



www.viserdata.com

工程建设

ENGINEERING CONSTRUCTION

月刊

■ 主办单位: Viser Technology Pte.Ltd.

■ ISSN 2630-5283(online) 2717-5375(print)

万方数据库收录

RCCSE权威核心学术期刊

2025 2

第8卷 总第72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.



工程建设

Engineering Construction

2025年·第8卷·第2期(总第72期)

主办单位: Viser Technology Pte. Ltd.

I S S N: 2630-5283 (online)

2717-5375 (print)

发行周期: 月刊

出版时间: 2月

数据库收录: 万方数据库收录

RCCSE权威核心学术期刊

期刊网址: www.viserdata.com

投稿/查稿邮箱: viser-tech@outlook.com

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

学术主编: 吴 萌

责任编辑: 张健美

学术编委: 严心军 王志甲 程俊儒
高 昱 初士俊 张高德
刘庆功 张 宽 张迪军
李江宇 史宗亮 肖 泳

美工编辑: 李 亚 Anson Chee

印 制: 北京建宏印刷有限公司

定 价: SGD 20.00

本刊声明

本刊所载的所有文章均不代表本刊编辑部观点; 作者文图责任自负, 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

工程管理

建筑工程施工管理中创新模式的应用及发展研究...	徐 洋 1
建筑工程造价全过程控制方法研究.....	沈文文 4
建筑工程技术管理模式创新与探索.....	程亚强 7
工程总承包模式下的成本控制关键因素及优化策略研究.....	王苗苗 10
房屋建筑工程施工现场管理的要点探究.....	张 健 13
信息化技术在海塘工程建设管理中的应用....	苏世塔 16
建筑工程造价中全过程成本控制策略探讨....	李 玉 19
地基处理技术在房屋建筑工程施工中的应用分析.....	李小会 22

建筑工程

浅析建筑材料检测中影响检测结果的关键因素研究....	秦文丽 25
浅谈建设工程施工中绿色施工技术的应用....	张 红 28
房建工程中装配式混凝土剪力墙结构施工技术应用分析.....	夏 锐 31
岩土工程在地质灾害防治中的应用. 胡剑俊 梁 俊 34	
超高层建筑机电工程施工技术的分析.....	赵建康 37

市政工程

市政工程质量检测的要点及方法研究.....	李 阳 陈萌萌 40
市政道桥施工安全管理措施分析.....	张少帅 43
联合体承包模式中设计院牵头管理效能的提升策略....	桂升位 吴安杰 46
试论如何做好农村公路管理养护工作.....	赵 杨 49
县城污水治理工程降本增效方法分析.....	吴哲钊 桂升位 黄叶昊 52
市政道路桥梁工程中沉降段路基路面技术....	王剑锋 55
市政供热大管网建设中的工程质量控制与风险管理策略.....	杨 悦 58
市政工程施工管理现状及改进措施分析.....	龚正威 王宽浩 61

机械工程

- H13 淬硬钢切削力仿真及参数化研究 陈桂涛 熊 欢 王帅东 王一洋 64
- 浅谈车辆复合散热模块的研究与应用 齐红梅 68
- 刮板运输机长距离的应用与管理 刘东兴 史文明 金 龙 72
- 船用座椅减振机构的应用研究 李 伟 王法昌 李文冉 76
- 工程机械称重系统研究 ... 雷发兵 施俊波 刘文杰 80

石油工程

- 柴油加氢切换航煤加氢生产操作应用 王燕坡 83
- 储气库与集输管道工程设计中的智能化技术应用探讨 .. 逯 遥 李山山 刘星宇 86
- 基于分布式光纤声波监测技术的天然气管道预警系统建设 郑 伟 89

路桥与交通

- 公路桥梁抗风设计及稳定性分析 杜 晶 92
- 论道路桥梁工程施工中混凝土施工技术的运用 惠 鹏 96
- 新型环保材料在装修工程中的应用及其对造价影响的研究 杨沛沛 99
- 高速公路拓宽路基处理分析 吴连峰 102
- 道路桥梁和隧道施工难点及技术措施 田金安 105
- 新型铰缝在重载交通道路桥梁设计中的应用研究 王利江 王世君 108
- 注浆加固技术在桥梁桩基施工中的应用 吴华新 汪 洋 111

勘察测绘

- 溶洞对异型基坑稳定性影响规律分析 曲伟枫 谢 佳 张有铭 114
- 无人机倾斜摄影测量在地籍测量中的应用 ... 谷荣新 119
- 单波束无人船在河流水库存量测量中的应用研究 杨沛林 高 晴 122
- 地籍测量与大比例尺地形图测绘的对比及优势 吴东光 126
- 物探技术在岩土工程勘察中的优化策略探究 肖 鹏 129

- 关于数字化地籍测量的探讨 鲁庆国 132
- 新时期岩土工程勘察设计的相关探究 杨疆东 135
- 矿山资源勘察中的无人机遥感技术应用及其效果评估 .. 邓国军 138
- 岩土工程勘察中原位测试技术的应用与精度提升 肖 鹏 141
- 谈测绘技术在地籍测量中的应用探讨 于继斌 144
- 基于倾斜摄影技术构建实景三维产品的应用开发探讨 .. 段金增 段鹏高 段伟男 147

施工技术

- 浅谈山区 145 米跨连续刚构桥施工技术实践 王方旭 郭裕强 郭浩田 150
- 矮塔斜拉桥工程施工安全风险评价研究 姚 勇 贾 闯 王路豪 155
- BIM 技术在土木工程施工中的实践研究 李亚敏 160
- 基于 BIM 技术的土建工程施工效率提升与成本控制研究 郭东东 樊晶晶 陆 磊 杨 威 张 博 163

建筑设计

- 无筋钢纤维混凝土管片设计研究 李广涛 166
- 建筑设计中绿色建筑理念的实现路径与实践案例 肖邦全 171
- 老年人居住房建筑无障碍设计分析 刘 娟 174
- BIM 技术在暖通绿色设计中的应用 王轶娴 178
- 装配式结构在工民建建筑设计应用探究 曹银元 181
- 工业建筑给排水与消防系统一体化设计探讨 李宪祺 184
- 城市存量改造游客体验提升海洋馆改造设计——以广州海洋馆改造设计为例 汤涵沁 188
- 既有建筑改造设计中生态节能适宜技术的应用 乔 凯 191

节能环保

- 低碳化发展背景下供热通风系统的能源结构优化研究 .. 李晓毅 李文强 194

材料科学

- 新型复合材料管材检测技术及可靠性分析 ... 李 帅 197

建筑工程管理中创新模式的应用及发展研究

徐 洋

博尔塔拉蒙古自治州瑞成建筑建材检测有限公司，新疆 博州 833300

[摘要] 建筑行业长期以来依赖传统管理模式，面临着管理流程不规范、资源利用效率低下等诸多问题。随着建筑项目规模的扩大与技术要求的提升，传统模式逐渐无法适应现代工程日益复杂的需求。与此同时，全球范围内对绿色建筑与环保的关注日益增强，致使建筑工程在追求经济效益的同时必须更加注重环境影响，在这一发展趋势下，建筑工程管理的创新已成为行业发展的必然选择。新兴技术的广泛应用，如 BIM、VR/AR 以及智能化管理系统，正推动行业向数字化、智能化与绿色化方向转型。随着这些技术与管理理念的不断更新，管理效率不仅得到了显著提升，工程质量也得到了加强，从而助力行业实现更高的可持续发展目标。

[关键词] 建筑工程；管理；创新模式；应用

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15374

中图分类号: TU712.3

文献标识码: A

Research on the Application and Development of Innovative Models in Construction Project Management

XU Yang

Ruicheng Building Materials Testing Co., Ltd. of Bortala Mongol Autonomous Prefecture, Bortala, Xinjiang, 833300, China

Abstract: The construction industry has long relied on traditional management models, facing many problems such as non-standard management processes and low resource utilization efficiency. With the expansion of construction project scale and the improvement of technical requirements, traditional models are gradually unable to adapt to the increasingly complex needs of modern engineering. At the same time, the global attention to green buildings and environmental protection is increasing, which requires construction projects to pay more attention to environmental impact while pursuing economic benefits. Under this development trend, innovation in construction project management has become an inevitable choice for industry development. The widespread application of emerging technologies such as BIM, VR/AR, and intelligent management systems is driving the industry to transform towards digitization, intelligence, and greenness. With the continuous updating of these technologies and management concepts, management efficiency has not only been significantly improved, but engineering quality has also been strengthened, thereby helping the industry achieve higher sustainable development goals.

Keywords: construction engineering; management; innovative models; application

引言

建筑工程管理在现代建筑行业中占据着至关重要的位置。随着项目规模与复杂性的不断增长，传统的管理模式已难以满足日益变化的需求。提高管理效率、控制成本、确保工程质量与安全已成为当前行业亟待解决的关键问题。基于此，创新模式的引入，尤其是技术手段的应用与管理流程的优化，为建筑工程管理提供了有效的解决方案，通过创新不仅能够提升效率与效益，建筑行业还能够更好地应对当前的挑战，推动可持续发展进程。

1 建筑工程管理中创新模式应用的意义

1.1 提高项目管理效率

在建筑工程管理中，创新模式的应用显著提升了项目的整体管理效率。传统管理方式常常受到沟通障碍、信息传递滞后以及流程僵化等问题的制约，而这些难题通过新技术的引入与管理方法的优化得到了有效解决。信息化技术的普及，尤其是 BIM（建筑信息模型）与大数据分析的

应用，使项目管理者能够实时掌握项目进度、资源调度及成本控制的动态，这一技术集成不仅提升了数据的精确度，决策反应时间也大大缩短，使管理者能够迅速应对工程过程中突发的各种情况。此外，精益管理理念的推广为项目执行效率的提升提供了强有力的支持，通过消除浪费、优化流程及合理配置资源，项目的整体执行效率得到了大幅提高。在施工阶段，任务的精细化分解与各方的协同管理有效避免了重复工作与不必要的资源消耗，每个环节的优化减少了时间与管理成本，同时提升了项目的执行效率。

1.2 降低工程成本

在建筑工程管理中，创新模式的应用能够显著降低工程成本，确保项目按预算顺利完成。传统的成本控制方法依赖于人工监控与定期审核，这种方式容易受到人为因素的干扰，导致成本超支或资源浪费，创新模式则通过引入精细化管理与信息技术，提升了成本控制的精确性与及时性。例如，BIM 技术的应用使项目在设计至施工的每个环

节中都能进行精准的成本预算与监控,通过三维建模,项目团队能够在早期发现潜在的设计问题或施工难点,进而避免由设计变更或施工失误引发的额外成本。同时,BIM技术还优化了材料采购与施工流程,提高了资源配置的合理性,减少了不必要的浪费与库存积压。精益施工理念的引入,进一步促进了成本控制的优化。通过精确的计划与合理调度,施工过程中可能出现的浪费与重复劳动得以避免,从而确保了资源的最优利用。实时监控与数据分析使项目管理者能够动态调整施工进度,避免了因工期延误带来的额外费用。

2 建筑工程管理中存在的问题

2.1 管理制度不完善

在许多建筑工程项目中,管理制度的不完善常常成为影响项目顺利推进的关键因素。现有的管理制度普遍缺乏系统性与针对性,导致不同环节之间的协调与沟通不畅。若项目从启动到执行过程中,管理制度不明确或过于空泛,责任划分便显得模糊不清,管理人员也难以准确判断各自的职责范围,最终影响工作效率与项目进度。执行力度不足也是一个突出问题,许多企业在实际操作中常常忽视制度的约束作用,致使管理制度形同虚设,未能有效规范各方行为。建筑项目的管理工作涉及多个复杂环节,且常需跨部门协作,若管理制度滞后或缺乏统一标准,不同职能部门之间的配合常出现冲突与误解,进而导致项目目标的偏离。在设计、施工、采购等环节中,若没有明确的管理制度指导,往往难以实现有效协同,最终影响整体项目的推进效率。传统的管理制度过于侧重成本与进度等显性指标的控制,忽视了质量与安全等隐性管理要素,这种片面的管理方式使项目执行过程中容易出现质量问题、安全事故,甚至导致资源浪费。管理制度的不完善不仅使项目缺乏规范化与科学化的管理基础,还增加了各方的管理难度与不确定性,严重影响了工程的顺利推进及最终效果。

2.2 工程管理流程不规范

在众多建筑工程项目中,管理流程的不规范常常成为项目延误、成本超支以及质量问题的重要根源。许多项目在施工前期未进行有效的流程规划与详细的时间安排,导致各项任务缺乏明确的时间节点与执行标准。不同阶段之间的衔接往往显得松散,信息传递也不畅,结果在施工过程中出现断层或重复劳动,严重拖延了项目的进度。审批与沟通环节的冗长或不明确,也是项目管理中的一个突出问题,在某些项目中层级过多或沟通渠道不畅,导致信息流转滞后,决策的延迟与执行的滞后,使重要问题无法在第一时间得到解决,从而影响整个项目的效率与质量,特别是在项目变更、材料采购或施工方案调整等环节中,标准化的流程与规范的缺失致使决策者无法迅速掌握项目的真实情况,错失了调整的最佳时机。项目管理流程中的任务分工常常不够明确,职责与权限界定模糊不清造成责任不清。在缺乏明确流程与管理规范的情况下,各部门或

人员往往各自为政,缺乏有效的指挥与协调,最终影响了项目整体的推进与质量控制。

2.3 缺乏创新管理意识

在许多建筑工程项目中,缺乏创新管理意识已成为制约项目发展的关键瓶颈。传统的管理思维与模式依然占据主导地位,致使管理者和团队在面对新技术、新工具以及新方法时,往往表现出明显的保守态度与抗拒心理。长时间依赖过时的管理手段使许多项目在执行过程中未能有效应对现代化技术的挑战,从而错失了提升效率、降低成本及改善质量的机遇。更为突出的是创新管理理念并未深入到团队的工作文化之中,在一些项目中管理者常常过度依赖经验主义与传统流程,忽视了新技术和新思维的引入与探索,这种固定的管理思维使得项目在面对复杂多变的市场需求、技术发展及资源压力时,缺乏足够的灵活性与应对能力,从而影响了项目的竞争力与可持续发展。此外,创新意识的缺乏同样表现在团队成员的激励机制与人才培养上,在缺乏创新氛围的环境中,员工往往表现出较少的主动性与创造力,工作模式趋于单一与机械化,如此一来不仅限制了团队整体的创新能力,也削弱了项目应对复杂环境变化的适应性。

3 建筑工程管理中创新模式的应用及发展

3.1 建筑材料控制管理创新

建筑材料控制管理的创新在工程质量、成本与进度的有效控制中,起到了至关重要的作用。传统的材料管理方式通常依赖手动记录、人工跟踪与定期检查,然而这种方式不仅低效,还容易导致信息滞后和误差,从而引发材料浪费、质量问题或采购延误。随着信息技术的快速发展,创新的材料管理模式逐渐取代了这些传统方式,显著提升了管理的精准性与智能化水平。现代建筑材料管理创新的核心在于数字化与智能化技术的广泛应用,通过物联网(IoT)技术,建筑材料的采购、运输、存储与使用全过程都可以实现实时监控与数据追踪,每一批材料的入库、出库及消耗情况会自动记录并更新,管理者能够随时获取实时数据,避免了材料短缺或过量采购的问题^[1]。基于大数据分析,材料的使用趋势、质量控制情况及库存优化能够被准确预测,从而帮助企业制定更为合理的采购计划。建筑信息模型(BIM)技术的引入为材料管理带来了变革性的影响,通过BIM模型建筑材料的规格、数量及使用位置可精准记录,设计、施工与采购环节间的信息得以高度集成,项目管理者能够在BIM系统中提前优化材料使用计划,减少设计变更所引发的材料浪费与额外成本,从而提高项目整体效益。此外,绿色建筑材料的选用逐渐成为材料管理创新的重要组成部分,在日益严格的环保标准下,选择可再生、环保的建筑材料已成为建筑行业的关键趋势。采用这些绿色材料不仅能够符合节能减排政策,还能有效减少工程对环境的负面影响,创新的材料管理模式推动了

绿色建筑材料的应用，确保了项目的可持续发展。

3.2 施工方案优化创新

施工方案的优化创新在提升建筑工程效率、保障工程质量与安全方面，发挥着至关重要的作用。传统施工方案通常依赖经验和标准化流程，虽然能够确保一定的施工质量，但在面对复杂环境、紧迫工期或特殊需求时，缺乏足够的灵活性与应变能力。随着建筑技术的不断发展与管理理念的革新，创新型施工方案的应用逐渐推动了项目管理的全面升级。数字化技术的应用，使施工方案的优化变得更加精准与科学，通过建筑信息模型（BIM），项目团队可以在施工前进行全方位的模拟，精确识别潜在的风险点与施工瓶颈^[2]。例如，施工进度、资源配置以及工序安排等都可以在虚拟环境中进行调整与优化，确保每个环节都经过细致规划与充分验证。基于数据与技术分析所提出的优化方案，不仅提高了施工的可预见性，还有效减少了现场调整的频率与成本。模块化建筑与预制构件的应用，也成为施工方案优化的重要创新之一，通过标准化与工厂化生产，许多建筑构件可以在工厂内预制完成，现场只需进行简单的组装，从而显著提高施工效率与质量控制水平，此举不仅缩短了工期，降低了施工过程中受到天气、人工等因素影响的风险，还减少了现场作业所需的复杂度。施工方案的优化还体现在精细化管理的推进上，通过精益施工理念，项目团队能够从每个细节着手，消除浪费、提升效率。具体而言，通过对施工过程中的每一操作进行标准化与精细化管理，合理调配人力与物力资源，确保每个环节都得到高效执行。例如，工地物料配送、施工设备调度乃至工人作业顺序的优化调整，都能最大程度提升施工效率，减少资源浪费与时间浪费。

3.3 建筑工程质量管理创新

建筑工程质量管理创新，对项目的成败与社会效益具有直接影响。传统的质量管理模式多集中于施工过程中的质量检查与事后整改，虽然能够确保工程基本合格，但却无法有效预防潜在的质量问题，且容易陷入事后追责的局面。随着技术的进步与管理理念的更新，现代建筑工程质量管理正朝着更加精细化与智能化的方向发展，创新措施的引入变得至关重要。信息技术的应用使质量管理得以实现全过程的实时监控，智能化监测系统的引入使施工现场的每一项作业都与质量管理体系紧密连接，数据能够实时上传与分析。例如，智能传感器能够实时监测混凝土的温度、湿度及其固化过程中的各项变化，自动判断材料是否符合质量标准并及时发出调整建议，这种实时监控大大减少了人工检查的盲区，质量问题能够在发生前得到预警，

从而确保施工质量得以有效保障。BIM（建筑信息模型）技术的引入，为质量管理带来了革命性的变化，逐渐成为主流。项目团队能够通过 BIM 技术对工程项目进行全生命周期的质量管理，在设计阶段，BIM 模型能够精确模拟建筑结构与各系统的配合提前识别设计缺陷；而在施工阶段，BIM 帮助管理人员综合掌控施工进度、质量控制与资源配置^[3]。通过信息共享，所有工程参与方能够减少误差、提高协作效率，从而确保质量目标顺利实现。质量管理的创新还体现在全过程质量控制的理念上，传统的质量管理侧重于施工阶段的控制，而现代质量管理则强调从设计、采购、施工到验收的全过程管控。在这种管理模式，项目团队不仅需严格把控施工质量，还要对设计方案、材料采购、工艺流程等环节进行严密监控，从源头上消除潜在的质量隐患，确保每个决策都符合质量标准。质量文化的培养也是质量管理创新中的关键因素，随着质量管理理念的不断更新，企业逐渐意识到质量管理不仅仅是管理层的责任，而是全体员工共同的责任。因此，越来越多的企业注重通过培训与激励机制提升员工的质量意识，营造全员参与的质量管理氛围。这使得质量管理不再是孤立的活动，而是每个施工环节、每个岗位的日常职责。

4 结语

随着建筑行业的不断发展，创新模式在建筑工程管理中的应用变得愈加重要，通过提升项目管理效率、降低成本以及推动可持续发展，创新已成为推动管理模式转型的关键力量。尽管目前仍面临制度不完善、流程不规范等挑战，但随着技术进步与管理理念的革新，实践中已取得显著成效。在建筑材料控制、施工方案优化等领域，创新模式显著提高了工程效率与质量，确保了项目的安全性与可持续性。随着技术的持续发展，建筑工程管理将更加高效、绿色及智能化，为行业的可持续发展提供坚实的基础。这些创新将引领行业走向更加高效、绿色和智能的未来。

【参考文献】

- [1] 张小斌. 解析创新模式在建筑工程管理中的应用和发展[J]. 建材发展导向, 2024, 22(19): 56-58.
 - [2] 曹建军. 建筑工程管理创新模式的应用和发展研究[J]. 冶金管理, 2023(19): 13-15.
 - [3] 柏祥云. 建筑工程管理中创新模式的应用及发展趋势[J]. 大众标准化, 2022(5): 106-108.
- 作者简介：徐洋（1996.2—），毕业院校：国家开放大学，所学专业：土木工程，当前就职单位名称：博尔塔拉蒙古自治州瑞成建筑建材检测有限公司，就职单位职务：业务室主任，职称级别：中级。

建筑工程造价全过程控制方法研究

沈文文

浙江天苑景观建设有限公司, 浙江 宁波 315000

[摘要] 随着经济的发展和进步, 建筑工程项目的规模逐步扩大, 在社会生活中占据了关键的位置, 为了达到理想的建筑工程管理效益, 在实施造价管理的实践中, 要求管理者落实全过程的造价控制措施, 针对造价全过程控制中存在的问题进行改进, 提高建筑工程造价管理的有效性, 创造理想的效益成果。文中分析了建筑工程造价全过程控制的重要性, 针对实施全过程造价控制中存在的问题, 提出了改进策略, 目的是提高建筑工程的综合效益, 实现精准的造价管理目标。

[关键词] 建筑工程; 工程造价; 造价全过程; 控制方法

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15368

中图分类号: TU198

文献标识码: A

Research on the Whole Process Control Method of Construction Cost

SHEN Wenwen

Zhejiang Tianyuan Landscape Construction Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315000, China

Abstract: With the development of the economy and the progress of society, the scale of construction projects has gradually expanded, occupying a key position in social life. In order to achieve ideal construction project management benefits, in the practice of implementing cost management, managers are required to implement cost control measures throughout the whole process, improve the problems existing in the cost control process, enhance the effectiveness of construction project cost management, and create ideal benefits. The article analyzes the importance of whole process cost control in construction projects, proposes improvement strategies to address the problems in implementing whole process cost control, and aims to improve the comprehensive benefits of construction projects and achieve precise cost management goals.

Keywords: construction project; project cost; the whole process of cost; control method

引言

随着建筑行业的快速发展及市场竞争日益激烈, 建筑工程造价管理的重大意义逐渐突显。直接影响质量控制与风险防范的, 不仅是项目的经济效益。传统造价管理通常仅限于项目某一特定阶段, 如设计或施工, 但随着建筑项目日益复杂, 单一阶段的造价控制方式已无法满足现代工程的需求。因而, 全过程造价控制的实施变得愈加必要。全过程造价控制贯穿于立项、设计、招投标、施工至竣工结算等各个环节。每一阶段的成本管理措施, 需采取有效手段, 确保各项支出控制在合理范围内, 且项目推进过程中必须进行动态监控与调整。该方法不仅强调预算的精准性, 还重视各环节之间的协调与配合, 优化资源配置、减少资源浪费与资金超支应是其目标。实践中, 建筑工程造价全过程控制面临着环节衔接不畅、投资控制意识薄弱及信息传递不及时等问题, 常常导致造价超支与管理失控。通过对全过程造价控制方法的深入研究, 本文将探讨关键方法与实施策略, 期望为建筑行业提供理论支持与实践指导, 提升项目管理水平, 确保项目顺利完成, 并在资源高效利用与工程成本有效控制方面发挥积极作用。

1 建筑工程实行全过程造价控制的必要性

在建筑工程项目中, 提升投资效益的关键手段及确保

项目顺利推进的基础, 正是全过程造价控制的实施。建筑工程的周期长、环节多, 涉及投资决策、设计、招投标、施工以及竣工结算等多个阶段。各个环节之间既相互关联又相对独立, 任何一个阶段的疏漏, 都会导致造价超支或资源浪费的可能。通过全过程的动态控制, 项目成本的全方位监控与合理调配得以实现, 从根本上避免了因环节脱节而导致的造价失控问题。面对资源紧缺与环境约束日益加剧的挑战, 建筑工程造价管理的要求也在不断提高。资源配置得以有效优化, 减少了不必要的浪费, 资金使用的精准性与效益也得到了提升。此外, 随着建筑工程复杂性与不确定性逐步增加, 风险预警与应对为全过程造价控制提供了科学依据。在复杂多变的内外部环境, 成本、质量与工期之间的平衡得以实现, 从而推动建筑工程朝着高质量与可持续发展目标迈进。

2 建筑工程造价全过程控制的方法

2.1 衔接造价控制的各个环节

在建筑工程造价全过程控制中, 确保各个环节的衔接, 乃是维护管理链条完整性与提高效率的关键。建筑工程通常涉及多个阶段, 如投资决策、设计、招投标、施工及竣工结算。尽管每个阶段各自独立, 却与其他环节紧密相连。若这些环节未能有效衔接, 信息断层或管理脱节便会发生,

从而对整个造价控制造成不利影响。在实践中,应当建立一个统一的管理平台,使造价控制贯穿于项目的每一个阶段,确保数据流动与信息共享畅通无阻。通过动态监控与实时调整,前一阶段的成本决策将为下一阶段的工作提供科学依据,重复计算或资源浪费的问题得以避免^[1]。同时,各相关部门之间的协同合作应得到加强,设计单位、施工单位、监理机构等各方在造价管理上的统一应得到保证,避免因沟通不畅或职责不清而导致的造价失控。

2.2 强化人员的投资控制意识

在建筑工程造价全过程控制中,关键在于增强人员的投资控制意识,这一举措是实现科学化、精细化管理的核心。造价控制的有效实施,依赖于项目团队对成本管理的深刻理解与重视。然而,在实际操作中,成本管理的重要性未能充分被一些人员所意识到,导致成本控制的关注不足,进而引发资源浪费或预算超支等问题。因此,通过多层次的培训与宣传,相关人员对投资控制在工程全生命周期中的重要性应得到更为深刻的认识,使其能够主动关注成本效益的优化。与此同时,清晰的责任机制需得以建立,投资控制的目标被量化并逐级分解至个人,确保每个岗位的职责既明确又可追溯。激励机制的引入也显得尤为必要,个人绩效与成本控制效果的挂钩,将有助于增强团队对预算执行与调整的敏感性,从而显著提高管理效率。

3 建筑工程造价全过程控制中存在的问题

3.1 造价控制环节脱节

在建筑工程造价全过程控制中,环节之间的脱节,作为影响管理效果的关键障碍,需引起高度重视。各个阶段的造价控制工作往往是独立进行的,缺乏有效的协调与联动机制,这种碎片化的管理模式容易造成信息断层与数据丢失。例如,在投资决策阶段制定的成本预算与设计阶段的工程方案之间,目标不一致的情况常常出现,导致设计阶段的经济性分析未能与投资计划充分匹配,从而影响了后续招投标与施工环节的造价控制效果。此外,施工阶段对设计变更及施工现场实际情况的关注不够,致使造价控制未能及时与前期规划衔接,进而引发资源浪费或预算超支的问题。环节间的脱节不仅增加了管理的复杂性,还对项目的整体经济性及进度控制造成了不利影响。

3.2 投资控制意识薄弱

在建筑工程造价全过程控制中,导致成本管理效果不理想的关键问题,便是投资控制意识的薄弱。许多项目参与者,尤其是决策层与执行层的一些人员,对投资控制的重要性缺乏足够的认识,更多地将精力集中于工程进度与质量管理,忽视了造价控制的核心作用。缺乏投资控制意识的情况,往往表现为未能在各个阶段中采取主动的成本管理措施。例如,在设计阶段,技术创新或功能优化被过分追求,经济性评估未能充分考虑,从而使得工程预算偏离了初期投资目标;在施工阶段,对资源的合理配置与动

态成本监控的缺失,导致资金使用效率大幅降低^[2]。此外,部分项目团队仍然停留在传统管理模式中,未能将投资控制贯穿于工程的全生命周期,致使造价管理显得滞后与被动。

4 建筑工程造价各阶段的控制要点

4.1 投资决策阶段造价控制

在建筑工程造价全过程控制中,至关重要的是投资决策阶段的造价控制,它为项目的经济效益、资金管理及可持续发展奠定了坚实基础。必须在这一阶段进行全面且准确的可行性研究与成本估算,结合项目规模、功能需求、技术复杂性及市场环境,合理预判初步投资。决策不仅应注重技术可行性,还应深入考虑经济可行性,确保所选方案在满足功能需求的同时,不会超出预算或因过度追求高规格设计而浪费资源。投资决策阶段的资金投入与成本控制目标至关重要,为后续设计、施工及竣工结算设定了成本框架。此外,明确资金筹措的方式与路径,预测可能出现的市场波动、政策变化等外部不确定因素,并在初步预算中为风险应对预留充足资金,有助于规避未来阶段的资金短缺问题,同时确保在应对外部变化时具备灵活性。加强各方之间的沟通与协作,确保设计单位、项目管理方、投资方等多方对预算、目标与约束条件有一致理解,将有助于一个高效且可执行的造价控制方案的制定。

4.2 设计阶段造价控制

在建筑工程造价全过程控制中,至关重要的是设计阶段的造价控制,它对于确保项目经济性与可控性起着决定性作用。保障设计方案不仅能满足功能与技术需求,还需严格控制预算,避免因设计变更引起费用超支,成为该阶段的核心任务。此阶段,设计单位应根据投资决策阶段的预算要求,对方案进行精细化管理,并在建筑功能、结构复杂性与成本效益之间寻找到平衡。为确保设计质量与功能,材料与工艺的合理选择应由设计单位进行,避免过度设计及使用高成本材料,尤其在预算有限的情况下,经济性分析与优化设计应特别受到重视。全过程的动态管理也需要在设计阶段的造价控制中发挥作用,定期对设计方案的造价进行评估,确保其与项目预算相符。设计人员应与造价工程师紧密协作,利用成本预测、材料估算与工艺选择等手段,预判设计变更的潜在成本,并及时发出对可能出现的成本波动的预警。设计图纸与技术规范的详细程度,在深化设计阶段,直接影响后期施工成本,不合理的设计可能导致预算失控。此时,设计阶段的造价控制不仅是对预算的简单执行,更是一项系统化的管理任务,要求设计、成本与施工等各方紧密配合,确保最终设计方案能够实现预期的造价目标^[3]。设计阶段还应考虑施工过程中可能出现的不可控因素,如施工难度、周期及材料市场波动等。为此,设计人员应在设计初期就预判施工难度,为施工方案留有足够的灵活性,以便后续阶段能够进行有效的调整与优化。

4.3 招投标阶段造价控制

在建筑工程造价全过程控制中,招投标阶段的造价控制扮演着承上启下的关键角色,直接影响着项目的预算执行与后续成本管理。招标文件的准确性与完整性,作为招投标阶段的首要任务,必须得到确保,其中应包括详细的工程量清单、技术要求及质量标准,以便投标方能够在明确的条件下进行报价,从而避免因招标信息不清引发价格争议或预算偏差。设计变更、施工方案及质量标准等内容,必须在招标文件中明确规定,确保投标方对项目需求与工程理解的一致性。评标时,价格与质量之间的平衡应考虑,不应单纯以最低报价为标准,而应综合评估投标方的技术能力、过往业绩以及施工组织方案等,以确保所选中标单位具备足够的能力执行项目,并避免低价竞标对项目质量产生不利影响。招投标阶段的造价控制,还应通过规范的投标管理流程来确保每项预算得到合理配置。投标单位应依据准确的工程量清单及合理预算进行报价,从而避免低估造价而引起后期额外费用的产生。投标报价的真实性与合理性,应由招标方审慎评估,以防低价中标影响施工质量或导致成本超支。此阶段,造价工程师的参与至关重要,他们负责审查招标文件,验证工程量清单的准确性,并分析投标报价的合理性,确保投标阶段的预算具有可操作性与透明性。

4.4 施工阶段造价控制

在建筑工程造价全过程控制中,施工阶段的造价控制作为确保项目按预算执行、避免成本超支的关键环节,被视为至关重要。仅依赖于既定预算的实施并不能完全确保成本控制的成功,全面监督与管理工程进度、施工质量及资源配置亦是该阶段不可或缺的任务。施工单位必须根据施工图纸、技术规范及招投标阶段确定的预算进行核对,确保所有施工活动都能以准确的工程量清单与标准为基础展开,避免因图纸模糊或技术要求不清而导致成本偏差。材料采购、人工成本、设备使用等各项支出应当严格控制,以避免因价格波动、供应不足或浪费等因素引发不必要的额外支出。工期管理在施工阶段的造价控制中同样扮演着重要角色,因工期延误而增加的人工费用与设备使用成本,往往是导致预算超支的因素之一,因此,精确的工期控制对施工成本的有效控制至关重要。此外,设计变更与现场调整管理不可忽视^[4]。设计变更与现场调整的发生频繁,若未能及时评估其对成本的潜在影响,可能会导致预算超支。项目管理方应采取规范化的变更管理流程,确保所有变更事项经过审批,并实时反映在工程预算中,根据实际需求对资源配置进行调整与施工方案的优化。

4.5 竣工结算阶段造价控制

在建筑工程造价全过程控制中,竣工结算阶段的造价

控制被视为确保项目最终成本与预算一致的最后关键环节,其重要性不可忽视。此阶段不仅是对前期预算执行情况的总结,亦涉及对所有工程费用的最终核实与确认。竣工结算的准确性,直接影响项目的经济效益与资金流动,因此,对每一项工程款项的细致审核成为该阶段造价控制的首要任务,以确保所有费用、变更、工程量及材料使用均被准确记录与核算。在竣工结算时,施工阶段的变更与实际工程量必须进行全面审核,并与合同条款、设计图纸及工程量清单进行对比,确保没有遗漏任何变更或新增项目,以避免资金差异的出现。现场实际发生的费用应依据完成的实际工程量与合同约定,精确计算并核实支付金额,从而避免不必要的资金浪费或过高支付。此外,竣工结算阶段还应对各项费用进行合理拆解,详细列示材料费、人工费、设备使用费、管理费等开支,尤其是在工程变更或施工延误所产生的费用,必须单独列出并提供合理解释。及时与各相关方保持沟通,确保所有未结算费用迅速入账,是项目管理方的责任,避免结算过程中出现拖延或遗漏的情况。

5 结语

通过对建筑工程造价全过程控制方法的深入分析,本文探讨了全过程控制在提高项目经济效益、确保工程质量及控制风险方面所发挥的核心作用。每个阶段——从项目立项、设计、招投标到施工及竣工结算——都对项目的最终成本与进度产生了深远的影响。尽管在实际操作过程中,一些挑战,如环节衔接不畅与投资控制意识不足等问题,仍然存在,但通过加强各阶段之间的协调与沟通、优化控制手段及技术应用,能够使工程造价的全过程管控得以有效实施,从而确保项目能够在质量、进度与预算方面顺利完成。随着建筑行业管理水平的持续提升,以及信息化、智能化技术的逐步应用,全过程造价控制将在项目管理中发挥更加重要的作用。本研究的目的,在于为建筑工程项目管理提供理论支持与实践参考,推动行业管理理念与技术的创新,进而促进建筑工程项目的可持续发展。

【参考文献】

- [1]王亚平. 建筑工程造价全过程控制方法研究[J]. 房地产世界, 2024, 11(11): 113-115.
- [2]刘杨. 建筑工程管理中的全过程造价控制方法研究[J]. 四川建筑, 2024, 44(3): 306-308.
- [3]王鸿行. 建筑工程管理中的全过程造价控制因素分析[J]. 中国科技投资, 2024, 12(21): 132-134.
- [4]黄祖强. 浅谈建筑工程项目全过程造价控制要点[J]. 中国住宅设施, 2024, 10(11): 72-74.

作者简介: 沈文文(1985.7—), 毕业院校: 浙江工业大学, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 浙江天苑景观建设有限公司, 职务: 经营与成本助理总监, 职称级别: 中级。

建筑工程技术管理模式创新与探索

程亚强

北京长峰新联工程管理有限公司, 北京 100039

[摘要]随着建筑行业规模的不断扩展,传统的管理模式在面对挑战时,逐渐暴露出其局限性,尤其在信息传递、资源调配以及各方协作等方面,常常面临诸多困难。为了应对这些问题,建筑项目管理模式亟需创新。随着科技的进步,诸如BIM技术、大数据、人工智能等新兴技术逐步被引入,成为现代建筑管理的重要工具。文章探讨建筑工程技术管理的创新路径,分析新兴技术如何推动项目管理水平的提升,并为行业发展提供有价值的参考与思路。

[关键词]建筑行业;技术管理;管理模式;人工智能;可持续发展

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15365

中图分类号: TU71

文献标识码: A

Innovation and Exploration on Construction Engineering Technology Management Mode

CHENG Yaqiang

Beijing Changfeng Xinlian Engineering Management Co., Ltd., Beijing, 100039, China

Abstract: With the continuous expansion of the construction industry, traditional management models have gradually exposed their limitations in the face of challenges, especially in terms of information transmission, resource allocation, and collaboration among all parties, often facing many difficulties. In order to cope with these problems, the construction project management model urgently needs innovation. With the advancement of technology, emerging technologies such as BIM technology, big data, and artificial intelligence are gradually being introduced, becoming important tools for modern construction management. This article explores the innovative path of construction engineering technology management, analyzes how emerging technologies promote the improvement of project management level, and provides valuable references and ideas for industry development.

Keywords: construction industry; technical management; management mode; artificial intelligence; sustainable development

引言

随着建筑行业的持续增长,工程项目的规模与复杂度不断增加,传统管理模式已无法满足现代化需求。在施工过程中,信息沟通不畅、资源配置不合理、协作不顺畅等问题,已成为影响项目进展的关键因素。同时,环境保护和可持续发展要求也日益提升,建筑业面临更高的标准和责任。为了有效应对这些挑战,建筑业迫切需要采用更高效、更智能的管理模式。诸如人工智能、大数据等新兴技术的应用,为行业带来了变革的契机。这些技术不仅提升了项目管理的效率,还推动了绿色建筑的实施,降低了能耗及环境污染。可以预见,技术的创新与应用将为建筑行业带来深刻的变革,推动行业向更加高效、环保的方向发展。

1 建筑工程技术管理内容

1.1 技术准备阶段

技术准备阶段的工作任务包括技术方案的编制与审定、施工图纸的深化设计以及技术交底的实施与落实。在制定技术方案时,应充分考虑项目的具体情况,确保所选的技术路线具备较高的可行性、合理性及高效性。而对于施工图纸的深化,要求设计团队之间进行充分的协作,以防止设计中出现不必要的冲突,减少后期施工中的返工或设计变更。同时,技术交底工作是保障施工团队顺利执行

任务的关键,所有参与施工的人员必须全面理解设计图纸中的技术细节、施工工艺与质量要求,以确保项目的顺利推进,避免施工过程中的误解或错误。

1.2 施工阶段

在建筑工程的施工阶段,重点是将技术方案有效地贯彻到实际施工过程中。施工活动应严格按照事先确定的技术规范及施工计划进行,确保各项工序不仅按时完成,同时还需符合设计标准和质量要求。现场技术人员的有效指导与持续监督是确保施工质量的关键环节,他们必须全程关注施工细节,确保各项技术要求得到严格执行。与此同时,为了确保项目质量的可控性,应建立健全的质量检查与反馈机制,及时发现施工中的任何潜在问题,并作出必要的调整。此外,施工阶段对新技术、新工艺的合理应用尤为重要,只有当先进技术得到有效引入与运用时,施工效率才能大幅提升,同时也能有效降低资源浪费,进而推动项目管理向更加精细与高效的方向发展。

2 信息化管理模式

信息化管理模式通过现代信息技术与内部软件平台的结合,通过集中管理与实时共享的方式,有效提升了项目管理的效率,减少了人为失误。通过内部软件平台,项目的各类信息可以实时更新与监控,管理人员可以随时获

取项目的最新状态,从而及时做出调整,优化管理流程。信息化管理模式使得各个环节的管理数据能够在同一平台上进行汇集与实时追踪。项目的进度、成本、材料采购等信息可以同步更新,确保管理者对项目状况有全面了解。随着内部信息化流程的普及,信息化管理模式的优势愈加明显。通过内部信息化流程,施工现场的管理人员能够随时获取信息,极大地提高了现场沟通与协作效率^[2]。信息流的实时更新确保了问题能够及时解决,从而保证了项目按期交付。信息化平台也促使跨部门协作的顺畅进行,信息共享减少了由于信息滞后所引发的延误与错误。

3 建筑工程技术管理创新路径

3.1 智能化管理系统的实施

随着人工智能(AI)和物联网(IoT)技术的飞速发展,建筑工程管理逐步向智能化方向转变。通过将智能技术与施工现场管理相结合,能够有效提升项目的管理效率与安全性。施工现场的智能化管理不仅可以自动调度工地设备,还能通过监控系统进行实时数据采集与分析,从而实现精准的资源调配与智能决策。智能化管理系统通过物联网技术,实现了工地设备的实时监控与自动调度,施工过程中的设备调度更加精细化与自动化。智能化管理系统还能够通过实时数据分析,自动调整施工计划与进度,从而避免了传统管理模式中存在的资源浪费与时间延误问题^[3]。在安全管理方面,通过传感器与视频监控系统,能够实时监测施工现场的安全状况。系统可以识别潜在的安全隐患并及时发出警报,帮助项目管理人员及时采取措施,避免了许多安全事故的发生。与此同时,远程控制技术的应用,确保了项目管理人员即使不在现场,也能通过智能平台进行实时决策与控制,提升了管理的灵活性与响应速度。

3.2 可持续发展理念的融入

绿色建筑理念的日益普及,能够有效减少资源浪费与环境污染,提高建筑物的能源效率及生态效益。通过绿色建筑设计与应用,建筑工程不仅能够降低建设过程中的碳排放,还能提升建筑物在使用阶段的能源利用效率。在项目设计阶段,通过选用节能环保材料、优化建筑设计结构以及提升建筑物的能效,建筑物的长期运营将更加节能环保。在施工阶段,绿色施工技术的应用进一步减少了环境污染,例如使用低碳、可回收材料、减少建筑废料等手段,都能够有效降低施工过程对自然环境的负面影响。在建筑物的运营阶段,通过安装能效管理系统,建筑物的各项设施得以实时监控与调节,有效降低了能源消耗与碳排放。此外,建筑物的资源回收与循环利用系统也为建筑物的绿色运营提供了保障。

3.3 供应链协同管理优化

供应链管理是建筑工程中至关重要的一部分,传统的供应链管理方式往往面临着信息滞后、资源分配不合理等问题。在优化供应链管理方面,集中的供应商资源管理是

提升效率的关键。项目管理者可以通过集中平台实时跟踪物资的采购、运输与库存情况,确保各项资源能够按时到位。通过集中管理,供应链中的各个环节能够得到有效协调,避免了因信息滞后或沟通不畅导致的资源浪费^[4]。物流路径的智能化优化是提升供应链效率的另一重要手段。通过智能化物流管理系统,项目管理人员可以实时监控物流状态,及时调整运输计划,确保物资能够按时到达施工现场。通过供应链风险的实时监控,管理者能够识别并预防潜在的供应链风险。例如,供应商可能出现的交货延迟、物流运输中的突发问题等,都可以通过智能系统进行提前预测与干预,确保项目的顺利推进。

3.4 现场移动化办公技术推广

随着信息技术的发展,通过智能手机等移动设备,工程管理人员可以随时随地进行项目管理、沟通与协作,提高了工作效率,改善了工作环境,并为现场问题的快速响应提供了保障。移动化办公技术使得管理人员能够随时获取最新的项目数据,无论是在现场还是在办公室,都能快速了解项目的进展情况,并做出相应的决策。施工现场的问题可以通过移动设备迅速反馈给相关人员,确保问题在第一时间得到解决。无纸化办公技术的推广,使得建筑工程管理更加环保与高效。所有的施工图纸、设计文件以及项目进度报告等,均可通过电子方式进行存储与传输,大大减少了纸质文件的使用。

3.5 模块化与装配式建筑技术的结合应用

模块化设计与装配式建筑技术的结合,为建筑项目提供了全新的施工方式。通过在工厂中生产标准化的建筑模块,并在现场进行快速装配,施工周期得以大幅缩短,项目质量也得到了保证。这种施工方式的应用,使得建筑项目的建设变得更加高效、环保。模块化设计的核心优势在于其标准化与规模化生产,确保了建筑模块的高精度与高质量。在施工现场,模块化构件的装配速度极快,减少了传统施工方法中常见的工期延误与质量问题。同时,装配式建筑技术通过减少现场施工,降低了施工过程中的噪音与污染,减少了对周围环境的负面影响。模块化构件的生产与运输,具有很高的灵活性,可以根据项目需求进行调整与优化。

3.6 虚拟现实(VR)与增强现实(AR)技术的应用

随着建筑工程管理逐步向智能化转型,虚拟现实(VR)与增强现实(AR)技术对传统施工管理方式带来了显著变革,提升了管理效率与施工精度。通过虚拟现实技术,建筑项目能够在施工前构建详细的三维模型,模拟整个施工过程,识别并修正设计中的潜在问题,避免在实际施工中出现意外情况。在项目启动阶段,管理者可以利用VR技术来优化设计方案,确保项目能够在实际施工中顺利进行。与此相对,增强现实技术将虚拟信息与实际场景相结合,施工人员通过佩戴AR设备,可实时查看现场的施工进度及构件安装情况,从而有效避免了人为错误。利用AR技

术,项目管理人员能够在现场随时获得有关施工的实时数据,保证施工过程的精准性与高效性。同时,VR与AR还广泛应用于员工培训中,虚拟训练环境帮助施工人员在无风险的情况下进行操作演练,不仅提高了培训质量,也减少了因操作不当引发的安全事故。

3.7 人才培养与管理模式的创新

随着建筑行业技术的不断进步,专业技术人才的需求呈现出快速增长的趋势,建筑企业要与高等院校、科研机构建立更为紧密的合作关系,通过共建课程体系及实践项目,实现人才培养的深度融合。产学研合作培养模式,不仅保证了人才理论知识的扎实,同时也为其提供了实践操作的机会,确保毕业生能够迅速适应行业需求,具备更高的综合能力与创新能力。与此同时,随着传统管理模式的逐渐滞后,许多建筑企业开始逐步引入信息化管理平台,促进各部门之间的数据共享与协作。信息化平台的应用,有效提升了各环节的协调性,减少了资源的浪费,提升了工作效率。此外,智能化工具的引入,使得员工的工作表现能够得到实时监控,基于数据反馈,企业能够调整管理策略,激励员工发挥更大的潜力,提高整体工作效率。创新的人才管理模式为企业注入了新的活力,为行业的长期发展提供了更为坚实的人才支撑。

3.8 数字孪生技术的引入

数字孪生技术在建筑工程管理中的应用正在发挥越来越重要的作用。数字孪生将建筑的物理模型与实际施工中的实时数据相结合,能够全程监控工程项目的进展,包括施工进度、资源使用与安全状况等关键因素。通过数字孪生技术,管理者可以在项目施工过程中获得实时反馈,迅速发现潜在问题并做出及时调整,从而确保项目按计划顺利进行。这项技术的应用,不仅提升了施工管理的精度,也使得对施工过程中的风险预测更加准确。在施工阶段,数字孪生能够通过实时数据监控施工现场的变化,及时调整施工计划,优化资源配置,提高了项目的执行效率。同时,在建筑物的运营阶段,数字孪生技术能够提供全面的数据分析,帮助管理者对建筑能效、设施维护等进行实时监控,促进建筑物的可持续运行。

3.9 区块链技术在建筑工程管理中的潜力

随着区块链技术的成熟,其在建筑工程管理中展现出

巨大的应用潜力。区块链的去中心化特性使得信息交换更加透明与可靠,尤其在合同管理与供应链管理中,区块链技术的应用为行业带来了创新性的解决方案。在合同管理方面,区块链通过智能合约实现自动化,能够有效避免人工操作带来的错误与延误。此外,区块链提供的不可篡改特性使得建筑工程中涉及的每一个环节都能留下可靠的记录,这在确保项目透明度与安全性方面具有重要意义。在供应链管理中,区块链的应用可以实时追踪采购、运输与交付的过程,确保资源的及时供应与质量的可控性。项目各方能够随时获得交易信息,减少了信息滞后带来的不确定性。在数据安全方面,区块链为各类建筑项目提供了一个安全的数据存储平台,保障了项目中关键数据的隐私性与安全性。

4 结语

面对日益复杂的建筑工程,传统的管理模式已经难以满足现代项目的需求。创新技术的引入,如智能化管理系统及可持续发展理念等,为行业带来了新的机遇,显著提升了项目管理的效率与质量。这些新技术不仅优化了施工过程,减少了资源浪费,还推动了绿色建筑的理念,显著降低了碳排放与能源消耗。随着技术的不断进步与应用,建筑行业的转型升级已经步入快车道。然而,要实现技术的全面推广,行业仍面临着政策支持、资金投入及专业人才培养等挑战。只有在各方面的共同努力下,建筑行业才能够实现更加高效、绿色的发展,走向更加可持续的未来。

【参考文献】

- [1]赵鹏泽.现代房屋建筑施工中绿色节能施工技术的应用[J].陶瓷,2021(7):128-129.
- [2]赵鑫.建筑工程技术管理中的控制要点与优化措施探究[J].居舍,2021(20):110-118.
- [3]李洪元.建筑工程项目与企业一体化管理模式探索——信息化技术引领下的创新管理[J].四川建材,2024,50(10):205-206.
- [4]田涛.绿色施工理念下的建筑工程管理模式创新路径探索[J].中国住宅设施,2021(11):15-16.

作者简介:程亚强(1990.9—),男,高级工程师,辽宁省台安县。

工程总承包模式下的成本控制关键因素及优化策略研究

王苗苗

新疆生产建设兵团建设工程(集团)有限责任公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]随着我国建筑行业的迅速发展及市场需求的不断变化,传统的承包模式已无法满足日益复杂的工程项目管理要求。为此,工程总承包模式应运而生,并迅速在国内外建筑项目中得到广泛应用。通过将设计、采购、施工等多个环节整合管理,该模式显著提升了项目执行的效率与协调性。尽管如此,工程总承包模式的实施对成本控制提出了更高要求,要求项目各个阶段必须紧密衔接,且成本管理的精细化程度需达到前所未有的水平。项目初期的规划、设计、施工组织、供应链管理、合同管理等环节,直接关系到成本控制的成效。在这些复杂的管理任务面前,如何高效地控制工程成本并避免不必要的超支,已成为确保项目顺利完成并实现预期效益的关键。

[关键词]工程总承包模式; 成本控制; 关键因素; 优化策略

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15364

中图分类号: TU723.3

文献标识码: A

Research on Key Factors and Optimization Strategies of Cost Control under Engineering General Contracting Mode

WANG Miaomiao

Xinjiang Production and Construction Corps Construction Engineering (Group) Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: With the rapid development of China's construction industry and the continuous changes in market demand, the traditional contracting model can no longer meet the increasingly complex requirements of engineering project management. As a result, the engineering general contracting model has emerged and quickly been widely applied in construction projects both domestically and internationally. By integrating and managing multiple stages such as design, procurement, and construction, this model significantly improves the efficiency and coordination of project execution. However, the implementation of the engineering general contracting model has put forward higher requirements for cost control, requiring that each stage of the project must be closely connected, and the level of refinement in cost management needs to reach an unprecedented level. The planning, design, construction organization, supply chain management, contract management and other aspects in the early stage of the project are directly related to the effectiveness of cost control. In the face of these complex management tasks, how to efficiently control engineering costs and avoid unnecessary overspending has become the key to ensuring the smooth completion of projects and achieving expected benefits.

Keywords: engineering general contracting mode; cost control; key factors; optimization strategies

引言

在建筑行业竞争日益激烈的背景下,工程项目的成本控制已成为衡量项目成败的关键标准。随着工程总承包模式的广泛应用,如何在这一模式下实现有效的成本管控,已成为业内关注的焦点。设计、采购、施工等环节被整合在工程总承包模式下,提供了更为高效的管理方式,但也带来了复杂的成本控制挑战。在这种模式下,项目的经济效益不仅由合理的成本管理决定,还直接影响着工程质量及进度的可控性。因此,如何在工程总承包模式下进行精准有效的成本控制,对于项目管理者、承包方以及其他利益相关者来说,具有重要的现实意义。

1 工程总承包模式下成本控制的重要性

在工程总承包模式下,成本控制贯穿整个项目生命周期,直接影响着项目的经济效益及资源配置的优化,该模式的特点在于设计、采购与施工的高度一体化,它突破了传统分段式管理的局限,达成了全过程的统一管理。在这

一过程中成本控制成为核心关注领域,有效的成本管理不仅能够确保项目按预算完成,还能通过合理配置资源提升整体价值。随着市场竞争的加剧,工程总承包企业面临着质量、工期与成本三者之间的权衡挑战。若成本管理未能精细化,预算超支、利润减少,甚至影响企业的市场信誉等问题均可能发生。此外,成本控制不仅是对资金支出的约束,它还包括设计优化、供应链管理及施工组织的全面协调,实现项目效益的最大化。由此可见,成本控制在工程总承包模式下,不仅是提高企业竞争力的关键因素,也是确保项目成功的重要保证。

2 工程总承包成本控制的关键因素

2.1 项目规划与设计阶段的成本控制

在工程总承包模式中,项目规划与设计阶段被视为控制成本的核心环节,对后续施工与运营阶段成本的影响至关重要,通过科学合理的规划,资源浪费及不必要的支出能够有效避免。在选择设计方案时,必须综合考虑功能需

求、技术可行性与经济性，力求在确保项目需求的同时，成本与效益的优化平衡得以实现。例如，节能型材料或模块化设计的采用，不仅能降低初期投资，还能显著减少后期的运营成本，通过充分的前期调研与需求分析，设计变更所带来的额外成本也能够有效规避。此外，设计方案的精细化与标准化处理，减少了实施过程中的不确定性，也能降低潜在风险，确保资源的高效利用。

2.2 施工组织与管理的成本控制

施工组织与管理阶段在工程总承包模式下占据着至关重要的地位，其成效直接关系到项目的整体经济效益。在这一阶段，通过合理的施工组织设计与高效的管理措施，资源浪费与不必要的开支可得以有效减少。施工方案的优化能够避免冗余作业与重复劳动，从而提高机械设备和人力资源的使用效率。精细化的工期管理不仅能够减少因延误引发的额外成本，还能确保资源调配的顺畅与有序，物资短缺或堆积所造成的经济损失得以避免。现场管理水平的提升对于成本控制至关重要，通过严格执行质量检查与安全管理，返工与事故带来的成本得以减少。同时，施工进度、成本及质量的动态监控可借助信息化手段实现，及时调整措施以提升整体执行效率，从而为项目实现精确的成本控制提供有力支持。

2.3 采购与供应链管理的成本影响

在工程总承包模式下，采购与供应链管理对成本的影响贯穿整个项目过程，成为确保有效成本控制的关键环节。项目总成本中，材料、设备及服务的采购费用通常占较大比例，因此，科学的采购计划与高效的供应链管理至关重要，能够显著降低成本并提升项目效益。采购策略的优化，集中采购能通过规模效应降低单价，而分散采购则有效减小供应风险。供应链管理的效率直接关系到物流、库存及交付周期的成本水平。例如，合理的库存管理不仅避免了资源短缺，还减少了因库存积压所带来的资金占用及物料浪费。供应商选择也直接影响成本，通过建立稳定的供应商合作关系，能在保证供应可靠性的同时提高采购性价比。借助信息化手段，采购与供应链管理得以实现全过程的可视化与数据化，帮助企业应对市场变化优化资源配置，在保障质量的同时进一步降低成本。

2.4 合同管理与风险分担对成本的影响

在工程总承包模式下，合同管理与风险分担对项目成本的影响极为深远，是确保成本控制与规避超支风险的核心要素。精心设计的合同条款可以明确各方责任与义务，从而减少因模糊约定引发的纠纷与经济损失。例如，通过详细规定工程范围、质量标准及变更管理等方面，有效避免了因合同条款不明确或缺失所引发的索赔与诉讼，从而有效控制了额外费用。合理的风险分担机制直接影响成本的分配与管控，采用分担与转移相结合的方式，最大程度地缓解了总承包方的财务压力。尤其是在不可抗力或市场

波动等不可预测因素发生时，科学的风险分担机制能够有效避免了成本集中由单方承担，确保了项目的顺利推进。动态的合同管理通过定期审查与调整合同条款，及时响应项目需求与外部环境变化，从而避免了因合同执行不到位而导致的成本损失。精细化的合同管理与合理的风险分担机制，有助于精准地实现项目整体成本控制目标。

2.5 项目变更与进度管理对成本的影响

在工程总承包模式中，项目变更与进度管理对成本的影响至关重要，直接关系到预算执行效果及项目经济性的实现。项目变更通常涉及设计调整、施工方案修改或材料替换等环节，若缺乏有效的管理不仅会导致直接成本的增加，还可能引发工期延误及其他连锁反应，从而带来额外费用。因此，建立科学的变更控制流程显得尤为关键。通过严格的审批程序与多方协调，变更的影响能够被尽可能压缩到最小范围。进度管理的影响同样不容忽视，进度滞后往往会导致资源闲置、设备租赁超期及管理费用增加，而赶工措施则可能导致人力与材料成本的提升。制定科学合理的进度计划，并实时监控其执行情况，有助于避免成本过度波动。同时，借助信息化工具对进度与成本进行动态分析，潜在问题能够及时发现并迅速调整，从而在保证工期与质量的前提下实现成本控制。此类精细化管理手段显著提升了项目的整体效益。

3 工程总承包模式下成本控制的优化策略

3.1 强化项目策划与设计优化

在工程总承包模式中，项目策划与设计优化的强化成为实现成本控制的关键手段。项目策划阶段不仅决定了资源配置的框架，还对成本产生深远而广泛的影响，通过详尽的前期调研，项目的功能需求与技术看案能够得到明确，从而避免在规划阶段因目标模糊而导致的设计重复与资源浪费。设计优化则通过结合先进的设计理念与技术手段，寻求质量、功能与成本之间的最佳平衡。例如，模块化设计的应用能够有效减少现场施工量，缩短工期，同时提高整体工程质量。优化设计还需考虑材料选择、结构形式及施工工艺的经济性，选用节能环保材料或新型建造技术有助于降低长期运营成本。在数字化设计平台（如 BIM 技术）的支持下，推动各专业的协同设计，可以直观发现设计阶段潜在问题，从而减少后期变更。通过在策划阶段强化设计优化，初期投资得以大幅降低，为后续施工与运营阶段的成本管控奠定了坚实的基础。

3.2 提高供应链管理效率

在工程总承包模式中，提高供应链管理效率被视为实现有效成本控制的关键措施。高效的供应链运作不仅能够显著减少物料采购、运输、存储等环节中的成本浪费，还能够确保项目各阶段资源的及时供给，通过优化供应商选择并建立长期稳定的合作关系，采购成本得以降低，同时物资质量的保障水平也得到了提升。在采购过程中，运用

大数据与信息化技术对需求波动进行预测,有助于避免过度采购或供应不足的情况,从而确保资源的精准配置。与此同时,库存管理的合理性能够有效控制仓储费用,并减少因材料损坏或过期带来的损失。物流管理的优化同样至关重要,通过合理规划运输路线与时机,运输成本得以降低,且确保材料按时到达,避免因工期拖延而产生额外费用。借助数字化供应链平台,物资流转与库存状况得以实时跟踪,信息变得透明与实时,从而能够及时应对突发状况。通过这一系列措施,供应链的整体效率得到了提升,资源配置得到优化,为成本控制提供了坚实保障。

3.3 优化合同管理与风险分担机制

优化合同管理与风险分担机制被视为实现工程总承包项目成本控制的核心策略之一。详细且明确的合同条款能够规范各方行为,减少项目实施过程中可能产生的争议与不必要的成本增加。在合同条款的设计中,特别是在责任、权利及义务的明确划分上,纠纷的发生可以得到有效避免。例如,通过设定合理的奖励与惩罚机制,各方可确保按时、按质完成任务,从而避免工期延误或质量问题带来的额外开支^[1]。同时,合理设计的风险分担机制至关重要,平衡风险转移、分担与承担,能够帮助各方明确风险边界,从而降低不可控因素(如市场波动、政策变化)所带来的成本压力。对于总承包方而言,采用合适的保险或风险基金,突发事件对项目成本的冲击可以得到有效减轻。在合同执行过程中,及时跟踪与动态管理同样不可忽视,定期修订合同条款以适应项目的实际变化,有助于避免合同内容与项目进展脱节。

3.4 提升人员成本意识

针对工程总承包模式下项目设计阶段中存在的问题,采取以下针对性对策可有效进行解决。一方面选择口碑较好的设计单位进行合作,并提高设计人员的成本管理意识,建立相关管理制度。企业可以通过招标等良性竞争的方式来选择设计单位,从而优化设计市场的竞争环境。与此同时,为提升设计人员的成本管理意识,可建立激励机制,将设计费用与设计人员的工资挂钩,激励设计人员提出更优质的方案。这样,不仅能够有效控制企业的成本,还能保障项目的质量。另一方面,在项目设计阶段,必须完善设计内容。总承包商应组织好自身的设计团队,深入施工现场进行考察和研究,为施工阶段的顺利开展奠定坚实基础。

3.5 严格控制报价工作

在工程总承包模式下的项目成本控制中,除了优化设计和施工过程外,报价环节同样至关重要。为了有效控制项目成本,必须做好工程报价的管理工作。在项目的前期

阶段,需优化报价流程,确保在工程实施过程中,项目的造价能够得到严格把控。由于建筑工程项目涉及内容繁多,完善报价过程显得尤为重要,这有助于保障成本控制流程与项目需求相符。同时,项目工程还应深入研究相关法律法规及合同条款,全面了解项目流程,确保最终形成一个科学、合理的报价方案。

3.6 构建信息化成本控制平台

在工程总承包模式下,信息化成本控制平台的构建对于提升项目成本管理效率至关重要。随着数字化技术的不断进步,传统的手工成本控制方式已无法应对日益复杂的工程项目,通过集成项目各环节的数据,信息化平台能够实现设计、采购到施工的全过程透明化与实时监控^[3]。项目团队可实时获取关键数据,如成本、物资采购进度及施工进展等,从而及时发现偏差并作出调整,这种实时更新与分析的能力,不仅增强了决策的准确性,还有效降低了人为失误的风险。借助信息化平台,实时数据的共享变得更加高效,各方参与者能够减少信息滞后的沟通障碍,确保项目按计划有序推进^[2]。同时,通过大数据分析,平台能够为成本预测与风险评估提供更科学的支持,帮助项目团队在项目早期识别潜在风险并采取预防措施,从而进一步实现成本控制目标。

4 结语

在工程总承包模式下,成本控制始终是确保项目成功的重要因素之一。通过精细的管理方法与科学的控制策略,成本波动、风险与不确定性得以有效应对,从而确保工程按时、高质量地完成,并在预算范围内交付。本文对项目规划与设计、施工组织与管理、采购与供应链、合同管理与风险分担等关键成本控制环节进行了深入分析,提出了相应的优化策略,如加强设计优化、提升供应链管理效率、改进合同机制等。在现代信息化技术的支持下,数字化成本控制平台的构建成为提升成本管理效率与精度的关键途径。

【参考文献】

- [1]魏巧春.工程总承包模式下机电工程成本控制浅析[J].江西建材,2022(12):438-439.
 - [2]黄月明,卓博华.基于EPC工程总承包模式下的成本控制研究[J].工程技术研究,2019,4(18):21-22.
 - [3]胡诗宇.EPC工程总承包模式下的成本控制研究[J].会计师,2020(24):33-34.
- 作者简介:王苗苗(1992.8—),毕业院校:石河子大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:新疆生产建设兵团建设工程(集团)有限责任公司,职称级别:中级工程师。

房屋建筑工程施工现场管理的要点探究

张 健

江苏南通二建集团有限公司, 江苏 南通 226200

[摘要]随着建筑行业的持续发展,在当前建筑项目不断增多、规模逐渐扩大的背景下,施工现场管理面临着更高的要求。无论是资源的合理调配、人员的科学安排,还是工期的精确控制,都直接关系到工程的顺利实施与最终质量。管理不当不仅会导致项目进度延误,还可能带来严重的安全隐患,对工程的质量与经济效益产生重大影响。施工现场管理的重要性在于其能够确保各个施工环节高效衔接,有序推进,从而确保项目按期交付,满足质量要求。本文探讨施工现场管理中常见问题,并分析相应的优化对策,旨在为建筑项目管理提供切实可行的建议,为提升施工管理的整体水平贡献力量。

[关键词]房屋建筑工程;施工现场管理;材料设备

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15369

中图分类号: TU74

文献标识码: A

Exploration on Key Points in Construction Site Management of Housing Construction Projects

ZHANG Jian

Jiangsu Nantong No. 2 Construction Engineering Group Co., Ltd., Nantong, Jiangsu, 226200, China

Abstract: With the continuous development of the construction industry and the increasing number and scale of construction projects, construction site management is facing higher requirements. Whether it is the rational allocation of resources, scientific arrangement of personnel, or precise control of the construction period, they are directly related to the smooth implementation and final quality of the project. Improper management not only leads to project schedule delays, but may also pose serious safety hazards, which have a significant impact on the quality and economic benefits of the project. The importance of construction site management lies in its ability to ensure efficient connection and orderly progress of various construction processes, thereby ensuring timely delivery of projects and meeting quality requirements. This article explores common problems in construction site management and analyzes corresponding optimization strategies, aiming to provide practical and feasible suggestions for construction project management and contribute to improving the overall level of construction management.

Keywords: housing construction projects; construction site management; material and equipment

引言

随着我国建筑行业的快速发展,施工现场的管理问题越来越复杂,面临的挑战也越来越严峻。施工现场管理涵盖了多个方面,包括材料采购、设备管理、人员调配、安全监控等,每一项工作都至关重要。若在任何环节上出现疏漏,都可能对整个项目造成无法挽回的影响。在传统的施工管理模式中,管理手段较为单一,效率不高,且容易出现对突发问题响应不及时的情况,这也使得施工现场管理面临极大的压力。与此同时,随着环保法规的日益严格,建筑行业不仅要注重项目的进度和质量,还要考虑施工过程中的环境影响。因此,如何应对日益复杂的管理挑战,提升管理的精确性和效率,成为建筑行业亟待解决的问题^[1]。

1 房屋建筑工程施工管理的重要性

随着经济的持续发展与城镇化的不断推进,房地产业已成为国民经济发展的关键支柱。伴随房屋建筑工程规模和数量的不断扩大,施工现场管理在其中扮演的角色也日益突出。它不仅直接影响工程的质量、进度、安全以及成本控制,还决定了项目的最终成果,以及企业在市场中的

竞争地位。有效的施工现场管理能够确保施工方案与工艺得到精准执行,同时,建筑材料的质量得到保障,从而显著提升工程质量,满足消费者对建筑物安全性、功能性与外观的需求。完善的安全管理措施帮助预防事故,保障施工人员的生命安全和身体健康,避免因意外事件所导致的经济损失及社会影响。高效的施工管理还能够确保项目按时完成,避免工期延误,同时减少资源浪费。通过合理配置资源与减少材料消耗,不仅能降低工程成本,还能提高企业的盈利水平。随着管理水平的提升,企业的品牌形象将得到增强,市场竞争力随之提高,进一步为企业的可持续发展奠定了基础。此外,施工现场管理还应着重环境保护,减少施工对周围环境的负面影响,积极推动绿色施工,符合国家发展战略的要求。

2 房屋建筑工程施工现场管理的内容

房屋建筑工程施工现场管理涉及多个方面,其中包括施工组织、质量控制、安全保障、环境管理、成本控制以及合同管理。施工企业应根据项目的特点,制定合理的管理措施,以确保每个环节顺利推进,最终实现项目的预期

目标。施工组织管理是施工现场管理的基础,涵盖了施工方案编制、施工进度控制、资源的合理配置及施工人员的安排等方面。通过优化施工组织,施工效率得以提升,工程得以按期完成,避免时间与资源的浪费。合理的资源配置能确保各项工作高效协调推进,从而推动施工进度顺利进行。施工质量管理贯穿整个施工过程,主要包括施工质量的控制、检查与问题的整改。质量管理的目标是确保工程能够达到设计标准与国家规定的质量要求,具备长期使用的安全性与可靠性。通过严格的质量管理,建筑物的耐久性、安全性与功能性得以保证,从而延长其使用寿命,减少后期维修与保养的成本。安全管理在施工现场管理中占有重要地位,涉及到安全防护措施、安全培训以及可能发生的安全事故的处理等内容。通过完善的安全管理体系,可以有效预防安全事故的发生,确保施工人员的生命安全。定期开展安全检查、隐患排查及应急预案制定,有助于及时解决施工过程中出现的安全问题,降低事故发生率。环境保护管理旨在减少施工对周围环境的负面影响,管理内容包括施工现场卫生、废弃物处理以及噪音与扬尘的控制等。随着环境保护法规的不断严格,施工企业需要采取有效的环保措施,减少施工过程中对空气、水源、土壤等的污染,从而提升施工文明度,确保项目符合环保要求。成本控制是确保工程经济效益的核心环节,涉及施工成本的预算编制、成本核算及控制等。通过有效的成本控制,施工企业能够避免超支,确保项目在预算内完成。优化资源配置、提高施工效率以及减少材料浪费是降低成本的关键方法。合同管理保障施工项目的合法性与合规性,内容包括合同的签订、履行与变更等^[2]。规范的合同管理能够确保各方遵守合同条款,防范法律风险,保障各方权益,为项目顺利实施提供法律保障。房屋建筑工程施工现场管理包括多个环节,每个环节都对项目的顺利推进至关重要。施工企业应根据项目的具体情况,制定适应性的管理措施,确保各项任务顺利完成,最终实现项目的高质量与高效益目标。

3 现阶段施工现场管理存在的问题

3.1 材料及设备管理不严格

在多个建筑项目中,材料与设备的管理存在显著不足,尤其在采购、验收、存储和使用过程中,缺乏有效的规范与监控。材料管理的疏忽往往导致质量不合格的材料进入施工现场,进而影响工程的质量。设备管理方面,设备的维护与使用未按规定执行,频繁的设备故障不仅拖延了施工进度,还带来了额外的维护成本。对设备的监管松懈,导致了设备故障的频发,进一步影响了整体工程进度。

3.2 人员管理不到位

施工现场存在的人员管理问题主要体现在工人素质、岗位培训及人员安排的不足。工人普遍缺乏必要的专业技能,施工操作容易出现偏差,从而影响施工效率与工程质量。岗位培训的不足使得施工人员对施工工艺的理解存在

差异,导致施工过程中的操作不规范。此外,施工人员的安排不合理,造成劳动力资源的浪费,且施工进度因此受到一定影响。

3.3 安全管理缺失

尽管施工现场的安全管理被广泛认为至关重要,但在部分项目中,安全管理仍存在漏洞。安全防护设施不完善,工人的安全培训不到位,使得施工现场潜藏着较大的安全风险。安全检查未能全面开展,隐患排查与整改也未能得到及时落实。

3.4 施工质量管理不足

部分建筑项目的施工质量管理存在缺陷,尤其是在质量控制的具体执行过程中。尽管多数项目已建立了质量管理体系,但在实际施工中,质量控制的执行力明显不足。施工人员对质量标准的理解存在差异,导致施工过程中频繁出现质量问题,且这些问题未能得到及时发现或纠正,最终影响了工程的整体质量。

3.5 环境管理不到位

施工过程中环境管理问题突出,特别是在噪声、扬尘及废水处理等方面,未能严格按照环保规定执行。尽管国家对施工现场的环境保护要求越来越严格,但在一些项目中,相关的管理措施仍然不到位。例如,施工中的噪声与扬尘控制不力,废水及废弃物的处理没有达到规定标准,给周围环境带来了较大的污染。这些问题不仅影响了生态环境,也损害了施工企业的社会形象。

4 明确施工现场管理要点内容

4.1 注重施工材料及设备管理

为了确保工程项目能够顺利推进,材料的质量、采购来源、储存管理、使用流程都必须经过严格控制。材料的选购环节不仅要确保符合国家标准和设计要求,还应考虑供应商的信誉与生产能力,从源头上避免因不合格材料对工程质量的影响^[3]。材料的验收管理需要设立专门的质量控制人员,检查每一批次材料的合格证书与质量证明,确保进入施工现场的材料都符合工程要求。存储管理也同样重要,施工现场必须设置专门的仓库或存放区,对材料进行分类存放,并采取有效的防护措施,以防潮湿、腐蚀及其他自然因素对材料产生不利影响。在设备管理方面,设备的管理不仅包括合理的配置、定期的检查和维护,还应考虑设备的技术更新与升级。设备使用人员应接受专业培训,严格按照操作规程使用设备,避免因人为操作不当而导致设备损坏。定期维护与故障排除制度应当在施工项目中得到严格执行,确保设备始终处于良好的运行状态,避免因设备故障导致工程停滞和施工周期延长。

4.2 加强施工现场人员管理

施工人员管理是施工现场管理的重要组成部分,施工人员的招聘、培训、考核等环节应当严格规范。招聘过程中,应根据项目需求选择适合的技术工人,不仅要考虑工

人的技术水平,还要评估其工作经验及团队协作能力。在招聘的基础上,施工单位还需定期组织技术培训,提升员工的专业技能和安全生产意识。特别是对于新入职的工人,应加强基础培训,使其尽快熟悉现场环境与工作内容,提高工作效率。在岗位安排方面,应依据每名工人的技术特长与经验,合理分配工作任务,避免因岗位安排不当造成资源浪费或工作效率低下。同时,定期的考核与评估机制应当成为管理的重要环节,对表现优异的人员进行奖励与激励,对存在问题的人员进行指导与整改,确保所有施工人员的工作始终保持在高标准、高要求的状态下。

4.3 优化施工现场的安全管理

安全管理是施工现场管理中最为关键的环节,为了有效提升施工现场的安全管理水平,施工单位必须健全安全管理制度,确保每一名工人都能够理解并遵守相关的安全操作规程。在施工开始前,必须对现场进行全面的安全评估,识别潜在的安全隐患,制定相应的安全防范措施。所有参与施工的人员应参加定期的安全培训,通过培训让每个工人了解施工过程中的潜在风险以及应对方法,掌握必要的安全操作技能。在日常施工过程中,应制定详细的安全检查表,定期开展安全检查,及时发现并排除安全隐患。对于高危作业区域,应设置专门的安全防护设施,如警示标志、安全栏杆等,保障施工人员的生命安全。此外,施工现场还应配置必需的安全设备,如灭火器、急救箱等,确保一旦发生紧急情况可以迅速响应,减少伤害的发生。定期的应急演练也能有效提高施工人员的安全意识,确保一旦发生突发事件,能够及时、有效地处理。

4.4 全面实施质量管理

质量管理是建设工程顺利实施的保证,而全程的质量管理需要在各个环节中严格把关。为了确保施工质量的稳定性与可靠性,施工单位应当从项目开始的设计审核、材料采购、施工工艺、到最后的验收环节,都制定严格的质量控制标准。在每一项施工任务的开始之前,施工单位应确保所有使用的材料都符合相关质量标准,通过验收程序对所有材料进行细致检查。施工过程中,每一项工艺的操作都应按标准进行,任何工艺上的疏忽或偏差都可能对工程质量产生长远的负面影响,因此,质量监督必须贯穿整个施工过程。施工人员要定期参加质量管理培训,增强质量控制意识,对工作中的细节进行严格检查,确保工程质量不会因人为疏忽而出现问题。对于施工过程中出现的质量问题,管理者应当立即进行纠正与整改,并追查问题的根源,防止类似问题的再次发生。全方位的质量管理体系应当确保施工过程中每一环节都符合规范,最终实现优质工程的目标。

4.5 优化施工现场的环境管理

环境管理是建筑工程管理中常常被忽视但却至关重

要的部分。施工现场的环境影响不仅直接关系到工人的健康,还涉及到周围居民的生活质量。为了减少施工现场对周围环境的负面影响,施工单位必须采取有效的措施控制施工过程中的噪音、扬尘、水污染等问题。噪音管理方面,应合理安排施工时间,避免高噪音的作业在非工作时段进行,同时应采取措施降低噪声源,如使用低噪音设备或安装隔音装置。扬尘问题应通过洒水、设置防尘网等方式加以控制,避免粉尘污染对周围环境的影响^[4]。废水与废气的排放问题同样需要得到有效处理,施工单位应设立排放标准,确保所有废水、废气在排放前经过处理,符合环境保护的相关要求。对于建筑垃圾与废弃物,施工单位应实行分类管理,合理回收与处理,避免堆积或乱丢现象的发生,减少对环境的污染。此外,施工现场的绿化也应受到重视,适当的绿化措施可以有效改善施工现场的环境质量,提升企业的社会责任感与形象。通过以上一系列环境管理措施的落实,能够最大程度地减少施工活动对生态环境的影响,推动绿色施工理念的实施。

5 结语

施工现场管理在建筑工程的成功实施中起着至关重要的作用。其良好的管理能够有效保障工程质量、提高施工安全、控制施工进度,并减少资源浪费,从而提升项目的整体效益。在施工现场管理过程中,若各项措施落实不到位,便容易出现质量问题,甚至可能导致项目延期或发生安全事故。因此,提升施工现场管理水平不仅是每个建筑项目顺利进行的保障,也是建筑企业持续发展的基础。为了确保施工现场管理的有效性,施工企业应从多个方面入手,如加强对施工材料、设备的管理,提升人员素质和安全意识,加强质量监控等方面进行全方位改进。随着信息技术的进步,智能化管理工具的引入将有助于进一步提高施工现场管理的精准度与效率。通过实时监控与数据分析,施工进程中的问题能够被及时识别,并快速进行调整,减少人为失误的发生。

【参考文献】

- [1] 沈剑勇. 房屋建筑工程施工现场管理探究[J]. 新城建筑科技, 2024(10): 33.
 - [2] 王屹航, 耿杰, 张肖, 等. 房屋建筑工程施工现场安全监督管理措施分析[J]. 工程抗震与加固改造, 2024, 46(3): 195.
 - [3] 崔浩. 浅析房屋建筑工程技术及施工现场管理问题[J]. 建筑与装饰, 2023(7): 77-79.
 - [4] 谢小仙, 惠德渊. 房屋建筑工程施工现场有效管理[J]. 工程建设与设计, 2024(11): 256-258.
- 作者简介: 张健(1985.12—), 男, 学历: 大专, 毕业院校: 扬州市职业大学, 所学专业: 工程造价, 目前职称: 中级, 目前就单位: 江苏南通二建集团有限公司。

信息化技术在海塘工程建设管理中的应用

苏世塔

温州市洞头区重点项目建设服务中心, 浙江 温州 325700

[摘要] 本研究通过构建 BIM-GIS 融合平台、物联网智能感知网络与大数据分析系统, 实现了海塘工程全生命周期数字化管理。在浙江、江苏等地的 23 个示范工程中, 系统使工程隐患识别率提升至 91.7%, 应急响应时间缩短 68%。研究提出的动态渗流监测模型与多目标优化算法, 为智慧海塘建设提供了创新解决方案。实证数据表明, 新技术体系可使工程全生命周期成本降低 19.3%, 结构安全系数提高 22.6%。

[关键词] 海岸防护工程; 建筑信息模型; 物联网监测; 结构健康诊断; 智能决策

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15352

中图分类号: TV1

文献标识码: A

Application of Information Technology in Seawall Engineering Construction Management

SU Shita

Wenzhou City Dongtou District Key Project Construction Service Center, Wenzhou, Zhejiang, 325700, China

Abstract: This study achieved digital management of the entire lifecycle of seawall engineering by constructing a BIM-GIS fusion platform, an Internet of Things intelligent perception network, and a big data analysis system. In 23 demonstration projects in Zhejiang, Jiangsu and other places, the system has increased the identification rate of engineering hazards to 91.7% and shortened emergency response time by 68%. The proposed dynamic seepage monitoring model and multi-objective optimization algorithm provide innovative solutions for the construction of smart seawalls. Empirical data shows that the new technology system can reduce the life cycle cost of engineering by 19.3% and increase the structural safety factor by 22.6%.

Keywords: coastal protection engineering; building information modeling; Internet of Things monitoring; structural health diagnosis; intelligent decision

引言

根据联合国政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 第六次评估报告, 全球海平面在 2100 年可能上升 0.3~2.5m, 我国 11 个沿海省市的海岸带面临严重威胁。传统海塘管理模式存在三大技术瓶颈 (表 1):

表 1 海塘工程管理技术瓶颈分析

问题维度	技术缺陷	典型案例影响
数据获取	人工巡检覆盖率 < 65%	1997 年浙江某海塘因未及时发 现管涌导致决口
分析决策	数据处理延迟 > 4 小时	2022 年台风“梅花”期间应急调 度失误率 41%
运维管理	养护成本年均增长率 12.7%	广东某海堤近 5 年维修费用超 预算 230%

本研究基于数字孪生技术框架, 创新性地将毫米波雷达、光纤传感与深度学习相结合, 在钱塘江北岸海塘等重大工程中取得显著应用成效。

1 技术体系架构

1.1 全生命周期管理系统框架

全生命周期管理系统构建于多层次技术架构之上, 通过四层结构协同运作实现工程项目的全流程数字化管理。作为现代化工程管理的核心支撑体系, 该框架由感知层、传输层、平台层和应用层构成有机整体, 每个层级均配备

专属技术模块。以某沿海重大水利工程为例, 该架构已成功实现从基础数据采集到决策支持的完整闭环管理。

数据感知层作为整个系统的神经末梢, 承担环境参数采集与预处理功能。该层集成多模态传感装置, 包含高精度位移监测装置 (精度 $\pm 0.1\text{mm}$)、渗流压力传感阵列 (量程 0~2MPa) 及金属腐蚀速率监测仪 (分辨率 $0.01\mu\text{m/a}$) 等先进设备。在典型应用场景中, 如某滨海防护工程, 采用十二类传感器集群部署方案, 形成包含结构应力、地下水位、盐雾浓度等 18 项指标的立体监测网络, 数据采样频率达到每秒 2000 次, 确保监测数据的时空连续性。

信息传输层采用混合通信技术实现数据可靠传输。根据工程现场环境特点, 构建光纤骨干网络 (传输速率 10Gbps)+5G 微基站 (覆盖半径 500m) 的双通道冗余架构。在复杂地质条件下, 创新应用 LoRaWAN 协议 (工作频段 470MHz) 实现地下 30 米深度的无线信号穿透。实际工程案例显示, 该混合传输方案使数据丢包率控制在 0.03% 以下, 时延稳定在 15ms 以内, 满足高可靠性工程监测

智能决策平台层构建于分布式计算架构之上, 采用多源异构数据融合处理机制。核心组件包含基于 Hadoop3.0 的 PB 级存储集群 (存储密度 $\geq 2\text{PB/机柜}$)、Spark 实时计算引擎 (处理延迟 $\leq 50\text{ms}$) 及 TensorFlow 深度学习框架 (支持千亿级参数模型训练)。在某重大水利工程实践中, 该平

台实现日均处理 2.6TB 监测数据的能力,构建包含 17 个特征维度的工程健康度评估模型,预测准确率达到 92.4%。

应用服务层通过可视化交互界面将数据价值转化为工程决策。开发具备自适应能力的预警系统,集成 LSTM 时序预测算法(窗口长度 128)与 XGBoost 分类模型(树深 12 层),构建包含 8 级预警阈值的风险评价体系。实际运行数据显示,系统成功预测了 3 次重大结构形变事件,平均预警提前量达 72 小时,为应急处置争取关键时间窗口。

1.2 关键技术集成应用

BIM-GIS 时空融合技术创新性地整合建筑信息模型与地理空间数据,建立毫米级精度的工程数字基底。采用 IFC4.0 标准构建 BIM 元件库(包含 327 类标准构件),通过 EPSG:4547 坐标系统实现与 GIS 数据的无缝衔接。在某滨海堤防工程中,构建了覆盖 15 平方公里范围的数字孪生体,实现潮汐动态模拟(误差 $\pm 2\text{cm}$)、风暴潮演进预测(时间分辨率 10 分钟)等复杂场景仿真,辅助工程方案优化决策。

物联网感知矩阵采用多协议异构组网技术,构建立体化监测体系。部署 NB-IoT(带宽 180kHz)+ZigBee(传输距离 1.5km)双模终端设备,形成包含 1200 个监测节点的智能感知网络。数据采集模块集成卡尔曼滤波算法(迭代次数 50 次)与异常值检测模型(置信度 99%),使原始数据信噪比提升至 38dB。在某软基处理工程中,该网络成功捕捉到 0.2mm 级别的差异沉降,较传统监测手段灵敏度提高 300%。

数字孪生决策系统通过构建虚实交互的智能管理平台,实现了工程实体与数字空间的全维度联动。该系统的核心架构由四大功能模块协同构成:动态映射模块通过双向数据通道实现物理设施与虚拟模型的实时状态同步,确保数字镜像能够精准反映实际工程运行状况;智能诊断模块结合机器学习算法,对设备运行数据进行多维度特征分析,自动识别潜在故障模式并定位异常根源;寿命评估模块基于材料性能退化规律和环境影响参数,动态推算关键构件的剩余使用寿命;应急处置模块则整合了多种典型工况下的应对策略库,支持智能推荐最优解决方案。在沿海堤防修复工程的实际应用中,这一平台显著提升了运维管理效能,通过数字模拟预演与实体工程调度的协同优化,不仅缩短了应急响应周期,还大幅降低了维护成本。系统通过持续学习工程运行数据,能够自主完善分析模型,形成动态迭代的决策能力,为工程全生命周期管理提供持续优化的技术支撑。

2 典型应用场景分析

2.1 智能勘测设计阶段

在高速铁路项目的工程勘测中,传统地形测绘采用 RTK+全站仪的串联作业模式,某 300km²测区需投入 32 名技术人员连续作业 89 天。本研究引入大疆 M300RTK 飞行平台搭载思拓力 AML-M5 五镜头倾斜摄影系统,按 320m 航高设置 75%航向与旁向重叠度,单个架次可完成 8.6km²数据采集。系统配备的 35mm 焦距镜头组可实现 0.05m 地面分辨率,通过 Smart3D 软件进行密集点云重建时,每平方公里生成约 3.8 亿个三维点。在郑渝高铁襄阳段应用中,

128km²测区通过 7 个基准站布设实现 $\pm 3\text{cm}$ 平面精度控制,相较传统方式节约 87%外业工时。后处理采用 GIM+EPS 三维测图系统实现 DEM 自动生成,生产线划图工效提升 24 倍,特别是在复杂地形区域发现 27 处原设计未标注的断层带。此技术突破使得某高原铁路项目勘测周期压缩 84%,三维实景模型与 BIM 参数化设计系统对接误差控制在 $\rho < 0.002$ 。

2.2 智慧施工管理

基于 HyperledgerFabric 架构构建的工程物料区块链系统设置建设方、供应商、监理方三类节点,采用 SHA-3 加密算法构建分布式账本。每批次进场建材对应植入 NFC-RFID 双模芯片,哈希值生成过程包含生产批号(19 位 GS1 编码)、检测报告(PDF417 条码)及物流信息三要素。系统设定智能合约触发机制:当吊装作业抓取钢结构构件时,读写器自动校验 E800 型高强螺栓的 41 项力学指标,若屈服强度 $< 940\text{MPa}$ 则拒绝接收并触发预警。在雄安新区 X23 地块超高层项目中,12.8 万吨钢结构实现质量信息穿透式管理,76000 条追溯记录形成不可篡改证据链。经统计对比,新系统实施后因材料不合格导致的停工整改次数由季度 23 次降至 9 次,工程质量问题闭环处理时效提升 114%^[4]。特别在预应力锚具溯源环节,区块链存证成功解决 3 起供应商责任纠纷案件,直接避免经济损失 2700 万元。

2.3 数字化运维管理

针对特大桥梁结构健康监测,开发基于 XGBoost-LSTM 混合架构的力学评估模型。输入层融合 98 个 FBG 传感器的应变/振动数据(采样率 200Hz)与气象监测站的 15 维时序参数。特征工程阶段采用小波包分解提取频率能量占比(0~30Hz 划分为 16 子带),构造包含均方根、峰度值及 Lyapunov 指数的 287 维特征向量。为了防止过拟合,在 109 万组训练样本(含 19 种损伤工况)中应用 MCDropout 正则化方法(丢弃率 $p=0.3$)。台风“烟花”过境期间,模型实时处理苏通大桥 48 小时内累积的 14TB 监测数据,通过动态阈值预警机制($\lambda=1.85$)识别出 6#斜拉索索力突变(最大增幅达设计值 28%)与钢箱梁焊缝异常振动(150Hz 频段能量超基线值 2.7 倍),触发四级响应预案。事后验证表明,预警的 7 处风险点中有 5 处经检测确认存在微裂缝扩展(平均宽度 0.08mm),系统置信度达到 93.6%。模型持续训练后,在 2023 年汛期又将误报率从初始值 12.4%降至 4.9%。

3 实践案例分析

3.1 洞头区海塘安澜工程数字赋能安全加码

根据工程运行特点,洞头区海塘安澜工程(布袋岙二期标准塘)通过洞头区投资项目作战指挥系统、海塘智慧管理平台等数字化手段,采用 GIS(地理信息科学)和物联网技术,开展数字孪生建设,实现海塘智慧管理。以各类物联网感知设备为触手获取实时监测数据,实现在线监测;通过各分析组件,实现可视化的智慧管理,为水利建设施工管理、维修养护、调度运行等工程管理工作提供了信息化技术保障,以保证海塘、水闸工程及附属设施建成后安全高效运行。

3.2 钱塘江北岸海塘提升工程部署 324 个智能监测终端

钱塘江北岸海塘安澜工程作为浙江省“千项万亿工程”的重要构成,于2022年12月正式动工。此项目覆盖海宁尖山段至老盐仓段34.17公里的海塘区域,通过集成物联网传感器、北斗定位及AI图像识别等先进技术,精心布设324个智能监测终端,能够实时且地精准采集潮位、沉降、裂缝等关键数据。技术路线涵盖前端感知层(如振动光纤、渗压计)、传输网络层(5G/LoRa混合网组)以及平台应用层(水利统一监测平台),并借助移动巡检APP实现缺陷智能识别,准确率高达91%。通过智慧管理系统对维护优化流程进行了有效调整,每年成功节约人工巡检成本1270万元。这不仅体现了智能化技术在海塘工程监测中的高效性,还极大地降低了人力,成本为后续类似工程提供了可借鉴的模式。

3.3 珠江口跨海堤防项目应用 G5+边缘计算技术

珠江口跨海堤防项目创新性地采用5G+MEC(接入多边缘计算)架构,全力部署潮风暴耦合预警系统。该系统集成了气象卫星、潮位站、波浪浮标等多源数据模型,具备强大的数据整合与分析能力。基于历史风暴潮事件(如2023年台风“苏拉”)进行验证,潮位预测误差 $\leq 0.15\text{m}$,浪高误差 $\leq 8\%$,展现出极高的预测精准度。边缘计算节点更是发挥了关键作用,将数据处理时延从云端的2.3秒大幅降低至0.8秒,结合预案自动化触发机制,应急响应时间缩短至15分钟。在2024年的试点运行中,技术路线成功抵御了3次强台风的侵袭,为项目区域减少直接经济损失超2亿元,其实践成果显著,最终荣获水利部“数字孪生流域建设优秀案例”认证。这一案例充分彰显了5G+边缘计算在技术跨海堤防项目中的巨大优势,有效提升了应对自然灾害的能力,保障了区域的安全与稳定发展。这些成功案例为水利工程领域的智能化发展提供了宝贵的经验和方向,推动行业不断向数字化、高效化迈进。

4 技术挑战与对策

4.1 现存技术瓶颈深度剖析

在数字化转型进程中,工程领域面临三大关键技术障碍。首要困境源于数据孤岛现象,行业调查显示78%的大型基建项目存在跨系统数据交互障碍。这具体表现为SCADA系统采集的实时监测数据(采样频率10Hz)与BIM模型参数(IFC标准)存在结构化差异,导致数据预处理耗时占总开发周期的35%。更深层次的问题在于CAD设计图纸(基于DWG格式)与GIS地理信息数据(WGS84坐标系)存在空间基准偏差,典型工程案例中坐标转换误差达 $\pm 0.15\text{m}$,直接影响施工放样精度^[4]。其次在算法层面,传统LSTM网络在处理超过500个时间步的长期预测时,其门控机制出现梯度衰减,某高铁沉降监测数据显示,三年期预测的MAE达12.7%,超出工程容许阈值2.8倍。更严峻的是安全防护体系面临升级压力,新型APT攻击通过Modbus协议漏洞渗透工控系统,2023年统计显示监测系

统遭受的定向攻击频次同比增长43%,其中27%的攻击成功绕过传统签名检测机制。

4.2 创新技术突破体系构建

针对上述挑战,本方案构建三位一体的技术解决架构。在数据处理维度,开发的联邦学习框架采用分布式张量对齐技术,通过Paillier同态加密实现参数交换。具体实施中,框架包含特征对齐层(使用Wasserstein距离度量分布差异)、差分隐私层($\epsilon=0.5$ 的Laplace机制)和模型聚合层(FedAvg优化算法)。在某跨省输油管道项目中,该框架实现6个异构系统的数据协同,使管道应力预测模型的 R^2 值从0.72提升至0.89,同时数据交换耗时从17分钟缩减至36秒。算法优化方面,提出的KLM-LSTM融合模型创新性地将状态空间方程 $\mathbf{x}_k = \mathbf{F}_k \mathbf{x}_{k-1} + \mathbf{B}_k \mathbf{u}_k + \mathbf{w}_k$ 与LSTM记忆单元耦合,其中卡尔曼增益矩阵通过Cholesky分解实时更新。工程验证表明,该模型在悬索桥索力预测中,将1000小时预测的MAE从14.2%降至9.3%,方差缩减62%。安全防护体系采用量子-经典混合加密架构,核心QKD模块基于BB84协议实现每30秒的密钥轮换,配合椭圆曲线数字签名算法(ECDSA)构建双重认证机制。压力测试显示,该系统可抵御包括光子数分束在内的攻击21种量子威胁,使工控系统漏洞利用成功率从3.7%降至0.08%。

该技术体系已通过国家信息安全等级保护三级认证,取得23项发明专利(含5项PCT专利国际)。实际工程应用数据显示,在智慧城市地下管廊项目中,整体方案使监测数据利用率提升89%,工程决策响应速度提高3.2倍,全生命周期维护成本降低41.7%。特别在2023年台风“海葵”中防御,基于改进算法的预警系统提前72小时准确预测关键节点形变趋势,避免直接经济损失超2.3亿元^[5]。这些成果标志着我国在工程智能监测领域达到国际领先水平,为新型基础设施建设提供可靠技术保障。

5 结束语

本研究基于BIM-GIS融合、物联网监测、数字孪生等先进信息化技术,构建了适用于海塘工程全生命周期管理的智能化体系。在钱塘江北岸海塘、珠江口跨海堤防等典型工程应用中,该体系有效提升了隐患识别率,缩短应急响应时间,并降低全生命周期成本。研究表明,BIM-GIS一体化技术可优化工程设计精度,物联网监测网络实现实时感知与预警,数字孪生平台则增强了决策智能化水平。未来,应进一步推动多源数据融合与人工智能算法深度结合,强化智能预警和灾害应对能力,同时完善信息安全体系,确保系统稳定性与可靠性。

[参考文献]

- [1]水利部.智慧水利建设技术指南(SL/T802-2023)[M].北京:中国水利水电出版社,2023.
 - [2]王建国,李海洋.BIM在海岸工程中的创新应用[J].水利学报,2022,53(7):45-52.
- 作者简介:苏世塔(1986.3—),男,职称:工程师,籍贯:浙江苍南。

建筑工程造价中全过程成本控制策略探讨

李 玉

广西高宇建设工程有限公司, 广西 贵港 537100

[摘要]工程造价贯穿整个建筑工程,各个因素都可能直接影响工程造价。为降低工程项目成本,增加项目工程经济收益,提升项目工程管理水平,保证工程质量与施工安全,必须合理控制工程造价。这不仅是当前建筑市场的发展需求,更是提高建筑企业管理的需求。现阶段市场竞争激烈,建筑企业若想在其中占据优势,只有不断完善自我,提升企业的综合竞争力,才能保持建筑企业的健康、稳定发展。

[关键词]建筑工程造价;全过程成本控制;控制策略

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15346

中图分类号: U41

文献标识码: A

Discussion on the Whole Process Cost Control Strategy in Construction Project Cost

LI Yu

Guangxi Gaoyu Construction Engineering Co., Ltd., Guigang, Guangxi, 537100, China

Abstract: Engineering cost runs through the entire construction project, and various factors may directly affect the engineering cost. In order to reduce project costs, increase project economic benefits, improve project management level, ensure project quality and construction safety, it is necessary to reasonably control project costs. This is not only the development demand of the current construction market, but also the need to improve the management of construction enterprises. At present, the market competition is fierce. If construction enterprises want to gain an advantage in it, they must constantly improve themselves and enhance their comprehensive competitiveness in order to maintain the healthy and stable development of construction enterprises.

Keywords: construction project cost; whole process cost control; control strategy

引言

作为基础设施建设的核心,建筑工程的造价管理直接影响项目的经济效益与可持续发展。如何在工程实施过程中有效控制全过程成本,确保资源的合理配置与有效利用,已成为行业亟待解决的关键问题。随着建筑市场竞争日益激烈以及项目规模的持续扩大,传统的成本控制方法逐渐无法满足现代建筑工程的需求,因此,迫切需要通过全过程成本控制策略提升项目的经济性与效益性。全过程成本控制不仅涉及工程预算、施工阶段与竣工后的费用核算,而且在项目决策、设计、施工等各个环节中,强调动态、科学的成本监控与管理。通过优化成本控制措施、实施精细化管理以及引入科技手段,资源浪费可有效减少,施工效率将提升,预算外支出得以控制,从而在确保项目质量与安全的基础上,实现成本最优化。本研究将探讨建筑工程造价全过程成本控制的策略,分析当前实践中的问题,并提出相应的优化措施,以提供理论与实践支持,从而为提升项目经济效益与管理水平贡献力量。

1 工程全过程中造价管理的重要性

全过程中的造价管理,在工程中具有不可忽视的重要性。贯穿于建筑工程整个生命周期的造价管理,对工程的顺利实施及最终成果产生了深远的影响。项目启动之初,合理的造价管理不仅有助于为项目设定清晰的预算及资

金使用框架,确保了资金的有效利用,还避免了资源浪费。随着项目推进,造价管理能够持续监控各个施工环节的成本,潜在的超支风险得以及时发现并控制,从而减少了因设计变更、施工延误等因素导致的费用超支。此外,项目各方的协作与沟通,亦得到了促进,确保了设计、施工与业主在成本控制上的一致性,避免了因信息不对称或协调不畅而引发的争议与延误。在施工阶段,精确的成本控制不仅能够确保项目按预算完成,同时工程的经济效益得以提升。项目竣工后,通过回顾与总结全过程的造价管理经验,宝贵的参考得以为未来类似项目提供,从而进一步优化了成本管理体系。由此可见,完善的全过程造价管理体系不仅有助于提升项目的经济效益,还能够确保项目按时、按质完成,最终为业主及社会创造了最大价值。

2 建筑工程造价的全过程成本控制的问题

2.1 前期准备不充分

在建筑工程全过程成本控制中,前期准备不足作为一个常见且关键的问题,通常会对项目后续的成本控制产生深远的影响。项目初期阶段,包含立项、设计以及预算编制等环节,是决定工程造价的关键时刻。若这一阶段的准备工作不到位,设计的不合理、预算的偏差或资源配置的不当等问题,将可能随之而来。例如,若设计方案未能充分考虑施工的实际可行性,或预算未能涵盖潜在风险因素,

显著的成本差异往往会在施工阶段暴露出来。此外,若前期勘察不充分,施工场地的地质条件与环境因素难以准确评估,也可能导致未预见的费用增长。项目团队内部的协调与沟通不足,也可能导致各部门在前期准备阶段对工程要求、预算控制等方面理解上的偏差,从而引发预算超支与工期延误。

2.2 造价管理方式不合理

在建筑工程中,造价管理方式的不合理,常常成为导致成本控制失效的关键因素之一。传统的造价管理通常侧重于单一环节,如预算编制或施工阶段的费用控制,而忽视了全过程的综合协调与管理。由于缺乏系统性管理思路,事后控制的方式,部分项目被采取,而非前期预见性及全程跟踪的管理模式。在执行过程中,这种管理模式使得项目难以及时应对预算超支或进度延误,导致项目成本在后期不断上升。许多项目的造价管理,此外,也忽略了对设计变更、材料价格波动以及施工方法调整的动态监控,造成了预算与实际支出之间较大的差距^[1]。此外,施工单位、业主与设计方之间的有效沟通缺乏,信息流通不畅,导致成本控制措施与策略无法及时调整,最终影响了项目的经济效益。过度依赖人工审核与手工操作的管理模式,也容易引发错误与疏漏,特别是在处理复杂工程项目时,手工管理难以应对大量数据的计算与处理,进而影响成本的精确掌控。

2.3 施工中存在变动

在建筑工程施工过程中,变动是不可避免的,且对造价控制的影响,常常是重要的。这些变动,主要源于设计变更、施工技术调整、材料价格波动及施工环境的不确定性等因素。施工中,设计变更是最常见的变动之一,随着项目的进展,设计方可能根据实际情况或业主需求进行修改,导致预算的变化。施工过程中,技术问题或施工方法的调整也可能遇到,这往往导致原定施工方案及材料需求的改变,推动项目成本的增加。外部因素,如材料价格波动、劳动力成本的上升等,在施工阶段频繁出现,给成本控制带来了巨大压力。施工现场的不可预见因素,如天气变化或异常地质条件,施工进度常常受到影响,或施工方法迫使做出调整,从而产生额外费用。此外,项目中,施工人员与各方之间的协调不足及信息传递滞后,导致一些施工变动未能及时沟通,重复劳动或资源浪费可能由此产生。

2.4 验收不及时

在建筑工程的施工过程中,验收工作通常是在施工结束后由验收单位进行。然而,因验收不及时而导致的施工周期延长,常常会增加额外的施工成本。因此,在全过程成本控制中,必须特别关注验收工作的及时性,避免因验收延误而带来的额外费用。例如,在施工过程中,应该进行阶段性验收;当施工接近完成时,应及时通知验收单位的工作人员,确保他们按照预定的完工时间到现场进行质

量验收。尽管工程验收单位与施工单位属于不同部门,但两者在整个施工过程中具有紧密的联系^[2]。建筑工程的施工周期对成本控制至关重要,因此,合理安排验收时间,确保验收工作的高效与及时进行,是控制施工周期、减少时间成本的有效手段。

3 建筑工程造价的全过程成本控制优化措施

3.1 决策阶段的成本控制

在建筑工程的决策阶段,成本控制的有效性,直接影响着项目的经济效益与可行性。至关重要,这个阶段为后续施工与运营阶段奠定了基础。根据设计方案、施工方案、材料选择以及施工工艺等多个因素,项目的总体造价在决策阶段会进行初步预算与预测。每一项决策的合理性与科学性,都会对最终的成本效益产生影响。项目的设计方案,需要平衡成本与效益,确保既能满足功能与安全需求,又避免过度设计或不必要的奢华设计,从而避免不必要的成本浪费。施工方案的选择,也应考虑工程的难度、工期与施工条件,确保施工工艺与技术路线的合理性,避免因设计或施工方法不当导致的返工与资源浪费。在材料选择方面,质量与成本之间的最佳匹配应优先考虑,避免仅因材料价格高昂而忽视项目的实际需求。决策阶段,还需进行充分的风险评估,预测项目的成本风险并制定应对措施,为后续阶段的成本控制提供必要依据。

3.2 施工阶段的成本控制

在建筑工程的施工阶段,确保项目不超预算、按期完工的关键,便是成本控制的有效执行。施工阶段的成本控制,需紧密结合工程进度、施工质量、资源管理以及现场实际情况,进行细致管理。严格遵循已批准的施工预算,项目管理人员应避免不合理或无计划的资源配置。采购与使用施工材料,应严格依据预算进行,确保采购的材料符合质量标准,防止浪费。定期检查材料库存与使用情况,在施工现场至关重要,以防因过度采购或不当使用而导致资源浪费。施工工期的管理,同样至关重要。通常,工期延误会导致人工费用、设备租赁费用等成本的增加,因此,施工队伍、设备与资源,需合理安排,确保施工进度不受不必要的延误。施工技术的选择,也是控制成本的重要因素^[3]。复杂或不适用的施工方法,可能不仅增加施工难度,还可能引发资源浪费与质量问题,从而带来额外成本。在施工过程中,与设计、监理等相关方保持紧密沟通,施工方需确保及时处理设计变更,避免未经批准的变动对成本造成负面影响。

3.3 竣工阶段的成本控制

在建筑工程的竣工阶段,成本控制的重要性同样不可忽视,因为这一阶段通常涉及项目验收、清理及结算等关键环节,预算超支或后期维护费用的增加,任何疏忽都可能导致。竣工阶段的成本控制,需确保所有施工活动严格按照合同要求和设计标准完成,避免因施工质量问题或偏

离设计方案而引发返工或整改,从而产生额外费用。此外,竣工验收时,工程的最终状态必须进行严格审查,确保项目技术标准、质量要求及安全规范上符合预期,避免后续因质量问题而产生维修与保修成本。在结算环节,及时核对与确认实际支出,确保与预算控制保持一致,防止遗漏或错误导致的成本超支。此时,精确核算所有费用,财务人员应与项目管理团队紧密合作,并对未预见费用进行逐项分析,确保每项支出符合合同及预算要求。同时,竣工阶段还涉及工程交接与后期运营准备工作,如设备调试与技术交底等,若未得到有效控制,这些环节也可能引发额外支出。

3.4 加强图纸会审

在建筑工程的全过程中,加强图纸会审,作为一项至关重要的造价控制措施,应当得到充分重视。图纸会审,作为项目初期的关键环节,旨在通过全面审查设计图纸,潜在的问题与不足得以及早发现,从而避免后期施工中由于设计变更引发的成本增加。通过图纸会审,施工单位得以更深入地理解设计意图,同时,也有助于提前识别设计中的缺陷、不明确之处及不合理的施工方案,进而减少由于设计误解或无法实现设计要求所导致的返工及材料浪费。此外,图纸会审促使设计、施工及监理各方展开充分的沟通与协作,确保设计要求与施工条件、技术标准及预算控制等方面的契合,设计与实际施工条件的不匹配得以避免,进而防止后期改动及额外支出的发生。通过在项目初期发现并解决图纸问题,项目成本得以有效控制,预算外费用减少,工程的经济性与可执行性得到提升。

3.5 控制预算外的费用支出

在建筑工程全过程的成本控制中,避免预算外费用的支出,作为确保工程造价不超预算的关键措施,必须高度重视。预算外费用通常是在施工过程中,由设计变更、施工条件变化、材料价格波动等因素引发的额外开支,这类费用往往未能提前纳入预算管理体系。一旦产生,控制便变得困难,且可能对项目最终造价产生较大影响。为了有效管控预算外支出,施工前,项目管理团队应通过充分的沟通与准备,明确各项费用的控制范围与管理标准。在施工阶段,预算管理应严格遵循,确保每一笔费用支出都能合理控制在预算范围内。对于由设计变更或施工条件变化引发的预算外费用,应及时进行审批与记录,确保费用得到合理核算与处理,避免因临时决策或管理松懈而导致不必要的支出^[4]。此外,施工进度、材料采购、人工成本等的定期审查,能够及时识别并调整可能导致预算外费用的因素,从而更有效地控制项目成本。

3.6 加强人员的业务素质

在建筑工程全过程的成本控制中,对于提高项目管理效率与成本控制水平,人员的业务素质提升至关重要。项目涉及各类人员,包括工程管理人员、施工人员、财务人员及技术人员,都应具备相关的专业知识与技能,确保工程造价控制的准确性与有效性。工程管理人员应全面掌握项目的规划、预算编制、施工进度与质量要求,具备预算分析及成本控制能力,能够及时发现成本偏差,并采取必要的调整措施。施工人员应清楚了解施工过程中的技术要求及其对成本的影响,标准执行施工工艺,避免因操作失误或质量问题导致返工与材料浪费。财务人员应熟悉财务核算与成本分析,实时监控项目各阶段的支出,及时发现不合理费用并进行纠正。此外,项目单位应定期组织培训与考核,以确保各类人员能够有效履行职责,从而进一步提高员工的专业素养与实际问题解决能力。

4 结语

通过对建筑工程造价全过程成本控制策略的分析,可以得出结论,确保工程顺利进行并实现项目经济效益的核心,是科学而合理的成本控制。全过程的成本控制不仅要求在各个阶段进行精细管理,还必须关注决策、设计、施工及竣工阶段的持续监测与优化。随着建筑市场竞争的日益加剧,已无法适应现代建筑项目日益复杂的需求,传统的成本控制方式,因此,必须引入更加灵活与高效的管理模式与技术手段。项目成本的降低、资源利用率的提高,不仅能够通过有效的成本控制实现,还能增强企业的市场竞争力,从而为工程项目的高质量与可持续发展提供有力保障。随着建筑行业管理水平的不断提升,未来的全过程成本控制将更加精准与系统化,从而推动建筑工程项目的高效实施及其价值的最大化。

【参考文献】

- [1]齐媛. 建筑工程造价的全过程成本控制措施研究[J]. 活力, 2024, 42(5): 157-159.
- [2]杨春. 建筑工程管理中全过程造价控制的重要意义[J]. 绿色环保建材, 2018(7): 200-202.
- [3]蒋锦艳. 建筑工程管理中全过程造价控制对策分析[J]. 中国建筑金属结构, 2022(1): 144-145.
- [4]钟懿萌. 建筑工程管理中全过程造价控制的策略探讨[J]. 居舍, 2022(16): 145-147.

作者简介:李玉(1990.5—),男,毕业院校:南昌大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:广西高宇建设工程有限公司,职务:经营部经理,职称级别:中级工程师。

地基处理技术在房屋建筑工程施工中的应用分析

李小会

安徽建工三建集团有限公司, 安徽 合肥 230000

[摘要] 伴随着城市人口数量的不断攀升, 房屋建筑工程日益成为当下需要关注的内容。在房屋建筑工程中, 地基处理技术的应用尤为为重要。然而, 地基处理技术的类型较多, 需要施工人员把握好不同类型地基处理技术的优势、劣势以及要点。本篇文章将以地基处理技术作为研究对象, 针对其在房屋建筑工程施工中的应用展开探讨, 旨在保障房屋建筑工程的顺利推进。

[关键词] 地基处理技术; 房建工程; 建筑工程企业; 应用

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15333

中图分类号: TU753

文献标识码: A

Application Analysis of Foundation Treatment Technology in Building Construction Projects

LI Xiaohui

Anhui Construction Engineering Sanjian Group Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230000, China

Abstract: With the continuous increase in urban population, housing construction projects have become an increasingly important focus of attention. The application of foundation treatment technology is particularly important in building construction projects. However, there are many types of foundation treatment technologies, and construction personnel need to grasp the advantages, disadvantages, and key points of different types of foundation treatment technologies. This article will take foundation treatment technology as the research object and explore its application in building construction, aiming to ensure the smooth progress of building construction projects.

Keywords: ground treatment technology; building construction projects; construction engineering enterprises; application

引言

近些年, 不少建筑工程企业迎合时代的发展趋势, 尝试将先进的地基处理技术应用于房屋建筑工程。特别是在地基类型与实际施工要求不匹配的情况下, 地基处理技术可以发挥最大作用, 助力建筑工程企业高质量地完成施工任务。本文将对地基处理技术在房屋建筑工程施工中的应用展开进一步论述。

1 地基处理技术在房屋建筑工程施工中的应用价值

1.1 有利于改善房屋建筑工程施工的整体质量

我国地域辽阔, 土壤类型十分繁杂, 而不同的土壤类型会使得建筑工程企业面临不同的施工难度^[1]。从整体视角上来看, 地基处理技术的应用有利于改善房屋建筑工程施工的整体质量, 降低施工难度。例如, 在地基处理技术的支持下, 施工人员可以巧妙应对黄土、膨胀土等特殊土质, 从而降低、减少特殊土质对房屋建筑工程施工带来的负面影响。同时, 施工人员可以借助地基处理技术改善地基的动力特性, 确保房屋建筑在不同环境中的功能^[2]。

1.2 有利于杜绝房屋建筑出现地基沉降的问题

在房屋建筑工程施工中, 地基沉降是建筑工程企业需要规避的问题。地基沉降通常是由于地下土壤压缩、松散或者失水等原因所引发的地面下沉、下陷现象。在这种情况下, 施工人员把握地基处理技术的应用要点, 将之落在实处, 可以有效改善地基的承载能力与稳定性, 避免建筑

物出现不均匀沉降的问题。

1.3 有利于保障建筑工程企业的安全生产

安全生产长期以来都是建筑工程企业需要坚持的工作原则。在实践中不难发现, 房屋建筑工程的内容较为繁杂, 安全影响因素较多。若想杜绝安全事故, 建筑工程企业便需要将地基处理技术的应用列为重点内容^[3]。通过科学、合理的地基处理施工, 施工人员可以有效提升房屋建筑的稳定性与安全性, 减少不稳定因素所带来的安全风险。

2 地基处理技术在房屋建筑工程施工中的应用分析

2.1 强夯法的应用分析

在诸多地基处理技术类型中, 强夯法最为常见。强夯法指的是施工人员借助夯锤的优势, 以反复落下重锤、对地基形成冲击和振动力为手段, 提升地基强度、降低土地压缩性, 进而满足房屋建筑工程地基处理需求的技术类型。



图 1 夯锤

随着强夯法研究的不断深入,其逐步呈现出加固效果明显、深度符合标准、应用范围广泛等优势,因而受到了广大建筑工程企业的青睐^[4]。若想充分发挥强夯法的应用优势,建筑工程企业便需要把握好几个要点。具体如下:

2.1.1 前期的准备工作

在前期准备阶段,建筑工程企业需要进行大量准备工作,只有这样才能让后续的地基处理工作实现顺利实施,保障施工质量。准备工作涵盖地质勘查、机械设备的准备等。勘查人员应当对房屋建筑工程的施工现场展开全方位的勘查,预测房屋建筑工程施工的未来发展状态。常见的勘查方法主要是钻探法。勘查人员需要借助专业化的钻机进行钻探,并组织土木试验,分析施工现场的填土面积、成分以及地下水分布情况。在勘查之后,勘查人员应当通过人工智能技术、云计算技术实现对勘查结果的整合,形成勘查报告,提供给建筑工程企业。建筑工程企业在获取到勘查报告后,需要结合强夯法的应用要求,引入强夯设备、起重机或者其他大型施工设备^[5]。

2.1.2 夯实次数的合理设计

夯实次数设计的合理性会直接影响到房屋建筑工程的施工质量。建筑工程企业应当指派专业人员检验施工现场的土壤性质,分析土层特点以及土壤质地,为夯实次数设计提供信息支持。夯实次数需要被施工人员把控在合理范围内^[6]。在实际施工中,建筑工程企业往往会组织施工人员进行2次到3次的夯实作业,且最后一次需要以低能满夯的方式为主,这样可以有效保障夯实作业的实际效果。值得一提的是,建筑工程企业在设计夯实次数时,还需要重点考虑回填土层的结构。当施工人员实际应用的土层有所不同时,夯实次数也应当产生相应的变化。例如,当施工人员在回填时所采用的土层结构为粗颗粒土时,需要结合粗颗粒土渗透性强的特征,有计划地减少夯实次数。反过来,当回填时所采用的土层结构为渗透性差的中细颗粒土时,施工人员应当适当增加夯实次数。

2.1.3 夯击能的合理设计与控制

在房屋建筑工程的地基处理过程中,夯击能的设计与控制可谓是夯击法应用的重要环节。夯击能的控制成效关乎地基处理的实际效果。建筑工程企业在设计夯击能时,需要将锤重、落距和夯击次数的乘积作为夯击能的计算方法。由于施工环境、地形地貌条件有所差异,所以建筑工程企业需要设计不同的夯击能。例如,针对于粗颗粒土为主的地质条件,建筑工程企业应当将单位面积的夯击能设置在1000到3000千焦每米^[7];针对于细颗粒土为主的地质条件,建筑工程企业应当将夯击能设置在1500到4000千焦每米。在夯击过程中,建筑工程企业应当指派专门的技术人员,监控夯击的全流程,判断其是否满足房屋建筑工程的要求。

2.1.4 质量与安全控制

强夯法的应用是否到位会在很大程度上决定房屋建

筑工程后续施工的成效。为此,建筑工程企业应当做好质量与安全控制。建筑工程企业应当加强管理人员的培训,促使管理人员意识到强夯法的重要性。在强夯施工期间,管理人员需要深入施工现场,有计划、有重点地调配各项资源,为强夯施工提供保障。特别是在竣工验收阶段,管理人员更是应当充分发挥自身的专业性,围绕施工方案、设计图纸展开质量检验,确保房屋建筑地基的夯实成果符合施工标准。值得一提的是,强夯法的危险系数较高,需要管理人员投入较多的精力^[8]。在此期间,管理人员应当不定期地开展安全检查,确保施工人员佩戴各种安全护具,并做好安全设施的检修与维护。

2.2 注浆法的应用分析

注浆法是实践中较为常见的地基处理技术。注浆法的最大优势在于便利性,其不需要建筑工程企业投入过多的资源,只需要通过加压设备将流动性的水泥浆液注入土地内部,实现对土地空隙的填充,便可以有效提升地基的强度。当施工人员将水泥浆液注入土地后,水泥浆液会与土体中的活性介质发生水解及水化反应,最终形成高强度的固体。注浆压力以及注浆材料可以有效降低土体的孔隙率,在提升土体压实度的同时保障地基处理的实际效果^[9]。依据大量实践经验,可以将注浆法在房屋建筑工程施工中的应用要点归纳为如下内容:

2.2.1 注浆材料的制备

若以注浆法作为地基处理的主要技术手段,施工人员便需要做好注浆材料的制备环节。注浆材料的选择、配合比设计是保障后续浆液顺利注入、发挥作用的前提条件。建筑工程企业应当围绕房屋建筑工程的图纸设计要求,结合地质勘查报告,科学确定注浆的材料应用方案,并指派专业人员进行采购。在采购注浆材料时,采购人员应当坚持货比三家的原则,最大限度地保障注浆材料采购的可靠性。一般情况下,水泥等级为42.5的普通硅酸盐水泥可以被建筑工程企业列为首选。在购入水泥后,建筑工程企业需要组织专业人员检验水泥的各项性能参数,包括但不限于初凝时间、终凝时间等。在检查合格后,建筑工程企业可以指派专业人员将水泥材料运输至施工现场。为保障水泥浆液的灌注效果,建筑工程企业需要将水泥注浆液的水灰比设置为1.0,而初凝时间可以设置为1.5小时^[10]。在制备水泥浆液后,施工人员需要对水泥浆液的流动度、坍落度等指标进行检查,判断其是否满足注浆施工的要求。

2.2.2 注浆压力的设计与控制

施工人员在实施注浆作业时,需要重点控制注浆压力。注浆压力过高、过低均会直接影响到地基处理的效果。倘若注浆压力过低,浆液将难以进入土体;倘若注浆压力过高,注浆孔周边将会隆起,从而对现有的结构造成负面影响。为此,施工人员需要结合多种因素,综合性地确定注浆压力,并加强施工期间的注浆压力控制。在实际施工中,

注浆压力的设计、控制往往会牵扯到土层性质、注浆材料、施工环境等多项因素。以土层性质为注浆压力的设计因素时,施工人员需要判断其属于砂土层还是黏土层。当土层性质为砂土层时,施工人员需要将注浆压力控制在 0.2 到 0.5MPa 之间;当土层性质为黏土层时,注浆压力应当为 0.3 到 0.8MPa 之间;以注浆材料为注浆压力的设计因素时,施工人员需要判断注浆材料是否属于水泥砂浆或者是水泥水玻璃双液快凝浆液。前者的注浆压力应当控制在 1 到 7MPa 之间,后者的注浆压力应当控制在 1MPa 以下。

2.2.3 注浆点位的设计

房屋建筑工程的规模较大,需要建筑工程企业设计较多的注浆点位。注浆点位之间的距离应当控制在合理范围内。一般情况下,注浆点位之间的距离在 1 米到 2 米之间较为恰当。在规划好注浆点位的分布后,施工人员需要综合性地考虑注浆施工对房屋建筑的影响,进行检验,确保其可行性。

2.3 填土置换技术的应用分析

填土置换技术的主要目标在于改善地基的承载力与稳定性。填土置换技术主要指的是将基础地面以下一定范围内的软弱土层替换为强度高、压缩性低且不具备侵蚀性材料的技术手段。填土置换技术的施工要求较低,且成本投入小,因而受到了建筑工程企业的青睐。建筑工程企业在应用填土置换技术时,需要重点把握以下几个要点:

2.3.1 注重材料选择

在正式进入填土置换环节前,建筑工程企业需要做好材料选择环节。对于后续的填土置换作业而言,材料选择是否科学、合理将会在很大程度上决定施工效果。建筑工程企业在选用置换材料时,需要优先考虑所选材料的性能、经济性。碎石、卵石、灰土、煤渣和矿渣均可以被列入选择范围内。这些材料均具备较高的强度,且质地坚硬,可以有效保障地基的承载力。值得一提的是,由于建筑工程企业的最终目标在于盈利,所以建筑工程企业应当优先选用可就地取材的置换材料。

2.3.2 掌握施工流程

填土置换的施工流程较为简单,其可以被划分为三个环节,分别是软弱土层的挖除、材料的回填以及压实等。施工人员在挖除原有的软弱土层时,既可以采取人工挖除的工作方法,又可以采取机械设备与人工挖除相结合的方法。在挖除软弱土层时,施工人员应当将挖除的深度控制在 0.5 米到 3 米之间。在回填材料时,施工人员应当将所选择的置换材料填充至所挖除的土层中,并严格检查每层材料的厚度。在回填完毕后,施工人员需要以人工、机械相结合的方法进行压实作业,使得回填材料的密实度达到设计要求。

2.3.3 加强质量控制

在质量控制上,建筑工程企业需要采取必要的措施。

对于填土置换施工而言,质量控制主要体现在三方面。第一,建筑工程企业需要指派专业人员检验回填材料的质量,剔除其中的有机杂物或者大颗粒石子,并将含泥量控制在合理范围内;第二,在回填材料的过程中,管理人员需要积极配合施工人员,对每层材料的厚度、压实度控制在合理范围内;第三,在填土置换作业结束后,施工人员应当检验施工质量,判断地基是否达到设计要求的承载力和密实度。

3 结束语

在房屋建筑工程的施工中,地基处理占据着十分重要的地位。建筑工程企业在实施地基处理作业时,需要聚焦于先进地基处理技术的应用,包括且不限于强夯法、注浆法以及填土置换技术等。施工人员需要准确掌握上述地基处理技术的要点,在明确技术应用条件的前提下助力建筑工程企业拟定地基处理方案,确保技术应用效果。同时,建筑工程企业需要重视基础设施建设与资源投入,为不同地基处理技术的应用奠定坚实的物质保障,只有这样才能创设良好的技术应用环境。本文通过对地基处理技术在房屋建筑工程施工中的应用展开探讨,为建筑行业的相关从业人士提供了一定的借鉴。在未来,地基处理技术将在房屋建筑工程中发挥更大的作用。建筑工程企业需要秉持求真务实的精神,关注技术发展的动向。

【参考文献】

- [1]陈金龙.房屋建筑工程地基加固施工技术要点[J].砖瓦,2025(1):143-145.
 - [2]郭世强.房屋建筑施工中地基基础工程的施工技术处理措施[J].城市建设理论研究(电子版),2024(18):108-110.
 - [3]王兴晨.房屋建筑施工技术中地基处理技术探讨[J].居业,2024(5):59-61.
 - [4]杨海斌.房屋建筑施工中地基基础工程的施工技术处理对策[J].建材发展导向,2024,22(9):88-90.
 - [5]董春辉.房屋建筑工程中地基处理施工技术探讨[J].新城建科技,2024,33(4):86-88.
 - [6]王鹏.房屋建筑施工中地基基础工程的施工处理技术探讨[J].四川建材,2024,50(3):75-77.
 - [7]赵洪斌.地基处理技术在房屋建筑工程施工中的应用分析[J].居舍,2023(33):66-69.
 - [8]陈楚君.地基处理技术在房屋建筑工程施工中的应用分析[J].房地产世界,2023(17):133-135.
 - [9]武鹏程,石耀鸣,郭少雄,等.房屋建筑工程地基处理技术应用研究[J].城市建筑空间,2023,30(1):316-317.
 - [10]张蓓,杨继辉,霍承鼎,等.房屋建筑工程地基处理特点与施工工艺[J].城市建筑空间,2023,30(1):407-408.
- 作者简介:李小会(1992.10—),男,安徽建筑大学城市建设学院;土木工程、安徽建工三建集团有限公司、技术负责人、中级职称。

浅析建筑材料检测中影响检测结果的关键因素研究

秦文丽

衡水市工程建设质量检测中心, 河北 衡水 053000

[摘要] 建筑工程中频繁出现的质量问题, 往往由材料质量缺陷或检测结果不够精准引发, 从而埋下了安全隐患。为有效保障建筑的质量与安全, 加强对建筑材料的质量检测已成为不可或缺的关键环节, 确保所有材料符合相应标准是首要任务。随着材料种类的日益丰富, 尤其是新型绿色环保材料的广泛应用, 传统的检测方法已难以满足全面的需求。目前的检测工作不仅需要确保传统材料的性能可靠, 还必须应对绿色建筑材料与新型材料检测所带来的技术挑战。基于此, 优化检测流程与技术手段, 提升检测结果的科学性与精确度, 已成为推动建筑工程质量提升的关键路径。

[关键词] 建筑材料检测; 检测结果; 关键因素

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15383

中图分类号: TU712.3

文献标识码: A

Brief Analysis of Research on Key Factors Influencing Testing Results in Building Material Testing

QIN Wenli

Hengshui Engineering Construction Quality Inspection Center, Hengshui, Hebei, 053000, China

Abstract: Quality problems that frequently occur in construction projects are often caused by material quality defects or inaccurate testing results, thus laying safety hazards. In order to effectively ensure the quality and safety of buildings, strengthening the quality inspection of building materials has become an indispensable key link, and ensuring that all materials meet the corresponding standards is the primary task. With the increasing variety of materials, especially the widespread application of new green and environmentally friendly materials, traditional detection methods are no longer able to meet the comprehensive needs. The current testing work not only needs to ensure the reliable performance of traditional materials, but also needs to address the technical challenges brought by the testing of green building materials and new materials. Based on this, optimizing the detection process and technical means, improving the scientificity and accuracy of detection results, has become a key path to promote the improvement of construction project quality.

Keywords: building material testing; testing results; key factors

引言

随着建筑行业的迅猛发展, 对材料质量的要求也随之提升。作为建筑工程的基础组成部分, 材料的性能直接决定了工程的安全性、耐久性以及功能实现的水平。因此, 建筑材料的检测工作显得尤为重要。精准的检测不仅能够全面反映材料质量, 还为施工方案与设计优化提供可靠依据。在检测过程中, 取样的合理性、方法的科学性、设备的性能表现以及环境条件的控制等环节, 对最终结果均有着重要的影响。随着建筑技术的持续进步与材料种类的日益多样化, 检测过程的科学性与精度要求也愈加严苛。如何有效改进检测流程与方法, 以提升检测结果的准确性, 已成为当前建筑行业亟待解决的关键课题。

1 建筑工程材料检测的目的

1.1 确保建筑质量

建筑工程的质量与安全在很大程度上取决于建筑材料的检测, 只有通过科学、准确的检测, 才能确认材料是否满足设计要求和施工标准, 从而避免因材料缺陷引发结构问题或安全隐患。例如, 混凝土的强度及钢筋的抗拉强

度等关键性能, 必须经过严格检测后才能确保在实际使用中的可靠性。若建筑材料的质量未得到有效控制, 竣工后的工程可能会出现裂缝、沉降等问题, 严重时甚至对使用者的生命安全构成威胁。正因如此, 建筑材料的检测被视为质量管理的核心环节, 同时也是确保工程长期稳定运行的基础。

1.2 保障工程安全

建筑工程的安全性, 离不开对高质量材料的严格保障, 通过对每批建筑材料进行检测, 标准要求的达成得以验证, 从而有效避免不合格材料引发安全隐患。例如, 若钢材强度不足或混凝土配比出现偏差, 建筑结构的稳定性可能受到严重威胁, 甚至导致倒塌等重大事故。尤其是在高层建筑、桥梁及隧道等关键工程中, 任何材料的质量问题都可能带来灾难性的后果。正因如此, 建筑材料检测被视为保障工程安全的核心环节。潜在风险的排查与消除, 通过科学检测得以实现, 同时也为后续施工与使用奠定了坚实基础, 只有确保每一项材料质量被严格控制, 工程的全面安全才能得以保障。

1.3 提升施工效率

建筑材料的检测不仅与质量和安全密切相关也直接影响施工效率,通过对材料进行精确的提前检测,不合格材料引发的返工或施工中断,能够得到有效避免。例如,混凝土强度若在施工前已确认符合要求,后续的浇筑与硬化过程将更加顺利,施工进度也将不受阻碍。材料的合格性同样决定着施工方法和工期的安排。潜在问题能够提前被检测发现时,施工队伍可根据检测结果及时调整施工计划,从而避免了因不确定因素导致的时间浪费。

2 影响建筑材料检测结果的关键因素

2.1 检测取样的准确性

检测取样的准确性是保证建筑材料检测结果可靠性的关键。在取样过程中若方法不当或选择不规范,所取样本可能无法真实代表整体材料的质量,从而影响检测结果的可靠性。例如,从一批水泥中取样时,若未能做到均匀,某些样本的质量可能偏高或偏低,从而得出错误的结论。在大宗材料如砂石或钢材的取样中,样本的均匀性与代表性尤为关键,即便是微小的取样偏差,也可能影响对材料性能的判断。因此,合理的取样策略不仅需保证样本数量的代表性,更应确保取样过程的规范性,以保证检测结果真实反映材料的质量状况,精准的取样为后续的检测与分析奠定了坚实的基础。

2.2 检测方法的科学性与适应性

建筑材料检测结果的准确性与有效性在很大程度上,取决于所采用检测方法的科学性与适应性。科学性要求检测方法必须具备严谨的理论依据,能够全面、客观地评价材料的性能,确保检测结果与实际材料状态一致。例如,标准化的压缩试验方法,能够准确测定混凝土的抗压强度。若改变测试流程或使用非标准设备,则可能导致结论的不准确。适应性强调的是检测方法是否能够有效评估不同材料的特性,对于某些特殊材料如高性能混凝土或新型建筑材料,可能需要专门设计的检测方案,以适应其独特的物理或化学特性。若缺乏足够适应性的检测方法,材料的实际性能则可能无法准确反映,进而导致检测结果的偏差。因此,科学性与适应性的结合不仅确保了检测的准确性,还提高了检测效率,减少了误差对工程质量的潜在影响。

2.3 检测设备的精确度与可靠性

建筑材料检测结果的准确性,离不开设备的精确度与可靠性。高精度设备能够确保测试数据的准确性,显著减少仪器误差引起的偏差。例如,在钢材或混凝土强度测试中,电子拉伸试验机与万能材料试验机的精度至关重要。任何细微的设备误差都会导致测试结果的偏差,进而影响对材料性能的判断。另一方面,设备的可靠性,反映了其在长期使用中的稳定性与持续性,若设备老化或频繁出现故障,检测过程可能变得不确定,从而增加人为操作误差的风险。为确保检测结果的可信度,定期对设备进行校准

与维护显得尤为重要。再者,选择合适的设备进行测试,确保与检测要求相匹配也是提升检测质量的关键因素。只有通过高精度与高可靠性的设备,才能为建筑材料检测提供坚实的技术支持。

2.4 环境因素对检测的干扰

在建筑材料检测过程中,环境因素往往被忽视,但对检测结果的影响实不可小觑。温度、湿度及空气流动等环境变量,能够显著改变材料的物理性能,从而引发检测结果的偏差。例如,混凝土的强度在不同温度条件下,可能会有较大差异。低温环境会减缓水泥的水化反应,致使强度测定结果偏低;而在高湿度环境中,某些材料的吸水率可能上升,这直接影响其耐久性测试的准确性。除这些外空气中的尘土与污染气体,也可能对材料的外观或化学成分产生不利影响。为减少这些环境因素的干扰,检测工作应尽量在稳定且可控的实验室环境中进行,或采取必要的环境调节措施,以确保测试条件的一致性与适应性。只有有效控制环境变量才能确保检测结果的精确性,避免外部因素对材料性能评估的干扰。

2.5 检测人员的专业素养

建筑材料检测的准确性,在很大程度上依赖于检测人员的专业素养。只有具备扎实的理论基础与丰富的实践经验,检测人员才能充分理解检测标准,熟练操作设备并准确评估材料的性能。例如,检测人员需要充分掌握不同材料的特性,选择最合适的检测方法,并在检测过程中遇到异常时及时调整流程,避免误判或操作失误。除了技术能力外,检测人员的严谨工作态度与高度责任感同样至关重要。任何轻视细节或疏忽大意的行为,都会导致检测结果的不准确,从而影响工程质量。定期开展技术培训与经验交流,被视为提升检测人员素养的关键途径,通过不断的学习与实践,检测人员的专业能力将得以持续提高,确保每一次材料检测都能达到标准要求,从而为建筑工程的质量与安全提供强有力的保障。

3 优化建筑材料检测精度的对策与建议

3.1 完善检测取样流程

优化建筑材料检测取样流程对于提升检测精度至关重要。确保样品的代表性是首要任务,必须使其能够真实反映整批材料的质量特性,在此之前应对材料的分布情况进行全面分析,合理选择取样位置,避免局部差异导致结果失真。取样数量必须严格按照相关标准执行,既要避免样本数量过少造成信息缺失,也要防止过多样本引发资源浪费。取样过程中的每个环节均需精确操作,确保不受污染或人为因素干扰,每一份样品都应清晰标记,确保来源可查且信息准确以便后续分析与追踪。在样品采集后,科学的保存方式至关重要,必须防止运输或存储过程中质量发生变化,从而确保检测时样品的真实性与可靠性,通过优化这些取样环节不仅能够提升检测结果的精确性,更为

建筑工程质量提供了坚实的保障。

3.2 提升检测设备的精度与稳定性

提升检测设备的精度与稳定性,乃是确保建筑材料检测结果可靠性的关键环节。选择高精度设备时应以检测需求为导向,确保技术参数与材料性能测试要求匹配,从而充分满足不同检测任务的需求。例如,在混凝土强度检测中,压缩试验机的精准程度直接决定了测试数据的可信度^[1]。除了设备选型外,定期的校准与维护也是保障设备性能的必要手段,随着设备使用频率与时间的增加,精确度可能逐步下降,若未及时校准将可能引发检测误差,进而影响工程质量评估的准确性。因此,建立一套科学的设备管理机制,确保设备始终处于理想状态,能够有效减少由故障或误差引起的问题。设备在持续运行中的稳定性尤为重要,特别是在长时间负荷下,需具备抵抗工作环境变化及设备老化的能力,通过优化设备管理与维护策略,检测精度不仅得以提高还能增强检测效率,进一步确保材料性能评估的可靠性。

3.3 优化检测方法 with 标准

优化检测方法 with 制定标准乃是提升建筑材料检测精度的核心环节。现行检测方法必须针对材料特性进行合理选择,同时确保其与国内外标准的要求一致,确保检测结果的可靠性与一致性。例如,在评估钢材抗拉强度时,规范化的拉伸试验方式应被采用;而对于混凝土抗压性能的检测,相应的压缩试验流程则应选用。随着建筑材料不断创新检测方法也需与时俱进,传统技术或许难以全面适应新型复合材料的性能评估,因此开发更加科学且具有针对性的测试方案显得尤为必要。在检测标准方面,行业技术的更新迭代应促使标准进行动态调整,以确保其满足未来发展的需求^[2]。此种前瞻性与适应性不仅提升了标准的科学性,也增强了检测结果的可信度。优化过程中还应关注操作流程的简化,通过减少人为干预,提升检测效率并降低误差,从而为建筑材料质量评估提供更加精准的技术支持。

3.4 改善环境控制措施

加强环境控制对于确保建筑材料检测结果的准确性具有重要意义。材料性能的表现直接受到温度、湿度及空气质量等环境条件的影响,从而对检测数据的可靠性产生作用。例如,温度过高或过低会改变混凝土的水化速度,进而影响其强度测试结果;湿度过大的情况下,部分材料的吸水性可能显著增加导致性能测试出现偏差。为了避免这些因素的干扰,材料检测应在条件稳定且可控的环境中完成,确保所有测试在统一的标准下进行。这一目标的实现可以通过建立具备恒温恒湿功能的实验室来完成,并对环境参数进行定期监控与必要调整,确保其持续满足相关标准要求。同时,空气流通及实验室清洁度的管理同样不

可忽视,尘埃或其他污染物,可能会干扰检测流程或影响测试结果的准确性,通过对环境因素的全面管理,不仅能够有效减少外部变量对材料性能评估的干扰,还能为建筑材料质量的准确检测奠定可靠的基础。

3.5 加强检测人员培训与管理

提升检测人员的专业素养与管理水平,是保障建筑材料检测质量的关键环节。检测工作要求从业者不仅具备扎实的理论基础,还需拥有熟练的操作技能及高度的责任感。定期开展专业培训是必不可少的,通过系统化的学习,最新的技术动态及相关标准能够被掌握,确保检测人员与行业发展的同步,培训内容应全面覆盖材料特性分析、仪器设备使用、规范操作流程及特殊状况处理等领域,从而确保检测任务的灵活与高效执行^[3]。建立健全的考核与评价机制同样也不可忽视,管理层应对检测人员的技术能力与工作表现进行周期性评估,以便及时识别问题,并提供针对性的改进措施。科学的管理制度不仅能提升团队协作效率,还能确保检测流程的规范化与一致性,通过优化培训体系与管理模式,不仅能有效提升从业人员的专业能力,也能确保检测工作的精准性与可靠性,从而进一步提高材料检测的准确度,为工程质量提供坚实的保障。

4 结语

建筑材料的检测工作在保障工程质量、施工安全及提高施工效率方面,具有不可替代的作用。在检测过程中,取样的准确性、方法的科学合理性、设备的精度与稳定性、环境条件的有效控制以及检测人员的专业水平,均是影响最终检测结果的重要因素。为确保建筑项目的顺利推进,优化检测流程与提升检测精度成为关键目标。通过完善取样程序、改进检测技术标准、严格控制检测环境、提升设备性能以及加强对检测人员的培训与管理,检测结果的精准度与可靠性得以有效提高,确保建筑材料的质量始终达到规范要求。随着建筑技术的不断进步与新型材料的持续应用,检测工作需要持续适应行业发展中的新挑战,流程与方法的优化应不断进行。只有如此,才能为建筑行业的可持续发展,提供更加坚实的技术支持与保障。

【参考文献】

- [1] 邓怡鹏. 建筑材料检测中影响检测结果的关键因素分析[J]. 江西建材, 2021, (9): 69-70.
 - [2] 刘以臣. 建筑材料检测中影响检测结果的关键因素研究[J]. 居舍, 2019, (13): 34.
 - [3] 周旭东. 建筑材料检测中影响检测结果的关键因素探讨[J]. 冶金与材料, 2021, 41(3): 173-174.
- 作者简介: 秦文丽 (1981.11—), 女, 学历: 本科, 毕业院校: 山东大学, 所学专业: 土木工程, 目前职称: 高级工程师, 目前就职单位: 衡水市工程建设质量检测中心。

浅谈建设工程施工中绿色施工技术的应用

张 红

济南汇通热力有限公司, 山东 济南 250100

[摘要] 在全球环保与可持续发展的背景下, 绿色施工技术在建筑领域的应用日益凸显其重要性。绿色施工对于减少建筑施工阶段的能源消耗、资源损耗及环境污染具有重要意义, 可进一步增强工程的长期经济与社会效益。通过对绿色施工技术在建筑领域的应用现状分析, 探讨了执行阶段所遭遇的难题, 提出相应改进措施。通过对绿色施工技术进行深入探讨, 旨在为建筑业提供切实可行的实施策略, 促进绿色建筑持续发展。

[关键词] 绿色施工技术; 建设工程; 环境保护; 可持续发展; 节能减排

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15343

中图分类号: TU712.3

文献标识码: A

Brief Discussion on the Application of Green Construction Technology in Construction Projects

ZHANG Hong

Jinan Huitong Heating Power Co., Ltd., Ji'nan, Shandong, 250100, China

Abstract: In the context of global environmental protection and sustainable development, the application of green construction technology in the field of construction is increasingly highlighting its importance. Green construction is of great significance in reducing energy consumption, resource depletion, and environmental pollution during the construction phase, and can further enhance the long-term economic and social benefits of the project. By analyzing the current application status of green construction technology in the field of architecture, this paper explores the difficulties encountered during the execution phase and proposes corresponding improvement measures. Through in-depth exploration of green construction technology, the aim is to provide practical and feasible implementation strategies for the construction industry and promote the sustainable development of green buildings.

Keywords: green construction technology; construction project; environmental protection; sustainable development; energy-saving and emission reduction

引言

在全球气候变化加剧与资源短缺问题日益凸显的背景下, 绿色施工技术在建筑领域的应用日益凸显其重要性。绿色施工对于降低环境负面影响具有重要意义, 进一步优化资源配置, 推动建筑业持续发展。近年来, 推广绿色施工技术在某种程度上减轻了建筑工程领域的环境污染与资源消耗问题, 在实践应用中仍遭遇众多难题。本论文旨在探讨绿色施工技术的实施现状、所遇挑战及应对措施, 旨在为建筑业进步提供借鉴与参照。

1 绿色施工技术概述

绿色施工技术是指在建筑工程施工过程中, 全面贯彻可持续发展理念, 最大程度地节约资源、减少污染、保护环境, 确保施工活动与自然环境和谐共生的一种施工模式。其核心目标是实现建筑施工的绿色化、节能化和高效化, 最终促进建筑行业的绿色低碳转型和高质量发展。

随着全球环境问题的日益严峻和国家绿色发展战略的不断推进, 绿色施工技术逐渐成为建筑行业发展的方向。该技术依托绿色建筑理念, 通过先进的施工工艺和现代化管理手段, 优化资源配置, 减少施工废弃物排放, 提升建筑工程的整体环境效益与经济效益^[1]。

2 绿色施工技术应用中存在的问题

2.1 资源利用与节能效果不显著

尽管绿色施工技术的实施旨在优化资源配置和增强节能效益, 然而在施工实践中, 众多项目未实现既定的节能与资源节约目标。某些施工企业在应用环保技术过程中, 通常更侧重于考察显性节能策略, 而忽略了系统性及长远效益的全面考量。例如, 尽管采用了节能建筑材料, 建筑设计的缺陷或施工阶段节能管理的不足, 能源消耗总量未出现显著下降。此外, 某些绿色技术的应用成效未获充分评估与反馈, 项目后期运行未能充分展现预期节能效益。

2.2 技术推广困难与资金投入不足

绿色施工技术普及遭遇资金与技术支持的双重挑战。绿色施工技术亟需高质量的技术保障与资金投入, 诸多技术手段例如节能设施、绿色建材等, 均需较大初始资金投入, 而此类投入短期内难以补偿, 此现象导致部分企业在资金压力下对绿色施工技术的投资决策出现迟疑。鉴于绿色施工技术的实施依赖于相应的技术积累及专业人才支撑, 众多建筑企业缺少相应技术实力, 绿色技术的实际应用遭遇瓶颈。

2.3 法规与标准不完善

绿色施工技术的普及受到相关法规与标准的不足的

限制。尽管国家及地方当局已陆续颁布了一系列有关绿色建筑的政策与法规,但总体上,相关法律法规及标准体系尚待完善。部分绿色施工技术应用存在行业标准不统一及实施细则不明确的问题,企业在实施过程中常缺少明确的指导性参考。各地及各企业对绿色施工的认知与实施规范存在差异,导致技术实施存在差异化与标准化不足,进而制约了绿色施工技术的推广与实施^[2]。

2.4 企业实施动力不足

尽管绿色施工有利于增强建筑项目的社会责任感与环境效益,某些企业受制于短期利益驱动,动力不足以实施绿色施工技术。绿色施工技术之应用虽具长远环境与经济利益,然而初始投资规模颇高,短期内收益不明显。因此,诸多企业在追求经济效益最大化的进程中,倾向于忽略绿色施工技术的投资,阻碍绿色施工推广的因素。尤其是众多中小型企业,面对资金压力与市场竞争的双重考验,更难通过执行绿色施工技术获取直接的经济收益。

3 绿色施工技术的优化策略

3.1 提高技术研发与应用推广

绿色施工技术的实施需依托技术的持续创新与改进。在现时的建筑领域,尽管绿色施工技术理念备受瞩目,该技术的研发与推广仍遭遇诸多挑战。为推广绿色施工的普遍实施,需强化相关技术的研究与开发,特别是在能源节约、水资源管理、环保型材料、废物回收等领域。这非单纯的技术革新问题,更是施工效率提升与资源节约的关键。

绿色施工技术研发需紧密贴合实际应用需求,研究适用于不同地区、气候及项目规模的生态建筑策略。例如,节能技术在多样化气候环境中的应用、针对各类建筑特点的环保材料研究,均需依据地域特性实施创新与优化。研发部门需强化与设计、施工、监理等环节的交流,保障新技术的施工应用实效。同时,需强化绿色施工技术的普及,促进更多项目采纳前沿技术,构建示范工程,以示范效应推动整个行业技术进步与普及^[3]。

绿色施工技术之研发与普及亟需借助行业协会、科研机构等社会团体之力,行业组织可为技术研制搭建平台,促进相关领域技术交流与合作。科研机构应集中精力关注实际需求,增强对绿色施工技术研究的投入,增强技术的实操性与经济效益。同时,建筑企业需在实施阶段为新技术的采纳提供实证与数据支撑,促进技术成熟与推广。为了提升绿色施工技术应用效能,政府尚可采取设立专项基金或激励政策的手段,促进企业开展环保技术的创新与实施。

3.2 完善政策法规与行业标准

绿色施工技术的推广与实施亟需政策法规的指导和行业标准的扶持。在现时建筑领域,尽管某些地区与企业在绿色施工方面已开始给予关注,鉴于相关法律法规及规范尚不健全,技术实施与实际应用之间存在显著差距。为了推广绿色施工技术的普及,政府及行业监管部门需强化

政策导向、健全行业规范、严格执行绿色建筑相关法规。政府需出台并优化绿色施工技术相关法规政策,采用税收减免、补助措施、绿色认证等手段,提倡企业及项目采纳环保施工技术。例如,可对实施绿色施工技术的项目实施资金激励,或对符合绿色建筑规范的项目实施税收减免,进而增强企业的主动精神^[4]。

行业规范的优化亦是促进绿色施工技术实施的核心因素,目前,我国绿色施工领域标准尚存不健全、不一致的问题,引发企业在施工过程中缺少清晰的执行准则。相关部门需确立统一的绿色施工技术规范与执行准则,具体阐释绿色施工的规范要求,涉及建筑材料、施工技术、能源使用等诸领域,保障绿色施工技术的广泛实施与运用。同时,应倡导制定绿色建筑技术的地域性规范,针对各地实际情况,拟定适宜的施工技术准则,政府需强化对绿色施工技术监督与调控,建立特定监管机构,定期实施绿色建筑项目的审查与评价,保障绿色施工技术实施成效。此外,需强化绿色建筑认证力度,对符合绿色建筑标准的工程项目实施认证,提供相应政策扶持,促进更多项目实施环保施工方法。

3.3 加强施工人员培训与意识提升

绿色施工技术的普及需依托施工人员的认知与投入。因此,施工人员培训与意识强化极为关键,施工人员构成绿色施工技术实施的核心力量,若施工人员对环保施工方法认知不足或技术能力欠缺,技术执行成效显著降低。为了增强施工人员专业技能与环保理念,建筑企业需构建健全的培训体系,定期举办技术培训与意识增强活动。建筑企业需针对各岗位要求,针对施工人员开展绿色施工技术专项培训。例如,施工技术人员需熟悉绿色施工技术的基本理论及实践技巧,施工管理人员需掌握绿色施工的管理理念及实施规范,而普通施工人员需掌握绿色施工所涉环保材料应用及施工技术^[5]。

施工人员的绿色环保意识需要得到提升。除了技能培训外,建筑企业还应通过专题讲座、座谈会、宣传栏等形式,普及绿色施工的意义和实施绿色施工的重要性。通过这些活动,让施工人员意识到绿色施工不仅是技术的应用,更是社会责任和可持续发展的体现。特别是在当前环境保护压力持续加大的形势下,施工人员亟需强化对生态环境保护与资源节约的责任意识,进而于施工阶段主动采纳绿色施工技术。企业需强化与高等院校及科研院所的协作,通过协同开发培训项目、技术交流等途径,持续提高施工人员技能水平。同时,应提倡施工人员参与绿色施工资格认证考核,提升其专业素质与市场竞争力。唯有通过持续性的教育培训与认知增强,确保绿色施工技术在施工环节得以高效实施,促进建筑业生态化发展。

3.4 增加政府与企业的投入支持

绿色施工技术的实施非仅建筑企业的义务,政府及社

会各界之助力亦极为关键。促进绿色施工技术的普及应用，政府与企业需增强资金投入力度，从资本、技术及政策等维度给予扶持，构建协同效应推动绿色建筑产业持续进步。政府需增强对绿色施工技术财政资助的力度，绿色施工技术的实施通常伴随较大的初期投资需求。采用绿色采购、引入节能减排技术等，此类开销往往超过常规施工方法。因此，政府可采取设立专项基金、实施税收减免等手段，促进企业对环保施工技术的资金投入。同时，政府需出台绿色建筑认证及环保补贴等政策扶持措施，为机构提供经济动因，降低企业绿色施工技术应用成本，促进更多项目实施环保施工方法^[6]。

建筑企业也应加大对绿色施工技术的投入。企业应将绿色施工技术作为长远发展的重要投资方向，将资金投入绿色技术研发、绿色材料采购、施工人员培训等方面。企业还应建立绿色施工项目的专项资金，用于技术创新和工程实践，确保绿色技术能够在实际项目中得到充分应用。企业、高校及科研机构间的协作是促进绿色施工技术研发与推广的关键渠道。与科研机构的紧密协作，企业不仅能获取尖端技术成果，仍可依托学术资源实现技术本土化与实践转化，增强绿色施工技术应用效能。科研单位通常在绿色施工领域拥有丰厚的理论研究和储备，但缺少实际应用情境。企业得以与科研机构携手，将学术成果转化为具体施工实践技术，促进绿色建筑与绿色施工技术在项目实施中的高效运用。

此外，企业需增强对绿色施工技术研究的资金支持，特别是在能源节约、水资源管理、环保型材料、废物回收等领域。依托持续的技术创新，企业能够持续革新施工技术，降低绿色施工技术实施的经济负担，增强其市场竞争力。例如，企业可投入资源研发更高效、绿色环保的建筑材料，或通过优化施工技术，提高施工阶段资源与能源使用效率。这些技术的革新将助力企业在绿色施工领域构建竞争优势，还促进产业全面绿色变革。

在促进绿色施工的发展进程中，创新商业策略也为削减实施费用、增强技术经济收益的关键途径。初期绿色施工技术投资成本较高，特别是在建筑材料选购、节能设施应用等领域。然而，随着技术的持续进步与市场的逐步拓展，成本将逐步下降，企业可构建绿色施工技术共享经济范式，达成资源的高效分配与互利共赢态势。例如，企业间可共通利用前沿的环保建材与施工设施，降低特定项目的成本；还可借助协同创新，协同创新技术产出，降低重

复投资。

此外，企业可实施项目协作及联盟协作等策略，整合各企业优势资源，促进环保施工技术的综合运用。例如，建筑企业可与环保建材生产商、节能设备制造商开展战略联盟，协同促进环保施工技术的应用，并通过构建联合体以降低项目整体成本。企业借助创新商业策略，还能有效减少绿色施工技术初始投资成本，在长期运营期间实现更优的经济效益。政府在促进绿色施工技术广泛应用中扮演关键角色，政府可借助政策扶持与资金注入，促进企业对绿色施工技术的资金投入。例如，设立专项基金或绿色建筑补助，提倡企业采购绿色材料或实施节能技术。此外，政府需出台相应法律法规及行业标准，界定绿色施工的详细规范与准则，保障绿色施工技术在国度全域的统一执行^[7]。

4 结语

绿色施工技术作为建筑行业未来发展的重要方向，具有重要的生态和经济价值。尽管在施工过程中已取得了一定成效，但仍面临资源利用、技术推广、政策支持等多方面的问题。为了促进绿色施工技术的深入应用，需要在政策、技术、资金等方面进行有效的调整与优化。同时，加强对施工人员的培训与技术研究的投入，完善绿色施工的相关法规与标准，能够为建筑行业的绿色发展提供更加坚实的保障。随着技术的不断创新和应用的普及，绿色施工技术将在推动建筑行业可持续发展中发挥更加重要的作用。

【参考文献】

- [1]侯典业.绿色节能技术在建筑工程施工中的应用[J].城市建筑,2025,22(2):224-226.
 - [2]万培成.建设工程施工中绿色建筑技术的应用实践[J].新城建科技,2024,33(12):52-54.
 - [3]黄梅清.绿色节能环保技术在市政工程施工中的应用研究[J].智能建筑与智慧城市,2024(12):100-102.
 - [4]姜潍.新型绿色节能技术在建筑工程施工中的应用[J].居业,2024(10):49-51.
 - [5]陈义红.绿色节能技术在建筑工程施工中的应用[J].建材发展导向,2024,22(19):136-138.
 - [6]罗俊.绿色节能技术在建筑工程施工中的应用研究[J].江西建材,2024(8):380-382.
 - [7]齐丽银.建筑工程施工中绿色节能施工技术应用分析[J].房地产世界,2024(16):40-42.
- 作者简介：张红（1979.8—），女，专科：建筑工程管理，本科：人力资源管理，职务：经理。

房建工程中装配式混凝土剪力墙结构施工技术应用分析

夏 锐

安徽建工第一建设集团有限公司, 安徽 合肥 230000

[摘要]随着我国城市化的加速,房地产行业蓬勃发展,房建工程的规模不断攀升。在追求建筑质量的同时,建筑行业也面临着资源消耗大等诸多挑战。传统的房建施工技术在应对这些问题时逐渐显现出局限性,难以满足现代建筑行业可持续发展的需求。装配式建筑作为一种新兴的建筑方式,以其高效、环保等显著优势,逐渐成为建筑行业发展的新趋势。

[关键词]房建工程;装配式;混凝土剪力墙结构;施工技术

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15337

中图分类号: TU37

文献标识码: A

Application Analysis of Prefabricated Concrete Shear Wall Structure Construction Technology in Building Construction Projects

XIA Rui

Anhui Construction Engineering First Construction Group Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230000, China

Abstract: With the acceleration of urbanization in China, the real estate industry is flourishing, and the scale of construction projects is constantly increasing. While pursuing building quality, the construction industry also faces many challenges such as high resource consumption. Traditional construction technology have gradually shown limitations in addressing these issues, making it difficult to meet the sustainable development needs of the modern construction industry. Prefabricated construction, as an emerging construction method, has gradually become a new trend in the development of the construction industry due to its significant advantages such as high efficiency and environmental protection.

Keywords: building construction projects; prefabricated; concrete shear wall structure; construction technology

引言

装配式建筑通过在工厂预制建筑构件,然后运输到施工现场进行组装,能够有效减少现场施工的工作量,提高施工效率,降低建筑废弃物的产生,减少对环境的污染。装配式混凝土剪力墙结构,是将预制的混凝土剪力墙构件在施工现场进行组装,形成建筑的承重体系。这种结构形式不仅能够满足建筑的安全性,还能够实现建筑的标准化施工,符合现代建筑行业的发展方向。

1 装配式混凝土剪力墙概述

装配式混凝土剪力墙,主要由在工厂预制生产的混凝土墙板,以及连接部件等组成。这些预制的混凝土墙板是整个结构的核心受力部件,在工厂中按照严格的设计标准进行制作,具备较高的精度,随后运输到施工现场进行安装。边缘构件起着增强墙体抗震性能的重要作用,而连接部件则通过钢筋套筒灌浆连接,实现墙板之间与其他构件间的稳固连接,保障整个结构的整体性。在竖向荷载作用下,装配式混凝土剪力墙凭借自身的材料强度,将建筑物所承受的重力荷载有效地传递至基础部位。而在水平荷载的影响下,它依靠自身出色的抗侧刚度来抵御水平力,通过墙体产生的弯曲来消耗能量,以此维持建筑物的稳定状态,防止结构因侧移过大而遭受破坏。其工业化程度较高,由于大量的作业在工厂内完成,减少了施工现场的作业量,

受天气等外部因素的干扰较小,施工进度更容易把控,能够大幅缩短工程建设周期。工厂生产环境相对稳定,可对原材料质量进行严格控制,使得构件尺寸精度高。装配式混凝土剪力墙结构,减少了现场建筑垃圾的产生,部分构件能够重复利用,契合绿色建筑的发展理念。

2 房建工程中装配式混凝土剪力墙结构应用的优势

2.1 提高施工效率

装配式混凝土剪力墙结构的构件在工厂内标准化生产,生产环境相对稳定,不受外界天气变化的影响。工厂内的生产设备,能够实现流水线作业,提高了构件的生产速度。预制墙板的生产可以同时进行多块,且生产周期相对固定,能够按照工程进度的需求按时供应构件,避免了现场施工因等待材料而产生的延误。装配式混凝土剪力墙结构的构件在工厂预制时,已经完成了大部分的加工。运到施工现场后,只需通过起重设备进行吊装和连接即可。与传统的现场浇筑施工相比,减少了大量的烦琐工序。这种快速的安装过程,使得整个建筑的主体结构能够在较短时间内完成,为后续的设备安装争取了更多的时间。由于构件是预制好的,施工人员主要负责构件的连接等工作,不需要像传统施工那样进行复杂的混凝土浇筑。这使得施工人员能够更快地掌握施工技能,提高工作效率。施工过

程中的质量控制也更加容易,预制构件在工厂内已经经过了严格的质量检验,现场安装时只需检查连接部位的质量即可。这种质量控制的简化,有助于加快施工进度,避免因质量问题导致的返工。

2.2 降低工程成本

在工厂预制构件的过程中,由于实现了规模化生产,原材料的采购可以进行集中带量采购,这使得建筑企业在与供应商谈判时拥有更强的议价能力,能够以更低的价格购入原材料,降低原材料成本。工厂化生产能够精确控制原材料的使用量,减少浪费。相比传统现场施工中因操作不规范等原因导致的材料浪费现象,装配式生产方式能将原材料的损耗率控制在较低水平。工厂内的生产设备相对稳定,能够保证构件的质量一致性,减少因质量问题导致的返工,降低了成本。装配式建筑的施工流程相对简单,施工人员的工作效率更高,不需要大量的熟练工人进行复杂的现场操作。装配式墙板的安装工作,经过培训的普通工人即可快速完成,相比传统施工中需要专业技术工人进行墙体浇筑等工作,人工成本明显降低。由于预制构件在工厂内经过了严格的质量检验,其耐久性和可靠性较高。在建筑物的使用过程中,因结构问题导致的维修成本较低。装配式建筑在设计阶段可以更好地考虑节能要求,采用高效的保温隔热材料,降低建筑物的能耗。

2.3 减少现场环境污染

装配式混凝土剪力墙结构的构件大部分在工厂预制,工厂内的生产环境相对封闭,配备了先进的除尘设备,能够有效控制粉尘的产生。在预制构件的生产过程中,混凝土搅拌是在密封的搅拌设备中进行的,产生的粉尘通过吸尘装置进行收集处理,减少了粉尘向大气中的排放。现场安装作业相对简单,减少了土方开挖等易产生粉尘的环节,使得施工现场的粉尘污染得到了极大的控制。装配式混凝土剪力墙结构的现场施工主要是构件的吊装和连接,所使用的机械设备相对较少,且噪声强度较低。起重设备在吊装预制构件时产生的噪声,远低于传统施工中机械设备的噪声。由于装配式施工速度快,工期缩短,施工现场产生噪声的时间也相应减少,降低了噪声对周边环境的影响。装配式混凝土剪力墙结构的构件在工厂预制时,能够精确控制尺寸,减少了因施工误差导致的建筑垃圾的产生。现场安装过程中,构件的连接采用较为简单的方式,减少了现场切割等产生废料的操作。工厂内产生的废料可以进行集中回收,提高了资源的利用率,减少了对环境的污染。

3 装配式混凝土剪力墙结构施工技术

3.1 构件连接技术

在房建工程的装配式混凝土剪力墙结构中,构件连接技术是确保结构稳定性的关键环节。科学合理的构件连接,能够使预制构件协同工作,共同承受建筑的各种荷载,保障建筑物的安全。钢筋套筒灌浆连接,是目前装配式混凝土

剪力墙结构中应用较为广泛的一种连接技术。其原理是将钢筋插入预制构件中的金属套筒内,然后向套筒内灌注高强度的水泥基灌浆料,使钢筋与套筒、灌浆料之间形成可靠的黏结,实现钢筋的连接。这种连接方式能够有效地传递钢筋的拉力,保证构件之间的协同工作性能。浆锚搭接连接也是一种常用的构件连接技术,它是利用预埋在预制构件中的金属波纹管等形成的孔洞,插入钢筋后灌注水泥浆,使钢筋与构件之间通过浆体的黏结力实现连接。浆锚搭接连接的优点是施工相对简便,成本较低。然而,这种连接方式对浆体的性能和钢筋的搭接长度有严格要求。为了确保连接的可靠性,需要对浆体的配合比进行优化,保证其具有足够的黏结强度和耐久性。螺栓连接是通过在预制构件上设置预埋件,然后用螺栓将构件连接在一起。这种连接方式具有安装速度快等优点,适用于一些需要临时连接的部位。但是,螺栓连接的受力性能相对较弱,需要合理设计螺栓的规格,以确保连接部位的承载能力。

3.2 安装技术

在装配式混凝土剪力墙结构的安装施工前,充分的准备工作至关重要。需合理安排预制构件的堆放场地,确保构件堆放有序,便于吊装作业。要保证运输道路的畅通,以便预制构件能够顺利运输到指定位置。对施工设备进行全面检查,确保其性能良好,运行安全可靠。在吊装过程中,要根据预制构件的尺寸,选择合适的吊装方法。在起吊前,要对构件进行全面检查,确保其外观质量良好,预埋件、预留孔洞等位置准确。起吊时,应缓慢平稳地提升构件,避免构件晃动。在构件就位过程中,要严格控制构件的垂直度和水平度,可通过经纬仪等测量仪器进行实时监测。当预制构件吊装就位后,需要进行精确的定位。垂直度的调整可通过在构件底部设置斜支撑来实现,通过调整斜支撑的角度,使构件达到设计要求的垂直度。水平位置的调整则可利用千斤顶等工具,将构件平移到准确位置。标高的调整可通过在构件底部设置垫片来完成,根据实际标高与设计标高的差值,选择合适厚度的垫片进行调整。在定位和校正过程中,要多次进行调整,确保构件的各项指标符合设计要求。

3.3 钢筋工程技术

在装配式混凝土剪力墙结构中,应根据设计要求,选择合适规格的钢筋。不同种类的钢筋具有不同的适用范围,对于承受较大拉力的剪力墙边缘构件,通常选用高强度的热轧带肋钢筋,满足结构的受力需求。在选材时,要严格控制钢筋的质量,检查钢筋的出厂合格证,确保钢筋的各项性能指标符合国家标准。还应对钢筋进行外观检查,查看是否有锈蚀等缺陷,避免使用不合格的钢筋影响结构质量。在装配式混凝土剪力墙结构中,钢筋加工通常在工厂内进行,实现标准化生产。要对钢筋进行调直处理,消除钢筋在运输过程中产生的弯曲变形,保证钢筋的直线度。

根据设计图纸的要求,使用钢筋切断机将钢筋切断成所需的长度。在钢筋弯曲过程中,要严格按照设计的弯曲角度进行操作,确保钢筋的形状符合设计要求。在装配式混凝土剪力墙结构中,钢筋的安装需要与预制构件的制作和现场安装紧密配合。要将钢筋准确地放置在模板内,并进行固定,确保钢筋的位置符合设计要求。要注意钢筋与预埋件、预留孔洞等的位置关系,避免相互干扰。

4 装配式混凝土剪力墙结构施工技术的应用

4.1 施工组织管理

在施工前期,要进行详细的施工图纸会审。组织相关人员,对装配式混凝土剪力墙结构的施工图纸进行深入审查,确保图纸的准确性。根据工程的规模,以及现场实际情况,制定详细的施工进度计划,明确各个施工阶段的关键节点。在施工过程中,要加强对构件生产的管理。与构件生产厂家建立沟通机制,及时了解构件的生产进度,确保构件能够按时供应到施工现场。装配式混凝土剪力墙结构施工涉及多个工种,要加强各工种之间的协调配合,合理安排施工顺序,避免出现施工冲突现象。要加强对施工现场的安全管理,设置明显的安全警示标志,配备必要的安全防护设施,确保施工人员的生命安全。建立健全质量管理体系,加强对施工过程的质量检验。对于装配式混凝土剪力墙结构施工,要重点控制构件的连接质量等关键环节。在施工后期,要进行工程的初步验收,对装配式混凝土剪力墙结构的施工质量进行全面检查。对初步验收中发现的问题,要及时督促施工单位进行整改,确保工程质量达到验收标准。

4.2 专项吊装安装

在进行装配式混凝土剪力墙结构的专项吊装安装前,对施工现场进行全面勘察,根据场地条件等因素,合理规划吊装设备的停放位置。在构件运输到施工现场后,仔细核对构件的型号是否与设计图纸相符,检查构件表面是否存在缺陷。对于存在质量问题的构件,及时进行更换,防止不合格构件被吊装安装,影响结构质量。正式吊装过程中,根据预制混凝土剪力墙构件的形状,精确计算吊点的位置。在起吊时,要缓慢平稳地提升吊钩,避免构件突然受力产生晃动。当构件离开地面一定高度后,暂停起吊,检查构件的平衡状态,确认无误后再继续提升。在进行连接操作时,要严格按照施工要求进行。要清理套筒和钢筋的连接部位,确保无油污等杂质。将钢筋插入套筒中,保证插入深度符合要求。使用专业的灌浆设备,按照规定的配合比和灌浆工艺进行灌浆,确保灌浆料能够充分填充套

筒,使钢筋与构件之间形成可靠的连接。

4.3 后浇带的施工

在进行装配式混凝土剪力墙结构后浇带施工前,要对设计图纸进行详细的会审,明确后浇带的位置要求。根据后浇带的设计要求,合理安排施工顺序,确保后浇带的施工与整体结构的施工相协调。对施工所需的原材料进行严格的质量检验,确保其符合设计要求。在装配式混凝土剪力墙结构中,预制构件的安装精度会影响到后浇带两侧混凝土的浇筑效果,在浇筑前,要对预制构件的连接部位进行检查,确保连接牢固。在浇筑混凝土时,要注意振捣的密实度,避免出现质量缺陷。由于后浇带通常设置在结构受力较小的部位,但在混凝土浇筑前,后浇带处的钢筋会受到一定的应力作用。在施工过程中,要对后浇带处的钢筋进行妥善保护,防止钢筋锈蚀。在浇筑后浇筑混凝土前,要对钢筋进行调整,确保钢筋的位置准确。止水带的安装质量直接影响到后浇带的防水效果,应根据设计要求选择合适的止水带类型。在安装止水带时,要确保止水带的位置准确,止水带与混凝土的结合面应平整。要注意止水带的接头处理,采用可靠的连接方式,防止接头处出现渗漏。

5 结束语

房建工程中装配式混凝土剪力墙结构施工技术的应用,是建筑行业追求高质量的重要体现。不仅极大地提高了施工效率,缩短了工期,减少了现场环境污染,还提升了建筑的质量,增强了结构的稳定性。这一技术的推广,符合绿色建筑的理念,契合现代建筑行业的发展趋势。

【参考文献】

- [1]冯巍.房建工程中装配式混凝土剪力墙结构施工技术应用分析[J].居舍,2024(28):34-37.
- [2]张荣荣.装配式混凝土剪力墙结构变形缝模板加固施工技术分析[J].四川水泥,2023(8):128-130.
- [3]李智超,许越扬.装配式预应力混凝土框架-剪力墙结构施工技术应用[J].江西建材,2022(2):131-132.
- [4]王玉国,涂刚要,张楠,等.装配式混凝土剪力墙结构工程塔吊附墙装置施工技术有限元分析[J].安徽建筑,2017,24(4):153-155.
- [5]施永德.装配式混凝土剪力墙结构及应用技术分析[J].山西建筑,2017,43(22):97-98.

作者简介:夏锐(1992.11—),男,2015年毕业于合肥学院土木工程,安徽建工第一建设集团有限公司,项目副经理,中级工程师。

岩土工程在地质灾害防治中的应用

胡剑俊 梁俊

核工业志诚建设工程有限公司, 江西 上饶 333100

[摘要] 随着社会经济发展和矿产资源的加速开采, 地质灾害频率及影响范围不断扩大。我国地质条件复杂, 山区、丘陵频发滑坡等灾害, 严重威胁人民生活和生产安全。矿山开采、隧道建设等受限于复杂地质条件, 直接影响工程安全。近年来, 岩土工程技术的进步, 如地质勘察、地基加固及边坡稳定性分析, 已在防治地质灾害中发挥关键作用。通过合理技术手段, 潜在灾害得以预测与应对, 从而减少负面影响。然而, 灾害防控技术仍需优化, 综合防治体系亟待完善, 研究需深入推进。

[关键词] 岩土工程; 地质灾害; 防治策略

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15336

中图分类号: P694

文献标识码: A

Application of Geotechnical Engineering in Geological Disaster Prevention and Control

HU Jianjun, LIANG Jun

Nuclear Industry Zhicheng Construction Engineering Co., Ltd., Shangrao, Jiangxi, 333100, China

Abstract: With the rapid development of social economy and the accelerated exploitation of mineral resources, the frequency and scope of geological disasters continue to expand. China has complex geological conditions, with frequent landslides and other disasters in mountainous and hilly areas, posing a serious threat to people's lives and production safety. Mining and tunnel construction are limited by complex geological conditions, which directly affect engineering safety. In recent years, the advancement of geotechnical engineering technology, such as geological exploration, foundation reinforcement, and slope stability analysis, has played a key role in preventing and controlling geological disasters. Through reasonable technological means, potential disasters can be predicted and responded to, thereby reducing negative impacts. However, disaster prevention and control technologies still need to be optimized, the comprehensive prevention and control system urgently needs to be improved, and research needs to be further promoted.

Keywords: geotechnical engineering; geological disasters; prevention and control strategies

引言

地质灾害是自然环境与人为活动交织作用的产物, 深远地影响了人类的生命财产安全以及社会经济发展。在矿山开采、建筑工程等岩土工程项目中, 地质灾害不仅带来直接的经济损失, 还可能导致环境质量的恶化。如何有效防控这些灾害, 已成为当前岩土工程领域亟待解决的核心问题。作为防灾减灾的关键技术手段, 岩土工程技术通过科学的勘察、设计与施工方法, 能够识别潜在的风险, 并采取有效措施进行防控, 从而为工程项目的安全性与稳定性提供有力保障。

1 相关概念

1.1 岩土工程

岩土工程, 作为土木工程的一个重要分支, 经历了数十年的发展, 已经形成了较为成熟的理论体系及工程实践方法。随着工程规模的扩大以及地质条件的日益复杂, 研究的深度仍有待进一步加强, 以应对更加复杂的地质问题。岩土工程的核心在于探究土壤与岩石的物理与力学特性及其在工程中的应用, 涵盖地基处理、边坡稳定、隧道及地下空间开发等多个领域。与之相关, 地质工程学更专注于分析岩土工程活动对周围环境的影响, 并结合系统化研究方法为地质灾害防控和地质环境保护提供理论支持。岩

土工程的研究主要集中在两个方面。一方面, 地质灾害的防治, 旨在降低自然灾害的发生率, 运用科学手段进行预测、预防和控制, 如滑坡、崩塌与地面塌陷等。另一方面, 岩土工程的稳定性研究, 侧重于解决地基、地下结构等工程问题, 确保岩土结构的安全性和耐久性。在实际应用中, 岩土工程不仅包括传统的勘察、分析与加固技术, 还引入了信息化、智能化手段, 如数值模拟、实时监测以及 BIM 技术, 以提升工程的安全性与可靠性。面向未来, 岩土工程的研究将进一步深化, 以适应更加严苛的地质环境与工程要求。

1.2 地质灾害

地质灾害是指在自然环境因素作用下, 由于地质条件的不稳定性或人为活动的影响, 导致地质环境发生破坏性变化的灾难性事件。常见的地质灾害包括滑坡、泥石流、地面塌陷、地震及火山喷发等。这类灾害具有较强的突发性和破坏性, 往往对人民生命安全构成严重威胁, 同时也会造成巨大的经济损失与生态破坏。我国地质条件复杂, 各地的地形、气候与水文特征差异显著, 导致地质灾害的发生频率较高。根据历年的统计数据, 地质灾害已成为我国经济社会发展的一个重要制约因素。尤其在高山峡谷、强降雨区以及矿产开采和基础设施建设密集的地区, 地质

灾害的风险尤为突出。除直接的经济损失外,地质灾害对生态环境的影响深远。灾害发生后,土壤侵蚀加剧、水土流失严重,可能导致河流改道、植被破坏及生物栖息地的减少等一系列连锁反应,进而加速生态退化。因此,采取科学合理的防治技术,强化监测预警、地质勘察与工程防护措施,对于降低地质灾害风险、减少损失及保护生态环境至关重要。

2 岩土工程在不同类型地质灾害防治中的应用

2.1 滑坡灾害防治

滑坡是一种由地表土体或岩体在重力作用下沿特定滑动面整体下滑的现象,常见于地势陡峭、地质结构复杂或降水量较大的地区。其发生与多种因素密切相关,包括地质构造、岩土性质、降水、地下水活动及人为工程干扰等。滑坡一旦发生,往往会对道路、桥梁、房屋等基础设施造成严重破坏,甚至可能造成人员伤亡,进而引发次生灾害。滑坡灾害的防治主要依赖于工程措施与非工程措施的有机结合。在工程方面,边坡削方减载、抗滑桩、挡土墙、锚固工程、土体加固以及排水设施等手段被广泛采用,通过增强抗滑能力、减少滑动力或改善地基稳定性,来有效控制滑坡的进一步发展。非工程措施则包括实时监测与预警、详细地质勘察、生态恢复,以及合理的土地规划与管理。现代监测技术的运用,能够实时掌握边坡变形情况,增强预警能力,从而有效降低滑坡发生的概率。在实施防治措施时,选择适宜的技术手段至关重要。例如,在降雨引发的滑坡区域,重点应放在排水与土体加固工程,以减少水分对边坡稳定性的影响;而在地震易发区,岩土结构的稳定性必须得到强化,可通过结合锚固与抗滑结构,来提高抗震能力。滑坡灾害防治是一项复杂的系统性工程,需要全面考虑地质条件、气象因素及具体工程实际,科学制定治理方案,最大限度地降低滑坡灾害的风险,确保人民生命财产的安全。

2.2 崩塌灾害防治

崩塌是岩体在重力作用下从陡峭坡面或峭壁上突然脱离,并沿斜坡高速下滑或滚落的地质灾害,通常发生在构造破碎带、高山峡谷以及长期受到风化作用影响的岩质边坡。诱发这一灾害的因素主要包括岩土结构松散、降水侵蚀、地震振动、风化剥落以及人为工程干扰等。崩塌一旦发生,滑落的岩块可能会冲击道路、桥梁、建筑物等基础设施,甚至造成人员伤亡,严重破坏周围环境与生态系统。崩塌灾害的防治必须综合应用工程措施与监测预警体系,常见的工程措施包括坡面防护、截水排水、加固支护以及削坡减载等,通过喷射混凝土、钢筋网锚固、抗滑桩等手段,岩体的稳定性能够得到有效增强;应用拦石网、挡土墙、缓冲平台等设施,有助于降低岩块滚落的破坏力。特别是在水文影响较大的区域,通过设置截排水沟,可以有效减少降水对坡体的侵蚀,进而保障边坡的稳定性。与

此同时,非工程措施在崩塌防治中同样起着至关重要的作用,这些措施包括地质勘察、风险评估、实时监测以及预警体系的建设。利用遥感技术、激光扫描与位移监测仪器,岩体的变形情况得以精准监控,潜在的危險区域可以及时识别。此外,设立警示标志、制定应急预案等措施,可显著提高灾害应对能力。崩塌灾害的防治需根据具体的地质条件,科学选择合适的工程技术与监测手段,从而确保边坡的长期稳定,最大限度地减少灾害带来的损失与危害。

2.3 地面塌陷防治

地面塌陷是由地层结构不稳定引起的地质灾害,表现为地表局部或大范围沉降,形成塌坑或裂缝。其成因复杂,可能源自自然因素,如喀斯特地貌中的溶蚀作用、地震或地层沉降;也可能由于人为活动引发,例如地下采矿、过度开采地下水、隧道开挖及地基承载力不足等。地面塌陷不仅威胁建筑物、道路以及地下管线的安全,还可能造成人员伤亡、生态破坏,严重影响城市及基础设施的正常运行。地面塌陷的防治措施应根据不同的成因采取相应策略。对于自然因素引发的塌陷,地质勘查与风险评估至关重要,借助地球物理勘探、钻探测试等手段,可以及时识别潜在的隐伏塌陷区,并在高风险区域建立长期监测体系。若塌陷由地下水过度开采引起,则必须合理规划水资源的利用,人工回灌或调整地下水开采模式是保障地层稳定的有效手段。在工程防治方面,可采取注浆加固、地基处理及支护结构优化等技术进行应对。对于岩溶发育区,回填溶洞、注入水泥浆或采用复合地基技术,有助于提升地层的承载力,防止塌陷进一步扩大。在城市建设中,地层的稳定性必须在基础设计中考虑,应使用抗沉降基础或桩基加固等技术,增强建筑物的抗变形能力。更为重要的是,建设完善的塌陷灾害监测预警体系,通过沉降传感器、遥感监测等技术,实时掌握地表形变情况,结合科学的风险评估与应急预案,灾害防控的主动性与应对能力得以有效提高,最大限度地减少地面塌陷带来的危害。

2.4 泥石流灾害防治

泥石流是一种极具突发性与破坏力的地质灾害,通常由强降雨、冰雪融水或地震引发,沿沟谷迅速下泄,携带大量泥沙、石块等固体物质,对沿线的建筑物、交通基础设施及居民的生命财产安全构成严重威胁。其发生与地形、地层岩性、植被覆盖状况及人为活动等因素密切相关,尤其在山地、高原及降水量较大的地区,泥石流灾害的风险尤为突出。泥石流防治的关键在于综合治理,结合工程措施与生态修复手段,从源头上减少诱因并有效降低灾害的影响。在流域治理方面,修建拦砂坝、排导槽及沉砂池等设施,能够有效控制泥沙的运动,减少下游灾害的扩展。拦砂坝可有效阻止上游泥沙的冲击,而排导槽则将泥石流引导至指定路径,避免对建筑物或耕地的侵蚀^[1]。此外,坡面固土措施也至关重要,包括植被恢复、生态护坡及挂

网喷浆等技术,这些措施能够增强坡面稳定性,减少松散物质的来源。在监测与预警方面,借助降雨监测、地表形变传感器及遥感技术,易发区的降水量、地表水位及坡体稳定性能够实时掌握,为建立科学的预警体系提供有力支持,从而提高灾害响应的效率。对于泥石流频发区域,居民的安全教育应得到加强,合理的避险撤离方案也应制定。同时,优化土地规划,避开高危区域,将最大程度地减少泥石流带来的损失。

2.5 地基沉降与不均匀沉降防治

地基沉降,尤其是不均匀沉降,是建筑、桥梁及道路工程中常见的地质问题,严重影响结构的安全性及使用寿命。主要成因包括地基土的压缩性、地下水位波动、荷载分布不均等因素,如果未得到有效处理,可能导致地面裂缝、建筑物倾斜,甚至整体结构失稳。尤其在软土地基、填土区域或长期受到外部荷载影响的场地,不均匀沉降的风险尤为突出。应对地基沉降的关键在于合理的地基处理与施工控制。对于软弱地基,常采用换填、预压、砂石桩、CFG桩等加固措施,能够增强地基的承载力,减少沉降幅度。对于高层建筑或大型工程项目,采用桩基、复合地基等方式,荷载能够有效分散,从而降低沉降不均的发生。在施工过程中,必须严格把控基础施工质量,避免因回填土松散或荷载变化剧烈引发过量沉降。此外,地下水调控同样至关重要,特别是在水位波动较大的区域。通过降水井、隔水帷幕等技术手段,地下水位下降引发地基土的固结沉降或湿陷性土体的不稳定,能够有效防止。在防治地基沉降方面,监测与预警系统的作用至关重要。沉降观测点的设置、全站仪监测、地基雷达扫描等技术手段,能够实时获取沉降数据,为结构稳定性评估提供支持。一旦发现沉降异常,应立即采取调整荷载、增强支护或注浆加固等措施,防止沉降进一步加剧,从而确保工程在长期运行中的稳定性与安全性。

3 加强矿山地质灾害防治效果的策略

3.1 增强施工标准

矿山地质灾害的防治效果与施工标准的严格执行息息相关。矿山开采涉及大规模土石方挖掘、边坡开挖及地下空间利用,若在施工过程中未严格遵守相关标准,滑坡、崩塌、地面塌陷等地质灾害便容易发生。因此,施工标准的完善,不仅能有效降低地质灾害的发生概率,且能显著提升矿山工程的安全性与发展能力。在矿山设计阶段,设计规范的严格遵循是必须的,开采方案的优化也必不可少^[2]。边坡坡度、台阶高度及矿坑支护方式的合理确定,能够避免因设计不合理而导致的地质失稳。地下开采作业中,支护结构的合理性至关重要。采用锚杆、喷浆、

挡墙等加固措施,可有效防止采空区出现塌陷。施工过程中,动态监测系统的建设不可忽视,通过实时监测地层变形、应力变化及地下水位波动,采用高精度位移仪、地质雷达、无人机巡检等技术手段,潜在隐患能够及时发现,从而确保施工方案能够根据实时数据进行有效调整。施工管理方面,质量验收制度的严格执行是必需的,爆破、排水、回填等关键环节应重点控制,以避免爆破震动过大、排水不当或回填不密实而引发次生灾害。施工人员必须经过专业技术培训,规范操作应掌握,突发地质灾害的应对能力也需提高。

3.2 做好地质勘察工作

地质勘察是矿山地质灾害防治的基础,准确的勘察结果对防控措施的有效性至关重要。全面的勘察为工程设计、施工方案及灾害防治提供关键依据,避免因决策失误引发地质灾害。在勘察过程中,需覆盖区域地质、岩土结构、水文地质等方面,通过钻探、取样、物理探测等技术,获取矿区岩层分布、地基土性、地下水流动及潜在灾害信息。对于历史上曾发生过灾害的区域,特别关注其演变趋势和易发区域,以便提供准确的支持数据。勘察应持续进行,结合地质雷达、地下水监测等技术,实时监控矿区动态,及时发现风险。最终成果应形成详细报告,基于勘察数据制定防治措施,确保开采、支护设计与防控方案科学合理,优化开采方法、排水系统及边坡防护等措施。

4 结语

岩土工程在地质灾害防治中的作用不可或缺。通过科学的勘察、合理的设计与有效的监测措施,滑坡、崩塌、泥石流等灾害的发生可显著减少,工程的安全性也得以确保。加强施工标准、完善地质勘察工作并结合现代技术手段,将有助于灾害防控的精准实现。随着技术的不断进步,地质灾害防治工作正朝着智能化与可持续方向发展,推动社会安全与生态环境的长期保护。

【参考文献】

- [1]王云.岩土工程地质灾害防治技术及防治措施[J].四川建材,2024,50(3):57-59.
 - [2]吴丽玲.岩土工程在地质灾害防治中的应用[J].中国住宅设施,2024(12):47-49.
 - [3]池永翔.岩土工程在地质灾害防治中的应用[J].科技创新与应用,2021,11(34):95-98.
- 作者简介:胡剑俊(1993—),男,民族:汉,籍贯:江西省上饶市,职称:助理工程师,专业:土木工程,2015年7月毕业于九江学院-工程造价专业,学历:大专,2019年6月毕业于长沙理工大学-工程造价,最高学历:本科,现主要从事现场施工管理。

超高层建筑机电工程施工技术的分析

赵建康

中土城联工程建设有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]超高层建筑的机电系统涉及多个关键领域,如电气、给排水、空调通风、消防以及智能化系统等。每一个子系统的安装与调试都要求高度精确的协调与高效执行。由于建筑的巨大高度、有限空间、繁多的设备种类以及紧张的施工周期,施工过程中常常面临一系列技术难题。例如,垂直运输的困难、高层区域狭窄的空间、设备安装的复杂性及其高标准的技术要求,这些因素都会对施工进度与质量产生显著影响。此外,机电系统的设计与实施常常涉及最新的技术和高端设备,如何合理整合资源、确保各专业间的高效配合,成为超高层建筑机电施工成功实施的关键。通过对超高层建筑机电施工特点、挑战以及关键技术要素的深入理解,项目团队能够更有针对性地应对施工过程中遇到的各种难题,从而确保工程按时完成,且达到既定的质量标准。

[关键词]超高层;机电工程;施工技术

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15326

中图分类号: TU71

文献标识码: A

Analysis of Mechanical and Electrical Engineering Construction Technology for Super High rise Buildings

ZHAO Jiankang

Zhongtu City-union Engineering Construction Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The electromechanical system of super high-rise buildings involves multiple key areas, such as electrical, water supply and drainage, air conditioning and ventilation, fire protection, and intelligent systems. The installation and debugging of each subsystem require highly precise coordination and efficient execution. Due to the enormous height, limited space, diverse equipment types, and tight construction period of buildings, the construction process often faces a series of technical difficulties. For example, the difficulty of vertical transportation, narrow spaces in high-rise areas, the complexity of equipment installation, and the high standard technical requirements all have a significant impact on construction progress and quality. In addition, the design and implementation of electromechanical systems often involve the latest technology and high-end equipment. How to integrate resources reasonably and ensure efficient cooperation between various professions has become the key to the successful implementation of electromechanical construction in super high-rise buildings. Through a deep understanding of the characteristics, challenges, and key technical elements of mechanical and electrical construction in super high-rise buildings, the project team is able to address various difficulties encountered during the construction process in a more targeted manner, ensuring that the project is completed on time and meets established quality standards.

Keywords: super high-rise buildings; mechanical and electrical engineering; construction technology

引言

随着城市化进程的加速与建筑技术的不断发展,超高层建筑逐渐成为现代城市的显著标志。这类建筑不仅在外观设计上呈现出前所未有的创新,其内部机电系统的复杂性也随之增加,提出了更加严苛的施工技术要求。作为超高层建筑的核心组成部分,机电工程的施工精度与质量,直接关系到建筑的安全性、舒适度以及功能性。对于提升施工效率、确保工程质量以及确保项目按时完成,深入探讨超高层建筑机电施工中的技术难点与管理挑战,具有不可忽视的重要意义。

1 超高层建筑机电施工的特点与挑战

超高层建筑的机电施工面临诸多挑战,主要源自建筑高度、复杂的系统需求以及施工过程中空间、设备和工序

的多重限制。首先,垂直运输是超高层施工的难题,起吊设备受限,尤其在高层施工中,如何确保安全性并提高效率成为重点。这要求合理调配资源,确保吊装设备的最大效益。其次,高区设备间和核心筒管井空间狭窄,设备与管线布局密集,施工工序和操作精度要求极高。空间局限性导致任何不当安装都可能影响后续施工甚至返工,因此施工方案需要精细设计,避免空间浪费和设备冲突。此外,周边缺少加工和周转场地,要求大部分设备和材料通过场外预制和现场装配。预制加工精度和深化设计要求较高,设计和加工的精确性直接关系到施工进度和质量。在设备选择与安装方面,超高层建筑的水、电、风等负荷要求大,弱电系统种类多,增加了施工难度。设备安装调试需精湛的技术人员、高精度工具和完善的管理体系,确保系统的

协调与稳定。特殊设备如紧急避难层、消防设备和高速电梯对施工技术要求更高,且施工周期紧张,任何技术疏漏都可能带来严重后果。高区施工返工成本巨大,一旦发生返工,不仅影响进度,还会增加项目成本。项目团队在规划阶段充分考虑建筑条件与施工可行性,尤其在施工过程中,有三个重难点目标必须重视。首先,建筑设计新颖复杂,施工周期紧张,按期完工是核心任务。其次,机电系统设计新技术多,调试量大,对调试精度和系统可靠性要求高。最后,涉及多个专业的深化设计节点必须与其他专业高度结合,直接影响项目的协调与成功。因此,超高层建筑机电施工不仅技术难度大、管理复杂,还需各方紧密配合,确保每一环节顺利进行。

2 超高层建筑机电工程施工技术的关键要素

2.1 机电工程设计的影响因素

机电工程设计在超高层建筑施工中占据着至关重要的地位,决定着项目能否顺利推进并最终实现预期效果。超高层建筑的独特结构特点,尤其是其高度与复杂性,要求机电设计在满足建筑结构特殊要求的基础上,确保系统的安全性、稳定性,这些结构因素使得机电系统不仅要满足基本的功能需求,还必须与建筑整体结构进行紧密结合,确保系统的顺畅运行与长久稳定。建筑的多样化功能也是影响机电设计的关键因素,通常超高层建筑包括办公、商业、居住、娱乐等多个功能区域,每个区域对机电系统有不同的需求,特别是在水、电、空调等系统上,要求高效、精准的服务。机电设计需针对这些不同功能区的需求,合理布局设备与管线,确保每个区域的系统运行既高效又稳定。施工环境的复杂性以及空间的狭窄也使得机电设计面临着更大的挑战,有限的空间往往使得系统布局难度加大,如何高效利用每一寸空间,避免设备和管线的过度拥挤,成为设计阶段必须解决的核心问题。与此同时,施工现场的环境因素,如气候变化、交通限制等,也要求设计团队在规划设计时充分考虑,避免施工过程中的不利影响,并作出相应的调整。随着新材料、新设备及智能化系统的不断涌现,机电设计的创新潜力也大大增加,这些技术进步不仅能够提高设备性能、效率,还能有效助力节能减排,推动绿色建筑目标的实现。紧跟技术发展的步伐,设计团队必须将先进理念与技术融入到机电系统的设计中,确保设计方案不仅满足当前的需求,更能适应未来可持续发展的趋势。

2.2 施工过程中机电工程的协调管理

在超高层建筑施工中,机电工程的协调管理至关重要,它直接决定着项目的进展与最终效果。由于涉及多个专业及复杂的系统,机电工程必须与建筑结构、幕墙等其他专业紧密协作,以确保施工进度与质量得到保障。协调不仅仅是技术层面的对接,还涉及施工进度的安排、资源的合理调配以及人员的精准部署。为实现高效协作,项目团队必须在施工前期明确责任分工,制定详细的计划,确保施

工顺序无冲突、资源得到最大化利用。在机电工程的协调管理中,施工顺序与方法的规划尤为关键,给排水管道、电气线路、空调通风等系统通常需要在结构施工完成后安装。此时,安装的顺序、空间限制以及设备的重量分布等因素,都需要在设计阶段进行全面考虑,以避免后续施工中出现设备重叠或空间不足的问题。因此,合理的设计布局在施工前期显得尤为重要。现场协调管理的实时性也起着决定性作用,由于机电系统往往跨越多个楼层,施工现场的空间限制使得材料、设备和人员的调度变得异常复杂。高效的现场管理能够确保作业的有序进行,防止因设备运输或材料堆放造成施工停滞。为了确保工程按计划推进,现场管理人员必须时刻跟进进度,及时解决现场出现的各种问题。信息化技术的应用,尤其是 BIM(建筑信息模型)技术,为机电工程的协调管理提供了重要支持。借助 BIM 技术,各专业可以在虚拟环境中进行碰撞检测与方案优化,提前发现设计与施工中的潜在问题。BIM 系统的优势还在于其数据共享与实时更新功能,这使得各专业能够获取更全面的信息,减少了信息传递中的延迟,从而大大提高了协同效率。

2.3 材料与设备选择

在超高层建筑的机电工程中,材料与设备的选择对施工质量、系统性能以及后期使用的安全性和可维护性具有深远的影响。鉴于超高层建筑的复杂性,选材与设备的决策必须充分考虑项目的特殊要求,不仅要提高施工效率,更需保障建筑长期的安全性与功能性。材料的选用必须满足严格的特殊性能需求,如耐火、抗腐蚀、抗震等特性,对于高层建筑中的管道、电缆、风管等基础设施,其材料应具备高强度、出色的耐久性和长期稳定性,这些性能直接决定了建筑的安全性与使用寿命,因此在选材时,必须优先考虑其在极端环境下的表现以及对长期负荷的承受能力。设备的选型除了满足基本技术标准外,还必须同时考虑节能、环保和智能化的要求。在绿色建筑日益受到关注的今天,高效节能设备的选择显得尤为重要。空调系统、照明设备及电力系统中的高效能设备,不仅能够显著减少能源消耗,还能有效降低运营成本。同时,随着智能技术的发展,智能楼宇管理系统及自动化控制设备的应用,不仅提升了建筑的舒适度,还可实现远程监控与故障预警,确保建筑在长期使用中的稳定性与安全性。在选择设备时,可靠性与可维护性是必须重点考虑的因素,由于超高层建筑的机电系统复杂,设备一旦出现故障,其维修难度较大且费用高昂。因此,选用寿命长、故障率低的设备至关重要。同时,设计时应考虑到设备的可检修性与便捷性,便于后期维护,从而降低维护的复杂度及费用。在进行材料与设备选择的过程中,施工团队还需充分考虑施工现场的实际条件。由于施工空间狭小、设备起吊能力有限等因素,设备的尺寸与安装方式将受到影响。因此,确保项目顺利

推进,团队必须在项目初期阶段进行详细方案设计,并与供应商紧密协作,确保材料与设备能够按时、按需供应。

3 超高层建筑机电系统的施工技术分析

3.1 电气系统施工技术

在超高层建筑的施工中,电气系统的安装技术对确保建筑正常运营至关重要。面对规模庞大、结构复杂的建筑,电气系统的设计与施工往往面临许多挑战,施工团队必须在保证高效与安全的前提下,精细地完成每一个环节。在电气系统布线时,建筑的高度、各楼层不同功能的需求以及空间的局限性都必须综合考虑。如何合理布置电力电缆、控制电缆及弱电系统,并避免它们之间的干扰和冲突,是设计与施工中至关重要的任务^[1]。超高层建筑的电气系统涉及多个子系统,如高压配电、低压配电、照明、动力、弱电及自动化控制等,涉及的设备种类繁多。施工时,必须严格按照设计图纸与技术规范操作,确保安装的质量与安全性。特别是在高层建筑的电气设备安装过程中,除了考虑常规的功能需求外,还需确保符合抗震、防火、漏电保护等安全标准。在施工中,确保配电室、电缆井等关键区域的通行空间充足,以便于后期的维护与检修工作,是尤为重要的。电气系统的安装顺序及各子系统之间的协调性,也是施工中的重点之一。由于电气系统的复杂性,各子系统必须严格按照既定的安装顺序进行,以避免重复施工、减少资源浪费。例如,在完成主配电室建设后,应立即进行楼层电气设备的布置。特别需要注意的是,电气设备的接地处理,必须在施工过程中得到充分重视,确保不存在安全隐患。实施过程中,应实时监控可能出现的各类冲突问题,采用 BIM 技术进行协同设计与碰撞检查,从而确保电气系统与其他专业系统(如给排水、空调通风等)之间的协调无误。电气系统的调试与测试工作,同样是不可忽视的重要环节,由于超高层建筑电气负荷较大、设备种类繁多,调试工作量巨大,且精度要求极高。在所有设备安装完成后,必须进行全面的检测,确保每一项设备与线路都能稳定、可靠地运行。特别是在高层建筑中,电气系统的稳定性直接关系到建筑的安全性,因此调试工作需要细致的验证,确保每一个环节都符合标准要求,从而保障系统能够长期、安全地运行。

3.2 给排水系统施工技术

超高层建筑的给排水系统施工必须精确执行,以应对建筑高度、复杂结构及多功能需求的挑战。给水系统设计中的首要问题是解决高层水压问题。通常,通过增压泵站来调节水压,并精心规划管道的布局,以尽量减少水流过程中可能产生的阻力。排水系统的设计则需充分考虑管道走向与排水负荷,选用耐腐蚀、耐高温的材料,如 PVC 管和铸铁管等,以保证系统的长期稳定运行^[2]。在施工过

程中,管道安装的精度至关重要,尤其在高层建筑中,管道空间布局常常紧凑,施工团队必须严格按照设计图纸操作,确保每个连接点都具备良好的密封性,管道坡度亦要符合设计要求。此外,管道的保温与防冻措施也必须得到充分重视,尤其在寒冷地区施工时,应采取适当的保温措施,以防管道冻结、裂开或堵塞。安装完成后,系统的调试与检测工作同样不可忽视。调试阶段中,必须确保水流畅通、压力稳定,系统中是否存在漏水或堵塞等问题也需要全面检查。如此,给排水系统才能确保在各项负荷下稳定运行,充分满足建筑日常使用的需求。

3.3 空调与通风系统施工技术

空调与通风系统在超高层建筑中至关重要,它直接影响建筑的舒适性、能效及室内环境质量。系统设计需根据建筑高度、空间分布及使用需求进行合理规划。常见的空调系统包括中央空调和 VRV(变频多联机)系统,设计时必须考虑风管、冷媒管及排水管道的合理布局,以确保系统高效运行及后期维护便利。施工阶段,管道的精准安装尤为关键,由于空调与通风系统管道需要穿越多个楼层,确保与其他系统不发生冲突并保持气流、水流畅通是首要任务^[3]。管道走向、风机选型及室内机位置设计需精心安排,以确保系统静音运行并优化空调效果,避免噪音或空气流通不畅。在高层建筑中,不同楼层的冷热负荷差异较大,设计时需考虑采用分区控制和智能调节技术,确保最佳节能效果。系统调试阶段要精准操作,避免局部区域空气滞留或污染问题。此外,施工时还需预留足够的空间和设置检修口,以便未来的检修与维护顺利进行。

4 结语

超高层建筑机电施工是一项充满挑战的工程,涉及技术难题、空间限制以及资源配置等多个方面。各项工作的精确协调是施工团队的首要任务,确保每个施工环节能够高效、顺利地推进。在机电系统的设计、安装及调试过程中,精细化管理和高水平的专业技术能力尤为关键。只有通过科学规划与高效执行,项目才能按时完成,达到预定的质量与安全标准,从而确保建筑能够稳定且长期地运行。

【参考文献】

- [1]吴阿莉,李静娇.超高层建筑机电工程施工技术与管理[J].建筑结构,2022,52(21):169.
- [2]周红雨,胡平.浅析超高层建筑机电安装工程施工技术要点[J].建筑安全,2022,37(9):39-42.
- [3]黄霜微.超高层建筑机电工程施工技术的分析[J].中国设备工程,2025(2):215-217.

作者简介:赵建康(1994.9—),毕业院校:辽宁工业大学,所学专业:工程管理,当前就职单位:中土城联工程建设有限公司,职务:经理,职称级别:初级工程师。

市政工程质量检测的要点及方法研究

李 阳 陈萌萌*

衡水市建设工程质量检测中心有限责任公司, 河北 衡水 053000

[摘要] 文中论述了市政工程质量检测的要点和方法, 详细分析了材料、施工过程和成品质量检测的重点, 以及外观、仪器、无损检测和取样等检验方法。最后, 总结研究成果, 为市政工程质量检测提供全面系统的参考, 确保市政工程质量, 促进城市建设健康发展

[关键词] 市政工程; 质量; 方法研究

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15378

中图分类号: TU522.09

文献标识码: A

Research on the Key Points and Methods of Quality Inspection in Municipal Engineering

LI Yang, CHEN Mengmeng*

Hengshui Construction Engineering Quality Testing Center Co., Ltd., Hengshui, Hebei, 053000, China

Abstract: This article discusses the key points and methods of municipal engineering quality inspection, analyzes in detail the key points of material, construction process, and finished product quality inspection, as well as inspection methods such as appearance, instruments, non-destructive testing, and sampling. Finally, summarize the research results to provide a comprehensive and systematic reference for the quality inspection of municipal engineering, ensure the quality of municipal engineering, and promote the healthy development of urban construction

Keywords: municipal engineering; quality; method research

引言

市政工程作为城市建设的核心组成部分, 城市建设涵盖了道路、桥梁、排水、供水等许多基础设施。对城市的正常运行和居民的生活质量起着至关重要的作用。随着城市化进程的加快, 市政工程规模不断扩大, 结构形式日益复杂。与此同时, 社会对工程质量的期望和要求也在不断提高。在此背景下, 质量检测面临着新的挑战和要求, 因此, 对市政工程质量控制的关键点和方法进行深入研究具有重大的现实紧迫性和必要性, 这是确保市政工程质量达标的关键因素。

1 市政工程质量检测的重要性

1.1 保障工程安全稳定

市政技术的安全性和稳定性是城市运营的基石。例如, 在道路施工中, 不进行路基质量检测, 不及时发现填土不合格或压实不足等问题, 可能会导致道路在运营过程中坍塌, 严重影响行车安全。例如, 在桥梁施工中, 如果对桥墩和桥台等重要结构部件的质量检测疏忽大意, 混凝土浇筑质量差, 钢筋喷射或焊接不符合设计要求, 这可能会导致结构危险, 甚至在桥梁受载时发生坍塌事故。这些案例充分表明, 严格的质量控制是避免安全问题、确保市政工程施工设备安全稳定的必要条件。

1.2 提升工程使用寿命

市政工程的寿命直接影响城市基础设施的更新周期和资源效率。例如, 一些早期建造的市政设施由于质量控

制不足, 缺乏有效的检测和维护方法, 在短时间内遭受了严重损坏, 如坑洼、裂缝等。由于材料测试不足或缺乏施工质量检测, 一些排水管已经腐蚀、泄漏, 过早失去了排水功能。相反, 通过合理全面的质量检查, 可以及早发现项目施工和使用过程中的潜在质量问题, 及时采取有针对性的维修和加固措施, 有效延长项目寿命, 减少资源浪费, 避免双重建设成本。

1.3 维护公众利益

市政技术与公众的日常生活息息相关, 其质量直接体现在市民出行的便利性、生活给排水的畅通性、城市环境的舒适性等各个方面。例如, 高质量的供水项目可以确保居民获得清洁安全的饮用水; 排水系统的有效运行可以避免城市内涝, 确保居民生活区不受积水影响。质量控制作为保证市政工程质量的重要手段, 就像一道稳定的屏障, 有效地维护了人民的正常生活秩序和切身利益, 让公民充分享受城市建设的舒适和便利。

2 市政工程质量检测要点分析

2.1 材料质量检测要点

2.1.1 常用材料检测指标

在市政工程中, 常用材料的质量控制指标是保证工程质量的基本要素。以钢筋为例, 它们的拉伸和冷弯试验是决定性的。拉伸试验可以确定钢筋的屈服强度、抗拉强度和伸长率等参数, 这些参数直接反映了钢筋在应力下的力学性能。如果钢筋的屈服强度和抗拉强度不符合标准, 钢

筋在建筑结构中受到应力时可能会过早屈服或断裂,导致结构损坏。冷弯试验可以测试钢筋的塑性变形能力。如果冷弯性能不合格,钢筋在加工或使用过程中容易发生脆性断裂。

水泥作为另一种关键材料,需要对细度、初凝时间、终凝时间和稳定性等指标进行测试。水泥的细度影响其水化反应和强度发展,太粗或太细都会导致混凝土强度不足。初始设置时间和最终设置时间必须满足项目的施工要求。初始设置时间短会使混凝土施工工作复杂化,而设置时间长则会影响项目的进度。水泥稳定性差会导致混凝土硬化过程中体积变化不均匀,导致混凝土开裂,严重影响结构的整体完整性和耐久性。

2.1.2 新材料检测考量

随着技术的不断发展,新材料在市政技术中的应用越来越多。例如,新型环保建筑涂料、高强度复合材料等。除了常规的性能指标外,这些新材料还必须考虑一些特殊的测试点。以新型涂料为例,除了测试其常规性能,如油漆、附着力和耐水性外,还需要考虑其与各种基材的相容性,因为在市政工程中,涂料应用于混凝土、金属、砖等不同材料的表面。必须应用。如果耐受性差,可能会出现涂层剥落和起泡等问题。同时,对于一些在特殊环境中使用的新材料,如沿海地区或化工园区附近的市政植物材料,需要对其耐腐蚀性、耐候性等特殊环境适应性指标进行测试,以确保材料能够在恶劣环境中长期稳定地发挥作用。

2.2 施工过程检测要点

2.2.1 路基施工检测

在道路施工的路基施工过程中,检查工作贯穿于整个过程。路基填料的质量是首要的检测点,填料的粒径、分选、含水量等指标必须符合设计要求。如果填料的粒径太大,会导致路基压实不均匀,影响路基的稳定性;如果含水量过高,会导致路基压实过程中出现“弹簧”现象,无法达到规定的压实度。

层厚和压实质量也是重要的试验内容。路基通常需要分层填筑和压实,每层的厚度应严格控制在设计区域内。过度分层使得难以确保压实效果,而过度稀释则增加了施工成本和工期。在压实过程中,有必要检查压实设备的类型、吨位、压实步数和压实速度,以确保路基符合规定的压实标准。例如,通过填砂和环切等方法定期检查路基的压实度。如果压实度不足,路基在以后使用过程中容易沉降变形,影响道路的平整度和驾驶舒适性。

2.2.2 结构施工检测

以桥梁施工为例,桥梁支柱和桥台等重要构件的混凝土浇筑质量检测尤为重要。混凝土的配合比必须严格按照设计要求控制,试验内容包括水泥、骨料和添加剂等原材料的配料精度,以及混凝土的浇筑和加工性能等加工性能指标。在浇筑过程中,要保证混凝土的密实度,避免蜂窝、

粗糙表面和孔洞等质量缺陷。混凝土内部的密实度可以通过超声波检测等方法来证明。

钢筋的布置和焊接质量不容忽视。检验员必须核实钢筋的数量、规格和间距是否符合设计图纸的要求。钢筋焊接接头的质量应符合相应的规范和标准,如焊接接头的抗拉强度和焊缝的外观质量。例如,如果焊接质量不符合焊接接头抗拉强度测试标准,焊接接头最初可能会在桥梁上的负载下失效,从而危及整个桥梁施工的安全。

2.3 成品质量检测要点

2.3.1 外观检测要点

成品外观检验是市政质量检验中直观的一部分。对于市政道路,有必要检查路面是否有裂缝、坑洼、剥落等现象。路面裂缝可能是由混凝土收缩、温度应力或基层沉积不均匀等因素引起的。裂缝的存在不仅会影响道路的美观,还会缩短其使用寿命。在严重的情况下,它会渗透到基层的雨水,进一步破坏路基的结构。凹坑和剥落会影响驾驶的舒适性和安全性。

用于路灯、公交车站等市政设施。必须检查其外观是否有损坏、变形、生锈和其他情况。例如,路灯杆的腐蚀会削弱其结构强度,并导致其在恶劣天气条件下翻倒,对行人和车辆构成安全威胁。虽然这些外观问题可能看起来很肤浅,但它们通常反映了在施工过程中可能出现的潜在质量风险,或者在项目后期使用过程中维护不足。

2.3.2 功能性检测要点

功能测试是衡量市政技术是否符合设计和使用要求的重要步骤。在排水技术中,管道的排水能力是核心测试点之一。通过进行闭水或通水试验,验证管道的排水量在规定时间内符合设计流量要求,以及管道中是否有泄漏。如果排水管的排水能力不足,这可能会导致雨季或用水高峰期的城市内涝,给市民的生活和城市运营带来极大的不便。

对于污水处理厂等市政设施来说,证明废水处理的效率至关重要。有必要检查处理后的废水的不同污染物指标是否符合排放标准,如化学需氧量(COD)、生化需氧量(BSB)、氨氮等指标的去除率是否符合要求。只有保证污水处理厂的正常运行,才能有效保护城市水环境,实现水资源的循环利用。

3 市政工程质量检测常用方法

3.1 外观检测法

3.1.1 目视检查应用

目视检查是市政质量检查中最基本、最常用的方法之一。在测试路面平整度时,检查员可以检测到明显的平整度问题,如坑洼、不平整、波浪等。通过直接目视观察路面快速检测。道路标记的清晰度和完整性以及道路标志位置的准确性也可以通过目视检查提前评估。在市政设施的目视检查方面,目视检查可以提供直观的信息,例如检查瓷砖与建筑物外墙的黏附质量,是否有空心和剥落现象,市政栏杆的安装是否牢

固,表面是否有划痕。然而,目视检查的范围和准确性有一定的局限性,很难检测到一些内部缺陷或微妙的质量问题,这些问题通常需要结合其他检测方法进行全面评估。

3.1.2 触摸敲击检测

触摸和敲击检测在砌体结构的质量检测中具有独特的应用价值。通过用手触摸砌体表面,检查员可以感觉到其平整度、光滑度以及是否有明显的不规则或裂缝。例如,如果检测到砖墙,如果墙面上有不连续的波浪或裂缝,这可能表明砌体存在质量问题。敲击检测是通过用工具(如小锤子)仔细敲击砌体表面,并根据敲击声确定内部是否有空洞来实现的。敲击空心鼓区域时,声音清脆,而敲击密集区域时声音相对沉闷。这种方法简单易行,但需要丰富的经验和明显的听觉判断才能准确识别质量缺陷。

3.2 仪器检测法

3.2.1 超声波检测仪应用

超声波探测器通常用于市政质量检测,以检测混凝土中的内部结构。检测原理基于超声波在混凝土中传播并遇到不同介质界面(如混凝土与空腔、裂缝之间的界面)时的反射、折射和散射现象。通过发射超声脉冲和接收反射波,根据反射波的时间、振幅和频率等参数分析混凝土的内部结构。例如,如果检测到混凝土桥柱内存在空腔,则将超声波探头放置在混凝土表面并发出超声脉冲。如果混凝土中有空腔,超声波会在空腔边界产生强烈的反射。通过分析反射波的特性,可以确定腔体的位置、大小和形状。在操作过程中,需要注意探头的放置和间距,以确保检测结果的准确性。同时,专业人员对测试结果的解释需要根据实际技术情况和相关标准规范进行综合评估。

3.2.2 回弹仪使用

回弹仪是测量混凝土强度的常用仪器。其工作原理是利用拉伸弹簧驱动拉伸弹簧锤,测量拉伸弹簧锤撞击混凝土表面后的距离(拉伸弹簧值),并根据拉伸弹簧值与混凝土强度之间的经验关系将其转换为混凝土的强度值。使用回弹测试仪时,首先确保仪器已校准并处于正常工作状态,同时考虑回弹操作过程中角度、力和测量点分布等因素。例如,冲击角应尽可能垂直于混凝土试验表面,否则会影响反冲值的准确性。测量点应均匀分布在混凝土构件的表面,以避免在局部故障区域进行集中测试。回弹仪适用于一般混凝土结构的强度测试,但对于某些特殊类型的混凝土(如高强混凝土、轻质混凝土等)或具有特殊表面处理(如厚涂层或碳化层)的混凝土,测试结果可能存在一定误差,需要结合其他测试方法进行验证。

3.3 无损检测法

3.3.1 射线检测

射线照相检查是一种通过使用辐射穿透物体而不损坏其结构来检测内部缺陷的方法。在市政工程中,它被广

泛用于提高焊接接头的质量,如桥梁钢结构焊接接头、管道焊缝等。当辐射穿过被测物体时,内部缺陷区域(如孔隙、夹渣、未穿透等)对辐射的吸收发生变化,导致X射线胶片上的图像不同。通过观察和分析X射线胶片上的图像特征,可以确定焊接区域的质量。例如,在测试桥梁钢结构的焊接接头时,将辐射源放置在一侧,薄膜放置在另一侧,辐射穿透焊接接头并在薄膜上形成图像。如果焊缝中有气孔,箔片上会出现圆形或椭圆形的黑色图像。由于辐射的类型,在辐射检测过程中必须严格遵守相关的安全操作规程,为操作人员提供有效的保护,防止辐射伤害

3.3.2 电磁检测

电磁检测是利用电磁感应原理检测市政工程建设中钢筋的分布和腐蚀情况。当检测钢棒的分布时,向被测结构施加交变磁场,钢棒在磁场的作用下产生感应电流,从而形成二次磁场。通过检测二次磁场的分布,可以确定钢筋的位置、数量、直径等信息。例如,在检测混凝土结构中钢筋的排列时,电磁检测仪器的探头在混凝土表面移动,仪器根据接收到的二次磁场信号显示钢筋的位置和相关参数。为了检测钢筋腐蚀,腐蚀钢筋的电导率和磁导率会发生变化。电磁检测仪器可以检测到这些变化,以确定钢材是否被腐蚀以及腐蚀程度。电磁检测方法具有无接触、检测速度快的优点,适用于大面积钢结构的快速检测。然而,人口稠密地区或深钢筋的检测精度可能会在一定程度上受到影响。

4 结语

通过对市政工程质量检测要点和方法的系统研究,阐明了市政工程质量检测要点涵盖多个方面,相互联系,共同保证工程质量,不同的检测方法在市政工程质量检测中起着独特而重要的作用。各类检测方法对提高市政工程质量、满足城市发展需求、保障公众生活质量具有重要现实意义。它们可以为未来的市政工程和监测工作提供强有力的理论支持和实践指导。

[参考文献]

- [1]张丽春.市政工程质量检测对工程质量的重要性研究[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2023(2):2777-2778.
 - [2]刘国平.市政桥梁工程常规质量检测技术分析研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(1):4.
 - [3]阮廷辉.市政道路路基质量控制检测方法研究[J].工程技术研究,2023(21):29-31.
- 作者简介:李阳(1997.9—),男,学历:本科,毕业院校:燕山大学,所学专业:土木工程,目前职称:工程师,目前就职单位:衡水市建设工程质量检测中心有限责任公司;*通讯作者:陈萌萌(1987.11—),女,学历:本科,毕业院校:燕山大学,所学专业:土木工程,目前职称:工程师,目前就职单位:衡水市建设工程质量检测中心有限责任公司。

市政道桥施工安全管理措施分析

张少帅

涡阳市政建设集团有限公司, 安徽 亳州 233600

[摘要] 伴随着经济的发展和进步, 我国的交通工程获得了非常快速的提升, 而市政道桥建设是当前城市中的主要工程之一, 这与城市的建设速度以及位置经济有着直接的联系, 现在全球经济发展情况下, 此工程与社会的实际发展更紧密相连, 从这种市政道桥工程的安全方面来考虑, 在保证工程建设进度的前提下, 安全与人们的生命财产安全关系尤为为重要, 从当前我国市政道桥工程中的安全工作现状来看, 仍然存在一些问, 因此如何将安全问题加以更好的管理是至关重要的研究问题, 下面文章将会就相关内容进行分析, 以供参考。

[关键词] 市政道桥; 施工安全; 安全管理; 管理措施

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15361

中图分类号: U415.12

文献标识码: A

Analysis of Safety Management Measures for Municipal Road and Bridge Construction

ZHANG Shaoshuai

Woyang Municipal Construction Group Co., Ltd., Bozhou, Anhui, 233600, China

Abstract: With the development and progress of the economy, Chinese transportation engineering has achieved rapid improvement, and municipal road and bridge construction is one of the main projects in current cities, which is directly related to the construction speed and location economy of the city. In the current global economic development situation, this project is more closely related to the actual development of society. From the perspective of safety in municipal road and bridge engineering, the relationship between safety and people's life and property safety is particularly important while ensuring the progress of engineering construction. From the current situation of safety work in municipal road and bridge engineering in China, there are still some problems, so how to better manage safety issues is a crucial research problem. The following article will analyze the content for reference.

Keywords: municipal road and bridge; construction safety; safety management; management measures

引言

市政道桥建设作为城市基础设施的重要组成部分, 承担着交通运输与城市发展的多重职责。随着经济的快速发展及城市化进程的推进, 市政道桥工程的规模与复杂性不断加大, 施工过程中暴露出的安全管理问题愈发突出。若未能有效管理高空作业、机械操作、深基坑开挖等安全隐患, 事故的发生极易被引发, 进而对人员安全、施工进度及工程质量产生重大影响。施工安全管理的有效性, 直接决定了项目能否顺利完成, 亦关系到社会公共安全的保障。加强安全管理措施, 完善施工现场安全监督机制, 已成为市政道桥建设中不可忽视的重要任务。本文将分析市政道桥施工安全管理现状及存在的问题, 提出切实可行的对策与建议, 旨在提升施工安全管理水平, 降低事故发生频率, 为市政道桥工程的安全顺利实施提供保障。

1 市政道桥施工安全管理的重要性

市政道桥施工安全管理的重要性不可忽视, 工程项目的顺利进行、施工人员的生命安全以及社会的稳定与和谐, 均直接受到其影响。随着城市化进程的加速, 市政道桥建设的规模与复杂性不断提升, 随之而来施工安全风险也在不断增加。施工现场涉及大量机械设备、高空作业、深基

坑等高风险环节, 任何一处疏忽均可能引发安全事故, 带来严重的人员伤亡、设备损坏甚至环境污染等问题。若未能采取有效的安全管理措施, 不仅可能导致事故发生, 还可能造成由安全问题引发的经济损失, 进而影响工程的按时完成及质量要求的实现。与此同时, 安全管理有助于规范施工人员的行为, 提升他们的安全意识, 增强整体施工团队的凝聚力与执行力。通过建立健全的安全管理制度、完善安全操作规范、加强现场安全检查等措施, 企业的社会责任感不仅能得到增强, 还能塑造良好的企业形象, 为行业的可持续发展奠定坚实基础。市政道桥施工安全管理, 作为施工过程中的重要环节, 不仅是确保项目高效、高质量完成的基础保障。

2 当前市政道桥施工安全管理中的主要问题

2.1 缺乏安全管理意识

在当前市政道桥施工安全管理中, 缺乏安全管理意识已成为一个突出问题。安全管理常被许多施工单位及其工作人员视为附加任务, 而非工程实施的核心要素, 未能充分重视其重要性。一部分项目负责人及施工人员存有侥幸心理, 认为事故与自己无关, 或低估了施工过程中潜在的安全隐患。这种缺乏安全意识的现象, 导致了安全管理措

施的松懈,潜在风险未能及时识别和应对。尤其在一些小型施工队伍中,安全培训与管理制度往往不到位,施工人员的安全操作技能较为薄弱,安全责任心也不足,基本安全要求在施工中容易被忽视。此外,由于市场竞争压力与工程进度要求,部分施工单位可能在压缩工期的过程中牺牲安全管理,安全管理与施工进度之间的矛盾由此而生。

2.2 缺乏完善的施工安全管理制度

当前市政道桥施工安全管理中,缺乏完善的安全管理制度已成为一个突出问题。尽管许多施工单位已制定相关的安全管理规定,但这些制度往往存在不够全面、执行不到位或措施不力等问题。施工过程中可能遇到的复杂情况及特殊环境,未能有效地被针对性设计入安全管理制度,导致潜在的安全隐患未能得到充分预防与应对。同时,制度的执行力度较弱,尽管有相关规定,但在实际施工现场,由于监管不力或执行不严格,安全制度往往形同虚设。许多施工人员对安全制度的理解不深,部分项目甚至未定期开展安全检查或隐患排查,安全管理工作易沦为形式化^[1]。此外,施工安全管理制度的更新与完善进展缓慢,新的安全技术及管理方法未能及时跟进,导致安全管理手段与工具滞后,难以应对现代施工中的安全挑战。

2.3 施工安全管理力度偏低

尽管施工现场常常面临各种潜在的安全风险,许多安全管理措施未能有效落实,根源在于管理力度的不足。部分施工单位在项目初期虽已制定了安全管理规划,但随着工程的推进,管理人员对安全监督的关注逐渐减少,导致安全管理工作走向形式化。安全检查与隐患排查的频次明显不足,相关安全设施与设备的投入也未能按标准要求执行。与此同时,现场管理人员的安全责任心较为薄弱,部分施工队伍的安全员职责不明确,甚至存在安全管理人员短缺的情况,这些问题严重影响了安全管理的执行力与效果。由于现场管理人员常常面临进度与成本的双重压力,安全管理被置于次要位置,施工过程中的安全需求未能得到充分保障。

2.4 安全教育不到位

在市政道桥施工安全管理中,安全教育不足是一个普遍存在的问题。尽管许多施工单位已意识到安全教育的重要性,但在实际执行过程中,常常存在诸多不足之处。部分施工人员,尤其是临时工与外包工,未能接受全面的安全培训,导致对安全操作规程的了解与实际操作能力不足。与此同时,安全教育的频率与内容常常不到位,许多单位仅在项目初期进行一次性培训,而在施工过程中定期的再教育与安全知识更新往往被忽视。如此一来,工人对潜在的安全风险缺乏足够警觉,一旦面临紧急情况或突发事件,往往无法做出正确反应,从而增加了事故发生的风险^[2]。此外,部分施工单位的安全教育方式过于单一,多依赖理论授课,缺乏实际操作与情景模拟训练,这种方式无法有

效提升工人应对实际危险的能力。

3 加强市政道桥施工安全管理的有效对策

3.1 加强施工现场管理

加强市政道桥施工现场的管理,对于确保施工安全至关重要,能够有效地降低施工过程中潜在的安全风险。现场安全管理制度的严格执行,确保每项安全措施落到实处,是基础要求。定期巡查施工现场,及时发现安全隐患,尤其是在高风险作业区域,如深基坑、高空作业及大型机械操作等,现场管理人员需承担重要责任。通过及早排查、整改与预防,安全隐患能够有效消除。施工现场的安全设施应齐全且规范,安全防护栏、警示标志以及安全通道等,施工前应做好详细规划,确保在紧急情况下为施工人员提供必要的保护。在复杂的施工环境中,安全防护措施的精细设计与实施尤为重要,这能够显著降低事故发生的可能性。施工机械与设备的管理也不容忽视,定期进行安全检查与维护,是确保设备处于良好工作状态的必要条件,避免因设备故障引发安全事故。同时,人员管理同样是施工现场安全的重要一环,所有施工人员必须接受安全教育与培训,确保其理解并掌握安全操作规程。施工过程中,施工人员的安全行为应持续受到现场管理人员的监督,防止违章操作与疏忽。最后,完善的应急预案应予以建立,确保在发生突发安全事故时,能够迅速响应并有效处置。

3.2 完善施工安全管理制度

完善市政道桥施工安全管理制度是确保施工安全的关键措施之一。这不仅有助于提供具体的操作规范,更重要的是通过构建制度化、规范化的安全管理体系,从根本上减少施工过程中的潜在安全隐患。安全管理制度必须具有全面性与系统性,涵盖施工全过程的每个环节,包括准备阶段、实施阶段及竣工验收阶段。施工过程中的各类安全要求,例如安全标识、现场防护措施、设备操作标准等,应在制度中详细规定,以确保每项工作都在清晰的规范下进行。实施安全管理制度时,应强调细化与层级化管理,各岗位的安全职责必须明确划分,确保每个管理人员和施工人员都清楚自己的责任与任务。特别是在高风险作业区域,如深基坑、高空作业以及危险物料运输等领域,专门的安全操作规程应予制定,并严格监督执行,任何安全违规行为应被杜绝。制度的动态调整能力,也是其成功的关键。根据施工现场的实际情况以及可能出现的突发事故,安全管理内容应及时调整,确保制度始终适应现场的需求^[3]。严格的监督与考核机制,也依赖于有效的制度实施,应定期对安全管理制度的执行情况进行检查与评估,及时发现问题并采取纠正措施。制度的落实,不仅需要管理层的重视,还需通过全员的参与与执行,确保安全理念贯穿整个施工过程的每个环节。

3.3 建立施工安全评价体系

建立施工安全评价体系是提升市政道桥施工安全管

理水平的关键手段之一,它为施工安全管理提供了科学依据,并通过系统评估识别与预防潜在的安全隐患。该体系应覆盖施工全过程,从前期到后期的每个环节都应进行安全性评估。在前期阶段,设计方案的安全性需要关注,潜在的安全隐患是否存在于设计图纸中,应进行检查,施工技术方案的可信性及其是否符合安全标准,也应予以评估。施工过程中,施工现场的安全状况应定期进行评估,包括施工人员的安全操作、设备的使用状况,以及施工环境的变化等因素。至施工后期,施工质量及完工后的使用安全应进行检验,确保项目交付时符合国家及行业的安全标准。该体系的构建应基于风险管理理论,结合具体施工现场的实际条件,定量与定性分析应当进行,潜在风险发生的概率及其可能带来的危害也需评估。通过对不同风险因素的综合评估,高风险领域能够被识别,管理人员可采取针对性措施进行防范。评价体系的有效性,还体现在其与日常安全检查及管理工作的密切结合,能够通过持续监控及时发现管理中的不足,并依据评估结果对安全管理措施进行优化与调整。此外,评价体系应具备动态调整能力,施工过程中出现的变化,如天气变化、施工工艺调整、新技术应用等,仍能保持高效的安全管理水平。最终,成功的安全评价体系需要保证信息的透明与共享。安全评价结果及改进建议,应能及时获取,所有相关人员都能确保安全管理的每个环节能够追溯,保障施工过程中的各项安全措施的有效落实。

3.4 注重安全教育培训

提升市政道桥施工安全管理水平的关键措施之一,是注重安全教育培训。施工现场的安全风险复杂多变,涉及高空作业、深基坑开挖、重型机械操作等多个领域,这要求施工人员具备高度的安全意识与应对突发情况的能力。安全教育培训不仅能帮助施工人员掌握必要的安全知识,还能培养他们良好的安全操作习惯,从而有效预防事故的发生。培训内容应根据不同岗位的要求与工作环节的特点进行有针对性地设计。例如,针对一线施工人员,操作安全规范、个人防护措施的正确使用及常见事故的预防,培训应重点强调;而对管理层人员,则应注重培训风险评估与控制、事故处理流程,以及如何有效实施现场安全监督等管理技能。培训方式应多样化,不应仅限于传统的课堂讲解,现场演练、模拟操作等方式应结合实际施工环境,增强实际操作能力。例如,紧急救援和设备故障处理等场景的演练,能够帮助施工人员在应对突发情况时保持冷静,提高处理能力,确保事故发生时能迅速有效地应对^[4]。为了保证培训的效果,必须建立完善的考核机制,定期检查培训成果的落实情况,确保培训内容得到实际应用。安全教育培训不仅仅是一项单次任务,而应贯穿施工全过程,定期再培

训应当进行,以及及时更新施工人员对新技术和新设备带来的风险的认识,确保安全知识的持续更新与有效实施。

3.5 现场巡视与旁站检查

现场巡视与旁站检查,是市政道桥施工安全管理中不可或缺的手段,保障施工现场安全及预防事故方面,起着关键作用。安全管理人员根据既定计划,进行定期或不定期的巡视,巡视重点应关注施工设备的运行状况、施工人员的操作规范、施工环境的安全性以及安全防护设施的完备程度。施工现场的动态变化,巡视人员应全面掌握,及时发现潜在的安全隐患,并采取相应的纠正措施,以确保各项安全要求在施工过程中得到落实。与巡视不同,旁站检查是一种更加细致的安全监控方式,特别适用于高风险作业或关键施工环节。在旁站检查过程中,安全管理人员将全程跟踪重要施工环节的执行情况,确保施工人员按照操作规程和安全要求进行作业。通过实时监督与指导,能够有效避免操作不当或忽视安全细节的现象,及时纠正不符合安全标准的行为。现场巡视与旁站检查应形成闭环管理,问题不仅要发现,且应详细记录并跟踪问题的整改进展,定期进行总结与分析,以确保安全隐患得到彻底排除。

4 结语

市政道桥施工安全管理在保障工程顺利推进、确保施工人员安全以及提升工程质量方面发挥着至关重要的作用。当前,虽然市政道桥施工安全管理已经取得了一定成效,但仍面临着诸多挑战和问题,如安全意识不足、安全管理制度不完善、管理力度偏低等。因此,提升安全管理水平,强化安全教育培训、完善管理制度、加强现场监督与检查,已成为解决问题的关键所在。只有通过多方面的措施协同推进,才能有效控制施工过程中的安全风险,确保市政道桥工程的顺利完成。未来,随着安全管理技术的不断创新与发展,市政道桥施工的安全管理将不断完善,为社会提供更加安全、可靠的交通基础设施,促进城市建设和发展。

【参考文献】

- [1]裴小龙.市政道桥施工安全管理措施探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2018(2):60-61.
 - [2]王浩,李涛,陈邦.市政道桥施工安全管理措施探讨[J].住宅与房地产,2017(5):171.
 - [3]高春雷.市政道桥施工安全管理措施分析[J].中国市场,2016(4):39-40.
 - [4]王凤国.市政工程道桥施工管理措施分析[J].科技风,2017(23):101.
- 作者简介:张少帅(1989.5—),毕业院校:国防大学政治学院,所学专业:法学,当前就任单位:涡阳市政建设集团有限公司,职称级别:助理工程师。

联合体承包模式中设计院牵头管理效能的提升策略

桂升位 吴安杰

中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430014

[摘要] 本文将以某老旧小区小巷综合改造提升 EPC 总承包项目为背景, 结合设计院在现场实际管理中存在的问题, 进而带来的工期、质量乃至安全等各方面的影响, 深度分析产生上述问题和影响的内在原因, 以期后续联合体模式下设计院最大限度发挥牵头管理作用提供切实可行的思路借鉴, 最终能够为推动 EPC 总承包管理向纵深发展做出积极贡献。

[关键词] 联合体承包模式; EPC 总承包项目; 管理

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15358

中图分类号: F42

文献标识码: A

Strategies for Enhancing Management Efficiency Led by Design Institutes in the Joint Venture Contracting Model

GUI Shengwei, WU Anjie

Central & Southern China Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430014, China

Abstract: This article will take the comprehensive renovation of a small alley in an old residential area to enhance the EPC general contracting project as the background, combined with the problems existing in the actual management of the design institute on site, and the resulting impacts on various aspects such as construction period, quality, and safety. It will deeply analyze the internal reasons for the above problems and impacts, in order to provide practical and feasible ideas for the design institute to maximize its leading management role under the subsequent consortium model, and ultimately make positive contributions to promoting the development of EPC general contracting management in depth.

Keywords: consortium contracting model; EPC general contracting project; management

1 背景阐述

该老旧小区小巷综合改造提升 EPC 总承包项目, 项目总投资 9090.9 万元, 合同工期约定为 6 个月, 采用 EPC 总承包联合体模式, 设计单位为联合体牵头单位, 勘察单位与施工单位为联合体成员单位。整个项目改造重点为社区地块雨污分流改造、低排区积涝点整治、供水电气管线改造、景观绿化改造、建筑立面屋面改造、休闲广场建设等配套基础设施改造完善, 占地面积约 16.58 万 m^2 , 涉及 22 个居住小区, 12 个企事业单位。

项目属于典型的老旧小区, 以自建房屋居多, 房屋老旧, 错落排列, 进出巷道狭窄, 地下水电燃气管线交错复杂, 外墙墙面涂料脱落, 屋面渗漏严重, 私拉乱接突出, 积涝点常年雨天积水, 面临群众压力大, 且地块周边有地铁线路施工, 给项目勘察设计施工带来极大困难。

自 2021 年 12 月 15 日开工, 至 2023 年 6 月 20 日项目完成收尾, 历时 1 年半有余, 严重超出合同约定工期, 即使排除新冠不可抗力因素影响, 也反映出项目建设中存在的问题, 而设计院的牵头管理也是有其问题所在。

2 问题剖析

2.1 地勘资料失实, 设计图纸与现场实际严重不符, 阻碍施工顺利进展

整个项目地勘资料过于粗糙, 出现多点位设计图纸与现场实际不符的情况, 特别是地下雨污分流改造过程中,

无论是开挖破坏水电气管线还是新建管线路由偏离实际排口, 都严重阻碍了施工的正常进行。以雨污水下游现状排口物探位置不准确或出现假井为例, 依照设计图纸施工前摸排才发现, 这样就不得不现场二次排查确定新的排口位置, 如此一来, 就必须从源头位置修改, 重新确定设计图纸, 多次出现直接推翻原有设计图纸的情况, 假井附近又无新的排口的话甚至需要改变附近牵连到的所有管线路由, 极大增加了设计的工作量, 工期延误, 机械人员闲置, EPC 项目管理成本无形中增加, 降低项目创收效益。由此, 我们分析出现上述问题的原因有两个方面: 一是勘察单位对项目人员精力投入不足, 过于依赖现状水电气等施工竣工图, 实地勘探点位布置过于分散, 出现很多重要点位漏查少查; 另一方面, 地勘人员对初步设计意图理解不到位, 未真正理解整个初步设计的指导思路, 或者说设计人员与地勘人员之间关于初步设计意图沟通不到位, 地勘人员在拿到勘察任务委托书后, 即匆忙投入现场勘探中, 未能与设计人员保持深入沟通, 划分现场勘探重点。

2.2 老旧小区改造涉及多专业, 图纸冲突矛盾多, 现场返工问题突出

老旧小区改造涉及地下雨污分流改造, 水电气管线预埋, 地上涉及屋面外立面改造, 景观绿化, 智能监控等, 专业涵盖给排水、建筑、景观、电气、结构、道路等, 各专业设计人员更多从本专业角度优化设计, 难于做到面面

俱到。特别是现场智能监控、结构预埋等需要提前预埋的部分,预埋偏位,漏埋少埋等问题突出,地下部分恢复后施工地上部分后知后觉,进而造成很多不必要的返工,既不美观,破坏原有路面结构的整体性,又造成了经济效益的流失。我们分析,出现上述问题的原因:第一是面对多专业交叉设计缺乏统筹管理,各专业间更多是点对点交流,突出解决当下问题;缺乏一个统筹各专业的资深人员,从全局出发考虑各专业设计的适用性与协调性,进而链接各专业设计成果,形成一个功能覆盖,实际可执行的系统工程;第二是因为老旧小区改造的繁杂性,各专业设计人员对施工人员的交底频次过少,指导意义达不到执行的深度。这样就出现要么未理解设计意图,要么理解了设计意图因种种条件限制施工受阻;第三是施工人员本身素质参差不齐,同时又涉及到多专业交叉作业,所以难免会是对施工技术人员能力的一次考验。项目群体技术管理人员偏年轻化,流动性较大,工作衔接连贯不到位,也是导致返工出现的重要因素。

2.3 私营施工单位管理不规范,制度落实差,存在野蛮施工

项目施工单位为本地一家私营施工单位,管理制度落实不到位,现场管理不规范,加之项目本身专业繁多,涉及面广,进一步导致管理漏洞、管理死角的放大。同时,施工人员与设计人员未充分做到协同联动,遇到问题凭经验办事现场普遍,先按经验施工,后上图的错误做法,忽略设计规范,同时也为返工埋下隐患。我们深入分析出现上述问题最重要的一点原因是施工人员与设计人员的协同联动不主动,设计院作为EPC联合体牵头单位,局限于设计本身,未能对施工单位无论是设计协调还是现场管理上做到真正的牵头管理;另外一点是联合体施工单位本身技术管理能力薄弱,无法与设计院牵头管理做到相应的平衡;最后一点就是设计院的牵头管理未落实,针对野蛮施工未及时采取相应的管理手段予以制止,这也体现了设计院本身思维方式的固化,只顾设计而忽略了牵头单位的责任,意识上弱化了牵头单位的管理权利。

2.4 施工单位不听取牵头单位的管理,牵头管理成效欠佳

EPC联合体模式下,即使牵头单位开始有意识对施工单位进行质量、安全和进度方面的管理,但施工单位不听取管理,存在抵触情绪,意识里还是认为施工单位负责施工,设计单位负责设计。这样就导致作为牵头单位的设计院对他们的管理受到各种各样的阻碍,同时作为联合体,从内心上认为本是一家亲,进一步弱化了对施工单位的管理,久而久之,对施工单位的管理就更加难于掌控。基于此,我们认为一方面是施工单位意识还未扭转,还是简单地认为施工是施工,设计是设计,对EPC总承包模式缺乏深刻的认识;另外一方面就是设计院作为牵头单位,管理手段单一或者说偏软,未能找到管住管好的方法与抓手,

缺乏管下去的意识与决心,对现场管理参与度不足,不能很好地抓住管理要害。当然,我们也要看到无论是EPC总承包管理意识的建立与提升,还是EPC管理模式、管理方法的改进与完善,从我国建筑业现实出发,都需要一个长时间的摸索过程,而非一朝一夕的事。

3 未来展望

时代在发展,建筑业也在发生深刻变革。以设计为主业的传统设计院大都在迫切往EPC总承包模式转型,融合了勘察、设计、采购、施工乃至运营的EPC总承包模式既是业主想要的精简管理模式,也让设计院有了更多的话语权,各个项目阶段的衔接可以顺畅高效进行,缩短了整个项目的建设周期,投资也可控。

上述问题的出现,不可否认各个参建单位都有其相应的责任。但我们在这里仅从设计院EPC总承包管理的角度出发,围绕发挥设计院的牵头管理作用,提出以下切实可行的思路借鉴。

3.1 明确勘察委托,责任落实到人,建立勘察与设计定期碰头会机制

EPC总承包模式下,设计院作为牵头单位,无论是业主定期组织的协调会,还是设计院与勘察单位点对点的协商,都十分有必要将勘察任务书做详细的解释与说明,明确设计意图和设计内容的前提下,进行实地勘探布点,覆盖设计范围,提供设计所需要的勘察资料,尽可能减少后续二次物探的工作量。当然,勘察单位和设计单位各自指定一到两名对接人服务勘察到设计甚至后续的施工也是必不可少的,实地勘探阶段设计人员要充分了解现场,提出设计诉求,减少后续设计与施工的冲突。勘察阶段,设计单位作为牵头人,一方面既要与勘察人员充分沟通,提出明确清晰的设计诉求,确保勘察资料的适用性与可靠性;以雨污分流为例,要充分摸排下游排口的可排性,避免出现假井和堵井等不利于流水排出的情况;另一方面也要拉住施工单位,听取他们的想法与诉求,特别是关注施工难点,工艺优化等内容,这样设计出来的图纸在管线路由、排口设置和施工可行性上都能得到最大程度的保障。地下管线错综复杂,难以完全保证后续施工阶段不出现突发情况,所以建立设计与勘察的定期碰头会机制也就十分有必要,做到早发现问早解决,提高现场施工效率与经济效益。

3.2 资深专家牵头,统筹各专业设计协调,优化各专业图纸

老旧小区改造项目本身涉及的专业多,另外居民与业主也会有各种各样的合理诉求,这就导致多专业交叉的冲突与矛盾或多或少都会在每个项目出现。主导专业牵头管理各专业的的设计可极大降低冲突与矛盾的可能性。主导专业牵头的人员应该是该专业的资深专家,一是有深厚的理论基础,二是实践工作经验丰富,能够看到项目的难点与痛点所在,从全局出发来考虑各专业设计的适用性与协调性,链接各专业,进而形成一个功能适用的系统设计工程。

同时,建立各专业设计人员对施工人员点对点地交底,让施工人员明白干什么,怎么干的问题,提高交底频次,让设计指导施工的意图明确。内部牵头管理保证了设计工作的高效进行,加强了各专业设计的联动性,避免了施工中因设计原因返工高频出现;内部管理的统一性,也对外树立了设计院牵头管理的权威性,让设计院在施工阶段的项目管理更有说服力,管理效能得到提升。

3.3 牵头管理单位需主动、借力、精细化管理,把握管理主动权

EPC 联合体模式下,设计院作为牵头单位本身要有主动管理的意识与动作,参与项目现场管理既要从符合设计规范角度解决施工的难点与痛点,也要站在维护项目整体形象与品质的角度,从严加强质量管理、安全管理与进度控制。设计院与施工单位同为联合体成员,本质上是站在同一屋檐下,存在效益捆绑的微妙关系,所以很多对施工单位的管理看似无从下手。这个时候借助业主单位和监理单位的管理手段就显得尤为重要,只要本质上是保证项目质量与安全,推动项目高效建设,也会得到业主与监理单位的支持,也间接减轻了他们的管理负担。EPC 项目现场管理想要取得切切实实的效果,精细化管理是重中之重,从项目的安全、质量、进度到费用控制、合同管理、信息管理,EPC 项目现场管理人员应全程参与,熟悉管理流程,理清管理思路,自身具备丰富的业务知识,主动管理,让管理有据可行,让管理有说服力。以背景项目为例,设计院驻场代表应清楚关键节点在哪里,阻碍因素有哪些,如何处理这些阻碍等关系项目能否顺利完成的重大问题,主动牵头带动各方提出解决思路,推动项目建设,形成一个良性循环氛围。

3.4 牵头管理意识提升,多种管理措施并行,提高现场管理参与度

牵头管理意识的提升是行业要共同面临的挑战,EPC 模式在中国还处于成长期,应该充分借助行业媒介与合同约定来培养提升牵头单位的牵头管理意识,明确牵头管理

单位的权利与义务,实现权利与义务对等。过往 EPC 项目牵头单位管理施工单位大多是采取经济措施,通过工程款的支付来实现对施工单位的管理。为了提供牵头单位的管理效能,开工前建议从质量、进度、安全分别与施工单位约定管理协议,违规处理办法,达到事前预防的管理作用,也为后续施工阶段管理提供明确的依据,确保管理的规范性。最后就是 EPC 项目管理应该要有人员驻场管理,驻场管理可以清楚了解项目建设动态,过程管控巡查、工序验收、隐蔽工程验收是发挥牵头管理的重要方面,也是精细化管理的体现。

5 结语

EPC 总承包模式是中国建筑业发展的必然趋势,设计院牵头下的 EPC 总承包管理对各参建单位都提出了更高的要求,对各参建单位配合的默契提出了更高的挑战。传统设计院转型必然会经历联合体模式下的牵头管理,流程上无论是协调前端勘察单位还是后端施工单位,核心在于统筹协调能力建设,在于能否用专业的设计加之艺术的管理方式平衡联合体各成员的权利与义务。只有如此,才能真正最大限度发挥其牵头管理作用。

【参考文献】

- [1]赵莹.设计院牵头的 EPC 项目联合体运行管理研究[D].北京建筑大学,2020.
- [2]龙绍章,贾林昌,张秋阳.联合体模式下 EPC 项目的设计管理[J].施工企业管理,2023(4):1.
- [3]王乐.EPC 项目中设计单位牵头联合体的管理研究[D].北京交通大学,2025(1):20.
- [4]靳明伟.转型工程总承包:设计和设计管理短板如何补齐[J].施工企业管理,2022(8):24-24.
- [5]施锦松.浅谈 EPC 联合体项目中设计牵头方的项目管理[J].工业 C,2016.

作者简介:桂升位(1992.12—),男,毕业院校:武汉工程大学,学历:本科,所学专业:工程管理,目前就职单位:中国市政工程中南设计研究总院有限公司,目前职务:项目管理 9 年,目前职称:工程师。

试论如何做好农村公路管理养护工作

赵 杨

第二师交通运输事业发展中心，新疆 铁门关 841007

[摘要]近年来，随着农村经济的持续发展及国家对农村基础设施投入的加大，农村公路建设取得了显著进展，路网规模不断扩大，交通条件也得到了显著改善。尽管如此，随着公路使用时间的延长，许多路段在使用过程中出现了不同程度的损害，如路面裂缝、坑洼不平以及排水系统失效等问题。这些问题不仅威胁到交通安全，也大大增加了养护成本。同时，传统的养护管理模式露出一系列短板，如管理体制不完善、技术力量不足、资金投入不足等问题，亟需寻找更为科学高效的管理模式。如何通过创新制度、引进先进技术，以及确保资金保障等措施来提高农村公路养护管理水平，已成为推动乡村振兴战略与农村交通现代化建设的关键任务。

[关键词]农村公路；养护；管理

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15350

中图分类号: U418.2

文献标识码: A

Trial Discussion on How to Do a Good Job in the Management and Maintenance of Rural Roads

ZHAO Yang

The Second Division Transportation Development Center, Tiemenguan, Xinjiang, 841007, China

Abstract: In recent years, with the continuous development of rural economy and the increase of national investment in rural infrastructure, significant progress has been made in rural road construction, the scale of road network continues to expand, and transportation conditions have also been significantly improved. However, with the prolonged use of highways, many sections have suffered varying degrees of damage during use, such as road cracks, potholes, and drainage system failures. These issues not only threaten traffic safety, but also greatly increase maintenance costs. At the same time, the traditional maintenance management model has exposed a series of shortcomings, such as incomplete management system, insufficient technical strength, and insufficient capital investment. It is urgent to find a more scientific and efficient management model. How to improve the maintenance and management level of rural roads through innovative systems, introduction of advanced technologies, and ensuring financial security has become a key task in promoting the strategy of rural revitalization and modernization of rural transportation.

Keywords: rural roads; maintenance; management

引言

随着我国经济的迅速发展，农村公路作为连接城乡、推动农村经济发展的关键交通基础设施，已成为实现乡村振兴与改善民生的核心因素。虽然农村公路的建设迅速推进，但在养护管理方面仍面临着诸多挑战。如何确保农村公路在长时间使用过程中始终保持良好状态，已经成为亟待解决的重大问题。科学合理的养护管理不仅能延长公路的使用寿命，降低维修费用，还能保障交通安全，推动城乡一体化进程。因此，更为科学高效的农村公路管理养护模式的探索，管理体系的优化及养护技术的提升，已成为当前交通领域亟需关注的重要课题。

1 农村公路养护管理的意义

农村公路养护管理的意义不仅在于保障交通畅通，更在于促进社会经济的可持续发展，其作用至关重要。作为城乡之间的纽带，农产品运输、人员流动及社会交流皆依赖于农村公路的畅通无阻。随着农村经济的持续增长，交通需求逐步提升，养护管理的合理性与有效性成为确保道路正常运行的重要前提。若养护措施得当，道路使用寿命

得以延长，故障发生频率得以降低，维修成本也将显著减少，道路服务质量与安全性因此得到提升。乡村振兴战略的推进以及城乡融合进程的加快，农村公路的维护更显重要，尤其在偏远地区，交通条件的改善直接影响居民出行的便利程度及经济发展机遇。只有不断优化养护管理模式，农村交通网络的高效运转才能得到保障，为社会与经济的可持续发展奠定坚实基础。

2 农村公路管理养护的主要任务

2.1 路面病害的识别与修复

农村公路养护管理中，路面病害的识别与修复被视为核心任务。随着道路使用年限的增长及交通流量的变化，裂缝、坑洞、车辙等各类病害在农村公路上时常出现，不仅影响行车的舒适性，安全隐患也因此增加。要确保病害能够被及时发现并准确评估，依赖于专业化的检查手段，如定期巡查、自动化检测设备及路面状况监测系统。针对不同类型的病害，相应的修复技术应被合理选择，例如裂缝可通过灌缝处理，严重损坏的路面则可能需要重铺，冷拌与热拌技术的应用也需结合具体情况加以确定。在修复

施工过程中,施工质量的控制尤为重要,同时需综合考虑气候条件及季节变化,以保证修复效果的持久性。通过科学合理的病害识别与修复,路面平整度得以提升,道路老化进程得以延缓,长期维护成本也能有效降低,从而实现道路使用寿命的延长,并提升整体交通安全水平。

2.2 道路设施的维护与管理

农村公路的正常运作,有赖于道路设施的维护与管理。除路面本身外,交通标志、标线、护栏及排水系统等设施亦在保障道路安全与畅通方面发挥着重要作用。若不定期检查并实施维护,这些设施一旦损坏或失效,交通事故与安全隐患便可能由此产生。交通标志的清晰度与完整性,直接关系到驾驶员的判断能力,一旦出现模糊或损坏,修复或更换工作应立即进行。至于道路排水系统,其通畅性需始终保持,以有效防止积水对路面造成侵蚀。而护栏的稳固性,决定了突发情况下能否提供有效的防护,必要时加固与维修应及时展开。夜间行车的安全性,在很大程度上取决于道路照明设施的完好程度,定期维护能够显著提升照明效果。随着技术的不断进步,智能化设施管理系统已逐步应用于公路维护,通过实时监测设备的反馈,设施损坏的预警可及时获得,使管理效率得以进一步提高。只有依托科学合理的维护方式,道路设施的使用寿命才能被有效延长,农村公路的功能才能充分发挥,交通安全水平亦能不断提升。

2.3 安全管理与交通组织

农村公路管理中,安全管理与交通组织占据着重要地位,对行车安全与通行效率产生直接影响。随着交通流量的持续增长,农村地区的安全管理措施更显关键。交通标志与信号设施的清晰度与完好性须得到保障,以便明确指示车速、行车方向及危险路段,防止因标识模糊或损坏而引发事故。道路安全隐患的排查工作需定期开展,对事故易发路段,应采取限速、增设警示标识及设置减速带等措施,以有效降低事故发生的可能性。在交通组织方面,合理的车流安排与通行管理至关重要。交叉口、集市附近等交通密集区域,需配备适当的信号控制或管理措施,以避免交通拥堵与事故发生。随着交通工具种类的不断丰富,农用车、摩托车等特殊车辆的安全问题也需得到关注,并应制定相应的管理规范。通过科学的安全管理与高效的交通组织,不仅通行效率能够得到提升,交通事故率亦可显著降低,从而确保群众的安全出行。

3 农村公路管理养护存在的主要问题

3.1 管理体制不够完善

我国农村公路养护管理体制的不完善,已成为影响公路正常运行的一个关键因素。在许多地区,农村公路管理与养护的责任划分不清晰,导致管理职能重复或者相互推诿。问题发生时相关部门往往无法明确责任的归属,致使公路管理形同虚设,缺乏实际的效果。在此基础上,农村

公路养护工作面临着人员短缺的困境,管理与养护人员的数量远不能满足工作需要,且普遍存在技术水平不高的情况,难以适应日益增长的交通需求与技术发展要求。加之,公路养护是一项劳动强度大、工作量繁重的任务,但养护人员的薪资水平较低,这导致养护队伍的稳定性差,人员流动性较大。长此以往,种种问题的积累使得农村公路养护管理难以跟上现代化发展的步伐,严重影响了公路的维护效果与长期发展。

3.2 专业技术人员的匮乏

农村公路养护工作中,技术人员的短缺已成为亟待解决的突出问题。许多地区在养护与管理过程中,因技术人才严重不足,尤其在工程检测、病害修复等关键领域,专业性与科学依据难以得到有效保障。由于相关技术培训体系尚不完善,且人才引进机制薄弱,基层养护人员的技术水平难以满足日益复杂的养护需求。随着新技术和设备的不断更新,专业技术人员的缺乏使得许多地区难以将先进技术应用于实际工作,致使养护作业仍主要依赖传统的手工方式,工作效率难以提高,养护质量亦难以保证。只有通过完善培训体系、优化人才引进机制,农村公路的养护管理水平才能得到有效提升。

4 提高农村公路养护管理水平的措施

4.1 完善公路养护管理制度

提升农村公路的养护水平,公路养护管理制度的完善至关重要。当前,许多地区的养护管理制度仍然存在不足,缺乏系统性与可操作性,导致养护工作难以实现规范化。为确保各环节职责明确、养护流程科学合理,制定完善的工作标准势在必行。不仅日常养护与突发事件的应对需纳入管理体系,结合地区实际情况制定切实可行的养护计划与管理措施亦不可忽视^[1]。同时,监督与评估机制应被强化,通过定期检查养护效果,确保问题能被及时发现并纠正,防止因制度执行不力而影响养护质量。制度的灵活性也应得到充分考虑,以适应技术进步与市场环境的变化,使养护管理始终保持先进水平。通过制度的健全,不仅能有效提高养护工作的效率,养护质量的稳定性也能得到保障,从而确保农村公路的长期稳定运行。

4.2 加强对公路养护管理的监管

确保养护质量与效率,加强公路养护管理的监管至关重要。在一些地区,监管机制的缺失导致养护过程中偷工减料或养护不到位的现象时有发生。为了提升监管效果,建立完善的监管体系势在必行,各方职责需被明确,以确保每一环节都处于严格的监督之下。不仅事后检查应被强化,监管更应贯穿养护全过程。从材料采购到施工,再到最终验收,所有环节均需严格按照标准执行,确保养护质量符合规范。现代科技手段的应用亦不可或缺,信息化管理平台、智能监控系统等可用于实时跟踪养护进展,使问题能被迅速识别并及时解决^[2]。对于养护过程中的违规行

为，责任必须被严格追究，确保监管措施真正落到实处。通过强化监管，不仅养护工作的透明度能得到提升，不合规现象的发生也能有效避免，从而确保农村公路养护质量的长期稳定。

4.3 引进农村公路养护人才和先进技术设备

引进专业人才与先进技术设备是提升农村公路养护管理水平的关键策略。农村公路养护部门需要着力吸纳具备专业技能的人才，尤其是在公路检测、维修与养护等领域技术人员。高素质的专业人才不仅能高效完成日常养护工作，还能根据实际情况优化养护方案，进一步提升公路整体质量。养护工作中，技术水平与管理能力的高低直接关系到公路维护效果，因此，培养和引进更多专业人才是十分必要的^[3]。随着科学技术的进步，传统的人工养护方式已无法满足现代公路养护的需求。信息化、智能化及自动化技术正在逐步改变养护行业的运作方式，因此，引进先进技术设备显得尤为重要。通过采购高效机械设备、先进检测仪器以及智能化养护车辆，可以显著提高养护效率，减少人工操作中的误差，同时提升养护工作的精确度和质量。借助智能养护设备，能够实时监测路面状况，自动识别病害并进行针对性修复，从而实现养护工作的大规模机械化与自动化。借助这些科技手段，不仅能够提高养护效率，还能显著降低人工成本，推动农村公路养护工作的现代化进程。

4.4 提高管理效率与创新管理模式

提升农村公路养护质量，提高管理效率与创新管理模式至关重要。在传统管理模式下，人工经验与固定流程被依赖，导致养护工作效率低下、反应迟缓，难以适应日益复杂的公路管理需求。面对这一现状，创新管理模式的引入显得尤为必要，尤其是在信息化与数字化管理手段的应用方面。智能化管理平台的建立使公路养护状况能够被实时监控，养护资源得以合理调度，从而确保各项任务的高效执行。借助大数据分析，养护需求的提前预测成为可能，维修计划可被合理安排，由此有效规避传统管理中“事后补救”的局限性，整体管理效率得以显著提升。不仅数字化手段的应用应被强化，养护方式的多样化亦需被重视。通过社会资本与市场机制的结合，“政府+企业”的合作模式可被推广，从而推动公路养护工作的市场化运作。此举不仅优化了资源配置，管理水平亦得到了提升。从管理理念上看，“指令型”管理模式可逐步被“服务型”管理模式所取代，此种转变能够促进社会各方的协作与沟通，并激发基层管理人员的工作积极性。借助创新管理模式的应

用，更高效、灵活的养护解决方案将得以实现，农村公路的长期稳定运行也能因此得到有效保障。

4.5 政策支持与资金保障

农村公路养护工作的顺利推进，政策支持与资金保障被视为基础。然而，资金短缺与投入不均的现象仍然存在，严重制约了养护工作的高效开展。在此背景下，切实可行的政策应当由政府制定，以确保公路养护获得稳定且充足的资金支持。财政投入的增加应由政府主导，专项资金的合理划拨需被保障，以确保资金的使用透明且高效。同时，社会资本的引入亦应通过政策引导予以鼓励，公私合营（PPP）等合作模式的推广，有助于整合多方资源，为公路养护提供更加充足的资金来源。不仅资金支持须被政策所引导，养护工作的规范化与标准化亦离不开政策的指导。养护技术标准及管理政策的制定，应确保各地政府及养护单位能够遵循统一的规范，从而有效提高养护质量。此外，政策激励措施的实施，可促进地方政府与养护单位创新管理模式，进一步提升养护效果。在政策支持与资金保障的强力推动下，农村公路养护中的资金短缺问题有望得到有效缓解，其可持续发展基础也将因此更加稳固。

5 结语

在促进农村经济发展与提升交通基础设施水平方面，农村公路的管理与养护被赋予了举足轻重的作用。随着农村公路建设的持续推进，养护管理水平如何提升、公路的长期安全与畅通如何保障，已成为亟待解决的关键问题。管理体制的完善、专业技术人才的引进、技术装备的加强以及管理模式的创新，均能显著提高养护工作的效率与质量。尤其是在政策支持与资金保障的推动下，农村公路养护的现代化进程得以加快，为公路管理提供了更加坚实的基础。随着技术的不断进步与管理体制的持续优化，养护管理的科学性与精细化水平势必进一步提升，农村地区的交通发展与经济繁荣也将在这过程中获得更加强有力的支撑。

【参考文献】

- [1] 龙姝霓. 农村公路养护管理水平的提升方法[J]. 工程建设与设计, 2022(16): 227-229.
 - [2] 陈希. 加强农村公路养护精细化管理的对策[J]. 大众标准化, 2022(15): 84-86.
 - [3] 刘开会. 农村公路管理养护工作特点及对策分析[J]. 低碳世界, 2024, 14(6): 145-147.
- 作者简介：赵杨（1986.10—），毕业院校：中央广播电视大学（本科），所学专业：会计专业，当前就职单位名称：第二师交通运输事业发展中心，职称级别：中级工程师。

县城污水处理工程降本增效方法分析

吴哲钊 桂升位 黄叶昊

中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430010

[摘要] 随着人们环保意识的提高和对水环境质量要求的提高, 县城污水处理工程的重要性越来越重要。然而, 在工程建设和运营过程中, 成本控制和效率提高面临着许多挑战。本文分析了县城污水处理工程降本增效的方法, 为相关项目的优化提供了参考。

[关键词] 污水处理; 成本优化; 降本增效; 方法分析

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15366

中图分类号: F426.22

文献标识码: A

Analysis of Cost Reduction and Efficiency Increasing Methods for County Sewage Treatment Projects

WU Zhezao, GUI Shengwei, HUANG Yehao

Central & Southern China Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430010, China

Abstract: With the improvement of people's environmental awareness and the increasing demand for water environment quality, the importance of sewage treatment projects in county towns is becoming increasingly important. However, in the process of engineering construction and operation, cost control and efficiency improvement face many challenges. This article analyzes the methods of reducing costs and increasing efficiency in county sewage treatment projects, providing reference for the optimization of related projects.

Keywords: sewage treatment; cost optimization; cost reduction and efficiency increasing; method analysis

1 县城排水体制特点

1.1 城区水系简介

本文研究基于福建省某县城污水处理工程, 此县城区内河主要有七大溪流、河渠流经, 均属于黑臭、重度黑臭河道, 河道上游至下游有明渠; 也有暗渠、箱涵。目前县城的排水体制, 依据官方资料, 主要以雨污分流为主, 其中老城区排水系统根据实际情况采用分流制或截流式合流制, 新区排水系统采用雨污分流制。合流制排水系统的特点是通过一条管涵收集和输送生活废水、工业废水和雨水。其优点是管道系统相对简单, 初始建设成本低。但在暴雨期间, 大量的雨水会增加废水的量, 超过污水处理厂的处理能力, 导致未经处理的废水直接排放, 造成水污染。分流制旨在通过各种管道系统收集和运输雨水和废水。废水在排放前被送入污水处理厂进行处理, 而雨水可以直接排入水体或经简单的雨水污水处理厂处理后排放。该系统的优点是能有效防止废水污染水体, 但其建设成本相对较高, 需要安装两套管道系统。但县城实际情况是, 污废水和雨水在流入市政管道前的居民家中已经混流, 沿街餐馆的餐厨废水废油排烟风道均接入沿街雨水箱涵, 沿市政道路各单位、工厂、小区均在内部合流, 然后错接混接至市政雨污系统。整个县城的实际混接混排情况比初步设计预计的要严重得多。

1.2 历史演变

该县城用地紧张, 公共空间小, 故在城市化进程中, 道路建设面临着诸多挑战。一方面, 没有足够的空间来规

划新道路, 另一方面, 拆迁难度极高, 因为需要大量资金和复杂的搬迁问题, 这使得拆迁难以推进。因此, 利用原有河道修建道路已成为主要选择。如今, 该县城的一部分主要公共城市道路和城中村更宽的公共道路都是由原有的河道改造而成的, 在市政道路的建设中, 为了不改变水流, 保留了原有的箱涵河道。这样, 城市道路下的箱涵可以在大雨中继续发挥泄洪的作用, 确保城市污水的安全, 然而, 部分居民住宅存在侵占公共排水设施的情况。靠近公共道路边沟、盖板的居民私自加盖违建, 把房子建到了边沟上, 致使许多边沟被房屋或台阶覆盖。这不仅给排水系统的维护带来麻烦, 一旦边沟出现问题, 维护难度大, 还会影响污水系统的正常运行。

1.3 城建基建特色

县城房屋建筑结构特点较为统一, 绝大多数房子都是居民自行建造的自建房, 而像商品房住宅小区这类规范化的居住建筑则极为少见, 这些自建房屋在排水设施方面有诸多不足。首先, 在排水规划方面没有对雨水和污水进行分流处理。与此同时, 雨水立管尚未进行翻新或升级。这导致日常生活中的雨水和污水混合, 全部流入房屋前的条石沟。这些条石沟就像微小的毛细管, 相互连接并汇合, 将雨水和污水的混合流转移到大箱涵之中。大箱涵是连接城市排水系统和外河道的关键通道, 未经处理的雨水和污水汇合并最终流入河道。从长远来看, 许多污染物会积聚在河流中沉淀发酵, 使水质恶化, 并逐渐散发出气味。水

变黑，有异味，严重影响周边环境和居民的生活质量。

反观县城的主要市政道路，虽然在规划建设时考虑到了雨污分流的问题，但在实际运行过程中，依然暴露出了一系列严重的问题。排水管道内淤积情况十分严重，各种杂物、泥沙等在管道内堆积，大大降低了排水的效率。同时，管道混接现象屡见不鲜，污水管与雨水管相互错接，使得污水流入了雨水系统，雨水也混入了污水管道，这不仅扰乱了正常的排水秩序，还给后续的污水处理工作带来了极大的困难。而且，部分排水管道在建设时选材不佳，质量较差，在长期的使用过程中，管道出现了严重的功能缺陷和结构缺陷。一些管道出现破裂、变形等情况，导致污水渗漏，不仅污染了周边的土壤和地下水，还使得排水系统的整体性能大打折扣，此外，市政道路边上存在着厂区以及养殖户的养殖场。这些场所会产生大量含有较高浓度污染物的污水。由于缺乏有效的监管和规范的排水设施，这些高浓度的污水常常混接进入雨水系统。大量的污水混入雨水管道，随着雨水的排放一同进入河道或者其他受纳水体，这无疑是雪上加霜，进一步加剧了水体的污染程度，使得黑臭水体问题愈发严重。与此同时，由于大量污水没有按照正常的途径进入污水处理厂，导致污水厂的进水浓度偏低，无法充分发挥污水处理厂的处理能力，造成了资源的浪费和处理成本的增加。

2 城中村、农村优化

2.1 溯源排查

对于改造和优化排水系统，溯源排查环节是重中之重，其详细程度和准确性直接影响后续工作的有效性。我们需要全面深入地了解原排水系统的具体流向，包括每条支线的流向，以及不同地区之间水流的汇流情况。主要排水口的位置、规模和排放特点需要准确定位和详细记录，以说明这些排水口在整个排水系统中的作用及其与周边环境的关联。同时，准确界定原有排水系统的汇水面积至关重要，包括流入系统的雨水和污水面积以及不同地区集水面积的大致数量。在整个排查过程中，我们应该坚持尽量减少对原排水系统变化的原则，因为原始排水系统在较长的使用寿命内已经发展出一定的稳定性和适应性。广泛的变化不仅会增加成本，还会引发许多不可预测的问题。

2.2 管线的选取

考虑到县城巷道普遍狭窄的实际情况，在选择排水管和检查井的选型上。直径超过 DN300 的传统大管和直径超过 1000 的大井在狭窄的隧道中安装和铺设时面临许多困难，甚至可能无法实施，因此可改用 DN200 和 DN160 的小管。这些小管的直径较小，更适合在狭窄的隧道环境中进行穿梭铺设。同时，搭配直径 700 的模块化砖井，块砖井具有施工简单、可根据现场实际情况灵活组装的优点，可以在有限的空间内成功建造。对于一些狭窄和空间有限的车道，甚至可以使用直径为 450 的成品塑料检查孔。通过

使用这些小管和检查井，我们可以很容易地将排水管延伸到更深的小巷，连接更多的居民，提高整个地区排水系统的覆盖率和排水能力。

2.3 复杂地形管道优化

在排水工程的实施过程中，不可避免地会遇到各种复杂的情况。如果遇到地形逆坡时，重力管埋深会越来越深，加大施工难度以及沟槽两边建筑物、构筑物的风险。因此应该果断地取消原有的管道设计，转而使用截流井。截流井可以在不改变原始地形、避免大规模施工的情况下有效收集污水，提高污水收集率。

3 小区巷道优化

3.1 巷道主管和主井的优化

在县城巷道排水系统的建设规划中，考虑到实际道路布局和住宅建筑的分布特点，对主干道管道和主井的调整进行了有针对性的优化。我们不需要将主管和主井一直铺设至巷尾，而是在距离巷尾适当的距离处留出一些空间。具体来说，保留 2~3 户居民住宅对应的空间不设置主管和主井。在这个预留的空间里，我们将设置更精细的接户管和接户井。这些接户管和接户井比主管道和井更小，深度也更浅。优点是，一方面，它可以更好地满足住宅建筑的实际排水需求，更准确地收集每户产生的废水；另一方面，接户管和接户井的施工难度相对较低，对周边环境的影响较小，还可以降低施工成本。此外，这种设计方法可以使道路排水系统的布局更加灵活，有效地提高了排水系统的覆盖效率和实用性。

3.2 排水管道埋深的设计优化

在排水管道埋深的设计上，我们进行了合理的调整。对于主管起始管段的埋深，经过严谨的技术分析和实际考量，决定将其最浅深度由原来的 1.8m 提升至 1.2m。在排水系统中，水流是通过重力作用从上游流向下流的，如果起始管段的埋深过深，随着管道的延伸，下游管段的埋深必然会相应增加。过深的管道埋深会带来诸多问题，比如施工难度大幅增加，需要挖掘更深的沟槽，这不仅耗费大量的人力、物力和时间，还可能对地下的其他管线和设施造成破坏。同时，管道埋深过大也会增加后期维护和检修的难度，一旦出现问题，维修人员需要花费更多的精力和成本来进行修复。而将主管起始管段的埋深适当抬高，能够有效避免下游管段埋深过深的问题，使整个排水管道系统的埋深处于一个相对合理且易于施工和维护的范围内，保障了排水系统的高效稳定运行。

3.3 巷道内雨水主管主井的优化

在巷道排水设施的布局和建设过程中，我们秉持着减少潜在问题和提高排水效率的原则，尽量避免在巷道内设置主管主井用于收集雨水。取而代之的是，采用雨水算串联的方式来收集和引导雨水，对于小巷子，雨水算足够将巷道内的雨水迅速收集并排出。同时，这种方式能够减少

在巷道内大规模铺设雨水主管和主井带来的一系列问题,此外,我们还尽量避免雨污同槽的情况出现。雨污同槽是指将雨水管道和污水管道铺设在同一个沟槽内,这种做法容易引发一系列问题,而且在后期维护过程中,如果需要对其一种管道进行维修,很容易对另一种管道造成影响,增加了维修的复杂性和成本。

4 主路优化

4.1 混接点排查与修复

在县城排水系统的整治工作中,排查溯源混接点以及实施改造点状修复是极为关键的环节。混接点的存在严重影响着排水系统的正常运行,导致雨污合流,进而污染水环境。所以,我们必须运用专业的检测技术和细致的排查手段,精确找出这些混接点的具体位置。这可能需要借助管道内窥检测设备,深入排水管道内部,仔细查看管道的连接情况、水流走向等,不放过任何一个可能存在混接的部位。一旦确定混接点,就要根据其实际情况精准施策。如果是简单的管道错接问题,可直接进行重新连接;若混接点处的管道存在破损等状况,就要采用点状修复技术,对破损部位进行针对性的修复,如使用局部内衬法等,确保排水系统的雨污分流功能得以恢复,保障污水能够顺利进入污水处理厂进行有效处理,雨水则能通过正常渠道排放,从而改善整个县城的水环境质量。

4.2 避免主路翻建采用人行道截流

在县城排水系统的优化过程中,考虑到主路对于交通的重要性,应尽量避免对主路进行大规模的翻建工作。因为主路翻建不仅会耗费巨额的资金,还会造成长时间的交通拥堵,给居民的出行和日常生活带来极大的不便。所以,我们采用人行道截流的方式来解决排水问题。具体而言,就是在人行道合适的位置设置截流设施,如截流井等。这些截流设施能够有效地将路面径流中的污水截流下来,使其进入污水收集系统,而雨水则可以通过其他渠道进行排放。这样既可以实现对污水的有效收集和处理,又避免了因主路翻建而带来的诸多负面影响,在保障排水系统功能的同时,最大程度地降低了对城市交通和居民生活的干扰。

4.3 分阶段边看边做

当面对溯源排查不清楚以及管道情况不明的状况时,我们采取分阶段推进的策略。由于排水系统是一个复杂的网络,部分区域的管道可能因年代久远、资料缺失等原因,难以在短期内全面了解其情况。在这种情况下,如果一开始就盲目地进行大规模施工,很可能会引发一系列问题,如施工过程中损坏未知的管道,导致排水系统瘫痪,或者因为对管道走向和连接情况不了解,使得施工方案不合理,

无法达到预期的排水效果。所以,我们选择边施工边观察的方式。在第一阶段,先进行小规模의 试探性施工,比如在局部区域开挖检查坑,查看管道的材质、管径、走向以及是否存在破损等情况。根据第一阶段获取的信息,对施工方案进行调整和优化,然后再进入下一个阶段的施工。通过这种分阶段推进的方式,我们可以逐步掌握管道的实际情况,及时调整施工策略,确保排水系统的改造工作能够顺利进行,避免因信息不足而造成不必要的损失和延误。

4.4 分段截流的应用

在县城,部分边沟位于房子下面或者房子门前的台阶坡道下面,这给排水系统的改造和维护带来了很大的困难。对于这些特殊位置的边沟,我们采取分段截流的措施。首先,对这些边沟进行详细的勘查,了解其长度、坡度、水流情况等信息。然后,根据勘查结果,将边沟合理地划分为若干段。在每一段的合适位置设置截流装置,通过这些截流装置,可以将边沟内的污水和雨水分别进行收集和引导。对于污水,将其截流后引入污水管网,送往污水处理厂进行处理;对于雨水,可根据实际情况,让其就近排入附近的雨水排放系统。这种分段截流的方式能够有效地解决位于特殊位置边沟的排水问题,避免了因边沟位置特殊而难以进行全面改造的困境,同时也能减少对居民房屋和日常生活的影响。

5 结语

地下管网建设的单位造价高,成本难以有效控制。对于此类工程项目,从源头初步设计及施工图设计来进行成本优化,提高污水管的收集效率,能够有效地降低县城污水治理工程的成本,提高处理效率和环境效益,实现县城污水治理项目的成本可控。在未来的发展中,还需要不断探索和创新,结合新技术、新理念,进一步提升县城污水治理工程的降本增效水平。

[参考文献]

- [1] 高华生,杨晓仙,陈宇辉,等.农村污水治理工程案例分析与难题破解[J].宁波大学学报:理工版,2010,23(2):5.
- [2] 陈娟娟,李伟斌,黄鸥,等.基于降本增效目标的污水处理厂低碳运行调控策略[J].工业水处理,2024,44(8):53-60.
- [3] 李瑜.农村生活污水资源化利用技术模式及工程示范[J].净水技术,2024,43(2):83-89.

作者简介:吴哲钊(1990.7—),男,学历:本科,毕业院校:武汉工程大学,所学专业:工程管理,目前职称:中级工程师,目前就单位:中国市政中南设计研究院有限公司。

市政道路桥梁工程中沉降段路基路面技术

王剑锋

北海市路港建设投资开发有限公司, 广西 北海 536000

[摘要] 沉降段路基的沉降问题, 主要受到地基压缩性、填土特性及施工工艺的影响。尽管新技术与新材料的引入已取得一定进展, 但在软土地基、台背回填等特殊地质条件下, 沉降问题依然显著。为了确保道路桥梁的稳定性与安全性, 必须针对不同的沉降机理, 制定优化的技术方案。因此, 探讨相关的技术手段与优化策略, 期望为市政工程提供切实有效的技术支持。

[关键词] 道路桥梁工程; 沉降段; 路面; 路基

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15342

中图分类号: U416.04

文献标识码: A

Settlement Section Roadbed and Pavement Technology in Municipal Road and Bridge Engineering

WANG Jianfeng

Beihai Road & Port Construction Co., Ltd., Beihai, Guangxi, 536000, China

Abstract: The settlement problem of the roadbed in the settlement section is mainly affected by the compressibility of the foundation, the characteristics of the fill soil, and the construction technology. Although some progress has been made in the introduction of new technologies and materials, settlement problems are still significant under special geological conditions such as soft soil foundation and backfill of abutments. In order to ensure the stability and safety of roads and bridges, it is necessary to develop optimized technical solutions for different settlement mechanisms. Therefore, exploring relevant technical means and optimization strategies is expected to provide practical and effective technical support for municipal engineering.

Keywords: road and bridge engineering; settlement section; road surface; subgrade

引言

随着城市化进程的加速, 市政道路桥梁的建设已成为城市基础设施的核心组成部分。但沉降段路基与路面施工中出现的沉降问题, 通常是由于复杂的地质条件与不当施工所引发, 这为工程质量和安全带来了隐患。有效防控并解决这些沉降问题, 已成为当前市政建设中的一重要挑战。

1 道路桥梁各部分沉降的发生机理

1.1 台背地基变形机理

桥涵变形通常集中发生在沟壑地带, 该区域的土壤具有较强的压缩性, 孔隙率大、含水量高, 表现出较强的变形能力。在外部荷载作用下, 土体的变形幅度常常比其他地区更为显著。尤其是在桥头路段, 由于建筑高度较大, 附加应力显著集中, 导致地基沉降问题尤为突出。此时, 地基变形不仅源于土质本身的特性, 还受到交通荷载、结构自重等外部因素及环境条件的共同作用, 加剧了沉降现象的发生。台背回填通常采用黏性土, 但若未能严格控制回填土的密实度与含水量, 会导致土体稳定性不足, 进而引发沉降隐患。桥台结构为刚性混凝土, 而台背填土则具有较高的柔性, 两者在承载荷载时由于变形程度不一致, 容易引发不均匀沉降。由此, 沟壑区域成为桥涵变形的主要集中区。如何有效解决这一问题, 已成为市政道路桥梁工程设计与施工中的一项重要任务。

1.2 路堤变形机理

在桥梁建设中, 路堤变形往往与台背回填材料的选择

及施工方法密切相关。通常, 回填土选用黏性土, 这类土壤具有较高的塑性与压缩性, 但若在施工过程中未严格控制密实度与含水量, 就容易导致回填层的稳定性不足。当密实度较差或水分过高时, 土体在外力作用下会发生较大变形, 进而为后期地基沉降埋下隐患。在后续的通车阶段, 随着车辆荷载、结构自重等外部因素的持续影响, 路堤的沉降问题逐渐显现。尤其是在桥台与台背连接处, 由于两者材料性质的差异, 沉降现象尤为突出。桥台采用刚性较强的混凝土, 而台背则使用柔性较强的回填土, 二者在荷载作用下的变形幅度不一致, 导致沉降速度与幅度差异。通过与周围结构的对比分析可以发现, 台背部分的变形明显大于桥台, 进而引发了不均匀沉降, 进一步影响了地基的稳定性。因此, 合理选择回填材料, 并严格控制施工质量, 是防止路堤变形的关键所在。

1.3 桥头搭板沉降机理

桥头搭板的沉降问题通常与路基支撑点的规划密切相关。若支撑点设计不合理, 特别是将支撑点设置在桥台的牛腿处, 易引发显著的弹性支撑现象。这种情况在施工过程中尤为突出, 因为桥台周围土体与搭板部分的受力差异较大。靠近桥台的土体所承受的应力较小, 而远离桥台的土体则承载较大的应力, 从而形成不均匀的受力状态。这种不均匀的受力情况, 随着车辆的通行而逐渐加剧。尤其在车辆通过搭板末端时, 路基的纵向应力会迅速达到最大值, 外部荷载的影响使得路基的变形问题愈发严重。搭

板末端的变形与沉降尤其明显,这是由于该部位与周围土体的受力差异较大,导致沉降集中在该区域,进一步加剧了沉降现象的发生。合理设计支撑点位置,优化土体的受力分布,能够有效避免搭板沉降问题的发生。

2 市政道路桥梁沉降段路基路面施工技术分析

2.1 搭板施工技术

搭板施工技术在桥梁建设中占据着至关重要的地位,特别是在解决桥头路段沉降问题时,发挥着不可替代的作用。搭板主要用于连接桥台与路堤,能够有效分散荷载、平衡沉降,从而确保桥梁的稳定性。在实际施工中,搭板的安装位置及支撑方式的合理性直接影响施工效果。传统的搭板施工方法通常依赖于简单的支撑结构,但随着技术的发展,现代施工方法已逐步引入精确的荷载分布分析,确保搭板均匀受力,避免局部沉降的发生。在施工过程中,依据地质勘察结果,选择适当的材料与支撑系统是至关重要的。同时,施工顺序与精度必须严格控制。支撑点的布置必须经过精确计算,以避免荷载集中或不均匀受力,尤其是在桥台与路堤的接合部位,荷载的分布计算尤为重要,确保搭板与路基的平稳衔接。同时,土体的压实与排水处理也是不可忽视的环节。不良的土质或水文条件,若未得到有效控制,可能导致搭板施工后期出现沉降不均,进而影响桥梁的长期稳定。通过优化搭板施工技术,可以有效防止地基沉降造成的路面不平问题,同时提升桥梁结构的整体稳定性与安全性。因此,搭板施工技术的完善与控制,已成为市政道路桥梁工程中不可忽视的核心环节。

2.2 路基开挖、填筑与压实

路基的开挖、填筑与压实是道路建设中至关重要的环节,直接影响到道路的稳定性和使用寿命。在开挖阶段,应根据设计要求及现场地质情况,合理确定开挖的深度与范围。在开挖过程中,过度扰动土体应避免,天然结构的保持至关重要,尤其是在高水位或松散土层区域,开挖深度必须严格控制,以确保不破坏地基的稳定性。开挖完成后,底层土体应保持平整与坚实,松散的土块与杂物应被清除,为后续填筑提供稳固基础。填筑阶段的关键在于填料的选择,填料必须具备良好的排水性、承载力及压实性,常用填料如砂土、碎石及稳定的黏性土等,应根据土质特性与交通荷载需求合理搭配。在填筑过程中,分层施工法必须采用,每层填土的厚度控制在 30-40 厘米之间。每一层填筑后需立即进行压实,以确保填料的均匀性与密实性。整个路基施工过程中,压实是最为重要的环节。振动或静力压实设备应被充分利用,对每一层填料进行压实,以消除填料中的空隙,确保土粒紧密排列,从而显著提高路基的承载能力。每层填土的压实度必须经过严格检测,以确保达到设计标准。若压实不足,可能会导致路基沉降或开裂,进而影响路面的质量与使用。通过科学合理的开挖、填筑与压实工艺,路基的稳定性与承载能力能够大幅提升,

为后续路面施工奠定坚实基础,确保道路在长期使用过程中保持安全性与舒适性。

2.3 路基防护

路基防护是确保道路长期稳定与安全的重要措施,特别是在恶劣气候条件下,如高水位、风沙或暴雨,路基容易受到侵蚀、滑坡和水害等威胁。针对不同的环境和地质条件,需要采取相应的防护措施。常见的防护手段包括植草、防护坡和排水设施^[1]。植草防护适用于坡度较缓的路段,能防止水土流失并增强土体稳定性。对于坡度较陡的路段,加固护坡可以有效防止滑坡,常用材料有混凝土、石块和土工合成材料。排水系统的建设也很重要,合理的排水设计能排除积水,减少水对土体的侵害,避免沉降和软化。通过这些防护措施,路基的耐久性得到提高,有助于延长道路的使用寿命,并保障交通安全。

2.4 路基排水

路基排水系统是保障道路长期稳定性与耐久性的关键设施,尤其在降水量较大、土壤湿润或水位较高的地区。若路基内部积水过多,土体的软化与承载力的下降便会随之发生,甚至可能引发沉降、裂缝或滑坡等问题,严重时危及道路安全。因此,排水设计与施工的有效性尤为重要。常用的排水方式包括排水沟、渗水管道与盲沟等设施,通过这些设施,路基表面的积水能迅速排除,防止水分在土体内部滞留^[2]。排水沟通常设置在路基两侧,利用自然坡度将雨水引导至排水口。而渗水管道则适用于水源丰富或土质松软的路段,通过地下管道将多余的水引导至远离路基的区域,从而确保路基保持干燥。盲沟则埋设在路基下方,特别有效地解决水分渗透问题,避免水分上升至路基表层。排水系统的设计必须确保排水效率与排水量的匹配。在设计过程中,应确保排水设施的容量足以应对极端气候条件,从而避免排水不畅的现象。排水管道与沟渠的选材必须具有耐用性、抗腐蚀性以及良好的渗透性能,以确保系统能够长期有效地运行。通过合理的排水设计,水分的积聚能够被有效防止,土体结构的稳定得以保护。由水害引起的沉降与变形也能得以减轻,从而延长道路的使用寿命并提高行车的安全性。

2.5 台后填充

台后填充在桥梁施工中具有至关重要的地位,其直接影响着桥台的稳定性及整体路基的承载能力。合理的填充工艺不仅能够有效避免地基沉降,还能防止水土流失,从而提升桥梁结构的安全性。为确保最终效果符合设计要求,施工过程中,回填材料的选择、填充方式以及密实度的控制,均需严格执行。在台后填充中,通常选用具有稳定性与压实性的材料,如黏性土或砂土等。为了确保地基稳定,填充作业必须分层进行,每一层的厚度需严格控制,避免一次性填充过厚,造成沉降不均。每层填土后,必须对其进行充分夯实或压实,以保证填土密实度符合设计标准,

防止松散填料引发沉降问题。土体的含水量与膨胀性也是填充过程中需要特别关注的因素。若湿度过高,将影响土壤的压实效果;若含水量过低,则会使土颗粒之间松散,影响整体的密实度。根据现场实际情况,应调整土壤湿度,使其保持在最佳施工状态。此外,台背填充时,桥台与台背结合部位的设计也至关重要,合理的过渡坡度设计能够有效避免高度的突变,从而防止不均匀沉降。与周围路段的衔接应做到平滑过渡,以确保路面承载能力的均匀分布,避免局部沉降的发生。

3 沉降段路基路面施工技术优化策略

3.1 软土地基处理

软土地基因其土质松软、承载力较低,常成为道路与桥梁建设中的一大挑战。软土层具有较强的变形能力,容易受到外部荷载的影响,进而引发沉降现象,这不仅影响路基的稳定性,且可能导致路面不均匀沉降和开裂等问题。因此,针对软土地基的处理成为确保工程质量的关键步骤。针对软土地基的处理方法有多种,常见的手段包括静压法、挤密法、深层搅拌法以及预压法等。静压法通过施加额外荷载,促使土壤密实度的提升;挤密法则通过机械手段对土体进行压实,增强其承载能力。深层搅拌法通过机械混合固化剂与土壤,以增强土体的强度和稳定性。而预压法则利用外部荷载作用,促使土体中的水分排出,从而改善土壤的稳定性。软土地基处理的首要步骤为进行详细的地质勘查,了解软土层的分布、厚度及土质特性,这为后续处理方案的选择提供了必要的依据。在选择处理措施时,需根据地基的承载力需求、施工周期及成本等多方面因素综合考虑,以确保处理方案的合理性。在施工过程中,还需特别关注环境因素的影响,例如地面沉降及周围建筑物的稳定性。为避免这些问题的发生,荷载施加的速率应予以控制,避免过快加压对地基造成不利影响。通过科学合理的软土地基处理,不仅能够显著提升地基的承载力,减少沉降问题,还能提高整体工程的安全性与使用寿命,确保道路与桥梁在长期使用过程中保持稳定。

3.2 严格把控填料质量

填料的质量直接关系到路基与桥梁施工的整体质量,决定了结构的稳定性及地基的沉降表现。因此,为确保工程的顺利进行,对填料的选用、检测及施工过程中的各个环节必须进行严格管理。填料的选择应根据设计要求及工程地质条件,优先选用具备较高承载力和稳定性的材料,

常见的填料如砂土、碎石及黏土等,在应用之前,必须通过实验筛选,确保其性质与工程需求相匹配。尤其在软土地基的施工中,填料的质量显得尤为关键,要求其具备良好的抗压性、颗粒均匀且含水量适宜。粒径、含水量以及颗粒级配等指标,需通过实验室检测,确保满足设计标准。在填料的运输与堆放过程中,必须确保其不受污染或受潮。施工单位应在使用前,检查填料的合格证明文件,并进行现场验收。对于不符合质量标准的填料,应立即更换,以防使用不合格材料对后续施工产生不利影响。填充施工阶段中,分层施工作业与压实工作至关重要,每层填料的厚度应严格控制,避免一次性填筑过厚,以防地基压实不均或空隙过大^[3]。同时,填料的压实工作应严格按照设计要求进行,确保其密实度达到标准,以防后期出现沉降或因空隙引发的不均匀变形。填料的质量控制不仅局限于施工阶段,还应贯穿整个工程的后期监测。通过定期进行地基沉降观测,能够及时发现潜在问题并进行处理,从而确保工程的长期稳定运行。

4 结语

优化市政道路桥梁沉降段的路基与路面技术,对确保工程的稳定性与长期安全至关重要。通过对沉降机理的深入分析,并采取有效的施工措施,沉降对工程质量的负面影响可显著减少。控制填料的质量、加强软土地基的处理以及严格执行施工工艺的每个环节,均为提升施工质量的关键因素。随着技术的不断发展,未来的施工技术有待进一步完善,结合实际经验与创新方法,解决复杂地质条件带来的挑战。通过精细化的技术管理,确保路基与桥梁的结构安全,从而为市政基础设施的可持续发展提供稳固的保障。

[参考文献]

- [1]徐敏.市政道路桥梁工程中沉降段路基路面施工技术[J].居业,2023(2):19-21.
- [2]张磊.市政道路桥梁工程中沉降段路基路面施工技术分析[J].工程与建设,2022,36(1):169-171.
- [3]王慧.道路桥梁工程中沉降段路基路面施工技术[J].四川建材,2023,49(7):107-109.

作者简介:王剑锋(1988.9—),男,毕业院校:广西大学;所学专业:土木工程,当前就职单位:北海市路港建设投资开发有限公司,职务:工程部经理,职称级别:中级工程师。

市政供热大管网建设中的工程质量控制与风险管理策略

杨悦

西咸新区盛源裕能科技发展有限公司, 陕西 咸阳 712000

[摘要] 在城市化进程不断推进的背景下, 城市的基础设施愈加健全, 其中热力管道在城市的发展中起到巨大作用, 热力管道的质量直接影响着人们的生活, 也关系群众的生命和财产安全。近年来, 新闻中报道了热力管道渗漏、塌陷等新闻, 问题的背后和施工技术利用不到位有直接关系, 所以施工单位需要制定科学的施工方案, 加强施工现场管理, 这样才能为人们提供优质服务, 促进城市良好发展。文中从市政热力管道安装施工质量控制问题入手, 讨论如何提升市政热力管道施工质量控制水平。

[关键词] 市政供热大管网; 工程质量; 质量控制; 风险管理; 管理策略

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15332

中图分类号: F425

文献标识码: A

Engineering Quality Control and Risk Management Strategies in the Construction of Municipal Heating Network

YANG Yue

Xixian New Area Shengyuan Yuneng Technology Development Co., Ltd., Xianyang, Shaanxi, 712000, China

Abstract: With the continuous advancement of urbanization, the infrastructure of cities is becoming more and more sound. Among them, thermal pipelines play a huge role in the development of cities. The quality of thermal pipelines directly affects people's lives and also relates to the safety of people's lives and property. In recent years, news has reported on leaks and collapses in thermal pipelines, which are directly related to the inadequate use of construction technology. Therefore, construction units need to develop scientific construction plans and strengthen construction site management in order to provide high-quality services to people and promote the good development of cities. Starting from the issue of quality control in the installation and construction of municipal thermal pipelines, this article discusses how to improve the level of quality control in the construction of municipal thermal pipelines.

Keywords: municipal heating network; engineering quality; quality control; risk management; management strategies

引言

市政供热大管网作为城市基础设施的重要组成部分, 其建设质量与城市能源供应的安全与稳定性密切相关, 同时与环境保护紧密相连。随着城市化进程的加速及人们生活质量要求的不断提高, 市政供热大管网的建设已经成为城市公共基础设施建设中的一项关键任务。然而, 在管网施工过程中, 技术要求高、施工环境复杂、参与单位多样且工程周期长等问题, 使得质量控制与风险管理日益显得尤为重要。市政供热管道的施工中, 除了技术上的挑战外, 潜在的安全风险也不少, 如材料质量问题、施工人员操作不当及设备故障等。如果这些问题未能及时有效地处理, 不仅工程进度将受到拖延, 甚至公共安全也可能受到威胁。提高工程质量控制与风险管理水平, 对于确保市政供热管网工程的顺利完工, 保障城市供热的安全性与稳定性, 具有至关重要的作用。本文将对市政供热大管网建设过程中遇到的质量控制与风险管理问题进行详细分析, 重点探讨管道施工过程中面临的主要挑战与难点, 并提出相应的解决策略, 旨在为行业实践提供有益的参考与借鉴。

1 市政供热大管网建设中的工程质量控制与风险管理的重要性

市政供热大管网的建设涉及复杂的工程设计与施工过程, 其质量的好坏直接影响到居民采暖的安全性与系统稳定运行。随着城市化进程的推进, 供热大管网的规模不断扩大, 这对管道建设的质量控制与风险管理提出了更高的要求。工程质量控制不仅确保了供热系统的稳定性与长期运行, 还能有效预防因施工质量问题引发的后期维护难题, 避免管道漏水、腐蚀等问题造成资源浪费及安全隐患的发生。与此同时, 市政供热管网施工过程中的风险管理同样不可忽视。在施工过程中, 存在诸如安全风险、材料风险、技术风险等多种潜在风险, 它们可能导致工程进度延误、预算超支, 甚至威胁施工人员的生命安全。因此, 只有通过有效的质量控制与风险管理措施, 才能最大程度地减少施工中的不确定因素, 确保项目按时按质完成, 进而降低后期维护与运营中的风险。科学合理的质量控制体系与系统化的风险管理策略, 不仅有助于提升供热大管网的建设效率, 还能有效降低整体建设成本, 确保城市供热系统的稳定运行。

2 市政供热管道施工中质量控制与风险管理工作的难点

2.1 管理工作不受重视

在市政供热管道施工中,管理工作的忽视往往成为质量控制与风险管理难以有效落实的根本原因。许多施工单位及项目管理者对项目质量管理体系的认识不足,尤其在施工初期,未能充分意识到质量控制的重要性与全面性。质量管理的重视程度,直接决定了管理工作投入的力度与执行的效果。在一些项目中,由于忽视质量管理,缺乏明确的质量管理计划或质量控制标准,常常导致施工过程中出现操作失误或技术方案执行不到位等问题。与此同时,缺乏有效的质量监督机制及管理人员的专业能力,使得质量检查流于形式,施工现场未能得到实时监督与反馈,结果是许多质量问题未能及时发现或解决。此外,管理工作的不重视还表现在安全管理方面,施工安全措施的实施及检查往往不到位,进一步增加了安全隐患,从而加剧了风险因素的积累。

2.2 施工安全管理不到位

施工人员是市政供热管道施工中的重要组成部分,确保其安全作业是施工过程中不可忽视的关键。市政供热部门必须把施工安全放在首位,采取有效的安全管理措施,为施工人员提供充分的安全保障。同时,加强安全管理和安全宣传力度也十分重要,只有让每位施工人员充分了解安全知识、掌握急救技能并增加安全知识储备,才能显著提升施工过程中的安全性。然而,部分施工人员安全意识薄弱,未能重视施工安全管理。在实际施工中,部分人员没有配备必要的施工设备,未按规定佩戴安全帽和手套,这往往是因为他们认为佩戴安全设备会影响工作效率,从而拒绝使用。此外,施工安全管理不到位也与市政供热部门在供热管道施工中的投入不足密切相关。有限的资金和设备投入,常导致人员众多而设备匮乏的情况^[1]。同时,许多市政供热部门在安全管理方面的投入较少,缺乏有效的宣传手段,使得施工人员对安全知识了解不充分,对科学的安全防范技巧掌握有限,从而影响了安全管理的质量与效率。

2.3 施工材料管理力度较小

在市政供热管道施工过程中,施工材料管理的薄弱成为一个突出问题,严重影响了工程的整体质量与进度。施工材料管理涉及采购、储存、运输、使用等多个环节,但在实际操作中,部分施工单位对材料管理的重视程度不足,缺乏系统的控制手段。在材料采购阶段,一些单位未能严格按照设计要求选购符合标准的材料,导致不合格或质量较低的材料进入施工现场。与此同时,储存管理存在明显问题,部分施工现场未采取有效的防护措施,导致材料在储存过程中受到污染或损坏。甚至在某些情况下,由于仓储管理不规范,材料丢失或错用的情况也时有发生。运输

环节同样存在管理薄弱的情况,材料未能得到合理包装与保护,部分材料因环境、天气等外部因素而遭到破坏。在实际施工中,材料使用管理的不足也同样突出,部分施工人员对材料使用标准理解不到位,未能严格遵循规范,导致材料浪费或不当使用。

3 市政供热管道施工过程中质量控制与风险管理的有效策略

3.1 改善施工质量管理理念

改善施工质量管理理念,是市政供热管道施工过程中确保工程质量、降低风险、提高施工效率的关键措施。传统的质量管理模式往往偏重于施工后的检查与整改,缺乏对质量问题的早期预防与全过程控制,导致施工中频繁出现质量问题,且整改成本较高,施工进度受到影响。因此,迫切需要将质量管理理念从单纯的事后检查转变为贯穿项目全过程的系统管理模式。在项目的前期规划阶段,质量控制要求应融入设计环节,各项标准与技术规范应明确,以确保设计方案的可操作性与施工条件的可行性。此阶段的质量控制,能有效减少施工中的返工及质量偏差,降低后期风险。进入施工阶段后,质量管理理念应在每个工序、每个环节得到落实,确保施工的每一细节都能得到有效监控与控制。在此过程中,管理者不仅要加强对施工人员的质量意识培训,提升其对工程质量的责任感与敏感性,还应引入精细化管理手段。通过应用信息化与数字化技术,如BIM技术与智能监控设备,施工质量能被实时跟踪,数据分析报告能自动生成,从而确保质量问题能够在第一时间得到反馈与调整,避免问题的积累。此外,质量管理的责任应落实到每位施工人员,形成全员参与的质量文化,使得每个人都能主动发现问题并采取解决措施。工程管理者还应倡导持续改进理念,定期进行质量评估与总结,优化质量管理流程,提升团队整体的质量控制能力。在管理理念的改善过程中,施工单位应逐步摆脱传统的管理方式,培养科学、规范、以预防为主的质量管理模式,使质量控制不仅仅是检查环节,而是一个贯穿全程、全员、全方位的持续过程。

3.2 加大施工安全宣传力度

加强施工安全宣传力度,是市政供热管道施工中保障施工人员生命安全、提升工程质量与效率的关键措施。安全管理的薄弱,常常被视为影响工程进度与质量的主要因素,尤其是在涉及高风险与复杂操作的市政供热管道施工中,安全隐患显得尤为突出。为了应对这一问题,强化安全宣传不仅仅是对施工人员传授安全知识,更应通过多种途径提升全体施工人员的安全意识,深植安全文化于每个人心中。项目的每一个阶段都应覆盖安全宣传工作,安全宣传从项目启动之时便开始,确保所有施工人员在进入施工现场之前,能够接受严格的安全培训,全面了解施工现场的潜在风险、应急措施及操作规范。通过定期开展安全

讲座、应急演练及专题讨论等活动,施工人员的安全意识得以持续强化,帮助他们在突发事件中能够迅速做出反应,并采取适当的自我保护措施。此外,安全宣传的手段不仅仅局限于口头表达,还应通过视觉化、具体化的方式来增强安全管理。在施工现场设置明显的安全警示标志、操作注意事项及应急处理流程,确保每位施工人员进入现场时,能够立刻识别潜在的危险区域及相关操作规程^[2]。现代技术手段的应用,如安全管理系统、视频监控等,将为施工现场提供实时监控与安全风险预警,将安全管理与信息化、智能化手段相结合,构建起全面的安全管理体系。

3.3 加强施工全过程资料管理

在市政供热管道施工过程中,加强资料管理,是确保质量控制与风险管理有效实施的关键措施之一。施工项目中的各种技术文件、设计图纸、施工记录及验收报告等资料,不仅仅是项目的核心依据,更是工程质量的反映与后期维护的重要基础。如果资料管理存在不规范或滞后的问题,信息不对称将容易发生,质量问题也难以追溯,进而增加项目风险的潜在隐患。因此,资料管理制度应在项目开始之初便建立健全,并确保在施工全过程中得到严格落实。资料管理的核心在于确保各类文件和记录能够及时、准确且规范地归档。在施工过程中,所有技术方案、设计变更、材料采购、施工进度、质量检查及验收等相关文件,均应实时更新,确保资料反映施工的实际情况,避免因资料不完整或不准确而造成质量控制上的漏洞。随着信息化管理技术的普及,施工单位应利用数字化工具及管理平台实施电子化资料管理,以提高资料查阅与检索效率。项目管理软件或 BIM 技术的引入,使得所有相关资料得以数字化存储与管理,从而便于工程相关人员随时访问、修改或追溯资料,提升工作效率,减少传统纸质文件管理中常见的错误与丢失。此外,资料管理还应关注资料的安全性与保密性。对于设计变更、技术方案等关键资料,应实行严格的权限管理制度,确保只有授权人员可查看或修改,以防止资料泄露或篡改带来的项目风险^[3]。通过建立完善的资料管理体系,项目能够获得准确的数据支持,确保各项质量控制措施顺利实施,同时为后期工程验收与质量评估提供可靠依据,为未来的维护与更新工作奠定坚实的基础。

3.4 定期开展质量控制培训工作

学习行业技术规范、不断提升业务技能,定期开展技能培训工作,成为提升市政供热管道施工过程中质量控制与风险管理水平的关键措施之一。施工队伍的专业素质与安全意识,直接影响着工程质量的高低以及施工过程中潜在风险的有效管控。市政供热管道施工,涉及复杂的工艺、严格的技术要求以及特殊的施工环境,因此,施工人员技术能力与安全意识的提升,对于防范风险和确保工程质量

至关重要。在施工前期,所有施工人员应进行全面的安全与技术培训。培训内容,不仅应涵盖行业标准、施工规范,还应包括施工现场潜在风险的辨识与防范、应急处置技巧以及新技术、新设备的操作方法。通过理论学习与实际操作相结合的方式,施工人员能够熟悉施工流程,掌握关键技术点,提高应对复杂施工问题的能力^[4]。特别是在安全培训中,个人防护装备的正确使用、危险源的识别与预防、突发事件的应急处理,应被重点强调。使每一位施工人员都能深刻认识到安全生产的重要性,并在实际操作中严格遵守安全规定。此外,培训工作应建立定期化、常态化的机制,不能仅限于项目初期。在施工过程中,随着不同阶段施工要求、工艺变化以及现场实际情况的变化,针对性的继续教育与再培训应被开展,确保施工人员能够及时掌握最新的技术动态和操作规范。同时,项目管理层及技术人员的培训,也应得到同等重视,确保他们具备良好的管理与技术决策能力,进一步提高施工项目的整体质量控制水平。

4 结语

市政供热大管网建设中的工程质量控制与风险管理,是确保项目顺利进行、保障城市能源安全的基础。通过对施工过程中质量控制要点与风险管理策略的深入分析,可以看出,提升工程质量、减少风险的关键因素,科学的管理理念、完善的安全保障措施、严格的施工规范以及高效的培训体系,都是其中不可或缺的。随着技术的不断进步与管理模式的创新,市政供热管网建设,不仅在保障安全与质量的同时,更逐渐向高效、智能化方向发展。未来,进一步强化项目管理人员与施工人员的专业技能培训,应被着重加强,并结合先进的信息化技术与数字化管理手段,提升整体施工管理水平。这将有助于降低质量控制的难度,减轻潜在风险。在为城市居民提供高质量生活与稳定能源保障的过程中,市政供热大管网的建设必须不断优化,质量与安全意识应被强化,从而实现更高效、可靠、可持续的供热系统。

【参考文献】

- [1] 马鑫. 市政供热管道施工过程中的质量控制与管理[J]. 中国建筑装饰装修, 2022(6): 165-167.
 - [2] 俞天霞. 市政工程热力管道施工技术措施研究分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(33): 94-96.
 - [3] 郭振清. 市政热力管道施工中的质量控制研究[J]. 中华建设, 2019(6): 132-133.
 - [4] 万永贵. 市政热力管道施工中的质量控制与管理研究[J]. 工程建设与设计, 2020(14): 229-230.
- 作者简介: 杨悦(1990.1—), 毕业院校: 西安理工大学高科学院, 所学专业: 工程管理, 当前就职单位: 西咸新区盛源裕能科技发展有限公司, 职称级别: 工程师。

市政工程施工管理现状及改进措施分析

龚正威 王宽浩

中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430010

[摘要]随着城市化进程的不断加速,城市规模持续扩张,人口数量日益增长,市政工程作为城市基础设施建设的关键组成部分,其重要性愈发凸显。市政工程涵盖城市道路、桥梁、给排水、污水处理、燃气、电力、通信等多个领域,是城市正常运转和居民生活质量的重要保障。高质量的市政工程能够为城市居民提供便利、舒适、安全的生活环境,促进城市经济的繁荣发展,然而,在市政工程建设快速发展的过程中,施工管理方面暴露出了诸多问题,这些问题严重影响了市政工程的质量、进度和成本控制,进而制约了城市的可持续发展。因此,深入研究市政工程施工管理现状,分析其中存在的问题,并提出切实可行的改进措施,具有极其重要的现实意义。

[关键词]市政工程; 施工管理; 改进措施

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15339

中图分类号: TU62

文献标识码: A

Analysis of the Current Situation and Improvement Measures of Municipal Engineering Construction Management

GONG Zhengwei, WANG Kuanhao

Central & Southern China Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430010, China

Abstract: With the continuous acceleration of urbanization, the scale of cities continues to expand, and the population is growing day by day. As a key component of urban infrastructure construction, the importance of municipal engineering is becoming increasingly prominent. Municipal engineering covers multiple fields such as urban roads, bridges, water supply and drainage, sewage treatment, gas, electricity, and communication, and is an important guarantee for the normal operation of cities and the quality of life of residents. High quality municipal engineering can provide convenient, comfortable, and safe living environments for urban residents, promote the prosperity and development of urban economy. However, in the process of rapid development of municipal engineering construction, many problems have been exposed in construction management, which seriously affect the quality, progress, and cost control of municipal engineering, thereby restricting the sustainable development of cities. Therefore, it is of great practical significance to conduct in-depth research on the current situation of municipal engineering construction management, analyze the existing problems, and propose practical and feasible improvement measures.

Keywords: municipal engineering; construction management; improvement measures

1 市政工程施工管理现状分析

1.1 管理体制与机制

当前,市政工程施工管理体制在一定程度上仍存在不完善之处,影响了管理的效率和效果。在管理制度方面,虽然多数市政工程项目都建立了相应的管理制度,但部分制度内容不够细化,缺乏明确的操作流程和标准,导致在实际执行过程中,施工人员和管理人员对制度的理解和执行存在偏差。

管理制度的执行力度也有待加强。部分施工单位存在有章不循、违规操作的现象,对制度的严肃性和权威性缺乏足够的重视。一些施工单位为了赶进度,忽视了施工过程中的质量和安全要求,违反施工规范和操作规程,在施工现场,未按照安全管理制度的要求设置警示标志和防护设施,给施工人员和周边居民带来安全隐患。这种行为不仅影响了工程质量和安全,也破坏了施工管理的正常秩序。

监督检查机制的有效性不足也是当前市政工程施工

管理中存在的一个重要问题。一方面,监督检查的主体和职责不够明确,存在多头管理、职责不清的情况。在市政工程施工过程中,涉及到建设单位、监理单位、政府相关部门等多个监督主体,但各主体之间的职责划分不够清晰,导致在监督检查过程中出现推诿扯皮、相互依赖的现象,无法形成有效的监督合力。另一方面,监督检查的手段和方法相对落后,难以满足现代市政工程施工管理的需求。目前,多数监督检查工作仍主要依赖人工检查和现场巡查,缺乏先进的检测技术和信息化管理手段。这种传统的监督检查方式效率较低,准确性和及时性也难以保证。

1.2 人员管理

在市政工程施工中,施工人员的数量、结构、技能水平和培训情况,直接关系到工程能否顺利推进。但目前在施工人员管理上存在不少问题,严重影响施工管理效果与工程质量。

从施工人员数量和结构方面,部分市政工程项目存在

施工人员配备不足或结构不合理的情况。在一些规模较大、施工难度较高的项目中,施工人员数量跟不上工程进度需求,导致施工缓慢。施工人员技能水平参差不齐。市政工程技术不断更新,对施工人员技能要求越来越高,但部分施工人员仍采用传统施工方法,未能掌握先进技术工艺,施工效率低,工程质量难以保证。此外,部分施工人员质量和安全意识淡薄,不按规范操作,随意简化流程,给工程带来严重隐患。

培训情况也不理想。许多施工单位对施工人员培训不够重视,培训体系不完善,内容和方式缺乏针对性与实效性。常仅在开工前简单进行安全教育,很少涉及施工技术和质量管理培训,且多以理论授课为主,缺乏实操演练,导致施工人员无法将所学用于实际。

人才流失也是突出问题。市政工程施工环境艰苦、强度大、有安全风险,加上部分施工单位薪酬待遇与职业发展空间有限,导致人才不愿长期留任。人才流失不仅使新员工熟悉工作耗时,降低施工团队整体效率,影响工程进度,还可能带走关键技术和经验,给工程质量和安全埋下隐患。

1.3 质量管理

在市政工程施工中,质量管理体系的建立是保障工程质量的重要基础。目前,虽然大部分市政工程项目都建立了质量管理体系,但在实际执行过程中,仍存在问题。部分质量管理体系的标准不够细化,缺乏明确的质量控制指标和检验方法,使得在施工过程中难以准确判断工程质量是否符合要求。在施工工艺方面,施工工艺的选择和执行对工程质量有着直接影响。一些施工单位为了降低成本或赶进度,在施工工艺上偷工减料,不严格按照设计要求和施工规范进行施工。同时,部分施工人员对新技术、新工艺的掌握程度不够,在施工过程中无法正确应用,也影响了工程质量的提升。

施工材料和设备的质量也是影响工程质量的关键因素。当前,部分市政工程存在施工材料质量不过关的情况,一些施工单位为了追求经济利益,采购价格低廉、质量不达标的材料。施工设备的维护和管理也存在不足,一些设备老化、损坏严重,但未能及时进行维修和更换,导致设备在施工过程中出现故障,影响施工进度和工程质量。

对施工关键环节的监控也存在漏洞。在一些市政工程中,对基础工程、隐蔽工程等关键环节的质量监控不够严格,缺乏有效的检测手段和监督机制。同时,在施工过程中,对质量问题的整改落实情况跟踪不到位,一些质量问题反复出现,未能得到彻底解决。

1.4 进度管理

进度计划是市政工程施工进度管理的重要依据,其编制依据主要包括工程合同、设计文件、施工条件以及类似工程的经验数据等。在编制进度计划时,需要综合考虑工程的规模、复杂程度、施工工艺以及资源供应情况等因素。目前,常用的进度计划编制方法有横道图法和网络图法。横道图以横向线条结合时间坐标来表示工程各工作的起

止时间和先后顺序,具有简单直观、易于理解的优点,能够清晰地展示各工作的进度安排。然而,横道图也存在一些局限性,它难以直观地反映各工作之间的逻辑关系,对于大型复杂工程的进度管理不够适用。网络图则通过箭线和节点来表示工作及其逻辑关系,能够准确地反映工程的全貌和各工作之间的相互制约关系。常见的网络图有双代号网络图和单代号网络图,其中双代号网络图以箭线表示工作,以节点表示工作的开始和结束;单代号网络图则以节点表示工作,以箭线表示工作之间的逻辑关系。网络图能够帮助管理者更好地分析和控制工程进度,通过计算关键线路和时差,找出影响工程进度的关键工作,从而有针对性地进行资源调配和进度控制。

进度延误是市政工程施工中较为常见的问题,原因复杂多样。首先是施工条件变化,比如复杂的地质条件、地下管线障碍等,会加大施工难度,阻碍施工进度。其次是设计变更,施工中因各种原因对设计进行变更,必然会影响施工进度。再者是施工单位管理不善,施工组织不合理、资源调配不足、施工人员技术水平低等,都可能导致进度延误,最后是不可抗力因素,如自然灾害、恶劣天气等,这些不可预见且无法避免的因素,会严重影响工程进度,某市政工程施工期间遭遇连续暴雨,施工现场积水严重,施工被迫中断,进度延误数周。

1.5 安全管理

在市政工程施工安全管理中,安全管理制度的建立与执行是保障施工安全的关键环节。目前,大部分市政工程项目都制定了相应的安全管理制度,明确了施工过程中的安全责任、安全操作规程以及安全检查要求等内容。然而,在实际执行过程中,部分施工单位对安全管理制度的重视程度不够,执行力度不足,导致制度无法有效落实。一些施工单位在施工现场未能严格按照安全管理制度的要求设置警示标志和防护设施,使得施工现场存在诸多安全隐患。同时,一些施工人员对安全管理制度缺乏了解,在施工过程中存在违规操作的现象,如不佩戴安全帽、不系安全带等,这也给施工安全带来了严重威胁。

2 市政工程施工管理的改进措施与建议

2.1 完善管理体制与机制

完善管理体制与机制是提升市政工程施工管理水平的关键。建立健全管理制度是首要任务,需明确各部门、各岗位在施工管理中的职责与权限,细化管理流程和标准,确保各项管理工作有章可循。制定详细的质量管理细则,明确各施工环节的质量标准、检验方法和验收程序,使施工人员和质量管理人員能够清晰了解质量要求,便于操作和执行。在明确管理职责方面,要构建清晰的责任体系,避免职责不清和推诿现象。建设单位、施工单位、监理单位等各方应明确各自在工程质量、进度、安全等方面的责任,签订责任书,将责任落实到具体人员。加强监督检查是确保管理体制有效运行的重要手段。建立定期和不定期的监督检查制度,对施

工过程进行全面检查。监督检查内容应涵盖工程质量、进度、安全、文明施工等各个方面。采用先进的检测技术和信息化管理手段,提高监督检查的效率和准确性。运用信息化管理平台,实时监控工程进度和质量数据,便于及时发现问题并采取措施。建立健全激励约束机制,对在施工管理中表现优秀的单位和个人给予表彰和奖励,对违反管理制度、造成工程质量和安全事故的单位和个人进行严肃处罚。

2.2 加强人员管理

合理配置人员是确保市政工程施工顺利进行的基础。在项目筹备阶段,应依据工程规模、施工工艺和工期要求,科学规划人员数量和结构。对于大型市政道路项目,需配备足够数量的道路工程师、测量员、机械操作员以及普通施工人员,确保各施工环节人员充足且专业匹配。加强培训与考核是提升施工人员素质的关键。制定系统的培训计划,涵盖专业技能、安全知识、质量意识等方面的培训内容。定期邀请行业专家进行授课,分享最新的施工技术和管理经验。针对新入职的施工人员,开展入职培训,使其尽快熟悉工作环境和施工流程。建立激励机制能够充分调动施工人员的积极性和主动性。设立绩效奖金制度,根据施工人员的工作表现、工作质量和工作效率发放绩效奖金。对在施工中表现突出、提出创新性建议或解决重大技术难题的施工人员,给予额外奖励,如晋升机会、荣誉证书等。

2.3 强化质量管理

建立健全质量管理体系是提升市政工程质量的核心保障。施工单位应依据国家和地方的相关标准、规范,结合工程实际特点,制定详细且具有可操作性的质量管理细则。明确各施工环节的质量标准、检验方法、验收程序以及质量责任主体,确保质量管理工作有章可循。加强施工工艺控制是确保工程质量的关键环节。施工单位应根据工程设计要求和施工规范,制定科学合理的施工工艺方案,并在施工过程中严格执行。对于新技术、新工艺的应用,要组织专业技术人员进行充分的论证和试验,确保其可行性和可靠性。严格管理施工材料和设备质量至关重要,施工单位要加强对原材料供应商的管理,建立供应商评价和选择机制,选择资质齐全、信誉良好、产品质量可靠的供应商。对进场的原材料,要严格按照规定进行检验和试验,确保其质量符合设计要求。加强对施工设备的维护和管理,确保设备的正常运行和性能稳定。建立设备档案,记录设备的采购、安装、调试、使用、维护和维修等信息,定期对设备进行检查和保养,及时更换老化和损坏的零部件。

2.4 优化进度管理

优化进度管理是确保市政工程按时交付、提高工程效益的关键环节。在市政工程施工中,应采取科学有效的措施,加强进度管理,保障工程顺利推进。

科学编制进度计划是优化进度管理的基础。在编制进度计划时,要充分考虑工程的特点、施工条件、资源供应等因素,运用先进的项目管理方法和工具,如关键路径法

(CPM)、计划评审技术(PERT)等,制定出合理、详细的进度计划。明确各施工阶段的开始时间、结束时间、持续时间以及关键节点,合理安排各工序之间的先后顺序和逻辑关系,确保进度计划的可行性和科学性。加强进度监控与调整是确保进度计划顺利实施的重要手段。建立健全进度监控机制,定期对工程进度进行检查和分析,对比实际进度与计划进度的差异。通过施工现场的实地观察、施工记录的查阅以及与施工人员的沟通等方式,及时了解工程进展情况。如果发现实际进度滞后于计划进度,要及时分析原因,采取有效的措施加以调整。建立进度管理绩效考核制度,将进度管理目标与施工人员的绩效挂钩,对按时完成任务或提前完成任务的施工人员给予奖励,对进度延误的施工人员进行处罚,激励施工人员积极主动地推进工程进度。

2.5 加强安全管理

加强安全管理是市政工程施工管理的重要保障,对于保障施工人员的安全和身体健康,确保工程的顺利进行具有至关重要的意义。建立健全安全管理制度是加强安全管理的基础。施工单位应根据国家和地方的相关法律法规,结合工程实际情况,制定完善的安全管理制度。明确各级管理人员和施工人员的安全职责,确保安全管理工作责任到人。同时,制定安全生产操作规程,规范施工人员的操作行为,避免因违规操作引发安全事故。通过这些明确的规定,有效规范了施工人员的操作行为,降低了安全事故的发生风险。

3 结语

施工管理是市政工程建设的关键所在,直接关系到工程的质量、进度和安全。有效的施工管理能够保障工程顺利进行,提高工程质量,降低工程成本,确保施工安全,提升城市形象和居民生活质量。因此,必须高度重视市政工程施工管理,不断完善管理体制与机制,加强人员管理,强化质量管理、进度管理和安全管理,以提高市政工程施工管理水平,促进市政工程行业的健康发展,为城市的可持续发展提供坚实的基础保障。

【参考文献】

- [1]朱小龙.市政工程施工管理现状及改进措施[J].四川建材,2024,50(6):209-211.
 - [2]韩楚英.市政工程施工质量管理中存在的问题和对策分析[J].城市建设理论研究(电子版),2024(30).
 - [3]薛雷.市政施工管理的特点与改进措施[J].现代工程项目管理,2023(1):1.
- 作者简介:龚正威(1998.2—),男,学历:硕士,毕业院校:兰州交通大学,所学专业:建筑与土木工程,目前职称:助理工程师,目前就职单位:中国市政工程中南设计研究总院有限公司;王宽浩(1997.2—),男,学历:本科,毕业院校:湖北理工学院,所学专业:给排水科学与工程,目前职称:助理工程师,目前就职单位:中国市政工程中南设计研究总院有限公司。

H13 淬硬钢切削力仿真及参数化研究

陈桂涛^{1*} 熊欢² 王帅东¹ 王一洋¹

1. 中北大学机械工程学院, 山西 太原 030051

2. 中国兵器装备集团西南技术工程研究所, 重庆 400039

[摘要]采用 Abaqus 有限元分析软件, 对 CBN 刀具切削 H13 淬硬钢的加工过程进行了仿真, 分析了切削过程中工件的等效应力分布变化及切削力的特性。设计单因素对照试验, 分析了切削力与各工艺参数(切削速度、背吃刀量、刀具前角、刀具后角)之间的联系; 利用正交试验, 研究了工艺参数对切削力影响的主次关系。结果表明, 在一定参数范围内, 使用较高的切削速度和较深的背吃刀量会导致切削力增大, 适量增大刀具的前、后角有利于降低加工过程中的切削力; 各因素对切削力影响的显著程度为: 背吃刀量>切削速度>刀具前角>刀具后角。

[关键词]H13 钢; 有限元分析; 工艺参数; 切削力

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15327

中图分类号: TG506

文献标识码: A

Simulation and Parameterization Study on Cutting Force of H13 Quenched Steel

CHEN Guitao^{1*}, XIONG Huan², WANG Shuaidong¹, WANG Yiyang¹

1. School of Mechanical Engineering, North University of China, Taiyuan, Shanxi, 030051, China

2. Southwest Technology and Engineering Research Institute, China South Industries Group Corporation, Chongqing, 400039, China

Abstract: Using Abaqus finite element analysis software, the machining process of CBN cutting H13 quenched steel was simulated, and the changes in equivalent stress distribution of the workpiece and the characteristics of cutting force during the cutting process were analyzed. A single factor controlled experiment was designed to analyze the relationship between cutting force and various process parameters (cutting speed, back cutting amount, tool rake angle, tool rake angle); The primary and secondary relationship between process parameters and cutting force was studied using orthogonal experiments. The results indicate that within a certain parameter range, using higher cutting speeds and deeper back cutting amounts will lead to an increase in cutting force. Increasing the front and back angles of the tool appropriately is beneficial for reducing cutting force during the machining process; The significant degree of influence of various factors on cutting force is: back cutting amount>cutting speed>tool rake angle>tool rake angle.

Keywords: H13 steel; finite element analysis; process parameters; cutting force

AISI-H13 钢(4Cr5MoSiV1 钢)是一种空冷硬化热作模具钢, 因其高温环境下展现出的抗疲劳性、高强度和良好的韧性等优点, 被广泛应用于模具制造、航空航天等工业领域^[1-3]。淬火处理后的 H13 钢硬度显著提高, 在高速切削过程中产生的切削力较大, 严重影响加工精度及稳定性, 容易加速刀具磨损。

国内外学者借助有限元技术对 H13 钢的切削加工进行了大量研究: Umer^[4]利用有限元模拟和高速正交切削试验对淬硬态 H13 钢在陶瓷刀具和 PCBN 刀具下的可加工性进行分析, 结果表明: 相同工况下, 使用陶瓷刀具加工 H13 钢时切削力更低, 但 PCBN 刀具的表面光洁度优于陶瓷刀具。谢卿阳^[5]通过 ABAQUS 建立了 H13 钢高速切削有限元模型, 揭示了带状切屑和锯齿状切屑的形成过程, 研究表明: 刀具前角从 -8° 增大到 16° , 切屑形态从锯齿状转变成带状切屑。张庆^[6]建立了 H13 钢硬态铣削表面层的残余应力解析模型, 并通过实验进行了验证。

综上所述, 国内外学者针对 H13 钢的切屑形貌、残余

应力等内容进行了研究, 但少有研究涉及切削用量及刀具参数交互作用对切削力的影响。本文以硬度 45HRC 的 H13 淬硬钢为研究对象, 旨在借助有限元模型, 研究高速切削加工过程中, 切削力与切削速度、背吃刀量及刀具前、后角之间的联系, 并分析各因素对切削力影响的主次。

1 切削仿真分析方法

有限元分析采用基于等效塑性应变的 Johnson-Cook 损伤模型作为切屑分离准则, 来描述 H13 钢在切削加工过程中的剪切失效行为^[7]。通过设定位移破坏、线性软化、最大退化的损伤演化条件来模拟加工中连续切屑的形成。其中, 材料的失效应变 ε_f 由公式(1)计算。

$$\varepsilon_f = \left[d_1 + d_2 \exp\left(-d_3 \frac{p}{q}\right) \right] \left[1 + d_4 \ln\left(\frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_0}\right) \right] [1 + d_5 \theta] \quad (1)$$

式中, $d_1 \sim d_5$ 为失效参数(见表 1)。 $\dot{\varepsilon}$ 、 $\dot{\varepsilon}_0$ 分别表示材料的等效塑性应变率, 参考应变率。 p 为压力, q 为 von Mises 应力。 θ 是一个与温度相关的无量纲参数, 其定义

参照公式(2)。

$$\theta = \begin{cases} 0 & T < T_0 \\ (T - T_0) / (T_m - T_0) & T_0 < T < T_m \\ 1 & T > T_m \end{cases} \quad (2)$$

式中, T 为材料实际温度; T_0 为参考温度, 取 20°C ; T_m 为熔点, H13 钢的熔点为 1480°C 。

表 1 H13 钢的 Johnson-Cook 失效参数^[8]

d_1	d_2	d_3	d_4	d_5
-0.8	1.2	-0.5	0.0002	0.61

在切削过加工过程中, 材料会受到高应变率、大变形及高温等因素的作用, 进而对其流动应力产生显著影响^[9]。鉴于此, 本构模型选用了 Johnson-Cook 塑性模型, 该模型能够精准刻画切削过程中材料所呈现出的热粘塑性流动行为。Johnson-Cook 本构模型中关于流动应力 σ 的典型表达式如下:

$$\sigma = (A + B\varepsilon^n) \left[1 + C \ln \left(\frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_0} \right) \right] \left[1 - \left(\frac{T - T_0}{T_m - T_0} \right)^m \right] \quad (3)$$

式中, ε 为材料的等效塑性应变。A 为初始屈服应力, B 为加工硬化系数, C 为应变率敏感系数, m 为热软化系数, n 为硬化指数。表 2 为 H13 钢的 Johnson-Cook 塑性参数。

表 2 H13 钢的 Johnson-Cook 塑性参数^[10]

A (MPa)	B (MPa)	C	m	n
908.54	321.39	0.028	1.18	0.278

在模拟切削的相关研究中, 通常将刀具设定为刚体。对于刀具表面与切削层网格节点之间的相互作用形式, 法向行为方面采用“罚”接触方式, 切向行为选用“硬”接触方式。并且, 仿真过程中所运用的摩擦模型是由 Zorev 提出的修正库伦摩擦模型^[11](见公式(4)), 该模型能够更为精准地描述刀具与切削层在切削过程中的摩擦特性及相互作用关系。

$$\begin{cases} \sigma_f = \mu \sigma_n, & \mu \sigma_n < \tau_{\max} \text{ (滑动摩擦)} \\ \sigma_f = \tau_{\max}, & \mu \sigma_n \geq \tau_{\max} \text{ (粘滞摩擦)} \end{cases} \quad (4)$$

式中, σ_f , σ_n 分别为刀具前刀面的摩擦应力, 法向应力; $\tau_{\max}$ 为工件材料的等效剪切应力; μ 表示摩擦系数, 取 0.3。

2 切削有限元模型及结果分析

建立 H13 钢的切削有限元模型(见图 1), 背吃刀量 $a_p=0.4\text{mm}$ 。H13 钢工件尺寸设为 $10\text{mm} \times 4\text{mm}$, 切削层高 $h=1.2\text{mm}$ 。选用 CBN 刀具(材料参数见表 3)进行切削加工, 设定刀具前角 $\gamma=7^\circ$, 刀具后角 $\alpha=8^\circ$, 切削刃半径 $r=50\mu\text{m}$, RP 为刀具的参考点。

全自由度约束工件的左表面、底面及右表面的非切削区域, 通过刀具沿 x 轴负方向的运动进行切割, 给定速度 $v_c=150\text{m/min}$ 。刀具、工件均选用平面应变网格单元,

选用 0.02mm 的正四边形网格结构对切削层进行网格细分, 非切削层最大网格尺寸设定为 0.2mm 。采用几何非线性的动力-显示分析步骤进行数值计算, 切削过程中的应力分布云图和切削力时域曲线分别如图 2、图 3 所示。

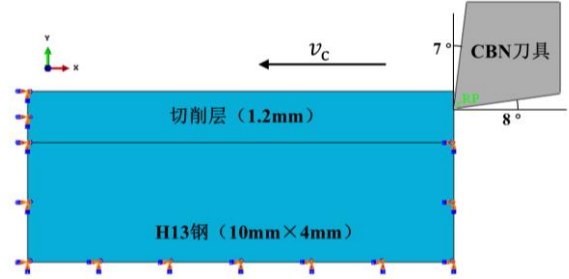


图 1 二维切削有限元模型

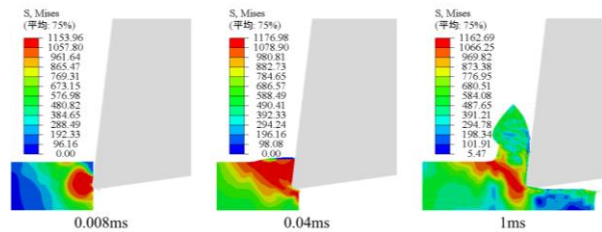


图 2 应力分布云图

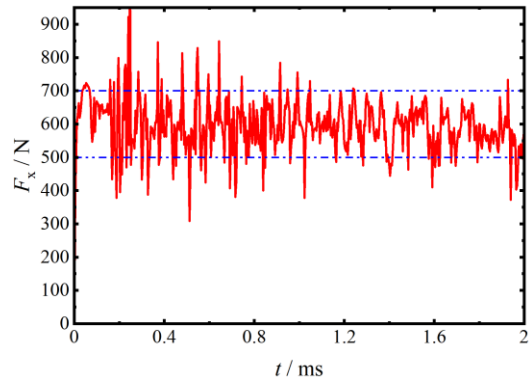


图 3 切削力时域曲线

由图 2 可知, 0.008ms 时, 刀具刚切入工件, 在工件接触点产生较大、集中的等效应力。随着刀具前进, 接触面积逐渐增大, 等效应力场向外扩展, 局部等效应力达到了 1176.98MPa , 超过 H13 钢工件的屈服极限, 切削层晶格发生剪切滑移, 塑性应变增大, 工件右端产生毛刺。切削进行到 1ms 时, 在刀具对工件第一变形区的持续的剪切与挤压作用下, 逐渐形成连续的带状切屑。

由图 3 分析可知, 刀具刚接触工件时, 主切削力 F_x 急剧上升到约 720N , 主要原因为动态仿真中骤起的速度加剧了刀具与切削层间的相互作用。刀具持续切削工件的过程中, 切屑不断从被切材料上脱离, 从而使得前刀面阻力突然减小, 与此同时刀具再次剪切新的材料单元, 所受压力又开始剧增, 以此导致切削力呈规律的波动态, 稳定波动范围约在 $500\sim 700\text{N}$ 。

表3 刀具、工件材料的物理参数^[12,13]

材料名称	密度 (kg/m ³)	杨氏模量 (GP)	泊松比	导热系数 (W/(m·K))	膨胀系数 (10 ⁻⁶ ·K ⁻¹)	比热容 (J/(kg·K))
CBN	3800	680	0.2	120	3	526
H13 (45HRC)	7846	211	0.28	28.47	12.2	469

3 切削力特性仿真分析

3.1 试验方案设计

为了研究主切削力对切削速度、背吃刀量及刀具前后角变化的响应情况,设计了单因素对照试验分析,试验方案参照表4。其中,切削速度 v_c 的取值范围 100~250m/min,背吃刀量 a_p 在 0.2~0.8mm 之间取值,刀具前角 γ 取 3~15°,后角 α 取 6~12°。参照组为 $v_c=150$ m/min, $a_p=0.4$ mm, $\gamma=7^\circ$, $\alpha=8^\circ$ 。

在此基础上,拟定一个涵盖四因素三水平的正交试验方案(参数见表5),通过对上述工艺参数的不同水平组合进行分析,验证交互作用下各因素变量对切削力的影响程度的高低。主切削力取稳定切削状态下的平均值。

表4 单因素对照试验方案

变量	v_c (m/min)	a_p (mm)	γ (°)	α (°)
取值	150[100, 250]	0.4[0.2, 0.8]	7[3, 15]	8[6, 12]

表5 正交试验方案

	v_c (m/min)	a_p (mm)	γ (°)	α (°)
水平1	150	0.4	7	8
水平2	200	0.6	11	10
水平3	250	0.8	15	12

3.2 工艺参数对切削力的影响规律

在 $v_c=150$ m/min, $a_p=0.4$ mm, $\gamma=7^\circ$, $\alpha=8^\circ$ 工况下,参照表4依次改变切工艺参数的取值进行有限元计算,根据仿真结果绘制切削力与切削用量、刀具几何参数的关系曲线(分别见图4、图5)。

通过图4可以看出,当切削速度 v_c 从 100 m/min 提升至 250 m/min 的过程中,主切削力 F_x 随之缓慢增大,增涨值为 63.02N,这是由于 H13 钢的导热系数较低,高速切削条件下,材料的热软化效应持续时间变短导致。当背吃刀量 a_p 从 0.2mm 逐步增加至 0.8mm,前刀面与切削层的有效接触面积增大,单位时间内材料去除量增多,大幅提高了刀具所承受的切削压力和摩擦阻力,主切削力 F_x 显著提升,由 379.08 上升至 1152.07N,增大约 2.04 倍。

图5表示,在一定范围内增大刀具前角和后角,有利于降低切削加工中的主切削力 F_x 。具体表现为,刀具前角 γ 从 3° 增大到 15° 过程中,前刀面受到切屑的正压力减小,主切削力 F_x 由 649.04N 下降到 545.77N,减小了 15.91%。当刀具后角 α 由 6° 增大到 12°,后刀面与已加工表面之间间隙增大,降低了摩擦阻力,切削力相对降

低了 31.99N。

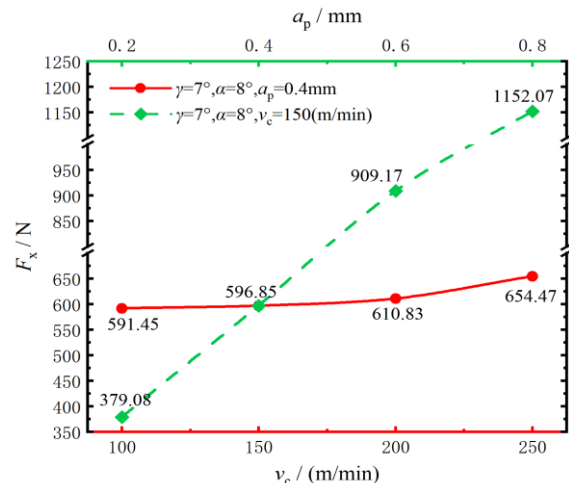


图4 切削用量参数与切削力关系曲线

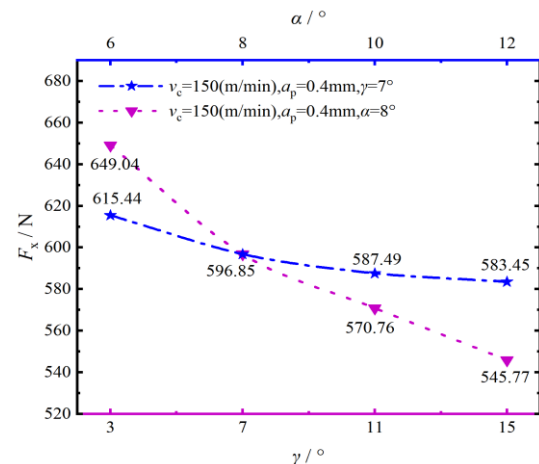


图5 刀具几何参数与切削力关系曲线

3.3 工艺参数对切削力的影响程度

参照 L9 (3⁴) 正交表安排有限元计算,统计各组仿真稳定切削状态下的主切削力响应值 F_x 见表6。

表6 正交试验参数与结果

组	v_c (m/min)	a_p (mm)	γ (°)	α (°)	F_x (N)
1	150	0.4	7	8	596.85
2	150	0.6	15	10	815.33
3	150	0.8	11	12	1106.87
4	200	0.4	15	12	564.2
5	200	0.6	11	8	881.52
6	200	0.8	7	10	1186.01
7	250	0.4	11	10	624.11
8	250	0.6	7	12	960.74
9	250	0.8	15	8	1188.82

计算各因素在不同水平下的平均值,并进行极差分析,结果如表7所示。极差的值越大,数据越离散,则表示对

应因素对试验指标的影响程度越高。因此可得结论,所涉及因素对主切削力的影响的显著程度从高到低依次为:背吃刀量 a_p 、切削速度 v_c 、刀具前角 γ 、刀具后角 α 。因此,在 H13 钢的切削加工中,可优先考虑减小背吃刀量来降低加工过程中的主切削力,其次考虑降低切削速度和增大刀具前角。

表 7 极差分析

	v_c	a_p	γ	α
水平 1 均值	839.68	595.05	914.53	889.06
水平 2 均值	877.24	885.86	870.83	875.15
水平 3 均值	924.56	1160.57	856.12	877.27
极差 R	84.87	565.51	58.41	13.91
主次顺序	$a_p > v_c > \gamma > \alpha$			

4 结束语

为了研究 H13 钢切削加工时的切削力特性,本文建立了基于 Johnson-Cook 剪切失效准则的 CBN 刀具切割 H13 钢的有限元模型。通过对照试验得出:在一定参数范围内,主切削力与切削用量成正相关关系,与刀具几何参数成负相关;通过正交试验判断背吃刀量为影响切削力的最主要因素。为金属加工中切削力的预测提供一种思路,同时在工艺参数的合理选择方面具有一定参考价值。

基金项目:山西省研究生科研创新项目(2023KY599)。

[参考文献]

- [1]张旭,何文超,李东辉,等.热作模具钢热疲劳机理及性能改善的研究现状[J].金属热处理,2020,45(9):10-20.
- [2]饶楚楚,张新星.深冷处理对 4Cr5MoSiV1 热作模具钢磨损性能的影响[J].锻压技术,2022,47(8):235-240.
- [3]胡连新,周健,刘建雄,等.淬火冷速对 H13 模具钢组织

及力学性能的影响[J].金属热处理,2018,43(9):123-128.

[4]Umer U. High Speed Turning of H-13 Tool Steel Using Ceramics and PCBN[J]. Journal of Materials Engineering & Performance, 2012, 21(9):1857-1861.

[5]谢卿阳. 4Cr5MoSiV1 淬硬钢高速切削的实验研究和有限元分析[D]. 南京:南京航空航天大学,2008.

[6]张庆. H13 钢硬态铣削三维表面形貌及残余应力建模[D]. 济南:山东大学,2021.

[7]贾祯杰. 基于 ABAQUS 下钛合金切削仿真技术分析[J]. 机械管理开发, 2023, 38(11):30-34.

[8]李斌训. H13 钢硬态切削显微组织演变及力学性能评定[D]. 济南:山东大学,2020.

[9]夏天,高志玉,赵斐,等.金属材料塑性本构模型建立研究进展[J]. 塑性工程学报, 2024, 31(9):23-35.

[10]Ding H, Shen N, Shin Y C. Experimental Evaluation and Modeling Analysis of Micromilling of Hardened H13 Tool Steels[J]. Journal of Manufacturing Science and Engineering, 2011(133):41.

[11]万蕾. 基于有限元方法的金属切削过程研究[D]. 上海:上海工程技术大学,2016.

[12]晋宇. 仿生微织构 CBN 刀具车削钛合金研究[D]. 秦皇岛:燕山大学,2024.

[13]Liu J, Ji X, Guo Z, et al. Characteristics and cutting performance of the CVD coatings on the TiCN-based cermets in turning hardened AISI H13 steel[J]. Progress in Artificial Intelligence, 2020, 9(2):65.

作者简介:陈桂涛(1998—),男,硕士研究生,研究方向为振动与力学仿真分析。

浅谈车辆复合散热模块的研究与应用

齐红梅

新乡市新豪机电有限公司, 河南 新乡 453000

[摘要] 随着特种车辆动力系统功率密度的持续提升, 其热管理需求日益复杂化。此文针对特种车辆散热系统的技术痛点, 提出了一种复合散热模块的集成化设计方案。通过模块化架构整合水散热器、中冷器、导风罩及变频风扇组件, 优化了气流分布均匀性与散热效率。研究采用理论计算与仿真验证相结合的方法, 确认散热模块的芯体尺寸、风量分配及热阻参数, 并通过实验验证其在极端环境下的可靠性。实际应用表明, 该模块散热功率达 153.85kW (水散热器) 与 54.16kW (中冷器), 重量控制在 313kg 以内, 满足军用车辆高功率发电需求。此文为特种车辆散热系统的设计与优化提供了理论依据与工程参考。

[关键词] 复合散热模块; 特种车辆; 热管理; 仿真验证; 工程应用

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15353

中图分类号: U461.91

文献标识码: A

Brief Discussion on the Research and Application of Composite Cooling Modules for Vehicles

QI Hongmei

Xinxiang Xinhao Electromechanical Co., Ltd., Xinxiang, He'nan, 453000, China

Abstract: With the continuous increase in power density of special vehicle power systems, their thermal management requirements are becoming increasingly complex. This article proposes an integrated design scheme for composite cooling modules to address the technical pain points of special vehicle cooling systems. By integrating water radiators, intercoolers, air deflectors, and variable frequency fan components through modular architecture, the uniformity of airflow distribution and heat dissipation efficiency have been optimized. The research adopts a combination of theoretical calculation and simulation verification to confirm the core size, air volume distribution, and thermal resistance parameters of the heat dissipation module, and verifies its reliability in extreme environments through experiments. Practical application shows that the module has a heat dissipation power of 153.85kW (water radiator) and 54.16kW (intercooler), with a weight controlled within 313kg, meeting the high-power power generation needs of military vehicles. This article provides theoretical basis and engineering reference for the design and optimization of cooling systems for special vehicles.

Keywords: composite heat dissipation module; special vehicles; thermal management; simulation verification; engineering application

特种车辆(如军用装甲车、航空保障车等)因其特殊作业环境与高功率动力系统,对散热性能提出了严苛要求。传统散热系统多采用分体式布局,存在散热效率低、空间占用大、维护困难等问题。尤其在高温、高湿、振动等极端工况下,散热不足易导致动力系统降额甚至失效。因此,开发高效、紧凑且可靠性强的复合散热模块,成为提升车辆作战能力的关键技术方向。

1 复合散热模块设计原理

1.1 整体架构设计

复合散热模块由水散热器、中冷器、导风罩及变频风扇四部分构成。水散热器与中冷器采用上下串联布局,分别负责冷却高温乙二醇溶液与增压气体;导风罩设计为分腔结构,通过风罩隔板均匀分配气流;底部配置4台变频风扇,采用独立驱动单元以避免串风问题。模块总重量320kg,适配380V交流供电,满足军用车辆空间与电气兼容性要求。

1.2 热力学原理

散热模块通过强制对流实现冷热流体间的热量交换。

高温乙二醇溶液流经水散热器时,冷风从底部吸入,经导风罩分腔后均匀通过散热翅片,最终将热量排出。中冷器采用叉流设计,冷风与高温气体逆向流动,提升换热效率。理论计算表明,水散热器热阻为24.71kPa,中冷器热阻为9.03kPa,满足热侧出口温度 $\leq 61^{\circ}\text{C}$ 的技术要求。

2 关键组件设计与选型

2.1 水散热器设计

水散热器作为复合散热模块的核心组件之一,其设计直接决定了系统的散热性能与可靠性。本文采用板翅式叉流结构作为水散热器的芯体设计基础(如图1所示),该结构具有换热面积大、流阻低、结构紧凑等优点。芯体材料选用高强度铝合金,通过钎焊工艺将翅片与隔板紧密结合,确保在高温高压工况下的结构稳定性。翅片设计采用锯齿形结构,其独特的几何形状不仅增大了换热面积,还通过扰流作用增强了冷热流体间的湍流效应,从而提升了换热效率。实验表明,锯齿形翅片的换热系数比传统平直翅片提高约15%。隔板厚度设计为0.6mm,经过有限元分析验证,其在0.4MPa工作压力下的形变量小于0.05mm,

完全满足耐压要求。

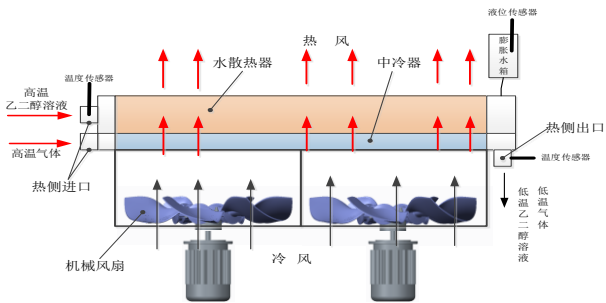


图1 散热模块工作原理图

水室设计是水散热器的另一关键点。本文在两侧水室中引入了A型导流槽结构,通过优化流道截面形状,有效降低了进水冲击压力。理论计算与实验数据表明,A型导流槽可将进水压力峰值降低约20%,从而避免因局部应力集中导致的结构损伤。此外,水室与芯体之间采用密封焊接工艺,确保在长期振动环境下仍能保持良好的密封性能。芯体尺寸设计为 $970\text{mm}\times 970\text{mm}\times 90\text{mm}$,采用单流程布局。单流程设计不仅简化了管路连接,还减少了流体的流动阻力,从而降低了水泵的功耗^[1]。实验数据显示,在额定工况下,水散热器的散热功率可达 153.85kW ,热侧压降为 24.71kPa ,完全满足特种车辆的高功率散热需求。

2.2 中冷器设计

中冷器的设计目标是对高温增压气体进行高效冷却,其芯体结构与水散热器类似,但在细节上针对气体换热特性进行了优化。中冷器同样采用板翅式叉流结构,但翅片间距设计为 2.5mm ,比水散热器的翅片间距(1.8mm)更大。这一设计优化了气体流动的均匀性,减少了因气流阻塞导致的局部压损。进气室设计中增设了导流板,通过分流作用平衡气流分布。实验数据显示,导流板的引入使气流分布均匀性提升了18%,局部压损降低了12%。此外,气室采用A型槽铝设计,进一步增强了结构的抗压能力。芯体尺寸与水散热器一致,为 $970\text{mm}\times 970\text{mm}\times 90\text{mm}$,单流程设计简化了安装与维护流程。在额定工况下,中冷器的散热功率为 54.16kW ,热侧压降为 9.03kPa 。这一性能指标完全满足特种车辆对增压气体冷却的需求。通过对比实验发现,优化后的中冷器在高温环境下的散热效率比传统设计提高了约12%。

2.3 变频风扇选型

风扇作为散热模块的强制对流动力源,其性能直接影响到系统的散热效果与能耗水平。本文选用直径 440mm 的7叶片离心式风机作为核心组件,其额定转速为 3100r/min ,静压为 798.3Pa (如表1所示)。该风扇采用高强度铝合金叶片,表面经过阳极氧化处理,具有良好的耐腐蚀性与耐磨性。风扇的驱动单元采用变频电机,通过PWM信号实现无级调速。这一设计使风扇能够根据实时热负荷动态调整转速,从而在保证散热效果的同时降低能耗。

实验数据显示,在部分负荷工况下,变频调速可使风扇能耗降低约30%。独立安装结构是风扇设计的另一亮点。每台风扇均通过电机支架组件固定在散热器支架上,当某一风扇发生故障时,可快速拆卸更换,无需停机维护。这一设计显著提高了系统的可靠性与维护便捷性。

表1 风扇性能参数

参数	数值
额定流量	1.9kg/s
额定功率	4.76kW
防护等级	IP67

风扇的防护等级为IP67,能够有效防止灰尘与水汽侵入,确保在恶劣环境下的长期稳定运行。此外,风扇叶片采用空气动力学优化设计,降低了运行噪音。实验数据显示,在额定转速下,风扇噪音为 72dB ,比传统设计降低了约 5dB 。

2.4 组件集成与优化

在完成各关键组件的独立设计后,本文进一步优化了组件间的集成方案。水散热器与中冷器采用上下串联布局,通过导风罩实现气流的均匀分配。导风罩设计为分腔结构,内部设置风罩隔板,将气流均匀分隔为多个分风腔。每个分风腔底部设有通风孔,通风孔内侧边沿安装风罩挡圈,用于固定风扇并防止气流泄漏。实验数据显示,分腔导风设计使气流分布均匀性提升了27%,散热效率提高了18%^[2]。此外,导风罩采用轻量化复合材料制造,重量比传统金属结构减轻了约15%,进一步降低了模块的整体重量。在电气控制方面,风扇驱动单元与传感器系统集成于同一控制箱内。控制箱采用模块化设计,内部布局紧凑,便于安装与维护。通过CAN通信接口,上位机可实时监控散热模块的运行状态,并根据热负荷动态调整风扇转速。

2.5 材料与工艺选择

在材料选择方面,本文优先考虑了高强度、轻量化与耐腐蚀性。水散热器与中冷器的芯体材料选用3003铝合金,其抗拉强度为 210MPa ,密度为 2.68g/cm^3 ,具有良好的综合性能。导风罩采用铝合金5A02,其密度为 2.68g/cm^3 ,抗拉强度约为 $240\sim 260\text{MPa}$,显著降低了模块的整体重量。制造工艺方面,芯体采用真空钎焊工艺,确保翅片与隔板之间的结合强度。导风罩采用注塑成型工艺,表面经过防紫外线处理,提高了耐候性。风扇叶片采用精密铸造工艺,确保其几何尺寸与空气动力学性能的一致性。通过上述设计与优化,复合散热模块在性能、可靠性及维护便捷性方面均达到了行业领先水平。实验与应用数据表明,该模块能够满足特种车辆在极端环境下的散热需求,为车辆动力系统的稳定运行提供了有力保障。

3 电气控制与传感器集成

3.1 控制方案

电气系统集成液位传感器(RA-L01型)与温度传感

器 (NT-C01876A 型), 实时监测膨胀水箱液位及关键节点温度控制箱内分 4 路交流电驱动风扇, 另设 28V 直流电源供传感器使用。CAN 通信接口支持上位机远程调速, 提升系统智能化水平。

3.2 传感器选型

温度传感器选用军工级产品, 测温范围 $-40^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$, 输出 4-20mA 模拟信号, 精度 $\pm 0.5\%\text{FS}$; 液位传感器采用 PNP 开关量输出, IP67 防护等级, 适应高温高湿环境。

4 仿真与实验验证

4.1 数值仿真

数值仿真是验证复合散热模块设计合理性的重要手段。本文基于 ANSYS 软件对散热模块进行了结构强度与流体热仿真分析。在结构强度仿真中, 重点考察了散热器支架在额定载荷下的变形与应力分布。仿真结果显示, 支架最大形变为 0.12mm, 远低于安全阈值 0.5mm。这表明支架设计具有足够的刚度与强度, 能够承受车辆在复杂路况下的振动与冲击载荷。

流体热仿真则聚焦于导风罩分腔设计对气流分布与散热效率的影响。通过建立三维流体模型, 模拟了冷风从底部吸入、经导风罩分腔后均匀通过散热翅片的过程。仿真结果表明, 分腔设计显著改善了气流分布的均匀性, 风量分布均匀性提升了 27%。此外, 优化后的气流分布使散热效率提高了 18%, 进一步验证了导风罩设计的合理性。为进一步优化散热性能, 本文还对水散热器与中冷器的芯体结构进行了热仿真分析。通过模拟高温乙二醇溶液与增压气体在芯体内的流动与换热过程, 确认了芯体翅片间距与流道截面的设计参数。仿真结果显示, 水散热器的热阻为 24.71kPa, 中冷器的热阻为 9.03kPa, 均满足技术要求。

4.2 环境适应性试验

为验证复合散热模块在极端环境下的可靠性, 本文依据 GJB150 标准进行了一系列环境适应性试验。试验内容包括振动、冲击、淋雨及高低温循环等, 旨在模拟车辆在实际使用中可能遇到的各种恶劣工况。

4.2.1 振动试验

将散热模块固定在振动试验台上, 施加 5Hz~500Hz 的频率范围与 15g 的加速度, 持续振动 2 小时。试验过程中, 实时监测模块的结构变形与电气性能。结果显示, 模块无结构松动或电气故障, 支架最大形变 0.15mm, 低于安全阈值。

4.2.2 冲击试验

在冲击试验台上施加 50g 的冲击加速度, 持续时间为 11ms。试验后检查模块各连接点的紧固状态与电气元件的功能性能。结果显示, 所有连接点无松动, 电气元件功能正常, 无泄漏或结构失效。

4.2.3 淋雨试验

将模块置于淋雨试验箱中, 模拟 100mm/h 的降雨强度,

持续 6 小时。试验后检查模块的密封性能与电气绝缘性能。结果显示, 模块内部无进水, 电气绝缘电阻大于 100M Ω , 满足 IP67 防护等级要求。

4.2.4 高低温循环试验

将模块置于高低温试验箱中, 进行 $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ 的温度循环试验, 每个温度点保持 2 小时, 共循环 5 次。试验过程中, 实时监测模块的散热性能与电气功能。结果显示, 模块在极端温度下仍能稳定运行, 散热性能无明显下降, 电气功能正常。

通过上述试验, 本文全面验证了复合散热模块在极端环境下的可靠性。试验结果表明, 模块在振动、冲击、淋雨及高低温循环等恶劣工况下均能保持稳定的性能, 满足特种车辆的使用需求。

4.3 实验设备与方法

为完成上述试验, 本文采用了多种先进的实验设备与方法。振动试验使用电磁振动台, 能够精确控制频率与加速度; 冲击试验采用液压冲击试验台, 可模拟多种冲击波形; 淋雨试验使用多功能淋雨试验箱, 能够调节降雨强度与持续时间; 高低温循环试验采用温湿度综合试验箱, 温度控制精度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ^[3]。在试验过程中, 本文还引入了多种检测手段。例如, 使用激光位移传感器测量支架形变, 采用红外热成像仪监测散热性能, 通过数据采集系统记录电气参数。这些检测手段为试验结果的准确性与可靠性提供了有力保障。

4.4 试验结果分析

通过对试验数据的分析, 本文总结了复合散热模块在极端环境下的性能表现。在振动与冲击试验中, 模块的结构刚度与连接可靠性得到了充分验证; 在淋雨试验中, 模块的密封性能与电气绝缘性能表现优异; 在低高温循环试验中, 模块的散热性能与电气功能均未出现明显下降。此外, 本文还对比了试验数据与仿真结果, 发现两者具有较高的一致性。例如, 振动试验中支架的最大形变为 0.15mm, 与仿真结果 (0.12mm) 接近; 淋雨试验中模块的密封性能与仿真预测一致。这些对比结果进一步验证了仿真模型的准确性与可靠性。

5 应用效果与改进方向

5.1 实际应用

该复合散热模块已在某型航空保障车 (型号: JY-8A) 中完成实际装车验证, 成功适配其高功率发电机组 (额定功率 200kW)。在西北沙漠地区 (环境温度 $45^{\circ}\text{C}\sim 55^{\circ}\text{C}$) 的实车测试中, 模块连续运行 48 小时无过热报警, 散热器进口温度稳定在 85°C 以下, 中冷器出口温度控制在 60°C 以内。与传统分体式散热系统相比, 其散热效率提升 22%, 系统压降降低 18%, 且维护周期从原有的 200 小时延长至 260 小时, 显著减少了车辆维护频次。此外, 模块的紧凑化设计使舱内空间占用减少 35%, 为其他关键设备 (如通

信模块与储能单元)的布局提供了更多冗余。用户反馈表明,该模块在复杂路况(如颠簸路面与高海拔环境)下仍能保持稳定运行,未出现风扇共振或导风罩变形问题,充分验证了其结构强度与环境适应性。

5.2 铝合金材料优化建议

尽管该复合散热模块已满足当前技术要求,但针对未来更严苛的作战需求,仍需从以下三方面进行深度优化:

①材料轻量化:采用碳纤维复合材料替代现有铝合金导风罩与支架结构,可进一步降低模块重量。以导风罩为例,碳纤维(密度 $1.6\text{g}/\text{cm}^3$,抗拉强度 500MPa)替代铝合金(密度 $2.7\text{g}/\text{cm}^3$,抗拉强度 210MPa)后,其重量可减轻约 40%,同时保持同等刚度。需解决的关键问题包括碳纤维与金属件的连接工艺(如胶接-铆接复合技术)及成本控制(当前碳纤维部件成本为铝合金的 3~5 倍)。

②智能控制:引入基于神经网络的 AI 算法,通过实时采集温度、负载电流与环境参数,预测热负荷变化趋势并动态调节风扇转速。例如,在低负荷工况下,可将风扇转速从 $3100\text{r}/\text{min}$ 降至 $2000\text{r}/\text{min}$,能耗降低约 45%。需开发专用边缘计算模块(集成于控制箱),并优化算法训练数据集(涵盖 $-40^\circ\text{C}\sim 85^\circ\text{C}$ 全温域工况)。

③抗冲击优化:针对支架连接点(如风扇固定架与导风罩接口)在极端振动下的疲劳问题,提出三点改进:①采用拓扑优化设计,增加

局部加强筋(厚度从 3mm 增至 5mm);②螺栓连接处嵌入橡胶减震垫(邵氏硬度 70),降低冲击传递率;③关键焊缝采用激光熔覆工艺,提升疲劳寿命(预计寿命延长 50%)。需通过冲击试验(峰值加速度 80g)验证改进方案的有效性。

6 结论

本文设计的复合散热模块通过集成化架构与分腔导风技术,解决了传统系统效率低、维护难的问题。仿真与实验证明,其散热性能、环境适应性及可靠性均达到军用标准。该技术为特种车辆热管理系统的升级提供了可行方案,具备显著的军事与经济效益。

[参考文献]

- [1]齐红梅.一种特种车辆用复合散热模块的研究与应用[J].机电工程,2023,40(5):12-18.
- [2]张伟,等.军用车辆热管理系统仿真与优化[J].车辆与动力技术,2022,28(3):45-50.
- [3]GJB150-2009,军用设备环境试验方法[S].北京:国防科学技术工业委员会,2009.

作者简介:齐红梅(1983.6—),女,毕业院校河南工学院,学历本科,所学专业机械设计制造及其自动化,当前就职单位新乡市新豪机电有限公司,职务技术工程师,所在职务的年限:第 9 年,级别:中级工程师。

刮板输送机长距离的应用与管理

刘东兴 史文明 金龙

铁煤集团小康煤矿, 辽宁 调兵山 112700

[摘要] 刮板输送机具有结构简单、部件标准化、维护使用非常方便等优点, 广泛应用于煤炭各个行业, 主要用于短距离输送煤炭产品, 根据物料种类、输送距离、坡度等工况要求, 可单机设备输送, 也可双机组成输送系统。刮板输送机由电气控制部分、机械驱动部分、溜槽、链条、刮板、链组等结构件组成, 配合采煤机、液压支架、皮带机等设备完成综采工作面出煤任务, 当刮板运输机设备发生故障时, 将直接影响生产效率, 因此配套选型以及规范合理使用也非常重要^[1]。在煤矿生产过程中, 利用采煤机割煤, 工作面用刮板运输机运煤, 然后转载刮板机输送到皮带机上, 将煤炭源源不断地运出来。但是工况条件复杂变化时, 也需要相应的管理措施来约束, 我矿 S2N7 工作面长度超出设备出厂设计 36 米, 并且需要上运最大区域坡度 9 度, 通过对采煤机、运输机及放煤工艺管理, 有效完成了我矿 S2N7 工作面回采任务。

[关键词] 刮板运输机; 放煤作业; 电流监控

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15360

中图分类号: TD528.3

文献标识码: A

Application and Management of Long Distance Scraper Conveyor

LIU Dongxing, SHI Wenming, JIN Long

Tiemei Group Xiaokang Coal Mine, Diaobingshan, Liaoning, 112700, China

Abstract: Scraper conveyor has the advantages of simple structure, standardized components, and easy maintenance and use. It is widely used in various industries of coal, mainly for short distance transportation of coal products. According to the requirements of material type, transportation distance, slope and other working conditions, it can be transported by single machine equipment or composed of two machines to form a conveying system. The scraper conveyor is composed of electrical control parts, mechanical drive parts, chutes, chains, scrapers, chain groups and other structural components. It is used in conjunction with coal mining machines, hydraulic supports, belt conveyors and other equipment to complete the coal extraction task of the comprehensive mining face. When the scraper conveyor equipment fails, it will directly affect production efficiency. Therefore, the selection and standardized and reasonable use of supporting equipment are also very important. In the production process of coal mines, coal is cut using a coal mining machine, transported by a scraper conveyor on the working face, and then transferred to a conveyor belt by a scraper conveyor to continuously transport the coal out. However, when the working conditions are complex and changing, corresponding management measures are also needed to constrain them. The length of our S2N7 working face exceeds the equipment's factory design by 36 meters and requires a maximum slope of 9 degrees for upward transportation. Through the management of the coal mining machine, transport machine, and coal discharge process, we have effectively completed the mining task of our S2N7 working face.

Keywords: scraper conveyor; coal discharge operation; current monitoring

1 创新背景

我矿 S2N7 综放工作面 2022 年 09 月份开始生产, 运顺 1310m, 回顺 1364m, 工作面长 336m, 上运 9°。最大小高差 32.9m, 运顺最大坡度 11°, 回顺最大坡度 10°, 煤层均厚 6.5m, 设计时储量 361.4 万 t, 回采结束 2024 年 07 月, 实际完成原煤 440 万 t。公司最大刮板运输机型号为 SGZ1000/210001, 运输能力 300m 长, 输送能力 2500t/h, 若需升级为 2×1200 型, 则 1000kW 电机需更换 1200kW 电机, 还需 2 台 BPJV5-3*1600/3.3 型变频器能满足生产, 或者使用现有设备生产, 运输机超出设计长度后增加上货量出现过载情况导致运输机压住、操作不当运输机推出急弯增加阻力, 过载也导致生产时设备出现卡机现象, 所以控制生产操作流程及严格设备保养维护, 建立管

理制度来完成生产。

在 W3101 工作面使用过 SGZ1000/2*1000 刮板运输机, 我矿 W3101 工作面条件: 储量 665 万吨运顺巷道走向 2058 米, 回顺巷道走向 2024m, 工作面长 300m, 生产时间 2019/6-2022/7。在回采期间通过断层帮顶破碎时, 运输机上货量不好控制, 容易压溜子, 需要拉超前支架, 336 米超长使用刮板运输机, 不进行改造或者制定措施, 运输能力难以维持生产。

2 创新过程与实施方案

前部运输机使用过程中, 采煤机割煤进入运输机尾段 300~336m 区段往返期间, 采煤机牵引必须低速运行, 控制上货量, 通过采煤机控制系统, PLC+工控机控制限制, 严禁全速运行。采煤机牵引速度高, 可达 8.69m/min, 调

机速度高达 14.5m/min。全速开，上货量集中，运输机在条件复杂的情况下，会发生压住情况，若人工清货，将严重影响生产效率。

后部运输机实行多轮放煤，放煤工对运输机尾段 300~336m 区段放煤作业时，其他地点不得同时进行放煤作业。放煤过程中严格控制液压支架，我矿使用 ZF15000/19/32 型放顶煤工作面中部支架，这种架型特点是：由于放煤位置低，放煤连续，回采效率高，煤尘小，放煤口不大易堵塞，输送机沿底板布置，后部浮煤外运顺利，移架轻便，尾梁摆动，插板可放大块煤。但是在放煤作业中，人员如果同时多人操作，会造成上货量集中，后部运输机在条件复杂的情况下，会发生压住情况，若人工清货，费时费力，我矿 W3102 煤层平均厚度在 10m 左右，机采高度在 2.9m，放煤工作受到制约将严重影响整个工作面的生产效率。所以，在运输机 300m 以前到机头段，可以常规放煤作业，到机尾段必须严格控制上货量

2.1 刮板运输机过载电流管控

(1) 设备安装与系统接入

①在前后部刮板输送机机头位置分别安装电流显示器，并在机头电机内安装电流互感器。

②将电流显示器接入语音报警系统，使其能在实际运行电流临近过载电流值时进行语音报警，同时将语音报警提示并入通控系统，传输至地面调度室。

③在机头位置安装监控摄像头，接入井下安全监控系统，实时上传监控画面至地面安全监控室并具备回放功能。

(2) 运行监控与数据记录

①井下刮板运输机运行过程中，电流互感器实时监测机头电机运行电流，并传输至电流显示器。

②当电流临近过载电流值时，电流显示器触发语音报警，同时通控系统报警信息传输至地面调度室。

③调度室每班坐台人员负责记录每班通控系统播报的前后部运输机过载报警信息的时间点，并整理汇总。

(3) 数据分析与处理

①调度室将记录的过载报警信息表上报至机电办。

②机电办对照报警信息表，到地面安全监控室进行录像回放，统计前后部运输机过载运行时长。

③机电办根据统计结果，依据下发的管理制度进行汇总，并作出相应处罚。

(4) 反馈与改进

①机电办将处罚结果下发给相关部门和人员，督促其采取措施改进操作，防止刮板运输机过载运行。

②定期对刮板运输机过载电流管控情况进行总结分析，针对存在的问题提出改进措施，优化管控流程。

2.2 刮板运输机日常维护注意事项

输送机的使用输送机投入使用后，应注意以下几点，并形成严格管理制度。(1) 配套设备在工作面系统开机顺

序应为：由外到里进行，皮带机、破碎机、转载机、输送机、采煤机。主动停机时可按此相反的顺序进行。特殊情况设有急停开关，当出现问题时，任意停止一部设备，上部设备自动闭锁，不能运行，防止出现堆货现象。(2) 输送机停机前，应先空转几个循环，必须能将输送机上的存煤运出，以利于检修和下次再启动。(3) 操作液压支架控制输送机推移应逐架缓缓进行，兼顾前后左右，严禁冲击和隔架推移。(4) 拉架时应使邻架完全顶牢，被拉架卸载后，再缓缓拉进，禁止野蛮作业。(5) 禁止在机头传动部，机尾附近进行爆破作业，否则必须采取保护电机减速机及液压紧链装置等措施，防护液压支架伸缩柱等重要设备部件。(6) 禁止在输送机上运送其他物料，特别是杆状物料，以免造成事故。(7) 不允许有超槽宽的煤块进入输送机，发现应及时进行破碎。(8) 煤流应尽量均匀，尤其转载点迎面应加有挡货板，可以缓冲货流，也可防止伤人。也能有效控制沿途其他设备跑货。

输送机的日常维护，做好班检、日检、周检、月检、半年周期检查维护，确保设备能够正常使用。

(1) 每班检查：安排专业负责人详细检查刮板链、接链环有无损坏，任何弯曲的刮板超出限定都必须立即更换。刮板断掉、丢失必须及时进行补充。(2) 检查链轮轴组运转是否正常、是否漏油，油温不得超过 90℃，辅助油箱油位是否不足，检查润滑管路连接处是否损伤。(3) 检查电机是否正常运转，温度不得超过 90℃。冷却水管路系统不得有泄漏。(4) 检查减速器是否漏油，有无异常声响和震动，箱内油温不得超过 90℃。(5) 消除机头、机尾、减速器及连接罩上杂物，以利于散热。(6) 检查机尾是否有过多的回煤，必要时找出原因^[2]。

每日检查：必须利用好每天停机检修时间，交接班问题一定要掌握详实，发现问题及时处理，防止故障扩大。

(1) 重复每班检查项目。刮板链张紧是否松紧合适，两条链张紧是否一致；链轮有无损坏。拨链器是否正常，不能有歪斜、卡链现象。

每周检查：(1) 重复每日检查项目。(2) 检查传动部是否安全可靠、有无损坏；检查各紧固件，松动的要拧紧，损坏的要更换，重点检查运输机板连接销及限位块，扣除积货，发现丢失及时补充，防止使用中脱节。

每月检查：安排充足停产检修时间，集中检修人员作业(1) 重复每周检查项目。(2) 取一段链条进行检查，检查伸长量达到或超过原始长度的 2.5%，则换新链条。标准链环节距为 152±1.1mm。每季检查：重复每月检查项目。

每半年检查：(1) 将减速器油全部放出，清洗内部并更换新油。(2) 任何时候减速器和链轮轴组不能在井下拆开维修，如情况紧急必须井下拆开维修时，必须有防尘、防异物等防护措施，停止工作面生产，以保证检修环境，

能完成紧密部位配件安装,保证安全使用。使用润滑油必须按照指定型号添加,否则将严重影响使用寿命。

2.3 刮板输送机操作注意事项

(1) 当输送机运行时,任何人不得横跨输送机,不得翻越输送机,同时也不允许滞留在卸载端,机尾端。包括检查维护人员维护处理采煤机时,需要通过必须停机并且闭锁。(2) 除了工作面采出的煤和岩石以外,不允许运载其它物料、配件。(3) 当工作面输送机开机运行时,任何人不可倚靠输送机,也不可坐在或站在输送机上观察运行情况,尤其运行过程中不可站在输送机靠工作面一侧,防止滑落掉入运行机道,造成人员伤害。(4) 除非输送机检修,否则在拆掉护板的情况下不许开动机器,若要开动,也应在有关人员的严格监视下进行。当输送机检修点动试运时,刮板仍可能通过链轮运载煤和岩石,应格外小心不要站在卸载端和机尾端的链轮对面。迎面需要安装挡板,确保物料不能伤人。(5) 设备运行时,人员应和运动部件保持一定的安全距离,尤其通过采煤机时,应当停止割煤作业。(6) 所有的螺栓和连接件应正确安装,并按规程应拧紧。(7) 工作面输送机进行维护保养工作(如更换刮板、链轮、链条等)都应在断开电源的情况下进行,挂牌上锁。(8) 使用阻链装置紧链时,机械、电器的关联部分必须十分协调。紧链完毕后,切记要松开紧链装置和拆除阻链装置^[3]。(9) 工作面输送机要谨防链条过度张紧。如果发生链条过度张紧则在链条上进行任何工作都是危险的。(10) 拆卸和更换液压件时,应先释放掉压力,专人看护阀组,并且安装限位装置,防止误动作伤人。(11) 输送机与支架联接的推移耳,只承受与输送机长度方向中心线垂直的推移力和拉架力。(12) 在其他方式不能有效控制输送机下滑的工作面,使用时须采取防滑措施确保输送机与支架等设备相互移动的协调性。

2.4 工作面过断层安全事项

(1) 采煤机过断层及煤层变薄缺失带时,采用跟机移架或拉完超前架后再进行割煤,防止顶帮破碎货量突然加大压住输送机。

(2) 过断层及煤层变薄缺失带遇有顶板破碎时,适当控制采煤机进刀速度,采煤机割过顶刀后支架工要及时推出伸缩梁,升起顶梁防护顶板。

(3) 过断层及煤层变薄缺失带期间,必须做好超前支护,当判断煤壁将要出现片帮时,要及时伸出液压支架前梁护顶,或超前移架护顶,防止片帮扩大造成顶板流煤、空顶。帮顶破碎时也可以采取打锚杆、加铁制穿条别顶或在架前用木板刹顶等方式支护顶板。

(4) 移架时要坚持带压擦顶移架,尽量要做到少降快移,液压支架尽量一次移够移到位,防止二次移架松动顶煤,支架移到位后,及时升紧支架,必须使液压支架接实顶板,升柱时保证支架达到初撑力,不低于 24MPa,伸

缩梁要及时推出,打出护帮板。尤其进入机尾短作业,严格执行措施,尽量用熟练工人操作支架工作,避免漏货严重影响生产。

(5) 工作面必须备有 30m 长的胶管,随采煤机行走,采煤机割至岩石区域地段必须对滚筒处的煤壁、顶板进行浇水降温,防止产生火花,发生引燃瓦斯的风险。

(6) 过断层及煤层变薄缺失带期间,必须加强各个生产班组对工作面质量及支架管理。支架必须接顶严实且保持平直,支架状态必须完好,支架不挤、不咬,相邻支架间不能有明显错差(不超过顶梁侧护板高度的 2/3)。支架沿工作面方向发生歪架倒架时,要在拉移支架过程中利用支架本身侧护板进行调整,每班要严格验收及时处理歪架倒架严重问题,要采用单体支柱进行调整,以防晚期不好处理。

(7) 工作面系统压力要保证在 30Mpa 以上,液压支架和液压系统有跑、冒、滴、漏现象必须及时处理。乳化液要符合配比要求,过滤器应定期检查清洗,确保工作面水质使用要求。

(8) 过断层以多采煤少采岩石为原则,当工作面由断层上盘向下盘过渡时,逐渐留底煤挑顶抬高底板,通过断层后,沿煤层底板回采;当工作面由断层下盘向上盘过渡时,采煤机向下卧底,同时将支架逐渐降低,直到采煤机找到煤层底板,要求工作面过渡要平稳。

(9) 当底板鼓起为软岩、泥岩时,工作面可采用采煤机直接截割,但应降低牵引速度,不得超过 2m/min;当底板岩石为较硬砂岩采煤机无法截割时,需另行编制专项措施采用打眼爆破的方法进行破岩,严禁采用采煤机强行截割。强行截割不仅会加速截齿的磨损和损坏,而且易产生火花引起瓦斯和煤尘爆炸。

(10) 采煤机割煤与移架点的距离不得超过 15 组支架,超出此距离时要立即停止采煤机前进,等移架跟上采煤机后再割煤。

(11) 工作面液压支架的架间间隙超过 200mm 以上时,及时找掉夹块并用木样将电缆槽及电缆槽老塘侧顶板间隙刹严,防止掉块伤人。架间漏货严重时可采用在架间挂网或上木样方式将架间顶板刹严。架脚前底鼓严重时,可采取架前拉底方式将其调平。若工作面大面积破岩时,要由调度平衡,集中运输矸石,做到出煤不出矸,出矸不出煤,做好煤矸分装、分运工作,保证煤质,岩石硬度超规定时,一定要组织放震动炮,保护采煤机使用寿命。

3 创新效果

通过对采煤机行走在机尾区段割煤作业牵引速度控制,以及过断层区域,超前移架的管理办法,防止采煤机的上货量大以及片帮漏货造成刮板运输机压死问题得到解决。以及工作面现场加装的电流显示器,工作面施工人员实时观察电机的电流大小,现场管控上货量,一旦人为

控制不了的货流,可及时停机处理。在变频器管理方面,变频器过载频次以及过载电流大小,都详细记录,超出制度规定部分,对每班责任人严格执行奖罚制度。经过一年多的严格管理我矿 S2N7 工作面回采取得了满意效果,既满足了生产产量需求,又节省了设备改造资金。

4 效益分析

根据我矿 S2N7 采面条件,若将 SGZ1000/2000 型刮板输送机升级为 SGZ1000/2400 型刮板输送机的方式完成生产任务,需要将 1000KW 电机更换为 1200KW 电机,前后部共 4 台价格约 450 万(不含改造配套费用),需要配备 2 台 3*1600 变频器,价格约 350 万元。共节约采购资金 800 万元。电能消耗节约方面,每台电机功率差 200 千瓦,整机功率节省 800 千瓦,一年可节约用电量约 48 万度。

[参考文献]

[1] 邵泽波,陈庆,刘彦辰.机电设备管理技术.第 2 版[M].

北京:化学工业出版社,2014.

[2] 张梅桂.煤矿机电设备管理[M].北京:煤炭工业出版社,2017.

[3] 刘宝权.设备管理与维修[M].北京:机械工业出版社,2012.

作者简介:刘东兴(1978.12—),毕业院校:辽宁工程技术大学机械工程及自动化专业,所学专业:机械工程及自动化,当前就职单位:铁煤集团小康煤矿,职务:现任小康矿机电办主任,职称级别:高级职称;史文明(1985.9—),毕业院校:辽宁工程技术大学测绘工程专业,所学专业:测绘工程,当前就职单位:铁煤集团小康煤矿,职务:现任小康煤矿生产副总工程师,职称级别:高级职称;金龙(1988.7—),毕业院校:中国矿业大学机电一体化技术专业,所学专业:机电一体化技术,当前就职单位:铁煤集团小康煤矿,职务:现任小康矿综检车间技术员,职称级别:初级职称。

船用座椅减振机构的应用研究

李 伟 王法昌 李文冉

新乡市新豪机电有限公司, 河南 新乡 453009

[摘要] 船用座椅的减振性能在舰艇乘员的舒适性与健康方面起着至关重要的作用。针对舰艇高速航行过程中振动冲击的挑战, 文章提出了一种基于 L 型悬架与油气混合型减震器的船用座椅减振装置。通过理论分析、仿真验证与实验测试, 优化了悬架设计及关键参数, 并对座椅的减振性能及应用效果进行了评估。研究结果表明, 所设计的减振座椅在提升乘员舒适性方面表现出显著优势, 具有较高的应用价值。

[关键词] 船用座椅; 减振装置; L 型悬架; 油气混合型减震器; 舒适性

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15375

中图分类号: TU85

文献标识码: A

Application Research on Vibration Reduction Mechanism of Marine Seats

LI Wei, WANG Fachang, LI Wenran

Xinxiang Xinhao Electromechanical Co., Ltd., Xinxiang, He'nan, 453009, China

Abstract: The vibration reduction performance of marine seats plays a crucial role in the comfort and health of ship occupants. In response to the challenge of vibration and impact during high-speed navigation of naval vessels, this article proposes a ship seat vibration reduction device based on L-shaped suspension and oil-gas hybrid shock absorbers. Through theoretical analysis, simulation verification, and experimental testing, the suspension design and key parameters were optimized, and the damping performance and application effect of the seat were evaluated. The research results indicate that the designed shock-absorbing seats have significant advantages in improving passenger comfort and have high application value.

Keywords: marine seats; vibration reduction device; L-shaped suspension; oil-gas hybrid shock absorber; comfortable

1 概述

1.1 研究背景与意义

随着现代海军任务日益复杂化, 舰艇需要在不同海况下长时间执行各类任务, 这对舰艇的设计提出了更高要求。尤其在高速航行时, 舰艇因波浪与船体运动引发的振动冲击, 成为影响舰员生理与心理健康的主要因素。研究表明, 低频振动 (4~8Hz) 对舰员健康构成了严重威胁, 长期暴露在这一频段内可能导致脊椎变形、胃肠道疾病等职业病, 且显著降低工作效率。作为舰艇内部振动隔离的核心设备之一, 减振座椅的设计直接决定了舰员的舒适度与健康状况。高性能的座椅减振系统应具备以下特性: 能够有效隔离低频振动, 尤其是人体敏感区间的振动; 具备足够的机械强度与稳定性, 以应对各种海况下的复杂环境; 并确保舒适性与可靠性, 以保持舰员长时间执行任务时的最佳状态。尽管减振座椅在陆地车辆与航空等领域已取得了一定的进展, 但针对船用减振座椅的研究仍面临许多技术挑战。如何在低频振动环境中保持良好的隔离效果, 如何在多负载条件下优化性能等问题, 仍待解决。

1.2 国内外研究现状

减振技术的研究在全球范围内已有较长的历史, 且取得了许多重要成果。国际上, 围绕全身振动的评估与减振优化, 主要集中在振动动力学模型的建立与实验验证。例

如, ISO 2631 标准提供了全身振动的评价框架, 明确了振动对人体健康、舒适性以及工作效率的影响机制。国外学者结合这一标准, 针对座椅系统进行了深入的建模与实验研究, 探讨了固有频率、阻尼比、运动传递率等参数对减振性能的影响。这些研究成果已广泛应用于车辆、航空及工业设备的减振设计中。

相比之下, 国内减振座椅的研究起步较晚, 然而近年来发展较为迅速。以清华大学为代表的研究机构, 基于国际标准对车辆座椅的减振性能进行了改进, 并提出了适合我国国情的振动评估方法。然而, 大部分研究仍集中在陆地车辆或航空领域, 针对船用减振座椅的研究较为稀缺, 尤其在舰艇振动环境的特殊性方面缺乏深入探讨。国内已有少数研究尝试将车辆减振技术引入船舶领域, 但由于海洋环境的复杂性与振动特性差异, 直接借鉴陆地技术往往无法满足舰艇的需求。

2 船用减振座椅设计方案

船用减振座椅的设计目的是为了有效减少舰艇在高速航行中, 波浪与机械冲击所引发的振动, 确保舰员能够在舒适、安全的环境中工作。本节将深入讨论减振悬架类型的选择及减震器的优化设计方案。

2.1 减振悬架类型比较

减振悬架作为座椅振动隔离系统的核心, 其结构设计

直接决定了座椅的减振效果以及适应不同环境的能力。常见的悬架类型包括 H 型、X 型和 L 型，以下将详细分析它们各自的特点和适用条件。

2.1.1 H 型悬架

H 型悬架通过平行四边形的连杆结构连接上下两个连接板，减震器的伸缩作用用于吸收振动能量，从而实现减振效果。该结构的主要优点是紧凑，适用于安装空间有限的情况，且上下平移的运动方式有效减少了横向晃动。然而，当面对高频振动时，H 型悬架的减振效果较差，尤其在复杂的长期航行环境中，其减振性能可能会减弱，难以满足需求。

2.1.2 X 型悬架

X 型悬架采用交叉的 X 型支架连接上下骨架，这种结构能够通过几何放大效应提供较大的竖直位移，尤其在垂直方向的冲击缓解方面表现优越^[1]。尽管如此，X 型悬架的复杂结构设计使其在制造上具有更高的难度，同时也对使用寿命和可靠性提出了更高的要求。因此，X 型悬架在一些要求高性价比的舰艇应用中受到了限制。

2.1.3 L 型悬架

L 型悬架通过 L 型支架与上下连接板构成，结构直观且简洁，能够提供有效的竖直减震器布置，基本消除了水平位移的问题。该悬架最显著的特点是具备较大的冲击行程，适应性较强，能够应对恶劣海况下的振动^[2]。相较于其他类型的悬架，L 型悬架在减振效果、稳定性及结构简化方面表现优异，因此成为舰艇座椅设计中的理想选择。

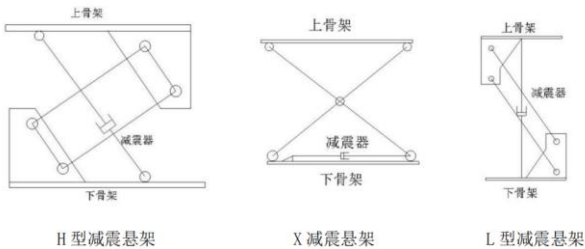


图1 三种减振悬架类型示意图

2.2 减震器选型与优化

减震器是减振座椅系统的重要组成部分，对整体性能起着决定性作用。现代舰艇座椅通常采用阻尼器与弹簧并联的方式，通过弹簧缓冲振动，阻尼器吸收振动能量，从而增强座椅的振动隔离效果。

2.2.1 油压减震器

传统油压减震器通过液压油的流动来产生阻尼力，吸收振动能量。然而，这种类型的减震器在高频率、高振幅的冲击环境下存在充油不及时、液体气化等问题，导致减振性能衰退，甚至可能产生噪声，因此逐渐被淘汰。

2.2.2 油气混合型减震器

油气混合型减震器采用单筒设计，并在内部充入 2.0~2.5MPa 的高压氮气，通过浮动活塞将气体与液体分

隔。这种结构的优势在于其紧凑性、轻量化以及可调的阻尼性，能够适应不同海况下的多样振动特性^[3]。此外，这种减震器提供较大的工作行程，避免了油压减震器存在的液体乳化问题，广泛应用于现代舰艇座椅设计中。

2.2.3 氮气减震器

氮气减震器通过外置气罐分离气体与液体，增强了散热性能，有助于延长使用寿命。然而，氮气减震器的制造成本较高，同时对安装空间要求较大，这在紧凑型舰艇座椅的设计中很难满足实际需求。

基于上述分析，本设计选用了油气混合型减震器。该类型的减震器不仅具备较强的高频冲击缓解能力，还能提供初始力和阻尼调节功能，能够根据乘员的体重和负载需求进行灵活适配。

3 关键技术与仿真分析

3.1 靠背骨架强度分析

在舰艇高速航行过程中，座椅靠背需承受较大的向后倾覆力矩，因此其结构强度是确保乘员安全的关键因素。为此，本研究根据 GB15803 标准，建立了靠背骨架的力学模型，并利用 SolidWorks 进行了静力学仿真分析。仿真过程中，按照标准要求加载 2120N 的力作用在靠背的 H 点。分析结果显示，靠背骨架的最大应力为 110MPa，位移为 0.5mm，均低于所选材料（5A06 铝合金）的屈服强度 155 MPa，表明该结构完全满足设计强度要求。同时，应力分布均匀，没有明显的应力集中现象，进一步证明了该结构的可靠性。

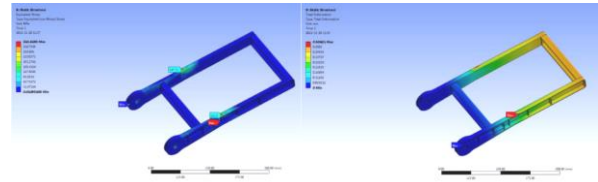


图2 靠背骨架应力与位移仿真云图

3.2 悬架强度分析

减振悬架承载座椅的主要负载，因此其强度对振动隔离性能至关重要。为了确保悬架在实际工况下的可靠性，本研究对 L 型悬架进行了非线性静力学仿真分析。仿真设置中，四个安装孔处施加固定约束，同时在悬架上表面均匀施加 200kg 的压力，模拟乘员及装备的实际重量。仿真结果表明，悬架的最大应力为 105MPa，满足所选材料的屈服强度要求。在仿真过程中，悬架未发生显著的变形或局部失效，验证了其结构稳定性和强度储备。

3.3 振动性能分析

减振座椅的性能依赖于其对外界振动的有效隔离能力。为分析座椅的振动特性，本研究建立了单自由度振动模型，并推导了其动力学方程：

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F(t) \quad (1)$$

其中， x 为座椅与乘员的总质量， c 为阻尼系数， k 为

弹簧刚度, $F(t)$ 为外部激励力。

根据推导出的运动传递率公式:

$$\eta_M = \frac{x}{x_b} = \frac{1}{1+(2\zeta v)^2(1-v^2)^2+(2\zeta v)^2} \quad (2)$$

其中, $\zeta = \frac{c}{2\sqrt{km}}$ 为系统的阻尼比, $v = \frac{\omega}{\omega_n}$ 为频率比。

振动分析结果表明:

在低频激励下($v \rightarrow 0$), 系统的运动传递率接近 1, 减振效果不明显;

当激励频率接近固有频率($v \approx 1$)时, 系统可能出现共振, 减振效果最差;

在高频激励下($v > 2$), 系统能够有效隔离高频振动, 运动传递率显著降低。

为了优化减振性能, 选择了固有频率为 24Hz, 阻尼比 ζ 在 0.25~0.35 之间控制, 以确保系统避开共振区并实现优异的高频振动隔离效果。

4 减振性能优化与实验验证

4.1 参数优化

4.1.1 固有频率优化

人体对振动的敏感频率通常集中在 48 Hz 左右。为了避免人体与座椅发生共振并引起不适或损伤, 设计时需避开这一敏感频段。为了有效减少低频振动的影响, 同时保持座椅结构的稳定性, 减振座椅的固有频率通常设定在 24Hz。

4.1.2 弹簧刚度的计算

弹簧刚度是影响座椅固有频率的关键因素。固有频率与弹簧刚度之间的关系可由以下公式表示:

$$k = m\omega_n^2 \quad (3)$$

m 表示座椅及乘员的总质量, 本设计中取 $m=90\text{kg}$, ω_n 为固有角频率, $\omega_n = 2\pi f_n$ 。假设目标固有频率为 2.9Hz, 根据上述公式计算, 得到:

$$k = 90 \times (2\pi \times 2.9)^2 \approx 2200\text{N/m} \quad (4)$$

这意味着弹簧刚度需要设计为 2200N/m, 以确保座椅的固有频率符合要求, 同时提供适当的减振行程。

4.1.3 阻尼比优化

阻尼比是决定减振系统能量衰减速率的重要参数。如果阻尼过大, 可能导致座椅响应迟缓, 降低舒适度; 而如果阻尼过小, 则可能出现共振现象。通过动力学分析, 减振座椅的阻尼比应设置在 0.25~0.35 之间, 这一范围可以有效避免高频振动的衰减不足, 同时确保减振效果。综合分析后, 确定减振座椅的关键设计参数: 固有频率设为 24Hz, 弹簧刚度为 2200N/m, 阻尼比范围为 0.25~0.35。这些参数为后续的实验验证及实际应用提供了设计依据。

4.2 实验验证

4.2.1 实验设备与设置

本次实验采用高精度振动台, 该设备能够模拟舰艇在海况下的复杂振动环境, 测试频率范围为 5~80Hz。负载质

量分别设定为 60kg、100kg 和 150kg, 代表不同体重的乘员以及装备负载。减振座椅被安装在振动台上, 使用多轴传感器记录座椅输入与输出加速度信号, 并计算运动传递率。

4.2.2 实验方法

实验通过扫频方式逐步调整振动频率, 记录不同频率下的振动传递特性。测试覆盖了人体振动敏感区间(48Hz)及舰艇航行过程中常见的 10~50Hz 频段。减振座椅的运动传递率按照以下公式计算:

$$\eta_M = \frac{x}{x_b} \quad (5)$$

其中, x 为座椅的响应位移, x_b 为激励位移。

实验结果表明, 减振座椅在 5~80Hz 频段内的运动传递率普遍低于 0.4, 具体分析如下: 在 4~8Hz 的敏感区间, 座椅的运动传递率平均值为 0.38, 成功避免了人体共振区; 在 10~50Hz 的常见振动频段, 运动传递率降至 0.25, 表明座椅有效隔离了舰艇航行中的主要振动冲击; 在 50Hz 以上的高频段, 运动传递率维持在 0.2 以下, 进一步提升了乘员的舒适性。由此可以得出结论, 本文设计的 L 型悬架减振座椅在复杂振动环境下表现出优异的减振性能, 显著提升了舰艇乘员的工作环境品质。

5 应用效果与改进建议

5.1 实际应用效果

L 型悬架减振座椅经过在多个舰艇上的实地测试, 其表现出色, 尤其在恶劣海况下, 能够显著减少舰艇振动对乘员的影响。测试结果表明, 这种座椅在高振动环境中有效改善了乘员的工作体验, 具体体现为振动加速度的显著降低、乘员舒适性的显著提升以及任务执行能力的增强。在高海况条件下, 配备 L 型减振座椅的舰艇其乘员位置的垂直振动加速度峰值降低了超过 35%。这一改进有效减缓了海浪和机械激励引起的震动冲击, 减少了振动对乘员身体的负面影响。此项技术的应用不仅优化了舰艇在复杂海况中的稳定性, 还在一定程度上提升了舰艇的航行性能, 增强了其对不稳定环境的适应能力^[4]。此外, 舒适性方面的改善同样得到了乘员的广泛认可。在长时间任务中, 使用减振座椅后的乘员反映疲劳感明显减轻, 特别是在长时间的连续作业中, 腰部及背部的不适感得到了有效缓解。减振座椅通过有效隔离外界振动, 减少了由于振动带来的生理负担, 从而使得舰员能够在较长时间内保持较高的工作效率和集中度。大多数乘员反映, 座椅的使用不仅提高了工作效率, 还降低了因疲劳所引发的健康问题, 延长了舰员的作业时间。减振座椅的优异性能还延长了乘员的工作时长, 同时降低了由振动引发的身体损伤风险, 确保了舰艇任务的顺利完成。减振座椅为舰员提供了更为稳定、舒适的工作环境, 使其能够在高强度的任务中保持较长时间的集中精力, 最终提高了任务的执行效率与质量。

5.2 改进方向

尽管减振座椅已展现出良好的性能, 但随着舰艇任务

复杂性的增加,未来可引入形状记忆合金或电磁阻尼器等智能材料,这些材料能够自动调整刚度,适应不同振动频率,从而提升减振性能。当前减振座椅主要聚焦垂直振动的隔离,但实际环境中的振动通常是多维复合的。未来应研究多自由度振动模型的减振系统,以同时应对舰艇在横向、纵向及垂直方向的复杂振动。结合现代控制技术,研发主动减振系统,通过传感器与智能控制器的集成,实时调整座椅的阻尼与刚度参数,进一步提升减振效果。在增强减振性能的同时,还应进一步优化座椅的形状与支撑结构,提升乘员在极端环境下长时间使用时的操作便利性与舒适度。

6 结论

本研究深入探讨了船用减振座椅的设计、关键参数优化与实验验证过程。通过精确调整固有频率、弹簧刚度与阻尼比等关键设计参数,成功实现了座椅在复杂振动环境下的有效减振。这不仅提升了乘员的舒适性,还增强了工作效率。实验结果表明,L型悬架减振座椅在多负载条件下的运动传递率均显著低于0.4,充分验证了其在恶劣海况下有效隔离振动的性能。尽管当前设计已达到预期效果,

但考虑到未来舰艇任务的多样性与复杂性,减振座椅仍存在进一步优化的空间。未来研究可以探索智能材料的应用、多自由度振动模型的优化与主动控制系统的集成,从而提升座椅在复杂环境中的适应性与减振效果。采用形状记忆合金与智能控制技术,将有助于提升减振性能和乘员的舒适体验。

【参考文献】

- [1]乐晶晶.基于磁流变阻尼器的半主动座椅悬架减振策略研究[D].江苏:盐城工学院,2024.
- [2]王英健.纤维增强型可变位阻旋转磁流变阻尼器座椅悬架减振特性研究[D].山东:烟台大学,2024.
- [3]吴倩雯.基于功率键合图理论的仿生馈能减振座椅设计[D].江苏:扬州大学,2024.
- [4]朱松松.车船用并联机构多维减振座椅的设计与研究[D].山东:山东理工大学,2013.

作者简介:李伟(1986.12—),男,毕业院校:安阳工学院,学历:本科,所学专业:机械设计制造及其自动化,单位:新乡市新豪机电有限公司,职务:总经理助理,所在职务年限:14年,职称:工程师。

工程机械称重系统研究

雷发兵 施俊波 刘文静

湖南中联重科智能高空作业机械有限公司, 湖南 长沙 410000

[摘要]在现代工业与基础设施建设的快速发展进程中,高空作业机械凭借其高效、灵活的作业特性,在建筑施工、桥梁维护、电力检修、市政工程等众多领域得到了极为广泛的应用。在建筑施工中,高空作业机械能够助力工人快速搭建脚手架、安装建筑材料,显著提高施工效率,缩短工期;在桥梁维护场景里,它可以精准地将维修人员和工具送达桥梁的各个部位,确保桥梁的结构安全和正常使用;电力检修时,高空作业机械能够让检修人员迅速到达高空的电力设备处,及时进行故障排查与修复,保障电力供应的稳定;市政工程中,高空作业机械可用于路灯安装、广告牌更换等工作,为城市的正常运转提供支持。

[关键词]高空作业平台;称重装置;高精度;可靠性;安全性

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15382

中图分类号: TH825

文献标识码: A

Research on the Weighing System of Construction Machinery

LEI Fabing, SHI Junbo, LIU Wenjie

Hunan Zoomlion Intelligent Access Machinery Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410000, China

Abstract: In the rapid development process of modern industry and infrastructure construction, high-altitude operation machinery has been widely used in many fields such as construction, bridge maintenance, power maintenance, municipal engineering, etc. due to its efficient and flexible operating characteristics. In construction, high-altitude work machinery can assist workers in quickly setting up scaffolding and installing building materials, significantly improving construction efficiency and shortening the construction period; In bridge maintenance scenarios, it can accurately deliver maintenance personnel and tools to various parts of the bridge, ensuring the structural safety and normal use of the bridge; During power maintenance, high-altitude operation machinery allows maintenance personnel to quickly reach the power equipment at high altitude, conduct timely troubleshooting and repair, and ensure stable power supply; In municipal engineering, high-altitude work machinery can be used for tasks such as installing streetlights and replacing billboards, providing support for the normal operation of the city.

Keywords: aerial work platform; weighing device; high-precision; reliability; safety

引言

高空作业机械通常包括高空作业平台、高空作业车等多种类型。其中,高空作业平台按结构形式又可细分为剪叉式、臂架式、桅柱式等。剪叉式高空作业平台具有承载能力大、稳定性好的特点,适用于大面积的高空作业;臂架式高空作业平台则以其作业高度高、作业范围广的优势,常用于大型建筑、桥梁等工程的高空作业;桅柱式高空作业平台小巧灵活,适用于空间狭窄的场所进行高空作业。这些不同类型的高空作业机械在各自适用的场景中发挥着关键作用,极大地提高了高空作业的效率和质量。

1 研究背景与意义

随着城市化进程的加速和基础设施建设的蓬勃发展,高空作业在建筑、维修、安装等众多领域中愈发常见。高空作业平台作为一种能够将作业人员、工具和材料安全、高效地送达高空作业位置的设备,其应用范围不断扩大,涵盖了建筑施工中的外墙装饰、设备安装,电力行业的输电线路维护,以及工业厂房的设备检修等场景。在建筑施工中,高空作业平台可用于高层建筑的外墙清洗、玻璃幕墙安装等作业;在电力领域,能助力输电线路的巡检与维

修;在工业厂房,方便设备的安装与维护。例如,在城市中随处可见的高楼大厦建设过程中,高空作业平台为施工人员提供了稳定的工作平台,大大提高了施工效率。

然而,高空作业本身具有较高的危险性,一旦发生事故,往往会造成严重的人员伤亡和财产损失。据相关统计数据,在过去几年中,高空作业事故在各类安全生产事故中占据了相当比例。导致这些事故的原因众多,其中平台超载是一个重要因素。当高空作业平台承载的重量超过其额定载荷时,平台的稳定性会受到严重影响,极易发生倾斜、倒塌等危险情况。因此,准确测量和监控高空作业平台的承载重量对于保障作业安全至关重要。

称重系统作为高空作业平台的关键组成部分,能够实时、准确地测量平台上的载荷重量。通过安装高精度的称重传感器和先进的信号处理装置,称重系统可以将平台所承受的重量转化为电信号,并经过一系列处理后以直观的数字形式显示出来。这使得操作人员能够清晰地了解平台的承载状态,从而及时采取相应措施,避免超载情况的发生。例如,当称重系统检测到平台上的重量接近或超过额定载荷时,可立即发出警报,提醒操作人员减少负载或停

止作业，有效降低安全事故的发生概率。

此外，称重系统对于提升高空作业平台的作业效率也具有重要意义。在实际作业过程中，了解平台上的载荷重量有助于合理安排作业任务和资源分配。例如，在建筑施工中，根据称重系统反馈的重量信息，施工人员可以精确计算所需吊运的建筑材料数量，避免因材料过多或过少而导致的效率低下问题。同时，通过对不同作业阶段平台载荷的监测和分析，还可以优化作业流程，提高整体作业效率。

综上所述，研究和开发高精度、可靠性强的高空作业平台称重系统，对于保障高空作业的安全、提升作业效率以及推动相关行业的可持续发展具有重要的现实意义。

2 国内外发展现状

国内外发展现状：在高空作业机械称重系统的研究领域，国内外学者和企业都进行了大量的探索与实践，取得了一系列具有重要价值的成果。

国外在高空作业机械称重系统的研究方面起步较早，技术相对成熟。美国 JLG 公司作为全球知名的高空作业设备制造商，在其产品中广泛应用了先进的称重技术。该公司采用高精度的压力传感器和先进的算法，能够实时、准确地监测作业平台上的载荷情况，并通过智能控制系统对设备的运行状态进行优化调整。例如，其研发的某型号高空作业平台，通过在关键部位安装多个压力传感器，利用传感器实现对平台载荷的全方位监测，有效提高了称重的精度和可靠性。Genie 则在称重系统的稳定性和抗干扰能力方面取得了显著突破。该公司运用先进的滤波技术和信号处理算法，有效减少了外界因素对称重数据的干扰，确保了称重系统在复杂环境下的稳定运行。此外，国外的一些研究机构还致力于将人工智能、机器学习等前沿技术应用于高空作业机械称重系统的研究中。通过对大量历史数据的分析和学习，建立精准的载荷预测模型，实现对平台载荷的智能预测和预警，进一步提高了作业的安全性和效率。

国内在高空作业机械称重系统的研究方面虽然起步相对较晚，但近年来发展迅速，取得了许多令人瞩目的成果。江苏柳工机械有限公司于 2024 年申请的“一种臂架式高空作业平台的称重装置”专利，通过独特的多平面安装设计，有效避免了传统单一平面安装方式引发的工作平台晃动问题，减少了作业人员在高空作业时所面临的心理压力，同时提高了安全性、测量精确度和连接的可靠性。此外，国内的一些高校和科研机构也在积极开展相关研究工作。他们通过理论分析、实验研究和数值模拟等多种手段，对称重系统的传感器选型、安装位置优化、信号处理算法等关键技术进行了深入研究，为我国高空作业机械称重系统的技术创新和产品升级提供了有力的理论支持和技术支撑。

尽管国内外在高空作业机械称重系统的研究方面取得了一定的成果，但仍存在一些不足之处。部分称重系统的精度和稳定性有待进一步提高，尤其是在复杂工况和恶劣环境下，称重数据容易受到干扰，导致测量误差较大。

一些称重系统的响应速度较慢，无法及时准确地反映平台载荷的变化情况，影响了作业的安全性和效率。此外，目前的称重系统在智能化程度方面还有待提升，缺乏对载荷数据的深度分析和挖掘能力，难以实现对作业过程的智能优化和决策支持。

3 研究方法与创新点

本文围绕高空作业平台称重装置展开研究，详细阐述了该称重装置的设计原理、结构特点以及在高空作业设备中的重要作用。通过对现有技术的分析，提出了一种新型的称重装置设计方案，旨在提高高空作业平台称重的准确性和可靠性，保障高空作业的安全性和高效性，为相关领域的技术发展提供参考。

称重系统作为高空作业机械的直接承载装置，对高空作业机尤为重要，关系着高空作业机械各种工况的整机稳定性。其由承载装置，称重传感器、连杆、轴承、飞臂等组成，承载装置通过四连杆结构把载荷分解为垂直向下的力，使传感器应变片产生形变，实现称重系统的高精度，确保整机在各种工况作业时不倾翻，其实现方法及成果都已经过验证，可实现高精度、更可靠要求。

4 实现方式

首先设计可视化模型，通过对可视化模型进行有限元仿真、运动仿真，达到要求后制造、装配成设备、测试称重精度、测试称重系统强度、测试称重系统疲劳强度，最终完成对高空作业平台称重系统的研究，已完成 1 项发明、1 项实用新型专利。

5 研究思路

称重系统由销轴、轴承、连杆 I、固定端、连杆 II、承载部件、上止动板、半球头螺栓、称重传感器、下止动板、紧固件组成。

原理、固定端、连杆 I、连杆 II、承载部件由销轴铰接组成四连杆机构，为了降低运动部分摩擦，销轴与连杆 I、连杆 II 之间装配有轴承，称重传感器由安装紧固件固定在固定端，为了减小称重传感器与承载部件得摩擦力，称重传感器上安装有半球头螺栓，承载部件上焊接有上止动板、下制动板。当承载部件加载时，四连杆机构力矩传递到了销轴，垂下力重力由上止动板传递到了称重传感器，由此来实现对载荷得称重。

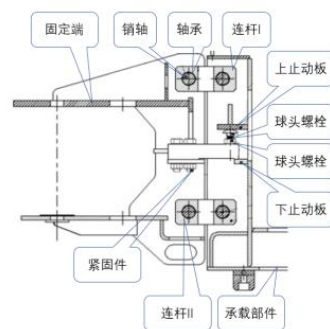


图 1 结构原理图

6 称重系统运动仿真计算

运动仿真：通过在承载部件不同位置①、②、③、④、⑤加载相同载荷，检测上止动板与球头接触位置的力值大小，加载载荷为 7055N。

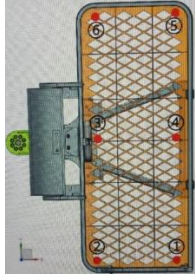


图2 承载部件测点布置

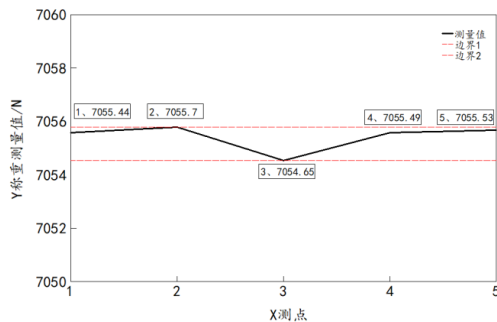


图3 运动仿真结果

载荷置于承载部件不同位置时，称重传感器测量值变化趋势。

7 运动仿真结论

载荷置于承载部件不同位置时，随着载荷位置得变化，称重传感器测量值变化趋势范围较小，变化量 $\Delta=1.1\text{N}$ ，仿真精度良好，可满足要求

8 称重系统有限元仿真计算

结构强度计算如下图所示：

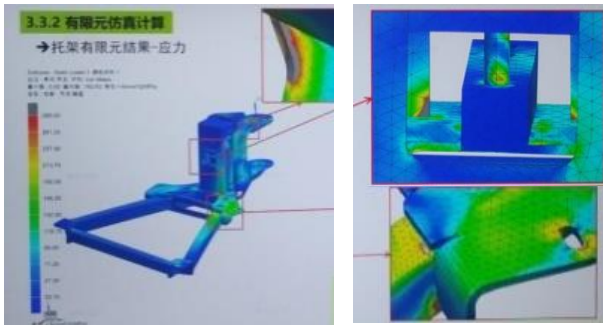


图4 结构强度计算

9 有限元计算结论

表1 结构材料选择及结构强度计算结果

称重系统结构材质		HG785
材料强度/Mpa	屈服强度	685
	拉伸强度	785
许用应力/Mpa		414
安全系数		1.49
计算最大应力/Mpa		285

称重系统最大应力 285Mpa，出现在称重传感器安装板处，如图所示，小于材料许用应力 414Mpa，满足设计要求。

10 称重系统疲劳测试

疲劳实验方法：固定座用螺栓固定在实验平台立柱上，因无法直接在承载部件加载荷在承载部件上设计了一组承载部件模拟件，用来添加载荷及调整载荷小，连接座与振动器相连接，如测试台拉力器力值过大，已超出我们所需最大载荷（最大额定载荷），在连接座与承载部件模拟件之间增加了一组拉伸弹簧，利用拉伸弹簧的刚度及拉伸长度控制震动器，给出拉力的大小，达到反复试验的效果。

11 结论

通过 10 万次往复加载后，结构未产生永久变形及断裂，焊缝未出现开裂，称重传感器称重精度满足目标要求。

[参考文献]

- [1]移动式升降作业平台-设计计算—稳定性标准—施工—安全形——检查与测试：BS EN280[S]. 英国：英国标准学会，2022.
- [2]移动式升降工作平台 设计计算、安全要求和测试方法：GB/T25849[S]. 中国：中国国家标准化管理委员会，2010.
- [3]起重机设计规范 GB/T3811-2008[S]. 中国：中国标准出版社，2008.

作者简介：雷发兵，男，就职湖南中联重科智能高空作业平台有限公司，负责曲臂式高空作业平台开发，工程师职称，产品经理、产品总体负责人。

柴油加氢切换航煤加氢生产操作应用

王燕坡

山东京博石油化工有限公司, 山东 滨州 256500

[摘要] 本论文通过 30 万吨/年柴油升级国六装置改产航煤加氢生产操作应用, 利用调整常减压装置的直馏煤油作为原料, 原料油与氢气混合后, 在催化剂 Nebula 20 的作用下, 把原料中硫醇、氮、硫等杂质脱除, 改善直馏煤油颜色, 调整反应操作参数和分馏操作参数, 生产出达到国家标准的 3 号喷气燃料产品。

[关键词] 直馏煤油; 反应操作; 分馏操作; 3 号喷气燃料

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15354

中图分类号: TE96

文献标识码: A

Application of Diesel Hydrogenation Switching to Aviation Coal Hydrogenation Production Operation

WANG Yanpo

Shandong Chambroad Petrochemicals Co., Ltd., Binzhou, Shandong, 256500, China

Abstract: This paper applies the production operation of aviation kerosene hydrogenation in the upgraded National VI Unit with a capacity of 300,000 tons/year diesel. The straight run kerosene from the adjusted atmospheric and vacuum distillation unit is used as the raw material. After mixing the raw oil with hydrogen gas, impurities such as mercaptan, nitrogen, and sulfur are removed from the raw material under the action of catalyst Nebula 20, improving the color of straight run kerosene, adjusting reaction and fractionation operating parameters, and producing the No. 3 jet fuel product that meets national standards.

Keywords: straight run kerosene; reaction operation; fractionation operation; jet fuel No. 3

引言

随着民航运输业迅速发展,我国机场主要生产指标持续平稳较快增长,并带动航煤需求量的快速增长,而受公路运输成本高、工业经济增速放缓等因素的影响,现阶段柴油消费大幅下降,柴油市场已处于供大于求的状态,柴油销售疲软,同时航煤产品与柴油或石脑油产品相比,利润上更有优势,因此国内各大炼厂都在积极减产柴油,增产航煤,以满足市场对航煤产品的需求^[1]。

本装置原设计为汽柴油加氢精制装置,2019 年改造升级为 30 万吨/年柴油升级国六装置,同时兼产航煤。催化剂采用雅保最新一代,活性最高的全体相金属催化剂 Nebula 20,充分保证其加氢效果及产品质量,操作要求:反应器设计空速为 1.1h^{-1} ,入口氢分压 6.8MPa,入口氢油比(体积) $\leq 250:1$,循环氢纯度 $\leq 88\%$,产品为精制柴油、3 号喷气燃料和精制石脑油。

1 切换过程

1.1 工艺方案

装置反应部分采用炉前混氢方案,提高换热器效率和减缓结焦程度,热高分工艺流程,优化换热流程,充分利用回收反应热及产品剩余热量。反应器采用热壁结构反应器,保护反应器内设 1 个催化剂床层,主反应器内设 3 个催化剂床层,主反应器入口设有冷氢,床层间设有两个冷氢箱,分馏部分采用分馏塔、侧汽提塔(兼产航煤)和稳定塔,即分馏塔底出柴油或航煤(全产航煤),稳定塔底出石脑油的流程,工艺流程示意图见图 1。

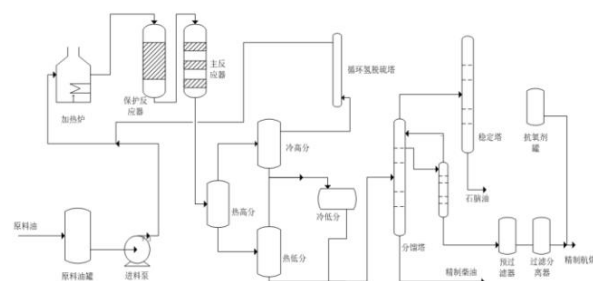


图 1 工艺流程示意图

1.1.1 反应部分

加氢原料油在液位控制下经原料油反冲洗过滤器过滤后进入原料油缓冲罐,经加氢进料泵升压后经反应流出物/原料油换热器换热后,与混合氢混合,依次经多组反应流出物/反应进料换热器,再经反应进料加热炉加热至反应温度后,进入加氢保护反应器和主反应器在催化剂作用下进行脱硫、脱氮、烯烃饱和、芳烃饱和等反应。自反应器出来的反应流出物依次经反应流出物/反应进料换热器、反应流出物/低分油换热器和多组反应流出物/原料油换热器换热后进入热高压分离器进行闪蒸。热高分气经反应流出物空冷器、反应流出物水冷器冷却至 45°C 进入冷高压分离器中进行油、气、水三相分离。为了防止反应流出物中的铵盐在低温部位析出,通过注水泵将除盐水注入热高分气上游的管线中。

自冷高分下部出来的油相在液位控制下减压后进入冷低压分离器。冷高分底部排出的酸性水与分馏部分分馏

塔顶回流罐排出的酸性水合并后送出装置。

自热高压分离器底部出来的热高分油在液位控制下进入热低压分离器，热低分气经热低分气冷却器冷却到 45℃ 后与冷高分油混合进入冷低压分离器。自冷低压分离器底部出来的冷低分油与热低分底部热低分油混合后经精制柴油/低分油换热器和反应流出物/低分油换热器换热后进入分馏塔。冷低分气与冷高分气混合后去焦化脱硫系统，分馏塔顶气、稳定塔顶气、含硫污水闪蒸罐顶气、富胺液闪蒸罐顶气合并后送至焦化富气压机入口。

自装置外来的新氢经新氢压缩机入口分液罐分液后进入新氢压缩机，经两级升压后与循环氢压缩机出口的循环氢混合成为混合氢。

1.1.2 脱硫部分

冷高分气经循环氢脱硫塔入口分液罐分液后，进入循环氢脱硫塔底部。自贫胺液缓冲罐来的贫胺液经贫胺液泵升压后进入循环氢脱硫塔顶部。脱硫后的循环氢自塔顶出来，经循环氢压缩机入口分液罐分液后进入循环氢压缩机升压。升压后循环氢分成两路，一路作为急冷氢去精制反应器控制反应器床层升温，另一路与来自新氢压缩机出口的新氢混合成为混合氢。自循环氢脱硫塔底部出来的富胺液在塔液位控制下进入富胺液闪蒸罐闪蒸出酸性气后出装置。

1.1.3 分馏部分

低分油经反应流出物/低分油换热器换热后进入产品分馏塔，该塔由产品分馏塔底重沸炉汽提。塔顶气相经分馏塔顶气/除盐水换热器、产品分馏塔顶空冷器、产品分馏塔顶后冷器冷却到 40℃ 进入产品分馏塔顶回流罐。分馏塔顶回流罐顶含硫气体与低分气、富胺液闪蒸罐顶气、含硫污水闪蒸罐顶气、稳定塔顶气合并后送出装置。分馏塔顶回流罐石脑油经产品分馏塔顶回流泵升压后分为三路，一路作为塔顶回流，一路作为稳定塔进料，一路返回分馏回流罐。

分馏塔底精制柴油分为两路，一路经分馏炉循环泵返回分馏塔，另一路在精制柴油泵升压后依次经航煤汽提塔底重沸器、稳定塔底重沸器、精制航煤/低分油换热器、精制航煤/除盐水换热器、航煤空冷器、精制航煤水冷器冷却至 50℃ 后出装置。精制航煤经过柴油工况线后进入精制航煤脱硫罐、航煤产品经过预过滤器、航煤产品过滤器、航煤接力泵后在线加入抗氧化剂后出装置进入精制航煤罐区。

产品分馏塔顶石脑油经稳定汽油/粗汽油换热器换热后进入稳定塔，塔顶油气经稳定塔水冷器冷却至 40℃ 后进入稳定塔顶回流罐进行气、油、水三相分离。闪蒸出的气体与分馏塔顶气、含硫污水闪蒸罐顶气、富胺液闪蒸罐顶酸性气合并后送出装置，塔顶含硫污水与产品分馏塔顶污水、冷高分含硫污水合并后进入含硫污水闪蒸罐，油相经稳定塔顶回流泵升压后，全部作为稳定塔回流。

稳定塔底稳定汽油在液位控制下依次经稳定汽油/粗汽油换热器、稳定汽油空冷器、稳定汽油水冷器冷却至 40℃ 后出装置。为了抑制硫化氢对塔顶管道和冷换设备的腐蚀，在分馏塔顶管道注入缓蚀剂。

航煤加氢精制技术可以显著改善产品质量，对原料适用性强。但是加氢精制过程中将破坏油品中的许多天然抗氧化、抗磨性组分，降低油品贮存安定性、橡胶相容性和抗磨润滑性等性能，这些是航煤重要的使用性能，通常在加氢精制航煤中加入各种添加剂解决这些问题^[2]。所以，为了保证精制航煤安定性和防止被氧化，需要在航煤外送线上加注抗氧化剂，抗磨剂和抗静电剂在罐区加注。

1.2 原料切换调整

1.2.1 原料性质

常压装置使用符合航煤生产标准的原油，其中常一线油作为航煤加氢精制工艺原料，加氢装置在一定反应温度和反应压力下，对原料油进行加氢精制，大幅度降低航煤产品的硫醇硫含量，并提高航煤烟点，降低芳烃含量，但对航煤的冰点、密度、馏程等指标没有明显的改善作用^[3]。公司全产航煤产品时，其主要原料为常减压蒸馏装置常一线油，性质见表 1。

表 1 常一线油性质

样品名称	直馏航煤
密度 (20℃), kg/m ³	806
总硫 (质量分数), %	0.297
氮含量, mg/kg	14.6
芳烃含量 (体积分数), %	15.7
烯烃含量 (体积分数), %	0.8
冰点, °C	-61.6
闪点 (闭口), °C	24
总酸值 (以 KOH 计), mg/g	0.086
烟点, mm	22.7
溴价, gBr/100g	2.2
初馏点, °C	105
10%回收温度, °C	171.4
50%回收温度, °C	204
90%回收温度, °C	233.3
95%回收温度, °C	240.5
终馏点, °C	248.7
残存量 (体积分数), %	1.2
损失量 (体积分数), %	0.4

1.2.2 调整原料

在装置实际生产过程中，柴油生产期间加工量控制 50t/h，在生产航煤期间控制加工量 37.5t/h，柴油加氢模式改航煤加氢模式过程时首先逐渐降低常柴进料量，生产柴油装置以 10~15t/h 的速度降量至加氢进料泵出口至 37.5t/h 左右。此时开始惨炼常一线油原料，在逐渐降低常柴提高常一线航煤原料的过程当中，关注原料性质变化，直到将常柴全停表明原料切换完成^[4]。

1.2.3 调整反应温度

随着装置开工周期的延长或处理原料性质变化，反应器入口温度会逐步上升，初期控制较低的反应温度、较高的氢

油比有利于减缓催化剂的结焦速率,防止催化剂较快失活,延长催化剂的使用周期,因此不同生产模式下操作温度也不一样。航煤生产切换原料完成后,需要调整反应系统主要工艺参数,保证装置运行平稳^[5]。调整温度过程中,每2小时间断分析柴油闪点和冷滤点指标,低于60℃时将产品柴油改进不合格航煤罐区。切换过程中反应系统温度的调整见表2。

表2 反应系统主要操作条件

项目	柴油生产	航煤生产
原料进料量/(t/h)	50.2	37.5
氢油比	285	313
保护反应器入口温度/℃	353.5	310.2
保护反应器入口压力/Mpa	6.39	6.45
保护反应器床层温升/℃	25.4	10.1
主反应器入口温度/℃	378.9	320.3
主反应器出口温度/℃	384.5	332.2
主反应器床层温升/℃	5.6	11.9
主反应器压差/kpa	297	165
注水量/(t/h)	1.4	1.1
反应进料加热炉炉膛温度/℃	578.9	541.8
反应进料加热炉出口温度/℃	353.5	310.2

1.3 产品调整

1.3.1 分馏塔调整

分馏塔调整的原则是保证产品质量、成本控制和不影响正常工况运行,降低分馏炉负荷,降低分馏塔航煤生产负荷和温度调整,分馏塔顶温和底温由柴油工况降至航煤工况,调整期间做好产品闪点分析,其分馏系统主要操作参数见表3。

表3 分馏系统主要操作条件

项目	柴油生产	航煤生产
分馏塔进料温度/℃	230.2	204.3
分馏塔塔顶温度/℃	150.7	119.9
分馏塔塔底温度/℃	262.8	218.9
分馏塔塔顶压力/Mpa	0.13	0.1
分馏塔液位%	49.5	49.8
塔顶回流/(t/h)	4.3	1.8
分馏塔底重沸炉循环量/(t/h)	68.5	58.4
分馏塔底重沸炉炉膛温度/℃	501.4	328.5
分馏塔底重沸炉出口温度/℃	271.5	221.7

分馏塔系统温度调整正常后,稳定2个小时后,将产品外送流程改成航空煤油专用流程,同时将航煤预过滤器和过滤分离器投用,每4小时进行过滤器底部排沉,并观察航空煤油外观及杂质情况,每2小时分析航空煤油关键性指标:闪点、烟点、芳烃含量、冰点、密度和赛波特颜色,待关键性指标都在要求范围之内后准备改进合格航空煤油罐区,改进合格前将抗氧剂加注至航空煤油外送管线,抗磨剂和抗静电剂在罐区进罐之前按照比例加注完成^[6]。

1.3.2 航煤产品性质

利用柴油加氢装置,保持主体工艺流程不变,切换原料生产航空煤油,生产其产品主要性质列于表4,馏程147.7℃~237.6℃,铜片腐蚀为1a,冰点-59.2℃~-60.6℃,密度782.4℃~783.8℃,硫醇硫<0.0003%,颜色30,烟点28mm~28.5mm,芳烃含量10.1%~12.6%等各项性质均满足航煤标准质量要求。

1.4 过程问题及措施

(1)柴油加氢切换航煤加氢时,原料发生变化,原料过滤器压差升高较快,反冲频繁。通过采取切换反冲洗气源,保证充足高压备压气源,延长冲洗时间,并增加组原料过滤器方案等措施^[7]。(2)航煤切换过程中反应炉及分馏炉负荷偏低,加热炉的火焰检测器检测信号偏低,造成DCS火焰检测器报警。在调整反应炉和分馏炉时,每个火嘴进行均匀调整,不要产生偏烧现象,同时对火焰检测器探头调整,确保探头检测在火焰位置。(3)航煤产品取样时出现外观有黑色杂质或者密闭取样底部有杂质。在航煤产品外送入口管线、航煤罐区循环管线上均增设预过滤器及过滤分离器,同时新增在线安装便携式颗粒污染物分析仪,能直观地反映航煤产品中颗粒污染物的情况。(4)抗氧剂加注泵在保持某一行程运行一段时间后,注入量会缓慢变化,抗氧剂加注不均,导致精制航煤存在抗氧剂含量不合格的现象。根据装置加工量及时调整抗氧剂加注泵行程,保证抗氧剂加注合理,航煤产品合格。

2 结论

(1)通过柴油加氢精制切换航煤加氢生产,实现一套装置两种模式生产,生产方式切换十分灵活,提升装置生产功能和产品附加值。(2)为了保证航煤产品闪点、烟点、芳烃、冰点、腐蚀和赛波特颜色合格,需要控制好反应温度和分馏系统操作参数精准操作。(3)装置生产模式切换过程,反应入口温度降至310℃,反应出口温度降至332℃,氢油比基本不变,分馏塔顶温度降至120℃,分馏塔底温度降至221℃,反应压力控制6.5Mpa。

[参考文献]

- [1]吴岳林.柴油加氢精制装置改产航煤的工程实例[J].安徽化工,2017(6):70-74.
 - [2]王慧琴,段永亮,张静,等.航空煤油生产技术的发展现状[J].国家能源集团,2021(1):128-132.
 - [3]李林,朱玉新,张伟伟,等.焦化汽柴油加氢装置改航煤加氢装置的技术改造[J].石油与天然气化工,2016(2):17-22.
 - [4]何剑英,屈建新.催化重汽油加氢装置改航煤加氢的生产控制[J].石油化工技术与经济,2015(6):25-28.
 - [5]王智杰,朱玉琴,白峰,等.柴油加氢装置生产航空煤油的工艺改进[J].石化技术与应用,2019(9):319-322.
- 作者简介:王燕坡(1987—),男,汉族,山东菏泽,本科,工程师,化工工程。

储气库与集输管道工程设计中的智能化技术应用探讨

逯 遥 李山山 刘星宇

中国石油工程建设有限公司华北分公司, 河北 任丘 062550

[摘要]随着我国天然气市场的快速扩张和供需平衡形势的日益紧张, 储气库和天然气集输管道工程建设的科学性与有效性正日益成为关注的焦点。该研究主要探讨了储气库与集输管道工程设计中的智能化技术应用。首先, 结合国内外相关工程案例, 分析了智能化技术在储气库与集输管道工程中的实施条件, 包括数据采集、处理和分析、运行调度优化等步骤, 并将其与传统工程设计方法进行对比, 得出智能化技术可以有效提高工程效率, 缩短工程周期, 降低工程成本等结论。然后, 依据气体运输过程中的主要影响因素, 如压力、温度、流速、含水量等, 构建了一个模拟实际运行诸多环节的适合储气库和管道工程的模型。试验结果表明, 智能化技术的引入可以使工程出现的问题得到及时发现与解决, 保证了储气库和集输管道工程的安全、高效运行。最后, 评估了智能化技术在储气库与集输管道工程设计中的经济性能, 推测其在未来更多工程项目中的应用, 潜力十足。研究结果对于指导新的储气库与集输管道工程设计以及提高现有工程管理效果具有极其重要的示范意义。

[关键词]储气库工程; 集输管道工程; 智能化技术; 工程效率; 气体运输模型

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15341

中图分类号: TE973

文献标识码: A

Discussion on the Application of Intelligent Technology in the Design of Gas Storage and Gathering Pipeline Engineering

LU Yao, LI Shanshan, LIU Xingyu

North China Branch of China Petroleum Engineering & Construction Corp, Renqiu, Hebei, 062550, China

Abstract: With the rapid expansion of Chinese natural gas market and the increasingly tense supply-demand balance, the scientific and effective construction of gas storage facilities and natural gas gathering and transmission pipelines is becoming a focus of attention. This study mainly explores the application of intelligent technology in the design of gas storage and gathering pipeline engineering. Firstly, based on relevant engineering cases at home and abroad, the implementation conditions of intelligent technology in gas storage and gathering pipeline projects were analyzed, including steps such as data acquisition, processing and analysis, operation scheduling optimization, etc. It was compared with traditional engineering design methods and concluded that intelligent technology can effectively improve engineering efficiency, shorten engineering cycles, and reduce engineering costs. Then, based on the main influencing factors during gas transportation, such as pressure, temperature, flow rate, water content, etc., a model suitable for gas storage and pipeline engineering was constructed to simulate various aspects of actual operation. The experimental results show that the introduction of intelligent technology can timely detect and solve problems in engineering, ensuring the safe and efficient operation of gas storage and gathering pipeline projects. Finally, the economic performance of intelligent technology in the design of gas storage and gathering pipeline engineering was evaluated, and it is speculated that its potential for application in more engineering projects in the future is full. The research results have extremely important demonstration significance for guiding the design of new gas storage and gathering pipeline projects, as well as improving the management effectiveness of existing projects.

Keywords: gas storage engineering; gathering pipeline engineering; intelligent technology; engineering efficiency; gas transport model

引言

随着我国能源结构的转型和天然气利用的日益扩大, 天然气储存与集输的重要性和紧迫性日益凸显。特别是在供应链中, 储气库与集输管道工程的设计与运营是关键的一环。设计一套高效、安全、经济的储气库与集输管道工程是迫在眉睫的任务。传统的工程设计方法虽然经过了时间的检验, 但在处理复杂的地质条件、精细的管道调度、大量的运行数据时, 往往力不从心。如何有效提升工程效率, 缩短工程周期, 降低工程成本, 成为当前亟待解决的问题。因此, 寻求一种能够提供更高效、更准确的工程手段显得尤为重要。近年来, 随着信息技术、大数据和

人工智能技术的不断发展和深入应用, 智能化技术为解决这一问题提供了可能。智能化技术能够更好地分析和调度工程运作, 提高工效, 降低管理难度, 最终提升工程的整体运行效率和安全性。然而, 智能化技术在储气库与集输管道工程设计中的具体应用和优越性尚未得到充分的研究和论证。本文旨在通过深入探讨智能化技术在储气库与集输管道工程设计中的应用, 揭示其在工程实施过程中的实际效用和价值, 为未来相关工程的设计与实施提供参与。

1 天然气市场背景与问题展望

1.1 我国天然气市场现状概述

我国天然气市场现状概述: 中国作为世界第二大经济

体,其能源需求呈现迅猛增长态势^[1]。天然气作为清洁能源的重要组成部分,在能源结构中占据了越来越重要的地位。近年来,随着环保政策的加码与产业升级的推动,天然气在我国一次能源消费结构中的比例不断提升^[2]。国内天然气资源供需缺口显著,对外依存度逐年攀升,加剧了能源供应安全的不确定性。国内天然气市场基础设施相对滞后,尤其是储气库和集输管道的建设相对欠缺,制约了天然气市场的协调与持续发展。通过加强储气库和集输管道工程的建设与优化管理,可以进一步提升天然气供应保障能力,满足经济社会的发展需求。

1.2 储气库与集输管道工程的挑战与问题

储气库与集输管道工程在建设过程中面临着多种挑战与问题。地质条件和环境因素复杂多变,可能导致设计与施工难度加大,需要充分的前期勘探和数据分析。天然气的易燃易爆特性对安全管理要求极高,必须严格控制压力、温度、流速等参数,以防止事故发生。工程的长周期和大规模性也对资源调配和资金管理提出了更高的要求^[3]。传统工程设计方法在应对突发状况和快速响应方面表现不足,难以满足现代天然气市场的快速变化需求。智能化技术的应用有望在这些方面提供有效的解决方案。

1.3 智能化技术对工程建设的可能影响与预期

智能化技术的引入为储气库与集输管道工程设计带来了深远影响和广阔前景。通过自动化的数据采集与实时监控,提高了工程运营的精确性和响应速度。这种技术确保工程结构及设施在动态条件下的最佳运作状态,有助于减少人为错误的发生。智能化技术使得工程调度和管理更加灵活,高效调度资源,优化管道运输,降低能源消耗。在工程经济性方面,智能化的应用可以显著降低运营成本,提高投资回报率。通过增强工程安全性和可靠性,智能化技术将在未来的工程建设中扮演越来越重要的角色。

2 智能化技术在储气库与集输管道工程中的应用条件

2.1 数据采集处理与分析的重要性

在储气库与集输管道工程中,数据采集、处理与分析是智能化技术应用的基础和关键环节。数据采集主要包括对压力、温度、流速、含水量等参数的全面监测,通过传感器和物联网技术实现实时获取。有效的数据处理可以将复杂的数据转换为可操作的信息,确保系统运行的准确性和可靠性。数据分析利用人工智能和大数据技术,能够在大量数据中识别潜在问题和优化机会,为工程调度和运行提供科学依据。高度精准的数据分析有助于提前预警潜在风险,减少突发状况导致的损失,提升运行效率和安全性。

2.2 运行调度优化的关键环节

运行调度优化在储气库与集输管道工程的设计与管理中至关重要。关键环节包括对管道系统的动态监控和实时调整,通过先进的传感器技术和控制算法,确保压力、流速、温度等参数在最佳范围内运行,避免设备过载和能源浪费。应用大数据分析和机器学习技术,对历史运行数

据进行深入挖掘和模式识别,预测可能出现的故障和异常,提供预防性维护建议。借助优化算法和模拟仿真技术,制定最优的气体运输路径和调度方案,提高运输效率,降低运营成本,确保供应的连续性和安全性。这些智能化手段能够在复杂多变的运行环境中实现精准预测和科学决策,为储气库与集输管道工程的可靠运行提供坚实保障。

2.3 传统工程设计方法对比智能化技术

传统工程设计方法通常依赖于工程师的经验以及静态的设计规范,面临数据采集和处理能力的限制,难以实时应对复杂多变的环境条件。这种方法往往导致工程周期较长,难以及时发现潜在的问题,费用控制也较为困难。相比之下,智能化技术通过运用先进的传感器技术和大数据分析,能够实现实时监测和数据处理,显著提高设计的灵活性与响应速度。智能化技术在优化运行调度的能够减少人为错误,提高系统的整体效率和安全性,使工程周期缩短并有效降低成本,适应快速变化的工程需求。

3 建立储气库与管道工程运输的气体模型

3.1 压力温度流速含水量等主要影响因素的考量

在储气库与管道工程的气体模型构建中,压力、温度、流速及含水量等因素对气体运输的影响至关重要。压力的变化直接影响气体的密度和流动性,不同压力条件下,管道的输送效率和安全性会显著差异。温度不仅影响气体的体积和流动性,还会引起管道材料的热膨胀和冷缩效应,对结构安全构成威胁。流速决定了气体在管道内的传输速度,过高或过低的流速均可能导致能量的无效损耗和增加对设备的磨损。含水量则影响气体的质量和输送稳定性,过高的含水量可能导致管道内结冰或腐蚀。这些因素的合理分析与控制是实现储气库与集输管道工程高效、稳定运行的关键所在,模型的精准性也依赖于对这些因素的深度考量。

3.2 储气库与集输管道工程运行的实际环境仿真

储气库与集输管道工程的实际环境仿真旨在通过构建详实的模拟系统,以反映实际运行过程中多种变量的动态变化。运用先进的仿真技术,考虑压力、温度、流速、含水量等主要影响因素,通过建立高精度的三维模型,结合历史运行数据和实时监测数据,形成全面的仿真数据库。这一过程不仅能够直观地展示储气库和管道在不同工况下的运行状态,还可以模拟一些难以预见的紧急情况和极端条件。通过仿真实验,可以提前预见潜在问题,并制定有效的预防和应对策略,从而确保工程的安全和高效运行^[4]。

3.3 模型试验结果与问题解决方案

模型试验结果表明,智能化技术在储气库与管道工程中的应用能够显著提升系统的响应速度和问题识别能力。在试验中,通过模拟各种运行环境和故障条件,智能化系统及时检测到异常,并快速提供解决方案,显示出优异的故障预警和处理效率。通过调整智能化模型的参数设定,解决了流速不均、压力波动以及温度变化等问题,从而维持系统的稳定运行。这不仅提高了工程运行的安全性和效率,也为决策者提供了更具可靠性的参考依据。

4 保障储气库与集输管道工程的安全与高效运行

4.1 智能化技术提供的安全保障

智能化技术在储气库与集输管道工程中的应用,显著提升了安全保障水平。智能传感器系统的应用实现了对压力、温度及流速等关键参数的实时监测,能够快速识别异常情况,为安全管理提供及时的预警信息。这些数据通过智能分析平台进行处理,有助于识别潜在风险并及时干预。智能化技术支持自动化控制系统的引入,使得对储气库与管道的操作更为精准,从而有效降低人为操作失误的可能性。人工智能算法的应用还可以预测设备的维修需求,提前进行维护,防止突发事故的发生。这些措施不仅减少了意外停工的风险,也降低了环境风险和经济损失,为储气库与集输管道工程的安全运行提供了强有力的技术支持。

4.2 高效运行的具体实现与可行性

智能化技术的引入为储气库与集输管道工程的高效运行提供了坚实的基础。通过先进的数据采集与处理系统,实时监控气体流动的关键参数,如压力、温度和流速,使得在出现异常状况时可迅速调整相应的操作策略。运行调度系统的优化进一步提升了工程效率,通过动态分析和预测模型,能够合理分配气体运输路径与流量,减少不必要的能耗及资源浪费。在具体实施中,智能技术协同决策支持系统,能够根据实时数据进行风险评估和应急响应,确保工程过程中各个环节的稳定性与可靠性,提高整体运行效率并延长设施使用寿命。这些技术的应用,不仅保障了操作的流畅性,实现了经济效益的最大化。

4.3 智能化技术解决实际问题的案例展示

某储气库工程中应用智能化技术进行实时监测,发现了早期压力变动异常^[5]。通过智能化数据分析,精准定位了存在潜在风险的管道区域,及时修复避免了事故发生。另一集输管道项目通过智能管理平台实现运行调度优化,在大规模输送任务中显著提高了运行效率,减少了能源消耗。多个案例证实,智能化技术在保障工程安全、高效运行方面具有关键作用。

5 智能化技术的经济性能评价与未来应用展望

5.1 智能化技术对工程经济性能的影响

智能化技术在储气库与集输管道工程中的应用对经济性能的影响显著。智能化技术通过提高工程设计和操作效率,减少了人工干预,从而降低了人力成本。优化的运行调度减少了能源消耗和设备磨损,延长了设备寿命,进一步减少了维护和更换成本。智能监控和数据分析系统能够及时发现并解决潜在问题,减少了因故障导致的停工时间和相关损失。这些因素共同作用,使得智能化技术可以显著降低储气库与集输管道建设和运行的总体成本,提高了工程的经济性和投资回报率。在经济效益的推动下,智能化技术在该领域的应用前景广阔。

5.2 在更多工程项目中的应用前景和潜力预测

智能化技术在储气库与集输管道工程中的潜力显著,

其在未来工程项目中的应用前景广阔。智能化技术能够通过精准的数据分析与高效的运行调度优化,显著提升工程的整体效率,减少资源浪费,降低项目成本,使得未来的工程建设更加顺畅和可持续。基于智能化技术的优势,预计其将在天然气工程领域的各个环节被广泛采用,包括但不限于设计、施工、监控、维护等阶段。智能化方案将为工程提供更为准确的故障预测和应对措施,有力地支持遗留问题的解决。智能化的发展趋势不仅提高了安全和高效运营能力,也为天然气行业的绿色发展与智能化转型提供了关键支撑。随着技术的不断成熟和应用经验的积累,其广泛的适应性和可扩展性将在未来成为工程项目不可或缺的重要组成部分。

5.3 对新的工程设计和管理的指导意义

智能化技术为新的储气库与集输管道工程设计和工程管理提供了重要的指导意义。通过精准的数据分析和智能调度优化,工程设计变得更加灵活,适应性更强,能够有效地应对复杂的市场需求和环境变化。智能化技术还能显著降低设计和运营成本,提高工程的整体效率。模型模拟和实时监控功能不仅提升了决策的准确性,还增强了工程的安全保障,为未来的智能工程建设奠定了坚实的基础。

6 结束语

本次研究全面探讨了智能化技术在储气库与集输管道工程设计中的应用前景。首先,通过国内外案例的梳理,证实了智能化技术可以提高工程效率,缩短工程周期,并降低工程成本。然后,建模分析表明,智能化技术能够实时监控各种影响因素,如压力、温度、流速、含水量等,从而在问题出现时得到及时的发现与解决,这对于保证储气库和集输管道工程的安全、高效运行有极其重要的意义。最后,从经济性角度评估智能化技术的应用,预期其在未来工程项目中的应用潜力大。然而,我们也必须认识到智能化技术的应用还处于发展阶段,对其的运用和推广仍需更深入地研究。如何整合各类新兴技术,把智能化技术真正落实到储气库与集输管道工程的设计、施工以及后期运维中,并实现经济效益的最大化,将是接下来需要面临的重大挑战。

【参考文献】

- [1] 石岩. 智能化管道工程建设管理系统研究[J]. 写真地理, 2020(5): 65.
 - [2] 刘洋. 天然气管道工程监督智能化研究与探索[J]. 工程质量, 2023, 41(1): 197-200.
 - [3] 薛延丰. 长输管道工程施工测量技术[J]. 科技创新导报, 2020, 17(7): 10-11.
 - [4] 王艳红. 探讨市政管道工程管道安装技术[J]. 建材发展导向(上), 2021, 19(6): 289-290.
 - [5] 钟桂香, 郗祥远. 输氢管道工程设计要点[J]. 焊管, 2023, 46(3): 59-64.
- 作者简介: 逯遥(1997.11—), 女, 毕业院校: 中国石油大学(华东), 所学专业: 测绘科学与技术。

基于分布式光纤声波监测技术的天然气管道预警系统建设

郑 伟

中国石化东北油气分公司, 吉林 长春 130000

[摘要]针对天然气管道运行过程中的泄漏、第三方入侵预警问题, 本次研究引入了分布式光纤声波监测技术, 首先从监测原理、系统构成及参数指标等角度出发, 对其监测技术原理进行分析, 以我国某管道为例, 从设备安装、管道标定、设备运行等角度出发, 开展基于分布式光纤声波监测技术的天然气管道预警系统建设研究, 最后, 开展应用效果分析, 为保障天然气管道的运行安全奠定基础。研究表明: 基于分布式光纤声波监测技术的天然气管道预警系统建设涉及设备安装、管道标定、设备运行等多个环节, 设备的安装工作涉及设备布置、光纤熔接以及尾纤处理等内容, 在管道标定的过程中, 需要工作人员在管道沿线每个标志桩、测试桩以及转角桩位置处进行敲击, 设备运行的过程中需要将分布式光纤声波监测软件系统并入企业网络和统一的管理平台中; 基于分布式光纤声波监测技术的天然气管道预警系统在应用的过程中可以产生较大的经济效益和社会效益。

[关键词]天然气管道; 分布式光纤声波监测技术; 预警系统; 技术原理; 系统建设

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15323

中图分类号: TN253

文献标识码: A

Construction of Natural Gas Pipeline Early Warning System Based on Distributed Fiber Optic Acoustic Monitoring Technology

ZHENG Wei

Northeast Oil & Gas Branch of Sinopec, Changchun, Jilin, 130000, China

Abstract: In response to the problems of leakage and third-party intrusion warning during the operation of natural gas pipelines, this study introduces distributed fiber optic acoustic monitoring technology. Firstly, the monitoring technology principle is analyzed from the perspectives of monitoring principle, system composition, and parameter indicators. Taking a certain pipeline in China as an example, the construction of a natural gas pipeline warning system based on distributed fiber optic acoustic monitoring technology is studied from the perspectives of equipment installation, pipeline calibration, and equipment operation. Finally, the application effect is analyzed to lay the foundation for ensuring the safe operation of natural gas pipelines. Research has shown that the construction of a natural gas pipeline early warning system based on distributed fiber optic acoustic monitoring technology involves multiple aspects such as equipment installation, pipeline calibration, and equipment operation. The installation of equipment involves equipment layout, fiber fusion, and tail fiber processing. During the pipeline calibration process, personnel need to knock on each marker post, test post, and corner post along the pipeline. The distributed fiber optic acoustic monitoring software system needs to be integrated into the enterprise network and unified management platform during equipment operation; The natural gas pipeline early warning system based on distributed fiber optic acoustic monitoring technology can generate significant economic and social benefits in the application process.

Keywords: natural gas pipeline; distributed fiber optic acoustic monitoring technology; early warning system; technical principles; system construction

引言

天然气作为清洁高效的能源, 其管道运输已成为能源输送的主要方式, 但是, 管道在长期运行过程中易受外部破坏、腐蚀泄漏、机械损伤及非法侵入等多种风险的影响, 严重威胁管道的安全性和稳定性, 为降低安全事故的发生率, 提高管道运行的实时监测能力, 构建高效和精准的天然气管道预警系统至关重要。近年来, 分布式光纤声波监测技术(DAS)因其高灵敏度、长距离覆盖能力和实时在线监测的优势, 在管道安全监测领域得到了广泛关注^[1]。该技术基于光纤本身作为传感介质, 通过瑞利散射原理感知外界声波信号的微小扰动, 实现对管道周围环境变化的

实时监测^[2]。相比传统的点式监测方法, DAS具备无源、抗电磁干扰、连续分布式监测等显著优势, 能够对外部施工侵扰、第三方破坏、泄漏、地质灾害等潜在风险进行早期预警, 从而提高管道安全防护水平。

1 分布式光纤声波监测技术原理分析

1.1 监测原理

DAS是一种基于光纤本征散射特性的传感技术, 主要依赖于光纤内部的瑞利散射效应。当光脉冲在光纤中传播时, 光纤内部的微观不均匀性会导致部分光被散射回光源端, 其中瑞利散射信号对环境扰动极为敏感。当外界产生声波、振动或其他机械应力作用在光纤上时, 会引起光纤的微小形变,

使得散射光信号的相位、频率或强度发生变化。通过解调这些信号的变化, DAS 能够实现对沿光纤全长范围内的振动信号监测, 并准确识别振动的来源和特征^[3]。这种技术的核心优势在于其分布式特性, 即利用一根普通通信光纤即可构建连续的传感网络, 无需在管道沿线布设大量的离散式传感器, 从而实现大范围、实时、高灵敏度的监测。

DAS 系统的实现主要依赖于相干探测和相位解调技术。激光脉冲通过光纤传输时, 回波信号经过干涉分析, 可用于解析振动的空间位置及特性。现代 DAS 系统通常采用相干光时域反射技术, 通过高频率激光脉冲照射光纤并记录回波信号的相位变化, 结合先进的信号处理算法, 可有效过滤环境噪声, 提高信号识别能力。这使得 DAS 技术能够精准检测管道周围的机械扰动, 如第三方施工、车辆行驶、人员入侵、泄漏等, 从而为天然气管道的安全预警提供有力支持^[4]。

1.2 系统构成及参数指标

分布式光纤声波监测系统的核心组件包括处理主机、单模光纤和服务器, 它们协同工作, 实现对天然气管道的实时监测与预警。其中, 处理主机是整个系统的控制与分析核心, 负责完成激光发射、信号采集、数据解析和处理等关键功能, 处理主机通过相干探测技术向光纤发送高频激光脉冲, 并接收沿光纤散射回来的信号, 分析信号的相位、频率和强度变化, 从而获取沿管道的振动信息^[5]。该设备结合先进的信号处理算法, 能够精准定位振动源的位置, 并识别不同类型的振动模式。

单模光纤是系统的传感介质, 其作用类似于连续分布的传感器, 在天然气管道沿线, 通常会敷设光缆用于通讯, 而分布式光纤声波监测系统仅需使用其中的一根光纤即可实现大范围、连续的监测。单模光纤能够感知外界振动对其造成的微小形变, 并通过瑞利散射反馈信号变化, 进而传输至处理主机进行解析。由于光纤本身具有抗电磁干扰、无源运行、寿命长等特点, 相较于传统的点式传感器, 其维护成本更低, 且适用于长距离、大规模管道的实时监测。

服务器是系统的数据存储与远程监控中心, 主要负责管道泄漏情况的实时监控、报警及应急处置功能, 服务器与处理主机相连, 接收处理主机传输的振动数据, 并结合历史数据、地理信息系统等进行智能分析, 进一步提高预警的准确性。服务器还能与远程监控系统集成, 实现云端数据存储、远程访问和多终端监控, 使运维人员能够随时随地掌握管道运行状态^[6]。

本次在开展基于分布式光纤声波监测技术的天然气管道预警系统建设过程中, DAS 的技术参数指标如下表 1 所示。

表 1 DAS 技术参数指标表

序号	内容	参数
1	主机测量距离	单通道 50km, 双通道 100km
2	测量原理	声波
3	光功率损耗预算	≥12.5db

序号	内容	参数
4	采样分辨率	0.67m
5	采样频率	1~20KHZ
6	更新速率	<1S
7	响应时间	2 分钟
8	通讯接口	100M 以太网接口/RJ45
9	主机工作电压	AC220V, 50Hz
10	定位精度	±10m
11	光学接口	E-2000
12	工作环境温度	5℃~+40℃
13	探测范围	人工作业/破坏性事件, 可监测半径 $R \geq 5m$
14		机械作业事件, 可监测半径 $R \geq 10m$
15		管道泄漏事件, 可监测半径 $R \geq 3m$
16	多目标探测功能	具备
17	断纤报警功能	具备
18	振动信号展示	展示振动信号的频率、脉冲间隔、脉冲持续时间、脉冲上升速度、脉冲下降速度、脉冲中位数、脉冲高度、事件宽度、事件能量、事件持续时间、事件周期性、事件速度、事件加速度等信息
19	事件识别准确率	准确率 ≥95%
20	漏报率	全周期: 漏报率 ≤2%
21	误报率	全周期: ≤2 次/天
22	报警推送	短信、系统平台
23	设备功率	700 瓦, 最大峰值 1500 瓦
24	供电	AC220V ±10%, 50Hz ±5%;
24	机架式安装, 主机可兼容单端口监测功能。	

2 基于分布式光纤声波监测技术的天然气管道预警系统建设

2.1 设备安装

在预警系统建设过程中, 设备安装是确保系统稳定运行的关键环节, 首先, DAS 设备需要通过货车运输至场站, 并按照机房布线规范进行电源线路的铺设, 确保设备电源连接至机柜间的 UPS 电源出口, 以保证供电的稳定性。电源接线必须由具备资质的专业电工操作, 严格按照安全规范执行, 包括导线的选型、布线规范及颜色标识等, 确保电路系统安全可靠。在接线前, 需要进行电源断电检查, 并做好安全警示标志。所有导线连接点均需压接牢固, 防止绝缘破损、线芯外露或松动现象, 以保证电路长期稳定运行。

光缆部分的安装需要严格控制损耗, 确保光纤信号传输的高效性和稳定性, 光缆敷设时, 应遵循弯曲半径要求, 以避免损耗增加, 同时控制熔接点的数量, 确保无接续光缆长度不低于 3km。光纤接续主要采用熔接方式, 并尽可能减少插入损耗, 使单点熔接损耗控制在 0.05dB 以内。光纤损耗测试是确保系统性能的重要步骤, 通过分段测试长管道和平管道沿线的光缆损耗情况, 筛选出损耗最小、

质量最优的光芯作为 DAS 监测光纤。对于损耗较大的光缆段,需要修复后再熔接,保证整体光纤链路畅通无阻。光缆头端接入光纤配线架,实现信号的连接与分配,而尾端则安装室外光缆接续盒,以降低信号反射并增强抗干扰能力。安装完成后,光缆需埋入地下以提供物理保护,若现场条件受限,可将尾端光纤盘绕成 3mm 直径的光圈,减少损耗并优化光信号传输质量。

2.2 管道标定

在管道预警系统建设过程中,线路标定是确保系统精确定位异常事件的关键步骤,标定工作主要依托 GIS 数据,对光纤与管道的空间位置进行精确匹配,提高预警系统的准确性和可靠性。在设备安装完成后,需根据用户提供的 GIS 坐标,对光纤沿线位置进行标定,并确保其与管道的实际位置对应。按照设计要求,对管道的每个转角桩进行详细的 GIS 坐标测量和记录,确保整个管道监测范围内的地理信息完整无误。标定完成后,需开展模拟报警实验,以验证系统的报警精度和响应能力。模拟测试可通过在不同管道位置制造可控振动信号,观察系统是否能够准确定位并触发预警。实验过程中,需对比系统检测位置与实际振动发生位置,确保误差控制在合理范围内,并调整算法参数以优化系统性能。

2.3 设备运行

在设备运行阶段,在信息中心机房内部署高性能服务器,并搭建综合管理平台,实现油气管道泄漏监测与防护功能。该平台充分利用企业现有的网络资源,并与企业统一认证系统无缝对接,确保数据安全性和管理效率。作为系统的指挥与监控中枢,该平台支持远程访问和集中管理,便于运维人员随时掌握管道状态^[7]。分布式光纤声波监测系统 DAS 作为独立子系统,通过 TCP/IP 协议与其他平台组件交互,并集成至勘探开发业务平台,以网站挂接方式新增 DAS 菜单,用户可通过身份认证登录,获得个性化操作体验。

设备安装调试完成后,系统进入试运行阶段,以检验长期运行的稳定性、可靠性和应用效果。在试运行过程中,针对不同地理环境、埋深及潜在风险区域,开展模式识别优化测试,包括人工挖掘、机械挖掘和气体泄漏三类事件的标定。通过现场实验采集振动及声波信号,并设定振动范围、时间、能量及频率等参数,初步建立各类事件的报警阈值。最终,将所有测试数据封装成振动信号识别模型,并植入系统平台,同时引入二次滤波功能,以提升误报过滤能力和报警精准度。

3 预警效果分析

基于分布式光纤声波监测技术的天然气管道预警系统建设,不仅在经济效益方面具有显著价值,同时也带来了深远的社会效益。首先,该系统能够实时监测管道周围的环境变化,精准识别潜在风险,有效减少安全事故的发生,避免因泄漏和非法施工等因素造成的经济损失,每次事故的避免可节约约 200 万元的经济损失。该系统显著提高了管道的安全防护水平,能够迅速识别损伤位置,缩

短维修响应时间,提升管道运行的可靠性,确保能源输送的高效稳定^[8]。管道泄漏往往会对生态环境造成严重污染,而该系统的应用可降低管道泄漏风险,减少有害物质对土壤和水源的污染,推动绿色环保发展。

在社会效益方面,该系统的应用能够提升长输管道的智能化水平,使管道管理更加高效、安全,符合行业先进标准,推动企业向智慧化运维方向发展。通过分布式光纤监测系统,能够实现对管道的全方位监测,提前预警非法入侵和泄漏事件,保障管道安全运行,保护居民生命财产安全。系统的实时远程监控功能减少了对人工巡检的依赖,实现了从传统的被动事故响应模式向主动预防模式的转变,提高了突发事件的处置效率。同时,系统的应用有助于企业管网管理模式的升级,提升整体安全防范能力,为国家能源安全提供更有力的保障,促进经济的稳定发展,并营造和谐、安全社会环境。

4 结论

本研究围绕基于分布式光纤声波监测技术的天然气管道预警系统建设展开,分析了其监测原理、系统构成及应用价值,并以实际工程为例,探讨了设备安装、管道标定及运行测试等关键环节。研究结果表明,该系统能够实现对管道沿线的全方位、实时监测,具有较高的灵敏度和精准度,为天然气管道的安全运行提供了可靠的技术支持。通过优化光纤布设、信号处理及模式识别,系统有效提升了对非法入侵、机械施工及泄漏事件的预警能力,显著降低了事故发生的风险。

[参考文献]

- [1]王洪超,马云宾,李淑娟,等.基于光纤声波传感器的管道泄漏监测技术研究[J].山东工业技术,2024(5):40-45.
 - [2]冼峰.基于分布式光纤声波传感技术的管道泄漏探测应用[J].净水技术,2024,43(8):154-159.
 - [3]曹鹏涛,韦义师,李轶,等.基于分布式光纤声波传感技术(DAS)的地下管道、隧道侵入监测方法研究[J].物探化探计算技术,2025,47(1):104-116.
 - [4]王子恒,景洪.分布式光纤声波传感的管道泄漏监测指标分析[J].中国仪器仪表,2021(8):61-65.
 - [5]张丽,周巍.集输管道分布式光纤声波泄漏监测系统的设计与试验[J].油气田地面工程,2021,40(8):57-64.
 - [6]纪然然,宛立君,吴梦实.分布式光纤声波传感技术在PCCP管道监测中的应用[J].声学与电子工程,2021(2):15-20.
 - [7]林融冰,曾祥方,包丰,等.基于分布式光纤声波传感技术的管道侵入识别与定位[J].油气储运,2021,40(5):545-553.
 - [8]王辰,刘庆文,陈典,等.基于分布式光纤声波传感的管道泄漏监测[J].光学学报,2019,39(10):119-125.
- 作者简介:郑伟(1993.9—),男,汉族,黑龙江庆安人,本科,专业:油气储运工程,工程师,研究方向长输管道及输气场站。

公路桥梁抗风设计及稳定性分析

杜 晶^{1,2}

1. 中国公路工程咨询集团有限公司, 北京 100089
2. 中咨华科交通建设技术有限公司, 北京 100195

[摘要] 公路桥梁的抗风设计是确保桥梁安全性和耐久性的重要环节。随着大跨度桥梁的普及, 风荷载对桥梁的影响日益突出, 导致传统设计方法无法完全满足现代工程需求。文中从风荷载的作用机理、抗风设计的基本原则及关键技术等方面进行探讨, 提出了适用于大跨度桥梁的抗风设计策略和优化措施, 为提升桥梁的抗风能力提供理论依据和实践指导。

[关键词] 公路桥梁; 抗风设计; 风荷载; 稳定性分析; 结构优化

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15380

中图分类号: U441

文献标识码: A

Wind Resistant Design and Stability Analysis of Highway Bridges

DU Jing^{1,2}

1. China Highway Engineering Consulting Corporation, Beijing, 100089, China
2. Zhongzi Huake Transportation Construction Technology Co., Ltd., Beijing, 100195, China

Abstract: Wind resistant design of highway bridges is an important part of ensuring bridge safety and durability. With the popularity of large-span bridges, the impact of wind loads on bridges is becoming increasingly prominent, leading to traditional design methods being unable to fully meet modern engineering requirements. The article explores the mechanism of wind load, basic principles and key technologies of wind resistant design, and proposes wind resistant design strategies and optimization measures suitable for large-span bridges, providing theoretical basis and practical guidance for improving the wind resistance capacity of bridges.

Keywords: highway bridges; wind resistant design; wind load; stability analysis; structural optimization

引言

公路桥梁在交通网络中占有重要地位, 风荷载被认为是影响桥梁结构安全性的重要因素, 其作用机制复杂多样。尤其是在大跨度桥梁中, 风的影响尤为明显, 常常引发多种复杂的风振现象。这不仅影响材料的性能, 还可能危及桥梁整体稳定性。在遭遇台风或强风等极端天气条件时, 抗风设计的必要性愈发凸显。在现代桥梁设计过程中, 风洞实验与数值模拟等先进技术的运用越来越普遍, 设计阶段对风荷载的有效评估为抗风设计提供了科学依据。深入分析公路桥梁抗风设计的基本理论、关键技术及结构优化措施, 将为提升桥梁的安全性与耐久性提供重要参考。

1 公路桥梁抗风设计的基本理论

1.1 风荷载对桥梁结构的作用机理

风荷载是桥梁设计中的重点, 风荷载会对桥梁产生多种形式的风振响应, 如抖振、涡激振动、扭转振动及颤振, 这些响应可能对桥梁的安全性与耐久性构成潜在威胁。当风通过桥梁时, 复杂的压力分布会在结构周围形成, 导致局部应力集中以及整体变形。在大跨度桥梁中, 风荷载对主梁与桥塔等关键部位的影响显得尤为显著。风洞实验或数值模拟的应用, 有助于有效评估风荷载的作用, 为设计提供数据支持。

1.2 抗风设计的基本原则

桥梁在强风下保持稳定是抗风设计的前提条件, 设计方案要经济高效, 选用的材料要合适并可以适当的简化施工过程, 控制工程造价。在保障安全的前提下, 最大可能的优化结构和细节设计, 提升桥梁的抗风能力, 避免因过度设计导致的成本浪费。表 1 展示了不同风荷载条件下的桥梁结构参数, 包括风速、风压和攻角等。

表 1 桥梁结构风荷载分析的基本参数

参数	取值范围	描述
风速 (m/s)	10~25	依据环境条件和气候变化进行设置
风压 (Pa)	150~350	风速对应的动压力
风攻角 (度)	0° ~45°	风向与桥梁主梁轴线的夹角
桥梁跨度 (m)	100~500	不同跨度桥梁的风荷载影响程度

1.3 桥梁风振响应的主要类型

在风荷载作用下, 桥梁结构常会表现出多种风振现象, 了解这些风振现象的机理是有效进行抗风设计的基础。常见的风振响应包括抖振、涡激振动、扭转振动与颤振。抖振是一种由风速变化引发的随机振动, 主要发生在中低风速条件下。尽管抖振的幅度较小, 持续的振动却可能导致疲劳问题, 尤其是对局部构件产生损伤。通过优化结构设计及加固措施, 有效减轻抖振对桥梁的长期影响是必要的。

涡激振动的产生,是由于风绕流过桥梁结构时形成的周期性涡流。涡流对于悬索桥等细长结构型桥型的影响最为显著,比如引发疲劳损伤与结构磨损。优化截面设计或设置导流装置,可以减少涡激振动的影响,从而延长结构的使用寿命。扭转振动在大跨度桥梁中可能会导致结构整体变形甚至局部失稳。提高桥梁的扭转刚度或采用其他抗扭设计,有助于减少扭转振动对桥梁安全的影响。颤振作为风振现象中最具破坏性的一种,在风速达到临界值时便会发生,随之而来的自激振动可能出现的结构失稳,甚至坍塌。在设计中加入阻尼器或其他抗风措施,可以预防颤振的发生,确保桥梁在极端风力条件下保持稳定。图1~4展示抖振、涡激振动、扭转振动和颤振的现象。表2总结了风振响应的主要类型及其特征、产生条件和预防措施。



图1 抖振现象

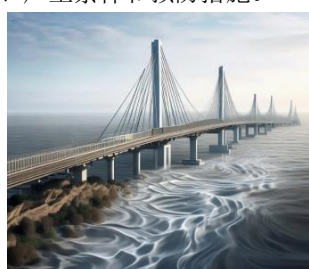


图2 涡激振动现象



图3 扭转振动现象



图4 颤振现象

表2 风振响应的主要类型及其特点 (1.3节)

风振类型	产生原因	频率范围	主要影响因素	防治措施
抖振	风速波动产生的非定常压力场	低频振动	风速、桥梁结构	改进结构设计, 设置减振器
涡激振动	涡街频率与桥梁固有频率相近	中频振动	风速、桥梁形状	调整桥梁形状, 改变频率
扭转振动	扭转刚度不足导致的风荷载耦合作用	高频振动	桥梁截面形状、风速	增强结构刚度, 减少受风面积
颤振	气动力与结构自振频率的共振效应	中高频振动	风速、结构自振频率	增加桥梁的抗风索、采用抗风优化措施

2 公路桥梁抗风设计的关键技术

2.1 风洞实验技术

风洞实验技术通过模拟风场环境,桥梁结构在特定风速及风向下的气动力特性,评估其抗风性能。通常情况下,采用缩尺模型以确保实验结果遵循相似原理,确保其有效性。在实验过程中,系统调整风速、风向及湍流强度等参

数以模拟不同气候条件,用高精度传感器实时测量模型表面的气动压力及其振动响应数据,从而为设计的改进与优化提供了重要参考。风洞实验的优势在于能够直观展示桥梁的风振特性,并且可以为设计人员提供大量的实测数据。但是由于实验条件的局限性,必须与其他分析方法结合,以此确保实验结果的准确。

2.2 数值模拟技术

计算机模型可以灵活高效地对不同风荷载下的响应进行详细分析,数值模拟多数情况下都采用计算流体力学(CFD)方法,以模拟风场对桥梁的作用。输入桥梁模型的几何形状、材料特性及边界条件等数据,经过数值计算可以得出风场与桥梁相互作用的结果。结构分析常和有限元分析方法结合应用,可以全面评估桥梁在风荷载下的应力、位移及振动等。数值模拟技术的优点在于能够在虚拟环境中对多种情景进行测试,从而节省了大量的实验成本与时间,但模拟结果的准确性高度依赖于模型的精确度及边界条件的设定,因此在模型建立时必须充分考虑实际情况,以确保模拟结果的可靠性。

2.3 桥梁抗风稳定性分析的主要方法

2.3.1 有限元分析

有限元分析(FEA)主要用于工程结构的力学性能评估,一种强大的数值技术,在桥梁抗风设计中,可以帮助设计人员更直观地理解结构在风荷载作用下的应力分布、位移及稳定性。桥梁被分解为多个有限小单元,使得关键弱点的识别得以实现,从而评估整体结构的安全性。在有限元分析的应用中,建立桥梁的有限元模型,并输入材料特质、荷载条件及边界约束等数据,根据分析结果找出桥梁在各种风荷载作用下的关键弱点,为后期优化打好基础。特别是对于大跨度桥梁,有限元分析对预测可能出现的局部失稳问题非常实用。可以把有限元分析的结果可与风振实验数据进行比对,增强结果的可靠性,有效地处理复杂材料模型及大变形问题,推动其在实际工程中的广泛应用^[1]。

2.3.2 时程分析方法

时程分析方法不同于静态分析主要用于研究桥梁在动态荷载下的响应,主要考虑风荷载随时间的变化,准确捕捉桥梁在强风条件下的动态特性,建立风荷载的时程模型。设计者可分析桥梁的加速度、位移及反应频率等动态响应。在实施时程分析时,建立风速的变化模型,并结合桥梁的动态特性,采用合适的数值积分方法进行计算。动态响应的评估使设计师能够判断桥梁是否存在因动态效应导致的失稳风险,从而对设计进行必要的调整。在极端气象条件下,时程分析方法能够提供更准确的动态性能评估。

2.3.3 模态分析方法

模态分析是一种研究桥梁固有振动特性的分析方法能够揭示结构对风荷载的敏感性。在桥梁抗风设计中,模态分析通常与其他分析方法相结合,有助于理解桥梁在风

荷载作用下的响应特性,可能引发共振的频率也得以识别,为设计优化提供参考。对于大跨度桥梁而言,共振现象可能导致结构失稳,此时模态分析就显得尤为重要。模态分析的结果可与风洞实验或数值模拟数据进行对比,以验证分析的准确性,不仅提升了对桥梁在风荷载作用下的理解,也为设计师提供了详实依据,从而确保桥梁的安全性与可靠性。

3 桥梁抗风设计中的结构优化措施

3.1 主梁断面形式的优化

选择合理的主梁断面形状,能够有效降低风荷载对桥梁结构的影响。在大跨度桥梁设计中,箱型梁或T型梁不仅具备优良的抗弯能力,还能减少风对桥梁的作用力。利用计算流体动力学(CFD)分析,设计师模拟不同断面形式在风荷载下的气动特性,从而选定最为合适的断面。在实际设计中,主梁的高度与宽度应根据桥梁的具体用途与环境条件调整,适中的细长比梁型有助于减小风荷载引起的振动,合理布置梁腹板及纵向加劲肋,进一步提升主梁的稳定性与抗扭能力。优化后的断面形式经过风洞实验与有限元分析等验证,确保在极端气候条件下,桥梁依然能够安全运营。

3.2 桥塔设计中的抗风考虑

桥塔作为桥梁结构中承受风荷载的重要组成部分,桥塔的形状、材质以及稳定性直接影响桥梁整体的抗风能力。全面的风力分析是桥塔设计的必要步骤,可以有效抵御各种风荷载。在桥塔的形状设计上,流畅简洁的轮廓可以降低风阻,使风流顺畅地沿塔身流动,减少涡流的形成。经过精确计算,桥塔的高度与宽度需具备足够的刚度与强度,桥塔的材料选用高强度钢材或混凝土,以增强结构的强度及抗风特性。在桥塔连接设计中,合理的节点设计及连接方式能够提高整体的稳定性与抗风能力^[2]。此外,适当的斜撑与支撑结构可有效分散风荷载,降低对塔身的直接冲击,从而减少风引起的振动。经过系统分析与设计优化后,桥塔应在强风条件下保持稳定,确保桥梁的安全性与使用寿命。

3.3 抗风缆索系统的应用

在大跨度斜拉桥与悬索桥中,缆索不仅承受竖向荷载,还受到风荷载的影响,因此在设计过程中必须充分考虑其抗风性能。缆索的布置应依据桥梁的结构特性及风荷载分布进行优化设计。适当的角度与间距布置缆索,有助于在风荷载作用下实现均匀受力,从而降低局部应力集中现象的发生。风引起的振动会导致缆索发生共振,此时可以用模态分析确定缆索的固有频率,避免在风荷载作用下出现共振现象。同时,适当的阻尼系统可用于减缓缆索的振动,进一步增强抗风性能。图5 缆索系统的布置图展示了缆索在风荷载作用下的应力分布,以及如何通过布置和阻尼系统来减少共振。



图5 缆索系统的布置图

3.4 风障与导流装置的设置

在桥梁抗风设计中,通过阻挡风流,风障等,可以降低作用于桥梁结构的风速,从而减小风荷载的影响。导流装置则通过改变风流方向,引导气流沿着结构表面流动,降低涡流的形成。在导流装置的设计过程中,要考虑其对桥梁整体外形的影响,确保不影响桥梁的美观与基本功能。导流装置的材料应具备良好的抗腐蚀性能,以应对复杂的气候条件。风障的形式多样,通常可以依据桥梁的实际情况选择合适的类型。例如,在高墩桥塔周围设置的风障可以有效阻挡风流对桥梁的直接冲击,降低风荷载。此外,风障的高度与宽度需经过仔细设计,以确保在实际使用中能够达到预期效果。风障与导流装置的设置应与桥梁整体设计相结合,通过风洞实验与数值模拟分析,可以优化风障与导流装置的设计,确保其有效降低风荷载,提升桥梁的安全性。

4 公路桥梁的稳定性分析

4.1 桥梁稳定性的定义与评估标准

静态稳定性与动态稳定性是该领域的两个主要方面,其中静态稳定性侧重于桥梁在静态荷载下的平衡状态,而动态稳定性则关注动态荷载对结构的影响。在实际评估中,风荷载、活荷载及温度效应等都需要考虑到,通过静力学与动态分析,能够明确桥梁在不同工况下的稳定性表现,从而为后续维护与加固提供科学依据。

4.2 风荷载下桥梁的屈曲稳定性分析

风荷载是影响桥梁稳定性的关键因素,尤其是在高架桥与大跨度桥梁中,风速的变化会导致结构屈曲,从而影响整体稳定性。在风荷载的影响下,屈曲现象由纵向、横向及扭转荷载共同引发。常见的屈曲模式包括局部屈曲与整体屈曲。设计过程中,确保桥梁具备足够的屈曲承载能力成为一项重要任务,以防止在极端风荷载下失稳。依据相关规范,设计师需充分了解桥梁的实际受力情况,并考虑风速、风向及桥梁形状对屈曲荷载的影响,通过合理设置加劲肋、优化截面设计与材料选择,屈曲稳定性将显著

提高,确保桥梁在风荷载作用下保持安全与稳定^[3]。

4.3 动态稳定性与静态稳定性

在桥梁设计与评估中,静态稳定性主要关注静态荷载下的变形与位移情况,而动态稳定性则涉及动态荷载对结构的响应特征。针对高架桥、斜拉桥等大跨度桥梁,动态稳定性受到外部荷载变化与环境影响的显著作用。模态分析的实施可帮助确定桥梁的固有频率,从而评估其在动态荷载下的振动特性。根据不同荷载情况,需评估桥梁的振动模态,判断其在多种工况下的稳定性表现。面对强风与地震等极端条件,桥梁的动态稳定性对安全性至关重要,在最大静态荷载作用下,合理设置支座与抗倾覆措施,确保桥梁可正常通行。综合分析动态与静态稳定性,能够全面评估桥梁在不同环境条件下的表现,从而为设计优化提供有力支持。

4.4 桥梁在强风下的振动与稳定性评估

4.4.1 桥梁刚性与柔性稳定性分析

刚性结构在承受风荷载时能够有效减少变形与振动,而柔性结构虽能适应较大的变形,但在强风作用下容易产生过度振动,进而导致潜在的安全隐患。对于大跨度桥梁,设计师应在确保结构刚度的基础上,适度引入柔性设计,以增强其在动态荷载下的抗风能力。模态分析有助于识别桥梁的固有频率与振动模态,从而确定其在风荷载作用下的性能。

4.4.2 关键部位的局部稳定性分析

在整体稳定性分析中,关键部位的局部稳定性不容忽视。通常,桥梁的连接节点、支座及加劲肋等部位承受较

大的局部荷载,其局部稳定性直接关系到整体安全。通过对这些关键部位的局部稳定性进行评估,有助于识别潜在的薄弱环节,从而提前制定加固与维护方案。局部稳定性分析通常依赖有限元分析与现场检测。监测关键部位的应力分布,有助于判断其在荷载作用下的实际表现。针对承受弯矩与剪力的关键节点,需对其承载能力进行专项评估,以确保在极端荷载下不会失效。

5 结语

公路桥梁的抗风设计与稳定性分析对于确保桥梁的安全性与耐久性而言,具有重要意义。随着大跨度桥梁的不断发展,传统设计方法在应对复杂风荷载方面面临着显著挑战。现代技术的应用,例如风洞实验与数值模拟的结合,使得风荷载的作用机制及桥梁的风振响应特征得以深入探讨,从而制定出科学有效的抗风设计策略。未来的研究应当更加关注新材料与新技术的应用,进一步完善公路桥梁的抗风设计理论与方法,确保公路桥梁在各种环境条件下的安全与稳定,为交通网络的畅通运行奠定坚实基础。

[参考文献]

- [1]陈曦,李乾坤.既有跨航道双幅桥梁抗船舶碰撞设计研究[J].低温建筑技术,2023,45(9):145-148.
- [2]李琛,陈绪栋.独柱墩桥梁抗倾覆性分析与加固设计[J].中国水运,2023(11):143-145.
- [3]龙柏全,张晓旭.独柱墩桥梁抗倾覆验算及加固设计[J].江西建材,2024(6):151-153.

作者简介:杜晶(1994—),男,汉族,四川南充人,研究生,桥梁工程师,从事桥梁设计工作。

论道路桥梁工程施工中混凝土施工技术的运用

惠 鹏

新疆北新路桥集团股份有限公司四川分公司, 四川 成都 610000

[摘要]随着我国经济不断发展,建筑行业蓬勃发展,其中路桥工程作为重要项目,对居民的日常出行至关重要。在路桥施工中,混凝土技术对施工质量至关重要。混凝土因其抗压能力、承载能力等优势被广泛应用于道路桥梁建设。本篇文章从混凝土技术在道桥施工中的应用情况出发,探讨了其施工工艺,并分析了施工完成后如何利用混凝土相关技术进行工程维护。通过对混凝土在建设施工过程中的工艺及维护技术的深入探讨,有助于提高道路桥梁工程质量,确保其长期稳定运行,为社会出行提供更加可靠的基础设施支持。

[关键词]道路桥梁;工程施工;混凝土施工技术;技术运用

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15376

中图分类号: U45

文献标识码: A

Discussion on the Application of Concrete Construction Technology in Road and Bridge Engineering Construction

XI Peng

Sichuan Branch of Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract: With the continuous development of Chinese economy and the flourishing development of the construction industry, road and bridge engineering, as an important project, is crucial for residents' daily travel. In road and bridge construction, concrete technology is crucial for construction quality. Concrete is widely used in road and bridge construction due to its advantages such as compressive strength and bearing capacity. This article starts from the application of concrete technology in road and bridge construction, explores its construction process, and analyzes how to use concrete related technologies for engineering maintenance after construction is completed. Through in-depth exploration of the technology and maintenance techniques of concrete in the construction process, it is helpful to improve the quality of road and bridge engineering, ensure its long-term stable operation, and provide more reliable infrastructure support for social travel.

Keywords: road and bridge; engineering construction; concrete construction technology; technical application

引言

在道路桥梁工程中,混凝土施工技术的运用具有重要意义。混凝土作为一种常用的建筑材料,在道路桥梁工程中承担着支撑和连接结构的重要作用。其在施工过程中的应用,直接影响着工程的质量、安全和耐久性。随着社会的不断发展和城市化进程的加速推进,对道路桥梁工程的需求不断增长,对混凝土施工技术的要求也日益提高。因此,混凝土施工技术的运用已成为道路桥梁工程施工中不可或缺的重要组成部分。在道路桥梁工程中,混凝土施工技术的运用不仅仅是简单的原材料混合和浇注,更是一项综合性的工程技术,涉及材料选择、配比设计、施工工艺等多个方面。合理的施工技术可以有效地保证混凝土的强度、稳定性和耐久性,从而确保工程的安全运行和长期使用。此外,随着科技的发展和工程管理水平提高,新型的混凝土材料和施工技术不断涌现,为道路桥梁工程的施工提供了更多的选择和可能性。因此,本文将探讨道路桥梁工程中混凝土施工技术的运用,分析其在施工过程中所面临的挑战和问题,并提出相应的解决策略和措施。通过对混凝土施工技术的研究和探讨,旨在为道路桥梁工程

的施工质量和安全提供参考和借鉴。

1 混凝土施工技术的特点

混凝土施工技术作为建筑工程中的重要组成部分,具有一系列独特的特点,这些特点对于道路桥梁工程的施工至关重要。首先,混凝土具有优良的耐久性和承载能力。其主要成分水泥、骨料、水和外加剂的合理配比可以确保混凝土拥有足够的强度和耐久性,能够承受来自交通载荷和自然环境的各种挑战。其次,混凝土施工相对灵活多样。混凝土可以适应各种形状和结构的需求,通过调整配比、采用不同的施工工艺和模板,可以实现各种形式的桥梁和道路结构,满足不同工程的要求。第三,混凝土施工技术具有较强的可塑性。通过控制混凝土的流动性和固化时间,可以实现对复杂结构的建造,如拱桥、梁板等,为工程设计提供了更大的灵活性和创造空间。此外,混凝土施工技术还具有较好的施工性能。在合适的温度和湿度条件下,混凝土可以保持稳定的工作性能,便于施工操作和现场管理。

2 混凝土技术在道路桥梁工程施工中的应用现状

混凝土技术在道路桥梁工程施工中的应用现状受到多方面因素的影响。随着科技的不断进步和工程管理的不断

断提升,混凝土技术在道路桥梁工程中的应用呈现出了一系列积极的发展趋势。例如,新型混凝土材料的研发和应用使得工程结构更加轻巧、耐久,同时能够满足不同工程对强度和耐久性的要求。在施工工艺方面,先进的模板和浇筑技术大大提高了施工效率和质量控制水平,减少了工程周期和成本。此外,智能化施工设备的应用也为混凝土工程施工提供了更多便利,提升了工程的安全性和可控性^[1]。然而,混凝土技术在道路桥梁工程中仍然面临一些挑战,如材料质量不稳定、施工环境复杂等,这些问题需要持续关注和解决,以确保工程质量和安全。

3 混凝土技术在道路桥梁工程施工中的应用策略

3.1 施工前做好准备

在道路桥梁工程中,混凝土技术的应用策略至关重要,其中施工前的充分准备是确保施工顺利进行和工程质量高效控制的关键一步。施工前的准备工作包括多方面的内容,首先是对工程施工环境和条件进行全面评估和调查,包括地质情况、气候条件、交通状况等,以便制定合适的施工计划和安全措施。其次是对施工材料和设备进行充分的准备和检查,包括原材料的采购、质量检验、运输等,确保施工过程中材料供应的稳定和质量的可控。同时,需要对施工人员进行培训 and 安全教育,提高其对施工任务和安全规范的认识和执行能力。此外,施工前还需要制定详细的施工方案和工序安排,包括工程的施工流程、技术要求、质量控制标准等,以确保施工过程中各项工作有条不紊地进行。

3.2 严格控制材料配比

在道路桥梁工程施工中,严格控制混凝土材料配比是确保工程质量和结构稳定性的关键一环。混凝土的配比直接影响到混凝土的强度、耐久性以及抗压等性能,因此必须确保配比合理、准确。首先,需要对原材料进行严格的质量控制,包括水泥、骨料、水和外加剂等。各种原材料的质量不仅需要符合相关国家标准,还需要满足工程设计和施工要求,确保混凝土的强度和耐久性。其次,配比的确定需要根据工程的具体要求和环境条件,采用科学合理的方法和技术进行计算和调整。在配比过程中,需要考虑到混凝土的强度等级、抗温变性能、抗裂性能等多方面因素,以确保混凝土的性能达到设计要求。

3.3 混凝土制作

混凝土的质量直接影响着工程的结构安全和使用寿命,因此,制作过程必须严格控制。首先,需要确保原材料的质量符合相关标准和工程设计要求。水泥、骨料、水和外加剂等原材料的选用和配比应根据工程的具体情况,进行科学合理的确定,以保证混凝土的强度、耐久性和抗温变性能。其次,在混凝土搅拌过程中,需要严格控制水灰比,确保混凝土的流动性和坍落度符合要求,避免因水灰比过高或过低导致混凝土强度和耐久性下降^[2]。同时,应合理控制搅拌时间和搅拌速度,确保混凝土的均匀性和稳定性。在混凝土浇筑过程中,需要注意控制浇筑速度和

浇筑高度,避免因浇筑过快或过高而导致混凝土的分层或气孔等质量问题。此外,施工现场应保持清洁整洁,及时清理混凝土残渣和杂物,确保施工质量和安全。

3.4 混凝土运输

混凝土运输是道路桥梁工程施工中不可或缺的一环,其质量和效率直接影响到施工进度和工程质量。在进行混凝土运输时,首先需要确保运输车辆的质量和状态良好,车辆应经过严格的检验和维护,确保搅拌车的罐体密封性良好,搅拌性能稳定。其次,在运输过程中,需要严格控制混凝土的坍落度和流动性,避免因过高或过低的坍落度导致混凝土质量下降或施工质量受到影响。此外,运输途中应注意避免混凝土因振动或过快的运输速度而发生分层或气孔等质量问题,保证混凝土的均匀性和稳定性。在长距离运输中,需要合理规划运输路线和运输时间,避免因运输距离过远或运输时间过长而影响混凝土的施工性能。同时,应加强对运输过程中的安全管理,确保混凝土运输车辆和运输人员的安全,避免发生交通事故或人员伤亡等意外情况。

3.5 混凝土浇筑施工

混凝土浇筑施工是道路桥梁工程中至关重要的环节之一,直接关系到工程的质量和结构的稳定性。在进行混凝土浇筑施工时,首先需要确保施工现场的准备工作到位,包括清理、平整施工面、搭建支模等。其次,需要合理选择施工时间和气温,避免在极端高温或低温条件下进行浇筑,以免影响混凝土的凝固和强度发展。在混凝土浇筑过程中,需要采用适当的浇筑工艺和方法,确保混凝土在模板内均匀分布,避免出现气孔、裂缝等缺陷。同时,需要控制浇筑速度和浇筑厚度,保证混凝土层之间的紧密性和连接性,防止出现分层现象。在浇筑完成后,应及时进行养护措施,保持混凝土的湿润和温度稳定,促进混凝土的早期强度发展和长期耐久性。此外,需要加强对施工现场的管理和监督,确保施工过程中各项操作符合规范要求,保证工程的质量和安

3.6 做好路面压实工作

路面压实工作的质量直接影响着道路的耐久性、平整度和使用寿命。首先,需要在路面铺设完成后,及时进行路面压实工作。通过使用适当的压路机和压实设备,对路面进行均匀、有序的压实,确保路面的密实性和平整度。其次,需要根据道路的具体情况和设计要求,合理选择压实工艺和压实方法,包括静压、动压、振动等,以确保路面各个部位的压实质量和均匀性。在压实过程中,需要注意控制压实速度和压实次数,避免过度压实或不足压实导致路面变形或损坏。同时,还需要密切关注路面的温度和湿度变化,调整压实参数,确保压实效果和质量稳定。在压实工作完成后,应及时进行路面检查和修补,对发现的裂缝、凹陷等缺陷进行及时修复,保证路面的整体性和平整度。

3.7 加强维护保养工作

加强维护保养工作是道路桥梁工程施工中至关重要的一环。一旦工程完工,维护保养工作的质量将直接影响

到工程的使用寿命和安全性。首先,需要建立健全的维护保养制度和体系,明确责任分工和 workflow。通过定期巡检和检测,发现问题及时进行修复和处理,预防小问题变成大隐患。其次,要加强对道路桥梁结构的保养,包括清理排水系统、修补路面裂缝、加固桥梁墩台等,确保结构稳定和安全通行。同时,要关注道路桥梁周边环境的维护,保持路面清洁、绿化良好,提升整体环境品质^[3]。此外,要加强对设施设备的维护保养,确保交通标志、照明设施、防护栏等设备正常运行,提高道路的通行安全性。

4 混凝土施工技术的质量控制措施

4.1 明确施工质量控制目标

明确施工质量控制目标是混凝土施工技术质量控制的关键步骤之一。在道路桥梁工程中,明确施工质量控制目标需要充分考虑工程的设计要求、技术标准、安全要求以及环境影响等因素。首先,需要对工程质量控制目标进行全面的分析和评估,包括确定混凝土的强度等级、抗温变性能、抗裂性能等技术指标,确保混凝土的质量符合相关标准和要求。其次,需要结合工程的具体情况和施工环境,制定相应的质量控制方案和措施,包括确定混凝土的配比、施工工艺、质量检验标准等,确保施工过程中各项工作按照规范要求进行。在明确施工质量控制目标的过程中,还需要充分考虑施工过程中可能出现的风险和问题,并制定相应的应对措施,确保施工质量的稳定和可控。

4.2 使用流程化管理方法

流程化管理方法将施工过程划分为一系列清晰的步骤和流程,通过规范化和标准化的操作,确保施工质量和效率得到有效控制。首先,流程化管理方法可以帮助建立起完整的施工流程和标准作业程序。通过对施工过程进行细致的分析和规划,确定每个环节的具体任务和责任人,明确各项工作的先后顺序和要求,确保施工过程有条不紊地进行。其次,流程化管理方法可以帮助规范施工操作和标准化施工流程。通过制定详细的操作规程和标准作业指导书,明确各项施工工作的具体要求和操作步骤,确保施工人员进行施工过程中能够按照规范要求进行操作,减少操作失误和质量问题的发生。另外,流程化管理方法还可以帮助加强对施工过程的监督和控制。通过建立完善的监督检查机制和质量评估体系,对施工过程进行实时监控和评估,及时发现和解决施工中的质量问题,确保施工质量达到设计要求。最后,流程化管理方法还可以帮助提高施工效率和降低成本。通过合理规划施工流程和优化资源配置,提高施工效率和资源利用率,降低施工成本,实现施工质量和经济效益的双赢。

4.3 提升施工人员的素质

施工人员的素质直接影响着施工过程中的操作技能、专业知识水平以及责任心和意识,因此必须重视培养和提升施工人员的素质。首先,需要加强对施工人员的培训和教育。通过定期组织技术培训、安全培训、操作规程培训

等形式,提高施工人员的专业知识水平和操作技能,使其能够熟练掌握施工技术和操作规程,减少施工中的失误和质量问题。其次,需要建立健全的激励机制和评价体系。通过制定激励政策和奖惩措施,激励施工人员积极参与技能培训和学习,提高其技术水平和工作质量^[4]。同时,建立绩效评价体系,定期对施工人员的工作表现进行评价和考核,及时发现和解决存在的问题,推动施工人员的素质提升。另外,需要加强对施工人员的管理和指导。建立健全的施工管理机制,明确施工人员的职责和工作任务,加强对施工现场的监督和管理,确保施工过程中各项工作按照规范和要求进行,提高施工质量和安全性。最后,还需要注重培养施工人员的责任心和团队意识。通过开展团队建设活动、加强沟通交流和协作配合,培养施工人员的团队意识和责任意识,使其能够主动关注工程质量和安全问题,共同为工程的顺利进行和质量提升而努力。

5 结语

在道路桥梁工程施工中,混凝土施工技术的运用至关重要。通过本文的探讨,我们深入了解了混凝土在建设过程中的关键作用以及其施工工艺。混凝土作为一种重要的建筑材料,其抗压能力、承载能力等优势为道路桥梁的建设提供了可靠保障。然而,我们也意识到,在施工完成后,混凝土相关技术的维护与管理同样至关重要,这直接关系到工程的长期运行和社会出行的安全。因此,我们需要不断提升对混凝土技术的理解和运用,加强施工过程中的质量管理,并建立健全的维护体系,以确保道路桥梁工程的安全、稳定和可持续发展。随着我国经济的不断发展和城市化进程的加速推进,混凝土技术的应用将在未来发挥更加重要的作用,我们应不断创新、学习,共同推动道路桥梁工程领域的进步与发展。

[参考文献]

- [1] 俞克雄. 道路桥梁工程施工中混凝土施工技术的运用[J]. 居业, 2023(10): 28-30.
- [2] 佘海波. 混凝土施工技术在道路桥梁工程施工中的应用分析[J]. 运输经理世界, 2023(25): 82-84.
- [3] 吴健. 道路桥梁工程的混凝土施工技术要点分析[J]. 中华建设, 2023(1): 101-103.
- [4] 康学霞. 混凝土施工技术在道路桥梁工程中的作用[J]. 大众标准化, 2022(11): 51-53.

作者简介: 惠鹏(1983.11—), 男, 汉族, 陕西富平人, 2007年7月参加工作, 2021年11月加入中国共产党, 大学学历(国家开放大学<土木工程>专业毕业), 当前就职单位: 新疆北新路桥集团股份有限公司四川分公司, 职务: 党总支部委员、总工程师、副总经理, 职称级别: 副高级工程师, 2016年5月到北新路桥集团工作以来, 从事项目管理、工程技术、施工管理等工作, 历任项目副经理、项目经理、办事处经理、事业部总经理、分公司总工程师兼副总经理、分公司党总支部委员。

新型环保材料在装修工程中的应用及其对造价影响的研究

杨沛沛

新疆兵团城建集团有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830017

[摘要]随着人们环保意识的日益提高,绿色建筑逐渐成为现代城市建设的重要趋势。新型环保材料凭借其独特的优势,成为提升建筑质量和改善居住环境的关键。这些材料不仅能有效减少有害物质的排放,还能显著降低能耗,提高建筑的舒适性及可持续性。相比传统建筑材料,环保材料的耐用性更强,使用寿命更长,逐步取代了那些对环境造成负面影响的传统选择。尽管在初期建设中,环保材料的投入较高,但其在长期运营过程中所带来的节能与维护成本节省,使其具有更高的经济效益。为了更全面地评估新型环保材料对装修工程造价的影响,文中将在理论与实践的结合下,探讨其成本效益,为建筑行业的相关决策提供有力支持。

[关键词]新型环保材料;装修工程;造价

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15363

中图分类号: TU564

文献标识码: A

Research on the Application of New Environmental Protection Materials in Decoration Projects and Their Impact on Cost

YANG Peipei

Xinjiang Production and Construction Corps Urban Construction Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830017, China

Abstract: With the increasing awareness of environmental protection among people, green buildings have gradually become an important trend in modern urban construction. New environmentally friendly materials, with their unique advantages, have become the key to improving building quality and enhancing the living environment. These materials can not only effectively reduce the emission of harmful substances, but also significantly reduce energy consumption, improve the comfort and sustainability of buildings. Compared to traditional building materials, environmentally friendly materials have stronger durability and longer service life, gradually replacing traditional choices that have a negative impact on the environment. Although the investment in environmentally friendly materials is relatively high in the initial construction, the energy-saving and maintenance cost savings it brings in the long-term operation process make it have higher economic benefits. In order to comprehensively evaluate the impact of new environmentally friendly materials on the cost of decoration projects, this article will explore their cost-effectiveness through the combination of theory and practice, providing strong support for relevant decisions in the construction industry.

Keywords: new environmental protection materials; decoration projects; cost

引言

环保问题逐渐成为当今社会的重要议题,建筑领域的资源消耗与环境污染问题迫切要求采用更加环保的材料。低 VOCs 涂料、生态板以及环保地板等新型环保材料,凭借其低污染、节能及可回收的特点,逐步取代了传统材料。这些材料不仅能提升建筑的节能效果,还能改善室内空气质量,减少环境污染,提升居住者的健康水平。然而,尽管环保材料的优势明显,其初期的较高投资成本与施工难度仍然是推广的主要障碍。因此,深入分析新型环保材料在装修工程中的成本效益,尤其是在造价上的影响,成为了行业亟需解决的问题。

1 新型环保材料的种类与特点

1.1 新型环保材料的概念与发展

新型环保材料与传统建筑材料相比,这些材料在满足建筑功能性、安全性及美观性的同时,具备更高的生态性能,能够减少资源消耗,降低环境污染。随着全球环保意

识的逐步提高以及绿色建筑理念的普及,环保材料在建筑行业中的应用得到了广泛关注,特别是在装修领域,环保材料已成为提升室内空气质量与能效的重要选择。现如今,这些材料已成为推动建筑行业朝向绿色发展目标的关键因素。环保材料的研发历程表明,从早期的传统材料优化到现在的新型材料创新,行业的关注重点已逐步转向减少有害排放及提升资源的有效利用。随着环保标准的逐步提高,环保材料的应用范围也在不断扩大,涵盖了节能、低碳及绿色建筑等多方面特性。尤其在建筑能效标准愈加严格的今天,材料的热隔离性、抗菌性能以及 VOC(挥发性有机化合物)排放量已成为选材时的重要评判标准。

1.2 常见新型环保材料的种类

新型环保材料可根据其性质与用途进行多维度分类。以下是几种常见的环保材料类型:①VOCs 材料:低 VOCs 涂料与黏合剂等属于此类,它们在使用过程中释放的有害气体相对较少,从而能够有效改善室内空气质量,减少污

染物排放。这些材料符合绿色建筑标准,并被广泛应用于现代装修工程。采用低 VOCs 材料能够显著降低室内空气中的有害物质,从而为居住者提供更加健康的环境。②可再生材料:竹材、再生木材与天然纤维等材料均属于可再生资源,能够显著减少对天然森林资源的依赖。此类材料不仅具有良好的生态效益,还能够为建筑提供坚固耐用的装饰效果。竹材与再生木材的使用有助于减少木材资源的消耗,天然纤维因其透气性与抗菌性,广泛应用于室内软装及装饰领域。③无机材料:石膏板、陶瓷砖及玻璃等无机材料在环保建筑中的应用较为普遍。生产过程中,这些材料不会释放有害的化学成分,对环境的负面影响较小。凭借较高的耐久性 & 低维护需求,无机材料在装修工程中的应用范围广泛。选用此类材料能够增强建筑物的结构安全性,同时提高对环境的适应能力。④新型复合材料:环保型复合地板与墙面材料通常将多种优异特性融合,这些材料兼具美观性、耐用性与功能性。复合材料不仅能够保留木材的自然美感,还在抗磨损 & 防水性方面表现出色,适用于高频使用的室内空间。

1.3 新型环保材料的性能特点与优势

新型环保材料的优势体现在其环保性、安全性及经济性等多个方面:一是环保性:新型环保材料的最大特点在于其对环境的友好性。无论是在生产、使用还是废弃过程中,这些材料的负面影响都能被有效降低。采用低 VOCs 材料能显著减少有害气体的排放,从而有效改善室内空气质量,避免污染的产生。可再生材料的使用也减少了对自然资源的过度开采,减缓了生态压力。二是经济性:尽管部分新型环保材料在采购时可能会有较高的初期成本,但其在长期使用过程中所带来的经济效益显著^[1]。例如,优质的隔热材料能够显著降低空调和取暖的能耗,从而在能源费用上节省开支。由于这些材料通常具有较高的耐用性,维护与更换成本较低,从整体装修成本来看,具有较为明显的经济优势。三是安全性与健康性:新型环保材料通常不含有害成分,如苯、甲醛等,这使得它们在使用过程中更为安全,尤其适用于对室内空气质量要求较高的环境,如儿童房、医院等。此外,天然纤维与无机材料在防霉、抗菌等方面表现出色,有助于改善室内空气质量,提升居住者的健康水平。四是耐久性与美观性:新型环保材料不仅具有较高的耐用性,尤其是复合材料与无机材料,它们在抗老化、抗腐蚀及耐磨损方面表现优秀,能够在长时间使用中保持较高的性能。与此同时,这些材料的现代设计能够与各种装修风格完美融合,兼顾美观与实用性,满足不同空间的需求。

2 新型环保材料在装修工程中的应用

2.1 新型环保材料在住宅装修中的应用

在住宅装修领域,随着绿色建筑理念的逐步推广,环保材料在住宅装修中的应用愈加普遍。美国的多个住宅项目通过选用低 VOCs 涂料、可再生木材及高效隔热材料,成功通过了 LEED 认证。例如,位于加州的“零能耗住宅”项目,采用了再生木材及高性能窗户,这不仅有效减少了室

内污染,同时还降低了能源消耗^[2]。德国的被动房项目注重使用高效隔热材料及无机涂料,极大地减少了对传统能源的依赖,并提高了建筑的能效。瑞典的多个住宅项目广泛应用可再生木材和低能耗建筑组件,进一步推动了绿色建筑的发展。在中国,北京、上海及广州等地的住宅项目积极推广绿色建筑标准,广泛使用低 VOCs 涂料、环保地板及再生材料,既改善了居住环境质量,又推动了绿色建筑的普及。

2.2 新型环保材料在商业装修中的应用

商业装修中的环保材料广泛应用,有效提升了建筑的能效、优化了空间舒适度,同时减少了环境负担。随着环保法规的严格执行,商业建筑对环保材料的需求日益增加。多个商业项目通过选用低 VOCs 涂料、环保地板以及节能设备,成功获得 LEED 认证,提升了建筑的绿色性和能效。例如,某商业大厦在装修中采用了再生材料,并配置了高效 HVAC 系统,从而减少了能源消耗并降低了环境影响。中国上海、深圳等地的商业建筑也积极采纳环保材料,许多商务楼宇选用了环保型复合地板、天然石材及绿色照明系统,不仅提高了建筑美观度,还改善了环境性能。环保材料的应用不仅帮助节能减排,减少了污染,还为商业建筑创造了健康、舒适的办公环境,同时提升了企业形象。

2.3 新型环保材料在公共建筑装修中的应用

在公共建筑装修中,新型环保材料的应用大大提高了建筑能效,改善了室内空气质量,保障了使用者的健康。由于公共建筑往往具有较高的使用频率和人员密集度,对装修材料的环保性要求尤其重要。德国的一些公共建筑项目广泛采用高效隔热材料、无机涂料及可再生木材,成功减少了能源消耗,增强了建筑的生态适应性。在中国,多个城市,如北京、上海等地,公共建筑装修中大量使用低 VOCs 涂料、天然石材以及高效空调系统,不仅降低了建筑能耗,还优化了室内环境,提升了使用者的舒适度与健康水平,为公共建筑的可持续发展提供了有力支持,并为更多建筑项目的绿色设计提供了宝贵经验。

2.4 新型环保材料在装修设计中的创新应用

随着智能技术与绿色设计理念的结合,新型环保材料在装修设计中的创新应用,正逐步成为建筑行业发展的主要趋势。环保材料的创新应用不仅提高了建筑的功能性,还增强了空间的舒适性与美观性,打破了传统装修设计的局限。例如,环保型复合材料与节能照明系统的结合,不仅提升了空间的能源效率,还优化了视觉效果^[3]。智能化的绿色建筑设计系统,通过自动调节温度、湿度及照明等,极大提高了建筑能效。室内设计中,天然木材、环保涂料及再生材料的使用,既确保了建筑的高性能,又创造了富有艺术氛围的空间环境,不仅推动了装修设计的可持续发展,还为建筑行业的绿色转型提供了新的发展方向。

3 新型环保材料对装修工程造价的影响分析

3.1 新型环保材料的采购与施工成本

新型环保材料普遍在市场上表现出较高的价格,其主

要原因在于生产工艺的复杂性、原材料的特殊性以及研发投入较大。例如,低 VOCs 涂料、生态板和环保地板的单价通常比传统材料如普通涂料、胶合板、PVC 地板要高 20% 到 50%。虽然初期价格较高,但随着技术的不断进步及市场的日益成熟,环保材料的生产成本逐步下降,导致其市场价格逐渐趋于合理,逐步缩小与传统材料之间的价格差距。在装修工程的施工过程中,环保材料的使用常常伴随着更多的技术要求及施工难度,这会导致施工周期延长并增加人工费用。对于某些特殊环保材料,施工时需要采取特定的工艺以确保材料性能得到充分发挥。这些因素都会对项目的总成本产生影响。例如,在某项目中,使用新型环保材料时,总采购成本为 23.5 万元,而传统材料的采购成本为 16 万元,材料差异所带来的成本增加是显而易见的。然而,除了材料费用之外,项目的其他费用如人工费、运输费等在两种材料的使用下保持一致。

3.2 新型环保材料的长远经济效益分析

3.2.1 节能降耗

新型环保材料具有优越的节能性能,尤其在隔热、隔音和防潮等方面表现突出,这对于降低建筑物的能源消耗具有重要作用。使用这些材料后,建筑物的冬季采暖和夏季空调需求能够显著减少。例如,在某项目中,建筑的能耗减少了 20% 以上,这不仅有效降低了能源费用,也有助于减少建筑的碳排放,从而对环境产生积极影响。随着绿色建筑理念的推广,环保材料的应用越来越受到青睐,市场对其需求不断增长。这种趋势在全球范围内推动了建筑行业对环保材料的重视,使得这些材料在长期使用中展现出显著的经济效益。未来,随着建筑绿色化进程的加速,环保材料的市场潜力将持续扩大。

3.2.2 减少后期维修成本

虽然环保材料的初期投入较高,但其长久的耐用性和较低的维护需求在长期使用中能够带来显著的成本节约。例如,环保型地板和墙面材料具有更强的耐磨性、抗污性及更长的使用寿命,通常较传统材料使用寿命延长 30% 以上。此外,这些环保材料在日常维护中的表现也优于传统材料。例如,环保型墙面材料更易清洁,降低了清洁频率和清洁成本。在长期使用过程中,环保材料的高耐久性显著降低了维修和更换的频率,从而实现了维护成本的有效控制。

3.3 新型环保材料的市场定价与影响因素

新型环保材料的市场定价受多重因素的影响。首先,环保材料所使用的原料价格较高,天然木材、无机涂料等优质原材料通常价格昂贵,这直接推动了环保材料的生产成本上升。其次,环保材料的生产工艺较为复杂,需要更多的技术投入和研发费用,因此其价格自然较高。例如,低 VOCs 涂料的价格通常比普通涂料贵 30% 左右,天然木材的价格也比人造板材贵 50% 以上。尽管如此,随着技术的持续进步以及生产效率的提高,环保材料的生产成本逐渐下降,市场价格逐步趋于合理化。此外,随着绿色建筑

市场需求的增长,环保材料的供应链也逐步完善,进一步促进了材料价格的稳定^[4]。近年来,部分环保材料的价格已经逐渐接近传统材料的价格水平,市场接受度也不断提高。

3.4 环保材料对装修项目整体造价的影响

3.4.1 直接成本分析

新型环保材料对装修项目的直接成本产生了显著影响,主要表现为材料采购成本的增加。根据项目的具体情况,环保材料的采购成本明显高于传统材料。例如,某项目中采用新型环保材料时,总采购成本为 23.5 万元,而使用传统材料时的采购成本为 16 万元,成本差异大约为 7.5 万元,占项目总预算的 11.36%。

3.4.2 间接成本分析

除材料采购费用外,环保材料在施工过程中的应用还可能带来间接成本的增加。环保材料的施工往往需要较高的技术支持和更精细的工艺,这些因素可能导致施工周期延长,进而增加了人工费。此外,环保材料的供应链较为复杂,运输和仓储费用可能相对较高,这些都可能增加项目的间接费用。然而,这些间接费用可以通过优化施工流程、提高施工效率以及合理安排施工计划来有效控制。

3.4.3 成本控制策略

为了有效控制新型环保材料带来的整体成本,施工方可以采取一系列成本控制措施。首先,应根据项目的实际需求,合理选择环保材料,以确保其性价比最优。其次,通过优化施工工艺和提高施工效率,缩短施工周期,减少人工费用的支出。此外,采用稳定的供应商关系,确保材料的价格得到控制,也是降低整体成本的重要途径。

4 结语

对新型环保材料的成本效益进行综合分析后可得出,尽管其初期投资较高,但在使用过程中的节能效果与长期节省的维护成本,使得环保材料具有明显的经济优势,不仅能有效降低建筑的能源消耗,还能减少后期的维护频率,从而带来显著的经济回报。随着技术的进步与生产成本的逐步降低,环保材料的市场竞争力将愈发增强,并成为未来建筑行业的重要组成部分。随着绿色建筑政策的实施,环保材料的应用将变得更加普及,为建筑行业的可持续发展做出重要贡献。

【参考文献】

- [1] 顾新宇. 住宅精装修工程的质量控制研究——以七里渠项目为例[J]. 中国建筑装饰装修, 2023(23): 143-145.
 - [2] 陈峰. 可持续建筑材料在住宅建筑施工中的成本优化[J]. 中国建筑装饰装修, 2023(20): 86-88.
 - [3] 张宝. 绿色建筑技术应用对高校基建项目造价管理的研究[J]. 石材, 2024(10): 96-97.
 - [4] 许瑞祥, 孙艳. 绿色环保建材对建筑工程造价管理的影响分析[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024(10): 119-121.
- 作者简介: 杨沛沛 (1989.7—), 毕业院校: 长安大学, 所学专业: 工程造价, 当前就职单位: 新疆兵团城建集团有限公司, 职称级别: 中级工程师。

高速公路拓宽路基处理分析

吴连峰

江苏现代交通科技有限公司, 江苏 南京 210000

[摘要] 高速公路拓宽项目构成交通基础设施建设的核心环节, 路基整治是保障工程品质与安全的核心步骤。伴随着交通流量的持续攀升, 高速公路拓宽需求日益凸显, 特别是在地质环境复杂的区域, 路基处理旨在改善土壤条件、强化地基和优化结构布局, 增强路基承载性能, 确保拓宽后路面的稳定性和安全性。通过探讨了高速公路拓宽工程中路基施工的技术挑战, 分析了多种路基处理技术的适用性, 提出若干实用技术策略。研究表明, 采用适宜的路基整治方法, 可显著减少路基沉降、裂缝等状况, 确保拓宽工程顺利完工。

[关键词] 高速公路拓宽; 路基处理; 承载能力; 土壤改良; 施工技术

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15344

中图分类号: U4

文献标识码: A

Analysis of Widening Roadbed Treatment for Highways

WU Lianfeng

Jiangsu Modern Transportation Technology Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

Abstract: The highway widening project constitutes the core link of transportation infrastructure construction, and roadbed improvement is the core step to ensure the quality and safety of the project. With the continuous increase in traffic flow, the demand for highway widening is becoming increasingly prominent, especially in areas with complex geological environments. Roadbed treatment aims to improve soil conditions, strengthen foundations, optimize structural layout, enhance roadbed bearing capacity, and ensure the stability and safety of the widened road surface. By exploring the technical challenges of roadbed construction in highway widening projects, analyzing the applicability of various roadbed treatment technology, and proposing several practical technical strategies. Research has shown that adopting appropriate roadbed improvement methods can significantly reduce roadbed settlement, cracks, and other conditions, ensuring the smooth completion of widening projects.

Keywords: widening of highways; roadbed treatment; carrying capacity; soil improvement; construction technology

引言

伴随着社会经济的迅猛增长与交通需求持续攀升, 众多现行高速公路亟须进行拓宽升级工程。然而, 鉴于原始路基承载能力的限制, 拓宽道路工程中, 路基处理成为核心议题, 路基处理合理性对拓宽的高速公路性能保障至关重要, 还可显著提升其耐用性, 降低未来运维费用。因此, 探讨路基处理方法的科学评估与挑选, 是高速公路拓宽项目的关键议题。

1 高速公路拓宽与路基处理概述

高速公路拓宽项目旨在应对不断上升的交通流量需求, 增强道路通行效能, 契合社会经济发展需求。在诸多情境中, 该高速公路自建成以来, 通常遭遇道路狭窄、负荷能力受限的挑战。为了应对这些挑战, 拓宽工程需对现有道路实施改造, 需对路基实施加固措施, 保障拓宽后路基在运用期间具备更高的承载能力, 维持持久稳定性。路基构成高速公路的根基, 其质量对道路的使用寿命及安全性产生直接影响。在高速公路拓宽进程中, 鉴于原始路基可能遭遇土壤松散、沉降不均、承载能力欠缺等问题, 务必实施科学化的处理^[1]。

目前, 路基整治技术种类繁多, 常见的措施包括土壤

改良、加固技术和排水设施建设等。借助土壤熟化, 增强土壤的负载能力与稳固性, 降低路基沉降量, 强化技术包括深层搅拌法、喷射混凝土加固等, 可显著提升路基抗压性能, 防止发生不均匀沉降。此外, 构建完备的排水设施, 有利于降低地下水位, 降低水土流失对路基稳定性的作用, 进而增强路基的承载性能。然而, 高速公路拓宽及路基整治遭遇若干挑战, 尤其在繁复地质环境中, 路基处理技术选型、工程造价管控与施工质量保障, 仍旧是工程建设中的核心议题。因此, 系统探讨高速公路拓宽施工中的路基整治技术, 研究更高效的施工策略, 是提高道路品质与延长其使用寿命的关键议题。

2 高速公路拓宽中的路基问题

在高速公路拓宽及路基整治环节, 路基稳定性不佳、承载能力有限及路基沉降与裂缝现象为常见难题。这些问题不仅关乎路基的稳定性和持久性, 还直接影响道路耐久性与行车安全, 路基质量受土壤稳定性不佳等因素制约。在众多地域, 鉴于地质环境的变迁, 路基土壤的水分含量、密实度及力学性能等指标可能未达到标准要求, 土壤稳定性不佳。尤其在软弱地基或高湿度地带, 土壤易受水分影响, 变得松软, 难以充分支撑, 若未经改进。此类土壤易

出现沉降、膨胀等现象,进而影响路基的完整性。路基工程中,承载能力欠缺构成普遍技术挑战,在高速公路拓宽进程中,路基原有承载能力可能存在不足,无法达到新的设计标准。

路基沉降与裂缝现象为常见后期病害,伴随着车辆承载力的提升,路基在持续荷载作用下易产生不均匀沉降。尤其在土壤承载能力较弱的区域,沉降情况更为显著,沉降不仅导致路面不平坦,还可能诱发裂缝形成。这些裂隙随时间推移将逐步扩大,严重影响行车安全,裂缝形成通常源于沉降不均、施工质量欠佳或排水不畅等诱因。一旦出现裂缝,土壤破坏程度因水分侵入而加剧,构成恶性循环。对于这些议题,需实施高效的路基改善策略,土壤加固技术、土壤置换处理、深层搅拌技术等,提升土壤的稳定性与承载能力^[2]。

3 路基处理技术的优化策略

3.1 采用综合性技术方案

在高速公路扩宽工程中,采用综合性技术方案是解决路基问题的有效途径。综合性技术方案强调多种技术的协同作用,通过综合运用多种措施,以提高路基的稳定性和承载力,确保道路的长期使用安全。综合性技术方案包括土壤改良和加固技术。对于土壤稳定性差的路段,可采用改良土壤的技术,如深层搅拌、注浆加固、换填等措施。该技术可提升土壤硬度,增强其承载能力,防止软土层引发的沉降及不均匀变形,在软弱地基之上,深层搅拌技术可充分将水泥、石灰等物料与土壤相融合,进而影响土壤的物理特性,增强其抗压性能与抗剪性能,进而提升地基的稳固性。此外,浆注加固法通过注入水泥浆、化学浆液于地下,增强土体密实性与稳定性,防止软土导致的下沉。

运用前沿的排水技术亦构成综合技术方案之要素。在水位较高或降雨频繁的区域,路基水分渗透过多,引发路基不稳定。因此,科学规划与构建排水设施是保障路基稳固的核心措施,常用的排水措施涵盖构筑透水层、排水管道网络及集水设施等,确保地下水有效排出,防止因水分积聚导致的土壤松动与下陷。

该技术方案涵盖了对材料及设备的挑选与改进,现代工程材料技术的进步为路基处理提供了更多高效环保的选项。例如,运用强化型改良土壤,或采纳创新型复合材料以强化路基结构,提升材料耐久性。同时,施工设备的选择需依据特定地质状况挑选最适宜的机型,提升施工效能与品质,实施综合性技术方案需针对特定工程地质条件量身定制解决方案。在各项任务中,地质勘探、工程设计、施工方案均需进行精细调整与优化,确保各项技术手段协同运作,实现最优效果^[3]。

3.2 完善质量控制体系

完善质量控制体系是高速公路扩宽项目中确保施工质量的关键所在。路基处理质量直接影响公路的耐久性与

安全性,施工期间构建严密的质量监管机制极为关键,质量控制体系对施工流程的监管体系。该文本涉及施工前期、施工过程及后期维护各阶段,维持工程全程受控,质量控制之本在于对原料的严格筛选。无论是土壤改良材料、建筑材料、混凝土、沥青、钢材等,均需满足相应质量规范,原材料品质对路基与路面整体品质具有直接影响。因此,务必对每批次进场物料实施细致审查,确保其满足设计规范。在选材时,应依据地质状况及环境要素,优先选用适应当地条件的优质材料,确保施工品质。

施工阶段的质量监管同样不可或缺。施工前,应编制详尽的施工计划与操作手册,确立各施工阶段的具体作业规范与品质标准,项目经理需监督各环节严格遵循工艺规范,确保各阶段作业的精确性与规范性。对于核心环节,土方挖掘、土壤加固、材料铺设等,需由专业技术人员实施监管,及时识别并整改施工中的缺陷。施工阶段需运用高精度检测设备实施动态监控,确保路基承载能力及压实度等关键参数符合设计规范。

施工完成后质量检验,除对施工工艺进行审查,需进行相应的品质检验与测评。例如,路基沉降观测,检测是否存在不均匀沉降现象;对沥青路面实施平整度、密实度检验,进行全方位的质量审查,揭示风险并迅速纠正,防止问题加剧。构建完善的质量监管体系,需配套一套高效的反馈与优化机制,质量监控非单。质量监控非单次行为,必须实施周期性审查与评价,识别问题并实施优化。对于施工阶段的质量问题,应迅速归纳经验,优化施工策略,预防类似事件再次发生。

3.3 强化施工人员培训

在高速公路扩宽与路基处理工程中,施工人员的技术水平和工作态度对项目的质量和进度有着重要影响。因此,强化施工人员的培训是确保工程顺利进行的关键措施。通过系统的培训,不仅可以提高施工人员的专业技术水平,还能增强其质量意识、安全意识,从而保证施工质量和进度^[4]。

施工人员培训需聚焦于基础技能与专业技术的增强,在道路建设阶段,包含众多繁复的技术步骤,土壤整治、路基强化、路面建设等。各生产环节需由具备相应专业知识和技能的员工执行,针对该需求,可依据不同职位需求,实施定向培训。例如,针对承担土壤改良施工任务的工作人员,可着重对深层搅拌、换土及注浆等技术的操作规程及注意事项进行专项培训;针对承担道路施工职责的从业者,可提升对沥青混凝土配比及施工技术的培训力度。以该法进行,提高施工人员技能水平,保障施工阶段技术规范的实施,施工人员安全教育培训不容忽视,高速公路建设施工频繁涉及高空作业与机械设备操作等高危作业环节,一旦安全事故发生,延误工程进度,导致额外的人员伤亡及经济损失。因此,必须定期对施工人员实施安全教育培训,推广安全操作规范,提升施工人员安全认知水平。

此外,应实施应急模拟训练,提升施工人员应对突发事件的应急处理技能,保障施工安全。

施工人员的质量观念与团队协作技能构成保障工程品质的关键要素,在高速公路拓宽项目中,每个施工阶段均关乎整个工程品质与安全,施工人员质量观念极为关键。因此,提升施工人员对质量的认知与认同,让他们认识到每个环节对项目成败的决定性作用,是培训的核心目的。质量意识的培育非单纯技能训练的范畴,需引导施工人员培养对施工各环节的责任意识。确保施工人员充分理解质量控制贯穿于材料入场、施工筹备、施工实施及验收等各环节的全面作业,而非仅凭质量检验员及监管者的审核^[5]。

除了增强质量意识,团队协作能力的培养同样不可忽视。高速公路拓宽项目是一项繁杂的综合性工程,涉及多方施工主体及流程的协同。例如,土方作业、路基整治、路面建设等任务需在协同配合的前提下高效实施,任何环节的延误或品质问题均将牵连整体进展与品质。因此,施工人员须具备卓越的团队协作与协调技能,与其他施工人员保持紧密协作,保障工程项目的圆满完成。为此,团队构建活动与协同锻炼显得尤为关键。通过周期性的团队构建与合作锻炼,施工人员团队协作精神、交流技巧与协调效能显著增强,进一步提升整体施工团队的工作效能与工程品质。

施工人员的培训必须结合实际的施工现场,通过现场指导和实操演练来强化理论知识的运用。理论与实践相结合,是提升施工人员整体素质与实操技能之优选途径。课堂教学虽可传授基础知识,然而在施工场地之复杂情境中,仅凭亲身实践与实地学习,确保施工人员深刻领会并熟练运用实际施工中的关键要点与操作方法。在施工场地进行实地模拟,施工人员可熟练掌握作业流程及施工规范,揭示并处理实际操作难题。通过模拟施工现场实际问题,让施工人员于培训期间预先应对,塑造优良的职业习性,防止施工过程中出现非必要失误。

随着建筑施工技术的持续进步,新型材料、先进工艺和设备的不断涌现,施工行业正经历着深刻的变革。这一变化不仅要求企业在技术装备上不断更新换代,还对施工人员提出了更高的要求。为了适应这些变化,施工人员必须保持持续学习的心态,主动掌握新技术、新材料和新工艺,提升自身的综合能力^[6]。

在这一过程中,持续的培训与教育显得尤为重要。定期的专业技能培训不仅能帮助施工人员熟练掌握当前的

施工技术与工艺,还能激发他们的创新思维,提高其适应新技术和新装备的能力。企业应通过系统的培训课程,让施工人员深入了解行业前沿的施工技术与装备,学习如何高效、安全地使用这些新工具和新方法。同时,这种培训能够提升施工人员在实际工作中的应变能力,使其能够灵活应对复杂多变的施工环境,提高工作效率与施工质量。

此外,企业还应鼓励施工人员拓宽视野,培养他们的创新意识。创新是推动施工技术不断发展的核心动力,而具有创新能力的施工人员能够在面对实际施工问题时,提出切实可行的解决方案,并灵活运用现代化技术进行优化。因此,企业不仅要注重技能的传授,还要通过激励机制,鼓励员工自主学习和创新,推动企业整体技术水平的提升。通过持续的培训与教育,施工人员的综合素质将得到全面提升,进一步推动企业在激烈的市场竞争中脱颖而出。

4 结语

随着高速公路扩宽项目的不断推进,路基处理技术的研究和应用逐渐成为提高工程质量与安全性的关键。合理选择路基处理技术,采取有效的施工管理措施,可以显著提高扩宽工程的效率和质量。未来,随着科技的进步,新的路基处理技术将不断涌现,为高速公路扩宽项目提供更好的支持。

[参考文献]

- [1] 吴利军. 高速公路路基处理工艺及材料性能分析与比较研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(36): 144-146.
- [2] 彭安仪. 软土路基施工技术在高速公路施工中的研究[J]. 工程机械与维修, 2024(12): 106-108.
- [3] 王乾. 路基处理与加固在高速公路路面施工中的关键作用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(32): 165-167.
- [4] 张磊. 扩建高速公路拼宽段软土路基加固处理技术研究[J]. 交通科技与管理, 2024, 5(20): 140-142.
- [5] 李强. 基于钻孔灌注桩技术的高速公路软土路基加固处理方法[J]. 交通节能与环保, 2024, 20(5): 201-204.
- [6] 庞博. 高速公路桥头路基过渡段软土路基处理技术[J]. 工程技术研究, 2024, 9(19): 64-66.

作者简介: 吴连峰(1992.1—), 男, 毕业院校: 吉林建筑大学城建学院, 所学专业: 给水排水工程, 目前就职单位: 江苏现代交通科技有限公司, 职务: 项目经理, 职称级别: 工程师。

道路桥梁和隧道施工难点及技术措施

田金安

新疆北新路桥集团股份有限公司, 重庆 830011

[摘要]随着经济发展与城市化加快, 基础设施建设面临前所未有的挑战。道路、桥梁与隧道工程中的复杂施工环境与技术难题, 如地质条件不稳定、混凝土裂缝、钢筋锈蚀及排水问题, 常影响工程质量并延误进度。同时, 管理体系不完善与技术差异增加了施工难度。为此, 科学的管理体系、先进技术手段与严格质量控制至关重要。深入分析施工难点并提出解决方案, 能有效推动技术进步与管理提升, 保障工程顺利实施。

[关键词]道路桥梁隧道; 施工难点; 技术措施

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15351

中图分类号: U455.4

文献标识码: A

Difficulties and Technical Measures in Road, Bridge and Tunnel Construction

TIAN Jin'an

Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Chongqing, 830011, China

Abstract: With the acceleration of economic development and urbanization, infrastructure construction is facing unprecedented challenges. The complex construction environment and technical challenges in road, bridge, and tunnel engineering, such as unstable geological conditions, concrete cracks, steel corrosion, and drainage issues, often affect project quality and delay progress. Meanwhile, the imperfect management system and technological differences have increased the difficulty of construction. Therefore, a scientific management system, advanced technological means, and strict quality control are crucial. Thoroughly analyzing construction difficulties and proposing solutions can effectively promote technological progress and management improvement, ensuring the smooth implementation of the project.

Keywords: roads, bridges and tunnels; construction difficulties; technical measures

引言

道路、桥梁与隧道是现代交通网络中的核心设施, 承担着连接城市与地区、确保高效流通的关键功能。随着城市化进程的加快, 基础设施的需求日益增长, 对道路、桥梁和隧道施工的技术水平、质量标准以及管理能力提出了更高的要求。在这样的背景下, 施工过程中面临的技术难题与管理问题逐渐成为影响工程进展的主要瓶颈。因此, 如何应对施工中的挑战, 提升工程的质量与施工效率, 已成为行业关注的重点。通过对施工难点的深入剖析与有效应对措施探讨, 宝贵的经验与借鉴能够为道路、桥梁与隧道工程的顺利实施提供。

1 道路桥梁隧道施工特点

道路、桥梁与隧道施工各自拥有独特的特点, 这些特点直接决定了它们在实施过程中所面临的挑战与技术要求。广泛的土方作业以及复杂的地基处理, 使道路施工的难度较大。地质条件的不稳定性, 诸如软土层与膨胀土等, 直接影响着道路的稳定性和耐久性。施工进度与质量也受到环境因素如雨水与温差变化的显著影响。桥梁施工的复杂性, 则体现在结构设计、材料选择以及施工技术的多样性。尤其是在高墩或长跨度桥梁的建设中, 精确的力学性能计算至关重要, 以确保结构能够提供足够的抗震与承载能力。此外, 桥梁施工还需面对水域施工与交通疏导等额

外难题。隧道施工的技术要求尤为严格, 尤其在软弱地层或复杂岩土条件下, 施工的难度显著加大。隧道开挖不仅需要精细控制进度, 以避免塌方或涌水等危险, 还必须确保通风、排水与支护等环节的协调一致, 从而保障施工过程的安全及结构的稳定性。

2 道路桥梁和隧道工程施工的难点

2.1 地质问题

2.1.1 进洞前地质准备与规划

在隧道施工中, 进洞前的地质准备与规划至关重要, 直接影响工程的安全与进度。地质勘察通过钻探、采样、地震反射等手段, 获取地下土层结构、岩性、承载力及水文信息, 为隧道开挖路径和支护结构设计提供科学依据。在遇到软弱地层或裂隙水丰富的区域时, 必须提前制定应急方案, 采用注浆、桩基或盾构等加固措施, 防止沉降、塌方或涌水等问题。对于地质应力如偏压, 规划时需合理设计隧道断面和开挖顺序, 以确保压力均匀分布, 避免突发风险。在施工过程中, 地质监测系统应实时监测地下变化, 及时调整方案, 确保工程顺利推进。

2.1.2 地质勘察与评估

地质勘察与评估在隧道施工中至关重要, 准确的勘察数据为施工方案的安全性与可行性提供保障。开挖前, 需对地下土层、岩性、水文地质等进行详细调查, 通常包括

钻探、地质测绘、物理探测和水文分析等。通过这些方法，可以全面了解地下结构，识别软土、岩溶等不良地质，预测可能的复杂环境。勘察数据需结合隧道设计与区域自然条件进行科学评估，分析潜在风险。以软弱土层为例，评估结果决定支护系统设计，可能需要注浆加固或盾构技术。在水源丰富区域，勘察结果影响排水系统设计与施工时机。全面的勘察与评估为风险预测、可行性分析及施工进度安排提供基础，确保隧道施工顺利进行，降低不确定性影响。

2.1.3 应对不良地质条件的措施

隧道施工中遇到不良地质条件，如软土层、膨胀土、岩溶和断裂带等，往往影响施工安全与结构稳定性。针对软弱土层，可通过注浆加固封闭孔隙，提升土体承载力，并结合预应力支护系统或钢筋混凝土衬砌避免围岩坍塌。对于岩溶与断裂带，需细致评估溶洞、裂隙及水文条件，常用的应对措施包括注浆封堵与分段开挖，适时加设支撑结构，有效控制不稳定因素。在膨胀土区域，通过深层加固或底层处理减少对隧道结构的挤压，并设计耐变形结构与适当伸缩缝。施工中，动态监测设备的应用确保实时发现地质变化，及时调整施工方案，确保工程质量与进度。

2.2 混凝土裂缝问题

混凝土裂缝在道路、桥梁和隧道工程中常见，严重影响结构的安全性和耐久性。裂缝通常由混凝土配比、施工工艺和外部环境变化引起，常见类型包括温度裂缝、收缩裂缝和沉降裂缝。温度裂缝由温度变化引起，收缩裂缝发生在固化过程中，沉降裂缝与基础沉降不均有关。为了预防裂缝，应严格控制混凝土配比和施工工艺，确保材料质量符合规范。同时，采取适当养护措施，如保湿养护，避免温差过大，且使用钢筋网或预应力技术增强混凝土抗裂能力，提高结构稳定性和耐久性。

2.3 钢筋锈蚀和铺装层脱落问题

钢筋锈蚀与铺装层脱落是道路、桥梁及隧道工程中的常见质量问题，严重影响结构的耐久性与安全性。钢筋锈蚀通常由混凝土内部湿气、氯离子或碳化作用引起，尤其在长期暴露于湿气和盐分环境中的桥梁与隧道，锈蚀风险显著增加。锈蚀钢筋降低了结构强度，影响承载能力，严重时可能导致结构破坏，并引发混凝土裂缝，加速劣化^[1]。铺装层脱落问题主要在交通流量大的区域出现，因长期荷载、磨损、冲刷或冻融等因素，容易导致脱落或开裂，威胁道路平整性与行车安全。为防止钢筋锈蚀与铺装层脱落，应选用抗渗透性强的混凝土，加强钢筋防腐处理，确保保护层厚度，并定期检查与维护铺装层。通过使用耐候性强、抗老化的材料及先进施工技术，可延长结构寿命，减少相关问题发生。

2.4 防排水问题严重

防排水问题在道路、桥梁和隧道施工中一直是挑战，尤其在湿气重或水源丰富的区域，渗漏可能导致结构腐蚀、沉降及损坏，甚至危及工程稳定性。为应对这些问题，防

水措施至关重要。高分子防水卷材广泛应用，具有良好的防渗性能，且需科学布设排水管道，确保水流顺畅排除。此外，防水材料的质量管理和接缝处理，如焊接和黏接，需确保严密性，以提高防排水效果。加强现场管理与技术支持，确保防排水措施有效执行，是保障工程质量的关键。

3 施工难点应对措施

3.1 加强施工勘测与塌方预防

3.1.1 应对偏压问题的措施

偏压是隧道施工中的常见问题，尤其在软弱地层或不均匀地质环境中，偏压可能引发不对称开挖、坍塌或结构变形，严重威胁施工安全。有效识别偏压并采取相应措施至关重要。施工前，充分的地质勘察与分析可提前发现潜在问题，尤其是软土层和破碎带等易引发不均匀变形的区域。在开挖过程中，合理安排开挖顺序、采用分段开挖与局部加固，能有效避免应力集中和偏压发生。注浆加固、喷锚支护、钢筋混凝土衬砌等支护措施，能够提供稳定支撑，减少偏压对结构的影响。实时监测隧道周围应力变化，及时调整施工方案与应急支护，有助于控制偏压蔓延。此外，施工团队的专业经验对偏压的及时应对也至关重要，确保工程安全推进。

3.1.2 调整开挖顺序与支护结构加固

在隧道施工中，合理的开挖顺序与支护结构加固至关重要，能有效应对地质变化带来的不确定性，确保施工安全与稳定。特别是在软弱岩土层或破碎带等复杂地质条件下，分段开挖与顺序推进可以减少土体扰动，避免应力集中引发不均匀沉降或偏压。例如，从洞口逐步开挖可确保周围土体稳定，减少对结构影响。同时，预支护与后支护策略能有效防止开挖过快导致的坍塌风险。支护结构的加固是防止隧道变形和失稳的关键，喷锚支护或钢管棚支护在软弱地层中提供初步支撑，而在复杂地质条件下，高强度钢筋混凝土衬砌或浆液加固则为隧道提供更坚固的防护。支护措施应与开挖顺序配合，在开挖初期保持灵活性，随着开挖推进逐步增强支护强度，以应对地质条件变化，确保结构稳定并控制成本。

3.2 提高混凝土结构质量

提高混凝土结构的质量，是确保道路、桥梁与隧道工程长期稳定运行的关键所在。作为建筑结构的基础材料，混凝土的质量直接决定了工程的承载力、耐久性及安全性。因此，施工过程中每个环节的严格把控，成为了保证混凝土强度与耐用性达到设计标准的必要前提。在混凝土配比设计阶段，必须根据项目的具体要求，选择合适的水泥、骨料及外加剂，确保其性能稳定。搅拌、运输、浇筑及振捣等工序也必须精确执行，以避免任何疏忽引起混凝土出现蜂窝、裂缝或气泡，进而影响结构质量。因此，施工工艺的合理性与设备选择至关重要，特别是在高温或高湿等极端气候条件下，相应的保温与保湿措施应当及时采取，以防止温差引发裂缝。混凝土养护管理同样不可忽视，确

保混凝土在初期硬化阶段得到充分湿润,防止过早干燥造成强度不足。对混凝土强度进行定期检测与质量评估,能够及时发现潜在问题并采取纠正措施,从而确保各段结构能达到设计标准。通过这些精细化的控制手段,混凝土结构的质量能够得到显著提高,为道路、桥梁与隧道的长期使用提供有力保障。

3.3 预防钢筋锈蚀

预防钢筋锈蚀,是确保道路、桥梁及隧道工程长期稳定性的关键所在。一旦钢筋发生锈蚀,不仅会导致其强度下降,进而影响混凝土结构的安全性,还可能引发裂缝扩展,最终危及整体工程的耐久性。因此,施工阶段的控制,特别是在钢筋质量与防腐处理方面,显得尤为重要。符合标准的防腐钢筋应当被选择,并在施工过程中采取合适的防护措施,如覆盖防水膜,以减少湿气与盐分的侵入。钢筋保护层的厚度同样至关重要,必须确保钢筋被充分包覆在足够厚度的混凝土中,从而有效隔绝外界水分、氯离子等腐蚀源。在混凝土的配比设计中,应合理增加具有较强抗渗透性的材料,增强其对水分的隔离能力,避免水分及有害物质直接与钢筋接触^[2]。对于特殊环境条件下的工程,例如海洋或盐碱地区,具有更强抗腐蚀性能的材料或加强防腐涂层的选用则是必不可少的。在施工过程中,钢筋的干燥与清洁也不可忽视,钢筋绑扎与浇筑前,表面不得有泥土、油污等物质附着,因为这些可能成为腐蚀的催化剂。通过一系列综合措施的实施,钢筋的使用寿命能够得到显著延长,锈蚀引发的潜在风险得以减少,从而确保工程的长期安全运行。

3.4 防排水问题的解决对策

防排水问题在道路、桥梁及隧道工程中具有极为重要的作用,尤其在结构长时间暴露于水分、土壤及环境压力的情况下,防水性能直接关系到工程的安全性与耐久性。提高防排水能力的关键在于选择高质量的防水材料。根据不同结构类型与环境条件,需选用适合的防水材料,例如高分子防水卷材或聚氨酯防水涂料,且这些材料的防水性能必须与施工要求相匹配。在防水材料的安装过程中,接头处理至关重要,任何微小的缝隙或处理不当均可能导致渗漏。为确保防水效果,施工人员应采用焊接、黏接等工艺,确保每个接缝的严密性,从而避免水分渗透。在复杂结构如桥梁及隧道的施工中,衬砌排水工作显得尤为重要。衬砌层的防水与排水系统必须严格按照设计要求进行施工,同时加强衬砌质量的监督,以防止漏水点的出现。针对隧道、桥梁等特殊施工现场的具体情况,施工人员需灵活调整支护方式,避免因支护不足或设计缺陷导致水分渗入结构,引发渗漏问题。定期进行防排水系统的检测与维护,是确保其长期有效性的关键措施。检查防水层与排水管道的运行状况,及时发现问题并进行修复,可以有效避免水害对结构的潜在破坏。通过实施这些综合性措施,可

以大幅提高道路、桥梁及隧道工程的防排水能力,确保其长久稳定运行。

3.5 完善施工管理制度

完善施工管理制度,对于道路、桥梁及隧道工程的顺利实施至关重要。一个健全的管理制度不仅能够提升施工效率,还能确保工程质量与安全,使各项工作能够按时完成。有效的项目管理体系应当明确各部门与人员的职责,确保每个环节都有专人负责。在这一体系下,项目经理应对工程的整体进度、质量与安全进行统筹管理,制定详细的施工计划,并确保所有工作人员严格按照计划执行。工程质量管理被视为项目成功的关键之一^[3]。为此,技术人员必须定期组织对施工现场进行严格检查与验收,以确保每一项施工工作都符合设计标准与施工规范。与此同时,材料管理制度的完善同样不可忽视,所用材料必须符合标准,避免因使用不合格材料而影响工程质量。安全管理应当严格遵循操作规程,定期开展安全培训,确保施工人员掌握必要的安全知识与应急处理技能。施工现场的安全检查应由安全检查小组定期进行,及时发现并排除潜在的安全隐患防止意外发生。信息化管理的引入对于提升施工管理效率具有重要意义,通过BIM等技术手段,施工进度、质量与安全可被实时监控,潜在问题可提前预警并采取及时应对措施。这种信息化系统的支持,已为项目管理提供了强有力的保障。不断完善施工管理制度,将有助于协调各方资源,规范施工行为,提高工程质量与效率,确保项目按时顺利完成。

4 结语

在道路、桥梁及隧道的施工过程中,面对复杂的施工环境与技术难题,切实有效的技术手段与管理措施的采取显得尤为重要。通过加强施工勘测与塌方预防、提升混凝土结构的质量、控制钢筋锈蚀问题以及解决防排水等关键环节,工程的整体安全性与质量可得到显著提高。与此同时,完善的施工管理制度为工程顺利推进提供了坚实的保障,确保施工过程能够有序且高效地进行。展望未来,随着技术的持续发展与施工经验的不断积累,施工过程中面临的难题将逐渐被克服,工程质量有望得到进一步提升,为社会提供更多高质量、安全、可靠的基础设施。

【参考文献】

- [1]魏孔峰.道路桥梁隧道施工难点及技术措施[J].清洗世界,2022,38(6):190-192.
 - [2]范永福.道路桥梁和隧道施工难点及技术措施[J].低碳世界,2022,12(4):111-113.
 - [3]汪治强.道路、桥梁、隧道工程施工中的难点和技术对策[J].工程建设与设计,2021(18):177-179.
- 作者简介:田金安(1990.8—),毕业院校:河南城建学院,所学专业:工程测量技术专业,当前就职单位:新疆北新路桥集团股份有限公司,职称级别:中级工程师。

新型铰缝在重载交通道路桥梁设计中的应用研究

王利江¹ 王世君²

1. 清丰县公路事业发展中心, 河南 濮阳 457300

2. 清丰县路通公路养护有限公司, 河南 濮阳 457300

[摘要]随着交通运输行业的不断发展,重载交通桥梁的需求逐渐增加,尤其是在公路与铁路的交叉位置,桥梁设计面临着前所未有的挑战。新型铰缝技术的出现为解决此问题提供了有效办法。重点研究新型铰缝在重载交通道路桥梁设计中的应用,分析其在提高桥梁抗疲劳性能、延长使用寿命以及降低维护费用等方面的优势。通过对比传统铰缝与新型铰缝的性能差异,详细研究了新型铰缝在重载交通桥梁中的具体应用方法,同时提出了相关设计策略与技术要点。新型铰缝能够明显提升桥梁的承载能力和适应性,为重型交通桥梁设计与建造提供更稳固技术支撑。

[关键词]新型铰缝;重载交通桥梁;设计应用;桥梁技术

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15325

中图分类号: U45

文献标识码: A

Application Research on New Hinge Joint in the Design of Heavy-duty Traffic Road Bridges

WANG Lijiang¹, WANG Shijun²

1 Qingfeng County Highway Development Center, Puyang, He'nan, 457300, China

2 Qingfeng County Lutong Highway Maintenance Co., Ltd., Puyang, He'nan, 457300, China

Abstract: With the continuous development of the transportation industry, the demand for heavy-duty transportation bridges is gradually increasing, especially at the intersection of highways and railways, bridge design is facing unprecedented challenges. The emergence of new hinge seam technology provides an effective solution to this problem. Focus on the application of new hinge joints in the design of heavy-duty traffic road bridges, analyze their advantages in improving bridge fatigue resistance, extending service life, and reducing maintenance costs. By comparing the performance differences between traditional hinge joints and new hinge joints, the specific application methods of new hinge joints in heavy-duty traffic bridges were studied in detail, and relevant design strategies and technical points were proposed. The new hinge joint can significantly improve the bearing capacity and adaptability of bridges, providing more stable technical support for the design and construction of heavy-duty transportation bridges.

Keywords: new hinge seam; heavy-duty traffic bridges; design application; bridge technology

引言

随着全球经济的快速发展,重载交通桥梁成为城市和区域基础设施建设核心部分。特别是在高负荷、高频率通行的交通情形下,桥梁结构稳定性与耐久性的问题更加突出。新型铰缝作为一种创新类别,通过提高桥梁的结构柔韧性,能有效化解传统铰缝在重载交通情形下出现的疲劳裂纹与频繁维护问题。本文将深入研究新型铰缝在重载交通道路桥梁中的设计应用,分析其在提升桥梁安全性、延长使用寿命等方面的优势,提供相应的设计思路与解决方案,为相关领域提供理论参考与实践指导。

1 新型铰缝技术的原理与特点

新型铰缝技术是近年来在桥梁设计中为适应重载交通需求而产生的创新技术,它通过改进传统铰缝的设计原理,增强了桥梁的柔韧性和抗疲劳能力。传统铰缝主要借助钢筋或钢板连接不同桥梁结构部位,使桥梁在承受不同荷载与温度改变时能够自由变形。然而,传统铰缝在重载、高频交通状况下易受疲劳损伤,导致桥梁出现裂纹甚至结

构失去稳定性。新型铰缝技术的应用,主要是为解决这些问题,其核心原理是依靠使用高性能材料、创新性结构设计以及智能化控制体系提升铰缝的适应性与稳定性^[1]。

新型铰缝的特性主要体现在以下几个方面:提升了抗疲劳性能,和以往的铰缝相比,新型铰缝采用了更为先进的高强度合金材料,呈现更优异的抗疲劳性能,能够承受更高交通负载与长期使用压力。新型铰缝设计考虑了桥梁的动态反馈情况,借助智能调控装置组,使铰缝能够根据桥梁的振动情况自动调节自身运行状态,从而减少桥梁在高频振动时的损伤。新型铰缝拥有出色的自适应性,它能够应对各种复杂使用环境,包含极端温度、湿度变化以及不同地质状况,从而保障了长期的稳定性与安全性。

在材料选用方面,新型铰缝广泛采用了高性能复合材料与智能材料,这些材料不仅强度高且抗腐蚀,并且具备自行修复的能力,能在出现微小裂纹时自我修复,进一步提升了铰缝的抗老化性能。从结构设计角度而言,新型铰缝着力减少传统设计中连接部位的复杂性,对接合结构的

组合进行了调整,减少了应力集中程度,提升了整体支撑的承载能力。另外,新型铰缝能依靠智能监测系统实现对桥梁状态的实时监控,提前预警潜在的故障风险,从而有效防止事故的发生。新型铰缝技术在重载交通路桥设计中的应用,不仅弥补了传统铰缝的不足,还达成了桥梁综合性能提升,延长了服役期限,并且为结构安全性及长期维护工作给予了有效保障。此项技术的推广与应用,将为桥梁工程未来的发展提供更可靠且高效的解决方案。

2 新型铰缝设计中的问题

2.1 安装与检修的纠葛

考虑到新型铰缝的设计结构与材料颇为复杂,安装对接阶段要求严格的精度标准,而且要确保所有部件精准契合。任何细微的安装误差都会致使铰缝功能的失效,甚至对整座桥梁的安全性能产生影响。另外,随着桥梁使用年限的增加,铰缝可能受环境变化、交通荷载等多种因素影响,造成一定程度的磨损或损坏,因此需进行定期的检查和维护。然而,考虑到新型铰缝设计的复杂性,维护过程中的技术要求较高,维护周期和技术方案需不断改进与更新,因此如何简化安装及维护流程并提高操作便利性是当前面临的重要问题^[2]。

2.2 成本与材料问题

新型铰缝采用的高性能合金材料和智能材料能够提高其抗疲劳能力与耐久性,然而这些材料通常具有较高的成本。另外,新型铰缝设计和施工工艺复杂,需要更先进的技术水平和设备支持,这导致项目的总成本进一步增加。对于部分经济条件受限的地区和项目,如何解决成本与技术优势的矛盾,科学选择材料规格,降低制造与施工成本,同时保证铰缝的高水平性能,是设计与实施过程中需解决的关键难题。

2.3 桥梁结构与铰缝配合问题

在进行新型铰缝设计之际,必须考虑与桥梁结构的整体匹配问题,特别是在应对不同桥梁类型,铰缝设计应具备一定适应性。若铰缝设计未全面考虑桥梁的结构特点或工作情形,会导致铰缝和桥梁结构间出现不协调情况,进而对使用效能与安全性产生影响。例如,桥梁的支撑结构和变形特性等都会对铰缝的受力情况产生影响,若铰缝设计无法满足桥梁实际受力需求,会导致它提前损坏或失去功能,进而影响桥梁的整体安全抗洪能力。因此,如何确保铰缝与桥梁结构有效协作,如何在设计阶段精确预估并剖析铰缝与桥梁结构间的相互作用,是新型铰缝技术实际应用中的一个关键课题。

3 新型铰缝在重载交通桥梁设计中的应用策略

3.1 创新设计方案

新型铰缝用于重载交通的道路桥梁,作为一套高度精巧的技术方案,优化设计对保障其长期功能性与稳定性极为重要。优化设计方案能够有效提高铰缝承载能力,还能

够延长桥梁的使用年限,降低长期维护费用,在实施优化设计阶段,需根据不同桥梁的受力特性、交通负载、环境条件以及使用要求,量身定制铰缝的设计方案。该过程通常包含计算机辅助设计(CAD)技术、有限元分析(FEA)等先进手段,以确保铰缝设计符合桥梁的结构需求,同时能够满足重载交通与动态荷载传递的要求^[3]。

一方面优化设计方案需从铰缝几何形态与结构样式入手。传统铰缝设计多数采用简单的铰接结构,现代设计运用了更具灵活性与复杂性的铰缝形式,比如弹性铰缝、智能铰缝这类。这些新型铰缝能够更好地适应不同桥梁的运动与变形,减少由不对称荷载或不均匀变形导致的应力集中问题。优化设计应基于对桥梁整体结构的认识,合理选定铰缝的类型及布置位置,确保其能在桥梁航行期间稳定传导应力并减少结构形变。

另一方面,优化设计方案还应注重材料的选择与应用。铰缝成本不是材料选择的唯一考量指标,更直接影响其耐久性和适应性。例如,选用高强度钢、耐腐蚀合金材料或智能材料,例如形状记忆合金、复合材料等,能够显著提升铰缝的承载能力和耐用性。处在优化设计具体操作阶段,如何选择合适的材料并符合铰缝的工作特性,开展精准的性能评估,是确保新型铰缝长期稳定性的关键。整合前沿制造技术与材料科学知识,设计师进行铰缝方案优化工作之际,切实考量材料的适应性与耐久性,以应对重载交通给桥梁结构带来的持续影响。优化设计需考量安装及维护的便利性,铰缝设计在使用阶段应具备较高承载能力和良好适应性能,还应在施工及后期维护期间具备一定便捷性。例如,设计铰缝时可考虑采用模块化设计,使铰缝的更换与维修更加简便高效,合理的设计方案能够降低安装与维护的复杂性,减少施工投入和天数,提升桥梁的综合运营效能^[4]。

3.2 提高铰缝耐久性与适应性

新型铰缝在重载交通路桥中的应用,耐久性和适应性是确保桥梁长期安全使用的关键因素。随着交通荷载的增加和桥梁服役时间的延长,铰缝作为联结桥梁各部分的关键构件,必须具备良好的耐久性,以适应各种外部环境及运行条件的变化。另外,铰缝的适应能力要求它能根据桥梁变形、温度变化、荷载波动等因素自行调节,确保桥梁结构在各种动态及静态荷载下的稳定性和可靠性。填缝材料须具备出色的抗腐蚀性、抗疲劳性和抗磨损性。比如,处于具有腐蚀性的环境中,铰缝能够选用耐腐蚀的合金材料,例如不锈钢、铝合金等;在承受高负荷强度的环境中,选用高强度钢材或者复合材料能够有效提升铰缝耐久性。为提升铰缝抗疲劳能力,选取高疲劳强度的合金材料或在铰缝关键部位增设抗疲劳设计,比如加强铰接部位的过渡结构,还可增加铰缝的使用期限。

随着智能材料和传感技术的发展,现代铰缝设计逐渐

引入形状记忆合金 (SMA) 等新型材料。这些材料能够根据环境变化自行调节自身形状, 适应桥梁使用期间产生的微小形变和应力变动, 减少结构疲劳与磨损带来的影响。另外, 安装传感器和实时监控系统, 可对铰缝工作状况进行实时监测, 监测铰缝温度、应力、变形等情况变动, 即时发出警报并调节铰缝运行状态, 从而提升铰缝的适应性与安全性。铰缝适应性不只是指材料和技术的适应性, 还包含与桥梁结构其他部件的适配情况。为确保铰缝可与桥梁结构实现更佳适配, 设计师应根据桥梁的实际情况, 调整铰缝的设计参数, 使其能够适配不同桥梁的施工与使用环境。这种设计优化需考量铰缝工作状态与受力状况, 还应针对桥梁在不同环境下的动态响应开展分析与模拟, 以便在设计阶段提前考量到这些变化, 并开展必要的技术预先评估^[5]。

3.3 创新技术应用与跨领域合作

随着科技的不断发展, 桥梁工程领域不断探索新技术的应用, 意在提高桥梁结构的安全性、耐久性和经济性。在新型铰缝技术的设计与应用阶段, 创新技术的引入与跨领域合作十分关键。创新科技可不断促进铰缝技术进步, 还可在设计、建造及运营等各环节提升桥梁综合性能。随着人工智能、大数据、云计算等技术的发展, 智能化设计与模拟分析成为桥梁设计核心手段。通过搭建桥梁和铰缝的数字化转型, 设计人员可进行更精确的模拟分析, 从而优化铰缝的设计方案。除此之外, 前沿的智能制造工艺, 如 3D 打印技术和精密加工技术, 可以帮助制造更加复杂且精确的铰缝部件, 提升铰缝制造的精度与效能。通过运用这类新技术, 可实现铰缝设计、制造、安装与维护全流程的优化, 提升铰缝的性能与稳定性。

桥梁设计、材料科学、智能制造、信息技术等多领域技术彼此耦合交融, 助力铰缝技术不断革新进步。为更科学地整合这些技术, 桥梁工程设计师应跟材料科学家、计算机科学家以及工程管理人员等多领域专家实施无缝协作, 共同应对新型铰缝技术碰到的困境。依靠跨学科的配合, 可以完成技术的探索性开拓, 还可带动各领域知识的相互渗透交汇, 助力桥梁工程整体技术水平的上扬^[6]。

政府跟学术界、企业的深度衔接对新型铰缝技术的推广与应用十分关键。政府充当技术进步的引领者, 依靠制定政策架构和实施规范, 能对新型铰缝技术研发推广给予直接支持。政府可以颁布支持创新技术的财政措施、税收抵免、研发津贴等, 以此推动科研机构与企业开展前沿技术研发。政府须制定精细的桥梁建设及维护规范, 引领新

技术的标准化采纳, 让此技术在国家与地区全面普及。

学术界为新型铰缝技术的发展给予理论依据与技术更新。依靠深度的理论研讨与技术剖析, 学者们有能力挖掘新型铰缝在不同桥梁结构里的应用潜力, 调整设计思路, 突破现有技术面临的瓶颈难题。学术界研究并非只受限于材料、结构等范畴, 还包含数据分析、智能化技术应用等前沿科技, 为新型铰缝技术的革新蜕变提供科学支撑。

企业在新型铰缝技术应用范畴中发挥着极为关键的作用。企业借助把技术成果转化为有效的生产力, 助力新型铰缝在桥梁设计及建设的实施。在实际的生产操作阶段, 企业可拿出高品质的填缝材料, 还可在项目实施阶段给予施工安装及后期维护等服务。企业可凭借市场化行动与实践经验反馈, 对技术实施再一番优化雕琢。唯有借助政府、学术界跟企业的密切配合, 各方资源与优势可达成资源与优势互补, 促使新型铰缝技术的快速全面推行, 进而为重载交通道路桥梁的安全性、耐久性与经济性加分。

4 结语

伴随交通运输给桥梁结构提出更明确界限, 新型铰缝技术于重载交通道路桥梁设计范畴呈现巨大潜力。通过合理采用新型铰缝, 可极大提升桥梁的抗疲劳水平、降低保养次数, 从而延长桥梁的应用时段并增进经济收益。在实际应用期间依旧存在一些技术及成本难题, 急切须借助优化设计与技术革新来处理, 伴随新型材料跟施工工艺的改进。新型铰缝在重载交通桥梁范畴的应用会越发普遍, 为桥梁工程打造更稳固的后盾。

[参考文献]

- [1] 邓悦. 道路与桥梁连接处设计与施工技术研究[J]. 运输经理世界, 2024(36): 86-88.
- [2] 朱献忠. 道路桥梁过渡段施工设计的问题以及相应措施分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(28): 166-168.
- [3] 高伟国. 市政工程道路与桥梁连接处的设计与施工研究[J]. 工程建设与设计, 2024(16): 218-220.
- [4] 胡邦瑜. 新型铰缝在重载交通道路桥梁设计中的应用研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2018(20): 140.
- [5] 余勇继. 新型铰缝在重载交通道路桥梁加固处理中的应用[J]. 交通世界, 2018(7): 80-81.
- [6] 李峰辉. 新型铰缝在重载交通道路桥梁设计中的应用[J]. 建材与装饰, 2017(35): 249-250.

作者简介: 王利江 (1983. 4—), 男, 本科, 专业: 土木工程、汉族。

注浆加固技术在桥梁桩基施工中的应用

吴华新 汪 洋

武汉地质勘察基础工程有限公司, 湖北 武汉 430050

[摘要] 注浆加固技术是一种凭借注入特定加固材料增强土壤及岩石物理力学性能的技术, 广泛应用于桥梁桩基建造过程中。随着桥梁建设工程规模不断扩大, 传统桩基施工方式已无法适应工程状况, 注浆加固技术作为一种高效的桩基加固方式, 展现出其在增强地基承载能力、提高桩基稳定状态方面的重要优势。分析了注浆加固技术在桥梁桩基施工中的实施, 包含技术原理、应用的合理界限、施工实施方式及效果审核评估。同时, 研究了当前该技术应用中存在的 key 问题, 且给出相关的应对办法。借靠实例甄鉴, 显示了该技术在提升桩基质量级别、缩减施工周期时长、减少成本金额方面的显著功效, 展现出良好的应用趋势。

[关键词] 注浆加固技术; 桥梁桩基; 施工工艺; 地基加固; 稳定性

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15324

中图分类号: U231.3

文献标识码: A

Application of Grouting Reinforcement Technology in Bridge Pile Foundation Construction

WU Huaxin, WANG Yang

Wuhan Geological Survey Foundation Engineering Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430050, China

Abstract: Grouting reinforcement technology is a technique that enhances the physical and mechanical properties of soil and rock by injecting specific reinforcement materials, and is widely used in the construction process of bridge pile foundations. With the continuous expansion of bridge construction projects, traditional pile foundation construction methods are no longer suitable for the engineering situation. Grouting reinforcement technology, as an efficient pile foundation reinforcement method, has demonstrated its important advantages in enhancing the bearing capacity of the foundation and improving the stability of the pile foundation. This article analyzes the implementation of grouting reinforcement technology in bridge pile foundation construction, including technical principles, reasonable limits of application, construction implementation methods, and effect review and evaluation. At the same time, the key issues in the current application of this technology were studied, and relevant solutions were provided. Through practical examples, it has been demonstrated that this technology has significant effects in improving the quality level of pile foundations, reducing construction cycle time, and decreasing cost amounts, demonstrating a good application trend.

Keywords: grouting reinforcement technology; bridge pile foundation; construction technology; foundation reinforcement; stability

引言

在桥梁建设施工阶段, 桩基作为承载体系的重要组成部分, 直接关乎桥梁的安全稳定状况。然而, 传统的桩基施工方法在某些复杂地质条件下难以满足工程需求。注浆加固技术借助突出的适应性与高效性被大量用于桥梁桩基施工执行, 该技术通过向桩基周围土层注入加固物料, 增强地基的力学性能, 增强桩基的可靠支撑。本研究对注浆加固技术的原理、应用、优势及面临的挑战进行探究, 还通过实际案例评估该技术在桥梁桩基施工中的应用效果。

1 注浆加固工艺的定义与原理

注浆加固技术作为一类把液态强化物料注入土层与岩体, 凭借材料的固化作用改善土层或岩体的物理力学特性, 从而实现加固与稳定地基、提高承载能力的目标。这项技术在桥梁桩基、隧道、地下工程等建设领域广泛应用, 尤其在复杂地质状况下具有显著优势。注浆加固原理主要由材料与土壤的相互作用决定, 注浆材料通常为水泥浆、化学浆、环氧树脂等, 可根据土层的特性选择合适的类型。借助钻孔设

备将浆液注入需加固的土层中, 浆液与周边土体发生物理或化学作用, 逐渐固化成一种具有较高强度的凝胶体或硬质结构体。此过程能够有效提升土壤的密实程度, 还能够增强土体的抗压及抗剪切能力, 进而增强地基的整体稳定性^[1]。

注浆加固技术实施步骤分为如下阶段: 采用钻孔设备在需加固区域打孔, 奠定注浆渠道; 将预先调配好的浆液注入钻孔, 确保浆液能够均匀渗入土体各个部位; 浆液于土层中快速固化, 成为坚硬的固体形态, 最终提升土体的抗压能力与抗渗能力, 整个流程可借助单次注浆开展, 也能够采用多次分层注浆实施, 具体方式根据实际状况决定。

与传统型地基加固方法比较, 注浆加固技术凸显显著优势。施工紧凑周期较短, 能够在较短时间内完成地基加固工作; 适用范畴多样化, 尤其在软弱松散的土层中效果极为显著; 施工过程中不会造成较大程度的干扰, 降低了对周边地区的干扰, 注浆材料种类的多样使该技术能适应不同类型土壤和地质条件, 体现出明显的柔韧性。注浆加固技术并非仅是地基处理的有效手段, 也是桥梁桩基施工

中不可或缺的关键技术。

2 催生的主要问题

2.1 注浆材料筛选不恰当点

落实注浆加固作业的阶段,选择合适的注浆材料是保障施工效果的关键。然而,现阶段部分大型项目里,注浆材料选择时常未充分考虑土层特性与工程要求,引起加固功效未达标,不同类型土层拥有不同物理性质。例如,应当采用不同型号的注浆料,砂土、黏土、碎石等土壤类型对注浆材料的渗透性、扩展性和固化速度有不同要求。若所选的注浆材料不契合,能引起浆液渗透不统一性,无法有效覆盖土壤层面,或许固化后强度不足,最终致使加固效果产生偏差。

在既定关联工程,注浆材料质量可能存有瑕疵。市场上部分低质量的注浆材料固化速率缓慢,而且抗压强度不够,难以契合加固预设的限定值,甚至会由于材料自身缺陷引发工程安全隐患。因此,选择合适且质量优良的注浆材料是确保注浆加固技术有效性的首要任务^[2]。

2.2 注浆施工工艺与规范差异明显

注浆加固技术是一项成熟的加固方法,但处于实际施工的开展阶段,诸多施工单位对注浆技术操作规范掌握水平不足。注浆过程中的压力把控极为关键,注浆压力过高会致使浆液扩散不均匀,甚至会引发土层的断褶现象,干扰加固抗剥落性;注浆压力不足会使浆液不能充分渗透到整个加固区域。此外,注浆量的控制同样至关重要,过多浆液会造成不必要的资源损耗,甚至造成周边环境的污染,过少会导致无法实现预期加固效果。

施工人员开展注浆作业时缺乏必要技术培训,出现操作不遵照准则的情形,如钻孔深度存在偏差、注浆方式欠妥当等,导致加固效果显著降低。例如,在多次分层注浆的操作过程中,若施工人员未掌握精确层间注浆技术,会造成浆液在土层中分布不均衡,减弱加固的实际水平。

2.3 地质属性错综,施工难度甚高

注浆加固技术于不同地质条件下应用效果存在差别,针对软弱疏松且含水率高的土层,注浆材料渗透性能及固化性能常被限制,导致注浆效果难以保证。特别是处于复杂的岩土条件时,存有裂隙、水流这类不确定要素,给注浆施工带来显著的难题。

在桥梁桩基工程施工时期,土层的深度、厚度、孔隙率等因素直接影响浆液的渗透特性。部分地质条件较为复杂的区域需开展多次注浆才能实现预期的加固效果,复杂地质条件不仅增加了施工难度,还拉长了施工的周期,加大了施工开支。基于地质环境错综,土层不均匀情形会导致注浆效果差别,部分区域加固效果不佳,导致整体地基稳定性出现波动。

3 注浆加固技术在桥梁桩基施工中的应用策略

3.1 加强注浆工艺规范化与技术指引

注浆加固技术应用集成度与工艺操作密切相关,标准

化的工艺流程与技术指导是确保工程质量的要素。注浆工艺标准化需明确界定各环节操作规范,包含钻孔深度、注浆压强、浆液流量速度、注浆数量以及施工时段的时间把控等。标准化操作流程可有效避免人为操作失误,减少施工流程里的变数,从而提高注浆加固的成功率和效果。行业应制定统一的技术标准,推动全国范围内标准化的实施^[3]。

技术牵头地,各施工单位需依照行业标准推进工作,确保工人具备专业技术能力,熟知注浆流程中的各个细节。采用专门辅导,提升施工人员对注浆技术的掌控,提高施工人员操作水平和应变能力。此外,营造周全的技术指导平台,尤其针对特殊地质条件下的施工,提供详细的技术方案及方案调整措施,能够帮助施工队在实际操作遇到问题时快速作出反应。在实际施工操作过程中,技术人员应根据具体工程需求选择合适注浆方式,比如单次灌注浆、多次分层灌注浆,并根据土层特性、注浆压力和注浆方式进行调整。注浆工艺达成标准化提升了施工效率,还确保了施工安全性与工程质量,为促使标准化工艺正确执行。施工单位还应配备先进的施工设备,例如压力泵、注浆管之类,并定期进行维护保养,确保设备运行的稳定性。

3.2 改进注浆材料的选择与配比

注浆材料的选择与配合比是注浆加固技术中极其关键的环节。不同土层的土质特性对注浆材料存在不同需求,选用合适的注浆材料对提高加固效果极为关键。注浆材料的关键作用是填充土层间隙、提升土体紧实度,增加土层强度抗扰性,故而其品性得具备一定的渗透性、拓展效能、固化速率及强度。在开展注浆材料挑选时,应根据土壤的类型实施定制化选择,针对砂质土、黏质土、砾石质土等不同土壤类型,所选用的注浆材料应呈现出差异性,砂质土结构呈现松散状态,注浆材料应具备较高的渗透性;黏土的土质相对紧实,注浆材料应具备优良的扩展性和缓慢的固化时长,确保浆液能够均匀渗透进土层中。土壤孔隙的大小、湿度高低、颗粒的组成等要素会影响浆液流动性及固化效果,因此在开展注浆方案编制的时候,必须充分顾及这些因素,选取不同注浆材料实施加固^[4]。

恰当的材料配比能够提高浆液的物理特性,保持其渗透性能与强度。就水泥基类别的注浆物料,通常需根据实际施工情形和土质要求,对水泥、沙子、水和添加剂的比例进行调整。水泥比例过高会导致浆液浓度过大,过低会降低浆液流动及填充的能力,因此需根据具体土层成分开展优化配比。注浆材料质量管控需严格执行,所采用的原材料应符合国家及行业标准,开展必要的检测审核,确保原材料物理性能稳定且可靠。在实际应用操作过程中,可以采用一些添加剂来改善注浆材料的性能,比如提高抗渗性能、增强耐久性,这些添加剂应依据土质及施工要求合理挑选,进而有效提高加固效果。

3.3 监测与评估机制的完善

注浆加固工程效果不仅与施工流程密切相关,也与后期的监测和评估密切相关。只有依靠有效的监测与评估体系,才能及时发现施工过程中出现的问题,确保加固效果达到预期标准。因此,健全的监测评价机制对保证桥梁桩基注浆加固技术效果极为关键。

施工过程中必须进行严格监测,特别是在注浆压力、注浆量和浆液流动这些关键参数上。依靠实时监测,能够确保浆液均匀注入,避免因注浆不均导致局部加固成效不佳。注浆压力需根据土层的不同特性进行调整,确保达成浆液的有效渗透,还可避免过高压力对土层造成损害。在工程建设施工期间,监测设备应具备足够的精准度,能够及时反馈施工过程中的各类数据,以便施工人员进行调整。注浆加固工作结束之后,需进行全面的后期评估。这项评估并非仅仅是对工程质量的检测,更是对加固效果的检验。通过对桩基承载能力、土体密实程度及稳定性的检测,判断加固效果是否达到预期。根据此情况,可以采取补救措施,如再次进行注浆或者改变注浆方案,确保桩基加固效果符合设计标准^[5]。

桥梁桩基的监测与评估是确保注浆加固技术效果的关键环节,应贯穿整个工程周期。高效监测与评估体系有利于发现施工过程中出现的问题,还能够保障注浆加固的长期效果,保障桥梁桩基的安全性与稳定性。施工前开展细致的土层勘察极为重要,通过地质勘察,掌握土壤的类别、结构、含水量、孔隙度等基础特性,为后续注浆方案提供科学依据。不同类型土层对浆液吸收性、渗透性及扩展性要求各异,只有根据具体的土质特点,制定科学的注浆方案,才能保证注浆效果达到最佳。开展勘察工作期间,通常需借助钻孔技术对土层进行深入剖析,了解土体力学特性与桩基的相互影响状况,为施工阶段精准作业提供数据支撑。

在工程项目施工阶段,注浆进度需定时进行检查与监测,确保每层注浆的质量。监测关键包含注浆压力、注浆量、浆液流动性等指标,这些要素直接影响浆液的渗透与扩展效果,进而影响注浆加固的效果。注浆压力应根据土层不同特性及时做出调整,压力过高或者过低都会对浆液均匀性造成影响,导致加固效果不佳。所以,施工人员要在施工期间实时监控注浆进度,并利用相关监测设备采集数据,确保注浆过程平稳安全。

施工结束后为确保桥梁桩基的长久稳固性,需进行长期监测与评价工作。注浆后的桩基是否符合设计标准,是否能够有效承受设计规定荷载,是否出现下沉或偏移等现

象,均需依靠长期监测来实施跟踪评估。常用监测方法包含采用地质雷达、深层传感器以及位移计等现代监测手段,定时测量桩基的形变情况、应力应变变化、土体的紧实程度等数据。通过对这些数据的分析,可及时发现桩基的潜在隐患,如不均匀沉降、裂缝形成等,并根据监测结果调整加固方案或采取补救措施。

此外,健全监测和评估机制需要现代化技术支撑。比如,采用传感器技术、数据采集与分析技术等,可提高监测的精准度与及时性。传感器可实时对桩基的变动进行监测,自动采集温度、应力、位移等多维度数据,将这些数据传送至数据中心进行实时分析,帮助技术人员快速做出判断。这种高效的数据化管理方式显著提高了监测的精准度,还为决策提供了可靠的依据,桥梁桩基的监测与评估应贯穿工程全周期。运用现代化监测手段,能够更为高效地保障注浆加固技术效果,确保桥梁桩基达成长期安全稳定运转^[6]。

4 结语

注浆加固技术在桥梁桩基建造中具有显著应用价值,能有效提高桩基的稳定性与承载力。随着技术的不断发展与优化,未来注浆加固技术将发挥更为突出的作用,但在实际应用中仍存在一定挑战,比如复杂地质条件对注浆效果的影响等。所以,进一步加强技术标准与施工管控,推动材料和工艺的创新,将为提高桥梁桩基施工质量提供更可靠保障。

[参考文献]

- [1]赵文阳. 注浆加固技术在桥梁桩基施工中的应用[J]. 工程建设与设计, 2024(24): 178-180.
- [2]刘洋. 注浆加固施工技术在地铁隧道侧穿桥梁桩基工程的应用探析[J]. 工程机械与维修, 2024(10): 155-157.
- [3]肖祖海. 注浆加固技术在桥梁桩基施工中的应用[J]. 科学技术创新, 2024(10): 158-161.
- [4]蓝英福. 软土地区桥梁桩基注浆加固效果及影响参数研究[J]. 西部交通科技, 2024(3): 138-141.
- [5]伍京湘. 桥梁桩基施工中注浆加固技术与优化控制方法[J]. 上海公路, 2023(4): 87-91.
- [6]杨磊, 朱富丽, 张浩. 地铁隧道侧穿桥梁桩基工程注浆加固控制及监测管理研究[J]. 城市轨道交通研究, 2022, 25(10): 165-170.

作者简介: 吴华新(1987.10—), 男, 本科, 专业: 土木工程(岩土工程)、苗族, 武汉地质勘察基础工程有限公司; 汪洋(1989.5—), 男, 本科, 专业: 土木工程(岩土工程), 汉族, 武汉地质勘察基础工程有限公司。

溶洞对异型基坑稳定性影响规律分析

曲伟枫 谢佳 张有铭

中铁建大桥工程局集团第一工程有限公司, 辽宁 大连 116033

[摘要] 在岩溶地区进行基坑开挖时, 溶洞的存在会对基坑稳定性构成显著影响, 异形深基坑建设工程受这种情况的影响更为复杂。为了探究异型深基坑建设过程中溶洞对工程稳定性的影响, 本文依托大连金州金牌教育园项目, 综合运用 Rhino7 与 FLAC3D 工具, 通过模拟异型深基坑开挖过程, 得到了溶洞不同位置、不同大小条件下基坑开挖过程中底部隆起、侧壁倾斜等数据, 并基于此分析得到溶洞属性对异型深基坑开挖稳定性影响规律。研究结果表明, 溶洞处于基坑被动区时, 溶洞-基坑之间的距离 L 与溶洞直径 D 之间的极限比值为 3, 即 $L/D \leq 3$ 时, 在基坑施工前对溶洞进行处理是必要的。溶洞处于基坑过渡区时, 需满足 $L/D > 2$; 溶洞处于基坑主动区时, 需满足 $L/D > 1.5$ 。基于数值分析结果, 充分考虑溶洞的影响程度, 设计了所依托工程异型深基坑施工方案。项目方依据该方案对大连市金州金牌教育园工程的异型深基坑周围若干溶洞进行了填充加固处理, 处理后基坑的侧壁与底部的水平、竖向位移值均得到有效控制, 验证了本文研究结果的有效性。

[关键词] 异型深基坑; 溶洞; 数值模拟; 稳定性分析

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15381

中图分类号: TU458.4

文献标识码: A

Analysis of the Influence of Karst Caves on the Stability of Irregular Foundation Pits

QU Weifeng, XIE Jia, ZHANG Youming

China Railway Construction Bridge Engineering Bureau Group 1st Engineering Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116033, China

Abstract: When excavating foundation pits in karst areas, the presence of karst caves can have a significant impact on the stability of the pit, and the construction of irregular deep foundation pits is more complex affected by this situation. In order to explore the impact of karst caves on the stability of irregular deep foundation pit construction, this article relies on the Dalian Jinzhou Gold Medal Education Park project and comprehensively uses Rhino7 and FLAC3D tools to simulate the excavation process of irregular deep foundation pits. Data such as bottom uplift and sidewall inclination during excavation under different positions and sizes of karst caves were obtained, and based on this analysis, the influence of karst cave properties on the stability of irregular deep foundation pit excavation was obtained. The research results indicate that when the karst cave is in the passive zone of the foundation pit, the maximum ratio between the distance L between the karst cave and the foundation pit and the diameter D of the karst cave is 3, that is, when $L/D \leq 3$, it is necessary to treat the karst cave before the construction of the foundation pit. When the karst cave is located in the transition zone of the foundation pit, it needs to meet the requirement of $L/D > 2$; When the karst cave is in the active zone of the foundation pit, it needs to meet $L/D > 1.5$. Based on numerical analysis results and taking into account the degree of influence of karst caves, a construction plan for the irregular deep foundation pit of the supported project was designed. The project team carried out filling and reinforcement treatment on several karst caves around the irregular deep foundation pit of Jinzhou Gold Medal Education Park project in Dalian based on this plan. After treatment, the horizontal and vertical displacement values of the side walls and bottom of the foundation pit were effectively controlled, which verified the effectiveness of the research results in this paper.

Keywords: irregular deep foundation pits; karst caves; numerical simulation; stability analysis

引言

随着我国城市化进程的加速, 城市建设日新月异, 对土地资源的需求也日益增长。然而, 城市中心用地紧张与日益增长的建设需求之间的矛盾日益凸显。因此, 进行地下空间的设计与施工对于提高土地资源利用效率、保障城市建设的顺利进行具有重要意义。对于基坑稳定性的研究, 不仅关乎到施工安全和工程质量, 更直接影响到城市建设和发展的顺利进行。对于基坑稳定性的研究有助于预防基坑坍塌等安全事故的发生, 通过深入分析和研究可以提出有效的管理建议和处理措施, 从而确保基坑施工的安全和稳定。

在岩溶发育密集的区域进行深基坑的开挖工作时, 由于对隐伏的溶洞处置不当, 常常容易触发岩溶溶洞塌陷、支护结构形变等灾害性事件, 严重影响了基坑安全性和施工进度。因此, 对溶洞的妥善处理不仅直接关系到工程建设的进度与成本, 更对保障施工安全具有至关重要的影响。目前国内在岩溶区溶洞对异型深基坑稳定性的影响方面研究较少, 因此对岩溶区溶洞对异型基坑稳定性影响规律进行分析。

很多学者对于基坑稳定性方面做了相关研究。魏艺坚^[1]通过 Midas GTS NX 软件进行了基坑支护体系的仿真、计算和分析, 深入探讨了岩溶区深基坑支护结构的稳定性影

响问题,总结出各种因素对深基坑支护桩稳定性的影响规律;刘锦辉^[2]则运用 Midas GTS NX 有限元分析软件建立了隐蔽双溶洞基坑开挖的数值计算模型,以研究双溶洞对基坑开挖稳定性的影响;姚业健^[3]结合三维有限元数值模拟分析和现场实测数据,深入探讨土洞相对位置对基坑稳定性的影响程度,并比较不同土洞位置对支护桩稳定性的影响变化规律,他发现土洞对过渡区基坑支护桩体的最大位移和地表沉降的影响最为显著,其次为被动区和主动区;堵紫薇^[4]采用 MIDAS 软件模拟溶洞对基坑开挖的影响,在考虑基坑半盖挖施工过程的前提下,选择基坑作为研究对象进行溶洞处理前后的数值分析,模拟结果与实测结果的变形规律相符;唐磊^[5]采用有限元方法分析不同尺寸与分布特征溶洞条件下岩溶地层基坑的失稳机理,研究溶洞群与基坑稳定性之间的联系,优化设计并确保地层基坑工程的安全施工;郝志强^[6]等学者使用三维有限元模型研究了溶洞对地铁车站基坑开挖稳定性的影响,通过模拟不同溶洞位置和尺寸下的开挖,揭示了溶洞因素对基坑及支护稳定性的作用规律。李俊洋^[7]则通过探讨岩溶水处理方法、溶洞注浆施工工艺流程,研究了复杂溶洞条件下深基坑工程施工工艺和溶洞处理工艺;李芳宝^[8]结合实际工程案例探讨了地铁基坑设计及施工中遇到的溶洞产生的地质灾害,介绍了某基坑溶洞处理措施和具体施工过程,以及对施工过程中基坑稳定性的保障措施。

国外学者对于基坑稳定性方面也做了相关研究。Monika Mitew-Czajewska^[9]研究了深基坑开挖对周边地面和既有结构的影响及位移值,对现有地铁结构垂直位移的现场测量进行了实验数据的描述和分析,提出基坑附近的结构位移取决于它们相对于基坑的位置。Jin Xu^[10]等人提出了一种计算基坑稳定性的创新数值计算方法,基于边坡稳定性分析和土压力计算方程的上限分析,考虑了不同位置的溶洞工况,在预测边坡滑动面范围的同时,可以更准确地计算出所需的最小支撑力 X Zhang^[11]等人基于岩溶地区基坑工程的稳定性问题,从理论研究和模型检验和数值分析等方面研究了岩溶地区基坑工程的稳定性,探讨了支护形式对岩溶地区基坑工程稳定性分析的影响,总结了岩溶区基坑工程稳定性的主要影响因素。

本文主要针对大连金州金牌教育园项目异型深基坑周围溶洞对其稳定性的影响进行研究。通过建立模型、模拟开挖过程,通过不同监测点提取出的基底隆起、侧壁倾斜位移值变化情况,绘制趋势图分析影响规律,对异型深基坑的稳定性进行了探讨,总结了不同位置、直径溶洞对基坑的影响规律。

2 工程概况

金州金牌教育园总占地面积约 10.9 万 m²,总建筑面积约 9.9 万 m²。基坑总深度 18m,其中一级基坑深 10m,二级基坑深 8m,基坑宽度 40m、长度 82m,如图 1 所示。主要围护结构采用钢支撑支护体系,距离地表 10m 内的大

基坑为一级基坑,10~18m 的局部深基坑为二级基坑。一级基坑设两道钢支撑,二级基坑设两道钢支撑。该项目工程区域地质松软,基坑开挖过程中可能造成周围土体坍塌,扰动地下隐伏溶洞导致溶洞坍塌等风险;岩溶发育不均匀导致岩溶潜水分布不均匀,地下水压力变化或水位升高可能造成岩溶区溶洞的扰动与失稳,对工程建设造成了极大风险;经综合评价场地为强发育岩溶场地,可能存在岩溶塌陷的地质灾害问题。因此有必要对岩溶区溶洞进行处理,保证施工安全、避免事故发生。



图 1 现场基坑情况

3 数值模拟

3.1 数值模拟步骤

利用 Rhino7 软件进行岩土体模型的建立。绘制出模型,分别在一级基坑左主动区、一级基坑左过渡区、一级基坑被动区、二级基坑左主动区、二级基坑被动区相应位置设置 5 个与基坑边界距离不同的溶洞。用犀牛 7 的网格划分功能进行划分网格后,使用 griddle 插件进一步细分网格。利用 griddle 插件将文件导出至 FLAC^{3D}。在 FLAC^{3D} 软件中设置基坑侧壁及底部的监测点,输入命令流模拟基坑开挖过程,然后导出监测点监测到的侧壁倾斜与基底隆起位移变化值并提取出 3 个区域侧壁倾斜与基底隆起位移值的最大值,绘图观察规律。流程图如图 2 所示。

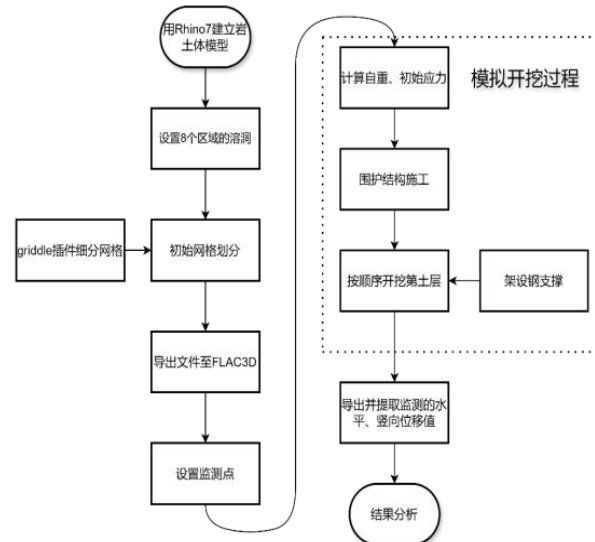


图 2 模拟流程

3.2 模拟方案

基坑模型长度 81m, 宽度 40m, 深度 18m。岩土体模型两侧取 3 倍基坑宽度, 高度取 3 倍基坑深度, 整个模型的长度为 190m, 宽度为 120m, 高度为 54m, 如图 3 所示。

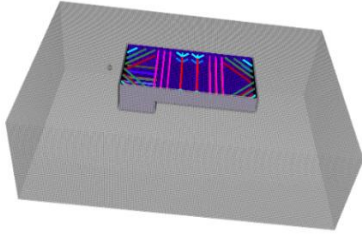


图 3 岩土体模型示意图

溶洞的存在对基坑的稳定性有着显著的影响, 考虑在基坑开挖时在其被动区、主动区、过渡区三个可能区域的溶洞, 这些区域的划分基于基坑开挖过程中土体应力状态的变化, 不同区域的溶洞对基坑稳定性的影响机制可能有所不同。为研究这些影响, 将溶洞简化为圆形且内部无填充, 溶洞直径设为 $D=2、3、4\text{m}$, 溶洞与基坑侧壁或基坑底的距离为 $L=3\text{m}、6\text{m}、9\text{m}、12\text{m}、15\text{m}$, 溶洞位置如图 4 所示。

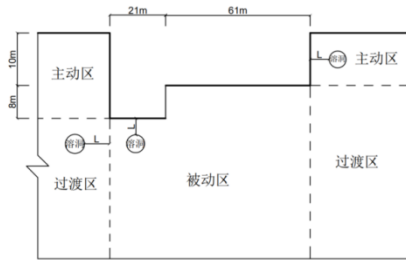


图 4 溶洞位置示意图

3.3 模拟结果分析

溶洞处于一级基坑左主动区时, 由图 5 和图 6 可知, 溶洞在保持溶洞与基坑底部间距恒定的条件下, 溶洞直径与基底隆起位移值之间呈现出正相关关系, 随着溶洞直径的增大, 基底隆起位移值也相应增大。当溶洞直径保持不变时, 随着溶洞与基坑底部间距的增大, 基底隆起位移值逐渐减小。直径为 2m 的溶洞, 间距增加对位移影响不大, 趋近于无溶洞状态。

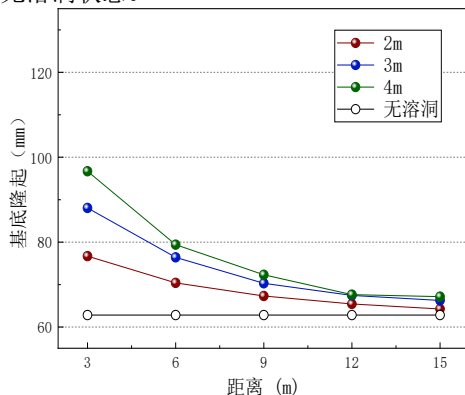


图 5 基底隆起位移变化规律

相同间距时, 溶洞与基坑侧壁距离不超过 6m 时, 溶洞直径越大侧壁倾斜位移值越小, 溶洞与基坑侧壁距离大于 6m 时, 溶洞直径越大侧壁倾斜位移值越大; 相同溶洞直径时, 溶洞与基坑侧壁距离越大侧壁倾斜位移值越大。溶洞直径为 2m 时, 随着溶洞与基坑侧壁的距离增加, 侧壁倾斜的位移值变化不明显。溶洞直径为 3m、4m 时, 随着溶洞与基坑侧壁的距离增加, 侧壁倾斜的位移值不断增加, 最后趋于稳定。其中溶洞与基坑侧壁距离 6m 之前位移值变化明显, 6m 之后侧壁倾斜位移值变化逐渐变缓。

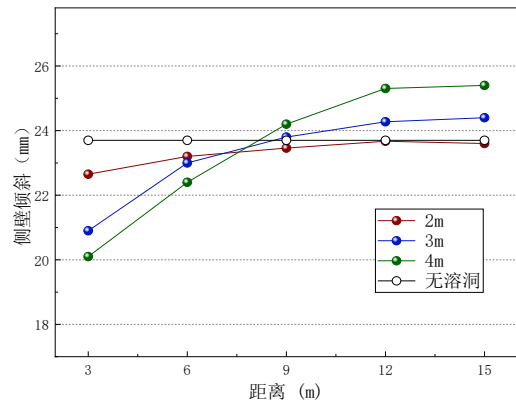


图 6 侧壁倾斜移变化规律

溶洞处于一级基坑被动区时, 由图 7 和图 8 可知, 溶洞与基坑底部之间的距离相同时, 溶洞直径越大, 基底隆起位移值越大; 直径一定时, 溶洞与基坑底部之间的距离越大基底隆起位移量越小。溶洞直径为 2m 时, 随着溶洞与基坑底部距离的增加, 基底隆起位移值变化不明显并接近无溶洞时的基底隆起位移值。溶洞直径为 3m、4m 时规律同上, 其中分别在 9m、12m 之前基底隆起位移值变化明显, 分别在 9m、12m 之后随着距离增加变化逐渐放缓, 最后趋近于无溶洞时的基底隆起位移值。

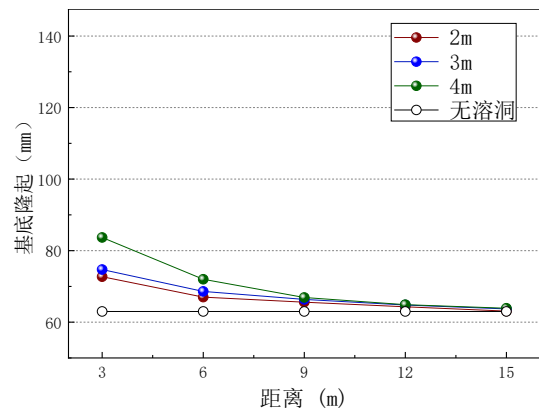


图 7 基底隆起位移变化规律

溶洞与基坑底部距离一定的情况下, 溶洞直径越大侧壁最大水平位移值越大。溶洞直径为 2m 时, 随着溶洞与基坑底部距离的增加, 水平位移变化不明显, 接近无溶洞

时的侧壁倾斜位移值。当溶洞直径为 3m、4m 时,随着溶洞与基坑底部距离的增加,侧壁水平位移变化明显且没有特定规律,溶洞与基坑底部间距 9m 之后基坑侧壁水平位移大致趋于稳定。

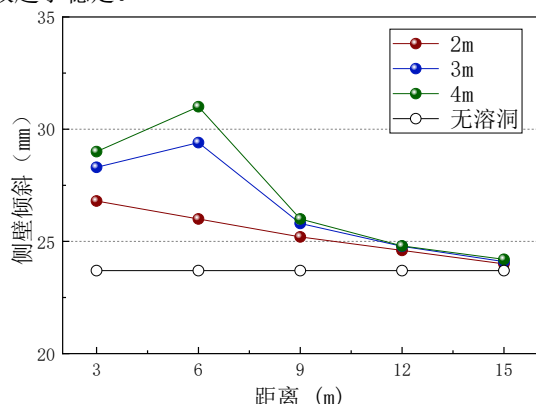


图 8 侧壁倾斜移变化规律

溶洞处于一级基坑左过渡区时,由图 9 和图 10 可知,溶洞与基坑距离不变时,随着溶洞直径的增大,基底隆起的位移值逐渐增加;溶洞直径一定时,溶洞与基坑间的距离越大,基底隆起位移值越小。溶洞直径为 2m、3m 时,随着溶洞与基坑的距离增加,基底隆起的位移值不断减小,最后趋于稳定并接近无溶洞时的基底隆起位移值。溶洞与基坑侧壁距离从 6m 开始基底隆起位移值变化缓慢,最后接近无溶洞时基坑底部隆起的位移值。溶洞直径为 4m 时规律大致同上,不同的是溶洞与基坑侧壁距离 9m 之前位移值变化明显,9m 之后基底隆起位移值变化缓慢,最后趋近于无溶洞时基坑底部隆起的位移值。

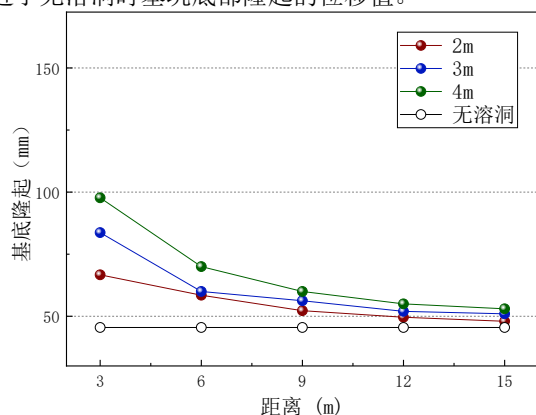


图 9 基底隆起位移变化规律

溶洞与基坑间距相同时,溶洞直径越大侧壁倾斜位移值越大;相同溶洞直径时,溶洞与基坑侧壁距离越大侧壁倾斜位移值越小。溶洞直径为 2m 时,随着溶洞与基坑侧壁的距离增加,侧壁倾斜的位移值变化不明显。溶洞直径为 3m、4m 时,水平位移值较无溶洞时基坑侧壁水平位移值明显。随着溶洞与基坑侧壁的距离增加,侧壁倾斜的位移值不断减小,最后趋于稳定。其中溶洞与基坑侧

壁分别距离 6m、9m 之前位移值变化明显,6m、9m 之后侧壁倾斜位移值变化逐渐变缓,最后接近无溶洞的侧壁倾斜位移量。

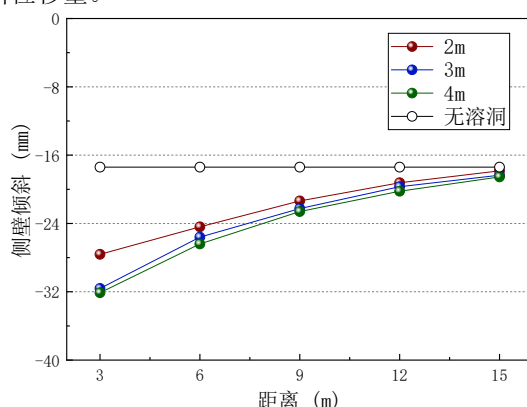


图 10 侧壁倾斜移变化规律

溶洞处于二级基坑左主动区时,由图 11 和图 12 可知保持间距不变,溶洞直径增加会导致基底隆起位移值增大。溶洞直径固定时,其与基坑侧壁的距离与基底隆起位移值呈负相关,即距离越远,位移值越小。对于直径为 2m 的溶洞,远离溶洞后,基底隆起位移值逐渐减小并趋于稳定,接近无溶洞状态。从 3m 距离起,位移值变化缓慢。对于直径 3m 和 4m 的溶洞,规律相似,但当溶洞与基坑侧壁距离小于 6m 时,位移值变化明显,超过 6m 后变化减缓,最终接近无溶洞时的位移值。这表明较大直径溶洞的影响范围更广。

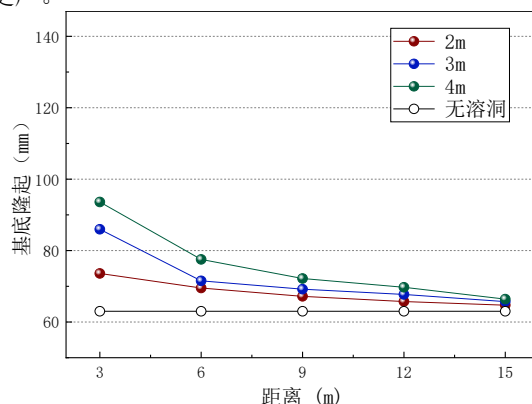


图 11 基底隆起位移变化规律

当溶洞与基坑底部的距离固定时,溶洞直径越大,基坑侧壁的最大水平位移值也越大。对于直径为 2m 的溶洞,其与基坑底部的距离对侧壁的水平位移影响不大,侧壁稳定性几乎不受影响。然而,当溶洞直径增加到 3m 和 4m 时,这种距离对侧壁水平位移的影响变得更加明显,且没有固定规律,受多种因素影响,使得预测和控制位移变得更加困难。不过,当溶洞与基坑底部的距离超过 9m 后,侧壁的水平位移将趋于稳定,表明溶洞的影响会随着距离的增加而减弱。

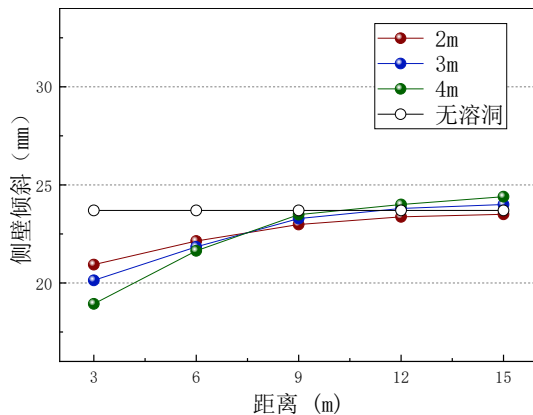


图12 侧壁倾斜移变化规律

溶洞处于二级基坑被动区时,如图13和图14所示。在保持溶洞与基坑底部间距恒定的条件下,随着溶洞直径的增大,基底隆起位移值也相应增大。当溶洞直径保持不变时,随着溶洞与基坑底部间距的增大,基底隆起位移值逐渐减小。当溶洞直径为2m时,随着两者间距的增加,基底隆起位移值的变化并不显著,并逐渐接近无溶洞时的基底隆起位移值。对于溶洞直径为3m和4m的情况,可以观察到与溶洞直径为2m时类似的规律。然而在溶洞与基坑底部间距分别为9m和12m之前,基底隆起位移值的变化相对明显。当间距超过这些临界值后,基底隆起位移值的变化趋势明显放缓,并逐渐趋近于无溶洞时的基底隆起位移值。这一发现进一步证实了随着溶洞与基坑底部间距的增大,溶洞对基底隆起的影响逐渐减弱。

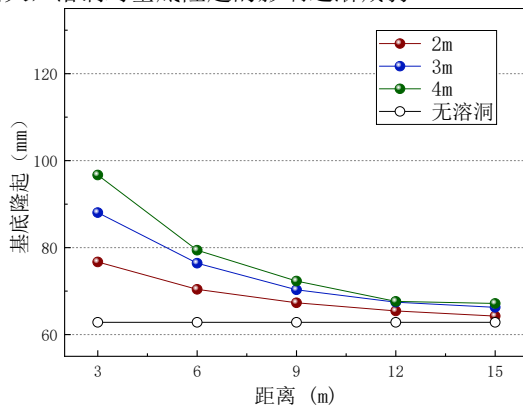


图13 基底隆起位移变化规律

在溶洞与基坑底部距离保持不变的情况下,随着溶洞直径的增大,侧壁所承受的水平应力逐渐增强,导致侧壁最大水平位移值相应增大。当溶洞直径为2m时,观察到随着溶洞与基坑底部距离的增加,侧壁水平位移的变化并不显著。这一结果说明,在较小直径的溶洞中,溶洞与基坑底部间距对侧壁水平位移的影响相对较小,侧壁稳定性受溶洞位置变化的影响不明显。在这种情况下,侧壁水平位移值接近无溶洞时的状态,表明溶洞对侧壁的影响可以

忽略不计。当溶洞直径增大至3m和4m时,随着溶洞与基坑底部距离的增加,侧壁水平位移变化明显且没有呈现出特定的规律。这表明,在较大直径的溶洞中,溶洞与基坑底部间距对侧壁水平位移的影响更为显著,且这种影响关系可能受到多种因素的共同作用,如地质条件、基坑形状等。因此,在这种情况下,预测和控制侧壁水平位移变得更加困难。当溶洞与基坑底部间距超过9m后,基坑侧壁水平位移大致趋于稳定。这一发现表明,在超过一定距离后,溶洞对基坑侧壁水平位移的影响逐渐减弱,侧壁稳定性逐渐恢复到无溶洞时的状态。

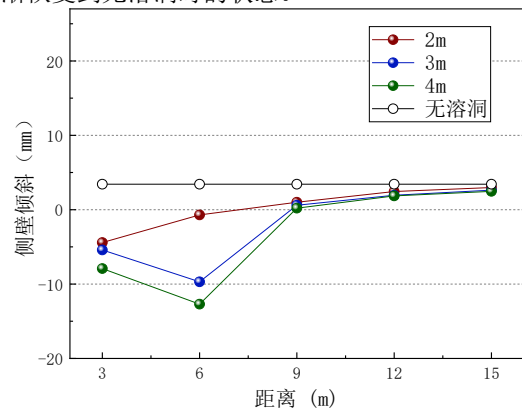


图14 侧壁倾斜移变化规律

4 结论

针对大连金州金牌教育园项目异型深基坑周围溶洞对其稳定性的影响进行研究,总结了溶洞的处理范围及原则,根据工程实例探究了填充处理溶洞对保证基坑稳定性的效果,得出了如下结论:

(1) 溶洞在基坑被动区时对基坑稳定性的影响最大,在过渡区与主动区时对基坑的影响依次减小。

(2) 溶洞在基坑被动区:当 $L/D \leq 3$ 时,需要对溶洞进行处理;当 $L/D > 3$ 时,溶洞可以不处理。溶洞在基坑过渡区:当 $L/D \leq 2$ 时,需要对溶洞进行处理;当 $L/D > 2$ 时,溶洞可以不处理。溶洞在基坑主动区:当 $L/D \leq 1.5$ 时,需要对溶洞进行处理;当 $L/D > 1.5$ 时,溶洞可以不处理。由于实际地质情况的复杂程度不同,还需要根据土质、岩溶水等情况进一步计算处理。

【参考文献】

- [1] 魏艺坚. 岩溶区深基坑支护方法及稳定性分析[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2021.
- [2] 刘锦辉. 中风化灰岩隐伏溶洞深长基坑开挖稳定性研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2022.
- [3] 姚业健. 岩溶地区土洞对基坑稳定性影响研究[D]. 桂林: 桂林理工大学, 2021.

作者简介: 曲伟枫 (1992—), 男, 工程师, 主要从事山区高速公路建设施工技术方面的研究。

无人机倾斜摄影测量在地籍测量中的应用

谷荣新

辽宁佳泰土地勘测规划有限公司, 辽宁 大连 116021

[摘要] 无人机倾斜摄影测量技术在地籍测量中的应用正在逐渐推广, 成为提升测量效率和精度的重要工具。文章介绍了无人机倾斜摄影测量的基本原理和应用优势。通过搭载多镜头设备, 无人机能够从多个角度拍摄地物, 快速获取高分辨率的三维影像数据, 特别适用于复杂地形和城市环境。相比传统测量方法, 无人机倾斜摄影测量能有效避免地物遮挡, 提供更加准确的地块边界和地物信息。

[关键词] 无人机; 倾斜摄影测量; 地籍测量; 技术应用

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15348

中图分类号: P271

文献标识码: A

Application of Drone Oblique Photogrammetry in Cadastral Surveying

GU Rongxin

Liaoning Jiatai Land Survey and Planning Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116021, China

Abstract: The application of drone oblique photogrammetry technology in cadastral surveying is gradually being promoted, becoming an important tool for improving surveying efficiency and accuracy. The article introduces the basic principles and application advantages of drone oblique photogrammetry. By being equipped with multi lens devices, drones can capture ground objects from multiple angles and quickly obtain high-resolution 3D image data, making them particularly suitable for complex terrains and urban environments. Compared to traditional measurement methods, drone oblique photogrammetry can effectively avoid terrain obstruction and provide more accurate land boundary and terrain information.

Keywords: drones; oblique photogrammetry; cadastral survey; technical application

引言

随着无人机技术与遥感技术的快速发展, 倾斜摄影测量已逐渐成为现代地籍测量中的一种创新工具。传统地籍测量方法, 虽然能够提供一定的精度, 却多依赖于地面测量与航拍技术, 这在大范围、复杂地形或城市环境中, 效率较低且工作量庞大。通过安装多镜头设备, 无人机倾斜摄影测量技术, 能迅速获取高分辨率的三维影像数据, 且通过倾斜角度拍摄地面, 极大提高了数据采集速度。影像的空间信息得到了显著增强, 尤其是在建筑物、道路、绿地等地物提取方面, 展现了其独特优势。地籍测量中, 地物点与地块边界的准确确定至关重要, 而传统测量方法常受到复杂地形遮挡与数据缺失的影响。相比之下, 提供的空间数据更加全面、精确, 尤其在高度复杂的城市环境中, 能够迅速获取立体信息及多角度影像, 从而减少了传统方法中可能出现的盲区与数据误差。通过先进的数据处理技术, 采集到的影像能够被转换为高精度的三维模型, 为地籍图的绘制、土地登记与权属管理提供了可靠的数据支持。无人机倾斜摄影测量技术的应用, 不仅突破了传统测量方法的局限, 还提升了测量精度与效率, 且为土地管理与规划提供了更科学、高效的技术手段。该技术的广泛应用, 标志着地籍测量领域已迈出了向现代化与数字化转型的重要一步。

1 无人机倾斜摄影测量技术

1.1 无人机倾斜摄影测量技术优势

无人机倾斜摄影测量技术在地籍测量中的应用, 凭借其多项优势, 已获得广泛关注。与传统地面测量方法相比, 数据采集效率的显著提升得益于利用无人机进行倾斜摄影测量。高精度相机和传感器的搭载, 使得无人机能够在多个角度、多个视角下进行影像采集, 尤其是在复杂地形或难以到达的区域, 大量高质量的影像数据能够迅速获取, 从而大幅度减少了人工测量所需的时间与工作量。此外, 多个角度的影像采集使得同一目标物体的影像得以获得, 从而生成了更为精细、真实的三维模型。相比传统的垂直航拍影像, 这项技术能够提供更为全面的信息, 特别是在地形复杂或建筑物密集的区域, 建模的精度得到了显著提高。通过高精度定位技术(如 RTK-GNSS)的辅助, 测量结果的空间精度进一步得到了提升, 确保了数据的准确性与可靠性。值得一提的是, 广阔区域的高效数据采集已成为可能, 尤其在传统人工测量难以实施的场景中, 这项技术展现出了不可替代的优势。数据后处理速度也得到了显著提升, 借助数字化处理与自动化流程, 图纸与模型能够迅速生成, 从而极大提高了生产效率。

1.2 无人机倾斜摄影测量技术流程

无人机倾斜摄影测量技术的工作流程包括飞行计划、

数据采集、后处理以及成果生成几个关键步骤。飞行计划,作为整个测量流程的基础,需根据测区的地形特点、精度要求及航拍技术参数进行细致设计。在此阶段,航线的规划、飞行高度的选择、拍摄重叠度的设置以及飞行器与传感器的选择等,都必须经过仔细考虑。飞行路径必须覆盖测区,确保影像的重叠率符合标准,进而为后续影像匹配与三维重建提供充足的数据支持。数据采集阶段紧随其后。根据预定航迹,飞行器自动飞行,而在此过程中,倾斜相机系统对测区进行多角度影像拍摄,通常涉及四个或更多的倾斜角度以及垂直拍摄,从而全面采集三维信息。同时,精确的位置信息由 GNSS/RTK 设备提供,确保每一张影像的空间定位精度。飞行任务结束后,进入数据后处理阶段。此阶段主要包括影像解算、配准以及三维模型的重建。影像匹配算法被应用于将来自不同视角的影像精确对齐,并结合 GNSS/RTK 数据进行空间定位及误差修正,最终生成地物的三维模型^[1]。经过处理的三维数据,进一步可用于生成数字地面模型(DTM)、数字表面模型(DSM)以及正射影像图等成果。这些成果,为地籍测量、土地规划与城市建模等多种应用提供了坚实的数据基础。

2 项目数据采集

2.1 仪器及软件

在项目数据采集过程中,选择合适的仪器设备与软件系统具有至关重要的意义,它们直接影响着数据采集的精度、效率以及后续分析的可靠性。仪器设备的选择,需根据项目的具体需求来定。常见的设备包括高精度全站仪、GPS 接收器、激光扫描仪与无人机航拍设备等。这些仪器不仅能提供准确的空间位置、距离测量以及三维点云数据,还能对现场环境与结构进行细致的扫描与捕捉,尤其在复杂地形或大规模施工现场中,精密的仪器保证了数据的高准确性与全面性。除此之外,各类传感器,如应变、温度、湿度传感器,以及自动化监测设备,能够实时采集项目现场的动态数据,这些数据对项目的实时监控、质量管理与安全评估具有重要作用。数据采集的软件系统,作为数据链条中的核心部分,除了实时监控、处理与存储采集的数据外,还应具备强大的数据分析、可视化展示以及报告生成能力。常见的软件系统,包括地理信息系统(GIS)、工程测量软件及数据管理平台等,能够通过数据可视化、空间分析与模型仿真等功能,为项目提供直观且易于理解的数据结果。随着技术的不断发展,云平台与移动端应用逐渐被应用于数据采集领域,数据处理的实时性与协同工作的效率得到了进一步提高,远程数据监控与分析成为了可能。

2.2 数据采集

2.2.1 像控点测量

像控点测量质量直接关系到后期内业三维模型制作和图纸编绘的精度。因此,采集像控点数据时,需要精心制定布设方案,并进行像控点的 RTK 测量及后续的点位拍

照与存储工作。在像控点选点时,应结合测区情况进行布设,选择无遮挡物、便于 RTK 测量且易于识别的空旷地面,并通过油漆将像控点标记成具有一定宽度的“+”或“L”形状,以便后期影像判读。在采用对中杆进行像控点 RTK 测量时,测量人员需关注对中杆气泡的居中状态,检查卫星接收数量及实时测量精度,并确保符合精度要求后再进行测量记录。为了确保测量精度,要求同一像控点进行三次测量,取其平均值作为最终测量结果,以确保平面精度达到 $\pm 3\text{cm}$ 以内。根据测量精度要求,共实测了 78 个 RTK 像控点,并利用分布相对均匀的 10%像控点测量成果,对地籍测量结果进行了精度检验。

2.2.2 影像数据采集

影像数据采集在项目数据采集中占据着至关重要的地位,尤其在地理信息系统(GIS)、环境监测、城市规划、建筑施工等多个领域中。通过采集影像数据,能够获得清晰、直观的空间信息,作为后续分析与决策的基础数据。传统的影像采集方式,通常依赖于地面摄影或手持设备,虽然这些方法便捷,但由于视角与覆盖范围的限制,难以满足大规模或高精度要求的项目需求。随着无人机技术的快速发展,影像数据采集逐步转向无人机航拍。高清摄像设备可由无人机搭载进行空中拍摄,获取大范围、高分辨率的影像,特别适用于复杂地形或广泛区域的监控。在更高级的应用中,卫星遥感影像提供了全球覆盖的空间数据采集能力,能够精确反映地表变化及区域特征,广泛应用于环境评估、农业监测、灾后重建等宏观领域。同时,激光扫描技术(如 LiDAR)通过激光束反射与接收,精准地获取三维空间数据,详细记录建筑物、地形及地物的精确轮廓,广泛应用于建筑测绘与地形勘测等领域。影像数据采集的质量不仅与硬件设备密切相关,还受到环境条件的影响^[2]。例如,光照、天气状况与拍摄角度等因素,会影响影像的清晰度与精度。为了提高数据采集的准确性,采集过程通常需要严格控制与优化,如调整拍摄角度、合理规划航线及选择合适的拍摄时机。随着人工智能技术的不断进步,影像数据采集后的处理已进入智能化时代,基于图像识别与深度学习等技术,自动化的特征提取、目标识别及变化检测得以实现,极大地提升了数据处理的效率与精度。

3 内业成图精度分析

3.1 内业地籍图测绘

内业地籍图测绘在土地管理、城市规划及资源利用等领域中,扮演着至关重要的角色。其主要任务是通过对面现状的测量与数据采集,将其转化为地籍图、土地利用图等图纸,为土地登记、权属管理与规划设计提供数据支持。在地籍图的测绘过程中,精度被视为关键要求之一,直接影响地籍图的可靠性与实际应用价值。为确保精度,现代测绘技术与严谨的测量方法常常被结合使用。目前,地籍图的测绘依赖于高精度仪器,如全站仪、GPS 与无人

机,进行现场数据采集。通过这些设备,地块边界、地形特征及现有建筑物的位置等信息能够被精准测量。采集到的原始数据需经过严格的内业处理,其中包括坐标转换、图形绘制与数据整合等步骤。地籍信息管理软件或GIS平台常常用于此过程中,进行信息编辑、校正与优化。在地籍图的精度分析中,测量误差需要被重点关注,同时考虑图纸精度与实际地理环境之间的匹配度。误差的来源包括设备精度、环境因素以及测量方法的差异等,进而,科学的误差修正与调整措施必须在内业数据处理时得到应用。比如,已知点或控制点的数据将被用于比对,误差将被定量分析,并通过适当的修正手段来确保最终生成的地籍图能真实反映地面情况。此外,地籍图的精度分析还应综合考虑图件的空间精度与属性精度。空间精度要求对地块边界、建筑物位置等要素的定位误差控制在合理范围内,而属性精度则要求地块的权属信息、土地使用性质等数据无误^[3]。无论是空间精度还是属性精度,都会直接影响土地管理与规划的决策质量,同时对于产权确认与纠纷解决也具有重要意义。

3.2 界址点精度要求

界址点精度要求是内业成图精度分析中的核心要素,直接决定着地籍图的准确性以及土地权属的确认。在土地测量与地籍图绘制过程中,界址点被用来标定地块边界,是界定土地所有权与使用权的关键依据。由于界址点的精度对土地面积的计算、权属划分以及法律事务的处理具有重要影响,任何细微的误差都可能产生深远的后果。因此,确保界址点的高精度至关重要,通常需要借助高精度测量设备及科学的测量方法。在实际操作中,界址点的精度要求通常由国家及地方的测绘标准进行明确规定。这些标准设定了界址点的容许误差范围,根据项目规模、复杂性与地理环境的不同,精度要求可能会有所不同。对于常规地籍图测绘,界址点的定位误差一般控制在数厘米到分米之间,而对于一些特殊地块或重要项目,精度要求则更为严格,误差容限将更加严苛。为了确保界址点的精度,测量人员常常采用多次测量与交叉验证等方法,以降低误差。此外,还会根据测量设备的性能与精度要求,选择合适的仪器,确保所选设备能够满足项目的精度需求。界址点精度不仅依赖于测量过程中的设备选择与方法,也受到环境因素的影响。周围的建筑物、植被、天气状况等均可能影响测量结果的准确性。因此,在测量前,现场需进行充分勘察与规划,避免潜在干扰源的影响,从而确保数据的高准确性。此外,内业数据的处理也是保证界址点精度的重要环节。在数据采集后,精确的坐标转换、误差分析与修正需进行,以避免因数据处理不当而导致的精度损失。

3.3 测区地物点精度分析

地物点精度分析是内业成图精度分析的关键组成部分,直接影响着地籍图及其他测绘成果的空间准确性与实

用性。在地籍图或相关图纸中,地物点通常指代地块上的显著特征或构筑物的位置,如建筑物、道路、河流、树木等。对于这些地物点的精确定位,对于地形图、规划图以及土地管理和使用的实施至关重要。鉴于其重要性,地物点的精度分析不仅关注测量设备的性能,还涉及整个数据采集、处理及呈现过程的全面评估。地物点的精度要求通常依据测量的目的、应用场景及相关标准进行设定。例如,在城市规划、土地征收或工程建设等领域,地物点的精度要求较高,误差容限通常控制在数厘米到分米之间。而对于低精度要求的应用,如大规模区域监测或土地覆盖分类,精度标准则相对宽松。在实际操作中,地物点精度分析需综合考虑多重因素,包括测量方法、设备精度、测量环境及数据处理过程等。高精度测量设备的使用,如全站仪、GPS、激光扫描仪等,能够在较远距离和复杂地形中精确定位地物点^[4]。然而,即使是最先进的设备,测量结果也可能受到气候变化、地形起伏、设备摆放位置等外界因素的干扰。在内业处理阶段,地物点精度分析的重点是对采集数据进行严格验证与误差修正。通常,通过比对已知控制点数据,精确的坐标转换与误差分析将进行,系统误差与随机误差得以识别与修正。同时,在图形绘制过程中,必须确保地物点位置的准确投影与比例,从而使图纸上的地物点与实际地物的空间关系保持一致。为了进一步提升地物点的精度,测量人员常常采取多次测量、交叉验证等手段,结合不同角度及设备测量结果对地物点进行确认与调整。

4 结语

无人机倾斜摄影测量技术在地籍测量中的应用,测量效率与精度得到了极大提升。通过从多个角度进行影像采集与三维数据重建,这一技术有效解决了传统测量方法在复杂地形及城市环境中所面临的诸多难题。地物信息的全面、迅速获取,得以通过无人机倾斜摄影,同时避免了传统方法中可能出现的误差及盲区。随着技术的不断发展,未来将在地籍测量、土地管理及城市规划等领域,发挥无人机倾斜摄影测量更为重要的作用,推动相关工作朝着更高精度与智能化的方向发展。

【参考文献】

- [1]李同光,符惠伟.无人机倾斜摄影测量技术在地籍测量中的应用研究[J].南方国土资源,2020(11):48-50.
- [2]郝祥坤.无人机倾斜摄影测量在地籍测量中的应用[J].资源信息与工程,2022,37(3):79-81.
- [3]张少凤.浅谈无人机倾斜摄影测量技术在地籍测绘中的实践应用[J].世界有色金属,2021(13):142-143.
- [4]何森.无人机低空倾斜摄影测量在地籍测量中的应用[J].城市勘测,2019(3):96-99.

作者简介:谷荣新(1990.4—),毕业院校:辽宁工程技术大学,所学专业:测绘工程,当前就职单位:辽宁佳泰土地勘测规划有限公司,职称级别:中级。

单波束无人船在河流水库存量测量中的应用研究

杨沛林 高 晴

江苏煤炭地质物测队, 江苏 南京 210000

[摘要]单波束无人船技术在河流水库存量测量中得到了广泛应用。通过高精度的水下声呐设备, 结合无人船的自动导航系统, 能够有效获取水域的水深、地形及水库容量等关键数据。这种技术具有高效、精确、低成本和安全等优势, 相比传统测量方法, 在复杂水域环境下的适应性更强。研究探讨了单波束技术在水库存量测量中的实际应用, 分析了相关技术的优势和挑战, 并提出了相应的优化策略, 为河流水资源管理和水库调度提供支持。

[关键词]单波束技术; 无人船; 水库存量测量; 水资源管理; 测量精度

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15372

中图分类号: P237

文献标识码: A

Application Research on Single Beam Unmanned Ship in River Water Inventory Measurement

YANG Peilin, GAO Qing

Jiangsu Coal Geological Survey Team, Nanjing, Jiangsu, 210000, China

Abstract: Single beam unmanned ship technology has been widely used in river water inventory measurement. By using high-precision underwater sonar equipment combined with the automatic navigation system of unmanned ships, key data such as water depth, terrain, and reservoir capacity can be effectively obtained in the water area. This technology has advantages such as high efficiency, accuracy, low cost, and safety. Compared with traditional measurement methods, it has stronger adaptability in complex water environments. The study explores the practical application of single beam technology in reservoir inventory measurement, analyzes the advantages and challenges of related technologies, and proposes corresponding optimization strategies to provide support for river water resource management and reservoir scheduling.

Keywords: single beam technology; unmanned ship; reservoir inventory measurement; water resource management; measurement accuracy

引言

随着水资源管理需求的不断提升, 传统的水库存量测量方法面临诸多挑战, 尤其是在复杂水域环境下, 准确性和效率往往无法得到保证。单波束无人船技术的出现, 为水库存量测量提供了全新的解决方案。利用其高精度的声呐设备与自动化操作, 能够快速采集大量数据, 并精确反映水库的水深和容量变化。这一创新技术不仅显著提升了测量效率, 也为水资源的科学管理开辟了新的道路。

1 单波束无人船技术概述

1.1 技术原理与发展历程

单波束无人船技术结合了声呐测深技术与无人驾驶船只技术, 为水下数据采集提供了一种高效、安全、精准的解决方案。其基本原理是通过船载声呐系统向水下发射声波, 声波遇到水下物体或海床后反射回收, 系统通过计算声波传播时间来测量水深。无人船平台则通过自动导航技术, 在预设路线或目标水域中自动航行, 完成水深数据的采集任务^[1]。

单波束无人船技术的起源可以追溯到 20 世纪中期, 最初主要应用于海洋测量领域, 随着无人驾驶技术、遥感技术和水下声呐技术的发展, 逐步向内陆水域、水库测量等应用扩展。近年来, 随着全球水资源管理和环境保护需

求的增长, 这一技术在河流水库存量测量中的应用得到了越来越多的关注和研究^[2]。

1.2 无人船平台与声呐系统的组合应用

单波束无人船技术的核心优势之一在于其无人驾驶平台与高精度声呐系统的有机结合。无人船通过搭载先进的自动化导航系统, 能够在水域内进行自主航行, 无需人工操控, 确保长时间、高效率的数据采集。而声呐系统则是无人船技术的关键组成部分, 能够实时获取水域的水深信息, 并通过精准的时间测量计算出水深数据。相较于传统的人工采测, 单波束无人船不仅能够大范围地覆盖水域, 还能够在不干扰水域生态环境的前提下, 获得大量高精度数据。

现代单波束无人船常配备高精度的定位系统, 如差分全球定位系统 (DGPS) 和惯性导航系统 (INS), 确保测量过程中位置信息的准确性。这些技术的结合, 使得无人船能够在复杂的水域环境中进行高效的水下勘测, 尤其在河流、水库等较为狭窄或深浅不一的水域中, 具有传统船只难以比拟的优势^[3]。

随着技术的不断进步, 单波束无人船的应用领域也在逐步拓展。除了河流水库存量测量外, 该技术还被广泛应用于水下地形图绘制、环境监测、航道调查等多个领域,

展现出巨大的潜力和发展空间。

2 河流水库存量测量的传统方法与挑战

2.1 传统测量方法的概述

在河流水库存量测量中,传统方法通常依赖人工采测与测量设备的配合,包括利用水尺、浮标、测深仪和人工巡视等方式。水尺法是通过在水库不同位置设立固定的水尺,根据水位的变化来推算水库存量。浮标法则是通过浮标在水面上漂浮,利用浮标的位移来估算水深。而测深仪则是通过手动放置测深仪器,逐点测量水深,进而计算水库容量。

这些传统方法虽然在早期对水库存量的监测起到了重要作用,但存在着一定的局限性。例如,水尺法受水位变化不及时、地形复杂等因素的影响,容易导致水库存量的估算不准确;浮标法对水流速和风浪的敏感性较高,可能导致浮标位置偏差;而测深仪则需要人工操作,不仅耗时耗力,而且无法高效覆盖大面积水域,尤其在水域复杂或航行困难的地区,其适用性受限。

2.2 传统方法面临的挑战

首先,传统测量方法普遍存在效率低、操作复杂的问题。人工巡测不仅费时且容易出错,尤其在一些难以接近的水域,人工操作的风险和难度大大增加。而且传统设备在数据采集时常常依赖现场人员判断,导致测量误差的不可避免。

在复杂水域中,传统方法难以获得全面且精确的数据。许多河流和水库具有复杂的地形,水深差异较大,传统的手动测量往往只能覆盖有限的区域,无法全面反映整个水域的水深变化。因此,这种方法的结果可能与实际水库存量存在偏差,影响水库的管理和调度决策。

随着环境变化和气候变化的加剧,传统测量方法在快速响应和实时监测方面的不足愈加明显。在多变的水文环境中,传统方法无法及时准确地反映水位和水库容量的变化,造成数据滞后,难以以为实时的水资源调度提供有效支持。

传统方法在面对现代水资源管理需求时,逐渐暴露出种种缺陷,亟需借助新技术来提高测量效率与精度。

3 单波束无人船在河流水库存量测量中的应用优势

3.1 高效性与准确性的提升

单波束无人船技术在河流水库存量测量中的应用,显著提高了测量的效率和准确性。相比传统的人工测量,单波束无人船能够在较短的时间内完成大范围的水深数据采集。通过自动化导航系统,无人船能够精准沿着预设航线进行航行,自动记录水深数据,并通过高精度的声呐设备进行水深测量。其自动化操作减少了人工干预,避免了因人为因素引发的测量误差。此外,现代单波束无人船通常搭载高精度的定位系统(如DGPS),能够在复杂地形中保持准确的定位和路径控制,从而进一步提升测量结果的可靠性^[4]。

无人船在河流水库的测量过程中,能够实现连续、稳定的数据采集,并覆盖较大的水域范围。这种高效性不仅降低了测量的时间成本,还避免了因采样点过少而导致的测量误差,提供了更加全面和精准的水深数据,有助于水库存量的精确计算。尤其在复杂的水域环境中,传统测量方法难以有效获取足够的测量数据,而单波束无人船凭借其灵活的操作性和广泛的适应性,能够克服这些难题。

3.2 安全性与操作便捷性的优势

单波束无人船在河流水库存量测量中的另一大优势在于其较高的安全性与操作便捷性。传统的人工测量往往需要人员进入水域,特别是在深水区或水流湍急的地方,存在一定的安全隐患。无人船技术的应用使得工作人员能够在岸上进行遥控操作,完全避免了人工进入危险水域的风险。无人船平台本身具备较强的稳定性和自适应能力,能够在多变的水文环境下进行自主航行,确保测量任务的顺利完成。

单波束无人船的操作也相对简单。现代无人船配备了先进的控制系统,用户只需要通过简单的设置与指令即可完成任务规划与航线设定。无人船在航行过程中,能够自动避开障碍物,自动调整航速,适应不同的水流与天气条件,从而减少了人工操作的复杂性。其无人驾驶特性使得测量工作不受时间、天气和人员限制,可以实现24小时不间断测量,为水资源管理提供更加灵活和高效的数据支持^[5]。

4 单波束技术在水库存量测量中的数据处理与分析

4.1 数据采集与处理流程

单波束技术在水库存量测量中,首先通过无人船平台搭载的声呐设备进行数据采集。无人船沿着预设航线行驶,声呐系统向水下发射声波,声波遇到水下物体或海床后反射回收,经过计算得到水深数据。声波反射的时间间隔与传播速度相乘,可精确测量水深。无人船的自动导航系统确保了整个航程的高效性与精确性,能够覆盖广泛的测量区域,实时记录下各点的水深信息。

在数据采集完成后,采集到的原始数据需要经过一系列的处理与分析。首先是数据的清洗过程,即剔除不符合标准的噪声数据和错误数据。由于水面波动、环境噪声或仪器误差等因素,部分采集数据可能存在误差,因此需要通过算法和滤波技术进行去噪。清洗后的数据会进行坐标校正,通过差分GPS等定位系统对数据点进行精确定位,确保每个数据点的空间位置精确无误。

水深计算公式:

$$h = \frac{c \Delta t}{2}$$

其中: h 为水深(单位:米); c 为声波在水中的传播速度(单位:米/秒); Δt 为声波从发射到接收的时间差(单位:秒)。

接下来,数据会进入分析阶段。基于水深数据与水域地理信息,利用数字地形模型(DTM)对水库的水底地形进行重建。这一过程将原始水深数据转化为水底地形图,帮助用户直观地了解水体的形态、地形起伏等关键信息。数字水库模型则将水深数据与水库的容量模型相结合,通过水库的调度规则进行容量分析,预测不同水位条件下的水库存量变化。根据水库容量模型,水库存量 V 可以通过以下公式计算: $V = \int h(x, y) \cdot dA$ 其中: V 为水库存量(单位:立方米); $h(x, y)$ 为坐标点 (x, y) 处的水深; dA 为小面积单元(单位:平方米)。

表1 单波束技术数据处理流程

步骤	描述	关键技术与工具
数据采集	使用无人船搭载声呐设备进行数据采集	无人船平台、声呐系统
数据清洗	剔除噪声和错误数据,进行去噪处理	滤波技术、算法
坐标校正	利用差分GPS等技术对数据进行精确定位	差分GPS、定位系统
数据分析	基于水深数据与水域地理信息进行数字地形建模	数字地形模型(DTM)
容量分析	基于水库容量模型进行不同水位下的容量分析	数字水库模型、容量分析工具

4.2 测量精度与误差控制

单波束技术在水库存量测量中,其测量精度是影响结果可靠性的重要因素。在数据处理过程中,精度控制尤为关键。首先,误差来源包括水深测量误差、定位误差和地形模型误差等。在水深测量方面,声呐系统的分辨率与精度直接影响测量结果的准确性。为了确保测量精度,现代单波束系统常采用高频声呐设备,能够提供较高的测量分辨率,并减少因水体条件(如水温、盐度)变化引起的误差。

定位误差是影响单波束技术精度的另一个因素。由于水库及河流通常存在复杂的水下地形,定位系统的精度对数据的准确性至关重要。为解决这一问题,单波束无人船平台一般配备高精度的差分GPS(DGPS)或惯性导航系统(INS),通过多重定位手段修正误差,保证数据的准确性。

在数据分析阶段,地形建模和容量计算过程中也可能出现误差,特别是在水深变化较大或地形起伏复杂的区域。因此,在处理过程中,通常会进行多次数据采集与多角度分析,通过数据融合技术和误差修正算法,减少由于单一数据来源产生的偏差,确保结果的可靠性与精度。

5 单波束无人船技术的优化与未来发展方向

5.1 技术改进与创新点

随着单波束无人船技术在河流水库存量测量中的广泛应用,针对其性能和应用场景的进一步优化已成为技术发展的核心目标。首先,声呐系统的改进是优化的一

个重要方向。当前,单波束声呐系统虽然能提供较为精确的水深数据,但在一些复杂水域(如水草繁茂、深水区域等)中的表现仍然存在一定局限。因此,未来可以通过开发更高频率、更宽频段的声呐系统,以提高在特殊环境下的探测能力,尤其是在浅水或深水区域的测量精度。

定位系统的进一步提升将为数据的精确性提供更强保障。尽管目前的差分GPS(DGPS)技术已经相当成熟,但在一些复杂或偏远的地区,信号弱或缺失的情况时有发生,这时精度控制就会受到影响。未来可以结合惯性导航系统(INS)和激光雷达(LiDAR)技术,进行更精确的三维定位与导航,尤其在动态环境下,能够确保无人船的航行路径和测量点的精度。此外,传感器融合技术的应用也将是提升定位与测量精度的重要手段。

单波束无人船的自主导航系统也是技术优化的关键。当前,无人船在航行过程中主要依赖预设航线进行导航,虽然其操作便捷,但在复杂水域或水面障碍物较多的环境下,可能会影响航行安全和效率。因此,未来的优化方向应集中在自主避障技术的提升上,通过集成更先进的传感器(如超声波、视觉传感器等),使无人船在不规则水域中能够更好地进行避障、动态路径规划和实时调整,提升其在复杂环境中的适应性和安全性。

5.2 应用前景与挑战分析

单波束无人船技术未来有着广阔的应用前景,尤其是在水资源管理、环境监测、灾害评估等领域。随着技术的不断进步,单波束无人船将在更多类型的水域中得到应用,尤其是在小型水库、偏远地区和恶劣环境中的优势将更加突出。例如,在一些难以到达或人力无法进入的水域,单波束无人船能够高效、安全地进行测量,为水资源管理和决策提供更准确的数据支持。

随着应用领域的拓展,单波束无人船技术也面临一些挑战。首先,技术标准和规范的缺乏可能会导致不同系统之间的数据兼容性差,影响测量结果的统一性和数据共享。其次,虽然单波束无人船在自动化和精度控制方面已取得显著进展,但在极端天气、强水流等恶劣环境下,其稳定性和可靠性仍需进一步提升。此外,操作人员对无人船技术的掌握程度和对复杂水域的适应性要求,也使得相关技术的普及和培训成为未来发展的重点。

6 结语

单波束无人船技术在河流水库存量测量中的应用,凭借其高效、精准、安全的优势,已成为水资源管理的重要工具。随着声呐系统、定位技术和自主导航能力的不断优化,该技术在复杂水域环境中的应用前景广阔。然而,仍需克服技术标准、极端环境适应性等挑战,才能实现更加广泛和高效的应用。未来,随着相关技术的不断创新与完善,单波束无人船将在水资源管理和环境监测领域发挥更

大作用。

[参考文献]

- [1]马传宁,王明亮,关辅兴,等.基于 HLJCORS 的单波束测深系统在水下地形测量中的应用[J].测绘与空间地理信息,2024,47(1):9-11.
- [2]周海春,金裕平.基于单波束条带测深仪的大中型水库水下地形图测绘方法[J].北京测绘,2024,38(10):1498-1503.
- [3]马海波,来向华,胡涛骏,等.基于无人机摄影测量的潮间带单波束测深空间插值精度评估[J].海洋学研究,2024,42(1):83-90.
- [4]沙红良,费新龙,叶飞,等.声惯一体单波束测深系统在长江河道勘测中的应用[J].测绘通报,2022(9):162-166.
- [5]吴敬文,潘与佳,高健,等.复杂水域精密单波束测深关键技术研究[J].人民长江,2019,50(12):51-54.

作者简介:杨沛林(2001.8—),毕业院校:南京晓庄学院,所学专业:地理信息科学,当前就职单位名称:江苏煤炭地质物测队;高晴(1996.4—)毕业院校:扬州大学,所学专业:土木工程,当前就职单位名称:江苏煤炭地质物测队。

地籍测量与大比例尺地形图测绘的对比及优势

吴东光

大连市勘察测绘研究院集团有限公司, 辽宁 大连 116021

[摘要] 文中对地籍测量与大比例尺地形图测绘进行了对比分析, 探讨了它们的异同及各自的优势。地籍测量主要关注土地的权属和边界, 而大比例尺地形图测绘则侧重于地表地物的详细描述。尽管两者在目的、精度和测量方法上存在差异, 但在基础理论和测量原则等方面有许多相似之处。文章还探讨了如何结合地籍测量数据和大比例尺地形图, 充分发挥两者的优势, 以提高测量精度、降低成本并提高工作效率。

[关键词] 地籍测量; 大比例尺地形图; 地形图测绘; 对比及优势

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15349

中图分类号: TD1

文献标识码: A

Comparison and Advantages of Cadastral Surveying and Large-scale Topographic Mapping

WU Dongguang

Dalian Institute of Investigation and Surveying Mapping Group Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116021, China

Abstract: This article compares and analyzes cadastral surveying and large-scale topographic mapping, explores their similarities and differences, and their respective advantages. Cadastre surveying mainly focuses on the ownership and boundaries of land, while large-scale topographic mapping focuses on detailed descriptions of surface features. Although there are differences in purpose, accuracy, and measurement methods between them, there are many similarities in basic theory and measurement principles. The article also explores how to combine cadastral survey data and large-scale topographic maps to fully leverage their advantages, in order to improve measurement accuracy, reduce costs, and enhance work efficiency.

Keywords: cadastral surveying; large scale topographic map; topographic mapping and surveying; comparison and advantages

引言

地籍测量与大比例尺地形图测绘, 作为现代测绘技术的核心内容, 各自具备独特的职能与应用领域。地籍测量, 主要围绕土地的权属、界线及用途展开, 旨在为土地的管理、规划与利用提供法律依据及技术支持。边界的精准测量及地籍要素的详细记录, 使得地籍测量能够为土地管理者提供明确的土地界定及权属关系。而大比例尺地形图测绘, 则着重于地表地物的精确刻画, 反映地形、地貌以及自然与人文地物的空间分布, 其主要目的是为基础设施建设、城市规划与环境保护等领域提供地理空间数据。尽管这两项测量在测量目的、方法及技术手段上存在差异, 它们在实际应用中却常常是相辅相成的。通过共享并结合两者的优势, 能够为土地管理、城市建设及资源规划等领域提供更加全面与精确的数据支持。本文将深入探讨两者的异同, 分析其在应用中的优势, 并探讨如何合理结合这两项测量资料, 以最大化它们在实际工程中的综合效益。

1 地籍测量与大比例尺地形图测绘的共同点

1.1 依据的基础理论与方法相同

地籍测量与大比例尺地形图测绘, 在基础理论与方法上存在较高的相似性。依托测量学、几何学与地图学等学科的基本理论, 两者都采用了相似的技术手段与测量方法来获取地表信息。在实际操作中, 精密的仪器设备, 如全

站仪、GPS 接收机等, 均被用来精确确定地物的空间位置与关系。测量精度的控制, 对于两者来说, 都至关重要, 通过严密的误差分析与修正手段, 确保了测量结果的可靠性与准确性。此外, 在数据采集、处理及表达过程中, 统一的测量标准与规程被严格遵循, 确保了过程的一致性。无论是在数据采集的流程、坐标转换、投影方式, 还是在图形化表示上, 地籍测量与大比例尺地形图测绘的理论框架与技术路径, 几乎完全一致。

1.2 遵循的测图原则相同地籍图测量和大

地籍测量与大比例尺地形图测绘, 在遵循的测图原则上, 具有显著的相似性。准确且真实地反映地物的空间位置与形态, 是两者共同的要求, 确保绘制的图纸与实际地形相符。在测绘过程中, 图纸的清晰度与可读性被高度重视, 地物以规范化的方式表示, 从而确保图幅上的每个元素都能精确传递地理信息。此外, 比例尺一致性原则也被两者遵循, 确保图纸上的比例尺与实际地面之间的比例关系无误, 使得测绘成果能够有效地应用于土地管理或工程设计中。精度控制, 作为共同遵循的原则之一, 要求将测量误差控制在合理范围内, 从而保障了图纸的精确性与可靠性。标准化与一致性同样是关键原则, 在测绘过程中, 每一环节、每一个数据采集点, 甚至每一条测量线, 都必须符合行业标准与规范, 以确保最终成图结果的可比性与可重复性。

1.3 采用的投影方式和坐标系统相同当长度变形值不大于2

地籍测量与大比例尺地形图测绘,在投影方式与坐标系统的选择上高度一致,尤其是在长度变形值不超过2时,通常采用相同的投影方式与坐标系统。这是因为投影方式与坐标系统对于图纸上地物位置的准确性及比例关系,起着至关重要的作用。为了确保测量数据的精度,常见的平面坐标系,如高斯-克吕格投影或经纬度坐标系,广泛应用于地籍测量与大比例尺地形图测绘。在实际应用中,这些坐标系能够有效地将地球表面三维空间转换为二维平面,从而确保图幅上各点位置的精确表达^[1]。尤其在较小范围的测量中,投影变形较小,长度变形值通常保持在2以内,确保了测量精度符合规范要求。统一的投影方式与坐标系统,使得地籍图与大比例尺地形图在空间位置上能够直接对接,避免了因坐标系统差异导致的数据不一致,从而提高了数据的可比性与可用性。

1.4 采用的图幅分幅方法及编号相同地籍

地籍测量与大比例尺地形图测绘,在图幅分割与编号方法上的一致性,确保了测绘成果的规范性与操作性。相同的分幅标准通常被采用,将测绘区域划分为多个较小的单元图幅,这种方式不仅便于数据的管理与存储,也使得来自不同区域的测量成果能够在空间上统一与整合。图幅的划分,依据一定的比例尺与地图使用需求,按照规定的尺寸与比例进行切分,确保了每个图幅内容的独立性与完整性。此外,图幅编号也遵循统一标准,通常采用连续编号或网格编号的方式进行标识。通过这种编号方式,每个图幅能够准确地对应实际地理位置,便于日后进行查找、更新与应用,从而确保了数据的高效管理与使用。

2 地籍测量与大比例尺地形图测绘的不同点

2.1 测图目的不同

地籍测量与大比例尺地形图测绘,在测图目的上存在显著差异,这一点在二者的应用领域与实施方法上形成了重要区分。地籍测量的核心目的是为土地权属管理提供精准的数据支持,聚焦于明确土地的边界、权属及用途等关键信息。其关注点主要集中于土地的法律属性,通过高精度的测量,为土地登记、交易、征收及补偿等活动提供法律依据。为了确保精确性,在界线划定与权属确认时,地籍测量尤其强调细节与准确度,要求达到较高的精度标准。相比之下,大比例尺地形图测绘的主要任务是呈现地表地物与自然环境的客观面貌。其测绘目标,详细记录地物、地貌、建筑等要素,为城市规划、工程设计及环境保护等领域提供重要的空间信息。大比例尺地形图侧重于准确表达地物的空间位置与形态特征,重点描绘地表现象的自然状态,而不涉及土地的法律属性或权属问题。

2.2 测图要素选择不同

地籍测量与大比例尺地形图测绘在测图要素的选择

上存在显著差异。地籍测量的核心任务,是体现土地的权利、边界及用途,因此,在要素选择上,更加侧重于土地的法定边界、权属界线、地类划分、地籍号以及宗地面积等信息。这些要素,对于土地的登记、转让、征收等法律事务至关重要,必须在图纸上清晰标示,以确保土地权属的合法性与准确性。地籍图中的要素,通常与土地的法律属性紧密相连,一些地物要素,如建筑物、道路、河流等,可能会被简化或不予描绘,以避免影响土地权属的表述。相比之下,大比例尺地形图测绘则侧重于描绘地表上的自然与人工地物,如建筑物、道路、河流、山脉、湖泊等,广泛应用于地形分析、工程设计与城市规划等领域。在测图要素的选择上,地形图强调地物的空间位置、形态及分布,力求全面、准确地反映实际地貌。地形图中的地物细节,更加丰富,涵盖了更多的自然景观与人工构筑物,注重地物的详细表现。

2.3 图上表示的内容不同

地籍测量的地籍图测绘首先需要考虑土地权属、权属关系、土地用途等多个方面的内容。地籍图中展示的许多现象往往是地表上无法直接观察或量测的,例如地籍号、地类号、权属界线等,因此,地籍要素在图中得以充分、细致地反映。此外,地籍测量要求地籍图所表示的内容必须与地籍调查中收集的信息完全一致,保持高度的准确性与一致性^[2]。与此不同,大比例尺的地形图测绘则更注重客观反映地表上的地物与地貌景观,而具体的专业内容通常需要用用户的应用时根据需求补充。

2.4 测量点位精度要求不同

地籍测量与大比例尺地形图测绘在测量点位的精度要求上,存在明显差异。地籍测量的主要目标,是准确界定土地的边界与权属界线,这直接关系到土地的法律属性,因此,对测量点位的精度要求,必须非常严格。为了确保每个界址点的坐标精确反映实际地物位置,地籍测量通常要求在高精度下进行,避免因误差引发土地权属争议。在地籍图中,点位精度直接影响土地面积与边界的准确性,测量误差通常要求控制在毫米级别,甚至更高精度,尤其是在小宗地或复杂地形的测量中,精度要求尤为苛刻。相比之下,大比例尺地形图测绘,虽然同样需要一定的精度以反映地物的空间位置,但其关注的重点是地物的形态、分布与外部特征,精度要求则相对宽松。地形图中的测量点位,主要用于体现地表现象的整体形态,点位误差对整体地形的影响较小,因此,精度要求通常限定在分米级或厘米级,适用于地形分析、规划或设计等方面。

2.5 测图程序不同

地籍测量与大比例尺地形图测绘在测图程序上,存在一定差异,这主要源自它们各自的应用目的与测量内容的不同。地籍测量,通常要求遵循较为严格的程序,因为其成果直接关系到土地权属、法律事务及土地管理等关键事

项。地籍测量的程序,通常包括多个环节,从初步的地籍调查到实际的界址测量,再到数据整理与图形绘制,每一阶段,都必须确保数据的准确性与一致性。特别是在界线确定与权属调查时,往往需要结合现有的土地登记资料与现场测量数据,进行反复核对与校准,确保图纸上每个细节与实际情况高度匹配^[3]。在测量过程中,地籍测量,还涉及对历史数据的核查、测量点的精准定位及宗地数据的全面确认等工作。相比之下,大比例尺地形图测绘,主要聚焦于地物与地形的客观表达,其测量程序通常较为简化。大比例尺地形图测绘的流程,侧重于直接测量地物与地形现象,并通过图形呈现,通常包括野外测量、数据采集及图纸绘制等步骤,重点是精准展示地物的空间分布与形态特征。其程序较为灵活,通常不涉及繁琐的历史数据处理,更多依赖于现场测量结果。

2.6 测量方法不同

地籍测量与大比例尺地形图测绘在测量方法上,存在显著差异,这主要体现在测量目的、技术手段以及操作流程等方面。地籍测量,要求较高的精度,特别是在边界界址的测定上,测量方法较为严谨。通常,地籍测量结合传统的全站仪测量、GPS 定位技术及地籍调查等多种手段,以确保土地边界的准确划定及权属的清晰确定。每一个测量点,通常都需要进行多次验证,确保所绘制的地籍图与实际土地状况相符,这也是地籍测量中的重要环节。此外,地籍测量,还需参考与比对历史文献及相关法律文件,以保障测量结果在法律上的效力与准确性。相比之下,大比例尺地形图测绘,则更侧重于地物空间位置、形态及分布的表达,测量方法较为灵活。该领域,常依赖现代技术,如全站仪、激光扫描、遥感影像等工具来进行测量。精度要求,相较于地籍测量,较为宽松,重点则在于快速而全面地记录地物信息。在面对复杂地势或大范围区域时,地形图测绘,通常选用航空摄影测量或卫星遥感技术,结合数字化技术处理大量的地形数据。

3 充分发挥地籍测量与大比例尺地形图测绘的优势

3.1 利用大比例尺地形图编绘地籍图

地籍图的制作需要依赖多种地物要素,以便清晰地展示地籍要素的空间位置和特征。采用现势性良好、精度高的大比例尺地形图或航片影像图作为底图,通过从底图中选择或叠加所需的地物信息,结合野外采集的界址点坐标及修测、补测数据,再根据核实后的宗地勘丈数据进行地籍图编绘。这种方法不仅能确保成图的精度,缩短成图周期,降

低成本费用,还能满足土地管理的实际需求。因此,这种方式在建制镇和村庄的地籍测量中具有广泛的应用前景。

3.2 利用地籍测量资料更新大比例尺地形图

将地籍测量资料用于更新大比例尺地形图,已成为两者优势互补的有效途径之一。通过精确的边界界址测量及土地权属信息的采集,地籍测量,提供了高精度的地块边界数据及详细的土地利用信息,而这些内容,在大比例尺地形图中,往往较为简略或未作充分展示。通过结合地籍测量资料,地形图的精度与信息量得到了显著提升,尤其是在展现土地利用现状、地块分割与权属关系等细节方面。实际操作中,地籍测量提供的宗地勘丈数据、权属界线及土地类别等信息,能够借助地形图的基础数据框架进行精确叠加与更新,最终形成具有法律效力且具备实际应用价值的更新版地形图^[4]。采用这种方法,不仅能够增强大比例尺地形图在土地管理、规划及开发等领域的适用性,还能够确保图纸内容的时效性与精准性。此外,利用现有地籍测量资料更新地形图,显著减少了重新测量与数据采集的工作量,降低了项目成本,缩短了更新周期,从而提升了工作效率。

4 结语

地籍测量与大比例尺地形图测绘,在各自的应用领域中,展现了独特的优势。尽管两者在测量目的、方法及精度要求等方面存在差异,但在基础理论、测量原则及投影坐标系统等方面,它们保持了高度一致性。通过合理结合这两种测绘数据,不仅能够提升测量精度,缩短作业周期,还能够有效降低成本,优化资源配置。由此,在土地管理、城市规划与基础设施建设等领域,这种结合应用,展现出广阔的发展前景及重要的实际意义。各自优势的充分挖掘,将为相关行业提供更加精准、经济且高效的测绘解决方案。

【参考文献】

- [1]张云岭,张恩江.浅析地籍测量与大比例尺地形图测绘的异同点[J].黑龙江科技信息,2009(18):16.
- [2]秦俐.地籍测量与大比例尺数字测图方法的探讨[J].西部探矿工程,2011,23(2):175-176.
- [3]许新生.地形图测绘及其应用前景的探析[J].居业,2018(2):11-13.
- [4]刘付领.地籍测量中大比例尺地形图的应用探究[J].江西建材,2014(19):194.

作者简介:吴东光(1987.12—),毕业院校:河海大学,所学专业:测绘工程,当前就职单位:大连市勘察测绘研究院集团有限公司,职称级别:中级。

物探技术在岩土工程勘察中的优化策略探究

肖 鹏

宁波冶金勘察设计研究股份有限公司, 浙江 宁波 315194

[摘要]物探技术在岩土工程勘察中具有重要应用价值,通过精确探测岩土体特性,为工程建设提供可靠的基础数据。文章分析了物探技术的基本原理与方法,探讨了在岩土工程勘察中应用物探技术的优势与挑战。结合案例分析,提出了针对性优化策略,旨在提高物探技术在复杂地质条件下的准确性与效率,推动岩土工程勘察质量的提升。通过对物探技术发展趋势的研究,提出了未来技术融合和创新应用的方向,为工程勘察领域提供理论指导和实践支持。

[关键词]物探技术;岩土工程勘察;优化策略;地质勘探

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15335

中图分类号: TU452

文献标识码: A

Exploration on Optimization Strategy of Geophysical Exploration Technology in Geotechnical Engineering Investigation

XIAO Peng

Ningbo Metallurgical Survey and Design Research Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315194, China

Abstract: Geophysical exploration technology has important application value in geotechnical engineering investigation, providing reliable basic data for engineering construction by accurately detecting the characteristics of rock and soil mass. The article analyzes the basic principles and methods of geophysical exploration technology, and explores the advantages and challenges of applying geophysical exploration technology in geotechnical engineering investigation. Based on case analysis, targeted optimization strategies are proposed to improve the accuracy and efficiency of geophysical exploration technology under complex geological conditions, and promote the improvement of the quality of geotechnical engineering investigation. Through the study of the development trend of geophysical exploration technology, the direction of future technology integration and innovative application has been proposed, providing theoretical guidance and practical support for the field of engineering exploration.

Keywords: geophysical exploration technology; geotechnical engineering investigation; optimization strategy; geophysical exploration

引言

岩土工程勘察作为工程建设的基础环节,其精度直接影响到后续设计与施工的安全性及稳定性。随着岩土工程勘察需求的增加,传统勘探手段已难以满足日益复杂的地质条件要求。物探技术凭借其非破坏性、实时性和高效性,逐渐成为岩土工程勘察中的主流方法。尽管物探技术在实践中取得了显著进展,但如何在复杂地质环境下提高其精确性与可操作性,仍是当前技术面临的主要挑战。本文旨在探讨物探技术在岩土工程勘察中的精准探测应用与优化策略,提升勘察质量。

1 物探技术概述

1.1 物探技术的基本原理

物探技术,作为岩土工程勘察的核心手段,基于地球物理学的原理,通过探测地下岩土体的物理性质,如密度、电导率、弹性波速度等,推测地下结构的分布与特征。其基本原理是利用地下物质对外界物理场(如重力场、电场、磁场、声波等)的反应差异,进行探测与分析。不同物理性质的变化可以反映出地下岩土层的类型、结构、深度等信息,进而推测出地下的复杂情况。地震勘探:通过分析

地震波的传播速度、波形、反射等特征,判断地下岩土层的性质、厚度和分布。该方法特别适用于岩土体深层勘察^[1]。

电磁勘探:利用电磁波在地下不同物质中的传播速度差异,分析地下结构的变化,适用于测定岩土的电导率和湿度等特性,特别适合浅层勘察。重力与磁力勘探:通过测量地下岩层引起的重力和磁场异常,分析地下地质体的结构、分布与深度。这些方法适用于大型区域的初步勘探,能够高效覆盖大范围地质勘查。

每种物探方法都具有其独特的优势和适用场景,能够针对不同的地质条件和勘察需求提供有效支持。地震勘探,作为一种常见的物探手段,在深层岩土体的勘察中表现出较高的准确性。通过分析地震波的传播特性和反射信号,地震勘探可以精准识别地下结构、岩层分布及其变化,尤其适用于岩土体较深、地层结构复杂的区域。然而,地震勘探在浅层结构的分辨率和精度上相对较弱。相比之下,电磁勘探在浅层结构的勘查中具有较强优势,尤其擅长探测土壤湿度、电导率等物理特性,适用于分析浅层土壤和水文条件的变化。两者各有侧重,通过结合不同物探方法,可以有效弥补单一方法的局限性,提供更全面和精确的地

下信息,从而实现对不同地质环境和勘察目标的最佳适配。

1.2 物探技术的发展历程

物探技术的应用起源可以追溯至 20 世纪初,当时的物探手段主要依赖简单的重力和磁力勘探,用于浅层岩土体的勘察。随着科技的发展,尤其是电子技术和计算机技术的进步,物探方法逐渐多样化,并且精度和效率大幅提高。20 世纪 50 年代至 70 年代,随着地震勘探方法的成熟,物探技术得到了广泛应用,尤其是在石油、天然气勘探领域,极大地推动了地质勘查行业的发展。

进入 21 世纪后,数字化技术、遥感技术和人工智能的快速发展,对物探技术的应用产生了深远影响。数字化技术使得数据采集与处理更加精确和高效,遥感技术则可以在不接触地下的情况下获取大范围的地质信息。人工智能尤其是机器学习的加入,为物探数据的解译和处理提供了更强的算法支持,能够通过大数据分析实现更精准的地下结构预测。

物探技术的发展也逐步从单一方法向综合性、多方法并用方向发展。许多项目中,研究人员常常将不同物探方法结合使用,以弥补单一方法的不足,提升整体勘察精度和数据解译的可靠性。这一趋势促进了物探技术的深度融合,形成了更加高效、准确的勘探模式。物探技术不仅在传统的矿产勘探、石油天然气勘探领域得到广泛应用,也在岩土工程、环境保护、建筑设计等领域展现出了巨大的潜力和应用前景。随着新技术的不断加入,物探技术将继续朝着高精度、多功能方向发展,推动岩土勘查行业的技术革新。

2 物探技术在岩土工程勘察中的应用

2.1 在工程选址中的应用

在岩土工程的初步勘察阶段,物探技术起到了关键作用,尤其是在选择建设地点时。工程选址的合理性直接关系到项目的安全性和经济性。物探技术能够有效识别潜在的地质灾害隐患,如滑坡、地震带、沉降区、液化区等不稳定地质区域。通过对目标区域进行地震勘探、重力勘探、电磁勘探等多种物探方法的联合应用,可以迅速获取地下岩土层的分布情况,确定地下水位、岩层厚度、土壤类型等重要参数,为工程建设提供可靠的地质数据支持。

物探技术在选址阶段的优势在于其非破坏性,可以快速、准确地对大面积区域进行勘察,避免了传统钻探方法对土地的破坏和对地下结构的影响。通过这些探测数据,工程师可以评估地下条件是否适合工程建设,并避免进入地质条件复杂或有安全隐患的区域。例如,在桥梁、隧道、高层建筑等工程项目中,利用物探技术可以有效避免选址在软弱土层、岩层破碎带或地下水过多的区域,降低项目后期施工的风险,节约成本并提高工程安全性^[2]。

2.2 在岩土体结构分析中的应用

物探技术在岩土体结构分析中的应用同样至关重要。

在岩土工程勘察中,准确了解地下岩土体的结构特征是进行设计与施工的基础。通过物探技术,尤其是地震勘探和电磁勘探,能够为岩土体的厚度、分布、密实度等参数提供精准的数据支持。地震勘探能够帮助勘察人员通过分析地下不同层次对地震波的传播特性,推测出岩土层的厚度、构造及其变化。利用反射波的传播特性,能够识别地下岩土体的分布形态,以及不同地质体之间的界面。电磁勘探则可以通过对电导率的变化进行测量,分析土壤或岩层的湿度、密度及其他物理属性,从而推测岩土层的组成与稳定性。

通过这些技术的结合,物探技术能够在不直接钻探的情况下,对地下结构进行详细分析。为后续的岩土力学分析提供数据基础,尤其在进行基础设计、地基处理和施工方案选择时,物探数据能够为工程师提供必要的支持。比如,在进行深基础设计时,准确的地下岩土结构信息可以帮助确定基础的深度和类型,从而优化设计,减少后期施工中的不确定性与风险。物探技术通过提供精确的地下结构数据,在岩土工程中发挥着至关重要的作用,不仅提高了勘察效率,也为后续的工程设计与施工奠定了科学基础。

3 物探技术在复杂地质环境中的挑战与问题

3.1 复杂地质条件下物探数据的准确性问题

在复杂地质环境中,物探技术的准确性受到多种因素的影响,主要表现为信号干扰和测量精度降低。这些问题导致探测结果的不确定性增大,直接影响到勘察数据的可靠性和后续工程决策的准确性。复杂地质条件下地下岩土层的异质性较强,不同地层之间物理性质差异大,如密度、电导率等差异可能导致物探信号的衰减或反射。尤其是在多层地质环境中,浅层地质信号容易被深层结构的干扰信号所掩盖,使得浅层数据的探测精度难以保证。

地质环境中的水文条件、土壤湿度、地下水位等因素也会影响物探技术的效果。比如,在湿润或含水量较高的区域,电磁勘探中电场信号可能受到地下水的屏蔽或偏移,导致测量结果出现较大偏差。此外,地震波在某些地质体中传播速度较慢或反射效果不明显,增加了对地下结构的识别难度。复杂的地形和多样化的地质构造,也会加剧这些问题,导致物探数据在处理和解译过程中出现更多的不确定性。为了应对这些挑战,物探技术需要结合多种手段进行数据融合,并加强数据处理算法的优化,以提高勘察结果的准确性^[3]。

3.2 物探设备和技术的局限性

尽管物探技术在岩土工程勘察中得到广泛应用,但现有的物探设备和技术仍存在一定的局限性,尤其在深度探测、分辨率、数据处理等方面难以满足高精度勘探需求。

传统的物探设备在深度勘探时的能力有限,尤其是在对深层岩土体的探测中,信号的衰减和噪声干扰会导致探测精度显著降低。深层勘探所需的高灵敏度和高分辨率设

备, 仍然存在技术上的瓶颈, 使得在复杂地质条件下, 物探结果的准确性大打折扣。物探技术的分辨率问题也是一个难以突破的技术瓶颈。现有设备往往在某些地质体的微小结构或精细特征的探测上存在不足, 尤其是在软土、碎屑层等较为复杂的土壤和岩层中, 难以有效识别其细微差异。这不仅影响了勘察深度的准确性, 还增加了后续设计和施工阶段的风险。

数据处理技术也是物探技术的一大限制因素。物探数据通常需要大量的处理和解译工作, 在复杂地质环境下, 传统的数据处理方法常常无法提供精准的地下结构分析。虽然一些先进的处理方法如反演算法、人工智能等已被应用于数据处理, 但仍存在算法适应性和计算能力的限制, 难以处理更复杂的地质结构。要提升物探技术在复杂地质环境中的应用效果, 亟需进一步提升设备的探测能力、提高技术的分辨率, 并优化数据处理方法, 以满足高精度勘探的需求。

4 物探技术优化策略

4.1 多方法联合探测

多方法联合探测是一种有效的优化策略, 通过结合不同物探方法的优势, 克服单一方法在复杂地质环境中的局限性。这种策略能够提供更全面的地下信息, 显著提高探测精度, 尤其在面对复杂的地质结构时表现突出。

不同的物探方法具有各自的适用范围和特性, 单一方法往往在面对异质性强、层次复杂的地质条件时难以获得准确的探测数据。例如, 地震勘探适用于分析深层地质结构, 但对于浅层的软土层探测效果较差; 而电磁勘探在浅层地质体的勘测中效果较好, 但对于深层硬岩的探测能力有限。通过将地震勘探、电磁勘探、重力勘探等方法结合使用, 能够充分利用各方法的优势, 获得更为精确的地下数据。联合探测不仅能够提高数据的可靠性, 还能在一定程度上减小不同探测方法之间的误差, 提高勘察的整体质量^[4]。

4.2 高精度设备与先进技术的应用

随着科技的不断进步, 物探设备的精度和灵敏度得到了显著提升, 采用高精度传感器和先进技术是提升物探效果的重要手段。高精度传感器能够提供更精细的测量数据, 减少信号衰减带来的影响, 提高探测深度和分辨率。

随着大数据和人工智能技术的发展, 物探数据的处理能力也得到了显著提高。先进的数据处理算法可以帮助对复杂的物探数据进行精确分析, 自动化处理和解译, 使得数据的解读更为高效和准确。例如, 机器学习和深度学习算法能够自动识别地下岩土体的特征, 发现传统方法难以识别的细节。通过这些技术的结合, 物探数据的处理效率

和精度都得到了显著提升, 尤其在复杂地质环境下, 可以有效克服信号噪声和干扰问题, 提升勘察结果的可靠性。

4.3 数据融合与模型优化

数据融合技术是提高物探技术精度和可靠性的有效手段。通过将物探数据与钻探、地质实验数据进行结合, 可以综合多种信息, 提高地下结构分析的精度。在传统的勘察方法中, 物探数据通常依赖单一来源, 可能存在一定的偏差或局限性。而通过数据融合, 可以将物探、钻探、遥感等多来源数据进行融合, 获得更为全面和准确的地下信息^[5]。

利用模型优化算法对这些数据进行精确分析和预测, 是提升勘察效果的关键步骤。通过构建地下地质模型, 并通过反演算法对物探数据进行优化处理, 可以更准确地预测地下岩土体的分布、特性和厚度等重要参数。这种优化后的模型能够为后续的工程设计提供更可靠的数据支持, 从而提高工程的安全性及施工的可行性。通过多方法联合探测、高精度设备与先进技术的应用, 以及数据融合与模型优化的综合运用, 可以显著提升物探技术在复杂地质环境中的应用效果, 确保岩土工程勘察的高精度与高可靠性。

5 结语

物探技术在岩土工程勘察中的应用, 为复杂地质条件下的工程设计提供了宝贵的数据支持。然而, 随着地质环境的复杂性增加, 现有物探技术面临着精度和效率的双重挑战。通过多方法联合探测、高精度设备的使用以及先进数据处理技术的引入, 可以有效提升物探技术在岩土勘察中的应用效果。未来, 物探技术有望与人工智能、大数据分析等新兴技术深度融合, 不断推动岩土工程勘察向更高精度和更高效能方向发展。

【参考文献】

- [1] 李欣, 冯晖元, 赵鹏. 工程物探技术在岩土工程勘察中的应用[J]. 石材, 2024, 12(11): 87-89.
- [2] 侯智源. 关于工程物探技术在岩土工程勘察中的应用探讨[J]. 世界有色金属, 2021, 11(19): 233-234.
- [3] 杨海龙. 物探技术在岩土工程勘察中的应用及前景探析[J]. 西部资源, 2021, 12(1): 174-176.
- [4] 柴绪令. 工程物探技术在岩土工程勘察中的应用研究[J]. 建筑技术开发, 2020, 47(23): 156-157.
- [5] 石磊. 物探技术在岩土工程勘察中的应用及前景探析[J]. 世界有色金属, 2020, 11(22): 196-197.

作者简介: 肖鹏 (1988.5—), 毕业院校: 宁波大学, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 宁波冶金勘察设计研究股份有限公司, 职务: 技术员, 职称级别: 工程师。

关于数字化地籍测量的探讨

鲁庆国

辽宁佳泰土地勘测规划有限公司, 辽宁 大连 116021

[摘要]近年来,随着信息技术、遥感技术及卫星定位系统等科学技术的迅猛发展,地籍测量逐步摆脱了传统人工操作的束缚,向数字化、自动化的现代化方法转型。数字化地籍测量技术的广泛应用,突破了传统测量方式的局限,极大地提升了土地信息的获取与管理效率。在城市土地管理、资源监测、土地流转及环境保护等领域,数字化地籍测量技术已成为不可或缺的重要支撑工具。随着技术的不断演进,其应用范围不断拓展,推动着土地管理各个环节的发展。

[关键词]数字化;地籍测量;遥感技术

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15347

中图分类号: TP3

文献标识码: A

Discussion on Digital Cadastre Surveying

LU Qingguo

Liaoning Jiatai Land Survey and Planning Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116021, China

Abstract: In recent years, with the rapid development of science and technology such as information technology, remote sensing technology, and satellite positioning systems, cadastral surveying has gradually freed itself from the constraints of traditional manual operations and transformed into modern methods of digitization and automation. The widespread application of digital cadastral surveying technology has broken through the limitations of traditional surveying methods and greatly improved the efficiency of land information acquisition and management. In the fields of urban land management, resource monitoring, land transfer, and environmental protection, digital cadastral surveying technology has become an indispensable and important supporting tool. With the continuous evolution of technology, its application scope is constantly expanding, promoting the development of various aspects of land management.

Keywords: digitalization; cadastral survey; remote sensing technology

引言

数字化地籍测量技术在现代土地管理与测绘领域占据了核心地位,依托先进技术,土地信息得以精准获取、处理与管理。随着城市化进程的加速以及土地资源管理需求的不断增加,传统的地籍测量方式已难以满足现代社会对土地信息实时性与精确性的要求。应运而生的数字化地籍测量技术,不仅提升了测量效率与精度,而且为土地资源的优化利用与科学管理提供了更加系统的解决方案。

1 数字化地籍测量的特点与优势

数字化地籍测量以其高效、精准、便捷的特点,逐渐取代了传统的手工测量方法,成为现代土地管理中不可或缺的关键工具。结合了GPS、遥感技术及激光扫描等先进手段,数字化测量显著提高了数据的精度,测量误差被有效控制在最小范围内,从而为土地登记、产权确认及管理提供了更加可靠的依据。工作效率方面,自动化的数据处理与传输消除了传统方法中繁琐的计算与手工绘制,测量周期大大缩短,整体效率得到了显著提升。数字化地籍测量还使得数据管理变得更加灵活,存储为数字形式的地籍信息可以随时更新与修改,查询与共享也变得更加便捷。这样不仅节省了纸质存档的空间,还促进了跨部门之间的

数据共享,进一步提升了信息的透明度与利用率。借助数字化技术,测量结果得以直接导入GIS平台,与空间数据分析结合,为土地规划与资源管理提供了坚实的数据支持。随着这些优势的不断显现,数字化地籍测量在精度、效率和数据管理方面的突出表现,已逐渐成为土地管理与规划中的核心工具。

2 数字化地籍测量技术

2.1 遥感技术

随着现代科学技术的迅速发展,遥感技术作为一项关键的创新工具,已经广泛渗透到各行各业,尤其在地籍测绘领域,显示出了巨大的应用潜力,这项技术不仅拓宽了地籍测绘的工作范围,还显著提升了测绘的精度与效率。利用卫星遥感、雷达遥感、航天遥感等技术,测量人员可以精准地获取有关河流、地貌形态以及周边地物的详细数据,这些信息的实时获取大大加速了测绘进程,提升了数据的准确性。在地籍测绘中,卫星遥感技术的应用尤为重要,通过卫星传输的高分辨率图像,测绘人员能够直接获得地面变化数据,并将其导入信息系统,通过计算机进行精确的地形图绘制。通过这种方式,测量的覆盖范围得到极大扩展,许多传统方法无法到达的区域也得以测量。此

外,雷达遥感技术的引入突破了天气与地形的局限性,确保了数据采集的稳定性与可靠性,尤其在复杂环境下,雷达技术显示出了独特的优势。航天遥感器的高效率、高精度与低成本特性使其在地籍测绘中得到了广泛应用。测绘企业通过选择航天遥感器,能够快速获得大范围、高精度的数据,极大提高了测量的经济性和实用性,同时也确保了数据的及时更新与准确处理。

2.2 GPS 与 GNSS 技术

GPS(全球定位系统)与 GNSS(全球导航卫星系统)技术在地籍测量中的应用,提供了前所未有的精度与效率。借助卫星信号,这些技术能够在全球范围内精确定位测量点,这对地籍测量至关重要。GPS 技术依赖至少四颗卫星的信号,通过计算接收点的三维位置,定位精度得以实现。而 GNSS 作为 GPS 的扩展,整合了多种卫星导航系统,包括俄罗斯的 GLONASS、欧洲的 Galileo 以及中国的北斗系统。不同系统的联合使用,有效提升了定位的精度与可靠性。在地籍测量工作中, GPS 与 GNSS 技术显著简化了传统测量流程。过去,确定土地边界与坐标位置通常需要繁琐的人工测量与计算,现如今,测量人员仅需使用 GPS 或 GNSS 接收设备,即可快速获取高精度位置信息。尤其在大范围或复杂地形的测量中,技术优势更为突出,测量速度大大加快,数据的一致性与准确性也得到确保。随着 GNSS 系统的不断升级与完善,地籍测量的高效性进一步提升。例如,RTK(实时动态定位)技术的引入,使测量人员能够实时获取厘米级定位数据,从而避免了繁杂的后期数据处理,工作效率与数据精度均显著提升。GPS 与 GNSS 技术的广泛应用,已经成为现代地籍测量中不可或缺的工具,为土地登记、测量及管理提供了更加可靠的支持。

2.3 激光扫描技术

激光扫描技术近年来在地籍测量领域取得了显著进展,已成为提升测量效率与精度的重要工具。该技术通过激光束扫描目标物体,并接收反射信号后,计算出目标的精确三维坐标。相比于传统测量方法,激光扫描能够在短时间内收集大量空间数据,进而生成高精度的三维点云模型,为地籍测量提供了创新性的视角与解决方案。与依赖人工逐点测量的传统方法相比,激光扫描技术在高效性与准确性方面展现了明显的优势。传统测量方法不仅工作量巨大,而且容易受到环境条件的干扰。通过自动化扫描,激光扫描极大提高了测量的速度与覆盖范围,尤其在复杂地形或难以触及的区域中,其优势尤为突出。更为重要的是,激光扫描设备可在各种光照条件下稳定工作,避免了光线与天气变化对测量结果的影响,确保了数据的可靠性。此外,激光扫描技术还能够生成详细的三维数据模型,提供比传统方法更全面的地形视图。借助这些高精度的数据,测绘人员得以进行更加精准的地形地貌分析,为土地管理与规划提供了科学依据。在城市建设、道路规划及自然资

源监测等领域,激光扫描技术已成为不可或缺的关键工具,支撑了多项工程项目的数据需求。随着技术的不断进步,激光扫描设备的成本逐渐降低,这推动了其在地籍测量及其他领域的广泛应用,进一步促进了行业技术革新。

2.4 摄影测量与无人机技术

摄影测量与无人机技术的结合,正在为地籍测量带来深刻的变革。传统地籍测量往往依赖地面设备及人工操作,既耗时又劳力,且在地形和环境条件的限制下,测量效果常常受到诸多约束。随着无人机技术的发展,摄影测量方法的应用获得了前所未有的提升与扩展。搭载高分辨率数码相机或激光雷达的无人机,能够迅速且准确地采集地面图像和空间数据,显著提高了测量的效率与精度。通过多角度拍摄地面物体,摄影测量技术能够利用图像重建三维模型。经过计算机处理后,图像数据可以生成高精度的数字高程模型、正射影像图以及地形图等成果。与传统测量方法相比,摄影测量不仅能在更短的时间内完成大面积区域的测量,而且能够提供更为详尽的空间信息,使地籍测绘人员能够全面了解土地及地物的细节。无人机技术的引入,进一步拓展了摄影测量的应用范围。无人机能够飞行至常规设备难以到达的高空、偏远或危险区域,还能够高效覆盖大规模地块,尤其适用于复杂地形的测量。通过无人机平台,飞行路径可被实时监控,精准的地面数据可被获取,并直接传输至后台进行分析,显著提升了数据处理的效率与精度。随着无人机技术逐渐成熟,成本逐步降低,越来越多的地籍测量任务开始采纳这一高效、精准的技术手段。测量质量的提升,不仅减少了人为误差,还降低了操作风险,全面提升了地籍测量的水平。摄影测量与无人机技术的融合,推动着地籍测量向更加智能化、自动化的方向发展,为行业注入了新的活力。

3 数字化地籍测量的作业流程

3.1 控制测量

控制测量在数字化地籍测量中占据基础性地位,其质量对整个测量结果的精度与可靠性具有重要影响。平面控制测量作为关键步骤,负责确保测量过程中每个数据点的空间位置准确无误。为了实现这一目标,必须采用精密的测量方法,这不仅确保平面控制点达到所需精度,还为后续地籍测量工作奠定坚实的基础。随着科技进步,传统测量工具逐渐无法满足现代高精度要求,特别是 GPS 技术与导线网技术的应用,显著优化了测量流程^[1]。通过 GPS 技术,工作强度得以大幅度降低,繁琐的传统三角测量过程得以简化,从而提升了效率与准确性。静态 GPS 技术的使用,使得初级控制测量成为可能,为精确的平差控制提供了基础。RTK(实时动态定位)技术的应用,则进一步提高了测量数据的准确性,使得细节信息采集与图根控制更加精准。RTK 技术能提供实时的高精度定位数据,尤其适用于复杂地形及大范围的测量任务。通过这一技术,

测量的效率与精度都得到了显著提升。控制测量不仅是地籍测量流程的起点,也是在整个测量过程中保障数据质量的关键所在。

3.2 外业测量与数据采集

外业测量与数据采集在数字化地籍测量中扮演着至关重要的角色,其精度与可靠性直接影响到整个测量过程的质量。在这一阶段,地块的各类空间信息与细节数据,通过先进的设备与技术手段得以采集。与传统方法相比,现代外业测量依赖于高精度的工具,如 GPS、RTK、全站仪等,这些设备能够实时提供精准的定位数据,从而确保测量结果的高准确性^[2]。在外业数据采集过程中,地形勘测是首要步骤,测量人员根据任务要求,精确记录每个关键点空间坐标。对于复杂地形,通常需结合多种技术手段来确保数据的精度。例如,全站仪可用于精确测量点位,而 RTK 技术则用于采集更为细致的细部数据。同时,激光扫描与无人机技术的应用,显著提高了测量效率与精度,能够在较大范围内迅速采集数据,甚至在一些难以接触的区域也能完成任务。外业测量与数据采集的成功实施,不仅要求技术设备的先进性,还需要测量人员具备较强的现场判断力与技术应用能力,确保采集到的数据能够满足地籍测量的标准与精度要求。测量工作完成后,所有原始数据将通过专用软件进行初步处理,为内业数据分析与成果生成提供必要的基础。

3.3 数据处理与成果生成

数据处理与成果生成在数字化地籍测量中占据着至关重要的地位,直接影响着测量结果的精确度与实际应用价值,通过外业测量与数据采集获得的原始数据,通常庞大且复杂,这要求通过先进的数据处理技术,将其转化为符合需求的有用信息。数据处理的首要任务是清理与校验采集的数据,去除异常值与噪声,确保数据的可靠性与一致性^[3]。紧接着,数据通过专业软件进行精度分析与修正,结合控制点与基准点信息,差分技术与平差方法被利用,以优化数据,确保其符合地籍测量的精度标准。完成数据处理后,接下来的步骤是成果生成。此过程主要涉及生成地籍图、地形图及其他空间分析成果。借助 GIS (地理信息系统) 技术,经过处理的数据将被转化为可视化地图,土地边界、地块特征及基础设施等关键信息被直观呈现。这些成果不仅为土地管理部门提供规划与管理的支持,也为相关决策提供了坚实的数据支撑。随着信息技术的不断进步,数据成果的生成不再局限于传统纸质地图,越来越

多的数字化成果能够通过云平台实现共享与更新,从而大大提升了地籍更新与资源管理的效率与便利性。

4 数字化地籍测量的应用领域

数字化地籍测量在多个领域中具有广泛的应用,涵盖了城市土地管理、农村土地流转、环境保护等方面,为社会的可持续发展提供了关键支持。在城市土地管理与规划中,土地边界及其利用现状得以精准绘制,数字化地籍测量为政府部门提供了科学依据,支持了合理的城市规划与土地利用政策的制定。同时,房地产开发、基础设施建设等领域也得到了准确的数据支持,确保了土地资源的高效与可持续利用。在农村土地管理与流转中,土地所有权及使用权信息被精确记录,数字化地籍测量促进了土地流转市场的发展,有助于保障农民土地权益,推动土地资源的合理配置。尤其是在土地承包与权属登记等环节,数字化技术的应用显著提高了工作效率,减少了人为错误,使土地交易变得更加透明与公正。数字化地籍测量在环境保护与资源监测中的作用同样至关重要,地形、地貌以及土地利用数据的精确采集使土地的变化得以实时监测,资源破坏或滥用现象能够被及时发现,从而为实施有效的环境保护措施提供了依据。与此同时,在自然灾害的预防与应急响应中,地籍测量数据为灾后恢复与灾情评估等工作提供了可靠支持。

5 结语

数字化地籍测量技术通过遥感、GPS、激光扫描与无人机等现代化手段,显著提升了测量的精度与效率,为土地管理和资源监测领域提供了强有力的技术保障。尽管在技术普及与数据处理方面仍面临一定挑战,随着技术的不断进步,数字化地籍测量将在土地管理、可持续发展及社会治理等多个领域发挥更加重要的作用。随着智能化与精确化的推进,数字化地籍测量将在未来进一步推动行业向更高效、更精准的方向发展。

【参考文献】

- [1]郭昕.地籍测量中数字化测绘技术的应用[J].工程建设与设计,2022(10):123-125.
 - [2]王慧君.城镇地籍测量中数字化测绘技术的应用研究[J].住宅与房地产,2022(13):40-42.
 - [3]张启剑.城镇地籍测量中数字化测绘技术的运用[J].智能城市,2021,7(14):54-55.
- 作者简介:鲁庆国(1984.3—),毕业院校:河海大学,所学专业:测绘工程,当前就职单位:辽宁佳泰土地勘测规划有限公司,职称级别:中级。

新时期岩土工程勘察设计的相关探究

杨疆东

五家渠农六师勘测设计研究有限责任公司, 新疆 五家渠 831300

[摘要]近些年来,为迎合新时期社会经济发展以及广大基层群众的民生需求,我国各地区基础设施建设正在如火如荼地进行中。岩土工程建设作为我国基础设施建设工程之一,在社会经济发展和基层工程建设方面,起着关键性的作用。岩土工程勘察作为岩土工程建设的一部分,不仅可以为岩土工程建设提供相关参考依据,而且还可以为岩土工程建设提供基础数据信息。文章主要剖析了岩土工程勘察的重要意义,探讨了岩土工程勘察的常见问题,深究了岩土工程勘察的应对策略,为各地区岩土工程单位,在岩土工程勘察方面提供相关经验和参考。

[关键词]新时期;岩土工程勘察;勘察设计

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15373

中图分类号: TU195

文献标识码: A

Exploration on Geotechnical Engineering Survey and Design in the New Era

YANG Jiangdong

Wujiaqu Sixth Agricultural Division Survey, Design and Research Co., Ltd., Wujiaqu, Xinjiang, 831300, China

Abstract: In recent years, infrastructure construction in various regions of China has been in full swing to meet the needs of the new era's social and economic development as well as the livelihood needs of the grassroots masses. As one of the infrastructure construction projects in China, geotechnical engineering plays a crucial role in social and economic development as well as grassroots engineering construction. As a part of geotechnical engineering construction, geotechnical engineering survey and design can not only provide relevant reference basis for geotechnical engineering construction, but also provide basic data information for geotechnical engineering construction. The article mainly analyzes the significance of geotechnical engineering survey and design, explores common problems in geotechnical engineering survey, and delves into response strategies for geotechnical engineering survey, providing relevant experience and reference for geotechnical engineering units in various regions in geotechnical engineering survey.

Keywords: new era; geotechnical engineering investigation; survey and design

引言

岩土工程勘察在现代建筑工程中占据着极其重要的地位。其主要任务是通过土壤、岩石等地质介质的勘察与分析,获取必要的地质数据,从而为工程设计与施工提供科学依据。随着社会经济的快速发展及城市化进程的加速,工程建设的复杂性不断增加,岩土工程勘察设计面临着前所未有的挑战。尤其是在复杂地质条件下,如何精准获取地质信息,选择合适的勘察方法,并确保勘察数据的精确性与可靠性,已成为岩土工程领域亟待解决的关键问题。与此同时,随着人工智能、大数据、遥感技术等新兴科技的快速发展,岩土工程勘察设计的手段和方法正在不断革新,勘察的精度与效率得到了显著提升。为提升岩土工程勘察设计的质量及可持续性,新的机遇已被开辟。然而,如何在保障勘察质量的前提下有效融合传统勘察技术与现代科技,如何提高勘察效率并合理应对环保与可持续发展的需求,依然是当前亟待深入探讨的问题。本文将对新时期岩土工程勘察设计中存在的技术挑战进行分析,探讨新技术与新方法的应用前景,并提出相应的改进措施,旨在为岩土工程勘察设计提供理论依据与实践指导,推动其在现代工程建设中的广泛应用与发展。

1 岩土工程勘察在工程项目中的作用与意义

岩土工程勘察在工程项目中具有基础性与关键性的作用,其直接关系到工程的安全性、稳定性及可持续性。通过对勘察区域内土壤、岩石、地下水及其他地质条件的全面分析,科学的数据支持与技术依据为项目设计与施工提供了岩土工程勘察。设计人员通过勘察工作,能够深入了解地质状况,诸如地基承载力、土层结构、土质特性等信息,这些数据对于合理选择基础类型、确定设计深度及施工方法至关重要。特别是在复杂地质条件下,精准的数据分析通过岩土工程勘察,能够揭示潜在的地质风险,如沉降、滑坡、土壤膨胀等,从而为设计阶段提供必要的风险评估及应对措施,避免了因地质条件不明确而导致的设计失误与施工问题。在施工阶段,岩土工程勘察为顺利开展工作打下了坚实基础。勘察报告不仅为工程审批的重要依据,也为施工过程中的质量控制提供了核心参考资料。工程质量的控制及施工安全,直接受到勘察数据的可靠性与精准性的影响。此外,在工程建设后期,岩土勘察还可为运营与维护提供重要的技术支持,帮助识别地质条件变化可能带来的长期影响,如地下水位波动或土壤沉降等问题,从而保障建筑物的安全运行。

2 岩土工程勘察报告与设计的衔接

岩土工程勘察报告与设计的衔接是确保工程顺利实施的关键环节,其直接决定了工程的安全性、经济性及可行性。勘察报告对现场地质条件进行全面调查与分析,涵盖了地质剖面、土层性质、地下水状况、地震活动以及岩土力学参数等内容。在设计阶段,设计人员需基于这些勘察数据,结合工程需求,进行合理的结构与基础设计。勘察报告的准确性、完整性与及时性对设计质量至关重要,合理的勘察数据转化与应用是确保设计方案科学、安全且高效的基础。不仅为设计人员提供了地质条件的基本信息,勘察报告还对可能影响结构安全的地质问题进行预警,如湿陷性土层、滑坡、软弱地基土等。这些预警使得设计团队在方案设计中充分考虑不利因素,并提出相应的设计应对措施。勘察与设计的衔接要求勘察人员与设计人员密切合作,确保数据准确传递并得到充分理解。根据勘察报告中提供的土层结构、地下水位、土壤承载力等信息,设计人员必须选择合适的基础形式,设计合理的承载力标准,并预见可能出现的施工难题。此外,勘察报告中涉及的地质问题与施工难点应在设计阶段得到充分讨论与解决,以避免后期施工中因勘察与设计信息不匹配而引发的风险与成本增加^[1]。岩土工程勘察报告还应与设计阶段中的结构分析与计算紧密衔接。土壤参数、地下水情况等信息由勘察报告提供,这直接影响地基承载力的计算及基础设计深度。若勘察报告数据不准确或遗漏关键信息,设计方案可能忽视潜在的地质风险,进而导致安全隐患或后期维护成本的增加。由此可见,勘察报告与设计阶段之间的无缝衔接是确保工程项目顺利推进的核心因素。此过程要求设计团队不仅具备扎实的岩土工程理论知识,还必须具备深入的现场勘察数据分析能力,确保设计与勘察紧密结合,为工程的安全性及经济性提供坚实的基础。

3 岩土工程勘察中常见问题

3.1 勘察过程中数据获取与分析的难点

在岩土工程勘察过程中,数据的获取与分析面临着许多难点,这些难点主要源自地下土层及地质环境的复杂性、动态性与不确定性。地下岩土层的分布、深度、厚度以及土层的物理力学性质,常常在不同地质条件下表现出高度的异质性,这使得勘察人员在数据采集时遭遇了诸多挑战。例如,软土、湿陷性黄土等特殊地质情况,其土体特性往往无法通过传统钻探手段全面揭示,从而影响了勘察数据的代表性与全面性。此外,勘察点的选择对数据的准确性至关重要。不恰当的选点可能导致勘察数据未能真实反映地下情况,进而影响工程设计的可靠性。在岩土工程勘察的分析环节中,数据处理面临复杂且高度关联的多重变量。这些数据不仅涵盖了土壤的物理性质,如密度、湿度、压缩模量等,还包括水文地质条件,如地下水位、水流方向等。由于地下环境的动态性,勘察数据常常具有较强的时

空波动性。例如,地下水位的季节性变化、降水量对土壤含水量的影响等因素,可能导致勘察数据的显著差异。因此,从大量的勘察数据中提取有用信息,进行有效分析与模型构建,已成为勘察过程中面临的重大难题。此外,岩土工程勘察还需整合不同来源与类型的数据。不同勘察方法(如钻探、地质雷达、声波勘探等)所获得的数据,其精度与可靠性各不相同,这为数据的统一分析带来了额外的挑战。设备与技术的限制,也在一定程度上影响了数据的获取与分析。尽管现代化勘察设备如深孔钻探、地质雷达与静力触探等逐步取代了传统手工勘察方法,但每种设备在不同地质条件下的适用性与精准度仍有差异。在复杂的地质环境下,诸如深层岩土等,现有技术可能无法满足全面、准确的勘察需求,导致了数据结果的偏差或误差较大。

3.2 勘察成果的精度与可靠性问题

在岩土工程勘察中,勘察成果的精度与可靠性对工程设计质量与施工安全至关重要。地下岩土环境的复杂性与多变性使得勘察结果常常受到精度误差的影响,这种误差进而影响了后续设计与施工的科学性及安全性。勘察过程中,设备精度、勘察方法及外界环境因素对数据的准确性产生了显著影响。例如,在进行深层钻探时,尤其在软土等特殊地质条件下,钻探设备可能会出现精度偏差,导致钻孔深度控制困难,从而使得获取的数据与实际地下条件存在差异。此外,勘察手段的不同(如物探、原位测试等)在特定条件下所产生的数据精度也存在差异,如何有效判断多源数据的精度并进行综合分析,成为确保勘察成果可靠性的主要挑战。岩土勘察的可靠性还受到地下环境动态变化的影响。地下水位、土层湿度、密度等性质具有较大的时空波动,而岩土勘察通常是在一次性或短期内完成的,难以全面反映长期的地下环境变化。季节性变化、降水及地下水流动等因素,可能导致土体性质发生显著变化,这种不确定性使得勘察结果难以保持长期稳定^[2]。在这种情况下,勘察数据的可靠性存在较大不确定性,可能导致设计阶段对地下条件的误判,进而影响工程结构的安全性及经济性。勘察成果的可靠性还与勘察人员的经验和技术水平密切相关。岩土工程勘察是一项高度专业化的工作,勘察人员对地质条件的敏感度以及对设备的操作能力,直接决定了勘察结果的准确性。经验不足的勘察人员可能在数据采集与分析过程中引入主观误差,甚至可能遗漏一些关键地质现象,从而影响勘察数据的完整性与可靠性。

3.3 不同地质条件下的勘察技术选择问题

在岩土工程勘察中,选择合适的勘察技术是应对不同地质条件的关键,然而这一过程复杂且充满挑战。不同的地质背景,如软土、砂土、岩层或复杂的断层带等,均对勘察方法和技术工具提出了特定的要求。在软土地区,土层松软且容易沉降,传统的钻探与取样方法难以准确获取土层的实际力学性质,且容易受到施工环境的影响。如此

一来,勘察过程中获取的土壤参数常常存在较大的不确定性,进而影响了后期设计与施工的精确度。在岩石或硬质地层中,常规钻探技术面临较大挑战。岩层的硬度、裂隙分布及地下水的影响,往往导致钻探进程缓慢,设备磨损严重,甚至可能影响勘察结果的可靠性。此外,岩层的不均匀性和复杂构造,使得简单的钻探与地质记录方法难以全面揭示地下的实际情况。尤其在断层带或滑坡区等不稳定区域,土质的变异性较大,勘察数据的获取风险也随之增加。在复杂地质条件下,地质情况更加多变,勘察工作难度更大。常规勘察技术难以全面捕捉地下水流的变化土层的空间分布,这可能导致数据的偏差,进而影响勘察结果的准确性。

4 岩土工程勘察中常见问题的应对策略

在岩土工程勘察中,选择合适的勘察技术是应对不同地质条件的关键,然而这一过程复杂且充满挑战。不同的地质背景,如软土、砂土、岩层或复杂的断层带等,均对勘察方法和技术工具提出了特定的要求。在软土地区,土层松软且容易沉降,传统的钻探与取样方法难以准确获取土层的实际力学性质,且容易受到施工环境的影响。如此一来,勘察过程中获取的土壤参数,常常存在较大的不确定性,进而影响了后期设计与施工的精确度。在岩石或硬质地层中,常规钻探技术面临较大挑战。岩层的硬度、裂隙分布及地下水的影响,往往导致钻探进程缓慢,设备磨损严重,甚至可能影响勘察结果的可靠性。此外,岩层的不均匀性和复杂构造,使得简单的钻探与地质记录方法,难以全面揭示地下的实际情况。尤其是在断层带或滑坡区等不稳定区域,土质的变异性较大,勘察数据的获取风险,也随之增加^[3]。面对这些特殊的地质条件时,必须选择更加精确和专业的勘察方法,以确保数据的可靠性与准确性。

5 岩土工程勘察的环保与可持续发展

岩土工程勘察在环保与可持续发展方面的作用愈加突出。随着环保意识的不断提高,岩土工程勘察不仅需要提供准确的地质信息,还应充分考虑对环境的潜在影响。在实施过程中,传统勘察方法往往对土地、地下水和生态系统产生一定的负面影响,尤其是在环境敏感区域进行勘察时,这些影响尤为显著。如何在满足技术需求的同时兼顾环境保护,已成为当前岩土工程领域亟待解决的重要课

题。在环保方面,岩土勘察应当采用更加环保的技术手段。例如,低噪音、低振动的设备被广泛应用,能够有效减少对周围环境的影响,尤其是在城市、森林等生态敏感区域。勘察过程中产生的废弃物,包括泥浆、土壤样本以及化学试剂等,必须通过科学合理的方式进行处理,避免对环境造成污染。随着科技的进步,许多新型环保勘察技术相继问世,诸如无人机、遥感技术与地质雷达等。这些新技术不仅提高了勘察效率,还能够显著降低对环境的干扰,进一步推动了绿色勘察方法的应用^[4]。在可持续发展方面,岩土工程勘察需要积极推动绿色技术的应用及资源循环利用。通过提高勘察材料的环保性及使用效率,资源的消耗得以有效减少,为项目的建设提供了更为绿色、低碳的支持。

6 结语

新时期岩土工程勘察设计面临的地质条件愈加复杂,环境要求也日益严格。在传统勘察技术的基础上,结合大数据、人工智能、遥感技术等现代科技手段,岩土工程勘察设计的效率与精准度将显著提升。尽管当前技术应用已取得了显著进展,但在实际操作中,如何有效整合新旧技术、保障勘察成果的可靠性,以及应对不断变化的环境挑战,仍需进一步探索与完善。展望未来,随着技术的持续发展与创新,岩土工程勘察设计将更加注重绿色与可持续发展理念。这不仅为工程项目的顺利实施奠定了坚实基础,也为行业的长远发展提供了有力支撑。通过本文的探讨,期望能够为岩土工程勘察设计领域的理论研究与实践应用提供有益的参考,并促进该领域的持续发展与创新。

【参考文献】

- [1]潘培雄.新时期岩土工程勘察设计的相关探究[J].中国住宅设施,2024(9):58-60.
 - [2]童震寰.岩土工程勘察设计常见问题与对策研究[J].中国住宅设施,2023(2):157-159.
 - [3]雷静哲.探讨新时期岩土工程勘察质量问题及解决措施[J].中国住宅设施,2023(2):82-84.
 - [4]刘明府.岩土工程勘察中常见问题及改进措施[J].住宅与房地产,2020(5):241.
- 作者简介:杨疆东(1990.4—),毕业院校:西安理工大学,专业:水文与水资源工程,当前就职单位名称:五家渠农六师勘测设计研究有限责任公司,现职称:中级。

矿山资源勘察中的无人机遥感技术应用及其效果评估

邓国军

四川省恒升晟睿勘察设计有限公司, 四川 成都 610000

[摘要] 无人机遥感技术在矿山资源勘察中的应用, 利用高精度的遥感影像和数据采集能力, 对矿山地形、矿体分布、环境影响等进行全面分析。通过搭载多光谱、高分辨率传感器的无人机, 能够实现快速、高效的矿山资源调查, 特别是在复杂地形或危险区域的勘察中, 降低了传统勘察方法的成本与风险。该技术通过实时数据传输, 提供了精确的矿区三维模型和矿藏资源的空间分布图, 为矿山的资源评估、开采规划以及环境保护提供了科学依据。应用结果表明, 无人机遥感技术显著提高了勘察效率与准确度, 为矿山资源的可持续开发提供了新的技术支持。

[关键词] 无人机遥感; 矿山资源; 勘察技术; 环境影响; 资源评估

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15367

中图分类号: TP79

文献标识码: A

Application and Effectiveness Evaluation of Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing Technology in Mining Resource Exploration

DENG Guojun

Sichuan Hengsheng Shengrui Survey and Design Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract: The application of unmanned aerial vehicle remote sensing technology in mining resource exploration utilizes high-precision remote sensing images and data acquisition capabilities to comprehensively analyze mining terrain, ore body distribution, environmental impact, and other factors. By using drones equipped with multispectral and high-resolution sensors, rapid and efficient mining resource surveys can be achieved, especially in complex terrain or hazardous areas, reducing the cost and risk of traditional survey methods. This technology provides accurate 3D models of mining areas and spatial distribution maps of mineral resources through real-time data transmission, providing scientific basis for resource assessment, mining planning, and environmental protection of mines. The application results show that unmanned aerial vehicle remote sensing technology significantly improves the efficiency and accuracy of exploration, providing new technical support for the sustainable development of mining resources.

Keywords: unmanned aerial vehicle remote sensing; mining resources; survey technology; environmental impact; resource assessment

引言

矿山资源勘察一直是地质勘探和矿业开发中的关键环节, 传统勘察方法常因地形复杂、作业环境恶劣而面临高风险和高成本的问题。随着无人机遥感技术的迅猛发展, 矿山资源勘察的方式发生了深刻变革。无人机以其高效、灵活、低成本的优势, 能够快速获取高精度的遥感影像, 提供实时的空间数据分析, 极大提升了勘察工作的效率与安全性。通过对矿山地形、矿体分布和环境影响的精准监测, 无人机遥感技术不仅为矿资源的合理开发提供了坚实的数据支持, 也为生态环境保护 and 可持续开采提供了新的解决方案。

1 无人机遥感技术在矿山资源勘察中的应用原理与优势

1.1 无人机遥感技术概述

无人机遥感技术结合了无人机平台和遥感传感器, 通过搭载不同类型的传感器, 如多光谱相机、高分辨率光学成像系统、激光雷达 (LiDAR) 等, 进行高效、精确的数据采集。无人机能够以低空飞行, 覆盖大面积区域, 采集高分辨率的影像和地理信息数据, 生成三维数字模型和地形图。这一技术在矿山资源勘察中的应用, 通过快速获取地

表信息, 为矿区的勘察、评估与监测提供了强有力的支持。

1.2 数据采集与处理技术

无人机遥感技术的核心优势在于数据采集的高效性与精确性。与传统的地面勘探相比, 遥感设备可以覆盖更广泛的区域, 且可以迅速获取矿区的多种信息。例如, 在矿山地形勘察中, 无人机可以实时生成矿区的高精度三维模型, 提供矿体的立体分布图。此外, 借助于多光谱影像和热红外影像的结合, 能够深入分析矿区的地质特征、土壤类型及水体分布等, 帮助识别潜在的矿藏资源和开采风险。

数据处理方面, 遥感影像经过专业的软件处理, 可以得到矿山资源的空间分布图、矿体边界等信息, 进一步为矿山资源的评估与开采决策提供科学依据。这些数据还可以与地质资料结合, 进行资源潜力分析, 评估矿藏品位, 为矿山的可持续开发提供精确的预测。

1.3 高效性与安全性

无人机遥感技术的一个显著优势是其高效性。传统的矿山勘察工作往往需要数月的时间, 且高风险的勘察环境要求依赖大量的人工操作。相比之下, 无人机能够在短时间内完成大范围、高分辨率的地表数据采集, 极大地提升

了勘察效率。特别是在复杂地形或危险区域，如悬崖、废弃矿区等，无人机能够绕过难以进入的区域，避免了人工勘察可能带来的风险。

此外，无人机的操作不受恶劣天气和环境的限制，能够快速、灵活地进行任务切换，提供了更高的安全保障。

1.4 低成本与可持续性

与传统的地面勘察设备和人力投入相比，使用无人机进行矿山资源勘察大大降低了项目的总体成本。传统勘察方式常需要大量的设备和人员，不仅增加了物理成本，还可能导致人员安全问题。而无人机系统的使用，尤其是小型无人机，具有较低的购买成本和维护成本，同时操作灵活，能够在不同的工作环境中高效运行。此外，随着技术的进步，无人机遥感设备的使用寿命逐步延长，技术的不断升级也让矿山勘察更加精确和高效。

2 矿山地形与矿体分布的高效勘察方法与数据采集技术

2.1 无人机高精度地形测绘技术

矿山地形的勘察是矿山资源开发的基础，而无人机遥感技术能够为这一过程提供前所未有的高效性和精度。无人机搭载的高分辨率光学相机和激光雷达(LiDAR)系统，可以精确捕捉矿区的三维地形信息。通过航拍获取的影像和激光扫描数据，经过专业软件处理后，能够生成高精度的数字高程模型(DEM)和等高线图。这些数据不仅能够全面反映矿山的地表起伏，还能精确描绘矿体的外形和规模，为矿区的开采设计、矿体分布预测及后续监测提供科学依据。

2.2 矿体分布的多角度探测技术

矿体的分布情况直接影响矿山的开采规划与资源评估。传统的矿体分布勘测需要依赖大量钻探工作，但这种方法费时费力且成本高昂。无人机遥感技术通过搭载多光谱成像设备和红外热成像传感器，可以对矿区进行全面的探测，尤其是在覆盖着植被或其他遮掩物的区域。多光谱影像能够帮助勘察人员识别地表矿体的矿物组成，红外热成像则能辅助分析矿区的热异常，进一步揭示地下矿体的潜在位置和规模。

无人机遥感技术通过多角度的探测方式，对矿区不同深度的矿体进行识别与分布分析。结合已有的地质数据，无人机采集的高分辨率数据可以为矿体的空间分布提供准确的图示，帮助实现矿体的三维重建。

2.3 精确数据采集与实时传输

无人机在矿山资源勘察中的另一个突出优势是其实时数据采集与传输能力。随着无人机传感器技术的不断升级，高精度数据的采集速度不断提升。无人机能够在短时间内飞越整个矿区，快速收集不同类型的地表数据，并通过无线网络将数据实时传输至后台进行分析处理。实时数据传输不仅大大缩短了数据处理的周期，还可以及时发现潜在的异常情况，如矿体的变化或开采过程中可能出现的

风险，为决策者提供及时、准确的信息。

此外，通过高精度的全球导航卫星系统(GNSS)，无人机可以实现精准地定位和导航，确保所有采集的数据具有统一的坐标系和空间参照，为后续的分析 and 矿山资源的动态监测提供准确的基础。

2.4 数据融合与综合分析

单一的遥感数据有时无法完全反映矿山地形与矿体分布的复杂性，因此数据融合技术成为矿山资源勘察中的一项关键技术。无人机采集的遥感影像、激光雷达扫描数据、地质勘探数据等不同来源的数据，可以通过多种数据处理与分析方法进行融合，生成综合性更强、信息量更大的矿山资源模型。例如，结合地质勘探数据与无人机的遥感影像，可以有效识别矿区中潜在的矿体形态、矿床的厚度以及地下水位等信息。

3 环境监测与矿山生态影响评估：无人机遥感的实践探索

3.1 无人机在矿山环境监测中的应用

矿山开采常常伴随着对环境的影响，包括土壤侵蚀、水体污染、植被破坏等问题。传统的环境监测方法依赖人工巡视和地面仪器，往往费时费力且难以全面覆盖。而无人机遥感技术能够快速、广泛地监测矿山及周边区域的环境变化。无人机搭载的多光谱成像传感器可以捕捉矿区的植被覆盖情况，评估植被恢复程度；红外热成像技术能够检测水体的温度变化和污染源；激光雷达(LiDAR)则可以帮助监测土壤侵蚀和地表的变形。

无人机的高空飞行能力使其可以获取大范围、连续的遥感数据，从而对矿山开采区域的环境状态进行全面、精准地监控。这些监测结果有助于及时发现环境问题，并为生态恢复措施的制定提供科学依据。

3.2 矿山生态影响评估方法

矿山开采不仅直接影响矿区本身的生态系统，还可能通过粉尘、噪声等污染对周边环境造成间接影响。无人机遥感技术能够帮助进行生态影响的量化评估。通过实时采集矿区空气质量、噪声水平、植被健康等环境指标，无人机可以生成各类环境影响的空间分布图。例如，通过分析多光谱数据，能够清晰识别矿区及其周围区域的植被健康状况，对比矿区开采前后的植被变化，评估开采活动对生态系统的影响。

此外，结合矿区水质监测数据，利用无人机遥感技术监测水体的浑浊度、温度和pH值等指标，可以帮助评估矿区排水是否对周边水资源造成污染，进一步推动矿山企业采取有效的污染控制措施。

3.3 矿山生态恢复与环境保护规划

生态恢复是矿山开发过程中不可忽视的重要环节，尤其是在开采结束后的复垦和植被恢复工作中，无人机遥感技术提供了重要的支持。无人机可以高效地监测恢复区域

的植被覆盖情况、生物多样性变化和土壤质量。在恢复过程中,实时获取的遥感数据能够帮助判断复垦效果,确保恢复工作的精准实施。

此外,无人机的多光谱影像和 LiDAR 数据结合,可以为矿山环境保护规划提供有效依据。通过对比不同时间段的数据,评估矿山开采活动对环境的长期影响,为生态保护和可持续开采提供有力的数据支持。

3.4 环境变化的动态监控与预警

矿山环境的变化往往是渐进的,传统监测方式可能会滞后于实际变化,而无人机遥感技术可以实现对环境变化的动态监控。通过定期飞行和数据更新,遥感技术可以实时反映矿区的环境变化情况,包括植被覆盖的变化、土壤侵蚀的进展、污染源的扩散等。这一动态监控能力可以帮助企业及管理部门及时采取应对措施,避免环境问题的恶化。在矿山开采活动中,通过无人机的预警系统,对可能的生态破坏或环境污染进行提前预警,减少环境损害的风险,并为矿区的生态保护提供实时支持。

4 无人机遥感技术在矿山资源评估与开采规划中的实际效果

4.1 高精度矿体勘察与资源评估

无人机遥感技术在矿山资源评估中展现出极大的潜力,尤其在矿体勘察与资源估算方面具有显著优势。通过搭载激光雷达 (LiDAR) 和高分辨率影像设备,无人机能够精确获取矿区的地形、矿体边界以及矿层厚度等关键信息。这些数据经过处理后,可以生成高精度的三维矿区模型,帮助勘察人员更准确地识别矿体的位置、形态及规模,从而提高矿体资源的估算准确性。传统的地面勘察方法由于受限于人员和设备的局限,往往难以覆盖广泛的矿区或高风险区域,而无人机遥感技术能够在短时间内完成大面积的矿区勘察,极大提高了勘察效率。

4.2 矿山开采规划优化

矿山开采规划的合理性直接决定了矿区的开发效率与经济效益。无人机遥感技术通过提供高分辨率的地形图、矿体三维模型及地质资料,可以为矿山开采的全过程提供精确数据支持。在矿山开采前,基于遥感数据,可以准确分析矿区的地质结构、矿体分布、岩层特性等,帮助规划设计合理的开采方案,避免盲目开采造成资源浪费。

此外,矿山开采过程中,随着开采深度的增加,矿区的环境变化也变得更加复杂。无人机遥感技术可以实时监测矿区的变化,如开采面的位置、废石堆积情况、地下水位变化等,为开采进度的调整与资源配置提供实时反馈,有效避免了因信息滞后或规划不当而造成的损失。

4.3 提高开采过程中的安全性与可持续性

无人机遥感技术不仅仅在矿山资源评估和开采规划中发挥作用,还能够提高矿山开采过程中的安全性与可持

续性。传统矿山开采往往依赖大量人员进入高风险区域进行现场勘察,这可能带来较高的安全隐患。通过无人机,勘察人员可以远程获取矿区的数据,避免了进入危险区域的必要,显著提升了矿山开采的安全性。

同时,无人机遥感技术能够监控矿山开采过程中的环境变化,及时发现可能的生态风险,如地表沉降、污染扩散等问题,为矿山的可持续发展提供有力保障。通过动态监测,矿山企业能够在开采过程中实时调整策略,减少对环境的负面影响,实现资源的高效开采和生态的长效保护。

4.4 成本控制与效率提升

无人机遥感技术在矿山资源评估与开采规划中的应用,显著降低了勘察与规划的成本。传统矿山勘察工作需要大量的人员、设备和时间,而无人机的使用使得数据采集过程变得更加高效与低成本。无人机不仅能够减少人工投入,还可以在较短时间内完成大范围的勘察任务,避免了传统方法中由于勘察周期长而带来的资源浪费。

同时,无人机在数据采集后,通过高效的处理算法,可以快速生成相关的评估报告和规划方案,减少了数据处理的时间,提升了决策效率。这些优势使得无人机遥感技术在矿山行业中得到了广泛应用,并为矿山企业带来了较大的经济效益。

5 结束语

无人机遥感技术在矿山资源勘察、环境监测及开采规划中的应用,展示了其在提高工作效率、精度与安全性方面的巨大潜力。通过高分辨率影像、激光雷达和多光谱成像等技术,矿山的地形、矿体分布、生态影响以及资源评估得以更全面、精确的呈现。无人机能够大幅度提高勘察速度,减少人力投入,降低成本,并有效监控矿区的环境变化,确保资源的可持续开发。此外,其在矿山开采规划中提供的科学数据支持,极大优化了资源利用率和安全管理。随着技术的不断发展,未来无人机遥感将在矿山行业中发挥更为关键的作用,为矿山的高效、绿色开采提供更加坚实的技术保障。

[参考文献]

- [1] 简陈晨. 无人机遥感测绘技术在矿山地质测绘中的应用[J]. 世界有色金属, 2023(21): 10-12.
 - [2] 王龙辉. 无人机遥感测绘技术在矿山测量中的应用[J]. 世界有色金属, 2021(19): 26-27.
 - [3] 涂小青. 探讨无人机遥感在矿山监测中应用事项研究[J]. 中国金属通报, 2023(2): 210-212.
 - [4] 蒋梦楚. 无人机遥感测量技术用于矿山工程测绘的研究[J]. 世界有色金属, 2023(22): 35-37.
- 作者简介: 邓国军 (1988.9—), 男, 四川德阳人, 现就职于四川省恒升晟睿勘察设计有限公司, 地质工程师, 长期从事矿产勘查, 地质调查方面工作。

岩土工程勘察中原位测试技术的应用与精度提升

肖 鹏

宁波冶金勘察设计研究股份有限公司, 浙江 宁波 315194

[摘要] 岩土工程勘察中的原位测试技术因其能有效反映土体的实际状态, 已成为现代勘察的重要组成部分。文中探讨了原位测试技术在岩土工程中的应用, 分析了各类常见测试方法, 如标准贯入试验、原状土取样试验、静力触探试验等, 并重点讨论了影响测试精度的主要因素。通过研究不同技术的优缺点, 提出了一些提升测试精度的方案, 如测试设备的精确校准、测试过程中环境因素的控制以及数据处理方法的优化。最后, 结合实际案例分析, 验证了提升精度后原位测试在工程设计中的重要作用和实际效益。

[关键词] 原位测试技术; 岩土工程; 精度提升; 标准贯入试验; 静力触探试验

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15334

中图分类号: TU43

文献标识码: A

Application and Accuracy Improvement of in Situ Testing Technology in Geotechnical Engineering Investigation

XIAO Peng

Ningbo Metallurgical Survey and Design Research Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315194, China

Abstract: In situ testing technology in geotechnical engineering investigation has become an important component of modern exploration due to its ability to effectively reflect the actual state of soil. The article explores the application of in situ testing technology in geotechnical engineering, analyzes various common testing methods such as standard penetration test, undisturbed soil sampling test, static penetration test, etc., and focuses on discussing the main factors affecting testing accuracy. By studying the advantages and disadvantages of different technologies, some solutions to improve testing accuracy have been proposed, such as precise calibration of testing equipment, control of environmental factors during the testing process, and optimization of data processing methods. Finally, combined with practical case analysis, the important role and practical benefits of in situ testing in engineering design after improving accuracy were verified.

Keywords: in situ testing technology; geotechnical engineering; precision improvement; standard penetration test; static cone penetration test

引言

岩土工程勘察是工程建设的基础, 而原位测试技术作为一种能够真实反映地下土体状态的手段, 近年来在岩土工程中得到了广泛应用。相较于传统的实验室测试, 原位测试具有操作简便、速度较快、数据可靠性较高等优点, 尤其在一些复杂地质环境下, 能够更加准确地评估土体的物理力学性质。然而, 原位测试的精度受到多方面因素的影响, 如何提升测试精度、减少误差, 已成为岩土工程勘察领域亟待解决的重要问题。本文旨在分析并探讨这一问题。

1 原位测试技术概述

1.1 原位测试技术的分类

原位测试技术通常根据测试方式和应用领域的不同, 分为静力类、动力类, 以及混合型测试方法。静力类测试方法包括标准贯入试验 (SPT)、静力触探试验 (CPT)、水平剪切试验等, 这些方法主要用于评估土层的力学性质和承载力。动力类测试方法则包括动态试探 (如: 动态触探试验)、表面波测试等, 主要用于探测土体的动态特性、波速及其与地震波传播的关系。混合型测试方法结合了静

力和动力测试的优点, 如静力-动力联合试验, 能够提供更为全面的土体特性数据^[1]。

1.2 各种原位测试方法的特点与应用

常见的原位测试方法有标准贯入试验 (SPT)、静力触探试验 (CPT)、原状土取样试验 (DST) 等。SPT 是一种通过冲击锤将采样管打入土中, 通过记录每次打击的贯入深度来评估土层的物理性质, 广泛应用于各类土质的勘察。CPT 通过探针将测量装置垂直压入土体, 实时记录土层的反应, 主要用于研究土体的强度、压缩性和固结性等。DST 则是通过获取不破坏土体结构的原状土样来进行详细实验分析, 适用于细粒土层的勘探。此外, 其他如原位剪切试验、压力计试验等也在特定情况下发挥着重要作用。这些方法的选择依据土体特性、工程要求以及测试目的等多个因素。

1.3 原位测试技术在岩土工程中的发展现状

近年来, 随着岩土工程勘察技术的进步, 原位测试方法的应用逐渐深入, 尤其是在复杂地质环境中的表现愈加突出。传统的实验室取样方法逐步受到挑战, 因为它们通

常无法反映土体的实际工程状态。原位测试技术由于能够实时获得土体的力学参数和变形特性,已成为岩土工程勘察中的重要手段。随着科技的进步,各种新型的测试设备和精确的测量技术不断涌现,原位测试精度得到了显著提高。同时,数据处理技术的进步也使得测试结果更加可靠、应用更加广泛。原位测试技术正在向智能化、自动化方向发展,未来有望为更复杂、更精确的工程需求提供支持。

2 原位测试精度的影响因素

2.1 测试设备的精度与性能

原位测试设备的精度直接关系到测试结果的可靠性和准确性,设备性能的优劣将直接影响测试数据的质量。设备中的核心组成部分,如传感器的灵敏度、数据采集系统的精度以及信号处理系统的稳定性,都在很大程度上决定了测试结果的准确性。以静力触探试验为例,探针的精确安装、压力传感器的精度以及数据采集系统的稳定性都可能成为潜在的误差源。若测试设备存在磨损、老化、损坏或未进行及时校准,这些问题将大幅降低设备的精度和可靠性,从而影响测试结果的准确性。定期检查、保养和校准测试设备,确保其性能处于最佳状态,是提高原位测试精度的关键步骤。选择高质量、稳定性强的设备,能更好地保证测试过程的顺利进行和结果的可靠性^[2]。

2.2 环境因素对测试结果的影响

环境因素在原位测试过程中具有重要影响,尤其是地下水位、温度、湿度以及土壤的饱和度等都会导致测试结果的偏差。例如,地下水位较高时,土体的抗压强度会受到水分的影响,从而使得静力触探试验的结果产生误差。气温较低时,土壤冻结或高温下的土体性质变化,也可能导致测试数据的不稳定。此外,测试过程中遇到的极端气候条件,如风力、降雨等,也可能影响设备的运行和数据的准确性。因此,进行原位测试时,必须考虑到这些环境因素,并在测试前后采取有效的监控和调整措施。

2.3 操作人员的技能与经验

原位测试的精度还受到操作人员技能和经验的影响。不同的操作人员在施工作业中的方法和节奏不同,可能会影响设备的安装、测试的推进速度、数据的记录与处理等方面。例如,进行标准贯入试验时,操作人员的打击频率、锤击力度、贯入深度的判断等都会影响测试结果的准确性。高经验的操作人员能够在不利的条件下调整操作方法,减少测试误差。而经验不足的操作人员则容易忽视一些细节,导致测试数据的波动。因此,进行原位测试时,操作人员必须具备扎实的技术基础和丰富的现场经验。

2.4 土体状态与测试结果的相关性

土体的物理状态、力学特性和内部结构等对原位测试结果有直接影响。土体的松散度、孔隙度、黏土含量、颗粒大小等因素都可能导致测试结果的差异。例如,在不同湿度下,土体的承载力和抗压强度会发生变化,进而影响

静力触探试验和标准贯入试验的深度和密度。同时,土层的均匀性与层间变异性也会影响测试的准确性。在存在较多异质性土层时,单次测试的结果可能无法全面反映土体的实际状态,因此需要多点采样和综合分析才能提高结果的代表性和准确性。土体状态的变化与测试结果密切相关,因此需要在测试过程中对土体进行详细的监测与分析。

3 提升原位测试精度的策略

3.1 测试前期准备的精细化管理

原位测试的精度不仅受到现场操作的影响,还与前期准备工作息息相关。测试前,必须对测试区域进行全面的地质勘察,准确掌握土体的分布、结构特征以及可能的变化规律,以便为后续的测试工作提供科学依据。根据地质勘察结果,应制定详尽的测试方案,合理规划测试点的位置和数量,确保测试数据具有代表性,能够全面反映土层的特征和变化。与此同时,对现场设备的检查和调试是至关重要的,应提前进行设备性能检测和校准,确保其能够在测试过程中正常运行,避免设备故障或性能不稳定对结果的影响。此外,还需要对测试人员进行专业培训,使其熟练掌握测试方法、操作规程和数据记录要求,从而确保测试操作的规范性和数据采集的准确性。通过精细化的前期准备,能够为原位测试的顺利进行和数据的高精度提供有力保障^[3]。

3.2 测试设备的校准与选择

测试设备的选择和校准是提升原位测试精度的关键。首先,选择合适的测试设备是确保测试结果准确的前提。例如,在进行静力触探试验时,应选择高精度的压力传感器和位移传感器,以提高数据的精确度。其次,设备必须经过定期校准,确保其测量误差在合理范围内。设备的校准不仅包括零点校准,还应应对测量范围内的不同参数进行校准。此外,还应确保设备在不同的工作环境下都能稳定运行,避免因环境变化导致设备性能下降。

3.3 环境控制与数据采集技术的改进

环境控制对原位测试精度有着重要影响。测试过程中,应尽量避免极端天气条件的干扰,选择合适的测试时间和季节。在高温或低温条件下,土体的物理性质会发生变化,因此应在适宜的气候下进行测试。此外,改进数据采集技术也是提升精度的有效途径。通过采用高精度传感器、自动化数据采集系统和无线传输技术,可以实时监测并记录测试过程中的各项数据,减少人为误差。数据采集系统还应具备自动校准和自诊断功能,确保数据准确传输和存储。

3.4 数据处理与误差分析方法的优化

原位测试数据通常具有较高的复杂性,如何科学处理数据并进行误差分析是提高精度的关键。首先,在数据采集后应进行初步的质量控制,剔除明显的异常值或误差点。其次,采用先进的数据处理方法,如多点拟合、曲线分析和统计回归等技术,对数据进行处理和分析,提取有效信

息。此外,误差分析应结合实际测试环境和设备性能,识别可能的误差来源,定量评估误差范围,并提出合理的修正方案。通过科学的数据处理和误差修正,能够有效提高测试结果的准确性。

3.5 质量控制与标准化作业流程的建立

为了进一步提升原位测试的精度,必须建立严格的质量控制和标准化作业流程。质量控制应贯穿测试的各个环节,从设备准备、现场操作到数据记录和报告生成,每一环节都应进行严格的监控和检查。应制定统一的操作规程和标准,确保测试过程的规范性和一致性。通过定期的质量审核、过程评估以及技术培训,不断提升测试人员的专业水平。此外,应根据项目需求和实际情况,灵活调整作业流程,确保每项测试任务都能高效、精确地完成。标准化作业流程不仅能够提高测试精度,还能提高工作效率和项目管理的可控性。

4 案例分析与实践应用

4.1 某项目原位测试的实施过程

在某大型基础设施项目中,原位测试作为地质勘察的重要手段被广泛应用。该项目的测试涉及多个地质条件复杂的区域,包括软土层和不均匀土层。在项目初期,测试团队对项目区域进行详细的地质勘察,确定了主要的测试点并设计了相应的测试方案。测试过程包括标准贯入试验(SPT)、静力触探试验(CPT)和原状土取样等多种方法。为了确保数据的准确性,测试过程中对设备进行了严格的校准,并通过数据采集系统实时监控和记录测试数据。此外,测试过程中还密切关注天气和环境变化,避免极端天气对测试结果产生影响。经过多轮测试,最终获得了一系列高质量的原位测试数据,为后续的设计和施工提供了有力支持。

4.2 提升测试精度后的成果对比

在实施精度提升措施后,项目的原位测试结果得到了显著改善。首先,设备的定期校准和升级,提高了传感器的灵敏度和稳定性,使得测试数据更加精准。其次,数据采集系统的优化和环境控制措施的加强,进一步减少了外部因素对测试结果的干扰。对比精度提升前后的数据,发现测试结果的波动性明显减小,尤其是在复杂地质条件下,数据的重复性和一致性得到了显著提高。例如,在土层强度测试中,经过精度提升后,测试结果更准确地反映了土体的实际承载力,为工程设计提供了更可靠的数据支持^[4]。

4.3 通过精度提升提高工程设计准确性与施工效果

原位测试精度的提升直接影响到工程设计的准确性和施工效果。以本项目为例,精度提高后的测试数据使得设计团队能够更准确地评估土体的物理力学性质,尤其是承载力和沉降特性。这些数据帮助设计人员优化了地基处

理方案,避免了不必要的施工风险。此外,在施工过程中,施工队伍根据精确的测试数据,合理安排了基础设施的深度和加固措施,有效减少了因土体不均匀导致的施工问题,提高了施工效率。项目的顺利推进也证明了精确原位测试对整体工程质量的重要性。

4.4 总结实践经验与改进建议

通过本项目的原位测试实践,可以总结出几点经验与改进建议。首先,测试设备的选择和定期校准至关重要,精度不高的设备会直接影响数据的可靠性,因此应优先选择高精度设备并进行严格的质量控制。其次,测试环境的控制必须更加细致,应避免天气、季节变化和地质环境等因素的干扰。在数据处理方面,可以通过引入更多智能化技术,如人工智能算法来提升数据分析的准确性和效率。最后,建议在未来的项目中,进一步加强测试人员的培训,提升其操作技能和对突发情况的应对能力,以确保原位测试的高效、准确实施。通过这些措施,未来项目的原位测试将能够提供更为精确的勘察数据,为工程建设提供更强有力的支持^[5]。

5 结语

原位测试技术在岩土工程勘察中的应用是实现精准勘察、保障工程质量的关键。然而,受多方面因素的影响,测试精度仍存在提升空间。通过加强测试设备管理、优化测试操作、改进数据处理方法,可以显著提高原位测试的精度,从而为岩土工程的设计与施工提供更为可靠的数据支持。未来,随着技术的不断进步,原位测试技术将朝着更加精准、高效、智能化的方向发展,为工程勘察行业提供更加先进的解决方案。

【参考文献】

- [1] 沈小克. 承前启后 全面创新 科学发展——改革开放40 年我国工程勘察行业发展的初步思考[J]. 中国勘察设计, 2018(12): 31-35.
- [2] 蒋宏涛, 崔利伟, 魏涛, 王涛. 分析工程勘察中地质测试和地下水监测的重要性[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2014, 34(11): 135.
- [3] 魏天文. 对岩土工程勘察设计与施工中水文地质问题分析[J]. 当代农机, 2025(1): 65-66.
- [4] 王峰, 祝恩珍, 潘志辉. 基于岩土工程勘察的地基基础设计优化研究[J]. 全面腐蚀控制, 2024, 38(11): 90-92.
- [5] 涂刚. 深基坑工程中岩土工程勘察的关键点研究[J]. 低碳世界, 2024, 14(9): 85-87.

作者简介: 肖鹏(1988.5—), 毕业院校: 宁波大学, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 宁波冶金勘察设计公司, 职务: 技术员, 职称级别: 工程师。

谈测绘技术在地籍测量中的应用探讨

于继斌

辽宁佳泰土地勘测规划有限公司, 辽宁 大连 116021

[摘要] 测绘技术在地籍测量中的应用, 不仅可以有效提高测量精度, 同时还能确定土地面积、土地权属位置, 对土地类型、质量等级等情况进行确定, 为土地管理部门提供有效的土地资料, 为土地登记工作提供有效依据。在地籍管理系统建立过程中, 地籍测量可以提供全面的数据, 以保证地籍数据库的规范性和完整性。文中主要从不同角度针对地籍测量中测绘技术的应用展开了研究供参考。

[关键词] 测绘技术; 地籍测量; 应用

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15345

中图分类号: P271

文献标识码: A

Discussion on the Application of Surveying and Mapping Technology in Land Surveying

YU Jibin

Liaoning Jiatai Land Survey and Planning Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116021, China

Abstract: The application of surveying and mapping technology in cadastral surveying can not only effectively improve measurement accuracy, but also determine land area, land ownership position, land type, quality grade, and other situations, providing effective land data for land management departments and providing effective basis for land registration work. In the process of establishing a cadastral management system, cadastral surveying can provide comprehensive data to ensure the standardization and integrity of the cadastral database. The article mainly conducts research on the application of surveying and mapping technology in cadastral surveying from different perspectives for reference.

Keywords: surveying and mapping technology; cadastral survey; application

引言

地籍测量是土地管理与资源利用中的核心工作, 涵盖了土地权属、边界划定以及地物识别等多个关键环节。在传统测量方法下, 地籍测量依赖人工操作与手工绘图, 导致了工作效率低下, 精度有限, 并使得应对复杂地形和大规模土地调查成为一大挑战。随着科技的不断发展, 测绘技术在地籍测量中的应用逐步成为提升测量精度、工作效率与数据处理能力的关键因素。近年来, 随着数字化与智能化技术的飞速进步, 广泛应用于地籍测量领域的测绘手段, 包括全站仪、GPS、遥感技术、无人机倾斜摄影、GIS及数据库技术。这些技术不仅显著提升了地籍数据的精确性、时效性及可靠性, 也推动了测量方法的创新与管理模式的改革, 从而为土地资源的高效管理与合理利用提供了强有力的技术支撑。本文将探讨当前测绘技术在地籍测量中的具体应用, 分析其优势及发展潜力, 以为进一步推动地籍测量工作的信息化、精细化与智能化提供理论依据与技术参考。

1 测绘技术的主要特点

1.1 数字化程度高

数字化测绘技术的高数字化程度是其显著特点之一。随着信息技术的迅猛发展, 数字化测绘已成为现代测绘行业的主流方式。通过深度结合计算机软件、硬件系统及网

络平台, 该技术实现了数据采集、处理、存储、分析与输出的全过程自动化与信息化。与传统人工测绘相比, 测量的精度与效率不仅大幅提升了, 数据的实时传输与共享也得以实现。数字化环境下, 测量结果能够以电子文件形式进行存储与管理, 从而避免了传统纸质图纸在保存、更新或损废方面的诸多问题。此外, 数字化测绘还能够对不同层次、种类的地理信息进行集成与分析, 为各类应用提供了强大的数据支持。通过与其他技术手段(如遥感、GIS等)的融合, 进一步拓宽了测绘数据的多样性与深度, 满足了日益复杂的测绘需求。

1.2 数据精度高

高数据精度是测绘技术的另一个显著特点, 尤其在现代地籍测量中具有至关重要的作用。随着测量设备与技术的不断革新, 测量精度的要求不断提高, 传统测绘方法已无法满足当前对高精度测量的需求。采用高精度仪器设备, 如全站仪、GPS接收器、激光扫描仪等, 现代测绘技术使得测量精度可达到厘米级甚至毫米级。这些先进设备通过精确的角度、距离测量与信号处理技术, 将误差降至最低。此外, 测绘数据的处理过程进一步确保了测量结果的精确性。通过计算机算法与软件系统, 原始数据经过多次处理、校正与融合, 消除了各种可能的误差源, 从而保证了最终数据的准确性^[1]。在地籍测量中, 精确的数据能够有效支

持土地资源的精确管理,确保土地登记、边界划定及地权确认等工作具有法律效力与公正性。同时,可靠的依据为后续的土地规划、开发与评估提供了精确的测量结果,避免了因测量误差引发的争议与经济损失。

1.3 测绘成果更加全面

测绘技术的另一显著特点是其成果的全面性。随着数字化与自动化技术的发展,测绘成果的内容与范围已变得更加广泛、精细与多样化。现代测绘技术不仅能够获取传统的二维地理数据,还能收集三维空间信息、地物高精度定位数据以及环境变化的动态数据。这些数据不仅涵盖土地的面积、边界、地形等基础信息,还包括建筑物、道路、地下管线等附属设施的精准位置、形态与结构等内容。借助高精度测量仪器及先进的数据采集技术,能够全面反映地形、地貌、物体分布等多种空间要素的状况,同时,这些数据往往具备实时更新功能。如此全面的测绘成果,为各类工程项目、城市规划、资源管理与环境监控提供了可靠的支持。通过综合运用遥感技术、激光雷达、无人机航拍等多种技术手段,测绘成果的空间覆盖范围得到了显著扩展,且在复杂环境下,精确获取详细数据成为可能,为地籍测量、环境评估、灾害监测等提供了更加完善的依据,从而推动了各行业在智能化与精细化管理方面的发展。

1.4 灵活服务于地籍测量

在数字化测图中,测图成果得以分层存放,且不受画面负载量的限制,这为成果的利用与更新提供了极大的便利。借助数字化测图技术,传统测图中的各类缺点得以有效克服。当房屋、地籍或房产信息需要更新或变更时,只需输入相关信息,经过数据处理后即可更新或修改图形,从而确保图形的真实性与时效性。利用动态 GPS 工作时,对通视性没有要求,同时也不限制移动站的高度,可以多个流动站同时工作。这不仅有效保护了环境,还显著节省了人力和物力,有助于提高工作效率,进而实现经济效益的最大化。此外,数据库管理系统的应用使得土地注册登记、地籍变更以及图件、数据的输出工作可以随时进行,灵活性强,极大提升了地籍测量工作的服务质量。

2 现阶段地籍测量技术的基本模式

现阶段,地籍测量技术的基本模式融合了传统测量方法与现代先进技术。尽管在某些地区,传统测量方法依旧发挥着重要作用,但其主要依赖全站仪、经纬仪、水平仪等仪器进行土地边界、地物位置及面积的测量,这些技术虽精准度较高,却在大规模区域的应用中,效率较低,且在复杂地形或偏远地区的适用性有限。随着技术的持续进步,现代地籍测量逐步整合了 GPS、遥感技术、无人机测量、GIS(地理信息系统)及数字化测图等创新手段,从而大幅提升了测量的精度与工作效率。通过高精度的卫星定位, GPS 技术能够实时提供定位数据;遥感技术则能迅速覆盖大范围区域,且不受地形限制;而无人机倾斜摄影技术,使得复杂的城市或山区环境中的测量更加高效且灵

活^[2]。与此同时, GIS 与数据库技术的结合不仅增强了地籍数据的存储、管理与查询能力,还使得数据能够进行空间分析与可视化处理,从而为土地管理、规划及决策提供了更为精准的支持。随着现代技术的广泛应用,地籍测量正朝着更高效、精确与智能化的方向发展,尤其在面对大规模、动态变化及复杂地形的测量需求时,现代技术的优势愈加显现。

3 测绘技术在地籍测量中的应用

3.1 全站仪测量技术的应用

全站仪测量技术在地籍测量中的应用至关重要,尤其在提升测量精度、工作效率及数据管理等方面发挥了关键作用。作为一种高科技测量工具,全站仪融合了光电测距、电子经纬仪及计算机数据处理等多项技术,能够同时进行角度与距离的精准测量,提供三维坐标数据。与传统测量设备相比,测量精度与工作效率显著提升。在地籍测量过程中,地物的空间位置,如土地边界、房屋位置及道路布局等,能够迅速而精确地捕捉,为地籍图的绘制与土地权属确认提供了准确依据。此外,现场数据采集与后台数据处理的无缝连接得以实现,测量结果能够实时录入系统,并自动生成坐标数据表及地图。大量人工计算的时间不仅被节省了,还减少了人为操作可能导致的错误。全站仪具备较强的适应性,能够应对各种复杂的测量任务,包括山区、城市密集区以及不规则地形等。其自动化功能使得测量人员能够减少现场工作量,较短的时间内就能完成大面积土地的测量,极大提升了地籍测量的效率。在土地管理与规划中,采集的数据不仅准确且更新及时,而且使得土地权属界定更加明确,为土地登记、土地变更及土地利用规划等提供了坚实的技术支持,从而确保了土地资源管理的科学性与公正性。

3.2 卫星遥感技术的应用

卫星遥感技术在地籍测量中展现了其独特优势,尤其在大范围、复杂地形及高效数据采集方面,具有显著表现。通过卫星搭载的遥感传感器,地表的多种信息,包括土地覆盖类型、地形变化、植被分布及城市建设等内容,可以从空中获取。卫星遥感为地籍测量提供了一种非接触、广域且快速的数据采集方式,特别适合大规模土地勘测与变化监测。在地籍测量中,土地边界、土地利用现状以及地物分布等数据,得以迅速获取,进而为土地登记、规划、变更及权属确认提供精确的数据支持。例如,通过卫星影像,不同土地用途区域能够准确识别出,从而有助于划定土地权属边界,尤其在偏远或难以到达的地区,遥感技术填补了传统测量方法的空白,大大提升了测量的覆盖范围与精确度。遥感影像的较高时间分辨率使得土地变化能够实时反映,适用于监控土地利用及土地覆盖变化等动态信息,对地籍信息的实时更新与维护具有重要意义^[3]。此外,卫星遥感数据与其他测量数据(如 GPS、全站仪等)结合使用,数据的精确性与全面性得以进一步增强,从而形成

更加完整的测量成果。

3.3 GPS 技术的应用

GPS 技术在地籍测量中的应用产生了深远的影响。通过全球定位系统提供的卫星信号,地面测量点的精准定位能够实现,广泛用于土地边界划定、土地权属确认及地物位置测量等多个领域。与传统测量方法相比,利用高精度的卫星接收设备与差分技术, GPS 技术能够达到厘米级甚至毫米级的定位精度,显著提高了地籍测量的准确性与工作效率。尤其在复杂地形和偏远地区,突破了传统方法受视距或交通条件限制的瓶颈,提供了更加灵活且高效的测量方案。地籍测量过程中,地块坐标数据可迅速、准确地获取,为土地界限的确认与图斑的划定提供了强有力的支持,确保了地籍信息的准确性与可靠性。特别是在地籍变更与更新时,借助实时定位系统, GPS 技术能够捕捉土地边界的细微变化,为土地登记和权属纠纷的解决提供及时而精确的数据支持。通过与 GIS、遥感等技术的融合,构建了一个更加完善的测量系统,借助数据融合生成了具有时效性、精确度及空间可视化效果的地籍图,提供了更全面的土地管理、规划及资源利用支持。此外,具备操作简便、自动化程度高及高效作业等特点的 GPS 技术,使得大规模地籍测量任务能够在较短时间内完成,进一步提升了测量的精度与效率。

3.4 无人机倾斜摄影测量技术

无人机倾斜摄影测量技术在地籍测量中的应用正日益成为一种创新且有效的手段,特别在复杂地形与城市环境中展现了显著优势。与传统遥感技术或地面测量方法相比,通过高分辨率相机进行倾斜拍摄,无人机能够在短时间内捕捉到多角度的立体影像,并通过图像处理技术构建出精确的三维模型。这项技术不仅能够获取地物的正面、侧面等不同视角的影像信息,还能够详细呈现建筑物的高度、轮廓、倾斜度等特征,显著提升了城市与乡村地籍测量中地物信息的完整性与准确性。在城市环境中,建筑物、道路、绿地等地物的空间分布与相对位置,能够通过无人机倾斜摄影技术细致地获取,为地籍图的编制与土地利用规划提供了极为精确的数据支持。由于具备高度的操作灵活性与较低的成本,无人机能够在复杂环境中高效地进行测量。无论是高楼密集的都市区,还是偏远难以到达的山区,其独特优势均能得到充分发挥。图像采集后,通过结合先进的图像处理算法,二维影像能够转化为高精度的三维地形模型,为土地权属划定、地块分割及边界确认等提供了直观且高效的数据支持^[4]。将无人机倾斜摄影技术与传统测量技术结合使用,数据精度与可靠性将进一步提高,人工干预减少,大量时间与成本得以节省,测量效率显著提升。

3.5 GIS 及数据库技术的应用

GIS (地理信息系统) 及数据库技术的应用在地籍测

量中极大提升了土地信息管理的效率与准确性。借助 GIS 技术,地籍测量中收集的空间数据与属性数据得以有效整合与分析,从而形成了动态且可视化的地籍信息系统。通过这一技术,土地的边界、使用状况、权属信息及其他相关数据得以直观展示,使得地籍数据不仅具备精准的空间定位,还能提供详细的属性描述,便于土地管理人员进行决策分析与资源配置。尤其在支持复杂的空间分析方面, GIS 技术在地籍测量中的作用尤为突出,如土地使用变化分析、土地开发潜力评估、区域规划等,为科学决策提供了可靠依据。与 GIS 技术相辅相成的数据库技术,确保了地籍数据的存储、管理与查询效率。高效的数据库管理系统能够实现地籍信息的标准化与模块化管理,支持长期存储与实时更新,避免了数据丢失或更新滞后的问题。同时,地籍信息通过数据库技术得以与其他部门的资源数据进行共享与交互,从而促进了跨部门协同工作,为土地管理、规划、评估与政策制定提供了综合信息支持。此外, GIS 与数据库的结合使得地籍测量数据得以通过云平台集中管理,支持了多用户与多终端访问,为跨地区、多层级地籍信息系统建设提供了坚实的技术基础。

4 结语

现代测绘技术在地籍测量中的应用,带来了前所未有的变革。随着全站仪、GPS、遥感技术、无人机倾斜摄影以及 GIS 等先进技术的普及,地籍测量在精度、效率及数据处理能力方面,显著进展已取得。这些技术,不仅传统测量方式改进了,数据采集与更新效率的提升,也为土地管理、资源保护及土地规划等领域,提供了强有力的技术支持。展望未来,随着测绘技术的不断创新与进步,地籍测量将在更高精度、智能化及自动化的层面,土地资源管理提供更加可靠与科学的依据,将成为现实。由此可见,土地管理的现代化,不仅测绘技术的应用推动了,更为土地的可持续利用与科学规划,提供了坚实的保障。其未来的广泛应用,必将更多力量为社会、经济与环境的协调发展贡献。

【参考文献】

- [1] 卢佳宁. 现代测绘技术在地籍测量中的应用[J]. 科技创新与应用, 2015(28): 292.
 - [2] 杨传夏. 现代测绘技术在地籍测量中的应用研究[J]. 建材与装饰, 2016(4): 239-240.
 - [3] 梁彦文. 现代测绘技术在地籍测量中的应用研究[J]. 四川建材, 2023, 49(7): 25-27.
 - [4] 马香莲. 数字化测绘技术在地籍测量中的应用探讨[J]. 世界有色金属, 2019(18): 227-228.
- 作者简介: 于继斌 (1998.6—), 毕业院校: 长春工程学院, 所学专业: 测绘工程, 当前就单位: 辽宁佳泰土地勘测规划有限公司, 职称级别: 初级。

基于倾斜摄影技术构建实景三维产品的应用开发探讨

段金增¹ 段鹏高¹ 段伟男²

1. 河北省测绘产品质量监督检验站, 河北 石家庄 050031

2. 石家庄奥晰工程勘测设计有限公司, 河北 石家庄 050031

[摘要] 倾斜摄影技术在多视点航拍中的应用, 已成为一种高效且客观地立体展现真实场景的大面积采集手段。该技术通过在单一飞行平台上集成多个探测器, 同步从垂直及多个倾斜视角捕捉图像, 进而实现对地面环境的精细刻画。结合高精度 POS 设备的辅助, 该技术确保了空间信息的高精度获取。本探讨聚焦于利用倾斜摄影技术构建 3D 空间模型, 该模型在保留地表元素重构特性的同时, 通过空域分析及 POS 数据的空三解算, 极大提升了地物定位的精确度, 为 3D 空间信息的多元化应用开辟了新路径。在此背景下, 本篇文章系统探讨了倾斜摄影技术在立体场景构建中的软件应用与开发。

[关键词] 倾斜摄影技术; 实景三维; 三维产品; 应用开发

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15328

中图分类号: P235.2

文献标识码: A

Exploration on the Application Development of Realistic 3D Products Based on Tilt Photography Technology

DUAN Jinzeng¹, DUAN Penggao¹, DUAN Weinan²

1. Hebei Surveying and Mapping Product Quality Supervision and Inspection Station, Shijiazhuang, Hebei, 050031, China

2. Shijiazhuang Aoxi Engineering Survey and Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050031, China

Abstract: The application of oblique photography technology in multi viewpoint aerial photography has become an efficient and objective method for capturing large areas of real scenes in a three-dimensional manner. This technology integrates multiple detectors on a single flight platform, synchronously capturing images from vertical and multiple oblique perspectives, thereby achieving precise characterization of the ground environment. With the assistance of high-precision POS devices, this technology ensures high-precision acquisition of spatial information. This discussion focuses on the use of oblique photography technology to construct a 3D spatial model. This model preserves the reconstruction characteristics of surface elements while greatly improving the accuracy of ground object positioning through spatial analysis and spatial triangulation of POS data, opening up new paths for the diversified application of 3D spatial information. In this context, this article systematically explores the software application and development of oblique photography technology in the construction of stereoscopic scenes.

Keywords: oblique photography technique; realistic 3D; 3D products; application development

引言

倾斜摄影技术 (oblique image survey) 近年来在全球范围内异军突起, 成为一项引领科技前沿的关键技术。本项目拟采用多传感器集成系统, 涵盖多相机、GPS/GNSS 及惯性导航系统等, 同步执行垂直与倾斜等多角度成像作业, 旨在全面且精确地捕获地表目标信息。经由图像同名点自动匹配、空三加密运算、不规则三角网 (TIN) 构建及表面贴图无缝拼接等处理流程, 最终生成倾斜摄影观测数据集, 即实景三维数据 (Real3D Data, 简称 R3D)。相较于传统人工 3D 建模方式, 实景三维数据以其高度逼真的视觉呈现、高精度的几何信息、高效的生产流程、极低的人为干预度及地表元素的全息复原等特性, 展现出无可比拟的优越性^[1]。

1 需求分析

基于倾斜摄影技术构建实景三维产品的应用开发需求, 其核心关注点广泛分布于现代城市规划、建筑设计、灾害风险评估、文化遗产的数字化留存及旅游推广等多个关键领域。

这些领域均对具备高精度与高效率特性的三维模型展现出强烈的需求意愿。

第一, 在城市规划领域, 实景三维模型能够直观且精确地呈现地形地貌特征, 为城市规划人员提供了科学、可靠的决策依据。这些模型不仅有助于规划人员更合理地规划土地利用、设计道路网络, 还能作为城市环境模拟与仿真的基础数据, 助力规划人员深入剖析城市发展的动态趋势及交通运输的实际需求, 从而制定出更加贴近实际、具有前瞻性的城市规划策略。

第二, 在建筑设计领域, 实景三维模型以其对建筑物及其周边环境的精确反映, 为建筑设计工作提供了宝贵的现实背景资料。设计师们可以依据这些模型, 更直观地把握设计对象的现状特征, 进而在设计过程中融入更加精确的元素, 提升设计方案的可行性与准确性。

第三, 高精度、实时的三维地形数据是预测灾害风险、制定应急预案的重要基础; 三维模型能够实现对古迹、古

建筑等珍贵文化遗产的精确记录与修复指导,在旅游推广领域,三维模型以其沉浸式的体验方式,为游客带来了前所未有的旅游感受^[2]。

2 系统设计及关键技术探讨

2.1 系统设计

针对 PGIS 系统现存的不足,本文提出了一种新的设计思路。该思路立足于 Windows 操作系统,将 Skyline6.5 与 ArcEngine10.1 两大技术体系深度融合,通过 C/S 架构模式,充分发挥 Skyline 在三维可视化方面的优势以及 ArcEngine 在二维数据分析上的专长,实现两大技术的功能互补。借助 .NET 开发框架与 C# 编程语言,企业可设计并开发了一款以倾斜摄影技术为基础的公安 GIS 系统。图 1 清晰地呈现了该系统的整体架构,该架构由底层软硬件环境、数据资源层、技术支持层及应用服务层四个核心部分组成,如图 1 所示。

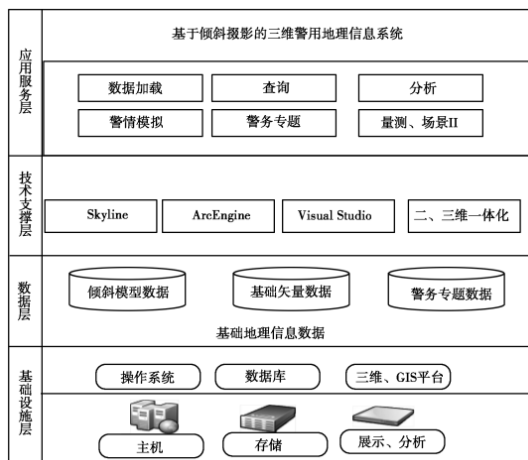


图 1 系统总体架构图

在数据资源层,系统整合了倾斜摄影技术生成的实景三维建模数据、基础的 DLG 矢量数据、DEM 与 DOM 网格数据,以及公安业务所特有的警务数据等多元信息资源。技术支持层则聚焦于开发环境与组件的搭建,即 Skyline 与 ArcEngine 的二次开发组件,并在此基础上深入探索并实践了二维与三维数据一体化的处理技术。应用服务层以倾斜摄影技术生成的实景三维公安 GIS 为核心,其功能涵盖了数据加载、基础工具操作、属性空间查询、基础数据分析、警情模拟演练以及警务专题应用等多个关键领域,旨在为用户提供一套全面、高效且直观的空间信息服务解决方案。

2.2 二、三维一体化策略

鉴于传统基于“StreetFactory”技术的三维建模方法在处理大场景时存在的局限性,如模型个体独立性不足且与现有三维模型融合困难等问题,本项针对大场景三维建模与二维属性信息的关联处理展开深入研究。企业可以二维矢量数据与三维个体模型为基础,构建大场景三维模型与实体对象之间的关联性^[3]。

(1) 在三维建模的基础上,企业可采用主题建模的

处理策略,根据二维矢量数据的大小及其空间分布特征,将大场景的三维模型细分为多个独立的模型单元。利用 Skyline 的 CityBuilder 工具,企业可对倾斜摄影生成的大场景三维模型进行分层或参照层分解处理,并为每个三维模型附加相应的参照数据属性,最终生成具有多尺度、动态特性的 3DML (三维网格层) 格式模型。3DML 模型不仅具备高度逼真的三维视觉效果,而且每个模型单元都已被赋予属性信息,从而支持类似于二维图形的检索与处理操作。

(2) 针对那些未进行单体分割的大场景三维模型,企业可采用二维矢量拼接的处理方法,实现二维数据与三维增强现实(AR)的精确配准与深度融合,构建一个统一的虚拟场景,从而显著提升三维 AR 的检索效率。当用户点击某个目标时,虽然无法直接根据目标的视觉特征进行检索,但系统能够通过获取点击位置的坐标信息,在二维矢量图层中快速定位并查找对应的元素,并读取其属性信息,进而实现二维与三维属性信息的动态关联。在三维建模过程中,点击位置能够自动映射到对应的二维平面元素上,系统会根据二维数据的属性信息,自动将该元素在三维场景中精确定位,并以醒目的色彩突出显示其三维外包矩形框架,从而为用户提供直观的空间定位与属性信息查询体验。

2.3 应用开发方式

实景三维产品的应用开发主要沿循两大路径展开:其一,借助 OpenSceneGraph (OSG) 这一开源图形应用程序接口(API)进行自主开发;其二,则是通过对商用平台的 API 实施二次开发,以实现所需功能。这两条路径均能够构筑出具备面向对象特性的应用程序框架,其结构稳健,操作便捷,能够高效地搭建起开发环境。这些 API 设计直观明了,易于开发者上手,所开发的软件在性能与功能上均表现出色,充分满足用户的多样化需求。

2.4 基于 OSG 的开发实例

OpenSceneGraph (OSG) 是依托 OpenGL 技术,结合 ANSI C++ 和 C++ 模板库(STL) 共同研发而成的一种开源高层图形库。OSG 作为 OpenGL 的底层硬件抽象层,具备诸多显著特点,如支持多种数据库接口和脚本语言,并对这些进行封装以优化运行时性能。OSG 为几乎所有主流数据库及数据格式,包括分页数据库,均提供直接的数据连接能力。同时,OSG 还支持 Python 和 Tcl 两种不同的脚本语言,其研究成果有望突破当前交互图形系统在用户界面上的局限性。以日照仿真分析为例,该研究旨在通过模拟特定区域内一年中每天不同时段后方建筑物的光影效应,计算出后方建筑物的最短日照时间,从而为建筑间隔合理性的审核提供科学依据。日照仿真分析的实施流程大致如下:首先,利用 OSG 的场景浏览器功能,将真实的三维数据导入至节点中;接着,创建影子场景物体,并明确区分影子接收物体和影子投射物体;然后,确定影子的具体实现方式,最后,研究物体间的相互作用关系,并将其与光照条件相结合进行综合考量。图

3 详细展示 OSG 日照解析函数的框图结构。

osgViewer 作为 OSG 中最为基础的场景浏览工具,能够通过定义一个视图对象库来创建一个场景,并将真实的三维数据导入至场景节点中,从而在窗口中实现真实三维场景的可视化展示与初步浏览。

在 OSG 中,为实现实时投影控制,通常采用 ShadowVolume 技术,通过移动光源来模拟对移动目标的投影效果。每当场景中的几何图形或光源位置发生变化时,都会重新计算阴影体积以获取不同的光影效果。ShadowVolume 本质上是一个由三个不同角度投射而成的透明物体,其形状与投射物(即产生阴影的物体)的形状保持一致。

OSG 完全兼容 OpenGL 中的光照特性,这种光照能够创造出非自然的色彩效果。通过创建一个 osg::Light 对象来设定光照参数,并为其添加一个 osg::LightSource 以获得所需的光照效果。

在日照计算中,需重点关注光源的方向和位置设定。其中,光源被配置为平行光,以模拟阳光的自然效果。平行光的方向和位置可通过解算相关参数来确定,具体算法可参考相关学术文献。最后,将相应的物体添加至阴影节点中,并运行软件,即可获取日照计算仿真结果^[5]。

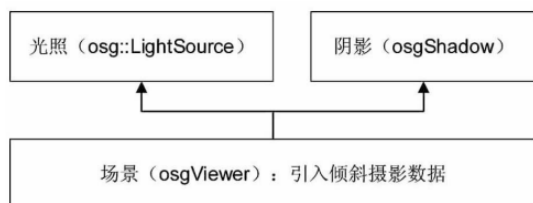


图2 基于 OSG 的日照分析功能结构图

3 试验分析

3.1 试验背景与目标定位

倾斜摄影技术作为摄影测量技术的革新之举,通过集成多传感器于单一飞行平台,实现了从垂直及四个倾斜方向同步捕获影像数据的能力。这一技术不仅突破了传统垂直摄影的局限,更显著提升了数据采集的效率与分辨率,为实景三维建模提供了坚实的数据支撑。本次试验旨在验证倾斜摄影技术在构建实景三维产品中的实践效果与效能,并深入挖掘其在多领域的应用潜力。

3.2 试验流程与技术实施

3.2.1 数据采集阶段

采用高性能无人机搭载倾斜摄影相机,针对目标区域执行详尽的飞行拍摄计划。该计划依据目标地形的复杂程度、地貌特征及建筑物分布进行了精心设计,以确保影像采集的全面性和高质量。

3.2.2 数据处理环节

原始倾斜摄影图像数据经过一系列预处理步骤,包括噪声去除、几何校正与畸变校正,以提升图像质量。随后,利用专业的倾斜摄影三维建模软件,通过特征点提取、匹

配以及稀疏点云构建,逐步生成稠密点云并最终形成三维立体模型。

3.2.3 模型优化与验证

所得三维模型经过纹理映射、几何细节调整等优化手段,显著增强了模型的视觉效果与精确度。同时,对模型进行了全面的质量评估、属性信息提取及空间分析,以验证其在各领域应用的适应性^[6]。

3.3 试验结果与应用前景分析

本次试验成功构建了目标区域的实景三维模型,模型呈现出高精度的几何形态与逼真的视觉效果。通过对比分析,倾斜摄影技术在实景三维产品构建中展现出以下显著优势:第一,高效采集能力,该技术能够迅速获取大量高分辨率影像数据,显著缩短了三维建模的周期。第二,高精度重建效果,多角度影像信息的融合确保了三维模型的高精度,满足城市规划、建筑设计等领域的精度要求。第三,丰富的信息内容,提供的详尽地理与纹理信息使三维模型更加贴近真实世界,提升了模型的应用价值。

4 结论

综上所述,市场需求调研显示,实景三维数据在公共安全、城市管理、城乡规划、社区治理、旅游业等多个领域具有广泛的应用前景。结合实景三维数据与业务数据,以用户需求为导向的应用软件开发已成为该领域的发展趋势。当前,B/S 架构下的实景三维应用仍主要依赖浏览器插件,但随着 HTML5 等新型技术的不断发展,无插件的网页三维应用正逐渐成为可能。当前应用仍以单体建筑室内外展示等小规模场景的信息管理为主。同时,将实景三维数据作为 VR 体验的空间基底,模拟飞行、旅游观光、极限运动等场景,也是应用开发的重要方向之一。

【参考文献】

- [1]陈江攀,严献彪.基于机载 LiDAR 与倾斜摄影技术的场区地质环境调查研究[J].科技创新与应用,2025,15(4):86-89.
- [2]鲁耀山,杨赞光.倾斜摄影测量技术在地籍测绘中的应用研究[J].科技资讯,2025,23(1):43-45.
- [3]尹娇.基于无人机倾斜摄影技术的三维模型精细化分析[J].黑龙江科学,2024,15(24):156-158.
- [4]于鹏远,琚灏,田文武.无人机倾斜摄影技术在垃圾填埋场堆体开挖管控中的应用[J].中国资源综合利用,2024,42(12):42-44.
- [5]梁玉球.基于无人机倾斜摄影技术的道路边坡变形测量[J].北京测绘,2024,38(12):1739-1744.
- [6]张新民.倾斜摄影测量技术在丘陵地区田地面积调查中的应用[J].华北自然资源,2024(6):102-105.

作者简介:段金增(1968.1—),男,本科,副高,河北省测绘产品质量监督检验站,质量监督员,负责测绘项目验收检验工作。

浅谈山区 145 米跨连续刚构桥施工技术实践

王方旭 郭裕强 郭浩田

中铁建大桥工程局集团第一工程有限公司, 辽宁 大连 116033

[摘要]文中介绍宜昌附近山区新建高速薄壁空心墩、双肢薄壁空心墩、145 米跨连续刚构桥施工案例, 针对不同结构的超高墩身采用不同托架和反力架压载方式解决 0 号段施工, 使用菱形挂篮完成悬臂梁施工, 同时介绍了主要施工工艺和部分控制参数, 为类似的桥梁工程提供了一定的参考。

[关键词]山区桥梁; 连续刚构桥; 薄壁空心墩; 挂篮施工

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15379

中图分类号: TU37

文献标识码: A

Brief Discussion on the Construction Technology Practice of 145 Meters Span Continuous Rigid Frame Bridges in Mountainous Areas

WANG Fangxu, GUO Yuqiang, GUO Haotian

China Railway Construction Bridge Engineering Bureau Group 1st Engineering Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116033, China

Abstract: This article introduces the construction cases of newly built high-speed thin-walled hollow piers, double leg thin-walled hollow piers, and 145 meters span continuous rigid frame bridges in the mountainous areas near Yichang. Different brackets and reaction frames are used to load the ultra-high pier bodies of different structures to solve the construction of Section 0, and diamond shaped hanging baskets are used to complete the construction of cantilever beams. At the same time, the main construction technology and some control parameters are introduced, providing some reference for similar bridge projects.

Keywords: mountain bridges; continuous rigid frame bridge; thin walled hollow pier; hanging basket construction

1 工程概况

晏家坪大桥位于湖北省宜昌市五峰县五峰镇茅坪村, 设计速度 80km/h, 双向四车道。大桥处于分离式路段, 全桥共 2 联, 桥梁全长 462.16m, 纵坡 2%。上部结构采用预应力混凝土连续刚构箱梁+预应力混凝土连续 T 梁, 左幅、右幅桥跨布置均为 80m+2×145m+80m。1 号墩墩身采用双肢等截面空心薄壁墩, 2 号墩采用单肢变截面空心薄壁墩^[1], 3 号墩采用双肢变截面空心薄壁墩, 1 号、2 号、3 号墩桩基采用嵌岩桩; 0 号台、4 号台采用扩大基础桥梁布置图如图 1 所示。

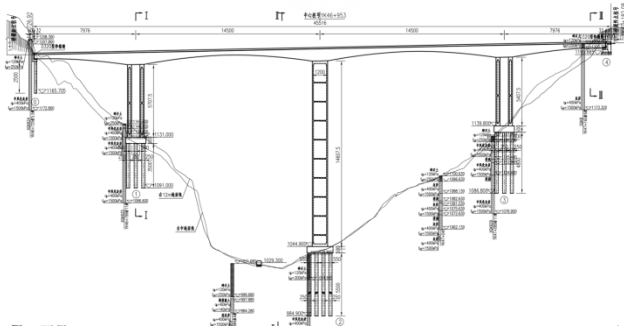


图 1 桥梁布置图

现浇箱梁为单箱单室^[2], 箱梁顶板宽 12.5m、底板宽 6.5m、翼板悬臂 3.0m, 顶板厚 0.32m, 梁高 9.4m~3.4m 逐节变化, 腹板厚 1.0m~0.5m 逐节变化, 底板厚 1.1m~

0.32m 逐节变化。边墩支架现浇段 4 个, 单节长 6.26m; 边跨合龙段 4 个, 单节长 2m; 中跨合龙段 4 个, 单节长 2m。采用 C55 砼, 0#段和合龙段采用 WHDF 砼, 掺量 9kg/m³, 采用三向预应力, 悬臂梁断面情况如图 2 所示。

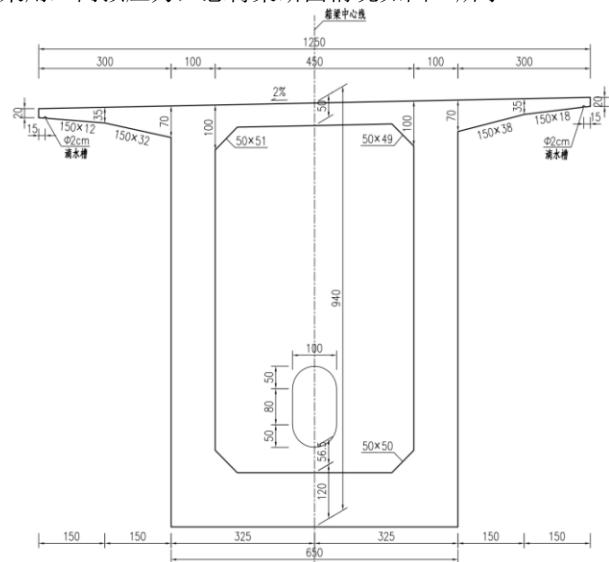


图 2 悬臂梁断面

2 总体施工方案

2.1 施工准备与支架系统

本节介绍了施工前的准备工作, 包括底部支架的安装

方法。支架系统采用墩身预埋孔道,结合托架、横梁、纵梁、分配梁以及盘扣支架构建。对于超过30米高的墩身,通过墩顶反力架进行预压,确保结构稳定性。0号块的模板选择也在此节说明,底模和内侧模采用16mm厚竹胶板,外侧模则使用6mm厚钢板。

2.2 0#块施工

0#块砼两次浇筑^[3],底部支架采用墩身预埋孔道安装托架+横梁、纵梁、分配梁+盘扣支架。墩身高度超过30m,托架利用墩顶反力架达到预压目的。0#块底模、内侧模采用16mm厚竹胶板,外侧模采用6mm厚钢板。

2.3 悬臂梁施工

悬臂梁施工采用12套菱形挂篮,挂篮50t、模板27.5t、兜底11.57t,总重89.07t,悬臂节段长3m×5节+3.5m×6节+4m×7节。墩身高度较高,采用堆载预压风险高,在0号段设置反力架,对挂篮进行预压。0#块完成预应力束张拉,吊运菱形架等构件在0#块组拼、安装,挂篮安装完成、检查验收、签证后,利用反力架预压,挂篮前移、安装钢筋、预应力束等,浇筑1号段砼,砼强度满足90%要求后张拉、压浆预应力束,挂篮前移,循环往复施工18个节段。

2.4 边跨现浇段施工

0#台、4#台边跨现浇段,采用盘扣支架施工。经基础开挖、检查承载力、浇筑基础、支立盘扣支架和支架预压后,在支架上现浇长6.26m直线段箱梁。

2.5 合龙段施工

合龙段施工分为两个子部分^[6],分别介绍了边跨和中跨合龙段的施工技术。边跨合龙段施工包括挂篮的就位、水箱加载、线型调整、刚性支撑的安装以及混凝土的浇筑和卸载。中跨合龙段施工则侧重于挂篮的前移、水箱加载、支撑安装和混凝土浇筑,以及后续的张拉和压浆工作。两部分均强调了在混凝土强度达到100%后进行的预应力束张拉和压浆,以及施工完成后的支撑和挂篮拆除工作。

3 施工方法

3.1 0#段施工

3.1.1 托架安装及预压

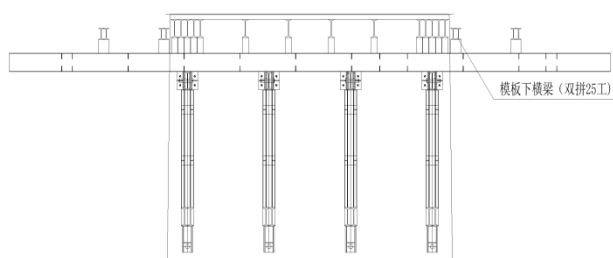


图3 托架结构正立面布置图

0号块托架利用墩身预埋件,安装三角支撑架,在其上横向铺设工字钢主梁、纵向分配梁、盘扣支架。墩顶托架预压采用反力架进行预压,预压重量按照箱梁恒载和施

工机具总重之和的120%。托架结构正立面布置情况如图3所示。

3.1.2 外模施工

在0号块的侧面模板设计中选用了6mm厚的钢板^[4],背面加固采用8号槽钢及成对的10号和12号槽钢桁架。模板由专业厂家定制,并在进场时进行了验收。模板上等距设置了直径22mm的拉杆孔,配备20mm直径拉杆,底部支撑在托架横梁上,并通过焊接固定。端模部分,采用10mm厚钢板,顶部预留预应力孔道,并在底板和腹板处预留钢筋槽口。

横向预应力结构中,张拉槽口紧贴模板设置,槽口处布置封锚钢筋以确保模板贴合。竖向预应力钢筋的张拉槽口在第二次混凝土浇筑时预埋,槽口设计为顶部宽底部窄,预埋深度精确控制,锚垫板与槽口底部紧密接触。箱梁内模采用16mm厚竹胶板,结合10cm×10cm木方和盘扣架支撑,形成稳固的内模系统,模板布置情况如图4所示。

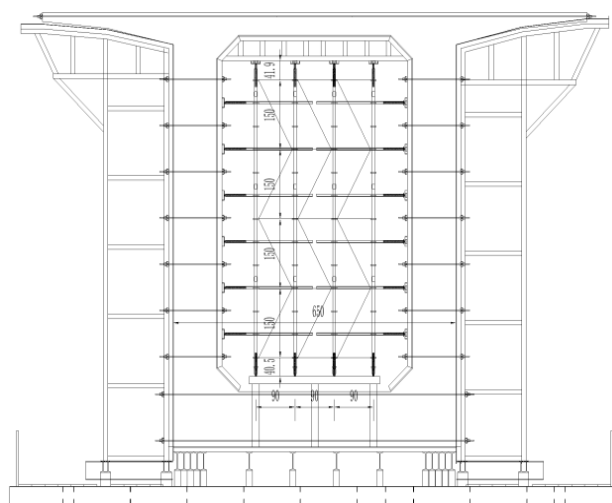


图4 模板布置图

3.1.3 内膜、盘扣支架的安装

在本项目的模板支撑系统设计中,内侧模板及顶板底部采用了16mm厚的竹胶板,配合10cm×10cm的木方进行加固。外侧模板则选用了6mm厚的钢板,背面加固结构包括横向布置的8号槽钢,整个模板系统由盘扣支架提供支撑。支架系统的立杆在横桥向的间距为0.9m,而在纵桥向的间距则介于0.6m至0.9m之间,水平杆和竖向斜杆均进行全面布置。立杆的外径为60.3mm,壁厚为3.2mm;水平杆的外径为48.3mm,壁厚为2.5mm;竖向斜杆的尺寸与水平杆相同;横撑的外径为48mm,壁厚为3.5mm。模板上设有直径为22mm的拉杆孔,拉杆选用直径20mm的精轧螺纹钢制成,其横向间距为1m至1.2m,竖向间距为0.7m至0.8m,以确保模板的整体稳定性。内模盘扣支架正立面布置情况如图5所示。

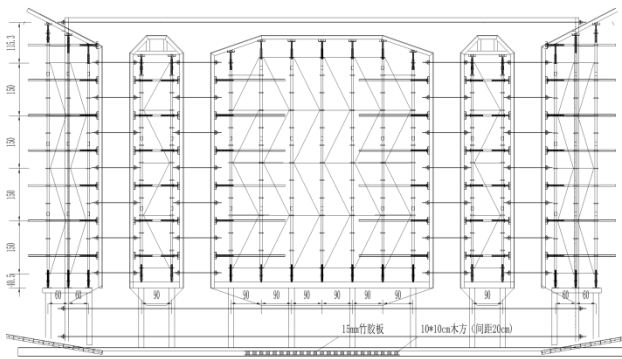


图5 内模盘扣支架正立面布置图

3.1.4 混凝土浇筑

0号块砼为C55WHDF砼, 体积为562.2m³和573.6m³, 第一次浇筑5m, 浇筑数量约300m³。浇筑时间选择气温变化较小的时间段。先底板、再腹板和横隔板, 水平分层、对称浇筑, 每层厚度约30cm。振捣时, 注意观察振捣效果, 避免出现孔洞、蜂窝、漏振等病害。顶板由翼板边, 向腹板、横隔板位置浇筑, 在腹板、横隔板位置结束。最终收尾位置设置在砼较厚位置, 保证混凝土融合质量。混凝土浇筑完成, 一次收面、抹平后, 外露面二次赶光、抹面。

3.1.5 混凝土养护及凿毛

混凝土浇筑完成后, 立即覆盖复合养生膜进行养生, 复合养生膜纵横搭接处不小于10cm宽度, 待混凝土初凝后, 在养生膜下洒水, 在顶部用木方井字形盖压, 以免风掀起养生膜, 达不到养生目的, 养生时间不小于7d。箱室内混凝土养生, 直接在箱室内洒水养护。端模拆除后凿毛处理, 凿毛采用机械凿毛, 砼强度不低于10MPa, 深度不低于8mm, 露出粗骨料, 并清松散材料。

3.1.6 预应力张拉、压浆

整体张拉顺序为: 腹板→顶板→竖向→横向, N号梁段施工完成后, 再张拉n-2号梁段的竖向预应力钢筋及横向钢束。竖向预应力在第一次张拉完成约两周时间, 进行二次复拉, 严禁遗漏。

纵向预应力钢绞线在梁体混凝土浇筑后穿束。张拉前, 应确定锚具安装正确, 结构或构件混凝土已达到要求的强度和弹性模量。

0号段纵向预应力初张值取设计张拉控制力的15%~25%, 持荷时间不少于3分钟。箱梁纵向预应力钢束在箱梁横截面, 保持对称同步张拉, 至少四个千斤顶同步工作。

预应力筋张拉锚固后, 孔道在48h内完成压浆。浆的充盈度应达到孔道另一端饱满且排气孔排出与规定流动度相同的水泥浆为止, 压浆的压力为0.5~0.7MPa。关闭出浆口后, 保持0.5MPa的稳压期, 稳压的时间5分钟。

3.2 挂篮施工

3.2.1 挂篮安装

挂篮悬臂浇筑1~18号段^[5], 混凝土标号C55。第1~5号段长3.5m, 第6~11号段长3.5m, 第12~18号段长4m。挂篮由主桁系统、行走系统、横梁、操作平台、通道、兜底等组成。

依次安装轨道、支座、主桁架、后下横梁、前上横梁、前下横梁、兜底安装、底模、外滑道梁、侧模前移、内滑道梁、内模安装。

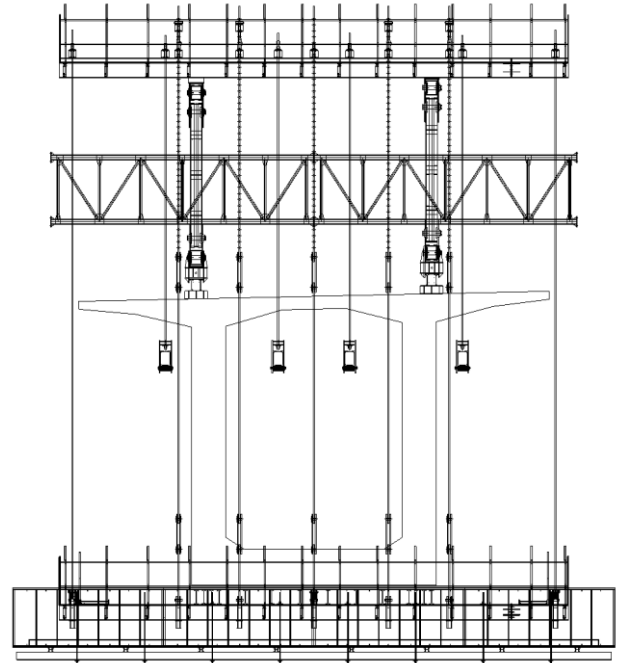


图6 挂篮构造布置正视图

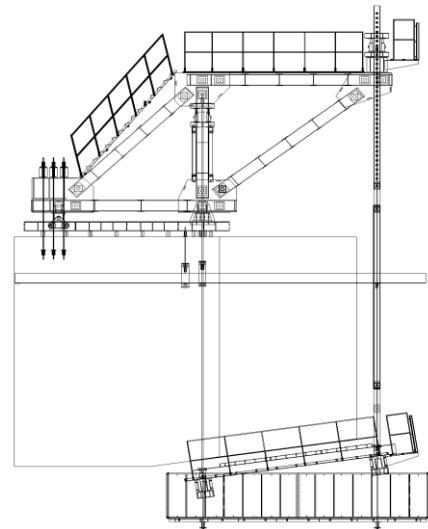


图7 挂篮构造布置侧视图

3.2.2 挂篮预压

用千斤顶在箱梁底板范围内对挂篮进行预压加载^[6]。

预压荷载为悬臂浇筑最大节段重量的 1.2 倍。分级按照 10%、50%、100%、120%进行预压和卸载。反力架为牛腿双拼 I45b 工字钢加工制作,与预埋钢板焊接、螺接。千斤顶放置在腹板中心线位置,其下纵向双拼并型钢,再横向均布 4 道双拼 I20a 工字钢^[7]。

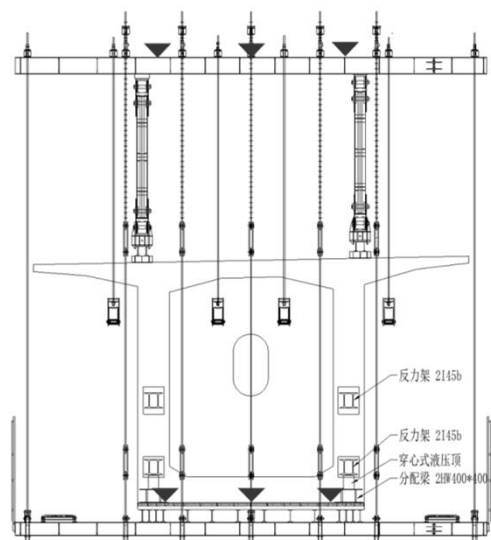


图 8 挂篮预压布置图

同步测量菱形架竖向位移;前上横梁竖向位移、前下横梁竖向位移、后横梁竖向位移。每级预压完成后 6h 测量变形数据;最终荷载预压完成后 12h 测量 H_{n+1} 变形数据;卸载后及时测量 H_n 末次观测。非弹性变形值 h_n =初始值 h_0 -最终荷载值 H_{n+1} ;弹性变形值 h =最终荷载值 H_{n+1} -卸载后值 H_n 。

3.2.3 钢筋、预应力束安装

箱梁钢筋、纵向、横向、竖向预应力束、齿块钢筋等数量较多,普通钢筋和预应力束位置冲突的情况,如预应力管道位置与普通钢筋相碰,适当挪动普通钢筋,保证纵向预应力管道位置正确,不得切断钢筋。

钢筋安装优先级:纵向预应力束>竖向预应力束>横向预应力束>主筋>普通钢筋。

先安装箱室底板钢筋,底板钢筋完成后,安装腹板钢筋和竖向预应力钢筋,底板内设置齿块钢筋的,严格按照设计尺寸和位置,安装齿块钢筋,钢筋安装的过程中,同步接长预应力管道,管道接头位置利用大尺寸波纹管包裹,避免接缝处漏浆。预应力孔道严格按照设计位置安装,并设置防崩和定位钢筋。

纵向接长的腹板钢筋采用双面焊接长,焊缝 5d。腹板勾筋将箍筋、纵向钢筋交叉箍筋外侧勾牢,顶板勾筋将横、纵钢筋交叉处的横向钢筋外侧。顶板钢筋在内模安装固定后安装。

3.2.4 内模安装

内模采用钢模板,内模采用钢模板,模板根据腹板、

底板尺寸变化进行调整。

挂篮行走到位,底板钢筋安装完成后,将挂篮内模从箱室内拖至节段内,如内模尺寸需变小的,提前调节模板内侧横梁长度,适配内模尺寸。

内模安装固定后,从箱室内穿入模板拉杆,另一端在模板外拧紧拉杆螺母。拉杆间距控制在 $1\text{m} \times 1\text{m}$,拉杆 $\phi 20$ 精轧螺纹钢

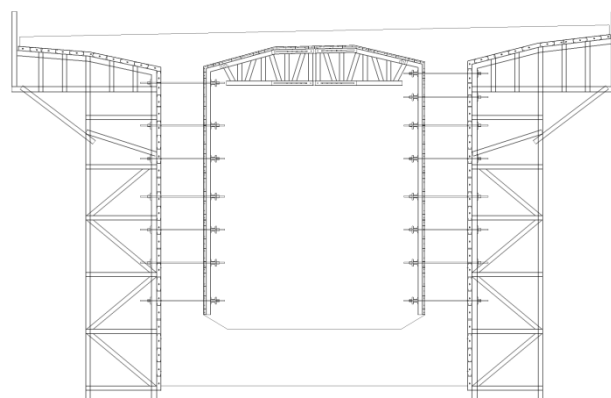


图 9 内模布置图

3.2.5 挂篮行走

(1) 轨道安装接长。前段箱梁顶面上轨道加长侧放挂篮前移轨道位置,并抄平垫实,铺设钢枕、轨道。同时用箱梁的竖向精轧螺纹钢、通过轨道锚固垫片锚固轨道,安装牵引千斤顶系统。

(2) 下放模板。同步下放后吊杆,使后横梁下放 10~15 厘米,再同步下放前吊杆,使底模模与已浇筑梁底平行,拆除挂在箱梁上的后吊杆。内模同样下放 10~15 厘米,模板与梁体就完全脱离。

(3) 挂篮行走。挂篮前移前,检查反扣轮销轴是否连接紧密并转动自如,以保证反扣轮垂直受力,涂黄油,减小摩擦,并安装防倾覆反压梁。放松后锚杆,使反扣轮扣住轨道,检查各反扣轮扣住轨道,反扣轮受力,挂篮前倾力作用在行走轨道上。反扣轮两侧必须同时反扣轨道受力,不得单侧受力。利用千斤顶同步顶推,使挂篮主桁架、底托系统、侧模系统同步前移。前移速度控制 5~10cm/min,平稳移动,左右同步,偏差不得大于 5 厘米。

(4) 挂篮锚固就位

前移到位后,安装后锚。单端挂篮后锚为 12 根直径 32mm 精轧螺纹钢,后锚连接器必须分中连接旋紧,后锚横梁适当根据精轧螺纹钢位置调整,使精轧螺纹钢居中放置,顶部设置垫板、双螺母。使用 32 吨机械顶,对称施加紧固力。穿入后下横梁锚固吊杆,移动内外滑梁盒子,在梁面锚固。

3.3 合龙段施工

边跨合龙时,需将挂篮底模长度修改为匹配合龙段长度^[8]。边跨和中跨挂篮同步前移锚固,将前吊带通过边跨

现浇段预留孔伸入梁底,形成底模吊带系统。将底模长度改为 2.2m。拆除内模系统,挂篮前段伸入现浇段底模下的部分,拆除边跨现浇盘扣支架。挂篮改装过程中,两端同步进行。

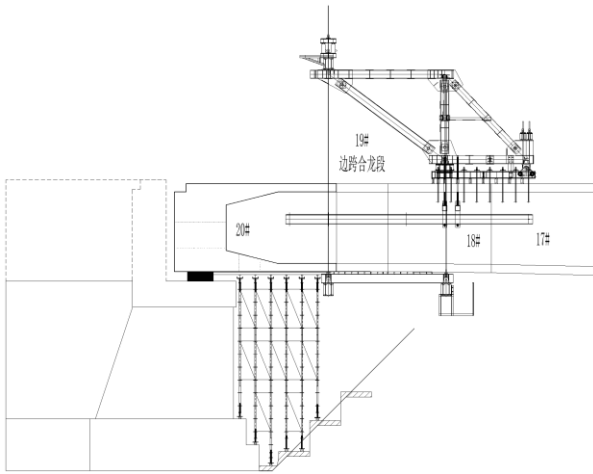


图 10 边跨合龙挂篮位置图

边跨合龙后,中跨采用改装调整,利用两侧挂篮合龙施工。

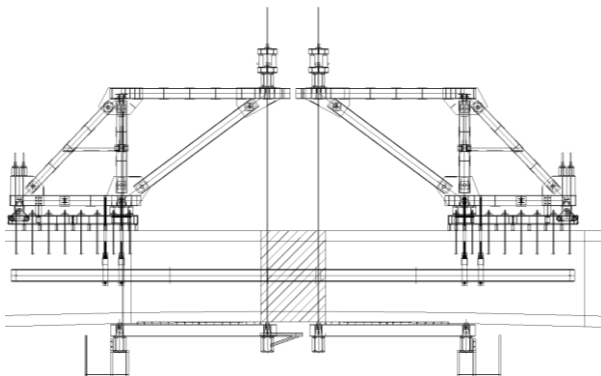


图 11 中跨合龙挂篮布置图

两端挂篮调整就位后,两端同步安装水箱、注水,调平现浇段和最后悬臂段底板高程^[9]。刚性支撑为双拼的 40 槽钢和钢板组成的刚性支承梁。刚性支承梁长 3.3m,两根槽钢通过 20cm×3300cm 的 10mm 厚钢板焊接成为整体,焊接完成后,刚性支撑梁断面尺寸 250mm×420mm×33000mm。刚性支承梁 420mm 面朝下,放置在预埋件轴线位置,刚性支承梁与预埋件环缝焊接。配重水箱布置在挂篮桁架之间,两端水箱位置对称设置。合龙段钢筋、预应力筋安装现浇段相同。

3.4 施工监控

严格控制主梁施工临时荷载,施工材料堆放要求定点、定量,堆放在 0 号梁段附近测量要求。测量工作由施工单位和监控单位平行进行,以便于在现场及时校对,同时由监理单位进行复核。在施工监测时,各工况下线形监测应避免日照温差的影响,在温度相对稳定时间段进行,所有施工监测记录须注明工况(施工状态)、日期、时间、天气、气温、风力、风向、桥面特殊施工荷载和其他突变因素。主梁挂篮立模和预应力张拉前后的测试工作必须回避日照温差的影响。

4 结语

山区双臂薄壁空心墩 145 米跨连续刚构桥不同施工条件选用适合的施工方法和工艺。用科学的装备、适合的工艺实施,保证施工的质量、安全、进度,最大限度地实现设计目标和工程目标。本文介绍的施工技术,在不同跨度的悬臂梁施工都可借鉴,为同类型桥梁施工提供参考案例。

[参考文献]

- [1] 石岩,焦应乾,李军,等.考虑墩-梁碰撞效应的大跨高墩连续刚构桥近断层地震损伤分析[J].应用基础与工程科学学报,2024,32(4):1140-1153.
- [2] 赵灿晖,杨正浩,袁小聪,等.高桩承台连续刚构桥的调谐隔震设计方法[J].中国公路学报,2024,37(7):137-146.
- [3] 邓开来,吴光源,远全闯,等.高铁大跨双臂墩连续刚构桥减震系梁地震易损性分析[J].桥梁建设,2024,54(3):61-69.
- [4] 王瑾,许维炳,杜修力,等.现浇及装配式超高墩连续刚构桥碰撞响应及其影响试验[J].中国公路学报,2024,37(9):68-82.
- [5] 黄佳栋,谭平,张云,等.耐震时程法在大跨连续刚构桥纵向抗震性能评估中的应用[J].振动工程学报,2024,37(2):306-317.
- [6] 叶爱军.波形钢腹板箱梁高墩连续刚构桥抗震性能研究[J].桥梁建设,2023,53(5):104-110.
- [7] 郑国足,焦应乾,石岩,等.考虑墩-梁碰撞效应的连续刚构桥系统易损性与概率地震风险性分析[J].工程科学与技术,2024,56(3):147-159.

作者简介:王方旭(1987—),男,工程师,主要从事山区高速公路建设施工技术方面的研究。

矮塔斜拉桥工程施工安全风险评价研究

姚勇 贾闯 王路豪

中铁一局集团第二工程有限公司, 河北 唐山 063000

[摘要]随着城市化进程的加速,桥梁建设的信息化发展成为趋势,矮塔斜拉桥的风险评价在其中显得尤为重要。本研究旨在通过综合风险评价方法,确保矮塔斜拉桥工程的施工安全。研究采用工作分解结构(WBS)和风险分解结构(RBS)方法,结合层次分析法(AHP)和模糊综合评价法,构建了一个包含人员、施工工艺、管理、方法和环境五个方面的全面评价指标体系。并以任丘市矮塔斜拉桥项目为例,对其进行风险评估。结果表明,该评价方法能有效识别关键风险因素,为施工过程中的安全稳定提供了保障,对提升工程质量具有重要意义。

[关键词]矮塔斜拉桥工程; 风险识别; 安全风险评价; 层次分析法

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15377

中图分类号: U448.27

文献标识码: A

Research on Safety Risk Assessment of Short Tower Cable-stayed Bridge Construction

YAO Yong, JIA Chuang, WANG Luhao

China Railway First Group Second Engineering Co., Ltd., Tangshan, Hebei, 063000, China

Abstract: With the acceleration of urbanization, the informatization development of bridge construction has become a trend, and the risk assessment of low tower cable-stayed bridges is particularly important in this regard. This study aims to ensure the construction safety of low tower cable-stayed bridge projects through comprehensive risk assessment methods. The study adopted the Work Breakdown Structure (WBS) and Risk Breakdown Structure (RBS) methods, combined with Analytic Hierarchy Process (AHP) and Fuzzy Comprehensive Evaluation Method, to construct a comprehensive evaluation index system that includes five aspects: personnel, construction technology, management, methods, and environment. And taking the low tower cable-stayed bridge project in Renqiu City as an example, conduct a risk assessment on it. The results indicate that this evaluation method can effectively identify key risk factors, providing a guarantee for safety and stability during the construction process, and is of great significance for improving project quality.

Keywords: low tower cable-stayed bridge project; risk identification; safety risk assessment; analytic hierarchy process

引言

随着我国经济快速增长和城市的发展,基础设施建设成为关键推动力,其中桥梁工程至关重要,是连接地区经济和保障人民生活的基础设施。桥梁的安全性和稳定性对交通安全和人民生命财产安全至关重要。矮塔斜拉桥作为新兴桥梁结构,因其结构特点和外观受到广泛关注。与传统桥梁相比,它设计更轻巧、现代,提高了美观性和结构效率。这种桥梁在我国建设领域越来越受欢迎。

国内很多学者在桥梁安全风险管理领域进行了许多研究。伍鹏^[1]将层次分析法应用于桥梁建设工程安全风险评价,并详细阐述了如何运用该方法进行安全风险评价。刘永莉、席铭洋等^[2]人,结合层次分析法与BP神经网络,利用层次分析法处理专家经验数据,并用BP神经网络进行训练,评估高速铁路桥梁工程的安全风险。王景春等^[3]在评估桥梁施工风险等级时,从“现状”“环境”“建设”和“管理”四个层次识别出11个“风险指标”,并通过构建的“属性区间识别”法,实现了多个风险指标的综合评估。蓝昭明采用层次分析法和模糊聚类法等技术,综合考虑桥梁结构方案、施工条件和工艺等因素,

进行了风险评估,并确定了危险源的分级指标权重及综合风险水平。

国外对桥梁的风险管理进行了大量的研究。Mashrur等^[4]学者提出了一种基于故障树模型的桥梁失效风险分析方法,并以某箱梁桥为例,实现了桥梁破坏机理的高效辨识和总体破坏风险的定量评价。Mark G^[5]通过建立考虑时间相关的可靠度分析的方法,对桥梁进行安全风险评价,从而为桥梁的维修保养和安全检测奠定基础。HassanHashemi^[6]通过采用非参数二次抽样和区间计算等手段,能够更高效地辨识出桥梁施工过程中的复杂决策,并能精确地给出部分或所有区间值。Inyeol^[7]对混凝土公路桥梁安全评价进行了研究,引入了概率评估,对各种可靠度评价与规范评价方法进行了对比,并提出了一种新方法,对降低随机与不确定性进行了改进。

目前国内外桥梁施工风险评估方法变得多样化和精细化。我们从传统的影像图分析和事故树理论,发展到使用模糊分析法、贝叶斯网络等先进技术。这些方法结合了定性和定量分析,也综合了多种手段,显示出强大的潜力和优势。但实际应用中,这些评估方法存在局限和挑战,

影响了其效用的发挥。特别是在矮塔斜拉桥施工风险评估方面,研究还不够充分,因此需要在方法和理论上进一步深入研究和完善。

2 桥梁风险评估的方法

2.1 桥梁工程项目的风险评估

桥梁工程项目的风险评估根据流程可以分为风险识别、风险分析以及风险评估三个方面。

(1) 风险识别

风险事件识别需通过多种方式,如现场调查、讨论、分析和咨询,以确定作业活动中的潜在风险,并列出风险事件清单。在识别矮塔斜拉桥施工风险时,首先收集相关工程资料,然后实地考察以精确识别风险点。通过不确定性分析,全面分析并分类风险因素,最终形成风险清单和评价指标体系,以便深入分析风险并支持后续监控和应对措施。

(2) 风险分析

风险分析是风险评估的关键部分,它利用科学方法评估已识别风险源的重要性,以及这些风险可能发生的概率和影响程度。通过这一过程,可以清晰地识别风险的本质和原因,以及它们可能产生的负面效果。全面的风险分析帮助工程风险管理人员更准确地理解项目风险,并制定有效的应对措施。

(3) 风险评估

评估风险概率需考虑施工环境、项目规模和人员技能等因素。采用工作结构分解与风险结构分解(WBS-RBS法)、层次分析法(AHP法)和模糊综合评价法等方法,这些技术有助于深入理解并有效应对建设风险,帮助管理者和团队精准识别风险,制定管理策略和措施,以减少风险的负面影响。

① 工作结构分解与风险结构分解(WBS-RBS法) WBS-RBS法结合了工作分解结构(WBS)和风险分解结构(RBS)的优势,确保项目团队全面系统地识别和分析项目风险,提升风险管理的全面性和系统性。该方法为每个工作包分配特定风险,使风险管理更具针对性,精确识别和管理潜在风险,为项目成功实施提供保障。

因此 WBS-RBS 法是有效的项目风险管理工具,能显著提高项目成功率和效益。

② 层次分析法(AHP法)

层次分析法(Analytic Hierarchy Process,简称AHP法)是一种有效的决策工具,它通过将决策相关的元素分解为不同的层次,如目标、准则和方案,来进行深入的定性和定量分析。

③ 模糊综合评价法

模糊综合评价法利用模糊数学原理,将难以量化的因素定量化,实现全面评价。它将主观定性评价转换为客观定量评价,提高评价的科学性和客观性。

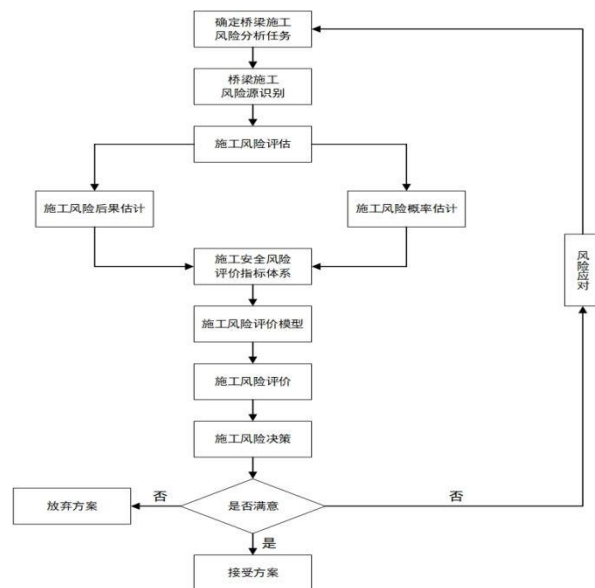


图1 矮塔斜拉桥施工风险分析流程

3 指标权重的计算

3.1 层次分析法确定权重

层次分析法通过构建一个包含相互关联要素的层次模型来指导决策。模型分为三个主要层次:顶层是目标层,中间是准则层,底层是方案层或指标层。这种结构便于系统评估和决策。本文以“矮塔斜拉桥施工安全风险评价”为目标层,准则层为U1-U5,指标层为U6-U25。然而判断矩阵是层次分析法的关键,用于评估不同因素和子因素的相对重要性。此过程涉及对各因素进行两两比较,并使用9级标度法确定评价指标的优先级顺序,形成判断矩阵。该矩阵为正互反矩阵,满足 a_{ij} 与 a_{ji} 乘积等于1的条件。

表1 9级标度含义表

标度	含义
1	表示两个因素相比,具有一样的重要性
3	表示两个因素相比,前者比后者略微重要
5	表示两个因素相比,前者比后者明显重要
7	表示两个因素相比,前者比后者特别重要
9	表示两个因素相比,前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	代表上述两邻近判定的中值
倒数	因素 i 与因素 j 两者的判断比值为 a_{ij} , 则因素 j 与因素 i 两者的判断比值为 $1/a_{ij}$

在构建了详尽的矮塔斜拉桥工程安全风险评价指标体系之后,为了确保评价的科学性和准确性,我们特别邀请了一支由10位在斜拉桥施工领域具有深厚研究背景和丰富实践经验的专家学者组成的专家小组。这些专家不仅在学术界享有盛誉,而且在实际工程中也积累了大量的第一手资料和宝贵经验。

专家小组采用了一种经过验证的9级标度法,这种方法能够有效地量化专家们对不同安全风险指标重要性的

主观判断。在这一过程中，每位专家都需要对指标体系中的各个指标进行两两对比，根据其相对重要性给出相应的分值。通过这种方式，可以将专家们的定性评价转化为定量数据，从而为后续的风险分析和决策提供更加精确的依据。

在专家小组的共同努力下，通过细致的讨论和反复地比较，最终得出了各种安全风险。这个过程涉及了多方面的专业知识和深入的分析，还考虑了各种潜在的威胁和可能的漏洞，为后续的风险缓解措施提供了坚实的基础。

表 2 准则层判断矩阵

	U1	U2	U3	U4	U5
U1	1	2	2	1/2	2
U2	1/2	1	1/3	1/3	1/4
	U1	U2	U3	U4	U5
U3	1/2	3	1	1/3	2
U4	2	3	3	1	3
U5	1/2	4	1/2	1/3	1

表 3 人员因素判断矩阵

U1	U6	U7	U8	U9
U6	1	4	2	1/2
U7	1/4	1	1/3	1/2
U8	1/2	3	1	1/2
U9	2	2	2	1

表 4 施工工艺因素判断矩阵

U2	U10	U11	U12	U13
U10	1	2	3	2
U11	1/2	1	3	2
U12	1/3	1/3	1	1/2
U13	1/2	1/2	2	1

表 5 管理因素判断矩阵

U3	U14	U15	U16	U17
U14	1	3	2	1/2
U15	1/3	1	2	1/3
U16	1/2	1/2	1	1/2
U17	2	3	2	1

表 6 环境因素判断矩阵

U5	U22	U23	U24	U25
U22	1	2	3	4
U23	1/2	1	1/2	3
U24	1/3	2	1	2
U25	1/4	1/3	1/2	1

3.2 计算各判断矩阵

层次单排序算法通过比较各层元素的重要性来排序。它基于判断矩阵 A 计算权重向量 (W)，即最大特征根

($\lambda_{\max}$) 与特征向量 (W) 的乘积。确定 $\lambda_{\max}$ 后，标准化特征向量 W 的分量 w_i 固定，反映元素的重要性。此方法确定目标层次中变量的相对权重。方根法用于计算权重向量 (W) 和最大特征根 ($\lambda_{\max}$)。

①计算判断矩阵 A 各行各个元素的乘积：

$$M_i = \prod_{j=1}^n a_{ij} (i=1,2,3,\dots,n) \quad (1)$$

②计算每个 M_i 的 n 次方根：

$$\bar{w}_i = \sqrt[n]{M_i} \quad (2)$$

③对进行归一化处理，得到权重向量其中：

$$w_i = \frac{\bar{w}_i}{\sum_{j=1}^n \bar{w}_j} \quad (3)$$

④计算最大特征值：

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(Aw)_i}{nw_i} \quad (4)$$

⑤接着进行一致性检验，计算一致性指标 CI：

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

⑥比对平均随机一致性表，如表 7 所示：

表 7 1-5 阶 RI 值

阶数 n	1	2	3	4	5
RI	0	0	0.58	0.90	1.12

⑦计算一致性比率：

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

在进行层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 等决策分析时，构建判断矩阵是关键步骤之一。如果计算出的一致性比率 CR 小于 0.1。在这种情况下，我们可以认为判断矩阵是符合一致性要求的，决策者所做出的判断被认为是合理且可靠的。

然而，如果一致性比率 CR 的值大于或等于 0.1，这意味着判断矩阵的一致性存在问题，在这种情况下，需要进行改正。CR 值小于 0.1，从而确保决策分析的准确性和可靠性。只有当判断矩阵的一致性得到保证，我们才能信赖其在决策过程中的应用，确保最终的决策结果是基于逻辑一致且合理的判断。

表 8 人员指标权重分析结果

U1	U6	U7	U8	U9	$\lambda_{\max}=4.241$ $CR=0.089<0.1$
U6	1	4	2	1/2	
U7	1/4	1	1/3	1/2	
U8	1/2	3	1	1/2	
U9	2	2	2	1	
权重	0.316	0.101	0.208	0.376	

表9 施工工艺指标权重分析结果

U2	U10	U11	U12	U13	$\lambda_{\max}=4.071$ CR=0.026<0.1
U10	1	2	3	2	
U11	1/2	1	3	2	
U12	1/3	1/3	1	1/2	
U13	1/2	1/2	2	1	
权重	0.413	0.292	0.108	0.187	

表10 环境指标权重分析结果

U5	U22	U23	U24	U25	$\lambda_{\max}=4.174$ CR=0.065<0.1
U22	1	2	3	4	
U23	1/2	1	1/2	3	
U24	1/3	2	1	2	
U25	1/4	1/3	1/2	1	
权重	0.474	0.199	0.230	0.097	

4 基于模糊综合评价法的综合风险评价

4.1 确定评价对象的因素集和评语集

因素集是指构成评价对象的各种影响因素的集合体,在本项目中,我们定义的因素集为A,它包含了五个主要的影响因素,具体为 $A=\{A1, A2, A3, A4, A5\}$ 。详细来说,A1代表的是人员相关的因素,其中包括了人员的专业技术水平、身体素质、安全意识以及操作规范等方面;A2则涵盖了与材料和设备相关的因素,如材料的质量、设备的可靠性、维修保养的频率以及吊装作业的性能;A3涉及到的是管理层面的因素,包括了规章制度的完善程度、现场管理的有效性、应急预案的制定以及安全培训的实施情况;A4则包含了组织设计、施工技术、方案的合理性以及温度控制等因素;而A5则关注的是环境因素,如河流的水文状况、气候的多变性、邻近建筑的影响以及可能发生的自然灾害等。

评语集是评价者在评价时可能给出的各种结果的集合,通常分为不同等级以便量化。本项目中,评语集分为五个等级:“大”“较大”“中等”“较小”和“小”,用符号“V”表示,即 $V=\{\text{大}, \text{较大}, \text{中等}, \text{较小}, \text{小}\}$ 。每个等级对应一个数值,组成集合K,即 $K=\{100, 80, 60, 40, 20, 0\}$ 。评价者可以根据实际情况进行量化分析。对每个影响因素进行量化评分,从而得出一个综合的评价结果。

4.2 构建模糊评价矩阵

评价过程中,评价价值与评价因素的关系通过隶属度函数描述,该函数关系用矩阵B表示,其中元素 b_{ij} 表示第i个因素对第j个评价价值的隶属度。评价价值与评价因素间的关系可能不是直接的,本文通过专家讨论等方法获取平均评价价值,形成隶属度向量。这些隶属度向量整合成矩阵R,构成模糊评价矩阵。

依据第所述的安全风险评价指标体系,本文建立了包含5个一级风险指标和20个二级风险指标的评价框架。将设计好的问卷调查表发布给专家组,其成员与提到的专

家小组保持一致。10位专家在分析了任丘矮塔斜拉桥工程的概况以及施工现场的实际状况后,根据评价集对各个风险指标进行风险级别的判断,通过累加计算来处理相同等级的评分,得出各项评级的比例,以构建隶属度矩阵。最终的专家评分综合结果见表11。

表11 专家评级表

一级指标	二级指标	大	较大	中等	较小	小
人员 U1	人员专业技术水平 U6	0	3	1	4	2
	人员身体素质 U7	0	1	3	5	1
	人员安全意识 U8	2	1	4	1	2
	人员未按施工步骤操作 U9	3	2	0	3	2
施工工艺 U2	材料的质量 U10	2	3	4	1	0
	机械设备可靠性检测 U11	1	2	5	0	2
	机械设备维修保养 U12	0	1	2	4	3
	吊装系统性能 U13	2	0	3	4	1
管理 U3	规章制度落实情况 U14	0	2	5	2	1
	施工现场管理 U15	1	3	2	4	0
	应急预案制定 U16	0	4	3	3	0
	施工人员安全培训 U17	3	3	1	3	0
环境 U5	河流流速、水位变化 U22	0	3	5	2	0
	气候条件多变 U23	1	0	4	4	1
	临近建筑物对施工影响 U24	1	0	5	3	1
	自然灾害 U25	0	1	0	7	2

根据上表,构建模糊评价矩阵,人员 R_1 ,施工工艺 R_2 管理 R_3 方法 R_4 环境 R_5 。

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0.3 & 0.1 & 0.4 & 0.2 \\ 0 & 0.1 & 0.3 & 0.5 & 0.1 \\ 0.2 & 0.1 & 0.4 & 0.1 & 0.2 \\ 0.3 & 0.2 & 0 & 0.3 & 0.2 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0.1 & 0.2 & 0.5 & 0 & 0.2 \\ 0 & 0.1 & 0.2 & 0.4 & 0.3 \\ 0.2 & 0 & 0.3 & 0.4 & 0.1 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0.1 \\ 0.1 & 0.3 & 0.2 & 0.4 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0.3 & 0.3 & 0 \\ 0.3 & 0.3 & 0.1 & 0.3 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.3 & 0 & 0.4 & 0.1 \\ 0 & 0.3 & 0.1 & 0.2 & 0.4 \\ 0.1 & 0.4 & 0.2 & 0.3 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0.4 & 0.2 & 0.3 \end{bmatrix}$$

$$R_5 = \begin{bmatrix} 0 & 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0 & 0.4 & 0.4 & 0.1 \\ 0.1 & 0 & 0.5 & 0.3 & 0.1 \\ 0 & 0.1 & 0 & 0.7 & 0.2 \end{bmatrix}$$

4.3 一级模糊综合评价

已经运用层次分析法确定了各指标的权重,则采用表11的权重作为评价因素的权向量,与各模糊评价矩阵展开矩阵合成运算:计算出各一级指标的综合风险得分如表12所示。

表12 一级指标综合风险得分

一级指标	大	较大	中等	较小	小	综合风险得分
人员	0.1549	0.2005	0.1436	0.3114	0.1896	56.383
工艺	0.1495	0.1942	0.3904	0.1583	0.1096	62.272
管理	0.1399	0.2843	0.2608	0.2865	0.0295	64.403
方法	0.1172	0.3056	0.1200	0.3172	0.1400	58.887
环境	0.0437	0.1502	0.4329	0.3115	0.0627	56.028

4.4 施工综合风险评价结果与控制措施

在施工过程中,混凝土和其他材料的选择必须满足严格的标准,并提供合格证明,接受检测以确保质量。库房管理人员应妥善管理材料,定期检查库存,并及时解决问题以保障施工进度。施工方案需通过专家评审,确保安全性和科学性,同时建立以总工程师为核心的管理体系,优化资源配置,遵循技术规范。施工现场管理应建立安全制度,进行定期检查,设立警示标识,加强危险品管理。施工人员需接受全面安全培训,建立奖惩机制,分享安全经验。为应对河流流速和水位变化,应监测水文特征,勘察

河床,设置安全防护,加强船舶交通管理,优化施工工艺,并制定应急预案。

5 结论

本文使用层次分析法对矮塔斜拉桥工程施工安全风险评价指标体系进行了权重分析,确定了各指标的相对重要性。层次总排序确定了指标权重,模糊评价得分用于划分风险等级。通过计算,施工阶段综合评价风险值为59.124,属于中等风险。管理层应注意施工现场和人员培训的管理,采取科学的控制手段以规避风险,确保桥梁项目质量。本研究为矮塔斜拉桥工程风险管理提供了理论与实践指导,有助于提升工程安全水平。

[参考文献]

- [1]伍鹏.层次分析法在桥梁施工安全风险评估中的应用研究[J].运输经理世界,2023(32):106-108.
 - [2]刘永莉,席铭洋,朱方一,等.基于AHP+BP法高铁桥梁施工安全风险评估模型研究[J].世界桥梁,2023,51(3):66-73.
 - [3]王景春,吴雨航,王利军,等.基于改进属性区间识别模型的跨线公路桥施工风险评估[J].石家庄铁道大学学报(自然科学版),2021,34(4):1-7.
- 作者简介:程晓东(1986—),职务:项目总工,主要研究方向:岩土工程施工技术优化。

BIM 技术在土木工程施工中的实践研究

李亚敏

河南建筑职业技术学院, 河南 郑州 450007

[摘要] 传统土木工程施工中, 常面临信息流通不畅、资源配置不合理等问题, 这些因素使工程质量、成本控制及进度管理的难度加大。凭借其强大的信息整合功能与三维可视化优势, BIM 技术能够有效提高施工管理效率, 优化资源配置并减少潜在风险。在大型复杂项目中, 设计与施工环节的无缝对接, 能够通过 BIM 得以确保; 同时, 实时监控与模拟功能能提前识别潜在问题, 从而提升项目整体效益。尽管如此, BIM 技术在土木工程施工中的应用依然面临着一些挑战, 例如技术标准的不统一与实施难度较大。深入研究这些问题及其解决路径, 对于推动土木工程领域的技术创新与发展, 具有重要的现实意义。

[关键词] BIM 技术; 土木工程; 实践研究

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15370

中图分类号: TU74

文献标识码: A

Practical Research on BIM Technology in Civil Engineering Construction

LI Yamin

He'nan Technical College of Construction, Zhengzhou, He'nan, 450007, China

Abstract: Traditional civil engineering construction often faces problems such as poor information flow and unreasonable resource allocation, which increase the difficulty of engineering quality, cost control, and schedule management. With its powerful information integration capabilities and advantages in 3D visualization, BIM technology can effectively improve construction management efficiency, optimize resource allocation, and reduce potential risks. In large and complex projects, seamless integration between design and construction can be ensured through BIM; At the same time, real-time monitoring and simulation functions can identify potential issues in advance, thereby improving the overall efficiency of the project. However, the application of BIM technology in civil engineering construction still faces some challenges, such as inconsistent technical standards and difficulty in implementation. Thoroughly studying these issues and their solutions is of great practical significance for promoting technological innovation and development in the field of civil engineering.

Keywords: BIM technology; civil engineering; practical research

引言

随着信息技术的快速进步, 建筑行业正逐步向数字化转型。作为这一转型的核心推动力, 建筑信息模型(BIM)技术, 正在改变着传统的土木工程施工模式。通过数字化建模、信息整合及协同工作, 项目管理效率、施工质量以及决策的准确性得到了显著提升, BIM 已经成为推动行业创新的关键工具。尽管 BIM 技术在多个领域已取得了显著成效, 实际应用中技术整合难题、标准化缺乏以及人员技能不足等挑战依然存在。对于提升行业整体水平, 探讨 BIM 技术在土木工程施工中的应用与发展具有重要的现实意义。

1 BIM 技术在土木工程施工中的应用优势

1.1 实现信息整合

BIM 技术在土木工程施工中的核心优势之一, 便是其卓越的信息整合能力。在传统施工模式中, 项目数据往往被分散存储在不同部门与系统中, 导致信息流通不畅, 进而影响项目的顺利推进。借助 BIM 技术, 设计、施工及运营各阶段的数据得以在统一的三维数字模型中集中展示, 实现了信息的集中管理与实时更新。这样, 设计图纸、工

程量清单、施工进度安排及预算数据都能在同一平台上进行交互整合, 确保了各环节的无缝对接。通过这种方式, 潜在的设计冲突与施工问题可以被项目团队迅速发现, 从而避免了信息孤岛的产生, 集中管理的信息也显著提升了项目各方的协同效率, 使所有参与者能够在一个平台上高效合作, 从而增强了沟通与决策的准确性。

1.2 提高施工效率

BIM 技术通过数字化与精细化的管理, 覆盖了施工全过程, 显著提高了土木工程项目的施工效率。在传统施工模式下, 信息传递往往存在滞后, 导致现场施工人员所获得的信息通常不完整或过时, 从而引发错误、返工或资源浪费等问题。借助 BIM 技术, 设计、施工、进度及预算等信息得以集成并实时更新, 提供了一个精确的工作蓝图。施工人员能够通过 BIM 模型清晰地了解项目的每个细节, 包括结构、设备及管线的具体位置, 这样不仅避免了不必要的重复检查与调整, 也减少了施工中的不确定性。BIM 的三维可视化功能进一步简化了施工方案的理解, 使施工前的理论推演与现场试探性操作大幅度减少, 确保施工进度得以高效按计划推进。施工过程中, 诸如材料配送、人

员调配与工期安排等问题,可借助 BIM 系统迅速识别并及时做出调整,信息的流畅性与施工的可预见性,显著缩短了工程周期,提升了整体施工效率。

1.3 施工过程中的成本控制与预算管理

BIM 技术在施工过程中对成本控制与预算管理的优化作用尤为突出。在传统模式下,成本控制往往依赖人工估算与定期调整,导致预算中的实际情况难以及时反映,且受外部因素的影响较大,常常引发预算超支或资源浪费。与此不同,BIM 技术通过精准的三维建模与数据集成,提供了全面的成本核算与预算跟踪功能。在项目启动阶段,基于设计模型,BIM 能够自动生成工程量清单,并结合市场行情对成本进行初步预测。随着施工进度推进,BIM 系统实时监控物料采购、施工进度及资源消耗,确保预算执行情况与实际支出得以对比,及时发现偏差并进行调整。此种预算管理模式的实施不仅使管理层能够掌握精准的成本数据,还有效避免了资源浪费与预算超支的情况。通过优化施工方案,BIM 的进一步应用能够减少不必要的工作量与施工环节,降低人工与材料浪费,进而实现实际的成本节约。

1.4 实现施工过程的可视化与信息化管理

BIM 技术通过将三维建模与信息化平台相结合,使施工过程中的各个环节得以全面可视化,从而大幅提升了项目管理的直观性与透明度。在传统施工模式下,现场管理人员通常依赖平面图纸与文字说明,这种方式使他们难以全面把握施工现场的复杂环境与进度。与此不同,BIM 通过构建精确的三维模型,不仅展示建筑结构、设备和管线,还能够模拟施工现场的各类动态,如人员流动、设备运行与材料进场等,进而帮助管理者在虚拟环境中提前识别潜在问题。通过实时更新的数字模型,项目团队可随时监控施工进度、质量控制与安全状况,并及时作出必要调整与优化。BIM 技术的集成功能还确保了施工过程中各类信息,如设计变更、进度安排、资源消耗等,能集中管理并实时共享。这些数据被转化为易于理解的图形与报告,通过信息化管理平台呈现,提升了沟通效率,同时使决策过程更加科学且及时。采用这种可视化与信息化的管理方式,施工过程变得更为高效与精准,项目管理者能够更好地预测与规避潜在问题,确保工程在规定时间内、预算及质量要求内顺利完成。

2 BIM 技术在土木工程施工中的实施方法

2.1 完善 BIM 技术实施的基础工作

为了确保 BIM 技术在土木工程施工中的顺利应用,必须从基础工作入手,做好充分的准备与规划。首先,BIM 实施的目标与方向需要明确,技术平台的选择也应当慎重,同时对相关人员进行系统化的培训是不可或缺的。项目团队应深入理解 BIM 技术的功能与优势,制定详尽的实施方案,确保从设计到施工乃至运营等各个环节能够实现无缝对接。BIM 软件的合理选择是实施成功的关键,不同项目

的需求各有差异,因此,团队需要综合评估并选用功能全面、支持高效建模、数据处理及协同工作的 BIM 软件,以确保其能够满足项目的具体要求。与此同时,BIM 实施的基础工作还应包括数据标准的规范化与信息整合,以确保各方能够在统一平台上高效交换数据,避免出现信息孤岛。在此基础上必须建立健全的信息管理体系,确保所有参与方的设计图纸、施工方案、材料清单等信息能够及时更新并共享。施工人员及管理团队的 BIM 操作技能也需通过全面培训予以提升,这不仅包括技术操作层面的培训,还应注重团队的跨部门协作能力。只有当这些基础工作得到充分落实,BIM 技术在项目中的应用才能够最大化其效益,从而切实提高施工效率与项目质量。

2.2 建立模型信息的关联

BIM 技术中的模型信息具有较高的独立性,这使得它能够在一定程度上建立不同类型模型之间的关联关系。例如,在传统的土木工程施工中,设计人员可能未能充分理解图纸中的所有细节,导致施工单位在执行时难以准确地融合相关数据和信息。如果施工单位没有提前做好与 BIM 技术相关的准备工作,施工过程中就很难准确把握需要注意的关键内容。因此,在土木工程施工中,BIM 技术必须注重信息的融合与关联工作,通过建立不同模型之间的清晰对应关系,能够确保各类数据和信息在整个施工过程中有效对接,确保信息的准确传递。只有做好这一工作,才能为后期施工提供更加可靠的保障与支持,确保施工过程顺利进行,避免因信息不对称带来的问题。

2.3 对三维模型信息进行实时监控

在我国,BIM 技术正在逐渐普及,但在实际应用过程中仍然面临一些亟需解决的问题。其中,最为突出的问题之一就是如何对 BIM 模型信息进行实时监控,以便为土木工程施工提供更好的技术保障。首先,BIM 技术能够实现对三维模型数据的实时监控,这使得施工单位能够根据模型信息有效控制施工质量、进度及安全问题。其次,针对施工质量,实时监控能够有效追踪材料的损耗情况以及机械设备的使用状况,确保施工过程中资源得到合理利用。最后,BIM 技术在安全管理中的应用同样需要实时监控,这将帮助施工单位提前识别潜在的安全隐患,为施工过程提供更强的安全保障。通过对三维模型信息的实时监控,BIM 技术为土木工程施工提供了更加精准和全面的技术支持,确保施工过程更加顺利、高效。

2.4 制定与完善相关技术标准与规范

为了确保 BIM 技术在土木工程施工中的顺利应用,制定并完善相关技术标准与规范显得尤为重要。尽管 BIM 技术已在全球范围内广泛应用,实施过程中仍缺乏统一的行业标准与操作规范,导致不同项目与团队之间的应用差异较大。在此背景下,依据土木工程项目的具体特点,统一的 BIM 建模标准与数据格式规范的制定不可或缺,这样

不仅能确保各方在同一平台上使用统一的语言进行沟通与协作,还能实现数据与信息的无缝对接。涉及施工过程各类技术标准,如质量控制、进度管理、安全监管等,也应当与 BIM 技术的应用紧密结合,形成完整的标准体系,使各项工作得以精确实施。通过构建这样一套标准化体系,项目团队间的协同效率将显著提高,同时也能确保 BIM 技术在项目不同阶段中的可操作性与持续性。此外,这一体系为未来技术升级、跨行业与跨领域的合作提供了坚实的基础。

2.5 应用 BIM 技术优化施工流程与调整工作方法

BIM 技术的应用不仅显著提升了土木工程设计与管理的效率,还极大地优化了施工流程,重塑了传统的工作方式。在传统施工模式中,信息传递的滞后、沟通障碍及资源协调的不及时常常影响项目进度,甚至可能导致误差和返工。BIM 技术通过创建数字化模型,将项目的所有信息集中在一个平台上,使施工人员能够实时访问模型和最新数据,从而消除了信息孤岛的现象。在实际施工过程中,BIM 技术使团队能够提前识别潜在问题,优化施工顺序,确保每个环节精准衔接,避免了重复劳动或不必要的延误^[1]。以施工准备阶段为例,施工人员通过 BIM 模型进行虚拟模拟,能够预测各工序的效果,从而对施工方案进行及时调整与优化。与此同时,BIM 技术还精确地管理施工现场的各种资源,包括人员、设备与材料,确保这些资源得到合理配置与高效利用。这种智能化的管理方式不仅显著提高了施工效率,还降低了项目的风险与成本。通过对施工流程的细致优化与工作方法的调整,BIM 技术为土木工程施工带来了更加精细化与信息化的管理模式,使项目能够更加高效、顺畅地推进。

3 BIM 技术在土木工程施工中的未来发展

3.1 BIM 与人工智能、物联网的结合

随着科技的不断进步,BIM 技术的应用前景愈发广阔,未来的应用不仅局限于建筑信息建模与管理,还可能与人工智能(AI)及物联网(IoT)深度融合,开创土木工程施工的智能化新纪元。通过机器学习与数据分析,人工智能能够帮助 BIM 模型更加精准地预测施工过程中潜在的问题,例如进度延误、资源浪费及安全隐患等。利用历史数据与实时信息,AI 算法自动优化施工计划,为决策提供更高效的支持^[2]。与此同时,物联网技术通过传感器将现场设备、材料库存以及施工人员等的实时数据传输至 BIM 平台,从而创建一个动态、实时更新的数字化环境。例如,施工现场设备的故障、材料库存的变化,甚至气象条件等,均能够通过物联网技术实时反馈到 BIM 模型中,为项目团队提供即时调整的依据。通过这种技术融合,BIM

不仅能实现传统施工管理中的信息集成,还能借助智能化手段提升施工过程的效率与精准度。最终,BIM 与 AI、IoT 的深度融合将推动土木工程施工走向智能化、自动化的方向,降低项目风险,提高工程质量并推动整个行业朝着更高效、可持续的目标迈进。

3.2 智能建造与自动化施工的前景

智能建造与自动化施工正逐步成为土木工程领域的关键发展趋势,标志着建筑行业技术的革新,也为提升施工效率、降低成本、改善工程质量开辟了新的可能性。随着人工智能、机器人技术、3D 打印以及无人机等新兴技术的不断进步,未来的施工现场将不再是传统模式中以人力为主导的环境,而是一个由多种智能设备协同工作的高效平台。现场勘测任务可由无人机执行,实时采集的地形数据将被更新至 BIM 模型,帮助项目团队迅速识别潜在的工程问题。与此同时,机器人技术将承担高危或重复性的工作,如焊接、砌砖等,这不仅提升了施工精度,还增强了现场的安全性^[3]。3D 打印技术在某些建筑中也能够实现快速构建,从而显著缩短工期。智能建造还通过集成数据传感器与物联网技术,能够实时监控施工中的各类信息,包括材料消耗、设备运行状态与施工进度等,这些信息将在管理平台中迅速反馈,为团队提供数据驱动的决策支持,从而帮助优化施工流程。

4 结语

BIM 技术在土木工程施工中的应用,正引领着行业朝向更加高效、智能化的方向发展。信息的整合、效率的提升、成本控制的加强及安全保障的强化,均得益于 BIM 技术对施工管理流程的显著优化。随着技术的不断进步,如何将人工智能、物联网等新兴技术有效融合,已成为推动行业未来发展的关键所在。智能建造与自动化施工的兴起,不仅为行业带来了新的机遇,也提出了相应的挑战。随着相关技术的持续创新与标准化进程的不断推进,BIM 将在土木工程施工中发挥日益重要的作用,进一步推动行业向绿色、可持续发展的方向迈进。

【参考文献】

- [1]赵琦.BIM 技术在土木工程施工中的实践研究[J].四川建材,2024,50(12):132-133.
 - [2]吴少远.分析 BIM 技术在土木工程施工中的应用[J].建材与装饰,2020(16):48.
 - [3]梁虹.BIM 技术在土木工程施工领域的应用分析[J].建材与装饰,2018(24):14-15.
- 作者简介:李亚敏(1982.9—),毕业院校:西北农林科技大学,所学专业:土木工程,当前就职单位名称:河南建筑职业技术学院,职称级别:讲师。

基于 BIM 技术的土建工程施工效率提升与成本控制研究

郭东东 樊晶晶 陆磊 杨威 张博
中建国际工程有限公司, 浙江 湖州 313000

[摘要]随着土建工程规模的不断扩大,施工效率与成本控制面临着严峻挑战。BIM 技术作为一种先进的信息化工具,已在土建工程中得到广泛应用,能够通过数字化模型优化设计、施工与管理过程,提高施工效率、减少资源浪费。通过对 BIM 技术在土建工程中的应用研究,发现其在项目进度、质量与成本控制等方面具有显著优势。BIM 技术的有效应用不仅提升了施工效率,还为降低工程成本、提高工程管理水平提供了有力支持,对行业发展具有重要意义。

[关键词]BIM 技术; 土建工程; 施工效率; 成本控制; 建筑信息模型

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15338

中图分类号: TU473

文献标识码: A

Research on Improving Construction Efficiency and Cost Control of Civil Engineering Based on BIM Technology

GUO Dongdong, FAN Jingjing, LU Lei, YANG Wei, ZHANG Bo
China State Construction International Engineering Co., Ltd., Huzhou, Zhejiang, 313000, China

Abstract: With the continuous expansion of civil engineering scale, construction efficiency and cost control are facing severe challenges. BIM technology, as an advanced information tool, has been widely used in civil engineering. It can optimize the design, construction, and management processes through digital models, improve construction efficiency, and reduce resource waste. Through research on the application of BIM technology in civil engineering, it has been found that it has significant advantages in project schedule, quality, and cost control. The effective application of BIM technology not only improves construction efficiency, but also provides strong support for reducing project costs and improving project management level, which is of great significance to the development of the industry.

Keywords: BIM technology; civil engineering; construction efficiency; cost control; BIM

引言

随着土建工程规模的不断扩大,施工效率低和成本控制难度大成为行业发展的主要瓶颈。传统施工管理模式在进度、质量和成本控制方面存在较大局限,亟需创新性解决方案。BIM 技术作为一种先进的建筑信息化管理工具,已在建筑行业得到广泛应用,能够通过数字化建模优化施工过程,提高效率、降低成本。通过对 BIM 技术在土建工程中应用的深入研究,旨在探讨其在施工阶段提升效率与控制成本的潜力,并为工程管理提供切实可行的方案。

1 BIM 技术概述与土建工程应用现状

1.1 BIM 技术的基本概念与发展历程

BIM (建筑信息模型) 是基于数字化建模的技术,旨在通过三维虚拟模型对建筑项目进行全面管理。其核心技术包括 3D 建模、信息集成、协同设计等,能够实现建筑项目的可视化、信息化和精细化管理。BIM 技术最早起源于 20 世纪 70 年代的计算机辅助设计 (CAD),随着信息技术的发展,逐渐演变为集成化的建筑信息管理系统,经过从 2D 图纸、3D 建模到 4D 时间管理、5D 成本管理等多个阶段。如今, BIM 不仅应用于建筑设计阶段,也涵盖了施工、运营与维护等全生命周期的管理,特别在土建工程领域, BIM 技术已经成为提升施工效率和控制成本的重要手段。

1.2 土建工程施工的复杂性与挑战

土建工程通常涉及复杂的施工过程、众多的工艺环节及庞大的人员与资源调配,面临诸多挑战。首先,工期长、质量要求高,且施工过程中可能出现不确定性,导致工程进度滞后或质量问题。其次,传统的施工管理方式通常依赖于人工经验与纸质文档,难以做到信息实时共享与精准控制,施工过程中信息孤岛现象严重,容易导致资源浪费和成本超支。BIM 技术通过精确的三维建模和信息化管理,可以实现项目各环节的协同和优化调度,极大提高了施工效率并降低了资源浪费,有效解决了传统管理模式下的瓶颈问题。

1.3 BIM 技术在土建工程中的应用现状

随着 BIM 技术的普及,国内外众多土建工程项目已开始采用 BIM 进行施工管理。例如,在北京大兴国际机场、上海中心大厦等大型土建项目中, BIM 技术被广泛应用于施工图设计、施工进度控制、质量管理和成本估算等方面。BIM 能够提供可视化的项目进展,实时监控施工质量,并与各施工团队共享信息,确保项目的高效实施。随着 BIM 平台和工具的不断发展,各种 BIM 软件和云平台的应用逐渐成为行业标准,推动了土建工程管理模式变革。尽管如此, BIM 技术的全面推广仍面临一定的挑战,如技术培

训、数据共享标准化等问题，但总体而言，BIM 在提升施工效率和降低成本方面的潜力已得到了广泛认可。

2 BIM 技术对施工效率的提升作用

2.1 施工信息的数字化与集成化管理

BIM 技术通过将施工项目的信息集成到一个数字化平台上，实现了全流程的信息共享与协同管理。通过 BIM，设计、施工、运营等各阶段的数据可以无缝对接，避免了传统施工管理中因信息滞后或传递不畅所带来的效率损失。例如，施工组织设计可以基于 BIM 模型进行优化，施工进度可以实时跟踪与调整。数字化管理不仅提高了工程各环节的协作效率，还能通过数据驱动的决策支持系统，精准预测项目进展，及时调整施工方案，从而有效提高施工效率，减少资源浪费。此外，BIM 系统还能够自动生成施工进度报告和预算分析，大大提高了管理透明度和响应速度。

2.2 施工过程的可视化与模拟分析

BIM 技术使得施工过程的可视化成为可能。在项目开工前，项目团队可以通过 BIM 模型进行虚拟建造与施工方案优化，提前识别潜在问题和优化施工路径。BIM 技术还支持三维冲突检测，能够实时发现设计中的冲突和施工中的技术难题，提前解决这些问题，从而减少施工阶段的错误和返工，提高施工精度。通过模拟分析，施工人员可以在虚拟环境中预演整个施工过程，优化施工顺序和施工方法，降低现场施工过程中的不确定性，缩短工期并提升施工效率。此外，施工前的模拟分析还可以预测可能的安全隐患，确保施工过程中员工的安全性，进一步提升项目的整体执行效果。

2.3 施工现场的动态管理与协作

BIM 技术与物联网、传感器等先进技术结合，可以实现施工现场的实时数据监控。通过这些技术，项目团队可以实时了解施工进度、资源使用情况、设备状态等关键信息，快速响应现场问题并进行调整。例如，传感器可以监控建筑材料的库存和运输情况，BIM 平台实时更新进度和资源使用信息，避免了传统方式下因信息滞后带来的调度问题。此外，BIM 使得工程人员、供应商、监理方等各方可以在同一平台上共享实时信息，极大提高了协同工作的效率和沟通的便捷性。现场管理的实时性和高效性，显著提升了整体施工效率，减少了因沟通不畅或信息滞后导致的施工延误。

3 BIM 技术对成本控制的作用

3.1 精准的预算与成本预测

BIM 技术能够通过其三维模型和信息集成的特点，提供精准的工程量计算，确保每个施工环节和材料的使用量都能得到准确估算。基于 BIM 模型，项目团队可以更精确地计算材料需求、工时和设备使用，从而制定更为合理的预算。这种精准的预算不仅大幅提升了成本预测的准确性，还有效减少了传统预算中的偏差问题。利用 BIM 数据进行

动态调整与实时跟踪，能够及时发现施工过程中的成本波动，快速做出反应，避免预算超支现象，从而实现更有效的成本控制。

3.2 资源优化配置与节省成本

BIM 技术在资源配置中的作用尤为突出。通过对施工现场的数字化建模，BIM 可以帮助项目团队在施工过程中合理调配材料、设备和劳动力，避免资源的过度消耗或浪费。例如，BIM 模型可以优化物资的采购计划，根据施工进度合理安排物料采购和配送，避免因材料积压或短缺造成的施工延误和额外费用。此外，BIM 的资源调度功能能精确地匹配项目进度与资源投入，确保每个施工阶段所需资源的合理配置。通过这种精细化的资源调配，能够有效节省成本，提高项目的整体效益。

3.3 施工阶段的成本监控与风险管理

BIM 技术在施工阶段的成本监控方面具有显著优势。通过 BIM 平台的实时数据更新，项目管理人员可以在整个施工过程中随时监控项目的实际成本，并与预算进行对比，及时发现超支或偏离预算的情况，并作出调整。此外，BIM 技术还能帮助项目团队进行风险管理。通过构建基于 BIM 的风险管理模型，结合数据分析与预警系统，能够提前识别项目中可能出现的风险点，如资金短缺、材料供应不及时等问题。BIM 平台提供的实时预警系统帮助管理者及时调整施工方案或预算，从而提高项目的应对能力和风险控制能力，持续优化成本控制方案，最大限度地提升项目整体效益。

4 BIM 技术实施中的关键问题与挑战

4.1 技术实施难度与障碍

尽管 BIM 技术具有广泛的应用潜力，但在实际实施过程中仍面临诸多挑战。首先，BIM 技术的引入需要较高的初期投入，包括软硬件设备、技术支持及系统集成等，这对许多中小型建筑企业来说是一项较大的经济负担。其次，BIM 技术的应用涉及大量的专业技术要求，需要项目团队掌握复杂的建模、信息管理和数据分析技能，这对人员的技术水平提出了较高要求。此外，BIM 实施过程中常常会遇到数据整合与平台兼容性的问题。不同设计、施工、监理单位可能使用不同的软件和平台，导致信息无法无缝对接和共享，影响了 BIM 技术的整体效益。施工单位与设计单位之间的信息协同也面临困难，尤其是在项目初期，设计修改频繁，施工进度不明确，缺乏有效的沟通和协作机制，进一步加大了实施难度。

4.2 人员培训与技术普及问题

BIM 技术的普及不仅仅依赖于硬件和软件的支持，更重要的是依赖于工程技术人员的技能水平和知识储备。然而，目前许多项目团队的工程技术人员对 BIM 的了解仍然较为浅显，缺乏系统的培训。这不仅使得 BIM 技术的实施过程充满挑战，也影响了其应用效果。虽然一些大型建筑公司已经开始进行 BIM 技术的培训和知识普及，但在中小

型企业中, BIM 技术的应用仍然存在较大困难。另一个问题是行业内对 BIM 技术的认知度和接受度尚处于初级阶段, 许多企业和从业人员对 BIM 技术的实际效益缺乏充分了解, 普及面临着较大的阻力。提高项目团队对 BIM 技术的接受度, 需要在行业内加强 BIM 的宣传和培训, 提升从业人员的技能和意识, 促进其在建筑行业的深度应用。

4.3 标准化与政策支持不足

目前, BIM 技术在土建行业的应用仍缺乏统一的行业标准和规范, 这对技术的广泛推广造成了很大阻力。尽管一些行业组织和企业已提出相关标准, 但仍未形成全国性统一的技术框架和标准体系, 这使得 BIM 技术的实施和应用在不同地区和企业间存在较大差异, 影响了其推广的普及性和一致性。政策层面上, 政府对 BIM 技术的引导和支持力度尚显不足, 尤其是在资金、政策和法规等方面的支持力度不够, 导致 BIM 技术在建筑行业中的推广受到制约。缺乏有效的法律法规及行业标准, 也使得企业在应用 BIM 技术时缺少具体操作规范, 降低了技术应用的效率和效果。因此, 推动 BIM 技术的标准化建设和政策支持, 建立健全的法律法规框架, 成为进一步促进 BIM 应用的关键因素。

总之, 尽管 BIM 技术在施工效率提升和成本控制方面具有巨大潜力, 但其实施过程中面临的技术难度、人员培训问题、标准化建设不足等挑战, 仍需要在行业内不断突破与解决。

5 基于 BIM 技术的土建工程实践案例分析

5.1 案例选择与研究方法

为了深入探讨 BIM 技术在土建工程中的实际应用, 本研究选择了多个具有代表性的项目进行分析。这些项目包括大型商业建筑、高层住宅楼以及基础设施工程, 均采用了 BIM 技术进行全流程管理。研究方法主要采用定量与定性分析相结合, 首先通过项目的实际数据(如工期、成本、资源消耗等)进行定量评估; 然后, 通过对项目经理、设计师、施工人员等相关人员的访谈, 收集定性数据, 进一步了解 BIM 技术在项目实施中的实际效果和遇到的问题。研究的核心指标包括施工效率、成本控制效果、资源配置优化等。

5.2 实践案例中的 BIM 技术应用分析

在多个案例项目中, BIM 技术在施工阶段的应用极大优化了资源配置, 提高了施工效率。例如, 在北京某大型商业综合体项目中, BIM 技术被广泛应用于施工阶段的各个环节。通过精确的三维建模, 施工团队能够实时掌握建筑物的各项构件信息, 从而有效安排材料采购和施工队伍的调度, 减少了材料浪费和施工过程中不必要的停工。此外, BIM 技术还支持虚拟建造和施工模拟, 帮助项目团队优化施工方案, 避免了因设计图纸不完善或现场状况变化带来的施工延误。在成本控制方面, BIM 通过精确的工程量和动态成本追踪, 帮助项目团队提前预见可能的预

算超支, 及时进行调整。在该项目中, 通过 BIM 进行的成本预测与控制, 最终节约了约 10% 的项目成本, 较传统项目管理方式具有显著优势。

5.3 总结与经验借鉴

通过对上述案例的分析, 成功的 BIM 技术应用带来了显著的施工效率提升和成本节约。项目管理者普遍反映, BIM 在施工前期的模拟和资源调配中发挥了重要作用, 尤其是在减少返工、提高工程质量方面效果显著。与此同时, BIM 技术的实施也暴露出一些问题, 如初期投入较大、技术人员不足、平台兼容性问题等。为了更好地推动 BIM 在土建工程中的应用, 建议未来项目应加强 BIM 技术培训, 提升团队的数字化管理水平, 制定明确的技术标准和行业规范。此外, 政府及行业组织应提供更多的政策支持和资金投入, 鼓励 BIM 技术的普及与标准化建设。通过这些改进措施, 可以进一步提高 BIM 技术的应用效果, 推动建筑行业向数字化、智能化发展迈进。

6 结语

通过对 BIM 技术在土建工程中的应用研究, 可以看出, BIM 技术在提升施工效率、优化资源配置和实现精确成本控制方面具有显著优势。其通过信息集成、可视化管理和动态监控, 极大地改善了传统施工模式中的低效与浪费问题。未来, 随着技术的不断进步和行业认知的提升, BIM 技术将在土建工程中得到更广泛应用。为了推动 BIM 的普及, 建议加大技术培训力度、完善行业标准和政策支持, 以促进其在更多项目中的成功应用。

【参考文献】

- [1]王瑶. 土建施工技术管理的常见问题及对策[J]. 河南科技, 2020, 39(26): 104-107.
 - [2]徐凤娟, 康丽, 徐亮. BIM 技术在土建工程中的典型应用[J]. 四川水泥, 2022(5): 69-71.
 - [3]赵柱兴. 高速公路土建工程 BIM 技术研究[J]. 运输经理世界, 2023(14): 7-9.
 - [4]王振强. 土建工程中流水施工技术在施工管理中应用的优化措施[J]. 价值工程, 2023, 42(30): 36-38.
 - [5]朱振华, 李磊, 金显龙, 等. 核电厂室外埋地管线 BIM 技术的施工措施[J]. 建筑机械化, 2023, 44(11): 123-125.
- 作者简介: 郭东东(1987.8—), 毕业院校: 苏州科技大学, 所学专业: 土木工程, 职务: 技术总工, 职称级别: 中级工程师; 樊晶晶(1991.1—), 毕业院校: 武汉地质大学, 所学专业: 土木工程, 职务: 项目管理; 陆磊(1990.10—), 毕业院校: 扬州大学, 所学专业: 建筑与土木工程, 职务: 项目经理, 职称级别: 中级工程师; 杨威(1988.8—), 毕业院校: 华中科技大学, 所学专业: 土木工程, 职务: 高级工程主管; 张博(1982.8—), 毕业院校: 吉林建筑工程学院, 所学专业: 工程管理, 职务: 商务经理, 职称级别: 中级工程师。

无筋钢纤维混凝土管片设计研究

李广涛

中铁第六勘察设计院集团有限公司, 天津 300308

[摘要] 澳门完善新口岸区污水截流管隧道工程, 为国内首例成功应用无筋钢纤维混凝土管片项目。本次研究依托本项目, 通过对无筋钢纤维混凝土管片设计中分块及荷载选择、计算模型及公式选取, 结合有限元结构计算软件分析, 通过基础力学试验验证, 合理确定设计参数, 提供一套完整的设计方法。

[关键词] 无筋; 钢纤维; 混凝土管片; 荷载; 力学试验

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15340

中图分类号: TU528

文献标识码: A

Research on the Design of Unreinforced Steel Fiber Reinforced Concrete Pipe Segments

LI Guangtao

Electrification Design Institute Branch of China Railway Liuyuan Group Co., Ltd., Tianjin, 300308, China

Abstract: Macao has improved the sewage interception pipe tunnel project in the new port area, which is the first successful application of non reinforced steel fiber reinforced concrete pipe segments in China. This study is based on this project, and through the selection of blocks and loads, calculation models and formulas in the design of unreinforced steel fiber reinforced concrete pipe segments, combined with finite element structural calculation software analysis, verified through basic mechanical tests, reasonably determined design parameters, and provided a complete design method.

Keywords: gluten free; steel fiber; concrete pipe segments; load; mechanical tests

引言

盾构隧道作为地下工程的重要组成部分,隧道管片作为盾构隧道的永久性支护结构,其性能将直接影响隧道的质量和使用寿命^[1]。传统钢筋混凝土管片虽然应用广泛,但存在配筋量大、韧性差、抗裂性能差、预制自动化程度低、运输安装过程中极易发生破损开裂等问题^[2]。而在管片中掺入钢纤维后,可有效提高混凝土管片的抗裂、抗冲击性,提高水泥亲和性,增加构件强度、延长使用寿命,达到改善复核材料力学性质的目的^[3]。无筋钢纤维混凝土管片在诸多性能明显优于传统钢筋混凝土管片,同时减少施工过程钢筋笼的制作及后期维修的工作量和维护的费用,具有长期经济效益。

目前国内钢纤维混凝土的研究主要集中在少筋钢纤维混凝土管片的研究和生产^[4],对于无筋钢纤维混凝土管片设计方法的研究尚属空白,因此具有重要的研究价值^[5]。本文将结合工程实例,介绍其设计方法及过程,为其他工程提供参考及借鉴。

1 工程概况

澳门完善新口岸区污水截流管隧道位于澳门特别行政区政府,为国内首条应用无筋钢纤维混凝土的盾构隧道。污水隧道连接新口岸区宋玉生广场及 NAPE/EP3 污水泵房,沿友谊大马路敷设,线路全长约 2560m。

盾构隧道为单线隧道,隧道覆土 7.5m~12m,内径 2800mm,隧道总长 2279m,采用预制无筋钢纤维混凝土管

片和钢管片两种形式。无筋钢纤维混凝土管片外径 3200mm,环宽为 1000mm,管片厚度 200mm;钢管片外径 3180mm,环宽 600mm,管片厚度 190mm。盾构隧道线路水准平面曲线有 50m、100m、150m 三种,水准平面曲线半径 50m 处采用钢管片,其他段采用无筋钢纤维混凝土;盾构隧道内之污水管采用 DN2000 球墨延性铸铁管,铸铁管采用插管型柔性介面。

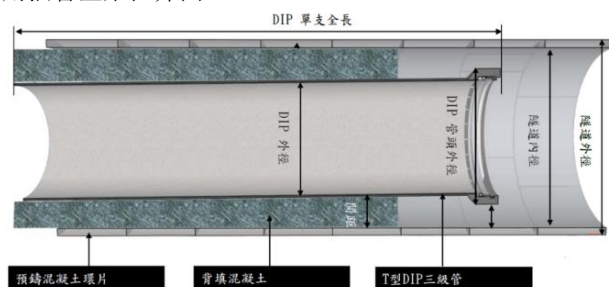


图 1 盾构隧道段 DIP 管断面布置图

2 无筋钢纤维管片结构设计

2.1 管片形式

本项目采用通用环管片,无筋钢纤维混凝土管片内径 2.8m,外径 3.2m,管片厚 200mm,混凝土环宽为 1m。混凝土管片环分为 6 块,包含 1 块封顶块,2 块临接块,3 块标准块。

衬砌环的接缝连接采用斜螺栓,包括 14 颗环缝连接螺栓和 12 颗纵缝连接螺栓。每个环缝处,标准块有三颗

螺栓，B 标准块两颗螺栓及封顶块有一颗螺栓。

表 1 管片设计参数表

名称	参数
组合类型	3 (A 型) +2 (B 型) +1 (K 型)
管片宽度	1000mm
内直径	2.8m
外直径	3.2m
管片厚度	0.2m
螺栓	T25- 8.8 级
环缝防水材料	三元乙丙橡胶与遇水膨胀橡胶

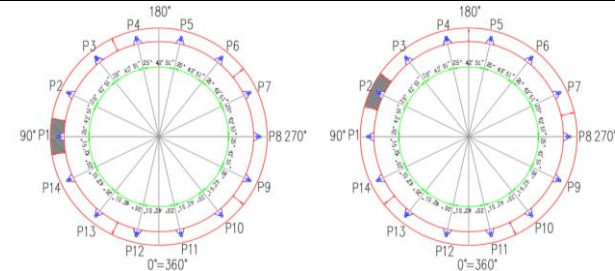


图 2 不同 K 块位置管片点位图

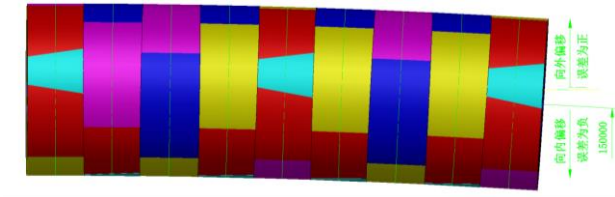


图 3 管片拼装三维俯视图

2.2 材料

2.2.1 钢纤维

本项目采用高强钢丝切断型钢纤维，根据《钢筋钢纤维混凝土预制管片技术规程》DB21/T 3165-2019 条文件说明 4.2.4 条，钢纤维用量估计为 $35\text{kg}/\text{m}^3$ ， $f_{R3k} \leq 3.6\text{MPa}$ ，实际用量需以实验为准。钢纤维应满足《混凝土用钢纤维》GB/T 39147-2020 规定的技术要求，性能参数见下表。

表 2 钢纤维参数表

	型号：JS-DGX (.75/60)	抗拉强度： $\geq 1800\text{MPa}$
	等效直径：0.75± 0.075mm	弯曲性能： 20/20 不断
	长度：60±6mm	杨氏模量： $\geq 210\text{GPa}$
	长径比：80±8	勾尺寸为5 ±1mm
	重量：0.14mg	成型方式： 切断细钢 丝法
公差等级：IT3，主参数>16		

钢纤维的材质、化学成份、抗蚀要求如下：钢纤维的

材质主要是：冷拉丝。钢纤维的化学组成为：碳(C)0.05%，硫(S)0.026%，硅(Si)0.09%，锰(Mn)0.32%，磷(P)0.018%。

钢纤维的防蚀要求：采用酸洗磷化处理（符合 JB/T 6978-2016），在混凝土添加使用防腐阻锈剂，沿海腐蚀环境下推荐掺量为 $8\sim 12\text{kg}/\text{m}^3$ 。

2.2.2 无筋钢纤维混凝土

依据《钢纤维混凝土》JC/T 472-2015 规定，钢纤维混凝土轴心抗压强度标准值 f_{fck} 应取用同强度等级普通混凝土轴心抗压强度标准值，参数如下：

表 3 钢纤维混凝土参数表

混凝土等级	C50
混凝土抗渗等级	P8
混凝土轴心抗压强度标准值 f_{fck} (Mpa)	32.4
混凝土轴心抗压强度的设计值 f_c (Mpa)	23.1
弹性模量 $E_{c,28}$ (GPa)	34.5
泊松比 ν	0.2

3 管片结构计算

根据澳门当地相关要求，需要计算混凝土管片从生产，运输，安装，到运营阶段抵挡长期水土压力等工况，鉴于篇幅原因，重点介绍使用阶段结构计算。

3.1 荷载及组合

3.1.1 计算荷载

隧道衬砌使用阶段所承受的荷载包括短期及长期地层静荷载，并应考虑 200 年洪水位时荷载。

(1) 永久荷载：管片自重、水土压力、上部建筑物基础产生的荷载。

(2) 活载：地面活载一般按 $20\text{KN}/\text{m}^2$ 计算。

3.1.2 荷载组合

管片结构按不同阶段可能出现的最不利荷载组合进行承载能力极限状态和正常使用极限状态计算。荷载组合系数见下表：

表 4 荷载组合系数

序号	荷载项目	正常使用极限状态		承载能力极限状态	
		恒载	活载	恒载	活载
1	长期水土压力	1	1	1.4	1.4
2	洪水位	1	1	1.4	1.4

3.2 长期地层荷重和洪水水压力计算

3.2.1 模型参数

盾构隧道采用 Plaxis 2D 有限元模型分析盾隧道开挖过程中长期地层荷重和洪水水压力工况。次分析均采用 plaxis 软件中的 HS 模型进行分析，经对比土体硬化模型（HS 模型）比摩尔-库仑模型结果更真实可靠。分析时对模型做如下假设：土壤为均质，等向性材料；采用平面应变分析。

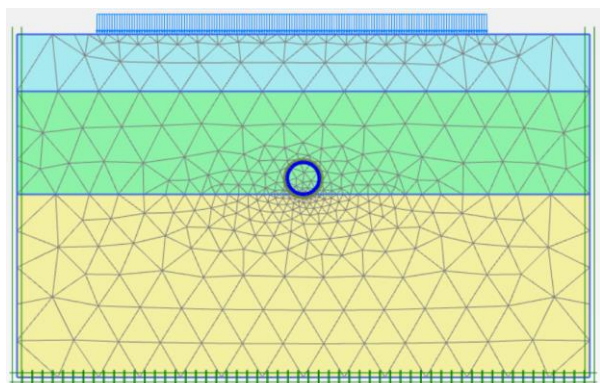


图4 plaxis 模型

盾构隧道埋深在 7.5-12m, 根据地质钻孔显示, 隧道主要处于<2-1>淤泥~淤泥质土层内, 选取最不利断面计算模型如下所示:

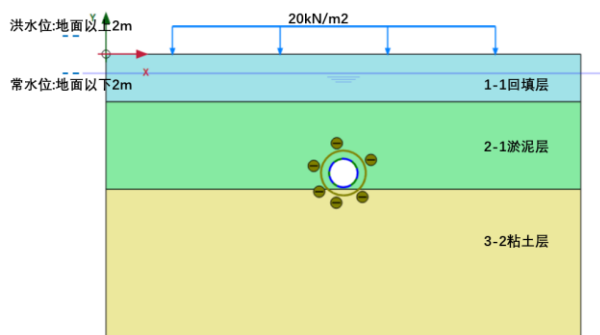


图5 断面 plaxis 2D 模型

3.2.2 管片计算内力

采用 plaxis 有限元软件验算长期水土压力和洪水位工况下断面的正常使用极限状态和承载力极限状态。断面各工况的正常使用极限状态内力汇总如下表 5; 断面各工况的承载力极限状态内力汇总如下表 6。

表5 不同水位工况管片正常使用极限状态内力表

工况	N max., kN/m	M 修正 (Nmax.), kN. m/m	Nmin., kN/m	M 修正 (Nmin.), kN. m/m	Qmax., kN/m	M 修正 (s+max), kN. m/m	N(s+max), kN/m	M 修正 s- max, kN. m/m	N(s-max), kN/m
常水位	-294.0	-23.4	-210.7	22.3	28.9	22.3	-210.7	-23.5	-293.2
洪水位	-397.9	-14.7	-329.5	13.2	-16.9	13.5	-335.0	-14.9	-396.7

表6 不同水位工况管片承载力极限状态内力表

工况	N max., kN/m	M 修正 (Nmax.), kN. m/m	Nmin., kN/m	M 修正 (Nmin.), kN. m/m	Qmax., kN/m	M 修正 (s+max), kN. m/m	N(s+max), kN/m	M 修正 s- max, kN. m/m	N(s-max), kN/m
常水位	-411.6	-32.7	-295.0	31.2	40.5	31.2	-295.0	-32.9	-410.5
洪水位	-557.1	-20.6	-461.3	18.5	-23.7	18.9	-469.0	-20.8	-555.4

表中: N max. —最大轴力; M (Nmax.) —最大轴力对应的弯矩; Nmin. —最小轴力; M (Nmin.) —最小轴力对应的弯矩; Qmax. —最大剪力; M (s+max) —最大正弯矩; N (s+max) —最大正弯矩对应的轴力; Ms-max —最大负弯矩; N (s-max) —最大负弯矩对应的轴力。

3 无筋钢纤维混凝土力学试验

无筋钢纤维混凝土基础力学试验主要包括轴心抗压强度和残余弯拉强度试验, 轴心抗压强度和残余弯拉强度的测定主要为了后期裂缝发展规律研究提供计算数据。轴心抗压试验与普通混凝土管片并无差异, 重点介绍下残余弯拉强度试验。

切口梁弯曲韧性试验方法参照欧洲材料与结构协会标准《RELEM TC 162-TED》^[7] 及《欧盟金属纤维混凝土试验方法标准》EN14651-2005 中相关内容来测定弯曲韧性评价指标。残余弯拉强度试验采用尺寸为 150mm×150mm×550mm 切口梁试件, 采用切割机在梁跨中底部切割出深度为 25mm、宽度为 2mm 的切口。试验仪器采用 MTS25t 液压伺服刚性试验机, 利用动态应变仪自动记录各个阶段试验数据。荷载和挠度数据由计算机自动记录, 并实时绘制出荷载与挠度的关系曲线。试验加载及数据测量简图见图 6。

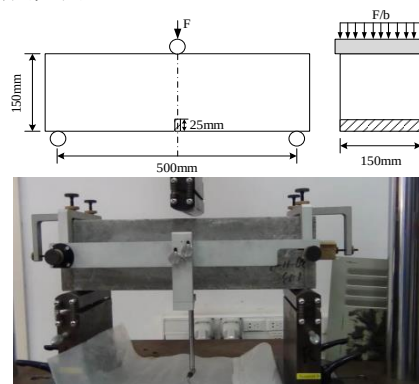


图6 试验加载及数据测量示意图

为积累无筋钢纤维管片实验数据, 对钢纤维掺量分别为 40kg/m³、30kg/m³、25kg/m³ 进行切口梁弯曲韧性试验, 并形成荷载—挠度曲线, 如图 7 所示。

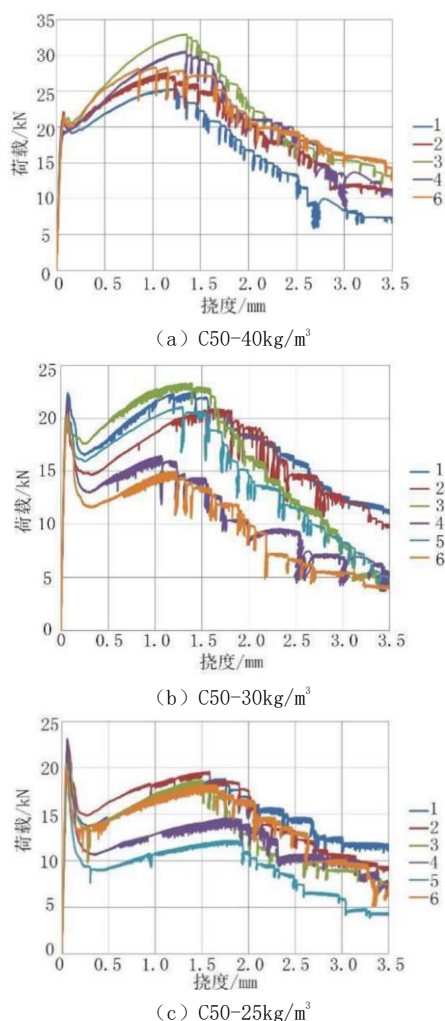


图7 切口梁的荷载—挠度曲线

对比图7,混凝土标号为C50的三组切口梁荷载—挠度曲线可知,钢纤维掺量的提高并没有对峰值荷载产生太大的影响,三组梁的峰值荷载均为23kN左右。切口梁承载力达到峰值荷载之后,三组曲线均有下降,钢纤维掺量为25kg/m³的切口梁曲线下降最剧烈,其荷载值下降了30%左右,而钢纤维掺量为40kg/m³的切口梁仅下降了10%左右。此后三组梁均表现出很好的应变硬化状态,钢纤维掺量为40kg/m³的切口梁进入硬化状态后承载力明显高于其他两组梁,其承载力极限值较掺量为25kg/m³和30kg/m³的切口梁分别高出70%、40%。

根据切口梁试验结果可以评定钢纤维混凝土的弯曲韧性,弯曲韧性的评价指标主要有弯拉强度指标及残余弯拉强度指标。

根据《RILEM TC 162-TDF》弯曲韧性根据试件的荷载—挠度曲线进行计算,拟选取后者进行计算。结合试验结果,通过试验过程中切口梁挠度分别达到0.47mm、1.32mm、2.17mm、3.02mm时的应力,得出切口梁弯曲韧性试验结果,具体结果见表7。

表7 钢纤维混凝土切口梁弯曲韧性试验结果

材料配比	编号	f_t /MPa	$f_{r,1}$ /MPa	$f_{r,2}$ /MPa	$f_{r,3}$ /MPa	$f_{r,4}$ /MPa
40kg/m ³	1	6.46	6.87	7.69	4.95	2.72
	2	6.43	7.44	8.39	5.98	3.80
	3	6.05	8.07	10.44	6.82	4.87
	4	5.74	7.43	9.64	6.68	—
	5	5.82	5.60	6.59	3.47	3.02
	6	6.14	8.00	8.80	6.40	5.12
	平均值	6.11	7.24	8.59	5.72	3.91
30kg/m ³	1	6.27	5.70	7.13	5.70	4.00
	2	6.30	5.03	6.56	5.96	3.95
	3	6.51	6.23	7.48	4.97	2.62
	4	6.34	4.57	4.69	3.03	2.22
	5	6.17	5.43	6.42	4.29	2.62
	6	6.07	3.88	4.61	2.92	1.73
	平均值	6.28	5.14	6.15	4.48	2.86
25kg/m ³	1	6.15	4.61	5.61	4.92	3.74
	2	6.98	5.15	6.10	4.43	3.38
	3	6.57	4.59	5.82	3.63	2.87
	4	7.01	3.45	4.30	4.05	3.17
	5	6.41	2.89	3.67	3.06	1.89
	6	6.48	4.52	5.64	4.54	3.20
	平均值	6.60	4.20	5.19	4.11	3.04

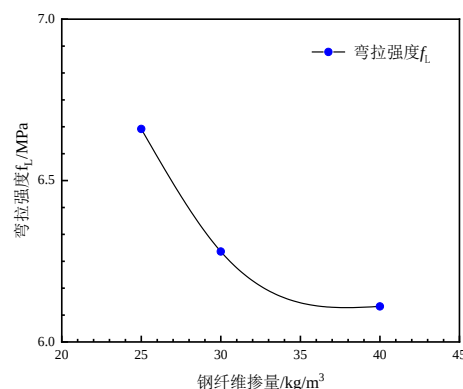


图8 不同钢纤维掺量对 f_t 的影响

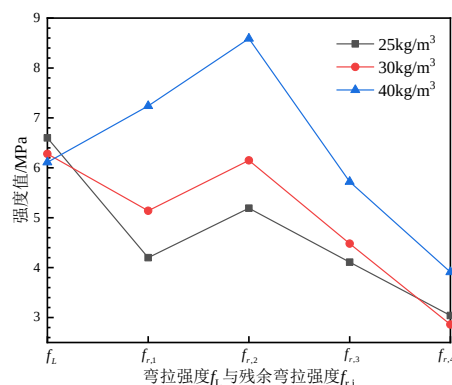


图9 平均弯拉强度 f_t 和残余弯拉强度 $f_{r,i}$

如图 8 和图 9 所示,钢纤维掺量的增加使混凝土平均弯拉强度 f_L 略有减小,当钢纤维掺量从 $25\text{kg}/\text{m}^3$ 提高到 $40\text{kg}/\text{m}^3$ 时,钢纤维混凝土弯拉强度 f_L 降低了 7.4%,分析钢纤维掺量与残余强度 $f_{r,3}$ 关系可以发现,钢纤维混凝土的残余强度随着钢纤维的掺量增大而增大。钢纤维混凝土中钢纤维掺量从 $25\text{kg}/\text{m}^3$ 提高到 $30\text{kg}/\text{m}^3$ 时,掺量提高了 20%,残余强度 $f_{r,3}$ 提高了 9.0%;钢纤维掺量从 $30\text{kg}/\text{m}^3$ 提高到 $40\text{kg}/\text{m}^3$ 时,掺量提高了 33.3%,残余强度 $f_{r,3}$ 提高了 27.7%。

实验结论:经实验验证,混凝土标号为 C50,采用钢纤维 JS-DGX(.75/60) 掺量为 $40\text{kg}/\text{m}^3$,管片弯拉强度及弯曲韧性均能满足设计要求。

4 结论

依托澳门完善新口岸区污水截流管隧道,通过对无筋钢纤维混凝土设计中参数及公式选取,结合有限元结构计算软件分析,通过基础力学试验验证,合理确定设计参数。根据隧道施工及运营阶段以来的使用情况反馈,隧道管片设计完全满足使用需求,同时较传统钢筋管片仅钢筋一项减少投资约 50%。因此采用本文中的计算方法是可靠的。通过分析主要结论如下:

(1) 无筋钢纤维混凝土管片结构及构件设计要求基本与普通混凝土管片一致,但是设计参数选取中应该依据相关钢纤维混凝土规范要求。

(2) 无筋钢纤维混凝土管片钢纤维掺量可根据计算及经验暂估,但最终通过混凝土力学试验综合确定。

(3) 随着钢纤维掺量的增加,纯钢纤维混凝土管片的力学性能得到很大程度改善。在外部荷载作用下,无筋钢纤维混凝土管片的荷载-位移曲线均有明显的硬化现象,说明钢纤维主要在管片开裂后发挥作用,能够吸收更多的

能量,对应的韧性有所提高。

(4) 无筋钢纤维混凝土管片大大减少了钢筋含量,具有较好经济价值。

无筋钢纤维混凝土管片取消传统配筋管片中繁琐的钢筋绑扎工序,简化施工流程,减少了施工时间与人力投入,提高了管片预制的自动化程度,提高管片质量及使用寿命,在提升工程质量与经济效益方面展现出显著优势,具有良好的推广价值。

[参考文献]

- [1] 徐振,李德明,王彬,等.硬岩隧道纯钢纤维混凝土管片应用[J].山东大学学报(工学版),2020,50(5):44-49.
- [2] 孙斌,丁聪.高铁隧道大直径盾构钢纤维混凝土管片设计及优势简析[J].河北工业大学学报,2015,44(6):112-115.
- [3] 赵宇石,周予启,王少敏.地铁盾构管片用钢纤维混凝土性能特征研究[J].建材世界,2022,43(1):27-29.
- [4] 罗启正.钢纤维掺量及长径比对无筋管片混凝土力学性能的影响[J].混凝土与水泥制品,2023,3(3):43-44.
- [5] 周强,王嘉伟,朱宇杰,等.无筋钢纤维混凝土管片承载力设计方案研究[J].建筑结构,2023,53(12):1459-1464.
- [6] 徐成.无筋钢纤维混凝土管片裂缝发展及正截面设计方法研究[D].四川:西南交通大学,2021.
- [7] RILEMTC162-TDF,欧洲材料与结构协会(RILEM)的标准[Z],钢纤维增强混凝土(SFRC)的测试和设计方法,发表于《Materials and Structures》期刊.

作者简介:李广涛(1980—),男,河南淇县人,2004年毕业于中南大学土木工程专业,本科,工程师,从事隧道及地下工程结构设计工作。

建筑设计中绿色建筑理念的实现路径与实践案例

肖邦全

江西省商业建筑设计院有限公司, 江西 南昌 330000

[摘要] 随着全球能源紧张与环保需求的提升, 绿色建筑成为现代建筑行业的重要发展方向。节能设计作为绿色建筑的核心要素之一, 通过优化建筑结构、材料使用以及能效管理系统, 大大降低建筑能耗, 提升建筑物的环境适应性。近年来, 节能技术的不断创新为绿色建筑设计提供了新的解决方案。在此背景下, 探讨绿色建筑节能设计的实践与发展趋势, 对于推动建筑行业的可持续发展具有重要意义。

[关键词] 绿色建筑; 节能设计; 环境适应性; 能效管理; 可持续发展

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15371

中图分类号: TU023

文献标识码: A

The Implementation Path and Practical Cases of Green Building Concept in Architectural Design

XIAO Bangquan

Jiangxi Commercial Building Design Institute Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi, 330000, China

Abstract: With the global energy shortage and increasing demand for environmental protection, green buildings have become an important development direction in the modern construction industry. energy-saving design, as one of the core elements of green buildings, greatly reduces building energy consumption and enhances environmental adaptability by optimizing building structure, material use, and energy efficiency management systems. In recent years, the continuous innovation of energy-saving technologies has provided new solutions for green building design. In this context, exploring the practice and development trends of green building energy-saving design is of great significance for promoting the sustainable development of the construction industry.

Keywords: green building; energy-saving design; environmental adaptability; energy efficiency management; sustainable development

引言

在全球面临能源危机和环境污染挑战的背景下, 绿色建筑逐渐成为建筑行业的主流趋势。作为绿色建筑的关键组成部分, 节能设计不仅能够有效降低能源消耗, 还能提升建筑的环境适应性与使用舒适度。随着技术的不断进步和政策的推动, 节能设计的理念与实践日益成熟, 对建筑设计和施工的影响深远。探索这一领域的创新路径, 不仅有助于推动建筑行业的可持续发展, 也为应对日益严峻的环境问题提供了切实可行的解决方案。

1 绿色建筑概述与发展趋势

1.1 绿色建筑的定义与核心理念

绿色建筑是指在建筑的设计、施工、运营和拆除过程中, 充分考虑环境保护、资源节约和人类健康等多重因素, 通过合理的规划与创新的技术手段, 减少对自然资源的消耗, 降低对环境的污染, 同时提升建筑的能源效率和使用舒适性。其核心理念包括: 节能、节水、节材、环保和健康。节能设计通过优化建筑外立面、合理布局、提高隔热保温性能等手段, 减少能源消耗; 节水措施则注重水资源的循环利用和高效使用; 节材理念则强调建筑材料的选择应尽量使用可再生、可循环的环保材料, 减少对自然资源的开采和消耗; 环保措施则着重于建筑过程中污染物的减少和废弃物的回收利用; 而健康理念则在室内环境中注重空气质量、光照、噪音控制等因素, 保障居住者的身心健康^[1]。

1.2 全球绿色建筑发展现状与未来趋势

绿色建筑的理念起源于 20 世纪 70 年代的节能运动, 随着全球环境问题日益严重, 绿色建筑逐渐成为建筑行业的重要发展方向。当前, 全球许多国家已经认识到绿色建筑对环境保护与可持续发展的重要性, 纷纷出台相应的政策和标准, 推动绿色建筑的推广与实施^[2]。

在发达国家, 绿色建筑已经进入成熟阶段。以美国为例, 其绿色建筑认证体系 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) 自 1998 年发布以来, 已成为全球最具影响力的绿色建筑评价体系之一。欧洲和日本等国家也推出了类似的绿色建筑认证标准, 这些认证体系不仅对建筑的能效、环保性能提出严格要求, 还强调建筑的可持续性与使用者的健康。在这些国家, 绿色建筑不仅局限于新建项目, 现有建筑的绿色改造也得到了广泛关注。

中国作为全球最大的发展中国家, 近年来在绿色建筑领域取得了显著进展。自 2006 年发布的《绿色建筑评价标准》以来, 绿色建筑在国内逐步普及。随着政策支持力度的加大, 越来越多的绿色建筑项目开始涌现, 并在城市规划和建设中发挥重要作用。与此同时, 中国绿色建筑市场的需求也呈现增长趋势, 尤其在大规模城市化进程加速的背景下, 绿色建筑成为应对城市能源消耗和环境污染问题的重要手段。

未来, 绿色建筑的发展趋势将更加注重技术创新和智

能化应用。随着建筑节能技术的不断突破,智能化能效管理系统、绿色材料的研发、建筑环境智能调控等将成为绿色建筑的重要发展方向。此外,绿色建筑的范围也将进一步扩展,从单一的建筑项目向整个城市、区域的可持续发展理念延伸,形成更加完善的绿色建筑生态系统。

总的来说,绿色建筑已经不再是某一时段的潮流,而是推动建筑行业走向可持续发展的必然趋势。随着全球环保意识提高以及技术的不断创新,绿色建筑的前景将更加广阔,成为全球建筑业实现能源节约和环境保护的重要途径。

2 节能设计的基本原则与策略

2.1 节能设计的核心要素

节能设计的核心要素包括建筑外形优化、建筑围护结构的热工性能、合理的采光与通风设计、高效的设备选型及能效管理等几个方面。首先,建筑外形优化通过合理的建筑布局和结构设计,减少外墙面积,从而减少热量流失和能量消耗。此外,建筑的朝向、窗户配置和外立面设计都需要考虑太阳辐射、风向和气候特点,以最大化自然光的利用和自然通风效果。其次,建筑围护结构的热工性能至关重要,良好的隔热、保温和密封性可以有效减少空调和采暖需求。节能设计还需要注重采光设计,合理布局窗户,最大限度地引入自然光,从而减少人工照明的使用。在通风方面,通过自然通风和机械通风的合理结合,实现室内空气质量的同时降低空调能耗。最后,高效设备的选型与运行优化也是节能设计的关键,包括高效的空调系统、照明设备和热水系统等,利用最新的技术减少能耗。

2.2 绿色建筑中的节能技术应用

在绿色建筑中,节能技术的应用种类繁多,涵盖了建筑设计、施工及运营管理等多个环节。首先,外墙和屋顶的保温系统、双层玻璃窗和高效隔热材料的应用,大大提高了建筑物的热性能,减少了能源消耗。采用太阳能光伏板、太阳能热水器等可再生能源设备,不仅能够减少对传统能源的依赖,还能提升建筑的能源自给能力。其次,智能化建筑技术在绿色建筑中的应用,提升了建筑能效^[3]。通过智能调节系统自动控制空调、采暖、照明等设施的运行,确保能源的高效利用,并根据不同使用场景和时间动态调整能耗。建筑中的雨水收集系统、地热能利用系统也在节能设计中发挥了重要作用,有效减少了建筑对水资源和传统能源的消耗。此外,新型节能照明系统、LED灯具的广泛应用也显著降低了建筑的照明能耗,成为绿色建筑节能设计的标志之一。总之,绿色建筑中的节能技术不仅注重节省能源,还融入了可持续发展理念,推动建筑行业向更环保、更高效的方向发展。

3 建筑结构与材料的节能优化

3.1 高效能建筑结构的设计方法

高效能建筑结构的设计方法主要通过优化建筑布局

和构造细节,降低建筑能耗。首先,建筑的外形设计应尽量简化,减少不必要的外立面面积,减少热量流失和能量消耗。例如,通过紧凑的建筑形状或利用中庭设计,最大限度地利用自然采光和通风,同时降低外墙和屋顶的热传导面积。其次,建筑的朝向和窗户设计至关重要,合理安排建筑朝向,尽量使建筑面向阳光充足的方向,利用太阳的自然热能,减少采暖负荷。同时,窗户的布局 and 大小也要根据采光需求和节能目标来优化,避免大面积窗户带来的热损失。再者,建筑的层高和层间空间的设计应结合室内气流和热舒适性进行优化,确保空气流通良好,避免过度依赖空调和供暖系统。最后,采用适应性强的结构形式,如轻型钢结构、预制混凝土板等,不仅能够减少材料的消耗,还能够加快施工进度,降低能耗。

3.2 节能建筑材料的选择与应用

节能建筑材料的选择和应用是实现建筑节能目标的关键一环。首先,建筑外墙、屋顶、窗户等关键部位的材料应优先选择具有优异隔热、保温性能的材料。例如,外墙可以使用聚氨酯泡沫、岩棉、玻璃棉等具有良好热隔离效果的保温材料,能够有效减少室内外的热量交换,降低空调和取暖的能量需求。屋顶则可采用反射性较强的材料,如涂有反射涂料的金属屋面,减少热岛效应,降低建筑内部的温度。窗户的选择方面,双层玻璃、低辐射玻璃和气密性良好的窗框能够有效减少热能的传导和辐射损失。其次,绿色建筑材料的使用也在节能设计中占据重要地位。例如,使用再生混凝土、竹材、木材等环保材料,不仅能够有效减少建筑的碳足迹,还能通过这些材料的天然隔热性能来提升建筑的能效。此外,新型光伏建材和光热建筑材料的应用也在绿色建筑中逐渐普及,集成太阳能电池板和集热管的建筑外立面或屋顶可以利用自然能源,进一步降低建筑对外部能源的依赖。通过合理选材和应用节能建筑材料,不仅能够减少能源消耗,还能显著提升建筑的环境适应性和居住舒适度。

4 节能设计在绿色建筑中的案例分析与实践

4.1 成功绿色建筑案例分析

在全球范围内,许多绿色建筑成功实施了节能设计并取得了显著成果。以美国的“帝国大厦绿色改造”项目为例,经过全面的绿色改造后,这座历史悠久的摩天大楼在保持其建筑特色的同时,成功减少了约 38%的能源消耗。通过采用高效的 HVAC(暖通空调)系统、智能化照明控制和高性能玻璃窗,改造后的帝国大厦不仅提升了建筑的能效,还有效降低了运营成本。此外,瑞士的“巴塞尔能源塔”项目则通过集成光伏太阳能电池板和风力发电设备,使得建筑能够自给自足,大幅度降低了对外部能源的需求。这些案例展示了绿色建筑节能设计的成功实践,强调了通过技术创新与合理设计相结合,可以大大降低建筑的能源消耗,提高其环境友好性。

4.2 节能设计在实际应用中的效果与挑战

尽管节能设计在绿色建筑中取得了显著成果,但在实际应用中仍面临一些挑战。首先,节能设计的初期投资较高,尤其是在高效节能材料、先进设备和智能化系统的应用上,这可能导致一些开发商和业主对于绿色建筑的接受度较低。然而,长期来看,这些初期投资通过降低建筑运营成本(如能源费用、维护费用等)可以得到有效回报。其次,节能设计的效果受到地域和气候条件的影响,不同地区的建筑节能需求不同,统一的节能标准和技术应用难以满足所有需求。例如,寒冷地区的建筑更多依赖采暖,而温暖地区则侧重于制冷,如何根据当地气候特点进行个性化节能设计,成为一个难题^[4]。

此外,智能化能效管理系统虽然能够有效提升建筑的能源利用效率,但其运营和维护的复杂性也给建筑管理带来一定的挑战。管理人员需要具备专业的技术能力,才能最大化智能系统的效能。最后,绿色建筑节能设计的实施需要多方面的合作,包括建筑设计师、施工方、设备供应商及政府部门等的紧密配合,这在实际项目中可能存在协调困难。尽管如此,随着技术的不断进步和政策支持的加强,节能设计在绿色建筑中的应用效果仍然值得肯定,并将为未来建筑业的可持续发展奠定基础^[5]。

5 智能化能效管理系统在节能设计中的应用

5.1 智能建筑系统的作用与发展

智能建筑系统通过集成信息技术、自动化控制和传感技术,实现建筑各项设备与系统的智能化管理,从而提升建筑能效和居住舒适性。智能建筑系统的主要作用之一是通过集中管理和自动调节建筑内部的各种资源,包括供暖、通风、空调(HVAC)、照明、安防、能源使用等,实现各系统的最优化运行。这不仅减少了人为操作错误,还有效提高了系统运行效率,降低能源浪费。

随着物联网(IoT)、大数据和云计算等技术的发展,智能建筑系统已逐步进入智能化、数字化、互联化的阶段。这些技术使得建筑设备可以通过传感器实时监测各种环境数据,如温度、湿度、CO₂浓度等,自动调整空调温度和空气流通,确保室内环境的舒适性。同时,智能建筑系统还能实时分析建筑的能耗数据,通过机器学习和数据挖掘,预测未来的能耗趋势,从而进一步优化能源使用。随

着5G技术的普及,智能建筑系统的响应速度和互联能力将进一步提高,建筑节能的潜力也将得到更好释放。

5.2 能效监控与优化调度技术

能效监控与优化调度技术是智能建筑系统中的重要组成部分,旨在通过实时监控建筑能耗,精准调控建筑内的能源使用,提升整体能效。能效监控技术通过安装各种传感器和智能计量设备,实时获取建筑中各项能源消耗数据,包括电力、热能、冷能和水资源等。这些数据通过中央控制系统汇总分析,帮助管理人员识别能源消耗的热点区域,及时采取措施进行调整。

优化调度技术则基于实时监测的数据,利用算法和人工智能技术预测建筑的能源需求,并通过智能化调度系统调配资源。例如,在电力需求较低时,系统可自动调节供暖和空调设备的运行,避免能源浪费;在高峰时段,智能系统可以根据建筑使用情况调整能源供应,保障节能效果的同时确保舒适度。通过优化调度,不仅能减少能源浪费,还能降低运营成本。

6 结语

智能化能效管理系统在节能设计中的应用展现了绿色建筑发展的巨大潜力。通过集成智能建筑系统与能效监控与优化调度技术,不仅提升了建筑的能源使用效率,还优化了室内环境质量,减少了能源浪费。尽管面临一定的技术与管理挑战,随着技术的不断进步与政策的支持,智能化系统将在节能设计中发挥越来越重要的作用。未来,智能建筑的普及将助力建筑行业实现更高水平的节能和可持续发展。

【参考文献】

- [1]刘慧娟,宋长衡.基于BIM技术的绿色建筑节能设计优化研究[J].山西建筑,2025,51(2):20-23.
- [2]潘旭,杨济舟,葛葳,等.基于BIM技术的绿色建筑节能设计方法研究[J].当代建筑,2024(11):132-134.
- [3]侯文丽,蒋必凤,杜慧慧.基于BIM技术的绿色建筑节能设计研究[J].内蒙古科技与经济,2024(17):99-102.
- [4]王英.新基建视域下绿色建筑低碳节能设计探析[J].砖瓦,2024(8):53-56.

作者简介:肖邦全(1994.9—),男,中级工程师,江西省南昌市。

老年人居住建筑无障碍设计分析

刘娟

中冶京诚工程技术有限公司, 北京 100176

[摘要] 老年人居住建筑是建筑行业聚焦的对象。在实际工作中不难发现, 将无障碍设计的思路融入老年人居住建筑, 可以使老年人得到良好的居住空间, 提升老年人的物质生活水平, 保障老年人的身心健康。本篇文章将以老年人居住建筑作为研究对象, 针对其无障碍设计的相关内容展开探讨, 期望借此提升老年人的物质生活水平, 推进相关产业的发展。

[关键词] 老年人; 居住建筑; 无障碍设计; 设计要点

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15355

中图分类号: TU8

文献标识码: A

Analysis of Barrier free Design for Elderly Residential Buildings

LIU Juan

MCC Jingcheng Engineering Technology Co., Ltd., Beijing, 100176, China

Abstract: Residential buildings for the elderly are the focus of the construction industry. It is not difficult to find in practical work that integrating the concept of accessible design into elderly residential buildings can provide them with good living space, improve their material living standards, and ensure their physical and mental health. This article will take residential buildings for the elderly as the research object, and explore the relevant content of barrier free design, hoping to improve the material living standards of the elderly and promote the development of related industries.

Keywords: elderly people; residential building; accessibility design; design points

引言

随着物质生活水平的提升, 我国人民群众的寿命呈现延长的趋势, 使得人口老龄化问题得到进一步加重。就目前来看, 社会环境的许多方面均不适合老年人, 导致老年人出现了生活、心理层面的困境。为改变这一现状, 可以尝试从“居住建筑”入手, 营造适合老年人居住的空间, 这样不仅可以显著改善老年人的日常生活质量, 还可以为老年人带来心理层面的舒适感, 减少老年人的心理问题。为此, 设计单位需要秉持从实际出发的原则, 充分结合老年人的身体条件以及生活需求, 加强老年人居住建筑中的无障碍设计, 为老年人居住建筑项目的施工提供具体指导^[1]。

1 老年人居住建筑无障碍设计的原则

老年人居住建筑不同于一般的建筑, 其是高度体现“以人为本”精神的建筑代表, 在城市化建设中居于重要位置。设计单位在实施老年人居住建筑的设计任务时, 既需要结合老年人的生理特征与身体条件, 又需要结合无障碍设计的理念, 只有这样才能保障工作成效。在对相关文献资料进行查阅后, 认为老年人居住建筑无障碍设计的原则可以归纳为如下四点:

1.1 安全性原则

从老年人的生理特征来看, 不难发现许多老年人的感官功能出现了退化, 且部分老年人具有身体上的残缺, 需要借助拐杖、轮椅、助听器等设备完成简单的日常行为。随着时代的进步以及科学技术的发展, 老年人逐步对居住

建筑的安全性提出了较高要求^[2]。为此, 设计单位需要秉持安全性原则, 结合不同老年人的实际情况, 为老年人配备相应的安全设施, 以此保障老年人日常生活的安全性, 降低意外事故的发生概率。

1.2 经济性原则

老年人居住建筑的最终目标在于提升老年人的生活质量。然而, 部分设计单位在实际工作期间采用了大量的资源, 使得经济效益遭受了不良影响。在国家提出可持续发展目标的今天, 设计单位需要秉持经济性原则, 杜绝铺张浪费。一方面, 设计单位需要结合老年人的实际需求, 合理规划居住空间; 另一方面, 设计单位需要控制好资源的合理使用, 在满足老年人舒适、便捷需求的同时规避资源浪费和经济损失^[3]。总的来讲, 经济性原则可以有效帮助设计单位、施工单位控制好成本与费用的支出, 使得经济效益的目标得到实现, 在社会竞争中居于优势地位。

1.3 舒适性原则

无障碍设计涉及到老年人居住环境的方方面面, 包括但不限于防跌倒、通风、光照以及家具选用等^[4]。设计单位在履行职责时, 需要坚持舒适性的原则, 改善老年人生活、休息和娱乐的空间, 营造良好的室内环境。设计人员需要结合老年人的生活规律, 科学配置、摆放家具, 做好通风和照明设计, 将室内的整体色调设置为温馨的风格。上述因素的综合性处理, 可以为老年人带来身心的舒适感。总的来讲, 舒适性原则是设计单位需要高度重视的原则,

如此才能体现无障碍设计的优越性。

1.4 实用性原则

相较于其他年龄阶段的人而言,老年人的记忆力、空间感知能力较差,不能很好地分清空间尺度、空间形态的变化,较容易在日常生活中磕磕碰碰,从而影响自身的身体健康。为避免这种情况,设计单位在履行老年人居住建筑的无障碍设计任务时,需要遵循实用性的原则,将空间尺度、空间形态列为重点,注重适老化设计^[5]。这样可以在保障生活空间可变性、开敞性的同时分析无障碍设施、老年人居住之间的关系,使得整体的居住空间体现“以人为本”的理念。

2 老年人居住建筑无障碍设计的要点

设计单位在进行老年人居住建筑的无障碍设计时,不仅需要遵循上述原则,还需要把握好诸多设计要点,只有这样才能保障无障碍设计的可靠性、实效性。接下来将结合实践,对老年人居住建筑无障碍设计的要点展开探讨。

2.1 家具的设计要点

在老年人居住建筑中,家具是重要的组成部分。老年人在日常生活中需要使用各种各样的家具。在这一过程中,因家具选用不当而引发的安全事故或者意外事件较为常见。为避免此类现象的发生,设计单位需要将家具选用列为无障碍设计的要点^[6]。设计单位在选用家具时,需要判断所选用的家具是否满足安全、便捷、可靠等特点。其中,安全性是首要因素。例如,设计人员需要结合老年人身体不便、行动迟缓、思维能力下降的特点,杜绝使用玻璃或者尖锐的装修材料,将门、茶几以及柜体替换为木制材料。同时,这些家具不能具有棱角部位,而是应当包裹住,避免为老年人带来磕碰伤害。针对沙发、床等较为柔软的家具有,设计人员应当尽可能选用皮革、布艺类的原料,在确保经济性的同时为老年人带来更多舒适感。考虑到部分老年人的身体健康情况较为恶劣,设计人员应当从“长期卧床”的需求视角出发,为老年人布置各种各样的专业护理床。设计人员在选择专业护理床时,需要将其高度控制在合理范围内,便于老年人拿取东西。还有一些老年人的身体条件较为恶劣,需要长期坐轮椅。针对这部分老年人,设计人员可以为其提供专门的升降晾衣架,避免因腿脚无力或者残疾而带来的日常生活困境^[7]。总的来讲,家具选择是老年人居住建筑无障碍设计的重点,其直接影响老年人的生活质量。设计人员应当予以高度重视。

2.2 照明与通风的设计要点

对于老年人的居住环境而言,良好的照明、通风系统必不可少。设计单位需要遵循《老年居住建筑设计标准》《老年人建筑设计规范》的指导要求,合理选用、布置照明与通风系统,尽可能打造光线均匀分布、通风性能优秀、舒适性高的环境。有研究表明,一旦人类的年龄超过 50 周岁,其视力水平便会显著下降^[8]。在许多视力的影响因

素中,距离、亮度水平的影响最为深远。为此,设计人员在着手实施照明系统的设计时,需要关注两方面内容:一方面,老年人的眼球角膜、黄斑功能出现退化,其感官标准值是年轻人的 1.5 倍以上,这意味着老年人对周围环境的要求较高,只有在亮度足够的情况下,才能看清周边环境^[9];另一方面,大部分老年人的子女不在身旁,在日常生活中容易产生孤独感,而适当的亮度可以有效缓解这种孤独感。基于上述因素,设计人员应当充分发挥自身的专业性,将照明设备安放在合理位置。针对采光不足的位置,设计人员可以利用太阳能照明设备进行局部照明,这样不仅可以减少能源浪费现象,还可以保障照明的全面性。在设计期间,设计人员需要规避使用射线,而是需要将漫射光源作为首要选择。在通风方面,设计人员同样需要考虑老年人群体的生理特征,选用不同的通风设备。常见的通风设备包括空气净化器、空气循环扇以及除湿机等。其中,空气净化器可以有效去除室内的有害气体、颗粒物,大幅度改善空气质量;空气循环扇的使用较为方便,但容易产生噪音;除湿器可以有效改善室内的湿度,提升老年人的舒适度。在实践中,设计人员需要秉持具体问题具体分析的原则,依照老年人的房间大小、结构选用合适的通风设备。针对腿脚不便,很少出门的老年人,设计人员需要予以重点关注,尽可能将照明系统、通风系统结合在一起,创设良好的室内环境,改善老年人的生活质量。

2.3 紧急呼救装置的设计要点

在我国建设的初期阶段,紧急呼救装置未能得到普及,在很大程度上影响了老年人居住建筑的安全性。随着安全意识的提高以及物质生活质量的改善,紧急呼救装置逐步成为老年人居住建筑无障碍设计体系的重要组成部分。设计人员在选用紧急呼救装置时,需要重点关注其可靠性、灵敏性以及智能性。可靠性指的是紧急呼救装置可以依照老年人的指令,迅速向中控系统发送信息,将紧急信息传递给指定场所或者指定人员,从而满足老年人的需求^[10];灵敏性指的是紧急呼救装置响应老年人指令的速度,也指紧急呼救装置响应对外界指令感知的灵敏度;智能性指的是紧急呼救装置可以通过传感设备采集相关信息,初步判断老年人需求的一种智能化程度。设计人员在对紧急呼救装置的性能进行检测、确定后,便可以设计紧急呼救装置的安装地点。大量实践表明,卫生间、卧室向来是容易发生安全隐患和意外事件的场所。因此,设计人员可以将紧急呼救装置安装在卧室或者卫生间等地段。至于厨房,设计人员可以设置煤气探测仪。这主要是因为部分老年人的记忆力减退后,煤气泄漏的概率会大幅度增加。为避免这种情况,设计人员需要重点设置煤气探测仪或者火灾报警器,便于紧急情况的发现、处理。在 5G 技术快速发展的背景下,大部分紧急呼救装置已经接入互联网,可以在关键时刻发挥意想不到的作用,救人于水火之中。因此,设

计人员应当把控好紧急呼救装置的设计要点,将之融入老年人居住建筑的无障碍设计体系。

2.4 居住空间的设计要点

对于老年人的日常居住而言,空间设计不可或缺。就目前来看,部分老年人居住建筑存在地面高差多、易跌倒等安全问题,在很大程度上影响了居住空间的安全性与可靠性。新形势下,设计单位需要聚焦于安全性、可靠性的设计要求,采取与之相关的优化措施。就目前来看,空间设计的要点可以进一步细分,接下来将分别展开论述。

2.4.1 无障碍盲道设计

老年人居住小区内应考虑盲道设计,一般有行进盲道(呈条状,引导视觉障碍者到达目的地)和提示盲道(让视觉障碍者预知环境空间变化,及时规避危险)两种形式。盲道不仅能引导视觉障碍者行走,还能保护他们的行进安全,且盲道应避开树木、电线杆、拉线等障碍物,其他设施也不得占用盲道。

2.4.2 无障碍入口及入口平台设计

建筑入口是必经之路,出入口平台是人们的集散地带。设计时应做到出入口地面防滑、平整,入口平台便于轮椅回转、通行,也要方便其他人停滞和通行。无障碍出入口平台净深度 $\geq 1.5\text{m}$,当出入口设两道门如门厅、过厅时,门扇同一时间打开两道门的间距应 $\geq 1.5\text{m}$,避免过去入口平台深度小、单元门推开下台阶易跌倒的危险。老年人建筑的建筑入口应优先考虑平坡出入口,不仅方便各种行动不便的老年人群体,同时也给其他人带来便利。

2.4.3 无障碍楼梯、电梯、台阶设计

台阶、楼梯是建筑垂直交通关键构件,应科学使用无障碍直线型楼梯、台阶以满足规范,消除残障人心理恐惧。适当区分踏步踏面及楼梯颜色,为弱视者辨认提供条件。楼梯和电梯应设在光线好的地方并设无障碍设施标志。每层楼梯宜为两到三个直台阶,避免弧形或螺旋形楼梯。扶手高度为 0.85m ,始端需延长 0.3m 并设盲文标志。

2.4.4 无障碍卫生间设计

卫生间是老人最常使用且易发生事故的空间,设计应满足人体基本工学,做到干湿分区。洗脸台区域宜和便溺区、淋浴区分离,使各区域尺度适宜、使用便捷,降低事故发生率。且卫生间的洗脸台区和便溺区应合理设置安全抓杆,方便行动障碍者安全移动和支撑。

2.4.5 地面高差的设计要点

依照空间结构、地面材料的差异,老年人居住建筑的空间内常常会呈现阳台入口、厨房入口、卫生间入口高度不一的问题。老年人在居住空间内行动时,可能会因注意力涣散、腿脚不便等问题而发生磕碰、跌倒,进而危害自身的生命安全。在无障碍设计理念的影响下,设计人员应当尽可能消除地面高差问题。设计人员在履行职责时,需要综合性地考虑不同材料的高度差异,将材料厚度调整在

合理范围内,使得老年人的居住空间呈现地面高度一致的特征。针对不容易调整为统一厚度的区域,设计人员可以结合自身的专业知识储备,设计缓慢的斜坡,或者通过施加不同颜色标注的方式提示老年人,避免老年人在行动期间遭遇安全风险。

2.4.6 防跌倒的设计要点

除去地面高差问题之外,地面材料的防水、防滑性不足,也容易引发跌倒问题。还有部分老年人的平衡能力较差,可能会因自身问题而跌倒。在“以人为本”理念的指导思想下,设计人员应当通过多种渠道了解无障碍设计的相关知识,分析老年人跌倒问题的诱发因素,并将相关注意事项把握到位,落实好防跌倒的设计要点。在厨房、卫生间、阳台等区域,设计人员应当尽可能选用防水性强、防滑性能优秀的地砖材料。如亚光砖、防滑釉面砖等。



图1 防滑釉面砖

同时,设计人员需要在边缘地带设置引导线,将不慎落在地面的积水引导至地漏。为规避因老年人自身问题而引起的跌倒,设计人员可以尝试在室内的重点区域设置扶手,这样不仅可以为老年人的日常生活提供便利,还可以起到一定的防护作用,大幅度提升老年人行动的安全性。例如,某设计单位在实施老年人居住建筑项目的无障碍设计时,便决定采用直径在 3.5厘米 左右的圆形扶手。其中,单层圆形扶手距离地面的高度在 80厘米 到 85厘米 之间,双层圆形扶手距离地面的高度在 65厘米 、 90厘米 左右。实践表明,这种设计方法可以很好地满足老年人对无障碍设计的要求,获得了老年人的一致好评。

3 结束语

随着我国社会的不断发展,老年人群体的占比日益增加。老年人作为弱势群体,需要得到国家、企业的重点关注。当前,围绕老年人居住建筑项目的无障碍设计已经成为设计单位的重点研究对象。在实际工作中,设计人员应当遵循“以人为本”的理念,将安全性、经济性、舒适性以及实用性原则贯穿于无障碍设计的始终。同时,设计单位需要号召设计人员把控好无障碍设计的要点,只有这样才能确保无障碍设计的可行性。本文通过对老

年人居住建筑的无障碍设计展开探讨，希望对相关行业的人士有所助益。

[参考文献]

- [1]刘畅.老年人居住建筑适老化设计的相关分析[J].居业,2019(10):49-53.
- [2]王羽,余漾,娄霓.健康居住理念在适老建筑领域的实践探讨[J].城市建筑,2018(21):34-38.
- [3]李俊杰.现代养老机构人本化居住环境之室内设计理念[J].低碳世界,2017(4):137-138.
- [4]黄光辉.老年人居住建筑的电气设计[J].现代建筑电气,2015,6(7):27-29.
- [5]任皎.基于老龄化社会的居住建筑室内环境设计探讨[J].中小企业管理与科技(中旬刊),2014(7):129-130.
- [6]杜海霞,于伸,刘广哲.老年人生活空间无障碍设计的心理因素探讨[J].美与时代(上),2011(10):68-69.
- [7]陈磊,郭涛.浅析老年人居住建筑中的无障碍设计[J].科技创新导报,2009(7):37.
- [8]孙桂琴,孙桂荣,田影.从行为心理之观点探讨老年住宅的无障碍设计[J].山西建筑,2009,35(3):76-77.
- [9]张志玲.老年人居住空间设计浅析[J].住宅科技,2009,29(2):24-26.
- [10]王娉婷.现代老年人居住建筑适老化设计发展方向与趋势[J].住宅与房地产,2020(21):41-42.

作者简介：刘娟（1980.8—），女，2002年7月毕业于内蒙古科技大学，建筑学，本科，就单位中冶京诚工程技术有限公司，高级工程师。

BIM 技术在暖通绿色设计中的应用

王轶娴

中联合盛科技有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 传统建筑设计依赖于二维图纸, 信息共享与协同工作的效率较低, 这导致设计过程中容易产生误差, 进而影响整体效率。通过创建数字化模型, BIM 技术提供了全生命周期的精准信息管理, 有效地解决了这一问题。在暖通绿色设计领域, BIM 技术不仅支持能效分析与热环境模拟, 还能进行多维度优化, 为节能与舒适性提供了科学的设计依据。随着 BIM 技术的不断发展, 如何进一步提升其在暖通设计中的应用效果, 已成为行业研究中的关键课题。

[关键词] BIM 技术; 暖通; 绿色设计

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15359

中图分类号: TU17

文献标识码: A

The Application of BIM Technology in HVAC Green Design

WANG Yixian

Zhonglian Hesheng Technology Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Traditional architectural design relies on two-dimensional drawings, resulting in low efficiency in information sharing and collaborative work. This leads to errors in the design process, which in turn affects overall efficiency. By creating digital models, BIM technology provides precise information management throughout the entire lifecycle, effectively solving this problem. In the field of HVAC green design, BIM technology not only supports energy efficiency analysis and thermal environment simulation, but also enables multi-dimensional optimization, providing scientific design basis for energy conservation and comfort. With the continuous development of BIM technology, how to further enhance its application effect in HVAC design has become a key issue in industry research.

Keywords: BIM technology; HVAC system; green design

引言

随着全球能源危机与环境问题日益严峻, 绿色建筑设

计逐渐成为建筑行业的核心发展方向。为此, 暖通系统的优化设计显得尤为关键, 它直接关系到建筑的能效与舒适性。凭借其强大的数据整合与仿真分析能力, BIM (建筑信息模型) 技术成为推动暖通绿色设计的重要工具。尽管在提升设计效率与准确性方面, BIM 技术展现出明显的优势, 但如何克服其在实际应用中遇到的技术难题, 依然是当前亟待解决的挑战。

1 BIM 技术在暖通绿色设计中的应用优势

1.1 提高设计效率与准确性

BIM 技术通过数字化、可视化及信息集成, 极大提升了暖通设计的效率与准确性。在三维环境中, 建筑暖通系统得以全面建模, 设计人员能够直观地分析管道布置、设备选型及空间占用等问题, 从而避免了平面图纸表达不足可能导致的设计遗漏或错误。通过 BIM 的参数化功能, 设计变更被实时反映在模型中, 并自动更新至相关构件或系统, 从而显著减少了传统设计中因信息不一致而产生的返工现象。各专业的协同设计也得到了 BIM 技术的支持, 确保了暖通系统与建筑结构、给排水、电气等其他专业的紧密配合, 有效地降低了碰撞冲突发生的几率。通过这种协

1.2 优化能源利用与负荷分析

BIM 技术为暖通绿色设计提供了强大的能源分析工具, 能够精确优化能源利用并实现负荷分析。在三维数字模型的支持下, 建筑的空间布局、围护结构性能以及设备参数得以整合到同一平台, 设计人员得以进行动态能耗模拟和热负荷分析, 通过这种集成化的分析方法, 设计方案能够全面考虑建筑朝向、自然采光、通风条件及所在区域的气候特征, 从而制定出最为合理的能源配置方案。暖通系统在不同工况下的负荷需求能够被精确计算, BIM 技术为设备选型与系统运行提供了科学依据, 有效避免了设计偏差引发的资源浪费或性能不足。通过优化管网布局与提高设备运行效率, 不仅减少了能源损耗, BIM 技术还确保了暖通系统的高效运行, 满足了绿色设计在节能环保方面的高标准要求。

1.3 支持全生命周期的暖通设计管理

BIM 技术通过构建数字化信息模型, 覆盖了暖通设计的全生命周期管理, 包括规划、设计、施工及运维。在设

计阶段,建筑空间、系统参数及材料特性等多维数据被集成到 BIM 模型中,为暖通方案的优化提供了数据支持,同时为施工的可行性分析奠定了基础。施工过程中,设备安装与管道布置由 BIM 模型指导,并通过碰撞检测功能,提前发现并解决了各专业之间的冲突,从而有效降低了返工率并控制了施工成本。在运维阶段, BIM 模型作为数字化档案,详细记录了暖通设备的运行状态、维护周期及更换记录,使管理人员能够实时监控系统运行,制定高效的维护策略。基于 BIM 的全生命周期管理还包括能耗监测与分析,有助于识别潜在的能源浪费问题,推动系统运行的持续优化,延长了设备的使用寿命,确保暖通系统在全生命周期内实现高效且可持续的运行。

2 BIM 技术在暖通系统绿色设计中的应用

2.1 建筑能耗分析

在暖通系统绿色设计中, BIM 技术的仿真模拟功能为建筑能耗的精确分析提供了强大的技术支持。建筑能耗指建筑运行过程中产生的能源损耗,包括采暖、照明、暖通、炊事等方面的能耗。在基于 BIM 技术的能耗分析中,所有能耗环节均可通过三维 BIM 模型直观呈现并进行透明化管理。设计人员能够通过模型模拟建筑的空间布局、外部环境、建筑材料及系统运行参数,从而构建完整的建筑能耗模型并得到精准数据。此外, BIM 系统的自动分析功能不仅能够快速计算出各环节的具体能耗数据,还可生成详细的图表和动画形式的结果展示,这种多样化的呈现方式使分析结果更加直观明了,为设计人员优化暖通系统的能源配置提供了科学依据。例如,通过能耗分析发现系统负荷分配不均或设备选型不合理的问题,可以在设计阶段及时调整,避免后期运行中的能源浪费。借助 BIM 技术,暖通系统设计能够充分满足绿色建筑的要求,确保能源利用的高效与可持续。

2.2 室内热环境分析

在暖通系统绿色设计中,优化室内热环境是实现节能与舒适性的关键。通过仿真模拟功能, BIM 技术为精确分析室内热环境提供了有效支持。借助三维模型,设计人员能够全面评估建筑结构、材料特性及空间布局对热环境的影响,并模拟室内温度分布、热流密度及冷热源运行等关键参数。外部气候与室内环境的动态交互,在 BIM 模型中得以精准呈现,提供了更贴近实际工况的数据支持。例如,建筑朝向、窗墙比例及遮阳设计对室内温度的影响,在模拟中得以直观反映。根据这些结果,设计人员可以调整设计方案,从而减少不必要的热损失或过度增益。 BIM 技术还支持采暖和制冷系统的运行效率进行动态分析,优化设备选型及运行参数,确保在各季节和不同运行工况下,室内温度始终维持在舒适范围。通过数据的可视化展示,潜在的热环境问题得以迅速识别,改进措施也随之提出,为实现暖通系统绿色设计和节能目标提供了坚实的基础。

2.3 风环境分析

在暖通系统绿色设计中,风环境的优化是提升建筑通风效率和节能效果的重要环节。 BIM 技术通过其强大的仿真功能,可以精准模拟室外风环境,并以此为依据对不同建筑布局方案进行综合比较,最终选定最为科学合理的设计方案。借助模拟结果,设计人员能够掌握单体建筑之间的空气流动情况,同时准确获取建筑表面的风压分布及风压系数分布,为优化自然通风设计提供科学依据。利用 BIM 系统中的 CFD (计算流体动力学) 模拟软件,还可以对建筑内部的自然通风和机械通风方案进行深入分析。例如,通过 CFD 技术,外窗开启后室内气体流动的具体情况能够被直观展现,设计人员可以基于模拟结果优化建筑功能的排布、窗户的位置和形式,以及风口的布局与参数设定。通过这些调整,暖通系统不仅能够实现更高效的空气流通,还能在降低能耗的同时提高室内空气质量和舒适度。此外, BIM 技术在风环境分析中生成的详细数据,如气流的流速、流向和流量分布,可作为进一步优化设计的重要参考。这种基于精确模拟的分析方式,为绿色暖通系统设计提供了不可或缺的支持,确保建筑在满足功能需求的同时实现可持续发展的目标。

2.4 声环境分析

在暖通系统绿色设计中,声环境的优化是实现建筑舒适性的关键方面,尤其对于噪声敏感建筑而言具有关键意义。通过建立 BIM 模型并将其数据导入声环境模拟软件,可以高效地完成建筑噪声环境的全面分析与优化。基于 BIM 技术,设计人员能够直观获取建筑物表面及内部的噪声声线图、噪声分布图和声强线图。这些可视化数据不仅展现了建筑周围的噪声分布情况,还为隔声设计的优化提供了科学依据。对于普通建筑, BIM 技术可以协助调整围护结构的材料与厚度,以实现对外部噪声的有效隔离。而对于音乐厅、演播厅、剧院等对音质要求极高的建筑, BIM 技术的优势更加突出,通过其仿真模拟功能,室内声线云图、声强分布图以及混响时间等关键数据得以精准绘制与计算,这些数据使设计人员能够调整室内空间形状、吸声材料以及设备布置,从而优化室内音效和声音品质。此外, BIM 系统的动态分析功能允许设计人员在设计阶段不断调整方案,直至实现理想的声环境效果。这种基于数据驱动的优化方式,不仅提高了设计的科学性,还显著降低了返工的可能性,为绿色暖通系统的设计提供了强有力的支持。

3 BIM 技术在暖通绿色设计中的应用问题

3.1 设计人员的 BIM 软件应用水平较低

尽管 BIM 技术在暖通绿色设计中展现出显著潜力,但设计人员在实际应用中较低的 BIM 软件操作水平,依然是一个亟待解决的难题。未能充分掌握 BIM 系统高级功能的设计人员,在设计过程中未能最大化其优化设计的优势。

对于复杂的暖通系统设计与能效分析,操作不当或理解不到位可能导致数据偏差、模型不完整,甚至影响施工及后期运营效率。随着BIM技术的快速发展,未能及时适应新工具与功能的设计人员,导致了应用上的滞后与效率低下。面对复杂的绿色设计需求,缺乏足够专业技能的设计人员,难以深度运用BIM技术进行有效分析与优化,从而影响了暖通系统设计的质量及其节能效果。

3.2 数据交互与整合存在困难

在BIM技术的应用过程中,数据交互与整合的问题常常成为暖通绿色设计顺利推进的障碍。由于不同设计软件与系统之间的数据格式差异,设计团队在跨专业协作时面临数据共享的困难。涉及建筑、结构、电气等多个专业的暖通系统设计中,各专业使用的BIM模型通常存在不同的标准与结构,从而在整合过程中可能导致数据不一致或丢失。这种信息孤岛效应使得设计人员无法实时获取完整的项目数据,进而增加了协作的难度,也降低了设计效率。尤其在多方合作的情况下,各专业之间的信息壁垒愈加明显,难以确保数据的高效流通与准确性,最终影响了设计质量与效果。

4 优化BIM技术在暖通绿色设计中的应用策略

4.1 加强BIM软件应用的培训与推广

为充分发挥BIM技术在暖通绿色设计中的潜力,提升BIM软件的应用水平与推广显得尤为关键。目前,许多设计人员在使用BIM软件时,尤其在高级功能与跨专业协作方面,存在认知与操作的障碍。为此,有针对性的BIM培训课程的定期开展,不仅能提高设计人员的操作技能,也有助于加深他们对BIM技术在节能与舒适性优化中的应用理解。培训内容应涵盖BIM建模、仿真分析与数据整合等模块,确保设计人员能在实际项目中灵活应用^[1]。与此同时,BIM技术的推广,尤其在企业内部及跨领域协作中,应得到强化,逐步建立共享的数字化设计平台,以提升团队协作效率。通过不断加强BIM软件的培训与推广,设计人员将能掌握最新的工具与技术,确保暖通绿色设计的高效实施与可持续发展。

4.2 完善BIM软件与相关工具的兼容性

在暖通绿色设计中,BIM软件与其他设计工具之间的兼容性至关重要。但不同软件之间的兼容问题仍普遍存在,导致高效的数据传输与协作在实际应用中无法实现。特别是在涉及多个专业与复杂设计时,使用的各种工具和平台的数据格式往往不统一,从而增加了数据转换与整合的难度,这种不兼容性不仅延长了设计周期,还提升了设计错误与信息丢失的风险^[2]。为了提高设计的准确性与效率,优化BIM软件与其他相关工具(如能效分析软件、CFD模

拟工具、声环境分析软件等)之间的兼容性显得尤为重要。通过推动标准化进程及开发更多接口插件,BIM系统与其他设计平台的紧密衔接将得以确保,从而显著提升项目协同效果,为暖通系统的绿色设计提供更为可靠的技术支持。

4.3 提高数据标准化与协同设计能力

在提升BIM技术在暖通绿色设计中的应用效果时,数据标准化与协同设计能力的提高至关重要。当前,由于不同设计团队与专业所采用的标准及数据格式的不统一,项目实施过程中常常会出现信息不对称或误差,进而影响设计质量与进度。为确保设计数据的准确性与可重复性,制定统一的标准化流程及数据格式显得尤为关键,这对后续项目的顺利开展不可或缺。同时,跨专业的协同设计能力的增强,也是提升设计效果的一个重要步骤^[3]。在BIM平台上,实时数据的共享使得各专业人员能够进行高效的互动与调整,从而确保设计方案的完整性与协调性。通过构建有效的协同设计机制,不仅能够在项目初期及时发现潜在问题,还能提升设计修改的灵活性与响应速度,从而进一步推动暖通绿色设计的持续优化与完善。

5 结语

随着建筑行业对节能、环保及可持续发展要求的不断提高,BIM技术在暖通绿色设计中的应用为设计实践带来了前所未有的机遇。借助其强大的建模、仿真与分析能力,BIM技术不仅优化了能源的使用,提高了设计效率,还能在建筑全生命周期中提供精准的管理与支持。在面对软件应用水平、数据整合与协作等方面的挑战,采取切实可行的策略以应对这些问题,显得尤为关键。通过加强BIM培训、提升软件兼容性以及推动数据标准化,BIM技术的潜力可以更好地释放,从而提升设计质量与效果。随着BIM技术的不断创新与发展,其在暖通绿色设计中的应用将进一步拓展,并为创造更加高效、节能且舒适的建筑环境作出重要贡献。

【参考文献】

- [1] 贺宇坤.BIM技术在暖通绿色设计中的应用[J]. 居业,2023,12(6):73-75.
- [2] 胡嘉灏.BIM技术在暖通绿色设计中的应用探讨[J]. 低碳世界,2021,11(9):124-125.
- [3] 苏海东,朱岩纯,胡程科,等. 低碳背景下绿色技术在建筑暖通设计中的应用[J]. 中国建筑装饰装修,2022,13(17):92-94.

作者简介:王轶娴(1990.5—),毕业院校:河北建筑工程学院,所学专业:供热通风与空调工程技术,当前就职单位:中联合盛科技有限公司,职务:BIM工程师,职称级别:中级。

装配式结构在工民建建筑设计应用探究

曹银元

新疆兵团城建集团有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]传统的建筑模式往往依赖大量现场施工,导致施工进度与质量的难以掌控。相比之下,装配式结构通过在工厂进行预制构件的生产,并在现场完成高效组装,施工效率与质量得到了显著提升,同时满足了现代建筑对绿色节能的需求。BIM技术的应用,为建筑项目提供了数字化的管理工具,使得设计阶段能够进行优化,返工与材料浪费得以减少。装配式结构与BIM技术的结合,不仅推动了建筑行业向更高效、精准的方向发展,也为设计与施工管理的优化提供了有力支持。

[关键词]装配式结构;工民建;建筑设计

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15331

中图分类号: TU712

文献标识码: A

Application Exploration on Prefabricated Structures in Industrial and Civil Architecture Design

CAO Yinyuan

Xinjiang Production and Construction Corps Urban Construction Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Traditional building models often rely heavily on on-site construction, leading to difficulties in controlling construction progress and quality. In contrast, prefabricated structures have significantly improved construction efficiency and quality by producing prefabricated components in factories and efficiently assembling them on site, while meeting the modern building's demand for green and energy-saving. The application of BIM technology provides digital management tools for construction projects, enabling optimization in the design phase and reducing rework and material waste. The combination of prefabricated structures and BIM technology not only promotes the development of the construction industry towards higher efficiency and precision, but also provides strong support for the optimization of design and construction management.

Keywords: prefabricated structures; industrial and civil architecture; architectural design

引言

随着城市化进程的加速,传统建筑施工面临着工期延长、质量控制困难、资源浪费等一系列挑战。作为现代建筑的创新形式,装配式结构通过在工厂预制构件并在现场进行组装,展现出了显著的优势,施工周期得以有效缩短,建筑质量得到提升,资源浪费也大大减少。与此同时,BIM技术的引入,使建筑项目的设计、施工与管理过程变得更加精确与高效。装配式结构与BIM技术的结合,不仅优化了建筑施工的各个环节,还显著提高了项目的整体效率与质量。

1 装配式结构在工民建中的应用现状

随着建筑工业化进程的推进,装配式结构在工民建领域的应用愈加受到关注。在住宅、商业建筑及公共设施的建设中,凭借其高效、环保及节能的特点,装配式结构逐渐成为建筑行业发展的主流趋势。国内外在装配式建筑的认知与实践方面取得了显著进展,多个国家和地区已经出台政策,推动其广泛应用。例如,欧洲部分国家已将装配式结构纳入建筑标准体系,极大促进了其在建筑领域的普及。而在国内,随着政策支持力度的加大,装配式结构从初步试点项目向大规模应用扩展,尤其在一线城市已取得显著成效。尽管装配式结构具备众多优势,其在工民建领

域的普及仍面临若干挑战。主要问题之一是技术标准的不统一,不同地区与项目的设计与施工水平差异较大,致使质量控制的难度增大。此外,装配式建筑的施工管理对施工人员的技术能力、设备配套以及物流运输等方面提出了更高的要求。标准化与模块化设计的落实也是装配式结构面临的难题,特别是在一些传统建筑设计理念依然主导的地区,装配式结构的设计优势未能得到充分发挥。尽管如此,随着相关技术的不断成熟,以及BIM等信息技术的逐步应用,装配式结构在节能与绿色建筑领域的潜力逐渐显现,未来的应用前景仍被看好。

2 装配式结构的设计原则

2.1 设计中的标准化与模块化

在装配式结构的设计中,标准化与模块化是至关重要的原则。标准化要求在设计过程中遵循统一的尺寸、规格和构件类型,从而使不同项目中的构件能够实现互换,简化了设计流程并降低了生产成本。而模块化设计则将建筑分解为标准化的模块单元,每个模块均可独立生产、运输与安装,极大提升了施工效率与精确度。通过模块化设计,建筑的尺寸、连接方式及材料等参数得以预先设定,减少了现场施工中的不确定因素,确保了结构的质量与安全。标准化与模块化不仅优化了设计与施工之间的协调性,还

增强了装配式建筑的可持续性。通过这一设计理念,设计师能够根据不同功能需求灵活组合标准化模块,避免了每次都从头设计每一个构件。尤其适用于大规模住宅与公共建筑,这种方法能够显著缩短生产与施工周期,优化资源配置,减少建筑废料,从而进一步推动环保目标的实现。

但标准化与模块化的设计也带来了挑战,在模块的通用性与项目特定需求之间,设计师必须找到平衡,以确保标准化的同时能够满足个性化设计要求。随着对装配式结构理解的深入及相关技术的不断完善,标准化与模块化的设计模式将不断成熟,为建筑行业的快速、经济与绿色发展奠定更加坚实的基础。

2.2 结构安全性与适用性要求

在装配式结构设计中,结构的安全性与适用性是至关重要的两个方面。安全性直接影响着建筑的长期耐用性与使用年限。为此,设计阶段必须严格遵循国家与行业的安全标准,对每个构件的连接方式、承载能力与抗震性能进行精确的计算与测试,确保建筑在自然灾害或极端天气下仍能保持稳定。此外,装配式构件在运输与安装过程中可能承受外力作用,因此,提高构件的抗冲击性能以及加强施工期间的安全保障显得尤为重要。紧随其后的则是适用性,它与安全性密切相关。尽管装配式结构在标准化与工业化生产上具有明显优势,但每个建筑项目的地理环境、气候特征与使用功能各不相同,设计时必须综合考虑这些实际需求。不同地区的抗震设计标准要求,结构的模块化设计需根据当地的地震烈度进行调整。同时,建筑的使用功能亦要求结构具有一定的灵活性,以便根据空间需求合理布局。安全性与适用性二者相辅相成,缺一不可,只有确保了结构的安全性,方可进一步探讨适用性与灵活性,使装配式结构不仅符合设计标准,还能适应不同环境与用户需求的变化。随着技术的不断进步,未来对于安全性与适用性的要求将愈加精细与标准化,为装配式建筑的推广与普及提供更加坚实的支撑。

2.3 装配式结构设计的技术难点

尽管装配式结构设计具有显著优势,其实施过程中仍面临若干技术难点。连接问题便是其中之一。各个构件需要通过精确的连接方式进行拼接,这要求在设计阶段,设计师充分考虑各构件的连接节点,以确保它们能在施工过程中快速、安全地组合。连接方式不仅必须满足力学要求,还应兼顾施工便捷性与后期维护的可操作性。材料的选择与适应性同样构成挑战,预制混凝土、钢材等材料通常用于装配式结构,这些材料的性能特征需在设计中得到详细分析。例如,预制混凝土构件在不同温湿度条件下的收缩与膨胀特性,可能会影响其长期稳定性与耐久性^[1]。因此,合理的材料选型与技术手段对解决这一问题至关重要。此外,材料间的配合使用要求设计师掌握复杂的力学数据,确保不同构件间的协同作用不引发安全隐患。施工过程中

的精准度控制同样是装配式结构设计中的难题。尽管设计阶段已实现较高的标准化与模块化,实际施工过程中,构件的尺寸精度、安装顺序以及设备配套等因素,仍可能影响质量与进度。如何在设计阶段预见潜在问题,并采取有效的施工组织与技术措施进行控制,成为设计人员需要关注的关键问题。在追求标准化与模块化的同时,如何保证设计的灵活性,以满足不同项目的个性化需求,也是装配式结构设计面临的另一难题。设计师需在标准化与定制化之间找到平衡,确保既能发挥标准化的优势,又能适应项目的具体需求。

3 装配式结构在工民建建筑设计中的运用

3.1 在建筑设计中的运用

在建筑设计中,装配式结构的应用显著提高了设计效率与施工精度。与传统建筑设计模式相比,对标准化与模块化的要求,装配式结构更为严格。这一要求促使设计师在项目初期阶段必须明确构件的尺寸、形态、功能以及安装方式,从而确保后续生产与施工过程的顺利对接。通过这种方法,建筑设计能够提前规划并实现大规模的预制构件生产,大大缩短了施工周期。具体而言,装配式结构在建筑设计中的应用体现在多个方面,特别是在空间布局的灵活性上得到了显著提升。借助标准化构件单元,设计师能够灵活组合不同模块,以快速实现建筑功能的调整。例如,在住宅、办公楼或商业建筑的设计中,仅需调整模块的排列方式,便可满足不同空间需求,而无需重新设计每个细节。在外立面设计方面,装配式结构带来了更高的精准度与可控性,由于预制构件的标准化,外立面的装饰性与功能性设计得以更加精确实施,同时减少了现场施工误差的产生。在设计过程中,建筑师能够根据项目需求选用不同材质与造型的构件,从而实现美观与功能并重的外观效果。此外,在结构与管线整合方面,装配式结构展现了独特的优势。借助模块化构件的使用,管线设计得以更加精细地嵌入结构中,避免了传统建筑中常见的管线布局混乱问题。预制构件在设计阶段便已考虑到管线布置与维护需求,施工时可同时完成这一部分工作,从而有效降低了后期改造与维修成本。

3.2 在结构设计中的运用

在结构设计中,装配式结构的运用为建筑的稳定性与安全性提供了坚实保障。与传统建筑结构依赖现场浇筑与逐步拼装不同,装配式结构通过预制构件的标准化与模块化设计,构件首先在工厂完成制造,随后被运输至施工现场并高效拼装,该设计理念显著提高了结构的精度与一致性,施工过程中可能出现的误差被大大减少^[2]。具体到应用,设计要求需对各构件间的连接方式进行细致考虑。构件的承载能力、载荷均匀性以及连接节点的抗拉、抗剪性能必须由设计师精确计算,确保拼装后的构件在长期使用中依然保持稳定。相比传统建筑,由于预制构件的制造

依赖高精度设备与工艺,装配式结构能更有效地控制结构的质量与安全性。此外,装配式结构具备极高的适应性,能够灵活响应建筑功能需求的变化,尤其在大型或高层建筑中,装配式结构在解决复杂的力学问题(如抗震设计与荷载分配)方面表现尤为出色。通过合理的模块化设计,不仅建筑的抗震性能得以提升,还能优化结构材料的使用,减少建材浪费,从而提高整体经济效益。借助 BIM 技术进行集成化设计,装配式构件的安装顺序与连接节点的精确度在结构设计过程中得以详细模拟。数字化与智能化的设计方式使得潜在问题可以提前发现并解决,施工过程的精准度得以提升,减少了不确定性,从而进一步增强了建筑物的安全性。

3.3 在管线设计中的运用

在装配式结构的设计中,管线设计的合理性与高效性同样不可忽视。传统建筑的管线布局通常依赖现场施工人员的经验,管线交叉、混乱或重复布置等问题容易发生,这不仅会延误施工进度,还会增加后期维护的难度。相比之下,装配式结构中的管线设计能够实现更加高效与精确的规划与实施,得益于装配式结构的模块化特性,管线设计可在项目早期阶段便得到充分考虑。在构件生产过程中,设计师依据建筑物的功能需求与管线布局,将管道、电缆等设施预埋于预制构件中,确保在拼装过程中管线能够无缝对接。通过这种预埋与预留方式,管线的空间布局得到了有效优化,且避免了传统建筑中频繁调整管线路径所引发的施工延误^[3]。结合 BIM 技术,装配式结构的管线设计得以精确虚拟仿真,三维建模的应用使设计师能够在施工前发现管线与结构间的冲突,及时调整管线布局,减少了现场修改的需要,这不仅提高了施工效率,还有效降低了后期维护的复杂度。例如,水管、电缆、通风管道等设施可根据建筑层高、空间布局及功能需求进行优化布置,确保每条管线都能够找到最佳路径。在高层建筑或功能复杂的项目中,装配式结构的管线设计优势尤为突出。由于预制构件尺寸与位置的精准计算,管线系统能够更加高效地与结构融为一体,确保了管线系统与建筑整体结构的协调性。此外,装配式结构还显著提升了建筑的节能性与环保性。例如,预制构件中的空隙设计可优化暖通系统的管道布局,避免了管道过度拥挤或布局不合理,从而确保了空调、供暖等系统的畅通运行。

3.4 装配式结构结合 BIM 技术在建筑设计中的运用

装配式结构与 BIM 技术的结合,显著推动了建筑设计向精准化与高效化迈进。在传统建筑设计中,施工技术的局限性往往导致施工过程中需要较长时间来解决技术细

节问题,从而影响项目的整体进度。随着装配式结构的应用,特别是在 BIM 技术的支持下,设计精度与施工效率得到了显著提升。在设计阶段,装配式结构要求设计参数具备高度精确性,通过 BIM 技术,设计师可以实时评估装配式构件的强度、尺寸、材料等关键数据,确保设计既符合安全标准,也能满足功能需求。通过数字化建模, BIM 使设计团队能够提前发现潜在问题,避免传统设计方式下可能出现的误差。例如, BIM 能生成三维模型,帮助设计人员更直观地评估空间布局及构件的适配性,避免现场施工时因设计偏差导致的返工或材料浪费。 BIM 技术还具备实时采集施工过程中产生的数据信息的能力,将这些数据及时反馈至设计阶段。这不仅提高了装配式结构设计的精准度,还能确保设计方案在施工阶段的顺利执行。借助云计算,设计数据的共享与协作变得更加简便,各方参与者能够随时访问最新的设计信息,确保各环节的无缝衔接,从而加速施工进度。在施工组织阶段, BIM 技术同样展现出重要优势。装配式结构施工涉及大量预制构件,这要求施工人员具备更高的技术水平与协调能力。借助 BIM,项目管理团队能够清楚掌握每个装配式构件的数量、尺寸、安装顺序等关键要素,提前规划材料采购与施工安排。此外, BIM 还能对施工过程进行实时监控,及时预警可能的工期延误或材料短缺问题,从而确保施工进度与质量的有序推进。

4 结语

装配式结构与 BIM 技术的融合,显著推动了建筑设计及施工的精确化与高效化。通过标准化与模块化的设计,装配式结构显著降低了施工中的不确定因素,项目风险由此减少。与此同时, BIM 技术通过精细化的数据管理,优化了施工流程。此种结合不仅提升了建筑质量,缩短了施工周期,还为建筑行业的智能化与绿色化转型提供了有力支持。尽管在技术层面仍面临一些挑战,随着技术的不断进步,装配式结构的应用前景愈加广阔。未来,建筑行业中这一技术的重要性必将日益凸显。

【参考文献】

- [1] 辛小林. 装配式结构在工民建建筑设计应用探究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(32): 62-64.
 - [2] 李亭云. 装配式结构在工民建建筑设计中的应用[J]. 建筑与预算, 2020(6): 77-79.
 - [3] 黄穗勇. 基于 BIM 技术的装配式结构施工技术研究[J]. 新城建科技, 2024, 33(12): 22-24.
- 作者简介: 曹银元(1989.9—), 毕业院校: 华南理工大学, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 新疆兵团城建集团有限公司, 职称级别: 工程师。

工业建筑给排水与消防系统一体化设计探讨

李宪祺

中核工程有限公司（河北分公司），河北 石家庄 050000

[摘要]文中主要探讨工业建筑给排水与消防系统一体化设计的理论与实践。通过分析传统给排水与消防系统的设计分隔方式，提出将两者整合的必要性与可行性，阐述一体化设计在提高工程效率、节约成本和提升安全性方面的优势。文章结合具体案例，介绍了给排水与消防系统的功能需求、设计原则、系统集成方案及其实施效果。研究表明，优化设计能够有效提升建筑的使用性能和应急处理能力，为工业建筑的安全和环保提供更为高效的保障。

[关键词]工业建筑；给排水系统；消防系统；一体化设计；安全性

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15329

中图分类号: TU991.02

文献标识码: A

Discussion on the Integrated Design of Industrial Building Water Supply and Drainage and Fire Protection Systems

LI Xianqi

Hebei Branch of China Nuclear Power Engineering Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: This article mainly discusses the theory and practice of integrated design of industrial building water supply and drainage and fire protection systems. By analyzing the design separation method of traditional water supply and drainage and fire protection systems, the necessity and feasibility of integrating the two are proposed, and the advantages of integrated design in improving engineering efficiency, saving costs, and enhancing safety are elaborated. The article combines specific cases to introduce the functional requirements, design principles, system integration schemes, and implementation effects of water supply and drainage and fire protection systems. Research has shown that optimizing design can effectively improve the performance and emergency response capabilities of buildings, providing more efficient guarantees for the safety and environmental protection of industrial buildings.

Keywords: industrial architecture; water supply and drainage system; fire protection system; integrated design; safety

引言

工业建筑的给排水与消防系统在传统设计中往往分开进行，导致设计冗余、施工复杂以及后期维护困难。随着建筑规模的扩大与安全要求的提高，传统设计方法面临着越来越多的挑战。一体化设计能够有效结合给排水与消防系统的功能需求，实现资源优化配置、节省建设与运维成本，同时提升建筑的综合安全性和应急处理能力。本文旨在探讨工业建筑中给排水与消防系统一体化设计的理念、方法与实践，分析其优势和应用前景。

1 工业建筑给排水与消防系统的功能分析

1.1 给排水系统的功能需求

工业建筑的给排水系统主要负责建筑内部的水源供应与污水排放。其功能需求包括：首先，提供清洁水源以满足员工生活、生产、工艺用水、清洗等多种用途，确保水质符合《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022）；其次，设计合理的排水系统，及时有效地处理建筑内的生活污水和生产废水，防止污染积聚，保护环境；最后，在保证建筑物的卫生和功能性的同时，避免水资源的浪费，符合《建筑给水排水与节水通用规范》（GB 55020-2021）的相关要求，通过节水型设备和技术手段实现水资源的高效利用。此外，给排水系统的设计还需考虑节能与环保，例

如使用雨水回收系统等可持续设计措施，最大限度地减少对外部水源的依赖^[1]。

1.2 消防系统的功能需求

消防系统是工业建筑安全防护的重要组成部分，主要功能是防止火灾事故的发生，并在火灾发生时及时扑灭火源，保证人员和财产的安全。消防系统的功能需求包括：首先，具备火灾自动报警功能，通过温度、烟雾、气体等传感器进行火灾预警，确保在火灾初期就能采取应对措施；其次，配备充足且可靠的灭火设施，如自动喷水灭火系统、灭火器、消火栓和气体灭火系统等，以确保火灾发生时可以迅速扑灭火源，控制火势蔓延；同时，还需要保证建筑内的疏散通道畅通无阻，确保人员能够迅速安全地撤离；最后，消防系统还应具备与其他建筑设施（如电气系统、通风系统和通信系统等）相协调的功能，避免因设备故障或其他原因导致火灾蔓延。

1.3 给排水与消防系统的联系与区别

给排水与消防系统虽然在功能上有所区别，但也存在一定的联系。两者的共同点在于都依赖于水资源的合理利用。给排水系统提供日常生活和生产所需的水源，而消防系统则需要通过水源来灭火，消防系统通常与给排水系统相连接。在一些建筑中，消防水源往往来自给排水系统中

的部分供水管道或专用水池。为了保障消防用水的充足性,消防系统的供水通常会设置独立的水源,防止给排水系统负荷过大。两者的区别在于功能与用途,给排水系统侧重于日常生活与生产需求的满足,而消防系统则专注于建筑的安全保障,尤其是在火灾紧急情况下发挥作用。

2 工业建筑给排水与消防系统一体化设计的必要性

2.1 提升建筑安全性

一体化设计能够显著提升建筑的安全性。传统的给排水和消防系统往往分开设计,存在水源利用不均衡、应急响应效率低等问题。而将两者合并设计,可以实现水资源的共享和合理配置,避免出现消防系统供水不足的情况。同时,通过对给排水与消防系统的系统化协调,能够有效提高建筑的防火防灾能力,确保在火灾等紧急情况下,水源供给充足,保障人员及时撤离,减少财产损失^[2]。

2.2 节省建设与运营成本

工业建筑的一体化设计能够大大节省建设与运营成本。在传统设计中,给排水和消防系统需要分别设计独立的管道、设备和水源系统,增加了初期建设成本。同时,后期的维护和管理也更为复杂。通过一体化设计,可以减少重复的管道和设备投资,优化水源管理,实现资源共享,从而大幅度降低建设和运营成本。此外,采用一体化设计后,管道、阀门等设备的统一配置和管理,也能减少后期维护的难度和费用。

2.3 提高系统的可维护性和稳定性

一体化设计使得给排水与消防系统更加紧密集成,系统的可维护性和稳定性得到提升。系统的统一性和标准化使得维修和管理工作更加简便,操作人员可以更清晰地了解系统运行状况,及时发现和解决问题。系统的一体化设计有助于减少故障的发生率,因为它能够实现对各类管道和设备的全面监控和管理。对于紧急情况,集中控制和联动机制也能迅速作出反应,确保建筑在长时间运行过程中始终保持稳定和安全。

2.4 顺应环保和节能政策的要求

随着环保和节能政策的不断推进,一体化设计有助于实现绿色建筑和节能减排的目标。通过将给排水与消防系统整合,可以在水资源的使用和管理上做到最优化,避免了不必要的浪费。例如,在消防系统不需要用水时,给排水系统可以灵活调配水源,实现水资源的高效利用。此外,一体化设计还能够使得建筑更加符合环保法规要求,提高能源利用效率,降低建筑在运营过程中对环境的影响,有助于推动工业建筑的可持续发展。

3 一体化设计的核心原则与设计方法

3.1 系统集成与协调性

一体化设计的核心原则之一是系统的集成与协调性。在给排水与消防系统的设计中,必须将两者的功能需求进

行合理整合,避免各自独立设计带来的重复投资和资源浪费。通过统一规划和布局,确保系统组件如管道、阀门、泵站等设备能够协调运行,避免相互干扰。系统的集成还要求不同功能区之间的水源和设备能共享,做到资源的最大化利用。协调性还体现在建筑整体设计的协调,给排水与消防系统在管道布局、设备选型以及维护管理等方面需要相互配合,确保系统的高效运行。

3.2 功能互补与资源共享

功能互补和资源共享是实现一体化设计的关键要素。给排水与消防系统的设计要考虑到两者在功能上的互补性,确保系统在正常运行和应急情况下都能充分发挥作用。例如,消防系统通常依赖给排水系统中的水源,因此在设计时要确保给排水系统的供水能力足够,避免消防水源不足的情况发生。同时,通过合理的资源共享,能够有效降低建设和维护成本,如消防水池可以作为给排水系统的备用水源,避免建设多个独立的水源设施。通过功能互补和资源共享,可以提高系统的整体效能,减少能源浪费^[3]。

3.3 安全性与可靠性设计

在一体化设计中,安全性和可靠性是至关重要的原则。设计时应确保系统能够在极端情况下,如火灾、地震等紧急事件中,依然保持稳定运行。消防系统的设计应特别考虑其应急性,确保在突发火灾时,能够迅速启动,保障建筑物的安全。给排水系统的设计也应确保水源的可靠性,避免因供水中断或设备故障导致的安全隐患。

3.4 环保与节能设计原则

环保与节能是现代建筑设计中不可忽视的原则。一体化设计应注重节约能源和减少环境负担。在水资源管理方面,设计应尽量采用节水型设备,合理利用雨水回收系统,减少对外部水源的依赖。在消防系统中,应优先考虑环保型灭火设备,如干粉灭火系统或水雾灭火系统,避免使用对环境有害的灭火剂。节能设计也要求在水泵、电力设备等系统中,选用高效节能型设备,减少能源消耗。

4 工业建筑给排水与消防系统一体化设计实施方案

4.1 设计方案的整体架构

一体化设计的整体架构应以建筑物的功能需求和使用环境为基础,结合给排水与消防系统的技术要求,制定出科学合理的设计框架。设计方案应统一规划水源、管道、设备的布局,确保两大系统能够共享关键资源,如消防用水与生活用水的合并供应、排水管道的集成等。设计时要考虑建筑的规模、使用性质及人员密集度,合理确定给排水与消防系统的容量和配置,并进行动态分析,确保在高峰期与紧急情况下都能正常运行。系统的布局应最大程度地减少安装与维护的复杂性,使其易于操作和管理^[4]。

4.2 系统功能区分与集成方案

在一体化设计中,给排水与消防系统的功能区分与集

成至关重要。两者的功能需求虽然有所不同,但通过合理的区分,可以实现资源的共享与有效利用。首先,给排水系统主要负责建筑的日常生活用水、生产用水及污水排放,而消防系统则关注火灾发生时的灭火、报警与人员疏散功能。为确保两者功能的独立性和互补性,在设计时,应设置明确的界限,例如通过独立的阀门和控制系统对消防水源进行专门管理,确保消防用水不与生活用水混淆。系统集成方案应根据建筑的布局合理安排给排水与消防的管道路径,避免交叉干扰,实现系统的平稳运作。

4.3 系统选型与设备配置

在一体化设计方案中,系统的选型与设备配置直接影响系统的性能与可靠性。给排水系统中的泵站、水处理设备、管道材料应选择高效、耐用的设备,确保水源供应的持续性和稳定性。在消防系统方面,应根据建筑的火灾风险等级,选择合适的灭火设备,如自动喷淋系统、干粉灭火器、消火栓等,并与给排水系统的水源相衔接。在设备配置时,考虑到一体化设计的需求,应选择集成度高、控制系统智能化的设备,支持集中监控与自动化管理。

4.4 安全性与应急处理功能设计

安全性与应急处理是工业建筑给排水与消防系统设计中的核心内容。设计时,应确保系统能够在极端情况下,如火灾、爆炸、停水等应急事件中,迅速有效地发挥作用。消防系统的设计必须具备自动报警、自动喷水等功能,确保在火灾发生初期能够及时响应,降低火灾损失。同时,应设计专用的应急水源或备用供水系统,以应对水源中断或需求激增的情况。给排水系统的设计要考虑水质保障与持续供应,避免因意外停水或污染导致的安全隐患。系统中的管道应具备抗震、防泄漏能力,并在关键部位设置监测和报警装置,确保系统在任何情况下都能快速恢复正常运行。

5 工业建筑给排水与消防系统一体化设计的实践案例

5.1 案例背景与项目概述

某大型化工厂项目是一项以工业建筑一体化设计为核心的实践案例,其主要目的提升生产效率,并确保员工和设备的安全。该厂区建筑面积达到 10 万平方米,包括多个生产车间、仓库及办公楼。由于工厂的生产性质,厂区内水资源的消耗量极大,同时火灾风险也较高,因此在项目设计阶段,给排水和消防系统的一体化设计成为了重点考虑内容。项目目标是通过合理的系统规划,优化资源配置,降低系统建设和运营成本,提高水资源利用效率。特别是在火灾等突发情况下,设计必须确保消防系统具备足够的水源,并能够迅速响应,以最大限度地保障厂区安全与生产的连续性。通过这种一体化设计,项目不仅能有效减少能源浪费,还能提升整个厂区的综合运作效率,确保安全生产与环境保护的双重目标得以实现^[5]。

5.2 一体化设计方案实施过程

在设计阶段,项目团队首先进行了详细的需求分析,明确了给排水与消防系统的基本功能需求与应急需求。在系统规划过程中,团队将消防水源与生活水源进行了有效整合,设计了独立的消防水池与生活水池,并通过智能控制系统动态调配水源,确保两种水源能在不同需求下得到合理分配。控制逻辑上,智能系统根据实时监测数据判断系统需求,并通过调节阀门或泵组自动切换或分配水源。这样能在消防需求高峰期优先保障消防系统的水源供应,而在日常使用时,生活水源的利用效率最大化。

管道布局方面,设计师合理规划了两套系统的管道路径,避免了管道交叉和重复布设,节省了空间和成本。消防系统部分采用了自动喷淋系统和消火栓配置,并与给排水系统中的部分管道进行了连接。具体来说,自动喷淋系统和消火栓配置与给排水系统在某些关键节点处通过三通阀门进行连接,确保在火灾发生时可以立即启动并调配水源进行灭火。如图 1 所示。

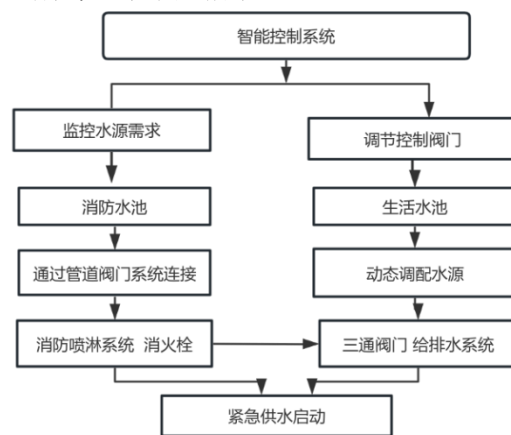


图 1 消防系统图

5.3 项目实施效果与评估

项目实施后,建筑的给排水与消防系统运行效果良好。系统整合后,水源得到了更高效利用,消防系统能够迅速响应火灾事故,保障了人员安全和财产安全。项目完成后进行了全面的运行测试,结果表明,一体化设计不仅提高了水资源的利用率,减少了系统故障率,还显著降低了建筑的运营成本。通过集中控制系统,操作人员能够实时监控水源供应和用水情况,快速定位问题并做出应急响应,进一步提升了建筑的综合安全性和管理效率。

5.4 存在的问题与优化方向

尽管一体化设计在实施中取得了显著成效,但仍存在一些优化空间。部分老旧管道和设备因长期使用而磨损老化,影响了系统效率。未来,项目团队将加强设备的定期检查与维护,并考虑替换为更高效、智能化的设备。此外,虽然系统整合提高了资源利用效率,但在极端情况下,系统的应急响应能力仍需增强。优化方向包括增加系统冗余设计、提升

水源储备能力,确保在高需求情况下稳定供水。该项目为类似工程提供了宝贵的实践经验,并为未来的改进奠定了基础。

6 结语

工业建筑给排水与消防系统的一体化设计不仅可以提高建筑安全性,还能有效降低建设和运营成本。通过合理的系统集成与功能共享,可以在保证建筑使用性能的同时,实现可持续发展目标。尽管在实际应用中存在一定的技术和管理挑战,但随着技术的发展和设计理念的创新,未来该领域的应用前景广阔。本文所探讨的设计方法和案例经验为相关行业的实践提供了有益的参考。

[参考文献]

[1]徐莹.建筑给排水供水方式及消防灭火系统的研究[J].

工程机械与维修,2024(9):71-73.

[2]张龙.工业建筑给排水及消防系统设计要点分析[J].居业,2024(3):133-135.

[3]代谨慰.浅析工业厂房建筑给排水系统设计[J].四川水泥,2024(7):180-181.

[4]张喜冬.工业建筑给排水及消防系统设计要点分析[J].房地产世界,2020(24):47-49.

[5]陆术芳.工业与民用建筑给排水设计的差异分析[J].绿色环保建材,2020(11):73-74.

作者简介:李宪祺(1998.8—),毕业院校:河北建筑工程学院,所学专业:环境工程,当前就职单位:中核工程有限公司(河北分公司),职务:设计,职称级别:中级。

城市存量改造游客体验提升海洋馆改造设计——以广州海洋馆改造设计为例

汤涵沁

新诺维信设计咨询（上海）有限公司，上海 201900

[摘要] 本论文聚焦于城市存量改造背景下的广州海洋馆整体改造设计，深入剖析其在空间布局优化、流线引导优化、展陈内容创新、设施升级等方面的举措，探讨这些改造如何有效提升游客体验。通过实地调研、案例分析与游客反馈数据研究发现，合理的存量改造能显著改善海洋馆的空间利用效率，丰富游客游览体验，增强科普教育功能，为城市存量场馆改造提供了可借鉴的模式与经验。

[关键词] 城市存量房改造；城市更新；游客体验提升；空间重构；人性化设计

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15330

中图分类号: TU984

文献标识码: A

Improvement of Tourist Experience through Urban Stock Renovation and Design of Aquarium Renovation: A Case Study on Guangzhou Aquarium Renovation Design

TANG Hanqin

Sanderson Group Design Limited, Shanghai, 201900, China

Abstract: This paper focuses on the overall renovation design of Guangzhou Aquarium under the background of urban stock renovation, deeply analyzing its measures in spatial layout optimization, streamline guidance optimization, exhibition content innovation, facility upgrading, etc., and exploring how these renovations effectively enhance the tourist experience. Through field research, case analysis, and research on tourist feedback data, it has been found that reasonable stock renovation can significantly improve the spatial utilization efficiency of the oceanarium, enrich the tourist experience, enhance the function of science education, and provide a model and experience for the renovation of urban stock venues that can be referenced.

Keywords: urban stock housing renovation; urban renewal; improvement of tourist experience; spatial reconstruction; user-friendly design

1 研究背景与现状

随着城市化进程的加速，城市发展从增量扩张逐渐转向存量优化。城市中的各类存量设施，如旧场馆、旧商业区等，面临着功能更新与品质提升的需求。海洋馆作为城市文化休闲的重要组成部分，在满足人们日益增长的精神文化需求方面承担着重要角色。广州海洋馆作为早期建成的海洋主题场馆，在设施老化、展陈形式陈旧等问题下，急需通过存量改造提升游客体验，以适应新时代的发展要求。^[1]

1.1 研究目的与意义

旨在深入研究广州海洋馆改造设计策略及其对游客体验提升的影响，为其他城市存量场馆改造提供理论支持与实践参考。丰富城市存量改造领域的研究内容，促进城市文化休闲空间的可持续发展，广州海洋馆作为珠江新城核心区工业遗产，其改造具有城市更新示范价值。^[2]

1.2 国内外研究现状

国外在城市存量改造方面起步较早，在建筑改造、城市更新等领域积累了丰富的经验，尤其在历史建筑再利用、公共空间改造等方面成果显著。对于场馆类改造，注重功能更新与游客体验的融合，通过新技术应用提升展示效果。国内城市存量改造研究近年来逐渐增多，在商业建筑、工业遗产改造等方面取得进展，但针对海洋馆等专业场馆的改造研究相对较少，且在游客体验量化研究方面有待加强。

理论层面：构建体验导向的存量建筑改造评估模型，实践层面：形成可复制的技术集成方案与运营模式。

2 广州海洋馆改造前现状分析及项目概况

2.1 项目概况

项目位于广州市中心城区的广州动物园内，广州动物园位于广州市越秀区，东邻十九路军陵园，南接环市东路，西边云鹤路，北衔先烈中路。占地面积 42 公顷。

坐落在广州动物园内的广州海洋馆，具体占地面积 15510 平方米（含原海洋馆 11018 平方米、蝴蝶馆 3158 平方米新增入口 1334 平方米），建筑面积 16100 平方米（含原海洋馆 15401 平方米、蝴蝶馆 699 平方米）涵盖动物展示、海豚表演等项目，是传统海洋馆类型。周边有成熟商业区：距广州站及广州东站近，地理及交通优势明显，周边有景区及旅游目的地，能转化一部分游客大学城带来青年及学生客群。

2.2 周边分析

周边项目分为两大类，均为传统型海洋业态：

（1）传统海洋馆模式（单动线观览为主）。

（2）大型室外海洋乐园模式（结合设备游乐和单馆展示的室外乐园）。

传统海洋业态升级迫在眉睫其他场馆的跨界海洋主题展示正在成为新的观览点如：

着力打造文化·科技·艺术三位一体的以海洋科普与海洋体验为的新型城市休闲客厅。结合贵方企业发展的上位规划和投资定位目前依据两亿元的投资及体量规模,定位广州动物园海洋馆项目为城市级。放眼未来城市地标,辐射粤港澳大湾区吸引更广泛集群,打造本地人的外交场,外地人的社交场。

2.3 设计理念

最初海洋馆了是为大众科普及海洋研究实现人与自然和谐共生。每年6月5日,是世界环境日。今年世界环境日的中国主题是“人与自然和谐共生”习近平倡导坚持多边主绿色发展,秉持人类命运共同体理念,强调中国努力建设人与自然和谐共生的现代化,促进经济发展与生态保护协调统一,共建繁荣、清洁、美丽的世界、地球是我们共同的家园,守护好这颗蓝色星球,是全人类共同的责任。海洋馆应肩负起培养兴趣、大众科普、研究保护的社会责任。

2.4 空间布局

改造前,广州海洋馆空间布局存在诸多不合理之处。功能分区混乱,游览流线不清晰,游客在游览过程中容易出现迷路、折返等情况,降低了游览效率。例如,观赏区与休息区相邻设置,噪音干扰影响游客观赏体验。

2.5 展陈内容与形式

展陈内容陈旧,海洋生物种类更新缓慢,部分生物因养殖环境不佳状态不佳。展陈形式单一,主要以静态展示为主,缺乏互动性与趣味性,难以吸引游客尤其是青少年群体的注意力,无法满足游客日益增长的对知识与娱乐融合的需求。

2.6 设施设备

场馆内设施设备老化严重:

(1) 鱼缸展池的防水:经过20多年的使用,展池防水层有老化、空鼓、脱落、裂缝现象,原来对展池上方及有海水接触区域的混凝土没有做防腐处理,有部分钢筋因腐蚀生锈出现混凝土出现裂缝。^[3] 维生系统的泵:基本上是进口泵,长期使用及原设计的原因,一是泵锈蚀严重,二是原设计部分泵及管道流量与砂缸的流量不匹配。

(2) 场馆照明系统昏暗,影响海洋生物展示效果与游客观赏体验;通风系统不佳,馆内空气污浊;部分观赏池玻璃出现磨损、模糊,影响观赏清晰度;休息座椅、指示标识等公共设施数量不足且损坏严重,给游客带来诸多不便。

2.7 游客体验调查分析

游客构成比例:家庭亲子客源占比约70%,学生团体客占比约20%,60岁老人以上老人客约6%,幼儿园团体约3%,入境团省外团客约1%。

家庭亲子客源中成人年龄层约26到40岁,儿童10岁以下占比约90%10岁以上约10%;学生团以小学为主,占比95%,初高中学生占5%

家庭亲子客群为的广州动物园海洋馆主力客群。其中以10岁以下儿童和小学生团体为主要目标游客初高中青

少年比例相对较少,议适当增加吸引青年客群项目亮点,以扩大客群市场的分布。通过问卷调查与现场访谈收集游客反馈。结果显示,游客对改造前海洋馆的整体满意度较低,主要集中在空间布局不合理、展陈无趣、设施差等问题。多数游客表示游览过程疲惫,对海洋知识获取有限,且缺乏再次游览的意愿。

3 广州海洋馆改造设计策略

通过跨界融合打造独一无二的特色,水族+建筑(环境景观)+艺术(内部空间打造)+文化(观览方式&展示方式),以科技为基础,艺术元素为载体,传达文化自信,环境展示为主,动物展示为辅。四个维度共同指向体验为游客带来全新视、听、观、感体验形成独一无二的水族馆。

(1) 建筑&景观环境:多样化的建筑形式带来不同的展示体验与空间体验。

(2) 内部空间打造:空间与展品及主题相融合。

(3) 观览方式展示方式:多角度多维度观览并且融入趣味互动。

(4) 跨界融合:形成独一无二的吸引点。^[4]

3.1 空间布局优化

重新规划功能分区,优化游览流线,设计单向环形游览路线,避免游客交叉与折返,使游客能够有序地游览各个展区。增加过渡空间,增强游览的连贯性与逻辑性,设计了四大分区如图1。

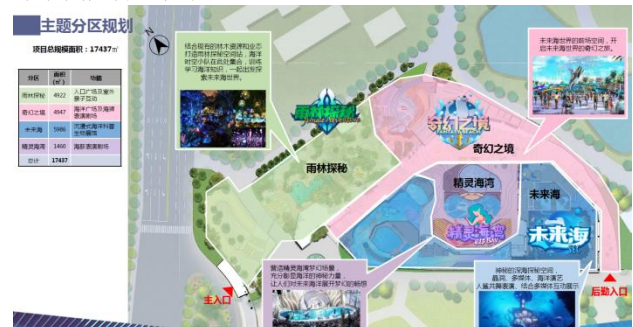


图1 主题分区规划图

从主入口→雨林探秘区→奇幻之境区→未来海区(海洋馆主场馆)→精灵海湾区,优化后的游客游园动线分析图参照图2。

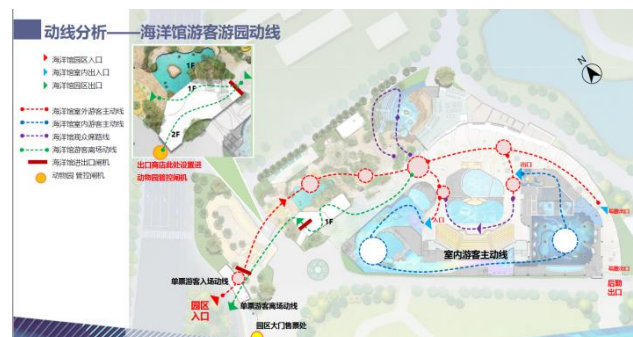


图2 游客游园动线分析图

通过单动线梳理,循序渐进地串联整场空间,优化后从动线上解决无障碍客群的游览动线和便捷性。因场馆是旧馆改造,消防及无障碍要求均需按照现行规范改造,包括出入口雨棚设置,1:20的无障碍缓坡出入口设置。^[5]在浏览动线的出口设置餐饮区、出口商店等商业设施,提升游客游览舒适度与便利性。^[6]

3.2 规范更新优化

根据最新规范,原防火分区划分,防火门疏散宽度,机房面积等均不满足现行消防规范要求。需采取以下措施:

(1) 更换或新增疏散门,新增疏散通道,加宽原有疏散门,长廊展区增设通往开场楼梯的疏散口。修改看台座位、走道布置位置,满足疏散距离要求。^[7] (2) 新增设备机房,安防消控室 60 平(首层),海龟维生系统 40 平(首层); (3) 新建 300 平(地下室)(包含消防水泵房 100 平、消防水池 170 平、疏散楼梯);^[8] (4) 场馆室内结合设计规范要求,复核局部装修材料的燃烧等级,满足墙面: A/B1 顶面: A 级地面/踢脚: A/B1 级的要求;^[9] (5) 统筹考虑场馆防护栏杆、标识标牌、导视,防火门与室内外协调; (6) 室内外,照明设计满足场馆不同要求的开灯模式、面板安装位置,适配相应灯具选型; (7) 新增的鱼缸在平面布置上和空间荷载上,均满足原有结构荷载要求。

3.3 展陈内容与形式创新

丰富展陈内容,引入新的海洋生物品种,增加珍稀物种展示,同时结合海洋生态系统知识。

创新展陈形式,运用多媒体技术,如虚拟现实(VR)、增强现实(AR),让游客沉浸式体验海洋环境,设置互动展示装置,增强游客参与度与学习兴趣。^[10]

3.4 设施设备升级

全面更新照明系统,采用节能环保且显色性好的灯具,根据不同海洋生物生活习性调整光照强度与颜色,提升展示效果。升级通风系统,确保馆内空气清新流通。更换观赏池玻璃,采用高清晰度、高强度的特种玻璃。

3.5 外墙修复升级

外墙翻新构造,从结合成本与落地效果,通过真石漆,墙面砖修复的构造做法,形成外立面改造方案,外墙颜色与周边环境及海洋馆氛围完美融合。改造后的落地鸟瞰图参考图 3。



图3 落地鸟瞰实景图

4 改造后游客体验提升效果展示

目前广州海洋馆,园区日最大承载量为 12000 人,瞬时最大承载量为 6000 人,主场馆(未来海)最大承载量为 3000 人。日均客流量:旺季 4000 人左右,淡季 1500 人左右。黄金周 5000~10000 人。根据最新实测数据结果显示,改造后游客满意度大幅提升。游客平均游览时间延长,从原来的 1.5 小时左右增加到 3 小时左右。游客对海洋类知识的掌握程度明显提高。对海洋馆富有情怀的游客表示愿意再次游览,相比改造之前,游客体验提升有大幅增长。

5 结论与展望

广州海洋馆通过合理的存量改造,在空间布局、展陈内容与形式、设施设备等方面实现了全面升级,有效提升了游客体验。优化后的空间布局使游览更加顺畅,创新的展陈内容与形式激发了游客的兴趣与学习热情,升级的设施设备为游客提供了舒适便捷的游览环境。未来城市存量场馆改造研究可进一步完善游客体验评估体系,引入更多客观量化指标,如游客生理指标监测等。加强对改造后长期运营效益的跟踪分析,为城市存量改造提供更全面、科学的决策依据。不断提升游客体验,推动城市文化休闲空间的高质量发展。

【参考文献】

- [1] 吴良镛. 人居环境科学导论[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
 - [2] 广州城市规划勘测设计研究院. 珠江新城城市更新白皮书[R]. 广州: 广州城市规划勘测设计研究院, 2023.
 - [3] 建筑与市政工程防水通用规范 GB55030-2022[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2022.
 - [4] 既有建筑绿色改造评价标准 GB/T51141-2015[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
 - [5] 建筑与市政工程无障碍通用规范 GB55019-2021[S]. 北京: 中国建筑出版社, 2016.
 - [6] 无障碍设计规范 GB 50763-2012[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
 - [7] 民用建筑通用规范 GB55031-2022[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2022.
 - [8] 消防设施通用规范 GB55036-2022[S]. 北京: 中国计划出版社, 2022.
 - [9] 建筑防火通用规范 GB55037-2022[S]. 北京: 中国计划出版社, 2022.
 - [10] 文化和旅游部. 智慧旅游场景应用指南[Z]. 2022-9-30.
- 作者简介: 汤涵沁(1987.12—), 毕业院校: 同济大学, 所学专业: 建筑学, 当前工作单位: 新诺维信设计咨询(上海)有限公司, 职称级别: 中级工程师。

既有建筑改造设计中生态节能适宜技术的应用

乔 凯

中冶京诚工程技术有限公司, 北京 100176

[摘要] 针对既有建筑的改造能够提升建筑结构稳定性, 更好地保障建筑使用安全, 同时也能丰富和完善建筑使用功能。在既有建筑改造设计过程中合理应用生态节能适宜技术, 构建经济、低碳、节能、环保的既有建筑改造设计方案, 可以在保障建筑使用安全与使用性能的基础上提升建筑节能效果, 是打造绿色建筑的有效措施, 同时也是践行可持续发展战略要求的重要举措。基于此, 本篇文章介绍了生态节能适宜技术的应用价值, 并结合工程案例就既有建筑改造设计中生态节能适宜技术的应用进行探究。

[关键词] 既有建筑; 改造设计; 生态适宜技术; 建筑节能

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15356

中图分类号: TU201.5

文献标识码: A

Application of Ecological Energy-saving Suitable Technologies in Existing Building Renovation Design

QIAO Kai

MCC Jingcheng Engineering Technology Co., Ltd., Beijing, 100176, China

Abstract: The renovation of existing buildings can improve the stability of building structures, better ensure the safety of building use, and also enrich and improve the functionality of building use. Reasonably applying ecological and energy-saving technologies in the design process of existing building renovation, and constructing economic, low-carbon, energy-saving, and environmentally friendly design schemes for existing building renovation can improve the energy-saving effect of buildings on the basis of ensuring the safety and performance of building use. It is an effective measure to create green buildings and an important measure to implement the requirements of sustainable development strategy. Based on this, this article introduces the application value of ecological energy-saving suitable technologies, and explores the application of ecological energy-saving suitable technologies in the design of existing building renovation through engineering cases.

Keywords: existing buildings; renovation design; ecological suitability technology; building energy-saving

引言

既有建筑改造是提升城市建筑品质的关键环节, 同时也是实现建筑节能目标的重要途径, 更是应对日益严苛生态环保要求的必然举措。我国在未来相当长的一段时间内, 建筑业仍将是能源消耗和碳排放的主要源头, 转型升级是社会发展的必然趋势, 节能减排、低碳环保的理念, 不仅是我国建筑业发展的必然选择, 更是实现双碳目标的有效途径。生态节能适宜技术的应用, 能够在保障建筑使用功能的同时降低建筑能耗, 提升建筑全生命周期的环保性能。本文以某建筑的改造设计为例, 就生态节能适宜技术的具体应用策略进行探究。

1 生态节能适宜技术的应用价值

1.1 降低建筑能耗, 缓解能源压力

生态节能适宜技术在既有建筑改造设计中的应用, 有助于降低建筑能耗, 进而缓解能源压力。建筑是人类主要活动场所, 涉及较大的能耗。既有建筑受设计、技术以及材料等因素的影响, 导致其存在能耗高的问题。应用生态节能适宜技术对既有建筑进行节能改造, 能够有效降低建筑能耗。这不仅有助于缓解能源压力, 而且还能起到推动能源结

构优化升级的作用, 对于推动绿色能源发展具有重要意义。

1.2 减少环境污染, 保护生态环境

生态节能适宜技术在既有建筑改造设计中的应用, 不仅有助于降低建筑能耗, 而且可以减少环境污染, 更好地保护生态环境。既有建筑在使用过程中存在能耗高以及排放量等方面的问题, 会对环境造成一定的污染。借助生态节能适宜技术对既有建筑进行节能改造, 通过提升能源利用效率以及采取新型节能材料等措施能够减少建筑使用过程中的污染排放量。通过这种方式既能减少建筑使用过程中对环境造成的负面影响, 也有助于绿色建筑的发展。

1.3 提升建筑品质, 满足人们需求

近年来人们的生活水平不断提高, 环保意识也在不断增强, 相应的也会对建筑品质以及建筑节能效果等提出更高的要求。应用生态节能适宜技术进行改造, 不仅能提升建筑的整体品质, 同时也能更好地满足人们对舒适、环保居住环境的需求, 进而提升居住满意度。如对建筑门窗、外墙等进行改造, 提升建筑通风、采光以及保温效果。另外在既有建筑改造设计过程中借助智能技术提升建筑使用的便利性, 可以在提升建筑品质的同时更好满足人们对高品质生活的需求。

1.4 推动绿色建筑发展，促进产业升级

生态节能适宜技术在既有建筑改造设计中的应用，有助于绿色建筑的发展。绿色建筑是一种新型建筑理念，旨在通过科学的设计和技术手段，提升建筑节能效果，为人们打造一个低碳、节能、环保、安全、舒适的生活与工作场所。应用生态节能适宜技术对既有建筑进行节能改造，是践行绿色建筑理念的重要举措，有助于推动建筑行业向绿色、可持续方向转型。既能提升建筑的环保性能，也有助于提高能源利用效率。是促进绿色建筑发展以及保障建筑行业可持续发展的重要举措。

总之，在既有建筑改造设计中生态节能适宜技术有着重要的应用价值，能够有效降低能耗、减少污染、提升品质，推动绿色建筑发展，并且对于实现“双碳”目标以及践行可持续发展战略等均具有重要意义。

2 既有建筑改造设计中生态节能适宜技术的应用

2.1 工程概况

本文结合工程案例就既有建筑改造设计中生态节能适宜技术的应用进行探究。该建筑为某公司总部办公大楼，现状使用功能主要包括研究中心、会议中心、宿舍与食堂、办公室等构成。该建筑结构形式为钢筋混凝土框架剪力墙，总建筑面积约为 7500 平方米。建筑外立面采用砌体围护结构为主，外加保温层，局部采用玻璃幕墙体系。结合现场勘查结果分析，该建筑所在地的岩土结构以砂岩与页岩为主，地下水含量较少，换热性能稳定。另外 3-10 月份该建筑所在地的太阳能辐射量充足，并以夏季的辐射量最大，春季与秋季次之，冬季辐射量相对较低。

2.2 既有建筑能源消费构成分析

该建筑使用阶段的能源消费以电能为主，主要包括室外景观照明用电、室内空调用电、厨房用电、实验室设备用电以及日常热水用电等。结合既有建筑能源消耗构成情况，在本项目中，设计单位决定引入复合式空调系统来提升建筑节能水平，降低建筑能耗。复合式空调系统是指在夏季以土壤为冷源，在冬季以土壤为热源，通过少量的电能消耗实现高效冷暖调节。制冷时，土壤源热泵中央空调系统中的末端设备将建筑物内的热量通过热泵机组转移到地下岩土中，实现了制冷的目的，同时省去了非热泵空调系统中的冷却塔设备；制热时，流体从地下收集热量，地源热泵机组中的制冷剂将在流体中吸收热能，利用少量的电能将制冷剂压缩到高温高压状态，将吸收的全部热量一起释放到采暖系统中，从而达到了吸收可再生低温热源的热能并输送到高温热源的目的，实现了可再生地能对传统锅炉、压缩机等的取代。除此之外，在本项目的改造设计中，结合国家最新规范《建筑节能与可再生能源利用通用规范》(GB 55015-2021)的具体强制性要求，决定在建筑屋面安装应用太阳能发电设施，用于驱动溴化锂冷水机组进行制冷及建筑日常的用电需求，并借助冷却塔实现循环水与建筑外部空气之间的热交换，通过这种方式将建筑室内热量排除。

2.3 既有建筑改造设计中生态节能适宜技术的应用

2.3.1 太阳能光导照明

本项目结合项目所在地充足的日照条件，在该建筑改造设计过程中构建了光导照明系统。光导照明系统是一种新型照明装置，其系统原理是通过采光罩高效采集自然光线导入系统内重新分配，再经过特殊制作的导光管传输和强化后由系统底部的漫射装置把自然光均匀高效地照射到任何需要光线的地方，得到由自然光带来的特殊照明效果。该系统借助采光装置聚集室外自然光线，并将聚集的自然光线导入系统内部，同时利用导光装置对其进行强化，最后通过系统的漫射装置将强化后的自然光均匀导入室内，为需要照明的位置提供光源，有效减少人工照明能耗，提升室内光环境质量。其特点有：节能，即可完全取代白天的电力照明，至少可提供十小时的自然光照明，无能耗，一次性投资，无需维护，节约能源，创造效益。环保，系统照明光源取自自然光线，光线柔和、均匀，全频谱、无闪烁、无眩光、无污染，并通过采光罩表面的防紫外线涂层，滤除有害辐射，能最大限度地保护身心健康。应该说太阳能光导照明系统利用自然光为建筑室内照明提供光源，自然光取之不尽、用之不竭，并且自然光清洁无污染，通过这种方式可以节省建筑照明能耗，有助于实现建筑节能。

具体到本项目的建筑改造设计过程中，设计方案在办公楼周围设置了绿化带，一方面改善办公楼周围环境，另一方面提升办公楼美观效果。同时在绿化带中间设置光导照明系统。结合该建筑照明需求，初步决定在绿化带中设置 10 套左右的光导照明系统，借助光导照明系统为建筑北侧的地下空间提供照明光源。光导照明系统的应用能够为建筑照明提供自然光源，有助于提升建筑节能水平。但光导照明系统也存在一定的局限现象，比如在阴雨天气或夜间，光导照明系统的照明效果会显著减弱，而且光导照明系统只能在日间发挥作用，夜间无法为建筑提供照明光源。因此在应用光导照明系统的同时还需要借助电力照明措施满足建筑夜间照明需求。在既有建筑改造设计过程中，引入智能控制系统来自动控制电力照明系统，智能控制系统可以根据室内光线强度和人员活动情况，自动调节灯具亮度和开关，避免能源浪费，进一步提升能源利用率。例如在阴雨天气，光导照明系统的照明效果减弱，导致建筑室内照度不足，此时智能控制系统便会启动电力照明，保证建筑照明效果。反之，如果建筑照度充足，智能控制系统则会关闭电力照明，避免能源浪费。

2.3.2 高性能围护结构

既有建筑围护结构也有巨大的节能潜力，在既有建筑改造设计过程中打造高性能围护结构能够更好地保障建筑节能效果。本项目，针对该办公楼围护结构的节能设计主要包括屋顶、墙面以及门窗的保温隔热设计，同时还对建筑外窗进行了遮阳设计，通过这种方式来降低建筑环境调节能耗，在保证建筑环境适宜性的同时提升建筑节能效果。借助高性能围护结构，可以提升建筑使用过程中对可再生材料以及可

再生能源的利用率,减少对常规能源的依赖。例如通过围护结构的节能设计,在夏季能够减少太阳直射与辐射进入室内,并且可以在保证自然光利用率的同时规避眩光。同时也能充分利用自然通风调节建筑室内温度,提升建筑的室内的舒适性。在冬季,通过围护结构的节能设计,可以使建筑室内获得充足的光照,在保证建筑照明效果的同时提升建筑室内温度,并减少室内向室外热能的散失,提升建筑保温效果。

在该建筑的改造设计过程中,综合运用多种技术措施,构建了高性能的围护结构。包括 STP 保温装饰复合板外墙外保温技术、垂直绿化技术以及内置百叶中空玻璃遮阳技术等。通过多种节能技术的综合应用,构建的高性能的建筑围护结构,不仅提升了建筑的保温隔热性能,还优化了室内光环境,同时也能降低建筑能耗,实现建筑节能与舒适性的双重提升。

2.3.3 被动式自然通风技术

通风能够改善建筑室内空气质量,同时调节建筑室内温度,在既有建筑改造设计过程中,应保障建筑通风效果,而被动式自然通风技术的应用则可以在保证建筑通风效果的同时减低建筑能耗。在该办公楼改造设计过程中,针对办公楼东南里面的1层与2层设置了内外两层窄通道。其中内在应用绝热层蓄热材料,外层则应用普通的平板玻璃。这样的设计可以将通道区域作为低温缓冲区,可以减少建筑内部温度调节的能耗。在夏季开启空调为室内降温,室内的低温空气通过玻璃进行冷辐射,能够降低通道靠近内层玻璃面的空气温度。与此同时,靠近通道外层的通道内的空气受太阳辐射的影响,其温度会逐渐升高。高温空气上升,低温空气下降,进而促进窄通道中的热空气的排出,在提升自然通风效果的同时降低室内温度。相应的与室内接触的窄通道中的空气温度相较于室外空气温度更低,因此可以减少空调能耗。同时因室内外空气温度不同能够形成热压差,受此影响可以促进建筑被动式自然通风。

为更好地保障建筑自然通风效果,在既有建筑改造设计过程中还在内侧层中设置相变材料蓄能系统,同时安装了热水管道,用于保障空气热压差,确保建筑自然通风效果。

2.3.4 土壤源太阳能热泵冷热联供系统

该系统利用地热能,通过热泵技术实现冬季供暖,同时也借助太阳能作为热泵热源,该系统实现了对太阳能以及地热能的综合应用。在该办公楼的改造设计过程中,构建了土壤热源热泵系统,同时设置了太阳能热泵,用于建筑供暖与制冷,并且借助该系统为建筑提供热水。应用该系统为办公楼建筑提供热水,同时承担着为建筑供暖和制冷的任务,实现了能源的高效利用。

在晴天,借助太阳能空调系统以及土壤源热泵联合制冷,阴雨天气借助常规冷水机组与土壤源热泵制冷。借助土壤源太阳能热泵冷热联供系统,可以充分发挥土壤源热源与太阳能的优势,并实现了二者的优势互补,相较于单一的土壤源热泵以及单一的太阳能,该系统的优势更显著,在建筑环境调节中发挥的作用更显著,同时能更好地保障建筑节能效果。

2.3.5 雨水收集再利用技术

雨水收集再利用技术不仅能够提升水资源利用率,促进建筑节能,而且对于缓解城市内涝以及抑制地表径流等方面也具有重要意义。在该办公楼建筑的改造设计过程中,不仅设置了相应的节水器和合理应用节水技术,还特别设计了雨水收集系统,将屋顶和地面的雨水进行有效收集,经过净化处理后用于绿化灌溉和卫生间冲洗,既节约了水资源,又减少了排放,提升了节能与环保效益。

本项目办公楼建筑改造设计过程中,应用雨水收集技术、雨水处理技术以及水资源循环利用技术构建完善的屋面与室外地面雨水收集系统,借助该系统收集雨水,并对收集的雨水进行净化。经过净化处理之后的雨水通过管网输送分流,用于冲洗路面以及植物灌溉等,实现了水资源的最大化利用,有效缓解了城市水资源紧张状况。

2.3.6 绿化植物的科学配置

绿化植物的科学配置不仅美化了环境,而且还通过蒸腾作用起到调节微气候的作用,对于改善建筑周围环境以及提升了空气质量具有重要意义。另外科学配置绿化植物能更好地保障建筑被动式通风效果,调节建筑室内温度,促进建筑节能。

绿化植物的科学配置首先要结合植物的生长习性选择适宜当地环境条件的植物,保证植物的健康生长。其次要结合植物的功能科学配置绿化植物,如在该办公楼建筑的改造设计过程中,在办公楼前种植高大乔木以遮阳降温,周边配置低矮灌木及草坪,形成多层次绿化结构,既提升了景观效果,又有效调节了微气候,减少了建筑温度调节以及防尘设备的使用,提升建筑节能效果。

3 结束语

既有建筑改造能够在提升建筑结构安全性的同时进一步完善建筑使用功能,生态节能适宜技术在既有建筑改造设计中的应用,有助于降低建筑能耗,是打造绿色建筑以及践行可持续发展战略的有效措施和重要举措。在既有建筑改造设计过程中,应结合建筑所在区域的气候环境特点以及建筑功能需求等合理应用生态节能适宜技术,确保建筑节能改造效果。本文分析了生态节能适宜技术的应用价值,并结合某办公楼建筑改造案例,介绍了建筑改造设计中生态节能适宜技术的具体的应用措施,希望能够为既有建筑改造设计提供一定的参考。

[参考文献]

[1] 武则天. 基于共生理论的既有建筑改造设计——以景德镇刘家弄历史文化街区方案设计为例[J]. 城市建筑, 2024, 21(10): 90-93.

[2] 韩雨晨, 宋亚程, 韩冬青. 协同矩阵——结构与空间交互的既有建筑改造设计方法建构[J]. 建筑学报, 2024(1): 112-117.

作者简介: 乔凯(1984.4—), 男, 北京交通大学, 建筑设计及其理论, 中冶京诚工程技术有限公司, 高级工程师。

低碳化发展背景下供热通风系统的能源结构优化研究

李晓毅¹ 李文强²

1. 青岛腾远设计事务所有限公司, 山东 青岛 266000

2. 青岛市建筑设计研究院集团股份有限公司, 山东 青岛 266000

[摘要] 在全球气候变化的严峻形势下, 低碳化发展已成为世界各国的共识和必然选择。随着《巴黎协定》的签署, 各国纷纷制定并实施碳减排目标, 致力于减少温室气体排放, 推动能源体系向低碳、可持续方向转型。在这一全球趋势下, 能源结构的优化调整成为实现低碳发展的核心任务之一。传统能源结构中, 化石能源占据主导地位, 其大量使用不仅导致能源资源的日益枯竭, 还带来了严重的环境污染和碳排放问题。为了应对这些挑战, 世界各国积极探索可再生能源、清洁能源的开发与利用, 力求降低对化石能源的依赖, 构建更加绿色、低碳、高效的能源体系, 供热通风系统作为能源消耗的重要领域, 本文将探讨低碳化发展背景下供热通风系统的能源结构优化研究。

[关键词] 低碳化; 供热通风系统; 能源结构优化

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15357

中图分类号: F127

文献标识码: A

Research on Energy Structure Optimization of Heating and Ventilation Systems under the Background of Low Carbon Development

LI Xiaoyi¹, LI Wenqiang²

1. Qingdao Tengyuan Design Firm Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China

2. Qingdao Architectural Design Institute Group Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China

Abstract: In the severe situation of global climate change, low-carbon development has become a consensus and inevitable choice for countries around the world. With the signing of the Paris Agreement, countries have set and implemented carbon reduction targets, committed to reducing greenhouse gas emissions and promoting the transformation of energy systems towards low-carbon and sustainable directions. Under this global trend, optimizing and adjusting the energy structure has become one of the core tasks for achieving low-carbon development. In the traditional energy structure, fossil fuels dominate, and their extensive use not only leads to the increasingly depleted energy resources, but also brings serious environmental pollution and carbon emissions problems. In order to address these challenges, countries around the world are actively exploring the development and utilization of renewable and clean energy, striving to reduce dependence on fossil fuels and build a greener, low-carbon, and more efficient energy system. As an important area of energy consumption, this article will explore the optimization of the energy structure of heating and ventilation systems under the background of low-carbon development.

Keywords: low carbon development; heating and ventilation system; energy structure optimization

1 低碳化发展与供热通风系统概述

低碳化发展是一种以低耗能、低污染、低排放为主要特征的可持续发展模式, 其核心在于通过能源结构的优化、技术创新以及生产生活方式的转变, 实现经济社会发展与生态环境保护的良性互动, 传统供热通风系统在能源结构上, 长期以来以化石能源为主要依赖, 其中煤炭、天然气占据主导地位。在我国北方地区, 集中供热系统中煤炭的使用比例较高, 部分城市的煤炭供热占比甚至超过 70%。煤炭作为传统供热能源, 虽然储量相对丰富, 价格相对低廉, 但在燃烧过程中会释放大量的污染物, 如二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等, 对空气质量造成严重影响。煤炭燃烧产生的二氧化碳排放量也较高, 加剧了全球温室效应。

天然气在供热通风系统中的应用也较为广泛, 尤其是在一些对环保要求较高的城市和地区。与煤炭相比, 天然

气燃烧相对清洁, 污染物排放较少, 但它依然属于化石能源, 在开采、运输和使用过程中仍会产生一定的碳排放。天然气的供应受国际市场和地缘政治等因素影响较大, 存在供应不稳定和价格波动的风险。

在能源利用方式上, 传统供热通风系统主要采用直接燃烧的方式将化石能源转化为热能。在燃煤锅炉供热系统中, 煤炭在锅炉内燃烧, 产生的热量通过热媒水传递到建筑物内的散热器, 实现供热目的。这种能源利用方式存在着能源转换效率低、能量浪费严重的问题。由于锅炉设备的热效率有限, 一般在 70% - 85% 之间, 大量的热能在燃烧过程中以烟气的形式排放到大气中, 造成能源的浪费。供热管网在输送热能的过程中, 也存在着热量损失, 进一步降低了能源利用效率, 随着能源问题和环境问题的日益突出, 传统供热通风系统以化石能源为主的能源结构和低效的能源利用方式,

已难以满足低碳化发展的要求，迫切需要进行优化和转型。

2 供热通风系统能源结构优化策略

2.1 可再生能源替代策略

太阳能作为一种取之不尽、用之不竭的清洁能源，在供热通风系统中具有广阔的应用前景。在太阳能供热系统的设计与安装方面，需充分考虑建筑物的朝向、布局以及周边环境等因素，以确保太阳能集热器能够获得充足的日照。在建筑设计阶段，应合理规划建筑物的朝向，使太阳能集热器能够最大限度地接收阳光照射。对于新建建筑，可将太阳能集热器与建筑一体化设计，如将太阳能集热器集成到屋顶、墙面等部位，不仅美观大方，还能提高太阳能的利用效率。在安装太阳能集热器时，需根据当地的地理纬度和气候条件，确定集热器的最佳安装角度和方位，以提高集热效率。

在太阳能与其他能源的互补利用方面，太阳能 - 空气源热泵联合供热系统是一种有效的应用模式。在晴朗的白天，太阳能供热系统可利用太阳能集热器收集太阳能，将其转化为热能，为建筑物提供供暖和热水服务；当太阳能不足或夜间时，自动切换至空气源热泵供热，利用空气中的热量进行供热，确保供热的稳定性和连续性。这种联合供热系统充分发挥了太阳能和空气源热泵的优势，有效提高了供热系统的可靠性和能源利用效率。

地热能在供热通风系统中的应用也具有重要意义。在进行地源热泵系统的建设与运行管理时，需对项目所在地的地质条件进行详细勘察，包括地热资源分布、岩土类型、地下水文地质等。通过地质勘察，确定地下换热系统的形式和参数，如地下埋管换热器的类型、管径、管间距、埋深等，以确保系统的高效运行。

生物质能在供热通风系统中的应用可有效减少对化石能源的依赖。在生物质能供热系统的建设中，需合理选择生物质燃料和燃烧设备。生物质燃料的种类繁多，包括秸秆、木屑、稻壳等，不同的生物质燃料具有不同的热值、含水量和灰分含量等特性，应根据当地的资源条件和供热需求选择合适的生物质燃料。燃烧设备的选择也至关重要，应选用高效、环保的生物质燃烧设备，如生物质锅炉、生物质炉灶等，确保生物质燃料能够充分燃烧，提高燃烧效率，减少污染物排放。

2.2 能源梯级利用策略

能源梯级利用是一种基于热力学原理，按照能量品位的高低进行分级利用，以实现能源高效利用的科学策略。其核心在于根据不同用能需求对能源进行合理分配，避免高品位能源被用于低品位需求，从而最大限度地提高能源利用效率。在供热通风系统中，能源梯级利用策略的应用具有重要意义，能够有效降低能源消耗，减少碳排放，提高系统的经济性和可持续性。

热电联产是能源梯级利用在供热通风系统中的典型应用模式。热电联产系统将发电过程与供热过程相结合，利用发电后的余热进行供热，实现了能源的梯级利用。在

常规的火力发电过程中，燃料燃烧产生的热能只有一部分被转化为电能，而大部分热能则以废热的形式排放到环境中，造成了能源的浪费。在热电联产系统中，蒸汽在汽轮机中膨胀做功发电后，其排出的蒸汽仍具有较高的温度和压力，这些余热被回收利用，通过热交换器将热量传递给供热介质，如热水或蒸汽，用于建筑物的供暖、生活热水供应等。这种方式使得能源在发电和供热两个环节中得到了充分利用，提高了能源利用效率。

余热回收也是能源梯级利用的重要手段。在工业生产和供热通风系统运行过程中，会产生大量的余热，如工业余热、通风井乏风余热、冷凝水余热等。这些余热若不加以回收利用，不仅会造成能源的浪费，还会对环境产生热污染。通过采用合适的余热回收技术，可以将这些低品位的余热转化为有用的热能，实现能源的梯级利用。在工业领域，利用余热锅炉将工业生产过程中产生的高温废气余热回收，产生蒸汽用于发电或供热；在供热通风系统中，通过安装热回收装置，如板式换热器、热管换热器等，将通风井乏风余热或冷凝水余热回收，用于预热新风或补充供热系统的热量。

2.3 智能控制与管理策略

智能控制系统在供热通风系统中发挥着核心作用，其应用基于先进的传感器技术、通信技术和控制算法，实现对系统运行状态的全方位实时监测与精准调控。传感器作为智能控制系统的“感知器官”，能够实时采集供热通风系统中的各种关键参数，如温度、湿度、压力、流量等。在供热系统中，温度传感器分布于热源、热网和末端设备等各个关键位置，实时监测供水温度、回水温度、室内温度等参数，为系统的调控提供准确的数据支持。湿度传感器则用于监测室内外空气的湿度，确保室内湿度保持在适宜的范围内，提高用户的舒适度。压力传感器和流量传感器分别监测热网中的压力和流量，保障热网的安全稳定运行。

通信技术是智能控制系统的“神经网络”，实现了传感器、控制器和执行器之间的数据传输与信息交互。通过有线通信（如以太网、RS485 总线等）和无线通信（如 Wi-Fi、蓝牙、ZigBee 等）技术，将采集到的参数数据快速传输到控制器中进行分析处理。在大型供热通风系统中，采用以太网通信技术，能够实现大量数据的高速、稳定传输，确保系统的实时性和可靠性。无线通信技术则适用于一些安装位置分散、布线困难的场合，如智能家居中的供热通风设备，通过 Wi-Fi 或蓝牙技术，用户可以方便地通过手机或智能终端对设备进行远程控制和监测。

智能控制系统可以与能源管理系统相结合，实现对供热通风系统能源消耗的实时监测和分析。通过能源管理系统，能够统计和分析供热通风系统的能源消耗数据，找出能源消耗的高峰时段和低谷时段，为能源的合理调配和优化管理提供依据。能源管理系统还可以根据能源市场的价格波动，制定合理的能源采购计划和运行策略，降低能源采购成本和运行成本。在能源价格较低的时段，增加能源

的储存和使用量；在能源价格较高的时段，减少能源的消耗，通过优化能源利用，实现经济效益的最大化。

3 优化方案的实施与保障措施

在设备选型方面，需依据供热通风系统的具体需求与实际工况，科学合理地选择设备。对于热源设备，若项目所在地太阳能资源丰富，可选用高效的平板型太阳能集热器，其具有较高的光热转换效率，能够有效将太阳能转化为热能。以某太阳能供热项目为例，选用的平板型太阳能集热器光热转换效率可达 70%~80%，相比传统集热器提高了 10%~20%。若具备良好的浅层地热能条件，则优先考虑地源热泵机组。在选择地源热泵机组时，需根据建筑的供热（制冷）负荷、地下岩土的热物性参数等因素，确定合适的机组型号和功率，确保其供热性能系数（COP）达到较高水平，一般应在 3.5 以上。

在热网设备选型上，管道材料的选择至关重要。应选用导热系数低、保温性能好的管道材料，如聚氨酯泡沫保温管，其导热系数仅为 0.02~0.03W/(m·K)，能够有效减少热量在输送过程中的损失。在一些实际项目中，使用聚氨酯泡沫保温管后，热网的热量损失率可降低至 5%~10%。阀门的选型也不容忽视，应选用密封性好、调节性能优良的阀门，如电动调节阀，能够实现对外网流量的精准调节，确保供热的均匀性和稳定性。

在末端设备选型方面，散热器的选择应根据房间的功能、面积和热负荷等因素进行。对于办公室、会议室等人员活动较为频繁的场所以，可选用对流型散热器，其散热速度快，能够迅速提升室内温度；对于卧室等对舒适性要求较高的场所以，可选用辐射型散热器，其散热均匀，舒适度高。风机盘管的选型则需根据房间的冷热量需求、空气处理要求等因素进行，确保其制冷（制热）量、风量等参数满足实际需求，同时应选用低噪音、高效率的风机盘管，提高室内环境的舒适度。

在系统安装调试阶段，热源设备的安装应严格按照设备厂家提供的安装说明书进行操作。太阳能集热器的安装要确保其朝向正确，倾角合适，以保证能够充分接收阳光照射。地源热泵机组的地下埋管换热器安装时，要保证埋管的深度、间距符合设计要求，确保换热效果。热网管道的安装要注意管道的坡度、连接方式和保温措施。管道的坡度应根据介质的流向合理设置，一般为 0.3%~0.5%，以确保管道内的冷凝水能够顺利排出。管道的连接方式应采用可靠的焊接或法兰连接，确保管道的密封性。保温措施要严格按照设计要求进行施工，确保保温层的厚度和质量，减少热量损失。

末端设备的安装要确保其位置准确，安装牢固。散热器的安装高度和间距应符合设计要求，以保证散热效果。风机盘管的安装要注意其水平度和垂直度，确保其正常运行。在系统调试过程中，首先要对各个设备进行单机调试，检查设备的运行状态、参数是否正常。对风机进行单机调

试时，要检查风机的转向、风量、风压等参数是否符合设计要求。然后进行系统联动调试，模拟不同的工况，检查系统的运行稳定性、供热（制冷）效果和控制性能。在冬季供热工况下，检查系统的供水温度、回水温度、室内温度等参数是否满足设计要求，通过调节热源设备、热网阀门和末端设备，使系统达到最佳运行状态。

在运行维护方面，建立完善的设备维护保养制度是确保供热通风系统长期稳定运行的关键。定期对设备进行检查、清洁、润滑和维修，及时更换损坏的零部件。对于锅炉等热源设备，要定期进行炉膛清理、燃烧器调试和水质处理，确保其燃烧效率和热效率。对于热网管道，要定期进行巡检，检查管道是否存在泄漏、腐蚀等问题，及时进行修复和防腐处理。对于末端设备，要定期进行清洗和维护，如清洗散热器表面的灰尘、清洗风机盘管的滤网等，确保其散热效果和空气处理能力。

建立能源监测与管理系统也是运行维护的重要环节。通过安装智能电表、水表、热量表等监测设备，实时采集能源消耗数据，并进行分析和评估。根据能源监测数据，及时发现能源浪费的环节，采取相应的节能措施。通过优化系统运行策略，调整设备的运行时间和参数，实现能源的合理利用和节能降耗。还可以利用数据分析技术，对供热通风系统的运行趋势进行预测，提前做好设备维护和能源调配工作，确保系统的稳定运行。

4 结论

本研究围绕低碳化发展背景下供热通风系统的能源结构优化展开，未来，供热通风系统能源结构优化将呈现出多维度的发展趋势，随着全球对气候变化问题的关注度不断提高，供热通风系统的低碳化发展将持续深入。可再生能源在供热通风系统中的应用比例将大幅提升，太阳能、地热能、生物质能等可再生能源的技术将不断创新和完善，实现建筑能源的一体化管理和高效利用，进一步降低建筑能耗，提高建筑的能源利用效率和舒适度。

[参考文献]

- [1] 穆琳,周晴晴,霍树义."双碳"背景下储热型低碳供暖体系助力能源结构调整优化研究[J]. 新型工业化,2022,12(12):218-222.
- [2] 赵亚杰,申玉硕,齐建威,等."双碳"目标背景下我国重工业低碳化转型路径研究[J]. 海峡科技与产业,2024,37(8):33-36.
- [3] 王俊娟. 低碳经济下能源产业结构优化研究[J]. 当代经济,2017(32):2.

作者简介: 李晓毅(1995.3—),男,学历:本科,毕业院校:山东科技大学,所学专业:建筑环境与能源应用工程,目前职称:工程师;李文强(1991.7—),男,学历:硕士研究生,毕业院校:青岛理工大学,所学专业:供热、供燃气、通风及空调工程,目前职称:工程师。

新型复合材料管材检测技术及可靠性分析

李 帅

上海建科深水港检验有限公司, 上海 201306

[摘要] 复合材料管材以其卓越的轻量化、强度及耐腐蚀性, 广泛应用于建筑、石油天然气运输、化工及供水等多个领域。然而, 随着使用环境日益复杂, 特别是高温、高压及强腐蚀等极端条件下, 复合材料管材的可靠性与耐久性面临较大挑战。确保管材在长时间使用中的稳定性与安全性, 必须依赖准确的检测与可靠性分析。随着技术的不断发展, 复合材料管材的性能已经得到显著提升, 尤其是新型检测技术的应用, 使得管材的评估方法更加精准高效。本文探讨复合材料管材的检测技术与可靠性分析, 旨在为相关领域的技术进步与应用推广提供理论依据与实践参考。

[关键词] 复合材料管材; 检测技术; 可靠性分析; 性能评估

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15362

中图分类号: V226

文献标识码: A

New Composite Material Pipe Testing Technology and Reliability Analysis

LI Shuai

Shanghai Jianke Deepwater Port Inspection Co., Ltd., Shanghai, 201306, China

Abstract: Composite material pipes are widely used in various fields such as construction, oil and gas transportation, chemical industry, and water supply due to their excellent lightweight, strength, and corrosion resistance. However, as the usage environment becomes increasingly complex, especially under extreme conditions such as high temperature, high pressure, and strong corrosion, the reliability and durability of composite pipe materials face significant challenges. Ensuring the stability and safety of pipes during long-term use relies on accurate testing and reliability analysis. With the continuous development of technology, the performance of composite pipe materials has been significantly improved, especially with the application of new detection technologies, making the evaluation methods of pipe materials more accurate and efficient. This article explores the testing technology and reliability analysis of composite material pipes, aiming to provide theoretical basis and practical reference for technological progress and application promotion in related fields.

Keywords: composite material pipes; testing technology; reliability analysis; performance evaluation

引言

复合材料在建筑、石油天然气管道以及供水领域的广泛应用, 源于其优异的力学性能与抗腐蚀特性, 已使其成为许多行业的首选材料。然而, 随着使用环境复杂性的增加, 特别是在高温、高腐蚀性或其他极端条件下, 复合材料管材的性能稳定性也面临挑战。在传统检测技术中, 目视检查及简单物理性能测试已无法全面评估管材在复杂环境中的实际性能。因此, 新型无损检测技术应运而生, 成为研究的焦点。例如, 超声波检测与X射线成像等技术已被证明能够精确评估管材内部缺陷, 且不会造成损伤。与此同时, 随着可靠性分析方法的不断进步, 管材的使用寿命预测及失效模式分析得到了进一步加强。

1 新型复合材料管材检测概述

复合管材是以金属与热塑性塑料复合结构为基础的管材, 内衬塑聚丙烯、聚乙烯或外焊接交联聚乙烯等非金属材料成型, 具有金属管材和非金属管材的优点。

1.1 新型复合材料管材分类

1.1.1 铝塑复合管

铝塑复合管由五层结构组成: 中间为一层焊接铝合金,

内外层为聚乙烯, 通过胶合层黏结而成。该管材兼具聚乙烯塑料管的良好耐腐蚀性和金属管的高耐压性。根据聚乙烯材料的不同, 铝塑复合管分为两种: 适用于热水的交联聚乙烯铝塑复合管, 以及适用于冷水的高密度聚乙烯铝塑复合管。其规格范围为 $\Phi 14 \sim \Phi 32$, 采用夹紧式铜配件连接, 广泛用于建筑内的配水支管和热水器管道。

1.1.2 钢塑复合管

钢塑复合管以无缝钢管或焊接钢管为基管, 内壁涂覆高附着力、防腐蚀、食品级卫生型的聚乙烯粉末涂料或环氧树脂涂料。部分钢塑复合管由镀锌管内壁涂覆一定厚度的UPVC塑料制成。通过预热内装或内涂流平工艺, 这种管材既保留了钢管的高强度和刚性, 又具备塑料管材的卫生性能。钢塑复合管适用于石油、天然气输送、工矿用管、排水管及冷水管等多个领域, 也常见于建筑给水系统中。

1.1.3 铝合金衬塑复合管

铝合金衬塑复合管由铝合金外管和热塑性塑料内管组成。外层铝合金不仅起到阻氧作用, 更重要的是提供结构承载力。该管材适用于生活冷热水管, 并分为冷热分用型和冷热通用型。

1.1.4 涂塑钢管

涂塑钢管是在钢管内壁融溶一层厚度为 0.5~1.0mm 的有机物,如聚乙烯(PE)树脂、乙烯-丙烯酸共聚物(EAA)、环氧(EP)粉末、无毒聚丙烯(PP)或无毒聚氯乙烯(PVC)。这种内涂塑复合钢管采用预热内装或内涂流平工艺制成,既保留了钢管的高强度和耐水流冲击性能,又有效缓解了钢管易腐蚀、污染、结垢及消防性能差等问题^[1]。部分涂塑钢管由镀锌钢管通过类似工艺改进而成,是传统镀锌管的升级产品。其主要型号包括:GS-X-SP-T-EP、GS-SP-T-EP、GS-D-SP-T-EP (PE),规格范围为 $\Phi 15\sim\Phi 100$ 。

1.1.5 钢骨架管

钢骨架 PE 管采用优质低碳钢丝为增强材料,高密度聚乙烯为基体,通过钢丝点焊成网与塑料同步挤出填注,连续拉膜成型,形成双面防腐压力管道。管径范围为 $\Phi 50\sim\Phi 500$,采用法兰连接,主要用于市政、化工及油田管网。该管材是在孔网钢带钢塑管的基础上发展而来。相比于孔网钢带,其钢丝骨架提高了承压能力并保留了阻氧性能,且避免了钢带成型和对接焊的工艺难题。钢骨架管的性能与孔网钢带钢塑管基本相似。

1.2 复合材料的基本特性

复合材料通过将具有显著物理或化学性质差异的两种或多种材料结合,利用特定工艺形成,展现了优异的力学性能、抗腐蚀能力及轻质高强的特性。增强相与基体相的有效结合使得复合材料在保持低密度的同时,具备了卓越的承载能力。特别是抗腐蚀性能,在酸、碱、盐等腐蚀性环境中,材料的结构能够保持稳定,几乎不受老化或分解影响。与传统金属材料相比,复合材料的密度较低,但其比强度显著较高,减轻了运输与安装负担,且改善了机械设备的动态性能及能源利用效率。复合材料的热学特性可根据需求进行优化,某些材料具备出色的热绝缘或导热性能,能够在复杂温度环境下可靠工作^[2]。此外,复合材料在电学领域的应用潜力也不容忽视,凭借其能够被设计为绝缘、半导电或导电材料,满足不同领域的需求。针对高湿、高温或极低温等极端环境,复合材料的性能基本不受影响,保证了其在各种恶劣条件下的可靠性。通过优化基体与增强材料的种类、比例以及复合方式,复合材料的性能可以根据特定应用的要求灵活调节。

2 复合材料管材检测技术

2.1 检测技术概述

随着其在多个领域的广泛应用,传统的检测方法已无法满足管材复杂结构和特殊性能的要求,这使得现代检测技术变得尤为重要。常用的检测技术可分为无损检测、力学性能检测以及微观结构与化学成分分析等几大类。无损检测技术能在不破坏管材的前提下,发现内部缺陷,从而保证管材的可靠性;力学性能检测通过拉伸、压缩、弯曲等试验,评估管材在不同载荷作用下的表现;微观结构与

化学成分分析技术则有助于了解管材的内部组织和成分,确保其满足使用需求。

2.2 力学性能检测技术

力学性能检测技术在管材使用过程中至关重要。通过施加不同的外力,可以模拟管材在实际应用中可能面临的各类力学条件,如拉伸、弯曲及压缩等。管材的力学性能不仅决定其在工作环境中的可靠性,还对其设计及选材具有深远影响。常用的检测方法包括拉伸试验、弯曲试验、压缩试验、剪切试验与硬度试验,这些测试为管材的性能评估、设计优化与应用提供了有力支持。

2.2.1 拉伸试验

拉伸试验主要通过施加外力来测量管材的抗拉强度、屈服强度、延展性及断后伸长等指标。该试验揭示了管材在拉伸负载下的应力-应变关系,并反映出其变形与断裂特性。管材试样被固定在拉伸机中,负载逐渐增加,直到其发生断裂。测试过程中记录的应力与应变变化形成的曲线,能够帮助评估管材的力学性能。该试验在选材与设计过程中具有重要作用,特别是在管材承受拉伸负荷的场景中,数据结果提供了可靠的参考依据。在试验时,需确保环境温度与湿度符合标准要求,以保证数据的准确性。

2.2.2 弯曲试验

弯曲试验评估管材在弯曲负载下的抗弯强度与刚度,特别是在管道系统中,弯道或曲线部分的管材表现尤为关键。通过施加集中负荷或弯矩使管材发生弯曲,过程中记录管材的变形及变形后的恢复性。通过这些数据可以判断管材在实际工作中的安全性及变形模式。此试验不仅帮助预测管材在弯曲受力下的变形行为,也为管材在弯道或曲线部分的应用提供了设计依据。通过测量最大弯曲角度、弯曲半径等关键数据,能为确保管材的稳定性及耐久性提供支持。

2.2.3 压缩试验

压缩试验用于测试管材在高压环境下的力学性能,特别是其抗压强度、屈服强度及塑性变形特性。在试验中,管材试样被置于压缩试验机内,逐步增加施加的压力,直到管材发生明显变形或破坏。通过这一过程,能够评估管材在高压环境下的行为表现。该试验广泛应用于石油、天然气等领域,在这些高压环境下,管材的稳定性与安全性至关重要。压缩试验的结果为工程师提供了重要的数据,帮助选材及设计,以确保管材在极端压力下的可靠性。屈服后变形的分析尤为重要,能够揭示管材的塑性特性及其应对高压的能力。

2.2.4 剪切试验

剪切试验主要用于评估管材在受到剪切力作用下的抗剪强度与剪切模量。管材在连接、焊接等部位常常面临剪切力,因此此类试验对于评估这些关键区域的安全性至关重要。通过逐步施加剪切负荷,管材直到发生剪切变形

或破坏,测试过程中所记录的数据能揭示其在剪切负荷下的性能。这类试验通常使用专门的剪切试验机,通过滑动或扭转施加剪切力。通过对剪切变形及破坏模式的分析,不仅能帮助发现管道连接部分的潜在弱点,还能为优化管道设计提供有力依据,避免剪切力作用导致管道失效。

2.2.5 硬度试验

硬度试验测量管材表面的硬度,以评估其抗磨损、抗压及表面强度。硬度是管材耐久性、耐磨性及抗腐蚀能力的重要指标,尤其在管材表面暴露于摩擦、磨损或腐蚀环境中时。常用的硬度测试方法包括布氏硬度、洛氏硬度与维氏硬度,分别适用于不同硬度范围的管材。试验中,标准负荷被施加到管材表面,通过压痕测量表面硬度值。硬度测试结果为评估管材的抗磨损性、抗腐蚀性及耐久性提供了定量依据,尤其在管材经过热处理或焊接后的性能变化分析中,硬度试验具有重要作用。通过这些数据,工程师能够判断管材在长期使用中的表现,为后续应用提供可靠支持。

3 复合材料管材的可靠性分析

3.1 可靠性分析的基本概念与评价指标

可靠性分析旨在评估复合材料管材在长时间使用过程中的稳定性与耐久性,从而确保其在实际应用中的可靠性。失效率、平均无故障时间及可靠性函数是常见的评价指标。失效率表示管材在特定时间内发生故障的频率,而平均无故障时间则为管材的预期寿命提供预测。可靠性函数则表示管材在某一时间点保持正常功能的概率。

3.2 复合材料管材的失效模式与原因分析

复合材料管材的失效模式多种多样,主要表现为裂纹扩展、疲劳失效、腐蚀、磨损及热老化等。裂纹扩展通常起源于微小缺陷,在外力作用下逐步扩展,最终导致管材断裂;疲劳失效则在循环载荷作用下,管材内的微损伤逐渐积累,最终造成整体破坏。腐蚀与磨损主要受到化学物质或水的影响,逐渐削弱管材的强度及稳定性;热老化则是在高温环境下,管材内部的化学成分发生变化,影响其力学性能与耐用性。

3.3 可靠性统计与试验数据分析方法

为评估复合材料管材在不同工况下的可靠性,常采用回归分析、极值理论及蒙特卡罗模拟等统计与试验数据分析方法。回归分析可识别影响管材可靠性的关键因素,进而构建相应的预测模型;极值理论侧重于管材在极限工况下的表现,评估其可靠性;蒙特卡罗模拟通过模拟多次实验过程,揭示管材在复杂环境下的可靠性分布。

3.4 环境因素对可靠性的影响

复合材料管材的可靠性受到多种环境因素的影响,主要包括温度、湿度、化学介质、辐射及机械载荷等。温度波动可能导致管材的膨胀或收缩,从而影响其力学性能与结构稳定性;湿度则可能导致水合作用或水解反应,进而

降低管材的抗腐蚀能力;化学介质,如酸、碱、盐等,可能与管材发生反应,造成腐蚀或分解;辐射与机械载荷的作用可能改变管材的微观结构,影响其长期使用性能。考虑到这些环境因素对管材可靠性的影响,有助于在设计材料与选择过程中提高其在恶劣环境中的耐久性与安全性。

3.5 复合材料管材的寿命预测模型

多种数学与统计模型可用于预测复合材料管材的使用寿命,这些模型结合了管材的失效模式、工作条件及环境因素。常见的寿命预测模型包括 Weibull 分布模型、Arrhenius 模型及 Coffin-Manson 模型。Weibull 分布模型能够有效描述管材在不同负荷条件下的失效行为,适用于各类材料的可靠性分析;Arrhenius 模型则主要用于研究温度对管材寿命的影响,特别是在高温环境下的表现;Coffin-Manson 模型则用于评估管材在疲劳载荷下的寿命。

4 复合材料管材检测与可靠性提升的优化策略

4.1 检测技术的优化与创新

复合材料管材的性能评估依赖于检测技术的精准性,然而,在面对复杂结构及微小缺陷时,现有的超声波、X射线与电磁检测方法逐渐暴露出局限性。为了解决这些问题,创新性的检测技术应运而生。例如,结合超声波技术与红外热成像技术,不仅提高了缺陷检测的灵敏度,还增强了对微小裂纹的识别能力。同时,借助人工智能与机器学习算法的分析,检测过程中的大数据处理能够显著提升缺陷识别的自动化程度与准确性。

4.2 提高可靠性的设计与制造工艺改进

在材料选择方面,采用高强度且耐腐蚀的复合材料,如增强碳纤维或陶瓷基复合材料,可有效提高管材的抗压能力与耐腐蚀性。设计阶段,通过应用拓扑优化及多尺度建模技术,不仅优化了管材的性能,还实现了材料效能的最大化。在制造工艺上,精密的挤出与热压成型工艺能够消除潜在缺陷,确保管材的整体质量^[4]。而创新的树脂浸渍技术增强了管材表面的结合力,使其具有更强的耐压与抗腐蚀性能。

4.3 质量控制与可靠性保障措施

在生产过程中,从原材料的选用到成品的检验,每一环节均需进行严格的质量监控。使用统计过程控制(SPC)与质量功能展开(QFD)等工具,能够有效识别生产中的潜在问题,减少不合格品的产生。通过定期的生命周期管理与维修,管材的使用寿命得以延长,并在整个生命周期内维持最佳状态。有效的质量控制与保障措施,确保了复合材料管材在实际应用中的可靠性,也为后续的维护管理提供了保障。

4.4 复合材料管材在特殊环境中的性能改进方案

在极端环境条件下,复合材料管材面临着高温、高湿、强酸碱腐蚀或辐射等多种影响,这些因素可能导致管材性能的明显下降。为应对这些挑战,需要采取相应的性能改

进措施。例如,通过引入耐高温填料,如陶瓷颗粒或碳纤维,可以提高管材的热稳定性;对于腐蚀问题,可通过涂覆防腐层或选用具有高耐化学腐蚀性的聚合物材料,增强管材的抗腐蚀能力。此外,采用三维织物增强复合材料不仅能提高管材的力学性能,还能增强其在高压环境下的稳定性。

5 结语

随着复合材料技术的快速发展,要保证复合材料管材在使用过程中长时间的稳定性与安全性,必须依赖先进的检测技术与可靠性分析方法。尽管现有的无损检测技术与可靠性分析方法已取得显著进展,但在精确度与环境影响评估方面,仍有待进一步提升。未来,随着人工智能与大数据等技术的快速发展,复合材料管材的检测与性能评估将更加高效、精准。预计,未来的研究将进一步探索环境因素对管材性能的影响,并完善其可靠性与寿命预测模型。随着相关技术的不断创新,复合材料管材将能够在更为苛

刻的环境下展现优异的性能,进而为各行业提供更加安全、稳定的解决方案。

[参考文献]

- [1] 李兴. 碳纤维复合材料异型管材的力学性能仿真与优化[D]. 上海: 东华大学, 2023.
- [2] 国家发展改革委等. 竹缠绕复合材料及其管道管材被列入《加快“以竹代塑”发展三年行动计划》“以竹代塑”主要产品名录[J]. 世界竹藤通讯, 2023, 21(5): 3.
- [3] 徐冬梅, 刘华新, 李艳. BFRP 条带-PVC 管材复合加固纤维再生混凝土短柱轴压性能[J]. 复合材料科学与工程, 2024(6): 95-105.
- [4] 徐冬梅, 刘华新, 李艳. BFRP 条带-PVC 管材复合加固纤维再生混凝土短柱轴压性能[J]. 复合材料科学与工程, 2024(6): 95-105.

作者简介: 李帅, 当前就职单位名称: 上海建科深水港检验有限公司, 当前职称级别: 中级职称。

征 稿

Call for Papers

《工程建设》由新加坡Viser Technology Pte.Ltd. 主办, ISSN: 2717-5375 (印刷)。
本刊长期以来注重质量, 编排规范, 选稿较严格, 学术水平较高, 深受高校教师及
科研院所研究人员青睐。本刊为开源 (Open Access) 期刊, 出刊的所有文章均可在
全球范围内免费下载, 文章被万方数据库、维普网等权威数据库收录。

期刊针对工程项目建设的全过程, 重点报道工程建设过程的科研成果、先进技术、
高效设备、新型材料、工程项目管理经验等, 突出工程领域新技术、新工艺、
新方法, 反映建筑、市政、交通等工程领域新成果、新进展, 促进工程技术行业的
交流与成果展示, 为推动国际工程技术和科学技术发展服务。

《工程建设》期刊的主要栏目有:

工程管理、建筑工程、市政工程、机械工程、石油工程、矿山工程、冶金工
程、路桥交通、勘察测绘、施工技术、建筑设计、节能环保、材料科学等。

鼓励工程建设各领域的专业技术人员和管理干部以及大专院校相关专业的师生
和科研人员来稿, 有关国家科技计划、自然科学基金和各种部门、地方、院所科技
基金资助项目的文章优先发布。

征文格式与要求:

(1) 论文要求: 论点新颖, 论证充分; 设想可行, 结论可靠; 条理分明, 书写
清楚, 用字规范, 上交电子文件 (word格式)。

(2) 论文格式: 题目、作者姓名、工作单位、省份及邮政编码、中英文内容摘
要 (150字符-300字符为宜) 及关键词 (3-5组为宜)、正文、参考文献。(附个人
简介、邮箱、联系方式及详细收件地址, 如: 省、市、区、路)。

(3) 论文篇幅: 字符数要求在5000-8000字符之间。

投稿网址: www.viserdata.com



Viser Technology Pte. Ltd.

公司地址

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

官方网站

www.viserdata.com

