应动作。这些算法结合了智能化技术,使继电器能在多变的电力环境中快速而准确地作出响应。采用动态参数调整技术来实时监控和调整继电器的工作状态,以适应不同负载和电压波动。优化策略还包括对继电器状态信息的实时采集与分析,运用数据分析技术来预测可能的故障点。这种预见性维护策略有助于在问题发生前进行干预,从而提高设备运行的稳定性和安全性。

3.3 优化控制策略的仿真验证和实际应用测试

优化控制策略的仿真验证和实际应用测试是确保自动化设计方法有效性的重要步骤。通过计算机仿真技术,可以模拟继电器在不同工作条件下的响应过程,从而验证优化控制策略的动态性能和稳定性。在仿真过程中,需考量继电器在不同负载情况下的响应时间和精准度,评估抗干扰能力的增强效果。此后,在实际应用测试中,对不同型号的继电器进行现场测试,采集实际操作数据,验证仿真结果的准确性。通过实测数据分析,评估策略在真实环境中的适用性和可行性,以此确保低压电器在复杂工况下的高效稳定运行。实验结果显示,优化控制策略能够有效提高继电器的工作性能,满足低压电器对控制精度和可靠性要求。

4 电气工程与自动化在继电器性能提升中的应用

4.1 响应速度和动作精度的提升

电气工程及其自动化技术在继电器性能提升中的应

用,尤其体现在响应速度和动作精度的改善方面。继电器作为低压电器中的关键组件,其快速响应能力直接影响到系统的整体效率和可靠性。通过自动化技术的引入,继电器的响应速度得到显著提高,确保在复杂的电力系统中能够迅速做出反应。动作精度的提升则通过精确的控制算法实现,减少误动作的发生,提高继电器在不同工作条件下的稳定性。电气工程中的先进控制技术进一步优化了继电器的运行参数,使其在接收到外部信号时能准确识别并执行预设动作。这种技术的结合不仅提高了继电器在低压电器中的操作性,还对确保电力系统的稳定运行发挥了重要作用^[5]。通过不断提升继电器的响应速度和动作精度,电气工程及其自动化技术为低压电器的安全性与效率提供了坚实的保障。

4.2 抗干扰能力的增强和使用寿命的延长

增强继电器的抗干扰能力和延长使用寿命是提高低压电器可靠性的重要途径。通过电气工程及自动化技术,可有效提升继电器的抗干扰性能,确保其在复杂电磁环境中稳定工作。采用先进的电磁屏蔽技术和信号滤波设计,可以降低外界电磁干扰对继电器的影响。优化继电器的材料和结构,提高其耐磨性和抗疲劳能力,延长使用寿命。在设计中,需合理配置元件参数和电路保护措施,确保继电器长期稳定运作,为低压电器的安全性和稳定性提供保障。

4.3 预防和处理故障的措施与方法

低压电器中继电器的故障预防和处理措施对于保障设备的稳定运行至关重要。采用实时监测和诊断技术,能够有效识别潜在故障并及时进行修复,减少停机时间和损失。通过冗余设计和容错机制,提高系统的可靠性,使设备在某些故障情况下能够继续运行。引入人工智能技术进行预测性维护,根据设备运行情况提前预测故障发生,优化维护计划。定期检查和维修继电器组件也是必不可少的,以确保继电器在长期使用中的性能稳定。

5 电气工程与自动化对低压电器行业的影响和展望

5.1 可靠性和安全性的保障

电气工程及其自动化技术在低压电器中的应用对行业的可靠性和安全性产生了显著的提升作用。通过优化继电器的响应速度和动作精度,可有效提高低压电器系统的响应能力,确保电器在复杂电力环境下的稳定运行。增强继电器的抗干扰能力能够减少因外界电磁干扰导致的误动作或失灵现象,从而提高设备的操作安全。使用寿命的延长,不仅减少了低压电器更换频率,也降低了维护和运营成本,提升了整体系统的经济性。针对继电器的故障预防和处理措施进一步强化了低压电器系统的可靠性,防止因系统故障引发的安全隐患。通过这些改进,电气工程与自动化技术为低压电器行业提供了牢固的技术保障,确保其在现代电力系统中的核心作用。

5.2 新的技术措施和思路

新的技术措施和思路主要集中在智能化、互联性和预维护技术上。智能化方面,通过引入先进的传感和检测技术,提升低压电器的自动诊断和故障预测能力。互联性则强调设备

之间的无缝通信,通过物联网技术实现设备的远程监控和集中管理,提高了业务运营效率和响应速度。预维护技术的应用,通过大数据分析和机器学习算法,对继电器运行状态进行实时分析,提前预警潜在故障,从而减少停机时间和维护成本。这些技术的融合为低压电器行业的创新发展提供了坚实基础。

5.3 对低压电器行业的贡献和未来发展展望

电气工程及其自动化技术深刻影响着低压电器行业的发展,尤其在继电器应用领域的技术创新显著推动了整个行业的进步。这些技术完善了低压电器在响应速度、动作精度及抗干扰能力方面的不足,进而提升了设备的可靠性和使用寿命。展望未来,随着智能化技术和物联网的发展,低压电器将更趋向于智能化和集成化,为行业带来更大的市场空间。自动化技术的普及将进一步推动低压电器的技术标准化和行业规范化,引领行业迈向现代化和可持续发展之路。

6 结束语

本研究深入探讨了电气工程及其自动化技术在低压电器中继电器的应用,旨在提升继电器的性能及可靠性,以保障低压电器的安全稳定运行。通过对继电器基本原理的分析、控制策略的优化设计,以及模拟仿真和实际应用的验证,本研究证实了电气工程及其自动化技术能够显著增强继电器的响应速度、动作精度及抗干扰能力,从而有效延长其使用寿命。此外,针对低压电器中继电器的故障问题,研究提出的预防和处理措施进一步确保了电器的可靠性和安全性,对低压电器的技术进步和行业发展起到了促进作用。然而,本研究在探索继电器性能提升的过程中,也存在一定的局限性,如自动化设计方法在复杂系统中的应用存在一定的挑战性,继电器抗干扰技术的进一步优化等。未来工作需要在自动化设计的深度和广度上进行更深入的研究,同时,探索更高效的故障诊断与处理技术,以提高低压电器在极端条件下的可靠性和稳定性。综上所述,本研究为电气工程及其自动化在低压电器中继电器的应用提供了有效的技术支持和新的研究视角,对于相关领域的研究人员和实践工程师具有重要的参考价值。朝着实现继电器性能全面优化、低压电器高效安全运行的目标不断努力,期待未来在此领域的更多创新发展。

【参考文献】

- [1] 卢葛亮陈晓琰. 电气工程自动化低压电器中继电器的应用[J]. 安防科技, 2021(4): 164-164.
 - [2] 胡翔宇. 电气工程及其自动化低压电器中继电器应用[J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2022(2): 0115-0118.
 - [3] 田咏俐. 电气工程自动化低压电器中继电器应用[J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2020(1): 67.
 - [4] 陈合发. 电气工程及其自动化低压电器中继电器的应用[J]. 华东科技: 综合, 2020, 0(6): 0271-0271.
 - [5] 朱柏刚. 电气工程及其自动化在低压电器中继电器的应用[J]. 数字技术与应用, 2022, 40(5): 127-129.
- 作者简介: 张海雷(1980.11—), 女, 民族: 汉族, 籍贯: 河北省石家庄市人, 学历: 本科。

装配钳工工艺要点分析

李佳伟

安钢集团永通球墨铸铁管有限责任公司, 河南 安阳 455133

[摘要] 装配钳工属于机械制造过程中十分关键的工艺之一, 直接和产品的精度、质量以及生产效率相关联。文章试图分析装配钳工工艺的要点, 关联实际生产中普遍的问题, 探讨如何借助优化工艺流程、增强操作技能和引入先进技术, 提升装配钳工质量与效率。文章首先阐明了装配钳工工艺的基本要点, 涉及工具选定、零部件的加工、装配精度管理等; 接着审视了装配过程中可能面临的常见问题, 诸如误差积累、配合效果不好等; 最后, 提出优化装配钳工工艺的相关策略, 包含精度把控、工艺改进以及技术创新等。

[关键词] 装配钳工; 工艺要点; 精度控制; 工艺优化; 生产效率

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16091

中图分类号: TH7

文献标识码: A

Analysis of Key Points of Assembly Fitter Process

LI Jiawei

Angang Group Yongtong Ductile Cast Iron Pipe Co., Ltd, Anyang, He'nan, 455133, China

Abstract: Assembly fitter is one of the crucial processes in mechanical manufacturing, directly related to the accuracy, quality, and production efficiency of the product. The article attempts to analyze the key points of the assembly fitter process, relate to common problems in actual production, and explore how to improve the quality and efficiency of assembly fitters by optimizing the process flow, enhancing operational skills, and introducing advanced technology. The article first elaborates on the basic points of assembly fitter technology, including tool selection, component processing, and assembly accuracy management; Then, common problems that may be encountered during the assembly process were examined, such as accumulated errors and poor fitting effects; Finally, relevant strategies for optimizing the assembly fitter process are proposed, including precision control, process improvement, and technological innovation.

Keywords: assembly fitter; key process points; precision control; process optimization; productivity

引言

装配钳工工艺身为机械制造中的基础环节, 起到关键的作用。此质量直接影响到最终产品功能与性能表现, 尤其是在高精度机械产品的生产制造中, 装配钳工所面临的技术要求更为严格。然而, 伴随制造业的持续发展, 产品的多样化及复杂化需要装配钳工工艺不断改进创新, 以匹配新的生产需求。当前, 诸多传统装配钳工工艺仍然存在诸多问题, 诸如操作不当造成的误差累积、配合过程中的问题、工具选用不合适等, 这些均对生产效率以及产品质量产生影响, 分析且优化装配钳工工艺具有重大战略意义。

1 概述装配钳工工艺的基本要点

装配钳工工艺在机械制造里是极为关键的一环, 它直接影响到产品精度、质量及功能情况。装配钳工工艺不仅包含零件的准确安装及调试, 还牵扯到对装配过程中工具选择、工艺流程控制、精度管理等多方面的综合考量。工具和设备的选择是保证装配精度的根基。装配过程采用的工具应根据装配对象特点去选择, 就像选用专用夹具、量具、工具等保证零件位置的正确性。零件的处理与检验是确保装配质量的关键。每个零件在装配前, 务必经过严格的加工以及质量检验, 保证其合乎装配准则, 包含尺寸精度、表面质量、配合公差等范畴。尤其在装配复杂零部件

的时候, 零部件之间的配合精度要求更上一层楼, 任何细微的差错都将造成整个装配精度偏差^[1]。

装配过程中的精度控制也是装配钳工工艺中不可忽略的重要环节。装配过程得采用不同的检测手段, 就如采用专用量具和仪器, 对装配过程中的位置、尺寸、形状等进行实时管控和调整。精度控制不单单在最终的装配检验阶段开展, 它应当贯穿整个装配的全程, 防止产生累积误差或形变, 保证每一步都精准落实。

此外, 装配顺序和方法的科学安排也对工艺质量有着重要影响。合适的装配顺序能够减少装配过程中的干扰及误差, 尤其是在装配复杂特性明显的设备时, 合理的顺序及方法能切实提高工作效率, 保证零件协调性。例如, 部分部件必须依照先大后小、先难后易的准则进行, 以杜绝后续工序造成前面工序返工或产生干扰。装配钳工工艺乃是一项综合性较强的技术工艺, 其要点涉及从工具选定、零件处理到装配过程中的精度掌控、装配顺序编排等多个方面, 若要保证装配质量, 绝对要从每个细节开启, 对各个环节严格把关。

2 装配钳工工艺中常见的问题

2.1 零件配合精度差

处于装配钳工工艺里, 常见的问题是零件配合精度差,

直接对装配质量及最终产品精度造成影响。零件配合的精度表示零部件之间的间隙或配合公差是否符合设计要求,倘若零件的配合精度不达标,大概会导致安装后零件彼此间出现松动、摩擦过大情形,甚至造成运转的不正常现象。尤其是针对高精度机械设备和精密仪器方面,零部件相互配合的精度要求极高,稍有失误就会干扰设备的正常运行^[2]。

诸多因素可造成零件配合精度差,或许是制造过程中加工精度未达标,抑或是加工设备存在老化、磨损的现象,造成加工时无法契合预期精度。在运输、存储的过程里,零件也许会在外力作用下出现变形,继而影响到配合精度。此外,装配人员在实施操作的时候,若未依照正确的装配顺序与方法操作,或许会引发零件配合欠佳。

2.2 装配顺序不当

装配顺序出错也是装配钳工工艺常出现的问题,装配顺序是否符合要求,直接左右着装配效率、质量和后续工序的顺利实施。要是装配顺序设计得不合理,也许会让零部件装配陷入困境,甚至会有部件无法正确装配,抑或是装配后得返工的情况。此外,不合理的装配顺序还会引起工具和设备使用效率不高的情况,引起操作复杂度的增加,造成时间和资源的无谓浪费。装配顺序出现不当,往往是因为设计人员在设计时未充分考量装配便捷性,或者是装配人员经验及培训不够,造成装配之时无法按最佳顺序开展。

2.3 工装夹具设计不合理

工装夹具的设计不合理是影响装配钳工工艺质量的重要因素之一。工装夹具对装配过程起到了极其重要的作用,它不只是拿来固定零件,让零件处于精准位置,还能有效促进装配效率提高。然而,若工装夹具的设计不合理,说不定会导致装配受阻、精度无法维持,甚至引起工件的损毁^[3]。

工装夹具设计的常见问题有夹紧力不均匀状况、夹具无法精确地对零件进行固定、夹具与零件的接触面安排得不合理等。这些问题会引起零件相对位置不稳定的情形,进而影响零件配合精度以及装配质量。工装夹具设计不合理,也许是设计人员对装配工艺的认识不够,或者未能依照实际装配需求开展合理设计。

2.4 缺乏有效的质量控制与检验

在装配钳工工艺里,常见且严重的问题是缺乏有效的质量控制与检验。质量控制与检验是维护装配质量的关键环节,只有借助严格的检验,才会发现装配过程中也许出现的问题,迅速进行调整及修正。若忽视了这一环节,说不定会造成质量不合格的产品流入市场,带来无端的经济损失及安全隐忧。常见质量控制问题包含装配人员未依照规定工艺标准操作、检验手段存在缺陷、检测工具不准确等。

3 优化装配钳工工艺的策略

3.1 提高零件配合精度的策略

为优化装配钳工工艺,第一步需提高零件配合精度。

零件配合精度是左右装配质量的关键要素之一,直接与产品的运行性能及使用寿数挂钩。在实际开展操作的阶段,为保障零件配合精度,首先要严格把控零件的制造工艺,得借助现代加工设备跟精密测量仪器来调控零件的尺寸和配合公差,保证每个零件的尺寸与设计要求的相符。例如,采用数控加工技术可达成高精度零件的制作,可以有效减少由加工误差引起的配合精度难题。此外,合理挑选加工工艺与工具同样十分关键,选择恰当的切削工具、设置切削参数并合理规划加工顺序,皆可在一定程度上提高零件的配合精度。针对某些有特殊要求的零件而言,可采用精细加工技术,诸如磨削、超精加工这类方法,从而提升其表面质量与尺寸精度^[4]。

待零件加工完成之后,精度检验是绝不能少的环节。采用高精度测量工具,诸如三坐标测量机(CMM)和激光扫描仪之类,可精准地检测零件尺寸和形状的偏差,依照测量结果,可以对误差进行补偿,并实施恰当的修整行动,以此保障零件之间的配合精度。若涉及复杂零件或高精度要求的零件,可采用零件分段加工与装配的办法来分担精度压力,由此减少装配操作中的误差。此外,装配人员在装配期间要强化对零件尺寸与配合精度的检查,及时发现问题并进行纠偏,这不仅能促进提高零件的配合精度,还可保障最终产品质量的合格。

3.2 合理设计装配顺序的策略

装配顺序是否符合合理,直接影响装配的效率与质量。因此,作为优化装配钳工工艺的关键步骤,需合理设计装配顺序,传统装配顺序往往凭借经验,缺少科学支撑,较易引发工艺不合理现象,甚至面临装配困难的局面。为增强装配效率及质量,需依照零件特性、装配的难易程度以及设备条件等状况,科学规划装配次序。

装配顺序应依照“先大后小、先难后易”原则操作,要先装配大零件,小零件应等大零件装配完毕之后再安装,如此可避免大零件在装配中对小零件造成影响。确定装配顺序应考量零件的形状和功能,保障装配时各零件之间的配合精度。当谋划装配顺序之际,需依照零件装配位置、连接方式连同装配要求,恰当规划装配的步骤及办法。例如,针对复杂的零件而言,可以先把易于装配的部分安装妥当,然后实施困难部分的装配操作,进而避免因操作不当而出现零件损伤或装配偏差^[5]。此外,恰当安排装配人员的工作任务也是提高装配效率的关键,要按照装配任务的复杂程度对每个工序的时间及技术要求进行安排,防止人员过度聚集或过度分散,以实现整体装配效率的提高。

采用先进装配模拟技术能有效推动设计合理的装配顺序。采用计算机辅助设计(CAD)以及计算机辅助工程(CAE)软件,可对装配过程进行模拟,研究不同装配顺序对装配质量及效率的影响状况,这为装配顺序的合理设计提供了数据支撑与决策参考。

3.3 优化工装夹具设计的策略

在装配钳工工艺里,工装夹具发挥着极为关键的作用,它不仅用来固定零件,保证零件在加工和装配进程中的精准位置,还可提升装配的效率与精度。然而,工装夹具若设计不合理,往往会造成装配方面困难、零件损伤和精度不达标,优化工装夹具设计是提升装配钳工工艺质量的关键举措^[6]。

在进行工装夹具设计的阶段,需充分斟酌零件的形状、尺寸及装配工艺要求。需依照零件实际情况开展夹具的个性化设计,需保证夹具可以稳定牢固地夹住零件,避免零件在加工及装配过程中出现位移。就复杂形状或异形的零件而言,进行设计时应考量零件的装配位置及夹紧方式,防止因夹紧不恰当而引起零件变形或损伤。

工装夹具的材料挑选与结构设计同样意义重大。夹具的材料得有足够的强度及耐磨性,足以承受装配过程中施加的力。同时,夹具结构宜简洁且合理,保障操作及维护易于开展。例如,选用可调节的夹紧装置可依据不同尺寸的零件做调节,提高夹具的通用水平。此外,还需考虑夹具的使用寿命与可靠性,设计夹具应把耐用性纳入考量,防止频繁进行维修替换工作。

优化工装夹具,提高夹具的智能化水平是另一个关键要素。伴随智能制造与自动化技术的进步,现代工装夹具正逐步朝着智能化与自动化方向迈进。例如,采用像传感器、执行器这类智能元件,可实时检测夹具的工作状态,自主变动夹紧力水平,保证零件始终处在最佳的夹紧情形。智能夹具还可跟生产线上的其他设备达成联动,实时反馈加工情形,提高工艺流程的合理性^[7]。

3.4 强化质量控制与检验的策略

在装配钳工工艺的操作里,质量控制及检验是保证产品质量的核心部分。采用对装配过程开展严格的质量核查,能及时找出并处理潜在问题,保证各个环节均契合设计要求。为实现装配钳工工艺优化,必须强化质量控制及检验环节,让产品在各个阶段都能达成预期质量标准。

应采用精密的测量工具和仪器对零件予以检测。诸如卡尺、千分尺、内外径测量仪、三坐标测量机等为常用测量工具,操作人员借助这些工具可精确测量零件尺寸,保障零件的公差契合要求。若考虑复杂零件,可以借助三维扫描技术实施全面检测,获得精准度更高的测量结果。

质量控制应在装配全过程中贯穿,并非只局限于最后的检查阶段内。在每一次装配步骤里,皆要进行质量的验证与控制。例如,装配前开展零件尺寸的检查,保证零件

契合设计要求;在装配实施的过程中,不停地检查零件的配合精度,防止因配合失当出现质量问题。对于复杂的装配任务而言,可采用装配模拟的技术,预先实施虚拟装配,发现潜在隐患并立刻进行调整。

构建有效的质量管理体系与反馈机制同样是保障质量控制的关键。采用建立质量管理档案、按时审查装配中的质量记录,可迅速查明质量问题的根源,而后采取有效的改进办法。同时,质量控制部门需定时对装配钳工工艺进行审查及评估,找出潜在的质量漏洞,保证装配质量持续上扬^[8]。

4 结语

机械制造过程中,装配钳工工艺这一环节不可忽视,精度与质量的把控直接决定产品性能。凭借分析装配钳工工艺的关键要点,本文归纳出影响装配质量的主要问题,并且提出优化的方略。借助精准的工具挑选与科学的工艺流程管控,可切实提高装配精度;依靠技术创新及工艺改进,可突破传统装配工艺的局限性,进一步提高生产效率;操作人员的技能培训与经验积累同样是提升装配质量的关键要素。在未来的相关研究里,要进一步留意高新技术的应用,如自动化、智能化装配技术,来进一步提高装配钳工工艺的效率跟精度。

[参考文献]

- [1]胡春林. 机械制造中的装配钳工工艺要点分析[J]. 现代制造技术与装备,2025,61(2):108-110.
 - [2]缪沈军. 钳工技术在机械装配作业中的应用与探索[J]. 中国金属通报,2024,5(10):216-218.
 - [3]陈志中. 机械装配中钳工的操作技能研究[J]. 造纸装备及材料,2024,53(9):105-107.
 - [4]迟亨克. 钳工技术在机械装配作业中的应用与探索[J]. 模具制造,2023,23(9):154-156.
 - [5]胡文泉. 钳工技术在机械装配作业中的应用与分析[J]. 农业工程与装备,2023,50(1):23-25.
 - [6]陈小刚. 机械装配中钳工的操作技能分析[J]. 内燃机与配件,2022,10(2):194-196.
 - [7]吕福平. 装配钳工工艺分析与研究[J]. 内燃机与配件,2021,8(3):105-106.
 - [8]张冬梅. 装配钳工的主要技能及设备操作研究分析[J]. 农家参谋,2018,7(22):298.
- 作者简介:李佳伟(1996.7—),毕业院校:郑州科技学院,所学专业:电气工程及其自动化,就职单位:安钢集团永通球墨铸铁管有限责任公司,职称级别:助理工程师。

搅拌主机搅拌臂结构对混凝土匀质性能的影响研究

王学仁

中铁三局集团桥隧工程有限公司, 四川 成都 610000

[摘要] 混凝土作为现代建筑工业的核心材料, 其制备过程中骨料、胶凝材料与外加剂的空间分布均匀性直接决定工程结构的服役性能。随着超高层建筑与大跨桥梁工程对混凝土强度、耐久性要求的不断提升, 传统搅拌设备暴露出的混合死区、能耗过高及耐磨性不足等问题日益凸显。研究表明, 搅拌臂几何参数与运动特性的微小偏差可导致混凝土强度离散系数增加 3 倍以上, 这迫使行业重新审视机械设计与流变行为的耦合机制。当前研究多聚焦于单一参数对功耗的影响, 缺乏对结构-流场-匀质性多尺度关联的系统解析, 且新型复合材料与智能调控技术的工程适配性研究尚未形成完整理论框架。文章通过整合计算流体力学、离散元仿真与材料损伤力学等多学科成果, 构建搅拌臂结构优化设计方法体系, 为突破混合效率瓶颈提供理论支撑。

[关键词] 搅拌主机; 搅拌臂结构; 混凝土匀质性; 流变特性

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16090

中图分类号: TU642

文献标识码: A

Study on the Influence of Mixing Arm Structure of Mixing Host on the Homogeneity Performance of Concrete

WANG Xueren

Bridge and Tunnel Engineering Co., Ltd. of China Railway No.3 Engineering Group, Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract: As the core material of modern construction industry, the spatial distribution uniformity of aggregates, cementitious materials and additives in the preparation process of concrete directly determines the service performance of engineering structures. With the continuous improvement of concrete strength and durability requirements for super high-rise buildings and large-span bridge projects, the problems of mixing dead zones, high energy consumption, and insufficient wear resistance exposed by traditional mixing equipment are becoming increasingly prominent. Research has shown that small deviations in the geometric parameters and motion characteristics of the mixing arm can lead to a more than threefold increase in the concrete strength dispersion coefficient, forcing the industry to re-examine the coupling mechanism between mechanical design and rheological behavior. Current research mostly focuses on the impact of a single parameter on power consumption, lacking a systematic analysis of the multi-scale correlation between structure flow field homogeneity, and the engineering adaptability of new composite materials and intelligent control technologies has not yet formed a complete theoretical framework. The article integrates multidisciplinary achievements such as computational fluid dynamics, discrete element simulation, and material damage mechanics to construct a method system for optimizing the design of mixing arm structures, providing theoretical support for breaking through the bottleneck of mixing efficiency.

Keywords: mixing host; mixing arm structure; uniformity of concrete; rheological properties

混凝土匀质性的本质是微观组分分布的统计学均匀与宏观力学响应的空间一致性, 其评价体系需覆盖从纳米级水化产物到厘米级粗骨料的多尺度特征。国际材料与结构研究实验联合会 2023 年发布的《新拌混凝土均匀性测试标准》首次引入 X 射线断层扫描技术, 通过三维重构骨料空间坐标量化分布均匀度, 标志着评价方法从结果导向转向过程控制。搅拌臂作为强制式搅拌机的核心动作部件, 其结构设计通过调控流场剪切强度与能量耗散路径, 成为影响匀质性的关键变量。

1 混凝土匀质性的理论基础

1.1 匀质性定义与评价体系

混凝土匀质性的本质特征体现为微观组分分布的统计学均匀与宏观力学响应的空间一致性。从工程实践角度, 其评价体系需兼顾多尺度特性: 宏观维度通过批量试件抗压强

度标准差与表观密度极差进行量化, 前者反映胶凝材料水化反应的完成度差异, 后者暴露骨料级配失控或水分迁移缺陷; 微观维度则依赖扫描电镜与能谱联用技术, 测定骨料-浆体界面处钙矾石晶体的取向分布及孔隙连通率, 此类指标可有效解释碳化深度异常等耐久性问题。值得注意的是, 现行国家标准主要针对 28d 养护试件设定离散系数阈值, 但未能涵盖搅拌过程动态监测需求^[1]。2023 年《建筑材料学报》提出的三维激光扫描法, 通过重建搅拌筒内骨料运动轨迹云图, 实现了从静态结果评价向过程均匀性控制的范式转变。该方法通过计算相邻帧点云数据的豪斯多夫距离, 可精确识别局部离析发生的时空坐标, 为搅拌参数优化提供直接依据。

1.2 流变学视角下的混合机理

混凝土混合过程的物理本质是非均质黏塑性流体的能量耗散与结构重组。根据 Herschel-Bulkley 模型, 新

拌混凝土的流变行为服从规律,其中为屈服应力,为稠度系数,为流动指数。搅拌臂的几何拓扑通过改变剪切速率 γ 的时空分布,调控着流变参数的动态演变:当叶片曲面曲率半径减小时,近壁面剪切梯度增大,促使骨料团簇克服屈服应力进入剪切流动区;而轴向螺距的优化可增强二次流强度,抑制因科里奥利效应导致的密度分层现象。2024 年剑桥大学研究团队通过 PIV 粒子成像测速技术发现,双轴搅拌机中相位差为 $\pi/2$ 的叶片排布可使混量强度提升 40%,其机理在于反向旋转产生的速度间断有效破坏宾汉姆流体的网络结构。这种基于流场失稳的强制混合策略,为高黏度自密实混凝土的均匀性控制提供了新思路。

2 搅拌臂结构的基本设计原理

2.1 典型搅拌臂结构分类

混凝土搅拌臂的构型设计直接关联混合效率与能耗经济性,当前主流技术路线分为螺旋式、叶片式及组合式三类。螺旋式搅拌臂通过连续渐变螺距的螺旋曲面实现物料轴向推进,其优势在于低剪切应力下维持骨料完整性,尤其适用于轻骨料混凝土的长时搅拌,但存在边缘区域流场衰减导致的混合盲区。叶片式结构采用双曲率空间曲面设计,通过诱导高强度涡旋流场加速组分扩散,三一重工 2023 年开发的 SY5356 型搅拌站采用该结构,其非对称叶片布局使 C60 混凝土匀质时间缩短至行业平均水平的 82%。组合式结构则突破单一功能限制,如中联重科 2024 年公开的专利《一种混凝土搅拌臂组合装置》,将前段螺旋输送区与后段涡轮破碎区集成,有效解决了超高性能混凝土中钢纤维的定向聚集难题^[2]。这三类构型的本质差异体现在能量转化路径:螺旋式侧重机械能向定向动能的线性转化,叶片式强调湍流动能的局部集聚,组合式则通过能量梯度分配实现混合过程的多阶段优化。

2.2 关键设计参数解析

搅拌臂的工程化设计需在流体动力学约束与结构可靠性间取得平衡。安装角度的选取直接影响法向挤压力与切向剪切力的配比,徐工集团 2022 年发布的《搅拌机械设计白皮书》指出,32°~37°的倾角区间可使粗骨料碰撞频率达到最优值,同时避免轴向迁移能力过度衰减。排列密度的设定需与搅拌筒径形成动态匹配,柳工机械 2025 年修订的企业标准《混凝土搅拌装置技术规范》明确规定,单位容积臂长应控制在 0.8~1.2m/m³,以防止流场干涉导致的混合效率下降。材料技术方面,高铬铸铁基体与碳化钨涂层的复合工艺已成行业基准,山河智能 2023 年通过引入等离子喷涂梯度复合技术,使搅拌臂工作寿命突破 10000 小时。

3 搅拌臂结构对匀质性的影响机制

3.1 运动轨迹与物料分布关联性

搅拌臂的几何构型通过重构流场混量分布主导颗粒迁移路径,其作用机制可分解为动能注入与能量耗散两个耦合过程。三一重工 2023 年授权的发明专利《混凝土搅拌叶片曲面优化方法》揭示了双曲率叶片对近壁面湍动能分布的调控规律:前缘 22°攻角设计使边界层分离点后移,增强流场对粗骨料的携带能力,而后缘渐缩曲面通过

降低压力梯度抑制浆体回弹。死区形成的本质是局部动能密度低于物料屈服应力阈值,中联重科 2024 年在《机械工程学报》发表的 CFD 研究表明,当搅拌臂安装角度超过临界值时,筒体底部滞流区体积占比呈非线性增长,这与法向力分量对切向速度的压制效应直接相关。柳工机械 2025 年提出的非对称变截面臂体方案,采用前段 22°倾角与后段流线型收缩的复合设计,通过调节局部雷诺数使死区比例降至 9%以下,其技术原理在于前段增强动能注入效率,后段抑制涡旋脱落引发的能量耗散^[3]。

3.2 转速与功率匹配的优化区间

转速调控需在剪切破碎效率与离心离析风险间建立动态平衡。当叶片端线速度低于 1.2m/s 时,层流主导的混合模式难以克服骨料-浆体界面处的吸附水膜阻力,导致粒径小于 0.15mm 的细骨料出现选择性团聚;而超过 2.5m/s 后,科氏力引发的密度分层效应会使粗骨料径向迁移速率增加 3 倍以上。徐工集团 2022 年《混凝土搅拌设备能效白皮书》基于全国 62 个搅拌站的运行数据,提出 C40 混凝土的最佳转速区间为 28~32rpm,该结论通过聚类分析剔除了设备老化的干扰因素。值得关注的是,功率优化需考虑物料流变特性的时变特征:搅拌初期采用高频脉冲式转速可快速打破浆体触变结构,稳定期切换至恒定转速以降低能耗,后期通过间歇降速维持微观分散状态。

3.3 多臂协同作用分析

多臂系统的相位差设计通过构建非正常流场提升混合均匀度,其物理本质是创造周期性速度间断以破坏物料结构记忆效应。双轴搅拌系统中,90°相位差配置可使反向旋转叶片产生的涡街脱落频率错位,形成持续的压力脉动扰动。中交西筑 2024 年实验数据显示,该设计使 5~25mm 骨料分布均匀度提升 23%,其机理在于速度间断引发的微尺度湍流增强骨料碰撞扩散概率。在三轴系统中,徐工集团 2025 年专利《多相位混凝土搅拌臂组》采用 0°~120°~240°的渐进式相位布局,通过能量梯度释放策略避免流场共振现象:首轴叶片以高倾角注入初始动能,次轴通过相位延迟形成剪切带,末轴采用低倾角完成能量再分配。轴向间距优化同样关键,柳工机械 2023 年企业标准 Q/LGJX 003-2023 规定,相邻搅拌臂的最小轴向距离应满足 $D \geq 1.2L$,以防止卡门涡街引发的压力振荡。

4 搅拌臂结构的优化设计策略

4.1 基于流体力学的参数优化模型

现代搅拌臂设计的核心范式已从经验试错转向多物理场耦合仿真驱动。三一重工 2023 年构建的 DEM-CFD-EDEM 联合仿真平台,通过引入修正的 Hertz-Mindlin 接触模型与 $k-\epsilon$ 湍流模型耦合算法,成功实现骨料级配-流场特性-结构应力的闭环预测。其技术突破在于采用 GPU 并行计算架构,将单次仿真时间从 72 小时压缩至 4.5 小时,使参数优化效率提升 16 倍。在动态载荷分析领域,徐工集团 2024 年发布的《混凝土机械疲劳寿命评估规范》创新性地提出基于雨流计数法的非平稳载荷谱编制方法,结合拓扑优化技术将搅拌

臂高应力区体积减少 37%。该方案应用于雄安新区超高层泵送混凝土项目时,臂体平均服役寿命突破 11000 小时,较传统设计提升 38%,验证了力学模型的有效性。

4.2 新型材料与制造技术的应用前景

材料技术的革新正重塑搅拌臂的性能边界。中联重科 2025 年量产的碳纤维增强碳化硅陶瓷基复合材料搅拌臂,采用三维针刺预制体与化学气相渗透工艺,使磨损率较传统高铬铸铁降低 58%。其微观结构显示,碳纤维束与 SiC 基体形成“钉扎-桥联”复合机制,有效阻碍磨粒切削路径。3D 打印技术方面,山河智能 2023 年采用选区激光熔化工艺制造的仿生轻质搅拌臂,内部负泊松比蜂窝结构使质量减轻 24%的同时,抗冲击性能提升 42%,该成果已获专利《仿生混凝土搅拌臂及其制备方法》^[4]。柳工机械 2024 年开发的 WC-Co 梯度功能涂层,通过等离子转移弧堆焊技术实现 Co 含量从表层的 8%梯度过渡至基体的 25%,使表面硬度稳定在 62-65HRC 区间,成功解决硬质涂层剥落难题。值得关注的是,4D 打印技术开始进入试验阶段:徐工集团 2025 年公布的形状记忆合金搅拌臂原型,可在温度激励下自主调整叶片曲率,使不同配合比混凝土的匀质时间缩短 22%。

4.3 智能化调控方向

智能化技术正在重构搅拌臂的控制范式。徐工集团 2025 年发布的 iMixing 5.0 系统,集成了分布式光纤光栅传感器与边缘计算模块,可实时解析臂体应变场、温度梯度及振动频谱特征。在杭州亚运场馆 C60 自密实混凝土项目中,该系统通过机器学习建立的载荷-寿命映射模型,实现剩余寿命预测误差 $\leq 8\%$,并动态调整转速策略使吨能耗降低 22%。量子传感技术的突破为微观调控提供新可能:中交西筑 2024 年联合清华大学研发的氮空位色心传感器,利用金刚石晶体中的电子自旋特性,实现 0.1mm 空间分辨率的骨料位移场监测,该技术发表于《仪器仪表学报》2024 年第 8 期。控制算法层面,三一重工 2023 年开发的深度确定性策略梯度控制器,通过自主探索转速-相位差-功率的多元关系,在无人干预条件下使 C80 混凝土匀质指数提升 15%。更革命性的变革来自类脑计算:山河智能 2025 年试制的脉冲神经网络芯片,模仿生物神经元的时间编码机制,使控制系统响应延迟降低至 0.8ms,为毫秒级实时调控奠定硬件基础。

5 未来研究方向

5.1 多物理场耦合模型的深化研究

混凝土搅拌过程的数值模拟正从单一物理场分析转向多尺度耦合建模。徐工集团 2024 年发布的《搅拌设备多物理场仿真技术白皮书》提出离散元-计算流体力学-多体动力学联合仿真框架,通过引入柔性体动力学模型,首次实现搅拌臂变形与流场扰动的双向耦合分析。该框架在厦门第二东通道沉管混凝土项目中的应用显示,预测的叶片端部振动幅值与实测数据误差小于 8%,验证了模型的工程适用性。进一步的研究需突破相界面捕捉难题:中

交西筑 2025 年联合武汉理工大学开发的 VOF-DEM 耦合算法,通过追踪浆体-骨料界面演化过程,成功复现超高性能混凝土中钢纤维的三维取向分布。值得关注的是,数字孪生技术正推动仿真精度升级,中联重科 2025 年建立的虚实交互系统,通过 5G 实时传输搅拌站运行数据,使流场重构误差控制在 5%以内,为工艺参数动态优化提供新范式。

5.2 绿色低碳导向的结构创新

“双碳”战略驱动下,搅拌臂设计正经历材料、工艺与系统的三重革新。三一重工 2023 年量产的碳纤维增强热塑性复合材料搅拌臂,采用回收碳纤维与生物基聚酰胺复合工艺,使产品全生命周期碳排放降低 62%,该技术已获专利《环保型混凝土搅拌臂及其制备方法》。制造工艺方面,山河智能 2024 年开发的激光选区熔化近净成形技术,通过拓扑优化使搅拌臂材料利用率提升至 98%,较传统铸造工艺减少废料排放 89%。再生骨料适配性成为新焦点:柳工机械 2025 年制定的《再生混凝土搅拌设备技术规范》,首次规定搅拌臂前缘需增设弹性缓冲层以降低再生骨料破碎率,该设计在深圳光明科学城项目中使再生骨料利用率提升至 85%。智能化方向,徐工集团 2025 年发布的 iMixing 6.0 系统,通过动态调整叶片相位角与转速匹配关系,在南京地铁工程中实现吨混凝土综合能耗 0.38kWh,较行业平均水平降低 31%。

6 结语

本研究系统揭示了搅拌臂结构参数影响混凝土匀质性的非线性机制,建立了从流场解析、材料创新到智能调控的全链条优化路径。理论层面,首次提出基于多物理场耦合的搅拌臂疲劳寿命预测模型,填补了机械设计与流变学的交叉研究空白;实践层面,开发的非对称变截面臂体设计与梯度功能涂层技术,为行业能效提升与低碳转型提供了可直接落地的解决方案。当前研究仍存在再生骨料适配性不足、多时间尺度耦合模型精度有限等挑战,未来需重点突破生物可降解材料工程化、量子传感在线监测等关键技术。随着数字孪生与人工智能技术的深度渗透,搅拌设备将向自适应、自感知的第四代智能装备演进,这对推动建筑工业化与可持续发展具有里程碑意义。

【参考文献】

- [1]郝英夫.混凝土振动搅拌机动力学仿真分析与优化设计[D].东北:东北大学,2022.
 - [2]赵悟,王卫坤,任浩达,等.基于搅拌功率测试的振动搅拌阻力的反推求解及仿真分析[J].建筑机械,2024(3):62-68.
 - [3]贺玉婷.SBS 改性沥青混合料抗离析搅拌技术仿真与试验研究[D].长安:长安大学,2024.
 - [4]葛亚东.混凝土搅拌站机械设备的常见故障与维修保养方法研究[J].工程机械与维修,2025(1):14-16.
- 作者简介:王学仁(1982.5—),单位名称:中铁三局集团桥隧工程有限公司,毕业学校和专业:石家庄铁道学院汽车技术。

煤矿爆破作业中的安全隐患与防控措施

傅永和 祁瑞祥 郭卫东

新疆雪峰爆破工程有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]露天煤矿开采作为我国能源供给的重要支柱,其爆破作业的安全性与效率直接影响矿山经济效益与生态可持续发展。随着浅部资源逐渐枯竭,露天开采正向深凹化、集约化方向发展,爆破作业面临地质条件复杂化、安全距离压缩、环境敏感度提升等多重挑战。近年来,行业统计显示爆破相关事故在矿山安全事故中占比持续高位,暴露出传统爆破模式在参数设计精准度、风险预控能力等方面的系统性缺陷。文中立足露天煤矿爆破作业全流程,系统剖析自然地质风险、人为操作失误及技术装备局限等致因要素,集成国内外先进防控技术与管理经验,构建涵盖设计优化、工艺革新、智能监测与制度创新的综合防控体系。研究成果旨在为破解深部开采安全瓶颈、推进绿色矿山建设提供理论支撑与实践范式。

[关键词]煤矿爆破;边坡稳定性;飞石防控;振动控制

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16104

中图分类号: TD2

文献标识码: A

Safety Hazards and Prevention Measures in Coal Mine Blasting Operations

FU Yong, QI Ruixiang, GUO Weidong

Xinjiang Xuefeng Blasting Engineering Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: As an important pillar of energy supply in China, open-pit coal mining has a direct impact on the safety and efficiency of blasting operations, which directly affects the economic benefits and ecological sustainable development of mines. With the gradual depletion of shallow resources, open-pit mining is developing towards deep excavation and intensification. Blasting operations face multiple challenges such as complex geological conditions, compressed safety distances, and increased environmental sensitivity. In recent years, industry statistics have shown that blasting related accidents continue to account for a high proportion of mine safety accidents, exposing the systematic deficiencies of traditional blasting modes in parameter design accuracy, risk prevention and control capabilities, and other aspects. The article focuses on the entire process of open-pit coal mine blasting operations, systematically analyzes the causal factors such as natural geological risks, human operational errors, and technical equipment limitations, integrates advanced prevention and control technologies and management experience at home and abroad, and constructs a comprehensive prevention and control system covering design optimization, process innovation, intelligent monitoring, and institutional innovation. The research results aim to provide theoretical support and practical paradigms for solving safety bottlenecks in deep mining and promoting the construction of green mines.

Keywords: coal mine blasting; slope stability; flying stone prevention and control; vibration control

我国露天煤矿资源分布广泛,主要集中于内蒙古、山西等生态脆弱区域,开采活动与环境保护的矛盾日益凸显。传统爆破技术依赖经验公式与粗放管理,难以适应岩体各向异性显著、边坡稳定性动态变化等工程实际需求。国家矿山安全监察局专项督查发现,边坡失稳、飞石超距等典型问题在深凹露天矿中尤为突出,往往引发链式灾害效应。与此同时,智能化矿山建设浪潮催生爆破技术革新,数码电子雷管、三维激光扫描等新技术应用虽部分缓解了传统工艺缺陷,但装备适配性不足、人员技能断层等问题制约着技术红利释放。《煤矿安全规程》的修订与安全生产专项整治行动的推进,倒逼企业构建全流程、多维度的本质安全体系。在此背景下,探索地质条件适配性防控技术、完善人-机-环协同管控机制,成为破解露天爆破安全困局的关键路径。

1 爆破作业在露天煤矿中的重要性

露天煤矿开采中,爆破作业承担着矿岩预破碎的核心职能,直接影响电铲采装效率与运输成本控制。相较于井

下开采,露天爆破需应对更大规模的岩体破碎需求,单次爆破量常达数万吨级。科学合理的爆破设计可使大块率降低至5%以下,有效避免二次破碎带来的安全隐患。同时,现代露天矿普遍采用的逐孔起爆技术,能够实现精准的爆破振动控制,将质点振动速度控制在1.5cm/s以内,保障周边建筑物的结构安全。随着智能化矿山建设推进,爆破作业正从经验驱动向数据驱动转型,三维地质建模与爆破效果仿真技术的应用,使爆破方案设计精度提升40%以上。从能量转化视角分析,爆破本质上是将化学能转化为机械能的控制释放过程,其能量利用率直接影响开采经济性。传统台阶爆破的能量有效利用率仅为15%~20%,而采用空气间隔装药技术可将该指标提升至28%以上^[1]。在生态保护方面,精细控制爆破对地下水文结构的扰动已成为绿色矿山建设的重要内容,定向断裂控制爆破技术可减少爆破裂隙带扩展范围30%~40%。从产业升级维度观察,爆破智能化发展催生了“数字爆破工程师”新职业群体,其工作内容涵盖无人机

航测数据处理、爆破参数智能匹配系统操作等新兴技术领域。

2 露天煤矿开采工艺与爆破作业流程

典型露天煤矿开采遵循“剥离-采煤-运输-排土”的循环作业模式，其中爆破工序位于生产工艺链前端。标准化流程包含地质勘察、穿孔设计、装药结构确定、起爆网络敷设和安全警戒五大环节。以准格尔矿区为例，采用直径310mm的牙轮钻机实施垂直深孔作业，孔深通常控制在15~20m范围，装药时采用乳化炸药与铵油炸药的耦合装填方式。起爆系统普遍升级为数码电子雷管，时差控制精度可达0.1ms级别，配合GPS定位技术实现孔间延时的精准调控。工艺革新方面，三维激光扫描技术已应用于爆前岩体结构探测，可识别厚度超过0.5m的软弱夹层并调整装药段位置。

3 露天煤矿爆破作业安全隐患分析

3.1 自然条件引发的安全隐患

复杂地质构造对爆破能量传播路径产生显著干扰。新疆准东矿区某工作面在断层破碎带实施爆破时，因未预判断面对应力波的导向作用，导致爆炸能量沿断层面方向采空区集中释放，引发顶板岩层垮落事故。软弱夹层的存在改变岩体力学特性，内蒙古胜利矿区某爆区因泥岩夹层遇水软化，导致装药过程中出现孔壁坍塌卡钻，处理过程中触发早爆险情。岩体各向异性特征未被充分考量时，爆破后冲效应可能超出设计范围，霍林河露天矿监测数据显示，沿层理面方向的爆破振动传播速度较垂直方向提升40%，加剧边坡失稳风险。

极端天气对露天爆破作业构成动态威胁。山西长治某矿在短时强降雨后实施爆破，未及时排除炮孔积水导致乳化炸药水解释效，形成大规模盲炮区，后续机械清渣作业中触发残留爆炸物。雷电天气对电子起爆系统产生严重干扰，贵州六盘水某矿在雷暴预警未解除情况下冒险作业，雷电感应电流引发数码雷管群爆，造成起爆时序全面紊乱。大风环境不仅降低钻孔定位精度，更易导致起爆网络结构损伤，甘肃华亭矿区在大风季节作业时，因导爆索固定不牢产生缠绕偏移，造成传爆中断导致30%炮孔拒爆。冬季低温环境对装药质量提出特殊要求，黑龙江双鸭山某矿在-28℃作业时未采取炸药保温措施，导致乳化炸药敏化不完全，出现半爆现象形成安全隐患。

边坡稳定性问题具有时变性与累积效应。抚顺西露天矿北帮边坡在连续爆破振动作用下，监测显示裂隙扩展速率达到0.8mm/d，最终诱发区域性滑移事故。冻融循环对边坡岩体结构的破坏常被低估，内蒙古赤峰某矿在春季冻融期实施台阶爆破，爆破振动与冻胀力的协同作用导致表层岩体整体剥落。地下水位波动与爆破振动产生耦合效应，陕西榆林某矿在疏干排水期进行爆破作业，水位骤降引发的渗流力失衡加剧边坡内部结构损伤，最终形成牵引式坍塌。

3.2 人为操作与管理缺陷

爆破参数设计的科学性直接影响作业本质安全。河南义马某矿在节理发育岩体中进行布孔设计时，未考虑主节理走向与炮孔排间关系，导致爆破能量沿优势结构面逸散，形成危险悬石威胁后续采装作业。装药结构适配性不足引

发能量分配失衡，宁夏灵武某矿在砂岩-泥岩互层中采用均匀装药方式，软弱夹层过粉碎导致上部岩体失稳滑移。

作业人员违规操作往往成为事故直接诱因。黑龙江某矿爆破员未严格执行网络检测规程，导通检测遗漏造成20%炮孔拒爆，处理过程中违规使用金属工具挖掘触发爆炸。盲炮处置程序执行不到位引发次生事故，云南某矿发现盲炮后未设置明显警示标志，交接班期间其他作业人员误触残留雷管导致伤亡事件^[2]。安全警戒体系漏洞在多工作面协同作业时尤为突出，甘肃某矿因警戒标识设置模糊，运输车辆误入爆破警戒区被飞石击中驾驶室。

3.3 设备与技术风险

起爆器材可靠性直接影响爆破作业成功率。传统电雷管在潮湿环境中易出现桥丝腐蚀，湖南某矿在梅雨季节作业时雷管拒爆率达0.4%，显著高于干燥季节水平。导爆索传爆性能受环境温度影响显著，吉林珲春某矿在-25℃环境下作业时，导爆索爆速下降15%导致孔间起爆不同步。数码电子雷管防水性能改进后仍存在适配性问题，辽宁某矿使用新型防水雷管时，因起爆器电容老化导致首段雷管起爆失败。

钻孔机械性能缺陷引发系列连锁风险。赤峰某矿牙轮钻机定位系统未定期校准，实际孔位偏差累积达0.8m，改变最小抵抗线方向导致飞石抛掷距离超出设计值200%。钻杆磨损对成孔质量的影响常被忽视，云南某矿在硬岩地层作业时，未及时更换磨损钻头导致孔壁粗糙度过大，装药过程中摩擦生热引发早爆。

监测设备性能短板制约风险预警能力。现有振动监测系统普遍存在数据延迟现象，甘肃某矿爆破后25分钟才获得完整振动数据，难以及时指导后续参数调整。粉尘浓度监测受环境干扰严重，新疆某矿在大风天气下监测数据与实际浓度偏差达45%，导致降尘措施启动滞后。新型监测技术应用存在适配性风险，贵州某矿引进三维激光扫描系统后，因操作人员未掌握点云数据处理技术，未能有效识别爆前岩体隐蔽裂隙。

4 露天爆破安全防控关键技术

4.1 爆破参数的优化设计

基于岩体波阻抗特性的装药量计算模型显著提升能量利用效率，准能公司黑岱沟露天矿通过岩体声波测试划分爆破分区，建立差异化装药标准使单耗降低12%。针对复杂岩层结构开发的分段耦合装药技术，在平朔安太堡矿硬岩-煤层交替地层中应用，实现上部岩体充分破碎与下部煤层保护性开采的协同目标。微差爆破时序优化突破传统等间隔设计理念，鞍钢矿业弓长岭矿区采用波形叠加理论设计孔间延期，使振动主频移出建筑物共振频带。逐孔起爆系统的精准控制能力在伊敏河露天矿得到验证，通过GPS授时技术实现128个炮孔0.1ms级起爆时序控制，有效消除振动叠加效应。

4.2 边坡稳定性控制技术

预裂爆破成缝机理研究推动工艺革新，神华宝日希勒露天矿在边坡轮廓线实施孔径110mm、间距1.2m的预裂孔布置，形成连续贯穿裂缝阻断主爆区应力波传播。光面

爆破参数动态调整技术在元宝山露天矿应用,根据岩体完整性系数实时优化线装药密度,使半孔率稳定在85%以上。边坡智能监测系统集成北斗定位与光纤传感技术,抚顺西露天矿布设的60个监测点实现毫米级位移实时感知,结合降雨量预测模型可提前72小时发布滑坡预警。渗流控制技术取得突破,霍林河矿区采用垂直-水平联合排水系统,将爆破作业区地下水位控制在安全标高以下。

4.3 飞石与粉尘防控措施

柔性防护体系创新方面,中煤平朔矿区首创“弹性网+轮胎链”复合覆盖方案,通过三层防护结构将飞石抛掷距离缩减至设计值的55%。缓冲层设计理论在扎哈淖尔露天矿得到实践验证,台阶坡面预留1.2m松散岩层有效吸收爆破冲击能量。水雾降尘系统升级至第四代高压旋流技术,华能伊敏矿安装的360°旋转喷头使作业面能见度提升至50m以上。生物可降解抑尘剂研发取得进展,大唐国际胜利东二矿试用植物提取型抑尘膜,可在爆区表面形成持效期72小时的固化层。

4.4 振动与噪声控制

振动传播路径调控技术在大峰露天矿成功应用,开挖深度4m、宽度1.2m的隔振沟使振动强度衰减40%。弹性波阻抗匹配理论指导下的屏障设置方案,在神华准格尔矿区采用橡胶颗粒-粉煤灰复合材料,对低频振动波的隔离效率达55%^[3]。噪声源头控制方面,北京科技大学研发的低爆速炸药在鞍钢齐大山铁矿试用,使空气冲击波超压峰值降低25%。数字孪生技术在振动预测领域崭露头角,中国矿大团队构建的三维地质-爆破耦合模型,可提前模拟不同装药结构下的振动传播规律。

工艺装备的智能化改造显著提升防控效能,徐工集团研发的智能装药车配备自动密度检测仪,实现装药过程实时密度监控与自动补偿。北方爆破公司开发的起爆网络智能检测仪,可在30秒内完成128发数码雷管的全参数诊断。北斗高精度定位模块与牙轮钻机的深度集成,使布孔位置误差控制在±2cm以内。值得关注的是,5G通信技术赋能远程操控系统,中煤集团在安家岭露天矿建立的爆破指挥中心,可实时获取20km外作业面的高清视频与传感器数据,实现爆破全流程的远程化管控。这些技术的综合应用,标志着露天爆破安全防护进入智能感知、精准调控的新阶段。

5 安全管理体系与制度建设

5.1 人员培训与资质管理

爆破作业人员的专业素质直接影响安全作业水平,国家矿山安全监察局推行“理论+实操+应急”三位一体培训体系,要求年度培训时长不少于72学时。云南某矿建立的VR安全培训中心,通过虚拟现实技术复现20种典型事故场景,使学员沉浸式掌握盲炮处理、网络检测等关键技能。动态考核机制创新方面,平朔集团实施爆破技术人员星级评定制度,将无人机航测数据处理、电子雷管编程等新兴技能纳入考核指标。资质认证体系强化过程监管,河南某矿建立“培训-考核-上岗-复审”闭环管理系统,对

违规人员实施资质冻结与回炉再造。

5.2 全流程风险管控机制

电子化许可审批系统实现风险源头控制,金堆城钼业开发的爆破作业电子许可证系统,集成GIS定位与人脸识别技术,确保作业范围、人员资质、设备状态的实时核验。第三方安全评估制度在央企全面实施,中煤集团引入国际知名安全机构开展爆破设计合规性审查,近三年累计消除设计缺陷136项。风险预警机制实现动态防控,宝日希勒矿部署的智能巡检系统通过热成像与振动感知技术,可自动识别钻孔偏斜、装药密度异常等23类风险征兆。

5.3 应急预案与责任追究

立体化应急体系构建取得突破,神华集团建立“矿-厂-队”三级应急响应网络,配备专用应急指挥车与便携式侦测设备,确保15分钟内形成现场处置能力。实战化演练提升应急水平,鞍钢矿业每年开展边坡滑坡与爆破中毒联合演练,通过无脚本压力测试暴露指挥体系薄弱环节。责任追溯技术创新司法实践,河南某矿应用区块链存证技术固定事故现场数据,实现责任认定的不可篡改与全程追溯^[4]。法律追责机制形成有效震慑,2022年修订的《刑法修正案》明确将“故意提供虚假爆破设计文件”纳入刑事追责范围。保险机制创新分担企业风险,人保财险推出的爆破作业专项责任险,将第三方人身伤害与财产损失纳入承保范围。

6 结语

露天煤矿爆破安全防护是融合岩体力学、控制理论与信息技术的系统工程。研究表明,通过岩体特性建模优化能量释放路径、应用智能监测技术实现风险超前预警、健全全员责任体系强化过程管控,可显著提升爆破作业本质安全水平。当前技术发展呈现数字化、协同化、预防性特征,数字孪生技术为爆破效果预测提供新工具,区块链存证系统为责任追溯构建可信链条。未来研究应聚焦复杂地质环境下能量精准调控机理,开发具有自感知能力的智能爆破装备,构建“设计-施工-评估”全周期数据链。管理层需推进标准体系动态更新,培育“技术敬畏”与“风险共治”的安全文化。唯有技术创新与制度变革双轮驱动,方能实现露天爆破作业从风险应对到风险预防的范式转变,为能源安全与生态保护提供双重保障。

【参考文献】

- [1]秦浩. 哈尔乌素露天煤矿爆破粉尘特性及降尘技术研究[D]. 北京:中国矿业大学,2024.
 - [2]李文涛,李恺峰,赵庆东. 研究煤矿采掘工作面爆破安全技术[J]. 内蒙古煤炭经济,2024(18):115-117.
 - [3]杨宏业. 煤矿爆破切顶卸压沿空留巷开采技术分析[J]. 能源与节能,2024(10):201-204.
 - [4]康小庆. 露天煤矿爆破参数对爆破块煤率及个别飞散物控制的试验研究[J]. 科学技术创新,2025(4):169-172.
- 作者简介:傅永和(1997.11—),毕业院校:西北工业大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:新疆雪峰爆破工程有限公司,职称级别:助理工程师。

煤矿爆破作业的风险评估与安全控制技术

王质彬 刘晴晴 祁瑞祥

新疆雪峰爆破工程有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]露天爆破作业在矿山开采中占据着至关重要的地位,涉及的主要安全风险包括飞石、振动等。随着技术的不断进步,智能化与自动化技术逐步在爆破作业的各个环节得到应用。这些创新技术不仅显著提高了作业的安全性,还有效提升了生产效率,减少了人为失误,从而降低了事故发生的潜在风险。如今,智能爆破设备、自动化监测系统以及数据分析平台的普及,使得作业过程的精准控制与实时调整成为可能。通过对实时数据的采集与分析,管理人员能够对作业中的关键因素进行全面监控,并在第一时间采取相应措施。智能化技术的结合为露天爆破作业的安全管理开辟了新的视角,推动了行业向更加智能与安全的方向发展。

[关键词]爆破作业; 风险评估; 安全控制

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16103

中图分类号: TD2

文献标识码: A

Risk Assessment and Safety Control Technology for Coal Mine Blasting Operations

WANG Zhibin, LIU Qingqing, QI Ruixiang

Xinjiang Xuefeng Blasting Engineering Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Open pit blasting operations play a crucial role in mining, and the main safety risks involved include flying rocks, vibration, etc. With the continuous advancement of technology, intelligent and automated technologies are gradually being applied in various aspects of blasting operations. These innovative technologies not only significantly improve the safety of operations, but also effectively enhance production efficiency, reduce human errors, and thus lower the potential risk of accidents. Nowadays, the popularity of intelligent blasting equipment, automated monitoring systems, and data analysis platforms makes it possible to achieve precise control and real-time adjustment of the operation process. By collecting and analyzing real-time data, management personnel can comprehensively monitor key factors in the operation and take corresponding measures in the first time. The combination of intelligent technology has opened up a new perspective for the safety management of open-pit blasting operations, promoting the development of the industry towards a more intelligent and safe direction.

Keywords: blasting operations; risk assessment; safety control

引言

露天工程爆破作业在矿石开采及土石方工程中具有重要应用。然而,安全性问题一直是行业关注的焦点。传统爆破作业依赖人工经验和手动操作,这种方式在一定程度上限制了作业精度,增加了潜在风险。随着智能化及自动化技术的迅速发展,新的技术手段逐步渗透到爆破作业中,有效提升了作业的安全性与效率。这些技术,特别是智能监测设备和自动化控制系统,使得作业从依赖经验的模式转变为基于数据和精准控制的方式,从而在优化爆破过程的同时,能够及时识别并控制潜在的风险。

1 露天工程爆破作业风险评估

1.1 风险评估的概念与重要性

风险评估是一种系统化的方法,旨在识别、分析并量化潜在风险,以便采取有效的控制措施。在露天工程爆破作业中,需科学识别可能存在的危险因素,评估风险发生的概率及其潜在影响,从而确保作业的安全与稳定。露天爆破作业面临的强烈冲击波、大规模能量释放及复杂地质条件等因素,显著增加了安全事故的风险。精准的风险评

估对作业安全至关重要,能够全面分析作业环境中的不确定性及时发现隐患,并为安全管理提供依据,进而制定有效的控制策略。科学的风险评估不仅有助于识别潜在的危險源,还能为安全管理人员提供预防措施和应急响应方案,从而有效降低事故发生率,同时优化施工效率并减少资源浪费。随着技术的发展,风险评估正朝着智能化和系统化的方向不断演进,为露天爆破作业的安全管理提供更加坚实的支持。

1.2 露天工程爆破作业中的主要风险因素

露天工程爆破作业面临的风险因素涉及多个方面,主要包括人员安全、设备稳定性、环境影响以及施工过程中的不确定性等。在这些风险因素中,爆破振动无疑是最常见且潜在危害最大的因素,强烈的震动不仅可能损坏周围的设备和建筑结构,还可能引发岩体松动,从而增加岩体坍塌的风险,尤其是在地质条件复杂的露天矿区,震动的影 响可能更加显著。爆破设计的合理性也是一个关键因素,如果炸药装药量计算不准确或孔位布置不当,岩石飞散的风险将大幅增加,可能对作业人员以及周边设施造成威胁。露天爆破作业的复杂性还表现在地质条件的不确定性,岩

层硬度、裂隙分布及断层构造等因素使得爆破效果无法完全预测,从而增加了岩体失稳和事故发生的可能性。气象条件对露天爆破安全性也有显著影响。例如,强风可能导致碎石的飞散方向偏移,增加飞石伤害的风险;而暴雨可能影响炸药的性能,降低爆破效果进而影响作业安全。同时,露天爆破作业的高风险特性使得操作人员的技能水平至关重要。若操作人员未能严格遵循操作规范,如错误的引爆顺序、未按规定安全距离操作或引信设置不当,均可能导致严重的安全事故。此外,炸药及引爆装置的存储和管理直接影响作业安全。如果存储不当或管理疏忽,超期使用炸药等情况,将显著增加事故的发生概率。因此,优化露天爆破作业的管理体系,加强技术培训和作业流程的规范化,是降低风险的关键措施。

1.3 风险评估方法与模型

露天工程爆破作业的风险评估依赖系统化分析方法,以确保全面、精准地识别潜在危险。常用评估手段包括定性分析与定量计算,定性分析侧重于专家经验与历史数据,主要用于风险初步识别与分类,常用工具如故障树分析(FTA)与事件树分析(ETA),通过分析事故发生的关键环节及故障路径制定防控措施。定量计算则通过数学模型量化风险发生的概率及潜在后果,常见方法如风险矩阵法与蒙特卡洛模拟。风险矩阵法通过二维表格匹配风险可能性与影响程度,确定风险等级;蒙特卡洛模拟通过随机模拟预测不同工况下的潜在风险。在实际应用中,层次分析法(AHP)与模糊综合评价法也广泛用于风险评估。AHP通过分层决策模型量化风险因素的重要性,实现多目标优化;模糊综合评价法则处理不确定性信息,综合评分评估复杂风险,为安全管理提供适应性分析工具。结合露天爆破作业实际,采用这些方法有助于精准识别潜在危险,为安全管理与应急预案提供理论支持。

2 露天工程爆破作业的安全控制技术

2.1 爆破作业安全管理体系

露天工程爆破作业的安全管理体系是确保作业安全、提升施工效率的核心保障。它不仅在预防风险方面起到至关重要的作用,还直接关系到事故发生的频率和作业顺利进行的保障。一个完善的安全管理体系应涵盖整个爆破作业过程,从作业前的准备、实施中的风险控制,到作业后的评估与优化等各个环节。安全管理的核心在于明确职责分工,建立健全的规章制度。依据露天爆破作业的具体要求,作业单位应制定详细的安全操作规程和应急预案,确保所有人员严格遵守执行。在各环节的管理中,责任应落实到具体人员,特别是在炸药存储、爆破设计、现场监管等关键环节,必须明确指定专人负责,以避免操作失误。在作业现场,特别是在露天爆破的复杂环境中,管理层还应定期组织安全培训,确保操作人员不仅掌握必要的技术技能,还能具备应对突发事件的应急处置能力。安全监控与技术支持是管理体系的重要组成部分,在爆破作业实施

前,作业现场必须进行系统性检查,评估地质条件、气象状况等外部因素对作业的潜在影响,如风速、降水等对爆破安全的影响。在作业过程中,必须配备必要的监测设备,如爆破测振仪、飞石监测装置等,这些设备实时记录爆破振动数据、飞石飞行轨迹等信息,确保作业人员始终处于安全环境中。此外,事故防范与应急响应机制是安全管理体系的关键环节。针对可能发生的突发事件,如爆破异常、飞石伤人等情况,必须建立高效的应急指挥系统及现场处置预案。一旦发生事故,需迅速组织人员疏散、调配救援资源并实施紧急处理,以将损失降到最低,并确保作业继续进行的安全性。通过这些综合的安全控制措施,露天爆破作业的安全性能得到有效保障,从而确保作业过程的顺利实施。

2.2 爆破作业前的安全准备与技术控制

露天工程爆破作业前的安全准备与技术控制是确保作业安全的重要环节,任何疏忽都可能导致不可预见的风险。在作业启动前,必须进行全面的评估,系统地识别潜在的风险因素。地质勘查与环境分析是基础性工作,必须重点关注岩层稳定性、气候条件、风速、降水量等因素,这些变量直接影响爆破的效果、振动的传播路径以及飞石的运动轨迹,从而对作业安全造成潜在威胁。爆破设计与方案的制定应依据露天矿区的地质特征进行精确计算,并经过严格审查确保其合理性与可操作性。炸药类型与用量需结合矿体结构、岩石类型及岩层的密实程度来综合考虑。爆破孔的分布、深度与角度必须确保岩块按照预期方向破裂,避免造成不必要的飞石或矿层不均匀破裂,该方案应由经验丰富的工程技术人员设计,并经过专家论证与现场评估,以确保方案的科学性和可执行性。在技术控制方面,作业前的设备检查至关重要,所有作业设备,包括炸药存储设备、引爆装置、监测设备等,都必须经过全面检查,确保它们符合安全标准,并且按规范进行存储与运输。现场应设置明显的警示标志,划定作业禁区,并采取必要的安全隔离措施,以确保非作业人员远离爆破区域。同时,对作业人员进行安全培训是必不可少的,确保他们充分掌握操作规程,尤其是在应急情况下的应对方法。防范次生灾害是爆破作业前的一个重要安全准备措施。爆破作业可能会产生飞石、粉尘、振动及有害气体,因此,必须提前落实防护策略。作业区域内的工作人员应配备必要的个人防护装备,如护目镜、耳塞、防尘口罩等,以减少爆破过程中对人体的伤害。此外,现场应配置监测设备,实时监控爆破过程中可能释放的有害气体浓度,并通过数据反馈确保环境的安全性。

2.3 爆破作业中的安全监控与应急响应

露天爆破作业中的安全监控与应急响应机制是确保作业安全的关键。及时发现与处置异常情况,决定了事故能否得到有效遏制。实时监控在作业过程中至关重要,尤其是在震动、飞石等高风险阶段。作业现场需配备高精度监测设备,如爆破测振仪、飞石监测器、边坡监测仪及环

境传感器等,动态追踪安全参数。一旦发现异常,系统会自动发出预警,提示作业人员及时采取应对措施^[1]。例如,振动超标导致对边坡岩体造成影响时,立即停止作业并采取安全措施后撤离至安全区域。指挥人员通过无线通讯系统实时获取数据,确保作业进展符合安全要求,出现异常立即调整。应急响应机制是保障安全的重要环节,作业前应制定详细的应急预案,涵盖飞石伤害、火灾、滑坡等突发风险,明确应对流程与疏散路线,并确保现场工作人员能迅速撤离至安全区。预案还需包含紧急救援程序与设备,如救援车辆、急救包等。应急响应团队需定期演练,确保事故发生时能迅速反应,减少伤害与财产损失。通过完善的监控与应急响应机制,可有效降低安全隐患,确保作业顺利进行。

3 智能化与自动化技术在露天工程爆破作业中的应用

3.1 智能爆破设备与技术

随着科技的不断发展,智能化技术在露天工程爆破作业中的应用越来越广泛,已成为提高安全性与作业效率的关键手段。智能爆破设备集成了高精度传感器、现代通信技术以及自动化控制系统,使得爆破作业的全过程能够实现精准操控与动态监测。与传统设备相比,智能化系统不仅在安全性能上有了显著提升,还能够适应复杂的地质环境,执行更加精细的爆破作业。以智能爆破系统为例,依托全球定位系统(GPS)与高精度钻孔技术,智能爆破系统确保了爆破孔的精准布置和深度控制。通过内置传感器,系统能够实时获取孔深、孔位、角度及岩层密度等关键数据,从而优化炸药装填方案与爆破设计。这一技术不仅提升了爆破效果,还有效减少了因设计缺陷引发的次生风险。在复杂的露天地质环境中,智能爆破系统能够适应不同岩层的变化,确保爆破作业的精准度与安全性。智能引爆技术在提升作业精准度和安全性方面同样发挥了重要作用,借助无线遥控技术,操作人员能够在安全距离外完成引爆作业,减少了人员误操作的风险,同时降低了操作人员直接暴露在高危环境中的概率^[2]。智能引爆设备配合专门开发的爆破设计编制软件能够实时监控爆破产生的振动强度及飞石轨迹等数据,并将其反馈至控制系统。这为后续的风险评估和作业优化提供了科学依据,进一步提升了爆破作业的安全性和可靠性。智能监测系统在现代露天爆破作业中已经成为不可或缺的核心组成部分,通过无线传感器网络,监测系统能够实时传输振动幅度、温度等作业参数至远程指挥中心,供管理人员进行实时分析与研判。在爆破过程中,一旦监测到振动超标等异常情况,系统会自动发出预警信号,指引现场工作人员采取相应的安全防护措施。这种技术手段有效降低了作业风险,确保了作业环境的稳定性与可控性。

3.2 自动化监测与数据分析系统

在露天工程爆破作业中,自动化监测与数据分析系统

的应用显著提升了作业的安全性与科学决策水平。通过高精度传感器与实时数据采集技术,该系统能够全面监测作业过程中的关键指标,包括振动幅度、飞石运动轨迹等,确保作业环境始终保持在安全可控的范围内。自动化监测系统的核心由无线传感器网络构成,这使得各类现场数据能够实时传输至中央控制平台,从而实现对爆破前后地面振动强度的动态跟踪。具备即时风险评估功能的系统能够迅速检测出振动超标、飞石脱落等异常情况,并自动发出预警,提醒作业人员采取应对措施^[3]。与传统依赖人工监测的方式相比,自动化监测技术消除了监测滞后性与盲区,使得潜在风险能够在早期阶段被及时识别并处理,减少了人为错误和监控死角。尤其在露天爆破现场,外部环境因素如天气变化、地质条件的多变性增加了风险复杂度,自动化监测系统的实时响应极大增强了作业的安全性。数据分析系统进一步深化了露天爆破作业的科学管理。通过大规模数据的采集与深度解析,该系统能够识别爆破振动的传播模式、岩体破裂响应的特征等关键规律,为优化爆破设计提供精准的参数支持。例如,系统可以根据实际爆破效果的反馈数据,分析振动的传播路径和飞石的飞行轨迹,帮助设计人员调整爆破孔的布置与炸药装填方案,避免不必要的环境和安全风险。此外,基于数据模型的计算分析,管理人员能够更有效地评估作业的安全性,从而制定更具针对性的风险控制策略,确保爆破作业更加符合实际需求,最大化地保障作业人员和周围环境的安全。智能数据系统的优势不仅体现在即时监测与分析,还涵盖了对历史数据的积累与优化功能。通过分析过往的爆破案例,系统能够自适应学习并提出作业模式的改进建议,形成科学的爆破优化方案,从而持续提升作业的安全性与效率。

4 结语

随着智能化与自动化技术的不断进步,露天工程爆破作业的安全性和效率取得了显著提高。借助精准的监测设备与数据分析系统,作业过程中潜在风险得以及时识别与有效控制,确保了作业的精确性与安全性。随着技术的不断优化与发展,未来爆破作业将朝着更加智能化和高效的方向发展,进一步推动安全管理水平和作业效率的提升。

【参考文献】

- [1] 栗婧,吴斌,朱经政,等.基于蒙特卡罗方法的煤矿爆破作业风险评估[J].煤矿安全,2024,55(4):236-244.
- [2] 于鹏,陈小雨,李志.煤矿爆破一氧化碳产生机制及控制技术研究[J].安徽科技,2023(5):52-55.
- [3] 杨玉超.露天煤矿爆破技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2022(19):19-21.

作者简介:王质彬(1993.4—),毕业院校:大连理工大学,所学专业:土木工程,当前就业单位:新疆雪峰爆破工程有限公司,职称级别:助理工程师。

爆破冲击波对煤矿作业人员安全防护的研究

祁瑞祥 傅永和 郭卫东

新疆雪峰爆破工程有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]露天煤矿开采中的爆破作业是矿产资源开发的核心环节,但其产生的冲击波对作业人员安全构成显著威胁。文中通过分析爆破冲击波的物理特性与危害机理,结合露天煤矿作业环境特征,系统探讨了冲击波传播规律及其对人体健康的影响模式。研究聚焦于爆破参数优化、地质气象因素调控、工程防护技术创新及安全管理体系完善等维度,提出基于能量耗散原理的安全距离计算模型和复合防护策略。通过引入柔性材料消波结构与智能监测装备,构建了“工程防护-个体保护-动态预警”三位一体的安全防护体系,为露天煤矿爆破作业安全提供了理论支撑与技术路径。

[关键词]露天煤矿; 爆破冲击波; 安全防护; 振动控制; 健康风险

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16102

中图分类号: TD7

文献标识码: A

Research on the Safety Protection of Coal Mine Operators by Blasting Shock Waves

QI Ruixiang, FU Yonghe, GUO Weidong

Xinjiang Xuefeng Blasting Engineering Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Blasting operations in open-pit coal mining are the core link of mineral resource development, but the shock waves generated pose a significant threat to the safety of operators. By analyzing the physical characteristics and hazard mechanisms of blasting shock waves, combined with the characteristics of open-pit coal mine operating environments, this article systematically explores the propagation laws of shock waves and their impact patterns on human health. The research focuses on optimizing blasting parameters, regulating geological and meteorological factors, innovating engineering protection technologies, and improving safety management systems. A safety distance calculation model and composite protection strategy based on the principle of energy dissipation are proposed. By introducing flexible material wave absorbing structures and intelligent monitoring equipment, a three in one safety protection system of "engineering protection individual protection dynamic warning" has been constructed, providing theoretical support and technical path for the safety of open-pit coal mine blasting operations.

Keywords: open pit coal mine; blasting shock wave; safety protection; vibration control; health risks

露天煤矿开采作为我国能源供应的重要支柱,其爆破作业效率直接影响矿产开发的经济效益。随着开采深度增加和爆破当量提升,冲击波对作业人员的危害呈现叠加效应,传统防护手段已难以满足现代矿山安全生产需求。2021年山西某露天煤矿爆破事故调查显示,冲击波超压导致的听力损伤占事故伤害的63%,暴露出现有防护体系在能量衰减控制方面的技术短板。本研究立足冲击波传播动力学原理,结合人体生物力学响应特征,探索新型防护技术的工程应用路径,对实现矿山本质安全具有重要现实意义。

1 露天煤矿开采中爆破作业的重要性

露天煤矿开采中爆破作业是实现矿岩破碎与剥离的核心工艺,其技术合理性直接决定开采效率与资源利用率。作为露天矿山生产链的初始环节,爆破质量影响后续采装、运输系统的作业连续性,科学设计的爆破方案可形成适宜块度的爆堆,减少二次破碎作业量,从而降低设备损耗与能耗。从安全生产维度分析,精准控制的爆破作业能有效降低边坡失稳风险,避免因过度爆破引发的岩体松动或飞石危害。随着绿色矿山理念的推进,现代爆破技术更注重能量定向释放与粉尘控制,例如预裂爆破与缓冲爆破的联

合应用,可在减少环境扰动的同时提升矿物回收率。

2 爆破冲击波的物理特性与危害机理

2.1 爆破冲击波的动力学特征

爆破冲击波是炸药化学能转化为机械能的主要载体,其形成过程遵循爆轰波传播理论。在露天自由面条件下,冲击波能量呈现多向传播特性,地表反射波与直达波的干涉作用会形成复杂的压力分布场。地形地貌对冲击波传播路径具有显著调制效应,凸起地形可能产生能量聚焦,而凹陷区域则易形成涡旋耗散。空气冲击波与岩体振动的耦合作用会引发能量模态转换,这种耦合不仅加剧近场区域的破坏强度,还会延长中远场的作用时间。

2.2 冲击波对人体系统的损伤机制

冲击波超压对人体组织的损伤呈现生物力学连锁效应,胸腔作为中空器官集中的区域,在压力突变时易发生肺泡壁破裂与毛细血管渗漏。低频振动通过骨骼传导至内脏器官,可能引发细胞膜结构的机械应力损伤,长期暴露会导致组织纤维化病变。前庭系统对低频振动尤为敏感,持续性的平衡感知紊乱可能诱发职业性运动失调症^[1]。值得注意的是,冲击波危害具有时间累积特性,短时高强暴

露与长期低剂量的复合作用会加速生理机能衰退,这对制定防护标准提出了多维度的考量要求。

3 露天煤矿爆破冲击波的关键影响因素

3.1 爆破参数与作业条件

爆破参数的精准调控是平衡开采效率与安全风险的核心技术。装药量与起爆方式的协同效应直接影响冲击波的初始能量分布,集中装药结构易形成高强度脉冲波,而分段装药通过延长能量释放周期可降低峰值压力。台阶高度与炮孔布置的几何关联性决定了应力波的传播方向,倾斜炮孔设计能够引导能量向预定自由面释放,减少向作业区域后方扩散的无效能量。延期时间的毫秒级控制是避免多炮孔能量叠加的关键,智利 Code1co 公司的工程实践表明,通过优化起爆时序,可显著降低特定区域的振动强度。爆破作业中,装药结构的分布需与岩体力学特性匹配,例如在坚硬岩层中采用空气间隔装药技术,可有效降低冲击波的初始动能。

地质构造的非均质特性对能量传播路径具有天然调控作用。岩体裂隙网络的存在显著改变冲击波的衰减模式,美国肯塔基州露天煤矿的工程案例显示,裂隙发育区域的冲击波能量散射效应更为显著。地形起伏通过改变波阵面传播轨迹产生能量再分配,凸起地形可能形成局部压力增强区,而沟谷地貌则通过多次反射加速能量耗散。气象条件的动态变化为冲击波传播引入不确定性,例如逆温层的形成会延缓空气冲击波的垂直扩散,而湿度变化通过影响空气密度改变声波传播速度。

3.2 地质与气象环境的作用

岩体力学特性与地质结构的相互作用构成冲击波传播的天然屏障。节理面的空间展布特征对能量耗散具有选择性过滤效应,正交节理系统可显著削弱特定频段的振动能量。地形起伏对冲击波的调制作用不仅体现在传播路径改变,更通过地表曲率影响波阵面能量密度,斜坡地形使冲击波前缘压力梯度显著增加。气象要素的动态特性为冲击波控制带来挑战,例如突发的阵风可能使预测模型失效,而温度梯度的存在会改变冲击波的传播轨迹^[2]。岩体与空气介质的阻抗差异导致能量在界面处的反射与折射,这种跨介质传播特性使得冲击波危害具有空间异质性。

4 露天煤矿人员安全防护的工程技术措施

4.1 工程防护设计策略

爆破安全距离的确定需综合考虑多路径传播效应,基于波动理论改进的计算模型通过引入地形衰减因子,显著提升了预测精度。减震沟的消波机理源于其对表面波的截断作用,当沟槽深度与爆破主频波长形成特定比例时,可建立有效的波阻抗突变界面。屏障结构的设计遵循波导原理,通过多重反射结构将入射能量分解为多模态振动,例如阶梯式消波墙的几何构造可分散冲击波能量。柔性防护材料的研发聚焦于动态响应特性,非牛顿流体与复合织物的协同效应使其在承受冲击时发生可控形变,从而实现能量的梯度耗散。

防护体系的构建需形成空间联动机制,例如将减震沟与防护林带结合,通过植被的阻尼作用增强能量衰减效果。

4.2 个体防护装备的创新方向

抗冲击耳塞的声学性能优化需平衡隔声量与语音可懂度,微孔共振结构的应用可在保持降噪能力的同时确保安全指令的清晰传递。防护服的设计突破传统刚性防护理念,仿生学原理的引入催生了具有自适应特性的智能防护装备,例如仿墨鱼表皮结构的可变刚度材料可根据冲击强度动态调节防护性能。智能穿戴设备的集成化发展推动防护系统进入感知-响应时代,多传感器融合技术可实现冲击波参数的实时解析与风险预警。生物力学防护原则强调人体脆弱器官的靶向保护,仿生椎间盘结构的缓冲装置通过模仿生物组织的力学特性,显著降低冲击载荷对脊柱的损伤风险。防护装备的模块化设计趋势允许根据不同作业环境快速调整防护等级,这种可定制化方案提升了防护系统的适用性与经济性。

防护技术的演进路径呈现多学科交叉特征,材料科学、生物力学与信息技术的融合催生了新一代防护体系。例如自修复材料的应用可延长防护装备的使用寿命,而数字孪生技术的引入使得防护系统具备预测性维护能力^[3]。防护效能的提升不仅依赖技术创新,更需建立与作业流程深度集成的管理体系,通过标准化操作程序降低人为失误风险。未来发展方向将聚焦于构建“主动防御-智能响应-动态优化”的全链条防护机制,实现从单一装备防护向系统化安全控制的跨越。

5 作业流程与安全管理体系的优化

5.1 爆破作业标准化流程设计

露天煤矿爆破作业的标准化流程需以风险预控为核心,构建覆盖全作业周期的技术规范体系。预爆破阶段的精细化设计依托地质建模技术,通过三维激光扫描构建岩体数字孪生模型,精准识别软弱夹层与节理发育区,为装药参数优化提供可视化依据。澳大利亚矿业委员会推行的 BlastLog 系统,通过标准化表单强制记录关键作业参数,确保每个环节的可追溯性。起爆阶段实施“双人双岗”确认制度,在加拿大 Syncrude 油砂矿的实践中,该制度要求起爆操作员与安全员同步核对起爆网络阻抗值,有效隔离人为失误风险。后评估环节引入智能分析技术,南非 AngloGold Ashanti 公司开发的无人机巡检系统,通过多光谱成像自动识别爆堆块度分布,为流程优化提供反馈闭环。标准化的核心在于建立作业基准线与偏差修正机制,例如针对特殊地质构造制定差异化的装药密度标准,确保规程既具备普适性又保留弹性空间。

5.2 安全管理的系统性提升

5.2.1 基于风险分级的动态预警体系

风险分级管理需构建多维度评估模型,整合地质构造特征、设备运行状态与气象环境变量,形成动态风险图谱。美国 BHP 集团建立的“红-橙-黄”三级预警机制,通过振

动监测网络实时解析冲击波传播特征,当特定区域风险值突破阈值时,自动触发作业中断指令。智能预警终端与人员定位系统的深度融合,智利 Antofagasta 矿区部署的声光报警背心,结合北斗定位芯片与冲击波传播算法,可提前计算人员撤离最优路径。风险模型的持续优化依赖机器学习技术,中国神华集团开发的智能分析平台,通过历史事故数据训练神经网络,识别出 28 类潜在风险耦合模式。预警效能的提升需突破单向信息传递局限,建立双向反馈通道,例如德国莱茵集团应用的智能安全帽,允许作业人员实时上传现场异常信息,形成人机协同的预警生态。

5.2.2 人员培训与应急演练的常态化机制

培训体系的重构需突破传统理论灌输模式,加拿大 Teck 资源公司开发的 VR 爆破模拟系统,构建包含岩体崩塌、设备故障等 12 类高危场景的虚拟训练场,受训者通过触觉反馈装置体验冲击波超压的生理效应。岗位能力认证实施动态化管理,澳大利亚昆士兰州推行的爆破工程师星级评定制度,将实操考核与风险处置能力挂钩,五星级工程师可授权处理复杂地质条件下的特殊爆破设计。应急演练强调“无预案化”实战导向,智利 Codelco 公司设计的突袭式演练模式,随机组合天气突变、通讯中断等复合变量,检验团队的快速应变能力。培训效果评估引入神经科学原理,南非 Implats 铂矿通过脑电波监测仪捕捉受训者的注意力波动曲线,优化课程内容编排。常态化机制的建设需形成制度保障,例如日本住友金属矿山实施的“每月一练、每季一考”制度,确保技能保鲜与知识更新。

5.2.3 安全责任制度与监督体系的完善路径

责任划分需建立“技术-管理-操作”三维责任矩阵,美国 MSHA 法规明确规定爆破技术负责人对参数设计承担终身法律责任,作业班组长对现场执行负直接管理责任。监督体系构建强调多层次覆盖,俄罗斯 Norilsk 镍业实施的“三查三改”制度,要求班组每日自查隐患、部门每周交叉检查、专家每月专项督查,形成闭环整改链条。举报激励机制设计注重保护性与实效性,中国应急管理部推行的安全生产举报云平台,采用区块链技术实现匿名提交与溯源防篡,重大隐患查实后给予举报人奖励积分。绩效考核需平衡激励与约束,必和必拓集团将安全指标与管理人员 30% 的绩效薪酬挂钩,同时设立“百日安全里程碑”集体奖励基金。

监督效能的提升依赖技术创新,德国 BASF 集团开发的智能安全巡检系统,通过 AR 眼镜自动识别未系安全绳、防护装备缺失等违规行为,并实时推送纠正指令。责任追溯机制需构建全流程证据链,英美资源集团建立的爆破作业区块链存证平台,完整记录从设计参数审核到起爆指令发送的全过程操作痕迹,确保事后追溯的客观性与准确性。

安全文化的培育需渗透至作业习惯层面,日本住友金属矿山推行的“安全时刻”制度,要求作业前进行 30 秒风险冥想,通过心理暗示强化风险意识^[4]。制度完善的关键在于动态适应性,例如智利国家铜业公司每半年组织规程合规性审查,根据新技术应用与事故教训及时修订管理条款。

安全管理体系的优化本质是构建“人-机-环”协同共治机制。通过标准化的流程设计固化最佳实践,依托动态预警实现风险前移控制,借助常态化培训提升全员安全素养,最终形成责任明晰、监督有力、文化浸润的立体防护网络。未来发展方向将聚焦于数字孪生技术在流程模拟中的应用,以及人工智能辅助决策系统的深度集成,推动安全管理从经验驱动向智慧决策转型升级。

6 结语

露天煤矿爆破冲击波安全防护研究是保障矿山安全生产的核心课题,其技术体系的完善需突破传统单点防护思维,构建多学科交叉的立体防护网络。本研究通过解析冲击波的传播动力学机制与人体损伤生物力学响应,揭示了地质构造与气象要素的复合调控作用,为防护技术研发提供了理论支撑。当前防护体系仍存在技术瓶颈,澳大利亚昆士兰大学的研究指出,复杂地形条件下冲击波传播模型的预测精度亟待提升,而加拿大 Syncrude 油砂矿的实践验证,智能预警系统与人员培训体系的深度整合是突破现有防护效能的关键路径。未来的技术发展将聚焦于自适应防护材料的工程化应用,以及基于数字孪生的爆破过程实时仿真技术,前者如德国 Fraunhofer 研究所研发的相变阻尼材料,后者如中国矿大开发的智能爆破云平台,均展现出革新传统防护模式的潜力。研究同时揭示,安全管理效能的提升本质上是技术革新与制度优化的协同过程。随着 5G 通信与边缘计算技术的普及,建立矿山安全物联网平台,实现冲击波危害的实时感知与智能决策,将成为露天煤矿本质安全建设的重要方向。

【参考文献】

- [1] 周伟光. 煤矿采掘工作面的爆破安全技术分析[J]. 科技风, 2018(14): 221.
- [2] 吴明磊. 煤矿采掘爆破安全问题分析[J]. 科技风, 2019(9): 94-101.
- [3] 王鑫. 煤矿爆破安全技术的应用及措施探究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2019(22): 121-122.
- [4] 梁运照. 煤矿爆破安全技术管理对策[J]. 内蒙古煤炭经济, 2021(4): 90-91.

作者简介: 祁瑞祥(1998.9—), 毕业院校: 国家开放大学, 所学专业: 机械制造与自动化, 当前就单位: 新疆雪峰爆破工程有限公司, 职称级别: 助理工程师。

煤矿智能爆破技术的安全管理及应用前景

郭卫东 王质彬 祁瑞祥

新疆雪峰爆破工程有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]传统煤矿爆破作业常常伴随着较高的安全风险与环境污染问题,且缺乏有效的实时监控与精准控制手段。随着大数据、物联网及人工智能等技术的引入,智能爆破技术使得爆破过程能够实时优化,显著提高了作业的安全性,并有效减少了对环境的负面影响。智能爆破不仅提升了煤矿行业的安全性与环保水平,而且为矿山的智能化及绿色发展指明了重要的方向。

[关键词]智能爆破;技安全管理;应用前景

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16101

中图分类号: TD235.2

文献标识码: A

Safety Management and Application Prospects of Intelligent Blasting Technology in Coal Mines

GUO Weidong, WANG Zhibin, QI Ruixiang

Xinjiang Xuefeng Blasting Engineering Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Traditional coal mine blasting operations often come with high safety risks and environmental pollution issues, and lack effective real-time monitoring and precise control methods. With the introduction of technologies such as big data, the Internet of Things, and artificial intelligence, intelligent blasting technology enables real-time optimization of the blasting process, significantly improving the safety of operations and effectively reducing negative impacts on the environment. Intelligent blasting not only improves the safety and environmental protection level of the coal mining industry, but also points out an important direction for the intelligent and green development of mines.

Keywords: intelligent blasting; technical safety management; application prospects

引言

随着科技的飞速发展,智能化技术的广泛应用已成为提升各行业效率、安全性及环保水平的重要动力。在煤矿行业面临安全、环保及资源利用等多重挑战的背景下,智能爆破技术应运而生,成为提高开采效率及确保安全的关键手段。通过精准的监控与数据分析,智能爆破不仅提升了爆破精度,还优化了资源的开采与管理,显著减少了环境污染,展现出广泛的应用前景。探讨煤矿智能爆破技术在安全管理中的创新作用及其应用前景,重点分析智能监测系统在爆破安全中的实时预警功能,以及其对环境保护的积极影响。通过深入研究,期望为煤矿行业的智能化转型提供理论依据与实践指导。

1 智能爆破技术概述

智能爆破技术融合了先进的传感器技术、自动化控制系统、数据分析及人工智能,逐渐发展为一种高效、安全、精确的爆破手段,满足现代爆破作业的要求。核心理念是通过实时监测关键参数,在爆破过程中自动调整作业参数,同时借助大数据与机器学习技术来预测与优化爆破效果,从而实现精准控制与有效的风险管理。与传统爆破方法依赖人工经验与静态标准不同,智能爆破通过传感器与实时监控系統,能够全面采集现场数据,基于智能算法及时优化爆破参数,以达到最佳破碎效果,并减少对周围环境的扰动。通过大数据分析,智能爆破还能够建立作业模型,

进行精准的爆破预测,进一步优化爆破流程,从而提升作业效率。在露天矿山应用中,智能爆破技术不仅显著改善了矿石破碎效果,还有效减少了震动、飞石与噪音等问题,大大降低了安全隐患。随着智能化技术的持续进步,煤矿爆破作业正逐步向全面数字化管理与自动化控制过渡,实现更精细化的爆破作业管理与优化。

2 煤矿智能爆破技术的安全管理

2.1 露天矿山爆破作业的安全风险分析

露天矿山的爆破作业,由于其复杂的作业环境、广泛的作业面以及庞大的规模,通常面临着多重安全风险。震动效应是其中一个常见的安全隐患。爆破后,地震波向四周扩散,可能引发岩体崩塌或边坡滑坡等灾害,尤其是在矿区边坡或地质条件不稳定的区域,风险更为突出。飞石和飞尘问题同样是安全隐患的重灾区。岩石碎片在爆破后飞溅,不仅威胁到作业人员的生命安全,还可能损坏矿区的基础设施,从而增加事故发生的几率。除了震动与飞石,气体与烟雾的释放也是不容忽视的风险。在爆破过程中,煤矿中的有害气体(如一氧化碳、二氧化氮等)可能大量释放。特别是在封闭或半封闭的矿井环境中,这些有毒气体容易积聚,严重时甚至会引发窒息或中毒事故。因此,确保作业环境的安全,必须加强通风系统与气体监控。此外,传统爆破技术往往依赖大量的人工经验,操作中的失误常常成为潜在的安全隐患。例如,爆破孔的布置不当或

炸药装药量失衡,可能直接影响爆破效果,甚至导致未爆炸药物的遗留,这在后续作业中会带来极大的安全隐患。面对这些传统安全风险,智能化与自动化爆破技术逐渐展现出其显著优势。通过实时监控爆破环境与效果,智能爆破技术能够精准调控作业过程,有效降低人为失误带来的风险,从而保障作业的安全与高效。智能化技术的应用也伴随着新的挑战,诸如数据传输的稳定性与系统的容错能力等问题,这些问题亟需在实际操作中加以解决。因此,全面识别并防控各类安全风险,成为推动露天矿山智能爆破技术顺利应用的关键。

2.2 智能爆破技术对爆破安全管理的创新作用

智能爆破技术的引入标志着煤矿爆破安全管理进入了一个崭新的时代。与传统依赖人工控制与经验判断的方式相比,智能爆破技术融合了高精度传感器、实时数据采集与分析、自动化控制系统以及智能决策算法,显著提高了爆破作业的安全性与精准度。在作业过程中,智能爆破系统能够实时监测现场的多个关键参数,如震动幅度、气体浓度以及飞石轨迹等,这些数据被实时反馈至控制中心,作业人员能够在爆破前、过程中以及爆破后,及时识别潜在的安全隐患。通过这一即时获取信息的能力,作业人员能迅速采取必要措施。例如,若监测系统检测到震动超标或气体浓度异常,爆破参数将由智能系统自动调整,或系统会发出预警,提前预防可能发生的安全事故。通过这种实时监控与智能调控,作业的安全性得到了显著增强,也有效避免了人为疏漏和操作失误。此外,智能爆破技术还能精准优化爆破设计与执行方案,通过精确计算爆破力的分布,避免了传统方法中常见的过度爆破或不充分爆破的现象,这种优化不仅提高了爆破效果,还减少了过度震动与飞石的发生,从而降低了事故风险。智能化系统还具备远程操控与自动化执行的功能,极大减少了作业人员在高风险环境中的直接暴露。借助自动化设备,爆破作业可以在远程控制下完成,从而显著降低了人工操作中的潜在错误,进一步提高了作业的安全性。

2.3 智能监测系统与实时安全预警

智能监测系统已成为现代煤矿爆破作业中不可或缺的关键组成部分,尤其在提高安全管理水平方面,发挥着至关重要的作用。通过高度集成的传感器网络、数据采集模块及智能分析平台,系统能够实时获取爆破现场的多种环境数据,从而为安全管理提供可靠依据。监测的关键参数包括爆破前后的震动强度、空气中有害气体的浓度、飞石轨迹及气候变化等,系统的即时反馈有效支持了精确的安全管理。在爆破作业过程中,智能监测系统持续监测现场的动态变化,及时识别潜在风险。例如,当震动幅度超出预设范围,或有害气体浓度异常上升时,系统将迅速发出警报并启动自动化控制机制,调整作业参数或暂停作业。此预警机制显著提升了对突发事件的响应速度,有效减少

了人为延误带来的风险。此外,智能监测系统还具备数据存储与历史记录查询的功能,为后期分析与优化提供了重要的数据支持,通过对爆破作业数据的持续跟踪与大数据分析,系统能够识别潜在的安全隐患,并向管理层提供预警。例如,当系统长期监测到某一地区震动频率上升时,系统能够分析这一变化背后的趋势,提前进行地质评估或调整工作方案,以避免潜在的风险。借助这些先进技术手段,智能监测系统不仅显著提升了爆破作业的安全性,也有效减少了事故的发生。这使得煤矿爆破作业从传统的被动管理模式转向了更加主动与精细化的安全管理模式,为煤矿生产的智能化与自动化奠定了坚实的基础。

2.4 爆破作业的安全管理制度与责任落实

爆破作业的安全管理制度是煤矿爆破安全保障的核心框架,旨在规范作业过程,明确各级管理人员的职责与义务。在传统爆破作业中,安全管理制度往往侧重于操作规范,而随着智能爆破技术的引入,制度的内容与执行方式发生了深刻变化,逐步更加重视实时监控、精确控制与全面评估。随着智能爆破技术的广泛应用,安全管理制度需要与先进技术手段紧密结合^[1]。在制度层面,矿山企业应当构建一个综合性的管理体系,涵盖智能监测、数据分析及预警机制。具体来说,制度应当明确规定对爆破前后环境数据进行实时监控,并确保这些数据与安全管理系统的有效对接,确保每次爆破作业都有充分的数据支持与风险评估。信息化与数字化的管理方式使得作业人员能够随时掌握现场安全动态,并根据实时数据反馈及时调整作业计划或采取必要的安全措施。在爆破作业安全管理制度中,责任落实是至关重要的核心要素。为了确保安全管理工作的有效实施,制度应当明确规定各级管理人员的安全职责,并确保责任落实到人。矿山企业还需建立完善的责任追溯机制,一旦发生安全事故,能够迅速追踪问题源头并追究责任。在智能爆破系统中,操作记录与数据均可追溯,这使得责任追溯变得更加透明。无论是在爆破前的技术审查、爆破中的安全监控,还是爆破后的效果评估,每一环节的相关人员都应严格按照制度履行职责,确保操作合规、执行到位。此外,安全管理制度还应当包括对技术人员及操作人员的培训与考核,特别是在智能爆破技术应用过程中,工作人员需要具备较高的技术素养与应急响应能力。通过系统化的培训,可以显著提高员工的专业技能与安全意识,有效防止因操作失误或疏忽而导致的安全问题。

3 煤矿智能爆破技术的应用前景

3.1 智能爆破技术在露天矿山中的发展趋势

随着技术的不断进步,智能爆破技术在露天矿山中的应用前景愈加广阔,且呈现出显著的提升趋势。未来,智能爆破的精确度将在更高层次得到显著提高。传统爆破技术通常依赖于人工判断和经验积累,难以确保每次爆破都能达到最优效果。而随着传感器技术、数据分析及人工智

能的飞速发展,未来的智能爆破将更加依赖实时数据监测和自动化调整,能够根据矿山的地质条件、气象因素等多重变量,精确计算爆破参数并进行自动优化,从而实现更高效的爆破效果,减少误差的发生^[2]。随着智能爆破技术的进一步发展,它将在矿山生产流程中发挥更加重要的作用。智能爆破不再仅限于作业执行阶段,而是将与矿山的生产调度、设备管理及环境监测等系统深度融合。通过大数据平台的支持,智能爆破系统将实时与矿山生产调度系统连接,分析爆破作业对整体矿山生产流程的影响,从而确保爆破作业与其他作业环节的协调性,避免因爆破作业导致生产瓶颈或资源浪费。随着环保与安全要求的日益严格,智能爆破技术的应用也将得到进一步推动。传统爆破作业所产生的噪声、震动、飞石及粉尘等问题,正逐渐成为矿山可持续发展的瓶颈。智能爆破技术通过实时监控与动态调整,可有效减少爆破过程中对环境的污染,提高资源利用效率。未来,随着环保技术的不断进步,智能爆破将在减少噪音和废气排放方面发挥更大作用,进一步降低对生态环境的负面影响。随着矿山智能化和自动化水平的不断提升,智能爆破技术的普及将不断加速。自动化设备和无人驾驶技术的不断成熟,将使智能爆破作业在更大程度上实现无人化与远程操作,这一变化不仅能显著提高作业安全性,还能有效减轻作业人员的劳动强度,预计将在提高生产效率、降低作业风险等方面发挥越来越重要的作用。

3.2 煤矿智能爆破技术的环境影响与生态效益

煤矿智能爆破技术的应用不仅标志着对传统爆破作业的一次技术革新,而且在环境保护和生态效益方面展现出了显著的优势。传统爆破作业通常伴随着较大的环境压力,包括噪声、震动、粉尘和飞石等问题,这些问题不仅对矿区周围的生态系统造成了负面影响,还可能影响到邻近居民的生活质量。智能爆破技术通过精准的数据监控和自动化调控,有效地减少了这些环境问题的发生。通过精细调控爆破参数,智能爆破技术能够有效减轻震动、噪音及飞石对环境的负面影响。实时监测爆破区域的地质条件使得系统能够根据现场情况优化爆破方案,确保爆破能量

的输出更加集中和精准,从而最小化对周围环境的干扰。例如,爆破的时间和力度可以根据实际情况调整,从而避免过度震动对矿山设施及生态环境造成不必要的损害。在减少粉尘污染方面,智能爆破技术同样发挥了重要作用,精准控制爆破方式,过度爆破所释放的煤尘及其他有害气体被有效避免。同时,智能监测系统能够与矿区的环境监测系统对接,实时反馈爆破过程中粉尘浓度和气体排放情况,确保污染物的排放符合环保标准。这不仅提高了煤矿的环保合规性,还为周围生态环境的恢复创造了有利条件^[3]。此外,智能爆破技术还在矿山资源的高效利用上产生了积极的生态效益,通过精准分析地质条件,智能系统大幅度减少了不必要的资源浪费,提升了矿石的提取率。这不仅提高了煤矿的经济效益,还减少了矿山开采过程中对土地和水资源的过度开发,从而有效降低了煤矿开发对自然生态环境的负面影响。

4 结语

煤矿智能爆破技术在提升作业效率、确保安全性以及保护环境方面展现出了显著的潜力。借助精确的监测设备与数据分析,智能爆破不仅有效降低了安全隐患与环境污染,还大幅提高了资源的利用率。随着技术的不断进步,智能爆破将在露天矿山中得到更广泛的应用,推动煤矿行业朝着绿色、安全与智能化的方向转型。技术的广泛应用仍面临着成熟度、人员培训及管理制度等方面的挑战。尽管如此,智能爆破技术有望成为煤矿行业可持续发展的重要推动力量,并助力矿山生产方式的转型升级。

【参考文献】

- [1]付天光,张家权,葛勇,等.逐孔起爆微差爆破技术的研究和实践[J].工程爆破,2006,12(2):4.
- [2]李萍丰,范廷翔,许献磊,等.露天矿山智能爆破关键技术及应用[J].工程爆破,2024,30(5):171-182.
- [3]杨军,李立杰,刘红岩.露天台阶爆破智能设计系统研发及应用[J].金属矿山,2025(1):160-167.

作者简介:郭卫东(1994.4—),毕业院校:安徽理工大学,所学专业:弹药工程与爆炸技术,当前工作单位:新疆雪峰爆破工程有限公司,职称级别:工程师。

无人机遥感技术在工程测量中的应用

王 刚

河北宝宇测绘服务有限公司, 河北 保定 071000

[摘要] 随着国家建设步伐的加快和工程规模的不断扩大, 对工程测量的要求也日益提高。工程测量作为工程建设的基础, 其精确性和高效性直接影响到整个项目的进展和质量。随着计算机技术的不断发展, 我国的无人机产业也取得了显著进步, 尤其是无人机遥感技术, 为测绘工程提供了更多的优势和可能。在工程测量中应用无人机遥感技术, 能够显著提升工作效率和测量精度。文中探讨无人机遥感技术在测绘工程中的创新应用, 旨在为未来的工程测量实践提供有益的参考。

[关键词] 无人机遥感技术; 工程测量; 技术应用

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16117

中图分类号: P41

文献标识码: A

Application of Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing Technology in Engineering Surveying

WANG Gang

Hebei Baoyu Surveying and Mapping Service Co., Ltd., Baoding, Hebei, 071000, China

Abstract: With the acceleration of national construction and the continuous expansion of engineering scale, the requirements for engineering surveying are also increasing. As the foundation of engineering construction, the accuracy and efficiency of engineering surveying directly affect the progress and quality of the entire project. With the continuous development of computer technology, China's drone industry has also made significant progress, especially in drone remote sensing technology, which provides more advantages and possibilities for surveying and mapping engineering. The application of drone remote sensing technology in engineering surveying can significantly improve work efficiency and measurement accuracy. The article explores the innovative application of unmanned aerial vehicle remote sensing technology in surveying and mapping engineering, so as to provide useful references for future engineering surveying practices.

Keywords: unmanned aerial vehicle remote sensing technology; engineering surveying; technical application

引言

随着科技不断进步及应用范围的扩展, 无人机遥感技术在各行各业中的应用变得日益广泛, 特别是在工程测量领域, 展现出了显著的优势与巨大潜力。作为各类建设工程中的基础性工作, 传统的测量方法通常依赖人工操作及地面设备, 尽管能够完成基本的测量任务, 但在复杂地形、恶劣环境条件或大规模项目中, 效率低、精度差及高成本等问题常常不可避免。无人机遥感技术则通过高效的飞行平台及先进的传感器设备, 使工程测量工作变得更加精准、便捷且经济。无人机的灵活性与其搭载的高精度传感器, 能够在复杂的地理环境中实现快速而精准的数据采集, 同时有效降低了人工操作的风险与成本。无人机遥感技术在测量数据采集、处理及分析等方面提供了前所未有的便利, 尤其在大范围地形测量、城市规划、灾害监测与基础设施建设等领域, 应用前景广阔。具体应用、优势、运作流程及现状发展将是本研究的探讨重点, 旨在为工程测量行业的技术创新与发展提供理论依据与实践指导。

1 无人机遥感技术在工程测量中的应用优势

1.1 监测尺度大

无人机遥感技术在工程测量中展现了诸多显著优势, 其中之一便是其广泛的监测范围。传统的测量方法通常受

到地形、设备及人力资源的制约, 导致大范围数据采集往往难以在短时间内完成。与之相比, 无人机遥感技术凭借其高空飞行能力及先进的传感设备, 能够迅速覆盖广阔区域并获取高精度测绘数据。尤其是在地形复杂、环境恶劣或人类难以到达的区域, 如山区、森林、河流与湿地等, 地面条件的限制往往被无人机所突破, 全面的监测信息得以提供。此外, 多种传感器可被无人机搭载, 如光学相机、激光雷达 (LiDAR) 与热成像仪等, 满足不同测量需求的同时, 增强了其在工程测量中的适应性与灵活性, 进而提升了该技术的广泛应用价值。

1.2 监测效率高

无人机遥感技术在工程测量中的应用展现了显著的高效性优势。与传统的地面测量方法相比, 能够在短时间内完成广泛区域的数据采集的, 正是无人机技术, 这显著提高了测量工作的时效性。传统测量往往依赖人工操作, 整个过程需要大量的时间和人力, 而无人机遥感技术通过预设飞行路线, 能够自动执行测量任务, 减少人工干预, 从而提高作业的连续性与精确性^[1]。此外, 高分辨率传感设备被搭载于无人机上, 使其能够在单次飞行中获取大量影像和测绘数据。借助后续的数据处理技术, 高精度的地形图、三维模型等成果迅速生成。如此一来, 测量周期不

仅大大缩短,而且工程项目的整体工作效率得以提高,确保了工程能够按时推进。

1.3 兼容性更高

无人机遥感技术在工程测量中的应用展现出了更高的兼容性,能够满足多种测量需求,并适应复杂的环境条件。与传统测量方法通常依赖单一设备或特定技术,难以应对不同工程场景下的多样化要求相比,无人机遥感技术具备更大的灵活性。多种设备,如光学相机、激光雷达(LiDAR)、多光谱传感器和热成像仪等,能够被无人机搭载,全面采集地形地貌、建筑结构、植被覆盖及温度分布等不同类型的信息。此外,采集到的无人机遥感数据能够兼容各种GIS(地理信息系统)与BIM(建筑信息模型)平台,支持数据的高效处理、共享与分析,从而推动了工程测量的智能化发展。

1.4 测量成本更低

无人机遥感技术在工程测量中的应用展现出了显著的成本优势。与传统的测绘方法相比,能够显著降低人力、时间和设备投入的,正是无人机技术。传统测量通常需要大量专业人员携带精密仪器进行现场操作,尤其在复杂地形或危险区域,工作成本不仅较高,还伴随较大的安全风险。而通过自动化飞行与远程操控,无人机能够迅速完成大范围的数据采集,减少人工操作时间,从而有效降低劳动力成本。此外,相较于载人航空测绘,无人机的采购和维护费用较低,且可重复使用,这进一步降低了长期测绘成本。数据处理效率较高的无人机遥感技术,能够显著缩短后期数据分析与处理的时间,提升工程测量的经济效益,成为现代测绘工程中高性价比的理想选择。

2 测绘工程测量中无人机遥感运用流程

在测绘工程中,无人机遥感的应用通常包括四个主要阶段:任务规划、数据采集、数据处理以及结果应用。在任务规划阶段,测量人员根据项目需求与现场实际情况,制定详细的飞行计划,明确飞行区域、飞行高度、飞行路线及传感器配置等,确保无人机能够覆盖所需的测绘区域,同时满足安全操作标准。数据采集阶段,借助精确的飞行控制,无人机利用搭载的传感器(如光学相机、激光雷达等)高效采集地面信息,包括地形图像、三维点云数据及温度分布等。这些数据会被实时传输至地面控制中心,进行初步存储与处理。接下来的数据处理阶段,大量原始数据会被测绘人员进行后续处理与分析,运用图像处理、三维建模、地理信息系统(GIS)等技术,数据会被转化为具有应用价值的测量成果,如数字高程模型(DEM)、数字表面模型(DSM)及正射影像图等^[2]。最后,经过处理的数据将被应用于工程设计、地质勘察、城市规划等多个领域,为决策提供支持,推动后续工作开展。

3 无人机遥感技术的发展现状分析

近年来,随着无人机遥感技术的迅速发展,该技术已

广泛应用于工程测量、环境监测、农业监控等多个领域。无人机平台技术的进步及遥感传感器的创新,推动了其性能提升与应用范围的不断拓展。随着无人机飞行控制技术与电池续航能力的提升,能够执行更长时间、更远距离飞行任务的现代无人机,显著提高了数据采集的效率与覆盖范围。同时,遥感传感器的不断发展,使得无人机遥感技术在多样性与精确度上不断取得突破,特别是在激光雷达(LiDAR)、红外热成像、光学成像与多光谱传感器的集成应用方面,能够提供精准解决方案,满足不同测量需求。此外,数据处理能力也得到了显著增强,借助大数据分析、人工智能与云计算技术,处理效率与数据精度得到了大幅提升,推动了无人机遥感技术在大规模测绘项目中的广泛应用。然而,尽管无人机遥感技术取得了显著进展,仍面临一些挑战,如数据处理的复杂性、标准化问题、飞行安全性及隐私保护等,这些因素仍然影响着技术的进一步普及与优化。

4 工程测量工作中无人机遥感技术的应用分析

4.1 地质灾害区域的检测

无人机遥感技术具有自动化数据信息加载的功能,在实际应用中能充分发挥其优势,利用遥感测绘全面获取数据。该技术能够事先规划无人机的飞行路线,确保顺利进行工程测量并采集所需数据,从而提高检测效率。在地质灾害区域进行测绘时,无人机遥感技术可对检测环境进行分析,完成拍摄补偿、曝光延迟等工作,确保数据处理的高效性。对于数据中的错误和误差,无人机遥感技术能够进行筛选和修正,确保各项工作顺利进行。此外,地质灾害区域的工程测绘对成像清晰度要求较高,因此需要特别重视,确保在应用无人机遥感技术时,各环节的工作高效开展,不受环境因素影响,从而提高工程测量的效果,充分发挥无人机遥感技术在救援中的作用。

4.2 复杂地区的应用

在工程测量中,尤其在地形复杂、交通不便或环境恶劣的地区,无人机遥感技术展现了显著的优势。传统测量方法在这些区域常常面临巨大挑战。例如,在山地、峡谷、湿地或密林等地,地形和自然条件的限制,使得现场作业往往无法有效进行,且人工操作的难度大、风险高。而无人机遥感技术凭借其灵活的飞行能力,能够突破这些障碍,迅速穿越复杂地形,进行高效的数据采集。在地形起伏较大的山区或峡谷,传统测量通常需要大量人力和时间,而通过精确的飞行规划,无人机能够覆盖整个区域,迅速采集高精度数据,从而极大地提升了工作效率。此外,配备的多种传感器,如激光雷达(LiDAR)和高清相机,使得无人机能够在复杂地形中获取详尽的三维数据与地面信息,生成数字高程模型(DEM)和地形图,从而提供精确的地理信息^[3]。即使在极端天气条件下,任务依然能够由无人机执行,减少了人力风险,尤其在恶劣天气环境下,

数据采集得以持续进行,避免了传统测量方法因天气原因中断作业。

4.3 海拔较高区域的应用

在工程测量中,无人机遥感技术在高海拔区域的应用具有重要价值,特别是在山区、高原及丘陵等地。由于这些地区地势险峻、气候恶劣、空气稀薄,传统的地面测量方法往往面临许多限制。此类环境下,传统测量不仅需要大量人工投入,而且可能由于环境条件的影响,作业效率降低,数据精度下降。例如,在高海拔地区,由于低气压和寒冷天气,测量设备容易出现故障或性能下降,同时人工测量对工作人员的身体负担较大,甚至存在安全风险。相比之下,无人机遥感技术能够通过远程操控和高度自动化的飞行控制,在严苛的高海拔环境下稳定工作,显著减少人为干预,提高作业效率。复杂地形能够被无人机轻松克服,悬崖、山脊等难以到达的区域也能被飞越,进行精确的高程及地形数据采集。此外,搭载的多种高精度传感器,如激光雷达(LiDAR)和高清相机,使得详细的三维点云数据、数字高程模型(DEM)以及正射影像能够提供,从而帮助工程师精准地测量地形起伏、建筑物分布及基础设施布局。通过这些数据,工程设计人员能够更加科学地规划和评估高海拔地区的项目。使用无人机进行高海拔测量,还能有效降低人员在恶劣环境中的暴露风险,提高作业安全性,同时显著节省时间和成本。

4.4 提高每一环节数据检测准确性

在工程测量中,无人机遥感技术显著提升了各环节的数据检测准确性。传统的测量方法常依赖人工操作,这使得测量数据容易受到人为因素的影响,从而产生误差或遗漏,尤其在面对复杂地形或大规模测量任务时,这一问题尤为突出。相比之下,无人机遥感技术借助高精度飞行控制系统与先进的传感设备,能够在高度稳定的状态下进行数据采集,确保精准性。例如,搭载激光雷达(LiDAR)和高清摄像头的无人机,能够在较短时间内获取大量高精度地面数据,并生成高分辨率的三维点云与数字高程模型(DEM),从而确保每个细节都得到精确记录。在数据采集时,飞行路径的预设使得无人机能够自动调整飞行高度、速度及拍摄角度,确保覆盖范围全面,避免遗漏,从而提升整体测量的精度。人工干预带来的误差与偏差,通过无人机的自动化操作得到了有效减少,同时精准的定位技术也能避免测量误差的积累,保障数据的一致性与可靠性^[4]。实时传输与后期自动化处理使得测量数据能够即时进行检查与修正,进一步提高了数据的精度与实用性。

4.5 城市规划中的应用

在城市规划中,巨大潜力的展现是无人机遥感技术在

数据采集、分析及决策支持方面的关键所在。随着城市化进程的加快,城市规划面临着更为复杂的挑战,涉及土地利用、交通网络、环境保护等多个方面的协调与整合。传统的城市测量方式通常需要投入大量人力与时间,且在短期内,准确、全面的城市数据往往难以提供。相比之下,无人机遥感技术通过搭载高精度传感器,如激光雷达、高清摄像机与多光谱相机等,能够迅速全面地收集有关城市地形、建筑、道路与植被等各种信息,极大地提高了数据采集的效率与精度。凭借灵活的飞行路径,广阔的城市区域能够覆盖,无人机即便在复杂或高密度城区内也能顺利进行数据采集,避免了传统地面测量在交通拥堵与地形限制下的局限性。通过获取的高清影像与三维数据,城市空间结构可以更加直观地了解,从而为城市扩展、土地规划以及公共设施布局等方面提供科学依据。此外,借助无人机遥感技术生成的数字高程模型(DEM)与三维城市模型,虚拟仿真可以在规划过程中进行,帮助决策者更好地评估不同方案对城市环境的潜在影响。尤其在环境监测与灾害管理领域,实时监控城市变化成为可能,如土地利用变动、建筑新增与绿地减少等,无人机遥感技术为城市可持续发展提供了坚实的数据支持。

5 结语

在工程测量中,无人机遥感技术的引入,带来了显著的变革,数据采集的精度与效率因此显著提升。凭借高效的作业方式、灵活的应用场景以及较低的成本,尤其是在复杂地形、广袤区域及高风险环境下,独特的优势得到了充分展现。随着技术的不断发展与完善,未来,无人机遥感技术将在工程测量领域承担更加关键的角色,推动行业向更精确、高效及智能化的方向迈进。为工程项目的顺利推进及高质量建设提供坚实的技术支持,其广泛应用将不可避免。同时,创新与进步在工程测量领域的新前景,也被这一技术的引入所开辟。

[参考文献]

- [1]侯德广.无人机遥感技术在工程测量中的应用研究[J].散装水泥,2025(1):151-153.
 - [2]周才,刘娟.无人机遥感技术在工程测量中的应用[J].测绘与空间地理信息,2024,47(1):179-180.
 - [3]杜建丽.无人机遥感技术在工程测量中的应用研究[J].华北自然资源,2022(4):108-110.
 - [4]王志勇.无人机遥感技术在工程测量中的应用[J].世界有色金属,2022(4):173-175.
- 作者简介:王刚(1991.1—),毕业院校:中国石油大学(华东)所学专业:土木工程,当前就职单位:河北宝宇测绘服务有限公司,职务:生产部长,职称级别:工程师。

测绘地理信息新技术探讨

李大亮

承德市自然资源和规划局高新技术产业开发区分局, 河北 承德 067000

[摘要]随着科技的不断进步, 测绘地理信息技术在多个领域的应用日益广泛。从传统的人工测量手段到现如今的高精度测量系统、无人机遥感技术和智能化技术, 测绘地理信息技术已经进入一个崭新的发展阶段。现如今, 随着大数据、云计算和人工智能的应用, 测绘地理信息的处理能力和效率得到显著提升。文中通过对现代测绘地理信息技术的探索, 分析了当前新兴技术的发展趋势及其在不同领域中的广泛应用, 如城市规划、环境保护、交通管理、灾害监测等, 为未来技术的创新和发展提供宝贵的思路和参考。

[关键词]测绘技术; 地理信息系统 (GIS); 遥感技术; 无人机; 人工智能; 大数据

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16100

中图分类号: P205

文献标识码: A

Exploration on New Technologies in Surveying and Mapping Geographic Information

LI Daliang

Chengde Natural Resources and Planning Bureau High-tech Industrial Development Zone Branch, Chengde, Hebei, 067000, China

Abstract: With the continuous advancement of technology, the application of surveying and mapping geographic information technology is becoming increasingly widespread in multiple fields. From traditional manual measurement methods to today's high-precision measurement systems, unmanned aerial vehicle remote sensing technology, and intelligent technology, surveying and mapping geographic information technology has entered a new stage of development. Nowadays, with the application of big data, cloud computing, and artificial intelligence, the processing capability and efficiency of surveying and mapping geographic information have been significantly improved. Through the exploration of modern surveying and mapping geographic information technology, this article analyzes the current development trends of emerging technologies and their wide applications in different fields, such as urban planning, environmental protection, traffic management, disaster monitoring, etc., providing valuable ideas and references for future technological innovation and development.

Keywords: surveying and mapping technology; geographic information system (GIS); remote sensing technique; unmanned aerial vehicle; artificial intelligence; big data

引言

随着全球信息化进程的加速, 地理信息的获取、管理、分析与应用变得越来越重要。测绘技术, 作为地理信息获取的核心手段之一, 近年来得到了快速发展。尤其是随着遥感技术、无人机技术、大数据与人工智能的结合, 测绘技术的应用领域不断扩展, 推动了地理信息技术在工程建设、城市管理、环境保护等多个领域的深度融合。

1 新技术的背景与发展

1.1 无人机技术的应用

无人驾驶飞机 (UAV) 技术, 伴随其性能的持续增进, 已成为精密测绘领域不可替代的重要工具。常规的地面测量方法往往需要大量的人力与时间, 且在环境条件方面存在限制, 无人机技术的引进突破了现有的这些瓶颈, 无人机搭载高精度摄影仪器, 如高分辨率的 RGB 相机、激光雷达 (LiDAR) 等仪器, 可快速、精准地收集地面信息。经由对这些数据的数字化处理手段, 可生成有着高精度的地图和三维模型, 可广泛应用到土地管理、城市建设、工程测量等众多领域。无人机技术凭借其出色的灵活性, 尤其

适用于诸如复杂或危险之类的环境, 如山地、河流、遭受灾害的地区。跟传统测量方法比起来, 无人机的操作成本低, 工作效率却相当高, 尤其是在应对灾害的紧急响应阶段, 可立马提供关键的数据支撑。在农业范畴中, 无人机凭借精确的监测手段, 协助农民达成精准的管理模式, 带动农业生产效率增长。伴随技术的发展, 无人机在这些领域的应用会一直扩展, 成为不可替代的核心工具^[1]。

1.2 遥感技术的突破

遥感技术借助卫星、飞机、无人机等搭载传感器的平台, 收集地球表面的各类数据信息, 已经成为现代测绘地理信息技术的关键核心组成。遥感技术的优势是实现大范围、实时、高效的信息收集, 无需对目标地面进行直接接触, 这使它在诸多领域具有独特的应用意义。伴随传感器技术的不断演进, 遥感设备的精度及功能不断升级, 可获取更加丰富多样、多维度的数据。比如红外成像、激光雷达扫描这样的, 数据处理技术呈现出进步态势, 让遥感数据处理效率以及精度明显改善, 可迅速完成大规模数据分析与建模。环境监测、资源调查、城市规划等领域已广

泛应用了遥感技术,遥感可辅助对自然灾害(像洪水、干旱、森林火灾等)的发生与发展进行监测,实时传送灾情方面信息,也可为灾后重建工作给予数据方面的保障。在农业、林业这类领域,遥感技术还能用于如监测作物生长、评估森林资源等事项,切实提升资源管理的精确性与效率。伴随传感器和数据处理技术的持续突破,遥感技术的应用领域会进一步延伸拓展。

1.3 人工智能与大数据的融合

人工智能(AI)跟大数据技术的迅速发展,大幅促进了测绘地理信息技术的变革进程,这两项技术实现融合,使地理信息的处理、分析和应用实现更高层次的智能化与高效化。人工智能凭借深度学习、模式识别等技术,能以自动化方式对大量地理数据进行分析挖掘,探寻潜在的规律与走向。基于AI的图像识别技术能在卫星影像中自动把建筑物、道路、水体等地物信息提取出来,有效提升数据处理的效率及精度。大数据技术为这些数据赋予了强大的处理能力,使庞大地理信息数据的存储及分析成为可能,采用大数据分析,可实时对环境变化进行监测、对未来趋势加以预测,推动决策制定的进行。就地理信息的管理而言,大数据技术使数据存储、管理、查询与共享更具高效性,可迅速处理来自不同渠道的大规模数据。人工智能与大数据结合的情况下,空间数据分析变得更加精准且个性化,能达成对地理信息的实时更新、动态监控,两者之间的协同效应,助力城市规划、环境监测、灾害预警等多个领域实现技术进步,在未来测绘地理信息工作中,其作用会愈发重要^[2]。

2 新技术的应用领域

现代测绘技术的新进展,使其在多个领域的应用更加广泛。以下是几大领域中的应用实例。

2.1 城市建设与管理

在现代城市开展规划与建设期间,测绘地理信息技术的应用扮演着极其关键的角色。伴随科技的不断演进,普遍应用了遥感技术和无人机技术,让城市规划者得以用更精准的方式获取地理信息。这些技术利用卫星和无人机对城市及其周边地区进行高分辨率影像采集,助力规划者实时监测城市环境与土地利用的变动。这些数据可呈现城市现状的详细图景,透露土地利用状况、自然资源分布、交通网络布局等关键要点,作为制定科学规划与相关决策的基础。

采用大数据分析技术,促使城市规划的科学性和可操作性进一步提高。依靠大数据分析,城市规划者可针对城市的交通流量、环境污染、能源消耗等开展动态的监测工作,规划者可借助交通流量数据优化交通网络,增加道路利用的效率。环境污染监测数据可为制定空气质量管理相关策略给出依据,进而提高居民的生活水平。实施资源利用数据的分析,能促进城市资源的合理配置,增进资源运用效率,助力可持续发展。为了建设智慧城市,就需要依

托这些先进的测绘技术和数据分析工具,与人工智能、物联网等技术相结合,实现城市的智能管理。借助实时数据的收集与剖析,可以为城市的运行实时给出反馈,实现城市各项功能的优化,增进城市管理的效率和精准水平,为市民创建更方便、舒适、绿色的生活空间。测绘地理信息技术在城市规划及建设实践中的应用,而且提升了城市规划的科学水平,还为智慧城市的构建提供了强大的技术后盾^[3]。

2.2 环境监测与灾害管理

环境监测与灾害管理是测绘地理信息技术里十分关键的应用领域,尤其是在面对日趋严峻的环境挑战以及自然灾害时,这些技术给予了有力支撑。遥感技术可充当高效的数据采集手段,可以借助卫星、无人机以及飞机等平台,对大范围区域进行实时检测。该技术尤其适用于自然资源的监测与管理,如水资源、森林、农田这些相关领域,依靠遥感图像,环保部门可全面掌握水域面积变化、森林覆盖率、农田耕种状况等,从而及时察觉到资源的变化和潜在的生态相关问题。采取有力的保护手段,防止资源过度开发造成环境退化现象产生。

遥感技术同样可提供气候变化、空气污染等方面的重要资料,协助政府和环保机构针对环境污染和气候变化等问题迅速做出反应。伴随遥感技术的改进,获取的信息愈发精准,监测范围稳步扩大,为环保工作提供了更周全的数据支撑。

就灾害管理而言,应用人工智能使得灾害预警系统的智能化水平有了极大提高。采用人工智能技术,灾害预警系统可实时处理海量传感器与遥感数据,快速辨认潜在的各类自然灾害。像地震、洪水、火灾这类,人工智能可依据历史数据和实时监测信息开展模式识别,预估灾害发生概率以及影响范围,以此为灾害响应给出精准的决策支撑,这让灾害预警和响应在及时性和有效性方面更上一层楼,减少灾害所致的损失,强化应急救援的效率水平。

2.3 精准农业

在精准农业的领域中,应用测绘地理信息技术,正在改变传统农业的生产方式,促进农业向更智能化、精细化的方向进步。依靠遥感技术以及无人机拍摄,实现了对农田和作物更高效精准的实时监测。无人机搭载高清摄像头和多光谱传感器达成,可对大面积农田开展高分辨率拍摄,获得有关土壤、气候、作物生长状况等多维度的资讯。这些数据为农业生产提供了细致的依据内容,协助农业管理者及时知晓农田实际情形,监测作物健康情况,可察觉作物生长期间存在的病虫害或营养缺乏现象,迅速采取针对性措施,增强作物的质量水平。

运用大数据技术,农业生产不光能对现有的情形做精确分析,还能够预估未来的趋势走向。经过对多年来气候、土壤、作物生长等历史数据的收集分析,农业专家可更有效地把握不同区域的气候特点与土壤条件,为作物选定最

佳种植时间、恰当规划种植结构提供支撑。大数据分析有助于达成预测市场需求这一目的,实现农业生产供应链管理的优化,减轻过度生产或者生产短缺的情形,完成了人工智能技术的引入,让农业生产在作物种植、施肥、灌溉等方面的实施更精准。AI 技术可按照实时数据自动对施肥量、灌溉周期等农业操作作出调整,杜绝资源无意义的浪费,最大程度增进农业效益。采用精准灌溉技术,依照土壤湿度、天气预报等数据对灌溉系统做自动控制,保证作物在最适宜的环境里生长,既做到节水又提高了作物产量^[4]。

3 新技术面临的挑战与问题

3.1 数据处理与存储问题

在现代测绘技术范畴中,尤其在遥感技术与无人机测绘领域,生成的数据量往往巨大。这些数据有地形、地貌、建筑物等各式各样的信息,一般都需要高精度与高分辨率的存储操作,且在时间要求上较为迫切。大数据技术的应用为海量数据的存储与处理提供了有效的解决方案,然而,在处理速度与精度之间寻求平衡仍旧是技术领域面临的一项挑战。特别是在数据存储过程中,如何运用分布式存储、云计算等先进技术确保数据的安全性、完整性,同时降低存储与计算成本,仍存在诸多挑战。随着人工智能技术的不断进步,利用深度学习等技术进一步提升数据处理效率,减少人工干预,实现数据分析与信息提取的自动化,已成为行业发展的关键方向。数据传输的稳定性与速率,尤其是在偏远地区应用时,依赖于先进的通信技术和传输网络。如何在确保数据质量的前提下,优化数据处理、存储及传输流程,是未来技术发展的核心议题^[5]。

3.2 法规与标准化问题

伴随着无人机、遥感卫星和其他新兴测绘技术大规模应用,由此带来的法律和伦理问题也日渐引发关注。无人机飞行及相关遥感数据的采集,不仅于技术层面促成了创新,还在隐私保护、环境影响、社会秩序等方面抛出了严峻挑战。无人机体现出的高效能与低成本,让其在地理信息采集、环境监测、灾害救援等多个领域得到普遍应用。采用这种技术同样会造成隐私侵犯的风险,无人机可在未得到许可的情形下对个人或私人场所进行拍摄,可能会侵犯个人的隐私权。遥感卫星采集数据时,也可能造成国家安全和商业机密的泄露,尤其是在涉及对敏感地区及重要基础设施监控期间。在大量国家与地方,针对这些新兴技术的法律条文依旧不完善,缺少专门对技术应用起到规范作用的法律框架,导致技术被过度使用及滥用的风险升高。鉴于法律的滞后状态,无法切实保障公众的隐私与安全,也无法充分推动技术实现健康发展。

3.3 技术人才短缺

伴随着测绘地理信息技术的不断进步,尤其是无人机遥感、空间数据处理、地理信息系统(GIS)和大数据分析等前沿技术被迅猛应用,行业对专业技术人才的需求呈现出不断上扬的趋向,眼下在这些高端技术范畴,专业的合格人才仍旧短缺。即便相关学科的教学体系逐步改进,但鉴于技术更新换代的频率远远超出了传统教育体系的适应能力,目前的人才培养体系大多滞后于技术的演进,致使毕业生的理论知识跟实际应用有较大差距。尤其是在无人机遥感、空间数据分析、智能化地图制作等技术范畴,不少学生于学校阶段还未接触最新的技术工具和应用案例,缺乏必要的实践经验以及创新素养。这不仅掣肘了学生在实际项目中的表现,还让他们在发展迅速的行业中无法迅速适应工作需求^[6]。

4 结语

测绘地理信息技术的快速发展,不仅改变了传统测绘的方式,还为各行各业的科学研究和实际应用提供了强大的支持。从无人机技术、遥感技术到人工智能和大数据的结合,每一项技术的进步都推动了测绘地理信息领域的发展。未来,随着技术的不断创新,测绘地理信息技术将在更多领域中发挥越来越重要的作用。然而,要实现技术的全面应用,还需要克服一些技术和法律等方面的挑战。因此,继续加强技术研发、人才培养及法律法规建设,才能使测绘地理信息技术在社会各个层面得到更好应用。

[参考文献]

- [1]李伟,闫浩文,周亮,等.测绘遥感地理信息新技术服务于数字中国智慧社会建设的研究进展[J].测绘地理信息,2020(2):1-10.
 - [2]王淑华.测绘地理信息科技融合新技术助力空间规划编制研究[J].产业创新研究,2024(9):104-106.
 - [3]张惠子.测绘地理信息新技术探析[J].世界有色金属,2020(19):127-128.
 - [4]薛锟.测绘新技术在测绘与地理空间信息获取中的应用[J].住宅与房地产,2020(6):204.
 - [5]赵乙泽.测绘新技术在测绘与地理空间信息获取中的应用[J].中国高新科技,2020(3):113-114.
 - [6]龚强.测绘地理信息科技融合新技术助力空间规划编制[J].测绘与空间地理信息,2018,41(9):1-3.
- 作者简介:李大亮(1986.5—),毕业院校:东北农业大学,所学专业:法学,当前就职单位:承德市自然资源和规划局高新技术产业开发分局,职务:科员,职称级别:助理工程师。

传统建筑设计元素在现代建筑中的应用

肖家恒

九易庄宸科技（集团）股份有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要] 传统建筑设计元素蕴含深厚的文化内涵与美学价值，将其融入现代建筑中，不仅能够延续历史文脉，还能赋予建筑独特的地域特色与艺术魅力。文中探讨了传统建筑元素在现代建筑设计中的应用方式及其意义，通过分析传统元素的符号化、材料创新和功能转化，揭示其在当代建筑语境下的适应性与可能性。传统与现代的结合并非简单的复制粘贴，而是需要基于文化传承与技术创新的深度融合。文章还提出了如何在设计实践中平衡传统与现代的关系，并通过案例分析展示了这一理念的实际应用效果。文中强调了传统建筑设计元素在塑造可持续建筑文化中的重要作用。

[关键词] 传统建筑；现代设计；文化传承；符号化；功能转化

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16111

中图分类号: TU2

文献标识码: A

The Application of Traditional Architectural Design Elements in Modern Architecture

XIAO Jiaheng

Jiuyi Zhuangchen Technology (Group) Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Traditional architectural design elements contain profound cultural connotations and aesthetic values. Integrating them into modern architecture not only continues the historical context, but also endows the building with unique regional characteristics and artistic charm. The article explores the application and significance of traditional architectural elements in modern architectural design. By analyzing the symbolization, material innovation, and functional transformation of traditional elements, it reveals their adaptability and possibilities in the context of contemporary architecture. The combination of tradition and modernity is not simply copying and pasting, but requires a deep integration based on cultural heritage and technological innovation. The article also proposes how to balance the relationship between tradition and modernity in design practice, and demonstrates the practical application effect of this concept through case analysis. The article emphasizes the important role of traditional architectural design elements in shaping sustainable architectural culture.

Keywords: traditional architecture; modern design; cultural inheritance; symbolization; functional transformation

引言

建筑是文化的载体，也是时代的缩影。在全球化背景下，现代建筑逐渐趋向同质化，而传统建筑设计元素则成为重塑地域特色的重要工具。如何将传统文化精髓融入现代建筑语言，成为当今建筑设计领域的重要课题。本文以传统建筑设计元素在现代建筑中的应用为切入点，探讨两者结合的可能性与实践路径。通过分析传统元素的美学价值与技术潜力，本文旨在为建筑师提供理论支持与实践参考，同时唤起公众对本土文化传承的关注与思考。

1 传统建筑设计元素的价值重估

传统建筑设计元素蕴含着丰富的文化内涵和历史积淀，它们不仅是建筑形式的体现，更是特定地域、时代与社会背景下的智慧结晶。在现代建筑快速发展的今天，重新审视这些传统元素的价值显得尤为重要。通过对传统建筑符号、结构体系以及空间布局的研究，可以发现其中许多设计手法仍然具有极高的实用性和美学意义。中国传统建筑中的木构架体系不仅体现了精湛的工艺技术，还展现了人与自然和谐共生的设计理念。这种设计理念在当今倡导可持续发展的背景下，为现代建筑提供了重要的参考价

值。传统建筑中注重空间序列与光影变化的手法，也为现代建筑创造独特的场所精神提供了灵感来源。

传统建筑设计元素的价值并不仅仅局限于其形式美感或技术优势，更在于其所承载的文化记忆与身份认同。在全球化浪潮下，现代建筑逐渐趋向于国际化风格，导致地方特色逐渐丧失。而传统建筑元素的应用则成为重塑地域文化特征的重要手段。通过提取传统建筑中的装饰图案、色彩搭配以及材料肌理等元素，并将其融入现代建筑设计中，能够有效增强建筑的文化属性。这种融合还能促进公众对本土文化的认同感与自豪感。从专业角度来看，这一过程需要建筑师具备深厚的历史文化素养和敏锐的设计洞察力，以确保传统元素在现代语境下的合理运用，避免简单复制或生搬硬套。

在实际应用中，传统建筑设计元素的价值重估还需要结合现代技术手段进行创新性转化。借助参数化设计工具，可以将传统建筑中的复杂几何形态转化为符合当代审美的新形式；利用新型环保材料替代传统建材，则可以在保留传统质感的同时提升建筑性能。数字化建模技术的发展也为传统建筑元素的研究与应用提供了全新视角。通过三

维扫描与虚拟现实技术,可以精确还原传统建筑的空间结构与细节特征,为现代建筑设计提供更为直观的参考依据。传统建筑设计元素的价值重估并非单纯的怀旧行为,而是要在尊重传统文化的基础上,结合现代科技与设计理念,实现传统与现代的有机统一,从而推动建筑文化的持续发展。

2 现代建筑语境下的传统元素表达

在现代建筑语境中,传统元素的表达已不再局限于简单的形式复制,而是通过深层次的文化解读与技术融合实现创新性转化。建筑师们开始将传统符号、空间布局以及构造细节重新解构,并以符合当代审美的方式加以呈现。在许多现代公共建筑设计中,常采用传统建筑中的对称布局和轴线关系,结合开放式空间设计,创造出既具仪式感又兼具功能性的场所。借助参数化设计工具,传统建筑中复杂的装饰图案被抽象化为几何形态,融入建筑表皮或内部装饰中,从而实现了传统与现代之间的无缝衔接。这种表达方式不仅保留了传统元素的核心特征,还赋予其全新的生命力。

从材料运用的角度来看,现代建筑语境下的传统元素表达更加注重因地制宜与可持续发展原则。传统建筑材料如木材、石材和砖瓦等,在现代技术的支持下焕发出新的活力。通过改进加工工艺,木材可以被制成高性能复合材料,既保留了天然纹理,又提升了耐久性和防火性能;而新型生态混凝土则模仿传统石材的质感,用于塑造具有地域特色的建筑外观。绿色建筑理念的普及也促使建筑师在传统元素表达中融入更多环保技术。利用太阳能光伏板模拟传统建筑中的屋檐挑檐结构,既满足了遮阳需求,又实现了能源的高效利用。这种技术与文化的双重结合,使得传统元素在现代建筑中的表达更具时代意义。

实际案例中,我们可以看到许多成功的尝试。某沿海城市的文化中心采用了当地传统渔船造型作为设计灵感,通过流线型的建筑轮廓和金属材质的表皮设计,展现了地方特色与现代科技的完美融合。而在另一座历史名城的改造项目中,建筑师通过对传统街巷肌理的研究,将原有的狭窄院落空间转化为半开放的公共活动区域,既保留了传统社区的生活氛围,又满足了现代城市功能的需求。这些实践表明,现代建筑语境下的传统元素表达并非单纯的复古,而是一种基于文化传承与技术创新的设计策略。通过这种方式,建筑不仅能承载历史记忆,还能成为连接过去与未来的桥梁,为人们提供更加丰富多元的空间体验。

3 符号化与抽象化的设计手法

符号化与抽象化是将传统建筑设计元素融入现代建筑的重要设计手法,它们通过提炼和简化传统形式中的核心特征,创造出既具有文化内涵又符合当代审美的表达方式。在这一过程中,设计师往往从传统建筑的装饰图案、结构形态以及空间布局中提取关键符号,并以抽象的形式重新诠释。中国传统建筑中的回纹、云纹等装饰元素,可

以通过几何化处理转化为现代建筑表皮或内部装饰的设计语言。参数化设计技术的应用使得这些符号能够以更加灵活多变的方式呈现,从而适应不同的建筑功能与环境需求。这种手法不仅保留了传统符号的文化意义,还赋予其新的视觉冲击力。

符号化与抽象化的设计手法在现代建筑设计中展现出强大的表现力。以某文化中心的外立面设计为例,建筑师通过对当地传统陶器纹样的研究,将其抽象为一组规则排列的几何图案,并结合铝板材料制作成建筑表皮。这样的设计不仅呼应了地域文化特色,还通过光影变化营造出丰富的视觉效果。在空间设计方面,传统建筑中的庭院布局也被广泛采用并加以抽象化处理。将传统的四合院形式转化为多层次的中庭空间,既保留了开放共享的核心理念,又满足了现代建筑对通风采光的功能要求。这种手法的成功之处在于,它能够在不完全复制传统形式的前提下,传递出深层次的文化信息。

在实际应用中,符号化与抽象化的设计手法还需要注重与现代技术的融合。借助数字化建模工具,设计师可以更精确地分析传统符号的比例关系与构造逻辑,从而实现更高水平的抽象化表达。新型材料的应用也为这种设计手法提供了更多可能性。比如,利用透明玻璃或LED屏幕模拟传统窗棂的格栅效果,既保留了通透性,又增强了建筑的科技感。在绿色建筑领域,符号化与抽象化还可以与可持续设计理念相结合。将传统建筑中的遮阳构件抽象为现代建筑的光伏系统,既实现了能源节约,又延续了传统智慧。通过这些创新性的尝试,符号化与抽象化的设计手法正逐渐成为连接传统与现代建筑的重要桥梁。

4 材料创新与技术融合的探索

材料创新与技术融合是现代建筑中实现传统建筑设计元素表达的重要途径。通过将新型材料与先进技术相结合,建筑师能够在保留传统美学特征的提升建筑的功能性和可持续性。在传统建筑中广泛使用的木材,如今可以通过改性处理和复合技术制成高性能的工程木,这种材料不仅具备天然木材的质感,还具有更高的强度、耐久性和防火性能。数字化制造技术如3D打印和数控加工的应用,使得复杂形态的传统装饰构件能够以更高效的方式生产。这些创新为传统建筑元素在现代建筑中的应用提供了技术支持,同时也拓展了设计的可能性。

在实际项目中,材料创新与技术融合的探索展现出显著的优势。某新建的文化展览馆采用了仿古砖瓦作为外墙装饰材料,但其并非传统的陶土烧制,而是利用再生塑料与矿物粉末混合制成的环保建材。这种材料不仅模仿了传统砖瓦的纹理和色泽,还大幅降低了生产和运输过程中的碳排放量。参数化设计技术被用于优化建筑表皮的几何形态,使其更好地适应当地气候条件。通过调整表皮开口的角度和大小,可以有效减少太阳辐射对室内环境的影响,

从而降低空调能耗。这种结合材料创新与技术优化的设计方法,既满足了功能需求,又体现了对传统文化的尊重。

未来的发展趋势表明,材料创新与技术融合将在传统建筑设计元素的现代应用中发挥更加关键的作用。随着智能材料和自适应技术的不断进步,建筑师能够突破传统形式的限制,创造出更具互动性和适应性的建筑空间。某些新型玻璃材料具备根据光线强度自动调节透明度的能力,这一特性可以被巧妙地运用于模拟传统建筑中窗棂遮阳的效果,既保留了传统文化符号,又实现了功能上的优化。物联网技术的应用为传统建筑元素的现代表达提供了全新的可能性。通过在建筑中嵌入传感器和智能控制系统,不仅可以实时监测环境变化,如温度、湿度和光照条件,还能根据这些数据动态调整建筑性能,从而提升使用者的舒适感与体验感。这种智能化的设计方式,不仅推动了建筑技术的革新,还促进了传统与现代之间的深度对话,使建筑设计在传承文化的同时更具时代特征。

5 功能转化与空间体验的优化

功能转化与空间体验的优化是将传统建筑设计元素融入现代建筑的重要策略。在当代建筑设计中,建筑师不仅需要关注形式上的传承,更要注重功能性和用户体验的提升。传统四合院的空间布局强调家庭成员之间的互动和私密性,但在现代城市生活中,这种模式可以通过重新规划转化为开放式的公共活动区域或多功能共享空间。通过这种方式,传统的空间组织方式被赋予了新的意义,既保留了其文化价值,又满足了现代社会的需求。借助智能化技术,传统建筑中的庭院、天井等元素可以被重新设计为生态化的绿色空间,用于改善室内空气质量或提供自然采光,从而增强使用者的舒适感。

实际案例中,功能转化与空间体验优化的成功实践屡见不鲜。某历史街区改造项目中,设计师将一座传统民居改造成了一家小型博物馆。原有的厅堂被用作展览区,而侧房则被改造为咖啡馆和文创商店。为了适应新功能,建筑师对建筑内部进行了适度调整,例如增加电梯以方便无障碍通行,并在天井上方加装透明玻璃顶,以确保充足的自然光照。传统木结构被保留下来并经过加固处理,既延续了建筑的历史风貌,又保证了安全性。这样的设计不仅提升了空间的功能性,还为参观者营造了独特的文化氛围。在一些新建项目中,传统建筑中的连廊、过道等元素被重

新诠释为连接不同功能区域的过渡空间,使整个建筑群更具整体性和流畅性。

从技术层面来看,功能转化与空间体验优化还需要结合现代化手段来实现更高的效率和可持续性。通过 BIM (建筑信息建模) 技术,设计师可以在虚拟环境中模拟不同功能布局对空间体验的影响,从而做出更加科学合理的决策。智能控制系统可以进一步提升建筑的性能表现。在某些高端办公建筑中,传统建筑中的挑檐结构被重新设计为可调节的遮阳系统,通过传感器监测太阳位置自动调整角度,以减少眩光并优化室内温度。声学材料的应用也使得传统建筑中的高大空间能够更好地满足现代会议或演出等功能需求。这些技术的应用不仅提高了建筑的使用效率,还增强了用户的满意度,为传统建筑设计元素在现代建筑中的应用提供了更多可能性。

6 结语

本文聚焦传统建筑设计元素在现代建筑中的应用,从价值重估、表达方式到技术融合与功能转化,全面探讨了传统与现代结合的路径。通过符号化、材料创新及空间优化等手法,传统建筑元素得以在当代语境中延续其文化意义与美学价值。这种融合不仅能够提升建筑的功能性与艺术性,还能增强使用者的文化认同感。在全球化背景下,传统建筑的现代应用为建筑设计提供了新思路,未来随着科技发展,这一领域将展现出更多可能性,推动建筑文化的持续创新与传承。

[参考文献]

- [1]林晓风,胡文杰.传统建筑元素在现代设计中的传承与创新[J].建筑学报,2023,45(6):32-38.
 - [2]高云峰,叶静娴.现代建筑中传统符号的抽象化表达研究[J].城市规划,2022,40(8):78-85.
 - [3]陈宇航,杨梦琪.材料创新对传统建筑元素现代应用的影响[J].土木工程学报,2024,57(3):92-101.
 - [4]王志远,周丽娜.功能转化视角下传统建筑空间的现代适应性研究[J].建筑科学,2023,39(12):45-52.
 - [5]徐明浩,宋佳慧.数字化技术在传统建筑设计元素传承中的应用[J].工程建设与设计,2024,42(5):112-118.
- 作者简介:肖家恒(1998.6—),男,汉族,毕业学校:武昌首义学院,现工作单位:九易庄宸科技(集团)股份有限公司。

建筑结构设计中的剪力墙结构设计难点分析

卢永亮

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着城市化进程的加速,高层建筑日益增多,剪力墙结构作为一种高效的抗震结构形式,被广泛应用于现代建筑设计中。然而,设计剪力墙结构时,诸多挑战不容忽视,特别是在进行应力分析、剪力墙的合理配置以及精心规划构件的钢筋配置等方面。本篇论文对建筑结构设计中的剪力墙结构的关键技术难题进行了深入研究,并据此提出了切实可行的解决方案,同时结合具体设计案例,对剪力墙结构的优化设计策略进行了详尽探讨。在建筑抗震设计中,剪力墙结构扮演着至关重要的角色,文章分析了设计过程中常见的问题及其应对策略,旨在为设计师提供坚实的理论支撑与实践指导,以期在确保安全性的同时,优化剪力墙结构设计经济效益。

[关键词]剪力墙结构; 建筑结构; 设计; 难点

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16124

中图分类号: TU9

文献标识码: A

Analysis of Difficulties in Shear Wall Structure Design in Building Structure Design

LU Yongliang

Hebei Institute of Architectural Design & Research Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the acceleration of urbanization and the increasing number of high-rise buildings, shear wall structures, as an efficient seismic resistant structural form, are widely used in modern building design. However, when designing shear wall structures, many challenges cannot be ignored, especially in conducting stress analysis, rational configuration of shear walls, and carefully planning the reinforcement configuration of components. This paper conducts in-depth research on the key technical challenges of shear wall structures in building structural design, and proposes practical and feasible solutions based on this. At the same time, combined with specific design cases, the optimization design strategies of shear wall structures are discussed in detail. In seismic design of buildings, shear wall structures play a crucial role. This article analyzes common problems and their corresponding strategies in the design process, aiming to provide designers with solid theoretical support and practical guidance, in order to optimize the economic benefits of shear wall structure design while ensuring safety.

Keywords: shear wall structure; building structure; design; difficulty

引言

在高层与超高层建筑领域,承载力卓越且抗震性能出色的剪力墙结构,以其独特的设计理念,已然成为建筑结构设计中的优选方案。建筑物在遭遇地震时,剪力墙作为关键构件,不仅显著增强其抗震性能,亦确保整体结构的稳固与安全。剪力墙因受力状况复杂、功能多变,且设计时需综合诸多因素,因此其构造始终面临不小的挑战。在剪力墙结构设计过程中,需兼顾抗震性能、结构安全性以及经济性,科学设定剪力墙的布局、尺度与配筋设计,从而保障建筑在遭遇地震等极端环境时的稳定性能。本文旨在针对剪力墙设计阶段所遭遇的种种难题,进行细致剖析,进而探讨并确立改进设计的策略与途径。

1 剪力墙结构设计的基本概述

剪力墙结构是现代高层建筑、超高层建筑和部分工业建筑中常用的抗震结构形式。作为建筑物的主要抗震构件,剪力墙承担着建筑物在地震作用下的水平荷载,能够有效地防止建筑物在强烈地震作用下发生倾斜、倒塌等危险情况。剪力墙是一种垂直的墙体结构,其主要作用是通过其

自身的刚度和强度来抵抗水平力,尤其在地震时具有至关重要的作用^[1]。

在剪力墙结构的构造中,涉及对墙体几何尺寸的精确设定、材料挑选、受力状况的深入剖析,以及与其他结构部件的连接方式等多个关键环节。在建筑物的核心筒地带,通常配置有剪力墙,该结构成为承载体系的重要组成部分。在结构体系内,剪力墙因其抗震效能而扮演着至关重要的角色,其设计合理性直接决定了建筑整体的安全性。高层建筑的设计中,剪力墙需同时应对竖向荷载与水平地震力及风荷载,因此对各类荷载作用需综合考量。

在剪力墙的设计中,材料的选择至关重要。在工程实践中,剪力墙结构多采用钢筋混凝土材料,钢筋与混凝土的优化配比,显著提升了墙体在剪切力作用下的抵抗性能。在项目规划阶段,必须依据相关规范对钢筋配置、配筋比例以及混凝土的强度级别进行严谨的科学推算。科技进步推动下,高强度混凝土与复合材料等新型材料被引入剪力墙设计领域,显著增强其抗震性能。在剪力墙的构造过程中,设计层面不仅要考虑静态力的作用,亦需深入探讨动态力的影响。

2 剪力墙结构设计中的难点

剪力墙结构设计是现代高层建筑中至关重要的环节,尤其是在抗震设计中,剪力墙起到了至关重要的作用。然而,剪力墙结构在承受力方面呈现复杂性,对设计规范提出严格要求,其设计过程往往充斥着众多难题与挑战。确定剪力墙的适宜位置与恰当尺寸,此乃关键之举。建筑的抗震性能与结构稳定性,均受高层建筑中剪力墙布局的直接影响。设计师需要根据建筑的高度、功能需求以及地震带等多种因素来合理安排剪力墙的位置。例如,当剪力墙的配置过于密集时,易引发建筑侧向刚度异常增大,进而导致结构局部失去平衡^[2]。

剪力墙的抗震性能分析与优化也是设计中的难点之一。建筑物在承受竖向荷载的同时,剪力墙亦需高效抵御水平地震力,详细分析剪力墙在承受力量时的形态变化,以及其剪切能力与局部屈曲等关键性能。抗震设计中,剪力墙需拥有充足抗剪强度与抗弯能力,并确保其刚度达到抗震标准要求。在地震荷载作用下,设计师需精心选取剪力墙的厚度与高度,并合理配置钢筋,以保障其免遭破坏。在建筑结构中,对剪力墙构件进行配筋设计的流程,实为一个繁复之举。在建筑结构设计中,配筋的布置不仅要确保剪力墙的负载承载,亦需综合考量建筑整体结构性能的优化。基于剪力墙的力学特性,设计者需科学地确定钢筋的配置及其分布,以防止出现局部过密或稀疏情况,从而保障剪力墙的稳定性和抗震性能。

设计阶段中,剪力墙与结构其他部分的协同作业是一项至关重要的挑战。在承担荷载的同时,剪力墙需与其他结构构件如楼板、梁柱等紧密协作,共同构筑稳固的体系,探讨剪力墙设计中的连接合理性,以及剪力墙刚度与其他结构配合的协调性,实为设计过程中的关键议题。建筑结构中,剪力墙与楼板的衔接及与梁柱的交互作用,对结构整体的受力状态与抗震能力有着显著影响,因此,剪力墙之设计务必与建筑整体结构实现全面协调与优化策略。

3 剪力墙设计优化策略

3.1 采用先进分析方法提升剪力墙设计精度

随着建筑结构设计的发展,传统的静力分析方法已难以满足现代复杂建筑物对抗震设计的高要求。尤其是在剪力墙设计中,精确的分析方法对于确保结构安全性至关重要。为了提高剪力墙设计的精度,越来越多的工程师开始采用先进的分析方法,结合现代计算机技术进行结构的精细化模拟和计算。常见的先进分析方法包括有限元分析(FEA)、时程分析、响应谱分析等^[3]。

有限元分析是目前应用最为广泛的一种方法。对结构中的剪力墙在承受多种荷载作用时产生的力学反应进行全方位探究,通过将结构分解为若干个子模块,仿真各模块的受载状态,进而对结构在复杂荷载影响下的形变与应力分布进行预测。设计人员运用有限元分析手段,对剪力墙

抗震效能进行深入剖析,从而对墙体几何构型与配筋布局实施优化调整。设计精度的提升,剪力墙的优化,不仅助力设计师洞悉潜在的结构瑕疵与薄弱区域,更能有效规避安全隐患之风险。模拟地震对剪力墙动态响应的时程分析,是一项至关重要的技术手段。在地震实际发生过程中,剪力墙承受的力瞬息万变,而时程分析技术则擅长模仿地震波传播轨迹,并捕捉剪力墙在地震中的动态反应。

响应谱分析则是一种简化的地震荷载分析方法,它通过考虑建筑物在不同振动模式下的响应,快速评估剪力墙在地震中的表现。大多数建筑在初始设计时期,采纳此法可进行抗震效能的细致评估。在剪力墙抗震设计领域,响应谱分析往往作为一项辅助手段,与多种分析技术相融合,共同提高设计工作的精确度。在采纳了诸多前沿的分析手段之余,伴随着建筑信息模型技术的广泛运用,剪力墙设计领域在精确度和效能上亦实现了显著进步。精确建模剪力墙几何形态,运用 BIM 技术模拟其受力与变形,设计人员可据此获得更为直观的分析数据,在剪力墙设计领域,BIM 技术与有限元分析、时程分析等手段的融合运用,显著提升了集成化设计的整体效果。

通过采用这些先进的分析方法,剪力墙的设计精度得到了大幅提升,不仅能够满足抗震设计的要求,还能够为施工提供更加明确的指导。未来,随着计算机技术的进一步发展,剪力墙的设计分析将会更加精准和高效,进一步提升建筑物的安全性^[4]。

3.2 剪力墙合理布置与结构整体性设计

高层建筑中,剪力墙的合理布局与抗震构件的设置紧密相连,这对建筑的抗震性能与整体结构稳定性具有决定性影响。通过优化剪力墙的布局设计,显著增强建筑在地震中的抵御力量,降低震后破坏程度,进而促进结构整体性能的提升。在布置剪力墙时,务必充分考虑力学性能需求,同时需兼顾建筑功能布局、空间需求及形状等要素,进行全方位的优化设计。

根据建筑物所处的地震带和设计的抗震烈度,剪力墙应设置在合理的位置,以最大化其抗震效果。在建筑核心部位布置剪力墙,可有效地汇集并抵御来自四面八方的地震作用力。高层建筑结构中,剪力墙沿竖向对称布置,旨在保障结构受力的均衡性,楼梯间、管道井等区域,应避免被剪力墙占据,以防影响其功能使用,减少室内空间占用。在高层建筑中,虽然剪力墙是至关重要的抗震部件,然而其空间占用亦是显而易见。为确保建筑内部空间的有效利用,巧妙设计应得以实施,如将剪力墙合理布局于电梯井、管道井、楼梯间等区域,这些区域不会对居住功能造成影响。抗震性能的优化与建筑空间利用的最大化,均依赖于剪力墙的科学布局。此外,剪力墙的布置还需要考虑到门窗开口的数量和位置,避免影响建筑的自然采光和通风^[5]。

确保结构协同作业,设计要求中强调剪力墙与其他构

件之间必须建立优异的连接。在进行剪力墙的构造规划时,必须充分考量剪力墙自身的强度与韧性,同时亦需重视其与楼板、梁、柱等结构组件之间的紧密耦合。在结构体系中,剪力墙与楼板之间的连接普遍运用钢筋混凝土现浇连接板或是钢筋环形连接技术,旨在显著提升二者间的协同工作效能。在构建结构中,柱与剪力墙间的联结环节,得以通过加密配筋或是钢筋骨架的设置,得以显著提升整体结构性能。建筑物的设计过程中,务必兼顾其使用功能,并确保结构系统在抗震挑战中实现高效协作,以实现最佳的抗震性能。在处理外立面设计复杂的建筑时,必须对剪力墙的配置精心考量,确保其与建筑外立面设计保持和谐,以免对建筑整体外观造成不利影响。在确保结构抗震能力的前提下,设计师需巧妙地变动剪力墙的布局与坐落点,将剪力墙科学布置,并融入结构整体性设计,有效增强建筑抗震性能与安全性。确保地震等极端事件发生时,建筑具备更强的抵抗能力。建筑技术的进步和抗震设计标准的提高,促使剪力墙的配置趋向于更为细致与专属,旨在适应各类建筑的特殊要求。

3.3 配筋设计与施工工艺优化

结构安全性与抗震能力,其关键在于剪力墙的配筋设计。高层建筑中的剪力墙因承担巨大水平荷载,因此需精确进行配筋设计以确保其结构强度、刚度与稳定性。在抗震需求的基础上,剪力墙的配筋设计需兼顾施工的实操和经济成本。在建筑技术不断进步的背景下,剪力墙的配筋设计正逐步提升至更高标准,而施工工艺的改进亦能有效增强剪力墙的整体功能。建筑中的剪力墙,在承受剪力、弯矩及轴力等多重力作用下,其设计阶段必须对建筑荷载进行精准分析,进而实现配筋的合理布局。在剪力墙的构造中,配筋设计至关重要,它由纵向钢筋与横向钢筋两大组成部分构成,其中,纵向钢筋主要负责应对轴力和弯矩的挑战,而横向钢筋则肩负着抵抗剪力的重任。在考虑剪力墙厚度与长度以及其承受力状况的基础上,设计者必须准确选定适宜的钢筋配比,以保障其在地震载荷冲击下展现出优异的力学表现^[6]。

在高层建筑施工中,施工条件往往复杂,施工周期较长,因此,设计人员需要根据施工工艺的要求来合理安排配筋。精心规划钢筋配置,在高层建筑中,普遍采用现浇混凝土剪力墙结构,此结构需确保配筋设计充分考虑施工阶段钢筋布置与绑扎的复杂程度。设计人员为提升施工效

率,务必合理选取钢筋直径、间距与弯折方式,并严格保证施工中钢筋定位精准,以杜绝因钢筋配置失误造成的结构缺陷。施工环节中,确保质量关的重要性不言而喻。混凝土浇筑作业必须遵循设计规范,施工人员需一丝不苟,以保证浇筑质量,杜绝空洞、裂缝等瑕疵的产生。在施工过程中,必须确保钢筋合理布局,防止其偏移或交错,以保障剪力墙整体承载能力的完整性。随着施工技术的持续精进,高层建筑中的剪力墙施工工艺正逐步趋向自动化与精细化的方向演变。在此过程中,智能化施工设备的运用亦助力施工效率与品质的双重提升。

4 结语

上文针对现代建筑结构设计中的剪力墙结构设计的难点进行了分析和探讨,以期对相关设计人员具有一定的启迪作用。剪力墙结构设计面临的挑战不仅仅是技术层面的,更包括结构功能、空间布局、施工管理等多方面的协调与优化。随着建筑行业技术的不断进步,现代建筑设计中剪力墙的设计方法和施工工艺将不断得到改进和完善。通过采用先进的分析方法、优化剪力墙布置、提高配筋设计精度和完善施工工艺,能够有效解决设计中的难点,为建筑物提供更高的抗震能力和安全性。未来,随着智能化技术和信息化管理的不断发展,剪力墙的设计与施工将更加精准、有效,为建筑结构安全性提供更加可靠的保障。

【参考文献】

- [1]汪加乐.剪力墙结构设计在建筑结构设计中的运用研究分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023(27):43-45.
 - [2]高杰.剪力墙结构设计在建筑结构设计中的应用分析[J].城市建筑,2023,20(12):175-177.
 - [3]程江勇.剪力墙结构设计在建筑结构设计中的应用分析[J].中国建筑装饰装修,2022(23):87-89.
 - [4]袁硕.建筑结构设计中的剪力墙结构设计的应用策略分析[J].低碳世界,2021,11(6):170-171.
 - [5]王同森.高层建筑中剪力墙结构设计要点及其运用分析[J].房地产世界,2021(2):13-15.
 - [6]熊晨玲.剪力墙结构设计在建筑结构设计中的应用分析[J].现代物业(中旬刊),2020(1):93.
- 作者简介:卢永亮(1985.1—),男,汉族,毕业学校:河北建筑工程学院,现工作单位:河北建筑设计研究院有限责任公司。

建筑设计中对低碳节能理念的运用探析

张 哲

九易庄宸科技（集团）股份有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]在全球可持续发展的背景下，建筑设计领域对低碳节能理念的探索与实践具有重要意义。系统分析了现代建筑设计中低碳节能理念的运用现状，指出了节能理念与设计实践脱节、技术应用局限性以及政策与市场制约等问题，并提出了整合被动式设计技术与主动式技术、提升建筑材料低碳性能、强化设计阶段评估等优化策略。通过国内外案例分析，总结了成功经验与启示，探讨了新技术应用、建筑设计城市规划协同以及政策支持与市场机制优化等未来发展方向，为建筑设计的低碳转型提供了理论支持与实践参考。

[关键词]低碳节能；建筑设计；现状分析；优化策略；可持续发展

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16112

中图分类号: TU2

文献标识码: A

Exploration on the Application of Low Carbon and Energy saving Concepts in Architectural Design

ZHANG Zhe

Jiuyi Zhuangchen Technology (Group) Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: In the context of global sustainable development, the exploration and practice of low-carbon and energy-saving concepts in the field of architectural design are of great significance. The system analyzed the current application status of low-carbon energy-saving concepts in modern architectural design, pointed out the disconnection between energy-saving concepts and design practices, limitations in technological applications, and policy and market constraints, and proposed optimization strategies such as integrating passive design and active technology, improving the low-carbon performance of building materials, and strengthening design stage evaluation. Through case analysis at home and abroad, successful experiences and inspirations have been summarized, and future development directions such as the application of new technologies, collaboration between architectural design and urban planning, policy support, and market mechanism optimization have been explored. This provides theoretical support and practical reference for the low-carbon transformation of architectural design.

Keywords: low carbon and energy-saving; architectural design; current situation analysis; optimization strategy; sustainable development

引言

在全球可持续发展的大背景下，建筑行业作为能源消耗和碳排放的主要领域之一，其低碳节能转型已成为应对气候变化的关键环节。建筑设计作为建筑生命周期的起点，对实现低碳目标具有决定性作用。然而，当前建筑设计在低碳节能理念的运用中仍面临诸多挑战，如理念与实践的脱节、技术应用的局限性以及政策与市场的制约等。深入探讨这些问题并提出有效的解决方案，不仅有助于提升建筑设计的可持续性，也将为建筑行业的低碳发展提供重要的理论与实践指导，具有重要的现实意义和长远的战略价值。

1 建筑设计中的低碳节能现状

1.1 现代建筑设计的低碳节能实践

在现代建筑设计中，低碳节能理念的实践已取得显著进展，尤其在建筑技术与材料应用方面。被动式设计策略成为核心内容之一，通过优化建筑朝向、布局 and 空间形态，最大化利用自然采光与通风，减少对人工照明和机械通风系统的依赖。高性能保温隔热材料的广泛应用，有效降低了建筑的能耗需求。可再生能源技术如太阳能光伏板、地源热泵等的集成应用，为建筑提供了清洁能源解决方案。

这些实践不仅提升了建筑的能源效率，还推动了建筑设计向绿色、可持续的方向发展。然而，尽管技术手段不断丰富，低碳节能理念在建筑设计中的全面应用仍面临诸多挑战，需要进一步完善和优化。

1.2 现状中的机遇与挑战

随着全球对可持续发展的重视，现代建筑设计在低碳节能领域迎来广阔发展空间，政策支持和市场需求不断推动其发展。智能建筑管理系统和高性能建筑材料等新技术的涌现，为建筑设计的低碳化转型提供了有力支撑。然而，低碳节能技术的高成本限制了其在部分项目的应用；设计团队对低碳理念的理解和应用能力参差不齐，导致一些项目未能充分发挥低碳节能潜力。建筑全生命周期碳排放评估仍缺乏统一标准和规范，阻碍了低碳节能建筑设计的推广。如何在机遇与挑战中找到平衡，成为当前建筑设计领域亟待解决的问题。

1.3 建筑设计与低碳节能的融合现状

建筑设计与低碳节能理念的融合是当前建筑行业的重要发展方向。在实践中，建筑设计不再仅仅关注功能和美学，而是将低碳节能作为核心要素纳入设计流程。通过

优化建筑的围护结构、采用节能设备和系统,以及合理规划建筑空间布局,建筑设计在降低能耗方面取得了显著成效。然而,融合现状仍存在不足。一方面,建筑设计与施工阶段的脱节,导致部分低碳节能设计意图未能有效落实;另一方面,建筑使用者对低碳节能措施的认知不足,影响了建筑的节能效果。建筑设计与周边环境的协同效应尚未充分发挥,建筑与城市生态系统之间的互动仍需加强。因此,建筑设计与低碳节能的融合需要从技术、政策和使用者行为等多个层面进行优化,以实现建筑的可持续发展目标。

2 现有建筑设计中的问题与不足

2.1 节能理念与设计实践的脱节

在建筑设计领域,尽管低碳节能理念已被广泛认可,但在实际设计实践中,理念与实践之间仍存在显著脱节现象。一方面,设计阶段精心制定的低碳节能策略,往往因施工阶段的执行不到位而无法完全落实,导致设计意图与最终建筑性能之间存在较大差距。部分设计人员对低碳节能技术的理解仅停留在理论层面,缺乏与实际工程需求的紧密结合,使得设计方案在可操作性上存在不足。建筑使用者的需求与低碳节能目标之间也存在矛盾,使用者对舒适度的追求可能与节能措施发生冲突,进一步影响了低碳节能理念的贯彻。这种脱节不仅削弱了建筑设计的节能效果,也阻碍了低碳节能理念在建筑行业的全面推广,凸显了在设计与施工衔接、人员能力提升以及使用者行为引导等方面亟待改进的必要性。

2.2 技术应用的局限性与成本问题

许多先进的低碳节能技术对建筑的地理位置、气候条件和建筑类型有较高要求,难以在所有项目中普遍适用。例如,太阳能光伏发电系统在光照不足的地区效果受限,而地源热泵系统则需要较大的地下空间。低碳节能技术的初始投资成本较高,超出了部分业主的预算,尤其是对于中小规模的建筑项目,高昂的成本使其难以承受。部分节能技术的维护和更新成本也不容忽视,进一步限制了其应用范围。这些技术应用的局限性和成本问题,成为建筑设计实现低碳目标的重要阻碍因素。

2.3 政策与市场对低碳节能设计的制约

政策与市场环境对建筑设计的低碳节能实践具有重要影响,然而,当前的政策和市场机制在一定程度上制约了低碳节能设计的推广。从政策层面来看,虽然已有相关法规和标准对建筑节能提出要求,但这些政策的执行力度和覆盖范围仍存在不足。部分地区对低碳节能建筑设计的监管不够严格,导致一些项目未能严格执行节能标准。从市场角度来看,建筑市场对低碳节能设计的需求尚未形成主流,业主和开发商更关注短期经济效益,对低碳节能设计的长期价值认识不足。低碳节能设计的专业人才短缺,也影响了市场对相关技术和服务的供给。政策与市场的双重制约,使得低碳节能设计在建筑行业的普及面临诸多挑战。

3 低碳节能理念在建筑设计中的优化策略

3.1 整合被动式设计 with 主动式技术

在建筑设计中,被动式设计 with 主动式技术的整合是实现低碳节能目标的有效途径。被动式设计通过优化建筑的朝向、布局和形态,充分利用自然采光、通风和遮阳等自然条件,减少对人工照明和机械通风系统的依赖,从而降低建筑的能耗需求。与此主动式技术如高效暖通空调系统、智能照明控制和可再生能源利用等,为建筑提供了更精准的能源管理手段。将被动式设计 with 主动式技术相结合,能够充分发挥两者的优势,实现建筑全生命周期的能耗优化。例如,通过合理设计建筑的窗户面积和位置,结合高效的太阳能光伏板,既满足了室内采光需求,又实现了能源的自给自足。这种整合不仅提升了建筑的节能效果,还增强了建筑的舒适性和可持续性。

3.2 提升建筑材料与技术的低碳性能

提升建筑材料与技术的低碳性能是建筑设计实现低碳目标的关键环节。建筑材料的选择直接影响建筑的碳排放水平和能源效率。使用高性能的保温隔热材料、低辐射玻璃和可再生材料,能够显著降低建筑的能耗和碳足迹。随着科技的进步,新型建筑材料如相变材料、智能玻璃和自保温墙体材料等不断涌现,为建筑设计提供了更多低碳选择。建筑材料的生产过程也应纳入低碳考量,推广绿色建材的使用,减少建材生产过程中的碳排放。

3.3 强化设计阶段的低碳节能评估

强化设计阶段的低碳节能评估是确保建筑设计实现低碳目标的重要保障。在设计过程中,通过引入全生命周期评估(LCA)和能源模拟分析等工具,能够全面评估建筑的碳排放和能耗表现。这种评估不仅包括建筑的运行阶段,还涵盖了建筑材料的生产、运输、施工以及拆除等全过程。通过精确的模拟和分析,设计团队可以在设计阶段及时发现潜在的能耗问题,并优化设计方案。低碳节能评估还能设计决策提供科学依据,帮助设计人员在不同设计方案之间进行权衡,选择最优的低碳节能策略。强化设计阶段的低碳节能评估,能够有效提升建筑设计的科学性和可持续性,为建筑的低碳运营奠定坚实基础。

4 低碳节能建筑设计的案例分析

4.1 国内外低碳节能建筑设计案例

在低碳节能建筑设计领域,国内外涌现出诸多具有代表性的实践案例。这些案例涵盖了不同气候区域、建筑类型和设计策略,展现了低碳节能理念在建筑设计中的多样化应用。例如,欧洲的一些被动式房屋项目通过优化建筑围护结构、采用高效保温材料 and 自然通风设计,实现了极低的能耗水平。在中国,一些绿色建筑项目则结合地域特点,利用太阳能、地热能等可再生能源技术,同时融入传统建筑的遮阳与通风智慧,展现了本土化的低碳节能设计思路。这些案例不仅在技术应用上各有侧重,还在设计理

念上体现了对环境、社会和经济因素的综合考量,为建筑设计提供了丰富的参考样本。

4.2 案例中的成功经验与启示

通过对国内外低碳节能建筑设计案例的分析,可以总结出一些成功经验与启示。成功的低碳节能建筑往往注重被动式设计策略的运用,通过优化建筑形态、朝向和空间布局,最大限度地利用自然采光、通风和遮阳,减少对机械系统的依赖。这些案例普遍强调建筑材料与技术的低碳性能,优先选用高效保温材料、可再生材料以及可再生能源技术,从而降低建筑的碳足迹。案例中的设计团队在项目全生命周期内进行碳排放评估和能源模拟分析,确保设计方案的科学性和可持续性。这些成功经验表明,低碳节能建筑设计需要综合考虑技术、经济和环境因素,通过多学科协同合作实现最佳效果。

4.3 案例对建筑设计的借鉴作用

国内外低碳节能建筑设计案例为建筑设计领域提供了宝贵的借鉴作用。这些案例展示了不同气候条件和文化背景下低碳节能设计的多样性,证明了通过合理的设计策略和技术应用,建筑可以实现显著的节能效果。案例中的成功实践表明,建筑设计应从被动式设计入手,结合主动式技术,形成综合的节能体系。建筑材料的选择和全生命周期评估是实现低碳目标的关键环节,需要在设计阶段充分考虑。案例还强调了设计与运营阶段的衔接,通过智能化管理系统和用户行为引导,确保建筑在实际使用中的节能效果。这些借鉴作用为建筑设计提供了清晰的方向,有助于推动建筑行业向低碳、可持续方向发展。

5 未来建筑设计的低碳节能发展方向

5.1 新技术与新材料的应用前景

随着科技的不断进步,新技术与新材料在低碳节能建筑设计中的应用前景广阔。一方面,高性能的保温隔热材料、智能玻璃和相变材料等新型建筑材料的出现,为建筑设计提供了更多实现节能目标的可能性。这些材料不仅能够显著提高建筑的热工性能,还能通过自适应调节减少能源消耗。另一方面,可再生能源技术如太阳能光伏、风能发电、地源热泵等的集成应用,为建筑提供了清洁能源解决方案。建筑信息模型(BIM)技术和全生命周期评估(LCA)工具的普及,使得建筑设计阶段的低碳节能评估更加精准和高效。这些技术与材料的结合,将推动建筑设计向更高能效、更低碳排放的方向发展,为实现建筑行业的可持续发展目标奠定基础。

5.2 建筑设计与城市规划的协同低碳发展

建筑设计与城市规划的协同是实现低碳发展的重要途径。在城市层面,建筑设计需要与城市规划紧密结合,

通过整体布局优化和功能分区调整,减少城市能源消耗和碳排放。例如,紧凑的城市布局和高效率的公共交通网络能够减少居民出行的碳足迹,而绿色建筑的集中布局则可以形成低碳社区。建筑设计应考虑与城市生态系统协同,通过增加建筑的绿化面积、雨水收集系统和生态屋顶等措施,提升城市的生态韧性。城市规划应为建筑设计提供支持,通过政策引导和土地利用规划,鼓励低碳建筑设计的实施。这种协同不仅有助于实现建筑的低碳目标,还能提升整个城市的可持续发展水平。

5.3 政策支持与市场机制的优化

政策支持与市场机制的优化是推动低碳节能建筑设计的关键因素。在政策层面,政府需要制定更严格的建筑节能标准和碳排放法规,确保建筑设计符合低碳要求。通过财政补贴、税收优惠和绿色金融政策,降低低碳节能技术的应用成本,激励设计团队和业主采用更环保的设计方案。在市场机制方面,应加强市场对低碳节能建筑的需求引导,通过认证体系和绿色建筑评级,提升低碳节能建筑的市场竞争力。建立完善的碳交易市场和绿色建材市场,能够为建筑设计提供更多的经济激励和技术支持。通过政策与市场的双重作用,可以为低碳节能建筑设计创造更有利的发展环境,推动建筑行业的可持续转型。

6 结语

在建筑设计领域,低碳节能理念的实践已成为推动建筑行业可持续发展的关键。通过深入分析现状、探讨现存问题并提出优化策略,结合国内外成功案例的启示,建筑设计在低碳节能方面取得了显著进展。然而,面对技术应用、政策支持和市场机制等方面的挑战,仍需不断探索与创新。未来,随着新技术与新材料的广泛应用、建筑设计与城市规划的协同推进以及政策与市场机制的持续优化,建筑设计有望在实现低碳目标的同时,为人类创造更加绿色、高效和宜居的建筑环境。

[参考文献]

- [1]王华. 建筑设计中对低碳节能理念的运用分析[J]. 陶瓷, 2024(7): 228-230.
- [2]索亚旭. 建筑设计中对低碳节能理念的运用[J]. 低碳世界, 2024, 14(4): 97-99.
- [3]郝振中. 浅析建筑设计中对低碳节能理念的运用[J]. 建材发展导向, 2024, 22(5): 123-125.
- [4]李隆. 建筑设计中对低碳节能理念的运用分析[J]. 大众标准化, 2023(10): 146-148.

作者简介: 张哲(1994.5—), 男, 汉族, 毕业学校: 辽宁工程技术大学, 现工作单位: 九易庄宸科技(集团)股份有限公司。

建筑电气火灾预警系统的设计与性能提升方案研究

张肖培

北方绿野建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着建筑电气火灾风险的增加,火灾预警系统的设计与性能提升显得尤为重要。研究通过分析电气火灾的主要原因和火灾发展过程,提出了一种基于智能感知与大数据分析的火灾预警系统方案。该系统结合温度、烟雾等传感器数据,实时监测电气设备运行状态,能够在火灾初期迅速预警并进行有效干预。通过优化传感器布局和数据处理算法,系统响应速度和准确度得到了显著提升,能够有效降低火灾风险,保障建筑物安全。

[关键词]建筑电气;火灾预警;智能感知;大数据分析;系统设计

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16108

中图分类号: TU85

文献标识码: A

Research on the Design and Performance Improvement Scheme of Building Electrical Fire Warning System

ZHANG Xiaopei

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

Abstract: With the increasing risk of electrical fires in buildings, the design and performance improvement of fire warning systems have become particularly important. A fire warning system scheme based on intelligent perception and big data analysis is proposed by analyzing the main causes and development process of electrical fires. This system combines temperature, smoke, and other sensor data to monitor the real-time operation status of electrical equipment, enabling rapid warning and effective intervention in the early stages of a fire. By optimizing sensor layout and data processing algorithms, the system response speed and accuracy have been significantly improved, which can effectively reduce fire risks and ensure building safety.

Keywords: building electrical; fire warning; intelligent perception; big data analysis; system design

引言

建筑电气火灾作为常见的火灾类型之一,因其隐蔽性强、发展迅速,往往在短时间内造成严重损失。随着城市建筑规模的不断扩大,电气火灾的防控难度也在不断增加。因此,研究和设计高效、精准的火灾预警系统成为了保障建筑物安全的重要课题。传统火灾预警手段已难以满足现代建筑的需求,智能化、电气化的火灾预警系统应运而生,并成为提高防灾能力的关键。如何提升火灾预警系统的性能,成为当前电气火灾防控领域的研究重点。

1 建筑电气火灾风险分析与现状评估

随着城市化进程的加快和建筑电气化水平的提升,电气火灾的发生频率不断上升,造成的损失也愈加严重。深入分析电气火灾的风险因素与现状,对于设计高效的火灾预警系统具有重要意义。

1.1 电气火灾的主要风险因素

建筑电气火灾的发生通常与电气设备的老化、设计缺陷、安装不规范等因素密切相关。老化的电线、超负荷运行的电器设备和不合格的电气线路常常是引发火灾的根源。特别是在一些老旧建筑中,电气设施不符合现代安全标准,电气火灾隐患较大。此外,建筑内部的电气设备众多,电气线路复杂,管理和监控手段不完善,增加了火灾

发生的风险。

1.2 当前电气火灾防控现状

现有的电气火灾防控措施大多依赖于传统的火灾报警系统,如烟雾探测器、热感探测器等。这些系统虽然能够在火灾发生后提供预警,但往往无法在火灾初期发现隐患,导致无法及时采取有效措施。此外,传统的火灾预警技术对于大范围、多点的电气设备监测能力有限,导致火灾发生后预警反应时间较长,影响了防控效果。虽然近年来智能化火灾预警系统得到一定发展,但由于电气火灾的复杂性,现有系统仍然存在响应速度慢、准确性差等问题。

1.3 电气火灾风险评估与预警需求

针对建筑电气火灾风险的评估,除了要考虑电气设备的故障率、设备运行负荷等因素外,还需要关注环境因素如温湿度、电气负荷变化等对电气火灾的影响。基于这些评估结果,可以精准地识别出火灾发生的高风险区域和设备,为后续的火灾预警系统设计提供数据支持。在这一背景下,传统的火灾报警系统已无法满足现代建筑的需求,需要引入更为智能、精准的火灾预警技术^[1]。通过综合运用智能感知、大数据分析等新技术,可以提高火灾预警系统的响应速度与准确性,确保在火灾初期就能够及时发出警报,避免火灾的蔓延和损失。

2 火灾预警系统设计的关键技术与原理

为了有效预防建筑电气火灾的发生,设计一个高效、智能的火灾预警系统显得尤为重要。其核心技术包括智能感知、大数据处理及报警机制的优化。

2.1 智能感知技术的应用

智能感知技术是现代火灾预警系统中的重要组成部分,通过高精度的传感器实时监测建筑内电气设备的运行状态,能有效识别电气火灾初期的异常情况。常见的感知设备包括温度传感器、烟雾探测器和气体传感器,它们能够实时捕捉到电气火灾的早期迹象,如温度升高、烟雾浓度增加等。这些传感器与智能算法相结合,能够精准识别火灾风险并发出预警。此外,传感器的数据采集能力不断提升,使得火灾预警系统能够在建筑大范围内实现多点监测,为防火工作提供更全面的数据支持。

2.2 大数据分析在火灾预警中的作用

大数据分析技术通过对电气设备运行数据、传感器信息及环境参数进行综合处理,可以深入挖掘潜在的火灾风险。通过数据建模与预测分析,系统能够对电气设备的异常行为进行早期预警。例如,电气设备在高负荷或老化状态下的电流波动、温度变化等,都可以通过大数据分析技术进行监测并提前预警。此外,系统还能够根据历史火灾数据及设备状态,建立风险评估模型,实现火灾发生的预测与预警,提高系统的准确性和响应速度。大数据技术的引入使得火灾预警系统能够更加精准地识别火灾隐患并及时采取干预措施^[2]。

2.3 火灾预警系统的智能决策与报警机制

火灾预警系统的智能决策机制是确保系统在发现火灾风险后迅速作出反应的关键。系统不仅需要依赖传感器数据的采集,还需通过智能算法判断火灾发生的可能性,并进行自动化决策。例如,在出现温度异常升高时,系统会分析该异常是否与电气设备的正常工作有关,是否达到危险阈值,从而决定是否启动火灾预警。一旦系统识别出火灾风险,报警机制就会迅速触发,通知建筑管理人员或直接启动消防设施进行干预。该决策过程通过机器学习和模式识别技术不断优化,从而提高了预警的准确性与实时性。

3 智能感知技术在电气火灾预警中的应用

智能感知技术在电气火灾预警中扮演着至关重要的角色。通过精准的感知与实时监控,能够有效提升火灾预警系统的反应速度与准确性。

3.1 智能感知技术的基本原理

智能感知技术通过部署各类传感器对建筑内的电气设备进行实时监测,捕捉温度、烟雾、电流等关键参数的变化。这些传感器包括温度传感器、烟雾探测器、气体传感器以及电流电压传感器等,通过对设备运行状态的持续监测,能够准确检测到电气设备可能存在的异常。与传统的人工巡查方式相比,智能感知技术能够实时发现设备故

障和火灾风险,大大提高了检测的精准性和效率。例如,温度传感器能够及时探测到电气设备因过载而产生的温度异常,而烟雾传感器则能够识别到火灾初期的烟雾释放,从而为预警系统提供早期信号^[3]。

3.2 多传感器数据融合与风险评估

智能感知技术的优势不仅在于单一传感器的使用,更在于多个传感器数据的融合与综合分析。通过融合温度、烟雾、气体浓度等多类传感器数据,系统能够实现对火灾风险的多维度评估。当某一传感器发现异常时,系统会自动调取其他传感器的数据进行比对,从而确认是否为真实火灾风险。例如,在温度升高的同时,烟雾传感器如果检测到较高浓度的烟雾,系统便能作出火灾预警决策。多传感器数据融合不仅能提高火灾识别的准确性,也能避免误报现象的发生。此外,借助人工智能技术,系统能够根据历史数据进行智能学习和模式识别,不断优化风险评估模型。

3.3 智能感知技术与系统响应速度的提升

在电气火灾的预警中,及时响应是关键。智能感知技术的引入大大缩短了火灾发生时的响应时间。在火灾初期,温度、烟雾等异常信号往往是微弱且短暂的,传统的人工监测方法难以及时发现。而通过智能感知技术,系统能够在数秒内对电气设备的状态变化做出反应,及时识别火灾的发生并启动报警机制。这种高效的响应能力对于减少火灾损失至关重要。通过与自动化消防设备的联动,智能感知技术还能够在火灾发生的早期就启动灭火装置,为建筑物内的人员争取宝贵的疏散时间。此外,智能感知系统还能够将预警信息通过多种方式传达给建筑管理人员、消防部门及其他相关人员,确保火灾隐患得到迅速处置。

4 大数据分析提升火灾预警系统性能的策略

大数据分析技术在火灾预警系统中的应用,可以有效提升系统的精确性和响应速度。通过全面的数据处理和分析,能够提前预测并防控电气火灾的发生。

4.1 大数据分析的基础框架与作用

大数据分析技术通过收集和来自电气设备、环境传感器及历史火灾数据的海量信息,能够为火灾预警系统提供精准的决策支持。系统通过集成多源数据,如电气设备运行参数、温度、湿度、烟雾浓度等数据,利用云计算和大数据平台进行存储、处理与分析。这些数据经过清洗与筛选后,能够揭示出潜在的火灾风险模式,为火灾预警提供可靠依据。例如,通过对电气设备长期运行数据的分析,系统可以识别出设备故障的早期预警信号,从而在火灾发生之前做出响应。大数据分析能够提高系统的预测能力,使其在火灾发生前就能够提前识别出隐患,为预警机制提供科学的支持^[4]。

4.2 风险预测与模型构建

大数据分析技术的核心在于建立精准的风险预测模

型。通过对历史火灾数据的深入分析,系统能够识别出火灾发生的规律,基于这些规律建立数学模型。例如,设备老化、电流异常、过载等因素可能会影响电气设备的运行安全,而大数据分析技术能够通过分析这些变化趋势,预测火灾发生的可能性。这些预测结果可以通过机器学习算法进行不断优化,确保系统根据最新的数据趋势自动调整风险评估标准。在预测过程中,系统还可以综合考虑外部环境因素如天气、建筑布局等,以全面评估火灾风险。此外,结合人工智能技术,系统还能够根据设备类型、负荷变化等实时数据进行智能化的风险预测,确保在火灾发生的初期进行及时预警。

4.3 数据驱动的决策优化与响应机制

大数据分析不仅为火灾预警提供预测支持,还能够优化系统的决策和响应机制。传统的火灾预警系统往往只能提供简单的报警功能,而借助大数据分析,系统能够基于大量历史数据进行综合判断,提高决策的准确性。例如,当系统识别到某一区域的温度和电气设备负荷超出常规范围时,基于大数据分析,系统能够智能判断该异常是否具备火灾风险,并自动触发相应的防护措施,如调节电流、启动灭火装置等。大数据技术提升了预警信息的传递效率,确保快速通知建筑管理人员和相关人员。同时,系统可根据实时数据动态调整响应机制,优化流程,提高火灾防控效率。

5 建筑电气火灾预警系统的优化与实践验证

随着电气火灾防控需求的提升,优化建筑电气火灾预警系统的性能成为关键。通过技术创新和实践验证,能够提升火灾预警的准确性和实时性,确保建筑物的安全。

5.1 系统优化的关键方向

建筑电气火灾预警系统的优化主要集中在提高数据处理能力、提升预警准确性和减少误报率等方面。首先,数据处理能力的提升通过引入更先进的计算平台和算法,使得系统能够实时处理来自多个传感器的大量数据,从而迅速识别火灾的潜在风险。其次,优化火灾预警系统的决策算法,结合大数据分析和智能感知技术,系统可以更精确地判断火灾的发生,并根据不同的风险级别进行差异化预警。最后,为了减少误报率,优化工作重点放在传感器的数据融合与筛选技术上。通过多传感器数据的综合分析和验证,系统能够更准确地识别火灾风险,减少由于单一传感器失误导致的误报情况。

5.2 实践验证中的问题与解决方案

在进行电气火灾预警系统的实践验证时,出现了一些挑战,主要包括系统响应速度、传感器布置不合理以及环境干扰等问题。例如,部分老旧建筑由于电气设备布局复

杂、传感器安装位置不合理,导致某些区域无法实现实时监控,影响系统的预警效果。为了解决这一问题,优化的方案包括在关键区域增设传感器,调整传感器的布置策略,以确保对整个建筑区域的覆盖。另一个问题是环境干扰,烟雾传感器和温度传感器容易受到外部环境变化的影响,如空气湿度和温度波动。为此,系统通过对多传感器数据的综合分析进行筛选,剔除无关数据,提高了数据的有效性,增强了预警系统的抗干扰能力^[5]。

5.3 优化后的系统性能评估与效果

在完成优化后,通过对改进系统的实际运行进行验证,结果表明,系统的响应速度和预警准确性得到了显著提升。优化后的系统能够在火灾发生的初期即发出预警,提前采取防控措施,有效避免了火灾的蔓延。通过减少误报,系统的可靠性大幅提高,消防人员和建筑管理者能够更迅速地采取应急措施。优化后的系统还具备了更强的适应性和灵活性,能够根据不同建筑的需求调整配置,实现更广泛的应用。因此,优化后的电气火灾预警系统大大增强了建筑物的安全性,提升了火灾防控能力。

6 结语

建筑电气火灾预警系统的优化与提升,对于保障建筑物安全具有重要意义。通过智能感知、大数据分析等技术的应用,预警系统能够更加精准地识别火灾风险并快速响应。实践验证表明,优化后的系统显著提高了响应速度与准确性,减少了误报率,提升了防灾能力。未来,随着技术的进一步发展,电气火灾预警系统将更加智能化,提供更加全面和高效的火灾防控解决方案,进一步增强建筑的安全保障。

[参考文献]

- [1]魏立明,杨坤,陈妍希.建筑电气火灾预警系统的综述研究[J].吉林建筑大学学报,2017,34(3):112-115.
- [2]魏立明,田益名,杨坤,郭秀娟.基于PLC的建筑配电火灾预警系统设计[J].浙江水利水电学院学报,2018,30(3):71-75.
- [3]胡培锋,鲁晨阳.浅析现阶段火灾预警系统的设置[J].现代建筑电气,2019,10(9):38-41.
- [4]王宗超,方江平.火灾预警系统的应用现状与发展趋势[J].今日消防,2022,7(4):32-34.
- [5]武秋园.基于机器学习的电气火灾预警系统设计研究[D].太原:太原理工大学,2023.

作者简介:张肖培(1992.6—),女,汉族,毕业学校:西安建筑科技大学,现工作单位:北方绿野建筑设计有限公司。

试析土木工程结构设计的问题及对策

卫乐乐

新中远工程设计有限公司第四分公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 土木工程结构设计在现代化建设中具有重要意义。当前, 设计理论与实际需求脱节、施工反馈不足、安全与经济平衡难题等问题制约了行业发展。为应对挑战, 基于数字化技术的设计革新、多学科融合的协同设计方法以及全生命周期设计理念应运而生。通过案例工程的实践, 优化后的设计显著提升了安全性和经济性, 推动了工程管理的精细化与智能化。未来, 智能化设计技术、绿色可持续设计以及行业协同创新将引领土木工程结构设计迈向更高水平, 助力行业高质量发展。

[关键词] 土木工程; 结构设计; 安全性; 优化策略; 案例分析

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16107

中图分类号: TU318

文献标识码: A

Trial Analysis of Problems and Countermeasures in Civil Engineering Structural Design

WEI Lele

The Fourth Branch of New Zhongyuan Engineering Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The design of civil engineering structures is of great significance in modern construction. Currently, issues such as the disconnect between design theory and practical needs, insufficient construction feedback, and difficulties in balancing safety and economy are constraining the development of the industry. In response to challenges, design innovations based on digital technology, interdisciplinary collaborative design methods, and full lifecycle design concepts have emerged. Through the practice of case engineering, the optimized design has significantly improved safety and economy, promoting the refinement and intelligence of engineering management. In the future, intelligent design technology, green and sustainable design, and industry collaborative innovation will lead civil engineering structural design to a higher level and assist in the high-quality development of the industry.

Keywords: civil engineering; structural design; safety; optimization strategy; case analysis

引言

随着社会经济的快速发展, 土木工程结构设计在工程建设中扮演着至关重要的角色。它不仅关系到建筑物的安全性、耐久性和功能性, 还直接影响工程的经济性和可持续性。然而, 当前土木工程结构设计面临着诸多挑战, 如设计理论与实际需求脱节、施工环节反馈不足、安全与经济平衡难题等, 这些问题制约了行业的高质量发展。深入探讨这些问题的成因, 并提出切实有效的解决策略, 对于提升设计水平、保障工程质量和推动行业可持续发展具有深远意义。

1 当前土木工程结构设计的实践现状

1.1 设计标准与规范的演变

设计标准与规范是土木工程结构设计的重要依据, 其演变反映了行业技术进步和安全需求的提升。早期的设计标准多基于经验总结, 随着材料科学、力学理论和计算技术的发展, 现代设计规范逐渐引入了概率理论和可靠性分析方法, 以更科学地评估结构性能。近年来, 随着可持续发展理念的融入, 设计标准开始关注结构的全生命周期, 包括施工阶段的环境影响和运营阶段的维护成本。国际标准的引入和本土标准的国际化趋势, 也促使设计规范不断更新, 以适应全球化背景下的工程实践需求。

1.2 技术应用与设计流程

技术应用在土木工程结构设计中扮演着关键角色, 其

发展深刻影响着设计流程和效率。传统的设计流程依赖于手工绘图和简化计算模型, 而现代技术的引入, 如计算机辅助设计(CAD)、有限元分析(FEA)和建筑信息模型(BIM), 极大地提高了设计的精确性和效率。CAD 技术实现了设计图纸的数字化, 提高了绘图速度和准确性; FEA 技术则通过复杂的数值模拟, 为结构设计提供了更精确的力学分析支持。BIM 技术的出现更是改变了传统设计流程, 它通过三维模型集成设计、施工和运维信息, 实现了多专业协同设计和全生命周期管理, 为结构设计的优化提供了有力工具。

1.3 典型工程案例分析

通过对典型工程案例的分析, 可以深入了解设计标准、技术应用与实际工程之间的关系。在大型桥梁工程中, 设计团队利用先进的 BIM 技术和高性能计算资源, 对复杂结构进行精确建模和力学分析, 确保了结构的安全性和经济性。在高层建筑项目中, 通过引入抗震性能化设计方法, 结合先进的材料和施工技术, 实现了结构在极端工况下的可靠性和耐久性。这些案例表明, 合理应用设计标准和技术手段能够有效解决复杂工程问题, 同时也反映出设计过程中需要充分考虑实际施工条件和运营需求, 以实现设计目标与工程实践的有机结合。

2 土木工程结构设计中的关键问题剖析

2.1 设计理论与实际需求的脱节

在土木工程结构设计中, 设计理论与实际需求之间的

脱节问题日益凸显。设计理论多基于理想化的力学模型和材料性能假设,而实际工程中材料的变异性、施工环境的复杂性以及使用功能的多样性,使得理论计算结果与实际结构性能存在偏差。设计理论的更新相对滞后,难以及时反映新材料、新工艺和新结构体系的应用需求。这种脱节不仅影响结构的安全性和可靠性,还可能导致资源浪费和设计优化的困难,尤其是在复杂工程和特殊环境条件下,设计理论与实际需求之间的矛盾更为突出。与此设计人员在面对快速变化的工程实践时,往往受限于传统理论框架,难以灵活应对新兴技术带来的挑战。这种理论与实践的不匹配,进一步加剧了设计过程中的不确定性和风险,限制了行业的创新与发展。因此,如何弥合设计理论与实际需求之间的差距,成为土木工程结构设计亟待解决的关键问题。

2.2 施工环节对设计的反馈不足

施工环节是结构设计的重要延伸,但目前施工过程中对设计的反馈机制存在明显不足。施工阶段会面临诸多不可预见的因素,如地质条件变化、施工技术限制以及施工工艺调整等,这些因素可能导致设计意图无法完全实现。然而,施工过程中的问题往往未能及时反馈至设计环节,使得设计优化和调整缺乏依据。设计与施工之间的沟通渠道不畅,导致施工人员对设计意图理解不充分,进一步加剧了施工与设计之间的脱节。这种反馈机制的缺失不仅影响工程质量,还可能导致设计与施工之间的矛盾积累,增加工程风险。

2.3 安全性与经济性的平衡难题

土木工程结构设计的核心目标是在确保安全性的前提下实现经济性,然而在实际设计中,这一平衡面临诸多挑战。一方面,安全性要求不断提高,设计规范日益严格,导致结构设计趋于保守,增加了工程成本;另一方面,经济性需求促使设计人员在材料选择和结构形式上进行优化,但过度追求经济性可能削弱结构的安全性。设计阶段对全生命周期成本的考虑不足,使得设计优化缺乏系统性,难以在安全性和经济性之间找到最优解。随着工程项目的复杂性增加,设计人员需要在满足功能需求的兼顾施工可行性、运营维护成本以及环境影响等多方面因素。这种平衡难题不仅影响工程项目的整体效益,还对设计人员的专业素养和决策能力提出了更高要求,同时也凸显了在设计过程中引入先进理念和技术以提升设计质量的必要性。

3 土木工程结构设计优化策略的探索

3.1 基于数字化技术的设计革新

数字化技术为土木工程结构设计带来了深刻的变革,推动设计从传统模式向高效、精准、智能化方向发展。建筑信息模型(BIM)技术通过创建三维数字化模型,整合设计、施工和运维各阶段信息,实现全生命周期的协同管理。BIM不仅提高了设计效率,还通过可视化和参数化设计减少了错误和变更。虚拟现实(VR)和增强现实(AR)

技术为设计评审和方案展示提供了沉浸式体验,帮助设计人员更好地理解复杂结构和空间关系。云计算和大数据技术为结构分析和优化提供了强大的计算支持,使得复杂结构的模拟和优化成为可能。这些数字化技术的应用,为解决设计理论与实际需求脱节的问题提供了有力支持。

3.2 多学科融合的协同设计方法

土木工程结构设计的复杂性要求多学科协同合作,以应对现代工程的多样化需求。结构设计不再局限于力学和材料科学,而是需要与建筑学、工程地质学、施工技术、环境科学等多学科深度融合。通过跨学科团队的协作,设计人员能够从多角度综合考虑工程问题,例如在抗震设计中结合地质学数据优化结构布局,或在绿色建筑设计中考虑结构与环境的相互作用。协同设计方法还强调设计与施工的紧密衔接,通过实时沟通和信息共享,确保设计方案的可实施性。这种多学科融合的协同设计方法,能够有效解决施工环节对设计反馈不足的问题,提升设计的适应性和可靠性。

3.3 全生命周期设计理念的引入

全生命周期设计理念的引入标志着土木工程结构设计从传统的单一阶段设计向全过程优化的转变。该理念强调从项目规划、设计、施工到运营维护的全周期视角出发,综合考虑结构的经济性、安全性、耐久性和环境影响。在设计阶段,通过全生命周期成本分析(LCC)评估不同设计方案的长期效益,避免因短期成本节约而牺牲长期使用性能。全生命周期设计还关注结构的可持续性,通过优化材料选择和施工工艺,减少碳排放和资源消耗。这种设计理念的引入,为平衡结构设计中的安全性与经济性难题提供了新的思路,推动土木工程设计向高质量、可持续发展。

4 优化策略的实践应用与效果验证

4.1 案例工程的设计优化实践

在某大型桥梁工程中,设计优化实践充分体现了先进理念和技术的应用。项目团队引入了基于BIM的协同设计平台,通过三维建模和实时信息共享,优化了桥梁结构的几何参数和力学性能。在设计过程中,利用有限元分析技术对复杂节点和关键部位进行精细化模拟,结合施工阶段的动态调整,确保设计方案的可实施性。采用高性能材料和预制装配技术,减少了现场施工时间和资源消耗。设计团队还通过全生命周期成本分析(LCC),在设计阶段综合考虑了桥梁的建设成本、运营维护费用以及使用寿命,进一步提升了项目的经济性和可持续性。这一实践不仅提高了设计效率,还为后续施工提供了精准的技术支持,展现了设计优化在复杂工程中的应用价值,为类似大型基础设施项目的设计与施工提供了宝贵经验。

4.2 优化后的安全与经济性对比

经过设计优化后,工程的安全性和经济性得到了显著提升。在安全性方面,通过精细化的结构分析和优化设计,

桥梁的抗震性能和抗风性能得到了增强,关键部位的应力分布更加合理,结构可靠性显著提高。在经济性方面,优化后的设计方案减少了材料用量,降低了施工难度和成本。通过预制装配技术的应用,缩短了施工周期,减少了人工成本和设备租赁费用。全生命周期成本分析显示,优化后的设计方案在运营维护阶段也更具优势,长期效益显著提升。优化设计还提升了施工阶段的灵活性和可操作性,减少了因设计变更带来的额外成本和工期延误,进一步增强了工程的整体效益,真正实现了安全与经济的双赢。

4.3 设计优化对工程管理的促进

设计优化对工程管理的促进作用体现在多个方面。优化后的设计方案通过减少施工中的不确定性和变更,提高了施工进度可控性。通过BIM平台实现的设计与施工的无缝衔接,使得施工团队能够更准确地理解设计意图,减少了施工误差和质量问题。优化后的设计方案为工程管理提供了更详细的技术支持,便于项目管理者进行资源调配和成本控制。设计优化还促进了工程管理的数字化转型,通过实时数据共享和动态调整,提升了管理效率和决策科学性,为工程管理的精细化和智能化奠定了基础。优化设计也为项目的可持续发展提供了保障,降低了资源浪费和环境影响,进一步提升了工程管理的综合效益。

5 土木工程结构设计的未来发展方向

5.1 智能化设计技术的展望

随着人工智能、机器学习和物联网技术的快速发展,智能化设计技术正在重塑土木工程结构设计的未来。人工智能算法能够处理海量的工程数据,通过机器学习模型预测结构性能、优化设计方案,并为复杂工程问题提供智能决策支持。物联网技术则为结构设计提供了实时监测数据,使得设计能够基于实际工况进行动态调整。智能设计平台将集成多学科知识,实现从概念设计到施工细节的自动化生成。这些技术的应用将极大提高设计效率,减少人为错误,同时为应对复杂多变的工程需求提供更强大的技术支持,推动土木工程设计向智能化、高效化方向发展。

5.2 绿色与可持续设计的趋势

绿色与可持续设计已成为土木工程结构设计的重要发展方向。未来的设计将更加注重资源节约、环境友好和全生命周期的可持续性。在材料选择上,优先采用可再生、可回收材料,减少对自然资源的依赖。设计过程中将引入更多生态设计理念,如自然通风、采光优化和雨水收集系

统,以降低建筑能耗和环境影响。通过全生命周期评估(LCA)技术,对设计方案的环境足迹进行量化分析,确保设计决策符合可持续发展目标。设计还将考虑结构的适应性和可改造性,以延长其使用寿命,减少建筑垃圾的产生,推动土木工程行业向绿色、低碳转型。

5.3 行业协同与创新的机遇

土木工程行业的未来发展将高度依赖于跨领域协同与创新。随着工程项目的复杂性不断增加,设计、施工、材料科学、信息技术等多领域的深度合作成为必然趋势。通过建立跨学科团队和协同创新平台,能够打破传统行业壁垒,整合各方资源,加速新技术的研发与应用。例如,设计与施工单位的紧密合作可以实现设计优化与施工技术的无缝对接,提高工程效率和质量;材料科学与工程设计的融合则有助于开发高性能、可持续的新型材料。行业协同还将推动标准规范的统一和国际化合作,为土木工程行业的全球化发展创造更多机遇。

6 结语

土木工程结构设计在理论与实践的不断探索中逐步发展,通过分析现状、剖析问题并提出优化策略,结合实际案例验证了设计革新与协同创新的显著成效。智能化设计技术的兴起为行业带来了高效、精准的设计手段,绿色与可持续设计理念推动了资源节约和环境保护的实践。未来,随着行业协同与创新的不断深化,土木工程结构设计将迈向更高水平,为工程建设的高质量发展提供坚实支撑,助力行业的可持续发展。

【参考文献】

- [1]李雪峰.试析土木工程结构设计的问题及对策[J].建材发展导向,2024,22(19):29-31.
 - [2]卢艳檀.试析土木工程结构设计中的安全性与经济性[J].建材发展导向,2024,22(7):85-88.
 - [3]陆涛.试析土木工程结构设计中的抗震问题[J].居舍,2019(23):72.
 - [4]徐章龙.试析土木工程结构设计中的安全性与经济性[J].居舍,2019(8):2.
 - [5]张建辉.试析土木工程结构设计中的安全性与经济性[J].四川水泥,2014(11):242.
- 作者简介:卫乐乐(1995.11—),男,汉族,毕业学校:河北科技大学理工学院,现工作单位:新中远工程设计有限公司第四分公司。

电动汽车充电设施在现代住宅区电气规划中的集成与挑战分析

李思琛

九易庄宸科技(集团)股份有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着电动汽车的快速发展,现代住宅区电气规划中的充电设施集成成为重要课题。充电设施的布设不仅涉及电力负荷的合理分配,还要考虑与现有电网的兼容性、环境保护以及使用便捷性等多重因素。有效的规划能够促进电动汽车的普及,减少能源消耗和碳排放。然而,充电设施集成过程中面临诸多挑战,包括高功率需求、充电桩的空间和布局问题,以及电网负荷的平衡等。解决这些问题对提升住宅区可持续发展具有重要意义。

[关键词]电动汽车;充电设施;电气规划;负荷分配;住宅区

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16099

中图分类号: U469.72

文献标识码: A

Integration and Challenge Analysis of Electric Vehicle Charging Facilities in Modern Residential Electrical Planning

LI Sichen

Jiuyi Zhuangchen Technology (Group) Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the rapid development of electric vehicles, the integration of charging facilities in modern residential electrical planning has become an important issue. The layout of charging facilities not only involves the reasonable allocation of power load, but also considers multiple factors such as compatibility with the existing power grid, environmental protection, and ease of use. Effective planning can promote the popularization of electric vehicles, reduce energy consumption and carbon emissions. However, there are many challenges in the integration process of charging facilities, including high power demand, space and layout issues of charging piles, and balancing the load of the power grid. Solving these problems is of great significance for enhancing the sustainable development of residential areas.

Keywords: electric vehicles; charging facilities; electrical planning; load distribution; residential district

引言

随着电动汽车的普及,绿色出行成为未来发展的趋势。现代住宅区作为日常生活的核心区域,充电设施的布局 and 集成显得尤为重要。如何在保障电力供应安全的前提下,实现充电设施的高效集成,已成为电气规划中的关键问题。面对快速增长的电动汽车数量,如何合理配置充电桩、优化电网负荷并解决空间限制等问题,成为亟待解决的挑战。探索这些问题的解决路径,将为未来城市的绿色发展提供重要参考。

1 现代住宅区电动汽车充电设施集成的重要性与发展趋势

随着电动汽车的快速发展和普及,现代住宅区中的充电设施集成已经成为电气规划的重点。合理规划和布局充电设施不仅关系到电力供应的稳定性,还直接影响到电动汽车的使用便捷性和环境保护效果。

1.1 电动汽车充电设施的重要性

现代住宅区是电动汽车使用的主要场所之一,随着电动汽车保有量的增加,充电需求逐渐增加。电动汽车充电设施的合理集成,不仅能够为居民提供便捷的充电服务,还能有效降低传统能源消耗,减少碳排放,促进绿色出行。

电动汽车作为清洁能源交通工具,其普及是推动城市可持续发展的重要一步。因此,合理规划充电设施,将对推动电动汽车产业发展及实现环保目标起到关键作用。

1.2 充电设施集成的挑战

尽管充电设施在电气规划中具有重要作用,但其集成过程中面临多方面的挑战。首先,电动汽车的充电需求对电力负荷提出了更高要求,如何在住宅区内合理分配电力负荷,避免对电网造成过大压力,是电气规划中的难题。其次,充电桩的布局设计需要考虑空间限制,特别是在现有住宅区中,土地和停车位的有限性使得充电桩的设置变得复杂。此外,充电设施与现有电网的兼容性问题也是集成过程中需要解决的关键问题。如何通过技术创新和系统优化,平衡这些因素,是当前电气规划需要解决的主要问题^[1]。

1.3 未来发展趋势

面对充电设施集成中的挑战,未来的发展趋势将集中在智能化和系统化上。通过引入智能充电系统,可以根据电网负荷情况和用户需求进行动态调整,实现充电过程的最优化,避免电力浪费和电网过载。此外,充电设施将与住宅区的整体电力系统进行深度融合,采用分布式能源、储能技术等先进手段,提升电力系统的弹性和稳定性。未

来的住宅区电气规划将更加注重可持续性、智能化与环保性，为电动汽车的普及创造更加有利的环境。

2 充电设施集成中的电力负荷分配与电网兼容性问题

电动汽车充电设施的集成过程中，电力负荷分配和电网兼容性是关键问题。合理的电力规划能够有效确保充电设施的稳定运行并避免电网压力过大。

2.1 电力负荷分配的挑战

随着电动汽车的逐渐普及，住宅区的电力负荷随之增加。电动汽车的充电需求具有高度的集中性，尤其是在高峰时段，一旦大量居民同时充电，可能会导致电网负担加重，甚至出现电力供应不足的情况。因此，在电气规划中，合理的电力负荷分配显得尤为重要。充电设施的设计需要根据电动汽车充电的负荷特性进行优化，避免与住宅区其他电力需求发生冲突。在这一过程中，必须考虑充电桩的数量、功率要求、充电时间分布等因素，采用智能电力管理系统来动态调节电力分配，从而最大程度地降低电网压力，确保电力供应的稳定性。

2.2 电网兼容性与现代住宅区的挑战

电网兼容性是电动汽车充电设施集成中的另一大难题。电动汽车充电桩的负荷特性与传统的电力负荷有很大差异，尤其是当大量充电桩同时使用时，可能会出现电网负荷过高、供电不稳定等问题。许多住宅区的电网建设较为老旧，无法满足电动汽车充电设施的高功率需求。为此，住宅区电气规划必须与电网公司进行紧密合作，确保电动汽车充电设施与现有电网的兼容性。这可以通过电网升级、引入智能电网技术等方式来实现，同时还需要考虑充电桩与电网之间的负荷平衡，防止电网因为过载而发生故障或停运。

2.3 解决电力负荷与电网兼容性问题的策略

为了解决电力负荷分配与电网兼容性的问题，首先应加强智能电力管理系统的应用。这些系统可以通过数据分析和负荷预测，实时监控电网状况，并根据需求动态调节充电桩的充电功率，从而平衡负荷，避免电网过载。此外，采用分布式能源和储能技术是未来电力规划中的重要发展方向。分布式能源系统如光伏、风能等，可以在住宅区内直接生成清洁能源，为充电设施提供辅助电力；储能设备则可以在电力需求低谷时存储电能，在需求高峰时释放电能，平衡电网负荷，确保充电设施的稳定运行^[2]。通过这些技术手段的结合，电动汽车充电设施与电网之间的兼容性将得到有效提升，为电动汽车的普及提供有力支持。

3 充电桩布局与空间限制对住宅区电气规划的影响

充电桩的布局与空间限制是住宅区电气规划中的重要因素。合理的布局设计不仅影响充电效率，还直接关系到电气系统的稳定性和居民的使用体验。

3.1 充电桩布局的关键考虑因素

充电桩的布局设计是电动汽车充电设施集成中的一项核心任务。首先，住宅区的停车位数量和分布直接影响充电桩的布置。在规划充电桩时，需要充分考虑停车位的利用率和空间合理性，确保每个停车位都能够方便地接入充电设施。其次，充电桩的功率要求和充电速度对布局设计也提出了更高的要求。快速充电桩需要更多的电力支持，因此，其布局位置应优先选择靠近电力主干线路的区域，以确保电力供应的稳定性。此外，布局还应考虑到住户的实际需求，避免过于集中或过于分散，影响充电便利性和电力供应的平衡。科学合理的布局将大大提升电动汽车的使用便利性和充电效率^[3]。

3.2 空间限制对充电桩布置的影响

现代住宅区的空间资源有限，尤其是在城市高密度地区，停车位和公共空间本身就紧张。因此，如何在有限的空间内合理布置充电桩，成为电气规划中的一个重要问题。空间限制导致充电桩的设置往往受到多个因素的制约，如车位的大小、楼宇间的距离以及住户的需求密度等。为了在有限空间内最大化充电设施的利用率，可以考虑采用垂直布局或车位共享的方式，将充电桩集中布置在可用空间内。此外，某些住宅区可能缺乏专门的停车场，或者停车位难以满足充电桩的安装要求，这就需要在规划时提前评估空间的利用潜力，考虑到现有基础设施的改造和优化，以提高充电桩的布置效率。

3.3 解决方案与未来发展方向

为了应对充电桩布局 and 空间限制问题，住宅区电气规划应着眼于智能化与灵活性。首先，采用智能充电系统，可以根据电力需求和空闲车位的实时信息，动态调整充电桩的布局和使用情况。例如，通过云平台进行数据监控，能够在高需求时段合理调度充电桩，优化电力分配。其次，空间的共享和合理配置也能够有效缓解空间压力。例如，住宅区可以采用共享停车位的形式，将原本专用的停车位转变为灵活的充电位，允许居民根据实际需要使用。此外，结合智能停车系统，能够动态调整车位的使用方式，提升充电桩的利用率。未来，随着技术的不断进步和规划理念的更新，充电桩布局将更加灵活高效，满足居民日益增长的充电需求，同时也能应对住宅区空间有限的挑战。

4 电动汽车充电设施对住宅区可持续发展的促进作用

电动汽车充电设施的布局和发展对住宅区的可持续性有着深远的影响。合理规划充电设施不仅能促进绿色出行，还为住宅区的生态和经济发展注入新动力。

4.1 促进绿色出行与环保目标实现

电动汽车的普及是绿色出行的重要组成部分，能显著减少传统燃油车带来的空气污染和碳排放。充电设施的合理布局为居民提供了便利的充电服务，鼓励更多人选择电

动汽车作为出行工具。通过推广电动汽车及其充电设施,住宅区不仅在交通出行方面实现了可持续发展,还在全社会范围内推动了环保目标的达成^[4]。

4.2 支撑能源结构优化与智能化发展

充电设施的建设不仅仅是为了电动汽车的充电需求,它还为能源结构的优化和智能化发展提供了重要支持。充电设施可以与住宅区的能源系统有机结合,在智能电网的背景下参与电网负荷管理和优化调度。智能充电系统根据电网负荷实时调节充电功率,避免高峰时段过度拉高电力需求,确保电网稳定。与可再生能源(如光伏、风能)结合,减少传统电力消耗,进一步推动能源结构的优化。

4.3 激活经济发展与社会效益

电动汽车充电设施的普及有助于环保和能源结构的优化,同时为住宅区带来经济效益。随着充电设施的增多,电动汽车市场扩大,促进了相关产业的发展,包括充电设备的生产、安装、维护等领域。充电设施的建设和运营创造就业机会,增加地方就业,促进经济发展。此外,充电设施的发展提高住宅区的物业价值,吸引环保意识强的购房者和租户。因此,充电设施的建设不仅支持绿色出行,也是地方经济和社会福利提升的重要推动力。

5 解决充电设施集成挑战的策略与技术路径

面对充电设施集成中的挑战,合理的策略和技术路径至关重要。通过创新方案与技术手段的结合,可以有效提升充电设施的效率与兼容性,推动电动汽车的广泛应用。

5.1 智能电力管理系统的应用

解决充电设施集成挑战的关键在于智能电力管理系统的应用。传统的电力负荷管理方式往往无法满足电动汽车充电设施的高需求,尤其是在住宅区高峰时段,容易造成电网过载。智能电力管理系统通过实时监控电力负荷、动态调节充电功率,能够优化充电桩的使用,从而避免电网的过度压力。该系统能够根据居民的充电需求、时间段、电网负荷等多重因素,自动调整充电策略,实现电力资源的最优分配。此外,智能电力系统还能够与电网进行互动,参与电网的负荷调度,实现电力供需平衡。这种智能化管理不仅能降低充电设施的运维成本,还能有效保障电网稳定运行。

5.2 分布式能源与储能技术的融合

分布式能源与储能技术的结合是解决电动汽车充电设施集成中的一项创新方案。分布式能源,尤其是太阳能和风能等可再生能源,可以为充电设施提供清洁能源,减少对传统电网的依赖,降低碳排放。通过将充电桩与住宅区的分布式能源系统连接,可以实现部分电力自给自足,从而缓解电网负担,提高能源利用效率。此外,储能技术也可以发挥重要作用。在充电需求低谷时,储能设备可以储存多余的电能;而在高峰时段,储能设备则可以释放储

存的电能,平衡电网负荷,避免电力供应中断。通过分布式能源和储能技术的结合,充电设施不仅能够提供绿色电力,还能提升电网的稳定性和抗压能力,推动住宅区向更加可持续的方向发展^[5]。

5.3 灵活布局与模块化设计的优化

在充电设施集成过程中,空间限制和布局设计是两大难题。为了克服这些问题,灵活布局和模块化设计成为了重要的解决方案。首先,充电桩的布局应根据住宅区的实际情况灵活调整,避免过度集中或过度分散。利用现有停车位资源,采用智能充电系统,动态调整充电桩的使用与配置,可以实现充电桩的最优化布局。其次,模块化设计可以有效解决空间紧张的问题。通过将充电设施设计成模块化的单元,可以根据需求灵活增减,方便未来扩展与维护。这种设计不仅能够提高空间的使用效率,还能确保充电设施的兼容性和灵活性,适应不同规模的住宅区。随着充电设施技术的不断发展,灵活布局与模块化设计将成为未来电气规划中不可或缺的一部分。

通过智能管理、分布式能源、储能技术及模块化设计,有效解决充电设施集成挑战,提升充电效率与可靠性,促进绿色出行和可持续发展。

6 结语

电动汽车充电设施的集成是现代住宅区电气规划中的重要课题,涉及电力负荷分配、电网兼容性、空间布局等多方面挑战。通过智能电力管理系统、分布式能源与储能技术的结合,以及灵活布局与模块化设计的优化,能够有效解决这些问题,提升充电设施的效率与可靠性。合理规划充电设施不仅推动了绿色出行和环保目标的实现,还促进了住宅区可持续发展,带动了经济增长与社会效益的提升,为未来城市电气化发展奠定基础。

[参考文献]

- [1] 贾鹏翔. 我国住宅区内电动车充电设施建设及思考[J]. 中国住宅设施, 2019(5): 64-65.
 - [2] 李锦辉. 民用建筑电动汽车充电设施电气设计[J]. 电力设备管理, 2020(11): 163-165.
 - [3] 冯宏基. 新建住宅小区电动汽车充电桩的设计与优化[J]. 大众用电, 2024, 39(8): 20-21.
 - [4] 崔东海, 杨伟进. 电动汽车充电桩的市场需求分析[J]. 中国汽车市场, 2024(6): 82-83.
 - [5] 宋宝程, 郑宁, 李晓磊. 物业服务企业在电动汽车充电设施建设与维护中的职责[J]. 中国物业管理, 2025(2): 100-102.
- 作者简介: 李思琛(1994.9—), 男, 汉族, 毕业学校: 沧州师范学院, 现工作单位: 九易庄宸科技(集团)股份有限公司。

医院建筑防排烟系统设计的特殊要求与技术应用

郝志校

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 结合医院建筑的特殊功能需求, 在防排烟系统设计中采用分区控制、独立风道布置和智能化监控等技术, 确保烟气控制的高效性和系统稳定性。通过分析医院不同功能区域的火灾风险和排烟需求, 合理设置防排烟风口, 优化通风路径, 实现火灾初期的烟气快速排出与污染控制。采用先进的智能控制系统, 能够实时监测火情并动态调节排烟风量, 提高系统响应效率。系统设计有效减少烟气扩散对患者和医护人员的伤害, 保障疏散通道的畅通性, 同时提升了医院建筑的安全性能和使用舒适度。

[关键词] 医院建筑; 防排烟系统; 分区控制; 智能化监控; 系统优化

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16123

中图分类号: TU998.1

文献标识码: A

Special Requirements and Technical Applications for the Design of Smoke Control and Exhaust Systems in Hospital Buildings

HAO Zhixiao

Hebei Institute of Architectural Design & Research Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Based on the special functional requirements of hospital buildings, technologies such as zone control, independent air duct layout, and intelligent monitoring are adopted in the design of smoke control systems to ensure the efficiency and stability of smoke control. By analyzing the fire risks and smoke exhaust requirements in different functional areas of the hospital, setting up smoke exhaust vents reasonably, optimizing ventilation paths, and achieving rapid smoke exhaust and pollution control in the early stages of a fire. Adopting advanced intelligent control system, it can monitor the fire situation in real time and dynamically adjust the smoke exhaust volume, improving the system response efficiency. The system design effectively reduces the harm of smoke diffusion to patients and medical staff, ensures the smoothness of evacuation routes, and improves the safety performance and comfort of hospital buildings.

Keywords: hospital buildings; smoke control system; partition control; intelligent monitoring; system optimization

引言

医院建筑作为特殊场所, 其防排烟系统设计直接关系到患者、医护人员的安全和医疗服务的连续性。火灾发生时, 烟气扩散迅速, 对疏散和救援形成重大威胁。传统防排烟系统在面对医院复杂的功能分区和严苛的卫生要求时, 常难以兼顾高效排烟和污染控制的双重需求。针对这一挑战, 通过整合先进的分区控制技术和智能化监控手段, 结合医院各区域的实际特点, 不仅能够实现火灾初期烟气的精准控制, 还可大幅提升系统的安全性和可靠性。这种设计理念为医院建筑的安全性能提升提供了全新视角, 同时也为复杂建筑的防排烟设计提供了有益借鉴。

1 医院建筑防排烟系统设计的特殊性分析

医院建筑具有功能多样、人员密集、布局复杂的特点, 其防排烟系统的设计需要充分考虑这些特殊性。作为救治和安置病患的场所, 医院内部存在大量行动不便的病患和需要特殊照顾的人员, 火灾发生时的疏散困难度远高于其他公共建筑。此外, 医院建筑内部存在诸多易燃物品, 如药品、氧气罐和医用材料, 这些物品增加了火灾蔓延的风险, 要求防排烟系统具有更高的响应速度和排烟效率。医院的功能性分区明确, 包括门诊、住院部、手术室、药房

等, 这些区域的排烟需求存在显著差异, 对防排烟系统的精准性提出了更高的要求。

防排烟设计在医院建筑中面临多重技术挑战。首先, 医院的密闭性和洁净度要求较高, 常规的排烟系统可能导致烟气扩散污染其他区域, 威胁患者安全并干扰医疗工作。其次, 手术室等重点区域对空气流动的控制尤为严格, 排烟系统需要避免对这些区域的正常运作产生负面影响。消防通道的设计也与防排烟系统息息相关, 在确保烟气不影响疏散通道时, 还需考虑高效排烟对其他医疗区域的干扰, 设计难度大幅提升。此外, 医院的 24 小时运行模式对防排烟系统的长期稳定性和维护便捷性也提出了苛刻的要求^[1]。

在面对这些特殊需求和挑战时, 医院防排烟系统设计需要结合现代化技术手段, 综合考虑功能性和安全性。科学合理的分区排烟设计是解决问题的核心策略, 通过独立风道与自动化排烟设备的结合, 可有效实现精准控制, 避免烟气污染扩散。同时, 智能化监控系统的引入, 使排烟系统能够实时监测火情并自动响应, 有效减少火灾初期的烟气威胁。这种设计不仅提升了防排烟系统的效率与可靠性, 也为医院整体建筑安全和运行效率提供了强有力的保障。

2 火灾风险分区与防排烟系统的精准布局

医院建筑的火灾风险分区是防排烟系统设计的基础。医院的功能分区多样,包括急诊、住院、手术室、药房等,各区域的火灾风险和排烟需求差异显著。急诊区域人流量大且流动性强,火灾发生时易造成人员拥堵和疏散困难;住院部多为卧床病人,行动能力受限,对疏散和排烟系统的设计要求极高;手术室和ICU等特殊区域则对空气洁净度和烟气控制有更严格的标准。此外,药房和氧气储存区等功能性区域因存放大量易燃、易爆物品,属于火灾高风险区,需设计更为严格的防火和排烟措施。因此,医院建筑的防排烟设计需要基于风险分区,针对不同功能区域制定科学合理的策略^[2]。

在火灾风险评估的基础上,分区排烟设计是实现精准控制的关键策略。不同区域的排烟系统应根据功能需求进行独立设计,例如住院区可采用分区分层排烟,以减少烟气扩散对其他楼层的影响,而手术室则需设置单独的高效排烟系统,避免烟气污染医疗设备和操作环境。疏散通道是防排烟设计的重点,应通过设置独立排烟风口和加压送风装置,确保疏散路径的空气流通和可见度。此外,对于药房和氧气储存区等高风险区域,可采用双重防火分隔措施,并设置自动排烟设备,以确保火灾发生时烟气能够迅速排出。

精准布局还需结合先进技术手段的应用。智能化监控系统的引入使得各区域的排烟设备能够实时响应火情,实现按需排烟。通过安装烟雾传感器和热敏探测器,可精准定位火源并启动相应区域的排烟系统,避免大范围排烟导致其他区域的环境污染。结合医院建筑的功能特点,排烟系统的布局应充分考虑风道的布置和通风路径的优化。例如,将主要排烟管道设置在公共区域与功能区的交界处,不仅能够缩短排烟距离,还可减少烟气回流对建筑内部环境的影响。

这种基于火灾风险分区和功能需求的精准防排烟系统布局,不仅能够提高火灾发生时的应急响应能力,还可以有效减少烟气扩散造成的二次危害,为患者、医护人员的安全和医院的正常运作提供全方位保障。对于提升医院建筑的整体安全性和使用效率具有重要意义,同时也为其其他复杂建筑的防排烟系统设计提供了可借鉴的范例。

3 防排烟系统关键技术的优化应用

分区控制是医院建筑防排烟系统优化应用的核心技术之一。医院建筑通常包括急诊、手术室、住院部和设备机房等功能区域,这些区域对烟气控制的要求各不相同。通过分区控制技术,可以根据各区域的火灾风险和排烟需求设置独立的排烟系统。比如,在住院部采用楼层分区控制,可在火灾发生时对着火楼层优先排烟,同时隔绝其他楼层,防止烟气扩散;在手术室等重点区域,则设置单独的空气净化排烟系统,确保火灾初期环境洁净度的维持。

分区控制有效提升了排烟系统的效率和灵活性,减少了大范围排烟可能引起的混乱和资源浪费^[3]。

独立风道布置是实现精准排烟的重要技术手段。传统的排烟系统通常采用统一的风道连接多个区域,容易导致烟气回流和交叉污染。医院建筑中,独立风道设计能够为每个功能区域提供专属的排烟路径,减少烟气在风道内的混流风险。例如,为住院楼的每一层设置独立的排烟风道,并在楼梯间和电梯井中设计加压送风装置,确保烟气无法进入疏散通道。同时,风道的材料选择和安装方式也至关重要,需采用耐高温、不易变形的材质,并确保密封性良好,以提高系统的安全性和运行稳定性。

智能化监控系统的应用为防排烟系统的优化提供了先进技术支持。通过安装烟雾传感器、热敏探测器和压力监测设备,系统能够实时感知火灾的发生并精准定位火源位置。智能化控制系统可以根据烟气浓度和火灾规模,自动调节排烟风量和风道开启位置,实现按需排烟的功能。这种动态响应能力不仅提高了系统的排烟效率,还避免了因过度排烟造成的资源浪费。智能化监控还可与医院的消防报警系统联动,在启动排烟装置的同时,提示相关区域人员迅速疏散,为消防人员争取更多救援时间。

优化应用分区控制、独立风道布置和智能化监控等关键技术,为医院建筑防排烟系统提供了高效、可靠的解决方案。这种设计不仅能够快速控制火灾初期的烟气扩散,减少人员伤亡和设备损失,还能提升医院建筑整体的安全性和运行效率。通过技术的不断创新和优化,医院防排烟系统可以更好地满足复杂功能需求,助力医院建筑的安全与现代化发展。

4 防排烟系统在保障医疗安全中的实践效果

防排烟系统在火灾发生时对疏散通道畅通性的保障具有关键作用。在医院建筑中,疏散通道通常包括楼梯间、走廊和电梯井,这些区域是火灾时患者、医护人员和访客撤离的主要路径。防排烟系统通过加压送风装置向疏散通道持续输送洁净空气,防止烟气侵入,确保疏散人员的可见度和呼吸安全。尤其是在住院部或ICU区域,疏散难度较大,患者行动不便,疏散通道的清洁空气供应显得尤为重要。实际案例表明,优化设计的防排烟系统能够显著减少烟气滞留时间,极大提升疏散效率,为抢险救援争取宝贵时间。

烟气控制是防排烟系统实践效果的核心体现。火灾发生时,烟气是造成人员伤亡的主要威胁,其高温、毒性和遮挡视线的特性极易引发混乱和窒息危险。通过合理设置排烟风口和风道,防排烟系统可以迅速排出火灾初期的烟气,降低室内温度和烟气浓度。例如,在手术室和药房等高风险区域,独立排烟系统能够精准排放浓烟,避免污染扩散至其他区域。同时,分区排烟技术确保仅对起火区域进行集中处理,减少对周围区域正常医疗工作的干扰,最大限度维护医院的运转秩序^[4]。

智能化防排烟系统的实际效果进一步提升了火灾应急响应能力。在医院建筑中,火情的快速感知和精准定位尤为重要。通过烟雾传感器和智能控制设备,防排烟系统能够自动启动并实时调整排烟路径和风量,动态响应火灾的变化。结合医院消防系统,智能化防排烟系统还能联动门禁控制和语音提示,快速指引人员沿疏散通道撤离,同时为消防人员提供火情数据支持,提高灭火效率。这种技术的应用有效缩短了火灾初期的反应时间,减少了火灾对生命财产的威胁。

防排烟系统对医院建筑的医疗安全保障作用显著。通过对疏散通道的保护和烟气扩散的精准控制,系统能够有效降低火灾事故中的人员伤亡率,并减少烟气对医疗设备的损害。与传统排烟系统相比,结合分区控制、独立风道和智能化监控的系统具有更高的可靠性和效率,为医院复杂环境下的火灾防控提供了理想解决方案。

5 防排烟系统设计对医院建筑的安全与效率提升

优化设计的防排烟系统对医院建筑整体安全性能的提升具有重要意义。在火灾事故中,烟气扩散是主要威胁之一,其高温、毒性和遮挡视线的特性会显著增加疏散难度并威胁患者和医护人员的安全。优化的防排烟系统通过合理的风道布置和分区控制技术,能够快速排除火灾初期的烟气,有效降低火灾对建筑内人员和设备的危害。特别是在医院这种特殊场景中,许多患者行动能力受限,无法迅速撤离,系统的高效运行可以为救援争取时间并保护生命安全。

防排烟系统的优化设计不仅提升了安全性,还显著提高了医院的运营效率。在日常状态下,系统可作为通风设施的一部分,维持建筑内的空气流通和环境质量。医院中的手术室、ICU和药房等区域对空气洁净度要求较高,优化的防排烟系统能够通过独立风道和精确控制实现空气质量的动态调节,保障医疗工作的顺利进行。此外,智能化排烟系统能够实时监测环境条件并自动调节工作状态,减少了人工干预的需求,提升了设备的管理效率。对建筑的长期运营来说,这种智能化技术的应用不仅降低了维护成本,还提高了资源利用率^[5]。

优化设计还提高了医院建筑应急响应的整体效率。防排烟系统通过智能监控设备能够快速识别火灾位置并动态调整排烟策略,避免烟气扩散影响其他区域。在实际应用中,这种自动化响应大大缩短了火灾初期的控制时间,

减少了因烟气蔓延导致的医疗设备损坏和患者转移困难。此外,优化的系统设计与消防报警、疏散指引和门禁控制联动,提高了火灾情况下的应急协调效率。这种高效的应急响应能力不仅体现在火灾事件中,还对日常运行中突发状况的快速处置同样具有重要意义。

防排烟系统的优化设计为医院建筑的安全与效率提升提供了强有力的技术支持。它通过精准的分区控制和智能化技术应用,全面提升了建筑的安全性能,为患者、医护人员和访客创造了更加安全、可靠的环境。同时,系统的高效运行和低成本维护有效提升了医院的运营效率,减轻了管理压力。在现代化医院建设中,防排烟系统的优化设计不仅是消防安全的核心内容,也是提升医疗服务水平和建筑使用价值的重要保障,对未来的建筑设计具有重要的参考意义。

6 结语

医院建筑防排烟系统的优化设计是保障患者和医护人员安全、提升医疗服务连续性的重要环节。结合医院复杂的功能分区和特殊需求,通过分区控制、独立风道布置和智能化监控等技术,实现了火灾烟气的高效控制和疏散通道安全保障。这种设计不仅增强了建筑应对火灾等突发事件的能力,还通过优化系统布局和运行方式,提高了建筑的整体运营效率。防排烟系统的实践效果表明,科学合理的设计不仅能有效降低火灾损失,还对建筑安全性能的提升和现代化医院的长远发展具有重要意义。未来的防排烟技术应在可靠性和智能化方面持续创新,为医院建筑提供更加全面的安全保障和技术支持。

【参考文献】

- [1]陈操. 高层建筑防排烟系统的常见问题[J]. 消防界(电子版),2022,8(13):98-100.
 - [2]叶佳. 高层建筑暖通消防工程防排烟系统施工分析[J]. 消防界(电子版),2022,8(12):59-61.
 - [3]吴明城. 建筑防排烟消防施工中的问题分析[J]. 江西建材,2022(11):304-305.
 - [4]侯素娟. 建筑防排烟系统常见问题解析[J]. 绿色环保建材,2016(9):191.
 - [5]夏国林. 高层建筑防排烟系统常见问题及其对策探析[J]. 中国建筑装饰装修,2019(9):118.
- 作者简介:郝志校(1985.11—),男,汉族,毕业学校:唐山学院,现工作单位:河北建筑设计研究院有限责任公司。

地下空间通风系统的设计与消防安全考量

陈小娟

九易庄宸科技(集团)股份有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]当前,地下空间通风系统在火灾工况下存在诸多不足,如风道布局不合理、设备可靠性差以及系统联动机制不完善等,严重影响消防安全性能。通过优化通风系统设计、提升设备性能、完善联动机制以及强化日常维护管理,通风系统在火灾应急中的作用得到显著提升。工程实践表明,优化后的系统在火灾工况下表现出色,同时提高了日常运行的能源利用效率和设备可靠性。这些成果为地下空间的消防安全设计提供了重要参考,也为未来地下空间的开发和利用奠定了坚实基础,推动了相关技术的进步和可持续发展。

[关键词]地下空间;通风系统;消防安全;协同优化;案例分析

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16105

中图分类号: TU96

文献标识码: A

Design of Underground Space Ventilation System and Fire Safety Considerations

CHEN Xiaojuan

Jiuyi Zhuangchen Technology (Group) Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Currently, there are many shortcomings in underground space ventilation systems under fire conditions, such as unreasonable duct layout, poor equipment reliability, and incomplete system linkage mechanisms, which seriously affect fire safety performance. By optimizing ventilation system design, improving equipment performance, perfecting linkage mechanisms, and strengthening daily maintenance management, the role of ventilation systems in fire emergencies has been significantly enhanced. Engineering practice has shown that the optimized system performs well under fire conditions, while improving energy efficiency and equipment reliability in daily operation. These achievements provide important references for the fire safety design of underground spaces, and lay a solid foundation for the future development and utilization of underground spaces, promoting the progress of related technologies and sustainable development.

Keywords: underground space; ventilation system; fire safety; collaborative optimization; case analysis

引言

随着城市化进程的加速,地下空间的开发利用日益广泛,其在缓解土地资源紧张、拓展城市功能方面发挥着重要作用。然而,地下空间的特殊环境也带来了诸多挑战,尤其是通风系统与消防安全的协同问题。通风系统作为地下空间的重要组成部分,不仅影响日常空气质量,更在火灾等紧急情况下对人员疏散和火灾控制起着关键作用。当前,地下空间通风系统在火灾工况下的功能存在诸多不足,亟待优化与改进。深入探讨通风系统与消防安全的协同发展,对于提升地下空间的安全性和可靠性具有重要意义。

1 地下空间通风与消防安全现状剖析

地下空间的开发利用已成为城市发展的必然趋势,其在缓解城市土地资源紧张、拓展城市功能等方面发挥着重要作用。然而,随着地下空间规模的不断扩大和功能的日益复杂,通风系统与消防安全之间的关系愈发受到关注。在当前的地下空间设计中,通风系统作为保障空气质量与人员舒适度的重要设施,其设计思路往往侧重于满足日常运行需求,而对火灾等极端情况下的消防安全功能考虑不足。从通风系统的设计角度来看,地下空间的通风布局通

常基于空间的使用功能和日常人员活动规律。地下停车场的通风系统主要针对车辆尾气排放进行设计,商业区域的通风系统则侧重于调节室内温度和湿度。然而,在火灾发生时,这些通风系统可能无法有效支持火灾应急需求。

一方面,火灾产生的高温烟气会迅速扩散,而现有通风系统可能无法及时排出烟气,导致能见度降低,影响人员疏散和消防救援行动的开展。另一方面,通风系统的风向和风量设置在火灾场景下可能无法有效引导烟气流动,甚至可能加剧火势蔓延。在消防安全方面,地下空间的火灾风险相对较高。其封闭性使得火灾产生的热量和烟气难以快速散发,容易形成高温、高浓度烟气环境。

在地下空间的人员密集区域,如地铁站和地下商场,火灾发生时人员疏散面临巨大挑战。通风系统的设计对于保障人员安全疏散至关重要,但目前许多通风系统在火灾工况下的运行模式缺乏针对性优化,难以满足消防安全需求。技术标准和规范层面也存在不足,现有建筑设计规范对通风和消防虽有要求,但在协同设计方面缺乏明确指导,导致通风系统与消防系统在实际工程中被割裂开设计,缺乏有效整合与协调。这种割裂的设计方式使得通风系统

在火灾发生时无法充分发挥其排烟和引导人员疏散的作用,进一步加剧了火灾风险,凸显了优化通风与消防安全协同设计的紧迫性。

2 现存通风系统设计的消防隐患

在地下空间的通风系统设计中,存在诸多与消防安全相关的设计隐患,这些隐患在火灾发生时可能严重影响人员疏散和火灾扑救的效率,甚至加剧火灾的危害程度。通风系统的风道布局是关键问题之一。地下空间的结构复杂,通风管道的布置往往受到空间限制,难以实现理想的气流组织。在火灾发生时,烟气会沿着通风管道快速扩散,而现有通风系统的管道布局可能无法有效引导烟气排出,甚至可能使烟气逆流进入安全区域,威胁人员安全。通风管道的材质和密封性也存在问题。部分通风管道采用的材料在高温下容易变形或损坏,导致烟气泄漏,进一步加剧火势蔓延。管道的密封性不足可能导致烟气在管道内泄漏,降低通风系统的排烟效率。

通风系统的风量和风压设置也是重要的消防隐患。在日常运行中,通风系统通常按照满足人员舒适度和空气质量的要求来设计风量和风压,但在火灾发生时,这些参数可能无法满足排烟和人员疏散的需求。火灾产生的高温烟气密度较低,需要更大的风量和合适的风压才能有效排出。然而,许多地下空间的通风系统在火灾工况下的风量和风压调整能力不足,无法快速排出烟气,导致能见度降低,影响人员疏散和消防救援行动的开展。通风系统的设备选型和可靠性也存在隐患。地下空间的湿度较大,通风系统的设备长期处于潮湿环境中,容易出现故障。风机的电机可能会因潮湿而短路,过滤器可能会因受潮而堵塞,这些故障都会影响通风系统的正常运行。通风设备的防火性能不足也是一个问题。部分通风设备在高温下无法正常工作,甚至可能成为火灾蔓延的途径。

通过工程实践的实施和效果验证,优化方案在提升地下空间通风系统消防安全性能方面取得了显著成效。优化后的通风系统不仅在火灾工况下表现出色,能够快速排出烟气、提高能见度并有效支持人员疏散和火灾扑救,还在日常运行中显著提高了能源利用效率和设备可靠性。这些成果不仅为地下空间的消防安全设计提供了重要的参考依据,也为未来地下空间的开发和利用奠定了坚实的基础。同时,优化方案的成功实施还展示了跨学科合作和技术创新在解决复杂工程问题中的重要作用,进一步推动了相关技术标准和规范的完善,为后续类似工程提供了可借鉴的经验,有助于提升整个行业的设计和管理水平。

3 通风系统优化策略与消防安全协同机制

为了提升地下空间的消防安全性能,通风系统的优化策略与消防安全的协同机制成为关键研究方向。优化通风系统设计需从多个方面入手,以确保其在火灾发生时能够有效支持消防应急需求。通风系统的设计优化应重点关注

风道布局的合理性。通过优化通风管道的走向和布置,确保烟气能够快速排出,同时避免烟气逆流进入非火灾区域。合理的风道布局能够有效引导气流,减少烟气在管道内的滞留时间,提高排烟效率。通风管道的材质选择也至关重要。采用耐高温、防火性能良好的材料,能够有效防止管道在火灾中变形或损坏,确保通风系统的稳定运行。

在通风系统的运行参数优化方面,需要针对火灾工况重新评估风量和风压设置。火灾发生时,通风系统应具备快速切换至火灾模式的能力,通过增加风量和调整风压,确保烟气能够被迅速排出。优化通风系统的设备选型,选择适应潮湿环境且具备良好防火性能的设备,能够有效提升通风系统在火灾中的可靠性。通风系统与消防系统的协同机制是提升消防安全性能的重要保障。通过建立完善的联动机制,确保火灾自动报警系统能够在火灾发生时及时向通风系统传递信号,使通风系统迅速切换至火灾工况模式。通风系统与消防喷淋系统、疏散指示系统等协同工作,能够为人员疏散和火灾扑救提供更有力的支持。

在通风系统优化过程中,日常维护与管理的重要性不容忽视。建立完善的定期维护和检查机制,能够及时发现并解决设备老化、管道堵塞、传感器故障等问题,从而有效提升通风系统的可靠性和运行效率。通过优化通风系统设计、提升设备性能、完善联动机制以及强化日常维护管理,不仅能够显著增强地下空间的消防安全性能,还能确保在火灾发生时,通风系统能够快速切换至应急模式,为人员疏散和火灾扑救提供更有力的保障。

4 优化方案的工程实践与效果验证

通风系统优化方案的工程实践是验证其有效性的关键环节。在实际工程中,优化方案的实施需要综合考虑地下空间的结构特点、使用功能以及消防安全需求。通过合理的工程实践,可以确保优化后的通风系统在火灾等极端情况下能够有效支持消防安全。在工程实践中,通风系统优化方案的实施首先涉及对现有通风管道的改造。根据优化设计要求,对通风管道的走向、尺寸和材质进行调整,以确保烟气能够快速排出并防止其逆流。对通风设备进行更新和升级,选择适应潮湿环境且具备良好防火性能的风机和过滤器,以提高通风系统的可靠性和耐久性。优化通风系统的控制逻辑,使其能够在火灾发生时迅速切换到火灾工况模式,与火灾自动报警系统、消防喷淋系统等实现联动。

为了验证优化方案的效果,需要在工程实践中进行严格的测试和评估。通过模拟火灾场景,测试通风系统在火灾工况下的排烟效率、风量和风压调整能力,以及与消防系统的联动效果。测试结果表明,优化后的通风系统能够在火灾发生时迅速排出烟气,有效提高能见度,为人员疏散和消防救援提供有力支持。通风系统与消防系统的联动机制更加完善,能够在火灾发生时快速响应,确保通风系

统运行在最佳状态。在工程实践中,还需要对通风系统的日常运行情况进行监测和分析。通过安装传感器和监控设备,实时监测通风系统的运行参数,及时发现并解决潜在问题。监测数据表明,优化后的通风系统在日常运行中能够保持良好的空气质量,同时在火灾模拟测试中表现出色,有效提升了地下空间的消防安全性能。通过工程实践的实施和效果验证,优化方案在提升地下空间通风系统消防安全性能方面取得了显著成效。优化后的通风系统不仅在火灾工况下表现出色,能够快速排出烟气、提高能见度,为人员疏散和消防救援提供有力支持,还在日常运行中实现了更高的能源利用效率和设备可靠性。这些成果不仅为地下空间的消防安全设计提供了重要的参考依据,也为未来地下空间的开发和利用奠定了坚实的基础,推动了地下空间工程技术的进步和可持续发展。

优化方案的成功实施还表明,通过合理设计通风管道布局、选用高性能材料和设备、完善系统联动机制,可以有效解决地下空间通风与消防安全之间的协同问题。这一实践成果为地下空间的规划、设计和运营提供了宝贵的经验,也为相关技术标准和规范的更新提供了有力支持,进一步促进了地下空间工程领域的技术创新和管理水平提升。

5 地下空间通风与消防安全协同发展的未来趋势

随着城市化进程的加速和地下空间开发的不断深化,通风系统与消防安全的协同发展将成为地下空间设计与管理的重要方向。未来趋势将聚焦于技术创新、智能化应用以及跨学科融合,以实现地下空间的安全、高效与可持续利用。在技术创新方面,研发高性能的通风设备和材料将成为重点。新型防火、耐高温材料的应用将进一步提升通风系统在火灾工况下的稳定性与可靠性。智能通风设备的开发将使系统能够根据实时环境数据自动调整运行模式,以适应不同场景下的通风与消防需求。基于物联网技术的传感器网络将广泛应用于地下空间,实时监测空气质量、温度、烟气浓度等关键参数,为通风系统的精准调控提供数据支持。

智能化应用将是未来发展的核心驱动力。通过引入人工智能与大数据技术,通风系统将具备更强的自适应能力。智能算法能够根据火灾模拟数据和历史运行记录,优化通风策略,实现火灾发生时的快速响应与高效排烟。智能化系统将与火灾自动报警、疏散指示等消防系统深度融合,形成一体化的应急响应体系,提升地下空间的整体安全性

能。跨学科融合也将成为未来的重要发展方向。通风与消防安全的协同发展需要结合建筑学、流体力学、热力学、材料科学以及计算机科学等多学科知识。通过跨学科研究,可以更全面地理解地下空间的物理环境与火灾特性,从而设计出更加科学合理的通风与消防系统。跨学科合作还将推动通风与消防安全标准的更新与完善,为工程实践提供更明确的指导。

在可持续发展方面,通风系统的设计将更加注重能源效率与环境友好性。通过优化通风系统布局和运行模式,减少能源消耗,降低运营成本。采用绿色建筑材料和可再生能源技术,将有助于减少地下空间开发对环境的影响,实现地下空间的可持续利用。未来,地下空间通风与消防安全的协同发展还将注重国际合作与经验交流。不同国家和地区在地下空间开发与安全管理方面积累了丰富的经验,通过国际合作,可以共享先进技术和管理经验,推动全球地下空间的安全发展。

6 结语

地下空间通风系统与消防安全的协同发展是保障地下空间安全利用的关键。通过对现状的剖析、隐患的识别、优化策略的实施以及工程实践的验证,通风系统在火灾应急中的作用得到显著提升。未来,随着技术创新、智能化应用以及跨学科融合的不断推进,地下空间的通风与消防安全将迈向更高水平。持续优化的通风系统将与消防体系深度融合,为地下空间的安全、高效与可持续发展提供坚实保障,助力城市地下空间的科学开发与利用。

【参考文献】

- [1]孙伟.地下空间通风系统设计与消防安全协同研究[J].土木工程学报,2024,47(5):67-75.
- [2]刘洋.地下建筑通风系统对消防安全的影响分析[J].消防科学与技术,2023,42(3):45-50.
- [3]李晓明.地下空间火灾通风控制策略研究[J].安全与环境学报,2022,22(4):89-95.
- [4]王丽.地下建筑通风系统优化设计方法探讨[J].建筑科学,2023,39(6):56-62.
- [5]张强.地下空间消防安全与通风系统协同优化案例分析[J].工程建设,2024,56(2):78-84.

作者简介:陈小娟(1983.3—),女,汉族,毕业院校:河北建筑工程学院;现就职单位:九易庄宸科技(集团)股份有限公司。

国土空间背景下的详细规划传承与发展研究

蒋 颖

青秀区自然资源服务中心, 广西 南宁 530000

[摘要]近年来,国家对国土空间规划的关注不断加深,相关政策框架也在持续完善。尽管如此,实际编制过程中,跨部门协作不足、人才短缺以及规划执行中的诸多挑战依然突出。随着社会需求日益多样化及技术的持续进步,如何在继承传统规划理念的基础上,创新思维并融入先进技术,已成为当前规划工作亟待解决的重要问题。

[关键词]国土空间;详细规划;发展

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16116

中图分类号: TU984

文献标识码: A

Research on the Inheritance and Development of Detailed Planning under the Background of National Land Space

JIANG Ying

Qingxiu District Natural Resources Service Center, Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract: In recent years, the country's attention to national spatial planning has continued to deepen, and the relevant policy framework has also been continuously improved. However, in the actual preparation process, insufficient cross departmental collaboration, talent shortage, and many challenges in planning and execution remain prominent. With the increasing diversity of social demands and the continuous advancement of technology, how to innovate thinking and integrate advanced technology on the basis of inheriting traditional planning concepts has become an important issue that urgently needs to be addressed in current planning work.

Keywords: national land space; detailed planning; development

引言

随着社会经济的快速发展与城市化步伐的加快,国土空间详细规划在资源优化与城乡协调发展中的作用愈发重要。面对新形势下的挑战,传统的规划方法已难以满足日益变化的需求,迫切需要通过创新编制方式与引入先进技术手段,来提升规划的科学性与适应性,确保能够应对复杂多变的社会需求。本文旨在探索如何将传统规划理念与创新技术有机融合,解决现有规划体系中的关键问题,提升国土空间详细规划的科学性、适应性与可操作性,进而为未来规划实践提供理论依据与实际操作的建议,并为制定更加有效的政策与实施策略提供借鉴。

1 国土空间详细规划编制工作的核心特征

1.1 规划体系的传承与融合

国土空间详细规划是国土空间规划体系中的关键环节,核心在于继承和优化已有规划体系,同时实现不同规划要素的深度融合。土地利用规划在资源环境保护和可持续发展中发挥重要作用,城乡规划则在空间布局和城市发展引导方面具有独特价值。国土空间详细规划承接这些核心理念,并在此基础上进行创新,以更好地满足现代国土空间治理的需求。近年来,国土空间详细规划编制主要延续了城乡规划体系下的控制性详细规划模式,并在此基础上深化与土地利用等空间规划的融合,逐步发展为更加层次化和适应性强的多维结构。规划体系的功能从单一的传

导转变为多方协同、动态互动的机制,促进了规划内容的互补性、实施方式的联动性和管理过程的互动性。不同空间规划相互支持、相互监督,有效推动了规划体系的科学性、精准性和可操作性,为国土空间的高效利用和可持续发展提供了保障。

1.2 发展导向的创新驱动

国土空间详细规划的编制不仅需要继承现有规划体系,还必须在发展方向上持续创新,以适应经济社会的快速变化与日益精细化的空间治理需求。随着新型城镇化进程的加速、生态文明建设的不断深化以及数字技术的飞速发展,传统规划模式暴露出许多问题,如空间管控的精准度不足、实施衔接困难与响应滞后等。创新驱动,已成为推动规划优化与升级的核心动力。在规划理念上,单一的控制导向必须被摒弃,取而代之的是更加注重综合统筹、协同治理的模式,突出弹性规划与动态调整的必要性,以应对未来发展中的不确定性。在编制方法上,传统的静态划定模式需突破,借助大数据、人工智能等先进技术,加强空间分析、智能模拟与决策支持,以提升规划的科学性与前瞻性。技术应用层面,推动三维空间信息系统、建筑信息模型(BIM)、城市信息模型(CIM)等数字化工具的深度融合,使规划编制与实施管理的全过程得到数字化支撑。通过持续的创新,国土空间详细规划能够更加精准地满足现实需求,灵活应对社会变革,并高效引导空间资源

的优化配置,从而为国土空间治理的现代化打下坚实基础。

2 国土空间详细规划编制工作面临的现实困境

2.1 综合性规划人才缺失

国土空间详细规划的编制是一项涉及多个领域的复杂系统工程,涵盖了自然资源管理、城乡发展、生态保护及基础设施布局等多个方面。目前,规划行业普遍面临着复合型人才短缺的问题,难以满足日益精细化、科学化的规划需求。传统的人才培养模式通常过于集中于城乡规划或土地管理等单一学科,导致人才的专业背景相对狭窄,无法应对跨学科深度融合的需求。有效的国土空间规划要求规划人员具备多方面的能力,如空间分析、政策解读与技术应用等。然而,能够同时精通规划理论、熟练运用数字技术、进行生态评估与经济测算的复合型人才在现实中极为匮乏。这种人才缺乏的问题,造成了规划编制与实际实施之间的脱节,进而影响了规划的可行性与落地效果。随着规划工作逐步从静态管理向动态优化转型,对大数据、遥感、GIS等新兴技术的需求不断增加,但能熟练掌握这些技术的规划人才依旧稀缺,智慧规划的要求尚未得到有效满足。综合性规划人才的匮乏不仅影响了国土空间详细规划的整体质量,还制约了规划体系的创新与优化。为了应对这一问题,亟需通过跨学科的人才培养、提升行业培训体系、完善校企合作机制等多种手段,全面提升规划队伍的综合能力,以适应复杂多变的国土空间治理需求。

2.2 发展方向的不确定性

国土空间详细规划的编制在兼顾资源保护、城乡建设与产业发展的同时,需为未来的空间布局提供科学的引导。然而,宏观政策调整、经济社会发展趋势的变化以及科技进步等因素,往往使规划的长期方向充满不确定性,这对规划的编制与实施提出了诸多挑战。政策层面的不断变化,尤其是相关法规、技术标准与审批机制的调整,直接影响着规划的稳定性与可执行性。随着国土空间规划体系的逐步完善,这些变化要求规划具备更强的适应性,并能在实施过程中灵活调整。区域经济结构的转型、新兴产业的崛起及人口流动趋势的变化,也可能导致原有空间布局与土地功能划分无法在短期内满足新的需求。举例而言,某些地区的产业升级可能促使传统产业园区的规划需迅速调整,同时,快速发展的新型基础设施与智慧城市等领域,要求规划在空间布局上留有更大的发展空间,且具有更强的弹性。与此同时,随着生态环境保护与碳中和等可持续发展战略的逐步推进,规划编制需要持续优化土地利用方式与建设强度等要素,以适应这些新的发展需求。在这些约束条件下,如何平衡发展需求与环境保护,成为规划编制中的关键挑战。为应对这种不确定性,国土空间详细规划必须建立更加灵活的应对机制,加强前瞻性研究与动态调整的能力,确保即便在快速变化的环境中,规划依然能够保持科学性与可操作性。

2.3 规划实施难度大

尽管国土空间详细规划在理论层面为发展提供了清晰的方向与框架,但在实际操作中,实施过程依然面临诸多挑战,特别是在复杂的社会经济环境与多方利益交织的背景下。尤其在规划内容与实际建设之间,脱节现象尤为突出。许多规划设想未能在执行阶段顺利落实,主要受到政策法规调整、土地市场波动以及地方政府在执行过程中主观调整等因素的影响,这些因素直接制约了规划的实施效果。在执行过程中,资源协调的困难同样显现,国土空间详细规划涉及土地、环境、交通、建设等多个领域,跨部门合作的需求复杂,而现有的协调机制往往滞后,进而影响规划实施的进度与质量。地方政府在规划执行中的重视程度与执行力差异较大,部分地区由于资金、技术等资源不足,未能按计划进行大规模投资与建设,从而制约了规划效果的实现。随着社会经济形势的变化,原有的规划设计常常未能完全满足实际需求。一些项目在规划阶段未能预见市场的快速变化或技术的迅速进步,导致实施过程中无法有效应对新兴需求,甚至出现资源浪费。此时,传统的规划方法显得力不从心,亟需更加灵活的调整机制与高效的决策支持系统来应对这一挑战。为提高规划实施效果,必须强化各方协调与合作,优化资源配置,建立健全的监测、评估与反馈机制,以确保规划在快速变化的环境中能够保持灵活性与前瞻性,进而顺利应对不断变化的实际需求。

3 国土空间详细规划编制工作的优化策略

3.1 规划传承与发展路径优化

在国土空间详细规划的编制过程中,优化规划的传承与发展路径至关重要。这不仅要求保留过去成功经验的精髓,更需要为未来的变化提供更具灵活性和创新性的解决方案。优化路径的核心在于将传统的空间规划理念与现代化的发展需求相结合,实现传统与创新之间的平衡与互补。确保规划体系无缝衔接是平衡传承与发展的关键,土地利用规划、城乡规划及生态环境规划等各领域的空间规划,必须在基本原则保持一致,以避免孤立与脱节。在具体编制过程中,应充分考虑规划与实际需求的紧密对接,通过全面评估现有政策、资源与技术,确保规划不仅能应对当前需求,还能为未来变化提供足够的灵活空间。在优化发展路径时,灵活性与前瞻性同样至关重要^[1]。社会经济的快速变化使规划面临诸多不确定因素。因此,在规划编制过程中,强化对未来发展趋势的预判、设计应对策略,并建立动态调整机制显得尤为必要,以确保规划能够在实施过程中及时作出优化与调整。同时,借助数字技术、大数据分析等现代工具,不仅能提升规划的科学性与精准度,还能增强实施阶段的实时监控与调整能力。通过精心设计的传承与发展路径,规划目标的有序推进不仅得以确保,还能使国土空间规划更加科学与灵活,进而提高其执

行力与适应性,从而进一步提升整体效果。

3.2 规划体系衔接与协调机制完善

国土空间详细规划的顺利实施依赖于高效的规划体系衔接与协调机制。随着规划领域的不断演进,涉及土地利用、城乡规划、生态环境保护等多个方面的空间规划之间的协调变得尤为重要。为了确保不同规划体系的无缝衔接,必须建立完善的协调机制,避免孤立决策、信息不流通或资源冲突等问题。在编制过程中,规划之间的有效衔接至关重要。相关部门应从宏观层面明确整体目标,确保不同规划方案的目标一致,避免目标冲突导致资源浪费或政策不一致。同时,加强数据共享与信息流通是确保科学决策的基础,确保各方能够获取全面、准确的数据支持决策。多方协调机制也不可忽视,政府、企业、社会及各利益相关方的共同参与至关重要。在执行阶段,地方政府应发挥主导作用,协调各方资源,强化监督与评估,确保规划的有效实施。行业主管部门需根据各自领域的特点,制定具体的技术标准与操作规范,确保规划要求顺利落实。规划体系的衔接与协调不仅限于编制阶段,还应在实施及后期管理中持续优化。随着社会经济的变化,原有规划可能需要适时调整,此时灵活的调整机制显得尤为重要,确保在实际执行过程中根据新需求及时修订规划。

3.3 编制方式与技术创新

随着社会经济的快速发展,传统的规划模式已难以满足当前需求,创新编制方式与技术手段已成为提升规划精准性、灵活性和实施效果的必然选择。通过技术创新,不仅能提升规划编制效率与质量,还能确保规划方案更好地契合实际需求。在编制方式上,创新要求更加综合与系统化的空间布局。传统规划模式通常侧重单一领域,而现代国土空间规划需要统筹资源、生态、经济和社会等多个维度,采用全域与全要素设计理念。除土地利用与基础设施建设外,还需充分考虑生态环境变化、气候因素、人口流动等影响,以增强规划的前瞻性与适应性。技术手段方面,数字化技术的引入带来了深刻变革。大数据、地理信息系统(GIS)和三维建模等技术能提升空间分析与模拟的范围和精度。尤其在土地利用、交通网络、生态保护等领域,数字平台能够实时监控数据变化,便于及时调整规划策略。

同时,建筑信息模型(BIM)与城市信息模型(CIM)技术使规划方案在空间展示和实施过程中更加直观具体,减少设计与施工阶段的冲突。

3.4 智能化与数字化技术应用

智能化与数字化技术的应用在国土空间详细规划中,极大地提升了规划的精确度与效率。通过大数据、地理信息系统(GIS)及遥感技术,规划人员得以实时收集并分析土地利用、气候变化、人口流动等各类信息,进而优化空间资源的配置,并有效预测未来发展趋势。同时,人工智能与机器学习技术被用来深入挖掘数据,自动识别潜在问题并提出优化方案,从而有效减少人为干预引发的误差。随着物联网(IoT)及传感器技术的引入,规划的执行与监控变得更加高效,这些技术使得项目进度、资源使用及环境变化可以实时跟踪,为规划的动态调整提供了可靠依据,确保能够快速响应各类变化。技术的整合不仅增强了规划的科学性,也提升了实施过程的透明度与可操作性,从而促进了智能化、动态化及可持续发展方面的进展。

4 结语

国土空间详细规划在推动经济与社会发展中,具有举足轻重的作用。面对日益复杂的空间需求和发展挑战,创新规划编制方法、加强规划体系的衔接与协调,以及引入智能化和数字化技术,能够有效提升规划的前瞻性与适应性。尽管如此,在规划实施过程中,仍存在一些问题,如人才匮乏、目标不清晰以及执行困难。随着技术的不断创新与社会需求的持续变化,未来的国土空间规划将在灵活性与科学性上不断提高,进一步推动可持续与和谐的空间发展。

【参考文献】

- [1]陈凯.国土空间背景下的详细规划传承与发展研究[J].住宅与房地产,2025(6):40-42.
- [2]任亚运.国土空间总体规划视域下城市发展规划的传承与融合策略研究[J].住宅与房地产,2024(3):74-76.
- [3]张旭.地理信息系统在国土空间规划中的应用分析[J].智能建筑与智慧城市,2025(3):41-43.

作者简介:蒋颖(1986.3—),毕业院校:武汉大学 函授本科,所学专业:测绘工程,当前就职单位:青秀区自然资源服务中心,职务:主任,职称级别:工程师。

Viser Technology Pte. Ltd.

公司地址

111 North Bridge Rd, #21-01 Peninsula Plaza,
Singapore 179098

官方网站

www.viserdata.com

