



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

2024 12

第7卷 总第56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

2024年·第7卷·第12期（总第56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：12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：刘艳利

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

市政园林

规划环境影响评价在生态城市建设中的应用研究.....

..... 薛亚彬 杨文琰 1

新时期土地利用转型及土地资源管理方法研究.....

..... 苗海宁 4

公园商业综合体项目改造更新探讨——石家庄裕西文化

园项目改造更新实践 杜鹤麟 7

路桥与交通

高速公路建设与智慧交通的研究与分析..... 王 疆 11

高速公路沥青路面施工及质量控制要点研究.. 颜长磊 14

高速公路桥梁伸缩缝快速维修更换施工技术.. 李龙杰 17

交通工程建设中路桥过渡段的施工处理..... 马文豪 20

高频辅助变流器对车辆设备若干 EMC 干扰问题分析及处

理 王延金 23

钢支撑轴力自动补偿系统技术应用研究..... 欧祝明 27

通讯通信技术

宽带接入网低成本解决方案及应用研究..... 杨正琴 31

智能技术在电力通信自动化系统中的应用.....

..... 尹梁国 封 凯 35

施工技术

露天采矿边坡控制性爆破施工技术..... 郭永琪 38

建筑工程深基坑施工技术管理要点分析..... 蔡 雷 41

公路桥梁施工技术中存在的问题及对策..... 李明遥 44

灌区节水改造工程中的渠道防渗关键技术研究.....

..... 杨 俊 47

建筑工程

高层建筑钢筋混凝土剪力墙结构设计分析.... 刘红伟 50

建筑电气工程供配电系统设计要点研究..... 潘玉强 53

建筑结构加固设计及加固施工技术的应用.... 安 日 57

智能建筑设计的技术创新与发展趋势..... 赵海庆 60

人防医疗工程暖通设计问题与解决措施..... 刘学娜 63

谈 BIM 技术及其在建筑设计中的应用研究.....	张 康 66
智能化给排水系统在民用建筑中的应用研究..	赵 强 69
智能化技术在建筑设计中的融合与发展.....	刘梦凯 72
公共空间设计中的安全性与舒适性探讨.....	刘 彬 75
生态建筑设计在建筑设计中的应用.....	王爱民 78
现代工业建筑设计策略及发展趋势研究.....	赵佳瑶 81
房屋住宅建筑施工中的软土地基处理技术....	周文智 84

节能环保

环保咨询对环境保护发展的促进作用.....	朱鹏飞 87
暖通设计中绿色节能技术的应用.....	
.....	陈文婷 李沁洋 王玉玺 90
城市环境噪声污染与监测技术研究.....	
.....	张卫清 王安银 阿比达·扎克尔 93

机电机械

基于 DTW-OPTICS 分区的光伏集群输出方法的研究与预测.....	张家豪 高庆忠 96
机电一体化在风力发电设备中的创新应用.....	
.....	顾伊凡 100
新能源汽车驱动电机控制器常见故障诊断分析——以比亚迪秦 EV 为例	赵立龙 103
智能变电站二次系统设计方法研究.....	孙林女 106
人工智能在数控加工中的应用.....	刘 新 王 琦 109

计算机应用技术

数据结构在图像处理中的应用研究.....	
.....	蒋章浩 沈芯卉 陈哲瀚 112
警务业务与低代码组件原子能力融合的创新探索.....	
.....	张铁龙 崔云龙 赵全举 杜林佳 115
GIS 技术在机场选址中的应用研究	王 键 119

基于 Python 的网络爬虫设计与数据采集方法研究.....	
.....	陶冯炜 陈哲瀚 123

自动化技术

水泥工业电气自动化的创新及发展研究.....	杨 杰 126
基于嵌入式系统的温室大棚开发设计与实现.....	
.....	易 萍 潘丽峰 130

智慧数据分析

人工智能技术在建筑电气工程中的运用探讨.....	
.....	宋 磊 135
水位 AI 智能预报中的实时数据处理与模型更新方法...	
.....	李吉涛 138
面向人脸特征驱动的近视眼镜镜架个性化设计研究...	
.....	王泉霖 高晓阳 杨婷婷 142
智能变电站远程可视化运维与无人值守技术的发展分析.....	
.....	陈 亮 147

石油化工

蜂窝式 SCR 脱硝催化剂中 W03 对脱硝性能的影响分析..	
.....	高志亮 朱礼强 150

勘察测绘

浅谈机载激光雷达技术在工程测量中的应用.....	
.....	高 斌 153
废弃矿山生态修复模式与开发利用实践.....	张 杨 156

综述研究

地铁施工安全风险巡视管理机制探索与实践.....	
.....	滕令晓 159
浅析有限空间作业的风险管理与安全对策...	郭定平 162
AI 技术在工程建设行业的探索应用	周梦倩 165

规划环境影响评价在生态城市建设中的应用研究

薛亚彬¹ 杨文琰²

1. 河北鑫柏利环保科技有限公司, 河北 石家庄 050221

2. 石家庄以岭药业有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]近年来, 随着环境问题的日益加剧, 传统的城市发展模式已难以满足可持续发展的需求。如何科学、合理地开展环境影响评估, 已成为提高规划质量与决策科学性的关键环节。尽管规划环境影响评价在我国已有一定的应用基础, 但在实际操作中仍面临着评价深度与广度不足、技术手段不完备、公众参与机制缺乏等问题。因此, 如何优化规划环境影响评价的实施路径, 提升在生态城市建设中的作用已成为亟待解决的重要课题。围绕该主题将展开深入探讨, 分析规划环境影响评价在生态城市建设中的实际应用及优化路径, 为推动绿色、可持续城市发展提供理论支持与实践指导。

[关键词]环境影响评价; 生态城市建设; 应用

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14754

中图分类号: X21

文献标识码: A

Application Research on Planning Environmental Impact Assessment in Ecological City Construction

XUE Yabin¹, YANG Wenyan²

1. Hebei Xinbaili Environmental Protection Technology Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050221, China

2. Shijiazhuang Yiling Pharmaceutical Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: In recent years, with the increasingly severe environmental problems, the traditional urban development model has been unable to meet the needs of sustainable development. How to scientifically and reasonably conduct environmental impact assessments has become a key link in improving the quality of planning and the scientificity of decision-making. Although environmental impact assessment has a certain application foundation in China, it still faces problems such as insufficient depth and breadth of evaluation, incomplete technical means, and lack of public participation mechanisms in practical operation. Therefore, how to optimize the implementation path of planning environmental impact assessment and enhance its role in ecological city construction has become an important issue that urgently needs to be addressed. We will conduct in-depth discussions on this topic, analyze the practical application and optimization path of planning environmental impact assessment in the construction of ecological cities, and provide theoretical support and practical guidance for promoting green and sustainable urban development.

Keywords: environmental impact assessment; ecological city construction; application

引言

随着全球化的深入发展与城市化进程的不断推进, 生态环境问题日益突出, 成为制约社会经济可持续发展的关键因素, 生态城市建设作为推动绿色发展的重要战略, 已受到越来越多国家和地区的关注。生态城市不仅关注环境保护, 更倡导资源的可持续利用、低碳生活方式以及人与自然的和谐共存。为此, 规划环境影响评价(EIA)作为评估与规避环境风险的工具, 逐渐被纳入生态城市规划的重要组成部分。通过科学的环境影响评价, 能够有效预测与评估规划项目可能对环境产生的影响, 从而为实现可持续发展城市提供有力支持。

1 规划环境影响评价在生态城市建设中的作用

1.1 支撑生态城市规划的科学性

规划环境影响评价在生态城市建设中的作用, 体现在提升城市规划的科学性, 核心在于为规划提供系统化的环境数据支持与全面的评估依据, 通过对区域环境资源容量、生态系统承载力以及潜在环境影响的深入分析, 能够确保

规划目标与区域实际更加契合, 避免无序开发与资源浪费。评价过程不仅强调多维度、多专业的协同合作, 还注重自然、社会与经济等因素的有机融合, 从而提升规划方案的合理性与可操作性, 通过动态调整评价模型确保评价能够及时应对外部环境的变化, 为规划方案的优化提供有力的指导, 有效克服了传统城市规划中过于偏重单一目标的不足, 更好地推动了生态保护与城市发展之间的平衡。

1.2 促进环境资源的合理配置

规划环境影响评价, 通过对区域资源分布、生态系统承载能力以及开发活动潜在影响的全面评估, 有效推动了环境资源的合理配置。评估过程中不仅关注资源当前的利用效率, 还考虑可持续性, 确保了开发与保护之间的平衡。在这一过程中, 依据区域资源禀赋与发展需求, 明确哪些区域应作为重点开发对象, 哪些区域应优先保护, 从而避免了无效开发与生态破坏, 采用科学的资源分配策略能够引导社会资本、技术与人力资源向更高效益的环境方向集中, 为绿色发展与经济效益的双赢创造了条件, 通过客观

的分析与配置方式,不仅提升了资源利用效率,还有效降低了环境风险,为生态城市建设提供了扎实的科学依据。

1.3 提高公众参与与决策透明度

规划环境影响评价通过引入公众参与机制,显著提高了生态城市建设中决策的透明度。在评价过程中,信息公开、公众座谈会及问卷调查等方式被广泛采用,使公众能够及时了解规划方案及其潜在的环境影响,同时公众也被赋予了对环境保护与城市发展提出建议以及进行监督的权利,这样的开放性决策过程有助于吸纳各方意见,弥补了技术评价中可能忽视的社会或区域性细节问题,透明的评价流程与反馈结果不仅增强了公众对政府决策的信任,还促进了社会各界对生态城市建设的共同认知与责任感。通过这种互动机制,规划的包容性与科学性得以提升,政策实施的可行性与社会认同感也得到了增强,为构建和谐生态城市奠定了坚实的基础。

2 规划环境影响评价在生态城市建设中的具体应用

2.1 评价程序的设计与优化

在生态城市建设中,规划环境影响评价程序的设计与优化,对确保评价的科学性与实用性具有至关重要的作用。根据具体项目的特点,优化程序应明确评价的目标、范围及重点,避免内容过于宽泛或缺乏针对性,通过引入分阶段、分层次的评价模式,战略性与具体问题得以有效区分,从而提升分析的效率与深度。同时,先进的数据处理技术与动态建模工具的借助,使环境数据的实时更新与综合分析得以在程序设计中实现,确保评价结果具备时效性与准确性。为提升操作性,程序的逻辑结构应进一步优化,责任分工需明确,操作流程应细化并完善监督机制,使整个评价过程更加高效与规范。此外,强化公众参与与部门协作,不仅能够提升程序的透明度,还能增强决策的科学性,为生态城市的可持续发展提供坚实的依据。

2.2 评价目标的精准化拓展

在生态城市建设中,评价目标的精准化拓展具有至关重要的作用。传统评价模式中目标设定通常较为宽泛,往往导致评价结果过于笼统,无法为具体规划决策提供有效支持。为了提升评价的针对性与实用性,必须依据不同发展阶段及区域特点明确评价目标。环境资源的保护与合理利用不仅应被关注,还应涵盖生态系统服务功能的可持续性、社会经济影响的平衡等多个层面。精准化拓展是在原有评价目标的基础上,结合最新政策与技术进展细化目标内容,尤其应聚焦特定区域的生态风险、气候变化适应能力等方面,评价目标的拓展也应充分考虑地方性差异,确保目标内容与实际情况紧密契合,既能解决当前问题又能为未来发展提供有力指导。

2.3 制度体系的完善与保障机制

在生态城市建设中,规划环境影响评价的顺利实施及

其实际效果,离不开制度体系的完善与保障机制的支持。一个健全的制度体系为环境影响评价提供了明确的法律框架与操作标准,避免了实践过程中执行不力或标准不一致的问题。相关政策法规的完善,确保了评价的每个环节都有法可依,且各项要求清晰细致,从而提升了评价过程的规范性。执行力的强化同样至关重要,跨部门合作机制的建立能够确保评价结果有效融入规划决策。保障机制方面,特别需要关注资源配置、技术支持及资金保障等领域的建设,通过设立专项资金、提供专业技术支持与培训,环境影响评价的独立性与客观性得以确保,从而提高了评价的质量与效率。监督机制的建立也不可忽视,它确保了各方责任明确,防止了不当干预与利益冲突的发生,通过落实这些制度与保障措施,规划环境影响评价在生态城市建设中的有效实施及其长远效益得到了充分保障。

2.4 可持续发展理念的实践与落实

可持续发展理念的贯彻与实施,作为生态城市建设的核心原则之一,深刻影响着城市的环境质量及居民的福祉。在规划环境影响评价中,落实这一理念不仅要关注当前的环境效益,还应兼顾长期的生态平衡与资源的合理利用。具体而言,开发活动对自然资源、生态系统及社会环境的潜在影响应进行全面评估,确保开发模式不仅能够促进经济增长,还能避免对生态环境造成难以修复的损害。例如,采用低碳、绿色技术及节能减排措施应成为重点,以推动能源、土地及水资源的高效利用。通过全生命周期评估的实施,从项目设计、建设到运营的各个阶段的资源消耗与环境影响得到了有效管理,确保各阶段的影响均控制在可持续的范围之内。

2.5 数据分析与技术手段的规范化应用

数据分析与技术手段的规范化应用,对于提升规划环境影响评价的准确性与效率至关重要。在生态城市建设过程中,科学的数据分析结合先进的技术工具,为环境影响评价提供了坚实的支持,通过大量环境、社会与经济等相关数据的收集与整理,现代数据处理技术得以深入挖掘各因素间的相互关系进行系统分析,从而保证评价结果的全面性与精准性。技术手段不仅涵盖数据采集与分析,还涉及评价模型的建立与完善。遥感技术、地理信息系统(GIS)等工具的运用,通过空间分析与趋势预测,提供了更加直观与细致的决策支持。与此同时,数据分析方法的标准化确保了各类评价活动遵循统一的标准,从而避免了主观偏差与数据不一致所导致的误差,这些规范化的技术应用为规划环境影响评价提供了科学依据,使评价过程更加透明、可复制,并最终为决策者提供了更为理性与有效的规划支持。

2.6 人才培养与专业能力建设

人才培养与专业能力建设是规划环境影响评价顺利实施的根本保障。随着生态城市建设技术要求的日益复杂,专业人才的培养变得尤为关键。相关领域的从业人员不仅

应具备扎实的环境科学、城市规划、生态学等学科的理论知识,还应深入理解现行的环境政策、法律法规。除了基础理论,实践经验的积累同样至关重要,特别是在应对复杂的环境影响因素时,能够迅速做出科学判断与决策。为此,定期的培训课程、研讨会与实习项目等成为了提升专业能力的有效途径,随着大数据、人工智能等新技术的迅猛发展,必须不断学习新技术与方法以保持与时俱进的能力。通过持续加强人才培养与能力建设,不仅能提高规划环境影响评价的质量与效率,还能确保生态城市建设中的决策具备科学性与可操作性,从而助力城市可持续发展目标的实现。

3 规划环境影响评价在生态城市建设中的优化路径

3.1 完善政策支持与法律保障

完善政策支持与法律保障,是规划环境影响评价在生态城市建设中顺利推进的关键。尽管我国在环境保护方面已经出台了多个法律法规,但在实际执行中政策滞后与执行力度不足的情况仍然存在^[1]。为此,亟须通过进一步完善政策体系,推动环境影响评价与生态城市建设的深度融合。在法律法规方面,覆盖范围与深度应进一步扩展,评价主体的责任与权利应明确规定,评价程序与标准应得到规范,从而提升法律的执行力。同时政策间的协调应加强,确保各相关部门能够有效协作与信息共享,避免政策冲突与重复的现象发生。在强化法律保障的基础上,还应建立完整的政策支持体系,包括提供资金、技术支持以及激励机制,确保政策的高效实施。

3.2 提升技术水平与创新能力

提升技术水平与创新能力是加强规划环境影响评价在生态城市建设中作用的关键。随着城市建设日益复杂,环境问题也呈现出多样化的特点,传统的评价方法已无法满足当前生态城市建设的需求。因此,技术创新的推动势在必行,必须采用更加先进的评估工具与方法,通过大数据、人工智能及机器学习技术,环境变化趋势能够被精确分析,潜在的风险也可被预测,从而为决策提供更为强有力的支持^[2]。GIS(地理信息系统)与遥感技术的广泛应用,有助于环境敏感区域的精准识别与空间分析,从而提升评价的科学性与系统性。除了技术手段的提升,评价人员的创新思维同样至关重要,跨学科的融合创新应当被鼓励,以探索新的评估模型与方法,进而应对日益复杂的城市环境挑战,通过技术水平的不断提升与创新能力的增强,不仅环境影响评价的准确性与效率将得到提高,而且在面

对生态城市建设中的新问题时,将提供更加有效的解决方案,推动城市的绿色可持续发展。

3.3 加强多方协同与公众参与

加强多方协同与公众参与是提升规划环境影响评价效果的重要路径。在生态城市建设中,环境影响评价的实施不仅依赖于政府与专家的努力,还需全社会的广泛参与。各级政府、规划部门、环保机构及企业应当紧密合作,确保信息共享与政策协调,避免单一行动与重复工作。明确的协作机制应由政府制定,促进不同部门间的沟通与合作,从而形成统一的行动合力^[3]。同时公众参与在提升评价透明度与决策公信力方面的作用至关重要,通过组织广泛的公众咨询、听证会、在线平台等多种形式,居民、社会团体及专家的意见与建议能够被鼓励提出,确保规划决策不仅基于科学依据,还能够反映民众的需求与期望。增强社会对规划项目的认同感,公众参与不仅能做到,还能帮助识别潜在的环境风险与社会问题,从而提前采取有效措施应对。通过多方协同与公众参与,规划环境影响评价将更加全面地考虑生态城市建设中的各类因素,确保规划决策具有科学性、透明性以及社会广泛的认同。

3 结语

在生态城市建设过程中,规划环境影响评价作为一项重要的决策支持工具,发挥着不可替代的作用。通过科学的评价方法与程序,不仅能够有效识别和预防潜在的环境风险,而且能够促进资源的合理配置,推动社会与环境的协调发展。随着技术的不断创新与公众参与意识的增强,环境影响评价的实践正朝着更加精准、透明、全面的方向发展。尽管在政策、技术以及社会参与等方面仍面临一定挑战,但随着相关制度的持续优化、技术创新的加速以及公众参与度的提升,构建更加绿色、可持续的城市发展模式已变得可能。展望未来,规划环境影响评价将在生态城市建设中继续发挥关键作用,为实现环境保护与经济发

【参考文献】

- [1] 龚莹. 浅谈规划环境影响评价在生态文明城市建设中的有效应用[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(1): 63-65.
- [2] 王海燕. 规划环境影响评价在生态城市建设中的应用研究[J]. 农家参谋, 2020(17): 267.
- [3] 陈碧涛, 高明娟. 规划环境影响评价在生态城市建设中的应用探讨[J]. 中国地名, 2019(11): 49-50.

作者简介: 薛亚彬(1989.6—), 男, 专业: 应用化学专业, 研究生。

新时期土地利用转型及土地资源管理方法研究

苗海宁

大连市勘察测绘研究院集团有限公司, 辽宁 大连 116021

[摘要]土地是经济发展的基本资源,其利用方式和管理模式对社会发展具有深远的影响。在新的发展阶段,土地资源的管理不仅要满足经济建设的需求,还要协调环境保护、社会公平等多方面的利益。在我国,随着城市化进程的加速,土地利用面临着诸多挑战,如耕地减少、城乡发展不平衡、资源浪费等问题。因此,探索新时期土地利用转型及土地资源管理的新方法,具有重要的现实意义。

[关键词]土地利用转型;土地资源管理;节约集约利用;土地复垦;土地流转

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14737

中图分类号: TU984

文献标识码: A

Research on Land Use Transformation and Land Resource Management Methods in the New Era

MIAO Haining

Dalian Geotechnical Engineering and Mapping Institute Group Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116021, China

Abstract: Land is a fundamental resource for economic development, and its utilization and management patterns have a profound impact on social development. In the new stage of development, the management of land resources not only needs to meet the needs of economic construction, but also needs to coordinate various interests such as environmental protection and social equity. In China, with the acceleration of urbanization, land use is facing many challenges, such as reduced arable land, imbalanced urban-rural development, and resource waste. Therefore, exploring new methods for land use transformation and land resource management in the new era has important practical significance.

Keywords: land use transformation; land resource management; efficient and intensive utilization; land reclamation; land transfer

引言

随着经济的快速发展,土地资源日渐紧张,过度开发的现象愈发显著,成为实现可持续发展目标的重要挑战之一。土地管理不仅要满足日益增长的经济需求,还需在生态保护与社会公平之间寻找到合理的平衡点。近年来,国家陆续出台了有关土地管理的政策与措施,但在实际执行中,政策落实不力、资源配置不均、生态保护措施不完善等问题仍时有发生。为了应对这些挑战,迫切需要探索适应新时代需求的土地利用转型与管理模式。如何在确保生态环境得到保护的同时,推动经济的高效增长,已成为当下研究的核心问题之一。

1 土地资源管理的理论与方法

1.1 土地资源管理的基本理论

土地资源管理的核心目标是通过法律、政策以及技术手段,对土地的利用、开发与保护进行有效的规划与调控。其基本理论主要包括可持续发展理论、生态承载力理论和土地使用权优化配置理论。根据可持续发展理论,土地开发必须在遵循自然资源承载力的基础上进行,避免资源的过度开发,并确保土地能够在长期内满足社会与经济发展的需求。生态承载力理论则强调,土地不仅仅是经济资源,也是生态系统的一部分,在其开发过程中必须遵循生态规律,保障生态环境的持续性与稳定性。土地使用权优化配置

理论指出,土地作为有限资源,必须通过高效的市场机制进行优化配置,以便将土地资源引导至最具生产力的领域。

1.2 土地资源管理的传统方法与局限

传统的土地资源管理方法,主要通过行政干预与计划经济体制下的土地分配模式来进行。在一定阶段,这种管理方式能够有效保障土地资源的分配与利用,然而,随着经济体制的转型与改革,这种模式的局限性逐渐暴露出来。土地资源配置过度集中,导致市场机制的作用未能得到充分发挥,土地利用效率受到限制。此外,土地分配的不公平现象愈发突出,尤其是在某些地区,土地资源过度集中,严重影响了其他区域的可持续发展。更重要的是,传统方法过分强调经济效益,而忽视了环境保护的必要性,未能有效遵循生态承载力的要求,导致土地开发过程中出现了环境污染与生态破坏等问题。

1.3 新时期土地资源管理的创新方法

在新时期,土地资源管理的创新主要体现在两个方面。其一,市场机制的引入,已成为推动土地资源高效配置的关键手段。通过建立更加完善的土地市场体系,土地不再单纯依赖政府指令进行配置,而是通过市场化手段,如土地拍卖、流转等方式,来调节资源的分配。这一变化,能够显著提升土地的利用效率,确保土地资源流向更具经济效益的领域,促进社会资源的优化配置。其二,集约化利

用与绿色化利用的推动,是新时代土地资源管理的核心方向之一。集约化利用注重提高土地的使用效率,减少浪费;绿色化利用则强调在开发过程中,必须兼顾生态保护与环境友好,采用节能减排与生态修复技术,从而实现土地的可持续利用^[1]。同时,土地管理的法治化也日益成为管理创新的必要步骤。通过完善土地法律体系,确保管理过程的公正性与透明性,可以有效避免行政干预带来的不公平现象,保障土地资源的合理配置。

2 新时期土地利用转型及土地资源管理内容

2.1 土地利用转型

土地利用转型是根据社会经济发展需求、土地资源承载能力以及生态环境保护的要求,对土地的使用方式和方向进行必要调整的过程。随着城市化的推进,土地利用模式逐渐发生变化,转型不仅是适应经济社会发展的需求,也是实现资源可持续利用的关键举措。具体来说,这一转型表现为农业用地转为城市建设用地、闲置工业用地的回收再利用以及耕地保护等方面。在城市化进程中,土地从农村逐步流向城市,然而这种转变必须加以控制,以避免过度开发耕地,保证粮食生产的稳定。此外,通过合理回收闲置工业用地,既能有效节约有限的土地资源,又能减少环境污染,达到生态保护的目的。在这一过程中,政府的作用尤为关键,应根据社会经济的需求,制定合理的政策,进一步规范土地流转与配置。同时,针对土地的保护与复垦问题,政府需要加大政策支持力度。通过科学规划与精细化管理,可以促进土地资源的合理利用与生态修复,确保可持续发展的目标得以实现。

2.2 土地资源管理

土地资源管理不仅仅是对土地使用的规划与调控,更是涉及土地保护、评估及可持续利用等一系列活动的系统管理。在当前阶段,土地资源管理更加关注节约性、集约性及可持续性,这一转变反映了时代对土地管理理念的更新。在城市化迅速推进的背景下,如何平衡土地的经济开发与生态保护之间的关系,成为了当前土地管理的重要内容。若在土地管理过程中忽视了生态环境的保护,将可能引发资源过度开发、环境恶化等严重后果。因此,土地资源管理的核心目标,是通过有效规划和合理调配,实现资源的高效、可持续利用。尤其在土地资源日益紧张的现状下,如何科学配置土地资源,确保高效利用,已成为亟待解决的关键问题。过度开发短期内可能带来经济效益,但长期来看,可能破坏土地的生态功能,影响资源的可持续性。因此,土地资源管理的任务不仅是提高土地使用效率,更要以生态保护为基础,推动土地资源的合理利用与分配。土地资源管理中的法治化过程至关重要。通过完善土地管理相关法律法规,能够确保土地使用、流转和保护的合规性,减少资源浪费,并保障土地资源的公平分配^[2]。在土地流转与配置过程中,法律的保障为土地管理提供了明确

的框架,确保了土地资源的公正与高效利用。通过法律的保障,土地资源的合理管理得以有效落实,社会的公平性得到保障,生态环境也得到了切实的保护。

3 新时期土地利用转型及土地资源管理的价值

3.1 促进经济高质量发展

随着社会经济的快速发展,土地资源的高效利用逐渐成为区域经济增长的重要支撑。通过科学规划土地用途,不仅提高了土地资源的利用效率,而且推动了产业结构的优化,从而促进了经济发展质量的提升。通过合理的土地配置,低效用地得以有效利用,资源浪费得以减少,产业发展得到了空间保障,进一步提升了整体经济效益。土地的合理配置为基础设施建设提供了足够的空间,同时也为经济转型提供了有力支持。通过高效的土地利用,不仅为产业布局优化提供了保障,还推动了新兴产业的崛起,从而为高质量经济发展奠定了坚实基础。

3.2 保护生态环境

土地资源管理的合理性,不仅对经济发展产生积极作用,在生态环境保护方面同样至关重要。土地资源的过度开发已导致生态环境的逐渐恶化,如何在促进经济发展的同时,保持生态的平衡,已成为土地管理中的一项重大课题。合理的土地管理能够有效减少资源过度开采,避免环境的进一步退化,从而为生态修复创造了有利条件。土地的复垦与整治在恢复生态功能方面扮演着关键角色。通过这些措施,不仅有助于改善土地的生态环境,还能够恢复耕地和绿地,增强生态系统的可持续性。土地复垦的过程中,土壤质量得到了显著改善,生物多样性得以恢复。推动生态农业和绿色建筑等措施,减少了土地开发所带来的环境负担,提升了生态环境的质量,从而促进了环境保护的可持续发展。

3.3 促进社会公平与和谐

土地作为一种稀缺资源,其配置直接决定着社会的公平性,尤其在土地征用与流转过程中,保障农民的合法权益显得尤为重要。通过合理分配土地使用权,能够有效缓解社会矛盾,避免因土地资源分配不公而导致的社会不平等现象,从而为城乡一体化发展创造了良好的条件。在土地资源管理中,确保农民合法权益的同时,还能推动城乡差距的缩小,促进社会的和谐发展。有效的土地管理制度能够避免不合理的土地征用或流转带来的负面效应,进而推动社会的整体稳定与和谐^[3]。在土地流转过程中,通过完善的制度设计,土地流转被规范,避免了不平等分配所带来的社会问题,保障了农民的合法权益,推动了社会的公平与和谐。

4 新时期土地利用转型及土地资源管理方法

4.1 完善土地利用政策和法规

在新时期,土地资源管理所面临的挑战日益复杂,为了更好应对这些问题,必须进一步健全土地相关的法律法

规。土地资源的合理管理离不开法治保障,只有通过完善法律制度,才能有效确保土地利用的合规性与透明度。为了确保土地资源的科学合理利用,相关法规应明确土地权属,优化土地交易机制,从而保障市场的公平性与透明度。法律的健全不仅仅为土地的合理分配提供保障,也为土地市场的稳定与规范化创造了条件。

4.2 推动土地节约与集约化利用

土地节约与集约化利用作为当前土地管理的核心原则,已成为应对资源短缺与生态保护的关键举措。通过优化土地的资源配置,单位面积土地的经济效益将得到极大提升。节约集约化利用不仅能提高土地利用效率,也能有效减少对自然资源的过度依赖,从而推动开发转向绿色、可持续的发展方向。集约化发展要求将土地资源的配置与经济效益最大化,避免低效开发与浪费,推动土地开发朝着高效、绿色的目标转型。以集约化经营为核心的土地利用方式,不仅能提升土地的生产潜力,也有助于改善生态环境,减少对生态系统的破坏。通过精确的规划与高效的开发,土地资源的利用效率能够得到显著提高,从而为可持续发展提供更多的支持。

4.3 促进土地复垦与整治

随着土地资源退化问题的日益严重,废弃矿山、盐碱地、沙漠化土地的复垦与整治成为解决土地问题的重要途径。通过复垦与整治,可以有效恢复退化土地的生态功能,提升其生产力,确保土地资源的可持续利用。为了解决这一问题,政府及相关部门应加大对土地复垦项目的资金支持与政策保障,推动土地整治工作高效开展。通过采用先进的生态修复技术,废弃矿山、盐碱地、沙漠化土地等问题地块的生态修复得以进行,恢复其生物多样性与生产功能,不仅改善了土地的生态环境,也为其后续的利用奠定了基础。在土地复垦与整治的过程中,精确的规划与科学的管理手段必不可少,只有这样,土地资源才能真正实现生态与生产的双重修复。土地复垦与整治的成功实施,不仅有助于恢复生态环境,也提高了土地的使用价值,为未来土地资源的合理利用创造了条件。随着这一进程的推进,土地资源的可持续性得到了显著保障,土地的生态功能与生产力得以重建。

4.4 强化土地监管与执法

土地资源的有效管理离不开严格的监管与执法。加强土地监管力度,确保土地利用政策与法规的实施,对于避免非法占地与不规范开发至关重要。现代技术的应用,如遥感监测与GIS技术,使得土地资源的监管变得更加精准与高效。同时,增强执法力度,对于打击非法占地与不合规开发具有重要作用。在土地资源的监管中,必须建立起完善的监测与反馈机制,确保所有土地利用活动都在法治

框架下进行。通过严格执法,保障土地的合规利用,为土地资源的合理配置提供保障。监管与执法不仅有助于维护土地市场秩序,也能减少因违规操作而带来的社会与环境问题。在严格监管与有效执法的双重保障下,土地利用的合规性得到了有力保障,确保土地资源的可持续使用。

4.5 推进土地流转与集约经营

通过土地流转,农民可以将土地集中起来进行规模化经营,推动农业生产的现代化与集约化。这一过程中,土地流转市场的规范化建设显得尤为重要,它不仅能确保农民的利益得到保障,还能有效减少土地流转过程中可能引发的社会矛盾。土地流转的推进,能够有效优化土地资源的配置,提升土地的生产力^[4]。在集约经营模式下,土地の利用效率得到提高,农业生产的规模化与现代化进程得以加速。同时,土地流转的推进使农民可以获得更多的收益,促进农村经济的可持续发展。通过进一步规范土地流转市场,建立完善的法律与政策框架,可以保障土地流转的公平性与透明度。在土地流转过程中,土地资源的优化配置与集约经营的推动将有效提升土地生产力,促进农业现代化的进程。通过政策支持与市场机制的有效结合,土地流转与集约经营的推进不仅能够提高土地的使用效益,还能促进农业生产的转型与升级,为农村经济的长期发展奠定基础。

5 结语

土地资源的有效管理与合理利用,为经济高质量发展与生态文明建设奠定了基础。通过完善土地利用的政策与法规,推动土地资源的节约型与集约型利用,实施土地复垦与整治,强化土地监管与执法等措施,土地资源的利用效率与可持续性得到了有效提升。为了进一步推动土地资源的合理利用,必须加强政策落实,完善土地流转市场机制,促进技术创新,并鼓励全社会参与。只有通过各方力量的协作,才能确保土地资源的可持续发展,从而实现经济与生态的双重进步。

【参考文献】

- [1]周红艳.新形势下土地资源管理与土地利用转型初探[J]. 房地产世界,2023(13):163-165.
 - [2]范银梦.农村土地资源利用与农业可持续发展研究[J]. 农村实用技术,2024(3):118-120.
 - [3]靳春桃.新时代农业土地资源管理与利用问题分析[J]. 粮油与饲料科技,2024(2):112-114.
 - [4]段军英.农业经济高质量发展面临的挑战及对策[J]. 农村科学实验,2024(15):94-96.
- 作者简介:苗海宁(1994.6—),毕业院校:湖南农业大学,所学专业:土地资源管理,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:中级工程师。

公园商业综合体项目改造更新探讨——石家庄裕西文化园项目改造更新实践

杜鹤麟

河北建研建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]通过对烂尾商业项目进行改造和二次利用,并赋予新的主题与功能,同时对项目进行地域性、文化性、景观性的解读,实现商业与文化、建筑与公园的多元融合。文中回顾了裕西文化园项目改造更新的设计和施工历程,通过对项目的解读分析了设计和施工过程中的问题、难点以及应对策略。

[关键词]公园烂尾项目;商业综合体;改造更新

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14707

中图分类号: TU985.5

文献标识码: A

Discussion on the Renovation and Renewal of Park Commercial Complex Project — Practice of Renovation and Renewal of Yuxi Cultural Park Project in Shijiazhuang

DU Helin

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

Abstract: By renovating and reusing abandoned commercial projects, endowing them with new themes and functions, and interpreting the projects with regional, cultural, and landscape characteristics, the diversified integration of commerce and culture, architecture and parks can be achieved. The article reviews the design and construction process of the Yuxi Cultural Park project renovation and renewal, and analyzes the problems, difficulties, and response strategies in the design and construction process through the interpretation of the project.

Keywords: abandoned park projects; commercial complex; renovation and renewal

引言

随着前些年国民经济快速发展,城市化进程不断加快,伴随着房地产市场的快速扩张,在大量商品房入市的同时带动了商业地产的蓬勃发展,尤其是公园周边的商业项目成为人们关注的焦点。近年来随着大量商业项目的无序开发,经济环境下行以及房地产市场的冷遇,加之互联网商业的激烈竞争,致使很多在建商业项目陷入停滞甚至烂尾状态。如何通过既有烂尾商业项目的改造与更新,并赋予新的主题与功能,为市民提供优质的服务和体验,为社会带来更多的文化和活动场所,成为当下我们需要研究的重要课题之一。

1 项目背景

裕西公园位于石家庄市桥西老城区,原为石家庄动物园旧址,动物园搬迁后改为裕西公园,占地面积约 400 亩,绿化覆盖率 90%以上。周边有石家庄美术馆、商务中心、大型超市等文化及商业设施。裕西文化园项目位于裕西公园西北角,北临中山路,紧邻地铁 1#线,西临苑西街,占地面积约 35 亩,于 2014 年开工建设,原规划功能为商业综合体,地上四栋主楼,目前只施工三栋,地上主体土建施工一层至二层半不等,地下土建基本施工完成,总建设规模约 6 万 m^2 。原功能为地下负三层为停车,负一二层为商业,地上为商业及办公。项目施工不久出于某些原因原建设方撤资,一直处于烂尾状态,由于项目搁置时间较长,对城市景观形象、公园管理维护、市民出入公园

等都带来诸多负面影响,在民众诉求、政府意志和企业利益的驱动下,该项目提上建设日程。

2 建筑设计策略与手法

在一个老动物园旧址,在一处公园与文化、商业与人文多元融合的地块,充分利用原有遗留建筑条件创造一个面向公众,面向公园,面向城市的文化场所,不仅是烂尾项目重新焕发活力的一个宝贵契机,也是城市有机更新的一次有益探索。这次实践虽然面临着诸多方面的挑战和压力,但同时也给了我们一次很宝贵的机会。我们希望通过烂尾项目的改造与更新,创造一个充满魅力的人、建筑与自然和谐共处的空间和场所,让人们在这里去感受自然的存在,感受人与建筑、人与自然共生共融的状态。

2.1 设计策略

2.1.1 整体性

在功能定位上将地上地下统一考虑,在形式上将地面分散的高低不同的建筑通过构架、屋顶、连廊等建筑手段连接、组合,形成一个统一整体的形象。

2.1.2 景观性

作为公园的一部分,建筑造型设计充分考虑与公园的融合,与公园内景观要素如凉亭、远山、拱桥等形成对位关系,通过屋顶形式的变化消解建筑体量,使之分散、转移、弱化,最大限度地融入公园之中,成为公园景观的一部分。

2.1.3 艺术性

运用现代的手法将传统坡屋顶进行分解与重构,让地

方的人文历史精神与现代建筑的建造工艺实现从概念到形式、从立意到构成,从材料到效果上的融合与创新。同时也重新思考建筑与城市、建筑与人文、建筑与自然的相互关系,使建筑形象更加具有艺术性。

2.2 设计手法

通过“拆”“敞”“连”的设计手法将建筑与景观、商业与文化、人与自然最大限度地融合。

(1)拆:将地下人流疏散的交通空间与地上建筑功能适当拆分,拆除部分无效空间及楼板和出挑阳台,将空间及立面形式重新整合;

(2)敞:敞开建筑空间,与室外环境充分融合,形成下沉广场、室外连廊、露台、屋顶架空层等多维度、多层次的立体开放空间。

(3)连:通过起伏的屋面将地上三组建筑有机串联,形成统一形象;通过连廊、平台及构架将三组建筑功能和形式衔接起来;通过大台阶及扶梯将室外广场与下沉庭院、地上建筑与地下功能联系起来。

3 建筑策划及功能定位

我们团队于2022年6月介入该项目,设计之初建设方要求提供设计改造方案及策划思路,我们在建筑策划中提出以下几点思路:

- (1)遵循城市肌理,完善城市功能,提升城市品质;
- (2)整合现有资源,体现文化内涵,建筑环境共生;
- (3)传承历史文脉,体现地域特色,实现建筑新生。

根据对项目周边业态分析,我们确定了以下功能定位,北侧靠近主干道中山路的1#馆定位为石家庄公园文化展览馆,作为集中展示石家庄公园绿化和建设成果的场所;西侧靠近苑西街的2#、3#馆定位为市民活动中心,为市民提供文化及休闲的活动场所;负一层定位为室外商业街及儿童乐园;负二层定位为超市及商业设施;负三层为地下停车场。

项目紧邻环绕公园内的1600米长的健康健身步道,道路东侧为假山叠水及游船码头,远眺可以看到公园内的高山和湖面的拱桥。在建筑设计过程中我们充分考虑与公园的对景与借景关系,使市民在行走的过程中步移景异,产生不同的视觉观感和心理体验;北侧是城市主干道,我们重点考虑如何将良好的展示面呈现给城市;而西侧作为城市支路,周边有商业写字楼及饭店,生活氛围较浓,我们考虑将市民的活动场所及商业设施设置在这里,同时也将地下主要交通出入口放置在西侧。

4 工程设计难点及应对策略

第一次来到项目现场,面对的是一片杂草丛生、钢筋严重锈蚀的荒芜工地,原始资料匮乏,既没有电子版图纸,也没有纸质施工图,仅有几张测绘平面图。如何利用有限的资源在短时间内为烂尾项目定位,重塑建筑功能和形象,同时营造出一种能够体现地域文脉、与公园环境高度融合

的建筑空间,并能够成为与历史和未来对话的载体,成为摆在我们面前的一个难点。同时我们也希望通过该项目创造出一处充满艺术张力、文化气息及商业活力的多维度立体空间,引申出人们在精神、生活、理想上的共鸣,同时也成为打造裕西公园夜经济的一个亮点。



图1 原始现场照片

4.1 建筑立意

设计伊始,我们着眼于场地特殊历史功能的演变,希望通过对建筑的改造和环境的处理,在展示未来的同时表达一种对历史的尊重和回忆,希望通过现代材料和构造方式的演绎将场地的特质、功能的需求、建筑的审美完整而极致地表达。我们希望通过建筑造型的解读表达一种对老动物园旧址的记忆。最终,我们确定以“鹤舞九天”的造型为主题进行创作,以曾经生活在这里的动物作为原型和逻辑起点,从而引申出“千纸鹤”的艺术形式。以“如鸟斯革,如翬斯飞”为设计概念,通过“转折、交汇、融合”的处理手法,将场地与建筑相互延伸、交互,引导地上地下空间的自然相融。重新审视场地并以“第五立面”的屋顶作为切入点,将建筑空间的使用与美感结合,并与建筑自身的形态形成完整的体系。通过屋顶优美的天际线及高低起伏的线性空间使建筑本身成为视觉的焦点,不同的坡面组合、延展,通过高低错落、虚实变化,构成一只只展翅翱翔的飞鹤,升腾、翻转、变化、围合,形成丰富的立体形象和建筑空间,随着时间和空间不断变化,变化的建筑形态与空间色彩相互辉映,当夜晚的灯光有层次地洒落于建筑之上,形成一幅不断变幻的优美画面。

4.2 建筑设计

在相关部门主导下,项目进行了多次汇报及比选,并引入策划及运营团队,通过反复协商确定最终实施方案。

4.2.1 平面设计

原有功能的改变和新的设计内容的加入,对原有建筑布局带来巨大挑战。

1#馆:将一层打造成“石家庄公园文化展览馆”,二层延伸打造“室内花卉博物馆”,并在馆内设置书吧、咖啡吧、插花展示等主题型复合业态。1#楼原有层高及平面布局不满足公园文化展览馆的定位与需求,在与展陈公司多次沟通后,去掉东侧部分梁柱,减少无效空间,同时向北侧扩宽两跨,增大建筑主展厅的室内使用空间,同时一二层建筑挑空形成高大的室内空间。后由于建设方投资及

总面积控制等原因,只向北扩宽了一跨,留下一些遗憾。

地下一二层空间由商业改为产业园,防火分区面积由两千平米一个变为一千平米一个,增加了若干防火墙,将大空间的布局改为以办公、实验室为主的小空间格局,近两万平米的地下二层如何组织交通动线成为一个难点。在经过深入思考之后,我们以负一层外街的走向为导向,形成贯穿南北及东西的交通主动线,并在负二层顶板局部开洞,结合下沉广场地面绿化布置形成金字塔形采光天井,不仅将自然光线引入地下二层主动线上来,同时也形成下沉广场的一个景观亮点。在主动线的基础上形成三横三纵的次要动线,各自成区,增加平面的可达性和识别性。

我们将原有的负二层两层高的地下影厅改为大会议室及体育活动室,在功能改造的同时也充分考虑室内声学效果,增加了墙面及房顶吸声措施,有效地避免了回声对室内使用功能的影响。

4.2.2 立面设计

设计方案基本确定后,采用何种材料呈现建筑效果成为设计的一个难点。最初我们选择了葡萄牙米黄和黄金麻石材作为外立面的材料。由于葡萄牙米黄存在一定色差且强度不高,不是特别理想;黄金麻比较常见,而且黑点较多,效果一般。后经过反复考察和多方比选,我们确定了以仿葡萄牙米黄的人造石材作为外立面干挂材料,不仅色差小,尺寸也相对较大,价格相对天然石材也较低;玻璃幕墙采用 6+12A+6Low-E 单银超白玻璃;檐口及吊顶格栅选用仿铜色铝板及铝方通;屋面采用 32 高 300 宽的蓝灰色金属铝镁锰板材料,在解决防水的同时也充分考虑了美观性。



图2 1#馆建成效果



图3 2、3#馆设计效果/建成效果

地上建筑一二层为框架结构,我们在原框架柱的基础上增加钢结构屋架,屋面悬挑尺寸较大,最大可达 5m 之多,悬挑部分钢结构外露。最初我们设计的结构形式是空间网壳结构,不需要吊顶也能呈现完美的视觉效果,后由于现场焊接量较大,且构件加工周期长,在钢结构深化过

程中建设方要求更换为普通工字钢结构,由于屋脊转折处交汇的工字钢数量较多,封边梁高度也不一致,导致现场效果较为杂乱,因此考虑在檐口及外露钢结构部分采用铝板及铝方通吊顶。在钢结构深化过程中对于三根以上钢梁交会的节点难以直接焊接处理,而采用圆形钢墩进行多梁焊接,最大的圆墩尺寸高度超过 1.5m,导致外立面檐口的连续性被打断。如何解决这个问题成为外立面设计的一个难点。我们在二次深化的设计中将雨水沟外挑尺寸加宽,同时檐口采用斜向弯折的造型,越往外侧约薄,越往内侧逐渐加厚,通过两次转折,在包住钢墩的同时也将檐口的厚重感削弱,檐口造型结合灯槽设计呈 U 形。铝方通吊顶造型与屋面造型相呼应,形成不同的三角形折面。经过多次现场放样及效果比对,最终确定了实施方案,从而完美地解决了结构二次深化节点变化对建筑立面带来的不利影响。如何实现既能遮挡住外露的结构,又不影响屋檐下窗户的自然通风和排烟,我们反复比选和试验,最终选用了 40*80 的仿铜色铝方通格栅,间距 40,不同折面的转折处采用 100*100 的 U 型铝板,在中间嵌入 LED 灯带,在解决不同方向铝方通交汇收口难以处理问题的同时也解决了大屋檐下夜景亮化的问题,虽然最终建设方为节约造价仅在檐口上部设置灯带,大屋檐下仅预留了位置,未安装灯带,但是我们认为这种构造与功能结合的探索还是有意义的。

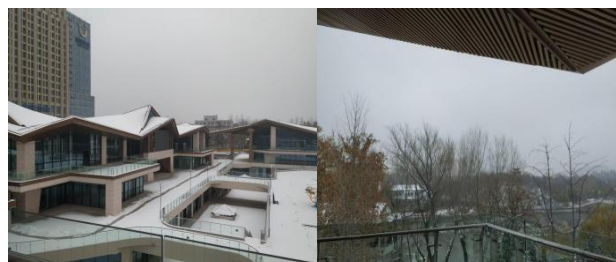


图4 2#馆实景/3#馆架空层远眺公园湖面

4.3 建筑施工

项目从方案设计到公园文化展览馆的建成开幕剪彩只用了短短不到六个月时间,期间涉及到检测加固、景观、亮化、展陈、内装、钢结构、幕墙、智能化、室外游乐设施、标识标牌等多家设计及施工单位的配合与协作,在紧张的设计及施工过程中,也发现不少问题。



图5 钢结构施工过程中照片

检测报告的误差较多导致图纸与现场不符。由于现场检测量非常大,建设方委托了三家检测公司,即使如此,检测公司的数据仍然存在相当多的问题,我们在设计过程中无法同时复核所有检测数据,导致很多图纸尺寸与现场不符。根据项目的特殊性,我们选择了驻场设计,在工地边设计边校核,发现有不准确的数据和问题及时到现场测量、修正,这样不仅大大的提高了设计效率,同时也减少和避免了后续修改图纸、返工问题的发生。

施工流程交叉导致现场返工。原本一个工种完成才是下一个工种入场的施工流程,由于工程周期短,本该后入场的施工班组往往为某一节点的按时完成而不得已提前介入,导致其他工种二次返工或无法施工的现象时常发生。例如外墙处砌体墙尚未完成抹灰,幕墙施工单位为赶工期提前进入施工,导致幕墙龙骨安装完成后土建工人无法进入二次抹灰及刷内墙涂料;地面防水尚未完全做好,室内装修队伍开始同时施工,下雨后地面发生渗漏,造成装修二次返工;屋顶钢结构檐口尺寸现场与图纸不符,导致运到现场的铝板檐口无法安装,重新加工周期也不允许,只能根据现场尺寸调整外装方案,在现有檐口尺寸的基础上增加造型和层次,部分线脚二次加工安装,解决到场材料与现场不符的问题;石材幕墙龙骨固定后发现雨水管尚未安装,二次修改设计,调整雨水管位置;幕墙安装过程中,幕墙龙骨与结构打架、龙骨无法固定等问题也经常出现;水暖电施工队伍在施工过程中优先考虑自己的施工便利,往往谁先施工谁先占优势,导致后面施工的队伍在位置上有交叉和调整,最终影响室内净高。

在现场问题的处理中,及时发现问题,及时解决问题是有效避免二次返工的最佳途径。在驻场期间,我们安排专驻场工程师每天定时巡检,发现问题及时解决,避免造成更多的二次返工和修改。

施工过程中,我们还发现施工单位采购人员缺乏专业素质,选购设备时往往只注重价格、品牌和容量型号的指标,而忽视设备的高度、体积、大小等指标,导致运到现场的设

备比设计选型尺寸大很多,内装单位按原图纸施工无法完成吊顶标高,导致二次返工的现场时有发生。在与其他单位配合的过程中,还发现某些设计师只关注空间设计效果,而对室外建筑防护高度、消防设施等缺乏必要常识,导致增加的室外平台不满足安全防护高度、设计的展示墙遮挡排烟口等,导致二次返工的发生。在各单位配合中,只有多沟通,多交流,将设计意图和硬性指标清晰明确地传达给合作伙伴,才能高效顺畅地完成设计协作与施工的全过程。

5 结语

项目以地景建筑设计为起点,融合建筑想象空间与城市公益文化的营造,成功地为裕西公园创造了一个充满想象力与创新活力的高品质的城市公益文化展示场所。

作为城市叙述者的我们,不仅想营造出优美的空间环境,更希望突破传统公园的固化模式,以立足城市的肌理为根本,关注城市的历史发展和文化演绎,为驻足的人群营造出生动亲切的界面,传达一些对未来生活的理解与期待。

裕西文化园的建造将市民的休闲、文化与生活融为一体,提供多维度导向和沉浸式体验。正如安托内·普雷多克所说的“读懂一块待建的土地,是一种‘顿悟’般的体验,需要理解诸如风、光、环境影响、文化等元素,但同时也要想象这块土地上未来可能呈现的生活情景——好比坐时光机到未来亲身体会一般。”

【参考文献】

- [1] 庄惟敏,张维.市政设施综合体更新探讨[J].建筑学报,2017(5):70-71.
 - [2] 顾航菲.苏州园区圆融星座商业大型综合体的分析与改造[J].建筑工程技术与设计,2015(19):67.
 - [3] 朱国婷.商业综合体裙房屋面业态空间与造型整合设计研究[J].城市建筑,2023,20(22):56.
- 作者简介:杜鹤麟(1978.9—),毕业院校:石家庄铁道大学(1997.9-2002.7),所学专业:建筑学,当前就职单位:河北建研建筑设计有限公司,职称级别:国家一级注册建筑师、注册城乡规划师、高级工程师。

高速公路建设与智慧交通的研究与分析

王 疆

新疆北新顺通路桥有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]随着经济的快速发展和城市化进程的加快,高速公路建设在交通运输体系中发挥着越来越重要的作用。智慧交通的理念应运而生,以提高交通效率、保障交通安全、降低环境影响为目标。文中旨在探讨高速公路建设与智慧交通的关系,分析智慧交通技术在高速公路建设中的应用,以及其对交通管理和运营的影响。通过对国内外高速公路智慧交通系统的案例分析,文中总结了智能交通技术的关键组成部分,如智能监控系统、车联网技术和大数据分析等,并提出了在高速公路建设中实施智慧交通的策略与建议。

[关键词]高速公路; 智慧交通; 交通管理; 智能监控; 车联网; 大数据

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14749

中图分类号: U491.2

文献标识码: A

Research and Analysis of Highway Construction and Intelligent Transportation

WANG Jiang

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

Abstract: With the rapid development of the economy and the acceleration of urbanization, the construction of highways plays an increasingly important role in the transportation system. The concept of smart transportation has emerged with the goal of improving traffic efficiency, ensuring traffic safety, and reducing environmental impact. The article aims to explore the relationship between highway construction and smart transportation, analyze the application of smart transportation technology in highway construction, and its impact on traffic management and operation. Through case analysis of intelligent transportation systems on domestic and foreign highways, this article summarizes the key components of intelligent transportation technology, such as intelligent monitoring systems, vehicle networking technology, and big data analysis, and proposes strategies and recommendations for implementing intelligent transportation in highway construction.

Keywords: highway; intelligent transportation; traffic control; intelligent monitoring; vehicle networking; big data

引言

在经济全球化迅猛发展的今天,作为推动社会经济前行的关键领域,交通运输业的成长,不仅显著提升经济活动的效率,亦极大地提高了人们的居住标准。高速公路作为交通手段,对区域经济的增长和运输效率的提升扮演了重要角色,确保了安全和效率^[1]。伴随着高速公路车辆通行量的攀升,所引发的拥堵、事故高发和环境污染等负面问题愈加显著,原有的交通管理方法已不足以应对这些新出现的挑战,智慧交通系统的问世,为高速公路的建设及管理带来了创新的应对策略。

1 高速公路建设的现状与挑战

在过去数十年中,国民经济的持续发展和社会的全面进步,得到了高速公路建设带来的显著效果,这一基础设施的完善,已经成为推动两者向前发展的重要力量。区域经济的整合与城市化的发展,得益于交通需求的激增,促使高速公路系统持续扩张,从而提供了相应的便利。目前,高速公路的构建过程遭遇了许多难题,机动车保有量的不断上升导致交通拥堵问题愈加严重,尤其是在节假日与高峰时段,高速公路的通行能力吃紧,难以迎合运输需求的持续增长。交通事故的频繁发生,不仅导致人员伤亡和财

产损失,还打击了公众出行的信心^[2]。

传统的高速公路建设模式多依赖于大量的土地和资源消耗,导致环境负担加重,如生态破坏、空气污染等问题亟待解决。此外,资金短缺和管理体制不健全也是当前高速公路建设中的突出问题,部分地区在建设资金筹措、工程质量控制和后期维护方面存在困难,影响了高速公路的长远发展。因此,面对这些挑战,推动高速公路建设的转型升级,探索智能化、绿色化的发展路径显得尤为重要。智慧交通的引入为这一转型提供了新的契机,通过智能监控、数据分析等技术手段,不仅可以提升交通管理的效率和安全性,还能有效缓解交通拥堵,提高高速公路的整体服务水平。

2 智慧交通的概念与技术

现代信息技术、通信技术、计算机技术与交通运输技术的集成应用,对交通系统各环节进行优化,形成了旨在提升交通运输管理效率、确保安全、增进便捷与降低环境影响的智慧交通模式。本策略旨在全方位增强交通系统的运作效能,有效缓解车流量拥塞问题,减少交通事故发生的风险,并在此过程中,不断提升乘客的旅行品质与交通方式的生态环境兼容性。智能交通技术体系主要涵盖智能

交通管理系统（ITS）、车联网（V2X）、自动驾驶技术、交通大数据分析、智能信号控制系统等关键组成部分。利用先进的智能交通系统，实时监控并分析道路交通状况、流量及天气信息，以此对车流进行实时调整和优化，有效降低出行延迟^[3]。

自动驾驶技术的迅猛进步使得车辆能够在显著减少人工操控的情况下，智能且安全地自主行驶，从而减少人为错误导致的交通事故。海量交通数据经过深入挖掘与分析，为交通决策提供了科学支撑，进而促进了交通规划和管理全面提升。智能信号控制系统能够通过分析实时数据，自动调整交通信号灯的变化，从而提高路口的通行效率，现代城市在实施智慧交通系统后，不仅获得了新颖的管理手段，还促进了交通领域的变革。

3 智慧交通在高速公路建设中的应用

在高速公路的构建中，智慧交通系统的利用逐步成为优化交通管控流程与增进行车感受的关键技术。技术进步推动了智能交通系统的发展，该系统融合信息技术、通信技术与传感器技术，实现对高速公路交通流实时监控，并动态调控。在高速公路关键位置安装的监控设备，如摄像头与传感器，能够不断收集车辆数量、行驶速度、气象情况等信息，通过先进的数据处理手段，能够迅速侦测到交通拥堵或事故，并据此向驾驶者提供实时交通资讯，进而改善行车选择。实时信息反馈技术的应用显著增强了驾驶过程中的安全性，同时，它通过优化交通流，有效缩短了交通拥堵时长，进而提升了整体的道路使用效率。

智能高速公路的管理体系，得益于车联网（V2X）技术的广泛应用，获得了显著增强。车辆和基础设施之间的信息交换帮助驾驶者获取精确的路况数据，从而作出更安全的驾驶选择。智能信号灯系统能够依据实时交通流量自动调节信号灯的变换时长，这有助于提升路口的通行效率并降低排队等待时间。车联网技术的发展，为自动驾驶的实施提供了可能，进一步推动高速公路向智能化转型^[4]。

在高速公路的建设过程中，智慧交通还体现在对基础设施的智能化设计上。现代高速公路不仅需要具备基本的通行能力，还需融入智能技术，以适应未来的交通需求。例如，智能监控系统可以实时监测路面的磨损情况和安全隐患，通过数据分析实现对养护和维修的精准调度，延长道路使用寿命，降低维护成本。智慧交通在高速公路建设中的应用，不仅提升了交通管理的智能化水平，更为未来交通系统的可持续发展提供了有力支持。

4 实施智慧交通的策略与建议

4.1 加强政策支持与规划

高速公路的发展与智慧交通的整合进步，亟须政策层面的扶持与细致规划。政策制定主体需界定智慧交通的远景与路径，同时激励交通管理、科研及企业等各方在技术革新、设备升级和系统整合等领域展开协同与创造性探索，

利用政策指引，推动信息技术与交通基础工程的深度整合。借此达成智能化的管理与服务水平提升。在智慧交通领域，政府需提供必要资金扶持，初创期尤甚，这包括成立专门财政基金以及推行税收减免政策，以此减轻企业在技术革新与基础设施构建方面的财务负担。为了实现高速公路与智慧交通的有机结合，关键在于制定科学合理的规划方案。为了符合特定地区的特殊性与成长需求，规划制订时应当嵌入定制化的策略鼓励政策。在开展高速公路建设的过程中，需深入分析并满足智慧交通系统的应用需求，以期构建能够适应未来发展的交通网络架构。在新建设或改扩建的高速道路上，需预先规划并留出充足空间，同时提供必要条件，以便智能监控、交通信号传输及车联网技术的集成与部署，保障这些系统能够顺畅运作并实现高效监管^[5]。

为了确保政策和规划得以有效执行，必须构建一个监管与评估的机制。为了保障智慧交通项目的有效执行，政府需完善项目监管体系，明晰相关方职责，并监督政策执行与规划实施。对智慧交通系统的效能进行周期性评价，依照评价结果，适当地修订和完善相关政策，以确保后续建设与发展的正确方向。为了增强政策的实施力度，部门间的协同工作至关重要。通过这种合作，能够优化资源的分配，进而形成一个联合推进的力量，助力高速公路的发展与智能交通系统的同步进步，通过强化政策扶持与详尽规划，不仅确保了高速公路建设拥有清晰指引与稳固支持，而且营造了有利于智慧交通系统全方位投入使用的优越环境与成熟条件。

4.2 提升技术研发与应用

推动高速公路建设与智慧交通的深度融合，关键在于提升技术研发水平和应用能力，智能交通系统、车联网技术及人工智能等关键领域，强化研发活动，将极大促进高速公路智能化进程，并提供坚实的技术保障。为了促进高科技领域的迅猛进步，政府应当积极倡导科研机构与产业界之间的协同，通过共同研发、技术交易以及成果共用等途径，加速前沿技术的实际应用。在交通、车辆调配及行车安全等方面，深入研究大数据分析、云计算与物联网技术的应用潜力，以提高交通系统的整体效率及安全性。通过大数据分析技术，对交通流量和驾驶行为进行深入研究，能够对交通信号的控制进行优化，有效降低交通拥堵和事故发生的风险^[6]。

为了使技术发挥实效，必须针对高速公路的运营现状，进行系统的整合与提升。高速公路的建设与运营，融合了众多技术元素和系统架构，关键在于如何促使这些技术和系统之间实现有效融合，构建一个高效智能的交通网络。智能化的交通管控体系需要具备对道路状况进行实时监控的能力，同时对车流量进行有效调度，并通过搭载智能技术的末端设备，向驾驶者提供即时的信息反馈。利用车联网技术，实现道路、车辆以及车辆之间信息的互相传递，

从而提升驾驶时的安全水平与乘坐的舒适度。高速公路的顺畅运行可通过在车辆中安装传感器以及利用道路上设置的监控系统来实现，这些设备能够即时收集交通情况，随后云技术平台会对这些数据进行深入分析，并生成行驶路线的优化建议，以保障道路不发生拥堵。

提升技术研发与应用还需注重标准化与规范化，建立统一的技术标准和评估体系，为智慧交通的推广与应用提供保障。政府应组织行业协会、标准化机构和科研单位，共同制定与智慧交通相关的标准，包括设备接口、数据传输协议和信息安全标准等。这些标准的建立，将为技术的兼容性和可持续发展奠定基础，确保不同系统和设备之间的有效沟通与协作，促进智能交通技术的广泛应用。此外，定期评估和反馈技术应用的效果，及时发现和解决存在的问题，有助于不断优化技术的应用策略，提升高速公路建设的整体水平。提升技术研发与应用不仅是高速公路建设与智慧交通深度融合的基础，更是实现智能、高效、安全交通运输体系的重要途径。通过加强技术创新、有效整合系统和建立标准规范，可以为未来交通的发展开创更为广阔的前景，助力国家的现代化建设^[7]。

4.3 促进多方合作与信息共享

高速公路的建设与智慧交通的融合，依赖于多方合作的推进和信息共享的实现，这一策略至关重要。现代交通管理面临复杂问题，单一主体力不从心，必须汇聚多方力量，实现合作共治，政府机构、交通监管部门、科研机构与企业之间，应构筑一种紧密结合的协作机制。

推动高校和研究机构的参与至关重要。这些机构通常在技术研发和创新方面具备丰富的经验和人才优势。通过政府与学术界的合作，可以开展针对智慧交通的研究项目，推动新技术的应用和落地。比如，某些高校在智能交通系统的算法设计、数据处理和交通流模拟等方面具有专业知识，这些知识可以为实际项目提供理论支持和技术指导。此外，鼓励企业与高校合作，可以在项目实施中引入先进的技术和管理理念，加速技术转化与应用。建立一个高效的信息共享平台，能够实现数据的实时交换和互通，促进信息的透明度和准确性。在此平台上，参与方可以共享交通流量、路况信息、事故预警等数据，形成实时的交通监控和管理系统。例如，利用云计算和大数据技术，将来自不同来源的数据整合在一起，分析并预测交通状况，从而为决策提供科学依据^[8]。

推动合作与促进信息交换，建立激励机制至关重要。政府采取诸如财政补贴和税收优惠等手段，激励私营部门

及公共机构加大在信息互相开放及技术协同研发上的投资，对合作成果进行评价，对那些在信息交流与合作方面表现优异的单位给予表彰，以此促使其他单位加入合作，形成积极的合作氛围。为高速公路的建设与智慧交通的深度融合提供有效手段的是，推动各参与方的协作并实现信息的广泛交流。为了构建智能且高效的交通系统，需要各方协作，形成一个联合的力量；这包括促进学术界的共同参与。建立一个信息互享的网络平台，以及实施一系列的奖励措施，此举不仅有助于缓解当前交通的拥堵状况，而且将为未来交通的持续进步奠定稳固的基础^[9]。

5 结语

结合高速公路的打造与智慧交通系统，不仅开辟了缓解交通拥堵的新方法，而且为交通的可持续发展构筑了根基。在未来的日程中，高速公路的构建预计将依托尖端技术的融合、政策层面的巩固支撑以及跨领域的协作，朝着智能化方向发展，效率大幅提升，进而响应社会进步的召唤，促成交通基础设施的全方位晋级。

【参考文献】

- [1]金为政.G 省交通设计院智慧公路设计业务竞争战略研究[D].广东:华南理工大学,2023.
- [2]张嘉旻.浙江 H 高速公路智慧化提升改造项目后评价研究[D].浙江:浙江大学,2023.
- [3]王优.云南高速公路智慧交通系统研究[J].工程技术研究,2022,7(16):215-219.
- [4]聂美辰.江西智慧高速公路指标评价模型研究[D].江西:南昌大学,2022.
- [5]戴海卿.分析高速公路中智慧交通平台建设和初步应用情况[J].建材与装饰,2017(35):230-231.
- [6]王伟杰.5G 技术在智慧高速公路中的应用场景初探[J].海峡科学,2021(11):93-95.
- [7]高晓波,丛侃.智慧高速公路建设研究探析[J].公路,2021,66(7):209-213.
- [8]王伟杰.高速公路智慧服务区综合云平台的实现与展望——以福建省高速公路为例[J].信息系统工程,2020(12):115-116.
- [9]曹一飞.浅谈智慧交通系统在高速公路上的应用及分析[J].公路交通科技(应用技术版),2020,16(11):314-315.

作者简介:王疆(1980.11—),毕业院校:新疆大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:新疆北新顺通路桥有限公司,职称级别:高级工程师。

高速公路沥青路面施工及质量控制要点研究

颜长磊

江苏东交智控科技集团股份有限公司, 江苏 无锡 214031

[摘要] 文章深入剖析了高速公路上沥青路面的施工过程, 并详尽阐述了质量控制的诸多关键环节。在高速公路建设中被广泛应用。然而, 施工过程中存在诸多因素可能影响路面的整体质量, 包括沥青材料的选择、施工工艺的实施、环境因素的影响等。沥青路面是高速公路施工的一个关键环节, 涉及材料配比、摊铺工艺和压实质量控制等方面, 文章将这些环节作为研究对象, 总结出了一系列有效的质量控制措施。研究数据说明, 对于高速公路使用沥青材料铺设的路面, 其表现和持久性, 依赖于一个完备的质量监控框架与精细的建设监督。

[关键词] 高速公路; 沥青路面; 施工; 质量控制

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14740

中图分类号: U213.1

文献标识码: A

Research on Key Points of Asphalt Pavement Construction and Quality Control on Highways

YAN Changlei

Jiangsu Easttrans Intelligent Control Technology Group Co., Ltd., Wuxi, Jiangsu, 214031, China

Abstract: The article deeply analyzes the construction process of asphalt pavement on highways and elaborates on many key aspects of quality control. Widely used in highway construction. However, there are many factors during the construction process that may affect the overall quality of the road surface, including the selection of asphalt materials, the implementation of construction techniques, and the impact of environmental factors. Asphalt pavement is a key link in highway construction, involving material ratio, paving technology, and compaction quality control. This article takes these links as research objects and summarizes a series of effective quality control measures. Research data shows that the performance and durability of asphalt pavement on highways rely on a comprehensive quality monitoring framework and meticulous construction supervision.

Keywords: highways; asphalt pavement; construction; quality control

引言

现代交通系统中, 高速公路扮演着关键角色, 其施工质量对行车安全与经济利益具有决定性影响。在高速公路建设中, 应用最为广泛的路面是沥青路面, 这主要归功于其显著的优越性能。伴随着交通流量的持续上升, 对沥青路面的施工过程及其质量监管标准也随之提高。沥青路面的施工过程, 涵盖了物料的精心挑选与配比, 以及施工技术的过程执行和对施工环境的实时监管^[1]。因此, 系统地研究和分析沥青路面施工中的质量控制要点显得尤为重要。此外, 在高速公路的建设和保养过程中, 这些要素不仅关系到施工的安全性, 也对提高整体施工质量起到了积极作用。

1 高速公路沥青路面的特性与应用

高速公路沥青路面因其卓越的性能和适用性, 成为现代交通系统中最常用的路面类型之一。沥青路面具有良好的抗滑性和舒适的行车性能, 能够有效减少车辆在行驶过程中的打滑现象, 确保行车安全。此外, 沥青路面在抗疲劳、抗压和抵御温度变化方面表现出色, 能够适应高速公路所承受的高强度交通负荷和气候变化。这种路面材料的优点还体现在其良好的噪声控制性能上, 能有效降低交通噪声, 提高驾乘舒适性。沥青路面的施工过程相对简便,

工期短, 且在后期维护上也相对经济, 适合大规模的高速公路建设^[2]。

沥青路面材料因具备可再生特性, 在环境保护方面展现出环保优势, 旧沥青得以回收利用, 这样便能减少资源的浪费及环境的污染问题。此外, 沥青路面因其独特的柔性特征, 能够有效地应对由基础沉降与温度变化等因素所导致的路面形变问题, 从而确保了路面的平整与稳定状态。科技进步带动了改性沥青材料的创新与应用, 从而为沥青路面的性能优化提供了条件。改性沥青和聚合物改性沥青等材料, 对沥青路面进行了改良, 从而提升了其持久的使用寿命和防止裂缝的能力, 同时, 它们也优化了路面对高温和低温的适应性。

2 沥青路面施工的关键环节

沥青路面的施工是一项系统性工程, 涉及多个关键环节, 每一个环节都对最终路面的质量和使用寿命有着至关重要的影响。沥青材料的种类、等级以及混合料级配直接影响路面的物理性能和抗车辙能力。在选择沥青材料时, 必须考虑到其适应的气候条件、交通荷载以及施工环境, 确保所用材料符合国家和行业的相关标准。此外, 骨料的选择也同样重要, 合理的骨料粒径和级配能够提高路面的强度和稳定性, 减少路面的变形和开裂风险。因此, 在施

工前,应进行充分的材料试验,以确定最佳的配比方案^[3]。

沥青混合料的拌和及其在摊铺作业中的均匀摊铺,是道路施工中的关键环节。在制备沥青混合料时,必须精确操控温度与拌和时长,以维护混合料的均一性与稳定性。在路面施工的摊铺阶段,决定性因素在于摊铺机的精确选择与应用技术,这直接影响到路面的平整度和厚度。此外,在摊铺作业中,必须挑选适宜的摊铺机械,并根据现场施工的具体环境,对摊铺速度与厚度进行精确调节,以保证混合料的均匀分布,减少甚至避免高低差异的出现。对于已铺设的沥青材料,必须迅速执行压紧碾压原则:紧跟、慢压、高频、低幅,目的是排除混合料中的空气,从而增强其结构的致密性。

在整个施工过程中,必须建立完善的质量监控体系,确保每个环节都有专人负责,及时发现和纠正施工过程中的问题。沥青材料的性质、摊铺过程和压实质量,应由施工单位跟踪进行检查,以满足设计规范的要求。同时,在路面施工过程中,应对每项作业的具体数据参数进行详尽记录,这包括混合料出厂温度、摊铺温度、碾压温度、松铺厚度等关键参数,以及各阶段所用材料的用量和准确配比,这些信息对保证工程质量及后续评估至关重要。在进行摊铺作业时,对作业人员的人身安全给予充分保障,需重视实施严格的安全规章制度,同时提供相应的防护设备,以防不测发生。在高速公路建设的每个细节中,精细化的管理及严格的控制是必不可少的,这保证了沥青路面的施工品质,进而提升了道路的使用性能与安全性,最终达成了工程建设的目标。科技的进步带动了现代化施工技术和设备的广泛采用,这为沥青路面的施工增加了多重保障,进而显著提升了施工的效率与质量,并为中国高速公路网络的构建及发展打下了坚实的基础^[4]。

3 质量控制要点

3.1 摊铺工艺控制

摊铺工艺控制是沥青路面施工中至关重要的环节,其质量直接关系到路面最终的平整度、承载能力和耐久性。摊铺机的型号和性能对沥青混合料的铺设质量有着显著影响。选择合适的摊铺机不仅要考虑施工现场的实际情况,还需考虑混合料的特性。在沥青路面施工中,通常选用具有一定宽度和厚度调节功能的摊铺机,以适应不同施工要求。此外,摊铺机的性能应具备稳定的摊铺速度和均匀的料斗供料能力,以确保在铺设过程中混合料的均匀性和一致性。同时,在设备的调试过程中,需要对摊铺机的各个部件进行检查和调整,确保其处于最佳工作状态,避免因设备故障影响施工质量。

在高温条件下,沥青混合料展现出良好的流动性与黏结特性,这有助于其有效地填充骨料空隙,从而增进路面的密实性和强度。在施工过程中,应对混合料的温度进行定期检测,以保持在合适范围内,同时合理调节摊铺速度

和厚度,防止因温度过低而影响摊铺质量。沥青混合料的铺设作业中,注意摊铺设备与物料运输间的协调,保持物料供应的连续性,避免铺设时产生裂缝或空洞。沥青路面施工作业人员需依据混合材料的性质与施工标准,妥善设定摊铺速率与松铺厚度。在进行路面铺设作业时,控制沥青混合料铺设的速率至关重要,过快的速度会导致层间结合不均,进而引起路面气泡及裂纹等缺陷。在进行路面摊铺作业时,作业人员需持续监视摊铺成效,并快速进行摊铺机的摊铺速率与松铺厚度调控,以保证路面的平整度和层厚达到既定标准^[5]。

3.2 压实质量控制

压实质量控制是沥青路面施工中至关重要的环节,它直接影响路面的承载能力、耐久性和使用寿命。有效的压实控制不仅能够提高路面的密实度和强度,还能减少路面变形和开裂的风险,从而提高道路的安全性与舒适性。首先,压实设备的选择和调试是保证压实质量的基础。合理的压实次数、压实速度和压实时间对沥青混合料的密实度有显著影响。通常,压实次数应根据不同的路面结构进行调整,且每次压实的重叠率应达到30%至50%。根据研究显示,压实次数的增加可使路面密实度提高约2%至4%。然而,过度的压实可能导致沥青路面泛油、光面等,从而影响最终的压实效果。

为了进一步提高压实质量,施工单位还应注重施工环境的管理。沥青混合料的性能会受到诸如气温、湿度和降雨等因素的影响,低温环境下,混合物流动性会降低,这可能会导致压实效果不尽如人意。为解决此问题,采取提升混合料加热温度、重新安排施工时间等策略,以维持混合料温度在合适区间内。恶劣天气条件下,为了保障施工进度的顺利进行以及混合料压实的稳定性,施工单位需配备相应的防雨设施,对压实后的路面进行周期性评估,以确定其压实度与厚度等关键指标,以便及时识别并解决潜在问题。采用核子密度仪和静态压实测试仪等先进检测工具,对路面密实度进行实时监控,以保证其达到设计规范要求,密实度是衡量沥青路面质量的关键指标,其值需超过设计要求方可保障路面的安全与持久^[6]。

3.3 施工现场管理与监控

在高速公路进行沥青路面的施工过程中,对施工现场的严格管理与监督,是保障沥青路面工程质量的关键环节。施工现场的管理涉及对所有施工行为的综合部署,以保证施工流程的无缝对接,同时需制订清晰的施工方案与进度管理策略。在此环节中,负责现场的管理人员需与施工队伍、物资提供方以及工程监管机构保持交互,以便于及时处理施工阶段所暴露出的各种疑难。在施工现场,对物料进行严格管理是极其关键的,此过程需遵循设计规范与施工标准,对材料进行细致的验收、妥善的存放以及合理的应用,确保材料质量符合标准,以免对路面施工的质量造

成不利影响。

监控方面,应建立健全的监测系统,实时监测施工过程中沥青的温度、摊铺厚度和密实度等关键指标,以确保其符合设计标准。同时,监控设备的选择和布局也要科学合理,确保能够覆盖施工的每个环节。此外,施工人员的技术培训 and 安全教育也是现场管理的重要组成部分,通过提升工人的操作技能和安全意识,降低施工过程中的安全隐患和质量风险。应定期进行质量检查和评估,对发现的问题及时进行整改,以确保整个施工过程的高效和质量的稳定^[7]。

表 1 管理与监控表格

管理与监控要点	具体内容
施工计划	制定详细的施工计划与进度控制措施
现场沟通	保持与施工队、材料供应商、监理单位的有效沟通
物料管理	严格材料验收、存放和使用,确保材料质量符合要求
监测系统	建立监测系统,实时监测沥青温度、摊铺厚度和密实度等关键指标
设备选择与布局	选择科学合理的监控设备,并合理布局以覆盖施工的每个环节
人员培训与安全教育	定期进行技术培训和安全教育,提升工人操作技能和安全意识
质量检查	定期检查和评估施工质量,及时整改发现的问题

4 质量控制的优化措施

沥青路面施工质量的优化措施应从多方面入手,包括施工过程的实时监测、智能化设备的应用、施工人员的技能提升以及科学的施工管理,以确保路面质量的长期稳定性和耐久性。实时监测和反馈机制在质量控制中起到关键作用,通过温度监测、压实度和平整度检测等技术手段,在施工过程中即时获取数据并进行反馈,从而及时调整施工参数,确保每一施工阶段的质量符合标准。在高速公路沥青路面施工中,智能化设备的引入成为提升施工精度和效率的重要手段,尤其在面对大规模、复杂的路面工程项目时,其优势愈加明显。智能摊铺设备通过先进的传感器、控制系统和自动调节技术,实现了沥青混合料的精确摊铺。这类设备能够根据事先设定的铺筑厚度、宽度和坡度,结合实时监测的数据进行动态调整,使得摊铺过程更为均匀、稳定,减少了因人为操作产生的偏差和误差。例如,通过在摊铺设备中引入激光和超声波传感器,智能摊铺机可以自动感知路面高度和坡度的微小变化,并快速作出调整,确保路面平整度的高度一致性。这样的技术在沥青路面的摊铺环节尤为重要,因为均匀的摊铺是确保路面抗滑性、耐久性和行车舒适性的关键因素。传统压实过程中,施工人员依靠经验判断碾压次数和压实程度,可能导致局部压

实不均或过度压实,进而影响路面质量和使用寿命。

施工人员的培训和技术管理是优化质量控制的重要保障。定期组织技术培训,提高施工人员对设备操作、材料特性和施工规范的理解能力,能够确保施工团队在复杂环境中依然保持高水平的操作技能。同时,加强施工过程中的科学管理,制定详细的施工计划和标准操作规程,确保各个环节严格执行质量控制措施。项目管理者应根据现场情况灵活调整资源配置,以最大限度地降低天气、交通流量等外部因素对施工质量的影响。在质量检测环节,通过对路面平整度、抗滑性和耐久性等指标的检测,持续评价路面施工效果并积累数据,为后续工程提供参考。此外,在沥青路面施工中逐步推广新材料和新工艺,如抗老化沥青添加剂、纤维增强材料、排水性沥青路面等,有助于提高路面整体性能,增强抗疲劳能力并延长使用寿命。通过多层次、多手段的质量控制优化措施,高速公路沥青路面施工能够更好地应对复杂施工环境和日益增加的交通负荷,实现更高的施工质量和更长的使用周期。

5 结语

综上所述,高速公路沥青路面施工及质量控制是一个系统工程,需要施工单位、监理机构和各相关方的密切合作与协调。通过科学的管理、精湛的技术和严格的质量控制,能够有效提升高速公路沥青路面的施工质量,确保其在使用过程中的安全性和稳定性,从而为社会交通的畅通和经济发展提供有力保障。

【参考文献】

- [1]侯大伟.高速公路沥青路面施工工艺与质量控制措施[J].运输经理世界,2024(25):31-33.
 - [2]王强.高速公路沥青路面施工工艺与质量控制措施[J].交通世界,2023(35):116-118.
 - [3]劳春江.高速公路沥青路面施工质量控制与检测方法[J].工程技术研究,2023,8(20):219-221.
 - [4]魏伟.高速公路沥青路面养护施工技术与质量控制分析[J].运输经理世界,2023(27):19-21.
 - [5]杨磊.高速公路沥青混凝土路面施工技术控制要点研究[J].交通科技与管理,2023,4(3):162-164.
 - [6]汪洁文.高速公路 SMA 沥青路面施工质量控制研究[J].居业,2022(7):67-69.
 - [7]周雷,杨龙华,陶妹.高速公路沥青混凝土路面施工质量控制分析[J].工程建设与设计,2021(14):180-182.
- 作者简介:颜长磊(1991.11—),单位名称:江苏东交智控科技股份有限公司,毕业学校和专业:南京工业大学、专业:工程管理。

高速公路桥梁伸缩缝快速维修更换施工技术

李龙杰

江苏现代路桥有限责任公司, 江苏 南京 210000

[摘要] 桥梁伸缩缝长期承受交通荷载和环境因素的双重影响, 容易发生损坏, 从而影响桥梁的整体稳定性, 传统维修方法的施工周期较长, 且往往对交通产生较大干扰。近年来, 随着新技术与新材料的广泛应用, 快速维修更换技术得到了显著发展。在确保施工质量的同时, 该技术能够有效缩短工期、降低成本, 并减少对交通的影响, 已成为现代桥梁养护领域中的重要解决方案。

[关键词] 高速公路; 桥梁伸缩缝; 维修更换

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14711

中图分类号: TU74

文献标识码: A

Construction Technology for Rapid Maintenance and Replacement of Expansion Joints in Highway Bridges

LI Longjie

Jiangsu Xiandai Road and Bridge Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

Abstract: Bridge expansion joints are subject to the dual effects of traffic loads and environmental factors for a long time, which can easily cause damage and affect the overall stability of the bridge. Traditional maintenance methods have a long construction period and often cause significant interference to traffic. In recent years, with the widespread application of new technologies and materials, rapid maintenance and replacement technology has made significant progress. While ensuring construction quality, this technology can effectively shorten the construction period, reduce costs, and minimize the impact on traffic, making it an important solution in the field of modern bridge maintenance.

Keywords: highway; bridge expansion joints; maintenance and replacement

引言

随着交通流量的不断增加以及环境条件的变化, 高速公路桥梁的伸缩缝经常遭遇损坏, 桥梁的安全性和使用寿命因此受到严重影响。作为桥梁结构中的关键部件, 伸缩缝的损坏问题亟须引起足够的重视。传统的维修方法不仅耗时较长, 而且对交通造成较大干扰, 因此, 研发快速、高效的伸缩缝维修技术, 显得尤为重要。

1 高速公路桥梁伸缩缝损坏原因分析

1.1 伸缩缝设计缺陷

伸缩缝作为桥梁结构的关键组成部分, 设计的合理性对桥梁的整体使用性能与耐久性具有决定性影响。在实际工程中, 常常是伸缩缝设计缺陷成为其损坏的主要原因, 部分设计未充分考虑桥梁在温度变化、荷载变形及长期疲劳作用下的位移需求, 导致伸缩缝的伸缩量未能满足实际使用要求。此外, 所选用的结构形式及材料性能未能适应桥梁的实际使用环境。例如, 在交通流量大或气候条件复杂的地区, 传统结构的伸缩缝可能因抗冲击能力不足或耐久性差而导致加速损坏。设计中也未考虑桥面铺装层与支座等其他结构之间的协调性, 致使伸缩缝在使用过程中容易出现脱落或开裂等问题, 设计缺陷不仅影响桥梁的长期使用, 且显著提高了后期维修与更换的成本。

1.2 车辆荷载和环境因素影响

在高速公路桥梁的长期服役过程中, 伸缩缝受到车辆荷载与环境因素的双重影响逐渐发生损坏。超载车辆的频繁通行使伸缩缝承受更大的动态冲击与垂直压力, 这不仅超出了设计的承载能力, 还可能引发结构疲劳、裂纹甚至局部变形。同时, 通过伸缩缝时, 高速行驶的车辆产生的震动加剧了构件的松动与磨损。环境因素方面, 桥梁结构在温度变化下的热胀冷缩作用, 使伸缩缝在长期的反复应力作用下容易发生老化与开裂。降雨与积水渗入伸缩缝内部, 不仅加速了金属部件的腐蚀还可能破坏填充材料, 进而降低伸缩缝的功能, 沿海地区的高盐环境也加速了腐蚀过程。这些荷载与环境因素共同作用, 导致伸缩缝在使用过程中遭遇多重破坏机制, 难以维持原有设计性能。

1.3 施工工艺和安装问题

施工工艺与安装质量在高速公路桥梁伸缩缝的性能发挥中至关重要。在实际施工过程中, 操作不规范或工艺不到位常常导致伸缩缝的早期损坏。例如, 若开槽时槽口的尺寸或深度未准确控制, 伸缩缝与桥面的连接可能不牢固, 进而引发缝体松动或错位。在安装过程中, 若未严格按照设计图纸进行定位, 伸缩缝可能承受不均匀的受力, 或超出允许的偏差范围, 这会加剧使用中的磨损与疲劳。

浇筑伸缩缝两侧混凝土时，若配合比不当或振捣不均匀，混凝土的开裂或强度不足可能发生，进一步影响伸缩缝的承载力与稳定性。同时，若施工环境中的温度、湿度等条件未得到有效控制，粘结材料的固化效果可能受到影响，从而降低伸缩缝的耐久性与抗冲击能力。若这些问题未得到及时解决，桥梁的正常运行将受到影响，后期维护成本也将大幅增加。

1.4 养护管理不足

高速公路桥梁伸缩缝损坏的一个主要原因在于养护管理的不到位。在日常运营中，缺乏系统化的养护计划使伸缩缝长时间处于高负荷与恶劣环境下，未能得到及时的检查与修复。由于未能进行定期检查，裂缝、松动等初期问题未能得到及时发现与处理，最终发展为严重的结构性损坏。同时，未能及时清理伸缩缝表面积水与污物，雨水、泥沙等侵蚀性物质便长期滞留，进一步加剧金属件的腐蚀与填充材料的老化。管理上的不足还表现在缺乏专业养护技术，部分操作人员未能准确掌握伸缩缝的维修方法，甚至使用不当的材料进行修补，结果反而加重了损坏。养护管理的缺失不仅缩短了伸缩缝的使用寿命，还威胁到了桥梁的整体安全性与运营效率。要确保伸缩缝的长期稳定服务，建立有效的养护机制至关重要。

2 高速公路桥梁伸缩缝快速维修更换施工技术

2.1 损坏伸缩缝的快速拆除技术

快速拆除损坏的伸缩缝是维修更换施工中的关键环节，目的是高效且安全地去除原有构件，同时最大程度地减少对桥梁主体结构的影响。常见的方法包括机械切割与破碎相结合，根据损坏伸缩缝的位置及范围，切割设备首先被用来精确分割周围的混凝土，确保邻近桥面结构不受损害。随后，液压破碎机或冲击钻被用来分解缝体，拆除后的构件需分块清理。在此过程中，操作人员必须精确控制拆除力度，防止对梁体及桥面防水层造成二次伤害。切割与破碎产生的碎屑需及时清理，保持施工区域整洁，从而确保后续作业的顺利进行。对于一些特殊情况下难以拆除的金属构件，高温切割或专用拆卸工具可用于处理。为了提高效率还可结合智能设备进行实时监控，并根据现场情况调整施工方案，从而确保快速且高质量的拆除效果。

2.2 伸缩缝开槽与清理技术

伸缩缝的开槽与清理技术是快速维修更换施工中的关键环节，其质量直接影响后续施工的精准度与稳定性。在开槽过程中依据设计图纸要求，专用切割设备应被使用进行精准操作，确保槽口形状规范、边缘平整，槽口的深度与宽度需严格控制，避免对桥面结构或周围防水层造成破坏。开槽完成后，高效清理设备应被用来清除槽内的残余混凝土块、锈蚀金属件及灰尘等杂物，在清理过程中，特别需要注意去除细小碎屑与油污，以确保新伸缩缝构件能与槽口形成良好的粘结面。对于难以去除的附着物，高

压水枪或特定化学清洁剂可被使用，但应避免对槽面造成过度磨损。清理完成后，槽口应仔细检查确保没有残留物，并且达到施工标准，为后续安装工作奠定坚实的基础。

2.3 快速安装与定位技术

确保伸缩缝更换质量的关键在于精准且高效的安装与定位技术，核心在于将新伸缩缝构件准确安装到位，并确保位置与水平符合设计规范。在安装过程中，依据事先测量的数值与施工图纸进行精确定位，同时，专用的定位支架或夹具应被使用来牢固固定伸缩缝，防止在安装过程中发生偏移。施工时，起重设备应缓慢地将伸缩缝放入槽口，并通过激光测量仪或全站仪进行实时监测，以确保伸缩缝与桥梁两侧构件对齐且水平一致。安装固定后，伸缩缝的伸缩性与抗滑动性能应迅速检查，确保能够满足车辆荷载与桥梁变形的需求。为提高施工效率，模块化安装技术还可被借助，提前对伸缩缝各部件进行组装与调试，从而缩短现场操作时间。科学的定位与安装流程不仅提高了施工速度，也确保了伸缩缝的稳定性与耐久性。

2.4 两侧混凝土快速浇筑与养护技术

在伸缩缝维修施工中，混凝土两侧的快速浇筑与养护技术对于结构的稳定性与耐久性至关重要。槽口及其周围区域必须在浇筑前彻底清理并喷洒界面剂，以增强新老混凝土之间的粘结力。选用的混凝土应为高强度、快速硬化型，以缩短养护周期，并确保其抗压、抗拉性能符合设计要求。为确保浇筑的均匀性，振捣器应被使用充分振捣混凝土，避免气孔与空隙的产生，从而提高混凝土的密实度与整体强度。浇筑完毕后，保湿材料应立即覆盖或养护剂应喷洒，以防止因水分迅速蒸发导致表面开裂。在养护过程中，环境温湿度的监控应严格进行，特别是在温差较大的季节保温措施应被采取，以减小热胀冷缩对混凝土性能的影响。通过精确的浇筑与养护工艺，不仅能加速施工进度，还能有效提高伸缩缝区域的耐久性与使用寿命。

2.5 施工过程质量检测与控制技术

质量检测与控制技术在伸缩缝维修更换施工中起着关键作用，核心在于通过全过程、精细化的质量管理，确保施工严格遵循设计要求与技术规范。伸缩缝材料及混凝土配合比必须在施工前进行严格检验，确保性能符合工程标准。在施工过程中，实时监测与分阶段验收应被实施，确保每个关键环节的质量，如精确定位伸缩缝、保证混凝土的充分振捣密实以及槽口的清理彻底性。常用的检测工具，包括激光测量仪、混凝土强度测试仪等，能够精准监控伸缩缝的平整度、位置偏差及混凝土强度的变化。施工环境条件，特别是温度、湿度等因素也应严格控制，实时监测并调整以确保施工质量。在施工完成后，质量控制工作并未结束，仍需通过动态检测手段进行全面检查，测试伸缩缝的位移能力及抗疲劳性能，以确保其在实际使用中的可靠性与耐久性。

2.6 新材料与智能设备的应用

高速公路桥梁伸缩缝维修更换施工效率与质量的提升,得益于新材料与智能设备的广泛应用。采用高性能弹性体材料、聚合物改性混凝土等新型材料,不仅增强了伸缩缝的耐磨性与抗疲劳能力,还提高了其在极端环境中的适应性,这些材料具备优异的抗老化性与延展性,有效应对频繁的车辆荷载冲击与温度变化。与此同时,智能设备的应用进一步提高了施工的精确度与效率,例如智能测量仪能够全程监控伸缩缝位置,确保其安装精度与水平一致;自动化混凝土搅拌与输送设备的引入,则减少了人为误差并缩短了施工时间。无人机监测技术也在施工质量的实时监控中发挥了关键作用,通过航拍与数据建模,潜在问题得以及时发现并迅速调整施工方案。结合新材料与智能设备的技术,不仅推动了施工工艺的创新,也为高速公路桥梁的长期安全与稳定提供了有力保障。

3 快速维修更换施工技术的实施流程

3.1 施工准备阶段

施工准备阶段是高速公路桥梁伸缩缝快速维修更换工程顺利实施的关键环节,任何细节上的疏忽都可能影响工程的进展与质量。在此阶段,施工现场需进行全面勘查,交通状况、周边环境及所需设备与材料的准备情况必须得到确认。伸缩缝损坏情况的评估至关重要,准确的测量与评估能够为制定切实可行的施工方案与合理的时间安排提供有力支持,确保各项工作能够高效、顺畅地推进。施工团队的组建与人员培训同样不可忽视,施工人员必须充分掌握施工流程、安全规范及应急措施,确保施工过程中的安全性与高效性^[1]。材料方面,所有必需的高强度混凝土、修补材料及相关施工设备应提前采购并严格检查,确保质量符合标准,同时为应急情况准备充足的备用物资。此外,交通管理与绕行方案的制定也应在此阶段完成,以避免施工期间对交通造成过大影响,确保施工活动顺利开展。

3.2 维修更换阶段

维修与更换阶段是整个施工过程中最为关键的环节,涉及伸缩缝的实际拆除与更换工作,在此阶段确保所有设备、材料到位,并采取必要的交通管制及安全措施,为了避免施工过程中发生意外,施工团队必须采取必要的安全措施。损坏的伸缩缝应迅速拆除,且拆除操作必须避免对周围结构造成进一步损伤。通过采用适当的切割与拆卸工具,有助于高效且安全地完成拆除任务^[2]。拆除完成后,紧接着对伸缩缝槽口进行彻底清理,清除所有残余物、旧材料与污水,以确保新材料能够与原结构紧密结合。随后,按照施工方案精准地进行新伸缩缝的安装与定位,特别是伸缩缝的位置、角度及水平度要严格控制,确保其完全符合设计要求。安装过程中,临时支撑装置可用来固定伸缩

缝,确保其在混凝土浇筑之前保持稳定。新伸缩缝安装完毕后,立即进行混凝土浇筑,混凝土要求具备足够的流动性与强度,并进行必要的振捣确保其密实性。

3.3 验收与后期养护阶段

在维修更换施工完成后,验收与后期养护阶段对工程的长期稳定性与使用效果至关重要。在验收过程中,新安装的伸缩缝需经过全面检查,确保其位置、尺寸、水平度等技术指标均符合设计要求。同时,混凝土浇筑部分的密实度与表面平整度必须严格检验,以避免出现裂缝或空洞等潜在质量问题。所有施工过程中涉及的接缝、支撑与固定装置等也应逐项检查,确保没有松动或位移现象。验收合格后,施工单位需提交详细的质量报告,包括施工过程中的各项数据与材料合格证明供相关部门存档。在后期养护阶段,刚安装的伸缩缝及周围混凝土结构需经过一段时间的养护,以确保其强度与稳定性^[3]。在此期间,湿度必须严格控制,温度也需监测,并进行定期检查以避免因过早负荷或外界环境变化导致的损害。定期巡视应由施工单位进行,检查伸缩缝是否出现任何异常,确保其正常功能。此外,定期的后期维护工作也不容忽视,持续的检测与及时的修复能确保桥梁的安全性,延长伸缩缝的使用寿命。

4 结语

高速公路桥梁伸缩缝的快速维修更换施工技术在提升桥梁安全性与延长使用寿命方面起着至关重要的作用,通过对伸缩缝损坏原因的深入分析,能够明确设计缺陷、环境因素、施工质量问题以及养护不到位等是损坏的主要诱因。因此,采用高效的快速拆除、安装、浇筑及质量控制技术,不仅确保了施工过程的高效与安全,同时最大程度地减少了对交通的干扰,增强了维修工作的精确性与可靠性。随着新型材料及智能设备的引入,施工技术得到了持续优化,推动了桥梁维修领域的技术进步。展望未来,施工技术的应用与研究将进一步加强,验收与后期养护机制的完善,也将成为保障高速公路桥梁安全运营及提升公路基础设施服务水平的关键措施。

【参考文献】

- [1]戴凌云. 高速公路桥梁伸缩缝维修更换施工技术[J]. 交通世界, 2019(31): 104-105.
 - [2]陈衍永. 高速公路桥梁伸缩缝快速维修更换施工技术[J]. 建筑技术开发, 2019, 46(8): 114-116.
 - [3]张大卫. 公路桥梁伸缩缝快速维修更换技术的研究[J]. 四川建材, 2020, 46(2): 142-143.
- 作者简介: 李龙杰(1992.12—), 男, 毕业院校: 山东理工大学, 所学专业: 测绘工程, 当前就职单位: 江苏现代路桥有限责任公司, 职务: 项目经理, 职称级别: 中级。

交通工程建设中路桥过渡段的施工处理

马文豪

湖北省路桥集团有限公司, 湖北 武汉 430051

[摘要] 路桥过渡段一直是道路病害的多发地段, 路面凹陷和桥头跳车等现象一直是困扰公路建设的重大难题, 这些现象对行车安全造成了极大的威胁, 人民的生命财产安全没有一个很好的保障。在施工过程中对这方面安全隐患的提早预防是非常必要的, 此文着重分析路桥工程建设中过渡段常见危害的形成原因, 并根据原因提出一些简单措施。

[关键词] 交通工程建设; 路桥过渡段; 施工处理

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14706

中图分类号: U415.6

文献标识码: A

Construction Treatment of Road Bridge Transition Section in Traffic Engineering Construction

MA Wenhao

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

Abstract: The transition section between roads and bridges has always been a high-risk area for road diseases, and phenomena such as road surface depression and bridge head jumping have always been major problems that plague highway construction. These phenomena pose a great threat to driving safety, and there is no good guarantee for the safety of people's lives and property. Early prevention of safety hazards in this area during the construction process is very necessary. This article focuses on analyzing the causes of common hazards in the transition section of road and bridge engineering construction, and proposes some simple measures based on the reasons.

Keywords: transportation engineering construction; road bridge transition section; construction treatment

引言

在交通工程建设中, 路桥过渡段的施工处理至关重要, 其直接关系到道路与桥梁之间的顺畅连接。作为桥梁与陆上道路系统之间的过渡区域, 过渡段的施工质量对交通安全、舒适度及桥梁使用寿命产生深远影响。通常位于桥头与桥尾的过渡段, 所面临的地质条件复杂、荷载变化大以及沉降不均等问题尤为突出。故而, 设计与施工阶段的这些环节必须特别重视。科学合理的路桥过渡段施工处理, 不仅能够有效分散交通荷载, 减轻地基沉降对桥梁的负面影响, 还能提升交通流畅性, 降低后期维护成本。然则, 受限于地基不均、填土材料选择、压实程度及施工技术等因素, 过渡段的施工处理常常充满挑战。针对这些问题, 精确的设计与施工技术被应用于解决常见问题, 从而确保工程质量, 提升结构稳定性。通过这些措施, 未来交通工程的可持续发展可以得到有力的支持与借鉴。

1 路桥工程建设过程中过渡段问题探究

1.1 地基因素造成的问题

在路桥工程建设中, 过渡段的地基问题通常被认为是影响工程质量与稳定性的关键因素。地基承载力的不足、沉降的不均匀或土质的松软, 均可能对过渡段的稳定性产生不利影响。特别是在土质较差的地基区域, 常见的问题包括土层压实度不均、地下水位过高、软弱土层的存在及地下障碍物的干扰等。这些因素往往会导致在施工与使用

过程中, 过渡段出现沉降、裂缝, 甚至发生沉降差异过大的现象, 从而影响整个路桥结构的长期安全性与耐久性。地基差异性亦可能引发过渡段的应力集中, 导致局部区域承载力不足或应变过大, 进而加剧路桥结构的变形, 最终造成结构的不稳定。

1.2 桥台台背路堤压实程度带来的问题

在路桥工程建设中, 桥台台背路堤的压实程度对过渡段的稳定性至关重要。当桥台台背路堤的压实不足或不均匀时, 沉降不均的现象常常会在过渡段中出现, 从而影响桥梁的安全性与耐久性。在路堤填筑过程中, 压实度不充分会导致土层松散, 从而无法有效支撑上部结构的荷载。这一问题在桥台附近尤为明显, 随着时间的推移, 沉降差异逐渐加剧, 最终形成局部沉降或隆起, 进而引发过渡段的损坏。另一个问题在于, 桥台台背土体的沉降往往呈现不规则的状态, 这种不均匀沉降可能引起桥台与路面之间接触面的错位, 进而使桥台发生倾斜或变形, 从而影响路桥过渡段的平整性及整体稳定性^[1]。在长期使用过程中, 未充分压实的路堤可能受到水流侵蚀、冻融作用或持续交通荷载的影响, 导致沉降与变形进一步加剧。

1.3 路桥过渡段的设计和处理技术问题

在路桥工程中, 过渡段的设计与处理技术面临诸多挑战, 这些问题直接影响路桥的使用寿命与安全性。作为桥梁与道路之间的连接部分, 过渡段不仅需要承载桥梁结构

与路基结构之间的荷载过渡,而且其设计必须充分考虑两者之间的差异。桥梁结构通常具备较强的刚性,而道路路基则较为柔软,且在材料特性、沉降速度及承载能力等方面的差异显著。这些差异往往导致过渡段在实际使用中出现沉降不均、裂缝或路面不平整等问题。过渡段的设计还需精确计算桥台与路堤之间的过渡宽度、土体的压实程度及沉降控制,以确保路桥能够在长期使用中维持稳定的结构状态。由于过渡段位于桥梁与道路的接合部,交通荷载与气候变化的影响较大,同时土层与地质条件通常较为复杂,这无疑为过渡段的设计增添了难度。尤其在软土地基或膨胀土地区,路基稳定性较差,过渡段易发生沉降不均或裂缝扩展等问题,进而影响道路的平整性,同时也可能威胁到桥梁的安全性。

2 路桥过渡段施工技术

2.1 加强路桥过渡段路堤填料的选择

在路桥过渡段的施工中,路堤填料的选择起着至关重要的作用,它直接影响着路基的稳定性与承载力,同时决定着后期的使用性能与路面质量。作为桥梁与路基的连接部分,过渡段地质条件较为复杂,因此,填料的选用需综合考虑其力学特性、施工便捷性及长期稳定性。填料的核心要求是具备良好的压实性与适当的颗粒级配,以确保路堤具有足够的强度与稳定性,从而避免因填料不当而导致路面沉降不均或裂缝的出现。在软土地区,通常应选择密实度较高的粗粒土或碎石填料,这类填料具备良好的排水性与较高强度,能够有效预防软土的膨胀或沉降问题。相比之下,膨胀土区域则应选择粒径较小且均匀的砂土或稳定性较强的人工合成材料,这些填料能够减少膨胀土在湿润环境中的膨胀压力,避免对路基的破坏。过渡段施工中的填料颗粒级配尤为重要,合理的级配不仅能确保填料在压实时的密实性,还能减少孔隙过多所带来的空隙率,从而提升路堤的稳定性。颗粒较大的填料,虽然具备较好的承载力,但若未经过合理压实或不加选择,可能会留下较大的空隙,从而影响填料的强度。相反,过细的填料虽然易于压实,但排水性较差,容易导致水分滞留,从而产生沉降或冻胀问题。因此,填料的选择应依据当地土壤类型、气候条件及水文特征等因素进行全面评估,以确保颗粒级配、含水量与施工环境的匹配。同时,填料的抗冻性、抗渗性及抗压强度等性能亦应满足工程设计要求,确保其在长期使用中能够承受温度变化、水分波动及交通荷载的影响。

2.2 路桥过渡段路面的搭板设置

路桥过渡段路面的搭板设置,作为确保路桥顺畅连接与过渡平稳的关键施工技术,直接关系到交通荷载的分布、路面使用寿命以及车辆行驶的平稳性。搭板的作用主要在于通过设置专门的结构板块,在路桥连接部位形成平稳的过渡面,从而有效避免因路基沉降、温度变化或交通荷载引起的路面不均匀沉降或裂缝。这些搭板通常由钢筋混凝土

或预制板构成,具备较高的强度与刚度,能够承受车辆通过时的动态荷载,并确保与路基的稳定连接。在施工过程中,搭板的设置必须严格按照设计要求进行。首先,过渡段的地基需要进行充分处理与压实,以确保其稳定性与承载力,从而为搭板提供坚实的支撑基础。搭板的尺寸、厚度及接缝处理必须精确执行,严格遵循设计标准。伸缩缝应在搭板之间适当设置,以应对季节变化引起的温度变化对搭板的膨胀或收缩。表面应保持平整光滑,坡度设计应适当,确保排水畅通,避免积水引起的路面损坏^[2]。此外,搭板的设置还应考虑长期使用过程中可能出现的沉降问题,尤其是在软弱地基上,需适当增设支撑结构或采取加固措施,以防止搭板因下沉或倾斜影响路面平整度。为了提高搭板的耐久性,还应对其表面进行防水处理,防止水分渗透引起混凝土内部钢筋的锈蚀,从而有效延长其使用寿命。

2.3 巧用土工格栅加筋

土工格栅加筋技术,作为路桥过渡段施工中常用且高效的地基处理方法,尤其在软土、填土等不良地质条件下,得到了广泛应用。由高强度合成纤维材料编织而成的土工格栅,主要通过加筋与分散应力,来提升土壤的抗拉强度与稳定性。在路桥过渡段施工中,土工格栅能够有效增强路基的承载能力,减少因地基沉降或不均匀沉降导致的路面变形,从而确保路桥结构的长期稳定性。其加筋原理在于将土工格栅嵌入路堤或路基土层中,从而增加土壤的内部摩擦力,形成强大的复合结构,抵抗外部荷载的作用。通过这种加筋作用,路堤填土的沉降速度可得到有效减缓,防止因荷载作用引起填土的侧向位移或滑移,进而提高路基的稳定性及抗震能力。土工格栅的横向拉力有助于加固软土层,增强路基的抗变形能力,减少路面裂缝与不均匀沉降的发生。在实际施工中,土工格栅通常铺设在路堤填土层的中下部,与土壤紧密结合,从而形成有效的加筋层。选择合适的土工格栅时,需充分考虑土壤类型、填土高度及荷载情况,选用适当规格与类型。施工过程中,土工格栅应严格按照设计要求进行铺设,确保平整度与张紧度,从而达到最佳的加固效果。

2.4 加强压实要求

加强路桥过渡段的压实要求,作为保障路基稳定性与长期使用性能的重要技术措施,不容忽视。过渡段通常位于路桥交接部位,承受复杂的荷载,并常处于软土或填土区域,其压实质量直接影响路基的承载能力、抗沉降性能以及路面平整度。在施工过程中,必须严格按照设计标准进行压实,确保每一层土体的密实度达到要求。若压实不足,土体易发生沉降、裂缝或不均匀沉降,进而导致路面变形与裂缝,从而影响整个路桥结构的稳定性与使用寿命。压实操作通常采用分层施工的方法,每层土体的厚度与湿度必须精确控制,以确保压实效果的均匀性与深度。压实

机械的选择,应根据土质与工程需求选用适当型号,如振动压路机或轮胎式压路机等。对于不同土层,压实方式与施工顺序应灵活调整。例如,填土层较厚的过渡段,振动压实法能够深入土层,确保较高的密实度;而在粘性土或湿软土层上,适当提高湿度并使用钢轮压路机,可有效增强压实效果。此外,在施工过程中,湿度管理至关重要。土壤若过干或过湿,均不利于有效压实,湿度控制不当也可能影响压实质量。因此,精准控制湿度,确保土体的适当含水量,是保证压实效果的关键因素。

2.5 地基处理

地基处理在路桥过渡段施工中占据着至关重要的位置,其目的是提升地基的承载能力、稳定性及抗沉降性能,确保路桥结构能够长期稳定运行。过渡段通常位于软土、松散土或复杂的地质条件中,这些特殊的土质特征常常导致地基承载力不足、沉降速率过快或不均匀,从而影响路基与桥梁之间的连接稳定性。地基处理的核心任务是通过多种技术手段对原有地基进行加固,使其具备更强的荷载承受能力,避免沉降、裂缝等问题的发生。常见的地基处理方法包括深层搅拌法、换土法、预压法、石灰土固化法以及桩基处理等。在合适的方法时,需要综合考虑土质特性、工程规模、经济性等多方面因素。施工过程中,地基处理方案通常会依据地质勘察结果进行详细设计,明确处理深度、处理方式及所需材料。例如,针对含水量较高的软土层,可采用深层搅拌技术,该方法通过机械搅拌将水泥、石灰等固化材料与土体混合,从而提升土体的强度与稳定性;而对于松散土层或碎石土层,则可采用换土法,先清除不适合承载的土层,再用经过处理的坚实土层或其他适宜材料进行回填^[3]。预压法则通过施加外部荷载,促使土体在较短时间内发生沉降,从而提高密实度与稳定性。对于特殊地质条件下的过渡段,桩基加固技术的应用也十分广泛。通过桩基,荷载能够传递到下层更为稳定的土层,减少上层软弱土层对结构稳定性的影响。因此,采用适合的地基处理方法,将有效提高过渡段的地基稳定性,确保路桥结构的长期安全与耐久性。

3 路桥过渡段的路基加固措施

路桥过渡段的路基加固措施对于确保桥梁与道路的顺畅连接、延长使用寿命及提高整体结构稳定性至关重要。桥头地基的处理作为关键环节,通常涉及对桥头两侧地基的加固。由于桥头区域的地质条件复杂,常见软土、松散层或沉降不均等问题,因此,在处理这些地基时,必须采用深层搅拌、换土、压实等技术手段进行加固,以确保地

基具备足够的承载力,满足交通荷载的要求。预压法或桩基加固技术也常常被应用,以避免不均匀沉降可能带来的桥梁结构损害。另外,后台填筑作为路桥过渡段施工中的重要环节,涉及桥台背后的路堤填充,目的在于确保路桥的过渡段与桥梁结构之间的平稳连接。填料的选择、填筑工艺以及压实度的控制,均在此过程中显得尤为重要,以提升填土的密实度与稳定性。在地质条件较差或存在软弱土层的地区,合理的填筑工艺能够显著提高路堤的稳定性,防止因地基沉降或压实不均导致的沉陷。路基过渡段的合理设计是确保路桥连接顺畅及结构稳定的核心^[4]。在设计过程中,交通荷载、地质条件、桥梁类型以及道路的使用要求都需综合考虑,以保证过渡段与桥梁之间的平滑衔接。未来可能的沉降与位移必须被预见,并选用适当的结构形式,如软基加固、合理的坡度设置及过渡段结构的灵活性,以应对路面与桥梁之间的沉降差异,从而确保路桥的稳定性与安全性。

4 结语

在交通工程建设中,路桥过渡段的施工处理被视为确保路桥结构安全、稳定及长期使用的关键步骤。通过精确的施工技术与科学合理的设计,过渡段常见的地基沉降与不均匀压实等问题可以得到有效解决,从而保证道路与桥梁之间的平稳过渡,提升行车的舒适度与安全性。尽管在施工过程中,诸多挑战依然存在,但随着技术的不断进步与工程经验的积累,越来越多的有效解决方案已被应用。展望未来,随着工程技术的不断提升与施工管理水平的增强,路桥过渡段施工处理将在保障交通设施质量、延长桥梁使用寿命及降低维修成本方面,扮演更加重要的角色。通过综合运用各项技术手段,过渡段设计与施工方案将持续得到优化,为未来的道路交通建设提供更加坚实的基础,推动交通基础设施向更高水平、更可持续发展的方向。

【参考文献】

- [1]党思雨.论路桥工程建设中路桥过渡段的施工处理[J].汽车周刊,2024(11):132-134.
 - [2]岳新云.交通工程建设中路桥过渡段的施工处理[J].汽车知识,2024,24(8):254-256.
 - [3]周志刚.谈路桥过渡段结构与施工技术问题[J].工程建设与设计,2017(21):140-142.
 - [4]任帅,李宝贵.浅析路桥工程建设中过渡段的施工技术[J].中国城市经济,2011(11):230-232.
- 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。

高频辅助变流器对车辆设备若干 EMC 干扰问题分析及处理

王延金

江苏新誉阿尔斯通牵引系统有限公司, 江苏 常州 213166

[摘要] 列车高频辅助变流器的推行显著提升了电能变换的性能、效率和系统功率密度, 同时随着频率的提升, 不可避免地会出现与车辆设备之间电磁兼容性问题。文中主要针对高频辅助变流器方案在实际应用中对车辆若干 EMC 干扰的问题进行阐述、分析并根据实测情况提出相应解决方案, 为同类型产品的电磁兼容设计提供参考。

[关键词] 高频辅助变流器; 电磁兼容; BTM; 接地; 滤波

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14742

中图分类号: TM46

文献标识码: A

Analysis and Handling of EMC Interference Issues in Vehicle Equipment Caused by High Frequency Auxiliary Inverters

WANG Yanjin

Jiangsu Xinyu Alstom Traction System Co., Ltd., Changzhou, Jiangsu, 213166, China

Abstract: The implementation of high-frequency auxiliary converters in trains has significantly improved the performance, efficiency, and system power density of electric energy conversion. At the same time, with the increase of frequency, electromagnetic compatibility issues with vehicle equipment are inevitable. The article mainly elaborates and analyzes the EMC interference issues of high-frequency auxiliary inverter solutions in practical applications of vehicles, and proposes corresponding solutions based on actual measurements, providing reference for electromagnetic compatibility design of similar products.

Keywords: high frequency auxiliary inverter; electromagnetic compatibility; BTM; grounding; wave filtering

引言

由中国中车牵头制定的《标准地铁列车研制及试验项目辅助系统简统方案》中对地铁辅助变流器产品明确了高频化方案要求。高频辅助变流器与传统辅助变流器产品主要体现在输入输出隔离策略的高频化。在产品高频化的同时, 不可避免地会出现与车辆其他设备之间电磁兼容的问题。当前列车变流器产品主要依托相关标准和前期应用经验开展设计, 但满足电磁兼容标准并不一定能保证整个系统的电磁兼容^[1], 由于车辆运行环境的恶劣性及整车系统的复杂性, 列车设备之间相互干扰问题可能仍会存在。本文结合高频辅助变流器产品实际装车调试及运行过程中遇到的电磁干扰现象进行问题的阐述、分析及处理方案总结, 用于指导后续类似高频化产品的设计。

1 高频辅助变流器应用过程中的电磁干扰现象描述

现象 1: 进行车辆静态调试期间发现当车辆升弓, 高频辅助变流器工作之后, 全列车车门指示灯在未收到指示信号的情况下异常闪烁。

现象 2: 高频辅助变流器工作后, 观察到车辆司机室的 110V 电压表有异常抖动, 最高会波动到 140V。

现象 3: 车辆动调时, 主控断路器出现 MCCB 跳脱的情况, 同时出现 RIOM 板卡 I/O 口损坏。

现象 4: 在车辆动调时, 发现车辆 BTM 设备受到干扰,

好码率低于标准要求, 无法正常工作。

2 干扰问题调查

针对车门 LED 灯异常点亮、电压表异常抖动、主控断路器出现 MCCB 跳脱的现象及 BTM 设备受干扰现象, 在列车上进行了针对性的调查, 以确认干扰源及干扰路径。

2.1 车门指示灯异常点亮问题调查

为确认异常干扰源, 根据如车门指示灯与门控器连接关系对车辆进行了如下测试工作:

(1) 门控系统空开断开, 升弓后车门指示灯仍有异常点亮现象;

(2) 将门控外壳与车体接地部分全部断开, 列车升弓后, 车门指示灯不再亮;

(3) 在(2)基础上将门控外壳与车体重新连接, 车门指示灯重新异常点亮;

通过以上测试确认, 车上门控指示灯异常点亮现象与车体地之间存在明确的关联, 应为干扰信号通过车体干扰了门控指示灯。

2.2 司机室电压表显示跳变问题调查

针对车辆在升弓后司机室电压表显示跳变问题, 进行针对性问题确认。使用万用表和示波器测试升弓后的 110V 电压, 发现实际蓄电池母线电压无明显波动, 与司机室电压表显示跳变不符, 当测试蓄电池负极对车体地时发现其上存在异常电压, 此电压同样可能通过地回路干扰

电压表的显示。示波器测得的蓄电池母线负极对车体的电压有效值为 49V 左右,且此电压为高频交流电压。

对车载 4 台高频辅助变流器进行逐台切除,随着高频辅助的切除,蓄电池母线负极对车体地之间的电压值逐渐下降,表现出了与高频辅助系统的强相关性。

2.3 主控断路器 MCCB 跳脱问题调查

针对 MCCB 跳脱问题,故障排查过程中发现牵引安全列车线在未被激活时就存在异常电压,且此电压是在高频辅助变流器工作之后才开始出现。根据以上现象,分析当牵引安全列车线被激活后,列车 RIOM 板卡上应该收到了车体地线上的干扰信号,导致蓄电池电压叠加了异常的对车体的干扰电压,从而超出 RIOM 板卡承受能力,造成输入点损坏,并形成对地短路情况,从而导致断路器 MCCB 跳脱。

2.4 BTM 设备受干扰调查

车辆上采用的 BTM 产品由 BTM 主机和 BTM 天线两部分组成,BTM 主机位于车载机柜内,通过天线电缆与 BTM 天线相连。正常情况下 BTM 主机功夫电路将频率为 27MHz 的应答器激励信号通过天线电缆不间断地传输到 BTM 天线上。BTM 通过谐振电路将应答器激励信号通过空气间隙接口发送出去。当列车经过应答器时,应答器接收到激励信号立即向 BTM 天线发送位置等信息。应答器的传输信号制式为 FSK 信号,工作信号的中心频率为 4.3MHz,其中上下边缘分别为 3.95MHz 和 4.52MHz^[2]。

车辆在动调试验时,升弓后,BTM 主机接收地面应答器正常工作指示灯 B1/B2 在地面应答器无应答时出现异常常亮。根据 BTM 设备信号要求,采集信号的好码率至少为 90%,为此使用专业设备对 BTM 信号好码率进行测试确认,好码率仅为 87%,说明 BTM 设备收到了严重的干扰。

经过在现场一系列的验证,当高频辅助变流器产品工作时,此干扰才会存在,确认 BTM 设备应收到高频辅助变流器产品的电磁干扰。通过断开 TC1 车靠近车载天线附近的接地回流线,并将 BTM 主机从机架中拿出来并与车体地进行隔离后,BTM 主机信号灯变为正常闪烁状态,且采样好码率才能超过 90%。由此明确了高频辅助变流器产品应通过车辆的高压回流线电磁干扰影响了 BTM 设备的正常工作。测试排查图片如下图 1 所示。

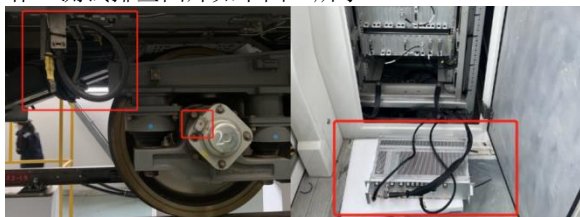


图 1 BTM 干扰排查

经与 BTM 厂家沟通和查阅厂家提供的相关资料确认:

(1) BTM 主机通过车载天线向下发送 27MHz 能量激

活地面应答器,接收和处理应答器向车载天线返回的 4.23MHz 上行链路信号,得到应答器报文数据,并将数据传输给车载主机单元;

(2) 安装 BTM 位置附近有干扰磁场强度的频率范围为 2.5MHz~6.0MHz 时,需要低于-60dBm;

(3) BTM 主机信号在低速动车时的采样好码率必须超过 90%。

使用频谱分析仪对高压接地回流线周围测试,发现在列车升弓后高频辅助变流器正常运行,接地回流线周围 2.5~6MHz 的干扰强度为-57dBm,高于-60dBm,已超出 BTM 主机正常工作的要求,如图 2 所示。



图 2 接地回流线电磁信号测试情况

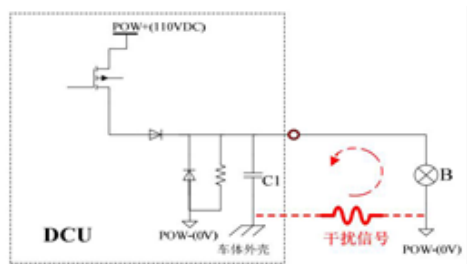
3 故障分析及处理措施

经过排查确认,以上 4 种干扰现象,经排查均与高频辅助系统存在关联性,应通过改进高频辅助系统产品的对外干扰解决相应干扰问题。通常,电源线是电磁干扰传入设备和传出设备的主要途径,通过电源线,电网上的干扰可以传入设备,干扰设备的正常工作。同样,设备的干扰也可以通过电源线传到电网上,对电网上的其他设备造成干扰^[3]。因此,可重点对辅助变流器主回路电源线进行处理,以降低对车辆电网上其他设备的电磁干扰。正确而合理的滤波是解决电磁干扰的非常重要的技术方法。

3.1 高频辅助变流器与列车的连接方式处理

故障排查和定位后,确定高频辅助变流器为异常现象的主要干扰源,结合用电设备及高频辅助变流器内部电路对干扰路径原理进行分析。

以车门指示灯为例,如下图 3 为门控器内部车门指示灯供电电路干扰回路示意图。当前门控器内部存在对地的 Y 电容,如下图 4 的 C1,当其他设备(此处主要是高频辅助变流器)对地释放干扰时,会通过 Y 电容(如图 4 中 C1)将干扰信号耦合进用电设备,造成用电设备表现异常甚至报出故障。



对高频辅助变流器电路拓扑进行分析,如下图为部分高频辅助变流器设备的系统框图,当前在高频辅助变流器内部存在对地的Y电容,如下图4红色图框,此Y电容位于高频谐振相关部分,是高频辅助逆变器与常规逆变器主要差异点,也是最容易出现干扰的位置。当高频辅助变流器设备工作在开关模式下,高 di/dt 和高 du/dt 的工作特性将产生显示的发射频谱分量。

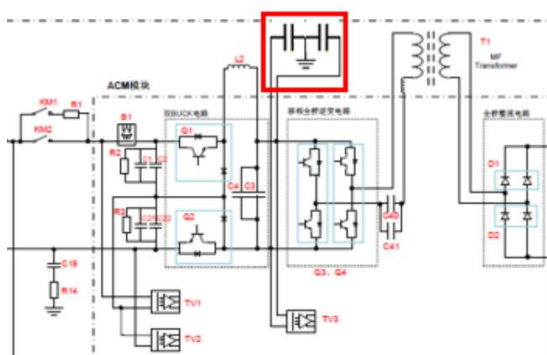


图4 部分高频辅助变流器系统框图

车体地作为整车的公共参考零电位,通常可作为车载设备的干扰的泄放通道。接地是一致早上,防止干扰的主要方法。每个电路最终都要有一个参考接地源,这是无法选择的事实,电路设计之初就应首先考虑接地设计^[4]。在列车上,不论牵引变流器产品、辅助变流器产品还是BTM设备或门控指示灯等设备,都会选择以不同方式连接到车体地。

图4处就是高频辅助变流器产品对车体地连接的Y电容,其作用是降低高频变换对充电机输出及交流输出EMC干扰。由于此处的高频谐振频率高,能量强,势必会成为较强的干扰源,增加此对车体地Y电容后,会将部分高频干扰通过车体地进行泄放,从而保证高频辅助变流器对外输出线上的干扰符合标准要求。如下图5为输出电源线上频谱测试结果,符合标准要求^[5]。

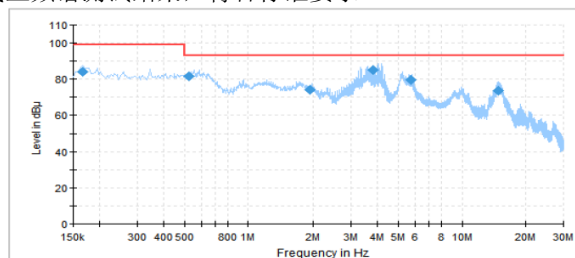


图5 输出频谱测试结果

当前确认高频辅助变流器内部的此Y电容会将高频辅助变流器高频变压器部分产生的干扰耦合到车体地上,造成用电设备的干扰,但与此同时,又无法将此电容直接进行取消,取消后会导致直流母线及输出上的高频干扰存在于输出线上,不满足标准测试要求。为此需在高频辅助变流器内部将此干扰信号处理掉,如下图6为提出的新的电容连接方案,原来的Y电容将不再直接连接到车体地上,而是跨接到三相交流输出电容的中性点上。经验证确认,按此方案整改后高频辅助变流器的输出侧质量均未受到影响,且消除了车体地与110V-之间异常电压问题,列车门控指示灯异常闪烁、MCCB异常断开及司机室内电压表读数跳变问题都得到解决。

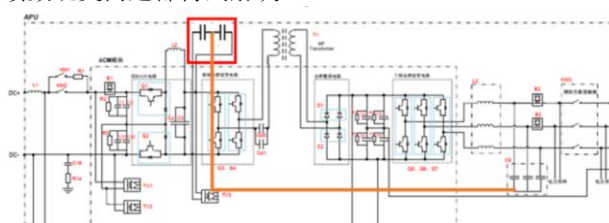


图6 整改方案示意图

3.2 输入电磁干扰滤波处理

根据前期干扰排查,BTM受干扰主要是高频辅助变流器产品内部的干扰通过1500V输入线传导到接地回流线上,造成了BTM的干扰。

对此部分干扰可考虑通过滤波方式实现与其他设备的电磁兼容。滤波是用来降低电子器件传导繁荣和提高电磁抗扰度的基本方式。轨道交通车辆上一般采用低通滤波器对电源进行滤波^[6]。根据此思想,在高频辅助变流器输入侧增加低通滤波器件,方式如下图7:1500输入高压正负输入线一同穿入磁环,高压输入正负线分别对箱体增加滤波电容,形成低通LC滤波器,降低通过输入线对外的干扰。

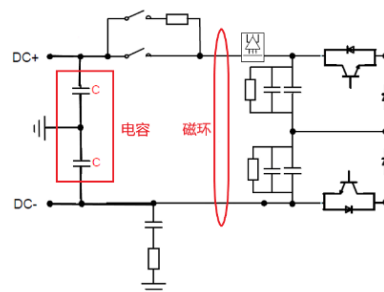


图7 APU内部改进措施

通过以上滤波处理,车辆升弓后高频辅助系统正常工作,此时BTM主机接收板B1/B2指示灯为闪烁状态,使用频谱分析仪测试高压接地回流线附近的信号强度已低于-60dBm,如下图8,测得的干扰强度约-65dBm。列车进入试车线高速运行,采集码率为99%,已满足BTM设备的要求。

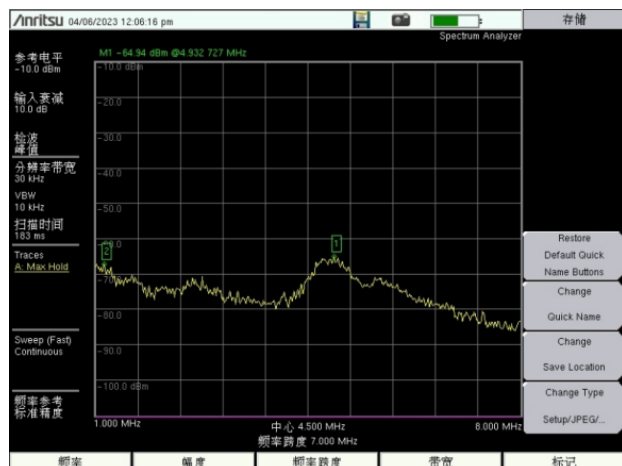


图8 改进之后接地回流线附近的信号强度

4 结束语

列车上所有的电气设备是一个整体,在产品设计初期,除了应考虑产品自身的功能和性能外,还需要综合考虑与车辆其他设备之间的连接及电磁兼容等问题。

本文结合高频辅助变流器产品运用过程中的 EMC 干扰案例,详细阐述问题现象、排查方案、原因分析及处理措施,对后续同类产品的设计开发是宝贵的经验。

[参考文献]

- [1]支永健.轨道交通牵引系统电磁兼容技术研究及应用[J].安全与电磁兼容,2024,12(3):12-13.
 - [2]李鹏飞.某地铁车辆辅助你不与信号 BTM 天线电磁干扰分析及改进[J].铁道车辆,2023,12(4):22-23.
 - [3]张峰.EMC 的分析与可靠性设计[J].电子质量,2024,12(3):24-25.
 - [4]郑军奇.EMC(电磁兼容)设计与测试案例分析[M].北京:电子工业出版社,2006.
 - [5]GB/T 24338.4-2018 轨道交通 电磁兼容 第3-2部分:机车车辆 设备[S].2018.
 - [6]齐万明,陈小琳,穆晓彤.复杂电磁环境下轨道交通车辆正常抗电磁干扰设计[J].西华大学学报:自然科学版,2021,12(2):22-23.
- 作者简介:王延金(1987—),毕业院校:西南大学,所学专业:自动化(控制方向),当前就职单位:江苏新誉阿尔斯通牵引系统有限公司,职务:硬件研发工程师,职称级别:电子中级工程师。

钢支撑轴力自动补偿系统技术应用研究

欧祝明

宏润建设集团股份有限公司, 浙江 宁波 315000

[摘要] 为有效控制地铁车站深基坑开挖过程中周边土体的变形, 保护临近基坑处民房, 在宁波轨道交通 4 号线金达南路站引进钢支撑轴力自动补偿系统。文中对钢支撑轴力自动补偿系统的运行数据和基坑监测数据进行分析, 总结概括了钢支撑轴力自动补偿系统的运行情况和应用效果, 并结合实际工程提出了几点建议和改进措施, 以期为今后钢支撑轴力自动补偿系统在宁波软土地区的应用提供经验。

[关键词] 软土地区; 基坑变形控制; 轴力自动补偿系统; 钢支撑

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14751

中图分类号: TU753.3

文献标识码: A

Application Research on Steel Support Axial Force Automatic Compensation System Technology

OU Zhuming

Hongrun Construction Group Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315000, China

Abstract: In order to effectively control the deformation of the surrounding soil during the excavation process of the deep foundation pit of the subway station and protect the houses near the foundation pit, a steel support axial force automatic compensation system has been introduced at Jinda South Road Station of Ningbo Metro Line 4. The article analyzes the operation data and foundation pit monitoring data of the steel support axial force automatic compensation system, summarizes the operation and application effects of the steel support axial force automatic compensation system, and proposes several suggestions and improvement measures based on actual engineering, in order to provide experience for the future application of the steel support axial force automatic compensation system in soft soil areas of Ningbo.

Keywords: soft soil areas; deformation control of foundation pit; axial force automatic compensation system; steel support

1 工程概况

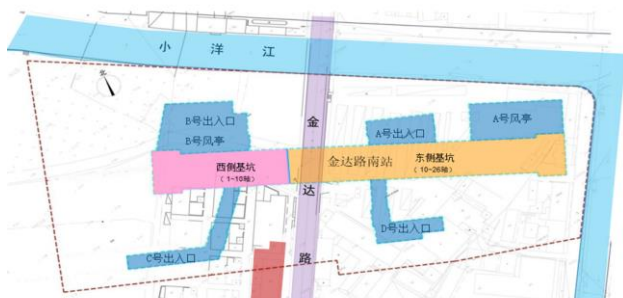


图 1 金达南路站平面布置图

金达南路站为宁波市轨道交通 4 号线的第 23 座车站, 位于宁波市鄞州区规划首南路与金达路交叉路口, 沿规划首南路东西向布设于道路下方。除主体结构外, 车站共设置 4 个出入口和 2 组风亭。其中车站主体为地下 2 层钢筋混凝土箱型结构, 车站主体长 207.6m, 标准段宽 19.7m, 采用明挖法施工, 标准段开挖深度达 15.5m。车站主体围护结构采用 800mm 厚、锁口管连接的地下连续墙, 主体基坑支撑体系采用 1 道混凝土支撑+4 道钢支撑+1 道钢换撑的形式。

受地面交通的影响, 金达南路站主体基坑分两期施工, 一期施工西侧主体基坑 (1~10 轴), 二期施工东侧主体

基坑 (10~26 轴)。在西侧基坑开挖过程中靠近封堵墙处 7~10 轴采用轴力自动补偿系统钢支撑。

2 重难点分析

宁波属典型的软土地区, 广泛分布厚层状软土, 水系发达, 河流众多, 具有“地下水位高, 土层含水率高, 压缩性高, 强度低, 灵敏度高, 透水性低”等特点, 在基坑施工过程中周边土体极易产生变形。

金达南路西侧主体基坑 7~10 轴南侧 7.5m 处有一幢未拆迁民房 (如图 1 所示)。该民房为 2 层框架结构, 基础类型为浅埋条形基础。紧邻基坑的民房对基坑变形控制极为不利, 而基坑变形过大又会造成民房的破坏。此外, 基坑北侧紧靠小洋江, 东侧紧邻金达南路, 车流量较大、常有重载车辆经过, 在基坑开挖过程中更是增加了基坑变形控制的难度。

3 轴力自动补偿系统钢支撑

为保护未拆迁民房, 防止主体基坑施工过程中因基坑周边土体变形造成对民房的破坏, 原设计单位将基坑 7~10 轴南侧变形控制保护等级调整为 1 级 (地面最大沉降量 $\leq 0.1\% H$; 围护结构最大水平位移 $\leq 0.14\% H$), 并在 7~9 轴处第 2~4 道钢支撑使用轴力自动补偿系统, 每道 5 根, 共 15 根 (如图 2)。其中第 2 道为 $\phi 609$ 钢支撑, 设计预加轴力为 100T; 第 3、4 道为 $\phi 800$ 钢支撑, 设计预加轴力分别为 100T 和 120T。钢支撑立面布置见图 3, 其

中轴力自动补偿系统钢支撑编号中带“(s)”。

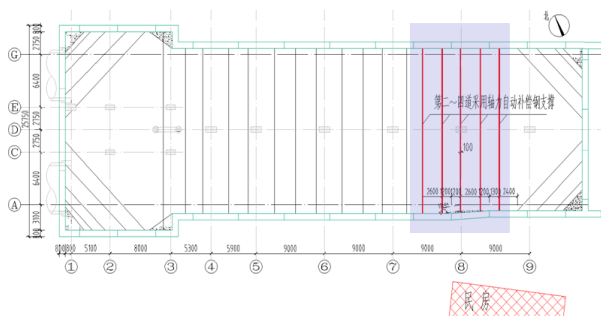


图2 金达南路站钢支撑平面布置图

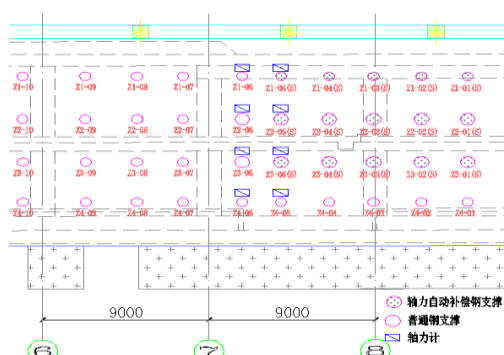


图3 6~9轴钢支撑立面布置图

钢支撑轴力自动补偿系统主要分为4部分：PC人机交互系统，控制系统，油压泵压力系统和钢支撑系统(见图4)。

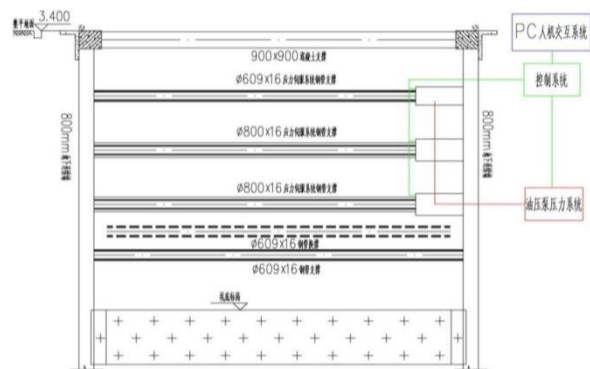


图4 轴力自动补偿系统工作示意图

其中控制系统将数据反映至PC，显示给监测人员；控制油压泵开启和关闭，增压保压；接收钢支撑端部千斤顶轴力数据，与设定数据进行比较。从PC系统输入设定轴力上限值和下限值，转换成视觉可操作平面，油压泵提供支撑轴力支持，支撑直接进行压力输出，同时通过传感器将实时轴力数据反馈给控制系统。当反馈数据低于设定轴力数据范围时，控制系统输出信号驱动油压泵系统开启工作，油压泵不断输送给钢支撑千斤顶压力，待传感器传回数据在一段时间稳定在设定数据之上时，控制系统输出信号关闭油压泵，油压泵停止工作；当反馈数据在设定数据范围内，一切正常，继续运行；当反馈数据高于设定数据范围最大值，控制系统发出报警，进行降压处理。本工程中控制应力补偿

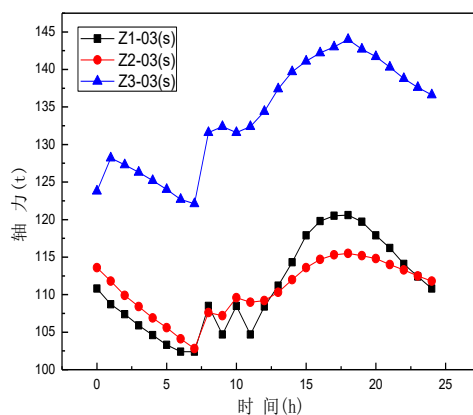
系统钢支撑轴力下限值为设计预加轴力，轴力上限值比下限值大10t。在轴力自动补偿系统运行过程中设定对支撑轴力值每小时采集一次并由系统进行自动保存。

4 数据分析

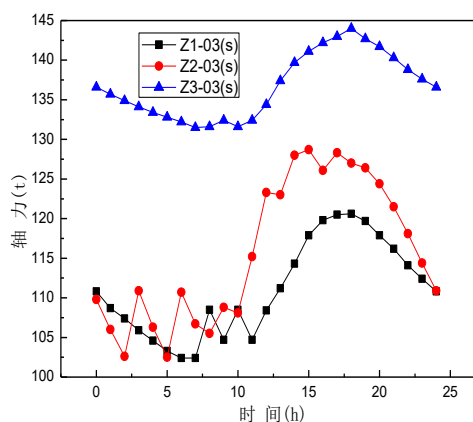
4.1 轴力自动补偿系统运行状况

为测试轴力自动补偿系统钢支撑的轴力控制效果，对轴力自动补偿系统当日的轴力控制情况进行数据分析。图5给出了4月11日和25日Z1-03(s)、Z2-03(s)和Z3-03(s)三根轴力自动补偿系统钢支撑的轴力变化情况。

Z1-03(s)、Z2-03(s)和Z3-03(s)三根钢支撑的轴力下限值分别为95t、95t和120t，可以看出一天内钢支撑的轴力值都控制在轴力下限值以上，轴力变化曲线在24小时当中呈波浪形，其中0~8时和18~24时钢支撑轴力呈下降趋势，8~18时钢支撑轴力呈上升趋势。4月11日7~11时轴力变化曲线产生明显的波动，这是由于在该段时间内正在进行底层土方开挖作业。至4月25日，7~10轴主体底板已浇筑完成，该段基坑的变形和受力情况趋于平稳，但当日轴力变化曲线仍呈波浪形，支撑轴力在夜间会有所降低，而在白天则有所增长，这与钢支撑自身的温度应变而引发的轴力变化有关，相关资料显示^[1]当温差在10℃时钢支撑内温度应力可达15~40T。



(a) 4月11日



(b) 4月25日

图5 轴力自动补偿系统钢支撑日数据变化

4.2 轴力计数据与自动补偿系统数据对比分析

为探究轴力计与自动补偿系统的数据采集的一致性,选取一段日期内 Z1-05(s)、Z3-05(s) 钢支撑在上午 9 时的自动补偿系统轴力显示值与轴力计量测的轴力值进行对比,如图 6 所示。从图中可以观察到以下几个现象:

- (1) 轴力自动补偿系统显示轴力值在不同日期有所波动,但都稳定在轴力自动补偿系统设定的轴力下限值之上;
- (2) 同一时段轴力自动补偿系统显示的轴力值较轴力计量测的轴力值高 5~15T。

这说明自动补偿系统和轴力计在数据采集方面存在一定差异。轴力自动补偿系统所得数据来源于自动节中的油泵压力,轴力计量测的数据是通过设定在钢支撑固定端的单弦轴力计所得。一方面,钢支撑标准节之间通过高强螺栓连接,轴力从油泵传至固定端的过程中存在一定的轴力损失;另一方面,安装时的偏心情况也会对单弦轴力计数据采集的准确性产生影响。

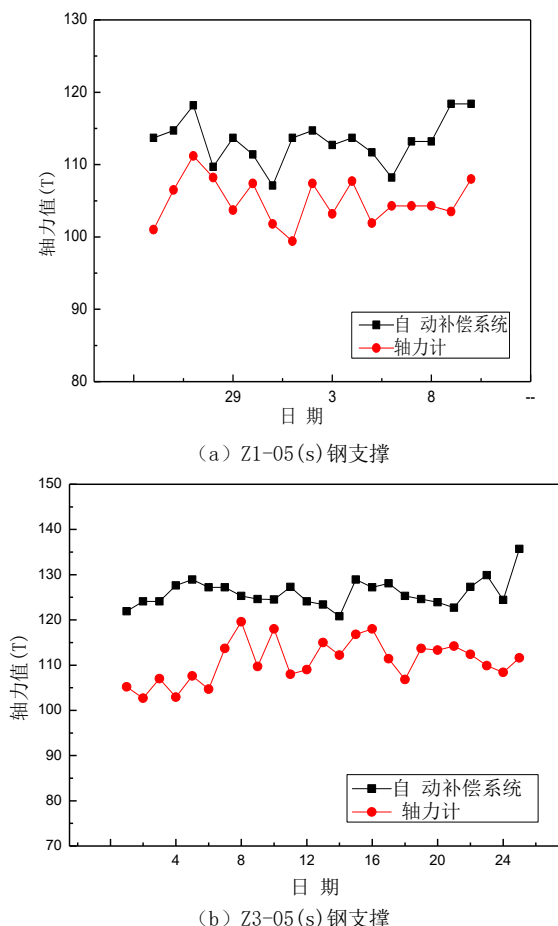


图 6 轴力计数据与自动补偿系统数据对比

4.3 自动补偿钢支撑与普通钢支撑对比分析

为探究轴力自动补偿系统钢支撑与普通钢支撑轴力的变化差异,选取某段时间内 Z1-05(s) 与 Z1-06、Z3-05(s) 与 Z3-06 两组钢支撑的数值进行对比,如图 7 所示。为使

数据更具可比性,轴力自动补偿钢支撑与普通钢支撑的轴力值均来自于轴力计。

从图中可以观察到, Z1-05(s) 与 Z1-06、Z3-05(s) 与 Z3-06 两对钢支撑虽然两两相互临近,但支撑轴力值却存在较大差异。普通钢支撑轴力值波动较大,且个别天数存在轴力突变的情况;轴力自动补偿系统钢支撑轴力曲线较为平缓,轴力值稳定在一定值上下。普通钢支撑轴力值的波动主要由施工现场作业情况、周边交通等原因引起,这表明轴力自动补偿系统钢支撑能够有效降低外界环境变化对轴力值的影响,起到稳定钢支撑轴力值的作用。

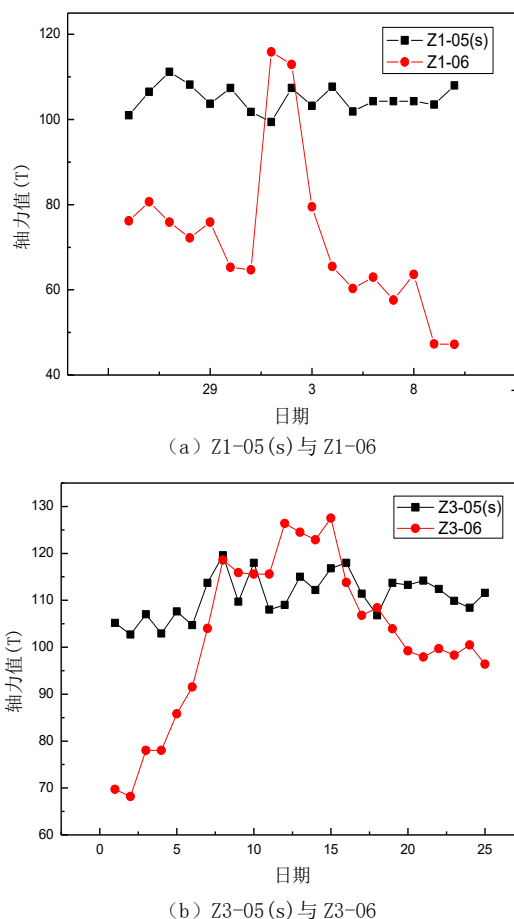


图 7 自动补偿系统钢支撑与普通钢支撑数据对比

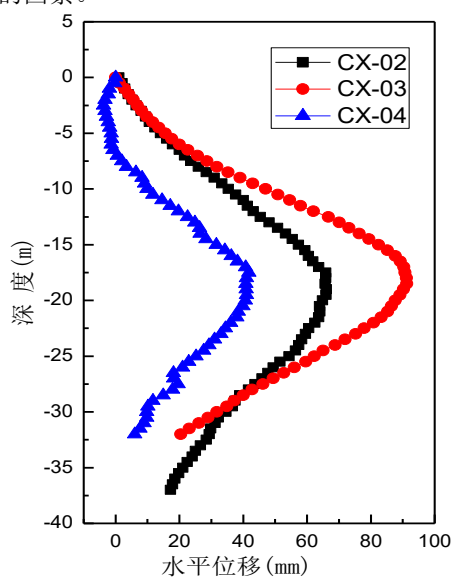
4.4 主体围护结构变形分析

围护结构墙体测斜值是反映基坑开挖过程中基坑变形的主要参数之一。取 4 月 25 日(此时底板已浇筑完成,基坑变形趋于稳定)基坑周边 8 个测斜点的累计变形曲线进行分析,以验证轴力自动补偿系统在控制基坑变形方面的效果。其中, CX-04、CX-18 和 CX-21 三个测斜点均位于轴力自动补偿系统钢支撑应用区域。

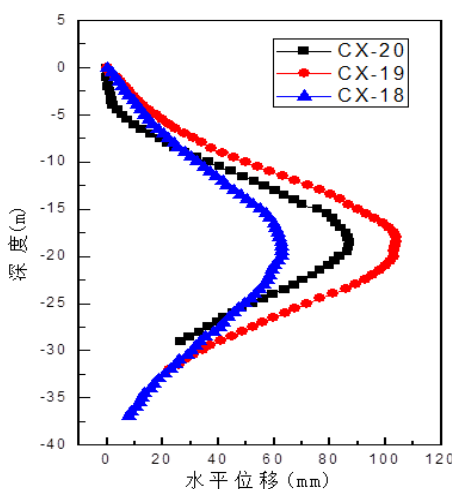
考虑主体基坑的几何形状和支撑设置情况,对比组按照以下原则进行设置:(1) 基坑南侧长边方向三个测斜值进行对比,北侧长边方向三个测斜值进行对比;(2) 封堵

墙与端头井处测斜值进行对比。

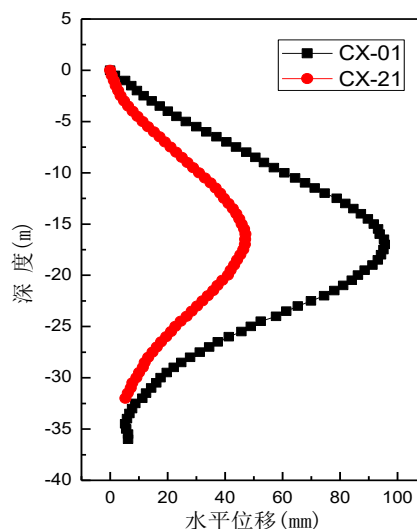
可以看出,在基坑北侧和南侧的测斜点中,CX-04 和 CX-18 两个测斜点的变形值都相对最小,且封堵墙处测斜值(CX-21)也明显低于端头井处侧斜值(CX-01)。CX-04、CX-18、CX-21 三个测斜点的墙体最大位移值分别为 41.8mm、62.9mm 和 47.1mm,与同组墙体最大变形值 91.3mm (CX-02)、103.9mm (CX-19) 和 95.6mm (CX-01) 相比,自动补偿系统钢支撑控制区域内的围护结构墙体倾斜得到了明显的控制。需要说明的是,从现场实际条件来说,轴力自动补偿系统钢支撑所在区域南侧紧邻民房,东侧紧挨金达南路,且与基坑开挖过程中的内驳土方堆置点也仅仅相距 20 多米,其具有更多不利于控制基坑变形的因素。



(a) CX02-04



(b) CX18-20



(c) CX-01、21

图 8 围护结构墙体测斜对比

5 结论

对轴力自动补偿系统钢支撑的运行数据进行采集,对自动补偿系统运行效果、自动补偿系统与监测轴力计间的误差、自动补偿钢支撑与普通钢支撑间的差异和自动补偿系统对主体围护结构变形控制进行了研究,并得到以下几个结论:

(1) 轴力自动补偿系统钢支撑的轴力在一天内呈波浪形波动,但轴力最小值仍高于支撑轴力控制下限值;

(2) 轴力自动补偿系统所得轴力数据曲线形态与轴力计所得曲线形态一致,但相同时段轴力自动补偿系统显示的轴力值较轴力计高;

(3) 与普通钢支撑相比,轴力自动补偿系统钢支撑能够有效降低外界环境变化对轴力值的影响,起到稳定钢支撑轴力值的作用;

(4) 自动补偿系统钢支撑控制区域内的围护结构墙体倾斜得到了明显的控制。

[参考文献]

- [1] 惠渊峰. 某地铁车站深基坑钢支撑温度应力计算与分析[J]. 建筑科学, 2012, 28(9): 11-12.
- [2] 耿涛涛, 张建平, 苏胜晖, 等. 智能钢支撑轴力补偿及基坑变形监控系统[J]. 工程机械, 2016, 47(2): 1-7.
- [3] 王雪晨. 钢支撑轴力自适应实时补偿与监控系统在世纪大都会东方汇广场项目的应用[J]. 工程建设, 2017, 49(4): 16-18.

作者简介: 欧祝明 (1970.6—), 毕业院校: 西南科技大学, 所学专业: 土木工程专业, 当前就职单位: 宏润建设集团股份有限公司, 职务: 项目经理, 职称级别: 副高级工程师。

宽带接入网低成本解决方案及应用研究

杨正琴

中国电信股份有限公司南通分公司, 江苏 南通 226001

[摘要]随着互联网需求的不断增长, 宽带接入网面临着建设成本高和覆盖范围有限的问题。传统的接入技术如光纤到户 (FTTH) 虽然提供高质量网络, 但在一些偏远地区和小规模社区的建设成本较高。为了应对这些挑战, 低成本宽带接入网的解决方案应运而生。这些方案包括无线接入技术 (如 Wi-Fi 和 LTE)、混合接入技术 (如 FTTC 和 VDSL) 以及基于现有网络的创新技术。通过优化网络架构和共享资源, 这些技术能够有效降低成本, 扩展覆盖范围, 尤其在农村和社区的宽带接入上具有重要意义。

[关键词] 宽带接入网; 低成本; 解决方案; 应用研究

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14719

中图分类号: TN929

文献标识码: A

Research on Low Cost Solutions and Application for Broadband Access Networks

YANG Zhengqin

Nantong Branch of China Telecom Co., Ltd., Nantong, Jiangsu, 226001, China

Abstract: With the continuous growth of Internet demand, broadband access networks are facing the problems of high construction costs and limited coverage. Traditional access technologies such as Fiber to the Home (FTTH) provide high-quality networks, but have higher construction costs in some remote areas and small communities. In order to address these challenges, low-cost broadband access network solutions have emerged. These solutions include wireless access technologies (such as Wi-Fi and LTE), hybrid access technologies (such as FTTC and VDSL), and innovative technologies based on existing networks. By optimizing network architecture and sharing resources, these technologies can effectively reduce costs and expand coverage, especially in broadband access in rural and community areas, which is of great significance.

Keywords: broadband access network; low cost; solutions; application research

引言

随着信息技术的迅猛发展及数字化转型的不断推进, 宽带接入网已经成为现代社会不可或缺的基础设施。尤其是在互联网、云计算、大数据、物联网等新兴技术的驱动下, 宽带接入网的建设需求愈加迫切。然而, 传统宽带接入技术常面临建设成本过高、覆盖范围受限等挑战。如何在保障网络性能的同时, 降低建设与运营成本, 已成为行业亟待解决的重要问题。低成本宽带接入网技术的提出, 旨在通过创新的网络架构、资源优化配置及新型接入技术的应用, 实现成本效益的最大化, 同时满足用户日益增长的需求。信息通信基础设施的普及率, 借助这种低成本方案, 不仅能得到提升, 还能够有效推动数字经济的发展, 并促进偏远及农村地区的信息化进程, 从而缩小城乡之间的数字鸿沟。随着技术的进步, 宽带接入方式逐步从传统的光纤接入、ADSL 接入等方式, 向更加灵活的无线接入、混合接入等新型方案转变。这些创新解决方案不仅能显著降低初期投资, 还能提高网络的运营效率, 更好地适应不同场景的宽带接入需求。低成本宽带接入网的技术方案及其在各类应用场景中的实际应用, 本文将探讨, 分析其成本效益, 并展望未来的发展方向。通过研究这些技术方案, 期望为相关领域的从业者提供有价值的理论支持和实践指导, 助力宽带接入网建设在成本控制与技术创新方面的

突破, 为实现普及的数字化、智能化社会贡献力量。

1 低成本宽带接入网技术方案

1.1 光纤到户 (FTTH) 技术

光纤到户 (FTTH) 技术是低成本宽带接入网方案中的关键技术之一, 其原理在于通过光纤将宽带服务直接连接到用户家庭, 提供高速且稳定的互联网连接。与传统的铜线接入方式相比, FTTH 技术能够提供更高的带宽和更低的延迟, 满足日益增长的宽带需求, 尤其在高清视频、云计算、大数据等应用场景中, 至关重要。光纤的传输特性, 使其具备较长的传输距离和较强的抗干扰能力, 信号衰减及网络质量波动得以有效减少, 确保了在长时间、大流量使用的情况下, 依然能够保持优质的服务体验。尽管 FTTH 技术在低成本解决方案中的部署面临挑战, 尤其是在建设初期的高投资成本及铺设工作的复杂性, 但随着技术的不断发展与市场需求的增长, FTTH 的建设成本逐渐得到了控制。在城市及高密度区域, 光纤铺设可通过集中化布线、共享管道等方式, 投资可大幅降低。此外, 良好的扩展性与未来可升级性, FTTH 技术也具备, 能够满足日后更高速率的需求, 从而保障了网络的长期发展。随着宽带用户对网络速度与稳定性的需求不断提升, FTTH 技术已成为推动下一代宽带网络建设的核心技术。现有网络接入的速度瓶颈, FTTH 不仅有效解决了, 还能满足未来更大带宽

和更高性能的需求。正因如此，FTTH 正在全球范围内逐步成为宽带接入网发展的重要方向。在低成本解决方案中，尽管初期建设面临挑战，但随着技术优化与市场规模的扩展，FTTH 的性价比正在逐渐提高，成为实现普及宽带接入的关键技术之一。

1.2 无线接入技术（如 Wi-Fi、LTE 等）

无线接入技术，如 Wi-Fi 与 LTE，是低成本宽带接入网方案的核心组成部分，为用户提供了灵活且经济的网络连接选项。通过无线电波，Wi-Fi 技术在较短的距离内进行数据传输，广泛应用于家庭、办公室及公共场所等区域，极大地方便了互联网接入。其主要优点在于低部署成本、高灵活性，并且可以通过现有基础设施进行改造，尤其适合密集区域的快速覆盖。引入 Wi-Fi 6 技术后，数据传输速率不仅得到了提高，而且在设备密集环境中的稳定性与容量也得到了改善，能够满足高清视频、智能家居等需求。相比之下，LTE（长期演进）技术提供了更广泛的覆盖范围及更高的移动性，尤其适用于偏远地区或移动场景下的宽带接入需求，表现尤为突出。作为一种蜂窝网络技术，LTE 能够提供稳定的高速数据连接，支持大规模用户接入与频繁的切换^[1]。由于其基于运营商基础设施的特性，LTE 具有较强的可扩展性与经济性，尤其在农村或低密度地区，通过共享基础设施，LTE 能够有效降低成本并扩展网络覆盖范围。随着 5G 技术逐步商用，LTE 的路径逐渐朝着更高速度与低延迟的方向发展，未来对于大数据与物联网等应用对带宽及网络性能的高要求，能够得以满足。在低成本宽带接入的框架下，无线接入技术通过减少物理布线与设备投资，显著降低了网络建设成本，同时提升了网络部署的灵活性。尤其是在城市与农村地区，结合 Wi-Fi 与 LTE 等无线接入技术，传统有线接入方式中的建设周期长、费用高等问题得到了有效解决，网络覆盖也因此实现了更广泛的覆盖。无线接入技术的持续发展与创新，为低成本宽带接入网的推广提供了坚实支持，尤其在提升网络普及率、优化用户体验及推动社会经济的数字化转型方面，正在发挥着越来越重要的作用。

1.3 混合接入技术（如 FTTC、VDSL 等）

混合接入技术，如 FTTC 和 VDSL，融合了光纤与传统铜缆的优势，是低成本宽带接入网的重要解决方案之一。FTTC（Fiber to the Curb，光纤到路边）技术将光纤铺设至离用户较近的路边或街道旁的配线柜，随后通过现有的铜缆（如电话线）将信号传输至用户终端。这种方式相比光纤到户（FTTH），光纤铺设成本得到了显著降低，尤其在已具备传统电话网络基础设施的地区，FTTC 为宽带接入提供了一个经济高效的替代方案。通过引入光纤，传输速率得到了提升，使得 FTTC 相比传统铜缆接入方式具有更高的带宽，能够满足高清视频、在线游戏、云计算等高带宽应用的需求，同时保证较低的延迟。作为一种高效

的铜缆宽带接入技术，VDSL（高速数字用户线）能够在现有电话线的基础上实现更高的数据传输速率。VDSL 的带宽优势，使其能够支持大规模的视频流媒体、在线办公、高清视频会议等应用，特别是在距离基站较近的用户环境中，接近光纤接入的网络体验得以提供。结合 FTTC 与 VDSL，传统铜缆与现代光纤技术的优势得到了充分利用，信号传输方式得以优化，从而降低了接入成本，并提高了网络覆盖范围与传输质量。混合接入技术不仅大幅降低了宽带接入的初期投资，还延长了现有网络基础设施的使用寿命。在城市密集区或人口集中区域，FTTC 与 VDSL 能够提供充足的带宽，满足不同用户的接入需求。与此同时，随着技术的进步，FTTC 与 VDSL 在传输速率与信号质量方面的表现逐步接近光纤接入，使这一混合接入方案成为低成本宽带接入网络的重要选择之一^[2]。通过该方案，不仅运营商的建设成本有效降低，同时在保障网络质量的情况下，也能迅速实现大规模的宽带网络部署，推动网络普及与社会信息化进程。

1.4 基于现有网络的技术创新

基于现有网络的技术创新，旨在通过充分利用已有基础设施，降低宽带接入网的建设成本，同时提升网络传输能力与覆盖范围。传统的宽带接入网通常依赖全新的建设，尤其在资源有限或地理条件复杂的地区，建设成本往往较高。然而，通过对现有网络技术进行创新应用，可以有效节约建设投入，加速宽带网络的普及进程。对 DSL（数字用户线）技术进行升级改造，是一种常见的技术创新方式，尤其在 ADSL（非对称数字用户线）基础上引入更高速的 VDSL 或 G.fast 技术。通过改进传输协议和信号处理方式，这些技术显著提高了传统铜缆网络的传输速率，使得即便在现有铜缆基础设施上，也能够满足更高带宽的需求。例如，G.fast 技术通过优化频谱利用与信号压缩方法，实现了接近光纤级的传输速率，尤其在短距离内，能够避免完全铺设光纤带来的高昂成本。另一项创新是通过无源光网络（PON）架构提升接入网性能。通过共享光纤资源，PON 技术减少了光纤到户（FTTH）建设中的重复投入，同时，通过精确的带宽分配，网络运营成本得到了降低。除了光纤技术外，基于现有电力线和同轴电缆等传输介质的技术也在不断发展。例如，电力线通信（PLC）技术通过现有电力线网络实现数据传输，尽管其速度稍逊于光纤或专用线路，但快速部署的优势，使其特别适用于没有光纤基础设施的地区。随着无线接入技术的发展，Wi-Fi、LTE 等无线通信技术也在现有网络中发挥着重要作用。宽带服务通过利用现有的移动通信基站或 Wi-Fi 热点，可以实现无缝覆盖，尤其在城市与农村地区，网络接入问题得以有效解决。

2 低成本宽带接入网的应用场景

2.1 城市宽带接入

城市宽带接入，作为现代信息社会发展的核心基础之

一, 承载着重要的社会与经济功能。随着城市化进程的加速以及互联网应用的广泛普及, 市民与企业对高速、稳定的宽带接入需求日益增加。在这一过程中, 低成本解决方案逐渐成为主流选择, 旨在降低网络建设与运营成本, 同时满足对带宽及网络质量的多样化需求。通过采用光纤到楼 (FTTB) 与光纤到户 (FTTH) 的混合接入模式, 城市地区面临的高人口密度与复杂建筑环境的挑战得到了有效应对, 同时网络性能的高效运作得到了保证。此外, 无线接入技术, 如 Wi-Fi 与 LTE, 在城市中的广泛应用, 进一步推动了网络覆盖的扩展。特别是在公共区域、商业区以及高密度居民区, Wi-Fi 热点与小基站的建设能够迅速提供广泛覆盖, 不仅提升了用户体验, 也有效降低了建设成本。技术的结合, 推动了城市宽带接入的普及, 满足了不同地区对高质量网络服务的需求。

2.2 农村地区宽带接入

在农村地区, 宽带接入的推广面临地理环境、经济条件以及基础设施建设等多方面的挑战。由于建设成本较高及基础设施不足, 传统的光纤到户 (FTTH) 技术常常难以在这些地区广泛应用。为应对这一问题, 低成本的宽带接入技术显得尤为关键。为了降低建设费用, 混合接入方案, 诸如光纤到社区 (FTTC) 与无线接入技术 (如 LTE、Wi-Fi), 可被广泛采用。通过利用现有的通信网络资源, 光纤铺设的工程量得以有效减少, 从而降低了整体投资。这些技术能够将宽带信号覆盖到各个村庄或社区, 最后通过无线网络、铜缆或电力线等方式完成最后一公里的接入。另外, 电力线通信 (PLC) 技术, 作为一种成本较低的解决方案, 也逐渐得到应用^[3]。通过现有的电网线路提供宽带接入服务, 不仅避免了铺设新线路的高昂费用, 还能够迅速实现宽带覆盖。通过这些创新的接入方式, 基础设施建设的投资得以有效减少, 宽带网络的覆盖面与服务质量得到显著提升。

2.3 企业和社区的宽带接入方案

在企业与社区的宽带接入方案中, 低成本技术的应用旨在兼顾网络性能与建设、维护的经济性。尤其是在中小型企业环境中, 由于面临较为严格的预算限制, 选择适合的宽带接入方案显得尤为重要。对于这些企业, 具有高性价比的选择是混合接入技术, 如光纤到社区 (FTTC) 结合无线接入 (如 Wi-Fi、LTE 等)。通过将光纤铺设至接入点, 再结合无线技术或铜线进行内部网络分布, 初期建设成本得以有效降低。此外, Wi-Fi 与 LTE 等无线技术不仅提供灵活的接入方式, 在区域扩展性方面也具有显著优势。在社区宽带接入方面, 尤其是在住宅密集区, 采用光纤到户 (FTTH) 或光纤到大楼 (FTTB) 结合 VDSL 等技术, 既能够提供高带宽, 又能在成本上保持一定的可控性。通过统一部署并整合现有基础设施, 高速互联网接入在社区中得以实现的同时, 单个用户的费用被有效分摊, 从而降低

了整体接入成本。

3 低成本解决方案的成本效益分析

在低成本宽带接入网的实施过程中, 进行全面的成本效益分析至关重要, 这不仅包括初期投资、长期运营与维护成本, 还涉及成本与性能之间的平衡。初期投资与建设成本常常是决定宽带接入方案可行性的关键因素。采用如光纤到社区 (FTTC) 或无线接入技术 (如 Wi-Fi、LTE 等) 等混合方案, 能够显著降低光纤敷设与设备安装的开支。这类方案相比全光纤接入 (如 FTTH), 在较大范围内减少了光纤的铺设长度, 从而初期建设费用得以降低。尽管这些方案在建设上更加经济, 但设备选型与技术选择仍需考虑未来的可扩展性与网络服务质量。在长期的运营与维护成本方面, 也是一个重要的考量因素。虽然低成本的方案能够有效减小初期投入, 但设备维护、网络升级与持续优化依然需要一定的投入。网络维护的复杂性, 在无线接入技术中尤为突出, 涉及频谱管理、网络性能监控以及设备更新等多个方面。相比之下, 光纤网络在稳定性上具备优势, 然而其初期投入较大, 随之而来的运营与维护成本也逐步增加。宽带接入方案的设计, 必须在成本与性能的平衡上兼顾两者。在追求降低成本的同时, 带宽、延迟、稳定性等性能要求也不应被忽视。某些特殊应用场景, 例如大规模企业或人口密集的居民区, 虽然混合接入方案能够减少建设费用, 但在带宽与服务质量上却可能无法满足需求。对于这些情况, 可能需要进一步的技术投资或网络升级。最终, 如何在成本与性能之间找到最佳平衡, 将决定该方案的可行性与用户满意度。

4 发展方向

低成本宽带接入网的未来发展, 将受到技术进步、市场需求与政策环境等多重因素的综合影响。随着 5G、6G 等先进通信技术的快速发展, 无线接入技术在带宽、传输速率以及网络覆盖等方面将迎来更大突破, 新的技术支撑将为低成本宽带接入提供。与此同时, 网络虚拟化技术 (如 SDN、NFV) 的日益成熟, 使得传统网络架构能够更加高效地管理和调度资源, 从而降低运营与维护成本, 并提高网络的灵活性与可扩展性。另一方面, 尽管光纤到户 (FTTH) 等传统光纤接入技术初期建设成本较高, 但随着制造工艺与施工技术的不断进步, 光纤铺设成本逐渐降低, 高带宽与低延迟特性所提供的优势, 使光纤更加契合未来对高带宽的需求^[4]。混合接入技术, 如 FTTC 与 VDSL 结合, 仍然是一个关键的发展方向, 这类方案在平衡成本效益的同时, 能够满足不断增长的带宽需求。此外, 随着政策对农村及边远地区宽带接入的支持力度不断加强, 低成本解决方案在这些地区的应用前景将更加广阔。智能家居、物联网等新兴应用的普及, 亦推动着网络服务质量的不断提升。在这一背景下, 低成本宽带接入方案将逐步发展为一种高效能的全方位解决方案, 为数字经济与智慧社会的建设提供

强大动力。

5 结语

在宽带接入网建设过程中,应用低成本解决方案具有重要的实际意义。通过结合光纤到户、无线接入及混合接入等多种技术手段,建设成本得以显著降低,网络覆盖得到有效提升,尤其是在农村及偏远地区。本文通过对各类技术方案的比较分析,突出了低成本宽带接入网络在满足用户需求、降低运营费用方面的明显优势。随着技术的不断进步及市场需求的日益增长,低成本宽带接入技术有望在更广泛的应用场景中得到推广。政策支持、技术创新与社会资本的积极参与,为低成本宽带网络的普及提供了更加稳固的保障,推动全球信息化进程

迈向更高层次。

【参考文献】

- [1] 罗洪江,黄志新,赖柏辉,等. 宽带接入网低成本解决方案及应用研究[J]. 长江信息通信,2021,34(12):197-199.
- [2] 杨江滋. 无线光宽带接入网中节能算法设计与仿真实现[D]. 吉林:东北大学,2012.
- [3] 陆洋. 互联网宽带接入技术及其工程实践研究[D]. 江苏:南京邮电大学,2018.
- [4] 张崇富,陈晨,张位,等. 宽带接入网关键技术研究进展[J]. 科技导报,2016,34(16):34-44.

作者简介: 杨正琴(1981.9—),女,硕士,主要从事城域网、宽带接入网维护与优化工作。

智能技术在电力通信自动化系统中的应用

尹梁国 封凯

国网山东省电力公司滨州市沾化区供电公司, 山东 滨州 256800

[摘要] 电力通信自动化系统作为电力行业的核心基础设施, 承担着电力调度、监控及数据传输等重要职能。随着电力行业向智能化与数字化迈进, 传统通信模式的不足逐渐显现, 亟须通过引入先进的智能技术进行升级。人工智能、物联网、5G等技术的应用, 不仅显著提升了系统的运行效率与安全性, 还在技术整合与数据安全等方面带来了挑战。智能技术在电力通信自动化领域的应用现状及发展趋势将进行探讨, 当前的技术难题也将被分析并提出相应的应对策略。

[关键词] 智能技术; 电力通信; 自动化系统

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14717

中图分类号: TM7

文献标识码: A

Application of Intelligent Technology in Power Communication Automation System

YIN Liangguo, FENG Kai

Binzhou Zhanhua Power Supply Company of State Grid Shandong Electric Power Company, Binzhou, Shandong, 256800, China

Abstract: As the core infrastructure of the power industry, the power communication automation system undertakes important functions such as power dispatching, monitoring, and data transmission. As the power industry moves towards intelligence and digitization, the shortcomings of traditional communication models are gradually becoming apparent, and there is an urgent need to upgrade by introducing advanced intelligent technologies. The application of technologies such as artificial intelligence, the Internet of Things, and 5G not only significantly improves the operational efficiency and security of the system, but also brings challenges in technology integration and data security. The current application status and development trend of intelligent technology in the field of power communication automation will be discussed, and the current technical difficulties will also be analyzed and corresponding response strategies will be proposed.

Keywords: intelligent technology; electric power communication; automation system

引言

随着信息技术的迅速发展, 电力通信自动化系统正面临着向智能化转型的迫切需求。传统系统已难以应对日益增长的高效性、实时性与安全性要求, 智能技术的引入为电力通信系统提供了新的发展机遇。人工智能、大数据、物联网及5G等技术的深度融合, 系统的效率、可靠性与安全性正在显著提高。智能化转型过程中, 技术瓶颈仍然存在, 如设备兼容性、数据处理能力以及网络安全等问题。针对这些挑战, 智能技术在电力通信自动化中的应用及面临的困难的深入探讨, 对于推动行业的持续发展具有重要意义。

1 智能技术在电力通信自动化中的重要性

1.1 提升电力通信系统的效率与可靠性

智能技术在提升电力通信系统效率与可靠性方面发挥着至关重要的作用。借助人工智能、大数据分析及机器学习等前沿技术, 电力通信系统能够对数据流进行实时监控、分析与优化, 从而显著提高通信效率。数据传输路径以自动优化的智能调度系统, 减少了网络延迟与拥堵, 确保了数据能够快速而精准地传输。此外, 基于机器学习的算法, 历史数据被分析以预测可能的通信故障, 提前发出

预警并进行修复, 有效降低了故障发生的概率, 保证了系统的稳定与连续运行。通过这些智能化手段, 电力通信系统在处理大量数据时展现出更高的效率, 并能够在突发事件中做出迅速响应, 从而显著增强了系统的可靠性与应急处置能力。

1.2 智能技术在电力网络安全中的作用

随着电力网络安全面临的威胁日益复杂, 智能技术在保障系统安全方面的作用愈加突出, 通过结合人工智能与大数据分析, 网络安全隐患得以实时监测与评估。依托机器学习算法, 智能防护系统能够及时识别异常流量、入侵迹象及潜在漏洞, 自动触发警报并采取相应的防御措施, 这种智能化的威胁检测与响应机制, 相比传统的安全防护手段具敏锐性与高效性, 有助于在攻击发生之前识别并应对潜在风险。历史数据的深入分析使智能技术能够揭示安全事件的规律与趋势, 从而提升防护策略的前瞻性与精准度。电力网络安全由此不再仅仅依赖被动防御而转向主动预防, 极大增强了电力通信系统的抗风险能力, 确保了系统的长期稳定运行。

1.3 优化电力通信自动化系统的管理与监控

智能技术在优化电力通信自动化系统的管理与监控

方面, 提供了强有力的支持, 通过集成物联网、大数据分析 & 云计算等先进技术, 系统的运行状态、流量数据及设备健康信息得以实时监控, 不仅加速了数据传输速度, 还能够进行深度分析, 为决策提供了重要依据。例如, 基于数据驱动的智能分析, 运维人员能够预测设备故障趋势, 实现远程监控与预防性维护, 从而减少了人工干预的频次, 并有效降低了故障发生的风险, 资源分配的自动调整由智能管理系统完成, 根据网络负载与设备状况进行优化, 保障了系统的高效稳定运行, 通过这些智能化的管理与监控方式, 电力通信自动化系统的运营效率得以显著提升, 人工操作引发的失误与延迟被大幅减少, 使得系统在日常运行中变得更加可靠与高效。

2 智能技术在电力通信自动化中的现状

当前, 智能技术在电力通信自动化领域的应用正在取得显著进展, 但面临的挑战依然不少。随着大数据、云计算、人工智能等技术的快速发展, 越来越多的电力公司将这些先进技术引入通信系统中。例如, 智能调度和网络管理系统已被一些大型电力企业采用, 通过数据分析优化网络资源配置, 从而显著提升了通信效率与系统的可靠性。此外, 智能故障诊断与预测技术已广泛应用于实践中, 能够实时监控设备运行状态, 提前识别潜在故障并进行处理, 有效降低了系统停运的风险。尽管智能技术的应用取得了一定的成效, 电力通信自动化系统的智能化水平仍然存在差距, 尤其在系统集成与技术标准化方面。现有系统多为局部智能化, 缺乏统一的平台与标准, 这导致了不同技术和设备之间的兼容性差, 信息孤岛现象依然存在。同时, 智能技术的有效应用对数据安全与隐私保护提出了更高的要求。在推动技术创新的同时, 如何应对日益严峻的安全风险, 仍是行业亟待解决的问题。尽管智能技术在电力通信自动化中的应用展示了巨大的潜力, 要实现全面智能化及高效整合, 更多的技术突破与行业间深度合作仍显得至关重要。

3 智能技术在电力通信自动化系统中的应用

3.1 智能调度与网络管理

智能调度与网络管理在电力通信自动化系统中的应用, 显著提高了通信网络的效率与稳定性。引入大数据分析 & 人工智能算法后, 智能调度系统能够实时监控电力通信网络的流量、设备负载及健康状态, 进而动态调整资源分配。例如, 遇到高流量或设备故障时, 数据传输路径可迅速重新规划, 避免了网络拥堵, 确保了关键数据的优先传送, 基于人工智能的技术, 网络负载的波动能够被预测, 网络配置将根据时间段及实际需求自动调整, 从而进一步增强了网络的响应速度与灵活性。在网络管理方面, 智能技术能够全面监控系统状态实时识别潜在风险, 并通过自动化手段进行干预。集成物联网技术后, 当设备出现故障时诊断数据能够即时获取, 原因分析及修复建议会被推送, 甚至修复操作能自动执行, 不仅有效减少了人工干预的时

效性问题, 还提升了故障响应的准确性。

3.2 智能故障诊断与预测

智能故障诊断与预测在电力通信自动化系统中的重要作用显而易见, 不仅帮助系统提前识别潜在问题, 还能采取有效的预防措施, 通过结合机器学习与大数据分析技术, 设备运行状态可实时监控, 来自各类传感器的数据得以分析, 进而发现异常趋势或潜在故障的早期迹象。例如, 通过对历史数据的模式识别, 智能算法能够察觉设备运行中的微小偏差, 预测可能导致故障的因素, 如过热、负载过高或部件老化。故障发生之前系统不仅能够发出预警, 还能准确定位故障的地点与原因, 为维修人员提供切实可行的修复方案。智能故障诊断与预测技术还具备自我学习的功能, 随着数据的不断积累与算法的逐步优化, 故障检测的精准度与响应速度得到了显著提升, 这种智能化的处理方式, 使故障得以提前预测, 减少了由设备故障引起的停运时间, 同时有效减轻了人工巡检的负担, 确保了电力通信系统的高效与稳定运行。

3.3 自动化控制与远程监测

自动化控制与远程监测在电力通信自动化系统中的核心地位, 推动着系统运维的智能化与高效化。借助传感器、物联网与云计算技术, 远程监测系统得以实时采集与分析设备的运行状态、环境变化及网络性能数据, 这些数据被传输至中央控制平台, 使运维人员能够在任何地点、任何时间掌握系统运行情况, 从而免去现场检查的繁琐。与此同时, 智能控制系统根据实时监测数据, 自动调整设备设置与工作参数^[1]。例如, 系统能够根据网络负载的变化, 自动调节通信设备的功率, 确保在不同负载条件下网络的稳定性与性能。远程监测与自动化控制不仅提升了系统状态的可视化管理, 也极大增强了响应速度。在故障发生时, 自动化控制系统能够迅速启动预设的应急处理程序, 进行自动修复或切换至备用系统, 从而最大限度地减少系统停机时间。同时, 智能分析技术通过对历史数据的深入挖掘预测故障趋势, 提前安排维护, 避免了突发故障带来的运营风险。

3.4 网络安全与智能防护

网络安全与智能防护在电力通信自动化系统中的重要性, 尤其在数字化转型日益深入的背景下愈发凸显。面对日益复杂的安全威胁, 电力系统通过结合人工智能与大数据分析, 成功实现了网络流量的实时监控与异常检测, 通信链路中的数据流模式能够被系统自动分析, 及时识别出潜在的攻击行为, 如 DDoS 攻击、入侵尝试及数据篡改。一旦可疑活动被发现, 智能防护机制便迅速响应, 自动阻断攻击源甚至进行隔离, 从而避免了传统防护措施在应对新型威胁时的滞后性。智能防护技术还具备自我学习与持续优化的能力, 对未知威胁的识别精度得以逐步提高, 大量历史安全事件数据的分析, 使系统不仅能够有效应对已

知的攻击模式，还能提前预测并识别潜在的新型风险，这种具备预测性功能的防护机制，使得电力通信系统在面对复杂且多变的安全挑战时，能够保持高度的灵活性与稳定性，从而确保系统的安全运行。

3.5 数据分析与优化决策

数据分析与优化决策在电力通信自动化系统中的作用，尤其在提升系统运行效率与精确管理方面日益突出，通过结合大数据分析 with 机器学习技术，电力通信系统能够实时采集并处理大量信息，涵盖网络流量、设备运行状态及用户需求等多种数据，这些数据经过深入分析，不仅有助于发现潜在的性能瓶颈，还为决策提供了科学依据。例如，高负载状态的设备能够被系统自动识别，结合优化调度算法，资源分配得以调整，从而避免了网络拥堵确保了通信链路的高效畅通。数据分析在优化决策过程中的重要作用不容忽视，它推动了运营管理向更精准、高效的方向发展，通过回顾历史数据并进行趋势分析，智能系统能够预测未来的运行需求与可能的问题，从而提前做出必要的调整与安排。此预测能力使得电力通信系统能够以更低成本和更高的可靠性进行运营^[2]。例如，在流量高峰期，系统能够根据历史流量数据，智能调整通信路径，减少延时，进一步提升了整体通信效率。

4 未来发展趋势与挑战

4.1 智能化应用的创新与发展

智能化应用的创新与发展，正推动电力通信自动化系统朝着更高效、更安全、更灵活的方向演进。随着人工智能、物联网及 5G 技术的迅猛发展，电力通信系统的智能化水平将持续提升。未来，智能调度系统有望更精准地预测电力负荷变化，自动调整通信网络的资源分配，从而提升系统的响应速度与可靠性，人工智能在故障诊断与预测中的应用将愈加深入，依托海量数据能够实现更为精准的预测分析，为复杂故障的提前预警与处理提供强有力的支持。智能化技术的融合应用将改变传统管理模式，未来的电力通信自动化系统不再仅依赖单一的监控平台，而是通过多元化的数据源及分布式智能节点进行全网协同管理^[3]。由此，通信系统的管理将从传统的集中式模式转向更加灵活、高效的分布式智能决策方式。随着技术不断进步，智能防护技术将变得更加精细，能够实时监控网络安全态势，自主发现潜在威胁并采取应对措施，从而为电力通信系统的长期稳定运行提供强有力的保障。尽管如此，智能化应用的快速发展同样带来了新挑战，如技术复杂性、系统兼容性问题，以及如何在保障安全的基础上深入应用智能技术。如何在大规模部署智能化技术的同时，确保系统具备足够的可扩展性与稳定性，已成为未来发展过程中亟待解决的关键难题。

4.2 电力通信自动化系统面临的技术挑战

在推动智能化发展的过程中，电力通信自动化系统面临着诸多技术挑战。由于系统的复杂性与多样性，技术集成已成为一项艰巨的任务。电力通信自动化系统涉及多个硬件设备、通信协议及软件平台，各设备间的兼容性、数据传输的稳定性与安全性，常常成为技术整合中的瓶颈。例如，随着 5G、物联网等新兴技术的引入，如何实现这些技术与现有电力通信基础设施的无缝连接，并在实际运行中保持高度的协同，仍然是亟待解决的难题。数据处理与分析的压力亦不容忽视，电力通信自动化系统所产生的数据量庞大种类繁多，如何高效地存储、传输、处理并分析这些海量数据，已成为系统面临的核心问题。传统的数据分析方法在处理如此庞大且动态变化的数据时往往表现不佳，智能化分析与决策系统的需求日益强烈，如何在确保系统低延迟和高可靠性的前提下，完成对实时数据流的高效处理与精准决策，仍然是技术突破的关键所在。随着电力通信系统逐步实现全面数字化与联网，网络安全问题变得愈加严峻。潜在的网络攻击与安全威胁不断增加，如何在保证系统高效运行的同时，有效应对各类网络攻击，并确保数据的完整性与机密性，成为技术发展过程中必须重点解决的挑战。

5 结语

智能技术在电力通信自动化系统中的应用，正引领电力行业朝着更高效、可靠与安全的方向发展。从智能调度到故障诊断，从自动化控制到数据分析，智能化手段正在优化各项功能，提升系统的响应能力与自愈性能。尽管如此，智能技术的广泛应用仍面临诸多挑战，尤其是在设备兼容性、数据处理能力与网络安全等方面，这些问题亟须通过技术创新与跨领域合作加以解决。展望未来，随着人工智能、大数据、物联网等技术的进一步发展成熟，电力通信自动化系统将持续向更加智能化与自动化的目标迈进。当前技术瓶颈的解决，推动智能化应用的深度融合，将成为未来电力通信行业的重要课题，通过不断加强技术研发与实际应用的结合，全面智能化的电力通信系统将得以实现，从而保障电力网络的安全性、稳定性与高效性。

【参考文献】

- [1]王静娴. 智能技术在电力通信自动化系统中的应用[J]. 集成电路应用, 2024, 41(8): 192-193.
 - [2]王理想. 电力系统自动化智能技术在电力系统中的应用分析[J]. 大众标准化, 2021(5): 57-59.
 - [3]范霁清. 智能技术在电力调度自动化系统中的应用[J]. 集成电路应用, 2024, 41(2): 90-91.
- 作者简介：尹梁国（1990.8—），男，汉族，继电保护及其自动化。

露天采矿边坡控制性爆破施工技术

郭永琪

天博辰业矿业有限公司, 新疆 博尔塔拉蒙古自治州 833400

[摘要]露天采矿是一种常见的采矿模式,随着采矿深度增加,边坡高度相应增加,对稳定性提出了较高要求。在露天采矿中所面临的因素众多,尤其需要对爆破加以重视,这关系到采矿的可行性与科学性,其中控制性爆破施工技术的有效应用,能够保证爆破过程中各项指标符合基本要求,可提高安全性,减少各类安全事故的发生。本文在概述常用的边坡控制性爆破技术基础上,分析了露天采矿爆破期间常见的问题,最后总结了露天采矿边坡控制性爆破技术的应用措施。

[关键词]露天采矿; 边坡控制; 爆破施工; 施工技术

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14738

中图分类号: TD235

文献标识码: A

Controlled Blasting Construction Technology for Open-pit Mining Slope

GUO Yongqi

Tianbo Chenye Mining Co., Ltd., Bortala Mongol Autonomous Prefecture, Xinjiang, 833400, China

Abstract: Open pit mining is a common mining mode, and as the mining depth increases, the slope height correspondingly increases, which puts forward higher requirements for stability. There are many factors faced in open-pit mining, especially the need to pay attention to blasting, which is related to the feasibility and scientificity of mining. The effective application of controlled blasting construction technology can ensure that all indicators during the blasting process meet basic requirements, improve safety, and reduce the occurrence of various safety accidents. On the basis of summarizing the commonly used slope controlled blasting techniques, this article analyzes the common problems during open-pit mining blasting, and finally summarizes the application measures of open-pit mining edge controlled blasting technology.

Keywords: open-pit mining; slope control; blasting construction; construction technology

引言

露天采矿边坡控制性爆破施工技术,作为露天矿山开采中至关重要的核心技术,对矿山的安全生产、资源回收效率及环境保护水平有着直接的影响。随着矿山开采规模的不断扩大及开采深度的增加,边坡稳定性所面临的挑战愈加严峻,传统的爆破方法已难以满足现代矿山对于高精度与高安全性的要求。在这种背景下,边坡控制性爆破技术成为了保障边坡稳定、提升开采效率并减少环境影响的关键手段。通过精确设计爆破方案、合理调整爆破参数,以及优化装药结构与起爆网络,能够对边坡岩体进行精准控制,有效降低爆破震动、爆破飞石等潜在风险,确保资源得到高效开采的同时,边坡稳定性得以保持。其核心目标在于确保爆破作业既能高效地破碎矿体,又能避免因不当爆破导致的边坡失稳、滑坡或崩塌等灾害。此外,随着数字化、智能化技术的持续发展,现代爆破施工已日益依赖计算机模拟、实时监控与数据分析,极大地提高了爆破精度与安全性。边坡控制性爆破技术的广泛应用,推动了矿山开采向更加科学、精细、安全与环保的方向迈进,为资源的可持续开采及绿色矿业建设提供了强有力的技术支撑。

1 露天采矿边坡控制的重要性

露天采矿边坡控制是保障矿山安全生产、降低环境风险以及提高采矿效率的关键环节。在露天采矿作业中,通

常涉及大规模的爆破与开采,边坡的稳定性对矿山的作业安全及周围环境的保护至关重要。若边坡失稳,设备损坏、人员伤亡的风险将急剧增加,甚至可能引发山体滑坡、泥石流等严重的地质灾害,对周围生态系统造成深远影响。采取科学有效的边坡控制措施,能够显著降低施工过程中的风险,确保作业人员的生命安全,减少矿山事故发生的概率,延长矿山的生产周期。在矿石的开采过程中,边坡的稳定性直接影响到矿山的可采储量与质量。通过合理的边坡设计与爆破技术,矿石资源的回收率得以提高,矿石浪费得以减少,从而优化资源利用效率。有效的边坡控制不仅有助于降低矿山的运营成本,减少不必要的安全隐患与环境损害,也推动了矿山作业向可持续发展方向的迈进。因此,露天采矿边坡控制不仅是矿山企业经济效益的保障,更是实现资源节约型与环境友好型矿业的关键。

2 常用的边控性爆破技术

2.1 预裂爆破

预裂爆破作为提高露天采矿边坡稳定性的重要技术之一,通过在边坡关键部位预先施行小规模爆破来创造裂缝,从而有效减少大规模爆破对边坡结构的破坏。这项技术通常在精确设计的爆破面或指定区域内进行,目的是形成一条连续的裂缝面,使得后续的大规模爆破能够沿着这些预设的裂缝线进行,进而减小震动与应力波的传播,防止边坡岩

体整体失稳。通过预裂爆破,边坡控制的精度得以显著提高,爆破作业对周围环境的影响得以减少,同时矿石开采过程也得到优化,降低了边坡滑坡等意外风险对矿山设备及人员的威胁^[1]。爆破参数、装药量、孔距及起爆顺序等的合理选择,能够确保预裂效果的最大化,从而不仅保障了采矿过程中的安全,还提升了资源回收率与开采效率。

2.2 斜孔爆破

斜孔爆破作为一种通过调整钻孔角度来实现边坡控制的爆破技术,已广泛应用于露天矿山的边坡爆破作业中。与传统的垂直孔爆破不同,斜孔爆破通过在边坡上钻设一定角度的斜孔,使爆破能量能够沿着预设方向传播,从而更有效地控制爆破波的扩展及其对边坡的影响。通过此设计,爆破过程中产生的应力与震动得以沿边坡表面或岩体裂隙的方向释放,减少了对边坡整体稳定性的破坏,同时提高了爆破作业的精度与效率。尤其在需要精确控制边坡形态与稳定性的情况下,斜孔爆破技术的作用显得尤为重要。合理设计斜孔的孔距、角度、爆破参数及起爆顺序,能够有效避免岩石松动或滑移,从而确保边坡的稳固性。实际应用中,斜孔爆破还助于减少震动对周围建筑物或环境的影响,从而提升采矿作业的安全性与经济性。此外,斜孔爆破通过改变岩体破裂的方向,优化矿石的采掘效果,显著提高了矿石的回收率与利用率。

2.3 微差爆破

微差爆破,又称毫秒爆破,是一种延期时间间隔为几毫秒到几十毫秒的延期爆破。由于前后相邻段炮孔爆破时间间隔极短,致使各炮孔爆破产生的能量场相互影响,既可以提高爆破效果,又可以减少爆破地震效应、冲击波和飞石危害。由于相邻两炸药间隔时间极短,先起爆的炸药在煤体中产生的应力波尚未消失,后起爆的炸药就爆炸,这样被爆煤体就会受到双向应力的作用,从而改善破碎效果,降低炸药用量。采用毫秒爆破时,如果时差选择合理,爆破产生的震动波会相互干扰而削弱,从而降低了对工作面的震动作用,有利于非工作面的稳定和维护工作。微差控制爆破适用于开挖岩石地基、挖掘沟渠、拆除建筑物和基础,以及用于工程量与爆破面积较大,对截面形状、规格、减震、飞石、边坡后面有严格要求的控制爆破工程。

2.4 降振技术

降振技术作为一种有效的手段,广泛应用于露天采矿边坡控制中,旨在减少爆破过程中震动对周边环境及边坡稳定性的影响。在爆破作业中,震动是不可避免的,然而其传播可能会对矿山周边建筑物、道路设施以及边坡的稳定性产生负面影响,甚至引发边坡崩塌等安全事故。通过采取一系列降振措施,震动的传播得以有效控制,从而减少震动对环境的破坏。常见的降振方法包括优化爆破设计、调整装药量、改变起爆顺序以及合理布置孔距等。这些措施能够确保爆破产生的震动能量集中释放于特定区域,避免其向周围扩散。在边坡爆破中,降振技术尤其重要,它不仅能够减少震动对岩体的扰动,还能防止岩体破裂面意外扩展或引发边坡失稳。

此外,物理性降振措施的应用,如在爆破孔周围布置吸震材料或安装防振设施,也能进一步减少震动的传播强度。

3 露天采矿爆破期间常见的问题

3.1 露天矿山选择不合理

在露天采矿爆破作业中,矿山选址不当常常成为潜在的隐患,直接影响爆破效果及边坡的稳定性。若未充分考虑地质条件、岩体结构、矿石分布等因素,矿山选址可能导致爆破过程中出现不可预见的风险。例如,未能避开复杂的断裂带或软弱岩层,可能会增加爆破作业中的不稳定因素,进而导致边坡滑动或矿体破坏,增加安全隐患。如果矿山选址位于易发生水土流失或地质灾害的区域,爆破震动可能加剧山体的不稳定性,甚至引发塌方、滑坡等严重事故。此外,忽视周边环境影响的选址,可能会带来生态破坏或环境污染问题,譬如爆破震动对邻近建筑物的影响,或爆破碎片飞溅引发的伤害。

3.2 未做好边坡爆破管理工作

在露天采矿爆破作业中,边坡爆破管理不当常常成为潜在的隐患,直接导致边坡控制失效并增加事故发生的风险。边坡爆破管理涵盖了从爆破设计、现场监控到施工方案执行等多个环节。若在管理过程中缺乏科学的组织安排及充分的技术评估,可能会导致爆破参数选择不合理,如装药量、孔距及起爆顺序等,这些都会直接影响爆破效果及边坡稳定性。与此同时,现场执行不到位的情况也使得这一问题更加严重。例如,如果爆破操作未严格按照设计方案进行,震动可能超出安全范围,进而破坏岩体结构或引发非预期的岩石破裂。另一个表现为管理不善的是缺乏对作业人员安全教育与规范执行,这无疑为爆破作业中的安全隐患埋下了伏笔^[2]。在面临复杂的地质条件或多变的气候下,缺乏完善的应急预案及灵活调整机制,导致在突发情况下,爆破作业无法有效应对,从而增加了管理难度及潜在的风险。

4 露天采矿边控性爆破技术的应用措施

4.1 依据露天矿山情况制定合理的爆破方案

在露天矿山的边控性爆破中,成功实施的关键在于依据矿山的实际情况制定合理的爆破方案。每个露天矿山都具有独特的地质特征、岩体结构、矿石分布及周围环境条件,这些因素要求爆破方案的设计必须因地制宜,精确地匹配矿山的具体情况。因此,矿山的地质条件需经过详细的勘察与分析,涵盖岩层强度、裂隙走向与密度、地下水分布等多个方面,这些直接影响爆破效果及边坡稳定性。举例来说,在岩体坚硬且裂隙稀少的矿山中,爆破方案可能需要设计更高能量与更精准的装药结构;而对于软弱岩层或地下水较多的区域,则应选择低能量、高精度的爆破方式,以尽量减少震动和滑坡风险。爆破方案的设计还需充分考虑矿山开采的综合目标,如提高矿石回收率、降低开采成本、减少环境污染等,基于这些目标来优化装药结构、孔距及爆破顺序等关键参数。在边坡爆破中,爆破面的形状与边坡角度的合理设计能够有效提升开采效率,同时保持边坡的稳定性,从而避免因爆破不均匀而引发岩体失稳。此外,周围环

境的保护也不容忽视,爆破方案必须考虑到附近建筑物、道路等设施的安全需求,减少震动波对环境的影响。

4.2 适当调整装药结构

适当调整装药结构是露天采矿边坡控制性爆破中的关键技术措施,其对爆破效果、边坡稳定性及矿石回收率具有直接影响。确保爆破能量得到有效释放并同时控制震动传播,是合理装药结构的核心目标,这样能够减少对岩体及周围环境的不良影响。装药结构的设计必须基于矿山的地质条件及边坡特点进行优化。例如,在岩体坚硬或裂隙稀少的区域,装药量的增加或装药密度的提高可能是必要的,以确保足够的爆破能量能有效破碎岩石;而在软弱或松散岩层中,装药量应适当减少,以避免对岩体的过度破坏或产生不必要的震动。除了地质条件,装药结构的调整还必须考虑爆破的精度与控制力。通过精确设定不同层次的装药密度及起爆顺序,可确保爆破波沿预定方向传播,从而有效避免边坡岩体的不均匀破裂^[3]。在对爆破范围要求精确控制的情况下,适当的装药结构调整不仅能减少岩石飞散,还能有效降低震动对周围设施或环境的潜在影响。

4.3 加强对先进技术的应用

加强先进技术的应用,已成为提升露天采矿边坡控制性爆破效果、确保安全性并提高资源利用率的重要手段。随着科技的不断发展,爆破技术也在不断创新,许多新兴技术为矿山爆破提供了更加精确、高效且环保的解决方案。例如,现代数字化爆破技术通过实时监控爆破过程,使得爆破能量的释放与震动传播能够被精确控制,从而大幅提升爆破的精度与安全性。通过传感器收集现场数据,数字化系统得以实时分析爆破效果,必要时还可进行动态调整与优化爆破参数,避免潜在的风险。此外,智能化技术的应用在爆破管理中日益普及,基于人工智能的预测分析系统,通过对历史数据的学习,能够提前识别爆破过程中的风险因素,并提出优化建议,帮助规避可能的隐患。同时,利用高精度的三维地质建模技术,矿山的地质结构及边坡稳定性得以更准确地了解,为爆破设计提供了科学依据。远程遥控与自动化技术的应用,特别是在复杂或危险环境下,显著提高了爆破作业的安全性,避免工作人员直接接触爆破现场,从而有效减少人身伤害的风险。

4.4 适当优化穿孔

优化穿孔设计,是提升露天采矿边坡控制性爆破效果的重要手段。穿孔的深度、直径、孔距及排列方式,直接影响爆破的精度、效率以及边坡的稳定性。在实际作业中,合理的穿孔设计能够有效控制爆破过程中应力波的传播,减少震动对周围环境的影响,避免不必要的破坏。穿孔深度与直径的优化,应根据矿山地质条件量体裁衣。例如,在岩体坚硬的区域,孔深与孔径需增加,以确保足够的装药空间及能量的有效释放;而在较软或松散的岩层中,过大的孔径可能会导致过度破坏,甚至引发不稳定的边坡。因此,穿孔设计必须综合考虑岩体的物理性质、爆破需求与边坡稳定性要求。孔距的合理设置,是优化的关键因素,过密或过疏的孔

距,都会对爆破效果与边坡稳定性产生不良影响。适当的孔距,能够确保爆破能量在岩体内均匀分布,减少应力集中,进而避免边坡的过度破坏或裂隙扩展。此外,孔的排列方式,应根据边坡形态及爆破目标进行优化,从而确保爆破波能够沿预定方向有效传播,实现破碎与控制的最佳效果。

4.5 调整起爆网络

起爆网络的调整,在露天采矿边坡控制性爆破中,占据着重要地位。通过优化起爆顺序及方式,爆破波的传播方向与强度可以被精确控制,从而提高爆破效果,减少震动对边坡稳定性及周围环境的负面影响。起爆网络的设计,决定了各个爆破孔的起爆时机及顺序,这直接影响到爆破效果与岩体破裂的方式。合理的起爆网络设计,使得爆破能量能够沿着预定路径释放,从而在爆破过程中形成均匀的应力场,进而有效控制边坡稳定,减少不必要的破坏。起爆网络的调整,需结合矿山的地质条件及边坡形态进行个性化设计^[4]。例如,在岩体坚硬或裂隙较多的区域,通过先行起爆一些关键孔,可以减少主爆破区域的应力集中,从而避免过大的震动引发边坡失稳。相反,在松软岩体中,分段起爆或延时起爆的方式,可能被采用,以逐步释放爆破能量,有效控制爆破波的传播,减轻震动对边坡的影响。现代数字化控制技术的应用,使得起爆网络的管理变得更加精细。通过计算机模拟及实时数据反馈,起爆时机与顺序可以进一步优化,从而实现更为精确、可控的爆破过程。

5 结语

露天采矿边坡控制性爆破施工技术,在矿山开采过程中,承担着确保安全、高效及环保的重要职责。通过精准的爆破设计与技术应用,爆破过程中的震动、飞石等潜在风险,能够有效控制,从而保障边坡的稳定性,最大化提高矿石的回收率。随着科技的进步,数字化与智能化技术的引入,使得爆破作业的精准性与可控性大幅提升,从而增强了施工过程中的安全性与环境保护水平。展望未来,随着技术的持续创新与应用,边坡控制性爆破技术将进一步优化矿山开采操作,助力企业本质安全提升,实现绿色矿业及可持续发展的目标。不断发展的这一技术,不仅为矿山开采提供了强有力的支持,同时也为行业的长远可持续发展,奠定了坚实的基础。

【参考文献】

- [1] 龚喜来. 露天采矿边坡控制性爆破施工技术初探[J]. 中国金属通报, 2024(7): 37-39.
- [2] 张洪利. 控制技术在露天采矿爆破施工的应用[J]. 电子技术, 2020, 49(4): 174-175.
- [3] 何金保, 明星, 宋玉庆. 关于露天采矿边坡控制性爆破施工技术的探讨[J]. 世界有色金属, 2017(8): 177-178.
- [4] 隆华章. 浅析露天采矿边坡控制性爆破施工技术[J]. 世界有色金属, 2018(23): 159-161.

作者简介: 郭永琪 (1989.12—), 男, 学历: 本科, 毕业院校: 中国地质大学, 所学专业: 资源勘查工程, 目前职称: 工程师, 目前就职单位: 天博辰业矿业有限公司。

建筑工程深基坑施工技术管理要点分析

蔡 雷

上海建工五建集团有限公司, 上海 201900

[摘要]随着城市化进程的加速, 建筑工程变得越来越复杂, 深基坑施工技术作为其中的关键环节, 其管理要点至关重要。针对这一问题, 文中将探讨深基坑施工技术的管理要点, 并结合数据案例分析其在实际工程中的应用。深基坑施工的管理要点包括但不限于施工前的综合规划、地质勘察与分析、支护结构设计、施工工艺确定、安全技术措施等方面。通过对这些要点的详尽分析和实践案例的解读, 可以清晰地揭示深基坑施工过程中管理的关键性, 为相关从业人员提供宝贵的经验借鉴和指导。

[关键词] 建筑工程; 深基坑施工技术; 管理要点; 分析策略

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14731

中图分类号: U455.7

文献标识码: A

Analysis of Key Points for Construction Technology Management of Deep Excavation in Construction Projects

CAI Lei

Shanghai Construction No. 5 Construction Group Co., Ltd., Shanghai, 201900, China

Abstract: With the acceleration of urbanization, construction projects have become increasingly complex, and the construction technology of deep foundation pits is a key link, and its management points are crucial. In response to this issue, this article will explore the management points of deep excavation construction technology and analyze its application in practical engineering through data case studies. The management points of deep foundation pit construction include but are not limited to comprehensive planning before construction, geological survey and analysis, support structure design, construction process determination, safety technical measures, etc. Through detailed analysis of these key points and interpretation of practical cases, the criticality of management in the construction process of deep foundation pits can be clearly revealed, providing valuable experience and guidance for relevant practitioners.

Keywords: construction projects; deep foundation pit construction technology; management points; analysis strategy

引言

随着城市化步伐的不断加速和建筑物规模的不断扩大, 在许多高层建筑或大型复杂基础设施项目中, 经常会遇到深基坑的开挖作业。深基坑施工不仅关系到工程质量和安全, 而且直接决定项目的成本与工期, 其重要性不言而喻。在这一过程中, 有效而合理的施工技术管理和严格的质量控制显得尤其重要。

1 深基坑施工的技术特点及难点

深基坑开挖是现代土木建筑工程中常见但又极富挑战性的一项工作, 其复杂的性质不仅仅源自其施工环境, 更源于这一过程中可能引发的各项潜在风险与问题。深基坑所处的地基条件复杂多变, 使得其开挖难度大幅增加。不同地质条件下的地下水分布、地质承载能力及土壤特性都大不相同。尤其是在高地下水位条件下, 土方作业需要采用一系列复杂的技术手段如深井排水、降水井点和截水帷幕等, 才能有效减少地下水带来的不利影响。与此同时, 土石材料的选择、处理方式以及回填方法等都直接影响着工程整体稳定性和最终的质量表现。在土壤的力学性质方面, 其物理特性和变化趋势对支撑体系的设计与施工方案产生着决定性的作用, 这不仅涉及了地应力分析、土体固结、沉降评估等方面的知识, 还要求工程师具有较强的综

合应用能力和丰富的实践经验^[1]。

由于此类基坑的深度一般超过 5 米, 在施工作业过程中极易引发塌方、涌水、流沙、裂缝等各种事故, 并可能给周围道路、建筑结构乃至市政设施带来破坏, 造成不可估量的生命财产损失。为此, 需要科学合理的围护方案、支护措施以及变形监测体系来降低此类事故发生风险, 以保障现场工作人员的人身安全, 维护城市基础设施的运行秩序。此外, 施工管理方面存在的薄弱环节也是引发各种技术问题的重要原因之一。据统计, 在国内外部分重大工程的施工中, 因缺乏完善的应急预案、操作规程及人员培训导致事故的情况频发。为了确保施工质量达标且避免安全问题, 需要制定一套严格的质量管理体系, 涵盖技术方案审查、原材料检验到工序流程管控等方方面面, 并落实执行力度。

2 深基坑施工的关键技术及管理策略

2.1 先进的支护技术应用

当前, 在建筑施工中常见的基坑围护方式主要包括板桩围护结构、钢板桩围护结构及地下连续墙围护等方式。每种方式针对的地质条件各不相同, 例如, 在软土地质条件, 特别是在具有黏性的土壤条件下, 地下连续墙的应用更为常见, 因它具有较好的防渗性能^[2]。而在含砂量较高的地基中, 往往倾向于使用钢板桩围护或板桩式围护, 这

些方法通过高强度材料形成紧密的围挡层,以提高边坡的整体稳定性。以具体的工程实例为例,在上海某座正在建设的超高层住宅工程项目中,为了应对该地复杂的地质状况,特别是含有较多地下水且底层土壤呈现砂质特性,工程团队采取了先进的深层搅拌桩技术结合高压喷射注浆技术进行处理。通过这种方法,一方面能够对土体进行有效加固,在很大程度上增强了地基的稳定性,从而防止了施工期间可能出现的塌方或滑坡现象;另一方面,利用高压喷射浆技术填充空隙和微小孔洞,不仅有效地解决了地基排水问题,也极大地提升了施工安全水平,使得潜在的施工风险减少了约 30%。此外,随着建筑科技的进步以及环保意识的日益增强,在部分现代建筑基坑维护工程中还会应用到一些创新型技术方案,比如采用环保型固化材料取代传统水泥浆作为喷注介质,以此减少对环境的影响并提高固化效果。这种做法在保障工程质量和安全的前提下,亦体现了企业对社会责任的践行。总体来看,针对不同的工程情况与地质特点,科学选择合适的基坑围护手段是保证建筑工程顺利开展及后期使用的必要步骤。而持续的技术创新,不仅可以提升工作效率和工程质量,还能促进节约资源和保护环境,推动绿色可持续建造理念的有效落实。

综上所述,在实际操作过程中,充分考虑当地的自然条件和社会需求,制定合理的施工计划和维护方案显得尤为关键,确保每一项措施既能够达到工程预期目标,也能兼顾环境影响与长期经济效益。未来,在更多新兴技术的应用驱动下,基坑施工工艺与围护措施将持续演进与发展,为城市的可持续建设注入更多的活力和创造力。

2.2 精细降水排涝措施的部署

降排水措施是确保建筑施工安全的关键环节,尤其在软土或含有大量水分的地层中更为重要。控制地下水位和维持作业区域的干燥状态不仅是施工质量的基础,更是施工过程中安全防护的根本。通过综合运用诸如井点排水法和降水预处理技术,不仅能大幅度降低施工过程中的各种隐患,还能保障工程进度不受阻滞,实现高效有序的施工管理。在实际操作中,为了确保降水工作的顺利实施,往往会在工程初期即引入高效的降水策略。例如,采用真空井点降水方法,将地下水从底部抽出,使基坑周围保持稳定的低水位环境。这样做的目的不仅是减少地下水压力对围护结构造成的威胁,更有效地抑制涌水及渗流的可能性。而针对某些深度较大的工程,则可能会采用组合型降水方式,即将多级或多套的井点排水设备串联起来使用,确保整个深井内的水资源得以有效抽离。此外,为防止降水过程对临近结构物及自然生态环境的影响,在设计阶段即需充分考量其布局位置及数量分配,并采取相应的保护与隔离措施,比如建立截水帷幕,利用高性能混凝土构筑防护体系,防止降水带来的扰动扩展到外部^[3]。

除此之外,还存在一些适用于特殊地质环境的辅助性

降排水方法。如,在高含水率或易液化的淤泥层中施工时,会引入真空泵进行联合降水,进一步加速脱气减振过程;在有特殊要求的施工区段,如临近重要历史建筑或文物保护单位,可选择封闭式内降排水方案。同时结合智能监控系统的搭建,实时监测井点的工作状态及地下水变化情况,以便迅速响应异常波动,采取紧急干预措施避免事故发生。这样一来,不仅提高了施工现场的管理效率,还为整体工期规划提供了可靠的依据和支持。与此同时,降排水工作与其他工程阶段,如地基开挖与浇筑的紧密结合也是保障施工安全、推进项目进展的一个关键所在。通过提前设定明确的时间表和技术方案,确保各项降水处理措施与挖掘操作保持同步且无冲突,从而避免因施工进度不同步而导致的问题积压与连锁反应。

总而言之,有效的降排水策略在基坑开挖及后续建筑施工全生命周期中发挥着不可或缺的作用。从预防潜在隐患的源头出发,采用科学合理的设计思路、先进的技术和精细化的操作管理措施,是达成高质量建设目标的基础。未来的施工中将会继续探索新技术和新材料的应用,在保障施工环境可控和安全性更高的同时促进施工效率及环保性能的双重进步。

2.3 动态监测体系构建及反馈机制优化

为了提升大型地下建筑工程的安全性和效率,实施全面且精确的监控系统显得尤为关键。特别是在复杂环境下,严格的作业面位移监测尤为重要。以北京某地铁站的改扩建工程为例,在 24 个月的施工期内,通过构建一个全面覆盖的监控网络系统,有效地保障了基坑安全及施工进度。此项目每日都定期记录各项测量值超过 365 万个,涵盖了基坑在垂直与水平方向上的位移数据以及其他必要的物理量,确保能够全方位捕捉到潜在问题。这种细致周密的数据收集与分析机制为施工团队提供了详尽的数据支持。借助实时数据更新,技术人员可以迅速发现并处理可能出现的变形情况及其他潜在的风险因素,比如局部沉降和开裂等问题。在此过程中,基于数据分析所得的结果,对围护结构的支撑参数进行了多次调整优化,使其始终保持在一个最优状态。例如,在施工开始初期就安装多个智能传感器节点于关键部位,持续监控土层的压力和水位变动等,确保围护体系始终具备足够的刚性和稳定性。在施工高峰期和敏感区,更加强了数据采集频率,甚至将数据采集时间间隔缩短至分钟级别。通过这种精细调控策略,在整个 24 个月的项目建设期间未发生一起大的结构失稳事故^[4]。

该项目在施工安全管理方面取得了显著成效。由于能够提前识别并处理各种问题,基坑的平均变形控制指标优于同类项目的平均水平约 25%以上。更为重要的是,这种精准调控方法还有效减少了停工检查和返工次数。由于及时准确地发现了可能存在的风险并加以纠正,使得整个项目没有遇到重大的工期延误。实际上,由于提前制定了完

善的应急预案和动态施工计划调整措施,在施工期内成功压缩工期约 10 天,极大程度提高了施工方经济效益与社会效益的双赢局面。此外,这样的监控网络还可以帮助施工团队更好地理解和管理复杂多变的地基环境,从而作出更为科学合理的决策。通过对数据进行深度分析,不仅提高了基坑支护结构设计水平,还为以后类似条件下的工程项目积累了丰富的参考经验和数据储备。

总体而言,严格全面而又精确到每一个细微处的质量监控措施,在提高基础设施建设项目质量的同时,亦显著改善了施工安全管理,实现了成本控制和效益最大化的良好平衡。这表明在今后的工程建设中,继续推广和创新智能信息化监管手段将会成为必然趋势,从而进一步确保工程施工质量和安全,促进绿色、智慧施工技术的进步与发展。

3 数据案例分析

在某大型商业综合体的项目开发中,建设场地内有一个基坑挖掘项目达到了深度 8 米以上。根据地质勘察结果,这里存在明显的软土地带与砂质土层结构,这为工程的安全施工提出挑战。对此,建设方采取了一系列技术与施工管理措施来确保项目顺利开展。首要步骤是实施高效的基坑支护加固技术,利用钢筋混凝土灌注桩和深层搅拌桩结合使用等方式增强基坑四周的土质稳定度。这些加固技术可以显著提高基坑边缘的承载力与抗压能力,预防可能出现的塌方等安全问题。除了基础加固以外,还开展了大规模地下水降低活动,使用了几组降水井以及井点降排水管来减少地下水的侵蚀压力和流动性,这样就极大降低了地下水涌出引发的风险。为了保证施工安全,施工方案中引入了有序合理的施工工序管理理念。具体来看,将整个基坑开挖分为若干个区段,每个区段内依次完成挖掘工作,随之立即施加支撑设施。这种方法不仅有效缓解单次开挖面积对土体产生的剪切应力,而且有利于缩短支护体系受力时间,使施工周期得以加快^[5]。

上述举措最终促使该商业综合体项目的深基坑挖掘任务顺利竣工,并且无安全事故发生。与此同时,这种精心设计和协调实施的作业程序大大促进了工作效率,将项目原计划工期缩减了两个月,并在节约人力物力资源的基

础上创造了巨大的成本效益。除此之外,严格的现场安全管理和高标准的技术指导也在很大程度上避免了因施工失误引发的各种意外,增强了项目的可靠性以及长期的运营安全性,这为将来类似复杂的土木工程项目提供了极具价值的操作模板。在实际操作层面,此类基坑项目需要高度的技术与管理协同工作模式,通过精确计算土层性质和施工参数选择适宜的设备和技術。对于基坑边缘支撑结构的设计与安装必须严格按照国际相关行业规范标准实施,保证每一步骤都具有较高的质量保证。同时也要加强对施工现场动态监管,及时应对突发状况以降低其不利影响;还要注意在施工结束后对支护设施和周围土体的状态进行详细检测评估以保证项目的安全稳定,进而促进城市建设和房地产行业的可持续发展与发展。

4 结语

总之,在面临大规模建筑工程时合理选择和高效利用先进设备、科学规划施工计划并严格执行现场管控措施至关重要。未来,随着新技术、新工艺的研发及其推广应用,我们有望看到深基坑工程朝着更加安全、高效的全新阶段迈进。同时也要特别注意加大相关人员的技术培训力度和安全管理意识培养,确保每一个环节都不出差错,从而保障整个工程项目的高质量完成。

[参考文献]

- [1] 蒋对选. 建筑工程深基坑施工技术管理关键点研究[J]. 中国住宅设施, 2024(4): 133-135.
 - [2] 洪飞跃. 建筑工程深基坑施工技术管理措施研究[J]. 散装水泥, 2023(6): 92-94.
 - [3] 崔海宁. 超高层建筑施工技术管理问题及解决措施[J]. 智能城市, 2021, 7(22): 118-120.
 - [4] 张学峰. BIM 技术在超高层建筑深基坑施工中的应用浅析[J]. 中国设备工程, 2021(9): 21-22.
 - [5] 周克军. 建筑工程中深基坑的施工技术管理措施[J]. 住宅与房地产, 2020(23): 143-145.
- 作者简介: 蔡雷 (1985.7—), 毕业院校: 湘潭大学, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 上海建工五建集团有限公司, 职务: 项目负责人, 职称级别: 中级工程师。

公路桥梁施工技术中存在的问题及对策

李明遥

新疆北新科技创新咨询有限公司, 新疆 乌鲁木齐 810000

[摘要]随着我国交通基础设施建设的快速发展,公路桥梁作为重要的交通枢纽,发挥着至关重要的作用。在公路桥梁施工技术不断革新进步的背景下,施工领域诸多问题依旧显现,特别是在确保施工质量、维护施工安全、优化技术管理及推进工程进度等关键领域,对公路桥梁施工领域的技术问题进行分析,并针对这些问题提出了相应的对策。主要包括施工过程中技术工人的技术水平参差不齐、施工材料的质量不稳定、施工管理体系不完善等问题。同时,针对这些问题,提出了加强技术培训、提高施工材料的质量管控、完善施工过程中的安全保障措施、加强项目管理等解决策略。通过实施这些对策,可以有效提升公路桥梁施工的整体质量和效率,确保公路桥梁的安全性和耐用性,促进我国交通基础设施建设的可持续发展。下文主要分析了公路桥梁施工技术中存在的问题,并提出了一些对策,希望可以促进公路桥梁工程的施工质量和使用寿命。

[关键词]公路桥梁; 施工技术; 问题; 对策; 质量控制; 安全管理

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14718

中图分类号: U445.1

文献标识码: A

Problems and Countermeasures in Highway bridges Construction Technology

LI Mingyao

Xinjiang Beixin Science and Technology Innovation Consulting Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 810000, China

Abstract: With the rapid development of transportation infrastructure construction in China, highway bridges play a crucial role as important transportation hubs. Against the backdrop of continuous innovation and progress in highway bridges construction technology, many problems still emerge in the construction field, especially in key areas such as ensuring construction quality, maintaining construction safety, optimizing technical management, and promoting project progress. This article analyzes the technical problems in the field of highway bridges construction and proposes corresponding countermeasures to address these issues. Mainly including the uneven technical level of technical workers during the construction process, unstable quality of construction materials, and imperfect construction management system. At the same time, solutions have been proposed to address these issues, including strengthening technical training, improving quality control of construction materials, enhancing safety measures during the construction process, and strengthening project management. By implementing these measures, the overall quality and efficiency of highway bridges construction can be effectively improved, ensuring the safety and durability of highway bridges, and promoting the sustainable development of Chinese transportation infrastructure construction. The following text mainly analyzes the problems in the construction technology of highway bridges and proposes some countermeasures, hoping to promote the construction quality and service life of highway bridges engineering.

Keywords: highway bridges; construction technology; problems; countermeasures; quality control; safety management

引言

公路桥梁作为国家交通运输体系的重要组成部分,其建设质量直接关系到交通的安全性与畅通性。在我国公路桥梁建设加速推进的背景下,施工技术亦随之不断提升。施工领域存在的问题,如技术不规范、管理缺失、材料质量控制不严等,不仅影响了施工本身的质量,亦可能诱发后续维护与安全隐患。本文致力于剖析公路桥梁施工技术领域内现存的种种挑战,并就如何提出并实施有效措施进行深入探讨,旨在显著增强公路桥梁施工技术的整体水平,确保其运行持久且稳定。

1 公路桥梁施工技术中的常见问题

公路桥梁施工技术中的常见问题主要体现在施工质量、安全管理、技术人员水平、材料质量以及环境因素等

方面。桥梁施工的质量涉及基础建设、结构连接与桥面铺设等关键环节,而这些环节往往受制于工艺的不规范、施工人员操作失误以及设备老化等多重因素,由此引发的桥梁整体质量波动,可能导致使用时出现裂缝、沉降等结构性缺陷。隐患潜藏于施工安全管理中,亟须关注与解决,在涉及高空作业与大型机械操作的领域,一旦缺乏有效的安全保障措施,便可能引发事故,进而导致严重的人员伤亡与财产损失。施工质量受技术人员专业能力差异显著影响,因技术实施者资历有限或技术训练不达标,若干工程计划在实施阶段遭遇失误操作,进而影响施工进度,有时甚至导致无法补救的损害^[1]。

在桥梁建设过程中,施工材料质量问题频发,尤其是一些低质或不达标材料流入施工场所,严重削弱了桥梁的

耐用性与结构稳定性。在公路桥梁施工过程中,环境因素的考量不容小觑。尤其在山区或湿滑地带,桥梁施工受地质条件复杂性和气候变化影响显著,周围环境干扰亦不容忽视。此等不利因素往往导致施工难度加大,工程延期和质量问题风险上升。

2 提高公路桥梁施工技术的对策

2.1 加强施工质量控制

在公路桥梁施工过程中,加强施工质量控制是确保桥梁工程成功的核心环节之一。自设计阶段起,施工质量控制便需着手,图纸需详尽阐明施工规范,以保障施工方案执行中不偏离既定设计标准。在施工场地部署专职的质量监管个体,实时监控施工进度与施工品质,以保障每一施工环节均符合既定规范。在施工过程中,常见的质量问题包括混凝土浇筑不密实、焊接不牢固、预应力钢筋配置不准确等。因此,必须严格执行工程质量标准,从材料的选择、施工工艺、施工设备等方面进行全面把控。使用先进的质量检测设备,如激光测量仪、钢筋定位仪等,可以有效地监测施工精度,及时发现并纠正质量偏差。

为确保施工过程质量控制的有效性,有必要进一步明确质量验收的标准规范。对施工各阶段执行质量审核,涵盖关键结构及细节审查,旨在保证施工各个关键点满足质量标准。针对桥梁的关键区域,诸如桥墩、伸缩缝防护设施等,实施严格的监督是必要的,以防止施工过程中产生潜在风险。严格把控施工过程中的隐蔽工程验收,是防范施工质量问题的的重要举措。必须经过逐层审查,做到不留死角,方能切实防止质量问题的产生。在强化施工过程质量控制的同时,亦需充分关注施工完成后的维护与养护环节,特别是针对桥梁工程,完工后必须经历一段监测期,以便及时捕捉并处理可能存在的质量问题。因此,实施全生命周期的质量管理,将为桥梁的长期使用提供保障^[2]。

2.2 完善施工安全管理措施

施工安全是公路桥梁施工中的重中之重,安全管理的有效性直接关系到工程的顺利进行和施工人员的生命安全。在施工安全管理方面,需构建完善的安全管理规章,确保施工秩序,安全培训、安全监控与安全检查构成的安全管理制度,贯穿于施工前、施工中及施工后各个阶段。项目管理人员需在每个施工环节中,对施工人员执行全面的安全教育与培训,使他们充分认识施工过程中的潜在危险及应对策略。尤其在涉及高空作业、深基坑挖掘以及大型机械操作等高风险领域,施工方务必委派专业人才,对现场安全实施精准指导,以保证作业流程的标准化执行。

在施工场所,务必配备完备的防护设备。例如,施工现场需配备防护栏、警示标志、消防设备等必要设施,以保障施工人员遭遇突发状况时能够及时获得安全保障。在施工现场,安全检查和定期实施至关重要,尤其是在高风险作业阶段,管理人员需强化巡查力度,以保证各项安全

措施得以有效执行、确保机械设备安全,需定期实施检查,旨在维护设备正常运行,以杜绝因设备故障诱发的安全事故。施工阶段,突发安全事故在所难免,因此,编制详尽的应急对策计划至关重要。该计划需明示事故发生时的应对步骤、救援计划及沟通渠道,以便事故发生时能即刻启动应急机制,最大程度地降低事故所带来的损害。定期由施工单位主导的安全演练旨在提升施工人员面对紧急情况的应变技能,桥梁建设在实施过程中,依托于多层次、全方位的安全管理体系,能够显著降低安全隐患,有力保障施工人员的生命安全,进而确保施工活动得以顺利进行^[3]。

2.3 提升技术人员的专业素质

公路桥梁施工技术的复杂性要求施工队伍必须具备较高的专业素质,技术人员的素质直接影响到施工质量和施工进度。要提高技术人员的教育培训水平。建设单位应定期举办技术培训班,邀请专家讲解最新的桥梁施工技术和行业动态,使技术人员及时掌握行业发展趋势和新技术应用。此外,还要加大对技术人员的现场操作培训,使其能够熟练掌握施工技术和操作规范,增强解决实际问题的能力。

在施工现场对技术人员素质的提升过程中,提供必要的技术支持至关重要。在桥梁建设领域,施工阶段常面临诸多工程技术难题,因此技术人员需同时掌握扎实的理论知识和丰富的实操技能。在实际施工现场,技术人员需根据具体情况灵活变更施工策略,以应对施工阶段涌现的各种挑战,定期由建设单位召集技术人员,开展经验交流,共享施工经验和解决策略,旨在推动技术人员相互学习与技能提升。在科研项目和技术创新领域,鼓励技术人员的参与,旨在激发他们的创新潜能,科技进步催生了众多桥梁施工领域的创新技术,诸如建筑信息建模(BIM)及智能化施工设备等,技术工作者需主动吸收并精通这些新兴技术,以期在施工实践中得到应用,进而显著提升施工效率与品质。

2.4 严格材料采购与质量控制

材料质量是决定公路桥梁施工质量的关键因素之一,因此,在材料采购与质量控制方面必须严格把关,确保材料符合设计和施工要求。严格选择信誉卓越的供应商进行材料采购,并实施周密审查,以保障材料来源正当并契合规定标准。针对工程所需,市场调研需先行,以确保采购材料既性价比高品质又优良。施工现场的每批材料在进场前必须经历严谨的质量审核,以此保证其完全符合既定设计规范。在施工现场,材料的妥善存放与管理扮演着至关重要的角色,为确保材料存放安全,需挑选远离污染源、潮湿及腐蚀地带的区位,同时执行严格的标识与分类措施,防止存放混乱引发损失。在施工过程中,负责人员必须对所使用的物料实施周期性审查,确保其品质与数量达标,以杜绝劣质材料流入作业场地^[4]。

在桥梁施工过程中,混凝土、钢筋、预应力钢绞线、沥青等关键材料的质量尤为重要。对于混凝土,应根据配合比要求严格控制水泥、骨料和水的比例,保证混凝土的强度和耐久性。对于钢筋,应检验其强度、规格、表面质量等,避免使用劣质钢筋。此外,对于预应力施工部分,应使用符合规范的钢绞线,确保预应力钢筋的安装质量,避免影响桥梁的长期使用性能。通过严格的材料采购与质量控制措施,确保了桥梁施工的整体质量,为项目的顺利完成提供了保障。

2.5 环境适应性施工方案的制定

对于公路桥梁建设而言,确立适应环境特性的施工方案乃关键举措,特别是在面临地质与气候的复杂挑战时,环境因素的作用尤为显著。施工方案之制定,需严谨考究场地地质要素,诸如土壤构成、水位埋深、地震频发等情形,桥梁基础建设、结构设计及施工方法选择均受诸多要素的直接影响。例如,在软土地区,需要进行特殊的基础处理;在水位较高的地区,可能需要采用特定的防洪措施。施工的进退和品质优劣,气候条件扮演着至关重要的角色。在严寒地域,开展冬季建筑作业时,必须对混凝土的温控进行严密把控,从而确保其结构强度的有效生成;对高温地带的施工物资,对其温度与湿度实施细致管控,实属必要。在施工活动开展之际,务必依据气象条件实施适配的防范策略,以规避极端气候引发的施工难题及品质风险。

在城市密集区域进行公路桥梁施工时,周围环境的影响不容忽视。在施工现场,诸多环境难题亟待应对,其中施工噪声、扬尘现象、交通干扰及对居民日常生活造成的负面影响尤为突出。环境适应性施工方案若不周全,不仅会拖慢施工进度,更有可能损害居民生活品质与周边环境,故此制定与执行此方案需给予极大关注。

城市桥梁施工中,施工噪声作为一项普遍存在且显著的环境困扰,其影响不容忽视。特别是在城市核心或民居毗邻地带实施桥梁建设,其施工噪声不仅侵扰周边民众的日常生活与安睡,亦有可能构成对他们健康的潜在威胁。施工前必须实施环境噪声评估,以获取周边环境噪声的基础数据,进而依据施工的具体状况,科学规划施工时段。例如,在日间作业时段,适宜进行声响较巨的施工操作,以规避夜幕降临或居民休憩期间的工作。在施工过程中,为确保噪声不超标,实施了一系列降低噪声的举措,包括装置噪声阻隔设施、选用低噪声施工工具、对施工机械进行周期性检验与保养。城市环境中,扬尘问题对居民生活构成了严重影响,扬尘源于施工现场,它不仅侵蚀了空气的纯净,破坏了周边环境的视觉和谐,更对施工人员与邻近居民的身体健康构成了潜在隐患。施工现场必须采取喷

雾降尘、洒水作业、覆盖材料等多种手段以有效遏制扬尘现象,施工现场的运输车辆,在进出过程中,须执行车轮与车身清洁作业,以防携带泥土尘埃对邻近道路造成污染^[5]。

在桥梁施工过程中,交通影响是另一个不得不考虑的因素。在桥梁施工过程中,往往需对道路进行暂时性封闭或进行交通引导,因此施工前期需对交通流量及设施影响进行综合评估,进而编制针对性的交通管制与引导计划。在交通流量高峰期,施工场地周边的拥堵现象,对居民日常出行与过往车辆构成了显著的不便。针对此问题,施工方需实施一系列高效交通管控手段,包括设立警示标志、科学设计交通路径、指挥车辆变更行驶方向等,并且需预先对公众进行信息发布,旨在施工期间将市民出行影响降至最低。过采取一系列环保和交通疏导措施,施工方不仅能够确保施工的顺利进行,还能够有效减少对周围环境的影响。施工活动在制定相应环境影响评估与施工方案后,既可满足建设需求,亦能呵护周边生态环境,从而保障居民生活品质。桥梁建设所采纳的绿色建筑理念与可持续发展策略,旨在为施工过程营造一个既安全又环保的作业环境^[6]。

3 结语

综上所述,公路桥梁施工中的问题主要集中在质量控制、安全管理、技术人员素质、材料质量以及施工环境适应性等方面。解决这些问题不仅需要施工单位加强管理和技术创新,还需要政策和行业标准的支持。只有通过全方位的技术提升和管理优化,才能确保公路桥梁建设的高质量、高效率、安全性和可持续性,为交通基础设施的发展提供坚实保障。

【参考文献】

- [1]肖强.公路桥梁施工技术存在的问题及其解决对策[J].汽车画刊,2024(3):263-265.
- [2]于秀明.公路桥梁施工技术中存在的问题及对策研究[J].运输经理世界,2024(7):95-97.
- [3]柯芳.公路桥梁施工技术中存在的问题及对策研究[J].设备管理与维修,2023(18):161-163.
- [4]李兴荣.预应力技术在公路桥梁施工中的常见问题及解决对策[J].交通世界,2021(21):9-11.
- [5]周君.公路桥梁施工预应力技术问题与对策[J].智能城市,2018,4(6):155-156.
- [6]刘思绪.公路桥梁施工中预应力技术问题与对策探索[J].产业与科技论坛,2018,17(5):241-242.

作者简介:李明遥(1996.7—),毕业院校:燕京理工学院,所学专业:工程造价,当前就职单位:新疆北新科技创新咨询有限公司,职称级别:初级工程师。

灌区节水改造工程中的渠道防渗关键技术研究

杨 俊

中国水利水电第十一工程局有限公司, 河南 郑州 450000

[摘要]近年来我国持续加强农业水利基础设施建设,保障农业生产所需,并运用“节水优先”的理念打造节水型灌区。为进一步提升水资源的利用率,灌区节水改造工程中广泛应用渠道防渗关键技术,有效提升灌区的输水效率,降低渠道的渗水率,优化灌溉质量,为农业生产提供更大的助力。本篇文章将围绕灌区节水改造工程中渠道防渗关键技术进行深入研究,先分析渠道防渗技术的作用,并介绍常用的渠道防渗关键技术,最后结合案例进行渠道防渗关键技术的应用探究。

[关键词]灌区;节水改造;渠道防渗;关键技术

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14705

中图分类号: S277

文献标识码: A

Research on Key Technologies for Channel Anti-seepage in Irrigation Area Water-saving Renovation Projects

YANG Jun

Sinohydro Bureau 11 Co., Ltd., Zhengzhou, He'nan, 450000, China

Abstract: In recent years, China has continuously strengthened the construction of agricultural water conservancy infrastructure, ensured the needs of agricultural production, and applied the concept of "water conservation priority" to create water-saving irrigation areas. In order to further improve the utilization rate of water resources, key technologies for channel anti-seepage are widely applied in the water-saving renovation project of irrigation areas, effectively improving the water delivery efficiency of irrigation areas, reducing the water seepage rate of channels, optimizing irrigation quality, and providing greater assistance for agricultural production. This article will conduct in-depth research on key technologies for channel anti-seepage in water-saving renovation projects in irrigation areas. Firstly, the role of channel anti-seepage technology will be analyzed, and commonly used channel anti-seepage key technologies will be introduced. Finally, combined with case studies, the application of channel anti-seepage key technologies will be explored.

Keywords: irrigation area; water-saving renovation; channel anti-seepage; key technologies

引言

渠道防渗是灌区节水改造工程的重要工作内容,其关系到灌区日常节水管理质量。在实际灌溉中,渠道渗漏等问题时有发生,极大地威胁着水资源的利用效果。因此,要不断加强对渠道防渗技术的研究,科学地运用渠道防渗技术,控制影响渠道防渗的关键要点,确保防渗技术的优势特点得到充分地发挥,强化灌区的渠道防渗能力,避免水资源的浪费。

1 灌区节水改造工程中应用渠道防渗技术的作用

1.1 实现节水改造目的

农业灌溉作为水库、渠道、田地等的综合体,由于兴建时受科技手段所限,很多灌区都存在着老化失修的现状,易导致水资源的严重浪费,因此,对灌区进行节水改造建设改革,力求能够减少水量的损失,提升灌区的灌溉效率。其中,渠道防渗技术的应用是能够优化现有的灌区渠道结构,让灌区的渠道具备较好的过水能力和防渗漏能力,优化灌区的灌溉功能,进一步实现节水改造的目的,形成对灌区水资源的防渗保护。同时,应用渠道防渗技术过程中,会使用到多种先进的防水材料和施工工艺,为渠道底部及周边结构建造一层防渗保护层,不仅可以避免渠道内水资

源的外渗,造成资源浪费,还可提升渠道的保水性和储水性,形成对雨水的收集,更好地补充灌区的水资源供给。

1.2 优化灌溉性能

在灌区节水改造工程中应用渠道防渗技术,还能够进一步优化灌区的灌溉功能。由于长期的运行使用,我国现有灌区已经存在灌溉渠道老旧的问题,具体体现为渗透现象频发、渠道内杂草丛生、杂物沉积等,严重影响灌区渠道的过水性能和水资源输送效率,使得灌区无法保证对水资源的精确控制和高效调配。而充分运用渠道防渗技术进行渠道节水改造,能够对渠道的灌溉性能进行改善,进一步提高水资源的输送速度,有效地节省输水时间、输水费用,能够提高灌溉效率,降低灌溉成本,促进我国农业生产的发展。另外,在我国大力发展农业经济的过程中,加强灌区渠道防渗节水改造,还能够满足灌区灌溉模式、灌溉工艺、灌溉效率的要求,真正体现出灌区的渠道灌溉能力,助力农村产业的发展。

1.3 提高工程安全性

结合现阶段灌区工程的实际运行中出现的问题,可发现部分灌区的渠道年久失修,存在着较为严重的破损缺陷,部分渠道在实际运行中处于带病运行和超负荷运行状态,

存在着输水效率低、渠道渗漏问题的同时,还存在着一定的安全隐患。因此,在灌区节水改造工程中实施渠道防渗技术,能够有效地解决现存的灌溉效率低、水资源严重浪费等问题,还可以完善灌区的整体结构,增强灌区渠道网络的科学性和完整度。同时,可在渠道防渗技术的应用中,有效处理灌区建筑的各种安全问题,避免渠道出现决堤口、供水中断等问题,切实保障灌区节水改造工程的安全性、稳定性和耐久性,推动我国农业生产的长远持续发展,获得更大的经济效益和社会效益。

2 灌区节水改造工程中的渠道防渗关键技术

2.1 土料防渗技术

该技术主要是对渠道渠床位置进行土料铺设,并进行压实操作,形成较为细密的土料防渗层结构,起到防渗的效果。现阶段国内常使用的土料为灰土和四合土,且要保证铺设厚度的均匀性与合理性,方能更好地压实,最大限度提升渠道整体结构的防渗能力。技术实施的操作要点如下:(1)在进行土料的铺设前要做好渠道的清理工作,对渠道结构中存在的草皮、树根等有机质进行清除,为土料防渗技术的实施做好准备。(2)要注重土料的选择,需选取符合标准的石灰材质和混合料,并对土料进行粉碎和过筛处理,避免土料中存在杂质。一般需根据工程实际需求进行土料粒径的控制,如混合料粒径 $<2\text{cm}$,石灰粒径 $<0.5\text{cm}$ 。(3)要进行土料配合比设计。需利用试验分析的方式,进行配合比的科学拟定,根据工程的实际防渗需求,确定土料配合比参数,要严格控制土料中的含水量,保证实际含水量与标准含水率差值小于 1% 。(4)为了保证土料防渗技术的应用效果,要设计合理的防渗层厚度。可依据土料种类进行分析,并进行土料层厚度的确定,一般渠道底部土层厚度为 $10\sim40\text{cm}$,渠道坡区域的厚度为 $10\sim60\text{cm}$ 。同时,还要考虑经过碾压后土料层的厚度,确保碾压后土层厚度为 15cm 左右。(5)要采取分层的方式进行土层铺设,确保土料存有干容量超过设计起始容量,且要在铺设后进行防渗层保护,科学地控制防渗层的湿度和温度。该技术多被应用于径流速度较小的渠道中,能够形成渗透量的控制,且技术所需材料较为常见,成本造价较低,施工难度不高,易于完成。

2.2 钢筋混凝土防渗技术

该技术主要是按照工程所需进行钢筋混凝土的铺筑,构成强度较好、防渗性较高的钢筋混凝土防渗层,减少灌区渠道运输中水体的渗漏,多应用于大型灌区的渠道防渗。在技术的应用中要注意以下要点:(1)对于钢筋混凝土防渗层的设计,要注意施工材料的选择。钢筋的规格、数量和设置间距要符合设计要求,且对钢筋做好相应的防锈蚀处理。混凝土材料的选择上要选择适合的涂料,并进行风干和粉碎,并选择合适的水泥品种,保证混凝土的抗渗性能。(2)要对钢筋混凝土进行合理的配比设计。在配筋过程中,需适当增加防渗层的抗拉强度,避免出现裂缝,并

规范混凝土的混合配比,可适当地掺入粉煤灰等掺合料或高效减水剂等,保证混凝土的抗渗性能。(3)在该技术的实施中,可采取干拌和湿拌两种拌和方式,全面提升作业的规范性和科学性,其中,可先进行干拌处理,保证材料要均匀混合后,再进行湿拌调和。在混凝土的铺筑前 0.5h 内,要对渠基进行润湿,便于增加渠道和混凝土的黏结性。该技术实施中混凝土多铺筑在渠坡和渠底位置,并在抹平后于表面覆着水泥,将厚度维持在 2mm 左右。(4)完成混凝土的铺筑后要要进行相应的保护处理。一般根据工程要求,可在混凝土上覆盖塑料薄膜,用以保证混凝土的湿度、温度以及完整性。而若设置水泥砂浆保护层,则要利用水泥浆作为固定介质,并使用钢板进行压光作业,切实维护混凝土的铺筑效果。(5)在钢筋混凝土的铺筑中,还要为防渗层设置相应的伸缩缝,宽度为 2cm 左右,并做好伸缩缝的密封工作。该技术的应用能够一定程度上提升渠道的防渗效果,并对渠道的结构完整性和安全性进行提升,具有较强的实践意义。

2.3 砌石防渗技术

该技术主要是利用石料干砌施工作业的方式,改善渠道的防渗性能,增加灌区的整体稳定性和科学性。在该技术的应用中要着重对石料的勾缝进行处理,保证石料防渗层的整体防渗效果,有效减少渠道在运水过程中的渗漏现象。该技术的应用一般集中于石料较为充足的地区,便于就近进行石料的使用,最大限度上减少石料运输的费用,提高该技术的经济性。具体技术的施工要点如下:(1)施工作业前需对石料进行清洗,为后续的勾缝防渗处理奠定基础。(2)要进行石料的分层砌筑,保证砌石结构的科学性和合理性。要在底层进行大型石块的堆砌,要保证该层级结构实际厚度达到 $25\sim30\text{cm}$ 之间,并对该层级结构进行灌注砂浆处理,可适当配合随时进行补充填筑。对于上层砌石结构的施工,要注重片石与块石的搭配使用,科学规范地进行施工作业,时刻关注砌筑的横缝与纵缝的交错区分,并相应的进行洒水处理,保证整体结构的湿润度。(3)对于始终块石进行砌筑的区域,要报这个块石厚度的相近性,可将厚度控制在 $20\sim40\text{cm}$ 之间,并及时地进行水泥砂浆勾缝控制,按照规范要求进行砌石防渗施工的养护作业。该技术的实际应用中,能够提升灌区渠道的整体防渗效果,并强化防渗层的耐磨性和抗冻性,具有较为普遍的适用性范围,能够较好地满足节水改造工程的实际需求,相比其他防渗技术的应用,该技术的砌石过程较为考验施工人员的技术水平,现阶段的接卸设备难以就地取材进行灵活的施工砌筑,因此应用会受到劳动力成本的制约。

3 灌区节水改造工程中的渠道防渗关键技术应用

3.1 工程介绍

本文以广西来宾市下六甲灌区改造工程为例,该灌区总灌溉面积可达 59.2 万亩,渠道防渗衬砌是该工程的重点改造内容,需要改造的渠道总长度为 150km 。由于之前

的灌区已经历几十年使用，存在着较为严重的老化现象，渠道存在多处塌方区域和漏水、渗水现象，安全隐患较多。因此，在实施渠道防渗技术的过程中，需对原有渠道的侧墙和地板进行块石垫底的衬砌，并采用不同强度的混凝土进行浇筑，沿着渠道水流方向，每10m设置一条宽2cm的伸缩缝，可利用聚硫密封胶就进行伸缩缝的封闭处理。

3.2 渠道防渗施工过程

根据该工程渠道防渗施工的实际需求，拟定渠道防渗施工顺序，即先进行施工清理和土体拆除，再进行相应的渠底及边坡施工建设，可根据该渠道长度进行分段衬砌施工，保证施工建设的效率。

3.2.1 施工准备

为保证该工程渠道防渗施工的顺利开展，要做好相关的施工准备工作，对施工现场的水电及道路等进行检查，并对施工所需的机械设备进行核对确认，根据工程的实际需求进行施工材料的准备。在钢筋材料的准备中，要确保钢筋的质量符合施工标准，并按照设计图纸进行钢筋的预处理，要将钢筋制作成箍筋和末端弯钩等部件，具体的预处理允许偏差见表1。在混凝土原材料的准备过程中，需要根据工程实际需求进行水泥型号的选择，除了要对混凝土的骨料及掺入剂等进行控制外，要对混凝土的用水进行控制，具体控制标准见表2。另外，需要对混凝土的配合比进行设计，将混凝土的坍落度控制在可控范围内。

表1 钢筋加工件允许偏差

类型	允许值
受力钢筋全长尺寸的偏差	±10mm
箍筋各部分长度的偏差	±5mm
钢筋弯起点位置的偏差	±30mm
钢筋转角的偏差	±3°

表2 混凝土用水质量控制标准 单位: mg/L

项目	pH值	不溶物	可溶物	氯化物	硫酸盐
预应力混凝土	>4	>2000	<2000	<500	<600
钢筋混凝土	>4	<2000	<5000	<1200	<2700
素混凝土	>4	<5000	<1000	<3500	<2700

3.2.2 防渗施工

对于该渠道的防渗施工，需要先对区域内存在的老化衬砌结构进行凿除，并对其表面进行彻底的清理，为防渗提供基础。之后可按照一定顺序进行施工建设：（1）支立模板。由于渠道的施工要进行混凝土浇筑，可按照横纵通缝的位置进行模板的设置，并在模板的背面进行沙袋加固。可在槽钢底部进行钢筋的焊接，形成对混凝土的支撑处理。（2）按照分层浇筑的方式，依次进行浇注和振捣操作，待混凝土初凝前进行适当的修整，保证混凝土表面的平整度。该工程中使用了DMG80抹面机进行抹面处理，并配合实施人工压光出面。（3）要对混凝土的平整度进行检测，

将偏差控制在允许范围内。在保证平整度的前提下，要对混凝土进行养护作业，采用覆膜保湿的方式进行7d~14d的保湿养护。（4）对于伸缩缝的处理，要按照设计的间隔进行布置，并利用聚硫密封胶进行封闭和找平。该工程中对伸缩层使用了跳仓法进行施工建设，即先进行闭孔泡沫板的固定，再进行浇筑施工，便于保证填缝的干净程度。

3.3 渠道防渗断面优化设计要点

在该工程中针对不同的渠道地形情况，可分别采用多种渠道防断面优化设计。具体的设计要点如下：针对梯形渠道防断面设计（图1），要先对渠道基层进行清理，并利用土料进行夯实，再利用土工膜进行断面的铺设，之后进行混凝土的铺筑。为了进一步提升该渠道的防渗性，要利用混凝土进行压顶，并借助力学原理进行坡度的计算，切实保证该断面设计的科学性与适用性，其中需对各渠道的横截面进行精准测量，并测算边坡系数及水力半径等数值，从综合性的角度进行梯形防断面优化设计，确定渠道深度及混凝土的衬砌厚度。

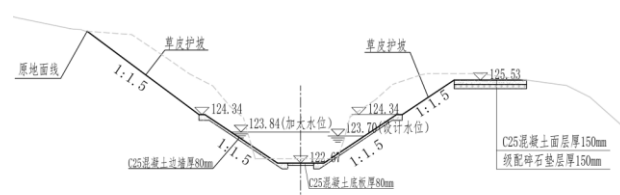


图1 梯形渠道示意图

4 结束语

综上所述，灌区节水改造工程中渠道防渗技术的应用，对灌区的防渗能力有着至关重要的作用，其不仅可以帮助灌区解决渠道漏水和渗水的问题，还能够提升渠道结构的完整性和稳定性，保证灌溉的安全。在实际设计中，要根据工程的实际需求，进行渠道防渗技术的选择，并针对技术的各要点进行严格的控制，保证技术实施的效果和质量，有效提升渠道的防渗性能，保证农业生产的输送水稳定性。

【参考文献】

- [1]尚奇.灌区节水改造工程中渠道防渗关键技术分析[J].水上安全,2024(5):166-168.
 - [2]辛福德.灌区节水改造中的渠道防渗技术研究[J].科技资讯,2023,21(22):156-159.
 - [3]段丽芳.灌区节水改造工程中农田灌溉渠道防渗关键技术研究[J].南方农机,2023,54(18):178-180.
 - [4]李娜.灌区节水改造工程中的渠道防渗关键技术研究[J].工程技术研究,2023,8(2):219-221.
 - [5]刘红胜.灌区节水改造工程中的渠道防渗技术应用[J].河南科技,2021,40(34):65-67.
- 作者简介：杨俊（1985.10—），男，毕业院校三峡大学；所学专业工商管理，当前就职单位：中国水利水电第十一工程局有限公司，职务：项目经理，职称级别：工程师。

高层建筑钢筋混凝土剪力墙结构设计分析

刘红伟

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 高层建筑中, 钢筋混凝土剪力墙结构被广泛应用于抵御风荷载和地震等外部作用, 显示出其作为有效抗侧力体系的优势。通过分析剪力墙的力学性能、设计原则和施工方法, 明确了其在高层建筑中的重要性及影响因素。同时, 结合实际案例, 评估了剪力墙在不同地质条件和荷载情况下的表现, 为工程设计提供了实用依据。最终, 提出了优化设计方案, 以提升结构的安全性和经济性, 为未来的高层建筑设计提供参考和指导。

[关键词] 剪力墙; 钢筋混凝土; 高层建筑; 抗侧力; 结构设计

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14752

中图分类号: TU378

文献标识码: A

Design and Analysis of Reinforced Concrete Shear Wall Structure in High-rise Buildings

LIU Hongwei

Hebei Institute of Architectural Design & Research Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Reinforced concrete shear wall structures are widely used in high-rise buildings to resist external forces such as wind loads and earthquakes, demonstrating their advantages as effective lateral force resisting systems. By analyzing the mechanical properties, design principles, and construction methods of shear walls, the importance and influencing factors of shear walls in high-rise buildings have been clarified. Meanwhile, by combining practical cases, the performance of shear walls under different geological conditions and load conditions was evaluated, providing practical basis for engineering design. Finally, an optimized design scheme was proposed to enhance the safety and economy of the structure, providing reference and guidance for future high-rise building designs.

Keywords: shear wall; reinforced concrete; high-rise buildings; lateral resistance; structural design

引言

在现代高层建筑设计中, 抗侧力结构的合理运用至关重要。钢筋混凝土剪力墙因其优异的力学性能和经济性, 成为了抵御风荷载和地震的首选方案。随着城市化进程的加速和建筑高度的不断提升, 如何有效设计和优化剪力墙结构, 以确保其在极端条件下的安全性和稳定性, 已成为工程师们面临的重要挑战。通过深入分析剪力墙的设计理念、施工方法及实际案例, 旨在揭示其在高层建筑中的关键作用, 并探讨其未来的发展方向, 为建筑行业提供切实可行的解决方案^[1]。

1 高层建筑剪力墙结构的基本概念与特征

1.1 剪力墙的定义与功能

高层建筑中的剪力墙是指一种垂直的、结构性墙体, 主要用于抵抗水平荷载, 如风力和地震力。其构造通常由钢筋混凝土制成, 具有较高的强度和刚度。这种结构的主要功能是提供抗侧力和稳定性, 确保建筑在遭受外力作用时不会出现过大的变形或破坏。与传统的框架结构相比, 剪力墙可以显著提高建筑的抗震性能, 使其在极端自然条件下更加安全可靠。因此, 剪力墙已成为现代高层建筑设计的重要组成部分, 尤其在地震频发地区尤为关键。其高效的抗侧力能力和出色的结构稳定性, 使其在高层建筑中越来越受欢迎^[2]。

1.2 剪力墙的设计特征

剪力墙的设计通常遵循一定的规范和原则, 以确保其不同荷载条件下的有效性。设计过程中需要考虑墙体的

几何形状、配筋方案以及材料特性等因素。一般而言, 剪力墙的厚度和高度应根据建筑的整体布局和所处的地理环境进行合理安排。此外, 墙体的开口设计也需谨慎, 以避免影响其抗侧力能力。合理的设计不仅能提高结构的整体性能, 还能减少材料的使用, 从而降低建设成本。通过这些设计特征, 剪力墙能够在高层建筑中发挥出色的性能, 满足功能性和经济性的双重需求。

1.3 剪力墙在实际应用中的表现

在实际应用中, 剪力墙的效果受到多种因素的影响, 包括地质条件、荷载类型以及建筑形态等。在地震频发区域, 剪力墙的设计需要更加谨慎, 以应对强烈的地震力。在这种情况下, 墙体的分布和数量可能需要增加, 以提高整体的抗震能力。此外, 剪力墙的高度和厚度也需根据具体的建筑需求进行调整, 以确保其在地震发生时能够有效地抵御侧向力^[3]。

通过对多个实际案例的分析, 可以发现, 剪力墙不仅提升了建筑的安全性, 还在一定程度上优化了空间利用率。剪力墙的布置方式能够有效分隔室内空间, 为功能性布局提供灵活性。同时, 随着技术的发展, 剪力墙的设计和施工方法也在不断演变, 例如采用新型材料和先进的施工工艺, 使其具有更好的性能。这些创新不仅提高了剪力墙的抗侧力能力, 还在一定程度上降低了建筑的整体成本, 为高层建筑的安全性与经济性提供了更为有效的保障。

2 钢筋混凝土剪力墙的力学性能分析

2.1 剪力墙的受力机制

钢筋混凝土剪力墙的力学性能主要体现在其受力机制上。剪力墙在外部荷载作用下,能够有效地分散和传递应力。墙体的竖向和水平构件相结合,使其能够承受垂直荷载的同时,抵御水平荷载。剪力墙的刚度较大,能够有效地限制建筑物的侧向位移,降低风荷载和地震力对建筑物的影响。在地震作用下,剪力墙可以通过刚度和强度的结合,产生显著的抗震效果。尤其是在强震条件下,剪力墙通过屈服和耗能机制,能够有效减小建筑物的震动反应,从而保护建筑物及其内部的结构和设施^[4]。

2.2 剪力墙的材料特性

钢筋混凝土的材料特性是影响剪力墙力学性能的重要因素。混凝土具有优良的抗压强度,但其抗拉强度相对较低,因此在剪力墙设计中,需要合理配置钢筋,以提高其抗拉和抗剪能力。钢筋的布置通常采取纵向和横向相结合的方式,确保剪力墙在受力时的均匀性与稳定性。此外,钢筋的型号、锚固方式以及配筋率等都会直接影响剪力墙的力学性能。在实际应用中,研究发现,采用高强度混凝土和优化的钢筋配置,可以显著提高剪力墙的承载能力和耐久性,使其在极端荷载下依然保持良好的结构性能。

2.3 剪力墙的实际测试与分析

为了验证剪力墙的力学性能,工程界通常采用实验室试验与现场测试相结合的方法进行深入分析。实验室试验通常涵盖单体墙体的抗压、抗拉和抗剪试验,通过对试样的破坏模式和承载力进行详细观察,获取剪力墙在不同荷载下的表现数据。这些试验可以精确地模拟不同工况下的力学响应,帮助研究人员理解剪力墙的行为特征^[5]。

与此同时,现场测试通过对高层建筑进行动态监测,实时获取剪力墙在实际使用过程中受到的各种力学影响,例如风荷载和地震作用。这种监测不仅可以验证实验室结果,还能捕捉到实际施工中可能存在的特殊情况。研究表明,经过合理设计和材料配置的剪力墙在极端条件下仍然能够保持良好的力学性能。

通过对实验数据的综合分析,可以为剪力墙的优化设计和施工提供科学依据,这将推动高层建筑抗侧力结构的持续发展与应用,为提高建筑的整体安全性和耐久性奠定基础。同时,这也为工程师在面对复杂建筑环境时,提供了更为有效的设计参考。

3 剪力墙设计原则与规范解析

3.1 剪力墙设计的基本原则

在高层建筑的设计中,剪力墙的配置是至关重要的,其设计应遵循一系列基本原则以确保结构的稳定性和安全。首先,剪力墙的布局应考虑到建筑物的整体平面形状,通常在建筑的短边方向布置,以形成一个有效的抗侧力系统。这种布局有助于在建筑物可能遭受的风荷载和地震力作用下,提供必要的刚度和强度,从而保证建筑的稳定。

剪力墙的数量和分布必须根据建筑的高度、形状及其地理位置(特别是地震带的考虑)来合理配置。设计时应确保剪力墙能够均匀分担由于这些外力引起的荷载,避免因荷载集中而产生潜在的结构破坏。合理的剪力墙布局不仅有助于增强结构的整体抗震性能,还可以通过优化墙体数量来节省材料和施工成本。剪力墙的几何形状和结构细节设计也需精心考虑。为保持墙体的整体性和强度,设计中应尽量减少墙体中的开口数量和大小。开口的存在可能会削弱墙体的承载能力和变形能力,特别是在地震作用下,开口处的墙体更容易受损。因此,必要时应通过增设局部加固措施,如设置加强筋、使用高强度材料等,来补偿开口带来的不利影响。在剪力墙的构造连接方面,应确保与楼板、基础及其他结构部件之间有着良好且牢固的连接。有效的连接设计不仅关乎结构的整体性能,也是防止结构在重大荷载作用下发生局部或整体破坏的关键。通过采用适当的连接方式和确保施工质量,可以大幅度提升结构的响应能力和安全性。

3.2 设计规范与标准

剪力墙的设计必须遵循相关的建筑规范和标准,如《混凝土结构设计规范》及《建筑抗震设计规范》等。这些规范为剪力墙的设计提供了详细的指导,包括荷载计算、材料选用、构造要求等。在进行抗侧力设计时,设计师需要计算剪力墙的抗剪强度和抗弯强度,并根据实际荷载情况进行验算。此外,规范还规定了剪力墙的配筋要求,以确保其在各种荷载条件下的安全性和可靠性。特别是在地震设计中,剪力墙的设计需要考虑可能出现的多向荷载情况,确保在强震作用下,剪力墙能够有效地吸收和耗散能量,保护建筑结构的整体安全。

3.3 优化设计策略

为了提高剪力墙的性能,设计过程中可以采用多种优化策略,确保其在高层建筑中的有效性。例如,使用高强度混凝土和高韧性钢筋可以显著提升剪力墙的抗压和抗拉能力,从而增强结构的整体稳定性。剪力墙的厚度和高度可根据实际需要进行调整,以优化其抗侧力性能,确保在极端环境下依然具备足够的承载能力。

在配筋设计方面,利用有限元分析等先进技术对墙体进行精细化分析,可以确保钢筋的合理布置和数量,避免因配置不当导致的力学性能不足。此外,设置分段剪力墙和增加支撑等措施也能有效增强结构的稳定性。这种分段设计不仅可以提升抗侧力能力,还能提高建筑的抗震性能,降低在强烈地震或风荷载作用下的破坏风险。

通过综合运用这些优化设计策略,剪力墙在高层建筑中能够有效提升整体的抗侧力能力,确保建筑在复杂荷载作用下的安全性与经济性,为未来的建筑设计提供可靠保障。

4 施工技术与工艺对剪力墙性能的影响

4.1 施工技术对剪力墙性能的影响

施工技术在剪力墙的建造中至关重要,直接关系到墙体的质量和性能。传统的浇筑工艺在施工过程中可能导致

混凝土的分层、离析或气泡等问题,从而影响墙体的强度和耐久性。因此,采用高效的施工技术,如连续浇筑、振捣和压实等,可以确保混凝土的均匀性和密实性。此外,施工中的温度和湿度控制也是保证混凝土强度的重要因素。在夏季高温或冬季低温施工时,应采取相应的保温和降温措施,避免混凝土出现裂缝和强度不足等现象。

4.2 施工工艺对连接部位的影响

剪力墙的性能不仅取决于墙体本身,还与其连接的楼板、基础等构件的连接工艺密切相关。连接部位的施工质量对剪力墙的整体稳定性和抗侧力能力有着直接影响。在施工过程中,楼板与剪力墙的连接应确保钢筋的有效搭接和锚固,避免因连接不当而导致的应力集中和局部破坏。采用合理的连接设计,如设置钢筋笼、增强混凝土锚固等,可以显著提升连接部位的强度和韧性,确保各构件之间的协同工作。此外,施工过程中应严格遵循设计图纸和施工规范,进行现场验收,确保连接质量达到设计要求。通过这样的精细管理,可以有效降低建筑在使用过程中可能面临的安全风险,为剪力墙的整体性能提供更为坚实的保障。

4.3 施工管理与质量控制

施工管理和质量控制在剪力墙的建造中至关重要,能够直接影响最终结构的性能和安全性。合理的施工管理可以有效协调各工序,提高施工效率,减少因沟通不畅而导致的返工和资源浪费。在施工前,必须对施工队伍进行全面培训,确保工人充分了解施工流程和技术要求,从而提高施工的规范性和准确性。

建立完善的质量控制体系同样不可或缺,通过定期检查和监测,及时发现并纠正施工过程中的问题,确保每一个环节都符合设计标准。此外,采用现代化的施工设备和技术,例如高效的模板系统和混凝土泵送设备,可以大幅提升施工效率,保证混凝土浇筑的均匀性和质量。这不仅缩短了施工周期,还降低了因施工不当导致的质量隐患。

通过严格的施工管理和有效的质量控制,可以有效提升剪力墙的性能,确保高层建筑在长期使用过程中的安全性和耐久性。这为未来建筑的可持续发展奠定了坚实的基础。

5 实际案例研究: 剪力墙在不同地质条件下的应用效果

5.1 案例一: 北京某高层住宅项目

在北京的一项高层住宅项目中,由于地基土质较为复杂,地层中存在软土和填土层,设计团队决定采用钢筋混凝土剪力墙作为主要的抗侧力结构。项目中,剪力墙的数量和分布经过仔细计算和分析,确保在强风和地震荷载下能够有效分担应力。施工过程中,通过高强度混凝土的使用和合理的钢筋布置,确保了墙体的整体性能。在实际应用中,该项目在经历了强风和小型地震时,剪力墙有效地控制了建筑的位移,未出现明显的变形或损坏,验证了剪

力墙在复杂地质条件下的优越性和可靠性。

5.2 案例二: 广州某商业综合体

在广州的一座商业综合体中,地质条件为黏土与砂土交替,地下水位较高。考虑到这种条件可能导致基础沉降不均,设计团队特别设计了多道剪力墙以增强建筑的稳定性。剪力墙的设计采用了增强型配筋方案,以提高抗侧力能力。在施工过程中,采取了高效的排水和降水措施,确保混凝土浇筑的顺利进行。项目完成后,经过多次台风和暴雨的考验,剪力墙有效抵御了侧向荷载,建筑未出现裂缝或其他结构性问题,证明了其在湿润软土环境中的应用效果。

5.3 案例三: 上海某办公楼

上海的一座现代化办公楼项目位于城市中心,地质条件为人工填土,且周边建筑密集。为确保建筑的抗侧力性能,设计团队采用了较为集中的剪力墙布局。施工过程中,特别注重对填土的压实处理,以减少未来沉降对剪力墙性能的影响。经过精细化的施工管理,墙体的强度和刚度得到了保障。在实际使用中,该办公楼在强风和地震等自然灾害中表现良好,剪力墙有效地控制了建筑的摇晃,确保了使用者的安全与舒适,展现了剪力墙在复杂城市环境下的适应能力和实用性。

6 结语

通过对剪力墙在不同地质条件下的实际案例研究,可以看出其在高层建筑中的重要性和优越性。无论是北京的复杂地层,广州的湿润软土,还是上海的人工填土,剪力墙都展现出了卓越的抗侧力能力和稳定性。在设计与施工过程中,合理的布局、材料选择和施工技术的应用,确保了剪力墙的性能达到了预期效果。这些案例不仅为未来的建筑设计提供了宝贵的经验,也验证了剪力墙在多样化地质环境中的适用性。未来,随着工程技术的不断进步,剪力墙的设计与应用将更加优化,为高层建筑的安全性和耐久性提供更有力的保障。

[参考文献]

- [1] 蔡颖. 高层建筑钢筋混凝土剪力墙结构设计分析[J]. 住宅与房地产, 2019(34): 69.
 - [2] 徐铭. 高层建筑钢筋混凝土剪力墙结构设计[J]. 住宅与房地产, 2020(6): 81.
 - [3] 于涛. 高层建筑钢筋混凝土剪力墙结构设计分析[J]. 城市住宅, 2020, 27(4): 193-194.
 - [4] 李忠文. 高层建筑工程中钢筋混凝土剪力墙结构设计分析[J]. 住宅与房地产, 2023(11): 74-76.
 - [5] 方兆平. 高层建筑钢筋混凝土剪力墙结构设计分析[J]. 中国住宅设施, 2024(5): 41-43.
- 作者简介: 刘红伟 (1982.4—), 女, 汉族, 毕业学校: 河北建筑工程学院, 现工作单位: 河北建筑设计研究院有限责任公司。

建筑电气工程供配电系统设计要点研究

潘玉强

河北拓朴建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 随着社会的不断进步, 现代化城市的建设推进速度也得到了迅速发展。建筑的高压供配电系统的电气设计在整个电气设计中占据着非常重要的位置, 建筑电气设计工作人员要结合供配电系统实际的情况构建出具有经济合理、技术先进以及安全可靠的供配电系统, 安全可靠的供配电系统设计对于建筑的正常运行是至关重要的。

[关键词] 电气工程; 供配电系统; 设计要点

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14739

中图分类号: TU7

文献标识码: A

Research on Design Points of Power Supply and Distribution System for Building Electrical Engineering

PAN Yuqiang

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

Abstract: With the continuous progress of society, the construction speed of modern cities has also developed rapidly. The electrical design of the high-voltage power supply and distribution system in buildings occupies a very important position in the entire electrical design. Building electrical design personnel need to combine the actual situation of the power supply and distribution system to construct an economically reasonable, technologically advanced, and safe and reliable power supply and distribution system. A safe and reliable power supply and distribution system design is crucial for the normal operation of buildings.

Keywords: electrical engineering; power supply and distribution system; design points

引言

在现代建筑工程中, 电气系统的设计与施工是保障建筑正常运行的关键环节, 尤其是作为基础设施的供配电系统, 它直接关系到建筑电力供应的稳定性、安全性以及能效表现。随着建筑规模的不断扩大及电力需求的增加, 供配电系统的设计不仅需满足基本的用电需求, 还必须应对节能、智能化与可持续发展的挑战。在能源紧张和环保要求日益严格的背景下, 如何平衡供电可靠性与节能降耗, 已成为建筑电气设计中亟待解决的关键课题。供配电系统涉及多个方面, 如电力传输、配电、保护及调度等, 设计质量的优劣将深刻影响建筑的能效、施工成本及后期运营维护的便捷性。对于高层建筑、大型商业综合体等复杂建筑而言, 供配电系统的设计更需精准的技术方案与科学的设计理念。在这种情况下, 如何选择合适的电气设备、设计高效的电力分配网络、优化系统配置并提升设备运行效率, 已成为当前建筑电气工程设计中的核心任务。本文将对建筑电气工程供配电系统设计中的关键要素进行深入分析, 探讨如何在确保系统安全与稳定的基础上, 推动供配电系统向智能化与节能化发展。通过对设计原则、技术手段及节能措施的探讨, 旨在为建筑电气设计人员提供科学且实用的设计指导, 从而推动建筑电气系统的创新与可持续发展。

1 建筑电气供配电系统设计内容

建筑电气供配电系统的设计是保障建筑物正常运行

和安全使用的核心环节, 涵盖了从电力供应到终端设备供电的全过程。在设计过程中, 供电来源的选择及接入方式是首要考虑的问题。建筑电气系统通常依赖于市政电网、变电所或自备电源(如备用发电机组、光伏系统等)。电源类型及接入方式的恰当选择, 作为确保供电稳定性与安全性的基础, 不容忽视。基于此, 供配电系统设计还必须明确建筑的负荷需求, 包括常规负荷、备用负荷与特殊负荷。负荷类型与分布的不同, 直接影响着配电系统容量的设计。根据建筑规模及功能的不同, 供配电系统设计应细化到每个电气设备的接入需求及电力分配方式, 通常包括高压与低压配电系统的设计。大规模电力传输由高压配电系统负责, 其通过变压器将高压电流转换为低压电流, 从而满足建筑物的主要电力需求。低压配电系统则将电力分配至各用电终端, 如照明、空调、电梯及其他各种设备等。配电线路的设计不仅包括电缆型号的选择与布线方式的安排, 还涉及配电盘的设置与接地系统的设计, 确保电流能够安全传输, 避免电气事故的发生。除此之外, 配电系统的安全性与可靠性同样至关重要, 必须综合考虑防雷、防过载及防短路等保护措施, 此外, 电力系统的监控与管理功能也应得到充分重视, 以确保在设备发生故障时, 能够迅速切断电流, 从而避免火灾、设备损坏等潜在风险。随着节能与智能化需求的提升, 现代建筑电气供配电系统亦需要融入智能配电、能源管理及优化调度等先进技术, 借助自动化监控系统与智能电表, 实时监测电力使用情况,

提高能源利用效率并降低能耗。在设计过程中,建筑的未来扩展性同样应考虑,以便在建筑投入使用后,能根据实际需求调整或升级供电系统。

2 建筑电气工程供配电系统设计过程当中所遵循的原则

2.1 安全性

在建筑电气工程的供配电系统设计中,安全性作为至关重要的设计原则,必须得到严格遵守。电气系统的设计应全面遵循国家相关标准与规范,确保在运行过程中不会对人员、设备或建筑物构成任何安全隐患。特别是在发生短路、过载或漏电等故障时,保护装置的设置至关重要,及时切断电源的功能由断路器、漏电保护器等设备来实现,从而有效防止事故的蔓延。电气线路的布局及设备的安装,亦需符合安全距离及规范要求,以避免由于过载或过热引发的安全问题。此外,接地系统的设计,作为确保电气安全的关键环节,必须采取合理的接地与接零措施,从而有效降低触电事故的发生风险^[1]。电气设备的防火防爆功能同样不可忽视,尤其是在易燃易爆气体或高温环境中,应当选用符合防爆要求的电气设备,确保其在特殊环境下能够正常运行。

2.2 节能性

在建筑电气工程的供配电系统设计中,节能性原则至关重要。随着能源需求的不断增长与环保标准的日益严格,节能设计已成为电气系统设计中无法忽视的核心要素。高效设备的选择构成了节能的基础,例如,选用高效变压器、低损耗电缆以及节能型配电开关设备,这些措施不仅能确保系统稳定运行,且能有效减少能源损失。供配电线路的布局需合理规划,线路长度的缩短与电阻的减少是降低能耗的有效手段。此外,设备选型与配置的优化,有助于在运行过程中减少不必要的能耗。负载的分配与调度亦需进行精确的计算与合理调整,避免系统负荷过重或闲置,确保系统运行在最佳能效状态下。智能电力监控系统的引入,通过实时数据的采集与分析,能够对电力消耗进行精准管理与调节,从而实现动态优化,提升整体能效。再者,结合太阳能、风能等可再生能源的利用,可进一步推动多种能源的互补,最终达到节能减排的目标。

2.3 操作简易

在建筑电气工程供配电系统的设计中,操作简易性同样至关重要。除了确保系统满足安全与节能等基本技术要求外,设计时还需特别关注系统的操作与维护,使其简便易行且直观清晰。在设计过程中,应充分考虑操作人员的工作习惯,合理规划系统布局及设备选型,确保操作流程简洁明了,便于执行。关键设备如配电箱、开关及插座等,应设置在便于接近与操作的位置,并配备明确的标识与操作说明,以减少操作难度。自动化程度的适当提升也不可忽视,通过引入自动化控制设备与智能监控系统,能够有

效减少人为操作失误,提高操作的便捷性与准确性。在设计中,设备的维护与检修便利性同样应得到充分考虑,确保操作人员能够迅速完成日常检查与故障排除,避免因复杂操作流程或难以接触的设备位置而造成的不便,从而进一步提升系统的可靠性与效率。

3 建筑电气工程供配电系统中节能设计要点

3.1 高压配电系统

在建筑电气工程中,高压配电系统的节能设计至关重要,它直接关系到电能的高效传输、建筑供配电系统的整体能效及运行成本。在设计过程中,电压等级的合理选择是减少电力损耗的关键。通过选择适当的电压等级,电流可有效降低,从而减少导线的电阻损耗,进一步提高系统的整体能效。与此同时,变压器的配置与运行模式的优化同样至关重要。根据负荷特性与使用周期,变压器的选择应合理,以避免过载或低负荷运行的状态,显著降低无效能耗。应对变压器的损耗性能进行严格筛选,选择低损耗、高效率的产品,以减少能源浪费。高压配电系统中电气设备的选型同样应遵循节能原则。例如,在选择高压开关设备、隔离开关等设备时,除了考虑其功能性外,其能效特性也应重视,确保设备运行时能最大程度地减少能量损耗。此外,配电线路布局的合理设计亦能有效节能。避免线路过长或分支过多,不仅降低了电能在传输过程中的损失,还提高了电力的传输效率。智能化监控与自动化控制系统的引入,也是提升高压配电系统能效的有效手段。通过实时监测与调节,智能设备能够根据实际负荷自动调整电压和电流,从而避免不必要的能量浪费,确保电力的精准调度与高效使用。

3.2 低压配电系统

低压配电系统在建筑电气工程中的地位至关重要,其节能设计直接影响建筑能效。在设计过程中,合理选择系统中各类设备至为关键。变压器的容量应依据建筑的实际负荷需求来确定,避免容量过大导致的能耗浪费,也需防止容量过小引起的系统频繁过载,影响供电质量。配电线路的选型同样需要精确计算,电缆或导线的规格应综合考虑负荷电流、传输距离及电压等级。尽管小规格线缆的成本较低,但其可能引起较大的电能损耗,从而降低系统整体效率,故在选择时应谨慎考虑合适的规格。为了有效减少配电线路中的能耗,设计时应尽量缩短线路长度,以避免因线路过长而引发的电压降问题^[2]。配电箱的布局设计中,合理的安排位置同样不可忽视,既能降低电气损耗,又能提升电力传输效率。低压配电系统的节能设计还应融入智能化控制。通过引入先进的自动化技术,如智能监控、负荷预测与动态调节等手段,电力分配可实时优化,避免无效负荷,减少高峰期间的过度供电。此外,电力因数补偿装置的合理配置,也是提高能效的关键举措。通过适当的电力因数补偿,无功功率可有效降低,从而提升电能的

有效利用率。

3.3 选择供配电系统中的导线

在建筑电气工程中,导线的选型是供配电系统设计中的关键环节之一,其对系统的能效与运行成本有着直接的影响。材料选择在节能效果上起着至关重要的作用。常见的导线材料为铜与铝。铜导线因其较低的电阻率,能够在高负荷或高效能要求的应用场合有效减少电能损耗,因此在这些场合中较为常见。铝导线虽然成本较低,但其电阻较高,适用于负荷较轻的场合。在节能设计中,应根据实际负荷需求合理选择导线材料,以避免因不当选材而造成不必要的电能浪费。导线的截面面积在节能设计中同样发挥着重要作用。截面过小的导线会导致电流通过时电阻增大,从而产生额外的能量损耗,并可能引发过热等安全问题;相反,截面面积过大虽然有助于减少电能损耗,但会增加施工成本,且未必带来显著的能效提升。因此,应根据实际电流负荷需求,通过精确计算选择合适的截面面积,以最大化能效。在长距离电力传输线路中,合理选择导线的截面面积尤为重要,它能有效减少电流通过时的功率损失。导线的敷设方式同样对节能至关重要。合理规划导线的布局,避免冗余与过长的线路,可以显著降低电能损耗。例如,减少线路的曲折部分,有助于减少不必要的电流浪费。敷设导线时,还需充分考虑环境温度、通风条件等因素,以防导线因过热导致的能量损失。随着智能技术的不断发展,现代建筑电气工程已开始引入智能导线管理系统。该系统能够实时监控电流负荷与温度变化,若出现过载或故障风险,系统会提前预警并调整,从而有效避免因过载或异常情况导致的能效浪费与设备损坏。

3.4 设置供配电系统的配电箱

在建筑电气工程中,配电箱的设置对供配电系统的节能效果至关重要。通过合理配置配电箱,电能损耗可以显著降低,电力分配效率得以提升,同时系统的安全性与可维护性也能得到增强。配电箱应尽可能靠近负荷中心,以有效缩短电力传输的距离,避免因线路过长而引发不必要的能量损失。特别是在高层建筑中,配电箱与负荷设备之间的距离缩短,电流在传输过程中的损耗能够得到有效减少。配电箱的容量设计必须与建筑物的实际用电需求相匹配,以确保设备始终在最佳负荷下运行。若容量过大,设备便会处于低负荷状态,从而影响运行效率;而容量过小,则可能导致系统过载,进而影响供电稳定性。因此,合理的容量规划不仅能避免能源浪费,还能提升系统的经济性,确保电力设备在高效状态下持续运行。除容量设计外,配电箱内部的电气元件选择同样应符合节能要求。例如,高效断路器与智能开关的应用,既能提高系统的安全性,又能优化电力分配,从而减少不必要的能量消耗^[3]。配电系统的能效优化,还需通过合理的电缆布线与负荷均衡设计来实现,这不仅有助于降低线路上的能量损失,同时也能

提升整体系统的运行效率。

3.5 选择系统中的插座与开关

在建筑电气工程中,插座与开关的合理选择是节能设计的关键环节之一。通过适当配置,不仅能够提升使用安全性,还能有效减少能量浪费。插座的布局应依据建筑物的实际用电需求进行合理规划,避免不必要的过度配置。例如,在办公室或商场等场所,插座的数量应根据每个区域的用电负荷来设置。过多的插座可能导致闲置设备仍处于待机状态,从而引发能源浪费。对于高功率设备,应选择具备过载保护功能的插座,以避免因电流过大而引发的能效损失及安全隐患。

同时,开关的选择也应考虑节能因素。智能开关通过调节照明及空调的工作状态,可最大限度减少能源消耗。例如,感应开关或定时开关的使用能够自动检测房间内是否有人,从而实现设备的智能控制,避免设备在空房间中无谓运行,减少不必要的能耗。在公共建筑或频繁使用的区域,选择具备节能功能的开关和插座显得尤为重要,这样能有效减少待机功率的损失。插座与开关的安装位置亦需合理安排,不仅要保证使用方便,还需避免频繁插拔电器所带来的电力损耗。

3.6 供配电系统中备用电源的设计

在建筑电气工程中,备用电源的设计不仅关系到供电系统的可靠性与稳定性,且对节能设计至关重要。备用电源的配置应同时满足建筑物在主电源故障时的应急供电需求,并优化能源利用效率与环保性能。在选择备用电源时,建筑的用电负荷与应急供电需求应作为主要依据,从而合理选用发电机组、蓄电池组或UPS(不间断电源系统)等设备。通过这样配置,可确保在主电源停电或发生电力波动时,备用电源能够迅速且平稳地接替,避免因电力中断引发的损失或安全隐患。在节能方面,备用电源设备的能量转换效率应得到充分考虑,以避免因设备处于闲置状态或备用电源频繁启停带来的能源浪费。为了提高节能效果,高效能的发电设备应被优先选用,或者将太阳能、风能等可再生能源作为备用电源的补充来源,以此减少对传统化石能源的依赖。此外,备用电源系统的自动化管理也显得尤为重要^[4]。智能控制系统在电力故障发生时能够自动启动备用电源,待主电源恢复后,系统会自动切换回主电源,这一过程无需人工干预,有效避免了不必要的能量浪费。在配置设计中,备用电源的容量应合理规划,确保其既能满足紧急负荷的供电需求,又不至于因容量过大而导致设备闲置运行。

4 结语

建筑电气工程中的供配电系统设计,在保障建筑安全、节能与高效运行方面,具有至关重要的意义。通过合理的设计,不仅能够确保电力供应的稳定与可靠,还能够优化能源的利用,减少不必要的浪费。在设计过程中,安

全性、节能性与操作简便性等因素需被重点考虑，以确保系统能够满足当前需求，同时具备应对未来变化的灵活性。随着技术的不断发展，供配电系统的智能化与自动化，必将成为未来的主要趋势。通过本研究，旨在为相关领域的设计提供有益的参考，推动建筑电气工程的持续改进与创新。

[参考文献]

- [1] 郑志阳. 建筑电气工程供配电系统设计要点研究[J]. 绿色建筑与智能建筑, 2024, 11(10): 124-126.
- [2] 李兴葆. 低碳背景下建筑电气供配电系统设计要点简析[J]. 电气技术与经济, 2022, 12(6): 85-87.
- [3] 彭颖杰. 高层建筑电气工程供配电系统设计研究与分析[J]. 中国设备工程, 2021, 10(7): 22-23.
- [4] 刘志敏. 高层建筑电气工程供配电系统设计探讨[J]. 中国新通信, 2019, 21(14): 230.

作者简介：潘玉强（1996.1—），毕业院校：河北建筑工程学院，所学专业：建筑电气与智能化，当前就职单位：河北拓朴建筑设计有限公司，职务：职员，职称级别：初级。

建筑结构加固设计及加固施工技术的应用

安 日

中土大地国际建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着建筑物使用年限的不断增长,尤其是一些老旧建筑,因材料老化、设计缺陷以及自然灾害等因素的影响,结构性能逐渐下降且安全隐患日益增多。特别是在历史建筑、工业厂房及桥梁等特殊类型的建筑中,结构加固需求愈发紧迫。随着建筑功能的不断变化,许多老旧建筑亟须进行功能改造满足现代化使用需求,建筑结构加固技术应运而生,它能够在不进行大规模拆除改造的情况下,显著提高建筑的承载能力并满足预期的性能要求。随着加固技术的持续创新与应用,建筑行业的技术水平不断提升,为老旧建筑的安全管理与改造提供了坚实保障。科学合理的加固设计,已成为提升建筑物安全性、延长使用寿命及推动建筑可持续发展的关键所在。

[关键词]建筑结构; 加固设计; 施工技术

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14736

中图分类号: TU746.3

文献标识码: A

Application of Building Structure Reinforcement Design and Construction Technology

AN Ri

Zhongtu Dadi International Architectural Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the continuous increase of building service life, especially for some old buildings, the structural performance gradually declines and safety hazards increase due to factors such as material aging, design defects, and natural disasters. Especially in special types of buildings such as historical buildings, industrial plants, and bridges, the demand for structural reinforcement has become increasingly urgent. With the continuous changes in building functions, many old buildings urgently need functional renovation to meet modern usage needs. Building structural reinforcement technology has emerged, which can significantly improve the load-bearing capacity of buildings and meet expected performance requirements without large-scale demolition and renovation. With the continuous innovation and application of reinforcement technology, the technological level of the construction industry continues to improve, providing solid guarantees for the safety management and renovation of old buildings. Scientific and rational reinforcement design has become the key to improving building safety, extending service life, and promoting sustainable development of buildings.

Keywords: building structure; reinforcement design; construction technology

引言

随着城市化进程的加快,许多建筑物面临着结构老化、功能不匹配以及安全隐患等问题,且使用年限不断增加。如何有效延长建筑物的使用寿命、提升安全性以及满足功能改造需求,已成为建筑行业亟须解决的关键问题。作为一种重要的解决手段,建筑结构加固技术在多个领域已得到广泛应用,通过加固设计与施工,建筑物的承载能力、抗震性能及抗荷载能力能够在不拆除原有结构的情况下得到有效增强,从而实现结构性能的优化。在确保加固效果与施工质量的前提下,选择合适的加固技术与严格实施管理措施是至关重要的,围绕建筑结构加固设计的意义、基本原则、常见技术与施工策略进行深入探讨,并结合实践经验分析其实际应用中的关键问题。

1 建筑结构加固设计的意义

1.1 延长建筑使用寿命

延长建筑使用寿命,作为建筑结构加固设计的关键目标之一,随着时间的推移变得愈加重要。环境因素、荷载

变化及使用过程中不可避免的磨损,会逐渐导致结构老化、腐蚀或损坏。若未能及时采取加固措施,建筑的稳定性与安全性将逐步下降,甚至可能在严重情况下引发重大事故,通过实施加固设计,建筑结构的承载能力可显著增强,已出现的裂缝与变形得到修复,从而有效延长建筑物的使用年限,这些加固措施不仅提升了结构的耐久性,还能在很大程度上降低因结构老化带来的维护成本,确保建筑在长期使用中的安全与稳定。建筑结构加固设计对延长建筑使用年限、降低安全风险以及提升经济效益,产生了深远的影响。

1.2 提升建筑的安全性及稳定性

提升建筑的安全性及稳定性作为建筑结构加固设计的核心目标之一,随着使用年限的增长显得尤为重要。随着时间的推移,建筑结构可能出现裂缝、沉降或材料疲劳等问题,尤其在遭遇极端天气、地震或其他自然灾害时,结构的薄弱环节往往被放大,从而威胁整体稳定性与安全性,通过加固设计,结构的抗震、抗风及抗荷载能力可以

有效提升,进而降低灾害发生时破坏的风险。加固措施不仅修复了已有损伤,还在原有设计基础上提高了安全系数,使建筑能够更好地应对未来可能出现的极端情况。由此,不仅保障了使用人员的生命安全,还延长了建筑的可靠使用期,降低了潜在的安全隐患。

1.3 满足建筑功能的改造需求

满足建筑功能改造需求作为加固设计的重要目标之一,已成为应对现代需求变化的关键。在社会进步与人们需求变化的推动下,许多老旧建筑的原有功能已无法适应现代使用标准,如空间布局不合理、承载力不足或设施缺乏等问题。在这种情况下通过结构加固,建筑的支持能力得以有效增强,从而满足功能转型或扩展的需求,通过合理的技术手段进行加固设计,不必拆除原有结构便可提升建筑性能。例如,楼层承载力的增加、使用空间的扩展或内部结构的改造,满足新的功能需求,这种改造不仅提升了建筑的适应性,还显著提高了其经济价值,延长了建筑为使用者提供服务的时间,更好地适应了城市发展与社会需求的变化。

2 建筑结构加固设计的基本原则

2.1 安全性原则

安全性原则在建筑结构加固设计中,作为至关重要的基本要求必须得到严格遵守。加固设计的核心目标是确保建筑能够在加固后承受预期荷载,并保持长期的稳定性。在设计过程中,原有结构的现状、承载能力及其使用环境应被全面考虑,选择最适合的加固方案,避免因设计不当而导致结构失稳或引发安全隐患。加固设计不仅需符合当前安全标准,还应考虑可能出现的极端情况,如地震、风暴或不规则荷载等,确保建筑具备足够的抗灾能力,通过精确的设计计算与分析,确保所采取的加固措施能够最大程度地提升建筑的安全性减少潜在风险,从而保障使用者的生命安全与建筑的长期稳定性。

2.2 经济性原则

经济性原则在建筑结构加固设计中,具有极为重要的地位。在选择加固方案时,必须在确保建筑安全的前提下,尽量减少施工成本及未来的维护费用。尽管一些复杂或昂贵的加固设计能够提供更高的安全保障,但常常伴随不必要的资金浪费,因此合理的经济评估在设计过程中显得至关重要。设计师应从多个角度进行考量,包括材料成本、施工难度、工期要求及长期的维护支出,选择最具性价比的加固方案。经济性原则同样要求设计应与建筑的实际情况相匹配,考虑到地理位置、使用功能及可能的未来改动需求,这样不仅能够保证加固措施的即时效果,还能在长远来看有效控制维护成本,实现资源的合理配置。

2.3 可行性原则

可行性原则在建筑结构加固设计中,强调方案的实际可操作性与实施的现实条件。加固设计不仅要考虑理论上

的效果,还必须确保能够在施工现场顺利执行。影响设计方案是否能够成功实施的关键因素包括施工现场的具体条件、施工工艺的可操作性以及现有建筑结构的状态,设计师应根据实际情况选择既能满足技术要求,又能在施工过程中顺利操作的加固方法。与此同时,施工过程中可能出现的时间、空间及资源限制必须在设计阶段充分考虑,避免由于现实条件的限制导致设计方案无法实施。因此,所有加固设计必须经过详尽的现场调研与评估,确保技术、工期、成本等方面的可行性,从而保证加固任务能够顺利完成。

3 房屋建筑结构加固技术要点

3.1 纤维复合材料加固技术

近年来,纤维复合材料加固技术在房屋建筑结构加固领域得到了广泛应用。这项新型技术通过将纤维增强复合材料(如碳纤维、玻璃纤维等)粘附于建筑结构表面,能够有效提高结构的抗拉强度、抗弯能力及耐疲劳性能,此种加固方法不仅具有轻质、抗腐蚀、施工便捷等优势,尤其适用于承载要求较高或处于恶劣环境中的建筑。纤维复合材料的使用,不仅能显著延长建筑的使用寿命,还能有效减少结构变形,同时避免增加过多的负荷,尤其适合老旧建筑的加固,通过精确的设计与施工,整体性能得以有效提升,特别是在抗震加固方面表现突出。更为重要的是该技术具备较强的适应性,能够与多种建筑材料结合使用,从而实现加固效果的最大化。

3.2 粘钢加固技术

粘钢加固技术是一种通过将钢板粘贴于建筑结构表面,来增强承载能力与抗弯性能的加固方式,该技术利用钢板的高强度与韧性,结合环氧树脂或其他粘结剂将钢板牢固地粘接于原有结构,从而提升整体结构的性能。施工简便粘钢加固的主要优势之一,无需对现有结构进行大规模拆除或改动,同时也不会显著增加建筑物的重量,尤其适合各类老旧建筑的加固。此技术特别适用于楼板、梁柱等承载力需要增强的结构部位,也常用于抗震加固,提升建筑对地震等外部荷载的抗力,通过精确选择钢板材料与粘接工艺,粘钢加固技术可实现持久且高效的结构加固效果,已在桥梁、厂房及住宅等多种建筑中得到了广泛应用。

3.3 预应力加固技术

预应力加固技术通过在建筑结构中施加预应力,改变受力状态从而有效增强结构的承载能力及抗变形能力。通常是通过张拉钢筋或钢索,使其保持预先受拉的状态,进而抵消外部荷载带来的部分压力,降低裂缝发生的风险。在加固过程中,预应力装置与原有结构结合,显著提高梁、板、柱等部位的承载力,尤其适用于承受较大静载或动载的建筑,不仅提升了结构的安全性还能显著改善抗震性能,特别是在需要增强抗震能力的改造工程中具有广泛应用前景。与传统加固方法相比,预应力加固能够在较短时间

内获得显著效果,且不会显著增加建筑自重,具备较高的经济性与操作性。

3.4 外包型钢加固技术

外包型钢加固技术是一种通过将型钢包裹在建筑结构外部来增强其承载能力与稳定性的加固方法,常用于提升抗弯、抗剪或整体稳定性的建筑结构部位,如柱、梁及墙体等。型钢与原有结构紧密结合,不仅显著提高了结构的强度,还增强了抗震与抗风能力,型钢材料本身具备卓越的力学性能与耐久性,能有效提升建筑的抗荷载能力^[1]。在施工过程中,型钢通过焊接、螺栓连接或其他固定方式与现有结构连接,施工对原有结构影响较小且施工速度较快,特别适用于需要快速修复或加固的场景,通过采用外包型钢加固,结构的整体性能得以显著增强,且在不显著增加建筑自重的情况下使用寿命得到延长,该技术已广泛应用于桥梁、厂房、商业楼宇等建筑的加固改造中。

3.5 截面加固与支点加固技术

截面加固与支点加固技术主要用于提升建筑结构的承载能力或改善变形过大的问题,通过增大构件截面或增强支撑点的强度来优化结构性能。截面加固通过增大梁、柱、板等构件的截面尺寸或改变其形状,从而提升抗弯、抗剪和抗拉能力,此方法特别适用于那些承受较大荷载并且出现裂缝或变形的部位,有效增强了结构的承载能力^[2]。支点加固则着眼于增强结构的支撑点提高整体稳定性,常见的措施包括增加支撑、加固基础或安装支撑装置以改善力的分布。这两种加固方法常常结合使用,其中截面加固直接提升了构件的力学性能,而支点加固则优化了整个结构的受力体系,从而保障建筑的稳定性与安全,通过精确的设计与施工,这些加固技术能够显著增强建筑的安全性与耐用性,特别适用于老旧建筑的改造与承载能力的提升。

4 建筑结构加固施工策略

4.1 施工过程中质量控制与管理

在建筑结构加固施工过程中,质量控制与管理是确保加固效果与工程安全的重要环节。严格按照设计方案执行,作为确保项目顺利进行的前提,所选材料和施工工艺必须符合技术标准,才能保证加固后结构的预期强度。材料质量的检查被视为首要任务,只有符合标准的材料才能确保结构的加固效果达到预期。在施工过程中,操作规程必须严格遵守,特别是在粘接、焊接或安装加固件时,对工艺细节的把控至关重要,避免因不当操作而引发结构缺陷。同时,施工现场需进行实时监控,确保及时发现并纠正问题,进而保证质量与进度的同步推进。施工质量管理还应包括对施工人员的专业培训与考核,确保具备足够的技术能力与安全意识。定期的检查与验收,是确保施工质量的

必要环节,所有工序必须符合相关标准,最终通过验收来验证加固效果的可靠性与长期稳定性。

4.2 施工安全管理与监控

在建筑结构加固工程中,施工安全管理与监控起着至关重要的作用。由于加固施工涉及对原有结构的改动,安全隐患因此不可忽视。全面的安全管理计划必须制定,潜在风险应在施工过程中明确识别,并采取相应的预防措施^[3]。例如,在高空作业或拆除加固材料时,安全防护设施必须完善设置,且施工人员应配备必要的安全设备保障人身安全。在施工开始前,所有参与人员应接受严格的安全培训,操作规程需全面了解,自我保护意识必须得到提高,确保在施工过程中遵循安全操作标准。施工期间,施工现场的安全状况需实时监控,机械设备的运行情况应重点检查,危险作业需严格控制,施工环境的安全评估也要及时进行,确保隐患能够被发现并整改,防止因设备故障或施工失误导致事故的发生。同时,定期的安全检查应当开展,确保每个施工环节符合安全要求,通过合理的安全管理与有效监控,事故的发生可得到有效预防,施工人员的生命安全将得到保障,工程的顺利完成也得以确保。

5 结语

建筑结构加固技术在当代建筑工程中已日益成为不可或缺的一部分,通过精心选择合适的加固设计方案与施工方法,原有结构的潜力能够被最大程度地释放,从而有效降低施工成本与工期,同时提高结构的安全性与稳定性,显著延长建筑物的使用寿命并满足功能改造的需求。随着技术的不断发展,创新加固方式,如纤维复合材料、粘钢加固、预应力加固等,提供了更多选择与高效的解决方案。在加固施工过程中,质量控制与安全管理依旧被视为决定工程成败的关键因素。严格按照设计规范执行,每一施工环节的精准把控,才能确保加固效果达到预期,进而提升建筑物整体性能。未来的工程实践中,经验总结与技术创新应得到注重,加固方法与管理措施的优化也需持续推动,从而促进建筑结构加固技术的不断进步与广泛应用。

【参考文献】

- [1]刘文艳.房屋建筑结构加固设计及施工技术应用研究[J].工程抗震与加固改造,2023,45(6):180.
 - [2]张雷.房屋建筑结构加固设计及施工技术应用[J].居舍,2022(11):65-67.
 - [3]吕乐远.浅析房屋建筑结构加固设计及施工技术应用[J].居舍,2022(5):82-84.
- 作者简介:安日(1993.3—),男,汉族,毕业学校:石家庄铁道大学,现工作单位:中土大地国际建筑设计有限公司。

智能建筑设计的技术创新与发展趋势

赵海庆

河北加壹建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 智能建筑设计通过集成物联网、大数据、人工智能等先进技术, 实现了建筑环境的智能化管理与控制。采用传感器网络和自动化系统进行能耗监测、空间优化与环境调控, 提高了资源利用效率, 降低了运营成本。智能建筑在数据分析与预测模型的支持下, 可以自适应地调节照明、温控和安防系统, 从而提供更加舒适、安全和可持续的居住和工作环境。未来发展趋势包括更加个性化的用户体验、全生命周期管理及与智慧城市的深度融合, 以推动建筑行业的数字化转型与可持续发展。

[关键词] 智能建筑设计; 技术创新; 物联网; 大数据; 人工智能

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14734

中图分类号: TU858

文献标识码: A

Technological Innovation and Development Trends in Intelligent Building Design

ZHAO Haiqing

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

Abstract: Intelligent building design integrates advanced technologies such as the Internet of Things, big data, and artificial intelligence to achieve intelligent management and control of the building environment. The use of sensor networks and automation systems for energy consumption monitoring, space optimization, and environmental regulation has improved resource utilization efficiency and reduced operating costs. With the support of data analysis and predictive models, intelligent buildings can adaptively adjust lighting, temperature control, and security systems, providing a more comfortable, safe, and sustainable living and working environment. The future development trends include more personalized user experience, full lifecycle management, and deep integration with smart cities to promote the digital transformation and sustainable development of the construction industry.

Keywords: intelligent building design; technological innovation; Internet of Things; big data; artificial intelligence

引言

随着城市化进程的加快和技术的飞速发展, 传统建筑设计正逐渐向智能化方向转型。智能建筑设计不仅关注空间的物理结构, 还将数字技术深度融入建筑的管理和使用中, 通过物联网、大数据和人工智能的结合, 实现资源的高效利用和环境的动态调控。这样的设计理念不仅提升了建筑的功能性与舒适度, 还在能源节约与可持续发展方面展现出巨大的潜力。如何将最新技术与建筑设计深度融合, 推动更加智慧和绿色的未来建筑发展, 已成为业内的重要关注点。

1 智能建筑设计的核心技术与架构

智能建筑设计的核心技术与架构融合了多种先进技术, 以实现高效、便捷和可持续的建筑管理。核心技术包括物联网、人工智能、大数据分析、传感器网络和自动化控制系统等, 这些技术共同构建了智能建筑的数字化基础架构。在智能建筑中, 物联网技术通过各种传感器设备, 将建筑中的物理环境与数字空间连接起来, 使系统能够实时监测并控制建筑内外的各种环境参数, 如温度、湿度、空气质量和能耗等。这种数据的实时获取和传输, 为智能建筑的运行和管理提供了可靠的数据支持。

人工智能和大数据分析是智能建筑设计中的重要组成部分。通过机器学习算法和数据挖掘技术, 智能建筑可

以分析大量的历史数据, 识别出用户行为模式、能耗规律和环境变化趋势。这使得系统可以根据实际需求自动调整建筑内的温控、照明和空调系统, 以最优方式管理资源, 降低能源消耗。同时, 大数据分析还能为建筑管理者提供更精准的决策支持, 帮助优化维护计划、减少设备故障率, 从而提升建筑整体的运营效率和使用体验。

传感器网络与自动化控制系统在智能建筑中扮演着关键角色。传感器网络通过收集建筑中的各类数据, 如光照强度、人员流动、设备状态等信息, 为自动化控制系统提供实时反馈。自动化系统根据这些数据进行智能判断, 自动执行相应的操作, 如调节灯光、温度控制或安防警报。这种无缝衔接的工作方式不仅提高了建筑环境的舒适度, 还显著降低了人工干预的必要性, 提升了建筑的安全性和能效水平。

智能建筑的核心架构强调互联互通和数据共享。通过建立一个开放、兼容的系统架构, 智能建筑能够轻松集成不同品牌和类型的智能设备, 实现跨系统的协同工作。这种开放性的架构设计不仅有助于降低技术集成的成本, 还为未来的技术升级与扩展提供了更大的灵活性和可能性。在这样的框架下, 智能建筑设计将更具适应性, 能够根据用户需求和环境变化, 动态地进行系统优化和资源分配, 真正实现建筑的智能化和高效化。

2 物联网在智能建筑中的应用与发展

物联网技术在智能建筑中的应用与发展,正在重新定义建筑的功能和管理模式。通过将传感器、控制器、数据处理单元等设备互联,物联网能够实时获取并传递建筑环境中的各种数据。这些数据包括温度、湿度、光照、空气质量、人流密度等关键参数,为智能建筑提供了全面、精细的监测能力。通过物联网技术,建筑管理系统可以迅速响应环境变化,动态调整照明、温控和通风系统,优化室内环境的舒适度和能效水平。

在智能建筑中,物联网设备通过云计算平台实现数据的汇聚与分析,为管理者提供了强大的数据支持。这种云端处理能力使得大量数据可以被实时分析与处理,从而在最短时间内做出智能决策。例如,在空调和照明系统的管理中,物联网设备能够根据空间的使用情况和时间段自动调节设备的工作状态,不仅有效减少了能源浪费,还提升了用户的舒适体验。此外,通过数据分析,系统还可以预测设备的维护需求,提前进行预防性维修,降低了设备故障率和维护成本。

物联网在智能建筑中的发展趋势还包括智能安防和能耗管理系统的集成。通过在建筑内外安装智能摄像头、门禁系统和传感器设备,物联网能够实时监控建筑的安全状况。一旦检测到异常情况,如非法入侵或火灾等,系统会立即触发警报并通知相关人员,同时采取相应的应急措施。能耗管理方面,物联网系统能够实时分析建筑的能源使用情况,识别出能耗高峰时段和低效区域,从而提出优化建议,实现能源利用的最大化和碳排放的最小化。

物联网在智能建筑中的应用还推动了与其他智能技术的融合发展。随着 5G 通信技术的普及,物联网设备的数据传输速度和稳定性得到了极大的提升,使得智能建筑内的各类设备可以更加高效、低延迟地相互通信。这为更复杂的自动化系统和多场景应用提供了技术保障。此外,物联网还在智能建筑与智慧城市的融合中发挥着桥梁作用,通过将建筑数据与城市基础设施数据相连接,实现了更广泛的资源调度与协同管理。这种集成式的智能化解决方案,不仅提升了单体建筑的管理能力,也为智慧城市的整体发展奠定了坚实的技术基础。

3 大数据与人工智能在建筑管理中的角色

大数据与人工智能在建筑管理中扮演着至关重要的角色,为智能建筑的高效运营和持续优化提供了强大的技术支持。大数据技术使得建筑管理能够收集、存储和处理来自各类传感器、设备及用户行为的数据,形成全面而详尽的数据集。这些数据不仅包含实时的环境监测信息,还包括历史能耗数据、设备运作记录和人员活动轨迹等,通过对这些多维度数据的分析,可以深入了解建筑的运行状态和用户需求,从而为优化管理提供科学依据。

人工智能通过机器学习和数据挖掘技术,将这些大数

据转化为有用的信息和预测模型。通过分析用户行为模式和能耗规律,人工智能系统可以预测未来的用电需求、设备使用频率和环境变化趋势,使建筑管理系统能够提前调整资源分配和设备调度。例如,在照明和温控系统中,人工智能算法可以根据历史数据预测一天中不同时间段的最佳设置,从而在保证用户舒适度的同时,最大限度地降低能源消耗。此外,人工智能还可以识别潜在的设备故障风险,提前发出维护预警,减少设备停机时间和维修成本。

大数据与人工智能的结合在智能建筑中也为个性化服务和体验提升提供了新的可能。通过对用户行为和偏好的持续学习,智能建筑系统可以为不同用户或场景提供定制化的服务方案。例如,在办公建筑中,系统可以根据员工的工作习惯自动调整工作空间的温度和照明设置,提高工作效率和舒适度。在商业建筑中,大数据分析能够帮助管理者优化空间布局 and 人流管理,为顾客提供更好的购物体验,并提升商场的运营效益。

随着数据量的不断增长和计算能力的提升,人工智能在建筑管理中的角色将更加多元化和智能化。利用大数据分析技术,可以在更大范围内进行建筑性能和能源消耗的优化,促进绿色建筑和可持续发展的实现。同时,人工智能在决策支持方面的优势也使得建筑管理更加灵活和精准,可以根据实时情况和环境变化,快速调整建筑的运作策略。随着这些技术的不断进步,大数据与人工智能将在推动建筑行业数字化转型和智能化升级中扮演越来越重要的角色。

4 智能建筑对能源效率与可持续发展的影响

智能建筑在提升能源效率与实现可持续发展方面具有显著的影响。通过集成物联网、传感器网络和自动化控制系统,智能建筑能够实时监控和管理能耗情况,从而显著提高资源利用效率。传感器设备采集到的温度、湿度、光照强度等环境数据,使得建筑系统能够根据实际需求自动调整空调、照明和通风设备的运行状态,避免能源的过度浪费。例如,在办公时间结束后,照明和空调系统会自动关闭或调低运行功率,以最大限度地减少能源消耗。

在智能建筑中,大数据与人工智能技术的应用进一步增强了能源管理的精准性。通过对建筑能耗数据的长期跟踪与分析,智能系统能够识别出能源使用的高峰时段和低效区域,并提出相应的优化策略。机器学习算法可以预测未来的能耗趋势,并根据外界天气变化、人员密度等因素,动态调整建筑内部环境参数。这种数据驱动的管理模式不仅提升了能源利用效率,还降低了建筑的碳排放水平,为实现绿色建筑和环境保护目标做出了积极贡献。

智能建筑对可持续发展的影响还体现在其对可再生能源的集成与利用上。随着太阳能、风能等可再生能源技术的普及,智能建筑可以通过能源管理系统,将这些清洁能源与传统电网相结合,实现能源的多元化供给。例如,

通过太阳能板采集的能源,可以直接用于建筑物内部的供电系统,减少对化石燃料的依赖。同时,智能系统可以根据实时能耗需求,将多余的能源储存起来或反馈至电网,为城市整体的能源管理提供支持。

此外,智能建筑在循环经济和资源再利用方面也展现出巨大的潜力。通过精细化的资源管理和废弃物处理系统,智能建筑能够最大限度地减少建筑运营过程中的资源浪费和环境污染。例如,智能水管理系统可以回收和再利用建筑中的废水,用于园林灌溉或厕所冲洗,从而降低了水资源的消耗。这种全生命周期的资源管理模式,不仅提升了建筑的环保性能,也为城市的可持续发展奠定了基础。

5 智能建筑设计的未来趋势与智慧城市融合

智能建筑设计的未来趋势与智慧城市的融合,将推动城市生活方式和管理模式的重大转变。随着物联网、大数据、人工智能等技术的持续发展,智能建筑将不再只是独立的单体结构,而是作为智慧城市生态系统中的重要节点,实现更高层次的互联互通。在未来,智能建筑将通过云平台与城市基础设施、交通系统、能源网络等深度整合,形成一个全面互联的城市智能管理网络,使得资源调度和城市运营更加高效、智能。

个性化和用户体验提升是智能建筑设计未来发展的重要趋势之一。智能建筑将根据用户的个性化需求,提供更加定制化的空间管理方案和服务体验。例如,通过人工智能和大数据分析,建筑能够识别用户的行为模式和偏好,在用户进入建筑时,自动调整照明、温控、通风系统,以提供最佳的舒适度。同时,智能建筑还将支持语音控制、手势识别等人机交互方式,使用户能够以更自然和便捷的方式操控建筑环境,进一步提升居住和工作体验的满意度。

在可持续发展方面,智能建筑与智慧城市的融合将更加注重绿色能源的使用和碳足迹的减小。未来的智能建筑将更大程度地采用太阳能、风能等可再生能源,并通过先进的能源管理系统,优化能耗结构和减少对传统能源的依赖。同时,智能建筑还将与城市的智能电网深度连接,参与到电力的动态分配和调度中,为城市级的能源优化贡献力量。

数据安全与隐私保护是智能建筑设计面临的另一大挑战和发展方向。随着越来越多的建筑设备接入互联网,大量的用户数据在建筑管理过程中被收集和分析,如何确

保数据的安全性和用户隐私成为关键问题。未来的智能建筑将更加注重网络安全体系的建设,通过加密技术、数据隔离和访问控制等手段,保护用户的个人信息和建筑数据不被泄露或非法使用。同时,建筑系统将采用更加严格的数据管理策略,以确保在数据传输和存储过程中,不会出现任何安全隐患。

智能建筑设计的未来趋势最终将与智慧城市的发展紧密交织,共同构建一个更加智能、可持续和人性化的城市环境。随着技术的不断革新,智能建筑将不仅仅是一个独立的空间,而是智慧城市中不可或缺的组成部分,通过与城市数据和基础设施的无缝衔接,实现资源的最佳配置和管理。

6 结语

智能建筑设计通过物联网、大数据和人工智能等技术的深度融合,正在改变传统建筑的管理方式和能源利用效率。通过高效的数据分析与自动化控制,智能建筑不仅提升了居住和工作环境的舒适度,还在能源节约与可持续发展方面展现出巨大潜力。未来,智能建筑将更加注重与智慧城市的无缝衔接,实现资源的最优配置和管理,同时保障数据安全与用户隐私。智能建筑的持续创新与发展,将在推动城市数字化转型和全球绿色发展的进程中发挥重要作用。

【参考文献】

- [1] 吴万衡. 绿色施工技术理念下房屋建筑施工技术的创新探讨[J]. 中华建设, 2023(11): 65-67.
 - [2] 李月成. 专家把脉, 助力智能建筑健康发展——记2013 中国智能建筑创新与发展趋势圆桌峰会[J]. 智能建筑与城市信息, 2013(12): 29-32.
 - [3] 陈岩. GA 智能建筑工程公司竞争战略研究[D]. 北京: 北方工业大学, 2023.
 - [4] 孟珍. 领衔智能建筑技术创新建筑智能化理念——记华南理工大学建筑设计研究院耿望阳副总工程师[J]. 中国高校科技, 2014(1): 16-18.
 - [5] 张慧丰, 严龙阳. 建筑电气技术在智能建筑建设领域的应用[J]. 内江科技, 2022, 43(8): 22-23.
- 作者简介: 赵海庆(1983.2—), 男, 汉族, 毕业学校: 河北建筑工程学院, 现工作单位: 河北加壹建筑设计有限公司。

人防医疗工程暖通设计问题与解决措施

刘学娜

中土国际工程设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 在现代社会, 人防医疗工程的设计不仅仅关乎建筑物的功能和结构, 更涉及到保障人们在紧急情况下的生命安全和健康。特别是在面对可能发生的化学、生物等灾难性事件时, 这些工程不仅需要提供基本的医疗服务, 还必须具备高度的防护性能和应对能力。暖通系统作为这些工程不可或缺的一部分, 承担着调节室内环境、保障设施正常运行的重要任务。文中探讨人防医疗工程暖通系统设计中的关键问题和挑战, 包括温湿度管理、系统稳定性、能耗优化、空气质量控制、安全防护以及维护管理。

[关键词] 人防医疗救护工程; 通风设计; 解决措施

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14733

中图分类号: TU8

文献标识码: A

Design Issues and Solutions for HVAC in Civil Air Defense Medical Engineering

LIU Xuena

Zhongtu International Engineering Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: In modern society, the design of civil air defense medical engineering is not only related to the function and structure of buildings, but also involves ensuring people's life safety and health in emergency situations. Especially in the face of potential catastrophic events such as chemical, biological, etc., these projects not only need to provide basic medical services, but also must have high protective performance and response capabilities. The HVAC system, as an indispensable part of these projects, undertakes the important task of regulating indoor environment and ensuring the normal operation of facilities. The article explores key issues and challenges in the design of HVAC systems for civil air defense medical engineering, including temperature and humidity management, system stability, energy consumption optimization, air quality control, safety protection, and maintenance management.

Keywords: civil air defense medical rescue engineering; ventilation design; solutions

引言

在现代社会, 人们面临着各种潜在的灾难和突发事件, 其中包括自然灾害、化学泄漏、生物威胁等。这些突发事件可能对人们的生命安全和健康造成严重威胁, 因此, 建立和完善防护设施显得尤为重要。人防医疗工程作为应对这些灾难性事件的关键基础设施之一, 不仅需要具备高效的医疗救护能力, 还需在紧急情况下提供安全的工作和生活环境。暖通系统在人防医疗工程中扮演着至关重要的角色。其功能不仅限于调节室内温度和湿度, 更涉及到空气质量控制、能源利用效率、设备运行稳定性以及安全防护措施。合理设计和优化暖通系统, 不仅能够提升工程的整体效能和响应能力, 还能为灾害发生时的紧急应对提供重要支持。

1 人防医疗工程暖通设计原则

1.1 湿度控制与除湿设计

人防工程常处于地下或半地下环境, 受到周围土壤湿度影响, 容易产生高湿度问题, 这对设备和空气质量都构成挑战。在战时, 特别是医疗救护站需要确保内部湿度适宜, 以维护伤员的舒适和医疗设备的正常运行。通过对地下环境湿度的实地测量和分析, 确定除湿设备的性能需求。根据工程的具体情况和湿度控制目标选择合适的除湿设

备, 考虑设备的处理能力和耐用性。设计应考虑到除湿设备的操作便捷性和维护成本, 确保设备长期稳定运行。

1.2 温度调节与空气质量保障

在战时医疗救护站内, 对温度和空气质量的要求特别严格, 这直接影响到伤员的舒适感和治疗效果。温度调节需要根据不同房间的功能和使用要求进行精确控制, 保证夏季和冬季的适宜温度范围。根据房间功能和使用频率划分温控区域, 采用分区控制系统, 保证每个区域的温度在规定范围内稳定。通过空气过滤和循环处理, 确保室内空气的新鲜度和洁净度, 特别是在清洁区和手术室等高要求区域。选择节能型空调设备, 优化能效比, 降低能耗成本, 同时确保设备在战时条件下的稳定性和可靠性。

1.3 空调热湿负荷计算与设备选型

空调系统的热湿负荷计算是设计的基础, 它直接影响到空调设备的选择和配置。在人防医疗工程中, 由于环境复杂性和战时应急需求, 热湿负荷计算必须准确, 并且考虑到可能的突发情况和长期运行条件。分析每个房间的热负荷来源, 包括人员、设备和外部环境因素, 确定最大负荷和峰值负荷^[1]。根据负荷计算结果选择合适的空调设备, 考虑设备的制冷/制热能力、稳定性和适应环境的能力。设计应考虑备用空调设备的布置和应急操作计划, 确保在

设备故障或异常情况下能够及时响应和恢复。

2 人防医疗工程暖通设计中需要注意的问题

2.1 清洁通风量的确定

清洁通风量在人防医疗工程设计中是确保战时室内空气质量和医疗环境安全的重要因素。根据《人民防空医疗救护工程设计标准》，战时室内人员的新风量标准通常被规定在每小时 15 到 20 立方米之间。这一标准旨在保证室内空气的快速更新，有效消除潜在的污染物和病原体。具体的排风换气次数可根据标准要求进行设置，例如根据《人民防空医疗救护工程设计标准》中的表格 4.3.8 来确定。负压排风系统的设计目的在于确保排出的空气不会再次进入室内环境，从而维持室内的清洁度和卫生条件。为了保证室内空气的正压状态，当战时清洁通风计算的总排风量超过按人员新风量计算的总进风量时，应调整设计，通常将总进风量设定为总排风量的 1.05 倍至 1.1 倍。这样的调整能够有效地维持室内正压状态，从而提高空气过滤效果和医疗环境的安全性^[2]。清洁通风量的确定还需根据工程的具体情况和环境条件进行结合焓湿图的计算，以确定空调系统的总送风量、回风量等关键参数。这些参数的精确计算和设定，能够确保在各种环境条件下，空调系统能够有效地维持室内空气质量和温湿度的舒适度。

2.2 滤毒通风量的确定

滤毒通风量的确定在人防医疗工程设计中至关重要，直接影响到工程在战时能否有效保护内部人员免受化学、生物等攻击性物质的侵害。首先，滤毒通风量的计算基于战时室内人员新风量标准。通常，根据《人民防空工程防化设计规范》，战时室内人员的新风量标准被设定在每小时 $5 \sim 7 \text{ m}^3$ 之间。其次，滤毒通风量的计算还需考虑防毒通道的换气次数要求。根据规范，主要出入口的最小防毒通道应保证每小时不少于 50 次的换气频率。这个标准确保了在战时，即使在压力条件下，室内空气也能迅速被更新，从而减少有害气体的积聚。另外，滤毒通风量的计算还包括室内保持超压时的漏风量。根据规范要求，人防医疗工程的防化级别通常为乙级，这意味着在保持室内超压时，漏风量应按照清洁区容积的 7% 来计算。这一步骤的关键在于确保室内空气能够持续保持高于外部空气的压力，有效防止外部有害物质的侵入。

2.3 人防医疗救护工程的排风问题

在人防医疗救护工程设计中，排风系统的设计至关重要，它直接影响到工程内部的空气质量、安全性以及战时的医疗救护效能。根据防化规范和工程实际情况，排风系统通常采用清洁式、滤毒式和隔离式三种不同的通风方式，每种方式都有其特定的设计原则和应用场景。在战时清洁通风情况下，排风机房内的排风机启动，根据清洁进风量与室内保持超压时的漏风量之差进行计算。这种方式的排风系统主要应用于非污染环境下，例如卫生间、检查穿衣

室等区域，旨在保证这些区域的空气质量符合卫生标准，以防止病原体的传播和交叉感染。滤毒式排风系统则更为复杂，其设计目的在于在战时情况下，有效排除受污染的空气，保护室内人员免受毒剂的侵害。滤毒通风时，一般通过全工程超压的方式进行排风，确保污染空气通过防毒通道排入扩散室内，并避免其再次进入工程内部环境。滤毒式排风的具体风量计算通常依据战时防毒通道的通风换气次数来确定，要求不小于 50 次每小时。在排风系统设计中，隔离式通风要求排风机房内的排风机完全关闭，以确保工程内部的空气流动受到最小的干扰和污染。这种设计适用于特定的医疗救护场所，如感染病房或特殊治疗区域，旨在最大程度地减少病原体的传播和交叉感染风险。

2.4 空调室外机防护室的设置问题

在人防医疗工程中，空调系统的稳定运行对于维持室内空气质量和医疗救护工作的正常进行至关重要。一般情况下，人防医疗工程内部的空调系统主要采用风冷热泵型单元空调机组或地下工程除湿空调机组。这些空调机组的室外机需设置在专门的空调室外机防护室内，以确保其不受外部环境的影响，特别是避免被爆炸冲击波等因素损坏。在设计防护室时，需要考虑设置独立的进排风系统以及相应的通风口防护措施。这样可以确保在紧急情况下，防护室内的空气流动不会对室外机的正常运行产生不利影响，同时保证室外机的稳定性和安全性。防护室内的悬板活门的选型应根据具体的风冷空调室外机冷凝风机循环风量来确定。活门的设置不仅要满足空调系统正常运行的需要，还要考虑到在紧急情况下可能的排风需求，以保持室内外压力平衡和空气流动的有效性。在实际应用中，由于人防医疗工程建筑面积有限，有时可能无法为防护室设置足够的进排风通道。这种情况下，可以考虑将风冷空调室外机组安装在柴油发电机房内，并利用柴油发电机房的冷却系统来对其进行冷却。在这种解决方案下，需要特别注意选择适合的风机，以确保空调室外机在各种条件下都能稳定运行。

2.5 毒剂报警器的设置问题

在人防医疗工程设计中，毒剂报警器的设置是确保在可能的化学战或其他毒剂泄漏情况下及时发现并采取应急措施的重要组成部分。毒剂报警设施通常由探头、主机和连接电缆组成，其主机设置在防化通信值班室内，而探头则根据战时进风位置的不同设置在不同位置，以确保有效的毒剂监测和报警功能。按照防化规范的相关要求，乙级防化级别的人防工程应设置毒剂报警设施，探头的选择位置应考虑到可能的毒剂扩散路径和进入点，以最大限度地提高探测的灵敏度和准确性。探头的外壳必须具备接地措施，以确保设备在潮湿或恶劣环境下的稳定运行。此外，设置探头时应严格按照防化规范中关于探头与防爆波活门之间距离的要求进行布置，确保其安全性和有效性。毒剂报警器的主机设置在防化值班室内，这是为了确保在报

警触发后能够及时响应和处理。主机应具备稳定的电源供应，并与探头通过预埋内径为 DN50 的镀锌钢管连接，避免连接电缆裸露在外，以防止在战时或其他紧急情况下被损坏或干扰。空气监测设施在毒剂报警系统中也起到关键作用，包括空气放射性、染毒性和空气质量监测等。这些监测设施的设置应符合防化规范的要求，确保在可能的化学污染事件中，能够及时检测到空气中的有害物质浓度变化，从而及时采取有效的应对措施。

3 人防医疗工程暖通系统优化设计

在人防医疗工程的暖通系统设计中，能耗优化和节能措施是关键的设计考虑因素。合理选择制冷剂、空调机组、风机等设备，确保其能效比和节能性能达到最佳水平。例如，优先选择能源星级认证的设备，或者采用最新的节能技术和材料。优化系统运行参数，合理设定温度、湿度控制参数，调整空调系统的送风温度和回风温度，以及利用智能控制系统实时监测和调节能耗。利用余热回收装置回收空调排气中的余热，再利用于加热新风或其他需要加热的区域，从而减少能源消耗。优化建筑外壳结构设计，提高建筑的隔热性能和密封性，通过有效的隔热材料等设计手段，减少暖通设备对外界环境的依赖，进一步节约能源。建立健全的维护管理制度，定期清洁和更换空调过滤器、检查设备运行状况，及时修复和更新设备，以延长设备使用寿命和保证系统的稳定性。

3.1 空气质量控制与净化技术

在人防医疗工程的暖通系统设计中，空气质量控制和净化技术至关重要，直接影响到医疗环境的安全性和舒适度。在医疗环境中，通常会采用高效率的空气过滤器，如 HEPA（高效颗粒空气）过滤器，用于捕捉空气中的微小颗粒和有害物质，包括细菌、病毒、灰尘等，以确保室内空气的清洁度。循环和过滤空气，可以有效减少室内污染物的浓度，保持空气清新。定期清洁和维护空调系统中的空气循环设备和管道也是保持系统有效运行的关键步骤。在医疗环境中，需要确保空气湿度适宜和 CO₂ 浓度在安全范围内。通过湿度传感器和 CO₂ 监测设备实时监测空气质量参数，并根据监测结果调节空调系统的运行，保持室内空气的舒适度和健康水平。紫外线能够有效杀灭空气中的细菌和病毒，提高室内空气的清洁度和卫生水平，特别适用于医疗环境中对空气质量要求较高的区域。合理设计通风系统，包括进风口和排风口的位置、数量和布局，以及通风量的控制，可以有效改善室内空气的流动性和清洁度。

3.2 安全性与防护措施

在人防医疗工程的暖通系统设计中，安全性和防护措施是至关重要的，特别是考虑到可能面临的战时和紧急情况。系统设计应符合防化工程的相关要求，确保在受到外部毒剂威胁时能够提供有效的防护，包括滤毒通风系统的

设计和排风措施，以及毒剂报警器的设置和运行监控。系统应能够自动监测和响应可能的毒剂泄漏，通过空气质量监测、空气过滤吸收设备、核生化控制中心驱动设备及设施电控箱自动转换通风方式等保证室内空气的清洁和安全。备用设备的设置和定期的应急演练也是确保系统在危机时刻能够快速响应和恢复的关键措施。医护人员应接受有关设备操作、应急处理和防护措施的培训，确保他们能够熟练应对突发情况并有效保护自己和病人^[3]。定期检查设备的安全性能、消防设施的有效性以及防护措施的完整性，可以及时发现和解决潜在的安全隐患，提升设施的整体安全水平。

3.3 维护管理与运行监控

在人防医疗工程暖通系统的设计中，维护管理和运行监控是确保系统长期稳定运行和效率优化的关键因素。建立有效的维护管理计划，包括设备的定期检查、保养和维修安排，以确保设备处于最佳工作状态并延长其使用寿命。定期的维护可以预防设备故障和性能下降，减少突发维修带来的影响。安装监测设备和系统，可以实时监测暖通设备的运行参数，如温度、湿度、能耗等，并进行数据分析。设立专门的维护团队或服务合同，并确保其具备快速响应和解决设备故障的能力。及时的故障排除可以减少系统停机时间，保证医疗设施的正常运转和服务连续性。随着技术和设备的进步，及时评估和更新设备可以提升系统的效率和功能，适应新的医疗需求和环境要求，同时降低能耗和运行成本。

4 结语

在人防医疗工程的暖通系统设计中，我们关注了能耗优化与节能措施、空气质量控制与净化技术、温湿度控制与舒适度保障、系统运行稳定性与可靠性、安全性与防护措施，以及维护管理与运行监控等关键问题。通过深入探讨每个方面的重要性和实施策略，我们可以看到，设计一个符合防化级别要求、能够在战时和紧急情况下保证医疗服务持续性的暖通系统，是一项复杂而关键的任务。通过综合应用最佳实践和技术创新，我们可以有效地优化人防医疗工程的暖通系统设计，以满足当今和未来的医疗服务需求，为公众提供安全可靠的医疗环境。

【参考文献】

- [1] 董琴. 人防设计应注意的若干问题[J]. 山西建筑, 2014, 40(35): 32-33.
 - [2] 杨碎英. 暖通系统在人防工程中的空气质量控制研究[J]. 暖通空调, 2024, 54(1): 171-173.
 - [3] 刘倩. 浅谈人防医疗救护站战时通风空调设计[J]. 江西建材, 2023(5): 174-176.
- 作者简介：刘学娜（1987.1—），女，汉族，毕业学校：河北科技大学，现工作单位：中土国际工程设计有限公司。

谈 BIM 技术及其在建筑设计中的应用研究

张 康

中土大地国际建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]近年来, 随着我国社会经济的迅速发展、城市化进程的不断推进, 我国建筑行业取得了跨越式发展, 越来越多的大中型建筑拔地而起, 在这一背景下, 传统的建筑设计模式已经无法适应当前快速发展的建筑行业的需要。随着工程信息化的发展, BIM 软件产品在工程设计中的应用能够帮助建筑企业更加科学、合理地开展建筑设计工作。对此, 文章就 BIM 技术在建筑设计中的应用进行简要的分析与思考, 并提出一些可供参考的意见与措施。

[关键词]BIM 技术; 建筑设计; 技术应用

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14729

中图分类号: TU242

文献标识码: A

Discussion on BIM Technology and Its Application in Architectural Design

ZHANG Kang

Zhongtu Dadi International Architectural Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: In recent years, with the rapid development of Chinese social economy and the continuous advancement of urbanization, the construction industry in China has achieved leapfrog development. More and more large and medium-sized buildings have emerged. Against this backdrop, traditional architectural design models are no longer able to meet the needs of the rapidly developing construction industry. With the development of engineering informatization, the application of BIM software products in engineering design can help construction enterprises carry out architectural design work more scientifically and reasonably. In this regard, the article provides a brief analysis and reflection on the application of BIM technology in architectural design, and puts forward some suggestions and measures for reference.

Keywords: BIM technology; architectural design; technical application

引言

随着信息技术的不断进步, 建筑行业的数字化转型已成为提升设计效率、优化资源配置、提高项目质量并降低成本的重要途径。在这一背景下, 建筑信息模型 (BIM) 作为一种创新技术, 广泛地受到关注与应用。通过创建三维数字模型, BIM 将建筑项目在设计、施工、运营等各阶段的相关信息集成于一个统一平台, 从而实现多方协作与信息共享, 显著提升了建筑设计的精度与效率。与传统的二维设计图纸及分散的项目管理方式相比, BIM 技术不仅增强了设计过程中的可视化程度, 而且还在设计、施工与运营的每个环节提供实时数据支持, 从而帮助建筑师、工程师及承包商作出更合理的决策, 优化设计方案。如今, BIM 技术在建筑设计中的应用已从单纯的三维可视化发展到自动化变更管理、高级分析能力及现代化工程管理等各个领域, 推动了建筑行业的创新与进步。本文将深入探讨 BIM 技术在建筑设计中的具体应用, 分析其在设计过程中展现出的独特优势, 并展望其在未来建筑行业中的发展潜力, 为建筑设计领域的技术创新与实践应用提供理论支持与指导。

1 BIM 技术在建筑设计中的重要作用

BIM (建筑信息模型) 技术在建筑设计中的作用愈加重要, 已成为提升设计效率、质量与协作的关键工具。在

传统建筑设计过程中, 信息孤岛和沟通不畅常常困扰着设计师、工程师与施工人员。然而, BIM 技术通过将所有设计信息集成于一个三维模型, 打破了不同专业间的信息壁垒, 促进了各方的协同工作。借助 BIM 模型, 信息得以实时共享, 设计方案得以修改, 并且项目中所有相关数据得以及时更新, 从而有效避免了由于信息滞后或错误引发的设计冲突与施工问题。设计人员通过 BIM 技术能够更直观地把握项目的整体布局与细节, 潜在的设计问题得以提前发现, 并通过模拟分析加以优化, 从而减少了后期修改的风险与成本。同时, 复杂结构分析与能效评估得到支持, 帮助设计人员在项目初期预测建筑的能耗表现, 优化建筑性能。除了提升设计精度外, BIM 技术还确保了建筑项目在施工与运营阶段的信息一致性, 为项目的全生命周期管理提供了有力支持。建筑设计的效率与质量得以提升, BIM 技术的应用不仅推动了建筑行业的数字化转型, 还为未来建筑设计的发展指引了新的方向。

2 建筑设计中 BIM 技术的特点

BIM 技术在建筑设计中的特点, 体现在其高度集成性、可视化、协作性及智能化等多个方面。建筑设计过程中涉及的各类信息, 包括结构、材料、设备及施工流程等, 能够被集成到一个三维数字化模型中, 从而使设计工作变得更加全面与系统。通过三维可视化, 设计人员得以清晰查

看建筑各部分的细节,并能够在虚拟环境中模拟建筑的实际效果,潜在问题得以提前识别,从而有效减少设计中的误差与冲突。不同专业之间的协作与沟通也得到了大大增强,基于共享的 BIM 模型,设计、施工、运营等各方人员能够实时更新与修改数据,确保所有相关人员获取一致且准确的信息,从而避免了传统设计中由于信息不对称或更新滞后所带来的问题^[1]。此外,强大的智能分析能力使得 BIM 技术能够进行多维度的分析,包括结构分析、能效评估及成本估算,从而优化设计方案并提升建筑性能。从设计阶段到建造、运营的全过程管理得以支持,施工过程中的返工与资源浪费得到了有效减少,工程的经济效益与可持续性得以提升。

3 BIM 技术在设计中的应用

3.1 三维可视化

BIM 技术中的三维可视化应用,已被认为是建筑设计的一项突破性进展。通过构建全面且精确的三维数字模型,建筑项目的各个元素被直观地展示给所有相关人员。利用这些三维模型,设计师能够在虚拟环境中实时展示建筑的空间布局、结构组件及机电系统等,项目团队得以准确把握设计意图,潜在问题及时被识别并调整。与传统的二维平面图纸相比,三维可视化提供了更直观的空间感知,使得不同专业领域的人员可以在同一平台上协同工作,显著减少了信息误差与沟通障碍。除了展示建筑外观外,三维可视化还可模拟内部的功能布局、光照、通风情况及人流流线等,进一步优化了设计方案,提高了建筑的使用功能与性能。在设计初期,三维可视化使得客户、设计师及承包商能够更清晰地理解设计理念,从而做出更加精准的决策,避免了施工阶段的设计变更与返工,降低了项目风险。随着 BIM 技术的发展,三维可视化正逐渐与虚拟现实与增强现实技术融合,使设计人员能够在沉浸式的环境中与设计模型互动,从而进一步提升了设计的精度与效率。

3.2 自动变更管理

在建筑设计中,BIM 技术的自动变更管理功能,作为一项重要特性,极大地提升了设计变更响应的速度与管理效率。传统设计流程中,设计变更往往需要手动修订大量图纸和文档,且因疏忽或错误,信息的遗漏容易发生,进而引发项目延误与成本上升。与此不同,BIM 技术通过将各类建筑信息整合在一起,确保设计变更能够迅速且准确地反映在整个模型中。具体来说,当设计的某个部分发生变化时,BIM 系统会自动识别并更新所有相关的数据与图纸,从而保证设计团队、工程师、承包商等所有参与者能够实时获得最新的设计信息。这种自动更新机制,不仅有效减少了人为错误的发生,还提高了设计过程中的协作性与透明度。此外,完整的变更追溯记录,作为自动变更管理的一部分,使得项目各方能够清晰地了解变更的背景与影响,进一步增强了项目的控制力与决策能力。通过这种

动态的实时管理方式,设计阶段提供了更大的灵活性,同时显著降低了施工阶段的变更风险,确保了项目按时且高质量地完成。

3.3 高级分析能力

BIM 技术在建筑设计中的高级分析能力,作为其核心优势之一,为设计团队提供了更深刻的洞察力与决策支持。通过整合各类建筑信息,BIM 不仅实现了建筑物的三维可视化,而且具备进行结构分析、能效评估、碰撞检测与生命周期分析等多种高级分析的能力。这些功能使得建筑师、工程师及承包商能够在设计初期预测潜在风险,优化设计方案,并减少后期施工和运营中可能出现的问题。例如,能效分析有助于评估建筑的能源使用效率,通过模拟不同的设计方案,最具节能效果的方案可被选择,从而降低能耗并减少运营成本。结构分析则通过模拟建筑在各种荷载下的表现,提前发现结构设计中的薄弱环节,从而避免了在施工过程中可能出现的安全隐患。碰撞检测功能能够在设计阶段识别不同专业之间的冲突问题,如管道与电气线路的交叉,进而避免这些问题在施工阶段引发返工与延误^[2]。此外,生命周期分析通过模拟建筑从建造到运营的全过程,能够预测建筑在不同使用阶段的维护需求与成本,为项目的长期可持续性提供了科学的依据。

3.4 现代化工程管理

BIM 技术在现代工程管理中的应用,显著改变了传统建筑项目管理模式,为项目全生命周期提供了更精细的信息化管理支持。通过 BIM 技术,项目中的各类数据与信息被实时整合到一个共享的数字平台上,确保设计、施工及运营维护各环节的参与方能够通过该平台进行高效协作,从而确保信息的透明度与一致性。此种集成化管理方式有效提升了项目整体效率与精度,沟通障碍与误解得以避免,尤其是信息孤岛所带来的问题得到了有效解决。尤其在施工阶段,BIM 技术不仅为施工团队提供了精准的施工图纸与详细的材料清单,还通过模拟施工过程,潜在风险与问题得以提前识别,从而优化施工计划,减少变更与延误的发生。同时,BIM 技术通过实时监控工程进度与资源使用,帮助项目经理有效控制成本,确保施工进度的顺利推进,突发情况发生时,资源配置也能及时调整。在质量管理方面,BIM 结合质量控制标准,精准跟踪每一项工作的质量状态,确保施工质量符合设计要求,返工与资源浪费得以减少。此外,BIM 技术为建筑物后期的运营管理打下了基础,所有设计、施工及维护数据在竣工后将被电子化存档,为物业管理者进行高效维护与管理提供了便利,从而提升了建筑物的长期效益。

3.5 强化图纸施工性

BIM 技术在提高图纸施工性方面的应用,显著增强了建筑设计图纸的可操作性与施工精度。传统二维设计图纸常因信息表达不足或理解偏差,导致施工过程中出现错误

或返工,尤其是在图纸不清晰或信息缺失的情况下。与之相比,BIM技术通过构建基于三维模型的数字化图纸,能够全面呈现建筑的结构、功能与施工细节,从而确保设计信息在图纸中更加精准地传递。设计阶段不仅可以利用BIM技术模拟施工过程,还能详尽展示各项构件的规格、尺寸、连接方式等关键信息,确保施工人员在实际操作时对每一项工作的要求了然于心。更为重要的是,BIM技术的实时数据更新功能,使得设计变更得以迅速反映在图纸中,避免了传统设计变更时因沟通滞后或更新不及时而引发的施工问题。借助图纸中嵌入的详细施工信息,施工队伍能够在实际操作之前进行全面预演,潜在的冲突与问题能被提前发现,从而最大限度地减少现场施工时的误差与返工,确保项目按计划顺利推进^[3]。此外,BIM技术还能根据施工进度自动更新图纸,确保所有参与者能及时获取最新的设计信息,从而提升施工现场的协同效率。

3.6 复杂形体设计建造

BIM技术在复杂形体设计与建造中的应用,为现代建筑设计提供了创新的解决方案。随着建筑风格和功能需求的日益多样化,越来越多的设计要求突破传统矩形和直线的形态,转向更为复杂的曲线与异形结构。然而,传统设计方法在面对这些复杂形体时,常常面临诸多挑战,如结构难度大、施工精度要求高,以及设计与施工之间的协调难度等。BIM技术的引入,凭借其强大的三维建模能力和参数化设计特性,显著提高了复杂形体设计与建造的可行性与效率。通过BIM,设计师能够在虚拟环境中实时模拟复杂形体的结构,通过动态调整设计参数来进行优化,从而确保方案的合理性与可执行性。不同材料与构件的结合方式能够通过BIM精确模拟,帮助设计师评估复杂形态下的结构力学性能,优化建筑的安全性与稳定性。在施工阶段,BIM技术生成的高精度施工图纸与施工计划,提供了详细的构件制造与装配指导,从而减少了传统手工计算与图纸理解中的误差。对于极具挑战性的异形建筑,虚拟建造过程的模拟也能通过BIM提供,帮助施工团队提前识别潜在的施工难点,优化施工工艺,从而降低施工过程中的不确定性。

4 BIM技术在建筑设计领域的发展前景

BIM技术在建筑设计领域的未来发展具有广阔的前景,随着信息技术的持续进步,其在建筑行业的应用已从单一的设计辅助工具逐步演变为全生命周期管理的核心

技术。未来,BIM不仅将在建筑设计阶段发挥创新作用,还将贯穿整个建筑项目的规划、设计、施工、运营及维护等环节,实现设计与施工之间的无缝衔接。随着大数据、人工智能、云计算和物联网等技术的融合,BIM将进一步增强其智能化和自动化功能。例如,结合大数据分析,能够提供更加精准的建筑性能预测与资源优化,BIM将帮助设计团队更有效地应对复杂的设计要求及项目管理挑战。同时,项目各方的信息共享效率将大幅提升,BIM的协同工作平台能够减少沟通误差与设计冲突,从而提升项目质量与施工效率。在可持续设计中的应用潜力,BIM也不容忽视^[4]。通过在设计阶段对建筑能效进行模拟与优化,科学支持为环境友好型建筑提供,BIM推动绿色建筑快速发展。随着技术的不断革新,BIM的应用领域将不断拓展,不仅限于建筑行业,其跨行业的影响力也在逐步增加,尤其在城市规划与基础设施建设领域,智慧城市的建设将得到促进,BIM将提升城市整体智能化水平。

5 结语

BIM技术作为建筑设计领域的创新工具,已深刻改变了传统设计方法与施工管理模式。通过三维可视化、自动化管理、精确分析及高效协作,不仅提升了设计的质量与效率,还为建筑项目全过程管理提供了更加精准的支持。随着技术的不断进步,BIM在建筑设计中的应用将变得更加广泛,其作用将进一步扩展,推动行业朝着智能化、绿色化及可持续性方向发展。未来,建筑行业的数字化转型将加速,BIM技术的广泛应用有望助力创造更加高效、经济、环保的建筑环境。深入研究并广泛推广BIM技术,将对提升建筑设计及建设的整体水平产生深远影响。

[参考文献]

- [1]黄丹.BIM技术在建筑设计中的应用探微[J].建设科技,2024(18):37-40.
- [2]车亚妮.BIM技术在建筑设计中的应用分析[J].工程建设与设计,2024(10):125-127.
- [3]王志强,周为,于海龙,等.BIM技术在建筑设计中的应用研究[J].城市建筑空间,2024,31(4):120-122.
- [4]辛小娟.BIM技术及其在建筑设计中的应用探讨[J].绿色建造与智能建筑,2024(2):49-51.

作者简介:张康(1994.6—),男,汉族,毕业学校:廊坊师范学院,现工作单位:中土大地国际建筑设计有限公司。

智能化给排水系统在民用建筑中的应用研究

赵 强

河北加壹建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 智能化给排水系统在民用建筑中的应用通过集成物联网技术、智能控制算法和数据分析, 实现了对供水、排水系统的实时监控与动态调节。系统基于传感器网络获取建筑内部的水压、水质、流量等参数, 结合大数据分析技术进行精确预测和优化调度, 从而有效降低能耗、提高水资源利用率并提升供水稳定性。智能化设计提高了系统故障自检与诊断能力, 有助于减少维护成本和避免水资源浪费, 推动绿色节能建筑的发展。智能化给排水系统在保障用户用水需求的同时, 提升了整体用水管理的效率和可靠性。

[关键词] 智能化给排水系统; 民用建筑; 物联网; 大数据分析; 绿色节能

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14723

中图分类号: TU82

文献标识码: A

Application Research on Intelligent Water Supply and Drainage System in Civil Buildings

ZHAO Qiang

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

Abstract: The application of intelligent water supply and drainage systems in civil buildings achieves real-time monitoring and dynamic adjustment of water supply and drainage systems through the integration of Internet of Things technology, intelligent control algorithms, and data analysis. The system is based on sensor networks to obtain parameters such as water pressure, water quality, and flow inside the building, combined with big data analysis technology for accurate prediction and optimization scheduling, effectively reducing energy consumption, improving water resource utilization, and enhancing water supply stability. Intelligent design improves the system's ability to self check and diagnose faults, helps reduce maintenance costs and avoid water waste, and promotes the development of green and energy-efficient buildings. The intelligent water supply and drainage system not only ensures the water demand of users, but also improves the efficiency and reliability of overall water management.

Keywords: intelligent water supply and drainage system; civil buildings; Internet of Things; big data analysis; green and energy-saving

引言

随着现代建筑技术的不断发展, 给排水系统的智能化升级已成为提高建筑效率与节能环保的重要途径。传统给排水系统存在能耗高、管理复杂、响应速度慢等问题, 无法满足绿色建筑的要求。智能化给排水系统通过融合物联网、大数据分析及智能控制技术, 能够实现精准的用水管理与动态调节, 有效提升水资源利用率并降低运行成本。这种技术革新不仅有助于优化用户体验, 还能推动可持续发展的建筑设计理念, 满足现代城市对高效、节能、环保建筑的需求。

1 智能化给排水系统的核心技术与原理

智能化给排水系统的核心技术与原理

智能化给排水系统是通过多种先进技术的融合来实现对供水和排水过程的高效管理与控制, 其核心技术包括传感器网络、物联网、大数据分析、智能控制算法及自动化技术。传感器网络是整个系统的基础, 通过在建筑内的各个关键节点布置水压传感器、流量计、水质检测仪等设备, 实时采集用水数据, 并将这些数据传输至中央控制系统。物联网技术则将这些传感器和设备互联, 形成一个动

态的信息网络, 使得系统能够对外界变化迅速作出响应, 并实现远程监控与控制功能。

在数据采集与传输的基础上, 大数据分析在智能化给排水系统中扮演着至关重要的角色。通过对历史数据和实时数据进行深度挖掘与分析, 系统可以预测用水高峰期、分析水质变化趋势, 并识别可能的故障或泄漏点。这种基于数据的预测和诊断功能不仅提高了系统的可靠性, 还能显著降低维护成本。此外, 大数据分析还能帮助优化水资源的调度策略, 通过对不同时间段的用水需求进行精准预测, 实现供水的动态调节, 从而减少不必要的水资源浪费。

智能控制算法是智能化给排水系统的核心驱动力之一, 通过结合机器学习和人工智能技术, 系统可以根据多变量因素(如天气、人口活动、历史用水量等)自动调整供水和排水参数。这种智能控制方式不仅提高了系统的响应速度, 还能在发生异常情况时自动调整参数, 避免对用户产生影响。比如, 在检测到用水量突增或压力异常时, 系统可以迅速启动应急预案, 调整水泵工作状态或切换备用水源, 以保障供水的稳定性和安全性。

最后, 自动化技术的引入使得智能化给排水系统具备

了自我调节、自我修复的能力，进一步提高了系统的稳定性和高效性。在遇到设备故障或异常情况时，系统能够通过自动化流程迅速采取修复措施，并通知维护人员进行进一步处理。这种高度自动化的设计大大减少了人工干预的需求，提高了管理效率，同时降低了运行和维护成本。通过整合多种核心技术，智能化给排水系统在民用建筑中的应用，为现代建筑提供了一种高效、节能、环保的水资源管理解决方案。

2 物联网在民用建筑给排水系统中的应用

物联网技术在民用建筑给排水系统中的应用显著提升了系统的智能化水平和管理效率。通过将各种传感器、执行设备和中央控制系统进行互联，物联网使得建筑的给排水系统能够实时感知和动态响应环境变化。传感器设备遍布于管道、阀门、水泵等关键节点，实时采集水压、水质、流量等参数，并通过无线通信技术将这些数据传输至中央处理单元。这种高效的数据传输方式，不仅缩短了数据采集的时间，还保证了信息传递的准确性和稳定性。

在数据采集的基础上，物联网技术赋予了给排水系统远程监控和管理的能力。管理人员可以通过移动终端或计算机系统随时随地监测供水和排水系统的运行状态，实现对用水量、压力、温度等关键参数的精确控制。如果系统检测到异常，如漏水、堵塞或水质异常等问题，物联网平台会立即发出警报，通知相关人员及时处理。远程监控功能不仅提高了问题响应速度，还有效降低了系统运行过程中可能出现的风险。

此外，物联网还在智能化调度和资源优化中起到了关键作用。通过对收集的数据进行分析与处理，系统可以预测不同时间段的用水需求变化，并根据实际情况动态调整供水策略。例如，在用水高峰期自动增加水泵的工作频率，在低谷期则降低供水量，以节约能源消耗。这种智能化的调度方式，不仅提升了水资源的利用效率，还减少了不必要的能源消耗，为建筑运营提供了更加经济和环保的解决方案。

物联网技术的优势不仅限于实时监控和动态调度，还包括其在系统故障预测与维护中的重要作用。基于对设备运行状态的实时监控和大数据分析，系统可以提前识别潜在故障并进行预警，避免问题扩大化。在检测到设备异常时，物联网平台会立即自动生成维护任务，调度相关人员和资源进行及时修复。这种预防性维护机制减少了设备停机时间，降低了维护成本，同时提升了整个系统的稳定性和可靠性。

物联网在民用建筑给排水系统中的应用，不仅优化了建筑内部的水资源管理，还大大提升了系统的智能化水平和运作效率。通过实时数据的高效采集与分析、远程监控与智能调度、故障预测与预防性维护，物联网为现代建筑提供了更加高效、节能和智能的解决方案，推动了绿色建筑和可持续发展的进程。

3 大数据分析在优化水资源管理中的作用

大数据分析在智能化给排水系统中发挥着至关重要的作用，通过对海量数据的深度挖掘和分析，有效提升了水资源管理的精准度和效率。系统在日常运行中持续收集包括水压、水质、流量、用水模式等在内的大量数据，并将这些信息存储在云平台中进行集中处理。大数据分析技术通过对这些数据的整合与建模，不仅能揭示用水规律，还能识别潜在的运行问题和优化空间。

在水资源调度方面，大数据分析帮助系统实现了更加精准的供水管理。通过对历史数据的分析，系统可以预测不同时间段的用水需求变化趋势，为供水策略的调整提供科学依据。例如，基于对用户用水习惯的分析，系统能够在用水高峰期合理调配水量，避免因供水不足导致的用户不便，同时在用水低谷期减少不必要的供水，从而达到节约能源和水资源的目的。这种基于数据驱动的优化措施显著提升了供水系统的响应速度和灵活性。

在故障检测与维护方面，大数据分析同样扮演了重要角色。通过对设备运行数据的实时监测和历史数据的分析，系统可以提前识别出可能出现的故障或异常情况，如管道泄漏、水质污染或设备老化等问题。大数据分析技术能够生成精准的预测模型，根据设备的运行状态提供预警信息，指导维护人员在故障发生之前进行检修，从而减少停机时间和维修成本，提升系统的稳定性和可靠性。

此外，大数据分析还在水质监控和管理中起到了不可忽视的作用。系统通过对不同区域水质数据的综合分析，可以实时跟踪水质变化情况，识别可能的污染源并采取相应的控制措施。这种精准的水质管理方式，有助于保障用户的用水安全，同时优化水资源的利用效率，推动建筑项目的绿色环保目标。

通过大数据分析在优化水资源管理中的应用，智能化给排水系统不仅提升了供水的精准度与稳定性，还显著降低了运行和维护成本。大数据技术在故障预测、用水调度、水质管理等方面的全方位支持，为现代民用建筑提供了更加智能、高效和可持续的水资源管理解决方案。

4 智能控制算法在提高系统效率与节能效果中的应用

智能控制算法在智能化给排水系统中起着关键作用，通过自适应调节和动态优化来显著提升系统效率和节能效果。基于机器学习和人工智能技术，智能控制算法能够在实时获取的数据基础上自动调整供水和排水系统的各项参数，如水泵的启停时间、流量控制以及压力调节等，从而实现最优的运行状态。这种高度灵活的控制方式不仅能快速响应建筑内部环境的变化，还能根据用户需求的波动动态分配资源，最大限度地减少能源消耗。

在用水量预测和供水调度方面，智能控制算法通过对历史数据和当前用水模式的分析，可以准确预测未来的用

水需求。这使得系统能够在用水高峰期提前增加供水量,在低谷期自动减少水泵的工作负荷,从而避免能源的浪费。同时,智能算法还能根据实时监测到的数据进行微调,以应对突发的用水需求变化,确保供水的稳定性和连续性。这种精准的预测与调度能力,不仅优化了水资源的利用效率,还降低了系统的运行成本。

智能控制算法在节能方面的应用也体现在系统的自适应能耗管理上。通过对设备运行效率的动态监控和数据分析,算法能够识别出高能耗设备或不必要的运行状态,并在保证系统正常运行的前提下,优化设备的启动和停止逻辑。例如,当水质和用水需求达到标准时,系统会自动降低水泵的功率输出或进入低能耗模式,从而减少能源的过度消耗。智能控制算法的这种自适应调整功能,为建筑节能提供了更高效的技术支持。

此外,智能控制算法在应急管理和故障处理中的应用进一步提升了系统的可靠性和节能效果。在检测到供水系统出现异常状况(如水压突变、流量急剧下降或设备故障)时,算法能够立即启动应急预案,调整系统运行状态,保障用户的正常用水,并减少故障扩散造成的资源浪费。通过对历史故障数据的分析,算法还能不断学习和优化应急策略,提高对类似问题的响应速度和处理效率。

智能控制算法在智能化给排水系统中的应用,通过其高效的资源调度、能耗管理和故障处理能力,实现了系统的全面优化。这种技术不仅显著提升了建筑给排水系统的运行效率和稳定性,还为节能环保提供了强有力的支持,为现代民用建筑的可持续发展奠定了坚实基础。

5 智能化给排水系统在民用建筑中的实践与前景展望

智能化给排水系统在民用建筑中的实际应用已经展现出显著的优势和潜力。当前,许多现代建筑项目已经在其供水与排水管理中引入了智能化技术,通过物联网、大数据分析和智能控制算法的结合,实现了对用水系统的实时监控和高效管理。这种系统在大型商业楼宇、住宅小区以及公共建筑中得到广泛应用,有效提升了供水稳定性和资源利用率,降低了能耗和运营成本,同时提高了用户的用水体验和安全性。

在具体实践中,智能化给排水系统通过传感器网络和远程监控平台,实现了对建筑内部用水状况的全面掌握。管理人员可以通过手机或计算机实时查看水质、水压、流量等数据,并在系统检测到异常时立即采取措施。这种实时响应能力不仅减少了故障的影响,还提高了整个系统的

运作效率。此外,自动化控制和大数据分析技术的结合,使得系统能够根据不同时间段的用水需求动态调整供水策略,从而减少浪费并提升能源利用效率。

展望未来,随着技术的不断进步,智能化给排水系统在民用建筑中的应用将会更加普及和智能化。人工智能和机器学习技术的发展,将进一步提升系统的自适应能力,使其能够在更复杂的环境下进行自我优化和故障诊断。未来的系统将不仅限于传统的水资源管理,还会与建筑的其他智能系统(如智能电网、暖通空调系统等)深度融合,形成一个更加综合和高效的建筑能源管理网络。

此外,随着绿色建筑和可持续发展理念的深入推广,智能化给排水系统将在节能环保领域发挥更大的作用。系统将更加注重水资源的循环利用和再生处理,通过先进的水质分析与优化技术,实现对废水的高效回收和再利用。这种闭环式的水资源管理模式,不仅能大幅降低对自然水源的依赖,还能显著减少建筑对环境的影响,推动可持续发展目标的实现。

6 结语

智能化给排水系统通过集成物联网、大数据分析和智能控制算法,在民用建筑中实现了高效的水资源管理与节能环保目标。该系统不仅提升了供水与排水的稳定性和可靠性,还通过智能调度和自动化控制显著降低了能耗和运营成本。随着技术的不断进步和绿色建筑理念的普及,智能化给排水系统将在未来的建筑设计中发挥更重要的作用。其广泛应用将推动民用建筑向着更加智能、高效、环保的方向发展,为实现可持续发展目标提供坚实的技术支持和保障。

[参考文献]

- [1]洪建谦. 建筑智能化技术在建筑给排水工程中的应用[J]. 四川水泥,2021(9):213-214.
- [2]程佳虎. 提升建筑消防给排水系统的智能化策略[J]. 中关村,2022(10):108-109.
- [3]马中芳. 建筑给排水工程中智能化技术的应用研究[J]. 中国建筑装饰装修,2021(9):92-93.
- [4]马浙飞. 建筑给排水工程中智能化技术的应用研究[J]. 智能城,2023,9(6):117-119.
- [5]郑彦. 建筑智能化系统与给排水工程设计分析[J]. 居舍,2021(20):92-93.

作者简介:赵强(1985.12—),男,满族,毕业学校:河北科技大学理工学院,现工作单位:河北加壹建筑设计有限公司。

智能化技术在建筑设计中的融合与发展

刘梦凯

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]智能化技术在建筑设计中的融合通过集成物联网、大数据、人工智能等前沿技术,实现设计过程的自动化与优化,提升建筑功能与空间布局的智能化水平。通过对环境数据的实时监测与分析,优化建筑的能源管理与资源配置,降低能耗成本并提升可持续性。参数化设计技术与生成式设计算法的应用,使得设计方案在建筑形态、结构与材料选择上更具灵活性与创新性,提高了设计效率与精确度。智能化技术在建筑全生命周期中的应用,不仅提升了施工与运维管理的质量,还实现了更高效的协同工作模式与风险控制能力。

[关键词]智能化技术;建筑设计;物联网;生成式设计

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14720

中图分类号: TU855

文献标识码: A

The Integration and Development of Intelligent Technology in Architectural Design

LIU Mengkai

Hebei Institute of Architectural Design & Research Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The integration of intelligent technology in architectural design achieves automation and optimization of the design process through the integration of cutting-edge technologies such as the Internet of Things, big data, and artificial intelligence, thereby enhancing the level of intelligence in building functionality and spatial layout. By real-time monitoring and analysis of environmental data, optimizing building energy management and resource allocation, reducing energy consumption costs, and enhancing sustainability. The application of parametric design technology and generative design algorithms makes the design scheme more flexible and innovative in terms of building form, structure, and material selection, improving design efficiency and accuracy. The application of intelligent technology throughout the entire lifecycle of buildings not only improves the quality of construction and operation management, but also enables more efficient collaborative work modes and risk control capabilities.

Keywords: intelligent technology; architectural design; Internet of Things; generative design

引言

随着科技的迅猛发展,智能化技术逐渐成为推动建筑设计变革的重要力量。从传统的设计理念到现代数字化转型,建筑行业正经历着一次深刻的变革。通过将物联网、大数据、人工智能等前沿技术融入建筑设计,不仅赋予了建筑更多的功能性与灵活性,还推动了节能环保与可持续发展。智能化技术的应用不仅在设计过程中提升了效率与精确度,同时也在建筑的使用与维护阶段带来了全新的管理模式,为未来的智能建筑发展奠定了坚实的基础。

1 智能化技术在建筑设计中的应用现状

智能化技术在建筑设计中的应用现状随着科技的飞速发展,已经取得了显著进展,并在多个方面逐步落地实施。首先,物联网技术广泛应用于建筑设计中,通过传感器和智能设备实现对环境参数的实时监测和数据收集,帮助设计师更好地理解建筑所处的物理环境。在建筑的早期设计阶段,物联网设备能够收集建筑场地的光照、湿度、风速、气温等数据,为建筑形态和布局提供科学依据。这些数据不仅使设计更加精准,还为日后的建筑节能管理奠定了基础。

大数据技术通过对收集到的庞大数据进行分析和处

理,帮助设计团队做出更具战略性和预见性的决策。通过对历史建筑设计数据、用户需求数据以及市场趋势的分析,可以帮助建筑师在设计中更好地平衡功能性、美观性和经济性。同时,大数据还可以应用于模拟与预测建筑的运营和维护情况,从而在设计阶段就考虑如何延长建筑的使用寿命并降低长期运维成本。

在智能化设计中,人工智能技术也发挥了重要作用。生成式设计 with 参数化设计已成为现代建筑设计中的两大主流方向。通过生成式设计,计算机根据设定的规则和目标参数,自动生成不同的设计方案供设计师选择。这大大提高了设计效率,设计师不再局限于传统的手工设计,而是能够通过智能算法快速获得多种创新方案。参数化设计则使得建筑形态的多样性和复杂性得以实现,能够根据环境条件和功能需求灵活调整设计方案,保证建筑的独特性和实用性。

此外,智能化技术还广泛应用于建筑的施工与管理阶段。智能建造系统通过对工程进度、质量、安全等因素的实时监控,确保建筑施工过程更加精准、高效。与传统施工方式相比,智能化技术能够减少施工中的错误率,并提高施工质量,降低成本。

智能化技术在建筑设计中的广泛应用,不仅推动了建筑设计的数字化转型,也为未来智能建筑的发展提供了坚实的技术支撑。当前,随着智能化技术的不断发展,其在建筑设计中的应用仍在不断拓展,未来可期。

2 物联网与大数据在建筑设计中的融合创新

物联网与大数据在建筑设计中的融合创新极大地改变了传统设计方式,推动了建筑行业向更加智能化和高效化的方向发展。物联网技术通过在建筑物及其周围环境中部署大量传感器,实时收集环境数据和使用信息。这些传感器可以监测温度、湿度、光照强度、空气质量等多种参数,并将数据传输到中央控制系统。基于这些数据,设计师能够更深入地了解建筑所处的实际环境条件,从而在设计阶段就能做出更符合现场条件的方案选择。例如,在光照较好的区域设计采光窗,在潮湿区域选择防潮材料等,都能使建筑设计更加合理且高效利用资源。

大数据技术则通过对这些庞大的物联网数据进行分析与处理,为建筑设计提供了深度洞察和科学支持。大数据分析不仅可以识别环境中的潜在问题,还能通过算法预测未来的环境变化趋势,帮助设计师提前应对。例如,通过对历史气候数据的分析,可以预测建筑在未来不同季节中的能耗情况,并在设计阶段制定出优化的能源管理方案。这种基于数据的设计方法,不仅提升了建筑的节能效果,还能显著降低建筑的运行成本。

此外,大数据的应用不仅限于环境数据分析,还包括对用户行为和需求的深入挖掘。通过对建筑用户的活动轨迹、行为模式和需求偏好的分析,可以优化建筑的空间布局和功能配置,提高使用者的体验舒适度。比如,在办公建筑设计中,可以根据员工的移动路径和集中区域数据,合理规划工作区、休息区和会议室的位置分布,从而提升工作效率和空间利用率。

物联网与大数据的融合在建筑设计中的创新不仅体现在前期设计阶段,还贯穿于建筑的施工与管理环节。在施工阶段,物联网设备可以实时监控施工进度、设备状态和工程质量,确保各项工作按计划顺利推进。大数据分析则能帮助施工团队迅速识别和解决潜在问题,降低施工过程中出现的风险与成本。对于已建成的建筑,通过数据的持续收集和分析,可以实现建筑的智能化运维,自动调整能源使用策略,预测设备故障,并及时进行维护。

3 人工智能驱动的建筑参数化与生成式设计

人工智能驱动的建筑参数化与生成式设计已经成为现代建筑设计领域的重要技术突破,为设计过程带来了全新的灵活性和创造性。参数化设计是基于数学和算法模型的设计方法,通过定义设计变量和约束条件,设计师可以生成多个满足特定要求的方案。人工智能在这一过程中起到了关键作用,通过机器学习算法和数据分析,可以迅速处理和优化大量设计参数,使设计方案更加精确和高效。

设计师能够根据建筑功能需求、空间限制、环境条件等多种因素,灵活调整建筑形态与布局,实现高度个性化和定制化的设计。

生成式设计是人工智能在建筑设计中的另一项核心应用,通过算法自动生成符合预定条件的多种设计方案。这种设计方式不仅依赖于初始设定的参数和条件,还能通过人工智能的学习能力,不断迭代和改进设计方案,以满足更加复杂和多样化的需求。生成式设计让设计师摆脱了传统的手工制图和模型构建工作,转而使用计算机进行快速的概念验证和方案优化。这种方法使得建筑设计从原本的线性流程转变为一种动态的交互过程,大大提高了设计效率与创新能力。

在实际应用中,参数化设计与生成式设计不仅在建筑外观造型和结构优化上展现了强大的能力,还在材料选择和空间配置方面带来了革命性变化。通过人工智能分析不同材料的物理性能和成本效益,可以在保证建筑质量和结构稳定性的前提下,优化材料使用和降低建筑成本。同时,在复杂的建筑空间设计中,生成式设计能够根据使用者的行为模式和功能需求,灵活调整空间布局,使建筑内部的功能区划更加合理和高效。例如,大型商业综合体中的动线设计、光照分布和人流控制,都可以通过生成式设计达到最佳配置。

此外,人工智能还推动了参数化与生成式设计在可持续建筑中的应用。通过模拟建筑在不同气候条件下的能耗情况,生成式设计可以为设计师提供最节能的方案选择,优化建筑的通风、采光和隔热效果。这种方法不仅减少了建筑运营过程中的能源消耗,还在设计阶段就能预见潜在的环境影响,为实现绿色建筑和低碳发展目标提供技术支持。

人工智能驱动的建筑参数化与生成式设计正在重塑建筑设计的思维模式和工作流程。它不仅提高了设计效率,还开拓了建筑造型与功能创新的新边界,使得建筑在美观、实用和经济性上实现了完美平衡。这种技术的深入应用,为未来的智能建筑设计提供了更加多元化和灵活的可能性,也为建筑行业应对复杂多变的市场需求提供了全新的解决方案。

4 智能化技术在建筑全生命周期中的应用与优化

智能化技术在建筑全生命周期中的应用与优化显著提升了建筑从设计、施工到运营和维护的整体效率与质量。建筑全生命周期的每一个阶段都可以从智能化技术中获益,从而实现更高效、更可持续的管理模式。在设计阶段,智能化技术通过集成物联网和人工智能算法,对环境数据、用户需求和资源配置进行全面分析,支持设计师在方案制定中做出最优决策,降低设计错误和资源浪费的可能性。

在施工阶段,智能建造技术使得施工过程更加透明和可控。物联网设备可以实时监控施工现场的进度、设备运行状态以及安全状况,将数据反馈到中央管理系统中,以

便管理者及时调整施工策略,优化资源调配。这种实时监控与反馈机制不仅减少了人为误差和施工延误,还能迅速应对突发状况,提升施工质量和安全性。同时,基于大数据分析的进度管理工具可以预测项目可能遇到的风险,提前制定应对方案,确保施工按时完成。

在建筑的运营与维护阶段,智能化技术同样发挥着不可替代的作用。通过部署在建筑内部的传感器系统,实时收集并分析建筑的能耗数据、环境参数和设备运行状态,可以实现对暖通空调系统、照明系统和安全系统的智能调控,显著降低建筑的运营成本。人工智能还可以通过学习设备的运行模式和故障历史记录,提前预测设备故障并安排维护,从而延长设备的使用寿命,避免不必要的维修和更换成本。

智能化技术还在建筑的后期管理中,通过数字化孪生技术实现虚拟与现实的同步管理。这种技术将建筑的物理状态与数字模型进行实时关联,使管理者能够在虚拟空间中模拟不同的运营场景,优化能源利用、空间配置和应急响应方案。这种全新的管理方式不仅提升了建筑的智能化水平,还增强了其应对环境变化和使用需求的适应能力。

智能化技术在建筑全生命周期中的应用与优化,不仅提高了每个环节的效率和安全性,还为建筑行业实现可持续发展目标提供了有力支持。它推动了建筑从传统模式向智能化、数字化和绿色化的转型,为未来建筑的设计、施工、运营及维护设定了新的标准。

5 智能化技术对建筑设计未来发展的影响与展望

随着物联网、人工智能和大数据等技术的不断进步,建筑设计正从传统的功能性导向转向以用户体验和环境友好为核心的智能化方向。这种变革不仅仅是技术层面的突破,更是设计思维与建筑逻辑的深度重塑。未来的建筑设计将更加强调可持续发展和能源效率,通过智能化技术实现对环境资源的精准管理与高效利用,最大限度地减少建筑对自然生态的影响。

在施工方式上,智能化技术的发展将推动建筑行业向自动化和模块化方向迈进。利用机器人、3D 打印和自动化建造设备,未来的建筑施工过程将更加精确、快速,减少人为因素导致的误差和安全隐患。大数据分析 with 机器学习技术的引入,将使得施工项目在规划、进度管理和风险控制等方面更加科学合理,确保项目按时高质量完成。这种技术应用不仅降低了施工成本,还显著提高了施工效率和安全水平,为建筑行业开辟了新的可能性。

在建筑使用体验方面,智能化技术将赋予建筑更高的互动性和自适应性。智能建筑将能够根据用户的行为习惯、环境变化和能源需求,自动调整内部设施的运作,如温度控制、照明调节和安防管理,从而提供更舒适、更便捷的使用体验。人工智能驱动的个性化定制功能将使建筑能够动态适应不同用户的需求,为用户创造更加个性化的空间体验。

展望未来,智能化技术在建筑设计中的应用将不断拓展,并与其他前沿技术如虚拟现实、增强现实和区块链技术等深度融合,为建筑设计和管理开辟新的路径。虚拟现实和增强现实将使设计师和用户能够在虚拟空间中预览和体验建筑效果,进一步优化设计方案,而区块链技术则将为建筑项目的透明管理和信息共享提供保障。这些技术的结合将推动建筑行业向更加智能化、绿色化和数字化的方向发展,为应对全球气候变化和资源短缺等挑战提供创新解决方案。

6 结语

智能化技术在建筑设计中的应用,正以前所未有的速度推动着行业的变革与升级。从设计理念到施工方式,再到建筑的全生命周期管理,物联网、大数据、人工智能等前沿技术的融合为建筑的高效性、可持续性和个性化体验带来了巨大改进。这些技术的深入应用,不仅提高了建筑设计的创新能力和精准度,还为施工与运维管理提供了更加科学的解决方案。未来,随着智能化技术的不断发展与完善,建筑行业将继续向更加数字化、绿色化和人性化的方向迈进,引领建筑设计进入全新的智能时代。

[参考文献]

- [1]徐强,陈炳赫.基于建筑策划理论的高层办公建筑智能化设计应用研究[J].建筑与文化,2021(3):68-69.
- [2]童文.建筑电气工程及自动化中智能化技术的应用[J].智能建筑与智慧城市,2021(1):87-88.
- [3]蒋华良.节能技术在现代智能化建筑设计中的应用[J].住宅与房地产,2021(7):84-85.
- [4]汪晓洁.智能化背景下建筑设计分析[J].中国科技投资,2021(19):77-78.
- [5]李婷婷.智能化民用建筑设计中建筑防火技术的运用[J].建筑技术开发,2020,47(24):18-19.

作者简介:刘梦凯(1986.9—),男,汉族,毕业学校:河北农业大学,现工作单位:河北建筑设计研究院有限责任公司。

公共空间设计中的安全性与舒适性探讨

刘 彬

中土大地国际建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着社会的快速发展, 公共空间的角色愈加重要。对这些空间的期望, 人们不仅限于物理环境的安全与舒适, 更体现在对归属感、社交机会以及文化认同的追求。尤其是在疫情后的时代, 公共空间的使用习惯与安全意识发生了显著变化, 促使人们更加关注安全性与舒适性的双重需求。与此同时, 科技的进步为公共空间设计带来了新的机遇, 智能监控、环境监测及虚拟现实等技术的应用, 使设计师能够更深入地理解使用者的需求, 从而做出更为精准的设计决策。在设计过程中, 居民反馈与参与日益受到重视, 成为提升设计效果的重要环节, 深入探讨公共空间设计中的安全性与舒适性, 分析二者的相互影响、设计策略及技术创新的应用, 为创造更高质量的公共空间提供理论支持与实践参考。

[关键词]公共空间; 设计; 安全性; 舒适性

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14716

中图分类号: J525

文献标识码: A

Exploration on Safety and Comfort in Public Space Design

LIU Bin

Zhongtu Dadi International Architectural Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the rapid development of society, the role of public space has become increasingly important. People's expectations for these spaces are not limited to the safety and comfort of the physical environment, but are also reflected in the pursuit of a sense of belonging, social opportunities, and cultural identity. Especially in the post pandemic era, the usage habits and safety awareness of public spaces have undergone significant changes, prompting people to pay more attention to the dual needs of safety and comfort. At the same time, technological advancements have brought new opportunities for public space design. The application of technologies such as intelligent monitoring, environmental monitoring, and virtual reality enables designers to have a deeper understanding of user needs and make more accurate design decisions. In the design process, residents' feedback and participation are increasingly valued, becoming an important part of improving design effectiveness. In depth exploration of safety and comfort in public space design, analysis of their mutual influence, design strategies, and application of technological innovation, provides theoretical support and practical reference for creating higher quality public spaces.

Keywords: public space; design; safety; comfort

引言

公共空间作为城市生活的重要组成部分, 提供了社交、休闲与活动的场所, 并在提升城市品质及居民幸福感方面发挥着关键作用。随着城市化进程的加快, 面临的挑战愈发增多, 尤其是在安全性与舒适性之间的平衡, 亟需解决的问题是如何满足安全需求, 同时创造一个舒适、宜人的环境。在现代社会, 公共空间的功能不仅限于提供活动场所, 它逐渐演变为城市文化、社区互动与生态可持续性的体现。必须关注不同人群的需求以确保空间的包容性与适用性。因此, 深入探讨安全性与舒适性在公共空间设计中的相互关系, 以及如何通过有效设计策略实现二者的平衡, 已成为当前研究的重要方向。

1 公共空间设计中的安全性

1.1 安全性设计原则

公共空间的安全性设计原则是营造一个有效保护使用者的环境, 涵盖物理安全与心理安全, 确保人们在使用空间时感到舒适与安心。可视性原则在设计中被视为重要

考量, 开放且明亮的空间有助于提升监视性, 使人们能够更轻松地观察周围环境从而降低犯罪风险, 通过合理的布局盲区得以减少, 出入口及休息区被安置在良好的视线范围内从而显著增强安全感。合理规划的流程有效减少拥堵与混乱提高通行效率, 确保明确、易懂的引导标识设置, 使人们在紧急情况下能够迅速找到安全出口, 在设计过程中无障碍通行的考虑也显得至关重要, 确保所有人群均能安全使用公共空间。环境的可变性同样需被纳入设计考量, 随着时间的推移公共空间的使用情况可能会发生变化, 设计阶段留有适当的灵活性以便于未来的调整与改进是十分必要, 安全设施的配置, 如监控摄像头与紧急报警装置必须经过合理安排, 确保在不影响空间美观的前提下提供有效的安全保障。

1.2 影响安全性的因素

影响公共空间安全性的因素多样, 主要可归纳为环境设计、社会行为及管理维护等几个方面。空间的布局、照明及植被配置均直接关系到使用者的安全感, 优质照明能

够有效消除阴暗角落从而降低犯罪风险,开放的空间布局促进视线流通,使人们能够轻松观察周围环境进而减少潜在威胁,适度的绿化不仅美化环境也在心理上提供舒适感,鼓励人们在空间中自由活动。公共空间使用者的行为,包括聚集活动与夜间使用频率直接关系到空间的安全状况,频繁使用且人流密集的空间往往能形成“人多力量大”的安全感。相反,在人流稀少的环境中,孤立的空间可能增加安全隐患。因此,设计者应考虑如何促进社交活动,提升人流密度,从而增强空间的活力与安全性。定期的清洁与维护能保持环境的良好状态,有效消除潜在安全隐患。加强管理措施,如增加巡逻人员或定期组织安全演练,能够提升公众的安全意识降低事故发生的可能性,当使用者意识到管理方对安全的重视时,整体安全感亦随之增强。

2 公共空间设计中的舒适性

2.1 舒适性设计要素

在公共空间的设计中,舒适性被视为提升使用者体验的关键因素,涉及多个要素的综合考量。空间的布局与尺度对人们的活动感受有直接影响,合理的布局需考虑人流路线避免产生过于拥挤的环境,这不仅提升了舒适度还促进了社交互动。例如,宽敞的步道与适当设置的休息区能够鼓励人们停留交流,营造出温馨的氛围。家具与设施的选择同样重要,舒适的座椅、适合的桌高以及符合人体工学的设计显著影响着使用体验。在材料的选用上,触感与视觉上的舒适性不容忽视,天然材质如木材与石材通常能带来温暖的感觉,材料的易清洁性与耐用性也是长期使用中需要考虑的因素。光线与气候调节在舒适性中发挥着重要作用,自然光的引入能够提升空间的宜人度让人感到放松,而良好的通风设计则确保新鲜空气的流通避免闷热感。在冬季,适当的遮阳设计及防风措施能够有效提高舒适度,确保空间在不同季节都保持宜人状态。声音环境的控制同样不可忽视,嘈杂的环境会干扰人们的情绪与交流,适当的隔音设计及声学材料的使用,可以有效降低噪音干扰,使人们在公共空间中体验到宁静与放松。

2.2 影响舒适性的因素

舒适性在公共空间的设计中受到多种因素的影响,主要包括环境、社会以及个人因素。环境因素被视为影响舒适性的核心,空间的布局、大小与形状直接决定了人们的活动体验。例如,拥挤的狭窄通道往往带来不适感,而相对开放的空间与宽敞的布局则能够促进放松与社交。此外,气候条件如温度、湿度与风速,同样对舒适性具有显著影响,良好的通风与适宜的温度调节有效提升了空间的宜人度,吸引人们长时间停留。社会因素也发挥着重要作用,公共空间的使用方式与人际互动,直接影响个体的舒适感。在空间中人们所感受到的社交压力、他人的行为模式及互动频率,都可能影响舒适度。例如,过于密集的人流或频繁的社交活动,可能让一些人感到压迫,而人流稀少则可能引发孤独感。因此,创造一个友好的社交环境,使人们

感到被接纳与欢迎,成为提升舒适性的重要途径。个人因素涉及个体的心理状态、文化背景以及个人偏好,对舒适性的理解与需求各人各异,这要求设计时考虑到这种多样性。例如,某些人可能更倾向于开阔的空间,而其他人则偏好相对私密的环境,设计师应通过灵活的空间配置与多样化的设施选择满足不同用户的需求,从而创造一个更具包容性的公共空间。

3 公共空间设计中安全性与舒适性的关系

3.1 二者的相互影响

在公共空间设计中,安全性与舒适性之间的相互影响关系颇为复杂,这一关系不仅体现在使用者的体验中,还反映在设计策略的实际实施上。安全性对舒适感有着直接影响,显著提高心理舒适度的环境,让人们在感受到周围安全时,容易放松愿意进行社交或休闲。例如,光线明亮且视野开阔的空间,增强了安全感,使得使用者更愿意停留交流,而非匆匆离开或感到焦虑。与此同时,舒适性也能增强安全感,当公共空间的设计得当,座椅、绿化及休闲区域的布置使人感到舒适时,空间的活跃度随之提升。在人流量的环境中,形成一种自然的安全氛围,彼此的存在增强了监视效果,构建起一种“安全网络”,在此情形下安全性与舒适性互为促进形成良性循环。追求安全性的过程中,若过度限制空间的开放性,比如设置过多围栏或障碍物,可能导致使用者产生压迫感从而降低舒适度。因此,在设计时应寻求二者之间的平衡,既要有效实施安全性措施,又要确保空间的开放与宜人。

3.2 设计中的平衡策略

在公共空间设计中,安全性与舒适性之间的平衡显得尤为重要,这一平衡不仅提升用户体验还促进空间的活力与可持续性。空间布局的灵活性至关重要,合理的规划应使空间既保持开放,又能有效防范潜在的安全隐患。例如,曲线型人行道的采用,既能引导人流又能增加可视性减少盲区,这样的设计不仅提升了舒适度也增强了安全感。材料与设施的选择同样不可忽视,天然材质如木材与石材能够营造出温馨的氛围,使人在视觉与触觉上均感愉悦,这些材料的耐久性与安全性也能满足公共空间的需求。例如,耐磨损的座椅可以在设计时考虑,这样既能保证使用的舒适性又能减少维护的频率。环境氛围的营造对于实现这一平衡至关重要,合理设计的照明系统不仅能提高空间的安全性,还能创造出温馨的氛围,暖色调灯光与柔和照明的运用让人感到放松,同时确保夜间活动的安全性。社区参与与反馈同样重要,通过与使用者的沟通了解他们的需求与感受,有助于在安全性与舒适性之间找到合适的平衡点。在设计初期进行公众咨询,收集意见后进行调整,使空间更符合实际需求从而提升整体满意度。

4 优化公共空间设计的策略

4.1 综合安全与舒适性的设计方法

在优化公共空间设计时,综合考虑安全性与舒适性的

方法显得尤为重要,这样的设计不仅提升了使用者的满意度,还能促进空间的高效利用。在设计阶段,基础在于了解目标用户群体的需求与偏好,通过调研与问卷收集不同使用者的反馈,确保设计能够满足多种人群在安全与舒适上的需求^[1]。例如,针对老年人或行动不便者,无障碍通道及适宜的休息区的提供保障了他们的便利与安全。合理运用空间元素同样不可忽视,创造开放的视野与通透的布局能够增强安全感,通过减少高大的植被与围挡,让人们清晰观察周围环境,从而降低因不确定性带来的恐惧感。在座椅与休闲区域的设计中亲密的排列方式被采用,有助于鼓励社交互动提升舒适度。环保材料的使用不仅能提升空间的整体舒适感,还能创造安全的环境,合理的绿化设计能够提供阴凉改善微气候,同时促进心理放松,形成友好的社交氛围。智能监控系统的安装使得安全保障更为有效,能够及时响应潜在的安全隐患,这一技术的运用不仅使设计具备前瞻性,还能灵活应对各种情况,从而进一步增强使用者的信任感。

4.2 技术与创新在设计中的应用

在公共空间设计中,技术与创新的应用愈发成为提升安全性与舒适性的关键因素,现代科技不仅改变了设计方法,还为空间管理带来了新机遇。智能监控系统的引入使安全性得到了显著增强,这些系统通过摄像头与传感器实时监测人流与环境变化,能够及时识别潜在的安全隐患。例如,当某个区域出现异常活动时,警报会迅速发出,确保管理人员能够及时响应,从而保障使用者的安全,这类技术的运用同样提升了使用者的安全感,使他们在空间中更加放松。环境数据监测技术在提升舒适性方面同样发挥了重要作用,传感器收集的温度、湿度、空气质量等实时数据,使设计师能够据此调整环境条件^[2]。自动化的通风与照明系统,灵活地根据使用者需求进行调整,确保在不同时间段提供最适宜的环境,这种数据驱动的设计方法,有助于创建更具人性化的空间,显著提升用户的舒适度。虚拟现实(VR)与增强现实(AR)技术,为设计过程带来了全新的视角。在设计阶段,这些技术的应用可让相关方直观体验空间布局与设计效果,这种沉浸式体验不仅帮助设计师更好地理解使用者需求,还能及时发现设计中的问题从而进行优化。智能家具与移动设施的应用,为公共空间的灵活性与舒适性提供了更多选择,可调节的座椅与移动遮阳棚等设计,使使用者能够自由配置空间增强个性化体验,这种灵活性使公共空间能够适应不同活动与人群的需求,从而提升整体的使用满意度。

4.3 社区参与与反馈机制

在公共空间设计中,建立社区参与与反馈机制至关重要,不仅增强了设计的针对性还提升了居民的归属感与满意度,有效的参与机制确保使用者的声音被重视,从而促进空间的实际利用。在设计阶段,积极邀请社区成员参与讨论显得尤为重要,组织座谈会、问卷调查或在线平台以收集意见,使居民能够表达他们的需求与期望,这种参与感使社区成员意识到在公共空间塑造中自己的重要性,增强了对空间的认同^[3]。例如通过了解居民在绿化、休闲设施与安全性方面的具体需求,方案的调整能够更好地满足实际使用场景。反馈机制在设计实施后同样不可或缺,定期的反馈活动,如社区评估会议或在线反馈平台,帮助设计师与管理者了解空间的使用情况及潜在问题。居民针对空间的舒适度、安全性与功能性提出意见,这些反馈不仅为后续改进提供依据,还能增强居民对公共空间的持续关注与参与。若某一区域的照明不足,居民及时反馈后迅速采取措施进行调整的管理方,能够确保安全与舒适。长期建立社区关系也显得至关重要,通过定期的活动、工作坊或志愿者项目,鼓励社区成员持续参与公共空间的维护与管理,这不仅提升了空间的活力还让居民更关注环境的变化,从而形成良好的互动氛围与社区文化。

5 结语

公共空间的设计不仅涉及美学与功能,更直接关系到人们的安全与舒适。在这个快速变化的时代,诸多挑战与机遇正摆在设计师面前,如何在安全性与舒适性之间找到平衡成为设计的核心任务,通过灵活运用现代技术,重视社区参与与反馈能够创造出更加人性化的空间,使其既符合使用者的实际需求,又提升社会整体福祉。展望未来,公共空间设计将不断发展,面对新技术及社会需求的变化,设计师需持续创新与调整。通过综合考虑安全性、舒适性及社区参与的理念,更好地适应人们生活的公共空间,将成为促进社会和谐与发展的重要场所。

【参考文献】

- [1]施铸.城市公共空间的安全性及其设计中的安全伦理意识[J].装饰,2011(7):22-26.
 - [2]王睿.现有老旧社区公共空间适老化改造探索研究[J].中国建筑装饰装修,2023(22):144-146.
 - [3]李畅.西安市生活性街道空间安全性评价与优化设计研究[D].西安:西安建筑科技大学,2023.
- 作者简介:刘彬(1982.12—),男,汉族,毕业学校:河北建筑工程学院,现工作单位:中土大地国际建筑设计有限公司。

生态建筑设计在建筑设计中的应用

王爱民

河北天艺建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着全球人口的迅速增长与城市化进程的加速,前所未有的挑战正席卷建筑行业。传统建筑设计模式通常依赖大量能源与资源消耗,且建筑在使用过程中产生的碳排放,对环境造成了巨大的负担。鉴于此,生态建筑应运而生,成为建筑行业创新解决思路的代表。生态建筑不仅是传统建筑的替代方案,它将可持续发展、环保与人居健康理念相结合,引领建筑设计走向绿色、智能与低碳的方向。随着建筑技术的持续进步与绿色建筑政策的推动,生态建筑设计理念正被越来越多的建筑师、设计师及开发商所采纳,绿色建筑标准与政策在国家与地区层面的不断推出,推动着建筑行业朝着绿色、环保及节能方向发展。生态建筑的设计方法与技术策略不仅有效地实现了节能减排,减少了污染,还显著提升了建筑的使用性能与居住舒适度,体现了生态建筑在改善人类、社会与环境方面的多重价值。

[关键词]生态建筑设计; 建筑设计; 应用

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14715

中图分类号: TU2

文献标识码: A

The Application of Ecological Architecture Design in Architectural Design

WANG Aimin

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

Abstract: With the rapid growth of the global population and the acceleration of urbanization, unprecedented challenges are sweeping across the construction industry. The traditional architectural design pattern usually relies heavily on energy and resource consumption, and the carbon emissions generated during the use of buildings impose a huge burden on the environment. In view of this, ecological architecture has emerged as a representative of innovative solutions in the construction industry. Ecological architecture is not only an alternative to traditional architecture, but also combines sustainable development, environmental protection, and human health concepts, leading architectural design towards green, intelligent, and low-carbon directions. With the continuous advancement of building technology and the promotion of green building policies, the concept of ecological building design is being adopted by more and more architects, designers, and developers. The continuous introduction of green building standards and policies at the national and regional levels is driving the construction industry towards green, environmentally friendly, and energy-saving directions. The design methods and technical strategies of ecological buildings not only effectively achieve energy conservation and emission reduction, reduce pollution, but also significantly improve the performance and living comfort of buildings, reflecting the multiple values of ecological buildings in improving human, social, and environmental aspects.

Keywords: ecological building design; architectural design; application

引言

随着全球环境问题日益严重,特别是气候变化与资源短缺方面的挑战愈加严峻,建筑行业作为主要的能源消耗与碳排放源之一,迫切需要探索更加环保、节能与可持续的发展路径。应运而生的生态建筑设计,融合了生态学原理与建筑技术,最大限度地减少建筑对自然环境的负面影响,提高资源使用效率并创造更加舒适宜居的生活空间。此设计理念不仅强调绿色建筑材料的使用与节能技术的应用,还倡导建筑与自然环境的和谐融合。随着公众环保意识的不断提升以及技术的不断进步,生态建筑设计已经逐渐从理论研究走向实际应用,成为现代建筑设计的重要组成部分。

1 生态建筑设计核心理念

1.1 可持续性发展原则

可持续发展原则是生态建筑设计的核心要素,基本理

念是满足当代需求的同时,确保不损害后代满足自身需求的能力,这一原则强调资源的合理利用与环境的长期保护。在建筑设计中,实施这一原则意味着必须全面考虑建筑从设计、施工到使用及拆除的整个生命周期,力求在每一个阶段都最大程度地减少能源消耗与环境污染。环保建材的选用、能源效率的优化、绿色认证的推动等手段,不仅能够有效减少碳足迹,也有助于降低运营成本,同时提升建筑的生态价值。实施该原则时还需要注重自然生态系统的保护,推动人与自然的和谐共生。生态建筑的目标不仅限于当前的资源节约,更在于为未来建筑的发展创造更小的环境负担。

1.2 环境友好与资源节约

生态建筑设计的核心原则包括环境友好与资源节约,目标是通过合理利用自然资源最大程度地减少对环境的负面影响。在选择建筑材料时,设计师通常优先考虑那些

可回收、可再生或对环境的影响较小的材料，如本地天然建材和低碳足迹的工业产品。同时，建筑设计应融入高效的能源使用策略，例如，采用先进的隔热技术以及智能照明与通风系统以降低能源消耗。水资源管理方面，引入雨水收集与再利用系统，不仅减少了对外部供水的依赖，还有效地控制了建筑的运营成本，通过优化建筑布局并扩大绿化面积，建筑环境的生态质量得以进一步提升，进而改善了居住空间的舒适性。环境友好与资源节约原则不仅体现了对地球生态的责任，也承载了建筑设计在推动未来可持续发展方面的承诺。

1.3 人居健康与舒适性保障

人居健康与舒适性保障是生态建筑设计的核心目标之一，为居住者创造一个健康、舒适的生活环境。在设计过程中，建筑师必须综合考虑室内空气质量、光照、温湿度等因素，确保室内环境对身体健康及心理状态产生积极的影响。例如，通过优化通风系统及安装高效空气过滤装置，能够有效减少有害物质的积聚，从而确保空气的清新与质量。自然光的引入不仅降低了能源消耗，同时还改善了居住者的情绪与生产力。温湿度的调节同样至关重要，智能温控系统能自动响应外部气候变化，始终保持室内环境的舒适度。无毒、低污染的建筑材料的选择，也能有效减少有害气体的释放，从源头上确保空气的清新。在生态建筑设计中，舒适性与健康不仅仅是附加条件，它们应当被视为设计的基本要求，直接影响居住者的生活质量与幸福感。

2 生态建筑设计的关键技术与策略

2.1 能源效率与节能技术

能源效率与节能技术是生态建筑设计的核心组成部分，通过创新技术与智能化手段显著减少建筑的能源消耗。在设计过程中，建筑师综合考虑气候条件、建筑功能及结构特点，优化外立面与室内布局最大限度地利用自然能源。例如，通过合理配置窗户与优化外墙隔热性能，可以有效降低热量流失或过度吸收，从而减少空调与采暖的需求。同时，节能技术的应用已广泛展开，包括高效能玻璃、太阳能电池板、风能系统及地源热泵等，这些技术不仅显著降低了能源消耗，还实现了部分能源的自给自足。智能控制系统的引入同样至关重要，实时监控空调、照明及暖通设备自动调节能源使用，确保能源需求与实际使用的精确匹配，避免不必要的浪费。

2.2 绿色建筑材料与创新应用

绿色建筑材料是生态建筑设计中的关键组成部分，不仅具备较低的环境负担，还能有效提升建筑的整体性能与舒适度。在选择材料时，设计师通常优先选用可回收、可再生或具有更长使用寿命的产品。例如，竹材、回收木材以及环保混凝土等，不仅能够显著减少自然资源的消耗，还能有效减少建筑垃圾的产生。创新材料的应用也起着至关重要的作用，像高效隔热材料、透气性强的外墙涂料及

能吸附有害气体的绿色涂层等，都能显著提高建筑的能源效率与室内空气质量。随着技术的不断进步，新型绿色材料逐渐进入市场，其中超薄光伏玻璃、光催化涂层及纳米技术材料，不仅具备更强的环保性能，还能进一步提升建筑的智能化水平。选择绿色材料时考虑本地生产与运输的可行性，有助于进一步减少碳排放。通过合理运用这些创新材料，建筑不仅能为环保作出贡献，还能在舒适性、能源节约及美观度等方面达到更高的标准。

2.3 自然采光与通风设计

自然采光与通风设计是生态建筑中至关重要的组成部分，能显著减少能源消耗的同时，还能提高室内居住的舒适度，通过精心布局与窗户设计最大程度地引入自然光，使建筑能够减少人工照明需求，降低能耗并改善室内环境质量。例如，大面积的玻璃窗、天窗或透光屋顶有效地将阳光引入室内，均匀照亮空间提升光线和视觉效果。此外，合理的通风设计促进空气流通，有助于排出室内湿气与污染物，确保清新空气的流动。风道、窗户位置及通风口等设计元素，通常巧妙设置，以利用自然风压差或温差推动空气流动，减少空调系统的依赖。在气候适宜的区域，合理设计通风与采光不仅提升空气质量与光照水平，还增强居住者的舒适感与心理健康，通过这样的设计理念，建筑在降低能耗的同时，也为居住者提供了更加宜居的生活空间。

2.4 雨水收集与循环利用系统

雨水收集与循环利用系统在生态建筑设计中的作用至关重要，不仅缓解了城市水资源短缺的困境，还有效减轻了排水系统的负担，通过合理设计雨水收集设施，如屋顶管道和储水池，降水可集中收集并在经过简单过滤与处理后，供建筑满足景观灌溉、厕所冲洗、冷却系统等非饮用需求，这一方式显著减少了对自来水的依赖，且有效降低了建筑的水费支出。现代雨水回用系统通常与智能控制技术结合使用，确保水质符合安全标准并根据需求动态调整水量的使用。雨水的循环利用不仅提升了建筑的绿色运营性，长远来看也展现出明显的经济与环境效益。尤其在降水量丰富的地区，雨水收集系统提供了稳定的水源，促进了建筑的可持续发展，同时减缓了自然水资源的过度开采。

2.5 生态景观与绿化设计

生态景观与绿化设计在生态建筑中的重要性不容忽视，它不仅能美化周围环境，还具备调节气候、提升居民生活质量等多重功能，通过精心设计的绿化空间，建筑与自然得以和谐融合，创造出既具美学价值又能促进生态平衡的环境。例如，本地植物的种植不仅增强了生物多样性，还有效缓解了城市热岛效应，调节了周围的温度。创新的绿化手段如绿色屋顶和垂直绿化，不仅增加了建筑的绿化面积，还提高了建筑的能源效率^[1]。树木与灌木的合理布局有助于改善空气质量，吸收二氧化碳并释放氧气，从而创造一个清新的微气候，在景观设计中除了美学的考虑，

生态功能同样至关重要,诸如雨水渗透与土壤保持等措施有助于缓解水土流失并减少洪水风险,通过优化生态景观与绿化设计,建筑不仅实现了节能减排,还为居民创造了更为宜居、舒适的生活环境,从而进一步促进了城市的可持续发展。

3 生态建筑设计的实施方法

3.1 设计阶段的环境评估与分析

在生态建筑设计的初期阶段,环境评估与分析扮演着至关重要的角色,为后续设计决策提供了科学依据,通过对项目所在地区气候条件、土壤类型、水文状况及生态环境的全面评估,设计团队得以深入了解自然资源的特征与局限,从而优化建筑的能效与环境表现。例如,当地风向与日照情况的分析能够为建筑的朝向与开窗设计提供指导,使得自然通风与采光的利用最大化,从而减少能源消耗。此外,地形与水文环境的分析有助于规划雨水收集与渗透系统,降低对外部水源的依赖,减轻城市排水系统的负担。环境评估不仅仅关注自然因素,还需考虑建筑对周围生态系统的影响,例如减少对原生植被的破坏与保护生物多样性等。因此,环境评估在设计阶段提供了节能降耗的理论支持,确保建筑不仅满足功能需求,同时与自然环境实现和谐共生。

3.2 施工阶段的绿色施工管理

绿色施工管理在施工阶段的实施至关重要,确保建筑项目在建造过程中最大限度地减少对环境的影响,并提升资源的利用效率。重视建筑材料的选择,绿色施工管理优先使用环保、低污染的材料,减少有害物质的排放及废弃物的产生。同时,通过优化施工流程与采用先进的技术手段,建筑垃圾的产生能够得到有效减少,且资源得以分类回收,避免浪费^[2]。在施工过程中,能源与水的使用需严格控制,选用高效节能的设备与工艺,确保能源消耗和水资源使用降至最低。除了这些,绿色施工管理还涉及施工现场的环保监控,包括扬尘、噪音以及废水排放的控制,从而确保施工活动对周围环境的影响降到最低。智能管理工具的运用提升了施工过程的效率与透明度,可实时监控各项绿色指标的执行情况。

3.3 运营阶段的智能管理与优化

在生态建筑的运营阶段,智能管理与优化系统发挥着提升效率、减少能耗并增强舒适性的关键作用。通过集成物联网技术、传感器及智能控制系统,实现了建筑能源管理、温湿度调节、照明及通风等环节的实时监控与自动化调节。例如,智能温控系统能够根据室内外温差自动调节空调与暖气的运作,从而避免了能源的浪费;智能照明系统则根据人流密度与自然光照强度调节照明亮度,既保证

了节能又提升了舒适度^[3]。同时,智能管理系统还通过大数据分析优化设备的运行与维护周期,设备故障得以提前预警,从而降低了维护成本与停机时间。此外,像雨水回用系统与能源管理系统等,也通过智能化手段实现了实时数据反馈与自动优化,进而提高了资源利用的效率。

4 生态建筑设计的未来发展

随着全球可持续发展目标的不断推进,生态建筑设计的未来将面临更广阔的机遇与挑战。建筑行业将逐步转向碳中和和资源循环利用,推动建筑向零碳、低碳及高度节能方向发展^[4]。技术创新将在生态建筑设计中发挥核心作用,智能系统、人工智能与大数据的应用将使建筑具备自我优化功能,能源消耗能够实时监控并调整,从而进一步提升资源使用效率。材料科学的进展也将带来更多绿色与可再生建筑材料的创新,设计将更加注重材料生命周期的评估,确保从生产到拆除的全过程中环境影响被降至最低。随着绿色建筑理念与城市规划的深度融合,建筑将与城市生态系统有机结合,推动智慧城市的建设与发展。

5 结语

生态建筑设计已成为推动可持续发展的关键路径,逐渐发展为现代建筑领域的主流趋势。在设计理念、技术应用以及实施过程中对管理与优化的关注,生态建筑的每个环节都体现了对环境保护、资源节约与人类健康的深刻思考。通过绿色建筑材料的运用、能源节约技术的应用及自然采光与通风等创新设计手段,生态建筑不仅显著减轻了环境负担,还提升了居住舒适性,并增强了建筑的长期可持续性。尤其在运营阶段,智能化管理与优化技术的应用不仅提升了资源利用效率,还进一步增强了建筑的绿色环保性能。随着科技的进步与理念的创新,生态建筑将在未来展现更大的潜力,推动社会迈向更加绿色、低碳和宜居的未来。通过持续的技术创新与实践,生态建筑将为实现全球气候目标与资源高效利用提供坚实支撑。

[参考文献]

- [1]赵鹏.绿色建筑设计理念在建筑设计中的应用及标准分析[J].大众标准化,2024,11(19):119-121.
 - [2]朱志远.绿色建筑设计思路在建筑设计中的应用[J].石材,2024,12(8):56-58.
 - [3]安延栋.低碳建筑设计理念在建筑规划设计中的应用探讨[J].散装水泥,2024,11(3):14-16.
 - [4]高仲华,刘燕军.城乡规划背景下生态建筑设计应用研究[J].城市建筑空间,2024,31(11):99-100.
- 作者简介:王爱民(1980.8—),毕业院校:天津大学,所学专业:建筑设计,当前就职单位:河北天艺建筑设计有限公司,职务:方案所长,职称级别:高级工程师。

现代工业建筑设计策略及发展趋势研究

赵佳瑶

河北加壹建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]现代工业建筑设计策略注重在可持续发展、智能化技术和功能优化之间寻求平衡。通过运用绿色建筑技术和可再生能源,实现资源的高效利用和环境影响的最小化,同时提高建筑的节能效果。智能化设计结合物联网、大数据和人工智能,使工业建筑具备自我调节和优化的能力,提升生产效率和管理水平。空间布局优化和模块化设计不仅提高了建筑的灵活性和可扩展性,还降低了建造和维护成本。未来的发展趋势将朝向更高效的资源整合、个性化定制以及数字化转型迈进,以应对不断变化的工业需求和环境挑战。

[关键词]现代工业建筑设计;可持续发展;智能化技术;模块化设计

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14721

中图分类号: TU27

文献标识码: A

Research on Modern Industrial Building Design Strategies and Development Trends

ZHAO Jiayao

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

Abstract: Modern industrial building design strategies focus on seeking a balance between sustainable development, intelligent technology, and functional optimization. By utilizing green building technology and renewable energy, efficient resource utilization and minimal environmental impact can be achieved, while improving the energy-saving effect of buildings. Intelligent design combined with the Internet of Things, big data, and artificial intelligence enables industrial buildings to have the ability to self regulate and optimize, improving production efficiency and management level. Space layout optimization and modular design not only improve the flexibility and scalability of buildings, but also reduce construction and maintenance costs. The future development trend will move towards more efficient resource integration, personalized customization, and digital transformation to meet the constantly changing industrial demands and environmental challenges.

Keywords: modern industrial architectural design; sustainable development; intelligent technology; modular design

引言

现代工业建筑作为支撑工业发展的重要基础设施,不仅影响着生产效率,还关系到资源利用和环境可持续性。在工业化进程加速和环保意识增强的背景下,传统工业建筑设计正面临能耗高、资源浪费及环境污染等多重挑战。这些问题迫使设计理念不断革新,以实现绿色环保、智能高效和功能优化的目标。本研究围绕如何在满足生产需求的同时,推动工业建筑向可持续和数字化方向发展的策略展开,力求为未来的建筑设计提供创新性解决方案,为行业发展带来更高的经济效益和社会价值。

1 现代工业建筑设计的基本要素

现代工业建筑的设计首先需要满足功能性要求,确保建筑结构能够支持生产过程中的各种需求。空间效率是工业建筑设计的核心要素之一,合理规划的空间布局有助于提高生产流程的顺畅性和资源利用率。为了最大化利用空间,设计师往往需要综合考虑生产线布局、物流路径以及人机交互等因素,使得每个空间都能够得到高效利用。此外,机械和物流系统的集成同样是现代工业建筑设计的重要方面,通过将自动化设备、生产机器和物流设施有机结合,可以提升生产效率,减少人力成本,并且缩短生产周

期。功能性要求的满足不仅影响着企业的日常运营效率,还在很大程度上决定了生产环境的安全性和可靠性。

在工业建筑设计中,建筑材料的选择直接关系到建筑的耐久性、经济性和可持续性。钢结构因其高强度、耐用性和施工速度快的特点,成为了现代工业建筑中最常用的材料之一。钢结构具有较高的强度重量比,能够支撑大型设备和重型机械,同时具有较好的抗震性能,适用于各种复杂环境下的建筑需求。此外,预制混凝土也是工业建筑中常用的材料之一。与传统混凝土相比,预制混凝土具有质量稳定、施工周期短和降低现场污染等优点,能够有效提升建筑效率并降低施工成本。

随着科技的发展,新材料和新技术在工业建筑中的应用日益广泛。例如,智能建筑技术的引入使得工业建筑可以实现能源管理的自动化和环境控制的精准化,减少能源消耗并提升工作环境的舒适度。现代工业建筑设计中常用的保温材料、新型环保涂料及节能玻璃等新材料,不仅在节能降耗方面表现出色,还能够有效提高建筑的美观度和使用寿命。通过技术的不断进步,现代工业建筑正在向着更加智能、高效、绿色和环保的方向发展,这也为未来工业生产方式的转型升级提供了强有力的支持。

2 可持续发展的设计策略

在现代工业建筑设计中,节能设计策略是实现可持续发展的关键环节。自然采光是一种高效的节能手段,通过合理布局窗户、天窗以及透光材料的使用,可以最大限度地利用自然光线,减少对人工照明的依赖,不仅降低了能耗,还能改善工作环境的舒适度。通风系统的设计同样至关重要,自然通风利用建筑形态和气流规律,引导外部新鲜空气流入室内,有效降低空调系统的能耗。此外,能源管理技术的应用能够实时监控和调节建筑内部的能源使用情况。智能控制系统可根据不同的生产需求和外部环境条件,自动调整照明、温度及通风等设备的运行状态,从而进一步优化能源利用效率,实现节能降耗。

为了进一步推动可持续发展,现代工业建筑设计逐渐将可再生能源的利用纳入核心策略。太阳能的集成是最常见的方式之一,通过在建筑屋顶或外墙安装太阳能光伏板,可以将太阳能直接转化为电能,用于日常生产和办公需求。这种能源利用不仅减少了对传统化石能源的依赖,还有效降低了碳排放和运营成本。风能的应用在一些特殊地理位置的工业建筑中也越来越受到关注,利用建筑周围的自然风力,通过安装风力发电设备,实现绿色电力的自主生产。这些可再生能源的使用案例不仅为企业带来了明显的经济效益,还为环保事业作出了积极贡献。

全球范围内,许多工业建筑已经在实际操作中取得了显著成果。例如,一些大型工业园区在设计之初便融入了太阳能和风能的综合利用方案,通过大规模太阳能发电装置和小型风力涡轮机的组合,实现了生产能耗的显著降低。这样的案例证明了可再生能源的潜力和可行性,不仅可以为企业提供稳定的能源供应,还能够增强企业的绿色竞争力。此外,通过智能化能源管理系统的配合,这些建筑能够根据生产需求和天气变化,灵活调度能源的使用情况,进一步提升能源利用的效率与环保水平。

3 人性化设计的考量

在人性化设计的考量中,工人的安全性始终是首要关注点。现代工业建筑设计通过优化布局和使用先进的安全材料来减少意外事故的发生风险。例如,采用防滑地板、防火墙和耐高温材料可以有效降低火灾和其他工业意外的发生概率。紧急出口和疏散通道的合理布置同样至关重要,它们应设计在显眼且易于到达的位置,以便在紧急情况下,工人能够迅速、安全地撤离。此外,通过智能安全系统的应用,可以实时监测工作环境中的各种风险因素,并在危险发生前发出预警,进一步保障工人的安全。

为了提高工人的舒适度,现代工业建筑越来越注重环境因素的优化设计,包括温度控制、空气质量和噪音管理等方面。通过采用高效的通风系统和空气净化设备,可以保持室内空气的新鲜度,减少有害物质的积累。温度控制系统则通过智能调节技术,使工作环境保持在一个适宜的

温度范围内,避免因过冷或过热影响工人的工作效率和身体健康。此外,通过隔音材料的使用,降低噪音对工人的干扰,可以为他们提供一个更安静、专注的工作空间。

工业建筑设计不仅要关注物理上的舒适性,还应注重心理和情感上的健康提升。通过引入自然元素,如绿色植物、自然采光和开放空间的设计,能够有效缓解工人的工作压力,提升整体的幸福感和满意度。研究表明,在充满自然光线和绿色景观的环境中工作,不仅可以改善情绪状态,还能降低工作疲劳感。此外,通过合理的休息区和社交空间设计,为员工提供交流和放松的场所,有助于增强团队凝聚力和工作积极性。

人性化设计的最终目标之一是提高员工的生产效率。通过合理的空间布局和流线设计,减少工人在工作过程中的无效移动和等待时间,可以极大提升操作效率。现代工业建筑常采用模块化设计,使得设备和工作站的位置可以根据生产需求灵活调整,以适应不同的生产任务。同时,通过优化工作环境中的光照、温度和空气质量等因素,不仅改善了工人的身体舒适度,还在心理上激发了他们的工作积极性和创造力,从而实现更高效的生产和更高质量的产出。

4 技术创新与智能化应用

在现代工业建筑中,智能技术的应用已经成为提升效率和优化管理的重要手段。自动化技术通过引入机器人、自动化生产线和智能设备,可以大幅度减少人力投入,同时提高生产的准确性和稳定性。这些自动化系统能够全天候运行,显著提升了工业生产的效率和产品质量。此外,物联网技术的广泛应用使得各种设备和系统能够互联互通,通过传感器和数据采集装置实时监控建筑环境和生产状态,从而实现更精确的控制和调度。工业建筑中的智能化管理系统不仅提高了工作效率,还显著降低了能耗和运营成本。

数据驱动的设计决策已经成为工业建筑项目中的关键因素。通过对大数据的分析和运用,设计团队可以更好地理解建筑物在不同运营条件下的表现,并做出最优的设计选择。这种方法在项目的初期阶段尤为重要,因为它能够根据历史数据和模拟分析,预测建筑在节能、物流效率和设备布局等方面的最佳方案。基于数据的决策不仅提升了建筑设计的精准度,还减少了试错成本,为项目节省了大量的时间和资源投入。

在一些先进的工业建筑项目中,数据驱动设计和智能化技术的应用已经取得了显著成效。例如,某些大型工厂通过部署智能传感器网络和自动化控制系统,实现了生产流程的实时监控和动态调整。这些系统能够根据实时数据,自动优化设备运行状态,从而提升生产效率并降低能耗。此外,通过大数据分析技术,这些工厂还能够预测设备维护需求,提前规划检修和保养,减少因设备故障带来的停

机时间和经济损失。

随着技术的不断进步,智能建筑在工业领域中的应用前景将更加广阔。未来的工业建筑设计将更加注重与人工智能和机器学习技术的融合,通过自学习算法实现设备的智能调节和能效优化。借助于云计算和大数据平台,工业建筑将实现更高层次的智能化管理,能够自主分析和应对各种复杂的生产环境和市场需求变化。这种智能化转型不仅能够大幅提高生产的灵活性和响应速度,还为企业在全球市场中的竞争力提供了强有力的支持,推动工业建筑向更加绿色、高效和智能的方向发展。

5 案例研究与未来趋势

在现代工业建筑设计领域,有许多项目凭借其创新设计和智能化应用脱颖而出。例如,位于德国的西门子智能工厂因其高度自动化和能源效率而广受关注。该项目在设计中充分利用了物联网和大数据分析技术,实现了设备与系统间的无缝连接与智能控制,从而极大提升了生产效率和资源利用率。另一代表性项目是特斯拉在美国内华达州建设的 Gigafactory,这座工厂采用了大规模太阳能光伏系统和先进的节能设计,力求实现 100%的可再生能源供电,展现了工业建筑向绿色和可持续方向发展的潜力。

通过分析这些成功的工业建筑项目,可以提取出几项关键设计元素。首先是空间布局的灵活性,模块化设计使得工厂可以根据生产需求快速调整布局,提升了运营效率。其次,智能化和自动化系统的集成是提升生产效率的重要因素,自动化设备和智能管理系统的引入,不仅减少了人力成本,还提高了生产过程的精准度和一致性。此外,可再生能源的广泛应用和节能技术的优化设计也是不可忽视的元素,这些措施在降低能耗的同时,还增强了建筑的环保性能和企业的社会责任形象。

未来的工业建筑设计将更加依赖于智能技术和数字化转型。随着人工智能和机器学习的深入应用,工业建筑将逐步实现自适应性和自优化能力,通过分析实时数据,动态调整生产流程和能源管理策略。这种智能调节能力将使得建筑物能够迅速应对市场需求的变化,提升企业的竞争力。同时,虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术的应用将进一步推动工业建筑设计向可视化和精细化方向发展,为设计师和工程师提供更直观的方案优化和决策支持。

在全球气候变化和能源危机的压力下,未来工业建筑设计将更加注重绿色环保和可持续发展的理念。新型材料的开发和应用,如高效隔热材料、可回收建筑组件等,将显著减少建筑的碳足迹。此外,零能耗建筑和零碳建筑的概念将逐步在工业领域普及,通过整合太阳能、风能和储能系统,推动建筑从能源消费者转变为能源生产者。

随着全球化的深入和市场需求的多样化,未来工业建筑设计将逐步走向全球化与个性化的融合发展。建筑设计将更加注重地域性和文化背景的结合,以满足不同市场的独特需求,同时通过全球供应链和协作网络,实现设计和建造过程中的资源最优配置。这种趋势下,工业建筑将不仅仅是生产场所,还将成为展示企业品牌形象和文化价值的载体,为企业在全球市场中的定位和差异化竞争提供有力支持。

6 结语

现代工业建筑设计正在从单纯的功能性向智能化、可持续和人性化方向全面转型。通过智能技术和数据驱动设计的应用,工业建筑不仅提升了生产效率和资源利用率,还实现了更高层次的环境适应性和能耗管理。可持续发展策略的引入,如节能设计和可再生能源的整合,显著降低了碳足迹和运营成本,推动了绿色工业建筑的发展。同时,人性化设计理念关注员工的安全、健康和幸福感,提升了工作环境的质量和生产力。随着技术的不断进步,未来工业建筑设计将更趋向于智能、生态和个性化,为企业的可持续发展和全球竞争力提供强大支持。

[参考文献]

- [1]彭毅. 火力发电厂建筑设计中关于可持续发展的探讨[J]. 广东科技,2008(22):87-88.
- [2]柯赞. 现代工业建筑设计畅想——以北方某标准工业坊设计为例[J]. 科技创新与应用,2018(13):88-90.
- [3]李鑫. 绿色建筑在工业建筑设计中的应用[J]. 居业,2020(9):52-53.
- [4]吴敌. 现代建筑设计理念在工业建筑设计中的作用探讨[J]. 林业科技情报,2021,53(2):87-88.

作者简介:赵佳瑶(1997.12—),女,汉族,毕业学校:河北水利电力学院,现工作单位:河北加壹建筑设计有限公司。

房屋住宅建筑施工中的软土地基处理技术

周文智

中土大地国际建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着城市化进程的加速,越来越多的住宅项目选择在软土地基上建设,这为施工带来了不少挑战。软土地基的物理特性使其处理过程既复杂又至关重要,若未能妥善处理,可能引发沉降或其他结构性问题。近年来,随着软土地基处理技术的不断进步,各类处理方法和监控手段得到了显著优化,地基的稳定性得到了有效提升。如何根据具体项目的特点精确选择合适的处理技术,并在施工过程中严格控制质量,依然是当前亟须解决的关键问题。

[关键词]住宅建筑;软土地基;施工技术

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14725

中图分类号: TU71

文献标识码: A

Soft Soil Foundation Treatment Technology in Residential Construction

ZHOU Wenzhi

Zhongtu Dadi International Architectural Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the acceleration of urbanization, more and more residential projects are choosing to build on soft soil foundations, which brings many challenges to construction. The physical characteristics of soft soil foundation make its treatment process both complex and crucial. If not properly treated, it may cause settlement or other structural problems. In recent years, with the continuous advancement of soft soil foundation treatment technology, various treatment methods and monitoring methods have been significantly optimized, and the stability of the foundation has been effectively improved. How to accurately select appropriate processing techniques based on the characteristics of specific projects and strictly control quality during the construction process remains a key issue that urgently needs to be addressed.

Keywords: residential buildings; soft soil foundation; construction technology

引言

在房屋住宅建筑施工中,地基的稳定性直接关系到建筑物的安全性,尤其是在软土地基上施工时。由于软土地基具有透水性差、承载力低等特点,容易引发沉降和变形等问题,进而对建筑物的长期稳定性造成严重影响。因此,软土地基的处理技术研究与应用成为确保工程质量的关键环节。随着技术的不断进步,换填法、堆载预压法等地基处理方法得到了广泛采用。如何根据不同地基的特点,选择合适的处理技术并确保施工质量,仍然是建筑行业面临的重要挑战。

1 房屋住宅建筑施工中地基处理的特征

1.1 透水性差、强度低

在房屋住宅建筑施工中,软土地基通常呈现出透水性差和强度低的特性。由于透水性差,水分难以迅速排出导致土壤长时间保持湿润,这种情况不仅会影响土体的稳定性,还会加剧土体的膨胀与收缩进而引发沉降不均,建筑结构的长期稳定性可能因此受到不利影响。另一方面,土体的低强度意味着承载能力有限,无法有效支撑上部结构的重量,导致土体容易发生过度压缩,从而引发沉降或倾斜,严重时甚至可能导致基础的破坏。因此,了解这些土体特性并采取有效的处理措施,对于保证建筑施工的安全性与稳定性至关重要。

1.2 引发地基沉降

软土地基常见的一个问题是地基沉降。由于软土具有较高的压缩性,当建筑物荷载施加到地基时,土体中的空隙逐渐被压缩进而引起垂直沉降,尤其是在荷载持续作用下这一沉降过程往往不断进行,形成不均匀的沉降现象,这种沉降可能导致建筑物出现裂缝、倾斜甚至发生变形,土层的厚度、压缩性、含水量等因素,都会影响沉降的速度与程度。通常,沉降在初期较为迅速,随着时间的推移沉降速度逐渐减缓,即使沉降差异较小,建筑物的稳定性与功能仍可能因此受到影响。因此,对地基沉降特性的准确评估以及采取有效的处理措施,成为确保建筑物安全性和长期使用价值的关键。

1.3 含水率高、压缩性大

软土地基的另一个显著特点是有较高的含水率和较大的压缩性,这些因素直接影响地基的稳定性。土壤中水分的含量较高,水分在土粒间所形成的润滑作用显著降低了土体的承载力,使其在荷载作用下表现出较大的压缩性。由于高含水率,土体的结构变得松散孔隙水压力增大,进一步加剧了土体在荷载下的变形,甚至可能导致地基出现过度沉降。软土的压缩性较强,受压后难以恢复原状,长期的不均匀沉降可能导致建筑物基础的变形,进而影响整体结构的稳定性。为应对这一问题,有效的地基处理措施

显得至关重要。预压法或换填法等技术可用于降低土体的含水率和压缩性，从而提高地基的承载能力与稳定性。

2 房屋住宅建筑施工中软土地基处理技术

2.1 换填法

换填法是软土地基处理中常用的技术之一，主要通过去除原有的软土层并用承载力较高的填土或碎石等材料进行替换，从而提升地基的稳定性与承载能力。此方法特别适用于土层较厚、强度较低的软土地基，尤其在地基沉降明显或软土层无法有效加固的情况下。换填过程中的挖土深度必须精确控制，确保填土材料的压实度与均匀性，从而避免因填土不当而引发沉降问题。填土材料的选择尤为重要，通常应选用颗粒均匀、透水性良好且稳定性强的材料，如碎石、砂土等。在施工过程中，每一层填土的施工质量需得到严密监控，确保各层之间紧密结合，防止空隙或不均匀压实的现象出现。

2.2 堆载预压法

堆载预压法是软土地基处理中常用的一种技术，通过施加一定的临时荷载，模拟建筑施工时的压力促使软土提前压缩与沉降，从而减小在实际荷载下的沉降量，这种方法特别适用于承载力较低、沉降较大的土层。在实施过程中，堆载的大小、堆放时间及荷载的施加方式必须根据土层的具体特性进行精确计算，确保荷载能够有效地促使土体沉降，进而提高地基的密实度。在荷载施加后，土体中的水分会逐渐排出，压缩过程得以加速从而提高地基的稳定性。堆载预压完成后，地基通常需要进行一系列的检测，确保沉降已趋于稳定并且地基已达到预期的承载标准。

2.3 水泥搅拌法

水泥搅拌法是一种通过将水泥与软土混合搅拌，从而改善土体性质的地基处理技术，该方法主要适用于含水量较高、压缩性较大的粘性土或粉土层。在施工过程中，专用的搅拌设备将水泥均匀加入土体，通过物理与化学反应增强土颗粒之间的结合力，从而使土体结构更加稳固与稳定，经过搅拌处理的土体抗压强度显著提高且沉降性降低，从而有效提升地基的承载力减少沉降风险。此方法的优势在于施工速度较快且适应性强，可应用于不同深度的软土层，根据不同的需求可以选择表面搅拌或深层搅拌等不同方式，确保处理效果的均匀性与稳定性。但水泥用量的精准控制在施工过程中至关重要，过多或过少的水泥都会对处理效果产生负面影响。在搅拌后的土体固结与养护阶段，湿度与温度必须得到严格控制，确保水泥土强度的稳定增长。

2.4 注浆法

注浆法是一种通过将浆液注入软土层，改善土体性质并增强地基稳定性的技术。在施工过程中，水泥浆、化学浆液或其他固化材料通过高压设备被注入土体的裂隙、孔隙或不均匀区域。浆液渗透并固化后，原有的空隙与裂缝将被填补，土体的密实性增强，从而有效提升其承载能力

减少沉降，进而提高地基的稳定性。此方法特别适用于处理孔隙度较大的土层或局部软弱带，能够在不对原土层造成大规模扰动的情况下，针对性地解决局部问题。注浆法的一个显著优势在于施工灵活性，可以根据不同的地质条件选择适合的浆液类型，且适用范围广泛，适合从浅层到深层的地基加固。注浆过程中，浆液的质量、注入压力与速度必须精确控制，若注入压力过高可能会引发土体破坏；若压力过低则浆液可能无法有效渗透土层。在施工后，必须进行充分的检测与监测，确保浆液已完全固化并达到预期的处理效果。

3 软土地基处理的质量控制措施

3.1 施工前的质量控制

施工前的质量控制在软土地基处理过程中至关重要，直接影响后续施工的顺利进行及处理效果的实现。在此阶段，地基应进行全面的勘察与检测，涵盖土壤类型、含水量、密实度、承载力等多个方面，确保对软土地基的特性有准确的了解。根据地质勘察结果，科学合理的处理方案应当制定，合适的处理技术应当选择，并做好相关的技术准备工作。施工前还需对相关设备、材料及施工人员进行严格的检查与培训，确保施工设备功能完好材料符合标准要求，且施工人员能够熟练操作并掌握处理技术。施工图纸与技术文件应经过细致审核，确保各项细节得到充分考虑，避免因设计缺陷引发施工问题。在这一阶段，所有质量控制措施应不仅确保施工条件的适宜性，还需对潜在的风险进行有效预判与防范，为施工奠定坚实基础。

3.2 施工过程的质量控制

施工过程中的质量控制是确保软土地基处理达到预期效果的关键，贯穿整个施工阶段。设计方案及技术规范必须严格遵循，确保每一处理环节的准确执行。在施工过程中，关键因素如材料配比、施工深度、施工速度等必须实时监控，避免偏差的发生^[1]。例如，在换填法施工中，填土材料的选择与压实度直接影响地基的稳定性，因此，确保每一层土壤的压实度达到要求，填料均匀且无遗漏。施工过程中对检测与监控的重视不可忽视，各项施工参数如施工深度、压实度、浆液注入量等，均应通过仪器进行精确测量，确保每个施工环节符合规范要求。若发现问题应及时解决，尤其是设备故障、材料问题或操作不当等因素，可能导致施工质量的下降。定期检查施工人员的操作技能，也应作为质量控制的重要环节，确保作业规范，避免人为失误带来的质量隐患。

3.3 施工后的质量检测与评估

施工后的质量检测与评估是软土地基处理的关键环节，决定了地基是否能够长期稳定支撑建筑物并满足设计要求。施工完成后，必须对地基进行全面检测，涵盖沉降监测、土体强度、土壤密实度、抗压强度等关键指标，通过这些测试可评估地基是否存在不均匀沉降或其他质量

隐患。特别是对于换填法或水泥搅拌法等处理方式,土体密实性和强度的提升效果必须通过实验验证,确保符合建筑设计要求。对于采用注浆法等特殊技术的处理,浆液的固结效果同样需要评估,确认是否存在漏浆或浆液分布不均的现象。沉降监测作为施工后质量检测的重要组成部分,通常需要在一定时间内进行动态监控,确保地基沉降逐步趋于稳定达到预期沉降量,通过长期跟踪,潜在风险可及时识别并采取必要的补救措施。施工后的评估不仅依赖于检测结果的分析,还包括对施工过程的总结与反思,评估施工过程中是否存在失误或技术不足。基于这些检测与评估结果,能够为未来的施工提供宝贵反馈,确保地基处理质量达到标准,从而避免因地基问题带来建筑物沉降或结构安全隐患。

4 常见质量问题及解决对策

4.1 沉降控制措施

沉降控制是软土地基处理中的核心问题之一,不均匀或过大的沉降可能导致建筑物出现裂缝、倾斜,甚至影响结构的安全性。为了有效控制沉降,施工前必须进行详细的地质勘察,了解土层的性质与沉降潜力,进而选择合适的地基处理方法^[2]。例如,在土层压缩性较大的情况下,堆载预压法作为一种有效手段,可通过提前施加荷载,促使土体在施工前完成沉降,从而避免建筑物建成后由于负载过大而引发的过度沉降。在施工过程中,地基沉降的实时监控至关重要,通过安装沉降标尺进行监测,沉降问题可以及时发现从而采取调整措施。例如,若某一区域出现不均匀沉降,则可以通过加强该区域的加固力度,采用注浆法或深层搅拌法进行局部加固,均衡土体的承载力。施工后期,沉降监测同样不可忽视,尤其是高层建筑或重要结构的沉降监控,需要进行定期检查,若发现沉降超出预期,可以采取微调基础或其他补救措施,如增设基础垫层或加固土体确保建筑物的稳定性。

4.2 治理效果不达标的补救方法

在软土地基处理过程中若治理效果未达到预期,补救措施必须及时采取,确保建筑物的安全与使用寿命。针对地基加固效果不佳的情况,原有处理方案的适应性可重新评估,必要时调整加固技术或更换材料。例如,若注浆法处理后的地基存在浆液未完全固化或渗透不均的情况,再次注浆可进行补强或考虑使用更适合的浆液类型确保土体得到充分加固。在使用堆载预压法时,若未能有效促使地基沉降,荷载施加不足或施加方式不当可能是原因所在^[3]。此时,堆载重量可以增加或预压时间可以延长,确保土层充分固结。对于沉降不均的情况,可结合其他加固技术,如深层搅拌或强夯来实现均匀沉降效果。对于换填法中的问题,若填土不均匀或压实度不足导致地基承载力较弱,重新进行填土处理是必要的,确保每层土壤的密实性与均匀性,通过重新换填、更换优质填料或增强压实度等方法,

之前施工中的不足可有效弥补。在施工后的质量检测阶段,若发现沉降或强度超出标准值,长期监测与评估必须开展,并结合补救措施进行及时调整以确保治理效果达到预期要求,保障地基的稳定性及建筑物的安全。

4.3 控制工程变形的措施

在软土地基施工中,控制工程变形是确保建筑物稳定性与安全性的重要环节,特别是地基沉降与位移等问题尤为突出。适当的地基处理技术选用是控制变形的基础,能够显著提升地基承载力减少沉降及不均匀变形。例如,通过采用深层搅拌、换填或注浆等加固措施,土层的稳定性能够有效提高,从而减轻由软土压缩引发的沉降问题。尤其是换填法,能够显著改善软土层的透水性及承载力降低沉降风险。荷载控制在施工过程中同样至关重要,合理的荷载分配有助于避免不均匀沉降,在施工期间荷载应严格按照设计要求施加,避免集中荷载过度集中造成局部沉降。在堆载预压法中,荷载的施加应确保渐进且均匀,从而避免突发性沉降对地基产生不良影响。监测工作在控制变形过程中不可或缺,通过设置沉降监测点及位移监测设备,地基的变化能够实时追踪,及时发现潜在的变形问题并采取调整措施,通过有效的预警机制,长期损害对建筑物的严重变形能够有效避免。施工顺序的合理安排也至关重要,过快或不均匀的施工进度应避免,以免引发不规则变形,通过分阶段、分区域施加荷载,变形进程能够有效控制,使其始终处于可控范围内。

5 结语

软土地基处理技术在房屋住宅建筑施工中的重要性不言而喻,通过深入分析软土地基的特征,结合多种处理技术的实际应用可以显著提升地基承载力,确保建筑物的安全与稳定。地基处理不仅仅依赖于技术手段的选择,还需在施工过程中严密控制质量,实施有效的监测与评估。针对常见的质量问题,必须及时采取补救措施,避免出现过大的工程变形,确保处理效果符合预期以最大程度地降低施工风险。随着建筑技术的不断进步,软土地基处理技术也在不断创新与完善,将为建筑行业提供更加稳定可靠的基础保障。

【参考文献】

- [1]王斌臣.房屋住宅建筑施工中的软土地基处理技术[J].居舍,2022(35):65-67.
 - [2]李云,孙国琪.房屋建筑施工中的软土地基处理技术[J].四川水泥,2020(1):260.
 - [3]段玉和.房屋住宅建筑施工中的软土地基处理技术[J].居舍,2023(25):38-41.
- 作者简介:周文智(1992.1—),男,汉族,毕业学校:兰州理工大学,现工作单位:中土大地国际建筑设计有限公司。

环保咨询对环境保护发展的促进作用

朱鹏飞

安徽山之青环保科技有限公司, 安徽 滁州 239000

[摘要]在高速发展的当今社会, 环境保护问题日益受到广泛关注。环保咨询服务作为一种专业新兴领域, 它对企业达成环境维护的成就具有显著的促进作用。文章深入剖析环保咨询服务如何在环境保护协调进步中发挥其至关重要的职能, 并审视其在政策阐释、技术援助、项目监督以及风险评估等多个领域的具体作用。文中将提出针对性的改善建议, 企业通过提升环保咨询服务的专业程度和普及性, 不仅有效地减少了环境风险, 同时也提高了资源的使用效率, 从而推进了其可持续发展进程。因此, 环保咨询服务在环境的协调发展方面具有重要的现实意义和广泛的应用前景。

[关键词] 环保咨询; 环境保护; 促进

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14746

中图分类号: F426.8

文献标识码: A

Promoting Role of Environmental Consulting in the Development of Environmental Protection

ZHU Pengfei

Anhui Shanzhiqing Environmental Protection Technology Co., Ltd., Chuzhou, Anhui, 239000, China

Abstract: In today's rapidly developing society, environmental protection issues are increasingly receiving widespread attention. Environmental consulting services, as a professional emerging field, have a significant promoting effect on the achievement of environmental maintenance by enterprises. The article delves into how environmental consulting services play a crucial role in coordinating and advancing environmental protection, and examines their specific roles in policy interpretation, technical assistance, project supervision, and risk assessment. Targeted improvement suggestions will be proposed in the article. By enhancing the professionalism and popularity of environmental consulting services, enterprises not only effectively reduce environmental risks, but also improve the efficiency of resource utilization, thereby promoting their sustainable development process. Therefore, environmental consulting services have important practical significance and broad application prospects in the coordinated development of the environment.

Keywords: environmental consulting; environmental protection; promotion

引言

在全球维护生态环境的大背景下, 伴随着环境保护观念的强化, 企业必须遵守更加严格的环境保护规定。以往的社会发展途径常忽略了对生态环境的影响, 结果造成资源的无效消耗和对生态环境的损害, 这不可避免地长期发展造成了负面影响。为了应对环保挑战, 企业纷纷求助于新兴的环保咨询服务, 将其视作一种关键的支持手段。本篇论文着手于探讨环保咨询服务概念及其当前发展状况, 审视其对环境协调进步的促进作用, 并研究如何有效提高其工作效能。

1 环保咨询服务的概述

环保咨询服务是指在环境保护领域内, 专业机构为政府、企业和社会提供的一系列咨询、指导和支持服务, 旨在促进经济与环境的协调发展。随着全球经济的快速发展和环境问题的日益突出, 环保咨询服务的需求不断增加, 其作用愈加显著。环保咨询服务的定义包括了政策解读、技术评估、环境监测、项目管理等多个方面, 涵盖了环境影响评价、环境工程、环保规划等具体领域。这些服务通过提供专业的知识和技术支持, 帮助客户识别、评估和管理环境风险, 确保其在运营过程中的合规性和可持续性^[1]。

环保咨询服务目前展现出一种多元化的专业发展趋势, 在生产与运营活动中, 企业因越来越严格的环境保护法律法规及相关政策, 所承担的环境保护责任和压力显著增加, 因而对专业环保相关咨询服务的需要日益提升。在这种情势下, 出现了大量专业机构与咨询公司, 它们提供针对性的环保解决方案, 助力企业达成环保目标。环保咨询服务涉及环境政策的咨询、环境风险评估、资源的有效管理及优化、环境教育与培训等多个方面。环保咨询这项系统服务, 不仅能够提高企业对于环境保护的认识, 同时也能够强化它们在市场上的竞争能力以及承担社会责任意识。

2 环保咨询服务对环境技术的推动作用

环保咨询服务助力企业深度把握环境法规, 通过合规性指导与政策解读, 有效减少法律风险。企业必须应对日益增长的环保要求合规性挑战, 如果不能满足环保相关的法律法规, 它们可能遭遇罚款、停业乃至被彻底关闭的严重后果^[2]。专业从事环保咨询的公司, 凭借其深厚的知识和丰富经验, 能够针对企业具体需求, 提供个性化的环保解决方案, 这不仅有助于提高企业的合规水平, 而且保障了企业的持续运营。

在技术革新领域,环保咨询服务扮演了相辅相成的角色,积极推动可持续发展。科技的飞速进步带动了环保技术的革新,这对于企业来说,既是挑战,也是不得不应对的升级换代要求。企业可以获得环保咨询机构提供的最新环保技术信息和解决方案、优化建议等,这有助于它们在生产过程中采纳更加清洁且高效的工艺,采纳节能量和排放量减少的技术,不仅实现了生产成本的下降,还提高了其经济收益。企业可接受咨询服务的辅导,借此提升环保技术人才的培养及技术革新的能力,同时获得培训和技术支持,以推进其技术创新^[3]。

3 环保咨询服务对环境保护的促进作用

环保咨询行业在促进环境保护方面扮演了关键角色,它助力企业提高环保认识,强化环境治理,激发环境技术创新,并增进公众的参与度,这些领域均受其积极影响。在环境问题不断加剧的背景下,企业在其运作过程中,社会、政府与市场对其环保方面的要求亦逐步增加。环保咨询服务通过提供相关培训和咨询服务,帮助企业认识到环境保护的重要性以及其对企业长期发展的影响。咨询机构通过环保意识的培训、环保活动的组织、政策的详解,能够助力企业确立正确的环保理念。因此,在企业的日常运营中,环境保护得到了更多的关注,并且企业会主动采取行动来降低环境的影响,这进一步培养了企业的社会责任感^[4]。

在环境管理领域,环保咨询服务起到了显著的强化效果,可持续发展的实现,依赖于有效的环境管理作为其根本。企业可以通过咨询机构的协助,比如依据 ISO14001 标准,构建和优化环境管理体系,实现对自身环境影响的全面识别、评估以及控制,管理体系的构建及执行不仅提高了企业在环境治理方面的能力,而且为生产流程带来了基于科学的指导,帮助企业在运营中减少资源浪费和废弃物排放。

技术创新领域中,环保咨询服务的介入,扮演了催化进展的关键角色。科技进步带动了环保技术的不断革新,而研发与运用这些技术,是增强环境保育效能的关键路径。企业可从咨询机构那里获得关于环保技术的最新信息和解决方案,以激励其在生产中实施更环保的技术与工艺。工业化进程中,通过应用先进的清洁生产技术,以及采纳有效的污水处理与废气治理工艺,固体废物减量化、资源化和无害化等措施,可以大幅度减轻由工业活动导致的环境污染问题。咨询机构有能力集结企业力量,共同投入环保技术的创新与合作中,通过这样的方式,不仅加强了环保技术领域内的信息交流和技术共享,更助力环保技术整体水平的显著提升。企业创新活动中,环保咨询服务的介入,为技术升级提供了助力,有效支撑了环境保护目标的实现。

环保咨询服务通过提升公众的参与度,进而推动环境保护工作的进展。环境保护的工作,不但由公司和政府承

担,还需广大社会民众共同加入,各类咨询机构通过组织多样化的推广活动及实施教育计划,有效提升了广大公众对环境保护的认识及其参与的积极性。通过组织环保志愿者活动、环境保护知识竞赛、宣传全国生态日等形式的行动,能够显著提升公众对环境问题的关注和参与。积极的公众参与对于塑造环保的舆论环境极为关键,它还构成了对企业环境保护行为的社交约束,从而激励企业加大环境保护的力度。环保咨询服务有能力构建交流平台,促进公众与企业间的直接对话,保障公众意见能够更有效地融入企业的环保决策制定过程中,进而促进社会、企业 and 环境之间的积极互动^[5]。

环保咨询服务在政策支持和规范方面也发挥着不可或缺的作用。咨询机构通过对国家和地方环保政策的深入研究,能够为政府部门提供科学的政策建议和依据,推动环保政策的制定与实施,避免决策的失误。这种政策支持不仅为企业的环保行为提供了法律保障,也为整个社会的环境治理提供了强有力的政策导向。同时,咨询服务能够帮助企业更好地理解并遵循环保法规,提高其合规性,从而减少法律风险,促进可持续发展。环保咨询服务通过提升企业环保意识、加强环境管理、促进技术创新与公众参与,以及提供政策支持等多方面的努力,积极推动环境保护工作的开展。随着社会对环境问题的关注度不断提高,环保咨询服务的作用将愈加重要,其对环境保护的促进作用也将更加显著,助力于实现人与自然的和谐共生^[6]。

4 优化环保咨询的策略

为了更好地应对企业与社会的环境保护要求,优化环境咨询服务的方针显得尤为关键,此举不但能显著提高咨询机构所提供服务的品质及其成效,而且能更有效地对应不断增长的环境保护诉求。专业环保咨询服务需致力于高端人才的塑造与引进策略,以此打造一支精英荟萃的专业团队。在环保咨询服务领域,专业的咨询团队构成了其核心竞争优势,这些团队由具备深厚环境科学知识与实践经验的顾问组成,他们能够为客户定制出切实可行的解决方案。环保咨询服务应当重视对内部人员的专业知识和技能的培训,定期策划专业学习和互动交流,以此提高咨询人员的专业水平和实际操作技能。主动招募业界内外知名学者,强化与各大高校及研究机构的合作联系,构建全面的专业支援体系,从而有效应对环保领域的多重挑战。为了提升环保咨询服务的质量,有必要对其服务内容进行更深入的完善,进而给出更加具体和全面的解决方案。面对日益增加的企业环保挑战,传统的咨询服务已不足以应对其需求的多样性,专业从事环保咨询的公司,通过深入市场调查,细致掌握各行各业及企业特有的现实状况,据此定制专属的服务计划^[7]。

为了提升环保咨询业务能力,必须在技术研发方面进行创新,并且推动服务模式的数字化转型。在信息技术迅

猛发展的背景下,数字化工具在环保领域的运用日益普及,环保咨询服务需主动钻研信息技术与咨询服务的融合。采用大数据处理、云计算平台以及人工智能算法,增强数据处理与分析能力,并据此提供决策支持,以便为客户精准定制环保咨询服务。企业可以利用数据分析工具实现对排放情况的实时监控,并据此进行环境风险评估,进而制定出科学的改进方案。在线咨询机构可搭建网络服务平台,通过该平台向客户提供随时可访问的环境保护知识及资源,从而提升其服务的可达性与便捷度^[8]。

环保咨询服务机构在当前快速发展的环保行业中,扮演着至关重要的角色,特别是在推动企业可持续发展、协助政府完善环保政策以及提升公众环保意识等方面。为了更好地发挥其作用,环保咨询机构不仅需要具备专业的技术能力和丰富的经验,还需要重视与客户之间的互动与沟通。这种良性互动不仅能帮助机构更精准地满足客户需求,还能有效提升服务质量和客户的满意度,进而增强客户的信任和忠诚度。通过与客户的定期互动,咨询机构可以更深入地了解客户的需求变化和遇到的实际问题,从而为其量身定制个性化的环保解决方案。与客户的互动不仅限于项目开始阶段的需求调研和初步沟通,还应包括项目执行过程中的跟踪和反馈,以及项目结束后的总结与评估。这一过程能够有效避免信息的单向流动,保证客户的声音在服务过程中得以充分体现和尊重。通过这种持续的互动,环保咨询机构能够灵活调整和优化服务方案,确保项目实施效果达到最佳状态。

在环保咨询服务中,项目的执行质量直接影响到客户的体验和满意度。因此,咨询机构必须注重提升内部管理的效率和规范化,确保从项目立项、实施到最终交付的每一个环节都能高效、顺利进行。优化管理流程不仅能提高工作效率,还能减少资源浪费和不必要的延误。通过合理的流程管理,咨询机构能够更好地分配资源,确保每个项目都能按时交付,并在实施过程中及时解决可能出现的问题。此外,透明的管理流程也能增强客户对项目进展的信任感,提升合作双方的信心。环保咨询机构需要在互动中不断收集客户反馈信息,并根据反馈及时调整服务策略。客户的反馈不仅限于对服务质量的评价,还包括对环保政策变化、行业趋势以及技术创新等方面的意见和建议。通过深入分析客户的反馈,环保咨询机构能够发现自己在服务中的不足之处,并在未来的服务中进行改进。同时,客户的反馈也是评价服务效果的一个重要标准,能够帮助机

构衡量自己在提供解决方案时是否满足了客户的实际需求。这种持续的反馈机制不仅能够帮助咨询机构优化服务质量,还能促进机构在市场竞争力和口碑的提升。除定期对客户进行回访外,进行满意度调研,并组织经验交流会议,这不仅强化了与客户的纽带关系,而且为客户创造了互动和学习的机会。在提供专业服务的过程中,积极倾听顾客的需求,重视其反馈建议,这是构建信任与协作伙伴关系的关键,进而有效提高顾客对环保咨询的接受度和依赖感^[9]。

5 结束语

综上所述,环保咨询服务通过为企业提供专业支持、推动绿色转型、提升公众意识以及支持政府政策制定,成功地实现了经济与环保的双向发展。这一模式不仅符合当前全球可持续发展的要求,也为未来经济的健康增长和生态环境的保护提供了新的思路与路径。随着环保咨询服务的不断优化与创新,其在推动经济与环保协同发展中的作用将愈加显著,必将为实现全面可持续发展的目标贡献更大力量。

【参考文献】

- [1] 吴玉萍,宋旭娜.多策并举发展环境服务业促进环境质量改善[J].环境与可持续发展,2011(6):5.
- [2] 刘志全.积极推进环境咨询服务业的发展[J].环境保护,2001(12):3.
- [3] 涂莹莹,高文皓.环保管家服务现状分析与改革建议[J].海峡科学,2022(5):68-70.
- [4] 王黎明.环境咨询服务形式的发展分析[J].皮革制作与环保科技,2022,3(1):181-183.
- [5] 胡新慧,黄金丽.环境咨询服务在环保产业发展中的瓶颈与突破[J].新浪潮,2024(11):0042-0043.
- [6] 赵光玉.环境咨询服务形式的发展趋势分析[J].节能与环保,2019(12):41-42.
- [7] 张陈兴.探究环境咨询服务的应用价值[J].智能城市,2019,5(23):134-135.
- [8] 曾烁升.环境咨询服务在环境保护中的应用研讨[J].中国科技期刊数据库工业A,2023(43):191-193.
- [9] 田立,张晓娟.我国生态环境保护投入及发展趋势探讨[J].生态环境与保护,2020,3(8):115-116.

作者简介:朱鹏飞(1988.9—),男,安徽省滁州市,汉族,本科,环境影响评价工程师,就职于安徽山之青环保科技有限公司,从事环境影响评价工作。

暖通设计中绿色节能技术的应用

陈文婷 李沁洋 王玉玺

陕西飞机工业有限责任公司, 陕西 汉中 723213

[摘要]近年来,随着可持续发展理念的广泛传播,建筑行业愈发重视绿色节能设计的重要性,各级政府相继出台政策鼓励绿色建筑的建设与改造,这些政策不仅提供了技术支持,还通过财政激励措施推动了绿色节能技术的应用与普及。同时,社会对居住环境质量的要求不断提升,居住的舒适度与健康成为人们关注的焦点。基于此,作为推动建筑节能的关键手段,绿色节能技术涵盖了可再生能源的利用、高效通风与空调系统、能量回收等多种技术,这些技术的有效应用有助于建筑在运行中实现显著的能耗降低,并改善室内空气质量。通过整合多种节能技术与管理措施,暖通设计正向更加智能化、系统化的方向发展,为实现低碳建筑奠定了坚实的基础。

[关键词]暖通设计;绿色节能技术;应用

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14745

中图分类号: TU83

文献标识码: A

Application of Green Energy-saving Technology in HVAC Design

CHEN Wenting, LI Qinyang, WANG Yuxi

Shaanxi Aircraft Industry Co., Ltd., Hanzhong, Shaanxi, 723213, China

Abstract: In recent years, with the widespread dissemination of the concept of sustainable development, the construction industry has increasingly attached importance to the importance of green and energy-saving design. Governments at all levels have successively introduced policies to encourage the construction and renovation of green buildings. These policies not only provide technical support, but also promote the application and popularization of green and energy-saving technologies through fiscal incentives. At the same time, society's demand for living environment quality is constantly increasing, and the comfort and health of living have become the focus of people's attention. Based on this, as a key means of promoting building energy conservation, green energy-saving technologies cover various technologies such as the utilization of renewable energy, efficient ventilation and air conditioning systems, energy recovery, etc. The effective application of these technologies helps buildings achieve significant energy consumption reduction during operation and improve indoor air quality. By integrating various energy-saving technologies and management measures, HVAC design is developing towards a more intelligent and systematic direction, laying a solid foundation for achieving low-carbon buildings.

Keywords: HVAC design; green energy-saving technology; application

引言

在全球气候变化与资源短缺的背景下,建筑行业面临着前所未有的挑战与机遇。作为建筑系统的重要组成部分,暖通设计的能耗占据了建筑总能耗的相当比例。推动绿色节能技术在暖通设计中的应用,被视为应对气候变化的紧迫需求,同时也是实现可持续发展的必然选择。通过引入高效节能技术,能源消耗得以显著降低碳排放也随之减少,从而为环境保护贡献力量。

1 暖通设计中的能耗现状分析

在现代建筑中,暖通空调系统(HVAC)作为关键设施,能耗占据建筑总能耗的显著比例,研究表明暖通系统的能耗通常占到建筑总能耗的 30%至 50%,尤其在大型商业建筑和公共设施中表现尤为突出,这一高能耗的主要原因在于设计阶段未能充分考虑建筑的实际使用需求、环境因素及设备的运行效率。传统设计方法往往过于专注于满足舒适度标准,而节能潜力的挖掘却被忽视,导致了不必要的能量浪费。许多建筑仍在技术水平较低的旧暖通设备,

设备的更新换代进展缓慢,缺乏有效的能效监测与优化管理。在一些建筑项目中,施工管理的不足使设计方案未能合理实施,设计与实际运行条件之间的脱节,最终影响了系统的运行效率并导致能耗的增加。因此,深入分析暖通设计中的能耗现状,能够有效识别当前面临的挑战,并为后续的绿色节能设计奠定基础。

2 绿色节能设计的原则

2.1 循环利用原则

循环利用原则强调在建筑设计与运营中,资源消耗与废物产生应最大限度地减少。设计师在材料选择、能源使用及水资源管理方面的全面考虑,成为推动资源再利用的重要举措,例如在建筑材料的选择上,可回收或可再生材料应优先考虑,不仅降低了对原材料的需求,还减轻了对环境的负担,雨水收集系统与灰水回用技术的应用,有助于有效降低水资源的消耗并减轻城市排水系统的压力。在暖通设计中循环利用原则同样适用,通过设计高效的能量回收系统,建筑内部产生的废热得以再利用,例如从排风

中回收热量以预热新鲜空气,从而显著提升系统的整体能效,此种设计思路不仅增强了资源利用效率,还在一定程度上降低了运营成本。

2.2 整体协调原则

整体协调原则强调在绿色节能设计中,各系统和要素之间的相互配合,实现最佳的能效与舒适度。在设计过程中,不仅应关注单一建筑部件或系统,更需从整体视角出发,综合考虑建筑的功能、环境、能源使用及居住者的需求。例如,在暖通设计中,空调、通风与供暖系统与建筑结构、材料及自然环境的结合形成了一个有机整体,这种协调不仅体现在设备选择上也反映在系统运行策略中。合理利用自然通风与采光的设计,有助于有效降低对机械通风与照明的依赖,从而减少能耗,建筑外部遮阳设计与内部温控系统的有效配合,能够显著减轻夏季的制冷负荷提升整体能效。

2.3 经济适用原则

经济适用原则强调在绿色节能设计中,需兼顾成本效益与长期使用价值。在选择设计方案与材料时,初始投资的考虑不仅重要,后续的运营与维护成本的评估同样不可忽视。例如,尽管高效设备的前期投入相对较高,其所带来的节能效果及运营成本的降低,往往能够在较短的时间内实现投资回收。经济适用原则还体现在合理的设计布局与施工方法中,通过优化设计避免不必要的空间浪费,建筑材料的使用能够有效减少,从而降低建设成本。选择适合当地气候与环境条件的建筑技术与材料,不仅能提升建筑的舒适度还能显著减少能耗,从而进一步增强经济性。在实施经济适用原则时,设计师应与业主进行充分沟通,确保在满足功能需求的基础上实现资源的高效利用。

3 绿色节能技术在暖通设计中的应用

3.1 可再生能源技术

3.1.1 地源热泵技术

地源热泵技术利用地球表层的稳定温度,能够实现高效的供暖与制冷,该系统通过地下安装的管道网络,从土壤或地下水中提取热量为建筑提供冬季暖气,并在夏季将室内热量释放至地下以达到降温效果。相比传统的空调与取暖设备,地源热泵显著降低了能耗,减少了对化石燃料的依赖,从而有效降低了碳排放。地源热泵的工作原理十分直观,在冬季系统从地下获取热量并将其转移至室内,确保居住环境的舒适;而在夏季热泵则将室内热量排放到地下实现制冷,这种双向热交换的能力,使地源热泵在不同季节中保持高效运转。从长远来看地源热泵的经济性同样不容忽视,尽管初始投资较高,但由于其低运营成本与高效能,使用寿命内的总支出通常显著降低,能够在几年内收回投资。随着技术的不断进步,地源热泵的应用领域也在逐渐扩大,不仅适用于新建建筑,老旧建筑的改造中也越来越多地采用这一技术。

3.1.2 太阳能热泵技术

太阳能热泵技术是一种高效的供暖与制冷方案,结合了太阳能与热泵系统,通过太阳能集热器,阳光被有效吸收并转化为热能,随后与热泵系统协同运作,将获取的热量用于室内供暖或热水供应,这种方法不仅显著降低了能耗,还减少了对传统能源的依赖。在阳光明媚的天气里,太阳能集热器展现出较高的效率,能够迅速加热水或空气,结合热泵的运作所需温度要求能够得到满足。即使在阴天或夜间,热泵仍能从周围环境中提取热量以确保室内温度的稳定,这种灵活的操作模式,使得太阳能热泵技术能够在不同气候条件下有效发挥作用。经济性是太阳能热泵技术的一项重要优势,虽然初期投资相对较高,但从长远来看运行成本却较低,尤其在日照充足的地区显著降低家庭或企业的能源开支。在技术不断进步及市场逐渐成熟的背景下,设备成本也在下降进一步推动了该技术的普及。

3.1.3 空气源热泵技术

空气源热泵技术是一种高效节能的系统,外界空气被利用作为热源或冷源。工作原理在于从空气中提取热量实现室内空间的加热或制冷。在寒冷的冬季与炎热的夏季,空气源热泵能够高效进行热交换从而保持室内的舒适环境。在冬季,热量从外部空气中提取后通过压缩机加热并送入室内,确保良好的供暖效果,即使在低温环境下,现代空气源热泵依然能够有效提取热量,正常运行甚至在零下温度时。在夏季,系统则反向工作将室内热量排放至外部,以实现制冷效果。经济性方面空气源热泵表现优异,与其他传统取暖和制冷设备相比,安装成本较低且维护相对简单,运行费用显著降低。在气候条件适宜的地区,能耗远低于传统电加热设备,使得长期使用的成本效益十分明显。

3.2 高效通风与空调技术

高效通风与空调技术在现代建筑设计中占据了重要地位,通过优化空气流动与调节室内温度,能源使用效率与居住舒适度得以提升,这种技术的关键在于降低能耗同时确保室内环境的健康与舒适。高效通风系统通常将自然通风与机械通风结合,充分利用建筑设计与周围环境最大程度引入新鲜空气。例如,窗户与通风口的合理布置使自然通风得以实现,从而减少对机械通风的依赖。同时热回收装置的集成使得排出空气中的热量能够被回收,进而预热新鲜空气降低能耗。在空调方面,变频技术的应用使空调系统能根据实际需求调整运行功率,避免不必要的能源浪费。智能控制系统的借助使得用户能够实时监测与调整室内环境,确保舒适的同时降低能耗,选择高效的制冷剂与热交换器也有助于进一步提升系统的能效比。

3.3 能量回收技术

能量回收技术是一种有效提升建筑能源使用效率的手段,主要通过回收与再利用建筑内部产生的废热促进资源的高效循环,这项技术不仅显著降低了能源消耗,也减

轻了环境负担。在暖通设计中,能量回收可分为热回收与能量回收通风两个方面。热回收系统能够从排风中提取热量以加热进入的新鲜空气,这种方式在冬季尤为有效,显著降低了供暖能耗。夏季时,该系统可以反向运行从而降低室内温度,提升居住舒适度。能量回收通风系统通过交换进入与排出空气流的热量,确保新鲜空气在进入建筑时已被预热或预冷,这种设计不仅减轻了空调与供暖系统的负担,还优化了室内空气质量。

3.4 自动化控制技术

自动化控制在暖通设计中扮演着关键角色,通过智能系统的管理实现了建筑内部环境的精确调控,这种技术不仅提升了居住的舒适度,还显著降低了能源消耗,为可持续建筑的发展奠定了坚实基础。经过集成传感器、温控器及中央控制系统,自动化控制技术能够实时监测室内温度、湿度与空气质量,自动调整空调与通风设备的运行状态。例如,当室内温度达到设定值时,系统会调整空调的工作强度维持舒适环境,同时避免不必要的能耗,这种智能调节不仅节省了能源,还延长了设备的使用寿命。自动化控制系统可以与能量回收技术及高效通风系统协同工作,从而实现最佳的能源利用效果,通过手机或电脑,用户能够随时远程监控与调整系统设置,这极大提升了操作的便利性。

4 绿色节能技术的实施

4.1 设计阶段的考虑

在建筑设计阶段,绿色节能技术不仅需关注功能性与美观,还应充分融合环境保护与资源节约的理念。设计团队应在初期对建筑的整体能耗需求进行评估,并制定合理的能源使用策略,确保在满足舒适性与功能需求的同时尽可能降低能耗。在选用如太阳能和地源热泵等可再生能源技术时,合理的布局与选型显得尤为重要,以保证系统的高效运行。在设计过程中,应关注建筑的朝向与窗户配置,通过优化自然采光与通风减少对人工照明与空调的依赖,智能控制系统应在设计初期被纳入考虑,以便后期能够灵活调整室内环境^[1]。材料选择同样是关键因素,绿色建筑材料与节能设备的采用不仅提升建筑能效,还能降低环境影响,设计师应与供应链各方密切合作,确保所选材料符合绿色标准并在实际使用中实现预期的节能效果。

4.2 施工阶段的管理

施工阶段的管理是绿色节能技术有效实施的关键环节。在这一阶段,项目管理团队必须确保设计意图得到严格执行,尤其是在节能与环保方面。施工前对所有参与方进行培训是必要的,确保工人及管理人员理解绿色施工的目标与要求,从而提升施工现场的整体意识。在材料使用方面,符合绿色标准的建筑材料的选择至关重要,在施工过程中,材料的来源、性能及环保特性应被仔细检查,确保所有材料满足设计要求^[2]。同时,施工废弃物的产生也

需受到严格控制,有效的废物管理措施应被采用,以尽量减少对环境的负担。为了保证节能系统的高效运行,安装过程必须在施工期间受到严密监控,以确保每项设备与系统按照最佳实践进行安装。在安装高效通风与空调系统时,特别应关注气密性与热回收装置的配置,以确保后续能效表现的最优化。施工阶段结束后,全面的系统调试显得尤为重要,这一过程不仅确保设备正常运转,还能根据实际情况进行调整,以优化能源使用效率。

4.3 运行阶段的监测与维护

在建筑运行阶段,监测与维护是确保绿色节能技术持续发挥效能的关键环节。定期监测系统运行状态,有助于及时识别并解决潜在问题,从而保障供暖、通风和空调(HVAC)系统的高效性,通过安装智能传感器与控制系统,能耗数据实时被收集,管理人员能够分析运行效率并制定相应的优化措施。维护工作同样不可忽视,定期保养与检修能够延长设备使用寿命,防止能耗上升^[3]。空调滤网与风道的定期清洁确保了空气流通的顺畅,避免灰尘积累导致的能效下降,温控器的检查与校准确保室内温度控制的精准,不仅提高了舒适度,还显著减少了能源浪费。用户教育也是运行阶段的重要组成部分,通过提供使用指南与培训,用户能够理解如何有效操作系统实现最佳节能效果,根据季节变化调整设置的鼓励,使用户能够充分利用自然通风与采光,以进一步降低能耗。

5 结语

随着全球对可持续发展的重视不断加深,绿色节能技术在建筑暖通设计中的应用变得至关重要。这些技术不仅有效降低了建筑能耗,提高了资源利用效率,还提升了居住与工作环境的舒适性。在设计、施工及运行的各个阶段,充分考虑绿色节能的原则与措施,成为实现建筑可持续性的关键。通过科学的设计理念、合理的施工管理及精细的运行监测,绿色节能技术的有效实施得以确保,从而为减少碳排放与保护环境作出积极贡献。展望未来,随着科技的进步与公众环保意识的提高,绿色节能技术将在推动建筑行业向更高效、更环保的方向发展中发挥更大的作用,在共同努力之下建设一个更加绿色、可持续的未来将成为可能。

【参考文献】

- [1]康洪伟,董彪,任承吉.暖通设计中绿色节能技术的应用[J].智能建筑与智慧城市,2024(8):121-123.
 - [2]续红军.绿色节能技术在暖通设计中的应用[J].智能城市,2021,7(12):33-34.
 - [3]杜瑞环.暖通设计中绿色节能技术的应用分析[J].工程建设与设计,2020(6):51-52.
- 作者简介:陈文婷(1998.8—),毕业院校:西南石油大学,所学专业:地理信息科学,当前就职单位:陕西飞机工业有限责任公司,职称级别:助理工程师。

城市环境噪声污染与监测技术研究

张卫清 王安银 阿比达·扎克尔

伊犁州生态环境局伊宁市分局伊宁市环境监测站, 新疆 伊宁 835000

[摘要]随着城市化进程的不断加快,城市环境中的噪声污染问题日益严重,已成为影响居民生活质量和健康的重要因素之一。日常生活遭受噪声污染侵扰,此状况不仅危害人们的生理与心理健康,更可能对城市的生态环境造成负面影响。在城市环境保护领域,探究城市环境噪声污染的生成途径、扩散机制、潜在风险及其有效的监测手段,已成为关键议题。城市噪声污染的成因与种类首当其冲被剖析,其对人民健康造成的危害亦被深入研究,此外,文章对现行的噪声监测技术进行了详尽的梳理,特别是聚焦于声学传感器、无线监测系统以及大数据处理技术在噪声监测领域的应用,并对其进行了重点阐述。环境管理领域内,噪声污染监测技术的未来发展走向及其应用前景备受关注。研究表明,监测技术的持续进步与智能化设备的广泛应用,使得城市环境噪声污染的监测更为精准高效,为城市的持续发展贡献了坚实的科技助力。

[关键词]城市环境; 噪声污染; 监测技术; 健康影响; 声学传感器; 大数据

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14710

中图分类号: X827

文献标识码: A

Research on Urban Environmental Noise Pollution and Monitoring Technology

ZHANG Weiqing, WANG Anyin, ABIDA Zhakeer

Yining City Environmental Monitoring Station, Yining Branch of Yili Prefecture Ecological Environment Bureau, Yining, Xinjiang, 835000, China

Abstract: With the continuous acceleration of urbanization, noise pollution in urban environments has become increasingly serious and has become one of the important factors affecting residents' quality of life and health. Daily life is affected by noise pollution, which not only endangers people's physical and mental health, but may also have a negative impact on the ecological environment of the city. In the field of urban environmental protection, exploring the generation pathways, diffusion mechanisms, potential risks, and effective monitoring methods of urban environmental noise pollution has become a key issue. The causes and types of urban noise pollution are the first to be analyzed, and the harm it causes to people's health is also deeply studied. In addition, the article provides a detailed review of current noise monitoring technologies, especially focusing on the application of acoustic sensors, wireless monitoring systems, and big data processing technology in the field of noise monitoring, and elaborates on them in detail. In the field of environmental management, the future development and application prospects of noise pollution monitoring technology have attracted much attention. Research has shown that the continuous advancement of monitoring technology and the widespread application of intelligent devices have made the monitoring of urban environmental noise pollution more accurate and efficient, contributing solid technological support to the sustainable development of cities.

Keywords: urban environment; noise pollution; monitoring technology; health impact; acoustic sensors; big data

引言

随着全球城市化进程的加快,城市环境的噪声污染问题日益凸显,成为影响城市居民生活质量的重要因素之一。噪声污染的产生渠道繁多,涵盖交通噪声、建筑施工作业噪声、工业生产噪声以及公共娱乐设施噪声等诸多方面,噪声污染困扰城市,不仅侵扰了民众的睡眠,干扰了工作效率,打乱了日常生活节奏,而且与众多健康隐患紧密相连,特别是长时间处于高噪声环境中,有风险引发听力损害、心血管疾病以及焦虑症等身心疾病^[1]。在当前城市管理层面,如何高效执行噪声污染的监控与治理工作,已成为一项亟待解决的关键议题。环境保护领域因噪声监测技术的进步而拥有了至关重要的工具,往昔,以人工搜集与单一点位监测为主的噪声监测手段,难以对城市噪声污染

的全方位态势作出即时呈现。无线传感网络、大数据处理与智能分析融合的噪声监测技术,因信息技术和传感器技术的迅猛进步,已成为研究领域的焦点。在覆盖城市全域的噪声监测网络框架下,依托高效的数据处理与分析技术,对噪声污染源实施实时监控与精准管理,以此为基础,为构建有效的噪声控制策略提供可靠的数据支撑。

1 城市环境噪声污染的来源与影响

城市环境噪声污染的来源与影响是一个多维度的课题,涵盖了多个方面的因素与复杂的影响机制。在解析城市噪声污染这一现象时,我们注意到其关键来源涵盖交通、建筑、工业及娱乐场所所产生的噪声。高峰时段,汽车、公交、地铁及航空等交通工具所发出的噪声,成为城市中最常见且危害极大的污染源,其强度随交通流量提升而愈

发显著。在城市噪声污染中,建筑施工噪声占据一席之地。尤其在城市建设与基础设施改造环节,混凝土搅拌机、起重机及电钻等大型机械设备产生的强烈噪声,给周边居民的日常生活带来了严重干扰。生产设施,诸如工厂、加工厂、发电厂等,其工业噪声常在生产环节中产生持续声波,尤其在一些制造业汇聚的城市地带,噪声污染现象愈发显著。

噪声污染的影响是广泛而深刻的,既涉及人类健康,又影响社会环境的和谐。长期置身于高噪声环境中,易诱发诸如听力损伤、高血压、心血管疾病等多种生理性问题,生理应激反应因噪声污染持续加剧而提升,长期暴露于此,人体免疫力、神经系统及内分泌系统遭受不良影响的风险显著上升,疾病发生率亦随之增加。噪声污染对心理健康的影响不容忽视,过度噪声可加剧焦虑与压力,并可能触发睡眠障碍与注意力问题,夜间高噪声环境对睡眠质量与身心健康造成的危害尤为显著,城市生态环境遭受噪声污染之害,导致动物栖息地被破坏,生物生活节奏紊乱,进而降低生物多样性^[2]。

2 城市环境噪声监测技术现状

城市环境噪声监测技术现状经历了从传统人工监测到现代智能化监测技术的快速发展,逐步形成了较为完整的技术体系。依赖人工采样的传统噪声监测方法,其执行过程以单点监测为主,此手段不仅作业繁重,且难以全面、实时地展现城市噪声污染的全面态势。受限于人力与时间,人工监测需定期派遣人员至各检测点,以对噪声进行测量。然而,这种做法使得城市各区域的噪声状况难以实现实时与动态的监控。在噪声污染监测方面,单点监测技术仅能揭示某一特定区域的噪声水平,却无法全面描绘城市整体的噪声污染分布,亦难以精准锁定噪声源的具体位置和强度,同时,它也难以实现对噪声污染的长期追踪与分析,因而其局限性显而易见^[3]。

随着技术的进步,现代噪声监测技术逐渐以智能化、实时化、多点化为特点发展。城市噪声监测领域,声学传感器技术扮演着举足轻重的角色,它借助高精度传感器对噪声信号进行捕捉,有效呈现出噪声污染的实时状况。城市噪声监测因传感器的运用,得以从原先单一地点的监控范围,扩展至全城的多点监测体系,从而实现对噪声数据的更广泛收集。物联网技术及无线传感器网络的进步,促使城市噪声监测系统朝着联网化和智能化方向不断演进。在城市不同区域广泛布设传感器节点,使得噪声数据能够即时传输至数据中心,由相关部门进行集中处理与分析。

大数据和云计算技术的应用为噪声监测数据的处理和分析提供了强大的支持。运用大数据分析技术,对浩如烟海的噪声监测数据进行深度挖掘,提炼出富含价值的资讯,进而精准地判别噪声污染的起始点、力度、分布形态及其演变轨迹,为环境管理决策部门提供实时支持。噪声污染的直观呈现,得益于数据可视化技术的发展,为决策

者和公众提供了强有力的控制与管理的科学依据。在城市噪声监测技术的领域,尽管已取得显著成果,然而挑战依旧存在。在复杂城市环境中,噪声监测传感器的适应能力有待加强,其精度与稳定性亟须提升;在构建与维护噪声监测体系的过程中,其高昂的成本需求,亟须政策扶持与资金投入。

3 噪声污染监测技术的应用

3.1 噪声监测网络的构建

随着城市噪声污染问题的日益严重,建设高效、全面的噪声监测网络成为解决城市噪声管理问题的关键。在噪声监测网络的构建过程中,现代传感器技术不可或缺,而无线传感网络(WSN)与物联网(IoT)技术的融合亦至关重要,这一构建方案,旨在城市各区域广泛部署分布式传感器节点,进而塑造一个多点覆盖、实时反馈、精确度高的噪声监测系统。在构建噪声监测网络的过程中,首要任务是甄选适宜的噪声传感设备,环境噪声数据的稳定采集,要求传感器必须实现高精度、高灵敏度、低功耗以及长寿命的四大特性^[4]。

传感器节点的布局要考虑到城市的噪声分布情况,重点区域如交通繁忙的道路、工业区、建筑工地以及商业中心等应当设置多个监测点,以保证数据的全面性和代表性。此外,在构建噪声监测网络过程中,必须依赖前沿的通信手段,包括4G/5G无线通信网络以及LoRa等长距离低功耗技术,确保数据的远距离传输得以实现。运用这些技术手段,实时将数据传递至数据中心,实施集中性的处理与剖析。在噪声监测网络的管控层面,其平台须具备高效的数据存储、处理及可视化能力,以确保能迅速向决策层反馈关键报告与警报,为噪声污染的治理与控制奠定坚实的数据支撑。

3.2 实时噪声数据采集与处理

实时噪声数据的采集与处理是现代城市噪声监测系统的核心环节。为了实现实时的噪声监控,噪声传感器必须具备高精度的信号采集功能,同时能够在不同环境条件下稳定工作。传感器采集到的噪声数据需要通过无线网络传输至中央服务器或云平台。数据的传输过程需要保证低延迟、稳定性和高可靠性,以便实时反映城市各区域的噪声污染水平^[5]。

进行数据采集活动时,必须对所涉及的噪声信号实施一系列的预处理措施,包括去噪、滤波以及幅度校正等,以此保障所获数据的精确性与实效性。在噪声数据解析过程中,广泛运用了诸如快速傅里叶变换(FFT)、小波变换等高阶信号处理技术及算法,它们擅长从繁杂的噪声信号中挖掘出核心要素,诸如噪声频谱分布、噪声源强度及噪声演变动向。依托大数据分析与机器学习技术,对处理过的数据实施深入剖析,以识别噪声源的空间分布及监测噪声污染随时间和空间的演变规律。实施对实时噪声数据的

处理, 不仅为环境管理直观呈现噪声污染状况, 更为制定噪声治理措施提供了科学支撑。

3.3 智能噪声监测与预警系统

随着信息技术和智能化设备的迅速发展, 智能噪声监测与预警系统已经成为城市环境噪声管理的重要组成部分, 标志着传统的噪声管理模式向更加精准、高效、智能化的方向转型。实时噪声数据的智能分析与处理是智能噪声监测与预警系统的核心任务, 旨在预测并预警噪声污染事件, 及时为环境管理者提供决策支持, 以防止噪声污染状况的进一步恶化。监测噪声污染的该系统, 不仅拥有预警功能, 还能有效识别潜在风险, 为防治噪声污染提供有力支持^[6]。

先进噪声传感器、无线通信技术以及大数据分析平台协同, 构建起智能噪声监测系统, 确保对城市各区域噪声污染的实时监控与数据搜集。监测系统的精度与可靠性, 系由作为核心部件的噪声传感器的性能所直接决定, 技术的进步使得噪声传感器不再仅限于单一频率的噪声监测, 它们已能够广泛覆盖低、中、高频噪声, 监测精度亦大幅提升。在监测系统的性能上, 传感器在精度、灵敏度、稳定性以及抗干扰性等方面实现了显著增强, 这一进步确保了该系统能够在城市环境的复杂性中持续稳定运行。引入无线通信技术, 显著提升了数据传输的效率与便捷性, 同时大幅削减了系统构建与维护的成本。依托无线网络, 噪声数据得以实时传输至数据中心, 保障了数据的时效性与处理效率, 进而实现了对城市各区域噪声污染情况的全面监测与管理。在智能噪声监测系统中, 自动化技术显著提升了数据采集、处理与分析、显示的效率。系统预设时间间隔, 自主执行数据采集任务, 所获噪声数据即时上传至云端, 随即进行实时分析处理。利用先进智能算法, 系统对庞杂的噪声数据进行了精准解析, 迅速揭示了噪声源的分布状况、强度等级、频谱特性和演变走向等核心信息, 并采用可视化手段实时展现了这些关键细节。此检测方法显著降低了对人工的依赖, 提升了监测的效能, 并极大地减免了人为操作所引入的错误。系统具备迅速识别并发出警示的能力, 对异常噪声源的出现, 若监测到特定区域的噪声值超过预定标准, 系统便会自动触发警报, 提醒管理人员实施必要的应对策略。城市噪声管理的职能得以从传统意义上的被动应对转变为积极主动的监测与警报机制, 此举显著提升了噪声污染处理工作的效能^[7]。

智能预警系统依赖于大数据技术和人工智能算法, 基于历史数据和实时数据的对比分析, 能够识别噪声污染的潜在风险, 并提前发出预警。具体来说, 对历史噪声数据进行深度学习, 机器学习算法得以揭示特定噪声事件频发的内在机理, 并能够对特定区域、区域的噪声级别进行预测。此外, 算法还整合交通流量、气象信息等多重因素, 对噪声传播模型进行细致的优化与调整。在噪声传播模型

构建过程中, 气象数据扮演着核心角色。在温度、湿度、风速等气象因素对噪声传播路径与强度产生显著效应, 将此类数据与实时噪声监测信息相融合, 智能系统得以对噪声污染的变化态势作出更为精确的预测, 进而能够预先发出警报, 并向决策者提供相应的应对措施。噪声污染级别与类型各异, 智能噪声监测与预警系统据此设定, 并设定不同预警阈值。设定阈值以监测噪声污染, 一旦超标, 系统将自动发出警报, 并通知相关部门或实施控制行动。在监测区域内, 一旦噪声值连续超出标准, 系统便会迅速向环保机构传递警示信息, 并责令其指派专员赴现场执行查验任务。这种主动的预警机制, 可以有效防止噪声污染事件的蔓延与加剧, 并通过及时响应减少对居民健康和城市环境的负面影响。

4 结语

城市噪声污染问题的解决依赖于先进的噪声监测技术和有效的治理策略。随着技术的不断进步, 城市噪声监测系统正朝着更高效、更精确、更智能的方向发展, 未来将为建设更加宜居的城市环境提供强有力的技术支持。然而, 噪声污染的治理仍然面临技术、资金和政策等多方面的挑战, 需要政府、企业和社会各界的共同努力, 以实现更为持久和有效的环境保护目标。

[参考文献]

- [1] 巴淑萍. 城市环境噪声污染与监测技术探讨[J]. 清洗世界, 2023, 39(10): 166-168.
 - [2] 朱瑾陶. 城市环境噪声污染与监测技术探讨[J]. 资源节约与环保, 2022, 5(4): 130-133.
 - [3] 殷丽萍, 王开德, 王剑敏. 基于生态环境治理预警系统的城市环境噪声污染监测技术的探讨[J]. 皮革制作与环保科技, 2022, 3(4): 74-76.
 - [4] 田野. 农村初中学生如何提升语文自主学习能力[J]. 课外语文, 2021, 8(12): 31-32.
 - [5] 黎金, 张晗. 城市环境噪声污染与监测技术探析[J]. 低碳世界, 2021, 11(2): 56-57.
 - [6] 高远. 城市环境噪声污染与监测技术[J]. 环境与发展, 2020, 12(5): 154-156.
 - [7] 贾永芹, 卢俊平, 王丽萍, 等. 城市环境噪声污染与监测技术分析[J]. 资源节约与环保, 2020, 7(1): 64.
- 作者简介: 张卫清 (1971.5—), 毕业院校: 新疆大学, 所学专业: 生化专业, 当前就职单位: 伊犁州生态环境局伊宁市分局伊宁市环境监测站, 职务: 站长, 职称级别: 副高五级; 王安银 (1986.8—), 毕业院校: 塔里木大学, 所学专业: 生物化学与分子生物学, 当前就职单位: 伊宁市环境监测站, 职务: 监测站副站长, 职称级别: 副高级工程师; 阿比达·扎克尔 (1978.2—), 毕业院校: 新疆大学, 所学专业: 生物技术, 当前就职单位: 伊宁市环境监测站, 职务: 监测员, 职称级别: 中级工程师九级。

基于 DTW-OPTICS 分区的光伏集群输出方法的研究与预测

张家豪¹ 高庆忠²

1. 国家能源集团辽宁电力有限公司沈西热电厂, 辽宁 沈阳 110142

2. 沈阳工程学院, 辽宁 沈阳 110136

[摘要] 本文结合动态时间扭曲 (DTW) 和 OPTICS 算法, 提出了一种基于 DTW-OPTICS 分区簇的改进统计升级光伏簇输出预测建模方法。DTW 用于测量两个时间序列之间的相似性, 而 OPTICS 用于发现数据中的密度聚类结构。针对传统统计升级方法中子簇内光伏电站输出特性变化的问题, 通过皮尔逊相关系数和经验正交函数 (PCA) 优化特征空间, 使用 OPTICS 将该地区的光伏电站划分为簇, 提高一致性。本文提出了一种基于动态时间扭曲 (DTW) 的类似日期选择算法解决提取和预测待预测日期的权重系数时间序列的动态特征的问题, 并使用递归神经网络 (GRU) 模型预测光伏电站的输出。实验结果表明聚类预测方法的平均绝对百分比误差 (MAPE) 约为 6.35%。均方根误差 (RMSE) 约为 13.96kW, 均方误差 (MSE) 为 194.25kW。实际光伏电站数据证明了所提出方法的准确性和有效性。通过聚类分析和深度学习技术提高了光伏电站输出预测的准确性, 对于优化能源管理和提高可再生能源的利用效率具有重要意义。

[关键词] DTW-OPTICS; 光伏集群; 发电预测

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14753

中图分类号: TM615

文献标识码: A

Research and Prediction of Photovoltaic Cluster Output Method Based on DTW-OPTICS Partition

ZHANG Jiahao¹, GAO Qingzhong²

1. Shenxi Thermal Power Plant of CHN Energy Group Liaoning Electric Power Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110142, China

2. Shenyang Institute of Engineering, Shenyang, Liaoning, 110136, China

Abstract: This paper proposes an improved statistical upgrade photovoltaic cluster output prediction modeling method based on DTW-OPTICS partition clustering, combining dynamic time warping (DTW) and OPTICS algorithm. DTW is used to measure the similarity between two time series, while OPTICS is used to discover density clustering structures in the data. In response to the problem of changes in the output characteristics of photovoltaic power plants within a cluster in traditional statistical upgrading methods, the feature space is optimized using Pearson correlation coefficient and empirical orthogonal function (PCA), and OPTICS is used to divide the photovoltaic power plants in the region into clusters to improve consistency. This article proposes a date selection algorithm based on dynamic time warping (DTW) to solve the problem of extracting and predicting the dynamic features of weight coefficient time series of the predicted date, and uses a recursive neural network (GRU) model to predict the output of photovoltaic power plants. The experimental results show that the average absolute percentage error (MAPE) of the clustering prediction method is about 6.35%. The root mean square error (RMSE) is approximately 13.96kW, and the mean square error (MSE) is 194.25kW. The actual photovoltaic power plant data has demonstrated the accuracy and effectiveness of the proposed method. The accuracy of photovoltaic power plant output prediction has been improved through clustering analysis and deep learning techniques, which is of great significance for optimizing energy management and improving the utilization efficiency of renewable energy.

Keywords: DTW-OPTICS; photovoltaic cluster; power generation prediction

引言

准确预测分布式光伏发电集群的输出对于电网的稳定运行和能源管理至关重要。它可以帮助电网运营商优化电力调度, 减少对化石燃料的依赖, 并提高可再生能源的利用率。研究通常涉及集成多种预测模型和技术, 如时间序列分析、神经网络、支持向量机、随机森林等, 以提高预测的准确性和鲁棒性。预测结果可以用于智能控制策略, 如储能系统的充放电管理、需求响应等, 以进一步提高能源系统的效率和可靠性。

1 分布式光伏电站集群划分

本文按照分布式光伏单元对于每个单元光伏装机容量

量分别进行统计, 然后就近选取集中式光伏功率预测数据进行比对, 得到该区域内分布式光伏的功率预测数据, 即:

$$P_{DG} = [P_{DG, 1}, P_{DG, 2}, \dots, P_{DG, i}, \dots, P_{DG, n}] \quad (1)$$

P_{DG} 为次日 24h 全地区分布式光伏功率预测数据序列; $P_{DG, i}$ 为次日时刻 i 的分布式光伏功率预测值; n 为采样点个数, 本文取值 100, 即每间隔 15min 一个点。时刻 i 的分布式光伏功率预测值为:

$$P_{DG, i} = \sum_{j=1}^m p_{DG, ij} \quad \forall i \quad (2)$$

式中, $P_{DG, ij}$, 为时刻 i 第 j 个单元域内所有分布式

光伏的功率预测值；m为单元区域的个数。时刻 i 第 j 个单元内所有分布式光伏的功率预测值为：

$$P_{DG,ij} = P_{CP,ij} \frac{R_{DG,j}}{R_{CP,j}} \quad \forall j \quad (3)$$

式中， $P_{CP,ij}$ ，为时刻 i 第 j 个区域内选定的某集中式光伏功率预测数据，该数据可从集中式光伏场站直接获取； $R_{CP,j}$ 为小区域 j 内选定的集中式光伏装机容量； $R_{DG,j}$ 为小区域 j 内分布式光伏装机总容量。

2 统调负荷预测

日前负荷预测一直是调度运行中的一项重要工作，通常需在当日对次日的负荷进行功率预测，此时可供参考的数据主要有过去几日的实际负荷、分布式光伏近似实际出力等。本文通过对比前日分布式光伏近似实际功率及次日预测功率曲线，在前日实际负荷功率曲线的基础上，计算得到次日的负荷功率预测曲线：

$$\text{即：} P_{IL} = P_{OL} + P_{ODG} - P_{IDG} \quad (4)$$

式中， P_{IL} 为次日负荷功率预测数据序列； P_{OL} 为前日负荷 实际功率序列； P_{ODG} 为前日分布式光伏近似实际功率序列，可通过式（1）～（3）计算得到，但在计算时需将式（3）中的集中式光伏预测功率替换为前日该集中式光伏的实际功率； P_{IDG} 为次日分布式光伏功率预测数据，可通过式（1）～（3）计算得到。

3 基于 DTW 的光伏相似性指数

DTW 算法来计算不同光伏电站之间的时间序列相似性。DTW 是一种测量两个时间序列相似度的方法，它允许时间序列在时间轴上进行局部伸缩，以找到最佳匹配。计算每个光伏电站之间的皮尔逊相关系数，以评估它们之间的线性关系。使用 PAC 算法来重建相关系数，可能涉及到数据的预处理或特征提取步骤。结合发电站的地理位置、接入电网的母线等级等信息，在 OPTICS 聚类模型中输入优化后的特征并做类别区分从而提高特征的质量。OPTICS 是一种基于密度的聚类算法，能够识别出数据中的高密度区域。使用 DTW 算法来计算历史日期和待预测日期之间气象数据时间序列的相似性，选择相似性最高的序列作为待预测日期的权重时间序列。采用门控循环单元（GRU）神经网络模型来预测基准电站的出力。

3.1 基于 DTW 的类似日期选择

DTW 可用于计算等长和不等长时间序列的相似性。^[5] 并且对异常值不敏感。DTW 测量时间序列之间距离的方法算法采用自动识别时间序列中的最佳对齐点。对于长度为和的时间序列 M 和 N，生成时间节点矩阵，表达式为：

$$\{(X_1, Y_1), \dots, (X_m, Y_n)\}, m \in [1, M], n \in [1, N] \quad (5)$$

计算距离矩阵中时间节点对的距离，并将其距离之和最小化。在算法实现过程中，它通常被写为时间对应节点之间的基距离与到匹配对应时间节点的最小距离之和。公式为：

$$D_{dtw}(X_M, Y_N) = \min(\sum_{m,n=1}^{M,N} |X_m, Y_n|) \quad (6)$$

在这个公式中：是长度 M 和长度 N 之间的 DTW 距离；是 X 系列中第 m 个和 Y 系列中第 n 个之间的距离。

3.2 基于 PCA-OPTICS 的集群划分

特征降维与重构预测区域内共有 m 个分布式光伏电站，其空间位置相当于 m 个空间点。每个空间点有 n 个时间序列观测值。矩阵形式为：

$$X_{m \times n} = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

对特征筛选后的分布式光伏电站数据进行集中处理，得到新的数据矩阵，通过线性变换计算协方差矩阵 R：

$$R = \frac{1}{n} (Y)^T Y \quad (8)$$

计算矩阵 R 的特征值和特征向量，并根据特征值的降序进一步计算第 k 个主成分的贡献率和累积贡献率：

$$\beta_k = \frac{\lambda_k}{\sum_{n=1}^{\infty} \lambda_k} \quad (9)$$

$$\beta(t) = \sum_{k=1}^t \beta_k \quad (10)$$

3.3 OPTICS 集群划分

PCA-OPTICS 聚类划分方法可分为两部分：一是保留原始信息，DTM 相关系数特征筛选优化。二是降维后的数据优化，采用 OPTICS 聚类算法划分光伏电站簇别。

主要流程：（1）进行主成分分析 PCA，用于减少数据集的维度，同时尽可能保留原始数据的变异性。（2）应用基于密度的空间聚类 OPTICS 聚类算法，用于将数据点分组，形成簇。（3）使用动态时间扭曲（DTW）算法处理数据矩阵。（4）根据相关系数筛选，选择一组代表性的样本数据。（5）核心矩阵的计算，处理矩阵以获得距离矩阵 X 和中心化处理后的点 Y。（6）协方差矩阵 R 的计算，计算样本点的协方差矩阵 R，了解数据点之间的相关性。（7）样本中心的计算，计算样本点的中心，进一步地分析或聚类。（8）特征值和特征向量的计算，计算协方差矩阵 R 的特征值和特征向量，确定数据的主成分。（9）累计贡献率的计算，计算特征值的累计贡献率，确定保留多少主成分以最大化数据的变异性。（10）主成分的选择，根据累计贡献率选择主成分，以便在后续分析中使用。（11）聚类划分，完成聚类划分，将样本数据分配到不同的簇中。

4 实例分析

4.1 单元参数特性

光伏集群输出预测的测试数据已辽宁某地区屋顶分

布式光伏电站的数据为依据,包括:光伏组件温度、日发电量、功率、统计电量、交直流电压、各回路组串数量等。本文选取 15 分钟为单元记录数据(时间为 2023 年 6 月至 2024 年 7 月),外在因素含环境温度、风速、风向和相对湿度。

4.2 实例结果的比较分析

以 2023 年 10 月 12 日为例,优化统计升级方法与传统统计升级方法的权重时间序列比较如图 1 所示。结果表明,与传统方法相比,权重时间序列的方差的显示数据明显有下降趋势,平稳地提供时间序列。集群内站点日输出数据得到优化。

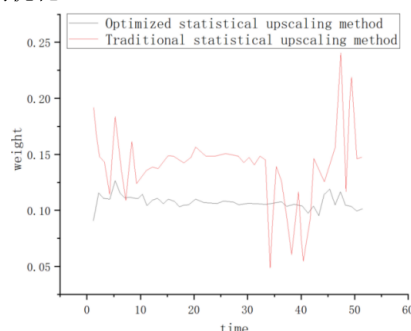


图 1 优化统计放大方法与传统统计放大方法的权重时间序列比较

在参考电站的光伏输出预测实验中,输入包括温度、天气类型、天气数据、板温、交流/直流电压/电流光伏器件数据,采样频率为 15 分钟,输出为预测日电站的功率。GRU 和其他模型的聚类预测结果如图 1 所示。

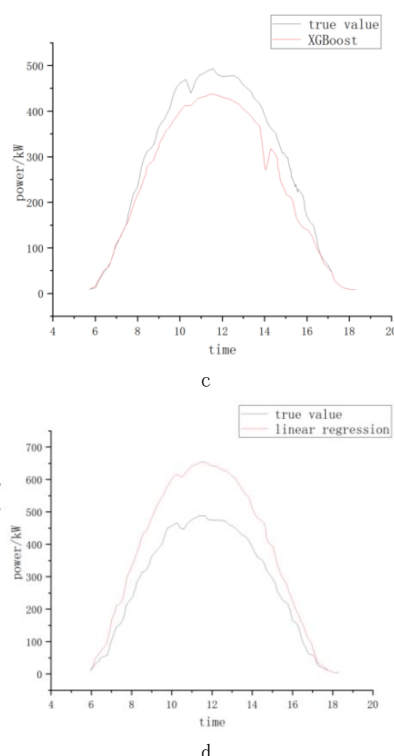
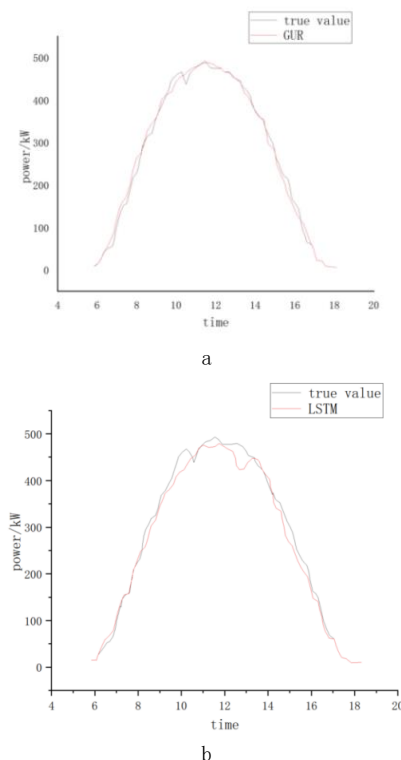


图 2 各模型预测结果比较

从图 2 中每个模型的预测结果可以看出,GRU 神经网络模型的预测效果优于其他预测模型。计算每个模型预测结果的 MAPE、RMSE 和 MSE,并进一步比较每个模型的预测精度。各模型的预测误差统计如表 1 所示。

表 1 GRU 和模型网络预测误差表

使用模型	/%	/kW	/kW
线性回归	28.98	102.13	10611.52
XGBoost	14.72	38.17	1632.12
LSTM	6.58	16.32	312.68
GRU	5.14	12.18	175.29

5 结论

对四种不同的预测模型进行了比较,包括 GRU(门控循环单元)网络模型、线性回归、XGBoost 和 LSTM(长短期记忆网络)。在比较中,所有模型使用的输入变量是一致的,以确保比较的公平性。与线性回归、XGBoost 和 LSTM 算法相比,GRU 网络模型显示出了改进,具有更高的预测精度。

预测结果表明,线性回归模型性能低,应用范围不广泛。相对比较 GRU 网络模型具有明细优势,预测精度更高。实验结果证明了结合了 DTM(可能是指 DTW,动态时间扭曲)、OPTICS 聚类 and GRU 的光伏集群输出预测方法的有效性。

基金项目:沈阳市科技计划项目(22-322-3-29)。

【参考文献】

[1]李振生,孙佳龙,卜晓刚,等.基于分布式光伏功率分区

拟合的统调负荷预测方法[J]. 电工技术, 2021(15): 18-20.

[2]肖传亮,赵波,周金辉,等.配电网中基于网络分区的高比例分布式光伏集群电压控制[J].电力系统自动化, 2017, 41(21): 147-155.

[3]王文倬,谢丁,谢醉冰,等.考虑集群划分的分布式光伏无功电压控制策略[J].浙江电力, 2024, 43(7): 64-75.

[4]陈霆,曾君,张轩,等.面向规模化分布式可再生能源并

网的群网协同互动优化方法[J].电力系统自动化, 2024(7): 1-12.

[5]张姍,冬雷,纪德洋,等.基于NWP相似性分析的超短期光伏发电功率预测[J].太阳能学报, 2022, 43(4): 142-147.

作者简介: 张家豪(1999.3—), 毕业于沈阳工程学院, 本科, 自动化专业, 就职于国家能源集团辽宁电力有限公司沈西热电厂, 集控巡检员, 助理工程师。

机电一体化在风力发电设备中的创新应用

顾伊凡

华电吉林大安风力发电有限公司, 吉林 白城 131309

[摘要]近年来, 全球能源格局正经历深刻变革, 环境污染和资源枯竭问题成为传统化石能源使用的直接后果。各国政府积极采取措施, 致力于减少排放并推广可再生能源。基于此, 风力发电作为一种极具潜力的清洁能源正迅速崛起。与此同时, 风力发电设备的技术进步也带来了新的挑战, 随着风机规模的扩大以及运行环境的复杂化, 如何确保设备的高效运行与可靠性成为了关键问题。通过融合机械、电子及信息技术, 机电一体化技术提升了风机的发电效率并增强了设备的智能化水平。借助机电一体化技术, 风力发电系统实现了实时监控与智能调控, 运行状态得以优化, 维护成本也得到了有效控制。这种创新应用不仅为风力发电的可持续发展奠定了坚实的基础, 同时也为行业的技术进步与管理模式的革新注入了新的动力。因此, 机电一体化在风力发电设备中的应用研究, 既具备重要的理论意义也具有极高的实际价值。

[关键词]机电一体化; 风力发电设备; 创新; 应用

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14750

中图分类号: TH39

文献标识码: A

Innovative Application of Mechatronics in Wind Power Generation Equipment

GU Yifan

Huadian Jilin Da'an Wind Power Generation Co., Ltd., Baicheng, Jilin, 131309, China

Abstract: In recent years, the global energy landscape has undergone profound changes, with environmental pollution and resource depletion becoming direct consequences of the use of traditional fossil fuels. Governments around the world are actively taking measures to reduce emissions and promote renewable energy. Based on this, wind power generation is rapidly emerging as a highly promising clean energy source. At the same time, the technological progress of wind power generation equipment has also brought new challenges. With the expansion of wind turbine scale and the complexity of operating environment, how to ensure the efficient operation and reliability of equipment has become a key issue. By integrating mechanical, electronic, and information technologies, mechatronics technology has improved the power generation efficiency of wind turbines and enhanced the intelligence level of equipment. With the help of mechatronics technology, wind power generation systems have achieved real-time monitoring and intelligent regulation, optimized operational status, and effectively controlled maintenance costs. This innovative application not only lays a solid foundation for the sustainable development of wind power generation, but also injects new impetus into the technological progress and management mode innovation of the industry. Therefore, the application research of mechatronics integration in wind power generation equipment has both important theoretical significance and extremely high practical value.

Keywords: mechatronics; wind power generation equipment; innovation; application

引言

在全球能源结构转型的情况下, 风力发电作为可再生能源, 已逐渐成为各国能源发展的重要组成部分。随着气候变化问题日益严重, 社会对清洁能源的需求不断增加, 风力发电凭借其环保性与可持续性受到了广泛关注。如何提升风力发电设备的效率、可靠性与经济性, 已成为行业亟待解决的核心挑战。而机电一体化技术的引入, 则为解决这些问题提供了新的思路和方法。深入探讨机电一体化技术在风力发电设备中的创新应用, 涵盖智能控制系统、先进传感器技术以及故障监测与诊断技术等方面。这些技术的有机整合不仅显著优化了风机的性能, 还推动了整体运维管理的智能化, 为风力发电的高效运行及可持续发展提供了坚实的技术支持。

1 机电一体化在风力发电设备中的作用

1.1 提高风力发电效率

机电一体化在风力发电设备中的应用显著提升了发

电效率, 关键在于机械、电子与信息技术的深度融合。智能控制系统使风机能够实时监测环境变化, 如风速与风向, 进而自动调节叶片角度, 确保在各种气象条件下实现最佳的风能捕获。例如, 当风速增加时叶片的迎风角度会被系统自动减小, 避免设备过载, 同时保持较高的发电效率。先进的传感器网络为风力发电提供了重要的数据支持, 实时收集设备运行状态及环境参数的传感器, 能够通过数据分析预测设备性能的变化趋势, 从而提前识别潜在故障, 这种精确监测不仅降低了意外停机的风险, 还优化了维护计划, 减少了不必要的维护开支。智能化的能量管理也得益于机电一体化的推动, 通过实时对接发电数据与电网需求, 风力发电设备得以灵活调整输出, 以确保与电网的最佳兼容性, 这种适应性不仅增强了风力发电的经济效益, 也为可再生能源的稳定供应提供了有力保障。

1.2 增强系统可靠性与安全性

机电一体化在风力发电设备中的应用显著提升了系统的可靠性与安全性,通过整合先进的传感器与智能控制系统,实时监测运行状态的风机能够迅速识别潜在故障。例如,异常振动能够被振动传感器探测到,若发现问题系统将立即发出警报并采取预防措施,从而有效降低了严重故障的发生风险。在关键部件如控制系统和电源模块中,冗余配置的采用确保在部分故障时,其他部分仍能正常工作。例如,若主控制器出现故障,备用控制器将迅速接管,以确保风机的持续运转,这种设计不仅减少了停机时间也提升了整体安全性。此外,增强可靠性的关键因素还包括定期的数据分析与维护计划的优化,通过积累运行数据并分析故障模式,工程师能够制定更为科学的维护策略,基于数据的决策方式使维护工作更具针对性,减少了不必要的干预进而有效延长了设备的使用寿命。

1.3 降低维护成本与优化能量管理

机电一体化在风力发电设备中显著降低了维护成本,同时优化了能量管理。通过智能监测系统,运行状态与环境参数得以实时跟踪,这种即时反馈机制使故障能够在早期被识别,避免了潜在的重大损害,减少了大规模维修或更换部件的需求。例如,当传感器探测到某个部件出现异常时,系统会自动提醒维护人员进行检查,防止不必要的停机与损失。在能量管理方面,机电一体化的引入有效提升了效率,利用数据分析系统根据实时风速与电网需求智能调节发电输出,这种动态管理确保了在电力需求高峰期能够及时提供所需电力,同时在需求低迷时合理降低输出以避免资源的浪费,这样一来风力发电系统得以与电网更好地协同运作,从而提升整体能源利用效率。基于历史数据与预测分析,维护计划的制定变得更加精准,通过分析设备使用模式与故障记录,维护团队能够制定科学的策略,合理地将资源分配至最需要的领域,这种前瞻性的维护方式不仅节省了人力与物力成本,还显著延长了设备的使用寿命。

2 机电一体化在风力发电设备中的应用现状

机电一体化在风力发电设备中的应用现状已取得显著进展,尤其是在技术整合与智能管理领域。目前,许多风力发电场已采用先进的机电一体化技术,将机械组件与电子控制系统紧密结合,从而形成高效且智能的运行模式,这种集成设计使得设备控制更加精准,响应速度显著提升,进而提高了发电效率及系统的可靠性。在实际应用中,智能控制系统已在许多风力发电机组中配备,能够实时监测风速、温度、振动等多项参数。例如,一些高端风机通过数据分析自动判断最佳运行状态,从而调节叶片的角度与转速适应变化的风况,这种智能化的运行方式不仅提升了发电效率,也降低了因人为操作失误而导致的故障风险。在维护方面,智能化转型也在不断推进,越来越多的发电厂引入基于物联网的监测技术,实现了远程监控与故障诊

断的突破。实时监控提高了维护的响应速度,使得维护工作变得更加精准,从而减少了不必要的停机时间与成本。同时,数据分析平台利用历史运行数据预测设备的潜在故障,从而提前制定维护计划确保设备高效运行。

3 机电一体化的创新技术

3.1 智能控制系统

智能控制系统在机电一体化中发挥着至关重要的作用,特别是在风力发电设备的运行与管理方面,这些系统集成先进的传感器技术、实时数据处理以及自适应控制算法,能够自动监测与调节设备的运行状态,通过实时获取风速、风向和温度等环境数据,系统迅速进行分析并作出反应,从而优化风机的叶片角度与转速达到最佳的发电效率。例如,面对风速突然变化的情况,智能控制系统能够即时调整叶片的迎风角度,以尽可能捕捉更多的风能,这些系统还具备故障诊断功能,能够实时监控发电机、变速箱等各个部件。一旦检测到异常,系统会发出警报并提供详细的故障信息,协助维护人员迅速定位问题,这种及时的反馈机制显著提高了系统的可靠性,减少了停机时间并降低了维护成本。随着人工智能技术的不断发展,智能控制系统也在不断演进,借助于机器学习和大数据分析,系统能够根据历史数据预测设备的性能趋势优化运行策略,这种预测能力使风力发电设备能够更好地适应气候变化与电网需求,从而提升整体运行效率。

3.2 先进传感器技术

先进的传感器技术在机电一体化中,尤其是在风力发电设备中发挥着至关重要的作用,这些传感器能够实时监测设备的关键参数,例如风速、风向、温度及振动,从而确保系统以最佳状态运行。高精度传感器使风机能够精准捕捉风能的变化,实现更高效的能量转换。例如,风速传感器的应用使风机得以实时调整叶片角度,以适应不同的风速条件。这种自动调节不仅提升了发电效率,同时还有效减少了因风速过大而造成的设备损害。此外,振动传感器对关键部件的状态进行监测,通过分析振动模式,潜在故障能够被及时识别,从而进行提前维护避免更大范围的损失。伴随物联网技术的进步,先进传感器技术实现了数据的远程传输与集中管理,维护人员能够通过云平台实时访问设备数据,从而进行远程监控与分析,这种智能化监测手段显著提高了维护效率,使风力发电场的管理变得更加科学且系统化。

3.3 故障监测与诊断技术

故障监测与诊断技术在风力发电设备的机电一体化中,发挥着至关重要的作用。随着风机数量的增加及技术日益复杂,及时发现和解决潜在故障成为确保系统高效运行的关键所在,现代故障监测系统融合了实时数据采集、数据分析与人工智能算法,能够对设备的各项运行参数进行全面监控。通过传感器,这些系统实时收集风机的振动、

温度及声学数据,借助先进的数据分析技术,异常模式能够被识别。例如,振动监测揭示机械部件的磨损状况,而温度变化则可能反映出润滑不足或过载等问题。一旦异常被检测到警报将立即发出,同时生成详细的故障报告,帮助维护人员迅速定位问题源。结合机器学习与数据挖掘技术,故障诊断系统能够基于历史数据进行预测,识别潜在故障趋势,这种前瞻性维护方式有效减少了设备的停机时间,同时降低了维护成本,通过将预测分析与实时监控相结合,风力发电场得以实现更加智能化与高效的运维管理。

4 机电一体化在风力发电设备中的创新应用

4.1 风机控制系统的优化

风机控制系统的优化,在机电一体化应用中占据着重要地位,目标为提升发电效率与系统的稳定性。现代风机控制系统采用高度集成的智能算法,能够实时处理来自各类传感器的数据,并自动调整运行参数。例如,智能控制系统依据实时风速和风向的变化,动态调节叶片角度,这种自适应能力确保了风机在不同气象条件下均能保持最佳工作状态,从而最大化风能的捕捉^[1]。当风速增加时迎风角度会被自动降低,以避免过载并维持发电的稳定性;而在较低风速的情况下,叶片角度则会被调整,以优化能量捕获。控制系统还具备故障监测功能。当异常情况被检测到,如振动增大或温度异常时,措施将立即被采取,例如调整运行模式或发出警报通知维护人员进行检查,这种迅速的反应机制不仅保护了设备免受损坏,还有效减少了因故障导致的停机时间。

4.2 整体效率提升策略

整体效率提升策略在风力发电设备的机电一体化应用中被认为至关重要,目标是通过综合管理与技术优化,实现更高的能量转化效率并降低运营成本。采用先进的控制算法是提升整体效率的关键,通过实时数据分析,风机的运行参数能够根据风速、气温等环境因素被智能调节,确保在不同气候条件下始终保持最佳工作状态。提升效率的另一关键措施是风机布局的优化,合理安排风机之间的间距与排列,不仅可以有效减少气流干扰,且能够提高整个风电场的发电效率,通过计算流体力学(CFD)技术进行模拟,决策者能够有效预测不同布局下的气流模式,进而制定最优配置方案。智能运维管理的实施同样在效率提升中发挥了重要作用,借助物联网技术,设备状态能够被实时监测,潜在问题得以及时识别,维护计划也更加精准^[2]。基于数据的这种管理方式,不仅降低了维护成本还显著延长了设备的使用寿命,从而提升整体运营效率。推动技术创新与材料升级亦是提高效率的关键组成部分,引入更轻、更强的材料或采用高效的发电机与变频器,能够进一步优

化风机性能提高能量转化率。

4.3 智能运维与管理

智能运维与管理在风力发电设备的机电一体化中正变得日益重要,核心目标在于通过先进技术手段提高运维效率并减少运营成本。风电场已通过物联网(IoT)技术实现了对设备的实时监控,传感器所收集的运行数据,如振动、温度及风速信息能够被运维团队及时获取,确保设备状态随时可控并迅速识别潜在问题。当某一部件的温度异常升高被传感器监测到时,系统将自动生成警报提醒维护人员检查设备,这种即时反馈机制不仅减少了故障发生的可能性,还确保了设备的正常运行。历史数据被用于制定基于数据分析的维护策略,设备的性能趋势得以识别,从而实现更加精准的维护计划,通过这种预测性维护意外停机的风险显著降低,维护资源的分配也得到了优化^[3]。远程管理功能也包含在智能运维中,运维团队可以通过云平台在任何地点访问风电场数据,并据此进行分析与决策。管理者能够更迅速地响应问题,减少了现场维护需求,节省了大量时间和人力成本。通过集成平台,不同部门之间的信息共享与协同工作得以提升,实时更新的信息加强了决策的准确性与效率,这种协同作用不仅提高了整体运营效率,也进一步推动了风力发电设备的持续优化与改进。

5 结语

在风力发电设备的机电一体化创新应用中,智能控制系统、先进传感器技术、故障监测与诊断技术以及整体效率提升策略,被视为构成现代风力发电核心竞争力的关键因素,综合运用这些先进技术不仅发电效率显著提升,系统的可靠性与安全性也被大幅增强,同时维护成本也得到了有效降低。智能运维与管理的引入,使风电场的运营变得更加高效与灵活,从而为可再生能源的可持续发展提供了坚实的技术支持。随着技术的不断进步,未来的风力发电设备将更加智能化与高效化,进一步推动清洁能源的广泛应用并促进行业的转型升级。

【参考文献】

- [1]张吉福. 机电一体化在可再生能源设备中的创新应用[J]. 产业科技创新, 2024, 6(4): 8-11.
 - [2]顾慧. 机电一体化技术在新能源系统中的应用[J]. 集成电路应用, 2024, 41(6): 194-195.
 - [3]安海峰. 机电一体化技术在电力行业中的运用[J]. 设备管理与维修, 2020, 12(4): 31-32.
- 作者简介: 顾伊凡(1995.6—), 毕业院校: 辽宁石化职业技术学院, 所学专业: 机电一体化, 当前就业单位: 华电吉林大安风力发电有限公司, 职务: 副值班员, 职称级别: 助理工程师。

新能源汽车驱动电机控制器常见故障诊断分析——以比亚迪秦 EV 为例

赵立龙

佛山市顺德区均安职业技术学校, 广东 佛山 528300

[摘要]随着新能源汽车的快速发展,驱动电机控制器作为核心部件,其性能和可靠性直接影响整车的运行状态和用户体验。比亚迪秦 EV 作为市场上具有代表性的纯电动汽车,其驱动电机控制器在实际使用中暴露出了一些常见故障。此文旨在通过对比亚迪秦 EV 驱动电机控制器的详细分析,探讨其常见故障的分类、原因及诊断方法,以期对相关技术人员提供参考,提升故障处理效率和车辆可靠性。

[关键词]比亚迪秦 EV; 驱动电机控制器; 故障诊断; 故障分析; 新能源汽车

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14727

中图分类号: U472

文献标识码: A

Common Fault Diagnosis Analysis of New Energy Vehicle Drive Motor Controller - Taking BYD Qin EV as an Example

ZHAO Lilong

Jun'an Vocational & Technical School, Foshan, Guangdong, 528300, China

Abstract: With the rapid development of new energy vehicles, the performance and reliability of the drive motor controller, as a core component, directly affect the operating status and user experience of the entire vehicle. As a representative pure electric vehicle in the market, the BYD Qin EV's drive motor controller has exposed some common faults in practical use. This article aims to explore the classification, causes, and diagnostic methods of common faults in the BYD Qin EV drive motor controller through a detailed analysis, in order to provide reference for relevant technical personnel, improve fault handling efficiency, and vehicle reliability.

Keywords: BYD Qin EV; drive motor controller; fault diagnosis; fault analysis; new energy vehicles

1 新能源汽车驱动电机控制器的发展现状

在新能源汽车领域,驱动电机控制器是实现高效能转换和精准控制的核心部件。随着技术的不断进步,这一领域正经历着显著的发展和变革。比亚迪秦 EV 作为其中的佼佼者,其驱动电机控制器不仅代表了比亚迪在该领域的技术实力,也映射出整个行业的发展趋势。比亚迪秦 EV 的驱动电机控制器采用了高度集成化的设计,这种设计通过将电机、电控、变速器等关键部件进行一体化集成,实现了体积下降 30%,重量降低 25%,功率密度提升 20% 的显著进步。这种集成化设计不仅提升了整车的空间利用效率,还有助于提高车辆的性能和经济性。此外,比亚迪秦 EV 的驱动电机控制器还采用了先进的材料和技术。例如,比亚迪自主研发的 IGBT (绝缘栅双极型晶体管) 技术,这种技术是能源变换与传输的核心,控制着交流电和直流电的转换及高低电压的转换。通过这种技术,比亚迪不仅打破了国外厂商在该领域的垄断,还推动了国内新能源汽车行业的发展。在性能方面,比亚迪秦 EV 的驱动电机控制器展现出了卓越的效率和稳定性。得益于高性能稀土永磁同步电机的应用,该电机的最高转速可达 15000rpm,这在行业内是一个非常高的水准。高转速电机在输出功率相当的情况下,体积和重量远小于低转速电机,这使得比亚迪秦 EV 在动力输出和能效方面具有明显优势^[1]。

2 比亚迪秦 EV 驱动电机控制器概述

2.1 比亚迪秦 EV 驱动电机控制器的系统组成

比亚迪秦 EV 的驱动电机控制器是一个高度集成化的系统,它将驱动电机、电机控制器、减速器集成在一起,形成了一个紧凑的驱动三合一整体。这种设计优化了空间利用,减轻了重量,并提升了整体的能效和可靠性。驱动电机控制器的核心是绝缘栅双极型晶体管 (IGBT),它负责控制交流电和直流电的转换及高低电压的转换,是能源变换与传输的核心器件。比亚迪秦 EV 采用了自主研发的 IGBT 技术,这一技术的应用不仅提升了整车的性能,还降低了对外部供应商的依赖。此外,电机控制器还包括了冷却系统、功率器件、控制芯片等关键部件,共同确保了电机的高效运行和精准控制。

2.2 控制器的工作原理和功能

比亚迪秦 EV 的驱动电机控制器工作原理基于精确的电子控制,通过电机控制器中的 IGBT 等功率器件,精确调节电机的电流和电压,实现对电机转速和扭矩的控制。控制器接收来自车辆控制单元的指令,根据驾驶条件和电池状态,实时调整电机的工作状态,以提供最佳的动力输出和能效表现。此外,电机控制器还具备保护机制,能在检测到异常情况时迅速切断电源,保护电机和电池免受损害。这种智能化的控制不仅提升了驾驶性能,也确保了车辆的安全性和可靠性。

2.3 控制器与整车其他系统的交互

比亚迪秦 EV 的驱动电机控制器与整车其他系统通过

一套复杂的通信网络进行交互。它与电池管理系统(BMS)、整车控制器(VCU)以及电池包等关键部件紧密协作,通过CAN总线或其他通信协议,实现数据的实时交换和指令的快速传递。例如,在高压上电流程中,当驾驶员踩下制动踏板并按下启动按钮时,车身控制模块(BCM)会接收信号,并启动预充流程,随后电池管理控制器(BMC)控制电池包内部的接触器吸合,电机控制器则监测预充电压,并在达到一定水平后通知BMS完成预充,从而实现整车高压上电。这种高度的系统集成和交互确保了比亚迪秦EV在各种驾驶条件下的高效能和稳定性^[2]。

3 比亚迪秦EV驱动电机控制器常见故障分析

3.1 故障分类

比亚迪秦EV驱动电机控制器的故障可以从多个维度进行分类,以便于更系统地理解和诊断。以下是一些常见的故障分类方法,结合了实际维修案例和专业分析:电气连接问题:这是电机控制器故障中最常见的原因之一,包括松动的连接器、腐蚀的接触点、断裂的电缆等。这些问题通常会导致连接不良,影响电机控制器的正常工作。控制器内部软件问题:随着汽车电子化程度的提高,软件在电机控制器中扮演着越来越重要的角色。程序错误、更新不及时、配置错误等软件问题也可能导致电机控制器故障。高温环境下工作:电机控制器在高温环境下工作可能导致内部元件损坏,如控制器散热不良、环境温度过高、散热系统堵塞等。电压或电流异常:供电不稳定、电路短路、负载过大等问题可能导致电压或电流异常,进而影响电机控制器的正常工作。硬件损坏:电机控制器内部的硬件损坏,如电路板损坏、连接器腐蚀、功率器件故障等,也是导致故障的常见原因。过热保护:冷却系统不足、散热器堵塞、风扇故障等问题可能导致电机控制器过热,触发保护机制,从而引发故障。传感器故障:电机控制器依赖于各种传感器来监测和控制电机的运行状态。位置传感器、温度传感器、速度传感器等传感器的故障也可能导致电机控制器出现问题^[3]。

3.2 常见故障案例分析

3.2.1 充电连接指示灯常亮故障

比亚迪秦EV的充电连接指示灯常亮故障通常涉及到多个潜在的原因。首先,这可能是由于组合仪表本身存在故障,或者是电池管理器、车载充电器本身的问题。除此之外,相关线路的故障也是导致这一问题的重要原因之一。例如,根据文献中的案例分析,充电连接指示灯常亮可能是由于交流充电控制电路中的某个环节出现故障。在充电过程中,如果检测点的电压没有按照预设的电路原理变化,或者充电枪与车辆插座的连接状态没有被正确识别,都可能导致充电连接指示灯常亮。此外,如果车载充电器完成自检且没有发现故障,但电池组并未处于可充电状态,车辆控制装置可能无法正确控制接触器的闭合,从而影响充电指示灯的状态。因此,对于这一故障的诊断,需要对电控原理有深入的理解,并进行细致的电路检查^[4]。

3.2.2 驱动电机控制系统故障维修

驱动电机控制系统的故障维修涉及到对比亚迪秦EV电机控制器的深入分析。电机控制器是新能源汽车中的核心部件之一,负责精确控制电机的转速和扭矩,以提供最佳的动力输出。根据文献中的描述,比亚迪秦EV的电机控制器与多个高压组件协同工作,包括加热器、压缩机、充电电和动力电池。在维修过程中,首先需要通过故障码来初步判断故障原因,可能涉及到VCU模块、加速踏板传感器、电池管理系统等。例如,如果故障码指向VCU模块,可能需要检查与之相关的线路或更换VCU模块本身。若故障与加速踏板传感器有关,则可能需要更换传感器或修复相关线路。对于电池管理系统的故障,可能需要检查电池包内部的接触器状态或高压线路的绝缘情况。每一次维修都需要根据故障现象和控制逻辑,采取相应的检测和维修措施,以确保电机控制器能够恢复正常工作,从而保障车辆的动力输出^[5]。

3.2.3 慢充系统故障诊断

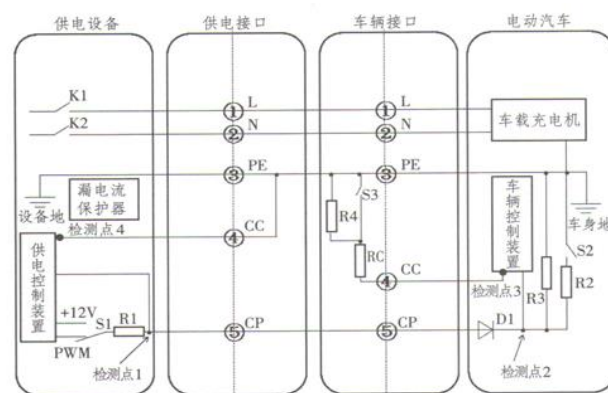


图1 充电连接电路图

如图1所示,比亚迪秦EV的慢充系统故障诊断是一个涉及多个环节的复杂过程。慢充系统主要由车辆插座、车载充电机、高压配电箱、动力电池、电池管理单元等部件构成,还包括充电枪及其控制线路等辅助部件。故障可能发生在任何一个环节,因此需要系统地进行排查。首先,慢充系统的故障可能与充电枪控制单元有关,该单元负责控制充电过程中的接触器K1和K2,以及常开开关S2。如果这些部件出现故障,可能会导致充电过程无法启动或中断。例如,如果接触器K1或K2无法正常闭合,慢充系统交流供电电路将无法导通,导致无法充电。其次,车辆控制装置在确认车辆接口连接完成后,会通过P-CAN总线唤醒激活电池管理单元(BMS)、整车控制器(VCU)、电机控制器(MCU)等进行自检、绝缘检测、互锁检测等。如果在这些检测中发现异常,如绝缘不良或高压互锁故障,也会使得慢充系统无法正常工作。此外,慢充系统的故障还可能与充电连接信号线有关。如果充电枪的CC信号线出现开路,车辆控制装置将无法确认车辆插头与车辆插座是否完全连接,从而导致充电连接指示灯无法点亮,充电过程无法开始。在实际的故障诊断中,技术人员需要根据故障现象,结

合慢充系统的控制原理,逐一排查可能的故障点。例如,通过测量充电枪的CC和CP信号线对PE口的电压,可以判断充电枪的信号线路是否完好。如果发现电压异常,可能需要进一步检查充电枪的供电插头、充电线缆或车辆插座的状态。

3.3 故障原因和机理分析

通过对故障现象的细致观察和系统的诊断流程,我们可以深入理解故障背后的技术原因。首先,故障可能源自电气连接问题,如接触不良或线路损坏,这些问题可能引起电机控制器与外部系统的通信中断,影响控制器的正常功能。例如,低压无法上电故障可能与组合仪表线路、车门锁后备箱锁控制单元供电、车载网络通讯线路等相关。其次,软件问题也不容忽视。电机控制器依赖复杂的软件算法来实现精确控制,软件缺陷或配置错误可能导致控制系统失效。这类问题通常需要通过更新固件或重新配置软件来解决。温度管理对电机控制器至关重要。电机控制器在高温环境下工作可能导致内部元件损坏,如控制器散热不良、环境温度过高或散热系统堵塞,都可能引起故障。因此,冷却系统的维护和优化是保证电机控制器正常工作的关键。此外,电压或电流异常也是常见故障原因之一。供电不稳定、电路短路或负载过大等问题可能导致电压或电流异常,进而影响电机控制器的正常工作。这类问题需要通过检查电源系统和相关电路来解决。硬件损坏,如电路板损坏、连接器腐蚀、功率器件故障等,也是导致故障的常见原因。这类故障通常需要更换损坏的硬件部件。过热保护机制的故障也不容忽视。如果冷却系统不足、散热器堵塞或风扇故障,可能导致电机控制器过热,触发保护机制,从而引发故障。因此,确保冷却系统的正常运作对于维护电机控制器的性能至关重要。最后,传感器故障也可能导致电机控制器出现问题。电机控制器依赖于各种传感器来监测和控制电机的运行状态。位置传感器、温度传感器、速度传感器等传感器的故障也可能导致电机控制器无法正常工作。

通过对比比亚迪秦EV驱动电机控制器的故障原因和机理进行深入分析,我们可以更有效地诊断和修复故障,确保新能源汽车的可靠性和安全性。

4 故障诊断方法和技术

4.1 传统诊断方法

传统诊断方法通常依靠技术人员的经验和直觉,结合一系列的检测工具和仪器进行故障分析。这些方法可能包括直观检查、听觉诊断、触摸感知温度变化、嗅闻异常气味等感官手段,以及使用万用表检测电压和电流、示波器分析信号波形等技术手段。例如,在汽车领域,传统方法可能涉及使用解码器读取故障码,或通过倾听用户反馈进行外观检查和逐步排查。这些方法虽然依赖人工操作,但在某些情况下仍能有效地诊断和解决问题。

4.2 现代诊断技术

现代诊断技术则大量依赖于先进的电子和信息技术,

如车载诊断系统(OBD)、传感器网络、大数据分析和人工智能算法。这些技术可以实现对车辆状态的实时监控,通过分析收集到的数据来预测和诊断潜在的故障。例如,基于深度迁移学习的故障诊断方法能够通过机器学习算法,快速准确地识别故障模式,提高诊断的效率和准确性。此外,智慧变电站利用物联网、大数据、人工智能等技术,实现对设备的实时监控、故障诊断与预测,具有实时性、准确性、自动化和综合性等特点。

4.3 故障诊断流程和策略

故障诊断流程和策略是指系统化的步骤和方法,用于识别、定位和解决故障。这通常从初步的症状识别开始,通过一系列的检测、分析和测试,逐步缩小故障范围,直至找到根本原因。策略可能包括故障树分析、故障模式和影响分析(FMEA)、原因分析等。在实施诊断时,技术人员会根据故障现象和系统知识,选择合适的诊断方法和工具,制定出合理的诊断计划。例如,在电力系统中,短路分析与故障诊断方法研究包括对短路故障的定义、分类以及短路分析方法的探讨,这些方法对于保证电力系统安全稳定运行至关重要。故障诊断策略的选择往往取决于故障的复杂性、系统的安全性要求以及可用资源。

5 结语

通过对比比亚迪秦EV驱动电机控制器的系统组成、工作原理及其与整车其他系统的交互关系的详细分析,本文总结了驱动电机控制器的常见故障类型及其原因,并结合实际案例进行了深入剖析。传统和现代的故障诊断方法各有优劣,结合具体实例展示的故障诊断过程,为新能源汽车驱动电机控制器的故障诊断提供了有力的理论和实践支持。未来,随着技术的不断进步,驱动电机控制器的故障诊断方法将更加智能化和高效化,进一步提升新能源汽车的可靠性和用户体验。

[参考文献]

- [1]周承宇,王勇,杨盛来.新能源汽车电控系统故障诊断技术综述[J].汽车工业研究,2019,41(7):870-874.
- [2]赵枫,秦飞,马黎明.新能源汽车电控系统故障维修技术研究[J].机械管理开发,2020,33(6):21-24.
- [3]林华.新能源汽车电控系统故障维修策略分析[J].省能源,2020,44(9):125-127.
- [4]姚明泉,陈壮,徐利升.新能源汽车电控系统组成及故障管理技术[J].农机使用与维修,2023(9):118-120.
- [5]李宏伟.新能源汽车技术原理与维修(10)——纯电动汽车驱动电机系统(下)[J].汽车与驾驶维修(维修版),2017,23(1):34-37.

作者简介:赵立龙(1979.12—),毕业学校:天津工程技术师范大学,所学专业:汽车维修工程教育,当前工作单位:佛山市顺德区均安职业技术学校,职务:教师,职称级别:汽车运用与维修讲师。

智能变电站二次系统设计方法研究

孙林女

宁夏先科电力设计咨询有限公司, 宁夏 银川 750000

[摘要] 在经济的发展, 国民对电的使用越来越依赖的情况下, 变电站的发展打开了新的篇章。自动化技术、电力电子技术以及计算机网络通信技术的发展为变电站提供了各种各样的技术支持, 电力系统更加复杂化。文中对智能变电站二次系统设计方法进行分析研究。希望为变电站二次系统的设计方法提供有效的参考。

[关键词] 智能变电站; 二次系统; 设计方法

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14708

中图分类号: TM63

文献标识码: A

Research on the Design Method of Secondary System for Intelligent Substation

SUN Linnyu

Ningxia Xianke Electric Power Design Consulting Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750000, China

Abstract: With the development of the economy and the increasing dependence of the people on electricity, the development of substations has opened a new chapter. The development of automation technology, power electronics technology, and computer network communication technology has provided various technical support for substations, making the power system more complex. The article analyzes and studies the design method of the secondary system of intelligent substations, so as to provide effective references for the design methods of secondary systems in substations.

Keywords: intelligent substation; secondary system; design method

引言

随着电力系统智能化的不断推进, 智能变电站已成为现代电网不可或缺的一部分, 承担着提升电网自动化水平、优化能源配置与确保电力安全的关键任务。通过实时监控、数据采集、故障诊断与自动控制, 智能变电站不仅能够优化电网运行效率, 还能增强其稳定性。此外, 智能化决策与动态调度的引入, 进一步提升了电网的管理与运行能力。作为智能变电站的核心支撑系统, 二次系统执行着诸如保护、控制、监测、通信、计量等多项功能, 确保变电站高效、安全与智能化的运营。然而, 随着电力需求的持续增长、能源结构的变化以及电网规模的扩展, 二次系统面临更加复杂的技术挑战。在保障电网安全的前提下, 如何提升二次系统的集成度、智能化水平与自动化能力, 已成为变电站建设与改造中的关键问题。鉴于此, 本文将对智能变电站二次系统的设计方法进行深入探讨, 重点研究如何通过优化配置、系统集成与智能算法的应用, 提升二次系统的性能与可靠性。通过对保护、通信、计量等各子模块的设计与优化进行分析, 本文旨在为智能变电站的建设与升级提供理论依据与实践指导, 从而推动智能电网的发展, 并满足日益复杂的电力系统需求。

1 二次系统在智能变电站中的作用

二次系统在智能变电站中发挥着至关重要的作用, 负责精确地管理与协调变电站的保护、控制、监测、计量及通信等功能。作为变电站的核心组成部分, 二次系统不仅能够实时监控设备状态, 还能在出现异常时及时进行诊断

与处理, 从而确保变电站的安全与稳定运行。通过高度集成的二次系统, 智能变电站实现了设备的远程监控与自动化控制, 进而使电力系统的运行更加高效与灵活。在故障发生时, 通过精准的保护配置, 电路能够迅速被切断, 从而避免事故蔓延并保护设备安全; 通信系统则保证了变电站与外部设备、调度中心之间的数据能够实时交换, 增强了信息传输的可靠性与时效性。电能的精确计量与数据采集由计量系统负责, 为电力调度与管理提供了重要的依据。更重要的是, 二次系统的智能化设计赋予了其高度自适应的能力, 使其能够根据实时运行状态调整控制策略, 进而优化资源配置, 提升变电站的运行效率与智能化水平。随着物联网、大数据与人工智能等新兴技术的引入, 智能变电站的二次系统正在朝着更加自主、智能与网络化的方向发展, 推动电力系统自动化与智能化水平的进一步提升, 助力电力行业的现代化进程。由此可见, 二次系统不仅是智能变电站中设备运行与保护的基础, 更是确保电力系统安全、稳定与高效运行的关键所在。

2 智能变电站二次系统配置方案

2.1 保护配置

保护配置在智能变电站二次系统设计中占据核心地位, 其主要职责是确保在发生故障或异常时, 能够迅速、准确地定位问题并采取有效的保护措施, 从而最大限度地降低设备损坏及系统停运的风险。在智能变电站中, 保护配置不仅包括传统的继电保护装置, 还结合了更多现代化技术与智能设备, 旨在提升系统的响应速度与保护精度。

依托数字化与智能化设备，现代保护配置通过实时监测、数据采集与智能分析技术，实现了变电站自动化系统与保护装置的深入集成，使得故障发生时能够快速诊断与处理。智能保护装置通过实时监控电流、电压、频率等多个参数，在异常波动的瞬间做出反应，并借助数字信号处理技术精确控制保护动作。除了传统的过流、过压保护外，智能变电站还采用了差动保护、远动保护、距离保护等多种先进保护方案，这些方案不仅能够有效隔离故障，防止电力设备受损，还具备系统自愈的能力^[1]。利用远程通信技术，保护装置将故障信息实时传输至调度中心，从而帮助调度人员及时作出决策并指挥处置。智能化的保护配置还具备自学习、自诊断与自优化能力，能够根据变电站的实际运行状况自动调整保护参数，以适应不同的运行环境与负荷变化，显著提升了系统的可靠性与灵活性。

2.2 通信配置

通信配置在智能变电站二次系统中扮演着至关重要的角色，负责保障变电站内各设备、系统及外部控制中心之间的实时数据传输与信息交互。随着智能化技术的不断发展，变电站的通信系统已不再仅限于传统的遥控遥测功能，而是演变为一个集监控、管理、调度、保护等多项功能于一体的综合通信平台。现代智能变电站的通信配置通常采用以太网、光纤通信、无线通信等多种技术的结合，以满足高速率、长距离与高可靠性的传输要求。借助这些先进通信技术，变电站能够实现设备间、设备与监控系统，以及设备与调度中心之间的实时互联，从而为数据的实时采集、处理与控制提供坚实保障。尤其在智能设备日益增多的背景下，通信网络不仅需要支持大规模数据的传输，还需确保数据传输的安全性与可靠性。为应对这一需求，智能变电站的通信配置通常采用冗余设计与自愈功能，确保在通信链路故障或数据丢失时，系统能够迅速恢复，保障其连续性与稳定性。除此之外，通信系统还承担着对设备状态的监测、报警信息的传输以及远程指令的下达等重要任务，确保在故障发生时，变电站能够及时采取有效应急措施，防止事故扩大。随着智能变电站向更高层次的自动化与智能化发展，未来的通信配置将更加注重网络的自适应性与智能化水平。结合大数据分析、云计算等技术，通信系统将进行全面优化与动态调整，从而提升电力系统的整体智能化水平及应急响应能力。

2.3 计量配置

计量配置在智能变电站二次系统中起着关键作用，作为实现电能精确监测与数据采集的核心环节，其主要职责为实时测量与记录变电站内的电流、电压、功率等重要电气参数，从而为电力系统的调度、管理与运行提供精确的数据支持。随着电力系统自动化水平的不断提升，传统的电能计量已经不能满足需求，取而代之的是一个全面的系统，涵盖了多参数测量与多维度数据采集，包括电压、电流、频率、功率因数、负荷变化等信息的监控。这些数据

不仅用于电能消耗的计算及电量结算，更能够反映电力设备的运行状态，为设备的运行与维护提供重要依据。在智能变电站中，数字化计量仪表通常被用于计量系统，结合先进的通信技术，与变电站自动化系统深度连接，从而实现数据的远程采集与实时传输。这些计量设备具有高精度、强可靠性及良好的抗干扰能力，确保即便在复杂的运行环境中，也能进行精准计量^[2]。除了传统的计量功能，计量配置与其他系统（如保护系统、控制系统）紧密集成，形成一个高度协同的智能平台。计量数据不仅为电能消耗的实时监控提供支持，还为故障诊断、设备保护以及电力调度提供了至关重要的信息依据。在出现异常数据时，计量系统能够及时发出警报，并将故障信息传输至调度中心，使得故障源能够快速定位并进行处理。此外，智能变电站的计量系统还具备智能分析能力，通过结合历史数据与实时数据，进行负荷预测、设备健康评估及能效优化，为变电站的管理与运营提供数据支撑。这一能力的引入，不仅提升了电网的运行效率，更加强了系统的安全性与可靠性。

3 智能变电站进行二次系统的优化设计

3.1 站用电源系统整合

站用电源系统的整合，在智能变电站二次系统优化设计中占据着至关重要的位置，其核心目标是提升电力系统的可靠性、稳定性与经济性。传统变电站的站用电源通常由独立设备与多条供电线路组成，而这种结构在实际运行中，常常会遇到负荷分配不均、供电冗余不足及故障响应延迟等一系列问题。随着智能化技术的引入，智能变电站对站用电源系统的要求，不仅限于确保电力供应的稳定与可靠，还需具备高效的能源管理能力及故障自愈功能。通过合理集成与优化配置变电站内部的多种电源设备（包括主电源、备用电源、蓄电池及应急电源），能够在不同负荷与运行状态下，实现电源的动态分配与切换，从而确保在正常运行或突发事件发生时，变电站仍能获得充足的电力供应。智能变电站中的站用电源系统，通常采用先进的自动化控制技术，通过电源监控系统，实时采集电源运行状态，分析电源的供电质量与负荷需求，自动切换不同电源，最大限度地避免因单一电源故障而引起的供电中断。此外，智能电网技术的应用，能够使站用电源系统与外部电网实时互联，进一步提升了电源系统的可靠性与保障能力^[3]。蓄电池组的优化管理，在整合过程中同样不可忽视，它确保了在突发停电等紧急情况下，能够迅速响应，提供足够的备用电力，从而保障变电站的持续稳定运行。

3.2 对状态监测系统进行配置优化

状态监测系统的配置优化，是智能变电站二次系统设计中的一个关键环节，其主要目标在于通过实时监控与智能分析，提升变电站设备的运行效率与可靠性。传统的状态监测系统，通常依赖单一的传感器或设备，进行设备状态的简单监测，未能全面、及时地反映设备的健康状况及潜在风险。随着智能技术的快速发展，智能变电站的状态

监测系统,不仅需要采集多维度、层次化的数据,还要求实现对设备全生命周期的动态监控。在优化设计过程中,状态监测系统应通过整合先进的传感器技术,实时采集设备运行中的电气参数、温度、振动、压力等关键数据。与此同时,智能算法被用于对这些数据的处理与分析,从而实现对设备健康状态的实时评估。潜在问题,借助智能诊断与故障预测,能够提前发现,避免因设备故障导致的停运或重大事故的发生。优化后的状态监测系统,通常具备自学习与自适应能力,能够根据设备的历史数据及实时运行环境,调整监测参数,优化数据采集频率与分析策略,确保监测系统的高效与精准。此外,监测数据与变电站控制系统及维护系统的深度集成,能够实现故障预警、智能决策与远程运维,从而显著提升变电站的智能化水平。更为重要的是,优化后的系统具备更强的数据挖掘能力,通过深入分析大数据,能够识别设备运行中的规律与趋势,进而为设备管理、维护决策及能效优化提供可靠的数据支持。

3.3 合并单元和智能终端整合

合并单元与智能终端的整合,作为智能变电站二次系统优化设计中的关键环节,旨在通过技术集成与智能化手段,提高变电站的自动化水平,优化设备运行效率,同时增强系统的灵活性与可靠性。在传统的变电站中,合并单元(RTU)与智能终端(IED)通常各自独立配置,承担着不同的监控与控制任务。合并单元主要负责数据采集、传输及远程控制,而智能终端则执行保护、测量、自动控制等功能。然而,随着智能变电站对设备智能化与互联互通的要求不断提高,单独配置的合并单元与智能终端,已无法满足复杂环境下对实时数据处理与协调控制的高标准要求。在此背景下,合并单元与智能终端的整合,成为提升系统性能、优化管理的有效途径。通过无缝集成这两者,硬件配置不仅能够简化,设备数量也能减少,从而实现多功能的高度集成,使变电站二次系统变得更加紧凑高效。整合后的系统,借助共享数据与协同工作,能够显著提高信息传输的实时性与准确性,同时增强故障检测与响应能力。智能终端所具备的智能化特性,也大大提升了系统的自适应能力与智能决策水平。异常或故障发生时,系统能够自动识别问题并作出最优调整,避免人为干预或错误。通过集成化设计,合并单元与智能终端的协同作用,有效实现了数据的快速处理与分析,帮助变电站在实时监控、保护控制与故障诊断等方面实现了高度自动化与智能化,从而进一步提高了系统的整体效率与安全性。

4 智能变电站二次系统设计的未来发展趋势

智能变电站二次系统的未来发展,必将聚焦于智能化、集成化及自适应能力的提升,推动电力系统向更高效、可靠与灵活的方向迈进。随着信息技术、人工智能、大数据、云计算等先进技术的不断进步,二次系统将实现更深层次的智能化与自动化,具备自我诊断、优化决策及控制的能

力。未来,设备的高度集成,将进一步推动智能变电站的发展,传统的分散式设备将逐步被集成化、模块化的智能终端所替代。此举不仅能够简化设备布局,还将显著提高设备之间的数据交换与协同效率。在此过程中,变电站中的各子系统,如保护、监控、通信及计量,将通过更加高效的网络连接,形成紧密集成的体系,进一步发挥信息共享与协同优化的作用。人工智能技术的引入,将使智能变电站能够实现更精确的预测与自学习功能。基于历史运行数据与实时采集的信息,智能系统能够深入分析设备状态、负荷波动及故障风险,从而为电力系统的调度与管理提供更为精准的决策支持。在故障诊断与设备维护方面,人工智能的应用也将发挥重要作用^[4]。故障源能够被智能算法自动识别,运行模式迅速调整,从而提升系统的自愈能力与响应速度。安全性,将成为智能变电站二次系统未来发展的一个重要方面。随着网络安全威胁的日益增加,系统的安全防护、数据加密及身份认证等措施,将得到更为严格的强化,确保变电站在面临网络攻击时依然能够稳定运行。此外,随着电动汽车、可再生能源及分布式能源接入量的不断增加,智能变电站的柔性调度能力与优化管理能力,也将进一步提升,以支持更加复杂的电网架构与多样化的电力供应需求。

5 结语

智能变电站二次系统,在提升电网自动化、智能化与安全性方面,具有至关重要的作用。通过对保护、通信、计量等模块的精心设计与优化,变电站的运行效率、可靠性以及应对突发事件的能力,得以显著提高,从而推动电力系统向更加智能化与数字化的方向发展。本文深入探讨了智能变电站二次系统的设计方法,提出了相应的优化方案,为智能变电站的建设与改造,提供了宝贵的理论支持。随着信息技术、人工智能、大数据等技术的不断演进,智能变电站的二次系统,将持续发展,朝着更加集成与智能化的方向迈进。此趋势将使变电站具备更高的效率、更强的安全性与灵活性,更好地应对未来电网日益复杂的需求。

【参考文献】

- [1]刘芳.智能变电站二次系统的优化设计[J].电子技术与软件工程,2017(12):239.
 - [2]修黎明,高湛军,黄德斌,等.智能变电站二次系统设计方法研究[J].电力系统保护与控制,2012,40(22):124-128.
 - [3]黄兰芝.智能变电站二次系统设计方法研究[J].科技风,2015(8):49.
 - [4]仪荣,贾光波.智能变电站二次系统设计及试验技术[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2012(12):214-215.
- 作者简介:孙林女(1985.10—),毕业院校:西安交通大学,所学专业:电气工程,当前就职单位:宁夏先科电力设计咨询有限公司,职务:专业工程师,职称级别:中级。

人工智能在数控加工中的应用

刘新 王琦

中智沈阳经济技术合作有限公司, 辽宁 沈阳 110000

[摘要]随着科技的快速发展,人工智能(AI)已经逐渐渗透到各个领域,包括数控加工。数控加工是现代制造业的核心部分,其效率和精度直接影响到产品的质量和生产成本。人工智能的应用为数控加工带来了革命性的变化,可大大提高加工的效率和精度。此文从人工智能在数控加工中的具体应用,面临的挑战以及前景进行讨论。

[关键词]人工智能; 数控加工; 应用

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14704

中图分类号: TP18

文献标识码: A

Application of Artificial Intelligence in Numerical Control Machining

LIU Xin, WANG Qi

Zhongzhi Shenyang Economic and Technological Cooperation Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110000, China

Abstract: With the rapid development of technology, artificial intelligence (AI) has gradually penetrated into various fields, including numerical control machining. Numerical control machining is the core part of modern manufacturing industry, and its efficiency and accuracy directly affect the quality and production cost of products. The application of artificial intelligence has brought revolutionary changes to numerical control machining, greatly improving the efficiency and accuracy of machining. This article discusses the specific applications, challenges, and prospects of artificial intelligence in numerical control machining.

Keywords: artificial intelligence; numerical control machining; application

引言

随着制造业不断向智能化与数字化方向转型,人工智能(AI)技术在数控加工中的应用日益成为推动产业升级的重要引擎。传统的数控加工,尽管能够实现一定的自动化,但仍依赖于人工操作与经验积累,在精度控制、生产效率及刀具管理等方面面临诸多挑战。通过机器学习、大数据分析及深度学习等先进技术,人工智能能够实时监控加工数据,调整加工参数并优化工艺规划,从而显著提升加工精度与效率,减少人工干预与人为错误的风险。设备故障的自动识别与诊断,不仅可以借助AI技术实现,刀具管理、加工误差检测及工艺优化等环节也可以得到智能化支持,增强了生产线的稳定性与生产力。随着相关技术的不断进步,人工智能在数控加工中的应用潜力巨大,预计将为制造业带来更高的自动化水平、更低的成本及更优的产品质量,推动全球制造业朝智能化方向发展。

1 人工智能在数控加工中的优势

1.1 精确度高

人工智能在数控加工中的应用极大地提升了加工精度。传统的数控加工,虽然依赖于操作人员的经验与技术水平,但人工智能则通过高精度的算法与数据分析,实现了对加工过程中微小变化的实时监控与精确控制。借助深度学习与模式识别技术,细微误差能够被自动检测,且加工参数会及时被调整,从而避免了人为因素导致的偏差。加工件的质量得到了提高,返工率得到了减少,而对高精度、高

复杂度零件的加工需求,尤其在航空航天、精密仪器等领域,也得到了满足,人工智能的优势由此得以充分展现。此外,工具的磨损状况可被预测,从而确保了加工精度在整个生产周期内的稳定维持,显著提升了生产效率与加工稳定性。

1.2 及时纠错

人工智能在数控加工中的及时纠错能力显著增强了生产过程的稳定性与效率。在传统的数控加工中,误差通常依赖人工检查与调整,这不仅延长了检测时间,增加了人工成本,还容易导致错误的积累与加工质量的不稳定。与此不同,人工智能通过实时监控加工过程,结合传感器与数据采集系统,持续获取工件加工状态与各项参数。借助先进的数据分析与算法,加工过程中的异常情况,如工具磨损、工件变形、温度波动等,能够被迅速识别,并在极短时间内进行调整。人工干预的需求显著减少,确保了加工过程的精度与稳定性。举例来说,数控机床中的人工智能系统,能够根据实时数据自动调整刀具路径、进给速度等关键参数,确保加工误差控制在可接受范围内,从而提升了生产效率,缩短了加工周期,并大幅降低了因误差导致的废品与返工率。

1.3 保障系统平稳运行

人工智能在数控加工中的应用有效保障了系统的平稳运行,特别是在复杂和高精度加工环境中,展现了显著的优势。传统数控系统,依赖静态程序设置与定期人工维护,难以应对加工环境的快速变化及突发状况。相比之下,人工智能通过深度学习、数据分析及智能算法,实现了系

统的动态优化与自我调整,确保了加工过程的稳定性与持续性。通过实时监控,设备的各项运行指标,如电机负载、温度变化、振动状态等,能够被持续跟踪,并通过分析与预测潜在的故障风险,提前发出预警或自动调整系统参数,从而避免了因设备故障或外部环境变化导致的加工中断或精度下降。例如,加工过程中的切削力、切削速度及进给率,能够自动调节,并优化加工路径,有效减缓了机床磨损,延长了设备使用寿命,减少了故障发生率^[1]。这种智能化管理,不仅降低了设备故障带来的停机时间,还能确保加工系统在长时间运行中的稳定性,从而提升了生产效率与产品质量。

2 人工智能在数控加工中的具体应用

2.1 智能识别与定位

在数控加工中,智能识别与定位技术的应用已成为提升加工精度与生产效率的关键因素之一。传统的数控加工,依赖人工或简易机械手段进行工件定位,这种方式不仅费时,而且容易受到人为因素或设备误差的影响,导致加工不精确。与此不同,人工智能,尤其是在结合机器视觉、深度学习及图像处理技术后,能够以高度自动化的方式实现精确的识别与定位,从而大大提高了加工过程的智能化水平。通过高分辨率相机与激光扫描仪等传感设备,工件的外观数据能够被实时采集,且图像识别算法将精确分析工件的几何形状、尺寸及表面特征。基于这些数据,AI系统能够自动判断工件的相对位置、姿态及形变,并迅速根据预设的加工程序调整数控机床的位置与路径,确保工件在加工过程中始终保持精确定位。此过程中,复杂工件形态能够被快速响应,且误差将实时被检测与调整,确保每个加工环节都维持在最佳状态。在复杂的多轴加工中,智能识别与定位技术通过实时监控工件变化,自动纠正偏差,从而避免了传统方法中可能产生的误差积累,确保了高精度零件的加工要求得到满足。此外,工件的材料特性及加工要求也能被人工智能根据情况灵活地选择最合适的定位方式与工具路径,从而提高加工效率,缩短生产周期,减少了资源浪费。

2.2 工艺规划与执行

在数控加工中,人工智能在工艺规划与执行中的应用显著提升了加工过程的智能化与自动化程度。传统的工艺规划,依赖工程师的经验与手动操作,不仅耗时,而且容易受到人为因素的影响,导致工艺方案不合理或无法应对复杂加工需求。相比之下,人工智能通过大数据分析、机器学习及优化算法,能够基于产品设计图纸、材料特性、加工设备及加工要求,自动生成最优的工艺方案。利用对历史加工数据与现有设备性能的深度学习,AI系统能够分析不同加工方式对加工质量、时间及成本的影响,自动选择最合适的刀具、切削参数、进给速度及切削路径,从而实现工艺规划的优化。这一过程,不仅提高了加工效率,也有效减少了资源浪费。进入工艺执行阶段后,加工过程中的各项关键参数,如温度、压力、切削力等,能够被人工智能实时监控,

且自动调整那些可能导致工艺不稳定的因素,确保加工过程的顺利进行。通过与数控系统的紧密集成,工艺规划与实际执行得以无缝对接,确保了理论与实践的高度一致。

2.3 刀具的智能选择

在数控加工中,刀具的选择对加工效率、质量及成本控制起着至关重要的作用。传统的刀具选择方法,依赖操作员的经验及手动计算,在面对复杂的加工工艺与变化多样的材料特性时,常常难以确保最佳加工效果。引入人工智能后,情况发生了根本改变。通过机器学习、数据分析及优化算法,AI系统能够根据工件的材料、几何形状、加工要求及切削条件,自动选择最适合的刀具类型与规格。大量历史加工数据与刀具性能数据通过人工智能进行分析,使得AI系统能够学习不同刀具在特定加工环境中的表现,如耐磨性、切削力与热稳定性等,从而预测刀具在当前任务中的实际表现,确保刀具的精准选择。此外,加工过程中的关键数据,如切削力、温度与振动等,将被AI系统实时监测,刀具状态的动态评估能够及时发现磨损或损坏的迹象,且刀具使用策略将被自动调整,甚至提出刀具更换建议^[2]。这一智能化过程,不仅延长了刀具的使用寿命,减少了不必要的浪费,还有效避免了刀具选择不当带来的加工误差或工件质量问题。

2.4 智能化编程

智能化编程在数控加工中的应用,是推动制造业向自动化与精密化发展的关键技术之一。传统的数控编程,依赖工程师根据工件图纸手动设置加工路径、刀具选择、进给速度等参数,这一过程不仅繁琐,还容易受到人为因素的影响,特别是在处理复杂工件时,编程的效率与精度难以保证。引入人工智能后,数控编程实现了自动化与智能化,显著提升了编程效率与准确性。通过对大量历史加工数据、工艺要求以及设备性能的深度学习,AI系统能够自动生成最优的加工路径与工艺参数,从而减少了人工干预和误差的发生。具体而言,智能编程系统,依据工件的几何形状、材料特性与表面要求等信息,能够自动识别加工难点,生成相应的加工策略,如优化刀具路径、减少加工时间及提高切削效率等。实时反馈的数据,还可使系统动态优化编程内容,确保加工过程的精度与稳定性。例如,在复杂的三维曲面加工中,工件细节能够通过计算机视觉与图像处理技术被精确识别,五轴加工路径将被AI自动生成,从而大大简化了传统编程中需要人工干预的步骤。

2.5 加工过程智能监控

在数控加工中,加工过程的智能监控是人工智能应用的核心环节之一,它显著提升了自动化程度和精确控制能力。传统数控加工的工艺监控,主要依赖人工观察与定期检查,这种方式不仅容易导致响应迟缓、误差积累,还缺乏实时反馈。与之不同,人工智能通过与传感器、数据采集设备及智能算法的紧密结合,实现了对加工过程中的关键参数的实时监控与分析。各种数据,包括切削力、温度、

振动、刀具状态以及加工精度等，能够持续被 AI 系统采集，结合机器学习技术进行深度分析，及时识别加工过程中可能出现的异常或潜在风险，如刀具磨损、切削力波动或工件形变等。更为关键的是，异常一旦被检测到，立即的措施将由人工智能采取，如自动调整加工参数、改变进给速度或建议停机，以防止加工质量问题或设备损坏的发生。通过这种智能化监控，由设备故障或人为失误引起的生产中断得以有效避免，确保了每个加工环节能够在最佳状态下进行，从而大幅提高了加工的稳定性与精度。

2.6 误差检测

误差检测在数控加工中是人工智能应用的关键之一，通过智能技术，显著提高了加工精度及质量控制水平。传统的误差检测方法，通常依赖人工测量或简易的视觉检测系统，这种方式不仅费时，而且容易受到人为因素的干扰，导致检测结果的准确性和时效性无法得到保障。与此不同，人工智能，结合高精度传感器、激光扫描、图像识别及数据分析技术，能够在加工过程中实时监测并精准识别微小的加工误差。工件的三维坐标数据，能够自动被 AI 系统采集，并与设计图纸中的理想尺寸进行对比，实时计算误差并进行源头分析。当误差超出设定的容差范围时，警报会被系统立刻发出，或加工参数会自动调整，甚至刀具路径也会优化，以及时纠正加工中的偏差。这一过程，大幅提升了误差检测的精度，避免了人工检测可能出现的延迟与遗漏。此外，深度学习技术，还能被人工智能用来从历史加工数据中提取规律，预测潜在的误差类型及其发生时机，从而实现提前预警与智能调整，确保加工精度的稳定性。

2.7 智能故障诊断与预防

智能故障诊断与预防是人工智能在数控加工中的重要应用，显著提高了设备的可靠性及生产效率。传统的故障诊断，通常依赖人工检查或简易的排除流程，这往往难以及时且准确地识别潜在问题，进而可能导致生产中断或设备损坏。而通过人工智能的应用，结合传感器、数据采集系统与机器学习技术，机床的运行状态能够被实时监控，对各项关键参数进行动态分析，例如电机负载、温度变化、振动频率等。深度学习与模式识别，通过 AI 系统的运用，能够发现设备运行中的异常迹象，甚至提前预测潜在故障^[3]。刀具磨损、机械部件的疲劳程度或系统异常状态，能被 AI 系统分析，及时诊断设备问题，甚至预估故障的发生时机，提前发出预警。这一举措，不仅有效避免了突发停机，还为维修提供了有效的指导，帮助工程师迅速定位问题，减少了维修时间与成本。此外，智能故障预防，通过与数控系统的结合，可在故障发生前自动调整加工参数或停止加工，从而防止设备故障进一步恶化或影响加工质量。

3 人工智能在数控加工中面临的挑战与前景

尽管人工智能在数控加工领域展现了显著优势，其推

广与应用过程中依然面临诸多挑战。一个主要问题是，人工智能技术的应用需要处理大量实时数据，这要求高性能的传感器、数据采集系统及处理设备，而这些设备的高成本与技术要求，往往使中小型企业难以承担。此外，AI 系统的有效性依赖于大量的历史数据与精准的模型训练，然而，对于许多复杂或定制化的加工工艺，现有的训练数据往往不完整或缺乏代表性，这会导致 AI 在处理新型加工任务时的表现低于预期。另一个挑战，则是与现有数控设备与生产系统的深度集成。实现这一目标，不仅对技术兼容性与系统稳定性提出了高要求，还需要操作人员具备较高的技能水平。许多传统数控设备无法支持人工智能技术，且操作人员对 AI 技术的掌握与理解普遍较弱，这无疑增加了技术实施的难度^[4]。此外，面对复杂的制造环境时，AI 仍存在一定的局限性。尤其是对于多变的工艺需求或特殊材料，现有智能系统难以完全适应并做出精确决策，这使得 AI 系统在实际应用中需要不断优化与升级。尽管如此，随着人工智能技术的不断进步与制造业智能化转型的加速，AI 在数控加工中的应用前景依然广阔。随着算法的优化、硬件成本的降低及大数据的积累，人工智能将在数控加工中发挥更大作用，不仅推动自动化水平的提升，也将提高加工精度与生产效率，促进智能制造的全面实现。

4 结语

人工智能在数控加工领域的应用，正逐渐显现其在提升生产效率、加工精度及设备管理方面的巨大潜力。通过实时监控、自动优化以及故障预测等功能，AI 技术能够有效减少人工干预，显著提高生产过程的稳定性与智能化水平。尽管在数据处理、技术适配等方面，仍面临一定挑战，随着相关技术的不断发展与完善，人工智能将在数控加工中发挥愈加重要的作用。展望未来，制造业将获得更加高效、精准和灵活的生产方式，随着人工智能的广泛应用，智能制造将不断向前发展。

【参考文献】

- [1]徐超. 人工智能在数控加工中的应用[J]. 集成电路应用, 2024, 41(9): 120-121.
 - [2]张莲. 人工智能在数控加工中的应用[J]. 内燃机与配件, 2019(18): 234-236.
 - [3]杨晶. 浅谈人工智能在数控加工中的应用[J]. 家电维修, 2024(6): 65-67.
 - [4]余国瑞, 曾学淑, 崔欢欢. 人工智能在数控加工程序优化中的应用分析[J]. 机电产品开发与创新, 2024(5): 124-126.
- 作者简介: 刘新 (1990.6—), 男, 毕业院校: 沈阳航空航天大学, 大学本科, 专业: 机械设计制造及自动化, 就 职 单 位: 中 智 沈 阳 经 济 技 术 合 作 有 限 公 司, 职 务 及 年 限: 技 术 员, 11 年。

数据结构在图像处理中的应用研究

蒋章浩¹ 沈芯卉² 陈哲瀚²

1. 南京林业大学, 江苏 南京 210037

2. 江苏省横林高级中学, 江苏 常州 213101

[摘要] 数据结构在图像处理领域扮演着至关重要的角色, 尤其在存储、检索与分析大规模图像数据时显示出其独特的优势。该文探讨了常用的数据结构如数组、树结构、图以及哈希表在图像处理各个阶段的应用。通过案例分析, 说明这些数据结构如何优化图像的对比度调整、边缘检测 and 对象识别等关键处理过程。研究结果表明, 合理选用数据结构能显著提高图像处理算法的效率与性能, 为进一步的技术创新与应用开拓提供理论基础与技术支持。

[关键词] 数据结构; 图像处理; 边缘检测; 对象识别; 算法优化

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14744

中图分类号: TP391

文献标识码: A

Research on the Application of Data Structures in Image Processing

JIANG Zhanghao¹, SHEN Xinhui², CHEN Zhehan²

1. Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu, 210037, China

2. Jiangsu Henglin Senior High School, Changzhou, Jiangsu, 213101, China

Abstract: Data structures play a crucial role in the field of image processing, especially in storing, retrieving, and analyzing large-scale image data, demonstrating their unique advantages. This article explores the application of commonly used data structures such as arrays, tree structures, graphs, and hash tables in various stages of image processing. Through case analysis, explain how these data structures optimize key processing processes such as image contrast adjustment, edge detection, and object recognition. The research results indicate that the reasonable selection of data structures can significantly improve the efficiency and performance of image processing algorithms, providing theoretical basis and technical support for further technological innovation and application development.

Keywords: data structure; image processing; edge detection; object recognition; algorithm optimization

引言

图像处理作为计算机视觉的关键领域, 其性能大幅依赖于底层数据结构的有效应用。选择合适的数据结构不仅能优化存储方式, 还能提高处理效率, 尤其是在处理大规模和复杂图像数据时。本研究深入分析了数组、树结构、图和哈希表在图像增强、特征提取和模式识别等方面的实际应用, 旨在展示这些结构如何支持图像处理技术的发展, 进而推动相关技术的突破与创新。

1 数据结构基础概述与图像处理的关系

数据结构是计算机科学的核心概念之一, 它涉及数据的组织、存储和管理方式。在图像处理领域, 数据结构的选择直接影响到算法的效率和效果。随着图像数据量的急剧增加, 传统的数据处理方式已无法满足高效处理的需求。因此, 深入理解不同数据结构的特性及其在图像处理中的应用显得尤为重要。

数组作为最基本的数据结构之一, 广泛应用于图像的存储与处理。图像通常由像素组成, 这些像素可以用二维数组来表示。每个像素包含颜色和亮度信息, 数组的使用使得对图像的访问和操作变得简单高效。例如, 在图像增强处理时, 常常需要对每个像素进行调整, 利用数组可以迅速定位和修改像素值。此外, 数组支持随机访问, 这在

需要快速查找和修改图像数据的应用中尤为重要。

树结构在图像分割和特征提取中扮演着重要角色。通过构建二叉树或八叉树, 能够有效地表示图像的空间信息。这些树结构允许将图像划分为不同的区域, 以便于对不同区域应用特定的处理算法。例如, 在图像压缩中, 二叉树可以用来表示不同分辨率的图像信息, 减少存储空间的同时保持图像的主要特征。此外, 树结构在图像分析中提供了高效的层次化处理方式, 使得复杂图像数据的处理变得更加灵活。

图结构则在复杂图像分析和对象识别中展现出独特的优势。通过将图像中的像素视为节点, 节点之间的关系视为边, 图结构能够捕捉图像中的局部特征和全局特征。图的遍历算法, 如深度优先搜索和广度优先搜索, 可以有效地用于图像的区域生长和边缘检测, 从而提高对象识别的精度。尤其是在处理具有复杂形状和不规则结构的图像时, 图结构提供了一种自然且高效的表示方式。

哈希表技术在图像检索与匹配中发挥着重要作用。通过利用哈希表的快速查找特性, 可以显著提高图像数据库中目标图像的检索效率。在图像分类和识别过程中, 哈希表能够快速存储和访问特征向量, 减少冗余计算, 提高处理速度。此外, 哈希技术在相似图像检索和大规模图像数

据处理中的应用，进一步推动了图像处理技术的发展。

2 数组在图像存储与快速访问中的应用

数组是最基本的数据结构之一，在图像处理领域中，它以其简单的结构和高效的操作性能被广泛应用于图像的存储与处理。图像可以被视为由若干像素组成的矩阵，每个像素对应一个颜色值，数组的二维结构正好能够自然地表示这种关系。

在图像的存储中，数组提供了一种直观的方式来组织和访问像素数据。通常，图像的每个像素可以用一个数值表示，例如灰度图像中的像素值范围通常在0到255之间。而彩色图像则通常采用RGB模型，每个像素由三个值（红、绿、蓝）组成。这些像素值可以方便地存储在二维数组中，其中行表示图像的高度，列表示图像的宽度。通过这种方式，处理图像时可以直接通过数组下标访问特定的像素信息，实现快速的数据读取与修改。

在图像处理的过程中，数组的优势体现在多个方面。首先，数组支持随机访问，这意味着可以在常数时间内通过索引直接访问任何元素。这一特性对于图像处理算法尤为重要，因为很多算法需要对每个像素进行逐一处理，如调整亮度、对比度和颜色等。例如，在进行亮度调整时，算法可以遍历数组，直接根据需要调整每个像素的值，从而实现高效的图像增强。

数组的顺序存储特性使得它在内存中的布局更加紧凑，有助于提高缓存的使用效率。由于图像处理涉及大量的像素数据，数组在内存中的连续存储可以最大化地利用CPU缓存，减少内存访问延迟，从而显著提升处理速度。这对于实时图像处理或需要快速响应的应用场景尤其重要。

数组还支持简单而有效的批处理操作。在处理大规模图像数据时，数组的这种特性能够让开发者更方便地实现并行处理。利用现代编程语言和库，开发者可以对数组进行向量化操作，通过对多个像素进行同时处理来提高效率。例如，使用矩阵运算库，可以一次性对整个图像进行滤波、平滑或锐化等处理，而无需单独处理每个像素。

然而，尽管数组在图像存储和处理中的应用广泛，但其局限性也不可忽视。对于非常大的图像，使用二维数组可能会导致内存消耗过大，从而影响性能。在这种情况下，开发者可能需要考虑采用其他数据结构，如树结构或图结构，以更有效地管理和处理图像数据。

3 树结构在图像分割与特征提取中的重要性

树结构在图像处理，尤其是在图像分割和特征提取中，发挥着至关重要的作用。通过其层次化的特性，树结构能够有效地组织和处理图像数据，使得复杂的图像处理任务变得更加高效和可管理。

树结构能够自然地表示图像的空间信息，特别是在图像分割过程中。常见的四叉树和八叉树结构为图像分割提供了强大的支持。这些树结构通过将图像递归地划分为不

同的区域，能够有效地管理图像的空间分布。每个节点表示一个图像区域，而其子节点则表示更小的区域。这种层次化的结构使得图像的不同部分可以独立处理，从而减少了计算复杂性。例如，在图像分割任务中，通过使用四叉树，算法可以从整体到局部逐步细化分割区域，确保分割的准确性与效率。

树结构在特征提取中也表现出显著的优势。图像特征提取是图像分析中的关键步骤，旨在从图像中提取出有用的信息，如边缘、纹理和形状等。利用树结构，可以高效地组织和存储提取的特征，从而提升后续处理的效率。例如，利用层次化树结构，可以对图像的不同尺度特征进行提取，进而实现多尺度特征的统一表示。这在图像分类和识别中至关重要，因为不同物体可能在不同尺度上展现出不同的特征。

树结构的灵活性也使其在动态场景下的图像处理变得可行。在需要实时处理的应用中，如视频监控或实时图像分析，树结构能够快速适应场景的变化。通过动态更新树结构，可以在不断变化的图像数据中快速提取特征并进行分割，确保处理的时效性。

尽管树结构在图像分割与特征提取中展现出诸多优势，但也存在一定的局限性。例如，树结构的构建和维护可能导致一定的开销，尤其是在处理大规模图像时。此外，过于细致的划分可能导致计算复杂度增加，从而影响整体性能。因此，在实际应用中，需要根据具体的图像处理任务和数据特点，合理设计树结构，以发挥其最佳效果。

4 图结构在复杂图像分析与对象识别中的应用

图结构在复杂图像分析和对象识别中扮演着重要角色，能够有效捕捉和表达图像中的局部特征与全局特征。通过将图像中的像素、区域或对象视为图中的节点，节点之间的关系则通过边连接，图结构为图像分析提供了一种灵活且强大的表达方式。

图结构可以自然地表示图像的拓扑信息。在图像处理中，某些特征的提取和分析需要考虑像素或区域之间的关系，而这些关系往往是非线性的。图结构通过将邻近像素或相似区域建模为图的节点和边，可以有效捕捉图像中的复杂结构。例如，在进行边缘检测时，图结构能够将图像的边缘作为重要特征，并通过图的遍历算法（如深度优先搜索或广度优先搜索）来有效地提取这些特征。通过这种方式，可以得到更为准确的边缘信息，从而为后续的图像分割和对象识别打下良好基础。

图结构在对象识别中的应用也表现出显著的优势。对象识别通常需要分析图像中的形状、颜色和纹理等多种特征。通过使用图结构，算法可以将对象的形状特征与图像中的其他元素进行比较，从而提高识别的准确性。例如，图卷积网络(GCN)作为一种基于图结构的深度学习方法，能够通过图的节点特征和连接关系进行有效的特征传播

与学习。GCN 能够捕捉到局部邻域的信息,使得模型在进行对象分类时,能够综合考虑周围环境的影响,提高识别结果的鲁棒性。

图结构还可以在语义分割中发挥重要作用。在语义分割任务中,目标是将图像中的每个像素标记为特定的类。通过构建图结构,可以将图像划分为不同的区域,并利用图的边表示区域之间的关系。使用图结构的分割算法,如条件随机场(CRF),能够有效地考虑像素之间的相似性,从而提升分割的精度。这种方法能够在复杂背景下对物体进行准确的分割,尤其是在物体与背景相似的情况下表现出色。

尽管图结构在复杂图像分析与对象识别中有诸多优点,其构建和维护的复杂性也带来了一定的挑战。在处理大规模图像时,如何有效地构建和优化图结构,以及如何处理可能存在的噪声和不准确的连接关系,都是需要重点关注的问题。

五 哈希表技术在图像检索与匹配中的优势分析

哈希表技术在图像检索与匹配中具有显著的优势,特别是在处理大规模图像数据时,其高效的查找性能和灵活的数据存储能力使得图像检索过程变得更加高效和实用。哈希表通过将图像特征映射到固定大小的数组中,以支持快速查找和访问,从而极大地提升了图像检索的速度和准确性。

哈希表的高效性体现在其常数时间复杂度的查找能力。通过哈希函数,图像特征可以被快速映射到哈希表的索引位置,使得在进行图像检索时,系统能够在极短的时间内定位到目标图像。这一特性特别适用于需要实时检索的应用场景,如在线图像搜索、社交媒体平台的图片管理以及监控视频的图像分析等。在这些场景中,用户对响应速度的要求极高,而哈希表的使用能够显著缩短检索时间,提高用户体验。

哈希表在处理高维特征时展现出良好的性能。图像通常包含大量特征信息,如颜色直方图、纹理特征、边缘特征等,这些特征在高维空间中分布复杂。通过使用局部敏感哈希(LSH)等技术,哈希表能够有效地处理高维数据,将相似的特征聚集到同一个哈希桶中,从而在特征检索中实现近似匹配。这种技术极大地减少了搜索空间,降低了计算成本,使得在大规模图像数据集中进行高效检索成为可能。

哈希表的灵活性也为图像检索提供了优势。在实际应用中,图像特征可能会因拍摄条件、角度变化或光照不同而发生变化。哈希表能够通过动态更新和调整哈希函数,适应这些变化,从而保证检索结果的准确性和鲁棒性。例如,当引入新的图像数据或特征时,可以通过简单的插入操作将其快速更新到哈希表中,无需重新构建整个索引结构,这为图像检索的维护和扩展提供了便利。

哈希表的空间效率使其适用于资源受限的环境。在图像检索中,存储大量图像特征通常需要占用大量内存,而哈希表通过采用合适的哈希函数和冲突解决策略,能够有效压缩特征数据的存储需求。这对于移动设备或边缘计算环境中的图像处理尤为重要,能够在保证检索速度的同时,降低存储成本。

哈希表技术在图像检索与匹配中的应用也存在一些挑战。特别是在特征冲突情况下,如果多个图像特征被映射到同一哈希桶中,可能会导致检索结果的不准确。因此,在实际应用中,需要设计合理的哈希函数和冲突解决策略,以最大程度地降低冲突发生的概率。

6 结语

哈希表技术在图像检索与匹配中展现出显著的优势,尤其是在处理大规模图像数据时,其高效的查找能力、灵活的特征适应性和优越的空间利用率使其成为重要工具。通过利用哈希表,图像检索过程不仅得以快速响应,还能保持较高的准确性。随着图像数据的不断增长,哈希表技术将继续推动图像检索领域的发展,为相关应用提供更强有力的支持。

【参考文献】

- [1]白鹏飞.基于图像处理的铁路室外信号设备识别与站场图生成[D].成都:西南交通大学,2021.
 - [2]邓林红,王锐,陈园园.基于电子扫描的 Image J 图像处理系统 in 多孔材料中的应用[J].传感器与微系统,2012,31(5):150-152.
 - [3]陈东华,孟晓风,王光运.一种柔性图像并行处理机[J].计算机工程,2007(23):264-266.
 - [4]陈彬.基于 FPGA 的视频图像处理系统设计[D].重庆:重庆大学,2006.
- 作者简介:蒋章浩(2005.5—),院校:南京林业大学,所学专业:计算机科学与技术。

警务业务与低代码组件原子能力融合的创新探索

张铁龙¹ 崔云龙¹ 赵全举² 杜林佳²

1. 河北雄安新区公安局, 河北 雄安 071000

2. 北京安融畅信息技术有限公司, 北京 102300

[摘要] 文中研究警务业务与低代码组件原子能力的关系。首先分析警务业务面临的复杂挑战及低代码技术的发展, 阐述研究目的和意义。接着介绍警务业务的分类和特点, 解析低代码组件原子能力的内涵和分类。然后分析警务业务对低代码的需求, 包括信息系统兼容性问题 and 快速响应需求, 以及低代码在开发效率和定制化能力方面的优势。通过雄安公安等案例展示低代码在公安警务业务中的应用。探讨低代码组件原子能力与警务业务的融合方式及效果评估。最后总结研究结论, 并展望未来研究方向, 包括技术深度融合与创新、跨部门协同与数据共享、用户体验优化、标准规范制定。

[关键词] 警务业务; 低代码组件原子能力; 融合; 效率提升

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14732

中图分类号: TP319

文献标识码: A

Innovative Exploration on the Integration of Policing Business and Atomic Capabilities of Low Code Components

ZHANG Tielong¹, CUI Yunlong¹, ZHAO Quanju², DU Linjia²

1. Public Security Bureau of Hebei Xiong'an New Area, Xiong'an, Hebei, 071000, China

2. Beijing Anrongchang Information Technology Co., Ltd., Beijing, 102300, China

Abstract: This article studies the relationship between police operations and atomic capabilities of low code components. Firstly, analyze the complex challenges faced by police operations and the development of low code technologies, and elaborate on the research objectives and significance. Next, introduce the classification and characteristics of police operations, and analyze the connotation and classification of atomic capabilities of low code components. Then analyze the low code requirements of police operations, including information system compatibility issues and quick response needs, as well as the advantages of low code in development efficiency and customization capabilities. Showcase the application of low code in public security operations through cases such as Xiong'an Public Security. Explore the integration and effectiveness evaluation of low code component atomic capabilities with police operations. Finally, summarize the research conclusions and look forward to future research directions, including deep technological integration and innovation, cross departmental collaboration and data sharing, user experience optimization, and standard specification development.

Keywords: police affairs; low code components atomic capability; integration; efficiency improvement

1 研究背景

社会持续发展进程中, 公安警务业务面临的挑战日趋繁杂。公安工作以维护国家和社会和谐稳定为核心任务, 其业务范畴广泛且多变, 涉及人口管理、安全防范、治安管理、服务群众等诸多领域。当前, 我国经济社会总体保持和谐稳定, 但处于体制转轨阶段的我国, 消极因素众多, 治安压力增大, 刑事犯罪数量与危害程度均呈上升趋势, 这使得基层公安执法复杂性显著提升。

低代码技术作为新兴软件开发方式, 近年来发展迅猛。低代码开发平台凭借可视化开发环境, 通过拖拽组件、配置参数等操作, 可快速构建应用程序, 有效降低开发难度与成本, 大幅提高开发效率。其发展为公安警务业务信息化建设带来新契机。因此, 研究公安警务业务与低代码组件原子能力关系, 兼具重要现实意义与理论价值。

2 研究目的

本研究旨在深入探究公安警务业务与低代码组件原

子能力的融合路径, 以提升公安警务工作的效率与质量。

低代码开发平台具有可视化、高效、灵活等特性, 能够快速构建应用程序, 降低开发难度与成本。将低代码组件原子能力与公安警务业务相结合, 可达成以下目标:

2.1 提升公安警务业务信息化水平

借助低代码技术, 公安部门可迅速构建各类业务应用, 如人口管理系统、安全防范系统、治安管理系统等, 实现业务流程数字化与自动化, 提高工作效率。

2.2 增强公安警务业务灵活性与适应性

低代码开发平台提供丰富组件与模板, 可依据业务需求快速定制与扩展。面对复杂多变的治安形势与业务需求, 公安部门能利用低代码技术及时调整优化业务应用, 提升应对能力。

2.3 降低公安警务业务开发成本

传统软件开发需投入大量人力、物力与时间, 成本高昂。低代码技术可显著减少开发工作量, 降低开发成本,

同时提高开发效率，为公安部门节约资源。

2.4 推动公安警务业务创新发展

低代码技术为公安部门提供全新开发思路与方法，激发开发人员创新热情，促进公安警务业务创新发展。

3 理论基础

3.1 公安警务业务概述

公安警务涵盖多个警种，各警种职责独特，业务特点鲜明。

3.1.1 警种业务分类

公安警种丰富多样，主要包括治安警察、户籍警察、刑事犯罪侦查警察、交通警察、巡逻警察、经济犯罪侦查警察等。交通警察主要负责交通管理与机动车管理，其业务涵盖指挥交通、预防与处理违章及交通事故、管理车辆与驾驶人员等。治安警察负责预防、发现与制止违法犯罪，维护公共场所治安秩序，管理特种行业，管控危险物品，处理一般违法案件等。户籍警察主要管理户口相关事务，包括户口登记、迁移以及身份证管理等。刑事犯罪侦查警察的主要任务是侦查刑事案件，承担辖区内禁毒、反黑、反恐工作，开展经济犯罪侦查防范工作，负责涉外刑事案件与对外警务联络接洽。

3.1.2 业务特点分析

公安警务业务具有紧急性、移动性等显著特点。在突发事件应对中，如交通事故、治安案件等，公安警务人员需迅速响应，第一时间抵达现场处置，以保障人民生命财产安全与社会稳定。这种紧急性要求公安警务人员具备快速反应与高效处置能力。

同时，公安警务业务具有移动性。公安警务人员需在不同地点巡逻、执勤与处理案件，这就要求具备良好的移动办公能力。此外，公安警务业务还具有复杂性与多样性。公安警务工作涉及社会各方面，需处理各种复杂问题与矛盾，每个领域都有独特业务特点与要求，需要公安警务人员具备专业知识与技能。

3.2 低代码组件原子能力解析

3.2.1 原子能力内涵

低代码组件的原子能力在软件开发中是最小化、不可再分的功能单元，在低代码开发平台中发挥着关键作用。其对数据控制意义深远，低代码开发以数据为核心，原子能力可实现对数据输入、转化与输出的精准控制。通过将数据与可复用代码模块化、可视化，低代码开发平台使用户无需或少量编写代码即可快速搭建各类应用。从底层数据建模到逻辑编排控制数据状态与属性变化，再到前端界面展示与交互，乃至数据分析与中台构建，低代码平台均提供完备且细致的原子能力，用户可根据需求自由组合，灵活适应各类场景。

3.2.2 原子能力分类

低代码的原子能力可以分为多种类型。在数据库管理

方面，如 zCloud 低代码能力库，预置了丰富的（200+）原子能力，包含对主机、操作系统、数据库软件、数据库实例、数据库参数等多种对象的管理能力，让用户根据业务场景和熟悉的技能自行创建符合需求的原子能力。此外，低代码在地图、音视频领域也有特定的原子能力。例如，低代码通过集成地图引擎可加载任何地图提供商 WMTS 形式的地图资源，可通过对接 GB/T 28181—2016 协议平台和封装视频播放器来实现实时视频流的播放、回放和云台控制等功能。通过进一步的业务组件封装，还可形成对公安融合通讯一体化平台的调用。使用组件必须创建对应实例，每个实例拥有唯一的 ID、独立的生命周期和状态。

4 公安警务业务对低代码的需求

4.1 业务需求分析

4.1.1 信息系统兼容性问题

当前公安警务工作中，不同警种信息系统兼容性问题突出。由于缺乏统一规划，各警种在不同时期由不同开发商开发应用，导致系统相互独立，难以整合。这种不兼容性不仅增加管理难度，还造成资源浪费。同时，不同系统密码、口令繁多，重复录入频繁，委托公司众多，重复建设严重，极大影响公安警务工作效率。

4.1.2 快速响应需求

公安警务工作中，紧急事件处理对响应速度要求极高。低代码开发平台在此过程中可发挥重要作用，其能通过拖拽组件、配置参数等方式快速构建应用程序，实现对业务需求的快速响应。同时，低代码平台可根据事故具体情况快速调整业务流程与应用程序，提高处理效率。据公安法制期刊相关调查统计，基于低代码技术构建的交通事故处理系统可将事故处理时间缩短 30% 以上，显著提升公安警务工作效率与质量。

4.2 低代码优势体现

4.2.1 开发效率提升

与传统开发方式相比，低代码在公安警务业务中的开发效率有显著提升。传统的警务系统开发往往需要经过详细的规划、设计、编码、测试等多个环节，每一个环节都可能消耗大量的时间和资源。而低代码开发平台提供直观界面和可视化编程工具，开发人员无需深入了解底层代码即可进行应用程序的构建。同时，低代码平台支持快速迭代，可以迅速将新的功能和优化应用到系统中，进一步提升了系统的实用性和稳定性。

4.2.2 定制化能力

在公安警务业务中，低代码的定制化优势十分显著。低代码开发平台提供丰富组件与模板，可根据不同警种需求快速定制与扩展。例如，选择合适组件与配置参数，可快速构建符合交通警察需求的交通管理系统，实现交通信号智能控制、车辆信息实时管理等功能。此外，不懂 IT 技术的普通警务工作人员也可通过低代码工具提供的可

可视化操作后台,根据实际工作场景需求自助搭建应用,进一步提高定制化灵活性与便捷性。

5 低代码在公安警务业务中的应用案例

5.1 雄安公安案例

5.1.1 警务业务融合

雄安公安在低代码组件融合警务业务工作中进行了数年的摸索。例如:以前市局下发工作安排,分局收到信息后再下发相关所队开展工作;这样就存在着信息传导流失的问题,信息内容汇聚不一致的问题,信息回到分局和市局相关同志手中变得五花八门,难以整理和归档。现在市局在工作任务平台发送工作任务到分局,再由分局转发至所队;通过统一的信息登记系统做归口,有效保证了数据的一致性和及时性,被管理人员辖区发生变动后,不需重新摸排,通过这种电子档案登记的手段,各部门手里都有一本统一的账,所队数据发生变更,分局、市局自动更新。以前处理紧急的工作任务调度,需要提前安排人员梳理辖区所有可抽调的工作人员,需要联系各单位内勤人员统计上报名单,工作繁琐、任务量大。通过低代码与定制结合模式在勤务排班方面,可以做到实时查看各所队的值班、备勤、出差、请假等情况,可以做到实时查看不同业务警种的可抽调情况。针对临时任务的人员安排做到自上向下一目了然,同时可做到在电子地图上通过视频方式一键查岗。

5.1.2 工作效率提升

通过低代码组件能力、原子能力与警务业务融合的模式,通过低代码原子能力与定制开发融合的模式。有效地解决了信息传导流失、内容汇聚不一致、反馈信息杂乱难以整理归档的问题。保证了数据的一致性和及时性,大大提高了信息处理和利用效率。处理紧急工作任务,极大提高了工作效率、实时掌控能力和现场指挥调度能力。

5.1.3 案例启示总结

不同案例为公安警务与低代码结合提供多方面启示。首先,低代码技术能显著提升公安警务业务开发效率,缩短项目周期,减少人力成本投入。其次,低代码技术灵活性与定制化能力强,可满足公安警务业务中不同警种独特需求。此外,低代码技术有助于提高公安警务业务信息系统兼容性,打破信息孤岛,实现数据共享与业务协同。最后,低代码技术为公安警务业务创新发展提供新思路与方法,开发人员可利用低代码平台激发创新热情,开发智能化警务辅助工具,提升警务工作智能化水平。

6 低代码组件原子能力与公安警务业务的融合

6.1 融合方式探讨

低代码组件原子能力与公安警务业务的融合是提升公安工作效率和质量的关键。这种融合可以从应用模型构建和定制化项目交付两个方面进行深入探讨。

6.1.1 应用模型构建

在公安警务业务中,业务分析研判模型是核心竞争力

之一。通过原子能力中的数据采集和处理功能,可以快速整合来自不同渠道的交通数据,利用数据转换的原子能力,将这些数据进行格式转换、代码转换等操作,使其能够被统一分析和处理。同时,通过关联模块的原子能力,对数据进行关联性分析,可构建信息目录。

在模型构建过程中,低代码开发平台的可视化编程工具使得开发人员能够更加直观地设计和调整模型。开发人员可以利用原子能力中的算法组件,快速构建出具有高度准确性和实用性的业务分析研判模型。而且,由于低代码平台的灵活性,开发人员可以根据实际业务需求随时调整模型,确保模型始终能够适应不断变化的业务需求。

6.1.2 定制化项目交付

在公安警务业务的定制化项目交付中,低代码组件的原子能力同样具有重要作用。开发团队可以利用原子能力中的用户界面组件,快速搭建出符合警务业务工作流程的操作界面。通过配置参数和拖拽组件的方式,实现对系统功能的定制化设置,满足不同警种的独特需求。

在项目交付过程中,如果客户提出需求变更,低代码平台的原子能力可以使得开发团队能够快速响应。新接手的人员可以基于业务规则来修改无代码配置,而不是去理解和修改别人写的代码,大大降低了维护难度。同时,原子能力中的数据集成和共享功能可以确保不同系统之间的数据流通无阻,提高公安部门的整体工作效率。

此外,低代码组件的原子能力还可以为公安警务业务提供高效的大数据分析展示功能。通过大数据分析展示模块,将大数据分析结果从各个维度以及立体化的图像、动画形式展示,为公安决策提供更加直观和准确的依据。

6.2 融合效果评估

6.2.1 效率提升评估

低代码组件原子能力与公安警务业务融合后,工作效率得到了显著提升。在采用低代码开发平台之前,项目交付周期较长,且需要投入大量的开发人员。而在引入低代码平台后,项目开发周期预计缩短约 50%,仅需两名测试人员即可完成复杂项目的开发。

6.2.2 稳定性与适应性评估

融合后的公安警务系统具有较高的稳定性和对需求变化的适应性。低代码开发平台通常具备较强的灵活性,能够适应不同警务管理需求的变化和更新。在警务工作中,情况多变,需求也相应地频繁调整,传统的开发方式往往难以跟上这种变化的速度。而低代码平台提供的模块化组件和开箱即用的模板,使得开发者可以快速地对系统进行定制化修改,以满足新的需求。

在系统稳定性方面,低代码开发平台经过严格的测试和优化,具有较高的稳定性和可靠性。同时,低代码平台还支持快速维护和升级,在系统出现问题时,可以通过简单的配置变更和模块替换来实现,大大降低了维护成本和时间。

7 结论与展望

7.1 研究结论总结

本文深入探讨了公安警务业务与低代码组件原子能力的关系,得出以下主要结论:

低代码技术为公安警务业务带来了诸多优势。在开发效率方面,与传统开发方式相比,低代码开发平台通过直观界面和可视化编程工具,大大缩短了警务应用的开发时间,可将开发时间缩短至传统方式的三分之一甚至更短。同时,支持快速迭代,提升了系统的实用性和稳定性。在定制化能力方面,低代码平台提供丰富的组件和模板,能够满足不同警种的独特需求,即使不懂 IT 技术的普通警务工作人员也能自助搭建应用,提高了定制化的灵活性和便捷性。

融合后的公安警务系统在效率提升、稳定性和适应性方面表现出色。同时,低代码平台的灵活性和快速迭代能力确保系统能够适应多变的警务工作需求,其稳定性和高效的维护升级方式降低了维护成本和时间。

总之,公安警务业务与低代码组件原子能力的融合为公安工作的信息化建设提供了新的思路和方法,提升了公安工作的效率和质量。未来,随着低代码技术的不断发展和完善,相信其在公安警务领域的应用将会更加广泛和深入,为维护国家安全和社会稳定发挥更大的作用。

7.2 未来研究方向展望

在公安警务业务与低代码组件原子能力关系的研究领域,未来有以下几个重要的研究方向值得探索。

7.2.1 技术深度融合与创新

随着低代码技术的不断发展,未来可以进一步探索低代码组件原子能力与公安警务业务的深度融合。同时,探索低代码平台与物联网技术的结合,实现对公安设施、装备的智能化管理,提高警务工作的效率和安全性。

7.2.2 跨部门协同与数据共享

目前,公安警务工作往往需要与其他政府部门进行协同合作。未来的研究可以聚焦于如何利用低代码技术更好地实现跨部门协同与数据共享。开发更加高效的接口和数据交换机制,确保不同部门的系统能够无缝对接,打破信

息孤岛。此外,加强对数据安全和隐私保护的研究,确保在数据共享的过程中不泄露敏感信息。

7.2.3 用户体验优化

尽管低代码平台已经为公安警务人员提供了一定的便捷性,但在用户体验方面仍有提升的空间。未来可以深入研究如何根据公安警务人员的工作特点和需求,进一步优化低代码平台的操作界面和业务流程。开展用户体验调研,收集警务人员的反馈意见,不断改进低代码平台的设计。

7.2.4 标准规范制定

随着低代码技术在公安警务领域的应用越来越广泛,制定相关的标准规范显得尤为重要。未来可以研究制定低代码平台在公安警务业务中的开发标准、数据标准和安全标准等。规范低代码开发的流程和方法,确保开发出的应用系统具有较高的质量和可靠性。同时,建立低代码平台的评估机制,对不同的低代码产品进行评估和比较,为公安部门选择合适的低代码平台提供参考依据。

[参考文献]

- [1]王超.低代码平台在公安信息化建设中的应用研究[J].信息技术与政策,2021(12):75-79.
- [2]刘波,李晶.基于低代码技术的警务应用系统开发实践[J].警察技术,2020(6):33-35.
- [3]杨阳,张琳.低代码开发平台在智慧交通管理中的应用探索[J].交通科技与经济,2019,21(5):12-16.
- [4]吴迪,王华.低代码平台助力公安警务业务创新发展[J].中国安防,2022(2):80-83.

作者简介:张铁龙(1981.11—),男,河北省保定市人,汉族,专科学历,任职于河北雄安新区公安局,从事公安信息化相关工作;崔云龙(1989.5—),男,河北省保定市人,汉族,本科学历,任职于河北雄安新区公安局,从事公安信息化相关工作;赵全举(1985.11—),男,河北石家庄人,汉族,本科学历,就职于北京安融畅信息技术有限公司,从事软件开发相关工作;杜林佳(1987.7—),男,河北石家庄人,汉族,研究生学历,中级工程师,就职于北京安融畅信息技术有限公司,从事软件开发、警务技术、智能交通相关工作。

GIS 技术在机场选址中的应用研究

王 键

中国电子工程设计院股份有限公司四川分公司, 广东 广州 510000

[摘要] 随着时代发展、科技进步, 地理信息系统 (GIS, Geographic Information System)、建筑信息模型 (BIM, Building Information Modeling) 等技术软件被广泛应用于社会各行各业的规划分析和生产建设。中国民用航空局提出建设“四型机场”更是进一步加快了 GIS、BIM 等技术在机场规划建设、运营管理中的应用。文章简要分析 GIS 技术在机场选址中的功能特点, 并以国内中南某市新机场选址为例, 研究分析 GIS 技术在机场选址中的应用。

[关键词] 地理信息系统; 四型机场; 机场选址

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14728

中图分类号: U495

文献标识码: A

Application Research on GIS Technology in Airport Site Selection

WANG Jian

Sichuan Branch of China Electronics Engineering Design Institute Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510000, China

Abstract: With the development of the times and the progress of science and technology, Geographic Information System (GIS), Building Information Modeling (BIM) and other technical software have been widely used in the planning and analysis and production and construction of all walks of life. The Civil Aviation Administration of China (CAAC) proposes to build “four characteristics airport”, which further accelerates the application of GIS, BIM and other technologies in airport planning, construction, operation and management. The article briefly analyzes the functional characteristics of GIS technology in airport siting, and takes the siting of a new airport in a city in central and southern China as an example to study and analyze the application of GIS technology in airport siting.

Keywords: geographic information system; four characteristics airport; airport site selection

引言

根据《全国民用运输机场布局规划》, 规划到 2025 年国内 (不含港澳台地区) 运输机场总量达 370 个; 同时各省也都出台了通用机场布局规划。截至 2023 年 12 月 31 日, 我国境内已通航运输机场 (不含港澳台地区) 共有 259 个、在册管理通用机场共有 449 个。随着国民经济快速发展、人民生活水平提高和培育新质生产力的提出, 航空业快速发展, 机场建设需求还有广阔的空间。

机场建设中最首要的一步是机场选址, 其对机场工程建设投资、发展潜力和辐射范围等有着至关重要的影响。然而随着城市发展, 社会活动联系愈加紧密, 影响机场选址的因素更加错综复杂, 科学确定机场场址难度也越来越大。为推动民航机场建设高质量发展、提升机场选址技术、提高选址效率和质量, 促进机场选址工作中地理信息系统、建筑信息模型、大数据等数字化技术融合应用^[1], 中国民用航空局 2024 年 3 月下发了《运输机场选址数字化辅助技术应用指南》, 进一步推动了机场选址从传统技术向数字化技术应用转变。

随着 GIS 技术在社会各行业的成功应用, 国内民航从业者也积极探索 GIS 技术在机场规划建设中的应用, 但大多只针对某方面进行研究, 如本场土方量计算^[2]、障碍物评估和净空土方量计算^[3]、交通可达性^[4]、噪声预测^[5]、用地适宜性分析^[6]等。综合利用 GIS 各分析计算功能进行机场选址全过程实践的还较少, 因此本文以国内中南某市新机场选址为

例研究、展示 GIS 技术在机场选址各阶段的主要应用。

2 机场选址方法简述

2.1 传统选址方法

传统的机场选址方法以 Auto CAD 软件为主流计算、分析平台, 叠加各类因素基础资料构成工作空间, 通过分析主导因素、结合经验判断, 在 1:1 万或 1:5 万比例尺地形图上选出几处初选场址, 通过实地踏勘和地方政府各部门校核, 逐步确定首选场址。这种方法存在以下几个问题: (1) CAD 软件可兼容文件格式较为有限、资料集成度相对低; (2) CAD 软件中各类坐标系的转换、校正不便; (3) 分析计算自动化程度低, 人工计算工作量大、效率低; (4) 缺乏直观、有效、定量的综合分析方式; (5) 现场踏勘时无法从大的视角对场址进行完整把握^[7]; (6) 没有较为直观、有效的可视化工具。

2.2 GIS 技术选址方法

随着科技发展进步, 近些年“3S”技术 (遥感技术 RS、地理信息系统 GIS、全球定位系统 GPS) 也逐渐被应用到机场选址中, 但仍未在机场选址中全面铺开并熟练应用到选址全过程。因此研究、展示、推广新方法和新技术在机场选址全过程的应用, 提高选址效率和质量是非常必要的。

此外自然资源部为贯彻《中共中央国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》精神, 落实《自然资源部关于全面开展国土空间规划工作的通知》(自然

资发〔2019〕87号)要求,提出各地统一形成一张底图、建设完善国土空间基础信息平台、构建国土空间规划“一张图”。这就要求社会各类工程的规划建设需对接、融入以GIS为平台的国土空间规划中去。机场作为城市综合交通体系的一部分,推广机场选址和规划设计使用GIS技术,对接城市国土空间规划各要素,积极主动融入全国“一张图”,也是十分迫切且必要的。

GIS是具有强大空间数据处理、管理、分析、可视化展示功能的计算机系统,是机场选址新方法中不可或缺的技术,可为机场规划建设提供信息管理平台、可视化分析工具以及辅助决策支持。机场选址新方法以GIS技术为核心,通过叠加各类选址影响因素资料构建信息数据库、进行各场址空间分析计算并量化影响因素、提供二维平面、三维模型成果可视化展示,综合比选确定首选场址。这种方法相对传统选址有以下几个优势:(1)文件格式兼容性好,可汇总各类文件集成基础信息数据库;(2)提供坐标系转换,可导入、输出带各种坐标系的文件,满足各方需求;(3)自动化分析计算程度相对高且操作简便,特别是空间分析、量化计算;(4)可采用层次分析法、等级排序及质心法等进行定性、定量相结合综合分析;(5)可输出图集、三维模型等直观、有效的可视化成果,供决策者研判;(6)数据库可及时、有效更新基础信息,并随机场发展逐步演化,实现机场动态化管理。

3 机场GIS选址实例研究

国内中南某市新机场选址由于面临地形复杂、军民共存、生态环保三大突出难点,选址难度极大,迟迟未选出合适的场址。于近年通过GIS技术进行空地协同选址才寻找出较合适的场址,因此为了更好地研究、展示GIS技术在机场选址中发挥的功能和作用,本文以其为例,详细描述ArcGIS软件在该机场选址过程中的应用情况。

3.1 工作流程

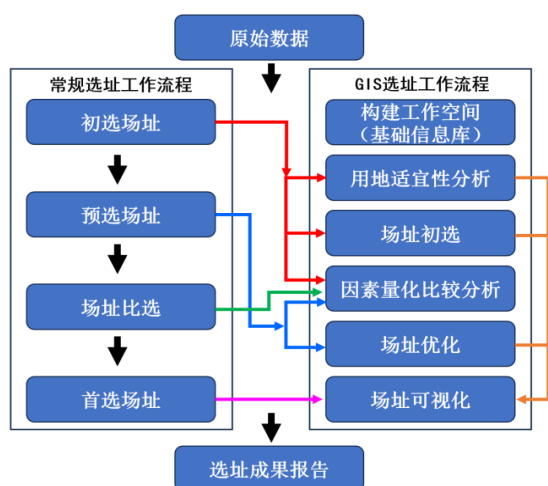


图1 选址工作流程图

根据《民用运输机场选址规范》MH/T 5037—2019和《运输机场场址审查办法》AP-158-CA-2020-01,机场常

规选址工作流程需包含初选场址、预选场址、场址比选、提出首选场址。在此框架内,根据GIS技术特点和功能,对工作流程进行细化,如图1。

3.2 构建工作空间(基础信息库)

机场选址是一项复杂的系统工程,涉及的数据种类繁多,包括但不限于行政边界、人口分布、交通条件、城市公共设施、高压线、油气管道、土地性质、生态保护红线、基本农田、林地、水源保护区、河流、地形数据、地质灾害分区、地震断裂带分布、文物古迹、地下矿藏资源、气象条件、空域条件。同时所需基础数据来源广,通常由地方多个部门分别提供,文件格式、类型及坐标系等易存在差异。基于ArcGIS软件,以地形等高线或数字高程模型(DEM)数据构建三维地形模型,并以此为基础,通过软件的投影和变换功能统一各类资料坐标系,或使用地理配准功能悉数叠加,构建坐标统一、要素齐全、调取便捷的GIS数据库作为选址工作空间,如图2。以下展示数据为公众版数据。



图2 GIS多要素叠加示例图

3.3 用地适宜性分析

用地适宜性分析基于GIS数据对选址范围内影响机场选址的工程技术、航行服务条件进行综合评估,分析得出适宜选址的区域。用地适宜性分析可通过ArcGIS软件的重分类和缓冲区功能对各类数据进行单要素适宜度分析,然后通过主观判断法(专家打分法)、层次分析法和等级排序及质心法等确定多要素指标权重,利用ArcGIS的栅格计算器叠合分析功能,将单要素适宜度分析结果经分类加权后多层叠加分析,输出多要素适宜度分析结果。此种方法利用ArcGIS的空间分析功能,将复杂问题进行一定程度的简化和抽象,快速排除不符合要求区域,并形成区域适宜性分析图,辅助筛选出场址适宜区域,提高选址效率。具体思路可参考基于GIS多因素加权叠加的机场选址方法^[6]。

然而由于机场选址不仅涉及地面因素,还涉及空中因素,影响因素繁多复杂,且各机场选址侧重点不一,因此目前尚未建立适用于机场选址的用地适宜性评价指标和体系。在本次选址案例中主要通过叠加明显否决因素(空域、地形、生态核心区、城市建成区等)排除明显不适区域。从叠加成果可看出,城市北部为成片山体,南部沿海平原区域又多为城市建设用地,市域范围内分布有大量生

态保护区，同时城市两侧有其他机场空域（未展示），综合得出图 3 蓝色范围所示可选址范围。



图 3 可选址范围图

3.4 场址初选

根据民用运输机场选址规范要求，初选场址数量宜不少于 5 个，因此通过 Arc GIS 叠加可选范围内的选址关键因素（地形、城市规划、旅游资源、综合交通、工程地质、地震断裂带、净空条件、空域条件、生态红线、土地性质、地下矿藏及文物古迹、气象），经综合叠加分析后，确定 5 处条件较好的重点区域进行场址方案研究。

由于该市地面、空中选址条件均十分复杂，跑道参数（构型、方位、标高等）、场区范围等调整均会带来场区土方、净空处理、空域关系等方面的连锁变化，因此各区域最佳场址的确定均需经过大量的场址方案研究和变量统计，此时 Arc GIS 软件的优势就十分明显，可更便捷高效、直观研判每个方案的情况。

地面层面操作：（1）制作标准化场区图块；（2）置入 GIS 数据库，根据跑道方案设置场区图块的位置、方向、标高、填挖坡率等，与 DEM 地形模型叠加分析，得出填挖方量、坡脚线和征地红线；（3）使用软件叠加分析和统计分析功能快速计算出征地红线内各选址因素占用情况，如图 4 左（基本农田占用计算）。

空中层面操作：（1）制作飞行程序和飞机性能各类限制面（OAS、PAOAS、离场、性能等）标准图块；（2）限制面置入 GIS 数据库，根据跑道方案设置图块位置、方向、标高等，与场区平整后的 DEM 地形模型叠加分析，得出净空处理范围和挖方量；（3）通过软件三维可视化可直观、有效判断各限制面与 DEM 地形模型、人工障碍物的相对关系，确定人工障碍物处理量，如图 4 右。

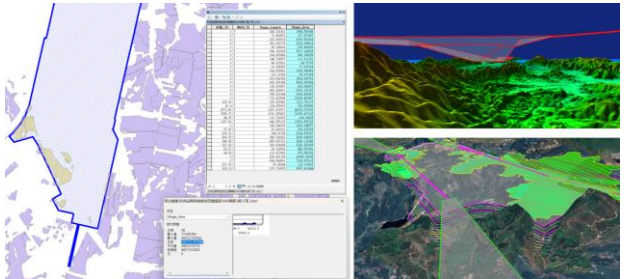


图 4 选址因素 GIS 分析示例图

运用以上方法，对各区域进行场址方案研究，比选确

定 5 个区域各自的最佳场址方案作为初选场址，对初选场址各影响因素进行横向对比，综合确定 3 个预选场址。

3.5 场址预选

场址预选相对场址初选主要在影响因素数量、研究深度有所深化，在软件功能应用上基本一致，因此不再赘述。预选场址经工程技术条件比选（表 1）、航行服务条件比选（表 2）、工程经济比选后，综合确定出首选场址。

表 1 工程技术条件比选

工程技术条件比选表						
序号	比较内容		A 场址	B 场址	C 场址	D 场址
1	地理位置	区位及辐射范围				
		机场基准点坐标				
2	跑道基本参数及场地发展条件	跑道长度、数量和构型				
		跑道方位、标高				
		场地年旅客吞吐量设计容量				
		场地发展条件				
3	规划符合度	与服务城市国土空间及专项规划的符合度				
4	机场自然和技术条件	气象条件				
		净空条件				
		工程地质条件				
		水文地质条件				
		地形地貌条件				
		地震条件				
		电磁环境				
		排水、防洪条件				
5	交通条件	城市至机场的交通方式及里程				
		与交通设施关系				
6	公用设施条件	供水条件				
		供电条件				
		通信条件				
		排水、污物处理条件				
7	供油条件	供油方案				
8	用地情况	占地面积、土地性质及分类情况				
9	拆迁及改建情况	村庄、学校、住宅、道路及其他				
10	土石工程量	场区、净空处理区				
11	环境条件	噪声影响				
		生态环境影响				
12	主要建筑材料来源	主要建筑材料供应情况				
13	比较结论					

表 2 航行服务条件比选

航行服务条件比选表					
序号	比较内容		A 场址	B 场址	C 场址
1	空域条件				
2	净空条件	飞行程序			
3		飞机性能			
4	净空处理	飞行程序			
5		飞机性能			
6	导航设施布置条件				
7	起飞爬升梯度				
8	下降角或梯度				
9	复飞梯度				
10	运行标准				
11	客（业）载				
12	比较结论				

3.6 可视化

Arc GIS 软件可视化不仅可实现图纸图集输出形成成果文件，更重要的是可通过三维模型实现三维场景漫游、飞行动画输出，为决策者提供更直观、有效的判断依据。以其中某场址为例展示主要选址因素分析和拟建设完成的三维效果图，如图 5。



图 5 GIS 三维效果图

4 结语

本文以国内中南某市新机场选址为例，研究、展示了 GIS 技术在机场选址全过程的主要应用，可看出利用 GIS 技术进行机场选址可以极大克服传统选址方法的局限性，其强大的空间分析功能从宏观上可较全面、高效地对选址范围进行筛查，缩小范围聚焦重点区域，微观上可对具体场址方案进行工程技术分析，并便捷量化各因素影响情况，分析过程、成果展示上更可提供更为直观的三维效果，从技术运用层面提高选址的效率和质量。当然机场选址是一项复杂的系统工程，影响因素众多且侧重各异，运用 GIS 技术进行机场选址仍有极大探索空间。

【参考文献】

- [1] 中国民用航空局机场司. 运输机场选址数字化辅助技术应用指南: AC-158-CA-2024-04[S]. 北京: 中国民用航空局机场司, 2024.
 - [2] 刘洲, 蔡良才, 李鹏, 等. 机场选址过程中土方量的计算方法研究[J]. 四川建筑科学研究, 2011, 37(1): 110-112.
 - [3] 白文喆. 基于 3D GIS 的机场辅助选址技术研究[D]. 四川: 中国民用航空飞行学院, 2021.
 - [4] 吴文佳, 高斯瑶. 基于 GIS 的菏泽机场建设可达性分析[J]. 科技资讯, 2013(21): 27-28.
 - [5] 孟丽娜, 闫兆进. 基于 GIS 的基础噪声预测管理系统[J]. 测绘与空间地理信息, 2016, 39(9): 27-29.
 - [6] 何尧, 舒富民, 郑皓文. 基于 GIS 多因素加权叠加的机场选址方法[J]. 中国民航大学学报, 2021, 39(4): 42-47.
 - [7] 何文斌, 梁利姣. GIS 在机场选址中的应用研究[J]. 东莞理工学院学报, 2010, 17(1): 27-31.
- 作者简介: 王键 (1994.10—), 男, 广东汕头人, 助理工程师, 本科, 从事机场工程总体规划与设计。

基于 Python 的网络爬虫设计与数据采集方法研究

陶冯炜¹ 陈哲瀚²

1. 南京工业大学, 江苏 南京 211816

2. 江苏省横林高级中学, 江苏 常州 213101

[摘要] 随着信息技术的快速发展, 网络爬虫在数据采集和处理领域中扮演着越来越关键的角色。文章详细探讨了基于 Python 的网络爬虫设计方法与数据采集技术, 着重分析了爬虫架构的构建、数据解析、存储方案以及避免反爬措施的策略。此外, 还评估了不同爬虫技术的效率与应用范围, 通过案例研究展示了这些技术在实际环境中的应用效果和挑战。

[关键词] 网络爬虫; Python; 数据采集; 反爬技术; 数据解析

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14743

中图分类号: TP31

文献标识码: A

Research on Python Based Web Crawler Design and Data Collection Methods

TAO Fengwei¹, CHEN Zhehan²

1. Nanjing Tech University, Nanjing, Jiangsu, 211816, China

2. Jiangsu Henglin Senior High School, Changzhou, Jiangsu, 213101, China

Abstract: With the rapid development of information technology, web crawlers play an increasingly critical role in the field of data collection and processing. The article discusses in detail the design methods and data collection techniques of web crawlers based on Python, with a focus on analyzing the construction of crawler architecture, data parsing, storage solutions, and strategies to avoid anti crawling measures. In addition, the efficiency and application scope of different web crawling technologies were evaluated, and the application effects and challenges of these technologies in practical environments were demonstrated through case studies.

Keywords: web crawler; Python; data collection; anti crawling technology; data parsing

引言

随着大数据时代的到来, 高效的数据获取手段成为信息技术领域的核心竞争力。网络爬虫, 特别是基于 Python 的实现, 因其强大的数据抓取能力和灵活的处理机制, 已广泛应用于市场分析、舆情监控等多个领域。本文将深入探讨网络爬虫的设计与实施, 旨在揭示其在处理大规模数据集时的潜力及面临的技术挑战, 为相关领域的研究与应用提供新的视角和解决方案。

1 Python 网络爬虫的基本原理与架构设计

Python 网络爬虫的基本原理与架构设计主要包括数据抓取的基本概念、爬虫的工作流程、常用库的介绍, 以及架构设计的关键要素。

网络爬虫是一种自动化程序, 旨在从互联网上提取信息。其基本原理是通过 HTTP 请求与网页进行交互, 获取网页内容后解析所需的数据。网络爬虫的工作流程通常包括发送请求、获取响应、解析数据和存储数据四个步骤。在这个过程中, 爬虫首先向目标网站发送 HTTP 请求, 请求特定的网页内容。接收到响应后, 爬虫会对返回的数据进行解析, 从中提取出用户所需的信息, 最后将提取到的数据存储到指定的位置, 如数据库或文件系统。

Python 作为一种易于学习和使用的编程语言, 提供了丰富的库和框架来支持网络爬虫的开发。其中,

Requests 库是用于发送 HTTP 请求的常用工具, 它简化了请求的过程, 使得发送 GET 和 POST 请求变得更加便捷。此外, BeautifulSoup 和 lxml 库是解析网页内容的强大工具, 前者以其简单的 API 而受到欢迎, 后者则以其高效的解析速度而著称。这些库的结合使用, 使得开发者能够轻松地复杂的 HTML 文档中提取所需的信息。

在架构设计方面, 一个高效的网络爬虫应考虑多个关键要素。首先是请求调度, 爬虫应具备合理的请求调度机制, 以避免对目标网站造成过大压力, 从而引发 IP 封禁等反爬措施。其次, 数据存储策略也至关重要, 爬虫需选择合适的数据库或文件格式来高效存储和管理抓取到的数据, 确保数据的持久性和易用性。

网络爬虫的错误处理和日志记录功能也应被纳入架构设计中。错误处理可以帮助爬虫在遭遇网络问题、数据格式变化或服务器响应异常时进行自我修复, 从而提高爬虫的稳定性。日志记录则有助于开发者跟踪爬虫的运行状态, 及时发现和解决问题。

综上所述, Python 网络爬虫的基本原理与架构设计涵盖了数据抓取的核心流程、关键工具的应用及架构中的重要考虑因素。通过合理的设计和实施, 能够有效提升数据采集的效率与质量, 为后续的数据分析和应用奠定坚实基础。

2 数据抓取技术：解析方法与数据提取

数据抓取技术主要涉及网页内容的解析方法和数据提取的具体手段。在网络爬虫的工作流程中，获取到的网页内容通常是 HTML 格式，因此有效地解析和提取所需数据是成功抓取的关键。

解析方法是数据抓取的首要步骤。常用的解析库有 BeautifulSoup、lxml 和 html.parser 等。Beautiful Soup 是一款功能强大的 Python 库，具有简洁易用的 API，能够处理各种 HTML 文档。它通过提供 Pythonic 的方式来导航、搜索和修改解析树，使得从网页中提取信息变得简单。此外，lxml 是另一种高效的解析库，以其快速的解析速度和对 XML 格式的良好支持而受到青睐。使用 lxml 时，解析速度通常比 BeautifulSoup 快，但其 API 的学习曲线稍陡。

数据提取的过程则依赖于对解析后的 DOM 树结构进行操作。通过选择器和路径导航，开发者可以轻松获取所需的数据。比如，使用 BeautifulSoup，开发者可以通过 find() 和 find_all() 方法，根据标签名、类名或属性来定位数据。例如，要提取网页中的所有链接，可以使用 soup.find_all('a')，这将返回页面中所有锚点标签的列表。此外，开发者还可以通过 CSS 选择器或 XPath 表达式进行更复杂的查询，以实现更灵活的数据提取。

在实际应用中，数据提取常常面临复杂的 HTML 结构和动态内容的问题。对于动态网页，JavaScript 会影响内容的加载，导致爬虫无法直接获取所需数据。在这种情况下，可以借助 Selenium 等工具来模拟浏览器行为，通过执行 JavaScript 代码来加载和抓取动态生成的数据。Selenium 能够控制浏览器操作，允许开发者在网页完全加载后抓取信息，解决了静态解析库无法处理动态内容的局限。

数据清洗和预处理同样是数据提取过程中不可忽视的环节。抓取到的数据往往包含冗余的信息、格式不一致或错误的数据。为了保证后续数据分析的准确性，开发者需要对数据进行清洗和标准化。这可以通过 Python 的 pandas 库进行高效处理，例如去除重复值、处理缺失数据和格式化数据类型等。

综上所述，数据抓取技术的核心在于有效的解析方法与数据提取策略。通过使用合适的工具和方法，能够高效地从复杂的网页中提取出有价值的数据，并为后续的数据分析与应用奠定坚实基础。

3 反爬虫策略：应对与优化方法

反爬虫策略是针对网络爬虫在抓取数据时可能遇到的各种阻碍措施的应对方法。在网络环境中，网站通常会采取反爬虫技术来保护其数据和资源不被恶意抓取。为了确保爬虫的有效性和稳定性，理解和应对这些反爬虫策略显得尤为重要。

常见的反爬虫策略包括 IP 限制、请求频率控制和用

户代理检测。IP 限制是网站最常用的防御措施之一。当检测到短时间内来自同一 IP 地址的请求过于频繁时，网站可能会暂时或永久封禁该 IP。这种情况下，使用代理池可以有效应对。通过随机选择不同的 IP 地址进行请求，可以降低被封禁的风险。此外，合理设置请求间隔时间也是一种有效的策略，模拟人类的浏览行为，以避免触发网站的反爬虫机制。

请求频率控制是另一个重要的反爬虫策略。网站通过分析请求的频率和模式来识别爬虫行为。为此，开发者可以采用动态延时的方式，在每次请求之间设置随机时间间隔，以此规避频率检测。这种方法不仅能减少被网站识别的风险，还可以分散流量，降低对目标网站的压力。

用户代理检测是网站识别爬虫的另一种方式。每次 HTTP 请求都带有一个用户代理字符串，表明请求来自于哪种浏览器或设备。如果爬虫的用户代理字符串被识别为非浏览器或机器人，网站可能会拒绝服务。为了解决这个问题，可以定期更新用户代理字符串，使用真实的浏览器信息模拟正常用户的行为。同时，通过随机化用户代理，确保每次请求都有不同的标识。

验证码（CAPTCHA）是反爬虫技术中的常见障碍，旨在验证请求是否来自真实用户。对于这一策略，常用的方法是结合自动化工具，如 Selenium，模拟用户行为进行手动输入。但需注意的是，频繁的验证码处理可能会引起网站的警觉，因此应谨慎使用。

最后，除了上述策略外，监控和日志记录也是优化反爬虫措施的重要手段。通过记录爬虫的访问日志，可以分析被拒绝的请求、错误响应和 IP 封禁的原因，从而不断调整爬虫策略，提升抓取的稳定性和有效性。

总而言之，反爬虫策略的应对与优化方法是一个动态的过程，随着目标网站的防护措施变化，开发者需要持续更新和调整爬虫的设计，以确保数据抓取的有效性和安全性。

4 网络爬虫的数据存储与管理策略

在网络爬虫的实施过程中，数据存储与管理策略是确保抓取数据高效、可用和安全的重要环节。合理的数据存储和管理不仅能够提升数据的处理效率，还能够为后续的数据分析提供可靠的基础。

数据存储的选择至关重要。常见的存储方式包括关系型数据库和非关系型数据库。关系型数据库如 MySQL 和 PostgreSQL，适合结构化数据的存储和管理，能够通过 SQL 语句进行灵活的数据查询和操作。对于抓取到的数据，开发者可以根据数据的特征设计相应的表结构，确保数据的完整性和一致性。此外，关系型数据库支持 ACID 特性（原子性、一致性、隔离性、持久性），使得数据操作更加安全可靠。

相比之下，非关系型数据库如 MongoDB 和 Redis 则更适合处理大规模的非结构化或半结构化数据。MongoDB 作

为文档数据库，可以轻松存储 JSON 格式的数据，适用于数据结构不固定的场景。Redis 则是一种键值对存储系统，适合对访问速度有较高要求的应用。选择合适的数据库类型需要根据具体的数据特征和访问需求进行权衡。

数据管理策略同样重要。在数据抓取的过程中，数据的去重、清洗和规范化是必要的管理步骤。由于网页内容的重复性和不稳定性，抓取过程中可能会出现重复数据。通过在数据存储前进行去重处理，可以有效减少数据冗余。此外，数据清洗的过程包括对缺失值、异常值的处理，以及对数据格式的标准化，确保后续分析时数据的一致性和准确性。

为了提高数据的可用性和检索效率，索引策略也是重要的管理措施。在数据库中，创建适当的索引可以显著提升数据检索的速度。开发者应根据查询频率和数据访问模式，合理设计索引，避免在数据更新时导致性能下降。

数据安全性也不容忽视。对于敏感数据，开发者应采取加密存储措施，确保数据在存储和传输过程中的安全。定期备份数据，以防数据丢失或损坏，并确保能够快速恢复数据是有效的数据管理策略之一。

随着数据量的不断增加，分布式存储和大数据处理技术也逐渐成为网络爬虫数据管理的重要方向。使用分布式数据库如 Cassandra 或 Hadoop 生态系统，可以有效地处理海量数据，支持高并发的读写请求。此外，结合数据分析工具如 Apache Spark，可以对存储的大数据进行实时分析，从而挖掘更深层次的价值。

综上所述，网络爬虫的数据存储与管理策略涉及多个方面，包括存储类型的选择、数据清洗与去重、索引优化、数据安全及大数据处理技术的应用。通过综合运用这些策略，能够实现对抓取数据的高效管理，提升数据的价值与应用潜力。

5 网络爬虫在实际应用中的效果评估与案例分析

网络爬虫在实际应用中的效果评估是确保数据采集质量和效率的重要环节。评估的维度通常包括数据的准确性、抓取效率、稳定性和存储的可用性等。通过定期的评估，开发者可以及时发现并解决潜在问题，优化爬虫的运行效果。

数据的准确性是评估网络爬虫效果的核心指标之一。准确性不仅涉及抓取到的数据是否完整，还包括数据的真实性和相关性。在实际应用中，开发者可以通过与源数据进行对比，采用抽样检查的方法来验证抓取结果的准确性。例如，在电商网站上抓取产品信息时，可以随机抽取部分产品信息与网站实时数据进行比对，从而评估抓取的准确性。

抓取效率直接影响到数据的实时性和时效性。爬虫的抓取速度通常受限于网络延迟、目标网站的反爬虫策略以及请求频率等因素。开发者可以通过记录抓取时的响应时间和请求数量，计算出单位时间内抓取的数据量，从而评估抓取效率。利用多线程或异步请求等技术手段，可以有

效提升抓取速度，进而提高效率。

稳定性则是另一个关键评估指标，尤其在面对动态网页和高并发访问时。爬虫在运行过程中可能会遭遇各种意外情况，如网络波动、IP 封禁和目标网站结构变更等。通过监控爬虫的运行日志和错误信息，开发者能够及时发现问题并调整策略。此外，定期的性能测试也能帮助开发者识别瓶颈，提高爬虫的稳定性。

在案例分析中，成功的网络爬虫应用可以为评估提供有力的数据支持。例如，在某电商平台的市场分析中，开发者通过爬虫获取了大量产品价格和用户评价数据。这些数据不仅帮助公司监测竞争对手的定价策略，还为市场趋势分析提供了宝贵的依据。在该案例中，抓取数据的准确性和实时性得到了良好的验证，为公司决策提供了可靠支持。

另一个案例是舆情监测，某公共关系公司利用网络爬虫实时抓取社交媒体和新闻网站上的评论和报道。通过分析这些数据，企业能够及时掌握公众舆论的变化和热点问题。在这一应用中，爬虫的稳定性和数据存储的可用性得到了充分的考验，最终形成了一套有效的舆情监测系统。

通过对网络爬虫效果的评估与实际案例分析，可以看出，优化爬虫的设计与运行策略，不仅能够提高数据的质量和可用性，还能为相关决策提供更加精准的支持，助力企业在数据驱动的时代实现更大的价值。

5 结语

网络爬虫在数据采集中的重要性愈发凸显，通过合理的设计与优化，可以高效获取有价值的信息。准确性、效率和稳定性是评估爬虫效果的关键指标，成功案例展示了其在市场分析和舆情监测中的广泛应用。持续优化数据存储和管理策略，将有助于提升抓取数据的质量与实用性，为决策提供可靠的支持，进一步推动数据驱动的商业智能和决策制定。

[参考文献]

- [1] 盛景, 徐超, 周涛. Python 网络爬虫技术分析[J]. 中国信息界, 2024(6): 210-212.
- [2] 刘莹. 基于 Python 的多线程网络爬虫系统的研究与实现[J]. 无线互联科技, 2024, 21(14): 44-46.
- [3] 刘莹. 基于 Python 的多线程网络爬虫系统的研究与实现[J]. 无线互联科技, 2024, 21(14): 44-46.
- [4] 卢坤菲, 韩林芮. 高职 Python 网络爬虫技术课程思政建设研究与实践探究[J]. 电脑知识与技术, 2024, 20(6): 41-43.
- [5] 张海霞. 基于 Python 网络爬虫技术的海量教学资源获取研究[J]. 太原城市职业技术学院学报, 2023(11): 56-58.

作者简介: 陶冯炜 (2005.8—), 院校: 南京工业大学, 所学专业: 安全工程; 陈哲瀚 (2007.5—), 院校: 江苏省横林高级中学, 所学专业: C++.

水泥工业电气自动化的创新及发展研究

杨 杰

华润建材科技控股有限公司, 广东 深圳 518000

[摘要]随着全球工业化的不断推进,水泥行业作为基础设施建设的核心组成部分,面临着日益增长的效率提升与成本控制的双重压力。在此背景下,电气自动化技术的应用为行业带来了显著的变革。通过自动化控制,生产效率得到了提升,能源消耗有所减少,生产过程更加安全。电气自动化技术,作为推动行业发展的核心力量,必须突破现有的技术障碍,才能在未来市场中占据一席之地。因此,解决电气自动化技术在水泥行业中的瓶颈问题,是实现行业可持续发展的必要条件。

[关键词]水泥工业;电气自动化;智能化控制;高效节能;技术创新

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14714

中图分类号: TP27-4

文献标识码: A

Research on Innovation and Development of Electrical Automation in Cement Industry

YANG Jie

China Resources Building Materials Technology Holdings Limited, Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract: With the continuous advancement of global industrialization, the cement industry, as a core component of infrastructure construction, is facing increasing dual pressures of efficiency improvement and cost control. In this context, the application of electrical automation technology has brought significant changes to the industry. Through automation control, production efficiency has been improved, energy consumption has been reduced, and the production process is safer. Electrical automation technology, as a core force driving industry development, must overcome existing technological barriers in order to occupy a place in the future market. Therefore, solving the bottleneck problem of electrical automation technology in the cement industry is a necessary condition for achieving sustainable development of the industry.

Keywords: cement industry; electrical automation; intelligent control; efficiency and energy-saving; technological innovation

引言

水泥工业是现代基础设施建设的支柱产业之一,其生产过程对自动化水平的要求极高。电气自动化作为水泥生产过程中至关重要的组成部分,通过引入现代化的电气控制技术,已经实现了工艺流程的智能化和自动化。随着全球经济发展和环保要求的提高,水泥工业面临着提升生产效率、降低能耗、减少污染等多重挑战。因此,探索水泥工业电气自动化的创新及其发展趋势,对于推动水泥行业的转型升级具有重要意义。

1 水泥工业电气自动化的发展历程与现状

1.1 水泥行业中电气自动化的发展历程

水泥工业电气自动化的起步可以追溯至 20 世纪 60 年代。那个时期,水泥生产主要依赖人工操作,电气化程度较低。然而,随着计算机技术的不断发展,尤其是 80 年代后期,PLC(可编程逻辑控制器)和 DCS(分布式控制系统)相继在水泥生产中得到应用,生产过程中逐渐实现了自动化控制。进入 21 世纪,信息化技术的迅猛发展进一步推动了电气自动化在水泥行业的创新。物联网、大数据、云计算等技术的引入,使生产过程的数据采集、传输和分析变得更加精准。智能化控制系统的广泛应用,推动了水泥工业向智能化、绿色化的方向迈进。

1.2 当前水泥工业电气自动化技术现状

如今,水泥工业的电气自动化系统已经涵盖了生产全过程的自动控制与监控。系统主要包括原料准备、粉磨、煅烧和成品处理等环节。在这些环节中,传感器技术与自动化控制设备的结合,确保了生产的精确性和高效性。在原料配比与输送阶段,自动化系统通过精准的参数调节,保证了生产过程的稳定性。尤其是在粉磨环节,自动化技术能够根据实时数据进行调控,保证生产过程的高效性与精度。煅烧环节的自动化控制系统则能够精确调节炉温和燃料比,确保熟料质量的一致性。成品处理环节,通过自动化设备完成包装、储存与输送,从而大幅提高了生产效率。大多数现代水泥厂均采用 DCS 与 PLC 系统来实现自动化管理。DCS 系统通过集中监控确保生产过程的稳定运行,而 PLC 系统则主要负责设备的启停和状态监测。通过实时数据采集与传输,生产的每一环节都得到了精确控制,从而保证了产品质量。在能源管理方面,水泥工业已广泛应用变频器与高效电机等设备,优化了电力消耗。

1.3 国内外水泥工业电气自动化技术的对比分析

许多国外大型水泥企业早已实现了智能化生产与能源优化,利用集成化自动化系统对生产设备进行远程监控和故障诊断,从而提高了生产效率与设备可靠性。而国内

水泥企业虽然在自动化技术上有所应用,但大多数企业仍然依赖传统的 DCS 与 PLC 系统。尽管部分环节进行了技术升级,但整体水平与国际先进企业相比,仍有一定差距。在设备智能化、系统集成等方面,国内水泥企业尚需克服不少挑战,尤其在提高设备效率与整合智能化技术方面,存在较多不足。随着国家政策的不断完善与环保要求的日益严格,国内水泥行业的电气自动化技术有望朝着更加智能化、绿色化的方向发展^[1]。随着技术进步与市场需求的变化,国内企业将在智能化控制、能源管理及环保等领域取得突破,逐步迎头赶上国际先进水平。

2 水泥工业电气自动化的技术创新

2.1 电气自动化技术在水泥生产中的重要性

水泥生产中的各个关键环节,诸如原料配料、粉磨、煅烧等,都需要高效且精确的电气自动化技术来保证产品质量及提升生产效率。通过自动化技术的广泛应用,人工干预被显著减少,从而降低了人为操作带来的错误风险。生产过程中的稳定性与安全性随之得到了显著提高,整体生产能力得以增强。在每一个生产环节中,自动化系统通过对温度、湿度及粉磨细度等因素的精确控制,确保了各项生产指标的稳定。这些自动化系统可以实时采集数据,并依据生产过程中的反馈信息进行精准调节,确保生产的连续性与一致性。由此,自动化技术的应用不仅保障了水泥产品的质量,更推动了生产效率的持续提高,进一步加速了水泥工业现代化进程。

2.2 智能化控制系统的应用

智能化控制系统通过集成先进的传感器、数据采集与分析系统,智能控制系统能够对生产过程中的各项参数进行实时监测,并依据实时数据自动调节设备状态,以此实现生产过程的精确控制与优化。与传统自动化系统相比,智能化控制系统的灵活性与适应性更为突出。这些系统能够根据生产中的实时反馈自动调节设备状态,从而降低人为因素的干扰,增强了生产过程的稳定性与可靠性。智能控制系统的引入不仅提升了设备的自适应能力,也为能源优化及生产成本降低提供了新的可能。

2.3 高效节能电气设备的应用

随着节能减排政策的不断推进,水泥工业逐步采用了高效节能的电气设备,从而有效降低了电力消耗,并提升了能源使用效率。变频器、电机控制系统及高效电动机等设备的广泛应用,显著改善了水泥生产过程中的能源管理,减少了能源浪费,同时降低了生产成本。变频器的引入在水泥生产过程中发挥了关键作用。传统电动机通常以固定转速运行,难以根据生产需求调整,导致电力浪费。而变频器使得电动机能够根据负载变化自动调节转速,从而实现了精细化的能源管理,不仅提高了电力利用率,也延长了电动机的使用寿命,进而降低了维修与更换成本。

2.4 先进的监控与数据采集技术

随着物联网技术的发展,水泥工业中的生产设备已广

泛接入监控平台,形成了实时数据采集与分析系统,能够实时监控设备的运行状态,还能在发生故障时迅速诊断问题,并提供相应的解决方案,从而保障生产过程的顺利进行。通过这种数据采集系统,生产过程中各类参数的变化能够及时被记录与反馈,设备的运行状况与工艺要求能够始终保持一致^[2]。当设备出现异常时,监控平台会立即发出警报,并自动给出故障诊断与建议,帮助设备维护人员快速定位问题,缩短修复时间,减少停产损失。实时数据分析的引入,不仅增强了生产过程的可靠性,也为进一步优化生产提供了有力支持。

2.5 自动化配料与运输系统的创新

自动化配料与运输系统的创新,依赖于 PLC、DCS 控制系统及机器人技术,显著提高了原料配料的精度及运输效率。自动化技术的应用使得原料的配比更加准确,同时也减少了人工操作的干扰,从而提高了生产的效率与产品的质量。这些自动化系统的引入,确保了生产环节中每一步操作都能精确控制。通过自动化控制系统,根据生产工艺的要求,自动完成原料的称量与输送任务,从而避免了人为操作的误差。运输过程中,自动化系统的使用确保了物料的及时、准确输送,减少了人工干预,提高了生产的安全性与可靠性。

2.6 电气自动化在设备维护中的创新应用

电气自动化技术在设备维护领域的创新,特别是在实时监控与远程诊断方面,已取得显著成效。通过智能监控系统的引入,水泥厂能够实现设备的持续监控,预测潜在的故障,并在问题发生之前采取相应的预防措施。与传统维护方式不同,现代电气自动化系统能够实时收集设备运行数据,分析设备健康状况,及时发现潜在故障并进行预警。系统还能够根据分析结果提供详细的故障诊断报告,帮助维修人员快速定位问题,并采取措施修复设备。通过对设备运行数据的全面分析,自动化技术在设备管理中的应用不仅提高了设备的使用寿命,还减少了因设备故障导致的生产停机时间,优化了生产线的整体运行效率。

3 水泥工业电气自动化面临的问题

3.1 技术瓶颈与发展限制

尽管水泥工业的电气自动化技术在一定程度上已取得进展,但技术更新缓慢与标准不统一的问题仍普遍存在。这些问题导致部分企业未能充分发挥电气自动化的潜力,进而使其技术水平停滞不前。技术的滞后限制了生产效率的提升,也让这些企业在激烈的市场竞争中处于不利地位。由于技术标准的不统一,生产中的各环节往往难以实现高效协同,整体生产能力受到制约。

3.2 自动化系统的集成问题

在水泥生产中,多个自动化系统的协同工作至关重要。然而,自动化设备间的兼容性差,导致了系统集成过程中的复杂性与不稳定性。不同设备之间信息交流不畅,影响

了整个生产线的效率。尤其是在一些规模较大的生产环境中，集成问题更加突出，造成了自动化系统未能发挥出预期的优化作用。由于技术壁垒与设备间的不匹配，生产过程中经常出现系统冲突或运行不顺，进一步影响了生产的稳定性与效率。

3.3 电气设备的维护与更新问题

许多水泥企业并未给予足够重视，导致设备老化加剧，无法满足现代化生产的技术需求。设备维护不到位，使得一些关键设备在故障时未能及时修复，影响了生产过程的连续性与稳定性。此外，设备更新的滞后使得企业难以适应新技术的应用需求，进一步制约了技术的更新换代和生产能力的提升。

3.4 电力消耗与节能问题

尽管电气自动化系统在提升生产效率方面发挥了积极作用，但在部分企业中，节能设备的应用仍存在诸多不足。由于技术引进和操作管理的缺陷，企业在节能方面未能实现预期的效果，导致能源浪费。电力消耗过高的现象依然存在，生产成本居高不下，严重影响了企业的盈利能力^[3]。随着政府对节能减排的要求日益严格，企业迫切需要找到更有效的节能途径，以降低电力消耗、提高能源使用效率。

3.5 人才短缺与技术培训问题

当前水泥行业特别是一些中小型企业存在人才短缺问题，上面面临较大困境。技术人员的培训力度不足，导致新技术的推广应用困难。技术人才的不足使得企业在遇到新技术与设备时，难以快速适应和有效操作，从而影响了生产过程中自动化技术的实施效果。此外，技术人员知识更新也未能及时跟上行业发展的步伐，这进一步加剧了技术与人才需求之间的矛盾。

3.6 安全与环境问题

许多企业在设备的安全管理上存在漏洞，未能对电气设备进行定期检查与维护，导致安全隐患的积累。与此同时，环境保护的要求日益严格，但一些水泥企业在自动化系统的设计时未能充分考虑环保因素。设备的排放控制不达标，生产过程中可能带来一定程度的环境污染，增加了企业的环保压力。在自动化系统的建设过程中，忽视了安全管理与环保设计的有机结合，带来了潜在的安全与环保风险。

4 面临问题的解决方案

4.1 技术瓶颈与发展限制的解决方案

尽管水泥行业的电气自动化技术已经取得了较为显著的进展，但仍面临技术更新滞后及技术标准不统一的问题。要突破这些瓶颈，加强自主创新力度显得尤为关键。重点应放在自动化控制、智能传感技术及数据处理等核心技术领域的技术研发上。此外，推动企业与科研院所以及高等院校之间的合作将是加快技术革新的有效途径。通过多方合作，共同攻克技术难关，企业可以大大提高自身技术水

平，促进产业升级。同时，技术标准的统一亦不可忽视。统一标准不仅有助于避免设备之间的兼容性问题，还能为行业的未来发展提供清晰的方向，使技术更为规范化与高效化。

4.2 自动化系统集成问题的解决方案

由于不同自动化设备之间的兼容性差，系统集成问题显得尤为突出。为此，模块化设计的引入被认为是一项有效的解决方案。通过采用模块化设计，不同的自动化系统能够更好地兼容与集成，从而提高系统的灵活性与可扩展性。同时，跨系统的信息共享与数据交换同样需要加强。通过建立高效的数据传输通道，能够确保各环节之间的信息流畅流通，从而提升整体生产的协调性与效率，确保生产过程中的每个环节能够顺畅衔接，从而达到更高的生产效益。

4.3 电气设备维护与更新问题的解决方案

电气设备的维护与更新是确保自动化系统长期稳定运行的关键，但当前许多企业对设备维护的重视程度不足，且老化设备的比例较高。为了有效解决这一问题，企业应加大对设备维护的投入，建立科学的设备管理与更新机制。通过定期对设备进行检修与状态监测，能够在早期发现潜在故障，减少设备故障发生的概率。设备的生命周期管理尤为重要，企业应通过引入先进的监控技术，实施设备状态在线监测，及时发现设备异常并进行调整或修复，从而延长设备的使用寿命^[4]。此外，设备的更新换代也必须同步进行，尤其是关键生产设备，应定期进行升级或更换，以应对技术进步与生产需求的变化。

4.4 电力消耗与节能问题的解决方案

为有效降低电力消耗，企业应引进更加高效的电气设备。例如，变频器及智能电机控制系统可以根据生产需要智能调整功率负荷，从而降低不必要的能量消耗。通过优化生产工艺，减少空载运行及设备待机时间，进一步降低能源浪费。这些措施能够在减少电力消耗的同时提高生产效率，从而达到降低生产成本的目的。此外，智能能源管理系统的应用也是节能的一个重要举措。通过实时监控生产过程中的能耗情况，企业能够迅速发现异常并进行调整，以确保能源的高效使用。通过这些举措，水泥企业能够在减少能源消耗的同时，降低环境负担。

4.5 人才短缺与技术培训问题的解决方案

技术创新离不开高水平的电气自动化技术人才，企业必须加强对技术人才的培养与引进。通过与高校及科研机构的深度合作，企业可以提升人才的培养质量，并通过产学研合作加速技术的应用与推广。此外，定期的培训及技术交流对提升现有员工的技术水平同样至关重要。通过为员工提供定期培训，帮助其掌握最新的技术动态，企业不仅能够提升技术团队的整体素质，还能在不断发展的自动化技术应用中占据竞争优势。同时，企业还应推动继续教育与职业资格认证，确保员工的技能与市场需求保持一致，

从而促进技术的长远发展。

4.6 安全与环境问题的解决方案

企业应从根本上提升设备的安全设计,确保设备在极端环境下依然能够稳定运行。通过采用国际先进的安全设计标准,设备的安全性能将大幅提升,生产过程中的安全隐患也能有效规避。对设备进行定期的安全检查与评估,及时发现隐患并采取措施,能够有效避免生产事故的发生。同时,环保问题亦不容忽视。企业应优先选择低能耗、低污染的设备,并加强废气、废水的处理设施建设,确保符合日益严格的环境保护标准。通过技术创新,提升设备的能效与环保性能,企业不仅能降低生产成本,还能提升社会责任感,推动企业向绿色生产转型。

5 结语

电气自动化技术在提高生产效率、保障生产安全以及降低生产成本方面发挥了至关重要的作用。然而,现阶段技术更新缓慢、设备老化以及能源浪费等问题,仍旧成为制约水泥行业进一步发展的瓶颈。要解决这些问题,亟须加强技术研发、推动设备更新与自动化系统的集成,特别是在节能与环保方面的技术创新。通过在智能化生产、能源管理及环保设计等方面的技术革新,水泥行业可以逐步

实现绿色发展,提升市场竞争力。同时,在政府政策的支持下,企业应加强对高水平人才的培养与引进,促进产学研合作,为技术的推广与应用创造更加有利的条件。随着电气自动化技术不断深入发展,水泥行业的生产效率、环境友好性及安全性将不断提升,行业的可持续发展前景也将愈加广阔。

[参考文献]

- [1]王东成.浅析现代水泥工业电气自动化新技术[J].科技创新导报,2014,11(23):104.
 - [2]文浩喆.水泥厂自动化设备的创新与应用[J].现代制造技术与装备,2016(12):178.
 - [3]姬耀锋.水泥工业电气自动化的创新及发展[J].中国科技信息,2018(2):99-100.
 - [4]胡雪玲,陈树国,王英利.水泥厂电气自动化设备技术改造及应用[J].内蒙古科技与经济,2021(6):107-108.
- 作者简介:杨杰(1982.11—),毕业院校:广西科技大学(原广西工学院),所学专业:测控技术与仪器,当前就单位名称:华润建材科技控股有限公司,就职单位职务:智能与数字化部总经理兼深圳市润丰智慧科技有限公司总经理,职称级别:中级。

基于嵌入式系统的温室大棚开发设计与实现

易 萍 潘丽峰

湖南涉外经济学院信息与机电工程学院, 湖南 长沙 410205

[摘要]随着农业生产智能化的广泛应用; 农业设施智能化成为目前温室大棚等场景中的一个重要发展方向; 温室大棚环境调控方式实现自动化控制监测的研究具有重要意义。其中; 温室大棚中作物生长所需要的环境因素的无线检测与调控作为文章的研究方向; 主要研究温室大棚环境监测控制设备的设计与实现。本设计以 MCU 作为控制中心, 开发一款具有实时温湿度检测、二氧化碳浓度检测、光强检测等功能, 同时该设备以 ZigBee 作为通信网络, 实现温室环境智能控制的模型。通过现有的通信网络, 建立起一种快捷有效的检测系统, 达到实时监测远程控制温室大棚环境的目的。

[关键词]智能温室; 温室环境调控; 无线检测系统; 传感器技术

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14713

中图分类号: TP274.4

文献标识码: A

Design and Implementation of Greenhouse Development Based on Embedded System

YI Ping, PAN Lifeng

School of Information and Mechanical and Electrical Engineering, Hunan International Economics University, Changsha, Hunan, 410205, China

Abstract: With the widespread application of intelligent agricultural production; The intelligentization of agricultural facilities has become an important development direction in current scenarios such as greenhouses; The research on achieving automated control and monitoring of greenhouse environment regulation methods is of great significance. The wireless detection and regulation of environmental factors required for crop growth in greenhouses are the research direction of this article; Mainly researching the design and implementation of environmental monitoring and control equipment for greenhouse rooms. This design uses MCU as the control center to develop a model with real-time temperature and humidity detection, carbon dioxide concentration detection, light intensity detection and other functions. At the same time, the device uses ZigBee as the communication network to achieve intelligent control of greenhouse environment. Through the existing communication network, a fast and effective detection system is established to achieve real-time monitoring and remote control of greenhouse environment.

Keywords: intelligent greenhouse; greenhouse environmental regulation; wireless detection system; sensor technology

基于嵌入式系统的温室大棚的开发与设计, 其研究背景与意义深远。随着现代农业的快速发展, 温室大棚作为一种高效的农业生产方式, 对于提高作物产量、优化种植环境具有不可替代的作用。然而, 传统的温室大棚监控方式存在诸多不足, 如人工监测效率低、数据不准确等问题, 难以满足现代农业对于精准、高效、智能的需求。嵌入式系统作为一种先进的计算机技术, 具有体积小、功耗低、性能强等显著优点, 非常适合应用于温室大棚的监控系统中。通过嵌入式系统, 可以实现对温室大棚内环境因素的实时监测、精准控制和数据处理, 从而提高温室大棚的生产效率和品质。

因此, 开展基于嵌入式系统的温室大棚的开发与设计研究, 不仅有助于解决传统温室大棚监控方式存在的问题, 提升温室大棚的智能化水平, 还能推动农业生产的现代化进程, 提高农业资源的利用效率。同时, 这一研究也为嵌入式系统在农业领域的应用提供了有益的探索和参考, 具有重要的理论价值和实践意义。

1 温室大棚的发展及尚存在的问题

上世纪 70 年代起, 海外国家如美国和荷兰率先将机

械化引入农业生产, 推动温室产业向集约化方向发展。这些国家通过计算机精确调控温室内的环境因素和作物养分, 形成了完善的温室种植技术体系。美国不仅是最早将计算机技术应用于农业的国家之一, 还在温室环境监测与控制方面建立了高精度的系统, 显著提升了农业生产效率和经济效益。荷兰的玻璃温室自动化制造技术全球领先, 其温室面积占全球四分之一以上, 且国内 85% 的温室实现了环境自动化控制。此外, 信息化、数字化农业以及遥测、网络和控制局域网等技术在这些国家的温室农业中得到广泛应用。

相比之下, 我国温室大棚的研究与发展起步较晚, 但近年来取得了显著进展。我国早在两千多年前就有了温室种植的雏形, 而在上世纪 80 年代末和 90 年代初, 开始引进并消化国外技术, 进行蔬菜生长环境自动化控制的实验研究。随着“九五”期间再次引进海外先进技术, 国内机构开始自主研发适合我国环境的控制系统。例如, 江苏理工大学在 1996 年开发的智能环境控制系统, 就为我国温室检测系统研究的发展提供了重要技术支持。

然而, 尽管我国在温室大棚环境监测控制方面取得了

很大发展,但与发达国家相比仍存在差距。我国在温室环境检测技术方面需要建立更加成熟和科学的体系,同时发挥自身特色和优势,进行多因子综合因素的大系统控制研究。目前,我国农业生产中应用的主要是符合国情的节能型日光温室,而高度自动化的现代温室发展相对滞后,存在设施简陋、机械化程度低等问题。此外,我国温室农业生产以小型个体种植户为主,温室面积小且标准化程度低。因此,发展适度规模化生产和智能化温室大棚是我国现代温室农业的重要发展方向。

2 硬件系统设计说明

本设计拟开发一款用于温室大棚的无线检测设备模型,该模型具备主控模块、温湿度、二氧化碳浓度、光强传感器模块,同时,该模型通过无线通信网络进行通信。通过上述模块的结合,实现温室大棚的无线检测系统。

本系统结构框图如图1,以Arduino DUE为中心控制模块,分别连接二氧化碳传感器、温湿度传感器、光强传感器、显示屏、和ZigBee通信模块。传感器采集环境参数传送到Arduino DUE,由显示屏显示数据信息,再通过ZigBee进行通信,将数据传送到远程控制端^[1]。

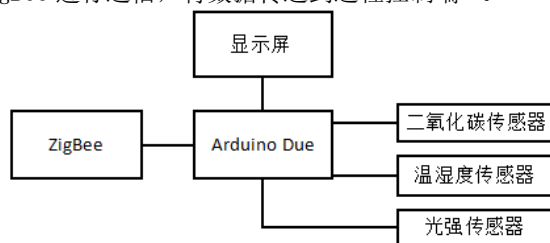


图1 系统硬件整体结构框图

2.1 单片机选型

在我们日常学习中,最常用到的单片机是51系列单片机。51单片机的功能非常完善,从内部硬件到软件,51单片机系列有一套完整的按位操作系统,并且51单片机引脚设置和使用非常简单,因此51系列的应用十分广泛。然而51系列单片机仍存在运行速度过慢等问题。

本设计要用到的单片机是Arduino DUE,Arduino通常被认为更易于使用,因为它已经是一个完整的系统,用户不需要了解硬件原理即可快速上手。

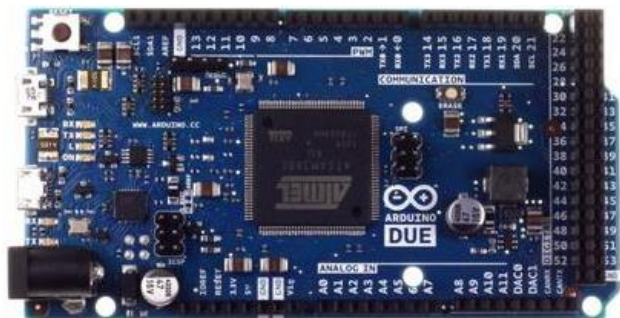


图2 Arduino DUE模块实物图

Arduino DUE模块实体图如图2,Arduino能通过各

种各样的传感器来感知环境,通过控制灯光、马达和其他的装置来反馈、影响环境。板子上的微控制器可以通过Arduino的编程语言来编写程序,编译成二进制文件,烧录进微控制器^[2]。对Arduino的编程是通过Arduino编程语言和Arduino开发环境来实现的。基于Arduino的项目,可以只包含Arduino,也可以包含Arduino和其他一些在PC上运行的软件,它们之间进行通信(比如Flash, Processing, MaxMSP)来实现。

2.2 系统硬件电路设计

2.2.1 温湿度检测电路设计

本系统中使用的温度和湿度传感器型号是SHT3x-DIS温湿度传感器。该模块通过IIC总线与主机通信,IIC是一种多向控制总线,可以让多个芯片同时连接到同一总线结构下,并且每个芯片都可以作为实时数据传输的控制源。IIC设备里有一个固定的地址,只有当两条线上传输的值等于IIC设备的地址时,才会让IIC设备做出响应。图3、图4为IIC数据传输。

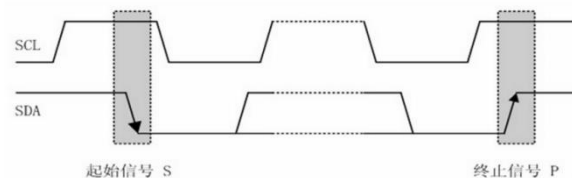


图3 数据传输起止信号

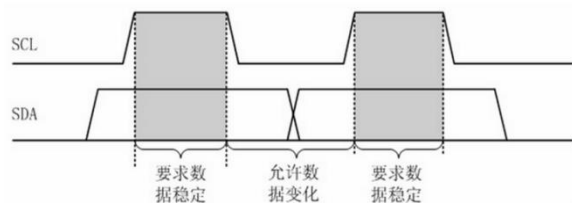


图4 数据传输示意图

Arduino DUE有两路IIC通信设备,将其按照温湿度模块管脚排布方式引出与温湿度模块进行连接,温湿度模块电路如图5所示。

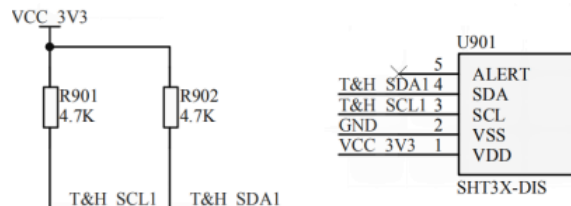


图5 温湿度模块电路图

2.2.2 二氧化碳检测电路设计

系统中使用的二氧化碳传感器型号为MH-Z19B二氧化碳气体传感器,是一个通用智能小型传感器,该模块与主机通过串口输出方式进行通信。将二氧化碳传感器的Vin-GND-RXD-TXD分别接至Arduino DUE的5V-GND-TX-RX,模块电路如图6所示。

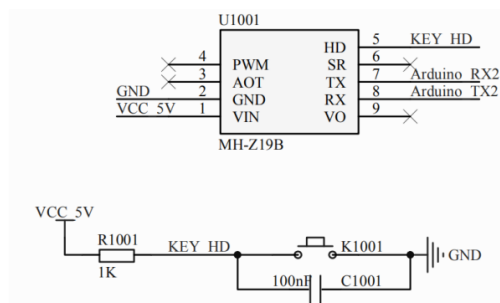


图6 二氧化碳模块电路图

2.2.3 光强检测电路设计

本系统选用的光强传感器模块为 OPT3001 环境光传感器,该模块与主机通过 IIC 以及 SMBus 兼容的两线制串口方式进行通信^[3]。按照光强传感器模块管脚排布方式引出 Arduino DUE 接口,与光强模块进行连接,图7为光强模块电路,图8为引出端子电路图。

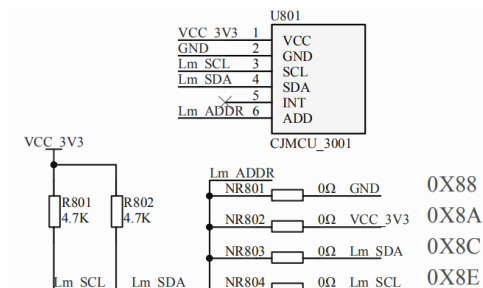


图7 光强模块电路图

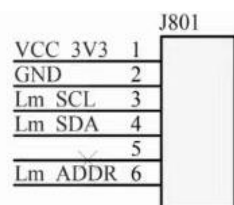


图8 引出端子电路图

2.2.4 ZigBee 通信电路设计

本设计使用 Z-0001 ZigBee 通信模块,该模块通过串行端口输出方法与主机通信。模块串口接收器 UART0_RX(相应的引脚 P0.2)连接到 Arduino DUE 控制器串口的 TX 端口,模块串口发送器 UART0_TX(与引脚 P0.3 相对应)连接到 Arduino DUE 控制器串行端口的 RX 端口。ZigBee 模块电路如图9所示。

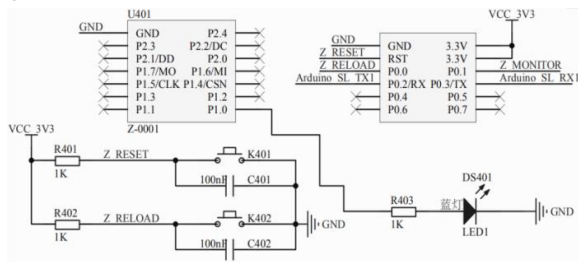


图9 ZigBee 模块电路

3 软件系统设计说明

本设计的硬件以 Arduino DUE 作为控制核心,结合温、湿度传感器,光强传感器,二氧化碳传感器模块,获取到环境参数,在显示屏显示数据,并且通过 ZigBee 模块发送数据到服务器^[4]。

软件的总体流程图如图10所示,首先进行初始化,包括 I/O 初始化,串口的初始化, IIC 通信端口初始化,显示屏的初始化,然后进行数据的采集,将数据显示到屏幕上,接着通过无线模块发送数据,这是一个完整的流程。

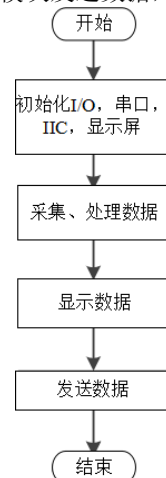


图10 软件总体流程图

3.1 软件开发环境

本系统采纳的核心硬件组件为 Arduino 单片机系列中的 Arduino DUE。而负责软件编程的平台,我们选用了 Arduino IDE,这是一款基于 Java 语言开发的开源软件工具。Arduino IDE 所运用的编程语言,是在布线语言 (Wiring language) 的基础上进一步发展的产物,它实质上是 AVR GCC 库的两个封装包,为开发者提供了极大的便利。这款 IDE 无需开发者具备深厚的微控制器 (MCU) 或编程基础,仅需通过简短的学习,便能迅速上手并开发出实用的项目。

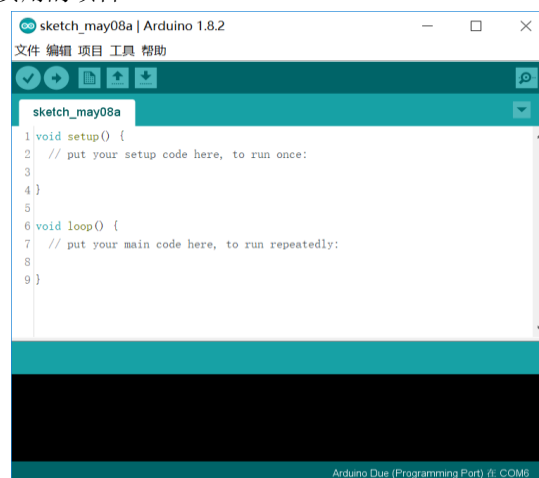


图11 Arduino IDE 界面

Arduino IDE 作为 Arduino 开源代码的集成开发环境,其用户界面设计得相当友好,编程语法也做到了极致的简化,使得程序的编写、编译以及下载都变得异常便捷。这些特性共同促成了 Arduino IDE 在 Arduino 程序开发中的广泛应用^[6]。在图 11 中,我们展示了 Arduino IDE 的直观界面,它清晰地呈现了编程环境的主要布局和功能区域。

3.2 传感器模块程序设计

3.2.1 温湿度模块程序

该模式采集流程如图 12,首先初始化 IIC 通信端口,主机发送数据读取指令到从机,从机收到指令后返回数据,主机读取数据,然后对数据进行校验,校验成功后对数据进行处理得出结果,校验失败则再次发送读取数据命令,直到完成数据读取。

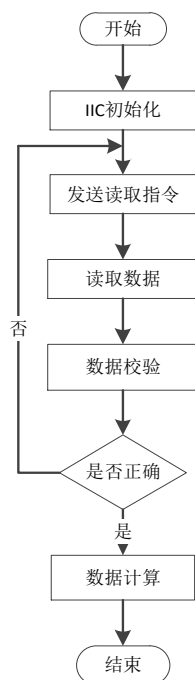


图 12 温湿度模块采集流程

3.2.2 二氧化碳模块、光强模块程序

本系统使用的二氧化碳传感器为 MH-Z19B 二氧化碳传感器,具有很好的选择性和无氧气依赖性,寿命长。内置温度补偿时具有数字输出、模拟输出及 PWM 输出方式可供选择。在本系统中采用数字输出方式,只需要通过串口发送读取数据指令即可获得二氧化碳数据。关键代码如下所示:

```

void CO2_com() {
    int cnt = 0;
    //co2 传感器为串口控制
    //控制指令
    char A[9] = {0xFF, 0x01, 0x86, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x79};
    Serial1.write(&A[0], 9);
    
```

```

delay(20);
//检测读取 co2 返回的数据
while (Serial1.available() > 0) {
    int rxBuf = Serial1.read(); //读取一个字节
    dataBuf[cnt++] = rxBuf; //把读取到的一个字
节添加到数组里
    if (cnt >= 3) { //连续读取三个字节后
        beginFlag = false; //未知
        cnt = 0; //数组脚标置零
        CO2 = dataBuf[1] * 256 + dataBuf[2]; //计算
co2 的值, 第二个字节为高位, 第三个字节为低位
    }
}
}
}
    
```

本系统使用的光照传感器为 OPT3001, 该传感器测量范围可达 0.01lux 至 83k lux, 通过 IIC 与主机进行通信。关键代码如下所示:

```

void get_LUX() {
    //i2c 发送
    Wire.beginTransmission(x44); //开始发送数
据到从机设备, 地址 0x44
    Wire.write(x89); //发送数据 0x89
    Wire.endTransmission(); // 停止传输
    Wire.requestFrom(0x44, 2); // 告诉从机
设备 0x44, 主机要读取两个字节的数
据
    while (Wire.available()) //检测从机返回的数据
    {
        msb = Wire.read(); //读取第一个字节
        lsb = Wire.read(); //读取第二个字节
    }
    raw = (msb << 8) | lsb; //高位左移 8 位, 相
当于*256; msb 作为高 8 位, lsb 为低 8 位, 相当于一个
uint16 类型。等效于 raw = msb*256 + lsb;
    /* Convert to LUX 转换为 lux */
    result = raw & 0x0fff; //获取低 12 位的值
    exponent = (raw & 0xf000) >> 12; //获取高 4
位的值
    L = result * 0.01 * pow(2, exponent); //计算
光照强度低 12 位的数值*0.01*2 的 exponent 次方(获取
高 4 位的值)
    //根据传感器的资料计算
}
    
```

4 系统实现

4.1 系统调试

本系统经过硬件设计, 完成电路板的研制, 同时也完

成了传感器的选型，温湿度传感器使用工业级传感器 SHT3x-TDS，二氧化碳传感器使用 MH-Z19B，光强传感器使用 OPT3001，无线模块使用德州仪器的 CC2530 无线模块，显示屏选用分辨率为 480x320 的 TFT 彩色液晶显示屏，主控模块使用 32 位单片机 Arduino DUE。

在完成系统设计后进行软件设计，规划了软件流程，并且编写了每个模块的驱动程序。完成系统的硬件设计和软件设计后需要对系统进行测试，将所有模块按照电路原理图进行连接，得到系统实物，温湿度模块，光强传感器模块，二氧化碳模块，背面为无线通信模块 ZigBee 和主控 Arduino DUE。

配置完成后将模块断电重启，通过 USB 连接到电脑，用串口调试助手进行测试。正确选择波特率后打开串口进行数据传输设置，路由器接收到协调器的数据，协调器也接收到来自路由器的数据。

4.2 无线检测模块测试

在整体测试之前需要对单个传感器进行测试。图 4.2 为温湿度传感器测试数据，测试环境为室内，设置的采样间隔为 1 分钟。通过数据可以看出模块可以采集到环境温度、湿度数据，温度数据较为均匀，波动小，而湿度数据存在一定的波动，通过分析发现这是由当前测试环境影响的，在测试的过程中有湿度较大的物体接触了模块造成数据波动^[6]。

图 13 光强传感器测试数据为光强传感器测试数据，测试环境为室内，采样间隔 1 分钟，测得数据为 570lux 左右，经过查阅资料可知，夏天室内光强为 100-550lux，测量数据较为准确。

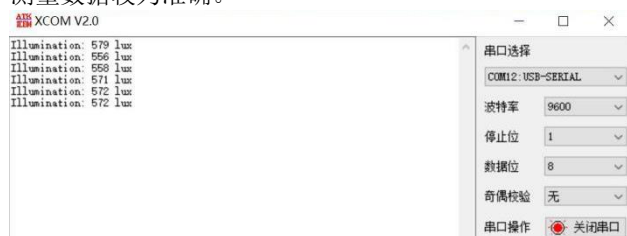


图 13 光强传感器测试数据

试数据，测试环境为室内，采样间隔 1 分钟，得到的二氧化碳浓度为 800ppm 左右。

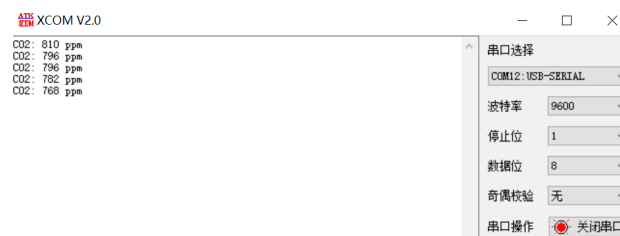


图 14 二氧化碳传感器测试数据

根据监测数据显示，白天各环境指标随着时间变化数值有比较明显改变，当数据超过阈值时，客户端能及时发出警报通知，方便用户查看处理。管理员用户可以根据作物生长习性灵活设置各环境指标阈值。

基金项目：2023 年国家级大学生创新训练计划项目“基于嵌入式的温室大棚的开发与设计”（项目编号：S202312303060）；2024 年省级大学生创新训练计划项目“基于嵌入式的智能门锁设计”（项目编号：S202412303084）。

【参考文献】

- [1] 孙启昌, 王婉星. 基于嵌入式的温室大棚远程视频监控系统设计与实现[J]. 杨凌职业技术学院学报, 2024, 23(2): 13-16.
- [2] 朱婧玮. 基于嵌入式系统的温室大棚管控系统设计[J]. 南方农机, 2023, 54(5): 22-25.
- [3] 邹彬. 基于物联网的温室大棚监控系统研究与设计[D]. 陕西: 延安大学, 2022.
- [4] 孙启昌. 基于嵌入式温室大棚环境监控系统设计与实现[J]. 热带农业科学, 2022, 42(5): 94-98.
- [6] 陈元威. 基于嵌入式的温室大棚环境监控系统设计[J]. 工业控制计算机, 2021, 34(7): 162-163.
- [6] 李刚. 基于 STM32 单片机的温室大棚智能监控系统的设计[D]. 四川: 四川农业大学, 2020.

作者简介：易萍（2004.10—），女，汉族，湖南怀化人，就读于湖南涉外经济学院信息与机电工程学院。

图 14 二氧化碳传感器测试数据为二氧化碳传感器测

人工智能技术在建筑电气工程中的运用探讨

宋 磊

中联合盛科技有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着全球化及城市化进程的不断推进,建筑行业正在经历深刻的转型,特别是在建筑电气工程领域,智能化、节能与环境友好的需求愈加突出。作为保障建筑内外部安全、舒适与高效运作的基础设施,电气系统在建筑工程中占据着至关重要的位置。随着技术的不断进步,智能化管理系统必将成为建筑电气领域未来发展的主流趋势。文中探讨人工智能在建筑电气工程中的优势与应用趋势,并对其在实际应用过程中面临的挑战进行分析,旨在为建筑电气工程领域的技术创新提供理论支持与实践指导。

[关键词]人工智能; 建筑电气工程; 智能电气设备; 电力负荷预测

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14735

中图分类号: TP18

文献标识码: A

Application Exploration on Artificial Intelligence Technology in Building Electrical Engineering

SONG Lei

Zhonglian Hesheng Technology Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the continuous advancement of globalization and urbanization, the construction industry is undergoing profound transformation, especially in the field of building electrical engineering, where the demand for intelligence, energy conservation, and environmental friendliness is becoming increasingly prominent. As the infrastructure that ensures the safety, comfort, and efficient operation of buildings both inside and outside, electrical systems play a crucial role in construction projects. With the continuous advancement of technology, intelligent management systems will inevitably become the mainstream trend of future development in the field of building electrical engineering. The article explores the advantages and application trends of artificial intelligence in building electrical engineering, and analyzes the challenges it faces in practical applications, aiming to provide theoretical support and practical guidance for technological innovation in the field of building electrical engineering.

Keywords: artificial intelligence; building electrical engineering; intelligent electrical equipment; power load forecasting

引言

随着能源危机加剧与环保要求日益严格,建筑行业正面临着多重挑战。在建筑工程中,电气系统的性能、能源使用效率以及对环境的影响,直接决定着建筑的可持续发展能力。传统的电气系统管理方式往往依赖人工监控与周期性检修,这种管理模式不仅导致能源利用效率低下,还可能带来安全隐患与较高的运营成本。借助 AI 技术,建筑电气系统能够实现更加精准的实时监控与数据分析,自动调整系统参数,显著提升电力资源的利用效率。人工智能技术的应用不仅仅限于优化电气系统的运行,AI 还能够在设备维护与故障检测中发挥重要作用。随着物联网、大数据及 5G 技术的融合,人工智能将在建筑电气工程中实现更深层次的智能化应用,推动建筑行业向更加绿色、智能的方向发展。

1 人工智能技术的理论概述

人工智能(AI)是计算机科学中的一个重要分支,其研究目标是使计算机能够模拟并实现类似人类智能的功能。涉及的领域非常广泛,包括机器学习、深度学习、自然语言处理、计算机视觉以及智能感知等。通过模拟人类的学习、推理和决策过程,AI 技术的核心目的是让计算

机能够在复杂的环境中自我优化,并做出理性判断。AI 技术的发展经历了从符号逻辑推理到基于数据的学习方式的转变,使计算机具备了从大规模数据中自动识别模式的能力。机器学习(ML)使计算机能够自动从数据中提取信息,深度学习(DL)则通过模拟大脑神经网络的层级结构,处理图像、语音、文本等复杂数据。在自然语言处理(NLP)领域,计算机能够理解和生成语言,而计算机视觉则赋予了计算机“视觉”,让它能够执行图像识别任务。在建筑电气工程中,人工智能技术通过大数据分析、智能化控制及实时监控等手段,显著提高了项目管理的效率与质量。电力需求的预测与调节,正是通过 AI 对历史数据的分析与模式识别来实现的,从而有效避免了电力过载和资源浪费问题。智能监控系统能够实时追踪电气设备的运行状态,任何潜在的故障都会在问题出现之前被及时识别,并通过自动报警或预警机制做出响应,从而确保了系统的安全性与稳定性。建筑电气工程中的 AI 技术不仅提高了节能效果,还推动了行业向智能化、绿色、可持续的方向发展。

2 人工智能技术在建筑电气工程中运用优势

2.1 受干扰因素少

在建筑电气系统中, AI 技术能够通过精确的算法与

数据模型,显著减少外部环境和人为因素的干扰。传统电力负荷管理通常依赖人工判断与经验,但这一方式容易受到环境波动及人为疏忽的影响,预测精度难以保证。与此不同, AI 系统通过对海量历史数据的分析,能够精准识别负荷波动的规律,优化电力调度,避免了传统方法中可能出现的误差。AI 技术凭借其强大的数据处理能力,能够实时监测系统运行状态,根据实时数据快速做出响应,从而确保电力资源在任何环境条件下都能得到高效利用。

2.2 参数调节更加便利

AI 技术通过机器学习与智能控制算法, AI 能够根据实时数据对各项系统参数进行自动优化,使得建筑电气系统能够根据实际需求做出精准调整。这不仅提升了系统的灵活性,也确保了能源使用效率的最大化。例如,智能照明系统能够根据环境光强、人员流动等因素自动调整照明亮度,避免了传统人工调节方式的低效性。AI 技术还会不断优化调节策略,随着系统的使用,逐步提升控制的精度与响应速度。这使得建筑电气系统能够根据不同需求做出及时响应,确保能源使用更加高效。在空调、电力负荷等其他领域, AI 技术同样可以通过实时数据分析与自动控制,实现对各项电气设备的精准调节,确保建筑电气系统的稳定运行。自动化的调节机制减少了人为操作的复杂性,同时提升了系统的响应速度与调整精度。

2.3 更好保证工程质量

在传统的质量管理中,人工检测往往存在滞后性,无法快速识别施工过程中的质量隐患。而人工智能则能快速处理大量数据,准确发现潜在风险,并及时给出警报或处理方案,从而在源头上避免质量问题。智能电气设备配备先进的传感器,可以实时监控电气设备的运行状态,捕捉电流、电压、温度等关键数据。一旦设备出现异常,系统能够迅速发出警报并采取应急措施,确保设备及时恢复正常状态,避免设备故障影响工程质量^[1]。AI 还能够结合历史数据进行分析,识别出潜在的施工问题,例如材料质量问题、施工规范不当等,提前做出预警,从而帮助管理人员及时调整施工策略,有效避免因质量问题带来的后续麻烦。

2.4 减少人力物力成本投入

传统的电气工程管理需要大量人工参与,尤其在数据处理、实时监控、设备维护等方面,人工操作的复杂性较高。而 AI 技术通过自动化控制与智能管理,能够减少对人工的依赖,提高工作效率,降低运营成本。在设备维护方面, AI 技术通过实时监控设备运行状态并进行故障诊断,能够预测并提前识别潜在问题,进行预防性维护。这一方式有效减少了设备故障带来的停机时间及维修成本。自动化的维护模式不仅提升了设备的运行效率,还大幅降低了人工干预的需求,减少了对维修人员的依赖。能源管理方面, AI 通过智能调度和负荷预测,能够根据实时需求合理配置电力资源,减少能源浪费。通过智能化的电力负荷管理,建筑电气系统能够精确控制能源的使用,避免

过度消耗,降低整体能耗,从而在节能的同时减少了物力资源的浪费。

3 人工智能技术在建筑电气工程中的应用

随着人工智能技术的飞速发展, AI 的引入不仅提升了建筑电气系统的效率,还增强了系统的稳定性、安全性和可靠性。AI 技术的应用,涉及智能设备管理、电力负荷预测、智能照明控制、安全监控等方面,极大改善了传统电气工程的管理模式。

3.1 智能电气设备与自动化控制系统

智能电气设备(如智能开关、断路器、传感器等)广泛应用于建筑电气系统中。这些设备通过实时采集电力系统的数 据,并利用自动化控制系统进行智能调节,从而确保电力系统的高效与稳定。比如,智能变电站可以根据实时数据自动调节电压、电流等参数,保障电力系统的稳定性。这些智能电气设备的最大优势在于它们的自适应能力,能够根据建筑电气系统的需求,灵活调节工作状态。通过自动化控制,这些设备不仅完成了传统电气设备的基本功能,还能实现对电力系统的自主优化和调整,从而减少人为干扰和操作错误^[2]。此外,智能电气设备还具备自我诊断功能,能够实时监控设备的运行状态,发现潜在问题并发出报警信号,提前避免了设备故障对电力系统的影响。这种智能化管理手段显著提升了建筑电气工程的安全性与效率。

3.2 智能照明系统的应用

智能照明系统是人工智能技术在建筑电气工程中应用的另一个重要领域。该系统结合传感器与 AI 算法,根据环境光照强度、人员活动情况及时间等因素,自动调节室内灯光的亮度和开关状态。与传统照明系统相比,智能照明能够显著提高建筑的能效,并延长灯具的使用寿命。在智能照明系统中,环境光照的变化、人员的进出以及日夜交替等因素都会被实时检测并反馈到系统中,系统根据这些数据自动调整光照强度或关闭不必要的灯具,从而减少能源消耗。通过这种智能化的调控,建筑电气系统能够更高效地利用能源,同时提升室内的舒适度。

3.3 电力负荷预测与管理

电力负荷的精确预测与合理管理, AI 技术通过对电力负荷数据的实时分析与建模,能够预测电力需求的变化趋势,避免了传统预测方法中的不确定性与误差。借助大数据分析 with AI 算法,系统能够在电力需求波动较大的时段,自动调节电力资源的分配,确保电力供应的稳定。智能电力调度系统通过学习历史数据,可以在不同时间段合理分配电力资源,避免电力过载或不必要的浪费。系统根据实时数据,自动调整供电策略,使得电力系统的管理更加精确高效^[3]。AI 技术的应用,能够有效提高建筑电气系统的运行效率,确保在任何情况下,电力供应都能满足建筑的实际需求。

3.4 智能安全监控与预警系统

在建筑电气工程中, AI 技术通过视频监控、传感器

数据收集以及智能分析,实时监测电气设备的运行状态。通过精密的算法,AI能够在设备出现故障或安全隐患时,迅速发出警报并采取必要的应急措施。这种智能监控系统能够在出现潜在安全问题时,及时做出反应,防止事故发生。通过自动切断电源、启动备用系统或调整电气设备状态,AI系统能在第一时间采取行动,最大程度减少可能的损失。此外,AI技术还能通过大数据分析,预测设备在未来的潜在故障,提前进行预防性维护,使建筑电气系统能够在问题发生前采取应对措施,从而大大提高了系统的安全性与可靠性。

3.5 故障诊断与维保管理

在建筑电气工程中,AI技术通过对设备运行数据的深度分析,能够自动识别潜在故障并进行准确预测。通过机器学习,智能系统不仅可以发现常见的故障类型,还能根据设备的历史数据优化维修方案,确保维修过程更加高效与精准。AI系统能实时监控电气设备的状态,设备的故障诊断与维保管理过程,不再依赖人工检查与评估,而是通过智能系统的预测与分析,自动安排维修任务,确保设备始终处于最佳运行状态。

4 人工智能技术在建筑电气工程中的发展趋势

随着人工智能(AI)技术的不断进步,其在建筑电气工程中的应用将呈现出更广阔的前景。AI不再仅仅作为辅助工具,而将逐步成为建筑电气系统中不可或缺的核心技术,贯穿设计、施工及运营的全过程。

4.1 人工智能与建筑电气工程的深度融合

未来,AI技术不仅仅会渗透到建筑电气系统的设计和建设中,更将成为运维管理的关键组成部分。在这个过程中,AI将通过与建筑电气设备、自动化控制系统及监控系统的深度融合,使电力系统得以实现智能化的自我调节与优化。智能电网、智能变电站等将不再仅仅是传统电力系统的附加组件,而是能够依赖人工智能进行负荷分配、资源调度等工作,确保系统的稳定性与高效性。这一融合不仅仅限于硬件设备的智能化,还包括通过AI系统实现全过程的管理与优化。从项目的设计阶段到施工、运营乃至后期维护,AI将在建筑电气工程的每个环节发挥重要作用。未来,建筑电气系统将在AI的帮助下变得更加智能,通过实时数据分析与自动化调节,显著提升系统的运营效率和可靠性。

4.2 新兴技术推动人工智能发展:物联网、5G与大数据

随着物联网(IoT)、5G技术和大数据等新兴技术的发展,人工智能将在建筑电气工程中的应用得到进一步拓展。物联网设备的普及使得AI系统可以实时获取大量高质量的数据,这些数据为智能决策提供了基础支持。5G技术的引入,凭借其高速的数据传输能力,将极大地改善建筑电气系统的通信效率,确保信息的快速反馈与处理。而大数据技术通过对海量信息的深度挖掘,为AI提供了更为精准的决策依据。物联网设备的实时数据采集、5G

的高速传输能力以及大数据的智能分析能力三者的结合,将共同推动建筑电气系统的全面智能化。AI系统将根据实时数据与历史数据的对比,优化负荷预测与电力资源的配置,自动调整系统运行状态,从而提升能源利用率、降低能耗,并确保电力供应的可靠性。

4.3 政策环境与市场需求的推动作用

在政策层面,随着智能建筑与绿色建筑理念的普及,国家对建筑电气工程智能化管理的支持力度不断加大。政府相关政策已逐步推动AI技术在建筑电气领域的广泛应用,包括智能电力系统、节能建筑和绿色建筑等项目的立项与实施。在此背景下,政策的扶持与引导为AI技术的应用提供了政策保障,推动了建筑电气系统的智能化转型。市场需求的变化同样为人工智能在建筑电气工程中的广泛应用提供了推动力^[4]。随着人们对建筑智能化、节能环保的要求日益增加,AI技术的应用前景也越来越广阔。消费者对智能建筑的需求促使建筑行业加快向智能化、自动化转型,推动建筑电气系统在能源管理、设备监控等方面的智能化发展。市场对绿色建筑的强烈需求,尤其是高效节能建筑的追求,促使建筑电气工程在AI技术的助力下,不断优化资源配置与能源使用效率。

5 结束语

人工智能技术在建筑电气工程中的应用,标志着建筑行业正逐步向智能化、节能化的方向发展。AI技术在电力管理、设备调控、故障诊断等方面的应用,显著提升了建筑电气系统的运行效率与稳定性,极大地降低了能源消耗与故障率。随着AI技术的不断发展与创新,未来建筑电气工程将实现更加全面、精细的智能化管理,推动建筑行业向着高效、绿色与智能化的目标迈进。然而,尽管人工智能在建筑电气工程中的应用前景广阔,但在技术完善、系统集成与数据安全等方面,仍然存在一定的挑战。因此,行业应加大技术研发投入,加强人工智能技术的创新应用,并推动政策支持与法规建设,以保障AI技术在建筑电气工程中的顺利实施。只有在技术进步与政策保障的双重推动下,人工智能技术才能在建筑电气系统中发挥出更大的潜力,推动建筑行业向更加智能化、可持续的未来发展。

[参考文献]

- [1]王磊.电气工程及自动化智能技术在建筑电气中的运用探析[J].光源与照明,2024(8):225-227.
 - [2]张晓刚.人工智能技术在工厂电气工程中的应用[J].中国新技术新产品,2017(18):114-115.
 - [3]李文兴.智能技术在电力自动化系统中的应用[J].电子技术,2024,53(8):218-219.
 - [4]李思岭.电气工程及其自动化的智能化技术应用研究[J].仪器仪表用户,2024,31(10):56-58.
- 作者简介:宋磊(1988.1—),男,汉族,毕业学校:河北农业大学,现工作单位:中联合盛科技有限公司。

水位 AI 智能预报中的实时数据处理与模型更新方法

李吉涛

湖北省水文水资源应急监测中心, 湖北 武汉 430079

[摘要] 水位预报是水资源管理中的重要环节, 尤其在防洪、灌溉与水库管理中, 准确的水位预测对决策制定至关重要。传统的水位预报方法通常依赖于物理模型和线性假设, 但这些方法在应对复杂的水文环境和非线性数据时往往表现不足。随着人工智能 (AI) 技术的快速发展, 尤其是机器学习和深度学习的应用, 水位预报的精度和时效性得到了显著提升。AI 算法能够通过自动学习历史数据中的规律, 克服传统模型的局限, 实现对水位变化的高精度预测。同时, 实时数据的获取和处理成为提升水位预测系统性能的关键。文中将探讨 AI 算法在水位预报中的应用, 实时数据处理与模型更新方法, 及其在实际水文环境中的应用前景。

[关键词] 水位预报; AI 算法; 实时数据处理; 机器学习; 模型更新

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14730

中图分类号: TV221

文献标识码: A

Real Time Data Processing and Model Updating Methods in AI Intelligent Water Level Forecasting

LI Jitao

Hubei Hydrological and Water Resources Emergency Monitoring Center, Wuhan, Hubei, 430079, China

Abstract: Water level forecasting is an important part of water resource management, especially in flood control, irrigation, and reservoir management. Accurate water level forecasting is crucial for decision-making. Traditional water level forecasting methods often rely on physical models and linear assumptions, but these methods often perform poorly in dealing with complex hydrological environments and nonlinear data. With the rapid development of artificial intelligence (AI) technology, especially the application of machine learning and deep learning, the accuracy and timeliness of water level forecasting have been significantly improved. AI algorithms can overcome the limitations of traditional models and achieve high-precision prediction of water level changes by automatically learning patterns from historical data. Meanwhile, the acquisition and processing of real-time data have become key to improving the performance of water level prediction systems. The article will explore the application of AI algorithms in water level forecasting, real-time data processing and model updating methods, and their prospects in practical hydrological environments.

Keywords: water level forecast; AI algorithm; real time data processing; machine learning; model updating

引言

水位预报在水文领域中的应用价值不言而喻, 它在防洪、灌溉、水资源管理及环境保护等多个领域发挥着至关重要的作用。传统的水位预测方法, 尽管在处理简单情形时能够达到一定的准确性, 依然依赖于水文公式与线性模型。然而, 面对复杂的非线性关系, 这些方法的局限性逐渐显现出来。近年来, 随着人工智能技术, 尤其是机器学习与深度学习的迅猛发展, 水位预报的准确性得到了显著提升。通过从大量历史数据中提取潜在规律, AI 算法能够识别传统模型未能捕捉的非线性关系, 从而有效优化预测效果。同时, 实时数据采集技术的进步, 尤其是物联网与卫星遥感技术的发展, 使得水位变化得以进行实时监控, 为水位预报提供了更为精确与及时的数据支持。结合人工智能技术与实时数据的优势, 水位预报的预测能力得到了前所未有的提升, 尤其是在面对气候变化与流域特征波动时, AI 模型展现出了极强的适应性。随着技术的持续发展, 未来 AI 将在水位预报中扮演越来越重要的角色, 推动水位预报领域的创新与突破。

1 AI 算法在水位预报中的应用前景

随着人工智能 (AI) 技术, 尤其是机器学习与深度学习的迅速发展, AI 在水位预报中的应用前景愈加广阔。水位预报是一个涉及多个因素、具有复杂时序特征的问题。虽然传统水文模型可提供预测结果, 但由于其依赖于线性假设, 复杂的非线性关系通常难以捕捉, 从而导致预测精度受限。AI 算法能够从历史水位及气象数据中提取潜在规律, 自动识别影响水位变化的深层次因素, 进而克服传统模型的不足。模式识别通过机器学习的训练进行, 训练结果能够为预测提供高精度的支持。AI 算法的自学习能力, 使得模型能够根据新数据实时更新, 进一步提升了预测的时效性与准确性^[1]。对于极端天气及突发水文灾害, AI 模型能够迅速调整并优化预报结果, 为决策提供更为精确的支持。

2 AI 算法在水位预报中的应用原理

AI 算法在水位预报中通过对历史水位与气象等数据的处理, AI 能够揭示潜在规律, 精确预测未来水位变化。机器学习通过对数据进行训练, 构建预测模型, 识别其中

的非线性关系。支持向量机 (SVM)、随机森林 (RF) 与决策树等方法,能够有效克服传统线性模型的局限,发现数据中的复杂模式。深度学习则借助多层神经网络,进一步提高预测的精度。深度神经网络(DNN)、卷积神经网络(CNN)与循环神经网络(RNN)等方法,尤其适用于水位预测中的时序数据,它们通过自动提取数据特征,增强了模型在处理复杂关系时的能力。AI 在水位预报中的应用,包括数据预处理、特征提取、模型训练及预测结果的优化。数据预处理通过去噪与归一化等手段,提升了数据质量;特征提取则通过关键变量的提取,增强了模型的预测能力;训练阶段,通过对历史数据的学习,模型得到了优化;最后,在后处理阶段,预测结果被调整,以确保其准确性与实际应用中的可操作性。

3 水位智能预报中的实时数据处理技术

3.1 实时数据采集技术

实时数据采集构成了水位智能预报的基础,自动化监测站、卫星遥感技术及气象数据站等技术被广泛应用于水位、降水量及气温等多种信息的实时采集,为预报模型提供了全面的数据支持。自动化监测站通过传感器将水位数据实时传输,卫星遥感技术则在广阔区域监测中发挥着重要作用,尤其是在难以到达的地区^[2]。气象数据站则提供降水量、气温等信息,从而增强了预报的准确性。随着物联网技术的发展,实时数据采集的精度与覆盖范围得到了显著提高。尤其是边缘计算的应用,使得数据在传输之前能进行初步处理,极大减少了延迟,提高了时效性。

3.2 数据清洗与预处理方法

由于实时数据通常存在噪声、缺失值或异常点,这些因素会直接影响模型的预测精度。因此,数据清洗与预处理成为保证数据质量的关键步骤。常见的处理方法包括:去噪处理:中值滤波或卡尔曼滤波技术常用于去除噪声,保证数据的平滑性。缺失值填补:插值或回归方法可用于填补缺失的数据,避免其对模型训练的负面影响。数据标准化:对不同数据源进行标准化或归一化处理,从而消除尺度差异,使得模型能够统一处理。特征工程也是数据预处理的关键环节。通过筛选出与水位变化密切相关的特征变量,能有效提高模型的预测能力。降水量、气温等因素被认为是水位变化的重要因素,合理选择并加以利用,有助于提高预报精度。

3.3 数据质量监控与异常检测

在实时数据采集的过程中,数据质量波动可能会影响预报的可靠性,因此,建立数据质量监控与异常检测机制尤为重要。异常检测方法通常分为基于规则的检测与基于机器学习的检测。基于规则的方法通过设定阈值,能够快速识别明显的异常数据,然而在面对复杂数据时,适应性较差。与此相比,机器学习方法能够从历史数据中学习正常模式,适应数据的变化,并有效识别潜在的异常。

3.4 实时数据处理的挑战与解决方案

实时数据处理面临着许多挑战,随着水位监测站点的增加,数据量呈指数增长,如何高效地处理这些数据成为一大难题。分布式计算框架(如Hadoop、Spark)可通过将任务分配到多个节点并行处理,大幅提升数据处理效率^[3]。流处理技术(如Apache Flink、Storm)则支持对持续流入的数据进行实时处理,确保了实时性。随着5G技术的应用,数据传输的速度得到了进一步提升,这有助于降低延迟并保证数据处理的高效性。

3.5 水位数据的时效性与准确性保障

水位智能预报系统的成功依赖于数据的时效性与准确性,通过实时数据流处理技术,可以确保采集到的数据及时融入预测模型,从而提升预报的时效性。在此过程中,多模型融合与集成学习的应用,显著提高了预测的准确性。通过将不同模型的结果结合在一起,可以有效降低单一模型可能带来的偏差,增强整体预测的稳定性。结合物理模型与数据驱动模型的优势,能够确保在面对不同数据模式时,模型具有较强的适应能力,从而提高了鲁棒性与准确性。

4 基于 AI 的水位预测模型构建与优化

4.1 传统水位预测模型与 AI 算法对比

传统的水位预测模型,如自回归积分滑动平均(ARIMA)模型和线性回归模型,假设水位变化遵循固定的线性规律,然而实际情况中,水位的变化往往受到多种复杂因素的影响,如气候变化和极端天气事件。相比之下,AI 算法,尤其是深度学习,通过无须依赖事先假设的方式,从数据中自动学习潜在的非线性关系,这使得它们能够更好地描述水位的波动模式。

4.2 基于机器学习的水位预测模型

机器学习算法,如支持向量机(SVM)和随机森林(RF),在水位预测中得到了广泛应用。这些算法能够通过历史数据的训练,自动识别数据中的潜在规律,并进行有效的预测。SVM通过寻找最佳超平面,处理非线性问题,能够提高预测的准确性;而RF则通过集成多棵决策树的预测结果,减少模型的方差,有效防止过拟合,从而增强了预测的稳定性。

4.3 神经网络与深度学习在水位预测中的应用

深度神经网络(DNN)与长短期记忆网络(LSTM)在水位预测中的应用表现出了显著优势。DNN通过多层次的学习结构提取数据中的高级特征,能够捕捉水位变化中的复杂模式。LSTM,作为一种针对长时间序列数据的特殊神经网络架构,能够解决传统神经网络在长期依赖问题中的梯度消失现象,从而提高预测精度。深度学习的优势在于能够自动学习数据的特征,避免了人工特征选择的复杂性。通过充分挖掘数据中的时序关系,深度学习算法在长时间序列和多维数据的处理上表现出了优越性,能够大幅度提升预测的准确性。

4.4 模型训练与调优

模型的训练与调优是提高水位预测精度的关键步骤。交叉验证、网格搜索与随机搜索等方法被广泛应用于模型的优化过程。交叉验证通过多次划分数据集，验证模型的泛化能力；网格搜索与随机搜索则尝试多种超参数组合，优化模型的表现，以避免过拟合问题。这些方法在支持向量机、随机森林和神经网络等算法中都得到了有效应用，它们通过对超参数的调节，使模型在未知数据上的表现更加稳健，进而提高了预测精度。

4.5 模型优化的关键技术与方法

优化水位预测模型时，特征选择、模型集成与正则化技术在提升预测精度中扮演着至关重要的角色。在水位预测任务中，涉及的数据变量众多，冗余特征可能会影响模型的性能。特征选择方法如递归特征消除（RFE）和 L1 正则化，能够有效去除无关或冗余特征，提高模型计算效率，同时提升精度。集成学习方法通过将多个模型的预测结果进行组合，从而提高预测的稳定性和准确性。Bagging、Boosting 和 Stacking 等方法通过降低单一模型的偏差，增强了整体预测效果。正则化技术是防止过拟合的有效手段，确保模型在训练数据和未知数据上都有良好表现。L2 正则化和 Dropout 等方法通过控制模型的复杂度，提升了模型的泛化能力。

5 实时数据与模型更新方法

智能水位预报系统的发展使得实时数据的获取与处理变得愈发重要。在预测模型的精度和适应性方面，实时数据更新发挥着至关重要的作用。随着环境条件的变化，通过及时引入最新的数据，模型得以避免因长期未更新而引发的预测误差。

5.1 实时数据更新对预测模型的影响

对预测模型的影响，水位的变化受多种因素影响，如气候、降水量及流域特征，而这些因素会随时间而变化。如果模型未能及时更新，预测误差则难以避免。因此，定期更新模型，确保融入最新的环境数据，是确保模型预测准确的必要措施。只有这样，模型才得以真实反映当前的环境状况。实时数据的更新不仅能提高预测的准确性，还能提升响应速度，使得模型在实际应用中保持高度的有效性。没有及时更新的模型可能会失去其原有的预测能力，进而影响系统的整体性能。

5.2 模型更新策略与方法

在选择合适的模型更新策略时，增量学习在无需完全重训的情况下，便可通过引入新数据对现有模型进行调整。这样一来，不仅大大减少了计算成本，还避免了模型复杂度的过度增加。相较而言，批量更新则在数据量达到一定量后，一次性对模型进行全面优化。虽然批量更新计算量较大，但能在更广泛的时间范围内，对模型进行深度优化^[4]。根据应用场景和数据更新频率的不同，选择合适的更

新策略对模型性能的保持至关重要。

5.3 增量学习与在线学习算法

在实时数据的更新过程中，增量学习通过逐步引入新数据进行调整，而无需重新训练整个模型，从而有效降低了计算开销，并避免了因历史数据的积累而导致模型的复杂化。而在线学习算法则能够在数据持续流入的情况下实时调整模型，以适应环境的变化。这种算法的优势在于其对实时变化的快速响应能力，尤其适用于需要快速做出预测的应用场景，例如水位预报。应用增量学习与在线学习方法，不仅能够提高模型的适应性，还能有效避免因历史数据过多导致的计算负担。

5.4 模型自适应与动态调整技术

自适应能力是水位预测模型必备的特性。在气候变化、流域环境波动等因素影响下，模型需要具备灵活性，以确保其预测结果与实际情况一致。动态调整技术的引入，使得模型能够根据实时误差对自身进行修正，从而提高预测的准确性。例如，模型可以根据实时数据调整学习率或改变模型结构，使得在各种复杂环境下保持较高的预测精度。通过这些自适应与动态调整手段，模型的稳定性和适应性得到了极大增强，确保了其在应对突发变化时的有效性。

5.5 实时数据处理与模型更新的集成方法

数据处理环节，包括采集、清洗和特征提取等，与模型更新过程必须同步进行，以避免数据更新的滞后影响模型性能。集成方法能够使得数据的处理与模型更新紧密结合，每当数据更新时，模型能够立即调整，从而确保预测的准确性与时效性。通过高效的集成方式，模型不仅能够在短时间内进行调整，还能在数据变化时及时响应，确保系统的可靠性与预测能力。

6 结语

极端天气事件的增加与气候变化的持续影响，使得水位预报在各类决策支持系统中的地位愈发重要。传统水文模型虽能够提供一定的预测支持，但在应对复杂非线性关系时，其准确性与适用性逐渐受到限制。相比之下，人工智能，尤其是机器学习与深度学习技术，通过对历史数据的深度分析与挖掘，能够揭示出传统模型未能识别的潜在规律，从而显著提高了水位预报的准确性。此外，实时数据采集技术，特别是物联网与遥感技术的广泛应用，使得水位变化的监测更加及时，极大增强了预报系统的时效性与可靠性。结合自动更新与模型调整机制，水位预报系统在洪水防控、流域管理及灾害预警等领域的应用前景极为广阔。随着 AI 技术不断进步，水位预测的精度与适应性将持续提升，预计未来将通过增量学习与动态调整机制，实现对水位预报模型的优化与升级。水位预报技术的发展，不仅将推动水资源管理与环境保护的进步，还将在应对极端气候与自然灾害的挑战中发挥越来越重要的作用。

[参考文献]

- [1]鲁青,张国学,史东华,等.基于 AI 智能影像识别技术的流量实时在线监测集成与应用[J].水利水电快报,2021,42(9):97-103.
- [2]李娇.AI 城市内涝气象应急服务系统研发[J].河南省气象探测数据中心,2022(7):15.
- [3]张新强.基于 AI 虚拟技术的人工智能水面监测系统研究及应用[J].湖北省湖北亿立能科技股份有限公司,

2023(4):10.

- [4]钟小阳,王留杰,陈亮雄,等.数字孪生东江对东江水资源管理的影响探析[J].广东水利水电,2024(10):111-115.

作者简介:李吉涛(1979.4—),男,毕业院校:武汉大学,学历:本科,所学专业:水文与水资源工程,目前职称:高级工程师,主要研究方向水文水资源、水文科技创新,所在单位湖北省水文水资源应急监测中心。

面向人脸特征驱动的近视眼镜镜架个性化设计研究

王泉霖 高晓阳 杨婷婷

三亚学院信息与智能工程学院, 海南 三亚 572022

[摘要]随着中国近视人群的快速增长, 对于个性化近视眼镜镜架的需求也在不断增长。传统的眼镜镜架设计往往忽视了个体差异, 导致适配性不佳, 影响了佩戴的舒适性和视力矫正效果。文中提出了一种基于人脸特征驱动的近视眼镜镜架个性化设计方法, 旨在提高镜架的适配性和舒适度。该方法首先通过 3D 扫描技术获取人脸三维数据, 并利用深度学习方法提取人脸特征点, 构建三维人脸模型。随后, 利用参数化设计软件构建眼镜镜架模型, 并定义镜架的尺寸、形状等特征参数。通过特征匹配算法, 建立人脸特征与镜架特征之间的映射关系, 并利用支持向量机、回归分析等方法建立映射模型。在此基础上, 通过映射模型根据人脸特征驱动镜架特征进行尺寸及形状特征变形, 实现个性化设计。同时, 利用多目标优化算法进行镜架平衡性设计, 以确保左右镜片的质量差异不会影响佩戴的平衡性。最后, 借助 3D 打印技术实现个性化镜架的快速制造。实验结果表明, 该方法设计的个性化近视眼镜镜架具有更好的适配性和舒适度。与传统的通用镜架相比, 基于人脸特征驱动的个性化设计能够更好地满足个体需求, 提高佩戴体验。此外, 3D 打印技术的应用使得个性化镜架的制造更加高效和便捷。

[关键词]近视眼镜镜架; 人脸特征; 3D 打印技术; 适配性; 舒适度

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14726

中图分类号: TS959.6

文献标识码: A

Research on Personalized Design of Myopia Glasses Frame Driven by Facial Features

WANG Quanlin, GAO Xiaoyang, YANG Tingting

School of Information & Intelligence Engineering, University of Sanya, Sanya, Hainan, 572022, China

Abstract: With the rapid growth of myopia population in China, the demand for personalized myopia eyeglass frames is also constantly increasing. Traditional eyeglass frame designs often overlook individual differences, resulting in poor adaptability and affecting the comfort of wearing and the effectiveness of vision correction. The article proposes a personalized design method for myopia glasses frames based on facial feature driving, aiming to improve the adaptability and comfort of the frames. This method first obtains three-dimensional facial data through 3D scanning technology, and uses deep learning methods to extract facial feature points and construct a three-dimensional facial model. Subsequently, a parametric design software was used to construct a model of the eyeglass frame, and characteristic parameters such as size and shape of the frame were defined. By using feature matching algorithms, establish a mapping relationship between facial features and frame features, and establish a mapping model using methods such as support vector machines and regression analysis. On this basis, personalized design is achieved by using a mapping model to drive frame features for size and shape feature deformation based on facial features. At the same time, multi-objective optimization algorithms are used for the balance design of the frame to ensure that the quality difference between the left and right lenses does not affect the balance of wearing. Finally, utilizing 3D printing technology to achieve rapid manufacturing of personalized mirror frames. The experimental results show that the personalized myopia glasses frame designed by this method has better adaptability and comfort. Compared with traditional universal frames, personalized design based on facial features can better meet individual needs and improve the wearing experience. In addition, the application of 3D printing technology makes the manufacturing of personalized mirror frames more efficient and convenient.

Keywords: myopia glasses frame; facial features; 3D printing technology; adaptability; comfort level

引言

社会发展和生活节奏的加快导致近视问题日益普遍, 尤其在中国, 近视患者数量持续增加。近视眼镜作为解决这一问题的主要工具, 在日常生活中扮演着重要角色。然而, 传统的眼镜设计往往忽视了个体差异, 导致镜框的不适配, 影响了佩戴的舒适度和视力矫正效果。因此, 个性化设计对近视眼镜镜框具有重要意义。

个性化设计在以下几个方面发挥着重要作用: 首先, 通过量身定制, 可以提高镜框与面部的契合度, 增加佩戴

的舒适度。其次, 针对左右眼近视程度的差异进行调整, 优化视力矫正效果。此外, 根据个人喜好和需求, 定制镜框的款式、颜色等, 满足不同人群的个性化需求。另外, 有效预防传统镜框可能导致的长时间不适, 确保视力矫正的有效性和正确性。最后, 促进眼镜行业向更加精细化和定制化的方向发展, 以满足市场不断增长的需求, 提升产品的附加值和竞争力。

人脸特征驱动的近视眼镜镜架个性化设计更是对个性化设计的深化和提升。通过利用人脸特征, 如脸型、眼

睛位置、鼻子形状等,驱动镜框设计,可以进一步增强镜框与面部的契合度,提高佩戴的舒适度和适配性。这种设计方法使得眼镜更加贴合个体需求,从而提高了视力矫正效果,并为用户带来更加个性化的佩戴体验。同时,这种个性化设计也为眼镜行业带来了新的发展机遇,推动了行业向更加精细化和定制化的方向发展。因此,人脸特征驱动的近视眼镜镜架个性化设计具有重要的意义,为近视人群提供了更加贴心和个性化的解决方案。

此外,3D打印技术在近视眼镜镜架设计中的应用是一种创新而有效的方法。通过3D打印技术,可以根据个体的面部特征和个性化需求,快速制造出定制化的眼镜镜架。利用3D扫描技术获取个体的面部数据,并通过计算机辅助设计软件将这些数据转换为数字模型。随后,利用3D打印机将数字模型转化为实体镜架,可以根据需求选择不同材料进行打印。由于3D打印技术的灵活性和精度,设计师可以实现更加复杂和个性化的镜架设计,包括特定的形状、结构和纹理。此外,3D打印技术还可以快速迭代设计,减少制造周期和成本,为用户提供更快、更便捷的定制化服务。这种技术为近视眼镜镜架设计带来了新的可能性,提高了设计的灵活性和个性化程度,为用户提供了更好的佩戴体验。

1 相关工作与技术

1.1 镜架设计相关技术

近视眼镜镜架设计领域的发展与多种相关技术紧密相连,主要包括3D打印技术、计算机辅助设计(CAD)技术、3D扫描技术等。以下是对这些相关工作与技术的概述:

3D打印技术:3D打印技术是一种革命性的制造技术,也被称为增材制造(Additive Manufacturing)。与传统的减材制造方法相比,3D打印技术通过逐层堆积材料来创建物体,使得设计师可以实现更加复杂和个性化的设计。

计算机辅助设计(CAD)技术:计算机辅助设计(CAD)技术是一种广泛应用于工程设计领域的技术,它通过计算机软件帮助设计师创建、修改、分析和优化设计。CAD技术允许设计师通过计算机软件进行数字化建模,将设计想法转化为可视化的三维模型。这使得设计过程更加直观和高效。由于设计是以数字形式存储的,因此可以轻松进行修改和调整。设计师可以根据用户的反馈和需求快速修改设计,并进行优化,以满足用户的要求。

3D扫描技术:3D扫描技术可以快速获取人脸等复杂三维物体的精确数据,为人脸特征提取和建模提供了基础数据支持。

深度学习与特征提取技术:深度学习方法,如卷积神经网络(CNN),在人脸特征提取方面表现出色,为镜架与人脸特征之间的映射关系建立提供了技术支撑。基于深度学习的特征提取技术能够自动从大量的人脸数据中学习并提取出关键的面部特征点,如眼睛位置、鼻梁高度等。

相较于传统的手工提取特征的方法,深度学习技术能够更准确地捕捉到数据中的隐藏信息。针对于图像,深度学习模型能够学习到具有更高级别抽象的特征表示,这些特征表示能够更好地捕捉数据的内在结构和特征,从而为镜框设计提供更加丰富和有效的信息,深度学习模型具有较强的泛化能力和适应性,能够处理各种不同类型和质量的人脸数据,并从中提取出有用的特征信息。这使得深度学习技术能够适应不同用户的个体特征,实现更加精准和个性化的镜框设计。

特征匹配与映射技术:特征匹配与映射技术是一种在图像处理和计算机视觉领域广泛应用的技术,用于将一个数据集中的特征与另一个数据集中的特征进行匹配和对应。在近视眼镜镜架个性化设计中,特征匹配与映射技术可以用来建立人脸特征与镜框特征之间的对应关系,从而实现镜框的个性化设计。

多目标优化技术:多目标优化技术是一种应用于工程、计算机科学和运筹学等领域的方法,旨在解决同时考虑多个目标函数的优化问题。多目标优化技术能够综合考虑多个设计目标,并在不同目标之间找到合适的平衡点。在眼镜镜架设计中,设计师可以将舒适度、视力矫正效果、镜框的平衡性等作为设计的多个目标,通过多目标优化技术找到最优的设计方案。多目标优化技术旨在寻找 Pareto 最优解,即无法通过改善一个目标而不会损害其他目标的解。这种解决方案被认为是最优的,因为它提供了在不同目标之间权衡的最佳选择。虽然多目标优化问题通常比单目标优化问题更加复杂,但是现代优化算法和计算技术的发展使得多目标优化问题可以得到有效解决。设计师可以利用各种优化算法和工具,如遗传算法、粒子群优化算法等,来求解多目标优化问题。

1.2 人脸特征识别与提取的相关方法

人脸特征识别与提取是计算机视觉领域的重要研究方向,旨在从人脸图像中自动识别和提取出关键的面部特征信息。这些特征信息可以包括面部轮廓、眼睛位置、鼻子形状、嘴巴轮廓等,对于人脸识别、表情识别、人脸姿态估计以及个性化设计等领域都具有重要的应用价值。以下是常见的人脸特征识别与提取的方法基于传统图像处理和基于深度学习的方法:

(1) 基于传统图像处理:常采用手工设计的特征(如ASM/AAM)或回归方法(如级联回归),通过优化算法定位人脸关键点。

边缘检测:边缘检测是基于图像中像素灰度值的变化来检测物体边界的一种常用技术。在人脸特征识别中,可以利用边缘检测算法来提取出人脸的轮廓信息。常用的边缘检测算法包括 Sobel 算子、Canny 边缘检测等。通过检测人脸的轮廓,可以对人脸的整体形状进行描述和分析。

模板匹配:模板匹配是一种通过在图像中搜索与给定

模板最相似的区域来进行目标检测和定位的方法。在人脸特征识别中,可以将眼睛、鼻子、嘴巴等特征的形状建立为模板,然后在图像中进行模板匹配,以定位和提取出人脸的关键特征点。模板匹配算法包括相关性匹配、归一化互相关等。

形状分析:形状分析是一种用于描述和分析物体形状和结构的方法。在人脸特征识别中,可以利用形状分析技术来对人脸的整体形状进行建模和描述。常用的形状分析方法包括主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)、轮廓描述子等。通过形状分析,可以从人脸图像中提取出形状信息,如人脸的宽度、长度、曲率等。

特征描述子:特征描述子是用来描述图像中局部特征的向量或特征集合。在人脸特征识别中,可以利用特征描述子来描述人脸图像中的局部特征,如人脸的纹理、光照、颜色等。常用的特征描述子包括尺度不变特征变换(Scale-Invariant Feature Transform, SIFT)、加速稳健特征(Speeded-Up Robust Features, SURF)等。通过提取和匹配特征描述子,可以实现人脸特征的识别和匹配。

基于特征点检测的方法:在人脸图像中,特征点通常指代人脸的关键位置,如眼睛的中心、鼻尖、嘴巴的两角等。这些特征点的位置和数量可以根据实际需求而定,常见的特征点数目通常在几十到数百个之间。在本文中,仅举例三个常见的特征点检测算法:

Active Shape Model (ASM):ASM 算法通过学习人脸形状的统计模型,在图像中寻找与模型形状最匹配的位置,从而定位人脸的特征点。

Active Appearance Model (AAM):AAM 算法不仅考虑了人脸的形状,还考虑了人脸的外观特征,通过在形状和纹理之间进行优化来定位特征点。

Constrained Local Model (CLM):CLM 算法通过在局部图像区域中建立人脸特征点的形状模型,并结合全局优化策略,实现对面脸特征点的精准定位。

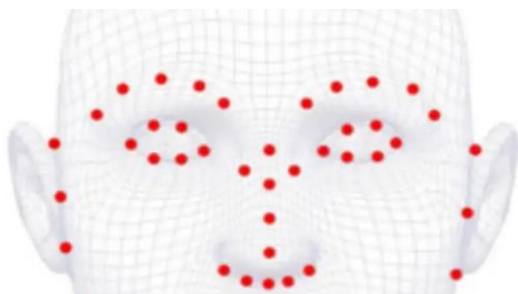


图1 基于特征点检测的方法示意图

在检测到人脸的特征点之后,通常需要对特征点进行匹配和对齐,以确保它们在不同图像中的一致性。这可以通过特征点的相对位置和特征描述子等信息进行实现。一旦完成对齐,就可以将特征点用于后续的任务,如人脸识别、表情识别等。

(2) 基于深度学习的方法:主要通过训练深度神经网络(如卷积神经网络 CNN)自动从人脸图像中提取具有高度区分性和鲁棒性的特征,这些特征随后用于人脸的识别与分类。这些深度学习方法能够有效地处理复杂的人脸图像变化,如光照、表情和姿态等,从而提高了人脸识别的准确性和效率。

卷积神经网络 (CNN):CNN 是一种专门用于处理图像数据的深度学习模型。它通过堆叠多个卷积层、池化层和全连接层来实现对图像特征的学习和提取。在人脸特征识别中,可以使用预训练的 CNN 模型(如 VGG、ResNet、MobileNet 等)来提取人脸图像中的特征表示。

人脸关键点检测模型:人脸关键点检测模型是一种专门用于定位人脸关键点的深度学习模型。它通常由卷积神经网络和回归模型组成,通过学习从人脸图像到关键点坐标的映射关系来实现关键点的定位。常见的人脸关键点检测模型包括 TCN、MTCNN、HRNet 等。

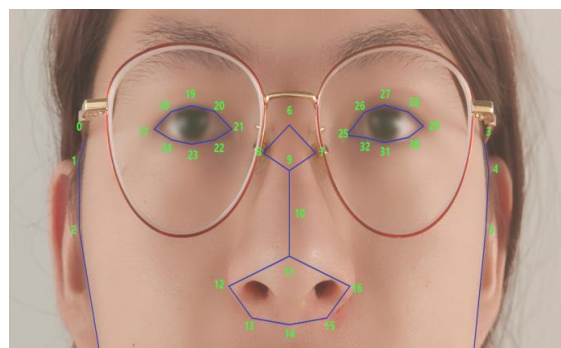


图2 人脸关键点检测模型示意图

数据增强:数据增强是一种在训练深度学习模型时常用的技术,它通过对原始数据进行随机变换和扰动来增加数据的多样性和丰富性。在人脸特征识别中,可以通过随机裁剪、旋转、缩放等操作来增强人脸图像的训练数据,提高模型的泛化能力和鲁棒性。

迁移学习:迁移学习是一种利用已经训练好的模型在新任务上进行微调的方法。在人脸特征识别中,可以使用预训练的人脸识别模型(如 FaceNet、VGGFace 等)来提取人脸图像中的特征表示,然后在新任务上进行微调,以适应特定的应用场景。

2 面向人脸特征驱动的近视眼镜镜架个性化设计方法

面向人脸特征驱动的近视眼镜镜架个性化设计方法是一种以用户人脸特征为基础,实现镜架设计与用户面部特征高度匹配的设计方法。该方法的核心思想是利用 3D 扫描技术获取用户的人脸三维数据,并通过深度学习等算法提取人脸特征,如鼻尖、眼角等关键特征点,进而构建出完整的人脸三维模型。接着,通过计算机辅助设计软件构建镜架的数字模型,并定义其尺寸参数。在此基础上,利用特征匹配和机器学习算法建立人脸特征与镜架特征

之间的映射关系,实现基于人脸特征驱动的镜架尺寸及形状特征的变形设计。此外,该方法还通过多目标优化算法进行镜架的平衡性设计,以适应左右眼度数差异。具体流程方法如下。

2.1 使用 3D 扫描技术获取人脸三维数据

采集人脸图像: 首先,需要使用专业的 3D 扫描设备(如激光扫描仪、结构光相机等)对人脸进行扫描。这些设备能够捕获人脸表面的深度信息,并生成相应的点云数据。

点云数据处理: 获取的点云数据包含了人脸表面上的大量离散点。为了进一步处理和分析这些数据,需要对其进行处理和重建,以获取人脸的完整三维形状。常用的处理方法包括点云配准、去噪和重建等。

配准 (Registration): 配准是将多个扫描得到的点云数据对齐到同一个坐标系的过程。常用的配准算法包括最小二乘法 (Least Squares)、Iterative Closest Point (ICP) 等。ICP 算法的迭代步骤可以表示为:

$$T_{k+1} = \arg \min_T \sum_{i=1}^N \|T p_i - q_i\|^2 \quad (1)$$

其中 T_{k+1} , 第 $k+1$ 次迭代的变换矩阵, p_i 和 q_i 分别是参考点云和目标点云中的第 i 个点。

在 3D 扫描技术中,去噪和重建是重要的数据处理步骤,本论文使用移动最小二乘平面拟合 (Moving Least Squares Plane Fit, MLS) 进行去噪,以及采用泊松重建 (Poisson Reconstruction) 算法进行重建。

移动最小二乘平面拟合是一种常用的去噪方法,它可以有效地平滑点云数据并去除噪声。其基本思想是对每个点周围的邻域进行平面拟合,然后将点替换为其在拟合平面上的投影点。对于每个点 p_i , 选择一个局部邻域。对于邻域中的点集合 $\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, 使用最小二乘法拟合一个平面,并计算点 p_i 在该平面上的投影点。

假设平面方程为 $ax + by + cz + d = 0$, 则对于点 $p_i = (x_i, y_i, z_i)$, 距离的平方可以表示为: $D^2 = (ax_i + by_i + cz_i + d)^2$ 最小二乘法的目标是最小化所有点的距离之和,即:

$$\min_{a,b,c,d} \sum_{i=1}^n D^2 \quad (2)$$

通过求解上述最小二乘问题,可以得到最优的平面参数。

泊松重建是一种基于体素 (Voxel) 的表面重建方法,它利用点云数据生成密集的三角网格表面,具有较高的重建精度和准确性。首先将点云数据转换为体素表示,计算体素中的梯度场,最后根据梯度场进行泊松重建,生成三角网格表面。

泊松重建的核心思想是基于梯度场的插值。假设体素表示为 V , 梯度场表示为 ∇V , 则泊松方程可以表示为: $\nabla \cdot (\nabla f) = \Delta f = 0$, 可以得到 f 的近似解,进而生成三角网格表面。

2.2 眼镜镜架特征参数化设计

眼镜镜架的特征参数化设计是通过参数化设计软件对眼镜镜架模型进行构建,并定义其尺寸、形状等特征参数的过程。

利用参数化设计软件构建眼镜镜架模型: 在参数化设计软件(如 SolidWorks、CATIA 等)中,设计师可以通过绘制草图、应用特征操作等功能来创建眼镜镜架的模型。这些软件提供了丰富的建模工具和功能,使得设计师可以根据需求快速构建复杂的眼镜镜架结构。



图3 参数化设计软件构建眼镜镜架模型示意图-1

定义眼镜镜架的尺寸、形状等特征参数: 在构建眼镜镜架模型的过程中,设计师需要定义一系列的特征参数,以控制眼镜镜架的尺寸、形状等属性。这些特征参数可以包括但不限于镜框的宽度、高度、鼻梁距离、腿长等。通过合理地定义这些特征参数,可以实现对眼镜镜架模型的灵活控制和调整,从而满足不同用户的个性化需求。



图4 参数化设计软件构建眼镜镜架模型示意图-2

2.3 人脸特征与镜架特征映射关系建模

首先,从人脸图像中提取关键的面部特征,这些特征可能包括人脸轮廓、眼睛位置、鼻子形状等。同时,针对眼镜镜架,提取相应的特征参数,如镜框的宽度、高度、鼻托的位置等。我们采用最近邻算法完成特征匹配工作,通过计算人脸特征与眼镜镜架特征之间的距离,从已有数据集中选择距离最近的样本作为匹配结果。并通过回归分析拟合一个函数模型来描述自变量(人脸特征)和因变量(镜架特征)之间的关系。

3 实验与分析

3.1 数据收集

为了建立有效的映射关系模型,我们首先收集了大量包含人脸特征和相应镜架特征的训练数据集。这些数据的获取通过以下步骤完成:

利用 3D 扫描技术对志愿者进行了面部扫描工作,得

到了大量的高精度人脸三维点云数据,数据中包含着面部轮廓、眼睛位置、鼻子形状等关键特征,方便我们的下一步处理。

同时,我们收集了各种类型和款式的眼镜镜架数据,包括不同形状、大小和材质的镜架样本。这些数据涵盖了眼镜镜架的尺寸、形状和其他重要特征,对收集到的人脸数据和眼镜镜架数据进行标注,标记出每个样本对应的人脸特征和镜架特征。这一步骤确保了数据的准确性和可用性,为后续的模型训练提供了基础。

我们从原始数据中提取出有意义的特征信息,如人脸的轮廓、眼睛位置、鼻子形状等关键特征。这一过程借助特征检测和提取算法完成,以便后续的模型训练和分析。

3.2 数据预处理

在进行数据分析和建模之前,我们对收集到的原始数据进行了一系列的预处理步骤,以确保数据的质量和可用性。

针对所有的输入数据,我们首先利用滤波和平滑技术去除 3D 扫描过程中可能存在的噪声和不必要的干扰。这一步骤采用了高斯滤波器或中值滤波器等方法,以确保人脸数据的清晰度和准确性。接下来,我们对收集到的人脸数据和眼镜镜架数据进行了对齐处理,确保它们在同一坐标系下。这一步骤通过特征点匹配和配准算法实现,以保证后续分析和建模的准确性,详细方案已在第二章有详细阐述。

对提取出的特征数据进行标准化处理,使其具有相同的尺度和范围,我们通过均值归一化实现,以确保模型训练的稳定性和收敛性。检测和处理可能存在的异常值和错误数据,以避免对模型训练和分析的影响。这可以通过统计分析和可视化方法来实现,及时发现和修正异常数据。

3.3 建立映射关系模型

我们通过最近邻匹配模型与回归分析模型来建立映射关系,最近邻算法是一种简单而有效的非参数分类方法,它通过计算输入样本与训练样本之间的距离,选择距离最近的样本作为匹配结果。在本研究中,我们计算人脸特征与眼镜镜架特征之间的距离,从已有数据集中选择距离最近的样本作为匹配结果。通过提取如面部轮廓、眼睛位置、鼻子形状等关键特征;针对眼镜镜架,提取如镜框的宽度、高度、鼻托的位置获取参数信息,使用欧几里得距离等度量方法,计算人脸特征与眼镜镜架特征之间的距离,并选择距离最小的样本作为最终匹配结果。接下来,我们通过回归分析拟合一个函数模型来描述自变量(人脸特征)和因变量(镜架特征)之间的关系。详细流程如下:

(1) 数据准备:将已匹配的人脸特征和镜架特征数据分成训练集和测试集。

(2) 模型训练:采用线性回归、非线性回归等方法,

训练映射模型,使其能够准确描述人脸特征与镜架特征之间的关系。

(3) 模型验证:使用测试集对训练好的模型进行验证,评估其预测精度和泛化能力。

(4) 模型优化:根据验证结果,对模型进行参数调整和优化,以提高其性能。

4 结论与展望

通过本研究,我们成功使用最近邻匹配和回归分析方法建立了人脸特征与镜架特征之间的映射关系,为个性化眼镜镜架设计提供了有效的解决方案。回归分析模型在预测未知人脸特征对应的镜架特征方面表现出了较高的准确性和泛化能力,为眼镜行业的发展带来了新的机遇。然而,我们也意识到在模型优化、数据集扩充和实时应用等方面仍有改进的空间。

在未来的工作中,可以进一步优化回归分析模型,采用更复杂的回归方法或者深度学习模型,提高映射模型的准确性和泛化能力。同时也应增加数据集的规模和多样性,包括更多的人脸特征和镜架特征样本,以提高模型的训练效果和泛化能力。

基金项目:海南省大学生创新创业项目,项目编号:S202313892038。

【参考文献】

- [1]许慧贤,唐瑜洁,禹静,等.眼镜镜框内侧轮廓三维重建方法研究[J].中国测试,2014,12(12):1-9.
- [2]张琪立,马民生,薛艳芬.基于深度学习技术的人脸识别算法优化与应用研究[J].信息记录材料,2023,24(12):146-148.
- [3]边子宸.基于数字图像处理技术的人脸识别算法研究[J].电子元器件与信息技术,2023,7(11):87-89.
- [4]赵茹楠,陈洋.基于联合深度特征学习的海量人脸识别算法研究[J].信息与电脑(理论版),2023,35(17):80-82.
- [5]胡玮文.高精度 3D 人脸重建关键环境及可微分渲染技术研究[D].广东:华南理工大学,2023.
- [6]向勇.易拆装眼镜[M].浙江:温州格瑞光学有限公司,2021.
- [7]李琼.基于光谱匹配滤波的线结构光扫描人脸轮廓三维成像系统[J].武汉职业技术学院学报,2020,19(5):112-115.

作者简介:王泉霖(2002—),男,河南省滑县人,本科生,研究方向:虚拟现实技术;高晓阳(2003—),男,河北石家庄市人,本科生,研究方向:人工智能图像处理;杨婷婷(1981—),女,山东淄博市人,副教授,硕士,研究方向:虚拟现实技术。

智能变电站远程可视化运维与无人值守技术的发展分析

陈 亮

唐山市芦台经济开发区水务电力局, 河北 唐山 301505

[摘要] 智能变电站通过集成先进的远程可视化运维和无人值守技术, 提升了电力系统的运行效率和安全性。远程可视化运维利用智能监控系统, 实时获取变电站的运行状态与设备信息, 结合大数据与人工智能分析, 能够迅速诊断故障并进行预警。无人值守技术则通过自动化控制系统和智能化设备, 实现变电站的无人管理与远程操作, 减少了人工干预的需求, 并有效降低了运维成本。通过这些技术的应用, 不仅提高了设备的可靠性和电力供应的稳定性, 还大幅度减少了维护人员的工作强度和现场风险, 为电力系统的智能化转型提供了有力支持。

[关键词] 智能变电站; 远程可视化; 运维; 无人值守; 技术发展

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14712

中图分类号: TM74

文献标识码: A

Development Analysis of Remote Visual Operation and Unmanned Technology for Intelligent Substations

CHEN Liang

Lutai Economic Development Zone Water and Power Bureau, Tangshan, Hebei, 301505, China

Abstract: Intelligent substations have improved the operational efficiency and safety of the power system by integrating advanced remote visual operation and unmanned technology. Remote visual operation and maintenance utilize intelligent monitoring systems to obtain real-time operation status and equipment information of substations. Combined with big data and artificial intelligence analysis, it can quickly diagnose faults and issue warnings. Unmanned technology achieves unmanned management and remote operation of substations through automated control systems and intelligent equipment, reducing the need for manual intervention and effectively reducing operation and maintenance costs. The application of these technologies not only improves the reliability of equipment and the stability of power supply, but also significantly reduces the workload and on-site risks of maintenance personnel, providing strong support for the intelligent transformation of the power system.

Keywords: intelligent substations; remote visualization; operation and maintenance; unmanned operation; technological development

引言

随着智能化技术的快速发展, 传统变电站的运维模式正面临着前所未有的变革。智能变电站通过远程可视化运维和无人值守技术, 突破了传统人工巡检和现场操作的限制, 极大提升了电力系统的运维效率与安全性。远程可视化技术利用数据采集与监控系统实时掌握设备状态, 快速诊断故障, 减少了设备停运时间; 无人值守技术则通过自动化控制和智能化设备实现远程操作与无人管理, 降低了人为错误与现场风险。这些创新技术不仅推动了电力行业的数字化转型, 也为电网的稳定运行提供了更高保障。智能变电站的发展正引领着电力行业迈向更加智能、安全、高效的未来。

1 智能变电站技术发展背景

1.1 智能变电站的构成

智能变电站由硬件设备与软件系统两大部分构成。硬件设备包括智能断路器、传感器、通讯设备等, 这些设备通过高度集成和智能化设计, 实现了对电力设备运行状态的实时监测和自动化控制。智能断路器能够通过精确的故障检测与切除功能, 在发生故障时迅速响应, 减少设备损

坏与电力中断的风险。传感器则通过持续监测变电站各类设备的电气参数、温度、湿度等环境条件, 为数据采集和监控提供可靠依据。通讯设备将各个智能设备连接在一起, 确保数据的实时传输与共享, 从而形成一个高效协同的运行网络。

软件系统方面, 智能变电站的监控管理平台和自动化控制系统是核心部分。监控管理平台通过集成数据采集与显示系统, 实时呈现各设备的运行状态, 并提供报警、诊断、故障定位等功能。自动化控制系统则根据监测数据实现对变电站设备的自动调节与控制, 优化电力资源配置, 提升电网运行效率。

通过硬件与软件的有效结合, 智能变电站能够实现对电力设备的全面监控与精准控制, 极大提高了电力系统的智能化水平。

1.2 智能化运维的概念与需求

传统的变电站运维模式主要依赖人工巡检与手动操作, 存在着响应速度慢、误差较大以及人工成本高等问题。尤其是在大型变电站, 人工巡检面临着信息量大、工作强度高的挑战, 且一旦出现故障, 可能无法在第一时间做出

有效反应，导致设备停运或电力中断，影响电力供应的稳定性。

智能化运维的引入能够有效解决传统运维模式的不足。通过智能设备与信息技术的结合，变电站运维不仅能够实时获取设备状态，还能对设备故障进行早期预警与诊断，并自动完成故障修复或调度指令的下发。借助智能化运维系统，变电站的运维工作更加精准、灵活和高效，大大提升了电力系统的可靠性和服务质量。

1.3 运维管理的智能化方向

随着物联网、大数据和人工智能技术的发展，变电站的运维管理逐步向智能化方向转型。物联网技术通过广泛布置传感器、采集设备信息，能够实现对设备实时监测与远程控制，提升数据采集的精度和及时性。大数据技术对海量设备数据进行存储、分析和挖掘，能够提供智能决策支持，预测设备故障趋势，为运维人员提供精准的维护指引。

人工智能技术则通过机器学习与算法优化，在故障预测、故障诊断及自动化调度方面展现出巨大的潜力。智能化运维系统可以根据设备运行数据与历史故障记录，进行自我学习与优化，达到更加精准的故障诊断与维护策略。这些技术的结合，不仅优化了变电站的运维流程，还为电力系统的长远稳定运行提供了强有力的保障。

2 远程可视化运维技术

2.1 远程可视化运维的基本原理

远程可视化运维的核心原理在于通过高效的监控与数据采集技术，实现对变电站设备的实时监测与远程操作。传感器、PLC（可编程逻辑控制器）等设备是数据采集的基础，通过它们可以持续监测变电站设备的运行状态，如电流、电压、温度、湿度等关键参数。传感器收集到的数据通过通讯接口传输至中央控制系统，为后续分析提供信息。PLC系统则能够控制设备的开关动作，并将反馈信息传送至监控系统。通过这一过程，数据采集与实时监控得以顺利进行，确保变电站各项设备的稳定运行。

可视化运维系统通过集成并整合大量来自不同设备的数据，生成直观的图形化界面，方便操作人员进行远程监控与操作。这些界面包括设备运行状态、报警信息、故障点定位等，使得操作人员能够在不在现场的情况下，直观了解变电站的整体运行状况，并及时进行远程干预和操作调整。

2.2 关键技术及应用

远程可视化运维系统的关键技术之一是通信技术。随着5G、LTE和光纤网络的广泛应用，变电站的数据传输速率得到了显著提升。这些通信技术确保了数据的实时传输与高效交换，使得远程操作和监控变得更加迅速和准确。5G网络尤其具备超低延迟和高带宽特性，能够满足大规模数据采集和远程控制的需求。

此外，大数据和云计算的结合在远程可视化运维中发

挥了重要作用。海量数据通过云平台进行存储与分析，利用大数据分析技术可以对历史数据进行深度挖掘，识别设备潜在故障隐患并进行预警。云计算则为数据处理和运算提供强大的支持，确保运维人员能够快速获得准确的故障诊断与预测结果，实现更加精细化的预测性维护。这些技术共同推动了远程可视化运维的智能化和高效化。

3 无人值守技术

3.1 无人值守技术的定义与发展

无人值守技术指通过自动化和智能化手段，替代人工值守，实现变电站设备的自我监控、运行与维护。传统变电站依赖大量人工巡检与现场操作，存在较高的成本和风险。随着自动化技术的发展，逐步引入了远程监控、自动化控制和智能检测等技术，能够在没有人工干预的情况下自动进行故障诊断和处理。无人值守的应用使得变电站的管理模式从传统人工操作转向高度集成和智能化操作，大大提高了运行效率，降低了人员风险。

无人值守技术经历了从单一自动化设备到多层次智能化、自动化平台的进步。早期，自动化设备能够实现简单的开关控制与设备监测，但无法应对复杂的故障诊断与自我修复。随着技术的进步，智能化平台不仅具备了实时数据采集、监控与报警功能，还引入了机器学习与人工智能技术，使得系统可以进行自主判断与决策，大幅提升了无人值守技术的能力和可靠性。

3.2 无人值守技术的关键技术

无人值守技术的实现依赖于智能化控制与监控技术，包括智能传感器、自动化控制系统、机器视觉等。这些技术通过感知变电站设备的各类运行参数，如电流、电压、温度、设备状态等，能够实时监控设备运行情况。智能传感器提供精确的环境数据，自动化控制系统根据数据进行实时调整，确保设备处于最佳运行状态。机器视觉技术则通过图像识别，辅助系统检测设备的外部状态和可能的损坏。

数据集成与智能分析是无人值守技术的另一关键组成部分。系统通过实时数据监控，对设备运行状况进行分析，自动识别潜在的故障隐患，并生成预警信息。智能分析平台结合大数据技术，对历史数据进行深入分析，预测设备可能出现的故障，并提前采取预防措施，极大提高了设备的可维护性和故障恢复能力。

3.3 无人值守的技术挑战与解决方案

尽管无人值守技术带来了许多优势，但仍面临着一定的技术挑战。首先，技术可靠性问题不可忽视。设备故障、传感器失效、数据丢失等问题可能导致系统功能失常。为解决这一问题，智能系统需要具备冗余设计、容错机制及自我修复能力，确保在设备发生故障时，系统能够及时切换到备用设备并保持稳定运行。

其次，安全性问题也是无人值守系统的一大挑战。随着设备联网程度的增加，网络攻击和数据泄露的风险也随

之上升。为确保系统的安全性,需采取多层次的网络安全措施,包括加密技术、身份认证、防火墙和入侵检测系统等,确保设备和数据的安全传输与存储。

最后,环境适应性问题也在实际应用中不可忽视。变电站通常位于偏远或恶劣的环境中,极端天气、温湿度变化及尘土污染等因素可能对设备的运行产生影响。为提高无人值守系统的环境适应能力,需要对设备进行特殊设计,使其能够在恶劣条件下稳定运行,同时加强环境监控,实时评估环境因素对系统性能的影响,并采取相应措施进行调整。

4 智能变电站远程可视化运维与无人值守技术的融合发展

4.1 智能化与自动化的结合

远程可视化运维与无人值守技术的结合,标志着变电站运维进入了全流程自动化与智能化的新阶段。远程可视化运维通过实时监控、数据采集、远程诊断等功能,能够精确跟踪变电站设备的运行状态,及时发现潜在问题。而无人值守技术则依赖自动化控制系统,通过智能化设备实现设备的自主操作、故障检测与自我修复。两者结合后,形成了一个高度集成与协同的运维体系,能够从设备监控到故障处理的全过程实现自动化,极大地减少了人工干预。在此过程中,智能化传感器实时采集各类数据,自动化调度系统根据监控信息进行操作调整,数据分析平台通过对大量实时数据的分析,为故障预测与决策提供依据。整体来看,这种技术融合不仅提高了变电站的运维精度,还大幅提升了电网响应速度与运行效率。

在实际应用中,远程可视化系统与无人值守技术通过共享数据和实时反馈,互相补充和增强。远程监控系统实时获取各类运行数据并传输至智能平台,平台利用机器学习算法进行实时分析和故障预测。同时,自动化系统根据监控数据执行预定的控制动作,如切换负载、调整设备参数等,确保变电站始终处于最优状态。两者协同工作,不仅大幅减少了人为操作错误,还提升了变电站的运行效率和安全性。

4.2 智能化运维系统的未来发展趋势

随着技术的进步,智能化运维系统将迎来更深层次的发展。人工智能(AI)和机器学习在故障诊断中的应用,将使变电站能够通过智能分析提前预测设备故障。机器学习算法能够通过对历史数据的深度分析,识别出设备可能发生故障的潜在风险,并根据这些数据进行预警。智能系统可以自动判断何时进行维护或更换设备,降低突发性故障的风险,提高电网的稳定性与可靠性。

此外,5G与边缘计算技术的应用将极大提升智能化运维的效率。5G网络提供超高速的通信能力和超低延迟,使得远程监控和实时数据传输更加稳定与流畅。边缘计算

则将数据处理从中心云端移至现场,减少了数据传输过程中的延迟,提高了数据处理的实时性,特别是在对时效性要求较高的运维场景中尤为关键。5G与边缘计算的结合将为智能运维提供强大的数据支撑,使得变电站能够实时响应各种设备变化和突发状况。

无人机与机器人技术的应用,将进一步提升变电站的巡检能力。这些智能设备能够执行高风险、高强度的巡检任务,例如高空设备检查、紧急故障排查等,替代人工完成这些工作。无人机通过搭载高清摄像头和传感器,能够在危险环境下进行高效巡检,及时发现潜在隐患。机器人则能够进行现场维护和修复作业,减少了人工在危险环境中的暴露,提升了整体运维效率和安全性。这些先进技术的结合与发展,将推动智能变电站迈向更加高效、精准、智能的运维新时代。

5 结束语

智能变电站的远程可视化运维与无人值守技术代表了电力行业未来发展的方向。通过智能化监控、自动化控制以及大数据分析,这些技术实现了变电站的高效、智能化运维,不仅提升了设备管理的精确性和响应速度,还显著降低了人工成本和安全风险。远程可视化运维系统和无人值守技术的结合,使得变电站能够在无人工干预的情况下完成设备监控、故障诊断与处理,推动了电力系统的智能化升级。未来,随着AI、5G、边缘计算等技术的不断成熟,智能化运维系统将更加高效、智能,为电力行业提供更强大的支撑,进一步优化电力资源管理,提升电力供应的安全性和可靠性。智能变电站的技术创新不仅是行业发展的必然趋势,也为全球能源转型和绿色发展提供了有力支持。

[参考文献]

- [1]王莉. 浅谈变电站远程可视化顺序控制系统[J]. 智能城市, 2018, 4(14): 167-168.
 - [2]栾士岩, 杨晶鑫, 王永辉, 等. 智能变电站远程可视化运维与无人值守技术研究与应用[J]. 电气应用, 2023, 42(1): 7-14.
 - [3]羊大海. 基于物联网技术的远程可视化智能变电站运行维护实施方案研究[J]. 现代工业经济和信信息化, 2023, 13(10): 78-80.
 - [4]涂福荣. 智能变电站预制舱远程可视化运维方案研究[J]. 电气时代, 2023(6): 88-90.
 - [5]黄亮. 基于物联网技术的远程可视化智能变电站运维实施方案研究[J]. 电气技术与经济, 2023(8): 171-173.
- 作者简介: 陈亮(1988.8—), 男, 河北省唐山市人, 汉族, 本科学历, 助理工程师, 就职于芦台经济开发区水务电力局, 从事电力调度变电站运维相关工作。

蜂窝式 SCR 脱硝催化剂中 WO_3 对脱硝性能的影响分析

高志亮 朱礼强

中节能（山东）催化剂有限公司，山东 滨州 256600

[摘要]以某燃煤电厂 2 台 330MW 机组填装的蜂窝式 SCR 脱硝催化剂为研究对象，利用实验室 X 射线荧光光谱仪、X 射线衍射仪、比表面积仪及脱硝催化剂性能评价装置对催化剂进行理化特性分析。通过对比分析发现， WO_3 含量加入量较少的催化剂活性衰减系数远大于 WO_3 含量加入量较多的催化剂，主要原因是催化剂中 WO_3 含量加入量较少，热稳定性较差，催化剂载体部分由锐钛矿型 TiO_2 转变为金红石型 TiO_2 ，导致催化剂比表面积明显降低，脱硝活性下降。

[关键词]SCR 脱硝催化剂； WO_3 ；热稳定性；脱硝性能

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14722

中图分类号: X506

文献标识码: A

Effect Analysis of WO_3 on Denitrification Performance in Honeycomb SCR Denitrification Catalyst

GAO Zhiliang, ZHU Liqiang

China Energy Conservation (Shandong) Catalyst Co., Ltd., Binzhou, Shandong, 256600, China

Abstract: Taking the honeycomb SCR denitrification catalyst filled in two 330MW units of a coal-fired power plant as the research object, the physical and chemical properties of the catalyst were analyzed using laboratory X-ray fluorescence spectrometer, X-ray diffractometer, specific surface area meter, and denitrification catalyst performance evaluation device. Through comparative analysis, it was found that the activity attenuation coefficient of catalysts with less WO_3 content added was much higher than that of catalysts with more WO_3 content added. The main reason was that the catalyst had less WO_3 content added, poor thermal stability, and the catalyst support part changed from rutile TiO_2 to rutile TiO_2 , resulting in a significant decrease in the specific surface area of the catalyst and a decrease in denitrification activity.

Keywords: SCR denitration catalyst; WO_3 ; thermal stability; denitrification performance

去除燃烧烟气中的氮氧化物以防止环境污染的重要性已作为全世界范围的环境问题而被尖锐地提了出来。脱硝的主要目的是去除烟气中的氮氧化物 (NO_x)，这些物质在大气中会形成酸雨，对环境 and 人类健康造成危害。烟气脱硝技术可以将 NO_x 还原为无害的氮气 (N_2) 有效减少烟气中的氮氧化物 (NO_x) 排放，从而减轻对环境的污染。随着国家环保政策不断提高对氮氧化物的排放要求，对于气体污染物氮氧化物 (NO_x) 的治理深入到各个行业，如燃煤燃气电厂、水泥窑炉、玻璃窑炉、石灰窑炉、钢铁焦化等均进行了氮氧化物的治理。据统计，目前绝大多数燃煤电厂、烧结焦化、各类窑炉等都采用选择性催化还原 (SCR) 技术来脱除氮氧化物。其主要控制方法为选择性催化还原技术 (SCR)，而选择性催化还原技术 (SCR) 的核心是催化剂，脱硝催化剂投资成本占烟气脱硝工程总成本的五分之一以上，而运行成本则占比超过三分之一，脱硝催化剂的活性、运行效果决定了 SCR 脱硝系统的脱硝效率和经济性。

目前在 SCR 脱硝技术中应用比较成熟的为 $\text{V}_2\text{O}_5\text{-WO}_3/\text{TiO}_2$ 系列催化剂。选择性催化还原技术 (SCR) 脱硝催化剂以 V_2O_5 为主要活性成份，以 WO_3 为抗氧化、抗毒化辅助成份， TiO_2 为载体。其中 TiO_2 在脱硝催化剂中

起到有效载体和活性成分的载体的双重作用。钒的氧化物在二氧化钛的表面具有很好的分散度，工业上以锐钛型二氧化钛为载体负载钒类催化剂所获得的活性最高；五氧化二钒是脱硝催化剂中最主要的活性组分，不同类型催化剂所含的五氧化二钒的量不尽相同，但总体的判断标准是五氧化二钒含量越高催化剂的活性就越高。通过对 WO_3 对 $\text{V}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$ 的影响研究发现 WO_3 可提高催化剂的热稳定性，抑制锐钛矿型 TiO_2 的烧结和金红石化，并能改善 V_2O_5 与 TiO_2 之间的电子作用，提高催化剂的活性、选择性和稳定性。 WO_3 含有较强的 Bronsted 酸性位，从而提高催化剂的脱硝活性及抗碱金属中毒能力^[1]。除此以外， WO_3 可以抑制 SO_2 氧化； MoO_3 可以增强催化剂的耐 As_2O_3 中毒能力。通常催化剂中添加 (3%~6%) 的 WO_3 和玻璃纤维作为助催化剂，添加一定量的 MoO_3 (-5%) 提高催化剂耐中毒能力。在 $\text{V}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$ 催化剂中添加结构助剂，在商业催化剂中含有一定量的玻璃纤维，使用这些无机助剂会使催化剂的机械性能有所改善。

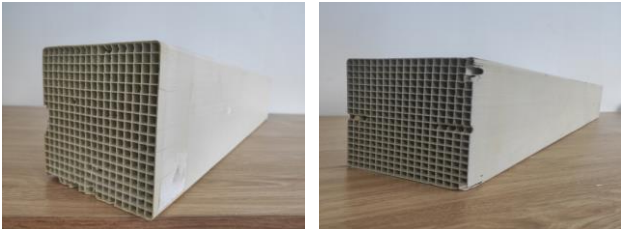
本文主要通过检测某燃煤电厂 2 台 330MW 机组填装的蜂窝式 SCR 脱硝催化剂及备用的新鲜催化剂，对比分析 WO_3 对蜂窝式 SCR 催化剂性能的影响，重点分析 WO_3 对催化剂抗烧结方面的影响。

1 催化剂来源及使用工况条件

某燃煤电厂 2 台 330MW 机组安装有 SCR 脱硝系统,催化剂采用 2 (初装层)+1 (备用层) 模式布置, 2 套 SCR 脱硝系统催化剂自 2019 年开始投入运行, 到目前为止累计运行均约 25000 小时。本次实验需依照 DL/T 1286—2013《火电厂烟气脱硝催化剂检测技术规范》等相关要求, 蜂窝催化剂的样品分别取 1#机组、2#机组 SCR 反应器上层催化剂及备用新鲜催化剂。1#机组催化剂由 A 催化剂厂生产, 2#机组催化剂由 B 催化剂厂生产。催化剂规格参数 (表 1) 及外观 (图 1) 如下:

表 1 催化剂规格参数

项目	单位	A 厂 新催化剂	A 厂 工况催化剂	B 厂 新催化剂	B 厂 工况催化剂
孔数	孔×孔	18×18	18×18	18×18	18×18
截面尺寸	mm×mm	149.5×149.8	148.9×149.2	150.1	150.3
长度	mm	800	800	820	820
节距	mm	8.2	8.25	8.18	8.21
孔径	mm	7.2	7.2	7.23	7.28
壁厚	mm	1.0	1.05	0.95	0.93
比表面积	m ² /m ³	415	415	416	419



(a) A 厂工况催化剂 (b) B 厂工况催化剂
图 1 催化剂外观

催化剂使用的烟气条件见表 2。

表 2 催化剂使用烟气条件

项目	单位	数值	备注
烟气流量	Nm ³ /h	1050000	BMCR
烟气温度	℃	385	
O ₂ 浓度	%	2.85	湿基
H ₂ O 浓度	%	9	湿基
SO ₂ 浓度	mg/Nm ³	3000	标态、干基、6%O ₂
烟尘浓度	g/Nm ³	≤32	标态、干基、6%O ₂
初始 NO _x 浓度	mg/Nm ³	350	标态、干基、6%O ₂
出口 NO _x 浓度	mg/Nm ³	50	标态、干基、6%O ₂
氨逃逸	ppm	3	标态、干基、6%O ₂

2 催化剂表征与性能评价

2.1 催化剂的表征

根据《烟气脱硝催化剂检测技术规范》(GB/T 38219—2019), 采用 V-Sorb 2800S 型全自动比表面积 BET 仪(北

京金埃谱), 采用氮吸附静态容量法原理测试催化剂比表面积; 采用 ZSX PrimusIII+波长色散型 X 射线荧光光谱仪 (日本理学) 对催化剂主要成分及微量组分进行高精度分析; 采用 DX-2700BH 型组合式多功能 X 射线衍射仪和高分辨率 X 射线衍射仪(丹东浩元)分析催化剂的晶型特征^[2]。

2.2 催化剂活性评价

催化剂制成 3×3 孔, 长度 200mm 的样品。利用催化剂性能评价装置将 NO、N₂、O₂、SO₂、NH₃ 按比例混合模拟使用烟气, NO 的体积分数为 500ppm, N₂ 为平衡气, O₂ 的体积分数为 8%, SO₂ 的体积分数为 0.09%, NH₃ 的体积分数为 600ppm, 利用计量泵将 H₂O 通入, H₂O 的体积分数为 10%。模拟烟气进入反应器的总流量约为 22L/min, 面速度约为 25m/h。气体经预热炉加热到 385℃通入催化剂性能评价装置, 对催化剂脱硝性能进行测试, 采用 MRU VARIO PLUS 型 (德国 MRU/名优) 烟气分析仪测定 NO 浓度, 利用催化剂活性 K 值公式计算催化剂活性 K 值。公式为 $K = -AV \times \ln(1 - \phi)$, 其中, AV 为面速度 (m/h), ϕ 为脱硝效率 (%)。

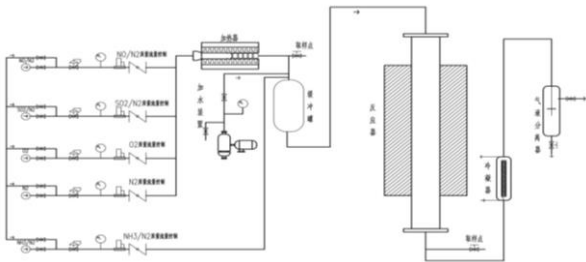


图 2 催化剂活性评价装置

3 结果与分析

3.1 催化剂比表面积 (BET)

在进行烟气脱硝反应的过程中, 催化剂的微孔表面积可以为脱硝化学反应提供反应环境, 所以脱硝催化剂的运行过程, 其具体的反应效率与其催化剂微孔表面积之间存在正相关的联系, 如果飞灰等物质当中的细微颗粒物进入到催化剂微孔中, 则会引发微孔堵塞等问题。另一方面, 化学中毒也会引起微孔堵塞或屏蔽从而导致有效反应面积下降。由此可以看出, 保持足够的微观比表面积对催化剂活性非常重要^[3]。

4 个催化剂样品比表面积 (BET) 检测结果见表 3。

表 3 催化剂比表面积

项目	A 厂 新催化剂	A 厂 工况催化剂	B 厂 新催化剂	B 厂 工况催化剂
比表面积 (BET) /m ² /g	58.5	45.6	62.1	35.2

由催化剂比表面积检测结果可见, 1#机组使用的 A 厂催化剂使用 25000h 后比表面积由 58.5m²/g 下降到 45.6m²/g 下降了 22.05%。2#机组使用的 B 厂催化剂使用 25000h 后比表面积由 62.1m²/g 下降到 35.2m²/g 下降了 43.32%, 根据工程应用经验脱硝催化剂比表面积一般在 45~75m²/g 之间, 2#

机组使用的 B 厂催化剂比表面积下降幅度远高于 1#机组使用的 A 厂催化剂。分析催化剂可能由于硫酸氢铵堵塞微孔或载体产生金红石型 TiO_2 导致比表面积大幅降低。

3.2 催化剂成分 (XRF)

通过 XRF 对 4 个催化剂样品进行成分检测,结果见表 4。

表 4 催化剂成分

项目	单位	A 厂 新催化剂	A 厂 工况催化剂	B 厂 新催化剂	B 厂 工况催化剂
TiO_2	%	87.65	85.8	88.32	87.98
V_2O_5	%	0.82	0.76	0.75	0.71
WO_3	%	5.5	5.2	1.98	2.05
Na_2O	%	0.06	0.12	0.052	0.10
MgO	%	0.09	0.11	0.07	0.13
Al_2O_3	%	0.59	0.77	0.88	1.05
SiO_2	%	2.5	2.89	3.34	3.40
P_2O_5	%	0.07	0.10	0.08	0.15
SO_3	%	1.1	1.88	0.98	2.1
K_2O	%	0.02	0.08	0.04	0.075
CaO	%	1.15	1.52	1.32	1.25
Fe_2O_3	%	0.07	0.09	0.06	0.10
As_2O_3	%	N/A	0.02	N/A	0.035

注: N/A 为未检出。

由 XRF 检测数据来看, A、B 厂催化剂使用后比较新催化剂碱金属 (Na_2O 、 K_2O) 和碱土金属 (MgO 、 CaO) 组分均有所提高,从 AB 厂催化剂中均检测出含有少量的 As_2O_3 ,且 B 厂催化剂 As_2O_3 含量为 0.035% 高于 A 厂催化剂 As_2O_3 含量 0.02%,可判断 B 厂催化剂重金属中毒比 A 厂催化剂更严重。值得注意的是, A 厂催化剂中 WO_3 含量约为 5%,是常规催化剂加入的适当比例, B 厂催化剂中 WO_3 含量仅约 2%,这可能是导致催化剂 BET 下降较大的原因。

3.3 催化剂性能评价

通过催化剂活性评价装置对 4 组催化剂样品进行活性检测,数据见表 5。

表 5 催化剂活性 K 值

项目	A 厂 新催化剂	A 厂 工况催化剂	B 厂 新催化剂	B 厂 工况催化剂
活性 K 值/ $\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$	38.5	28.18	37.9	20.84
活性衰减系数	1	0.732	1	0.55

由表 5 检测数据可见, A 厂催化剂使用 25000h 后活性衰减系数为 0.732,根据 XRD 检测催化剂中 TiO_2 主要为锐钛矿型,无明显金红石型特征峰,说明催化剂无烧结现象,活性衰减的主要原因是催化剂表面沉积了少量碱(土)金属和重金属,导致催化剂表面酸性位减少,催化活性降低。B 厂催化剂使用 25000h 后活性衰减系数为 0.55,根据 XRF 检测数据可见,催化剂表面沉积了少量碱(土)金属和重金属,这是导致催化剂活性降低的原因之一, XRD 图谱

中可以明显看到金红石型 TiO_2 的特征峰,结合 BET 测试数据可以判断催化剂出现烧结现象,这是催化剂活性大幅降低的主要原因。A 厂、B 厂生产的催化剂在近乎相似的工况下运行约 25000h,但催化剂的活性衰减系数却相差较大,通过对比分析,其主要原因是催化剂中 WO_3 的加入量的不同,导致催化剂 BET 下降程度不同,从而导致催化剂活性差距较大。

4 结论和展望

(1) A、B 厂生产的催化剂经过理化分析可见, A 厂生产的催化剂运行 25000h 后脱硝活性衰减系数在正常范围之内, B 厂生产的催化剂运行 25000h 后脱硝活性衰减系数偏差较大,属于非正常失活。这主要归结于两家催化剂厂生产的催化剂中 WO_3 含量差别较大,在 385 度工况运行下催化剂中 WO_3 含量越高,抗烧结能力越强,活性下降越少,反之则反之。

(2) SCR 脱硝催化剂加入 WO_3 ,可提高催化剂的热稳定性。在 385 度工况运行下, WO_3 的含量越高,催化剂载体 TiO_2 锐钛型结构越稳定,抗烧结能力越强^[4]。基于研究结果,建议在 SCR 催化剂的制备过程中, WO_3 的含量不低于 5%,以提高结构稳定性。此外,加强对催化剂各组分之间的相互作用的研究,将更好地帮助从业者理解催化剂的催化机理,从而促进催化剂的进一步优化。通过对配方的优化和全面评估与持续改进,可以为 SCR 催化剂的工业应用提供更加高效和经济的解决方案。

(3) 本研究通过对 SCR 脱硝催化剂中 WO_3 对催化剂使用环境与寿命进行系统探讨,详细分析了碱金属 (Na_2O 、 K_2O) 和碱土金属 (MgO 、 CaO) 在脱硝催化剂不同 WO_3 含量下的影响,并分析了脱硝催化剂在不同 WO_3 含量下重金属对其的影响。研究表明,通过优化配比配方、制备工艺,可以显著提升催化剂的抗烧结能力和热稳定性,为 SCR 脱硝技术的应用提供了重要支持。同时,催化剂的性能提升不仅依赖于制备工艺的优化,还与催化剂的微观结构、成分和反应条件密切相关。因此,在未来的研究中,关注催化剂的多维优化和系统性研究,将为 SCR 脱硝技术的发展提供更强的理论基础和技术支撑。

【参考文献】

- [1]朱崇兵,金保升,仲兆平.等. WO_3 对于 $\text{V}_2\text{O}_5 / \text{TiO}_2$ 脱硝催化剂的抗中毒作用[J]. 锅炉技术,2009,40(1):63-67.
- [2]GB/T38219-2019 烟气脱硝催化剂检测技术规范[S]. 北京全国环保产业标准化技术委员会,2019.
- [3]王慧贤.火力发电厂蜂窝式 SCR 脱硝催化剂性能检测技术探讨[J]. 科学与技术,2021(29):5.
- [4]闫志勇,胡建飞,徐鸿.SCR 烟气脱硝催化剂 $\text{V}_2\text{O}_5\text{-WO}_3 / \text{TiO}_2$ 性能研究[J]. 中国计量学院学报,2011,22(1):68-72.

作者简介:高志亮(1988.2—),男,毕业院校对外经济贸易大学,所学专业工商管理,当前就职单位中节能(山东)催化剂有限公司,职务副总经理,职称级别。

浅谈机载激光雷达技术在工程测量中的应用

高 斌

巴音郭楞蒙古自治州水利水电勘测设计有限责任公司, 新疆 库尔勒 841000

[摘要]传统的测量方法在大范围、复杂地形或恶劣环境中的效率低、精度差等问题,且高昂的人工测量成本,常常限制了其应用的广度与深度。随着城市化进程的加速以及环境保护要求的提升,对精确测量与时效性数据的需求变得愈加迫切。在这种背景下,机载激光雷达技术通过快速采集大规模三维数据,突破了传统方法的诸多局限,广泛应用于基础设施建设、灾害预警等领域,成为了提升测量精度与效率的关键技术。

[关键词]无人机;激光雷达;工程测量

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14724

中图分类号: TV51

文献标识码: A

Brief Discussion on Application of Airborne LiDAR Technology in Engineering Survey

GAO Bin

Bayingol Mongolia Autonomous Prefecture Water Resources and Hydropower Survey and Design Co., Ltd., Korla, Xinjiang, 841000, China

Abstract: Traditional measurement methods have problems such as low efficiency and poor accuracy in large-scale, complex terrain or harsh environments, and the high cost of manual measurement often limits their breadth and depth of application. With the acceleration of urbanization and the increasing demand for environmental protection, the demand for accurate measurement and timely data has become increasingly urgent. In this context, airborne LiDAR technology has broken through many limitations of traditional methods by quickly collecting large-scale 3D data, and is widely used in infrastructure construction, disaster warning, and other fields, becoming a key technology to improve measurement accuracy and efficiency.

Keywords: airborne; LiDAR; engineering survey

引言

随着工程测量需求的不断增长,机载激光雷达(LiDAR)技术凭借其高效且精准的空间数据采集能力,逐渐成为现代测量领域的重要工具。与传统测量方法相比,机载激光雷达能够在短时间内覆盖广阔区域,并提供精确的三维空间数据,从而大幅提升了测量作业的效率,特别是在复杂地形或难以到达的区域。其在道路、铁路、城市规划、环境监测等领域的广泛应用,标志着工程测量正朝着智能化、高效化的方向发展。

1 机载激光雷达技术原理

机载激光雷达(LiDAR)是一种通过激光束照射地面并接收反射信号来获取三维空间数据的测量技术,基本原理基于激光束与物体表面相互作用后的反射时间差。激光雷达系统通常安装在飞机或无人机等平台上,激光脉冲发射后与地面或物体表面碰撞并反射回接收器,通过测量从激光脉冲发射到接收的时间,能够精确计算激光束的传播距离,从而获得物体表面的高程与空间位置。以高效性与高精度为显著特点,机载激光雷达在短时间内可以连续发射大量脉冲,迅速且精准地收集广泛区域的地面点云数据。每个脉冲返回的信号不仅包含距离信息,还包括反射物体表面特征的强度数据,通过对这些信号的处理,三维地形模型、地物模型的构建,甚至城市建筑与基础设施的数字

化复原均能够实现。与传统的光学测量或全站仪技术相比,机载激光雷达展现出独特的优势。光线变化或视距限制对其影响甚微,且在复杂地形、植被覆盖以及恶劣天气条件下仍能稳定工作。更为重要的是机载激光雷达能够在单次飞行中覆盖广阔区域,极大地提高了数据采集的效率,尤其适用于大规模、高精度的地理信息系统(GIS)数据收集、城市建模及灾后评估等场景。

2 机载激光雷达技术的优势

2.1 高效的数据采集能力

机载激光雷达技术的高效数据采集能力无疑是其一大优势,与传统的地面测量方法相比,机载激光雷达能够在短时间内覆盖广阔区域,极大提高数据采集效率,通过将激光雷达系统安装于飞机或无人机上,每秒钟能够发射数千次激光脉冲,在这些脉冲传播至地面并返回接收器的过程中,精确的三维空间数据得以获取,迅速生成大范围的地形图与点云数据。例如,在一次约一小时的飞行中,机载激光雷达便可采集数十平方公里的地面数据,而传统的地面测量则需数天甚至更长时间才能完成相同区域的测量。尤其在复杂地形或交通不便的地区,机载激光雷达的优势尤为显著,通过空中测量难以到达的区域也能覆盖,从而大大减少了人工操作的复杂性与时间消耗。激光雷达技术能够适应各种天气条件进行作业,无论是雾霾、阴天,

还是小雨天气下，测量精度几乎不受影响，这保证了数据采集过程的稳定性与连续性。

2.2 高精度与高分辨率

机载激光雷达技术以卓越的高精度与高分辨率已成为工程测量及地理信息采集中的核心工具，通过精确测定激光脉冲从发射到返回的时间，激光雷达能够精准计算出激光束与物体表面之间的距离。每个激光脉冲的精度通常能达到厘米级别，远超传统地面测量设备，如全站仪或GPS系统所能提供的精度。依托这一精度激光雷达能够捕捉到地形中的微小变化，甚至对细小的建筑结构、植被高度等细节进行精准测量，这在地形建模及高质量测量结果的获取中至关重要。高分辨率亦是激光雷达在复杂地理环境中展现优势的重要因素，系统通过短距离内连续发射多个脉冲，以较高的频率进行扫描，从而采集到密集的点云数据，这种高密度数据的快速采集，在短时间内就能生成详细的三维点云图，提供每一处地物的精确轮廓与细节。在城市三维建模、森林资源调查、基础设施监测等应用中这一特性尤为关键，能够更加精准地呈现地面细节，并为后续的数据处理和分析奠定坚实的基础。以复杂城市环境为例，机载激光雷达能够清晰分辨建筑物之间的空隙、楼宇屋顶，甚至立交桥的结构等细节。结合其高精度数据，城市规划及交通管理得到了有力支持。

2.3 适应复杂地形与环境

机载激光雷达技术在适应复杂地形与环境方面展现了显著优势，尤其在面对传统地面测量方法难以应对的挑战时表现尤为突出。无论是在崎岖的山区、密集的森林还是城市中的高楼大厦，激光雷达均能高效地进行数据采集，这一优势源于激光脉冲能够穿透植被或树冠直接获取地面信息。在森林、湿地等地形复杂的区域，传统测量方法常因视距受限或地面覆盖物繁多而遭遇较大困难，测量效率低下且耗时长。而激光雷达则能够迅速且精准地采集地面数据，大大提升了勘测工作的效率。在城市环境中机载激光雷达同样展现出强大的适应性，即使在建筑密集的城区，激光雷达依然能够精确地进行测量，捕捉建筑外立面及建筑物之间的复杂空隙，甚至能准确描绘高楼大厦之间的细微结构或复杂的道路网络，这些高精度的三维数据为城市规划、基础设施建设与交通管理等领域提供了坚实的数据支持，提升了城市管理的科学性与精准度。机载激光雷达在不良天气条件下的表现亦同样出色，与依赖视距的光学测量工具不同，激光雷达不受光线变化的影响，不论白天或夜间、晴天或阴雨均可稳定工作。在雾霾、降雨等恶劣气象条件下，激光雷达仍能有效地进行扫描，确保测量的连续性与稳定性。适应不同环境条件的能力，使机载激光雷达在工程测量中展现了更高的灵活性与可靠性，尤其在传统测量技术难以覆盖的复杂或恶劣环境中表现得尤为突出。

3 机载激光雷达技术在工程测量中的应用

3.1 高程测量

机载激光雷达技术在高程测量中的应用，大幅提高了测量的精度与效率。与传统的水准仪和全站仪等方法相比，后者通常需要布设多个控制点进行逐一测量且操作复杂，受到地形限制效率低。而激光雷达通过测量激光脉冲与地面反射信号的时间差，可以在一次飞行中快速采集大范围的高程数据，精度达到厘米级。这种非接触式测量不仅减少了人工操作时间和劳动强度，还避免了复杂地形或高空作业带来的安全隐患。激光雷达采集的高密度点云数据能精确反映地面起伏，生成高分辨率的数字地面模型(DTM)，为地形分析、城市规划和基础设施建设提供了详细的三维数据支持。特别是在植被覆盖密集或地形难以接近的区域，激光雷达仍能准确测量地面高程，弥补了传统方法的不足。此外，激光雷达还可在同一飞行任务中采集不同层次的高程数据，如地面高程、建筑物高度、植被冠层高度等，为高精度地形建模、灾后评估和资源调查等提供了有力的数据支持。

3.2 地形地貌建模

机载激光雷达在地形地貌建模中的应用，极大地提升了地理信息系统(GIS)数据的精度与分析深度，通过采集高密度点云数据，激光雷达能够细致地描绘地面微小的起伏与复杂的地形，从而生成精确的三维地形模型，这些点云数据不仅包含地面高程信息还能反映地表的各类细节特征，包括河流、山脊、坡度变化以及植被分布等，为深入的地形分析提供了丰富的资源。与传统的测量方法相比，机载激光雷达在速度与精度方面展现了显著优势。传统测量往往需人工布设多个控制点，操作繁琐且受到地形和视距的限制，而机载激光雷达则能够通过空中扫描迅速覆盖大范围区域，精确捕捉各种地形变化。无论是开阔的平地还是复杂的山地地形，激光雷达都能精准记录，激光雷达还能穿透植被覆盖，直接获取真实的地面数据，这一点是传统测量方法难以实现的。在对激光雷达采集的数据进行后期处理后，可以构建出高分辨率的数字地形模型(DTM)与数字表面模型(DSM)。DTM主要反映地面高程数据，而DSM则囊括了地表上的建筑物、植被层等所有物体，通过结合这两种模型能够全面呈现地形地貌的全貌，为土地利用规划、灾害预警及资源调查等提供精准的地理空间数据支持。在实际应用中，机载激光雷达技术还能够与其他数据源，如航空影像与卫星遥感数据进行融合，进一步提升地形地貌建模的精度与可靠性。如今，在水利、城市规划、环境监测等多个领域，激光雷达技术已成为实现精细地形分析和精准建模的重要工具。

3.3 路线勘测与规划

机载激光雷达在路线勘测与规划中的应用，显著提升了道路设计的精度与效率。传统的路线勘测通常依赖大量

的地面测量工作,尤其在复杂地形或偏远地区,常常面临交通不便、时间成本高及安全隐患等问题。而机载激光雷达通过空中扫描,在短时间内能够采集大量高精度的地形数据,从而为道路勘测与规划提供了全面的信息支持^[1]。在实际操作中,整个区域的三维地形数据能够被激光雷达系统迅速捕捉,涵盖山体起伏、地面高程、植被分布以及现有道路等要素。经后期数据处理后,可形成高分辨率的数字高程模型(DEM),勘测人员因此能够准确分析地形特征,进一步处理这些数据后,潜在的路线选择能够被快速识别,且可依据地形、土质、环境等多方面因素进行优化,从而确保新路设计在施工难度、成本控制以及环境影响等方面达到理想平衡。在山地、河流或湿地等复杂地形中,路基的起伏与坡度能够精准描绘,激光雷达因此帮助规划人员避免选址过于陡峭或地形不稳定的区域减少工程风险。对于城市道路规划,现有建筑物、交通设施及桥梁等结构的数据同样能高效采集,确保新建道路设计与现有结构不发生冲突,从而提高规划的效率,激光雷达采集的点云数据还可与现有交通网络及流量数据相结合,进一步优化路线规划确保道路的交通畅通与安全。

3.4 城市三维建模与测量

机载激光雷达技术在城市三维建模与测量中的应用,已经成为现代城市规划与管理的核心工具,通过高密度的点云数据激光雷达能够精确捕捉城市的三维结构,涵盖了建筑物的外立面、屋顶、街道、绿地、桥梁等各类基础设施的细节,这些数据在处理后能够生成详细的数字地面模型(DTM)与数字表面模型(DSM),为城市三维建模提供了坚实的数据支持^[2]。传统的地面测量通常需要人工布设多个控制点,且受到地形、天气等因素的限制,测量过程既繁琐又受局限。而激光雷达通过飞机或无人机进行空中扫描,能够迅速覆盖整个城市并且能够穿透树冠及建筑物间狭小的空隙,采集到传统方法难以接触的区域数据,这些高精度的空间信息确保了城市三维模型能够全面反映建筑物、道路、桥梁及地下设施等的真实情况。采集到的激光雷达数据不仅可用于城市建筑物的建模,还为城市规划、灾害预防及基础设施管理等提供了精准支持,通过分析建筑物的高度、形状与密度等特征,城市管理者能够在新建道路、公共设施或住宅区时,做出更加科学与合理的决策,城市三维模型为虚拟城市建设、智能交通系统及环境监测等项目提供了强有力的数据支撑。这些激光雷达数据能够与其他地理信息系统(GIS)数据相结合,形成多层次、多维度的城市空间信息平台,从而进一步提升了城市管理的智能化水平。

3.5 水利工程与环境监测

机载激光雷达技术在水利工程与环境监测中的应用,已成为提升工作效率与精度的重要手段。传统测量方法在复杂地形与广阔水域中常面临测量困难与范围限制,而激光雷达通过空中扫描能够快速、精准地获取地面及水体的三维数据,克服了这些局限^[3]。在水利工程中,激光雷达广泛应用于水库、大坝、河道等的勘测与设计,它能够精确测量水域周围的地形与地貌,包括河道坡度、水流路径等,生成高精度的数字地面模型(DTM),为大坝稳定性分析、水库蓄水能力评估等提供关键数据,确保工程顺利进行。在环境监测方面,激光雷达可用于监测河流、湖泊及湿地的水位变化、洪水风险及植被覆盖情况,支持生态环境保护及水污染治理。特别是在洪水监测中,激光雷达能够快速获取大范围的高程数据,评估洪水淹没区域预测水位变化,为决策部门提供及时依据。此外,激光雷达在森林生态监测和湿地保护等领域同样具有广泛应用,通过提供植被覆盖和树木高度等信息,帮助结合遥感影像与气象数据,全面支持生态环境的长期管理与保护。

4 结语

机载激光雷达技术在工程测量中的应用,显著提高了数据采集的效率与精度,尤其在复杂地形及广阔区域的测量中展现出独特的优势,通过高精度与高效率的点云数据获取,激光雷达已广泛应用于高程测量、地形建模、路线规划、城市三维建模及水利与环境监测等多个领域,为工程项目的科学性与可操作性提供了强有力的支持。尽管在数据处理的复杂性与误差控制等方面仍面临挑战,但随着技术的不断进步与算法的不断优化,机载激光雷达将在未来得到更加广泛与深入的应用。工程测量技术的革新将持续得到推动,而在城市规划、环境保护等众多领域,激光雷达所提供的精确数据支持也必将助力社会向智能化、数字化的方向迈进。

【参考文献】

- [1]高波,纵瑾,李涛.机载激光雷达技术在高速公路横断面测量中的应用[J].测绘通报,2023(1):11-14.
- [2]杨波,付伟锋.机载激光雷达技术在不规则高边坡面积测量中的应用[J].广东水利水电,2023(6):89-93.
- [3]张友超.机载三维激光雷达技术在道路测量中的优势及应用实践研究[J].科技创新与应用,2023,13(9):185-188.

作者简介:高斌(1982.1—),毕业院校:新疆大学,所学专业:测绘工程,当前就职单位名称:巴音郭楞蒙古自治州水利水电勘测设计有限责任公司。

废弃矿山生态修复模式与开发利用实践

张 杨

中化地质矿山总局地质研究院, 北京 100101

[摘要] 废弃矿山作为我国在矿产资源开发过程中遗留下的生态环境问题, 已经成为影响生态安全、地方经济和社会发展的的重要因素。废弃矿山的生态修复与合理开发利用是当前亟须解决的课题。文中分析我国废弃矿山生态修复现状, 探讨了不同修复模式的特点与应用, 结合废弃矿山开发利用的实践路径, 提出了生态修复与开发利用协同推进的策略, 为推动废弃矿山的可持续发展提供理论支持。

[关键词] 废弃矿山; 生态修复; 修复模式; 开发利用; 协同推进

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14709

中图分类号: X171.4

文献标识码: A

Ecological Restoration Model and Development and Utilization Practice of Abandoned Mines

ZHANG Yang

Geology Institute of China Chemical Geology and Mine Bureau, Beijing, 100101, China

Abstract: Abandoned mines, as an ecological and environmental problem left over from the development of mineral resources in China, have become an important factor affecting ecological security, local economy, and social development. The ecological restoration and rational development and utilization of abandoned mines are urgent issues that need to be addressed. The article analyzes the current situation of ecological restoration of abandoned mines in China, explores the characteristics and applications of different restoration models, and proposes a strategy for the coordinated promotion of ecological restoration and development utilization based on the practical path of abandoned mine development and utilization, providing theoretical support for promoting the sustainable development of abandoned mines.

Keywords: abandoned mines; ecological restoration; restoration model; development and utilization; collaborative promotion

引言

废弃矿山是指经过矿产资源开采后, 未进行有效修复或长时间未得到合理利用的矿区。由于开采活动的长期影响, 废弃矿山往往形成了严重的生态环境问题, 如土地沙化、水土流失、生物栖息地破坏等, 这不仅损害了生态环境, 也影响了地方的经济发展。近年来, 随着环境保护意识的增强和社会对可持续发展的需求, 废弃矿山的生态修复与开发利用成为亟待解决的课题。

1 我国废弃矿山修复治理现状

1.1 法律法规及政策

随着矿产资源开采的规模不断扩大, 废弃矿山所带来的环境问题逐渐成为一个亟须解决的重要课题。为应对这一挑战, 国家已经相继出台了多项法律法规, 明确了废弃矿山治理的要求。例如, 《矿山生态环境保护与恢复治理条例》明确了矿山生态保护的基本准则, 并对矿山关闭后的修复措施作出了规定。《矿产资源法》对矿山企业的环境保护责任进行了规定, 要求其在资源开采过程中采取相应的修复措施, 最大限度地减少环境负面影响。伴随“绿色矿山”政策的推行, 废弃矿山修复工作的力度进一步加大, 政策中规定矿山企业必须实施生态恢复, 推动矿区的生态环境修复。此外, 政府还设立了专项资金, 为废弃矿山的修复项目提供财政支持, 从而缓解了地方政府和企业

的资金压力。

1.2 我国废弃矿山及生态修复概况

由于许多矿区在开采后未能及时进行修复, 生态环境遭受了严重破坏, 资源被浪费, 影响了生态环境及周围居民的生活质量。废弃矿山的数量庞大, 且所面临的生态问题极为复杂, 特别是在一些矿产资源开采密集地区, 水土流失、土地沙化、生态功能丧失等问题广泛存在。尽管国家与地方政府已经开展了一些修复工作, 但整体修复进展缓慢, 效果远未达到预期。修复工作滞后的原因包括资金不足、技术缺乏以及管理体系不完善等。特别是历史遗留的矿山, 面临着更加复杂的污染问题, 如重金属污染、酸性矿山排水等, 这些问题的解决仍然困难重重。为了加快废弃矿山的修复进程, 除了需要加大资金投入外, 技术创新与管理模式的优化也显得尤为重要, 只有通过多方协同, 才能实现有效的修复。

1.3 废弃矿山生态修复技术

废弃矿山的生态修复技术涵盖了多个方面, 其中水土保持、植被恢复与污染治理是修复工作的关键内容。水土保持技术在矿山修复过程中具有基础性作用, 特别是对裸露土地, 水土流失问题较为突出。通过采取诸如修建防护林带、增设水土保持设施等措施, 可以有效减少水土流失的风险, 为土地的生态恢复提供条件。在植被恢复方面,

通过合理选择适宜的植物种类并进行科学种植,能够改善土壤结构、恢复生物多样性,促进矿区生态环境的复原。近年来,施用有机肥料与土壤改良剂等技术措施逐渐取得了显著成效,矿区绿化和植被恢复进程得以加快。然而,在污染治理方面,尤其是土壤污染与地下水污染的修复,依然面临较大挑战^[1]。矿山土壤中的重金属污染、酸性矿山排水等问题的治理技术,尚未能完全解决这些问题。尽管在水污染治理方面,人工湿地与水生植物净化等技术方法取得了一定进展,改善了水质,但在土壤污染修复方面,现有技术仍未达到理想效果。

2 废弃矿山生态修复模式

2.1 自然修复模式

自然修复模式依托自然过程,通过减少人为干预,使生态系统逐步恢复,核心在于植物自然繁殖、降水和土壤演替等自然力量的作用,促进植被生长以及土壤的自然改善。与其他模式相比,成本较低且避免了人为干扰。然而,修复效果的显现通常较为缓慢,且修复过程的时间较长,可能需要数年或更久,才能看到明显改善。在生态环境较为恶劣的矿区,例如土壤贫瘠、水源缺乏的地方,修复的难度更大,甚至可能无法完全恢复。因此,适用这种模式的地区往往是生态条件相对稳定的地方,诸如一些草地或山地。

2.2 工程修复模式

工程修复模式通过人工手段进行生态恢复,主要包括填埋废弃矿坑、改良土壤、植被恢复等措施。例如,填埋技术能够有效填补矿坑,避免水土流失;土壤改良通过增加有机物和改良剂,提升土壤的肥力与水分保持能力;通过植被恢复技术,种植适宜的植物覆盖裸露的土壤,减少风沙侵蚀,促进生态修复。这一模式的显著优点是能够迅速恢复生态环境。然而,工程修复也存在不容忽视的缺点,尤其是其高昂的成本,往往使修复工作面临经济压力。同时,人工干预可能会引发一定的生态扰动,影响修复效果的稳定性。因此,为确保这一模式的成功实施,必须精心设计修复计划,并进行有效的管理与规划,以减少不必要的生态影响。

2.3 生物修复模式

生物修复模式的核心在于通过种植适应性强的植物,改善土壤的水分保持能力,或通过微生物降解污染物,减少土壤中的有害物质。其主要优点在于成本低,且对生态环境的干扰较小,能够维持生态系统的自然功能。然而,这种修复方式的周期较长,通常需要较长的时间,才能看到明显效果。在矿区环境较为复杂、恶劣的地方,修复进程可能会更加缓慢,且受到诸多因素的影响,如土壤质量、气候条件等^[2]。为了确保修复效果,选择适应性强的植物或微生物显得尤为重要。尽管生物修复模式具备可持续性和较低的成本,但其修复周期长以及对环境的依赖,使其在某些复杂环境中的应用受到制约。

2.4 复合修复模式

复合修复模式综合利用自然修复、工程修复与生物修

复等多种技术,通过灵活的组合达到最佳的修复效果。在这一模式中,矿区的初步修复往往通过工程修复措施进行,如填埋矿坑、改善土壤等;随后,结合生物修复技术,种植适应性植物或使用微生物分解污染物,进一步改善生态环境。随着修复工作的深入,人工干预逐渐减少,矿区生态系统逐步恢复自我修复能力。复合修复模式具有较强的灵活性,可以根据不同矿区的具体情况进行调整,特别适用于规模较大、环境复杂的废弃矿山修复。通过综合多种修复手段,能够迅速改善矿区的基础生态条件,并长期维持生态系统的自我修复能力。尽管这一模式具有较大的优势,但在实际应用中,需要高水平的技术支持和精细化的管理,以确保各修复技术的协调性与整体效果。

3 废弃矿山开发利用的实践路径

3.1 生态旅游开发模式

废弃矿山在生态修复后,通常呈现出独特的矿坑湖、岩石群、悬崖等景观,这些自然资源为旅游开发提供了独特的优势。而矿区遗留下的历史遗迹,也为文化旅游提供了额外的资源,使游客能够探索矿山的历史背景。生态旅游固然能推动地方经济发展、提供就业机会及改善基础设施,但若开发过度或游客过多,则可能加剧环境压力。过度的游客量会导致植被破坏、水土流失,甚至加剧水源污染等问题。为此,开发过程中必须采取严格的控制措施,限制游客流量,确保矿区的生态景观及其环境得到有效保护。

3.2 农林业生产利用模式

废弃矿山在经过生态修复后,能够有效恢复土地的生态功能,通过种植适宜的农作物或树木,既能提高土壤的肥力,又能实现土地的经济增值。选择适应性强的植物或耐贫瘠土壤的树种,能够改善土壤质量,并为矿区带来经济收益^[3]。废弃矿山的土地往往存在重金属或其他有害物质,因此,在修复过程中必须采取科学有效的方法,避免污染对植被生长的影响。土地治理的完备性决定了农林业利用模式的成功与否。通过系统的土壤修复和管理,农林业模式不仅能恢复生态环境,还能对地方经济提供可持续的增长点。

3.3 工业用地再利用模式

一些废弃矿山可通过修复后转化为工业用地,特别是在矿区周边具备良好交通和基础设施的条件下。废弃矿山土地的再利用,能显著提升其经济价值,为地方产业提供发展空间。多数废弃矿山位于交通便利、基础设施完备的区域,经过修复后,这些土地可用于工业开发,具有较大的市场潜力。在矿区的开采过程中,生态环境已受到一定程度的损害,因此在后续的开发中,应确保不对已经修复的生态环境造成进一步破坏。在开展工业开发前,必须进行全面的环境影响评估,确保土地适宜开发,并在开发过程中采取必要的修复措施,避免产生新的环境问题。此外,应采用绿色技术与清洁生产模式,减少开发过程中的资源消耗与污染,保障工业用地开发的可持续性。

3.4 城镇化建设用地的开发模式

随着城市化进程的加速,土地资源日益稀缺,废弃矿山提供了可利用的土地资源,可以有效缓解土地紧张问题,并为城市发展提供所需空间。土地修复工作不仅需恢复其生态功能,还必须符合城镇化建设的用地要求。在开发前,必须对土地质量进行严格评估,确保其符合建设标准。开发时,应优先考虑生态保护措施,避免对修复后的土地以及周围环境造成进一步的负面影响。实施绿色建筑标准与节能减排技术,能够有效减少城镇化开发过程中的环境负担,确保城市建设与生态环境的和谐发展。

4 生态修复与开发利用的协同推进策略

4.1 政策支持与法律保障

为有效推进废弃矿山的生态修复与开发利用,政府应完善相关法律法规,建立更加健全的法律框架,确保修复过程中各方的职责与义务明确。同时,应在税收优惠、资金支持等方面出台激励措施,鼓励社会资本积极参与。政府应设立严格的监督机制,确保所有修复工作都能在符合生态环境保护标准的前提下进行。通过定期检查与进度跟踪,可以及时发现问题,进行有效的调整,确保修复措施的持续性与长远有效性。此外,政府应加强修复项目的评估,以确保修复工作在各阶段的目标能够得以实现。

4.2 技术创新与模式优化

必须加大对修复技术的研发投入,探索新型修复材料与先进技术,提升修复效率与质量。随着技术的不断进步,能够有效提高矿区修复的质量,减少修复过程中对环境的负面影响。单一的修复方法无法满足所有矿山的实际需求,尤其是在环境复杂、生态系统脆弱的矿区。因此,需结合矿区的具体情况,采取多种修复方式,并设计个性化的修复方案。多种修复技术的协同作用,如工程修复与生物修复的结合,将能最大程度提高修复效果。随着智能化技术的引入,修复工作能够实现更高的精准度与可控性。通过智能化监控与数据分析,不仅能够实时评估修复进展,还能快速调整修复方案,以确保最终的修复效果。科技的进步,必将推动矿山修复工作朝着更高效、精准的方向发展。

4.3 社会资本参与机制

在废弃矿山修复与开发的过程中,通过公私合营(PPP)模式,可以有效吸引社会资本参与,这对于解决资金不足与技术瓶颈等问题具有重要意义。社会资本的参与,不仅能够提供所需的资金支持,还能够带来先进的技术与管理经验,从而提高项目的实施效率^[4]。在社会资本的参与过程中,应注意通过政府与社会资本的良性合作,避免过度开发带来的负面影响。通过建立有效的合作机制,既能够确保修复项目的资金投入,又能避免生态环境受到二次破坏。社会资本的参与,也促使政府在政策执行过程中更加注重生态保护与经济效益之间的平衡。此外,政府、企业与社会资本三方共同参与修复与开发工作的机制,能够有

效推动废弃矿山的资源化利用。在这种模式下,不仅修复工作能够得以高效推进,同时也能促进地方经济的发展,实现生态效益与经济效益的双赢。

4.4 可持续发展目标与评估体系

废弃矿山的生态修复与开发利用应秉持可持续发展的原则,确保在实现生态恢复的同时,也能促进经济效益的增长。为此,建立科学合理的评估体系显得尤为重要。该体系应对修复进展、资源利用效率以及社会效益进行全面评估,确保修复过程符合可持续发展目标。评估体系不仅有助于对修复效果进行监控与调整,还能够及时发现问题,采取有效措施进行整改。通过对修复工作的定期检查与评估,可以确保修复项目在各阶段均能按计划推进,并不断优化修复策略。在修复过程中,评估结果为决策提供了依据,确保修复效果的持续性与稳定性。同时,评估体系应注重长远目标的实现,确保废弃矿山的生态修复与开发工作能够在生态、经济、社会多个方面产生正向的影响。建立完整的评估机制,不仅有助于持续改进修复策略,还能在实践中不断调整,推动废弃矿山修复工作向更加高效、可持续发展的方向发展。在政策、技术、资本与评估体系的多方协同作用下,废弃矿山的修复与开发利用将实现长远的效益。

5 结语

废弃矿山的修复与开发是一项系统性工程,涉及生态环境恢复、资源再利用以及地方经济可持续发展等多个层面。通过结合自然修复、工程修复、生物修复以及复合修复等技术手段,矿山的生态环境得到了有效修复。与此同时,结合生态旅游、农林业生产以及工业用地再利用等开发模式,废弃矿山的综合价值得到了最大程度的发挥,有效推动了地方经济的可持续发展。各方应加强合作,形成合力,共同推动废弃矿山的修复与开发,实现生态环境修复与经济效益的双重目标,为我国的可持续发展目标提供坚实支持。

[参考文献]

- [1]梅振然,赵中秋,杨桥,等.我国金属矿山废弃地生态修复研究进展及趋势分析[J].中国矿业,2024,33(10):102-118.
- [2]康向阳,周玉县,字勇,等.基于多层次模糊评价法的青海木里废弃矿山生态修复评估研究[J].中国非金属矿业导刊,2024(5):71-75.
- [3]张凯,王丛林,王绍平,等.某大型凹陷露天铁矿坑生态环境综合治理途径探讨[J].现代矿业,2024,40(10):210-213.
- [4]李聪聪,王佟,赵欣,等.高原高寒矿区生态修复中的煤炭资源保护技术[J].煤田地质与勘探,2024,52(11):1-11.

作者简介:张杨(1987—),女,主要从事地理信息系统、水文地质、环境地质工作,工程师。

地铁施工安全风险巡视管理机制探索与实践

滕令晓

天津一号线轨道交通运营有限公司, 天津 300350

[摘要]城市化速度不断加快, 地铁发展成为城市交通系统中日益关键的一环。然而, 地铁施工过程中的安全风险始终是亟待解决的问题。文中探讨了地铁施工安全风险巡视管理机制的必要性和有效性, 分析了当前存在的主要安全风险及其成因, 提出了针对性措施。通过对国内外地铁施工安全管理经验的借鉴, 探索了一套系统的巡视管理机制, 包括风险识别、风险评估、风险控制和责任落实等环节。研究表明, 完善的巡视管理机制能够有效降低地铁施工过程中的安全风险, 提高施工安全管理水平, 为安全施工提供保障。

[关键词] 地铁施工; 安全风险; 巡视管理; 风险控制; 城市交通

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14748

中图分类号: U231.1

文献标识码: A

Exploration and Practice of Safety Risk Inspection and Management Mechanism for Subway Construction

TENG Lingxiao

Tianjin Line 1 Rail Transit Operation Co., Ltd., Tianjin, 300350, China

Abstract: With the continuous acceleration of urbanization, the development of subways has become an increasingly critical part of urban transportation systems. However, safety risks during subway construction remain an urgent issue that needs to be addressed. The article discusses the necessity and effectiveness of the safety risk inspection and management mechanism for subway construction, analyzes the main safety risks and their causes, and proposes targeted measures. By drawing on the experience of subway construction safety management at home and abroad, a systematic inspection and management mechanism has been explored, including risk identification, risk assessment, risk control, and responsibility implementation. Research has shown that a sound inspection and management mechanism can effectively reduce safety risks during subway construction, improve the level of construction safety management, and provide guarantees for safe construction.

Keywords: subway construction; safety risks; inspection and management; risk control; urban transportation

引言

城市交通需求的增长促使高效公共交通方式——地铁的建设规模持续扩大。地铁的建设作业, 因所处的繁杂施工环境和严苛的技术规范, 遭遇众多潜在的危险因素, 不仅施工进度的延迟和质量问题会受到这些风险的影响, 而且还有可能引发严重的安全生产事故, 从而对施工企业造成重大损害, 同时给社会带来严重的经济损失。因此, 建立健全的安全风险巡视管理机制显得尤为重要。本文旨在深入探讨地铁施工安全风险的巡视管理, 分析其实施中的具体措施及效果, 以期对相关领域的研究和实践提供参考。

1 地铁施工安全风险概述

地铁施工安全风险概述是对地铁建设过程中可能遇到的安全隐患进行全面分析和总结。随着城市交通需求的增加, 地铁作为一种高效的公共交通方式, 其建设规模不断扩大。然而, 地铁施工由于其复杂的工程环境和技术要求, 面临着多种安全风险。地铁施工具有高复杂性和高风险性, 涉及到深基坑、盾构施工、地下管线等多种作业形式, 这些特点使得施工现场环境变化多端, 安全风险较高^[1]。主要安全风险类型包括坍塌风险、机械伤害、火灾及爆炸、

地下水渗透以及施工人员的安全意识不足等。例如, 基坑坍塌不仅会造成严重的财产损失, 还可能导致人员伤亡; 而盾构机在施工中, 如果操作不当, 可能引发设备故障或对周围环境造成影响。地下水的渗透与排放管理也需特别关注, 过度的水压可能导致隧道结构的稳定性问题, 增加施工的复杂性。安全风险的成因多样, 主要包括施工技术的成熟、管理制度的不完善和施工人员的安全意识薄弱等。

因此, 建立系统化的安全风险管理体系显得尤为重要。构建一个包含风险识别、评价、跟踪以及应对的全面框架, 通过这一框架, 我们能在建设初期最大限度地减少风险, 确保施工过程的安全与顺畅执行。新技术如物联网、大数据分析的持续应用, 推动了地铁施工安全风险管理的创新。未来, 施工安全管理将更强调智能化和信息化建设, 从而全面提升其管理水准。深入探究地铁建设中潜在的安全隐患及其根源, 是制定科学的安全管理策略和增强施工安全保障的关键基础。

2 巡视管理机制的理论基础

巡视管理机制的理论基础主要源于风险管理理论与管理控制理论的结合。风险管理理论强调在项目实施过程

中,识别、评估和控制潜在风险,以降低对项目目标的影响。在地铁施工中,安全风险的存在是不可避免的,因而必须建立系统化的风险识别和评估流程,确保及时发现和应对安全隐患。管理控制理论则关注于如何通过制定和实施标准、程序及监控措施来确保组织目标的实现。在地铁施工的巡视管理中,管理控制理论提供了有效的框架,帮助项目团队设定安全管理标准和规范,并通过定期的巡视与检查,确保这些标准得到遵循^[2]。

为实现有效管理,必须确立责任分工与信息交流的路径,使得管理层与工作人员能即时互通信息,并作出对潜在风险的快速反应。对于不同发展阶段的施工项目,应当依据其特定要求,灵活调整监管的频次与覆盖区域,以确保管理措施与实际环境相匹配。数据分析与信息技术的运用,为巡视管理理论基础拓展了新视角。借此数据驱动的决策方式,能更有效识别风险,并合理分配资源,理论基础涵盖的管理机制,不仅融合了传统的风险管理及控制理论,也融入了现代信息技术的要素。构建了一个系统化且动态的风险管理体系,依托该理论根基,能够助力形成一个科学且高效的巡视管理框架,这进一步提升了地铁工程的安全生产质量,为施工过程中的顺畅进行及工人的人身安全提供了坚实保障。

3 地铁施工安全风险巡视管理机制的构建

3.1 风险识别与评估

地铁施工过程中,关键的安全生产环节涉及对潜在风险的系统识别及科学评估,其目的在于为风险控制策略的制定提供充分的数据支持。风险识别的过程需要全面涵盖施工的各个环节,包括设计、施工、设备使用 and 环境影响等。通过召开专题研讨会,组织施工团队、设计人员和专家等相关人员共同参与,可以有效汇聚多方意见,从不同角度识别出潜在的安全隐患^[3]。此外,利用事故案例分析、现场巡视和专家访谈等方法,能够帮助团队更深入地了解施工现场的实际情况,发现通常忽视的风险因素。风险评估的核心是对风险发生的可能性和其潜在影响进行定量或定性分析。采用风险矩阵方法,将风险的可能性与影响程度进行综合评分,可以帮助管理者更清晰地了解各类风险的优先级,从而制定相应的应对策略。

在工程项目施工阶段,应构建一个能够不断更新风险信息的动态监控系统,此系统对风险的识别与分析至关重要。管理者通过不断的风险监控,能够迅速辨识出现的新风险,并且针对施工进度与环境变动对风险评估进行适时调整。该动态流程增强了风险管理的弹性,并保障了施工团队在项目执行全过程中对安全威胁的持续警觉性。在风险识别与评估过程中,团队的安全文化扮演了极其重要的角色,倡导全员安全意识,激励建筑工人积极上报潜在风险,由此营造一个优秀的安全隐患识别环境。管理层需实施培训及激励手段,促进全员积极参与风险的鉴别与评价

工作,并创建信息互通的共享平台,以便于各参与方之间能够交换信息与经验。在特定的文化环境下,可以显著提升风险管理活动的效率。

3.2 风险控制措施

风险控制措施是在地铁施工过程中应对识别和评估出的安全风险而采取的一系列具体行动和策略,旨在降低风险发生的可能性和减少其潜在影响。这些措施可以从技术、管理和文化多个方面入手,形成系统化的风险控制体系。在技术层面,施工单位应引入先进的施工技术和设备,以提高施工的安全性。例如,采用盾构法施工时,必须确保设备的完好和稳定,通过定期的检测和维护,预防机械故障导致的安全事故。同时,现场应配置必要的安全防护设施,如安全围挡、警示标志和应急救援设备,确保施工人员的安全^[4]。

在管理层级上,为有效遏制风险,必须构筑全面的安全生产框架,并明晰相关操作流程。为了保障生产过程中的安全,必须构建一个完善的安全生产责任制体系,这个体系要求明确不同管理层和施工人员在安全管理工作中的具体职责,确保在各个环节中都有专门的责任人来进行监督和管理。对施工人员进行定期的安全意识和应急处理能力的教育和练习,对于提升其安全水平是极其重要的。此种培训旨在不仅教授安全操作的规则,而且教导员工如何辨识并上报潜在的安全风险,从而促进全体人员安全管理意识的提升。在建筑施工过程中,针对环境因素的实时变动和工程进度的发展,灵活地更新和定制风险控制策略,从而提高风险管理的适应性与有效性。

从文化视角分析,建立一种正面安全文化的氛围,对于确保风险的有效管理至关重要。倡导安全文化,倡导全员共同参与并承担安全责任,激励职员在日常工作积极识别及上报潜在风险,从而营造一个每个人均重视安全的积极环境。企业可实施周期性的安全推广活动,并对在安全领域表现卓越的员工予以表彰,以此提高员工在安全生产方面的意识水平及其对安全工作的投入程度。管理层应以身作则,展现对安全的高度重视,这样可以增强员工对安全责任的认知与承担。在应对突发事件的领域中,构建周密的应急计划构成了风险管理的关键环节,为应对潜在事故,制定预案至关重要,这些预案需详细规划应对各类事故的流程、救援步骤及资源分配,并通过定期演练,保障在紧急状况下能迅速且有效地处理,以减少事故造成的人员伤亡和财产损失。针对地下铁路的建造过程,必须全面评估技术、管理及文化等多维因素,构建一个系统性的风险管理框架。施工单位采纳尖端技术,优化管理机制,构建安全的作业环境,并预备应急措施,以此有效减少安全隐患事件的发生,保障地铁工程建设的顺利实施^[5]。

3.3 责任落实与管理体系

责任落实与管理体系是确保地铁施工安全管理有效

运行的核心要素,它直接影响到安全风险的控制和施工现场的安全氛围。明确的责任分配是建立有效管理体系的前提。在地铁施工项目中,所有参与者一从项目经理、工程师到每一位施工人员一都应有清晰的安全职责和义务。项目管理层应制定详细的安全管理手册,列出各岗位的具体职责,确保每个环节都有专人负责。此外,责任的落实需要通过签订安全责任书的方式进行形式化,确保每位员工了解并接受自己的安全责任,从而形成一种全员参与的安全管理氛围。构建完善的管理体系是实现责任落实的重要保障。这一体系应包括安全管理的组织结构、制度流程、信息沟通以及监督机制等多个方面。安全管理组织结构应明确各层级的职责和权限,形成自上而下、层层负责的管理模式。

管理层通过定期执行安全巡查,能够及时识别并处理安全隐患,确保安全责任得到有效执行。聘请外部独立的安全审核组织,对安全措施执行第三方评定,这有助于确保评价的公正性与客观性,并促进责任的有效执行,构建一套包含事故申述及响应流程的框架,保障安全事件与潜在风险能迅速被记载、评估及处置,助力于安全管理系统的不断完善^[6]。责任的具体执行与管理体系的架构同时,安全文化的重要性不容忽视,全员安全意识的提高,是企业通过培训、宣传和激励等手段。致力于达成的目标,旨在使安全责任意识成为每个人内心的坚定信念。通过组织定期的安全主题活动,例如安全知识竞猜和模拟演练,可以有效提高员工对安全职责的认知和重视,进一步强化他们的团队归属感及参与热情。管理层应成为安全行为的典范,通过自身的示范影响员工,共同营造一个“每个人都关注安全,每个人都对安全负责”的积极环境^[7]。

责任的具体执行与管理体系的不断完善,共同构成一种持续进步的行为模式。在项目不断深入的过程中,可能会遭遇各种未曾预料的风险与挑战,因此,必须对现有的管理体系进行适时的优化和完备。在施工环境及实际情势变迁背景下,需对安全管理制度定期进行审视,顺应调整管理责任及流程分配,以维持其持续适应性,确保满足当前施工方面的各项需求。地铁施工安全管理的有效性通过持续完善责任落实与管理体系得到提升,从而为安全施工提供坚实的保障。此措施不仅能显著减少意外事件的发生,保障建筑工人的生命安危,而且有利于工程项目的顺畅推进,确保地铁施工的品质与效率^[8]。

4 结束语

地铁建设过程中,针对潜在的安全隐患,实施有效监管的管理策略,这对提高安全管理效率、确保施工人员安全及保障工程顺利进行至关重要。在进行地铁系统的施工时,各类潜在的危险因素无所不在,它们涵盖了深层次的坑槽作业、隧道盾构的施工作业以及各类机械设备的操作等多个方面。鉴于此,构建一个既科学又高效的巡查监管体系,便显得格外关键。此机制的本质在于对风险的准确识别与评估,确保责任得到有效落实,并构建起一套完整的管理体系,同时采取持续的风险控制手段。在地铁建设过程中,对施工安全进行有效风险巡查的管理机制探索与实施,构筑了稳固的安全支撑,地铁工程建设过程中,通过风险的系统辨识与评估,确保责任明晰、管理有序,并采取科学的风险防控措施,从而使施工安全管理工作不断得到优化与提高。这一措施显著减少了意外事件的发生,确保了建设者的生命保障,同时为地铁工程的顺畅进行和质量提高提供了坚实支撑。地铁施工的未来,将不断迎来新技术的融入与管理理念的革新,推动巡视管理机制的持续演进,从而在安全和效率两个维度上实现质的提升。

[参考文献]

- [1]常弘.数据驱动的地​​铁施工安全风险​​评估与​​应对研究[D].徐州:中国矿业大学,2022.
 - [2]叶新丰,赵鸿超,张凯,等.地​​铁施工安全风险​​巡视管理机制探索与实践[J].现代城市轨道交通,2022(3):64-70.
 - [3]王帅.地​​铁隧道盾构法施工安全风险​​巡视管理的探讨[J].居业,2021(4):183-184.
 - [4]行媛.地​​铁盾构施工安全风险​​本体构建与自动化识别研究[D].西安:西安建筑科技大学,2020.
 - [5]廖志强.地​​铁隧道盾构法施工安全风险​​巡视管理研究[D].武汉:华中科技大学,2019.
 - [6]余群舟,向前明,周迎,等.地​​铁施工安全风险​​巡视组织与实施[J].土木工程与管理学报,2018,35(6):30-35.
 - [7]王晓磊.深圳地​​铁A项目施工安全风险​​识别与分析[D].广州:华南理工大学,2018.
 - [8]孙海员.北京地​​铁车站项目施工安全风险​​评价与控制研究[D].沈阳:沈阳建筑大学,2017.
- 作者简介:滕令晓(1985.1—),男,云南省文山市,汉族,专科,助理工程师,就职于中国铁建天津地​​铁一号线运营公司,从事保护区巡视与管理工作。

浅析有限空间作业的风险管理与安全对策

郭定平

西安高新区应急管理局, 陕西 西安 710119

[摘要]有限空间作业因其独特的工作环境和潜在的危險性, 成为许多行业安全管理的重要关注点。文章通过分析有限空间作业的特点, 并深入解析了作业过程中可能遭遇的风险, 如缺氧、有害气体泄漏、设备故障等问题, 同时, 提出了针对这些风险的安管理措施。为了减少作业过程中的风险, 保障工作人员的人身安全, 文章强调了优化风险评估体系、强化培训及应急演练, 以及个人防护装备的合理配备的必要性。针对有限空间作业, 文章最终列举了若干具有针对性的安管理方案, 旨在为该领域的安管理提供借鉴与指导。

[关键词]有限空间作业; 风险管理; 安全对策; 风险评估; 应急管理

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14747

中图分类号: X928.02

文献标识码: A

Brief Analysis of Risk Management and Safety Countermeasures for Limited Space Operations

GUO Dingping

Xi'an High-tech Zone Bureau of Emergency Management, Xi'an, Shaanxi, 710119, China

Abstract: Due to its unique working environment and potential hazards, limited space operations have become an important focus of safety management in many industries. The article analyzes the characteristics of limited space operations and delves into the risks that may be encountered during the operation process, such as oxygen deficiency, harmful gas leakage, equipment failure, etc. At the same time, safety management measures are proposed to address these risks. In order to reduce risks during the homework process and ensure the personal safety of staff, the article emphasizes the necessity of optimizing the risk assessment system, strengthening training and emergency practical exercises, and reasonably equipping personal protective equipment. For limited space operations, the article finally lists several targeted safety management solutions, aiming to provide reference and guidance for safety management in this field.

Keywords: limited space operations; risk management; safety countermeasures; risk assessment; emergency management

引言

在众多领域, 如建筑行业、市政、检(维)修、水处理等行业中, 有限空间作业普遍存在。在这些封闭且通风不佳的作业环境中, 多种风险并存, 对作业人员的安全产生不利影响。特别是在当前环境下, 制定有效的安全策略和实施精准的风险控制, 成为至关重要的任务。研究目的在于深度剖析有限空间操作中的危险元素, 并制订有效的安全控制方案, 确保工作人员的人身安全与身心健康。

1 有限空间作业的定义与特点

在受限区域内执行的任务, 这类区域往往具有约束特性且换气不佳, 隐藏着安全风险, 储罐、管道以及地下井道等, 均属于国际标准定义下的有限空间。这些场所通常具备人员难以迅速撤离的特点, 封闭性、限制性以及潜在危险性构成了这类空间的主要特征。在受限的空间内, 由于与外界环境的交互减少, 空气流通受限, 可能会引起有害气体的聚集或氧气含量下降, 从而产生缺氧或中毒的风险。

狭窄的通道入口导致不便的通行, 增加了紧急状况下疏散和救助的难度, 可能引发伤亡, 空间狭小的工作往往需要多种设备和工具, 这些操作既复杂又容易导致机械故障或失误, 从而提高了作业的风险。在这些特性下, 对于

有限空间的作业活动, 必须特别着重于工作场所的安全保障及工作人员的身体健康。在有限空间作业场景中, 为确保作业过程的安全性, 采取必要的风险评估措施、实施严格的安全措施以及开展高效的培训教育, 对于降低事故发生的风险至关重要, 从事有限空间作业的工作人员, 必须树立高度的安全意识, 并掌握必要的应急响应技巧, 这样才能确保在高风险环境下自身与同行的生命财产安全^[1]。

2 有限空间作业的风险因素

有限的空间内进行作业时, 诸多风险要素相互作用, 共同导致了作业环境的危险特性。氧气不足是常见的并且具有极高危险性的一种风险现象, 作业人员在通风不良的环境中, 氧气因呼吸而消耗, 可能导致窒息, 同样构成严重威胁的, 是有害气体的持续累积现象。在一些封闭空间中, 可能会存在可燃、腐蚀或有毒的气体, 比如氨、二氧化碳以及挥发性有机化合物等, 若这些气体发生泄漏或者聚集, 将会对在场工作人员的健康带来直接威胁, 严重时还可能引发中毒或爆炸事故。

有限空间作业过程中, 设备故障构成了一个风险点, 在使用作业机械时, 若设备出现故障, 可能引致电气火灾或设备本身坍塌。极端情况下, 此类事故会引发人员伤亡,

作业场所的湿滑、狭窄以及光照不足等问题，都提升了事故发生的可能性，此类环境可能会引发人员的滑倒、绊倒或者操作上的失误，对于心理方面的因素，其在这一过程中同样扮演着不可缺少的角色。在局限的室内环境中，闭塞与孤立可能引发工作人员的恐慌感，从而对其决策能力和应变能力造成不利影响。有限空间进行作业时，多种风险因素共存，它们源自环境、设备和心理等多个方面，这些因素的交互作用增加了安全管理的重要性，因此，实施有效的措施来减少风险是必不可少的，以确保作业的安全性^[2]。

3 风险管理的重要性

在狭窄作业环境的作业过程中，开展及时的风险评估与控制对于保障作业者的人身安全、维护企业运作的连续性及确保社会公共安全具有决定性作用。风险管理通过辨识及评价可能的风险因素，进而实施必要的防范手段，以降低不良事件发生的可能性。企业可通过风险评估体系，深入了解作业环境危险要素，据此制订相应的安全策略，有效减缓风险影响，实施有效的风险管理，可以提升员工的安全意识，以及通过技能培训，增强他们在面对突发事件时的应对能力。在突发状况下，了解并熟练应急程序的专业人士能够快速且高效地进行应对，这有助于降低伤害及减少损失。

风险管理对于企业来说，是一种确保合规并避免因安全问题引发法律责任和经济损失的重要手段。一个健全的风险管理体系，能够提高企业在市场竞争中的地位，增进客户与合作伙伴的信赖，进而强化其市场竞争能力。有限空间作业领域，战略性地部署风险管理措施，是保障作业安全、维护员工健康与安全、确保企业持续发展及社会稳定性的关键。

4 有限空间作业的安全对策

4.1 完善风险评估机制

完善风险评估机制是确保有限空间作业安全的关键环节。风险评估机制应当覆盖从作业前期准备到实际操作的全过程各个环节，这涵盖了作业场所的全方位评价、可能危险的认识、各类危险要素的数值与性质评估，企业可以通过建立一个系统化的风险评估框架，有效识别与有限空间作业相关的多种危险。例如缺氧、有害气体泄漏、设备故障和心理压力等问题。在具体操作场景与特定行业规律的基础上，构建风险评估体系是必要的，对于有限空间的各种作业类型，公司需制定专门的评判准则与操作流程，在化工领域，有限空间作业环节需对有害气体进行监测，并评估通风条件；而在建筑业，工作重点则是确保设备安全与人员流动的管理，因此，为了确保评估机制的有效性，灵活性和针对性是两个关键的保障因素。风险评估应视为一种持续演进的活动，其涉及周期性的刷新与改进措施，技术的进步以及作业条件的变化可能会导致原有的风险评估失去其有效性。企业需构建周期性的评价体系，不断

吸纳与解析最新数据，以此来更新和完善现有的风险评估模型，确保其能适应变化的操作环境与法律法规需求。建立一个反馈回路，利用工作人员和管理层的即时反馈，不断地调整评价准则和程序，保障风险评估的实时精准性^[3]。

在开展评估活动时，需深入探究员工所提出的观点与建议，以提升其对工作参与的认同及保障工作安全。组织员工参加安全知识讲座和风险防范交流，确保他们深入认识潜在危险和风险评估结论，促使他们在日常工作中能够自觉地辨别风险并实施有效的防护行为，倡导职员积极参与，对风险控制环节提出建设性意见及创新性建议，此举将极大提升风险评估工作的全方位性与实效性。风险评估机制的完善，应紧密结合应急响应计划的制定与实施。在开展风险评估过程中，需深入分析可能发生的意外事件及其造成的后果，据此制订应急预案，旨在遭遇突发事件时能够迅速且高效地进行处置，通过这种融合，企业能够在狭窄作业环境中增强安全防护措施，减少意外事故的可能性，确保工作人员的生命健康得到最大限度的保护。建立完善的风险评估机制，不仅为有限空间作业构筑稳固的安全基础，而且助力企业持续发展，提高整个安全管理的质量等级。

4.2 加强培训与应急演练

加强培训与应急演练是保障有限空间作业安全的重要环节。定期举办培训课程，有助于员工深化对有限空间作业的认识，掌握作业环境的特性、潜在危险及必须采取的安全防护手段。在培训过程中，公司着重融合理论与实操，通过现场示范、案例探讨和角色扮演等多样教学手段，旨在提升员工手头操作技巧及其对突发情况的应对信心。针对不同职位所规定的具体要求，培训项目须定制化打造，以确保教学的针对性与实用性。针对有限空间工作的员工，重点培训应集中在对其进行具体操作流程的规范指导、安全保护方法教授以及风险因素的辨识技巧提升；管理层人员需具备对突发事件的应对策略、潜在风险的评估能力以及小组协作流程的调适技能。制定周密的培训安排和评定准则，保障全体职工学会所需的安全常识与技巧，有效减少事故的发生概率。应急演练则是培训的重要补充，它通过模拟真实的事故情境，使员工在紧张和压力中锻炼应急反应能力。演练应涵盖多种可能的突发情况，如有害气体泄漏、设备故障和人员被困等。在演练过程中，企业可以检验应急预案的有效性，识别并改进存在的问题，确保在实际发生事故时能够迅速有效地展开救援^[4]。

企业应当构建一套科学评价体系，对各项演练活动进行详尽复盘与信息反馈。演练结束后，组织人员进行深入地交流，剖析其中存在的缺陷，策划相应的优化方案，并在后续的演练中实施这些调整。通过持续的优化机制，能提高团队面对危机时的响应效率，确保在面对紧急事件时能够迅速做出应对，有效降低人员伤亡及财产损害。在进

行员工技能提升与应急操作演练的同时,必须强调增强员工对于安全价值观的认知,企业需要打造一个将安全放在首位的办公环境,同时激励员工积极向上地给出有关安全的建议和反馈。借助安全知识竞猜、安全文化推广以及“安全月”等多种方式,提升员工对安全职责的感知和参与意愿,进而促使他们主动遵循安全规范,共同缔造一个全员关注安全的工作环境。有限空间作业的安全管理,既需通过加强培训以提升技能,也需定期进行应急演练,以此作为确保安全长效机制的关键环节。

4.3 合理配置个人防护装备

有限空间作业中,正确配置个人防护装备,对于减少工作人员的安全风险至关重要,此举有助于确保作业的安全性。在企业进行有限空间的作业时,应针对作业的具体性质、环境的具体特点以及潜在的各种风险,全面评估并配备相应的个人防护装备,有限空间执行作业时,需识别并应对如有害气体、缺氧、高温和噪声等多样危险,选用适宜的个人防护装备是保障安全的关键。在挑选用于个体防护的装备时,首要关注其防护效能,有害气体存在的作业环境中,作业人员需配备能有效过滤有害物质的呼吸防护装备,如气体面罩或呼吸器,以确保呼吸的安全。在噪声环境中,为防护听觉器官,选用合适的护耳用具是必要的;在执行可能遭遇锐利物品或有害化学品的任务期间,必须配备能抵御磨损及化学侵害的防护服与防护手套,这样能够降低人体受伤的可能性。

重视个人防护装备防护效能的同时,其穿着的舒适度与实际应用的适应性也是必不可少的考量因素。在狭窄的工作环境中,作业人员需要进行敏捷的移动,不适宜或过重的防护设备会对其工作效率及安全构成负面影响,在企业购买装备时,应注重选择符合人体工程学的产品,这样不仅确保了安全性,同时也提升了使用者的舒适度。作业人员的装备,其透气性能、重量以及灵活性,是决定工作效率的关键因素,恰当的配备,能够激发工作人员的工作热情,并增强其安全防患意识。各类企业需遵循安全规范,周期性地对员工所使用的个人防护装备进行检查、保养,以及必要的替换,随着使用时间的增加,装备的有效性会逐渐降低,因此,制定并执行定期的检查与维护计划,显

得尤为重要^[5]。

个人防护装备的合理配置过程中,培训环节扮演着重要角色。作业人员对于企业来说,应当定期接受培训,以掌握各类设备的操作流程、安全防护要点以及日常保养方法,结合理论与实际操作,令工作人员熟识装备的正确配备与应用,从而提升其对安全事项的认识及自我防护技能。企业可通过组织特定场景的模拟训练,使员工在面临突发事件时,能够熟练掌握并实施必要的应对方案,从而提高整体应对突发事件的能力。作业人员在操作个人防护装备时,企业应构建一个反馈系统,以收集他们对装备使用体验及效能的观点与建议。作业人员提供的反馈信息,企业可据此对设备配置进行即时调整优化,以保证其持续适应作业环境的需求。员工在企业安全管理工作中,通过提升其参与和归属的感知,可以增进其对安全事务的重视水平。

5 结语

总之,系统性地思考与实践是针对有限空间作业中存在的风险管理和安全对策的必要步骤。实施风险辨识、制度确立、培训及演练、设备配备以及跨团队协作等策略,能减少作业风险,确保作业人员的生命安全和身体健康,从而提高企业安全管理整体的效能。安全作业的实施,不仅保障了员工的人身安全,也为企业的持续发展提供了坚实基础。

【参考文献】

- [1]孙朝顺.有限空间作业安全风险及管理措施[J].石材,2023(6):144-146.
- [2]王飞龙.市政工程有限空间作业安全风险管理研究[D].北京:北京交通大学,2023.
- [3]杨能川.浅析泉州市轻工重点企业有限空间作业安全管理存在的问题及对策[J].安全与健康,2022(10):48-51.
- [4]王明锐.FPSO项目有限空间涂装作业安全风险分析与对策[J].涂层与防护,2022,43(7):58-62.
- [5]张立新.有限空间作业安全风险分析与预防对策[J].化工管理,2020(1):87-88.

作者简介:郭定平(1994.3—),女,本科,汉族,安全工程专业。

AI 技术在工程建设行业的探索应用

周梦倩

河北建研建筑设计有限公司建筑更新（鹿泉）分公司，河北 石家庄 050000

[摘要]随着城市化进程加快，工程建设行业面临着越来越大的压力，项目周期延长、资源配置复杂以及成本控制困难等问题影响了工程的质量与效率，环保与可持续发展的需求日益迫切，促使行业探索新技术以降低环境影响并提升资源利用率。基于此，人工智能（AI）技术逐渐崭露头角。AI 通过深度学习、机器学习和数据挖掘等方法，能够从海量数据中提取有价值的信息，为决策提供科学依据，识别潜在风险并优化施工过程。结合传感器与物联网技术，实时数据采集与分析为施工现场的智能管理奠定了基础。探讨 AI 技术对工程建设的影响，涵盖提高工作效率、降低成本、提升工程质量与增强安全管理等方面，分析 AI 在工程设计、施工及运营维护阶段的应用现状，探讨其局限性、优化需求及未来发展目标，以深入理解该技术如何推动行业的现代化进程。

[关键词]AI 技术；工程建设；应用

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14741

中图分类号: TU741

文献标识码: A

Exploration and Application of AI Technology in the Engineering Construction Industry

ZHOU Mengqian

Architectural Renewal (Luquan) Branch of Hebei Jianyan Architectural Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the acceleration of urbanization, the engineering construction industry is facing increasing pressure. The problems of prolonged project cycles, complex resource allocation, and difficult cost control have affected the quality and efficiency of engineering. The demand for environmental protection and sustainable development is becoming increasingly urgent, prompting the industry to explore new technologies to reduce environmental impact and improve resource utilization. Based on this, artificial intelligence (AI) technology is gradually emerging. AI can extract valuable information from massive data through methods such as deep learning, machine learning, and data mining, providing scientific basis for decision-making, identifying potential risks, and optimizing the construction process. Combining sensors and IoT technology, real-time data collection and analysis have laid the foundation for intelligent management of construction sites. This article explores the impact of AI technology on engineering construction, covering aspects such as improving work efficiency, reducing costs, enhancing engineering quality, and strengthening safety management. It analyzes the current application status of AI in engineering design, construction, and operation and maintenance stages, explores its limitations, optimization needs, and future development goals, in order to gain a deeper understanding of how this technology promotes the modernization process of the industry.

Keywords: AI technology; engineering construction; application

引言

在全球经济快速发展的情况下，工程建设行业作为我国基础设施的重要支柱，面临着前所未有的挑战与机遇。项目规模与复杂性的不断增加，使传统管理模式难以满足高效率和高质量的要求，亟须变革，人工智能（AI）技术的崛起为行业转型提供了新的动力。AI 凭借卓越的数据分析能力和自动化潜力，正在深刻改变工程建设的各个环节。在设计阶段，智能规划提升了设计效率；在施工阶段，自动化管理提高了作业效率与资源利用率。AI 技术还有效降低了成本、增强了安全性，并提升了质量控制，这些进步不仅提升了项目管理水平，更为可持续发展奠定了基础，探讨 AI 技术在工程建设中的影响，分析其在设计、施工与运营维护阶段的应用现状，最后讨论 AI 在应用过

程中面临的局限性及未来发展目标。通过全面分析，揭示 AI 如何推动行业转型与可持续发展。

1 AI 技术对工程建设的影响

1.1 提高工作效率

在工程建设行业，AI 技术的应用显著提升了工作效率，彻底改变了传统的施工方式，通过自动化工具与软件，海量数据得以迅速处理与分析，项目团队为此能够获得更准确的决策支持，尤其是在设计与施工阶段。例如，结合建筑信息模型（BIM）与 AI，可以实时模拟与优化设计方案，减少人力在反复修改上的投入，节省了宝贵的时间。同时，具备预测施工进度能力的 AI 算法，能够自动调整资源分配以确保项目按计划推进。在现场管理方面，AI 的应用同样提升了工作效率，利用无人机与传感器，施工

现场的实时监控变得更加简便,这些设备能够收集施工进度、材料使用及安全状况等信息,并及时将反馈传递给项目管理者。通过数据分析潜在问题得以迅速识别,管理者能够采取必要措施从而避免因信息滞后而导致的延误。引入 AI 技术后,工人得以将更多精力集中在更具价值的任务上,重复性、低风险的工作由自动化施工设备完成,使工人能够专注于更复杂且需要创造力的任务,这种变化不仅提升了工作效率,还提高了员工的工作满意度。

1.2 降低成本

在工程建设行业, AI 技术的应用对降低成本产生了深远的影响,通过精准的数据分析,企业得以借助 AI 识别并优化资源的使用。例如,在材料采购环节,基于历史数据与市场趋势,材料需求能够被 AI 预测从而减少采购成本,同时避免因过量采购而导致的资金浪费,施工过程的实时监测使得 AI 能够及时发现并纠正资源浪费,确保每项材料与设备的有效利用。施工阶段的自动化显著降低了人工成本,传统施工方式依赖大量工人进行手动操作,而 AI 技术的引入使得许多重复性及高风险的工作得以由机器人或自动化设备完成,此举不仅提升了施工效率还减少了对人力资源的需求,从而进一步降低项目的整体成本,工人数量的减少也意味着因工伤事故而产生的赔偿与保险费用的降低。在项目管理中, AI 技术的应用有效控制了预算,在项目实施过程中多种数据得以实时分析,潜在的风险与问题能够被 AI 预测,帮助项目经理及时调整计划,这种前瞻性的管理方式不仅避免了因项目延误或失控而导致的额外开支,也实现了有效的成本控制。

1.3 提升工程质量

AI 技术在工程建设中的应用显著提升了工程质量,通过实时监测与数据分析,施工过程中的每一个环节均得以确保符合设计标准与规范。依靠传感器与摄像头 AI 系统能够持续监控施工现场,及时识别不合格的材料与工艺,这种即时反馈机制有效地避免了因人为失误而导致的质量问题,从而整体提高了工程质量。在质量检测方面, AI 的应用极大地提升了准确性与效率,传统的质量检测多依赖于人工检查,既耗时又易受主观因素影响,而 AI 技术则利用图像识别与机器学习,能够快速、准确地识别施工缺陷,如焊接不良、混凝土裂缝等,通过此类技术问题得以在早期被发现,避免了在后期施工中产生更大隐患。AI 辅助的设计与模拟工具在保障工程质量方面同样发挥着重要作用,在设计阶段运用 AI 进行多种设计方案的模拟与评估,工程师能够分析每种方案的可行性及潜在风险,通过这种智能化设计手段,最终选定的方案更符合质量要求,从而减少了施工阶段的修改与返工。

1.4 增强安全管理

AI 技术的引入显著增强了工程建设行业的安全管理

效果,从而提升了整体施工安全水平,通过数据分析与实时监控,潜在安全风险能够被有效识别,及时发出预警。例如,利用传感器与视频监控技术,施工现场的作业环境可被 AI 系统实时分析,危险行为或不安全的工作条件能迅速被发现并发出警报,这种早期预警机制在很大程度上防止了事故的发生,从而保护了工人的生命安全。在安全培训与教育方面,关键作用同样由 AI 发挥,借助虚拟现实(VR)与增强现实(AR)技术,沉浸式的安全培训体验使工人得以获得,在虚拟环境中突发事件与安全事故的应对得以模拟,这种训练方法不仅生动有趣,更能有效提高他们的应变能力与安全意识。安全管理流程也可通过 AI 进行优化,历史数据的分析使得事故频发的环节及其原因能够被识别,为管理者提供改进建议,依托这些数据制定出更为科学与系统的安全管理方案,项目经理能够降低事故发生的概率。

2 AI 技术在工程建设行业的应用现状

2.1 工程设计阶段的 AI 应用

在工程设计阶段, AI 技术的应用逐渐成为提升设计效率与推动创新的重要驱动力。依托先进的算法迅速生成多种设计方案成为设计师的可能,并且对这些方案进行实时的优化调整。参数化设计工具,例如根据输入的设计条件自动调整参数以满足不同需求,这种方式显著减少了人工干预的必要性,同时降低了因人为失误造成设计缺陷的风险。引入 AI 后数据分析的效率得到了显著提高,通过对历史项目数据的深度挖掘,成功与失败的模式得以被 AI 系统识别,为新项目提供针对性的设计建议,这种基于数据的决策过程使设计变得更加科学,有助于在功能与美观之间达到平衡,及时发现设计过程中的潜在问题, AI 的实时反馈分析能力能够帮助设计师在早期阶段做出必要的调整。尽管 AI 在工程设计中展现出诸多优势,人类设计师的创造力与直觉仍然至关重要,应将 AI 视作一种强大的辅助工具,而非对人类决策的完全替代,通过将人类的创新思维与 AI 的计算能力相结合,设计的效率与质量将得到显著提升。

2.2 施工阶段的 AI 应用

在施工阶段, AI 技术的应用彻底改变了传统施工流程,显著提升了效率与安全管理水平。随着智能设备的普及,高度自动化得以在施工环节实现。例如在土方作业、混凝土浇筑及材料运输等过程中,智能机器人与无人机的使用不仅提高了施工的精确度,还有效减少了人工操作中的失误。这种高精度的自动化作业,确保了工程的准确性进而推动了整体工作效率的提升。在施工现场的实时监测与管理中, AI 技术发挥了至关重要的作用,通过在施工现场部署传感器与摄像头,施工状态信息能够被项目管理团队及时获取,利用 AI 算法对实时数据进行分析,潜在

的安全隐患或施工延误可以快速识别,从而进行必要的及时调整,这种动态监控机制不仅增强了工人的安全性降低了事故风险,还确保了工程的顺利推进。在项目进度管理方面 AI 展现出了独特的价值,通过分析历史项目数据,施工进度能够被 AI 系统准确预测,同时评估各种因素对项目进展的影响,这种智能化的进度预测,为管理者提供了科学的决策依据,使资源配置更加合理,助力确保项目按时完成。此外,施工信息的透明化与共享被推动,使所有相关人员能够实时访问项目进展与数据,从而增强了团队协作。

2.3 运营和维护中的 AI 应用

在工程项目的运营与维护阶段,至关重要的作用被 AI 技术发挥,显著提高了设施管理的效率与可靠性。通过数据分析与预测模型,建筑物的运行状态能够被 AI 系统实时监测,关键设备上所安装的传感器收集性能与环境数据,利用这些信息 AI 进行深入分析,提前识别潜在的故障风险实现预测性维护,这种方法不仅能有效减少设备的停机时间,还避免了因突发故障而产生的高额维修费用。在能源管理方面 AI 同样展现出出色表现,借助 AI 算法,智能建筑能够分析能源消耗数据,从而优化照明、空调与供暖系统的运行,根据实时使用情况及天气变化,室内温度与湿度会由 AI 自动调节以实现节能效果,这种做法不仅降低了运营成本,还提升了用户的舒适体验,推动了可持续发展。设施管理的响应速度也被 AI 技术显著增强,在紧急事件发生时现场情况能够被 AI 系统迅速分析,并提供应对建议,这种高效的反应能力确保了设施的安全与稳定,降低了人员与资产的损失风险^[1]。用户体验的提升逐渐受到 AI 技术的重视,智能客服系统能够实时解答用户的查询,并根据反馈不断优化服务质量。

3 AI 技术在工程建设中的局限性与未来发展

3.1 现代科技对 AI 应用的局限性

尽管在工程建设领域, AI 技术展示了巨大的潜力,现代科技的应用依然面临一些局限性。数据质量与数量的问题尤其突出,在许多工程项目中,数据收集往往不够全面,导致 AI 模型在训练时缺乏代表性,在这种情况下生成的预测结果可能存在偏差,进而影响决策的准确性。同时,施工环境的复杂性与多变性也构成了挑战,许多不可预见的因素,如天气变化、材料供应延误等常常难以通过现有的 AI 系统进行有效预测。透明性与可解释性不足,同样是 AI 系统面临的一大难题,很多情况下 AI 所做出的决策难以被用户理解,使得工程师在面对 AI 建议时感到困惑与不安。缺乏可解释性不仅削弱了对 AI 技术的信任,也可能导致在关键时刻未能做出最佳决策。此外,高昂的实施成本也是限制 AI 技术普及的主要障碍之一,对于中小企业而言投资先进的 AI 系统与技术培训,可能超出其

经济承受能力,这使得许多潜在用户在权衡成本与收益时,往往选择观望而非积极尝试新技术。

3.2 AI 技术的优化需求

AI 技术在工程建设领域的应用不断扩展,为了最大化其潜力优化需求显得尤为重要,实现这一目标的关键在于算法的改进。目前,现有的 AI 算法在处理复杂数据和多变环境时,往往未能提供准确的结果。因此,研发更先进的机器学习与深度学习算法,以提升模型的预测精度与适应能力已成为未来的研究重点。数据的质量与多样性亟需提升, AI 系统的表现在很大程度上依赖于输入数据的质量,如果数据来源单一或不够全面,模型训练可能会因此不充分^[2]。因此,建立高效的数据采集机制,确保数据的多样性与代表性,将有助于提升 AI 的整体性能。此外与行业专家的紧密合作,确保数据采集的有效性与相关性也是必要的。AI 技术的可解释性也需要进一步加强,用户对 AI 决策过程的理解是提升信任与接受度的关键。未来的研究应关注如何使 AI 系统的决策过程透明化,确保用户能够理解并信任 AI 提供的建议与判断。针对不同规模企业的需求,制定灵活的 AI 解决方案同样重要,在资源有限的情况下中小企业往往难以完全实现复杂的 AI 系统。因此,开发适合不同企业需求的模块化 AI 技术,将帮助这些企业以较低的成本享受 AI 带来的优势。

3.3 未来发展目标与科技依赖

未来, AI 技术在工程建设行业的发展将聚焦于提升效率、增强安全性及实现可持续发展。推动工作流程智能化被视为实现这一目标的关键,目标在于通过优化算法与数据分析,使各个施工环节变得更加高效。例如在项目管理中,智能调度与资源分配的应用,能够有效减少工期延误与资源浪费,从而确保项目按时交付。提升安全管理水平亦是未来的重要方向,新一代 AI 系统将具备实时监测施工现场安全隐患的能力,结合历史数据分析潜在风险,为工人提供更精准的安全防护建议,这种智能化的安全管理模式,将有助于显著降低事故发生的可能性,切实保障工人的生命安全^[3]。未来发展中,科技的依赖性将愈加显著,随着大数据、云计算与物联网等技术的持续进步, AI 技术将能够更高效地整合多方信息,实现数据的无缝对接,这种技术整合不仅提升决策的精准性,还将促进不同领域之间的协作与创新。随着可持续发展理念的深入人心, AI 技术还将承担促进环境保护的责任,通过优化资源使用与减少碳排放, AI 将在未来的绿色建筑及基础设施建设中,发挥关键作用。

4 结语

随着 AI 技术在工程建设行业的逐步深入应用,行业面临着前所未有的机遇与挑战。AI 不仅有效提升了工作效率、降低了成本、改善了工程质量,还增强了安全管理,

为行业的可持续发展奠定了坚实基础。但数据质量、技术可解释性以及实施成本等问题依然制约着 AI 技术的全面推广。因此,未来亟需加强对 AI 技术的优化与创新,确保在复杂多变的工程环境中具备更高的适应性与可靠性。通过与行业专家的紧密合作、推动多方数据的整合与应用, AI 技术在工程建设中的潜力将得到充分释放。面向未来, AI 的持续发展与应用,必将引领工程建设行业迈向更加智能、高效与可持续发展的新时代。

[参考文献]

- [1]刘红伟.AI 赋能工程建设行业新发展[J].中国勘察设计,2024,12(6):48-51.
- [2]童景妍.AI 工程化建设多层面突破[J].中国公共安全,2019,10(8):148-149.
- [3]李万林,程洋,马家林.视觉 AI 中台在水利工程建设监管中的设计与应用[J].黑龙江水利科技,2024,52(2):127-130.

作者简介:周梦倩(1992.10—),毕业院校:河北大学,所学专业:建筑学,当前就职单位:河北建研建筑设计有限公司建筑更新(鹿泉)分公司,职务:设计师,职称级别:中级职称。

征 稿

《Smart City Application》即《智能城市应用》由新加坡Viser Technology Ptd Ltd主办，ISSN：2630-5305。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、装饰装修、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、综述研究等。

鼓励智能城市建设领域的专业技术人员和管理干部以及大专院校相关专业的师生和科研人员来稿，有关国家科技计划、自然科学基金和各种部门、地方、院所科技基金资助项目的文章优先发布。

征文格式与要求：

（1）论文要求：论点新颖，论证充分；设想可行，结论可靠；条理分明，书写清楚，用字规范，上交电子文件（word格式）。

（2）论文格式：题目、作者姓名、工作单位、省份及邮政编码、中英文内容摘要（150字符-300字符为宜）及关键词（3-5组为宜）、正文、参考文献。（附个人简介、邮箱、联系方式及详细收件地址，如：省、市、区、路）。

（3）论文篇幅：字符数要求在5000-8000字符之间。

投稿网址：www.viserdata.com



Viser Technology Pte. Ltd.

公司地址

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

官方网站

www.viserdata.com

