



www.viserdata.com

工程施工技术

ENGINEERING CONSTRUCTION TECHNOLOGY

月刊

■ 主办单位: Viser Technology Pte.Ltd.

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

中国知网 (CNKI) 收录期刊

RCCSE权威核心学术期刊

2025 **3**

第3卷 总第20期

COMPANY INTRODUCTION

公司简介

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

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



工程施工技术

Engineering Construction Technology

2025年·第3卷·第3期(总第20期)

主办单位: Viser Technology Pte. Ltd.

I S S N: 2972-4058 (online)

2972-404X (print)

发行周期: 月刊

出版时间: 3月

数据库收录: 中国知网收录期刊

RCCSE权威核心学术期刊

期刊网址: www.viserdata.com

投稿/查稿邮箱: viser-tech@outlook.com

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

学术主编: 朱 强

学术副主编: 魏 忠 高 江

责任编辑: 戚 滕

学术编委: 倪勤盛 陈 鹏 王子红 张耕野

侯明卫 刘 刚 赵 欢 王海军

王永华 洪秋生 李笑宇 刘汉涛

钱 冰 吉威伟 杨熠卿 宋世超

美工编辑: 李 亚 Anson Chee

定 价: SGD 20.00

本刊声明

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

版权所有, 未经许可, 不得翻译、转载本刊所载文章。

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

目 录

CONTENTS

建筑工程

BIM 技术在建筑给排水设计中的应用研究 李为富 1
电力工程建筑施工中的智能化技术应用研究... 武少帅 4
建筑工程施工技术管理中应注意问题分析..... 雷亚辉 7
防水施工管理对建筑工程耐久性的影响研究.. 胡康旗 10

市政工程

非开挖定向钻在管道施工中的应用..... 麻妮妮 13
CIPP 管道非开挖修复技术: 水翻转法与紫外光固化法的工艺对比与应用前景分析..... 刘 城 16
风积沙填筑路基的长期耐久性及其维护策略... 刘 亮 19
公路工程项目的施工管理问题及优化策略... 李加明 22
市政工程道路排水管道施工技术之研究..... 陈 杰 25
论路桥施工中裂缝防治技术的应用分析..... 马金贵 28

材料科学

NiTi 形状记忆合金与钛合金异种金属高能束焊接研究现状 王小强 32
新型沥青材料在道路铺设中的性能改进与效果分析... .. 王 淳 36
建筑材料老化检测与结构安全性评估技术研究..... .. 温作锡 杨义堡 39
建筑材料检测中影响检测结果的关键因素分析..... .. 吴 军 42
齐格勒-纳塔催化剂载体的研究进展..... .. 姚秀超 王立斌 李春晖 郝春波 刘全中 宁兴洋 王晓琪 45

工程管理

AI+大数据驱动的工程造价智能分析与优化策略研究... .. 汪喜龙 49
建筑施工管理里强化工程质量监管的策略探讨..... .. 康 辉 52
Siqun EPC 项目全过程工程咨询管理要点分析 于四全 55

论分析钢纤维混凝土施工技术在路桥施工中的应用....
..... 龙梅虎 58
沥青混凝土面层施工技术在道路维护工程中的应用分析
..... 谢永恒 61

施工技术

软土地基高速公路施工中的沉降控制技术研究.....
..... 徐 群 64
水下桩基施工中的环境适应性与钢护筒技术应用.....
..... 王明亮 68
桥梁施工中挂篮悬臂浇筑施工技术的应用分析.....
..... 胡华锋 71
高层建筑装配式混凝土结构施工技术应用分析.....
..... 付明芳 74
地下室后浇带提前封闭施工技术与超前止水措施研究..
..... 宋红印 78
绿色施工技术在建筑工程中的应用与发展... 水生林 82
浅析矩形顶管施工技术在城市地铁过街通道中的应用..
..... 孙 浩 85
论述水泥搅拌桩在路桥施工技术应用分析... 魏智国 89
水泥稳定碎石基层施工压实度控制技术研究.. 张大龙 93
现代道路桥梁建设中的智能化监控技术研究.. 李 满 96

石油化工

化工机械密封泄漏问题与维修策略研究.....
..... 王小涛 刘文波 99

页岩储层水力裂缝导流能力研究现状.....
..... 刘程州 黄柏铃 罗诗淑 张 鑫 左晨辰 102
石油钻井中液动冲击旋转钻井技术的应用研究.....
..... 姚海斌 106

机电机械

煤矿井下机电一体化技术实践探析..... 崔庆东 109
机电安装工程中关键施工技术及质量控制措施研究...
.. 赵 秋 赵廷禹 王婧轩 马忠昊 郭 智 邓雨寒
栗鹏飞 王盼来 112
机械工程领域中人工智能技术的发展趋势和应用前景..
..... 毛景林 115

能源矿业

中深层地热能钻井技术施工中存在的常见问题.....
..... 党 崑 杨 悦 李 波 119

勘察测绘

综合物探技术在矿山水文地质勘探中的应用分析.....
..... 李晓岚 123

建筑设计

BIM 可视化技术在园林景观工程中的应用 ... 许文俊 126

BIM 技术在建筑给排水设计中的应用研究

李为富

基准方中建筑设计股份有限公司, 广西 南宁 530000

[摘要]随着建筑行业的快速发展, BIM (建筑信息模型) 技术作为一种创新的数字化设计和管理工具, 已经广泛地被应用于建筑工程的各个领域中。在众多的应用领域中, 建筑给排水设计作为建筑设计的一个重要组成部分, 其复杂性和对功能性要求的高标准, 使得传统设计方法在面对这些挑战时显得力不从心。然而, BIM 技术在建筑给排水设计中的应用, 不仅能够显著提高设计效率, 大幅度减少设计过程中的错误和返工现象, 还能实现建筑全生命周期的智能化管理, 从而为建筑行业带来革命性的进步。

[关键词]BIM 技术; 建筑给排水; 设计优化; 应用策略

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15718

中图分类号: TU82

文献标识码: A

Research on the Application of BIM Technology in Building Water Supply and Drainage Design

LI Weifu

Jizhun Fangzhong Architectural Design Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract: With the rapid development of the construction industry, BIM (Building Information Modeling) technology, as an innovative digital design and management tool, has been widely applied in various fields of construction engineering. In many application fields, building water supply and drainage design, as an important component of architectural design, is complex and requires high standards of functionality, making traditional design methods inadequate in the face of these challenges. However, the application of BIM technology in building water supply and drainage design can not only significantly improve design efficiency, greatly reduce errors and rework in the design process, but also achieve intelligent management of the entire life cycle of buildings, thus bringing revolutionary progress to the construction industry.

Keywords: BIM technology; building water supply and drainage; design optimization; application strategy

引言

近年来, 随着建筑行业对高效、低成本、绿色环保设计需求的提升, 建筑信息模型 (BIM) 技术成为设计、施工及运营管理的重要工具。BIM 技术通过数字化、三维建模技术, 实现了对建筑项目从规划、设计、施工到运营的全生命周期管理, 尤其在复杂工程系统的设计过程中, BIM 能够有效提升设计精度和工作效率。建筑给排水系统作为建筑设计中的重要部分, 涉及供水、排水、雨水和消防系统等多个方面, 设计的精确性和合理性直接关系到建筑的使用安全与功能。传统的给排水设计多依赖二维图纸及人工计算, 存在设计修改困难、协作不畅等问题。BIM 技术的应用使得给排水设计进入了智能化、信息化的新时代。本文将探讨 BIM 技术在建筑给排水设计中的应用现状、优势和实施策略, 分析其在设计优化、信息协同及施工管理等方面的应用效果, 为相关领域的从业人员提供有益的参考和借鉴。

1 BIM 技术在建筑给排水设计中的应用现状

1.1 设计过程中的优化

传统的给排水设计通常依赖二维图纸和纸质文件, 信息的传递和交流多通过简单的数字化文件进行。这种方式

存在着诸多局限性, 比如信息传递容易出现滞后、设计文件更新不及时, 导致项目各阶段的设计方案不一致; 同时, 传统设计过程中, 手工计算和人工输入数据也容易产生错误, 影响设计的准确性^[1]。此外, 给排水系统的复杂性使得不同专业之间的协作困难, 设计冲突和重复劳动在项目中屡见不鲜。通过 BIM 技术, 设计人员能够在三维模型中直接进行数据输入和修改, 实时查看系统之间的关系, 充分了解各部分设施的空间位置和功能需求。BIM 技术的可视化功能使得设计人员能够更加直观地发现潜在问题, 优化设计方案, 从而有效避免设计冲突, 减少返工和重复劳动, 提升设计的效率与质量。

1.2 筑给排水系统的可视化与分析

BIM 技术通过将给排水系统的信息转化为三维数字模型, 使设计人员能够清晰、直观地展示管道布置、设备位置及其相互关系, 避免了传统二维图纸中可能存在的模糊不清和信息丢失问题。三维建模不仅帮助设计人员进行空间分析和布局优化, 还能有效检查管道、设备与其他建筑构件之间的碰撞问题, 提前发现并解决设计中的冲突。此外, BIM 技术能够与其他专业系统 (如结构、电气等) 进行联合建模, 促进不同专业之间的数据共享和协同工作。

通过多专业联合建模，BIM 技术实现了信息的集成与实时更新，确保各专业之间的设计协调性，减少了由于信息不一致或误解导致的设计问题，从而大幅提高了设计的整体效率和质量，降低了施工中的风险和成本^[2]。

1.3 信息共享与协同工作

BIM 技术通过将各专业设计数据统一存储在云端，打破了传统设计中信息孤岛的问题，使得项目中的所有成员能够随时访问和更新最新的设计文件和信息。这种集中存储和共享的方式保证了设计过程中的信息能够实时更新，避免了设计阶段不同专业间因信息滞后或不一致而造成的误解和冲突。通过云端平台，设计人员、工程师、项目经理等可以在同一平台上进行数据共享和协同修改，有效提高了跨专业协作的效率。与传统的纸质或分散存储方式相比，BIM 技术能够大大减少由于信息传递不及时所导致的设计变更和错误，确保设计的准确性。

2 BIM 技术在建筑给排水设计中的优势

2.1 提高设计效率

BIM 技术通过自动化工具和智能化的模型分析，能够快速生成建筑给排水系统的初步设计方案，且可以根据项目需求进行多次调整和优化，显著缩短了设计周期。设计人员在 BIM 模型中可以直接输入数据并进行实时计算和模拟，减少了传统设计中需要手工计算的繁琐步骤，避免了由于手动计算引发的错误和漏项问题^[3]。此外，BIM 技术的动态调整能力使得设计人员能够在设计过程中及时修改、更新方案，避免了传统设计中的二次修改和重复工作，减少了设计变更和沟通误差，提高了整体设计效率。通过这一智能化、集成化的设计方式，设计人员可以更加专注于系统的优化和创新，提升了设计质量和工作效率，同时降低了项目的整体风险和成本。

2.2 减少设计冲突与错误

BIM 技术的自动冲突检测功能是其其在建筑设计中非常重要的优势之一，尤其在处理复杂的给排水系统时具有显著效果。通过将各专业系统（如管道、结构、电气、设备等）整合到一个统一的三维模型中，BIM 能够自动识别并检测这些系统之间的空间冲突，尤其是管道与建筑结构或其他设备之间的干扰问题。设计人员可以通过虚拟仿真技术在设计阶段提前发现潜在的冲突和问题，从而避免了传统设计中可能出现的冲突遗漏。通过这种预先识别和解决冲突的方式，BIM 技术有效减少了后期设计修改和施工阶段的现场返工，大大提高了设计的精确性和施工的顺利进行^[4]。

2.3 提升施工管理与后期维护

BIM 模型为施工团队提供了一个准确、全面的设计参考，使得施工团队能够在建造阶段严格按照设计方案进行施工，避免了传统施工过程中由于信息不对称或不同理解导致的误差和返工。通过 BIM 模型，施工人员可以清楚地

了解管道、设备等各个系统的精确位置和安装要求，从而确保施工的准确性和效率。此外，在建筑交付后，BIM 模型中存储的详细数据和信息将成为建筑后期维护和管理的重要基础。维修和管理人员可以利用 BIM 模型中记录的设备位置、管道走向等信息，轻松进行设备维护、管道检查和故障排除。这种数字化的信息管理方式不仅提高了维护工作的效率，还能延长建筑设施的使用寿命，减少了传统手工记录和查找资料的繁琐过程，使得设施管理更加高效和精准。

3 BIM 技术在建筑给排水设计中的应用策略

3.1 加强 BIM 技术的专业培训与普及

目前，虽然 BIM 技术在建筑给排水设计领域的应用前景广阔，但在实际操作中，仍然面临着一定的技术壁垒。首先，BIM 技术的实施要求设计人员、施工人员以及项目管理人员具备较高的技术水平和专业知识，这对于传统设计人员而言是一项巨大的挑战。许多从业人员对于 BIM 技术的认知还停留在初级阶段，缺乏系统地培训和深入地理解。尤其是在建筑给排水设计中，BIM 技术涉及的内容较为复杂，包含了管道布置、设备位置、空间协调以及与其他专业系统的协同工作等多个方面，需要设计人员具备较强的综合能力^[5]。

为确保 BIM 技术在建筑给排水设计中的顺利实施，首先需要加大对相关人员的培训力度。设计人员必须通过专业的培训课程，掌握 BIM 技术的基本操作，熟悉各类 BIM 软件和工具，了解如何在 BIM 平台中进行建模、分析和优化。施工人员也需要学习如何利用 BIM 技术进行现场施工管理和实时数据更新，以确保施工过程与设计方案高度一致，避免因技术障碍产生不必要的返工和修正。而项目管理人员则需要具备对 BIM 技术的战略理解，能够有效协调各专业之间的协作，利用 BIM 平台进行项目进度、质量、成本等方面的实时监控与管理。此外，加强 BIM 技术的应用不仅仅是技术层面的培训，还需要企业文化和工作流程的全面调整。企业应当鼓励跨部门、跨专业的协作，通过建立标准化的 BIM 实施流程，使得各方能够高效协同工作，减少信息沟通中的误差和延迟。

3.2 跨专业协同与集成平台的建设

BIM 技术的核心优势之一就是其强大的协同工作能力，它能够打破传统设计中各专业之间的壁垒，实现跨专业的信息共享与协作。在建筑给排水设计中，给排水系统往往需要与其他专业系统（如结构、电气、暖通等）密切配合，因此，促进各专业之间的有效协同显得尤为重要。通过 BIM 技术，设计人员可以在同一平台上进行多专业设计的联合建模，实时共享设计数据，确保不同专业之间的信息保持一致和更新。这样一来，设计人员能够更好地理解其他专业的设计需求和要求，避免因信息不对称或理解偏差导致的设计冲突和重复劳动^[6]。

为了充分发挥 BIM 技术的协同作用,建立一个统一的 BIM 平台是至关重要的。这个平台应当成为一个集中存储和管理各专业设计数据的核心载体,使得所有设计人员能够在同一系统中访问、修改和更新项目文件,确保信息的实时同步和共享。通过该平台,各专业设计团队可以实时查看其他专业的设计进展,及时发现潜在的设计冲突和问题,提前调整和优化设计方案。例如,在建筑给排水设计中,管道布置可能会与建筑结构或电气设备发生空间冲突,借助 BIM 平台,设计人员可以在设计阶段通过虚拟仿真技术进行冲突检测,避免现场施工中的错误和返工。此外,BIM 平台能够有效避免信息孤岛现象的出现。在传统设计中,各专业往往采用独立的软件和文件管理系统,导致信息无法共享和统一,进而影响整体设计的协调性。而通过 BIM 平台的集中管理,各专业之间可以实现无缝对接,确保设计数据的及时更新和无误传递^[7]。

3.3 优化设计流程与模型管理

为了确保 BIM (建筑信息模型) 技术能够在建筑项目中充分发挥其优势,设计流程必须进行系统性的优化。首先,应该在项目初期就明确 BIM 模型的创建、修改、更新和管理的流程和标准。这不仅能够确保不同阶段的工作能够高效衔接,还能避免由于信息滞后或重复工作带来的效率低下。在设计阶段,BIM 模型的创建应基于最新的设计图纸和标准,确保信息的准确性。随着项目的推进,设计内容不断变化和完善,BIM 模型也应及时进行修改和更新,以反映设计变更,避免出现信息过时或不一致的情况。

为了确保 BIM 模型的质量,必须进行严格的质量管理。这包括对模型数据的精确性和完整性进行验证与检查。首先,项目团队应定期进行模型审查,检查模型中的每一项数据是否符合设计要求,是否存在误差或不合理之处。其次,模型数据的完整性也同样重要,必须确保所有相关的构建信息(如材料、尺寸、施工工艺等)都被准确录入并保持一致性。与此同时,为了便于后期的维护和管理,BIM 模型还应具备良好的可操作性与扩展性,这要求设计团队具备较高的专业技能和对 BIM 软件工具的熟练掌握。

3.4 加强 BIM 与施工管理的深度融合

在施工阶段,BIM (建筑信息模型) 技术不仅仅局限于设计优化,其应用范围已逐步拓展到施工管理的各个环节。BIM 技术通过与施工管理系统的深度结合,实现了施工过程中的精细化管理,为工程项目的顺利进行提供了有力保障。具体来说,BIM 技术在施工阶段的应用主要体现在进度监控、资源调配和质量控制等方面。通过对施工项目各个阶段的详细建模,施工团队可以在 BIM 平台上实时查看工程的进展情况,及时发现进度滞后的环节,并进行

预警。这种实时监控系統不仅有助于掌握整体进度,还能通过对比实际施工与计划进度,进行动态调整,确保项目按时交付。

传统施工管理中,资源的调度往往依赖于人工经验和传统的管理方法,容易出现资源浪费或短缺的现象。而 BIM 技术通过精确建模、模拟施工过程,能够准确预测所需资源的类型和数量,提供科学的调配方案,避免了资源的无效浪费,并确保了施工过程中各项资源的合理利用。在施工过程中,通过 BIM 模型可以进行虚拟施工,预见可能出现的质量问题,提前进行调整。同时,施工现场的质量数据可以与 BIM 模型实时对接,确保施工质量符合设计要求,极大地减少了返工的概率和质量问题的发生^[8]。

4 结语

BIM 技术在建筑给排水设计中的应用,已经展现出强大的优势和潜力。从设计优化到施工管理,再到全生命周期的运营维护,BIM 技术为建筑给排水系统的高效、智能化管理提供了重要的支撑。通过加强专业培训、跨专业协同工作以及优化设计流程,可以进一步提高 BIM 技术在建筑给排水设计中的应用效果。未来,随着技术的不断发展和普及,BIM 技术将在建筑给排水设计领域发挥更加重要的作用,推动建筑行业向更高效、更智能、更可持续的方向发展。

【参考文献】

- [1]王亚鹏.BIM 技术支持下的建筑给排水设计优化研究[J].工程建设和设计,2025(2):92-94.
- [2]钟立俊.BIM 技术在建筑给排水工程管理中的应用与效果评价[J].中华建设,2024(12):155-156.
- [3]梁志广.BIM 技术在建筑给排水管道施工中的应用浅析[J].城市建设理论研究(电子版),2024(32):135-137.
- [4]龙彦君.BIM+GIS 技术在建筑给排水管网设计中的应用研究[J].中国建筑金属结构,2024,23(10):121-123.
- [5]扈佃三.BIM 技术在建筑给排水工程设计中的应用[J].住宅与房地产,2024(29):71-73.
- [6]王卫洪.BIM 技术在建筑给排水工程设计中的应用探索[J].绿色建造与智能建筑,2024(10):53-55.
- [7]马运昌.BIM 技术在建筑给排水工程设计中的应用价值分析[J].房地产世界,2024(16):149-151.
- [8]罗佳佳.BIM 技术在建筑给排水工程设计中的应用[J].住宅与房地产,2024(23):59-61.

作者简介:李为富(1988.8—),毕业院校:内蒙古科技大学,所学专业:给水排水工程,当前就职单位:基准方中建筑设计股份有限公司,职务:给排水主任工程师,职称级别:中级。

电力工程建筑施工中的智能化技术应用研究

武少帅

中国能源建设集团天津电力建设有限公司, 天津 300180

[摘要] 随着科技的不断进步, 智能化技术在电力工程建筑施工中的应用逐渐成为提升施工效率、保障施工安全的重要手段。文中通过分析电力工程建筑施工的现状, 探讨智能化技术在施工中的具体应用及其带来的影响。结合实际案例, 研究智能化技术的优势与不足, 并提出如何进一步优化电力工程建筑施工中的智能化技术。研究结果表明, 智能化技术的引入能够有效提高施工效率、降低成本、优化资源配置, 同时增强施工安全性和质量控制。

[关键词] 电力工程; 建筑施工; 智能化技术; 施工安全; 效率提升

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15712

中图分类号: TM752

文献标识码: A

Research on the Application of Intelligent Technology in Power Engineering Construction

WU Shaoshuai

China Energy Engineering Group Tianjin Electric Power Construction Co., Ltd., Tianjin, 300180, China

Abstract: With the continuous advancement of technology, the application of intelligent technology in power engineering construction has gradually become an important means to improve construction efficiency and ensure construction safety. The article analyzes the current situation of power engineering construction and explores the specific application of intelligent technology in construction and its impact. Based on practical cases, study the advantages and disadvantages of intelligent technology, and propose how to further optimize intelligent technology in power engineering construction. The research results indicate that the introduction of intelligent technology can effectively improve construction efficiency, reduce costs, optimize resource allocation, and enhance construction safety and quality control.

Keywords: power engineering; engineering construction; intelligent technology; construction safety; efficiency improvement

引言

随着电力工程建设规模的不断扩大, 施工现场的复杂性和施工难度也不断提高。传统的施工方法已经难以满足现代化建设的需求。智能化技术的应用为电力工程建筑施工带来了新的突破。智能化技术不仅能够提升施工效率, 改善工作环境, 还能有效减少施工过程中的风险和隐患。本文将探讨电力工程建筑施工中智能化技术的应用现状与前景, 分析其对施工管理和质量控制的影响, 并提出进一步发展的建议。

1 智能化技术在电力工程建筑施工中的应用概述

1.1 电力工程建筑施工的特点与挑战

电力工程建筑施工通常具有规模庞大、工程复杂、施工周期长等特点。施工现场常常需要协调多个部门和工种, 工序繁杂且相互依赖。由于电力工程的特殊性, 施工环境也充满了不确定性, 如天气变化、设备故障、施工现场安全风险等因素, 这些都会对施工进度和质量产生不良影响。电力工程的建设过程中涉及到大量的高精度作业, 施工人员需在极其复杂的环境中作业, 如高压电力线路的安装与维护、大体积混凝土预埋地脚螺栓安装精度, 这对施工技术和人员素质要求极高。因此, 提高施工效率、降低安全隐患和减少人为错误, 成为电力工程施工中的主要挑战^[1]。

1.2 智能化技术的定义与分类

智能化技术是指利用信息技术、人工智能、物联网、大数据分析等先进科技手段, 对施工过程中的各项活动进行自动化、智能化的管理与监控。其核心目标是通过数字化手段, 提升施工过程的效率、质量和安全性。智能化技术不仅能够减少人工干预, 还能实时反馈数据, 优化决策和执行, 从而有效降低施工中的误差与风险, 确保项目按时、按质完成。智能化技术可分为多种类型, 其中最具代表性的包括建筑信息模型 (BIM)、物联网 (IoT) 技术、无人机监控技术和机器人施工技术等。BIM 技术通过创建虚拟三维模型, 实现从设计、施工到运营的全过程信息管理, 帮助优化资源配置、提前识别问题。物联网技术则通过智能传感器实时监测施工现场的各类数据, 提升数据收集与分析能力, 使得施工管理更加精准高效。无人机监控技术能够对高空或难以到达的区域进行巡视, 及时发现潜在的安全隐患或施工问题。机器人施工技术则可以在高风险环境下执行复杂任务, 如高空作业、焊接等, 减少人员暴露在危险中的时间。

1.3 智能化技术在电力工程建筑中的应用现状

目前, 智能化技术在电力工程建筑施工中的应用逐渐深入, 尤其在施工监控与安全管理方面取得了显著成果。建筑信息模型 (BIM) 技术被广泛应用于电力工程项目的

设计、规划、施工、运营维护等各阶段，通过虚拟建模提前发现设计缺陷，降低了后期施工中的返工概率；无人机与机器人技术被用于高空作业与危险作业环境中，减少了人员暴露在危险作业区的时间。物联网技术则通过实时监测施工现场的各种数据，如温湿度、设备状态、人员位置等，有效提高了现场管理的精度与反应速度。智能化施工设备如自动化混凝土泵送机、智能吊装设备等，也逐渐被引入到施工现场，推动了施工机械化、智能化的进程。然而，尽管智能化技术已在部分电力工程项目中得到了应用，但整体普及率仍有待提高，技术的成熟度、人员培训和资金投入等方面仍然是制约其更广泛应用的因素。

2 智能化技术应用的案例分析

2.1 施工现场智能化监控系统的应用

在电力工程建筑施工中，智能化监控系统已经成为提高施工管理效率和安全性的重要工具。这些系统通常包括视频监控、环境监测、人员追踪、违章提醒等多种功能，通过高清摄像头、智能传感器和实时数据采集设备的综合应用，实现对施工现场的全方位监控。智能监控系统的最大优势在于能够帮助管理人员及时发现潜在的问题。例如，设备故障、物料短缺或施工进度滞后等问题，都能够通过实时监控快速反馈，并提供数据支持，帮助施工团队作出快速反应。系统还能够结合天气、环境等多方面数据，进行风险预测与预警。如当气候突变或施工现场出现异常状况时，系统能自动发出警报，提醒相关人员采取防范措施，防止施工延误或安全事故发生。一些电力工程项目已经通过智能监控系统有效识别并预防了潜在的安全隐患，诸如设备故障、危险作业等问题被提前发现，并通过自动化提醒与控制机制及时处理，大大降低了事故发生的几率，确保了施工的顺利进行和人员安全^[2]。

2.2 光伏板安装机器人在施工中的应用

光伏板安装机器人在电力工程建筑施工中的应用，尤其是在大规模光伏项目中，已逐步成为提升施工效率和安全性的重要手段。这些机器人可以自动完成光伏板的安装、调整与固定，大大减少了人工干预，尤其是在高空或恶劣天气环境下，机器人代替人工完成高风险作业，降低了施工人员的安全隐患。机器人能够精准执行预设的安装任务，确保光伏板的精确定位和固定，提升了施工质量和安装精度。此外，机器人能够在全天候条件下连续作业，不受天气变化的影响，有效提高了施工进度。在部分实际应用中，机器人与其他智能设备配合使用，实时传输施工现场数据，进一步优化施工流程和资源配置。这种技术的引入，不仅提高了施工效率，也为电力工程领域的智能化转型提供了有力支持。

2.3 智能化建筑信息模型（BIM）技术的应用

BIM 技术在电力工程建筑施工中得到越来越广泛的应用，尤其是在项目规划与设计阶段及施工准备阶段。通

过构建三维虚拟模型，BIM 能够为施工人员提供全面的项目视图，从而识别设计中的潜在问题并进行优化。此外，BIM 技术还可以与施工进度、成本控制等管理系统进行集成，帮助管理人员实时跟踪项目的进展，并进行调整。通过模拟施工过程，BIM 能够提前预测工程的难点与交叉碰撞风险，减少二次返工等，合理安排施工计划及先后工序。例如，在一些电力工程项目中，BIM 技术的应用使得项目的施工进度提前了 20%，并有效控制了预算成本。

2.4 智能传感器与物联网技术的应用

智能传感器和物联网（IoT）技术在电力工程施工中的应用，极大地提升了施工现场的数据采集与分析能力。传感器可以实时监测施工现场的环境条件，如温度、湿度、土壤密度、振动等数据，这些信息通过物联网技术传输到中央控制系统，帮助施工人员和管理者实时了解施工现场的动态。这些技术的应用不仅提高了施工精度，还优化了资源的配置。例如，传感器可以在混凝土浇筑过程中实时监测温度变化，确保混凝土固化过程中的温度控制，避免因温差过大造成的裂缝问题。通过物联网技术，施工设备的状态也能够实时监控，提前发现设备的潜在故障，从而减少因设备停机而带来的施工延误。

3 智能化技术在提升施工效率与安全性中的作用

3.1 提高施工效率：数据驱动的资源优化与调度

智能化技术通过数据驱动的方式，显著提高了施工效率。在电力工程建筑施工中，通过集成的大数据分析平台，施工现场的各项资源，如人力、物资、设备等，可以得到实时监控与调度。智能化系统能够根据施工进度、资源使用情况和天气等多方面数据，自动生成最优的资源配置方案。比如，在混凝土浇筑过程中，系统可以根据天气变化、施工进度和现场物资的供应情况，合理安排人员和设备，避免资源的浪费和施工进度的延误。通过这种数据驱动的优化调度，施工团队可以减少不必要的等待时间和重复作业，提高整体施工效率，确保工程按时完成。

3.2 提升施工安全性：实时监控与预警系统的作用

智能化技术在提升施工安全性方面发挥了重要作用。施工现场的实时监控与预警系统通过高科技手段，能够及时发现潜在的安全隐患，并采取相应的预防措施。这些系统通过安装摄像头、传感器以及环境监测设备，实时收集施工现场的各类数据，如气象条件、设备运行状态、人员位置等。当监测到危险因素时，系统可以迅速发出预警信号，提醒相关人员及时采取防范措施。例如，在高空作业时，智能系统可以实时监测人员的安全带及安全帽佩戴、现场吸烟等情况，并通过声光报警提示工人改正。通过实时监控与预警，施工现场的安全管理变得更加精准和高效，有效减少了事故的发生率^[3]。

3.3 智能化技术在质量控制中的优势

智能化技术在质量控制方面的应用，不仅提高了施工

精度,还减少了人为因素对质量的影响。借助先进的智能传感器、无人设备以及BIM技术,施工质量可以在各个环节得到实时监控与自动调节。例如,在混凝土浇筑过程中,传感器可以实时监测混凝土的温度、湿度、强度等关键指标,确保浇筑过程的每一步都符合规范标准。BIM技术则可以通过虚拟建模,提前发现设计或施工中的潜在问题,避免施工过程中出现的质量问题。此外,智能化质量控制系统还能进行数据分析与趋势预测,为施工管理者提供全面、准确的质量评估。通过这些技术,施工团队可以及时发现并修正质量问题,从而确保工程项目的质量达到预期标准。

4 智能化技术在电力工程建筑施工中的挑战与发展方向

4.1 技术与人才短缺的挑战

尽管智能化技术在电力工程建筑施工中取得了一定的应用进展,但技术与人才短缺仍然是一个重要的挑战。许多智能化技术仍处于发展阶段,特别是对于一些新兴技术如人工智能、大数据分析等的应用,仍存在较高的技术门槛。同时,施工企业对于智能化技术的接受度和技术应用能力参差不齐,部分企业缺乏相关技术人员和管理人才,这限制了智能化技术的有效应用与推广。高技能的技术人才和管理人才短缺,使得许多企业在实施智能化技术时面临培训难度大、技术更新不及时等问题。因此,如何培养和引进智能化技术领域的专业人才,是目前面临的重要课题。

4.2 智能化技术的高成本与经济性问题

智能化技术的引入虽然能带来长远的效益,但初期的投资成本较高,特别是在电力工程建筑施工中,相关设备和系统的安装与维护费用较为昂贵。这些技术的实施需要大量的资金投入,包括设备采购、技术研发、人员培训等,导致许多中小型企业面临较大的经济压力。此外,智能化技术在短期内未必能显著提高短期收益,特别是在施工进度不稳定或资源不充分的情况下,智能化设备的成本回收周期较长。如何平衡技术的高成本与经济效益,制定合理的投资回报评估机制,是智能化技术应用中亟待解决的问题^[4]。

4.3 法规与标准化体系的不完善

智能化技术在电力工程建筑施工中的应用缺乏统一的法律法规和标准化体系。这导致智能化技术的应用过程中存在一些法律风险和技术标准不一的问题。例如,在数

据隐私保护、设备安全等方面,缺乏明确的规定和指导原则,给施工企业带来了合规风险。同时,不同地区、不同企业的智能化技术应用标准不同,导致技术整合困难,甚至影响了技术的推广和应用。因此,建立健全的法规和标准化体系,推动行业的技术规范化管理,将为智能化技术的广泛应用提供法律和标准保障。

4.4 未来发展方向:深度融合与全面智能化施工

电力工程建筑施工中的智能化技术将朝着深度融合和全面智能化的方向发展。随着物联网、大数据、人工智能等技术的不断成熟,智能化技术将在施工的各个环节中实现更为精细化和高效化的管理。未来的施工现场将实现信息的无缝连接,设备、人员、资源等通过智能系统的实时数据反馈,实现智能调度与资源优化。施工管理将不再依赖传统的人工监控,而是通过智能化系统进行全流程、全周期的管控。为了适应这一发展趋势,相关企业应加快技术研发与应用的深度融合,同时加强人才培养、标准化建设以及跨行业的协作,推动电力工程建筑施工走向全面智能化时代。

5 结束语

智能化技术在电力工程建筑施工中的应用,已经显著提高了施工的效率、质量与安全性。然而,技术的快速发展也带来了新的挑战,如成本控制、技术人员短缺以及行业标准的缺乏。未来,随着智能化技术的不断进步与完善,电力工程建筑施工将朝着更加高效、安全和智能化的方向发展。推动智能化技术的深度应用,尤其是加强技术人才的培养和技术规范的制定,将成为行业发展的关键所在。

[参考文献]

- [1]王玮. 电力工程施工中智能化技术的集成应用与管理创新[J]. 流体测量与控制, 2024, 5(4): 91-94.
- [2]陈森. 基于建筑电气智能化在项目实施过程的控制分析[J]. 中国建设信息化, 2024(20): 68-71.
- [3]苏章越. 建筑电气工程智能化施工策略探索[J]. 城市建筑空间, 2024, 31(1): 200-201.
- [4]杨慎清, 胡方进. 基于建筑电气工程自动化和智能化技术探究[J]. 新城建科技, 2024, 33(5): 100-102.

作者简介: 武少帅(1990.9—), 男, 河北省张家口市, 汉族, 大学本科, 工程师, 就职于中国能源建设集团天津电力建设有限公司, 从事电力工程建筑施工技术管理工作。

建筑工程施工技术管理中应注意问题分析

雷亚辉

八师石河子市绿洲交通投资有限公司, 新疆 石河子 832000

[摘要] 建筑工程施工技术管理是保障工程项目顺利实施的核心环节, 其涉及质量、成本、安全等多方面要素的科学统筹。文章从施工技术管理的作用出发, 系统分析了管理过程中的核心内容, 重点探讨了当前存在的突出问题, 并提出针对性的优化措施, 旨在为提升施工效率与工程品质提供理论支持。

[关键词] 建筑工程; 技术管理; 施工质量; 安全管理; 成本控制

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15692

中图分类号: TU712

文献标识码: A

Analysis of Problems to be Considered in Construction Technology Management of Building Engineering

LEI Yahui

The Eighth Division Shihezi Oasis Transportation Investment Co., Ltd., Shihezi, Xinjiang, 832000, China

Abstract: Construction technology management is the core link to ensure the smooth implementation of engineering projects, which involves the scientific coordination of various factors such as quality, cost, and safety. Starting from the role of construction technology management, this article systematically analyzes the core content of the management process, focuses on exploring the prominent problems currently existing, and proposes targeted optimization measures, aiming to provide theoretical support for improving construction efficiency and engineering quality.

Keywords: construction engineering; technical management; construction quality; safety management; cost control

引言

建筑工程施工技术管理是贯穿项目全周期的重要工作, 其通过科学规划、过程监督和动态调整, 确保工程目标的实现。随着建筑行业规模的扩大与技术复杂性的提升, 施工技术管理面临更高要求。然而, 在实际操作中, 由于管理规范不完善、资源调配不合理及人员素质参差不齐等问题, 施工效率与质量仍存在较大提升空间。因此, 系统梳理技术管理的关键环节与潜在风险, 并提出改进策略, 对推动建筑行业高质量发展具有重要意义。

1 建筑工程施工技术管理的作用

1.1 确保施工质量

施工技术管理通过系统化的工艺流程规范、技术标准明确及全过程的动态监督, 能够从根本上减少人为操作误差与系统性质量缺陷的产生。在施工实践中, 技术管理不仅要求严格执行国家与行业标准, 还需结合项目特点制定个性化的质量控制方案。以混凝土工程为例, 从原材料的进场检验到配合比设计, 从浇筑振捣工艺到养护周期控制, 技术管理需覆盖每一环节, 确保混凝土的抗压强度、耐久性等指标满足设计要求。同时, 通过引入数字化监测手段, 如传感器实时监测混凝土内部温度变化, 可有效预防温度应力引发的裂缝问题。此外, 技术管理还要求建立多层次的质量验收体系, 包括班组自检、工序互检、专项抽检及第三方评估, 形成覆盖全工序的质量控制网络, 从而保障

工程质量的整体性与稳定性。在复杂工程中, 技术管理还需协调多专业交叉作业, 例如在机电安装与装饰工程同步推进时, 通过三维模拟技术预判管线冲突, 提前优化施工路径, 避免后期拆改造成的质量损失。

1.2 降低施工成本

科学的技术管理通过精细化资源配置与流程优化, 能够显著降低施工过程中的隐性成本与显性浪费。在项目前期策划阶段, 技术管理需深度参与施工方案的经济性比选, 例如通过价值工程分析, 在满足功能需求的前提下选择性价比更高的材料与工艺^[1]。在土方工程中, 通过优化开挖顺序与运输路线, 可减少机械台班消耗与土方二次倒运成本; 在模板工程中, 采用标准化模数设计与周转材料管理, 既能提升施工效率, 又能降低材料损耗率。技术管理还注重对设计变更的源头控制, 通过 BIM 技术进行全专业模型整合, 可在施工前发现图纸冲突, 减少因设计缺陷导致的返工费用。此外, 技术管理通过建立动态成本预警机制, 实时跟踪材料价格波动、人工费用变化等影响因素, 及时调整采购策略与施工计划, 避免成本超支。

1.3 提高施工安全性

技术管理通过构建系统化的安全管理框架, 将安全理念渗透至施工全过程。在方案设计阶段, 技术管理需组织专项安全风险评估, 针对深基坑支护、高空作业、大型设备吊装等高风险工序, 制定包含力学验算、监测方案及应急措施的

专项施工方案^[2]。例如,在高层建筑外脚手架搭设中,需通过计算确定立杆间距、连墙件布置等参数,并结合风荷载数据进行稳定性校核。在施工过程中,技术管理要求落实“三阶段”安全管控:作业前进行技术交底与设备检查,作业中实施旁站监督与实时监测,作业后开展安全总结与隐患整改。对于特种作业人员,技术管理需建立持证上岗制度与周期性复训机制,确保其掌握最新安全操作规程。同时,通过引入智能安全监控系统,如AI视频识别技术自动捕捉未佩戴安全帽、违规跨越警戒线等行为,可大幅提升安全隐患排查效率。在应急预案方面,技术管理需组织多场景演练,明确疏散路线、救援设备配置及多方联动机制,确保突发事件响应及时有效,最大限度降低事故损失。

2 建筑工程施工过程中技术管理的主要内容

2.1 工程图纸的审核工作

工程图纸审核是技术管理的核心起点,需通过多维度、多专业的协同审查确保设计文件的科学性与可实施性。审核工作不仅包括建筑、结构、给排水、电气等专业图纸的完整性校验,还需重点分析各专业间的协同性。例如,在综合管线布置中,需核查通风管道与消防喷淋系统的空间冲突,避免因标高重叠导致安装困难。对于复杂地质条件下的基础设计,需结合地勘报告验证桩基类型选择与承载力计算的合理性,必要时通过专家论证优化设计方案。图纸审核还需关注细节构造的合规性,如防水工程中卷材搭接宽度、阴阳角加强层做法是否符合规范要求;在抗震设计中,需核验构造柱设置位置、圈梁配筋率等关键参数。此外,针对绿色建筑项目,需审查节能设计指标、可再生资源利用方案与当地气候条件的适配性。

2.2 制定施工现场技术文件

施工现场技术文件是指导施工活动的技术纲领,其编制需体现前瞻性、针对性与可操作性。施工组织设计作为总纲性文件,需明确项目管理目标、施工部署、资源配置计划及关键节点控制措施。例如,在大型综合体项目中,需根据业态分布划分施工流水段,协调土建、安装、装饰等专业的穿插顺序。专项技术方案则针对特定难点工序展开,如超长结构后浇带设置需综合考虑温度变形补偿与施工缝处理工艺;大跨度钢结构滑移安装需进行施工仿真模拟,验证滑轨承载力与同步控制精度。作业指导书作为操作层技术文件,需以图文结合形式细化施工步骤,例如钢筋机械连接需明确套筒安装扭矩值、外露丝扣数量等参数^[3]。技术文件的编制还需融入技术创新要素,如采用新型测量仪器提升定位精度,或应用自密实混凝土减少振捣作业风险。

2.3 施工现场技术流程与方案

技术流程管理通过科学规划施工逻辑关系与资源调配路径,实现效率与质量的动态平衡。在工序安排上,需遵循“先地下后地上、先主体后围护、先结构后装饰”的基本原则,同时根据项目特点灵活调整。例如,在逆作法施工中,需协调地下结构施工与上部主体建设的同步推进;

在装配式建筑中,需精确计算预制构件生产周期与现场吊装进度的匹配度。对于特殊气候环境,技术方案需制定适应性措施:在高温干燥地区,混凝土浇筑需采用低温入模、覆盖保水等工艺;在多风沙区域,幕墙安装需设置临时防风屏障与密封保护。技术管理还需强化过程动态调整能力,例如根据实际进度偏差及时优化资源配置,或针对突发地质条件变化启动应急预案。

2.4 施工现场的验收与检查

施工验收与检查是技术管理的最终保障环节,需建立分级分类的质量验证体系。隐蔽工程验收需严格执行“三检制”,例如地基验槽需联合勘察、设计单位共同确认持力层地质条件;预埋管线验收需采用管道探伤仪检测焊接质量。分部分项工程验收需依据国家标准与合同约定,如主体结构验收需进行混凝土强度回弹检测、钢筋保护层厚度扫描等实体验收。竣工验收阶段需综合评估建筑功能实现度,通过消防联动测试、电梯载荷试验等专项检测验证系统运行可靠性。检查手段需结合传统方法与现代技术,例如采用三维激光扫描进行钢结构安装精度复核,或使用红外热像仪检测建筑保温层连续性。对于检查发现的质量缺陷,需建立“问题清单—整改通知—复查闭环”的全流程跟踪机制,确保整改措施落实到位。

3 建筑工程施工技术管理中应注意的问题

3.1 建筑工程施工管理规范不完善

当前部分施工企业在技术管理中存在制度体系不健全的问题,主要表现为技术标准执行缺乏统一性与持续性。由于未建立覆盖全流程的标准化文件,不同项目间的施工质量往往受管理人员经验差异影响而波动较大,甚至同一项目的不同施工阶段也可能因规范执行偏差出现质量隐患。例如,在模板拆除工序中,若未明确规定混凝土强度检测标准与拆模时间,可能导致过早拆模引发结构变形。此外,技术管理责任划分模糊的现象较为普遍,设计、施工、监理等多方职责边界不清,易出现质量问题时推诿扯皮。更为严峻的是,部分企业未能及时跟踪行业技术规范的更新动态,对于新型环保材料应用、智能建造技术推广等缺乏配套管理制度,导致技术方案与行业发展脱节,难以满足绿色建筑、智慧工地的建设要求。

3.2 施工设备和材料质量不达标以及不合理使用

设备与材料管理环节的疏漏已成为引发工程质量问题的关键风险源。在材料管控方面,部分项目存在进场验收流程形式化问题,未严格执行见证取样制度,导致劣质防水卷材、强度不足的砌块等不合格材料流入施工现场。仓储管理环节的缺陷同样不容忽视,例如钢筋露天堆放未采取防锈措施,水泥存储环境湿度超标等,均会造成材料性能衰减。设备管理则普遍存在“重使用轻维护”倾向,塔吊限位装置失效未及时检修、混凝土泵车液压系统漏油等问题频发,既影响施工效率又埋下安全隐患。材料使用过程中的技术失控现象尤为突出,施工人员为图便利擅自

改变材料用法,如将设计要求的自黏式防水卷材替换为需明火施工的传统材料,不仅增加火灾风险,还可能导致防水层黏结不牢。

3.3 施工图纸审查不仔细

图纸审查环节的深度不足常导致施工阶段出现颠覆性技术问题。多专业图纸协同审查机制缺失,使得建筑、结构、机电等专业设计矛盾未能提前暴露。例如,结构梁高度与暖通管道空间需求冲突,或电气桥架走向与消防喷淋点位重叠等问题,若未在图纸会审阶段发现,将造成施工过程中的大规模拆改。对于设计细节的审查疏漏同样危害显著,如抗震设计中未明确填充墙与主体结构的拉结措施,或幕墙预埋件定位尺寸标注模糊,均可能引发后续施工质量缺陷。此外,对于设计变更文件的审查管理薄弱,变更手续不全、技术交底不到位等情况,易导致现场施工依据混乱,同一部位出现多个版本施工图纸并存的现象。

3.4 人员专业素质不高

施工队伍技术能力与行业发展需求之间的差距日益凸显。部分技术管理人员知识结构更新滞后,对 BIM 协同设计、装配式施工等新技术掌握不足,难以有效指导现场作业。一线操作工人技能培训体系不完善,特殊工种持证上岗制度执行不严,例如焊工未取得压力容器焊接资质即参与重要钢结构焊接作业。在具体施工过程中,由于缺乏系统培训,工人对工艺要点的理解存在偏差,如防水施工时未按要求处理基层直接铺贴卷材,或钢筋连接时机械套筒未达到规定扭矩值即进行下一工序。

4 建筑工程施工技术管理有效措施

4.1 完善建筑工程的施工管理规范

构建全周期、多维度的技术管理制度体系是提升管理效能的基础。企业应编制涵盖设计审查、方案编制、过程控制、验收评估各环节的标准化手册,明确各岗位技术管理职责与工作流程。例如,在图纸会审阶段建立“专业工程师初审—总工复核—设计院确认”的三级审查制度,采用 BIM 技术进行碰撞检测,提前解决管线综合布置矛盾。同时,建立技术规范动态更新机制,定期收集行业新标准、新工艺信息,组织内部技术研讨会更新企业技术标准库。对于重点项目可实施分级管理制度,根据工程规模与技术难度匹配差异化资源,确保管理要求与项目需求相适应。

4.2 对施工机械设备和材料的管理

实施设备与材料的全生命周期管控是保障工程质量的必要手段。材料管理需建立“源头控制—过程跟踪—终端验证”的闭环体系,在采购环节严格执行供应商评价制度,进场时采用光谱分析仪检测钢材成分,运用区块链技术建立材料溯源系统。仓储阶段推行智能化管理,通过 RFID 标签实现材料库存实时监控,设置环境传感器自动调节建材存储温湿度^[4]。设备管理方面,建立基于物联网的智能监控平台,实时采集塔吊应力应变数据、混凝土搅

拌站运行参数等关键信息,通过大数据分析预测设备故障风险。同时,推行设备健康档案制度,记录维护保养历史数据,为设备报废更新提供科学依据。

4.3 加强施工的技术性和专业性

技术创新是突破传统施工瓶颈的核心驱动力。企业应建立技术研发专项基金,重点攻关智能建造、绿色施工等前沿领域。例如,推广基于 5G 网络的远程监控系统,实现专家团队对复杂工序的实时技术指导;应用 3D 打印技术制作复杂节点实体模型,提升技术交底直观性。对于特殊地质条件下的基础工程,可采用微型桩组合支护、预应力锚索动态补偿等新技术提高施工安全性。同时,建立企业级工法库,将成熟施工工艺标准化,如编制超高层泵送混凝土施工工法、大跨度空间结构整体提升工法等,通过知识共享提升整体技术水平。

4.4 提升施工单位的人员专业技术和基本素养

构建多元化人才培养体系是技术管理可持续发展的根本保障。针对技术人员实施“理论提升+项目实践”双轨培养模式,定期选派骨干参与行业技术交流会,组织 BIM 正向设计、智慧工地管理等专题研修班。一线工人培训推行“互联网+实训”模式,开发移动端教学平台,通过三维动画演示工艺要点,利用 VR 技术模拟高空作业等危险场景进行安全培训。建立技能等级认证与薪酬挂钩机制,设立技术创新奖励基金,鼓励员工参与工艺改进。对于关键岗位实行技术能力动态评估,未通过定期考核者需进行强化培训,确保技术团队整体素质满足工程需求。

5 结语

建筑工程施工技术管理是一项系统性工程,其成效直接影响项目的质量、成本与安全。面对当前存在的管理规范缺失、资源管控不力及人员素质不足等问题,施工企业需从制度完善、技术创新和人才培养等多维度入手,构建科学高效的技术管理体系。唯有如此,才能在日益激烈的市场竞争中实现可持续发展,为建筑行业的高质量发展注入持久动力。

[参考文献]

- [1] 晏祥. 工业与民用建筑工程中的现场全过程施工技术管理[J]. 中华建设, 2024(9): 52-54.
- [2] 蔡蔚. 大体积混凝土施工技术在建筑工程中的实施研究[J]. 建设科技, 2024(15): 86-88.
- [3] 王乐, 丁波, 刘冬梅. 建筑工程施工技术管理水平有效提升策略探究[J]. 建筑与预算, 2024(10): 7-9.
- [4] 吕军. 建筑装饰工程中的石材幕墙施工技术管理分析[J]. 城市开发, 2024(13): 120-121.

作者简介: 雷亚辉(1989.9—), 毕业院校: 新疆大学科学技术学院, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位名称: 八师石河子市绿洲交通投资有限公司, 就职单位职务: 主办科员, 职称级别: 工程师。

防水施工管理对建筑工程耐久性的影响研究

胡康旗

新疆维吾尔自治区阿克苏地区政府投资代理建设服务中心, 新疆 阿克苏 843000

[摘要] 防水技术已经在住宅、商业建筑、桥梁、隧道等多个领域得到了广泛应用。随着建筑结构日益复杂, 传统的防水材料和技术逐渐无法满足对高耐久性的要求。尤其在极端气候条件和特殊环境下, 防水层的老化现象显著加速, 防水施工管理的问题也愈加凸显。针对这一现象, 如何优化防水施工管理并提升建筑耐久性, 已成为一个十分重要的现实问题。

[关键词] 防水技术; 耐久性; 影响

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15684

中图分类号: TU761

文献标识码: A

Research on the Effect of Waterproof Construction Management on the Durability of Building Engineering

HU Kangqi

Government Investment Agency Construction Service Center of Aksu Prefecture, Xinjiang Uygur Autonomous Region, Aksu, Xinjiang, 843000, China

Abstract: Waterproof technology has been widely applied in various fields such as residential buildings, commercial buildings, bridges, tunnels, etc. With the increasing complexity of building structures, traditional waterproof materials and technologies are gradually unable to meet the requirements for high durability. Especially under extreme weather conditions and special environments, the aging phenomenon of the waterproof layer is significantly accelerated, and the problem of waterproof construction management is becoming increasingly prominent. How to optimize waterproof construction management and improve building durability has become a very important practical issue in response to this phenomenon.

Keywords: waterproof technology; durability; effect

引言

随着建筑行业的持续发展, 防水施工已经成为保障建筑物耐久性与安全性的重要环节。通过有效隔离水分, 防水技术能够防止湿气侵入建筑结构, 从而避免可能出现的结构性损害。随着建筑类型和环境条件的日益多样化, 防水施工面临的挑战也愈加复杂, 尤其是在特殊环境下。为了确保防水施工的长期有效性, 优化施工管理已成为当前建筑行业亟需解决的关键问题。因此, 分析防水施工管理对建筑耐久性的影响, 并提出切实可行的优化策略, 期望为建筑防水施工提供理论支持与实践指导。

1 防水施工管理的理论基础

防水技术通过将建筑结构与水源隔离, 防止水分和湿气渗透至建筑物内部, 从而有效保护建筑免受水害的损害。它在建筑工程中的应用非常广泛, 涉及住宅、桥梁、隧道、地下排水系统等各类工程。随着科技的不断进步, 新型防水材料和施工方法不断涌现, 提升了防水施工管理的效率和技术多样性。防水技术的核心原理是隔绝水分, 通过屏蔽外部环境的水源, 避免水分渗入建筑物内部。不同建筑的使用功能及所在环境的差异, 使得防水技术需要灵活调整。常见的防水技术包括沥青防水、聚氨酯防水和环氧树脂防水, 每种技术均有其特点, 适用于不同施工环境。从功能角度来看, 防水技术通常分为四个主要类型: 基层防

水、屋面防水、地下防水与地上防水。基层防水一般应用于建筑结构的基础部分, 防止地下水或地面水分渗透。屋面防水则通过在建筑屋顶铺设防水层, 阻挡雨水渗入室内。地上防水主要用于建筑外立面、墙体及阳台等位置, 有效防止外部水分侵入。地下防水的目标是通过地下结构的防水处理, 防止地下水对建筑物造成影响。按照材料的不同, 防水技术可分为沥青防水、聚合物防水及土工合成材料防水等类型。沥青防水作为传统材料, 具有较强的隔水能力, 广泛用于对防水层要求不高的环境, 但其使用寿命相对较短。近年来, 聚合物防水材料的出现大大提高了防水性能, 具备了更强的耐久性与耐候性, 适合用于对防水要求较为严格的环境。土工合成材料则常见于与土壤接触的区域, 因其良好的水渗透防止功能, 广泛应用于地基和基础设施的建设中。

2 防水施工管理对建筑工程耐久性的影响

2.1 防水质量对建筑结构耐久性的影响

防水质量在建筑工程中的重要性不容忽视, 它直接关系到建筑的耐久性。作为建筑结构的“防护屏障”, 防水层有效阻止了外部水分的侵入, 避免了水分对结构的腐蚀与破坏。若防水层未能达到标准, 水分便会通过裂缝或孔隙渗透至建筑物内部, 逐步加速结构的劣化过程。当防水质量不达标时, 建筑材料会加速老化, 特别是钢筋混凝土结构。在长期水分渗透的作用下, 钢筋可能会发生锈蚀,

导致其膨胀,进而引起混凝土的开裂与剥落,这不仅使结构的承载能力下降,还严重威胁到建筑的整体安全。同时,水分渗透还会使木材、石材等其他建筑材料膨胀或腐烂,影响其稳定性与耐用性。随着水分渗透带来的损害,建筑物的修复与维护费用也随之增加。这类损害往往需要大规模地修复,造成大量的人工和物资消耗,并延长工程停工时间,进而给业主带来经济压力。若能确保防水质量的有效性,便可在建筑长期使用过程中减少后期的维护成本。防水层的作用不仅限于保护建筑结构,它还直接影响居住环境的舒适度与安全性。在地下建筑、地下车库等容易受到水害影响的区域,防水措施不到位会导致室内湿气增加,空气质量恶化,进而影响居住的舒适度。尤其是在极端天气条件下,防水问题可能会加剧,对建筑的正常使用造成严重影响。

2.2 防水施工管理不当对建筑耐久性的危害

防水施工管理不当往往是建筑物在使用过程中出现问题的根本原因,直接影响建筑的耐久性。如果防水施工不到位或管理失误,水分便容易通过防水层的薄弱环节渗入建筑结构,进而引发一系列负面后果,逐步侵蚀建筑的基础,威胁其整体稳定性。施工不当的一个常见结果是防水材料选择不当,未能与实际需求相符,不同的建筑结构与环境条件需使用特定的防水材料,然而,管理上的疏忽常常导致不适宜的材料被选用,或材料在施工中未能按规范正确应用。例如,若选用了耐久性较差的防水涂料,可能会在短期内出现裂缝或脱落,从而失去原本应有的防水效果。防水层失效不仅显著缩短建筑物的使用寿命,还增加了频繁的维修和修复工作,进而加重了经济负担。此外,施工细节的疏忽也直接影响防水效果,若未能对基层表面进行彻底清理,防水材料便无法与基层形成牢固的黏接,产生空鼓或起泡等问题,进而破坏防水层的连续性与防护功能。防水层厚度的不均匀或施工的不充分,也是常见的施工问题,这会导致部分区域的防水效果不足,使水分慢慢渗透并扩散,最终损害建筑结构。施工工艺的不当执行也是防水管理中的关键问题之一,防水层接缝处理的不当或施工过程中的遗漏,可能大大降低防水层的密封性。在遭遇极端天气或长期积水时,这些薄弱环节便成为水分渗透的突破口,进而加速建筑物的损坏。不仅如此,防水层施工不当还可能引发环境与健康隐患。水分的长期渗透不仅会腐蚀建筑材料,还可能促进霉菌、真菌等有害物质的滋生,进而影响室内空气质量,威胁居住者的健康。防水施工管理不当不仅威胁到建筑物的耐久性,还可能带来安全隐患,增加后期维修成本。为了确保建筑物的长期稳定性与安全性,每一个防水施工环节都应严格把控质量,确保防水效果的可靠性。

2.3 防水技术的创新与优化对耐久性的贡献

随着建筑技术的不断进步,防水技术的创新已成为提升建筑物耐久性的重要途径。虽然传统防水技术能满足基

本需求,但随着建筑功能和环境条件的复杂化,旧有的防水材料和方法逐渐暴露出局限性。新型防水技术的引入,不仅提高了防水效果,还显著延长了建筑物的使用寿命。聚氨酯防水涂料、橡胶防水膜以及无缝防水技术等新型材料的广泛应用,极大地提升了防水层的密封性与耐久性。与传统沥青材料相比,这些新型防水材料在耐候性与抗腐蚀性方面具有明显优势,能够适应更加极端的气候条件。在恶劣天气下,能够更有效地防止水分渗透,从而确保建筑结构的安全。例如,聚氨酯涂料凭借其较强的附着力、长久的使用寿命以及优异的抗裂性能,能够有效应对长期物理与化学环境的变化,避免传统材料常见的老化与开裂问题。防水施工工艺的创新也在提升建筑耐久性方面起到了关键作用。近年来,热熔法、冷施工法及无缝防水技术的应用,不仅减少了施工过程中的操作失误,还提高了防水层的整体效果。无缝防水技术通过避免接缝的留存,显著降低了水分渗透的风险,从而确保防水层的持续性与完整性,使建筑在长时间的使用过程中仍能维持卓越的防水性能。智能化技术的引入,为防水管理带来了前所未有的发展机遇。通过传感器与监控系统,智能防水技术能够实时监控防水层的状态,及时发现渗漏问题。此系统不仅有助于施工人员快速识别并应对问题,还能显著减少日常维护与修复的工作量,从而有效提升建筑的长期耐久性。

3 防水施工管理的优化策略

3.1 强化材料的选择与应用

防水施工的成败在很大程度上依赖于材料的选择与应用,这直接影响着防水效果及建筑物的长期耐久性。当前市场上防水材料种类繁多,每种材料各具独特的性能与适用场景。在材料选择过程中,必须综合考虑建筑结构的需求、使用环境以及施工工艺等多个因素,以确保所选材料能够在长期使用中有效阻止水分渗透。耐久性是选择防水材料时需要重点关注的因素,防水层必须承受长期的水压、气候变化以及化学腐蚀。聚氨酯与橡胶类材料广泛应用于屋顶与地下空间,尤其是在恶劣气候条件下,因其卓越的弹性与抗老化性能^[1]。对于地下水位较高或地面潮湿的环境,则更应选择具有较强抗渗透性的材料,如水泥基防水材料或高分子防水材料,这些材料能够更好地应对高湿度环境的挑战。材料的适应性同样至关重要,不同的建筑结构与施工环境对防水材料提出了不同的要求。防水材料需要具备一定的柔性,能够适应建筑结构的变形与位移。例如,在建筑物的膨胀缝或接缝处,应使用具有良好延展性的防水材料,以确保在结构变形时,防水层不会因裂缝或渗漏而失效。即便选择了优质的防水材料,施工过程中的正确应用同样不可忽视,防水涂料的涂布厚度、基层处理以及材料的存储与保管等环节,都对防水层的质量产生直接影响。如果施工不符合规范,即使材料本身再好,也难以达到预期效果。因此,确保施工人员了解各类防水材

料的性能与施工要求,是保证防水质量的关键步骤,避免因操作不当导致防水层的失效。

3.2 强化防水施工质量控制

防水施工质量的高低直接决定了防水层的有效性,因此,强化质量控制是保障建筑物长期耐久性与安全性的关键。优质的施工管理不仅需要在施工过程中严格执行技术规范,还必须在每个环节中进行精准把控,以防因细节疏漏导致防水系统失效。质量控制应从防水材料的验收与准备工作开始,在施工前所有材料需经过严格的质量检查,确保符合工程要求与相关标准^[2]。同时,在材料的运输与存储过程中,应避免受潮、污染或损坏,以确保其处于最佳状态。此外,施工人员需经过充分培训,掌握每个环节的操作要求,避免因施工不当而导致质量问题。每个施工步骤都必须精确控制,防水施工通常涉及基层处理、接缝处理、防水涂层的施工等多个环节,每个环节都需严格按照标准执行。尤其在基层表面处理不当时,防水材料可能无法牢固附着,从而导致防水层脱落或渗漏。因此,在施工时,确保基层表面清洁、平整、干燥,并充分处理接缝与裂缝等问题显得尤为重要。环境控制在施工过程中同样不能忽视,防水材料的施工性能受温度、湿度等因素影响较大。特别是在恶劣天气条件下,必须采取相应的措施,如调整施工时间或选用适应性强的材料,以确保施工质量不受外部环境干扰。施工完成后,质量检测与后期维护也是确保防水系统有效性的关键环节,在防水层施工完成后,必须进行渗漏测试与外观检查等各项质量检测,确保防水效果达到预期标准。在建筑使用过程中,定期检查防水层的状况,及时发现并修复可能存在的问题,能够延长防水层的使用寿命,确保建筑物始终保持在良好的防水状态。

3.3 加强施工管理与人员培训

防水施工质量的保障与建筑物耐久性的提升,离不开有效的施工管理与持续的人员培训。施工管理水平的高低,直接影响防水系统的施工进度、质量以及后期的维护状况,而施工人员的专业能力与操作熟练度,则是确保高质量防水施工的基础。只有通过精细化的管理机制与持续的技能培训,才能确保防水工程的顺利实施。施工管理需要在每个环节中进行细化,并明确每个流程的责任人,管理团队必须制定详细的施工计划,并定期对进度与质量进行监督,

及时发现问题并采取纠正措施。通过这种管理方式,能够避免问题的积累,确保施工能够按照既定计划高效推进^[3]。此外,管理人员还应与施工队伍保持良好的沟通,确保信息能够顺畅传递,避免因沟通不畅而导致施工失误。在施工人员的培训方面,除了基础操作技能外,对防水材料的特性、施工工艺及适用场景的深入了解同样至关重要。通过定期进行技能提升和技术交流,不仅能够增强施工人员的专业能力,还能使他们掌握新型施工技术与材料的应用方法。通过持续的培训,施工人员能够更好地执行施工标准,减少施工中的疏漏与质量问题。对于不同类型的防水工程,根据项目的具体特点,专业化的培训同样必不可少。例如,地下防水工程与屋面防水工程在施工工艺及要求上有所不同。因此,项目经理与施工人员应根据具体需求制定技术方案,并进行针对性培训,以确保每个团队能够熟练掌握特定的施工技术。

4 结语

防水施工管理对建筑物耐久性的影响至关重要,它直接关系到建筑的安全性和使用寿命。本文研究了防水技术、施工质量控制以及管理优化对建筑耐久性的作用,并提出了多项优化策略,涵盖了加强材料选择、优化施工质量、强化人员培训以及提升检测与维护等方面。这些措施将确保防水工程在长期运行过程中保持稳定与高效,同时减少后续维护支出。

[参考文献]

- [1]左勇志,郭伟,董立曼,等. 建筑工程防水系统耐久性要求及研究综述[J]. 中国建筑防水,2024(1):1-4.
 - [2]张小吉. 建筑工程防水技术对建筑工程质量的影响分析[Z]//中国智慧城市经济专家委员会. 2023 年智慧城市建设论坛深圳分论坛论文集. 临洮靖通建设质量检测有限公司;2023:128-129.
 - [3]赵东菊. 民用建筑防水工程质量影响因素研究[D]. 重庆:重庆大学,2022.
- 作者简介:胡康旗(1974.7—),毕业院校:新疆大学,所学专业:经济地理,当前工作单位名称:新疆维吾尔自治区阿克苏地区政府投资代理建设服务中心,就任单位职务:阿克苏地区政府投资代理建设服务中心主任,职称级别:正高。

非开挖定向钻在管道施工中的应用

麻妮妮

西安市西郊市政设施养护管理有限公司, 陕西 西安 710077

[摘要]随着城市基础设施建设加速发展,传统的开挖式管道施工逐步暴露出土地资源浪费、交通受阻、环境污染等问题。非开挖定向钻技术作为一种新型的管道修筑手段,已普遍应用到城市管道建设里。该技术可有效降低开挖的土方量,减轻对周边环境的不良干扰,进而增进施工效率。研究表明,非开挖定向钻技术在管道铺设应用中优势十分明显,尤其适宜城市道路下面、河流及其他障碍物下面的管道建设铺设施工。尽管如此,技术应用的实施阶段仍存在一定问题和挑战,亟待解决。

[关键词]非开挖定向钻;管道施工;施工技术;环境保护;施工质量

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15703

中图分类号: TU996.7

文献标识码: A

Application of Non Excavation Directional Drilling in Pipeline Construction

MA Weiwei

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

Abstract: With the accelerated development of urban infrastructure construction, traditional excavation based pipeline construction has gradually exposed problems such as land resource waste, traffic congestion, and environmental pollution. Non excavation directional drilling technology, as a new type of pipeline construction method, has been widely applied in urban pipeline construction. This technology can effectively reduce the amount of excavated soil, alleviate adverse interference to the surrounding environment, and thereby improve construction efficiency. Research has shown that non excavation directional drilling technology has significant advantages in pipeline laying applications, especially suitable for pipeline construction and laying under urban roads, rivers, and other obstacles. However, there are still certain problems and challenges in the implementation stage of technological applications that urgently need to be addressed.

Keywords: non excavation directional drilling; pipeline construction; construction technology; environmental protection; construction quality

引言

非开挖定向钻技术是近年来在管道施工方面广泛采用的一种创新施工方法。与传统开挖式的施工方式比,非开挖定向钻技术展现可观的优势,可减小开挖的面积,降低对周边环境的干扰力度,尤其是在城市复杂地形与人流密集的地段,非开挖施工方式可明显减少交通阻塞与环境污染。然而,虽然该技术在大量城市项目的实施里取得成功应用,非开挖定向钻施工进程里依旧面临一些难题,涉及施工质量的精准控制、技术人员的定制培训以及施工设备的高效维护等。用何种方式解决这些问题,增进技术应用成果,成为当下研究的核心着力点。

1 非开挖定向钻技术概述

非开挖定向钻技术是一种借着地下定向打孔的方式,实施管道铺设及其他地下设施安装工作内容的创新施工技术。与传统开挖式施工方法相比,非开挖定向钻技术凸明显的优势,尤其适用于城市道路、河流、铁路等以复杂环境为主、无法大规模开挖的区域。非开挖定向钻技术的优势主要表现在减少了对地面以及周围环境的破坏,尤其是在交通繁忙、城市密集的地带,采用此项技术能显著

规避因开挖造成的交通拥堵、环境污染和土地资源浪费。此外,非开挖施工可大幅降低对周边设施的影响,尤其在河流、湖泊、铁路、公路等重要基础设施附近,能有效避免传统开挖方式带来的风险,该技术不只提高了施工效率,还能把实际施工周期缩短,避免了传统方法里可能出现的大规模土方回填和道路恢复等复杂工程^[1]。

非开挖定向钻技术的应用也为一些限制。例如,施工时的地质条件、地下有无障碍物以及水文环境的影响程度,都可能影响施工顺利实施。处于复杂地质条件的阶段,如岩石层、坚硬的泥土层,定向钻的难度跟成本均会明显增加。此外,设备的操作体现较高要求,技术人员的技能与经验对施工成功与否意义重大。尽管如此,随着技术不断进步和设备更新换代,非开挖定向钻技术在管道施工活动中得到了采用,尤其是在城市建设和基础设施领域,其具备庞大的发展潜力与应用前景。

2 非开挖定向钻技术应用中的问题

2.1 技术人员不足及培训问题

非开挖定向钻技术应用需要操作人员掌握高水平专业化的技能。然而,从实际施行看,诸多地方与施工单位

面临技术人员数量不足的问题。定向钻技术涉及到诸如钻井方向的指挥调控操作、管道牵引的精确程度调节操作以及实时监测设备的使用操控操作等复杂工艺,完成这些操作要求人员具备较高专业能力和经验。若操作人员未曾接受严格培训及经验积累,也许会引起钻孔精度不太好、管道铺设不顺畅情形,进而影响整个项目的施工质量。

目前,某些施工单位未打造完善的技术人员培训体系,导致技术人员专业素养参差不齐,有的施工单位往往仅依赖现场经验积累,而疏忽掉技术培训和知识的更新,这造成技术人员对新设备、新技术的掌握缺失,影响了施工的效率与质量水平。为了克服这一问题,施工单位应注重培训体系的建设,加大实施对技术人员的定期培训,并结合各施工阶段和项目类型,进行有针对性的技术培训。同时,还应当引进先进的技术和装置,并强化技术人员对这些新技术的认知与操作本领^[2]。

2.2 施工设备的维护与保障

非开挖定向钻设备是落实定向钻技术的核心工具,其工作效率、精准水平和可靠性直接影响施工成败。然而,众多施工单位在设备管理上存有弊端,定向钻设备的维护和保障工作往往不到位,引起设备故障频繁显现。设备故障直接影响施工进度地开展,还可能引起工程质量出现下降,甚至引起项目成本渐渐增加,严重时甚至会造成整个项目的延误与停工。

设备长久运行会造成磨损、老化等问题,若不定期开展巡查与维护,设备的工作精度以及作业效率将大大下降。例如,定向钻机中,钻头与牵引系统为核心部件,一旦出现故障,可能造成施工实施过程中的方向偏差或牵引失败。此外,设备的液压、控制、电气系统等同样需要实施定期检查维护,以保障设备始终正常运转。因此,定向钻设备的维护与保障是保障施工顺利进行的基础工作。

2.3 环境因素的影响

在非开挖定向钻实施施工期间,环境因素,尤其地质状况和地下水位的改变,对施工的影响不可忽视。定向钻技术若想成功实施,要在地下空间进行精确钻进作业,任何地质不稳定状态或水文环境的变动都会影响施工顺利实现预期目标。尤其是在土体环境复杂或者地下水位较高的区域,定向钻施工也许得面临较大的风险及困难^[3]。

例如,在岩石层或含水层埋深较浅的地区,地下水的渗透也许造成钻进过程出现不稳定现象,对钻孔方向控制形成干扰。此外,地质条件不稳定也许会让钻头的磨损加剧,甚至引发卡钻这类故障,从而对施工进度和质量造成负面干扰。而在某些特定的地质条件下,过于松软或不均匀的土壤层也会引起钻进方向产生偏移现象,甚至也许会造成管道错位,危及管道的铺设精度。

3 非开挖定向钻技术优化策略

3.1 加强技术人员的培训与考核

非开挖定向钻技术作为一种呈现高度专业内涵的施

工方法,其成功应用借助技术人员的高水平操作。定向钻施工关系到钻井方向精确控制、管道牵引稳定性还有施工环境复杂性。因此,技术人员的专业能力与经验十分关键。然而,在一些施工单位,技术人员培训不足、能力参差不齐的现象依然存在。为实现非开挖定向钻技术顺利应用,施工单位需要采取有效手段,实施技术人员的培训与考核。

施工单位要制订周全的培训计划,让技术人员可定期参加培训,掌握最新的技术跟操作规范。培训内容当含有设备操作、施工流程、质量检查、安全规程等方面,让技术人员拥有综合性施工能力。此外,培训方式宜多样化,含有理论培训与实践操作相结合。凭借创设模拟施工环境实施操作,技术人员能够在不被施工现场环境约束的情形下,熟练掌握设备操作技巧,增强实际操作应对能力。为达成提升培训效果,施工单位还可以与高等院校、科研机构协作,引入外部专业诊断力,依靠学术研究和技术研发推动技术人员能力提升。这不但能推进技术人员操作水平的提高,也能为施工单位引入更多顶尖的技术人才,加强团队的技术创新能力,通过与高校联合,还可以结合前沿探索的研究成果,帮助施工单位适应行业新潮流,提升施工质量及效率^[4]。

除定期培训外,技术人员考核机制也是保证其专业能力的关键方式。施工单位应凭借定期的技能考核与操作测试,对技术人员进行评估,并依照考核结果调整其岗位工作范围或进行进一步培训。考核当把操作能力、施工质量以及应急处理能力等方面囊括,确保技术人员能够在复杂环境中精准判断问题并迅速化解。通过制订健全的培训及考核体系,施工单位能够培养一支高素质的技术团队,为非开挖定向钻技术的安稳实施提供可靠支撑,由此保障施工质量与进展,降低操作失误引起的隐患。

3.2 设备的维护与技术更新

非开挖定向钻设备作为施工全流程的核心,其性能与可靠性直接影响施工质量和进度。因此,设备的有效管理及维修对施工单位来说至关重要。设备故障往往导致施工进度延迟,甚至可能因设备故障引起工程质量出现不良现象,引起项目成本增加。因此,施工单位需要建立健全的设备维护和管理制度,保障设备获得高效运转。

施工单位须设立定期检查及维护的规范,保障全部设备都可得到及时的保养。定期检查应当包括对钻机各关键部件的全面排查,如液压系统、电气系统、钻头以及牵引系统等,确保这些部件可实现正常工作。尤其是在长时间连贯运用阶段里,钻头及牵引系统容易被磨损。因此,施工单位应阶段性更换老化或损坏的部件,为维持设备的精度与效率^[5]。同时,设备的清洁、润滑同样不可忽视,只有设备处在良好的工作状态,才能保障施工进程顺利开展。为防止设备故障阻碍施工进度,施工单位应当去建立备件库,保障关键部件随时可替换。这将极大减少设备停机的时长,提升施工效率。此外,施工单位还应提升设备使用

记录的管理水平,对每台设备的使用情况、维修的具体记录、部件更换等详细记录,以便今后追溯与管理。

除了常规的设备检修外,施工单位也应关注设备技术的更新换代。随着技术的持续进步,新型定向钻设备的面世可极大提高施工精度与效率。施工单位应密切关注国内外技术发展走向,按周期采购先进的施工设备,并按照实际施工形势实施设备更新。这不仅可以改进施工质量,还可减少因设备老化造成的故障及维护成本。通过科学的设备管理及定期的技术更新,施工单位能够确保非开挖定向钻施工平稳有序开展,避免设备故障引起的风险,进而实现施工精度和效率提升,由此确保项目的按时完成^[6]。

3.3 精确的前期勘查与施工规划

非开挖定向钻技术成功实施,离不开前期精细的地质勘探和科学的施工规划。在实施工程施工前,施工单位必须实施精当的地质勘查,以便了解施工区域的土壤性质、地下水位高低、障碍物分布等关键信息。这些信息将直接影响施工方案设计及施工过程中的决策,实现施工风险降为最小,施工过程平稳开展。施工单位应开展全面的地质调查,掌握土壤的类别、密度、含水量等参数,不同土壤类型针对定向钻技术适应性不一,尤其是遇到硬岩层、疏松土质或高水位区域的时候,施工单位应针对状况调整施工方案。例如,处于硬岩大量分布区,也许得采用更坚硬的钻头,而于一些松软土壤中,面临此种情况需要增大牵引力保障钻进精度。通过勘查,施工单位可针对不一样的地质条件,抉择合适的设备和技术路径,由此增进施工的精确水平。

地下水位的变化走向也会给定向钻施工造成一定风险。在地下水位偏高的地区,钻进的过程也许出现水流过大,造成设备损坏或施工进度滞后。因此,施工单位在勘查之际应对地下水位做详细测定,并考虑采用相应的防水措施。针对可能出现的地下水问题,施工单位可选用水泵抽水或调节钻进斜度等手段,防止水位变动造成的影响。

在详细的勘查工作基础上,施工单位实施合理的施工规划极为关键。通过规划合理的施工路线、施工时段和资源分配,能保障整个施工过程高效、平稳地实施。规划施工路径得结合地质勘查所得,合适抉择钻进方向及深度,避免地下的天然障碍物和已有设施,如地下的电缆、管道等,若对这些设施未提前识别规划,或许会在施工开展期间造成意外的碰撞与破坏。因此,施工单位应通过详细的勘查,提前排查潜在地下设施及障碍,保证施工路径的选取既安全又高效。

此外,恰当调配施工时间也是保证非开挖定向钻技术顺利实行的关键。施工期间要顾及天气变化、地质条件、设备状态等多方面的要素,合理安排施工时段及工序,防止突然状况引发施工延迟。同时,施工单位需要按照项目的规模以及施工复杂度进行资源配置,保障施工要求的设备、人员和材料及时就位,防止施工当中因资源短缺产生施工停工或进度延缓。通过前期有效勘查以及科学施工规划,施工单位可最大限度地绕开地下障碍物以及施工风险,让施工进度及质量获保证。这不仅增进了非开挖定向钻施工的安全可靠性,还高效地节约了施工经费,提升了整体项目的执行力和竞争力^[7]。

4 结语

非开挖定向钻技术作为一种新型的管道施工工艺,具有较高施工效率,环境干扰轻微,是现代城市基础设施建设期间的重要技术之一。然而,在实际运用进程中,依旧面临着技术人员短缺、设备管理不良和环境复杂等问题。为处理这些问题,施工单位须推动技术人员的培训考核,按时实施设备维护更新,进而完成前期地质勘查及施工规划。通过这些策略实施,非开挖定向钻技术可在管道施工的阶段发挥更大的作用,促进城市基础设施建设的可持续发展。

[参考文献]

- [1]马文学. 浅谈定向钻在倒虹吸非开挖施工中的应用[J]. 四川建材, 2024, 50(4): 162-164.
 - [2]廖祯虎, 马栋梁, 熊小龙. 非开挖定向钻技术在大管径PE 给水管道工程中的应用[J]. 四川水力发电, 2022, 41(5): 21-24.
 - [3]李子涵. 大口径长距水平定向钻管道回拖影响因素显著性分析[D]. 合肥: 安徽建筑大学, 2022.
 - [4]刘成勇, 刘江涛, 杨红斌. 非开挖水平定向钻施工技术在管道穿越河流中的应用[J]. 石油工程建设, 2021, 43(2): 37-43.
 - [5]李岩朋. 非开挖定向钻技术在大口径管道施工中的应用[J]. 水利建设与管理, 2018, 38(11): 46-49.
 - [6]查湘义. 水平定向钻在给水管施工中的应用[J]. 科技风, 2018(18): 99.
 - [7]张华军. 浅谈市政给水管水平定向钻的施工技术[J]. 科技创新与应用, 2017(16): 186.
- 作者简介: 麻妮妮 (1981.6—), 毕业院校: 长安大学, 所学专业: 工程管理, 当前就职单位: 西安市西郊市政设施养护管理有限公司, 职务: 造价主管, 职称级别: 工程师。

CIPP 管道非开挖修复技术：水翻转法与紫外光固化法的工艺对比与应用前景分析

刘城

上海建工五建集团有限公司，上海 200333

[摘要] 伴随着城市建设全方位、多层次的快速发展，地下管网的修复需求呈井喷式增长。CIPP（原位固化法）作为一种管道非开挖修复技术，凭借其高效、环保的特点成为主流的管道修复非开挖技术。文中系统阐述了 CIPP 技术的分类及工艺原理，重点对比水翻转法与紫外光固化法的技术差异，并分析其应用前景，为工程实践提供理论支持。

[关键词] CIPP；管道修复；施工工艺；非开挖

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15715

中图分类号: TU992.23

文献标识码: A

CIPP Pipeline Non excavation Repair Technology: Process Comparison and Application Prospect Analysis of Water Flip Method and UV Curing Method

LIU Cheng

Shanghai Construction No. 5 Construction Group Co., Ltd., Shanghai, 200333, China

Abstract: With the rapid development of urban construction in all aspects and at multiple levels, the demand for repairing underground pipelines is growing rapidly. CIPP (cured in place pipe), as a non excavation pipeline repair technology, has become the mainstream non excavation pipeline repair technology due to its high efficiency and environmental friendliness. The article systematically elaborates on the classification and process principles of CIPP technology, with a focus on comparing the technical differences between water flip method and UV curing method, and analyzing their application prospects, providing theoretical support for engineering practice.

Keywords: CIPP; pipeline repair; construction technology; non excavation

1 CIPP 管道修复技术概述

CIPP (Cured In Place Pipe), 即原位固化法, 作为一项在地下管道修复领域得到广泛应用的技术, 它具有非开挖的显著特点, 主要用于修复排水管道、污水管、燃气管等老旧或损坏的管道系统。其核心思想是通过在原有管道内部形成高强度内衬, 恢复或提升管道的结构性能, 同时避免大面积地面开挖, 具备高效施工、绿色环保、经济实惠等显著特性。根据固化方式不同, CIPP 主要分为三类:

(1) 热水固化法: 利用热水加热树脂完成固化, 工艺成熟但能耗高。

(2) 蒸汽固化法: 通过蒸汽加速树脂固化, 效率略高于热水法。

(3) 紫外光固化法 (UV-CIPP): 采用紫外光引发树脂交联反应, 固化时间短且无需水源。

2 水翻转法 CIPP 修复工艺分析

2.1 工艺原理

水翻转法属于传统 CIPP 技术, 具体流程包括:

2.1.1 前期准备

管道检测: 通过 CCTV (闭路电视检测) 评估原管道的损坏程度、管径、走向等。

清洗管道: 采用高压水射流清除管内淤泥、结垢及障碍物, 确保内衬贴合。

材料准备: 选择树脂类型(如环氧树脂、聚酯树脂等)

和软管(通常为聚酯纤维或玻璃纤维增强材料)。

2.1.2 树脂浸渍

将软管在工厂或现场浸渍热固性树脂, 控制树脂用量和均匀性。

2.1.3 水翻转施工

把浸渍了树脂的软管一端进行翻转, 而后在管道入口处固定好, 利用水压将软管由内向外翻转推进至目标管段, 贴合原管道内壁。

2.1.4 固化成型

通过热水循环, 让树脂在交联反应的作用下实现固化, 最终得到刚性内衬管。固化温度通常为 60~90°C, 时间依管径和环境调整(2~8 小时)。

2.1.5 质量检测

待树脂固化完成后, 运用 CCTV 检测技术, 对新形成的内衬管的完整性展开全面检测, 检查是否有褶皱、空洞或未固化区域。

2.2 关键技术要点

2.2.1 树脂选择

根据介质(污水、化学品等)选择耐腐蚀树脂; 控制树脂凝胶时间, 避免过早固化。

2.2.2 翻转压力控制

水压需逐步升高, 确保软管均匀扩展, 避免局部应力集中。

2.2.3 固化均匀性

采用循环热水或蒸汽时需保证温度分布均匀。

3 紫外光固化法 CIPP 修复工艺分析

3.1 工艺原理

紫外光固化法采用拉入法施工，核心步骤包括：

3.1.1 前期准备

管道检测与清洗：和传统 CIPP 一样，需要运用 CCTV 对管道缺陷展开检测，并使用高压水射流清除管内障碍物。

软管选择：采用浸渍光固化树脂（如 UV 敏感型环氧树脂）的玻璃纤维或聚酯纤维软管；

光源设备：配备 UV 灯链（可调节波长和强度）及牵引设备。

3.1.2 软管安装

拉入或翻转：采用牵拉，或是运用水翻转法、气翻转法，将浸渍树脂的软管放置到原管道当中。

充气定型：向软管内部充气（气压约 0.1~0.3MPa），使其均匀膨胀，并保证其与管壁贴合紧密。

3.1.3 紫外光固化

灯链牵引固化：将 UV 灯链置入软管内部，以恒定速度（通常 0.5~2m/min）牵引灯链移动，通过紫外线激发树脂交联反应，实现逐段固化。

温控管理：实时监测管内温度（通常控制在 40~60°C），避免过热导致材料劣化。

3.1.4 质量验收

外观检测：CCTV 检查内衬管表面平整度、固化均匀性及与管壁贴合度；

性能测试：必要时进行压力试验或取样检测力学性能（如环刚度、抗拉强度）。

3.2 关键技术要点

3.2.1 树脂与波长匹配

确保 UV 灯波长（通常 365~400nm）与树脂光引发剂吸收峰匹配，提升固化效率。

3.2.2 固化速度优化

根据管径和树脂厚度调整灯链移动速度，例如：

小管径（DN200 以下）：1~2 米/分钟；

大管径（DN800 以上）：0.5~1 米/分钟。

3.2.3 温度控制

使用冷却系统（如风冷）防止局部过热导致软管变形或树脂碳化。

3.2.4 软管厚度设计

根据原管道承载需求计算内衬厚度，通常为 2~10mm。

4 水翻转法与紫外光固化法的对比分析

4.1 材料的存储和运输

光固化材料：（1）必须使用 UV 敏感型树脂，材料成本较高；（2）树脂储存需避光，施工窗口期短（通常<24 小时）；（3）运输时保证不被阳光照射即可，材料对运输温度并不敏感。

水翻转材料：（1）从生产完成开始，材料必须在低温环境下保存材料；（2）在运输时必须时刻保持低温环境，长途运输时需使用冷藏车厢存储，材料对温度变化非常敏感。

4.2 施工工艺的比较

4.2.1 CIPP 水翻转施工

（1）修复前，对管道进行预处理时不能有任何渗漏和杂物；

（2）施工周期长，随着天气逐渐变冷，加热和循环保温过程时间增加，仅加热和循环保温时间一般就需要 8~10 小时；

（3）施工流程相对复杂，施工过程中容易发生施工延误情况；

（4）对水进行加热时材料整个反应过程不可视，需要足够的时间加热和保温来满足修复材料的固化，有限且较短的时间使材料完全固化受到一定的影响；

（5）固化后需等待冷却并检查内衬层密封性。

4.2.2 CIPP 紫外光固化施工

（1）修复前，管内积水需彻底排空，否则影响固化效果，对管道进行预处理，待修复管道内，预处理要求相对较高；

（2）施工周期短，最快固化速度可达 2m/min；可灵活应对各种施工环境，小管径最快 3~5 小时即可完工，尤其适合紧急修复；

（3）施工便捷且安全性高，材料拉入管道，高压充气后用紫外光照射管道即可，固化速度快；

（4）固化过程，施工安全，材料的整个反应过程全程可视；

（5）固化后内壁光滑，内衬管表面摩擦系数低，减



图 1 紫外光加固控制面板



图 2 修复后 CCTV 检测

少流体阻力，流量损失小（管径损失约 5%~10%）；

（6）通过 CCTV 监控固化过程，实时调整光照参数，确保内衬层均匀性。

4.3 材料性能

光固化材料通常采用玻璃纤维内衬管，通常水翻转材料采用聚酯纤维无纺布内衬管。

表 1 常用光固化内衬材料力学性能

项目	数值	测试标准
弯曲强度 (MPa)	>45	《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》(GB/T 1449—2005)
弯曲模量 (MPa)	>6500	《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》(GB/T 1449—2005)
抗拉强度 (MPa)	>62	《塑料拉伸性能的测定第 4 部分》：各向同性和正交各向异性纤维增强复合材料的试验条件》(GB/T 1040.4—2006)

表 2 常用水翻转内衬材料力学性能

项目	数值	测试标准
弯曲强度 (MPa)	>31	GB/T 3923.1—2013《纺织品 织物拉伸性能 第 1 部分》
弯曲模量 (MPa)	>1724	GB/T 3923.1—2013《纺织品 织物拉伸性能 第 1 部分》
抗拉强度 (MPa)	>21	GB/T 3923.1—2013《纺织品 织物拉伸性能 第 1 部分》

由于光固化材料玻璃纤维内衬管的力学性能参数比水翻转材料的更高，所以采用光固化修复技术的管道在性能表现上更具优势。

4.4 经济性对比

初期成本：紫外光固化设备初期投资较高，需专用 UV 灯链和控制系统，但其施工周期短，综合成本可降低 20%~30%。

维护成本：紫外光固化修复玻璃纤维内衬抗腐蚀性强，寿命周期内维护费用更低。

4.5 环境与社会效益

紫外光固化法无化学污染，且施工噪音低于 55 分贝，尤其适合城市中心区作业。而水翻转法因需大量热水，存在能源浪费与热污染风险。

5 应用前景分析

5.1 城市排水管道修复

无论是水翻转法还是紫外光固化法，都能有效修复排水管道的各种结构性缺陷，改善排水管道的运行状况，确保城市排水系统始终处于良好运行状态。

5.2 供水管道修复

在确保城市供水不受干扰的情况下，水翻转法和紫外光固化法均可用于供水管道的修复作业，以此降低因管道修复给居民日常生活带来的不便。

5.3 工业管道修复

在化工、电力等行业，对于一些不能停产进行管道修

复的情况，CIPP 技术的非开挖特点具有很大优势，根据管道的实际条件，有针对性地选择合适的修复工艺。

6 CIPP 技术的发展趋势与挑战

6.1 技术创新方向

材料研发：开发高性能树脂与纤维复合材料，进一步提升抗裂性与耐腐蚀性。

智能化施工：集成 AI 与物联网技术，实现修复过程全自动化监控。

6.2 国内应用瓶颈

设备依赖进口：核心紫外光设备仍依赖进口，国产化率不足 30%。

标准体系待完善：需加快制定本土化技术规范，如壁厚设计、验收标准等。

6.3 市场前景

据预测，2025 年我国非开挖修复市场预计规模达到 50~70 亿元，占整体地下管网修复市场的比例可能升至 10%以上，紫外光固化法占比有望从目前的 35%提升至 60%。

7 结论

随着技术的不断创新和迭代，水翻转法和紫外光固化法在材料性能、施工工艺等方面有望进一步优化，成本也可能逐渐降低，进而在各类管道修复领域中得到更为广泛的应用。同时，与其他非开挖修复技术的结合应用也将成为研究和发展的方向，以满足不同作业条件下对管道修复提出的多样化需求。

紫外光固化法 (UV-CIPP) 技术凭借快速固化、节能环保的优势，逐步成为非开挖修复领域的主流技术之一，尤其适合城市核心区、环保敏感区域的管道修复。其核心在于精准控制 UV 光源参数与树脂性能的匹配，同时需克服设备投入高、电力依赖性强等挑战。在项目应用中，需综合评估工期、成本、管况及环境要求，选择最优修复方案。

【参考文献】

- [1] 吴迪. 市政工程排水管道非开挖修复技术研究[J]. 中华建设, 2025(2): 166-168.
 - [2] 唐伟超. CIPP 非开挖地下管道原位加固施工技术研究[J]. 建筑科技, 2023(1): 28-29.
 - [3] 李明. 排水管道 CIPP 法修复内衬结构稳定性分析[J]. 铁道建筑技术, 2022(10): 138-143.
 - [4] 张彦彦, 吴欢, 何田. CIPP 水翻转法在污水管道非开挖修复中的应用[J]. 工程技术研究, 2021(22): 113-114.
 - [5] 赵雅宏, 曾正, 马保松. 《给排水管道原位固化法修复工程技术规程》关键技术[J]. 特种结构, 2019, 36(1): 108-112.
 - [6] 李焕圣, 党彦锋, 武彦杰, 等. 原位固化法修复排水管网质量评估方法[J]. 广东建材, 2024(10): 58-61.
- 作者简介：刘城（1994—），男，工程师，从事市政公用工程施工和管理工作。

风积沙填筑路基的长期耐久性及其维护策略

刘亮

新疆生产建设兵团第十师交通运输服务中心, 新疆 北屯 836099

[摘要]随着我国基础设施建设的持续推进,尤其是西部地区交通网络的不断扩展,风积沙路基的应用逐渐增多。这些地区独特的自然条件,如强风沙、降水稀少及土质松散,使得传统的路基施工方法难以有效应对。面对风积沙的特殊性与复杂性,深入研究其物理力学性质及长期耐久性显得尤为重要。有效的加固与维护策略不仅能提升风积沙路基的稳定性,还能显著减少路基沉降与裂缝问题,从而保障交通安全,并为相关地区的可持续发展提供有力支持。为应对风积沙的特殊挑战,还提出了针对性的方法与技术,旨在为未来的风积沙路基设计与施工提供参考与借鉴。

[关键词]风积沙;填筑路基;耐久性;维护

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15705

中图分类号: U416

文献标识码: A

Long Term Durability and Maintenance Strategy of Wind Blown Sand Filled Roadbed

LIU Liang

Transportation Service Center, the 10th Division of Xinjiang Production and Construction Corps, Beitun, Xinjiang, 836099, China

Abstract: With the continuous promotion of infrastructure construction in China, especially the continuous expansion of transportation networks in western regions, the application of wind blown sand subgrade is gradually increasing. The unique natural conditions in these regions, such as strong sandstorms, scarce precipitation, and loose soil, make it difficult for traditional roadbed construction methods to effectively cope. In the face of the particularity and complexity of wind blown sand, it is particularly important to conduct in-depth research on its physical and mechanical properties and long-term durability. Effective reinforcement and maintenance strategies can not only improve the stability of wind blown sand roadbeds, but also significantly reduce roadbed settlement and cracking problems, thereby ensuring traffic safety and providing strong support for sustainable development in relevant areas. To address the special challenges posed by wind blown sand, targeted methods and technologies have been proposed, aiming to provide reference and inspiration for future design and construction of wind blown sand roadbeds.

Keywords: wind blown sand; filling the roadbed; durability; maintenance

引言

风积沙填筑路基在公路建设中被广泛应用,尤其是在干旱、半干旱及沙漠化地区。尽管风积沙作为常见的施工材料具有一定优势,但其独特的物理力学性质使得在长期使用过程中,路基容易面临一系列稳定性与耐久性问题。风积沙因其松散的结构、较强的透水性以及较低的抗剪强度,路基填筑后容易出现沉降、裂缝、水土流失等问题。这些问题不仅影响路面的平整度,还对交通安全构成威胁。因此,提升风积沙路基的稳定性、延长其使用寿命,并针对其特殊性质制定有效的维护与加固方案,已成为公路建设和养护领域亟待解决的关键问题。

1 风积沙物理力学属性

风积沙作为路基填筑材料,具备一系列独特的物理力学特性。风积沙具有结构松散、级配不良、透水性强、孔隙率大、保水性差以及抗剪强度低等特性,这些特点使得风积沙在实际使用中容易面临稳定性方面的挑战。风积沙中含有丰富的石英、长石和云母等矿物成分,这些成分在一定程度上影响了材料的塑性与抗剪性能,从而导致风积沙可塑性较差,成型难度较大。因此,保持合理的松铺系

数对保证风积沙路基的长期稳定至关重要。在自然状态下,风积沙的含水量通常在 1%至 5%之间,干湿容重分别为 $1.4\text{g}/\text{cm}^3$ 与 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$, 经过压实后,其最大干密度可达到 $1.78\sim 2.01\text{g}/\text{cm}^3$, 展现出较强的压实性能。风积沙的颗粒组成均匀,不均匀系数 (C_u) 介于 $2.6\sim 3.2$ 之间,曲率系数 (C_c) 在 $0.9\sim 1.7$ 之间。粒径范围为 $0.25\sim 0.074\text{mm}$ 的颗粒占比高达 85%至 95%,且粒径分布集中,级配曲线陡峭,这表明风积沙的颗粒大小分布较为均匀,呈现一定规律性。尽管其物理特性较为优越,但随着风积沙路基填筑高度的不断增加,常常会遇到渗水问题。水分从便道渗入可能导致路基的交通阻塞及沉降。因此,在填筑风积沙路基时,必须采取有效的洒水控制措施,并设置合适的排水系统,以避免渗水对道路稳定性产生不利影响。风积沙的压缩变形较小,且其压缩量与荷载之间呈现指数关系。回弹模量通常位于 $75\sim 90\text{MPa}$ 范围,在反复荷载作用下,回弹模量有时甚至可超过 100MPa ,显示出良好的恢复能力。尽管如此,风积沙的最大干密度和 CBR 值通常难以通过传统的重型击实试验进行准确测量,同时在干燥状态下,其黏聚力几乎为零。这些特性决定了风积沙材料

在设计与施工过程中需要特别的处理方式,以确保其路基的长期稳定性与耐久性。

2 风积沙填筑路基的长期耐久性

2.1 风积沙填筑路基的结构演变

风积沙填筑路基的结构演变是一个受到多种因素交互作用的复杂过程。在路基填筑初期,风积沙的结构通常较为松散,颗粒间的联结较弱,导致稳定性差。随着时间的推移,风积沙经历一定程度的沉降,主要由于其天然的松散性和较高孔隙率引起。自重与外部荷载的作用下,颗粒的相对位置发生了变化,结构逐渐密实化,沉降量随之逐步减少,这个过程通常是渐进的,达到相对稳定状态需要长期荷载作用的影响。风积沙路基的结构演变与水文条件密切相关,在湿润或降水较多的环境中,水分的渗透加速了颗粒的沉降与压实,增强了结构的密实度。然而,若水分过多,路基可能出现软化、滑动,甚至发生湿陷。相反,在干燥或降水稀少的地区,过快的水分蒸发可能导致风积沙出现裂缝或龟裂,从而影响长期稳定性。随着填筑高度的逐步增加,风积沙路基的结构演变也受到填土压实程度的影响。底层通常经历了较为充分的压实,而上层则因松散性较强而显得较为薄弱。在长期荷载与环境变化的作用下,风积沙路基的上层容易出现不均匀沉降,进而影响整体稳定性。为有效控制这一过程,合理的填筑顺序和精确的压实控制至关重要。

2.2 风积沙在不同环境条件下的变化规律

风积沙在不同环境条件下的变化规律受到气候、湿度与温度等因素的显著影响,展现出明显的动态特性。在干旱或半干旱地区,含水量较低的风积沙,因颗粒之间结合力较弱,易受到风力与水流的侵蚀,导致表面风蚀或沙丘迁移的现象。在这些地区,风积沙的结构松散,保水性差,容易发生风沙侵扰、干缩以及裂缝等问题,进而影响路基的稳定性。尤其在降水量少、蒸发强烈的季节,干硬层可能在风积沙表面形成,使水分无法有效渗透,进一步加剧风蚀现象,造成路基表层的干裂或水土流失。相对而言,湿润或多雨地区的风积沙表现有所不同。湿气与降水作用增强了颗粒之间的接触力,使压实效果显著,结构趋向密实。尽管风积沙具有较强的渗透性,水分渗透却可能带来湿陷性问题。特别是在雨季,水分的积聚可能导致风积沙软化,继而引发路基沉降或变形,进而影响道路的承载能力。在这种环境下,风积沙的耐久性通常受水文条件的制约,若排水措施不到位,容易发生积水、路基变形,甚至出现水土流失或结构失稳。温度变化对风积沙的影响同样显著,在寒冷地区,温差引起的冻融作用会导致风积沙体积变化,从而加剧沉降与裂缝问题。而在高温环境中,水分蒸发加速土体干燥与收缩,导致风积沙的结构更加松散,抗剪强度降低。

2.3 风积沙填筑路基的抗压强度与耐久性分析

风积沙填筑路基的抗压强度与耐久性直接决定了其

长期稳定性与使用寿命。由于风积沙结构松散,颗粒间的结合力较弱,其抗压强度普遍较低。在外部荷载作用下,尤其是在荷载较大的情况下,风积沙路基容易发生沉降,压缩变形表现得尤为明显。干湿容重、压实度以及颗粒级配等因素均会影响风积沙的抗压能力。适当的压实可以提高其密度,从而改善抗压性能,但由于风积沙颗粒形态及成分特征的限制,压实后的抗压强度仍然有限,远低于黏土等常规路基材料的抗压能力。风积沙路基的耐久性容易受到环境因素的影响,风积沙保水性差、孔隙率高,水分渗透可能导致水土流失或湿陷,尤其是在湿润或多雨地区,水分进入后可能使路基软化、沉降,从而影响其承载能力。与干燥地区的风蚀相比,这类水害问题更容易破坏路基的稳定性与耐久性。另外,风积沙的抗冻性较差,尤其在寒冷地区,冻融循环作用会加剧其结构破坏,导致沉降与裂缝的发生。长期使用过程中,风积沙路基的耐久性还与颗粒结构、级配密度以及填筑高度等因素密切相关。随着填筑高度的增加,底层承受更大荷载,密实度较高;而上层的松散性较强,造成上下层密实度差异,可能导致上层路基出现不均匀沉降,进而影响整体稳定性。因此,在施工阶段,必须严格控制压实度,并根据环境条件设计适当的排水与加固措施,以减少水害与冻融对路基的负面影响。

3 风积沙填筑路基的维护与加固技术

3.1 定期检查与维护方法

风积沙填筑路基的定期检查与维护,是确保其长期稳定性与耐久性的关键措施。通过定期检查可以及早识别潜在问题,为制定有效的维修方案提供依据,从而降低故障率并减少维修成本。检查工作应涵盖多个关键方面,其中沉降情况是首要关注点,由于风积沙的松散性与较高的孔隙率,荷载作用下容易导致不均匀沉降。因此,沉降情况必须定期监测,尤其在交通繁忙或填筑高度较大的路段。监测工作可以通过精密水准仪、沉降板等仪器进行,以确保沉降量保持在预定标准内。裂缝与变形的检查同样不容忽视,风积沙路基在温湿度变化及长期荷载作用下,容易产生裂缝或变形,进而影响路面的平整性与承载能力。检查时,应重点关注裂缝的尺寸、深度及扩展趋势,特别是在气候剧烈变化或雨季临近时,裂缝的扩大可能更为严重,需格外注意。排水系统的检查至关重要,虽然风积沙具有较强的透水性,但在多雨或湿润环境下,如果排水设施出现故障,水分积聚在路基内部可能会导致软化、湿陷等严重问题^[1]。为了确保水分能够顺利排出,定期检查排水管道、排水沟等设施的畅通情况,是防止路基受损的有效措施。路基表面植被的维护也应纳入检查工作的重要内容,健康的植被能够有效固定风积沙,减少风蚀与水土流失,从而增强路基的稳定性。定期检查植被覆盖情况,及时补种或加强管理,能显著延长路基的使用寿命。

3.2 风积沙路基的加固技术（如加固土工布、地基处理等）

风积沙路基的加固技术在确保路基长期稳定性方面具有至关重要的作用，尤其是在风积沙自身抗压强度较低、渗透性较高的情况下。常用的加固方法包括土工布、地基处理等技术，这些手段能够有效提高路基的承载力，减少沉降与裂缝的发生，延长其使用寿命。作为风积沙路基加固中常见的材料，土工布具有显著的作用，凭借其出色的透水性与抗拉强度，土工布在风积沙路基中提供了稳定的支撑，防止风积沙与下层土体混合，从而增强了路基的稳定性。通过将土工布铺设在路基底层或加固层，它不仅有助于减少水分渗透对路基的影响，还能有效防止风蚀现象的发生^[2]。在干旱或风沙较为严重的地区，土工布更能增强路基的抗风能力，发挥防护作用。地基处理技术是另一种有效的加固手段，常见的包括换填、加固及固结处理等方法。换填技术通过将不适宜的松散风积沙替换为承载力更强的土壤或其他材料，通常用于路基底层，以提高整体的承载能力和抗压性能。加固措施，如深层搅拌与注浆加固，通过改变土体的密实度和力学性质，显著提升了风积沙的稳定性。深层搅拌技术能够在风积沙中形成水泥土柱，从而增加路基的强度，减少沉降；而注浆加固则通过注入水泥浆或固化剂，改善了土壤的孔隙结构，提升了抗压强度，增强了稳定性。固结处理方法则通过调节水分，改变风积沙的压实性与稳定性。利用预压或排水板等技术，加速了土体的固结，减少了沉降及软化的风险。特别是在湿润地区，这一方法能够有效避免因水分过多渗透而导致的湿陷问题。

3.3 控制沉降与裂缝的修复方法

风积沙路基在长期使用过程中，常因荷载变化、湿度波动或温度变化而发生沉降和裂缝。如果这些问题未能及时修复，可能导致路面不平，交通安全隐患增加，甚至引发更为严重的结构损害。因此，控制沉降问题与修复裂缝成为风积沙路基维护中的关键任务。沉降问题的控制与修复可通过多种技术手段实现，在初期沉降阶段，通常采用预压处理，即在路基填筑前施加一定压力，促使土体提前沉降，从而减少后期的沉降量。这一方法通常结合排水板和排水管道等设施，利用加速土体水分排放来促进固结，达到减缓沉降速度的效果。对于已经发生明显沉降的路段，则可采用注浆加固技术进行修复。通过注入水泥浆或化学

浆液等固化材料填充沉降区域的空隙，增加土体的密实度与承载力，从而恢复路基的稳定性与平整度^[3]。此修复方法特别适用于沉降较为严重但仍可修复的路段。裂缝的修复首先需评估裂缝的类型及其严重性，对于小型裂缝常使用沥青灌缝或聚氨酯灌浆技术进行修复，填充裂缝的同时形成弹性接缝，防止水分渗透，避免裂缝进一步扩展。对于较大裂缝及结构性损伤较为显著的情况，需对裂缝部位进行局部挖掘，并采取加固措施。此时，可以通过拆除受损区域的路面、回填加固土体，或在裂缝部位安装钢筋网或土工布等材料，以提高路基的强度与抗裂性。如果裂缝是由冻融作用引起的，应首先采取温控措施，避免温度波动过大，再进行修复工作。为了避免未来再次出现类似的沉降和裂缝问题，定期的维护和监测显得尤为重要，通过实时监控沉降情况及裂缝的发展，能够在问题初期得到有效识别并及时采取修复措施。结合现代传感技术，沉降与裂缝的动态变化可以通过物联网系统进行远程监控，从而为后续的修复决策提供可靠的数据支持。

4 结语

风积沙填筑路基在工程建设中面临诸多挑战，主要由于其松散结构、较强透水性以及较低抗剪强度等特性所致。本文深入分析了风积沙的物理力学特性及其长期耐久性，探讨了不同环境因素对路基稳定性的影响，并提出了一系列有效的维护与加固措施。这些措施包括定期检查、加固技术的应用以及裂缝修复等，能够有效提升路基的稳定性，延长其使用寿命，确保道路的安全运营。综合考虑风积沙特性与环境变化后，通过科学的管理方法与技术手段，显著提高路基的长期稳定性与耐久性，为相关工程的顺利实施提供有力保障，推动区域可持续发展。

[参考文献]

- [1]杜国发, 严少发. 浅谈风积沙路基填筑的关键施工技术[J]. 山西建筑, 2010, 36(27): 2.
- [2]章文峰, 刘长茂. 风积沙路基填筑施工关键技术探讨[J]. 交通世界, 2020(28): 75-76.
- [3]刘艳杰. 浅析风积沙路基填筑的关键施工技术[J]. 建材与装饰, 2020(14): 276-279.

作者简介: 刘亮(1990.12—), 毕业院校: 国家开放大学, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 新疆生产建设兵团第十师交通运输服务中心, 职称级别: 工程师。

公路工程项目的施工管理问题及优化策略

李加明

江苏安达工程管理有限公司, 江苏 淮安 223001

[摘要] 公路工程项目的施工管理是确保项目按时、按质、按预算完成的关键因素。文中通过分析当前公路工程项目施工管理中常见的问题, 如工期延误、成本超支、安全事故等, 探讨了其产生的原因, 并提出了一系列优化策略, 包括加强项目管理、提升技术应用、优化资源配置等。通过这些措施的实施, 能够有效提高施工管理水平, 推动公路工程项目的顺利进行。

[关键词] 公路工程; 施工管理; 问题; 优化策略; 工期延误

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15704

中图分类号: U415.1

文献标识码: A

Construction Management Problems and Optimization Strategies for Highway Engineering Projects

LI Jiaming

Jiangsu Anda Engineering Management Co., Ltd., Huai'an, Jiangsu, 223001, China

Abstract: Construction management of highway engineering projects is a key factor in ensuring timely, high-quality, and budgeted completion of the project. The article analyzes common problems in current highway engineering project construction management, such as project delays, cost overruns, safety accidents, etc., explores their causes, and proposes a series of optimization strategies, including strengthening project management, improving technology applications, and optimizing resource allocation. The implementation of these measures can effectively improve the level of construction management and promote the smooth progress of highway engineering projects.

Keywords: highway engineering; construction management; problems; optimization strategy; project delay

引言

公路工程项目作为基础设施建设的重要组成部分, 其施工管理的质量直接影响到工程的进度、质量和安全性。在实际施工过程中, 许多公路工程项目面临着各种管理问题, 亟需优化管理策略。本文将重点分析这些施工管理中的问题, 并提出相应的解决方案, 以期为今后的公路工程项目管理提供参考。

1 公路工程施工管理中常见问题

1.1 工期延误问题

工期延误是公路工程施工中普遍存在的一个重大问题, 且其影响是多方面的。首先, 项目规划阶段的不合理往往是导致工期延误的根源。例如, 设计方案不明确或是施工计划过于乐观, 未考虑到可能出现的不可控因素。天气因素是不可忽视的因素, 特别是在雨季或恶劣天气条件下, 施工进度会受到显著影响。施工技术问题也是工期延误的重要因素之一。若施工过程中存在技术难题, 或施工人员对施工技术掌握不够, 容易导致进度的延误。再者, 资源配置不当、设备故障等也会影响施工进度。

1.2 成本超支问题

成本超支是许多公路工程项目无法避免的一个问题。其产生原因通常是资金管理不当, 项目的预算往往不能精准反映实际所需的资金。尤其是在工程变更较多的情况下, 设计变更和施工方案调整会导致成本的大幅增加, 最终造

成预算超支。另一个原因是项目管理中的资金流动控制不到位, 可能出现资金滞后或支付不及时的情况, 进而影响施工进度和项目执行。若管理人员缺乏对市场价格的敏感性, 在采购材料或外包工程时出现价格过高的现象, 也会导致成本失控。综上所述, 成本超支不仅影响项目的盈利性, 还可能导致施工公司面临财务困境。

1.3 安全管理问题

安全管理问题在公路工程施工过程中至关重要, 许多工程项目未能建立健全的安全管理体系, 导致施工现场事故频发。施工现场缺乏系统的安全培训和教育, 部分施工人员未能充分了解安全操作规程, 增加了事故发生的风险。许多项目没有完善的安全应急预案, 一旦发生突发事故, 现场缺乏有效的应急响应措施, 造成事故的扩大。施工过程中对安全隐患的检查不够, 导致一些潜在危险未能及时消除。安全管理不到位不仅会导致人员伤亡, 还可能引发项目的停工或延误, 造成巨大的经济损失。

1.4 资源配置不合理

资源配置不合理是公路工程项目中另一个常见的问题。施工所需的人员、设备、材料等资源在很多项目中存在不均衡配置的现象, 往往导致施工效率低下。设备的选型不当或数量不足, 无法满足施工需求, 导致施工进度受到影响。其次, 施工人员的分配不合理, 某些工种的人员过多而其他工种人员不足, 造成资源的浪费和人员的闲置。

材料的采购和运输安排不当,也会导致材料滞后,影响施工进度。为了提高施工效率,合理的资源配置是非常重要的,避免资源闲置、浪费以及施工进度受阻,从而保证项目顺利推进。

2 公路工程施工管理问题的原因分析

2.1 项目规划不科学

项目规划不科学是导致公路工程施工管理问题的根本原因之一。科学的项目规划能够对工程的各个环节进行充分的预测和安排,但在许多项目中,规划阶段的准备工作不到位,往往没有充分考虑实际施工条件和环境因素。规划不合理的表现包括工期安排过于紧凑,无法预见可能的工程难点,或者未能留足充分的应急处理时间。许多时候,项目规划过于乐观,忽略了施工中可能出现的复杂问题,如天气变化、设计变更等,导致施工过程中频繁出现工期延误。不合理的资源配置和预算安排也源于项目规划的不科学,最终导致资源浪费或资金不足。因此,完善和科学的项目规划对于确保施工顺利进行至关重要。

2.2 技术水平不足

施工人员和管理人员的技术水平不足,往往是导致公路工程施工过程中问题频发的重要原因之一。公路工程施工涉及多种复杂的技术要求和操作规范,施工人员如果没有接受系统的专业培训,可能会在实际操作中出现错误或疏漏,影响施工质量和进度。管理人员的技术水平同样对工程质量产生重要影响。若管理人员缺乏对施工技术的理解,无法有效监督和协调施工中的技术问题,可能导致项目在施工过程中出现技术难题,甚至发生安全事故。随着工程项目的规模和技术要求的不断提高,加强施工人员和管理人员的技术培训,提升整体技术水平,已成为提高公路工程施工质量和管理效率的关键。

2.3 管理体系不完善

缺乏健全的施工管理体系和标准化流程是导致公路工程项目管理失效的重要原因之一。在许多项目中,管理体系的缺失或不完善,使得施工过程中出现了管理漏洞和疏忽。尤其是在大规模的工程项目中,项目管理任务繁重且复杂,若缺乏规范化的管理流程和分工,往往会导致信息流转不畅、职责不清晰,从而出现协调不力、决策失误等问题。标准化流程的缺乏,也意味着项目各项工作的执行缺少统一的标准,可能导致施工质量不稳定。为了提高施工效率和项目的可控性,建立完善的管理体系和标准化流程,并确保其在项目中的严格执行,是提高施工管理质量的关键。

2.4 外部环境因素

在公路工程施工中,外部环境因素如气候条件、交通状况等往往对工程的进度和质量产生重要影响。恶劣的天气条件,如暴雨、低温或大风等,可能导致施工暂停或延期,尤其是在室外作业较多的公路工程中,天气变化对施

工的影响不可忽视。交通状况也是影响施工进度的一个因素。如果施工现场交通不畅,无法及时运输建筑材料或设备,或是施工过程中对周边交通的影响未能妥善处理,都会导致工程进度的延误。其他外部因素如政府政策变化、土地征用问题等,也可能对工程的推进产生影响。尽管这些外部环境因素往往难以预测和控制,但在项目规划阶段充分考虑其可能带来的影响,并制定相应的应对策略,是确保工程顺利进行的必要措施。

3 公路工程施工管理优化策略

3.1 加强项目规划与管理

公路工程施工项目的顺利实施离不开科学合理的项目规划。首先,完善项目规划应当考虑到整个工程的实际情况,深入分析施工中可能出现的问题,确保项目目标明确、执行可行。在项目规划中,可以运用先进的项目管理技术,如甘特图和关键路径法(CPM),通过这些工具来合理安排各个环节的工期和资源,确保各项任务的有效衔接,避免工期延误。甘特图能够清晰地展示项目进度,方便项目管理人员及时掌握施工进度并做出调整。关键路径法通过识别出影响项目完成时间的关键任务,帮助项目团队集中力量解决关键环节,从而提高施工的效率 and 可控性。项目规划时还需要根据实际情况设置合理的缓冲期,以应对不可预见的风险,确保工程能够按时完成。科学的项目规划能够有效减少施工过程中出现的各种管理问题,提高项目管理的可操作性和实效性。

3.2 提高技术水平与人员素质

提升技术水平和人员素质是保证公路工程施工质量和管理效率的关键。首先,施工人员的技术能力直接影响工程质量和施工进度。必须加大技术研发投入,并定期组织技术培训,提高施工人员的专业技能。施工技术的不断创新和进步,能够解决施工过程中遇到的技术难题,缩短工期,提高施工质量。管理人员的技术素养同样至关重要,尤其是对于复杂的公路工程项目,管理人员必须具备扎实的项目管理知识和技术能力,能够及时识别和解决施工中出现的技术和管理工作。管理人员的专业能力和决策水平,直接决定了项目的执行效率和风险控制能力。因此,不仅要注重施工人员的培训,还应加强管理团队的技术与管理素质建设,为项目顺利实施提供有力支持。

3.3 完善安全管理体系

安全管理是公路工程施工中必须高度重视的一个环节,施工现场的安全隐患往往会引发重大事故,影响项目进度和质量。建立健全的安全管理体系至关重要。应制定详细的安全管理制度,确保每个环节、每个岗位都有明确的安全规范,并要求全体员工严格执行。安全培训应覆盖全体施工人员,确保他们具备必要的安全操作知识和应急处理能力,能够有效应对突发事件。定期进行安全检查也是必要的,通过现场巡视和检查,及时发现潜在的安全隐

患,避免事故的发生。施工现场应设置必要的安全防护设施,如围栏、警示标志和安全通道等,进一步保障人员安全。在实际施工过程中,施工单位还应配备专业的安全管理人员,专门负责日常的安全检查和事故预防工作。完善的安全管理体系不仅有助于提高施工现场的安全性,还能降低事故发生的概率,为工程顺利完成提供保障。

3.4 优化资源配置与调度

资源配置和调度的合理性是影响公路工程施工效率的关键因素之一。首先,应根据工程项目的实际需求,科学合理地调配施工设备、材料和人员,确保各类资源能够高效利用,避免资源闲置或浪费。在设备配置方面,施工单位应根据施工进度和工种要求,合理选择设备类型和数量,确保设备的充分利用而不出现闲置。人员配置方面,应根据不同工序的施工要求和人员能力,合理安排人员的工作任务,避免因人员过多或过少造成的施工效率低下。材料的采购和供应应根据工程进度和施工计划进行精准调度,避免因材料短缺或滞后供应影响施工进度。利用现代化的资源调度工具,可以对资源的流动进行实时监控,确保资源及时、合理、有效地分配到各个环节。优化资源调度还包括对外部合作单位的资源整合,确保施工中的外部资源能够得到合理配合,为项目的顺利推进提供全方位的支持。

4 案例分析与优化效果

4.1 成功案例分析

某公路项目在施工过程中面临了工期延误、成本超支和资源浪费等问题。通过实施一系列管理优化措施,最终成功实现了工程的按时交付,并在质量和成本方面达到了预期目标。首先,项目团队对项目规划进行了全面审查,运用了关键路径法和甘特图等项目管理工具,对施工进度进行了详细规划和跟踪,确保每个环节都能高效衔接。团队还加强了技术水平的提升,通过引入先进的施工设备和技术方案,提升了施工效率和质量。在人员管理方面,项目组织了多次技术培训,提升了施工人员的专业技能,确保了每个环节的技术要求能够得到满足。项目安全管理体系也得到了完善,施工过程中严格遵循安全规范,确保了施工现场的安全。经过科学合理的规划、技术支持和管理措施,该项目提前完成,并且在质量控制和成本管理上达到了预期效果。通过这一成功案例,可以看出,科学的管理体系和优化策略能够有效解决公路工程中的各种问题,推动项目顺利完成。

4.2 优化效果评估

为了评估优化策略的实际效果,我们对优化前后的施工进度、质量和成本数据进行了对比分析。在优化前,项目由于规划不合理、技术水平不足和资源配置不当,导致了工期延误,施工周期比原计划延长了15%。成本超支问题也较为严重,实际成本比预算高出20%,主要原因在于设计变更频繁以及资源浪费严重。而在实施优化策略后,工期延误现象大大减少,通过精细化管理和优化施工流程,工期缩短了10%,并提前完成了部分工程段的施工任务。质量控制方面,施工质量得到了有效提升,项目的工程质量符合或超过了相关行业标准,事故发生率大幅降低。成本方面,经过优化的成本控制措施,项目成本基本控制在预算范围内,仅有少许的超支,主要来自于突发的天气因素导致的额外支出。通过对比优化前后的各项数据,可以看出,优化策略不仅在工期、质量和成本方面取得了明显改进,还有效降低了施工过程中的风险。改进建议方面,虽然优化效果良好,但仍需进一步加强对外部因素的预判和应对措施,确保更好地适应外部环境的变化。持续的技术创新和人员培训也是未来项目管理中需要进一步加强的方面,以确保施工管理能够不断提高效率和质量。

5 结语

公路工程项目的施工管理对项目的成败起着至关重要的作用。通过对现存问题的深入分析,并结合实际优化策略的实施,可以有效提升施工管理的水平,降低施工风险,提高工程的效率和质量。然而,施工管理的优化是一个持续不断的过程,需要不断总结经验,改进方法,才能实现公路工程项目的顺利完成。

[参考文献]

- [1]王栋. 公路工程项目的施工管理问题及优化策略[J]. 江苏建材, 2024(6): 145-147.
 - [2]王璐. 建筑工程项目施工现场管理问题与优化策略[J]. 住宅与房地产, 2023(5): 163-165.
 - [3]黄莹. 公路工程建设项目施工阶段工程造价管理问题及策略研究[J]. 运输经理世界, 2022(14): 80-82.
 - [4]聂锦春. 试论公路工程项目成本管理存在的问题与优化策略[J]. 企业研究, 2012(22): 157-158.
- 作者简介: 李加明(1980.5—), 国家开放大学(建筑施工与管理), 江苏安达工程管理有限公司, 总监理工程师, 公路工程中级。

市政工程道路排水管道施工技术之研究

陈杰

西安市西郊市政设施养护管理有限公司, 陕西 西安 710082

[摘要] 市政工程道路排水管道为城市基础设施建设的必要组成部分之一, 履行着排放道路雨、废水等排水事宜, 维持城市交通安全与环境卫生。随着城市化进程的迅猛推进, 市政道路排水管道的施工技术碰到了别样的挑战与契机。文章最先分析了道路排水管道在市政工程中的关键意义, 全面剖析了当前施工里存在的问题, 如管道设计结构不合理规范、施工质量控制规范性弱、管道维修面临困境, 面对此类难题。文中提出了改进设计方案、提升施工质量把控、创新材料及技术途径等策略。依靠此类规程, 追求提升道路排水管道的施工质量和使用寿命, 助力城市基础设施建设的长远发展。

[关键词] 市政工程; 道路排水管道; 施工技术; 质量控制; 创新策略

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15701

中图分类号: TU992.05

文献标识码: A

Research on Construction Technology of Municipal Engineering Road Drainage Pipeline

CHEN Jie

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

Abstract: Municipal engineering road drainage pipelines are one of the necessary components of urban infrastructure construction, responsible for discharging road rainwater, wastewater and other drainage matters, maintaining urban traffic safety and environmental hygiene. With the rapid advancement of urbanization, the construction technology of municipal road drainage pipelines has encountered different challenges and opportunities. The article first analyzes the key significance of road drainage pipelines in municipal engineering, comprehensively analyzing the problems existing in current construction, such as unreasonable and standardized pipeline design structures, weak standardization of construction quality control, and difficulties in pipeline maintenance. The article proposes strategies such as improving design schemes, enhancing construction quality control, innovating materials and technological approaches. By relying on such regulations, we aim to improve the construction quality and service life of road drainage pipelines, and contribute to the long-term development of urban infrastructure construction.

Keywords: municipal engineering; road drainage pipeline; construction technology; quality control; innovation strategy

引言

伴随城市化进程的稳步推进和人口密集度的增长, 城市排水系统的建设受到的重视不断攀升。道路排水管道作为城市排水系统的核心支撑成分, 其施工手段直接关乎排水系统的效能及使用寿命。然而, 伴随施工环境复杂程度大幅上升、城市土地资源十分紧缺等因素, 旧式的排水管道建设技术渐渐暴露出一些弊端, 例如设计架构不合理、施工实施难度大、材料成分未满足标准等, 这些问题明显削弱了道路排水管道的性能及实用效果。因此, 怎样增进市政道路排水管道施工工艺, 成了一个亟需处理的问题。本文计划以技术缺陷为起点, 分析施工现有的棘手问题, 并拿出实用可行的应对策略, 力图推动市政工程排水管道施工技术的创新与拓展。

1 道路排水管道在市政工程中的作用与重要性

道路排水管道作为市政工程中极其必要的组成部分, 道路排水管道在保证城市排水系统的正常运转、提升城市环境质量和保障交通安全方面发挥着极其关键的作用。随着城市化拓展进程的增速, 人口跟车辆的大幅攀升, 城市道路排水需求渐趋提升。道路排水管道的主要功能是把雨

水、污水等液体有序排走, 预防城市街道形成积水情形, 降低雨季时候对交通的打扰, 维持城市的道路通畅^[1]。

道路排水管道综合保障城市的雨水排放, 雨水经由排水管道迅速排离, 杜绝因积水造成的交通拥堵局面扩大, 实现了城市交通的顺利周转。此外, 合理的排水系统能有效杜绝城市内涝产生, 减轻对公共设施、周边建筑物及居民生活的损害。凭借合理安排与装配排水管道, 可以在雨季支撑城市的正常运转, 减少洪水灾害的突发频数。排水管道对城市环境产生的意义也十分关键, 伴随城市范围的渐渐拓展以及人口规模的渐渐增大。污水排放及垃圾处理演变为日趋棘手的挑战, 道路排水管道不光肩负雨水排放的工作, 还牵扯着污水的采集和输送。

2 市政道路排水管道施工技术常见问题

2.1 排水管道设计不合理

在市政道路排水管道的全面施工中, 排水管道的规划往往是影响施工质量与效果的关键因素。设计缺陷会引发排水系统的功能失灵, 进而引发一连串的工程质量问题。例如, 管道的设计流量计算欠精准, 难以契合不同降雨强度下的排水需求; 或是排水管道的坡度设计未达到相关规

范,引起排水不通顺抑或逆流现象产生。

此外,设计阶段也许存在的纰缪还包括排水管道与其他市政管线之间的交叉或重叠问题,致使后期施工阶段不易调节与处置。例如,排水管道跟电力、通信、天然气之类管线碰到交叉时,若未推进恰当规划,也许会造成管道布局芜杂,施工困难甚至引发额外的损毁^[2]。

2.2 施工过程中管道接头和接口处理不当

在市政道路排水管道工程修筑施工阶段,管道接头和接口的处理意义非凡,由于它们直接关乎排水系统密封与稳定特性的呈现效果。当管道接头跟接口处理欠佳,频繁引发渗漏及损坏现象,引起排水功能停滞,甚至干扰城市的地下水环境生态系统多样性。

普遍的情况涵盖管道接头安装不严密、接头材料不符合规格、接头处未采用恰当的密封物件,或者接头连接有落差,引起接头处生成裂缝。此外,施工实施阶段,若施工人员对接头的施工规范和要求把握不牢靠,又或者在紧张工期的压力动向里漠视质量控制,也容易造成这些问题依次产生。例如,部分施工队伍或许为推进进度而忽视了接头处的压力测试,造成后续管道的密封性和耐用性出现影响后果。

2.3 施工质量监控不到位

在市政道路排水管道建设推进的阶段,做好施工质量监控是保证排水管道系统正常运行的重要环节。施工质量监控未跟上会引发诸多隐患,或许在施工结束后无法及时发现差错,进而对整个排水系统的功能产生干扰。一般的质量问题包含管道的错位、斜度不合格、管道的破裂、密封不严等,此类问题皆会对排水系统的性能带来负面干扰。

施工质量监控不到位的缘由一般有多个。一方面施工过程中也许会产生对施工标准和质量要求理解有缺陷的情形,少量施工队伍也许在项目进度压力下漠视了质量控制。另一方面某些市政项目在施工开展阶段也存在监理审查不达标、监督维护不细致的情况,导致施工质量无法得到有效把控。此外,施工单位在项目管理中未能达成科学、全面的监控,未打造专业的质量审计团队或制定细致的质量审计标准,还容易造成施工质量出现差错^[3]。

2.4 施工环境不适宜

施工环境为影响排水管道施工质量的主要层面之一。在市政道路排水管道启动排水施工作业阶段,施工环境的适宜性欠佳会对管道的质量和工程进度产生负面效应。一般的施工环境问题包含土质松软、地下水位较高、气候恶劣等,这些状况皆会增添施工难度,甚至贻害管道的安装质量。

例如,在土质柔弱有弹性的区域,排水管道的支撑问题十分棘手,倘若缺少实用的加固办法,较易出现管道下沉或变形,危及排水效果。若处于地下水位偏高的区域,倘若没进行恰当的降水处理,工程施工阶段易出现管道变

形或接头渗漏等现象。此外,处于雨季与极端天气条件的时候施工,施工人员的作业会受制约,施工设备的利用会因天气受限,引起工程施工进度滞后。

2.5 管道施工后期维护和管理不当

市政道路排水管道的施工并非工程终期,后期的维护跟管理也极其关键。施工后期的管理缺乏针对性,尤其在管道的长久使用阶段,大概会引起一些隐性问题渐渐暴露,如管道淤塞、毁坏、下陷等。此类问题不但干扰排水系统的成效,还会引起排水管道系统的整体瘫痪,引发严峻的城市内渍等问题。

管道增接后的维护和管理状况,往往归咎于对管道使用寿命得太乐观的认定,欠缺对管道定期检查及保养的留意。部分地区未形成健全的管道维修和检查机制,造成管道出现的老化、破损未能及时修复。而且,若干管道的使用状态与运行情况未及时督察,无法凭借现代化手段进行智能管理升级。

3 市政道路排水管道施工技术优化策略

3.1 加强排水管道设计的科学性与合理性

在市政道路排水管道施工技术的改进阶段,应将目光投向排水管道设计阶段,保障设计方案呈现科学合理统筹。设计阶段的恰当性优化是排水管道施工是否顺利的关键因素之一,仅凭借科学细致设计才可保障排水系统的正常运行和长期稳定性。排水管道的设计,应结合具体项目所在区域降水量、地质条件、道路交通量等因素合理确定管道的规格、数量与布局。尤其在城市交通繁忙、雨水排放需求量大的地区,应设计更大通量和更复杂的排水管道系统。此外,设计师应当全面顾及未来城市的扩展需求,保证排水系统具备恰当的承载能力。恰当的管道坡度规划是排水系统高效运作的基础,坡度过小水流不畅容易积水坡度过大容易引起管道冲刷、破裂和水流失控^[4]。

设计推进工作的阶段内需避免排水管道跟其他市政设施相互重叠,更应留意在交叉点与交汇的地段,一定顾及后期维护和检修的顺畅性。开展设计工作阶段应预留管道围护通道和检查井,减少施工阶段或后续建设时期给现有排水管道造成的破坏。在异常地质区域,像地下水位偏高的地区,开展设计事务时应强化对管道防水、抗沉降等要求的思索。尤其是处于软质土层、湿滑地域以及受强烈地震扰动的地段,设计从业者需考虑管道的支撑性和加固措施,保障管道在恶劣环境情形下可长期稳定运作。

3.2 施工阶段的技术创新与优化

施工技术的革新与提升对排水管道施工过程的顺利开展意义非凡。经由改进施工工艺、导入新式设备与技术,可极大提升施工质量,提早施工日期,降低成本同时削减对环境的负面破坏。伴随科技上扬,现代化施工设备已普遍在市政道路排水管道的施工推进阶段里发挥效能。例如,采用高性能的摊铺机、智能型的压路机等设备,既能够促

进施工的速度把控,还能维持管道铺设的精度及平整度稳定。此外,智能化的可靠自动化设备可以降低人工误差,增强施工的安全与稳定度,新型材料的采用可有效增强排水管道的耐用性与抗腐蚀性,尤其是对那些要长期运用且受自然环境影响明显的排水管道。例如,能抵御腐蚀的复合材料、钢塑复合管、聚乙烯(PE)管等,拥有良好的使用期限,可以在高腐蚀性环境中保有稳定,体现出良好的抗老化能力,故而令维护成本得以削减。

凭借采用前沿的施工工艺,可实现增进施工产出和品质。例如,在开工伊始阶段全面进行土质分析,按照不同土壤特性选用恰当的开挖和回填工艺,制止因土壤酥软引起的管道沉降问题。同时,可借助无开挖施工技术,恰似顶管法、喷射灌浆技术一类,弱化施工过程中对周边环境的影响,尤其是在城市商业热闹地带或交通拥堵路段,防止交通中断和周边建筑物体验震荡。管道接头及接口的装设为排水管道系统是否能顺畅运行的核心要点^[5]。

3.3 加强施工质量控制与监督

在市政道路排水管道铺设期间,提升质量审核与监督是保证工程质量的关键手段。经由搭建科学的质量管理体系,提升施工全程的质量把控水平,能有效躲开施工质量隐患,增加排水系统的使用周期和运行稳定性。施工单位需要搭建一套完备的质量管理体系,厘清质量管理义务及检查准则。各个施工环节都需安排专门的质量控制人员,保障从管道的运输、保存、建设、安装到后期核查都能够进行全面的筛选。施工实施阶段,应切实依照设计图纸和施工规章执行,按一般周期进行质量抽查,保证施工质量符合要求,现场施工管理的全面优化是保障排水管道施工质量的基础。施工现场管理人员进一步加大对施工过程的监督,按既定频率巡查现场,探知问题马上整治。尤其针对管道工程中埋设深度、接头密封、坡度设计等关键部位,必须进行屡次核查,防止施工中的纰漏或差错。

伴着科技发展的步伐,智能化监控技术开始渐渐应用于市政工程施工中,可凭借传感器、无人机等科技聚合设备对施工现场进行实时监控。既可以增进施工质量,又能对环境影响实行有效把控。例如,采用传感器监测管道的温度、湿度等物理参数,实时辨认施工过程中的异常情况,保证施工过程中的各个流程都符合质量的特定要求。市政排水管道施工涉及挖掘、土方夯实等工序,施工开展中也许会给周边环境产生效应^[6]。

3.4 加强后期管道维护与管理

市政道路排水管道建设工作不驻留在竣工验收,后续

阶段的管道维护与管理同样关键。通过建立有效的管道管理制度、合理的检查与维修体系,可实现排水管道的长时间平稳工作局面,防止因维护缺乏而出现的故障及问题。市政排水管道的后期管理应当包括按时的检查及维护事宜,尤其是自管道启用后的初始时段,按期审查管道的运营状态,及时察觉潜在问题并进行迅速排查修理。能凭借布置智能化监测设备,若举例会有类似的传感器和自动报警系统,实时掌握管道的运行情形,即刻找出管道泄漏、堵塞等异常苗头,以便实施迅速修缮。

随着技术的进步,许多新的管道修复技术相继问世,诸如管道内衬修复、喷射修复这类状况的技术,可以明显增加管道的工作时长,而且修复工序高效、成本不高。采用这些新技术,可以在不干扰排水系统正常运行的格局下进行管道修复,最大限度降低对市民生活秩序的影响,管道维护的质量借助高素质的专业人员的能力^[7]。

4 结语

市政道路排水管道施工技术在保障城市排水系统的正常运转、提高城市基础设施水平中扮演着重要角色。随着城市规模的扩大和排水需求的增加,传统的施工技术面临诸多挑战。通过对当前施工技术中存在问题的分析,本文提出了优化设计、加强质量控制、创新材料应用等策略,旨在提升施工质量、减少工程难度并延长管道使用寿命。

[参考文献]

- [1]熊文.市政道路排水管道施工技术要点分析[J].散装水泥,2024(6):53-55.
- [2]陈振东.市政工程中给水排水管道施工技术研究[J].新城建科技,2024,33(9):155-157.
- [3]罗根太.市政道路排水管道施工技术的应用探析[J].居业,2024(5):65-67.
- [4]李颖.市政道路排水管道施工技术研究[J].建材发展导向,2024,22(9):103-105.
- [5]安永.市政工程中道路排水管道施工技术要点分析[J].城市建设理论研究(电子版),2024(12):199-201.
- [6]梁正敏.市政道路排水管道施工技术研究[J].建筑与预算,2023(9):65-67.
- [7]林光洪.市政道路排水管道施工技术难题及发展方向[J].工程机械与维修,2023(4):90-92.

作者简介:陈杰(1990.9—),毕业院校:陕西能源职业技术学院,所学专业:矿井通风与安全,当前工作单位:西安市西郊市政设施养护管理有限公司,职务:设备管理员,职称级别:初级工程师。

论路桥施工中裂缝防治技术的应用分析

马金贵

新疆北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]公路桥梁施工的裂缝防治问题是公路高质量建设的关键,随着现代化建筑工程技术的发展,路桥施工的裂缝防治技术也在不断演变升级,积极引进先进的裂缝防治技术,才能有效减少由于路桥裂缝问题的发生,保证路桥后续的使用安全。本篇文章首先分析了路桥施工中裂缝防治技术的基本概念和产生原因,其次总结了当前主流路桥裂缝防治技术,最后提出路桥裂缝防治技术的应用要点,以期能进一步丰富相关理论和实践经验,为进一步提高路桥施工质量,推动我国基础设施建设和发展打下良好基础。

[关键词]路桥施工;裂缝防治;应用措施

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15686

中图分类号: U418.6

文献标识码: A

Discussion on Application Analysis of Crack Prevention Technology in Road and Bridge Construction

MA Jingui

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

Abstract: Crack prevention and control in highway bridge construction is the key to high-quality highway construction. With the development of modern construction technology, crack prevention and control techniques in road and bridge construction are constantly evolving and upgrading. Actively introducing advanced crack prevention and control techniques can effectively reduce the occurrence of road and bridge crack problems and ensure the safety of road and bridge use in the future. This article first analyzes the basic concepts and causes of crack prevention and control technology in road and bridge construction, then summarizes the current mainstream road and bridge crack prevention and control technology, and finally proposes the application points of road and bridge crack prevention and control technology, in order to further enrich relevant theories and practical experience, and lay a good foundation for further improving the quality of road and bridge construction and promoting infrastructure construction and development in China.

Keywords: road and bridge construction; crack prevention and control; application measures

引言

随着社会经济的发展,人们的物质经济水平越来越高。在此背景下,我国经济市场蓬勃发展,市场的供求形势越来越好,市场需求体量大且呈多元化发展趋势,同时交通运输业的发展也推动着人员流动量的扩大,高速公路桥梁工程的建设规模和建设数量也持续提升。随着路桥建设的不断推进,也暴露出一定的难题。裂缝问题就是路桥施工中常见的质量问题,如果不能在短时间内采取有效处理方式,不仅会缩短高速公路桥梁的使用寿命,还会为路桥埋下安全隐患,甚至危及生命。基于此,施工单位必须充分认识裂缝问题在路桥施工中的重要性,并采取有效的防治方法,以促进公路桥梁建设事业安全、稳定发展。

1 路桥施工中裂缝防治概述

桥梁是高速公路建设中非常重要的组成部分,许多桥梁都采用混凝土结构,主要原因是该结构具有良好的使用性能如耐性好、抗压性强、原材料获取简单、成本低、耐火性好等。但在实际施工中,混凝土结构也会受一定因素影响出现裂缝,从而严重降低混凝土结构的整体稳固性和耐久性,影响路桥通行功能,甚至还会引起路桥坍塌风险,

严重影响人们的交通安全,是制约我国交通运输基础设施现代化建设的主要因素^[1]。具体来讲,路桥工程的裂缝问题需要结合实际裂缝外观和相应指标共同判断,方便对裂缝问题进行评级并制定针对性的裂缝处理措施,具体指标内容如表1所示。

表1 路桥裂缝等级参考

混凝土结构	裂缝控制等级	Wilm
钢筋混凝土	三级	0.2~0.4
预应力钢筋混凝土	三级	0.1~0.2
预应力钢筋混凝土	二级	—
预应力钢筋混凝土	一级	—

2 常见路桥裂缝表现

2.1 八字形

八字形裂缝是路桥中最为常见裂缝问题,产生八字形裂缝的主要原因包括混凝土水泥砂浆混合比例不当、混凝土变形、混凝土沉降等。因此在路桥施工中,必须选择优质的施工材料并制定科学施工方案,尽可能避免混凝土受挤压变形沉降,严格防范后续施工出现的裂缝问题^[2]。

2.2 垂直裂缝

垂直裂缝主要存在于桥梁结构和桥梁间隙之间,在裂缝产生初期,裂缝间距很小,此时可以采取简单的修补措施,对裂缝进行全面修补加固。但如果不及时修补垂直裂缝,垂直裂缝将会随着时间的推移而增大,严重影响桥梁使用安全。

2.3 水平裂缝

阶梯式裂缝主要产生原因是桥梁结构受力大,且荷载力集中在裂缝处。一旦在施工中未及时处理或处理不当,会导致裂缝横向不断扩展,威胁桥梁使用安全。

3 路桥施工中裂缝的主要产生原因

3.1 温度因素

我国大多数路桥施工都在室外进行,施工质量极易受外部环境的影响。温度就是影响路桥施工质量的重要因素之一。在路桥施工过程中,如果露天环境下施工地点早晚温差超出一定范围,就会造成混凝土裂缝,严重影响桥梁的整体结构稳定。常见如冬季低温环境下的路桥施工,由于路面混凝土内部含水量增加,结构含水量减少,导致路面出现大量冻层,引起混凝土体积急剧膨胀,进而出现大量裂缝^[3]。

3.2 材料因素

路桥工程是我国的重要基础设施,在推动我国社会经济发展中起着不可替代的作用,合理选择路桥工程施工材料,能更好地保证公路桥梁工程的整体质量。一旦施工单位在施工中并未按相关材料选用和施工规范要求进行,极易影响路桥施工质量,降低混凝土结构稳固性,从而影响路桥强度和耐久性,造成混凝土开裂,妨碍路桥正常使用。

3.3 荷载因素

大量大型货车的通行也会引起路桥裂缝,缩短路桥使用寿命。与小客车相比,货车的承载能力较高,一旦桥面货车大量长期通行或车辆超载,都可能会导致桥面荷载超负荷,从而破坏桥面结构稳定,引起路桥裂缝。

3.4 混凝土配比因素

混凝土配比因素是引起路桥施工中裂缝问题的常见因素。这种情况下混凝土配比成分包括水、水泥以及其他砂石集料等,通过将配比成分按照一定的配比方案进行混合,最终形成符合施工要求的混凝土材料。在具体施工中混凝土的材料配比应结合施工具体需要确定,但在此环节出现混凝土配比误差,将会对路桥施工质量带来极大的影响,也是产生严重混凝土裂缝问题的主要原因。此外,部分施工单位在使用混凝土集料之前,并未按照规定对混凝土集料进行清洗,这在一定程度上增加了混凝土配比中的含泥量,从而降低混凝土强度,导致后续路桥施工出现裂缝。

4 路桥施工中裂缝的防治技术

4.1 严格把控施工温度

由于路桥工程大多在室外,其施工质量与温度控制密

切相关,因此,为了有效规避路桥施工中的裂缝问题,必须采取严格的温度控制措施。首先关注混凝土搅拌温度,尤其是在昼夜温差比较大的情况下,必须严格采取相应防护管理措施。其次,为了保证工程质量,适当情况下还需要添加一定量的减水剂,避免混凝土受温度影响出现整体结构受损。最后,还应做好混凝土的浇筑、养护环节把控,确保整个路桥施工都在可控温度环境下进行,避免温度引起的路桥裂缝问题^[4]。

4.2 表面修复技术

表面修复技术是常见的路桥裂缝修复方法,一般适用于对路桥整体结构影响较小的裂缝修复工作。首先,利用环氧树脂砂浆进行表面涂浆,初步填充裂缝;其次,在表面涂抹防止氧化的专用油漆,提高对混凝土的保护作用;最后,采用玻璃纤维黏结技术,可以有效控制混凝土的张力,进一步确保表面修复质量。

4.3 灌浆法

当路桥施工中出现对桥梁和结构造成威胁的大面积裂缝时,可采用灌浆法修复裂缝。首先,测量裂缝的边角厚度并钻孔,在此基础上利用负压装置对孔隙进行灌浆,提高混凝土灌浆结构的稳定性,进一步加强混凝土成本结构和后续灌浆之间的结合。最常用的灌浆材料是环氧聚合物,当然出现裂缝过大等问题,也应当使用一些特殊材料,如甲基丙烯酸酯等。

4.4 混凝土置换法

混凝土置换主要操作方式为清除混凝土并重新灌注新的水泥,适用于路桥出现巨大裂缝。混凝土更换方案如图1所示。

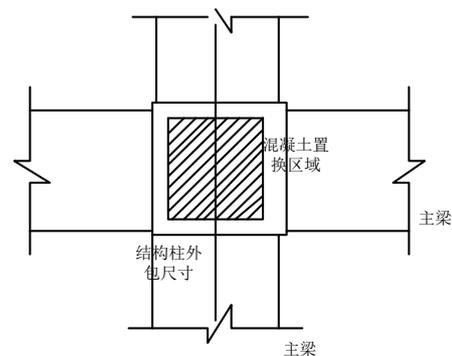


图1 混凝土更换法

5 路桥施工中裂缝防治技术应用要点

5.1 做好地建设

地基基础是做好路桥施工的关键要素,也是整个路桥工程质量和安全的决定性因素。为避免后续路桥施工过程中出现裂缝,施工单位必须做好地建设。在具体实践中,施工单位一方面需要了解地基的承载能力,在施工前应对施工现场进行全面的勘察,根据考察结果了解施工现场不同区域的地基承载能力。另一方面,施工单位在设计路桥

施工方案时,应客观、系统地分析交通荷载、温度等因素,确保后续施工方案得以有效执行,必要时,可以合理设置中间应力消减层,既能防止路面开裂,又能在出现裂缝后延长裂缝扩大的时间。

5.2 确保浇筑质量

在路桥施工对混凝土技术的要求非常严格,混凝土结构的质量是防止开裂的关键。因此施工单位在施工时,应注意施工质量和施工效率的平衡。首先,施工单位在施工前必须充分解读路桥施工相关质量要求,结合现场情况完善施工方案,确保施工顺利、高效推进^[5]。其次,施工单位在混凝土的浇筑前,应做好衬砌工作的把关,如在温度较高的施工环境下,粗骨料在拌合前应进行喷淋冷却,避免突然冷却失水引起裂缝问题;如温度较低,则要重点关注保温问题。再次,应充分振捣混凝土,确保混凝土密实度符合施工标准,防止混凝土出现裂缝。振捣前应全面检查机器的运转情况,确保振捣过程高效有序。最后,在施工过程中,重点把关混凝土内外温差,将其控制在合理范围内,确保结构整体平整,加强节点和砌块的接缝处理,不断提高混凝土结构的力学性能。此外针对特殊的混凝土结构施工如长钢筋混凝土结构。结构设计不仅要考虑混凝土结构在混凝土中的应力,还要考虑混凝土板之间应力应变情况。结合内应力受力情况和结构可能出现的变形问题分析楼板应力,保证板底钢筋的长度符合具体施工要求,钢筋长度应超过梁的中心线。双向板底部的钢筋应按以下方式布置:底层用于短跨,顶层用于长跨。当底板与梁平行时,底板钢筋应置于梁下纵向钢筋之上。

5.3 科学选择施工材料

建筑材料是路桥工程建设的重要组成部分。如果原材料的质量不符合设计标准,不仅会影响桥梁工程的使用效率,还会影响桥梁工程的安全性,甚至会阻碍后续施工工序的开展,严重影响施工周期。基于此,施工单位需要加强对原材料质量的管理,选择优质的施工材料,确保路桥工程的施工质量符合标准。首先,路桥施工材料采购人员要根据施工方案的需要,科学选择符合施工要求的施工材料。在采购前应该充分了解市场上不同类型材料的价格、质量、特征、使用优势、整体性能等,通过综合分析比对,选择性价比高的材料,有效满足项目施工需要。其次,在路桥施工过程中,施工单位还应按照相关规范严格把控多种材料的配合比,尤其应关注混凝土的含砂量,务必确保其能有效符合路桥施工要求。同时,应该严格把控不同施工材料的使用量,充分发挥施工材料的应用价值,有效保证道路桥梁混凝土结构具备其应有的抗拉强度。再次,先进的施工技术不仅可以大大提高路桥工程的施工效率和施工质量,也能进一步缓解工人的劳动强度,提高施工安全性。将其应用在路桥施工中的裂缝防治过程中,能有效避免施工中出现大量混凝土裂缝问题。因此,施工企业应

该积极引进新的施工技术。最后,路桥的主要施工材料是钢筋和混凝土材料,因此要加强对该类材料选择采购环节的监督,严格控制各种材料的性能、质量和价格,确保后续钢筋混凝土材料的施工质量,有效提高路桥工程的混凝土结构稳定性。此外,路桥工程施工工人还应加强路基填料的控制,保证其 CBR 值能有效满足施工要求,具体强度要求如表 2 所示。

表 2 路基填料强度要求

填充对象	填料深度 (cm)	城市快速路和主干路 填料下限 (%)	其他道路填料下 限
路基	大于 150	3	2
路基	大于 80 小于 150	4	3
路基	大于 30 小于 80	5	4
路床	大于 0 小于 30	8	6

在工程施工过程中,施工单位还必须充分考虑外部环境对施工作业的影响,严格遵守建筑法规,尽量规避外部环境对工程质量造成的不利影响,最大限度地提高路桥施工中的混凝土稳定性。此外,在道路桥梁施工中,还必须严格控制下部结构的加载和卸载速度,合理控制预留预应力,有效防止裂缝的形成。

5.4 重视路桥施工后混凝土养护

完成路桥施工后,施工单位还应及时高效开展混凝土养护工作。具体流程如下:第一,在养护前提前做好混凝土表面的修整和调节,彻底清除混凝土表面的水膜,混凝土表面成型且水膜消失后,才能开展下一步的养护工作。第二,在养护过程中,为了保证发挥混凝土养护价值,保证养护工程质量,防止在养护过程中出现混凝土多次反复开裂或大面积开裂等现象,必须全面分析混凝土养护需要,基础上制定科学的养护规划,严格控制养护周期。第三,针对采取湿处理混凝土养护方法,养护阶段应该使用湿稻草袋全面覆盖养护范围,并且跟紧混凝土养护情况,定期喷水以保证混凝土始终处于湿润状态。第四,路桥工程的混凝土养护工作一般在半个月左右,在养护过程中,应充分了解不同季节不同区域的温度湿度变化,在此基础上制定针对性的养护措施。例如在冬季或为降水的干旱季节采用喷塑养护法,尽可能减少水分蒸发,这也能在一定程度上达到保温效果;在夏季,由于室外温度高,为了降低混凝土内部的温度,避免内外温差过高引起的裂缝问题,还应密切关注混凝土内外温差情况,定期喷水降温。除此之外,路桥工程的施工过程中还存在着一些不可预料的问题,对此施工单位应充分考虑路桥施工具体要求和施工特点,结合施工经验和现有施工技术,不断改良施工方案,从而有效提高路桥施工质量,严格防范施工过程中的裂缝问题,推动我国路桥施工长效稳定发展。

6 结束语

综上所述,在道路桥梁施工中,最容易出现的问题就

是混凝土裂缝问题。一旦在施工过程中发现路面混凝土出现裂缝,必须及时采取针对性的处理方法,避免裂缝问题持续扩大。在路桥施工作业中,裂缝问题不仅会影响当下以及后续施工环节的施工质量和效率,还会为后续路桥的使用埋下极大的交通安全隐患,为了有效防止裂缝问题,如何把控路桥施工质量,施工单位必须具备专业的职工素养和技术水平,在可能出现裂缝问题的多个环节并有针对性的防护措施,要做好地基建设、混凝土浇筑管理、施工材料管理、混凝土后续养护工作等,并在施工完成后定期维护,从而有效保障交通安全,促进道路施工技术的进步。

[参考文献]

[1]张森岳.市政道路桥梁施工质量通病防治处理分析[J].

城市建设理论研究(电子版),2024(33):152-154.

[2]何剑柯.路桥施工中裂缝防治技术的应用分析[J].中国住宅设施,2023(6):74-76.

[3]宁建安.道路桥梁设计和施工中裂缝成因与处理对策[J].大陆桥视野,2023(4):125-127.

[4]李辉跃.桥梁大体积混凝土施工裂缝防治对策[J].交通世界,2021(2):199-200.

[5]郑云.路桥施工中大体积混凝土裂缝成因与防治措施[J].大众标准化,2019(18):40-42.

作者简介:马金贵(1995.12—),男,毕业院校云南大学;所学专业工程管理,当前就职单位新疆北新路桥集团股份有限公司四川分公司,职务测量员,职称级别初级。

NiTi 形状记忆合金与钛合金异种金属高能束焊接研究现状

王小强^{1,2,3}

1. 新疆工程学院机电工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830023
2. 新疆煤矿机电工程技术研究中心, 新疆 乌鲁木齐 30023
3. 建筑钢结构智能制造技术兵团重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830023

[摘要] 综述了 NiTi 形状记忆合金与钛合金异种金属高能束焊接技术的最新研究进展。重点阐述了有关 NiTi 形状记忆合金异种金属 NiTi 形状记忆合金与钛合金异种金属高能束焊接方法 (高能束焊接、固相焊和钎焊、熔焊热导钎焊) 及如何避免焊接中产生焊接缺陷。简单介绍了钛与形状记忆合金 NiTi 形状记忆合金与钛合金异种金属高能束焊接现状, 且对 NiTi 形状记忆合金异种金属 NiTi 形状记忆合金与钛合金异种金属高能束焊接技术未来发展进行了展望。

[关键词] NiTi 形状记忆合金; 钛合金; 高能束焊接; 异种金属焊接

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15696

中图分类号: TG139.6

文献标识码: A

Research Status of High Energy Beam Welding of NiTi Shape Memory Alloy and Titanium Alloy Heterogeneous Metals

WANG Xiaoqiang^{1,2,3}

1. School of Mechanical and Electrical Engineering, Xinjiang Institute of Engineering, Urumqi, Xinjiang, 830023, China
2. Xinjiang Coal Mine Electromechanical Engineering Technology Research Center, Urumqi, Xinjiang, 830023, China
3. Key Laboratory of Intelligent Manufacturing Technology for Building Steel Structures, Urumqi, Xinjiang, 830023, China

Abstract: This article summarizes the latest research progress in high-energy beam welding technology of NiTi shape memory alloy and titanium alloy dissimilar metals. This article focuses on the high-energy beam welding methods of NiTi shape memory alloy dissimilar metal NiTi shape memory alloy and titanium alloy dissimilar metal (high-energy beam welding, solid-state welding and brazing, fusion welding thermal conductivity brazing) and how to avoid welding defects. This article briefly introduces the current status of high-energy beam welding between titanium and shape memory alloy NiTi shape memory alloy and titanium alloy dissimilar metals, and looks forward to the future development of high-energy beam welding technology between NiTi shape memory alloy dissimilar metals NiTi shape memory alloy and titanium alloy dissimilar metals.

Keywords: NiTi shape memory alloy; titanium alloy; high energy beam welding; dissimilar metal welding

引言

NiTi 形状记忆合金是一种功能材料, 被称作“跨越 21 世纪的理想材料^[1]”, 具有优良的形状记忆效应、超弹性、耐磨性而被广泛应用于航空航天、海洋工程、仪器仪表等领域^[2-4]。钛合金具有比强度高、低温韧性好、良好的耐蚀性的优点, 可有效减轻构件负重, 在航空航天、石油化工和船舶制造等行业有广阔的应用前景^[5-8]。NiTi 形状记忆合金和钛合金均以突出的生物相容性在医疗行业备受青睐。然而, 鉴于单一合金在较多情况下无法满足其实际使用要求, 通常将 NiTi 形状记忆合金和钛合金复合使用, 这种复合构件可同时兼具两种合金的优点, 更加充分地发挥性能优势。但是, NiTi 合金与钛合金异种金属焊接时, 因两种金属在化学性质和热物理性质方面都存在差异, 导致接头极易产生裂纹, 严重影响焊接质量。目前, 为了解决异种金属之间焊接的难点, 国内外学者对于

NiTi 合金/钛合金异种金属焊接研究颇多, 其中涉及不同的焊接方法 (熔化焊、固相焊、钎焊)、添加不同中间层 (Ni、Cu、Nb 等) 和提出新的焊接技术来解决 NiTi 合金与钛合金难焊接的问题。

本文通过对 NiTi 合金/钛合金异种金属焊接裂纹的产生机理、添加中间层的作用和高能束接触反应钎焊技术等总结, 论述了如何消除焊接裂纹、细化组织和提高力学性能, 并为 NiTi 合金与钛合金异种金属高能束焊接积累经验 and 研究导向。

1 焊接性分析

1.1 化学性质方面

有害元素的影响: 由于 NiTi 合金和钛合金中 Ti 化学活性较高, 在高温环境下能与气体中的 H、N、O 等元素发生化学反应, 增加了焊接接头的脆性, 导致接头具有更大的裂纹敏感度。其中, 当焊接温度为 250℃ 时, 与 H 发生

反应,接头中有 TiH_2 脆性相形成发生氢脆,焊缝处易产生微裂纹;当焊接温度大于 $600^\circ C$ 时,随温度升高,对 N 的吸收能力越强,与之形成间隙化合物,导致接头塑性、韧性下降,增加接头裂纹倾向;当焊接温度达到 $500\sim 750^\circ C$ 时,与 O 发生反应,使得接头脆化和组织粗大等。

金属间化合物:由图 1 可知,室温下 Ni 在 Ti 中的固溶度较小,由于焊接过程中温度升高, Ni 在 Ti 中的固溶度会增加。而当焊接完成后, Ni 在 Ti 中的固溶度会随温度下降而下降,造成 Ni 在 Ti 中过度饱和,致使焊缝中形成 Ti_2Ni 和 $TiNi_3$ 金属间化合物。

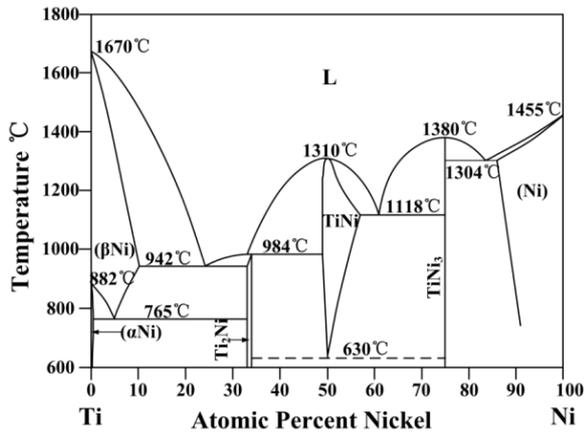


图 1 Ti-Ni 二元相图

1.2 热物理性质方面

表 1 为 NiTi 合金与 Ti6Al4V 合金的热物理性能,两者性能有显而易见的差异,导致二者焊后接焊缝产生裂纹及焊缝成形质量较差,导致接头处无法正常连接从而达不到使用要求。

表 1 NiTi 合金与 Ti6Al4V 的热物理性能

材料	熔点/ $^\circ C$	线膨胀系数/ $(10^{-6} \cdot ^\circ C^{-1})$	热导率/ $(W \cdot m^{-1} \cdot ^\circ C^{-1})$	比热容/ $(J \cdot g^{-1} \cdot K^{-1})$
NiTi	1310	10	18.0	0.461
Ti6Al4V	1668	8.2	13.8	0.52

2 NiTi 合金与钛合金高能束焊接研究现状

所谓高能束焊接,是指将焊接接头在高能量等的作用下至熔化状态,经过冷凝使焊件连接在一起的工艺过程。与传统的熔化焊相比,高能束焊接具有焊缝窄而深、能量密度集中、变形小和焊接速度快等优点,其中包括激光焊接和电子束焊接。

目前,针对 NiTi 合金与钛合金焊接存在问题,研究者采用直接焊接、添加中间层、焊后热处理和不断在实践中探寻新的焊接技术等解决途径。主要阐述了 NiTi 合金与钛合金接头裂纹产生原因、焊缝成形、微观组织、力学性能等的研究。

2.1 直接接触型共熔池高能束焊接

为了解 NiTi 合金与钛合金焊接接头由异种金属差异

引起的不匹配度,研究者们进行不断探索,揭示了 NiTi 合金与钛合金异种金属焊接接头产生裂纹的原因。Zoeram^[9]等对 NiTi/Ti6Al4V 异种金属激光焊接接头进行了研究。研究表明,由于异种金属之间存在焊接性差异, NiTi/Ti6Al4V 直接焊后在接头中易形成 Ti_2Ni 脆性相,导致接头有裂纹产生,最终导致接头失效。

为进一步清楚地认识 NiTi 合金与钛合金焊接难点, Chen^[10,11]等采用激光微焊接对 $200\mu m$ 厚 NiTiNb 薄片和 Ti6Al4V 薄片进行焊接。研究了接头的焊接裂纹,揭示了产生 Ti_2Ni 金属间化合物是导致接头裂纹的主要原因。当激光功率为 $7.2W$ 时,焊缝中心有纵向裂纹、焊缝边缘有液相裂纹及热影响区有热裂纹形成,如图 2 所示。

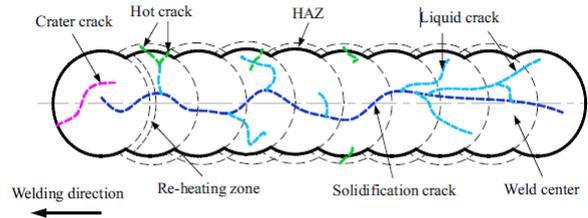


图 2 NiTiNb/Ti6Al4V 微激光焊接接头裂纹原理图^[10]

Song^[12]等通过对激光焊接 NiTi 形状记忆合金和 TC4 接头宏观形貌、微观组织和断口分析,探索了产生冷裂纹的原因。研究表明,断口类型属于脆性断裂模式,发生裂纹部位有 Ti_2Ni 和 $TiNi$ 两相组成。同样 Ti_2Ni 金属间化合物导致接头脆性,加之焊接应力作用产生裂纹。

总之,当 NiTi 合金与钛合金直接焊接时,焊缝中极易产生 Ti_2Ni 金属间化合物,导致接头变脆。再者异种金属之间存在膨胀系数等差异,促进焊接裂纹形成,使得接头力学性能显著下降,甚至完全失效。

2.2 添加中间层型共熔池高能束焊接

NiTi 合金与钛合金直接焊后接头易产生金属间化合物和裂纹, Miranda^[13-16]认为采用中间层的方法能够减少硬脆金属间化合物的形成。

通过添加 Cu、Nb、Ti、Ni 等中间层,有效地抑制了金属间化合物的形成。Zoeram^[1,2]等完全消除了 NiTi/Ti6Al4V 异种金属激光焊接后接头的焊接裂纹,同时减少了 Ti_2Ni 金属间化合物的数量。但加入 Cu 中间层厚度需加以控制,如若熔池中熔于过多 Cu 之后,焊缝中有一定数量的 Ti-Cu 金属间化合物和局部的富 Cu 区域出现,严重降低了 NiTi/Cu/Ti6Al4V 接头力学性能,延性较差。同时,占宇林^[1]等采用真空电子束焊接添加 Nb 中间层对 TiNi 合金与 TC4 进行了研究。研究表明,没有添加中间层时,熔化区与 NiTi 合金界面极易形成裂纹;添加 Nb 中间层时,接头生成了 (Ti, Nb) 固溶体和少量 Ti_2Ni 金属间化合物,在一定程度上改善了 TiNi 与 TC4 焊接的冶金原理和缓解了裂纹敏感性,焊接裂纹被消除,焊缝形貌观察如图 3 所示。

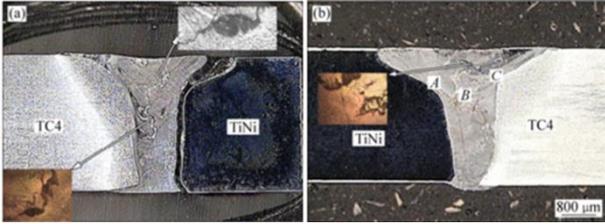


图3 接头的宏观形貌 (a) 无中间层; (b) Nb 中间层^[13]

2.3 焊接参数对接头的影响

通常调节激光焊接功率、激光焊接速度等可以有效控制 NiTi 合金与钛合金异种金属高能束焊接接头的热输入,能够改变焊缝中元素含量和焊缝形貌,获得合理的焊接工艺窗口,得到综合性能良好的焊接接头。Zhou^[17]等采用改变激光功率对 200 μm 的 NiTiNb 和 Ti6Al4V 进行了实验。通过对接头焊缝形貌、微观组织、化学成分和力学性能研究,得到以下结果:随着激光功率增大,焊缝中的未融化 Nb 的含量不断减少,焊缝形貌如图 4 所示。当激光功率达到 22.4W 时, Nb 中间层全部融化,此时接头抗拉强度最高,达 Ti6Al4V 母材的 82%。

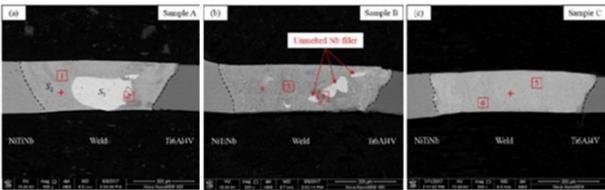


图4 TiNiNb/Nb/Ti6Al4V 接头焊缝形貌^[17]

同样,为揭示激光功率对 NiTiNb 和 Ti6Al4V 焊接接头裂纹的影响,Chen^[10,11]等采用变功率的方法,得到如下结论:随激光功率的增大,裂纹数量和纵向裂纹的宽度先增加后减少,说明调控激光焊接参数对 NiTiNb 与 Ti6Al4V 接头裂纹有显著影响。

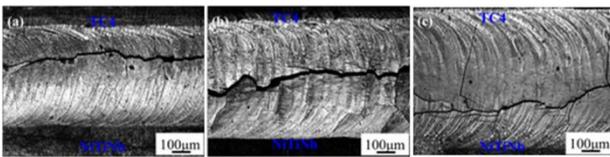


图5 TiNiNb /Ti6Al4V 接头在不同焊接功率下的焊缝形貌^[11]

精确控制高能束焊接参数对于 NiTi 合金与钛合金是极其重要的,通过控制焊接参数可以决定异种金属焊接接头的热输入,从而控制焊缝形貌、母材相互熔化量、焊接裂纹敏感性及其接头组织形态。

2.4 激光诱导反应钎焊技术

影响异种金属激光诱导钎焊接头的主要工艺参数有焊接温度、保温时间、压力和中间层种类及厚度等因素。刘黎明等^[18]使用 Zn 合金做中间层对镁铝合金进行了激光诱导钎焊试验,发现接头的剪切强度略低于 Zn 合金。Song 等人^[12]研究了铜做中间层时钎焊温度对 Ti53311S 合金激光诱导钎焊接头组织和力学性能的影响。随着钎焊温度的增加,焊缝中 Ti₂Cu 金属间化合物逐渐减少。Wu 等人^[19]

采用 Cu 做中间层对 Al/不锈钢异种金属进行激光诱导钎焊,研究了保温时间对反应界面微观组织的影响。试验结果表明,随着保温时间的增加,Cu-Al 共晶反应层厚度增加。Wang 等人^[20]对 Nb 与 NiTi 形状记忆合金进行了激光诱导钎焊试验,发现在反应界面有棒状富 Nb 相和层片状的共晶组织存在。

Ti6Al4V/Nb/NiTi 异种脉冲激光焊诱发共晶反应凝固反应过程如图 6 所示。Nb/NiTi 界面的热循环曲线不同于激光诱导钎焊时的温度控制过程,加热及冷却速度较快。但是,在 Ti6Al4V/Nb/NiTi 脉冲激光焊接过程中,Nb/NiTi 界面热循环特征对界面反应产物及界面组织结构影响的相关研究报道较少。

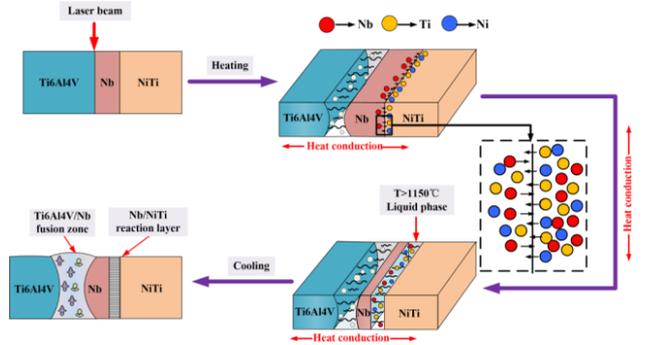


图6 激光诱导共晶反应钎焊技术

3 结论

本文简要综述了对 NiTi 形状记忆合金与钛合金异种金属高能束激光焊接,主要从焊接性分析、焊接材料直接接触性焊接、焊接材料非直接接触性焊接、新的激光诱导钎焊焊接方法等方面的做了阐述得出以下结论:

(1) 随着高质量的发展, NiTi 形状记忆合金与钛合金异种金属高能束焊接方法逐渐已被应用,并且在类似异种金属焊接中能够抑制较传统焊接中产生的焊接缺陷。

(2) 为了防止 NiTi 形状记忆合金与钛合金异种金属高能束焊接焊缝中金属间化合物的形成和裂纹的出现,可采用添加不同种类的有效中间层、控制中间层在焊缝中的合理含量。

(3) 相对于传统的焊接方法,高能束焊接确实能够有效的应用与类似 NiTi 形状记忆合金的新型功能材料的焊接技术当中。

4 展望

高能束焊接技术是当前乃至今后持续较长时间的研究热点,在异种金属焊接中发挥不可替代的地位,能够有效解决 NiTi 形状记忆合金与钛合金异种金属焊接接头缺陷,提高 NiTi 形状记忆合金与钛合金异种金属焊接接头质量,确保了接头力学能满足特殊服役要求,在国家航空航天、精生物医疗等领域有较大的应用背景。高能束焊接技术相对于高新技术的材料焊接研究者来讲,既是挑战也是机遇。

基金项目：十二师重大科技项目（S422022003）：钢结构智能生产线关键技术研究及应用示范；丝绸之路经济带创新驱动发展试验区、乌昌石国家自主创新示范区科技发展计划自治区两区项目的项目（20231115777）：钢结构加工物料智能管理及二次利用系统研发。

[参考文献]

- [1]沈利群,周涟庚.形状记忆合金的应用现状[J].上海金属,1996(6):33-35.
- [2]贺志荣,周超,刘琳,等.形状记忆合金及其应用研究进展[J].铸造技术,2017,38(2):257-261.
- [3]T. Deepan Bharathi Kannan,Abhijeet R Shegokar,P. Sathiya,T. Ramesh. Parameter Design And Analysis In Laser Welding Of NiTiInol Shape Memory Alloy[J]. Materials Today: Proceedings,2017,4(8).
- [4]杨静宁,王其晨,王永祥.形状记忆合金悬臂梁变形特性分析[J].甘肃科学学报,2019,31(1):12-16.
- [5]韩海林.Cu-Zn-Al 形状记忆合金等离子束流的连接研究[D].南京:南京理工大学,2008.
- [6]常泽雨.论钛合金的特性及应用[J].科技经济导刊,2019,27(1):86.
- [7]刘鹏飞.钛及钛合金结构焊接技术研究进展[J].金属加工(热加工),2012(20):11-13.
- [8]江洪,陈亚杨.钛合金在舰船上的研究及应用进展[J].新材料产业,2018(12):11-14.
- [9]A. S. Zoeram,S. A. A. Mousavi. Laser welding of Ti-6Al-4V to Nitinol[J]. Materials and Design,2014,61(9):185-190.
- [10]Y. H. Chen,Y. P. Mao,W. W. Lu,et al. Investigation of welding crack in micro laser welded NiTiNb shape memory alloy and Ti6Al4V alloy dissimilar metals joints[J]. Optics & Laser Technology,2017(91):197-202.
- [11]陈玉华,戈军委,刘奋成,等.NiTi 形状记忆合金/钛合金异种材料激光焊[J].光学精密工程,2014,22(8):2075-2080.
- [12]宋鹏,朱颖,郭伟,等.NiTi 形状记忆合金和 TC4 的激光焊接裂纹产生机理分析(英文)[J].稀有金属材料与工程,2013,42(2):6-9.
- [13]MIRANDA R M,ASSUNCAO E,SILVA R J C,et al. Fiber laser welding of NiTi to Ti-6Al-4V[J].The International Journal of Advanced Manufacturing Technology,2015,81(9):1533-1538.
- [14]J. P. Oliveira,R. M. Miranda, F. M. Braz Fernandes. Welding and Joining of NiTi Shape Memory Alloys: A Review[J]. Progress in Materials Science,2017(88):412-466.
- [15]Deng Yongqiang,Sheng Guangmin,Yin Lijing. Impulse Pressuring Diffusion Bonding of Titanium to Stainless Steel Using a Copper Interlayer[J]. Rare Metal Materials and Engineering,2015,44(5):1041-1045.
- [16]M. J. C. Oliveira, R. H. F. Melo, T. M. Maciel, C. J. de Araújo. Microstructural evaluation and mechanical behaviour of dissimilar niti-stainless steel joints welded by micro gas tungsten arc welding[J]. Materials Chemistry and Physics,2019(224):137-147.
- [17]Xingwen Zhou,Yuhua Chen,Yongde Huang,et al. Effects of niobium addition on the microstructure and mechanical properties of laser-welded joints of NiTiNb and Ti6Al4V alloys[J]. Journal of Alloys and Compounds,2018(5):735.
- [18]Wang Liqiang,Wang Cong,Zhang Lai-Chang,et al. Phase transformation and deformation behavior of NiTi-Nb eutectic joined NiTi wires[J]. Scientific reports,2016(6):33.

作者简介：王小强（1993—），男，硕士，主要研究方向为激光加工、表面改性及增材制造。

新型沥青材料在道路铺设中的性能改进与效果分析

王 淳

山东金鹏交通能源科技有限公司, 山东 济南 250000

[摘要] 随着交通需求的增长和环境保护的压力, 传统沥青材料在道路建设中面临着多方面的挑战。此文通过分析新型沥青材料如改性沥青、生态沥青在道路铺设中的应用, 探讨其在性能改进和环境效益上的表现。研究表明, 这些新型材料在提高路面耐久性、降低维护成本以及增强环境友好性等方面具有显著优势。

[关键词] 改性沥青; 生态沥青; 道路耐久性; 环境效益; 性能评估

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15711

中图分类号: TU573

文献标识码: A

Performance Improvement and Effect Analysis of New Asphalt Materials in Road Paving

WANG Chun

Shandong Jinpeng Transportation Energy Technology Co., Ltd., Ji'nan, Shandong, 250000, China

Abstract: With the increasing demand for transportation and the pressure of environmental protection, traditional asphalt materials are facing various challenges in road construction. This article analyzes the application of new asphalt materials such as modified asphalt and ecological asphalt in road paving, and explores their performance improvement and environmental benefits. Research has shown that these new materials have significant advantages in improving road durability, reducing maintenance costs, and enhancing environmental friendliness.

Keywords: modified asphalt; ecological asphalt; road durability; environmental benefits; performance evaluation

引言

虽然传统沥青材料在道路建设中得到了广泛应用, 但随着环境负担的增加和维护成本的不断上升, 研究者和工程师被迫寻找新型沥青材料。这些创新材料不仅必须满足传统道路性能的基本要求, 还需要在减少环境影响和提升经济效益方面表现出色。本文通过详细分析实验数据和多个工程案例, 旨在全面评估这些新型沥青材料的综合性能和实际应用效果。我们探讨了这些材料如何有效地延长道路使用寿命, 减少维护需求, 并通过使用可持续资源来降低环境影响, 从而为道路建设行业提供了更环保、更经济的解决方案。

1 新型沥青材料概述

1.1 改性沥青的主要类型及其特性

改性沥青是通过向基础沥青中添加不同的改性剂, 如橡胶、塑料、树脂等, 来提高其性能的一种材料。这些改性剂能够改善沥青的温度敏感性、抗老化性、弹性和黏结性。主要类型的改性沥青包括橡胶改性沥青、塑性沥青和生物基改性沥青。

橡胶改性沥青通常使用废旧轮胎中的橡胶颗粒, 这不仅有助于提升路面性能, 还能处理环境问题。这种沥青在高温下显示出更好的流动性和低温下的抗裂性, 极大地提高了路面的使用寿命和安全性。塑性改性沥青则通过添加塑料改性剂来增强其性能, 使得沥青在经受交通载荷和环境变化时, 表现出更好的稳定性和延展性。生物基改性沥

青是一种较新的类型, 使用可再生资源如植物油或树脂作为改性剂。这种材料不仅能提供与传统石油基沥青相同甚至更好的性能, 还能减少对石油资源的依赖, 降低碳排放, 是未来沥青发展的一个重要方向。

1.2 生态沥青的研发背景与应用前景

生态沥青是一种环境友好型的道路材料, 其研发背景主要源于对环境保护的日益重视和传统沥青材料环境负担的增加。生态沥青主要通过使用再生材料、自然沥青或生物基材料来降低对环境的影响。例如, 通过回收和再利用旧沥青, 不仅可以减少废物填埋, 还能节约原材料。生态沥青的开发还涉及到减少在生产和施工过程中的能源消耗和有害物质排放。使用水性乳化剂代替传统的石油基溶剂, 可以在不牺牲性能的前提下, 减少挥发性有机化合物(VOC)的排放。

生态沥青的应用前景广阔, 尤其是在城市和高交通量的地区, 可以有效地减少路面的热岛效应, 提高城市环境质量。此外, 随着技术的进步和成本的进一步降低, 预计生态沥青将在更多的道路建设和维护项目中得到应用, 成为推动可持续发展的重要材料。通过上述对改性沥青和生态沥青的详细介绍, 我们可以看出新型沥青材料在性能提升和环境保护方面具有重要的作用。这些材料的发展不仅符合当前的环境保护需求, 还能有效提高道路的耐久性和安全性, 对未来的道路建设具有深远的影响。

2 新型沥青材料的性能评估

2.1 力学性能的提升

新型沥青材料的开发主要旨在提升其力学性能,以适应更严苛的交通和气候条件。改性沥青和生态沥青通过引入新的成分和制备工艺,显示出优异的力学性能,包括更高的抗拉强度、抗压强度和更好的柔韧性。改性沥青通过添加橡胶、塑料等高分子材料,显著提高了其抗变形能力和恢复性,使道路在重载交通下的性能更为稳定。例如,橡胶改性沥青能够在高温下保持良好的黏结性,减少车辙的形成;在低温下,则能有效抵抗裂缝的产生,延长路面寿命。

生物基改性沥青利用生物油和其他自然材料的独特性质,提高了沥青的弹性模量和抗剪切能力。这些材料不仅提高了道路的承载力,还优化了沥青的黏弹性,确保在温度波动较大的环境中保持良好的性能。这些新型沥青的研制还着重于提升其抗疲劳裂痕能力,这是道路长期使用中非常关键的一个指标。通过各种改性技术,新型沥青可以在连续的交通载荷作用下保持较长的结构完整性和功能性。

2.2 耐候性与环境适应性分析

耐候性是衡量沥青道路材料性能的另一个重要指标,特别是在极端气候条件下的表现。新型沥青材料设计时考虑到了抵抗紫外线辐射、温度波动和水分侵害的能力,从而保证了更长的服务生命周期和更低的维护需求。改性沥青通过添加抗氧化剂和紫外线稳定剂来增强其抗老化性能。这些添加剂帮助沥青抵抗氧化过程中的硬化,延缓由紫外线引起的分解,从而保持其柔韧性和黏结力。此外,改性沥青的水稳定性也得到了显著提升,即使在雨水频繁和潮湿环境下也能维持其结构完整性。

生态沥青则通过使用更多的自然和再生材料,降低了环境温度对其性能的影响。例如,一些生态沥青采用的是低温生产工艺,能够在较低的施工温度下仍保持良好的流动性和施工性,同时减少了施工过程中的能源消耗和排放。新型沥青材料的耐候性和环境适应性的提升,不仅保证了道路的使用安全和耐用性,还有助于降低道路维护的频率和成本。这种材料的广泛应用,将大大促进道路建设向更可持续和环境友好的方向发展。

3 道路铺设实践中的应用效果

3.1 国内外案例分析

新型沥青材料的应用在全球范围内取得了显著的实践成果,这些案例不仅证明了其卓越的道路性能,也彰显了其在环境和经济方面的双重益处。在美国,多个州已经采纳橡胶改性沥青进行公路建设,特别是在车流量巨大的高速公路和城市街道上。以亚利桑那州的凤凰城为例,该市利用回收的废旧轮胎生产的橡胶改性沥青,有效地减少了道路的常规维护需求,同时提升了行车的平顺性和舒适度。橡胶改性沥青的使用也为环境保护做出了贡献。通过

回收利用废旧轮胎,不仅减少了填埋废物,还避免了生产新沥青所需的石油资源消耗,进一步减少了环境负担。在道路施工和维护过程中,减少了对环境的破坏,同时通过降低噪音污染,改善了周边居民的生活质量。橡胶改性沥青的广泛采用不仅技术先进,还体现了对可持续发展的承诺,预示着现代道路建设向更环保、更经济的方向迈进。

在中国,改性沥青的应用也在快速增长,特别是在北方地区,使用改性沥青能有效抵抗冬季的严寒和夏季的高温。北京市的一些主要道路采用了改性沥青,通过实地观察,这些路段展现了更好的抗裂性和抗车辙能力。此外,生态沥青在上海的试点项目中展示了出色的环境适应性和降低城市热岛效应的潜力。欧洲在使用生态沥青方面也不甘落后,瑞典和荷兰已经在其多条公路上使用了基于生物油的改性沥青。这些项目的初步结果表明,相比传统沥青,这些新型材料能够在不牺牲性能的情况下,显著降低CO₂排放和其他环境污染物。

3.2 性能实施后的长期观测结果

长期性能观测是评估新型沥青材料效果的重要环节。从多个实际应用案例中获得的数据显示,新型沥青材料如改性沥青和生态沥青能够显著提高道路的使用寿命和性能。在美国加利福尼亚州的一个长期研究项目中,使用橡胶改性沥青的道路与传统沥青道路相比,寿命延长了约25%。此外,这种材料还显示出更低的维护频率和成本。在亚洲,特别是在日本,长期观测表明,使用生物基改性沥青的道路在抗老化和耐环境性能上优于传统沥青。在经过10年的运营后,这些道路的结构和功能性几乎未见明显下降,表明了其卓越的长期性能。

通过全球不同气候条件下的道路长期观测研究,研究人员已经证实新型沥青材料在提升道路耐久性、减少维护成本以及保护环境方面具备显著的优势。这些实地数据不仅为新型沥青材料的持续研究和推广应用提供了坚实的科学依据,同时也突显了它们在现代道路建设中的核心价值。随着这些材料技术的成熟和优化,其在全球范围内的广泛应用预计将极大推动道路建设行业向更可持续的发展方向迈进。这不仅意味着经济上的节省,还包括对环境的积极影响,如减少碳排放和环境破坏,以及利用可再生资源 and 回收材料降低对自然资源的依赖。新型沥青的使用与普及也鼓励了相关产业的创新和成长,推动了新材料技术的研究,从而使道路建设行业在材料科学、工程设计和环境保护等多个领域都取得了前所未有的进步。这种材料的广泛采用不仅为道路建设行业带来了革命性的变革,也为全球环保事业贡献了重要力量,预示着一个更环保、更经济、更高效的未来。

4 新型沥青材料的经济与环境影响

4.1 成本效益分析

新型沥青材料的引入虽然在初期可能会导致较高的

材料成本,但从长远来看,其综合成本效益非常显著。特别是改性沥青和生态沥青,这些材料能够显著降低道路的维护频率和维护成本,同时显著延长道路的使用寿命,从而为投资者提供更高的投资回报率。具体来说,从短期成本分析来看,改性沥青的生产成本大约比传统沥青高出10%~20%。这主要是由于改性剂的使用以及更高级的生产技术所带来的额外成本。

改性沥青通过提高道路材料的耐用性大大减少了长期的维护需求。它能有效防止道路表面的裂缝和车辙,这些通常是需要频繁维护的常见问题。因此,虽然初期投资较高,但通过减少维护次数和延长道路寿命,改性沥青实际上能够降低道路的整体生命周期成本。生态沥青通过使用可再生材料和回收材料进一步优化了环境效益和成本效率。这种材料不仅减少了对传统石油资源的依赖,还通过减少废物的产生和利用已有资源,展示了其在环保和经济双重优势上的潜力。虽然新型沥青材料在初期需要较高的投入,但通过减少维护成本和延长使用周期,最终为道路建设和维护带来了更优的经济效益。这种长期的成本节约使得新型沥青材料成为现代道路建设中一个具有吸引力的选择,既符合经济效益也响应了环境保护的需求。

长期成本效益更为明显。例如,橡胶改性沥青虽然初期投资较高,但由于其出色的耐磨性和抗裂性,维护周期可延长多达50%,这意味着相较于传统沥青,整体寿命成本可以降低15%至30%。此外,使用生态沥青,如回收沥青和生物基沥青,可以进一步利用废弃物料,减少原材料的需求,这在资源紧缺和环境保护日益重要的今天尤为关键。成本效益分析还应考虑到潜在的政府补贴和环境税收优惠。许多国家为促进环保型材料的使用而提供经济激励,如减免税收和直接补贴,这可以显著降低采用新型沥青材料的经济负担。

4.2 环境保护效果的评估

新型沥青材料的环境影响评估表明,这些材料不仅能提升道路性能,还对环境保护具有积极作用。改性沥青和生态沥青的使用可以显著减少温室气体的排放,减少非可再生资源的消耗,并减少建设及维护过程中的环境污染。使用改性沥青如橡胶改性沥青,可以有效回收废旧轮胎,每年处理数百万吨的废旧轮胎,不仅减少了废物的填埋,还节约了原材料。此外,生产过程中对能源的需求相对较低,进一步减少了碳足迹。据估计,采用橡胶改性沥青的

道路项目可以减少大约1.2万吨的二氧化碳排放。

生态沥青的使用,则更加注重利用可再生资源 and 回收材料。例如,生物基改性沥青的使用不仅减少了对石油的依赖,还可以通过使用植物油和树脂等天然材料,减少环境污染。此外,这些材料的生产过程中产生的温室气体比传统沥青少30%以上。水质影响也是评估的一个重要方面。新型沥青材料的水稳定性更高,能够减少雨水中污染物的流失,从而保护地表水质。此外,一些生态沥青产品还具有良好的透水性,能够支持地下水补给,减少城市洪水风险。新型沥青材料在经济和环境双重效益上都显示出巨大的潜力。它们不仅能够提供更为经济高效的道路建设解决方案,还能大幅度减轻建设和维护过程中对环境的影响。随着技术的不断进步和政策的支持,预计这些材料将在未来的道路建设中扮演越来越重要的角色。

5 结语

新型沥青材料的研究和应用充分展示了在现代道路建设中实现高性能与环境友好这两大目标的可行性。通过对这些材料的技术特性及其在实际应用中的表现进行全面评估,明显可以看到它们虽然需要较高的初期投资,但在延长道路使用寿命和减少环境影响方面带来的长期效益是显著的。这些材料不仅提高了道路的结构强度和耐久性,还通过减少养护需求和利用更环保的生产过程,有效地减轻了对环境的负担。展望未来,随着环境保护意识的增强和可持续发展策略的推广,新型沥青材料有望在全球范围内的更多道路建设项目中得到广泛应用,从而推动整个建设行业向更加绿色和可持续发展的方向发展。

[参考文献]

- [1]张以斌.新型材料在市政道路维修中的应用研究[J].汽车周刊,2025(3):204-205.
 - [2]项鸿运.城市道路传统与新型路面材料的性能与应用分析[J].安徽科技,2024(12):47-51.
 - [3]张会影.新型路面材料在城市道路建设中的研究[J].散装水泥,2024(5):216-221.
 - [4]彭明利.大空隙冷拌沥青混合料材料组成设计及其性能研究[D].广西:桂林电子科技大学,2024.
- 作者简介:王淳(1984.3—),男,毕业院校:成都体育学院,所学专业:运动训练,当前就职单位:山东金鹏交通能源科技有限公司,职务:副总经理,职称级别:工程师。

建筑材料老化检测与结构安全性评估技术研究

温作锡¹ 杨义堡²

1. 浙江新则工程检测有限公司, 浙江 温州 325000
2. 浙江元本检测技术股份有限公司, 浙江 温州 325000

[摘要] 随着建筑年限的增加, 建筑材料的老化问题日益严重, 对建筑的结构安全性造成了极大的影响。文中旨在探讨建筑材料老化的检测方法和结构安全性的评估技术, 以期为建筑维护和修复提供科学依据。首先, 介绍建筑材料老化的基本情况及其对结构安全性的影响; 其次, 分析当前主要的材料老化检测技术; 然后, 探讨结构安全性评估的方法和标准; 最后, 提出几种结合老化检测与安全性评估的综合评估模型。

[关键词] 建筑材料老化; 结构安全性评估; 检测技术; 维护策略; 评估模型

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15708

中图分类号: TU227

文献标识码: A

Research on Aging Detection of Building Materials and Structural Safety Assessment Technology

WEN Zuoxi¹, YANG Yibao²

1. Zhejiang Xinze Engineering Testing Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang, 325000, China
2. Zhejiang Yuanben Detection Technology Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang, 325000, China

Abstract: With the increase of building age, the aging problem of building materials is becoming increasingly serious, which has a great impact on the structural safety of buildings. The purpose of this article is to explore the detection methods of building material aging and the evaluation techniques of structural safety, in order to provide scientific basis for building maintenance and repair. Firstly, introduce the basic situation of building material aging and its impact on structural safety; Secondly, analyze the current major material aging detection technologies; Then, explore the methods and standards for structural safety assessment; Finally, several comprehensive evaluation models combining aging detection and safety assessment are proposed.

Keywords: aging of building materials; structural safety assessment; testing technology; maintenance strategy; evaluation model

引言

随着城市化进程的加速,越来越多的建筑物面临着材料老化和结构安全问题。建筑材料的老化不仅影响建筑物的美观和使用功能,更直接威胁到人们的生命安全。研究建筑材料的老化特性及其对结构安全性的影响,开发有效的检测和评估技术,已成为结构工程领域的重要课题。本部分将介绍建筑材料老化的常见现象、造成老化的主要因素及其对建筑安全性的潜在影响,为后续的研究内容和方法的选择提供理论基础和背景。

1 建筑材料老化现象及其影响

1.1 常见老化现象

建筑材料老化是指由于自然因素和人为因素长期作用导致的材料物理性能、化学性能和机械性能的逐渐退化。老化现象普遍存在于各种建筑材料中,如混凝土、钢材、木材和塑料等。

在混凝土建筑中,老化主要表现为碳化、冻融损伤、盐害、裂缝和钢筋锈蚀。碳化是由于二氧化碳与混凝土中的氢氧化钙反应生成碳酸钙,这一过程降低了混凝土的碱性,使得混凝土中的钢筋更容易锈蚀。冻融损伤是指水分在混凝土孔隙中冻结形成冰晶,体积膨胀导致微观裂缝和

材料结构破坏。盐害通常发生在海洋或盐碱地区的建筑中,盐分通过毛细作用进入混凝土,促进钢筋的锈蚀和混凝土的剥离^[1]。钢材的老化主要表现为腐蚀和疲劳损伤。腐蚀是指钢材在湿润环境中与氧气反应生成氧化铁,长期腐蚀会导致钢材截面减小,承载能力下降。疲劳损伤是由于重复荷载作用,钢材内部产生微裂缝,逐渐扩展至宏观裂缝。

木材的老化现象包括风化、生物侵蚀和干燥收缩。风化是指木材表面在紫外线和氧气作用下逐渐灰化、变脆。生物侵蚀是由真菌、昆虫等生物活动导致木材结构受损。干燥收缩则是由于木材在干燥环境中水分蒸发,导致体积收缩,可能会出现裂缝。塑料材料的老化则通常表现为光老化和热老化。光老化是由于紫外线照射引起的化学结构断裂,造成材料性能下降和颜色褪变。热老化是由于长时间高温作用,塑料中的添加剂挥发或分解,导致材料变脆和强度下降。

1.2 老化对结构性能的影响

建筑材料的老化直接影响到建筑的使用功能和结构安全。老化现象如裂缝的出现和扩展、材料的强度下降以及刚性的丧失,都会导致建筑结构的承载能力下降。在混凝土结构中,老化导致的钢筋锈蚀和混凝土碳化减少了结

构的抗压和抗弯强度,使得建筑在承受外部荷载时更容易发生变形甚至崩塌。冻融损伤和盐害则进一步加速了混凝土结构的劣化过程,降低了其耐久性和抗震性能。

钢结构的腐蚀和疲劳损伤减少了其横截面积和材料疲劳强度,影响结构的整体稳定性和安全系数。重复荷载下的疲劳裂缝是导致钢结构失效的主要原因之一,尤其是在桥梁和大型公共建筑中。木结构的风化、生物侵蚀和干燥收缩影响其抗压和抗弯性能,使得木结构在承受重载时容易发生断裂。此外,生物侵蚀还会导致木材内部结构的破坏,影响建筑的整体稳定性和寿命。

塑料材料的老化尤其在现代建筑中使用的各种绝缘材料和装饰材料中体现得较为明显。光老化和热老化使得这些材料的机械性能降低,不仅影响建筑的外观,也影响其绝缘性能和防水性能。建筑材料的老化对建筑结构的安全性能有着直接和深远的影响。这不仅要求在建筑设计和施工阶段采用高质量材料和正确的防护措施,还需要在建筑使用过程中进行定期的检查和维护,以确保建筑的安全和功能性。

2 建筑材料老化检测技术

2.1 物理检测技术

物理检测技术在建筑材料老化检测中发挥着重要作用,主要用于评估材料的机械性能、结构完整性及其变化情况。这些技术通常包括无损检测方法,如超声波检测、X射线检测、磁粉检测和渗透检测。

超声波检测是一种常用的无损检测技术,通过分析超声波在材料中的传播速度和反射特性来评估材料的密度、弹性和内部缺陷。在混凝土和金属材料中,超声波能有效地检测到裂缝、空洞和其他结构缺陷。例如,超声波脉冲速度测试可以用来评估混凝土中的碳化深度和冻融损伤^[2]。X射线检测利用X射线的穿透能力,对建筑材料进行成像,从而发现材料内部的结构异常。这种方法特别适用于检测金属构件的腐蚀程度和混凝土中钢筋的位置及其腐蚀状况。

磁粉检测主要应用于检测钢材等铁磁性材料的表面及近表面缺陷。通过在磁场中撒布磁粉,可以在裂缝或其他表面缺陷处形成磁粉聚集,从而可视化缺陷位置。渗透检测,也称为染色渗透检测,适用于发现所有可见表面的细小裂缝。在此技术中,一种特殊的染料被涂抹在材料表面,染料会渗透进入微小裂缝中,随后通过清洁剂和显像剂使裂缝变得清晰可见。这些物理检测技术不仅可以帮助评估建筑材料的当前状态,还可以在维护和修复决策中提供科学依据,有助于预防潜在的结构失败。

2.2 化学检测技术

化学检测技术主要用于分析建筑材料中的化学成分和材料老化的化学机制。这些技术包括光谱分析、色层分析和电化学分析等。

光谱分析如红外光谱分析和拉曼光谱分析,能够确定

材料中化学键的类型和含量,适用于识别混凝土中的碳化程度和钢材中的腐蚀产物。通过分析样品光谱中的特定峰值,可以精确地评估材料的化学状态和老化程度。色层分析,特别是气相色谱和液相色谱,可以用于检测和分析建筑材料中的有机化合物和添加剂的变化。例如,在塑料和橡胶材料中,这种技术可以用来评估抗氧化剂和其他稳定剂的降解程度。电化学分析方法如电化学阻抗谱和极化曲线,常用于评估金属材料,特别是钢筋的腐蚀状态。通过测量材料在模拟环境中的电化学响应,可以推断出腐蚀速率和腐蚀机制。

这些化学检测技术提供了一种深入了解材料化学性质变化的方法,对于评估材料的耐久性和预测其未来性能具有重要意义。通过综合物理和化学检测技术,可以更全面地评估建筑材料的老化情况和结构安全性,为建筑的维护和修复提供强有力的技术支持。

3 结构安全性评估方法

3.1 安全性评估标准

结构安全性评估标准是确保建筑结构在设计和使用期间满足安全要求的基本准则。这些标准涵盖了从材料选择、设计规范、施工过程到结构的维护和检验各个方面。不同国家和地区根据其地理、气候特点和建筑传统,设定了不同的安全性评估标准。

国际标准如ISO(国际标准化组织)和ASTM(美国材料与试验协会)提供了广泛认可的测试方法和安全标准,这些标准对建筑材料的性能、质量控制以及最终的结构安全提供了详细的指导。例如,ISO 13822提供了评估现有结构的基础上的结构安全性的指南,而ASTM的多种标准涵盖了从混凝土强度测试到钢结构的腐蚀测试等多个方面。国家标准,如美国的ASCE(美国土木工程师学会)标准,中国的GB(国家标准)系列等,根据各自国家的具体情况制定相关规范。这些标准不仅指导建筑设计和施工,还规定了建筑材料测试和建筑结构定期检查的具体要求。例如,ASCE 7-16为建筑结构提供了风载、雪载和地震载荷的计算标准,而中国的GB 50010则详细规定了混凝土结构的设计要求。

在评估过程中,通常需要结合地方建筑法规和特定行业标准。例如,地震多发区的建筑需要遵守更为严格的抗震设计标准,而工业建筑如化工厂则需要符合更高的防火和防爆标准。

3.2 安全性评估模型

安全性评估模型是通过数学和物理模型来预测和评估结构在各种荷载作用下的响应和性能。这些模型可以基于确定性分析也可以基于概率性分析,旨在识别结构潜在的薄弱环节和可能的失败模式。

确定性模型通常基于经典力学原理,如弹性理论、塑性理论等,通过计算结构在规定荷载下的应力、变形等响

应来评估其安全性。例如，有限元分析 (FEA) 是一种常用的确定性模型，能够提供结构的详细应力和变形分布，帮助工程师优化设计和评估结构的安全储备。FEA 模型可以模拟复杂的结构系统和多种材料行为，广泛应用于桥梁、高层建筑和其他工程结构的设计和安全评估中。概率性模型则考虑到材料性能、施工质量、使用条件等因素的不确定性。这类模型使用统计方法来预测结构在未来特定条件下的安全性，如蒙特卡洛模拟和可靠性分析。通过这种方法，可以评估不同的设计方案和维护策略对结构安全性的影响，为决策提供概率上的支持。

健康监测和实时评估模型是近年来发展起来的一个重要领域。通过在结构关键位置安装传感器，收集数据如位移、应力、温度等，结合实时数据分析和预测模型，可以实时监控结构的健康状态。例如，使用加速度计和应变计监测桥梁的振动和加载响应，再通过数据分析预测其可能的疲劳寿命和即时的安全状况^[3]。这些安全性评估模型在现代工程实践中是不可或缺的工具，它们帮助工程师设计更安全的建筑，并对现有建筑的安全状况进行有效监控和管理。通过这些模型，可以系统地评估和管理建筑的安全风险，确保结构的长期使用安全和稳定。

4 综合评估模型的构建与应用

4.1 模型构建方法

综合评估模型是一种集成多种评估技术和方法的模型，旨在提供一个全面的视角以评估建筑的结构安全性。这类模型通常融合了物理检测数据、化学性能分析、数学建模和实时监测数据，以便提供更精确和实时的建筑健康状况评估。

模型构建的第一步是确定评估的目标和范围。这涉及到建筑的类型、使用情况、历史数据，以及可能面临的主要风险因素。例如，针对历史建筑的评估模型会着重考虑材料的老化和环境的影响，而工业设施则更关注机械疲劳和化学腐蚀^[4]。第二步是选择适当的检测和监测技术。这通常包括无损检测技术如超声波检测和 X 射线检测，以及需要安装的监测设备，如应变计和加速度计。此外，化学分析方法也被用于评估材料中的化学退化或腐蚀。第三步是数据的集成和分析。使用数据融合技术整合来自不同来源的数据，包括实时监测数据、历史维修记录，以及环境数据等。数据分析通常采用统计学方法和机器学习技术，以识别数据中的模式和趋势，预测潜在的结构问题。第四步是模型的验证和校准。这一步骤通过与实际的检测结果和历史事故数据比对，来调整和优化模型参数。这个过程是迭代的，随着新数据的获取和新技术的应用，模型会不断地被更新和改进。

最后一步是实施决策支持系统。将综合评估模型整合入建筑管理系统，提供实时的安全状态评估和维护建议。

这可以帮助建筑管理者做出科学的维护决策，优化资源的配置，延长建筑的使用寿命，同时保障人员安全。

4.2 案例分析与应用

案例分析通常是展示综合评估模型有效性的最好方式。以下是几个应用综合评估模型的案例：

案例一：历史建筑安全评估 - 在对一座百年老建筑进行安全性评估时，使用了综合评估模型。模型集成了从无损检测中得到的结构裂缝和材料退化数据，结合环境监测中的温湿度变化数据。通过模型分析，预测了结构在未来几年内可能的退化趋势，为修复和加固工作提供了依据。

案例二：桥梁寿命预测 - 在一座大型悬索桥的安全评估中，综合评估模型融合了实时交通载荷数据、环境监测数据和定期的结构检测结果。模型采用机器学习算法分析数据，成功预测了因交通增长和环境变化导致的潜在疲劳损伤。基于模型的建议，进行了针对性的加固设计，显著提高了桥梁的安全性和可靠性。

案例三：工业设施风险评估 - 对于一个化工厂，综合评估模型集成了化学腐蚀数据、温度监测和历史事故记录。通过对不同化学反应导致的腐蚀速率和可能的腐蚀位置进行预测，模型指导了厂区的安全检查和维修计划，有效减少了由材料老化和设备故障导致的安全事故。

这些案例展示了综合评估模型在不同类型的建筑和结构中的广泛应用可能性。通过精确的数据分析和预测，这些模型不仅能够提高结构的安全性，还能够帮助管理者合理安排维护资源，优化运营成本。

5 结语

本文系统研究了建筑材料老化及其对结构安全性的影响，并探讨了多种老化检测技术和结构安全性评估方法。通过构建综合评估模型，可以更有效地对老化建筑进行安全性评估，为建筑维护和修复提供科学依据。未来研究可以进一步探索新的检测技术和评估模型，以适应不断变化的建筑环境和材料特性，从而更好地服务于城市建筑的安全与维护工作。

[参考文献]

- [1]张景昭. 高层建筑给排水管道材料优化研究[J]. 工程技术研究, 2024, 9(24): 115-117.
- [2]张景昭. 高层建筑给排水管道材料优化研究[J]. 工程技术研究, 2024, 9(24): 115-117.
- [3]史小妮. 影响建筑材料检测的因素及对策[J]. 建材发展导向, 2024, 22(21): 7-9.
- [4]崔华文, 张坤. 建筑结构检测技术在鉴定加固中的应用[J]. 石材, 2024, 11(9): 113-115.

作者简介：温作锡（1997.11—），毕业院校：东华理工大学，所学专业：土木工程，当前工作单位：浙江新则工程检测有限公司，职务：检测员，职称级别：助理工程师。

建筑材料检测中影响检测结果的关键因素分析

吴军

阿拉尔市天平建材检测有限责任公司, 新疆 阿拉尔 843300

[摘要] 建筑材料检测是确保工程质量的基础,然而检测结果的准确性受多种因素影响。主要因素包括样品的选择与处理方法、检测设备的精度与校准、环境条件的变化以及操作人员的技术水平。样品的代表性直接影响检测结果的可靠性,设备的稳定性与准确性是保证测试精度的关键,环境温湿度等因素可能导致材料性质的波动。此外,操作人员的经验和专业素养也决定了检测结果的可信度。因此,优化这些关键因素对于提高建筑材料检测质量至关重要。

[关键词] 建筑材料; 检测结果; 样品处理; 设备精度; 环境因素

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15700

中图分类号: TU712.3

文献标识码: A

Analysis of Key Factors Affecting Testing Results in Building Material Testing

WU Jun

Alaer Tianping Building Materials Testing Co., Ltd., Alaer, Xinjiang, 843300, China

Abstract: Building material testing is the foundation for ensuring project quality, but the accuracy of testing results is affected by various factors. The main factors include the selection and processing methods of samples, the accuracy and calibration of detection equipment, changes in environmental conditions, and the technical level of operators. The representativeness of the sample directly affects the reliability of the detection results, and the stability and accuracy of the equipment are key to ensuring testing accuracy. Factors such as environmental temperature and humidity may cause fluctuations in material properties. In addition, the experience and professional competence of the operators also determine the credibility of the test results. Therefore, optimizing these key factors is crucial for improving the quality of building material testing.

Keywords: building materials; testing results; sample processing; equipment accuracy; environmental factors

引言

建筑材料的质量直接关系到工程的安全与耐久性,而材料检测作为质量控制的重要环节,其检测结果的准确性至关重要。然而,实际检测过程中,多个因素会对检测结果产生显著影响。如何有效识别并优化这些关键因素,提升检测精度,已成为建筑行业关注的焦点。通过对影响检测结果的因素进行深入分析,可以为相关检测技术的改进与标准的完善提供理论支持,从而确保建筑材料的质量可靠性,为工程项目的顺利实施奠定坚实基础。

1 建筑材料检测中样品选择与处理对结果的影响

样品选择与处理是建筑材料检测中的关键环节,其直接影响到检测结果的准确性与可靠性。正确的样品选择和规范化处理方法能有效避免检测偏差,确保测试数据的代表性。

1.1 样品的代表性与选择标准

在建筑材料的检测过程中,样品的代表性至关重要。样品的选择应充分体现待检材料的整体性质,而不仅仅是单一部分。不同的材料类型、生产批次、运输储存等因素可能影响材料的质量特性,因此,应从多个角度选取具有代表性的样品进行检测。例如,沥青、混凝土等建筑材料应在不同位置、不同时间段抽取样本,避免偏差。此外,

样品的尺寸、形态等要符合国家标准或行业规范,以确保测试结果的有效性^[1]。

1.2 样品处理方法对检测精度的影响

建筑材料的处理方法对检测结果的准确性起着决定性作用。不同材料在取样后可能会经历不同的预处理过程,包括干燥、粉碎、筛分等步骤。这些处理过程可能会引入人为误差或改变材料的性质,进而影响检测结果。例如,混凝土样品的切割和磨光可能会导致水分流失,从而影响到强度测试;而在沥青检测中,温度控制不足可能导致样品特性变化,影响其性能评估。因此,样品的处理过程必须严格按照规范进行,避免人为因素干扰,确保处理方法的科学性与统一性。

1.3 样品保存与运输的影响

样品保存与运输过程也对建筑材料检测结果有着不可忽视的影响。在保存过程中,应保持样品原始状态,避免在运输过程中发生物理或化学变化。例如,混凝土样品在长时间暴露于高温或湿气环境中,可能会发生水分损失或硬化反应,进而影响其测试数据的准确性。此外,样品的运输过程中应避免震动、压缩等物理损伤,确保样品在到达检测机构时仍能保持其真实特性。为了确保样品的可靠性,必须建立标准化的保存与运输流程,以减少外界环

境对检测结果的干扰。

通过对样品选择与处理过程的优化,可以有效提高建筑材料检测的准确性,为工程质量控制提供有力支持。

2 检测设备的精度与校准对建筑材料检测结果的关键作用

检测设备的精度与校准是保证建筑材料检测结果准确性的关键因素。设备的稳定性和精确度直接影响测试数据的可信度,确保设备的良好状态对于提升检测质量至关重要。

2.1 检测设备的精度与稳定性

建筑材料检测所使用的设备精度直接决定了检测结果的准确性。精度较低的设备容易引起测量误差,导致检测数据不准确,影响后续的工程决策。例如,在混凝土强度测试中,使用精度不高的压力试验机可能导致压缩强度测试结果偏差,影响材料的可靠性评估。同样,在沥青和水泥等材料的热膨胀系数测试中,设备的精度不够会使测量值与实际值产生较大差异。因此,选择高精度的检测设备是保证测试结果准确性和可信度的基础,设备的精度要求必须符合行业规范和国际标准。

2.2 检测设备的校准与维护

设备的校准与维护同样是确保检测精度的关键环节。即使是精度较高的检测设备,长期使用后也可能因磨损、环境影响或技术老化而导致性能下降。定期校准能够确保设备在工作过程中始终保持准确性。校准过程中,应根据标准物质或校准设备对检测仪器进行比对,确保其测量结果符合规范要求。此外,设备的维护同样重要,良好的维护能延长设备的使用寿命,减少因设备故障导致的测量误差。在建筑材料检测中,设备需要在使用前进行校准,并在每次使用后进行检查和维护,以避免设备精度下降。

2.3 环境因素对设备精度的影响

即使是精度高且经过校准的检测设备,其使用效果也可能受到外界环境的影响。例如,温度、湿度、气压等因素可能会导致设备的测量误差。许多建筑材料的性质,如膨胀系数、硬度、密度等,都会受到温度和湿度变化的影响。因此,在进行建筑材料检测时,必须对环境条件进行严格控制,并为设备提供稳定的工作环境。实验室应具备温湿度调控系统,以减少环境变化对检测设备和样品的影响。对于需要长期监测的设备,还应安装环境监测系统,实时记录实验室内的温湿度变化,确保设备测量的准确性^[2]。

通过提升检测设备的精度、定期进行校准以及控制环境因素,可以有效减少误差,确保建筑材料检测结果的准确性和可靠性,为工程项目提供坚实的质量保障。

3 环境因素对建筑材料检测结果的影响分析

环境因素,如温度、湿度等,常常影响建筑材料的性能表现,因此在材料检测中对环境的控制显得尤为重要。深入分析环境因素的作用,有助于提高检测的准确性和可

靠性。

3.1 温度对建筑材料检测结果的影响

温度变化对建筑材料的性质有显著影响,尤其是在一些物理和化学性质较为敏感的材料中,如水泥、沥青和混凝土等。温度升高或降低都会导致材料膨胀或收缩,从而影响其测量值。例如,在进行混凝土抗压强度测试时,温度过高或过低都会使混凝土的强度值发生变化,导致测试结果失真。沥青材料在高温环境下可能会变得较为软化,而在低温环境下则可能变脆,这直接影响到其性能评估。此外,温度的不稳定性还可能影响设备的工作状态,使其精度下降。因此,建筑材料检测时,控制温度的稳定性非常重要,尤其是在高精度要求的测试过程中。

3.2 湿度对建筑材料的影响

湿度是影响建筑材料检测结果的另一重要环境因素。建筑材料,尤其是水泥、木材、土壤等,对湿度极为敏感。湿度过高或过低会直接导致材料的质量变化,进而影响检测数据的准确性。以水泥为例,湿度过高时,水泥可能会吸水发生化学反应,影响其重量和质量;而湿度过低时,水泥的水合作用可能不完全,导致其强度测试结果偏低。在进行混凝土强度测试时,如果湿度没有得到严格控制,可能导致试件的水分含量变化,进而影响其抗压强度。因此,在材料检测中,必须精确控制环境湿度,特别是对于容易吸湿或失水的建筑材料。

3.3 气压与气流的影响

气压和气流的变化也会对建筑材料的检测结果产生一定影响。尤其是在进行一些精细化测试时,如建筑材料的密度、孔隙率、热导率等,气压和气流的变化会导致测试数据的不稳定。较高的气压可能使材料体积略微膨胀,而较低的气压则可能导致样品的体积收缩,这对体积和密度的测量会造成偏差。此外,实验室中的气流可能带来样品表面水分的蒸发,影响水分含量测试^[3]。因此,保证测试环境中气压和气流稳定对准确测试建筑材料性能至关重要。

4 操作人员技术水平与检测结果的关系

操作人员的技术水平直接影响到建筑材料检测的质量与准确性。操作过程中的细致度、专业素养及操作规范将决定检测结果的可靠性,确保高效、准确的检测至关重要。

4.1 操作人员的专业素养与检测精度

操作人员的专业素养直接影响建筑材料检测结果的精确性。熟练掌握相关理论知识、检测标准和设备使用方法的操作人员能够更准确地判断材料的特性,并进行精确的检测。例如,混凝土抗压强度测试要求操作人员熟悉不同混凝土配比的特性、试件制作的标准以及测试流程。一个经验丰富的操作人员能够正确设定设备参数,避免因操作失误引起的测量偏差。此外,操作人员还需要熟悉不同

材料的行为特性,了解如何根据实际情况调整操作策略。具备较高专业素养的人员能够有效减少检测过程中的误差,确保检测结果的可信度^[4]。

4.2 操作过程的规范性与检测结果

操作过程中的规范性是确保检测结果准确性的另一关键因素。建筑材料检测通常涉及复杂的操作流程,包括样品准备、设备设置、测试执行等多个环节。任何环节的不规范操作都可能导致检测结果的偏差。例如,在进行水泥检测时,若操作人员未严格按照规定比例配制样品或未按照规定的时间进行搅拌,可能会影响水泥的测试数据。类似的,设备校准不当、样品处理不合格等,都可能源于操作过程中的疏忽。为了避免这些问题,操作人员必须严格遵循标准操作流程,确保每一步操作都符合规范要求。规范化操作能有效降低人为误差,确保建筑材料检测的准确性和一致性。

4.3 经验与技术水平的综合影响

操作人员的经验和技术水平密切相关,且往往决定了建筑材料检测的效率与质量。具有丰富经验的操作人员在面对不同类型的材料和测试时,能够迅速识别问题并作出调整。尤其在处理复杂、特殊材料或不规范样本时,经验丰富的操作人员能够及时发现潜在问题,采取适当的补救措施。与此相对,技术水平较低或经验不足的操作人员可能会在操作中遗漏细节或做出错误判断,导致检测数据不准确。因此,提高操作人员的技术水平和积累经验,不仅能保证测试的顺利进行,还能有效提升检测结果的可靠性。通过定期的培训与实践,操作人员能够不断提升自己的操作能力,保持较高的技术水平,从而为建筑材料的质量控制提供更有力的支持。

操作人员的技术水平、规范操作和经验积累对检测结果至关重要,提高操作人员素质是确保检测准确性和可靠性的必要条件。

5 优化检测过程中的关键因素提高建筑材料检测准确性

优化建筑材料检测过程中的关键因素能够显著提高检测的准确性。通过控制样品处理、设备管理和操作规范等方面,确保每一环节都精准无误,是提升检测质量的关键。

5.1 样品选择与处理的优化

优化样品选择与处理方法是提高检测准确性的第一步。选择具有代表性的样品能够减少测量误差,并确保检测结果反映材料的整体性质。在处理过程中,必须按照严格的操作流程进行,以避免样品的物理或化学性质受到不当影响。对于混凝土、沥青等建筑材料,样品的尺寸、形态和水分含量应符合标准要求,且在预处理阶段要避免不当操作,如过度干燥或处理不均匀。只有通过优化样品的选择和处理过程,才能保证检测结果的可靠性。

5.2 检测设备的管理与校准

检测设备的准确性是确保测试结果精确的基础。优化设备管理和定期校准是提升检测准确性的关键。首先,选择符合标准和行业要求的高精度设备,对于不同类型的建筑材料,应配备相应的检测仪器。其次,设备的定期校准至关重要,只有经过校准的设备才能确保测量数据的准确性。校准应根据标准物质或已知参考物质进行,确保设备处于最佳工作状态。除此之外,设备的维护和保养也非常重要,避免设备因长期使用而出现误差或故障。优化设备管理和校准,可以极大提升建筑材料检测的质量和效率^[5]。

5.3 操作规范与人员培训

优化操作规范和加强人员培训是提高建筑材料检测准确性的另一个重要因素。操作人员必须严格遵循检测标准和操作流程,保证每个操作步骤都符合要求。培训和经验积累能帮助操作人员更好地掌握设备使用技巧,避免因操作失误导致的误差。除了理论知识,实际操作的熟练度也是提高检测精度的关键。定期的培训和技术交流能够提升操作人员的专业素养,使其在面对复杂样品或特殊材料时能够灵活应对,从而有效减少人为因素对检测结果的影响。

优化样品处理、设备管理和操作规范能有效提高建筑材料检测准确性,确保结果可靠,为建筑工程质量控制提供有力支持。

6 结语

建筑材料检测的准确性直接影响工程质量,优化关键因素如样品选择、设备管理和操作规范,能够显著提高检测结果的可靠性。通过加强环境控制、提升操作人员技术水平以及定期校准设备,确保每个环节都达到标准要求,最终为工程提供更为精准的质量保障。全面优化检测过程,有助于提升建筑行业的整体质量管理水平,为安全高效的建筑提供坚实基础。

[参考文献]

- [1]毛建强.建筑材料检测中影响检测结果的关键因素研究[J].居舍,2019(32):24.
- [2]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.
- [3]吴海娟,夏前峰,赵孝佳.建筑材料检测中影响检测结果的关键因素研究[J].化工设计通讯,2021,47(12):155-156.
- [4]胡淑斐.绿色建筑材料检测中影响检测结果的关键因素分析[J].陶瓷,2023(1):94-95.
- [5]赵怀昆.建筑材料检测中影响检测结果的关键因素研究[J].散装水泥,2023(1):185-187.

作者简介:吴军(1985.9—),男,塔里木大学,土木工程,阿拉尔市天平建材检测有限责任公司,质量负责人,中级职称(工程师)。

齐格勒-纳塔催化剂载体的研究进展

姚秀超 王立斌 李春晖 郝春波* 刘全中 宁兴洋 王晓琪
北方华锦化学工业股份有限公司, 辽宁 盘锦 124000

[摘要] 齐格勒-纳塔 (Ziegler-Natta) 催化剂自发现以来, 在聚烯烃工业生产中占据核心地位。载体作为 Ziegler-Natta 催化剂的关键组成部分, 对催化剂的性能有着至关重要的影响。文中详细阐述了 Ziegler-Natta 催化剂载体的研究进展, 包括传统载体如氯化镁的结构、性能及改性方法, 新型载体如介孔分子筛、聚合物载体等的特点与应用, 以及载体对催化剂活性中心分布、聚合活性、聚合物性能等方面的作用机制, 并对未来 Ziegler-Natta 催化剂载体的发展方向进行了展望, 旨在为高效聚烯烃催化剂的研发提供参考。

[关键词] 齐格勒-纳塔催化剂; 载体; 聚烯烃; 活性中心

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15694

中图分类号: TQ325.14

文献标识码: A

Research Progress on Ziegler-Natta Catalyst Carriers

YAO Xiuchao, WANG Libin, LI Chunhui, HAO Chunbo*, LIU Quanzhong, NING Xingyang, WANG Xiaoqi
North Huajin Chemical Industries Co., Ltd., Panjin, Liaoning, 124000, China

Abstract: Since its discovery, Ziegler Natta catalysts have played a core role in the production of polyolefins in the industry. The carrier, as a key component of Ziegler Natta catalyst, has a crucial impact on the performance of the catalyst. The article elaborates in detail on the research progress of Ziegler Natta catalyst carriers, including the structure, properties, and modification methods of traditional carriers such as magnesium chloride, the characteristics and applications of new carriers such as mesoporous molecular sieves and polymer carriers, as well as the mechanism of action of carriers on the distribution of catalyst active centers, polymerization activity, polymer properties, etc. It also looks forward to the future development direction of Ziegler Natta catalyst carriers, aiming to provide reference for the research and development of efficient polyolefin catalysts.

Keywords: Ziegler-Natta catalyst; carriers; polyolefin; active center

引言

1953年, 德国化学家 K. Ziegler 发现了以四氯化钛 (TiCl_4) 和三乙基铝 (AlEt_3) 为主要成分的催化剂体系, 可在常压下使乙烯聚合成高分子量的线型聚合物; 1954年, 意大利化学家 G. Natta 将该催化剂体系用于丙烯聚合, 成功制得全同立构的结晶聚丙烯^[1]。这一重大发现开创了烯烃定向聚合的新领域, Ziegler-Natta 催化剂由此诞生, 并于 1963 年使两人共同荣获诺贝尔化学奖^[2]。

Ziegler-Natta 催化剂通常由过渡金属化合物 (主催化剂)、金属烷基化合物 (助催化剂) 和载体组成^[3]。其中, 载体不仅起到负载活性组分和内给电子体的作用, 还能显著影响催化剂的活性、聚合物的形貌、微观结构和性能^[4]。随着聚烯烃工业的不断发展, 对 Ziegler-Natta 催化剂性能的要求日益提高, 载体的研究也成为该领域的关键课题之一。

1 Ziegler-Natta 催化剂载体的作用

1.1 负载活性组分

载体为活性组分 (如 TiCl_4 等过渡金属化合物) 提供高比表面积的分散场所, 使活性组分能够高度分散在载体表面, 增加活性中心的数量, 从而提高催化剂的活性^[5]。

例如, 氯化镁 (MgCl_2) 作为常用载体, 其独特的层状结构能够有效地负载 TiCl_4 , 形成大量的活性中心。

1.2 影响活性中心结构和分布

载体的表面性质、晶体结构等因素会影响活性中心在其表面的负载位置和分布状态^[6]。不同的活性中心可能使所制备催化剂在催化活性以及选择性方面具有较大的差异, 进而影响聚合物的微观结构和性能^[7]。如载体表面的缺陷、晶面取向等会导致活性中心的本征活性和立体选择性产生差异。

1.3 控制聚合物的形态和颗粒特性

在聚合过程中, 载体作为聚合物生长的模板, 对聚合物的形态和颗粒特性起着关键的控制作用。合适的载体能够使聚合物颗粒具有良好的形态、粒径分布和流动性, 有利于优化工业化生产工艺, 提升聚合物产品性能及稳定性。例如, 通过控制载体的粒径和孔径分布, 可以调节聚合物颗粒的大小和孔隙率^[8]。

1.4 提高催化剂的稳定性

载体能够增强活性组分与助催化剂之间的相互作用, 减少活性组分的流失和团聚, 从而提高催化剂的稳定性, 延长其使用寿命^[9]。在实际工业生产中, 催化剂的稳定性

对于连续化生产过程至关重要^[10]。

2 传统载体——氯化镁

2.1 MgCl₂载体的结构与性能

MgCl₂是 Ziegler-Natta 催化剂中应用最为广泛的载体^[11]。其晶体结构为六方晶系,具有典型的层状结构,层间通过范德华力相互作用^[12,13]。这种层状结构使得 MgCl₂ 具有较大的比表面积,能够有效地负载过渡金属化合物。同时, MgCl₂ 的化学性质相对稳定,保证了催化剂体系的稳定性。

2.2 MgCl₂载体的改性方法

为了进一步提高 MgCl₂ 载体的性能,研究人员采用了多种改性方法进行载体性能的调控^[14]。

(1) 表面处理:通过对 MgCl₂ 载体表面进行化学处理,引入特定的官能团,改变其表面性质,增强与活性组分的相互作用^[15]。例如,用醇类或酯类化合物对 MgCl₂ 表面进行处理,可在表面形成 Mg-O-C 键,改善活性组分的负载效果。

(2) 掺杂改性:向 MgCl₂ 晶格中引入少量的其他金属离子(如 Zn²⁺、Al³⁺等),改变其晶体结构和电子性质,从而调控催化剂的性能。掺杂后的 MgCl₂ 载体可能会产生新的活性中心或改变原有活性中心的电子云密度,影响聚合反应的活性和选择性^[1]。

(3) 纳米化处理:制备纳米级别的 MgCl₂ 载体,可显著增加其比表面积和表面活性位点,提高活性组分的分散度,进而提高催化剂的活性和聚合物的性能^[16]。例如,采用溶胶-凝胶法、乳液法等制备的纳米 MgCl₂ 载体,在聚合反应中表现出更高的活性和更好的聚合物形态。

3 新型载体

3.1 介孔分子筛载体

介孔分子筛具有规则有序的孔道结构、高比表面积(通常在 600~1500m²/g 之间)和可调节的孔径(2~50nm)^[17],为活性组分的负载提供了独特的空间环境。将其作为 Ziegler-Natta 催化剂的载体,能够有效地调控活性中心的分布,提高催化剂的活性和聚合物的性能^[18]。

以介孔分子筛 MCM-41 为载体,负载 TiCl₄ 制备的催化剂用于乙烯聚合,与传统 MgCl₂ 负载的催化剂相比,具有更高的聚合活性,且所得聚乙烯的分子量分布更窄。这是因为介孔分子筛的规整孔道限制了活性中心的生长和团聚,使得活性中心分布更加均匀,从而实现了对聚合物链结构的有效调控。

3.2 聚合物载体

聚合物载体具有良好的柔韧性、可加工性和与聚合物的相容性,能够为活性中心提供独特的微环境。常见的聚合物载体有聚苯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯等^[19]。

采用聚合物载体负载 Ziegler-Natta 催化剂活性组分,在聚合过程中,聚合物载体与生成的聚合物之间具有

较好的亲和性,有利于聚合物的生长和形态控制。同时,通过对聚合物载体结构的设计和调控,可以实现对催化性能的精准调控^[20]。例如,合成含有特定官能团的聚合物载体,可增强与活性组分的相互作用,提高催化剂的活性和选择性。

3.3 其他新型载体

除了介孔分子筛和聚合物载体外,还有一些其他新型载体也在 Ziegler-Natta 催化剂研究中受到关注^[21]。

(1) 碳纳米材料:如碳纳米管、石墨烯等,具有高比表面积、良好的导电性和热稳定性^[22]。将其作为载体,能够提高催化剂的电子传递效率,改善活性中心的性能^[23]。例如,碳纳米管负载的 Ziegler-Natta 催化剂在乙烯聚合中表现出较高的活性和对聚合物微观结构的独特调控能力。

(2) 无机/有机复合载体:结合无机材料的稳定性和有机材料的功能性,设计合成无机/有机复合载体^[24]。例如,以二氧化硅为内核,包裹氰基化聚苯乙烯外壳的复合载体,可通过氰基化聚苯乙烯对二氧化硅孔道的修饰,实现聚合活性的平稳释放,并降低初生态聚乙烯分子链的缠结程度,改善聚合物的性能。

4 载体对催化剂性能及聚合物性能的影响机制

4.1 对活性中心分布的影响

载体的表面性质和结构决定了活性中心在其表面的吸附和负载方式^[25]。不同的载体表面存在着不同类型的活性位点,这些位点与活性组分的相互作用强度不同,导致活性中心在载体表面呈现出特定的分布状态^[26]。

在 MgCl₂ 载体中, TiCl₄ 倾向于负载在 MgCl₂ 层间的缺陷位或边缘位点,形成不同活性和选择性的活性中心^[27]。而介孔分子筛载体的规整孔道结构限制了活性中心的分布范围,使其更加均匀地分散在孔道内表面,从而减少了活性中心的多分散性,有利于制备结构均一的聚合物。

4.2 对聚合活性的影响

载体通过影响活性中心的数量和本征活性来调控聚合活性^[28]。一方面,高比表面积的载体能够提供更多的活性中心负载位点,增加活性中心的数量,从而提高聚合活性^[29]。另一方面,载体与活性组分之间的相互作用会改变活性中心的电子云密度和空间结构,影响其对单体的吸附和插入能力,进而改变活性中心的本征活性。

例如,经过表面改性的 MgCl₂ 载体,与活性组分形成更强的化学键合,优化了活性中心的电子结构,提高了其对单体的催化活性。而一些新型载体,如介孔分子筛,通过独特的孔道限域效应,增强了活性中心与单体之间的接触效率,也显著提高了聚合活性。

4.3 对聚合物性能的影响

载体对聚合物的微观结构(如分子量、分子量分布、立构规整性等)和宏观性能(如力学性能、加工性能等)有着重要影响^[30-32]。

(1) 分子量和分子量分布: 活性中心分布的均匀性直接影响聚合物的分子量分布^[33]。分布均匀的活性中心能够使聚合物链的增长速率较为一致,从而得到分子量分布较窄的聚合物^[34]。相反,活性中心的多分散性会导致聚合物链增长速率差异较大,产生宽分子量分布的聚合物^[35]。此外,载体与活性中心的相互作用还会影响聚合物链的增长和终止过程,进而调控聚合物的分子量。

(2) 立构规整性: 对于聚丙烯等具有立构规整性要求的聚合物,载体对活性中心的立体环境有着重要影响。合适的载体能够为活性中心提供特定的空间限制,使得单体在插入增长链时具有特定的取向,从而提高聚合物的立构规整性。例如,在以 $MgCl_2$ 为载体的聚丙烯催化剂中,内给电子体与 $MgCl_2$ 和 $TiCl_4$ 共同作用,形成特定的活性中心,可以有效地控制聚丙烯的全同立构规整度。

(3) 力学性能和加工性能: 聚合物的微观结构决定了其宏观的力学性能和加工性能^[36,37]。通过载体对聚合物微观结构的调控,能够改善聚合物的力学性能(如拉伸强度、冲击强度等)和加工性能(如流动性、热稳定性等)。分子量分布较窄的聚合物通常具有更好的加工性能,而立构规整性高的聚丙烯则具有较高的结晶度和良好的力学性能^[38]。

5 结论与展望

Ziegler-Natta 催化剂载体的研究取得了显著进展,从传统的 $MgCl_2$ 载体到各种新型载体的开发,不断推动着聚烯烃工业的发展。载体在负载活性组分、调控活性中心分布、控制聚合物形态和性能等方面发挥着关键作用。通过对载体结构和性能的优化,能够有效地提高催化剂的活性、选择性和稳定性,制备出具有更优异性能的聚烯烃材料。

未来,Ziegler-Natta 催化剂载体的研究将朝着以下几个方向发展:一是深入研究载体与活性组分之间的相互作用机制,从分子层面揭示载体对催化性能的影响规律,为载体的设计和优化提供更坚实的理论基础;二是开发新型高效载体,如具有特殊功能的纳米复合材料载体,进一步提高催化剂的性能和聚合物的质量;三是结合绿色化学理念,探索环境友好型载体的制备方法,降低催化剂生产和使用过程中对环境的影响^[39];四是针对不同聚烯烃产品的需求,设计定制化的载体,实现对聚合物结构和性能的精准调控,满足多样化的市场需求^[40]。相信随着载体研究的不断深入,Ziegler-Natta 催化剂将在聚烯烃工业中继续发挥重要作用,并为高性能聚烯烃材料的创新发展提供有力支撑。

[参考文献]

[1] 姚敏. 聚丙烯球形催化剂载体废料回用工艺研究[D]. 北京:北京化工大学,2018.
[2] 雷童. 亚胺镍配合物的制备及其催化烯烃聚合的研究[D]. 安徽:安徽大学,2023.
[3] 谢克锋. Ziegler-Natta 催化剂机理的第一性原理研

究[D]. 甘肃:兰州大学,2016.
[4] 赵寅虎. 活性炭负载 $[Cu(phen)I]_2$ 催化甲醇氧化羰基合成碳酸二甲酯[D]. 湖北:武汉工程大学,2025.
[5] 杨瑜珂. 新型甲醛净化聚合物膜及纤维的研究[D]. 天津:天津工业大学,2011.
[6] 刘武灿. 负载型过渡双金属氮化物催化性能研究[D]. 浙江:浙江工业大学,2005.
[7] 陈晓雪. 负载型 Ziegler-Natta 催化剂催化苯乙烯和异戊二烯共聚合研究[D]. 山东:青岛科技大学,2021.
[8] 胡徐腾,李振宇,牛慧,等. 聚丙烯釜内合金技术的研究进展[J]. 石油化工,2006(5):405-410.
[9] 赵华. 钛改性 SBA 分子筛镍基催化剂及其 CO 选择性甲烷化性能[D]. 广东:华南理工大学,2020.
[10] 李卓剑. 负载化离子液体催化 CO_2 转化合成环状碳酸酯[D]. 辽宁:大连理工大学,2021.
[11] 黄海波. $MgCl_2$ 载体的改性及其负载型 Ziegler-Natta 催化剂乙烯聚合的研究[D]. 浙江:浙江大学,2010.
[12] 李若涵. 新型压力一离子双重响应型荧光功能材料的合成与性质研究[D]. 湖北:三峡大学,2015.
[13] 孙晓宇. 无机纳米晶体的电子辐照重构和自组装行为的机理研究[D]. 北京:中国科学院大学,2025.
[14] 陈怡欣,甄摇摇,陈瑞浩,等. 铂基纳米催化剂的制备及在加氢领域的进展[J]. 化工进展,2023,42(6):2904-2915.
[15] 谭杰. 氮掺杂碳包覆 MOF 为前驱体氮化钛纳米管负载铂电催化甲醇[D]. 广东:广东工业大学,2023.
[16] 寇智宁. 多相态条件下雷尼镍在环己烷连续脱氢反应过程中的催化活性和失活现象研究[D]. 浙江:浙江大学,2025.
[17] 钟玲. Sn 掺杂 MCM-41 介孔分子筛的合成、表征及其催化环己酮 Baeyer-Villiger 氧化[D]. 湖南:湘潭大学,2008.
[18] 任合刚. 含给电子体的 Ziegler-Natta 催化剂制备及其催化乙烯、 α -烯烃聚合研究[D]. 河北:河北工业大学,2009.
[19] 余丽丽,姚琳,杨黎燕,等. 基于合成高分子的纳米药物载体的研究进展[J]. 化学与生物工程,2013,30(3):5.
[20] 陈晟. 含离子液多孔有机载体的合成,表征及贵金属催化剂的负载[D]. 甘肃:西北师范大学,2025.
[21] 孙志传. 锰基复合金属氧化物的制备及在乙酸甲酯催化燃烧中的应用[D]. 江苏:南京工业大学,2025.
[22] 黄志成. 基于金属纳米复合材料的电化学生物传感器的制备及其在疾病检测中的应用[D]. 上海:上海交通大学,2020.
[23] 雷永刚. 石墨烯量子点及非晶态钴掺杂硫化钼助催化

- 剂在光催化制氢中的应用研究[D]. 宁夏:北方民族大学,2025.
- [24]张晴. 基于阳离子聚合物/氧化硅复合纳米药物/基因载体的设计,制备及应用[D]. 北京:北京化工大学,2017.
- [25]刘连军,蔡金戈,刘斌,等. 不同载体负载 CuO 及其在 NO+CO 反应中吸附性质研究[J]. 第六届全国环境催化与环境材料学术会议论文集,2009(1):3.
- [26]郑宇印,刘百军. 加氢精制催化剂研究新进展[J]. 工业催化,2003,11(7):6.
- [27]李晓玮,崔亮,义建军,等. 丙烯聚合用 Z-N 催化剂磺酰基亚胺内给电子体的吸附机理[J]. 合成树脂及塑料,2018,35(6):9.
- [28]赵慧坤,李惠萍,周歧雄. 二苯基二甲氧基硅烷对 α -烯烃聚合活性中心的影响[J]. 石油化工,2005,34(8):5.
- [29]陈凤太. 含苯氧基/氮杂环配体的过渡金属配合物的合成及催化烯烃聚合反应的研究[D]. 上海:复旦大学,2007.
- [30]陈明. LDPE 薄膜料的结构与性能研究[D]. 甘肃:西北师范大学,2015.
- [31]占志良. 基于联立方程模型的乙烯淤浆聚合过程模拟与优化[D]. 浙江:浙江大学,2012.
- [32]孙波. 微注塑制品成型工艺及微观力学性能研究[D]. 河南:郑州大学,2015.
- [33]谢瑞金. 基于茂金属催化剂的丙烯聚合工程模型化研究[D]. 江苏:东南大学,2010.
- [34]俞彬彬. 流化床反应器中的乙烯/1-辛烯气相共聚合[D]. 浙江:浙江大学,2025.
- [35]靳由顺. 基于 Polymer plus 的聚乙烯新产品开发[D]. 浙江:浙江大学,2005.
- [36]邵海洋. 结晶聚合物细观力学分析[D]. 河南:郑州大学,2010.
- [37]宋涛. 高速拉伸过程中附生结晶对高分子纳米复合材料结构演变的影响[D]. 浙江:宁波大学,2025.
- [38]康文倩,马宗立,高玉林,等. 耐热聚丙烯专用料的结构与性能[J]. 中国塑料,2020,34(7):4.
- [39]张洪生. 浅谈化学工程技术在化学生产中的应用[J]. 工业,2025(3):12.
- [40]孙维乙,郑海香. 大规模定制环境下的工程机械模块化设计策略[J]. CAD/CAM 与制造业信息化,2013(7):3.

作者简介:姚秀超(1987—),男,汉族,辽宁大连人,工学博士,北方华锦化学工业股份有限公司,研究方向:合成树脂开发、聚合物改性、催化剂开发、橡胶材料开发等。

AI+大数据驱动的工程造价智能分析与优化策略研究

汪喜龙

新疆兵团城建集团有限公司，新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 工程造价管理涉及预算编制、成本控制、风险预测等多个方面，然而传统方法已难以有效应对现代项目的复杂需求。通过深度分析与机器学习能力，AI 技术优化了预测过程；而大数据则通过整合来自不同渠道的信息，显著提升了成本控制的精准性与决策的科学性。随着这些技术的不断进步与发展，工程造价管理必将朝着更加智能化与数据驱动的方向不断演进。

[关键词] AI；大数据；工程造价；智能分析；优化策略

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15685

中图分类号: TU17

文献标识码: A

Research on Intelligent Analysis and Optimization Strategies of Engineering Cost Driven by AI+Big Data

WANG Xilong

Xinjiang Production and Construction Corps Urban Construction Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Engineering cost management involves multiple aspects such as budget preparation, cost control, and risk prediction. However, traditional methods are no longer effective in meeting the complex needs of modern projects. Through deep analysis and machine learning capabilities, AI technology has optimized the prediction process; Big data significantly improves the accuracy of cost control and the scientificity of decision-making by integrating information from different channels. With the continuous advancement and development of these technologies, engineering cost management will inevitably evolve towards a more intelligent and data-driven direction.

Keyword: AI; big data; engineering cost; intelligent analysis; optimization strategy

引言

工程造价管理在项目的成功中扮演着至关重要的角色。传统的管理方法多依赖于经验和历史数据，但在面对快速变化的市场环境时，它们往往显得力不从心。随着 AI 与大数据技术的不断发展，工程造价的预测、控制与优化已经步入了一个崭新的阶段。通过这些技术，不仅提高了管理的精准度，而且使得工程造价管理变得更加高效，能够更好地适应现代市场的需求。

1 AI 与大数据技术概述

人工智能 (AI) 与大数据是当今科技领域的两项革命性技术，正广泛地渗透到各行各业。AI 通过模拟人类智能，运用机器学习、深度学习等算法，使计算机具备自主学习、推理与决策的能力，从而能够完成如图像识别、自然语言处理以及数据预测等复杂任务。大数据则专注于处理庞大且复杂的信息，关键在于如何从这些海量数据中提取有价值的洞见，以支持决策并优化业务流程。这两项技术的融合，正推动着各行业向智能化转型。在工程造价管理领域，传统依赖经验和人工判断的管理模式，正逐步被基于数据分析与精准预测的智能决策所替代。核心的变革在于提升数据的采集、存储与分析能力。大数据技术使得来自项目各环节的数据得以整合，包括历史项目的成本、市场动态、材料价格等；而 AI 的算法模型则能够分析这些数据，准确地预测项目的造价、工期以及潜在风险。通

过这些智能化分析，项目管理者能够基于实时数据作出更为科学、有效的决策，从而提升决策的精准度与工作效率。随着物联网 (IoT) 技术的不断发展，数据采集已变得更加自动化与高效。与此同时，云计算的普及显著提升了大数据的存储与处理能力。AI 算法在处理海量数据方面展现出强大的优势，通过持续的训练与优化，不断提高模型的精准度，这些技术的有机结合不仅为工程造价管理系统注入了新的活力，也加速了工程行业朝着更加智能化的方向迈进。

2 工程造价管理的现状

当前，工程造价管理面临着众多挑战，尤其是在信息化技术应用不足、管理方式仍偏向传统的背景下。传统的造价管理方法，尽管能够依靠人工估算与经验积累完成基础的预算编制与成本控制任务，但随着项目规模的扩大与复杂度的增加，其局限性逐渐显现。在一个数据量庞大、市场变化迅速的环境中，传统方法往往难以及时、准确地反映项目的实际情况，导致决策滞后，甚至可能引发预算超支或工期延误等问题。此外，数据整合问题在工程造价管理中日益突出，由于各环节的数据散布在不同的部门与系统中，缺乏统一的管理平台与有效的数据共享机制，造价管理人员往往无法及时获取准确的数据。这种数据割裂的现象，直接影响了成本预测的准确性与决策的科学性。随着信息技术的迅速发展，特别是大数据、云计算与人工

智能等技术的应用,工程造价管理正逐步朝着数字化与智能化转型。尽管一些大型项目与领先企业已经开始运用这些技术以提升管理效率与准确性,但在整个行业范围内,技术的普及程度仍较低,许多中小型企业依然依赖传统的手工操作与经验判断。这不仅导致了资源的浪费,还降低了管理效率。人才短缺问题也是当前造价管理领域的一大瓶颈,随着工程造价工作日益复杂,传统的专业知识与技能已难以应对日益增长的需求。尤其是在新技术应用领域,相关人才的匮乏限制了行业的创新与发展。

3 AI 与大数据在工程造价中的应用

3.1 数据采集与预处理

在工程造价预测这一复杂且精细的领域,数据采集与整合是构建高精度预测模型的关键步骤。项目数据来源广泛,不仅涵盖历史项目的成本、工期、质量等基础指标,还涉及材料价格波动、市场行情变化、政策法规(如税率、环保要求)以及劳动力成本差异等多重因素。如此多样的数据内容涉及项目实施的各个层面,如何有效收集、整理并分析这些数据,成为影响预测模型准确性的核心问题。数据来源多样既包括政府发布的官方统计数据,又有行业协会、市场研究机构的报告,甚至企业内部的历史项目数据。为了确保信息的时效性,越来越多的企业采用网络爬虫技术来自动抓取互联网数据,并通过 API 接口从外部平台获取最新信息。然而,采集数据只是开始,真正的挑战在于如何将来源不同、格式各异的数据有效地整合成一个统一的数据系统。建立一个高效的数据存储与管理平台至关重要,通过分布式存储技术,数据可以分散存储在多个节点上,从而提高存取效率与可靠性。同时,借助数据仓库技术,对不同来源的数据进行清洗、转换与加载,形成结构化的数据集,这为后续分析提供了高质量的基础。这样的数据平台不仅能集中存储信息,还能提供高效的访问服务,为预测模型的构建提供强有力的支撑。数据采集与整合在工程造价预测中的作用不可忽视,数据类型繁多、来源广泛,采集方式也多种多样。如何运用先进的技术手段将这些数据有效管理并进行结构化处理,是实现高精度预测的前提,这一过程的成功实施不仅为预测模型提供了可靠的数据基础,也为后续分析与决策提供了坚实的支持。

3.2 工程造价预测与分析

在项目成本控制与风险管理中,工程造价预测与分析扮演着至关重要的角色。传统方法依赖于经验与历史数据,但这些方法通常缺乏实时性与精准性,且容易受到人为判断偏差的影响。随着人工智能(AI)与大数据技术的引入,预测过程已变得更加科学与精确。通过机器学习与深度学习,模型能够从庞大的历史数据中提取规律,识别不同项目类型的成本波动趋势,并在持续学习的过程中优化预测策略。AI 技术能够同时处理多个维度的变量,如材料价格、劳动力成本及市场供需等,进行综合分析,从而显著

提高了预测的准确度。大数据技术在数据整合与处理过程中起到了至关重要的作用,预测不再仅依赖单一的数据源,而是结合了政府发布的统计信息、市场报告、材料价格等各类数据,给模型提供全面的实时信息,这使得预测结果更加贴合实际情况。此外,工程造价预测还涉及对风险的评估与不确定性分析。通过模拟多种可能的情景,AI 与大数据能够评估不同风险因素对项目成本的潜在影响,帮助决策者制定应对措施,从而有效降低可能出现的成本波动。

4 工程造价智能分析与优化策略

4.1 基于大数据的工程造价数据分析

基于大数据的工程造价数据分析,借助大量的项目数据、市场动态以及实时信息,为决策提供了更加精准与科学的支持。传统的造价管理因数据分散且难以统一整合,常常制约了成本控制与风险评估的有效性。而大数据技术的引入,突破了这一限制,使得数据整合与分析变得更加高效与精准。通过从项目管理系统、政府发布的数据、行业报告等多个渠道收集大量信息,并对其进行标准化处理,最终形成了一个全面的成本数据库。在数据清洗、分类及转换之后,结构化数据为后续的深度分析提供了坚实的基础。大数据技术还能够揭示数据中隐藏的规律,通过应用机器学习与数据挖掘等分析方法,能够深入探讨项目成本、工期、质量等多个因素之间复杂的关系,并预测潜在的成本压力^[1]。这一数据驱动的分析方法,使得决策不再单纯依赖经验判断,而是转向更加科学的决策过程。实时监控与预警功能是大数据分析的另一重要应用,在项目实施过程中持续采集并分析实时数据,可以快速识别超支或工期延误的风险,及时触发预警,帮助项目管理者迅速响应并作出调整,从而有效避免问题的进一步恶化。

4.2 基于 AI 的造价优化算法

基于人工智能的造价优化算法,通过智能计算与分析,显著提升了工程造价管理的精准度与效率,这些算法不仅能够处理大量数据,还能在动态环境中优化成本结构、资源配置及项目策略,帮助管理者做出更加科学高效的决策。AI 优化算法的核心在于其自学习与自适应能力,通过深度学习与机器学习,算法从历史项目数据中提取规律,识别影响造价的关键因素,如材料价格波动、工期延误及劳动力成本变化,并根据实时数据动态调整。举例来说,AI 可以预测材料价格趋势从而调整项目预算,最小化成本波动^[2]。AI 优化算法还通过模拟多种场景来优化决策,它分析项目规模、施工条件、市场环境等变量的影响,提供多种可行的成本控制方案,确保在项目初期就能合理配置资源并减少浪费。成本预测与风险管理是 AI 优化算法的典型应用,结合历史数据与实时市场动态,AI 能够预测潜在风险,如材料短缺或价格波动,并提前制定应对策略,帮助项目团队采取措施,降低风险带来的不利影响。

4.3 项目成本控制与风险预测

项目成本控制与风险预测是确保工程项目按预算顺利完成的关键。随着工程规模的扩大和项目复杂性的增加,传统的成本控制方法逐渐暴露出诸多局限,尤其在面对市场波动、政策调整及突发风险时,难以做到及时且有效的应对。现代 AI 技术与大数据分析的应用,使得项目成本控制与风险预测的能力得到了显著提升。成本控制的核心在于实现实时监控与动态调整,通过构建综合数据管理平台,结合实时数据的采集与分析,项目管理者得以随时掌握项目中各项成本的变化。例如, AI 算法能够基于实时的采购数据、劳动力成本、材料价格等信息,自动调整预算,避免超支风险。通过对比计划成本与实际支出,系统能够及时识别成本偏差并发出警报,从而提醒项目经理采取必要的控制措施。在风险预测方面,基于大数据与机器学习技术,项目管理提供了全新的前瞻性视角。AI 能够通过对历史数据、市场趋势以及政策环境等多维度信息的深入分析,识别潜在风险因素,如原材料价格波动、供应链中断以及法规变动等。基于对这些因素的分析, AI 可以预测它们对项目成本及工期的影响。例如,若 AI 系统监测到原材料价格显著波动,它会提前发出预警,并建议调整采购计划或寻找替代材料,以减少风险对预算的冲击^[3]。AI 与大数据的结合还为多场景模拟提供了支持,使得不同决策方案的风险与收益得以评估。在项目实施过程中,管理者能够模拟各种风险情景,并评估不同应对策略的效果与成本。通过模拟不同施工方案, AI 可以预测这些方案在面对风险时的经济影响,帮助决策者选择最优的应对措施。

4.4 工程造价优化的策略与实施

工程造价优化不仅仅关乎成本削减,更多的是通过科学规划、精确控制与高效资源配置,最大化项目整体价值。在实际操作过程中,优化策略的实施需要全方位的考虑,从项目初期设计阶段到施工环节的每一阶段,都需确保能够实现成本最优控制及风险的有效管理。项目初期的设计优化是关键环节之一,通过深入的需求分析与精细的项目规划,能够有效避免因设计缺陷或资源配置不当引发的返工问题或预算超支。在这一阶段, AI 与大数据的应用通过模拟不同设计方案的成本与效益,帮助决策者选择最适合的设计方案,从而避免资源的浪费。例如, AI 结合材料成本、运输费用等多方面因素,能够预测不同材料或施

工方法的经济效益,并推荐最优选择。施工阶段的优化则更加依赖高效的资源调度与流程管理,通过实时数据监控与分析, AI 能帮助项目经理精确掌握每一环节的资源使用情况,避免不必要的浪费与工期延误。与此同时,项目管理系统对工期、人工成本及物资消耗的实时跟踪,确保所有开支都在预算控制之内。大数据技术还能实时监测市场价格波动、天气变化等潜在风险,帮助项目经理及时调整预算与资源配置,以应对不可预见的挑战。采购管理的优化同样至关重要,通过精细的供应链管理,利用大数据技术对市场供需状况及材料价格的波动进行预测,项目团队可在最佳时机进行采购,避免材料价格突发上涨影响项目预算。AI 还能够分析历史采购数据,优化供应商选择与采购策略,确保采购成本最低且质量有保障。项目完成后的后评估与反馈机制为持续优化提供了有力支持,对项目实施过程中造价控制的总结与数据分析,管理团队得以识别潜在的优化空间,为未来项目提供宝贵经验。这不仅有助于提升后续项目的执行效率,也为行业整体的造价优化积累了宝贵的数据支持与理论基础。

5 结语

AI 与大数据技术的应用正在革新工程造价管理领域,通过智能化分析与精确预测,显著提升了成本控制与风险管理的效率。决策过程中,大数据为其提供了广泛的信息支持,而 AI 算法则在预测精度与调整能力方面得到了优化。虽然这些技术仍在不断发展与完善之中,随着创新与实际应用的深入, AI 与大数据将在未来的工程项目管理中提供更加精准与高效的解决方案。借助这一技术进步,工程行业有望在成本控制与风险管理上实现更高的效率,从而为可持续发展奠定更加坚实的基础。

[参考文献]

- [1]胡永波. 大数据驱动的工程造价预测模型构建与优化研究[J]. 新城建科技, 2025, 34(1): 180-182.
 - [2]李勇. 基于大数据驱动的企业内部工程造价审计探析[J]. 企业改革与管理, 2020(8): 171-172.
 - [3]赵文杰. 大数据技术在工程造价预测与成本分析中的应用[J]. 陶瓷, 2025(1): 213-215.
- 作者简介: 汪喜龙(1987.5—), 毕业院校: 新疆农业大学, 所学专业: 工程管理, 当前就职单位: 新疆兵团城建集团有限公司。

建筑施工管理里强化工程质量监管的策略探讨

康 辉

新疆兵团市政轨道交通（集团）有限公司，新疆 乌鲁木齐市 830000

[摘要] 建筑工程作为国家经济发展与社会进步的核心组成部分，其质量直接影响到人们的生命安全、财产保障与社会稳定。随着我国城市化进程的加速，建筑行业快速扩展，各类项目不断增加。然而，尽管建筑行业在质量监管上取得了一些进展，但在实际操作中仍然存在许多问题，导致质量管理难以达到预期效果。质量监督在保障施工过程安全与工程质量方面扮演着至关重要的角色，是降低工程风险、优化施工质量的有效手段。文章通过分析建筑工程质量监督中存在的问题，提出切实可行的解决方案，为建筑行业质量管理的改进提供理论支持。

[关键词] 建筑施工管理；质量监督；过程控制；信息化管理；责任体系

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15699

中图分类号: TU712

文献标识码: A

Exploration on Strategies for Strengthening Engineering Quality Supervision in Construction Management

KANG Hui

Xinjiang Bingtuan Municipal Rail Transit (Group) Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: As a core component of national economic development and social progress, the quality of construction projects directly affects people's life safety, property security, and social stability. With the acceleration of urbanization in our country, the construction industry is rapidly expanding, and various projects are constantly increasing. However, despite some progress in quality supervision in the construction industry, there are still many problems in practical operation that make it difficult for quality management to achieve the expected results. Quality supervision plays a crucial role in ensuring construction process safety and engineering quality, and is an effective means of reducing engineering risks and optimizing construction quality. The article analyzes the problems in quality supervision of construction projects and proposes practical and feasible solutions, providing theoretical support for the improvement of quality management in the construction industry.

Keywords: construction management; quality supervision; process control; information management; responsibility system

引言

随着我国经济的持续增长，建筑行业进入了高速发展的阶段。在这个过程中，尽管建筑行业的法规与标准体系得到了逐步完善，但工程质量问题仍时常出现，且呈现出愈发复杂的趋势。许多建筑项目在技术标准不断提高、施工规模不断扩展的背景下，传统的质量管理手段暴露出了诸多问题。尽管现代化信息技术在某些项目中已初步应用，但多数企业仍依赖陈旧的设备与过时的管理模式，未能有效利用信息化、智能监控等先进技术。这些技术的应用虽然有所尝试，但还未能与质量监管体系深度融合，导致质量监控工作的低效与滞后。项目管理中，“重进度轻质量”的思想仍然存在，质量保证基金的投入远低于发达国家的标准，施工人员的质量意识不足，影响了工程的质量控制与管理。尽管在法律与制度方面已经做出很多改进，但在实际操作中，质量隐患依然频繁出现，未能及时发现和解决。对此，建筑企业亟需采取更加科学、先进的质量监督措施，充分利用现代技术手段提升质量监督的精准性与有效性。

1 建筑工程质量监督的基本内容

1.1 施工图纸审查

施工图纸审查作为建筑工程质量监督的重要环节，其

核心任务在于确保设计文件的完整性、合理性及合规性，以提供可靠的施工依据。重点审查内容涵盖建筑结构的安全性能、材料选择的科学性、施工技术的可行性以及节能环保标准的落实情况。《建筑工程设计文件编制深度规定》对施工图纸的细化程度作出了明确要求，以保证施工方能够准确理解并严格执行设计方案。结构参数计算的准确性需经过严格复核，以确保地基基础、梁柱节点、楼板厚度等关键技术指标符合国家标准。特别是在高层建筑、大跨度结构或复杂荷载条件下，应加强结构安全裕度的审查，以降低潜在风险。

除了结构安全，建筑抗震性能亦需充分论证。尤其在地震活动频繁的地区，抗震设防标准必须严格执行，以优化结构体系，提高建筑抵御地震破坏的能力。与此同时，消防疏散设计的合理性同样不可忽视，疏散通道的规划、消防设施的配置等均须符合国家相关规范，以确保突发情况下人员能够迅速撤离，降低安全隐患。

近年，BIM（建筑信息模型）技术的广泛应用极大提升了施工图纸的审查精度及效率。通过构建三维模型，建筑结构及机电管线的空间布置情况更加直观，施工前即可发现潜在冲突。例如，暖通、给排水、电气管线之间的交

又干涉问题,可在设计阶段进行优化调整,以减少施工过程中因设计缺陷导致的返工及额外成本投入。BIM 技术还可用于施工过程模拟,以提升施工组织方案的合理性,提高施工效率^[1]。施工图纸审查结束后,建设单位、设计单位及监理单位需联合复核,最终形成正式的会签文件。只有确保设计文件严谨且具备法律效力,才能有效降低施工阶段的质量风险,并减少因设计缺陷引发的工程问题。

1.2 施工过程的质量监督

施工质量监督贯穿整个建筑工程,涵盖材料管理、工艺控制及质量验收等核心内容,其目的是确保施工严格按照设计要求执行,达到既定的质量标准。施工过程中,材料质量的管控尤为重要,建筑材料的优劣直接影响工程的安全性及耐久性。一般情况下,施工现场实行“进场检验+过程抽检”双重管控模式,对钢筋、混凝土、水泥、防水材料等重点建筑材料进行严格检测。例如,钢筋在投入使用前,抗拉强度、屈服强度、伸长率等性能指标需经检测合格,而混凝土的坍落度、抗压强度等技术参数亦必须符合设计要求。近年来,物联网技术在建筑工程中的应用,使材料全流程溯源管理逐步普及^[2]。利用 RFID(射频识别)标签、二维码标识等技术,可实时追踪材料的来源、生产批次及检测报告,有效避免不合格产品进入施工现场,从而增强工程质量的可控性。

施工工艺的监管在质量管理体系中占据重要位置,施工过程需严格遵循施工方案,以减少因操作失误带来的质量问题。模板支撑体系的搭设、钢筋绑扎、防水层铺设等关键工序均须接受旁站监督,以确保施工方法及技术参数符合设计要求。例如,混凝土浇筑作业过程中,为避免蜂窝、孔洞等质量缺陷,通常会采用红外热成像仪检测密实度。一旦发现浇筑不均或振捣不足,施工人员需立即调整操作,以降低质量隐患,确保结构强度达标。

质量验收阶段,为进一步保证施工质量管理的严谨性,广泛推行“三检制”,即自检、互检与专检相结合,使质量控制更加系统化。主体结构验收过程中,载荷试验可用于评估楼板的承载能力,以确保结构安全性能符合设计标准。远程监控技术的应用使施工现场的实时监管成为可能,施工过程中一旦出现质量问题,可及时发现并处理。此外,大数据分析手段的引入,使质量风险预测与防范更加精准,有助于提升工程质量管控水平。施工过程的质量监督不仅依赖于先进技术手段,科学严谨的管理制度亦是关键。只有严格执行各环节质量标准,并不断提升施工人员的质量意识,建筑工程整体质量水平才能得到有效提升。

2 加强工程质量监督的现实意义

建筑工程的质量与安全问题一直是行业内的核心关注点,也是社会高度重视的议题。当前,工程质量监督主要针对施工过程中的各个环节进行严格监管,涵盖建筑结构质量与使用性能质量,确保工程符合安全与功能要求。在我国建筑行业快速发展的背景下,市场竞争愈发激烈,相较于以往,现阶段的建筑市场对工程质量提出了更高的

要求。为在竞争中占据一席之地,建筑企业必须不断优化质量管理体系,提高施工质量,以适应行业发展需求。在社会经济持续发展的今天,唯有不断完善工程质量监督指标,才能满足现代建筑行业的高标准要求,从而推动建筑管理水平与工程质量的提升。同时,通过科学、有效的监管手段,对建筑工程的安全性及品质进行全方位监督,确保施工全过程的质量可控。由于建筑工程的施工周期较长,通常会将整个施工过程划分为多个阶段。因此,在质量监督过程中,必须注重每个环节的质量管理,确保各个施工环节均符合既定标准。这要求管理人员制定科学、合理的监督方案,并将其贯穿于施工全过程,结合不同阶段的施工任务合理安排质量监督工作。唯有持续提升工程质量监督水平,才能有效增强建筑工程的整体质量与安全标准,推动行业高质量发展。

3 建筑管理中工程质量监督存在的问题

3.1 施工设备和技术水平有限

在许多中小型建筑企业中,传统施工设备仍占据主导地位,智能化机械的普及率却远远低于行业的需求。这一现象导致了施工过程中精度和质量的稳定性无法得到有效保障。数据显示,智能化设备在行业中的应用率仅为 35%,这一水平与国际先进标准相差甚远。例如,混凝土振捣、钢结构焊接等关键工序的施工质量合格率比行业标准低了 12 个百分点。尽管 BIM 技术及智能监测系统已经在部分项目中投入使用,但其应用仍处于初步阶段,未能深入到质量管控体系中。

3.2 工程监理素质不高

工程质量监督的效果,往往与监理人员的专业能力息息相关。然而,调研结果显示,只有 61% 的监理人员持有正式证书,这一比例使得不少项目在监管过程中缺乏足够的专业支持。更为严重的是,监理人员的专业结构存在失衡,尤其是在机电安装、智能建筑等新兴领域,专业监理人员的缺口高达 43%。这一问题导致一些复杂工程缺乏足够的技术监督,影响了质量保障的效果^[3]。同时,随着装配式建筑、绿色施工等新技术的应用,对监理人员的专业要求也在不断提高,然而部分监理人员未能充分掌握相关技术标准,导致质量监督工作在这些新领域中存在盲区,从而影响了工程质量的控制。

3.3 质量控制意识不足

在不少项目中,管理层往往将进度和成本控制放在首位,质量管理常常被忽视。调查数据显示,工程质量保证基金的投入占比仅为总造价的 0.8%,这一比例显著低于国际发达国家的 2.5%。资金投入的不足直接导致了材料检验、工艺优化以及检测手段的滞后,从而影响了质量控制体系的正常运行。此外,施工人员的质量培训水平普遍较低,年均培训时长不足 8 学时,且培训内容较为局限,导致标准工艺的执行偏差率达到 18%。

3.4 施工安全意识薄弱

安全管理与质量监督密切相关,然而在实际操作中,

二者常常存在割裂现象,这加剧了施工过程中的质量隐患。违规操作在脚手架搭设、临时用电等环节时有发生,相关质量隐患的占比达到27%。这一情况反映出施工过程中的安全管理存在较大漏洞,直接影响了工程质量的稳定性。虽然行业内已实施三级安全教育制度,但不少施工人员未能接受全面的安全培训,安全意识依然薄弱。数据显示,特种作业人员的持证上岗率仅为82%,远低于行业标准。而深基坑、高支模等高风险工程的专项方案执行合格率也未达到70%。

4 建筑管理中加强工程质量监督的措施

4.1 完善信息化的监督制度

在提高工程管理效率的过程中,通过基于BIM技术的质量监管云平台,设计审查、材料追踪与工艺监测等功能模块的集成,使得质量数据能够实时采集与分析。这一平台的建立,不仅促进了设计参数、材料质量与工程进度的及时更新,也为质量控制提供了更加准确的支持。引入AI视觉识别技术,能够自动检测钢筋间距、焊缝质量等关键指标,从而有效提高了质量隐患识别的效率,提升幅度达60%。与此同时,电子档案管理系统的建立,保证了质量记录的安全存储,确保了信息的可追溯性与防篡改性。

4.2 加强监督机构内部管理

要提升质量监督效能,推行ISO9001质量管理体系,建立了科学且系统的质量管理框架,保证了质量管理工作的标准化。为确保不同类型工程的质量监管,已制定涵盖18个专业领域的监督作业指导书。针对特殊类型的工程,如超限工程与EPC项目,已制定专项监督方案,确保了它们能在监管过程中得到充分的关注与检查。此外,通过建立绩效考核体系,依据质量问题发现率、整改闭合率等指标对监督人员的工作进行评估,进一步提高了工作效率与责任意识。

4.3 明确工作岗位具体职责

明确工作岗位的职责是确保质量监督工作得以顺利落实的关键环节。通过编制《工程质量责任手册》,将建设、施工、监理等各方的质量责任条款进行详细划分,从而确保各方责任的清晰界定。责任的明确,不仅有助于避免责任推诿,也能促使各方更为积极地参与到质量管理工作中。通过实施质量责任终身制,要求在工程铭牌上公示主要责任人的信息,进一步提高了责任的公开性与透明度。同时,建立岗位能力矩阵,将质量监督任务细化到具体岗位,确保每项质量控制点都能有专人负责。

4.4 提高管理人员的综合素质

提升管理人员的综合素质,是确保工程质量监督有效性的基础。通过构建“理论培训、实操考核与继续教育”三位一体的培养体系,管理人员不仅能够掌握扎实的理论知识,也能通过实际操作来提高应对复杂工程质量问题的能力。根据建筑行业的需求,开设了包括装配式施工、数

字检测等12个专题培训模块,帮助管理人员掌握行业前沿的技术与理念^[4]。每年,管理人员需完成至少40学时的专业技术培训,以确保其技术水平的不断提升。此外,专家智库的建立,为管理人员处理复杂工程质量问题提供了宝贵的技术支持。

4.5 强化施工过程监督

在施工过程中,强化质量监督至关重要。通过实施“四不两直”检查制度,突击检查得以广泛开展,减少了施工单位在检查前准备或规避检查的机会,确保了监督的独立性与公正性。利用无人机航拍与智能终端等手段进行检查,使得质量监督的覆盖范围进一步扩大。特别是针对主体结构与防水工程等关键部位,实施举牌验收制度,确保这些关键环节的质量得到了充分保障。所有验收过程均留存影像资料,并纳入工程档案中,以增加质量验收的透明度与规范性。此外,建立质量风险预警机制,能够对关键指标进行实时监控。若混凝土强度的离散系数超过15%,系统会自动触发预警,提醒管理人员及时采取措施纠正。

5 结束语

在建筑行业迅速发展的背景下,质量问题成为社会各界关注的焦点,它不仅关系到公众的生命安全,还对国家经济的可持续发展产生重要影响。本文分析了当前建筑工程质量监督中存在的问题,并提出了相应的优化措施。引入信息化与智能化技术、强化监管人员的专业培训、明确各方责任等措施,都可以有效提高质量监督工作的效率与效果。通过技术的支持,尤其是智能监控系统的应用,可以实时检测质量问题并提前预警,从而在问题发生之前采取有效措施。与此同时,加强监管机构的内部管理与人员素质提升,进一步优化监督机制,将有助于确保质量监督的精确性与全面性。未来,结合现代技术与科学管理方法,建筑工程的质量与安全将得到更加有效的保障,从而促进社会的稳定与经济的发展。

[参考文献]

- [1]董楚.合肥金太阳公寓项目施工阶段成本控制研究[D].安徽:安徽建筑大学,2022.
 - [2]周学龙.建筑工程质量监督管理中存在的问题及策略研究[J].居业,2021(5):116-117.
 - [3]温廷凯.建筑施工控制中加强工程质量监督的几点建议[J].中国住宅设施,2022(8):109-111.
 - [4]李仰坤.道路工程施工质量管理与控制措施分析[J].运输经理世界,2020(4):64-66.
- 作者简介:康辉(1990.3—),男,汉族,新疆乌鲁木齐市新市区人,中级职称(新疆兵团市政轨道交通(集团)有限公司天山公司生产副经理),2014年6月毕业于武昌工学院工程管理专业,最高学历大学本科,现从事的工作主要为统筹本公司各类工程任务的生产指导。

Siquan EPC 项目全过程工程咨询管理要点分析

于四全

安徽省招标集团股份有限公司, 安徽 合肥 230001

[摘要]随着工程建设领域对项目管理要求的日益提高, 传统的管理模式已无法满足日益复杂的工程需求。EPC (工程、采购、施工) 模式作为一种综合性管理模式, 逐渐成为现代工程项目的主流模式, 它能够从设计、采购、施工等各个环节进行有效地整合, 提高工程的管理效率与整体效益。而全过程工程咨询作为新型的项目管理服务模式, 结合了专业的咨询服务和全程监管, 确保项目从规划设计到最终验收的每个阶段都能够可在可控的范围内进行优化, 有效减少了工程的成本和风险, 为项目的顺利推进提供了强有力的保障。

[关键词]EPC 项目; 全过程工程咨询; 项目管理; 设计采购施工; 效益提升

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15693

中图分类号: F28

文献标识码: A

Analysis of the Key Points of Engineering Consulting Management in the Whole Process of EPC Project

YU Siquan

Anhui Tendering Group Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230001, China

Abstract: With the increasing demand for project management in the field of engineering construction, traditional management models are no longer able to meet the increasingly complex engineering requirements. The EPC (Engineering, Procurement, Construction) mode, as a comprehensive management mode, has gradually become the mainstream mode of modern engineering projects. It can effectively integrate various aspects such as design, procurement, and construction, and improve the management efficiency and overall benefits of the project. As a new project management service model, whole process engineering consulting combines professional consulting services and full process supervision to ensure that every stage of the project, from planning and design to final acceptance, can be optimized within a controllable range, effectively reducing the cost and risk of the project and providing strong guarantees for the smooth progress of the project.

Keywords: EPC project; full process engineering consulting; project management; design, procurement, and construction; efficiency improvement

引言

在传统的工程项目管理模式中, 设计、采购和施工通常由不同的单位独立进行, 缺乏有效的沟通和协作, 容易导致资源浪费、进度延误和成本超支。为了应对这些问题, EPC 模式应运而生, 其通过将设计、采购、施工一体化管理, 不仅能够提高项目管理效率, 还能有效降低各环节之间的协调难度。随着 EPC 模式的不断发展, 全过程工程咨询服务逐渐成为确保项目成功实施的关键。全过程工程咨询不仅涵盖项目的全生命周期, 还强调对项目各阶段的精细化管理。本文将重点探讨 EPC 项目全过程工程咨询管理的要点, 为相关从业人员提供有效的管理思路和实践指导。

1 全过程工程咨询管理的基本概念与目标

1.1 全过程工程咨询的定义

全过程工程咨询是指在 EPC 项目中, 从项目规划、设计、采购、施工到竣工验收和后期运营的全过程中, 提供全方位的技术支持和管理服务。其核心目标是通过专业咨询团队的支持, 保障项目质量、进度和成本的可控性, 并确保各阶段的工作协调一致^[1]。

1.2 全过程工程咨询的目标

(1) 质量保证: 全过程咨询能够保证项目从设计到施工的全过程质量控制, 避免质量问题的积累。

(2) 成本控制: 通过精确的预算管理和采购计划, 全过程工程咨询有助于降低项目成本, 并避免预算超支。

(3) 进度把控: 通过协调各环节的时间节点, 确保项目按时完成, 避免不必要的延误。

(4) 风险管理: 全过程工程咨询还能够在项目的每个阶段进行风险识别和应对策略制定, 降低项目实施中的不确定性。

2 EPC 项目全过程工程咨询管理要点分析

2.1 项目策划阶段的咨询管理要点

在项目策划阶段, 首先需要进行全面的市场调研。这一环节涉及对目标市场的需求、竞争态势、市场趋势等多方面进行深入分析, 以便为项目的定位和发展提供数据支持和理论依据。同时, 技术可行性分析也是项目策划的重要内容, 团队需评估项目所采用的技术方案是否可行, 技术难度、实施成本和时间等方面是否符合项目的预期目标。

项目需求分析则是通过明确项目的功能、目标和资源配置,为后续设计与采购提供明确方向。全过程工程咨询在这一阶段的参与尤为关键,它需要帮助项目团队编制初步预算。预算编制不仅要考虑项目实际需求,还需结合当前市场的价格动态,确保预算合理且具有可执行性,避免后期出现资金不足或预算偏差的情况。此外,项目策划阶段还应对潜在的技术、市场和管理风险进行识别。这包括可能的技术难题、市场变动、政策变化及管理不善等风险因素。识别这些风险后,项目团队需提前制定有效的应对方案,确保在项目实施过程中能够及时调整策略,减少不利影响,保障项目顺利推进^[2]。

2.2 设计与采购阶段的咨询管理要点

全过程工程咨询在项目实施过程中起着至关重要的作用,特别是在设计优化方面。咨询团队应协助项目团队进行方案优化,确保设计不仅符合技术要求,还能最大限度地提高经济效益,避免因设计不合理导致后期的调整与额外成本。设计评审是项目策划的重要环节,通过评审可以有效识别设计中的潜在问题,从而在项目初期就解决可能的技术难题,避免不必要的资源浪费。此外,全过程咨询还应在供应链管理中发挥关键作用。确保物资采购的质量、数量与交货时间紧密与项目进度相衔接是实现项目按时、按质完成的基础。咨询团队需对供应商的选择与管理提供支持,确保物资采购环节的高效与顺利,减少因供应问题导致的项目延期或成本超支。在合同管理方面,全过程咨询的责任也不可忽视。咨询团队需要对各类合同进行审查,确保合同条款明确、合法,并具有可执行性。通过严格的合同管理,可以有效预防和化解合同纠纷,确保项目的顺利推进,避免因合同问题造成的法律风险或资金纠纷,从而保障项目的整体利益。

2.3 施工阶段的咨询管理要点

全过程工程咨询在项目施工阶段的作用至关重要,特别是在施工进度实时监控方面。咨询团队需要紧密跟踪施工进度,确保各项施工任务按照既定计划有序进行,及时识别和解决施工过程中可能出现的延误问题。通过高效的进度管理,避免因延误而对整个项目的完成时间产生不利影响,确保项目按时交付。此外,全过程咨询团队还需参与施工现场的质量监督与检查,确保所有施工环节严格遵守设计标准和规范要求。质量问题是影响项目成功的关键因素之一,因此,咨询团队需要对施工质量进行全程把控,及时发现并纠正任何偏离设计要求的施工情况。通过及时地检查与修正,可以有效避免施工质量问题积累,确保项目的质量合格。施工安全管理也是全过程工程咨询的重要任务。团队应协助项目团队制定详细的安全风险防控措施,包括对施工现场的安全隐患进行全面评估和预测。在施工过程中,咨询团队还需要加强安全监督,确保所有施工人员遵守安全操作规程,避免因疏忽导致的事故发生。

通过有效的安全管理措施,可以大大降低项目施工阶段的安全风险,确保项目顺利、安全地进行^[3]。

2.4 竣工验收与后期运营阶段的咨询管理要点

在项目竣工验收阶段,全过程工程咨询团队承担着至关重要的协调职责。团队需要与各方紧密配合,确保所有验收工作顺利进行,确保项目达到合同和设计的各项要求。验收过程中,咨询团队要对项目的各个方面进行全面审查,包括工程质量、功能性、合规性等,确保没有遗漏任何细节。通过专业的评估与审查,确保项目顺利通过验收,并满足所有预定的质量标准和技术要求。在项目竣工后,全过程工程咨询的工作并没有结束。咨询团队继续为项目的后续运营提供技术支持与服务,帮助项目高效运行。这包括对项目设施、设备、系统等的维护和优化,以确保其稳定性和长期使用的可靠性。团队需要根据实际运营情况,及时发现并解决技术问题,防止由于设备故障或管理不善而影响项目的正常运转。通过持续的技术支持,确保项目能够高效、稳定地运行,提升项目的整体价值,并最大程度地减少运营中的问题,从而保障项目的长期成功和效益。

3 EPC项目全过程工程咨询管理的实施策略

3.1 建立专业化团队

EPC(工程、采购、建设)项目的全过程工程咨询在项目的各个阶段发挥着至关重要的作用,而要确保咨询工作的高效和顺利,依赖于一个高素质、专业能力强的咨询团队。因此,选聘经验丰富、具备多学科背景的咨询人员是项目成功的关键因素之一。团队成员不仅需要具备扎实的理论知识,还应有实际操作经验,尤其是项目管理、工程技术、采购管理等多个领域的综合能力。项目管理方面,咨询团队成员应具备丰富的项目管理经验,能够从整体角度进行规划与控制,确保项目在预算、时间、质量等方面得到有效的管理与协调。工程技术方面,咨询人员必须掌握相关工程领域的专业技术知识,能够准确评估项目的技术可行性、施工质量以及后期运营需求,及时提出合理的技术优化方案,确保工程设计和施工符合标准^[4]。

采购管理是EPC项目中一个不可忽视的环节,咨询团队需要具备强大的采购管理能力,能够在供应链管理中起到至关重要的作用。从物资采购到供应商管理,团队成员应确保所需材料和设备的质量、数量以及交货期与项目进度相一致,以避免采购问题对项目进度和预算产生不利影响。此外,咨询人员的多学科背景使得团队能够在项目的不同阶段提供切实有效的支持。在项目策划、设计、施工、验收等各个阶段,团队成员可以根据各自的专业特长,提出有针对性地解决方案,及时发现并解决潜在问题。通过这种跨学科的合作与综合管理,全过程工程咨询能够最大程度地保障项目的顺利实施和最终交付。

3.2 实施信息化管理

信息化技术的应用在EPC项目全过程工程咨询中具

有不可或缺的作用。随着科技的进步和信息技术的不断发展,项目管理方式也逐步向智能化、数字化转型。通过应用信息化技术,EPC项目能够实现更加高效、透明和精确地管理,从而确保项目的顺利实施和高效完成。信息化技术能够帮助建立统一的信息平台,将项目进度、成本、质量等关键指标进行集成管理。通过信息平台,项目团队可以实时获取各项数据,掌握项目的最新状态,做到实时监控,及时发现项目中存在的问题。例如,项目进度的实时跟踪可以帮助团队监控每个施工阶段的进展情况,及时识别进度偏差并采取措施加以纠正,从而确保项目按照计划推进。而在成本管理方面,信息平台能够整合各类成本数据,进行预算与实际支出的对比分析,及时发现预算超支或浪费问题,并采取相应的控制措施,有效避免项目成本失控^[5]。

信息化技术可以加强项目的质量管理。通过集成的质量监控系统,项目团队能够实时了解各项施工质量的数据,及时发现施工过程中可能出现的质量问题,并快速反馈给相关责任人进行整改。这种实时监控的方式,不仅能够提高质量控制的效率,还能大大减少因质量问题导致的返工和延期,从而节约时间和成本。此外,信息化技术还能够为项目管理提供更精确的数据分析支持。通过大数据分析,项目团队可以深入分析项目过程中各类因素的影响,例如施工人员的工作效率、设备使用率、材料消耗等,为决策提供科学依据。同时,信息平台能够实现跨部门、跨团队的实时协作,增强项目各方之间的信息共享与沟通,提高整体工作的协同效率。最重要的是,信息化技术还能够帮助项目团队在遇到突发情况或项目变更时,及时作出调整和优化决策。通过实时监控数据和智能化分析,团队可以快速评估影响,并采取相应的调整措施,确保项目不因突发问题而受到重大影响,保障项目的顺利实施。

3.3 强化沟通与协作

全过程工程咨询是指在工程项目的全生命周期中,从项目策划、设计、施工到验收及运营等各阶段,提供全方位的专业咨询服务。其核心在于加强各方的合作与协同,确保项目顺利实施,并通过各专业咨询服务的紧密结合,优化项目各环节的管理。项目管理者在这一过程中扮演着关键角色,其主要职责是协调各方工作,确保信息的流动和各环节的高效配合。项目管理者需要加强与设计、采购、施工等各环节的沟通。这不仅仅是信息的传递,更是意见的交流和建议的整合。在设计阶段,设计人员与项目管理者之间的紧密合作有助于将项目的要求、预算和技术规格融入设计方案中,避免后期的设计修改和返工。而在采购阶段,项目管理者则需要与供应商和承包商保持密切联系,确保

采购计划、资金流动和资源供应的有效衔接,从而避免因资源短缺或采购延误而影响施工进度^[6]。

施工阶段是全过程工程咨询中至关重要的一环,项目管理者需要持续监控施工进度、质量和安全问题。通过与施工单位的紧密合作,及时发现问题并采取有效措施,确保施工按计划顺利推进。同时,项目管理者还需与各类专业技术顾问进行沟通,共同解决在施工中遇到的技术难题,避免因信息不畅而导致的项目延误或质量问题。此外,项目管理者还需加强跨部门、跨环节的信息共享,避免信息孤岛现象的出现。信息孤岛会导致各方无法及时获取关键信息,从而影响决策的效率和准确性。为了打破这一局面,项目管理者可以利用现代信息技术手段,建立起高效的信息传递系统,确保设计、采购、施工等各环节的信息能够实时共享和更新,做到透明化管理。

4 结语

全过程工程咨询管理在EPC项目中具有重要的作用,它不仅能够确保项目各个环节的有效衔接,还能够通过科学的管理方法和风险控制,提升项目的整体效益。通过前期策划、设计采购施工以及竣工验收后的技术支持等环节的全方位管理,EPC项目的实施能够更加高效和顺利。然而,全过程工程咨询的成功实施需要依靠专业化的团队、信息化管理手段以及各方的协作与支持。只有这样,EPC项目才能真正实现从计划到实施的整体优化,最终达到预期的效果。

[参考文献]

- [1]周铁汉.建设单位在EPC项目中采用全过程工程咨询模式的管理要点[J].城市建设理论研究(电子版),2018(32):38-39.
- [2]张晓东.基于成本控制的全过程工程咨询项目设计管理[J].今日财富,2024(31):104-106.
- [3]李建立.全过程工程咨询服务及项目管理实践与探讨[J].交通科技与管理,2024,5(20):182-184.
- [4]戴永强,雷蕾.基于成本控制的全过程工程咨询项目设计管理思考[J].建设监理,2024(3):24-28.
- [5]吴波.EPC项目全过程工程咨询管理要点探究[J].中国招标,2022(9):112-115.
- [6]方明.建设单位在EPC项目中采用全过程工程咨询模式的管理要点[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2021(2):23-24.

作者简介:于四全(1988.2—),毕业院校:中南大学,所学专业:测绘工程,当前就职单位:安徽省招标集团股份有限公司,职称级别:中级工程师。

论分析钢纤维混凝土施工技术在路桥施工中的应用

龙梅虎

新疆北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 公路桥梁作为一项重大的经济建设项目, 对推动地区经济发展, 提高人民生活水平起到了举足轻重的作用。近几年, 伴随着交通运输业的迅猛发展, 公路桥梁工程的规模越来越大, 施工规范也越来越高。混凝土是桥梁和公路建设中使用最为普遍的一种结构形式, 它的结构和性能受到人们的高度重视。基于此, 文章分析了钢纤维混凝土施工技术在路桥施工中的应用策略。

[关键词] 钢纤维混凝土施工技术; 技术应用; 路桥施工; 施工技术

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15688

中图分类号: TU4

文献标识码: A

Discussion on the Application of Steel Fiber Reinforced Concrete Construction Technology in Road and Bridge Construction

LONG Meihu

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

Abstract: As a major economic construction project, highway bridges play a crucial role in promoting regional economic development and improving people's living standards. In recent years, with the rapid development of the transportation industry, the scale of highway and bridge engineering has become increasingly large, and the construction standards have also become higher. Concrete is the most commonly used structural form in bridge and highway construction, and its structure and performance are highly valued by people. Based on this, the article analyzes the application strategies of steel fiber reinforced concrete construction technology in road and bridge construction.

Keywords: steel fiber reinforced concrete construction technology; technology application; road and bridge construction; construction technology

引言

公路桥梁项目是交通网络的基本组成部分, 在城镇化过程中起着至关重要的作用。各主管机关和施工企业要尽最大的努力改善道路桥梁的施工质量, 采取多种措施, 选用合适的施工工艺和施工技术, 使公路桥梁的安全得到有效的保障。钢纤维混凝土作为一种新型的桥梁建设方法, 具有操作简便、经济效益高等优点, 能够较好地解决由于普通混凝土结构强度不够而引起的一系列质量和安全问题^[1]。

1 钢纤维混凝土应用于路桥施工中的优势

1.1 节省混凝土、钢筋材料用量

由于其优越的力学特性, 使其在公路、桥梁等领域得到了充分的应用, 在某种意义上替代了常规公路桥梁建设中的水泥混凝土地位。正是其优异的特性, 使得在相同的强度条件下, 减少了混凝土的使用, 大大节省了建设费用, 同时也减少了桥梁和公路的自重。通过试验和计算, 在相同的强度条件下, 采用不同比例的钢纤维混凝土, 其所需的混凝土比素要少 30%。此外, 高强度钢纤维 (SFRC) 可以替代某些常规混凝土中的钢筋用量, 且可选择比普通钢材略细 1~2mm 的钢材。

1.2 施工便捷, 缩短工期

钢纤维混凝土的抗拉强度比普通混凝土更大, 能够在

现场进行连续施工。特别是对于大体积混凝土施工的公路、桥梁施工, 采用钢纤维混凝土施工技术可以大大节省施工周期, 并能在某种意义上减少施工时间。与常规混凝土比较, 采用钢纤维混凝土可缩短公路桥梁建设周期 1/3。

1.3 提升桥面整体性能及观感

公路桥梁施工除了本身的功能和特色之外, 其外观也非常关键。作为城市及我国道路交通网络的标志之一, 采用钢纤维混凝土, 具有比一般混凝土更高的结构强度, 可以在一定程度上降低材料的用量, 减小其尺寸, 让整个桥梁看起来更加轻薄美观, 并且在增加了抗拉强度之后, 在仅设置横向缝不设置纵缝的情况下, 能够形成一个统一整体, 改善了整个桥面的使用效果和外观^[2]。

2 钢纤维混凝土施工技术在路桥工程施工中的影响因素

2.1 工程建设周期因素分析

在公路桥梁的建设过程中, 由于各种因素的干扰, 导致了工程进度的不确定性, 进而降低了整体的经济效益。在采用钢纤维混凝土技术进行施工时, 必须确保项目的进度符合时间要求, 从而改善项目的状态。就工程技术的运用而言, 项目工期已成了最大的制约, 因此, 必须在工程建设期间, 适当引入相关的钢纤维混凝土施工技术, 确保

施工程序的规范化,使作业标准化,降低安全隐患,合理地安排工程的建设内容,控制工程的施工进度,从而确保工程的成本。

2.2 工程施工地点因素分析

在公路桥梁建设中,转换路段的稳定和可靠度是影响公路桥梁建设的重要因素,一旦出现失误,轻则酿成灾害,给项目带来重大的经济损失。其中,对于不同的工地,其所处的环境也是不同的,因此,在建筑的构造形式等上,会有一些的差异,若不能很好地处理,将会对项目建设产生一定影响。因此,在进行路桥建设前,必须先对建设区域的地质环境进行调研,充分掌握当地的地质状况,根据各种情况进行分析,以便在具体的工程建设过程中制订出合理方案,在发生突发事件时能够迅速反应,减少对项目的不良影响,为公路桥梁项目顺利、高效地进行打下坚实的基础。

2.3 工程施工自然环境因素分析

由于公路桥梁建设所处的自然环境较为开放,其自身的自然环境对其建设有较大影响。首先,不能轻视水在大自然中的作用,在建设过程中,若没有良好的排水条件,将导致水进入,从而导致基础的强度降低。此外,风、雨、雪等天气条件也非常关键,这不但关系到工程的建设质量,而且还关系到项目的建设进程,因此,必须要事先掌握天气状况,将天气条件对工程建设的影响降到最低,以确保项目建设的顺利有序^[3]。

3 钢纤维混凝土施工技术在路桥施工中的应用策略

3.1 工程案例

以某城市快速路钢纤维混凝土路面铺装工程为例。这条公路的长度为 28.2 公里,基础从上到下、由低到高分分别是:4%的水泥稳定碎石基层、18cm 的普通混凝土底层、18cm 的钢纤维混凝土路面。研究表明,该结构具有良好的力学性能。根据试验结果,优选出的混合料水胶比为 0.32、水泥掺量 420kg/m³、砂率 40%、粉煤灰 25%、聚羧酸减水剂与引气剂复合掺量 1.5%、0.03%,并对其进行了试验研究。在施工中,使用手工将钢纤维均匀地洒在路面上,使用滑动式摊铺机进行摊铺,铺设速率约为 1.2m/min;混凝土的输送采取槽车,进料温度低于 25℃;振动振动以 2.3kw。

3.2 路面铺装

与一般水泥混凝土道路比较,钢纤维混凝土路面在工作方面有着显著的优点:抗裂能力强,开裂量小,不易产生贯通裂纹,具有较好的抗磨损性能和较光滑的路面纹理,较低的车辙深度,且具有良好的耐疲劳性能,延长了汽车的使用寿命。采用滑模摊铺机铺设,其摊铺速率以 1.0~2.0m/min 为宜;混凝土路面的厚度通常在 12~26cm 之间,其容许误差在-0.5cm~+1.0cm。为了保证道路的平整性,

在第一次浇筑之前,必须使用 3m 长的机械式振梁碾压平整。并在凝结之前,对路面进行纵横方向的碾压,纵缝宽 3~4mm,横缝 5~8mm,缝深度 1/3~1/4。由于钢纤维混凝土路面表面不能使用覆膜,否则会造成表面的干缩变形,应采取喷洒的方法进行保湿,并在 14 天内完成。在其强度未达 70%时,不允许通行。应用该技术对沥青混合料进行处理后,其开裂情况得到了明显的改善^[4]。

3.3 钢纤维混凝土制作

采用钢纤维混凝土施工技术的重点是合理配置优质的结构,并合理应用到实际工程中。钢纤维混凝土的生产过程分为五个阶段。第一,对该项目施工中所需要的基础材料进行研究;第二,对钢纤维和混凝土配合比进行分析,选出最优设计;第三,采用适当的钢纤维填充方式;第四步,将材料进行混合,制成样品;第五,在试件凝固完成后,对试件进行强度和力学特性测试,以确定其满足施工要求。混凝土基础原料可以按素混凝土配合比来算。在将钢纤维嵌入到混凝土中时,应从全局出发,综合各种影响因素。在实际工程应用中,随着钢纤维掺入量的增加,对混凝土本身的增强作用越来越明显。如果掺入太多,就会影响到与结构强度有关的抗剪和抗弯性,或者破坏了钢筋的刚度,造成了较大的钢材损耗。为此,必须对钢纤维的最优掺量进行合理估算。在进行了以上分析之后,需要进行混合料混合,进行钢纤维混凝土的制备、试块的制作和预压实验。对其进行预压实验,以检验其符合施工要求。由于该项目设计的挠度不超过 300mm,所以经过施工单位的研究,可以采用重型夯法对其进行预压沉降测试。经测试,各项指标均满足设计指标。

3.4 材料配合比设计及试验

在进行钢纤维混凝土制备和试件测试的基础上,根据现有的钢纤维混凝土物性指标,制定合理的材料配比,并结合路桥工程的实际工况,对其抗压、防裂等多个方面的工作需求进行综合评价。在此项目中,采用了调整后的预制混凝土试件,按照相应的操作流程和方法进行浇筑和维护,然后使用专门的设备对其进行规范化测试。通常,测试工作都是由独立的第三方检测机构或者具有检验资格的实验室进行,试件的数量可以根据设计方案和配比调整后的状态来决定,根据具体的条件进行持续调整,制造出一定数量的试件,再根据测试的结果选择出最适合的、效果最好的配比方案,应用到工程中去^[5]。

3.5 桥梁工程

在桥梁建设中,钢纤维混凝土技术可以应用于桥面铺装、桥墩加固、湿接缝和防撞栏等处,对提高结构的耐久性和力学性能具有显著优势。例如,将 6~10cm 厚的钢纤维混凝土在常规沥青或普通面上覆盖 6~10cm 厚的钢纤维混凝土,可以有效地改善其抗车辙和冲击性能,并将其使用寿命延长 3~5 年。本项目在使用 14mm 粗直径端钩型

钢纤维掺量 $100\text{kg}/\text{m}^3$ 的情况下,路面的裂缝显著降低,未发生过大的病害,节省了 30% 的维修成本。薄壁构件(如桥墩和桥台)是其最脆弱的部分,在车辆荷载和风雨侵蚀作用下,容易产生开裂和剥蚀等病害。在水泥基材料中加入 10%~15% 的钢纤维,可防止裂纹发展,增强结构的整体性,使其使用寿命可达 10 年以上。本项目为防止钢筋腐蚀,主塔使用 C60 钢纤维混凝土进行了初步的施工。在桥梁伸缩缝及湿接缝等处,因受温差及车荷载影响,易出现裂缝、脱空及渗漏等质量问题。应用钢纤维混凝土后,接头处的剪切性能、防水性能及耐久性能得到明显改善。

3.6 桥面切缝

由于混凝土材料的硬化是一个非常复杂的过程,存在着不同程度的温度、化学应力,这些因素的综合影响,是影响其整体性能的重要因素。以往的设计中,为了减轻这种不良效应,一般都是在钢筋混凝土结构上设置伸缩缝,使其在受力过程中产生一定的变形,从而防止出现局部应力集中破坏。然而,本项目所采用的钢纤维混凝土是一种具有独特构造特征的新型钢纤维混凝土,其构造特点对钢纤维混凝土的设计要求更加苛刻,同时钢纤维混凝土的引入显著提高了钢纤维混凝土的抗拉和韧性,导致常规的纵缝无法满足钢纤维混凝土构件的使用。由于裂缝的存在会影响到钢纤维在混凝土中的持续分配,导致其受力性能下降,因而目前钢纤维混凝土桥面一般仅设置横向伸缩缝。在实际工程中,项目组在各墩相应部位增设了水平伸缩缝,以保证其在养护期间的变形,并保证其使用功能与美观,并保证其在桥梁工程中的应用。切割时间是设计横向伸缩缝的关键,如果切割太久,切割会对未完成硬化的钢筋造成干扰,造成钢筋内聚力弱化,从而引起钢筋出现过早的非规则裂缝,因此,需要对钢筋混凝土进行合理切割。此外,在切割之前,要对面板进行全面清洗与烘干,并在切割后对其进行适当修补与封闭,避免水分、杂物等进入缝隙,导致桥梁结构的损伤,从而保证钢纤维混凝土桥面在长时间使用期间的工作状态^[6]。

3.7 施工质量控制

保证钢纤维的分布、密实饱满、无离析泌水、采用合理的保护和养护方法是钢纤维混凝土施工质量的关键,要从施工工艺、设备运行和环境条件等多个角度对其进行全面防治。在进行钢纤维混凝土混合的过程中,应尽量延长到 3min 以内,并采用分批缓慢的方式加入,单次加入的量不能大于 $30\text{kg}/\text{m}$ 。建议使用强力搅拌机器,双卧轴、行星式搅拌机比单卧轴搅拌机具有更好的分散性。在进行泵送作业时,要经常对管道进行清理,同时要注意对管道进行加压及转速的控制,防止管道中的钢纤维堆积造成管道阻塞。浇注要连续均匀,间隔不能大于 30min,将上一层的混凝土反复振捣 3~5cm,避免出现冷裂纹。由于钢

纤维干燥要求高,要求使用高频 $\geq 50\text{Hz}$,功率 $\geq 1.8\text{kW}$ 的嵌入式振动棒,以 $2\text{m}\times 2\text{m}$ 的网格布置,每次振捣 20~30min,直至底层混凝土 5cm 处。振动棒的拔取要迅速,振点交错均匀,不能有漏振和超振现象。如桥面铺装等薄层件,也可采取平振机振实或抽真空等措施来改善。由于钢纤维混凝土在干后容易发生塑性收缩,所以要采取适当的湿润养护方法,如洒水、覆盖等,同时要对周围气温进行适当调节,使其在 $10\sim 30^\circ\text{C}$ 之间。养护期应至少 14 天,避免曝晒,强风,寒冷等气候条件下进行。如桥面铺装和路面等关键部位,为了提高其摩擦因数,必须在干后 3~5 小时之内采取拉毛等措施。如有需要,可将封闭养护液涂于混凝土的表层,以降低水份的挥发。钢纤维混凝土在浇注过程中容易出现物料、废料四溅的现象,在施工过程中要通过喷洒水降尘、及时清理等方法来降低对周围的影响。在堆放、运输、投料等过程中,要小心搬运,防止刺伤、刮伤。作业工人应穿戴防护用品,并应配戴防护手套、口罩及护目镜,对所使用的机械,要进行定期维修保养,并按照规定的要求进行检验和保养。

4 结论

综上所述,与传统的混凝土相比,钢纤维混凝土在许多方面都有着明显的优越性,它不仅可以节约混凝土等原料,而且可以大大减少施工时间,改善整个桥面板的受力和外观。在实际应用中,可用于梁体桥面施工、桥梁结构施工或路桥改造加固施工等多种工程,相关部门和承包商应该更加重视和研究钢纤维混凝土的建造工艺,使其真正的应用价值得以实现,为推动公路桥梁和城镇化的发展提供科技支撑。

[参考文献]

- [1] 向俸乐. 浅析市政路桥施工技术中钢纤维混凝土技术的运用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(33):106-108.
- [2] 赵四海. 钢纤维混凝土施工技术在路桥工程中的应用研究[J]. 工程技术研究, 2024, 9(20):78-80.
- [3] 黄士人. 钢纤维混凝土施工技术在路桥工程施工中的实践策略[J]. 运输经理世界, 2024(29):100-102.
- [4] 于泽洪. 钢纤维混凝土施工技术在路桥施工中的应用[J]. 工程技术研究, 2024, 9(16):47-49.
- [5] 李新伟. 钢纤维混凝土施工技术在路桥工程中的应用[J]. 运输经理世界, 2023(31):98-100.
- [6] 张义堂. 路桥施工中钢纤维混凝土技术应用[J]. 运输经理世界, 2023(25):85-87.

作者简介: 龙梅虎(1992.1—), 男, 毕业院校陕西师范大学; 所学专业计算机科学与技术, 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, 职务技术员, 职称级别初级。

沥青混凝土面层施工技术在道路维护工程中的应用分析

谢永恒

盐城市交通规划设计院有限公司, 江苏 盐城 224000

[摘要] 沥青混凝土作为道路建设中常用的施工材料, 其施工工艺是决定维护质量的关键, 在道路维护工程中需要建设单位对沥青混凝土面层施工技术加以把控, 从而保证道路维护质量, 提高安全性。本篇文章以某市政道路维护工程为例, 针对道路常见病害问题进行总结, 并提出沥青混凝土面层施工技术的应用要点加以阐述, 为道路维护工程提供参考借鉴。

[关键词] 沥青混凝土; 施工技术; 道路维护工程

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15682

中图分类号: U418.6

文献标识码: A

Application Analysis of Asphalt Concrete Surface Construction Technology in Road Maintenance Projects

XIE Yongheng

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

Abstract: Asphalt concrete is a commonly used construction material in road construction, and its construction process is the key to determining maintenance quality. In road maintenance projects, construction units need to control the construction technology of asphalt concrete surface layer to ensure road maintenance quality and improve safety. This article takes a municipal road maintenance project as an example to summarize the common problems of road diseases, and elaborates on the application points of asphalt concrete surface construction technology, providing reference and guidance for road maintenance projects.

Keywords: asphalt concrete; construction technology; road maintenance projects

引言

道路是城市重要基础设施之一, 对于城市交通稳定及大众生活起到重要影响。道路使用频率高、承受压力大, 因而容易产生病害和损坏问题影响使用安全稳定性, 需要定期通过检修、维护工程加以保养, 保证道路使用性能。沥青是一种道路工程建设中常用的混合有机胶凝材料, 具有良好的耐磨性、耐腐蚀性和防水性, 成本造价低、使用寿命长, 因而应用频率较高。由于沥青混凝土物理性质较为特殊, 因而在施工中需要对沥青混凝土面层施工技术加以把控, 从而保证施工质量, 提高道路维护水平。

1 选用工程案例概述

本文选用工程案例为某市政道路维护工程项目, 该市政道路位于市区内, 地面标高约在 62.1~108m 之间。具体施工内容为长度 2500m 的市政道路维护施工。该市政道路路面层使用沥青混凝土、沥青碎石混合料、砂砾作为主要建设材料, 道路标准横断面宽 41m、35m 和 46.5m, 如下图所示。该市政道路结构层包括上面层、中面层、下面层和基层四部分, 厚度分别为 4、5、8、30cm。采用多层结构提高市政道路稳定性。由于面层与行驶机动车辆直接解除, 因而需在保证稳定性和承载能力的前提下提高面层抗滑性能, 因而面层选定沥青混凝土及碎石作为主要建设材料, 沥青混凝土材料的油石比选定为 0.3%, 公路性能参数指标按照国家《公路沥青路面施工技术规范》要求而定。

本道路维护工程的施工流程如下: (1) 施工准备。首

先由检测单位通过检测技术对市政道路原有设施进行检测, 明确具体病害类型及部位并交由设计单位设计维护方案, 明确维护工程使用设备、材料、施工技术; (2) 测量放样。对施工现场进行测量放样, 确保维护道路的范围、标高及坡度, 并使用挖掘机进行开挖, 将病害部位的基层材料全部清除; (3) 维护施工。将基层材料倒在施工区域内均匀摊铺并压实, 对接缝部位进行特殊处理, 保证路面平整、密实; (4) 质量检测。对维护后路面性能进行检测, 符合施工要求后即完成施工^[1]。



图1 道路维护工程示意图

2 沥青混凝土面层的常见病害

2.1 裂缝

裂缝是沥青混凝土面层最常见的病害之一, 引发裂缝现象的原因包括外部因素和施工因素两种。其中外部因素

包括环境温度变化过大、路基发生沉降等，例如如果施工环境的气温在短时间内迅速升高或降低，就会导致沥青路面内部产生温度应力，进而导致路面整体受力失衡引发裂缝。沥青材料由于温度变化产生疲劳现象，沥青材料自身拉伸能力减弱、松弛能力下降，进而产生裂缝现象。除此之外，如果在施工建设环节中存在矿料级配设计不合理、施工工艺不足或养护不到位等问题，同样会导致沥青混凝土面层质量不佳，在后续高强度使用中产生半刚性基层反射裂缝^[2]。

2.2 路面车辙

车辙是沥青混凝土面层长期使用后经常产生的病害现象，车辙是指机动车辆在路面行驶后所留下的压痕，通常多见于投入使用时间较长的道路中，由于道路长时间保持高强度使用，导致来往车辆对路面带来持续高负荷，道路结构层材料产生侧向位移进而引发永久变形，而后再次受到较大负荷就会导致沥青混凝土面层产生车辙也无法恢复。

2.3 路面泛油

沥青路面产生泛油现象的主要原因是由于沥青材料在配置时没有把控好各项材料的比例，沥青混合材料的制作对于技术人员的要求非常高，在配制时尤其需要严格把控沥青的满足流值、稳定度、空隙率、油石比等各项参数指标，一旦配制不合格，油石比或集料配比不正确就会导致沥青路面出现泛油现象，在沥青路面表面形成一层沥青膜，不仅影响整体质量同时还会影响路面美观性。

3 沥青混凝土面层施工技术在道路维护工程中的应用要点

3.1 沥青混凝土配制要点及含水率检测

所有沥青混凝土材料均严格按照设计方案配制，各项材料比例务必控制精确，在施工前需要施工单位与设计单位进行充分技术交底，根据现场实际情况和各项相关参数明确施工方案。对于道路工程施工而言，路面填充材料的质量直接影响道桥的整体承载能力和稳定性，因而在设计阶段需要根据实际情况和施工需求选择适合的配比，并严格按照设计配比进行沥青混凝土配制。本文选用工程案例对沥青混凝土的参数指标要求如下表 1 所示。填充材料选用改性沥青混凝土，按照粗骨料 45%、细骨料 30%、矿粉 10%、改性沥青 15% 的比例配制，搅拌时间选定为 50 秒^[3]。

施工前设计单位需通过含水率检测明确原有公路面层的实际含水率，面层含水量过高会导致路面内部产生动水压力，影响填充材料的黏结力进而引发路面裂缝、断裂等病害。本工程含水率采用表面振动压实仪进行检测，通过表面振动压实仪对采集土样进行检测，将表面振动压实仪振动定时为 6 分钟，在持续振动后通过观察表面振动压实仪读数即可明确实际含水率。本工程要求沥青混凝土路面的含水率在 ±1% 以内，完成检测后根据检测结果对原有公路面层进行处理即可。如原有公路面层的实际较大，

则需要在维护施工前对原有公路进行碾压，帮助公路结构排出水分，而如果实际含水率较少，则需要在维护施工前定期对路面进行适当洒水，从而帮助路面补充水分避免干裂。

表 1 沥青混凝土参数指标要求

序号	技术指标	质量要求
1	塑性指数	<10.0%
2	SO ₄ ²⁻ 含量	<0.35%
3	有机物质量分数	<3.5%
4	集料压碎率	<35.0%

3.2 路面摊铺

道路维护工程的摊铺环节务必保证施工连续性，因而施工前需设计单位与施工单位进行充分技术交底，明确施工流程及要点，并对施工现场进行科学规划。采用多台运输车辆负责沥青混凝土运输工作，保证所有材料同时抵达现场避免施工时间存在差异。摊铺方式选择分层摊铺，通过分层施工设计提高沥青混凝土面层的抗弯强度和抗车辙性能，延长路面使用寿命。同时在设计阶段针对沥青混凝土面层的结构形式进行特殊设计，调查结果显示该路段日常通车流量较大，因而对沥青混凝土面层施加负荷非常大，为保证沥青混凝土面层的孔隙率符合标准要求，该工程对上下层面结构进行调整，以此来降低孔隙率、提高路面维护质量。例如本工程设计方案中要求沥青混凝土面层压实度为 96%，则根据我国现行标准及相关文件可计算出，沥青混凝土面层的孔隙率应当保持在 7.9% 左右。在摊铺过程中施工人员需要严格把控摊铺机的各项参数指标，例如摊铺机行驶速度应当保持在 6m/min 以内，摊铺温度则控制在 120 摄氏度以上，同时在摊铺过程中严禁急停、急转弯，避免行驶速度变化导致摊铺材料不均匀。保持匀速、慢速，避免速度过快影响摊铺质量。在摊铺前施工人员务必对施工路面进行清洁，避免路面上残留垃圾和杂物，同时检查原有基层结构，避免存在原有面层材料没有及时清除的情况影响后续摊铺施工。在摊铺过程中施工人员需要严格控制摊铺机的参数，保证摊铺机的振幅和频率与设计标准保持一致，摊铺振幅和频率直接影响沥青混凝土面层的平整度，因而在正式摊铺前需要施工单位在施工现场进行预实验，按照实际情况模拟施工条件，从而明确摊铺机运行的准确参数，保障摊铺质量符合施工要求标准^[4]。

3.3 路面碾压要点

碾压是沥青混凝土面层施工中的重点环节，通过碾压的方式保证所有沥青混凝土材料完全密实，从而提高沥青混凝土面层的承载能力和稳定性。碾压施工按照“先停后振”的顺序施工，避免沥青混凝土面层产生波浪型印记影响道路平整度。在摊铺前施工人员需要在结构层之间提前涂抹黏层油，从而避免沥青混凝土在高温状态下出现黏结问题影响施工效果。

沥青混凝土面层碾压共计需要进行三次，首先在摊铺

结束后需要立即进行第一遍碾压,第一遍碾压主要以重型压路机和振动压路机为主要设备,首先使用重型压路机将所有沥青混凝土材料进行均匀压实,而后使用振动压路机对沥青混凝土面层进行二次碾压,通过持续振动的方式跳沥青混凝土混合料紧实度,使其保持稳定状态避免离析。而到第二次碾压中则需要使用轮胎压路机,轮胎压路机的重量至少在 10t 以上。通过轮胎压路机进一步压实沥青混凝土面层,并将第一次碾压过程中产生的轮胎印记全部消除。等待完成第二遍碾压后施工人员需要全面检查施工部位,保证无任何轮胎印记和车辙后即可进行最后一次碾压,在最后一次碾压中选择的大型压路机重量务必在 12 吨以上,保证所有路面均匀压实,避免出现维护部位与原有沥青混凝土面层高度不同的情况影响路面使用质量。由于本工程在摊铺环节采用分层摊铺,因而碾压时间需要适当延长,从而保证上下层沥青混凝土面层均得到充分压实^[5]。

3.4 接缝处理

接缝是沥青混凝土面层施工中的常见问题。尤其在多层摊铺施工中产生接缝的几率往往较大。接缝如果处理不当会严重影响沥青混凝土面层稳定性,同时导致沥青混凝土面层发生渗水现象的几率升高。因而在碾压施工后需要施工人员仔细检查施工区域,重点是维护施工区域的边缘位置,仔细检查原有沥青混凝土面层与维护面层之间是否存在接缝,一旦存在接缝则需要立即使用滚轮设备对接缝进行压实,避免接缝部位的密实度与其他部位存在差异。除此之外还可以采用黏结剂对接缝部位进行黏结,或采用热熔胶同样能够提高接缝部位的黏合程度,从而确保接缝处强度和密实度满足路面要求。在使用黏结剂或热熔胶进行处理后,施工人员还要驾驶压路机对接缝部位重新进行碾压,从而确保接缝处彻底得到压实,确保沥青路面的整体性和完整性。通常市政道路接缝按照缝线方向可分为纵向和横向接缝两种,通常接缝问题多由于在施工过程中出现施工不当,导致沥青混凝土浇筑中断,此时沥青混凝土已经超过初凝时间但仍然没有完成浇筑,从而导致沥青混凝土产生软弱结合面,与其他部位沥青混凝土材料的性能产生差异。而维护修补方式可分为热接缝和冷接缝两种。其中热接缝是指在高温条件下对沥青混凝土材料进行加热,此时沥青混凝土由于处于高温环境因而呈现热状态,此时沥青混凝土的质地较软,可直接通过碾压的方式进行施工修补,从而将接缝填充。而冷接缝是指在施工修补过程中无需进行加热,将填充材料通过搭接的方式进行连接,即可起到填充接缝的效果^[6]。

本工程采用热接缝工艺进行接缝处理,在接缝部位额外多放置沥青混凝土材料,并在碾压后材料保持高温状态时立即对接缝部位重新进行碾压,使用 2 台压路机同时进行碾压施工,两台压路机之间应当保持 6cm 左右的距离作

为重叠摊铺层,以此来保证接缝处沥青混凝土材料得到充分碾压。在碾压后还要对接缝部位进行平整度和高度检测,确保额外放置的沥青混凝土材料全部得到充分碾压,避免出现平整度不同的情况影响实际性能。

3.5 路面养护

沥青混凝土面层进行维护施工后,需要建设单位对沥青混凝土路面进行养护保养,在养护期间仔细检测维护质量,从而确保维护施工质量达到要求标准才能投入正常使用。沥青混凝土面层施工后需要安排养护人员定期对路面进行清洁,还要定期洒水保证沥青混凝土面层的湿润度,以此来控制沥青混合材料的干燥速度。沥青路面摊铺后一段时间内不能使用,因而施工单位需要提前准备路障和警示牌,防止过往行人和车辆误入。同时养护人员每天需要检查路面表面是否出现坑洞、破损或裂缝,一旦出现需要及时加以修补处理。通常沥青混凝土面层的养护时间选定为 2 周左右即可,不同地区根据气温和环境条件科学选择养护时间即可。检测人员需要每天定期检查路面情况,等待沥青混凝土材料充分冷却、固化后即可重新投入使用^[7]。

4 结束语

综上所述,近年来随着我国公路建设行业的不断发展,社会各界对于沥青混凝土公路质量的要求也越来越高,沥青混凝土作为新时代公路施工中的常用施工材料,需要施工人员对沥青混凝土的施工要点加以重视,同时针对现有公路的维护和检修工作同样需要给予高度重视,通过定期检测及时发现沥青混凝土公路存在的质量问题并加以处理,从而延长沥青混凝土公路的使用寿命、提高城市交通安全,为我国城市发展及交通体系建设提供更好的保障。

[参考文献]

- [1]肖珍. 改性沥青混凝土路面施工技术在市政道路工程中的实践探讨[J]. 居业, 2023(9): 16-18.
 - [2]罗巧峰. 改性沥青混凝土路面施工技术在市政道路工程中的应用[J]. 工程与建设, 2022, 36(2): 409-411.
 - [3]蔡晟. 市政道路维护工程沥青混凝土面层施工技术研究[J]. 福建建筑, 2020(6): 78-81.
 - [4]刘晋文. 浅谈沥青混凝土面层施工技术在市政道路维护工程中的应用[J]. 科技风, 2020(11): 148.
 - [5]吴鹭明. 沥青混凝土面层施工技术在市政道路工程中的应用[J]. 工程技术研究, 2020, 5(5): 155-156.
 - [6]杨海波. 沥青混凝土面层施工技术在市政道路维护工程中的应用分析[J]. 中国住宅设施, 2020(2): 105-106.
 - [7]李玉雯. 沥青混凝土面层施工技术在市政道路维护工程中的应用分析[J]. 绿色环保建材, 2020(2): 186.
- 作者简介: 谢永恒(1997.10—), 男, 哈尔滨工业大学交通科学与工程学院, 交通运输工程专业; 就单位: 盐城市交通规划设计院有限公司, 设计部职员, 助理工程师。

软土地基高速公路施工中的沉降控制技术研究

徐群

湖北省路桥集团有限公司, 湖北 武汉 430051

[摘要]近年来,我国高速公路行业得到了非常迅速的发展,其施工建设水平的提高对国家经济发展也有非常重要的意义。我国地域辽阔,在高速公路工程施工过程中常遇到软土地基,需要做好软土地基的处理工作,才能保证高速公路的承载力和使用寿命。因此,公路施工单位在进行高速公路的施工过程中,还需要加强对软土地基的重视力度,在结合当地地质和气候特点的基础上,采取针对性的软土地基处理技术,为后续高速公路施工奠定良好的基础。

[关键词]软土地基;高速公路;公路施工;沉降控制技术

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15719

中图分类号: TU4

文献标识码: A

Research on Settlement Control Technology in Soft Soil Foundation Expressway Construction

XU Qun

Hubei Road & Bridge Group Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430051, China

Abstract: In recent years, China's highway industry has experienced rapid development, and the improvement of its construction level is of great significance to the country's economic development. China has a vast territory, and soft soil foundations are often encountered during the construction of highways. It is necessary to do a good job in the treatment of soft soil foundations in order to ensure the bearing capacity and service life of highways. Therefore, highway construction units need to strengthen their attention to soft soil foundation during the construction process of highways. Based on the local geological and climatic characteristics, targeted soft soil foundation treatment techniques should be adopted to lay a good foundation for subsequent highway construction.

Keywords: soft soil foundation; expressway; highway construction; settlement control technology

引言

随着我国高速公路建设的持续推进,软土地基已成为影响施工质量及道路长期稳定性的重要因素。承载力较低、沉降性较大的软土地基,常常导致路面不均匀沉降、裂缝甚至基础破坏,从而给工程施工带来了巨大的挑战。有效控制软土地基的沉降,已成为当前高速公路施工中的关键问题。为应对这一难题,多种沉降控制技术已在工程界提出。尽管传统的沉降控制方法,如重力式基础、桩基加固及地基加固技术,在一定程度上能够改善地基的稳定性,但在复杂地质条件下,其效果是有限的。近年来,预压法、深层搅拌法与地基注浆技术等新型沉降控制手段,已逐步应用于实际工程中,展现出了更优的效果与经济性。然而,在实际应用过程中,适用性、施工成本与环境影响等方面的挑战仍然存在。因此,深入研究这些技术的实际效果,并探讨其优化途径,已成为高速公路施工中的重要课题。本文旨在分析软土地基沉降控制技术的现状与发展趋势,以为未来高速公路项目提供理论依据与实践指导。

1 软土地基对高速公路施工的影响

软土地基对高速公路施工的影响,主要体现在其特殊的力学性能与不均匀性。由于软土地基承载力较低且压缩性较高,当高速公路承受重载荷时,显著的沉降往往会发生。这种沉降不仅威胁路基的稳定性,还可能引起路面不

均匀沉降,进而导致裂缝、坑洼等问题,从而对交通安全及道路使用寿命产生不利影响。此外,土体结构通常较为松散,水分含量较高,且土壤变形性强,软土地基的特性使得沉降现象的持续时间较长,且施工后仍可能继续发生。动态沉降特性要求在工程设计与施工中,长期变形的影响必须得到充分考虑,以防止对路面与结构造成持久性损害。鉴于软土地基的较高水分含量与较低强度,施工过程中,若不采取加固措施,则可能导致不均匀沉降,从而影响施工质量、进度,并增加后期的维护成本。

2 软土地基沉降控制技术的应用

2.1 传统沉降控制方法

2.1.1 重力式基础

重力式基础是一种利用基础自身重量来抵抗土壤沉降力的传统控制方法,已广泛应用于软土地基的道路与桥梁施工中。其基本原理是通过将较重的基础结构直接放置于地基上,依靠基础自重来增强对地基沉降的抵抗能力,从而避免因沉降过大而导致的结构变形。通常,重力式基础由混凝土或石材等高密度材料构成,其设计要求必须具备足够的重量与体积,以确保其能够有效地承受地基压力并分散负荷。该基础类型的优点在于施工简便、技术成熟,建造速度较快,特别适用于地基承载力较低的区域^[1]。尤其是在软土地基中,能够显著减缓沉降过程。然而,重力

式基础也存在一些局限性，主要表现在其占地面积较大、成本较高。此外，对于某些软土地基，单纯依靠重力可能无法有效控制沉降，此时，往往需要结合其他加固手段，以进一步提升沉降控制效果。

2.1.2 桩基技术

桩基技术是一种广泛应用于软土地基的沉降控制方法，尤其适用于承载力较低或沉降较为显著的地基条件。通过将基础结构的荷载传递至更深层的土壤或岩石，地基的沉降量得到了有效减少。其基本原理是利用桩的长柱形结构，将负荷集中传递到承载力较强的深层土层，从而依靠桩体的承载能力减少地表沉降。桩基可分为摩擦桩与端承桩两类。摩擦桩主要依靠桩与周围土体之间的摩擦力来传递荷载，而端承桩则通过桩端与深层坚硬土层的接触力承担荷载。该技术的优点在于能够有效分散负荷，减缓沉降速度，并且具有较强的适应性。针对不同的土壤条件与工程需求，可以选择合适的桩型与桩深。常见的桩型包括沉管桩、钻孔桩、预应力桩等，每种桩型在特定应用场景下均具有不同的优势。然而，桩基技术也存在一定的局限性。其施工过程相对复杂，成本较高，且在一些地质条件下，桩基的承载能力可能会受到不均匀地层的影响，从而导致施工后沉降控制效果不尽如人意。

2.1.3 地基加固技术

地基加固技术是一种传统的沉降控制方法，旨在通过改善软土地基的力学性质，提升其承载力与稳定性，从而有效减少沉降对结构的影响。通过这些加固技术，软土地基的物理性能得到了显著改善，承载力被增强，为高速公路及其他重载建筑提供了坚实的基础。常见的地基加固技术包括深层搅拌、预压法、固结法及灌浆加固等。例如，深层搅拌技术通过机械搅拌，将水泥、石灰等固化材料与软土地基混合，形成具有较高强度的土体，从而提高土壤的抗压能力。预压法则通过在地面施加临时荷载，使土体在施工前完成大部分沉降，从而降低后期不均匀沉降的风险。固结法通过安装排水管道，促使土壤中的水分排出，加速土体固结并提升其强度。而灌浆加固则通过向土体注入水泥浆或化学浆料，填补土壤孔隙，增强其密实度与承载力。地基加固技术具有较强的适应性，可根据不同的地质条件与工程需求，选择合适的加固手段。此外，通常可以与其他沉降控制方法结合使用，以优化沉降控制效果。然而，地基加固技术的实施通常需要较高的施工成本与周期，且对施工过程中的技术要求较高。因此，在选择加固方案时，必须进行详细的地质勘察与技术评估，以确保加固效果与经济性之间的平衡。

2.2 新型沉降控制技术

2.2.1 预压法

预压法是一种通过施加额外荷载，使软土地基在施工

前提前发生沉降，从而减缓后期沉降的技术。该方法常用于软土地基承载力较低、沉降问题突出的地区，尤其适用于高速公路、铁路及大型建筑物的基础工程。基本原理是通过临时加荷，促进软土地基中水分的排出，加速土体的压缩与固结，从而达到地基加固与沉降控制的目的。实施预压时，通常通过在土层表面施加土堆、钢板等材料来增加荷载。荷载的大小及施加时长，依据地基土质特性与设计要求来确定。荷载作用下，土体中的孔隙水被挤出，土粒间的空隙逐步缩小，地基的强度与稳定性得到提高。移除荷载后，由于土体已完成大部分固结，后期的沉降幅度明显减少，沉降速度也大幅减缓^[2]。此方法的优势在于能够有效控制软土地基的沉降，降低工程建设过程中可能出现的风险。特别是在深层软土或高水位地区，预压法能显著提高地基承载力，减少不均匀沉降的风险。此外，预压法施工周期较短，实施简便，且成本相对较低，具备较好的经济性。然而，预压法的适用范围也有所局限，对于极深软土地基或强度较低的土层，加固效果可能有限。同时，预压法可能对周围环境产生影响，荷载的大小与施加方式需谨慎设计，以避免对附近建筑或地下设施造成负面影响。因此，在实际应用中，预压法通常需要与其他地基加固技术相结合，以获得更理想的沉降控制效果。

2.2.2 深层搅拌法

深层搅拌法是一种广泛应用于软土地基加固的技术，通过机械搅拌设备将水泥、石灰或其他固化材料与软土地基中的土壤混合，从而形成具有较高承载力和稳定性的固结土体，有效地控制沉降并提高地基的承载能力。此方法通常适用于地基土体松散、承载力不足或沉降风险较大的区域，尤其在高速公路、机场跑道、桥梁等大型基础设施项目中得到了广泛应用。核心原理是利用机械搅拌桩（或搅拌桩群）将固化剂与土体充分混合，改变土壤的力学性质，提高土体的密实度及抗压强度。通过这一过程，原本松散的土层被改性为具有较高强度和稳定性的固结土层，使得在荷载作用下，地基的沉降速率和幅度得到了有效抑制。深层搅拌法的一个显著优点是施工灵活且适用范围广，尤其在处理大面积软土地基或深层软土时，表现出明显的优势。与传统加固方法相比，深层搅拌法不仅能够均匀加固整个土体，还能避免深层土体不均匀加固导致的沉降问题。此外，通过调整固化剂的种类、配比及注入量，可灵活调控加固效果，从而适应不同地质条件下的施工要求。施工过程中，对环境的影响较小，并能有效减少对现有建筑物或基础设施的干扰，尤其适用于城市建设或基础设施密集的区域。然而，深层搅拌法也面临一些挑战，例如，较高的施工设备要求，且需要克服较大的土体阻力，施工周期相对较长。此外，固化剂的选择、搅拌桩的布局、搅

拌深度等因素将直接影响加固效果。对于某些极深的软土层或存在复杂地下水条件的土体,深层搅拌法的加固效果可能会受到限制。因此,在应用此方法时,必须综合考虑土层的物理化学特性、工程需求以及施工条件,以确保加固效果的最佳实现。

2.2.3 真空预压法

真空预压法是一种有效的软土地基加固技术,主要通过在地基表面施加负压来促进土体中的孔隙水排出,从而加速土体固结,达到减少后期沉降、提高地基承载力的目的。特别适用于深层软土或高水位地区,此方法对于改善软土地基的工程性能具有显著效果,已广泛应用于高速公路、铁路、堤坝以及建筑物基础的加固工程中。基本原理是在地基表面铺设透水材料,覆盖密封膜以形成密闭空间。在此密闭空间内,通过抽真空泵施加负压,使土体中的水分迅速排出。随着水分的排除,土体的孔隙逐渐缩小,土粒间的结构更加紧密,从而实现地基的加固与沉降预控。显著减缓沉降速度,且有效防止过度沉降对上部结构产生不利影响,这是这一过程的主要效果。真空预压法的优势在于,其能够显著提升软土地基的稳定性,并且可以根据土质条件灵活调节负压的大小及施加时间,从而精确控制加固效果。与其他加固技术相比,真空预压法通过物理手段促使土体固结,施工过程中对环境的影响较小,不产生大量废弃物,这使得它在城市建设或环境要求较高的地区具有明显优势^[3]。相比传统加固方法,真空预压法能够在较短的时间内实现大范围的沉降控制,特别是在深层软土层或土体细颗粒含量较高的地区,其效果更加显著。尽管如此,真空预压法也存在一定的局限性,尤其是在土层极为松软或地下水位波动较大的地区,负压的作用可能不足以有效加固深层土体。此外,施工过程中对负压的大小与施加方式的精确控制至关重要,以避免对周边环境及其他建筑物产生负面影响。由于其复杂的设备要求及较高的施工技术标准,真空预压法的应用成本较高,这在一定程度上限制了其广泛应用。

2.2.4 地基注浆技术

地基注浆技术是一种常用于软土地基加固及沉降控制的有效方法,主要通过将特定类型的浆液(如水泥浆、化学浆液或聚合物浆液)注入软土地基,以填充土体孔隙,增强土壤的密实度与承载力,从而减少沉降现象的发生。此技术,特别适用于软土、松散土层以及存在不均匀沉降风险的地基,效果显著。基本原理是,浆液通过渗透土体并填补空隙,进而改变土体的力学性质,提升其抗压强度与稳定性。常见的注浆方式包括高压注浆、低压注浆及深层注浆等。根据不同的地质条件与工程需求,注浆材料的选择及注入方式会有所调整。水泥浆主要用于提高土体的密实度与抗压能力,而化学浆液则适用于更深层次的加固,

特别是在具有化学反应特性的土壤中,能够增强土体的长期稳定性。地基注浆技术的优势在于其灵活性与高效性。在无需大规模开挖的情况下,土体的加固及沉降控制即可有效实现。最显著的优点在于,能够迅速提高软土地基的承载力,同时,施工过程中对周围环境的影响较小,特别适用于城市建设及已有结构的加固改造。通过注浆填补土体空隙,土体的密实度能有效增加,力学性能也得到改善,从而减少沉降及不均匀沉降的发生。此外,在地下水丰富或液态土层的地区,注浆技术能够有效阻止水分渗透,避免土体因水流冲刷而导致的不稳定。尽管地基注浆技术在沉降控制方面具有显著优势,应用时也存在一定局限性。注浆效果通常受到土层孔隙结构、土体渗透性以及浆液扩散能力等因素的影响,这可能导致在某些软土或复杂土层中无法达到预期的加固效果。注浆过程中,注浆压力、注浆量及浆液配比的精准控制尤为重要,施工技术要求较高。若操作不当,浆液可能会过量注入或渗透过度,进而影响周围结构或设施的安全性。此外,注浆后的土体长期稳定性亦需评估,特别是在某些特定地质条件下,注浆区域可能会存在逐渐劣化的风险。

3 软土地基沉降控制的监测与评估

软土地基沉降的监测与评估,在确保工程施工安全及后期稳定运行中,具有至关重要的作用。沉降通常表现为缓慢而持续的变化,这种变化可能对上部结构的稳定性与功能产生重大影响。故而,及时、精准地监测沉降并进行有效评估,显得尤为重要。监测工作的核心内容,主要包括沉降量、沉降速率以及沉降均匀性等方面。常用的监测手段,如地面沉降观测、钻孔沉降观测、GPS监测及自动化监测系统等,能够实现沉降数据的实时、连续采集,为后续的工程调整提供可靠依据。通过在地基上安装沉降点与测量仪器,工程技术人员可在不同施工阶段对地基沉降进行系统记录,从而判断沉降是否超出设计范围,评估其对上部结构的潜在影响^[4]。监测数据一旦获得,沉降评估则随之展开,分析土体沉降的变化趋势,并进一步评估其对上部结构的安全性、舒适性以及使用寿命的影响。通过与设计标准的对比,沉降是否处于正常范围,可被迅速判断。如果沉降超出了预期值,则需要修正或采取相应补救措施。评估过程中,结合土壤性质、地质勘察报告及荷载分布等多个因素,应对沉降发生的原因及未来可能的变化趋势进行综合分析。

4 结语

软土地基的沉降问题,在高速公路施工中,具有重要意义,直接关系到工程的质量与安全性。尽管传统的沉降控制方法,在一定程度上能够缓解这一问题,但在复杂的地质条件下,其效果往往是有限的。近年来,预压法、深层搅拌法及地基注浆技术等新型加固技术,展现出了更为

显著的控制效果。然而,在实际应用中,这些技术仍面临一些挑战,如适应性、成本以及对环境的影响等问题,亟需进一步的研究与优化。随着对沉降控制技术的不断改进与完善,未来有望在提升高速公路地基稳定性与安全性的同时,推动交通基础设施建设的可持续发展。更有效的解决方案,预计将会在复杂地质条件下提供,从而确保高速公路项目在长周期内的稳定运营。

[参考文献]

[1] 龚红燕. 高速公路施工中的软土路基施工技术研究[J].

运输经理世界,2023(26):28-30.

[2] 刘志成,唐榛,王莹莹. 高速公路施工中的软土路基施工技术分析[J]. 黑龙江交通科技,2021,44(3):52-53.

[3] 徐小林. 高速公路工程施工中软基处理关键技术[J]. 工程技术研究,2021,6(9):77-78.

[4] 段喜东. 高速公路施工中的软土路基施工技术分析[J]. 运输经理世界,2020(14):85-86.

作者简介:徐群(1995.1—),男,现任职称路桥中级,籍贯:江西九江。

水下桩基施工中的环境适应性与钢护筒技术应用

王明亮

云南省交通投资建设集团有限公司, 云南 昆明 650000

[摘要]随着水下桩基施工技术的不断发展,环境适应性和施工技术的创新成为了工程顺利实施的关键因素。本文结合云南文山某在建工程,水下桩基施工中应用了钢护筒技术,有效解决了水下复杂环境对桩基施工的挑战。文中首先分析了水下桩基施工中常见的环境因素,探讨了钢护筒技术的应用原理与优势,结合实际案例,深入研究了钢护筒技术在提高施工质量、缩短工期、降低成本等方面的应用效果。研究表明,钢护筒技术具有较强的环境适应性,为水下桩基施工提供了较好解决方案。

[关键词]水下桩基;环境适应性;钢护筒技术;施工技术

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15716

中图分类号: TU755

文献标识码: A

Environmental Adaptability and Application of Steel Casing Technology in Underwater Pile Foundation Construction

WANG Mingliang

Yunnan Communication Investment & Construction Group Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650000, China

Abstract: With the continuous development of underwater pile foundation construction technology, environmental adaptability and innovative construction techniques have become key factors for the smooth implementation of the project. This article combines the application of steel casing technology in underwater pile foundation construction of a construction project in Wenshan, Yunnan, effectively solving the challenges of pile foundation construction in complex underwater environments. The article first analyzes the common environmental factors in underwater pile foundation construction, explores the application principles and advantages of steel casing technology, and combines practical cases to deeply study the application effects of steel casing technology in improving construction quality, shortening construction period, and reducing costs. Research has shown that steel casing technology has strong environmental adaptability and provides a good solution for underwater pile foundation construction.

Keywords: underwater pile foundation; environmental adaptability; steel casing technology; construction technology

引言

水下桩基施工在港口、桥梁等交通工程中具有重要的应用价值。然而,水下施工环境复杂多变,受到水流、泥沙、水下岩土条件等因素的影响,施工难度大,工程质量易受威胁。为应对这些挑战,钢护筒技术逐渐成为一种有效的施工技术。云南文山某在建工程项目,其水下桩基施工采用了钢护筒技术,不仅确保了施工顺利进行,还大大提高了施工精度与效率。本文结合施工案例,分析了水下桩基施工中的环境适应性与钢护筒技术的创新应用。

1 水下桩基施工的环境挑战

1.1 水流与泥沙的影响

水流和泥沙是水下桩基施工中最常见且最具挑战性的环境因素。水流会对施工设备产生冲击,增加施工难度,甚至可能导致设备的偏移或损坏。特别是在水位变化较大的地区,施工环境的不确定性增加。泥沙的存在也会影响桩基的稳定性。泥沙层的厚度和密度不同,可能导致桩基在施工过程中出现偏移或受阻。泥沙的扰动容易影响施工精度,使桩基定位出现误差。施工过程中需要通过精确的测量和适当的技术手段,如采用护筒技术来减少水流和泥沙的干扰,确保桩基的施工质量和稳定性。

1.2 水下地质条件与岩土特性

水下桩基施工中的另一大挑战是地质条件和岩土特性。水下土壤的性质极为复杂,涉及的岩土类型包括软土、黏土、沙土和岩石等,每种土质对桩基的承载能力和施工难度都有不同的影响。在软土地区,桩基容易发生沉降或倾斜,且施工过程中容易受到土壤流动的影响。对于岩层较硬的地区,施工难度则会加大,可能需要特殊的设备和技术。此外,水下的沉积物成分和水深、地形等因素也会影响桩基施工的精度。因此,事先对水下地质进行详细勘测和分析,选择合适的桩基类型和施工方法,是保证施工顺利进行的关键。

1.3 气候变化与水位波动

气候变化和水位波动对水下桩基施工的影响不可忽视。季节性水位变化、强风暴或暴雨等极端气候现象,直接影响施工的进度和安全性,尤其在水位变化显著的库区水域中尤为突出。水位波动不仅会导致施工时间的延误,还可能引发设备和材料的损失,甚至对施工安全造成威胁。例如,在蓄水期和放水期,水流速度和水位的急剧变化可能使得施工设备无法稳定操作,增加了事故发生的风险。大风或大雨等天气现象进一步加剧了水下作业的复杂性,

给施工带来额外的挑战。为了应对这些环境变化，需结合实时气象数据、水位监测和水文条件，制定详细的施工计划，合理安排施工时机，尽量避开恶劣气候和窗口期进行施工。同时，还应准备充分的应急预案，确保在不利气候条件下，能够及时采取有效措施，保障施工的安全和顺利推进。

1.4 水下施工环境的安全风险

水下施工环境本身就具有较高的安全风险，尤其是水深较大的地区，施工人员的安全保障成为施工中的重中之重。在深水环境中，水压、温度、能见度等因素都可能对作业人员产生影响。水下作业的安全性要求施工单位配备专业的水下施工人员和先进的施工设备，确保作业过程中的安全。同时，施工设备的稳定性和技术支持也直接关系到安全性，任何故障都可能导致施工中断或事故发生。因此，水下桩基施工需要加强风险评估，采取严格的安全措施，如实时监控、预警系统和应急救援机制，以确保人员和设备的安全。

2 钢护筒技术的原理与应用优势

2.1 钢护筒的设计与结构特点

钢护筒是一种由高强度钢材制成的圆筒状结构，通常用于水下桩基施工中，以保护桩基免受水流、泥沙、水中生物等外部环境的侵蚀。钢护筒的设计通常考虑到外部压力、腐蚀、耐用性等多重因素，因此其外壁需要具有较高的抗压能力和抗腐蚀性能。钢护筒的内部通常为空心结构，可以有效隔离施工区域与外部环境，同时为桩基提供一个稳定的工作平台。护筒的接口设计往往采用螺栓连接或焊接工艺，保证结构的稳固性和密封性，防止水流进入影响施工。此外，钢护筒通常配备有导向装置和沉降控制设备，以确保在施工过程中保持垂直度和定位精度。

2.2 钢护筒在水下桩基施工中的作用

钢护筒在水下桩基施工中的主要作用是提供物理屏障，防止外界环境对桩基的干扰。在水流较强或泥沙较多的水域，钢护筒能够有效隔离外部环境，使施工过程不受水流和泥沙的影响，确保桩基的稳定定位。此外，钢护筒也能够减小水深变化对桩基施工的影响，保证桩基的深度和定位精度。在复杂地质条件下，钢护筒可以帮助桩基穿越软土、黏土或沉积物层，为桩基提供一个稳定的支撑环境，避免因土壤不稳定而导致施工失败。

2.3 钢护筒技术的适应性优势

钢护筒技术具有较强的环境适应性，尤其适用于水流强烈、泥沙浓度高、地质条件复杂的水下桩基施工环境。在强水流的情况下，钢护筒能够有效稳定桩基的施工位置，避免桩基受到水流的冲击而发生偏移或倾斜。在泥沙较多的环境中，钢护筒的封闭性可以防止泥沙进入桩基施工区，确保施工的顺利进行。此外，钢护筒的耐腐蚀性和高强度特性，使其能够在水下长期使用，不容易被腐蚀或损坏。

钢护筒技术能够适应各种复杂水下施工环境，保障施工过程的稳定性与安全性。

2.4 钢护筒的施工工艺与流程

钢护筒的施工工艺通常包括连接、定位、沉放、组装和固定几个主要步骤。首先，由具有相应特种作业证的施工人员将钢护筒的各部分通过焊接或栓接连接起来，确保其结构的稳固性，在施工前需要通过精准测设确定桩基的具体位置，然后将钢护筒运送至施工现场，利用起重设备将护筒准确定位在预定位置。接着，钢护筒沉放过程中，需要使用沉锤或加压装置，使其迅速进入水下所需的深度。一旦钢护筒到达设计深度，施工人员会进一步调整其位置，确保垂直度和水平度达到施工要求。最后，护筒固定后，桩基施工便可在钢护筒内进行，避免外部环境的干扰。整个施工过程中，需要持续进行监控和检查，以确保钢护筒的稳定性和安全性。

3 应用案例分析

3.1 项目概况与桩基施工要求

云南文山某在建工程项目，位于水位变化大、泥沙含量高、地质条件复杂的库区水域。水下桩基的施工控制是整个项目的关键，施工过程中需要克服水位、流速变化和复杂的水下地质条件。具体而言，桩基需要穿越软土、黏土等不稳定土层，并在较深水域中保持精确定位。在此背景下，该项目的桩基施工要求采用先进的技术，以确保施工精度和工期的控制，同时保证桩基的长久稳定性和承载力。

3.2 钢护筒技术的应用情况

为了应对复杂水下环境带来的挑战，该项目在桩基施工中应用了钢护筒技术。钢护筒不仅有效隔离了外部水流和泥沙的干扰，还提供了一个稳定的工作平台，使得桩基能够在复杂的水下环境中顺利施工。钢护筒的应用保证了桩基能够精准定位，并顺利穿越不同的土层。通过精密的设计和施工工艺，钢护筒的结构能够适应库区水域中不规则的水流和复杂的地质条件。此外，钢护筒的施工过程中，通过实时监测和调整，有效避免了由于水流强度、泥沙沉积等因素导致的施工偏差。

3.3 钢护筒技术应用中的技术难点与解决方案

在该项目中，钢护筒的应用过程中遇到了多项技术难点。首先，由于水位、流速变化和泥沙沉积较多，钢护筒在沉放过程中容易发生偏移或倾斜。为了应对这一挑战，建设团队采用了更加稳定的沉放设备，并通过加压技术使钢护筒稳定入水。其次，由于岩土层的不均匀性，部分桩基位置的钢护筒可能会受到不同程度的沉降和倾斜。针对这一问题，建设团队通过定期的地质监测和技术调整，确保了钢护筒在施工过程中始终保持稳定性和垂直度。最后，海水下环境的腐蚀性要求钢护筒的材料必须具备一定的抗腐蚀性。为此，采用了经过喷砂、喷漆防锈处理的耐腐蚀钢材，有效提高了钢护筒的耐用性和长期稳定性。

3.4 施工成效与经验总结

钢护筒技术的应用大大提高了该项目的施工效率和质量。首先,通过钢护筒的保护,施工人员能够在相对稳定的环境中完成桩基施工,避免了水流和泥沙的影响,保证了桩基的深度和精度。其次,钢护筒技术使得施工过程中避免了许多可能的风险,尤其是在复杂地质条件下,钢护筒提供了足够的支撑,避免了桩基的倾斜或沉降。最终,该成功克服了水下复杂环境带来的施工难题,较好完成了桩基施工任务,并为后续的工程建设提供了坚实的基础。通过这一项目,钢护筒技术的应用展示了其在水下桩基施工中的巨大优势,为类似项目提供了宝贵的经验和参考。

4 钢护筒技术对水下桩基施工的影响

4.1 施工质量的提升

钢护筒技术在水下桩基施工中发挥了重要作用,显著提升了施工质量。首先,钢护筒有效隔离了外部水流和泥沙的影响,避免了施工过程中桩基的偏移、倾斜或沉降,确保了桩基的准确定位和稳定性。其次,钢护筒为施工提供了一个稳定的作业平台,减少了水下作业的不确定性,保证了施工精度。通过对钢护筒的实时监控与调节,施工人员能够及时发现并解决问题,从而提高了施工的整体质量。此外,钢护筒的抗腐蚀性和耐用性,使得桩基在施工完成后能够长期维持较高的承载能力,有效提高了水下桩基的使用寿命和稳定性。

4.2 工期缩短与成本控制

钢护筒技术的应用不仅提升了施工质量,还有效缩短了工期,降低了成本。在传统的水下桩基施工中,由于泥沙和水流等外部环境的干扰,施工往往面临多次调整和重新定位,造成工期延误。而钢护筒的使用为桩基施工提供了良好的保护,减少了由外部环境带来的不确定性,进而提高了施工效率,缩短了整体工期。此外,钢护筒的结构可以提前预制,现场仅需进行除锈、防锈和焊接安装,大大降低了施工难度和风险,从而有效控制了施工成本。通过减少施工中的潜在风险和不确定性,钢护筒技术不仅提高了施工效率,还避免了因返工和延误带来的额外开支。

4.3 安全性与环境适应性分析

钢护筒技术提高了水下桩基施工的安全性和环境适应性。水下施工通常面临水流、水位、岩土地质等环境因素的挑战,且施工人员在水下作业时面临更高的安全风险。钢护筒通过提供结构性支持和环境隔离,确保了桩基施工能够在安全、稳定的条件下进行,减少了因水流或泥沙影

响造成的施工事故。此外,钢护筒材料的耐腐蚀性和高强度使其能在水域环境中长期使用,进一步增强了施工的环境适应性。这种技术在面对复杂地质条件和恶劣水文环境时表现出极强的适应性,确保了桩基施工的顺利进行,保障了施工人员的安全。

4.4 钢护筒技术的未来发展趋势

随着水下桩基施工技术的不断进步,钢护筒技术也在不断发展和创新。未来,钢护筒的设计将更加注重轻量化和模块化,以便在不同的施工环境中实现快速安装和拆卸。新型材料的应用,如复合材料和高性能钢材,将使钢护筒在耐腐蚀性、抗压性和耐用性方面得到进一步提升。与此同时,钢护筒技术将更加智能化,结合传感器和实时监控技术,能够实时监测钢护筒的状态和施工进度,提高施工的精确性和安全性。钢护筒技术将更加注重与其他施工技术的结合,如与自动化设备、无人潜水器等技术的融合,以实现更高效、更安全的水下桩基施工。这些创新和发展将推动钢护筒技术在水下桩基施工中的广泛应用,进一步提升其在复杂环境下的适应能力和施工效果。

5 结语

钢护筒技术在水下桩基施工中的应用,不仅有效提高了施工效率,还极大改善了环境适应性,成为应对复杂水下环境挑战的重要技术手段。通过对云南文山某在建工程项目的分析,本文深入探讨了钢护筒技术在实际施工中的应用效果与优势,证明其在提高工程质量、缩短工期和降低成本方面的巨大潜力。随着技术的不断发展,钢护筒技术在其他水下桩基施工项目中的推广应用将进一步推动水下基础设施建设的创新与可持续发展。

[参考文献]

- [1]张大军,王欢.深水浅覆盖层大直径桩基钢护筒沉放施工技术[J].珠江水运,2023(7):99-101.
- [2]刘诗虎.港口工程桩基施工技术及其质量控制要点分析[J].四川建材,2022,48(2):85-86.
- [3]王军.季节性河流浅覆盖层大直径水中桩基钢护筒关键施工技术[J].公路交通科技(应用技术版),2019,15(6):212-214.
- [4]吴伟功,胡伟才.水下大直径桩基钢护筒施工技术[J].中国水运.航道科技,2016(27):1-5.

作者简介:王明亮(1992.10—),工程管理专业硕士,北京交通大学,当前就职单位:云南省交通投资建设集团有限公司,职称级别:工程师。

桥梁施工中挂篮悬臂浇筑施工技术的应用分析

胡华锋

重庆北新融建建设工程有限公司, 重庆 404700

[摘要]随着大跨度与高难度桥梁建设项目的增多, 施工技术的创新与优化已成为提升工程质量与施工效率的关键所在。在桥梁施工中, 挂篮悬臂浇筑施工技术发挥着重要作用, 凭借其结构轻巧、操作简便、无需大型起重设备等优点, 特别适用于复杂施工环境。通过该技术, 不仅施工精度得以提高, 误差被有效减少, 而且能够在多变的地形与环境条件下顺利进行施工, 展现出其强大的适应性。对该技术的深入研究以及实施要点的精确分析, 将为未来更多桥梁项目提供宝贵的技术支持, 推动现代桥梁施工技术的不断进步。

[关键词]桥梁工程; 挂篮悬臂浇筑; 施工技术

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15713

中图分类号: U445.466

文献标识码: A

Application Analysis of Suspended Basket Cantilever Pouring Construction Technology in Bridge Construction

HU Huafeng

Chongqing Beixin Rongjian Construction Engineering Co., Ltd., Chongqing, 404700, China

Abstract: With the increasing number of large-span and high difficulty bridge construction projects, innovation and optimization of construction technology have become the key to improving engineering quality and construction efficiency. In bridge construction, the hanging basket cantilever pouring construction technology plays an important role. With its advantages of lightweight structure, easy operation, and no need for large lifting equipment, it is particularly suitable for complex construction environments. Through this technology, not only can construction accuracy be improved and errors effectively reduced, but construction can also be carried out smoothly under changing terrain and environmental conditions, demonstrating its strong adaptability. The in-depth research and precise analysis of the implementation points of this technology will provide valuable technical support for more bridge projects in the future and promote the continuous progress of modern bridge construction technology.

Keywords: bridge engineering; hanging basket cantilever pouring; construction technology

引言

随着我国交通基础设施的快速发展, 桥梁建设作为核心环节, 面临着日益复杂的施工要求。虽然传统桥梁施工方法已在许多项目中得到应用, 但随着工程规模的不断扩大及施工环境的多样化, 传统方法的局限性逐渐暴露出来。为提升施工效率、确保质量并降低成本, 悬臂浇筑技术应运而生, 迅速在桥梁建设中得到了广泛应用。作为一种创新的施工方法, 挂篮悬臂浇筑施工技术凭借其灵活性、便捷性以及较高的施工精度, 逐渐成为桥梁施工中的主流技术之一。因此, 深入探讨挂篮悬臂浇筑施工技术的应用, 分析其实施过程及关键要点, 旨在为相关工程提供有益的参考与借鉴。

1 挂篮悬臂浇筑技术的基本原理

挂篮悬臂浇筑技术是桥梁施工中一种常见且高效的施工方法, 特别适用于跨越大跨度、高墩桥梁的施工, 该技术的核心特点是利用挂篮悬臂形式进行现浇, 结构相对轻巧, 操作简便。与传统的吊装方法相比, 挂篮悬臂浇筑能够减少对大型吊机的依赖, 简化施工过程中的繁琐操作, 从而提高施工效率, 降低成本。在实际施工过程中, 挂篮

悬臂浇筑技术具有较高的灵活性, 能够根据现场施工条件和具体要求调整施工段的悬臂作业。具体操作时, 施工人员首先完成一段桥梁的现浇工作, 并在现浇完成后进行预应力的固定和铺设。此时, 挂篮便会随着施工的推进向前移动, 继续进行下一段的浇筑作业, 这一操作方式不仅使施工过程更加简便高效, 还能够有效提升施工的质量和整体效果。值得注意的是由于整个施工过程都发生在悬臂上, 因此对挂篮结构及其各个组成部分的质量要求极高。设计人员在设计挂篮时需特别关注其重量和稳定性, 尽量减少挂篮本身的重量, 以提高施工过程中的安全性与稳定性, 确保施工的顺利进行。此外, 在挂篮悬臂浇筑技术实施之前, 必须结合现场的实际施工情况, 科学制定详细的施工方案, 以确保施工的精确性与高效性。

2 挂篮悬臂浇筑施工技术的实施步骤

2.1 施工准备与设计阶段

挂篮悬臂浇筑施工的成败, 极大程度上取决于施工准备与设计阶段的精确性与科学性。在施工准备阶段, 现场的地理环境、气候条件、交通状况等需进行全面的调查与分析, 以确保施工方案与实际情况的匹配。根据桥梁类型、

跨度及结构要求,设计团队应选择最为合适的挂篮系统及施工方法。设计内容不仅涉及挂篮结构的安排,还包括挂篮移动系统、预应力锚固系统等相关设备的配置与布局。施工图设计阶段,是整个项目至关重要的环节,设计团队应重点考虑挂篮的承载能力、稳定性及操作便利性,确保其在施工过程中能够承受预期荷载并顺利移动。施工方案的编制需详细说明混凝土的配比、浇筑顺序以及温湿度控制的具体方法,保证施工顺利进行。在此阶段,各项施工任务的合理时序安排也不可忽视,只有确保每个环节衔接得当,才能避免不必要的延误与潜在的安全隐患。在施工准备阶段,所有设备与材料的到位情况也需确保,并对其进行全面的检查与调试。挂篮设备的安装与调试必须严格按照设计要求进行,确保其各项功能能够正常发挥。设计人员与施工队伍之间的密切配合与协调也是这一阶段的关键,只有通过充分的沟通与协调,施工任务才能顺利完成。

2.2 挂篮设备的安装与调试

挂篮设备的安装与调试在挂篮悬臂浇筑施工中具有至关重要的作用,直接影响施工的安全性及精确度。在安装工作开始前,对各个设备部件应进行仔细检查,确保运输与存储过程中没有受到任何损坏。随后,施工团队根据设计图纸,准确定位挂篮安装位置,并对安装区域进行清理与加固,以确保基础的稳固性。挂篮的安装通常涉及几个关键环节,首要步骤为主体部分的组装,包括悬臂、支撑结构及滑动系统等组件。每个组件的安装必须严格遵循技术标准,确保挂篮整体结构具备所需的稳定性与承载能力。接下来,挂篮与桥梁结构的连接需要精确对接,施工人员要确保挂篮与梁体之间的配合精度,避免因误差引发施工偏差。在安装过程中,挂篮的水平与垂直度必须精确控制,实时监测与调整时,通常借助激光测距仪等工具,调试环节是确保挂篮设备顺利运行的核心步骤。安装完成后,挂篮的移动系统必须进行调试,确保其能够平稳地在桥梁结构上移动。在此过程中,特别需要检查升降系统、支撑系统及滑道系统的灵活性与稳定性,确保各部分协同工作,避免出现过大的运行阻力或不均匀现象。同时,挂篮的载荷能力需经过严格测试,确认其能够承受预计的混凝土浇筑重量。完成设备调试后,施工团队还应进行一系列的安全检查与试运行,确保挂篮的各项性能符合施工要求。在调试期间,所有相关数据需进行实时记录,并依据测试结果进行必要的调整。调试工作结束后,挂篮设备即可投入正式施工阶段。

2.3 悬臂浇筑过程中的质量控制

悬臂浇筑过程中的质量控制是确保桥梁施工质量的核心,直接关系到结构的安全性与耐久性。由于该施工方法涉及大跨度和复杂结构,任何细节上的疏忽都有可能引发质量问题,因此必须在各个环节实施严格的管理与监控。混凝土配比及浇筑顺序的遵循设计要求至关重要,混凝土

的均匀性与稳定性直接决定了结构的质量,因此在施工前必须对原材料进行严格检查,确保水泥、骨料及水的比例合理,符合设计标准。在浇筑过程中,混凝土的流动性、黏聚性与抗裂性必须得到严格控制,以避免配比不当带来的裂缝或强度不足的情况。每层混凝土浇筑完毕后,需进行充分的振捣作业,确保混凝土没有气泡或空洞,从而保证其密实性。温湿度的控制在悬臂浇筑施工中也占据着重要位置,混凝土在浇筑过程中会释放水分,温度的波动直接影响其硬化速度与强度发展。因此,必须根据现场的气候条件,合理安排浇筑时间,并采取有效的防护措施,如覆盖湿布或使用温控设备,确保混凝土能够在适宜的温度条件下养护。在寒冷气候条件下,尤其需要加强保温措施,防止混凝土冻结,从而避免降低其强度。挂篮的稳定性是确保浇筑质量的另一个关键因素,挂篮的支撑与调平必须精确,任何微小的位移或倾斜都可能影响桥梁结构的平衡,甚至引起局部结构变形。因此,施工过程中必须定期检查挂篮的稳定性,并在浇筑期间密切监控挂篮的位置,确保其始终稳固可靠。此外,施工人员的安全管理也应得到充分重视,确保操作环境的安全,防止因操作不当而影响施工质量。整个浇筑过程应由专门的质量检测团队进行实时监控,及时记录并处理任何异常情况,以确保施工质量始终符合要求。

3 桥梁施工中挂篮悬臂浇筑技术的关键要点

3.1 挂篮的设计与制作

挂篮的设计与制作在挂篮悬臂浇筑施工中占据核心地位,其直接影响到施工的安全性、稳定性与施工效率。设计一个合适的挂篮系统,不仅需要满足桥梁的结构特性与施工要求,还必须兼顾实际操作性及经济性。设计时,需根据桥梁类型、跨度及周围地理环境等因素进行量体裁衣^[1]。挂篮的承载能力、支撑力与稳定性必须经过精确计算,以确保在混凝土浇筑及预应力作用下,能够承受预期荷载。对于大跨度桥梁,特别需要注重挂篮的刚性与强度,防止因受力不均或结构变形引发问题。在制作阶段材料的选择至关重要,通常挂篮主要采用钢材,因为其具备较高的强度与韧性,能够有效支撑沉重的混凝土荷载。同时,焊接工艺必须严格控制,以确保接头的牢固性与可靠性。各个部件在制作过程中,应严格按照标准要求进行,确保尺寸精准及结构合理,避免因配件不符导致安装困难。挂篮的结构设计需具备一定灵活性,以适应不同施工段的需求。通常由多个可调节部件组成,如支撑架、滑轮系统及升降装置等,这些部件需确保挂篮能够平稳地在桥梁上移动,并保持稳定。在设计时,特别要考虑挂篮与桥梁结构的连接方式,确保连接的牢固性,防止因连接问题在施工中引发安全隐患。挂篮自重的控制同样至关重要,在设计过程中应在确保强度与稳定性的前提下,尽量减轻挂篮的重量。过重的挂篮不仅增加施工设备的负担,也可能影响施工的稳

定性与操作灵活性。通过合理选材与优化设计,设计人员应在提升挂篮稳定性与强度的同时,确保其重量可控。

3.2 现浇混凝土的配比与控制

现浇混凝土的配比与控制在挂篮悬臂浇筑施工中具有决定性作用,它直接影响到桥梁结构的质量与耐久性。为了确保混凝土在不同施工条件及环境下能够维持优异的性能,配比设计必须根据桥梁的设计要求、使用环境以及具体施工条件进行调整。混凝土配比的设计必须严格遵循相关标准与规范,合理配置水泥、砂、石、外加剂及水的比例^[2]。常通过试配实验来确定最佳配比,过程中除了考虑混凝土的强度等级外,还应重视流动性、工作性、抗渗性与抗裂性等因素。由于原材料的批次差异,施工过程中必须加强对原材料质量的控制与检测,确保每次浇筑的混凝土性能一致。水灰比的控制是浇筑过程中需要特别关注的关键环节。若水灰比过高,混凝土的强度与耐久性将受到影响;若水灰比过低,则可能导致混凝土难以施工,甚至影响振捣效果。因此,施工前必须精准控制水灰比,确保其符合设计要求。在实际施工中,常常加入适量的高效减水剂或缓凝剂,以提高混凝土的工作性。特别是在高温或大跨度施工时,外加剂可有效改善混凝土的流动性,并延长凝结时间。除了配比设计混凝土的浇筑工艺同样至关重要,每一层混凝土浇筑完成后,都应进行充分的振捣,以确保混凝土的密实性与均匀性。若振捣不足,可能会导致内部空隙或气泡,进而影响混凝土的强度与耐久性。为防止混凝土离析,尤其在高温或风速较大的条件下,表面易发生初凝,施工时可采取覆盖湿布或使用保温材料等措施来保持混凝土质量。混凝土浇筑后的养护是确保其长期稳定性的关键,有效的养护可以确保混凝土在硬化过程中充分吸水,防止因过早失水而导致裂缝或强度不足。养护时间的长短需根据混凝土配比及天气条件等因素来决定,通常养护期不少于7天。尤其在低温或干燥环境下,养护措施必须加强。

3.3 温度与湿度控制

温度与湿度的控制对桥梁现浇混凝土施工具有至关重要的作用,直接关系到混凝土的凝固过程、强度的发展及最终的耐久性。在大跨度悬臂浇筑施工中,温湿度波动可能导致裂缝或强度不足等质量问题,因此对这一环节的管理尤为重要。混凝土的温度控制显得尤为关键,在高温

条件下水泥的水化速度过快,可能导致混凝土强度分布不均,甚至出现裂缝;而在低温环境中,水化反应的减缓则会影响混凝土强度的增长。为应对不同的温度条件,炎热天气下通常通过使用冷却水、缓凝剂或覆盖遮挡材料来减缓水化过程;在低温时则需利用加热设备或保温材料,确保混凝土温度维持在适宜范围^[3]。湿度控制同样至关重要,混凝土在水化过程中必须获得足够的水分,若过早失水,可能导致表面干裂及强度不足,特别是在干燥或风速较大的环境中。为防止水分过快蒸发,常采取喷雾养护、覆盖湿布等措施保持混凝土表面湿润,并且使用高效养护剂有助于促进水泥的水化过程。在施工过程中,温度与湿度的变化必须时刻受到监控。施工团队需根据实时数据及时调整施工方案,以确保混凝土的质量。如果温度过高,施工可暂时停滞,并采取降温措施;若湿度过低,则应通过覆盖保湿材料或增加养护次数,确保混凝土水化反应顺利进行。

4 结语

挂篮悬臂浇筑施工技术,作为一种高效且灵活的桥梁建设方法,已广泛应用于众多工程项目中。通过对挂篮设计、混凝土配比及温湿度控制等关键技术精细化管理,施工效率得到了显著提升,桥梁结构的质量与安全也得到了有效保障。在实施过程中,科学合理的施工方案、精确的设备调试以及严格的质量控制措施,均是确保技术成功应用的关键。尽管这一技术已经相当成熟,但仍然需要根据不同施工环境和具体条件进行适当的优化与调整,以应对施工中可能遇到的各种挑战。随着技术的不断进步,未来,挂篮悬臂浇筑施工技术将朝着更加智能化和自动化的方向发展。桥梁施工的质量、速度及安全性将因此进一步提升,为基础设施建设提供更加稳固的技术支持。

[参考文献]

- [1] 卢静. 桥梁施工中挂篮悬臂浇筑施工技术的应用探讨[J]. 科学技术创新, 2022(12): 135-138.
 - [2] 徐亚芳. 悬臂挂篮技术在桥梁施工中的应用分析[J]. 四川水泥, 2021(2): 73-74.
 - [3] 顾江淮. 桥梁施工中挂篮悬臂浇筑施工技术的应用探讨[J]. 大众标准化, 2024(8): 46-48.
- 作者简介: 胡华锋(1990.3—), 毕业院校: 湖南农业大学, 所学专业: 土木工程, 当前工作单位: 重庆北新融建建设工程有限公司, 职称级别: 中级。

高层建筑装配式混凝土结构施工技术应用分析

付明芳

河北聚微电力工程设计有限公司杭州分公司, 浙江 杭州 310000

[摘要] 在高层建筑施工过程中, 着重运用装配式混凝土结构施工技术, 有助于显著增进高层建筑的建造效能与质量水平。目前, 装配式混凝土结构施工在施工实践中仍旧面临若干难题, 要依据对装配式混凝土结构施工优点的深入理解, 精准把握施工阶段的漏洞与不足。在此基础上, 需深入剖析高层装配式混凝土结构的关键施工技术, 强化施工过程中的品质监督与管理, 这样才能实质性地提升高层装配式混凝土结构的施工质量, 促进中国建筑业的稳固前行。

[关键词] 高层建筑; 装配式混凝土结构; 技术应用

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15702

中图分类号: TU758.12

文献标识码: A

Application Analysis of Prefabricated Concrete Structure Construction Technology for High-rise Buildings

FU Mingfang

Hangzhou Branch of Hebei Juwei Power Engineering Design Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract: In the construction process of high-rise buildings, emphasizing the use of prefabricated concrete structure construction technology can significantly improve the construction efficiency and quality level of high-rise buildings. At present, the construction of prefabricated concrete structures still faces several difficulties in construction practice. Based on a deep understanding of the advantages of prefabricated concrete structure construction, it is necessary to accurately grasp the loopholes and deficiencies in the construction stage. On this basis, it is necessary to deeply analyze the key construction technologies of high-rise prefabricated concrete structures, strengthen quality supervision and management during the construction process, so as to substantially improve the construction quality of high-rise prefabricated concrete structures and promote the stable development of Chinese construction industry.

Keywords: high-rise buildings; prefabricated concrete structure; technical application

引言

在高层建筑的施工阶段, 采取的装配式混凝土结构施工, 其核心在于事先完成建材的制造过程, 从而提高高层建筑施工的工作效率并强化其建筑本身的安全稳定性。鉴于此, 本篇文章将聚焦装配式混凝土结构施工技术在高层建筑中的实际应用优点, 并对其关键使用方法进行详尽探讨。本文的目标是彰显装配式混凝土结构施工技术的高安全性和缩短施工时间的重要性, 进而为我国高层建筑工程施工提供可借鉴的发展方向。

1 装配式混凝土结构施工技术概述

进行装配式混凝土结构施工时, 主要是利用预先制造好的混凝土结构元件, 对建筑的关键部分及细节设计进行拼接, 形成完整的高层结构。随着我国社会的持续发展, 建筑材料产业步伐加快, 工程建设的范围不断扩大, 施工技术亦迎来众多突破^[1]。但由于我国庞大的人口数量基础和城镇化速度的快速推进, 对土地使用的空间面积有了显著缩减, 从而导致对高层建筑的集聚与需求日益升高, 这对建筑项目的实施与管理带来诸多挑战。装配式施工技术的引入有效解决了前文提到的难题, 此法可以将建筑施工的部分环节搬迁至受工厂化管理的现场, 同时能在一定程度上减少高层建筑装配式混凝土结构施工的步骤, 极大地

提高了施工效率与工程质量。在实际建筑工程中, 预制装配式混凝土主要的运用方式如表格 1 所展示。

表 1 预制装配式混凝土的应用形式

预制混凝土结构构件	预制柱	预制梁	预制墙板、楼板	预制框架
预制混凝土非结构构件	预制楼梯	预制装饰构件	预制墙板(非承重墙)	预制阳台、雨篷
预制模板(叠合结构)	叠合板模板	叠合梁模板	叠合墙模板	叠合柱模板

2 高层建筑装配式混凝土结构技术的优势

2.1 满足建筑企业的个性化需求

装配式混凝土结构的建造过程与传统工艺的主要区别体现在, 其所需的支柱、墙板和空调构件等不同部分不在建造现场制作完毕。这些部件需要员工提前进行质量检验和数量盘点, 依此生产出所需的预制构件, 而且要以建筑标准化与规范化的高标准来进行质量对比, 以符合建筑施工的高要求, 并确保构件性能的精确度。工厂将这些建筑部件制作完成之后, 便运送至施工现场, 根据设计图纸将各个配件精准安装在预定位置, 此举不仅大幅提高了建筑工程的施工品质, 也显著加快了建筑施工的进度。

2.2 避免不合理的能源损失与污染

在生产装配式钢筋骨架时,从建筑、材料到骨架的制造过程均在工厂内部完成,厂家借此达到细致的制造水平,并有效规避不合理的能耗和环境污染。这种企业层面的系统化生产模式不仅显著提升了建筑生产的工效,还减轻了噪音对周边环境的负面影响^[2]。工业生产预制建筑部件的方式,在很大程度上减小了高层建筑施工的资金开销,它不仅减轻了对地面的使用压力,还减少了建筑垃圾的生成,为环境保护也做出了积极贡献。此外,公司采用规范化的材料生产流程,对提升建筑品质进行了有力的控制。这不仅削减了声音污染和能源的浪费,而且有效实现了节约能源和减少排放的优异成果。

2.3 节约成本,提高经济利益

在施工启动前,通常会依据施工规划先对混凝土构件进行必备的预制工作,待生产完成即迅速运往规定的建筑现场。此外,施工团队可在专业技术支持下,依照蓝图直接快捷地组装建筑结构。相较于传统的人工浇筑技术,预制拼装法的显著特点在于机械化作业的普遍应用,这样一来大量减少了人力与建设时间的消耗,同时在一定程度上降低了劳动力费用。在当前的装配式混凝土结构技术领域,制造商需先向建筑企业提供钢筋部件的详细数据信息。这样,制造商可以批量、精确地生产这些构件,然后把它们运送至施工现场。现场施工通过专业技术人员操控机械设备来进行。将这种机械化施工集成到工程流程中,相比传统施工方法不但加速了工程的进度,还减少了人工的需求,同时有效预防了施工过程中可能发生的事故,这样的做法直接提升了企业的工作效率和收益。

3 高层建筑装配式混凝土结构施工主要技术

3.1 PC 施工技术

在装配式混凝土结构施工建造过程里,预制混凝土(PC)工艺是一种广泛采用的建设手段。无论是电梯井工程、空调面板安装还是填充墙体的施工,这门技术都能发挥其作用。其最显著的优势在于能统筹各类建筑材料的连接,以及防止裂缝的产生,确保材料间的无缝对接。在预制装配施工和高层建筑施工的过程中,PC工艺同样被广泛运用,它不仅助力提高建筑材料融合的完整性,还极大地提升了混凝土浇筑作业的整体质量^[3]。此外,鉴于相关技术在进场施工之前已在工场完成预制,这不仅简化了施工过程,还提高了作业效率,确保了构件的稳定品质,避免了对周遭环境的污染和破坏。另一方面,采用PC技术能有效缩短建设周期,在提升高层建筑施工品质的同时,还能相应地降低混凝土养护的费用,因而这项技术在建筑施工领域得到了广泛应用和高度认可。

3.2 NPC 施工技术

眼下,我国发展进程中,NPC施工技术方面的研究和开发已日趋成熟。不论是水平抑或是竖直的结构元件,通过实施层叠技术和全面的预备工序,有效减少了混凝土施

工中的各项风险,使得元件的预装配率高达90%以上。然而,在工程现场的施工实践中,多种因素叠加仍引致难题,导致注浆成形质量难以达到理想标准。在高层建筑工程中,除了常规的装配式混凝土元件浇筑手段外,NPC施工技术的运用亦相当广泛,其特点是能够将钢筋、墙体板块、空腔等组件实现精准对接的一种施工技术。在执行水平面及垂直结构的建造作业时,为了降低搭建难度并提升搭建工程的品质,通常会在这些结构中配备适当直径的钢筋。鉴于剪力墙是通过预制和浇筑实现的,故引入装配式混凝土部件的NPC施工法能够有效减轻外墙施工的难度,并大幅节约材料,从而促进中国建筑业的持续健康发展。此外,采用NPC材料还能有效避免因材质差异引起的构件损坏,确保构筑各单元的安全与稳固。

3.3 PCF 施工技术

随着建造工程的规模与数量逐步扩大,采用PCF建造技巧已经成为实现高效益的关键途径之一,其不仅有利于简化构件配置与生产的难度,还能确保工程质量的可靠性。PCF技术主要是指建筑领域中使用的部分预制的装配式混凝土构件方法。应用这种技术于建筑施工,其核心宗旨在于针对混凝土剪力墙结构构件及层叠楼板预制结构中的关键问题进行有效的解决,并在问题得到妥善处理后广泛推广使用。采纳这种技术,即便无需依赖外部援助的脚手架和模板,也能施行,其优势在于可以大幅降低建设费用,并免除模板及脚手架设计的需要。然而,在实际建设作业中,还需确保墙体单元的结构稳固性。

4 高层建筑装配式混凝土结构施工技术应用要点

4.1 预制墙板安装施工要点

在实施安放预制墙板的作业时,必须关注几个关键施工环节:调配吊装点、预制部件的吊起和放置,还有部件定位的校准与固定。相关建筑工程中的预制墙板如图1。



图1 预制墙板

4.1.1 吊点布置

在启动预制墙板的固定装置之前,须仔细彻底地对其材质状况进行审查,以确认是否达到了质量标准,再核实

其体积尺寸是否符合施工图设计的要求。确认无误且合乎标准之后,在经验丰富的技术人员引领下,精心选定墙板结构组件上最佳的起吊点,并执行起吊作业^[4]。考虑到预制墙板通常体积庞大,起吊时难免存在风险,为了确保此过程的高度安全性和效率,应采取多点起吊策略,并且施工人员要有效运用钢结构梁的平衡和调整技巧,确保吊点受力均衡,避免因力量超负荷造成起吊点损坏,减少构件落下引起的安全事故风险。

4.1.2 预制构件的起吊与下落

吊升预制部分时必须确保其受力平均和协调,这样可以避免对吊装作业的质量产生不良效果,并减轻对作业人员安全的潜在威胁。因此,在吊升这些预制部分进行吊装前,施工人员需熟悉其规格参数和外观形状,并依照建筑蓝图准确确定吊装的具体位置,完成将这些部件平稳送往预定提升区域的工作才能开始提升作业。需特别留意,在吊升构件过程中应维持其稳定性,当其其与地表高度约为0.5米时应暂停吊升作业,并对构件和其预定安装位置的对接整齐性进行核对,仅当检查确认满足施工图纸规定的条件时才可继续向下放置。在距离地面大约2厘米高度时,需对构件进行细微调节,确保其与标准控制线准确吻合后方可着陆。完成这些步骤后,方可执行后续安装流程。

4.1.3 构件位置的调整与安装

在把预制墙板搬运至预定位置之后,工人可以利用可调斜支架来对墙板的位置进行微调,确保其在竖直和水平方面与控制基线的对齐,以此来最大限度地确保墙体安装的精确性。随后,需要将支架底座固定于墙板与地面固定点之间,并通过螺丝将斜支架与墙体相连接。若要对墙板的竖直度和水平度进行微调,操作工可以改变斜支架的伸缩长度,这样做可以确保墙体的竖直和水平标准符合建筑设计的需求,并为施工过程打下坚实的基础。待预制墙板的装置与微调工序落实之后,即可启动对接点处的混凝土浇筑作业,此措施能显著提升墙体结构的一体性与坚固度。在混凝土浇筑阶段,应均匀施涂必要的水分子于预制构件的外表,确保其表面持续处于适度湿润状态,有利于加强混凝土与预制部分的结合力度,提高黏结效果。如遇墙板接合区需求模板支撑时,宜采用套筒灌浆法进行作业。灌注完成后的四小时内,需对预制墙板进行特定保护,以避免施工过程中的震动等因素可能引起的开裂,从而保障墙体结构的稳定性不受损害。

4.2 预制叠合阳台板安装施工要点

预制阳台板装置分为两种方法:一是在板面设立吊环装置;二是直接使用起重吊装。作业人员需严格控制吊装节奏,确保预制阳台板在吊装过程中的稳固性与均衡性,当板与操作平台间距离超过50厘米时,应暂停吊装,适时调整阳台板的具体位置,然后渐渐降低阳台板至适当高度,安放时必须对照标准线进行。阳台板经由起重设备安

放在施工区域后,需进行精确调校以保证其水准位置与设计标准一致,接着通过紧固螺栓确保固定,并用支撑架来支持,然后开始浇注混凝土。待混凝土强度达到设计初期标准的70%时,可以移除支架。此种方式能极大增强阳台板的安装品质及效率,进而明显提高整个预制装配式建筑工程的品质水平。如图2展示的是某工程现场所堆积的预制阳台板情形。



图2 预制叠合阳台板

4.3 预制飘窗安装施工要点

大多数装配式建筑工程在施工过程中,在装配预制式飘窗阶段会采用起重技术。待预设飘窗被吊起至特定位置以后,需要通过螺栓等固定元件将其与预制板连接固定,并应特别注意加强预制飘窗与建筑主体结构之间的协调和整合。此外,预制飘窗在提升至施工高度后,应当逐渐降低吊装速度并对飘窗位置进行精细调整,随后用螺帽等部件进行锚固。在随后的混凝土浇注流程中,不但需要重视飘窗的质量与稳固性,更应当关注飘窗与建筑的整体连贯性和协调性。

4.4 预制楼梯板安装施工要点

在进行预制楼梯板的装置时,施工团队必须严格遵循既定的作业程序和相关的规定执行工序。此外,楼梯板的吊装步骤与前述的阳台板和飘窗施工大体相同,区别在于必须先把预制楼梯板提升到特定的位置,并确保其位置精确无误,然后再进行楼梯板的固定和支撑工作,这样做有利于提升预制楼梯板的装置品质与工作效率,从而打下坚实的基础。

4.5 混凝土调配技术要点

混凝土的品质高低直接影响整座建筑工程的质量,并在保障预制建筑结构的安全与稳固方面起到关键作用^[5]。因此,工程施工团队需严格管控混凝土原料的质量和规格,多次对原料进行检测和确认,确保其完全符合建筑设计的要求后,才可进入下一阶段施工作业。在调配和混合混凝土的步骤中,必须采取最适宜该预制建筑项目的搭配比例,并对已经混合好的混凝土样本进行检测,重点审查其坍落程度,只有满足质量标准才能用于施工。特别强调的是,应依据项目实际需要量来准备适量的混凝土混合料,避免制备过量以

免造成原材料的浪费，此做法对于减少工程成本颇为有效。

5 结语

综上所述，装配式混凝土结构在高层建筑工程中的广泛运用，对确保建设效率的提高十分关键，也对促进整体建筑施工品质的提升具有极大的帮助。进而，为了最大限度地利用装配式混凝土结构在施工中的优点，有必要深入了解在实际操作中的不同问题和可能出现的瑕疵。同时，还应当针对装配式混凝土结构在不同施工阶段进行严格的质量监管与控制，以此对推动我国高层建筑领域的规范化建设产生积极作用。

[参考文献]

[1]姚顺. 建筑装配式混凝土结构关键施工技术应用分析[J]. 佳木斯大学学报(自然科学

版), 2024, 42(8): 106-109.

[2]高向阳,李学田. 装配式建筑现代设计与建造[M]. 北京: 化学工业出版社, 2023.

[3]孟咸明. 高层建筑装配式混凝土结构施工技术应用[J]. 四川水泥, 2021(9): 37-38.

[4]黄如国. 高层建筑装配式混凝土结构施工技术应用分析[J]. 工程技术研究, 2021, 6(9): 47-48.

[5]林柏腾. 高层建筑装配式混凝土结构施工技术应用分析[J]. 建材与装饰, 2020(13): 16-17.

作者简介: 付明芳(1982.8—), 女, 浙江杭州人, 汉族, 职称: 工程师, 职务: 土建主任, 毕业时间: 2005.7, 毕业院校: 华中科技大学, 学历: 本科, 学位专业: 土木工程, 研究方向: 建筑结构。

地下室后浇带提前封闭施工技术与超前止水措施研究

宋红印

中铁电气化局集团有限公司, 北京 100071

[摘要]随着我国建筑工程行业的快速发展,后浇带施工技术在超长地下室用的越来越广泛,后浇带是建筑工程施工中的重要组成部分,它不仅能有效地解决沉降差的问题,还能预防和解决对建筑的裂缝等问题,但是有些时候受制于工期等因素的影响,需要加快施工进度,文中对地下室施工中的后浇带提前封闭,超前止水分析研究,以供参考。

[关键词]地下室;后浇带;提前封闭;超前止水

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15695

中图分类号: TU733

文献标识码: A

Research on the Construction Technology and Advanced Waterproofing Measures for Pre Sealing the Basement Pouring Strip

SONG Hongyin

China Railway Electrification Engineering Group Co., Ltd., Beijing, 100071, China

Abstract: With the rapid development of Chinese construction industry, the use of post pouring strip construction technology in ultra long basements is becoming increasingly widespread. Post pouring strip is an important component of construction engineering, which can not only effectively solve the problem of settlement difference, but also prevent and solve problems such as cracks in the building. However, sometimes due to the influence of factors such as construction period, it is necessary to accelerate the construction progress. This article provides a reference for the analysis and research on the pre sealing of post pouring strip in basement construction.

Keywords: basement; post pouring strip; pre sealing; advanced waterproofing

在现代建筑施工中,地下室的结构完整性和防水性能是提高建筑质量的关键因素。文章将探讨地下室后浇带提前封闭与超前止水技术的应用,这些技术不仅优化了施工流程,减少了工期和成本,还显著提升了结构的防水效果和安全性。我们将详细分析这些技术的原理、优势及其在工程实践中的有效性,以期为建筑行业提供创新的解决方案。

1 后浇带的定义及后浇带提前封闭,超前止水的原理

1.1 地下室后浇带设置的定义及设置要求

在建筑工程中,地下室后浇带的设置是一项关键技术,用以保证结构的完整性和长期稳定性。后浇带,也被称为施工缝,是在混凝土浇筑过程中故意设置的延迟浇筑区域,用以控制由于混凝土温度变化和干缩引起的裂缝。这种技术主要应用于大面积的混凝土结构,如地下室的底板、墙体和梁等关键承重结构。

后浇带的主要功能是允许结构在初始固化阶段自由收缩,减少由于内部应力不均引起的裂缝风险。在规定的时间内,这些后浇带会被特定的膨胀混凝土填充,这种混凝土能够补偿由于早期收缩造成的体积缩减,进而提高结构的整体承载能力和耐久性。为了确保填充效果,后浇带的设计宽度通常设置为700~1000mm,这不仅能满足工程需求,也方便施工操作。

此外,合理设置后浇带的间隔是确保结构安全的另一

个关键因素。通常,后浇带的间隔根据结构的尺寸和复杂度来决定,对于矩形构筑物,后浇带间距一般设为30~40m。这样的间隔可以有效地控制和分散由结构内部应力引起的潜在裂缝,同时也便于后期的维护和检查。

在实际施工中,后浇带的设计和施工必须遵循严格的工程规范和标准,确保所有的施工缝都能按计划执行,以及使用的材料能满足工程对强度和耐久性的要求。通过这种综合性的设计和管理,后浇带不仅有效地提升了结构的安全性,还极大地延长了建筑的使用寿命。

1.2 地下室后浇带提前封闭与超前止水的技术原理

地下室后浇带提前封闭与超前止水技术是近年来在建筑行业中应用增多的高效解决方案,旨在优化地下室的结构安全和防水性能。这些技术通过独特的施工方法和材料选择,有效解决了传统建筑过程中常见的问题,如裂缝、渗漏及其引发的结构损伤等。

1.3 后浇带提前封闭原理

通过对混凝土材料性能的优化,如使用微膨胀混凝土,并合理设计后浇带处的钢筋构造,在满足一定强度和变形要求的条件下,提前用混凝土填充后浇带,使其尽早参与结构受力,减少结构因长时间开放后浇带来的安全隐患和施工不便。通过这种提前封闭技术,不仅可以提高结构的整体性和耐久性,还可以在工期上节约时间,减少施工过程中的潜在风险。

1.4 超前止水原理

在地下水位较高的区域,利用特殊的止水构造和材料,在基础垫层施工阶段就进行止水措施的设置。一般采用超前止水钢板,将其与垫层及结构外防水层有效连接,在主体结构施工前就形成可靠的止水防线,阻止地下水从后浇带位置渗入地下室。这种超前止水技术,不仅保证了地下室的干燥性,还有助于提升整个建筑的防水性能,防止水分通过结构缝隙侵入,从而有效避免了地下室内部环境的潮湿和结构受损。

地下室后浇带的基本定义和设置要求,以及后浇带提前封闭和超前止水的原理和技术应用。通过优化混凝土材料性能和合理设计钢筋构造,提前封闭后浇带可以提前让结构参与受力,加强结构的整体性。同时,采用超前止水技术,提前在结构外部设置止水措施,可以有效地防止地下水的侵入,保证地下室的干燥和结构的安全。这些技术的应用对提升建筑质量和安全性具有重要的实际意义。

2 施工工艺要点

2.1 后浇带提前封闭施工工艺

后浇带的提前封闭施工是一个精细化的过程,涉及多个关键步骤,确保结构的整体性和密封性。

钢筋处理:在后浇带两侧进行钢筋绑扎时,必须严格按照设计要求施工,确保钢筋的规格、间距及搭接长度的精确性,以保证结构的受力性能。在提前封闭前,需要对钢筋表面进行彻底清理,去除所有锈迹、油污及其他附着杂物,避免影响混凝土的黏结力,从而确保整体结构的稳定性和耐久性,提高工程质量和安全性。

模板支设:模板的支设对确保混凝土浇筑的质量至关重要。所使用的模板必须具有足够的强度、刚度以及良好的密封性。可以采用专门的快速拆卸模板系统,这种系统不仅便于安装和拆卸,而且能有效地保证新旧混凝土之间的结合质量。

混凝土浇筑:选择适当的微膨胀混凝土,严格控制其配合比,确保混凝土的质量和性能。在浇筑过程中,应使用振动棒进行充分振捣,以确保混凝土充分填充后浇带空间,并密实无空洞。浇筑完成后,应立即进行适当的养护,以促进混凝土的强度发展和防止早期裂缝的产生。

2.2 超前止水施工工艺

超前止水措施在地下建筑工程中起到至关重要的作用,尤其是在地下水位较高的地区。该措施的目的是在结构施工前确保地下水无法侵入建筑内部,从而保护地下室的干燥性和整体结构安全。详细的施工过程如下所述,以确保每一步都严格符合技术规范。

止水钢板安装:止水钢板的安装是超前止水措施的关键步骤。首先,施工团队需要在垫层施工完成后,根据设计图纸和结构需求,在预定位置准确安装止水钢板。这些

钢板需要是平整的,无任何缺陷,以确保最终的防水效果。安装过程中,钢板通过焊接或其他固定方式与垫层中的钢筋或预埋件牢固连接。焊接处需进行详细检查,确保所有的搭接长度和焊缝都达到了严格的技术标准,焊接需饱满且保证极高的密封性,防止任何潜在的水分渗透。

防水层施工:止水钢板安装完成后,下一步是施工外部结构的防水层。选用的防水材料应具有高强度和良好的延展性,能够彻底覆盖止水钢板并延伸到周围结构,形成一个连续、无缝的防水体系。特别需要注意的是,防水层在角落和接缝处应进行加强处理,确保这些潜在的弱点得到充分保护,防止任何形式的水分穿透。此外,防水层的施工应考虑到气候条件和环境因素,选择适合当地条件的材料和施工方法。

后续结构施工:在超前止水措施完成并通过专业验收合格后,才能开始地下室的主体结构施工。在这一阶段,施工团队需要格外小心,保护已经完成的防水层,避免在施工过程中由于机械操作或其他施工活动对其造成损坏。此外,施工过程中还应定期检查防水层的完整性,确保任何时候都不会因施工活动而降低其防水效能。

超前止水措施的严格执行对于保证地下室的长期干燥和结构完整性至关重要。通过精心设计的止水构造和材料的正确选择及应用,以及严格的施工质量控制,可以有效地防止地下水的侵入,为地下室创造一个安全和干燥的环境。这不仅保障了建筑的使用寿命和功能性,也显著减少了未来可能的维护成本。如图1所示

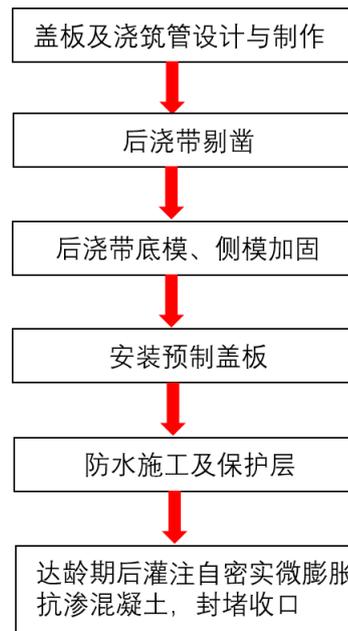


图1 主要工艺流程

通过上述详细的施工工艺,可以有效地保证地下室结构的安全性和防水性能,从而减少未来维护的难度和成本。

3 应用优势

采用地下室后浇带提前封闭及超前止水技术,为现代地下结构施工提供了显著的经济和技术优势。这些方法不仅改善了施工效率,还在提高结构的整体质量和功能性方面起到了重要作用。

3.1 缩短施工周期

后浇带提前封闭可以显著加速地下室结构的整体施工进度。通过这种方式,地下室的各部分能够更快地连接成一个完整的结构体,从而允许后续施工工序提前进行。例如,在后浇带封闭后,相关的墙体和顶板施工可以无缝对接,不再需要等待长时间的后浇带固化期。这样的处理减少了项目的总工期,使得整个建设周期更加紧凑,能够更快地投入使用,对于那些工期要求严格的项目来说,这一点尤为重要。

3.2 提升防水效果

传统后浇带止水方法在应对高地下水位地区的防水挑战时,往往存在诸多不足,例如止水效果不持久和容易受到外界因素影响的风险。相对而言,超前止水技术提供了一种更为先进和可靠的解决方案。这种技术在结构施工初期就通过安装止水钢板和应用高效防水材料,如特制的防水膜或涂料,在地下室的基础和墙体上形成一个坚固、连续的防水屏障。这样的早期干预确保了防水层的完整性从而极大地降低了地下水渗透的可能性。

通过在设计阶段就考虑防水需求并采取超前止水措施,可以实现更加精确和目标化的防水效果。这种方法使得地下室在整个使用期内都保持干燥,显著提高了使用舒适度和安全性。同时,防水层的持久性减少了因水渗透引起的潜在结构损害,降低了长期维护和修复的需求和成本。因此,超前止水技术不仅提升了建筑的整体质量,也为业主节省了大量的后续维护费用,是一种经济效益和实用性兼具的建筑技术。

3.3 降低施工成本

缩短施工周期直接关联到成本节约。较短的工期意味着可以在较短的时间内完成更多的工作,从而减少了人工成本和设备租赁费用。此外,由于结构早日封闭和防水措施的提前实施,减少了因施工错误或后期维护导致的额外开销。良好的防水效果减轻了未来可能的维修和保养成本,因为防水问题一旦发生,其修复工作通常是复杂且成本高昂的。因此,通过这些先进的施工技术,可以在项目的整个生命周期内实现经济效益的最大化。

将后浇带提前封闭和超前止水技术应用于地下室施工,不仅提高了施工效率和结构质量,还在安全性、经济性及环境适应性方面提供了优势。这些技术的实施有助于构建更为坚固、耐用且维护成本低的地下结构,特别适用于地下水位高或结构安全要求极高的地区。通过这种方法,

建筑项目能够实现快速、经济且可靠的建设目标,满足现代建筑业对效率和质量的双重需求。

4 施工简单

后浇带提前封闭技术不仅在施工效率和经济效益上具有显著优势,其施工过程的简便性也是其广泛应用的重要原因之一。该技术的施工简便性主要体现在以下几个方面:

4.1 后浇带封闭施工简单

该工艺中后浇带的封闭施工过程十分简单,主要包括在后浇带位置安装预制的钢筋混凝土盖板,并进行相应的防水处理。这些盖板通常配备浇筑钢管,以便于在沉降稳定后,能够使用自密实微膨胀抗渗混凝土进行有效的后浇带结构封闭。这种方法相较于传统的现场浇筑方式,大大简化了施工流程,因为预制盖板的使用减少了现场施工的复杂性和对施工环境的依赖。

4.2 提高施工便捷性

采用预制盖板不仅简化了后浇带的封闭过程,还使得沉降后的封闭更加便捷。预制构件的安装方便快捷,可以提前进行防水及表面层施工,从而为后续工序的及时展开提供了便利。这种技术的应用使得施工进度能够更加流畅,后续工作能够更快地插入,从而有效缩短整个项目的工期,进一步降低了项目成本。

4.3 减少劳动强度和人员需求

由于采用预制盖板,该工艺在施工过程中的安全性更高,同时劳动强度相对较低。预制部件的使用减少了现场作业的复杂性,从而也降低了对作业人员的需求。这不仅减轻了工人的工作负担,还有助于降低因施工安全事故可能导致的风险。

4.4 广泛的适用范围和易于推广

后浇带提前封闭技术的施工方法简便,易于掌握,使得该技术具有很高的适用性和推广价值。无论是新建工程还是老旧建筑的改造,这种技术都能够提供一个有效、经济的解决方案。它的简便性和效益使得越来越多的建筑项目倾向于采用这一技术,从而提高整个行业的施工水平和质量。

后浇带提前封闭技术通过简化施工流程,不仅提高了施工效率和经济性,还通过使用预制构件,降低了工人的劳动强度和施工现场的人员需求,增强了工程安全性。其简便的施工过程和广泛的适用范围使得该技术易于被广泛推广和应用,为解决传统建筑施工中的一些常见问题提供了创新的方法。

5 结束语

地下室后浇带提前封闭与超前止水技术在实际工程中表现出显著的优势,显著提高了工程的防水性能和结构安全,同时大幅缩短了施工周期并降低了成本。通过采用

这些技术,不仅简化了施工过程,还提高了工程质量,显示出良好的经济效益和广泛的适用性。因此,这种技术的应用值得在更多地下室建设项目中推广,以持续推动建筑施工技术的创新和进步。

[参考文献]

[1] 吕善勇,庞戈,赵艳波,等.地下室顶板后浇带超前封闭施工技术分析[J].安徽建筑,2020,27(3):86-87.
[2] 罗春辉.土方回填地下室外墙后浇带提前封闭施工技术探讨[J].住宅与房地产,2020(15):217.

[3] 吕正良.地下室顶板沉降后浇带提前封闭施工技术探究[J].房地产世界,2021(11):69-71.

[4] 曹单,肖升,汪明弦.地下室顶板沉降后浇带提前封闭施工技术探究[J].中国建筑金属结构,2022(1):58-59.

[5] 张洪博.地下室外墙后浇带超前止水施工技术研究与应用[J].工程质量,2024,42(7):80-84.

作者简介:宋红印(1987.1—),男,河北,本科,目前是工程师,就职于中铁电气化局集团有限公司,主要从事建筑工程领域方向的工作。

绿色施工技术在建筑工程中的应用与发展

水生林

定西市和源市政工程有限公司, 甘肃 定西 743000

[摘要]绿色施工技术通过节能降耗、污染控制、资源高效利用等手段,实现建筑施工全过程的环境友好与可持续发展。采用绿色建材、节能施工设备、雨水回收与循环利用系统等措施,降低能耗与碳排放,提高资源利用率。优化施工组织,应用BIM技术进行施工模拟,减少材料浪费与施工污染。推广装配式建筑,提高施工效率,减少施工现场环境破坏。结合智能监测系统,实现施工过程的实时监管,提升施工质量与安全水平。绿色施工技术的广泛应用有助于降低建筑行业对生态环境的影响,推动可持续发展。

[关键词]绿色施工技术;资源高效利用;BIM技术;智能监测;装配式建筑

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15690

中图分类号: U655.56

文献标识码: A

Application and Development of Green Construction Technology in Construction Engineering

SHUI Shenglin

Dingxi Heyuan Municipal Engineering Co., Ltd., Dingxi, Gansu, 743000, China

Abstract: Green construction technology achieves environmentally friendly and sustainable development throughout the entire construction process by means of energy conservation, pollution control, and efficient utilization of resources. Adopting measures such as green building materials, energy-saving construction equipment, and rainwater recycling and reuse systems to reduce energy consumption and carbon emissions, and improve resource utilization efficiency. Optimize construction organization, apply BIM technology for construction simulation, and reduce material waste and construction pollution. Promote prefabricated construction, improve construction efficiency, and reduce environmental damage on construction sites. Combining intelligent monitoring systems to achieve real-time monitoring of the construction process, improving construction quality and safety levels. The widespread application of green construction technology can help reduce the impact of the construction industry on the ecological environment and promote sustainable development.

Keywords: green construction technology; efficient utilization of resources; BIM technology; intelligent monitoring; prefabricated building

引言

建筑行业作为资源消耗和污染排放的重要领域,正面临严峻的环境与可持续发展挑战。传统施工方式往往伴随着高能耗、高污染和资源浪费问题,而绿色施工技术的推广成为降低建筑业环境负荷、提升资源利用效率的关键。通过节能设备、绿色建材、装配式施工、智能监测等技术手段,施工过程不仅能减少碳排放,还能提高工程质量与施工效率。在“双碳”目标和政策支持下,绿色施工技术正向数字化、智能化方向发展,为建筑行业的可持续发展提供重要支撑。探索绿色施工技术的应用路径与发展趋势,对推动建筑行业高质量发展具有深远意义。

1 绿色施工技术概述

1.1 绿色施工的概念与原则

绿色施工是一种以环境保护和资源高效利用为核心的施工管理模式,旨在通过优化施工过程,减少能源消耗、资源浪费以及环境污染,实现建筑行业的可持续发展。绿色施工不仅关注施工阶段的资源节约与污染控制,还涵盖建筑全生命周期的节能减排,最终目标是构建高效、环保、经济的施工体系。

绿色施工遵循“四节一环保”原则,即节能、节水、节材、节地和环境保护。节能主要体现在优化施工工艺、采用节能设备和可再生能源,以减少能源损耗和碳排放;节水要求采取雨水回收系统、施工用水循环利用等措施,以降低水资源消耗;节材强调合理利用建材,推广绿色建材和装配式建筑,以减少施工废弃物;节地则通过合理布局施工现场、减少土地破坏,实现土地资源的高效利用;环境保护涵盖噪声控制、粉尘治理、污水处理等措施,确保施工对周边生态环境的影响降至最低。

1.2 绿色施工技术的发展历程

绿色施工技术的概念最早起源于欧美等发达国家,20世纪80年代以来,随着全球生态环境问题的加剧,绿色建筑与绿色施工理念逐步得到重视。欧美国家率先制定了建筑行业的绿色标准,如美国的LEED(能源与环境设计先锋)认证体系,推动建筑行业向节能环保方向发展。同时,日本、德国等国也在绿色施工领域形成了一系列成熟的技术和管理体系,如高效节能建材的研发、装配式建筑推广以及智能化施工管理技术的应用^[1]。

国内绿色施工技术的推广始于21世纪初,随着可持

续发展理念的深入,国家陆续出台了《绿色建筑评价标准》《建筑施工现场环境与卫生标准》等法规,对绿色施工的实施提出明确要求。近年来,在“双碳”目标的引导下,绿色施工技术逐步向智能化、数字化方向发展,BIM技术、智能监测系统、装配式建筑等先进施工方式成为推动建筑业绿色转型的重要手段。同时,政府不断加大政策支持力度,通过财政补贴、税收优惠等措施促进绿色施工技术的普及与应用。未来,随着政策法规的进一步完善和技术创新的持续推进,绿色施工技术将在建筑行业发挥更加重要的作用。

2 绿色施工技术在建筑工程中的应用

2.1 节能技术的应用

在施工过程中,机械设备的能耗占据了很大比例,为了降低能源消耗,需要优化施工机械的使用效率。例如,采用高效节能型施工设备,如电动挖掘机、低能耗塔吊和智能变频设备等,减少燃油和电力消耗。同时,通过合理调度施工机械,避免设备空转,进一步降低能耗。此外,施工现场可以使用节能照明系统,如LED灯具和智能感应照明,提高能源利用效率。

可再生能源的应用是施工节能的重要手段。例如,太阳能光伏板可以用于施工现场的供电系统,为照明、监控设备等提供清洁能源;风能发电设备可以在风力资源丰富的地区提供辅助电力支持。此外,地热能也可用于施工现场的供暖和冷却系统,减少对传统能源的依赖。这些措施不仅能降低碳排放,还能有效控制施工成本,实现经济与环保的双重效益^[2]。

2.2 节水技术的应用

水资源的合理利用是绿色施工的重要内容。施工现场可以建立雨水收集与回用系统,通过收集雨水并进行简单过滤后,应用于施工冲洗、绿化灌溉和混凝土搅拌等环节,减少自来水消耗。此外,污水处理系统可以对施工废水进行净化处理,循环使用,提高水资源利用率。

在具体施工工艺中,低水耗施工技术的推广也是节水的重要手段。例如,在混凝土养护过程中,可采用养护剂喷涂法代替传统的洒水养护,减少水分蒸发损失,同时保证混凝土强度发展。此外,蒸汽养护技术和智能喷雾系统的应用也能优化施工用水管理,提高水资源利用效率。

2.3 节材技术的应用

施工过程中合理使用建材可以有效降低材料浪费,提高资源利用率。绿色建材的使用是节材的重要手段,如高强度复合材料、可再生木材、透水砖以及低碳水泥等环保型材料,这些材料不仅减少了生产过程中的碳排放,还能提高建筑的耐久性和保温性能。此外,施工过程中可以推广可循环使用的模板和支撑体系,如铝合金模板、塑料模板等,减少一次性木模板的消耗,降低建筑垃圾的产生。

BIM(建筑信息模型)技术的应用在减少材料浪费方

面发挥了重要作用。BIM技术可以在施工前进行精确的三维建模和模拟分析,优化材料用量和施工方案,减少设计误差导致的返工。同时,BIM技术还能在施工过程中监测材料的使用情况,动态调整施工计划,避免过量采购或浪费,提高建筑材料的利用率。

2.4 节地与环境保护技术的应用

施工现场的环境管理直接影响周边生态系统,绿色施工需要采取有效措施减少土地资源的浪费和环境污染。合理规划施工场地布局,提高土地利用率,减少对周边生态环境的破坏,是节地施工的重要内容。

施工过程中产生的扬尘和噪声是主要的环境污染问题。为控制扬尘,可以采用喷雾降尘设备、绿色防尘网、封闭式运输等措施,减少粉尘扩散。同时,推广低噪音施工设备,并合理安排施工时间,降低噪声对周边环境的影响。在生态保护方面,施工前应对场地进行生态评估,采取植被迁移、土壤保护等措施,减少施工对原有生态环境的破坏。施工完成后,及时恢复植被,通过种植耐旱耐污染的绿化植物,改善施工区域的生态环境^[3]。

3 绿色施工技术实施的挑战与对策

3.1 绿色施工推广的主要挑战

绿色施工技术的推广虽然符合建筑行业可持续发展的要求,但在实际应用过程中仍面临诸多挑战。其中,成本较高是制约绿色施工推广的重要因素。绿色施工通常涉及节能设备、绿色建材、智能化施工技术的应用,这些技术的初期投入较大,使得部分施工企业望而却步。此外,绿色施工的经济回报周期较长,短期内难以体现直接收益,导致企业缺乏足够的动力去主动推行绿色施工。

目前,部分施工企业在绿色施工技术的应用方面经验有限,缺乏专业人才和技术储备。同时,传统施工方式已经形成固定的工作模式,施工人员对新技术的接受度不高,导致绿色施工技术在实际操作中的推广效果不佳。此外,绿色施工需要精细化管理,而部分企业的施工管理水平仍处于粗放阶段,难以满足绿色施工的高标准要求。

公众认知度不高、政策执行难度大也是绿色施工推广面临的难题。尽管政府出台了一系列绿色施工相关政策,但行业内对于绿色施工的理解和接受度仍然有限。部分建设单位更关注短期成本控制,而忽视长期的环保效益^[4]。此外,监管部门的执行力度和考核机制尚不完善,部分企业仍未能严格按照绿色施工标准执行,使得政策的落实难度较大,影响了绿色施工的整体推进效果。

3.2 绿色施工的优化措施

为推动绿色施工技术的全面推广,需要从政策引导、技术创新和监管考核等方面入手,建立完善的激励与管理机制。首先,加强政策引导与激励机制是推动绿色施工的关键。政府可以通过财政补贴、税收减免、绿色认证激励等方式,降低施工企业应用绿色施工技术的经济压力。此

外,可以制定严格的市场准入标准,将绿色施工作为工程承包、评优评奖的重要考核指标,促使施工企业主动采用绿色施工技术。

提高施工企业的绿色技术创新能力是推动绿色施工发展的重要举措。企业应加大对绿色施工技术的研发投入,提升节能、节水、节材等关键技术的应用水平。同时,加强专业人才培养,设立绿色施工专项培训,提高施工人员对绿色技术的认知与操作能力。此外,BIM技术、物联网等智能化管理手段的应用,也能够有效提高绿色施工的精细化管理水平,优化资源配置,减少施工过程中的浪费。

强化绿色施工的监管与考核体系,有助于确保绿色施工标准的严格执行。政府及相关监管部门应建立健全的绿色施工监管体系,明确绿色施工技术的具体标准和考核要求。通过施工现场巡查、第三方评估等方式,加强对施工过程的监督,确保绿色施工措施落到实处。同时,建立信息公开制度,对绿色施工项目进行公示,形成行业竞争和社会监督机制,促使施工企业提升绿色施工的执行力度。

4 绿色施工技术的未来发展趋势

4.1 智能化绿色施工

随着数字技术的快速发展,物联网、大数据、人工智能(AI)等技术逐步融入建筑施工管理,为绿色施工提供智能化解决方案。物联网技术可以通过在施工现场布设传感器,实现对能耗、水耗、设备运行状态的实时监测,并将数据传输至云端进行分析,从而优化施工资源的分配与使用。大数据技术则能够对历史施工数据进行挖掘与建模,优化施工流程,提高施工效率并减少资源浪费。AI技术可用于智能调度施工机械、优化施工进度规划,并通过机器学习分析施工过程中可能出现的风险,提高施工的安全性与可控性。

智能监测与自动化施工技术的应用也在推动绿色施工向高效、精准的方向发展。例如,基于无人机和激光扫描的施工监测系统可以实时获取施工现场的进度信息,并结合BIM模型进行对比分析,及时调整施工方案,减少施工误差和材料浪费。此外,自动化施工设备,如智能砌砖机器人、3D打印建筑技术、智能混凝土浇筑设备等,能够提高施工精度,降低人工误差,同时减少建筑垃圾的产生。

4.2 装配式建筑与绿色施工结合

装配式建筑因其高效、节能、环保的特点,与绿色施工理念高度契合。装配式建筑采用工厂预制、现场装配的方式,减少了施工现场的湿作业环节,从而降低水资源的消耗,同时避免传统施工带来的噪声污染、粉尘污染和建筑垃圾堆积问题。装配式施工还能缩短工期,提高施工效率,降低人工成本,提高施工质量的稳定性^[5]。

预制构件工艺在优化资源消耗方面发挥着重要作用。通过精确的工厂生产和模块化设计,装配式建筑能够有效

减少材料浪费,提高材料利用率。此外,装配式建筑的构件可以重复利用或拆卸后回收,有助于减少建筑垃圾的产生。同时,采用轻质高强度的新型预制材料,不仅能够进一步降低建筑自重,减少基础承载压力,还能在保障结构安全的前提下提升施工便捷性和运输效率。这些材料通常具备良好的保温隔热性能和耐久性,有利于建筑的节能运行与使用寿命的延长。

4.3 碳中和目标下的绿色施工发展

在全球碳中和目标的推动下,建筑行业的绿色施工将更加注重碳排放的控制和建筑全生命周期的环保管理。绿色建筑的碳排放控制策略主要包括提高建筑能效、采用低碳建材、优化施工能源结构等。此外,碳捕集与封存技术(CCS)在混凝土制造中的应用也有助于降低建筑材料的碳足迹。

建筑全生命周期的绿色管理将成为未来绿色施工的重要发展方向。从建筑设计、施工、运营到拆除回收的各个阶段,都应贯彻低碳、环保的理念。施工阶段可以采用BIM技术进行能耗模拟分析,以优化建筑能效;运营阶段推广智能建筑管理系统,提高空调、照明等设备的节能水平;建筑拆除后则应加强建筑废弃物的分类回收与再利用,减少建筑垃圾的填埋和焚烧。

5 结语

绿色施工技术是建筑行业可持续发展的关键路径,通过节能、节水、节材、节地及环境保护措施,降低施工过程对生态环境的影响,提高资源利用效率。当前,绿色施工在技术、管理及政策执行方面仍面临一定挑战,但随着智能化施工、装配式建筑及碳中和政策的推进,绿色施工技术将不断优化升级。未来,应加强政策引导、技术创新和监管体系建设,推动建筑行业向低碳、高效、环保方向发展,实现经济效益与生态效益的协调统一。

[参考文献]

- [1]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.
- [2]孙振月. 超高层建筑工程深基坑支护施工技术[J]. 江苏建材, 2024(6): 100-101.
- [3]龚宣超, 郭强. 绿色建筑施工技术在建筑工程中的应用探析[J]. 科技与创新, 2025(1): 209-215.
- [4]李瑞霞. 绿色建筑施工技术在建筑工程中的运用探析[J]. 建材发展导向, 2025, 23(1): 37-39.
- [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.

作者简介:水生林(1987.2—),男,毕业院校:安徽省水利水电职业技术学院,所学专业:建筑工程技术,当前就职单位:定西市和源市政工程有限公司,职务:质安部部长,职称级别:建筑中级。

浅析矩形顶管施工技术在城市地铁过街通道中的应用

孙浩

中铁建工集团第四建设有限公司, 江苏 南京 210001

[摘要]在我国快速发展的背景下,人们对地下空间的规划和施工提出了更高的要求,不仅要保障人们的日常生活,更要体现其特征,常规的施工工艺存在着一些缺陷,而采用非开挖的方式,由于其开挖量小、占地面积小、对周边环境污染小等优点,因此,该技术在促进我国城镇地下管网建设的合理性与标准化以及对环境的保护方面,都有着十分重要的意义,基于此,文章分析了矩形顶管施工技术在城市地铁过街通道中的应用策略。

[关键词]矩形顶管; 施工技术; 技术应用; 地铁过街通道

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15689

中图分类号: TU990.3

文献标识码: A

Brief Analysis of the Application of Rectangular Pipe Jacking Construction Technology in Urban Subway Pedestrian Crossings

SUN Hao

China Railway Construction Group Fourth Construction Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210001, China

Abstract: Against the backdrop of rapid development in China, people have put forward higher demands for the planning and construction of underground spaces. It is not only necessary to ensure people's daily lives, but also to reflect their characteristics. Conventional construction techniques have some shortcomings, and the use of non excavation methods is of great significance in promoting the rationality and standardization of urban underground pipe network construction and environmental protection in China. Based on this, this article analyzes the application strategy of rectangular top pipe construction technology in urban subway pedestrian passages.

Keywords: rectangular top pipe; construction technology; technology application; subway pedestrian crossing

引言

在国内,由于城市化进程的加快,浅层地下空间的开挖逐渐受到人们的重视,与传统的明挖法相比,顶管施工对周边已有建筑物和环境的干扰更少,已被广泛用于过街通道、地铁出入口、综合管廊、车辆隧道等领域,当前,我国隧道顶管施工以软黏土为主,而对于穿越硬岩及软硬交接层的隧道施工与实践经验却很少^[1]。

1 工程概况

洋珠巷地铁连接通道位于南京市秦淮区中山南路与洋珠巷交叉口,通道南北向布置,下穿洋珠巷,南侧连接

万象天地负一层商业,北侧连接地铁1号线三山街站1号出入口,万象天地广场内设置一处地面出口,通道全长80m,总建筑面积约为720m²,主通道过洋珠巷采用矩形顶管暗挖工艺,暗挖段长47m,结构净宽6m,净高3.3m;矩形顶管始发井布置于洋珠巷南侧尺寸为12m×10.9m,始发井设置万象通道与万象天地连接,并在万象天地广场内设置一处出入口,出入口结构净宽5m,布置一部上下行自动扶梯及路步楼梯;接收井布置于洋珠巷北侧,尺寸为6m×8.8m,设置明挖通道与地铁1号线三山街站1号出入口连接。

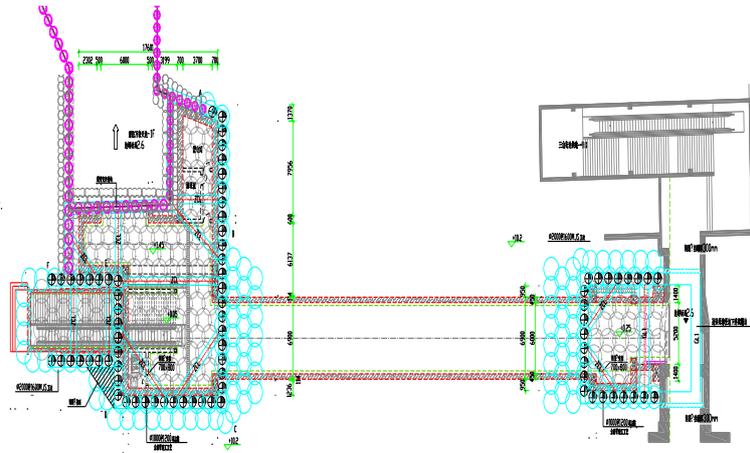


图1 地铁连接通道平面布置图

2 工程特点

顶管施工是该车站的一项重点控制工程,其突出特征如下:①顶管隧道的建设属于高危险性的重大工程,必须制定特殊的施工计划,该工程是在地区境内第一例跨既有有线区间采用矩形顶管进行顶管施工;②工地周围的环境比较复杂,不利于安全生产,该通道东侧为三山街地铁站,最短间距为 1.5m,南侧紧挨地铁风亭,北侧与地铁相连,西侧紧挨投资大厦。本工程所跨越管道为 37m,其主要管道为通信、燃气管道、雨水管道、上水管和污水管道等,由于该通道与地车站平行且距离较近,属于地铁保护红线范围,需要对地表沉降及施工工艺进行精确控制;③本工程中,使用了机械化顶管技术,不需要进行手工挖掘,对原始土壤的扰动很小,可以防止道路的沉陷和开裂;不需要修补道路,减少了工作人员的体力,可以更好地实现文明建设;④钢套筒接收工法可适应多种复杂地层,对不良地质工程的过站接收施工有显著优点,可对各类施工风险进行有效控制,⑤从该工程的地质调查结果来看,该工程的地质情况较为复杂,勘察钻孔最大深度为 30m,调查发现现有潜水、承压水及层间水 3 个层次的地下水^[2]。

3 顶管施工风险及应对措施

3.1 岩层预处理技术

针对顶管施工区域内存在强度 4.67MPa 的强风化泥质粉砂岩和中风化泥质粉砂岩,单凭壳体上的齿刀不能充分破碎,需要对其进行预处理,通过地质勘查资料分析,该项目遇到的强风化泥质粉砂岩遇水后,其强度将显著降低,其软化系数达 0.65,针对强风化泥质粉砂岩层,需利用小型顶管机、水平定向钻机、锚杆钻机等工程设备,通过水平钻孔预破碎,并辅之以注水,在减小大体积岩体的前提下,弱化岩体强度,针对该工程中存在的问题,本项目使用锚杆钻机,在其洞底边缘至顶管外壳底面边缘的位置,密集分布一系列 $\phi 100\text{mm}$ 的钻孔;在顶管顶管机底部边缘处,密集分布一系列 $\phi 100\text{mm}$ 的钻孔;在无底土层的区域,以 150mm 的间距错开设置 $\phi 100\text{mm}$ 的钻孔,如果单侧一次钻孔,因钻入较深,导致钻杆变形、机械位移等原因,很难有效地控制出钻精度,因此在始发井和接收井间分别进行两个方向的对向钻孔,从而减小一次钻深,为了确保孔区中部具有一定的重叠面积,使岩体完全碎裂,对线路上段管段进行深度 23m 的预处理,对地层进行预处理时,应采取以下措施:①严格按照设计图纸进行钻孔;②在钻孔过程中,不断地向孔内注入水,使岩石表面的水分吸收和变软;③在一次钻孔结束后,经核对钻孔的深浅满足规定后,再进行下一次钻孔的工作;④钻孔结束后,取样检查其强度,如果没有下降,则继续注入水,直至其强度显著降低。

3.2 土体改良

地质勘查资料表明,该地区淤泥质黏性强,黏性强,极易在刀盘表面形成泥膜,造成出土器阻塞;由于泥质粉

砂岩中含有大量的基岩裂缝水,在开挖过程中有可能引起顶管窜流,为防止上述现象发生,必须对基坑周围的土层进行加固处理,在该项目中,使用了矿物类改良剂来改善土壤,以膨润土、聚丙烯酰胺、水、纯碱为原料,通过野外实验确定了改性材料的配比,通过对其进行现场观测可以看出,其具有良好的流动性、塑性性,在渣斗中均匀铺开,没有出现喷溅和结泥饼的情况。

3.3 回缩的原因及对策

顶管机回缩是在顶管工程中,顶管工程发生后收,由于顶进推力不够,不能有效地抵抗钢管与周边土之间的摩擦;也有可能是由于后端土体的压力太大,使管线受到挤压,针对这一问题,本工程采用了如下措施:①加大顶推,在加大输出功率的同时,调节千斤顶的数量和位置;②进行土压力计算,并进行平衡设计,确保管线后端土体的承受足够的压力,防止管线因承压太大而受到挤压,③强化管线的支承与稳固,防止管线移位^[3]。

3.4 路面、管线沉降

造成路面下沉的主要因素有:①顶管断面为中粗砂和粉质黏土地层,稳定性不佳,受干扰后容易产生沉陷,严重时会引起地面坍塌;②掘进机前方土体的应力分布不均,产生沉陷问题;③掘进机的纠偏和曲线推进使管线周边产生空隙,空隙中充满了周边土体,造成了沉陷;④注浆施工未进行,引起地面下沉;⑤管线与周边土壤发生摩擦,造成地基失稳,进而造成路基下沉;⑥接头不规则,不均匀,或在不平直的管线上进行,将加大对地层的剪切干扰,从而引起地面沉降和隆起,在顶管工程中,要注意对周边管线进行防护,避免因地面沉降引起的地下管线沉降、渗漏和断裂等问题,从而降低管线的使用性能,同时也加大了建设难度,该顶管工程在工程区域中避免了已建城市地下管道,不需要再进行管道改造,但是由于顶管工程开挖引起的上覆土层受到扰动,使管道发生了下沉,受力状况发生了变化,从而引起了管道的变形和破坏。防治措施:①在完成顶管工作后,应立即灌注填料,以提高管线周边土体的密实程度,从而防止管线的不均匀沉陷;②防止管道下沉的重点在于减小施工时对上覆土层的冲击,并对管道的主动变形进行适当控制,使其在可接受限度之内;③对顶管机与工作井及接收井预留孔之间的缝隙进行严密的控制,从原理上讲,尽量减小缝隙,一般是一侧 10~15 毫米;④要注意对施工期土压力进行监控,并对其进行合理调节,以避免由于地基土压力过大而引起地表下沉,在此基础上,对顶管施工区域进行地基处理,增强地基承载力;⑤在完成施工后,对路面和管道的变形情况进行监测,对出现的问题要立即进行治理,以保证路面和管道的安全和稳定。

4 矩形顶管施工技术要点

4.1 施工准备

为了确保施工的质量,确保施工的顺利进行,矩形顶

管要做好充分的前期工作：①对该地区进行全面调查，摸清该地区地质、水文和周围情况，以便制定出合理的建设计划；②认真制定施工组织计划，制定出科学的施工程序，保证每一道工序都能满足工艺及安全规范，在此基础上，要做好工程物资和机械的准备工作，对所用原料进行全面核查，严格控制原材料质量，保证其使用的良好的机械性能，以适应矩形顶管需要；③要强化对施工人员的职业培训，提高他们的技术水平，改善安全意识，使其能够应付各类复杂情况；④做好安全施工工作，制定应急计划，妥善处理工程中出现的一般危险及意外情况，保证工程的正常运行^[4]。

4.2 注浆加固

在该项目中，对顶管初始加固、后墙、过站井两侧的加固采取了深孔注浆加固措施，在进行加固之前，应摸清加固区域管道的布置状况，避免因管道限制而影响工程的正常进行，工程完成后，要对洞口周边土进行深层注浆，并将其布置在距离管道较远的地方，加固砂浆是以水灰比1:1配制而成，水泥砂浆选用42.5普通硅酸盐水泥为主要原料，将水泥、促凝剂和水充分搅拌，制成水泥砂浆。

4.3 端头加固及降水

为避免在拆除顶管和接收段开挖过程中引起的洞壁坍塌，造成质量和安全事故，对2号出口顶管的起始和接收端进行注浆加固；为了确保开孔后土能够达到顶进压力需要，始发井后靠背土体亦采用注浆加固，2号出口始发井加固长度为8m，在地基处理完毕后，在2#进、出口顶管的起始和接收端各设6个降水井，在进行顶管施工之前，要把水位降低到始发井和接收井的1.5m以上，具体的加固区域和加固措施需结合图纸。

4.4 始发井洞门破除

在洞门凿除前，要对洞口进行加固检验，以保证加固后的地基强度均匀、自重稳定、止水，本项目采用矩形顶管施工方法，在保证土无侧限抗压强度 $\geq 1.0\text{MPa}$ 的基础上，对其透水性进行严密控制，采用水钻，在2.8m深的5个钻孔中，观测洞口的加固效果和有无流沙涌水现象，在工程建设中，一旦出现渗水现象，应及时采取措施进行封堵和加固，以减少地下水对工程的不利影响，在开挖洞门之前，要仔细检查洞门的轴线及标高，保证工具能够顺畅地进入洞口，本项目顶管施工过程中，对顶管施工区域周边土体进行了加固处理，保证了土体的强度和渗透性等各项指标符合设计要求，检查通过后，在孔内开挖地下连续墙，洞门破除采取静力破除法，按自下而上，由中间向两侧进行，以水钻为主。破除施工分为上、中和下三层，一般是从最上面的中部进行凿除，然后在上面的两边进行凿削，破孔的大小与预先埋设的钢环相同，为6900mm \times 4200mm，每管片的大小各向外侧100mm，在破洞门之前，要加强对涌沙涌水的控制：①对加固区域进行合理的设计，

加固土强度要大于1MPa，加固范围和深度要严格控制，按顶土强度、地下水位等参数设置相应的安全系数；②在开挖完成后，根据地下水水位变化，及时进行洞口降水，并对其进行周期性的水位监测，将基坑水位下降到顶管以下50cm处；③在洞口设置橡皮密封环，在顶钻过程中要做好防护工作，避免头部刀将密封环损坏，保证密封环的防水能力^[5]。

4.5 顶进施工

4.5.1 正常顶进

当顶进机进入后，常规的顶升速率应该保持5~10mm/min，在15m以内，必须对顶进速率进行严格控制，一般以20mm/min的速率进行顶进，在顶进2m区域，泥浆压力由0.04MPa逐步升高到0.06MPa，并进行机头的位置调节，保证机头平稳准确的顶进，初期开挖时，只能采用较低的液压油缸进行开挖，顶管施工速度要快，避免土壤长期裸露，为防止孔口封堵不当，引起减阻泥浆损失过多，降低减阻率，孔口坍塌，从而引发重大的安全问题，必须强化顶管施工部位的止水。

4.5.2 矩形管节顶进

在进行矩形顶管施工之前，必须对各种机器进行仔细检验，由设备管理员负责交接班，对机器运行状况进行详细登记，并将该记录移交给下一班的操作者，在交接班过程中与下一班的操作者沟通，新入厂的设备操作员要仔细查看操纵台、泥浆泵、管道、测量系统等，交接班检验合格后，才能启动电源，转动起顶管机的刀盘，该工程采用矩形顶管进行施工，其设备前的阻力很大，在管节顶管施工中，管节会引起主油缸、机头和管段的缩回，一般退到20-30厘米的范围内，在后退过程中，土壤压力的均衡被打破，从而对地基稳定产生不利作用，严重时还会造成路基塌陷，在底座的两端分别装有止退装置，并与底座进行牢固焊接，可以很好地解决这一问题。在完成顶管接头安装时，可以将销轴插到管件吊装孔内，以便将接头固定，顶管在钢管内壁后，要加强顶管的总体压力保持能力，以确保土压力的均衡，从而增加其承载能力，在防止筒体翻浆的同时，也要避免筒体接触，损伤接收钢套筒的内壁，顶管施工中，由于顶管施工前期埋地不深，且其自身重量主要靠导轨与土壤支承，在土支护表面受力超出其承受极限，极易出现顶管施工中冒顶现象，为了解决这一问题，在进入地层后，要把机头和前面三节管段的拉杆螺钉拧紧，本工程采用了如下方法：①当设备就绪以后，把机头抬高5mm，让它出洞时一直处于朝上的姿态；②在施工过程中，出现沉降现象时，利用千斤顶对其进行纠正，调节主推千斤顶的受力中心，严密监视装置的运行情况；③加强洞口外部的监测和加固，防止因地基沉降而产生的“磕头”问题，④提高顶升速率，保证地层压力比理论计算值高，防止由于头部撞击而引起的地表沉降^[6]。

5 结论

综上所述,为了保证工程的稳定与安全,采用矩形顶管的方法,必须增大顶进推力,加强速度控制,在保证路基稳定的基础上,通过对路基土压力的适当设置,可以有效地防止路基沉陷,针对矩形顶管施工中存在的低风险问题,如防止顶管回缩、栽头、扭转等问题,需提出相应的解决方案,解决路面及管线沉降问题,在减少顶管施工风险的前提下,提升矩形顶管的施工质量与安全,为保障我国地铁建设的长远、平稳运行打下坚实的基础。

[参考文献]

- [1]王军.富水砂层条件下矩形顶管过街通道施工技术优化[J].江苏建筑,2022(1):84-88.
[2]孙宽,傅金海,刘帅.浅析矩形顶管施工技术在城市地

铁过街通道中的应用[J].居业,2020(6):108-110.

[3]孙宽,刘罡.矩形顶管在地铁过街通道设计中的应用[J].居舍,2020(14):78-79.

[4]陈飞,张勇,朱敏.9.8m×5.5m 矩形顶管在地铁过街通道设计中的应用[J].中国高新科技,2018(20):34-36.

[5]贾连辉.矩形顶管在城市地下空间开发中的应用及前景[J].隧道建设,2016,36(10):1269-1276.

[6]董俊.地铁过街通道矩形顶管施工变形监测分析[J].铁道工程学报,2016,33(8):106-110.

作者简介:孙浩(1991.1—),男,安徽科技学院,机电技术专业,单位:中铁建工集团第四建设有限公司,洋珠巷地铁连接通道建设工程项目,职务:项目经理,职称:工程师。

论述水泥搅拌桩在路桥施工技术应用分析

魏智国

新疆北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 路桥工程在提高交通效率以及促进区域经济发展方面发挥重要作用, 而地基处理技术选择对工程质量以及稳定性具有重要影响, 水泥搅拌桩作为一种有效的地基加固方法, 在路桥工程中得到广泛认可以及应用。基于此, 本篇文章研究中将首先对水泥搅拌桩原理进行阐述, 并对其施工重点控制要素进行分析, 在此基础上, 结合实际案例对其施工应用要点进行深入探究。

[关键词] 水泥搅拌桩; 施工技术; 应用

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15687

中图分类号: U445.4

文献标识码: A

Discussion on Analysis of the Application of Cement Mixing Pile in Road and Bridge Construction Technology

WEI Zhiguo

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

Abstract: Road and bridge engineering plays an important role in improving traffic efficiency and promoting regional economic development. The choice of foundation treatment technology has a significant impact on the quality and stability of the project. Cement mixing piles, as an effective method of foundation reinforcement, have been widely recognized and applied in road and bridge engineering. Based on this, this article will first elaborate on the principle of cement mixing piles and analyze the key control elements of their construction. On this basis, combined with practical cases, the key points of their construction application will be deeply explored.

Keywords: cement mixing pile; construction technology; application

引言

在现代路桥工程施工中, 地基处理技术在保障工程安全、稳定以及经济性发挥关键作用, 而水泥搅拌桩技术在其独特的加固机理以及工程效益优势支持下, 逐渐得到施工领域广泛认可, 并在路桥施工中得到广泛应用。水泥搅拌桩在实际应用中主要通过将水泥浆以及土体原位进行搅拌混合, 进而形成具备较高强度以及稳定性的水泥土加固体, 最终实现提高地基承载力与减少沉降目标, 切实保障路桥工程实际施工质量。

1 水泥搅拌桩原理概述

水泥搅拌桩作为高效的地基处理技术, 其在工程领域得到广泛认可与应用, 该技术具体应用中, 需首先利用专业施工设备将钻头深入至预定土层深度, 随后利用设备向土层中喷射水泥砂浆, 此过程作业中, 喷射、搅拌以及钻头的上提动作需保持高度同步性。随着钻头不断深入以及搅拌, 水泥砂浆与周围土体可有效实现充分混合, 进而促使两者在物理层面紧密交融, 同时在化学反应作用下, 大幅提升地基强度以及稳定性, 进而保障路桥工程等建设项目可充分满足既定设计要求。水泥搅拌桩成桩机制主要涵盖如下两方面:

(1) 水泥的水解以及水化反应机制是成桩机制的主要基础。硅酸盐水泥是水泥搅拌桩技术施工中的主要施工材料, 其主要由氧化钙、二氧化硅、三氧化硫等水硬性胶

结材料构建。在水泥与水混合过程中, 其中所蕴含的矿物质成分可快速与水产生化学反应, 进而生成一系列新水化物。相关水化物具备良好的水溶性, 可迅速溶解于水中, 以此暴露出更多水泥颗粒以供继续与水反应, 同时其也可在水泥颗粒间形成强大的化学键合作用, 进而为后续固化过程提供坚实基础保障。

(2) 水泥化合物与土壤颗粒间的化学反应过程是水泥搅拌桩成桩机制的核心关键环节。在此反应过程中, 水泥水化物凝胶颗粒可与土壤颗粒产生团粒化作用、凝硬作用和碳酸化作用等化学反应, 生成新化合物以及结构体。其中, 团粒化作用主要为土壤中的二氧化硅等矿物质与水进行反应后形成的硅胶微粒, 会在水泥水化物催化作用下发生相应化学反应, 生成体积更大、结构更稳定的土团粒; 凝硬作用主要为水泥中的钙离子等矿物质成分分析出并与土壤中的其他矿物质的反应, 其可生成不溶于水的硅酸钙等结晶体, 相关结晶体可显著提高水泥化合物强度, 同时也可土壤颗粒间提供更紧密的连接; 碳酸化作用则主要利用水中的二氧化碳与溶液中剩余的氢氧化钙等碱性物质反应, 生成不溶于水的石灰石等碳酸盐类化合物, 相关化合物可显著增强土质结构强度以及稳定性。虽然碳酸化作用反应速度相对较慢, 但其在水泥搅拌桩成桩机制中发挥重要作用, 是提升地基整体稳定性以及耐久性的关键环节。

2 水泥搅拌桩施工控制重点

2.1 浆液喷射

浆液喷射量不足是水泥搅拌桩施工作业中需重点关注的问题,导致此问题出现的主要原因在于输送管道过长导致压力衰减以及管道自身损伤情况。为有效解决该问题,施工单位应从源头层面对浆液输送管道质量标准进行把控,切实保障施工符合相关要求。在使用长管道情况下,可采用有效措施切实增强泵入口压力,以切实提升浆液输送能力,如对泵的工作参数进行调整,或者采用更高效的泵型。此外,施工单位也可在适当位置增设浆液储存池,利用其缓冲和调节作用,进一步提升浆液输送效能。

2.2 砂浆喷射堵塞

砂浆喷射过程中堵塞问题会对水泥搅拌桩施工造成明显影响,这主要是受制备砂浆时滤网破损,或者砂浆储存和运输过程中受潮凝结导致。在堵塞情况发生后,施工进度必然会受到负面影响,同时还会导致设备损坏情况出现。因此,施工单位应注意对滤网进行定期检查和维修,确保其完好无损,同时还需对水泥材料储存条件进行优化,切实保持储存区域干燥通风,避免砂浆出现受潮情况。针对已受潮的砂浆,应及时作出处理,避免继续使用造成堵塞情况出现。

2.3 桩基速度控制

在水泥搅拌桩施工作业中,桩基速度控制具有重要作用。桩基速度不稳定情况主要由操作不当、设备故障或设备不兼容等因素导致。为有效控制桩基速度,施工单位应积极加强操作人员专业技能培训力度,切实提高其操作水平以及责任意识。同时,技术人员应注意基于施工实际需求选用相应施工设备,避免因设备不兼容导致问题出现。施工单位还需定期对设备进行维护以及保养,切实保障设备工作状态始终保持良好。

2.4 桩机进入不畅

在水泥搅拌桩实际施工中,桩机进入不畅问题较为普遍,此情况主要由石块、树根等地下障碍物造成。为此,施工单位在正式开展施工前,首先对施工现场进行勘察,明确地下障碍物分布以及性质。在此基础上,结合所用技术以及实际情况制定采用挖掘机等工具进行清理等具备针对性的障碍物清除方案。若障碍物较大或难以清除情况下,则可考虑对桩机进入路径进行重新规划,或者采用其他施工方法进行作业。

3 水泥搅拌桩技术施工应用要点

3.1 案例概况

为深入探究水泥搅拌桩技术施工应用要点,本文研究中将选取具体案例进行详细阐述。案例工程为某地公路建设项目,工程高度在4~5m范围内。项目上部结构层地质存在明显软弱性,且该软弱层较厚。地基部分土岩层深埋

地下,深度达到45m以上,同时,该公路工程沿线广泛分布水塘以及农田。施工单位对工程施工区域进行详细勘察后发现,土体水分含量较高,土层渗透性能相对较差,且内部存在较大数量的孔隙。为有效应对复杂地质因素,设计单位最终决定采用水泥搅拌桩施工工艺,以切实提升公路地基稳固性,进而保障高速公路实际运营中的安全性以及稳定性。

3.2 水泥搅拌桩施工准备以及试桩作业要点

在水泥搅拌桩施工作业正式开始前,施工单位需首先对施工技术规范、质量标准以及施工指导原则进行深入分析与详细掌握,并对施工设计图纸进行严格审核,切实保障施工过程中各环节操作均充分遵循设计图纸标准以及相应技术要求。在水泥搅拌桩布局方面,施工单位决定采用正三角形排列方式,并将桩间距精准控制在0.9~1.1m区间范围内,而桩径则设定为0.5m。为切实保障实际加固效果,加固层需穿透软弱土层,深入至下部沙砾层或风化层中,且其深入深度应达到0.5m以上。在桩顶铺设方面,施工单位设计设置一层厚度为0.4m的碎石垫层,并在其中夹带土工格栅结构,以切实增强整体稳固性。在桩体材料配置方面,案例工程主要采用粉煤灰、普通硅酸盐水泥(P.042.5)以及水所构成的混合材料,相关材料可与土体进行充分混合搅拌,进而形成坚实可靠的桩体。

同时,在施工作业实际开始前,施工单位还需选取与主体工程地质条件相似的地段进行水泥搅拌桩试桩作业。此次试验中共设置2根试验桩,依托于试验结果明确淤泥黏土地质条件下,水泥搅拌桩应达到的技术指标要求,进而为后续正式施工提供有利基础。在试验开始前,施工技术人员应对试验所有材料进行严格的试验检测,切实保障各项性能指标均符合工程技术标准要求。试桩直径设定为500mm,数量则设定为2根。试验过程中,施工人员对材料配合比参数进行精细设定,并将水胶比设定为0.5,以获得最佳施工效果。

3.3 水泥搅拌桩施工作业要点

3.3.1 桩位精确测设

在施工作业开始前,为切实保障水泥搅拌桩定位精准性,案例施工人员在实际作业中,严格基于设计图纸开展三维坐标放样作业。此过程中,需采用钢钎对桩位中心位置进行精确定位,将平面位置误差控制在50mm以内。为切实保障桩位精准无误,需由专业测量人员对桩位坐标进行复核,并在桩位处设置明显标识,为后续施工作业提供便利条件支持。

3.3.2 设备精准定位与调试

在桩机就位环节中,施工单位需确保设备精确对准预设桩位。具体施工中,为保障桩机稳定性以及垂直度,案例工程施工人员应利用双向铅锤仪对立柱垂直度进行校

正, 确保垂直度偏差控制在 1% 以下。在完成桩机调试作业后, 还需对管路压力进行测试, 确保工作压力控制在 0.4MPa 以上, 以保障输浆系统工作压力充分满足实际施工要求, 该步骤在提升水泥搅拌桩施工质量与稳定性方面发挥重要作用。

3.3.3 预搅下沉与动态调控

在启动搅拌机冷却系统并等待温度稳定后, 案例工程施工人员即可操作搅拌头沿导向架匀速下沉。为确保下沉过程平稳性以及可控性, 施工人员应基于电机工作电流监测结果进行动态调节。具体操作中, 工作电流应控制在额定值的 80% 以下, 以避免电机过载情况出现。在下沉过程中遭遇地层阻力异常情况时, 应及时注入减阻浆液, 以此对地质条件进行有效改良, 切实保障搅拌头顺利下沉。为获得最佳下沉效果, 建议将下沉速率控制在 1.2~1.8m/min 区间范围内。

3.3.4 浆液科学制备与质量控制

在水泥搅拌桩实际施工作业中, 浆液制备占据重要地位。施工人员在实际工作中, 应注意依照水灰比 0.45~0.55 的设计范围开展水泥浆制备作业, 并通过筛分预处理对杂质进行彻底清除, 随后将经过处理的水泥浆输送至集料斗备用。为有效改善浆液流动性, 每立方 m 浆液中应添加 2% 的膨润土。此外, 为切实保障浆液性能稳定性, 浆液滞留时间应控制在 2h 以下, 避免浆液出现沉淀或变质情况。该步骤在确保水泥搅拌桩强度以及稳定性方面发挥重要作用。

3.3.5 喷浆搅拌作业

当钻具达到设计标高后, 即可正式开展喷浆搅拌作业。具体操作中, 施工单位应开启灰浆泵并保持钻头处于反转状态, 此时需匀速提升钻杆。提升速率应注意参照工艺试验参数进行精确控制, 以确保搅拌均匀性以及桩体质量。

在具体提升作业中, 当距离桩顶约 1m 时, 应将提升速率降低至 0.8m/min, 以强化桩顶部搅拌效果。在首次提升至地表后, 还需开展二次下沉复搅作业, 持续搅拌 10~20s, 以保障桩端部分密实度以及强度达到预期。

3.3.6 复搅强化作业

在完成首轮喷浆搅拌作业后即可关闭输浆系统, 并开展二次下沉搅拌作业。施工人员应基于规范要求实施“四搅二喷”工艺, 即在桩体施工全流程中进行四次搅拌以及两次喷浆作业。复搅次数应在 2 次以上, 以保障桩体均匀性和密实度达到标准要求。此外, 技术人员应设定相邻搅拌轨迹重叠量达到 200mm 以上, 以避免出现搅拌盲区或薄弱环节, 以此切实提高桩体整体质量以及承载能力。

3.3.7 接桩处理作业

在水泥搅拌桩实际施工作业中, 不可避免地会受到多种原因影响, 出现非计划停机情况。当停机时间达到 30min

以上时, 应将复搅深度控制在中断界面 0.5m 以上, 以保障桩体连续性以及整体性。当停机时间达到 2h 以上, 则应对管道进行拆卸清洗处理, 以避免出现管道堵塞或因残留物对后续施工造成影响。

在重新开展施工时, 为切实提高水泥浆固化效果, 应注意适当将水泥浆流量提升 10%~15%, 以对因停机造成的固化损失进行补偿。

3.3.8 清洗作业要点

在各工班结束后, 均需对管路进行冲洗以及维护作业。实际作业中, 施工单位应利用高压水枪对管壁上的残余浆体进行清洗, 以保障管路畅通性。同时, 施工人员还需对桩顶 500mm 范围内的松散混合料进行人工修整以及剔除。在完成修整作业后, 应注意采用与桩体同级的水泥砂浆进行抹平处理, 切实保障桩顶部分平整度以及美观度, 同时也可实现提高桩体整体质量以及耐久性目标。此外, 施工单位在实际作业中还需注意, 定期开展维护以及保养作业也是保障水泥搅拌桩施工设备长期稳定运行的关键环节。

3.4 施工质量检测要点

在成桩作业完成后, 应在 28d 后对桩体结构进行全面的检测, 具体检测项目如表 1 所示。此环节主要工作在于对桩体强度进行确认以及对桩身完整性进行评估, 以保障桩基础满足设计规范以及安全标准要求。依据相关标准规范要求, 检测比例最少应为总桩数的 0.2%, 且该比例所对应的最小检测数量应在 3 根桩以上, 以确保检测结果具备较强代表性以及可靠性。

在实际开展检测工作时, 除关注桩体物理属性以及结构完整性外, 还需对桩身承载性能进行检测。承载性能检测结果是判断桩基础能否有效承载上部结构荷载的关键环节。技术人员可通过静载试验或动载试验, 对桩在受力状态下的变形情况以及承载力进行精准测量, 以此有效验证桩基础设计合理性以及实际应用性能。

表 1 水泥搅拌桩质量检测内容

检查项目	规定值或允许偏差值	检查方法
桩位	±50mm	抽查桩数 10%, 且不少于 5 根
桩径	不小于 50cm	抽查桩数 10%, 且不少于 5 根
垂直度	≤1%	经纬仪或吊线测钻杆倾斜度
桩长 (m)	不小于设计值	查施工记录
单桩喷浆量	不小于设计值	查施工记录
强度	不小于设计值	抽查 0.2%

4 结语

综上所述, 水泥搅拌桩在路桥工程施工中发挥重要作用, 因此施工单位在实际作业中应严格开展施工准备以及试桩工作, 在此基础上积极把握桩位精确测设、设备精准定位与调试、浆液科学制备与质量控制、喷浆搅拌作业等

环节的作业要点,并对成桩质量进行严格检验,为提升路桥施工质量提供必要保障。

[参考文献]

- [1]孟凯.双向水泥搅拌桩在路桥过渡段路基加固处理中的应用[J].江西建材,2023(12):334-336.
- [2]孟震宇.关于水泥搅拌桩在路桥施工技术的实践探索[J].数码-移动生活,2023(9):148-150.
- [3]肖先武.公路工程中水泥搅拌桩首件施工技术研究[J].价值工程,2023,42(27):102-104.
- [4]许建丽.水泥搅拌桩施工技术在高速公路软基处理中的应用[J].工程建设与设计,2023(23):232-234.
- [5]徐悦,周文欢,徐烽.浮筒式水泥搅拌桩在软土地基处理中的施工技术研究[J].广东建材,2023,39(5):95-98.
- [6]王丽萍.高速公路水泥搅拌桩质量检测与评价方法[J].交通世界,2024(10):110-113.
- [7]郭晓旭.公路工程路基加固施工中深层水泥搅拌桩施工技术研究[J].运输经理世界,2023(1):13-15.

作者简介:魏智国(1979.7—),男,西安理工大学,土木工程,新疆北新路桥集团股份有限公司,项目副经理,助理工程师。

水泥稳定碎石基层施工压实度控制技术研究

张大龙

甘肃朴信建筑安装工程有限公司, 甘肃 定西 743000

[摘要] 水泥稳定碎石基层施工中的压实度控制对确保路面结构的稳定性和耐久性具有重要意义。通过对水泥稳定碎石基层施工压实度的影响因素进行分析, 提出合理的压实控制技术, 结合现场实际情况, 确定适合的施工工艺与设备。研究表明, 科学的压实度控制不仅能有效提高基层强度和抗裂性, 还能延长路面使用寿命, 为道路施工质量提供保障。

[关键词] 水泥稳定碎石; 基层施工; 压实度控制; 施工工艺; 路面质量

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15683

中图分类号: TU7

文献标识码: A

Research on Compaction Control Technology for Cement Stabilized Crushed Stone Base Construction

ZHANG Dalong

Gansu Puxin Construction and Installation Engineering Co., Ltd., Dingxi, Gansu, 743000, China

Abstract: The control of compaction degree in the construction of cement stabilized crushed stone base is of great significance for ensuring the stability and durability of pavement structure. By analyzing the factors affecting the compaction degree of cement stabilized crushed stone base construction, reasonable compaction control techniques are proposed, and suitable construction processes and equipment are determined based on the actual situation on site. The research results indicate that scientific compaction control can not only effectively improve the strength and crack resistance of the base layer, but also extend the service life of the road surface, providing a guarantee for the quality of road construction.

Keywords: cement stabilized crushed stone; grassroots construction; compaction control; construction technology; road surface quality

引言

水泥稳定碎石基层作为道路工程中关键的结构层, 其施工质量直接影响到道路的使用性能与寿命。压实度作为影响基层强度、稳定性和耐久性的核心指标, 往往决定了路面后期的维护成本与安全性。然而, 当前施工过程中压实度控制仍存在一定的技术难题, 如何通过科学合理的控制技术提高施工质量, 成为亟待解决的重要课题。通过研究压实度控制技术的优化路径, 为道路工程提供了有效的施工技术支持和理论依据。

1 水泥稳定碎石基层的施工工艺与特点

水泥稳定碎石基层作为道路工程中重要的承载层, 其施工工艺直接影响路面结构的稳定性和耐久性。了解其施工工艺和特点, 有助于提高施工质量, 确保道路的长期使用。

1.1 水泥稳定碎石基层的施工工艺

水泥稳定碎石基层的施工工艺包括基层材料的选择、配料比例的调配、搅拌与摊铺、压实度的控制等多个环节。首先, 基层材料通常选用碎石与水泥的混合物, 其中碎石的粒径、级配和水泥的种类对施工效果有较大影响。其次, 配料比例需要根据实际工程要求进行调整, 以确保最佳的压实效果和基层强度。混合材料需要均匀搅拌, 确保水泥与碎石的充分结合。搅拌后, 材料通过摊铺机均匀摊铺在施工现场, 形成一定厚度的基层。最后, 使用压路机进行压实, 压实过程需要根据施工情况适时调整压实次数与压力, 确保基层的密实度达到设计要求。

1.2 水泥稳定碎石基层的施工特点

水泥稳定碎石基层具有多个施工特点, 首先是其施工周期较短。与传统的土基基层相比, 水泥稳定碎石能够更快地达到高强度, 适应高速公路等大型工程的建设要求。其次, 其抗裂性和抗渗性较强, 可以有效抵御水分和外界环境的影响, 提高道路使用寿命。第三, 水泥稳定碎石的施工灵活性较强, 能够根据不同的地理和气候条件调整施工方案, 适应性强。此外, 水泥稳定碎石基层具有较好的透水性, 有助于减少路面积水, 降低路面积水对车辆的影响, 提高行驶安全性。

1.3 施工过程中常见问题及解决措施

在水泥稳定碎石基层施工过程中, 常见的问题主要包括材料配比不合理、压实度不达标以及基层不均匀等。材料配比不当会直接影响基层的强度和稳定性, 因此, 需要根据不同的工程要求调整水泥和碎石的比例, 以确保其抗压性能。压实度不足会导致基层强度不够, 容易出现路面沉降、裂缝等问题, 需通过调整施工工艺, 增加压实次数、压力以及使用适合的设备来解决。此外, 基层不均匀问题也需要在施工过程中进行调整, 确保摊铺厚度和材料的均匀分布。通过严格控制施工质量与工艺, 可以有效提高水泥稳定碎石基层的性能, 确保道路的长期稳定性^[1]。

2 压实度对水泥稳定碎石基层性能的影响

压实度是影响水泥稳定碎石基层性能的关键因素, 直接决定其强度、稳定性和耐久性。理解压实度对基层性能

的影响,有助于提升施工质量,确保路面长期使用。

2.1 压实度对水泥稳定碎石基层强度的影响

水泥稳定碎石基层的强度是评估其质量的重要指标,而压实度直接决定基层的强度。较高的压实度能够有效压实碎石颗粒,增加基层的密实性,从而提高其抗压强度。如果压实度不足,基层内部存在较多空隙,水泥与碎石的结合力较差,基层的强度会降低,容易出现沉降、裂缝等问题。此外,压实度与水泥与碎石之间的水化反应密切相关。适当的压实度能够促进水泥与碎石表面更好地结合,从而提高基层的综合强度和耐久性^[2]。因此,控制压实度是确保基层强度的关键环节。

2.2 压实度对水泥稳定碎石基层稳定性的影响

水泥稳定碎石基层的稳定性与压实度密切相关,较高的压实度有助于提高基层的稳定性,减少路面结构因温度变化、荷载变化等因素而发生的位移。压实度过低时,基层容易发生不均匀沉降,导致路面产生裂缝或坑洼,影响行车安全。高压实度使碎石颗粒之间紧密结合,减少了水分的渗透和冻胀现象,增强了基层对外界因素的抵抗能力。因此,合理控制压实度有助于提高水泥稳定碎石基层的稳定性,确保道路结构的长期安全。

2.3 压实度对水泥稳定碎石基层耐久性的影响

水泥稳定碎石基层的耐久性是衡量其能否长期服役的重要标准。压实度对基层的耐久性有着重要影响。充分的压实度能够有效减少水泥稳定碎石基层中的空隙,阻止水分渗透,从而降低冻胀、裂缝以及腐蚀等现象的发生。过低的压实度容易导致基层中出现较多空隙,水分渗透后容易引发冻胀,长期以来会破坏基层的结构,缩短路面的使用寿命。因此,确保适当的压实度能够提高水泥稳定碎石基层的抗水性和抗冻性,延长路面使用年限,减少后期的养护和维修成本。

3 影响水泥稳定碎石基层压实度的主要因素

水泥稳定碎石基层的压实度直接影响其强度和稳定性。了解影响压实度的主要因素,有助于优化施工工艺,确保基层质量,从而提高道路的使用性能。

3.1 材料组成与配比

水泥稳定碎石基层的压实度受材料组成与配比的影响较大。基层材料中碎石的粒径、级配、水泥的品种及其配比,直接决定了施工过程中的压实效果。碎石的粒径越均匀,压实时能够更好地相互结合,减少空隙,提高密实度。若碎石粒径不均或配比不当,会导致颗粒之间松散,形成较多的空隙,降低压实度。水泥的种类与用量也对基层的强度和稳定性有重要影响。水泥用量不足时,基层内水泥与碎石的结合力较弱,影响压实效果。因此,在施工中应合理选择碎石和水泥的配比,确保最佳的材料组合。

3.2 施工设备与操作方式

施工设备和操作方式对压实度的控制起着决定性作

用。压路机的类型、工作质量和压实方式都会直接影响水泥稳定碎石基层的压实效果。不同类型的压路机具有不同的压实能力和适应性,通常需要选择合适的压路机来满足不同施工条件的需求。操作方式也至关重要,如压实时的行走速度、重叠压实次数等,都会影响压实效果。操作人员应根据现场实际情况,调整压实策略,以保证均匀压实。此外,压路机的工作压力和压实次数需要根据基层材料的性质和厚度合理设置,以避免过度压实或压实不足的情况发生^[3]。

3.3 环境因素

环境因素也是影响水泥稳定碎石基层压实度的重要因素。温度、湿度以及土壤含水量等都会对压实过程产生影响。在较高温度或湿度条件下,水泥的水化反应会加快或减缓,进而影响水泥与碎石的结合效果。此外,土壤的含水量对于水泥稳定碎石的施工至关重要。含水量过高或过低都会导致压实度的不足。如果含水量过高,施工时水泥浆容易溢出,形成松散层;如果含水量过低,则可能导致材料干硬,难以达到良好的压实效果。因此,合理控制环境条件,确保基层材料的适宜湿度,是确保良好压实度的基础。

4 水泥稳定碎石基层压实度控制技术的优化路径

为了提高水泥稳定碎石基层的施工质量,必须通过优化压实度控制技术,确保基层的强度、稳定性和耐久性。合理地优化路径能够有效提高施工效率和路面使用性能。

4.1 精确材料配比与优化选择

优化水泥稳定碎石基层的压实度,首先需要科学选择和配比基层材料。水泥和碎石的配比直接影响基层的强度和密实度,因此,必须根据不同的工程要求对材料进行精确配比。碎石的粒径、级配及水泥的种类和用量均应依据设计标准与实际情况进行调整。对于碎石的选择,应优先使用粒径均匀、级配良好的材料,避免使用粒径过大或不规则的碎石,以便提高压实效果。水泥的用量应根据基层材料的需求进行调整,过多或过少的水泥都会影响基层的结合力和压实度。优化材料配比,不仅能提高基层的密实度,还能提高压实度控制的稳定性。

4.2 合理选择施工设备与优化操作工艺

施工设备和操作工艺的优化对于控制压实度至关重要。选择合适的压路机及其工作压力是确保基层压实度达标的关键。压路机的种类应根据基层的厚度和材料特性进行选择,例如,较厚的基层可选择振动压路机,而较薄的基层则适合使用静力压路机。此外,操作工艺的优化也至关重要,如压实过程中的行走速度、重叠度和压实次数等,都需要精确控制。对于不同层次的基层,应合理调整压实次数与压力,避免过度或不足的压实。在施工过程中,操作人员需根据实际情况灵活调整,确保压实效果的均匀性与稳定性。科学、合理的施工工艺能够显著提高压实度,保障路面的稳定性和耐久性^[4]。

4.3 加强环境条件的监控与调控

环境条件对水泥稳定碎石基层的压实度控制有重要影响,尤其是温度、湿度和土壤含水量。在施工过程中,应密切关注环境变化,及时调整施工方案,以适应不同的气候条件。温度过高或过低都会对水泥的水化反应和碎石的黏结性产生影响,进而影响压实效果。湿度过高时,材料可能出现泥泞,压实困难;湿度过低时,水泥无法充分水化,导致基层强度不够。因此,应根据实际天气和土壤条件,调整施工时的水分控制,保证基层材料在适宜湿度下进行施工。在寒冷季节施工时,可采取加热设备加快水泥的水化速度;在潮湿环境下施工时,应控制水分的渗透,避免基层材料过湿。

通过优化材料配比、选择合适的施工设备和操作工艺,以及控制施工环境,可以有效提升水泥稳定碎石基层的压实度。这些优化路径不仅能够确保压实效果的稳定性,还能提高道路的强度、稳定性和耐久性,为道路工程的长期使用奠定基础。

5 施工现场压实度控制的实践与经验分析

施工现场压实度控制是确保水泥稳定碎石基层质量的关键。通过实践经验的总结和分析,能够找到有效的控制方法,提升施工质量,确保道路长期稳定性。

5.1 现场压实度控制的关键技术

在施工现场,控制压实度的关键技术主要包括合理的压实方法和设备选择。压实过程中,压路机的选择应根据基层的厚度和材料特性进行,确保每层压实效果均匀。对于厚度较大的基层,使用振动压路机能够提高压实效果;而较薄的基层,使用静力压路机则能避免过度压实,导致基层损伤。另一个关键技术是分层压实,确保每一层的压实度达到标准后,再进行下一层施工。此外,压实过程中应严格控制压路机的行走速度、重叠度和压实次数,避免过快或过慢的操作,确保每一层都达到最佳的压实效果。

5.2 施工现场常见问题与解决措施

在施工过程中,常见的问题包括压实度不足、基层不均匀及压实机设备故障等。压实度不足主要是由于水泥和碎石的配比不当、施工设备不合适或操作不当造成的。针对这些问题,首先应优化材料的配比,确保碎石粒径均匀,水泥量合理。其次,操作人员应根据膜层材料的性质调整压实工艺,避免过度或不足的压实。在设备方面,选择合适的压路机并定期进行设备检查和维护,避免由于设备故

障影响施工质量。通过合理调整施工工艺与设备配置,能够有效提高压实度,解决常见施工问题^[5]。

5.3 施工现场的经验总结与优化措施

通过多次施工实践,许多项目积累了宝贵的经验,尤其在控制压实度方面。首先,现场监测和反馈机制至关重要,应设置专门的质量控制人员,实时监控每一层的压实度,并及时调整施工工艺。其次,施工前期的试验阶段应详细研究土壤含水量、温度等因素对压实度的影响,制定合适的施工方案。再者,施工过程中,操作人员要加强对压实工艺的理解,灵活调整操作方法,根据不同工况进行压实控制。最后,通过数据记录与分析,总结每次施工的压实度情况,逐步积累经验,优化工艺流程。

通过实践中的反复验证与调整,可以不断提高水泥稳定碎石基层压实度控制的精度和效果,保证施工质量和道路的长期稳定性。

6 结语

水泥稳定碎石基层的压实度控制是保证道路工程质量和长期稳定性的关键。通过优化材料配比、选择合适的施工设备与操作工艺,并严格监控施工现场的环境因素,可以有效提升压实度,确保基层强度、稳定性和耐久性。实践中的经验表明,科学合理的压实度控制技术不仅能提高施工效率,还能降低后期养护成本,为道路工程的长效性和安全性提供有力保障。未来,随着技术的不断发展,压实度控制方法将更加精确,为工程质量提供更强大支持。

[参考文献]

- [1]尹冉.水泥稳定碎石半刚性基层施工与质量控制技术研究[D].西安:长安大学,2007.
 - [2]李华,赵松.水泥稳定碎石施工工艺及质量控制技术[J].科技信息(科学教研),2008(5):99.
 - [3]彭真.汝郴高速公路水泥稳定碎石底基层施工质量控制[D].湖南:长沙理工大学,2012.
 - [4]马东雄.水泥稳定碎石半刚性基层施工及其质量控制技术[J].低碳世界,2017(9):187-188.
 - [5]张鹏程.道路基层水泥稳定碎石施工压实度控制技术要点[J].建筑技术开发,2023,50(6):105-107.
- 作者简介:张大龙(1985.12—),男,毕业院校:张家口职业技术学院,所学专业:道路与桥梁工程技术,当前就职单位:甘肃朴信建筑安装工程有限公司,职务:项目经理,职称级别:中级工程师。

现代道路桥梁建设中的智能化监控技术研究

李 满

湖北省路桥集团有限公司, 湖北 武汉 430051

[摘要]随着科技的快速发展,道路桥梁工程施工监控技术面临着日益严峻的挑战。传统的监控方法已无法满足现代施工需求,特别是在提高施工安全性和效率方面。文中重点探讨了桥梁工程中的智能化监控技术,该系统结合了先进的传感器和大数据技术,能够实时监控施工现场,及时预警潜在风险,并提高施工效率,同时为决策提供有力的数据支持。通过这一系统,旨在解决施工现场管理中的难题,从而提升施工过程的安全性和效率。

[关键词]现代道路桥梁建设;智能化;监控技术;技术应用

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15681

中图分类号: U4

文献标识码: A

Research on Intelligent Monitoring Technology in Modern Road and Bridge Construction

LI Man

Hubei Road & Bridge Group Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430051, China

Abstract: With the rapid development of technology, the construction monitoring technology of road and bridge engineering is facing increasingly severe challenges. Traditional monitoring methods are no longer able to meet modern construction needs, especially in improving construction safety and efficiency. The article focuses on the intelligent monitoring technology in bridge engineering, which combines advanced sensors and big data technology to monitor the construction site in real time, warn potential risks in a timely manner, improve construction efficiency, and provide strong data support for decision-making. Through this system, the aim is to solve the difficulties in construction site management, thereby improving the safety and efficiency of the construction process.

Keywords: modern road and bridge construction; intelligentization; monitoring technology; technical application

引言

随着城市化进程的加快以及交通需求的不断上升,道路桥梁作为交通基础设施的重要组成部分,承载着日益增加的交通流量及复杂多变的环境条件。在传统的桥梁建设与维护过程中,人工巡检及定期检测往往被依赖,然而这种方式存在效率低下、反应迟缓、精度不高等不足,无法满足现代交通建设对安全性、经济性及可持续性的高标准要求。随着信息技术的迅猛发展,智能化监控技术逐渐成为解决这些问题的重要手段。通过传感器、无线通信、数据分析及人工智能等前沿技术的利用,智能化监控系统能够实时、精准地监测桥梁的健康状况,评估其结构性能,预测潜在的风险,并为维护决策提供科学依据。桥梁管理的效率不仅显著提高,且桥梁的使用寿命得到了有效延长,维护成本也大大降低,同时交通安全性与可持续性得到了提升。本文将重点探讨智能化监控技术在现代道路桥梁建设中的应用,涉及桥梁结构健康监测、环境及交通负荷监控、安全预警与故障诊断等方面,分析当前技术面临的挑战,并展望未来的发展方向,旨在为智能化技术在桥梁建设中的应用推广提供理论支持与技术保障。

1 智能化技术对桥梁建设与维护的重要性

智能化技术在桥梁建设与维护中发挥着至关重要的作用。随着社会经济的持续发展及交通需求的不断增加,

桥梁作为关键基础设施,不仅要承受巨大的交通负荷,还需应对复杂多变的环境因素。传统的桥梁建设与维护方式大多依赖人工检查与经验判断,这种方法存在一定的局限性,比如监测数据的实时性较差、信息处理能力不足,导致潜在的桥梁安全隐患难以及时发现。智能化技术的应用,尤其是传感器技术、物联网、大数据分析及人工智能等技术的结合,为桥梁提供了更加精准、高效和实时的监控手段。桥梁的结构健康、荷载状况以及环境变化等因素,能够通过这些先进技术得以持续监控,潜在风险能够得到及时的预警,并为桥梁的设计、施工、运营及维护提供了科学依据。桥梁建设效率不仅得到了提升,建设成本也得到了降低,且桥梁的使用寿命有效延长,安全性显著提高。在维护阶段,精确健康管理可以通过智能化监控技术实现,使得维护工作更加具有针对性,减少了不必要的维修费用,同时避免了潜在的安全隐患。引入智能化技术,不仅为桥梁建设与维护提供了强有力的技术支持,还推动了桥梁管理工作向更加科学、系统和智能化的方向发展,进而促进了桥梁行业的现代化进程。

2 传统监控技术的局限性

传统的桥梁监控技术在多个方面存在显著的局限性,主要体现在数据采集、分析处理、实时性以及维护成本等方面。传统监控手段往往依赖人工巡检及有限的监控设备,

检查过程繁琐且容易受到人为因素的干扰,桥梁结构中的问题或潜在风险难以及时被识别。此外,监测数据的采集通常依赖单一传感器或检测方法,无法全面且持续地监测桥梁的各项参数,如荷载变化、结构变形与环境因素等,监测的精度与全面性因此受到限制^[1]。传统监控设备在数据传输与处理能力方面较为薄弱,信息传递延迟较长,导致实时性不足,快速响应或预警难以做到。另一个缺点是,缺乏系统性与集成性的传统技术,往往无法有效整合来自不同传感器的数据进行分析,影响了数据的全面性与可靠性,进而增加了后期维护及数据处理的成本。

3 道路桥梁建设中的常见问题与挑战

在道路桥梁建设中,面临的问题和挑战既多样又复杂。地质条件的变化与环境因素常常对桥梁的稳定性与耐久性造成影响,特别是在不稳定的土壤和极端气候条件下,桥梁基础处理与结构设计尤为具有挑战性。此外,桥梁的设计与施工过程中,结构的复杂性及对交通负荷的高承载要求,使得在有限的时间与预算内,如何平衡设计质量、施工水平与成本成为一项艰巨任务。随着交通量不断增长,桥梁所需承受的荷载越来越大,对其耐久性与安全性提出了更高的要求,尤其是在老旧桥梁的维护与修复过程中,承载能力的评估与使用寿命的延长成为关键问题。与此同时,桥梁施工中常常面临技术性难题,如高空作业、特殊结构施工及对精度要求极高的施工工艺等,这些因素可能引发施工过程中的安全风险与质量问题。此外,由于桥梁建设往往需要在交通繁忙的区域进行,施工期间的交通管制及安全管理也带来了额外的挑战。

4 智能化监控技术在道路桥梁建设中的应用

4.1 桥梁结构健康监测

桥梁结构健康监测在智能化监控技术的应用中占据着至关重要的地位,特别是在保障道路桥梁的安全性、耐久性及长期稳定运营方面,具有重要的作用。随着桥梁规模的不断扩大及交通负荷的日益增加,传统的人工检测方法已无法满足现代桥梁管理对实时性、精准性和全面性的要求。通过在桥梁关键位置安装多种传感器,如应变计、加速度计、位移传感器、温湿度传感器等,智能化监控技术能够实时捕捉桥梁在不同负荷条件下的反应,监测的物理参数包括桥梁的位移、振动、应力及温度变化等。这些数据通过无线通信技术传输至中央数据平台,经过高效分析与处理,桥梁健康状况的精确评估报告得以生成。通过持续的监测,桥梁结构中可能出现的异常现象,如材料疲劳、裂缝扩展、腐蚀、沉降等问题,能够及时被识别出来,为后续的维修与加固提供了科学依据。智能化监控不仅能实时反馈桥梁的运行状态,还能通过数据趋势分析、历史数据对比及算法预测等方法,帮助工程师准确评估桥梁的生命周期及潜在风险。尤其适用于高交通流量或复杂环境中的桥梁,这项技术确保其在服役期间始终处于最佳状态,

防止因未及时发现隐患而引发突发性安全事故^[2]。更为重要的是,通过长期积累的数据,智能化监控技术为桥梁的预防性维护与加固计划提供了有力支持,从而降低了维护成本、提高了效率并延长了桥梁的使用寿命。

4.2 环境与交通负荷监控

环境与交通负荷监控是智能化监控技术在道路桥梁建设中的关键应用,旨在通过实时采集与分析数据,全面评估并预测桥梁在不同环境条件及交通荷载下的表现。环境因素,如温度、湿度、风速、降水量及地震等自然灾害,均会对桥梁的结构性能产生重要影响。例如,温度变化可能导致桥梁的膨胀或收缩,湿度波动会加速材料的腐蚀,而极端天气条件可能增加桥梁的风荷载及冰雪荷载,从而威胁桥梁的安全性。环境监测传感器,如气象传感器、温湿度传感器、风速计、地震仪等,被布设在桥梁周围,通过智能化系统实时收集并传输这些环境数据,进行动态分析,从而能够及时识别可能影响桥梁稳定性的异常变化。与此同时,交通负荷监控主要侧重于实时监测过桥车辆的重量、流量、速度及行驶状态等信息。这一监控过程通常依赖安装在桥梁上的传感器,如称重传感器、车辆识别系统及视频监控系统,捕捉经过桥梁的每一辆车辆数据,并通过智能分析系统对交通负荷进行评估。特别是在交通密度较高的区域,桥梁的交通负荷监控不仅帮助识别高负荷或超载的车辆,还能根据实时的交通流量与负荷情况调整桥梁的维护策略,避免过度磨损或损害。对于重型车辆或不规则荷载的监控,智能系统提供更加精确的检测,并能及时发出警报,防止因超载导致的桥梁损坏。通过整合环境与交通负荷的实时监控数据,全面的决策支持为桥梁管理人员提供,帮助他们更好地了解桥梁在不同环境条件与交通负荷下的工作状态。这一系统不仅提升了桥梁的运行安全性,还优化了维修计划,延长了桥梁的使用寿命。

4.3 安全预警与故障诊断

安全预警与故障诊断是智能化监控技术在道路桥梁建设中的重要应用,旨在通过实时数据采集与智能分析,及时识别桥梁潜在的安全风险与结构性问题,从而提供早期预警,确保桥梁安全运营。传统的桥梁监测依赖人工巡检及定期维护,存在一定的滞后性与局限性,而智能化监控系统则通过在桥梁关键部位布置传感器,实时监控振动、位移、应力、温度等多项数据,持续跟踪桥梁的健康状态。通过对这些数据的即时分析与对比,智能系统能够在桥梁出现异常时,迅速发出预警信号,如裂缝扩展、过度变形或材料疲劳等问题,从而及时提示管理人员采取相应的措施。此外,故障诊断功能结合人工智能算法,使得系统能够更为准确地分析桥梁故障的根源。例如,当桥梁出现异常时,智能系统不仅能发出警报,还能利用数据模式识别与机器学习技术,定位问题的具体位置与性质,明确是否由交通超载、环境因素变化或结构老化等因素引起。此过

程显著提高了故障检测的精度与效率,微小裂缝或潜在隐患能够比传统人工检查更早被发现,从而避免因问题积累而引发严重安全事故^[3]。根据故障的严重程度与发展趋势,智能化监控系统还能自动生成维护建议或修复方案,为工程师提供科学依据,优化维修决策。

4.4 智能化监控与养护管理

智能化监控与养护管理在道路桥梁建设中的应用,结合了先进的传感技术、大数据分析 with 人工智能算法,旨在实现桥梁的精准监控与科学养护。传统的养护管理方式依赖于定期检查及人工评估,但这种方式常常容易受到主观判断与滞后反应的影响,可能导致桥梁健康状况未能及时发现或修复。通过在桥梁的关键部位安装传感器,智能化监控系统能够实时采集包括应力、变形、振动、温度、湿度等多项数据,确保桥梁得以动态监测,利用这些数据为养护管理提供可靠的科学依据。桥梁的健康状况不仅不能被实时反馈,还能通过数据挖掘与分析,预测其长期发展趋势,从而提前识别潜在的风险因素。该预测性维护模式可在问题发生之前发出预警,及时提醒维护人员采取修复措施,从而避免突发性故障的发生。通过对历史数据的积累与分析,智能系统能够识别常见的桥梁损伤模式及其变化规律,从而优化养护计划,合理安排维修时机与预算,避免不必要的养护支出与资源浪费。此外,借助云平台与物联网技术,智能化监控与养护管理系统能够实现信息共享与协同,使得桥梁管理人员能够随时随地获取桥梁健康状况及相关数据,为决策提供实时支持。由此,养护工作得以更加精确,人工干预减少,工作效率提升,桥梁的长期安全运营得以确保。

4.5 桥梁维护与修复中的智能化监控技术

智能化监控与养护管理在道路桥梁建设中的作用日益重要。传统的桥梁养护管理多依赖人工检查和定期巡检,这种方式效率低下,且难以发现一些隐蔽性问题。与之相比,智能化监控技术通过实时采集桥梁结构健康、环境变化及交通负荷等多维度数据,能够迅速识别潜在的损伤和异常情况。通过在桥梁关键位置布设传感器、摄像头等设备,采集位移、应力、温度、振动等关键信息,再借助云平台进行大数据处理与分析,桥梁健康状态的实时评估得以实现,结构变化趋势与潜在故障风险也能够被及时识别。这些实时数据不仅帮助工程师迅速发现问题并采取修复措施,还能根据实际需求合理制定养护计划。通过长期积累与分析桥梁健康数据,预测性维护得以进行,提前识别需要维修或更换的部位,从而优化养护周期,降低维修成本,避免突发性故障的发生。此外,智能化监控系统与其他城市基础设施管理系统进行联动,桥梁养护与交通、环境监控等系统的数据整合得以实现,信息共享与资源优化在多维度层面上得到了提升。这种系统不仅提升了桥梁管

理的效率,还促进了整体城市基础设施的协调发展。

5 智能化监控技术的未来发展方向

智能化监控技术的未来发展将着重于提升系统的精度、实时性、智能化水平以及可持续性。随着人工智能、大数据、云计算与物联网技术的不断进步,智能监控系统将愈加精准与高效。未来的桥梁监控将不再仅限于单一的物理参数监测,而是通过多源数据融合,综合考虑环境变化、交通流量、气候条件等多个因素,桥梁的整体健康状态将被全面评估。随着传感器技术和数据处理能力的提升,传感器将变得更加精密且耐用,能够实时捕捉桥梁微小的结构变化,从而确保潜在风险能够尽早发现。此外,深度学习技术的应用将在故障预测与诊断中发挥更大作用。通过对大量历史数据的分析,智能监控系统将能够根据桥梁的使用情况与外部环境,精确预测结构的老龄化、损坏及故障趋势,进而实现从预警到维修的无缝衔接^[4]。随着 5G 技术的普及,更高的传输速率与更低的延迟将使得智能监控系统能够提高数据传输的速度与稳定性,确保监控信息的实时传输与处理。同时,自动化养护与远程控制方面的突破将减少人工干预与巡检频率,从而降低运营成本,提高工作效率。更为关键的是,未来的智能监控系统将更加关注绿色发展与可持续性,能效优化与能源管理将成为系统设计中的重要考虑因素。

6 结语

智能化监控技术在现代道路桥梁建设中极大地提高了施工与管理的效率与安全性。通过结合先进的传感器技术、物联网以及大数据分析等手段,桥梁的结构健康、环境变化及交通负荷不仅被实时跟踪,潜在风险也能够提前识别,从而显著增强了工程的安全性与施工效率。尽管在系统稳定性、数据处理能力及成本等方面仍存在一定挑战,随着技术的不断革新与成熟,智能化监控技术无疑将成为未来桥梁建设与维护的重要工具。可以预见,随着这些技术的不断进步,智能化监控将在道路桥梁领域发挥更加关键的作用,推动行业向更加可持续的方向发展。

【参考文献】

- [1] 史淑芳. 桥梁工程施工现场的智能化监控技术[J]. 汽车画刊, 2024(8): 227-229.
 - [2] 温溟. 智能化监控系统在架桥机安全管理中的应用研究[J]. 模具制造, 2024, 24(8): 234-236.
 - [3] 曹文, 陈舜东, 周高旗. 基于 BIM 的桥梁转体智能化实时可视监控系统关键技术研究[J]. 施工技术(中英文), 2023, 52(11): 33-37.
 - [4] 汪际洲. 基于物联网的电力智能化监控技术探索[J]. 中国宽带, 2024, 20(12): 114-116.
- 作者简介: 李满(1989.4.11—), 女, 现职称路桥中级, 籍贯: 湖北省丹江口市。

化工机械密封泄漏问题与维修策略研究

王小涛 刘文波

内蒙古伊泰化工有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017400

[摘要]在化工行业中,机械密封扮演着至关重要的角色,它是确保化工设备安全稳定运行的关键部件之一。机械密封的主要功能是防止各种化学介质的泄漏,从而保护设备不受腐蚀,确保生产过程的顺利进行。然而,由于化工设备在长时间的运行过程中,会面临高温、高压、强腐蚀性介质等多种恶劣条件,这些因素都可能导致机械密封出现磨损、老化甚至损坏,从而引起泄漏现象。因此,对机械密封的维护和检查是化工生产中不可或缺的一环,需要定期进行,以确保化工设备的长期稳定运行。

[关键词]化工机械密封; 泄漏问题; 维修策略; 密封性能; 设备安全

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15710

中图分类号: TQ4

文献标识码: A

Research on Leakage Problems and Maintenance Strategies of Chemical Machinery Seals

WANG Xiaotao, LIU Wenbo

Inner Mongolia Yitai Chemical Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia, 017400, China

Abstract: In the chemical industry, mechanical seals play a crucial role as one of the key components to ensure the safe and stable operation of chemical equipment. The main function of mechanical seals is to prevent the leakage of various chemical media, thereby protecting equipment from corrosion and ensuring the smooth progress of the production process. However, due to the long-term operation of chemical equipment, it may face various harsh conditions such as high temperature, high pressure, and highly corrosive media, which can lead to wear, aging, and even damage of mechanical seals, resulting in leakage phenomena. Therefore, maintenance and inspection of mechanical seals are an indispensable part of chemical production and need to be carried out regularly to ensure the long-term stable operation of chemical equipment.

Keywords: chemical machinery seal; leakage problems; maintenance strategy; sealing performance; equipment safety

引言

机械密封作为化工设备中的关键部件,广泛应用于泵、阀门、压缩机等设备中,尤其是在化学反应釜、储罐和输送系统中具有举足轻重的地位。它的主要功能是防止化学介质的泄漏,保护操作人员免受有害物质的伤害,并减少环境污染。然而,机械密封在长期高负荷运转下容易出现泄漏问题,导致化学品泄漏、环境污染甚至设备损坏。如何有效检测、分析密封泄漏的原因并实施针对性的维修策略,是化工企业提高生产效率、保障安全运营的关键。

1 化工机械密封泄漏的原因分析

1.1 设计缺陷

设计阶段出现的欠合理的设计部署,有造成密封无法承受工作环境下压力、温度、腐蚀等状况的概率,进而引发密封呈现失效情形。作为化工设备里发挥关键作用的部件是密封,进行设计时需要充分考量设备运行工况及相关的环境条件。若在设计推进阶段没有确切地评估工作介质的性质、温度、压力等要素,又或是没有顾及密封材料的相关特性,说不定会造成密封系统在实际操作里难以有效阻拦介质泄漏。在面临高温或高压环境之际,某些常用的密封材料大概会因物理性质的改变而失去密封作用,形成

泄漏隐患。常见设计过程中存在的缺陷有:密封材料筛选出错,无法跟工作环境里的腐蚀性或高温条件相契合;密封结构的设计未凸显出合理性,诸如密封面平整度未达预期标准、密封槽设计缺乏合理性现象等;密封安装的位置精准性存在缺陷,引起密封表面接触存在不均衡现象^[1]。

1.2 材料老化

随着时间不断地进展,密封材料会出现老化、脆化以及软化等情形,引起密封面之间的密封效果逐步变差。密封材料一般是要在恶劣工作条件下长期承受压力、温度、腐蚀介质等多种因素的影响的。密封材料肯定会经历老化的阶段,经受长期的力、热量及化学介质作用之后,处于老化阶段的密封材料,会日益失去原本带有的弹性,引发密封面之间的接触达不到紧密的规格,引起气体泄露、液体外渗的现象,严重状态下甚至会造成密封功能完全丧失效能。一般材料所展现的老化现象主要为:橡胶密封件呈现硬化及脆裂的情形。

1.3 安装问题

安装过程中的错误做法亦是引发密封失效的重要缘由,安装密封部件的时候需要精准对位并均匀施力压紧,以此保证密封面之间贴合紧密,若安装过程中存在操作差错,或许会使密封受到损害或改变其模样形态,进而对密

封的实际作用形成干扰,平常的安装问题包含:安装阶段密封部件遇上了撞击或刮伤,引起密封表面出现破裂;安装期间中心位置出现了偏移,引起密封面的接触呈现出不均衡局面,造成摩擦力升高,引起密封效果不复存在;安装过程中压缩表现出不均衡情形,造成密封面之间的间隙出现有别情形,导致介质出现渗漏情形^[2]。

1.4 工况变化

处于工作状态的化工设备,其各项条件往往出现较为明显的波动,譬如温度、压力、介质腐蚀性等指标的变化极为明显,这些因素均会对机械密封的稳定性产生干扰,尤其是设备处于运转进程的阶段中,工况也许会频繁出现变化,诸如突然发生的压力波动、温度的急剧变动、介质成分的调整等。尤其是在某些特定运行工况的阶段,密封系统的适应能力大概存在缺陷,引起密封功能失去应有效能,在面临高温、高压以及剧烈振动情形的环境里,密封材料说不定会出现膨胀、收缩或断裂的现象,造成密封面无法进行有效贴合,由此引发密封部位出现泄漏方面的故障,诸多的化学介质呈现较强的腐蚀性,对密封材料的侵蚀或许会引起密封面之间接触面产生变动,引起密封性能欠佳状态。

1.5 运行维护不到位

设备运转期间的这一阶段,未能开展定期的检查及维护作业,或者维护措施实施不当,都会引起密封的磨损程度增大,引发泄漏现象出现,在机械密封持续运转的这一阶段里,尽管设计与材料能在一定阶段保持稳定状态,但随着时间不断前行,密封面会徐徐出现磨损、老化的状态,失去密封效力。若未能及时发现并开展维护相关事宜,泄漏问题会逐步恶化,最终让设备的安全运行陷入风险境地,日常运行维护流程中出现的问题有:没有遵照预先设定的周期对机械密封开展检查,让密封存在潜在隐患,未能及时落实针对性的排查工作;没有按照既定时间对密封部件开展润滑方面的作业,引起摩擦磨损加大化,缩短服役寿命^[3]。

2 化工机械密封泄漏的维修策略

2.1 密封更换

若化工机械当中的密封材料出现老化、磨损甚至产生严重损坏的现象时,最为直接有效的维修行动就是替换新的密封,在选定新的密封部件的阶段,务必要依照介质特性、工作温度、压力等工况参数,恰当筛选合乎标准的密封材料。这不仅能让新的密封符合实际工作的环境要求,还能夯实密封稳定性的根基,维持设备在长期运行阶段的密封效能,尤其是当面对处于高温、高压状态或者呈现出强腐蚀性的介质时,尤其需选择具有耐高温、耐腐蚀以及高压承载能力的密封材料,以保证设备处于正常工作状态,减少设备停机做检修的次数。

2.2 密封面修复

若密封面有轻微磨损、损伤程度不是很大的情形,采用对密封面的修复方案是较为经济且高效的一种维修方

法,一般采用的修复措施包含采用精细打磨、抛光等技术手段,目的在于去除密封面上的微小缺损、杂质与腐蚀痕迹,让密封面重新呈现出平整光滑的外观,使密封性能回归到恰当的性能水准。在实施修复流程的阶段,操作人员要依照密封面受损的实际状态挑选恰当的修复工具与手段,进而保证密封效果可以达到最大程度的增强优化,就密封面修复工作结束的情况而言,绝对需要开展严格的检查,保证其达到既定的精度规格,以此杜绝修复过后因为密封面不平整而出现密封效果差的现象^[4]。

2.3 密封材料替换与升级

随着时间默默前行,化工机械密封采用的材料也许是由于工况调整、遭到腐蚀或出现磨损等缘由,逐步丢掉起初的密封效果,除了仅思索更换这一措施外,同样要考量密封材料的更替及改良,要是面临温度更高、腐蚀性更强、压力更高等更为恶劣的工作环境的时候,选定性能更为拔尖的密封材料。好比采用耐高温且抗腐蚀的材料、不锈钢、合金等,以此增强密封的稳定性及适应能力,依靠对密封材料做升级处理,还可以延伸设备的服役时长,压缩因密封失效引起的停机维修成本数额,还能够达成提升整个设备生产效率及安全水平的目的。

2.4 定期检查与监测

为防止密封问题不断增多而对设备运行造成较大不利影响,定期对设备运行状态进行检查与监测是极为关键的,采用振动监测、温度监测、压力监测等相关技术手段,可迅速找出设备中潜在的密封问题,进而采取立竿见影的防范举措,依照既定周期检视密封件的表面状态,检查密封接口处的压力有无出现变动,实施对温度起伏状态的监测等,均有益于预先察觉问题并实施恰当的处理方式,定期实施的检查还可为设备提供数据方向的支撑,让操作人员掌握密封件的使用情况,进而对后续维护计划进行恰当安排,实现设备持续稳定地运行下去。

2.5 加强操作人员培训

设备密封性能直接受到操作人员技术水平高低与操作习惯好坏的影响,做好操作人员培训强化这一工作十分关键,凭借定期安排的培训,操作人员有条件掌握正确操作方法,清楚在工作时段怎样防止因操作不规范引发的密封失效问题,操作人员应当熟知各种密封材料的特点及适用范围,懂得不同工况下密封系统的要求内容,懂得怎样合理地实施密封件的安装与检查,防止操作密封件时出现过度旋紧或松动的现象,保证密封件能实现长期稳定运行的预期^[5]。

2.6 维修前的诊断与评估

维修前的诊断与评估旨在全面理解并精确定位问题,以便有效地解决根本原因,最大程度地减少停机时间,并提高维修的效率和成功率。维修团队需要进行仔细的诊断,以确定泄漏的确切原因。这涉及对密封系统进行仔细的视觉检查和测试,以检测导致泄漏的问题。

这包括密封部件的磨损程度,如O型圈、密封垫片或密封环,以及密封部件的材料是否受到老化或腐蚀。此外,考虑到操作条件和环境变化,如压力、温度和润滑情况,也应被细致地考虑。只有通过全面的诊断,维修团队才能建立一个清晰的问题框架,确保采取适当的行动来解决泄漏。在明确问题的性质后,评估泄漏的程度至关重要。这可以通过测量泄漏速率和监测泄漏介质的性质来研究与探索·智能检测与诊断完成。了解泄漏的程度可以帮助确定紧急性,以及制定合适的维修计划。在某些情况下,尤其是当泄漏问题严重时,需要紧急采取措施,以减轻潜在的损害。最后,这一阶段的评估将导致制定详细的维修计划。这一计划将包括必要的维修步骤,如密封部件的更换、修复或升级,以及确保维修工作期间的安全措施。由于通过维修前的诊断和评估,问题已经得到了详细的定位,因此,维修团队可以有针对性地处理根本原因,减少不必要的停机时间,并提高整体的维修效率。维修前的诊断与评估是确保维修工作顺利进行、问题得到彻底解决的关键步骤,也有助于延长设备的寿命,降低运营成本,并提高工作场所的安全性。

2.7 预防性维护

预防性维护是一项关键的策略,用于确保动力机械密封系统的可靠性、延长设备寿命,减少维修成本,提高生产效率和降低安全风险。这一战略的核心理念在于

提前采取措施,以预防潜在问题的发生,而不是等待问题出现后再进行应急维修。定期更换容易磨损或老化的密封部件包括O型圈、密封垫片、密封环和轴承等,它们在密封系统中扮演着至关重要的角色。通过根据制造商的建议或历史性能数据,建立维修计划,定期更换这些部件,可以防止它们在使用过程中出现严重的磨损或老化。这种定期更换不仅可以降低泄漏的风险,还有助于维持密封系统的高效性能。确保润滑系统正常运行,使用适当的润滑剂,以保持密封部件的良好工作状态至关重要。同时,密封部件在高温和高压下可能会受到热量的影响,因此冷却系统的维护同样重要。保持冷却系统的清洁和高效运行,可以有效防止密封部件因过热而失效。维修团队还应该实施合适的检查和测试程序,以监测密封系统的性能。通过监测泄漏速率和泄漏介质的性质,可以更精确地评估密封的性能,并及时发现潜在问题。这种监测不仅可以帮助维修团队制定维护计划,还可以提前发现问题,减少不必要的停机时间和维修成本。

3 密封泄漏问题的优化措施

3.1 智能化监控系统应用

随着工业互联网和物联网技术的迅猛发展,智能化监

控系统在现代化工生产中扮演着越来越重要的角色。这些系统能够实时监测化工设备的密封状态,并通过数据分析预测密封的疲劳程度,从而提前进行维护或更换,有效避免了因密封失效导致的突发性泄漏事故,保障了生产安全和环境的稳定。

3.2 优化密封结构设计

在化工设备的设计阶段,采用更先进的密封结构设计可以显著提升密封性能。例如,采用双端面密封、气密封等结构,这些先进的设计能够更好地适应复杂的工况条件,如高温、高压、腐蚀性介质等,从而大大减少泄漏风险,确保化工生产的连续性和安全性。

3.3 强化维修管理

对机械密封的维修管理应形成制度化、规范化,建立完善的设备档案,明确维护周期和检查要求,确保设备始终处于最佳工作状态。此外,维修人员的专业性和对设备的熟悉程度也是提升维修效果的重要保障。通过定期培训和考核,可以提高维修人员的专业技能,从而进一步提高维修质量和效率,确保化工设备的稳定运行^[6]。

4 结语

化工机械密封的泄漏问题是化工生产中常见的设备故障之一,影响设备的运行效率和安全性。通过对泄漏原因的深入分析,可以更好地理解密封失效的根本原因,并采取科学合理的维修策略。定期检查、密封更换、材料升级及智能化监控等多种措施,可以有效提高密封的可靠性和设备的运行稳定性。在实际应用中,应根据具体的设备和工况特点,结合先进的维修技术,制定个性化的维修方案,以实现更高效、更安全的生产目标。

[参考文献]

- [1]张文岩. 化工机械密封泄漏问题与维修策略研究[J]. 中国设备工程, 2024(14): 186-188.
- [2]廉鑫, 张伟. 化工机械密封故障原因及对策研究[J]. 中国设备工程, 2021(18): 153-154.
- [3]杨胜义. 浅议化工机械密封泄漏问题及维修对策[J]. 现代盐化工, 2020, 47(4): 63-64.
- [4]张龙圣. 机械密封泄漏问题与维修策略研究[J]. 石化技术, 2020, 27(3): 321-347.
- [5]马剑峰, 刘荣, 杨欣梓, 陈婧. 化工机械密封泄露问题与维修策略研究[J]. 甘肃科技纵横, 2019, 48(10): 27-67.
- [6]郑长国. 化工机械密封泄漏的维修策略研究[J]. 化工设计通讯, 2019, 45(9): 47-55.

作者简介: 王小涛(1985.11—), 男, 民族: 汉, 中级工程师, 学历: 本科, 专业: 过程装备与控制工程。

页岩储层水力裂缝导流能力研究现状

刘程州 黄柏铃 罗诗淑 张鑫 左晨辰

重庆科技大学 石油与天然气工程学院, 重庆 401331

[摘要]页岩储层水力压裂技术是提高页岩气采收率的核心手段,而裂缝导流能力直接决定了压裂效果及储层产能。本论文系统综述了页岩储层水力裂缝导流能力的研究进展,涵盖实验方法、支撑裂缝与自支撑裂缝的导流机制、理论模型及数值模拟技术。研究表明,支撑剂类型与分布、储层应力敏感性、压裂液侵入及黏土矿物伤害是影响导流能力的主要因素;自支撑裂缝通过天然粗糙面或酸蚀沟槽维持导流能力,但其长期稳定性仍需深入研究。经典立方定律修正模型和破碎-堵塞耦合模型显著提高了导流能力的预测精度,离散元方法(DEM)和格子-玻尔兹曼方法(LBM)等数值模拟技术为复杂裂缝导流能力研究提供了高效工具。实验研究与数值模拟的结合是提高导流能力评价精度的关键方向。未来需结合多尺度实验、多物理场耦合模型和智能化技术,进一步优化导流能力预测与调控方法。本论文的研究成果为页岩气开发提供了理论支撑和实践指导,对提高页岩气采收率具有重要意义。

[关键词]页岩储层;水力压裂;裂缝导流能力;支撑裂缝;自支撑裂缝;数值模拟

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15709

中图分类号: TE357

文献标识码: A

Research Status of Hydraulic Fracture Diversion Capacity in Shale Reservoirs

LIU Chengzhou, HUANG Bailing, LUO Shishu, ZHANG Xin, ZUO Chenchen

School of Petroleum Engineering, Chongqing University of Science & Technology, Chongqing, 401331, China

Abstract: Hydraulic fracturing technology for shale reservoirs is the core means to improve shale gas recovery, and the fracture conductivity directly determines the fracturing effect and reservoir productivity. This paper systematically reviews the research progress on the hydraulic fracture diversion capacity of shale reservoirs, covering experimental methods, diversion mechanisms of supporting and self-supporting fractures, theoretical models, and numerical simulation techniques. Research has shown that the type and distribution of proppants, reservoir stress sensitivity, fracturing fluid invasion, and clay mineral damage are the main factors affecting flow conductivity; Self supporting cracks maintain their flow capacity through natural rough surfaces or acid etched grooves, but their long-term stability still needs further research. The classical cubic law correction model and the fracture blockage coupling model significantly improve the prediction accuracy of diversion capacity. Numerical simulation techniques such as Discrete Element Method (DEM) and Lattice Boltzmann Method (LBM) provide efficient tools for studying the diversion capacity of complex cracks. The combination of experimental research and numerical simulation is a key direction to improve the accuracy of diversion capacity evaluation. In the future, it is necessary to combine multi-scale experiments, multi physics coupling models, and intelligent technologies to further optimize the prediction and regulation methods of diversion capacity. The research results of this paper provide theoretical support and practical guidance for shale gas development, which is of great significance for improving shale gas recovery efficiency.

Keywords: shale reservoir; hydraulic fracturing; crack conductivity; supporting cracks; self-supporting cracks; numerical simulation

引言

页岩气作为一种重要的非常规能源,其高效开发对缓解能源短缺和优化能源结构具有重要意义。然而,页岩储层具有低孔隙度、低渗透率的特性,传统开采方式难以实现经济高效开发。水力压裂技术通过形成复杂的裂缝网络,显著提高了页岩气的采收率。裂缝导流能力作为评价压裂效果的核心指标,直接决定了储层的产能和经济性。裂缝导流能力的研究不仅有助于优化压裂设计,还能为页岩气开发提供理论支撑。近年来,国内外学者通过实验研究、理论建模和数值模拟等手段,揭示了裂缝导流能力的影响因素和演化规律。然而,由于页岩储层的非均质性和复杂性,裂缝导流能力的研究仍面临诸多挑战。本文旨在系统

总结页岩储层水力裂缝导流能力的研究进展,提出未来研究方向和应用建议,为页岩气开发提供参考。

1 实验研究方法

实验研究是揭示裂缝导流能力变化机理的基础手段,主要包括以下方向:

在支撑剂性能测试研究中,刘学伟等^[1](2020)通过室内实验对比了陶粒、石英砂和树脂涂层砂的强度特性,发现陶粒支撑剂在30MPa围压下的破碎率仅为5%,而石英砂的破碎率高达20%;陈冬等^[2](2018)通过实验研究了支撑剂嵌入深度,发现软岩中支撑剂嵌入深度可达颗粒直径的30%~50%,导致裂缝宽度显著减小,导流能力下降40%以上,而在硬岩中嵌入深度仅为10%~20%,导流能

力损失较小；侯腾飞等^[3]（2018）通过复杂缝网实验分析了支撑剂分布均匀性，发现支撑剂在分支缝端部富集，主缝中部密度较低，导致导流能力分布不均。在应力敏感性实验中，吴建发等^[4]（2022）研究表明，在低应力环境下（ $<20\text{MPa}$ ），导流能力仅下降 10%~15%，而在高应力环境下（ $>30\text{MPa}$ ），导流能力损失可达 50%~60%；韩慧芬等^[5]（2018）通过长期实验发现，支撑裂缝在持续应力作用下导流能力呈指数衰减，30 天后仅保留初始值的 40%。在压裂液伤害实验中，袁旭等^[6]（2020）发现压裂液与黏土矿物发生水化反应，导致导流能力损失可达 60%，且残渣含量超过 5%时，导流能力下降 30%以上，返排效率低于 70%时，导流能力损失显著增加。

研究表明，高强度支撑剂在高应力环境下更能维持裂缝导流能力，支撑剂嵌入深度、分布均匀性、应力敏感性及压裂液伤害是影响导流能力的关键因素，优化支撑剂注入工艺和压裂液配方可有效改善导流能力^[19]。

2 支撑水力裂缝

支撑裂缝通过人工支撑剂维持导流能力，其性能受多因素制约：在支撑剂类型与粒径研究中，刘学伟等^[1]（2020）指出，陶粒支撑剂具有高强度、低密度的特点，适用于高应力环境，但其成本较高，且大粒径颗粒易在狭窄裂缝中桥堵；石英砂成本低，但强度较低，易在高应力下破碎，优化粒径分布是提高其性能的关键；树脂涂层砂结合了高强度与低成本的优势，但其长期稳定性仍需进一步研究。在非均匀分布与沉降研究中，高金剑^[7]（2016）通过实验发现，支撑剂在裂缝中的沉降速度受流体黏度和颗粒密度影响显著，且支撑剂在分支缝端部富集，主缝中部导流能力下降 50%，优化注入工艺可改善分布均匀性。在应力闭合与嵌入研究中，陈冬等^[2]（2018）建立的压实-嵌入耦合模型表明，支撑剂嵌入深度与岩石硬度呈负相关，硬岩中导流能力损失更低。研究表明，支撑剂类型、粒径分布及注入工艺是影响裂缝导流能力的关键因素，优化支撑剂组合和注入参数可显著提高导流能力^[20]。

3 自支撑裂缝

自支撑裂缝依赖天然粗糙面或酸蚀作用维持导流能力，其优势在于无需额外支撑剂：在自支撑裂缝研究中，苟兴豪等^[8]（2017）通过实验发现，页岩储层中的天然裂缝表面通常具有不规则的微凸体结构，这些微凸体在剪切滑移过程中相互咬合，形成自支撑效应，且当微凸体高度达到裂缝宽度的 10%~20%时，导流能力可达到支撑裂缝的 70%以上。杨柳等^[9]（2020）研究表明，在剪切滑移过程中，裂缝表面的微凸体发生相对位移，形成复杂的流动通道，尤其是在低应力环境下（ $<20\text{MPa}$ ），导流能力可提高 30%~50%。然而，曹海涛等^[10]（2019）通过实验发现，尽管天然粗糙面在短期内能有效维持导流能力，但在持续应力作用下，微凸体逐渐磨损，裂缝闭合程度增加，导流

能力呈指数衰减，30 天后自支撑裂缝的导流能力仅保留初始值的 40%。

在酸压自支撑裂缝研究中，卢云霄等^[11]（2020）通过实验发现，酸液与裂缝表面的碳酸盐矿物发生化学反应，生成可溶性盐类和气体，形成不规则的酸蚀沟槽，当酸液浓度为 15%时，沟槽深度可达 0.5mm~1mm，导流能力提高 50%以上。王雷等^[12]（2017）研究表明，采用缓速酸液可延长反应时间，提高沟槽的均匀性，同时分段注入酸液可避免局部过度溶解，确保裂缝导流能力的均匀分布。然而，实验数据显示，30 天后酸蚀沟槽逐渐闭合，导流能力下降 40%~60%，未来需结合矿物改性和应力调控技术，进一步提高酸压裂缝的长期导流能力。

在闭合应力敏感性研究中，曹海涛等^[10]（2019）的实验表明，在低应力环境下（ $<20\text{MPa}$ ），自支撑裂缝的导流能力表现良好，在 10MPa 围压下可达支撑裂缝的 80%。然而，在高应力环境下（ $>30\text{MPa}$ ），自支撑裂缝的导流能力衰减较快，在 50MPa 围压下，导流能力损失可达 60%~70%。长期应力作用下，自支撑裂缝的导流能力呈指数衰减，30 天后仅保留初始值的 40%。未来需结合酸压工艺和矿物改性技术，提高自支撑裂缝的长期稳定性。

研究表明，自支撑裂缝依赖天然粗糙面和酸蚀沟槽维持导流能力，但其长期稳定性较差，需进一步优化工艺和技术以提高其性能。

4 裂缝导流能力模型

围绕页岩储层压裂裂缝导流能力模型，近年来多位学者针对不同影响因素建立了多种模型，推动了压裂技术的理论发展与实践优化。陈冬等^[2]（2018）建立压实与嵌入作用下的导流能力模型。该模型揭示了长期闭合应力作用下，支撑剂颗粒与裂缝壁面发生机械嵌入及塑性变形，导致裂缝宽度减小、导流能力衰减的机理。通过引入岩石硬度、支撑剂强度及应力-应变关系，模型可量化不同地质条件下导流能力的长期稳定性。其应用价值在于指导压裂设计中支撑剂粒径与强度的选择，例如在高闭合应力储层中优先选用高强度的陶粒支撑剂，以降低嵌入深度，维持裂缝有效导流通道。周小金等^[13]（2018）提出支撑剂破碎后堵塞孔隙喉道的动态计算模型。该模型结合破碎概率函数与颗粒运移方程，分析高压环境下支撑剂破碎产生的细颗粒对微纳米级孔隙喉道的堵塞效应，进而量化导流能力的阶段性下降规律。研究发现，支撑剂圆度低或抗压强度不足时，破碎产生的棱角状细颗粒更易形成桥堵。该模型为优化支撑剂材料（如覆膜支撑剂）及控制施工压力提供了理论依据，可减少因破碎导致的导流能力损失。郭建春等^[18]（2025）研究通过建立综合考虑支撑剂粒度组成、变形、嵌入及裂缝壁面蠕变的导流能力模型，揭示了多因素耦合作用下的裂缝导流机制。模型验证表明，支撑剂粒径分布对导流能力影响显著：低闭合应力下，大粒径支撑剂

占比高可提升导流能力；而高闭合应力时，组合粒径支撑剂可有效减缓导流能力下降幅度（如 60MPa 应力下，1000 天时导流能力较 100 天下降 54%）。此外，支撑剂与裂缝壁面的弹性模量越大，其变形与嵌入量越小，导流能力越高；提高支撑剂黏接率可减少嵌入的不利影响。研究强调裂缝蠕变随时间与应力增加而加剧，需在长期预测中予以重视，建议在高应力条件下优先采用组合粒径支撑剂以优化导流性能。侯腾飞^[3]（2018）在其博士研究中聚焦裂缝非均匀支撑对导流能力的影响，建立三维裂缝网络导流能力计算模型。该模型耦合流体力学与颗粒运移方程，模拟支撑剂在分支裂缝中的差异化沉降过程，揭示“主缝高导流、微缝低导流”的非均匀分布规律。通过引入分形维数表征裂缝复杂度，模型可量化裂缝网络的有效导流面积，为暂堵转向压裂技术参数设计（如暂堵剂用量）提供理论支撑。综上，裂缝导流能力模型的精细化与多学科融合，将持续推动页岩油气高效开发与绿色转型。

5 裂缝导流能力数值模拟

数值模拟技术为复杂裂缝导流能力预测提供高效手段：在离散元方法（DEM）研究中，高庆庆等^[14]（2019）通过将支撑剂颗粒视为离散单元，并求解牛顿运动方程模拟其运动轨迹，揭示了支撑剂在裂缝中的迁移和分布规律。模拟结果表明，支撑剂在分支缝端部富集，主缝中部导流能力下降 50%。在格子-玻尔兹曼方法（LBM）研究中，徐加祥等^[15]（2020）将流体视为离散的粒子群，通过碰撞和迁移过程模拟其流动行为，分析了裂缝表面粗糙度对流动的影响，模拟结果表明，微凸体高度增加 10%，导流能力提升 15%。在三维缝网模拟研究中，杜旭林等^[16]（2022）开发了三维离散缝网模型，模拟了裂缝扩展和导流能力的动态变化，结果表明，天然裂缝与人工裂缝的交互作用可显著提高导流能力。研究表明，离散元方法和格子-玻尔兹曼方法能够有效模拟支撑剂迁移和流体流动行为，而三维缝网模拟为复杂裂缝网络的导流能力研究提供了重要工具，未来需进一步结合多物理场耦合模型，提高模拟精度和应用范围。

6 结论

通过对页岩储层水力裂缝导流能力的系统研究，得出以下主要结论：支撑剂性能、应力敏感性和压裂液伤害的共同影响，高强度支撑剂在高应力环境下表现优异，但成本较高；自支撑裂缝依赖天然粗糙面或酸蚀沟槽维持导流能力，但其长期稳定性较差；经典立方定律修正模型和破碎-堵塞耦合模型显著提高了导流能力的预测精度，离散元方法（DEM）和格子-玻尔兹曼方法（LBM）等数值模拟技术为复杂裂缝导流能力研究提供了高效工具。未来研究方向包括开发多尺度实验技术、构建多物理场耦合模型、研究自支撑裂缝长期稳定性以及应用智能化压裂设计技术^[17]。实际应用建议包括优化支撑剂

组合、改进压裂液配方、推广酸压技术和加强现场监测^[21]。尽管研究存在实验条件局限、模型简化误差和数据获取难度等局限性，但其对页岩气开发行业的理论、实践和技术贡献显著，未来需结合多尺度实验、多物理场耦合模型和智能化技术，进一步推动页岩储层水力压裂技术的发展。

基金项目：论文受大学生科技创新训练计划项目《深层页岩水力裂缝支撑剂嵌入机理及导流能力模型研究》资助，项目编号 2024201006。

【参考文献】

- [1]刘学伟. 页岩储层水力压裂支撑剂导流能力影响因素[J]. 断块油气田, 2020, 27(3): 394-398.
- [2]陈冬, 王楠哲, 叶智慧, 等. 压裂与嵌入作用下压裂裂缝导流能力模型建立与影响因素分析[J]. 石油钻探技术, 2018, 46(6): 82-89.
- [3]侯腾飞. 页岩储层复杂裂缝支撑剂非均匀分布规律及导流能力研究[D]. 北京: 中国石油大学(北京), 2018.
- [4]吴建发, 樊怀才, 张鉴, 等. 页岩人工裂缝应力敏感性实验研究——以川南地区龙马溪组页岩为例[J]. 天然气工业, 2022, 42(2): 71-81.
- [5]韩慧芬, 彭均亮, 吴建, 等. 页岩支撑剂长期导流能力测试方法及测试装置改造[J]. 钻采工艺, 2018, 41(1): 55-58.
- [6]袁旭, 许冬进, 陈世海, 等. 压裂液侵入对页岩储层导流能力伤害[J]. 科学技术与工程, 2020, 20(9): 3591-3597.
- [7]高金剑. 复杂缝网支撑剂沉降规律及导流能力研究[D]. 山东: 中国石油大学(华东), 2016.
- [8]苟兴豪. 页岩自支撑裂缝导流能力模型研究[D]. 四川: 西南石油大学, 2017.
- [9]杨柳, 石富坤, 赵逸清, 等. 页岩储层黏土矿物对裂缝导流能力伤害的影响[J]. 科学技术与工程, 2020, 20(1): 153-158.
- [10]曹海涛, 詹国卫, 赵勇, 等. 川南深层页岩气藏支撑与自支撑裂缝导流能力对比[J]. 科学技术与工程, 2019, 19(33): 164-169.
- [11]卢云霄, 卢聪, 郭建春, 等. 川中地区灯四段碳酸盐岩酸压自支撑裂缝导流能力实验[J]. 油气井测试, 2020, 29(1): 7-12.
- [12]王雷, 王琦. 页岩气储层水力压裂复杂裂缝导流能力实验研究[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2017, 32(3): 73-77.
- [13]周小金, 周拿云, 荆晨. 考虑支撑剂破碎堵塞孔隙喉道的裂缝导流能力计算模型[C]. 四川: 中国石油西南油气田公司页岩气研究院, 2018.
- [14]高庆庆. 页岩支撑剂导流能力的离散元流固耦合数值模拟研究[D]. 四川: 西南石油大学, 2019.
- [15]徐加祥, 丁云宏, 杨立峰, 等. 基于格子-玻尔兹曼方

法的裂缝导流能力流固耦合[J]. 大庆石油地质与开发, 2020, 39(4): 94-100.

[16] 杜旭林, 程林松, 牛焯昱, 等. 考虑水力压裂缝和天然裂缝动态闭合的三维离散缝网数值模拟[J]. 计算物理, 2022, 39(4): 453-464.

[17] 蒋廷学, 周健, 张旭, 等. 深层页岩气井裂缝扩展及导流特性研究及展望[J]. 中国科学: 物理学 力学 天文学, 2017, 47(11): 33-40.

[18] 郭建春, 曾凡辉, 赵志红. 页岩储层压裂组合支撑剂导流能力预测模型及应用研究[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2025(3): 1-8.

[19] 朱海燕, 刘英君, 王向阳, 等. 考虑支撑剂颗粒破碎的页岩分支裂缝导流能力[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2022, 46(1): 72-79.

[20] 王桂庆. 页岩储层吸水特征及其对裂缝导流能力的影响[J]. 断块油气田, 2020, 27(1): 95-98.

[21] 朱维耀, 刘青, 岳明, 等. 考虑支撑剂裂缝导流能力计算及缝内支撑剂运移模拟[J]. 石油与天然气化工, 2019, 48(2): 75-78.

作者简介: 刘程州(2004.9—), 男, 民族: 汉, 籍贯: 重庆梁平, 所在院校: 重庆科技大学石油与天然气工程学院, 专业: 石油工程, 现在身份: 学生。

石油钻井中液动冲击旋转钻井技术的应用研究

姚海斌

西部钻探吐哈钻井公司, 新疆 鄯善 838200

[摘要] 石油钻井是石油工业中至关重要的环节, 其技术发展和创新直接关系到油田的勘探开发效率、成本控制及整体经济效益。随着石油资源的日益紧张和勘探难度的不断加大, 传统的钻井技术已难以满足当前复杂地质条件下的作业需求。液动冲击旋转钻井技术作为一种新型的钻探方式, 近年来在国内外石油钻井领域受到了广泛关注, 被认为是解决深孔硬地层钻进难题的最有前途的方法之一。

[关键词] 石油钻井; 液动冲击; 旋转钻井技术; 应用分析

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15691

中图分类号: TE924

文献标识码: A

Application Research on Hydraulic Impact Rotary Drilling Technology in Petroleum Drilling

YAO Haibin

Western Drilling Tuha Drilling Company, Shanshan, Xinjiang, 838200, China

Abstract: Petroleum drilling is a crucial link in the petroleum industry, and its technological development and innovation directly affect the exploration and development efficiency, cost control, and overall economic benefits of oil fields. With the increasing scarcity of oil resources and the increasing difficulty of exploration, traditional drilling techniques are no longer able to meet the operational needs under complex geological conditions. As a new type of drilling method, hydraulic impact rotary drilling technology has received widespread attention in the field of oil drilling at home and abroad in recent years, and is considered one of the most promising methods to solve the problem of deep hole hard formation drilling.

Keywords: petroleum drilling; hydraulic impact; rotary drilling technology; application analysis

引言

随着全球能源需求的不断增长, 石油钻井技术也在不断进步。液动冲击旋转钻井技术作为一种新型钻井方法, 因其高效、经济、适应性强等特点, 逐渐成为石油钻井领域的研究热点。本文将从技术原理、应用优势、实际案例及未来发展趋势等方面, 全面探讨液动冲击旋转钻井技术在石油钻井中的应用。

1 液动冲击旋转钻井技术原理

液动冲击旋转钻井技术是一种结合了液动冲击和旋转钻井两种方法的复合钻井技术, 其基本原理是通过液动冲击器产生的高频冲击力, 结合旋转钻头的旋转运动, 实现对地层的快速破碎和钻进。液动冲击器作为该技术的核心部件, 通过液压系统产生高频冲击力并传递给钻头, 对地层进行冲击破碎; 旋转钻头在液动冲击器的作用下进行旋转运动, 进一步破碎地层并将岩屑带出井口; 液压系统为液动冲击器提供动力, 通过调节液压参数可控制冲击频率和冲击力的大小; 钻杆和钻铤则用于传递旋转运动和冲击力, 同时承受钻井过程中的各种载荷, 共同实现高效、稳定的钻井作业。

2 液动冲击旋转钻井技术的优势

2.1 提高钻井效率

液动冲击旋转钻井技术通过高频冲击力和旋转运动的协同作用, 显著提高了钻井效率, 特别是在硬岩地层中

表现尤为突出。研究表明, 该技术的钻进速度比传统旋转钻井方法提高 30% 以上, 大幅缩短了钻井时间。高频冲击力能够有效克服地层的抗压强度, 而旋转运动则进一步扩大破碎范围, 实现快速钻进。这种高效性不仅加快了作业进度, 还为后续的勘探和开发工作争取了更多时间, 整体提高了钻井作业的经济效益。在深井和复杂地质条件下, 该技术的高效性更为明显, 能够快速穿透坚硬地层, 减少钻头磨损和钻井事故, 确保作业连续性和稳定性。

2.2 降低钻井成本

液动冲击旋转钻井技术通过高效破碎地层, 显著缩短钻井周期, 直接减少了设备租赁和人工费用。该技术减少钻头磨损, 延长使用寿命, 降低钻头更换频率和材料成本。作业时间的缩短还减少了设备维护和能源消耗, 进一步降低了运营成本。这些综合优势使得整体钻井成本大幅下降, 为石油和天然气勘探开发提供了更具经济效益的解决方案。其高效性和经济性在深井、复杂地质条件和大规模开发中尤为突出, 为能源行业的高效开发提供了重要支持。

2.3 适应复杂地质条件

液动冲击旋转钻井技术在复杂地质条件下表现出极强的适应性, 能够有效应对硬岩、破碎带和高应力地层等传统钻井方法难以处理的情况。其高频冲击力能够穿透坚硬地层, 而旋转运动则确保破碎的岩屑被及时清除, 避免卡钻等问题。此外, 该技术还能够通过调节液压参数, 灵

活应对不同地质条件的变化,确保钻井作业的连续性和稳定性。这种适应性使得该技术在复杂地质环境中成为理想的选择,显著提高了钻井作业的成功率。

3 液动冲击旋转钻井技术的应用案例

3.1 北美页岩气开发

在北美页岩气开发中,液动冲击旋转钻井技术凭借其高效性和适应性,成为水平井和多分支井钻井作业的核心技术之一。页岩地层以其高硬度和低渗透率著称,传统钻井方法在钻进过程中常常面临效率低下、钻头磨损快等问题,难以满足大规模开发的需求。液动冲击旋转钻井技术通过高频冲击力和旋转运动的协同作用,能够快速破碎页岩地层,显著提高钻井效率。例如,在德克萨斯州的 Barnett 页岩气田,该技术的应用使钻井效率提高了 35%,钻井周期大幅缩短,从而降低了钻井成本约 20%。此外,该技术还能够减少钻头的磨损,延长钻头使用寿命,进一步降低了材料成本和设备更换频率。在水平井和多分支井的复杂井身结构中,液动冲击旋转钻井技术表现出优异的稳定性和适应性,能够有效应对井眼轨迹控制、井壁稳定等技术难题,确保钻井作业的顺利进行。其高频冲击力能够快速穿透页岩层,而旋转运动则确保岩屑被及时清除,避免了卡钻和井壁坍塌等事故的发生。在水平井段,液动冲击旋转钻井技术能够精确控制井眼轨迹,确保钻头沿预定路径钻进,提高页岩气储层的钻遇率。在多分支井作业中,该技术能够高效完成多个分支井眼的钻进,显著提高单井产量和整体开发效率。此外,液动冲击旋转钻井技术还能够通过调节液压参数,灵活应对不同地层条件的变化,确保钻井作业的连续性和稳定性。在北美页岩气开发中,该技术的成功应用不仅提高了钻井效率,还降低了钻井成本,为页岩气的大规模商业化开发提供了强有力的技术支持。其高效性和可靠性使得页岩气开发在经济上更具可行性,推动了北美能源产业的快速发展。未来,随着技术的进一步优化和智能化发展,液动冲击旋转钻井技术将在页岩气开发中发挥更大的作用,为全球能源行业的高效、安全、可持续发展提供强有力的技术支撑。

3.2 中东碳酸盐岩油田

在中东碳酸盐岩油田的开发中,液动冲击旋转钻井技术成为深井和超深井钻井作业的核心技术之一。碳酸盐岩地层以其高硬度和复杂的地质结构著称,传统钻井方法在面对这些地层时常常面临钻头磨损快、钻进效率低、井壁稳定性差等问题。液动冲击旋转钻井技术通过高频冲击力直接作用于地层,有效破碎坚硬的碳酸盐岩,同时旋转运动将破碎的岩屑及时带出井口,避免了卡钻和井壁坍塌等事故的发生。例如,在沙特阿拉伯的 Ghawar 油田,该技术的应用使钻井效率提高了 40%,钻井事故率降低了 30%,显著缩短了钻井周期并降低了成本。此外,液动冲击旋转钻井技术还能够通过调节液压参数,灵活应对不同深度和

地质条件的变化,确保钻井作业的连续性和稳定性。在超深井作业中,该技术的高效性和可靠性尤为突出,能够有效应对高温、高压等极端条件,为油田的高效开发提供了重要保障。其成功应用不仅提高了钻井效率,还降低了钻井风险,为中东地区碳酸盐岩油田的长期稳定开发奠定了坚实基础。同时,该技术的推广也为其他类似地质条件的油田开发提供了宝贵经验,推动了全球钻井技术的进步。

3.3 中国复杂地质条件油田

在中国复杂地质条件油田的开发中,液动冲击旋转钻井技术展现了其独特的优势,成为应对硬岩、破碎带和高应力地层的有力手段。以四川盆地的龙岗气田为例,该地区地层条件复杂,既有坚硬的碳酸盐岩,又有破碎带和高应力地层,传统钻井方法在这些条件下往往效率低下,且容易发生井壁坍塌、卡钻等事故。液动冲击旋转钻井技术通过高频冲击力直接作用于地层,快速破碎坚硬的岩石,同时旋转运动将破碎的岩屑及时带出井口,显著提高了钻井效率约 30%,并将钻井事故率降低了 25%。在破碎带和高应力地层中,该技术能够有效避免井壁坍塌和卡钻等问题,确保钻井作业的连续性和稳定性。此外,液动冲击旋转钻井技术还能够通过调节冲击频率和冲击力,灵活应对不同地质条件的变化,为复杂地质条件下的油田开发提供了高效、稳定的解决方案。其成功应用不仅提高了钻井效率,还降低了钻井成本,为中国复杂地质条件油田的高效开发提供了重要技术支持。在龙岗气田的实践中,该技术的应用显著缩短了钻井周期,减少了设备磨损和材料消耗,进一步降低了整体开发成本。同时,该技术的推广也为其他类似地质条件的油田开发提供了宝贵经验,推动了国内钻井技术的进步。未来,随着技术的进一步优化和智能化发展,液动冲击旋转钻井技术将在中国复杂地质条件油田的开发中发挥更大的作用,为能源行业的高效、安全、可持续发展提供强有力的技术支撑。

4 液动冲击旋转钻井技术的未来发展趋势

4.1 智能化

随着人工智能(AI)和物联网(IoT)技术的快速发展,液动冲击旋转钻井技术正逐步向智能化方向迈进。智能液动冲击旋转钻井系统通过集成传感器、数据采集模块和智能算法,能够实时监测钻井过程中的关键参数,如冲击频率、冲击力、钻压、转速和地层特性等。这些数据通过物联网技术传输到中央控制系统,利用人工智能算法进行分析和优化,自动调节钻井参数,以实现最佳的钻井效果。例如,系统可以根据地层的硬度变化动态调整冲击频率和冲击力,避免钻头过度磨损或地层破碎不充分。此外,智能系统还能够预测潜在的风险,如井壁坍塌或卡钻,并及时发出预警,提高钻井作业的安全性。未来,随着机器学习和大数据技术的进一步应用,智能液动冲击旋转钻井系统将能够积累更多经验数据,实现更精准的优化和控制,

为钻井行业带来革命性的变革。

4.2 高效化

液动冲击旋转钻井技术在未来将继续朝着高效化方向发展。通过优化液动冲击器和旋转钻头的设计,进一步提高冲击力和旋转速度,该技术将能够在更短的时间内完成钻井作业,显著降低钻井成本。例如,新型液动冲击器可能采用更高效的液压系统和更耐用的材料,以提供更高的冲击频率和更大的冲击力,从而更快速地破碎坚硬地层。同时,旋转钻头的设计也将更加注重耐磨性和切削效率,以延长使用寿命并提高钻进速度。此外,高效化还体现在钻井工艺的改进上,如通过优化钻井液配方和循环系统,减少岩屑的堆积和钻头的堵塞,进一步提高钻井效率。未来,随着材料科学和工程技术的进步,液动冲击旋转钻井技术的高效化将使其在深井、超深井和复杂地质条件下的钻井作业中发挥更大的作用,为石油和天然气勘探开发提供更高效的技术支持。

4.3 环保化

随着全球环保意识的增强,液动冲击旋转钻井技术将逐步实现环保化,以减少钻井作业对环境的影响。环保化的主要方向包括采用环保型钻井液和低噪音液动冲击器。环保型钻井液通常由生物降解材料制成,能够减少对地下水和土壤的污染,同时降低对生态环境的破坏。此外,低噪音液动冲击器通过优化液压系统和冲击机构的设计,减少钻井过程中产生的噪音污染,降低对周围居民和野生动物的影响。环保化还体现在能源消耗的减少上,例如通过优化液压系统的能效,降低钻井作业的能源消耗,减少碳排放。未来,随着环保法规的日益严格和技术的不断进步,液动冲击旋转钻井技术将更加注重绿色钻井理念,推动钻井行业向可持续发展方向迈进。

4.4 多功能化

液动冲击旋转钻井技术在未来将逐步实现多功能化,通过集成多种钻井功能,提高钻井作业的综合效率。多功能化主要体现在将钻井、测井、完井等多种作业集成到同一系统中,减少设备更换和作业中断,提高整体效率。例如,液动冲击旋转钻井系统可以集成测井传感器,实时监

测地层特性和井眼轨迹,为钻井作业提供精准的数据支持。同时,系统还可以集成完井工具,在钻井完成后直接进行完井作业,减少作业时间和成本。此外,多功能化还包括适应多种钻井需求的能力,如水平井、多分支井和复杂结构井的钻井作业。未来,随着模块化设计和集成技术的进步,液动冲击旋转钻井技术将能够更加灵活地应对不同的钻井需求,为石油和天然气勘探开发提供更高效、更经济的解决方案。

5 结束语

综上所述,液动冲击旋转钻井技术作为一种新型钻井方法,在石油钻井中表现出显著的优势。通过高频冲击力和旋转运动的结合,该技术能够提高钻井效率、降低钻井成本、适应复杂地质条件、减少钻井事故。在全球范围内,液动冲击旋转钻井技术已经得到了广泛应用,并取得了显著的效果。未来,随着智能化、高效化、环保化和多功能化的发展,液动冲击旋转钻井技术将在石油钻井中发挥更加重要的作用。

[参考文献]

- [1]程献彬.石油钻井中液动冲击旋转钻井技术的应用研究[J].石化技术,2024,31(12):238-240.
 - [2]王东.液动冲击旋转钻井技术在石油钻井中的应用[J].中国新技术新产品,2022(2):77-79.
 - [3]王检军.液动冲击旋转钻井技术应用探讨[J].石油和化工设备,2020,23(6):72-74.
 - [4]陈家军.石油钻井中液动冲击旋转钻井技术的运用[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(10):181-182.
 - [5]杜坤.冲击旋转钻井技术在石油钻井中的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(4):193-194.
 - [6]张建阔,文先敏,杨春旭,等.液动冲击旋转钻井技术在石油工业中的新进展及发展方向[J].中国新技术新产品,2009(9):13-15.
 - [7]刘晓旭,林元华,刘德平,等.液动冲击器工作动力学模拟研究[J].石油钻采工艺,2008(5):10-14.
- 作者简介:姚海斌(1980.5—),男,汉族,陕西省宝鸡市,本科,石油钻井。

煤矿井下机电一体化技术实践探析

崔庆东

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司石槽村煤矿, 宁夏 银川 750000

[摘要]煤矿井下作业环境复杂且充满风险, 依赖人工操作及机械设备的传统生产模式存在较大的安全隐患, 并面临效率提升的瓶颈。近年来, 机电一体化技术在煤矿中的逐步应用, 推动了生产过程的自动化、智能化监控以及远程调度的实施。然而, 设备升级、人员培训等挑战, 仍在技术推广过程中存在。深入研究该技术在煤矿中的实际应用, 将为提升煤矿行业的安全生产水平与可持续发展提供关键支持。

[关键词]煤矿; 井下; 机电一体化

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15717

中图分类号: TD671

文献标识码: A

Exploration into the Practice of Mechatronics Technology in Coal Mine Underground

CUI Qingdong

Shicao Village Coal Mine of CHN Energy Ningxia Coal Industry Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750000, China

Abstract: The working environment underground in coal mines is complex and full of risks. The traditional production mode that relies on manual operation and mechanical equipment has significant safety hazards and faces bottlenecks in improving efficiency. In recent years, the gradual application of mechatronics technology in coal mines has promoted the automation, intelligent monitoring, and implementation of remote scheduling in the production process. However, challenges such as equipment upgrades and personnel training still exist in the process of technology promotion. In depth research on the practical application of this technology in coal mines will provide key support for improving the safety production level and sustainable development of the coal mining industry.

Keywords: coal mine; underground; mechatronics

引言

煤矿行业, 作为我国能源供应的核心领域, 面临着提升生产效率与保障安全的双重任务。随着科技的不断进步, 机电一体化技术, 作为机械、电气与自动化控制技术的综合应用, 已成为提高煤矿生产效率、保障安全以及推动智能化发展的关键力量。通过优化设备运行, 降低人工干预的风险, 这项技术加速了煤矿行业向自动化与智能化方向的转型。传统作业模式及设备的局限性, 依然成为煤矿生产提升的瓶颈。因此, 如何在煤矿井下深入应用机电一体化技术, 已成为当前亟需解决的重大课题。

1 机电一体化技术概述

机电一体化技术通过将机械技术、电气电子技术、微电子技术及计算机技术等多种技术进行有效整合, 实现在各系统之间的高效协作与无缝连接。这一技术并非简单地将多个技术叠加, 而是在科学指导下对各类技术的优化组合, 形成了完整且精密的技术体系。其核心目标是通过技术间的互补优势, 促进整体系统的优化, 推动创新与发展。随着应用需求的不断增加, 传统机电一体化技术已难以满足日益复杂的工作环境, 这促使功能扩展与技术精细化领域迎来新的突破。现代机电一体化技术不仅注重多技术的有效集成, 还强调对冗余部分的简化, 提升了系统的高效性与简便性。在这一过程中, 技术优化大幅降低了操作与

维护的难度, 提升了控制精度与系统稳定性。从功能角度看, 机电一体化技术广泛应用于自诊断、自动监测、自动保护等关键环节。这些功能使设备能够实时进行自我检测、快速识别潜在故障等, 从而降低了人为干预的需求, 增强了设备的安全性和稳定性。尤其在高风险的煤矿井下作业中, 机电一体化技术不仅提高了操作效率, 还有效预防了许多安全隐患, 确保了生产过程的顺利进行。在煤矿行业, 机电一体化技术不仅带来了显著的技术突破, 也推动了技术人员专业能力的提升。它为煤矿企业的成本控制提供了有力的技术保障, 为长期发展奠定了坚实的基础。随着自动化与智能化的进一步发展, 机电一体化技术必将成为提升煤矿生产效率、安全性与经济效益的核心动力, 助力煤矿行业向更加高效、安全与绿色的未来迈进。

2 煤矿井下机电一体化技术应用的优势

2.1 提升煤矿井下机电设备操作便捷性

煤矿井下作业环境复杂且条件严苛, 传统机电设备的操作往往依赖大量人工干预, 且过程繁琐、耗时。随着机电一体化技术的引入, 煤矿井下设备的操作变得显著简化, 这项技术通过集成多种功能模块, 使得设备在运行过程中能够自动完成许多本应由人工执行的任务。例如, 自动化控制系统能够实时监控设备运行状况, 自动调整工作参数, 减少了人工操作的复杂度, 操作人员仅需通过简洁的界面

进行监控和调整,操作流程变得更加高效且容易执行。智能化的机电一体化系统确保设备间信息能迅速共享和协调,避免了人工输入及调整数据的繁琐。传统的故障诊断常依赖技术人员的经验与大量的手动检查,而现代机电一体化技术通过自诊断及实时监控功能,能够在设备异常时自动发出警报,及时提醒操作人员采取必要措施,这种智能化处理有效降低了人为错误的发生,确保了设备操作的顺畅。尤其值得注意的是,机电一体化技术将设备控制与操作集中在统一平台上,从而减少了操作的分散性。操作员无需频繁切换不同的系统,而是只需掌握一个操作界面,这在节省时间和精力同时,显著提高了整体工作效率。

2.2 增强煤矿井下机电设备操作安全性

煤矿井下作业环境充满了高度的不确定性与危险性,任何操作失误或设备故障都可能引发严重的安全事故。机电一体化技术的应用大大增强了井下设备的安全性,设备的运行状态通过智能化监控系统得以实时跟踪,关键参数如温度、电压、压力等被持续监测。若设备出现异常,系统会自动发出警报并立即采取保护措施,防止过载或故障引发更严重的问题。通过这种“早发现、早预警”的机制,安全风险得到了显著降低,避免了人为疏忽或设备故障引起的潜在危险。此外,机电一体化技术通过集成自诊断功能,进一步提高了设备的自我检测能力。利用内部传感器采集到的数据,设备能够自动进行故障检测,并通过操作界面报告问题,必要时可自动停机进行保护,这种机制不仅有效避免了因未能及时发现故障而引发的事故,还帮助维修人员精确地定位故障点,减少了盲目检查和不必要的停机。另一项安全优势来自自动化控制系统,在设备运行过程中,若出现异常工况或故障,系统能迅速介入,调整或停机,防止设备进一步损坏或产生潜在的安全隐患。智能化的响应能力显著减少了对操作人员的干预需求,避免了操作失误或经验不足带来的安全风险。

2.3 提高煤矿井下机电设备操作效率

在煤矿井下作业中,机电设备的高效运行直接影响矿井的生产效率。通过智能化与自动化的结合,机电一体化技术显著提升了设备的操作效率。智能控制系统实时调整设备的工作状态,确保其始终在最佳工况下运行。例如,采煤机和输送带等设备会根据煤层的硬度与负载情况自动调节工作参数,从而避免了人为调节的延迟与误差,减少能源浪费并提升整体作业效率。自动化监控与调度系统的引入,使得煤矿各环节间的协同作业得到了更高效的支持。在传统煤矿作业中,人工调度与协调不仅繁琐且易出现误差,而机电一体化技术则使设备之间的信息得以实时共享与协同作业。调度系统能根据实时数据自动调整,从而减少了设备停机及空转时间,进而提高了作业的流畅性与生产节奏。另外,设备的自诊断与在线监控功能为提升操作效率提供了坚实的支持,通过实时监控设备运行状况,系统能

够快速识别潜在故障并提前发出预警,这种前瞻性的维护方式显著减少了非计划停机时间,确保了生产的连续性与稳定性。同时,技术人员还可通过数据分析提前规划维护与修复周期,从而避免了传统维护模式下的低效与盲目操作。

3 煤矿井下机电一体化技术应用实践

3.1 煤矿生产监控系统中的应用

煤矿生产监控系统是确保井下作业高效与安全进行的核心平台。随着机电一体化技术的引入,监控系统的智能化与自动化水平得到了显著提升,精确度与响应速度大幅提高。传统的煤矿监控依赖人工巡查与手动记录,这不仅使工作繁重,还容易遗漏关键信息或出现延误^[1]。如今,现代监控系统通过机电一体化技术的支持,能够实时采集各类设备及环境的运行数据,包括采煤机、通风系统、输送带等设备状态。温度、湿度、压力、电流等参数通过传感器进行实时监控,并将数据传输至中央控制系统。集成化的监控平台使得矿井整体运行状况得以全面掌控,系统对实时数据进行快速处理与分析,实时显示设备状态及潜在的隐患。一旦某设备的温度或电流值超出安全范围,系统将自动发出警报,并根据预设条件启动紧急停机或调整措施,以确保设备与人员的安全。无需人工值守的自动监控系统不仅大大减轻了人工操作的负担,还能在故障或危险初现时,及时发出预警,有效避免事故的发生。机电一体化技术的应用使得煤矿生产监控系统具备了远程控制与诊断的能力。无论是地面控制中心,还是在移动设备上的管理人员,都能随时查看井下的实时数据并进行远程操作,这种远程监控与调度显著提高了响应速度与决策效率,特别是在井下复杂环境中,能够避免不必要的人员进出,从而降低了安全风险。

3.2 采煤机中的应用

采煤机作为煤矿井下的核心设备,其性能直接影响矿井的生产效率与安全性。随着机电一体化技术的应用,现代采煤机已实现智能化与自动化,作业效率与安全性得到了极大提升。传统的采煤机依赖人工操作,设备的运行状态及参数调整均由操作员手动完成,这不仅增加了操作的复杂性,还容易导致人为失误。如今,得益于机电一体化技术,采煤机集成了自动控制系统、传感器及多种监测仪器,从而实现了自我调节与实时监控。借助自动化控制系统,采煤机能够根据煤层的硬度、厚度及作业环境的变化,自动调节切割深度与工作速度,确保作业过程的稳定与高效^[2]。例如,当采煤机切入较硬的煤层时,系统会自动增加动力输出,确保作业不中断,同时避免能源的浪费。在这种智能自适应控制下,采煤机得以以最优状态运行,从而大大减少了人工干预与设备损耗,提升了整体作业效率。与此同时,采煤机还配备了实时监测与故障诊断功能。通过传感器,采煤机的电流、温度、振动等关键参数被实时监控。一旦发现异常,系统会立即发出警报,并根据需要

自动停机或调整工作状态,以防设备损坏或安全隐患的发生。通过这种智能化的监控与自诊断机制,不仅提高了设备的安全性,还有效减少了因故障引起的生产停滞。

3.3 带式输送机中的应用

带式输送机作为煤矿生产中的关键设备,肩负着将煤炭从采矿作业点输送至地面或其他工艺环节的重要任务。随着机电一体化技术的引入,带式输送机的工作效率、安全性及稳定性得到了显著提升。传统的带式输送机依赖人工调节与手动监控,操作过程既复杂又容易受到人为因素的影响,这无疑增加了故障发生的风险。而如今,机电一体化技术使输送机系统不仅实现了自动化控制,还具备了实时监控与远程调度功能。自动化控制系统的集成,使得带式输送机能够根据实时数据,如运输负荷、带速、料堆积等,自动调整工作状态。举例而言,当输送机负荷增大时,系统便会自动调整带速,确保运输过程既稳定又高效;一旦发生设备故障或堵塞,系统会迅速检测出异常并发出警报,同时自动启动停机或采取保护措施,防止故障蔓延,减少停机时间。这种自动调节机制大大提升了输送机的效率与可靠性。通过在输送机上安装多种传感器,机电一体化技术还实现了对温度、振动、电流等关键指标的实时监控,从而确保设备始终处于最佳运行状态。传感器采集到的数据将被汇总并传输至中央控制系统,操作人员能够随时查看设备的运行情况,及时发现潜在故障隐患,并采取预防性维护措施。这一智能化监控系统不仅显著降低了故障发生的概率,也延长了设备的使用寿命。此外,带式输送机系统的远程控制功能进一步突显了机电一体化技术的优势。通过与煤矿生产监控系统的无缝连接,管理人员可以在远程终端上实时掌握输送机的运行状态,进行调度与故障诊断,避免了井下人员频繁进出,从而有效减少了潜在的安全风险。

3.4 在线监控系统中的应用

在线监控系统在煤矿井下安全管理与设备运维中占据了核心地位。随着机电一体化技术的不断深化,该系统的功能得到了显著增强,其操作效率与安全性也得到了大幅提升。在传统的煤矿监控模式中,主要依赖人工巡检与定期检查,这种方式不仅劳动强度大,而且容易产生遗漏或延误,增加了潜在的安全风险。如今,机电一体化技术的应用使得现代在线监控系统能够实现全天候、全方位的设备与环境监控,极大提高了煤矿作业的安全性与生产效率。在煤矿井下,通过部署传感器、摄像头等监测设备,

在线监控系统可以实时收集多项运行数据,如温度、湿度、气体浓度、电流、电压与振动等^[3]。这些采集到的数据通过网络实时传输至中央控制平台,操作人员能够随时掌握设备的最新运行状态。这些数据不仅能够有效监控设备的健康状况,还能及时发现潜在故障,系统会自动发出警报并生成报告,为技术人员提供决策支持,确保能够快速应对突发问题。智能分析功能是在线监控系统的一大亮点。通过对实时数据的持续监控,系统能够精准识别出设备或环境中的潜在异常,并提前发出预警。该智能预测机制大大降低了设备故障带来的风险,减少了因操作失误或设备突发问题所引起的生产停滞和安全事故。此外,在线监控系统还具备远程控制功能,通过地面控制中心,操作人员能够实时查看井下设备的运行状况,利用计算机或移动设备进行远程操作。这一功能不仅显著提高了管理效率,还减轻了井下工作人员的工作压力,降低了潜在的安全风险。尤其在高风险或复杂工作环境中,远程操作能够有效避免人员暴露于危险,进一步保障了矿井的整体安全。

4 结语

煤矿井下机电一体化技术的应用,显著提升了煤矿生产效率、安全性以及智能化水平。通过机械、电气与自动化等多个领域技术的融合,煤矿设备的运行不仅变得更加稳定高效,还加强了安全管理。特别是在生产监控、采煤机以及输送系统等关键环节,机电一体化技术展现了突出的优势,为煤矿行业的现代化发展提供了强有力的推动力。展望未来,随着技术的不断创新与进步,机电一体化技术将在优化煤矿生产流程、减少人为干预以及提高工作环境安全性等方面,发挥越来越重要的作用。尽管在技术更新与人员培训等方面依然面临一定挑战,但这一技术的持续演进,必将为煤矿行业的可持续发展提供坚实的技术保障。

[参考文献]

- [1]胡志兰.煤矿井下机电一体化技术实践探析[J].矿业装备,2024(9):76-78.
 - [2]菅少宇.煤矿机电一体化技术应用探讨[J].工程建设与设计,2024(11):265-267.
 - [3]王祥.煤矿井下机电一体化技术应用研究[J].能源与节能,2021(12):193-194.
- 作者简介:崔庆东(1990.5—),男,毕业院校:宁夏大学,所学专业:机电一体化(本科:电气工程及其自动化),当前就职单位:国家能源集团宁夏煤业有限责任公司石槽村煤矿,职务:工人,职称:助理工程师。

机电安装工程中关键施工技术及质量控制措施研究

赵秋 赵廷禹 王婧轩 马忠昊 郭智 邓雨寒 栗鹏飞 王盼来

中建二局第三建筑工程有限公司, 北京 100000

[摘要]随着城市化进程的加快以及建筑行业的迅猛发展, 机电安装工程在各类建筑项目中的重要性愈加突出。从住宅楼、商业楼宇到大型工业设施, 机电系统的安装与调试要求高精度的施工技术及严格的质量控制。在高层建筑及复杂项目中, 机电安装的技术性与协调性要求更加严苛, 施工环节和技术难度也显著增加。提升机电安装工程施工质量, 消除技术应用中的安全隐患及协调问题, 已成为当前建筑行业亟待解决的核心问题。

[关键词]机电安装工程; 施工技术; 质量控制

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15714

中图分类号: TU85

文献标识码: A

Research on Key Construction Technologies and Quality Control Measures in Mechanical and Electrical Installation Engineering

ZHAO Qiu, ZHAO Tingyu, WANG Jingxuan, MA Zhonghao, GUO Zhi, DENG Yuhan, LI Pengfei, WANG Panlai

The Third Construction Engineering Company Ltd. of China Construction Second Engineering Bureau, Beijing, 100000, China

Abstract: With the acceleration of urbanization and the rapid development of the construction industry, the importance of mechanical and electrical installation engineering in various construction projects has become increasingly prominent. From residential and commercial buildings to large industrial facilities, the installation and commissioning of electromechanical systems require high-precision construction techniques and strict quality control. In high-rise buildings and complex projects, the technical and coordination requirements for mechanical and electrical installation are more stringent, and the construction process and technical difficulty are significantly increased. Improving the construction quality of mechanical and electrical installation engineering, eliminating safety hazards and coordination issues in technical applications, has become a core issue that urgently needs to be addressed in the current construction industry.

Keywords: mechanical and electrical installation engineering; construction technology; quality control

引言

机电安装工程作为建筑项目的重要组成部分, 涵盖了电气、暖通、给排水等多个系统的安装与调试。随着建筑质量要求的不断提高, 机电安装工程的技术标准也在逐步提升, 施工质量与技术水平已成为决定工程是否能够顺利完成的关键因素之一。高效精准的施工技术与完善的质量控制措施, 是确保机电系统正常运行并延长其使用寿命的基础。探讨机电安装工程中的关键施工技术与质量控制方法, 分析施工过程中的常见问题与技术要点, 从而为提升机电安装工程施工质量提供理论依据与实践指导。

1 机电安装工程施工技术与质量控制的重要性

机电安装工程作为建筑项目的重要组成部分, 直接影响着建筑物的安全性、功能性及后期运营效果。随着现代建筑规模的不断扩大, 机电设备的复杂性日益增加, 对施工技术与质量控制的要求变得愈加严格。施工质量的高低直接决定了项目的安全性, 特别是在电气配电、空调系统、消防设施等关键环节, 任何技术疏忽或质量问题都可能导致系统故障、能源浪费, 甚至引发严重的安全隐患。质量控制贯穿于设计、材料采购、安装调试等各个环节, 施工过程中, 任何细节上的疏忽都可能对项目的最终效果产生

不良影响。因此, 质量控制不仅是确保项目顺利交付的基本保障, 也成为提升企业竞争力的关键。通过精细化的质量管理, 能够有效避免设备运行不稳定、系统不协调等问题, 确保机电设备的长期稳定运行。精准的施工技术与严格的质量把控, 不仅满足了现代建筑对高性能、低能耗及可持续发展的需求, 更为项目的成功奠定了坚实基础。机电安装工程的技术水平与质量控制措施不仅直接影响项目竣工验收的结果, 还对建筑物后期运营成本产生深远影响。高质量的施工能够显著减少后期维护与修复的频率, 降低能源消耗, 延长设备的使用寿命, 从而有效减少运营成本及环境负担。因此, 精细的施工技术与严格的质量控制措施, 最终为项目的长期效益和建筑的整体品质提供了保障。

2 机电安装施工技术应用中的常见问题

2.1 安全性问题

在机电安装施工过程中, 安全问题始终是必须优先考虑的关键因素。高空作业、电力设备接触及重物搬运等高风险环节, 常常出现在施工现场, 使施工人员面临显著的安全隐患。尤其在电气设备的安装过程中, 施工人员操作高压电器与线路, 稍有不慎便可能发生触电事故, 严重时甚至危及生命安全。机电安装工作涉及多个专业的交叉作

业,若施工人员与技术人员之间缺乏有效配合,操作失误或安全隐患的积累极容易发生。室外安装作业时,天气条件的不确定性也增加了安全风险,恶劣天气如雨雪、强风等,显著提升了滑倒、摔伤等意外的发生概率,若施工人员未能采取充分的防护措施,事故发生的概率便大幅上升。施工区域内的临时设施,诸如脚手架与临时电源设备,若缺乏稳固性或未设安全警示,便极易成为潜在的安全隐患,进一步加剧了施工过程中的安全风险。在设备安装与调试环节中,尤其是变压器与低压配电箱等设备的安装过程中,若操作不规范,可能会导致接地不良或电气元件松动。这不仅影响设备的正常运行,还可能引发短路、过载等故障,甚至引起火灾等严重后果。在设备试运行,任何细节上的疏忽都可能引发严重的安全事故,尤其是在进行高压试验时,稍有不慎可能引发爆炸或电击等危险。安全问题贯穿施工的各个环节,除了操作时的防护措施外,在全过程的管理中持续关注安全更为重要。

2.2 专业交叉与协调问题

机电安装工程涉及多个专业领域,如电气、暖通空调、给排水、消防等,这些领域在施工过程中往往会产生复杂的交叉与协调问题。在实际施工中,不同专业的工作内容常常交织在一起,虽需紧密协作,但在空间受限的情况下,时常出现相互制约的情形。以电气安装与空调管道布置为例,二者的冲突时有发生,施工时往往需要反复调整或重新设计,才能有效解决这些矛盾。在进度方面,某一专业的延误,必然会影响其他专业后续工作的开展,从而导致整个施工进度的拖延。不同专业施工人员之间,由于技能要求的差异,沟通与协作经常存在障碍。施工要求的理解往往存在差异,导致施工标准的不统一,甚至引发操作失误或质量问题。例如,在电气设备布线与管道铺设的过程中,尽管两者紧密相关,但各专业人员专注于自身领域,常常忽视了彼此之间的协调。这种情况使得施工质量控制的难度加大,问题常在项目后期显现,进而导致返工或修复的情况频繁发生。管理层的统筹不足,也是导致专业交叉问题的主要原因之一,若项目管理未能充分考虑各专业之间的接口与衔接点,施工现场往往会出现混乱,进度被拖延,甚至引发安全隐患。专业之间的交叉与协调问题不仅影响施工效率,还会对工程质量与安全产生深远的影响。

3 机电安装工程中的关键施工技术

3.1 低压配电箱安装技术

低压配电箱在机电安装工程中占据着至关重要的地位,它主要承担着电力的分配、控制与保护职能,直接关系到电力系统的安全与稳定。安装过程中,不仅要求技术精准,还需严格遵循安全规范,确保各项安装标准的落实。在室内低压配电箱的安装中,必须选择一个稳定的环境进行操作。配电箱位置需精确定位,确保其安装位置符合要求,同时要标明清晰的配电装置标识,避免与其他电器设

备发生干扰,确保电气系统的正常运作。配电箱的外表面需涂抹光滑油漆,以提升美观性及耐用性,并且涂层材料必须符合环保要求,不影响配电装置的适配性。安装时,底板与配电箱之间要保持适当间隙,避免不规范的连接。在使用电气开关时,如果电流较大或频繁开关,需额外加强防护措施,如使用防护盖或选用防护等级较高的设备确保安全。室外低压配电箱的安装则面临着更多环境挑战,由于外界气候变化无常,配电箱的防护性能显得尤为重要。为防止雨水进入,施工人员通常会加装防雨罩以提供额外保护。如果配电箱安装在公共场合,必须安装牢固的门,并保持其上锁状态,以防止人为破坏或触电事故的发生。在选择安装位置时,必须避免将配电箱置于人群密集或高流量的区域,减少被触碰的风险。与此同时,施工现场及周围区域必须安装明确的安全警示标识,并采取适当的防护措施,保障现场工作人员及周围人员的安全。

3.2 电气设备安装与调试技术

电气设备的安装与调试是机电安装工程中的重要环节,对电力系统的稳定性和安全性有着直接的影响。在安装过程中,必须严格遵循设计图纸和技术规范,每一项设备在安装前都应经过详细检查,确保完好无损。无论是配电柜、开关设备还是变压器,接线时都应特别注意,确保每一连接都正确无误,避免因接线错误而导致设备故障或短路。同时,设备的固定与防护措施也不可忽视,特别是在高压设备的安装中,应特别关注接地系统的完备性和防护措施的落实,以防触电事故的发生。安装工作完成后,调试工作显得尤为重要,调试不仅是对设备功能进行验证的过程,更是确保设备长期稳定运行的关键步骤。在调试初期,需进行空载试运行,检查设备的工作状态和控制系统是否正常。接着,逐步增加负荷,监测电压、电流、功率等各项参数,确保设备在负荷下能够稳定运行。同时,还应全面测试设备的保护功能,确保过载保护、短路保护、接地保护等措施能够正常启动,从而有效防止设备损坏和电力系统故障的发生。调试过程中,还应进行系统联动测试,以验证电气设备与其他系统(如空调、消防、暖通等)之间的协调性。在复杂的机电系统中,各设备间的协作关系紧密,必须确保信号的准确传递与响应的正常,以免因误操作或信号失效引发系统故障。每个阶段的调试过程,都应详细记录相关数据,为设备的后期维护和操作提供有力的技术支持。

3.3 变压器安装与调试技术

变压器在电力系统中占据着至关重要的地位,其安装与调试的质量直接影响着电力传输的效率以及系统的安全运行。安装变压器时,基础的稳固性必须首先得到确认,承载能力应符合设计要求,同时,防潮、防腐的措施也要到位,以防潮湿、污染或过度振动对设备造成损害^[1]。变压器的安装位置还应满足通风与散热的要求,以确保设备能够在长期使用中保持稳定运行。在接线过程中,严格按照高压与低压

侧的接线规范进行操作是必不可少的,每一个接线点都应牢固、符合标准,避免因接触不良或接线错误导致的设备故障。同时,接地系统的设计也应得到充分重视,接地电阻必须符合标准,以排除任何潜在的安全隐患。完成设备安装后,调试工作显得尤为关键。首先,绝缘性能必须经过测试,确保符合设计要求。然后,进行空载试运行,监测变压器的工作电压、温升等重要参数。负载测试时,应逐步增加负载电流,并持续监控设备的运行数据,确保设备在负载状态下能够稳定运行。调试过程中,还需检查设备的保护功能,确保过载保护、短路保护等安全功能能在出现异常时及时启动,避免设备损坏或发生事故。调试阶段还应包括与其他设备的配合测试,确保变压器能够与电网中的其他系统协调运行。例如,在电网发生故障时,变压器应能够迅速切换,以防止系统崩溃。所有调试过程中采集的相关数据应详细记录,为今后的维护、操作及系统优化提供数据支持。

4 机电安装工程施工质量控制措施

4.1 加强关键环节质量控制

在机电安装工程中,施工质量直接决定了系统的安全性与可靠性。为确保项目按预期顺利完成,关键环节的质量控制至关重要。在项目启动时,应进行详细的技术交底,明确每一施工环节的标准与质量要求,确保施工人员能够充分理解设计图纸及技术规范。尤其是在电气安装、管道布设和设备调试等环节,任何细节上的疏忽都可能影响工程质量。以电气配电箱的安装为例,必须保证电气连接的稳定性及接线的精准性,避免因微小失误引发潜在的安全隐患;在管道安装过程中,必须确保管道的密封性与耐压性,以防漏水或漏气现象的发生。提高施工质量,施工人员的技术能力与责任心至关重要,在施工阶段应定期进行技术培训与现场监督,确保每一操作人员都具备必要的专业技能^[2]。巡检人员需时刻关注现场,及时发现问题并采取有效措施,避免不合格的施工影响后续的系统调试及设备正常运行。对于关键设备,如变压器、配电柜等,必须在安装与调试前进行全面检查,确保设备符合技术要求,并在试运行中验证其性能。质量控制不仅仅依赖于技术,还需要通过建立完善的质量管理体系来实施。每个工作流程应清晰明确,责任分配应明确,确保潜在问题能被及时发现并解决。定期组织质量检查会议,总结施工过程中的问题,确保质量管理措施得以有效执行。

4.2 材料质量控制

在机电安装工程中,材料质量对施工效果及后期使用

的安全性具有至关重要的影响。因此,对材料进行严格的质量管理显得尤为关键。在材料采购阶段,施工单位应严格遵循设计要求与国家标准,确保选择的供应商和品牌具有良好的信誉,并确保所有材料的来源清晰且可追溯。采购过程中,供应商应提供必要的质量检验证明,且进场材料必须经过现场检验,确保其符合技术规范与质量标准。在材料的存储与运输过程中,必须采取适当的防护措施,以确保材料不会因储存环境不当而受潮、损坏或变形。特别是对于电气设备、配件及管道类材料,应特别关注存储环境的温湿度控制,确保材料在使用前保持最佳状态。所有材料应按类别进行分类存放,并做好清晰标识避免混用。材料进入施工现场后,应对其规格、型号及数量进行再次检查,确认其符合设计要求^[3]。在施工过程中,严格控制材料的使用,以避免使用不合格材料或造成材料的过度浪费。对于特殊材料,如电线电缆与变压器等需定期进行抽检,确保其质量持续符合规范。如发现不合格材料,应立即替换,并追溯其问题来源,以避免不合格材料进入后续的安装环节。施工期间,需建立完善材料台账,详细记录每批次材料的采购、检查及使用情况,确保材料管理具有清晰的依据并可追溯。

5 结语

机电安装工程在现代建筑中发挥着至关重要的作用,其施工技术与质量控制直接决定了项目的安全性与稳定性。通过关键施工技术的精确应用与质量控制的加强,施工过程中常见的问题可以有效解决,从而确保设备得以高效安装与调试。此外,完善的质量管理体系与严格的材料控制,作为工程顺利完成的核心理论基础不容忽视。随着技术的不断进步与管理逐步优化,机电安装工程的质量与效率将不断提升,为建筑行业的高标准发展提供坚实保障。

[参考文献]

- [1]汪晨,彭翥南,董桐存,等.机电安装工程中关键施工技术及其质量控制措施研究[J].品牌与标准化,2023(5):112-114.
- [2]李世军.试论机电安装工程中关键施工技术及其质量控制措施[J].中国新通信,2020,22(1):228.
- [3]李斌.机电安装工程给排水的设计及施工关键技术研究[J].居舍,2021(21):88-89.

作者简介:赵秋(1970.8—),毕业院校:中央广播电视大学,所学业:土木工程,当前就职单位:中建二局第三建筑工程有限公司,职务:机电经理,职称级别:正高级工程师。

机械工程领域中人工智能技术的发展趋势和应用前景

毛景林

天津瀛德冷链技术有限公司, 天津 300000

[摘要] 这篇论文探讨了人工智能技术在机械工程领域的发展趋势和应用前景。近年来, 人工智能技术迅速发展, 并在机械工程中展现出广泛的应用潜力。文中首先回顾了人工智能在机械工程中的关键技术进展, 包括机器学习、深度学习和计算机视觉等。接着, 分析了这些技术在设计优化、故障诊断、智能制造和自动化控制等方面的具体应用实例。研究表明, 人工智能不仅提高了生产效率和产品质量, 还推动了机械工程向智能化和自动化方向的发展。此外, 文中还讨论了当前面临的挑战, 如数据隐私、安全性和技术人才短缺等问题。最后, 文中展望了未来的发展方向, 强调了跨学科合作和持续创新对于推动人工智能在机械工程领域的应用至关重要。通过这项研究, 期望为相关领域的研究人员和工程师提供有价值的参考和指导。

[关键词] 人工智能; 机械工程; 深度学习; 智能制造; 跨学科合作

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15706

中图分类号: TP336

文献标识码: A

The Development Trend and Application Prospects of Artificial Intelligence Technology in the Field of Mechanical Engineering

MAO Jinglin

Tianjin Yingde Cold Chain Technology Co., Ltd., Tianjin, 300000, China

Abstract: This paper explores the development trends and application prospects of artificial intelligence technology in the field of mechanical engineering. In recent years, artificial intelligence technology has rapidly developed and demonstrated extensive application potential in mechanical engineering. The article first reviews the key technological advancements of artificial intelligence in mechanical engineering, including machine learning, deep learning, and computer vision. Subsequently, specific application examples of these technologies in design optimization, fault diagnosis, intelligent manufacturing, and automation control were analyzed. Research has shown that artificial intelligence not only improves production efficiency and product quality, but also promotes the development of mechanical engineering towards intelligence and automation. In addition, the article also discusses current challenges such as data privacy, security, and a shortage of technical talent. Finally, the article looks forward to future development directions and emphasizes the importance of interdisciplinary collaboration and continuous innovation in promoting the application of artificial intelligence in the field of mechanical engineering. Through this study, it is expected to provide valuable references and guidance for researchers and engineers in related fields.

Keywords: artificial intelligence; mechanical engineering; deep learning; intelligent manufacturing; interdisciplinary cooperation

引言

随着第四次工业革命的浪潮, 人工智能技术在各个领域得到广泛应用, 尤其在机械工程领域展现出深刻的变革。深度学习、机器学习、计算机视觉等技术提高了生产效率与精准度, 推动机械工程进入智能化、自动化时代。近年来, 人工智能在设计优化、故障诊断、智能制造和自动化控制等方面取得了显著进展, 展现出巨大的应用潜力。然而, 实际应用过程中, 数据管理、安全性和技术人才短缺等问题仍是挑战, 影响了技术的深度应用和产业创新。本文通过回顾人工智能在机械工程领域的关键技术发展及其应用案例, 分析其成效与遇到的挑战, 旨在为相关研究人员、工程师和政策制定者提供宝贵的洞见和指导, 并促进学术界与工业界的跨学科合作, 推动持续创新。

1 技术进展概述

1.1 人工智能在机械工程中的关键技术

人工智能技术在机械工程领域的关键技术已成为推

动行业进步的重要力量^[1]。机器学习作为人工智能的核心, 提供了从海量工业数据中提取有价值信息的能力。通过建立数学模型, 机器学习能够进行预测分析、模式识别和决策支持, 显著提高了机械系统的设计决策质量和效率。深度学习则进一步扩展了人工智能的应用范围, 其多层神经网络结构使得复杂模式识别和数据处理成为可能, 这在复杂机械系统的故障诊断和预测性维护中表现尤为突出^[2]。

计算机视觉技术在机械工程中的应用也不容忽视。它通过图像和视频数据分析, 实现自动检测和质量控制, 极大地提升了产品的生产一致性和精确度。例如, 通过高精度的图像识别, 机械装配线能够实现实时监控和调整, 提高生产过程的灵活性和智能化水平。自然语言处理等技术在机械工程中的引入, 使得人机交互更加自然和高效, 为智能制造系统的开发和优化创造了新的机遇。在这些关键技术的推动下, 机械工程正经历前所未有的变革, 逐步向

智能化、自动化方向迈进。

1.2 机器学习与深度学习的进展

机器学习和深度学习在机械工程中的发展显著推动了该领域的技术进步。机器学习提供了一种利用大量数据进行模式识别和决策支持的强大工具。这使得机械系统的设计和优化过程更加高效和智能化。例如，通过训练算法来预测和优化机械部件的性能，可以显著减少实验成本和时间。深度学习，以其复杂的神经网络结构，进一步拓宽了应用前景，尤其在图像和信号处理领域。这种技术可以对来自传感器的数据进行实时分析，提高设备的状态监测和故障诊断能力，如图1所示：

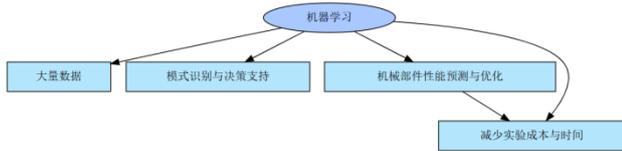


图1 机器学习在机械工程中的进展及其应用

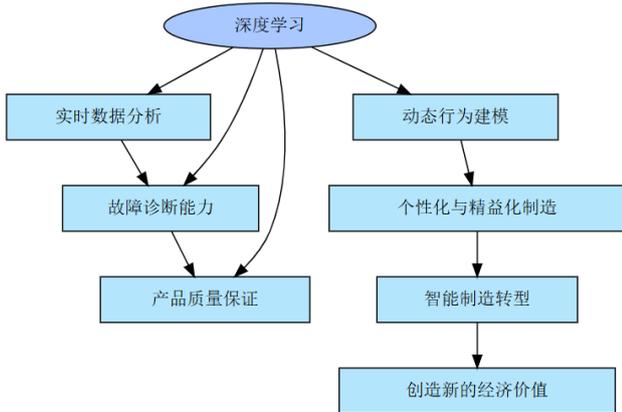


图2 深度学习在机械工程中的进展及其应用

如图2所示，通过深度学习模型，可自动检测并分类生产线上的产品瑕疵，保证产品质量。结合模拟与仿真的深度学习模型为复杂系统的动态行为建模提供了新的可能性。在工业实践中，这种技术进展支持了制造过程的个性化和精益化，推动了从传统制造向智能制造的转型。机器学习和深度学习的进展不仅提升了机械系统的自动化程度，还在推动产业升级和创造新的经济价值方面发挥了关键作用。

1.3 计算机视觉技术的机械应用

计算机视觉技术在机械工程中的应用日益广泛，其通过图像识别、目标检测和三维重建等方法，优化了多个机械工程领域的流程。在生产线上，计算机视觉用于自动检测和分类产品缺陷，提高质量控制的精度和效率。该技术还支持设备维护中的故障诊断，通过分析设备图像数据及时识别潜在问题。在机器人领域，计算机视觉赋予机器人环境感知和自主导航能力，促进了智能制造和自动化操作的进步。通过这些应用，计算机视觉技术为机械工程注入了新的活力和创新动力。

2 人工智能带来的效率和质量革新

2.1 生产效率的提升实例

在现代机械工程中，人工智能技术显著提升了生产效率，为制造企业带来了颠覆性的变革。以智能制造系统为例，以往依赖于人工监控和调度的生产线，现在借助于人工智能实现了实时的数据分析和优化，其生产效率得到了极大的提升^[3]。通过引入机器学习算法，可以对生产过程中的数据进行深度分析，从而识别出影响效率的关键因素，并提供优化操作方案。例如，利用深度学习模型，制造企业能够在设备运行中实时检测出潜在故障，从而提前预防可能导致的停机事故，提高设备利用率。

在柔性制造中，机器人通过人工智能的辅助，可以更为灵活地执行复杂作业任务，适应不同产品线的快速切换，显著缩短产品的生产周期。具体应用如智能仓储系统中，通过计算机视觉技术和路径规划算法，自动导引车可以自主完成物料搬运和存取操作，优化了仓储流程的效率。人工智能还支持自适应的生产调度系统，能够根据订单变化和生​​产状态实时调整生产计划，确保资源的最优配置和生产效率的最大化。这种技术进步不仅带来了直接的经济效益，也为企业在激烈的市场竞争中提供了强有力的技术支持。

2.2 产品质量控制与改进

人工智能技术在产品质量控制与改进方面发挥了重要作用。在机械工程中，通过机器学习和深度学习算法，可以处理和分析大量的质量检测数据，从而提高缺陷检测的准确性和效率。计算机视觉技术的应用，能够实现对产品表面质量的全自动化检测，有效减少人为误差，确保产品一致性和可靠性。

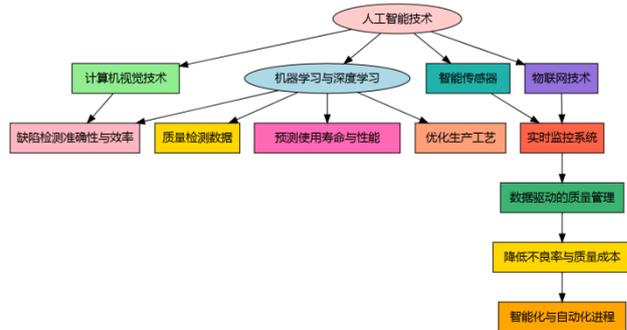


图3 人工智能在产品质量控制与改进中的应用及其影响

如图3所示，人工智能还被用于预测产品的使用寿命和性能表现，通过分析生产过程中的变量，识别潜在的质量问题，进而优化生产工艺。智能传感器和物联网技术的结合，更是推动了实时监控系统的​​发展，使得在线质量监测和反馈机制得以实施。这些技术的应用，不仅降低了产品的不良率和质量成本，也为企业提供了数据驱动的质量管理模式，进一步推动了机械工程领域的智能化和自动化进程。

2.3 自动化与人机协作的新模式

人工智能技术在自动化与人机协作中的应用，正引领

机械工程领域向新的模式迈进。智能算法可以高效处理复杂任务，将重复性和高风险的工作自动化，从而释放人力资源以专注于更具创造性的任务。协作型机器人，结合计算机视觉和机器学习等技术，实现了与人类共同工作的能力，提升了生产线的灵活性和应变能力。这种新模式不仅提高了生产效率，还显著改善了工作环境的安全性和舒适度。未来，随着技术的进一步发展，自动化与人机协作的模式将更具智能化和定制化。

3 面临的挑战与应对策略

3.1 数据隐私保护与安全性问题

人工智能技术在机械工程领域的广泛应用伴随着数据隐私保护与安全性问题的复杂挑战。由于人工智能算法对高质量大数据的依赖，在数据采集、存储和传输过程中，可能发生个人或企业敏感信息的泄露^[4]。随着工业自动化的推进，机械设备的智能化程度提高，网络攻击和系统漏洞利用的风险骤增，可能导致生产系统瘫痪或产品质量受损。这些安全性隐患不仅威胁工业生产的稳定性，还可能影响相关行业的用户信任和法律合规性。

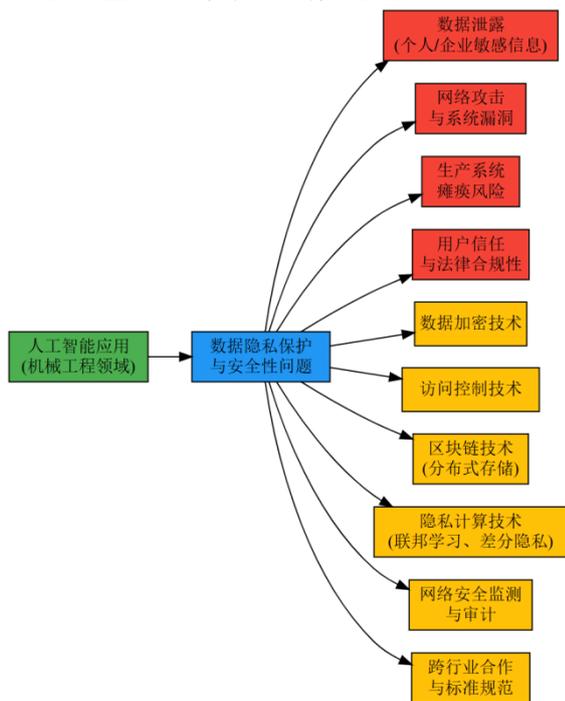


图4 数据隐私保护与安全性问题的相关要素及其相互关系

如图4所示，为应对数据隐私与安全的风险，加强数据加密和访问控制技术的使用至关重要。采用区块链技术构建分布式数据存储体系可有效提升数据完整性与防篡改能力。在数据使用过程中，隐私计算技术如联邦学习和差分隐私的引入，可以在提高数据利用率的同时保护敏感信息。搭建安全可控的网络物理系统，加强网络安全监测，定期审计与更新安全策略，有助于降低外部攻击的威胁。实现跨行业合作，建立数据保护标准与安全管理规范，能够为

人工智能在机械工程的可持续发展提供坚实保障。

3.2 技术人才供应与教育培养

技术人才的供应与教育培养是人工智能在机械工程领域进一步发展的关键因素之一。目前这一领域面临技术人才短缺的问题，不仅表现为数量的不足，还存在专业技能与行业需求之间的显著差距。在机械工程中应用人工智能技术，要求相关从业者具备扎实的工程背景及深入的人工智能理论与实践能力^[5]。当前的教育体系尚未完全适应这一复杂的学科融合，仅提供单一学科知识的培养模式难以满足行业需求。

针对这一问题，加强教育体系改革刻不容缓。应在高等教育阶段建立跨学科课程体系，将机械工程核心知识与人工智能技术深度结合。需整合产业与教育资源，打造产学研合作平台，为学生提供更多实践机会。可以通过持续职业培训，帮助现有工程师掌握人工智能相关技能，以解决技术更新带来的知识空白。加强国际合作、引进高水平专家也有助于快速提高技术人才的培养质量。只有通过多层次、多维度的人才培养策略，才能缓解技术人才短缺，支撑人工智能在机械工程领域的长远发展。

3.3 技术标准化与行业政策制定

技术标准化与行业政策是人工智能在机械工程领域广泛应用的基础保障。当前，缺乏统一的技术标准导致不同系统之间的互操作性不足，限制了技术推广和协同效应的实现。行业政策的不完善可能导致市场监管滞后，进一步加剧技术应用的不确定性。建立全面的技术标准体系和健全的行业政策，有助于规范技术开发与应用，确保技术透明性和安全性，并为行业的长期发展营造良好的生态环境。政府、学术机构与企业间的协作是实现这一目标的关键。

4 未来发展趋势与跨学科合作视角

4.1 跨学科合作的重要性与潜力

跨学科合作在人工智能与机械工程的融合过程中扮演着至关重要的角色。人工智能技术的发展需要涉及多学科的知识背景，包括计算机科学、统计学、工程学等，而机械工程领域的复杂性也促使科研人员和工程师寻求多方面的合作。跨学科合作能够有效整合不同领域的专业知识，促使复杂问题的创新性解决方案诞生。这种合作不仅能够加速技术的创新和应用，还能推动各学科间的相互交融与促进，例如计算机科学与机械设计相结合，实现更高层次的智能制造系统。

在此背景下，跨学科团队可以通过多元化的视角和方法，推动机械工程领域的改革与进步。这种合作也能通过共享资源和设施，降低研发成本，提高科研效率，增强竞争力。异构领域的科学家和工程师共同工作，可以培养具备多领域知识和技能的人才，进一步缓解技术人才短缺的现状。跨学科合作展现了巨大的潜力，巩固了人工智能技术在机械工程领域的发展基础，为未来的技术突破创造了良好的条件。

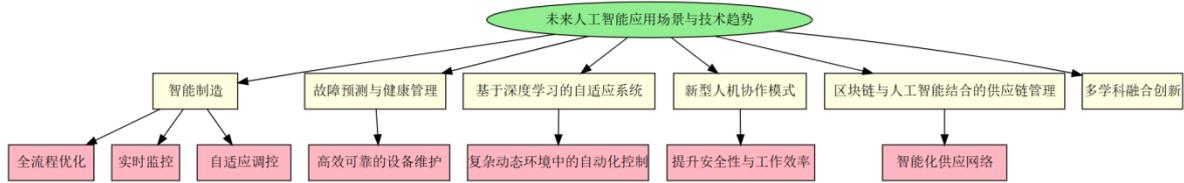


图5 人工智能在机械工程领域的未来应用场景

4.2 持续创新的策略与机制

为实现人工智能在机械工程领域的持续创新,构建完善的策略与完善的机制尤为关键。应通过加大研发投入,鼓励企业和研究机构在智能算法、模型优化与工程应用之间找准平衡点,不断推出具备行业适应性的技术成果。这要求从技术预研到工程化实现的每个环节都需要精准地对接产业需求,确保理论突破能够快速转化为实际应用。建立开放协作的创新生态体系至关重要。通过构建企业、高校及科研院所之间的深度合作网络,促进知识共享与资源整合,为更多创新提供支持渠道。应推行创新激励政策,以完善知识产权保护机制,打造良性竞争与分享的环境,激发工程师与研究人员的创造潜力。在机制设计层面,建议设立跨学科创新平台,鼓励机械工程与人工智能相关领域专家共同探讨前沿应用问题,加速面向工业需求的多学科复合型人才培养。通过创新的策略与科学高效的机制,人工智能将在推动机械工程迈向智能化、自动化和精准化方面发挥更大的引擎作用。

4.3 预测未来应用场景与技术趋势

未来,人工智能在机械工程领域的应用场景将持续拓展,呈现出高度智能化和精准化的趋势。在智能制造中,利用人工智能技术实现全流程优化、实时监控和自适应调控将成为关键发展方向。故障预测与健康监测技术将更加广泛地应用于高效可靠的设备维护。基于深度学习的自适应系统将在复杂动态环境中的自动化控制中发挥重大作用。新型人机协作模式将进一步增强人工与智能系统的协同效能,提升安全性与工作效率。区块链与人工智能结合的供应链管理技术也将在工业领域占据重要地位,推动智能化供应网络的发展。如图5所示,这些趋势依赖于多学科的融合创新,推动机械工程向高度智能和系统集成迈进。

5 结束语

本研究深入探究了人工智能技术在机械工程领域的发展态势与应用前景,尤其关注了机器学习、深度学习和计算机视觉等关键技术在设计优化、故障诊断、智能制造与自动化控制等方向的运用情况。研究显示,这些技术的运用极大提升了生产效率和产品质量,推动了机械工程向智能化与自动化的转型,引领了领域内的革命性变革。尽管取得了积极进展,但人工智能技术在工程实践中还面临数据隐私、技术人才短缺以及在复杂环境下适应性和鲁棒性方面的挑战。未来,人工智能将借助深度学习、自然语言处理等先进技术,在设计与制造全过程中发挥更大作用,并将通过加强基础理论与实践应用的结合,获取更广泛的应用。这一领域的发展不仅带来了前所未有的机遇,也提出了新挑战,期待此研究能为其他研究人员和工程实践者提供宝贵的参考。

[参考文献]

- [1]周鉴明. 人工智能技术在机械工程领域中的运用价值[J]. 装备维修技术,2021(20):0093-0093.
 - [2]余方. 新时代下人工智能技术在机械工程领域中的应用研究——评《人工智能应用技术基础》[J]. 铸造,2020,69(9):44-45.
 - [3]刘梦. 机械电子工程领域中人工智能技术的应用分析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(12):0398-0400.
 - [4]杨波. 浅谈机械电子工程领域中的人工智能技术应用[J]. 数码设计(上),2020,9(5):106-107.
 - [5]杨茂清. 人工智能技术在机械电子工程领域的应用[J]. 计算机应用文摘,2022,38(5):23-25.
- 作者简介:毛景林(1990.7—),男,民族:汉,籍贯:浙江省江山市人,学历:本科,研究方向:人工智能在机械工程的应用。

中深层地热能钻井技术施工中存在的常见问题

党崑¹ 杨悦² 李波³

1. 陕西西咸新区创拓新能源发展有限公司, 陕西 咸阳 712000
2. 西咸新区盛源裕能科技发展有限公司, 陕西 咸阳 712000
3. 西咸新区城市设施管理有限公司, 陕西 咸阳 712000

[摘要] 由于地质条件复杂、地层温度高、压力大, 中深层地热能钻井施工中经常遇到井壁不稳定、钻井液失效、钻头磨损过快以及设备故障等问题。这些问题不仅增加了钻井难度, 还导致施工周期延长和成本上升。此外, 施工过程中的安全隐患和环保问题也对项目的顺利推进构成挑战。论文分析了这些问题的原因, 并提出了措施, 旨在提高钻井效率、降低风险, 并确保施工安全和环境保护。

[关键词] 中深层; 地热能; 钻井技术; 施工问题; 措施

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15707

中图分类号: P634

文献标识码: A

Common Problems in the Construction of Mid to Deep Geothermal Energy Drilling Technology

DANG Wei¹, YANG Yue², LI Bo³

1. Shaanxi Xixian New Area Chuangtuo New Energy Development Co., Ltd., Xianyang, Shaanxi, 712000, China
2. Xixian New Area Shengyuan Yuneng Technology Development Co., Ltd., Xianyang, Shaanxi, 712000, China
3. Xixian New Area Urban Facilities Management Co., Ltd., Xianyang, Shaanxi, 712000, China

Abstract: Due to the complex geological conditions, high formation temperature, and high pressure, problems such as unstable wellbore, drilling fluid failure, rapid drill bit wear, and equipment failure are often encountered in the construction of mid to deep geothermal energy drilling. These issues not only increase the difficulty of drilling, but also lead to longer construction periods and higher costs. In addition, safety hazards and environmental issues during the construction process also pose challenges to the smooth progress of the project. The paper analyzes the causes of these problems and proposes measures aimed at improving drilling efficiency, reducing risks, and ensuring construction safety and environmental protection.

Keywords: mid to deep level; geothermal energy; drilling technology; construction problems; measures

引言

中深层地热能钻井技术在开发深层地热资源及实现可持续能源利用中扮演着重要角色。然而, 由于地层条件复杂且钻井环境极为严苛, 施工过程中常常面临一系列技术与工程难题。这些问题不仅可能影响施工进度, 还可能对安全性、经济性以及环境保护带来一定挑战。常见的困难包括: 地层复杂性导致的井壁稳定性差、钻井技术的不适应性、设备与材料的可靠性问题, 以及施工过程中存在的安全与环保隐患。特别是在钻探中深层地热井时, 往往需要穿越高温高压地层及坚硬岩石, 这对钻井技术与设备性能提出了严峻考验。此外, 钻井液的配方、钻头的选择及施工工艺的优化等因素, 都会直接影响整个钻井过程。因此, 深入研究这些常见问题, 并提出相应的技术对策, 不仅有助于提高钻井施工效率与成功率, 也能在降低工程成本的同时, 确保施工安全与环境的可持续发展。本文旨在分析中深层地热能钻井施工过程中遇到的问题, 探讨解决方案, 并为进一步优化地热能开发提供理论依据与技术指导。

1 地热能供热

1.1 地热间接供热

地热间接供热技术通过热交换设备将地热资源中的热能传递给供热系统。具体过程是, 地热水通过深井被提取, 经过热交换器与供热循环水进行热量交换, 从而加热水或空气, 用于供暖或热水供应。在这一系统中, 地热水与供热循环水并不直接接触, 而是通过换热器完成热量的传递。这种方式有效地避免了直接利用地热水可能引发的污染与腐蚀问题。随着热量的传递, 地热水的温度会逐渐下降, 通常需要经过二级换热器进一步调节, 以确保系统的高效与稳定运行。与直接供热系统相比, 地热间接供热在热能控制与利用效率方面具有明显的优势, 能够根据需求灵活调节温度, 同时减少对地热水的依赖。此项技术不仅适用于住宅及商业建筑等区域的集中供热, 还能与热泵系统相结合, 从而提升整体系统的效率与稳定性。在冬季采暖需求较为集中的地区, 地热间接供热被视为一种环保且可持续的能源利用方式。

1.2 地热+热泵机组

地热+热泵机组供热系统通过深井潜水泵从开采井提

取地热水，并通过地热管线将其输送至一级直供换热器。在一级换热器中，地热水与供热循环水进行热交换，将热量传递给供热循环水，温度下降后的地热水再通过管线送至二级换热器进行二次换热，将热量传递给二级板换与热泵蒸发器侧之间的循环水，为热泵机组提供热源。经过二级换热器后，温度降低的地热水通过输水管线回灌至回灌井。与此同时，经过一级换热器换热和热泵机组制热后的供热循环水温度升高，通过供热管线输送至热用户。供热用户使用后，温度降低的供热循环水再返回供热管线，送至一级换热器和热泵机组冷凝器侧，再次进行热交换、提高温度，完成整个循环。该系统工艺较为复杂，造价和生产运营成本较高。尽管热泵机组在调峰时承担热负荷的能力有限，但其高效的地热能利用率是该系统的一大优势。

1.3 地热+热泵机组+调峰锅炉

地热+热泵机组+调峰锅炉系统是一种集地热能、热泵技术及传统锅炉优势于一体的复合型供热方案，能够有效应对不同季节及负荷变化所带来的供热需求。该系统通过深井提取地热水，借助热泵机组将地热水中的热量传递给供热循环水，随后通过一级换热器调节供热循环水的温度，从而在高效利用地热能的同时，确保稳定的供热效果。在高负荷需求高峰期，调峰锅炉作为辅助设备被启用，提供额外的热源，保障供热系统的稳定性与可靠性。热泵机组能够在低温条件下高效运行，而调峰锅炉则能够灵活应对需求波动，特别是在极端寒冷的天气条件下，确保供热系统的持续运行。该系统不仅提升了地热能的利用效率，减少了能源消耗，还通过降低对化石燃料的依赖，减少了碳排放，展现了良好的环保与节能特性。

2 中深层地热能钻井施工中常见问题

中深层地热能钻井施工面临诸多挑战，其中地层问题被认为是影响施工效率及钻井安全的关键因素。地热井通常需要穿越多种地层，包括松散的沉积层、硬岩层以及可能存在的断层带，地层的不稳定性往往导致井塌、井漏、掉块等问题。在高温高压环境下，地层裂隙的渗透性变化可能进一步加剧井漏的风险，从而给施工带来更大的困难。此外，某些地区的地层中可能富含高压气体或含水层，这增加了井控管理的难度，要求采取特殊的钻井策略以防止井涌或井喷现象的发生。除了地层问题外，钻井技术问题同样是施工中的难点之一。中深层地热井的井深通常较大，钻头的磨损严重，钻进速度逐渐下降，这直接影响施工进度。钻井液的性能对井壁稳定性、岩屑携带效率以及钻具冷却效果至关重要，但在高温地热井环境下，钻井液容易发生降解、失水或变质，导致作业异常。复杂的井眼轨迹和大倾角井的施工也使定向控制变得更加困难，尤其是在硬岩地层中，轨迹调整的误差可能导致钻头偏离预定目标，从而影响钻井的成功率。设备与材料问题也同样影响施工质量与效率。地热井的施工环境极端，高温高压可能

使钻机、钻具、套管及固井材料的性能下降，甚至发生早期失效。例如，在高温环境下，钻头的磨损加剧，导致钻井周期延长，而传统固井材料在高温下可能出现水泥环裂缝、套管变形等问题，进而影响井身结构的长期稳定性。此外，地热井往往需要使用特殊合金材料的套管以及耐高温、耐腐蚀的固井材料，这增加了施工成本及设备维护的复杂度。在施工过程中，安全与环保问题同样不可忽视。由于地热井处于高温高压环境，井下条件复杂，井喷、井漏、钻具卡阻等突发事件的风险较高，因此必须采取严格的井控管理及完善的应急预案，以确保施工安全。

3 解决中深层地热能钻井施工问题的技术措施

3.1 针对复杂地层的钻井优化方案

针对复杂地层的钻井优化方案，需综合考虑地质勘探、先进钻井技术以及合理的施工工艺，以提高钻进效率、降低地层风险，并确保井壁稳定。在施工前，必须进行全面的地质勘查与地层分析，准确掌握地层岩性、断裂构造、地下水分布、温度与压力条件等关键因素，以便制定适合的钻井参数及工艺方案。在松散地层中，低密度钻井液的使用以及优化井壁稳定措施的采取，可有效降低井塌风险；而在硬岩地层中，高效的PDC（聚晶金刚石）钻头或滚刀钻头的选用，则能提升钻进速度，减少钻头磨损。在裂隙发育地层，容易发生井漏的情况下，钻井过程中应采用分级密封技术，合理设计套管程序并应用定点固井方法，以最大限度地减少漏失风险。此外，配合高性能堵漏材料与可调密度钻井液的使用，可有效控制地层渗透性，防止井漏或流体侵入。对于压力变化较大的地层，井径的合理设计与井眼轨迹的优化至关重要。通过调整井斜角度、控制钻压与转速，可以有效减少地层破裂压力变化引发的井控风险。在高温高压区域，钻井液系统的配方需进行优化，以保证其在高温下的稳定性，同时采用耐高温、耐磨的钻具，以延长钻头使用寿命并减少因高温导致的设备故障。智能化钻井技术的引入，如随钻测量（MWD）与随钻地层评价（LWD）技术，能够实时监控井下参数，优化钻井轨迹，并根据实际情况调整钻井参数，从而提高复杂地层条件下的钻井成功率。

3.2 钻井液优化与智能控制技术

在中深层地热能钻井施工中，钻井液优化与智能控制技术发挥着至关重要的作用，主要用于维持井壁稳定、冷却与润滑钻头、携带岩屑、防止井漏及井喷，并应对高温高压等复杂工况。由于地热井施工面临的极端环境，高温常常导致常规钻井液的降解、稠化、失水甚至失效，这要求钻井液体系必须经过优化，具备优良的热稳定性、润滑性、携岩能力以及低损失特性。在高温环境下，耐高温聚合物钻井液、高温盐水钻井液或油基钻井液可被采用，以增强钻井液的热稳定性，并降低流变性变化，从而提升井壁的支撑能力。为了减少井漏及地层渗透性对施工的影响，

纳米封堵材料或膨胀型堵漏剂可被加入,增强钻井液的封堵效果,从而防止钻井过程中出现严重漏失现象。此外,智能控制技术为提高钻井液性能与施工效率提供了有效手段。通过实时监测系统(如随钻测量 MWD、随钻地层评价 LWD),能够连续监测井下的温度、压力、钻速及钻井液的性能等参数。结合智能算法与自动控制系统,钻井液的密度、黏度、流速及成分可被动态调整,确保其始终维持在最佳状态,减少因地层变化引发的风险。智能控制技术还可以通过集成远程监控平台,自动调节钻井液的循环、优化固相控制,并高效管理井控风险,从而降低人为操作误差,提升施工安全性。配合智能流变测试设备,钻井液的性能能够实时优化,使其适应不同地层的需求,进一步提高钻井效率并延长钻具使用寿命。

3.3 先进钻头材料与耐磨技术

在中深层地热能钻井施工中,先进钻头材料与耐磨技术起着关键作用,显著提高钻进效率、减少钻头磨损,并延长使用寿命,从而有效降低施工成本,增强作业安全性和稳定性。地热钻探通常面临高温、高压以及复杂地层的挑战,传统钻头因高温软化、剧烈摩擦或岩石冲击而容易迅速磨损甚至失效,因此亟需采用高强度、耐磨性强的钻头材料及表面强化技术以提升钻头的性能。当前,聚晶金刚石复合片(PDC)钻头、高性能硬质合金钻头与金刚石增强钻头在地热钻探中得到了广泛应用。特别是 PDC 钻头,其卓越的耐磨性、高硬度和优良的热稳定性,使其在硬岩钻进中展现出显著优势,钻进效率得以提升,同时更换钻头的频率也得以减少。进一步地,纳米陶瓷涂层、高强度碳化钨涂层或金刚石镀层技术的采用,有效增强了钻头的耐磨性和抗冲击性,确保钻头在极端工况下仍能保持稳定的切削性能,从而降低了因材料疲劳或涂层剥落引发的钻头失效风险。在钻井过程中,为了更精准地优化操作,智能钻头技术已逐渐得到应用。通过集成传感器与数据分析系统,井下的温度、压力、扭矩及钻头磨损状况可被实时监控,结合随钻测量(MWD)与随钻地层评价(LWD)技术,钻头参数得以动态调整,从而进一步提高钻进稳定性,减少非计划停工的时间。此外,为降低钻头磨损的程度,钻井参数的优化同样至关重要。合理控制钻压、转速与排量,减少不必要的摩擦与振动,同时配合高效润滑的钻井液体系,有助于降低井底摩擦阻力,从而确保钻进过程更加平稳。

3.4 井壁稳定性控制措施

在中深层地热能钻井施工中,井壁稳定性控制措施至关重要,直接影响钻井作业的安全性、施工进度以及井筒的整体结构完整性。地热井通常穿越多种复杂地层,包括松散沉积层、裂隙发育层以及高温高压地层等,这些地层在钻进过程中易引发井塌、掉块、井漏乃至井喷等问题,从而严重影响施工效率及安全。为确保井壁的稳定性,钻前地层勘察显得尤为关键,必须通过精准评估地层结构、

岩石力学性质、孔隙压力及地应力分布,为制定合理的井壁稳定方案提供必要的数据支持。在钻进过程中,钻井液体系的优化作为保证井壁稳定性的关键措施之一,至关重要。通过选择适当的钻井液密度、流变性能与封堵材料,能够有效平衡井壁所承受的地层压力,从而降低井漏及地层流体侵入的风险。尤其在高温地层中,钻井液需要具备较高的热稳定性,以避免因温度升高导致钻井液的失效、稠化或降解,从而影响井壁的支撑能力。除此之外,井眼轨迹的设计与套管程序的优化,同样是提升井壁稳定性的关键措施。针对复杂地层,采用分级扩孔、调整井斜角度等手段,能够有效减少井壁受到的应力集中,从而降低井塌的风险。合理的套管下入深度以及固井质量控制,也能够有效提高井壁的长期稳定性,防止在后期运行过程中出现井筒结构失效的情况。

3.5 设备维护与智能监测技术

设备维护与智能监测技术在中深层地热能钻井施工中的作用至关重要,不仅能够提升设备的工作效率,还能显著降低故障发生的频率,确保钻井作业的安全与稳定。地热钻井施工常面临高温、高压以及复杂地质条件的挑战,设备的性能与可靠性直接影响作业的进展与安全。传统钻井作业中,设备故障和维护不足往往导致停工、损失甚至严重事故的发生。因此,结合定期维护与智能监控技术,不仅能提前识别设备潜在问题,还能延长设备使用寿命,防止因故障引起的钻井停滞。通过在关键设备上安装传感器,智能监测技术实时监控如钻机、钻头、泵、马达等设备的运行状态,包括温度、压力、振动及功率消耗等参数,并将数据传输至监控平台。利用大数据分析机器学习算法,监测系统能够精准预测设备可能出现的故障情况,如超负荷运行、磨损加剧或润滑不足等,从而采取维修或更换措施,在设备出现问题之前避免因设备故障导致的意外停工和施工延期。此外,设备的运行参数还可以通过智能监测系统进行优化,例如根据地质条件调整钻机转速与钻压,从而提高作业效率、降低能源消耗。在设备维护方面,基于条件的预防性维护通过结合设备的使用周期与工作负荷实施,能够确保设备始终处于最佳工作状态,减少不必要的维修开支,并提升钻井作业的整体可靠性。

3.6 绿色施工与环保措施

绿色施工与环保措施在中深层地热能钻井施工中的重要性不可忽视,特别是在资源开发与生态保护之间有效平衡的过程中。尽管地热能开发具有低碳排放和可持续性等优势,如果忽视了施工过程中的环保措施,仍可能对环境产生负面影响。钻井液的使用与处理是其中的一个关键问题,传统钻井液中的化学成分有可能对土壤和地下水造成污染。因此,应选用环保型或水基钻井液,并在钻井结束后进行有效的废弃钻井液回收与处理,以避免其直接排放至环境中。此外,回灌过程的监管必须严格进行,以防

止回灌水引发地层沉降、地下水污染,甚至诱发地震等潜在问题。为降低施工对周围生态系统的干扰,控制施工噪声、粉尘排放及废气污染的措施同样不可忽视,尤其在城市或其他敏感区域施工时。低噪音钻机及封闭式作业设备的选择,能够有效减少对周围居民及环境的影响。在废弃物的处理方面,所有钻井过程中产生的固体废弃物,如岩屑与废弃材料,需按照环保标准进行分类收集与处置,避免随意丢弃或不当处理,以保障施工的环境友好性。

4 结语

中深层地热能钻井施工中所面临的常见问题,主要是由复杂的地质条件、设备性能的局限以及施工中的安全和环保挑战引起的。为应对这些问题,通过优化钻井液体系、采用高性能钻头材料、提升设备管理与维护水平,并应用智能监测技术等手段,钻井效率得以有效提升,施工成本得以降低,施工过程中的风险也得以减少。此外,确保施工过程的安全性、环保要求得到满足,这些措施同样发挥了重要作用。随着技术的不断进步与创新,预计这些问题将逐步得到解决,从而为中深层地热能的高效开发提供更加稳定的技术支持,推动地热能源的可持续利用,并促进

能源结构的优化与环保事业的进一步发展。

[参考文献]

- [1]常宽,张钱江,蒋奇云,等.我国中深层地热能探测技术研究现状[J].地球物理学进展,2025,40(1):54-69.
 - [2]张家云.我国中深层地热能供暖现状及问题研究分析[J].科技创新导报,2017,14(36):44-45.
 - [3]李文静,姚海清,张文科,等.中深层地热能利用技术的研究与发展[J].区域供热,2021(4):50-59.
 - [4]任虎俊.中深层地热能开发利用技术进展及展望[J].中国煤炭地质,2020,31(1):9-11.
- 作者简介:党崑(1990.12—),毕业院校:华北电力大学科技学院,所学专业:热能与动力工程,当前就职单位:陕西西咸新区创拓新能源发展有限公司,职称级别:工程师;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;李波(1985.11—),毕业院校:长安大学,所学专业:环境工程,当前就职单位:西咸新区城市设施管理有限公司,职称级别:工程师。

综合物探技术在矿山水文地质勘探中的应用分析

李晓岚

河北地矿建设工程集团有限责任公司, 河北 石家庄 050011

[摘要]随着矿山资源的开发与水文地质条件的复杂性日益增加,传统的勘探技术往往难以满足矿山水文地质勘查的需求。综合物探技术作为一种高效、精确的勘探手段,能够通过物理性质的变化反映地下水文地质条件,提供更为准确的勘探数据。文章分析了综合物探技术在矿山水文地质勘探中的应用,探讨了其优势、方法与实际操作中的注意事项,为矿山水文地质勘探提供了新的思路和技术支撑。

[关键词]综合物探技术; 矿山; 水文地质勘探; 应用分析; 地质勘查

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15698

中图分类号: P641.7

文献标识码: A

Application Analysis of Comprehensive Geophysical Exploration Technology in Hydrogeological Exploration of Mines

LI Xiaolan

Hebei Geology and Mineral Construction Engineering Group Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050011, China

Abstract: With the development of mines resources and the increasing complexity of hydrogeological conditions, traditional exploration techniques often fail to meet the needs of hydrogeological exploration in mines. Comprehensive geophysical exploration technology, as an efficient and accurate exploration method, can reflect underground hydrogeological conditions through changes in physical properties and provide more accurate exploration data. The article analyzes the application of comprehensive geophysical exploration technology in hydrogeological exploration of mines, explores its advantages, methods, and practical considerations, and provides new ideas and technical support for hydrogeological exploration of mines.

Keywords: comprehensive geophysical exploration technology; mines; hydrogeological exploration; application analysis; geological exploration

引言

矿山水文地质勘探是矿产资源开发阶段至关重要的一环,它不仅牵扯到矿山开采的安全性,还对水资源合理分配及环境保护相关事务有影响,伴随矿山开发深度的加大,传统水文地质勘探手段面临一定的约束,因为在解决这些问题,在矿山水文地质勘探中,综合物探技术渐成重要手段,多种物理探测方法结合后,综合物探技术,切实提升了勘探的精度,扩大了水文地质勘探的深度及范围,有着显著的应用意义。

1 综合物探技术概述

综合物探技术是把多种物理探测方法组合使用形成的先进技术手段,凭借不同探测方法彼此的互补功效,以实现更全面、精准地从地下掌握各种信息,在矿山水文地质勘探工作的具体实施中,一般的物探方法包含地震勘探、电法勘探、磁法勘探和电磁法勘探等。地震勘探依靠分析地下介质弹性波的传播情形,可给出的下层位和结构的分布信息;电法勘探是借助地下电阻率的改变来识别地下水与矿藏是否存在;磁法勘探采用测量地球磁场异常的方式,帮助辨认矿藏和其他地质体的分布;而电磁法勘探基本上通过电磁波与地下介质的相互作用,凭借推测掌握地下物理性质。各个方法带有不同特性,在不同的地质环境以及

勘探目标背景下适用性不同,凭借综合运用这些物探手段,可从多个角度、不同深度得到地下水文地质的全面资讯,有利于提升矿山水文地质勘探的精准度与效率,为后续要进行的矿产资源开采与水文管理提供科学依据^[1]。

2 应用综合物探技术开展矿山水文地质勘探

2.1 地震勘探法

一种利用地震波传播特性研究地下介质结构的技术叫作地震勘探法,借助分析地下介质针对地震波的响应,拿到地下的地质状况及岩层资料,地下介质里地震波的传播速度跟地下岩层的弹性模量、密度、孔隙率等物理性质紧密相关,因此借助对地震波传播速度的剖析,可推断得出地下介质的组成、结构以及层位变化,在矿山水文地质勘查工作实施的期间,借助地震波的传播特性识别地下水流动的主要通道、断层、裂隙以及水源的分布状况,这对矿山水文条件的把握和地下水资源的管理意义重大。

借助人工震源产生地震波是地震勘探法的基本原理,地下介质中地震波传播的时候,会因岩层物理性质的不同而产生不同的传播速度与反射特性,地面上有接收装置接收这些反射波,经过数据的处理后再分析,能勾勒出地下结构的剖面图,表明地下岩层分布、断层、裂隙及水源存在的情形。在矿山水文地质勘探实施阶段,依靠地震勘探

法,不仅能识别水流通道,还可揭示可能影响到地下水流动的断层以及裂隙等地质构造,进而提供出地下水流动主要方向以及储水层分布的情形,经由地震勘探得到的信息,可为矿山水文地质方面的研究提供可靠基础数据,有益于评估矿山的水文状况、预判水源的起伏以及制定合理的地下水资源利用计划,此外这些信息在阻止矿山开采时水害发生、保证地下水资源可长久利用方面意义非凡,因此矿山水文地质勘查期间,地震勘探法起着不可替代的作用,是开展矿山水文分析和地下水资源管理的有效途径^[2]。

2.2 电法勘探法

一种物探方法——电法勘探技术,通过研究地下介质的电阻率差异分析地下结构,该技术凭借不同地下物质电阻率的不一致,不同地质介质中的地下水、矿物、岩石等,电阻率呈现出明显差异,因此采用测量地下电阻率的变化手段,可有效识别出不同的下层位和地质构造。在水文地质勘探期间,频繁应用了电法勘探,尤其可协助辨别水层、含水层的位置及其分布情形,特别在针对浅层地下水的探测精度较高,依靠电流的传导性质,电法勘探技术,可直观体现出地下水层与另外地质层之间的电阻差别,以此呈现地下水体的分布情况以及水文地质情形。

在实际应用落实的阶段,电法勘探技术往往采用人工施加电流并记录电压响应,进一步计算出地下介质的电阻率,经过处理这些数据后,可绘制出地下层相关的电阻率剖面图,助力辨认下的水层、含水层及其渗透能力等关键特点,尤其在矿山开采活动的区域,电法勘探的意义极为关键,它可精准找出地下水的流向、渗透性以及跟岩层的相互作用,这在矿山水文地质条件的审视评估和地下水资源的系统管理上意义重大。此外电法勘探常常跟其他物探方法(如地震勘探、磁法勘探之类)结合运用,为提升综合判断的精准度而为之,把不同物探方法结合起来能互相补充,从多个层面获取地下水文地质的全面信息,把勘探结果的可靠性进一步增强,在矿山开采工作稳步开展中,精准弄明白地下水流动的规律、渗透特性及水源分布情形,能辅助预防矿山水害、合理开发地下水资源,且保障矿山的稳定开采^[3]。

2.3 磁法勘探法

磁法勘探是借助测量地下岩层的磁场强度分布来分析地下地质结构的一种物探技术,地球上绝大多数岩石、矿物展现出一定的磁性,这些磁性情况跟着岩层的变动而变迁,因此依靠测量地下岩层的磁场强度,可对地下岩层分布、构造以及也许存在的矿体加以推断,地质勘探工作当中,磁法勘探应用很广,尤其是在矿山水文地质勘探的作业里,起着重大效能。

在矿山水文地质勘查实施的阶段,识别矿体的边界、断层、裂隙及潜在的水源区等事项,磁法勘探常采用,因为不同年代的岩石和矿物对地磁场的作用效果不一样,磁

法勘探可有效揭示出地下岩层结构与矿体分布,尤其是在矿山区域做水文地质勘探的时候,磁法勘探有助于识别也许存在水源的地质构造特征,仿若断层跟裂隙等,往往它们属于地下水流动的通道或积水的区域。利用对磁场异常的研判,可以把这些呈现潜在状态的水源区定位,从而给后续的水文分析提供有力的佐证,磁法勘探在浅层水文地质条件识别工作中优势明显,跟另外一些物探方法相比,浅层地质勘查特别适合采用磁法勘探,可快速、非侵入性地拿到地下的地质信息。当矿山处于开采工作的阶段,精准掌握地下结构、断层以及水源的分布态势,对水文地质条件的分析而言十分关键,其他物探方法(如地震、电法勘探等)可借助磁法勘探提供的地磁场数据获取有效的辅助数据,辅助综合解析地下水流的路径、渗透性以及潜在的水害危机,此外磁法勘探还可提升勘探效率,缩减多余的钻探工作,降低成本同时增进矿山资源开发的精准水平。

2.4 电磁法勘探法

基于电场和磁场相互作用原理的地质勘探技术就是电磁法勘探,它依靠向地下介质输送电磁波信号开展探测,依靠地下介质对电磁波的反射、吸收及传播特性,结合地下不同层次介质显现出的电导率差异,从而实现对水文地质条件的探查,因地下水的电导率达到较高量级,而岩土层的电导率呈现出低数值,因此电磁法可高效辨别不同地层,由此开展地下水资源的探测工作。

具备较强穿透能力的是电磁法,格外适合开展深层水文地质的勘探操作,跟传统的地面勘探方法相比,就电磁法来讲,不需要直接接触地下水体,由此可避开大量环境影响因素,让探测结果的精准水平更高,它针对地下水的储量、流速以及水文地质特征的判断方面,展现出了极高的灵敏度。经过对地下水电导率变化的深入分析,电磁法不仅能识别水层深度及其分布,还可反映地下水流动的速度跟方向态势,进而可以为水资源的开发与管理提供科学佐证,此外电磁法对地下水位变化的敏感度极高,可依靠展现地下水位变化引起的电导率的波动,助力对地下水动态的监测实施,提前对潜在的水文变化发出警报,为地下水资源合理利用和保护搭建可靠的技术支持体系,因此水文地质勘探作业中,电磁法勘探,尤其是针对深层水文地质条件的调查实践里,体现出不可替代的显著意义^[4]。

3 综合物探技术的优势与挑战

3.1 优势

3.1.1 提高勘探精度

采用综合运用多种地球物理探测技术之举,我们可以从不同角度及多个层次上获取有关地下水文地质的详细内容,包含地震勘探、电磁法、重力法、磁力法等的技术,它们各自表现出相异的探测原理及优势,可达成彼此补充,强化对地下水资源及其周围环境的全面认识。例如借助地震勘探能给出地下结构的图像,通过电磁法可以

揭示地下介质的电导率差异,利用把这些数据结合到一起,可全面认识地下水的分布、流速、储存量等特性,极大增强了勘探工作的精确度与结果的可靠性,这种方法不仅可以助力我们更精准地锁定地下水资源位置,还能够为地质结构的分析给出更为丰富、全面的数据支撑,于是能为水资源的合理利用与保护提供有力的科学支撑。

3.1.2 适应复杂地质条件

在矿山勘探工作开展阶段,复杂且多变的地质环境往往致使单一的物探方法无法全面应对多样地质挑战,不同地质条件下需采用不同的探测技术,然而每种探测技术都有自身的局限,例如重力法也许在浅层岩土探测实践中效果欠佳,而电磁法在高导电性区域容易遭到干扰。综合物探技术凭借整合多样探测手段,充分释放各方法的优势,冲破了单一物探方法的局限,借助将地震波、重力、电磁等若干探测技术结合,综合物探技术可在各类复杂地质条件下提供更全面、精准的勘探数据,采用这一技术,不只会把勘探的精确度增强了,还明显增进了矿山勘查的效率与安全水平,推动矿业勘探技术进入新阶段^[5]。

3.1.3 经济高效

跟传统的钻探及采样方法相比,在效率和成本方面,综合物探技术表现出显著优势,传统的钻探与采样一般要大量的人工干预和较长时间的施工周期,而且其对地质条件的适应性欠佳,尤其是在处于复杂地质环境这个阶段,勘探效率呈现出不高的水平。综合物探技术借助整合多种探测手段,可在短时间之内采集大量的地质数据,尤其适合在覆盖大范围区域的勘探任务中发挥作用,依靠远程感知及数据分析,综合物探技术能大幅度减少现场操作的复杂性,大幅减少人力成本与时间方面的耗费,同时让勘探精度与速度同步提高,此方法不仅提升了勘探工作的效能,还能极大程度地缩短项目周期,于是削减了勘探的成本金额,增进了勘探作业的经济性及可持续性,对矿业勘探行业的发展有着不可忽视的意义。

3.2 挑战

3.2.1 技术整合问题

在地质勘探范畴,不同物探技术之间实现整合一直是挑战,由于每种技术都拥有独一无二的原理和应用范畴,怎样弥合这些技术存在的差异,实现它们彼此间的无缝衔接,从而优化各技术彼此的配合,由此获得更加精准且全面的地下数据,这仍需进一步把研究和科技创新深入开展。

3.2.2 数据解释复杂性

虽然综合物探技术能供应大量地下数据,为地质勘探

提供了丰饶的信息来源,但对这些数据开展解释工作却特别复杂,地质学家和勘探工程师须具备高度的专业知识以及经验,才能合理地把这些数据解读一番,并将其跟实际的水文地质情形相契合,怎样提高数据解释的精确度,使勘探结果的可靠成为现实,依旧是一个需要长期关注与研究的难题^[6]。

3.3.3 设备与成本问题

和传统勘探方法对照,综合物探技术确实具有显著的优势,就像展现出更高的效率与更精准的探测本事,凭借整合多种探测手段,能够在复杂程度加剧的地质环境中拿到详尽数据,提升勘探精度与速率,减少人工操作,抑制不必要成本增长,然而即便这些先进技术带来了诸多利好,实施这些技术一般会需要昂贵设备和专业人员的支持,诸如地震仪、重力仪、电磁探测器等高端物探装备,价格不菲而且设备的维护加上技术培训需要投入大量资金,就部分资金颇为紧张、规模不大的矿山企业来说,也许是推行综合物探技术的主要羁绊。

4 结语

在矿山水文地质勘探里,综合物探技术的应用呈现出其巨大的潜力和优势,借助合理挑选不同物探方法然后组合,可在相对短的时间阶段得到精准的地下水文地质信息,为矿山的水资源管理和开采安全提供关键支撑,然而技术整合跟数据解读的复杂性还是应用中的挑战,未来要有更多的研究跟实践,以进一步优化其在矿山水文地质勘探中的应用模式。

[参考文献]

- [1]高紫惠.综合物探技术在矿山水文地质勘探中的应用[J].四川建材,2024,50(12):64-65.
 - [2]田鹏飞.综合物探技术在矿山水文地质勘探中的应用[J].中国金属通报,2024(8):119-121.
 - [3]刘晓斐.综合物探技术在矿山水文地质勘探中的应用思考[J].世界有色金属,2023(15):133-135.
 - [4]李昶.综合物探技术在矿山水文地质勘探中的应用研究[J].中国金属通报,2023(6):83-85.
 - [5]郭成民.综合物探技术在矿山水文地质勘探中的应用[J].技术与市场,2022,29(4):102-104.
 - [6]尚建发.探析综合物探技术在矿山水文地质勘探中的应用[J].质量与市场,2020(17):96-98.
- 作者简介:李晓岚(1988.3—),毕业院校:河北地质大学,所学专业:水文地质,当前工作单位:河北地矿建设工程集团有限责任公司,职务:职员,职称级别:副高。

BIM 可视化技术在园林景观工程中的应用

许文俊

中冶南方城市建设工程技术有限公司, 湖北 武汉 430070

[摘要] BIM 是一种新型的数字建模方法, 已经被越来越多的建筑设计人员所采用。但是, BIM 技术在景观园林设计中的运用却比较少见。由于其设计需求与施工流程的复杂性, BIM 在解决复杂的信息问题上的优越性, 使得 BIM 在我国的实际建设中得到了越来越广泛的运用, 这对提升我国城市建设的设计效率、建设质量及管理能力都有重大的作用。基于此, 文章分析了 BIM 可视化技术在园林景观工程中的应用策略。

[关键词] BIM 可视化技术; 园林景观; 景观工程; 技术应用

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15697

中图分类号: TU201.4

文献标识码: A

The Application of BIM Visualization Technology in Landscape Engineering

XU Wenjun

WISDRI City Construction Engineering & Research Incorporation Ltd., Wuhan, Hubei, 430070, China

Abstract: BIM is a new digital modeling method that has been increasingly adopted by building designers. However, the application of BIM technology in landscape architecture design is relatively rare. Due to the complexity of its design requirements and construction processes, the superiority of BIM in solving complex information problems has led to its increasingly widespread use in actual construction in China, which plays a significant role in improving the design efficiency, construction quality, and management capabilities of urban construction in China. Based on this, the article analyzes the application strategies of BIM visualization technology in landscape engineering.

Keywords: BIM visualization technology; landscape; landscape engineering; technical application

引言

在设计阶段和施工阶段运用 BIM 技术, 缓解了项目的工作负荷, 对园林景观进行了最优化设计, 并将现有数据进行了有效运用, 从而创造出了优质景观, 并通过 BIM 的辅助, 实现了提高施工质量和施工进度的目标。基于 BIM 的智慧园林建设, 其目标是为项目建设提供数字化的应用模式, 同时也是对产业发展的优化和提高^[1]。

1 BIM 技术概念与优势

1.1 BIM 技术概念内容分析

上世纪七十年代, BIM 技术就开始崭露头角, 利用可视化工具对建筑项目进行分析, 可以大大提升工作效率和科技水平。对于 BIM 技术的概念, 学术界还没有达成彻底共识, 但是, 其实质可以从如下几个角度来进行: 第一, 这种方法利用了工程项目科研数据, 将其构建成了一个与整个工程有关的模型, 并且可以将其数据等直接展现出来, 进行建设项目的信息数据汇总, 在项目工程全生命周期决策上发挥重要作用。此外, 随着工程的持续进行, 它可以将工程与信息化相结合; 在技术上覆盖不同数据源, 可以确保在工程中的所有数据都可以被共享, 在整个工程的生命周期中, 对各种材料进行管理, 从而大大地提升工作效率和利用率。该方法可将建筑物的空间信息、工作信息、人物信息等信息, 生成包含各种信息的 3D 建模, 从

而使整个工程进度相互关联, 最终达到施工计划目标。这种技术可以提升进度控制效率, 为管理者提供更强支持。在项目初期, 设计师可以利用这一模型来进行数据分析。将 BIM 技术应用到园林景观工程的设计中, 可以建立数字化 3D 模型, 从而对设计工作进行优化, 并对植物栽植和建造进行适当调节, 这样可以大大地提升建筑建造品质, 使其形成植被景观, 从而确保项目的经济和社会效益。同时, 通过合理布局区域, 并考虑到今后的发展需要, 可以有效改善景观的设计效果和建设品质。

1.2 技术优势

BIM 技术是一门综合学科, 随着计算机软硬件的不断发展, 其在园林绿化工程中的应用也越来越多。在地理信息技术发展的今天, 越来越多的软件用于制作地形模拟, 来更好地展现出景观效果。其使用的优点有: (1) 实现了可视化, 利用 BIM 技术来建立 3D 模型, 在设计之初, 设计师可以利用计算机技术, 对真实场景进行模拟, 从而让设计图纸变得更加直观, 并可以在设计时, 对各种过程的 3D 表现成果进行实时查看, 并进行相应修正。此外, 通过 3D 模型, 设计师可以直接地了解景观空间布局, 并将比例、差异等进行整合, 从而提升设计合理性。(2) 设计成果直观性, 通过手工绘制三维效果图, 具有较强的技术含量, 但是在计算机的虚拟现实、3D 造型等方面, 可以

把最终结果展现在用户面前,利用虚拟现实技术,可以建立立体化场景,真实感更强,将园林场地和道路等进行设计。在景观当中,河流、鸟鸣都可以被展现,让人们有身临其境感。(3)精度高、修改方便,这种技术可以将方案设计、施工图绘制和工程概算等各个方面联系起来,从而使设计人员工作效率大大降低。比起手工绘制的方法,用BIM技术进行绘制,不仅可以提高图纸准确性,而且还可以便捷修改,保证原有方案不会被破坏,便于进行分工和协作^[2]。

2 BIM可视化技术在园林景观工程中的应用策略

2.1 BIM所需数据获取

基于BIM技术的三维建模和功能支撑,是实现城市景观智能化设计的重要前提。在园林设计过程中,多维度信息可以帮助设计者更好地进行设计,同时也能更好地体现出细节和完备性,从而引导园林建设。数据的取得方式有:由甲方所提供之场地资料,由设计单位实地勘察,或是利用卫星遥感、无人机航拍、地理信息软件等方式。主要用于采集与分析的软件有:①数据采集类。全能电子地图下载器Imaps可以从百度、谷歌、高德等多个平台下载地图信息,将所有数据融合在一起,形成一张完整的大图,掌握准确的地理坐标、重要城市的国界坐标以及高度数据。GlobalMapper可以根据地图资料制作等高线和矢量图,将GPS轨迹进行记录,还可以计算距离、面积、视野等,功能较为先进。②资料处理类。按照输入数据,指令自动生成可视化建模,并能把自然界中的各种自然现象转化为计算机语言,并能通过计算机对自然界形态进行动态仿真,通过对场地光照、风速、气象和水文等数据的录入,可以实现对不同季节植被天然生长状况的仿真,形成对不同季节景观的可视化图景。③辅助设计类。AutoCAD的功能是将已建成的3D实体模型转化为平面图,如详细方案设计图和施工图等,输出的DWG文件具有很好的相容性。

2.2 智慧园林景观设计阶段高精度模型建立

提取建模所需要的地形、地貌信息,并将其输入到BIM应用软件中,生成具有真实坐标和高程的园林景观图元,将山水、道路、植物和设施的面积数据精确反映,使园林工程中的环境尽可能接近于真实。例如,对花园景观进行高程解析,将从网络上获得的高程资料与企业所提供的测量资料进行整合,继而输入到GlobalMapper中,形成高程模型及等值线、高程面。在此基础上,将轮廓线数据输入过滤操作程序,将等高线在水位线以上、等高线在水位线以下的数据分别用不同彩色表示。随后,对水位变化进行模拟,生成常水位、丰水位和洪水位的等值线图。通过这种方式,可以明确该地区的植物栽种和设施建造大概范围,使植物、设施与水景系统保持相对较高的安全间距,以免由于水系在高水位时淹没植物区,从而导致植物大面积涝死,或者由于园林修建在高水位之下,从而影响到了公众在公园风景区的行动与人身安全,随后对计算结

果进行数值计算,建立模型,生成平面图,以供园景建设小组使用^[3]。

2.3 智慧园林景观设计成果

通过BIM技术实现对智慧园林的三维建模与绘制,并通过BIM应用软件的绘制能力,实现对整个景观的视觉可视化,为以后的建设工作起到一定的引导作用。①创建包含名称、生长特点、种植要点、季节变化等多种植被信息的资料库,设计者可以从中选取适当的树种,放置于该地区的地形地貌模式中,从而得到与之相适应的地域分区,创造出具有空间感的园林景观,提高园林的美感。②通过Grasshopper对不同季节的植被进行光照、风速、气象和水文等数据录入,实现对不同季节植被的动态观察。并通过Grasshopper的可视化分析,对BIM模型中的植物配置、种植密度、植物配置等进行优化,实现更为理想的景观设计,保障了全年均有良好的观赏价值。③将植物养护信息与养护需求整合到BIM中,比如什么时候需要浇水,什么时候需要修剪,什么时候需要预防病虫害,这样既方便了对园林植物部位的追踪养护,又可以为园林的智能化灌溉、自动监控系统的创建与实施提供了基础。随后,运用BIM技术对园林设计结果进行绘制,对园林植物的选取、布置和模拟,能够有效地减少设计失误的几率,增强园林设计、植物设计和维护三者的匹配程度,使园林内部具有较好的景观效应和生态环境。

2.4 实时动态辅助智慧施工

智慧施工就是运用BIM等现代信息技术,对建筑工程进行策划与管理,实现建筑全过程的数字化与规范化控制。运用智慧施工技术,能够在工程现场高效、优质地进行施工,对工程的进度、费用进行合理控制,减少工程风险。在智慧施工环境下,工地管理员能够实时获得工程信息,实现了实时更新,随后提交工作报告,实现多部门的协同与交流,对工程建设资源进行灵活调配。在智慧施工中,施工管理人员还可以通过人工智能等手段,对施工风险进行预估,对施工方案进行优化,对施工过程进行模拟,对施工人员进行专业培训,并通过无人机、机器人等进行现场施工,实现对施工现场的有效管理^[4]。

2.5 实时动态控制施工进度

园林景观建设涉及到许多隐藏的施工步骤,例如园林照明供电、园林水景观泵机供电、景观地下给排水结构等。电气、给排水、燃气、供热等综合管网都位于园林景观的地下,并且各专业模型位置集中,稍不注意就可能出现施工碰撞、相互干扰,严重影响施工进度和施工质量。运用BIM技术,将电力、给排水、燃气等交叉施工作业目标建立起专门的建模模型,通过软件的作用,细化了施工过程,规划了工作面,形成了一套合理的、细化的施工控制计划,能够达到施工过程中质量控制和进度控制的需求,减少各个专业之间的互相干涉。以风景园林中的天然水景小品营

造为实例，首先利用 BIM 技术对其进行建模，生成视觉效果；在此基础上，对建筑小品土建、电气、给排水、燃气等施工进行整体建模，利用碰撞测试生成较为合理的施工进度控制规划，并将其输出到平面图中；最终，实现对空间、时间、小品等内容信息的集成，实现对建筑过程中空演变的可视化展示，便于工地监控。

2.6 实时动态控制施工成本

BIM 在建设项目中发挥着关键作用，为项目造价管理提供了有力的支撑。由于园林绿化项目越来越多，且存在大量的隐性项目，使得传统的造价管理方法难以做到全方位管理。在当前阶段，运用 BIM 技术对项目预计发生和实际发生的金额进行测算，对实际材料消耗进行会计处理，并与材料单价相结合，进行费用估算，是目前提升项目造价管理准确性的一种有效方法。当前，BIM 的应用程序能够将信息传递到成本管理软件中，通过 BIM 建立的 5D 模型与挣值分析方法相结合，可以有效地提高工程量、工程造价的计算准确性，让工程管理人员能够清楚地了解到工程材料的消耗、工程量的变化以及形象进度，从而帮助现场管理人员减少在建设过程中累积成本的可能性^[5]。

2.7 虚拟现实辅助竣工验收

在工程建设的全过程中，施工管理可以使用 BIM 技术软件，对工程量、工程费用、工程进度进行核算与控制，并在 BIM 数据库中累积海量的工程数据、工程施工进度数据，作为竣工验收的关键数据。根据以上数据，可以构造出最后的景观园林工程模式，协助工程验收者，计算出工程的实际工程量、工程造价；通过将 BIM 模型与虚拟仿真程序相结合，构建出可供用户使用的三维仿真环境，辅助用户对其建造质量、区域性能和美学水平进行评价，随后通过 BIM 应用程序获取的点云信息，通过样本比对，实现高效、真实的施工检验；通过 BIM 应用软件建模，可以获得包括变更数据、质量验收数据等在内的项目进度数据，从而对风景园林项目建设形成全面而客观的认识。在常规的竣工验收中，验收人员往往要依据手中大量的纸质文件、二维平面图以及项目实物，进行比对和计算，使得验收工作的进度较慢，而且过分依靠验收人员经验。通过 BIM 辅助工程的竣工验收，使工程验收员拥有海量的、可随时查阅和比对的资料，同时还能获得二维图、3D、5D 模型等相关数据，从而提高了验收的速度，帮助业主进行高效可靠的交接。

2.8 GIS+BIM 辅助园林养护

在城市园林步入运营维护期以后，BIM 技术依然很大

的应用前景。通过 GIS+BIM 等手段，对园区进行全面、合理、细节化的运营维护，通过对园区的海量数据进行有效管理，从而保证园林一直处于良好状态。园林景观运营小组可以利用地理信息系统，对园内植被数据信息进行全方位采集，对植被的水分状况、生长状况、营养状况、病虫害等进行分析，并对其进行适宜的灌溉、补种、施肥、修剪、病虫害防治务，确保园内各个地区的植被都保持在良好状态，保证景观质量和公众满意度。运营小组通过地理信息系统（GIS），可以采集湖泊、池塘、喷泉等水系景观的水质、水位、水生植物生长状况等数据，适时开展水位调节和水生植物管理等工作，确保水域环境整洁，维护河流环境的生态平衡。运营人员通过感知装置，可以采集土壤品质的监测数据，及时为作物施肥、土壤改良等提供科学依据，确保土壤养分在作物需要的范围内，维护土壤的生态平衡。也可以通过传感设备采集的信息，建立模型，装载算法，进行运营预报，帮助园林管理人员及时发现风险，消除风险^[6]。

3 结论

综上所述，本文剖析了 BIM 技术在我国景观园林建设中的具体运用，全面、系统地总结和剖析了 BIM 技术在我国风景园林工程中的研究状况及发展趋势，通过本课题的研究，将 BIM 技术引入到景观园林建设中，对提升设计效率、改善建设质量、促进管理能力提高具有重要意义。

【参考文献】

- [1]彭景. BIM 技术在园林景观工程中的运用研究[J]. 居舍, 2024(29): 117-120.
- [2]田楠楠. 园林景观竖向分析中 BIM 技术的应用[J]. 居舍, 2024(10): 111-113.
- [3]王欣欣. BIM 可视化技术在园林景观工程中的应用[J]. 石材, 2024(3): 55-57.
- [4]黄宇俊, 郑慨睿, 温智鹏, 等. BIM+虚幻引擎技术在园林景观工程可视化交互设计中的应用研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2024, 16(1): 32-38.
- [5]曾子渝. BIM 技术在智慧城市市政园林景观施工过程中的应用[J]. 现代园艺, 2023, 46(7): 182-184.
- [6]范小叶, 汪洋, 卢漫, 等. 基于 BIM 技术的城市园林景观工程土方计算研究——以南京青龙绿带二期工程为例[J]. 建设科技, 2022(24): 46-48.

作者简介：许文俊（1993.3—），男，武汉理工大学，设计学，中冶南方城市建设工程技术有限公司，景观设计师，中级工程师。

Viser Technology Pte. Ltd.

公司地址

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

官方网站

www.viserdata.com

