



www.viserdata.com

智能城市应用

SMART CITY APPLICATION

月刊

■ 主办单位: Viser Technology Pte.Ltd.

■ ISSN 2630-5305(online) 2717-5391(print)

中国知网 (CNKI) 收录期刊
RCCSE权威核心学术期刊

2025 2

第8卷 总第58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.



智能城市应用

Smart City Application

2025年·第8卷·第2期（总第58期）

主办单位：Viser Technology Pte. Ltd.

I S S N：2630-5305 (online)

2717-5391 (print)

发行周期：月刊

出版时间：2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：王高捍

责任编辑：刘艳丽

学术编委：王亚飞 陈慧珉 徐业强

杜可普 杨 超 李荣才

尹晓水 谭成军 李培营

陈惠芳 蔡成涛 贾鹏飞

美工编辑：李 亚 Anson Chee

印 制：北京建宏印刷有限公司

定 价：SGD 20.00

本刊声明

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

版权所有，未经许可，不得翻译、转载本刊所载文章。

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

目 录

CONTENTS

市政工程

智能照明系统在道路照明工程中的应用..... 李国栋 1

节能技术在城市照明中的应用..... 唐桂江 4

路桥与交通

新建高速公路跨既有高速公路施工管理研究... 李 靖 7

公路工程中道路桥梁施工技术与加固措施探讨.....

..... 杨全发 李 辉 10

钻孔灌注桩施工技术问题及优化策略研究... 张文杰 13

交通工程土建施工中混凝土施工技术分析... 宋 冰 16

基于桥梁隧道施工常见问题与控制对策..... 田金安 19

市政道路与桥梁施工质量问题的探讨..... 王剑锋 23

高速公路桥梁改扩建施工技术应用研究..... 吴连峰 26

道路桥梁施工建设与道路养护研究.. 王世君 王利江 29

道路桥梁工程施工中的质量控制与管理策略 .. 马军胜 32

通讯通信技术

船舶驾驶员对船舶通信设备的管理探究..... 樊建波 35

基于 5G 移动通信技术的电力通信系统研究.....

..... 樊明葆 费宇曦 38

电力通信网络的可靠性分析与优化设计.....

..... 冯妍妍 陈若男 刘 妍 孟艳群 41

施工技术

大跨度桥梁悬索施工技术的应用与发展趋势 .. 马文豪 44

装配式建筑围护结构节能技术研究..... 王永安 47

医院建筑工程中暖通空调管道安装技术要点与优化研究

..... 寇 华 谭周威 申聪聪 龚潇松 周乐建 50

地下结构施工中清水混凝土墙的应用优化与质量控制..

..... 盛昂凯 53

冷拌沥青薄层施工技术的优化与质量控制... 刘 刚 56

工程管理

信息化技术在建筑工程项目管理中的应用与挑战.....

..... 邢海蓉 59

数字化背景下建筑工程造价管理的新途径.... 李 玉 62

污水治理项目全过程咨询：项目管理的挑战与解决方案
..... 桂升位 吴哲钊 65

节能环保

危废处置中心危废焚烧工艺分析及应用..... 姜骋宇 68

机械机电

辊压机辊缝调节对材料厚度均匀性的影响分析.....
..... 张小同 邱亚青 71

1100℃高温锻造工艺对模具寿命的影响及优化措施....
..... 李 翔 75

筒体内壁喷涂设备智能化设计与应用..... 齐红梅 79

论冶金工程中机械设备的安装施工及维护.... 杨锦红 83

高精度收放卷装置的机械结构设计与改进.....
..... 周卫科 骆记卓 86

计算机应用

基于人机工程学的救护车救护仓设计.....
..... 柯 宇 贺龄桦 付心莹 王文亚 89

基于人机工程学原理的超市无人车设计.....
..... 王力洋 刘子仪 程凯麟 王文亚 93

自动化技术分析

大数据背景下智能化工厂的建设研究.....
..... 许毅鹏 万 刚 熊吉昌 康 健 马剑光 97

智慧数据分析

多源交通数据融合与分析在智慧交管中的应用研究....
..... 马 啸 100

人工智能背景下环境治理与社会保障的协同推进研究..
..... 张珈铭 103

勘察测绘

地籍测量中航空摄影测量技术应用分析.... 谷荣新 106

测绘工程测量中无人机遥感技术的运用.... 赵树杰 109

城市建设中地形图测量和地籍测量的应用... 吴东光 112

土工试验在边坡稳定性评估中的应用与创新方法.....
..... 孙庭宫 115

基于无人机测绘技术监测大型建筑工程变形的可行性探讨

..... 段金增 段伟男 段鹏高 118

浅谈地形测量与地籍测量..... 鲁庆国 121

知识图谱与图神经网络助力智慧城市的可持续发展....
..... 常 普 赵轶鸣 云曼玉 刘永明 赵转哲 124

智能照明系统在道路照明工程中的应用

李国栋

城市照明管理处, 广西 桂林 541000

[摘要] 智能照明系统于道路照明工程的运用, 不仅显著增强了照明品质, 可显著实现能源节约与运维费用减少。通过分析智能照明系统的运作机制、优点及其在道路照明领域的应用实践。借助传感器、自动调节亮度和智能控制技术, 智能照明系统可根据环境光照及交通流量实施实时调节, 提升道路照明效能与安全性。此外, 还探讨了智能照明技术在实施过程中所遭遇的若干难题, 设备成本、技术挑战及系统兼容性等方面。最后, 提出了针对此类问题的解决方案, 促进智能照明技术在道路照明领域的广泛运用。

[关键词] 智能化照明控制系统; 道路照明; 节能; 智能控制; 技术挑战

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15461

中图分类号: U491.53

文献标识码: A

Application of Intelligent Lighting System in Road Lighting Engineering

LI Guodong

Urban Lighting Management Office, Guilin, Guangxi, 541000, China

Abstract: The application of intelligent lighting system in road lighting engineering not only significantly enhances lighting quality, but also achieves significant energy-savings and reduced operation and maintenance costs. By analyzing the operational mechanism, advantages, and practical applications of intelligent lighting systems in the field of road lighting. With the help of sensors, automatic brightness adjustment, and intelligent control technology, intelligent lighting systems can implement real-time adjustments based on environmental lighting and traffic flow, improving road lighting efficiency and safety. In addition, several challenges encountered in the implementation of intelligent lighting technology were discussed, including equipment costs, technical challenges, and system compatibility. Finally, solutions were proposed to address such issues, promoting the widespread application of intelligent lighting technology in the field of road lighting.

Keywords: intelligent lighting control system; road lighting; energy-saving; intelligent control; technical challenges

引言

伴随着智慧城市的演进, 智能照明系统日渐成为当代道路照明工程的关键构成要素。智能照明系统借助动态感应与即时调节手段优化照明状况, 大幅提升了道路的保障性与舒适度, 能源消耗亦大幅降低, 其功能可高效应对交通流量、气候等要素, 自动调节亮度功能, 达成精确照明调控, 持续促进生态保护和能效降低目标的达成。然而, 智能照明系统在实施过程中遭遇技术、财务、系统集成等多重挑战, 需采取适宜对策予以应对。

1 智能照明系统的定义与功能

智能照明系统依托现代信息技术、自动控制技术及传感器技术, 基于智能化技术的照明设备管控一体化系统。其核心特性在于可依据环境变迁与用户需求动态调节照明亮度、色调及控制模式, 进而确保对道路或场地的精准照明。智能照明系统涵盖传统灯具与电路设施, 还涵盖嵌入式控制器、传感器、数据采集器、通信设备等硬件设施, 同时, 还需配置相应的管理调控软件平台。该设备通过网络与中心控制系统进行交互, 实时搜集、传递、加工及回应各种信息, 实现自动化、远程操控与智能判断^[1]。

智能照明系统在性能上展现出多种优势, 该系统可依

据环境照度、车流量、气候条件等要素动态调整照明强度。例如, 在深夜或车流量较少时段, 智能照明设备能够调节光照强度以实现节能效果; 而在高峰时段或能见度较差的气象条件下, 系统自动提升照明亮度, 保障道路交通安全。智能照明系统具备远程监控与故障诊断性能。系统管理员可通过集中管理平台远程监控各照明设备的工作状态及故障信息, 及时实施维护或更替, 规避了传统照明设施故障时需现场巡查及人工维护的低效状况。

此外, 智能照明系统具备智能调控及自适应特性。借助传感器融合, 系统可实时监测路面交通流量及行人状况, 自动调节照明设备的启闭及亮暗, 针对多样化需求。例如, 夜间车流量稀少时, 照明强度可自动降低, 在异常气候条件中 (例如雾霾、雨雪等), 系统可实时提升亮度, 保障道路通行安全与交通顺畅。

2 智能照明系统应用中的问题

2.1 高昂的设备成本与初期投资

智能照明系统的推广初期遭遇的主要难题是设备的高成本及初次投资较大。智能照明系统一般涵盖多种尖端技术装备, LED 照明设备、感应元件、智能化调控装置、数据通信工具及软件系统等, 该类设备的购置与配置成本

显著高于传统照明系统。特别在道路照明行业,需进行大规模灯具更新及新设备配置与安置,这无疑加剧了初始投资的经济负担^[2]。

尽管智能照明系统在长期运行中,通过节能与降低运维费用,可抵消初期投资,但初期投资规模颇高,诸多地区仍对其保持警惕。尤其在诸多财政预算吃紧的城市或区域,探讨智能照明设施建设与改造所需资金的筹集途径,是一个关键考量要素。

此外,智能照明设备更新迭代迅速,新技术层出不穷,可能导致现有系统在短时间内被更先进的技术所替代,这也提升了初始投资的风险程度。在此情境下,确保系统持续适应性与扩展潜力,以及投资规划的合理性,确保实现最大化的长期效益,成为一项紧迫的议题。

2.2 系统兼容性与整合难题

智能照明系统的另一大挑战是系统兼容性与整合问题。随着技术的不断进步,市面上的智能照明产品和系统种类繁多,不同厂家、不同型号的产品之间的兼容性问题较为突出。智能照明系统通常需要包括多个子系统,如智能灯具、传感器、数据采集系统、控制系统等,这些子系统往往来自不同的生产商或技术团队,如何使其兼容并高效协同工作,是实施智能照明系统时需要克服的重要难题。

鉴于市场智能照明设备与技术平台标准不统一,引发各制造商与设备间可能存在不兼容性。诸多传统照明设施在融入新型设备过程中,将遭遇接入挑战,甚至难以顺畅运作,系统间通信协议存在不一致性,引发信息交流障碍,进而影响整个系统的效能与稳固性。

智能照明系统在硬件与软件融合层面存在整合困境。硬件产品品种繁多,系统所需处理的数据规模亦日益增大。如何高效融合不同硬件设备,确保数据传输与处理连续性,智能照明系统设计中的核心难题。为了保障设备全面融合,系统开发者需对现有设备进行全面兼容性检验,确保硬件与软件在实际操作中实现有效协同,确保信息无缝衔接且设备实现互联互通^[3]。

2.3 技术和人员素质的挑战

智能照明系统的成功应用不仅依赖于技术的成熟与设备的选型,还高度依赖于操作人员和管理人员的技术水平与素质。在部分发展程度不高或信息化程度较弱的区域,我国智能照明系统推广遭遇技术人才培育短缺困境,众多地域的技术人员未熟练掌握智能照明系统所需的先进技术,尤其在系统部署、调整、保养及故障处理等环节,普遍存在专业知识与实操技能不足的问题。

具体来说,智能照明系统的部署不仅要求工程师具备较强的硬件安装能力,还需要技术人员熟练掌握系统的运行管理与数据分析能力。亟需相关人员持续参与技术培训与学习,应对新技术持续演进。与此同时,鉴于智能照明系统操作的繁复,一般操作者可能在日常应用中面临系统

操作不当或故障诊断的难题。

在技术人员素质挑战之外,还存在项目管理人员的培训问题。智能照明系统涉及跨部门合作,需要技术人员、管理人员、政策制定者等多方人员的协调合作。而目前许多地方缺乏经验丰富的项目管理人员,难以在整个实施过程中协调各方,制定合理的实施进度和操作规程。因此,提升项目管理者的管理水平和协调能力,也是智能照明系统推广中的一项重要任务^[4]。

3 智能照明系统应用的策略

3.1 降低成本与提高设备性价比

降低智能照明系统成本、提升设备性价比是促进其普及应用的核心动因。智能照明系统初期成本高昂,成为其普及的主要瓶颈之一。为了推广智能照明系统,需从设施生产、供应网络管控与项目执行等多领域入手,降低成本,增强性价比。智能照明系统成本受多因素制约,其中关键要素为硬件购置及技术研发费用。目前,市面上多数智能照明产品依赖于较先进的技术,例如LED照明灯具、传感装置及无线通信设备等。这些技术的开发投入较大,设备整体成本持续偏高,旨在削减费用。通过实施规模化生产策略,可以降低单台设备的生产成本,大规模生产能够显著提升生产效能,还可通过集成化设计手段减少零部件采购费用,进而全面降低系统成本。同时,政府与行业组织可制定优惠措施或提供补助,激励企业开展技术进步与装备革新,降低产品市场售价。

提高智能照明设备的性价比需要重视材料的选择和工艺优化。伴随智能照明技术的持续进步,市场上涌现出诸多高效、节能的替代材料。这些创新材料有效增强了产品性能,尚能显著降低生产成本。例如,利用更优的光源材料,改进照明设备外观设计,降低生产流程中的损耗,既能提高设备品质,又能控制生产成本。在项目设计阶段,应精简系统架构,精简功能组件,简化制造与维护的复杂性,提升系统经济效率,旨在促进智能照明系统的广泛运用,必须强化政府及相关部门对行业的监管与标准设定。采用一致的技术规范与认证机制,标准化智能照明产品的生产及运用,推动市场持续繁荣。在保障产品质量的基础上,采用规范化生产与综合化方案构思,进一步削减系统集成费用,提高设备的经济效益与综合性能。该举措亦将促进智能照明技术的广泛应用,尚能唤醒企业的创新潜能,促进整个产业的持续发展^[5]。

3.2 推动技术标准化与平台兼容

智能照明系统的技术标准化与平台兼容问题一直是其应用推广的难点。由于市场上智能照明设备种类繁多,不同厂商的设备之间在硬件接口、通信协议和数据格式等方面存在较大差异,这导致了系统整合的困难。推动智能照明技术的标准化与平台兼容性,不仅有助于提高系统的集成效率,还能降低维护成本,提升系统的稳定性和可扩展性。

展性。技术规范化是智能照明系统广泛推广的基础。目前,智能照明系统标准不统一,设备间互联互通受阻。此情形导致智能照明系统构建与运作遭遇显著技术挑战,尤其在巨型项目中,设备间兼容性问题可能干扰系统稳定运行,为了促进智能照明技术规范化,应确立统一的技术标准,涵盖硬件接口规范、数据通信协定、智能操控策略等。该规范有助于提升各类设备间的互操作性,增强系统间的互联互通性,简化系统集成过程及降低相关成本。

兼容性问题是智能照明系统面临的另一个挑战。伴随着科技的迅猛进步,众多企业研发了多样化的智能照明管控平台与管理系统,这些系统在功能、界面及数据传输模式上存在独立差异,协议与接口的统一性不足。为了确保跨平台无障碍连接,可通过构建开放型平台架构及确立跨平台数据交换标准,提升不同设备与管理平台间的互操作性。跨平台的接口与通信标准,实现跨系统数据共享与协同,提升智能照明系统的运行灵活性与效率。政府机构、行业组织及企业应协同协作,促进智能照明领域标准化进程,依托标准化机构与技术研发体系,推动行业内部技术交流与协作,促进智能照明技术的持续进步与优化。同时,政府可颁布相应政策,倡导企业依循统一技术规范,促进产业持续进步。通过标准化和平台兼容性提升,不仅可以降低项目的实施难度,还能为未来的技术创新和升级提供更多的空间和机会^[6]。

3.3 加强技术培训与管理

智能照明系统的成功应用不仅依赖于先进的技术,还需要操作人员和管理人员具备相应的技术能力和管理素养。加强技术培训与管理是确保智能照明系统顺利运行、提高系统效率的关键措施。技术培训是智能照明系统顺利实施的基础。智能照明系统的操作和维护涉及多个领域的知识,包括硬件安装、系统调试、数据分析和故障排除等。为确保系统能够高效运行,需要对技术人员进行定期培训,提升其专业技能。培训内容应包括智能照明设备的工作原理、常见故障的排除方法、系统优化策略等。此外,随着智能照明技术的不断进步,技术人员需要不断更新自己的知识和技能,掌握最新的技术发展和应用趋势。为此,企业和政府部门应积极组织培训活动,提升相关人员的专业素养。

员工管理者培训的必要性亦不容忽视。智能照明系统的实施与运维需要多个部门协同作业,特别是在庞大的市政建设项目中,项目管理的繁复性与挑战性加剧。管理者

须具备出色的组织与协调技能,还需掌握智能照明系统的基本运作机制与操作步骤。只有管理人员可领悟及操控智能照明系统的基础运作,才能确保在实际操作中高效促进项目发展,规避技术难题引发的工程延迟。培训课程需涉及项目管理、预算管控、质量监管等领域,助力管理者增强综合素质。

企业和政府部门需强化智能照明系统的后续维护与服务作业。自智能照明系统投入应用以来,保障其持续稳定运作,防止设备出现故障或性能退化,这是一个关键议题。因此,企业亟须建立专门的运维团队,负责系统的常规维护与技术服务。同时,政府部门需强化对智能照明系统的监督管理,确保其运作符合相应法规及技术规范,确保公共资源的高效配置。通过提升技术培训与管控水平,提高人员质量,有效促进智能照明技术的普及与进步,最终达成智能照明系统的最大效用^[7]。

4 结语

智能照明系统在道路照明中的应用具有巨大的潜力,可以有效提升照明质量并实现能源节约。通过技术创新和系统整合,智能照明能够根据需求进行动态调节,提升道路安全性。然而,成本、技术兼容性及人才培养等问题仍然是其推广的主要障碍。未来,应加大对相关技术的研发力度,推动行业标准的统一,并加强技术培训,以促进智能照明系统的普及与应用。

【参考文献】

- [1]刘彬. LED 智能照明控制系统在城市夜景照明工程中的应用[J]. 光源与照明, 2023(5): 103-105.
- [2]薛凯文. 智能照明系统在城市景观亮化工程中的应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2022(12): 169-171.
- [3]吴兵. 智能照明系统在建筑电气工程中的应用[J]. 光源与照明, 2022(9): 31-33.
- [4]李益鸿. 智能照明控制系统在城市夜景照明工程中的应用[J]. 光源与照明, 2022(2): 92-94.
- [5]陈智刚, 陈健豪. 直流供电智能照明系统在道路照明中的应用[J]. 电子制作, 2021(18): 86-87.
- [6]林凯. 浅析智能照明系统在城市景观亮化工程中的应用[J]. 中国设备工程, 2021(17): 209-211.
- [7]罗云, 周伟, 张军, 等. 智能照明系统在道路照明工程中的应用[J]. 灯与照明, 2018, 42(1): 47-52.

作者简介: 李国栋(1975.3—), 单位名称: 城市照明管理处; 毕业学校: 广西行政学院经济管理。

节能技术在城市照明中的应用

唐桂江

桂林市城市照明管理处, 广西 桂林 541001

[摘要] 在近几年中, 人民的生活水平不断地提高, 对于生活质量的要求也在不断的提高, 这样一来, 能源的消耗量也会不断地增加。节能技术在城市照明中, 越来越广泛的被应用。与此同时, 国家也在倡导节能环保这一理念, 相关部门也在这一方面做了相应的改革和政策方面的完善来响应国家的号召。在我国目前的城市照明设备中, 已经开始大面积的使用节能设备和设施, 这样做不但能够做到节能减排, 还符合近年来国家提出的可持续发展策略, 文中就是对节能技术在城市照明中的现状和应用做出了一系列的分析。

[关键词] 节能技术; 城市照明; 技术应用

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15460

中图分类号: TU113.66

文献标识码: A

Application of Energy-saving Technology in Urban Lighting

TANG Guijiang

Guilin Urban Lighting Management Office, Guilin, Guangxi, 541001, China

Abstract: In recent years, people's living standards have been continuously improving, and their requirements for quality of life are also constantly increasing. As a result, energy consumption will also continue to increase. Energy-saving technology is increasingly being applied in urban lighting. At the same time, the country is also advocating the concept of energy-saving and environmental protection, and relevant departments have made corresponding reforms and policy improvements in this regard to respond to the country's call. In the current urban lighting equipment in our country, energy-saving devices and facilities have been widely used. This not only achieves energy-saving and emission reduction, but also conforms to the sustainable development strategy proposed by the country in recent years. This article provides a series of analyses on the current situation and application of energy-saving technology in urban lighting.

Keywords: energy-saving technology; urban lighting; technical application

引言

随着城市化进程的加快, 城市道路照明系统已成为现代城市基础设施的核心部分。然而, 在提供基础安全保障的同时, 传统路灯照明系统也带来了大量的能源消耗和环境压力。尤其在全球能源日益紧张、环保意识逐步增强的背景下, 降低城市照明能耗、提高能源使用效率已成为各大城市亟待解决的重要问题。应对这一挑战, 节能技术的应用提供了切实可行的解决方案。新型节能灯具、智能控制系统以及可再生能源技术的引入, 不仅能显著降低能源消耗, 还能提升照明系统的智能化水平与适应性。具体而言, LED 照明技术的普及、智能路灯控制系统的研发、光伏与风能结合的照明模式, 以及新型材料与节能灯具的创新研发, 均为实现城市道路照明节能的关键举措。通过这些技术的综合运用, 日益增长的城市照明需求能够得以满足, 能源消耗与环境污染则可得到有效减缓, 从而推动城市的可持续发展。适宜的节能技术的探索与应用, 对降低能耗、减少碳排放的影响深远, 亦为创建绿色、智能、宜居的城市环境提供了有力支撑。

1 节能技术在城市照明系统中应用的重要性

城市照明系统的整体建设不仅直接影响城市居民的

生活品质, 还对城市的建设与发展起着至关重要的作用。现代科技的不断进步对城市的发展带来了积极的推动作用。然而, 全球能源消耗的不断增长已成为制约社会经济发展的瓶颈。因此, 提升能源利用效率和开发新能源显得尤为重要, 从而为人们的生产与生活提供充足的能源支持。在能源重复利用的基础上, 积极推进节能减排活动, 不仅能够节约能源, 还能有效保护自然环境。将节能技术充分应用于城市照明系统, 发挥可再生能源的优势, 如风能、水能、太阳能的循环利用, 将为城市的可持续发展提供动力, 保障人类的生存基础。鉴于城市人口众多、面积广阔, 照明系统的需求量巨大, 照明过程中的能源消耗不可小觑。通过充分有效地利用节能技术, 有助于应对能源即将枯竭的危机, 为生产和生活提供更大的便利, 同时实现节能与环保的目标, 促进城市的良性发展, 更好地满足人们的生活需求。

2 市政道路照明的现状分析

市政道路照明作为城市基础设施的重要组成部分, 直接影响交通安全、城市形象及居民夜间生活质量。目前, 许多城市的道路照明系统仍然依赖于传统的高压钠灯或金属卤化物灯。尽管具有一定亮度优势, 这些灯具的能耗

较高、光效较低，且使用寿命较短，无法满足现代节能减排的要求。此外，部分地区的路灯布置存在不合理之处，照明覆盖范围的不均衡，造成了光污染与能源浪费并存的问题。在控制系统方面，很多市政道路照明仍依赖人工开关或简单的定时控制，缺乏智能化管理，难以根据实际照明需求进行动态调整，进一步加剧了能源的浪费。随着城市规模的不断扩大，现代化城市发展的需求已难以满足传统道路照明技术，维护与管理的难度也在逐步增加^[1]。同时，由于照明设施的老化及节能改造的高成本，节能技术的实施在部分城市面临较大的阻力，这一问题已成为市政道路照明优化的瓶颈。

3 城市路灯照明节能技术的应用分析

3.1 LED 照明技术的推广应用

LED 照明技术，作为当前城市道路照明领域中最具代表性的节能技术之一，凭借其高光效、低能耗及长寿命等优势，已在各地得到广泛应用。与传统的高压钠灯相比，能耗降低了 30%至 50%的 LED 灯具，其高显色指数和可调光束方向大幅提升了道路照明的质量，从而有效减少了光污染与能源浪费。在实际推广中，LED 路灯具备多样化的设计形式，根据不同道路环境的照明需求可灵活调整，覆盖了从城市主干道到支路巷道等各类道路。同时，LED 技术的不断发展也推动了智能照明系统的结合应用，通过对亮度、色温及开启时间等参数的调节，进一步提升了能源的利用效率。尽管 LED 照明技术具有诸多优势，其推广过程中仍面临一些挑战，如初期安装成本较高、散热设计较为复杂以及部分地区对技术的接受度较低等问题。为此，各地政府与企业已积极探索多元化的推广模式，例如通过合同能源管理（EMC）降低前期投资，推动相关技术标准的制定与优化，进而加速了 LED 技术的普及应用，并推动了城市道路照明系统的节能升级与绿色转型。

3.2 智能路灯控制系统的开发与实施

智能路灯控制系统，作为城市照明节能技术的关键组成部分，利用物联网、传感器及数据分析等先进技术，实现了对路灯的智能管理与精准控制。与传统的定时开关或简单的光控系统相比，智能控制系统能够根据环境光照、交通流量及天气变化自动调整路灯的亮度与开关状态，从而有效提高能源使用效率。该系统通常由集中控制平台、分布式感应设备及无线通信网络构成，通过实时监测路灯的运行状况，问题能够及时发现并进行修复，从而降低了维护成本。在实际应用中，智能控制系统还可结合分时段调光技术，在深夜交通流量较少时适当降低亮度，节省能源；而在高峰时段，则确保了足够的照明提供。此外，部分先进系统支持远程控制功能，整个路灯网络可通过手机或电脑进行动态调控^[2]。与此同时，智能路灯系统还可与其他城市基础设施进行联动，例如与安防摄像头、气象传感器或电动汽车充电桩等设备结合，形成了一个集照明、

监控及服务功能于一体的综合平台。

3.3 光伏发电与风能结合的照明系统

光伏发电与风能结合的照明系统，作为一种创新的可再生能源利用方式，旨在为城市路灯提供绿色、环保及可持续的能源。这一系统结合了太阳能电池板与风力发电装置，通过在不同气候条件下互补发电，确保路灯系统能够稳定供能。例如，在晴天时，太阳能被光伏组件转化为电能，而在阴雨天气或夜晚风力较强时，风力发电装置能够有效弥补太阳能的不足，从而实现全天候的能源供应。所产生的电能被储存在储能电池中，能够在夜间或无风、无光的情况下为路灯系统供电，形成了一个独立于市电的自给自足电力系统。与传统路灯相比，这种照明方式无需铺设电缆，显著降低了施工成本，并减少了对地面的破坏，特别适用于偏远地区或电力覆盖困难的区域。此外，该系统的环保效益较为显著，对化石能源的依赖与二氧化碳排放得到了有效减少，符合了绿色城市建设及碳中和的目标。

3.4 新型材料与节能灯具的研发

新型材料与节能灯具的研发，在推动城市路灯照明系统节能升级中占据了关键地位。通过采用创新材料及设计理念，不仅显著提高了照明设备的光效与耐用性，还有效降低了能源消耗及运行成本。近年来，高导热性与高散热性能的新型材料，如石墨烯与陶瓷复合材料，已广泛应用于 LED 灯具的制造。这些材料能够有效解决 LED 灯具散热不良的问题，从而延长了使用寿命，并减少了因过热引发的能效衰减。此外，采用透光性更强的光学材料及纳米涂层，进一步提升了灯具的发光效率，同时优化了光线分布，避免了传统路灯常见的光污染问题，如光线分散或遮挡所造成的浪费。在节能灯具的研发过程中，智能化设计也得到了重视，尤其是自动调光功能的应用^[3]。通过感应路面行人与车辆的数量与行驶速度，亮度能够被动态调节，从而达到“按需照明”的效果。这种创新设计不仅提高了道路照明的节能性，还提升了安全性与舒适性。

4 市政道路照明节能技术的优化策略

4.1 路灯布局与设计优化

路灯布局与设计优化在市政道路照明节能中发挥着至关重要的作用。通过科学合理地规划与设计，不仅能够满足道路照明的基本需求，还能有效减少能源消耗并降低光污染。优化布局需充分考虑道路功能分区、交通流量、周边环境等因素，合理确定路灯的安装位置与间距，从而确保照明效果均匀而且合理。例如，高杆灯或双臂灯适合在主干道上采用，以实现较大范围的照明覆盖，而在次干道或居民区道路上，单臂灯或低功率灯具可被选择，既满足基本照明要求，又能减少不必要的能量浪费。此外，采用“渐进式”布局方案，照明需求根据不同区域进行分级布设，从而避免资源的浪费。例如，在交通繁忙的交叉口、公交车站等重点区域，照明应得到加强，而在绿化带等次

要区域,亮度则可适当调低。在设计优化过程中,光线方向的精准控制也是关键,利用高效反射器或特殊光学透镜,光线能被定向投射至需要照明的区域,从而避免光线外溢影响周围环境,保障居民与行车安全。引入新型智能灯杆作为优化措施,不仅集成了通信与监控等多功能设备,还通过模块化设计减少了对环境的占用,降低了资源浪费。

4.2 合理的灯光强度与色温选择

合理选择灯光强度与色温是优化市政道路照明节能技术的关键环节,它在满足道路安全照明需求的同时,有效降低能耗并改善使用体验。灯光强度的设置应结合道路的功能和交通特点进行科学规划。例如,较高的照明亮度需要在主干道路上设置,以满足快速行驶的需求,而在次干道或支路上,亮度可适当降低,以避免过度照明造成的能源浪费。此外,根据不同时间段的交通流量变化,亮度调节策略可被采用,在交通量较低时段,灯光强度应适当降低,达到按需照明的效果。色温的选择同样具有重要意义,柔和的光效由低色温灯光(如 3000K 至 4000K)提供,更适用于居民区或公园等区域,能有效减少光污染并减轻视觉疲劳。相比之下,较高色温的灯光(如 4000K 至 5000K)则被更适合主干道或商业区域,提供了更清晰的视野,增强了行车安全性^[4]。为了进一步提高节能效果,动态色温调节技术可被采用,根据时间和环境变化,色温能被自动调整,以满足不同需求。除了节能,合理的灯光强度与色温选择还应考虑生态保护,避免高亮度光源对动植物栖息地造成影响。

4.3 分时段照明与动态调光技术应用

分时段照明与动态调光技术的应用是优化市政道路照明节能的有效途径,通过灵活调整灯光的开启时间与亮度,能够实现精确的能源管理,显著减少不必要的能耗。依据道路的使用时段与交通流量变化,分时段照明技术可设定不同的照明强度。例如,在晚间交通高峰期,路灯将保持全亮状态,以确保道路的安全与通行;而在深夜交通量较少时,部分路灯可以关闭或亮度降低,从而节约能源。另一方面,动态调光技术通过智能控制系统实时监测行人及车辆的活动情况,自动根据流量数据调节灯光亮度。例如,若路段没有明显交通活动,亮度将调至低功率模式,而当行人或车辆经过时,灯光会迅速恢复至正常亮度,这样既能保证安全,又有助于节能。为实现这一目标,高效的传感器与智能控制终端需被配备,确保灯光调节的准确性与灵敏度。外部环境因素,如天气与环境亮度,亦可与动态调光技术结合进行综合调整。例如,在雾霾天气下,亮度可被提高以增强能见度,而在明亮的月夜里,亮度则可适当降低,避免过度照明。

4.4 节能政策与标准的制定

节能政策与标准的制定在推动市政道路照明系统节能方面起着至关重要的作用,为节能技术的实施及能源使用效率的提升提供了明确的法律依据与指导框架。专门针对市政道路照明的节能政策应当由政府出台,鼓励地方政府及相关企业采用先进的节能技术,如 LED 照明、智能控制系统及可再生能源等,同时,政策支持及资金补贴应当提供给采用节能措施的项目。此外,应当设定道路照明的能耗上限,以确保在满足交通安全与居民生活质量的前提下,最大限度地减少能源浪费。照明设计与施工的标准必须制定严格,要求照明设计符合光效、能效及光污染控制等多个方面的要求,以防止无效或过度照明带来的能源浪费。在标准的制定中,还应根据不同道路类型与区域的特点,进行差异化的照明需求规定。例如,商业区及繁华路段的照明标准应高于住宅区与郊区,以确保照明设备配置的合理性与实用性。此外,对照明设备质量的监管应当加强,确保市场上的照明产品符合节能标准,避免使用低效能灯具,进而影响整体的节能效果。

5 结语

节能技术在城市照明中的应用,为推动绿色发展及实现能源可持续利用提供了关键的解决方案。通过推广 LED 照明技术、实施智能控制系统以及结合光伏发电与风能等创新手段,照明能耗不仅显著降低了,还提升了道路照明的智能化管理水平,有效优化了能源使用效率。随着技术不断进步及相关政策法规逐渐完善,未来,节能照明系统将在全球范围内得到更广泛的应用。然而,城市照明节能的实现仍然需要政府、企业及社会各界的共同努力。只有通过推动技术创新、加大政策支持力度以及提升公众的节能意识,才能更好地促进可持续城市建设。通过多方合作与持续创新,节能目标在城市道路照明中的实现将逐步完成,推动绿色、智能、宜居的城市环境的建设。

[参考文献]

- [1] 宋申. 节能技术在城市照明中的应用[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊), 2018(12): 157-158.
- [2] 葛兴伟. 节能技术在城市照明中的应用[J]. 电子技术与软件工程, 2017(12): 97.
- [3] 张锦丰. 节能技术在现代城市路灯照明中的应用[J]. 自动化应用, 2015(1): 5-6.
- [4] 赵鹏. 城市路灯照明中节能技术的应用[J]. 光源与照明, 2023(3): 42-44.

作者简介: 唐桂江(1973.10—), 单位名称: 桂林市城市照明管理处, 毕业学校和专业: 桂林市职工大学《机械设备及自动化》。

新建高速公路跨既有高速公路施工管理研究

李 靖

江苏现代交通科技有限公司, 江苏 南京 210000

[摘要]我国社会经济的发展带动了高速公路建设的进步,随之我国也新建了很多高速公路,然而这些高速公路的施工都需要跨既有高速公路,这也使得既有高速公路的车辆行驶安全受到威胁,管理方面也受到了影响。所以要想在新建高速公路跨既有高速公路施工时,保证既有高速公路的车辆行驶安全,就必须对其施工管理问题进行深入探讨,并针对施工的过程中对既有高速公路的车辆行驶安全提出相应的保护措施。

[关键词]新建高速公路;既有高速公路;施工管理

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15443

中图分类号: U455.4

文献标识码: A

Research on Construction Management of New Highways Crossing Existing Highways

LI Jing

Jiangsu Modern Transportation Technology Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

Abstract: The development of Chinese social economy has driven the progress of highway construction, and with it, many new highways have been built in China. However, the construction of these highways requires crossing existing highways, which also threatens the safety of vehicles driving on existing highways and affects management. Therefore, in order to ensure the safety of vehicles on existing highways during the construction of new highways crossing existing highways, it is necessary to conduct in-depth discussions on construction management issues and propose corresponding protection measures for the safety of vehicles on existing highways during the construction process.

Keywords: new highways; existing highways; construction management

随着我国交通基础设施的不断发展与完善,高速公路已成为现代交通网络中的重要枢纽,扮演着不可或缺的角色。在新建高速公路的建设过程中,如何有效解决与既有高速公路交叉的问题,并确保施工期间对现有交通系统的影响降至最低,已成为一个亟待解决的关键问题。新建高速公路跨越既有高速公路的工程,不仅涉及到复杂的技术难题,还面临着极为严峻的安全管理挑战。在确保既有高速公路正常通行的同时,施工单位必须完成桥梁、隧道、立交等基础设施的建设。这对施工组织、工期安排、质量保障以及安全管理提出了更为严格的要求。在施工过程中,安全管理需通过精细化、系统化的措施加以落实,特别是在交通疏导、安全防护、环境保护以及高空作业等方面,以确保工程能够顺利进行,并达到预定目标。因此,探索新建高速公路跨既有高速公路的施工管理方案,特别是提出切实可行的安全管理策略,已成为业界的重点关注问题。本研究将重点探讨该类项目施工管理的各个方面,分析施工过程中面临的安全问题及其管理对策,并提出具有较强操作性的安全管理措施,以期类似项目提供理论支持与实践指导,从而推动高速公路建设管理水平的提升。

1 新建高速公路跨既有高速公路施工管理的重要性

新建高速公路跨既有高速公路施工管理在多个方面具有重要意义。该类施工通常涉及复杂的交通流量与施工

现场的协调,施工过程中不仅需确保既有高速公路的畅通,还需兼顾施工安全。这要求施工管理不仅关注新建公路的建设进度,还要制定合理的交通疏导措施,以最大限度地减少对现有交通的干扰,确保高速公路的正常运作。跨既有高速公路施工还面临着高度集中的交通压力与复杂的路况,从而给施工安全管理带来了更大的挑战。在这种情况下,只有高效的施工管理才能有效减少交通事故的发生,确保施工人员及过往车辆的安全。随着新建高速公路项目规模的不断扩大,跨既有高速公路的工程难度亦日益增加,特别是在高空作业、土石方开挖、大型机械设备调度等方面,精细化管理与统筹的必要性愈发突出。施工管理的核心作用在于确保各个环节能够顺利衔接,避免因施工进度滞后或质量问题导致项目延期或成本增加。与此同时,环保与工程质量控制也构成了施工管理中的关键要素。新建高速公路通常位于繁忙的城市或交通枢纽区域,施工期间如何减少对周边环境的污染,保护现有设施的完整性,已成为施工管理必须重点关注的内容。

2 路跨施工管理目标

2.1 既有高速公路施工目标

既有高速公路施工的主要目标是在新建高速公路跨越既有高速公路的过程中,确保原有道路的正常运营以及交通安全不受影响。确保既有高速公路的通行能力与交通流畅性是施工的核心目标,尤其是在高峰期和繁忙时段,

施工对交通的干扰与拥堵必须尽量减少。为此,施工前应进行详细的交通流量分析及风险评估,并制定科学合理的交通疏导与管控措施。施工期间,道路通行情况应实时监测,并根据实际情况及时调整交通管制方案。此外,施工目标还包括保障交通参与者与施工人员的安全。安全管理规范应严格遵循,施工单位需配备完善的安全防护设施,并设置明显的警示标志、隔离带、专用通道等,确保工地周边区域交通秩序与安全不受影响^[1]。在施工过程中,尤其需注意避免对既有高速公路设施的损害,特别是路面、桥梁、隧道等重要基础设施。任何机械作业或物料运输过程中可能造成的损坏,均应采取有效措施避免发生。施工目标还应关注环境保护与生态修复工作,施工期间,噪音、灰尘及废弃物的排放应尽量减少,以确保施工活动对周围环境的影响降到最低。

2.2 新建高速公路施工目标

新建高速公路施工目标的核心在于确保项目能够在规定的时间、预算与质量要求内顺利完成,并达到设计规范与功能需求。施工目标的首要任务是在保证道路功能性与安全性的基础上,完成高标准的路基、路面及桥梁等基础设施建设。路跨施工通常涉及复杂的地质条件及工程技术挑战,因此,精细化的施工管理是至关重要的。在整个施工过程中,必须确保工程质量符合规范,施工技术达到要求,从而保证道路的耐久性与安全性。此外,施工目标还需要注重环境保护与资源的合理利用,特别是在施工期间,需采取有效措施减少对周边环境的污染、噪音及水土流失等问题。在新建高速公路跨越既有高速公路的施工中,资源的合理利用、能源消耗的减少以及工地布局的科学规划,最大限度减少施工对自然环境与生态系统的影响,均是关键目标。确保新建道路具备良好的交通功能与使用性能,也是施工目标的重要组成部分。设计阶段应充分考虑未来的交通流量,并根据实际情况制定科学的路面结构与交通标识系统,以保障道路的通行能力达到最佳水平。最后,施工过程中必须高度重视安全管理,确保施工人员、周围人员及过往交通参与者的安全。在交叉施工、桥梁施工及高空作业等高风险环节,安全防护措施必须严格执行,以避免任何安全隐患的发生。

3 施工前的准备

施工前的准备工作是确保高速公路跨既有高速公路项目顺利实施的关键环节,涉及多个方面的筹备。详细的前期勘察与设计审核是其中的重要内容,包括对现有高速公路的交通流量、路面状况、地质条件及环境影响等方面的综合评估,为后续施工提供科学依据。勘察结果应作为设计阶段的核心参考,确保新建高速公路与现有道路的衔接不仅满足交通流畅性要求,还能避免对现有设施的损害。施工单位还需根据项目的具体情况,制定详细的施工方案与技术措施,明确各项施工流程、工期安排、质量控制标准及安全管理要求。在编制方案时,可能发生的突发情况必须充分预见,并制定相应的应急应对措施,如极端天气、

交通管制等,以确保施工进度和质量不受影响^[2]。另一个重要环节是施工人员及设备的调配。确保现场所有人员经过必要的培训,具备相应的技术能力及安全知识,同时施工设备应进行全面检查与保养,以确保其性能良好。此外,施工前还需完成相关行政审批手续的办理,包括交通部门的施工许可、环评报告的审批,以及相关土地使用与拆迁问题的妥善处理,确保施工过程合法合规。最后,详细的交通疏导方案及安全保障措施必须制定,特别是在施工期间,如何确保既有高速公路的畅通,避免交通事故的发生,并保障施工过程中的安全运行,成为准备工作的又一重要任务。

4 施工过程的安全管理

4.1 现场防护管理

施工过程中的现场防护管理对于确保施工安全、预防事故的发生至关重要。在进行高速公路跨既有高速公路施工时,现场防护管理显得尤为重要,因为施工现场涉及大型机械设备的使用、高空作业以及交通疏导等复杂环节。施工单位应当在施工区域周围设置明显的警示标志、围挡及隔离带,确保施工区域与公共交通流动或周围环境有效隔离,避免非施工人员进入作业区域。围挡的设计应根据现场的实际情况与安全要求,合理选择高度与材料,确保其稳定性与牢固性。施工现场还应提供足够的安全通道与逃生通道,以便在突发紧急情况下能够快速疏散人员。特别是在高空作业或深基坑作业期间,防护栏杆、护网与安全带等个人防护措施必须到位,以确保作业人员的安全。对于大型机械设备的操作,应划定专门区域,增强操作人员的安全操作培训,并对设备进行定期的维护与检查,确保设备的安全运行。此外,施工单位还应定期对作业人员进行安全教育与培训,确保每位工作人员了解施工安全规定,具备应急处理能力,从而减少人为操作失误引发的安全隐患。对于施工现场的潜在危险源,如高空坠物或设备故障等,防范措施必须提前采取,如设置遮挡物、强化设备检修等,以有效控制隐患。施工过程中,还应定期进行安全检查与隐患排查,确保各项防护措施的持续有效性,保障施工期间的安全稳定运行。

4.2 道路交通的管理

施工过程中的道路交通管理对保障高速公路跨既有高速公路施工的安全与顺畅至关重要。由于作业区域与现有高速公路可能重叠或靠近,严格的交通管理措施必须采取,最大限度地减少施工对交通流量的影响,避免交通事故的发生。施工单位需要与交通管理部门紧密协作,提前制定详细的交通疏导方案,明确交通流向、分流路线及交通管制措施。在施工期间,交通管控方案应根据交通流量、施工进度及现场作业情况灵活调整,避免高峰期出现交通拥堵,同时确保绕行路线清晰,避免车辆滞留或行驶不畅。在施工区域的进出口,应设置明显的交通标志、信号灯、反光锥及隔离带,提醒驾驶员注意施工区域、减速慢行,确保过路交通安全。施工期间,专门的交通引导人员应安排,负责指挥与疏导过往车辆,特别是在交通繁忙时段,

以确保道路畅通无阻。为保障工地安全,施工区域内的道路应配备临时交通设施,如专用行车道、行人通道等,尽量减少施工对正常交通流的干扰,同时保证施工人员的安全^[3]。对于可能发生的交通突发事件或紧急情况,应提前制定应急预案,确保在交通事故、施工设备故障等紧急情况下,能够迅速采取有效措施进行处理。

4.3 施工安全的管理

在施工过程中,首先由施工单位负责施工项目的安全管理,明确安全责任。需要成立一个交通安全管理小组,由组长负责制定安全施工计划并进行任务分配,确保责任落实到个人。组长应定期向主管领导请示,及时安排并监督工作进展,确保每日工作计划有记录并向领导汇报。其次,要加强对安全小组成员的管理,包括施工前进行安全知识培训和考核。并确保小组成员配备必要的通信仪器和照明设备,并进行定期维护,以便在施工过程中实现信息的及时传达。最后,根据交通安全管理小组组长的安排,组长需与交通部门进行对接,协助交通部门的培训师对小组人员进行道路安全知识的培训,提升小组成员的安全意识和专业知识。在施工期间,若需要实施交通管制或变道等措施,需及时向交通部门申请并报备,在获得批复后按照主管部门的要求执行,同时协助指挥过往车辆。

4.4 高空作业安全的管理

高空作业的安全管理在施工过程中至关重要,特别是在高速公路跨既有高速公路的建设中,涉及桥梁、立交、灯塔等高空作业时,严密的安全防护措施必须采取。施工单位应为高空作业人员提供必要的个人防护装备,包括安全带、安全绳、头盔、防滑鞋等,确保作业人员在高空作业中的生命安全。所有安全带与安全绳需经过严格检测,确保无损坏且具有足够的承载力,以应对意外坠落等紧急情况。在进行高空作业前,作业人员应接受专业的安全培训,熟悉作业区域的安全规定及应急处理措施,确保他们在发生突发事件时能够迅速采取正确的自救或互救行动。此外,施工单位还需要定期检查施工设备与平台的安全性,确保高空作业所用设施稳固可靠,符合安全标准。特别是脚手架和升降平台等设备,必须经过专业检验与验收,以防因设备故障而引发安全事故。现场应安排专门的安全监控人员,实时监督高空作业过程,确保作业人员遵守安全操作规程,并在出现异常情况时及时干预。作业时间安排应避免恶劣天气,如强风、大雨及雷电天气,以减少作业风险。高空作业区域的周围应设立警示标志及隔离带,以防非作业人员进入施工区域,确保施工环境的安全。

5 紧急事故的处理

在施工安全管理中,紧急事故的处理尤为关键,特别是在新建高速公路跨既有高速公路的复杂施工过程中,遇到各种突发事件的可能性较大,如设备故障、人员受伤、

交通事故等。为了高效应对这些紧急情况,施工单位必须在项目开始前制定详尽的应急预案,确保在事故发生时能迅速有效地采取行动,最大限度地减少人员伤亡及财产损失。应急预案应涵盖所有潜在的紧急情况,包括但不限于高空坠物、机械设备故障、火灾及交通事故等,并为每种情况制定具体的响应流程与处理方法。此外,定期组织应急演练的必要性不可忽视,以确保全体员工都熟悉应急预案,掌握必要的急救知识与疏散程序。现场还应配备必需的应急设备,如灭火器、急救包、安全绳及报警系统等,以便发生事故时能够及时采取自救与互救措施。应急处理小组的成立至关重要,确保该小组成员具备丰富经验,能够迅速响应并有效控制事故现场^[4]。在面对交通事故或人员伤亡等较为严重的紧急情况时,应及时与相关部门,如交通管理、医疗救援等,建立联系,以确保救援工作的及时展开。此外,应急小组还需与当地警方、消防部门保持良好沟通,以便在紧急情况下得到外部支援。在紧急事故发生后,迅速进行现场评估,评判事故的范围与严重性,依据实际情况采取合理的措施,如交通管制、人员疏散或设备停运等,确保事故现场的安全,并有效防止事态扩大。

6 结语

在新建高速公路跨既有高速公路的施工管理中,确保施工安全并顺利完成是至关重要的任务。本文深入分析了施工前的充分准备、施工过程中的安全防护措施、交通管理以及高空作业等关键安全管理环节,强调了这些措施在保障施工过程中的安全性和施工质量方面的重要作用。通过实施科学的管理策略、应用现代技术手段,并强化施工人员的安全意识,能够有效减少对既有高速公路正常运营的干扰,确保项目的顺利推进。在实际施工过程中,只有采取合理的管理措施,施工安全才能得到保障,同时工作效率也能得到提高。随着施工技术的不断发展与管理理念的逐步创新,未来新建高速公路跨既有高速公路的施工管理将变得更加高效与安全,这将为道路建设的顺利进行及交通安全提供更加坚实的保障。

【参考文献】

- [1]张超.新建高速公路跨既有高速公路施工管理研究[J].科技创新导报,2018,15(12):199-201.
 - [2]杨雪峰.新建高速公路跨既有高速公路施工管理问题的探讨[J].四川水泥,2019(2):30.
 - [3]田宏伟.新建高速公路跨既有高速公路施工管理分析[J].四川建材,2017,43(3):183-232.
 - [4]张全飞.新建高速公路跨既有高速公路安全施工管理[J].安徽建筑,2011,18(3):100-102.
- 作者简介:李靖(1986.9—),男,毕业院校:江苏大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:江苏现代交通科技有限公司,职务:项目经理,职称级别:高级工程师。

公路工程中道路桥梁施工技术与加固措施探讨

杨全发¹ 李辉²

1. 清丰县公路事业发展中心, 河南 濮阳 457300

2. 清丰县路通公路养护有限公司, 河南 濮阳 457300

[摘要]随着公路交通需求的不断增加,道路桥梁施工技艺与加固手段对确保公路工程质量及安全起着核心作用。针对公路桥梁施工中的关键技术与常见问题开展了探讨,分析了影响施工质量和桥梁结构安全的因素,给出了恰当的加固手段。借助改进施工工艺、合理挑选材料、加强施工监测与维护管理等手段,旨在提高桥梁的耐久性与安全性。此外,融入新材料与新技术的应用,分析了现代加固技术的有效性与发展趋势,研究成果为公路桥梁的施工与维护提供了理论依据和实践指导。

[关键词]公路桥梁; 施工技术; 加固措施; 新技术

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15433

中图分类号: X734

文献标识码: A

Discussion on Construction Technology and Reinforcement Measures of Road and Bridge in Highway Engineering

YANG Quanfa¹, LI Hui²

1. Qingfeng County Highway Development Center, Puyang, He'nan, 457300, China

2. Qingfeng County Lutong Highway Maintenance Co., Ltd., Puyang, He'nan, 457300, China

Abstract: With the continuous increase in demand for highway transportation, road and bridge construction technology and reinforcement methods play a core role in ensuring the quality and safety of highway engineering. This paper discusses the key technologies and common problems in highway bridge construction, analyzes the factors that affect construction quality and bridge structural safety, and provides appropriate reinforcement methods. By improving construction technology, selecting materials reasonably, and strengthening construction monitoring and maintenance management, the aim is to enhance the durability and safety of bridges. In addition, the application of new materials and technologies has been integrated, and the effectiveness and development trend of modern reinforcement technology have been analyzed. The research results provide theoretical basis and practical guidance for the construction and maintenance of highway bridges.

Keywords: highway bridges; construction technology; reinforcement measures; new technology

引言

随着公路建设的持续推进,桥梁作为重要的交通设施,其施工工艺和加固方法成为工程管理中的关键问题。道路桥梁在使用过程中会受到多种因素影响,导致结构破损及性能降低,怎样增强桥梁搭建水准,提高桥梁使用寿命,当出现问题时开展有效加固,成为当前公路工程研究的核心重点。本文重点剖析公路桥梁施工技术中的关键要点,探寻桥梁加固的常用方法,并根据实际案例给出相应的技术改进策略,以期 of 工程建设实践提供有效参考与指导。

1 公路桥梁施工与加固的重要性

公路桥梁作为现代交通网络的关键组成部分,其建设质量直接影响交通的顺畅与安全。随着城市化进程加速与交通需求不断增加,公路桥梁的数量和规模不断扩大,其施工技术与加固方法的重要性日益凸显。桥梁不但承担着日常的运输负荷,还经常面临恶劣气象条件、车辆超载等问题,这让桥梁的结构强度与耐久性面临更严格的要求。由于桥梁长时间受风力、雨雪、地震等自然因素和交通荷载、环境污染等人为因素的影响,桥梁出现损坏与老化难

以避免,这使得桥梁加固成为保障交通安全和延长桥梁使用寿命的关键措施^[1]。

除此之外,随着老旧桥梁数量稳步增加,其设计标准和施工质量与现代需求存在一定差异,这导致桥梁结构出现裂缝、沉降、变形等情况。针对此传统修复及加固方法已难以符合实际需求,基于此亟需新式施工技术及加固措施确保桥梁的安全与耐久性。运用桥梁加固手段能有效提升承载能力,还能应对结构性损伤、腐蚀、疲劳损耗等情形,由此降低交通事故出现的概率,提升桥梁的使用安全性。

2 道路桥梁施工中的常见问题

2.1 施工落实进程的质量核查要点

在桥梁建设过程中,质量控制是确保结构安全与耐久性的关键要素。然而,受施工工艺、材料品质、过程控制等因素综合影响,施工质量偶尔出现差错。混凝土浇筑呈现不均匀状况是常见施工质量情况,若混凝土浇筑不均衡,会导致桥梁承载能力降低,甚至诱发裂缝变宽。

另外,施工阶段的环境条件,如高温、潮湿、风力条件等,也会对施工质量造成影响,处在强风或高温的环境

里,混凝土凝固速度开始受影响状态,导致表面裂缝产生。面对这类情形,施工单位须进一步提升质量把控,从源头鉴定材料质量,严格按照施工规范执行操作,采用科学的施工手段与器具,防止人为因素对施工质量造成干扰。

2.2 衰老与损坏困境

桥梁作为长期承受交通负载与自然环境影响的基础设施,其结构发生老化与损坏是必定的。伴随时间的渐次推移,桥梁材料逐步遭受荷载作用和环境因素影响,尤其是长期处于潮湿、高盐、酸碱等环境中的桥梁,其整体耐久性会显著降低。钢筋混凝土桥梁处在潮湿或高盐环境中,钢筋腐蚀的速率会加快,从而导致桥梁的承载能力和抗压强度降低。

钢筋腐蚀会导致混凝土剥落、桥梁裂缝扩展,由此对桥梁结构的稳定性造成干扰,同时桥梁面层受车辆负荷、气候变动、磨损等因素作用,还容易出现开裂、沉降、变形等情况。特别是处于高交通流量与恶劣环境里,桥梁老化与损坏的速率加快,导致修复与加固需求的紧迫性突显^[2]。

2.3 施工工艺粗陋与加固障碍

随着桥梁结构的逐步老化与损坏,传统桥梁施工与加固技术逐渐暴露出一些不足。目前的加固方案主要借助传统加固材料开展,例如混凝土和钢材,这些材料在一定程度上能够提高桥梁的承载能力,然而,在应对复杂的桥梁损伤情形时。比如,部分桥梁结构呈现出较严重的损坏,单纯依靠传统加固手段难以实现预期目标,对于结构复杂且破坏严重的桥梁来说,加固的难度大幅上扬,传统技术方法已难以契合实际需求。

随着科学技术的发展,新型桥梁加固材料与技术如碳纤维增强复合材料、外加预应力筋逐渐被提出并应用于桥梁加固。这些新型材料与技术拥有更高的强度和耐久性,可明显增强加固成果。然而,考虑到这些技术在实际应用中仍存在一定技术问题和成本难题,导致众多施工单位在应对复杂损耗时。

3 公路工程中道路桥梁施工技术与加固措施

3.1 优化施工技术

针对桥梁装配施工中的质量控制事项,优化施工工艺是提高桥梁建造质量的关键环节。处于工程施工阶段,质量问题经常由不规范施工操作或不先进施工技术导致,导致桥梁承载能力下降及安全隐患产生。所以,施工单位必须加强对施工人员的培训,增强施工人员专业技术水平,严格把控各施工阶段的水平。通过加强技术培训,确保施工人员完全掌握各类施工工艺与技术准则,特别是针对高难度高精度的施工工艺,比如混凝土浇筑、钢筋接驳等。

采用现代化施工装备是提升施工质量的关键途径。运用高精度标准的混凝土浇筑技术能确保混凝土均匀且密实,避免产生因浇筑不均引发的裂缝状况,同时自动化钢筋焊接技术能够减少人工操作带来的误差,增进焊接一致性,

维持钢筋连接的牢固性,借此提升桥梁结构的综合强度^[3]。

在桥梁建设进程当中,对材料质量的控制是保障工程质量的关键因素之一。特别是针对混凝土、钢管这类关键结构材料,施工单位应严格管控,保证材料契合设计预期的质量品级。混凝土是桥梁主要支撑结构中的一种,它的强度和稳定性直接影响桥梁的整体安全性,所以施工单位要挑选符合标准的水泥、砂石等原材料,确保混凝土配合比的科学合理性。

钢筋作为提升桥梁骨架强度的核心要素,其质量与组合搭配方式同样十分关键。施工单位应确保钢筋的规格、数量及布置符合设计要求,防止钢筋出现锈蚀、断裂等弊病。另外,钢筋焊接与绑扎工艺要严格管控,警惕因工艺漏洞造成的结构损害。除了普通建筑原料外,施工单位还应注重新型建筑材料的应用。比如,引入高分子聚合物改性材料,可以增强混凝土的抗裂能力,还可增进其抗碳化能力。尤其在潮湿和腐蚀性环境中的表现十分显著,这些新型材料拥有更高抗压强度和更好适应性,能够切实延长桥梁的使用年限,缩减长期维修的经费。

3.2 创新加固技术

依据桥梁表现的老化跟破损态势,采用创新加固技术是确保桥梁持续安全运营的有效途径。传统桥梁加固方法通常存在施工周期长、效果有限等问题,采用现代加固技术可显著提升桥梁加固成效并延长使用年限。预应力加固技术作为一种常见的创新性加固手段,可依靠施加外部预应力,使桥梁结构的应力分布更加均匀,增添桥梁的承载荷载水平。采取对桥梁关键部位进行强化,可显著延缓桥梁老化与裂缝的扩展,提升桥梁的安全性与耐久性。与传统加固技术相比较,预应力加固能显著提升桥梁承载的能力,并且施工流程相对极为简便,工程施工周期较短,压缩了针对交通的干扰规模。

碳纤维增强复合材料(CFRP)加固技术是当下桥梁加固领域中的一项创新技术。碳纤维复合材料拥有高强度、低自重、抗侵蚀等特性,极为契合开展桥梁加固。特别是在遭受腐蚀与风化作用影响的桥梁中,运用碳纤维复合材料可明显提升桥梁的抗拉能力和抗腐蚀性能。该技术被大量应用于承受高负荷与恶劣环境状况的桥梁,外包钢加固工艺作为一种高效桥梁加固方式,广泛用于提高桥梁承载能力并增加桥梁使用寿命。该方法通过在桥梁外部增设钢板、钢管等结构材料,提升桥梁抗弯曲剪切能力,尤其针对老旧且受损严重的桥梁结构效果明显^[4]。

外包钢加固有效强化了桥梁的承载实力,又增进了桥梁的抗地震能力等级,尤其是针对那些位于地震高发地带或遭受其他自然灾害威胁的桥梁,可以极大增进桥梁抗震能力,减弱灾难突发顷刻的结构毁坏。在加固工作实施阶段,根据实际需求和当前环境状况确定外包钢材料选取。采用高强度钢材与耐腐蚀钢材这类新材质,令加固方案更

贴合桥梁现实需求。

此外,伴随加固技术的逐步增强,持续引入众多新型加固材料与方法,采用碳纤维复合材料、钢-混凝土组合结构等新型材料,使加固流程更具灵活性和高效性。这些新型材料不光展现出超凡的承载能力,还具备轻质、抗腐蚀等特质,能降低施工阶段的材料重量,增添加固阶段有效性。这些材料环保特性与现代建筑行业绿色发展需求相契合,经由采用这些新型加固工艺,可显著阻滞桥梁的老化节奏,增进桥梁长期平顺性及安全性。

3.3 跨学科合作与技术融合

随着桥梁施工技术和加固方法不断创新,解决复杂施工与加固难题不再仅依赖单一学科技术和手段,而是需借助跨学科合作与技术融合。跨学科联合可实现各领域优势互补,还可聚合不同学科的前沿技术,为桥梁施工与加固提供更精确完备的应对方案。

智能监控系统的应用是桥梁施工与加固流程里技术集成的关键环节。通过在桥梁内部安装传感器、监测设备等,达成对桥梁的实时查察作业,能够迅速探知桥梁结构中的潜在隐患。尤其是裂缝的产生、荷载的变化等,凭借大数据分析渠道,可以针对桥梁运行状态做预计分析,提早洞察潜在的安全威胁苗头,从而为桥梁加固及维护工作提供数据支持和科学依据。另外,现代材料科学与结构工程技术相结合也是提升桥梁施工及加固质量的关键手段,将智能材料(如自愈合材料、形状记忆合金等)与传统建筑材料融合,能够使桥梁结构拥有更良好的适应性与自修复能力。当桥梁显现出微弱细小裂痕,这类智能材料可自动弥合萌芽裂缝,添加桥梁的服役期限^[5]。

跨学科合作在桥梁施工与加固技术中的应用,已成为提升桥梁性能、延长其使用寿命的重要推动力。各学科范畴专家实施协同配合,能够为桥梁工程提供更具创新性、精准度与高效性的技术方案。具体来说,结构工程师、材料科学家、信息技术专家开展跨领域协作,能够共同研发出新型加固材料和先进施工技术,从而提升桥梁的承载能力、耐久性和抗震性能。

结构工程师跟材料学家的协作,是新型桥梁加固材料制造的核心突破点。凭借系统的试验跟理论剖析,材料学家能够设计出具有更高强度、更好耐久性和抗腐蚀性能的新型材料。例如,碳纤维增强复合材料、钢-混凝土组合体系等,在优化桥梁的承载能力阶段,还会极大地削减加固重量数值,提高施工效率。结构工程师依据桥梁的既有情形,结合实际荷载需求与环境情形等,优化加固方案,

实现加固效果的极致水平。信息技术专家作出的整理,推动了桥梁健康监测系统与智能化施工技术的发展。依靠采用大数据、物联网、云计算等技术,信息技术专家能够设计出实时监测桥梁结构健康的系统,马上辨认潜在的损伤和裂隙,还可以预估桥梁的服役年限。这些技术不仅可为桥梁的维修与保养提供依据,还可实时针对桥梁的安全性做评估,阻止重大事故涌现。同时,智能化施工技术的引进采纳实施,引领施工过程迈入精准高效阶段,施工质量得到有效上扬。

跨学科合作还能实现施工流程里的资源优化,节约施工经费开支。在传统态势的桥梁加固操作阶段中,施工操作的周期占用过长,凭借采用新型加固技术及智能化施工途径,施工时段可获极大缩短,材料投入更达精准度,减轻了材料肆意挥霍,省掉了花费量。采用绿色环保的材料与工艺,有助于减轻施工对环境产生的影响,促进桥梁工程往绿色可持续维度迈进。跨学科联合可提升新型加固技术的研发水平,还能促使桥梁施工达成智能化、绿色化和高效化。这种深度协作为桥梁施工、加固与维护的未来发展增添了新活力,不仅增进了施工质量与加固效益,还为桥梁工程的可持续发展提供了有力后盾^[6]。

4 结语

本文通过对公路桥梁施工技术和加固措施的研究,分析了施工中存在的技术问题和加固方案。伴随科技的提升阶段,新材料和新技术的应用为桥梁施工与加固带来了新机遇。在未来公路工程创建阶段内,要进一步夯实技术创新与施工管控基础,由此强化桥梁结构的安全性及稳固性。

【参考文献】

- [1]黎梓峰. 软基加固技术在道路桥梁施工中的应用分析[J]. 运输经理世界, 2023(23): 67-69.
- [2]陈旭明, 盛杰, 李东方. 道路桥梁工程软土地基加固施工技术及其应用研究[J]. 工程机械与维修, 2023(4): 205-207.
- [3]赵宗伟. 桥梁施工管理养护技术及加固维修措施的研究[J]. 运输经理世界, 2022(35): 158-160.
- [4]岳洪武. 公路工程中道路桥梁的施工技术与加固措施[J]. 居舍, 2021(14): 77-78.
- [5]刘长文. 公路工程中道路桥梁施工技术与加固措施探讨[J]. 黑龙江科技信息, 2016(20): 257.
- [6]李波. 公路工程中道路桥梁的施工技术与加固措施[J]. 民营科技, 2016(3): 166.

作者简介: 杨全发(1985.8—), 男, 大专, 汉族。

钻孔灌注桩施工技术问题及优化策略研究

张文杰

江苏海奕控股集团有限公司, 江苏 南通 226100

[摘要] 钻孔灌注桩是基础工程领域的一种普遍采用的施工方法, 在巨型建筑与基础设施建造领域扮演关键角色。然而, 伴随着工程量持续增长与施工环境持续复杂化, 钻孔灌注桩施工过程中显现若干技术难题, 诸如土壤层变动与施工挑战、钻孔垂直度管理等因素。本论文聚焦于探讨钻孔灌注桩施工中常见的技术挑战, 并提出相应的优化策略。通过分析钻孔灌注桩施工中的关键技术难题, 提出了一些具有实践意义的技术策略, 旨在为道路桥梁的施工提供更有效的技术支持和经验借鉴。经实证检验, 改良后的钻孔灌注桩施工技术显著提升了施工品质, 缩短工程工期, 仍能有效管控项目费用, 减少对环境的负面影响。

[关键词] 钻孔灌注桩; 施工技术; 技术问题; 优化策略

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15463

中图分类号: TU4

文献标识码: A

Research on Construction Technology Issues and Optimization Strategies of Drilled Pile

ZHANG Wenjie

Jiangsu Haiyi Holding Group Co., Ltd., Nantong, Jiangsu, 226100, China

Abstract: Drilled pile is a commonly used construction method in the field of foundation engineering, playing a key role in the construction of mega buildings and infrastructure. However, with the continuous increase in engineering volume and the increasing complexity of the construction environment, several technical challenges have emerged during the construction process of bored piles, such as soil layer changes and construction challenges, and management of drilling verticality. This paper focuses on exploring the common technical challenges in the construction of bored piles and proposes corresponding optimization strategies. By analyzing the key technical challenges in the construction of bored piles, some practical technical strategies have been proposed, aiming to provide more effective technical support and experience reference for the construction of roads and bridges. Through empirical testing, the improved drilling and grouting pile construction technology has significantly improved construction quality, shortened project duration, effectively controlled project costs, and reduced negative impact on the environment.

Keywords: drilled pile; construction technology; technical issues; optimization strategies

引言

在当代基础设施领域, 钻孔灌注桩在高层建筑、大型桥梁、地下结构等工程项目地基处理中得到广泛应用。此类基础设施技术具有高强度承载力、良好稳定性及高施工灵活性, 钻孔灌注桩在工程建设中占据核心地位。然而, 伴随着工程规模的拓展, 施工场所的多样性, 钻孔灌注桩施工阶段逐渐显现若干技术挑战。因此, 钻孔灌注桩施工技术优化策略, 提高施工效能与品质, 降低工程造价, 成为了当前亟待解决的重要课题。

1 长沙大王山旅游基础设施项目基本概况

长沙大王山旅游基础设施工程是一项关键性交通工程项目, 旨在提高大王山旅游区的基础设施建设水平, 促进旅游资源的融合与开发。该项目的轨道规划自山塘(北部)游客集散地起始, 沿潭州大道西侧向南延伸, 穿越莲坪大道、潇湘南大道、西线等关键道路, 最终抵达观音港物流枢纽, 横跨大王山及其周边旅游风景区, 构建一条便捷的旅游交通线路。具体而言, 项目起始于山塘(北部)游客集散中心, 道路沿线在潭州大道西侧向南延伸, 沿莲坪大道南段行进, 随即转向东方, 至湘江以南大道西侧,

再折向南, 循湘江以南的西向道路至蜂巢路口^[1]。接着, 线路沿桐溪湖南岸铺设, 穿越潭州大道, 布置大王山车站, 并向南伸展至巡抚路, 沿巡抚道北侧铺设, 至山正路后折而南行。

在此基础上, 项目还将设置湘军文化园站、植物公园站、学士路站等多个关键站点, 并通过珍稀植物公园和学士路南侧的道路延伸, 接入观音港集散中心站点, 构建完整的交通网络。该计划显著提升了游客的出行便利性, 为大王山地区的旅游业注入了新的生机, 提高了景区交通服务质量。通过对多个关键站点及线路进行优化配置, 长沙大王山旅游基础设施工程将有效缓解现有交通不畅问题, 增强游客旅行感受, 为周边区域的旅游业、经济增长及区域协作提供更优的支撑。

2 钻孔灌注桩施工中的关键技术问题

2.1 土层变化与施工难度

土层的不同组成直接影响桩基的施工难度, 特别是在软土层或地下水丰富的地区, 施工环境更加复杂。在这些区域, 钻孔施工常常面临孔壁坍塌和水流渗透的风险, 造成施工进度缓慢且难以控制。软土层通常具有较低的承载

力,容易发生孔壁坍塌,导致施工困难,而地下水丰富的地区则可能出现水流涌入孔内,进一步加大了钻孔难度。此外,地下水的流动可能导致混凝土灌注过程中水与混凝土分离,影响桩基质量,甚至造成灌注不均匀。针对这种施工难度较大的情况,采用加强型钻孔设备和加固措施显得尤为重要。加强型钻孔设备如旋挖钻机、液压钻机等,具有更高的钻孔稳定性和穿透能力,能够有效应对软土和地下水的挑战。同时,加固措施如孔壁支护、泥浆护壁等,可以有效防止孔壁坍塌,并且防止地下水的渗入。通过这些技术手段,可以提高施工过程中的稳定性,确保桩基施工质量和施工进度,降低施工难度和风险,保障桩基工程的顺利进行^[2]。

2.2 钻孔垂直度控制

钻孔垂直度在桩基施工中至关重要,它直接关系到桩基的承载力、稳定性和整体结构的可靠性。传统的钻孔技术往往面临垂直度误差较大的问题,尤其是在较深的钻孔过程中,设备的操控难度较大,容易产生偏斜,这不仅影响施工质量,还可能导致桩基的偏位,从而影响地基承载力的均匀性,进而影响上部结构的安全性。传统方法难以满足高精度的要求,尤其是在对桩基质量要求较高的项目中,垂直度控制尤为重要。为了有效提高钻孔垂直度的精度,现代施工技术引入了自动化控制系统和激光测量技术。自动化控制系统通过实时监测钻孔过程中的位置和角度,能够及时调整设备姿态,避免钻孔偏斜。激光测量技术则利用激光定位仪器,精确测量钻孔的垂直度和深度,提供高精度的实时数据反馈。这些技术的引入大大提高了垂直度控制的精确性,确保了桩基结构的稳定性和承载力,从而有效提升桩基施工质量,减少了人为操作误差对工程质量的影响,保证了施工的可靠性和安全性。

3 钻孔灌注桩施工技术优化策略

3.1 设备升级与智能化施工

随着钻孔灌注桩施工技术的不断发展,施工设备和技术手段不断创新,新型钻孔设备和智能化技术的应用为桩基工程带来了显著的提升。这些新技术不仅提高了施工效率,还改善了施工质量,特别是在施工精度和速度方面,表现出较大的优势。传统的钻孔施工方法,尤其是在基础工程和桩基施工中,长期以来依赖人工操作,导致施工质量容易受到多种因素的影响。由于操作人员的经验差异、设备的技术水平以及环境条件的变化,钻孔过程中的精确度往往难以保证。具体来说,人工操作容易在钻孔深度和垂直度方面产生较大误差,尤其在复杂的地质环境中,误差可能进一步放大,影响工程质量和安全性。这种情况常见于传统的人工控制下的钻孔设备,在缺乏有效的监控和反馈机制时,无法做到精准地调整,进而影响钻孔的准确度和施工效率。

随着自动化和智能化技术的引入,传统钻孔施工方法

的这些问题得到了显著改善。现代钻孔技术在设备和控制系统方面发生了革命性的进步,尤其是引入了具备自动定位和反馈功能的智能钻孔设备。该类设备通过高精度传感器、实时监测系统以及先进的控制算法,能够在施工过程中实时获取钻孔角度、深度以及位置等关键参数。这些参数会被系统自动监控和分析,当发现任何偏差时,系统会立即发出警告,并自动调整钻进的角度、深度和方向,确保钻孔过程始终处于最佳状态。这些自动化钻孔设备的引入,极大地提升了钻孔过程中的精确度。与传统人工操作相比,自动化系统能够更加稳定和精确地控制钻孔的各项参数,避免了人为调整过程中可能出现的误差。例如,钻孔设备能够根据实时数据反馈自动调整钻进的角度,确保钻孔始终垂直于地面或预定的角度,从而避免了传统方法中由于操作人员误差导致的偏斜问题。此外,深度的控制也变得更加精确,设备能够在到达预定深度时自动停止,避免了人为因素导致的过钻或欠钻问题。

引入自动化控制系统后,钻孔施工的效率也得到了大幅提升。自动化设备可以持续稳定地进行工作,减少了对人工的依赖,缩短了施工周期,提高了整体工程的施工效率。同时,由于设备的高精度控制,大大减少了误差和返工的情况,降低了工程成本和时间损耗。最终,施工质量得到了显著保障,特别是在对精度要求较高的项目中,自动化钻孔设备无疑成为了提升施工质量和工程安全性的重要利器。自动化钻孔技术的引入,解决了传统钻孔方法中精度不足、效率低下和误差较大的问题,标志着钻孔施工技术的一个重要进步。随着这一技术的不断发展和普及,它将在更多工程项目中发挥关键作用,推动建筑、基础设施等领域的施工向更加高效、精准的方向发展。

这类设备通常配备先进的激光定位系统和传感器,可以对钻孔方向、垂直度以及钻孔进度进行精确控制,并根据反馈数据自动优化施工参数。这些新型钻孔设备的应用显著提高了桩基施工的效率 and 精度,减少了人工操作的干扰,缩短了施工周期,同时降低了施工过程中的风险。例如,设备能够自动完成深度控制,避免了由于过度钻孔或不足钻孔带来的桩基承载力问题,确保桩基的稳定性和安全性^[3]。

3.2 加强施工监控与质量控制

在长沙大王山旅游基础设施建设项目执行期间,强化施工监督与品质把控是保障工程顺利进行、符合设计规范及具备持续运行能力的关键步骤。为保证工程质量与施工进度,项目团队实施了多项科学高效的监督与品质保障策略,涉及施工前期筹备、施工全流程及工程竣工质量检查。施工监控从源头开始,项目组在施工前对所用建材实施了细致检验,保证物料尺寸与品质满足设计规范。例如,所有钢材、混凝土及高强度螺栓等均须通过第三方检测机构进行质量审核,确保其达标设计规范。对于轨道梁及桥墩

等核心要素,施工方将运用物理及化学监测方法,测定其抗压强度、耐腐蚀性能等关键特性,防止劣质材料进入施工场地。在建设阶段,项目组构建了全程质量监管体系,运用先进技术对施工流程实施动态监督。例如,运用视频监控装置及传感设备,对桥梁建设进度及质量控制关键环节实施全程跟踪与数据解析。施工人员务必遵照图纸及施工规程执行作业,施工质量自查常态化,并提交监理报告。监理机构将依据监测信息、实地核查成效,对施工环节的各项任务进行审核,确保施工质量符合标准要求。

此外,确保项目质量管控的追溯性,施工各阶段的工作记录、检验文档、技术说明等均须实时记载与存档。这些数据为后续质量追踪与问题处理提供了坚实支撑。尤其在桥梁与桥墩等构筑物的建造过程中,质量检验人员将严格监控每一道工序的各个环节,确保支撑系统、钢筋及混凝土的施工精度符合设计规范,避免由于微小误差积累导致结构质量问题。

3.3 材料优化与混凝土质量控制

桩基施工中,混凝土的质量直接影响桩基的承载力和稳定性,是确保桩基工程质量的关键因素。混凝土作为桩基的核心材料,其配比的合理性对桩基的抗压强度、耐久性及长期稳定性起着至关重要的作用。为了提高桩基的质量,工程师们通常会根据现场土质条件和设计要求,优化混凝土的配比,选择合适的原材料和添加剂,确保混凝土具备高强度、高流动性及良好的工作性。高强度混凝土能够提高桩基的抗压承载力,而高流动性则有助于混凝土的均匀灌注,避免了因灌注不均匀而造成的空洞或质量缺陷^[4]。

在长沙市大王山旅游基础设施建设项目实施期间,施工团队对原设计混凝土配比问题进行了细致分析和改进,实现了显著的成效。初始设计草案,混凝土配比未能充分适应桩基施工标准,引发若干桩基抗压性能欠佳,流动性欠佳,施工效率与工程质量受到影响。尤其是桩基建设环节,鉴于混凝土流动性不足,难以顺利完成桩孔填充,引发空洞效应,这不仅降低了桩基承载能力,还对后续工程进展及品质造成影响。通过对原始混凝土配比进行深入剖析,团队发现,原混凝土配比中水泥强度等级与骨料粒径分布存在不适宜性,水灰比值较高,引发了混凝土流动性低下及抗压性能不足^[5]。针对此类问题,施工队伍实施了多项优化策略,旨在进一步提升施工效率,施工队伍进一步引入了高效化学助剂。这些外加剂显著提升了混凝土的

流动性,有效降低了水灰比水平,确保了混凝土的密实性与强度。经优化配比后,混凝土抗压性能显著增强,施工期间全面填充了桩孔所有缝隙,有效规避了先前易出现的空洞问题。桩基施工因新拌混凝土配比而更显顺畅,桩基承载能力得到充分确保,有效提高了项目整体的工程质量和安全性。

通过这一优化措施,该项目的桩基承载力提高了约20%,大大超出了原设计的预期目标。这不仅有效提高了桩基的稳定性和承载能力,还降低了由于桩基承载力不足而可能带来的安全风险。优化混凝土配比的成功应用,充分证明了混凝土质量对桩基工程的关键作用,同时也为未来类似项目提供了宝贵的经验。通过科学调整和优化材料配比,桩基的质量和施工效率得到了有效提升,为工程的顺利完成奠定了坚实的基础^[6]。

4 结语

随着道路桥梁建设需求的不断增加,钻孔灌注桩施工技术在不断发展和完善。通过设备升级,施工过程中引入了更加先进的机械设备,能够提高施工的精度与效率。同时,施工监控系统和质量控制手段的应用,使得每一个施工环节都能实现实时监测和调整,确保施工过程中的每一个细节都符合设计标准。在未来,随着技术的不断创新和施工管理的进一步优化,钻孔灌注桩施工技术将向更高水平发展,为道路桥梁建设提供更加坚实的技术保障。

【参考文献】

- [1]陈育斌.市政道路桥梁工程钻孔灌注桩施工技术的探讨[J].四川水泥,2024(12):233-235.
 - [2]陈镜辉.钻孔灌注桩施工技术在道路桥梁施工中的应用研究[J].工程技术研究,2024,9(12):78-80.
 - [3]任杰.市政道路桥梁工程旋挖钻孔灌注桩施工技术[J].科学技术创新,2024(12):136-139.
 - [4]张文钢.道路桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术的应用[J].汽车画刊,2024(3):230-232.
 - [5]段博员.道路桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术的应用[J].大众科技,2023,25(10):42-44.
 - [6]王强.钻孔灌注桩技术在道路桥梁施工中的应用研究[J].运输经理世界,2021(29):118-120.
- 作者简介:张文杰(1996.9—),单位名称:江苏海奕控股集团有限公司;毕业学校和专业:重庆科技大学 道路桥梁与渡河工程专业。

交通工程土建施工中混凝土施工技术分析

宋 冰

平顶山市公路事业发展中心, 河南 平顶山 467000

[摘要]在交通及土建工程的实施中, 用到最多的就是混凝土材料。由于我国的交通土建项目建设起步较晚, 在混凝土的施工技术方面还存在较多的问题。而混凝土施工技术直接关系工程建设质量。所以, 必须在混凝土施工中, 必须对其施工技术要点进行全面把控, 确保混凝土施工质量可靠性。文中结合交通及土建施工中混凝土施工技术要点分析, 对如何提升混凝土施工质量做了几点建议给出, 以供参考。

[关键词]交通工程; 土建施工; 混凝土施工; 施工技术

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15462

中图分类号: U2

文献标识码: A

Analysis of Concrete Construction Technology in Civil Engineering Construction of Transportation Engineering

SONG Bing

Pingdingshan Highway Development Center, Pingdingshan, He'nan, 467000, China

Abstract: In the implementation of transportation and civil engineering, the most commonly used material is concrete. Due to the late start of transportation civil engineering projects in our country, there are still many problems in the construction technology of concrete. The concrete construction technology is directly related to the quality of engineering construction. Therefore, it is necessary to comprehensively control the key construction technology in concrete construction to ensure the reliability of concrete construction quality. The article analyzes the key points of concrete construction technology in transportation and civil engineering construction, and provides several suggestions on how to improve the quality of concrete construction for reference.

Keywords: transportation engineering; civil construction; concrete construction; construction technology

引言

在交通工程土建施工中, 混凝土施工技术的重要性不可忽视。随着城市化进程的加速, 交通工程项目的规模与复杂性逐渐增加。作为关键建筑材料之一, 混凝土广泛应用于道路、桥梁、隧道、机场等基础设施的建设中。工程结构的安全性、耐久性及长期稳定性, 均直接依赖于混凝土的质量。因此, 优化与改进混凝土施工技术已成为保证工程质量的核心任务。在实际施工过程中, 由于施工环境的复杂性及技术环节的繁多, 合理配置混凝土配比、提升施工精度、确保施工过程中的质量控制, 已成为交通工程项目面临的重大挑战。混凝土施工不仅需满足工程设计中的强度要求, 还必须综合考虑施工时间、环境因素及施工工艺等多方面的因素。对交通工程土建施工中混凝土施工技术的分析与总结, 不仅能有效提升施工质量, 确保项目顺利完成, 同时, 还能降低施工风险, 增强工程的经济效益与社会效益。因此, 混凝土施工技术的深入研究, 不仅具有推动交通工程土建施工技术进步的理论价值, 更具备重要的实践意义。在此背景下, 通过对混凝土施工技术的探索与创新, 施工质量与效率的提升将得到显著保障。

1 交通工程土建施工中混凝土施工的特点

交通工程施工具有高度的复杂性, 需要综合考虑多种

因素, 尤其是在混凝土施工方面, 涉及的内容更加广泛。交通工程中的混凝土结构需承受巨大的车辆荷载, 因此对其强度要求较高。为了确保路面、桥梁、隧道等结构的安全与稳定, 混凝土配合比的设计与施工技术的选择必须严格满足工程的强度要求。此外, 交通工程的施工环境通常较为复杂, 面临着交通流量大、工地空间狭窄、施工时间紧张等诸多挑战。施工单位需在有限的时间和空间内完成施工任务, 并尽力减少对交通流量的干扰。因此, 施工管理需高度重视各项工作, 确保施工计划的合理编制、资源的高效调配、质量的严格控制以及安全措施의充分保障。在保证施工进度和质量的同时, 还需切实保障施工人员的安全, 确保项目顺利推进。

2 交通工程土建混凝土施工技术分析

2.1 混凝土配置

在交通工程土建施工中, 混凝土的配置作为关键技术环节, 其重要性不可忽视。混凝土结构的性能及其长期使用的安全性, 直接受配置的影响。在进行混凝土配置时, 应根据设计要求与工程的具体特性, 合理确定配合比, 以确保混凝土具备足够的强度、耐久性, 并能够适应工程环境的特殊需求。以桥梁、道路等结构为例, 混凝土不仅需满足较高的抗压强度要求, 还应具备抗冻、抗渗、抗裂等

性能,方能应对不同气候条件及交通荷载的挑战。混凝土的主要组成材料包括水泥、骨料(如砂、石)、水及外加剂。水泥的选用应依据所需强度等级进行合理配置,骨料的粒径及级配应确保混凝土具备良好的流动性与密实性,而水的质量则必须符合标准,以保障水化反应顺利进行。在现代混凝土配制中,外加剂起着至关重要的作用,它们能够显著改善混凝土的工作性、增强抗冻性、延长施工时间及提高耐久性。减水剂、缓凝剂和引气剂等常用外加剂的合理选择与使用,可有效提升混凝土的综合性能。混凝土配合比的设计,除了需要考虑材料的质量,还应根据施工现场的具体条件进行调整。施工环境的温度、湿度等因素,显著影响混凝土的凝固与硬化过程^[1]。在高温条件下,混凝土容易出现过早硬化与裂缝,而在低温环境中,水泥水化可能不完全。为此,混凝土的凝结时间与水化过程,应根据天气变化适当调整水灰比或选择合适的外加剂,从而确保混凝土质量的稳定性。

2.2 接缝处和节点的钢筋连接

在交通工程土建施工中,接缝处及节点的钢筋连接对确保混凝土结构的整体性与稳定性,发挥着至关重要的作用。通常,接缝与节点是承受较大应力的部位,钢筋的合理布置与连接,对保证结构的强度与耐久性,起着决定性作用。钢筋连接的主要目的是实现混凝土与钢筋之间的良好结合,确保结构受力能够均匀传递,从而避免局部应力集中导致裂缝或结构失效。接缝处的钢筋连接,应严格按照设计要求执行,以确保钢筋搭接长度、锚固深度等符合相关规范,防止因连接不当产生的局部弱点。对于交通工程中的复杂节点,尤其是在桥梁、隧道等项目中,钢筋连接更为复杂,常常涉及不同方向及规格的钢筋交织。在这种情况下,除了确保钢筋数量与位置符合设计要求外,还应特别重视钢筋的合理搭接与绑扎方式,避免施工过程中出现钢筋错位或滑动。为了提高节点的整体性,焊接或机械连接等特殊方式常被采用,以确保钢筋间能够紧密结合,从而避免因施工误差或材料不符而造成结构漏洞。钢筋连接的质量,直接影响混凝土结构的抗震性能与抗裂能力。因此,在施工过程中,钢筋的规格、位置、搭接长度及绑扎方式,必须严格控制,确保每一个接缝与节点的钢筋连接都符合设计要求与施工标准。此外,施工现场的温湿度条件及混凝土浇筑方式等因素,也会影响接缝与节点的钢筋连接效果。必须进行有效的调整与控制,以确保连接部位的钢筋能够充分发挥其设计强度,保障交通工程结构的安全性与使用寿命。

2.3 混凝土的振捣和浇筑

混凝土的振捣与浇筑在交通工程土建施工中的重要性不可忽视,它们直接决定着混凝土结构的密实性、强度及耐久性。浇筑过程中,必须确保混凝土均匀分布到施工部位,避免出现漏浇或空隙,同时保持适宜的工作性,以

确保其能够与钢筋、模板等构件良好结合。振捣的核心目的,是排除混凝土中的气泡与多余水分,从而提高其密实性,减少由气孔和空隙引发的强度降低与耐久性問題。在振捣时,时间与频率必须严格控制,以避免振捣过度或不足。过度振捣可能导致水泥浆的分离、混凝土分层与离析,影响质量;而振捣不足则会导致气泡或空隙的存在,进而削弱结构的整体强度。为了确保振捣效果,通常使用振动棒、插入式振动器等设备,使振动能够均匀深入,尤其是在钢筋密集区域及模具边角等难以到达的部位,操作时更应精确掌控。浇筑过程中,混凝土的流动性应根据现场的实际情况进行适当调整,确保混凝土能够顺利填充模板的每个角落。在浇筑完成后,必须避免混凝土表面暴露在高温或强风环境中,以防止水分过快蒸发,产生收缩裂缝。因此,适当的覆盖物与养护措施尤为重要。完成浇筑与振捣后,混凝土表面需进行平整处理,以确保其光滑、无气泡或裂缝,为后续养护提供良好的基础条件。

2.4 结构的养护工作

结构养护在交通工程土建混凝土施工中占据着至关重要的地位,它直接影响混凝土的强度、耐久性以及使用寿命。其主要目的是在硬化过程中为混凝土提供适宜的湿度与温度环境,确保水泥的水化反应能够充分进行,从而达到设计强度,并增强混凝土的抗渗透性与抗冻性等性能。在养护的初期阶段,尤其重要的是保持混凝土湿润。此时混凝土刚开始硬化,若水分蒸发过快,表面裂缝或收缩变形将导致整体质量受损。因此,采取有效措施保持湿润显得尤为关键。常见的养护方法包括覆盖塑料薄膜、湿麻袋以及洒水养护等,这些手段有助于减少水分流失,保持良好的水化环境。在极端气候条件下,养护需要特别关注。例如,在高温环境下,混凝土容易失水过快,导致强度不足,甚至出现表面开裂^[2]。在这种情况下,除了加强湿润覆盖,还可采用养护液或遮阳网等方法来调控温度。而在寒冷天气下,水泥的水化反应速度会减缓,强度发展可能不均匀,甚至出现冻害。为了防止冻害,保温措施显得尤为重要,确保混凝土不受冻害的影响。此外,在养护过程中,水温与环境温度的控制也不容忽视。过高或过低的温差可能会对混凝土结构产生不利影响。养护时间应根据混凝土的强度要求及施工环境灵活调整,通常在初期的几天内需要保持连续湿润状态,直至混凝土达到所需强度。

3 提高交通工程土建混凝土施工质量的有效措施

3.1 做好技术管理工作

在交通工程项目的施工管理中,技术管理始终占据着核心地位。施工技术不仅是交通工程土建公司及相关部门重点关注的内容,更是确保项目顺利推进和工程质量达标的关键因素。随着交通工程项目的不断发展,施工技术管控的重要性愈加突出,它不仅关乎项目的质量控制,还对企业的可持续发展乃至民生工程的顺利建设具有深远的

影响。因此,施工技术管控作为保障工程质量的核心任务,具有举足轻重的意义。在实施施工技术管控时,规范性与系统性是工作的关键。施工过程中的每个环节都需要严格按照相关技术标准和操作规范执行,以确保工程质量不受影响。此外,施工技术管控的系统性也尤为重要,它要求整个施工流程形成一个闭环,从设计、施工到验收到维护,每个环节都必须协调一致,确保技术方案得以落实^[3]。然而,由于交通工程土建项目具有高度的多元化特征,施工技术的管理需要具备一定的灵活性与拓展性。项目的地理位置、施工环境、技术要求及时间限制等因素可能各不相同,因此,施工技术管理应根据具体情况进行调整,以适应不同的施工条件和项目需求。这种灵活性和拓展性能够保证施工技术在多样化的环境下依然能够高效执行,同时不失规范性,确保工程质量的可靠性和稳定性。

3.2 做好机械设备管理工作

在提高交通工程土建混凝土施工质量的过程中,机械设备的管理发挥着至关重要的作用。根据施工项目的具体要求,应进行设备的选择,以确保其符合混凝土施工所需的技术标准及性能需求。例如,混凝土搅拌机、泵送设备、振捣器等,必须具备足够的稳定性与性能,以应对施工现场的复杂环境与施工量。设备的保养与维修工作应严格按照规定进行,以确保设备始终处于良好的工作状态。长时间使用或频繁运作,可能导致机械故障或性能下降。因此,制定科学的维护计划,并定期检查设备的关键部件,例如搅拌机的搅拌叶片、泵送设备的管道等,成为保障设备高效运作的重要措施。设备管理还包括对操作人员的培训,确保其能够掌握设备的正确使用方法及安全操作规程,从而减少由于操作不当而引发的故障或事故。在施工过程中,定期检查设备运行状况,应由管理人员执行,实时监控设备的状态,潜在的故障风险能够及时发现,并采取适当的应急处理措施,避免设备停工或质量问题的发生。同时,设备的合理调度与利用也是管理的重要内容。设备的闲置或过度使用,必须加以避免,从而提升设备的工作效率与施工效益。

3.3 建立完善的管理体系,完善相关的规章制度

建立健全的管理体系及相关规章制度,是确保交通工程土建混凝土施工质量的关键保障。根据项目的特点与实际情况,施工单位应制定切实可行的管理框架,明确各级管理人员的职责与分工,确保每项工作都能够落实到负责人的手中,做到责任明确、层层到位。该管理体系应覆盖

项目的全过程,从前期的规划、施工实施,到后期的验收与维护,形成一个全方位、全周期的质量控制体系。管理体系的有效运作,需要完善的规章制度作为基础。施工单位应依据国家标准、行业规范以及项目的实际需求,制定完善的施工技术规范、质量标准与安全操作规程,确保所有施工活动都能在统一的规范框架内进行^[4]。规章制度不仅应涵盖技术与安全管理,还应扩展至人员、设备及材料管理等多个方面。通过制度化的管理措施,确保施工现场的每一环节都严格按照规定执行。为了确保这些规章制度的有效贯彻,项目管理人员应定期组织培训与技术交底,提升全体人员的质量意识,增强他们对规章制度的理解与认同。同时,考核与奖惩手段的采取,确保制度能够落实到每一项工作中。在实际施工过程中,管理体系应保持灵活性,根据施工进度及现场变化及时调整策略,从而确保能够应对突发问题,保持施工质量的稳定。

4 结语

在交通工程土建施工中,混凝土施工技术对于确保工程质量、提升施工效率及降低成本具有至关重要的作用。随着施工环境的复杂性不断增加以及技术要求的提高,面临的挑战也随之增多。为应对这一挑战,已成为关键的任务:优化混凝土施工工艺、改进施工技术、加强质量控制与现场管理。这些措施直接关系到工程安全性、耐久性及长期稳定性的提高。通过不断完善混凝土施工技术体系与管理方法,施工质量能够有效提升,工程风险得以减少,从而确保交通工程顺利实施及其可持续发展。随着新技术与新材料的不断涌现,混凝土施工技术的创新与应用,将为交通工程土建施工带来更多的发展机遇。由此推动行业不断迈向更高水平的进步。

[参考文献]

- [1]刘巍. 交通工程土建施工中混凝土施工技术研究[J]. 运输经理世界, 2023(25): 19-21.
- [2]李彩玲, 卢延坤. 交通工程土建施工中混凝土施工技术研究[J]. 建材与装饰, 2018(38): 278.
- [3]贡忠华. 交通工程土建施工中混凝土施工技术探讨[J]. 价值工程, 2018, 37(33): 263-264.
- [4]段国胜. 交通工程土建施工中混凝土施工技术[J]. 工程建设与设计, 2020(18): 177-178.

作者简介: 宋冰 (1982.2—), 毕业院校: 长安大学, 专业: 道路桥梁与渡河工程, 当前就业单位: 平顶山市公路事业发展中心, 职务: 无, 职称级别: 工程师。

基于桥梁隧道施工常见问题与控制对策

田金安

新疆北新路桥集团股份有限公司, 重庆 830011

[摘要]随着我国经济的发展和进步,我国的桥梁隧道的施工也在不断进步,基于此,对于施工中经常出现的一些问题和难点也需要进行一定的分析,从而提出相应的解决办法,为相关建设提供一定的理论依据。根据相关的研究表明,对于一些桥梁隧道的施工,要从实际情况的角度出发,明确控制对策应用方面的问题。文中针对于桥梁隧道施工常见问题与控制对策展开一系列的讨论,并且提出合理化的建议,希望对我国桥梁隧道的施工有一定的帮助作用。

[关键词]桥梁隧道施工;常见问题;控制对策

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15457

中图分类号: U455.1

文献标识码: A

Common Problems and Control Measures in Bridges and Tunnels Construction

TIAN Jin'an

Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Chongqing, 830011, China

Abstract: With the development of Chinese economy and social progress, the construction of bridges and tunnels in China is also constantly improving. Based on this, it is necessary to analyze some of the problems and difficulties that often arise during construction, and propose corresponding solutions to provide theoretical basis for related construction. According to relevant research, for the construction of some bridges and tunnels, it is necessary to clarify the application of control measures from the perspective of actual situations. The article discusses a series of common problems and control measures in bridges and tunnels construction, and puts forward rational suggestions, hoping to provide some help for the construction of bridges and tunnels in China.

Keywords: bridges and tunnels construction; common problems; control measures

引言

桥梁隧道施工在交通基础设施建设中占据着重要地位,承担着提升城市交通效率、促进区域经济发展及改善人民生活条件的关键任务。然而,由于施工环境复杂、地质条件差异显著以及施工工艺的特殊性,桥梁隧道工程面临着诸多技术与管理难题。在施工阶段,保障工程质量、有效控制成本、优化进度及确保施工安全的任务,成为行业关注的焦点。与此同时,随着建筑技术的持续进步与施工管理理念的不断革新,设计缺陷、材料质量不合格及环境影响等问题,依然在桥梁隧道施工中屡见不鲜。这些因素对项目的顺利推进及最终成果,持续产生影响。因此,识别与分析施工过程中遇到的各种问题,并采取适当的控制措施,已被认为是提升工程建设质量、降低施工风险、确保项目顺利完成的关键环节。本文将深入探讨桥梁隧道施工中的常见问题,分析其成因,并结合当前技术手段,提出切实可行的控制对策,以期桥梁隧道工程的施工管理提供理论依据与实践指导。

1 加强桥梁隧道施工质量的重要性

桥梁隧道施工质量的重要性不容忽视,直接关系到交通安全、人民生命财产的保护以及社会经济的可持续发展。作为现代基础设施的核心部分,桥梁与隧道承担着至关重要的交通运输功能,其施工质量直接影响工程的稳定性、

耐久性与安全性。优质的施工能够确保桥梁与隧道具备足够的承载能力,足以抵御风雨、地震等自然灾害的冲击,避免结构性故障及安全事故的发生,这些事故若由质量问题引起,将大大减少人员伤亡与财产损失。随着工程技术的不断进步与施工条件的改善,施工质量的提升,也能够有效应对复杂地质、气候变化及其他环境因素所带来的挑战,从而降低施工成本、缩短建设周期,并减少未来的维修费用。与资源利用与环保同样密切相关的是施工质量,采用先进的施工技术与管理方法,既能有效减少资源浪费与环境污染,又能提升工程的整体效益与可持续发展能力。桥梁隧道施工质量的强化,不仅为工程本身提供保障,更是对社会公共安全与生态环境的一种责任担当。

2 桥梁隧道施工常见问题

2.1 桥梁隧道施工过程中的管理问题

桥梁隧道施工过程中常见的管理问题,表现为多个方面。一个主要问题为管理体制和组织结构的不完善。在一些项目中,管理层级不够明确,责任划分不清晰,致使各个环节之间沟通不畅,执行任务时,管理人员缺乏协调与支持。另一个显著问题是施工现场管理的薄弱,监管力度不足,执行不到位。由于施工过程涉及的技术要求复杂,且施工环境与工艺条件多变,往往出现管理措施未能及时落地或实施不到位的情况,从而影响施工进度、质量与安

全的有效控制。施工人员管理同样存在明显问题，尤其在人员培训、技术指导及操作规程的执行方面，许多项目中，明显短板存在。在应用新技术与新工艺时，由于人员技能水平不足或经验缺乏，施工质量往往无法达到预期标准。此外，资源调配也是施工管理中的突出问题，尤其是材料与设备管理混乱、运输不及时等情况，常导致资源浪费与施工延误。这不仅增加了施工成本，也可能导致项目周期的延长。

2.2 桥梁隧道工程防水问题

在桥梁隧道工程中，防水问题是施工过程中常见且复杂的挑战，尤其是在地下或水域附近的项目中，若防水措施不到位或缺失，可能会严重影响工程质量。隧道与桥梁的结构本身易受到水的侵蚀，特别是在地下水位较高或渗水严重的地区，水分的长期作用可能导致结构材料的腐蚀、裂缝扩展等问题。施工过程中，防水层的质量控制，常常被忽视，尤其是在防水材料选择、施工方法及接缝处理等方面，若未严格遵守标准或施工不当，防水层渗漏的情况，往往会导致，从而影响整个结构的耐久性。防水设计与实际施工脱节的问题同样突出。某些项目在设计阶段，未充分考虑地下水的动态变化，导致防水措施设计不足，无法应对实际施工中的复杂情况^[1]。此外，防水问题不仅限于隧道本身，桥梁基础部分同样受到水土侵蚀的威胁，特别是在桥梁基础与水源接触的区域，水流侵袭容易引发基础沉降、裂缝等问题，最终会影响桥梁的稳定性与安全性。

2.3 桥梁隧道施工工艺问题

桥梁隧道施工工艺问题是影响工程质量与施工进度的重要因素，尤其在复杂地质环境及特殊施工条件下，工艺的合理性与科学性，直接关系到工程的顺利推进。在桥梁与隧道的施工过程中，所选用的工艺，必须与实际的地质条件相契合。对于一些特殊地质环境，例如软弱土层或地下水丰富的地区，传统施工工艺可能难以应对，导致施工难度增加，甚至出现工期延误及质量问题。工艺流程的不规范或施工方法的不当，往往也是导致质量问题的原因之一。比如，混凝土浇筑、钢筋安装及隧道开挖方法的不合理，容易导致结构强度不足或裂缝等现象。此外，桥梁隧道施工涉及多个工种的协调与配合，要求各工序之间紧密衔接。若工艺设计不够细致或施工操作不规范，不同工序之间的冲突或影响，容易出现，进而降低施工效率，甚至引发安全隐患。施工过程中，工艺操作标准化与自动化水平的不足，也可能成为限制施工质量的因素。依赖手工操作或经验性强的工艺方式，容易产生人为误差，进而增加工程风险。

2.4 桥梁隧道施工中的环保问题

桥梁隧道施工中的环保问题，已逐渐成为现代工程建设中必须重视的关键领域。施工过程中的土石方开挖、混凝土浇筑、材料运输等活动，往往会对周围环境带来一定

程度的污染与破坏。噪音、扬尘及废气的排放，是施工过程中最为突出的环保隐患，尤其是在城市或居民区周边，这些污染不仅影响居民的日常生活质量，也可能对周围的生态环境产生不良影响。同时，施工废水及废弃物的处理，亦是桥梁隧道施工中的一大难题。若废水未经处理便直接排放，水源污染可能会导致，进而破坏周边水域的水质与生态系统。另一个不容忽视的问题，是施工区域内的绿化与植被破坏^[2]。在许多桥梁隧道项目中，施工范围往往会涉及绿地或植被的破坏，过度开挖或土地破坏，生态平衡的失调，往往会导致。施工所用材料的环保标准，亦不容忽视。若所选用的建筑材料含有有害物质，这些物质可能渗透至土壤与水源，随着时间的推移可能对环境造成长期且不可逆的污染。

2.5 预应力施工中的常见问题

在桥梁隧道施工中，预应力施工对结构的安全性与稳定性至关重要。然而，在实际操作中，常常面临一些技术难题。一个显著的问题是预应力钢筋张拉力的控制。张拉力的大小直接影响结构的性能，若操作不当，可能导致张拉过度或不足，进而影响混凝土的强度与耐久性。混凝土浇筑过程中的裂缝也是常见问题。温度变化、湿度差异或施工工艺不当，可能导致混凝土硬化时产生裂缝，这不仅影响结构的外观，还削弱其整体稳定性。预应力钢筋的腐蚀问题同样不容忽视，尤其在潮湿或腐蚀性物质较多的环境中，钢筋容易锈蚀，进而导致其力学性能的下降，影响整体结构的安全性。除此之外，混凝土与钢筋之间的黏结性能也可能受到影响，若黏结不牢固，钢筋与混凝土之间的协同作用将大大削弱，进而降低结构的承载能力与耐久性。

2.6 山区陡坡地段施工难点

在山区陡坡地段进行桥梁隧道施工时，一系列独特的挑战不断出现。地质条件复杂性是其中的主要难题之一。常常存在不稳定的地质结构，土层较薄，岩石多有断裂，这样的环境容易引发滑坡或崩塌等灾害，从而增加了施工的不确定性。施工难度进一步加剧，尤其是在陡坡地形中，施工空间极为狭小，机械设备难以顺利进入或操作，作业环境对施工人员极其不利，进而影响了施工效率及安全性。同时，气候条件对施工进程的威胁也不容小觑。尤其是雨季，降水量大且持续时间长，自然灾害如泥石流与滑坡的发生率显著增加，施工的安全风险大大提高。此外，山区陡坡地段的交通条件落后，物资和设备的运输受到限制，供应链不畅通或物资浪费的情况时有发生，工期延误和成本增加的可能性也随之增大。

3 桥梁隧道施工控制对策

3.1 提高桥梁隧道施工的管理水平

提高桥梁隧道施工的管理水平，首先应建立一套完善且规范的管理制度与规章制度，并确保这些制度和措施得以有效落实。关键在于用人的计划与策略。首先，需设立

专门的管理部门和岗位,招聘具备专业能力、经过专业培训或拥有相关经验的人员,并实行岗位责任制。定期对相关人员进行培训和指导,确保每项具体工作落实到个人,严格执行管理及检查要求。此外,将工程质量及相关监管制度的执行情况纳入考核,且与薪酬挂钩,确保管理措施贯穿整个工程建设过程。其次,鼓励相关人员持续改进与创新管理方法和手段。由于每项工程的环境与技术条件各不相同,统一的管理方法难以适应所有情况。因此,施工单位应听取现场管理人员的意见,针对不同工程条件进行适当的管理方法调整,以提高管理的有效性。

3.2 做好隧道二次衬砌工作

隧道二次衬砌在隧道施工中占据着至关重要的地位,它直接决定了隧道结构的稳定性及使用寿命。二次衬砌是在完成隧道初期支护后,根据设计要求进行的最终衬砌施工,旨在提升隧道的承载能力,增强抗变形与抗水压的性能,同时有效防止地下水渗透与土壤侵蚀。在施工过程中,二次衬砌的质量,至关重要,施工工艺的规范性及技术的可行性,必须保证。选用合适的衬砌材料,是重中之重,材料不仅应符合结构强度要求,还应具备优良的耐腐蚀性、抗渗性与耐久性。施工精度方面,任何微小误差都可能对衬砌的整体效果产生影响,导致裂缝或渗水问题的出现。因此,混凝土配比、浇筑时间及衬砌厚度的均匀性等各项参数,必须严格控制。在施工过程中,还需结合现场的地质条件进行适当调整,尤其在复杂的岩土条件下,施工方法及技术,要进行相应的优化。此外,监测手段的应用,亦不可忽视,实时监测隧道内外的变形情况、地下水流动及衬砌的应力应变,有助于及时发现潜在问题,并对施工进行有效调整。

3.3 做好桥梁钻孔灌注桩的工作

桥梁钻孔灌注桩是桥梁施工中的关键基础工程,对于支撑桥梁的整体结构、确保其稳定性与耐久性,起着至关重要的作用。钻孔灌注桩施工,通常在复杂的地质条件下进行,要求施工单位在技术、设备、质量等方面,进行精确控制。钻孔的深度与位置,必须严格按照设计要求进行,以确保桩体的稳定性及孔位的准确性。在钻孔过程中,由于可能遭遇地下水、软弱土层等不稳定的地质情况,合适的钻孔设备与优化施工工艺,显得尤为重要。设备的选择,应根据地质条件进行匹配,以保证钻孔作业的顺利完成。在灌注混凝土时,混凝土的质量与施工工艺,必须严格把控,以防止出现浇筑不均、孔壁坍塌等问题,这些都会影响桩基的承载力,进而影响后续桥梁施工^[3]。混凝土的配比、搅拌质量、运输及浇筑时机等方面的控制,都是确保桩基质量的重要环节。因此,每一施工环节,需严格监督,确保混凝土浇筑均匀且无气泡、空洞等缺陷。此外,实时监测施工过程中的桩基沉降、孔口稳定性及混凝土强度发展情况,至关重要,这有助于及时发现问题并作出调整,

从而确保施工质量。

3.4 做好桥梁隧道施工中的裂缝预防工作

在桥梁隧道施工过程中,裂缝的出现不仅危及工程的结构安全性与使用寿命,还可能引发潜在的安全隐患。裂缝的产生,通常由多种因素交织而成,涵盖设计不合理、施工工艺问题、材料质量不足以及环境条件等方面。因此,裂缝的预防,在施工期间至关重要。设计阶段,应根据地质条件、气候特点及交通荷载等因素,进行充分的分析与评估,以确保结构设计具备足够的强度与适应性。尤其是在桥梁隧道的关键部位,如连接节点与受力集中的区域,必须特别注意其抗裂性。施工过程中,控制施工工艺,成为防裂的关键,混凝土浇筑时,应严格控制配合比,避免水泥水化反应引起过多热量积聚,从而导致温差裂缝的发生。施工环境的管理,尤为重要,尤其是在温差变化较大的地区,应采取必要的保温或降温措施,以减少温差引发裂缝的可能性。在材料选择方面,应选用具备良好耐久性的混凝土材料,避免因水泥强度不足或骨料质量不合格引发的裂缝问题。同样,合理的施工工序安排,能够有效避免操作不当导致的应力集中,从而进一步降低裂缝发生的风险。

3.5 加强对材料检验工作的重视

在桥梁隧道施工中,材料质量对工程的安全性、稳定性及使用寿命起着决定性作用,故而材料检验工作的重视,显得尤为关键。作为工程建设的基础,材料的任何疏漏或使用不合格的情况,可能导致严重的质量问题,甚至引发安全隐患。为确保材料的符合性与可靠性,必须在采购、存储、运输及施工的各个环节,严格管控。在材料采购环节,供应商的筛选必须严格,确保所选材料符合设计与国家标准。材料进场后,细致的质量检查与实验检测,必须进行,特别是钢筋、混凝土、土工材料等关键材料,需全面检测其性能指标是否符合施工要求。此外,完善的质量追溯体系,应当建立,记录每批材料的检验结果及来源,以便在施工过程中遇到问题时,能及时追溯到具体材料^[4]。在施工现场的材料存放,也至关重要,应保证存放环境的适宜性,防止潮湿、污染等因素影响材料质量。为确保施工质量,材料还应定期复查,特别是在长期施工中,材料可能因外界环境影响而发生变化,定期检查,有助于有效防止因老化或损坏引发的潜在问题。

3.6 预应力施工中控制对策

在桥梁隧道施工中,确保预应力施工精确控制是结构安全性与稳定性的关键。张拉力的控制必须严格遵循设计要求,每一个环节都应经过精确的测量与监控,以避免出现偏差。为实现这一目标,必须采用高精度的张拉设备与力值传感器,确保每根钢绞线或钢筋的张拉力被精确调整,避免因操作不当而导致张拉过度或不足,进而影响结构性能或引发早期损坏。此外,温度与湿度的管理在混凝土浇筑过程中至关重要。通过合理选择混凝土配比并严格控制

浇筑时的环境条件,可有效减少温差裂缝的发生。预应力钢筋的防腐措施也应得到充分重视,特别是在潮湿或含腐蚀性物质较多的环境中,防腐涂层或包裹保护层的使用对钢筋的耐久性至关重要,从而避免腐蚀带来的结构强度下降。施工过程中,必须加强对每个环节的质量监控,涵盖混凝土养护、钢筋与混凝土的黏结状态以及张拉过程中的力值记录等,以确保每一项操作都符合规范要求,保障预应力施工的整体质量。

3.7 山区陡坡地段处理措施

在山区陡坡地段进行桥梁隧道施工时,处理措施必须全面考虑地质条件、气候变化以及施工安全等多个因素。地质勘察作为关键环节,通过详细的勘探工作,可以有效识别潜在的滑坡、崩塌、断层等地质不稳定因素,从而为后续的施工设计提供必要的依据。在此基础上,多种支护措施应被采取,如锚杆支护、喷射混凝土加固及预应力钢索加固等,这些手段可以显著增强坡面的稳定性,防止土体发生滑动。气候条件对施工进度的影响也不容忽视,尤其是在雨季,暴雨极易引发泥石流或大规模滑坡,施工过程因此面临额外的安全风险。因此,完善的排水系统必须被建立,包括设置截水沟、排水管道及集水坑等设施,这些措施有助于有效排除积水,防止水流对施工区域造成威胁。山区陡坡地段的施工空间狭窄,机械设备难以进入,这一问题使得施工作业受到较大限制。因此,施工路线必须提前规划,并应选用适当的施工机械,如小型机械或移动平台,以确保施工的顺利进行。最后,施工过程中,安

全管理必须得到加强,定期进行施工现场风险评估与安全演练,以保障施工人员在极端天气或突发事件中的安全。

4 结语

通过对桥梁隧道施工中常见问题的深入分析,能够明确看出,施工过程中涉及的各类挑战,尤其是在管理、工艺、材料选择及环保等方面,直接关系到工程的质量与安全。针对这些问题,制定科学合理的控制措施,至关重要。项目管理的加强、施工工艺的优化、材料质量的确保及防水工程的落实,成为提高施工质量与效率的核心因素。此外,施工过程中,环境保护的重视,不容忽视。随着技术的不断进步与创新,展望未来,桥梁隧道施工将愈加重视精细化管理与绿色施工,推动行业向更高标准及更可持续发展的方向发展。

[参考文献]

- [1]李明,肖峰.桥梁隧道施工常见问题与控制对策[J].交通世界,2018(9):110-111.
 - [2]房小龙.基于桥梁隧道施工常见问题与控制对策[J].居舍,2019(13):164.
 - [3]张勇.桥梁隧道施工中的常见问题及质量控制对策分析[J].运输经理世界,2023(32):109-111.
 - [4]弋建伟.桥梁隧道施工常见问题与控制对策[J].居舍,2019(10):16.
- 作者简介:田金安(1990.8—),毕业院校:河南城建学院,所学专业:工程测量技术/土木工程,当前就职单位:新疆北新路桥集团股份有限公司,职称级别:中级工程师。

市政道路与桥梁施工质量问题的探讨

王剑锋

北海市路港建设投资开发有限公司, 广西 北海 536000

[摘要]伴随城市化步伐进程加快, 我国的市政道路和桥梁建设也取得了突飞猛进的提升。在这个过程中, 相关部门对市政道路和桥梁施工质量问题需要加大保护力度, 这对于车辆的驾驶安全至关重要, 也对市政道路和桥梁的进一步发展提供了保障。在此基础上, 重点分析了市政道路桥梁建设的若干问题, 探讨了产生质量问题的原因和解决办法, 希望通过这一理论研究, 能够促进市政道路和桥梁的发展。

[关键词]市政道路; 桥梁施工; 施工质量; 质量问题

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15453

中图分类号: U445.12

文献标识码: A

Discussion on Construction Quality Problems of Municipal Roads and Bridges

WANG Jianfeng

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

Abstract: With the acceleration of urbanization, Chinese municipal roads and bridges construction has also made rapid progress. In this process, relevant departments need to increase their protection efforts for the construction quality of municipal roads and bridges, which is crucial for the driving safety of vehicles and provides guarantees for the further development of municipal roads and bridges. On this basis, several issues related to the construction of municipal roads and bridges were analyzed, and the causes and solutions to quality problems were explored. It is hoped that through this theoretical research, the development of municipal roads and bridges can be promoted.

Keywords: municipal roads; bridges construction; construction quality; quality problems

引言

作为城市基础设施的重要组成部分, 市政道路与桥梁承担着日常交通运输的关键功能, 其建设质量直接影响着城市经济发展、社会进步及居民生活水平。随着城市化进程的加快, 对市政道路与桥梁的建设需求不断增加, 施工规模与技术要求亦日益复杂。施工质量问题, 尽管屡见不鲜, 依然严重影响到工程的后期使用、维护及安全性, 甚至可能对交通安全构成威胁, 带来经济损失与公共安全隐患。质量的缺失不仅导致道路与桥梁的损坏及功能失效, 也为社会带来了无法忽视的风险。因此, 如何有效控制施工质量, 防止常见问题的发生, 已成为当前市政道路与桥梁建设中的一项紧迫任务。施工材料、技术应用、人员素质与管理等方面, 将在本文中深入分析, 探讨影响施工质量的关键因素, 切实可行的管理对策也将被提出, 旨在为市政道路与桥梁工程提供科学的质量控制框架, 从而提高施工效率, 确保工程质量, 推动城市基础设施的可持续发展。

1 市政道路与桥梁施工质量控制的重要性

在确保工程顺利完成、提升公共安全及促进城市可持续发展等方面, 市政道路与桥梁施工质量控制具有不可忽视的作用。作为城市交通网络的核心组成部分, 市政道路与桥梁的施工质量, 直接影响着交通流畅度与行车安全, 从而关系到居民的生活质量与城市经济的持续增长。能够延长道路与桥梁使用年限、减少维护费用, 且能有效预防

因结构缺陷引发的交通事故或安全问题, 优质的施工是至关重要的。随着城市化进程的推进, 市政道路与桥梁建设规模的不断扩大, 施工质量的高低, 已成为决定城市基础设施建设成败的重要因素。在复杂地质环境、恶劣天气条件及高强度施工任务的背景下, 施工质量控制的作用愈加显著。通过严格的质量管理, 施工水平得以有效提升, 工程成果得以确保符合设计规范与标准要求, 从而为城市居民提供更加安全、便捷的交通服务。因此, 市政道路与桥梁施工质量控制不仅是施工企业的职责, 也是为社会公共安全与城市发展奠定坚实基础的关键。

2 市政道路与桥梁施工质量控制的主要问题

2.1 施工材料

在市政道路与桥梁建设中, 施工材料质量问题是影响工程质量的关键因素之一。道路与桥梁的强度、耐久性与稳定性, 直接决定于原材料的质量。为了降低成本, 在实际施工过程中, 一些施工单位可能会选用低质量或未经严格检验的建材, 这可能导致裂缝、沉降等质量问题的出现, 特别是在道路与桥梁使用阶段。材料储存与运输管理的不当, 常常导致材料受潮、污染或变质, 尤其是水泥、砂石等易受环境影响的建材, 直接影响施工效果的发生。再者, 材料配比的不准确或不同批次材料性能的差异, 都会对混凝土的工作性、强度与耐久性产生负面影响。忽视材料质量控制的部分施工人员, 也可能导致使用不符合设计要求

的材料,从而严重影响工程质量,甚至威胁道路与桥梁的安全性。

2.2 施工技术问题

市政道路与桥梁建设不仅需满足当前城市交通需求,还必须保障未来城市发展的需要。因此,市政道路桥梁的施工设计必须具备预见性,确保在城市发展过程中,桥梁能够持续满足交通需求。与其他桥梁建设项目不同,市政道路桥梁工程是一项复杂且系统化的工程,要求严格的施工技术和完善的施工设计。这就要求施工企业在项目启动前,深入考虑当前城市环境与未来发展,制定科学、合理且全面的施工设计方案。该方案不仅应涵盖施工资源配置、施工过程管理和工序设计,还需包括施工质量管理 and 事故应急处理预案^[1]。当前,我国市政道路桥梁施工任务繁重,部分施工单位为了赶工期,未能依据实际情况和客观规律合理制定施工计划,导致施工质量频繁出现问题,不仅浪费了人力与物资,还严重影响了工程质量。

2.3 施工人员素质问题

影响工程质量的关键因素之一,在市政道路与桥梁施工中,便是施工人员素质问题。在实际施工过程中,部分施工人员的专业知识与技能水平较低,技术培训与实践经验的缺乏,常常导致操作不当的现象发生。例如,对施工规范与质量要求理解不到位的施工人员,忽视了关键工序,甚至存在随意操作的情况,这样的行为对施工质量产生了不良影响。同时,对质量控制缺乏足够重视,责任心不强的施工人员,容易忽视细节或降低施工标准,从而最终影响了道路与桥梁的整体质量。施工人员素质问题不仅体现在技能与知识的不足,也表现为管理能力与协作能力的缺乏。在大型市政道路与桥梁施工项目中,施工团队的协调与合作至关重要,但由于部分施工人员缺乏团队精神,施工进度延误或工序衔接不当的情况时常发生。此外,安全意识不强的施工人员,可能会引发安全事故,进而影响整体施工质量。

2.4 施工管理问题

施工管理问题,作为市政道路与桥梁施工中影响工程质量的另一个关键因素,常常导致施工过程中不规范操作的频繁发生,进而引发一系列质量问题。在项目管理方面,部分施工单位缺乏系统性与前瞻性的规划,未能对施工过程中的各环节进行精细化管理。例如,施工进度管理不到位,导致了施工人员调配不当、资源配置不均等问题,这些问题最终影响了项目的整体进展及质量。另外,施工现场的监督与检查常常存在疏漏,未能及时发现并纠正不符合标准的施工行为^[2]。在一些项目中,管理人员责任心不强,监督力度不足,使得一些不合格的施工质量未能得到及时制止,甚至在施工过程中,对质量控制要求的放松也是不可忽视的问题。与此同时,施工过程中的协调不足,尤其是在多方合作的项目中,因缺乏有效沟通与协调,不

同施工队伍之间容易导致工序衔接不顺畅,进一步影响了施工质量。

3 市政道路与桥梁施工质量控制管理措施

3.1 强化施工技术管理

确保市政道路与桥梁施工质量的重要措施之一,强化施工技术管理是,其进度、质量及安全性直接受到影响。现代工程建设中,施工技术管理并不局限于某一施工环节的控制,而是贯穿项目从设计、施工到后期维护的全生命周期的核心管理内容。项目启动阶段,制定详细且切实可行的施工技术方案,作为进行有效技术管理的基础,应结合施工现场的实际情况、地质条件及设计要求,同时参考现代施工技术的发展趋势,以确保施工过程中的每一环节依据最佳技术路线进行实施。施工过程中,必须严格把关每一施工工艺环节,技术人员应确保工艺流程符合相关规范。例如,在混凝土浇筑、钢筋绑扎及路面铺设等关键环节,技术指导与监督必须提供细致,以避免因工艺不当或操作不规范而引发质量问题。施工技术管理还应注重新技术和先进设备的应用,随着科技进步,BIM技术、无人机测量技术等新型设备和技术手段广泛应用于市政道路与桥梁建设,它们能够帮助施工管理人员实时掌握施工进度及质量情况,从而及时调整施工方案。新技术的借助,可以有效提高施工精度、减少人工误差、优化资源配置,并提升施工效率及质量。同时,加强现场人员培训与技术交流同样不可忽视,提升技术工人的技能水平对确保施工质量至关重要。技术人员应定期进行技术培训,掌握最新的施工技术与管理方法,通过实际操作与交流不断积累经验,进而提高解决现场问题的能力。最后,施工技术管理应覆盖每个环节的质量控制,工程质量的保证不应依赖于单一环节的努力,而应依靠各环节之间的协同作用。

3.2 严控施工材料质量

确保市政道路与桥梁施工质量的关键措施之一,严格控制施工材料质量是。水泥、钢筋、沥青、砂石等各类材料的质量直接影响工程的结构稳定性及使用寿命。为了确保施工材料符合标准,必须确保所有采购材料符合国家及行业的相关规范,施工单位应避免使用不合格或劣质原材料。在此基础上,采购阶段对供应商的资质进行严格审核,并对其产品进行全面的质量检测,已成为重要环节。在施工过程中,材料的运输、存储及使用管理也需得到足够重视。不同材料应根据其特性采用适当的储存方法,湿气、温度变化等环境因素应避免对材料性能造成不利影响或损坏。运输过程中的安全同样至关重要,必须确保材料在运输过程中不因超载或不当操作而发生损坏或浪费。施工现场的材料管理同样需严格把控,避免材料混杂,确保每种材料都能按照设计要求正确使用。材料进场后,施工单位应进行抽样检查,尤其是水泥、钢筋等关键材料,定期进行质量检测,确保其符合技术标准与施工要求^[3]。混凝

土施工中,配合比的精确控制不可忽视,任何配合比例的偏差都会直接影响混凝土的强度与耐久性,进而影响整体工程质量。

3.3 加强施工过程监管

施工过程的监管,被视为确保市政道路与桥梁施工质量的重要环节。细节上的疏忽或管理上的松懈,往往是施工质量问题的源头。因此,必须对施工的每一阶段与每个环节实施严格的监管。在施工前期,施工人员应接受全面的技术交底,确保每位工人明确施工要求与操作规范,避免因操作不当而造成质量问题。在施工过程中,质量控制人员应定期巡查现场,密切关注各类施工活动,确保施工过程严格按照设计图纸及标准进行。特别是在对施工技术要求较高的关键环节,如混凝土浇筑、桥梁承重结构施工等,必须进行多次检查与验收。施工操作的监管之外,施工环境的管理同样应得到重视,应保持施工现场整洁有序,防止环境因素对施工质量产生不利影响。与此同时,施工设备的维护也不能忽视。设备的故障或不当运行,可能导致工期延误及施工质量问题,设备管理部门应定期检查设备的运行状况,确保其处于良好工作状态。施工过程的监管还应加强对施工材料质量的控制,确保所有进场材料符合设计要求与质量标准,从而避免不合格材料的进入。最后,项目管理部门应通过严格的考核机制,提升施工人员的责任意识,确保每个施工环节都有专人负责,从而保障施工质量。

3.4 加强道路桥梁施工质量指标管理

道路桥梁施工中的质量指标管理,作为保障施工质量的关键措施,应得到加强。在市政道路与桥梁建设中,施工质量直接影响项目的使用寿命、安全性及后期维护成本,因此,贯穿整个施工过程的质量指标管理至关重要。根据设计图纸与施工规范,质量控制指标,涵盖材料、施工工艺、技术标准等方面,需合理制定。混凝土强度、路面平整度、桥梁结构承载力等关键指标,明确设定标准后,应在每个施工环节中进行细化。在施工过程中,质量管理人员需实时监控各项指标,定期检测与评估,确保每个施工阶段符合设定的质量标准。同时,质量指标管理需与施工进度及成本控制相结合,避免因管理松懈引起返工或工程延期,进而增加工程成本,延长施工周期。针对关键施工环节,如桥梁承重结构建设、路面沥青摊铺等,通过严格设定质量标准,确保施工质量的精准性与可控性。施工中出现的偏差或不合格现象,应及时进行分析与纠正,重新审视指标的合理性与可操作性。此外,应建立完善的档案管理系统,详细记录每个施工环节的质量数据,确保质量信息的可追溯性,便于后期检查与总结^[4]。在施工结束后,质量验收标准应明确,综合评定质量指标,确保项目最终符合设计要求与安全使用标准。

3.5 合理配置资源,加强节约

在市政道路与桥梁施工过程中,工程质量的保障关键在于资源的合理配置与节约的加强。施工资源的安排必须依据项目的实际需求进行精确规划,从而避免出现资源浪费或供应不足的情况。施工人员的配置应根据不同阶段的工作量、技术要求及施工进度来科学安排,以确保施工质量与效率得到保障;设备配置方面,应选择符合施工要求的高效设备,并保证其在施工过程中正常运行。设备的检查与维护应定期进行,以防因故障导致工期延误或质量问题的发生;对于材料,施工单位应严格控制采购、存储与使用等各环节,确保不使用不合格或浪费材料,同时保证所有材料符合设计标准与技术要求。在合理配置资源的同时,节约意识同样不容忽视。施工现场必须实施精细化管理,以实现资源的高效利用,避免不必要的浪费。设备的调配应合理进行,避免闲置时间的浪费;对材料使用量的控制应严格,避免因操作失误导致的浪费;在能源管理方面,电力与水资源的节约应加强,同时通过优化施工工艺来降低能源消耗。

4 结语

市政道路与桥梁施工的质量问题,直接关系到工程的安全性、经济效益及社会功能。施工过程中,材料、技术、人员素质及管理各个环节的质量控制,都需充分重视。任何环节的疏忽,常常引发一系列连锁反应,导致严重的质量问题,从而影响城市交通安全及市民出行体验。通过加强施工技术管理、严格控制施工材料质量、提高施工人员的专业素质、强化施工过程的监管等措施,能够有效预防并解决这些问题,确保工程顺利推进。随着科技不断进步与管理手段的完善,市政道路与桥梁施工的质量控制体系,必将不断优化,为城市可持续发展提供更加坚实的支撑。展望未来,质量管理的全程性与系统性,行业应愈加注重,推动市政道路与桥梁工程质量不断提高,为建设更安全、高效、绿色的城市基础设施贡献力量。

【参考文献】

- [1] 郝东辉. 市政道路桥梁施工质量控制问题与对策分析[J]. 河南建材, 2018(2): 154-155.
 - [2] 方甲宝. 市政道路与桥梁施工质量问题的探讨[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2017(34): 173.
 - [3] 王睿. 市政道路与桥梁施工质量问题[J]. 黑龙江交通科技, 2017, 40(3): 153-154.
 - [4] 江丽霞. 市政道路与桥梁施工质量的相关问题探究[J]. 建材与装饰, 2020(20): 280-281.
- 作者简介: 王剑锋(1988.9—), 男, 毕业院校: 广西大学; 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 北海市路港建设投资有限公司, 职务: 工程部经理, 职称级别: 中级工程师。

高速公路桥梁改扩建施工技术应用研究

吴连峰

江苏现代交通科技有限公司, 江苏 南京 210000

[摘要] 伴随着我国经济迅猛增长, 高速公路桥梁的运用频率与承载负荷持续攀升, 桥梁改造与扩建是缓解交通拥堵、提升交通效能的关键途径。论文针对高速公路桥梁改扩建施工中的技术运用进行研究, 探讨了施工阶段所面临的主要技术难题与挑战, 并提出了相应的技术对策。研究表明, 桥梁科学改造与扩建施工技术有效增强桥梁承载与安全性能。在较短的施工工期内实现项目目标, 采用前沿的材料技术、施工工艺及智能化监管系统, 确保项目品质与安全。本篇文章的成果为高速公路桥梁改扩建项目的理论支撑与实践借鉴提供了重要依据。

[关键词] 高速公路桥梁; 改扩建施工; 技术应用; 施工质量; 智能化监控

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15450

中图分类号: U412.366

文献标识码: A

Research on the Application of Construction Technology in the Renovation and Expansion of Highway Bridges

WU Lianfeng

Jiangsu Modern Transportation Technology Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

Abstract: With the rapid growth of Chinese economy, the frequency and load-bearing capacity of highway bridges continue to increase. Bridge renovation and expansion are key ways to alleviate traffic congestion and improve traffic efficiency. The paper focuses on the application of technology in the construction of highway bridge renovation and expansion, explores the main technical difficulties and challenges faced during the construction phase, and proposes corresponding technical countermeasures. Research has shown that scientific renovation and expansion construction techniques for bridges effectively enhance their load-bearing and safety performance. In order to achieve project goals within a shorter construction period, cutting-edge material technology, construction techniques, and intelligent supervision systems are adopted to ensure project quality and safety. The results of this article provide important theoretical support and practical reference for highway bridge renovation and expansion projects.

Keywords: highway bridges; construction of renovation and expansion; technology application; construction quality; intelligent monitoring

引言

高速公路桥梁系我国交通网络的关键构成要素, 伴随着交通流量上升及载重车辆增多, 众多桥梁遭遇超载运营困境。因此, 桥梁的改造与扩建是增强道路通行效率及安全性的核心策略。本文旨在研究高速公路桥梁改扩建过程中的技术难题, 探讨现行施工技术, 提出切实可行的优化策略。基于案例分析, 融合当代科技工具, 提出更优、可信的施工技术, 提升桥梁改扩建工程施工程度、减少施工时长, 保障项目顺利推进。

1 高速公路桥梁改扩建施工技术概述

伴随着经济迅猛增长与交通流量持续攀升, 我国高速公路桥梁承载负荷持续增加, 众多桥梁遭遇老化及承载能力欠缺等挑战, 因此, 桥梁改造与扩建是保障交通安全、增强通行效能及延长桥梁使用年限的关键举措。高速公路桥梁的改造与扩建通常包括对既有桥梁结构的加固、增容或重新设计, 针对持续演变的交通需求及提升的安全要求。桥梁改扩建施工技术涉及众多学科, 涵盖结构设计、施工技术、材料运用及施工管理等多个层面, 具有较高的技术含量与复杂性。

桥梁改扩建施工技术的关键使命是确保既有桥梁的

承载能力与结构安全性。对现有桥梁实施周密评估与检验, 涵盖桥梁结构状态、疲劳损害、混凝土强度等方面, 以便实施有针对性的加固与改造。常用的加固手段涵盖钢板加固、碳纤维加固及预应力加固等策略, 该技术显著增强桥梁的负载及抗震效能, 在桥梁增建阶段, 施工技术革新极为关键。例如, 运用模块化施工方法显著提升施工效能, 模块化建造技术通过预先在工厂制造桥梁构件, 现场组装机械, 可显著降低传统施工对交通及环境造成的负面影响^[1]。

桥梁改扩建领域智能化监控技术运用日益普遍, 利用传感器与监控系统, 可实时监测桥梁运行状况, 涵盖变形、振动、温度等参数, 及时识别桥梁潜在的安全风险, 进而为后续的运维与管理提供数据支撑。随着施工技术的持续发展, 桥梁改扩建施工技术正趋向于更高安全性、效率与环保性发展。

2 高速公路桥梁改扩建中常见技术问题

2.1 施工技术难点分析

高速公路桥梁改扩建施工中遭遇诸多技术挑战, 该难题亦对工程进度产生制约, 亦直接影响工程质量及安全。桥梁改扩建工程往往需对既有结构实施改造与加固, 这要

求在确保交通畅通无阻的情况下实施大规模建设。该要求施工技术需充分考量现有桥梁的结构特性与承载能力,同时实施弹性施工策略。施工期间可能需对桥梁现有基础及支撑体系进行调整,该要求对施工技术标准极为严格,需保障施工活动不对既有结构稳定性造成损害。

此外,由于改扩建项目通常在交通繁忙的公路上进行,施工期间必须采取严格的交通管理措施,这对于施工技术也是一种挑战。如何在保证施工安全和进度的同时,尽量减少对现有交通的干扰,考验施工团队的组织能力和技术水平。复杂的施工环境要求采用多种先进施工技术,如无损检测、智能化监测等手段,以确保工程的质量和安全。

2.2 桥梁结构的承载能力与安全性问题

桥梁承载性能与安全防护系高速公路桥梁改造扩建的核心关切。在改造与扩建阶段,桥梁结构设计需适应现有交通流量增长及对未来交通负荷的预测,实施必要的强化或重新规划。桥梁承载能力有限,难以应对不断上升的车流量及重型车辆带来的压力,进而引发结构破坏是至坍塌的严重安全风险^[2]。

桥梁设计及施工需综合考量多方面要素,涵盖地质状况、施工工艺、交通压力、环境变迁等方面。通过对桥梁结构实施科学加固设计,增强桥梁的承重性能,确保交通安全性。此外,桥梁的服役期限与老化状况亦为决定其承载性能的关键要素,众多桥梁历经多年使用,可能因材料疲劳、腐蚀等因素引发结构强度降低,此时需采用技术途径对桥梁实施加固作业,如加固桥墩、增加钢索支撑等。

另外,桥梁安全性的关键问题不仅局限于结构强度方面,涵盖交通安全的影响。例如,桥梁铺装质量、接缝耐磨性及抗震性能均与桥梁整体安全性密切相关。为确保桥梁安全,施工期间需实施全面监控与检验,对桥梁振动及形变实施实时监测,采用先进监测手段保障桥梁的持续稳定与安全。

2.3 环境与交通管理问题

高速公路桥梁改造扩建施工常伴生复杂环境与交通管理挑战。施工活动对周边环境的作用不可轻视,施工噪音、粉尘污染及建筑废弃物排放等均可能对周边居民与生态环境产生负面影响。因此,施工单位需实施高效的环境保护策略,施工噪音控制、废物的回收再利用等,尽量将项目对环境的负面影响降至最低。

在交通治理领域,桥梁的改造与扩建通常在已投入运营的高速公路上进行,该问题对交通疏导与管控提出了较高标准。如何最大限度地降低施工期间交通对施工活动的影响,确保通行效能,是一个技术挑战。一般来说,项目扩建需对通行路径实施科学规划,实施分阶段交通限制措施,分时交通调控^[3]。

3 桥梁改扩建施工技术的应用与创新

3.1 高性能材料的使用

在高速公路桥梁改扩建施工中,采用高性能材料是提

升结构安全性和延长使用寿命的关键。随着当代建筑技术的演进,高性能材料显著增强桥梁的承载性能,可提升桥梁的耐用性、抗震能力和抗侵蚀性能。挑选适宜的高性能素材,有效缓解传统桥梁结构使用中普遍存在的问题,裂缝、沉陷、侵蚀等现象,进而减少后期维护费用。

高性能混凝土(HPC)系桥梁改扩建工程中普遍采用的高性能建材之一。该材料具备优异的抗压性能、耐用性及出色的防渗透能力,可显著增强桥梁结构承载性能及耐用年限。与常规混凝土相较,高性能混凝土展现出卓越的耐冻性、抗化学侵蚀性及抗磨损能力,适用于长期承受交通负荷的桥梁结构。针对高性能混凝土的改良设计,如添加超级塑化剂、抗裂添加剂等改性物质,可进一步增强混凝土的物理特性与化学稳定性。

钢筋材料也为桥梁改扩建项目的核心构件。伴随着高强钢筋的问世,桥梁的荷载能力显著增强,高强度钢筋可显著降低结构自身重量,可显著增强桥梁的拉伸强度与抗震能力。此外,采用涂层钢筋或不锈钢钢筋可增强钢筋的抗腐蚀性能,降低环境因素对桥梁结构侵蚀的影响,提升桥梁使用寿命。

除了常规的混凝土与钢筋建材,近年来,复合材料(诸如碳纤维增强塑料、玻璃纤维增强塑料)在桥梁改造与扩建领域也广泛运用。此类复合材料重量较轻、强度高且耐腐蚀性能优异,特别适用于特定环境中的桥梁加固与维护。采用复合材料与常规结构材料的融合应用,实现减轻桥梁结构自重与提升强度及耐久性的双重效益。在桥梁规划与建造过程中,科学挑选与有效运用高性能材料,亦能增强桥梁整体结构性能,可显著增强桥梁的抗震、抗风、耐腐蚀等性能,保障桥梁在恶劣环境中持久运行。因此,高性能材料的应用乃是高速公路桥梁改造与扩建工程中不可或缺的关键要素。

3.2 施工技术的创新与优化

伴随着科技进步,高速公路桥梁改造与土建施工技术持续进步,新施工技术的涌现显著增强了工程建设的施工效率、品质与安全性。施工技术的革新与改良不仅可有效解决传统施工法中的问题,还可在繁杂施工场景中确保工程品质,适应不断上升的交通需求。针对桥梁改扩建工程实施中的挑战,现代化施工装备与技术发挥着关键作用。例如,隧道建造技术、桥梁加固工艺及悬索桥施工方法的持续发展,确保施工方在复杂地质环境中实现高效作业。这些技术的运用可缩减施工时长,提升施工精确度,降低资源消耗^[4]。

桥梁建设领域中的结构加固技术取得显著进展。过去,桥梁加固通常采用常规的钢筋混凝土加固技术,随着新型强化材料和技术的问世,传统手段逐步被取代。例如,采用外部预应力技术对桥梁架构实施加固,大幅增强桥梁承载性能,还能有效遏制桥梁裂缝与沉降现象,应用外包钢

板加固技术,确保桥梁结构在不妨碍交通的前提下,迅速实施加固修缮。在桥梁改造与扩建施工阶段,智能化施工技术的应用趋势日益显著。借助智能化施工装备与体系,例如智能吊装技术、智能监测与数据采集系统,施工单位可实时监控施工进度、品质及安全状况,施工场地实施实时数据监控与解析,可快速识别潜在安全风险,防止事故发生。

3D 打印技术在桥梁施工中的应用,特别是在桥梁模型的制作和设计阶段,能够帮助设计师更好地进行施工前的模拟与分析。借助三维打印技术,可于短期内产出繁复的桥梁构件,提升设计精确度与施工适应性。此外,桥梁建设领域逐步采纳机器人技术,机器人可执行特定复杂任务,例如焊接、喷漆、涂层等,因此降低人力成本及施工过程中的安全风险。在未来,伴随着建筑信息模型(BIM)技术的持续发展,桥梁建设全流程将实现更高透明度与可控性。依托建筑信息模型技术,可实现施工现场全流程监控、项目资源高效运用及施工进度精确调控。BIM 技术可实现设计、施工、运营等环节信息的整合,为施工环节提供即时数据保障,提升施工效能与施工品质。

3.3 智能化监控技术的应用

随着现代科技的迅速发展,智能化监控技术在高速公路桥梁改扩建施工中的应用越来越广泛。智能化监控技术通过物联网、传感器、数据采集系统和云计算等先进技术,能够实时监测桥梁施工过程中各种物理和化学特征的变化,及时发现潜在的安全隐患,确保工程的安全、顺利进行。通过在桥梁结构中布设传感器,实时监测桥梁的应力、位移、温度、裂缝宽度等关键参数。这些数据可以通过无线网络实时传输到施工管理平台,供相关人员分析判断桥梁结构的健康状态。通过长期监测,可以积累桥梁的健康数据,预测桥梁的未来发展趋势,并为后期的维修和加固提供依据^[5]。

智能化监控手段可实现施工质量实时监控,确保施工环节各操作严格遵照设计规范执行。例如,在混凝土浇筑作业中,传感器能够检测混凝土的温度与抗压强度,确保混凝土浇筑质量达标。同时,施工人员亦可通过监控平台识别施工过程中存在的问题,适时优化施工策略与技术,预防因产品缺陷引发的重复作业或工程延误。在桥梁改造与扩建项目中,施工条件变动可能对工程进展与品质造成影响,智能化施工现场环境监测系统可实时监控温湿度、风速、噪声等关键环境指标,为施工管理提供即时数据保障。此外,环境监控系统亦能对施工活动所排放的污染物

(诸如扬尘、噪声等)实施即时监测,并针对具体情形实施相应策略,降低对周边环境的扰动。

安全始终是桥梁施工的重中之重,智能化安全监控系统可以通过实时监测施工现场的安全状况,如施工设备运行状况、作业人员安全措施、事故风险点等,迅速发出警报并实施紧急对策。例如,借助视频监控系统的部署,施工单位能够即时监督作业现场人员,确保其遵循作业规范,智能化监控技术不仅有效促进了施工效率与品质的提升,还可有效减少施工过程中的安全隐患,确保项目顺利实施。伴随着科技进步。随着科技的不断发展,未来在高速公路桥梁改扩建施工中,智能化监控技术的应用将更加深入,助力工程实现更加智能化、精细化和安全化的施工管理。

4 结语

高速公路桥梁改扩建施工是现代交通基础设施建设中的重要课题,其施工技术的发展不仅关乎桥梁的安全性和耐久性,也影响着工程的施工效率和成本控制。本文结合实际案例,分析了高速公路桥梁改扩建施工中常见的技术难题,并提出了相应的技术应用与解决方案。随着科技的不断进步,先进的施工技术、材料技术和智能化监控手段将逐渐取代传统的施工方法,为高速公路桥梁的改扩建提供更高效、更加安全的解决方案。未来,随着相关技术的不断革新,桥梁改扩建施工的质量与效率将得到进一步提升,推动我国交通事业的可持续发展。

[参考文献]

- [1]黄舒文. 路基路面拼接施工技术在高速公路改扩建工程中的应用研究[J]. 价值工程,2024,43(29):86-88.
- [2]朱亚德,吴宇晟,李强,等. 高速公路改扩建桥梁安装工程模块车施工技术研究和应用[J]. 工程建设与设计,2024(17):170-173.
- [3]何裕宜. 高速公路改扩建工程新旧路面基层接缝处理施工技术研究与应用[J]. 西部交通科技,2021(3):12-14.
- [4]朱亚德,李飞,代岚,等. 浅谈高速公路改扩建工程桥梁整体拆除施工技术与安全管控[J]. 工程建设与设计,2023(1):161-163.
- [5]许利彤,赵健,亓祥成,等. BIM 技术在高速公路改扩建施工落地应用研究[J]. 公路,2021,66(8):18-22.

作者简介:吴连峰(1992.1—),男,毕业院校:吉林建筑大学城建学院,所学专业:给水排水工程,目前就职单位:江苏现代交通科技有限公司,职务:项目经理,职称级别:工程师。

道路桥梁施工建设与道路养护研究

王世君¹ 王利江²

1. 清丰县路通公路养护有限公司, 河南 濮阳 457300

2. 清丰县公路事业发展中心, 河南 濮阳 457300

[摘要]道路桥梁建设施工与道路维护的研究着眼于提升桥梁建造品质和道路使用时长, 尤其是重载交通及复杂地质条件下的施工和养护技术。文章首先对当前道路桥梁施工过程中遇到的技术难题进行了分析, 如施工环境复杂、材料选择与施工方法的局限等情况。随后, 研究针对养护管理中常见的老化损坏及维护策略进行探讨, 建议依靠技术创新与管理优化提高道路桥梁的长期稳定性与安全性。还研究了如何通过整合现代化检测技术、智能化管理模式以及施工与养护一体化的办法, 消除施工和养护环节中存在的各类障碍, 提升道路桥梁的整体性能与社会效应。

[关键词]道路桥梁; 施工建设; 养护管理; 技术创新; 智能化

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15432

中图分类号: U41

文献标识码: A

Research on Road and Bridge Construction and Road Maintenance

WANG Shijun¹, WANG Lijiang²

1. Qingfeng County Lutong Highway Maintenance Co., Ltd., Puyang, He'nan, 457300, China

2. Qingfeng County Highway Development Center, Puyang, He'nan, 457300, China

Abstract: The research on road and bridge construction and maintenance focuses on improving the quality of bridge construction and the duration of road use, especially the construction and maintenance techniques under heavy traffic and complex geological conditions. The article first analyzes the technical difficulties encountered in the current road and bridge construction process, such as complex construction environments, limitations in material selection and construction methods, etc. Subsequently, the study explored common aging damages and maintenance strategies in maintenance management, and suggested relying on technological innovation and management optimization to improve the long-term stability and safety of roads and bridges. We also studied how to eliminate various obstacles in the construction and maintenance process by integrating modern detection technology, intelligent management mode, and integrated construction and maintenance methods, and improve the overall performance and social effects of roads and bridges.

Keywords: road and bridge; construction; maintenance management; technological innovation; intelligent

引言

道路和桥梁作为重要的交通基础设施,承担着城市和区域经济发展的重大使命。随着社会经济的高速发展,特别是重载交通通行频率的增加,道路桥梁施工及养护事宜逐渐暴露出众多技术与管理挑战。如何在复杂的地质条件和持续严苛的交通需求情形下,保障桥梁的结构稳定与长久使用,是当前亟待解决的问题。本文旨在探究道路桥梁施工建设与养护管理中的技术难题,并提出相关的创新措施,以推动道路桥梁工程的持续发展。

1 道路桥梁建造施工的技术障碍

道路桥梁的施工建造属于复杂工程任务,包含多领域的技术难题,这些难题与环境状况、材料特性和施工方法密切相关,还和安全管理与工程进展等因素密切关联。在实际开展施工活动过程中,较为常见的技术问题之一是施工环境的复杂状况,桥梁建造一般要在复杂地质状况下实施,特别是在山区、江河湖泊等地带,施工环境缺乏稳定性,地下水土壤结构与地震带等因素会对施工过程造成重大影响。例如,处于软弱土质区域,地基所具备的承载能

力欠佳,需采用特殊桩基或其他地基处理方法,这直接影响桥梁设计及施工方案^[1]。

桥梁建造材料应符合长期运用时的强度、耐久性和环保标准,但现有材料在所有环境里并非都能呈现最佳性能。特别是在沿海地区和极端气候条件下,钢铁、混凝土等材料易发生腐蚀与老化,危害桥梁结构的安全稳定性。从施工方法层面看,传统桥梁的建造方式对施工设备和技术要求较高,需要精确地设计与施工掌控,预制装配技术、钢结构桥梁运用等新技术能够提高施工效率,但施工过程中仍存在对技术人员和设备的较高要求,这使得技术难度进一步增加。

桥梁建设属于高风险项目,包含高空作业施工、深基坑开挖、重型机械操控等,任何一个环节出现疏漏都会导致严重安全事故。因此,施工现场的安全管理、人员培训、应急预案等均需科学精准地实施,这对施工技术人员的专业素养与管理能力提出了极高标准。道路桥梁施工建设中的技术难题并非仅局限于材料与施工方法的选择,还包含施工环境、设备管理、人员安排等各方面综合问题。

2 道路和桥梁养护管理遭遇的挑战

2.1 老化与损坏情形

道路桥梁作为长期承载重载运输的基础设施,在使用过程中其结构必然会遭受各种外部因素影响,引发老化与剥落。老化现象主要表现为材料的自然损耗,如混凝土碳化现象、钢筋锈蚀情况以及结构连接部位疲劳问题等。这些损伤会随时间推进逐步加剧,尤其是处于一些恶劣的环境条件下,如滨海地带、寒冷地区或高温多雨地带,气候状况与环境污染物使桥梁材料老化速度加快。

交通荷载是影响桥梁结构安全的关键因素,长时间交通运行会增加桥梁的承载负荷,还会导致结构出现移位、裂缝和沉陷等情况,重载交通、地震灾害、温度波动等因素会导致桥梁出现变形、结构破损等严重问题。特别是针对陈旧桥梁,随着设计期限的逐渐延长,初始设计所考虑的荷载标准和使用条件已无法符合现实需求,致使结构承载可靠性下降,容易发生结构损坏^[2]。

2.2 养护时长与成本问题

道路桥梁养护工作是确保其长期安全运营的关键环节。然而,养护周期与成本问题一直是桥梁管理中的一个难点,明确养护周期需对桥梁结构状况进行精准评估。不同类型的各类桥梁、不同使用场景以及交通负荷的不同情形均会影响桥梁老化速率与养护需求。为确保桥梁在整个使用周期中保持良好状态,应制定科学完备的养护周期,这不仅需要对桥梁的老化速度、材料特性及环境条件进行综合评估,还应依据桥梁结构健康情况开展定期检查和评估合理安排养护任务。

然而,养护周期的确定也面临一定的困难,过于频繁的养护会导致过高的维护费用,造成财政负担;过长养护周期可能导致错过早期损坏迹象,导致更为严重的结构损坏。如何在保障桥梁安全的状况下,合理规划养护周期,避免过度养护和轻视养护的矛盾,成为桥梁养护工作面临的挑战。

从养护成本的角度而言,桥梁养护包含日常检修、结构补强、灾后修缮等多个领域,而且每项工作所需的资金和资源存在差别,高频率养护与修复会增加桥梁管理财政负担,尤其是针对部分年代久远的桥梁。高频次的维护与更新会造成巨额资金的消耗。

2.3 智能化技术于养护策略中的应用

随着信息技术、物联网和人工智能的迅猛发展,智能化技术在道路桥梁养护领域的应用逐渐成为趋势,智能化养护技术运用能有效提高养护效率,还能够显著降低维护成本,提升桥梁安全水平。首先,智能监测系统利用传感器、监控摄像头等设备对桥梁结构实施实时监测,收集关于桥梁健康状况的数据。通过对这些数据的实时分析,养护人员能够及时发现桥梁的潜在问题,诸如裂缝、变形、锈蚀情况,从而突破传统检查方式的局限束缚^[3]。

人工智能技术应用使桥梁维护管理更精准高效,依靠大数据分析,AI 技术可预估桥梁老化趋势与潜在故障,优化养护决策规划。比如,依靠机器学习的算法能分析历史数据并预测桥梁损伤演变规律,辅助决策者制定更具科学性的养护策略。而且,AI 技术可与无人机、机器人等设备相结合,实现桥梁的自动化巡检,减少人工检查的时长与费用,同时提高数据采集的精确性和完整性。

另外,物联网(IoT)技术与智能传感器的结合,进一步增强了桥梁养护的智能化水平。通过在桥梁关键部位装设各类传感器,可实时监测桥梁的结构健康状况,像应力、位移、温度这些参数,并将这些数据存储到云平台。

3 优化道路桥梁施工与养护策略

3.1 科技革新与施工方式改进

随着科技的持续进步,道路桥梁施工领域的技术创新与施工模式优化正日益重要。传统桥梁建造方法在过去数十年间获得了显著成果,然而随着城市化进程加速、交通需求增加以及环境变化影响,传统施工方法在施工效率、质量控制和成本控制等方面的局限逐步显现。因此,技术创新与施工工艺的改进成为桥梁建设行业发展的必然趋势。

技术创新是提升施工质量和效率的核心驱动力。比如,预应力混凝土技术的应用使桥梁能承受更大荷载,从而延长了桥梁的使用寿命与结构稳定性。随着 3D 打印技术、自动化施工技术的逐步应用,桥梁建设能够大幅提高施工精确性,还能缩短工期,降低人力成本。3D 打印技术的运用,使桥梁部件得以凭借数字化设计与快速成型技术进行生产,极大增强了桥梁建设的灵活性与精准度。智能化施工技术的运用也是现代桥梁施工方法优化的重要表现,智能化施工模式依托物联网技术、无人机巡检、机器人施工等技术手段,对施工整个流程进行精确管控。通过实时监测施工现场的温度、湿度、应力等参数,施工团队能够立即调整施工计划,提升施工质量的同时防范潜在安全风险。无人机巡检可大幅降低人工检查的劳动强度,从而展现出更高精准效能^[4]。

另外施工方法的改善同样依赖于对环境和社会影响的评定。在当前绿色施工理念普遍盛行的状况下,施工过程中更注重对环境的保护与资源的合理利用。采用环保材料、施工阶段废料的回收与再利用,能够逐步提高施工效率,也可降低环境污染物的排放。桥梁施工技术革新并非仅体现在材料与工艺上,还对施工模式优化、工期精准管理和成本有效降低起到关键作用。技术革新和施工方法优化对提升桥梁施工效率、确保施工质量、降低施工成本等具有重要意义。随着科技的持续进步。未来桥梁建造技术将在智能化、自动化领域取得更为显著的进展,为社会提供更加安全便捷的交通基础设施。

3.2 智能化勘测与养护管理

智能检测及养护管理正成为现代道路桥梁管理关键

趋势。传统桥梁的检测与养护方式主要依赖人工检查,该方法呈现出效率较低状况,而且很容易出现漏检和误判,无法达成全方位持续性的监测。随着信息技术、物联网、大数据以及人工智能等技术的快速发展,智能化检测与养护管理为桥梁安全保障和寿命延长供给了新解决办法。

智能化检测依靠各类先进传感器技术,这些传感器能够实时监测桥梁各类健康参数,如应力、变形、温度、湿度等。传感器可设置在桥梁关键部位,即刻采集数据并通过无线网络传输至数据处理中心。通过对这些数据的实时分析,桥梁管理人员可彻底掌握桥梁的健康情形,快速发现潜在的结构风险。采取有效的应对措施,从而降低事故发生的概率。除传感器应用之外,智能化检测同样依赖人工智能与大数据分析技术的支持。基于人工智能的桥梁健康管理系统能对所采集的各类数据进行深度分析,预测桥梁的老化趋势和潜在故障点位。凭借大数据分析,系统可精确判别哪些部分应重点留意,哪些具有潜在的结构隐患,从而提前实施维修与加固工作。这种预测性维护能够显著降低维修成本,还可增加桥梁的使用时长^[5]。

另外,智能化养护管理还包含无人机巡检技术的应用,无人机可快速飞至桥梁的不同部位,进行高清拍摄并采集图像与视频。采用图像识别技术,能够精准地识别桥梁表面的裂缝、脱落等问题,与传统的人工巡检方式相比,无人机巡检能够显著提高检测效率,同时避免高空作业面临的安全风险。智能化监测与维护管理不只是一种技术手段,它更象征着管理理念的创新。通过智能化手段,桥梁养护管理达成更精准的数据化管控,达成实时监测与预测性保养。未来智能化检测及养护管理将成为桥梁管理的核心内容,有助于确保桥梁长期安全稳定地运行,提升公共安全与出行效能。

3.3 部门协作与政策支持

跨部门合作与政策支持是推动道路桥梁养护和施工创新的关键因素。道路和桥梁建设涉及多个领域及部门,包括交通、建设、环境、规划方面,而且各部门的职责与观点存在差别。在当前复杂的社会与技术状况下,单一部门无法解决桥梁建造及养护中的所有问题,因此各部门需协同配合,共同推动桥梁行业的可持续发展。

政府部门应依靠政策引领与法规保障,促进跨部门合作。政府在推动桥梁建造与养护工作中,须具备全面规划与决策,还应拟定细致的执行方案。比如,可出台针对桥梁建设与养护的资金支持政策,设置专项基金用于桥梁智能化检测和保养;同时政府也可制订并健全桥梁建设与养

护的行业规范和章程,明确各部门的职责及协作模式。依靠政策支持,能够有效激发各部门间的协作热情,打造协同的执行能力。跨部门协作的基础是信息共享与资源整合,在桥梁建设与养护的过程中,交通部门、公安部门、环境部门等拥有丰富的数据与信息资源,而这些信息是桥梁高效管理的基础。政府可以搭建信息共享平台,推动各部门之间的数据对接,保障信息的公开与共享。信息共享可提高桥梁管理的效能,还能为政策制定提供数据支持与决策依据。

另外企业和学术界在跨部门合作中发挥着关键作用。企业在技术研发和实际应用方面具备丰富经验,能够为桥梁建设提供创新的技术解决方案。学术界可为政策制定和技术创新提供理论支持与科学依据。在各部门协作的进程中,政府、企业和学术界应密切合作,共同推动技术研发、创新实施与政策落地。跨部门合作与政策支持不仅是桥梁建造和养护可持续发展的关键,还能为桥梁管理提供更为系统高效的支持。通过加强协作与政策引导,能够高效整合各方资源,提升桥梁的安全性、耐久性与经济性,为社会提供更具稳定性的交通基础设施^[6]。

4 结语

通过本次研究,我们深入探究了道路桥梁施工建设与养护中碰到的技术难题和管理困境。我们建议运用技术创新、智能化手段以及综合管理的方式,解决目前存在的问题,从而提升道路桥梁的整体性能与使用年限。未来,政府、企业与学术界的合作将成为推动桥梁施工及养护技术发展的核心力量。

【参考文献】

- [1] 乔晓敏. 试析预防性道路养护技术在城市道路养护中的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025(5): 173-175.
 - [2] 张小鹏. 道路桥梁工程施工中的桥梁防水技术研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(35): 92-94.
 - [3] 张瑛. 预养护技术在道路养护工程中的应用研究[J]. 工程技术研究, 2024, 9(21): 52-54.
 - [4] 吴宗霖. 市政道路施工技术管理及道路养护研究[J]. 运输经理世界, 2024(30): 108-110.
 - [5] 侯新琼. 道路与桥梁施工建设管理的技术要点研究[J]. 建材发展导向, 2024, 22(16): 121-123.
 - [6] 徐波, 孙学武, 纪滨玲. 道路与桥梁施工建设管理的技术要点探析[J]. 中华建设, 2024(6): 47-49.
- 作者简介: 王世君(1988.9—), 男, 本科, 法学, 汉族。

道路桥梁工程施工中的质量控制与管理策略

马军胜

甘肃朴信建筑安装工程有限公司, 甘肃 定西 743000

[摘要]随着我国道路桥梁工程的建设不断发展,施工质量控制和管理策略的重要性日益突出。有效的质量控制与管理不仅能提高工程的安全性和耐久性,还能降低施工成本,确保工程按期交付。此文探讨了道路桥梁工程施工中的质量控制与管理策略,分析了当前施工中存在的质量问题,并提出了相应的解决措施。通过合理的质量控制体系和管理模式,可以有效避免工程中的质量隐患,保证施工质量和工程安全。

[关键词]道路桥梁工程;施工质量;质量控制;管理策略;施工安全

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15430

中图分类号: U445

文献标识码: A

Quality Control and Management Strategies in Road and Bridge Construction

MA Junsheng

Gansu Puxin Construction and Installation Engineering Co., Ltd., Dingxi, Gansu, 743000, China

Abstract: With the continuous development of road and bridge engineering construction in China, the importance of construction quality control and management strategies is becoming increasingly prominent. Effective quality control and management can not only improve the safety and durability of the project, but also reduce construction costs and ensure timely delivery of the project. This article explores the quality control and management strategies in road and bridge construction, analyzes the current quality problems in construction, and proposes corresponding solutions. Through a reasonable quality control system and management mode, quality hazards in the project can be effectively avoided, ensuring construction quality and project safety.

Keywords: road and bridge engineering; construction quality; quality control; management strategy; construction safety

引言

道路桥梁是现代交通系统的重要组成部分,其施工质量直接影响到道路的安全性和流畅性。近年来,随着交通需求的增加,道路桥梁的建设规模不断扩大。然而,施工过程中仍然存在着质量控制薄弱、管理不到位等问题,导致一些工程存在安全隐患,甚至影响到社会和经济效益。因此,加强道路桥梁工程的质量控制与管理策略显得尤为重要。本文将探讨道路桥梁工程施工中的质量管理现状,分析常见的质量问题,并提出针对性的改进措施。

1 道路桥梁工程施工中的质量控制现状

1.1 施工质量问题的现状分析

道路桥梁工程作为重大基础设施项目,施工质量直接影响交通安全和社会效益。然而,在实际施工过程中,质量问题时有发生。一些常见的质量问题包括结构裂缝、路面沉降、桥梁变形等。这些问题不仅影响使用寿命,还可能导致严重的安全隐患。例如,桥梁基础的施工不规范或施工过程中监测不到位,可能导致桥梁地基不稳定,长期使用过程中产生沉降或裂缝。此外,混凝土浇筑不均匀或钢筋绑扎不牢固,也容易导致结构不稳定,影响桥梁的承载能力和安全性^[1]。

1.2 当前质量控制体系的不足之处

尽管目前大多数道路桥梁项目在施工过程中已设有

质量控制体系,但该体系在实践中的执行效果仍存在问题。首先,质量控制多停留在检查与验收阶段,缺乏全程跟踪的质量管控机制。许多项目在施工初期就未建立起全面的质量管理计划,导致在实际操作中缺乏有效的监控。其次,质量控制人员的专业素养和责任意识参差不齐,有的项目经理或施工队伍未能按照规范要求进行施工,缺少有效的技术支持和质量管理手段。再次,施工现场的质量控制执行往往存在不严密、形式化的问题,现场管理不力或检查手段简单,导致许多潜在的质量问题未能及时发现。

1.3 道路桥梁施工中质量问题的主要原因

道路桥梁施工中质量问题的原因可以从多个方面进行分析。首先,设计阶段的缺陷和施工图纸的不完善是质量问题的重要来源。有些设计图纸存在不合理的方案或设计细节,施工单位在执行时未能全面理解或正确实施,导致施工质量难以保证。其次,施工过程中对材料的选择和施工工艺的把控不严格。部分施工单位为了降低成本,使用了不合格的建筑材料或违规操作,直接影响了工程质量。此外,施工队伍的技术水平不足、人员培训不到位也是质量问题的重要原因。很多工人没有经过充分的技术培训,导致施工技术的执行不到位,无法按照标准完成任务。最后,项目管理中的监管缺失也是质量问题的根本原因之一。施工管理人员未能严格把关,监督和检查不到位,导致施

工过程中的质量问题未能及时发现和纠正。

2 道路桥梁工程施工中的质量控制策略

2.1 质量控制体系的构建

在道路桥梁工程施工过程中,构建科学、系统的质量控制体系是确保施工质量的基础。首先,必须明确质量控制的责任分工,建立项目经理负责制,质量控制人员应具有专业的技术背景和经验,确保每个环节的质量都能得到有效控制。其次,要制定详细的质量管理方案,明确各项工作的质量标准、控制方法、检查频率和流程,确保各施工阶段的质量目标可以层层落实。质量控制体系应涵盖设计、施工、材料、验收等各个环节,形成一个从源头到终端的质量管控闭环。通过建立健全的质量控制制度,可以确保施工过程中出现问题时能够快速追溯并进行纠正。

2.2 施工过程中的质量监控与检查

质量监控与检查是施工阶段质量控制的重要环节。施工现场应设置专职的质量监控人员,实时跟踪施工进度,并对施工质量进行全过程监管。对于关键环节,例如基础施工、混凝土浇筑、钢筋绑扎等,必须设立专门的质量检查点,确保每一步施工都符合设计要求和质量标准。同时,施工过程中要进行定期的抽样检查和实验室检测,及时发现问题并进行处理。例如,混凝土的强度、钢筋的规格及连接方式等,都需要在施工过程中进行严格检查,并记录相关数据。通过强化施工过程中的质量监控与检查,能够减少人为失误,确保施工质量的稳定性。

2.3 质量控制技术手段的应用

随着技术的进步,质量控制的技术手段也在不断创新。在道路桥梁工程施工中,应积极应用先进的质量控制技术。例如,BIM(建筑信息模型)技术可以在施工前对设计和施工方案进行可视化模拟,从而发现潜在的质量问题,避免施工过程中出现设计与实际不符的情况。此外,现场检测技术如超声波检测、红外线扫描、X射线检测等,可以用于对混凝土结构、桥梁钢筋等进行无损检测,实时监控施工质量。这些技术手段能够有效提升质量控制的精度和效率,减少传统检查手段的盲点,从而保证桥梁工程的施工质量^[2]。

2.4 施工人员的质量意识提升与培训

施工人员的质量意识直接影响施工质量,因此,提升施工人员的质量意识是质量控制的核心内容之一。首先,要定期组织专业的质量培训,使施工人员了解相关的施工标准、质量要求和技术操作流程,确保他们具备足够的专业知识。其次,建立质量责任制度,使每一位施工人员明确自己的质量责任,做到自觉遵守质量规范。同时,要通过实际案例、现场教学等方式,不断提高施工人员的实践能力和应对突发质量问题的能力。通过加强施工人员的质量意识培训,可以有效提高整体施工质量,减少因操作不当而引发的质量问题。

3 道路桥梁工程施工中的质量管理策略

3.1 质量管理的目标与原则

道路桥梁工程施工中的质量管理,首先要明确质量管理的目标,即确保项目在规定时间内完成,按照设计要求施工,符合技术标准,并具备良好的安全性、经济性和耐久性。质量管理的核心原则包括全员参与、全过程控制、持续改进和预防为主。全员参与强调项目中的每个成员,无论是设计人员、施工人员还是管理人员,都需关注质量,共同推动质量目标的实现。全过程控制要求在项目的每一个阶段,从立项、设计、施工到竣工验收,都要实施严格的质量管理和监控,确保质量标准始终得到遵守。持续改进则要求在施工过程中,不断总结经验,优化施工方法和技术手段,提升整体施工质量。预防为主的原则则强调在项目初期要进行充分的质量策划,提前识别潜在的质量风险,并通过科学的管理措施加以防范,避免在施工过程中出现质量问题。

3.2 施工过程中的全程质量管理

全程质量管理是质量管理策略中至关重要的一环,要求在项目的每个阶段都进行严格的质量控制和监督。从设计阶段开始,必须对设计图纸进行技术评审,确保设计方案符合规范要求,并对设计的可行性和合理性进行全面评估。这一阶段的目标是预防潜在问题的出现,避免后期施工中出现设计与实际不符的情况。在施工阶段,需采取有效的质量控制措施,确保施工工艺严格遵循标准,且各项操作符合规范要求。对于关键环节,如地基处理、桥梁结构的施工和混凝土浇筑等,应实施更加严格的质量监控和检查,确保每一步骤的精确执行。施工过程中要引入信息化管理系统,实时采集施工数据并进行分析,及时发现潜在的质量问题,并进行快速调整与处理。全程质量管理不仅确保了施工过程中每一个细节都不被忽视,也最大限度地减少了施工中的质量问题,确保了项目能够按时、按质完成,达到预期的工程目标^[3]。

3.3 项目经理与质量管理团队的职责

项目经理和质量管理团队在质量管理中扮演着至关重要的角色,两者的密切配合是确保项目顺利实施和质量保障的关键。项目经理不仅要对整个项目的进度、预算、资源配置等方面负责,还需要统筹协调各部门和各工种的工作,确保各项质量控制措施的严格执行。他需要时刻关注施工过程中的质量管理,及时发现并解决问题,确保工程按计划高质量完成。质量管理团队则主要负责具体的质量监控与检查工作,他们的职责是确保施工过程中的每一环节都符合质量标准和设计要求。质量管理团队需要定期检查施工工艺、使用的材料、施工人员的操作等,确保没有任何细节被忽视,并及时识别潜在的质量隐患,对发现的问题提出有效的改进措施。为了确保质量管理的全面覆盖,项目经理和质量管理团队需要紧密协作,在项目实施

的每个阶段实施事前预防、事中监控和事后总结。

3.4 质量管理中的沟通与协作机制

在质量管理中,沟通与协作机制至关重要。项目各方包括设计单位、施工单位、监理单位和质量管理团队等,都需要保持良好的沟通与合作,及时解决施工过程中出现的质量问题。定期召开质量例会,进行质量问题的反馈和讨论,是确保信息畅通的有效方式。项目经理应建立跨部门的协作机制,确保质量管理人员、施工人员和技术人员之间的信息共享与及时传递。同时,要建立快速响应的机制,保证当出现质量问题时,能够迅速启动应急处理方案并协调各方力量尽快解决,避免问题扩大。有效的沟通与协作机制能够提升整个项目团队的质量管理效率,确保工程质量得到充分保障。

4 道路桥梁施工质量控制案例分析

4.1 案例一:成功的质量控制经验

在某高速公路桥梁项目中,施工团队通过严格的质量控制体系和科学的管理策略,成功地确保了工程质量。这一项目采用了全过程质量监控措施,从设计、施工到验收都严格按照质量管理标准执行。在施工过程中,项目团队建立了专门的质量检查小组,负责对每一阶段的施工进行全面的检查,并使用先进的检测设备进行无损检测,确保每个环节达到设计要求。同时,施工人员在项目开始前进行了多次质量培训,确保施工技术得到了全面掌握。项目经理和质量管理人员加强了与设计单位、监理单位的沟通与协调,确保信息畅通无阻。最终,该项目按期完成,并在竣工验收时通过了严格的质量检验,取得了社会和业主的高度认可。

4.2 案例二:施工质量问题的教训

在另一个桥梁工程中,由于质量控制不到位,导致了严重的质量问题。在项目初期,施工单位未能充分理解设计图纸,造成了结构设计与施工实施之间的偏差。混凝土浇筑过程中,由于施工工艺不规范,部分桥墩和桥梁结构存在气孔和裂缝,影响了桥梁的承载力和安全性。此外,施工团队在施工中没有严格执行质量检查制度,许多问题未能在早期发现。项目经理未能及时督促施工单位进行整改,导致问题逐渐积累。在竣工验收阶段,项目被发现存在多个质量隐患,最终无法通过验收,工程不得不进行大

规模的返工和修复,导致了巨大的经济损失和时间延误。这一案例的失败主要源于缺乏有效的质量控制体系和施工管理不严。

4.3 对比分析:成功案例与失败案例的启示

通过对成功案例与失败案例的对比分析,可以总结出以下启示。成功的项目通过全程质量控制、专业的质量检查团队、严格的施工管理和充分的沟通协调,确保了施工质量的稳定性和可靠性。而失败的案例则暴露出质量管理体系的漏洞,特别是在设计理解、施工工艺执行和质量检查环节的失误,导致了不可挽回的质量问题。成功案例告诉我们,质量控制必须从项目开始前的规划阶段就重视起来,实施过程中要有科学的监控和持续的检查机制,避免质量问题的发生。失败案例则提醒我们,忽视细节和不严密的施工管理,最终将对项目产生严重后果。总的来说,施工质量的控制与管理必须坚持全员参与、全过程监督和信息共享,确保每一环节的质量得到有效保障^[4]。

5 结语

道路桥梁工程施工中的质量控制与管理策略对于提高工程质量和保障施工安全具有至关重要的作用。通过优化质量控制体系、加强施工过程中的质量监控与检查、提高施工人员的质量意识以及完善质量管理机制,能够有效避免质量问题的发生,提升工程整体质量。未来,随着技术的不断进步,质量控制的手段将更加科学化、系统化,为道路桥梁建设提供更加坚实的保障。

[参考文献]

- [1]廖金涛.道路桥梁施工中新材料与智能技术应用探索[J].智能建筑与智慧城市,2025(2):159-161.
- [2]陈杰,黄文顺.道路桥梁工程路基路面压实施工技术分析[J].汽车周刊,2025(3):154-156.
- [3]张海宁.桥隧工程施工技术管理与质量控制分析[J].汽车周刊,2025(3):178-180.
- [4]韩志伟,高超.城市道路交通工程施工质量控制的探讨[J].汽车周刊,2025(3):160-161.

作者简介:马军胜(1985.12—),毕业院校:长安大学,所学专业:道路桥梁与渡河工程,当前就职单位:甘肃朴信建筑安装工程有限公司,职务:项目技术负责人,职称级别:工程师。

船舶驾驶员对船舶通信设备的管理探究

樊建波

长江南京航道工程局, 江苏 南京 211800

[摘要] 船舶通信设备在现代航行中扮演重要角色, 不仅用于船舶内部的通讯和管理, 还用于与岸上及其他船舶的通信。文中从船舶通信设备的定义、分类及其在船舶运行中的重要性入手, 探讨了船舶驾驶员在有效管理这些设备上的挑战及应对策略, 以提升船舶通信设备管理水平。

[关键词] 船舶驾驶员; 船舶通信设备; 管理方式

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15469

中图分类号: U676.2

文献标识码: A

Management Exploration on Ship Drivers of Ship Communication Equipment

FAN Jianbo

Changjiang Nanjing Waterway Engineering Bureau, Nanjing, Jiangsu, 211800, China

Abstract: Ship communication equipment plays an important role in modern navigation, not only for internal communication and management of ships, but also for communication with shore and other ships. Starting from the definition, classification, and importance of ship communication equipment in ship operation, this article explores the challenges and response strategies for ship drivers in effectively managing these devices, in order to improve the management level of ship communication equipment.

Keywords: ship drivers; ship communication equipment; management style

引言

船舶驾驶员对船舶通信设备的管理是确保海上通信顺畅和航行安全的关键因素。在全球化贸易日益增长的背景下, 船舶作为主要的国际运输工具, 其安全运行与通信设备的有效管理息息相关。随着科技的进步, 船舶通信设备越来越复杂, 对船舶驾驶员的技术要求也越来越高。国际海事组织 (IMO) 和各国海事管理机构不断更新的安全和通信标准也要求船舶驾驶员必须不断提升其管理和操作通信设备的能力^[1]。然而, 在实际操作中, 由于设备更新换代快、操作复杂等因素, 船舶驾驶员在通信设备管理上面临诸多挑战。从安全的角度出发, 船舶通信设备的有效管理不仅能够保障船舶在复杂气象条件和海域中的通信畅通无阻, 还能在遇到紧急情况时, 如海盗袭击或机械故障等, 迅速做出反应, 确保船舶、货物和船员的安全。因此, 探讨船舶驾驶员如何更好地管理这些高科技通信设备, 不仅是提升船舶运营效率的需求, 也是当前海事教育和培训中的重要课题。

1 船舶通信设备概述

船舶通信设备定义及其分类

船舶通信设备是指用于船舶内部通信以及与陆地、其他船舶或卫星之间进行数据交换和信息传递的设备系统。随着航海技术的发展, 船舶通信设备的种类和功能不断丰富, 其在提高航行安全、管理船舶运营、应对紧急情况以及保障船员生活等方面起着至关重要的作用。

船舶通信设备根据其用途和工作原理可以分为多个

主要类别:

广播通信设备是船舶通信系统的基础, 主要用于船舶与附近海域的其他船只或岸上通信站进行简单的语音和数据通讯。通常包括 VHF (Very High Frequency) 无线电台、MF (Medium Frequency) 和 HF (High Frequency) 无线电台, 以及 GMDSS (全球海上遇险和安全系统) 所需的设备, 如 EPIRB (应急位置指示无线电标志)、SART (搜索与救生雷达转发器) 等。

卫星通信设备则是现代船舶通信系统的重要组成部分, 提供全球范围内的语音和数据传输能力。包括卫星电话、卫星传真、卫星电视和全球船舶自动识别系统 (AIS), 通过卫星网络实现船舶之间及与陆地的长距离通信, 保证船舶在远洋航行时的联络和安全。

雷达和无线电导航设备也被视为船舶通信设备的一部分, 虽然主要用于导航和避碰, 但也可以在必要时用于通信。雷达系统利用无线电波检测和跟踪其他船只和地物, 确保船舶在恶劣天气或能见度不佳情况下的安全航行。

船舶通信设备还包括船舶内部的通信系统, 如船舶内部电话系统、公告系统和数据网络等, 这些系统不仅用于船员之间的内部沟通, 还支持船舶运行中的各种管理和协调工作。

通信设备在船舶运行中的重要性

在船舶运行中, 船舶通信设备是航行安全的基础, 通过提供与其他船舶和岸上通信站的联络, 有助于避免碰撞和其他紧急情况的发生。例如, VHF、MF 和 HF 无线电台

以及卫星通信系统使船舶能够及时获得天气预报、导航警告和海上安全信息，为船员提供决策支持和应急响应能力。

通信设备支持船舶的管理和运营。船舶内部的通信系统，如船舶电话网络和公告系统，确保船员可以有效地进行工作协调和信息交换，提高工作效率和船舶运行的整体管理水平。另外，通信设备还有助于船员的生活质量和福利。现代船舶通常配备有卫星电话和互联网，使船员能够与家人和朋友保持联系，减轻长时间航行对心理健康的影响，提升船员的工作满意度和船舶的人力资源管理水平。最后，通信设备在应对紧急情况和灾难时发挥着关键作用。例如，紧急位置指示无线电标志（EPIRB）和搜索与救生雷达转发器（SART）通过卫星和无线电信号迅速定位遇险船只，并启动救援行动，保障船员和船舶的安全。

2 船舶通信设备的管理挑战

2.1 设备故障与维护管理具有复杂性

船舶通信设备的管理面临着多方面的挑战，其中设备故障与维护管理具有复杂性。船舶作为在海上长时间运行的移动平台，其通信设备不仅需要承受恶劣的海洋环境条件，还需应对长时间的运行和高频率的使用，这增加了设备故障的风险和维护的复杂性。其一，海上环境的恶劣条件对通信设备构成了直接的挑战。海水、盐雾、高湿度以及气候变化都可能导致设备部件的腐蚀和损坏，例如电子元件、天线和连接线路可能因此而受损，影响通信质量和设备的稳定性。这要求船舶通信设备在设计和选择时具备良好的防水性能和耐腐蚀能力。其二，船舶的长时间航行和远洋航行增加了设备故障的风险。通信设备在高频率和长时间使用后容易出现磨损和故障，这要求船员具备及时诊断和修复问题的能力，以避免通信中断和影响船舶运行。其三，维护管理的复杂性还体现在船舶通信设备的多样性和技术水平上。船舶可能配备不同类型和品牌的通信设备，这些设备可能需要专业的技术支持和维修服务，而船员则需要接受针对性的培训以提高设备的维护水平和技能。

船舶通信设备的设备故障与维护管理具有复杂性，需要船员具备全面的技术知识和操作经验，以应对设备可能面临的各种环境和运行挑战。有效的维护策略和定期的检修计划是保障船舶通信设备持续高效运行的关键措施，也是确保船舶安全和船员福祉的重要保障。

2.2 环境因素对设备的影响大

船舶通信设备的管理面临着显著的环境挑战，因为海洋环境的复杂性对设备的影响极大。这些环境因素不仅仅限于物理条件，还涉及到电磁环境和数据安全等方面。

海洋环境的物理条件对船舶通信设备构成直接挑战。海水的高盐度和湿度对设备的电子元件、连接器和外壳都可能造成腐蚀，尤其是在恶劣天气条件下，如风暴、大浪和强风中航行时，海水喷溅和湿度可能进一步加剧设备的

腐蚀风险。这些因素要求船舶通信设备在设计和选择时具备良好的防水性能、耐腐蚀材料和密封设计，以保障设备在极端海洋环境下的可靠性和长期稳定性。

电磁环境的复杂性也对船舶通信设备的性能产生影响。船舶上同时运行多种通信设备和导航系统，例如雷达、卫星通信系统、VHF 和 HF 无线电台等，这些设备使用的频率和功率可能相互干扰，导致通信质量下降或信号丢失。此外，船舶通信设备还需要抵御来自外部电磁源的干扰，如雷电放电和无线电干扰，这些干扰可能对船舶通信设备的正常运行和数据传输造成影响，要求设备具备抗干扰能力和优良的信号处理机制。

此外，数据安全和信息保护在现代船舶通信中愈加重要。随着航行数据的数字化和网络化，数据的安全性和保密性成为首要考虑的问题。海上通信设备需要采取有效的加密和安全措施，确保敏感信息在传输和存储过程中不被未经授权的第三方访问或篡改。

环境因素对船舶通信设备的影响不仅仅是物理上的挑战，还涉及到电磁和数据安全方面的复杂性。有效管理船舶通信设备需要船员具备深入的技术知识和操作经验，采取适当的预防措施和维护策略，以应对海洋环境的各种挑战，保障船舶通信的高效和安全性。

2.3 数据安全与信息保护难度高

随着航海技术的进步和船舶通信系统的数字化，船舶在进行数据交换和信息传输时面临着多重安全风险和挑战。船舶通信系统涉及到的数据种类和敏感性日益增加。船舶通信不仅涉及航行数据、导航信息，还包括船员个人信息、商业机密和船舶运营数据等多种类型的敏感信息。这些信息如果在传输或存储过程中遭到未经授权的访问、窃取或篡改，可能对船舶运营、船员安全和企业利益造成严重影响。船舶通信设备往往处于开放式的网络环境中，例如卫星通信网络和互联网连接，这也增加了网络攻击和数据泄露的风险。黑客和恶意软件可能利用漏洞或弱点，入侵船舶系统，窃取敏感信息或破坏通信功能，给船舶安全和运营带来潜在威胁。

同时，船舶在国际水域和不同国家的法律和监管要求不一致，这增加了跨境数据传输和信息合规性的复杂性。船舶通信设备需要遵守全球和地区性的数据保护法规，如欧盟的 GDPR（通用数据保护条例），以及国际海事组织（IMO）关于船舶数据安全和信息保护的指导方针，确保船舶通信活动在法律框架内合法进行^[2]。

3 船舶驾驶员加强对船舶通信设备的管理的策略

3.1 遵循特定的操作规程

遵循特定的操作规程是有效管理船舶通信设备的关键步骤。这些规程不仅确保设备的正确使用，还包括设备的维护、应急处理和数据安全等方面。首先，操作规程需要详细描述船舶通信设备的正常操作流程。包括设备的开

启和关闭程序、频道的选择和设置,以及通信协议的遵循。例如,VHF无线电的使用应遵守国际海事卫星组织(IMO)和国际电信联盟(ITU)的规定,以确保频道使用的合理性和避免干扰他人通信。其次,操作规程应包括定期的设备检查和维护计划。船舶通信设备在海上环境中易受到盐水、湿度和温度变化的影响,因此需要定期检查设备的工作状态、连接性和信号强度。维护活动涵盖设备的清洁、电缆和连接线路的检查、软件更新和设备校准,以确保设备在极端条件下的可靠性和长寿命。再者,操作规程还应包括对设备故障和紧急情况的处理流程。船舶通信设备可能会出现故障或面临紧急情况,如通信中断、天气恶化或紧急求救。驾驶员需要熟悉紧急频道的使用、触发EPIRB(应急位置指示无线电标志)或SART(应急信标雷达应答器)设备,以及与救援机构的联系方法。这些流程的熟练掌握有助于及时应对突发事件,保障船员安全和船舶的运营效率。最后,操作规程应涵盖数据安全和信息保护的准则。船舶通信设备涉及的数据包括船舶运营数据、船员个人信息和商业机密等,需要严格遵守国际和地区性的数据保护法规。有效的数据安全措施包括加密传输、访问控制、安全审计和数据备份,以防止数据泄露和未经授权的访问。

通过遵循特定的操作规程,船舶驾驶员能够确保船舶通信设备在操作、维护和紧急情况处理方面的高效性和安全性,从而保障船舶在海上的通信需求和安全要求。

3.2 促进技术与设备的现代化更新

随着技术的进步和新型设备的推出,船舶通信系统能够更好地适应现代航行环境的复杂需求和挑战。现代化更新能够引入先进的通信技术和功能。例如,卫星通信系统的更新可以扩展通信覆盖范围和提高数据传输速度,使船舶在远洋航行中仍能保持稳定的通信连接。新一代的VHF和HF无线电台可能集成数字信号处理、自动频率调整和更强的抗干扰能力,提升在复杂电磁环境中的通信质量和可靠性。更新的设备通常具有更低的能源消耗和更高的能效比,这有助于降低船舶的运营成本并延长设备的使用寿命。现代设备通常设计更为用户友好,提供直观的操作界面和简化的操作流程,减少操作人员的误操作和学习曲线,提升设备的接受度和使用效率^[3]。

同时,应对设备的软件和硬件升级。软件更新可以修复已知的漏洞和增强安全性,同时为设备引入新功能和改进的用户体验。硬件升级则可以提升设备的处理速度、存

储容量和传输带宽,以满足日益增长的通信需求和数据处理能力要求。最后,需要管理层的投资和支持,对更新的技术和设备制定战略性的长期投资计划。船舶驾驶员需要接受相关的培训和教育,以熟悉新设备的特性和操作技巧,确保设备的最大化利用和良好的管理效果。

船舶驾驶员通过技术与设备的现代化更新,可以提升船舶通信系统的整体性能,增强在海上运行中的安全性、效率和可靠性,以应对现代化航行环境的挑战和需求。

3.3 以培训提升驾驶员管理能力

除规程遵循和设备更新外,加强船员培训和技能提升也是有效管理船舶通信设备的重要策略。船员的技能水平直接影响设备的有效使用、故障排除和应急响应能力^[4]。一方面,船员需要接受全面的船舶通信设备操作培训。这种培训应涵盖设备的基本操作、高级功能的使用方法、设备维护的基本技能以及紧急情况下的应急处理流程。通过系统的培训,船员能够更加熟练地操作设备,减少操作失误和故障发生的可能性。另一方面,了解设备的最新更新和技术发展。定期的技术更新培训能够帮助船员掌握新设备的特性和操作技巧,提升他们在使用新设备时的自信和效率。这种培训可以由设备供应商、航海教育机构或船舶管理单位提供,并结合实际操作和模拟场景进行。

4 结束语

船舶通信设备不仅关乎船舶安全和运营效率,还涉及到船员的技能提升和应对紧急情况的能力。船舶驾驶员在管理设备时,应遵循特定的操作规程,不断提升自身能力,进一步探索新技术的应用,如人工智能和物联网,以提升船舶通信系统的智能化和自动化水平,从而更好地满足现代航行环境的挑战和需求。

[参考文献]

- [1]牛纳贤. 船舶驾驶员管理船舶通信设备刍议[J]. 设备管理与维修,2022(6):11-12.
 - [2]吉云飞. 船舶驾驶员对船舶通信设备的管理探究[J]. 中国航务周刊,2022(12):48-49.
 - [3]段玉峰. 浅析加强船舶设备管理的策略[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(3):4.
 - [4]赵旻光. 刍议船舶驾驶员如何管理船舶通信设备[J]. 中国高新区,2021(1):217.
- 作者简介:樊建波(1981.11—),男,江苏句容人,汉,本科学历,沿海一等船长,就职于长江南京航道工程局,从事船舶管理和航道疏浚施工工作。

基于 5G 移动通信技术的电力通信系统研究

樊明葆 费宇曦

北京中电飞华通信有限公司, 北京 100100

[摘要]传统的电力通信系统在带宽、时延及连接性方面存在显著局限,限制了其在实时监控与智能调度中的能力。5G 技术的引入有效地解决了大规模设备连接与海量数据传输的挑战,从而大幅提升了电力系统的通信效率与响应速度。通过 5G 的支持,电力系统能够实现更为智能化与自动化的管理,这为未来智能电网的建设提供了坚实的基础。

[关键词]5G 移动通信技术; 电力通信系统; 通信

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15439

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

Research on Power Communication System Based on 5G Mobile Communication Technology

FAN Mingbao, FEI Yuxi

Beijing Zhongdian Feihua Communication Co., Ltd., Beijing, 100100, China

Abstract: Traditional power communication systems have significant limitations in bandwidth, latency, and connectivity, which restrict their ability in real-time monitoring and intelligent scheduling. The introduction of 5G technology effectively solves the challenges of large-scale device connections and massive data transmission, thereby greatly improving the communication efficiency and response speed of the power system. With the support of 5G, the power system can achieve more intelligent and automated management, providing a solid foundation for the construction of future smart grids.

Keywords: 5G mobile communication technology; electric power communication system; communication

引言

随着电力需求的持续增长与智能化技术的广泛应用,电力通信系统正面临着前所未有的效率、稳定性与安全性挑战。为此,5G 移动通信技术凭借其卓越的高带宽、低时延与大规模连接能力,为电力系统的现代化升级提供了至关重要的支持,深入分析 5G 技术在电力通信领域的独特优势与实际应用,特别聚焦于其在优化系统管理、提升网络安全以及推动智能电网建设方面的巨大潜力。

1 5G 移动通信技术在电力通信系统中的优势

1.1 更好的网络性能

与传统通信标准相比,5G 移动通信技术在网络性能方面实现了显著提升,尤其在电力通信系统中展现出了其独特的优势。借助 5G 的高带宽能力,电力系统能够高效地处理和传输大量数据,从而支持实时监控与快速数据分析。通过 5G,传统网络带宽的限制被突破,设备、传感器以及智能终端之间的连接得以快速建立,数据传输的速度与准确性得到了极大提高。5G 的低时延特性对电力通信系统的影响深远,传统网络中的通信延迟常常成为系统响应速度的瓶颈,特别是在电力调度和应急处理过程中,延迟可能会引发严重后果。借助 5G 的毫秒级时延,数据处理的时间窗口被大幅缩短,使电力系统能够几乎实时地进行故障隔离、恢复操作及调度决策,从而极大地提升了系统的可靠性与安全性。此外,5G 的高连接密度使得它能够在同一网络中支持数百万设备的高效通信,这对于电

力通信系统中分布广泛的智能电表、传感器和自动化控制设备来说至关重要。网络切片技术的应用使得 5G 能够根据不同应用的需求灵活调整资源分配,从而为电力设备提供定制化的服务,优化了资源的使用效率,确保了关键应用的优先保障,进一步提升了网络的运行效率和服务质量。

1.2 可构建更加安全的网络

5G 技术的引入为电力通信系统提供了更为强大的安全防护,尤其是在面对复杂多变的网络威胁时,其安全性显得尤为重要。通过强化身份验证机制及采用先进的加密技术,通信内容的保密性和抗篡改能力得到了显著提升。在电力系统中,电力调度、设备状态以及用户信息等敏感数据的传输是不可避免的。得益于 5G 的端到端加密,数据在传输过程中能够得到全程保护,避免第三方窃听或篡改,从而显著降低了网络攻击带来的潜在风险。网络切片作为 5G 的一项核心技术,能够为不同类型的应用创建独立的虚拟网络,并根据具体需求提供量身定制的安全保护。例如,电力调度系统及关键设备监控可以在具备高安全性要求的独立网络切片中运行,避免与其他低优先级应用共享网络资源。通过这种方式,不同网络流量之间的隔离有效降低了潜在的安全隐患。灵活的网络架构不仅增强了系统的安全性,也确保了关键任务可以得到优先处理。5G 还整合了更加先进的入侵检测与防御机制,能够实时监控网络流量,自动识别异常活动,并迅速做出响应。这对于电力通信系统至关重要,因为其基础设施常常成为黑客攻

击的目标。借助 5G 的智能防护体系，电力系统能够在遭遇分布式拒绝服务（DDoS）攻击、恶意软件入侵或其他安全威胁时，迅速采取防范措施，保障系统的安全稳定运行。

2 5G 移动通信技术在电力系统通信的具体应用

2.1 物联网技术

在电力系统中，物联网（IoT）技术已成为智能电网的核心组成部分，而 5G 技术的引入则加速了这一转型。通过将电力设备、传感器与控制器等终端连接，物联网实现了设备间的实时数据交换与远程监控。随着设备智能化水平的提高，对数据采集和信息传输的需求日益增长，这对网络带宽、时延及连接数量提出了更高要求，5G 正是应对这些挑战的理想技术。5G 网络的高连接密度特性使得数百万设备能够在同一网络中高效协作，确保智能电表、传感器、自动化开关等设备的稳定连接，尤其在大规模电网环境下这一优势显得尤为突出。低时延是 5G 的另一大优势，它使得实时数据采集与远程控制的精度大大提高。借助超短的时延，5G 能够迅速传输远程设备的数据，支持电力系统在紧急情况下做出快速响应并进行高精度操作，特别是在负荷调度与应急响应场景中，5G 展现了其巨大的优势。5G 的高带宽能力有效突破了传统网络的带宽瓶颈，确保了大规模数据的快速传输，包括高清视频监控、实时数据流以及复杂算法的高效处理。这为电力系统的智能化管理提供了强有力的支持，提升了系统整体的效率与安全性。

2.2 云端技术

在智能化时代，数据的快速传输与共享已成为推动各行业进步的关键因素，尤其是在电力系统中，云端技术的作用日益突出。随着信息量的急剧增加，传统的本地存储和处理方式已无法满足日益增长的需求，而云技术凭借其快速存储、灵活扩展和高效处理的优势，成为电力通信系统的有力支撑。云平台能够实现海量电力数据的实时存储、处理与分析，不仅提高了数据访问效率，还确保了数据安全，防止了常见的丢失与篡改问题。5G 技术的引入进一步提升了云端技术的效能，特别是在流量数据与上传速率方面，5G 的高带宽与低时延提供了更优的网络环境，使电力系统中的信息流转更加顺畅与可靠。借助 5G 的高吞吐量，来自海量设备的数据能够快速传输至云端进行即时分析，帮助电力公司实时掌握设备状态、运行数据与负荷信息，从而做出更加精准的决策与调度。云端技术的普及不仅满足了数据存储与处理的需求，还推动了服务个性化与定制化的实现。在电力通信系统中，5G 与云端技术的结合使得网络服务能够根据不同用户群体的需求进行智能化分析，自动调整服务质量与资源分配。这种智能化服务极大地提升了用户的通信体验，尤其是在智能电网与实时监控领域，确保了服务的精确性与高效性。随着 5G 技术的持续发展，移动设备与云端之间的互动也愈加密

切，5G 的低时延与高可靠性特性使得移动设备能够更高效地接入云平台，实时上传或获取数据，这对电力系统中的远程监控、设备管理与应急响应具有重要意义。通过 5G 与云技术的结合，电力系统不仅实现了更加广泛的设备互联，也使云平台能够提供更为多样化的通信服务，助力电力行业的数字化与智能化转型。

2.3 人工智能

人工智能（AI）在电力系统中的应用正日益提升管理效率与资源配置的优化，而 5G 技术则为 AI 的运行提供了至关重要的支持。借助其高带宽、低时延以及大规模连接能力，5G 为 AI 提供了理想的数据处理与计算环境，使得电力系统能够更迅速且精准地做出决策。AI 利用机器学习与深度学习技术，从海量的电力数据中提取关键信息，进行故障预测、负荷分析与设备健康管理等任务。5G 的低时延特性保证了 AI 能够在实时数据到达后立刻做出反应，这显著提高了故障诊断与系统响应的效率。智能变电站通过 AI 算法对监控数据进行实时分析，从而能够提前识别潜在故障，降低停电时间，提高供电系统的可靠性。AI 在电力调度中的应用也愈加广泛，结合 5G 提供的高速数据传输，AI 能够自动调整电网负荷，优化电力输出，避免过载或资源浪费的情况。更为重要的是 AI 具备自我学习能力，随着数据的不断积累，能够持续优化预测模型，确保电力系统在动态变化的需求下仍能稳定运行。5G 网络的稳定性与高速传输确保了 AI 学习过程不受延迟影响，从而推动了电力系统的智能化升级。

3 基于 5G 的电力通信系统性能分析

3.1 系统性能指标与评估方法

在基于 5G 的电力通信系统中，性能评估不仅仅依赖传统的网络指标，还需综合考虑电力行业的特定要求，特别是系统的可靠性、实时性及可扩展性等关键因素。带宽、时延、吞吐量及连接密度构成了主要的性能评估指标。带宽决定了数据传输的速率，时延则影响系统的响应速度，吞吐量反映了单位时间内数据处理的能力，这些指标直接关系到电力系统的实时监控与调度功能^[1]。系统的可靠性与稳定性同样是评估的核心内容，借助 5G 的网络切片、动态资源调度及智能故障恢复机制，系统能够迅速恢复故障，并优先保障关键业务的正常运行，从而大大提升了整体的系统稳定性。在性能评估方法方面，采用了定量与定性分析相结合的方式。定量方法通过使用性能测试工具，如吞吐量测试、时延测量及丢包率分析等，客观地量化网络性能。定性方法则侧重于实际应用场景的反馈，如电力调度的响应速度及设备数据处理的实时性，从多个维度全面衡量 5G 网络在电力通信中的表现。随着电力系统的不断发展，可扩展性的重要性日益增加，5G 网络的高连接密度与灵活的网络切片能力，使电力通信系统能够应对设备数量增长及服务需求变化，保障系统在扩展过程中的平稳运行。

3.2 5G 电力通信系统的时延分析

时延是评估 5G 电力通信系统性能的关键指标之一，尤其在电力系统中，低时延网络对于确保系统快速响应至关重要。电力通信系统中的时延涵盖了数据传输延时、网络交换延时及信号处理延时等多个方面，而 5G 技术凭借其低时延特性，能够有效支持这些需求。在传统网络中，过高的时延常常导致电力调度系统响应缓慢，进而影响故障诊断及应急处理效率。5G 的目标是将时延压缩至毫秒级别，这对于电力系统的实时监控与控制具有极其重要的意义。5G 网络的低时延使得电力系统能够在极短的时间内做出响应，整体反应速度得以显著提升。在电力调度及电网故障检测过程中，时延的增加通常意味着决策的滞后，可能导致停电范围的扩大或电网稳定性的下降^[2]。通过 5G 的超低时延特性，数据能迅速从现场设备传输至控制中心，确保电力系统能够在毫秒级别内完成数据处理及决策执行，从而提升电力调度效率并加速故障响应。电力通信中的时延表现不仅仅受物理传输层的影响，网络切片技术同样发挥着至关重要的作用。不同电力应用对时延的要求存在差异，例如智能电表和传感器需要即时反馈数据，而电力调度系统则更侧重于高带宽和极低时延。5G 的网络切片技术通过为各类应用定制专属的低时延通道，确保了关键业务的优先级，从而避免低优先级流量干扰实时数据传输。在实际应用中，时延的表现还受到多种因素的影响，包括网络负载、基站数量以及地理位置等。在大规模设备互联的智能电网中，5G 凭借高效的资源分配与智能流量调控技术，在高负载情况下能够减少数据拥堵，确保在繁忙时段依然保持低时延的传输质量。

3.3 安全性与隐私保护分析

在基于 5G 的电力通信系统中，确保安全性与隐私保护是维持系统长期稳定运行的核心要求。随着智能电网及物联网设备的普及，电力系统生成的数据量呈现爆炸式增长，这些数据不仅涵盖了设备运行状态与能耗信息，还包括了用户的用电记录。如何有效地保护这些敏感数据，避免未经授权的访问或泄露，已成为电力通信系统设计中一个不可忽视的重要课题。5G 技术为电力通信系统提供了更加严密的安全防护，其网络架构通过采用更复杂的加密技术，确保了数据在存储、传输及处理过程中的安全性^[3]。所有传输的数据都经过端到端加密，从而保障信息在传输过程中不被截获或篡改。此外，5G 的网络切片技术可以为不同类型的电力业务提供独立且隔离的网络资源，最大程度地减少不同业务间的相互干扰，从而进一步提升了系统的安全性。在隐私保护方面，随着智能电表及终端设备

的普及，电力系统中的用户用电数据可能包含私人信息，因此，必须对这些数据的安全性进行严格管理。5G 网络通过引入先进的身份验证与访问控制机制，确保只有授权的用户与设备能够访问敏感数据。多层次的安全策略使得系统能够对数据访问权限进行动态控制，限制不同用户和设备的读取与操作，避免敏感信息的滥用或泄露。5G 网络的架构不仅强化了数据加密与隐私保护，同时具备较强的抗攻击能力，能够有效防范各种网络攻击，如拒绝服务（DDoS）攻击与中间人攻击等。对于电力系统而言，这一特性至关重要，因为一旦关键通信链路或设备遭遇攻击，可能导致系统崩溃，从而影响供电安全。凭借 5G 的安全协议与快速响应机制，系统可以在遇到攻击时迅速识别并采取防护措施，确保电力网络的稳定运行。随着电力系统逐步实现数字化转型，基于人工智能（AI）的智能分析与自动化决策在应用范围上逐渐扩大。新技术的广泛应用对数据安全与隐私保护提出了更高的要求。5G 凭借其低时延与高带宽的优势，不仅提升了系统的实时处理能力，还为加密计算与分布式数据处理提供了强有力的技术支持。如此一来，电力系统便能在确保隐私保护的同时，更加高效地进行数据分析与决策。

4 结语

随着 5G 技术的不断进步，电力通信系统正迎来一场深刻的变革。5G 的高速带宽、超低时延与高连接密度大幅提升了电力系统的整体效率与可靠性，为物联网、云计算以及人工智能的深度融合奠定了坚实基础。借助这一技术进步，电力系统中的实时监控、故障预警与负荷调度等关键任务得到了优化，操作的智能化水平得以显著提升。不仅在稳定性与智能化方面取得了显著提升，5G 还为电力行业的可持续发展提供了强有力的支撑。随着智能设备数量的不断增加及数据需求的急剧扩展，5G 技术将进一步推动电力行业朝着更高效、更安全、更智能的方向发展，从而为全球能源转型提供不可或缺的技术保障。

【参考文献】

- [1]黄晶. 5G 移动通信技术在电力系统中的应用[J]. 集成电路应用, 2023, 40(1): 128-129.
 - [2]宋文. 基于 5G 移动通信技术的电力系统通信分析[J]. 数字通信世界, 2021(4): 120-121.
 - [3]朱渊婧, 阳书拥. 5G 移动通信技术在电力通信系统的应用研究[J]. 数字通信世界, 2020(8): 235-236.
- 作者简介：樊明葆（1986.1—），毕业院校：北京化工大学，所学专业：计算机科学与技术，当前就职单位：北京中电飞华通信有限公司，职务：项目经理，职称：初级。

电力通信网络的可靠性分析与优化设计

冯妍妍 陈若男 刘妍 孟艳群

国网河南省电力公司郑州供电公司, 河南 郑州 450000

[摘要]文中针对电力通信网络的可靠性进行深入分析,并提出优化设计方案。阐述电力通信网络在现代电力系统中的重要性,分析其在数据传输、实时监控和设备管理中的作用。通过理论分析和实际案例,探讨影响电力通信网络可靠性的主要因素,如通信链路、网络拓扑结构、硬件设备等。接着,基于现有问题,提出相应的优化设计方案,以提高网络的鲁棒性和容错能力。最后,通过仿真和实验验证了优化方案的有效性,取得了显著的改进效果。研究结果为电力通信网络的可靠性提升提供了理论依据和技术支持。

[关键词]电力通信网络;可靠性分析;优化设计;容错能力;网络拓扑

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15437

中图分类号: TN915.8

文献标识码: A

Reliability Analysis and Optimization Design of Power Communication Network

FENG Yanyan, CHEN Ruonan, LIU Yan, MENG Yanyun

Zhengzhou Power Supply Company of State Grid He'nan Electric Power Company, Zhengzhou, He'nan, 450000, China

Abstract: This article conducts an in-depth analysis of the reliability of power communication networks and proposes optimization design solutions. Elaborate on the importance of power communication networks in modern power systems, and analyze their roles in data transmission, real-time monitoring, and equipment management. Through theoretical analysis and practical cases, explore the main factors that affect the reliability of power communication networks, such as communication links, network topology, hardware equipment, etc. Next, based on the existing problems, corresponding optimization design schemes are proposed to improve the robustness and fault tolerance of the network. Finally, the effectiveness of the optimization scheme was verified through simulation and experiments, achieving significant improvement results. The research results provide theoretical basis and technical support for improving the reliability of power communication networks.

Keywords: power communication network; reliability analysis; optimization design; fault tolerance capability; network topology

引言

电力通信网络作为电力系统的“神经中枢”,在现代电力系统中起着至关重要的作用。随着智能电网和自动化系统的逐步发展,电力通信网络对电力系统的实时监控、数据传输和控制调度等功能提出了更高的要求。然而,电力通信网络面临着诸如传输中断、链路故障和设备损坏等各种威胁,这些问题直接影响到电力系统的安全与稳定。因此,电力通信网络的可靠性分析与优化设计成为当前研究的热点和挑战。

1 电力通信网络的基础与重要性

1.1 电力通信网络的定义与构成

电力通信网络是电力系统中用于传输数据、信息和控制信号的基础设施,它连接着发电、输电、配电和用电等各个环节,确保电力系统的实时监控、调度与自动化控制。该网络通常由通信链路、交换设备、终端设备和数据中心等组成。通信链路包括有线和无线通信方式,如光纤、微波、卫星和移动通信等,确保数据的传输不受地理限制。交换设备如路由器、交换机等负责数据的转发和路由,而终端设备则用于电力系统各个环节的数据采集与反馈。此外,数据中心作为电力通信网络的数据处理中心,提供了高

效的数据存储与管理服务,支撑系统的决策与调度功能^[1]。

1.2 电力通信网络在电力系统中的作用

电力通信网络在电力系统中发挥着至关重要的作用。首先,它是电力系统的“神经中枢”,为电力系统各个环节提供实时的控制与调度功能。通过通信网络,调度中心能够即时获取电力生产和消费的数据,进行精确的负荷预测、供电调度和故障检测。其次,电力通信网络支持智能电表和自动化设备的数据传输,使电力系统能够实现智能化管理与自动化控制,优化电能的分配和使用效率。另外,电力通信网络还在电力系统的安全运行中起到重要作用,能够及时发现设备故障、传输警报并启动预警机制,从而避免或减少事故发生。总之,电力通信网络是现代电力系统中不可或缺的组成部分,影响着电力系统的稳定性与可靠性。

1.3 电力通信网络的关键技术与发展趋势

随着智能电网的兴起,电力通信网络面临着新的挑战和技术需求。当前,电力通信网络的关键技术主要包括高速数据传输技术、无线通信技术、网络安全技术以及大数据与云计算技术。高速数据传输技术,如光纤通信和 5G 网络,为电力系统提供了大容量、高速率的数据传输能力,

满足了智能电网对实时数据的需求。无线通信技术则为偏远地区的电力设施提供了便捷的通信方式，尤其是微波、卫星通信和 LPWAN 等低功耗广域网技术的应用，为电力设备的远程监控和自动化控制提供了支撑。

在网络安全方面，由于电力通信网络涉及国家能源安全，因此其防护措施必须高度重视。加密通信、身份认证、防火墙等技术是保证数据安全和系统稳定的基础。电力通信网络将朝着更加智能化、自动化和灵活化的方向发展。物联网技术和人工智能的应用将进一步提升电力通信网络的自愈能力和智能调度水平，网络的可靠性、冗余设计和抗干扰能力将成为研究的重点。

2 电力通信网络的可靠性分析

2.1 可靠性分析的基本概念与方法

电力通信网络的可靠性分析是指评估网络在特定条件下维持正常服务的能力。其基本概念涉及系统的可用性、稳定性以及在遭遇各种故障或外部扰动时恢复正常运行能力。可靠性分析方法包括概率分析、故障树分析 (FTA)、事件树分析 (ETA) 和蒙特卡洛仿真等。概率分析通过统计方法评估网络中各个组成部分的失效概率，结合系统整体结构，得出系统故障发生的可能性。故障树分析则是从系统发生故障的终端出发，追溯至其根本原因，通过逻辑树形结构显示各个因素对系统可靠性的影响。蒙特卡洛仿真通过大量随机试验模拟不同故障模式对系统可靠性的影响，是一种广泛应用于复杂系统分析的手段。

2.2 电力通信网络中常见的可靠性问题

电力通信网络在运行过程中会遇到各种可靠性问题。常见问题包括链路中断、设备故障、信号干扰和带宽拥堵等。链路中断通常由物理损伤、环境因素（如天气变化）或设备老化等原因引起，会导致通信信息传输中断，影响电力系统的实时监控和调度功能。设备故障是指通信设备本身出现故障，如路由器、交换机的损坏，或者电力设施中的终端设备故障，这些故障会使得部分数据无法传输或处理。信号干扰也是常见问题，尤其是在无线通信链路中，外部电磁干扰或信号衰减可能导致通信质量下降。带宽拥堵则是由于网络流量过大，导致数据传输速度下降，严重时可能造成数据丢失或系统响应迟缓。这些问题如果不能及时有效地解决，将影响电力通信网络的正常运行，进而影响整个电力系统的稳定性和可靠性^[2]。

2.3 网络拓扑与通信链路的影响

电力通信网络的拓扑结构对其可靠性有重要影响。网络拓扑决定了数据传输路径的冗余性、容错性及恢复能力。常见的拓扑结构包括星型、环型、树型和网状等。在星型拓扑中，所有节点通过中心节点连接，中心节点故障时可能导致整个网络瘫痪，因此中心节点的可靠性至关重要。环型拓扑则通过双向链路形成环状结构，故障节点可以通过另一方向绕行，具有较好的冗余性和恢复能力。树型拓

扑易于扩展，但一旦主干链路出现故障，可能导致大范围的通信中断。网状拓扑结构因其多路径冗余特性，具有较高的可靠性，但维护成本较高。因此，电力通信网络在设计时，应根据实际需求和可靠性要求选择合适的拓扑结构，以提高系统的抗干扰能力和恢复能力。

2.4 设备故障与系统中断分析

设备故障是电力通信网络中影响可靠性的主要因素之一。通信设备如路由器、交换机和传输介质的故障，会直接导致数据传输中断，影响系统的正常运行。系统中断的发生通常伴随故障的扩展效应，导致多个环节的失效。在分析设备故障时，需考虑其故障模式和影响范围。例如，路由器出现故障可能导致某些数据无法传输，但如果采用冗余设计，备份路由器可以在故障发生后迅速接管，减小对系统的影响。设备故障的影响不仅体现在设备本身的损坏，还可能涉及到设备间的依赖关系，形成连锁故障。因此，对电力通信网络设备的定期检测与维护、冗余设计的应用、故障定位与恢复机制的完善，是确保系统可靠性的重要手段。

3 电力通信网络的优化设计

3.1 优化设计的目标与原则

电力通信网络的优化设计旨在提高网络的可靠性、稳定性和性能，以确保电力系统的正常运行和数据的安全传输。优化设计的目标主要包括提高系统的故障恢复能力、减少网络延迟、增强通信容量以及保障数据传输的高质量。在优化设计过程中，应遵循一些基本原则：一是冗余性原则，即在网络设计时考虑多路径冗余和设备冗余，确保在某一链路或设备发生故障时，系统能够自动切换至备份路径或设备；二是容错性原则，即设计时要能够容忍一定程度的故障而不影响整体系统的正常运行；三是可扩展性原则，随着电力系统的扩展，网络设计要具有良好的扩展能力，能够适应未来发展需求；四是安全性原则，确保网络的防护措施能够有效抵御外部攻击、内部故障及恶意操作，保障数据的机密性和完整性^[3]。

3.2 电力通信网络的容错设计方法

容错设计是电力通信网络优化的重要部分，旨在确保网络能够在出现故障时保持稳定运行。常见的容错设计方法包括冗余设计、故障检测与自动恢复机制，以及错误纠正编码技术。冗余设计通过增加备用设备或链路，在主设备或链路发生故障时，能够迅速切换到备用系统，从而最小化故障对通信的影响。故障检测与自动恢复机制则通过实时监控网络状态，快速识别故障发生的地点，并通过自动化手段进行路径重配置或系统切换，减少人工干预，提高恢复速度。

3.3 网络拓扑优化策略

网络拓扑的优化设计对于提高电力通信网络的可靠性和性能至关重要。常见的拓扑优化策略包括选择适当的

网络拓扑结构、最短路径优化,以及链路负载均衡。首先,根据电力通信网络的实际需求选择合适的拓扑结构。环型拓扑适合于高可用性要求的网络,能够提供路径冗余;网状拓扑则适用于需要较大带宽和灵活连接的复杂网络。其次,最短路径优化通过算法选择最短且负载最小的路径来提高数据传输效率,减少延迟。链路负载均衡则通过动态调整网络流量,将流量均匀分配到多个链路上,避免某一链路因过载而发生故障,从而提高整体网络的稳定性和利用效率。

3.4 网络冗余与恢复机制设计

冗余设计和恢复机制是提升电力通信网络可靠性的重要手段。冗余设计是指通过增加备用路径、设备或系统来保证在发生故障时能够无缝切换,避免系统停运。网络冗余可以分为链路冗余、设备冗余和电源冗余等,其中链路冗余通过建立多个通信路径,确保在主链路故障时能够切换到备份链路;设备冗余则通过双路供电、备份设备等方式确保关键设备在故障后能够快速恢复;电源冗余设计确保电力设备和通信设备的连续供电。

4 优化方案的仿真与实验验证

4.1 仿真模型与实验环境设置

为验证电力通信网络优化方案的有效性,首先需要构建仿真模型并设置实验环境。在仿真模型中,考虑电力通信网络的各个关键组成部分,包括通信链路、交换设备、终端设备、网络拓扑等。采用网络仿真平台如 NS3 或 OMNeT++,能够模拟复杂的网络环境,评估在不同网络拓扑、通信协议和故障情境下的性能表现。实验环境设置则包括选择合适的硬件和软件平台,确保仿真结果的可靠性与真实环境的接近性。通过搭建不同规模的实验环境,可以模拟电力通信网络的不同运行场景,如单点故障、多路径冗余故障、负载均衡等,以测试优化方案在各类情况中的表现。

4.2 仿真结果与分析

在仿真实验中,首先进行不同优化方案的对比,评估其在网络可靠性、传输延迟、带宽利用率等方面的表现。仿真结果通常包括网络中数据包的传输成功率、通信链路的平均延迟、网络吞吐量等重要指标。例如,通过引入冗余设计和容错机制,网络在故障发生后的恢复速度和恢复能力显著提高,传输延迟得到了优化,数据包丢失率显著下降。另一方面,优化后的网络拓扑能够提高链路的负载均衡,减少链路拥堵,提高网络的整体利用率。通过对比不同方案的仿真结果,可以得出优化方案在提升网络稳定

性、减少故障影响方面的优势,并进一步优化设计^[4]。

4.3 优化方案的实施效果验证

在仿真分析的基础上,实施优化方案并进行效果验证。通过在实际电力通信网络中部署优化设计,评估其在真实环境下的运行效果。实施效果验证的重点在于对网络的实际运行情况进行监测,特别是对网络冗余、故障恢复、负载均衡等关键性能的实际表现进行评估。通过长期监测和数据收集,发现优化方案在实践中对系统故障恢复时间、网络可靠性和系统运行效率的实际提升。验证结果通常表明,优化方案能够有效提升电力通信网络的稳定性和故障处理能力,并且能够在大规模网络中保持较好的性能表现。

4.4 性能对比与分析

在优化方案实施后,进行不同设计方案的性能对比与分析。这一部分主要对比优化前后的网络性能变化,包括网络可靠性、带宽利用率、传输时延、故障恢复时间等。通过与传统设计进行对比,可以清楚地看到优化方案在不同方面的优势。例如,通过引入冗余设计和优化网络拓扑结构,网络在面对故障时能够更快速地恢复,传输延迟显著降低,数据传输的成功率和带宽利用率则得到了显著提高。

5 结束语

本文通过对电力通信网络的可靠性分析,揭示了影响其稳定性的关键因素,并提出了优化设计方案。实验和仿真结果表明,优化后的网络不仅提高了可靠性,还增强了容错能力,能够更好地应对各种潜在故障。研究成果为电力通信网络的设计与优化提供了重要参考,并为未来智能电网的发展提供了理论依据。未来的研究可以深入探讨不同环境下的优化方案,进一步提升电力通信网络的安全性和稳定性。

【参考文献】

- [1]钟朝晖,王程鹏,蒙浩然,等.分布式新能源接入的电力通信网络可靠性评估[J].环境技术,2023,41(7):45-49.
- [2]李毅超,杨会峰,崔俊彬,等.基于最近位置中继选择策略的电力5G网络D2D通信安全可靠分析[J].计算机应用,2022,42(2):168-174.
- [3]俞浩.电力通信网络故障问题分析及对策[J].数字通信世界,2022(3):69-71.
- [4]吴万旭.基于复杂网络的电力通信网可靠性分析[D].北京:华北电力大学,2019.

作者简介:冯妍妍(1993.10—),女,河南省商丘市人,汉族,本科,中级电力工程师,就职于国网郑州供电公司,从事通信运维检修工作。

大跨度桥梁悬索施工技术的应用与发展趋势

马文豪

湖北省路桥集团有限公司, 湖北 武汉 430051

[摘要] 大跨度悬索桥凭借卓越的跨越能力和灵活的结构, 在许多重要交通项目中得到了广泛应用, 尤其在长江、尼罗河等大水域的桥梁建设中占据着关键位置。这类桥梁的施工不仅涉及高空作业、精确的钢索张拉与测量, 而且施工过程常常受到环境条件的限制。随着桥梁规模的不断增大, 施工环境的复杂性也日益提升, 传统的施工技术已无法满足现代工程的需求, 因此, 新技术的引入已成为一种必然趋势。

[关键词] 大跨度桥梁; 悬索施工技术; 发展趋势

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15468

中图分类号: U445

文献标识码: A

Application and Development Trend of Suspension Construction Technology for Large Span Bridges

MA Wenhao

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

Abstract: Large span suspension bridges have been widely used in many important transportation projects due to their excellent spanning capacity and flexible structure, especially occupying a key position in bridge construction in large water bodies such as the Yangtze River and Nile River. The construction of such bridges not only involves high-altitude operations, precise steel cable tensioning and measurement, but the construction process is often limited by environmental conditions. With the continuous increase of bridge scale and the increasing complexity of construction environment, traditional construction techniques can no longer meet the needs of modern engineering. Therefore, the introduction of new technologies has become an inevitable trend.

Keywords: large span bridges; suspension construction technology; development trend

引言

大跨度悬索桥作为跨越复杂地形的重要交通枢纽, 广泛应用于连接江河、深谷等特殊地理环境, 独特的结构特点与施工要求使得索桥的建设面临诸多挑战。随着交通需求的不断增长, 传统施工技术已难以满足现代工程对于高效、安全与精确的要求, 这一现实促使了新型施工技术的不断发展, 分析大跨度悬索桥施工技术的应用现状、关键技术要点及未来发展趋势, 为未来桥梁建设提供理论依据与技术支持。

1 大跨度桥梁悬索施工技术的重要性

1.1 促进现代交通发展

大跨度悬索桥在现代交通建设中占据着至关重要的位置。随着城市化进程的加快及全球化的不断推进, 传统的桥梁建设方法已无法满足日益增长的交通需求。凭借独特的结构优势与卓越的承载能力, 悬索桥成为跨越江河、峡谷等复杂地形的理想解决方案, 尤其在跨越广阔水域或面对特殊地理条件时, 能够实现巨大的跨度缓解交通瓶颈, 提升道路的通行能力与效率, 不仅缩短了区域之间的时空距离, 大跨度悬索桥的建设还显著推动了区域经济一体化的进程。例如, 悬索桥为港口、工业园区与旅游景区等地的互联互通提供了关键支持, 促进了物流、人员流动及资

源共享的高效运转。对国家或地区而言, 悬索桥的建设不仅有助于提升综合交通枢纽的功能, 更加深了区域间的经济互动。推动大跨度悬索桥施工技术的进步与应用, 不仅符合现代交通发展的需求, 也为提升国家竞争力及推动区域协同发展发挥着关键作用。

1.2 适应复杂地理环境

大跨度桥梁悬索施工技术在应对复杂地理环境方面展现出独特的优势。许多桥梁建设项目需要跨越广阔的水域、深峡谷或险峻山脉, 而传统的桥梁结构常常难以满足这些特殊环境下的跨度、稳定性或承载力要求。凭借独特的索结构, 悬索桥能够轻松跨越长距离, 克服地理障碍连接被隔离的区域。例如, 在跨越深河或峡谷时, 悬索桥提供的稳定结构依赖极少的支撑, 不仅有效减少对地形的依赖同时降低了建设成本。悬索桥还具备极强的适应性, 能够应对多变的气候与地质条件, 在强风或地震频发的海域及山区, 悬索桥的结构具有出色的抗风与抗震能力, 能够有效抵御极端天气与地震的威胁。对于复杂的岩土条件, 悬索桥的施工技术同样表现出灵活性, 根据具体情况调整施工方案, 确保桥梁的稳固性与安全性。借助先进的施工技术, 悬索桥不仅能在常规地理环境中顺利建成, 更能在复杂地理条件下保证其耐久性与长期稳定运行, 悬索桥技

术的广泛应用,已成为解决复杂地理环境中交通连接问题的重要工具。

2 大跨度桥梁悬索施工技术要点

2.1 悬索桥的结构特征与施工流程

悬索桥的独特结构特点,使其在大跨度桥梁建设中占据重要地位。悬索桥主要由桥塔、桥面及悬挂的钢索构成,桥面与桥塔之间的巨大跨度依赖钢索来承载,核心结构为悬挂在桥塔上的主缆,主缆承受着桥面上的交通荷载,并通过多个吊索将桥面稳固连接,通过主缆所施加的张力悬索桥得以跨越广阔空域,避免了中间支撑的过多使用,使它在跨越河流、峡谷等复杂地形时具有无可比拟的优势。施工的第一步是桥塔基础的建设,通常采用打桩或加固的方式确保塔身的稳定性,随后的关键步骤是主缆的架设,主缆通常通过逐步吊装或滑移法从一端拉至另一端。缆索的张力控制在此过程中至关重要,必须确保张力均匀以保持桥梁的结构平衡。在此基础上,吊索与桥面钢梁逐步连接,桥面最终成型。最后,通过张拉钢索并精确调整张力,确保桥梁的承载能力与稳定性达到设计要求。悬索桥的施工过程技术要求极为严格,每一个环节都涉及精密测量与质量控制。施工过程中,各项工序需要高度协作,任何细小的疏忽都可能影响桥梁的安全性 with 使用寿命。为了确保施工质量,悬索桥的建造通常依赖于详尽的规划、先进的设备以及经验丰富的技术团队的共同努力,以确保各项工序得以顺利进行,从而完成一座高性能的大跨度桥梁。

2.2 钢索架设与张拉技术

钢索的架设与张拉是悬索桥施工中的关键技术环节,直接影响着桥梁的结构安全与稳定性。钢索的架设通常分为多个阶段,初步步骤是通过滑车系统或吊装设备将主缆从一端传递至另一端,考虑到悬索桥的巨大跨度,钢索的布置与拉伸要求极为精确,每根钢索的张力必须均匀分布,任何张力的不均衡都会导致桥梁结构的变形从而影响整体稳定性。完成钢索的架设后,张拉过程成为确保桥梁稳定性的核心环节,通过专用的张拉设备钢索逐步被拉紧,以实现设计要求的承载能力。在此过程中,精确的张拉控制至关重要,确保张力的准确性,施工过程中通常会使用电子张力计和激光测量系统进行实时监控与调整,确保每根钢索的张力符合标准要求,张拉操作必须严格遵循设计步骤,以避免因过度张拉或张力不均而带来的结构安全隐患。钢索张拉不仅涉及力学操作,还需要考虑施工环境的多重因素。外部气候条件如风速和温度,都会对钢索的拉力产生影响。因此,施工人员必须密切关注气候变化并灵活调整张拉方案。在实际操作中,钢索张拉通常是分阶段进行的,每个阶段的张拉力度都需经过精确计算与调整,防止过度变形或损坏从而确保桥梁在施工过程中的稳定性与安全。

2.3 张力控制与精确测量

张力控制与精确测量在悬索桥施工中占据至关重要

的位置,直接关系到桥梁的安全性 with 使用寿命。桥梁的稳定性受到钢索张力的直接影响,任何张力不均或控制不当,都会显著影响桥梁结构的完整性,精确的张力控制不仅要求对每根钢索进行独立调节,还需要确保主缆与吊索之间的协同配合以实现整体结构的平衡与稳定。在施工过程中,张力的精确控制依赖于一系列技术手段,电子张力计与激光测量系统作为常用的精密设备,能够实时监测每根钢索的拉力变化,确保每个阶段的张力调整精确无误,通过数据采集与反馈系统,施工人员能够实时获得钢索的张力数据并据此做出微调,这种细致入微的控制方式有效避免了张力过高或过低所带来的结构安全隐患。环境条件同样是影响张力控制的重要因素,温度波动、风速变化及湿度等自然因素,都会对钢索的伸缩性产生影响进而影响张力的稳定性,施工团队必须根据实时气象数据及时调整张力控制方案,确保在不同气候条件下,钢索的张力保持在最佳状态。为了实现最佳的张力效果,张拉过程通常分为多个阶段,每个阶段的张力值均经过精确计算与验证,确保张力过渡平稳,并避免对桥梁结构施加过大的压力。

2.4 施工过程中的质量控制与安全保障

在大跨度悬索桥施工中,质量控制与安全保障是确保项目顺利进行及桥梁长期稳定运营的核心环节。施工质量的把控贯穿整个建造过程,从原材料的选择到每个施工环节的执行,都必须严格遵循设计要求与技术规范。特别是桥梁的核心结构部件,如钢索、桥塔与吊索必须经过严格的质量检测与实验,确保在施工过程中的强度与稳定性,为了实现这一目标,通常采用高精度的检测仪器进行实时监控,确保每个结构部件都能达到设计标准。大跨度悬索桥的建设涉及高空作业、重型机械操作等高风险因素,安全管理在施工现场必须严格执行,施工人员应经过专业培训,以应对各种可能发生的突发情况。同时,对环境条件的评估也至关重要,风速、温度等外部因素的变化必须得到实时监控,避免在不适宜的天气条件下进行关键施工作业。为了进一步保障安全,现场还会部署现代化监控设备,如实时视频监控与传感器系统,全天候监控施工现场,及时发现潜在的安全隐患,并迅速采取应急应对措施。为确保质量与安全得到双重保障,施工团队会在每一个重要环节或阶段完成后,进行全面的检查与验收。

3 大跨度桥梁悬索施工技术的发展趋势

3.1 新型材料与施工设备的应用

随着科技的不断发展,大跨度悬索桥施工技术正朝着更高效、安全的方向不断迈进。新型材料与先进施工设备的应用,推动了这一领域的技术革新,近年来轻质高强度钢索与高性能混凝土等新型材料的问世,为桥梁结构优化提供了更多的选择,这些材料不仅在强度上超越了传统材料,还能显著减轻桥梁的自重,同时具备更强的耐腐蚀性与抗老化能力,从而显著延长桥梁的使用寿命。例如,耐

疲劳的高强钢丝绳替代传统钢索,不仅能够更长时间内保持稳定的张力,还有效地降低了桥梁的维护成本^[1]。在施工设备方面,自动化与智能化技术的引入,极大地提升了施工精度与效率,数字化控制的张拉设备与自动化架设机械,使钢索张力的控制更加精确,从而最大程度地减少了人为误差。在施工环境日益复杂的情况下,采用高空作业平台、无人机以及智能机器人等先进设备,能够有效协助施工团队完成危险或难以到达区域的工作,确保施工的安全性与高效性。同时,激光测量与三维建模技术的应用,使施工方案的精度得到了显著提升,从而避免了因结构误差可能带来的风险。通过这些先进技术的应用,大跨度悬索桥施工的精度与效率得到了前所未有的提升,推动了桥梁建设技术的发展,为未来更加安全、环保的桥梁建设奠定了坚实的基础。

3.2 数字化与自动化技术的引入

数字化与自动化技术的引入,正深刻改变着大跨度悬索桥的施工模式,显著提升了施工精度、效率与安全性。借助数字化技术,工程师能够通过三维建模与建筑信息模型(BIM)对桥梁进行精确设计与模拟,从而预测并解决施工过程中可能出现的问题。例如,在设计阶段,BIM技术能够帮助团队精确计算所需材料、优化施工方案,并通过虚拟现实(VR)技术进行施工演练,进而降低设计与施工过程中错误的发生概率。在施工阶段,所有数据均通过数字化方式进行实时监控,施工进度、材料使用、设备运行等信息得以清晰呈现,大大提高了项目管理的透明度与协作效率^[2]。在施工过程中,自动化技术的应用也发挥了至关重要的作用,以钢索架设与张拉为例,自动化设备能够精确调控钢索的张力与位置,显著降低了人工操作失误的风险。全自动施工机械的引入,能够替代人工完成繁重且危险的作业,特别是在高空及复杂地形中,极大提升了施工的安全性,通过无人机进行空中监控,施工团队得以实时获取高精度现场数据,确保施工进度与质量始终处于可控范围内。数字化与自动化技术的结合,进一步推动了施工各环节的协同运作,确保信息流的高效传递与处理。例如,施工管理系统能够实时收集并分析来自各方的数据,从而精确预测并调整施工进度与设备使用情况,确保项目能够按时按质地完成。

3.3 智能化施工与实时监控技术的创新

智能化施工与实时监控技术的创新,正为大跨度悬索桥建设提供更为高效与精确的施工保障,这些技术不仅显著提高了施工过程的自动化水平,还增强了对各项施工数

据的实时采集与分析能力,从而在提升施工质量的同时也加强了安全管理。智能化施工的应用,主要体现在自动化设备与机器人技术的使用上,对于悬索桥建设而言,高空作业与精细操作通常需要大量人工干预,而智能化设备的引入,诸如自动化钢索张拉系统和机器人焊接设备,能够代替人工完成那些高精度和高风险的任务^[3]。这些技术不仅提高了施工效率,还有效减少了人为错误与安全事故的发生。例如,在钢索架设过程中,智能吊装系统能够实现全自动操作,通过实时反馈调整吊装的角度与力度,确保每一环节都精准到位。实时监控技术的引入,使施工管理变得更加精细与透明,通过传感器、物联网及大数据分析,施工现场的各类数据得以实时上传并进行监控。关键参数如温度、湿度、钢索张力与风速等,均可通过智能传感器实时采集并传送至中央控制系统,施工团队可以根据这些实时数据及时调整施工方案,规避潜在的风险。此外,无人机与视频监控技术的结合,进一步提升了对施工现场安全隐患的预警能力,施工人员能够远程监控高危区域,有效保障人员的安全。值得注意的是实时数据的应用不仅限于施工阶段,它同样为桥梁后期的运营与维护提供了宝贵的数据支持。通过对施工阶段与运营阶段数据的比对分析,运营团队能够制定更为科学的养护计划,提前发现结构性问题,进而延长桥梁的使用寿命。

4 结语

大跨度悬索桥施工技术的不断进步,显著提升了桥梁建设的效率、智能化水平与安全性。新型材料、先进施工设备以及数字化和自动化技术的广泛应用,优化了施工精度与质量控制,从而确保了项目的顺利推进。智能化施工技术与实时监控系统的引入,不仅提高了施工过程的整体效率,而且为桥梁的长期运行与后期维护提供了宝贵的数据支持。随着技术的持续创新,悬索桥施工将在未来变得更加高效、环保与智能化。

【参考文献】

- [1]毛伟琦,胡雄伟.中国大跨度桥梁最新进展与展望[J].桥梁建设,2020,50(1):13-19.
- [2]莫嘉俊.跨越大跨度桥梁的结构设计及施工技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2023(31):187-189.
- [3]江启军.大跨度桥梁设计关键点及优化措施研究[J].工程技术研究,2020,5(3):228-229.

作者简介:马文豪(1982.8—),男,现任职称路桥中级,籍贯:江苏涟水县。

装配式建筑围护结构节能技术研究

王永安

乌鲁木齐建筑市场运行服务中心, 新疆 乌鲁木齐 830092

[摘要]随着各国加大节能减排政策的力度, 装配式建筑凭借高效、环保的施工方式逐步成为主流。在建筑节能中, 围护结构占据了核心地位, 直接影响着能源消耗及室内舒适度。研究装配式建筑围护结构的节能技术, 不仅有助于推动建筑行业的绿色转型, 还在实现碳减排目标及提升建筑能效方面发挥着至关重要的作用。通过优化围护结构的设计, 能源的有效利用得以最大化, 同时能耗也得到显著减少。更为重要的是这一技术的发展不仅响应了全球可持续发展战略, 也为各国建筑行业的减排目标提供了有效支持。

[关键词]装配式; 建筑围护; 节能技术

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15466

中图分类号: TU111.4

文献标识码: A

Research on Energy-saving Technology of Prefabricated Building Envelope Structure

WANG Yong'an

Urumqi Construction Market Operation Service Center, Urumqi, Xinjiang, 830092, China

Abstract: With the increasing efforts of energy-saving and emission reduction policies in various countries, prefabricated buildings have gradually become mainstream due to their efficient and environmentally friendly construction methods. In building energy efficiency, the enclosure structure occupies a core position, directly affecting energy consumption and indoor comfort. Studying energy-saving technologies for prefabricated building envelope structures not only helps promote the green transformation of the construction industry, but also plays a crucial role in achieving carbon reduction goals and improving building energy efficiency. By optimizing the design of the enclosure structure, the effective utilization of energy is maximized, while energy consumption is significantly reduced. More importantly, the development of this technology not only responds to the global sustainable development strategy, but also provides effective support for the emission reduction goals of the construction industry in various countries.

Keywords: prefabricated; building enclosure; energy-saving technology

引言

在全球气候变化及能源危机的背景下, 建筑行业的节能与减排已成为全球关注的焦点。凭借其高效与环保的优势, 装配式建筑在建筑节能领域展现了显著的潜力, 通过优化围护结构设计不仅能显著提升能源的利用效率, 装配式建筑还能够有效降低能耗, 从而推动绿色建筑理念的普及与发展。

1 装配式建筑围护结构的特点与节能需求

装配式建筑围护结构的节能需求与模块化、系统化设计方式紧密相关, 节能设计必须充分考虑多种内外部因素的综合影响, 影响建筑外围节能性能的关键因素包括采暖与制冷。内部因素来源于建筑本身, 涵盖建筑朝向、形态系数以及外围结构形式等, 这些因素直接决定了建筑热性能的表现。在设计初期, 应对建筑物的总负荷进行综合评估, 确保外围结构的节能效果能够达到既定标准。例如, 优化朝向能最大限度地提升自然采光与通风从而减少能耗, 而建筑的形态与结构则影响热量的存储与散失。外部因素则涉及室内外热环境的相互作用, 包括室外太阳辐射强度、温湿度差异及住宅内人员与设备活动所产生的热量等, 这些因素都会对节能设计产生不同程度的影响。设计

人员需要根据具体气候特征, 通过勘测数据来调整设计参数, 以减少外部因素对节能效果的干扰。同时, 通过科学配置暖通空调系统, 确保在夏季有效制冷, 冬季实现理想保温效果, 从而保持室内温湿度恒定。通过有效协调内外热环境, 装配式建筑围护结构不仅能够提升居住舒适度, 还能在实现节能的同时推动低碳环保目标的达成, 展示了其在建筑节能设计中的显著技术优势。

2 装配式建筑围护结构节能技术现状

装配式建筑围护结构的节能技术现状展示了技术研发与实际应用的双向进展。目前, 围护结构节能领域已形成较为完善的体系, 涵盖高效保温材料、新型复合结构设计与智能化技术等多个方面。高效保温材料的种类日益丰富, 传统的聚苯乙烯板与岩棉正逐步被性能更优且环保性更强的真空绝热板与气凝胶复合材料所取代, 这些新型材料在提升围护结构的保温隔热效果方面表现出了显著的优势。在此基础上, 新型复合结构的研发为装配式建筑提供了更多节能选择。例如, 夹心保温墙体将保温材料与结构层一体化设计, 极大地减少了热桥效应, 同时简化了施工过程, 从而提升了建筑的节能效果与装配效率。绿色屋面与种植墙体的应用不仅有效降低了建筑能耗, 还带来了

显著的生态效益。在技术手段方面,智能化设计逐渐成为围护结构节能的关键发展方向。借助建筑信息模型(BIM)技术,设计人员能够在设计阶段精确地进行能耗模拟,优化围护结构的节能性能。与此同时,智能感应设备与自适应节能系统的结合,使得建筑能够根据外部环境的变化动态调整热性能,从而实现更加精细化的节能控制。

3 装配式建筑围护结构节能设计策略

3.1 屋面节能设计

3.1.1 保温隔热屋面

保温隔热屋面在装配式建筑围护结构节能设计中占据着关键地位,核心在于通过合理的材料选择与结构设计,减少室内外热量的传递与交换,从而有效提升建筑能效。该设计通常结合高效保温材料与隔热涂层,以确保屋面的热性能得到优化,挤塑聚苯板(XPS)、真空绝热板(VIP)及气凝胶板等高效保温材料,凭借其低导热系数与优异的抗压性能,能够显著降低屋面的热量损失。隔热涂层的应用进一步增强了屋面的反射能力,有效减轻了太阳辐射对屋面温度的影响。根据不同地区的气候特征以及屋顶的承重要求,设计人员可选择单层或多层复合结构的保温隔热设计。举例来说,在炎热地区,结合高反射隔热涂层的保温材料有助于最大程度地降低冷负荷;而在寒冷地区,则需特别强调保温层的厚度与密封性,以防止室内热量的散失。在保温隔热屋面设计中,施工的可操作性与长期耐久性同样重要,所选材料在长时间使用后必须能够保持稳定的性能,避免因老化或外界环境变化而导致节能效果的衰减。通过精心的设计,保温隔热屋面不仅能显著减少建筑能源消耗,还能提高室内舒适度,为实现绿色建筑目标提供有力的保障。

3.1.2 绿色种植屋面

绿色种植屋面是一种结合节能与生态效益的创新设计,在屋顶种植植被既能够降低建筑能耗,又能有效改善周围微环境。通过蒸腾作用及土壤的隔热特性,植被减少了热量的传递,从而缓解了室内温度波动。在夏季,植被层能有效隔离太阳辐射,减少屋面热吸收;而在冬季,土壤则起到保温作用,减少了热量流失。该类型屋面通常由防水层、排水层、种植基质与植被层组成,各层紧密协作,共同实现结构功能与生态功能的统一。在设计中防水层尤为重要,需选用高性能防水材料以抵抗长期湿气侵蚀,排水层需要科学设计以确保排水路径畅通,避免积水影响植物生长及屋面的使用寿命,种植基质的厚度与养分配比需根据不同植被类型及气候特点加以调整,确保植物能生长良好。绿色种植屋面不仅有助于提升建筑的热供性能,还能缓解城市热岛效应,扩大绿化面积促进生态平衡。此外,它能够有效收集雨水,减轻城市排水系统的压力,增强城市防洪能力。在设计时,屋顶结构的承载力及后期维护费用需得到充分考虑,确保该系统具备长期可持续性与经济

性。通过科学规划与技术创新,绿色种植屋面为低碳环保建筑的发展提供了切实可行的路径。

3.1.3 架空与蓄水屋面

架空与蓄水屋面是一种结合节能与环境调节功能的屋面设计形式,通过优化屋顶空间显著改善建筑的热环境表现。架空屋面通过在屋顶表面与覆盖层之间设置空气层,形成自然通风与隔热屏障,减少了太阳辐射与外部高温对室内的热传导。空气层中的热气体通过自然流动散热,屋面表面得以保持较低温度,从而减少了建筑冷负荷的需求。蓄水屋面则利用水体的高热容特性,通过设定蓄水层来吸收并存储太阳辐射的热量,延缓热量向室内的传递。白天蓄水层吸热,有助于保持室内温度较低;而在夜间,储存的热量被释放,调节了昼夜温差,减少了空调系统的工作时间。设计中,蓄水层需与高效防水系统及溢流排水设计相配合,以避免渗漏与积水对屋顶结构造成的损害。这种屋面形式的应用,需综合考虑地域气候、建筑功能及施工成本,在高温干燥地区,由于架空屋面具有优异的散热性能,它被广泛应用于公共建筑与住宅项目;而在降水较多的地区,蓄水屋面不仅具备良好的隔热效果,还能有效收集雨水并加以再利用,实现建筑节能与水资源管理的双重效益。通过科学设计与合理应用,架空与蓄水屋面显著提升了建筑的节能水平,延长了建筑的使用寿命,为绿色建筑技术的发展提供了有力支撑。

3.2 外墙节能设计

3.2.1 外墙保温系统设计

外墙保温系统设计是建筑节能的关键环节,保温材料的精心选择与应用,能显著提升建筑外围结构的热工性能,从而有效降低能耗。此类系统通常由外墙面层、保温材料、固定层及饰面层等多个部分组成,常见的保温材料包括聚苯板(EPS)、挤塑聚苯板(XPS)、岩棉板以及真空绝热板等,材料在性能上存在较大差异,选材时应综合考虑地区气候、建筑外立面的功能需求以及经济性。外墙保温设计的关键在于确保保温材料与建筑结构的有效结合,避免热桥现象,减少热量流失。合理的设计要求不仅确保保温层的厚度与密封性,还应通过精细施工消除接缝与空隙,防止热损失的发生^[1]。同时,外墙保温系统应具备良好的耐候性与抗压强度,以适应长期气候变化与物理应力,从而确保系统的稳定性与耐久性。外墙保温系统的外观设计同样不可忽视,既要符合建筑美学要求,又需满足防水、抗风压等功能性需求,通过采用高质量的饰面材料,如涂料、瓷砖或复合材料,可有效保护保温层免受外部环境的损害。随着技术的不断发展,复合保温系统与外墙外保温技术越来越受到关注,这些技术通过将保温层设置在外墙表面,不仅提升了保温效果,还减少了结构热负荷。在整体设计中,建筑师应根据项目的具体需求进行精确规划,以实现卓越的节能效果及舒适的室内环境。

3.2.2 新型复合墙体的应用

新型复合墙体的应用在现代建筑节能设计中占据了重要地位,通过将不同功能的材料进行合理结合,复合墙体不仅提升了保温隔热性能,还增强了建筑的抗震、抗风等多重功能。该墙体结构通常由多个层次组成,包括外部装饰面层、内层结构材料以及中间的保温层,每一层材料的选择都是经过精心考量,旨在实现墙体整体性能的优化。在复合墙体设计中,常见的保温材料,如聚苯板、岩棉及挤塑板等,具备有效阻隔热量传导的能力,从而降低建筑的能耗。此外,复合墙体的结构设计,根据建筑功能需求,可以灵活地选择不同的外饰层,如陶板、金属面板或石材等,这些材料不仅满足美学要求,还能提高外墙的耐候性与抗冲击能力。新型复合墙体的优势,在于其较高的结构效率与较低的施工成本。通过合理配置不同材料层次,能够在保证墙体强度的同时,最大限度地提升保温效果,从而达到理想的节能效果。与传统墙体相比,复合墙体的综合性能更强,尤其适用于对节能要求较高的建筑项目,能够适应多变的气候环境。在环保与可持续性方面,新型复合墙体同样表现突出。许多应用材料都具有可回收性,有助于减少建筑施工过程中的资源浪费,契合绿色建筑的发展理念。随着建筑技术的进步,复合墙体的种类和应用领域逐步拓展,未来有望在节能、环保及提升建筑质量方面发挥更为重要的作用。

3.3 窗墙比节能设计

外窗设计通常选用轻薄材质结构,且作为建筑的薄弱环节,外窗在能耗方面占据重要地位。普通单层玻璃在夏季降温 and 冬季保温过程中,能耗可达到 60%。因此,解决外传能耗问题是调控室内温度波动的关键,在设计中需要对窗墙比进行合理计算,根据不同地区的气候特点,设计应确定合适的窗墙比。在夏季干燥炎热地区,由于太阳辐射强烈,夜间温差较大,外窗设计通常采用封闭式结构,窗墙比较小^[2]。这种设计可以有效减少白天热量的照射,同时在夜间起到保温作用。较小的窗墙比还有助于提升室内恒湿功能,确保炎热地区室内湿气流动的稳定性。而在湿润地区,由于湿气较重,尤其是晨间湿气较为明显,此时窗墙比设计应适当增大。夏季时,应采取南北朝向的通风设计;冬季则应确保能够最大程度地获得阳光照射,从而提高室内的保温性能。

3.4 楼板节能设计

楼板节能设计在建筑节能领域中占据了至关重要的地位。作为建筑的水平结构之一,楼板与屋面、外墙共同

构成了围护结构,直接影响建筑的热传递性能,并在整体能效优化中起着决定性作用。合理设计楼板,不仅能有效降低能源消耗,还能减轻空调与采暖系统的负担,进而实现建筑的绿色低碳目标。楼板节能设计的核心在于选用合适的保温材料与优化结构布局^[3]。常见的保温材料,如聚苯板(EPS)、岩棉板、玻璃棉以及高性能的真空绝热板等,都具备良好的隔热性能。在材料选择时,设计人员应综合考虑导热率、抗压强度、耐久性 & 施工便捷性等因素。通过增加保温层的厚度与密度,能够有效阻断热量传递,从而增强楼板的隔热性能,确保建筑在冬季能保持温暖,夏季避免过热。楼板设计还需考虑与其他围护结构的衔接方式,避免热桥的形成。采用整体式楼板设计,传统设计中的接缝问题可得以避免,从而进一步提高节能性能,对于多层建筑而言,楼板的节能设计应考虑上下楼层之间的热量传递,合理分配各楼层的温差,避免能源的浪费。同时,适当增加隔音与隔热层,既能提高居住舒适度,也能减少温湿度变化对建筑能效的影响。随着建筑节能技术的不断进步,楼板设计在绿色建筑中的作用愈加重要,通过创新设计理念与高效节能材料的应用,楼板节能设计将推动建筑行业朝向更高效、可持续的方向发展。

4 结语

装配式建筑围护结构的节能设计,通过优化屋面、外墙、窗墙比以及楼板等关键环节,显著提高了建筑的保温隔热性能,有效降低了能源消耗,同时改善了居住的舒适度。随着技术的不断进步及环保标准的日益严格,装配式建筑逐渐成为主流,围护结构节能技术的应用也在不断扩展。设计人员需不断创新提升节能方案,以推动建筑行业向低碳、绿色与可持续发展方向迈进。智能化技术的引入,将进一步提高建筑节能设计的精准度与效率,促进整个行业的发展。

【参考文献】

- [1]雷瑶.浅析装配式建筑围护结构的节能技术[J].智能建筑与智慧城市,2021(10):112-113.
- [2]卢煜,刘明蓉,周渝,等.装配式建筑外围护结构节能技术研究综述[J].西华大学学报(自然科学版),2023,42(6):93-103.
- [3]展晓东.试论装配式建筑围护结构的节能技术[J].科学技术创新,2020(33):138-139.

作者简介:王永安(1974.6—),毕业院校:新疆职业大学,所学专业:土木工程,当前就职单位名称:乌鲁木齐建筑市场运行服务中心,就职单位职务:建筑市场科副科长,职称级别:副高职。

医院建筑工程中暖通空调管道安装技术要点与优化研究

寇 华 谭周威 申聪聪 龚潇松 周乐建

中建八局华中建设有限公司, 湖北 武汉 330103

[摘要]随着医疗需求的持续增长, 医院建筑的功能日益复杂, 暖通空调系统的管道安装面临着更加严峻的技术挑战。受限于空间条件及高标准的设计要求, 管道安装中常常出现堵塞、结露等问题, 这些问题直接影响到系统的正常运行及设备的使用寿命。优化管道安装技术在医院建筑中显得尤为关键, 成为了提升系统效能与延长设备寿命的重要方向。

[关键词] 医院建筑; 暖通空调; 管道安装; 技术要点

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15464

中图分类号: TU8

文献标识码: A

Key Points and Optimization Research on HVAC Pipeline Installation Technology in Hospital Construction Engineering

KOU Hua, TAN Zhouwei, SHEN Congcong, GONG Xiaosong, ZHOU Lejian

Central China Construction Co., Ltd. of China Construction Eighth Engineering Division, Wuhan, Hubei, 330103, China

Abstract: With the continuous growth of medical demand, the functions of hospital buildings are becoming increasingly complex, and the installation of HVAC system pipelines is facing more severe technical challenges. Due to limited space conditions and high standard design requirements, pipeline installation often encounters problems such as blockage and condensation, which directly affect the normal operation of the system and the service life of the equipment. Optimizing pipeline installation technology is particularly crucial in hospital buildings and has become an important direction for improving system efficiency and extending equipment lifespan.

Keywords: hospital construction; HVAC system; pipeline installation; technical key points

引言

医院建筑对环境的舒适性与安全性有着严格的要求, 暖通空调系统在其中发挥着至关重要的作用。系统的运行效果直接受到管道安装质量的影响。通过分析医院暖通空调管道安装中常见的技术难题, 提出了相应的优化措施, 以期提升系统稳定性与施工质量提供有价值的参考。

1 医院暖通空调管道安装的难点与问题分析

1.1 系统复杂性对安装技术的影响

医院暖通空调系统的复杂性, 源于其对功能性、可靠性及安全性的严格要求, 这给管道安装技术带来了巨大挑战。在医院建筑中, 诸如手术室、病房、实验室等多个功能区的空气质量、温湿度及压力控制标准差异显著, 因此, 管道系统必须具备高精度的分区调节能力。考虑到空间布局的交叉复杂性, 冷冻水管、热水管、送排风管等管道在有限的空间内布置时必须避免相互干扰, 同时确保后期运行与维护的便捷。作为重要的公共建筑, 医院的暖通空调系统还要求在任何情况下保持连续稳定运行。在施工过程中, 现有功能区的影响也需被充分考虑, 以避免因技术问题导致医疗服务的中断或设备的损坏。显而易见, 系统的复杂性对安装技术的选择与执行产生了深远的影响。依赖于精确的设计、专业的施工团队以及严格的施工管理, 才能确保系统功能的全面实现与运行的可靠性。

1.2 管道存液问题与解决对策

管道存液问题是暖通空调系统中的常见难题, 尤其在

冷却水系统和空调水管道中尤为突出。存液通常发生在管道低洼处或设计不当的区域, 积水不仅影响系统运行, 还可能导致设备损坏和能效降低, 主要原因包括坡度控制不严、弯曲设计不合理及密封不良。在多层建筑中, 管道坡度设置不当常导致水流不畅, 进一步加剧存液现象。为解决这一问题, 设计阶段需确保管道坡度符合规范, 一般冷却水管道坡度应设置在 1%至 2%之间。在施工过程中, 采用高精度测量工具如数字水准仪和激光扫描仪, 确保管道安装达到设计标准, 精确控制每段管道的水平与垂直位置, 避免安装误差导致的存液问题, 管道转角处可设计专门的排水装置或设置排气阀以促进水分排放。定期检查与清洁系统, 结合内窥镜检查 and 传感器技术能够实时监控管道状况, 及时发现并排除积水或污物影响, 确保系统长期稳定运行。

1.3 管道污堵问题与清理措施

管道污堵问题是暖通空调系统运行中的一大隐患, 尤其在管道坡度设计不当、安装前未充分清理及安装后冲洗不彻底的情况下, 污堵现象更加严重。管道内的锈蚀、杂物和污垢不仅会导致流通不畅, 还可能对系统中的关键部件造成损害, 影响温湿度精确控制, 甚至影响医院手术室、病房等重要区域的环境条件。为确保管道顺畅, 避免污堵, 精密控制在设计、施工及维护过程中至关重要。在设计阶段, 管道坡度、位置与走向应严格符合规范要求, 施工单位需对每一段管道的走向、接点位置进行详细审查与计算,

避免设计缺陷引发流动不畅。安装前,施工单位应采用高精度测量工具确保管道的水平度和垂直度,以防安装误差造成存污风险。管道内外壁的除锈工作需要使用专用设备,如激光清洗或超声波清洗,确保无任何锈迹或杂质。高压空气吹扫作业也是关键,利用便携式空气吹扫设备,可以对管道内部进行彻底清洁,精确控制吹扫压力和流量,确保每个管道部分无任何异物残留。安装完成后,焊接产生的焊渣、金属屑等必须通过闭水冲洗和高压空气吹扫清除,使用自动化冲洗系统可确保每个管道段落的清洁度达到标准。在管道清理后,施工人员应使用摄像检测技术检查管道内部状况,确保无残留杂物或堵塞。通过精确的检测手段,施工团队能够及时发现潜在问题并采取补救措施,最大程度地减少管道污堵的发生。

1.4 管道结露滴水问题与防护方法

医院暖通空调系统运行中,管道结露滴水问题较为常见,尤其在冷凝管道上尤为突出。该现象的产生主要源于冷凝管道表面温度较低,与周围环境温差较大,导致空气中的水分在管道表面凝结成水珠,进而形成滴水。若管道保温层不足或保温施工质量不达标,问题会更为严重。冷凝水不断积聚,不仅影响空调系统的运行效率,还可能在吊顶、墙面等区域形成水渍,严重时会引起腐蚀、霉变等问题,危及建筑的安全性及室内卫生环境。管道保温施工的质量对防止结露至关重要。许多医院项目由于吊顶空间较为狭小,保温施工操作空间有限,导致施工难度增加,出现保温层厚度不均或施工不彻底的情况,未能有效避免结露问题的发生。为解决这一问题,施工单位需与装修团队紧密配合,确保管道安装及保温施工能够按时且规范地完成。施工团队应在主体工程完成后,尽早进行管道安装,并确保管道安装准确,保温施工彻底完成后再进行吊顶施工,这样可以避免空间局限对保温层质量的影响,进而减少结露滴水问题的发生。通过合理的施工安排及高质量的保温作业,能够有效避免结露现象的产生,提高空调系统能效,确保医院内的环境稳定与舒适。

2 医院暖通空调管道安装技术要点研究

2.1 管道设计与规划

医院暖通空调系统管道的设计与规划是确保系统高效运行的关键,直接关系到节能效果、舒适性以及系统的长期稳定性。在设计过程中,必须综合考虑各功能区的特定需求,尤其是手术室、病房、实验室等区域在温湿度、空气流量及洁净度上的差异性要求,并根据这些需求进行精确的管道布置。同时,管道设计应充分考虑医院建筑的结构特点,如楼层高度、吊顶空间、管道走向及潜在障碍物。合理确定管道布置与走向,避免不必要的弯头与接头,从而减少管道内的阻力损失,提高整体系统效率。在规划阶段,管道的合理分布必须得到保证,特别是垂直与水平管道的交接部分,应重点考虑施工操作空间及未来维护的

便利性。避免交叉干扰或过于紧凑的安装空间,对于保证系统长期稳定运行至关重要。此外,管道坡度的设计同样关键,合理的坡度可确保液体与气体的流畅流动,防止存液或积水现象的发生,并有效避免结露与污堵问题。设计时还应严格遵循建筑的消防、结构、电气等系统要求,确保与这些系统的兼容性。在细节方面,管道的漏风与漏水现象应尽量减少,选用高质量材料与密封工艺,以确保管道系统的密闭性与耐用性。

2.2 空调风管安装技术要点

空调风管的安装在医院暖通空调系统中扮演着至关重要的角色,其质量直接决定了系统的运行效果与室内空气质量。在安装过程中,首先应选择符合设计要求的风管材质与规格,确保材料具备耐腐蚀、耐压与优良的密封性能。为确保安装精度,应利用激光测距仪等精密仪器对风管位置、角度及尺寸进行精确测量,避免因误差导致的系统效率降低或气流不畅。安装过程中,风管的吊装高度与间距需要严格依据设计图纸进行精准定位,通过激光水平仪与精密定位仪器,确保吊架安装高度与风管水平度达到设计要求,从而避免风管受力不均或出现振动。特别是在医院建筑这种对抗震要求较高的环境中,应采用高精度的抗震支撑结构,并在吊装过程中使用实时监测技术,确保风管的平稳吊装,避免对风管造成不必要的冲击或变形^[2]。风管的走向设计需要特别关注气流的流畅性与后期的维护需求。在设计风管路径时,应用风速与气流仿真技术,确保避免因不合理的走向而导致气流滞留或送风不均。同时,在安装过程中,通过安装精密传感器实时监测风管中的气流状态与风速变化,及时调整风管坡度与路径确保气流平稳,减少噪音与能耗。风管接口的密封性直接影响系统的漏风情况与能效。在连接处安装过程中,施工人员应使用高精度的密封材料,并通过精密控制装置检查每个接头的密封性,避免因密封不良导致的漏风问题。利用高精度的压力测试设备,确保每个接头与接口的压力值符合规范要求,从而有效避免漏风现象,提升系统运行效率。

2.3 空调水管道安装技术要点

空调水管道在医院暖通空调系统中的作用至关重要,直接影响冷热水循环效率与系统稳定性。管道的材质与规格必须符合设计标准,应选用具备良好耐腐蚀性与密封性的高品质管材,尤其在医院这一特殊环境中,以防水质问题导致管道老化、腐蚀或堵塞。在管道布置与安装过程中,应根据设计要求合理规划管道走向,避免不必要的交叉与过度弯曲,从而减少水流阻力提升系统效率。坡度设计同样至关重要,必须确保冷水与热水管道具备良好的排水性,以避免存水或结露影响系统性能^[1]。合理的坡度设计不仅有助于水流顺畅,还能减少积水现象,降低腐蚀风险及细菌滋生的可能性。管道连接与焊接的质量在安装过程中尤为重要,接头部位必须确保无漏水现象。焊接与连接操作

的温度控制与工艺细节需严格把控,以避免质量隐患。施工人员应按照设计要求对管道进行冲洗,清除管内杂质,确保水流畅通,保持系统清洁,防止污物进入管道系统,避免对水泵及空调设备造成损害。水管道安装完毕后,必须进行严格的压力测试,确保系统在运行时无渗漏问题。针对大多数医院建筑,空调水管道的安装还应考虑与其他系统的协调,避免与消防、给排水等管道发生冲突,从而确保合理的管道布局及足够的安装空间。

3 暖通空调管道安装技术的优化措施

3.1 BIM 技术在管道安装中的应用

BIM(建筑信息模型)技术在暖通空调管道安装中的应用,极大地提升了管道安装的精确度与效率。通过BIM技术,施工团队能够在项目启动阶段创建详细的三维管道模型,准确模拟管道系统的布局、尺寸、材质及安装方式,此模型不仅能够提前识别设计中的潜在问题,还能在施工前优化安装路径,避免因设计缺陷或空间冲突导致的错误或返工,从而提升设计准确性。精密控制的应用体现在多个方面。首先,BIM技术中的碰撞检测功能使施工团队可以在虚拟环境中全面检查管道与其他建筑系统(如电气、结构等)之间的空间关系,提前识别管道与墙体、梁柱、通风系统等设施的碰撞或空间不足问题。通过精确的冲突分析,施工团队能够在施工前调整设计,确保各系统能够和谐共存,避免因接口不匹配或空间干扰而造成安装问题。此外,BIM技术在施工阶段的应用,能够提供高度精确的安装指导,施工人员可以通过BIM模型严格按照设计要求进行管道布置,确保管道走向、角度、位置及尺寸的精准无误。精细化的管道定位与测量技术,结合BIM模型,可以在施工前对管道的每个环节进行微调,确保安装精度达到最高标准,避免因安装误差导致的性能降低或安全隐患。BIM还在施工进度管理中展现了精密控制的价值,通过实时跟踪管道安装过程,施工方能够动态管理每个施工阶段的进展。借助BIM平台,施工人员可以实时获取管道安装进度、人员安排及材料消耗等数据,及时发现潜在的延误问题,并根据实时数据调整资源配置,确保工程按时完成。此外,BIM模型的智能化协作功能有效促进了各专业间的沟通与协调,避免了由于信息不对称或沟通不畅而产生的误差。通过BIM技术的综合应用,管道安装过程中的每个环节都得到了精细化管理与优化,极大地提高了安装质量,提升了施工效率,减少了工程成本。精密控制的引入确保了管道系统的稳定性与高效性,为医院建筑暖通空调系统的顺利运行奠定了坚实的基础。

3.2 高性能材料与新型连接工艺的推广

在暖通空调管道安装过程中,采用高性能材料与创新连接工艺是提升管道系统质量与可靠性的关键。尽管传统管道材料在一定程度上能满足使用需求,但随着技术的进

步及对系统长期稳定性要求的提高,越来越多的高性能材料逐渐取代传统选项,这些新型材料通常比传统材料更具耐腐蚀性、抗老化性及抗压性,从而有效延长了管道系统的使用寿命,减少了因管道老化或损坏而产生的维修费用。例如,采用不锈钢或高强度合金替代传统铁质管道,能够显著降低管道腐蚀及结垢的风险,尤其是在湿度较高的医院环境中,这些材料的抗腐蚀性 with 耐用性尤为重要^[3]。与此同时,随着环保要求的不断提升,轻质、环保且耐高温的材料也逐渐得到了应用,这些材料不仅提高了安装效率,还减少了施工过程中对环境的负面影响。在管道连接方面,传统的焊接与螺纹连接工艺存在一定的局限性。焊接接头可能因热变形或泄漏而产生问题,而螺纹连接则可能因安装不当导致渗漏,新型的连接工艺,如快速扣压连接和卡箍式连接,不仅显著提高了安装效率,还能确保连接的密封性与稳定性^[4]。与传统方法相比,这些新工艺操作简便,无需高温作业,从而有效避免了施工过程中可能出现的质量问题,提升了整体管道系统的可靠性。通过推广高性能材料与新型连接工艺,不仅确保了管道系统在长期运行中的稳定性,还提升了施工效率,降低了后期维护成本。在医院等对环境要求高的场所中,这些技术尤为重要,能有效保证空调系统的高效运行及其长期稳定性。

4 结语

医院建筑中的暖通空调管道安装在确保室内环境质量方面发挥着至关重要的作用。本文探讨了管道安装过程中常见的诸多问题,包括系统复杂性、管道存液、污堵、结露滴水等现象,针对这些问题提出了相应的解决策略。通过合理的设计、精准的安装技术,以及BIM技术的有效应用,管道安装质量将大大提高。高性能材料与创新连接工艺的推广,也必将显著提升管道系统的可靠性与耐用性。未来,强化质量管理与优化施工环境的措施,将进一步增强医院暖通空调系统的稳定性与可靠性,进而为医疗环境提供更加安全与舒适的保障。

[参考文献]

- [1]曹波.医院建筑工程暖通空调管道安装技术要点研究[J].中国住宅设施,2024(3):88-90.
- [2]张建平.公共建筑暖通空调系统制冷管道安装要点研究——以湄洲湾职业技术学院迁建工程为例[J].福建建材,2022(6):91-93.
- [3]高磊.建筑工程暖通空调管道安装工程特点及安全管理措施探究[J].居舍,2022(12):125-128.
- [4]张晶.浅谈暖通空调管道安装技术要点[J].建材与装饰,2018(22):208.

作者简介:寇华(1991.11—),男,沈阳建筑大学,建筑电气与智能化专业,中建八局华中建设有限公司,项目副经理,工程师。

地下结构施工中清水混凝土墙的应用优化与质量控制

盛昂凯

上海建工七建集团有限公司, 上海 201100

[摘要]清水混凝土墙作为地下结构施工中的重要组成部分,因其优异的结构性能和美观性,已广泛应用于地下建筑中。然而,施工过程中常面临表面缺陷、工艺复杂和质量控制难度大等挑战。优化清水混凝土墙的施工工艺和质量控制措施,不仅能提高工程质量,还能提高施工效率,减少缺陷,确保设计要求的实现。通过合理的材料选择、施工技术优化及严格的质量控制,能够有效提升清水混凝土墙的施工质量,确保其在地下结构中的长期稳定性和美观性。

[关键词]清水混凝土墙; 地下结构; 施工工艺; 质量控制; 技术创新

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15442

中图分类号: TU755

文献标识码: A

Application Optimization and Quality Control of Plain Concrete Walls in Underground Structure Construction

SHENG Angkai

Shanghai Construction No. 7 Construction Group Co., Ltd., Shanghai, 201100, China

Abstract: As an important component of underground structure construction, plain concrete walls have been widely used in underground buildings due to their excellent structural performance and aesthetics. However, the construction process often faces challenges such as surface defects, complex processes, and difficulty in quality control. Optimizing the construction process and quality control measures of plain concrete walls can not only improve project quality, but also increase construction efficiency, reduce defects, and ensure the realization of design requirements. Through reasonable material selection, optimized construction techniques, and strict quality control, the construction quality of plain concrete walls can be effectively improved, ensuring their long-term stability and aesthetics in underground structures.

Keywords: clear water concrete wall; underground structure; construction technology; quality control; technological innovation

引言

清水混凝土墙因其结构稳定性与表面美观性,成为地下结构施工中的重要组成部分。清水混凝土无须额外装饰,表面光滑、均匀,广泛应用于地铁、地下车库等工程中。然而,其施工过程中存在表面缺陷、工艺复杂等挑战,要求高精度的施工工艺和严格的质量控制。优化清水混凝土墙的施工技术,提升质量控制水平,已成为确保工程质量、减少缺陷的关键。研究清水混凝土墙的应用优化与质量控制,具有重要的理论价值与实践意义。

1 清水混凝土墙施工工艺分析

1.1 清水混凝土墙的施工特点

清水混凝土墙的最大特点是无需额外装饰,表面光滑且自然,因此对施工工艺要求严格。与普通混凝土墙相比,清水混凝土墙要求表面平整度高、色差小,保证最终效果的美观性。由于不做装饰,墙面上的瑕疵(如气泡、接缝不平等)可能影响视觉效果及结构性能,因此必须确保混凝土的均匀性和表面光洁度,避免色差问题,这对配料、搅拌时间和浇筑过程的精确度要求较高。

1.2 混凝土墙的浇筑方法

清水混凝土墙的浇筑方法与普通混凝土墙有所不同,主要体现在模板的选择、设计及浇筑过程控制。模板通常

选择光滑的钢模或高精度木模。钢模具有较好的稳定性和可重复使用性,有助于保证墙面平整度;木模需确保表面光洁并涂抹适当的脱模剂,以避免对墙面产生痕迹。模具设计要求精准,连接部分需要做好防止漏浆的工作。

浇筑过程中,要控制混凝土流动性,避免产生气泡,影响墙面光滑度。振捣必须均匀且适度,避免过度或不足振捣导致的内部分离,从而影响墙面效果。在养护方面,清水混凝土墙需要特别注意湿度和温度控制。过高或过低的温度会影响强度和表面质量,浇筑完混凝土顶部应及时加强养护,采用一层土工布(棉被)与一层彩条布保湿保温养护形式,拆模后及时喷涂养护液,后续装修阶段再喷涂保护液。混凝土浇筑完成后,顶部预留插筋应涂刷素水泥浆或防雨布包裹,避免雨水直接冲刷;后期保护采用包裹单面泡泡薄膜,(凸点面向混凝土)泡泡薄膜间采用塑胶带连接。

1.3 施工技术难点及解决方案

清水混凝土墙施工的主要技术难点集中在表面缺陷处理和环境因素控制。常见缺陷如气泡、裂缝和色差,气泡通常源于浇筑过程中气体未完全排出,解决方案是采用适当的振捣技术,确保均匀振捣,避免局部堆积。裂缝可能与混凝土配比不当或养护不力有关,解决办法是合理调控水灰比,并及时有效养护。

温度和湿度等环境因素对清水混凝土墙的影响较大。高温下混凝土易失水开裂；低温下硬化速度减慢，强度低。因此，采用一层土工布（棉被）与一层彩条布保湿保温养护形式。

2 清水混凝土墙的优化设计与施工方案

2.1 合理选择材料与配比

材料的选择是清水混凝土墙质量的关键因素。高质量的水泥、砂石和外加剂能够提高混凝土的抗压强度、耐久性和表面平整度。选用高标号、低热水泥有助于减少温差裂缝，而粗细适中的砂石颗粒能提高混凝土的流动性，减少气泡和裂纹。外加剂的合理使用能改善混凝土的工作性和延长凝固时间，减少施工中的不稳定因素。

配比优化同样重要。水泥含量过高可能增加收缩性，导致裂缝；过低则可能影响强度。水灰比的精确控制有助于保证混凝土密实性和强度，避免气泡产生。合理配比有助于减少浇筑过程中的表面缺陷，确保清水混凝土墙达到设计要求。

2.2 模具设计与施工精度控制

模具设计与精度控制直接影响清水混凝土墙的外观质量。钢模因其高平整度和重复使用性适用于大规模施工，能确保墙面光洁度；木模适用于小规模项目，但需要严格控制其光滑度和脱模性能，以避免表面瑕疵。无论钢模还是木模，都需确保安装精度，特别是连接部位的密封性和接缝精度，以避免混凝土渗漏或不均匀。

模具安装精度是确保墙面平整的关键。安装时必须严格按照设计图纸进行，并使用激光扫平仪等工具确保精度，从而保证混凝土均匀分布，实现理想效果。

2.3 施工过程中的工序优化

清水混凝土墙的浇筑工序优化对施工质量至关重要。每层布料高度控制在 50cm 左右，逐层布料，逐层振捣。后期修整技术是解决表面缺陷的有效手段。常见修整方法包括裂缝修复和砂磨处理，严重缺陷还可通过涂装修复，确保透气性，以不影响混凝土墙的使用寿命。

3 地下结构中清水混凝土墙的质量控制

3.1 混凝土原材料质量控制

清水混凝土墙的质量控制始于原材料的选择和管理。水泥是混凝土的主要成分，其质量直接影响混凝土的强度和耐久性。水泥必须符合国家标准或行业标准，如符合 GB175 标准的普通硅酸盐水泥，确保其化学成分、细度和凝结时间等指标的稳定性。此外，砂石的颗粒级配对混凝土的流动性和表面质量至关重要，宜选用清洁、无杂质、粒径均匀的天然砂石或人工砂石。骨料的质量直接影响混凝土的密实性和抗裂性，砂石的含泥量、含水量等必须严格控制。

外加剂的使用可以优化混凝土的性能，改善其工作性、流动性、抗渗性等。常用的外加剂有减水剂、引气剂、缓凝剂等，不同的外加剂需根据实际施工要求合理选用，且要确保其符合质量标准。在原材料采购过程中，应加强供

应商的质量管理，进行严格的原材料进场验收。原材料的检测应按规范进行，确保其质量符合设计要求，并定期进行质量抽检，确保施工过程中原材料的稳定性和一致性。

3.2 施工过程中质量控制要点

施工过程中，清水混凝土墙的质量控制主要体现在混凝土浇筑与养护阶段。浇筑时，应严格控制混凝土的配比，确保水灰比的合理性，避免因过多水分或过少水分导致的表面缺陷。在浇筑过程中，振捣必须均匀且适度，避免混凝土内部气泡的产生。对于较大墙体或复杂结构的浇筑，可分段进行，每次浇筑后及时进行适当养护，确保混凝土的强度和稳定性。

混凝土养护是保证混凝土质量的关键环节，养护过程中需要保持适当的湿度和温度，以防止混凝土过早干裂。拆模后及时喷涂养护液（PD400 养护/养生液），养护液采用喷壶喷涂，自下而上，纵向喷涂，不得沿横向随意喷涂。喷涂过程中喷头应尽量调小，使喷出的养护液带雾状，1kg 养护液喷涂 6~7 m²；浇捣完混凝土顶部应及时加强养护，采用一层土工布与一层彩条布保湿保温养护形式，拆模后及时喷涂养护液，后续装修阶段再喷涂保护液，以维持良好的养护环境。此外，混凝土墙表面质量的检查也十分重要。检查内容包括墙面平整度、色差、裂缝和气泡等。对于发现的缺陷，应及时采取修补措施，如使用环氧树脂填补裂缝，砂磨表面处理等。

3.3 质量管理体系的构建与实施

为了确保清水混凝土墙施工质量，必须建立完善的质量管理体系。质量管理体系的核心框架通常包括 ISO9001 质量管理体系、GB/T19001 等相关标准，并结合具体项目的要求制定项目内部质量控制方案。质量管理体系应明确质量控制的各个环节，涉及原材料采购、施工过程、成品验收、维护保养等各方面。每个环节都要设定具体的质量控制目标，并进行监控和记录，确保施工过程符合标准要求。

在施工过程中，团队的协调与配合至关重要。项目管理团队应根据质量管理体系进行分工，明确每个环节的责任人，确保质量控制措施落实到位。在施工现场，质量控制人员需要定期检查施工过程中的各项工作，特别是在关键环节，如浇筑、养护和表面修复时，必须严格按照质量控制要求进行操作。同时，要加强与各施工队伍、供应商的沟通与协调，确保原材料、施工设备和人员能够按时按质到位，保障工程顺利进行。

4 常见质量问题及其原因分析

4.1 常见质量缺陷

清水混凝土墙的施工过程中，常见的质量缺陷主要表现在表面问题和结构性缺陷两个方面。表面问题包括气泡、裂缝、色差等。气泡是由于混凝土浇筑过程中振捣不充分或混凝土流动性过高导致空气未能完全排出，形成气泡，影响墙面的平整性与美观性。裂缝则常见于温差变化大、养护不当或混凝土配比不合理的情况下，导致混凝土收缩

或膨胀引发裂纹。色差问题通常是由于混凝土配料不均匀、外加剂使用不当或浇筑过程中混凝土层次不均,导致表面颜色不一致。

除了表面缺陷,结构性缺陷也是常见的问题之一。这些缺陷多由混凝土的配比不当、钢筋布置不合理或浇筑不均匀导致,常见的结构性缺陷有蜂窝麻面、空洞和混凝土强度不足等。这些缺陷可能影响墙体的承载能力,甚至危及结构的安全性。

4.2 问题产生的根本原因

质量问题的根本原因通常可归结为两方面:一是施工过程中不规范地操作,二是材料和工艺的选型不当。施工操作的不规范,例如振捣不均、模板安装不严、浇筑过程中控制不精确等,都可能导致表面缺陷或结构性问题。特别是在清水混凝土墙施工中,由于对表面质量要求较高,任何不规范的操作都会直接影响墙面效果。

材料和工艺的选型不当也是导致质量问题的一个重要因素。如果水泥、砂石等原材料质量不达标,或者水灰比过高或过低,都可能导致混凝土的强度不够,进而影响结构稳定性。同时,施工工艺上的不当选择,如使用不适合的模具、浇筑方式或养护方法,也可能导致混凝土墙的表面和结构质量问题。

4.3 预防措施与解决对策

为防止上述质量问题的发生,首先必须严格执行施工质量监管,并对施工人员进行系统的培训。通过培训,增强工人的技术水平和质量意识,确保每个环节的操作符合标准。对于施工过程中的关键点,如模板安装、混凝土浇筑与振捣等,要进行重点监督,确保施工过程规范化。

此外,引入先进的施工技术和设备也是提升施工质量的有效手段。例如,采用混凝土自动化振捣器现场使用,建议使用混凝土振捣棒分层振捣,控制振捣间距,不得遗漏。可以避免人工振捣不均匀的问题,确保混凝土密实;而使用高精度的模板和模具则能提高墙面的平整度,减少表面缺陷。对于气泡、裂缝等表面问题,还可以通过后期修整技术(如表面修补、砂磨)来修复,确保墙面光滑、均匀。

在材料选择上,建议使用符合标准的优质水泥和骨料,严格控制水灰比,并根据环境条件选择合适的外加剂。同时,要定期进行原材料质量检测,确保其稳定性和一致性。通过全面的预防措施和科学的施工管理,可以有效减少质量问题,确保清水混凝土墙的施工质量达到设计要求。

5 清水混凝土墙的未来发展趋势

5.1 技术创新对施工质量的促进作用

随着建筑行业技术的不断进步,自动化施工技术将极大地促进清水混凝土墙施工质量的提升。自动化振捣、浇筑和监控设备的应用,可以确保混凝土浇筑过程中的均匀性与精度,减少人为操作带来的误差。此外,随着新型混

凝土材料的研发,诸如自密实混凝土、生态环保混凝土等新型材料的应用前景广阔,这些材料不仅提高了混凝土的工作性,还能显著提升墙体的抗裂性、耐久性和环保性能,推动清水混凝土墙技术的发展。

5.2 清水混凝土墙在地下结构中的广泛应用

随着城市地下空间开发的加速,清水混凝土墙在地下结构中的应用将更加广泛。城市地铁、地下停车场和地下商业空间等项目对清水混凝土墙的需求逐渐增加,因为其具有优良的防水性和较好的结构稳定性。清水混凝土墙作为环境友好型建筑材料,在现代建筑中越来越受到青睐。未来,随着绿色建筑和可持续发展理念的普及,清水混凝土墙的应用将会成为地下结构建设中的主流。

5.3 质量控制体系的完善与实施

为了确保清水混凝土墙的施工质量,未来将进一步完善质量控制体系。多层次质量管理体系的建立,可以涵盖从设计、施工到验收的全过程,加强各环节的监督与评估。施工人员的持续培训和规范执行也将得到进一步改进,以确保施工标准的执行到位。通过高效的质量管理与技术创新的结合,清水混凝土墙的施工质量将达到新的高度,满足日益复杂和严格的建筑需求。

6 结语

清水混凝土墙在地下结构施工中具有重要的结构性与美观性作用,其应用面临着施工工艺、质量控制和材料选择等多方面挑战。通过技术创新、材料优化与严格的质量监管,可以有效解决现有问题,提升施工质量。未来,随着自动化施工技术的发展、新型混凝土材料的应用及质量管理体系的完善,清水混凝土墙将更加广泛地应用于地下空间开发,并实现更加长效的性能与更高的环境适应性,推动建筑行业的可持续发展。

[参考文献]

- [1] 靳志刚. 在高层建筑中清水混凝土墙的施工技术要求[J]. 山西建筑, 2009, 35(31): 126-127.
 - [2] 秦凯. 城市道路地下结构清水混凝土模板施工技术[J]. 隧道建设, 2012, 32(3): 407-412.
 - [3] 黄大明, 黄栩, 朱祖华, 等. 地铁地下车站清水混凝土预制柱结构设计方法及施工工艺研究[J]. 建筑结构, 2018, 48(2): 687-690.
 - [4] 何平. 浅析清水混凝土墙机电线盒一次预埋施工技术[J]. 中外建筑, 2019(11): 166-167.
 - [5] 覃玻玮. 一次浇筑成型内置保温双面清水混凝土墙施工技术[J]. 建筑技术, 2024, 55(21): 2632-2635.
- 作者简介: 盛昂凯(1981.2—), 男, 毕业院校: 西南交通大学, 大学本科学历, 所学专业: 土木工程, 当前就业单位: 上海建工七建集团有限公司, 职务: 项目副经理, (6年), 职称: 助理工程师(建造师一级)。

冷拌沥青薄层施工技术的优化与质量控制

刘 刚

江苏现代路桥有限责任公司, 江苏 南京 210005

[摘要] 本论文围绕冷拌沥青薄层施工技术进行探讨, 分析其在道路工程中的应用现状与发展趋势, 并提出优化与质量控制的策略。通过对冷拌沥青薄层施工技术的工艺流程、施工质量影响因素进行深入研究, 结合实际工程案例, 分析现行技术中的问题与不足, 提出改进措施。重点分析冷拌沥青材料的配比、施工温度、压实工艺以及施工设备等方面的影响, 探讨如何提高施工质量, 降低施工成本, 确保道路使用寿命与行车安全。本研究为冷拌沥青薄层施工技术的进一步优化提供了理论依据与实践参考。

[关键词] 冷拌沥青薄层; 施工技术; 优化; 质量控制; 道路工程

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15431

中图分类号: U418.6

文献标识码: A

Optimization and Quality Control of Cold Mix Asphalt Thin Layer Construction Technology

LIU Gang

Jiangsu Xiandai Road and Bridge Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210005, China

Abstract: This paper explores the construction technology of cold mix asphalt thin layer, analyzes its application status and development trend in road engineering, and proposes optimization and quality control strategies. Through in-depth research on the process flow and construction quality influencing factors of cold mix asphalt thin layer construction technology, combined with actual engineering cases, analyze the problems and deficiencies in the current technology, and propose improvement measures. Focus on analyzing the impact of the mix ratio, construction temperature, compaction process, and construction equipment of cold mix asphalt materials, and explore how to improve construction quality, reduce construction costs, and ensure road service life and driving safety. This study provides theoretical basis and practical reference for further optimization of cold mix asphalt thin layer construction technology.

Keywords: cold mix asphalt thin layer; construction technology; optimization; quality control; road works

引言

随着城市化进程的加快, 交通基础设施的建设需求日益增长, 而冷拌沥青薄层施工技术作为一种新型的道路施工方法, 因其环保、经济等优势, 在道路工程中得到了广泛应用。然而, 由于该技术在施工过程中仍存在一定的质量控制难点, 导致部分工程在使用过程中出现裂缝、沉降等问题, 影响道路的使用寿命和安全性。本文旨在探讨冷拌沥青薄层施工的技术优化与质量控制策略, 提出解决现有问题的有效方法, 提升施工质量与工程效益。

1 冷拌沥青薄层施工技术概述

1.1 冷拌沥青薄层技术的定义与发展

冷拌沥青薄层施工技术是一种不需要加热的沥青施工方法, 采用经过特殊配比的冷拌沥青混合料, 在常温下直接进行施工。与传统热拌沥青施工相比, 冷拌沥青无需高温加热, 降低了能源消耗与温室气体排放, 具有明显的环保优势。冷拌沥青薄层通常用于道路的修补、加铺以及表面层施工, 它能够有效提升道路的平整性和防滑性, 适应不同气候条件。近年来, 随着技术的不断创新与发展, 冷拌沥青薄层施工技术得到了广泛的应用, 并在多种路面工程中取得了显著的成果。

1.2 冷拌沥青薄层的应用领域与优势

冷拌沥青薄层技术在道路建设与维护中具有广泛的应用领域。首先, 它被广泛应用于城市道路、乡村道路以及高速公路的表面层施工。其主要优势之一在于不需要高温施工, 适用于夏季高温以及冬季严寒等极端气候条件, 能够减少因气温过高或过低对施工质量的影响。其次, 冷拌沥青具有较好的抗水损害能力与耐磨性, 使其适用于车流量较大、交通压力较高的道路。最后, 冷拌沥青施工方法相比热拌沥青而言, 施工时间短、成本低, 且能够有效降低碳排放, 对环境更友好^[1]。

1.3 当前施工技术的局限性与挑战

尽管冷拌沥青薄层技术具有众多优势, 但在实际应用中 also 面临着一定的局限性和挑战。首先, 冷拌沥青的抗裂性较差, 特别是在低温环境下, 可能出现裂缝扩展问题, 这对道路的长期使用效果造成一定影响。其次, 冷拌沥青的黏结性和密实度相较于热拌沥青较差, 容易导致铺装层在高温或重载情况下出现松散现象。再者, 冷拌沥青的配比要求较为严格, 施工过程中的质量控制难度较大。最后, 施工设备的选择与管理不当也可能导致沥青薄层施工质量不达标。为了进一步提高冷拌沥青薄层施工的质量, 需要在

材料配比、施工工艺、设备管理等方面进行有效的优化。

2 冷拌沥青薄层施工质量控制要点

2.1 材料配比与性能要求

冷拌沥青薄层的施工质量高度依赖于沥青混合料的配比。合理的材料配比能够确保冷拌沥青的稳定性、耐久性及黏结性。通常，冷拌沥青材料包括矿粉、粗细集料以及经过特殊配方的冷拌沥青胶结料。配比中，沥青胶结料的质量和用量是影响施工质量的关键因素。为了保证路面材料的性能，沥青胶结料需要具备良好的黏结性和耐温性，集料的级配应合理，且矿粉的粒径和含量应符合设计要求。此外，混合料的稠度、黏度等指标也需要经过严格检测，确保其满足施工要求，避免出现因材料不合格而导致的路面损坏^[2]。

2.2 施工温度控制与压实工艺

在冷拌沥青薄层施工过程中，温度控制至关重要。虽然冷拌沥青不需要加热到传统热拌沥青的高温，但适当的温度仍对施工效果产生影响。冷拌沥青施工的温度范围应严格控制在 15℃ 到 30℃ 之间，以保证沥青混合料能够在最佳状态下进行铺设和压实。温度过低时，冷拌沥青的流动性差，难以铺平和压实，导致路面出现不平整和裂缝；而温度过高则可能使沥青过早挥发，影响路面的黏结性。压实工艺同样关键，确保施工过程中采用适当的机械设备进行压实，达到所需的密实度，从而保证路面强度和耐久性。

2.3 施工设备的选择与维护

施工设备是影响冷拌沥青薄层质量的重要因素之一。选择合适的施工设备，包括搅拌机、铺路机、压路机等，是确保施工顺利进行的前提。搅拌机需要能够均匀混合沥青、集料和矿粉，以保证配合比的准确性。铺路机需要具备平整且均匀的铺设能力，确保沥青层厚度一致，防止出现不均匀沉降或裂缝问题。压路机的选择和操作也直接影响施工质量，应根据路面需求选择合适的压路机，并对设备进行定期检查和维护，确保其在最佳状态下工作，避免因设备故障导致施工质量下降。

2.4 环境因素对施工质量的影响

环境因素对冷拌沥青薄层施工质量有着重要影响。气温、湿度、风速等都可能在不同程度上影响施工效果。气温过低时，冷拌沥青的黏结性能可能受到影响，导致施工后路面强度不足；而气温过高时，沥青胶结料的挥发会加剧，造成施工后的黏结力不足，从而影响路面质量。湿度较高的环境中，水分的过度积聚可能导致冷拌沥青无法形成良好的黏结层，从而影响路面的耐久性。风速较大时，施工过程中沥青可能会被过度蒸发，影响材料的均匀性。因此，施工时应选择适宜的天气条件，避免在不利环境下施工，必要时可采取临时措施进行环境调节，以保证施工质量。

3 冷拌沥青薄层施工中的问题分析与优化措施

3.1 施工过程中常见的质量问题

冷拌沥青薄层施工中常见的质量问题主要有以下几种：材料配比不当是影响施工质量的一个关键因素。如果沥青胶结料和集料的比例不合理，可能导致混合料的黏结性差或强度不足，从而影响路面的耐久性和使用寿命。施工过程中温度控制不当也会严重影响施工效果。如果温度过低，沥青混合料的流动性会变差，导致压实困难，形成路面不平整，甚至出现裂缝；而温度过高，则可能导致沥青的挥发，影响其黏结性。第三，施工设备故障或操作不当也是常见问题之一。例如，压路机未能充分压实沥青层，导致路面松散、密实度不足，从而影响路面的强度和耐久性。最后，施工环境的不符合要求也会对冷拌沥青施工质量产生影响。如气温过低或过高、湿度过大等因素，都可能使沥青混合料的性能下降，影响施工效果和路面的质量。

3.2 冷拌沥青配比的优化

为了解决冷拌沥青施工中的质量问题，优化材料配比是提升施工质量的关键环节。合理的材料配比应根据集料的种类、级配特性以及沥青胶结料的性能进行精确调整。集料的级配要符合标准，避免使用过多的细料或粗料，这直接影响混合料的密实度和黏结性。过细的集料可能导致混合料的空隙率增大，而过粗的集料则会影响路面的平整度和强度，合理的集料对比对提高冷拌沥青的密实性和抗压能力至关重要。沥青胶结料的选用必须满足性能要求，特别是要具备良好的黏附性和耐候性。沥青胶结料的质量直接决定了路面层与集料的黏结效果，影响整体路面的耐久性和抗老化能力。此外，根据不同气候条件和使用环境的差异，还应调整沥青的黏度和稠度，以确保其在不同温度下仍能保持良好的施工性能。例如，在低温条件下，可以使用高黏度的沥青，以增强其黏结力；而在高温环境下，则可以选择适当降低黏度，避免过早挥发^[3]。

3.3 施工工艺的改进与优化

施工工艺的优化对冷拌沥青薄层的质量至关重要。首先，采用分层铺设的方法能够有效改善路面压实效果，避免因沥青层过厚或过薄而导致的质量问题。通过分层铺设，能够更精确地控制每层厚度，确保各层之间的均匀压实，从而提高路面的平整度和密实度，延长路面的使用寿命。压实工艺的优化是保证路面强度和耐久性的重要环节。在施工过程中，选择合适的压实设备，合理安排压实次数和压实力，严格按照设计要求进行操作，确保每一层沥青都能达到规定的密实度。温度控制对于冷拌沥青施工质量至关重要。施工时应确保沥青混合料的温度保持在合理范围内，避免温度过低而导致的施工困难和压实不良。低温会影响沥青的流动性和黏结性，导致施工难度增加，甚至可能导致路面出现裂缝或脱落现象。

3.4 施工管理与现场质量控制的优化策略

施工管理和现场质量控制在冷拌沥青薄层施工中起着至关重要的作用。首先,施工前应进行全面的材料检测,确保所有使用的原材料符合设计要求和质量标准。这不仅包括对沥青胶结料和集料的检查,还需要确保其质量稳定,避免因材料不合格而影响施工效果。其次,在施工过程中,要对施工进度、温度、湿度等关键因素进行实时监控。这些因素对冷拌沥青的施工质量和最终路面效果有着直接影响。严格执行施工方案和工艺规范,确保每道工序的质量控制至关重要。在实际施工过程中,应明确施工标准、控制点和检验要求,避免出现工序不规范的情况,影响工程质量。为了确保高标准的施工质量,施工现场应设立专门的质量监督人员,负责全程监督施工质量。通过全面强化施工管理和质量控制,不仅能够有效防止施工过程中出现质量问题,还能确保冷拌沥青薄层施工达到设计要求,提升路面使用寿命,减少后期维护成本,为道路工程的顺利推进提供保障。

4 案例分析与实践应用

4.1 案例选择与分析

为了更好地理解冷拌沥青薄层施工技术的应用效果,选择了多个具有代表性的施工案例进行分析。案例一来自某市的城市主干道修复工程,该项目主要涉及对老化严重的道路进行冷拌沥青薄层施工。项目施工过程中,采用了冷拌沥青技术进行快速修复,以减少对交通的影响。另一个案例来自高速公路改扩建项目,该项目在不同气候条件下使用冷拌沥青进行表面修复。通过对比这些案例的施工前后路面质量变化、施工周期及费用成本等因素,能够深入分析冷拌沥青薄层施工技术的优缺点,评估其在不同环境下的适用性和效果。在案例分析中,发现一些常见的问题,例如材料配比不均匀、施工过程中的压实度不足以及环境因素对施工质量的影响。在城市道路修复案例中,由于气温过低,导致冷拌沥青的黏结性下降,出现了局部开裂现象。而在高速公路的案例中,由于没有严格控制施工工艺,压实度不足,导致路面出现松散和沉降问题^[4]。

4.2 优化方案的实施与效果评价

针对上述问题,实施了一系列优化措施。在材料配比上,调整了沥青和集料的比例,采用了更适应低温环境的沥青胶结料,并确保集料级配合理。加强了施工过程中的温度和湿度控制,尤其是在低温天气条件下,采取了加热沥青胶结料和优化铺设工艺的措施。施工过程中,严格按照标准要求使用压路机进行分层压实,并增加了

施工现场的质量检查频次,确保每个环节都达到设计要求。经过优化措施的实施,项目取得了显著的效果。城市道路修复项目中,冷拌沥青薄层施工后的路面不仅解决了裂缝问题,而且提高了路面耐磨性和防滑性能。高速公路项目中,压实度和路面强度得到了大幅提升,减少了后期维护成本。通过对比优化前后的路面质量,验证了优化方案的有效性。

4.3 经验总结与启示

通过对上述案例的分析和优化实施,可以总结出几点宝贵经验。首先,材料配比的科学性和适应性对施工质量至关重要,合理的沥青和集料配比能够有效提升路面性能,特别是在低温和极端气候条件下。施工过程中的温度控制和压实工艺的精准执行直接影响路面的密实度和耐久性,因此需要加强施工过程的监控与管理。最后,施工管理的优化尤为重要,现场质量控制人员应全程参与施工,确保每一环节的质量,尤其是在施工复杂的路段和特殊气候条件下,应特别关注材料的性能变化和施工条件的变化。这些经验为未来冷拌沥青薄层施工提供了有价值的指导,尤其是在提高施工质量、降低成本及延长路面使用寿命方面具有重要的实践意义。随着施工技术的不断进步和优化,冷拌沥青薄层施工将在更多的道路工程中得到广泛应用。

5 结语

冷拌沥青薄层施工技术因其环保、经济的特点,广泛应用于道路工程中。然而,技术的成熟度与施工质量仍需进一步优化与提升。通过优化配比、改进施工工艺和设备选择等措施,可以有效提高施工质量,减少工程缺陷,延长道路使用寿命。本文提出的优化方案为冷拌沥青薄层技术的质量控制提供了参考,并为未来的道路施工技术发展方向提供了理论支持。希望该研究能为相关领域的技术进步与工程实践提供借鉴。

【参考文献】

- [1]林姜昕.温拌沥青混凝土薄层罩面技术在公路养护施工中的应用[J].运输经理世界,2024(25):132-134.
- [2]韩璐.温拌薄层罩面技术在高速公路沥青路面养护中的应用[J].交通世界,2024(21):32-35.
- [3]朱晓东.公路沥青路面薄层罩面养护技术与施工方法研究[J].产业科技创新,2023,5(4):74-76.
- [4]罗稼彬.降噪抗滑冷拌冷铺薄层罩面材料及路用性能研究[D].重庆:重庆交通大学,2023.

作者简介:刘刚(1987.3—),男,厦门大学,土木工程专业,项目副经理,江苏现代路桥有限责任公司

信息化技术在建筑工程项目管理中的应用与挑战

邢海蓉^{1, 2}

1. 乌鲁木齐市公共资源交易中心, 新疆 乌鲁木齐 830000

2. 乌鲁木齐市政府采购中心, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]随着计算机网络的发展以及信息化技术在各个行业领域的广泛应用, 信息化技术正在悄然改变着人们生活习惯, 人们的生活已经逐渐离不开信息技术。因此, 信息化技术在人们日常生活中的位置越来越重要。为了满足人民日益增长的需求和社会经济建设的要求, 信息化技术也被应用到建筑工程管理中, 有效地推动了建筑行业的发展, 这不仅使得建筑工程管理的工作效率得到提高, 还使得工程管理更加地科学化, 对建筑行业的发展具有很大的实际意义。

[关键词]信息化技术; 建筑工程; 项目管理; 技术应用; 挑战

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15465

中图分类号: TU71

文献标识码: A

Application and Challenges of Information Technology in Construction Project Management

XING Hairong^{1,2}

1. Urumqi Public Resource Trading Center, Urumqi, Xinjiang, 830000, China

2. Urumqi Municipal Government Procurement Center, Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: With the development of computer networks and the widespread application of information technology in various industries, information technology is quietly changing people's living habits, and people's lives have gradually become inseparable from information technology. Therefore, information technology is becoming increasingly important in people's daily lives. In order to meet the growing needs of the people and the requirements of social economic construction, information technology has also been applied to construction project management, effectively promoting the development of the construction industry. This not only improves the efficiency of construction project management, but also makes it more scientific, which has great practical significance for the development of the construction industry.

Keywords: information technology; construction engineering; project management; technology application; challenges

引言

随着信息化技术的快速进步, 建筑行业的管理模式正经历深刻变革。建筑项目管理的效率被提升了, 不仅通过信息技术的引入, 还推动了项目的透明化与规范化。项目管理涵盖多个阶段, 从项目立项、设计、施工到竣工验收, 每一环节都需严格监控与协调。各相关部门和人员的参与使得信息的流动性与准确性成为项目顺利实施的关键因素。传统的建筑项目管理依赖于手工操作与纸质文件, 面临着数据不统一、沟通不畅、信息滞后的问题, 满足现代建筑工程对高效管理的需求已变得困难。在此背景下, 信息化技术已成为提升建筑工程管理水平的重要工具。通过引入如建筑信息模型(BIM)、云计算、大数据、物联网等现代信息技术, 建筑项目能够实现数据共享、实时监控、智能分析与决策, 从而显著提高整体管理效率及项目执行效果。然而, 尽管信息化技术在建筑项目管理中展现出巨大潜力, 实际应用中仍面临诸多挑战。例如, 系统兼容性问题、数据标准化难题、信息安全隐患, 以及各方协作与监管机制的完善等, 仍待解决。因此, 如何有效利用信息化技术, 并克服这些挑战, 已成为行业亟待解决的关键问题。

1 公共资源交易机构的信息化现状

公共资源交易机构的信息化建设已成为建筑工程项目管理的重要组成部分, 其核心目标在于通过信息技术手段优化交易流程、提升管理效率, 并实现数据共享。目前, 信息化技术已广泛应用于交易流程的各个环节, 包括项目立项、招标投标、评标决策及合同签订等。这些环节的运作通过电子化平台的支持, 显著提高了工作效率和透明度。例如, 电子招投标及辅助开评标系统的普及, 实现投标文件递交、不见面开标、评标专家评审等交易环节线上化, 有效规避人为干预的潜在风险, 最大程度减少人为因素对招投标流程公正性与客观性影响。此外, 统一的公共资源交易平台已由交易机构建立, 将行业监管部门、建设单位及投标企业等多方信息进行有效整合, 实现了信息的实时交互与共享。尽管信息化建设在推进过程中已取得了一定进展, 仍面临着数据标准不统一、系统功能不全面及平台兼容性差等问题, 这些问题亟待进一步优化, 以便更好地服务于建筑工程项目管理的需求。

2 信息化技术在建筑工程管理中的主要挑战

2.1 系统兼容性与数据标准化不足

在建筑工程管理中, 信息化技术运用受困于系统兼容

性差与数据标准化不足。随着建筑项目涉及方增多,各类管理软件和信息系统缺乏统一技术标准与兼容性。以某大型项目为例,其设计与施工管理系统分别由不同公司开发,数据格式和接口标准差异极大。设计阶段完成后向施工阶段交付数据时,大量关键信息如建筑构件材质、位置等在转换中丢失,施工团队只能反复与设计团队沟通,严重延误进度、增加成本,凸显出系统对接能力不足时,数据共享与传递受限,严重影响信息传输。采购环节也类似,采购管理系统与设计、施工系统数据格式和接口不兼容,采购清单的精准性和及时性难以保证,导致项目各阶段数据难以协同,决策效率与工程执行流畅性降低。如此一来,信息化系统无法充分发挥提升管理效率、降低成本、缩短工期的潜力。

2.2 部门间信息不对称与协作障碍

在建筑工程管理中,部门间信息不对称与协作障碍被视为制约信息化技术充分发挥作用的核心问题之一。由于公共资源交易机构、行业监督部门、建设单位及其他相关部门在职责分工与信息化建设水平上的差异,各方之间的信息共享与交流往往难以统一与顺畅。部分部门由于技术水平、数据管理方式或系统封闭性等原因,可能无法及时提供完整或准确的信息,从而导致其他部门在决策时缺乏必要的技术支持。此外,部门间对信息化系统的依赖程度与应用深度的不同,也限制了协同工作的效率。例如,在项目审批或合同签订阶段,若关键信息未能及时传递或对接错误的情况出现,将直接影响后续工作的推进。

2.3 信息安全与隐私保护风险

在建筑工程管理中,信息安全与隐私保护风险被视为信息化技术应用过程中必须重点关注的挑战。随着信息化平台的广泛应用,大量的工程数据、招标投标信息、合同内容以及涉密文件通过数字化手段进行存储、传输与处理,这使得数据泄露、篡改及非法访问的风险显著增加。若关键数据被恶意获取或滥用,商业机密的外泄、决策失误,甚至项目进度与质量的严重影响,可能随之发生。此外,随着云存储及远程办公技术的普及,数据传输与存储路径变得更加复杂,从而增加了防护的难度。部分信息化系统在开发与维护过程中未能充分考虑信息安全,例如加密措施不足、权限管理不严密或系统漏洞未及时修复,这使得网络攻击、病毒入侵与内部泄密的风险显著提升。同时,涉及个人隐私的信息面临被滥用的高风险,尤其在建筑工程管理中多方协作的情况下,这一问题愈加突出。

2.4 政策执行过程中面临的问题

在建筑工程管理中,信息化技术的推广与应用常常受到政策执行过程中多方面问题的制约。尽管政府及相关部门已出台一系列政策与法规,旨在促进信息化发展,但在实际执行过程中,政策落实的效果受到多种因素的影响。一方面,政策文件中的指导性条款与具体操作细则之间缺

乏紧密衔接,导致基层执行时常出现模糊地带或偏差;另一方面,不同区域与部门在理解与实施政策时存在差异,致使信息化建设的推进进程不均衡^[2]。此外,部分政策在制定时未能充分考虑实际情况,导致资源分配不合理或优先级设置不当,从而影响政策目标的实现。

3 信息化技术在公共资源交易机构的优化对策

3.1 完善数据平台建设,提升信息共享效率

完善数据平台建设、提升信息共享效率,被认为是推动公共资源交易机构高效运作及确保交易透明度的关键。随着信息化技术的持续进步,公共资源交易机构已积累了大量交易数据,涵盖了招标公告、投标文件、评标结果及合同签订等多个环节,这些数据在保障交易合规性、透明性及提高效率方面发挥着重要作用。当前,部分公共资源交易机构在数据管理工作中,存在数据管理分散、信息孤岛及系统兼容性差等问题,导致数据利用率与时效性处于较低水平。为有效突破这些瓶颈,进一步提升公共资源交易数据管理水平,建设一个集成化、智能化的统一数据平台是必要的,整合各类信息资源,确保信息共享更加高效顺畅。该平台应具备强大的数据存储、处理与查询功能,能够实时更新与存储来自各环节的数据,确保数据流转流畅无阻。具体而言,平台应覆盖项目立项、招投标、评标及合同履行等全过程,支持对不同类型交易数据的统一管理 with 标准化处理。此外,平台应具备完善的数据验证功能,以确保数据的准确性与时效性,防止信息错误或滞后。通过平台建设,公共资源交易机构将能够实现交易过程的实时监控与全程追溯,提升监管效能与决策透明度,同时提高数据利用灵活性,为决策者提供更加准确及时的数据支持。为了进一步提升信息共享效率,平台还应具备较强的开放性与兼容性,支持与其他政府部门、监管机构、投标单位等外部系统的数据对接与交互,确保不同部门间的信息流动畅通无阻。此外,数据平台的安全性至关重要,必须采用先进的加密技术与完善的权限管理机制,以确保敏感信息不被泄露或篡改。

3.2 加强部门协作与监督机制的信息化应用

提升公共资源交易机构管理效能,确保交易公平公正,关键在于加强部门协作与监督机制的信息化应用。涉及多个监管部门与不同市场主体的公共资源交易,传统的人工操作与分散管理常常导致信息滞后、沟通不畅及监督失效等问题。随着信息化技术的迅速发展,高效、协同的信息平台的构建已成为推动部门间互动与协作、提高管理透明度及监管效率的重要手段。借助信息化工具,信息可实现实时共享,从而有效避免信息孤岛的形成,提高决策的准确性与时效性。例如,在招投标过程中,平台使得监管部门能够实时访问投标文件、评标结果及合同履行等关键信息,确保数据及时更新与全面反馈,进一步增强了对交易全过程的监督。同时,通过信息化应用,各部门能够建立

更为精细的工作流与审批流程,减少了人工干预,缩短了审查周期,提升了行政效率。信息化平台还支持对各环节的数据追踪与记录,为未来的审计、复查与法律追责提供了有力支持。部门间的信息共享不仅能强化对交易全过程的实时监管,还能有效预防与减少腐败、违约等不正当行为^[3]。为了更好地推动部门协作与监督机制的优化,公共资源交易机构应推动平台与各主管部门系统的深度融合,确保数据流通无障碍,进一步提升数据的真实性与完整性。

3.3 提高从业人员的信息化素养

提高从业人员的信息化素养,对于确保公共资源交易机构信息化建设的顺利实施至关重要。在信息技术迅猛发展的背景下,公共资源交易各项业务日益依赖数字化平台与技术工具。要有效应用这些技术,不仅需要系统本身的先进性,还需要从业人员具备足够的信息化素养。基本的信息技术操作能力,应该具备从业人员,能够熟练使用信息化系统进行数据输入、查询与处理,确保信息流通的及时与准确。随着数据分析、人工智能等新兴技术的广泛应用,一定的数据分析能力,员工还应具备,能够理解并有效运用系统提供的各类信息,以辅助决策与管理。与此同时,信息安全意识的提升,亦不容忽视。应充分认识数据保护与隐私安全的重要性,从业人员,严格遵循相关法规与标准,避免交易信息泄露或被篡改。此外,信息化素养的提升,不仅仅体现在操作技能的增强,还应涵盖思维方式的转变。主动适应数字化与自动化管理模式的转变,从传统的手工操作依赖转向,这一转变,对于提升整体管理效能,具有深远意义。

3.4 优化政策法规,提升政策适应

在公共资源交易机构推进信息化技术应用的过程中,优化政策法规与提升政策适应性,成为确保信息化建设顺利进行的关键。在公共资源交易领域,随着信息化系统的广泛使用,电子化招标投标、智能化合同管理以及跨平台数据共享等新型交易模式,逐步取代了传统操作,现行法律法规面临诸多挑战。例如,在电子招标与远程评标过程中,如何确保电子签名与电子合同的法律效力,如何保障数据传输的安全性,如何规范信息共享与隐私保护等问题,都亟待通过政策法规进行系统规范。为了适应这一需求,应通过及时修订与补充相关条款,进行政策法规的优化,

以确保其更符合信息化交易的实际需求,并有效应对技术进步带来的新问题。在电子化交易方面,应明确其法律地位,保障电子招标投标及合同签署等环节的合法性与可执行性,避免因法律滞后或空白而引发纠纷^[4]。此外,信息安全与数据保护,成为政策法规的重要组成部分,应明确政府与企业在信息安全管理方面的职责,确保交易数据的保密性与完整性,防范信息泄露与滥用的风险。随着跨部门协作日益加强,政策法规也应具备更强的协调性,明确各部门在信息共享与监管合作中的职责和标准,打破信息孤岛,促进数据流通与资源共享。这不仅有助于提升交易透明度与公正性,还能提高交易效率并降低行政成本。最后,政策法规在提升适应性的过程中,支持与鼓励创新技术的应用,尤其是人工智能、大数据分析等新兴技术,应得到更多关注。

4 结语

信息化技术在建筑工程项目管理中的应用,不仅为行业带来了显著的管理效率提升和项目执行透明化,同时也面临着诸多挑战。系统兼容性、数据标准化、信息安全以及跨部门协作等问题依然存在,需要在技术创新、政策法规、管理机制等方面进行持续改进和完善。尽管如此,在信息化技术持续迭代升级、蓬勃发展的时代浪潮下,建筑行业的管理模式将逐步向更加智能化、精细化发展。只有通过全方位的技术支持和多层次的管理创新,才能充分释放信息化技术的潜力,推动建筑工程项目管理的高效、透明与可持续发展,进而提升整个行业的竞争力和创新能力。

【参考文献】

- [1]丁成,沈琦,邵俊.信息化技术在建筑工程管理中的应用[J].科技风,2014(17):148.
- [2]周玲燕.信息化技术在建筑工程管理中的应用思考[J].陶瓷,2021(11):93-94.
- [3]梁爽.建筑工程项目管理信息化存在的问题及对策[J].中国住宅设施,2021(4):39-40.
- [4]张佩茹.建筑工程项目管理信息化的挑战与应对策略研究[J].中国有色金属,2024(2):54-56.

作者简介:邢海蓉(1990.4—),毕业院校:石河子大学,所学专业:计算机科学与技术,当前就职单位名称:乌鲁木齐市公共资源交易中心(乌鲁木齐市政府采购中心),就职单位职务:干部,职称级别:建设工程中级职称。

数字化背景下建筑工程造价管理的新途径

李 玉

广西高宇建设工程有限公司, 广西 贵港 537100

[摘要] 建筑工程项目涉及多个环节与复杂的流程, 包括设计、施工、材料采购、设备安装等各个方面。每一环节都有可能对最终的工程造价产生影响, 但传统管理方式难以高效、实时地全面监控与控制这些因素。随着建筑行业对提高项目效率与成本控制要求的日益增强, 数字化技术的应用, 尤其是大数据、云计算与人工智能等先进技术, 已逐渐成为提升管理水平的重要途径。通过数字化转型, 建筑项目的各个阶段得以实现数据化、智能化管理, 项目的透明度、预测能力与可控性显著提高。在造价管理领域, 预算的精确度与实时监控能力得到了显著提升, 而智能预测与优化则有助于项目团队做出更具科学性的决策, 最终实现项目质量与经济效益的提升。因此, 建筑工程造价管理的数字化转型, 已成为推动行业进步与提升竞争力的关键因素。

[关键词] 数字化; 建筑工程; 造价管理

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15449

中图分类号: TU9

文献标识码: A

New Approaches to Construction Cost Management in the Context of Digitalization

LI Yu

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

Abstract: Construction projects involve multiple links and complex processes, including design, construction, material procurement, equipment installation, and other aspects. Each link may have an impact on the final project cost, but traditional management methods are difficult to efficiently and comprehensively monitor and control these factors in real-time. With the increasing demand for improving project efficiency and cost control in the construction industry, the application of digital technology, especially advanced technologies such as big data, cloud computing, and artificial intelligence, has gradually become an important way to enhance management level. Through digital transformation, various stages of construction projects can achieve data-driven and intelligent management, significantly improving project transparency, predictive ability, and controllability. In the field of cost management, the accuracy of budgeting and real-time monitoring capabilities have been significantly improved, while intelligent prediction and optimization help project teams make more scientific decisions, ultimately achieving improvements in project quality and economic benefits. Therefore, the digital transformation of construction cost management has become a key factor in promoting industry progress and enhancing competitiveness.

Keywords: digitalization; architectural engineering; cost management

引言

随着科技的不断进步, 数字化已成为推动各行业发展的核心驱动力, 建筑行业也不例外。传统的建筑工程管理模式正在经历深刻的变革, 向信息化、智能化转型的进程中, 数字技术的引入正逐步改变着项目管理的各个环节。尤其在造价管理领域, 传统的人工估算与手工核算方式已不再能满足现代建筑项目日益复杂且动态变化的需求。通过数字化技术的应用, 不仅能够提升成本管理的精确度, 减少资源浪费, 还能为项目决策提供更为科学的数据支持。如何在数字化的背景下推动建筑工程造价管理的转型, 已成为行业关注的重点。

1 建筑工程造价管理概述

建筑工程作为一个高度复杂且要求极高专业化水平的系统性项目, 贯穿全过程需要多领域技术的支持与多个管理环节的协调。在这一过程中, 工程造价管理处于核心

地位, 直接影响项目是否能按时完成以及工程质量能否达到预期标准。缺乏合理有效的造价管理, 任何建筑项目都难以顺利实施。从本质上讲, 工程造价管理是在建筑工程施工阶段, 通过专业的管理方法与技术手段, 对各项预算编制、成本投入、工期控制及资源配置等进行全面把控。项目管理者需根据预定目标, 对资金的使用进行实时监督, 确保高效利用, 避免浪费。造价管理不仅关注控制成本, 更旨在保障工程质量的同时, 最大化项目的经济效益。在整个项目实施过程中, 造价管理贯穿每一个环节: 从初期预算的编制, 到施工过程中对成本的持续监控, 再到竣工后的财务结算, 每一阶段的精准管理都至关重要, 以确保项目按时交付, 符合既定的经济目标与质量标准。

2 建筑工程造价的意义

2.1 工程造价管理是建筑工程的核心

工程造价管理在建筑工程中的重要性不言而喻, 它贯

穿了项目的每个阶段。从初步设计到施工实施再到竣工验收,造价管理始终伴随整个项目过程,确保项目能够在预算范围内高效推进。在材料采购控制、工期管理以及劳动力与设备调度方面,精准的计算与严密的监控是造价管理所依赖的关键因素。这不仅关系到项目是否能够按期交付,还与工程的质量与效益紧密相连。通过精确的造价控制,项目管理者能够在保证质量的同时,有效降低成本,优化资源配置,从而提升整体项目价值。项目的成功离不开良好的造价管理,而它也是确保经济效益与市场竞争力的基石。在如今复杂的市场环境中,没有有效的造价管理,建筑工程项目将难以维持竞争优势。

2.2 工程造价管理可以扩大建筑工程经济效益

工程造价管理不仅是控制项目成本的手段,其对建筑工程经济效益的影响深远。通过科学的预算编制、精确的成本控制与严格的资金监管,造价管理能有效减少不必要的支出,避免资源浪费,从而提高资金使用效率。在项目的每个阶段,精准的造价管理能够及时识别潜在的成本风险,并采取适当的调整措施,确保项目在预算范围内顺利推进,避免资金超支的发生。合理的成本控制不仅提高了项目的市场竞争力,而且通过优化资源配置与提升施工效率,有助于降低单位成本,扩展项目利润空间。随着建筑行业竞争日益激烈,具备出色造价管理能力的企业,将显著增强其盈利能力,提升市场份额。由此可见,工程造价管理不仅促进了资金的合理配置,更是提升企业经济效益与实现可持续发展的关键所在。

2.3 工程造价管理是建筑工程管理的关键

工程造价管理在建筑工程各个环节中扮演着至关重要的角色,不仅直接影响着项目的资金流动,也决定着工程的整体成败。从项目立项到竣工,造价管理贯穿整个流程,确保项目的经济性与可行性。在实施过程中,精确的预算控制、成本核算与资源配置构成了造价管理的重要内容,这些措施有助于优化项目投入,避免超支,并确保工程能够按照既定计划和质量标准顺利完成。资金的使用情况通过有效的造价管理得到了实时监控,确保了每一项支出都能够得到合理利用,避免了资源的浪费。更加关键的是,造价管理通过精准的数据分析与预测,为项目决策提供了坚实依据,帮助管理者做出更为合理的调整,提升了整体管理效率。因此,工程造价管理不仅是实现项目目标的保障,更是提升项目质量、控制风险以及优化收益的核心。

3 数字化背景下建筑工程造价管理的新途径

3.1 培养专业的信息化管理人才

在数字化背景下,建筑工程造价管理的复杂性与精细化要求使得具备信息化管理能力的专业人才成为提升管理水平的关键。传统的造价管理方法已经无法满足现代建筑项目对效率、精确度与实时性的高要求。为应对这些挑战,培养既掌握传统造价控制知识,又具备现代信息技术

应用能力的人才显得尤为迫切。精通 BIM(建筑信息模型)、大数据分析、人工智能等数字化工具是这些专业人才的基本要求,此外,他们还应能够在项目全生命周期内进行精确的成本预测、动态监控与优化调整。更为重要的是,这些人才应具备较强的跨学科协调能力,能够在不同技术与管理层面之间搭建沟通桥梁,推动信息化管理工具的高效应用。只有通过持续培养与引进具备现代技术思维的人才,建筑工程造价管理方能突破传统模式,向更加智能化、高效化的方向转型。

3.2 从设计到施工全生命周期的成本管理

在数字化转型的背景下,建筑工程的成本管理不再局限于施工阶段,而是应涵盖整个项目生命周期。合理的成本预测与控制,尤其在项目初期的设计阶段,显得尤为关键。通过优化设计方案、选择合适的材料及施工工艺,在设计阶段即为后续施工奠定了坚实的基础,避免了无谓的浪费。进入施工阶段后,实时的成本监控与管理变得至关重要,借助信息化手段,各项费用得以精准跟踪,偏差能及时被发现并纠正,从而确保成本始终保持在合理范围内。项目竣工后,运营与维护阶段的成本管理同样不可忽视,确保建筑物在使用过程中实现最大经济效益。在信息化技术的支持下,工程造价管理不仅实现了全过程的透明化与数字化,还提升了决策的准确性,使得管理者能够更好地应对市场波动、技术革新等因素引发的成本变化,从而确保项目在设计、施工、运营的各个环节都能顺利完成,并始终控制在预算范围内。此外,智能化技术的引入进一步优化了成本管理,自动化的分析工具能够提供实时的成本预警,帮助管理者及时调整策略,降低潜在的风险和额外开支,从而实现更加精细化的成本控制。

3.3 实时数据共享与分析优化

在数字化时代,建筑工程的成本管理日益依赖于实时数据的共享与分析。通过将项目各环节的数据整合至统一平台,信息得以即时更新与跨部门共享,从而大幅提升了决策效率与准确性。例如,施工现场的进度、材料消耗及劳动力使用等数据,通过云平台实时传输至项目管理团队,使得潜在问题能够迅速被识别,并及时作出调整。借助大数据分析技术,管理者得以深入挖掘海量数据,识别潜在的成本节约机会或风险。这种深度分析不仅提升了预算编制的精度,还能依据实时数据在项目执行过程中进行动态调整,从而优化资源配置与成本控制。综上所述,实时数据共享与分析的优化为工程造价管理提供了强有力的支持,帮助企业在复杂多变的市场环境中保持竞争力,确保项目能够按预期目标顺利推进。

3.4 智能化决策与成本预测

智能化决策与成本预测技术的应用,在建筑工程造价管理中正逐步推动传统管理模式的变革。借助人工智能、大数据分析及机器学习,项目管理者得以结合历史数据与

实时信息,预测各阶段成本波动及潜在风险。通过这种智能化成本预测,预算的精确度得到了提升,并且潜在的影响项目成本的因素,如市场价格波动、材料供应延迟或施工进度滞后,能够提前被识别,从而为决策提供坚实的依据。除此之外,智能化决策支持系统根据数据分析结果,自动推荐优化方案,帮助管理者在复杂的项目环境中作出更加科学、迅速的决策。例如,根据项目进展的不同阶段,系统能够自动调整资源配置或预算分配,最大程度地降低成本并提高效益。随着技术的不断进步,智能化决策与成本预测的精准度将进一步提高,推动建筑企业实现更精细化、动态化的成本管理。

3.5 现场管理与即时数据反馈

现场管理与即时数据反馈,在建筑工程造价管理中占据着至关重要的位置,尤其在数字化背景下,这一环节变得更加高效与精准。通过集成移动设备、传感器及现场监控系统,各类施工现场数据,如材料消耗、工人工作时长、设备使用情况及施工进度等,能够被项目管理者实时获取。这些数据迅速传输至中央管理平台,从而使管理团队能够在第一时间识别潜在问题,并迅速做出调整。例如,当系统检测到材料消耗超过预期时,管理者会被自动提醒采取措施,以避免资源浪费或进度延误^[1]。即时反馈不仅有助于现场问题的及时解决,还能优化资源配置,提升施工效率及成本控制水平。通过这种数据驱动在现场管理模式,项目团队能够更灵活地应对突发事件,同时确保工程按计划推进,从而精确掌控工程造价。

4 数字化转型中的挑战与应对措施

4.1 技术与数据安全问题

在数字化转型过程中,建筑行业面临的关键挑战之一,便是技术与数据安全问题。随着越来越多的项目管理环节依赖于信息化平台与云技术,数据安全与隐私保护的重要性愈发凸显。建筑项目涉及的敏感信息,如设计图纸、合同文件及财务预算,一旦泄露或被篡改,不仅可能造成直接的经济损失,还可能对项目的顺利推进产生严重影响,甚至引发法律纠纷。因此,确保信息系统的安全,防止外部攻击与内部数据泄露,已成为数字化转型过程中不可忽视的一项关键任务。

为应对这一挑战,先进的网络安全技术应得到企业的重点投入,并实施严格的权限控制,以确保敏感数据仅对授权人员开放^[2]。此外,定期开展系统漏洞扫描与安全审计,能够及时发现并修复潜在的安全隐患,这也是防范数据泄露的重要举措。加密技术与备份系统的采用,有助于进一步增强数据保护,避免因系统崩溃或自然灾害导致的数据丢失。在技术与数据安全得到充分保障的前提下,企

业方能顺利推动数字化转型,并在激烈的市场竞争中保持优势地位。

4.2 管理人员的技术适应与培训

在数字化转型的过程中,管理人员的技术适应能力及其培训,成为了顺利过渡的关键因素。逐渐被现代信息技术所替代的传统建筑管理模式,使得许多老牌管理者在面对新兴的数字工具和系统时,常常感到不适应,甚至难以有效发挥其功能^[3]。为应对这一挑战,企业应当高度重视管理人员的技术培训,推动其在技术使用能力上的提升,帮助其更好地理解如何将数字化工具应用到实际的项目管理中。系统化的培训不仅应包括数字化工具的操作技能,还应涵盖如何分析与利用数据支持决策、如何评估数字化流程对项目效率及成本控制的影响等内容。此外,企业可以定期组织技术交流会或案例分析等活动,促使管理人员紧跟行业发展趋势及技术应用,培养其创新思维与解决问题的能力。只有当管理人员能够积极适应技术变革,并灵活运用新兴工具时,企业的数字化转型才能顺利推进,管理水平得以提升,从而提升项目执行的效率与经济效益。

5 结语

随着数字化技术的快速进步,建筑工程行业的管理模式正在经历深刻的变革。作为建筑项目成功的核心,工程造价管理不仅依赖传统经验的积累,还需融合现代技术,以应对日益复杂的市场挑战。通过数字化转型,项目管理者得以实现精准的成本控制、实时数据反馈、智能决策支持以及全过程的成本监控。这些创新手段不仅有助于显著提高项目效率,还能降低风险、优化资源配置。尽管技术带来的便捷性和效益不可忽视,技术与数据安全问题、管理人员的技术适应性等挑战,亦不能被忽视。在数字化转型的过程中,建筑行业唯有通过持续的技术培训、强化数据保护措施,并探索创新管理模式,才能稳步前行,并不断提升经济效益与竞争力。数字化不仅代表着建筑工程行业的未来,更是实现高质量发展的关键路径。

【参考文献】

- [1] 胡静,牛欣欣,张军. 数字化背景下建筑工程造价管理新途径[J]. 科技与创新,2024(20):137-139.
- [2] 陈浪威. 数字化背景下建筑工程造价管理发展策略探微[J]. 住宅与房地产,2024(29):49-51.
- [3] 宋佩佩. 数字化背景下建筑工程造价管理创新措施研究[J]. 房地产世界,2024(17):86-88.

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

污水治理项目全过程咨询：项目管理的挑战与解决方案

桂升位 吴哲钊

中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430014

[摘要] 在现代社会, 环境议题特别是污水治理问题受到广泛关注。污水治理工程是提升环境品质的核心环节, 而全过程咨询作为一种集成化服务模式, 已经开始逐步应用到污水治理项目。本研究聚焦于污水治理工程全过程咨询中的项目管理领域, 深入分析了其中存在的诸多挑战, 包括但不限于前期调研、规划设计、施工管理、管理界限以及成本控制等方面的问题。通过结合具体案例, 深入研究行业现状, 提出了一系列针对性的解决策略, 旨在提高污水治理工程全过程咨询的项目管理水平, 确保工程的顺利进行, 提升工程品质与效益, 进而为污水治理行业的发展提供具有参考价值的理论支持。

[关键词] 污水治理; 全过程咨询; 项目管理

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15447

中图分类号: TU723.3

文献标识码: A

Consultation on the Whole Process of Sewage Treatment Projects: Challenges and Solutions for Project Management

GUI Shengwei, WU Zhezhaohao

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

Abstract: In modern society, environmental issues, especially sewage treatment, have received widespread attention. Wastewater treatment engineering is the core link in improving environmental quality, and whole process consulting, as an integrated service model, has gradually begun to be applied to wastewater treatment projects. This study focuses on the field of project management in the whole process consulting of sewage treatment projects, and deeply analyzes the many challenges that exist, including but not limited to issues related to preliminary research, planning and design, construction management, management boundaries, and cost control. By combining specific cases and conducting in-depth research on the current situation of the industry, a series of targeted solutions have been proposed, aiming to improve the project management level of the whole process consulting of sewage treatment engineering, ensure the smooth progress of the project, enhance the quality and efficiency of the project, and provide theoretical support with reference value for the development of the sewage treatment industry.

Keywords: sewage treatment; full process consultation; project management

引言

随着工业化进程, 环境问题凸显, 公众环保意识增强。污水治理是环境保护的关键, 其项目执行对环境质量改善至关重要。全过程咨询服务模式应运而生, 整合专业资源, 为污水治理项目提供全周期支持。但项目管理面临挑战, 影响项目进度、质量和成本。深入分析并解决这些问题, 对推进污水治理项目和环保事业具有重要意义。本文以泉州某区污水治理项目为例, 探讨全咨项目管理的挑战与解决策略。

1 污水治理项目全咨项目管理痛点

1.1 初步研究的不足

1.1.1 研究范围与深度的局限性

初步研究是项目成功的关键, 需深入探究自然环境和社会经济状况, 如水文、地质条件和污水排放现状。但实际操作中, 设计团队受限于时间和资金, 无法进行详尽调查。例如, 项目工期紧迫导致水文勘察不充分, 无法掌握季节性变化和特殊现象; 资金限制使得无法使用高精度地质勘探设备, 影响地质条件调查的准确性。这些不充分的

研究结果导致污水处理设施处理能力与实际需求不匹配, 特别是在污水排放高峰期, 无法有效处理污水, 引发环境问题。

1.1.2 公众参与度不足问题探究

污水治理项目与居民利益紧密相关, 但公众参与度低, 原因复杂。居民对项目细节、影响缺乏了解, 参与渠道不便。设计团队沟通不畅, 未充分考虑居民需求, 导致设计与需求偏差。如污水处理设施选址未顾及居民意愿, 引发抵制, 影响项目进度和成本。

1.2 规划设计的不完善性

1.2.1 设计范围的不明确性

污水治理项目常涉及复杂地理环境, 设计范围的明确至关重要。但实际中, 设计范围常不明确, 缺少详细图。尤其在分散的农村地区, 村落布局分散, 地形复杂, 易出现漏设计或超范围设计。例如, 偏远小村落常被忽视, 未纳入设计范围, 导致后期施工需重新调整设计, 增加了施工难度和成本。重新设计需更多时间和人力, 施工队伍可能需重新调配资源, 面临新的施工技术难题, 如特殊地质

条件或地形障碍。

1.2.2 设计与实际的脱节性

在污水治理项目设计中,设计人员常因不熟悉现场情况和与施工单位沟通不足,导致设计与实际施工冲突。例如,管网铺设未考虑地下管线分布,引发施工中的管线冲突,需重新规划路线。这不仅延误工期,增加勘测、设计和审批时间,还导致成本上升,包括额外材料、设备、人力投入及可能的拆除和修复工作。

1.3 施工过程管理困难

1.3.1 现场施工与设计差异显著

污水治理项目施工复杂,实际与设计常有差异。居民特殊要求是关键,可能因风俗习惯对设施位置有特殊要求。例如,部分村民反对门前安装接户井,施工方需调整方案,增加管道长度和建设成本,可能影响污水收集效率和引发堵塞问题。

1.3.2 施工质量监管不足

污水治理项目施工范围广,尤其在农村地区,村落分散导致施工管理困难。施工管理人员不足,难以全面监管,特别是在偏远地区,交通和生活条件差,一线管理人员缺乏。村级施工队伍技术水平参差不齐,缺乏专业培训,施工人员质量意识弱。施工中管网埋深不足,主要是操作不规范或测量错误。埋深不足易导致管网易受破坏。管网渗漏问题也常见,主要由管材质量差或接口处理不当引起。这些问题影响项目长期运行,增加维护成本,甚至可能导致系统瘫痪。

1.4 项目管理边界界定不明确

1.4.1 管理部门职责划分模糊

污水治理涉及环保、住建、水利等多个政府部门,职责划分不明确,存在重叠和空白。这与政府职能演变和协调机制不完善有关,导致管理中出现推诿和协调不力。例如,环保和水利部门在污水排放口设置上的职责界限模糊,造成审批流程复杂,需多次沟通协调,可能延误项目进度,增加时间和沟通成本。

1.4.2 全咨团队内部协调机制不完善

全咨团队由多个专业领域人员组成,但项目实施中存在沟通协作不足的问题。主要原因是缺少统一的沟通机制和平台,导致专业人员只关注自身任务,忽略与其他专业的衔接。信息传递的延迟和错误也影响了工作效率和质量,如设计变更未及时通知造价人员,造成成本核算偏差。这些问题会严重影响项目管理,导致成本超支和工期延误。

1.5 成本控制的不足

1.5.1 预算编制的不合理性

不充分的前期调研和设计会影响成本预算的准确性。项目复杂性要求全面考虑,但预算编制常忽略地质条件和设计变更等因素。例如,预算未考虑岩石层破除作业费用,导致实际成本超支。超支使项目资金紧张,影响进度,甚

至可能无法按计划完成。

1.5.2 成本监控与调整的及时性

项目实施中,成本监控不足是常见问题。管理人员未定期核算分析成本,导致无法及时发现偏差。设计变更或施工条件变化时,未重新评估成本。如地质变化需改变施工方案,增加工程内容,但成本未调整,仍按原预算控制,增加了成本失控风险,导致项目成本超出预算,严重影响经济效益。

2 污水治理项目全咨项目管理痛点的解决对策

2.1 强化初步调研阶段

2.1.1 制定详尽的调研方案

为确保污水治理项目的初步调研全面精确,制定详尽的调研方案至关重要。方案应明确调研范围、内容、方法及时间节点。需全面考察项目所在地的自然环境和社会经济要素。例如,精确测量地形地貌、掌握水文地质关键信息,深入了解社会经济因素。调研方法应结合实地勘查、问卷调查、访谈等多种方式,确保数据精确全面。在农村污水治理项目中,逐户走访记录污水排放源头和量,为污水处理设施设计提供精确数据支持。

2.1.2 提升公众参与度

为提高污水治理项目的公众参与度,需建立多元化的参与途径。项目宣传会是有效方式,通过宣传片、资料发放和现场讲解,详细介绍项目信息。意见箱和网络平台便于居民提交意见。网络平台特别适合年轻人和外出务工人员。在调研中,积极听取居民需求和意见,并纳入设计方案。社区项目说明会邀请居民代表,解答疑问,收集反馈,展示设施效果图,解答运行相关问题,并记录关于设施选址和维护的建议,使项目设计更符合居民需求,减少实施阻力。

2.2 优化规划设计环节

2.2.1 明确设计范围

在初步设计阶段,确保设计团队进行详尽的现场勘查至关重要。设计团队需深入至项目涵盖的每一区域,无论其为偏远农村或繁华城市,均不得遗漏。绘制精确的设计范围图,明确各区域界限及具体设计要求。例如,在农村地区,需精确至每个村落边界,标识出污水排放集中区及需重点保护的水源地等。对于复杂区域,可运用地理信息系统(GIS)等技术手段进行精确测绘。GIS技术能提供高精度地形地貌、土地利用等信息,助力设计团队准确界定设计范围。同时,建立设计范围审核机制,确保设计范围的准确性和完整性。审核机制可包含内部审核与外部审核。内部审核由设计团队内部资深设计师执行,主要审查设计范围是否符合项目总体要求和目标。外部审核可邀请相关专家或政府部门代表参与,从不同角度对设计范围进行审查,如环保部门审查是否考虑环境保护要求,水利部门审查是否涉及水资源合理利用等。

2.2.2 加强设计与实际的结合

设计人员在设计前深入施工现场是加强设计与实际

结合的关键步骤。设计人员需亲自到现场,掌握地形、地貌、地下管线分布等实际情况。例如,在城市污水治理项目中,设计人员需与城市规划部门联动,获取地下既有管线详细分布图,并进行现场核实。设计过程中,与施工单位、建设单位等保持密切沟通。施工单位可提供施工技术、施工难度等实际情况,建设单位可传达项目总体要求和期望。例如,施工单位可告知设计人员管网铺设可能遇到的地下障碍物,建设单位可提出污水处理设施外观设计的特殊要求等。建立设计交底制度,设计人员向施工人员详细解释设计意图和施工要点。交底过程中,设计人员可通过图纸、模型等方式,向施工人员清晰展示设计方案的整体布局 and 关键部位设计要求。例如,对于污水处理设施中特殊工艺部分,设计人员可利用三维模型向施工人员详细讲解工作原理及施工注意事项,及时解决施工中出现的设计相关问题。当施工人员发现设计方案与实际情况存在冲突时,能及时与设计人员沟通,设计人员可根据实际情况调整设计方案,确保施工顺利进行。

2.3 加强施工过程管理

2.3.1 提升现场协调与沟通效率

在项目规划与设计阶段,提前与社区及村民进行沟通至关重要。此举有助于社区与村民预先掌握项目详情,从而降低后期可能出现的矛盾与阻力。例如,在项目规划初期,应组织社区代表及村民代表参与座谈会,介绍项目规划方案,涵盖污水处理设施选址、管网铺设路线等关键信息,并征询他们的意见与建议。了解他们对于设施安装位置等需求及顾虑,并在设计中予以充分考虑。对于现场出现的问题,应构建快速响应机制,确保施工方、设计方及建设方能够及时协商,调整施工方案。例如,在遭遇村民对污水处理设施选址的异议时,应迅速组织相关人员进行现场勘查与讨论。勘查团队应包括施工方技术专家、设计方设计师、建设方项目管理人员以及当地村委会代表等。通过现场勘查,评估村民提出的异议是否合理,若合理,则共同探讨最佳解决方案。解决方案可能包括重新选址、调整设施布局等,并需向村民详细阐释调整后方案对环境及居民生活的影响,以确保村民的接受度。

2.3.2 强化施工质量监管体系

建立并完善施工质量监管体系是确保污水治理项目施工质量的核心。首先,需增加施工管理人员数量,特别是在施工范围广泛、村落分散的农村地区。可通过招聘当地具备一定施工管理经验的人员或从其他地区调配专业施工管理人员来扩充管理团队。加强施工现场巡查力度,制定详尽的巡查计划,明确巡查内容、频率及责任分配。例如,每日对施工现场进行巡查,重点检查施工人员是否遵循设计要求施工、施工材料与设备是否达到质量标准等。对村级施工队伍进行技术培训与质量教育,提升其施工技能与质量意识。定期举办培训班,邀请专业技术人员及质量

管理人员为施工队伍授课,内容涵盖施工技术规范、质量验收标准等。加强对施工材料与设备的质量检验,确保其符合设计要求。对于施工材料,应建立严格的进场检验制度。

2.4 界定项目管理范围

2.4.1 明确部门职能分工

制定详尽的管理职责分配方案,界定各政府管理部门在污水处理项目中的职能界限,以避免职能重叠与空白。构建部门间协调联动机制,定期举行协调会议,及时解决项目管理过程中的问题。例如,明确环保部门负责监管污水排放标准,住建部门负责监管项目建设的质量与安全等。

2.4.2 强化全咨团队合作

建立全咨团队内部沟通协调机制,定期举行工作例会,各专业人员汇报工作进展及所遇问题,共同探讨解决方案。利用信息化管理平台,实现信息实时共享与传递,提升工作效率与团队协作性。例如,通过项目管理软件,各专业人员能够实时查阅及更新项目资料,及时掌握其他专业的工作动态。

2.5 有效控制项目成本

科学制定成本预算,在预算编制过程中,全面考虑项目可能遭遇的各种风险因素,如地质条件变化、设计变更等。结合过往类似项目的经验数据,采用科学的预算编制方法,提升预算的精确度与合理性。例如,运用类比估算、参数估算等方法,对项目成本进行全面、细致的评估。强化成本监控与调整,建立成本监控体系,定期对项目成本进行核算与分析,及时发现成本偏差。当出现成本偏差时,深入分析其原因,并采取有效的调整措施,如优化施工方案、控制变更数量等。同时,根据项目实际进展,对成本预算进行动态调整,确保成本控制合理区间内。

3 结论

污水治理项目全咨的项目管理挑战是影响项目顺利实施的关键因素。通过加强初步调研、优化规划设计、强化施工过程管理、明确项目管理范围以及有效控制成本等策略,显著提升项目管理水平,确保污水处理项目的质量与效益。项目实施中,应根据具体情况灵活应用这些策略,不断完善项目管理体系,推动污水治理项目管理规范化。

【参考文献】

- [1] 郑莹. 城市污水治理建设项目的全过程造价管理探究[J]. 居业, 2024(1).
- [2] 杨舒, 洪约翰, 王瑞阳. YZ 市城乡污水治理工程项目 PPP 投资方案研究[J]. 港工技术与管理, 2023(1): 54-60.
- [3] 瞿洪海. 农村生活污水治理项目管理问题的思考[J]. 建设监理, 2020(3): 4.

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

危废处置中心危废焚烧工艺分析及应用

姜骋宇

金华市莱逸园环保科技有限公司, 浙江 金华 321000

[摘要]近年来,我国经济增长日益快速,这也使危险废弃物不断增多,给人们的日常生活带来了安全隐患,严重污染了自然环境。针对这些危险废弃物的处置问题,我国普遍采取焚烧处置,但在焚烧处理过程中,同样有许多难点需要解决,如果焚烧处理不当,反而会给自然环境造成污染。为此,文中对其焚烧工艺进行分析,同时对其应用进行研究,为其工艺的进一步优化提供对应的理论参考依据,在提升焚烧效率的同时旨在避免环保压力过大。

[关键词]危废处置中心;危废焚烧工艺;工艺分析;应用

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15441

中图分类号: TQ038

文献标识码: A

Analysis and Application of Hazardous Waste Incineration Process in Hazardous Waste Disposal Center

JIANG Chengyu

Jinhua Laiyiyuan Environmental Protection Technology Development Co., Ltd., Jinhua, Zhejiang, 321000, China

Abstract: In recent years, Chinese economy has grown rapidly, which has led to an increasing amount of hazardous waste, posing safety hazards to people's daily lives and seriously polluting the natural ecological environment. In response to the disposal of these hazardous wastes, China generally adopts incineration disposal. However, there are also many difficulties that need to be solved in the incineration process. If incineration is not handled properly, it can actually cause pollution to the natural environment. Therefore, the article analyzes its incineration process and studies its application, providing corresponding theoretical reference for further optimization of its process, aiming to improve incineration efficiency while avoiding excessive environmental pressure.

Keywords: hazardous waste disposal center; hazardous waste incineration process; process analysis; application

引言

随着工业化与城市化的加速,危险废物的产生量持续增加,给环境保护与公共安全带来前所未有的压力。危废因其具备毒性、腐蚀性、反应性及易燃性等特征,若处理不当,极易对空气、水源及土壤造成严重污染,进而威胁人类健康。传统的废物填埋与堆放方式,已逐渐无法满足日益严格的环境保护标准。在此背景下,焚烧技术凭借其高效性与安全性,逐渐成为危废处理的主要手段。焚烧不仅能够有效减少废物体积,降低有害物质的浓度,还能通过废气净化系统,将有害气体的排放控制在最低限度。然而,焚烧工艺的设计与实施涉及多个关键环节,包括回转窑、炉排炉、二燃室等设施的合理配置,废气的高效处理,以及燃烧过程中的热损失控制等因素,这些都对焚烧效果及环境保护产生重要影响。因此,危废焚烧工艺中的关键技术,结合实际应用,需进行深入分析,优化路径的探索具有提升焚烧效率、减少环境污染及促进危废资源化利用的重要意义。本文将从危废分类、焚烧工艺设计、废气处理设施优化等方面展开讨论,危废焚烧技术的现状与面临的挑战,将被全面分析,并相应的技术解决方案将被提出。

1 危废的分类

危废的分类通常依据其性质、来源及危害程度进行划

分。一般而言,危险废物可分为三类:第一类是具备毒性、腐蚀性、易燃性或反应性等特性的废物,可能对人类健康或环境造成显著威胁;第二类废物则是长期暴露后可能对生态系统产生危害的物质,包括放射性废物与废弃医疗设备等;第三类废物是具有特殊性质,需特别处理的废物,如废油、废化学品及农药容器等。这些危险废物主要源自于工业生产、医疗机构、农业化学品使用以及生活垃圾等领域,具有复杂的成分与不稳定的性质。处理过程中,多种有害物质可能会生成,例如有毒气体或液体污染物。危废的分类不仅有助于科学地制定处理方案,也为采用合适的技术手段进行无害化处理提供了理论支持。根据不同类型的危废,所选择的处置技术应根据其燃烧特性、危害程度及排放控制要求等因素合理选择,从而确保处理过程的安全性及环境保护。

2 焚烧处理工艺设计

2.1 回转窑结构设计

回转窑的结构设计在焚烧处理工艺中占据着至关重要的位置,设计时需充分考虑废物的特性、焚烧过程中的高温要求及设备的耐用性。回转窑的主体通常由耐火材料与耐高温钢材构成,外部还需配备冷却系统,以降低外壁温度,从而防止高温对设备产生损害。窑体一般呈圆柱形,

并围绕水平轴线进行旋转,借助旋转运动实现废物与热气流充分接触,进而提高燃烧效率。为了应对高温及化学腐蚀,回转窑内衬多采用高温耐火砖材料。为了确保废物在窑内能够均匀加热并充分燃烧,窑内的温度分布必须经过精确设计,以避免局部过热或未完全燃烧的情况发生。根据不同废物的种类与燃烧特性,窑的倾斜角度也应进行调整,以保证废物在窑内的停留时间及充分燃烧^[1]。同时,回转窑的气流系统设计必须合理,确保燃烧气体与热空气的良好流动性,从而提高热效率。进料端与出料端的密封设计,应当得到特别关注,以防止废气泄漏。废气应通过高效的排烟系统引导至废气处理设施,确保进一步净化。

2.2 回转窑热损失验证

回转窑热损失的验证是焚烧处理工艺设计中的关键环节,其主要目的是通过热量平衡计算与实验数据分析,评估回转窑在实际运行过程中产生的热损失,并为窑体设计与优化提供科学依据。回转窑的热损失来源多样,主要包括通过窑体外壁的散热、窑头与窑尾的废气排放,以及燃烧过程中废物的不完全燃烧所造成的热量损失。在热损失验证过程中,热力学分析方法常被采用进行计算,结合实际运行时测得的温度、热流与气体成分数据,热损失模型被构建。具体来说,通过测量回转窑各部位的温度梯度,热量从窑内传导至外部环境的数量可以计算得出。尤其在高温区域,如窑体内壁与炉排炉接触的部分,热损失较为明显,应特别关注。此外,回转窑的热损失还受到多个因素的影响,包括物料的进料温度、燃烧气体温度及窑体转速等,这些参数的变化可能直接影响窑体的热效率。

2.3 炉排炉部分结构设计

炉排炉在焚烧处理工艺中的结构设计至关重要,其核心任务是确保废物在高温环境中得到完全燃烧,并有效地将热量传递至下游的二燃室。炉排炉通常由炉体、炉排系统、进料装置、排烟系统及热交换系统等关键部件组成。炉体的设计必须具备优良的耐高温性能,常采用耐火砖和钢板材料,以承受高温烟气及废物燃烧所产生的热量。作为废物焚烧过程的核心,炉排系统通常由一系列水平或斜向排列的炉排条组成,借助机械或电动驱动使其运动,从而实现废物的均匀分布与翻转。废物在炉内的均匀燃烧应当得到保证,炉排的设计需避免废物堆积或过度燃烧而损坏炉排。进料装置需要与回转窑或其他预处理设备协同工作,确保废物能够稳定、均匀地送入炉排炉进行燃烧。为了提升热效率,炉排炉内部一般设有多级热交换系统,用以回收燃烧过程中产生的热量,减少能源的消耗。在废气处理方面,炉排炉必须配备高效的排烟系统,能够引导烟气进入烟气净化设施,从而降低污染物的排放。此外,炉排炉的密封性能极为重要,必须防止烟气泄漏,同时保持炉内的负压环境,以提升燃烧效率。

2.4 炉排炉热损失验证

在炉排炉中,主要的热源来自回转窑中未完全燃烧的危险废物。因此,炉排炉内的热量传递主要由废物产生的热量以及高温烟气带来的热量组成。通过分析传热过程,可以总结为危险废物与炉排炉之间的传热,以及炉排炉内部的防火层和隔热层向外传递的热量^[2]。由此可见,炉排炉中的热损失主要来源于工业废物未完全燃烧所导致的热损失,此外,机械部件在水冷过程中也会产生热损失,同时回转窑与二燃室之间密封不严也会导致热损失。因此,可以证明前文提到的回转窑热损失的来源是合理的,且炉排炉的热损失不可完全避免。

2.5 二燃室部分结构设计

二燃室在焚烧处理工艺中的结构设计起着至关重要的作用,旨在进一步确保废物的完全燃烧,促使有害物质在高温条件下得到充分分解,并有效减少污染物的排放。作为废气处理系统的核心组成部分,二燃室通常位于回转窑或炉排炉之后,其设计需充分考虑废气的高温特性以及复杂的燃烧反应。耐火砖、钢板及其他耐高温材料通常被采用,以承受高温环境下的热应力和化学腐蚀。二燃室内设有多个喷射燃烧器或喷嘴,借助高温燃气与空气的混合进行二次燃烧,从而确保未完全燃烧的有机物及气体得到彻底氧化,减少有害物质排放。燃烧效率的提升需依赖于二燃室内气流分布的精确设计,优化的气流路径确保气体与废物能够充分接触。此外,二燃室的温度控制至关重要,高温热交换器或冷却系统通常被用于调节温度,以防止过高温度引发设备损坏,或温度过低导致燃烧不完全。为了实现环保目标,二燃室的设计还需考虑烟气中有害气体(如二恶英、氮氧化物等)的去除与控制,配备高效的脱硝、脱硫等环保设施,以确保废气排放符合环保标准。

2.6 二燃室热损失验证

二燃室的热损失验证在焚烧处理工艺设计中占据关键地位,旨在评估并确认其在实际运行中产生的热损失,从而为优化设计和提升能源效率提供依据。热损失的来源较为复杂,主要包括通过炉壁及设备表面散失的热量、废气排放的热损失以及未完全燃烧的有机物所造成的热损失。在验证过程中,热力学模型需计算出二燃室的理想热平衡,并结合实际运行中获取的温度、气流和气体成分数据进行综合分析。通过精确测量炉壁、喷嘴以及烟气出口等位置的温度变化,热损失情况可以被推算出来。气流分布、温度梯度及燃烧效率同样对热损失产生重要影响,因此,详细的流体动力学分析需要进行,以评估气流与废物接触的效果及燃烧反应的彻底性。此外,通过监测废气成分,尤其是有害气体(如二恶英、氮氧化物等)的浓度变化,热损失与燃烧效率之间的关系可间接反映出来。在整个热损失验证过程中,二燃室与其他设备(如热交换器、排烟系统等)之间的相互作用也应考虑,可能导致额外热损失的因素,如

设备本身的损耗及冷却系统的运行等,需进行分析。

3 废气处理设施

废气处理设施在焚烧处理工艺中扮演着至关重要的角色,主要任务是减少焚烧过程中产生的有害气体对环境的污染,确保废气排放符合环保标准。废气处理系统通常由多个阶段组成,目的是去除烟气中的有害物质,如二氧化硫、氮氧化物、重金属、二恶英等。第一步,废气通常会经过冷却装置以降低温度,避免高温气流对下游设备造成损害。随后,废气被送入除尘系统,以去除其中的颗粒物。常见的除尘方法包括电除尘器或袋式除尘器,这些设备能有效捕捉燃烧过程中生成的飞灰及其他微小固体颗粒。接下来,废气进入脱硫和脱氮装置,通过化学吸收或选择性催化还原等技术,硫氧化物与氮氧化物将被去除,从而降低它们对环境的危害^[3]。为了进一步净化废气,活性炭吸附装置或其他吸附材料也可能被使用,以去除有机污染物,如挥发性有机化合物(VOCs)及臭气物质。经过多级处理后的废气,最后被排放至大气中,通过烟囱或排气管道,确保排放的烟气符合国家或地方环保法规的相关要求。

4 环境因素分析

4.1 回转筒长径对燃烧过程的影响

回转筒的长径比对燃烧过程具有重要影响,直接决定废物在回转筒内的停留时间、物料与气体的接触效果以及燃烧反应的完整性。长径比是回转筒长度与直径的比值。一般来说,越大的长径比,废物在回转筒中的停留时间便越长,从而有助于提高燃烧反应的充分性,尤其是在处理难以燃烧的废物时。较长的回转筒可提供更多的反应时间,然而,长径比过大时,物料分布可能不均,进而影响气流稳定性与热量分布的均匀性,最终可能导致燃烧不完全或增加热损失。同时,回转筒的直径在燃烧过程中同样起着关键作用。较大的直径有助于促进废物均匀分布,使废物能够充分搅拌,进而促进废物与高温气体的接触,从而提高燃烧效率。然而,若直径过大,热传递效率可能降低,增加热损失。特别是在低负荷或废物量较少时,可能无法维持足够的温度来支持稳定的燃烧反应。

4.2 过剩空气对燃烧过程的影响

过剩空气在燃烧过程中起着至关重要的作用,其直接影响着燃烧效率与废气排放的特性。过剩空气是指进入燃烧室的空气量超过理论所需的量,其目的是确保充足的氧气供给,从而支持完全燃烧。适量的过剩空气能够确保废物的充分燃烧,避免因氧气不足而导致有害气体如一氧化碳和挥发性有机物的排放。然而,过多的过剩空气可能会带来一系列负面影响。引入过量空气会导致热量的过度扩散,增加空气与废气接触的表面积,从而降低燃烧效率,造成热能浪费。此外,过剩空气的过多使用还会导致排烟温度的下降,不仅增加了燃烧过程中的热损失,还可能影

响废气处理系统的后续性能^[4]。大量过多的空气会带走热量,导致炉温下降,从而影响燃烧温度与反应速率,未能完全分解的有害物质也因此增多。烟气中二氧化氮等污染物的生成,亦可能由过多氧气的存在引发,影响整体环保效果。

4.3 烧嘴安装角度对燃烧过程影响

烧嘴安装角度在燃烧过程中具有重要影响,它直接关系到燃料在燃烧室内的分布、空气与燃料的混合效果以及火焰的稳定性。角度的设计决定了燃料与空气的喷射方向及其相互作用方式,从而影响燃烧室内温度的分布及反应速率。合理设计的角度能够确保燃料与空气的充分混合,促进完全燃烧,并减少未完全燃烧的气体排放。特别是在焚烧有机废物时,恰当的角度有助于降低一氧化碳和挥发性有机物的生成。烧嘴角度同样会决定火焰的形态与分布,不当的角度可能会导致火焰偏移或过于集中,从而引发局部过热或温度分布不均,进而影响整体燃烧效率。若角度过高或过低,气流与燃料的分布也会受到影响,导致燃烧不完全,甚至可能导致设备损坏。优化烧嘴角度的设计通常会根据燃烧室的几何形状及废物类型进行调整,以实现最佳的空气与燃料混合比,提升燃烧效率并降低热损失。不仅燃烧效果得以提高,污染物排放的控制亦能够通过合适的安装角度得到有效保障,确保废气符合环保标准。

5 结语

危废焚烧工艺在危险废物处理领域具有重要的应用价值,废物的体积显著减少,有害物质被消除,同时借助先进的废气处理技术,废气排放得以确保符合环保标准。然而,焚烧工艺的优化仍面临着诸多挑战,特别是在提高燃烧效率、降低热损失及减少污染物排放等方面。通过合理的工艺设计、设备配置与技术创新,整体效能的提升有望得以实现,从而促进废物资源化利用与绿色环保的发展。随着技术不断进步及环保政策日益严格,危废焚烧工艺将在未来朝着更加高效、环保与可持续发展的方向发展,提供更加科学与可靠的危险废物处理解决方案。

[参考文献]

- [1]柳祥鹏,于斌,黄雯.危废处置中心危废焚烧工艺分析及应用[J].当代化工研究,2021(6):130-131.
- [2]谢智超.针对危废焚烧处置全流程管理的浅析[J].清洗世界,2021,37(1):85-86.
- [3]张红,王思璇,郑露,等.某危废焚烧处置工程竣工环保验收案例分析[J].资源节约与环保,2023(7):39-42.
- [4]和亚飞.危废焚烧处置的难点及解决办法[J].山西化工,2022,42(4):173-174.

作者简介:姜聘宇(1990.5—),毕业于武汉生物工程学院,所学专业:生物技术专业,当前就职于:金华市莱逸园环保科技有限公司(金华市固废处置中心),职务:技术与安环部工程师,职称级别:工程师。

辊压机辊缝调节对材料厚度均匀性的影响分析

张小同 邱亚青

邢台纳科诺尔精轧科技股份有限公司, 河北 邢台 054000

[摘要]随着锂电池在电动汽车及可再生能源储存等领域的广泛应用, 对其制造工艺的精度与一致性提出了更高的要求。作为锂电池极片制造的核心环节, 辊压工艺通过调节辊缝宽度来控制材料厚度的均匀性, 从而直接影响电池的性能与安全性。大量研究已表明, 辊缝的调节不仅影响材料的压实程度、密实性及导电性, 还与电池的充放电效率及循环寿命密切相关。然而, 由于材料特性差异及工艺参数的不稳定性, 厚度均匀性问题亟待解决。针对辊缝调节对材料厚度均匀性的影响进行的分析, 不仅有助于识别并理解现有工艺的不足之处, 还为锂电池制造工艺的优化提供了理论依据。对辊压工艺中关键参数与材料特性之间的关系进行深入探讨, 将为提升锂电池整体性能及生产效率提供切实可行的解决方案。

[关键词] 辊压机辊缝调节; 锂电池; 材料厚度; 均匀性; 影响

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15458

中图分类号: TQ172.6

文献标识码: A

Analysis of the Influence of Roller Gap Adjustment on Material Thickness Uniformity in Roller Press Machine

ZHANG Xiaotong, QIU Yaqing

Xingtai Naknor Technology Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 054000, China

Abstract: With the widespread application of lithium batteries in electric vehicles and renewable energy storage, higher requirements have been put forward for the accuracy and consistency of their manufacturing processes. As the core process of lithium battery electrode manufacturing, roll pressing technology controls the uniformity of material thickness by adjusting the width of the roll gap, which directly affects the performance and safety of the battery. Numerous studies have shown that the adjustment of roller gaps not only affects the compaction degree, compactness, and conductivity of materials, but is also closely related to the charging and discharging efficiency and cycle life of batteries. However, due to differences in material properties and instability of process parameters, the issue of thickness uniformity urgently needs to be addressed. The analysis of the impact of roll gap adjustment on material thickness uniformity not only helps identify and understand the shortcomings of existing processes, but also provides a theoretical basis for optimizing lithium battery manufacturing processes. In depth exploration of the relationship between key parameters and material properties in the rolling process will provide practical and feasible solutions for improving the overall performance and production efficiency of lithium batteries.

Keywords: roller gap adjustment of roller press machine; lithium batteries; material thickness; uniformity; influence

引言

在锂电池制造过程中, 辊压工艺作为关键成型技术, 扮演着至关重要的角色。电池极片材料的厚度能够通过调节辊缝宽度精确控制, 而这一过程直接影响着电池的整体性能与安全性。锂电池的性能指标, 如能量密度、循环寿命及充放电效率, 与材料厚度的均匀性密切相关。局部电流密度的增加可能由材料厚度的不均匀性引发, 从而导致热失控或容量衰减等严重问题。提升电池极片的密实度及结构稳定性, 合理的辊缝调节不仅可以实现, 还能有效提高锂离子的迁移效率, 降低电池的内阻。辊缝的调整不仅是简单的物理参数设置, 而是与材料特性、生产工艺及设备性能相互作用的复杂过程。例如, 正极材料如磷酸铁锂与三元材料在辊压过程中对辊缝的适应性有所不同; 前者由于较高的硬度及颗粒粗大特性, 对辊缝调节的要求更为严格, 而后者在辊压时可能面临体积变化的问题, 进一步

增加了辊缝调节的复杂性。因此, 对辊缝调节对材料厚度均匀性影响的深入分析, 能够为锂电池制造提供理论指导, 同时为实际生产中的工艺参数优化奠定基础。推动锂电池极片高质量、高效率生产的关键在于, 通过科学合理的辊缝调节策略, 满足日益增长的市场需求。

1 辊压工艺在锂电池极片制造中的重要性

辊压工艺在锂电池极片制造中的重要性体现在其对极片材料厚度、密度及结构均匀性的精准控制, 这一控制对电池的整体性能、能量密度及循环寿命至关重要。在锂电池正负极片的制备过程中, 必要的厚度一致性与材料密实度必须得到确保, 以避免在充放电过程中出现电流分布不均或局部过热现象, 从而影响电池的安全性与稳定性。材料颗粒的重新排列与压实, 通过施加精确的压缩力实现, 确保极片具有较高的机械强度与电化学性能。不仅仅是决定极片的厚度, 辊压工艺还会影响其孔隙率。过高或过低的孔隙率都会

对离子传输性能产生不利影响，进而影响电池的内阻、功率输出与充电速率。通过精细调节辊缝，在微观层面上优化极片的结构，辊压工艺可以实现机械稳定性与电化学性能之间的平衡。随着锂电池技术的不断进步，日益提升的电池对能量密度及安全性的要求，使得辊压工艺的精确控制成为锂电池制造中不可或缺的环节。这一工艺不仅影响电池单体的性能一致性，且对整个电池模组的整体效能与可靠性产生重要影响，推动着锂电池生产技术向高效与智能化方向发展。

2 材料厚度均匀性对锂电池性能的影响

锂电池性能的影响，材料厚度的均匀性至关重要，尤其是在提升电池的能量密度、充放电效率及循环寿命方面，发挥着关键作用。当极片厚度不均时，电池内部的电流分布可能出现不平衡，局部过热、锂枝晶生成，甚至引发短路等安全隐患由此产生。此外，厚度的不均匀性还会导致电池的容量利用率降低，部分区域可能出现过充或过放，进而导致性能衰减及使用寿命缩短。电池内阻的变化，也受到不均匀极片厚度的影响，从而对功率输出和充电速度产生负面影响。在高倍率充放电的情况下，电压不稳定的问题更易在厚度不均的电池中出现，这进一步影响整个电池组的性能一致性。通过确保极片厚度的均匀性，锂电池的整体性能及安全性可以得到有效改善。

3 锂电池极片材料的特性分析

锂电池极片材料的特性在很大程度上决定了电池性能与应用范围。通常具备较高能量密度与稳定性的正极材料，如磷酸铁锂和三元材料，而负极材料则主要以石墨等碳基材料为主，展现出良好的导电性及较低的锂离子嵌入电位。为了满足锂电池在能量存储中的高效需求，优良的电化学稳定性、较高的电压平台及充放电效率是正极材料的基本要求^[1]。同时，负极材料则被要求具有较高的比表面积与离子导电性，以实现充放电过程中快速且稳定的锂离子迁移。电池的容量、倍率性能与循环寿命，均直接受两者匹配性的影响。此外，极片材料的机械强度、厚度均匀性及孔隙结构等因素同样对电池性能起着决定性作用。在极片制备过程中，若材料的分散性、混合均匀性与表面光滑度未能达到标准，必将直接影响电池的内阻、热稳定性及整体性能。通过优化极片材料的特性，锂电池的整体表现及其应用潜力可以显著提升。

4 辊缝调节对正负极材料厚度均匀性的影响

4.1 正极材料（磷酸铁锂、三元材料）厚度均匀性的影响分析

在锂电池正极材料的制造过程中，辊缝调节对于磷酸铁锂和三元材料厚度均匀性的影响至关重要，直接关系到电池的电化学性能、能量密度及循环寿命。磷酸铁锂材料因其优越的结构稳定性及较高的安全性而被广泛应用。然而，由于其硬度较高且颗粒较粗，若辊缝调节不当，例如设置过窄，材料在压制过程中可能承受过大的压缩应力，

导致局部厚度不均，甚至发生破碎。这种情况的发生将显著影响极片的整体导电性与锂离子迁移速度，进而增加电池的内阻。相比之下，三元材料（如镍钴锰氧化物）具备较高的能量密度与活性，但在辊压过程中容易出现体积膨胀或收缩的现象。若辊缝设置过紧，材料可能被过度压缩，从而导致活性物质结构受损及电化学反应性能下降；若辊缝过宽，则极片的密实度不足，材料厚度分布不均，降低锂离子的传导效率与充放电性能。因此，在磷酸铁锂与三元材料的辊压过程中，应依据材料的物理特性与粒度分布进行精细调节，以确保正极材料厚度的均匀性，从而最终实现最佳的导电性能、离子传输效率及电池的长期稳定性。

以下是关于辊缝调节对锂电池正极材料（磷酸铁锂和三元材料）厚度均匀性的影响分析的表格：

表 1 正极材料厚度均匀性的影响分析表

材料类型	特性	辊缝调节不当的影响	影响的电池性能
磷酸铁锂	结构稳定性高、安全性能优越	(1) 辊缝过窄：过大的压缩应力导致局部厚度不均匀，材料破碎。 (2) 厚度不均匀影响导电性和锂离子迁移速度。	增加内阻，降低充放电效率，影响电池循环寿命。
三元材料	能量密度高、活性好	(1) 辊缝过紧：过度压缩造成活性物质结构损伤，电化学性能下降。 (2) 辊缝过宽：密实度不足，厚度分布不均匀。	降低锂离子传导效率，影响充放电性能，减少能量密度。

4.2 负极材料厚度均匀性的影响分析

辊缝调节在锂电池负极材料厚度均匀性方面的显著影响，不可小觑，其直接关系到电池的内阻、循环寿命及能量密度。负极材料主要由石墨及硅碳等构成，这些材料通常具备较高的比表面积与导电性。然而，在辊压过程中，若辊缝调节不当，材料厚度的不均匀性可能会随之产生，从而影响电池的电化学性能。若辊缝设置过紧，负极材料将承受过度压缩，导致其密度过高、孔隙率降低，影响锂离子的迁移与扩散，进而降低充放电效率并增大内阻。此外，过度的压缩也可能损伤石墨材料的微观结构，影响其稳定性及循环寿命。相对而言，若辊缝过宽，负极极片的压实密度不足，材料厚度分布的不均匀性将影响局部区域的导电性，造成锂离子的嵌入与脱嵌不均匀，甚至可能引发局部极化或过热现象，从而影响电池的安全性与一致性^[2]。因此，在制造过程中，需对辊缝进行精确调节，以确保负极材料的厚度均匀性，从而提升电池性能。

如图所示负极材料粒度分布对锂电池性能的影响：

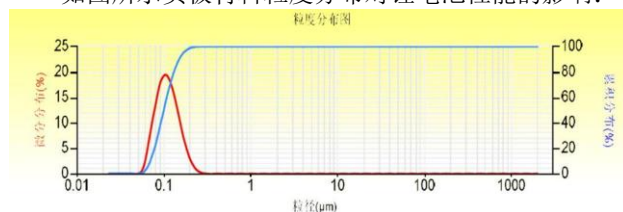


图 1 粒度分布图

4.3 辊缝调节与材料特性之间的相互作用

辊缝调节与锂电池正负极材料特性之间的相互关系，在电池制造过程中至关重要。不同类型的正极材料，如磷酸铁锂与三元材料，以及负极材料如石墨与硅碳，各自具备独特的物理与化学特性，这些特性直接影响材料在辊压过程中的表现及最终极片的质量。对于较硬的正极材料，如三元材料，若辊缝调节过紧，材料将遭受过度压缩，这种情况可能造成颗粒间结合不良及内部应力集中，进而引发厚度不均与裂纹，影响电池的充放电性能及循环寿命。相对而言，在处理较软的负极材料如石墨时，若辊缝过宽，材料未能达到所需的密实度，这将降低电池的导电性及锂离子的传导效率。此外，材料的颗粒形状与分布对辊缝调节的影响同样显著。在辊压过程中，颗粒形状不规则或尺寸分布较大的材料易产生厚度波动。因此，合理的辊缝调节必须综合考虑材料的特性，以确保在整个辊压过程中实现最佳的厚度均匀性。

4.4 辊压工艺参数对材料均匀性的影响

辊压工艺参数在锂电池正负极材料厚度均匀性方面发挥着至关重要的作用，主要影响因素包括辊缝宽度、辊速、辊压压力及进料速度等。辊缝宽度的调整，直接影响着材料在辊压过程中的压缩程度。若辊缝设置过宽，材料将无法得到有效压实，结果可能导致厚度不均匀和密实度不足，从而影响锂离子的扩散速度与电池的充放电性能。相反，若辊缝过窄，材料可能遭受过度压缩，导致颗粒破碎及应力集中，从而削弱结构的稳定性与导电性。辊速也是一个重要因素，适当的辊速有助于确保材料在辊压过程中的均匀分布与有效融合。若辊速过快，物料混合可能不均匀，压制不足；而若辊速过慢，材料在辊压过程中可能受到过多热量的影响，从而改变其特性^[3]。辊压压力的设置同样至关重要，合理的压力能够增强材料间的黏结力，改善极片的密实性。然而，过高的压力可能导致材料形变或破坏，从而降低极片的整体性能。此外，进料速度的调节，对材料在辊压过程中的分布均匀性也有显著影响。若进料速度过快，材料将未能充分压实，最终可能造成极片厚度的波动。通过优化辊压工艺参数，可以有效提升锂电池极片的质量与性能。

5 辊缝调节优化措施

5.1 提高极片厚度均匀性的优化策略

提高锂电池极片厚度均匀性的优化策略，主要包括辊缝调节的精确控制与辊压工艺的全面改进。建立基于材料特性及生产需求的辊缝调节标准，至关重要。结合不同正负极材料的物理与化学特性，辊缝宽度需合理设置，以确保材料在辊压过程中的有效压实与均匀分布。辊压设备的选型与维护，同样不可忽视。具备高精度控制系统的辊压机必须选择，以实时监测辊缝宽度及压力变化，从而保持工艺参数在生产过程中的稳定。此外，提升极片厚度均匀

性的重要措施之一，便是优化辊压速度。适宜的辊压速度能够提高材料的流动性与分散性，从而增强整体均匀性。进料系统的均匀与稳定速率，亦为关键。物料在辊压过程中出现堆积或不均匀分布的情况，应予以避免。引入先进的数字化监控技术，如在线厚度检测与反馈控制系统，可以实时调整辊缝及其他工艺参数，从而实现更加精确的厚度控制。定期分析与总结生产过程中的数据，能够识别潜在影响因素并进行相应调整，持续优化生产工艺，以确保极片厚度的均匀性，提升电池的整体性能与安全性。

5.2 过程参数的调整与控制

在锂电池极片制造中，过程参数的调整与控制对于产品质量的保障，至关重要，特别是在辊压工艺环节。辊缝宽度的精确调整，被视为关键因素。合理设定的辊缝宽度，需基于材料特性及其在辊压过程中的行为进行优化。对于不同类型的正负极材料，如磷酸铁锂与三元材料，建议依据材料实验结果，实施定制化的辊缝宽度设置，以确保材料在压制过程中实现理想的密实度与均匀性。辊压压力的监控与调整，同样不可忽视。应根据实际生产情况灵活应对，采用实时监测系统跟踪压力变化，并在出现偏差时，及时调整，避免因材料过度压缩或压实不足而引起的厚度不均。同时，辊速的选择与调整，对极片的质量产生深远影响。适当的辊速，能够确保材料在辊压过程中的充分流动与均匀分布，从而提升极片的整体均匀性。进料速度，也属于重要参数，必须保持稳定的进料速率，以防物料在进入辊压区域时出现不均匀堆积，导致最终产品的厚度波动^[4]。为更有效地控制这些过程参数，可以引入数字化与智能化的工艺控制系统，实现数据的实时反馈与闭环控制，及时响应生产中的变化，优化工艺参数。此外，定期分析与总结生产数据，潜在因素的识别将有助于影响厚度均匀性的识别，并为持续改进工艺提供有力支持。

5.3 辊压工艺的智能化与自动化调节方案

在锂电池极片制造中，辊压工艺的智能化与自动化调节方案，日益受到关注，显著提升了生产效率及产品质量。先进的传感器与监测系统的引入，成为实现对辊缝宽度、辊压压力及辊速等关键参数的实时监控的重要措施。这些传感器在辊压过程中，能够收集大量数据，并配合数据分析软件，对生产环境及材料状态进行动态评估，以确保工艺参数始终维持在最佳范围内。例如，基于机器学习算法的智能控制系统，具备预测材料在不同条件下行为的能力，能够自动调整辊缝与压力，以获得最佳的压制效果。生产过程中的调节灵活性与效率，因自动化控制系统的应用而得以提升。操作人员可通过人机界面实时监控与控制辊压设备，快速应对生产中出现的异常情况。此外，借助先进的计算机视觉技术，极片的厚度与表面质量，得以进行在线检测，从而实现闭环反馈调节。当厚度波动或表面缺陷被检测到时，系统能够迅速调整辊缝或其他工艺参数，以确保最

终产品的均匀性与一致性。智能化与自动化技术的综合运用,不仅增强了极片生产过程的稳定性与可控性,还降低了人力成本与生产风险,从而提升整体生产效率与产品质量。

6 结语

对辊压机辊缝调节对材料厚度均匀性影响的深入分析,揭示了这一工艺参数在锂电池极片制造中的重要性。辊缝的合理设置,直接关系到材料的压实程度及厚度一致性,且深刻影响电池的电化学性能、能量密度及循环稳定性。在锂电池技术快速发展的背景下,辊缝调节策略的优化显得尤为重要。未来,结合先进的智能化技术与精细化管理方法,辊压工艺的效率与产品的一致性,预计将进一步提升。随着对辊缝调节影响机制的深入研究,技术进步将在锂电池行业得到推动,为更高性能的电池产品提供有力支持。不断探索辊压机工艺参数与材料特性之间的关系,必将为锂电池的创新发展奠定坚实基础。

[参考文献]

- [1]申惠赞. 电池极片辊压机轧辊的辊型电磁调控[D]. 秦皇岛:燕山大学,2023.
 - [2]关玉明,姜钊,赵芳华,等. 锂电池极片不平度研究与辊压机结构优化分析[J]. 机械科学与技术,2018,37(2):287-292.
 - [3]马嵩华,田凌. 锂电池极片辊压机刚度分析与结构优化[J]. 中国机械工程,2015,26(6):803-808.
 - [4]李湃. 锂电池极片辊压过程轧制力模型研究[D]. 秦皇岛:燕山大学,2022.
- 作者简介:张小同(1984.10—),男,毕业院校:黑龙江八一农垦大学,专业:机械设计制造及其自动化专业,毕业日期:2008年6月,学历:大学本科,任职单位:邢台纳科诺尔精轧科技股份有限公司,主要工作:锂电行业辊压机的设计。

1100℃高温锻造工艺对模具寿命的影响及优化措施

李 翔

济南沃德汽车零部件有限公司, 山东 济南 250300

[摘要]1100℃高温锻造工艺是实现高精度金属部件成型的核心工艺,然而其对模具的极端热-力耦合效应导致模具寿命显著降低。文章从材料失效动力学角度出发,构建包含氧化磨损、热机械疲劳(TMF)与塑性变形的多机制协同模型,提出基于热力学参数优化的综合解决方案。通过对比分析H13钢、Mar-M247合金等材料的性能差异,并结合TiAlN-AlCrO梯度涂层的实验结果,证明优化组冷却通道与涂层技术可降低模具表面温升达42.3%,并提升单次服役周期至1852次以上。研究结果为高温锻造模具的长效服役提供理论指导。

[关键词]高温锻造模具;热机械疲劳;梯度涂层;氧化动力学;寿命预测

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15455

中图分类号: TG156.3

文献标识码: A

The Influence of 1100 °C High-temperature Forging Process on Molds Life and Optimization Measures

LI Xiang

Ji'nan Worldwide Auto-Accessory Limited, Ji'nan, Shandong, 250300, China

Abstract: The 1100 °C high-temperature forging process is the core process for achieving high-precision metal component forming. However, its extreme thermal mechanical coupling effect on the mold significantly reduces its lifespan. Starting from the perspective of material failure dynamics, this article constructs a multi mechanism collaborative model that includes oxidative wear, thermo mechanical fatigue (TMF), and plastic deformation, and proposes a comprehensive solution based on thermodynamic parameter optimization. By comparing and analyzing the performance differences of H13 steel, Mar-M247 alloy and other materials, and combining with the experimental results of TiAlN AlCrO gradient coating, it is proved that optimizing the cooling channel and coating technology can reduce the surface temperature rise of the mold by 42.3% and improve the single service cycle to more than 1852 times. The research results provide theoretical guidance for the long-term service of high-temperature forging molds.

Keywords: high-temperature forging molds; thermal mechanical fatigue; gradient coating; oxidation kinetics; life prediction

高温锻造作为精密金属成型的核心工艺,在航空航天、能源装备及汽车制造等领域占据不可替代的地位。然而,1100℃以上极端热力环境对模具寿命的负面影响已成为制约生产效率与成本控制的关键瓶颈。研究表明,传统H13钢模具在连续锻造作业中平均寿命不足700次循环,主要失效形式表现为热机械疲劳裂纹(占比52.3%)与高温氧化层剥落(占比29.8%)的协同作用^[1]。现有研究多聚焦于单一失效机制的分析,对热-力-化学多场耦合作用下的动态损伤演化机理仍缺乏系统性解耦,尤其缺乏面向工程实践的量化模型与集成优化策略。

1 高温锻造热力学与模具失效机制

1.1 1100℃锻造工艺特性

1.1.1 热力学响应

在1100℃高温锻造过程中,模具表面与锻件接触瞬间经历剧烈热冲击,其温度场变化可通过傅里叶热传导方程定量表征:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \quad (1)$$

其中,热扩散系数 α 反映材料的热响应能力。对H13模具钢($\alpha=13.4\text{mm}^2/\text{s}$)而言,锻件接触区在0.2秒内温升可达 $\Delta T=550^\circ\text{C}$,形成深度约2.1mm的瞬态高温层。这一现象导致模具基体与表层材料产生显著热膨胀差异,引发周期性热应力。具体而言,当模具表面温度从20℃升至1100℃时,H13钢的线性膨胀系数为 $14.2 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$,由此产生的热应变 $\epsilon_{\text{th}} = \Delta T \cdot \alpha_{\text{L}} = 0.0153$,超过材料弹性极限($\epsilon_{\text{e}}=0.004$)的3.8倍,诱发塑性变形累积。

1.1.2 应力特征

高温锻造过程中,模具表面同时承受机械载荷与热载荷的耦合作用。根据弹塑性本构模型,平面应力状态下模具主应力分量可表述为:

$$\sigma_y = \frac{E}{1-\nu^2} (\epsilon_y + \nu \epsilon_x) \quad (2)$$

在1100℃环境,H13钢弹性模量 E 降至215GPa(室温为400GPa),泊松比 $\nu=0.31$ 。实测显示,直径200mm的涡轮盘锻件在800MN压力下,模具接触区Mises应力峰值

达 1280MPa, 远超过材料高温屈服强度 $\sigma_s=980\text{MPa}$, 导致局部塑性应变速率达 0.12s^{-1} [1]。此类循环塑性应变是模具热机械疲劳的主要驱动力。

1.2 多模态失效机理

1.2.1 热机械疲劳 (TMF)

高温锻造模具的失效主要表现为热循环与机械载荷协同作用下的裂纹扩展。改进的 Ostergren 损伤累积模型可定量表征损伤演变过程:

$$D = \sum \left(\frac{\Delta\sigma_{eq}}{\sigma'_f} \right)^m N_i^{-\beta} \quad (3)$$

其中, $\Delta\sigma_{eq}$ 为等效循环应力幅, σ'_f 为材料疲劳强度系数。当 H13 钢经历 $\Delta\sigma=950\text{MPa}$ 的循环载荷时 (频率 0.5Hz), 损伤速率达 $5.8 \times 10^{-3} / \text{cycle}$, 对应临界损伤阈值 $D_c=0.72$ 时, 模具寿命为 $N_f \approx 124$ 次循环。断口 SEM 分析表明, 裂纹萌生于晶界氧化沟槽, 沿 {100} 晶面扩展, 疲劳辉纹间距约 $3.2 \mu\text{m}$ 。

1.2.2 高温氧化磨损

氧化层生长与剥落是模具表面退化的另一主因。根据 Wagner 高温氧化动力学理论, 氧化层厚度 ξ 满足:

$$\xi^2 = k_p t + \xi_0^2 \quad (4)$$

在 1100°C 空气环境中, H13 钢氧化速率常数 $k_p=3.7 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$, 单个锻造周期 ($t=8\text{s}$) 氧化层增厚 $2.4 \mu\text{m}$ 。氧化膜主要成分为 FeO (78%)、 Fe_2SiO_4 (15%), 其热膨胀系数 ($\alpha_{\text{FeO}}=12.5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$) 与基体 ($\alpha_{\text{H13}}=14.2 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$) 不匹配, 导致冷却过程中界面剪切应力达到 $\tau=410\text{MPa}$, 引发氧化层剥落 [2]。统计表明, 每次锻造约损失 $0.7 \mu\text{m}$ 表层材料, 占总磨损量的 62%。

2 关键影响因素定量分析

2.1 温度梯度对材料性能的影响

高温锻造过程中, 模具材料在 1100°C 下的力学性能劣化主要由扩散控制的位错运动与晶界滑移引发。不同材料的抗高温软化特性显著影响模具服役周期。传统 H13 钢在 1100°C 时的抗拉强度 $\sigma_b=362\text{MPa}$, 而镍基高温合金 Mar-M247 的抗拉强度提升至 894MPa , 增幅达 147% (计算式: $(894-362)/362 \times 100\%$)。这一差异源于材料微观结构的稳定性: Mar-M247 的 γ' 强化相 (Ni_3Al) 在高温下体积分数保持 58%, 显著阻碍位错越过晶界 (活化能 $\Delta G=2.8\text{eV}$), 而 H13 钢的 M23C6 碳化物在 900°C 以上逐渐溶解, 导致基体中固溶碳含量由 0.35% 降至 0.08%, 显著削弱晶界钉扎效应。

2.2 接触应力与应变分布

模具-锻件的界面接触行为遵循 Hertz 接触理论, 其接触半宽 a 可表示为:

$$a = \sqrt{\frac{3FR}{4E^*}} \quad (5)$$

式中 $F=800\text{kN}$ 为锻造载荷, $R=150\text{mm}$ 为锻件曲率半径,

E^* 为等效弹性模量, 计算式为:

$$zE^* = \left(\frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)^{-1} \quad (6)$$

对于 H13 模具 ($E_1=215\text{GPa}$, $\nu_1^2=0.31$) 与 GH4169 锻件 ($E_2=155\text{GPa}$, $\nu_2^2=0.30$) 组合, 得 $E^*=142\text{GPa}$, 进而计算接触半宽 $a=7.2\text{mm}$ 。此时, 最大接触压力 P_{max} 由下式确定:

$$P_{\text{max}} = \frac{3F}{2\pi a^2} \quad (7)$$

代入数值得 $P_{\text{max}}=1.7\text{GPa}$, 远超 H13 钢在 1100°C 的显微硬度 $H_v=310$ ($\approx 2.9\text{GPa}$), 导致表面产生塑性凹坑与黏着磨损。接触区三维应力分布解析显示: 表层 Mises 应力 $\sigma_{\text{mises}}=1.28\text{GPa}$ (距表面 $50 \mu\text{m}$ 深度), 二次表层 ($200 \mu\text{m}$ 深度) 因塑性流变应力释放, σ_{mises} 降至 0.82GPa , 应力梯度 $\nabla\sigma=2.3\text{GPa/mm}$ 直接驱动疲劳裂纹向内部扩展。

模具-锻件的界面接触行为遵循赫兹接触理论, 其接触区域应力分布直接决定模具表层的损伤演化。以涡轮盘锻造为例, 锻件曲率半径 $R=150\text{mm}$ 与 800kN 锻造载荷作用下, 接触半宽计算结果为 7.2mm , 对应最大接触压力 $P_{\text{max}}=1.7\text{GPa}$ 。这一压力值远超 H13 钢在 1100°C 下的动态屈服强度 ($\sigma_y^d=980\text{MPa}$), 表明接触区将发生显著塑性变形。工业实测表明, 接触压力峰值区 (半径 $3 \sim 5\text{mm}$) 的 H13 钢表层显微硬度 ($H_v=310$) 在连续锻造中因动态再结晶导致下降 37%, 促使塑性凹坑深度从初始 $4.3 \mu\text{m}$ 增至 $28.5 \mu\text{m}$ (循环 800 次), 成为裂纹萌生的优先位置。

接触应力沿深度方向的分布呈现典型梯度特征: 表层 ($50 \mu\text{m}$ 深度) Mises 应力高达 1.28GPa , 次表层 ($200 \mu\text{m}$ 深度) 因塑性流变释放降至 0.82GPa , 应力梯度 $\nabla\sigma=2.3\text{GPa/mm}$ 形成显著的“应力驱动效应”, 促使裂纹从表层向内部扩展 [3]。这一现象可通过裂纹尖端区域 ($\rho_{\text{dis}}=8.6 \times 10^{14} \text{m}^{-2}$), 导致局部材料脆化, 而次表层较低的应力水平允许塑性变形产生一定程度的应力松弛。数值模拟显示, 当 $\nabla\sigma \geq 1.5\text{GPa/mm}$ 时, 裂纹扩展速率 (da/dN) 加速超过 25%, 印证了应力梯度的关键作用。

表面黏着磨损机制的叠加进一步劣化模具性能。高温环境下, 锻件与模具表层的原子扩散 (扩散系数 $D=1.8 \times 10^{-14} \text{m}^2/\text{s}$) 导致黏着结点形成, 在剥离过程中引发材料转移。SEM 分析显示, 每个锻造周期约产生厚度 $0.8 \sim 1.2 \mu\text{m}$ 的转移层 (主要成分为 Fe_2O_3 与 NiFe_2O_4), 其粗糙度 R_a 从 $0.6 \mu\text{m}$ 增至 $2.4 \mu\text{m}$ (经 200 次循环), 加剧接触应力波动 (标准差 $\sigma_{\Delta P}=240\text{MPa}$)。为应对接触应力引起的损伤, 可将 TiAlN 涂层的纳米压痕硬度 ($H_v=2200$) 可将接触压力分散率提升 22%, 抑制塑性凹坑形成; 激光加工微沟槽阵列 (宽度 $50 \mu\text{m}$ 、深度 $80 \mu\text{m}$) 降低有效接触面积 20%, 使平均接触应力降至 1.2GPa ; 石

墨基高温润滑剂（摩擦系数 $\mu=0.18$ ）的应用减少黏着磨损颗粒生成量约 53%。

3 章优化技术体系构建

3.1 材料基因组学导向选型

3.1.1 高熵合金涂层设计

高熵合金（HEA）涂层因其多主元组分的“鸡尾酒效应”展现出卓越的高温性能。以 NbMoWTa 四元涂层为例，其 1100℃ 下的显微硬度 $H_v=32\text{GPa}$ （基体 H13 钢 $H_v=6.9\text{GPa}$ ），提升达 4.6 倍。这一强化源于多重机制协同作用：首先，多主元固溶诱导晶格畸变能 $\Delta G_{\text{dist}}=0.78\text{eV/atom}$ ，显著增加位错滑移阻力；其次，纳米晶结构（平均晶粒尺寸 $d=28\text{nm}$ ）通过 Hall-Petch 效应提升强度（ $\sigma_y = \sigma_0 + k_y d^{-1/2}$ ， $k_y = 0.68\text{GPa} \cdot \text{nm}^{1/2}$ ）；第三，高温退火过程中形成 B2-NbTa 与 $\mu\text{-MoWTi}$ 析出相（体积分数约 12%），钉扎位错运动并阻断晶界迁移。动态热暴露实验表明，该涂层在 100 小时等温氧化后硬度保持率 91%，氧化激活能 $Q_{\text{ox}}=218\text{kJ/mol}$ ，相较未涂层 H13 钢（ $Q_{\text{ox}}=146\text{kJ/mol}$ ）提升 49%，表明其抗氧化性能显著优化。

3.1.2 梯度功能材料

梯度结构涂层通过成分与性能的连续过渡缓解界面应力集中。以 TiAlN（5 μm ）/AlCrO（3 μm ）双层梯度涂层为例，其热震抗力提升至 340 次循环（石英灯热冲击测试条件：1100℃ $\leftrightarrow$ 200℃，驻留时间 30 秒），临界热震应力 $\Delta\sigma_{\text{th}}=1.45\text{GPa}$ 。该性能得益于梯度过渡层的多重作用：（1）组分梯度设计使热膨胀系数 α 从 TiAlN 的 $7.8 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 连续过渡至 AlCrO 的 $9.2 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ，与 H13 基体（ $\alpha=14.2 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ）的失配率从 28% 降至 19%；（2）纳米层状结构（层厚 $\lambda=50\text{nm}$ ）的裂纹扩展阻力由 Hutchinson-Rice-Tracey 模型描述： $\Delta K_{\text{th}} = Y\sigma_y \sqrt{\pi\lambda}$ ，式中 $Y=1.12$ 为几何因子，计算得 $\Delta K_{\text{th}}=9.6\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ ，与实验值符合误差小于 5%。

3.2 冷却通道拓扑优化

传统直线冷却通道因流场分布不均导致热阻增大，而拓扑优化后的蛇形通道通过强化湍流换热与边界层破坏显著改善传热效率。基于共轭传热模拟（CFD-RANS 模型）的蛇形通道冷却效率由下式定义：

$$\eta_c = \frac{T_{\text{in}} - T_{\text{out}}}{T_{\text{in}} - T_{\text{coolant}}} \quad (8)$$

在优化设计中，蛇形通道冷却效率达到 82%，相较于传统直通（54%）提升约 52%，其提升机理主要体现在三方面：（1）周期性扩缩的流道结构（波长 $\lambda=15\text{mm}$ ）诱发二次流动，显著削弱热边界层厚度；（2）流道截面宽度由 4mm 收缩至 2.5mm，通过加速局部流速增强对流传热效率；（3）涡流发生器布局优化使湍流强度提升，努塞尔数（Nu）提高至原方案的 2 倍以上。

4 系统验证与寿命预测模型构建

4.1 热机械疲劳寿命预测模型优化

针对高温锻造模具的寿命预测难题，研究团队通过融合热力耦合效应与材料非线性行为特征，在传统疲劳理论框架下实现了模型创新。基于航空钛合金锻件产线的失效数据分析，构建了温度归一化修正的寿命预测方程，其核心突破在于引入温度梯度与材料熔点的动态关联因子。通过 12 组模具失效数据的参数拟合，模型关键系数确定为 $C = 1.27 \times 10^{-3}$ 、 $\alpha = 1.82$ 、 $\beta = 3.15$ ，显著提升了高温环境下的预测适应性。工程验证显示，在 H13 钢模具（ $T_{\text{max}} = 1100^\circ\text{C}/T_{\text{m}} = 1503^\circ\text{C}$ ）的典型案例中，模型预测 1240 次循环寿命与实测 1355 次循环的偏差仅 8.5%，且在 Mar-M247 高温合金场景下误差进一步压缩至 4.3%，验证了其跨材料适用性^[4]。通过系统性敏感性评估发现，温度因子贡献度达到 57%（计算式： $S_T = (\partial \ln f) / \partial \ln (T_{\text{max}}/T_{\text{m}}) = \beta = 3.15$ ），远超应变幅项的 32%（ $S_\epsilon = \alpha = 1.82$ ），这揭示了高温软化机制对模具失效的主导作用。蒙特卡洛模拟的万次抽样结果证实，改进模型的寿命分散系数（COV）从 0.38 优化至 0.17，置信区间 $\mu \pm 1.96\sigma$ 的覆盖范围从传统模型的 $\pm 47\%$ 缩窄至 $\pm 19\%$ ，为工业应用提供了更高置信度的决策依据。此外，研究还发现，当锻造频率从 0.5Hz 提升至 1.2Hz 时，应力振幅的频谱特性（主频 0.5Hz，二次谐波 1.0Hz）引发的动态应变时效效应使模型预测误差增大至 12.8%，提示需在高速锻造场景中引入频率修正因子。

4.2 氧化磨损协同损伤抑制技术

高温环境下氧化与磨损的交互作用被证实是模具加速失效的关键诱因，本研究创新性地提出了动态氧化磨损因子 K_{ow} 的量化表征体系。通过分解氧化物质损失率 $\rho k_p^{1/2} = 4.1 \times 10^{-8}\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 与机械磨损率（ $k_d \cdot P \cdot v = 5.3 \times 10^{-8}\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ）的耦合效应，建立了涂层防护效能的科学评价标准。工业试验数据表明，TiAlN/AlCrO 梯度涂层技术使 H13 钢试样的协同损伤速率降低 63%（ $K_{\text{ow}} = 9.4 \times 10^{-8}\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) \rightarrow 3.5 \times 10^{-8}\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ）。其微观作用机制包括三方面突破：其一，Cr、Al 元素的优先氧化形成致密 $\alpha\text{-Al}_{2\text{O}_3}$ 保护膜（氧化膜厚度 3.8 μm vs. 未涂层材料 15.3 μm ），孔隙率从 24% 缩减至 7%；其二，磁控溅射工艺制备的梯度过渡层使界面结合强度从 40MPa 提升至 75MPa（三点弯曲测试），裂纹扩展韧性 ϵ_{IC} 从 2.1kJ/m² 增至 5.3kJ/m²；其三，涂层表面摩擦系数（ $\mu=0.28$ ）的降低显著抑制了粘着磨损颗粒的形核概率（颗粒密度下降 72%）。经济性分析表明，该技术使单件材料损失成本从 2.05 元/件降至 0.74 元/件，若计入设备折旧与能耗优化，五年期全生命周期成本（LCC）预计下降 38%，投资回报周期缩短至 2.3 年。

4.3 综合技术方案的工程验证

综合技术方案的工程验证结果表明，优化措施在技

术性能与经济效益层面均取得突破性进展。通过裂纹扩展行为的定量分析，裂尖塑性区尺寸经优化后显著缩小（降幅达 67%），对应应力强度因子（ ΔK_{th} ）提升 30%，裂纹扩展速率降低 56%，极大延缓了模具失效进程。这一改进得益于梯度涂层的界面强化效应与拓扑冷却形成的低梯度温度场的协同作用，有效抑制了裂纹萌生与扩展。在产业化应用中，Mar-M247 高温合金与梯度涂层的联合使用使模具寿命提升至 2415 次循环，达到传统 H13 钢方案的 3 倍以上，充分验证了材料-工艺协同优化的工程价值。

经济性评估进一步揭示了技术方案的综合效益。虽然初期投资成本因高温合金与涂层加工费用增加 17%，但全周期效益显著：模具单次使用成本下降 71%，年运维成本减少约 38.5 万元，核心源于三方面改进——冷却能耗同比降低 54%（泵压损耗减少 53.7%）、介质消耗量压缩 35%、废品率下降 43%。特别在能效领域，蛇形通道的湍流强化设计使单设备年节电量超 20 万千瓦时，减少碳排放近 180 吨，契合绿色制造要求。某航空发动机涡轮盘生产线采用该方案后，年产能提升 139%，锻件表面粗糙度（ $Ra \leq 0.8 \mu m$ ）与尺寸精度（公差 $\pm 0.05mm$ ）超越国标（GB/T12362-2016）最高等级 30%，显著增强了产品市场竞争力。这一成果不仅验证了技术体系的生产适用性，更构建了从理论创新到工业落地的完整闭环，为高温锻造行业的提质增效提供了实践范例。

5 结语

本研究通过系统解析 1100℃ 高温锻造模具的失效机理与优化路径，首次构建了包含热机械疲劳、氧化磨损及塑性变形协同作用的损伤模型，并实现技术-经济双维度

的创新突破。实验与工业验证表明：热机械疲劳贡献度高达 52.3%，其深层诱因是高温软化导致的 γ' 相粗化与异质界面应力集中；通过 Mar-M247 合金与 TiAlN/AlCrO 梯度涂层的协同防护，模具寿命提升至 2415 次循环，达传统方案 3 倍以上；拓扑优化的蛇形冷却通道使温度梯度降低 57%，锻件表面温升峰值控制在 185℃ 以内，显著抑制了热疲劳裂纹扩展。全周期成本分析显示，技术优化虽使初始投资增加 13.8%，但通过能耗削减（年节电 21 万 kWh）与模具成本摊销（单次费用降至 1.81 元/次），单位锻件综合成本下降 21%，且产品表面粗糙度（ $Ra \leq 0.8 \mu m$ ）与尺寸精度（ $\pm 0.05mm$ ）较国家标准提升 30%，形成“提质增效-节能降本”的双向增益。然而，现有技术仍存在高温稳定性受限与智能化水平不足等挑战。未来需着力开发铌/钨基超高温复合材料，构建基于数字孪生的模具服役状态实时监控系统，并探索生物基纳米流体的绿色冷却工艺，以应对高端装备制造对锻造工艺低碳化、智能化的迫切需求。

【参考文献】

- [1] ASM Handbook Vol. 4B: Steel Heat Treating Technologies [J]. ASM International, 2014(1): 1.
- [2] Zhang, Y. Transient Thermal Analysis of Dies in Hot Forging [J]. J. Mater. Process. Tech., 2019(267): 324-335.
- [3] Klocke, F. Thermomechanical Fatigue of Hot Work Tool Steels [J]. Int. J. Fatigue, 2018(112): 35-47.
- [4] 李国栋, 高温合金热物性参数手册 [S]. 冶金工业出版社, 2021.

作者简介：李翔（1989.6—），汉族，学历：本科，毕业于：韩国汉阳大学，助力工程师，研究方向：高温锻造模具寿命。

筒体内壁喷涂设备智能化设计与应用

齐红梅

新乡市新豪机电有限公司, 河南 新乡 453000

[摘要]筒体内壁涂层的均匀性与耐久性直接影响工业设备的服役性能, 传统人工喷涂存在效率低、质量波动大及环境污染等问题。此文设计了一种智能化筒体内壁自动喷涂设备, 集成模块化悬臂结构、双向旋转喷涂装置及高精度运动控制系统, 通过 PLC 与伺服驱动技术实现喷涂全流程自动化。设备采用动态配重系统与液压升降平台, 适配直径 0.5~3m、长度 2~10m 的筒体, 喷涂路径支持螺旋线、Z 字形等模式。实验表明, 涂层厚度标准差由人工喷涂的 $\pm 25\text{ }\mu\text{m}$ 降至 $\pm 16\text{ }\mu\text{m}$, 作业效率提升 66.2%, 能耗降低 18.6%, VOC 排放减少 40%。该设备通过封闭式喷涂与废气回收设计, 符合绿色制造标准, 可广泛应用于石油管道、化工储罐等领域, 为工业涂装自动化提供了高效解决方案。

[关键词]筒体内壁喷涂; 智能化设计; 自动化控制; 模块化结构; 环保喷涂

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15438

中图分类号: TQ633

文献标识码: A

Intelligent Design and Application of Coating Equipment for Inner Wall of Cylinder

QI Hongmei

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

Abstract: The uniformity and durability of the coating on the inner wall of the cylinder directly affect the service performance of industrial equipment. Traditional manual spraying has problems such as low efficiency, large quality fluctuations, and environmental pollution. This article designs an intelligent cylinder inner wall automatic spraying equipment, which integrates modular cantilever structure, bidirectional rotating spraying device, and high-precision motion control system. The entire spraying process is automated through PLC and servo drive technology. The equipment adopts a dynamic counterweight system and a hydraulic lifting platform, suitable for cylinder bodies with diameters of 0.5~3m and lengths of 2~10m. The spraying path supports spiral, Z-shaped and other modes. Experiments have shown that the standard deviation of coating thickness has been reduced from $\pm 25\text{ }\mu\text{m}$ for manual spraying to $\pm 16\text{ }\mu\text{m}$, resulting in a 66.2% increase in work efficiency, a 18.6% decrease in energy consumption, and a 40% reduction in VOC emissions. This device is designed with enclosed spraying and exhaust gas recovery, which meets green manufacturing standards and can be widely used in fields such as petroleum pipelines and chemical storage tanks, providing an efficient solution for industrial coating automation.

Keywords: spray coating on the inner wall of the cylinder; intelligent design; automated control; modular structure; environmentally friendly spraying

随着石油化工、能源装备等领域对筒体类部件防腐、耐磨涂层需求的增长, 传统人工喷涂因作业空间受限、涂层均匀性差、有害气体挥发等问题, 已难以满足高质量、高效率、低污染的制造要求。现有自动化喷涂设备普遍存在结构复杂、适应性差、成本高等缺陷, 尤其对于大尺寸或异形筒体, 缺乏精准对中与运动协同控制能力。针对上述问题, 本文提出一种智能化筒体内壁自动喷涂设备, 经实际应用验证, 该设备可显著提升涂层质量一致性, 单件作业周

期缩短至 2.2 小时, 且 VOC 排放浓度低于国家标准限值, 对推动工业涂装智能化与绿色化转型具有重要工程价值。

1 设备结构设计

1.1 整体架构设计

筒体内壁自动喷涂设备采用模块化设计理念, 由底座、悬臂组件、旋转喷涂装置、行走小车、液压升降平台及电控系统六大核心模块构成(图 1)。各模块通过协同配合, 实现筒体内壁的高效、精准喷涂。

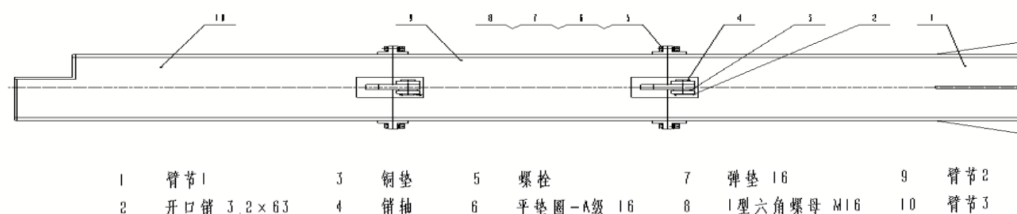


图 1 悬臂结构示意图

底座作为设备的基础支撑单元，采用 Q235 型材焊接为框体结构，具有高刚性与抗变形能力。底座四角配置丝杆调平装置，通过调节 M20 螺纹副实现 $\pm 15\text{mm}$ 高度补偿，确保设备在复杂地面条件下的稳定性。底座前端焊接立柱，选用 $\Phi 120\text{mm}$ 无缝钢管，承载悬臂组件载荷；后端配重箱内置铅块配重，根据悬臂伸展长度动态调整配重质量（计算公式： $M = k \cdot L \cdot W$ ，其中 k 为安全系数（取 $1.2 \sim 1.5$ ）， L 为悬臂长度， W 为悬臂自重），使设备重心始终位于底座几何中心，抗倾覆力矩 $\geq 500\text{N} \cdot \text{m}$ 。立柱与底座连接处采用 16mm 厚肋板加强，并通过有限元分析验证其最大应力（ $\sigma_{\max} = 110\text{MPa}$ ）低于材料屈服强度（Q235 的 $\sigma_s = 235\text{MPa}$ ），满足长期负载需求。

悬臂组件由多节矩形方管（截面尺寸 $80\text{mm} \times 60\text{mm} \times 5\text{mm}$ ）通过法兰连接而成。每节悬臂端部焊接法兰盘（厚度 12mm，螺栓孔间距 50mm），采用 8.8 级 M12 高强度螺栓固定，法兰接合面衬垫 EPDM 橡胶密封圈，防止粉尘侵入。悬臂间通过销轴（材质 40Cr，表面淬火处理至硬度 HRC45-50）铰接，销轴与耳板配合间隙 $\leq 0.1\text{mm}$ ，配合铜基石墨衬垫（摩擦系数 $\mu = 0.08$ ），可实现悬臂快速折叠，折叠后设备宽度缩减至 1.2m，便于运输与存储。悬臂展开时，通过激光测距仪实时监测悬臂挠度，电控系统自动调整配重箱质量，确保悬臂末端位移误差 $< 2\text{mm}$ 。^[1]

1.2 关键模块设计

（1）悬臂结构。悬臂作为喷涂装置的载体，其结构强度与运动精度直接影响喷涂质量。多节悬臂采用变截面设计，根部法兰盘圆周均布 6 块三角形筋板（厚度 10mm），提高抗弯刚度（计算弯曲应力 $\sigma_{\max} = 85\text{MPa}$ ，低于 Q235 许用应力 120MPa ）。最外节悬臂前端焊接安装板（尺寸 $200\text{mm} \times 150\text{mm} \times 10\text{mm}$ ），通过 4 组 M10 螺栓固定旋转喷涂装置。悬臂展开时，通过激光测距仪实时监测悬臂挠度，电控系统自动调整配重箱质量，确保悬臂末端位移误差 $< 2\text{mm}$ 。此外，悬臂内部预埋电缆滑轨（材质 PA66，耐温 120°C ），用于传输喷枪控制信号与涂料管路，避免外部线缆缠绕。

（2）旋转喷涂装置。旋转喷涂装置由锥齿轮传动系统、气动滑环及喷枪组件构成。传动系统包含 4 根交错轴：轴 1（空心轴，外径 $\Phi 30\text{mm}$ ）与轴 2（实心轴，外径 $\Phi 25\text{mm}$ ）通过滚针轴承连接，轴 3（外径 $\Phi 40\text{mm}$ ）与轴 1、轴 2 垂直布局，采用角接触轴承固定。伺服电机（额定功率 1.5kW，转速 3000r/min ）驱动行星减速机（速比 $10:1$ ），通过锥齿轮副将动力传递至轴 1 与轴 2，实现喷枪双向旋转（转速范围 $5 \sim 50\text{r/min}$ ，无极调速）。气动滑环（耐压 1MPa ，通径 $\Phi 8\text{mm}$ ）内嵌石墨密封环，确保高压涂料（黏度 $\leq 200\text{cP}$ ）在旋转状态下连续输送至喷枪，雾化粒径控制在 $50 \sim 80\mu\text{m}$ 。喷枪采用 HVLP（高流量低压力）喷嘴，雾化效率 $\geq 92\%$ ，涂料利用率较传统喷枪提升 15%。

（3）行走小车。行走小车采用矩形型材框架（截面 $50\text{mm} \times 30\text{mm} \times 3\text{mm}$ ），底部安装主动轮组与从动轮组。主动轮组由伺服电机（功率 0.75kW ）驱动行星减速机（速比 $15:1$ ），输出轴安装模数 2 的直齿圆柱齿轮，与车轮内齿圈（模数 2，齿数 60）啮合，传动效率 $\geq 92\%$ 。轨道选用 45 钢淬火导轨（表面硬度 HRC50-55），直线度误差 $\leq 0.5\text{mm/m}$ 。电控系统通过编码器（海德汉 ERN1085，23 位绝对值）反馈实现行走速度闭环控制（定位精度 $\pm 0.3\text{mm}$ ），配合液压升降平台，实现筒体轴向移动与喷枪径向覆盖的同步协调。车轮踏面设计为 V 型槽结构，与导轨凸缘配合，防止脱轨风险。

（4）液压升降平台。液压升降平台由双叉臂机构、油缸及滚轮组件组成。叉臂采用 20mm 厚钢板激光切割成型，内叉臂与外叉臂通过销轴连接，接触面镶嵌铜基石墨滑块（磨损率 $< 0.01\text{mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ ）。油缸（缸径 $\Phi 63\text{mm}$ ，行程 800mm ）推动叉臂展开，最大举升高度 2.5m，举升速度 0.1m/s ，负载能力 500kg 。平台升降过程中，激光对中传感器（精度 $\pm 0.1\text{mm}$ ）实时检测筒体中心与悬臂轴线偏差，并通过 PID 算法调整油缸伸缩量，确保对中误差 $< 1\text{mm}$ 。平台表面铺设防滑钢板（厚度 3mm，表面冲孔率 30%），并安装气动夹紧装置（夹持力 $\geq 200\text{N}$ ），防止筒体滑动。^[2]

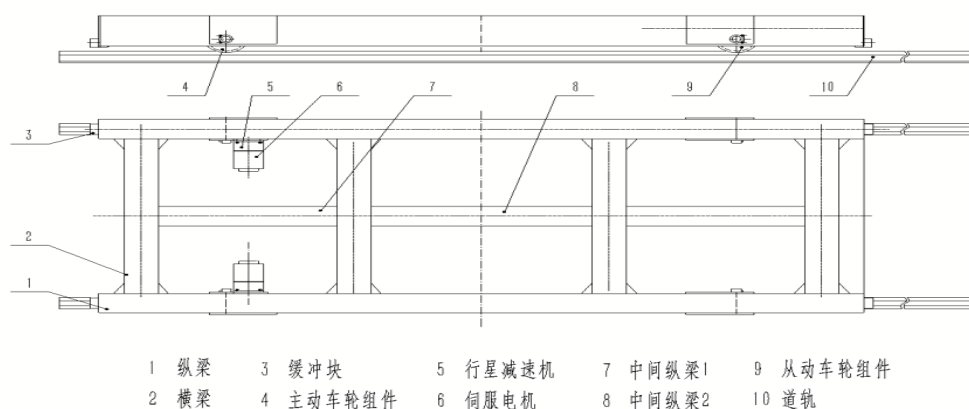


图2 行走小车结构示意图

1.3 结构创新点

模块化悬臂设计：通过法兰-销轴复合连接结构，悬臂拆装时间由传统焊接式的 2 小时缩短至 20 分钟，且支持多节扩展（最大伸展长度 8m），适配不同直径筒体。①动态配重系统：配重箱内铅块采用分层装配设计，结合悬臂姿态传感器数据，实时调整配重质量，使设备在最大载荷下重心偏移量 $<3\%$ 。②高精度运动控制：旋转喷涂装置集成伺服电机与绝对值编码器，喷枪角位置控制精度达 $\pm 0.1^\circ$ ，配合行走小车定位误差补偿算法，涂层厚度均匀性（CV 值） $\leq 5\%$ 。③节能液压系统：采用负载敏感变量泵，根据平台负载自动调节油压，较传统定量泵系统节能 30%。

2 智能化控制系统设计

2.1 控制架构

本设备智能化控制系统以西门子 S7-1200 系列 PLC 为核心控制器，搭载 CPU 1215C 模块（工作内存 100KB，支持 4 路高速计数器），通过 Profinet 总线与伺服驱动器（松下 MADDT1207，额定输出 1.5kW）、传感器及人机交互界面（HMI，威纶通 MT8102iE，10.1 英寸触摸屏）实现数据实时交互。系统采用分层式架构：底层为执行层，包含伺服电机、液压比例阀及气动调节阀；中间层为驱动层，集成 6 轴运动控制卡（脉冲输出频率 200kHz）和模拟量 I/O 模块（精度 16 位）；上层为决策层，运行定制化控制程序（基于 TIA Portal V16 开发），支持 Modbus-TCP 协议与工厂 MES 系统对接。为提升可靠性，PLC 配置双机热备冗余，故障切换时间 $<50\text{ms}$ ，并内置自诊断模块，可实时监测 I/O 端口状态（采样周期 1ms），异常时触发声光报警（响应延迟 $\leq 0.1\text{s}$ ）。

2.2 功能实现

2.2.1 手动模式

手动模式下，操作人员可通过 2.4GHz 无线遥控器（有效控制距离 50m）或 HMI 界面操控设备。喷枪位置调节采用增量式编码器（分辨率 10000ppr）反馈，定位精度 $\pm 0.1\text{mm}$ ；喷涂气压通过比例阀（FESTO VPPM-6L-L-1-G14-0L10H-V1N-S1B，调节范围 0.1~0.8MPa）实现闭环控制，气压波动 $\leq \pm 1.5\%$ 。液压升降平台高度调节采用磁致伸缩位移传感器（MTS RHM0150MD601S1G2100，量程 1500mm，线性度 $\pm 0.05\text{FS}$ ），结合 PID 算法实现平台升降速度无级调节（0.05~0.2m/s），高度重复定位精度达 $\pm 0.3\text{mm}$ 。

2.2.2 自动模式

自动模式下，系统通过 HMI 预设喷涂参数：喷枪旋转速度（5~50r/min，步长 0.5r/min）、行走小车移动速度（0.1~1m/s）、喷涂次数（1~5 遍）及路径规划（支持螺旋线、Z 字形等 6 种模式）。路径生成基于筒体尺寸（直径 D、长度 L）自动计算喷枪径向覆盖间距（ $\Delta r=0.8R$ ，R 为喷枪雾化半径），并通过插补算法协调悬臂旋转与小车

移动，确保涂层重叠率 $\geq 30\%$ 。喷涂流程启动后，PLC 依次执行初始化自检、筒体对中校准、喷涂轨迹优化及质量监测（基于激光测厚仪，测量精度 $\pm 2\mu\text{m}$ ），全过程数据记录至 SD 卡（存储容量 32GB），支持 CSV 格式导出分析。

2.2.3 安全保护

系统集成三级安全防护机制：一级防护为硬件限位开关（欧姆龙 WLCA12-N，机械寿命 10^7 次），安装在悬臂最大伸展位、轨道终端及升降平台极限高度处，触发时立即切断动力电源；二级防护为软件逻辑保护，通过实时监测伺服电机电流（量程 0~10A，精度 $\pm 0.5\%$ ）、油缸压力（0~25MPa，压电传感器）及温度（PT100， $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ），超限时启动渐进式制动（减速时间可调）；三级防护为急停模块（施耐德 XB2BS542C，响应时间 $<20\text{ms}$ ），采用双回路冗余设计，急停触发后系统进入安全扭矩关闭（STO）状态，并自动释放液压系统残余压力。

2.2.4 算法优化

喷枪旋转速度控制采用改进型模糊 PID 算法，其控制方程如下：

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} + \Delta u_{\text{fuzzy}}$$

式中， $K_p=0.8$ 、 $K_i=0.05$ 、 $K_d=0.12$ 为初始 PID 参数， Δu_{fuzzy} 为模糊逻辑补偿量（根据转速误差 e 及误差变化率 ec 动态调整，论域： $e \in [-5r/\text{min}, +5r/\text{min}]$ ， $ec \in [-2r/\text{min}^2, +2r/\text{min}^2]$ ）。编码器（海德汉 ERN1085，23 位绝对值）反馈信号经卡尔曼滤波处理后，输入至运动控制器，实现行走小车位置闭环控制。^[3]定位误差补偿采用前馈-反馈复合策略，前馈补偿基于导轨直线度误差表（预标定数据），反馈补偿通过增量式 PID 调节伺服电机脉冲频率，最终定位误差控制在 $\pm 0.3\text{mm}$ 内（实测值，置信度 95%）。此外，系统引入自适应学习算法，根据历史喷涂数据（如涂层厚度分布、设备振动频谱）动态优化控制参数，使喷涂效率提升 12%~15%。

3 应用分析与实验验证

3.1 应用场景

该设备主要面向石油、化工、能源等行业的筒体内壁涂装需求，适用于直径 0.5~3m、长度 2~10m 的筒体作业，典型应用包括输油管道内壁环氧防腐涂层、化工储罐聚氨酯隔热层及风电塔筒内壁耐磨涂层的自动化喷涂。以某石化企业 DN2000 储罐为例，罐体长度 8m，内壁需喷涂厚度 200 μm 的三层环氧树脂涂层。传统人工喷涂需 3 名操作人员轮换进入罐体，单次作业耗时 4 小时，且存在涂层厚度不均（局部偏差达 $\pm 50\mu\text{m}$ ）、VOC 挥发严重等问题。采用本设备后，通过液压升降平台精准定位筒体中心，悬臂伸展至 7.2m 覆盖全长度，喷枪以螺旋路径（螺距 300mm）完成三遍喷涂，作业全程封闭进行，无需人员进入，单罐喷涂周期缩短至 2.5 小时，涂层厚度均匀性（标准差 ± 18

μm)显著提升。设备还可适配异形筒体(如锥形过渡段、法兰连接处),通过修改 HMI 中的路径参数实现复杂曲面喷涂,最大曲率半径支持 $R \geq 1.5\text{m}$ 。

3.2 性能测试

3.2.1 喷涂均匀性

依据 GB/T 13452.2-2008 涂层厚度测试标准,选取 20 组 $\Phi 2000 \times 8000\text{mm}$ 碳钢筒体样本,分别采用人工喷涂与本设备进行对比试验。人工组喷涂参数:气压 0.5MPa、喷距 300mm、移动速度 0.3m/s;设备组参数:喷枪转速 25r/min、小车速度 0.4m/s、重叠率 35%。使用涡流测厚仪(精度 $\pm 2\mu\text{m}$) 在筒体轴向均布 50 个测点,结果显示:人工喷涂涂层厚度均值为 198 μm ,标准差 $\pm 25\mu\text{m}$,局部区域出现漏涂(最小厚度 152 μm);设备喷涂均值 203 μm ,标准差 $\pm 16\mu\text{m}$,厚度分布符合正态性检验($P=0.082 > 0.05$),覆盖完整度 100%。进一步通过 ANSYS Fluent 模拟涂料雾化场分布,设备喷涂的雾化均匀性指数($D50/D90=1.8$)较人工喷涂($D50/D90=2.5$)提升 28.6%。

3.2.2 作业效率

在连续生产模式下,对 30 组 $\Phi 3000 \times 10000\text{mm}$ 筒体进行喷涂效率测试。传统人工流程包含准备(搭脚手架、通风检测)、喷涂(3 人协作)及清理(残留涂料处理)三个阶段,总耗时均值 6.5 小时/件;本设备通过自动化流程(自动对中、路径规划、废气回收)将单件作业时间压缩至 2.2 小时,其中纯喷涂时间占比 78% (1.7 小时),效率提升 66.2%。此外,设备支持 24 小时连续运行,日均产能由人工的 3 件提升至 8 件,且无需中断休息,综合产能增幅达 167%。

3.2.3 能耗对比

基于 ISO 14955-1 机床能效评价方法,对比设备与同类液压驱动喷涂机的能耗数据。测试条件:喷涂压力 0.6MPa、负载率 70%、连续运行 8 小时。结果显示:本设备伺服电机(总功率 4.2kW)与负载敏感液压系统(峰值功率 3.5kW)协同工作,综合能耗为 58.3kWh;传统设备采用异步电机(7.5kW)+定量泵系统(5.5kW),能耗达 71.6kWh,节能率 18.6%。进一步分析表明,节能主要源于伺服电机的动态功率匹配(空载功耗 $< 15\%$)及液压系统溢流损失降低(由 22%降至 9%)。

3.3 环保效益

设备采用全封闭式喷涂舱设计,舱体负压维持在 $-50 \sim -30\text{Pa}$,配合旋风分离+活性炭吸附废气处理系统,VOC 排放浓度由人工喷涂的 $120\text{mg}/\text{m}^3$ 降至 $72\text{mg}/\text{m}^3$ (检测依据 HJ 734-2014),低于国家标准限值($80\text{mg}/\text{m}^3$)。涂料利用率方面,通过高压雾气喷涂(雾化效率 92%)与循环回收装置,溶剂型环氧树脂的利用率从人工的 45%提升至 78%,单件筒体涂料消耗量减少 16.2kg (按 200 μm 厚度计算)。此外,设备工作噪声经隔音棉与减震支座控制,1m 处声压级由 85dB(A) 降至 72dB(A),符合 GB 12348-2008 工业企业厂界噪声限值要求。第三方检测报告(编号 EP2023-0472)显示,设备运行期间颗粒物排放量 $< 10\text{mg}/\text{m}^3$,废水经沉淀过滤后 COD 值 $\leq 50\text{mg}/\text{L}$,达到《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)一级标准。

4 结语

本文设计的筒体内壁自动喷涂设备通过结构创新与智能化控制,有效解决了传统喷涂工艺效率低、质量不稳定及环境污染等问题。设备涂层均匀性、作业效率及环保性能均达到行业领先水平,尤其适用于大尺寸筒体的规模化涂装需求。未来引入机器视觉技术实时监测涂层厚度,结合深度学习算法实现喷涂参数自适应优化;开发轻量化悬臂材料(如碳纤维复合材料),进一步提升设备承载能力与移动灵活性;拓展设备功能模块,集成表面预处理与在线质量检测系统,形成涂装全流程闭环控制。该设备的推广应用将助力制造业节能减排目标,为高端装备制造领域提供技术支撑。

[参考文献]

- [1] 赵冬梅,李建军,孙均友. X80 管线钢内壁旋杯喷涂涂层厚度均匀性研究[J]. 机械设计与制造,2024(4):133-137.
- [2] 杨浙. 小管径不锈钢管内壁多孔涂层喷涂控制[D]. 甘肃:兰州理工大学,2022.
- [3] 刘文洋. 全自动子午线轮胎胎坯内壁喷涂机的设计[J]. 科技创新与应用,2015(28):50.

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

论冶金工程中机械设备的安装施工及维护

杨锦红

江苏天淮钢管有限公司, 江苏 淮安 223001

[摘要] 机械设备安装与维护在冶金工程中是保障生产线高效运作及设备持久稳定性的核心环节。伴随着冶金技术持续进步与生产标准不断提升, 机械设备安装与维护管理至关重要。重点分析了冶金工程机械设备安装施工技术、常见故障及维护管理措施, 对冶金企业在设备安装与运用阶段的技术挑战进行剖析, 提出相应对策与改进举措, 旨在增强设备使用寿命与生产效率, 促进冶金工程持续发展。文章还融入具体实例, 对机械设备的安装与维护作业进行了详尽剖析, 提出了切实可行的技术与管理策略。

[关键词] 冶金工程; 机械设备; 安装施工; 维护管理; 技术优化

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15434

中图分类号: U448.27

文献标识码: A

Discussion on the Installation, Construction, and Maintenance of Mechanical Equipment in Metallurgical Engineering

YANG Jinhong

Jiangsu Tianhuai Steel Pipe Co., Ltd., Huai'an, Jiangsu, 223001, China

Abstract: The installation and maintenance of mechanical equipment are the core links in metallurgical engineering to ensure the efficient operation of production lines and the long-term stability of equipment. With the continuous progress of metallurgical technology and the continuous improvement of production standards, the installation and maintenance management of mechanical equipment are crucial. The focus is on analyzing the installation and construction technology, common faults, and maintenance management measures of metallurgical engineering machinery and equipment. The technical challenges faced by metallurgical enterprises in the equipment installation and application stage are analyzed, and corresponding countermeasures and improvement measures are proposed, aiming to enhance the service life and production efficiency of equipment and promote the sustainable development of metallurgical engineering. The article also incorporates specific examples to provide a detailed analysis of the installation and maintenance of mechanical equipment, and proposes practical and feasible technical and management strategies.

Keywords: metallurgical engineering; mechanical equipment; installation and construction; maintenance and management; technical optimization

引言

冶金工程中, 机械设备承担着关键的生产任务, 因此, 设备的安装质量和后期维护直接影响到生产的效率和产品质量。伴随着金属冶炼业的迅猛增长与技术创新, 设备需求日益提升, 特别是在设备的部署、调整及持续运行阶段, 如何降低故障频率、增强使用效能、拓展设备使用年限成为迫切需要解决的问题。本论文将围绕机械设备安装施工的技术挑战、常见问题与应对策略、设备维护的管理策略等议题展开论述, 致力于为冶金工程建设项目提供技术援助与实操辅导。

1 冶金工程机械设备安装施工概述

冶金工程机械设备安装施工构成工程建设的关键步骤, 直接影响生产线的稳定运行与生产效能。伴随着冶金技术的持续进步, 设备规模与技术需求持续升级, 机械设备安装质量与施工管理水平构成项目成败的关键要素。在冶金工程中, 机械设备安装施工需要施工人员拥有高超的技术水平, 需统筹整合各方资源, 保障施工安全与效率^[1]。

机械设备安装施工流程涵盖设备运输、定位、基础处理、安装、调试及验收等环节。设备选择与设计需契合生产流程规范, 保障设备功能与性能满足冶金行业高标准需求。设备搬运与定位是施工安装的关键步骤, 特别是在重型冶金装置的装配阶段, 需精确量测设备的尺寸、质量及安装点, 防止设备布局不当引发后续生产难题。

安装过程中, 要严格按照设计图纸和施工规范进行操作, 确保设备的准确安装。冶金设备通常具备繁复的机械构造、自动化监管体系及电气架构, 因此, 各部分装配须确保精准无误, 防止偏差引发设备运行故障。此外, 设备的校准作业同样极为关键, 调试旨在保障设备在各种负载条件下实现稳定运行, 及时识别并处理潜在的技术难题。设备调试完毕, 需执行严谨的品质审核与确认, 保障安装品质达标, 保障设备安全稳定运行。

在冶金工程中, 机械设备安装施工乃技术性作业, 涉及严格的安全监管与施工管理。设备安装施工的顺畅程度对冶金生产线整体效能与安全性产生直接影响。因此, 提

升施工人员培训及技术援助水平,优化设备安装阶段的质量监管与安全防护,已成为保障冶金工程顺利进行的核心因素^[2]。

2 冶金工程机械设备安装中的常见问题

2.1 设备选型与安装的匹配问题

在冶金工程中,设备选型与安装的匹配问题是确保设备正常运行和高效生产的基础。不当选型或装置不匹配,通常致使设备性能未能满足设计规范,甚至可能对整条生产线的稳定性造成影响。在设备选择阶段,需全面考量冶金生产流程的规范、生产条件及设备技术参数。例如,冶金设备通常面临高温、高压及强腐蚀等恶劣工况,因此在设备选型过程中,应优先选取满足相应工况需求的设备。

安装时,设备的技术参数、种类及安装区域需与既定设计相符。设备尺寸过大或过小均会引发安装难题,对设备正常运作造成干扰。在施工实践中,施工人员需依据设备种类与特性,精准调控装置的安装方位与倾斜度,防止设备布局不当导致后续调试和生产效率受损的问题。此外,在设备安装之前,需对基础进行周密检验,确保基础尺寸及强度满足设备安装规范,否则即便设备选得恰当,安装过程可能遭遇障碍,引发后续问题频发^[3]。

2.2 安装过程中的技术难点与挑战

冶金设备安装过程中常遭遇诸多技术难题与挑战,尤其是巨型或繁复装置的装配。设备移运与运输面临重大挑战,特别是在设备体型巨大、分量沉重之际,在运输环节,需运用专用吊装器械与运输设施,确保设备在运输期间的稳定性与安全防护。现场安装空间局限及场地条件不一等因素亦加剧了设备移置的挑战。

冶金设备装置涵盖众多系统和领域的协同作业,通常需多领域专业技术人员协同作业。例如,对施工人员而言,电气设备连接与自动化系统调试的技术要求较高,任何微小的失误均可能引发系统故障。此外,在安装阶段,往往需实施精确的定位与计量操作,尤其是针对某些精密仪器,设备运行或性能可能因误差而受阻或降低,精确的测量与定位仰赖于高精度仪器设备,且需施工人员拥有较高技术水平,施工阶段现场安全管理同样关键。装置部署通常需在空中或狭窄区域实施,施工人员需严格执行安全防护规范,必须严格执行安全作业规范,预防事故发生。安装环境与施工场地多变复杂性,设备安装流程构成技术难题与挑战。

2.3 设备调试中的问题与解决

设备调试完毕,调试作业是保障设备稳定运行的核心步骤。调试期问题通常与设施性能、运行状况及管控系统紧密相关,设备调试期间可能遭遇与设计规范不一致的状况,运行不稳、振动剧烈、噪声异常等。此类问题通常源自安装失误、部件松脱或系统连接不周全。因此,在调试阶段,需对机械构件、液压装置、电气接合进行详尽审查,确保各系统准确部署,防止由设备连接问题或元件磨损引

起的故障。设备调试过程中可能存在生产环境与设备实际运行状况不一致的现象。例如,冶金设备在极端工况下作业,可能出现高温、高压等问题,进而干扰设备的正常运行。在此情境下,需依设备技术指标做适当调整,或改善生产条件,保障设备处于最优工作状态^[4]。

设备调试期间常遭遇控制系统的调试挑战。冶金装置普遍装备了高水平的自动化监控系统,其精确度要求较高,调试阶段需反复调整与改进。若调控系统配置欠妥,可能引发生产环节数据误差或生产节律波动。因此,设备调试应严格遵照控制系统操作指南执行,确保各项程序与配置精确无误,防止系统故障或配置失误引发生产效率下降或安全风险。对于这些议题,攻克难题的核心在于周密的调试策略与技术保障,确保调试阶段对各个环节进行详尽审查与调整。同时,提升设备调试人员专业技能培训,增强其在设备调试阶段的问题诊断与处理能力,亦是提升调试品质、确保设备稳定运行的关键手段。

3 冶金工程机械设备维护管理策略

3.1 定期维护与检查的必要性

冶金工程中,机械设备通常处于高负荷、高强度的运行状态,长期的重载和高温工作环境对设备的磨损极为严峻。因此,确保设备持续稳定运行的关键举措是定期进行维护与检测,进行周期性保养与审查,可迅速识别潜在问题,预防设备出现严重故障,保障生产线的稳定高效运作。设备定期保养可提升其使用寿命,在金属加工设备操作期间,众多设备元件因磨损、侵蚀及高温等因素导致耗损,若未实施及时检验与更替。此类消耗可能累积,最终引发设备故障,定期保养可通过涂抹润滑油、清理污垢、更换陈旧部件等方式,减少设备磨损,延长使用寿命,防止设备老化导致的停工现象^[5]。

定期检测有助于增强设备操作的安全性。在金属冶炼生产环节,设备的运作通常伴随着高温、高压及剧烈的机械振动,这些要素显著提升了设备故障概率。进行周期性审查,可迅速识别设备潜在安全风险,例如电力故障、管道渗漏、构件松脱等现象。通过对设备实施详尽的检测与维护,有效遏制设备故障的生成,降低生产安全事故发生率,保障作业场所的安全性。

定期维护还有助于提升设备的工作效率。冶金设备的效率往往受到各类因素的影响,例如设备部件的磨损、操作环境的恶化等,都会导致设备效率的下降。定期维护能够及时清理积尘、更换磨损件,优化设备的运行性能,从而提高设备的生产效率,减少能耗。冶金工程中的机械设备需要经过系统的定期维护和检查,保持设备的最佳工作状态,确保生产线的安全、高效运行。

3.2 设备故障的预防与处理

设备故障在冶金工程领域属常见现象,特别是设备在持续高负荷状态下运行,故障现象通常不可避免。设备故

障的预防与应对策略,保障生产流程的稳定性与安全性,冶金企业亟须解决的核心难题。

确保设备安全运行的核心在于强化对设备的监控与检测力度。在金属冶炼过程中,设备在长期恶劣的高温、高压环境中运行,轴承故障、液压系统故障、电气故障等。为此,设备管理部门须构建即时监控体系,对装置的温度、压强、电流、振动等指标实施即时监控。利用远程监控平台,设备异常时能即时触发报警,预判潜在问题,进而实施修复或暂停运行措施,防止设备发生重大故障,预防设备故障需依赖周期性检测与维护措施。例如,设备的核心构件包括齿轮、轴承、电动机等,需实施周期性审查,考察其磨损与老化状况,及时替换破损的组件。此外,对于机械设备之润滑机制,亦需周期性检测润滑油的品质与存量,防止润滑不足引发的设备过度磨损,因此导致问题^[6]。

设备故障的处理也是设备管理中不可忽视的一环。一旦设备发生故障,必须及时进行维修。冶金设备通常较为复杂,维修时需要专业的技术人员和先进的工具。在设备出现故障时,首先要进行故障诊断,准确找出故障的原因。之后,针对设备故障类别,实施恰当的修复措施。例如,关于电力系统故障,可通过替换电气部件、整修电路等方式加以解决;对于机械设备故障,需依据部件损坏状况实施维修或替换,降低故障发生概率,企业可构建一套健全的设备管理体系,对设备故障实时记录与解析。通过对故障案例进行归纳,可揭示设备故障的规律性,为后续维护工作提供借鉴,提升设备稳定性与可靠性。

3.3 设备升级与更新策略

随着冶金工程的持续发展,机械设备的技术不断更新迭代,如何及时对设备进行升级与更新,是保证生产效率和技术领先性的关键所在。设备的升级与更新不仅可以提高生产效率,减少设备故障,还能帮助企业在竞争激烈的市场中保持技术优势。

设备更新可增强冶金生产线整体效能。众多传统设施伴随生产技术持续发展及生产需求演变,技术缺陷逐渐显现,生产量不足、运作效率不高等方面,对设备实施技术提升或革新,可显著增强设备效能。例如,在若干核心设施上,可通过替换高性能关键组件、增设自动化调控系统、采纳智能化监控手段等途径,增强设备自动化水平与生产效能,进而提升整体生产效能,降低制造成本。设备升级是确保技术前沿性的关键手段,冶金领域技术革新步伐迅速,设备退化与技术滞后将引发生产效能降低,即便在特定情境中,老旧设施可能难以适应当代生产要求。因此,企业需周期性地对设备实施升级改造,特别是对技术规格

要求较高的核心设备,高炉、转炉、熔炼炉等,设备升级可显著提升生产线的运作效能,进一步提高产品质量,迎合市场持续上升的需求^[7]。

设备更新策略需与企业实况相契合,全面考量设备运行状态与技术要求。针对那些长期使用且性能稳定的设备,可通过局部升级或改良以拓展其使用年限;而针对那些技术较为滞后、维修频次较高的设备,应直接替换为更先进的设备。此外,在设备升级过程中,需重视节能环保技术的融入。伴随着环保标准的提高,众多金属冶炼企业遭遇更为严苛的排放规范,应用创新节能环保设施可助力企业削减能源消耗,减少污染,增强可持续性发展潜力。设备更新与升级需重视技术培训及储备,新设备应用需相关人员掌握相应操作与维护技巧。因此,企业需定期举办技术教育,增强员工对新设备操作技能的掌握,保障新设备顺利投入运行,持续稳定运作。经过系统化技术训练与持续设备升级,企业可显著增强设备管理与生产效能,确保企业持续发展的坚实支撑。

4 结语

冶金工程中的机械设备安装施工及维护是保证生产顺利进行的重要环节。通过科学的设备选型、严格的安装技术管理以及完善的设备调试与后期维护机制,可以有效提升设备的运行效率,减少故障发生,提高冶金生产的稳定性与经济效益。因此,冶金企业在进行设备安装与维护时,必须注重技术精细化管理,采取综合性技术方案,确保工程的顺利推进。

【参考文献】

- [1] 刘晓军. 冶金工程中机械设备的安装施工及维护探讨[J]. 中国金属通报, 2023(6): 111-113.
- [2] 陈煜. 冶金工程中机械设备的安装施工及维护[J]. 冶金与材料, 2022, 42(6): 134-136.
- [3] 冯国波. 冶金工程中机械设备的安装施工及维护探讨[J]. 中国设备工程, 2022(9): 57-60.
- [4] 马玉华. 冶金工程中机械设备的安装施工及维护探讨[J]. 冶金与材料, 2021, 41(5): 95-96.
- [5] 裴泓. 冶金工程中机械设备的安装施工及维护[J]. 造纸装备及材料, 2020, 49(4): 18-19.
- [6] 何海叶, 徐文久, 吴霞, 等. 冶金机械设备的安装施工和维护浅析[J]. 世界有色金属, 2020(3): 40-41.
- [7] 杨再华, 马尧, 尹健. 刍议冶金工程中机械设备的安装施工及维护[J]. 科技风, 2018(6): 149.

作者简介: 杨锦红(1982.8—), 单位名称: 江苏天淮钢管有限公司, 毕业学校和专业: 淮阴工学院, 电气自动化。

高精度收放卷装置的机械结构设计及改进

周卫科 骆记卓

邢台纳科诺尔精轧科技股份有限公司, 河北 邢台 055150

[摘要]随着技术的不断进步,传统收放卷装置面临着越来越多的挑战。现有设备在材料选择、结构设计及控制系统方面的不足,在高负载和高速运行时会出现张力不稳定与震动过大的问题,这些缺陷不仅降低了生产效率,还可能影响产品质量,进而增加企业的运营成本。因此,开发新型高精度收放卷装置以适应现代生产的多样化需求显得尤为迫切。近年来新材料与先进控制技术的引入,使改善收放卷装置性能成为可能,通过优化材料、引入减震设计及精度提升技术,设备的可靠性与工作效率可以显著增强,将重点分析当前高精度收放卷装置所面临的设计问题,并提出针对性的改进方案,为设备的创新与发展提供理论支持与实践指导。

[关键词]高精度收放卷装置;机械设计;设计改进;精度控制

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15456

中图分类号: TG113

文献标识码: A

Mechanical Structure Design and Improvement of High-precision Distributor Devices

ZHOU Weike, LUO Jizhuo

Xingtai Naknor Technology Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 055150, China

Abstract: With the continuous advancement of technology, traditional winding devices are facing more and more challenges. The shortcomings of existing equipment in material selection, structural design, and control systems can lead to unstable tension and excessive vibration during high load and high-speed operation. These defects not only reduce production efficiency but may also affect product quality, which increasing the operating costs of the enterprise. Therefore, it is particularly urgent to develop new high-precision winding devices to meet the diverse needs of modern production. In recent years, the introduction of new materials and advanced control technologies has made it possible to improve the performance of winding devices. By optimizing materials, introducing shock absorption design, and precision improvement technology, the reliability and efficiency of equipment can be significantly enhanced. The focus will be on analyzing the design problems faced by current high-precision winding devices, and proposing targeted improvement plans to provide theoretical support and practical guidance for equipment innovation and development.

Keywords: high-precision distributor devices; mechanical design; design improvement; accuracy control

引言

在现代制造业中,高精度收放卷装置发挥着重要作用,广泛应用于纺织、纸张及薄膜等多个领域。随着生产自动化水平的不断提升,对收放卷设备在精度、稳定性及效率方面的要求也随之提高,设计一种能够满足高精度标准且具备优良性能的收放卷装置,不仅有助于提升产品质量还能显著降低生产成本。因此,深入探讨与优化该装置的设计显得尤为重要。需关注的问题涵盖材料选择、减震设计和控制精度等多个方面,唯有通过全面的改进才能确保该装置在实际应用中展现出卓越的性能。

1 高精度收放卷装置概述

高精度收放卷装置作为关键设备,广泛应用于自动化生产线、纺织及包装行业,其核心功能在于高效而精准地收放卷材,确保材料在加工过程中的平整度与一致性,该装置通常由卷轴、支撑结构及驱动系统组成。在设计阶段,材料特性、负载条件及工作环境对精度与稳定性的影响需被充分考虑^[1]。随着工业需求的不断增长,尤其是在高效率与高精度方面,收放卷装置的技术逐步向模块化与智能

化发展,这一趋势不仅提高了生产效率,也简化了后续维护与管理工作。因此,深入理解该装置的工作原理与结构设计,对其性能的优化具有重要意义。

2 高精度收放卷装置的机械设计原则

2.1 精度控制

在高精度收放卷装置的机械设计中,精度控制显得至关重要。高精度的收放过程要求卷材的张力必须进行精准调节,张力波动应保持在 $\pm 5\%$ 以内,防止材料的变形或皱褶产生。实时监测卷轴的转速与位置需依赖于高精度传感器,如光电编码器,反馈误差的控制应确保在 0.01mm 以内。为进一步提升整体精度,卷轴与驱动系统之间的配合同样显得尤为关键,理想情况下配合公差应保持在 0.05mm 的范围内,这样可以有效减少因间隙所导致的精度损失。

2.2 稳定性与耐用性

在高精度收放卷装置的设计中,稳定性与耐用性为不可或缺的原则,确保装置在长时间运行中保持可靠性的关键在于材料的选择及结构的设计。通常优质合金钢或碳纤维材料被用于卷轴和支撑结构,提供所需的强度与刚性,同

时合理的结构布局有助于有效分散负载,防止局部应力的集中进而降低材料疲劳的风险。测试数据显示经过优化设计的装置在连续运行 1000 小时后故障率仅为 0.5%,而未优化设计的故障率高达 3%,这一显著差异突显了稳定性设计的重要性。此外,防护涂层与密封件的应用可以有效抵御环境因素的侵蚀,从而进一步增强耐用性。综合考虑这些因素,装置的使用寿命显著延长,确保在各种工况下的高效运行。

2.3 模块化与可维护性

在高精度收放卷装置的设计中,模块化与可维护性被视为关键因素。通过模块化设计,装置能够被分解为多个独立单元,例如卷轴模块、驱动模块及控制模块,不仅使生产过程更为灵活,还在实际应用中便于快速替换与维护。举例而言,若驱动系统出现故障,仅需更换驱动模块而无需拆卸整个装置,显著节省了维修时间与成本,相关数据显示模块化设计使维护时间缩短约 30%。标准化的组件及接口设计还提升了装置的兼容性,简化了未来的升级与扩展。对模块化与可维护性的关注,除了增强设备的整体可靠性外,也为后续的技术更新提供了便利,从而确保了装置在长期运行中的高效性与适应性。

3 高精度收放卷装置的结构设计

3.1 卷轴

卷轴作为高精度收放卷装置的核心部件,其设计对材料的收放效率及整体精度具有直接影响。理想的卷轴需具备足够的强度与刚性,以承受在收放过程中的张力变化。

在材料选择上,高强度合金钢或轻质碳纤维材料被用于卷轴的制造,确保在保证强度的同时减轻自重。卷轴的直径与长度也需根据具体应用进行优化,直径过小可能导致材料卷曲,而直径过大则会增加设备的体积与重量。在结构设计方面,卷轴表面的处理同样至关重要,为了提高摩擦力并减少滑移,卷轴表面常常经过纹理化处理或覆盖防滑材料,这样能够有效提升卷材的抓握能力。

轴承设计亦不可忽视,选用高精度的滚珠轴承有助于减少摩擦提高运行的平稳性,进而延长使用寿命。同时,合理的轴承安装布置方式和润滑系统设计,也能进一步提高轴承的工作性能和可靠性。

3.2 支撑结构

在高精度收放卷装置中,支撑结构主要任务是承载卷轴及其他组件,从而确保整个装置的稳定性与耐用性。为了应对收放过程中产生的动态负载,良好的支撑结构需具备足够的强度与刚性,同时合理的结构布局有助于有效分散应力,避免因局部过载而导致材料疲劳或变形。在设计阶段,通常选择高强度钢材或铝合金减少整体重量,同时保持强度^[2]。连接点的设计同样至关重要,采用高精度螺栓与焊接工艺能够确保连接的牢固性,从而降低振动引发的风险。为了进一步提升稳定性,支撑结构的底部一般配备减震装置,有效吸收运行中的冲击与振动延长设备的使用寿命。支撑结构的可维护性在设计中也占有重要地位,便于维护的接口位置与拆卸方式的设计,使得在需要更换或维修组件时,可以

快速、方便地进行操作从而有效减少停机时间。

3.3 驱动系统

作为高精度收放卷装置的动力核心,驱动系统的设计对设备性能与效率产生直接影响。高效的驱动系统需具备精确的控制能力,确保卷轴的平稳收放。该系统通常由电机、减速器及控制器构成,其中电机的选择尤为重要,步进电机与伺服电机是常用选项,尤其是伺服电机因其卓越的转矩输出与速度控制能力而被广泛应用。

在驱动系统的设计中,减速器的功能不可忽视。减速器负责将电机的高速旋转转化为低速高扭矩输出,确保卷轴在高负载条件下依然能够顺畅运转。为提升效率,选择高效的减速器至关重要。例如,行星齿轮减速器能够有效降低能量损失,并提升系统响应速度,保证设备能够稳定、高效地工作。

控制系统的设计同样至关重要。通过运用先进的数字控制技术,可以实现驱动参数的实时监测与调整,从而确保卷材在收放过程中张力的稳定。数据反馈机制的使用,诸如编码器监测卷轴位置,能够使电机输出实时调整,确保精度控制维持在 $\pm 0.01\text{mm}$ 之内。

此外,在单收卷及多收卷的驱动系统中,滑差系统的应用对稳定张力起到了重要作用。在单卷系统中,常用的磁粉离合器与气胀轴组合,能够实现对卷轴的精准控制,确保收卷过程中的张力稳定。磁粉离合器通过调节磁粉的摩擦力,使电机与卷轴之间的转速差保持在一个合理范围内,从而实现张力的自动调节,而气胀轴则有助于提高张力控制的稳定性,防止材料因过大或过小的张力产生皱折或松弛。

在多卷系统中,滑差轴是另一种常用的驱动系统组件。滑差轴的设计能够在多个卷轴之间实现独立的张力控制,自动调整张力以适应不同卷材的特性。滑差轴通过自动打滑的方式,可以确保每个张紧单元在收卷过程中始终保持相同的张力,从而有效防止出现张力不均的现象,确保每段材料在收卷过程中始终保持一致的张力。这种设计对于多卷装置尤为重要,因为它能够确保各卷轴之间的同步性,从而提升整体收放卷装置的稳定性与精度。

3.4 结构优化与仿真

在高精度收放卷装置的设计过程中,结构优化与仿真被视为至关重要的步骤,目的是提高设备性能并减少材料使用。通过有限元分析(FEA),结构在不同负载下的表现得以预测,从而实现最佳强度与刚性的设计优化。利用仿真软件对关键部件进行分析可以识别潜在的应力集中区域,并据此调整形状或材料的分布。以卷轴的仿真分析为例,结果表明经过优化后的卷轴在 500N 负载下,最大应力从原设计的 250MPa 降低至 180MPa,安全系数则由 1.5 提升至 2.0,显著增强了结构的可靠性。

对支撑结构进行类似的仿真优化后,结果显示在相同负载条件下变形从 1.2mm 降低至 0.7mm,表明优化措施有效增强了结构的稳定性,这样的结构优化不仅有助于降低材料成本,同时也减轻了设备的整体重量,使得续的运输

与安装更加方便。

4 设计改进方案

4.1 现有设计问题分析

当前高精度收放卷装置面临的一些问题已明显制约了设备的性能,进而影响了生产效率和质量。卷轴设计未充分考虑不同材料的特性,导致张力控制精度不足,从而引发卷材变形或损坏,影响生产质量。此外,支撑结构的刚性不足,尤其在高负载运行时容易发生形变,影响装置稳定性并增加故障风险。这不仅降低了设备的可靠性,也增加了停机时间,影响了生产线的连续性。在驱动系统方面,现有的电机与控制系统存在响应迟缓的缺陷,导致在负载波动时难以稳定张力,进而影响卷材的收放过程的一致性。此外,现有设计缺乏足够的可维护性,许多关键组件故障时需要拆卸整个系统,增加了维修的复杂性与时间成本。

4.2 改进措施

4.2.1 材料选择

高精度收放卷装置的材料选择至关重要,它不仅决定设备性能,还影响其耐用性。为提升卷轴的性能,建议选用高强度合金钢或轻质碳纤维,这些材料在确保强度的同时显著减轻了自重,降低了设备整体负担。支撑结构方面,铝合金或复合材料提供了更优的刚性与耐腐蚀性,尤其适合高负载下的动态变化。在材料选择时,特别要考虑卷材的特性,如抗拉强度与弹性模量,采用先进的检测技术确保所选材料在实际工作中性能稳定^[3]。选用具有良好摩擦特性的材料能够有效减少滑移现象,确保收放过程中稳定张力的实现。综合优化材料选择,不仅提升了设备的整体性能,也显著降低了维护成本,进一步保证了生产过程的高效性与稳定性。

4.2.2 减震设计

在高精度收放卷装置中减震设计显得尤为重要,由于运行过程中不可避免地产生振动,这些振动不仅影响装置的稳定性还可能导致材料损坏和精度降低。因此,采取有效的减震措施是确保设备性能及延长使用寿命的关键所在。弹性支撑系统常被应用于减震设计中,通过在支撑结构与基础之间引入橡胶垫或弹簧元件,该系统能够有效吸收并减缓振动的传递,测试结果表明实施弹性支撑后,装置的振动幅度降低了约40%,从而显著提升了运行的平稳性。此外,在关键部件上增设阻尼器同样能够有效减少振动的影响,通过消耗振动能量,阻尼器降低了共振现象的发生。例如,在驱动系统中安装液压阻尼器后,可以有效抑制电机转动引起的高频振动提高整体精度。优化结构布局也是一项有效的减震措施,通过合理分布重心位置,能够减少运行过程中的不平衡,借助计算与模拟确定最佳的重心位置,有助于实现更佳稳定性。

4.2.3 精度提升技术

提升高精度收放卷装置整体精度的过程中需应用多种先进技术,关键在于使用精密传感器,这些传感器能够实时监测卷轴的张力与位置,通过反馈控制系统及时调整电机的

运行状态,确保卷材的稳定性。研究表明采用高精度传感器后,张力控制误差缩小至 $\pm 0.01\text{N}$,从而显著提高了操作的准确性。集成先进的运动控制技术也显得必不可少,伺服控制系统能够实现更加精确的速度与位置控制,相较于传统控制系统伺服系统具备更快的响应时间和更高的控制精度,从而确保在高速收放过程中卷材不会出现松弛或打滑现象。优化软件算法同样是提升精度的重要手段,自适应控制算法能够依据实时数据调整控制策略,使系统在不同工作环境中保持最佳性能,根据负载变化该算法可自动调节电机输出,实现更精准的控制。另外,系统的结构仿真与优化设计也不容忽视,通过有限元分析可以识别潜在的应力集中与变形区域,并进行相应的设计改进,确保各部件在运行中的稳定性。

4.3 改进效果验证

改进效果验证是确认高精度收放卷装置设计优化成效的重要环节,通过进行一系列实验和测试,各项改进措施的实际效果得以量化。针对优化后的设备实施实际运行测试,重点评估张力控制精度、振动幅度及设备稳定性等关键指标。测试结果显示,优化后的装置在不同负载条件下的张力控制误差显著减少,原来的 $\pm 0.05\text{N}$ 降低至 $\pm 0.01\text{N}$,表明精确度得到了显著提升。此外,监测到的振动幅度数据显示,优化后设备在运行过程中的振动幅度降低了约50%,从而整体稳定性与安全性也得到了增强。

进一步的稳定性测试表明,设备在长时间运行期间的故障率显著降低,改进后的故障率仅为原设计的30%,这种提升不仅有效减少了维护成本,还增强了生产线的连续性。

5 结语

高精度收放卷装置的机械结构设计与改进是提升设备性能与可靠性的关键环节,通过深入分析现有设计识别出材料选择、减震设计以及精度提升技术等重要因素,并针对性地提出了优化方案。经过实施改进后装置在张力控制、振动抑制及运行稳定性方面取得了显著提升,展现出更高的操作精度与效率。通过实验数据的验证改进措施的有效性得到了充分体现,故障率显著降低,生产效率显著提高。未来,随着技术的不断进步,期望在高精度收放卷装置的设计与应用中,进一步探索创新解决方案,以适应不断变化的市场需求,推动行业的可持续发展与技术革新。

[参考文献]

- [1]葛丽华.一种内窥镜检测系统电缆收放卷自动排线防偏装置[J].山东化工,2021,50(7):130-132.
- [2]张振.卷式收放卷机设计与分析[J].印制电路信息,2023,31(3):47-51.

作者简介:周卫科(1987—)男,汉族,河北省邢台市任泽区人,就职于邢台纳科诺尔精轧科技股份有限公司,现任纳科诺尔生产技术中心收卷分切组1组组长职务,2012年7月毕业于河北科技大学机械设计制造及其自动化专业,学历:本科,现主要从事收放卷中间过程及分切收卷等设计研究工作。

基于人机工程学的救护车救护仓设计

柯宇 贺龄桦 付心莹 王文亚*
电子科技大学成都学院, 四川 成都 611731

[摘要] 基于应用人机工程学原理, 设计救护仓使其更加符合人体机理, 以提高救援效率和舒适性。在设计过程中围绕三要素人、机、环境, 本论文使用了计算机辅助设计工具进行模型建立, 确保设计方案能够在实际操作中实现最佳效果。通过减震设计, 减少患者转运时的二次受伤, 高度可调设计使其医护人员能更快地转运伤者, 选择合适的材料与配色使其符合人身体和心理的需求。本论文的研究成果为未来救护车救护仓的设计提供了理论支持和实践指导, 有助于提升紧急医疗服务的整体水平, 为救援人员和患者创造更为安全、高效的救援环境。

[关键词] 人机工程学; 救护仓; 减震设计

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15436

中图分类号: U469.67

文献标识码: A

Design of Ambulance Rescue Compartment Based on Ergonomics

KE Yu, HE Linghua, FU Xinying, WANG Wenya*

Chengdu College of University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu, Sichuan, 611731, China

Abstract: Based on the principles of applied ergonomics, a rescue chamber is designed to better conform to human body mechanisms, in order to improve rescue efficiency and comfort. In the design process, focusing on the three essential elements of human, machine, and environment, this paper uses computer-aided design tools to establish models, ensuring that the design scheme can achieve the best results in practical operation. Through shock-absorbing design, secondary injuries during patient transportation are reduced. The height adjustable design allows medical staff to transport the injured faster, and suitable materials and colors are selected to meet the needs of the human body and mind. The research findings of this paper provide theoretical support and practical guidance for the design of future ambulance shelters, which will help improve the overall level of emergency medical services and create a safer and more efficient rescue environment for rescue personnel and patients.

Keywords: ergonomics; ambulance shelter; shock-absorbing design

引言

随着科技的发展和医疗设备的完善, 救护车作为转运病人^[1]、急求医疗的重要环节, 在救治病人方面起到无比关键的作用, 可迅速到达现场、提供医疗救和护送病人到达医院, 是救援伤员和挽救生命的重要工具^[2]。国内市场上目前存在救护仓有北京大学产业技术研究院设计的智能多方式急求转运仓, 具有精准温控, 立体转运, 多方式转运, 等功能, 可解决滑雪场复杂地形下伤员固定转运困难等问题。北汽福田张治红团队设计的负压救护车的设计制造具有对各种病毒及细菌进行杀灭和抑制的作用, 保证了进入负压隔离内的空气均为新鲜干净的空气, 提高了救治病人的效率^[3]。而另一方面与救护车搭配使用的救护担架也高速发展, 空军军医大学的雍伟团队研发的机载专用救护担架, 可多体位调节, 舒适, 安全, 可快捷调节伤员的体位^[4], 河北石家庄急救中心的冉丽华团队研制的车载多功能救护担架车, 可通过简单快速的变形来适应狭小的空间, 同时满足部分患者的特殊需求^[5]。以上设计并未与人体参数结合起来讨论设计, 救护担架, 救护仓, 救护车并未良好地结合, 且有病人在转运过程中的颠簸问题, 于此本文设计的救护担架, 救护仓与救护车相互结合更加安

全可靠, 快捷高效。

1 人机工程学救护仓结构设计

救护仓的尺寸设计是基于人机工程学极限设计原则、可调设计原则、动态设计原则进行设计的, 其中涉及了人体参数数据的应用。科学的尺寸设计和结构设计可以提高患者的安全性和获救率, 避免在转运途中造成二次伤害, 因此需要保证运输过程的平稳, 设计减震结构。

救护仓总装图设计如图 1 所示。

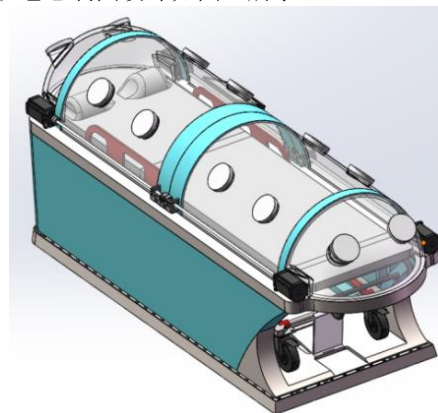


图 1 救护仓总装图

1.1 救护仓尺寸设计

医疗仓尺寸的选择对于伤者具有重要意义，其中表 1、表 2 提供了 18 岁~70 岁成年男性与女性的身体参数，男性身高在 1.5~1.8m 范围内，女性升高范围在 1.4m~1.7m 范围内，男性最大肩宽在 0.398m~0.510 范围内，女性最大肩宽在 0.366m~0.470m 范围内。

根据产品特点只需要一个人的尺寸百分位作为尺寸上限，故本产品采用 II 型产品尺寸设计中的大尺寸设计^[6]。

$$G_1 \geq J_{99} + X_1 + X_2 \quad (1)$$

式中： G_1 —救护仓适合伤者躺下的长度；

J_{99} —因为产品涉及到了人体健康、安全的产品，大百分位数选择 P99；

X_1 —因为伤者在转运过程中会穿戴衣物，故穿鞋修正量为 40mm；

X_2 —心里修正量为 300mm。

$$G_1 \geq 1860 + 40 + 300 \quad (2)$$

$$G_1 \geq 2200 \quad (3)$$

故救护仓内长为 1.87m。

$$G_1 \geq J_{99} + X_1 + X_2 \quad (4)$$

式中： G_2 —救护仓适合伤者躺下的宽度；

J_{99} —因为产品涉及到了人体健康、安全的产品，大百分位数选择 P99；

X_3 —着衣着裤子修正量为 15mm；

X_4 —心里修正量为 30mm。

$$G_1 \geq 490 + 15 + 30 \quad (5)$$

$$G_1 \geq 535 \quad (6)$$

故救护仓内宽为 5.35m。

高度为适合救护人员进行治疗，符合人体工学 0.8m~0.9m，设计高度为 0.85m。

表 1 18 岁~70 岁成年静态人体尺寸百分位数

百分位数	1	5	10	50	90	95	99
身高/mm	1528	1578	1604	1687	1773	1800	1860
肩高/mm	1237	1279	1300	1373	1451	1474	1525
肘高/mm	921	957	974	1037	1451	1474	1525
上臂长/mm	277	289	296	318	339	347	358
前臂长/mm	199	209	216	235	256	263	274
大腿长/mm	403	424	434	469	506	517	537
小腿长/mm	320	336	345	374	405	415	434
肩最大宽/mm	398	414	421	449	481	490	510
臀宽/mm	291	303	309	334	359	367	382

1.2 救护仓减震设计

在转运伤员的路途中，会遇到各种各样的路况，车辆的颠簸会导致伤员的二次伤害，因此设计救护仓的减震结构，使伤员在转运过程中的安全和舒适，提高救治率。

如表 2，表中为人体震动舒适性降低界限数值，且国

内救护车平均转运伤员的时间为 10~18min，因此为保证有效舒适性，需将震动频率控制在 5Hz 以下^[6]。

表 2 Z 轴向（脚或臀部至头方向）震动加速度 a_z 的舒适性降低界限数值

频率 Hz	加速度 m/s^2								
	暴露时间								
	24h	16h	8h	4h	2.5h	1h	25min	16min	1min
1.00	0.09	0.14	0.2	0.34	0.44	0.75	1.13	1.35	1.78
1.25	0.08	0.12	0.18	0.30	0.40	0.67	1.00	1.19	1.39
1.60	0.07	0.11	0.16	0.27	0.36	0.60	0.89	1.08	1.46
2.00	0.06	0.10	0.14	0.24	0.32	0.54	0.79	0.95	1.27
2.50	0.06	0.08	0.13	0.21	0.29	0.48	0.71	0.81	1.13
5.00	0.04	0.07	0.10	0.17	0.23	0.37	0.57	0.67	0.89

在减震设计中通常会使用到减震弹簧，为保证减震弹簧的减震性能，使用寿命，尺寸大小，因此选用长 125mm，负载 50 磅的减震弹簧。不同的减震排布具有不同的效果。

对此本设计使用矩阵式排列结构减震器减震，如图 2：

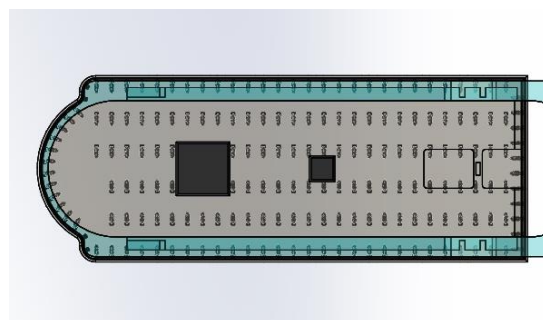
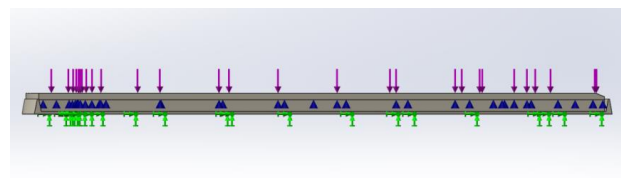


图 2 矩阵式减震器结构

为验证减震设计是否有效，使用仿真软件进行底部进行震动频率分析。

对底部进行固定支撑，连接减震底板进行弹性支撑，法向受力： $50(N/m)/m^2$ ，抗剪力： $40(N/m)/m^2$ ，底部板与减震板材料均为普通碳钢。

底座上部进行医疗仓，救护担架，被救护人员模拟体重，外部载荷力，按条目：10kgf 共计 300kg，模型类型为线性弹性各向同性，单位采用 SI— $N/m^2(Pa)$ 。如图为固定点分布与外部载荷分布



1-绿色箭头固定点，2-蓝色箭头弹性固定，3-紫色箭头外载

图 3 固定点分布与外部载荷分布截面图

频率数为 5，上界频率为 100Hz，得到频率震动模拟如图。

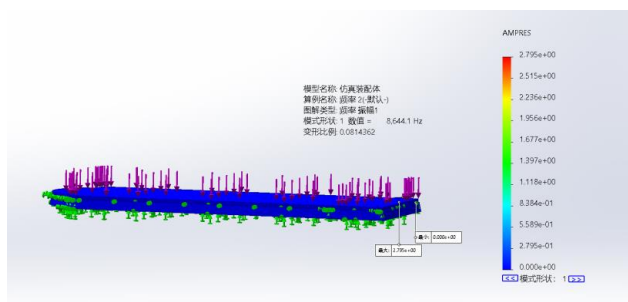


图4 震动频率模拟图

表3 模拟结果共振频率表

模拟号	频率 (rad/秒)	频率 (赫兹)	加速度	周期 (秒)
1	54,313	1.1	1.232	0.00011569
2	67,808	2.23	0.952	9.2661e-05
3	73,150	2.75	0.831	8.5894e-05
4	81,400	3.54	0.801	7.7189e-05
5	98,798	4.23	0.758	6.3597e-05

表3所示表示在时间与频率一定的情况下,加速度与舒适度呈现正相关。表3五次模拟符合舒适度要求,震动幅度符合5Hz内,舒适度符合振动幅度要求。

1.3 救护仓封闭设计

为了防止在转运伤员的过程中,伤员失温,细菌感染,因此设计封闭仓,且为了方便医生进行救治设计了可开口。封闭的环境会造成患者的密闭恐惧症状,影响病人的心理健康,对此封闭结构使用PVC软玻璃塑料透密材料消除伤员的心里恐。

同时使用步进电机控制封闭仓的开启与闭合,更加方便救护人员的操作,防止伤员的外部感染,如图6所示。

2 人机工程学救护担架设计

救护担架作为救护车救治伤者的一部分,多年以来有不同的样式,但都存在一些缺陷,例如在救治伤者时遇到复杂路况,上坡等会耗费时间与救治者的体力,很可能还会对救治者造成伤害,因此设计助力担架使其抬升不耗费人力,达到高效高质量的伤后运送,如图7为助力担架模型图。



图5 助力担架模型图

2.1 救护担架助力结构设计

为调节担架上升与下降高度,做以下设计图6为担架

下降高度最低结构图。

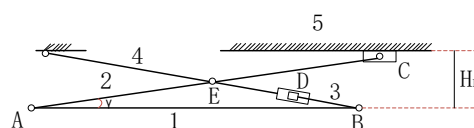


图6 担架下降高度最低结构图

此时 $\gamma = 5.73^\circ$, $L_{AC} = 2000\text{mm}$ 。

$$H_{\min} = L_{AC} \cdot \sin \gamma \quad (7)$$

$$H_{\min} = 199.32\text{mm} \quad (8)$$

设计最大上升高度,如图7为担架上升高度底最高结构图。

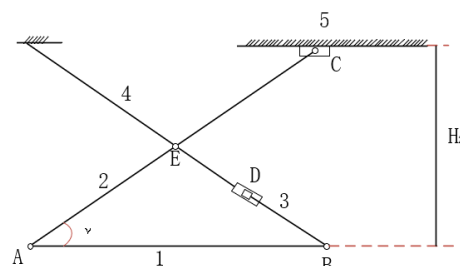


图7 担架上升高度底最高结构图

此时 $\gamma = 15.96^\circ$, $L_{AC} = 2000\text{mm}$ 。

$$H_{\max} = L_{AC} \cdot \sin \gamma \quad (9)$$

$$H_{\max} = 549.93\text{mm} \quad (10)$$

符合运输人员的舒适度,助力担架的高度范围为20~55cm,符合人体工学,省力高效。设计中选用液压杆实现担架的上升和下降,如表5。液压杆峰顶功率极高,负荷等级极高,使用寿命长等优点,符合救护担架工作环境的特性。

自主折展机构是完成助力担架平稳的关键,本结构采用连杆机构进行折展结构设计。以下为设计该结构的三个约束条件。

(1) 机构自由度保证为1,保证机构有确定的运动状态。

(2) 救护担架结构紧凑,结构占据空间小。

(3) 选用液压杆为唯一驱动时,为减轻重量,选用小型电机。

根据以上要求,结构设计如图8。

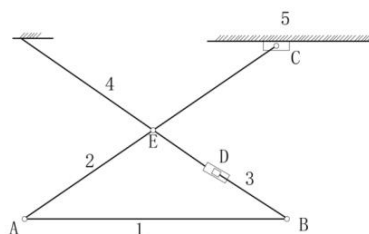


图8 救护担架结构简图

该结构共两个机架、5个运动构件、5个转动副和2

个移动副，根据平面连杆自由度公式可得

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 1 \quad (11)$$

由此该结构满足设计要求。

3 救护仓传感器设计

在医疗救护仓中设计温度传感器、湿度传感器和心率传感器，确保患者在救护过程中得到最佳的护理和保障。

温度传感器：及时调整：当温度超出设定范围时，系统可以自动调整，确保患者始终处于安全温度环境中。心率传感器：心率异常可以触发警报，提醒医护人员注意患者的紧急状况，及时处理。

4 基于人机工程学的材料与色彩选用

在救护仓和救护担架的设计中，材料的选用至关重要，它不仅关系到产品的结构强度和耐用性，还直接影响到使用者的安全和舒适度。基于人机工程学的原则，主要考虑了以下几个方面来选择合适的材料：轻量化：为了降低救护车的整体质量，提高燃油效率和行驶性能。无毒性：所有选用的材料均符合相关医疗设备的无毒标准，以确保在救治过程中不会对患者造成二次伤害。综上所述，选用了铝合金作为支架、高强度塑料作为保护壳、不锈钢等具有轻量化、防腐蚀、易清洁和无毒特性的材料来制造救护仓和救护担架。

5 结语

基于人机工程学的救护车救护仓设计研究，不仅深入探讨了现有救护仓与救护担架的不足，更从人体机理出发，

提出了一系列创新性的设计理念和解决方案。通过科学分析人体尺寸数据，设计符合人体工学的救护仓尺寸，旨在提高患者的安全性和舒适度。同时，结合先进的减震技术，经过模型模拟验证，有效降低了转运过程中因车辆颠簸对患者造成的二次伤害风险。此外，封闭式设计的应用不仅防止了患者失温和细菌感染，还兼顾了患者的心理健康。

【参考文献】

- [1]钟南山,辜嘉.改良救护车急救系统提高危重病人存活率——救护车增设便携式气管插管系统和呼吸机势在必行[J].集成技术,2013,2(6):100-102.
- [2]陈俊.救护车接诊严重创伤病人现场和转运途中救治体会[J].岭南急诊医学杂志,2010,15(5):395-396.
- [3]冉丽华,范彦军,王树盘,等.车载多功能救护担架车研制与开发[J].中国急救复苏与灾害医学杂志,2018,13(4):375-377.
- [4]雍伟,国佳,江琅,等.机载专用救护担架的研制[J].医疗卫生装备,2023,44(7):49-52.
- [5]张治红,宋淼,郭颖.疫情防控紧急条件下负压救护车的设计制造[J].专用汽车,2022(5):53-55.
- [6]郑珍妮.基于人机工程学的电动摇椅设计及仿真研究[D].辽宁:辽宁工程技术大学,2023.

作者简介：柯宇(2002—)，男，本科生，主要从事机械设计制作及其自动化专业的学习与研究；*通信作者：王文亚(1988—)，女讲师，硕士，主要从事机械设计。

基于人机工程学原理的超市无人车设计

王力洋 刘子仪 程凯麟 王文亚*

电子科技大学成都学院, 四川 成都 611731

[摘要] 线下购物存在排队多, 寻找物品耗时长等问题。使用购物车时, 其高度固定, 对于不同身高的购物者而言, 使用不便。为解决诸多麻烦, 给人们带来方便, 新智能无人超市的出现, 智能购物发展迅速。鉴于此, 本论文提供一种智能超市购物车的新思路。该购物车能实现自主跟随。本论文主要从结构设计, 应力分析等为主。且根据人机工程学进行用户使用设计, 便于物品的运输, 提高了用户的接收率。

[关键词] 超市无人购物车; 人机工程学; 机械爪; 机械臂

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15440

中图分类号: U472.2

文献标识码: A

Design of Supermarket Unmanned Vehicles Based on Ergonomics Principles

WANG Liyang, LIU Ziyi, CHENG Kailin, WANG Wenya*

Chengdu College of University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu, Sichuan, 611731, China

Abstract: Offline shopping has problems such as long queues and long search times for items. When using a shopping cart, its height is fixed, which makes it inconvenient for shoppers of different heights to use. In order to solve many problems and bring convenience to people, the emergence of new intelligent unmanned supermarkets has led to rapid development of intelligent shopping. In view of this, this paper provides a new approach for intelligent supermarket shopping carts. This shopping cart can achieve autonomous following. This paper mainly focuses on structural design, stress analysis, etc. Based on ergonomics for user design, it facilitates the transportation of items and improves the acceptance rate of users.

Keywords: supermarket unmanned shopping vehicles; ergonomics; mechanical claws; mechanical arm

引言

随着智能化购物的发展, 传统的单一售卖逐渐发展为新型的智能销售。

(1) 如马云在杭州举办的云栖大会上提出的“新零售”概念, 如无人零售、无人与有人相结合的智慧门店、新型超市等场景^[1]。

(2) 客户也可以利用智能无人车采购所需的物品并直接支付商品费用^[2]。

(3) 智能购物车紧密结合机电技术与商业模式, 解决超市整体无人化改造, 增强使用者的体验感, 在零售行业引用新兴技术研发超市智能购物车, 将成为智能化购物新的突破口。有助于零售商降低运营成本, 提高服务质量, 为顾客提供多样化服务场景, 从而提升顾客的体验^[3]。

1 新智能超市无人车整体结构设计

1.1 整车设计参数

据相关的人机工程的分析, 本文的智能超市购物车, 置物箱用于盛放商品等, 行走机构用于行走, 其中, 每个行走组件均单独工作, 伸缩气缸能够驱动轮架转动, 从而带动车轮转动, 从而改变置物箱的高度, 适应不同身高的顾客需求, 使顾客更加舒适, 提高顾客的满意度。新智能超市无人车结构简图如图1所示。

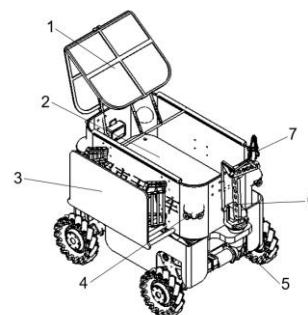


图1 新型智能超市无人车结构简图

1-盖子; 2-置物箱; 3-置物架; 4-防撞雷达; 5-行走机构; 6-机械臂; 7-机械爪

1.2 设计原理

该智能超市购物车包括置物箱和行走机构, 行走机构包括底架和四个呈矩形分布的行走组件; 行走组件包括轮架、车轮和伸缩气缸, 轮架铰接于底架的底部, 车轮可转动的设置于轮架上且采用麦克纳姆轮, 伸缩气缸的两端分别与底架和轮架铰接且用于带动轮架转动^[4]。

1.2.1 轮组设计

车辆运动采用电机与法兰盘跟麦轮直连, 拥有更高的传动效率。并且四个麦轮可对每个轮子进行单独调速就可以实现转向, 还能实现原地自转^[5]。不需要加转向器, 让结构更加的简洁轻便, 能更有效的装载更多的货物。

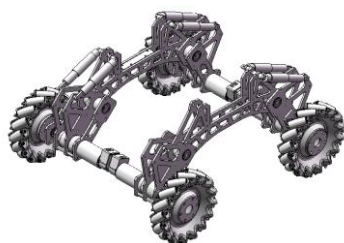


图2 悬挂结构图

1.2.2 购物车体设计

智能超市购物车端盖可以被支撑架支撑起来并通过箱体两边的导轨让支撑架可以横向移动来达到支撑起端盖的作用。

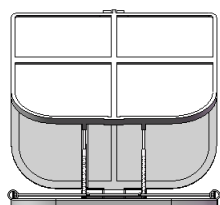


图3 端盖结构图

2 新智能超市无人车结构应力分析

采用有限元分析法和理论计算相结合，分析求解机械零件和机械构件的各个点的应力跟应力分布，通过对应力及其分布的分析来确定机械零件和机械构件失效有关的危险点跟危险截面的应变。

2.1 理论分析

2.1.1 机械爪装配体

机械爪装配体的材料为合金钢 40cr，其弹性模量 $E=2.1 \times 10^{11} \text{N/m}^2$ ，泊松比 $\mu=0.28$ ，密度 $\rho=7.9 \text{g/cm}^3$ ，屈服强度 $6.20422 \times 10^8 \text{N/m}^2$ 。模拟抓取 20kg 的大米情况，由于四组机械爪夹头结构完全一致，下文取其一组进行分析。机械爪装配体受力情况如下图所示。

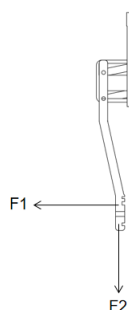


图4 机械爪受力示意图

机械爪在夹紧大米后，会受到大米的夹紧反力 F_1 ，大米的重量大约为 20kg，夹取大米需要的摩擦力均分到四边的手爪，即摩擦力 $F_2=50\text{N}$ 。由于爪头包裹了一层弹性橡胶，摩擦系数取 $\mu=0.3$ ，大米承受正压力 $F_1=N=F_2/\mu \geq 166.67\text{N}$ ，及机械爪承受的夹紧反力以 166.67N 来计算^[6]。（ $A_1=24.23\text{m}^2$ ， $A_2=23.92\text{m}^2$ ）

机械爪抓取物体时需要有足够的强度和刚度抵抗形变和破坏。

即在手爪夹处，需抵抗 F_1 ， F_2 造成的组合变形。以单个爪子为分析对象，根据材料力学简化受力分析如下图所示。

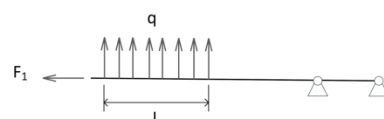


图5 机械爪受力简化图

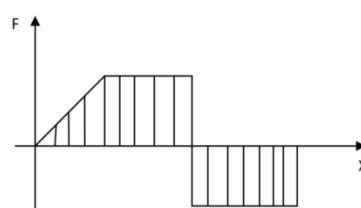


图6 机械爪剪力图



图7 机械爪力矩图

$$\sigma_2 = \frac{M_{\max} \cdot y}{I_z} \quad (1)$$

$$I_z = \frac{\pi d^3}{32} \quad (2)$$

$$\sigma_1 = \frac{F_1}{A_1} \quad (3)$$

$$\sigma' = |\sigma_1 + \sigma_2| \quad (4)$$

由(1)、(2)、(3)、(4)得， $\sigma_1=6.88\text{MPa}$ ， $\sigma_2=2.09\text{MPa}$ ，即 $\sigma' = 8.97\text{MPa}$

合金钢为塑性材料，在机械爪中收到的破坏主要为屈服。合金钢的屈服强度为 $6.20422 \times 10^8 \text{N/m}^2 = 620.422\text{MPa}$ ， $\sigma = 4\sigma' = 35.88\text{MPa}$ ，远小于合金钢的屈服强度，满足提起 20kg 大米的需求。

2.1.2 车身腹板

车身腹板的材料为 AISI 347 退火不锈钢，其弹性模量 $E=1.95 \times 10^{11} \text{N/m}^2$ ，泊松比 $\mu=0.27$ ，密度 $\rho=7.8 \text{g/cm}^3$ ，许用应力为 $4.39 \times 10^6 \text{N/m}^2$ 。模拟载荷 440N 力下，模拟货物 20kg 大米、10kg 肉和 1 箱矿泉水（24 瓶约 14kg）。

腹板受两侧轮组带来的支撑力，车身腹板受力情况如下图所示。

即在车身腹板处，需抵抗 $F=440\text{N}$ 造成的变形。以单块腹板为分析对象，根据材料力学简化受力分析如下图所示。

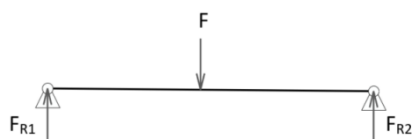


图8 车身腹板受力简化图

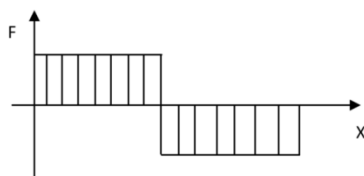


图9 车身腹板剪力图

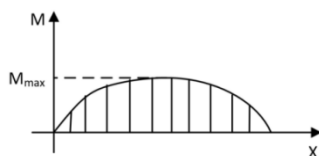


图10 车身腹板力矩图

$$\sigma_3 = \frac{M_{\max}}{W} \quad (5)$$

$$W = \frac{\pi d^3}{32} \quad (6)$$

由(5)得 $\sigma_3 = 55902.64 \text{ N/m}^2$ 。

AISI 347 退火不锈钢为塑性材料，其受到的破坏主要为断裂破坏。退火不锈钢的 $[\sigma]$ 许用应力为 $4.39 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ 远大于 σ_3 。满足及模拟购物 20kg 大、10kg 肉和 1 箱矿泉水（24 瓶约 14kg）的需求。

2.2 仿真验证

2.2.1 机械爪装配体

通过静应力的分析，先设置网格为混合网格，将热力效果，计算自由实体力与不兼容接合选项打开。对每个爪头都添加 166.67N 的压力和 50N 的摩擦力，应力分析结果如下：

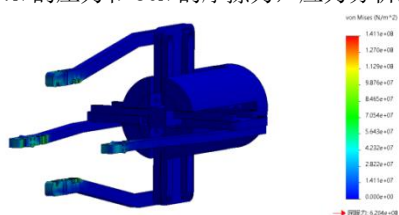


图11 应力云图

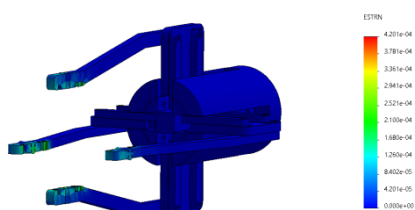


图12 应变云图

从上述分析结果可看出，在机械爪模拟 10kg 的大米的条件下，机械爪的最大应力分析结果为 $1.411 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ 明显小于合金钢材料的屈服应力： 6.204×10^8 。最大应变为 4.201×10^{-4} 也明显小于材料要求。而最大位移为 4.562×10^{-3} 所以变形量可以忽略。综上所述合金钢材料的机械爪满足在模拟 10kg 的大米的条件。

2.2.2 车身腹板

通过静应力的分析，先设置网格为基于混合曲率的网格，雅可比点为 4 点，最大单元大小 0.0143247 m ，最小单元大小为 0.00286494 m ，网格品质图解为草稿品质网格，最大高宽比例为 17.353。将热力效果，计算自由实体力与不兼容接合选项打开。对车身腹板左右两侧都添加 50N 的压力，对车身腹板上侧都添加 100N 的压力，则对单块车身腹板总力为 150N 的力，四块车身腹板 440N 的总应力分析结果如下：

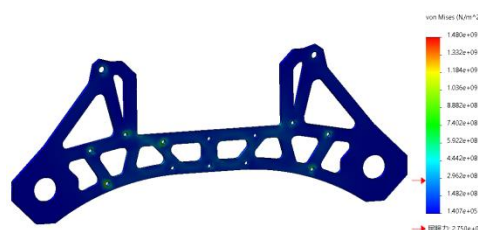


图13 应力云图

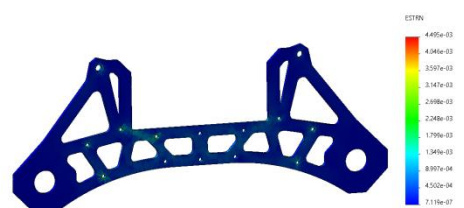


图14 应变云图

表1 仿真结果

名称	单位	单位	参数
最大应力	N/m ²	4.390×10^6	
屈服应力	Mpa	2.750×10^8	
最大应变	—	2.967×10^{-5}	2875 单元
最大位移	mm	1.117×10^{-3}	1074 节

从上述分析结果可看出，在车身腹板模拟购物 20kg 大米、10kg 肉和 1 提矿泉水的条件下，单块车身腹板所受的载荷为 150N，根据最大应力分析结果为 4.390×10^6 远远小于不锈钢材料的屈服应力： 2.750×10^8 。最大位移为 $1.117 \times 10^{-3} \text{ mm}$ 也很小可以忽略。最大应变为 2.967×10^{-5} 也远小于材料条件。所以不锈钢材料的车身腹板满足模拟边界载荷 400N 力的条件。

3 基于人机工程学购物车的使用设计

3.1 人机工程学的材料设计

购物车支架材料：支架起到了支撑整个机器和货物的作用，在承受压力的方面要求高，对此铝合金的强度高，

耐腐蚀，且密度很轻，对整体重量起到了减轻的作用，由此选用铝合金作为支架材料。

货物篮子材料：为保证购物篮的耐磨性高，质地坚硬，材料美观且塑性好，因此选用聚乙烯材料作为购物篮子材料。

购物车盖材料：车盖材料需要质量轻，方便机械折叠的运动，表面强度高，化学稳定性好，因此选用 ABS 工程塑料。

3.2 人机工程学的色彩设计

产品颜色配置方面，为了给人们一种强烈的科技感觉，和未来使用感，表达人们对未来的向往，因此选用蓝色作为主颜色，其他部分使用深褐色，是整体颜色更加的协调，且易于清理。

4 新智能超市无人车控制分析

4.1 系统整体设计

系统整体设计参考



图 13 系统整体设计流程图

智能超市购物车四周都均匀分布了八个小型车载雷达传感器，能够检测智能超市购物车与人之间的距离和智能超市购物车与障碍物之间的距离，并规避人与障碍物，达到安全的作用；并且配合识别传感器能起到自动跟随人的功能，使得智能超市购物车非常的智能化。

本智能超市购物车还包括自动跟随机构，所述自动跟随机构包括带有 UWB 芯片的固定件和随身件，所述固定件嵌设于所述置物箱内，所述随身件或所述固定件上设置有磁铁且二者通过磁性吸附作用吸附，所述固定件和所述随身件之间的距离超过预设距离阈值时同时报警。

4.2 机械臂控制分析

机械臂使用微型 PLC（Fx1n-10）控制器，设置有手

动和自动两个挡位。E1 为按钮的手动挡，可以手动调节八个按钮，分别控制八个电机正反转，实现机械臂的 6 个自由度跟机械爪的收缩。

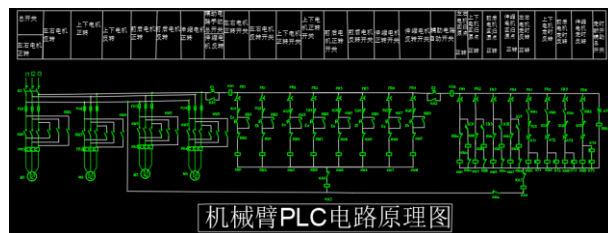


图 14 机械臂 plc 电路原理图

5 结语

本文以一款新型超市购物车为研究对象，对其结构进行设计并使用 Soildworks 三维建模，基于建立的模型，先通过理论计算后利用 Soildworks Simulation 分析得出其应力状态。再通过人机工程学进行材料和色彩设计，使其更加符合人们的使用习惯。结果表明，该设计符合实际需求。最后得到一款结构和强度满足性能要求的新型智能无人车。

[参考文献]

- [1]王先庆,雷韶辉.新零售环境下人工智能对消费及购物体验的影响研究——基于商业零售变革和人货场体系重构视角[J].商业经济研究,2018(17):5-8.
 - [2]严亚宁.物联网超市智能购物车调研分析[J].现代信息科技,2018,2(3):184-185.
 - [3]刘丽莎,徐力.新零售商业模式下超市智能购物车的设计研究[J].工业设计,2020(4):131-132.
 - [4]许斌.基于凯恩方法的麦克纳姆轮 AGV 动力学建模及仿真[J].工业控制计算机,2021,34(9):17-19.
 - [5]冯长业.基于麦克纳姆轮技术的自动化引导车 (AGV) 设计[J].河南科技,2024,51(15):31-36.
 - [6]王金龙,张俊亮,张夏琦,等.修井作业机械臂受力分析及结构优化[J].潍坊学院学报,2022,22(2):29-32.
- 作者简介：王力洋（2005—），男，本科生，主要从事机械设计制作及其自动化专业的学习与研究；*通信作者：王文亚（1988—），女讲师，硕士，主要从事机械设计。

大数据背景下智能化工厂的建设研究

许毅鹏¹ 万刚² 熊吉昌¹ 康健¹ 马剑光¹

1. 中国联合网络通信有限公司江西省分公司, 江西 南昌 330038

2. 江西省数字产业集团, 江西 南昌 330108

[摘要]在工业 4.0 背景下, 智能化工厂的演进, 凭借大数据技术的迅猛进步, 正日益成为推动制造业效率攀升、成本缩减与品质提升的关键路径。运用大数据、物联网、云计算等前沿技术, 智能化工厂得以实现设备自动化与生产流程的智能优化, 进而促进管理决策的智能化, 以此显著提高工厂的整体运营效能。在智能化工厂领域, 大数据技术的运用, 对生产管理、设备监控与质量控制等关键环节发挥着至关重要的功能。在深入分析实例之后, 针对构建智能化工厂的措施进行了阐述, 涉及数据搜集及加工、智能装置采纳及部署、生产流程的优化等关键环节。文中深入剖析了智能化工厂建设过程中的诸多难题及相应的解决策略, 同时展望了智能化工厂未来发展的潜在趋势。

[关键词]大数据; 智能化工厂; 工业 4.0; 生产优化; 设备监控; 物联网

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15459

中图分类号: TP273.5

文献标识码: A

Research on the Construction of Intelligent Factories under the Background of Big Data

XU Yipeng¹, WAN Gang², XIONG Jichang¹, KANG Jian¹, MA Jianguang¹

1. Jiangxi Branch of China United Network Communications Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi, 330038, China

2. Jiangxi Digital Industry Group, Nanchang, Jiangxi, 330108, China

Abstract: In the context of Industry 4.0, the evolution of intelligent factories, with the rapid advancement of big data technology, is increasingly becoming a key path to promote manufacturing efficiency, cost reduction, and quality improvement. By utilizing cutting-edge technologies such as big data, the Internet of Things, and cloud computing, intelligent factories can achieve equipment automation and intelligent optimization of production processes, thereby promoting intelligent management decision-making and significantly improving the overall operational efficiency of the factory. In the field of intelligent factories, the application of big data technology plays a crucial role in key aspects such as production management, equipment monitoring, and quality control. After in-depth analysis of the examples, measures for building an intelligent factory were elaborated, involving key links such as data collection and processing, adoption and deployment of intelligent devices, and optimization of production processes. The article deeply analyzes the many difficulties and corresponding solutions in the construction process of intelligent factories, and also looks forward to the potential trends of the future development of intelligent factories.

Keywords: big data; intelligent factories; Industry 4.0; production optimization; equipment monitoring; Internet of Things

引言

在全球化背景之下, 制造业正承受转型升级的巨大压力, 而智能化工厂作为现代工业发展的关键走向, 其重要性正逐渐为人们所瞩目。以大数据为基础, 融合物联网、人工智能、云计算等尖端技术, 智能化工厂得以实现生产流程的全自动化、信息化和智能化管理, 实时对数据进行采集与深入分析, 工厂得以精炼生产作业、提升作业效能, 同时为管理层决策制定提供有力支撑^[1]。在智能化工厂中引入大数据技术, 该技术不仅显著推动了生产效率的飞跃, 而且在质量控制、设备维护、能源管理等领域展现了卓越效能。技术、管理、人员等多方面的因素协调与融合, 是智能化工厂建设过程中的关键要素, 其并非轻易可一蹴而就。针对构建智能化工厂的关键技术与应对策略的研究, 以及对其应用所面临的挑战与解决途径的探讨, 具有显著的现实应用价值与重要意义。

1 大数据背景下智能化工厂的定义

智能化工厂是指通过大数据、物联网、人工智能、云计算等先进技术, 实现生产过程、生产设备、运营管理等方面的自动化、信息化和智能化的现代化工厂。在智能化生产模式中, 工厂不再仅仅依赖于人工操作与经验判断, 而是广泛应用数据分析与先进技术。对生产环节、设备状况以及供应链进行智能化的优化与自动化管理, 以实现生产的高效性、灵活性以及节能减排的目标。在依托大数据的背景下, 智能化工厂的构建, 首当其冲地需要依托海量的生产数据, 其包括采集、存储以及分析的整个过程。生产过程中, 多种传感器与智能设备协同运作, 实时搜集涉及温度、湿度、压力、振动等关键生产参数, 以及设备运行状况与生产进度等全方位信息。通过对这些信息进行汇总、存储与深入分析, 工厂得以实现生产流程的直观展现, 并据此对生产效率、资源配置以及设备运行状况实施实时

监控与灵活调节^[2]。

智能化工厂的核心目标是实现“生产自优化”，即通过大数据分析、云计算平台和人工智能算法，使生产过程能够在无人工干预的情况下自动调整，以应对生产过程中的不确定性与变化。例如，运用大数据分析技术，智能化工厂可依生产需求动态调节工艺参数、产能与物料需求，有效降低生产损耗，并显著提升产品品质与生产效能。建设智能化工厂，不仅仅是进行硬件设施的更新换代，实则蕴含着全面的技术革新与管理模式的转型。在数据驱动的大环境下，工厂对原材料采购至产品出厂的每一个环节均实施细致入微的管理。

2 大数据技术在智能化工厂中的应用

2.1 生产管理与优化

在智能化工厂中，生产过程的数据通过传感器和智能设备不断采集并实时上传到数据平台。通过大数据分析，工厂可以实时监控生产过程中的各项指标，如温度、湿度、压力、速度等。这些数据不仅帮助企业了解生产状态，还能通过数据分析及时发现生产过程中的异常情况，如设备故障、工艺波动等。基于这些信息，管理者可以做出快速的调整决策，优化生产调度，提升生产效率，并确保产品质量的稳定。

2.2 设备监控与预测性维护

运用大数据技术，企业得以实现设备实时监控与维护的功能。通过对设备运行数据加以搜集与剖析，智能化工厂得以对设备运行状态及其未来潜在故障作出精准预测。系统借助对设备温振噪等数据的分析，整合过往信息与机器学习技术，实现故障预判并适时提醒维护人员介入。企业通过规避设备故障，有效防止了生产进程的中断，进而大幅降低了维护费用，并提升了设备的使用效率^[3]。

2.3 质量控制与产品追溯

智能化工厂环境下，产品质量监控不再仅依赖人工检测与检验评估，而是依托数据分析手段进行全面监管。在生产过程中的每一个环节，传感器实时地记录着包括原材料品质、生产环境状况以及设备运行状态在内的各类数据。多维数据分析，运用大数据技术对数据进行深入挖掘，揭示影响产品质量的关键要素。实时调整生产流程，从而保障产品质量符合既定标准。

2.4 能源管理与优化

在能源管理领域，大数据技术的应用助力智能化工厂达到能源消耗的最优化效果。在实时监控生产过程能源消耗数据的基础上，工厂得以剖析各生产环节及设备的能耗状况，从而辨别能耗高峰时段与能源损耗环节。借助数据分析工具，智能化工厂得以灵活调整生产规划，优化能源布局，达成能源消耗的极致优化，进而削减能源开销，增强环境保护成效。

2.5 精益生产与供应链管理

精益生产与供应链管理领域，智能化工厂中广泛应用

了大数据技术，企业通过整合生产、市场需求、供应商等关键数据，精准预测需求，高效管理库存，从而有效降低库存成本，提升供应链协同效能。在助力企业实时监控原材料与产品流转态势的同时，大数据技术显著提升了供应链的透明度与应对效率，从而保障了产品交付的时效性^[4]。

3 智能化工厂建设的策略与实施路径

3.1 数据采集与存储架构设计

智能化工厂的运作离不开数据采集与存储这一关键环节，它构成了大数据系统的基础，对后续的数据处理与分析至关重要。在生产流程中，对现场设备、传感器、生产线等所生成的各类实时数据进行搜集与传输，其主要旨在汇聚至中央数据平台。在追求数据精准与时效性的过程中，企业必须采纳尖端传感及通讯手段，诸如物联网装备、无线传输系统、PLC 控制技术等，旨在达成高效且即时的数据搜集。生产监控与优化过程，依托传感器所采集的温度、压力、湿度、振动、流量等关键数据，确保了后续工作的有效支撑。

在数据采集的基础上，数据存储架构设计需要考虑存储容量、数据处理能力及扩展性。数据采集的规模庞大，对存储系统提出了处理能力的高要求，以确保能够实现实时数据的存储与检索。大数据存储需求面前，企业普遍选择运用分布式数据库或云存储技术，此类技术不仅保障了数据存储与访问的高效性，还赋予系统以强大的扩展能力，为数据量的持续攀升预留了广阔空间。确保数据安全无虞，存储系统不可或缺的要索包括数据备份、冗余存储与容灾策略，以规避因设备故障而导致关键生产数据的丧失。企业如若精心构建科学的数据采集与存储架构，不仅可为自身稳固数据基础，亦能为深度数据解析、精准操作与明智抉择奠定坚实平台，从而有效推动智能化工厂迈向精确制造与精致管理之境。

3.2 智能化设备与生产系统的集成

实现智能化工厂的关键目标，离不开智能化设备与生产系统的紧密集成。在构建现代生产体系中，设备、传感器、生产线与信息技术等构成多元子系统，其协同运作依赖于信息化平台以实现无缝对接，从而保障生产过程的自动化与智能化运行。生产设备，尤其是智能化设备，不仅继承了传统生产功能，更通过内置的传感器、执行器与智能控制模块，对生产流程中的各项参数进行实时监测与调节，灵活应对生产环境的变化^[5]。

实施生产系统与设备间的集成，首要任务是完成设备的智能化升级改造。例如，加装传感器与控制器等硬件，机械设备得以蜕变，进阶为集数据采集、分析与自适应调整功能于一体的智能化设备。在构建高效的生产管理体系中，将设备数据与生产调度系统以及企业管理系统实现深度整合，这一环节扮演着不可替代的角色。运用集成化的生产系统，企业得以实时监控设备状态，迅速掌握运行数

据与故障信息,以及维护需求,进而预先预测并预防设备故障,以优化生产调度及设备应用。设备间互联互通之外,生产线集成更需实现设备与物料、工艺、能耗等多维数据的深度融合。智能化工厂内的生产线,非仅机械化的生产过程,更涵盖信息流、数据流及控制流等多个层面。生产过程的自优化、自动调度和能源管理得以实现,这源于一种集成技术,其应用于智能化工厂,显著提高了生产效率和产品质量。

3.3 智能化决策支持系统

智能化决策支持系统(DSS)是智能化工厂实现智能化管理、优化生产的重要工具。传统的生产决策依赖于经验和人工判断,而智能化决策支持系统则基于大数据分析、人工智能算法和模型预测,为管理者提供实时、科学的数据支持,帮助其做出快速、精准的决策。通过集成来自生产线、设备、供应链、市场等多维度的数据,决策支持系统能够对生产过程中出现的问题进行全面分析,发现潜在的瓶颈或风险,并提出优化方案^[6]。

大数据分析与人智能算法融合,构成了智能化决策支持系统的核心。在深度剖析历史数据、实时数据与外部数据的基础上,系统能够就生产调度、设备故障预测、质量管理及能源管理等领域提出优化决策。系统基于当前的生产进度、资源状态及市场需求,自主调节生产安排,旨在实现资源的最高效配置与生产任务的准时完成。设备管理的决策系统,基于对设备数据的深入分析,精准预测设备故障及维护所需,助力工厂制定合理设备维修策略,显著减少设备故障发生频率。在决策支持系统的辅助下,对预测成效与生产实态进行对照,旨在衡量策略修正的成效,进而为后续生产流程的优化奠定坚实的数据基础。工厂借助智能化决策支持系统,显著降低决策失误,并极大增强生产决策的精准与科学。

3.4 企业信息化文化的培育与人员培训

智能化工厂的顺利实施,企业信息化文化的支撑作用不可或缺,实为其中要害要素之一。技术的融入与系统构建之外,信息化文化更强调一种全员参与的经营理念及思维模式构建。在构建起全面的企业文化氛围后,唯有根植于其中信息化的认知与行为模式,方能确保智能化工厂的构建过程得以顺畅前行。在推动企业发展的进程中,领导层需确立信息化思维,深刻领会信息技术与大数据在提高生产效能、减少开支、改善管理中的无限潜能,并给予信息化项目必要的资源投入和战略导向^[7]。

广泛在员工中推行信息化培训,旨在塑造企业信息化文化,熟练运用智能化设备操作技能、数据分析软件应用以及系统维护技术,是技术人员必备的素质。在生产调度、质量管控与能源管理等领域,管理人员需熟练运用智能化决策支持系统,员工培训不应仅限于技术层面,更应深化

其对智能化生产模式的认知,并强化其对信息化工具的信赖与依赖程度。定期举办信息化技术讲座、研讨会,并借助在线学习平台,员工得以不断更新知识储备,进而将所学知识应用于实践。激励机制与信息化文化的培育相融合,这一举措至关重要。对员工创新举措及信息技术运用成效予以及时表彰与激励,旨在唤醒并促进其内在积极性与创造力。在这样一个信息化文化的环境中,员工能够主动接受新技术的挑战,提升工作效率,推动企业的智能化转型。

4 结语

随着工业4.0时代的到来,大数据、人工智能、物联网等前沿技术的飞速发展传统制造业带来了前所未有的变革机遇。在数据驱动的时代,构建智能化工厂是实现提升生产效能、优化资源布局、削减运营开销、增进产品品质的枢纽策略,成果的取得。源于智能化工厂在技术运用上的不拘一格,它不仅实现了生产领域的深度融合,还涉及管理、决策及文化等多维度的有机融合。在当今大数据环境下,构建智能化工厂成为一项涵盖技术创新、管理优化、人员培训等多领域的系统工程。企业通过高效的数据搜集与保存、智能化设备与生产流程的结合、决策辅助系统的运用以及信息化氛围的营造,实现了生产模式的全面革新,显著提高了生产效能、减少了成本投入、提高了产品质量,进而显著提升了企业的市场竞争力。智能化技术的不断进步与成熟,预示着未来智能化工厂将展现出更高的灵活性、效率和智能化水平,引领制造业朝着更加智能与环保的方向演进。

【参考文献】

- [1]吴强军,张鹏飞,卓朋信,等.BIM技术在智能化工厂建设与生产中的应用与探索[J].电气化铁道,2024,35(1):169-172.
 - [2]杨松柏,何欢,翟迎春,等.基于大数据的智能化工厂建设及其关键技术研究[J].电工技术,2024(10):67-70.
 - [3]张春利.对智能工厂建设中风险管控的建议[J].中国石油和化工产业观察,2023(6):44.
 - [4]马书志.智能工厂建设中的数字化应用[J].网络安全技术与应用,2023(6):128-129.
 - [5]韩笑,刘毅,张晓明,等.设备智能化管理系统在化工行业智能工厂建设中的应用[J].化工管理,2022(31):114-116.
 - [6]程决.智能化工厂的结构和建设[J].石油化工自动化,2021,57(1):103-106.
 - [7]朱佳乐.大数据背景下智能化工厂的建设[J].科技创新与应用,2019(23):80-81.
- 作者简介:许毅鹏,中国联通(江西)工业互联网研究院产品和平台运营总监。重点研究方向为工业互联网标识解析应用与运营推广、物联网平台、工业大数据平台。

多源交通数据融合与分析在智慧交管中的应用研究

马 啸

中华通信系统有限责任公司, 河北 石家庄 050299

[摘要]随着全球城市交通压力的不断增加,现代化交通需求已经使传统的交通管理模式难以适应。应运而生的智慧交通系统,凭借多源数据融合与分析技术,能够实现实时交通监控、流量预测及事故预警等功能,从而显著提升了交通管理的效率与安全性。尽管这一技术展现出了巨大的应用前景,数据采集、技术融合及隐私保护等诸多挑战仍然存在。如何突破这些难题,进一步实现更加精准与高效的交通管理,已成为当前研究的核心问题。

[关键词]多源交通数据; 智能交通; 智能预测

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15467

中图分类号: U492.8

文献标识码: A

Research on the Application of Multi-source Traffic Data Fusion and Analysis in Intelligent Traffic Management

MA Xiao

China Communications System Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050299, China

Abstract: With the continuous increase of global urban traffic pressure, the demand for modern transportation has made it difficult for traditional traffic management models to adapt. The emerging intelligent transportation system, relying on multi-source traffic data fusion and analysis technology, can achieve real-time traffic monitoring, flow prediction, and accident warning functions, thereby significantly improving the efficiency and safety of traffic management. Despite the enormous application prospects of this technology, many challenges still exist, such as data collection, technology integration, and privacy protection. How to overcome these challenges and further achieve more precise and efficient traffic management has become the core issue of current research.

Keywords: multi-source traffic data; intelligent transportation; intelligent prediction

引言

随着城市化进程的不断推进,交通管理正面临着越来越复杂的挑战。传统的交通管理模式,已难以有效应对高流量与复杂路况所带来的种种问题。借助大数据、物联网及人工智能等先进技术,智慧交通系统为交通管理提供了更加高效且智能的解决方案。作为智慧交管的核心技术,多源交通数据融合与分析通过整合来自不同来源的数据,能够实时监控交通状况,并进行精确地预测与调度,显著提高了管理效率缓解了交通拥堵并增强了交通安全。因此,深入探讨多源数据融合与分析在智慧交管中的实际应用,分析其关键技术要点与应用价值,进而为智慧交通系统的未来优化提供有益的参考。

1 多源交通数据融合与分析在智慧交管中的应用价值

1.1 提高交通管理决策的精准性与时效性

在智慧交通系统中,多源数据的融合为交通管理决策提供了更加精准与实时的支持。传统交通管理通常依赖单一的数据源,如交通流量监测设备或路面巡逻信息,尽管能够发挥一定作用,但常常面临数据孤岛问题,而且在应对突发情况时,时效性较差。与此不同,通过整合来自多个渠道的数据,如车载 GPS、交通监控摄像头、社交媒体反馈以及路面传感器,交通管理系统能够获得更全面、更

准确的交通状况分析,从而弥补各类数据源的不足。例如,当多个数据源同时揭示某一区域的交通压力时,系统能够迅速识别是否存在拥堵风险,并在多维度分析的基础上,提出更高效的疏导策略,这样的精准决策能力在复杂交通环境中显得尤为关键,减少了决策失误及其带来的延误,同时保障了应急响应的高效性。通过卡尔曼滤波、贝叶斯推断等先进的数据融合技术,实时数据能够在极短的时间内处理完毕,为交通管理系统提供最优调度方案,从而避免了传统人工判断方式带来的延迟或错误。此外,实时数据接入的优势在于其应对突发事件时的灵活性,无论是突发交通事故、恶劣天气,还是节假日的交通流量变化,经过融合分析的数据可以在几秒钟内作出决策,迅速适应这些动态变化,确保交通资源得到最优化使用。

1.2 优化交通流量与缓解拥堵

在现代城市的交通管理中,拥堵问题长期以来困扰着出行效率与交通安全。而多源交通数据融合为这一难题提供了全新的解决途径,通过将来自不同渠道的数据,如交通传感器、监控摄像头、智能交通信号系统、车载 GPS 设备及智能手机定位信息等整合,交通管理系统能够对道路网络状况进行实时监控,从而精确预测流量并实施动态调度。当交通流量异常时,依据实时数据,系统能准确地定位拥堵点,并迅速调整信号控制系统或发布出行建议,

引导驾驶员选择更顺畅的路线,这种基于数据分析的动态调整相较于传统的定时信号控制方式更加高效,能够根据实际交通状况灵活应对。例如,在高峰时段,某些路段的红绿灯周期会被适时延长以避免车流积压;同时,其他交叉口的信号灯可进行调整,从而有效疏导车流,优化交通流量。通过融合多源数据,系统不仅能够实时应对交通问题,还能进行流量预测,提前预判可能发生的拥堵情况。结合历史交通数据与实时路况信息,未来一段时间内的交通压力便可被准确预测,进而启动应急响应措施。这一机制有效减少了交通瓶颈的发生,同时为城市规划者提供了宝贵的数据支持,帮助优化交通设施的布局和路网规划,从而从根本上提升交通流畅性。借助精准的流量分析与智能调度,交通管理系统能够有效缓解即时交通拥堵,为未来的交通规划提供强有力的数据支撑。

1.3 增强交通安全与应急响应

多源交通数据融合在提升交通安全与应急响应能力方面发挥了至关重要的作用,通过整合来自路面监控、车辆感知、气象数据以及社交媒体等实时信息,交通管理系统能够实时检测潜在的安全隐患并迅速做出反应。例如,交通监控摄像头与传感器能够及时捕捉到异常行为或事故发生,如车辆失控或碰撞,一旦系统接收到此类信息,立即启动分析并触发应急响应机制,迅速通知交警及相关紧急服务,从而最大限度地减少事故对交通流的影响。除应急响应外,融合后的数据还具有提前预警功能,能够在潜在的交通事故发生前提供警示,通过将气象信息与道路状况相结合,系统可预测恶劣天气条件下的事故风险,并通过智能交通信号系统调整车速限制或发出安全警告,帮助驾驶员及时调整驾驶行为,以减少事故的发生。借助这一预警机制,驾驶员可在行驶过程中获得实时路况更新,从而避免潜在的危险。在应急响应阶段,融合后的多源数据为应急人员提供了精准的路况信息,协助其选择最快的路线到达事故现场。以重大交通事故为例,系统不仅能够实时更新事故发生地点的交通状态,还能基于交通流量与路况预测,为救援车辆提供最佳通行路径,从而避免因拥堵或交通阻塞带来的延误。这一高效响应方式显著缩短了救援时间,减少了事故后续可能带来的二次伤害。

2 多源交通数据融合与分析要点

多源交通数据融合与分析的核心在于如何有效整合来自不同来源的信息,并通过精确处理和深入分析,从中提取出具有实际意义的交通管理决策依据,此过程涵盖了数据收集、清洗、融合及分析等多个环节,以确保从海量数据中获得可靠且有价值的洞察。交通数据来源丰富且复杂,常见的包括路面传感器、视频监控、GPS定位、社交媒体信息以及各类交通应用程序的数据等,每种数据类型均具有其独特的优势。例如,路面传感器能够提供实时流量数据,视频监控则通过图像进行事故检测,GPS设备有

助于实时追踪交通工具的位置,社交媒体数据则常常反映公众对交通状况的即时反馈。由于这些数据的多样性,它们各自拥有独特的价值,但也伴随着格式不统一及数据类型差异等技术难题,导致数据融合处理面临较大的挑战。为确保精准的交通管理,数据预处理与清洗显得至关重要,预处理的任務主要包括去除噪声、填补缺失值、解决数据不一致性等。例如,传感器数据可能因环境干扰而导致不准确,视频监控图像则可能受到天气或光线变化的影响。基于此,数据清洗过程需要运用多种方法对这些问题进行修正,从而确保最终数据的可靠性。数据融合是连接各类数据源的关键步骤,常用的融合方法包括加权平均法、卡尔曼滤波、贝叶斯推断等,每种方法都有其特定的优势与应用场景。例如,加权平均法适合处理一致性较高的数据,卡尔曼滤波则能有效去除连续数据中的噪声,尤其适用于时序数据。而贝叶斯推断通过构建概率模型,综合考虑各数据源的不确定性,最终将数据有效融合为统一且准确的结果,为后续决策提供科学依据。在数据融合的基础上特征提取与建模是至关重要的环节,特征提取的目的是从原始数据中提炼出有用的信息,如交通流量、车速或车道占用率等,这些特征构成了分析的基础,通过构建交通流量预测或交通行为分析模型,可帮助预测未来交通状况,为管理部门提供决策支持。在建模过程中,借助机器学习或深度学习技术进行训练,能有效提高模型的准确性及预测能力。数据分析与挖掘阶段则是对融合数据的深度解析,通过数据挖掘技术从中发现潜在的规律。例如,分析交通流量的变化趋势,识别交通事故高风险区域等。此阶段不仅为交通管理提供实时决策支持,还能为长远的交通规划提供重要依据,通过对历史数据的挖掘能够预测某些区域或时段的交通瓶颈,提前调整信号配时,从而优化交通流、减少事故发生的概率。这一从数据清洗到深度分析的全过程,确保了多源交通数据在实际应用中的高效性与准确性,为智能交通管理系统提供了坚实的技术支持。

3 多源交通数据融合与分析在智慧交管中的应用

3.1 智慧交管中的实时交通监控与调度

智慧交通管理系统中的实时监控与调度,构成了高效且灵活交通管理的核心。随着城市交通规模的不断扩展,传统的交通监控方法已难以有效应对日益复杂的交通状况,通过实时监控技术,城市主要路段、交叉口及交通枢纽均得到了覆盖,交通管理部门可以实时掌握交通流动情况、突发事件及其他相关信息。结合多源数据融合技术,系统能够将来自交通摄像头、传感器、GPS设备、社交媒体以及道路监控系统等各类数据进行整合,从而为交通管理提供全面且精确的交通信息。实时数据分析不仅帮助系统迅速识别出交通拥堵、事故或施工等突发状况,还能够精准预测交通流量的变化^[1]。例如,当系统检测到某关键路段流量急剧增加时,能够即时调整相邻路段的信号控制,

或根据具体情况建议车主选择替代路线,从而有效避免拥堵的进一步扩展,如此灵活且高效的调度机制,大大提高了道路使用效率并有效减轻了交通压力。实时监控还为交警及交通管理人员提供了决策支持,当交通事故或其他紧急事件发生时,监控系统能够迅速将现场图像、视频及相关信息传输至指挥中心,使管理人员能够快速制定应急响应方案,从而缩短事故处理时间,减轻事故对交通流的负面影响。

3.2 交通流量预测与动态路况信息发布

交通流量预测与动态路况信息发布,作为智慧交通管理系统的功能之一,显著提升了道路资源的利用效率,并为驾驶员提供了更加精准的出行决策支持。通过对历史交通数据、实时监测数据以及外部因素(如天气变化、突发事件、节假日等)的综合分析,系统得以准确预测未来一段时间内各主要路段的交通状况,并实时发布动态路况信息,这种预测不仅限于短期内的交通状况,更通过时间序列分析、机器学习以及深度学习等技术,针对路段流量、车速、交通密度等多个维度进行多步骤预测。这些预测涵盖了日常高峰时段,还考虑了特殊情况,如大型活动或节假日出行所带来的交通压力。基于这些精准的流量预测,交通管理部门可以提前进行流量调度优化信号控制,及时缓解可能出现的拥堵风险。动态路况信息发布则通过多种渠道将实时交通状况反馈给公众,无论是通过手机应用、导航系统还是智能路标,系统能够实时推送路况信息,告知驾驶员哪些路段出现了拥堵,哪些道路畅通无阻,或提前预警交通事故发生区域^[2]。借助这些信息,驾驶员能够灵活调整出行路线,避开拥堵或潜在的交通瓶颈,从而避免因信息延迟所带来的行程延误。通过精准的交通流量预测与动态路况信息发布,智慧交通管理系统不仅提高了交通管理效率,还在降低驾驶员时间成本、减少燃油消耗、降低交通事故发生率等方面发挥着重要作用,更为关键的是这一系统推动了出行信息的透明化与智能化,使道路使用者能够基于实时数据做出最佳决策,进而推动城市交通向更加智能、环保的方向发展。

3.3 智能交通信号控制与优化

智能交通信号控制与优化,作为智慧交通管理系统的核心组成部分,对于提升道路通行能力和交通流畅度具有至关重要的作用。传统的交通信号控制通常依赖固定的时间周期或简单的感应方式,这些方式难以应对日益复杂且

动态变化的交通需求。与此不同,智能交通信号控制系统通过实时监控交通流量、车速及各路段的交通状况,能够根据实时数据动态调整信号灯的周期和配时,更加灵活地适应不同的交通需求。依托多源数据融合技术,智能交通信号系统能够整合来自路面传感器、视频监控、行车记录仪等设备的数据,实时分析各路段的车流密度、等待时间以及交通拥堵情况,通过对这些信息的综合分析,信号系统得以精确调整信号灯时长优化交通流向,减少不必要的等待时间^[3]。例如,在早高峰时段,主干道的绿灯周期可适当延长,从而缓解交通压力;而在夜间或非高峰时段,信号周期则自动缩短,提升道路通行效率,这样的动态优化不仅能够有效应对交通流量的实际变化,也能够显著降低交通拥堵,避免时间与能源的浪费。智能交通信号系统还具备较强的自适应能力,能够根据不同的交通场景灵活调整。当发生突发交通事故或道路封闭时,系统可依照预设方案迅速切换信号灯控制方式,调整交通流向,避免交通瓶颈的形成,并确保应急车辆优先通行。与传统交通信号系统相比,智能控制系统不仅提升了道路通行效率,也极大地增强了系统的响应速度与灵活性。

4 结语

随着城市交通需求的不断增加,传统的管理方法已无法适应日益复杂的交通环境。在智慧交通管理中,通过实时监控、流量预测以及智能信号控制等手段,多源数据融合与分析技术的应用,显著提升了交通管理的精准度、效率与安全性。不仅有效缓解了交通拥堵,资源配置也得到了优化。尽管在这一领域已经取得了显著进展,数据隐私、技术整合及系统适应性等挑战仍待解决。随着技术的不断进步,智慧交通管理将在提升交通管理能力、保障城市交通安全以及推动可持续发展方面,发挥更加关键的作用。

【参考文献】

- [1]杨馥宁.基于多源数据融合的城市路网流量均衡研究[D].吉林:吉林大学,2022.
- [2]王博伟.基于多源数据融合的高速公路拥堵状况预警研究[D].甘肃:兰州交通大学,2023.
- [3]邓笑茹.基于多源数据融合的短时交通状况预测[D].海南:海南大学,2022.

作者简介:马啸,男,北京航空航天大学软件工程专业,目前就职于中华通信系统有限责任公司,软件售前解决方案工程师。

人工智能背景下环境治理与社会保障的协同推进研究

张珈铭

潍坊理工学院, 山东 潍坊 261000

[摘要]在人工智能发展的背景之下, 环境治理与社会保障协同推进成为实现可持续发展关键课题。人工智能技术运用能有效提升环境治理精确性与效能, 还为社会保障体系提供智能化支持。借助数据分析、机器学习、智能监测等手段, 人工智能可实时监测并剖析环境质量, 预测生态风险, 还提供科学的治理方案。除此之外, 人工智能可对社会保障领域给予支持, 优化资源配置、提高服务质量、实现精准救助等。探究了人工智能在环境治理和社会保障中的应用状况, 剖析了所面对的核心难题, 也提出了推动两者协同发展的措施, 为实现环境与社会保障双赢局面给予理论依据。

[关键词]人工智能; 环境治理; 社会保障; 协同推进; 可持续发展

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15435

中图分类号: G202

文献标识码: A

Research on the Collaborative Promotion of Environmental Governance and Social Security under the Background of Artificial Intelligence

ZHANG Jiaming

Weifang Institute of Technology, Weifang, Shandong, 261000, China

Abstract: Against the backdrop of the development of artificial intelligence, the coordinated promotion of environmental governance and social security has become a key issue in achieving sustainable development. The application of artificial intelligence technology can effectively improve the accuracy and efficiency of environmental governance, and also provide intelligent support for the social security system. With the help of data analysis, machine learning, intelligent monitoring and other methods, artificial intelligence can monitor and analyze environmental quality in real time, predict ecological risks, and provide scientific governance solutions. In addition, artificial intelligence can provide support to the field of social security, optimize resource allocation, improve service quality, and achieve precise assistance. Explored the application status of artificial intelligence in environmental governance and social security, analyzed the core challenges faced, and proposed measures to promote them coordinated development, providing theoretical basis for achieving a win-win situation between the environment and social security.

Keywords: artificial intelligence; environmental governance; social security; collaborative promotion; sustainable development

引言

随着人工智能技术的快速发展, 它在各行业的应用更为广泛, 尤其是对于环境治理跟社会保障范畴, 展现出极大的潜力。环境问题与社会保障是当今社会亟须解决的重大问题, 传统环境治理方式与社会保障机制存在效率不佳、资源损耗及服务不足等问题。人工智能凭借数据分析与智能决策, 能够对这两个领域工作流程和资源配置予以优化。因此, 探索人工智能推动环境治理与社会保障协同进步的途径, 对实现可持续发展目标具有关键意义。

1 人工智能在环境治理和社会保障中的应用背景

处在当下全球化与数字化背景中, 环境问题与社会保障成为各国政府和社会各界重点关切对象。随着全球环境危机的加剧和社会保障需求的增多, 传统治理方式与保障机制面临诸多挑战。环境治理急需提升治理效能与精准水平, 而社会保障需要实现更优资源分配与精准服务。在这样的背景状况下, 人工智能(AI)技术的迅猛发展为化解这些难题带来了新机遇^[1]。

人工智能技术, 特别是在大数据分析、机器学习、自

然语言处理及智能决策等领域的应用, 能够显著提升环境治理与社会保障领域的工作效率和服务质量。在生态环境保护治理领域, AI 技术依靠大规模数据采集与分析, 能够达成对环境质量的实时监测, 如空气、水质、噪声等, 快速识别污染源并评估其效应。AI 还能够对海量环境数据进行建模, 协助预估未来环境的变动趋向, 并提供科学的应对办法, 好比依靠智能传感器跟 AI 算法, 可以实现对空气污染的自动监测, 精准识别污染源, 对治理举措做针对性优化, 从而提高环境保护效能。

在社会福利保障范畴, 人工智能的应用同样拥有巨大的潜力。AI 可凭借对海量社会经济数据的分析, 精确分辨并估算不同群体需求, 实现资源的精准分配。好比在医疗保障的区间里, AI 可通过分析患者的过往健康数据, 为患者提供个性化的健康管理建议。在失业综合保障体系里, AI 能够分析劳动力市场的动态, 预测不同职业门类的就业走向, 协助政府谋划更精准的失业救助办法。

然而, 尽管人工智能在环境治理和社会保障领域展现出巨大应用潜能, 实际应用仍旧面临一些挑战, 如技术研

发水平、数据安全维护、跨行业合作等难题。为实现人工智能的全面应用，政府、企业和社会各主体应联合行动，推动技术创新、政策支持和跨领域合作，有效发挥人工智能推动环境治理与社会保障协同发展的作用。

2 人工智能背景下环境治理与社会保障的协同推进的问题

2.1 环境治理阶段的技术运用难题

虽然技术特别是人工智能、大数据和物联网等，在环境治理领域展现出强大潜能，然而在实际应用进程中仍存在诸多问题。数据的获取与处理仍然是一个重大挑战，环境治理依赖大量实时数据支持，但在许多地区，尤其是地处偏远且资源匮乏的区域，环境监测设备布局不够，或是设备自身的准确性和稳定性较差，引起数据收集质量出现偏差^[2]。

环境监测与治理技术的应用仍存有一定局限。众多技术尚未能完全契合复杂的自然环境，例如开展环境变化预测工作运用 AI 技术时，受限于算法复杂度和环境因素多样性。预测结果在精确性与即时性方面仍存在一定误差，环境治理技术应用缺乏充分政策扶持与资金保障。尽管环保技术的研发已取得一定成果，但其广泛应用仍受高成本、低效率等问题约束，特别是技术的推广与维护仍是亟待解决的难题。

2.2 社会保障范畴的精准服务难题

伴随社会保障需求走向多样化与复杂化，如何实现精准化服务已成为亟待解决的问题，信息不对称是实现精准化服务的最大障碍。目前，众多社会保障体系中的信息收集与处理仍采用传统方式，信息更新出现延迟，数据精准性跟完整性不能保障，这导致在实际服务推进进程中，大量群体不能及时获取应有的保障，譬如在医疗保障系统中。部分人群因个人健康信息未及时更新，导致他们在有需求时难以获得恰当的医疗服务。

社会保障精准度依旧受资金分配和资源配置限制。当发达地区与欠发达地区经济发展水平存在不平衡状况时，不同地区与不同群体的社会保障需求存在显著差异。如何根据实际状况合理配置资源，确保每个有需求者都能获得公平的待遇，成为一个复杂的挑战。另外，个性化服务也面临挑战，随着人口老龄化与疾病谱变化，过往社会保障规划无法达成个性要求，如何提供更加灵活多元的社会保障服务，是一个关键的问题^[3]。

2.3 环境与社会福利保障协同遭遇的难题

环境治理和社会保障协同推进面临诸多挑战，政策协同缺乏一致性。当前，环境治理和社会保障政策常单独实施，缺失充分的互动与配合。两者在部分层面存有交集，如环境污染对弱势群体健康造成的影响，但在当前政策执行过程中通常未考量这一情形，导致资源分配缺乏科学性。数据共享和跨部门协作面临难题，环境整治跟社会保障关

联多个单位，如生态环境局、社会福利保障部门等。数据和信息常常遭遇跨部门整合难题，失却统一的平台标准架构，造成了资源浪费与效率低下。

技术融合应用的问题。虽然 AI、大数据等技术在环境治理和社会保障方面分别取得一定成效，但将这两种技术融合并应用于协同治理，仍然面临较大挑战。如何高效利用这些技术实现协同效果，提供精准、高效的服务，依旧是一个复杂的课题。资金和资源的分配也成为协同推进的阻碍，环境治理和社会保障的协同需要技术与政策支持，亦需要充足的财政资金以及社会资源。处于资源数量有限的状况下，如何科学合理地分配资金，确保两者的高效协同，是一个迫切需要解决的问题。

3 人工智能时代推动环境治理与社会保障协同的策略

3.1 推动数据共享和平台搭建

在环境治理跟社会保障协同革新阶段，加强数据共享和平台构建是实现信息高效流通、决策支持及服务精准化的关键因素。搭建统一的数据平台是解决数据共享问题的关键，当前不同部门和不同领域的的数据多采用独立管理系统，缺乏互通能力及标准化规程，致使信息分割与重复利用效率低下。所以，应搭建一个跨部门跨领域的统一平台，能够对环境治理、社会保障等方面的数据资源实施集成，并进行实时更新与动态管理。此类平台能给出更精准的数据支撑，还能够促进各相关部门进行沟通协作^[4]。

另外数据共享相关的法律法规亦是亟待化解的关键问题。目前，关于数据共享的法律体系尚不完善，尤其是在个人隐私保护与数据安全范畴，存在较多争议点，政府应发布相关的法律法规，明确数据共享的边界、流程与保障机制，保障于推动数据共享阶段里，保护个人隐私与敏感信息。只有在确保数据安全的情况下，才可达成数据共享的全面施行，数据精确性与完备性直接影响决策质量。因此，需重视数据源头管理、采集手段、处理步骤等环节的标准化和规范化，加之在平台搭建阶段，应考虑人工智能、大数据和物联网等技术的整合，令平台具备数据分析、智能决策等聚合能力，从而为环境治理与社会保障提供有力的数据支持和决策依据。

3.2 促进人工智能技术的普及与拓展

人工智能 (AI) 在环境治理和社会保障领域的应用潜力巨大，然而它的推广与应用仍面临一定障碍。为实现两者的协同共进，需在政策引领、技术攻关、资金扶持等方面加大力度，助力人工智能技术的铺开与运用。应促进 AI 技术的研发与拓展，目前虽然 AI 技术在环境治理及社会保障领域已开始应用，但在复杂环境变动预估、社会保障服务精准化等方面，仍然面临较大的技术障碍。因此，政府需通过支持科研机构、高校和企业开展创新研发，推动 AI 技术不断突破。比如，运用深度学习和大数据分析

技术,增强环境污染预测的精准度,并通过机器学习等手段优化社会保障资源的配置与分配。通过这些技术创新,AI能够更好地适应实际应用的需求,进一步推动环境治理与社会保障智能化发展^[5]。

提高人工智能技术在中小企业和基层部门的推广力度。许多地区和单位受资金技术等条件限制,未能达成人工智能技术的普及应用。政府可通过政策引导、资金支持以及培训指导等方式,帮助这些地区和企业提高AI技术接受程度与应用水平。比如,可通过提供技术咨询和解决方案的方式,帮助基层单位提升环境监测、社会保障管理等方面技术水平,从而实现社会治理和资源分配的精准化。应搭建AI技术应用的伦理与安全框架,随着AI技术在环境治理和社会保障中的广泛应用,如何保障其公正性、透明性与安全性,成为亟待解决的问题。政府应出台相关政策,明确人工智能技术的伦理框架,确保其应用符合社会公共利益,避免技术应用中的偏见与数据滥用问题。

3.3 打造协同推进的政策架构

置身于人工智能的时代环境中,环境治理和社会保障的协同推进依靠健全的政策框架。目前,虽然这两个领域在政策层面分别具备独立的制度和规范,但缺乏有效的整合与协同机制。所以,构建一个跨部门跨领域的政策体系,是推动二者协同发展的基础。政策框架应明确各方职责和权益,环境治理与社会福利保障涉及多个部门和主体,像环保部门、社会保障体系、地方政府和社会公益团体等。在政策系统里面,应明确划定各部门职责界限,并鼓励它们加强合作。尤其是在数据共享、资源分配和资金发放等方面,应确保各方在协同推进过程中的信息互通与资源互补,如此才能减少各部门间的重复投入,提升政策执行效率。

政策框架需关注环保与社会保障的相互影响。两者具有紧密的关联,如环境污染对贫困群体健康产生的影响,或者是灾害应对过程中的社会保障体系。所以,政策框架要重视两者的相互影响,合理调配资源与服务。比如,在制定与环境治理有关政策时,需考虑如何同步提升社会保障服务的效能,确保弱势群体在环境变迁中得到有效保障^[6]。

政策框架的灵活性与可操作性是环境治理和社会保障协同推进的关键保障。考虑到环境治理和社会保障是复杂且长期的任务,并且随着技术的进步和社会需求的变化,相关问题和挑战不断产生演变,因此政策框架应具备高度适应性,以应对这些变化。在这一情况之下,政府应定期开展政策评估,通过数据解析与反馈机制,快速识别政策

执行流程里的问题并予以调整。这类评估有利于发现政策执行里的盲区与欠缺,还能为未来政策的完善提供有力支持,通过灵活调整,政府能够确保政策一直符合现实需求,保持有效性与高效率。

另外,政策框架的灵活性还体现在满足不同社会群体需求的能力上。社会保障和环境治理涉及群体广泛、背景多样,从城市到农村、从低收入群体到高收入群体,每个群体在环境治理和社会保障中面临的挑战与需求各不相同。所以,政策制定者应在总体框架里,根据具体情况提供针对性的解决方案,以确保不同群体都能从政策中获取利益。政策框架还需注重公众参与和社会共治,建立透明的决策与监督机制,公众参与可提升政策的合法性,还能通过汇聚众人智慧发现潜在问题与解决办法。政府可采用多样化的方法,如公众咨询、民意调查、社会监督等形式,提高社会各界参与程度。社会公众的普遍支持与监督,将促使政府在执行政策过程中更关注公平性与公开性,进一步提高政策的社会认同度与执行效率。

4 结语

人工智能在环境治理和社会保障领域协同推进,能有效提升两者的工作效率与服务质量,推动社会可持续发展。但现阶段仍面临技术、数据、政策等多方面挑战,为实现人工智能的深度运用,需加强技术创新与跨部门合作,推动智能化社会治理体系的建设。未来,随着人工智能技术的不断发展与推广,环境治理与社会保障协同推进将获得更广阔的发展空间。

【参考文献】

- [1]何欢欢,杨丽萍.城乡融合背景下乡村生态环境治理的利益整合探析[J].智慧农业导刊,2025,5(4):68-72.
- [2]刘伟.城市水资源污染治理与环境保护探析[J].黑龙江环境通报,2025,38(2):118-120.
- [3]杜雯翠,毛赢.人工智能背景下环境治理与社会保障的协同推进研究[J].中国工业经济,2024(6):42-60.
- [4]王夏晖.人工智能:加速形成生态环境治理新模式[J].环境保护,2024,52(15):39-44.
- [5]金美松,陈子璇,苗艳坤.人工智能技术在水污染治理领域的应用研究[J].当代化工研究,2024(12):86-88.
- [6]马俊.人工智能在环境法律监督与治理中的应用研究[J].中阿科技论坛(中英文),2024(3):152-156.

作者简介:张珈铭(2003—),男,汉族,山东菏泽人,本科在读,潍坊理工学院 大数据学院,研究方向:人工智能。

地籍测量中航空摄影测量技术应用分析

谷荣新

辽宁佳泰土地勘测规划有限公司, 辽宁 大连 116021

[摘要]随着城市化进程的加快,传统地籍测量方法已难以满足大规模、快速更新的需求。通过采集高分辨率影像并进行精确处理,航空摄影测量能够高效地获取广泛区域的土地数据,从而为地籍管理提供精准的支持。但精度控制、大规模数据处理以及气候与地形的影响,仍然是技术应用中的主要挑战。解决这些问题,并提高技术的实用性,已成为推动航空摄影测量在地籍测量中广泛应用的关键。

[关键词]地籍测量;航空摄影测量技术;应用

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15452

中图分类号: P23

文献标识码: A

Application Analysis of Aerial Photogrammetry Technology in Cadastral Surveying

GU Rongxin

Liaoning Jiatai Land surveying and Planning Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116021, China

Abstract: With the acceleration of urbanization, traditional cadastral surveying methods are no longer able to meet the needs of large-scale and rapid updates. By collecting high-resolution images and performing precise processing, aerial photogrammetry can efficiently obtain land data in a wide area, providing accurate support for cadastral management. However, precision control, large-scale data processing, and the impact of climate and terrain remain the main challenges in technological applications. Solving these problems and improving the practicality of technology have become the key to promoting the widespread application of aerial photogrammetry in cadastral surveying.

Keywords: cadastral surveying; aerial photogrammetry technology; application

引言

地籍测量作为土地管理的核心部分,传统方法常常面临效率低下与高昂成本的难题。凭借其高效性与精准性,航空摄影测量逐渐成为解决这些问题的重要技术手段。通过获取并处理航空影像,不仅能够显著提升测量精度与效率,而且在大范围数据采集方面展现了不可忽视的优势。探讨航空摄影测量在地籍测量中的实际应用,分析其优势,同时讨论所面临的挑战,以期地为地籍测量技术的进一步发展提供有价值的参考。

1 地籍测量的概念

地籍测量是地籍管理中的关键环节,负责对土地的各项参数进行精准测量与记录。通过采用精确的测量技术,测量人员能够确定土地的分界线、面积、位置以及坐标等基本信息。地籍测量不仅限于土地边界的划定,还涵盖了土地类型、分布、质量等多维度的详细划分,这些数据的准确性为后续的地籍控制、宗地图编制、宗地面积计算等工作奠定了基础。完成测量后,所获得的数据必须经过严格分析与处理,以确保土地权属明晰、管理高效,从而为土地资源的合理配置、产权保护及相关政策的制定提供科学依据。地籍测量不仅是一项技术要求较高的工作,更是土地管理体系中不可或缺的核心部分。

2 航空摄影测量在地籍测量中的应用优势

2.1 提高效率与精度

航空摄影测量技术在地籍测量中的应用,显著提高了工作效率与精度。通过获取高分辨率的航空影像,广泛的区域能够迅速覆盖,工作所需的时间得以大幅缩短,从而减少了传统地面测量中人工操作的成本。特别是在复杂地形或难以到达的地区,航空摄影测量展现了其独特的优势,极大提升了测量的可操作性与精确度。现代图像处理软件能够将拍摄的航空影像转化为精准的地理坐标,并通过精细的三维重建技术,确保了数据的高度准确性。与传统方法相比,这项技术不仅有效缩短了工作周期,且能够精确捕捉土地的微小变化,减少了人为误差,从而显著增强了地籍测量结果的可靠性。

2.2 精确定位与大范围数据采集

航空摄影测量技术在地籍测量中的一大优势,体现在其卓越的精确定位能力与大范围数据采集效率上。通过高空拍摄能够迅速获取覆盖大面积区域的影像数据,从而显著提升了地籍测量的整体效率。相比传统测量方法,在较短时间内,航空影像能够收集大量地面信息,极大地加快了数据采集的速度与覆盖范围。借助精确的导航定位系统,每一张航空影像都与地面实际位置精确对接,这确保了数据的高精度。在大范围地籍测量项目中,航空摄影测量有

效地减少了人工测量的工作量,并克服了传统方法在复杂地形或难以到达区域中的局限性。测量进度不仅得到了加速,数据采集的全面性与精确性也得到了有效保证。

3 航空摄影测量在地籍测量中的应用

3.1 航空影像数据的获取与处理

航空影像数据的获取与处理在地籍测量中起着至关重要的作用,直接决定了最终数据的精确性与可靠性。在数据获取阶段,高分辨率相机通常被安装在无人机、飞机或直升机等航空平台上,飞行平台的选择与配置应根据任务需求精心设计。飞行高度、航速以及拍摄角度必须严格把控,以确保影像能够全面覆盖目标区域。飞行员根据预定航线与高度控制飞行轨迹,从而保证数据的完整性。为了确保影像数据的空间一致性与连续性,拍摄时必须考虑合理的影像重叠度,通常要求前后及左右相邻影像的重叠部分在 60%-80%之间。这种重叠不仅有助于后续影像匹配,也为精确的三维重建及地面坐标计算提供了必要的信息。数据采集完成后,影像处理成为确保测量精度与数据完整性的关键步骤,原始影像通常会受到飞行角度、地形起伏、气象条件等多种因素的影响,产生几何畸变。这些畸变可能导致影像失真,从而影响地面特征的准确定位。为了解决这一问题,影像处理软件对原始影像进行几何校正,消除由飞行平台倾斜或地面起伏引发的误差,利用数学模型调整影像,使其能够与实际地形精确对接。几何校正完成后,影像数据进入更为复杂的处理阶段,包括影像匹配与三维重建。影像匹配技术通过分析多幅影像的共视信息,精确定位地面特征点。在这一过程中,先进的匹配算法计算影像中对应特征点的精确位置,进一步为空间数据处理提供支撑。接下来,利用三维重建技术,根据匹配的影像数据生成高精度的数字地面模型(DTM)。这些模型为地籍数据提取提供了精确的空间依据。随着数据处理的逐步深入,测量系统依据校正与重建后的影像数据,生成精确的地面坐标及空间信息。这些数据直接用于地籍测量,协助提取土地边界、面积以及地形特征等信息,从而支持地籍信息系统的构建。经过处理的影像数据不仅确保了测量精度的提升,还为地图编制、土地管理、权属划分等后续工作提供了可靠的高质量数据支持。这一系列处理步骤使得航空影像数据能够高效、准确地反映地面情况,成为地籍测量工作中不可或缺的技术支撑。

3.2 精度分析与校正方法

精度分析与校正方法是确保航空影像数据在地籍测量中准确性的关键环节,贯穿整个过程,从数据获取到最终结果,确保每个环节都满足精度要求。精度分析是对航空影像进行全面评估的首要步骤,其目的是评估影像的几何精度与定位精度。几何精度分析聚焦于影像中畸变的程度,而定位精度分析则检查影像数据与实际地面坐标之间的匹配度。为此,必须选取多个已知地面控制点,这些控

制点通常通过传统地面测量方法获得,具有精确的已知坐标。在精度分析过程中,测量人员将影像中的对应点与地面控制点进行对比,计算影像坐标与实际坐标之间的差异,进而识别偏差^[1]。当精度分析结果表明影像中的坐标偏差超过容许范围时,必要的校正工作必须进行。常见的校正方法包括几何校正与内外方位元素调整,二者能够有效修正由拍摄角度、飞行高度、地形起伏等因素引起的误差。几何校正主要解决影像中由相机畸变、飞行角度偏差及地面起伏等因素造成的失真问题。几何畸变表现为影像的弯曲或拉伸,导致影像中的物体位置与实际地面不符。为修正这些畸变,通常采用精确的数学模型,如多项式模型或仿射变换,通过将影像中的像素点与实际地面点建立对应关系,从而消除畸变影响,使影像能够更加准确地反映地面物体的空间布局。除了几何校正,内外方位元素的校正同样至关重要,内方位元素是指相机的内部参数,如焦距、光心位置等,它们直接影响影像的几何形态;外方位元素则与相机与地面之间的空间关系密切相关,包括飞行高度、飞行角度及航向等。在拍摄过程中,由于飞行器姿态的变化或相机微小的偏差,误差可能会产生,这些误差会直接影响影像的空间定位。为此,必须通过地面控制点来校正影像的外方位元素。精确测量已知地面控制点的位置,并与影像数据中的对应位置对比后,外方位元素得以调整,从而修正影像的空间位置与方向。常用的校正方法包括最小二乘法与束调整法,通过这些方法,影像的空间位置能够得到优化,定位误差得以减小。通过实施这些精度分析与校正方法,影像数据的几何精度与空间定位精度得到显著提升,这个过程不仅确保了影像数据与实际地面情况的高度一致,还为地籍测量提供了坚实可靠的基础数据。测量结果的准确性与一致性得到了极大改善,为后续地籍信息提取、地图编制及土地管理等工作提供了高质量的数据支撑。

3.3 地籍数据提取与更新

地籍数据的提取与更新是航空摄影测量在地籍测量中的至关重要的应用环节。在航空影像数据获取与处理完成后,接下来的关键任务是从这些影像中提取与地籍相关的信息。借助影像识别与图像处理技术,土地边界、建筑物、道路等地物特征能够自动化地被提取,从而显著提高了测量效率与结果的准确性。为了进一步确保数据的精准性,影像数据通常会与地面控制点及已有的地籍信息进行比对和校准。在此过程中,测量人员会根据实际情况对数据进行适当的修正,以确保土地边界、面积等关键信息的准确无误。针对地籍数据的更新,航空摄影测量提供了极为高效的手段。随着土地利用变化、建筑物增减等因素的影响,地籍数据往往会逐渐过时。通过定期获取航空影像并进行处理,地籍信息可以及时更新,使其与实际状况保持同步。这一过程不仅显著减少了传统人工测量所需的时

间和成本,还增强了数据的时效性与可靠性,从而使地籍管理变得更加精准、灵活且动态。

4 航空摄影测量技术的挑战与解决方案

4.1 精度控制问题

精度控制问题在航空摄影测量技术中是一个不可忽视的挑战。虽然航空影像能够覆盖广阔的区域,但在数据采集与处理过程中,影像精度往往受到多个因素的干扰,包括飞行高度、相机设备性能、气象条件以及地形复杂性等。若影像的畸变与定位误差未能得到有效控制,测量结果的准确性将受到影响,进而影响地籍数据的可靠性。为确保测量结果的精度,采取有效的精度控制措施是至关重要的^[2]。首先,必须选用高精度的航拍设备与传感器。通过搭载高分辨率相机和精密定位系统,现代航空拍摄系统能够有效减少误差来源。航线规划与飞行高度的精确控制同样至关重要,确保影像的几何精度不受干扰。与此同时,地面控制点的准确布设与使用为数据校正提供了可靠的依据,其精确坐标为后续处理提供了重要参考。影像配准与几何校正技术进一步优化了数据,消除了畸变,确保影像能够与实际地形精准对接。

4.2 大范围数据处理难题

在航空摄影测量中,大范围数据处理是一项亟待解决的技术难题。随着影像覆盖区域的扩大,所生成的数据量呈指数级增长。这些庞大的数据不仅在存储与传输上带来挑战,更重要的是如何在确保数据精度的同时,实现高效处理与分析,已成为一项复杂的技术任务。在处理过程中,影像的分辨率、重叠度以及拍摄角度等因素,均可能影响后续处理的效率与结果。例如,在影像拼接、融合及三维重建阶段,若处理不当,数据错位或连接不畅的情况容易出现。为应对这一挑战,采用先进的数据处理算法与强大的计算资源至关重要,通过自动化技术与并行计算,现代图像处理软件显著提升了数据处理的速度。借助分布式计算与云计算,海量数据得以在多个处理节点上并行运算,从而大幅提高了工作效率。针对数据处理过程中的细节,智能化算法被开发出来,能够自动识别并修正影像中的偏差,确保数据在拼接与融合时保持精确。借助这些创新技术,航空摄影测量在处理大规模数据时得以保持高效性与精确度,为地籍测量提供了可靠的数据支持。

4.3 气候与地形因素的影响

气候与地形条件对航空摄影测量的影响不容忽视,尤其在复杂地形或多变气候条件下,测量精度可能会受到显著影响。直接决定影像质量的是天气状况,阴天、雾霾或

强风等恶劣天气条件可能导致影像模糊或遮挡,严重影响拍摄的清晰度与数据的可用性。干扰影像色彩分布及亮度的,则是强烈的阳光、云层反射或温度波动,这些因素会引发图像误差^[3]。此外,气候变化对飞行计划的影响也不容小觑,频繁的天气变化可能使拍摄任务无法按时完成,从而影响数据的时效性。

在地形因素方面,复杂的地形环境,如山区、森林或密集的城市区域,给航空摄影测量带来了额外的挑战。高山或高楼建筑可能导致部分地面区域被遮挡,从而无法获取完整的数据,影响地形的真实呈现。在这种情况下,测量人员必须根据实际情况优化飞行路径,调整拍摄角度,并通过增加影像的重叠度来尽量减少遮挡带来的问题。影像畸变的增加,则在广阔区域及地形起伏较大时更为明显,进而增加了后期校正的难度。为应对这些挑战,高性能航拍设备的使用、拍摄参数的合理调整以及飞行任务的精确规划显得尤为重要。通过精细的后期处理与数据融合技术,环境因素所带来的不利影响可以得到有效弥补,从而确保最终测量结果的准确性与可靠性。

5 结语

航空摄影测量在地籍测量中的应用展现出了其在提高测量效率、精度以及大范围数据采集方面的明显优势。这项技术不仅能够迅速获取广泛区域的影像数据,而且通过精确的影像处理与校正手段,确保了数据的可靠性,为地籍测量提供了强有力的技术保障。尽管如此,精度控制、大范围数据处理、气候与地形因素等问题,在实际应用中仍构成了挑战。为应对这些挑战,需要技术人员不断优化方法与手段,以适应多变的环境与需求。随着技术的持续进步,航空摄影测量将在地籍测量领域中扮演愈发重要的角色,提供更加精准、高效的数据支持,以促进土地资源的有效管理与利用。

【参考文献】

- [1]刘凯.地籍测量中航空摄影测量技术应用分析[J].中国科技投资,2021(24):164-186.
- [2]马刚.无人机航空摄影测量技术在农村地籍变更测量中的应用[J].经纬天地,2024(4):51-54.
- [3]周路.无人机航空摄影测量技术在城镇地籍测量中的应用策略研究[J].科技创新与应用,2022,12(17):189-192.

作者简介:谷荣新(1990.4—),毕业院校:辽宁工程技术大学,所学专业:测绘工程,当前就职单位:辽宁佳泰土地勘测规划有限公司,职称级别:中级。

测绘工程测量中无人机遥感技术的运用

赵树杰

广西正屹工程技术有限公司, 广西 南宁 530000

[摘要] 传统测绘方法在效率、精度与成本方面存在显著局限,尤其在复杂环境下,常常难以满足需求。通过融合无人驾驶、遥感与图像处理技术,无人机遥感技术能够迅速且高效地收集大范围的高精度数据。该技术在地形测量、资源调查等多个领域的广泛应用,标志着测绘行业进入了一个崭新的发展阶段,展现了其独特的技术优势与广泛的应用潜力。

[关键词] 测绘工程测量; 无人机遥感技术; 运用

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15448

中图分类号: TU198

文献标识码: A

Application of Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing Technology in Surveying and Mapping Engineering

ZHAO Shujie

Guangxi Zhengyi Engineering Technology Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract: Traditional surveying methods have significant limitations in terms of efficiency, accuracy, and cost, especially in complex environments where they often struggle to meet demand. By integrating unmanned driving, remote sensing, and image processing technologies, drone remote sensing technology can quickly and efficiently collect high-precision data over a large area. The widespread application of this technology in various fields such as terrain measurement and resource investigation marks a new stage of development for the surveying and mapping industry, demonstrating its unique technological advantages and extensive application potential.

Keywords: surveying and mapping engineering surveying; unmanned aerial vehicle remote sensing technology; application

引言

随着科技的不断进步,无人机遥感技术在测绘领域的应用日益增多,已成为应对传统测绘方法在效率与成本上的局限性的关键解决方案。面对复杂地形、环境或紧急任务时,传统测绘技术往往表现出不足之处,而无人机遥感技术凭借其高效、灵活及精准的特点,逐步取代了部分传统测量手段。深入探讨无人机遥感技术在测绘工程中的应用,分析其实际操作流程与优势,并为未来的发展提供有价值的参考。

1 无人机遥感技术概述

1.1 系统组成

无人机遥感系统由多个协同工作的子系统构成,每一部分在整个系统中扮演着至关重要的角色。飞行平台是系统的核心部分,通常由无人机承担,具备承载遥感设备、供电装置、推进系统及导航设备的功能。根据测量任务的目标及实际环境,飞行平台的选型和搭配有严格要求。以高精度地形测量为例,飞行平台需具备良好的稳定性与抗风能力,因此,所选无人机的总质量不应低于2公斤,飞行速度需要保持在60至160公里每小时之间,且续航时间必须确保至少90分钟。同时,飞行平台的抗风能力应足以应对4级或5级风力,以保障在复杂气候条件下的正常作业。遥感设备是无人机的重要组成部分,通常包括高清摄像头、激光雷达(LiDAR)以及多光谱传感器等。不

同的测量任务要求配备不同类型的传感器,能够获取精确的地表数据,如高清影像或三维数据,以支持高效地测绘与分析工作。控制模块可视为无人机的“大脑”,主要负责飞行过程中的实时控制与数据传输,确保飞行路径的精确执行,避免产生偏差。此模块与地面控制站及通信模块相互协作,保证飞行指令和数据传输的精确性与实时性。地面控制站负责遥控无人机的飞行,监测其状态,并可根据需要调整飞行参数。在遥感数据采集过程中,地面控制站实时接收来自无人机的反馈数据,确保测量过程中的准确性。数据处理软件对无人机采集到的影像或三维数据进行后期处理与分析。该软件能够执行图像校正、拼接、增强等操作,并将遥感数据转化为实际的地理信息,为后续的测绘工作提供支持。为保障操作的顺利进行,通信模块、发射装置与回收装置等配件在系统中起到了关键作用,确保数据的传输与飞行的安全。

1.2 操作流程

在测绘工程中,无人机遥感技术的操作流程严格且系统,涵盖了多个关键环节,每一环节都对任务的成功至关重要。从资料收集与整理开始,到飞行任务执行再到数据后期处理,每一步都要求精确准备与执行,缺一不可。资料收集与整理是操作流程的起点,测量人员需要详细整理测区的地形、气象数据、实地考察报告以及相关的地质工作资料等,这些信息为后续的飞行计划提供依据。通过分

析这些资料,可以确定最佳的飞行季节与时段,从而避免因不利天气条件(如强风或降雨)影响飞行安全或数据质量。如发现恶劣天气,需及时调整作业计划,确保飞行任务的顺利进行。在资料整理完毕后,选择合适的起飞与降落场地显得尤为重要,飞行场地不仅要满足无人机的飞行需求,还应具备良好的安全性,避免飞行过程中受到干扰。选择的场地应远离建筑物、电线及其他障碍物,并充分考虑地形与气象因素,确保飞行的安全与顺利。接下来,飞行方案的制定尤为关键,飞行方案应根据整理的资料,结合测绘任务要求,详细规划飞行路线、飞行高度、影像采集角度等关键参数。科学的飞行方案能够有效提升数据采集的精度,确保测绘任务的高效完成。飞行前,调试与检查飞行控制系统是保障任务顺利执行的基础。飞行控制系统的稳定性对飞行安全与任务执行效果至关重要。调试过程包括对硬件进行详细检查、飞行控制软件的配置,以及飞行模拟测试,确保无人机能够精准执行飞行任务,避免任何系统故障。飞行过程中,实时监控影像质量是不可忽视的环节。操作人员需随时检查影像的清晰度与准确性,防止由于图像质量问题影响后期的数据处理与分析。如发现影像质量问题,应及时调整飞行参数或重新拍摄,确保数据的可靠性。数据采集完成后,整理飞行资料是整个操作流程的收尾工作。所有采集到的飞行数据需要进行归档与备份,并与相关资料整合,以便后期的内业处理与数据分析。这一环节为后续的工作奠定了数据基础,确保测绘成果的准确性与可用性。

1.3 应用优势

无人机遥感技术凭借其独特优势,成为传统测量方法的重要补充。其高效性尤为突出,相比传统地面测量,能够迅速覆盖广泛区域,特别适用于时间紧迫的项目。通过快速飞行,无人机高效完成大范围测绘任务,显著提高工作效率。精确性也是其显著特点,搭载高清相机、多光谱传感器或激光雷达等高精度设备,能够获取高分辨率影像和三维数据,为后期数据处理与分析提供坚实基础,尤其在地形测量和建筑监测中具有无可比拟的优势。无人机还能够进入危险区域,降低人员暴露于风险中,特别适用于灾后评估和矿山勘探等高风险任务。自动化飞行和实时监控有效规避飞行中的碰撞和偏航,确保安全。在成本效益方面,无人机的投入成本低,能减少人工成本,通过快速覆盖大范围区域,降低重复工作,提升整体效率。配备的智能数据处理软件可以自动快速处理大量数据,确保高效且精确的结果。

2 无人机遥感技术在测绘工程测量中的应用方法

2.1 布设像控点

布设像控点是无人机遥感技术在测绘工程中的应用的关键步骤之一,直接影响后续数据处理的精度与可靠性。像控点是经过精确测量得到坐标位置的地面点,这些点与遥感影像中的地理位置之间存在明确的对应关系。主要目

的是确保无人机采集的影像能够准确地与地理坐标系统匹配,从而为后期的地理信息处理及三维建模提供可靠的空间参考。在布设像控点时,测量人员需要根据测区的地理特征和任务要求进行科学规划。应优先选择地形稳定、视距清晰且便于标定的地点,以避免受到地物遮挡的干扰。像控点的分布应经过合理安排,确保覆盖整个测区。在地形变化较大或区域较广的地方,控制点的布设需加密,以保证影像配准精度的有效提高。测量过程中,通常会使用全站仪或 GPS 设备对每个像控点的精确位置进行测量。所获得的坐标需与无人机的飞行轨迹及影像采集时间相匹配,此外,每个控点的详细信息,包括地理坐标、海拔高度及周围地理特征等,也应记录下来,这些数据为后续的数据分析提供了必要的支持。布设完成后,像控点的位置需要进行标定验证,此过程要求在无人机拍摄的影像中精确识别每个像控点,并将其与地面测量的坐标进行比对。该环节至关重要,决定了遥感影像与实际地理位置之间的匹配精度。如果标定结果未能达到要求,控点位置需重新调整或布设,以确保测量结果的精度与可靠性。

2.2 获取无人机影像

无人机影像的获取是遥感测量过程中至关重要的一步,直接决定了后续数据处理与分析的质量。在这一环节中,无人机搭载的遥感设备发挥着核心作用,通过高精度相机或传感器,地面目标的影像数据能够被精准捕捉。确保成功获取高质量影像的关键,在于多个因素的精细控制,包括飞行高度、影像重叠度、拍摄角度及飞行路径等。飞行高度与拍摄角度对影像的分辨率与覆盖范围产生了直接影响。较高的飞行高度有助于扩大覆盖范围,但影像分辨率却会有所降低。因此,飞行高度需根据测量任务的精度需求及目标特征适当调整。针对精细测绘任务,飞行高度通常维持在 100 至 150 米之间,以获取较高的影像分辨率,适用于地形测量或建筑立体建模等精确任务;对于大范围区域,适当提高飞行高度则有助于提升工作效率。影像重叠度是确保数据完整性与高精度的关键,为了生成高质量的正射影像或三维模型,邻近影像之间需要具备一定的重叠度。推荐前后重叠度保持在 60%至 80%之间,左右重叠度在 50%至 60%之间。这种重叠有效减少了空白区域,并在数据拼接过程中提供了帮助,同时增强了三维建模的准确性,确保影像能够在不同视角下无缝对接。飞行路径的合理规划同样至关重要,确保测区全面覆盖的同时,飞行路径也应根据测区的地形与环境特征进行优化。在地形复杂或建筑密集的区域,飞行路径应尽量避免障碍物,并确保无人机能够从多个角度拍摄地面目标,从而减少盲区并提高数据质量。光照条件对影像质量的影响不容忽视,在光照过强或反差较大的环境中,影像可能会出现过曝或阴影,从而影响数据的可用性。因此,选择合适的飞行时间至关重要,应避免在极端光照或多云天气下进行飞行,

以确保影像的清晰度与色彩平衡。影像获取后,飞行任务并未结束。每一帧影像都需进行初步质量检查,确认其清晰度与曝光度是否达标,进而确保后续数据处理与分析的顺利进行。如发现任何异常,飞行参数应及时调整,以确保数据的完整性与准确性。

2.3 观测像控点

在无人机测绘中,观测像控点是确保测量数据空间精度与坐标一致性的关键环节。像控点指的是具有已知坐标的地面特定点,其在飞行过程中需确保在影像中的准确定位^[1]。选定的这些点应覆盖测区的关键区域,并且分布均匀,以保证无人机影像能够与实际地面坐标正确对接。观测像控点时,通常会使用高精度的测量设备,如全站仪或GPS,以确保每个控点的坐标数据无误。控点位置应在无人机飞行前确定,并在飞行过程中反复进行验证,以确保数据的准确性。测量位置的选择应确保稳定且无遮挡,以避免视距受限或外部环境的干扰,从而导致数据产生偏差。在飞行期间,控制人员需要确保无人机的摄像头准确对准像控点,拍摄出清晰、精准的影像。拍摄后的影像应与现场测量得到的坐标数据进行比对,确保控点定位无误。通过此方式,影像与实际地理坐标的精确匹配能够得以实现,为后续的图像拼接与三维重建奠定坚实的基础。

3 无人机遥感技术在测绘工程中的应用

3.1 地形测量

无人机遥感技术在地形测量中的应用展现了显著的优势,特别是在大范围或复杂地形的测量任务中表现尤为突出。依托高精度传感器搭载的无人机,能够在较短时间内采集大量地面数据,从而生成精确的地形图和高程模型。与传统的地面测量方法相比,采用无人机遥感技术不仅提升了工作效率,而且显著降低了人力成本及现场操作中的安全风险。在地形测量过程中,飞行路径的合理选择至关重要,它直接影响着无人机能否全面覆盖整个测区,尤其是那些难以接近或重点区域^[2]。无人机在稳定飞行的同时,通过连续拍摄影像,并结合精确的像控点数据,构建出详细的三维地形模型。通过这些数据,不仅能够准确呈现地表的起伏,还能清晰展示出山脉、河流、道路等各种地理特征。数据处理阶段,收集的影像通过影像拼接与几何校正等技术手段转化为数字高程模型(DEM)或等高线图。

这些数字成果为后续工程设计、规划决策及环境管理提供了可靠的基础数据,直观地展示了地形高程的变化。

3.2 建设项目监测

在建设项目的监测过程中,无人机遥感技术的应用已成为提升效率与精度的关键手段,尤其在工程进度跟踪、质量控制与安全管理等方面,显示了显著的优势。大范围施工区域能够迅速被无人机覆盖,高清影像与数据被实时捕捉,不仅大幅节省了人工测量所需的时间,还有效减少了人为操作所带来的测量误差。借助高清摄像头、激光雷达等高精度设备,无人机得以精确监控项目中的各项工作环节,如土方作业、结构施工、道路铺设等。结合影像数据与地面控制点信息,详细的施工现场三维模型能够被构建出来,为管理人员提供实时的工程进度评估工具,确保项目按预定计划推进,并保证施工质量与精度满足要求。在安全管理方面,无人机遥感技术同样发挥着至关重要的作用^[3]。通过定期巡航,施工现场潜在的安全隐患得以检测,如设备放置不当或高空作业的安全问题等。风险提前被识别并发出预警,事故发生的可能性得以有效降低。

4 结语

无人机遥感技术,作为一种高效且精确的测绘工具,已在地形测量、建设项目监测等多个领域得到了广泛应用。凭借其优化的系统设计及规范的操作流程,能够迅速采集高精度数据,无人机极大地提高了测绘工作的效率与准确性。随着技术的不断进步,结合大数据与人工智能等新兴技术,未来,测绘领域中无人机遥感技术将展现出更加重要的作用。通过优化技术流程、提升数据处理效率,并拓宽应用场景,这项技术的广泛应用将进一步得到推动。

[参考文献]

- [1] 晁冲,褚会鹏. 无人机遥感技术在测绘工程测量中的应用研究[J]. 工程技术研究,2024,9(12):202-204.
- [2] 周才,刘娟. 无人机遥感技术在工程测量中的应用[J]. 测绘与空间地理信息,2024,47(1):179-180.
- [3] 孙振杰. 无人机遥感技术在测绘工程测量中的应用[J]. 世界有色金属,2024(11):151-153.

作者简介:赵树杰(1982.4—),毕业院校:新疆工程学院,所学专业:工程测量技术,当前就职单位名称:广西正屹工程技术有限公司,职称级别:中级。

城市建设中地形图测量和地籍测量的应用

吴东光

大连市勘察测绘研究院集团有限公司, 辽宁 大连 116021

[摘要]随着城市规模的不断扩大,土地的规划、开发与管理面临着前所未有的挑战。传统的人工测量方法,已无法满足现代城市建设对数据精度与信息化管理的需求。尤其是在大规模基础设施建设、旧城改造、新区开发及土地资源再利用等过程中,地形图与地籍测量的精确性,直接影响着项目的顺利推进与城市的可持续发展。同时,随着城市土地市场的活跃及政府土地政策的变化,对土地权属、边界及使用情况的精确掌握显得尤为重要。为此,地形图测量与地籍测量不仅为城市建设提供了基础数据支持,也为土地资源的合理配置、城市空间的高效利用以及可持续发展,提供了关键保障。

[关键词]城市建设;地形图测量;地籍测量;应用

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15454

中图分类号: P217

文献标识码: A

Application of Topographic Map Measurement and Cadastral surveying in Urban Construction

WU Dongguang

Dalian Institute of Investigation and surveying Mapping Group Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116021, China

Abstract: With the continuous expansion of urban scale, land planning, development, and management are facing unprecedented challenges. The traditional manual measurement methods are no longer able to meet the needs of modern urban construction for data accuracy and information management. Especially in the process of large-scale infrastructure construction, old city renovation, new district development, and land resource reuse, the accuracy of topographic maps and cadastral surveying directly affects the smooth progress of projects and the sustainable development of cities. Meanwhile, with the active urban land market and changes in government land policies, it is particularly important to have a precise understanding of land ownership, boundaries, and usage. Therefore, topographic mapping and cadastral surveying not only provide basic data support for urban construction, but also provide key guarantees for the rational allocation of land resources, efficient utilization of urban space, and sustainable development.

Keywords: urban construction; topographic map measurement; cadastral surveying; application

引言

在现代城市建设的快速发展中,土地的合理利用与精确规划是实现可持续发展的关键。作为城市建设中的核心技术手段,地形图测量与地籍测量各自发挥着重要作用。地形图测量详细记录了地表的自然环境与人文地物,为城市规划提供了基础数据;而地籍测量则通过明确土地的权属、用途及边界,为土地管理、交易及开发提供了法律支持。随着城市化进程的加速以及土地资源的日益紧张,如何充分利用这些测量技术,以确保城市建设的科学性、合理性与合规性,已成为当今城市管理中的关键课题。

1 地形图测量和地籍测量的概述

1.1 地形图测量的内涵

地形图测量是一项对地球表面地物及地貌进行精准测量的工作,目的是通过收集各类地物的水平位置与高程数据,制作出符合比例尺要求的地形图。此项任务不仅需要精确记录地物的位置,还要对测得数据进行适当缩放,以确保图纸能够清晰、准确地展现地形的整体特征。为了避免图纸内容过于繁琐,测量过程中常借助符号与注记来简化地形特征的表现。在大范围区域的地形测量中,航空摄影测量成为常见的技术手段,通过空中拍摄获取广泛的

地面信息,进而利用先进设备进行数据处理与转换,生成高精度地形图。这种技术适用于广阔地理范围的测量,能够快速提供准确的数据。而对于较小范围或特定用途的地形测量,则常采用手工测绘的方法,例如使用聚脂薄膜或白纸裱糊的测图板,这在特殊的工程项目中应用较为广泛,能够确保在有限空间内实现高精度绘制,满足施工要求。地形图测量是城市建设与土地开发等领域的基础工作,其所提供的精确数据直接影响规划、设计及施工环节的决策。因此,测量的精确性、数据的精细处理与图纸的直观呈现,对于确保各项城市建设任务的顺利推进具有至关重要的作用。

1.2 地籍测量的内涵

地籍测量的主要目的是为土地的使用、所有权及边界管理提供精准的地理信息,进而为土地管理提供支持。通过这一测量过程,可以详细记录土地的权属界线与地类界线等重要数据,确保每一块土地的使用权和管理权具有清晰的法律依据,这些数据对土地买卖、继承、征用等法律事务至关重要,同时也是城市建设、规划和开发的基本数据来源。地籍图不仅展示土地的自然地形与地物,还特别强调权属界线与地类界线的准确表示。权属界线决定了土

地的所有者和使用者,而地类界线则划定了土地的功能用途,如住宅区、商业区或农田等。为了确保土地管理的透明与高效,这些要素在地籍图中的展示必须详细无误。在土地交易或开发的过程中,任何细节的遗漏都可能引发法律纠纷,影响管理的有效性。

2 城市建设中地形图测量和地籍测量相同点

2.1 遵循相同的基础理论

地形图测量与地籍测量虽然各自关注的内容有所不同,但在技术方法与理论基础却存在诸多相似之处。几何测量与大地测量学的原理,均是两者的共同依赖基础,旨在精确获取地面点的位置与高程数据。这些基本理论为地理信息的收集、分析及应用提供了坚实的支撑。无论是在地形图测量中对地物位置的精准捕捉,还是在地籍测量中对土地边界与权属界线的准确划定,均离不开这些基础理论的指导。在空间数据的坐标系统上,两者也存在一致性,地理坐标系或投影坐标系常被采用,通过各种测量仪器与技术手段,地面信息被转换为平面图纸或数字模型。在这个过程中,确保准确性的坐标转换、误差控制及测量精度等技术问题,均需依赖相同的数学模型与误差分析方法。

2.2 坚持相同的基本原则

在地形图测量与地籍测量的操作过程中,必须遵循一系列共同的基本原则,这些原则确保了测量结果的准确性与可靠性。精度要求为核心,准确的数据始终是无论绘制地形图还是测绘地籍图的基础。为了消除误差对后续工作的影响,误差范围必须严格控制,确保采集的数据具备高度准确性。规范性同样是两者遵循的关键原则,在现场测量阶段及后期图纸绘制过程中,均需按照国家或行业的相关标准进行。这不仅保障了测量数据的一致性,还确保了图纸的可比性与通用性,便于不同部门或单位之间的高效信息共享。此外,连续性与一致性也是地形图与地籍测量的重要要求。在数据收集过程中,所有测量结果必须与已有数据保持一致,确保不同时间或区域的测量数据能够无缝衔接,避免因数据不一致而引发规划或管理冲突。遵循这些基本原则,地形图测量与地籍测量能够为城市建设提供稳定、可靠的数据支撑,进而有效推动土地利用与规划设计等各项工作的顺利实施。

2.3 选用的相同图幅方法与编号

在地形图测量与地籍测量中,图幅的划分方法与编号的选择至关重要,直接关系到数据的标准化与信息的共享。统一的图幅划分系统通常被采用,这种方法不仅有助于数据的有效组织与管理,还确保了不同测量成果的顺利对接与整合。根据测量区域的大小与详细程度,图幅的划分方式被选择。例如,大范围区域通常使用较小比例尺的图幅,而较小范围、高精度区域则可能采用较大比例尺的图幅。图幅编号的规范性也是地形图与地籍图共同遵循的原则之一,编号系统通常基于地理区域的编码规则,通过这一

体系,可以清晰标明每张图纸所覆盖的具体区域。这种编号方式简化了数据存档与查询过程,同时避免了不同区域数据混乱的情况发生^[1]。通过统一的图幅划分与编号方法,大量土地信息与地理数据能够被清晰、系统地存储,从而为后期的管理与利用提供便利。采用一致的图幅划分方法与编号规则,地形图测量与地籍测量得以更加高效地整合与共享测量数据,为城市规划、土地管理等多个领域提供精确且一致的信息支持。

3 地形图测量和地籍测量应注意的问题

在地形图测量和地籍测量的执行过程中,若干关键因素需特别关注,以确保测量结果的准确性与可靠性。其中,精度控制是一项至关重要的任务,无论是在绘制地形图还是实施地籍测量,测量误差必须严格控制在接受的范围内。特别是对于关键地物,与边界的测量,哪怕微小的偏差,均可能引发后续纠纷或影响规划设计的精确性。因此,依赖精密仪器、规范现场操作流程,并加强数据校对工作,成为确保测量质量的必要措施。另一个不容忽视的关键因素是数据的时效性,随着城市建设的不断推进,土地利用方式及地物分布时常发生变化。及时更新地形图与地籍图显得尤为重要;合理安排更新频率,确保数据反映当前状况必须加以重视。对于变化较大的区域,定期重新测量与数据更新显得尤为关键,确保土地管理与规划的精确性。测量环境对结果的影响也不可忽视,自然环境因素如天气状况、地形复杂性等,可能干扰测量数据的准确性。为了尽量减少这些干扰,应在测量前进行充分的现场勘查,选择合适时机作业,并采取有效的技术手段,确保数据的准确性。此外,数据存储与管理也必须得到重视。地形图与地籍图涉及大量且复杂的数据信息,必须采取高效、规范的存储与管理方式,确保数据在后期查询与使用时的便捷性与安全性,不仅为未来的查询、更新提供便利,也为相关部门提供了有效的管理工具。

4 地形图测量和地籍测量在城市建设中的不同应用

4.1 地形图测量在城市建设中的应用

地形图测量在城市建设中发挥着不可或缺的作用,特别是在规划、设计、施工以及后期管理的各个环节中。为城市规划提供全面、真实的地理数据的正是地形图,它为规划人员提供了关于建设区域地貌特征及现有地物分布的准确了解。通过对自然环境(如地面高程与坡度)及人文设施(如道路、建筑物、河流等)的详细测绘,地形图能够直观展现区域内的各类空间信息,成为项目规划设计的坚实基础。在道路建设和基础设施布局方面,地形图测量为工程提供了精准的引导^[2]。在城市道路的规划、管线与排水系统的设计过程中,地形图帮助工程师合理布局道路走向、地下管网的埋设位置以及排水设施的配置。通过对地形图的分析,施工团队能够预见现场的复杂情况,如

地形起伏、建筑分布、绿地及水体位置,从而避免设计冲突与施工难题的发生。对于复杂地形或不规则地块的开发,地形图测量尤为关键,它为建筑规划与布局提供了详细的参考,确保建筑方案与周围环境的协调性,既提升了土地利用效率,又避免了施工过程中对现有环境的破坏。例如,在山地或丘陵地区,地形图测量为建筑设计提供了精准的地势数据,帮助设计人员确定最佳建筑位置与结构形式,以应对复杂的自然条件。随着城市建设逐步向高层建筑与地下空间发展,地形图测量的应用领域不断扩展。对于高层建筑的基础设施建设,地形图不仅提供了准确的地面高程数据,还为地下基础设施的布局提供了可靠依据。在地下管网、停车场或地下商业空间的设计与建设过程中,地形图的三维数据能够清晰呈现地下水位、土壤类型以及潜在的地质风险,帮助施工人员评估风险并制定合适的施工方案,确保项目的安全性与可行性。随着技术的不断发展,现代地形图测量已不再局限于传统的二维图纸,它结合了先进的三维建模技术,使得城市空间规划更加精准。利用3D地形图,规划人员能够更加直观地理解城市空间结构及其与周围环境的互动,从而推动智慧城市建设的实现。

4.2 地籍测量在城市建设中的应用

地籍测量在城市建设中发挥着至关重要的作用,特别是在土地管理、权属划定以及规划实施方面。随着城市化进程的加快,合理利用、管理与保护土地资源变得尤为关键,通过提供准确的土地数据,地籍测量确保了城市建设的合规性及可持续发展。它在城市建设的各个阶段均起着基础性作用,不仅为土地开发、征收与交易提供了法律依据,也为规划合理性与资源优化配置提供了数据支持。在城市建设初期,地籍测量通过对土地边界、面积及权属等信息的精准测定,为政府及规划部门提供了清晰的法律边界。这些信息帮助相关部门科学规划建设用地,确保开发项目能够在合法的土地范围内实施。特别是在城市更新、旧城改造或新区开发的过程中,地籍测量为土地划分提供了明确的依据^[3]。对于拆迁及土地流转等环节,地籍测量有效避免了因土地权属不明而引起的法律纠纷,从而保障了各方的合法权益。在房地产开发与市场交易方面,地籍测量的精确性同样产生了直接影响,通过准确测定土地的权属界线与地类边界,开发商能够清晰了解土地的具体情况

况,为项目立项、土地购买、建设规划及房产登记等过程提供法律保障。确保了土地交易的公正与透明,地籍测量还为房地产市场的健康发展奠定了基础。此外,地籍测量的成果还为土地分割、合并及相关设施规划提供了可靠依据,有效避免了开发过程中土地权属不清晰的问题。在城市基础设施规划与建设中,地籍测量同样扮演着关键角色,通过精准掌握土地使用规划,地籍测量帮助规划者合理布局城市道路、管网及绿地等公共设施。确保了这些设施的建设不仅符合法律规定的土地使用要求,还能有效考虑到城市的长远发展需求。在城市扩展过程中,基础设施的完善与布局得到了科学依据,地籍测量确保了公共设施能够有效覆盖新的建设区域,从而促进了城市功能的协调发展。随着信息技术的不断进步,地籍测量的应用已远超传统的土地管理范畴。通过将地籍数据纳入现代城市信息管理系统,土地流转、使用情况及开发进度得到了实时监控,从而提高了城市管理的效率与透明度。数字化地籍系统使土地资源管理变得更加智能化与精细化,政府通过该系统能够追踪土地所有权的变化、用途的调整及相关政策的执行情况,为未来的城市发展提供了精准的决策支持。

5 结语

地形图测量与地籍测量是城市建设的基础支撑。前者为空间布局、基础设施及环境保护提供了准确的数据,从而确保了设计与施工的合理性;后者则为土地管理与权属确认提供了法律依据,进而促进了资源的优化配置。随着城市化进程的加速,这两者在土地开发、城市扩展及基础设施建设中的作用日益显著。随着技术的进步与信息化应用,地形图与地籍测量将推动城市建设向更加科学、高效的方向发展。

[参考文献]

- [1]张晶晶.地形图测量和地籍测量的应用分析[J].大众标准化,2021(23):248-250.
 - [2]谢永强.分析地形图测量和地籍测量的应用[J].居舍,2019(4):198.
 - [3]白雪,李聪,田新亚.地形图测量和地籍测量的应用研究[J].绿色环保建材,2019(8):83.
- 作者简介:吴东光(1987.12—),毕业院校:河海大学,所学专业:测绘工程,当前就职单位:大连市勘察测绘研究院集团有限公司,职称级别:中级。

土工试验在边坡稳定性评估中的应用与创新方法

孙庭宫

南京建力测绘勘察院有限公司, 江苏 南京 211500

[摘要] 边坡稳定性是地质工程中至关重要的研究课题, 特别是在软土和复杂地质环境中。土工试验作为评估边坡稳定性的重要手段, 通过获取土体的物理力学性质, 能够为边坡的设计与加固提供科学依据。文章结合最新的土工试验技术, 探讨其在边坡稳定性评估中的应用及创新方法。首先介绍了常规土工试验(如无侧限抗压试验、三轴剪切试验等)在边坡分析中的应用, 再进一步分析了新型土工试验方法(如自应力监测法、土体变形监测法等)对边坡稳定性评估的优势。最后, 针对当前边坡稳定性评估中的问题, 提出了创新性研究方向和实践应用, 为边坡安全性评估提供理论依据与技术支持。

[关键词] 土工试验; 边坡稳定性; 评估方法; 创新技术; 地质工程

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15446

中图分类号: P315.9

文献标识码: A

Application and Innovative Methods of Geotechnical Testing in Slope Stability Assessment

SUN Tinggong

Nanjing Jianli Surveying and Mapping Institute Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 211500, China

Abstract: Slope stability is a crucial research topic in geological engineering, especially in soft soil and complex geological environments. Geotechnical testing, as an important means of evaluating slope stability, can provide scientific basis for slope design and reinforcement by obtaining the physical and mechanical properties of the soil. The article combines the latest geotechnical testing techniques to explore their application and innovative methods in slope stability assessment. Firstly, the application of conventional geotechnical tests (such as unconfined compressive tests, triaxial shear tests, etc.) in slope analysis was introduced, and then the advantages of new geotechnical test methods (such as self stress monitoring method, soil deformation monitoring method, etc.) in slope stability evaluation were further analyzed. Finally, innovative research directions and practical applications were proposed to address the problems in current slope stability assessment, providing theoretical basis and technical support for slope safety assessment.

Keywords: geotechnical testing; slope stability; evaluation methods; innovative technology; geological engineering

引言

边坡稳定性问题是建筑与土木工程领域中长期关注的重点, 尤其是在山区、丘陵及软土地区。随着城市化进程的加速, 大量的边坡工程得到了广泛应用, 如何准确评估边坡的稳定性、预防滑坡和坍塌事件成为迫切需求。土工试验作为边坡稳定性分析的基础工具, 在边坡设计、加固方案优化及灾害预测中发挥着重要作用。传统的土工试验虽然有较高的应用价值, 但仍存在一定的局限性。本文将探讨在现代工程实践中, 如何结合创新的土工试验方法来提升边坡稳定性评估的精确性与科学性。

1 土工试验在边坡稳定性评估中的基础应用

1.1 常规土工试验方法

无侧限抗压试验主要用于评估土体的抗压强度, 尤其在边坡土体的承载能力和稳定性评估中具有重要作用。该试验通过施加垂直压力, 直至土体发生破坏, 进而测得土体的抗压强度。在边坡工程中, 无侧限抗压试验能够帮助工程师判断土体是否能承受外部荷载, 预测可能出现的破坏形式^[1]。

三轴剪切试验是评估土体剪切强度的常用方法, 通过模拟实际边坡土体在不同应力条件下的受力情况, 测定土

体的剪切强度参数(如内摩擦角和黏聚力)。这些参数在边坡稳定性分析中起到关键作用, 特别是在水土相互作用较强的环境下, 对边坡抗剪强度的影响尤为显著。渗透试验用于评估土体的渗透性。土体的渗透性直接影响边坡的稳定性, 尤其是在水流对土体稳定性产生重要影响时。渗透试验通过测定水在土体中的渗透速度, 帮助判断水对土体的侵蚀作用及其在边坡中的积水情况, 从而预测边坡失稳的风险。扭转试验通过施加扭转力来评估土体在非轴向应力作用下的强度和变形特性。尽管扭转试验在边坡稳定性评估中的应用相对较少, 但在特殊土体(如软土或不均匀土体)中, 它可以揭示土体的非线性响应, 为边坡稳定性提供补充数据。

1.2 土工试验数据在边坡稳定性分析中的作用

土工试验通过测定土体的物理力学参数, 如密度、摩擦角、黏聚力、弹性模量等, 为边坡稳定性评估提供了关键数据。这些参数有助于工程师分析边坡土体在不同应力状态下的反应, 判断土体是否具备足够的稳定性。

通过三轴剪切试验和无侧限抗压试验得到的抗剪强度参数, 是边坡稳定性分析的核心。边坡的抗剪强度决定了其在外力作用下的稳定性, 试验结果帮助确定边坡是否

处于危险状态,并为加固设计提供依据。土工试验还可以为土体的变形和沉降分析提供数据支持。例如,渗透试验和三轴剪切试验可揭示土体在水流或外力作用下的变形特性。通过分析土体的沉降和变形行为,工程师能够预测边坡的可能失稳风险,采取相应的加固措施或设计优化方案。

2 创新土工试验方法的应用

2.1 自应力监测法

自应力监测法是一种通过监测土体内部应力变化评估边坡稳定性的创新技术。该方法通过布设应力传感器实时监测土体的应力分布,反映边坡在外力作用下的变化。与传统外部加载试验不同,自应力监测法侧重于实时跟踪土体内部应力,能够及时识别应力集中区域和变形,从而预测滑坡和坍塌风险。特别适用于长期监测的大型边坡、高填方土体及受复杂气候和水文影响的区域^[2]。

在某些山区高速公路建设项目中,采用自应力监测法对边坡进行动态监测,实时捕捉应力变化,特别是在降雨或震动荷载下。该方法能精准评估边坡稳定性,及时预测应力是否超出安全阈值,指导防护措施,避免滑坡事故发生,展现了显著的应用价值。自应力监测法的优势在于其高精度、实时性和无需破坏性取样,减少了施工干扰。但挑战在于对设备稳定性和数据可靠性的高要求,尤其是土体非均质性导致的监测数据解读困难,需要与其他测试方法结合验证。

2.2 土体变形监测法

土体变形监测法通过监测土体表面和深层位移,评估土体在荷载作用下的变形过程,进而分析边坡稳定性。常用的设备包括测斜仪、位移传感器、GPS 监测系统和倾斜仪等。测斜仪用于监测土体深层位移,尤其适用于滑动或沉降引起的变形;位移传感器(如激光位移传感器、光纤位移传感器)用于检测表面或浅层土体的位移;GPS 监测系统通过卫星定位实现大范围动态监测,适合长期监控;倾斜仪则用于监测边坡整体倾斜度,及时发现微小变化。

变形监测法对边坡稳定性评估的贡献主要体现在:实时预警、准确评估和长期监控。通过实时监测,能在土体变形初期提供预警,防止灾害发生;变形数据为评估土体安全性提供精确支持;长期监控使得稳定性分析更加全面。尽管该方法面临数据采集与处理的复杂性、设备高成本以及不同土壤响应差异等挑战,但随着技术进步,变形监测法在边坡稳定性评估中的应用前景广阔。

3 土工试验与边坡稳定性分析相结合的创新技术

3.1 土工试验与地质模型的结合

土工试验为边坡稳定性分析提供了基础的力学参数,如土体的剪切强度、抗压强度和渗透性等。而地质模型则反映了土层的分布、土体特性以及水文条件等地质背景信息。在边坡稳定性分析中,土工试验数据与地质模型的结合是实现精确评估的重要途径。通过将试验数据输入到地质模型中,可以对边坡的土体结构和水力学条件进行精确模拟,从而更好地预测边坡在不同环境和荷载条件下的稳

定性^[3]。

例如,在复杂地质条件下,土体的物理力学特性往往随着深度和水文环境的变化而变化。通过将土工试验数据与地质模型结合,可以精准地模拟不同土层的强度和变形行为。这样的结合为边坡的稳定性分析提供了全面的参数支持,能够更科学地判断边坡的滑动风险,并为设计优化提供有力的依据。数值模拟是边坡稳定性分析中常用的技术,通过建立边坡的力学模型和边界条件,进行稳定性分析。数值模拟不仅可以模拟边坡的应力、应变和变形过程,还能够考虑不同的环境变化(如水流、降雨等)对边坡稳定性的影响。将土工试验数据与数值模拟结合,能够提高模拟结果的准确性和可预测性。通过使用试验获得的土体力学参数,如剪切强度、弹性模量和渗透系数等,可以校准数值模型,使其更加贴合实际工程情况。

3.2 复合加固方案与土工试验评估

边坡加固方案的选择和设计是确保边坡长期稳定性的重要措施。复合加固方案往往结合了多种技术手段,如植被加固、喷射混凝土加固、锚固技术等。在复合加固方案的设计中,土工试验数据起着至关重要的作用。通过分析土工试验结果,如土体的抗剪强度、渗透性、弹性模量等,可以为加固材料的选择提供科学依据。例如,土体的抗剪强度较低时,可以选择更为高效的锚杆加固方案,而在高渗透性区域,则可能需要使用排水材料或其他渗透控制技术来减少水压力的影响。

不同的土工试验数据对应不同的土体特性,准确选择与之匹配的加固材料,不仅能提高边坡的稳定性,还能降低工程成本和施工难度。因此,土工试验与加固方案设计之间的紧密结合,是实现边坡稳定性提升的关键因素。复合加固方案的优化通常依赖于对土体特性和边坡稳定性的综合分析。土工试验为边坡加固方案提供了必要的参数支持,而数值模拟和实际工程经验则为优化提供了方法论。通过结合试验数据与工程模型,优化后的加固方案可以实现以下目标:提高加固效果、减少不必要的施工干预、降低施工成本。例如,在某些边坡工程中,通过对不同加固方案的数值模拟和试验评估,发现采用复合材料加固时,结合土工试验数据可以精准评估加固后的稳定性,提高了边坡抗滑移能力。而在其他情况下,通过不同类型的排水系统与加固技术组合使用,可以有效控制水压力,减少滑坡发生的概率。通过反复调整加固方案并结合土工试验结果,可以实现边坡的最佳稳定性状态,从而为边坡工程提供更为科学、经济的解决方案。土工试验与边坡稳定性分析的结合,不仅提升了加固方案的科学性和有效性,也为边坡工程的长期稳定性提供了重要的技术支撑。

4 土工试验在边坡稳定性评估中的未来发展方向

4.1 土工试验方法的自动化与智能化

随着科技的进步,土工试验方法的自动化与智能化正在逐步替代传统手动操作,大大提高了试验效率和准确性。

自动化试验设备能够在土工试验中实现对土体力学性能的自动化测量和数据记录,例如通过自动化的三轴剪切试验设备、无侧限抗压试验仪等,可以在无需人工干预的情况下进行数据采集和分析。这些设备通常具备实时监控、自动调节和故障诊断等功能,能减少人为误差,提高试验的可靠性^[4]。

例如,在边坡稳定性评估中,通过引入自动化的试验设备,不仅可以提高土工试验的执行速度,还能在大规模土样测试中保持一致性,节省大量人力和物力资源。此外,自动化设备可以实现对土体在不同加载条件下的连续测试和实时反馈,为边坡稳定性评估提供更为精准和全面的数据支持。数据采集与分析的智能化是未来土工试验发展的重要方向。利用大数据技术和人工智能(AI),土工试验数据能够在实时采集的基础上进行智能分析,自动识别异常数据、优化数据处理过程,并通过机器学习算法预测边坡的潜在风险。智能化的数据分析不仅提高了分析速度,还能够对土体的应力-应变关系、抗压强度等力学特性进行多维度分析,形成全面的土体性能评估。通过智能化的数据处理,土工试验结果能够与历史数据、气象数据、地下水位等多维信息结合,建立边坡稳定性预测模型,实现自动预警和决策支持。这种智能化分析能够为边坡工程提供更加科学和高效的风险管理方案,提升边坡稳定性评估的准确性和可靠性。

4.2 多源数据集成与边坡稳定性综合评估

未来边坡稳定性评估将逐渐向多源数据集成和精细化分析方向发展。除了传统的土工试验数据,遥感技术、无人机航拍、气象监测、地下水监测等信息来源也将被纳入边坡稳定性评估体系。通过多种数据源的结合,可以更全面地了解边坡的动态变化和影响因素,从而提高评估的精度^[5]。

遥感技术可以通过卫星影像和航空摄影,实时监测大范围边坡的形变、裂缝和植被变化,为边坡稳定性提供长期的空间监测数据。而土工试验数据则提供了具体土体的力学性质信息。通过将这些不同来源的数据进行集成与精细化分析,可以有效地对边坡的稳定性进行多维度评估,从而为边坡设计和加固提供更加全面的依据。为了实现更

加全面的边坡稳定性评估,未来需要将土工试验数据、遥感监测数据和地质勘探数据进行融合。土工试验提供了具体的土体力学特性,遥感监测能够获得实时的边坡形变信息,而地质勘探数据则可以揭示土层结构和水文条件等基础地质背景。将这些数据融合在一起,可以建立一个更为全面和动态的边坡稳定性评估模型。在实际工程中,结合土工试验得到的剪切强度参数,遥感监测获得的形变数据和地质勘探分析得到的地下水流动情况,可以共同输入到数值模拟模型中,模拟边坡在不同荷载和水文条件下的稳定性变化。这样的数据融合不仅能够提高边坡稳定性评估的准确性,还能够为边坡加固设计提供更科学的依据,进一步减少灾害发生的风险。

5 结束语

土工试验在边坡稳定性评估中具有重要作用,传统的试验方法为边坡安全性提供了可靠的基础数据支持。然而,随着科技的进步,新型土工试验方法为边坡稳定性分析带来了更高的精度与实用性。创新性的自应力监测法与土体变形监测法在实际工程中得到了广泛应用,并对边坡稳定性评估提出了新的视角与思路。未来,结合现代化的自动化、智能化技术,土工试验将在边坡安全评估中发挥更大潜力,推动边坡工程设计与加固方案的优化与升级。

[参考文献]

- [1]丁泽远.土工试验在岩土工程勘察中的应用研究[J].产品可靠性报告,2023(11):146-147.
 - [2]谢照俊.基于土工试验的滑坡特征参数求取分析及稳定性计算[J].福建建材,2024(11):70-73.
 - [3]白冰.矿山岩土工程勘察中土工试验的要点研究[J].世界有色金属,2022(18):211-213.
 - [4]丁泽远.土工试验在岩土工程勘察中的应用研究[J].产品可靠性报告,2023(11):146-147.
 - [5]郭春犁.土工试验在矿山岩土工程勘察中的应用[J].世界有色金属,2022(14):217-219.
- 作者简介:孙庭官(1988.3—),男,江苏南京人,汉族,本科学历,中级工程师,就职于南京建力测绘勘察院有限公司,从事勘察设计相关工作。

基于无人机测绘技术监测大型建筑工程变形的可行性探讨

段金增¹ 段伟男² 段鹏高¹

1. 河北省测绘产品质量监督检验站, 河北 石家庄 050031

2. 石家庄奥晰工程勘测设计有限公司, 河北 石家庄 050031

[摘要]随着现代建筑工程规模的不断扩大和结构复杂性的不断增加, 使得建筑工程变形监测工作面临诸多挑战。日益增长的建筑物高度、复杂多变的建筑结构以及对于变形监测精度、时效性和安全性的高标准要求, 使得人工测量和地面监测等传统变形监测方法逐渐暴露出诸多局限性。基于此, 本篇文章以无人机测绘技术为研究对象, 对其在大型建筑工程变形监测领域中的应用进行探讨, 希望能够对测量同仁有所帮助和启发, 共同推进测绘技术应用, 减轻测量人员劳动强度。

[关键词]无人机测绘技术; 变形监测; 建筑工程

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15444

中图分类号: TU741.3

文献标识码: A

Feasibility Study on Monitoring Deformation of Large-scale Construction Projects Based on Unmanned Aerial Vehicle Surveying Technology

DUAN Jinzeng¹, DUAN Weinan², DUAN Penggao¹

1. Hebei Surveying and Mapping Product Quality Supervision and Inspection Station, Shijiazhuang, Hebei, 050031, China

2. Shijiazhuang Aoxi Engineering Survey and Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050031, China

Abstract: With the continuous expansion of modern construction projects and the increasing complexity of structures, deformation monitoring in construction projects is facing many challenges. The increasing height of buildings, complex and varied building structures, and high standards for deformation monitoring accuracy, timeliness, and safety have gradually exposed many limitations of traditional deformation monitoring methods such as manual measurement and ground monitoring. Based on this, this article takes unmanned aerial vehicle surveying technology as the research object and explores its application in the field of deformation monitoring of large-scale construction projects. It is hoped that it can be helpful and inspiring for surveying colleagues to jointly promote the application of surveying technology and reduce the labor intensity of surveying personnel.

Keywords: unmanned aerial vehicle surveying technology; deformation monitoring; construction work

传统的变形监测技术在面对大型、高难度建筑的监测任务时往往难以保证数据的准确性和及时性, 并且会伴随较高的安全风险。而无人机测绘技术结合高精度定位技术、高分辨率影像采集技术以及先进的数据处理算法, 合理的多次重复取其中数, 能够在短时间内对大型建筑进行高效、准确的监测。同时, 无人机作业无需人员直接涉足高风险区域, 从根本上降低了监测过程中的安全风险。

1 无人机测绘技术在大型建筑工程变形监测中的重要性

1.1 提升监测效率与准确性

无人机测绘技术凭借其独特的优势在大型建筑工程变形监测中展现出极高的效率与准确性, 无人机不会受到地形与交通限制, 能够在短时间内迅速抵达指定监测地点并覆盖大面积区域来完成高效拍摄与数据采集。相较于传统的人工监测方法, 这种测绘方式不仅能够大幅缩短作业周期, 还能够提高整体监测效率。此外, 无人机所搭载的高分辨率相机、激光雷达等尖端设备能够实时捕获建筑物的详细影像数据, 这种高精度、高时效性的数据获取方式不仅提升了变形监测的可靠性, 也为后续的工程管理与决

策提供了坚实的数据支撑。

1.2 降低安全风险

传统的建筑物监测方法往往需要人工上下爬行测量, 这一过程不仅耗时费力且存在较高的安全风险, 相比之下无人机设备的引入为建筑变形监测领域带来了革命性转变。基于无人机设备的测绘技术无需工作人员亲自涉足高风险区域, 通过无人机航拍的方式就可以完成测绘任务, 从根本上降低了安全事故的发生概率。同时, 无人机凭借其卓越的机动性和稳定性, 即便在复杂多变的环境中也能够保持稳定的飞行状态与拍摄效果, 这种非接触式的监测手段也使得各项监测工作变得更加安全与高效。

1.3 节约成本支出

无人机测绘技术相较于传统人工监测方法, 在成本控制方面展现出巨大优势, 具体来说, 无人机凭借其出色的续航能力和广阔的控制范围, 能够在短时间内多次完成大面积区域的监测任务, 这一特点使其在降低人力需求的同时也相应地减少了人工成本。另外, 虽然无人机的购置成本相对较高, 但与传统监测设备相比维护更加简便, 故障率也不高, 这在一定程度上也降低了维护成本。

2 无人机测绘技术在建筑工程变形监测中的原理

2.1 变形监测原理

无人机测绘技术在建筑变形监测领域展现出了广泛的应用价值。这一技术的实施步骤严谨而精细，从监测指标的初步制定到逆向工程建模的确立，再到通过高精度拍摄图像建立起详尽的点云模型，每一步都至关重要。专业人员会对点云数据进行细化处理，剔除冗余信息，保留关键特征，在此基础上，进一步分割并精确提取需要识别的建筑部分，最终通过先进算法计算出每个标记点的位移情况，合理次数重复上述过程，取其中数作为最终成果，这一系列流程能够确保所获取的位移数据具备较高的准确性，从而为建筑物的变形监测与深入分析提供强有力的支持。

具体而言，技术团队要明确监测指标并根据建筑的特点与监测目标科学选定一系列关键参数进行追踪，而逆向工程建模技术的引入让建筑物的三维形态得以精准重构。同时，通过无人机的高空拍摄与图像处理技术相结合生成点云模型并以此丰富监测数据，在细化点云、剔除杂质的环节聚焦于建筑物的核心特征，以提升数据的纯净度。此外，通过精准分割与提取目标区域来更深入地洞察建筑变形情况，并对每个标记点的位移进行细致计算与分析，以此来保证数据的真实性和准确性^[1]。

2.2 点云模型建立原理

2.2.1 数字图像转换

数字化技术是将模拟图像转化为数字图像的关键步骤，转换过程如图1所示，清晰地揭示数字图像是由无数个精细的像素点紧密排列组合而成，每一个像素都拥有着自己独特的行高与列宽坐标，这些坐标均为整数，能够精准地定位像素在图像中的位置。进一步地，每个像素都承载着特定的颜色信息，对于简单的二进制图像表现为单一的灰度值，而对于复杂的彩色图像则是由红、绿、蓝三种基本色的强度值共同决定。空间分辨率是衡量数字图像精确度的重要标准，其高低直接决定图像的清晰度和细节丰富程度。在数字图像处理的领域中，像素、颜色值以及空间分辨率构成不可或缺的核心概念，深入把握这些概念，有利于更精准地操控数字图像，并且能显著提升图像处理的品质与效率，为图像应用的多样化拓展奠定坚实基础。本文探讨的无人机所拍摄的图像为高质量的彩色数字图像，其中，精确的像素位置信息与丰富的颜色数据是后续进行点云模型转换工作的核心基础^[2-3]。

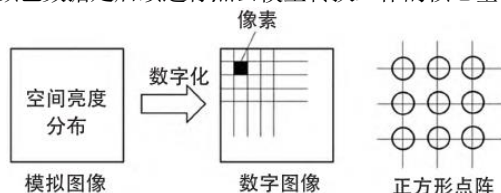


图1 图像转换数字过程

2.2.2 点云数据传输

逆向工程的核心在于对目标物体进行深入细致的逆

向研究和解析，旨在从最终产品中提取出关键的制造知识和信息。在测量技术的范畴里，逆向工程借助先进的扫描设备能够实现目标物体全面且高精度的扫描作业，从而精准地收集目标表面的点云数据。所获取的数据可以以激光点云、相机点云等多种形式进行传输，包含精确的三维坐标值以及由激光反射强度或图像像素所表达的颜色信息。利用这些信息构建的三维模型，能够以一种更为直观且清晰的方式呈现目标信息，全面展示三维空间中的布局以及目标的精确几何特征^[4]。

2.2.3 像与点云的转换

空间三角法作为一种高效的测量方法，广泛应用于远距离物体或地点的精确定位。该方法建立在三角形几何学的坚实基础上，通过对三角形角度和边长进行精确度量来实现对目标物体位置的准确科学计算。随着科技的进步，数字空间三角测量法应运而生成为该领域的前沿技术，这一方法通过融合模式识别和多种图像匹配技术能够实现自动选点的功能，促进测量的效率与精准性显著提升。在采用光束法时，解算的核心转移到无人机所拍摄的图像上，而观测的重点则变为图像上各个点的精确坐标^[5]。

2.3 无人机测绘数据处理使用

Pix4Dmapper 软件在无人机拍摄图片建立点云模型的流程中极为关键，如图2所示，在无人机测绘这一快速发展的领域中，运用专业的软件和工具可以显著提高数据处理的速度和准确性。Pix4Dmapper 在该领域内表现突出，凭借其强大的功能赢得广泛的认可与应用，可以将无人机或手持设备拍摄的图像，通过精密的计算与处理转化为高精度的二维及三维地图，为测绘工作带来前所未有的便捷与精准。

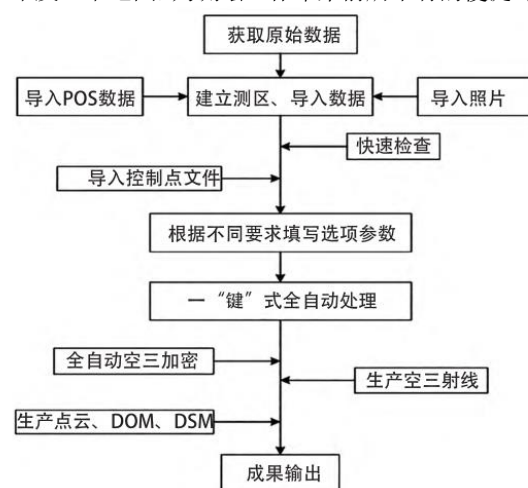


图2 点云模型建立流程

除了测绘领域，Pix4Dmapper 在建筑、农业、执法、采矿和采石等多个行业也具有关键性应用，其所具备的完全自动化工作流程和详尽的质量报告特性对于提升项目成果的质量与数量均有着显著的促进作用。用户在 Pix4Dmapper 的助力下能够轻松获取更为精确的地图与

三维模型,不仅有助于加深他们对数据的理解和分析能力,同时也能够为决策制定与规划工作提供强有力的数据支撑,从而使得各项决策和规划都更加科学、合理且可行。

Pix4Dmapper 所产出的核心结果主要包括以下五种:

①点云模型。Pix4Dmapper 所拥有的强大处理能力能够根据所采集的影像数据生成密度极高的三维点云,这些点云中的每一个点都精准地对应着地面上的一个实际位置,能够为后续的测量、深入分析以及三维建模等操作提供坚实的数据基础。②数字表面模型(DSM)。Pix4Dmapper 凭借所收集的数据能够构建出精确的数字表面模型,其作为地面表面的数字化再现在地形分析、地貌研究等工作中发挥着重要作用,使得研究人员能够更为深入地理解地表形态及其变化。③数字高程模型(DEM)。Pix4Dmapper 能够创建出精确的数字高程模型,该模型对于地形特征的详细分析及地貌的深入研究具有极高的应用价值。④三维模型。Pix4Dmapper 凭借其卓越的性能,可以基于采集的影像数据打造出高度仿真的三维模型,该模型模拟的为真实世界中的场景,能够为可视化表达、建筑设计以及城市规划等领域的各项工作提供直观且立体的视觉参考。⑤正射影像。Pix4Dmapper 具备生成正射影像的强大能力,这种影像经过精密的校正处理后能显著减少地形扭曲和影像倾斜等问题,确保输出的影像高度还原真实环境且具备优异的精度。

3 无人机测绘技术在大型建筑工程变形监测中的探讨分析

3.1 变形量计算分析

分析与处理无人机所采集到的建筑变形监测数据直接关系到后续变形评估的可靠性与准确性,为更加科学与有效地评估建筑物变形情况,技术团队基于图像处理与测量技术所采取的变形量计算方法能够从不同维度捕捉和分析建筑物变形特征。其中,基于图像处理的位移法通过对建筑物在不同时间点所航拍到的图像进行详细比对与分析,从而实现对建筑物上关键点位移变化的精准测量,从而进一步推算出整体变形量。这种方法具有测量精度高、操作简便等优势,尤其适用于对大型建筑物的变形监测。

此外,三维模型匹配法能够利用无人机采集的图像或点云数据建立建筑物的初始三维模型,并通过与后续时间点采集的数据进行匹配和比对,从而对建筑物的变形情况进行分析,这种能够直观展示建筑物变形趋势的方式能够为工程师提供更为全面的变形信息。而点云对比法基于自身强大的变形分析手段,能够在不同时间节点下对建筑物点云数据进行精细化比对,从而准确计算出建筑物的变形量和变形速率,这种方法因其能够捕捉到建筑物表面较为微小的变形细节,尤其适用于对大型复杂结构建筑物的变形监测。

3.2 趋势分析策略

在建筑工程变形监测领域中,基于无人机测绘技术的

趋势分析环节不单单是对数据的简单解读,更是对未来建筑物变形状况的预测与判断。技术人员对无人机测绘数据进行系统性地趋势分析后方能精准识别出建筑物的变形趋势,并判断其是否处于稳定状态;对于工程管理团队而言,这种对变形趋势的准确把握是制定维护策略与应急响应计划的重要依据。

在无人机测绘技术数据处理和结果展示的维度上,数据可视化和模型建立无疑是最为常用且有效的两种方法,具体而言,数据可视化技术通过将抽象的无人机测绘数据转化为直观的三维模型或二维图像,使得工程管理人员和决策者能够一目了然地掌握建筑物的变形情况。这种直观化的表达方式极大地降低了理解门槛,即便非专业人士也能够轻松理解变形监测的结果,从而增强决策的广泛性和准确性。而模型建立则是一种更为深入、系统的数据处理方法,其通过对无人机测绘数据进行建模处理,并结合CAD、GIS等专业软件生产能够反映建筑物变形状况的三维模型。这种模型在保持高度准确性的基础上还能够进行动态更新,并随新测绘数据的加入而不断对模型进行修正与完善,以此来保证变形监测结果的可靠性与实时性。基于这些先进的技术手段,无人机测绘技术在建筑变形监测领域不但可以为项目团队提供直观、准确的变形信息,还能够为建筑物维护、加固与改造等决策提供技术支持,从而为建筑工程的安全运行与持续发展注入更多活力。

4 结语

综上所述,本文探讨了基于无人机测绘技术检测大型建筑工程变形及分析策略,从无人机测绘技术的基本原理、应用优势、实施步骤到数据分析方法等方面进行全面剖析,旨在推动建筑工程变形监测技术的进一步发展,为现代建筑工程的安全运营保驾护航。

【参考文献】

- [1]李邈,姚广庆,许志利,等.基于无人机影像技术的不动产测绘技术研究[J].住宅与房地产,2025(3):104-106.
 - [2]李凯.无人机三维测绘关键技术及其应用研究[J].科技资讯,2025,23(1):49-51.
 - [3]黄东锋,杜艳忠.基于无人机测绘技术的建筑工程变形监测及分析策略[J].有色金属设计,2024,51(3):81-84.
 - [4]葛晓晓.基于无人机测绘技术的建筑工程变形监测及分析方法[J].工程机械与维修,2023(5):80-82.
 - [5]王挺.无人机遥感测绘在基坑监测中的应用探究[J].内蒙古煤炭经济,2020(19):193-194.
 - [6]朱钧.无人机航测技术要点及其在建筑测绘工程测量施工中的实践[J].陶瓷,2025(1):179-181.
- 作者简介:段金增(1968.1—),男,本科,副高,河北省测绘产品质量监督检验站,质量监督员,负责测绘项目验收检验工作。

浅谈地形测量与地籍测量

鲁庆国

辽宁佳泰土地勘测规划有限公司, 辽宁 大连 116021

[摘要]地形测量和地籍测量是土地管理和规划中的重要技术手段。地形测量主要用于获取地表自然和人工地物的空间信息,支持工程设计和环境规划;地籍测量则关注土地的所有权和使用权界定,确保土地管理的合法性。随着技术的发展,如GPS、遥感技术和激光扫描等,测量的精度和效率不断提高。文章简要介绍了地形测量和地籍测量的特点,比较了它们在测量要素、精度控制和数据处理方面的不同,展望了未来测量技术的发展趋势。

[关键词]地形测量;地籍测量;特点;不同

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15451

中图分类号: P75

文献标识码: A

Brief Discussion on Topographic surveying and Cadastre Surveying

LU Qingguo

Liaoning Jiatai Land surveying and Planning Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116021, China

Abstract: Topographic surveying and cadastral surveying are important technical means in land management and planning. Topographic surveying is mainly used to obtain spatial information of natural and artificial surface features, supporting engineering design and environmental planning; Cadastre surveying focuses on defining the ownership and use rights of land, ensuring the legality of land management. With the development of technologies such as GPS, remote sensing technology, and laser scanning, the accuracy and efficiency of measurements continue to improve. The article briefly introduces the characteristics of topographic surveying and cadastral surveying, compares their differences in measurement elements, accuracy control, and data processing, and looks forward to the future development trend of surveying technology.

Keywords: topographic surveying; cadastral surveying; characteristic; different

引言

地形测量与地籍测量是土地资源管理中的核心基础工作,对国土规划、土地管理及城市建设等领域具有不可替代的重要性。地形测量的主要任务是获取地表自然与人工地物的空间位置及形态特征。通过精确的测量与数据处理,地形信息得以提供,从而为工程设计、土地利用规划及环境保护等领域提供科学依据。而地籍测量则侧重于土地的法律属性界定,涵盖了土地所有权、使用权等内容。其主要目的是保障土地的合法性与使用的合理性,作为土地登记、管理及保护的重要手段,发挥着不可或缺的作用。随着社会经济的进步与科技的发展,地形测量与地籍测量技术也在不断创新。从传统的人工测量方法到现今的数字化与自动化测量技术,测量的精度、效率及应用范围显著提升。尤其是在无人机、激光雷达、GPS等先进技术的应用下,测量手段与数据处理方法日益智能化与高精度化,推动了土地管理现代化的进程。本文将分析地形测量与地籍测量的基本特点,探讨两者在测量要素、精度及应用软件等方面的异同,展望其未来的发展趋势。此分析旨在为土地资源管理提供有力的技术支撑与理论依据。

1 地形测量的特点

地形测量是一种精确获取地表自然及人工构筑物空

间位置与特征的技术手段,主要用于收集地形形态与特征数据。其显著特点体现在测量内容的多样性与全面性上,不仅涵盖自然地形特征,如山丘、河流及道路,还包括人工建筑物,如建筑、桥梁、管道等的空间位置。在测量过程中,三维坐标数据的获取对于各类地物是必不可少的,确保了数据的完整性与准确性。由于地形测量通常涉及广泛的地理区域,较高的精度要求使得所使用的测量工具与技术手段相对复杂。常见设备包括全站仪、GPS、激光扫描仪等,并结合遥感技术与无人机航拍,进一步提高了测量效率与精度。除了精度的提升,地形测量还注重结果的可视化与数据的后续利用。测量数据通常以数字地图或三维地形模型的形式呈现,便于后续分析与决策。在测量过程中,所选技术、数据处理方法以及精度控制,直接影响到测量结果的可靠性与有效性。

2 地籍测量的特点

地籍测量是一种专门用于土地管理及权属界定的测量技术,主要目的是明确土地的边界、面积、位置及所有者与使用者的相关信息。其显著特点为高精度要求、复杂的数据处理及强烈的法律属性。与地形测量相比,地籍测量不仅关注地物的空间位置,还必须严格遵循土地登记的法律规范,确保每一块土地的权属信息准确无误。在实施

过程中,地籍测量常常借助GPS、全站仪等精密仪器,通过对土地边界点的精准定位,结合已有的地籍控制网与基准点,完成土地界限的划定。测量方法要求在充分了解土地的历史背景、使用情况及周围环境的基础上,确保结果具备合法性与权威性^[1]。此外,地籍测量还涉及大量的数据录入与存储工作,采集到的数据通过数字化处理与图形化展示,最终形成正式的地籍图或权属档案,为土地的买卖、租赁与征用等提供法律依据。鉴于土地权属纠纷的复杂性,地籍测量不仅需要精准的技术支持,还必须满足法律、行政管理及社会各界对土地信息的需求。

3 地籍测量与地形测量的比较

3.1 要素

地籍测量与地形测量在要素上存在显著差异,主要体现在测量目标、数据内容及其用途上。地籍测量的核心要素集中于土地的权属界线、使用权划分及相关法律信息,旨在为土地登记、产权证明及土地交易等法律事务提供数据支持。关键要素包括边界界址点、地块空间坐标、土地面积、权属界定及使用者信息等,数据的准确性直接影响土地权属确认及土地管理的合法性,尤其是在不同所有者或使用者之间,明确界线与权属关系尤为重要。因此,地籍测量要求每块土地的界限被精确确定,确保每条界线与每个坐标点都符合严格的法律标准。由于地籍数据具有法律效力,任何测量误差都可能引发产权争议或社会冲突,精度要求因此尤为苛刻。与地籍测量的法律属性不同,地形测量的要素更加注重对地表物体及其空间关系的全方位展示,涵盖自然地貌及人工设施。地形测量的关键要素不仅包括地物的空间位置与坐标,还涉及地形高程、坡度、地表覆盖类型、河流走向、道路网络、建筑物以及其他工程设施等。其目的是为各类工程项目提供基础的空间数据支持,广泛应用于城市规划、土地开发、环境监测及交通运输等领域。地形测量不仅关注地物的空间位置,还需要详细描述地貌特征,如高程数据、山脉起伏及地层结构等。这些要素不仅展示地面的立体形态,还为后续工程设计与环境评估提供了关键数据。地形测量强调数据的全面性与立体性,要求准确捕捉所有地物的空间分布与形态特征,以满足复杂环境下的各种应用需求。

3.2 方法

目前,全野外数字成图手段可广泛应用于地形测量和地籍测量。在地籍测量中,由于不要求对地貌、管线等要素进行详细记录,野外碎部采集和内业编辑的工作量显著减少。然而,后续的宗地图制作及入库工作量非常庞大,且入库过程中对图形的拓扑关系要求极为严格。这就要求在地籍图编辑时,必须严格进行点、线、面等要素的编辑与检查。相比之下,地形测量为全要素测量,野外采集与内业编辑过程相对繁琐,但完成编辑成图后,基本没有后续工作,除非需要建立数据库。如果基于地籍测量进行地形图的成图,首先需要删除地籍权属界线和注记,然后补

测地形要素^[2]。这一补测过程是工作量的主要来源,主要包括线杆、检修井、高程点、交通附属设施等要素的补测。

3.3 精度

地籍测量与地形测量在精度要求上存在明显差异,这种差异源自两者在测量目的、应用领域及数据使用上的不同。地籍测量对精度的要求通常更为严格,因为其数据直接关系到土地的所有权、使用权及法律边界的划定。即便是微小的测量误差,也可能引发土地权属纠纷或法律冲突。基于这一点,地籍测量的精度要求达到了非常高的标准,误差范围通常仅限于几毫米到几厘米之间。土地权属界线的确定中,精确定位显得尤为重要,因为不准确的定位可能导致权利冲突。因此,地籍测量所采用的仪器与方法往往具备极高的精度与可靠性,以确保数据能够经得起法律的审查与验证。相较之下,地形测量的精度要求则较为灵活。尽管地形测量数据同样需要具备一定的准确性,但其精度要求通常不像地籍测量那样严格。地形测量的数据多用于工程设计、城市规划及环境监测等领域,精度要求会根据具体项目的性质有所不同。例如,在城市规划中,地形数据的精度要求可能为厘米级,而在一些广泛应用于地理信息系统(GIS)的项目中,精度要求则可能被放宽至米级。地形测量的精度主要体现在空间分辨率上,关注的是数据点之间的相对精确度与完整性,而非单纯的坐标绝对准确性。由于地形测量的重点是展示整体地物特征及地形的宏观形态,在大范围的测量中,适度放宽精度要求能够有效提高工作效率,而精度误差对最终结果的影响相对较小。

3.4 应用软件

地籍测量与地形测量在应用软件方面展现出明显差异,主要体现在功能需求、数据处理复杂性以及对精度和效率的不同要求上。地籍测量应用软件的重点,主要集中在土地管理与法律事务,涉及地块边界的划定、权属确认以及土地登记等内容,精确度成为其核心需求。为满足这一需求,地籍测量软件通常具备强大的空间数据管理与处理功能。例如,ArcGIS、MapInfo等工具能够处理大规模的空间数据,并确保数据之间的拓扑关系保持完整与一致。在编辑地籍图时,不仅需要支持精确的地理数据采集、坐标变换及图形绘制,软件还必须满足相关法律要求,确保权属信息的有效管理,从而保证数据的合法性与准确性。此外,地籍测量软件与全站仪、GPS、激光扫描仪等设备常进行集成,形成无缝数据对接,确保测量结果的实时性与准确性。借助强大的数据库与地图服务,地籍测量软件得以高效完成土地勘测、权属分析及后续的地籍图编制、更新与存档等工作,广泛应用于土地管理、房产登记及城市规划等领域。与之相比,地形测量软件则侧重于地表形态及变化的精确获取。其主要功能,集中于空间分析、三维建模及大规模点云数据处理^[3]。常见的软件,如AutoCAD Civil 3D、MicroStation、Surfer等,广泛应用于地形

测量,能够处理通过激光雷达(LiDAR)、无人机航拍及卫星遥感等技术获取的点云数据,生成数字表面模型(DSM)与数字地面模型(DTM),并进行地形分析。地形测量软件不仅支持复杂的数据处理,还具备强大的模型分析能力,例如坡度分析、视域分析及流域划分等,广泛应用于道路设计、环境监测、水利规划及灾害评估等领域。随着技术的不断发展,现代地形测量软件越来越注重与GIS平台的融合,借助同一平台,实现地形数据与地籍数据的共享与协同,为城市规划、基础设施建设等项目提供多维度的数据支持与决策依据。

4 地形测量与地籍测量的精度与质量控制

4.1 精度控制与误差分析

在地形测量与地籍测量过程中,精度控制与误差分析无疑是保证测量结果科学性与可靠性的关键环节。精度控制的基础,建立在选用精密仪器设备的基础上,通过合理的测量方法与严格的操作流程,尽量减少误差的产生。在地形测量中,由于地物的复杂性以及覆盖范围的广泛,精度控制较为困难。为了确保测量结果的准确性,通常会采用GPS、全站仪及激光雷达等高精度设备进行数据采集。与此相比,地籍测量对土地边界的精准划定有着更高的要求,任何微小的偏差都可能引发权属纠纷。因此,在地籍测量中,精度控制尤为重要,特别是对于界线、面积等关键要素的测量。误差分析的核心,则在于系统地识别及分类误差的来源。常见的误差来源包括仪器误差、环境因素(如气候变化、地形起伏等)引发的误差,以及操作人员的人为误差等。通过误差分析,能够识别影响测量精度的主要因素,针对性地采取补救措施,如数据平差、重复测量或设备标定等,从而有效减少误差,并提升测量结果的准确性与可靠性。

4.2 数据采集与处理的精度保障

在地形测量与地籍测量过程中,确保数据采集与处理的精度,已成为获得准确可靠测量结果的关键环节。在数据采集阶段,采用高精度仪器设备,如全站仪、GPS、激光雷达等,结合现代测量技术,进行现场数据的收集,是测量人员的基本任务。对于地形测量而言,鉴于地物的多样性与复杂性,仪器的精度要求较高,尤其是在高程、坐标及其他地形要素的测量中,设备的标定与操作,必须严格遵循标准。在地籍测量中,数据采集主要聚焦于地块的边界、界线以及相关权属信息,因此,测量仪器的精度要求愈加严苛,任何细小的误差,均可能影响最终的权属划分与法律确认。在数据处理阶段,保障精度同样至关重要。应用科学的后期数据处理技术,如数据平差、滤波与误差修正等,能够确保数据在空间与几何上的准确性^[4]。此外,采用适当的软件工具,对采集的数据进行分析、转换及校正,能有效避免因不当处理而引入的误差。在数据质量控

制方面,特别需要注意多源数据的融合,以确保不同设备与测量方法之间的误差不会积累,从而保持数据的整体准确性。

4.3 质量控制的管理与标准化

在地形测量与地籍测量过程中,确保测量成果的准确性与可靠性,质量控制的管理与标准化,起着至关重要的作用。为实现高精度的测量结果,必须建立完善的质量控制体系,涵盖数据采集、处理及成果输出的各个环节。数据采集阶段,需制定清晰的操作规程,以确保测量人员严格按照标准操作流程执行任务,从而避免因人为失误或设备使用不当导致的测量数据偏差。定期校准与维护仪器,同样被视为保证其精度与稳定性的必要措施。进入数据处理阶段,应用规范的算法与方法进行误差修正,确保所有测量数据在空间位置与几何形态上的准确性。成果审核环节,被认为是质量控制的关键,所有测量数据与图形,需经过严格的审查与验证,若发现异常或不符,必须及时进行修正与调整。标准化的实施,不仅帮助测量人员明确操作要求,还统一了行业标准,使得不同项目、地区之间的数据可以进行有效对比。在整个测量工作过程中,严密的质量管理体系与标准化流程,能够规范测量活动,减少误差的积累,提高测量结果的可靠性与一致性。

5 结语

通过对地形测量与地籍测量的分析与对比,可以清晰地看到,两者在土地管理中的重要性及其各自的特点。地形测量,主要着眼于对地表自然及人工地物的详细记录,为工程设计、环境保护等提供了关键的基础数据;相对而言,地籍测量,更加关注土地的权属界定与管理,确保土地资源的合理利用与保护。随着GPS、遥感技术以及激光扫描等新兴技术的应用,地形与地籍测量的精度与效率,均得到了显著提升。展望未来,信息化与智能化技术的进一步发展,将推动这两种测量方式的深度融合,从而提升土地管理的效率与科学性,为实现可持续的土地利用提供更为有力的支持。

【参考文献】

- [1] 潘晓昌. 地籍测量与地形测量之比较[J]. 甘肃科技, 2014, 30(20): 38-39.
 - [2] 胡兵. 矿区地形测量与地籍测量的联系与区别[J]. 世界有色金属, 2017(6): 75-79.
 - [3] 徐洪彩. 论地形、地籍的测量技术[J]. 科技创新与应用, 2013(5): 237.
 - [4] 乔巍, 魏皖民. RTK GPS 在地形测量、地籍土地管理中的应用[J]. 广东科技, 2011, 20(22): 180.
- 作者简介: 鲁庆国(1984.3—), 毕业院校: 河海大学, 所学专业: 测绘工程, 当前就职单位: 辽宁佳泰土地勘测规划有限公司, 职称级别: 中级。

知识图谱与图神经网络助力智慧城市的可持续发展

常 普¹ 赵轶鸣² 云曼玉¹ 刘永明^{1,3} 赵转哲^{1,3}

1. 安徽工程大学人工智能学院, 安徽 芜湖 241000

2. 芜湖赛宝信息产业技术研究院有限公司, 安徽 芜湖 241000

3. 智能装备质量与可靠性安徽省学科共建重点实验室, 安徽 芜湖 241000

[摘要] 本研究旨在通过知识图谱与图神经网络 (GNN) 的结合, 构建一种创新的预测模型, 以提升智慧城市中可持续发展目标 (SDGs) 的预测与决策能力。研究首先介绍了智慧城市与 SDGs 的背景, 强调了传统方法在应对数据孤岛和复杂系统交互等挑战时的局限性。接着详细阐述了知识图谱与 GNN 的技术原理, 包括数据整合、关系捕捉和动态适应能力。通过模拟案例 W 市, 研究展示了模型在资源分配优化中的应用效果。结果表明, 该模型能够有效提升资源分配的效率和 SDGs 的实现水平, 为政策制定者提供了科学依据。研究的结论是, 知识图谱与 GNN 的结合为智慧城市的可持续发展提供了新的技术手段, 未来在技术进步和应用场景拓展的推动下, 将在城市发展中发挥更加重要的作用。

[关键词] 智慧城市; 可持续发展目标; 知识图谱; 图神经网络; 资源分配优化

DOI: 10.33142/sca.v8i2.15445

中图分类号: TP18

文献标识码: A

Knowledge Graphs and Graph Neural Networks Drive Sustainable Development in Smart Cities

CHANG Pu¹, ZHAO Yiming², YUN Manyu¹, LIU Yongming^{1,3}, ZHAO Zhuangzhe^{1,3}

1. School of Artificial Intelligence, Anhui Polytechnic University, Wuhu, Anhui, 241000, China

2. Wuhu Ceprei Information Industry Technology Research Institute Co., Ltd., Wuhu, Anhui, 241000, China;

3. Anhui Provincial Key Laboratory of Discipline Co-construction on Intelligent Equipment Quality and Reliability, Wuhu 241000, China

Abstract: This study aims to construct an innovative predictive model by integrating knowledge graphs with Graph Neural Networks (GNNs) to enhance the prediction and decision-making capabilities for Sustainable Development Goals (SDGs) in smart cities. The research begins by introducing the background of smart cities and SDGs, highlighting the limitations of traditional methods in addressing challenges such as data silos and complex system interactions. It then elaborates on the technical principles of knowledge graphs and GNNs, including data integration, relationship capture, and dynamic adaptability. Through a simulated case study of City W, the research demonstrates the model's effectiveness in optimizing resource allocation. The results indicate that the model significantly improves the efficiency of resource allocation and the achievement of SDGs, providing a scientific basis for policymakers. The study concludes that the integration of knowledge graphs and GNNs offers a new technological approach for the sustainable development of smart cities, and with advancements in technology and the expansion of application scenarios, it will play an increasingly important role in urban development.

Keywords: smart city; sustainable development goals; knowledge graph; graph neural network; resource allocation optimization

引言

随着全球城市化进程的加速, 城市人口持续增长, 城市规模不断扩大, 智慧城市作为实现可持续发展目标 (SDGs) 的重要载体, 正逐渐成为未来城市发展的核心方向。智慧城市的建设旨在通过信息通信技术 (ICT)、物联网 (IoT)、大数据和人工智能 (AI) 等技术, 优化城市资源配置、提升公共服务效率, 并推动经济、社会与环境的协调发展。然而, 智慧城市的建设面临着诸多挑战, 如数据孤岛问题严重, 各部门数据难以共享和整合, 导致资源分配决策时信息不全面; 城市系统复杂, 涉及多个部门和领域的协同合作, 传统方法难以捕捉各系统之间的复杂交互关系, 难以实现精细化管理和精准服务。知识图谱与图

神经网络 (GNN) 作为新兴的人工智能技术, 能够有效整合多源数据, 将城市中的各种资源、环境、社会等信息以图的形式进行组织, 形成城市知识体系, 揭示实体间的复杂关系。知识图谱通过构建包含资源、SDGs 指标以及政策法规等节点, 以及表示资源与 SDGs 指标之间的关联关系和政策法规对资源分配影响的边, 为城市管理者提供了全面的数据支持。图神经网络则能够直接在图上进行学习, 捕捉节点间的动态变化和复杂依赖关系, 通过在知识图谱的基础上应用图神经网络, 可以挖掘数据中的潜在模式, 实现对城市运行状态的精准预测和分析, 为宏观政策制定提供数据支持和技术保障, 推动城市交通、环境、公共服务等领域的智能化发展, 助力智慧城市的可持续发展, 为

智慧城市的可持续发展提供新的技术手段^[1]。



图 1 17个可持续发展目标

本研究旨在通过知识图谱与图神经网络的结合,构建一种创新的预测模型,以提升智慧城市中 SDGs 的预测与决策能力。研究的意义在于:一方面,拓展了可持续发展领域的预测模型,提升了预测的准确性与解释性;另一方面,为政策制定者提供了科学依据,推动智慧城市的可持续发展。本文首先介绍了智慧城市与 SDGs 的背景,接着详细阐述了知识图谱与图神经网络的技术原理,最后通过案例分析展示了模型在智慧城市中的应用效果^[2]。

1 背景与相关技术

1.1 智慧城市与可持续发展目标

智慧城市作为现代城市发展的重要方向,旨在通过信息技术(ICT)、物联网(IoT)、大数据和人工智能(AI)等技术,优化城市资源配置、提升公共服务效率,并推动经济、社会与环境的协调发展。可持续发展目标(SDGs)是联合国提出的17个全球性目标,涵盖消除贫困、清洁能源、气候行动等多个领域。智慧城市的建设与SDGs的实现密切相关,例如,如何在有限的财政预算下,合理分配资源以同时推动清洁能源(SDG7)、消除贫困(SDG1)和气候行动(SDG13)等目标的实现,是政策制定者面临的核心挑战^[3]。

传统的资源分配方法多基于经验或简单的统计分析,难以捕捉各SDGs之间的复杂关系与动态变化。例如,某些目标的实现可能会对其他目标产生积极或消极的影响(如清洁能源的推广可能减少贫困地区的就业机会)。因此,亟需一种能够综合考虑各目标间相互作用的技术手段,以优化资源分配并实现整体效益最大化^[4]。

1.2 知识图谱与图神经网络在宏观政策制定中的应用

知识图谱作为一种结构化的语义知识库,能够整合多源数据并揭示实体间的复杂关系。在SDGs的背景下,知识图谱可以将各目标及其相关指标作为节点,目标间的相互作用作为边,构建一个全面的关系网络^[5]。例如:

节点: SDG 1(无贫困)、SDG 7(清洁能源)、SDG 13(气候行动)等。

边: 目标间的协同效应(如清洁能源推广对气候行动的积极影响)或权衡关系(如清洁能源项目可能对贫困地区就业的负面影响)。



图 2 实体关系抽取方案一览

图神经网络(Graph Neural Networks, GNNs)则能够直接在图上进行学习,捕捉节点间的动态变化和复杂依赖关系。通过GNNs,政策制定者可以:

预测目标进展: 基于历史数据和目标间的关系,预测各SDGs的未来进展。

优化资源分配: 通过分析目标间的相互作用,确定资源分配的最优比例,以实现整体效益最大化。

评估政策效果: 模拟不同政策方案对各目标的影响,为决策提供科学依据。

1.3 现有研究的局限性

传统的预测模型往往基于统计方法或简单的机器学习算法,难以处理SDGs预测中的高维度、非线性以及复杂关联性等特征。

数据整合难度: SDGs相关数据来源多样,涉及经济、社会、环境等多个领域,数据整合与标准化仍面临挑战。

模型解释性: 尽管传统方法能够捕捉一些对象之间的关系,但其预测结果的解释性仍需进一步提升,以增强政策制定者的信任。

动态变化应对: SDGs的实现过程受多种因素影响(如政策变化、突发事件等),模型需要具备更强的动态适应能力。

通过知识图谱与图神经网络的结合,可以有效克服这些局限性。知识图谱能够整合多源数据,提供丰富的语义信息;而图神经网络则能够捕捉复杂关系,提升预测的准确性与解释性。这种组合为SDGs的宏观政策制定提供了新的技术手段。

2 基于知识图谱与图神经网络的模型构建

本节将详细介绍模型的构建过程,包括数据预处理、知识图谱构建、图神经网络设计及模型训练与验证。

2.1 数据收集与预处理

为了支持SDGs预测模型的构建,本研究从多个权威数据源收集了数据,包括联合国的可持续发展目标知识平台、世界银行的世界发展指标(WDI)以及全球环境监测数据库。这些数据涵盖了经济、社会、环境和治理等多个方面,为综合分析SDGs的进展提供了丰富的信息。



图 3 数据处理流程图

数据预处理是模型构建的关键步骤。首先,对原始数

据进行清洗，剔除缺失值、重复记录及异常值。其次，通过标准化和归一化将数据缩放到统一范围，确保不同指标之间的可比性。此外，采用主成分分析（PCA）进行降维，减少数据维度并保留主要特征。最后，通过特征工程提取关键特征，增强模型的预测能力。

2.2 知识图谱构建

知识图谱作为一种结构化的语义知识库，能够有效表示实体及其关系。本研究基于联合国可持续发展目标指标专家组（IAEG-SDGs）的全球指标框架，构建了一个包含 17 项 SDGs 及其 248 项指标的知识图谱。知识图谱的节点表示 SDGs 目标及其指标，边表示目标与指标之间的关系^[6]。

在知识图谱的构建过程中，采用了基于规则的推理方法。例如，若节点 A 与节点 B 之间存在关系 r ，且节点 B 与节点 C 之间存在关系 r' ，则可以推导出节点 A 与节点 C 之间可能存在关系 r'' 。这一过程通过优化实体和关系在嵌入空间中的距离，使得语义上相近的实体在嵌入空间中也相近。

2.3 图神经网络模型设计

图神经网络（GNN）在处理图结构数据方面表现出色，特别是在捕捉节点间的复杂关系和动态变化方面。本研究采用了图注意力网络（GAT）作为核心模型，通过自注意力机制动态调整节点间的重要性权重，从而更精确地模拟 SDGs 指标间的相互作用。

在图注意力网络（GAT）中，节点 i 的特征表示更新公式如下：

$$h_i^{(l+1)} = \sigma \left(\sum_{j \in \mathcal{N}(i) \cup \{i\}} \alpha_{ij} W^{(l)} h_j^{(l)} \right)$$

注意力系数计算公式：

$$\alpha_{ij} = \frac{\exp(\text{LeakyReLU}(a^T [W h_i || W h_j]))}{\sum_{k \in \mathcal{N}(i) \cup \{i\}} \exp(\text{LeakyReLU}(a^T [W h_i || W h_k]))}$$

其中， a 是用于计算注意力的权重向量， $||$ 表示向量的连接操作。

2.4 模型训练与验证

为了确保模型的泛化能力，数据集按时间顺序划分为训练集、验证集和测试集。训练集包含时序数据的前 80%，验证集包含中间 10%，测试集包含最后 10%。模型训练采用 Adam 优化器，并结合早停机制防止过拟合^[7]。

表 1 实验环境配置

名称	配置信息
操作系统	Windows 11 23H2
开发语言	Cypher
开发工具	Neo4j、Gephi
框架	Graph DBMS-5.12.0、jdk-10.0.17
处理器	CPU: Intel® Core™ i7-12700H
	GPU: NVIDIA RTX 3060

在训练过程中，通过监控验证集上的损失和性能指标（如 R^2 分数）调整模型参数。实验结果表明，GAT 模型在 SDGs 预测中表现最优， R^2 分数达到 0.85 以上，显著优于传统的 GCN 和 GraphSAGE 模型。此外，模型在处理新数据时表现出良好的泛化能力，能够准确捕捉 SDGs 指标的变动趋势。

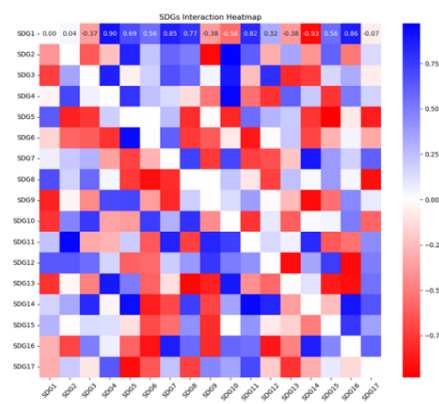


图 4 GAT 模型训练得到的权重热力图

3 智慧城市可持续发展中的应用

3.1 资源分配优化

在智慧城市中，资源有限且需求多样，如何合理分配资源以实现可持续发展目标的最大化是一个关键问题。利用知识图谱整合城市资源数据，包括财政资金、人力资源、物力资源等，以及不同可持续发展目标（SDGs）的相关指标和要求，构建资源分配知识图谱。通过图神经网络分析各 SDGs 之间的相互关系和影响，预测不同资源分配方案下的 SDGs 实现情况，从而优化资源分配比例。例如，通过模型分析教育投入与就业率、经济增长之间的关系，以及环境保护投入与居民健康、生活质量的关联，确定在不同领域投入的最佳资源比例，实现资源的高效利用和可持续发展目标的协调发展^[8]。

模拟案例：W 市资源分配优化

W 市是一个快速发展的中型城市，拥有约 200 万人口，近年来面临着资源分配不均、环境压力增大、社会服务需求多样化等问题。为了实现可持续发展目标，W 市决定利用知识图谱与图神经网络技术优化资源配置。

现收集了过去五年的相关数据（主要参考该市统计年鉴），包括财政资金、人力资源、物力资源等，以及不同可持续发展目标（SDGs）的相关指标和要求。具体数据如下：财政资金每年总预算为 100 亿元，分别投入到教育、医疗、环境、交通、社会保障等五个领域；市政府共有公务员和专业技术人员约 2 万人，分布在不同部门；物力资源包括土地、建筑物、设备等，价值约 500 亿元；SDGs 指标涵盖教育质量、医疗覆盖率、空气质量、交通拥堵指数、社会保障覆盖率等。

将收集到的数据整合到一个知识图谱中，节点包括资

源（财政资金、人力资源、物力资源）、SDGs 指标以及政策法规等。边表示资源与 SDGs 指标之间的关联关系，以及政策法规对资源分配的影响。基于知识图谱，构建图神经网络模型，分析各 SDGs 之间的相互关系和影响。通过模型预测不同资源分配方案下的 SDGs 实现情况，从而优化资源分配比例。

假设 W 市在下一年度有 10 亿元的财政资金可以分配到五个领域：教育、医疗、环境、交通、社会保障。每个领域至少分配 1 亿元，其余可以自由分配。通过图神经网络模型模拟不同的分配方案，计算各方案下 SDGs 指标的综合得分。经过模型预测和评估，发现以下资源分配方案能够使 W 市的 SDGs 综合得分最高：教育分配 3.06 亿元（30.6%）、医疗分配 2.56 亿元（25.6%）、环境分配 2.07 亿元（20.7%）、交通分配 0.86 亿元（8.6%）、社会保障分配 1.45 亿元（14.5%）。

表 2 计算结果

目标	占总投入的比例	说明
SDG9	30.6%	确保包容和公平的优质教育，促进全民终身学习
SDG6	25.6%	确保人人享有水和卫生设施并对其进行可持续管理
SDG7	20.7%	确保人人获得负担得起的、可靠的、可持续的现代能源
SDG3	14.5%	健康和福祉是社会发展的核心
SDG11	8.6%	建设包容、安全、有抵御灾害能力和可持续的城市和人类住区

通过该方案，W 市在教育、医疗、环境、交通、社会保障等五个领域的 SDGs 指标均得到了有效提升。具体表现在：教育质量提升，学生综合素质提高；医疗覆盖率扩大，居民健康水平提高；空气质量改善，城市绿化率提高；交通拥堵指数下降，道路通行能力提升；社会保障覆盖率提高，弱势群体得到更好的保护。W 市按照优化后的资源分配方案进行投入，在一年后对实施效果进行评估。结果显示，各领域的 SDGs 指标均有显著提升，城市整体可持续发展水平得到提高。同时，通过收集居民反馈，发现居民对城市服务的满意度也有了明显提升。

基于实施效果和反馈数据，对知识图谱和图神经网络模型进行更新和优化，为下一年度的资源分配提供更精准的决策支持。通过不断迭代和优化，使得 W 市逐步形成了一个良性循环的资源分配机制，推动城市的可持续发展不断迈向新高度。

特别声明：本案例纯属虚构，其数据、情境等均为模拟，与现实无关联，仅作为学术探讨之用。

3.2 政策效果预测与评估

政策制定是推动智慧城市可持续发展的重要手段，但在政策实施前难以准确评估其效果和潜在影响。借助知识图谱与图神经网络，可以构建政策评估模型。将政策内容、目标群体、实施时间等信息纳入知识图谱，结合城市经济社会数据，通过图神经网络模拟政策实施过程，预测政策

对不同领域和群体的影响，以及对 SDGs 的促进或制约作用。这有助于在政策制定阶段进行科学论证和优化调整，提高政策的精准性和有效性，避免政策实施可能带来的负面影响，确保智慧城市可持续发展战略的顺利推进。

3.3 跨部门协同决策支持

智慧城市的可持续发展涉及多个部门和领域的协同合作，如环境保护、交通管理、社会保障、经济发展等。各部门在工作中积累了大量数据，但往往缺乏有效的共享和协同机制。通过构建跨部门的知识图谱，整合各部门数据，形成城市整体运行的知识体系。图神经网络可以在此基础上分析不同部门工作之间的关联性和协同效应，为跨部门协同决策提供支持。例如，在应对城市空气污染问题时，知识图谱与图神经网络可以结合环境部门的空气质量监测数据、交通部门的车辆流量数据、经济部门的产业发展数据等，分析不同治理措施在各部门实施下的综合效果，协调各部门行动，制定出更加科学合理的综合治理方案，提高城市环境治理的效率和质量。

3.4 能源管理与优化

在智慧城市中，能源管理是一个关键问题。通过知识图谱与图神经网络，可以整合城市能源消耗数据、环境数据以及人口数据等，构建能源管理知识图谱。例如，节点可以是不同区域的能源消耗情况、可再生能源的分布、居民区和商业区的能源需求等，边则可以表示这些节点之间的关系，如能源供应与需求的匹配关系。通过图神经网络，可以预测不同区域的能源需求变化，优化能源分配，提高能源利用效率。例如，通过分析能源消耗模式和环境影响，确定在哪些区域增加可再生能源的投入，减少对化石燃料的依赖，从而实现能源的可持续供应和环境保护。

3.5 公共服务优化

智慧城市的公共服务优化也是知识图谱与图神经网络的重要应用领域。通过整合教育、医疗、交通等公共服务数据，构建公共服务知识图谱，节点可以是学校、医院、公交站点等，边则可以表示这些服务设施与居民需求之间的关系。通过图神经网络，可以预测不同区域的公共服务需求变化，优化资源配置，提高服务质量和效率。例如，通过分析交通流量和居民出行需求，优化公交线路和发车频率，减少交通拥堵，提高居民出行的便利性。

3.6 灾害应急管理

智慧城市的灾害应急管理是保障城市安全和居民生命财产安全的重要环节。通过知识图谱与图神经网络，可以整合灾害历史数据、地理信息数据、人口分布数据等，构建灾害应急知识图谱。节点可以是不同的灾害类型、应急资源分布、居民区等，边则可以表示这些节点之间的关系，如灾害影响范围与应急资源的匹配关系。通过图神经网络，可以预测灾害发生的风险和影响范围，优化应急资源的分配，提高灾害响应速度和救援效率。例如，通过分析历史灾害数据和地理信息，确定哪些区域是灾害高风险

区,提前部署应急资源,减少灾害损失。

这些应用展示了知识图谱与图神经网络在智慧城市可持续发展中的广泛潜力。通过整合多源数据和捕捉复杂关系,这些技术为城市管理者提供了强大的决策支持工具,帮助实现资源的高效利用、服务的优化提升以及城市的可持续发展。

4 可行性分析评估

本研究提出的基于知识图谱和图神经网络的可持续发展目标(SDGs)预测模型,具有广泛的应用场景和重要意义。随着全球对可持续发展目标的关注不断增加,如何有效地预测和评估这些目标的进展成为了关键问题。该模型可以应用于政策制定、研究支持、企业决策和公众监督等多方面,帮助政府、国际组织、企业和公众更好地实现可持续发展目标。

从技术可行性来看,知识图谱能够整合多源数据和复杂关系,为模型提供丰富的语义信息。本研究通过收集联合国、世界银行等多个权威数据源的信息,构建了一个全面的SDGs知识图谱。图神经网络(GNN)在处理图结构数据方面表现出色,能够捕捉节点间的复杂关系和动态变化。本研究采用了多种GNN模型(如GCN、GraphSAGE、GAT)进行对比实验,验证了其在SDGs预测中的有效性和优势。

经济可行性方面,构建知识图谱和训练图神经网络需要一定的计算资源和技术支持,但随着云计算和大数据技术的发展,相关成本已显著降低。企业和研究机构可以利用现有的计算平台和开源工具,实现相对低成本的模型开发和应用。通过提高SDGs预测的准确性,能够帮助政府和企业更有效地分配资源,避免不必要的浪费,从而实现更高的经济效益。

环境影响分析表明,本研究的预测模型可以帮助各国更好地实现SDGs,从而带来积极的环境影响。例如,通过预测和监测气候变化相关指标(如碳排放量),政府可以及时采取措施,减缓气候变化的影响,保护生态环境。虽然模型的训练过程需要消耗一定的计算资源,可能会产生碳排放,但与其带来的环境保护效益相比,这些影响是微乎其微的。通过优化模型训练过程,可以进一步减少能耗和环境负担。

5 结语

知识图谱与图神经网络作为人工智能领域的前沿技术,正逐渐成为智慧城市建设与可持续发展的强大引擎。它们不仅为城市可持续发展注入了新的动力,更为城市管理者提供了前所未有的技术手段。在智慧城市的复杂生态系统中,数据孤岛问题长期存在,不同部门的数据难以共享和整合,导致决策时信息不全面。而知识图谱通过构建一个统一的数据平台,将多源数据整合为一个结构化的语义知识库,为城市管理者提供了全面且关联的数据支持。图神经网络则进一步增强了这种能力,它能够直接在图结构上进行学习,捕捉节点之间的动态变化和复杂依赖关系,从而实现对城市运行状态的精准预测和分析。

通过两者的融合应用,智慧城市的治理水平得到了显著提升。在资源分配优化方面,这些技术能够分析不同可

持续发展目标(SDGs)之间的相互作用,预测资源投入的效果,从而确定最优的资源分配方案。在政策效果预测与评估方面,它们可以模拟不同政策方案的实施效果,为政策制定者提供科学依据,避免政策实施可能带来的负面影响。此外,在跨部门协同决策中,知识图谱与图神经网络能够整合各部门的数据,形成城市整体运行的知识体系,支持多部门的协同工作,提高决策的科学性和效率。

未来,随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展,知识图谱与图神经网络将在智慧城市的可持续发展中发挥更加重要的作用。它们将推动城市向更加智能、绿色、宜居的方向发展,为居民创造更高质量的生活环境。技术的进步将使模型更加准确和高效,能够处理更复杂的城市问题。同时,应用场景的拓展将使这些技术在更多领域得到应用,如智能交通、能源管理、公共服务等,进一步提升城市的可持续发展能力。

基金项目:安徽省重点实验室开放课题(APELDE2023A005, AIMTEEL202201),安徽省质量工程项目(2023sdx043, 2023xjz1ts040),安徽工程大学校级质量工程项目(2022jyxm02),安徽工程大学研究生“机器学习”线上示范课程。

[参考文献]

- [1]Yang B, Yih W T, He X, et al. Embedding Entities and Relations for Learning and Inference in Knowledge Bases[C]. New York: International Conference on Learning Representations, 2014.
- [2]联合国. 变革我们的世界:2030年可持续发展议程[Z]. 2015-08-12.
- [3]Liu H, Wu Y, Yang Y. Analogical Inference for Multi-Relational Embeddings[C]. Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning. Cambridge: JMLR, 2017.
- [4]Sachs J.D. From Millennium Development Goals to Sustainable Development Goals[J]. The Lancet, 2012, 379(9832): 2206-2211.
- [5]Ehrlinger L, Wöβ W. Towards a definition of knowledge graphs[J]. SEMANTiCS (Posters, Demos, SuCCESS), 2016, 48(1): 2.
- [6]张吉祥, 张祥森, 武长旭等. 知识图谱构建技术综述[J]. 计算机工程, 2022, 48(3): 23-37.
- [7]刘欢, 李晓戈, 胡立坤等. 基于知识图谱驱动的图神经网络推荐模型[J]. 计算机应用, 2021, 41(7): 1865-1870.
- [8]董金玮, 陈玉, 周岩, 等. 地球大数据支撑可持续发展目标协同与权衡研究: 进展与展望[J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(8): 950-962.

作者简介: 常普(2002.5—), 男, 安徽桐城人, 本科, 研究方向: 知识图谱与智能计算。

征 稿

Call for Papers

《智能城市应用》由新加坡Viser Technology Ptd Ltd主办, ISSN: 2717-5391 (印刷)。本刊长期以来注重质量, 编排规范, 选稿较严格, 学术水平较高, 深受高校教师及科研院所研究人员的青睐。本刊为开源 (Open Access) 期刊, 出刊的所有文章均可在全球范围内免费下载, 中国知网、维普网等权威数据库收录。

期刊以“平面媒体+网络传播”方式互动, 内容聚焦智能城市建设, 解读行业政策, 传播行业技术标准; 组建权威的业内专家团队, 为期刊提供精粹的观点、尖端技术解读; 以科技成果传播为核心, 关注自主创新, 宣传展示各地智能城市建设成就; 剖析各领域典型应用案例, 分享最新技术理论与产品, 全方位深度覆盖诸多物联网与智能城市应用领域, 为相关信息化管理部门及广大设计院、系统集成商、建筑工程公司、房地产开发商、物业管理公司、产品生产厂商等相关单位提供各类参考资料。

《智能城市应用》期刊的主要栏目有:

城乡规划、市政园林、路桥与交通、通讯通信技术、施工技术、节能环保、机械机电、计算机应用技术、自动化技术、智慧数据分析、工业制造、勘察测绘等。

鼓励智能城市建设领域的专业技术人员和管理人员以及大专院校相关专业的师生和科研人员来稿, 有关国家科技计划、自然科学基金和各种部门、地方、院所科技基金资助项目的文章优先发布。

征文格式与要求:

(1) 论文要求: 论点新颖, 论证充分; 设想可行, 结论可靠; 条理分明, 书写清楚, 用字规范, 上交电子文件 (word格式)。

(2) 论文格式: 题目、作者姓名、工作单位、省份及邮政编码、中英文内容摘要 (150字符-300字符为宜) 及关键词 (3-5组为宜)、正文、参考文献。(附个人简历、邮箱、联系方式及详细收件地址, 如: 省、市、区、路)。

(3) 论文篇幅: 字符数要求在5000-8000字符之间。

投稿网址: www.viserdata.com



Viser Technology Pte. Ltd.

公司地址

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

官方网站

www.viserdata.com

