



www.viserdata.com

城市建设与规划

URBAN CONSTRUCTION AND PLANNING

月刊

■ 主办单位: Viser Technology Pte.Ltd.

■ ISSN 3041-0568(online) 3041-0525(print)

中国知网 (CNKI) 收录期刊

RCCSE权威核心学术期刊

2024 6

第1卷 总第6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.



城市建设与规划

Urban Construction and Planning

2024年·第1卷·第6期（总第6期）

主办单位：Viser Technology Pte. Ltd.

I S S N：3041-0568 (online)

3041-0525 (print)

数据库收录：中国知网收录期刊

RCCSE权威核心学术期刊

发行周期：月刊

出版时间：12月

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：李 哲

学术副主编：金光虎 王 鑫 曾忠忠

编 委：骆 辉 张学玲 郑 方 郑育新
汪 洋 范 涛 柴蓓蓓 王 彤
赵 逵 赵鹏飞 赵 京 周福川
张晓瑞 张 弛 张学军 张远翼
洪小春

责任编辑：金 星

美工编辑：李 亚 Anson Chee

定 价：SGD 20.00

本刊声明

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

版权所有，未经许可，不得翻译、转载本刊所载文章。

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

目 录

CONTENTS

建筑工程

- 深基坑支护技术在高层建筑工程施工中的应用分析....
..... 范志强 1
无设计资料砖混结构鉴定思路及方法..... 曲 正 4
可再生能源技术在建筑暖通系统中的应用研究.....
..... 王利军 8
数字化背景下建筑工程造价管理新途径.....
..... 王文浩 刘 烁 王逢逢 原树崑 王旭光 11
建筑旋挖钻孔灌注桩施工技术分析..... 郑雪明 14
全生命周期质量管理理念下的建筑工程管理研究.....
..... 周 峰 17

建筑设计

- 论建筑结构设计技术优化的研究与应用.....
..... 邵 帅 种传超 20
绿色建筑理念下暖通系统的可持续设计研究.. 刘 哲 23
“以人为本”理念的医疗建筑设计探究..... 乔 欣 26

城市建设

- 市政道桥工程全过程咨询管理存在的共性问题及对策研究..... 周帮国 30
城市基础设施建设中工程进度管理的关键因素分析....
..... 徐伟杰 郭文强 33
彩色 OGFC 沥青砼在市政工程中的应用研究... 张凤根 36
新型顶管进出洞端头加固体系在综合管廊中的应用....
..... 李徐德 40
城市轨道交通初期运营前安全评估准备工作常见问题及
应对措施 蒋国韬 44
城市地下综合管廊建设与维护管理技术研究.....
..... 吕小磊 47
地下污水处理厂工程与投资策划..... 贾淑军 50

规划设计

- 房地产园林景观细部设计及施工优化..... 黄海涛 53
城市道路交通分析与交通工程设计技术研究.....
..... 邵艳芳 56

智能城市建设中的城乡规划设计创新与挑战.....	
.....	汪慧珺 59

石油化工

危险化学品装置外部安全防护距离计算要点分析.....	
.....	左春生 62

路桥工程

关于沥青面层 Superave 混合料设计初步研究.....	
.....	祖洪刚 66
轮胎式设备在地铁铺轨施工中的创新应用....	刘晓亭 71
水稳基层冷再生道路养护关键技术应用分析.....	
.....	李 宁 74

工程管理

新时代下提升环境工程管理的对策分析.....	吴建文 78
------------------------	--------

冶金矿山

浅谈如何做实一线生产班组员工的安全教育培训工作..	
.....	周 严 82

水电建设

基于洪水预报的不确定性水库调度优化研究..	钱晓娟 86
低碳能源发展背景下的水电运行模式优化研究.....	
.....	陈凡凡 90
基于人工智能的水电站运行状态预测与优化调度研究..	
.....	杨 林 93

水利工程施工成本的预算及控制要点探究....	陈嘉林 96
水电站电能质量管理与运行优化技术研究....	岳永卫 99
智能化自动装置在水电厂调度管理中的应用研究.....	
.....	牛芳弟 102
水利施工中常见质量问题及其防治措施.....	曾 易 105

勘察测绘

滑坡灾害的地质机理与工程防控技术研究.....	
.....	韦秋安 方凡辉 109

材料科学

竹木材料受压杆件制作及其力学性能研究.....	
..	陈厉旻 刘 猛 雷锦楠 余海洋 滕 昇 邢嘉瑶
	刘培威 孙方屹 苏 鹏 骆 辉 112

机电机械

新能源汽车维修电子诊断技术的应用对策分析.....	
.....	黄俊培 117

探讨科学

一体化压铸成型技术的现状及发展.....	
.....	王 斌 宁卫东 王纪新 120
交通安全管理体系的构建与实施.....	王仁贤 123
水利工程机电设备安装与施工管理优化策略.....	
.....	温作清 126

深基坑支护技术在高层建筑工程施工中的应用分析

范志强

新疆兵建投资有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]深基坑支护作为高层建筑工程不可或缺的基础设施,其稳固性与安全性直接关系到整体工程的质量保障及人员安全防护。受制于技术瓶颈、材料性能及施工管理等多重因素,深基坑支护施工常面临诸多严峻挑战,进而给建设企业乃至整个社会带来沉重的经济损失。因此,对深基坑支护的施工工程进行深度挖掘与分析,对于提升施工技术层次、确保施工品质与安全具有深远的现实意义。

[关键词]深基坑; 基坑支护; 支护技术; 高层建筑

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15209

中图分类号: TU7

文献标识码: A

Application Analysis of Deep Foundation Pit Support Technology in High-rise Building Construction

FAN Zhiqiang

Xinjiang Bingjian Investment Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: As an indispensable infrastructure in high-rise building engineering, the stability and safety of deep foundation pit support are directly related to the overall quality assurance of the project and personnel safety protection. Due to multiple factors such as technological bottlenecks, material properties, and construction management, deep excavation support construction often faces many severe challenges, which in turn bring heavy economic losses to construction enterprises and even the entire society. Therefore, conducting in-depth excavation and analysis of construction projects for deep foundation pit support has profound practical significance for improving the level of construction technology, ensuring construction quality and safety.

Keywords: deep foundation pit; excavation support; support technology; high-rise building

引言

随着我国经济迈向高质量发展新阶段,城市建设模式已从外延扩张向内涵提升转变,同时,土地资源的高效利用需求愈发紧迫,促使地下空间资源的深度挖掘与高层建筑的大规模兴建成为趋势。高质量的深基坑支护技术为高层建筑施工提供了坚实的支撑,故而,深基坑支护技术的演进与应用备受建设领域的密切关注^[1]。

1 深基坑支护工程的特点

第一,开挖深度持续加大成为常态。高层及超高层建筑的兴起,源自于对地面空间高效利用的迫切需求,旨在应对城镇化进程中日益紧张的人口与土地资源矛盾。近年来,我国高层建筑地下空间的开发利用日益广泛,基础工程的开挖深度也随之不断突破新的极限。这一趋势旨在充分挖掘城市用地潜力,以满足城市日益增长的居住与功能需求。

第二,施工环境复杂性与挑战性并存。随着开挖深度的加深,深基坑支护技术所面对的地质地貌条件和施工环境愈发复杂多变。尤其在城市中心地带,高层建筑往往紧邻众多既有建筑物、道路和交通设施,这些复杂周边环境对深基坑支护施工提出了更为严格的要求。同时,城市内部错综复杂的地下管线系统,如供水系统等,进一步加剧了深基坑工程建设的难度。在确保工程质量和进度的同时,

还需高度重视周边建筑物、道路和地下管线的安全稳定,以避免潜在的风险和损失。

第三,工程技术与方法日新月异,安全隐患不容忽视。近年来,随着工程技术的不断革新与方法的持续进步,深基坑支护技术也取得了长足的发展。然而,这种快速发展也伴随着相应的安全隐患和风险。为确保工程质量并降低对周边管线及建筑物的不利影响,深基坑支护施工必须采用科学、合理的支护方法和技术手段。在实际施工过程中,应加强对支护系统的科学设计,确保支护结构具备足够的稳定性和安全性,以支撑整个高层建筑工程的顺利进行。

2 高层建筑工程深基坑支护施工的作用

2.1 强化基础支撑与稳定性

高层建筑因其巨大的体积和显著的高度,对支撑其自重及应对外部环境荷载的能力提出了极高的要求。在深基坑的开挖阶段,通过精心策划并布置支撑桩等支护体系,可以有效地预防和控制土体的坍塌现象,确保基坑的承载能力和整体稳定性。这一基础性的支撑作用,为高层建筑的后续施工流程奠定了牢固的基础。针对不同工程条件和特定需求,选择适当的支护技术和方案,可以优化支护结构的设计,进而提升整体结构的稳定性和安全性。通过对实际工程案例的深入剖析与总结,可以及时发现并解决施工过程中的潜在问题,确保工程建设的稳步推进^[2]。

2.2 抑制基础沉降

深基坑支护施工通过增强土体的承载能力和稳定性,不仅有助于房屋荷载的均衡分配,还能显著降低基础土的形变程度,从而达到预防基础沉降的效果。在深基坑的开挖过程中,支撑体系能够将房屋荷载有效地传导至周围的土体,实现荷载的广泛分布,从而减少地基的变形和沉降量。同时,支护结构对地基土的变形起到了显著的限制作用,通过合理布置支撑体系,可以形成对地基的横向和纵向双重约束,进一步降低地基沉降的风险。

2.3 维护周边环境安全

高层建筑施工过程中,机器和人员的密集作业往往伴随着噪音、振动以及粉尘等污染物的产生,对周边环境造成了一定的干扰。深基坑支护施工通过合理的支护设计,可以有效地减少对周边住户的影响,提升周边居民的生活质量。作为高层建筑的主要承重结构之一,深基坑支护的施工质量和稳定性对整个工程的安全至关重要。通过科学的设计和施工方法,可以确保深基坑的稳定性,防止塌方等安全事故的发生,从而保障周边生态环境和人员的安全。此外,在深基坑开挖过程中,合理的支护技术还能有效控制地下水的排放和治理,减少对周边地下水环境的污染和破坏,进一步降低对周边生态环境的负面影响。

3 深基坑支护技术在高层建筑工程施工中的应用

3.1 工程案例基本情况介绍

本文以新疆北新大厦建筑为例,就深基坑支护技术在高层建筑工程施工中的应用进行探究。新疆北新大厦位于乌鲁木齐高铁新区总建筑面积为 97419m²,其中办公建筑由地上 22 层以及地下 4 层组成,建筑总面积为 96609m²,地上面积为 57423m²,地下面积为 39186m²。结合相邻建筑岩土工程勘察报告,项目采用梁板式筏型基础,裙楼采用独立柱基础,挡土墙下条形基础,设置 300cm 厚构造防水底板。

在基坑开挖方面,项目团队对开挖深度进行精心规划。整体开挖深度被设定为 21.53m,以满足高层建筑的稳定性需求。而对于塔楼基础部分,开挖深度更是增加至 22.22m,以确保塔楼结构的牢固性。此外,项目团队还对建筑地下室外壁与基坑开挖线之间的距离进行精确计算,最终确定为 1.49m,这一设计既保证结构的合理性,又满足施工安全的需要。从基坑的整体形态来看,其呈现出明显的非规则性。最小边长仅为 15.7m,而最大边长则扩展到 83.9m,这种形态上的差异增加施工的难度。经过精确测量,基坑的总面积约为 9825.7m²。这一深基坑工程不仅规模巨大,而且形态复杂多变,对施工技术提出极高的挑战。因此,在施工过程中,必须采用先进的深基坑支护技术,以确保施工的安全性和高效性^[3]。

3.2 测量与防护栏杆施工

为确保高层建筑项目的精确实施与安全管控,引入先进的深基坑支护技术。各施工团队需紧密依据现场条件,

对项目核心部位实施精确测量标定,并适时调整,以确保施工全周期的充分防护。施工期间,持续的勘测校验工作不可或缺,旨在验证测绘数据的精确性,从而保障施工流程的顺畅推进。为保持测绘成果的连贯与精确,施工现场需科学布置坐标、高程控制点,并构建互联的综合测绘网络。施工单位必须遵循既定的坐标体系,执行精密水准测量,并按照规划,布置成网状控制点体系。在混凝土灌注过程中,对关键测点实施重点保护,并对加固后的桩基进行明确标记,便于后续维护管理。已建立的控制点及水准点,需在 15 天内进行复测,确认其是否因地质变化等因素产生位移。仅当控制网及水准点体系完整构建,并通过总图审核后,方可作为施工测绘的基准。此外,施工场地的安全防护屏障采用直径 48.3mm、壁厚 3.6mm 的钢管材质,表面喷涂黄黑相间警示色,以提升视觉警示效能。为确保结构稳定,屏障的连接节点均采用铁质加固件。屏障立柱为钢管结构,埋深 0.3m,离地高度 1.2m,以满足结构强度及防护高度要求。防护屏障被设置在基坑安全线外 0.25m 处,其上横杆距地面 0.9m,下横杆距地面 0.15m。同时,增设紧密排布的木制安全网,该安全网自上而下全封闭,能承受 1000N 的冲击力,既能有效保护施工人员安全,又能提升现场整体安全防护水平。这一系列防护措施的实施,为深基坑支护技术在高层建筑施工中的有效应用奠定坚实的安全基础^[4]。

3.3 土方作业挖掘

为保证深基坑支护技术在高层建筑施工中的安全有效实施,土方作业需融合机械与人工操作。在挖掘流程中,装载机承担土方的装载任务,而自卸车则负责运输,以此实现物流管理的条理化与高效化。挖掘过程遵循分层分区策略,自北向南有序进行。施工现场设置的临时边坡,不仅为挖掘与运输作业提供便利,也为后续塔吊的安装及挖掘完成后的临时通行创造条件。挖掘前,测量团队会依据已知的控制点对深基坑轴线进行标定,随后在水泥垫层边缘挖掘基槽,进而开展边坡的挖掘作业。桩顶上方土体的移除需依据梁的宽度及建筑面层的设计要求,对基坑实施分区处理。挖掘至梁底设计标高后,将构建必要的支护结构。在确保上部支护结构达到安全稳定标准后,方可继续向下挖掘,直至满足设计的挖掘深度。挖掘过程中,需根据挖掘深度确定挖掘区域的顶部边界,并运用灰线标识法来标定挖掘边界及坡体的变化范围。尤其在雨季,需考虑土壤湿度增大导致的软化问题,为此需配备充足的铁板及箱笼等设备,以防止地基发生沉降。在施工现场,会利用专用工具固定铁皮箱,开辟临时通道,待土体达到稳定状态后再进行道路的修建。挖掘作业遵循“边挖边护”的原则,以确保挖掘过程的安全与效率。当接近地表时,测量团队会重新标定水平线,并在基坑底面上每隔 3m 设置一个水平标记,用于对控制点进行复核及校正,同时组织人

工清理表层的土体。机械挖掘接近完成时,将转为人工挖掘及找平作业,以确保回填作业的顺利进行,并防止因土体脱水而导致的土体膨胀。在整个挖掘过程中,需确保挖掘区域得到妥善支撑,遵循“先支护后挖掘,分层逐步挖掘”的原则,避免过度挖掘,每层挖掘深度需控制在2m以内。

3.4 桩体构造施工

桩基础施工是高层建筑深基坑支护技术的核心环节,其精度与稳定性对工程安全至关重要。在围护桩、立柱桩及工程桩的建造过程中,桩基与建筑桩基均发挥着举足轻重的作用。外侧围护桩的直径为1200mm,间距为1400mm,桩长介于19.5~23m之间;立柱桩的直径为1000mm。为确保桩基的稳定性和承载能力,需将其打入不同风化程度的岩体中。在混凝土施工环节,选用C30水下混凝土进行浇筑作业,以确保桩身的强度及施工质量。三轴搅拌桩的施工是桩基础构造的关键所在。施工前,需确保施工场地平整且无障碍,清除施工区域内外所有障碍物。为方便工程机械的运行,需铺设钢板。所采集的样品位置及高程需根据最新修正的控制坐标进行测量并标记,以备后续使用。线路定位完成后,应及时填写施工样图并报送监理单位审批。施工前还需验证导向槽的尺寸是否准确,确保其宽度为0.6m、深度为1.5m。在挖掘过程中需防止渣土外溢,并确保渣土得到及时清除,以保证三轴搅拌桩的正常施工,满足文明施工的要求^[5]。

3.5 喷射混凝土

在高层建筑深基坑的开挖流程中,喷射混凝土施工技艺占据着举足轻重的地位,其严谨的管理与实施对于整体工程质量的保障及稳定性的提升具有至关重要的作用。为精确把控施工精度,在施工开展之前,必须针对边坡的允许偏差及喷射混凝土的设计高度实施严格的测量作业。机械挖掘作业完成后,需着手对边坡进行精细的手工修整,以确保偏差被严格控制在20mm以内。随后,进行约50mm厚度的初次喷射混凝土作业,并同步铺设钢筋网片,所选混凝土的强度等级需达到C20标准。在钢筋网片的布置阶段,需预先在网片上喷涂一层水泥浆,以增强网片的整体稳固性。边墙加固网片需向下延伸,其长度需被精准控制在0.5~1.0m的范围内,且允许偏差不得超过±30mm。加强筋之间需实现紧密的无缝对接,确保连接长度不低于300mm,同时加强筋的焊缝需进行交错布置,焊缝间距需被严格控制在35mm以内,且相邻焊缝的间距不得超过500mm。在铺设钢丝网的过程中,需加入保护衬垫,以确保其距离边坡的距离达到30mm或以上,并通过焊接作业进行固定。二次喷射作业是整个施工流程中的关键环节,需在上层混凝土完成喷射2小时以上后,方可对下层混凝土进行喷射作业,以确保上层混凝土保持适宜的湿润状态。

在喷射过程中,需对钢筋的布置位置及保护层的厚度实施严格的控制,以防止漏浆现象的发生。在养护阶段,需在喷射作业完成2小时后进行洒水养护作业,养护周期需根据实时的气温条件进行灵活调整,通常持续3至7小时,并需连续进行7天以上的养护作业。通过这一系列精密的施工工序与科学的施工方法,确保喷射混凝土的稳定性与质量,为高层建筑深基坑开挖提供坚实的理论与技术保障,施工时混凝土灌注桩施工技术设备和材料选择标准如表1所示。

表1 混凝土灌注桩施工技术设备和材料选择标准

设备	型号	技术参数	用途
钻机	ZLJ550	最大孔径: 1.5m, 最大孔深: 30m	进行桩孔钻孔
灌浆泵	HJB-3	流量: 3m³/h, 压力: 1.5MPa	灌注混凝土浆料
搅拌机	ZLJ525	容积: 5m³	搅拌混凝土
材料	类型	规格	用途
水泥	普通硅酸盐水泥	42.5号	混凝土灌注桩主要胶凝材料
砂	细砂	直径小于2mm	混凝土配合材料之一
砾石	中等砾石	直径5~20mm	混凝土配合材料之一

4 结论

目前,高层建筑深基坑支护施工技术正处于不断革新与完善的进程中,由传统的施工方式逐步向现代化的科技手段转型,这充分展现了工程师们对于安全高效施工的不懈追求与努力。然而,无论采用何种施工方法,均需以严格的管理、精细的操作以及优质的施工材料作为坚实的基础与保障。在未来的发展过程中,随着科学理论与工程实践的持续深化与拓展,该施工技术将会得到进一步的优化与完善。

【参考文献】

- [1]李鹏程,梁路军,申鹏,等.紧邻高层建筑深基坑支护施工技术研究[J].建筑机械化,2024,45(11):39-42.
- [2]章俊豪.高层建筑施工深基坑支护加固技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024(31):165-167.
- [3]周煜东.深基坑支护技术在高层建筑地下室施工中的应用[J].建筑机械化,2024,45(10):54-57.
- [4]尚继发.深基坑支护施工技术在高层建筑工程中的应用[J].工程技术研究,2024,9(18):46-48.
- [5]刘利杰.高层建筑深基坑支护结构变形控制技术研究[J].工程质量,2024,42(9):89-92.

作者简介:范志强(1976.6—),男,新疆工业高等专科学校,新疆兵建投资有限公司,科员,中级职称。

无设计资料砖混结构鉴定思路及方法

曲 正

苏州市相城检测股份有限公司, 江苏 苏州 215000

[摘要] 部分砖混结构因建设年代久远, 相关资料保管不当, 造成设计资料缺失, 在进行房屋安全鉴定工作时, 现场检查、检测面临诸多的困难。为了更有针对性地进行现场检测, 为后期结构分析提供依据, 文中在无设计资料的砖混结构房屋安全鉴定问题上进行了研究, 并提供了思路及方法, 并以某小学教学楼房屋安全鉴定项目为例, 结合工程实际, 为提高无设计资料砖混结构鉴定工作效率及减少现场破损检测提供思路, 以供参考。

[关键词] 砖混结构; 无设计资料; 房屋安全性鉴定

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15206

中图分类号: TU3

文献标识码: A

Identification Ideas and Methods for Brick Concrete Structures without Design Data

QU Zheng

Suzhou Xiangcheng Testing Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu, 215000, China

Abstract: Due to the long construction period and improper storage of relevant materials, some brick concrete structures have lost design data, which poses many difficulties in on-site inspection and testing during the safety appraisal of buildings. In order to conduct more targeted on-site inspections and provide a basis for later structural analysis, this article conducted research on the safety appraisal of brick and concrete structures without design data, and provided ideas and methods. Taking the safety appraisal project of a primary school teaching building as an example, combined with engineering practice, it provides ideas for improving the efficiency of brick and concrete structure appraisal without design data and reducing on-site damage detection for reference.

Keywords: brick concrete structure; no design data available; building safety appraisal

引言

房屋安全与大众的生命及财产安全息息相关, 近年来全国也发生过多起因房屋倒塌, 造成的房屋安全事故, 例如 2020 年 8 月 29 日 9 时 40 分, 发生于临汾市襄汾县陶寺乡陈庄村聚仙饭店的房屋倒塌事故, 造成 29 人死亡、28 人受伤, 直接经济损失 1164.35 万元^[1]; 2022 年 4 月 29 日 12 时 24 分, 发生于湖南省长沙市望城区金山桥街道金坪社区盘树湾组的特大居民自建房倒塌事故, 造成 54 人死亡、9 人受伤, 直接经济损失 9077.86 万元^[2]。上述重大房屋安全事故不仅造成公共财产及个人生命损失, 还有极其恶劣的社会影响, 房屋安全管理问题已得到各方面高度重视, 全国各地区也相继出台相关管理办法, 同时相关研究也逐渐增加, 刘辉^[3]对住宅建筑安全管理中的不利因素进行分析, 并对提高建筑安全管理水平及效率提供了建议, 滕亮^[4]对建筑施工过程中建筑安全管理中的不利因素进行了分析, 并提出利用信息化的技术模式, 为建立健全建筑施工安全管理监督提供建议。

改革开放以来, 我国城市化发展突飞猛进, 既有建筑的保有量迅速增加, 砖混结构作为一种常见的建筑结构形式被广泛运用。砖混结构一般由砌体墙及混凝土构件混合承重, 是混合结构中的一种, 因为其简单的构造及相对便宜的建造价格, 在 20 世纪的城市及农村建设中较为常见,

因此我国存在着大量砖混结构的老旧住宅、厂房及农村自建房。对于砖混结构而言, 建筑的材料强度会随时间退化, 特别是一些凭施工经验建造的农村自建房中的砂浆^[5], 另一方面, 由于房屋所有者及使用者缺乏相关专业知识, 将砖混结构中的承重墙与框架结构中的填充墙相混淆, 误将圈梁及构造柱当成承重框架梁及框架柱, 导致砖混结构成为随意拆改承重墙的重灾区^[6], 以上原因造成大量砖混结构存在一定安全隐患, 对这类房屋的日常安全管理及检测鉴定工作势在必行。然而, 由于历史原因或管理不善, 部分砖混结构设计资料不完整或遗失, 甚至有些房屋仅依靠经验建造, 没有相关设计蓝图, 施工人员也无相关资质, 房屋本身在设计及建造上就存在缺陷^[7], 这些房屋在进行鉴定、加固处理过程中, 委托方无法提供相关设计资料及施工资料, 给房屋进行安全使用管理增加了困难。

1 无设计资料砖混结构鉴定难点

无设计资料砖混结构由于缺乏原始的设计文件和施工记录, 房屋安全鉴定难度相比资料齐全的房屋有很大程度的增加。设计文件通常包含了建筑大量的关键信息, 如建造年代、原使用功能、建筑的结构布置、建筑材料强度等级等。没有这些信息, 鉴定人员很难对建筑有全面了解, 在初步勘察时要进行更加详细的调查, 现场需要花费大量时间复原建筑的结构布置, 给现场检查、检测增加了许多

工作量,同时,建筑结构相关信息的缺乏,也为后续的结构分析造成了很大的困难。

如何准确地还原建筑结构布置,合理地制定现场检测方案是无设计资料砖混结构鉴定的关键,解决这一关键问题,后续的结构分析也变得相对容易,但在实际的操作中,复原结构布置会遇到很多的限制和困难:①由于部分结构构件外都存在装饰面层,现场摸清结构布置及相关检测点位布置很难将其避开,因此,对装饰面的破损量会比设计资料齐全的建筑大,需要现场沟通的难度也较大。②对于砖混结构中的混凝土构件,需要清楚关键部位的钢筋配置,设计资料齐全建筑可以只需通过开凿角筋及钢筋扫描仪扫描钢筋根数相结合,对图纸内容进行校核性检测,而无设计资料混凝土构件需要开凿排筋,有时因为建筑布局的需要,梁下或柱边会设置非承重墙,会使钢筋开凿变得难以实现。③某些建筑因为后期部分房间使用功能的改变,会增设非承重墙,有时会与承重墙使用相同的砖或砌块,区分承重与非承重墙需要鉴定人员有丰富的工作经验。④对于砖混结构,需要通过现场开凿摸清圈梁及构造柱布置,通过开凿及钢筋扫描仪扫描区分楼板为现浇还是预应力混凝土空心楼板。⑤老旧砖混结构砖墙病害较多,鉴定人员需要具备较强专业素质判断病害原因^[8]。这些因素往往对鉴定结果有决定性影响,没有设计资料会大大增加这些项目的工作量。此外,因为相关资料的缺失,现场需要收集的信息较多,检查、检测工作量较大,难免遗漏某些关键信息,使结构分析无法进行下去,有时可能要多趟往返现场补全相关信息。

从上述内容可以看出,在进行无设计资料砖混结构房屋安全鉴定时,鉴定人员需要有较强的专业技术能力和丰富的工作经验,在项目现场检测开始前,应该制定详细的鉴定方案。在鉴定过程中不仅要做好现场与委托方及使用方的沟通与协调工作,同时有一套合理的鉴定思路及行之有效的鉴定方法。

2 无设计资料砖混结构鉴定思路

设计、施工资料齐全的房屋在进行安全性鉴定时,可以利用图纸采用随机抽测较少的构件的方法进行校核性检测,检测点位相比无设计资料房屋布置也相对灵活,相关鉴定方法也较为成熟,如谭晓飞等^[9]以某老旧砖混办公楼案例,总结了砖混结构鉴定分析的常规步骤及检测内容,宇文兴伟^[10]结合某住宅楼案例,给出有设计资料砖混结构综合安全鉴定研究方法。与之不同的是,无设计资料房屋因为缺乏很多信息,在检测开始之前,需确定重点部位进行有针对性的检测。陈超^[11]通过比较《民用建筑可靠性鉴定标准》(GB 50292—2015)(后文简称《民标》)中第一层次鉴定中结构构件四个检查项,分析出只有承载力无法直接获取,其余都可以根据现场实际情况进行评定。对于

砖混结构承载力计算而言,除了材料强度等级外,砖墙需明确墙体厚度,墙体是否为承重墙,混凝土构件需要明确构件截面尺寸及钢筋配置。因此我们可以得出,无设计资料砖混房屋的鉴定重点在于绘制准确的建筑与结构平面示意图,并找到重点检测的部位,在检测时,需要对关键构件进行详细的检测,为后续使用结构分析软件进行承载力分析提供依据。

结合以上内容,本文提出的鉴定思路如下:首先进行详细的初步勘察,在初步勘察时,绘制建筑与结构平面布置示意图。同时,询问建筑的建造年代,使用功能改变情况,有无遭遇过自然灾害、火灾情况,房屋有无改扩建历史等。其次选取砖墙、混凝土构件进行初步的材料强度检测,结合建造年代和初步的材料强度检测结果,依据《民标》附录K及附录L,预估混凝土、砖、砂浆的强度等级。最后通过现场勘察结果及建模试算,找出重点检测部位,如结构平面布置示意图中的较大跨部位混凝土梁,试算时荷载效应较大部位,使用过程中进行过拆改部位等,依据初步的分析结果得出的重点检测部位,制定房屋安全鉴定方案,同时罗列出现场需要进一步检查内容的详细清单。通过以上步骤,可以大大优化现场检测的流程,进行更有针对性的检测,减少现场检测的工作量,也避免盲目的开凿构件,造成既有建筑在现场检测后变得“千疮百孔”。

3 案例分析

3.1 房屋概况

某小学教学楼,为三层砖混结构房屋,约建造于1998年,建筑平面近似呈矩形,南北向总长约14.90m,东西向总长约为75.30m,建筑面积约为2250m²,主要柱轴网尺寸约7.2m×9.0m、2.3m×9.0m。三层层高均为3.3m,建筑高度为12.5m,除屋面外,其余各层建筑与结构布置基本相同。结构竖向承重构件为混凝土柱及一砖厚(220mm)烧结多孔砖墙体,教室及教师办公室楼面为预应力混凝土空心楼板,走廊及卫生间为现浇钢筋混凝土楼板,屋面为有檩坡屋面,由水泥檩条、木望板及屋面瓦组成。由于建成年代较早,相关设计及施工资料遗失,为了解房屋在剩余工作年限内的安全性,故进行房屋安全性鉴定。

3.2 绘制建筑、结构平面示意图及初步检测

按照前文鉴定思路,在对现场初步调查时,首先需要绘制建筑及结构平面示意图。在绘制建筑布置示意图时,重点调查各房间的使用功能、楼面面层厚度、外饰面材质等,为初步建模输入荷载提供依据。在绘制结构布置示意图时,重点测量结构构件的几何尺寸,并通过使用钢筋扫描仪及现场观察,初步判定楼板为预制楼板或现浇楼板,该工程建筑布置示意图详见图1,结构布置示意图详见图2。最后,依据《民标》附录L,三层共抽取5根柱构件、5根梁构件及5面墙进行材料强度初步检测。

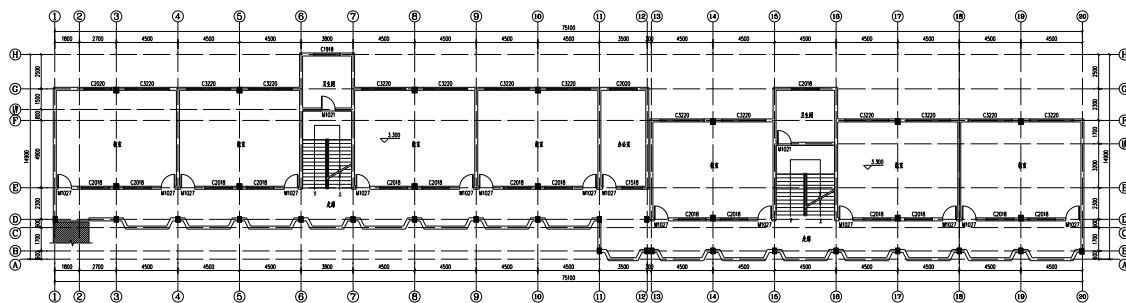


图1 建筑布置示意图

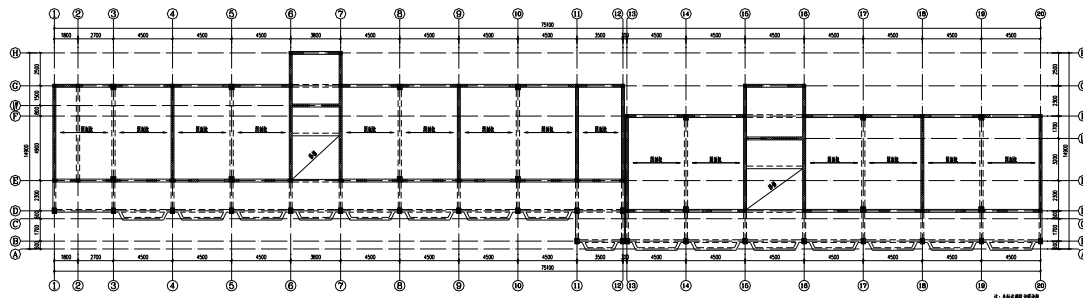


图2 结构布置示意图

3.3 检测方案制定

根据检测结果,建模试算时混凝土强度等级取为C25,墙体砌筑砂浆强度取为1.0MPa,墙体烧结砖强度取为MU10。依据《既有建筑鉴定与加固通用规范》(GB 55021—2021)4.2.2-1规定:当为建筑物原结构、构件在剩余设计工作年限内的安全性时,应按不低于原建造时的荷载规范和设计规范进行验算,故本项目在结构复核验算时,荷载分项系数执行原《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001),即建筑结构的作用分项系数:永久荷载分项系数:1.2,可变荷载作用分项系数:1.4,并复核恒载分项系数1.35的荷载组合。经有限元建模试算,钢筋混凝土柱计算配筋均只需满足构造要求,现场排筋开凿及混凝土强度抽测根据不同截面尺寸、受力状态均匀随机抽取,抽取数量按照《建筑结构检测技术标准》(GB/T 50344—2019)表3.3.10中A类要求,即每层均抽取3根柱;教室内大跨钢筋混凝土梁计算配筋值较大,如(5)交(E)~(G)轴混凝土梁,故现场梁底排筋开凿重点选取教室内大跨度梁,每层抽取数量按照表3.3.10中B类要求,即每层均抽取8根梁,其余混凝土梁计算配筋较小,且房屋使用功能未曾改变,未经过结构改造,构件未出现明显病害,可依据《民标》5.1.4条进行评定;一至三层(E)交(3)~(12)轴及(D)交(13)~(20)轴墙承载力不满足要求,现场重点补充该处位置砖墙及砂浆强度检测,且数量不少于《建筑结构检测技术标准》(GB/T 50344—2019)表3.3.10中A类要求,即每层均抽取5片墙,并通过开凿核查墙体构造柱、圈梁及过梁布置情况,构造柱重点核查外墙四角、

纵横墙交接处、大跨度钢筋混凝土梁下部、楼梯间四角及楼梯梁下、较大洞口两侧等。

3.4 鉴定结论

根据现场检查、检测情况,并结合有限元结构分析,对鉴定对象房屋安全情况进行综合评定,上部主体承重结构未发现明显沉降裂缝,砖墙未发现明显变形裂缝,建筑物与地坪未发现明显相对位移,地基基础的安全性等级评定为A_u级。上部承重结构建模初步试算时,部分混凝土梁计算配筋较大,部分砖墙承载力不满足要求,经进一步检测后计算,该部分构件承载力仍不满足要求,上部承重结构的安全性等级评定为D_u级。根据《民用建筑可靠性鉴定标准》(GB 50292—2015)第3.3.1、9.1.1、9.1.2条,鉴定对象安全性等级评定为D_{su}级,安全性严重不符合本标准对A_{su}级的规定,需对承载力不满足要求的结构构件采取有效的加固措施,使房屋安全性达到规范要求。

4 结论

综上所述,无设计资料砖混结构鉴定存在许多困难,在结构鉴定时,可将建筑、结构平面布置图复原提前,并在初步勘察中加入材料强度初步检测,通过现场初步检测及有限元建模分析,让现场开凿检测更有针对性,减少现场盲目进行构件破损检测,避免过度开凿对原结构的破坏。同时,建模计算的前置也可以帮助进一步了解建筑结构情况,厘清现场鉴定思路,大大提高工作效率。

[参考文献]

- [1]金台资讯.2020年全国生产安全事故十大典型案例[J].中国消防,2021(1):44-47.
- [2]新华社.湖南长沙“4·29”特别重大居民自建房倒塌

事故[J]. 中国安全生产, 2023(6): 52-53.

[3] 刘辉. 住宅建筑安全管理工作中存在的不利因素及对策[J]. 居舍, 2024(9): 147-150.

[4] 滕亮. 建筑安全管理工作中存在的不利因素及相关对策[J]. 居业, 2024(1): 170-172.

[5] 喻云龙, 陈慧, 刘伟. 老旧砖混结构房屋检测鉴定中若干问题的讨论[J]. 江苏建筑, 2022(3): 93-96.

[6] 金唤中. 老旧砖混结构房屋检测鉴定中若干问题的讨论[J]. 工程质量, 2016(8): 47-50.

[7] 王杰, 陈小花, 李宝明, 等. 自建房危险性鉴定及加固实例分析[J]. 建筑科技, 2024(8): 82-85.

[8] 练岗. 某砖混结构历史建筑检测鉴定及加固处理分析[J]. 福建建设科技, 2024(6): 46-49.

[9] 谭晓飞, 付旭, 赵春雨, 等. 既有老旧砖混结构质量安全监测鉴定分析[J]. 建筑安全, 2022(8): 36-40.

[10] 宇文兴伟. 某砖混结构综合安全性鉴定实例分析研究[J]. 建筑技术开发, 2024(7): 35-37.

[11] 陈超. 无设计资料钢筋混凝土框架结构鉴定思路及应用[J]. 福建建材, 2021(8): 33-35.

作者简介: 曲正(1991.12—), 毕业院校: 苏州科技大学, 所学专业: 结构工程, 当前就职单位: 苏州市相城检测股份有限公司, 职称级别: 工程师。

可再生能源技术在建筑暖通系统中的应用研究

王利军

中国核电工程有限公司(河北分公司), 河北 石家庄 050000

[摘要] 建筑行业作为全球能源消耗与碳排放的主要来源, 占全球能源需求的约 30%, 碳排放近 40%。基于此, 节能减排成为应对气候变化的重要任务, 推动绿色建筑及低碳技术的应用, 刻不容缓。随着太阳能、地源热泵、空气源热泵及风能等可再生能源技术的不断进步, 这些技术在建筑暖通系统中的应用日益普及, 显著提升了建筑的能源效率与环保性能。同时, 智能化管理技术的引入, 使能源利用更加精准与高效, 进一步推动了建筑行业向低碳、可持续发展转型。

[关键词] 可再生能源; 建筑暖通; 节能技术

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15203

中图分类号: TU83

文献标识码: A

Research on the Application of Renewable Energy Technology in Building HVAC Systems

WANG Lijun

China Nuclear Power Engineering Co., Ltd. (Hebei Branch), Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The construction industry, as the main source of global energy consumption and carbon emissions, accounts for about 30% of global energy demand and nearly 40% of carbon emissions. Based on this, energy conservation and emission reduction have become important tasks in addressing climate change, and promoting the application of green buildings and low-carbon technologies is urgent. With the continuous advancement of renewable energy technologies such as solar energy, ground source heat pumps, air source heat pumps, and wind energy, their application in building HVAC systems is becoming increasingly popular, significantly improving the energy efficiency and environmental performance of buildings. At the same time, the introduction of intelligent management technology has made energy utilization more precise and efficient, further promoting the transformation of the construction industry towards low-carbon and sustainable development.

Keywords: renewable energy; building HVAC; energy-saving technology

引言

随着全球气候变化加剧及能源短缺问题日益严重, 建筑行业作为能源消耗和碳排放的主要来源亟需进行转型。在建筑中, 暖通系统(HVAC)占据了重要的能耗份额, 因此, 优化其能源利用效率对于推动绿色建筑发展至关重要。可再生能源技术, 如太阳能、风能、地源热泵、空气源热泵等, 为暖通系统提供了低碳的解决方案, 有效降低了能源消耗和碳排放。结合智能化能源管理系统, 这些技术的应用不仅提升了建筑的能效还增强了舒适度, 为实现建筑节能与环境保护目标作出了积极贡献。分析可再生能源技术在建筑暖通系统中的应用现状与未来发展趋势, 为绿色建筑的发展提供有价值的参考。

1 可再生能源技术的优势

1.1 环境保护与可持续发展

可再生能源技术在环境保护与可持续发展方面展现了显著优势。与传统的化石能源相比, 这些能源在使用过程中几乎不释放温室气体或其他污染物, 从源头上减少了对大气环境的负面影响, 进而有效减缓了全球变暖的进程。依赖于自然界不断供应的资源, 如太阳能、风能与地热能, 这些能源不仅取之不尽而且能够循环使用, 避免了煤炭与石油等资源因过度开采而枯竭的风险。推动可再生能源技

术在建筑暖通系统中的应用, 不仅有助于降低能源消耗对生态环境的压力, 还能提高资源利用效率, 促进绿色、低碳的生活与生产方式的形成。当前的生态环境保护需求得到了满足, 而这一转型路径也为全球能源结构的变革提供了坚实的支持, 进一步推动了人与自然的和谐共生。

1.2 能源利用效率的提升

可再生能源技术的应用为提高能源利用效率开辟了全新的路径。以太阳能、风能与地热能为例, 通过高效的能量转换设备, 这些技术将自然资源直接转化为热能或电能, 省去了传统能源系统中复杂的中间环节, 从而有效降低了能量损失。与化石燃料燃烧方式相比, 直接转化的过程突破了热力学效率的限制, 以更高效的方式满足建筑暖通系统的能量需求。智能化控制技术的融入, 使能源供给能够根据实时需求进行动态调整, 进一步减少了不必要的浪费。整体系统性能不仅得到了提升, 而且为绿色低碳发展目标的实现奠定了坚实的基础, 展示了传统能源体系难以匹敌的优势。

2 建筑暖通系统中可再生能源技术的现状

在建筑暖通系统中, 可再生能源技术的应用正朝着多样化与规模化方向发展, 然而推广进程与技术成熟度受区域差异与行业需求的影响存在一定差异。当前, 太阳能热

利用、地源热泵、空气源热泵等技术已在住宅及商业建筑中得到较为广泛的应用,尤其是在节能减排压力较大的地区,应用比例不断上升。尽管如此,这些技术的推广仍面临基础设施不完善、初期投资较高以及对专业化运行维护的高要求等一系列问题。经济条件有限且政策支持不足的许多发展中国家和偏远地区,可再生能源暖通系统的普及程度仍较低,传统能源依然是主要供能方式。在技术方面,虽然可再生能源系统已经取得了一定进展,风能在建筑供能中的规模化应用仍处于实验阶段,综合能源系统的集成与智能化控制技术亟待突破,提升稳定性与效率将是未来发展的关键。

3 可再生能源技术在建筑暖通系统中的应用

3.1 太阳能技术的应用

太阳能技术在建筑暖通系统中的应用涵盖了供热、制冷及电力供应等多个领域,高效性与清洁性使之成为绿色建筑不可或缺的组成部分。在供热方面,太阳能集热器通过吸收太阳辐射,将热能直接转化为生活热水及采暖所需的热量,成功实现了低成本与高效能的热能利用。而在制冷方面,吸收式太阳能空调系统利用太阳能驱动,创新地实现了绿色夏季制冷供能模式。随着光伏发电技术的迅速发展,建筑光伏一体化逐渐成为一种趋势,通过在屋顶、外墙等位置安装光伏组件,既能为暖通系统提供清洁电力,又能显著降低建筑的整体能耗。但太阳能技术的推广仍受到气候条件与光照时间的限制,同时对储能设备及辅助能源的依赖较大,这些问题成为技术优化的关键方向。随着与其他可再生能源技术的融合,太阳能的潜力将得到进一步释放,为建筑暖通系统的低碳转型开辟更广阔的空间。

3.2 地源热泵技术的应用

地源热泵技术凭借卓越的节能与环保优势,已逐渐成为建筑暖通系统中供暖与制冷领域的重要技术,通过地下换热管道与热泵设备的结合,该技术充分利用土壤或地下水的恒温特性,成功实现了冬季供暖与夏季制冷的双重功能。相比传统空调系统,地源热泵具有更高的能效比,显著降低了能源消耗并有效减少了碳排放,由于该系统对气候变化的依赖较小,运行稳定性得以增强,使地源热泵尤其适用于寒冷或气候变化较大的地区。随着智能控制系统与大数据分析技术的结合,地源热泵系统的效率得到了进一步提升,应用范围在住宅、商业及公共建筑中也在不断扩展。尽管如此,高昂的初期安装成本及地下资源开发对环境的要求,仍然是其推广面临的主要障碍。未来,随着政策支持与技术进步,地源热泵技术在建筑暖通系统中的应用潜力将得到更大程度的释放,进一步推动绿色建筑的发展。

3.3 空气源热泵技术的应用

空气源热泵技术作为一种高效且环保的供暖与制冷方式,已被广泛应用于建筑暖通系统,通过从空气中提取

热量并加以转换,该技术能够在寒冷冬季提供供暖,并在炎热夏季实现制冷,从而高效地利用能源。相比地源热泵,空气源热泵的安装成本较低,系统建设相对简便,使其在住宅及小型商业建筑中的应用尤为广泛。更为重要的是空气源热泵无需复杂的地下管网,具有较强的适应性,可灵活地应用于各类建筑,尤其适合城市或资源紧张的地区。尽管如此,空气源热泵的工作效率受外界气温影响较大,尤其在极寒天气下性能常常会有所下降,通常需要与其他辅助供热系统配合使用以确保冬季供暖的稳定性。

3.4 风能辅助暖通系统的应用

风能在辅助建筑暖通系统中的应用虽然仍处于探索阶段,但随着风力发电技术的不断成熟以及建筑节能需求的提升,这项技术已逐渐展现出巨大的潜力。作为一种清洁且可再生的能源,风能能够通过风力发电机组为建筑提供电力支持,从而为暖通系统的运作提供必要的能源。在风能资源丰富的地区,建筑中的风力发电系统与传统暖通设备的有效结合,可以降低能源消耗,减少对外部电网的依赖,增强建筑的能源自给能力。例如,风力发电系统能够为空气源热泵、地源热泵等设备提供电力,从而实现绿色能源的替代,满足建筑内供暖与制冷需求。尽管风能的波动性和不稳定性可能会影响系统的稳定性,但结合智能调控技术与储能系统,能够有效平衡风能波动,确保暖通系统的持续高效运行。随着风能发电技术的不断进步以及成本逐步降低,风能辅助暖通系统在建筑中的应用有望进一步普及,特别是在风能资源丰富的地区发展潜力巨大。

4 可再生能源暖通系统的集成优化

4.1 综合能源系统的建设路径

综合能源系统的建设路径通过多种能源形式的融合与协作,提升能源利用效率,降低建筑暖通系统的整体能耗。在实施过程中建筑的能源需求特点,诸如供暖、制冷以及热水等负荷需求必须被准确识别,以此为选择适宜可再生能源技术提供依据,如太阳能、地源热泵、风能等,并进行合理布局与配置。系统集成设计至关重要,确保各类能源系统的顺畅对接与协调运行是关键。例如,太阳能热水系统与地源热泵系统可以联动,利用夏季多余的热量进行供暖或制冷,而冬季则由地源热泵提供稳定的温度调节。智能能源管理平台在综合能源系统中的作用不可忽视,借助实时监控与数据分析能源流的调配可以得到优化,确保能源供应能够在各个阶段根据需求进行动态调整。与此同时,综合能源系统的设计应注重可持续发展,低碳、环保的能源形式应被优先选择,以减少对传统能源的依赖,从而助力建筑节能减排。

4.2 智能化能源管理与调控

智能化能源管理与调控在可再生能源应用中的核心作用,优化能源利用效率并减少浪费是其重要功能之一,通过先进的物联网技术与大数据分析,能源流动的实时跟

踪得以实现,建筑内外的能源需求与供给情况能够被精准掌握,从而自动调整供能策略。具体而言系统根据实时数据,如室内温度、湿度以及天气预报等,动态调整暖通设备的运行状态,确保以最低能耗实现最佳的舒适度,智能控制系统能够整合多种能源形式,如太阳能、地源热泵、风能等并通过精准地预测与调度功能,选择最适宜的能源供应方式。例如,在阳光充足时系统会优先选择太阳能进行供暖或制冷,避免在电力需求高峰期从电网购买电力。智能调控不仅有助于节能减排还能提升系统的稳定性,延长设备的使用寿命。

4.3 系统运行效率提升的关键策略

提高建筑暖通系统运行效率的关键正是设计优化、精细化管理与技术创新的有机结合。在系统设计阶段,尤为重要是选择适合的可再生能源技术组合。例如,太阳能、地源热泵与智能控制系统的有机配合,使不同能源能够高效互补,避免了单一能源供给不足或浪费的问题。在智能化调控方面,集成的传感器与数据分析平台,可以实时监控能源消耗与室内环境,设备的运行模式得以自动调节,从而在最小能耗下实现最佳舒适度^[1]。设备的维护与更新策略同样不容忽视,定期检查与保养热泵、换热器等关键部件,能有效避免设备老化或故障对系统性能造成的影响,是确保系统长期高效运行的基础,先进储能技术的引入可有效平衡能源供需波动,避免了高峰时段的能源浪费,确保了系统在各种运行条件下的稳定性与高效性。

5 未来发展趋势

5.1 智能化与绿色建筑的深度融合

未来,智能化技术与绿色建筑的深度融合,必将成为建筑行业发展的趋势,这种融合不仅体现在技术的结合,更在于理念与实践的紧密契合。在智能化方面,物联网、大数据与人工智能将在建筑的设计、施工与运维过程中得到广泛应用,推动建筑环境的实时监控与动态调节,通过智能传感器、控制系统与能效优化软件,建筑的能源消耗能够被精确控制,从而最大程度地减少资源浪费,同时兼顾舒适度与节能要求。绿色建筑的核心目标是降低环境负担推动资源的可持续利用,通过高效的能源管理、可再生能源的利用、绿色材料的选用及低碳技术的应用,消耗的自然资源得以显著减少,碳排放也大幅降低^[2]。为绿色建筑的高效运作,智能化技术提供了坚实的支持,而绿色建筑的设计理念则进一步推动智能化技术的广泛应用。在未来,二者的深度融合必将使建筑在满足人们日常需求的同时,能更加环保、节能,成为推动可持续发展的关键力量。

5.2 零碳建筑中可再生能源的应用前景

零碳建筑作为推动可持续发展的关键方向,通过全面采用可再生能源,消除建筑在运营过程中产生的碳排放。随着技术的不断进步与政策的积极推动,可再生能源在零碳建筑中的应用前景愈加广阔。太阳能、风能以及地源热泵等技术,已成为零碳建筑的主要能源供应来源,其中太阳能作为最为成熟且应用最广泛的可再生能源,将通过光伏组件与太阳能热水系统为建筑提供清洁能源,显著减少对传统能源的依赖^[3]。风能与地源热泵技术尤其适用于特定区域,能够有效补充能源供应,确保建筑全年稳定的能源需求。随着储能技术的不断突破,建筑将能够高效储存白天所产生的多余能源,供夜间或阴雨天气使用,从而确保能源供应的稳定性与持续性。同时,智能能源管理系统的引入,使可再生能源能够得到精确调配与优化管理,进而提高能源利用效率,减少不必要的能源浪费。

6 结语

随着全球对可持续发展日益重视,可再生能源在建筑暖通系统中的应用,已成为推动绿色建筑以及节能减排的关键途径。太阳能、地源热泵、空气源热泵及风能等可再生能源技术发挥着重要作用,不仅提升了能源利用效率,降低了建筑运行成本,而且在优化环境保护与减少碳排放方面展示了显著的潜力。随着智能化能源管理与系统集成技术的不断进步,这些能源技术的应用变得更加高效与灵活,整体运行效率的提升显著增强了建筑暖通系统的表现。展望未来,技术创新与政策支持将进一步推动零碳建筑与智能化建筑的普及,促进可再生能源的深度应用。智能化建筑与绿色建筑的融合,指引了建筑行业可持续发展的方向,而可再生能源技术的广泛使用,构成了实现低碳目标的坚实基础。只有借助持续的技术进步与跨领域的协同创新,建筑行业在能源转型与环境保护方面的深刻变革,才能得以推动,进而加速全球能源结构向绿色、低碳方向转型。

[参考文献]

- [1] 杨鑫磊. 中国可再生能源发展现状、挑战及政策建议[J]. 科技和产业, 2024, 24(18): 156-159.
 - [2] 刘刚. 加快推进全球可再生能源发展[N]. 人民日报, 2024-06-28(16).
 - [3] 王卫权, 李丹, 于洋. 我国可再生能源融合发展之路[J]. 可持续发展经济导刊, 2023, 11(7): 12-14.
- 作者简介: 王利军(1994.10—), 毕业院校: 河北建筑工程学院, 所学专业: 建筑环境与能源应用工程, 当前就业单位: 中国核电工程有限公司(河北分公司), 职务: 无, 职称级别: 工程师。

数字化背景下建筑工程造价管理新途径

王文浩¹ 刘烁² 王逢逢³ 原树奎⁴ 王旭光⁴

1. 青岛市外国企业服务有限公司, 山东 青岛 266000
2. 青岛中新正工程项目管理有限公司, 山东 青岛 266000
3. 青岛卓尔睿工程咨询有限公司, 山东 青岛 266000
4. 青岛中泰信实业有限公司, 山东 青岛 266000

[摘要]随着建筑行业的快速发展,项目的规模与复杂性不断提升,传统的造价管理模式暴露出越来越多的局限性,信息滞后、数据分散以及人工管理常常导致成本失控与决策失误。与此同时,数字化技术的广泛应用为这些问题的解决提供了新的契机,通过 BIM、大数据、人工智能等技术的引入,建筑工程的造价管理得以贯穿项目的全生命周期,推动了数据的高效整合与实时分析,进而使管理模式向更智能、更精细的方向转型。不仅增强了成本控制的精准性,数字化手段也为建筑工程的可持续发展打下了坚实的基础,通过这些先进的技术手段,项目管理者能够实时监控成本动态,做出更加科学、及时的决策。由此,传统造价管理中存在的问题被有效解决,整个管理流程变得更加高效、透明,最终推动了行业向数字化、智能化方向的转型。

[关键词]数字化; 建筑工程; 造价管理

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15193

中图分类号: TU723.3

文献标识码: A

New Approaches to Construction Cost Management in the Context of Digitalization

WANG Wenhao¹, LIU Shuo², WANG Fengfeng³, YUAN Shuyin⁴, WANG Xuguang⁴

1. Qingdao Foreign Enterprise Service Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China
2. Qingdao Zhongxinzheng Engineering Project Management Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China
3. Qingdao Zhuoerrui Engineering Consulting Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China
4. Qingdao Zhongtaixin Industrial Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China

Abstract: With the rapid development of the construction industry, the scale and complexity of projects continue to increase, and traditional cost management models are exposing more and more limitations. Information lag, data dispersion, and manual management often lead to cost control and decision-making errors. At the same time, the widespread application of digital technology provides new opportunities for solving these problems. Through the introduction of technologies such as BIM, big data, and artificial intelligence, cost management in construction projects can run through the entire lifecycle of the project, promoting efficient integration and real-time analysis of data, and ultimately transforming management models towards smarter and more refined directions. Not only does it enhance the precision of cost control, but digital means also lay a solid foundation for the sustainable development of construction projects. Through these advanced technological means, project managers can monitor cost dynamics in real time and make more scientific and timely decisions. As a result, the problems existing in traditional cost management have been effectively solved, and the entire management process has become more efficient and transparent, ultimately promoting the industry's transformation towards digitization and intelligence.

Keywords: digitalization; architectural engineering; cost management

引言

建筑工程造价管理在项目全生命周期中占据着至关重要的位置,直接关系到项目的经济效益与可持续发展。随着建筑项目规模的不断扩大及复杂度的增加,传统的造价管理方式正面临诸多挑战,迫切需要借助数字化技术的支持,通过引入 BIM、大数据、人工智能及云计算等信息化手段,建筑工程造价管理正朝着更高效、更精准的方向转型。借助数字化工具,项目管理者能够实时跟踪成本动态,优化资源配置,提高决策的科学性与灵活性。通过这些技术手段,成本控制与风险管理得以更为精确地执行。

传统的管理方式中无法及时获取的数据信息,如今被整合进数字平台,使项目的每一环节都能在可控范围内实现精细化管理,这一转型不仅提升了项目的经济效益,也增强了项目在复杂环境中的适应能力。

1 建筑工程造价管理信息化建设的必要性

1.1 确保建筑工程造价更加准确

在建筑工程中,造价管理是确保项目顺利实施、有效控制成本的核心环节。随着技术的不断进步,信息化手段的引入为造价管理提供了更加精准与高效的支持。传统的人工计算与手工审核方式常伴随着数据处理错误、信息滞

后及分析不全面等问题,这些缺陷直接影响了工程造价的准确性。相比之下,信息化管理通过将各类数据、成本分析及预算编制等环节进行数字化与自动化处理,不仅提升了工作效率,更显著减少了人为错误的干扰。以 BIM 技术为例,项目的设计、施工进度及材料使用情况都能实时更新与跟踪,确保每一项数据与项目实际进展一致。预算编制和成本分析得以基于准确、实时的数据进行,从而避免了传统手工操作中常见的低效与误差。通过集成的造价管理系统,各阶段的数据得以无缝衔接,任何细节变化均能即时反映在成本控制中,确保了造价的精准性。信息化技术的应用使建筑工程造价管理不仅提高了透明度与准确性,还能确保预算、施工及竣工后的实际造价高度一致,极大地降低了预算超支的风险。依托可靠的数据支撑,项目后期的结算与审计工作得以更加高效地进行。

1.2 推动建筑工程行业持续向好发展

信息化建设在建筑工程行业中的广泛应用,极大地提升了项目管理效率,为行业的可持续发展注入了新的动力。随着建筑项目复杂度的不断提高,涉及的技术、工艺、材料等因素日益增多,传统的管理模式已经无法适应市场快速变化的需求。在这一背景下,信息化管理已成为推动建筑行业持续发展的核心力量。通过信息化建设,工程的透明度与协同效率得到了显著提升,借助数字化工具,项目各方(设计师、施工团队以及业主)能够在同一平台上实时共享信息,从而有效避免了因沟通不畅或数据不对称所带来的错误与延误。项目进度的加速不仅得益于高效的协作模式,更源自于信息一致性带来的成本节约。与此同时,信息化管理使建筑项目的成本控制更加精准,大大提高了资源利用率,通过数据分析与智能预测,潜在的风险与超支点能够被及时识别,进而调整方案避免资金的无效流失。数字化手段还推动了建筑行业绿色发展的进程,优化了能源管理、材料调度以及施工工艺,有助于在控制成本的同时提升环保绩效。信息化的深入应用还促进了行业标准化与规范化的发展,随着信息化工具的不断完善,越来越多的项目得以按照统一的标准进行管理,从而大大减少了因不规范操作而引发的质量问题。

2 数字化技术在建筑工程造价管理中的应用

2.1 BIM 技术在造价管理中的应用

BIM(建筑信息模型)技术在建筑工程中的应用,特别是在造价管理方面,正在逐步革新传统的管理模式,通过数字化建模,BIM 不仅整合了建筑设计、施工和运维等各阶段的数据,还为工程造价管理提供了精确的信息支持,从而显著提升了成本控制的整体效果。在传统的造价管理模式,预算与实际成本之间的偏差往往较大,主要源于缺乏实时更新的精准数据。BIM 技术通过构建三维数字模型,从项目设计阶段起便将所有相关数据整合至统一平台,实现了信息的同步更新,通过这一做法工程造价的预测变得更加准确,设计变更或施工调整等因素导致的预算超支

得以大幅减少。在项目初期 BIM 技术通过三维建模精确计算材料需求、施工工艺及工程量,为预算编制提供了坚实的基础。进入施工阶段后,BIM 模型能够实时追踪工程进度,监控材料使用与工时投入自动更新成本数据,这种动态的成本管理方式使造价管理人员能够及时发现潜在的超支风险,迅速采取调整措施,避免了传统方法中信息滞后或沟通不畅带来的成本失控问题。BIM 技术的协同效应也大大提高了造价管理的效率,项目中的各方参与者,包括设计师、施工方和供应商等均可在同一平台上查看和共享项目数据,从而消除了信息隔阂与重复劳动的问题。信息的流畅共享不仅提高了团队的工作效率,还使得项目实施过程中能及时调整与优化,进一步强化了成本控制的有效性。

2.2 大数据与人工智能在成本控制中的应用

大数据与人工智能(AI)技术在建筑工程成本控制中的应用,正在推动传统造价管理方式的转型与革新。随着建筑行业信息化水平的不断提升,海量的数据已成为企业决策的重要资源,通过对这些数据的深入分析与挖掘,建筑企业不仅能够精准预测成本趋势识别潜在风险,还能根据分析结果及时调整控制策略,进而优化整体项目成本。大数据技术通过对项目中各类信息的收集与分析,如设计方案、材料成本、施工进度及劳动力投入等,为成本控制提供了全面的支持。这些信息的整合与深入分析,使项目管理者能够实时监控预算执行情况,发现偏差并迅速调整。例如,通过对历史项目数据的比对与分析,系统能够预测类似工程的平均成本,从而帮助管理者制定更为合理的预算减少不必要的支出^[1]。人工智能的引入进一步提升了成本控制的精确度与智能化水平,基于大量历史数据 AI 技术能够自动识别出影响成本的关键因素,并通过机器学习算法不断优化成本预测模型。例如, AI 可以结合施工进度、材料采购、天气变化等多种变量,实时调整成本预测预警潜在的超支风险, AI 还能够分析资源配置情况提出优化建议,以最大化资源利用减少浪费。大数据与人工智能的结合,为建筑企业提供了动态的风险管理手段,在项目实施过程中 AI 系统能够持续监控项目数据,识别出可能导致成本上升的潜在风险因素,如原材料价格波动或施工延误。一旦风险被识别,管理人员将会收到自动通知并获得相应的应对方案,从而确保提前采取措施,避免成本超支的发生。

2.3 云计算与物联网技术对造价管理的影响

云计算与物联网(IoT)技术在建筑工程造价管理中的应用,逐步突破了传统管理模式的局限,推动了行业向更加智能化、集成化的方向发展,这两项技术的结合不仅提升了造价管理的效率,还为项目全过程提供了实时监控和精细化管理的能力,从而显著增强了成本控制的能力。云计算为建筑工程提供了强大的数据存储与处理能力,在传统的造价管理中,项目数据往往分散在不同部门和系统中,信息共享困难,导致数据滞后或不一致。借助云计算

技术,项目的所有数据、文档、预算和进度信息得以统一存储与管理,确保各方能够随时访问、更新与共享最新的数据,通过集中管理数据处理效率得到了显著提升,同时减少了信息不对称带来的错误与成本风险。物联网技术的应用则为云计算提供了有力的补充,通过将各类传感器与设备连接,物联网能够实时采集建筑现场的各类数据,如材料库存、施工进度以及设备运行状态等,这些数据通过物联网平台上传至云端,项目管理人员可随时查看并进行分析。以智能传感器为例,系统能自动监控材料的消耗情况,从而避免因采购过量或缺失所导致的成本波动,物联网还能实时追踪施工设备的使用效率,减少因设备闲置或故障带来的资源浪费。云计算与物联网技术的有机结合,使成本监控变得更加高效,通过云平台项目管理人员可实时访问现场的各类数据动态调整预算,并及时发现可能导致成本超支的潜在问题。基于实时数据反馈的分析,成本控制措施更加精准与灵活,物联网提供的现场数据为云计算平台提供了多维度的信息支持,使成本预测与控制不再依赖于人工经验,而是建立在科学的数据分析与实时监控基础上,确保了更高的管理精度与效率。

3 数字化背景下建筑工程造价管理的新途径

3.1 信息化平台建设及集成

在数字化背景下,建筑工程造价管理正逐步向信息化平台的建设与集成转型。随着工程项目规模的不断扩大与复杂性的提升,传统的单一系统或人工管理方式已无法满足高效、精确的管理需求。信息化平台的建立不仅实现了各类管理工具与数据的整合,也对建筑项目全过程中的数据流、信息流和资金流进行了全面的数字化管理。该平台的核心功能在于将项目的设计、施工、预算及成本控制等各环节的数据集成至一个统一平台,通过集成化管理,平台能够实时收集、处理项目中各类数据,确保从预算编制到竣工结算的每一个阶段都能在同一平台上高效监控与管理。项目团队成员可随时获取最新信息,从而避免信息孤岛的产生,解决数据不一致的问题,进而提高决策效率与准确性。信息化平台的另一大优势在于能够实现不同软件系统与工具的无缝对接^[2]。例如,预算编制软件、进度管理系统与质量控制工具等,通过平台集成实现数据共享。造价管理人员由此能基于全面的项目数据,做出更为精准的成本预测与决策。平台可自动从BIM模型中提取建筑材料、工期及人工成本等关键信息,并与实际施工进度进行对比分析,及时识别预算超支或进度滞后的潜在风险,从而提供有效的调整方案。此外,信息化平台的建设还推动了协同工作的优化及跨部门间的紧密合作。通过集成平台,设计人员、施工团队、项目经理与财务人员等可以实时共享项目数据与进展情况,减少了传统管理模式中由于信息滞后或沟通不畅所引发的延误与错误。各方的及时反馈与协作,不仅提升了

成本控制的精准性,也使得管理过程更加灵活与高效。

3.2 全生命周期成本管理的数字化实现

全生命周期成本管理的数字化实现,代表了建筑工程造价管理的重要创新。通过数字技术贯穿项目的各个阶段,从设计、施工到运营与维护全面优化与控制成本,该管理模式的核心在于对项目全生命周期内的成本进行系统监控与实时调整,从而确保各环节的支出得到合理安排,避免资源浪费与预算超支。数字化工具为全过程的成本管理提供了即时的数据支持,在项目规划阶段,BIM(建筑信息模型)技术帮助团队精确预测所需的资源,确保设计阶段的预算准确无误。随着项目进入施工阶段,项目管理平台实时跟踪施工进度、物资消耗及人工成本等各项数据,这些数据通过云平台得以及时更新,管理人员可随时访问,依据实际进展调整预算及时识别并纠正成本偏差。在运营与维护阶段,数字化技术的作用同样不可或缺,集成化的管理平台持续跟踪建筑物的运营成本,包括能源消耗、设备维修及日常维护费用等^[3]。对这些信息的持续积累与分析,除了为后期项目提供参考数据外,还通过大数据分析 with 人工智能算法预测未来的运营成本趋势,为后续的资源配置与成本控制提供科学依据。数字化全生命周期成本管理的优势之一在于其协同效应,所有项目数据集中存储于统一平台上,设计方、施工方、运营方等各参与方均可共享实时数据,推动跨部门、跨环节的无缝协作,信息的流畅共享不仅提升了工作效率,还增强了决策的科学性与灵活性。

4 结语

在数字化技术迅速发展的背景下,建筑工程造价管理正经历前所未有的变革。通过信息化平台的建设、全生命周期成本管理的数字化推进,以及数据驱动的成本预测与控制机制,建筑企业能够更高效、精准地管理项目成本,从而优化资源配置,提升工程的经济效益与可持续发展能力。数字化技术的引入不仅重塑了传统的造价管理方式,还为建筑行业的转型升级提供了强有力的技术支撑。随着技术的不断创新与应用深化,未来建筑行业的造价管理将愈加智能化、精准化,成为推动行业持续发展的关键驱动力。

【参考文献】

- [1]胡静,牛欣欣,张军.数字化背景下建筑工程造价管理新途径[J].科技与创新,2024(20):137-139.
 - [2]陈浪威.数字化背景下建筑工程造价管理发展策略探微[J].住宅与房地产,2024(29):49-51.
 - [3]宋佩佩.数字化背景下建筑工程造价管理创新措施研究[J].房地产世界,2024(17):86-88.
- 作者简介:王文浩(1993.6—),男,毕业院校:山东科技大学,学历:本科,所学专业:土木工程,当前就职单位:青岛市外国企业服务有限公司,职务:工程师,所在职务的年限(工程师4年,工龄10年),职称级别:工程师。

建筑旋挖钻孔灌注桩施工技术分析

郑雪明

杭州通达集团有限公司, 浙江 杭州 310000

[摘要] 旋挖钻孔灌注桩技术, 作为现代建筑基础施工的重要方法, 因其高效、稳定的施工特点, 在复杂地质环境中广泛应用。该技术依托旋挖钻机进行钻孔作业, 确保了桩基在不同土层中的快速施工及混凝土灌注过程的顺利完成, 从而提高了工程效率及桩基承载力。在近年来的建筑领域, 尤其是高层建筑、桥梁等重大项目的施工中, 旋挖钻孔灌注桩技术已成为解决传统施工方法难以应对的难题的有效手段。随着城市建设的蓬勃发展, 施工周期的缩短与成本控制的压力日益增大, 要求工程项目采用更加高效且稳定的施工技术。

[关键词] 旋挖钻孔灌注桩; 施工技术; 承载力; 质量控制; 技术创新

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15181

中图分类号: TU753.3

文献标识码: A

Analysis of Construction Technology for Rotary Drilling and Grouting Pile in Buildings

ZHENG Xueming

Hangzhou Tongda Group Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract: Rotary drilling and grouting pile technology, as an important method for modern building foundation construction, is widely used in complex geological environments due to its efficient and stable construction characteristics. This technology relies on rotary drilling machines for drilling operations, ensuring the rapid construction of pile foundations in different soil layers and the smooth completion of concrete pouring processes, thereby improving engineering efficiency and pile foundation bearing capacity. In recent years, in the field of construction, especially in the construction of major projects such as high-rise buildings and bridges, rotary drilling and grouting pile technology has become an effective means to solve the problems that traditional construction methods cannot cope with. With the vigorous development of urban construction, the shortening of construction periods and the increasing pressure of cost control require engineering projects to adopt more efficient and stable construction technology.

Keywords: rotary drilling and grouting pile; construction technology; carrying capacity; quality control; technological innovation

引言

在当前建筑工程中, 旋挖钻孔灌注桩技术, 以其卓越的施工效率与适应能力, 已逐渐成为众多建筑工程项目的首选桩基施工方法。尤其是在高层建筑、桥梁等对桩基承载力及稳定性要求较高的工程中, 该技术表现出强大的优势。通过旋挖钻机的钻进, 可以快速穿透不同土层, 并保持孔壁的稳定, 进而确保桩基的质量与承载能力。与传统桩基施工方法相比, 旋挖钻孔灌注桩技术在施工周期、施工精度等方面均具有明显优势。

1 旋挖钻孔灌注桩技术特点

旋挖钻孔灌注桩施工技术具有多方面的显著特点, 主要体现在以下几个方面: 首先, 施工效率高。旋挖钻机凭借其强大的钻孔能力, 能够快速穿透各种土层, 从而显著提高施工效率, 缩短施工周期。这种高效作业能够有效降低项目的总工期, 节省施工成本。其次, 承载力强。通过采用后注浆技术, 旋挖钻孔灌注桩能够增强桩基的承载能力, 确保桩基在复杂地质条件下依然能满足建筑物的设计需求, 尤其适用于高层建筑和重载结构。第三, 降低沉降。通过提高桩底土体的密实度, 能够有效减缓沉降速度, 降低建筑物结构在使用过程中产生不均匀沉降的风险, 从而提升

建筑物的稳定性和安全性^[1]。最后, 适用范围广。旋挖钻孔灌注桩技术能够适应多种地质条件, 包括软土地基、硬土层以及复杂的地下水环境, 具有极强的适用性。因此, 这种技术被广泛应用于各类建筑工程中, 如住宅、商业大厦以及桥梁等结构, 成为现代基础设施建设中的重要施工技术之一。

2 旋挖钻孔灌注桩施工工艺

2.1 钻孔施工过程

旋挖钻孔灌注桩的施工首先需进行地质勘察, 了解现场的土壤成分、地下水位、岩层特征等地质条件。这些数据帮助施工团队决定合适的钻机型号与技术看方案, 从而保证后续施工的顺利进行。在勘察后, 依据设计要求, 选择合适的旋挖钻机, 以确保高效且精确的钻孔。钻孔作业是整个桩基施工的核心。旋挖钻头在土层中旋转切割, 通过不断去除碎土来完成钻孔。为了防止土体阻塞钻头, 施工过程中需使用冲洗液。这不仅能清除钻孔内的泥浆, 还能提高孔壁的稳定性, 避免发生坍塌, 尤其是在地下水位较高或土质松软的环境下, 冲洗液的作用更为重要。钻孔的深度必须严格按照设计要求控制。孔深不足或过深都可能对桩基的承载能力产生不利影响。为了保证施工质量, 需要对钻孔深度进行精确监控。

2.2 灌注桩施工过程

钻孔作业完成后,接下来是钢筋笼的安装及混凝土灌注环节。钢筋笼的安装要求精确定位,确保其垂直度与设计一致。安装后,施工人员将对混凝土的灌注进行控制,确保其均匀性与连续性。灌注过程中,混凝土必须顺畅地填充整个桩孔,避免出现空洞或不均匀现象。为了保证混凝土灌注的质量,通常通过压力泵将混凝土注入桩孔,并维持适当的压力与流速。混凝土灌注时,桩底的土体受到较大的压力,因此需要精确控制灌注速度。如果灌注速度过快,混凝土流动过快,可能导致固化质量差;如果灌注过慢,则可能导致桩孔内的混凝土未能完全填充,影响桩基的承载力^[2]。养护过程中,需要控制混凝土的温湿度,以避免过快干燥造成裂缝。此阶段直接影响混凝土强度的提升与桩基的稳定性,保证其在后续使用中的长期安全性。灌注后的桩基必须进行质量检测,常见的检测方法包括静载荷试验、动载荷试验及超声波检测等,这些技术能有效检验桩基的承载力及稳定性,确保施工质量达到标准。

3 旋挖钻孔灌注桩施工技术的优势

3.1 高效性分析

与传统桩基施工方法相比,旋挖钻孔能够在较短的时间内完成钻孔任务,尤其在软土和中硬土层中表现出较高的钻进速度。钻头通过旋转切割土层,使得施工进度得到加快。对于大规模施工项目而言,缩短工期所带来的经济效益尤为明显。减少的时间成本、人工费用及设备使用成本,能有效降低整体施工成本,从而提升项目的经济性。

3.2 环境影响分析

与传统施工方法相比,旋挖钻孔灌注桩技术在环保方面具有独特优势。传统钻孔方法往往伴随较高的噪音与振动,而旋挖钻孔技术的噪音和振动水平较低,这对于城市建设中的项目尤为重要。尤其是在居民区或商业区附近,低噪音的施工方式减少了对周围环境的干扰,符合绿色施工的要求。此外,旋挖钻孔技术使用的冲洗液为环保型材料,能够有效降低施工过程中的废水排放。冲洗液的循环利用有助于减少对土壤和水源的污染,同时保证施工现场的清洁。

3.3 适用性分析

旋挖钻孔技术的适应性非常强,无论是软土、硬土、黏土,还是碎石层、地下水位较高的区域,旋挖钻孔技术均能有效解决传统方法所面临的施工难题。在这些特殊环境中,旋挖钻孔能够提供更加可靠的施工方案,确保桩基的施工质量。该技术能够适应多种类型的建筑项目,包括高层建筑、桥梁、隧道等。这种适应性使得旋挖钻孔灌注桩技术成为多领域、多种类型项目中理想的施工选择。

3.4 施工成本分析

尽管旋挖钻孔灌注桩技术的初期投入较高,主要体现在设备采购及维护费用上,但其在施工过程中展现的高效性能够有效降低整体成本。通过减少施工周期,降低人工费用、设备费用及管理费用,旋挖钻孔技术能够显著节省项目总成本^[3]。尤其在大型工程项目中,施工周期的缩短

带来巨大的成本优势。此外,旋挖钻孔技术的机械化程度较高,人工操作的误差较少,有效提高了施工质量。通过减少由于人为因素造成的施工问题,避免了返工及修复带来的额外费用,进一步降低了项目的成本。

4 旋挖钻孔灌注桩施工中的常见问题

4.1 钻孔质量问题

施工过程中,若出现钻孔偏斜或孔壁塌陷,可能导致桩基无法满足设计要求,影响工程质量。钻孔偏斜的发生往往与土层不均匀或施工工艺不当有关,偏离的垂直度使得后续钢筋笼的安装与混凝土灌注难以精准执行,从而降低桩基的承载能力。孔壁塌陷则多由地下水位较高或土质松散引起。塌陷后,孔内的混凝土灌注将受到阻碍,造成桩基强度不足,影响其长期稳定性。

4.2 灌注不均问题

在灌注过程中,若混凝土未能充分填充整个桩孔,或在过程中滞留气泡,桩基的密实性将受到破坏,降低其承载能力。气泡未及时排除,将在桩基内部形成空隙,进一步影响其稳定性。在地质条件复杂的施工现场,灌注过程的控制更为困难,若操作不当,混凝土灌注不均的情况可能更加严重。

4.3 工期延误问题

气候条件,尤其是恶劣天气如降雨或高温,往往会对施工进度产生直接影响。降雨使得土层松动,导致施工效率下降,且可能增加施工现场的安全隐患。高温天气则会使混凝土凝固过快,影响灌注质量。此外,复杂的地质环境,如松软土层或较高的地下水位,也会拖慢钻孔速度,延长施工周期。未能及时识别并应对这些问题,可能导致工期延误。

4.4 施工安全问题

施工现场的安全隐患主要体现在机械设备的操作、人员的操作规范以及电气设施的安全性。旋挖钻机是施工中的核心设备,若操作不当或设备故障,可能导致人员受伤或设备损坏。在复杂地质条件下,钻孔过程中的操作难度增加,任何失误都可能引发事故。此外,电气设备的安全问题也不可忽视,尤其是临时电气设施的安装与使用,若不符合安全规范,可能引起电气故障、火灾或触电事故。

5 旋挖钻孔灌注桩施工技术的改进与创新

5.1 机械化设备的创新

传统施工方法往往依赖于大量人工操作,不仅施工周期较长,且难以确保质量的稳定性。随着科技的进步,现代机械设备的引入使得施工效率大幅提高,且施工精度得到了显著增强。液压驱动旋挖钻机的使用,能够应对不同地质条件,在保证稳定工作的前提下加快施工进度。液压系统具有自适应调节功能,可根据现场的实际情况调整参数,从而在复杂地质条件下保持钻孔的高效稳定性。与此同时,智能控制系统的加入,使得钻进过程的每个环节都能得到实时监控与调整,有效提升了施工精度,减少了人为因素对施工质量的影响。在灌注工艺方面,创新型灌注设备的应用,使得混凝土能够均匀、精准地灌注到桩孔内,避免了传统方法中

出现的气泡滞留及灌注不均问题,从而保证了桩基的强度与承载力。自动化控制系统不仅能够实时监控混凝土的配比,还可以调整灌注速率,确保灌注过程的连续性与一致性。

5.2 施工方法的改进

传统施工方法在面对复杂的地质条件时,往往难以保持施工质量的一致性,从而导致许多问题的发生。而新型施工方法通过改进钻孔工艺、优化施工流程等手段,显著提高了施工效率与质量。钻孔工艺方面,新的钻头设计与钻进参数的优化,使得钻机能够在各种土层中稳定运行,避免了传统方法中出现的孔壁坍塌与钻孔偏斜问题。尤其是在软土层和复杂地质环境中,使用泥浆护壁技术能够有效地防止孔壁塌陷,保证桩孔的稳定性。同时,灌注技术的不断优化,使得混凝土的灌注更加均匀,避免了空洞和不均匀灌注的问题,确保了桩基的密实性与承载力。施工流程的改进也在不断推动施工效率的提高。例如,在钢筋笼安装过程中,使用机械化设备代替人工操作,不仅提高了安装速度,还保证了钢筋笼的准确性与稳定性。此外,钢筋笼的预制与提前安装,也减少了钢筋安装过程中对混凝土灌注的影响,从而缩短了施工周期。

5.3 自动化与智能化技术的应用

自动化与智能化技术的应用,是旋挖钻孔灌注桩施工技术创新的重要组成部分,不仅显著提高了施工效率,也提高了施工精度,减少了人为失误的可能性,同时增强了施工安全性。现代旋挖钻机普遍配备了智能控制系统,能够通过传感器实时获取钻进数据,依据现场实际情况自动调整钻进参数。同时,智能监控系统能够持续跟踪施工状态,通过数据反馈调整施工方案,确保每一环节都符合设计要求。在桩基质量的检测中,通过无人机巡检、激光扫描、超声波检测等新技术,施工质量得到了全面的监控,从而保证施工质量。此外,智能监控系统还能在出现危险或异常情况下,第一时间发出警报,确保施工人员的安全。

6 旋挖钻孔灌注桩施工技术的质量控制

6.1 施工质量监控体系

建立一套完善的施工质量监控体系,是确保旋挖钻孔灌注桩施工质量的基础。施工质量的控制需贯穿整个过程,包括施工前的地质勘察、施工中的实时监控,以及施工后的质量验收。每一个环节的质量把控,都为最终的施工质量提供了保障^[4]。施工前,地质勘察是最基础且最关键的步骤,精准的地质勘察能够为施工方案的合理性提供数据支持。通过对地质条件的分析,施工方案能够根据实际情况进行调整,以应对现场可能出现的复杂情况。施工过程中的质量控制更为重要,钻孔与灌注是两个关键环节,施工过程中,实时数据采集与监控系统对钻孔深度、钻孔质量、灌注质量等进行全面检测,确保每个环节符合标准。最终,施工后的质量验收同样不容忽视。通过详细的质量检测与分析,确保施工的各个环节都符合设计要求,并对施工中可能存在的问题进行及时处理。整体质量监控体系的完善,能有效确保施工质量,避免了因个别环节失控而影响整体质量的风险。

6.2 质量控制的关键点

在旋挖钻孔灌注桩施工中,质量控制的关键点集中在两个方面:钻孔过程与混凝土灌注过程。钻孔质量的控制,主要集中在钻孔的垂直度、孔深及孔壁稳定性。任何一点偏差,都可能影响桩基的强度与稳定性。因此,施工时需要对钻孔参数进行精确控制,并采用先进的技术,如泥浆护壁或水泥浆保护技术,来防止孔壁的坍塌。与此同时,对钻孔深度的控制也是一项重要任务,钻孔深度必须与设计要求一致,以保证桩基的承载能力。灌注时,应确保混凝土均匀灌入桩孔,避免出现空洞或不均匀的现象。灌注过程中,任何因混凝土不均匀或气泡滞留造成的缺陷,都可能直接影响桩基的质量。此外,钢筋笼的安装也是质量控制的关键环节,钢筋笼的准确安装,不仅影响桩基的稳定性,还决定了桩基的受力状态。

6.3 质量检测方法与技术

现代化的质量检测方法,不仅对施工过程中的关键环节进行严格把关,还通过数据分析与智能反馈,及时发现潜在问题并进行调整。传统的质量检测方法主要依赖于人工检查,虽然能够提供基础的数据支持,但效率较低,且容易受到人为因素的影响。近年来,激光扫描、超声波检测、无人机巡检等新技术的应用,使得质量检测工作变得更加精确与高效。激光扫描技术能够全面获取桩基的尺寸与形状数据,确保桩基符合设计要求。超声波检测则能够深入检测桩身的内部质量,及时发现混凝土中可能存在的空隙或裂缝问题。无人机巡检则通过高空拍摄,提供了对施工现场的全面视角,有助于及时发现施工中的安全隐患或质量问题。

7 结语

旋挖钻孔灌注桩技术,凭借其较高的施工效率与优异的适应性,已在多种建筑项目中取得了显著应用,特别是在高层建筑、桥梁等复杂地质条件下的项目中,展示了其独特的优势。随着施工技术的不断发展,对高效、安全、精确施工的需求愈发迫切,旋挖钻孔灌注桩技术的应用前景广阔,必将在未来的基础设施建设中发挥更为重要的作用。随着智能化与自动化技术的不断发展,旋挖钻孔灌注桩技术的施工效率与质量控制水平有望得到进一步提升。

【参考文献】

- [1]何嘉齐.钢套管钻孔灌注桩施工对邻近既有地铁隧道的影 响研究[D].广西:广西大学,2020.
- [2]李正义,李俊龙,甘超,等.旋挖钻孔灌注桩在建筑桩基工程 施 工 中 的 应 用 [J]. 建 筑 技 术 开 发,2022,49(13):153-155.
- [3]曾梅.旋挖钻孔灌注桩后注浆法在建筑工程桩基础施 工 中 应 用 研 究 [J]. 科 技 资 讯,2023,21(3):89-92.
- [4]丁奎.旋挖钻孔灌注桩施工常见质量问题及对策探讨 [J]. 工程与建设,2023,37(2):654-656.

作者简介:郑雪明(1978.12—),毕业院校:中国地质大学(武汉),土木工程(建筑工程),本科,现工作单位:杭州通达集团有限公司,职称:工程师。

全生命周期质量管理理念下的建筑工程管理研究

周 峰

江苏省宝应产业控股集团有限公司，江苏 扬州 225800

[摘要]随着建筑行业的快速发展，建筑工程的规模和复杂性不断增加，如何有效确保建筑项目各阶段的质量控制已成为行业的核心问题。全生命周期质量管理（LCCQM）作为一种创新的管理理念，强调在项目的各个阶段—从初期的设计、施工到后期的运营与维护—实施持续的质量监控与管理。这一方法通过系统化、动态化的质量控制机制，确保了建筑项目在整个生命周期内的质量稳定性与可持续性，最大限度地减少质量问题的发生，并提高项目的长期使用价值和经济效益。

[关键词]全生命周期质量管理；建筑工程；质量控制；管理策略；建设周期

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15178

中图分类号: TU375

文献标识码: A

Research on Construction Project Management under the Concept of Whole Life Cycle Quality Management

ZHOU Feng

Jiangsu Baoying Industrial Holdings Group Co., Ltd., Yangzhou, Jiangsu, 225800, China

Abstract: With the rapid development of the construction industry, the scale and complexity of construction projects continue to increase. How to effectively ensure quality control at all stages of construction projects has become a core issue in the industry. Life Cycle Cost Quality Management (LCCQM), as an innovative management concept, emphasizes the implementation of continuous quality monitoring and management at various stages of a project, from initial design and construction to later operation and maintenance. This method ensures the quality stability and sustainability of construction projects throughout their entire life cycle through a systematic and dynamic quality control mechanism, minimizing the occurrence of quality problems and improving the long-term value and economic benefits of the project.

Keywords: whole life cycle cost quality management; architectural engineering; quality control; management strategy; construction cycle

引言

建筑工程项目往往涉及设计、施工、运营等多个阶段，其质量管理不仅要控制单一阶段的质量，更应关注工程全生命周期内的质量保证。随着建筑行业对可持续性和高质量建设的要求不断提高，传统的质量管理模式已无法满足现代建筑项目对质量、时间与成本的综合需求。全生命周期质量管理（LCCQM）作为一种新兴的质量管理理念，能够全面覆盖建筑工程的各个阶段，确保质量从规划到竣工，再到后期运营和维护的全过程中始终得到有效控制。本文将深入研究全生命周期质量管理在建筑工程中的应用及其管理策略。

1 全生命周期质量管理理念概述

1.1 全生命周期质量管理的定义

全生命周期质量管理（LCCQM）是指在建筑工程的整个生命周期内，通过规划、设计、施工、运营、维护和拆除各个阶段的持续质量控制与管理，以确保工程质量符合预期要求，并能够在各个阶段的转换过程中保持一致性和可持续性。LCCQM 理念不仅关注最终的建筑成品质量，还考虑到在不同生命周期阶段中不同因素对质量的影响，如原材料采购、施工工艺、后期维护等^[1]。

1.2 全生命周期质量管理的特点

（1）系统性：全生命周期质量管理强调工程的全程

控制，从设计阶段开始，到施工、运营直至维护阶段进行全面管理，形成闭环的质量保障体系。

（2）动态性：在不同阶段，由于需求、环境等因素的变化，质量管理应具有灵活性，能够根据实际情况进行调整，确保每个阶段的质量目标都能得到实现。

（3）可持续性：全生命周期质量管理关注建筑的长期使用效益，包括能源消耗、环境影响、设备维护等，确保建筑物能够实现长周期的稳定运营。

2 全生命周期质量管理在建筑工程中的应用

2.1 设计阶段质量管理

设计阶段是建筑工程全生命周期中的核心环节，它直接决定了项目的施工进度、成本控制以及后期运营的质量和安全性。因此，加强设计质量标准的制定和执行尤为重要，确保设计方案不仅符合行业标准和法律法规要求，还能满足实际的使用功能和环境适应性。在设计初期，应根据项目的特点和功能需求，明确建筑的质量要求。例如，结构安全是设计中首要考虑的因素之一，要通过科学的设计手段确保建筑物的稳固性和耐久性；功能需求则需要根据使用者的实际需求进行精准布局，确保空间利用的最大化；同时，建筑的环境适应性也是设计中不可忽视的方面，应考虑建筑与周围环境的融合，尤其是节能、环保等可持续

发展需求。为了确保设计方案的合理性和可行性,项目组应组织设计评审会,邀请行业内的专家、相关部门人员以及项目利益相关方共同参与,充分听取各方面的意见和建议。在评审过程中,专家们可以对设计方案的各个环节进行细致分析,及时发现潜在的质量风险,并提出优化方案。这种评审机制有助于在设计阶段就对潜在问题进行预防,避免在施工阶段出现重大设计缺陷,减少后期修复的成本和工程延期^[2]。

2.2 施工阶段质量管理

施工阶段是建筑工程中至关重要的一环,直接关系到设计意图的落实以及项目的最终质量。在这个阶段,质量控制的核心任务是对施工材料、施工工艺和施工人员的管理,确保每一个环节都符合标准,以实现建筑工程的预期效果。施工材料是建筑质量的基础,对材料的管理必须严格把关。所有的原材料在进入施工现场前,应进行详细的检验和测试,确保其符合设计要求和国家相关的质量标准。例如,钢材、水泥等材料的强度、耐久性等都需要符合规范,避免因材料问题导致建筑物的质量隐患。同时,在施工过程中,应进行适时的材料检验,确保每一批次材料在使用前都符合标准,以保证整体工程质量。

施工工艺的管理至关重要。每一个施工工序都需要严格按照设计要求和规范进行操作。通过实时监控施工进度与质量,可以及时发现偏差并进行调整。例如,使用 BIM(建筑信息模型)技术,可以将施工现场的各类数据与设计方案进行对接,实时跟踪施工进度,监控每一个工艺环节的执行情况。通过 BIM 技术,施工团队可以及时识别潜在的质量问题并进行调整,从而确保施工过程中的工艺流程符合设计要求,避免出现施工错误。最后,施工人员的管理与培训也是质量控制的重要一环。为确保施工人员能够按照标准操作,施工单位应定期组织培训和技能提升,提升工人的专业素质和操作水平。通过增强工人的技术能力和质量意识,减少人为失误,进一步提高施工质量^[3]。

2.3 运营与维护阶段质量管理

建筑投入使用后,运营和维护阶段的质量管理成为确保建筑长期使用价值的关键因素。此阶段的质量控制不仅影响建筑的功能性和舒适度,还关系到建筑物的使用寿命、维修成本以及使用者的满意度。因此,建筑运营和维护阶段的质量管理需要综合运用技术手段、管理制度和用户反馈,以实现建筑资源的最优利用和持续价值的最大化。智能化系统的应用为建筑设施的实时监控提供了强有力的支持。通过安装各种传感器和监测设备,可以实时跟踪建筑物内部的各项设施,如空调、电梯、水管、电力等系统的运行状况。一旦出现设备故障或系统异常,智能系统能够及时发出预警,通知维修人员进行修复,避免问题进一步扩大。这种实时监控不仅能提高建筑设施的运行效率,还能减少由于设备故障造成的突发性停运或安全隐患,保

障建筑物的正常使用。

为了保证建筑设施的长期稳定运行,必须建立健全的定期检查和保养制度。定期的检查可以帮助发现潜在的故障问题,及时进行维护和修复,防止小问题变成大问题。保养措施的实施有助于延长建筑设施的使用寿命,减少不必要的维修开支。此外,建立完善的档案管理系统,对每次维修、保养和检查的记录进行归档,也为未来的管理和决策提供了可靠的数据支持。另外,收集使用者的反馈信息是建筑运营管理的重要组成部分。通过定期征询使用者的意见和建议,管理方可以了解建筑的实际使用情况,及时调整运营策略和维护方案。例如,使用者可能反馈温控系统的不舒适或设施的损坏,管理团队可以根据这些信息进行改善措施,确保建筑在长期使用中始终保持良好的功能性和舒适度^[4]。

3 全生命周期质量管理策略的实施

3.1 加强全过程信息化管理

全生命周期质量管理的实施是建筑工程项目中至关重要的环节,它贯穿于设计、施工、运营和维护等各个阶段。要实现高效的质量管理,信息化手段的应用尤其重要,特别是在施工阶段。通过引入先进的技术工具,如 BIM(建筑信息模型)技术和建筑物信息管理系统(AIMS),可以实现对工程质量的精确控制和实时监控,从而提高施工过程的可控性与透明度。BIM 技术作为一种革命性的建筑信息化工具,能够将建筑项目的各类信息通过数字化的方式进行可视化展示。施工阶段,通过 BIM 模型,项目管理者可以实时查看建筑设计、结构、施工进度等各类信息,及时发现潜在的质量问题并进行调整。BIM 技术能够帮助施工团队精准了解施工中的每一个细节,避免因信息不对称或误解导致的施工偏差,从而确保工程质量达到预期要求。

建筑物信息管理系统(AIMS)能够将建筑物的各类数据集成与管理,实时跟踪施工进度、材料使用情况、质量检查等关键环节。通过 AIMS 系统,项目团队可以随时了解施工中各项质量数据,并进行动态调整。例如,系统可以实时监控建筑材料的质量合格率、施工工艺的标准执行情况等,一旦发现问题,系统会自动预警,及时通知相关人员采取措施进行修复或调整。此外,信息化手段还可以通过数据分析,帮助施工团队进行风险预测与管理。利用施工过程中积累的数据,项目管理者可以分析施工质量的趋势,提前识别可能出现的质量风险,采取预防性措施,从而降低不必要的风险和成本^[5]。

3.2 跨部门协作与沟通机制的建立

全生命周期质量管理强调在建筑工程的各个阶段,设计部门、施工团队、运营方和维护人员之间的紧密协作和信息流通。每个环节的质量管理不仅影响本阶段的工作质量,还直接影响到后续阶段的实施和建筑物的长期使用价

值。因此,确保各部门之间信息的顺畅流通至关重要,只有通过有效的沟通与协作,才能保证每一阶段的质量要求和控制措施都能顺利传递并执行下去。在设计阶段,设计部门需要充分理解项目的质量标准和需求,并根据这些要求制定详细的设计方案。然而,设计方案的质量控制并非一次性完成,它需要与后续施工和运营维护阶段进行对接。因此,设计部门应将设计数据、质量控制标准、技术要求等信息及时共享给施工团队和运营维护人员。这不仅可以帮助施工方准确理解设计意图,减少施工阶段的错误和偏差,还能为后期运营和维护提供清晰的指导。

施工团队在实施过程中,需要根据设计要求进行质量控制,同时将施工进度、材料使用、质量检验等信息及时反馈给设计部门和运营方。施工过程中的任何问题或变化,都需要快速传递给相关人员,以便及时调整方案或采取措施,避免对后续阶段产生不利影响。施工阶段的信息传递不仅保证了设计的执行,更为建筑的长期使用和维护打下基础。运营方和维护人员的作用同样重要,他们在建筑投入使用后的管理和维护过程中,需要根据设计和施工阶段的信息,确保设施的正常运转和定期维护。维护人员应定期反馈设施运行状态,报告潜在故障或需要修复的问题,这些反馈信息应传递回设计部门,以便对设计方案进行改进或调整,以适应建筑物的实际使用需求。

综上所述,全生命周期质量管理要求各部门之间保持紧密的协作与信息流通。通过及时、准确的沟通,确保每个阶段的质量控制措施得到有效传递和执行,从而保证建筑项目的顺利进行和建筑物的长期使用效果。

3.3 质量管理人员的专业化培训

为了实现全生命周期质量管理的目标,建筑企业必须加强对质量管理人员的培养和提升。这是因为质量管理是一个涉及设计、施工、运营和维护等多个阶段的复杂过程,需要专业化的质量管理人才来负责实施和监督。专业的质量管理人员不仅需要具备丰富的建筑工程知识,还应当熟练掌握各种质量管理方法、工具和技术,才能有效地对建筑项目进行全方位的质量控制,确保每个阶段的质量目标能够达成。质量管理人员要具备扎实的理论基础和实际操作能力,能够理解和应用质量管理的基本原理。比如,他们需要掌握常见的质量管理工具和方法,如六西格玛、质量功能展开(QFD)、故障模式与影响分析(FMEA)等,这些工具能够帮助他们系统地分析和解决项目中的质量问题,确保建筑项目从设计到施工再到运营的每个环节都能

符合质量要求^[6]。

质量管理人员还需要掌握现代化的信息技术和管理工具。例如,BIM(建筑信息模型)技术、建筑物信息管理系统(AIMS)等先进工具为质量管理提供了数据支持和可视化手段,使管理人员能够实时监控项目进展、检测质量问题并作出及时调整。专业的质量管理人员需要具备使用这些技术工具的能力,将其与传统的质量管理方法结合,提升质量控制的效率和准确性。此外,质量管理人员还要具备沟通协调能力。建筑项目的质量管理涉及多个部门和人员的协作,质量管理人员需要能够有效地与设计团队、施工方、运营方以及维护团队进行沟通,确保各方信息的准确传递和工作的一致性。通过及时反馈问题和提出改进意见,他们能够推动各环节的质量持续改进,保障整个项目的质量目标能够顺利实现。

4 结语

全生命周期质量管理理念为建筑工程提供了一种全面、系统的质量控制框架,涵盖了从设计、施工到运营维护的每个阶段。通过精确的质量控制和科学的管理策略,可以确保建筑工程的质量在整个生命周期中得到持续保障。随着技术的进步,信息化手段将在全生命周期质量管理中发挥越来越重要的作用。建筑企业应加强质量管理的专业化培训,提升人员的综合能力,为建筑行业的可持续发展奠定基础。

【参考文献】

- [1]丛炜桐.绿色建筑全生命周期建设工程管理和评价体系研究[J].中国招标,2025(1):165-168.
- [2]邢红梅.试论基于全生命周期质量管理理念下的建筑工程管理[J].城市建设理论研究(电子版),2019(8):50-25.
- [3]李维.全生命周期管理在绿色建筑工程中的应用研究[J].房地产世界,2024(13):77-79.
- [4]吴妍.试论基于全生命周期质量管理理念下的建筑工程管理[J].中外企业家,2019(19):111.
- [5]赵小林.基于全生命周期的房地产项目质量管理研究[D].广东:广东工业大学,2019.
- [6]祝金智.建筑工程全生命周期造价管理策略研究[J].房地产世界,2024(17):95-97.

作者简介:周峰(1990.9—),单位名称:江苏省宝应产业控股集团有限公司,毕业学校和专业:苏州科技学院天平学院。

论建筑结构设计技术优化的研究与应用

邵 帅 种传超

枣庄市建筑设计研究院, 山东 枣庄 277000

[摘要] 建筑结构是指由屋架、柱、梁、板等构件组成的能够承受各种作用的体系。建筑结构设计关乎着建筑结构的安全性、适用性以及耐久性, 建筑结构设计技术优化能够更好地保障设计效果, 是提升建筑质量的关键, 同时也是降低工程造价以及提升建筑综合效益的重要措施。本篇文章分析了建筑结构设计技术优化要点, 并结合工程案例对优化技术在建筑结构设计中的应用进行探究。

[关键词] 建筑结构设计; 整体结构; 基础结构; 细部结构

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15208

中图分类号: TU318

文献标识码: A

Research and Application of Technical Optimization in Architectural Structure Design

SHAO Shuai, CHONG Chuanchao

Zaozhuang Architectural Design and Research Institute, Zaozhuang, Shandong, 277000, China

Abstract: Building structure refers to a system composed of components such as roof trusses, columns, beams, and slabs that can withstand various effects. The design of building structures is related to the safety, applicability, and durability of the building structure. Optimizing the design technology of building structures can better ensure the design effect, which is the key to improving the quality of buildings. At the same time, it is also an important measure to reduce project costs and enhance the comprehensive benefits of buildings. This article analyzes the key points of optimizing building structure design technology and explores the application of optimization technology in building structure design through engineering cases.

Keywords: architectural structure design; overall structure; infrastructure; detailed structure

引言

建筑结构设计技术关乎着建筑结构设计效果, 同时也是建筑项目整体质量以及综合效益的重要影响因素。通过对建筑结构设计技术优化, 能够更好地保障建筑结构设计技术的先进性与合理性, 有助于提升设计效果。这对于提升建筑质量、降低工程造价等至关重要。近年来, 随着我国建筑行业的快速发展, 建筑结构设计技术优化也受到了广泛关注, 因此针对建筑结构设计技术优化方面的研究具有重要的现实意义。

1 建筑结构设计技术优化要点

1.1 建筑与结构设计相协调

现代社会背景下, 传统的建筑结构设计已经难以满足人们对建筑功能多样化、个性化的需求。现代建筑设计过程中, 既要保证功能与空间结构方面的要求, 也要注重美观效果, 使建筑同时具备实用、安全、节能以及美观等方面的特征。这无疑会给建筑结构设计带来更大的挑战, 为保证建筑结构设计效果, 需要在建筑结构设计过程中综合考虑建筑节能、建筑美观、建筑安全以及建筑性能等方面因素, 做到建筑与结构相协调, 这样才能使建筑结构设计更加合理, 更好地满足人们对建筑功能多样化以及个性化的需求。

1.2 设计方案与施工相协调

设计方案是建筑施工的重要依据, 建筑施工是将设计

方案转化为建筑实体的过程, 因此设计方案与建筑施工之间有着密切的关系, 设计方案的科学性与合理性直接关乎着施工效果与建筑质量。在建筑结构设计过程中, 应充分考虑后续的施工需求, 在保证设计方案科学性的同时尽量为施工提供便利。以往建筑结构设计往往都以满足设计规范要求为目的, 建筑结构设计过程中未能充分考虑施工中可能出现的问题, 不仅增加了施工的难度, 而且容易影响施工安全与施工质量。之所以会出现这种情况, 主要原因在于建筑结构设计施工脱节。为避免出现类似问题, 在建筑结构设计过程中, 要保障设计方案与施工相协调, 充分考虑施工中可能出现的问题, 并在设计方案中提前解决, 为接下来的施工提供便利。

1.3 设计与绿色节能相结合

绿色建筑是建筑行业发展的主流趋势, 在建筑结构设计过程中, 应与绿色节能相结合, 降低建筑能耗, 推动绿色建筑发展。在建筑结构设计过程中应尽量选用环保材料与节能技术, 降低建筑工程建设过程中的能耗与污染, 在提升能源利用率的同时实现建筑与环境的和谐相处。如果通过对建筑的合理选址、合理选择建筑材型、合理设计围护结构保障建筑的通风与采光效果, 降低建筑内部环境调节能耗, 实现建筑节能。再比如, 针对建筑维护结构, 可以通过调整窗户位置、窗户大小、应用新型低辐射玻璃等方式

实现建筑节能。还可以通过打造建筑周围绿化景观的方式改善建筑室外环境条件。除此之外,在建筑结构设计过程中,还应借助高强度钢材等可循环利用的绿色、无害化材料来减少建筑工程建设对环境造成的污染。

2 建筑结构设计技术的优化

建筑结构设计,要想实现建筑与结构相协调、设计方案与施工相协调、设计与绿色节能相结合,需要对建筑结构设计技术进行优化,将新型项目管理模式以及 BIM 技术、参数化设计等先进技术与建筑结构设计相结合,提升建筑结构设计水平与效果。

2.1 新型项目管理模式与建筑结构设计相结合

EPC 是一种新型项目管理模式,EPC 分别代表着设计、采购与施工,在建筑结构设计过程中,采用 EPC 项目限额设计的形式,实现设计、采购、施工串联式管理,有助于设计方案与施工相协调。在建筑结构设计之前,由设计部、采购部以及施工部负责人共同组成价值评定小组,对项目设计、采购与施工进行统一管理,避免设计与采购、施工相脱离。在设计过程中综合考虑后续施工问题与施工难点,并通过优化设计方案的方式为后续的施工提供便利。通过这种方式,可以使采购与施工部门直接参与到建筑结构设计之中,可以在保证设计方案科学性的基础上为采购和施工奠定基础。

除了 EPC 模式之外,还可以将 PMC 模式与建筑结构设计相结合,实现建筑结构设计技术优化。PMC 模式主要涉及生产管控与物料控制,借助 PMC 对建筑结构设计各阶段进行管理,能够更好地保障建筑结构设计的效果。如在施工图设计阶段,通过对施工图与施工图说明的审查,判断施工图设计是否合理,是否存在缺漏,是否与初步设计一致等,明确施工图设计深度是否与建筑工程质量标准要求相契合等。将 PMC 模式与建筑结构设计相结合,加强了对建筑结构设计的管控,能够及时发现并完善设计中的问题与不足,进而更好地保障建筑结构设计的效果。

2.2 BIM 技术与建筑结构设计相结合

BIM 即建筑信息模型,BIM 技术凭借自身信息化、可视化等方面的优势在建筑领域已经得到了广泛应用。在建筑结构设计中应用 BIM 技术,可以帮助设计师更好地理解 and 模拟设计效果,有助于提升建筑结构设计效率和效果。BIM 技术是信息时代以及大数据时代的产物,其不仅带来了技术层面上的变革,同时也推动着建筑行业尤其是设计领域的变革。将 BIM 技术与建筑结构设计相结合,是建筑结构设计技术优化的有效措施。

在建筑结构设计中,BIM 技术的应用能够起到模拟性、可视化、协调性的作用,能够通过三维模型展示建筑设计成果,帮助设计师及时发现并调整设计中的问题与缺陷,更好地保证设计效果,避免对后续的施工以及建筑工程质量产生不利影响。应用 BIM 技术不仅可以模拟出建筑空间

布局效果,同时也能对建筑结构的受力情况进行模拟,可以帮助设计师在保证建筑结构安全的基础上对建筑空间进行调整与优化,最大限度地满足建筑功能要求。还可以利用 BIM 技术可视化的优势对建筑空间装饰元素、色彩等进行优化,提升建筑空间布局上的美观性。除此之外,应用 BIM 技术可以对施工过程进行模拟,并辅助设计师统计建筑材料数量与种类等,并在此基础上准确预测工程成本,为限额设计奠定基础。

BIM 即建筑信息模型,是建筑信息的集成,包括建筑材料、建筑空间利用率等方面的信息。以往不同专业之间存在的信息错误与遗漏是建筑设计领域长时间面临的难题。BIM 技术不仅实现了建筑信息的集成,而且实现了建筑信息的高效共享,利用 BIM 技术实现了不同专业的协同设计,进而更好地保障建筑结构设计效果。现代建筑规模更大、结构更多样、受力环境更复杂,这会在很大程度上增加建筑结构设计的难度。应用 BIM 技术,可以进行虚拟化建模,以三维模型的形式呈现建筑整体结构,辅助设计师进行荷载受力分析。由此可见,在 BIM 技术的支持下,不仅能够更好地保障建筑结构设计效果,同时也能在很大程度上降低建筑结构设计的难度。

2.3 参数化设计与建筑结构设计的结合

参数化设计是指采用修改初始条件的方式,通过计算机得到工程结果的设计方式,参数化设计实现了设计过程自动化,对于提升设计效率与设计效果均具有重要意义。在设计软件的支持下,能够实现参数化建模、参数化计算以及参数化优化。以 Grasshopper 参数化平台为例,这是当前建筑结构设计中应用比较广泛的软件平台,借助该平台设计师可以快速建模,能够在很大程度上提升建模效率。与此同时,设计师还可以结合模型特性进行定量分析,更好地保障设计方案的科学性。借助参数化找形工具,设计师可以进一步优化建筑细部结构设计。以 Grasshopper 参数化平台为依托,结构设计师与建筑总设计师可以通过参数化逻辑进行交互,真正实现建筑与结构设计相协调。

2.4 装配式建筑结构设计技术优化

装配式建筑结构设计是指借助计算机技术对建筑结构进行数字化建模,并采用模块化设计理念,科学拆分构件结构,最后由工厂完成构件的预制加工并在施工现场完成安装拼接。装配式建筑是建筑行业发展的主流趋势,装配式建筑结构不仅施工效率高,而且建筑造价低,并且资源消耗少,对环境的影响小。

科学拆分构件结构是装配式建筑结构设计的关键,构件拆分既要考虑构件生产要求、构件运输要求,也要综合考虑安装施工要求等。以往装配式结构设计按照先整体结构再局部结构的流程进行设计,设计效率低,并且难以保证设计效果。针对这种情况,可以通过引入 BIM 等技术的形式来实现装配式建筑结构设计技术的优化。利用 BIM

技术精准计算构件尺寸,保证构件精度,设计完成后可以通过三维立体模型的方式展示设计构件设计效果以及拼装效果等。通过虚拟拼装的方式检验构件冲突等问题,并通过参数调整等方式对设计进行优化,提升设计精度,为构件的生产以及拼装施工等提供便利,同时为工程质量提供保障。

3 优化技术在建筑结构设计中的应用

3.1 工程概况

本文以某建筑工程为例,探究优化技术在建筑结构设计中的应用。该建筑为高层办公楼,该建筑位于城市繁华地带,受土地有限以及市区拓展难度大等因素的影响,使得该项目所在地为狭长且有限的地块。为保证建筑功能完善,确保建筑稳定与安全,同时也为了充分利用有限的土地资源,需要对建筑结构设计进行优化。

3.2 优化目标

通过对建筑结构设计的优化,旨在提高空间利用效率、提高结构稳定性以及降低建筑材料的消耗。通过优化在有限的地块最大化建筑使用面积,以便更好地满足业主对办公空间的需求。通过建筑结构设计的优化,提升建筑的抗风、抗震能力,保障建筑稳定安全。通过优化设计降低建筑材料用量,在降低工程成本的同时更好地实现节能减排与环保目标。

3.3 优化措施

首先考虑有限的地块与建筑的高度,决定采用空间梁柱结构,以此来提升建筑承载力,同时进一步提升空间利用效率。相较于传统结构形式,梁柱结构的灵活性更强,便于调整办公室隔间,进而更好地满足业主对建筑空间的个性化需求。其次采用钢结构。该建筑为高层建筑,其自重较大,为减少建筑材料消耗,同时也为了保障建筑结构的稳定性与安全性,在建筑结构设计中决定采用钢结构。钢结构具有轻质化以及强度高的特点,有助于减轻建筑自重,相应的对地基的荷载要求也会随之降低。另外钢结构还能更好地保障建筑的抗风与抗震能力。在采用钢结构的同时还引入了外挑结构,通过这种方式来增加建筑使用面积。在建筑结构设计过程中,建筑的高层部分设置几个悬挑的楼层,并利用这部分空间设置休闲区以及绿化区,用于改善建筑环境,同时为员工提供休憩的场所,并且还增加了建筑的空间感与观赏性。再次应用预制构件,为提升建筑施工效果和更好地保障建筑质量,在建筑结构设计过程中采用了装配式建筑结构设计,借助 BIM 等技术辅助构件设计,并在工厂完成构件预制,再运送至施工现场进行安装。通过这种方式一方面提升了施工效率,另一方面也降低了工程造价,同时还能减少了建筑施工对环境造成的

影响。最后加强对太阳能的利用。在建筑结构设计过程中,在屋顶以及建筑外墙位置设置太阳能光伏板,利用太阳能发电,为建筑提供电能,有助于建筑节能,减少对传统能源的依赖,实现了建筑结构设计 with 绿色节能相结合。

3.4 优化效果

通过对该高层办公楼建筑结构的优化设计,实现了建筑使用面积利用最大化,实现了空间利用最优化。建筑的抗风抗震能力得到明显提升,确保了建筑的稳定性与安全性。通过建筑结构的优化设计,进一步减少了建筑材料消耗量,节约了资源,同时也降低了建筑对环境的影响。除此之外,预制构件的应用极大地提升了建筑施工效率,缩短了施工周期。太阳能的利用提升了建筑节能水平,为节能减排做出了贡献。整体来讲,该高层办公楼结构的优化设计效果十分显著,达到了预期目标,提升了建筑的功能性、安全性、经济性以及环保性。

4 结束语

建筑结构设计是确定建筑主体框架构造的过程,是建筑工程中的关键环节。建筑结构设计不仅要充分考虑力学因素,保障建筑的安全性及稳定性,同时还要考虑建筑的功能要求、空间美感以及结构艺术性等。这会给建筑结构设计带来更大的挑战,传统的建筑结构设计技术难以满足现代对建筑功能多样化、个性化的需求。因此需要对建筑结构设计技术进行优化,以便更好地保障设计效果、更好地满足人们的需求。本文分析了建筑结构设计技术优化措施,并结合工程案例分析了优化技术的应用,希望能够为建筑结构设计提供一定的参考。

[参考文献]

- [1] 颜超. BIM 技术在大型建筑结构设计 with 管线布置一体化优化中的应用探讨[J]. 新城镇科技, 2024, 33(10): 84-86.
 - [2] 范瑜, 张燕华, 习羽翔. 基于 BIM 技术的混凝土装配式结构设计与优化[J]. 中国住宅设施, 2023(10): 1-3.
 - [3] 路桂娟, 梁乾乾, 赵晶晶. BIM 技术在优化建筑结构设计中的应用探究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2023(10): 105-107.
 - [4] 孟敏. 基于混凝土新材料的高性能建筑结构设计 with 优化策略探讨[J]. 房地产世界, 2023(14): 49-51.
 - [5] 莫君, 徐阳华, 刘彦斌, 等. 房屋建筑结构设计优化技术的应用探讨[J]. 城市建筑空间, 2022, 29(1): 106-107.
- 作者简介: 邵帅 (1985.8—), 男, 毕业院校: 山东建筑大学, 土木工程专业, 就职单位: 枣庄市建筑设计研究院, 中级职称; 种传超 (1990.10—), 男, 山东建筑大学, 结构工程, 枣庄市建筑设计研究院, 中级工程师。

绿色建筑理念下暖通系统的可持续设计研究

刘 哲

中国核电工程有限公司（河北分公司），河北 石家庄 050000

[摘要] 伴随着生活水平的进一步提升，人们对居住环境提出了更高的要求。绿色建筑中的暖通设计不仅与人们的生活密切相关，还是整个建筑使用效益的直接影响因素。为切实提升人们的生活质量和幸福指数，相关工作人员应在暖通设计中科学融入绿色生态理念，通过资源优化配置等措施，减少项目施工对环境的污染，进而促进建筑行业健康、可持续发展。基于此，文中在分析暖通设计对绿色建筑的重要意义的基礎上，简要阐述了暖通设计中普遍存在的问题，提出了相应的解决对策，旨在提升绿色建筑暖通设计的科学性和合理性，为人们营造更高质量的居住环境。

[关键词] 绿色建筑；暖通系统；可持续设计

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15204

中图分类号: TU83

文献标识码: A

Research on Sustainable Design of HVAC System under Green Building Concept

LIU Zhe

China Nuclear Power Engineering Co., Ltd. (Hebei Branch), Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the further improvement of living standards, people have put forward higher requirements for their living environment. The HVAC design in green buildings is not only closely related to people's lives, but also a direct influencing factor on the overall efficiency of building use. In order to effectively improve people's quality of life and happiness index, relevant personnel should scientifically integrate green ecological concepts into HVAC design, reduce environmental pollution caused by project construction through measures such as resource optimization allocation, and promote the healthy and sustainable development of the construction industry. Based on this, the article briefly elaborates on the common problems in HVAC design and proposes corresponding solutions, aiming to enhance the scientific and rational nature of HVAC design in green buildings and create a higher quality living environment for people.

Keywords: green building; HVAC system; sustainable design

引言

随着全球环境问题日益严峻以及资源的日益匮乏，绿色建筑逐渐成为应对气候变化与实现可持续发展的关键路径。其核心理念在于通过科学的设计、施工与运营管理，最大限度地减少建筑生命周期内对环境的负面影响，提升能源利用效率，改善居住舒适性，并推动资源的循环利用。在这一背景下，暖通系统作为建筑能耗的重要组成部分，其设计与实施在绿色建筑的实践中占据了至关重要的位置。传统暖通系统多依赖于化石能源，导致了低效能、高污染及资源浪费等问题。为实现低碳、节能及环保目标，绿色建筑中的暖通系统必然转向可持续设计，采用更加高效、智能与清洁的技术，以提高能源使用效率，降低环境负担，同时优化室内环境质量。本研究旨在深入探讨绿色建筑理念下，暖通系统可持续设计的关键技术与方法，以及其实际应用的意义。通过分析这些技术在降低能源消耗、提升建筑舒适度及推动资源高效利用等方面所起的作用，进一步揭示其对绿色建筑推广的重要价值。研究还将梳理当前暖通系统的创新发展趋势，探讨实施过程中所遇到的挑战及解决对策，从而为绿色建筑理念的进一步实施提供理论支持与技术保障。通过对这些问题的系统分析，本研

究不仅期望为建筑行业绿色转型提供实践经验，还希望为政策制定者、设计师及工程师提供切实可行的参考，推动暖通系统可持续设计的广泛应用，助力全球节能减排与环境保护目标的实现。

1 绿色建筑理念下暖通系统可持续设计的重要性

1.1 减少能源消耗对环境的影响

在绿色建筑理念的推动下，暖通系统的可持续设计在减少能源消耗及其对环境的负面影响方面扮演着至关重要的角色。长期以来，建筑行业一直是全球能源消耗的主要来源之一，而暖通系统作为建筑能耗的核心组成部分，其运行效率直接决定了能源是否被合理利用。通过采用高效节能的设计方案，能源的总消耗量得以显著降低，同时化石能源的使用也减少，从而温室气体排放得到抑制，气候变化带来的压力也随之减轻。与此同时，地源热泵、太阳能等可再生能源技术的广泛应用，提供了清洁的能源选择，减少了对传统化石能源的依赖。引入能量梯级利用技术与废热回收系统的过程中，不仅能源利用效率得到了提高，能源在系统内部也得以高效循环，进一步降低了对外部能源的需求。

1.2 提高建筑内的居住舒适性

在绿色建筑理念的指导下，暖通系统的可持续设计在

提升建筑内居住舒适性方面扮演着至关重要的角色。通过合理优化暖通系统的设计与运行,室内温度、湿度与空气质量得以精确调节,从而为居住者创造了更健康、舒适的生活环境。高效配置的供暖与制冷设备,帮助维持室内温度的稳定,确保其始终处于人体舒适的范围内;而智能化控制系统则依据室内外环境的实时变化,动态调整设备运行状态,避免了能量浪费,同时提升了使用体验。先进的空气过滤与新风系统也有效降低了室内污染物的浓度,保持了空气清新,减少了因空气质量问题引发的健康风险。通过整合节能技术与满足用户需求,现代居住者对舒适环境的高标准要求得以实现,暖通系统在保持高效能和环保性的基础上,为建筑的可持续发展提供了强有力的技术支持。

1.3 促进资源的高效利用与循环

在绿色建筑理念的框架下,暖通系统的可持续设计在促进资源高效利用与循环方面起着关键作用。通过引进先进的能源管理技术与节能设备,能源资源得以合理配置与高效使用,从而最大限度地减少了资源的浪费。例如,地源热泵、太阳能采暖与制冷系统等可再生能源技术的广泛应用,不仅显著减少了对传统化石能源的依赖,还大幅提升了资源的利用效率。同时,能量梯级利用与热回收技术的结合,使得暖通系统在运行过程中能够充分回收废热或余热,从而降低了能量损失,并实现了其循环利用^[1]。此外,智能化控制技术的嵌入,使得系统能够根据不同的使用需求动态调整运行模式,精准匹配资源供给,避免了不必要的浪费。

2 暖通系统可持续设计的关键技术与方法

2.1 可再生能源技术的应用

2.1.1 地源热泵系统

地源热泵系统,作为暖通系统中一种重要的可再生能源技术,凭借其出色的节能与环保性能,已在绿色建筑中得到广泛应用。该系统通过利用地下土壤或地下水的稳定温度,作为冷热源,为建筑提供制冷、供暖及生活热水。显著的能源效率使得地源热泵技术具有较高的应用价值,通常每消耗1千瓦时的电能,即可产生3至5千瓦时的热量或冷量,显著降低了能源消耗与运行成本。此外,运行过程中无需燃烧化石燃料,这极大地减少了二氧化碳及其他有害气体的排放,符合低碳建筑的目标。在实际应用中,地源热泵系统可通过多种方式,如水平埋管、垂直埋管或地下水换热等,适应不同的地质条件,从而为建筑提供高效、稳定的冷热源。同时,系统具有较长的使用寿命与良好的运行稳定性,这使得系统的维护频率与综合成本得以降低。

2.1.2 太阳能热水与采暖系统

太阳能热水与采暖系统,作为暖通系统中的关键可再生能源技术,在绿色建筑中发挥着举足轻重的作用。通过集热器,太阳辐射能被转化为热能,该系统不仅满足了建筑的生活热水与采暖需求,而且显著减少了对传统化石能源的依赖,从而有效降低了能源消耗与碳排放。太阳能热水系统通常由太阳能集热器、热水储存装置及控制系统组成,集热器的工

作模式可以根据实时气候变化与热水需求自动调节。结合地板辐射供暖或风机盘管等设备,太阳能采暖系统通过加热空气或水体,提供舒适的室内温度。这些系统的主要优势在于,清洁且可再生的太阳能资源能够被充分利用,特别适用于日照丰富的地区。在合理设计下,太阳能系统与建筑暖通系统的有效协作提升了能源使用效率。随着技术的进步,太阳能集热器的热效率逐年提高,系统的应用范围不断扩展,安装成本逐渐降低,进一步促进了建筑节能减排目标的实现。

2.2 智能化控制与物联网技术

智能化控制与物联网技术在暖通系统的可持续设计中扮演着至关重要的角色。通过实现实时监控、自动调节及优化管理,它们显著提高了能源利用效率,并有效降低了运营成本。借助物联网技术,暖通设备通过传感器、控制器与云平台的连接,关键数据如温度、湿度与空气质量得以实时采集。依据这些信息,智能化控制系统能够精准调整设备的运行状态。例如,温控系统会根据室内外温差的变化,自动调节暖通设备的工作模式,确保室内环境始终保持在舒适范围内,同时避免了不必要的能源浪费。智能化控制系统还具备根据不同使用需求与时间段动态调整功能,使能源供给得到合理分配,优化了系统的响应速度与运行效率。此外,通过大数据分析机器学习,物联网技术能实现对暖通系统运行趋势的预测与故障诊断,潜在问题可被提前识别,预防措施随之采取,从而确保系统长期稳定且高效地运作。

2.3 热回收与能量梯级利用技术

热回收与能量梯级利用技术在暖通系统的可持续设计中发挥着关键作用,旨在通过最大限度地循环使用能源并实施梯级利用,从而减少能源浪费,提升整体系统效率。通过回收建筑内部或工业过程中的废热,该技术将原本排放到环境中的热能再加以利用,从而减少了对外部能源的需求。废热通常通过热交换器被回收,将废气、废水或其他热源中的热量传递给供暖或热水系统,这不仅能降低能源消耗,还能减少对环境的负面影响。例如,空调系统排放的废热通过热回收装置被回收,用于建筑采暖或提供热水,从而减少了传统能源的消耗并降低了碳排放。同时,能量梯级利用技术通过不同温度级别的废热逐步转化为可用能量,充分发挥了废热在各工艺环节中的作用^[2]。从高温废热到低温废热,逐级利用,使得能量转化更加高效。通过实施这一技术,不仅提升了暖通系统的运行效率,还增强了建筑的能源自给能力,促进了绿色建筑和低碳城市的发展。

2.4 高效制冷与通风设备的选型

在暖通系统的可持续设计中,高效制冷与通风设备的选型起着至关重要的作用,直接影响着建筑能效与居住舒适性的提升。通过选择节能效果突出的制冷与通风设备,能源消耗不仅能够显著减少,而且室内空气质量及舒适性也能得到提高。高效制冷设备通常采用变频驱动和高效压缩机等先进技术,这些技术能够根据负荷变化自动调整运行速度,从而降低了无效能耗。在通风设备的选择中,热回收通

风系统与高效空气过滤装置的结合,有效地保证了空气交换的同时,能量损失被降到最低。举例来说,室内空气中的热量或冷量可以通过热回收通风系统回收,用于新风的预热或预冷,从而减轻了空调系统的负担,进一步降低了能耗。此外,智能化控制系统能够实时调节制冷与通风设备的运行状态,依据室内外温湿度及空气质量的变化,确保了能效的最大化。在设备选型时,除了考虑设备的高效性外,设备的长寿命、低维护成本与建筑整体节能系统的兼容性也应被综合评估,这些因素共同决定了设备的经济性与可持续性。

3 暖通系统可持续设计面临的挑战与对策

3.1 技术限制与创新需求

暖通系统可持续设计所面临的技术限制与创新需求,已成为推动绿色建筑发展的关键挑战。尽管可再生能源、智能化控制、热回收等技术已在暖通系统中得到应用,然而,这些技术仍存在诸多制约因素,主要包括能源转换效率、设备兼容性、系统稳定性及成本等问题。一方面,许多高效能源技术,如地源热泵、太阳能采暖和热回收系统,在实际应用中受地理环境、气候条件及建筑设计的影响较大,从而限制了它们的适用范围与效果。另一方面,尽管智能化控制与物联网技术的引入增强了系统的自适应能力,但技术集成的复杂性、数据传输安全问题以及不同设备间的协调性依然是制约因素。此外,许多先进技术的高成本,尤其是初期投资费用,已对部分建筑项目的可行性与经济性构成了较大挑战。面对这些挑战,创新驱动被迫成为必然^[3]。技术研发应注重提升能源转换效率、降低设备成本,并增强设备的耐用性与适应性。同时,跨学科的创新将促进技术的融合与优化,举例来说,结合人工智能与大数据分析,将有望实现更精准的能效管理与故障预测。

3.2 成本约束与经济性分析

在暖通系统可持续设计的实施过程中,成本约束与经济性分析已成为绿色建筑推广中的一大挑战。尽管可持续设计能带来长期节能和环境效益,然而,高昂的初期投资常常成为其广泛应用的主要障碍。诸如地源热泵、太阳能采暖以及智能化控制系统等先进节能技术,尽管在能源效率与运行成本方面具有明显优势,但它们的初期投入通常显著高于传统系统。对于开发商和业主而言,如何平衡投资成本与项目回报周期,已成为一个不容忽视的问题。随着技术的不断进步与设备种类的多样化,合理选择既满足建筑需求又具备成本效益的系统,已变成一个复杂的决策过程。为有效解决这一难题,经济性分析在设计阶段显得尤为重要。通过对不同技术和系统的生命周期成本进行深入分析,综合考虑初期投资、运行维护费用及长期节能效益,可以为决策者提供更加科学的参考依据。通过量化分析,各种技术方案的成本效益比能够被揭示,从而帮助确保项目在满足绿色建筑标准的同时,也具备经济上的可行性。此外,政策激励、税收优惠及能源补贴等外部支持措施,也应当被纳入考虑,它们能够有效减轻初期投资压力,

推动可持续技术的普及与应用。

3.3 政策支持与行业标准的完善

暖通系统可持续设计的推广与实施,离不开政策支持与行业标准的完善。尽管绿色建筑理念日益普及,市场对可持续技术的需求也在不断增长,但相关政策的滞后与行业标准的不足,仍使许多创新技术面临应用障碍。政策支持在推动技术创新与市场转型方面,起着至关重要的作用,尤其是在节能减排与降低能源消耗方面,政府可通过出台激励措施,如财政补贴、税收优惠与绿色贷款等,减轻企业与消费者的经济负担,从而促进可持续技术的广泛应用。例如,专项资金可以由政府设立,以支持绿色建筑项目,并为采用高效暖通系统的建筑提供资金补助或税收减免,从而有效降低建筑商与业主的初期投资成本,增加对绿色建筑的接受度^[4]。与此同时,行业标准的完善,对于确保暖通系统设计与建设的高质量实施,至关重要。目前,尽管一些地区已出台相关的绿色建筑评价标准,但针对暖通系统的技术规范与评估标准,仍显不足。行业标准不仅应涵盖技术设计的要求,还应涉及节能技术应用、系统集成与优化、设备选型等具体规范,确保设计与施工过程中每一项措施,都符合可持续发展的要求。

4 结语

在绿色建筑理念的指导下,暖通系统的可持续设计,不仅是应对当前能源危机与环境污染的必然选择,也是推动可持续发展的关键措施。通过采用可再生能源技术、智能化控制系统、热回收技术以及能量梯级利用等先进手段,能够有效提升建筑能源利用效率,减少温室气体的排放,并改善室内舒适性与空气质量。尽管技术不断取得突破,然而,暖通系统的可持续设计仍面临许多挑战,诸如技术局限、成本压力以及政策支持不足等问题。因此,技术创新的推动、行业标准的完善,以及政策引导与市场激励的加强,将是推动暖通系统可持续发展的核心任务。随着绿色建筑理念的广泛推广,暖通系统的可持续设计将在建筑行业中,发挥越来越重要的作用,并为全球节能减排目标的实现及生态宜居社会的构建做出更大贡献。

[参考文献]

- [1]蔡福东. 绿色建筑理念下的暖通系统优化设计研究[J]. 新城建科技, 2024, 33(7): 58-60.
- [2]赵頔. 基于绿色建筑理念的公共建筑暖通系统设计[J]. 智能建筑与智慧城市, 2023, 11(10): 111-113.
- [3]杨春磊. 绿色建筑暖通设计流程优化研究[J]. 工程技术研究, 2022, 7(4): 177-179.
- [4]郭欣玥, 宁春雪. 低碳背景下绿色技术在暖通设计中的应用[J]. 居舍, 2020, 12(3): 82.

作者简介: 刘哲 (1995.4—), 毕业院校: 河北建筑工程学院, 所学专业: 建筑环境与能源应用工程, 当前就职单位: 中国核电工程有限公司 (河北分公司), 职务: 无, 职称级别: 助理工程师。

“以人为本”理念的医疗建筑设计探究

乔 欣

中国中元国际工程有限公司, 北京 100089

[摘要] 医疗建筑具有特殊的功能用途, 医疗建筑的设计质量与效果将会影响到医院患者的舒适度及满意度。目前随着医疗建筑的规模不断扩大, 医疗建筑的设计理念日趋完善, 建筑设计人员更加关注“以人为本”理念的融入与贯彻。建立在“以人为本”指导思想基础上的医疗建筑功能更加齐全, 并且更加符合医院患者的就诊需求, 体现出医疗建筑设计理念更新的必要性。基于此, 本篇文章重点探讨医疗建筑设计中的“以人为本”理念内涵及其应用, 结合实际情况加以改进。

[关键词] 以人为本; 医疗建筑; 设计要点

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15213

中图分类号: TU246.1

文献标识码: A

Exploration on Medical Building Design with the Concept of "People Oriented"

QIAO Xin

China IPPR International Engineering Co., Ltd., Beijing, 100089, China

Abstract: Medical buildings have special functional uses, and the design quality and effectiveness of medical buildings will affect the comfort and satisfaction of hospital patients. At present, with the continuous expansion of the scale of medical buildings, the design concept of medical buildings is becoming increasingly perfect, and architectural designers are paying more attention to the integration and implementation of the "people-oriented" concept. Based on the guiding principle of "people oriented", medical buildings have more complete functions and better meet the medical needs of hospital patients, reflecting the necessity of updating the design concept of medical buildings. Based on this, this article focuses on exploring the connotation and application of the "people-oriented" concept in medical building design, and improving it based on practical situations.

Keywords: people oriented; medical buildings; design points

引言

医疗建筑设计中的“以人为本”理念旨在强调以患者为核心, 确保医疗建筑的总体布局、区域划分、外形结构等符合患者的内在需求。在医疗建筑的设计阶段应严格按照以患者为本的思路, 紧密围绕医院患者的就诊需求改进建筑格局, 力求在降低医疗建筑设计成本的同时优化患者体验。由此可见, 如何将“以人为本”理念渗透于人性化、精细化的医疗建筑设计, 应成为医疗建筑转型发展中的突出问题。

1 医疗建筑设计中“以人为本”理念的内涵

医疗建筑设计中的“以人为本”含义即为建筑设计人员围绕患者的就诊需求、感官体验、健康防护等基本要素, 将患者的需求与健康作为核心考虑要素, 在此前提下拟定建筑总体布局方案, 并且致力于医疗建筑的空间与材料资源优化配置。在医疗建筑设计领域突出“以人为本”的宗旨原则, 意味着建筑设计人员需要突破传统的设计思维, 更加强调患者对于医疗建筑的满意度以及适应性等^[1]。在医疗建筑的设计阶段坚持以人为本原则, 还要体现在以患者为根本, 确保医疗建筑的设计方案建立在前期调研的基础上, 如此才能设计出更具针对性与合理性的医疗建筑布局方案。

2 “以人为本”理念融入医疗建筑设计的总体原则

2.1 满足患者需求

患者自身的满意度及舒适度应作为建筑设计中的首要因素, 医疗建筑设计的最终目标就在于全面满足患者的就诊服务需求, 充分发挥医疗建筑的使用功能。从满足患者就诊需求的角度入手, 建筑设计人员应重视前期调研工作的深入开展, 以此作为改进、优化建筑设计方案的重要支撑。依托科学、合理的医疗建筑布局形式来提升患者的整体满意程度, 保证患者能够享受到更加优质的诊疗服务与护理服务, 维护患者的安全及健康^[2]。

2.2 提升舒适度及满意度

医疗建筑作为患者与医护人员进行直接接触的空间载体而言, 医疗建筑的环境整洁度以及安全性将会关系到患者的切身体验, 同时还会影响到患者在接受就诊服务过程中的人身健康、安全等方面因素^[3]。围绕“以患者为本”的指导思想, 应当充分突出医疗建筑的良好使用价值, 使得患者在进入医疗建筑的情况下能够感觉到舒适、温馨, 减轻患者承受的疾病痛苦。为此, 建筑设计人员应当将“人文关怀”传递给患者, 真正做到为患者着想, 使得患者感觉到医院整体环境的温暖舒适, 赢得患者对于医疗建筑设计方案的认同感。

2.3 便捷优质服务

医疗建筑主要用于开展医疗卫生服务,医院工作人员需要在医疗建筑的空间范围内接待患者,为患者实施疾病诊断、临床治疗与护理等各项服务。在我国医疗改革持续深入的趋势影响下,各类医院更加重视便民服务举措的推行,旨在提供优质、快捷的医疗卫生服务。为促进实现医院便民服务的目标,那么医疗建筑的设计工作者应当准确把握患者需求因素,在合理规划医院内部与外部道路、设置引导标识等基础上节省患者的就诊时间,营造便捷优质的医疗服务环境^[4]。

3 “以人为本”理念指导下的医疗建筑设计实例

3.1 工程总体情况

洛阳市孟津区中医院整体搬迁项目拟建 113440 m²,工程总用地面积达到 78205.44 m² (合 117.31 亩)。该工程项目共分为 2 个阶段,其中的一期工程主要包含门急诊以及住院综合楼、制剂楼、垃圾站及污水处理站、液氧站、门卫;远期工程主要包含公卫楼、行政科研教学楼、医养中心。

3.2 详细设计方案

该项目医疗建筑设计严格遵循“布局紧凑、功能多样”的人本指导理念,采取“半集中式”的医疗建筑群总体布局模式,以期实现良好的建筑可识别性,改善建筑内部与外部的空间环境质量。医疗功能与后勤辅助功能分区设置,根据使用功能、人员流量、周边道路情况设置院区的门诊、急诊、住院部、污物,使各使用功能相互独立,联系便捷,同时避免交叉感染。院区内部靠近西侧设置集中绿地景观,作为病人休闲活动的场所,方便住院患者出入,并保证住院区域相对安静。门诊、急诊、医技等公共资源集中设置,病房位于医技上部,医疗主街串联各功能块,实现高效便捷的医疗流程。

主体建筑医疗主街南北贯通,在其中布置观光电梯、中庭、室内绿化庭院、休息区等,序列空间丰富,富有变化,提高患者的室内空间感受,减少就医过程的病痛和焦虑。在建筑功能布局科学合理的前提下,对室外景观环境进行整体统筹规划,建构多层次的绿化系统。门诊大厅三层通高,宽敞明亮,就诊人流进入门诊大厅,各医疗科室沿主街布置,方位清晰明确,交通直接,医疗流程简捷方便。建筑内部设有开敞庭院,将自然采光和通风引入室内,为建筑提供采光通风条件和自然环境景观,打造洁净、舒适、安全的医疗服务空间。



图1 项目门诊大厅效果图

4 “以人为本”理念指导下的医疗建筑设计要点

4.1 总体布局设计

大体积、多功能的医疗建筑首先需保证达到一定的占地规模标准,建筑设计人员需确保综合性医院的门诊、急诊、住院部等功能区域划分准确,具体可采用相对独立式的医疗建筑布局设计方案,方便医院管理人员实施分区管理。具体在综合型医院的医疗建筑布局设计阶段,主要采用连廊结构来连接门急诊、住院部、医技部门等多个功能区域,在优化医疗建筑布局的基础上实现“有机衔接、相对独立”的工程设计目标。通常来讲,建筑设计人员既要充分考虑到院区建筑之间的内在联系,还不能够忽视门诊楼、急诊楼、住院部等核心建筑的位置与结构优化。目前经常采用的医疗建筑布局形式应包括聚落式、分散式、对称式等,应结合医院建筑的结构、功能等因素进行灵活选择^[5]。

改进医疗建筑的总体布局设计,还要体现在一体化、单元式的建筑功能分区。目前多数的综合性医院已经包括功能齐全的内部科室,因此关键在于设计一体化的诊疗单元,并需要采取合理的形式区分医院范围内的多功能诊疗中心。具体在医技检查等特殊建筑功能的分区设计方面,应当突出方便患者接受健康检查、减少患者排队等待时间等便民服务原则。例如对于大体积的综合型医院在“科学分区”指导思想的基础上,建筑设计人员主要可采用相互独立、紧密关联的建筑布局形式,将专科疾病的检查中心布置在住院部范围内,避免患者存在频繁的跨区流动。

4.2 交通道路设计

医疗建筑的交通道路主要包括内部道路以及外部道路,位于医疗建筑物外部的道路起到连通院区与城市交通体系的作用,因此需合理划分院区的地上与地下停车位,并应当保证患者以及医护人员能够方便出入院区^[6]。对于医疗建筑的内部通道应当重视自动扶梯以及电梯的交通工具设计,同时应保证医疗建筑的各区域配备清晰、明确的导向标,为患者提供就诊、住院等方面的指导。采用人性化的基本理念完善建筑内部的通道设计,方便患者使用轮椅、自动升降床以及拐杖等设备。



图2 医院建筑的“内庭院”空间

例如对于医院门诊部以及急诊部的自动扶梯、电梯交通工具进行设计时,重点就是要保证楼内电梯以及自动扶梯的安全及畅通,建筑设计人员需采用科学计算的方式确定扶梯与电梯的运载能力指标,以此作为建筑交通设计的科学支撑。综合型的医院门诊楼或者急诊楼通常具有一体化、多元化的建筑使用功能,那么建筑设计人员就要重点考虑残障人士、孕妇、老人以及儿童等特殊群体的通行安全,结合实际情况作出相应的建筑布局调整。改进医院门诊部的电动扶梯设计,应当充分考虑扶梯的额定速度以及输送效率指标,防止在就诊高峰时段出现拥堵情况。此外,医院门诊楼最好能够配置多部电梯,设计人员需结合电梯轿厢的开关门时间、轿厢最大承受人数及重量指标等因素,采用因地制宜的指导思想加以改进。

4.3 自助服务分区设计

医院自助服务区的主要功能在于提供自助服务,医疗建筑中的自助服务区应当配备健全、完整的一体化多功能服务设备,并采取智能语音提示来引导患者从事相应的操作。医院自助服务区主要包含半开放式以及全开放式的两种常见形式,建筑设计人员需要在医疗建筑的整体布局阶段保留足够的自助服务空间,采用科学、合理的建筑分区形式予以实现。为妥善应对综合性医院的建筑规模扩大现状,应重点考虑分散布局的自助服务区规划方案,以此实现缓解拥堵、改善就诊体验、避免人流交叉的目标。



图3 医院建筑的“儿科候诊区”

完善医院自助服务区的建筑设计方案,应当全面协调自助服务区以及其他功能区之间的关系,避免不同性质与用途的医院建筑功能区之间发生冲突。通常来讲,医疗建筑的设计者应当将清晰的导向标识布置在自助服务区的附近空间,采取清晰醒目的形式设计导向标,保证患者能够得到明确的自助操作指引。对于医院自助服务区的出口以及入口应采取安全、高效的道路交通规划方案,依靠人工智能设备做好各时段的患者出入引导,避免医疗建筑内部的不同功能区存在相互干扰的问题。

4.4 特殊功能区域设计

医院建筑中的特殊功能区不仅存在较高的病毒载量特征,而且对于建筑室内通风、采光等指标要求较高。具体在医疗建筑的系统布局设计中,设计者需要重点考虑医院感染科、门急诊楼的建筑规划布局,确保医疗建筑的空间能够得到良好的通风。建筑设计人员应当合理安排医

疗建筑的重点区域布局方案,主要包括输液室、儿童门诊区、急诊抢救室(ICU)等特殊功能区。建筑设计人员对于院内的重点科室以及治疗区域,需配备充足容量的主要医疗设备,并且医院内的辅助设施应布置在易于取用的位置。院内不同科室、不同治疗室的间隔距离不宜过大,应保证医护人员和患者的出入更加方便。针对急诊抢救室的特殊建筑功能区需保证建筑内部通道的安全畅通,并应当方便平车、轮椅等设施出入。

例如,医院住院部多数病房设计为偏南向的建筑朝向,可保证患者拥有充足的自然光照,为患者的疾病康复提供更好的环境条件。医护工作区以及住院区的交通体系主要配备患者病床电梯、医护后勤电梯、污物电梯等,可满足医护与病患、人与物的分流需求。医院走廊的两侧设有PVC材质的防撞扶手,可满足推病床人员的双向通行需求;护士站位于住院区的走道正中位置,可确保值班人员全面观察到各病房的人员出入情况。住院区还配备晾晒衣物的设施等,满足长期住院患者的使用需要,突显人性化的医院建筑设计导向。

4.5 声光环境设计

医疗建筑的环境照明设计直接关系到患者的感官体验,某些患者由于存在视觉器官等功能障碍影响,导致患者需要接受特殊的照明度控制。具体有必要充分发挥自然光的照明功能,使得患者能够在柔和的自然光照环境中感觉到温暖、舒适,有效降低患者的焦躁感或者抑郁感。医疗建筑的各疗区都要配置夜间照明的专用设备,如LED护眼灯,确保病房的明亮程度适中,并且设计可调节的多档照明光源,保证患者能够拥有充足的睡眠。在人工照明的设计方案中,还要结合具体情况增加应急照明装置,在突发停电事故的情况下保障患者安全。



图4 医院门诊楼的夜间照明景观

医疗建筑的声环境也属于重要的建筑设计部分,建筑声音环境的设计要点在于保证患者拥有宁静的休息、治疗场所,促使患者疾病得到更快地痊愈。按照医疗建筑设计的行业标准规定,各种形式的医疗建筑场所应控制在45dB以内的白天噪声强度等级,以及35dB以内的夜间噪声强度等级。在此前提下,建筑设计人员需采取行之有效的措施,确保患者所在病房的安静与舒适,采取降低噪声

污染的技术方法维护患者的人身健康。

5 结束语

综上所述,医疗建筑的“以人为本”设计目标就是全面改善患者的体验,使得患者享受到更加优质、舒适的就诊空间环境。近些年以来,医疗建筑的设计形式更加多样化,建筑设计人员需要调整传统的设计思维,将患者需求置于首要的考虑地位。具体在创新、改进医疗建筑设计方案的实践中,关键就是要合理划分医疗建筑的内部及外部空间,确保医疗建筑的空间资源实现最大化利用。建筑设计人员还要重视医疗建筑的设计细节完善,采用绿色环保的建筑材料提升医疗建筑的空间品质,切实维护患者的人身健康。

【参考文献】

[1] 杨宏振. 基于以人为本理念的医疗建筑设计探讨[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(14): 48-50.

[2] 李伟, 张宇. 以人为本的现代医疗建筑设计探索——南京医科大学第四附属医院[J]. 中外建筑, 2023(1): 8-13.

[3] 周智伟, 邓高峰, 梁路. 以人为本的医疗建筑设计——以晋煤集团总医院改扩建项目为例[J]. 中国医院建筑与装备, 2022, 23(11): 38-40.

[4] 叶书生. “内街式”医疗建筑设计研究——以淮南市第三人民医院新建项目为例[J]. 江西建材, 2022(4): 120-122.

[5] 孙雨杰, 戚龙. 医疗建筑设计中患者体验的重要性和具体设计要点探究[J]. 建材与装饰, 2020(17): 67-70.

[6] 姜辰歆. 浅析以人为本在医疗建筑设计中的体现[J]. 中国医院建筑与装备, 2019, 20(6): 61-64.

作者简介: 乔欣(1992.6—), 女, 伯明翰大学, 城市与区域规划, 中国中元国际工程有限公司, 建筑设计, 工程师。

市政道桥工程全过程咨询管理存在的共性问题及对策研究

周帮国

中煤科工重庆设计研究院（集团）有限公司，重庆 400000

[摘要]在市政路桥工程施工中，全过程咨询管理的主要目标，便是实现各部门的高效衔接，以便为工程各施工环节的顺利开展奠定基础，从而为甲方节约时间成本。因此，加强全过程资源管理的进一步完善，对促进我国市政道桥工程发展具有不可忽视的意义。基于此，本篇文章首先阐述了全过程咨询管理相关概述，随后分析了市政道桥工程全过程咨询管理的内容和优点，并就其存在的共性问题以及对策进行研究。

[关键词]市政路桥工程；全过程咨询管理；共性问题

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15214

中图分类号: TU99

文献标识码: A

Research on Common Problems and Countermeasures of Consultation Management in the Whole Process of Municipal Road and Bridge Engineering

ZHOU Bangguo

CCTEG Chongqing Engineering (Group) Co., Ltd., Chongqing, 400000, China

Abstract: In the construction of municipal road and bridge projects, the main goal of whole process consulting management is to achieve efficient coordination among various departments, in order to lay the foundation for the smooth progress of various construction links of the project and save time and cost for the first party. Therefore, further improving the management of resources throughout the entire process is of great significance in promoting the development of municipal road and bridge engineering in China. Based on this, this article first elaborates on the overview of whole process consulting management, then analyzes the content and advantages of whole process consulting management for municipal road and bridge engineering, and studies its common problems and countermeasures.

Keywords: municipal road and bridge engineering; whole process consulting management; common problems

引言

全过程咨询管理是为了更好地满足当代工程施工需求，而衍生出的一种全新的管理思想，其以完善工程项目传统咨询模式为前提，从工程前期规划决策、设计、招投标、组织方案实施、运营管理、工程监理、评价等多个方面，为工程各参与方提供全面的咨询服务，已实现对工程施工全过程的造价与质量管理，协助建筑企业妥善处理内外各种风险，提高工程项目整体效益。

1 全过程咨询管理相关概述

1.1 全过程咨询的内涵

所谓的全过程咨询管理，主要是指咨询机构针对某工程，从决策到实施的整个过程，或是根据工程某个过程的具体阶段，开展的全面管理，以及咨询服务。目前，我国全过程咨询工程正处于快速发展阶段，很多施工企业都将全过程咨询管理作为主要工作内容，并按照工程施工要求，选定具有咨询资格的机构与其签订相关合同，要求咨询机构在工程施工过程中，应对各施工环节提出合理意见，不仅要改善施工质量，确保项目的安全、稳定开展，还要确保工程造价不会超出预算编制。

1.2 全过程咨询管理的特点

(1) 集约性。从以往的市政道路桥梁咨询管理角度

来看，往往面临着缺乏一个涵盖从初步报建、招标代理、方案设计、成本估算咨询、施工、监督、项目验收直至后期运维等多个部门的综合性参与平台，不仅会导致各参与方之间难以实现信息的及时共享，在信息传输过程中，还很容易发生信息表达错误等情况。加之各参与方均从自身的责任和利益出发，导致各部门之间频频发生脱节等情况，严重影响工程按期交付。而全过程资源管理模式，能够将工程从前期决策、施工到后期养护运行等各个环节进行有效衔接，这就搭建了一个集成化管理平台，可有效协调各部门之间的衔接。

(2) 专业性。市政道桥工程的全过程咨询管理应用，要求咨询机构应具备充分的实践经验、管理能力，以确保各参与方在咨询机构的协同管理下，能够最大程度履行自身职责，促进工程顺利开展，从而为甲方带来更高质量的服务。比如，在项目施工阶段，采纳全过程咨询管理模式，可以促进设计方案与成本咨询工作的顺畅对接，使各部门之间的交流更为通畅，从而形成合力，减少建设周期，提高甲方对工程的满意度。

2 道桥建设工程全过程咨询管理内容

2.1 项目决策

在道桥工程项目中，以往的项目咨询主要是为工程决策提供相应的可行性分析，其内容主要包括施工方案、投资规

划等。而全过程资源管理不仅包括上述内容,同时还可进一步细化,且随着目前我国市政道桥工程投资形式逐渐多元,全过程咨询管理的服务范围也在日益扩大,不仅包括提供财务预算服务,更要对建筑企业提供的财务承受能力评估服务。

2.2 项目设计

在工程设计阶段,应重视从施工进度、质量、成本控制等各个方面出发。而在此阶段,全过程咨询管理能为施工单位提供咨询服务。从某种意义上说,全过程咨询管理模式的应用,可有效对工程投资进行全面管理。另外,咨询机构应树立积极理念,在确保设计方案满足最初预算的基础上,逐步对设计方案进行优化。确保设计方案满足工程建设要求的同时,降低施工成本,为建筑企业提供最优设计咨询服务。

2.3 施工咨询服务

在市政道桥工程中应用全过程咨询管理,有利于建筑企业更好地参与到工程施工体系中,从而进一步了解设计方案的意图。此外,通过对项目潜在的各种危险因素的分析,并制定相应的预防对策,可有效防止施工过程中出现安全事故。在工程施工过程中,能够充分解决建设企业自身存在的不足,通过各参与方的协调配合,实现共赢的局面。

3 道桥建设工程全过程咨询管理的优点

3.1 提升了道桥建设工程投资的收益

全过程咨询管理模式的应用,充分考量了承包商单次超标的特点,可以有效减少工程建设成本。相较于传统咨询管理模式的设计、造价、监理等多次发包合作成本对比,具有非常显著的经济效益。全过程咨询管理的应用,贯穿于工程施工的全过程,能够全面掌握各施工环节具体状况,以便提供更高质量的咨询服务,从而更好地进行投资管理,为优化设计和精细化管理奠定基础。

3.2 有效缩短施工周期

全过程咨询管理模式的应用,可有效帮助建筑企业对内部关系进行高效协调,并且在项目的日常管理上,也能最大程度优化人力资源投入,并处理好企业内部的信息漏洞问题,对管理界面进行改进与更新。另外,全过程咨询管理与传统咨询管理模式存在明显区别,并没有较为复杂的合同体系和合同期限,能够有效改善甲方和各施工单位之间的合同关系。可有效避免设计、造价、监理等环节,发生相互推诿责任的情况,从而实现控制工程施工进度、缩短施工周期的目的。

3.3 提升建设品质

全过程咨询管理模式的应用,可有效协调各参与方的对接,最大程度发挥各参与方的作用,既能解决以往咨询管理模式的局限性,又能防止管理过程出现漏洞、缺陷等情况。在施工过程中,全过程咨询管理模式的应用,能够使各参与方更加重视施工细节,并将项目施工质量作为工作重心,可有效提高工程建设质量。

3.4 加强风险因素的全面控制

道桥施工企业在主体责任体系与工程质量的双重安

全限制下,所面临的风险也随之提高,且责任风险也在不断深化。而咨询机构作为市政道桥工程施工的主要参与方,要积极落实全过程管理,充分发挥全过程咨询管理模式的作用。而开展全过程咨询管理的主要目标,便是防止在施工过程中出现安全事故,从而帮助施工企业有效规避不必要的责任风险。同时,全过程咨询管理模式的应用,还可避免因各种委托代理而产生的廉洁风险。通过逐步强化风险控制,可有效保证路桥工程施工的顺利开展,提高施工过程的规范性,提高建筑企业的风险管理能力。

3.5 让企业拥有形象重塑机会

全过程咨询管理模式的应用,是建筑企业全面贯彻国家宏观经济,促进行业转型的关键举措。从市政道桥工程的社会价值角度来看,积极运用全过程咨询管理模式,能够有效提高工程建筑质量,可使建筑企业充分塑造品牌形象。全过程工程咨询管理模式涉及众多内容,对相关企业的提出了更为严格的资格和能力要求。现阶段,为使全过程工程咨询管理体系更加健全,必须重视人才的全面培养,以促进我国全过程咨询管理领域的进一步发展,以便为市政道桥工程提供高质量咨询服务。

4 市政道桥工程全过程咨询管理存在的共性问题

4.1 缺乏健全的管理组织体系

对于传统的单一型咨询机构来说,其最为显著的市场竞争力,在其专业领域内拥有独到优势,面对跨领域挑战时,往往暴露出技术支撑不足的问题。单纯依赖机构自身实力,很难达到满足业主方对全过程咨询服务的要求。例如:部分咨询机构虽然设立了制图部门,但由于机构管理方式、发展重心的因素,导致制图部门的专业能力有待提高。尽管专业设计机构拥有相应的设计资质和丰富经验,但由于其较少涉足一线建设管理,常常使得设计方案与实际施工状况不符,结果是各部门各自为战,难以构建起一套系统化、协调一致的管理架构,这对工程的顺利进行构成了不利影响。

4.2 市政道桥工程全过程咨询管理的数字化程度不高

目前,我国许多市政道桥工程全过程咨询管理,依然停留在依靠人工进行信息搜集与分析阶段,这种做法限制了信息筛选、检索和共享等功能的最大化利用,从而降低了工程咨询服务信息的整体使用效率,导致决策与实际工程建设需求之间存在较大差距。鉴于此,全过程咨询管理亟需向数字化管理进行转变。随着数字化技术的飞速发展,其在我国市政道桥施工中的应用也越发广泛。但从整体上看,目前我国市政道桥工程全过程咨询管理的数字化建设程度有待提高,如咨询机构难以利用数字化技术为勘测设计人员提供咨询服务,导致勘测设计过程中产生的大量数据,难以得到分析处理,严重影响工程建设质量。此外,工程中的许多数据都是依靠人工计算的,不仅计算速度有限,而且很容易产生误差,从而影响项目整体建设质量。

4.3 工程咨询服务人员的专业能力不足

当前,我国市政道桥工程全过程咨询管理工作,存在

从业人员职业素质偏低、管理水平有限等问题，主要体现为：在市政道桥工程施工中，咨询管理人员仍在沿用传统的咨询服务模式，在实际工作过程中，现代化工程预算工具运用缺乏合理性，在一定程度上降低了工程预算的合理性。在提供咨询服务工作时，从业人员常常忽视了对市政道路桥梁建设周期的考量。在咨询服务的提供上，更多是从整体角度进行分析，并未全面考量工程各施工环节的特点。若是仅采用统一的咨询管理模式，便会影响各施工环节的有效衔接，最终影响工程整体建设质量。

5 市政道桥工程全过程咨询管理共性问题解决对策

5.1 完善全过程咨询集成管理制度

(1) 建立健全的全过程咨询集成管理制度，只有这样，才能为推进相关政策的落实奠定技术基础。一般情况下，该管理制度主要由组织设计和技术文件设计两部分组成，如图1所示。

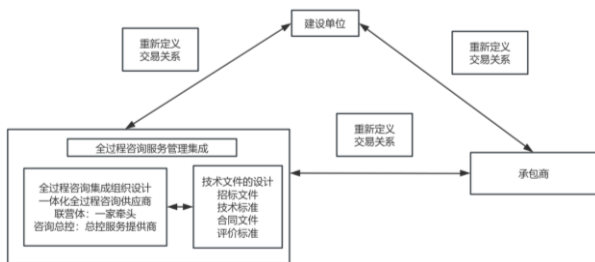


图1 全过程咨询集成管理制度

(2) 实施全过程咨询管理可以通过下列途径完成：

①采用一体化模式：在此模式中，全过程咨询管理仅需单一咨询机构，便能针对市政道路桥梁项目提供所需服务；②采用联合体模式：在此模式中，全过程咨询管理涉及多家咨询机构协同作业，必须挑选出牵头咨询机构，以最大化发挥各咨询机构的专长；③采取总控形式：此类模式下的全过程咨询管理，常见的是以某个机构担任总协调供应商的角色。在提供全过程咨询服务过程中，首要任务是明确集成组织架构的具体样式，进而编制详细的组织实施计划和招标投标方案，同时还要对工程的建设企业、承包企业和咨询机构三方的关系进行适当调整。

5.2 搭建信息管理系统

在应用全过程咨询管理过程时，应积极创新工作管理模式，彻底解决施工监理与投资咨询之间脱节的情况，确保信息的有序流动。构建完善的信息管理系统，可为各施工参与方提供顺畅的信息流动渠道，确保在信息共享体系内，相关人员的个性化需求得以充分满足，进而促进项目内外部的沟通互动。通常，工程外部信息与项目利益相关方密切相关，其涵盖了工程信息、历史数据等。而内部信息则主要指工程建造过程中产生的数据。在建立信息管理体系时，应考虑到满足各方利益相关方的实际需求，确保咨询工作人员在各个阶段都能及时获取所需的信息资源，

保证信息的真实性、准确性，避免出现误导性信息。工作人员借助信息化管理体系，能提高信息传递的顺畅性，同时通过整合信息内容，精确展现不同阶段的数据，进而构建更加健全的信息管理体系。全过程咨询管理机构应在全面掌握信息技术优势的同时，构建商业信息数据库，并创设相应平台作为其支撑结构。随着企业组织结构不断优化，其主要目标是紧跟现代化发展速度，在不断增强业务信息创新的基础上，利用信息化管理策略，依托成熟的数据服务体系，充分体现全过程咨询管理的价值。

5.3 加强队伍建设

国家发改委和住建部联合发布的《关于推进全过程工程咨询服务发展的指导意见》指出，强化专业人才团队建设和积极借鉴国际先进经验对于提升全过程咨询管理水平至关重要。在加强专业人才队伍建设方面，应对从事工程咨询服务的人员设定更高的职业标准，例如，设计咨询工作人员不仅要具备设计领域的专业技能，还应获得相应级别的设计行业资格认证。在人才队伍构建环节，全过程咨询管理机构应着重于员工的教育培训，特别是对新员工的职前培训，确保只有通过培训并获得资格认证的人员才能正式入职。此外，全过程咨询管理机构应定期对员工进行绩效评估，以保持其专业能力的高水平状态。与此同时，全过程咨询管理机构也需与建筑企业建立长期稳定的合作关系，通过资源共享和技术辅导，不断提高从业人员的专业能力。

6 结束语

综上所述，在市政道桥工程施工过程中，全过程咨询管理在其中发挥着不可或缺的作用，为我国市政道桥建设领域提供强有力支持。因此，无论是建筑企业，还是咨询机构，又或是相关从业人员，均应全面掌握全过程咨询管理在市政道桥施工中共性问题，充分发挥全过程咨询管理的核心作用，确保各项施工环节的顺利开展。在注重工作细节的同时，应顺应新时代市政道桥施工标准，立足于工程建设整体目标，确保全过程咨询服务得以全面落实。

【参考文献】

- [1] 张川. 建设工程项目全过程咨询管理策略分析[J]. 四川建筑, 2023, 43(5): 287-288.
- [2] 干汗锋, 张晓健. 招标管理的问题剖析与对策研究[J]. 建筑经济, 2022, 43(2): 28-31.
- [3] 赵振宇. 全过程工程咨询服务几个关键问题探讨[J]. 农电管理, 2021(2): 35-37.
- [4] 陈莹. 工程全过程造价管理存在的问题及对策分析[J]. 居舍, 2020(34): 101-102.
- [5] 汪才华. 全过程工程咨询的发展问题与解决对策[J]. 招标采购管理, 2020(1): 48-51.

作者简介：周帮国（1972.10—），男，毕业院校：辽宁工程技术大学；所学专业：交通土建，当前就职单位：中煤科工集团重庆设计研究院（集团）有限公司，职务：项目经理，职称级别：中级工程师。

城市基础设施建设中工程进度管理的关键因素分析

徐伟杰¹ 郭文强²

1. 沂水count市政工程建设服务中心, 山东 临沂 276400

2. 沂水count城乡建设综合服务中心, 山东 临沂 276400

[摘要]城市基础设施建设工程的进度管理对工程质量和成本控制至关重要。进度管理不仅涉及施工技术与资源的合理配置,还受到项目规划、团队协作、技术应用、政策法规等多方面因素的影响。有效的进度管理能够提前识别潜在风险、减少工期延误、提高项目执行效率。然而,实践中由于外部环境变化、管理不到位或技术手段不足,常常导致工程进度受阻。通过分析工程进度管理的关键因素,探讨优化策略,有助于确保项目按时完成并达到预期标准。

[关键词]工程进度管理;项目规划;技术应用;风险管理;政策法规

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15205

中图分类号: TU984.191

文献标识码: A

Analysis of Key Factors in Engineering Progress Management in Urban Infrastructure Construction

XU Weijie¹, GUO Wenqiang²

1. Yishui County Municipal Engineering Construction Service Center, Linyi, Shandong, 276400, China

2. Yishui County Urban and Rural Construction Comprehensive Service Center, Linyi, Shandong, 276400, China

Abstract: The progress management of urban infrastructure construction projects is crucial for engineering quality and cost control. Progress management not only involves the rational allocation of construction technology and resources, but is also influenced by various factors such as project planning, team collaboration, technology application, policies and regulations. Effective schedule management can identify potential risks in advance, reduce project delays, and improve project execution efficiency. However, in practice, due to changes in the external environment, inadequate management, or insufficient technical means, project progress is often hindered. By analyzing the key factors of project schedule management and exploring optimization strategies, it can help ensure that the project is completed on time and meets expected standards.

Keywords: project progress management; project planning; technology application; risk management; policies and regulations

引言

城市基础设施建设是城市发展的基础,推动经济增长、改善居民生活质量并提升城市竞争力。工程进度管理面临进度延误和资源浪费等挑战,影响工程质量和成本控制。有效的进度管理能确保按期完成、降低风险、提高效率。因此,工程进度管理是项目成功的关键,也是提升基础设施质量的保障。文章分析影响进度管理的关键因素,并提出优化策略,通过文献综述和案例分析,结合定量与定性研究,探讨如何在复杂环境中实现高效进度管理。

1 项目规划与前期准备的影响

在城市基础设施建设中,项目规划与前期准备工作对工程进度管理起着至关重要的作用。良好的规划和充分的准备能够为后期的顺利实施打下坚实基础,减少工期延误和资源浪费,提高项目的整体效率。

1.1 需求分析: 分析项目建设需求,明确项目目标与预期成果

需求分析是项目规划阶段的首要任务。它主要包括对建设需求、功能要求、技术标准和质量目标等方面的深入分析。明确项目目标与预期成果是确保项目按期完成和实现既定效益的关键。需求分析不仅要考虑到项目的基本功

能,还要评估其对社会、环境、经济等多方面的影响。例如,在城市道路建设项目中,需求分析需要明确道路的通行能力、交通流量、环保要求以及施工期间对周边环境的影响等。通过需求分析,能够确保项目所有参与方对项目目标达成共识,从而避免由于目标不明确或变化导致的工期延误。

1.2 资源配置: 探讨如何合理配置人力、物力、财力等资源

资源配置是项目规划中另一关键因素。合理配置资源直接关系到项目能否按计划推进。人力资源的配置要考虑到项目所需的技术人员、施工队伍、管理人员等各类人员的数量与技能要求,确保每个岗位人员的专业能力与责任分配清晰;物力资源则包括建设所需的设备、材料及施工工艺等,必须根据项目的规模、施工周期以及实际需求进行精确计算与安排;财力资源的合理配置则是保障项目顺利推进的重要保障。预算制定需要考虑到各项资源的采购、运输、储存等成本,合理安排资金的使用进度,避免资金短缺或浪费。若资源配置合理,能够在项目实施过程中保障施工的顺利进行,减少不必要的资源浪费,确保工程能够按期交付。

1.3 风险评估：进行风险识别与评估，预制风险应对措施

项目建设过程中不可避免会面临各种风险，尤其是在城市基础设施建设中，工程规模大、涉及面广，风险种类繁多。因此，在项目规划阶段必须进行详细的风险评估。这一过程包括对项目可能面临的技术风险、管理风险、市场风险、法律风险以及外部环境变化等进行全面识别。通过定性与定量相结合的方式，评估每一类风险的可能性和影响程度，进而制定相应的应对措施。例如，市场波动可能导致建筑材料价格的波动，天气变化可能影响施工进度，甚至法律政策的调整可能影响施工许可等。有效的风险应对措施不仅能降低潜在风险带来的负面影响，还能为项目顺利推进提供保障。

2 项目管理团队的构建与运作

项目管理团队是确保城市基础设施建设项目顺利推进的核心力量。团队的合理构建和高效运作直接关系到工程进度的控制、质量的保证以及资源的有效利用。因此，如何构建一个高效的项目管理团队，并确保团队在项目实施过程中能够发挥最大效能，成为工程成功的关键因素之一。

2.1 团队结构：分析合理的团队结构及其对项目管理的影响

项目管理团队的结构设计直接影响到管理效率和决策的快速性。科学的团队结构可以保证各职能模块的顺畅衔接，减少信息传递的延误。通常，项目管理团队分为项目经理、技术负责人、质量控制人员、预算控制人员、采购人员等不同层级与职能部门。项目经理负责项目进度、质量和成本的整体把控，确保各部门的协调与资源调整。合理的团队层级设计能明确职责并提高管理效率。

2.2 沟通协调：探讨团队内外的沟通策略和协调机制

沟通协调是项目管理中至关重要的环节，特别是在复杂的城市基础设施项目中，及时且准确的信息流动至关重要。团队内部应建立信息共享和协作机制，确保各部门之间的有效沟通。同时，外部沟通也不可忽视，项目团队需与政府部门、监管机构、供应商、承包商等进行频繁沟通，确保各方顺利对接。定期进度会议和信息共享平台等方式有助于提高沟通效率，确保项目顺利推进。

2.3 技能培训与发展：强调对团队成员的技能培训及其重要性

项目管理团队的成员不仅需要专业能力，还需具备适应项目需求变化的灵活性和解决问题的能力。持续的技能培训和职业发展至关重要，通过定期培训，团队成员可以掌握新的技术和管理工具，增强应对能力。同时，培养团队合作、领导力等软技能，也能提升工作表现。项目过程中应关注团队成员的职业发展，提供成长机会，保持团队活力，确保项目按时完成。

3 技术与创新在进度管理中的应用

随着信息技术的飞速发展，现代技术工具和创新管理

方法在工程进度管理中的应用日益广泛。通过引入先进的技术手段和方法，能够提高进度管理的效率、准确性和灵活性，减少人为干预和失误，确保项目按计划推进。

3.1 现代技术工具

现代技术工具在工程进度管理中发挥着重要作用。建筑信息模型(BIM)技术可以通过建立数字化的三维模型，全面展示项目的各个环节和施工过程，帮助管理人员实时监控工程进展，并预测潜在问题。BIM技术不仅提高了设计阶段的信息传递效率，还能在施工阶段通过可视化手段，确保各工序按照预定计划顺利进行。同时，地理信息系统(GIS)技术可以帮助项目管理者对项目的地理环境进行全面分析，提供精准的现场数据支持，使施工调度、资源分配和风险评估更加科学和合理。这些技术工具的应用，使得进度管理从传统的人工记录转向数据驱动的自动化管理，极大提高了工作效率和准确性。

3.2 创新方法

除了传统的项目管理方法，创新管理方法在进度控制中也得到了广泛应用。敏捷管理方法是其中一种新的管理模式，最早起源于软件开发领域，但在建筑行业的引入取得了良好的效果。敏捷管理强调灵活性、快速响应和持续改进，采用迭代式开发和定期反馈机制，使得项目在执行过程中能够及时调整，避免长期的计划和预算滞后。通过定期的进度审查和团队协作，敏捷管理能够确保项目及时发现并进行调整，从而提升整体项目的进度控制能力。尤其是在一些复杂、变化频繁的城市基础设施项目中，敏捷管理的引入可以有效应对不确定性，提高项目的适应性和灵活性。

3.3 数据分析与决策支持

随着大数据技术和人工智能(AI)的发展，数据分析和决策支持系统在工程进度管理中也得到了广泛应用。大数据技术通过收集、存储和分析项目中的各种数据，包括施工进度、资源利用率、质量监控等，帮助项目经理及时发现进度偏差和资源浪费的潜在问题。同时，AI技术能够利用历史数据进行预测分析，提供更加精准的进度预测，优化资源调度。例如，通过机器学习算法，AI可以预测项目中可能出现的风险因素，如工期延误、资金不足等，并提出相应的应对方案。数据分析和AI的结合为项目管理提供了强大的决策支持，使得进度管理更具科学性和前瞻性。

4 法规与政策环境的影响

城市基础设施建设项目在实施过程中，必须遵循国家和地方的相关政策法规。政策法规不仅为项目提供了法律框架和操作指南，还对项目进度管理产生了深远影响。因此，项目管理团队必须充分了解并有效应对政策法规的变化，确保项目顺利推进。

4.1 政策法规框架：研究相关政策法规对进度管理的指导和影响

政策法规框架为项目进度管理提供了基本的法律依

据和执行标准。例如，施工许可、环境保护规定、劳动法等都对项目的进度产生直接影响。在项目规划阶段，必须遵循相关法规要求，合理安排工期和施工内容，确保项目合法合规。同时，政策法规框架还能帮助项目管理者识别哪些环节容易出现合规风险，进而采取措施避免进度受阻。

4.2 政策执行与合规性：讨论政策执行的现实挑战与对策

尽管有明确的政策法规框架，但在实际执行过程中，政策落实可能存在诸多挑战。例如，地方政府部门在执行政策时可能存在效率差异，或对某些政策的解读存在偏差，导致项目进度受到影响。对此，项目管理团队需要建立合规性检查机制，确保各项政策要求得到及时执行。通过加强与政府部门的沟通，确保政策执行的透明度，能够有效减少因政策执行不力而造成的工期延误。

4.3 政策更新与适应性：行业政策变动对项目进度的影响和应对策略

随着国家和地方政府对基础设施建设的监管不断加强，政策环境也在不断变化。例如，环保政策、建筑安全标准的更新可能要求项目进行重新设计或调整施工方案。项目管理团队必须及时掌握行业政策变动，评估其对项目进度的影响，并灵活调整施工计划和资源配置，以确保项目在政策变动中不受影响。通过建立快速响应机制和定期政策监测系统，项目可以更好地适应政策环境的变化，避免因政策调整导致的工期延误。

5 外部环境 with 内部挑战

项目进度管理不仅受内部因素的影响，外部环境的变化同样在很大程度上决定着项目的推进速度和质量。市场经济波动、社会文化因素以及内部管理问题等都可能成为工程进度的障碍，需要有效应对。

5.1 市场与经济环境：分析市场经济波动对工程进度的影响

市场经济的波动对工程项目的进度管理有显著影响。原材料价格上涨、劳动力成本变化以及资金紧张等因素，均可能导致工程预算超支，进而影响施工进度。例如，钢材、水泥等建筑材料的价格波动会直接影响施工成本，如果市场供应紧张，可能导致材料短缺，延迟项目进度。此外，经济下行时期，项目融资困难可能导致资金不到位，影响工程的正常推进。因此，项目管理者需要通过多元化采购渠道、灵活调整资金计划等手段，降低经济波动带来的风险。

5.2 社会与文化因素：社会文化环境如何影响工程进度和项目管理

社会文化因素也对项目进度产生影响。在一些地区，

社会和文化的差异可能导致项目管理中的摩擦，进而影响工程的进度。例如，地方政府政策、居民的参与和配合程度、施工现场的社会秩序等都会影响工程的顺利进行。若项目需要征地拆迁，社会舆论和居民的反应可能导致进度延误。此外，跨文化团队的合作也可能面临沟通障碍，影响项目实施效率。因此，在项目启动阶段，做好社会环境的评估和文化适应性准备至关重要。

5.3 内部管理问题：内部管理不足导致的进度问题及其解决方案

内部管理问题是影响工程进度的另一大挑战。不明确的职责分配、信息传递不畅、决策延误等问题，往往会导致项目进度延误。例如，项目经理与团队成员之间缺乏有效沟通，可能导致任务执行不力，进度落后。内部资源调配不当，可能使得某些环节积压，其他环节的进度滞后。因此，解决内部管理问题需要通过优化组织结构、明确责任、加强团队沟通和使用先进的项目管理软件来提高决策效率和管理透明度。综上所述，外部环境的变化和内部管理的不足都会影响项目进度，项目管理者需要灵活应对市场变化，注重社会文化适应性，并加强内部管理的精细化，以确保工程项目能够顺利按期完成。

6 结束语

城市基础设施建设中的工程进度管理受项目规划、团队构建、技术应用、政策法规和外部环境等多因素影响。科学的规划、合理资源配置、技术创新和良好沟通能提高进度管理效率。然而，市场波动、社会文化差异和内部管理问题仍是挑战。未来研究可探讨在复杂环境中，结合新兴技术和创新管理方法优化进度管理策略，并加强风险管理与政策适应性研究，为项目顺利推进提供保障。

[参考文献]

- [1] 谢铷鸿, 邹树梁. EPC 模式下核电建设项目进度管理机制的关键因素分析[J]. 南华大学学报(社会科学版), 2011, 12(3): 5-10.
- [2] 王恒. 互联网统一服务平台建设工程进度管理研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2016.
- [3] 刘瑜青. 挣值法在 PPP 模式城市轨道交通车辆段建设进度管理中的应用研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2018.
- [4] 赵赫. 高速公路建设工程进度管理的关键链识别研究[J]. 工程建设与设计, 2024(22): 244-246.

作者简介：徐伟杰（1991.7—），男，山东临沂人，现就职沂水县城政工程建设服务中心，工程师，从事建设工程管理工作；郭文强，男（1991.4—），山东临沂人，现就职沂水县城政工程建设综合服务中心，工程师，从事建设工程管理工作。

彩色 OGFC 沥青砼在市政工程中的应用研究

张凤根

安徽水利嘉和建筑工程有限公司, 安徽 蚌埠 233000

[摘要] 彩色 OGFC (开放式沥青混凝土) 作为一种新型路面材料, 近年来在市政工程中得到了广泛关注。其优越的透水性、抗滑性和美观性, 使其成为应对城市内涝、提升交通安全和改善城市景观的重要解决方案。当前, 许多城市在道路、停车场及公共广场等场所逐步应用彩色 OGFC, 以减少雨水积聚, 提升行车舒适性和行人安全。然而, 尽管彩色 OGFC 在性能上表现突出, 但在实际推广过程中仍面临施工技术要求高、初期成本较大以及市场接受度不足等挑战。为了充分发挥彩色 OGFC 的优势, 文中针对其材料特性、施工工艺及经济性进行系统研究, 以推动其在市政中的应用, 为城市可持续发展提供有效支持。

[关键词] 彩色 OGFC 沥青砼; 市政工程; 应用

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15199

中图分类号: U416.217

文献标识码: A

Research on the Application of Colored OGFC Asphalt Concrete in Municipal Engineering

ZHANG Fenggen

Anhui Water Conservancy Jiahe Construction Engineering Co., Ltd., Bengbu, Anhui, 233000, China

Abstract: Colored OGFC (Open Asphalt Concrete), as a new type of pavement material, has received widespread attention in municipal engineering in recent years. Its superior permeability, skid resistance, and aesthetics make it an important solution for dealing with urban waterlogging, improving traffic safety, and enhancing urban landscapes. Currently, many cities are gradually applying colored OGFC in places such as roads, parking lots, and public squares to reduce rainwater accumulation, improve driving comfort, and pedestrian safety. However, despite the outstanding performance of color OGFC, it still faces challenges such as high construction technology requirements, high initial costs, and insufficient market acceptance in the actual promotion process. In order to fully leverage the advantages of colored OGFC, this article conducts a systematic study on its material characteristics, construction technology, and economy, in order to promote its application in municipal engineering and provide effective support for urban sustainable development.

Keywords: colorful OGFC asphalt concrete; municipal engineering; application

引言

随着城市化进程的加速, 市政工程面临着交通拥堵、内涝及环境污染等多重挑战。在这一背景下, 传统沥青混凝土材料逐渐无法满足现代城市发展的需求。作为新型路面材料, 彩色开放式沥青混凝土 (OGFC) 凭借其卓越的透水性、抗滑性与美观性, 日益受到关注。其开放的骨架结构有效地实现了排水, 减少了雨水的积聚, 从而降低了城市内涝的风险。此外, 独特的色彩与纹理设计不仅提升了道路的视觉吸引力, 还改善了交通导向, 增强了行人的安全感。在高交通负荷条件下, 彩色 OGFC 展现出良好的耐磨性与抗压强度, 适用于城市主干道、停车场及人行道等多种场景。尽管在性能与美观方面彩色 OGFC 具备明显优势, 但在实际应用中仍面临施工技术、成本控制及市场接受度等挑战。因此, 深入研究彩色 OGFC 在市政中的应用将有助于优化城市基础设施的建设与维护, 并为可持续城市发展的新思路与解决方案提供支持。

1 彩色 OGFC 的特性

1.1 透水性

彩色开放式沥青混凝土 (OGFC) 以其卓越的透水性,

成为市政工程广泛应用的重要材料之一。OGFC 路面采用开级配的集料级配设计, 空隙率通常在 15%~20%之间, 远高于普通沥青混凝土路面。透水性是指材料允许水分通过的能力。通过独特的骨料配比与孔隙结构, 这种大空隙结构使得雨水能够快速渗透进入路面内部, 并通过路面基层的排水系统迅速排走, 显著减少了地表径流, 这一特性不仅减轻了城市排水系统的负担, 还降低了内涝风险, 同时减少冬季路面结冰概率, 提高了路面的安全性, 减少了水滑现象的发生。此外, 良好的透水性还促进了地下水的补给, 为改善生态环境提供了助力。例如, 在一些降雨频繁且降雨量较大的地区, 如我国南方的部分城市, OGFC 路面能够在降雨过程中迅速将雨水排出, 车辆行驶时不会出现明显的水花飞溅和制动距离大幅增加的情况。

1.2 耐磨性

彩色开放式沥青混凝土 (OGFC) 展现出优异的耐磨性, 使其在高交通量的市政道路及人行道应用中表现突出。耐磨性主要得益于特定的骨料选择与混合设计。OGFC 中集料的硬度、形状、级配等对耐磨性影响显著。硬度高的集料, 如玄武岩、辉绿岩等, 能更好地抵抗轮胎的磨损作用,

使路面保持较好的表面纹理和抗滑性能。集料的形状也很关键,接近立方体、有棱角的集料相互嵌挤紧密,在行车荷载作用下不易移动和磨损,而片状或针状集料则容易在车轮作用下被碾碎或拔出,降低路面耐磨性,施工过程中使用改性沥青,如 SBS 改性沥青、橡胶沥青等,或添加纤维等添加剂,能够提高沥青结合料的黏结性能、弹性恢复能力和抗老化性能,从而增强路面的耐磨性。高强度矿料与合适的沥青黏结剂的采用,使得路面在反复车辆摩擦下依然维持良好的结构稳定性。与传统沥青混凝土相比,彩色 OGFC 在摩擦力与抗磨损能力上均有显著提升,能够有效抵御重型车辆的碾压与磨损,从而延长路面的使用寿命。此外,良好的耐磨性还减少了养护与重铺的频率,降低成本,整体交通安全性也得以提升。

1.3 抗滑性

彩色开放式沥青混凝土(OGFC)具备优良的抗滑性,使其在交通安全方面表现尤为出色。抗滑性主要体现在路面的摩擦系数上。通过采用粗骨料及开放的孔隙结构,选择硬度高、耐磨性能好的集料,如玄武岩、辉绿岩等。这些集料颗粒形状规则、表面粗糙,能够提供良好的微观纹理和宏观纹理,从而增强路面的抗滑性能,施工后,彩色 OGFC 显著增强了路面的粗糙度,从而提升了轮胎与路面之间的摩擦力。在潮湿或雨天条件下,良好的透水性能够迅速排出水分,降低水膜形成的几率,进一步增强了路面的抓地力。这种优异的抗滑性能不仅降低了交通事故的风险,还提高了行车的安全性与舒适性,特别是在高速公路及急转弯路段等特殊情况下尤为重要^[1]。此外,彩色 OGFC 的抗滑性同样对行人及非机动车参与者的安全使用产生积极影响,确保了行人在湿滑路面上的行走安全。

2 彩色 OGFC 沥青砼的制备与施工技术

2.1 材料选择

在彩色开放式沥青混凝土(OGFC)的制备过程中,材料的选择至关重要,直接影响其性能与施工质量。沥青的选择应确保具备良好的黏结性及耐高温性能,通常采用改性沥青,以提高混合料的抗裂性与耐久性。骨料的选取同样关键,需使用适中粒径的粗骨料与细骨料,以确保混合料的透水性及抗滑性,所选集料应具有良好的化学稳定性,不易与水、空气、沥青等发生化学反应,防止因化学变化导致集料性质改变、与沥青的黏附性降低或路面出现病害等问题。彩色矿料通常作为骨料的一部分,这不仅为路面增添了色彩,还提升了其美观度。所选矿料应具备高强度及低吸水性,以便在高交通负荷下维持优良的机械性能。此外,添加剂的使用也可提升混合料的整体性能。例如,抗老化剂与抗滑剂的加入能够进一步增强彩色 OGFC 的耐久性与安全性。在材料选择过程中,应充分考虑当地的气候条件、交通状况及环境要求,以实现最佳的性能与效果。

2.2 配比设计

彩色开放式沥青混凝土(OGFC)的配比设计是确保其

性能与适用性的关键环节,涉及沥青、骨料及填料等成分的合理组合。在配比设计中,需确定适宜的沥青剂量,通过马歇尔试验、车辙试验、冻融劈裂试验等方法,分析不同沥青用量混合料的性能,如马歇尔稳定度、流值、动稳定度、冻融劈裂强度比等,根据试验结果调整沥青用量,使混合料的各项性能指标满足设计要求,通常沥青用量为总混合料重量的 4%~6%,以确保良好的黏结性及结构稳定性。据经验和相关规范,确定 OGFC 混合料一般采用间断级配,以形成良好的嵌挤结构,提高路面的抗滑性能和空隙率。例如,可采用 4.75mm 筛孔的通过率为 10%~20%, 9.5mm 筛孔的通过率为 40%~60%, 13.2mm 筛孔的通过率为 60%~80%等,通过室内试验,对初试级配进行调整和优化。采用马歇尔试验、析漏试验、飞散试验等方法,分析不同级配混合料的性能,如空隙率、马歇尔稳定度、析漏损失、飞散损失等,根据试验结果调整级配,使混合料的各项性能指标满足设计要求。同时,粗细骨料的比例应经过实验优化,粗骨料提供必要的支撑力,而细骨料则填补空隙,从而提高整体密实度与抗滑性。为确保透水性,适当的空隙率需维持在 15%~20%之间。为实现彩色效果,高强度的彩色矿料被选用作为部分骨料,与常规骨料的合理搭配,确保了路面色彩的均匀且持久。此外,添加剂的使用同样是配比设计的重要环节。抗老化剂与抗滑剂的加入能够有效增强混合料的耐久性与安全性。在整个设计过程中,需进行多次试验与调整,以确保最终配比在特定交通与气候条件下,能够提供最佳的性能与使用效果。

2.3 制备工艺

彩色开放式沥青混凝土(OGFC)的制备工艺是确保其性能与质量的重要环节,通常包括混合、拌制及冷却等步骤。在制备过程中,选定的粗骨料、细骨料与彩色矿料需按照设计好的配比进行干燥,以去除水分并增强骨料的结合力。随后,经过干燥的骨料在热拌设备中与改性沥青混合,温度应控制在 160~180℃之间,以确保沥青充分渗透到骨料表面,形成均匀的混合料。混合时间的调整应基于设备及材料特性,以确保所有成分充分结合^[2]。在混合料拌和的初期,应加入抗老化剂、抗滑剂等添加剂,以提高其整体性能。生产彩色沥青时一般直接将颜料直接加入到基质沥青中,通过机械搅拌等方式使其均匀分散,形成彩色沥青。拌制完成后,混合料需迅速转移至摊铺设备,以避免因降温造成的黏结性能降低。在施工过程中,温度与时间的控制至关重要,确保混合料在最佳温度范围内进行摊铺及碾压,从而实现最佳的压实效果与透水性。

2.4 施工技术

彩色开放式沥青混凝土(OGFC)的施工技术对其性能和质量至关重要,涉及摊铺、碾压及养护等多个步骤。在施工之前,现场需要进行充分准备,包括基础处理和清理,以确保路面干燥、平整且无杂物。随后,制备好的彩色 OGFC 混合料应迅速运送至摊铺设备,并在适宜的温度下

进行摊铺, 以避免冷却影响其黏结性能。在摊铺过程中, 必须保持均匀的厚度和连续性, 以防止空隙或不均匀现象的产生。摊铺完成后, 应立即进行碾压, 通常使用振动压路机, 以实现最佳的压实效果, 确保混合料充分结合, 增强路面的整体强度和耐磨性。在碾压过程中, 需要及时监控温度和时间变化, 并根据情况调整碾压方式, 以避免因过早冷却导致的压实不足。

2.5 施工质量控制要点

彩色 OGFC 的施工质量控制要点至关重要, 直接关系到路面的性能与使用寿命。在施工过程中, 原材料的质量必须严格监测, 确保沥青、骨料及添加剂均符合设计要求, 并进行必要的实验室检测, 以确认其物理与化学性质。在混合料的制备阶段, 混合的温度与时间应被控制, 以保证沥青与骨料充分结合, 避免因温度过低而导致的黏结性能下降。摊铺过程中, 均匀的摊铺速度与厚度需得到保持, 以确保材料的连续性与一致性, 防止局部缺陷的产生。碾压时, 碾压机的类型与工作方式应受到关注, 选择适宜的碾压轮数与力度, 以确保混合料得到充分压实, 同时维持良好的透水性。此外, 施工现场的定期检查同样不可忽视, 温度、湿度及材料用量等数据需被记录, 以确保各个环节均符合施工规范。

3 彩色 OGFC 沥青砼的性能评估

彩色 OGFC 的性能评估对于其在市政工程中的有效应用至关重要, 涵盖多个方面, 包括实验设计、耐久性测试、抗滑性测试、透水性测试及经济性分析。在实验设计阶段, 测试的目的与方法需被明确, 代表性的样本应被选择, 并制定详尽的实验方案, 以确保所获得数据的可靠性与有效性。耐久性测试主要关注材料在不同环境条件下的抗老化与抗裂性能, 通过加速老化实验与实际使用条件的对比, 评估彩色 OGFC 在长时间使用后的性能变化。抗滑性测试侧重于测量材料在多种湿滑条件下的摩擦系数, 这对于行车安全极为关键, 通常采用标准摩擦测试设备来评估其在不同交通环境中的表现。透水性测试应重点关注材料的孔隙结构及水流动特性, 通过实验室与现场测试评估其在降雨及排水情况下的功能, 从而确保有效减轻城市内涝问题^[3]。最后, 经济性分析不仅需考虑材料及施工成本, 还应综合维护频率、使用寿命及社会效益, 通过全生命周期成本分析, 为决策提供必要的技术支持。

4 彩色 OGFC 沥青砼在市政工程中的应用

4.1 道路与人行道

彩色开放式沥青混凝土 (OGFC) 在道路与人行道的应用中展现出显著优势, 提升了交通安全, 改善了城市环境。其卓越的透水性有效地排除了降雨造成的积水, 减少了水滑现象的发生, 从而显著增强了行车与行人的安全性。此外, 彩色 OGFC 的耐磨性和抗滑性使其能够承受重型交通的磨损, 确保路面在长期使用中的稳定与耐久性。使用彩

色矿料不仅为路面增添了美观的色彩, 还增强了视觉引导效果, 改善了行车体验及行人安全, 尤其是在交叉口和人行道区域。通过科学的配比与施工工艺, 彩色 OGFC 能够与城市景观有机融合, 成为城市设计的重要组成部分, 从而提升市政工程的整体美感。由于维护成本和频率的降低, 彩色 OGFC 已成为现代城市基础设施的重要选择, 为可持续发展提供了有效的支持。

4.2 公园与景观区域

彩色开放式沥青混凝土 (OGFC) 在公园及景观区域的应用, 显著提升了环境的美观性与功能性。丰富的景观色彩通过其独特的彩色矿料得以创造, 宜人的视觉效果增强了行人和游客的空间体验。优良的透水性使彩色 OGFC 能够迅速排水, 有效减少水面积聚与泥泞现象, 从而为游客提供安全、舒适的行走环境, 尤其在降雨后的恢复能力尤为突出。此外, 卓越的抗滑性确保了行人在湿滑条件下的安全, 这使其特别适用于步道、自行车道及游乐设施周边的铺设。耐磨特性使该材料在高人流量的公园区域表现良好, 维护与更换的频率得以减少, 从而降低了管理成本^[4]。同时, 符合可持续发展理念的彩色 OGFC, 其环保特性有效减缓了城市热岛效应, 有助于提升城市生态质量。

4.3 停车场与广场

彩色开放式沥青混凝土 (OGFC) 在停车场和广场的应用展现了显著的优势, 既提升了功能性, 又增强了美观度。其优异的透水性能能够迅速排出降雨时的地面水分, 有效减少积水现象, 从而降低滑倒和事故的风险, 确保车辆和行人在湿滑环境中的安全。良好的耐磨性和抗压强度使彩色 OGFC 能够承受频繁的车辆进出和停放, 确保停车场的长期使用寿命。此外, 丰富的地面色彩通过彩色矿料得以呈现, 同时增强了视觉引导效果, 清晰划分车位和通行路线, 从而提升停车场的空间利用效率。在广场区域, 不同颜色的 OGFC 被运用来创造美观的图案与布局, 增加了城市公共空间的吸引力, 鼓励市民参与户外活动。作为可持续发展的理想选择, 彩色 OGFC 的环保特性有效提升了城市的生态环境。

5 彩色 OGFC 沥青砼在市政工程中的优势与挑战

彩色开放式沥青混凝土 (OGFC) 在市政工程中展现出的优势与挑战明显, 其卓越的综合性能与实际应用的复杂性形成鲜明对比。具备良好透水性的该材料, 能够迅速排除降雨所产生的积水, 显著降低城市内涝风险, 尤其在高强度降雨时表现尤为重要。此外, 彩色 OGFC 的抗滑性与耐磨性提高了路面的安全性与耐久性, 使其在繁忙城市交通环境中, 长期保持良好的行驶条件。通过引入多种颜色, 材料不仅丰富了城市景观, 还能有效引导交通, 增强视觉效果与公共空间的吸引力。然而, 彩色 OGFC 的应用同样面临诸多挑战。对技术要求较高的制备与施工, 需专用设备与经验丰富的工人以确保材料的均匀性与施工质量。在

施工过程中，材料性能可能受到温度与湿度变化的影响，因此环境条件需严格监控。尽管初期投资较高，但长期经济性也需进行全面评估，综合考虑维护成本与使用寿命等因素。同时，市场对新材料的接受度及相关政策的支持，是影响其推广的重要因素。因此，尽管彩色 OGFC 在提升城市基础设施的功能与美观方面具有巨大潜力，其成功应用仍依赖于技术突破、成本控制及政策支持等多方面的协调发展。

6 结语

在市政工程不断发展的背景下，彩色开放式沥青混凝土（OGFC）作为一种创新材料，展现出的应用潜力显著。优良的透水性、抗滑性与耐磨性有效解决了城市内涝及交通安全问题，同时提升了城市整体的美观度。尽管在推广过程中面临技术与经济方面的挑战，这些障碍是可以通过持续的技术创新与政策支持加以克服的。展望未来，广泛

应用于更多市政项目中的彩色 OGFC，有望促进城市基础设施的可持续发展，并改善居民生活质量。因此，深入研究其特性与应用，充分挖掘其潜力，将为构建更宜居的城市环境奠定坚实的基础。

【参考文献】

- [1] 华涛. OGFC 排水性沥青混凝土路面施工技术要点分析[J]. 交通科技与管理, 2024, 5(17): 98-100.
- [2] 张一. 排水沥青路面混合料的组成设计及施工要点探讨[J]. 交通科技与管理, 2024, 5(14): 167-169.
- [3] 郭亚辉. OGFC 排水性沥青混凝土路面施工技术研究[J]. 交通世界, 2023(30): 47-49.
- [4] 肖健. 公路工程 OGFC 排水性路面混合料设计与施工[J]. 交通世界, 2022(27): 130-132.

作者简介：张凤根（1986.12—），男，安徽建筑大学，材料化学，项目经理，工程师。

新型顶管进出洞端头加固体系在综合管廊中的应用

李徐德

武汉市市政建设集团有限公司, 湖北 武汉 430000

[摘要] 在综合管廊施工中, 常见施工方法有两种支护明挖法及沉井+顶管法, 在城市交通较繁华路口, 为减少对交通影响, 主要采用沉井+顶管施工技术。而顶管法施工中顶管机进洞端头加固体施工效果又是其关键控制工序, 直接关系到顶管是否能够顺利始发与接收。本篇文章详细阐述一种新型加固方法、施工工艺。结合工程实例, 提出优化设计方案与施工控制要点, 为综合管廊矩形顶管端头加固提供技术支撑, 有助于提升顶管工程安全性与经济性, 推动相关领域技术发展。

[关键词] 沉井; 顶管进出洞; 端头加固体; 施工工艺

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15195

中图分类号: TU990.3

文献标识码: A

Application of New Top Pipe Inlet and Outlet End Reinforcement System in Comprehensive Pipe Gallery

LI Xude

Wuhan Municipal Construction Group Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract: In the construction of comprehensive pipe galleries, there are two common construction methods: support open excavation method and caisson+pipe jacking method. At busy intersections in urban traffic, in order to reduce the impact on traffic, the caisson+pipe jacking construction technology is mainly used. In the construction of the top pipe method, the effect of adding solid material at the end of the top pipe machine entering the tunnel is a key control process, which directly affects whether the top pipe can be smoothly started and received. This article elaborates on a new reinforcement method and construction process in detail. Based on engineering examples, propose optimization design schemes and construction control points to provide technical support for the reinforcement of rectangular top pipe ends in comprehensive pipe galleries, which will help improve the safety and economy of pipe jacking projects and promote technological development in related fields.

Keywords: sinking well; top pipe inlet and outlet; end reinforcement; construction technology

引言

随着城市基础设施建设的推进, 顶管施工技术因其对周围环境影响小、施工效率较高等优势, 在综合管廊建设中得到广泛应用。顶管端头作为施工的关键部位, 在顶进过程中承受着巨大的水土压力, 若端头加固不当, 极易引发土体坍塌、涌水涌砂等工程事故, 不仅会威胁施工安全, 还可能对周边建筑物造成损害, 导致工期延误与巨大经济损失。

本文以东湖新城综合管廊一、二、三期工程为例, 对顶管施工洞门破除工序与设计探讨优化, 在洞门前方(原加固区域)通过设置插入一排 H 型钢, 形成 SMW 工法墙作为临时支护结构, 降低洞门破除时土体坍塌风险, 并合理减少原有端头加固工程量以达节约工程建设成本。通过深入研究综合管廊矩形顶管端头加固技术, 优化加固方案与施工工艺, 为其他相关工程提供有益参考与借鉴。

1 新型端头加固体工艺原理

工作井结构井(沉井)施工前, 进行端头及止水帷幕施工, 在端头加固体初凝前, 插入 H 型钢, 形成工法墙支护体系, 并沿工作结构井(沉井)外边四周形成一圈钢筋混凝土冠梁连接形成整体。待沉井下沉、洞门破除完成, 顶管机推进至加固体外边缘, 拔出 H 型钢, 顶管机进入加

固区域后正常推进。新型加固体系通过插入 H 型钢, 增加强度及刚度, 确保沉井下沉、洞门破除、顶管进出洞等工序施工时土体稳定, 提高其安全系数。

2 新型端头加固体的优势特点

2.1 安全稳定性高

通过在洞门加固体内靠洞门一侧插入型钢, 形成 SMW 工法墙, 并增设冠梁进行组合, 使其具有较高强度、刚度, 可操作性强, 操作过程简单, 安全可靠。

2.2 经济效益明显

利用工法墙支护作用, 可降低端头加固范围, 普通加固体通常为洞门外侧 5m, 本新型加固体约 2m 即可, 节约工程造价成本。

3 施工工艺流程及操作要点

3.1 施工工艺流程

场地平整测量放线→端头加固及止水帷幕施工→始发及接收洞门搅拌墙施工→工字钢现场加工处理→工字钢插入→墙体养护及检测→沉井制作下沉→女儿墙及冠梁施工→顶进设备安装→始发井洞门人工破除→顶管出洞抵达工法墙加固体→始发井工法墙型钢拔出→顶管机抵达接收井工法墙加固体→接收井工法墙型钢拔出→顶管机穿越接

收井工法墙加固体抵达井壁→接收井洞门破除及进洞接收。

3.2 操作要点

3.2.1 场地平整测量放线

开始作业前,调查清除一切地面和地下障碍物,场地低洼处先抽水和清淤,进行地基处理,必要时可以搅拌石灰或水泥,确保墙机站位处地基稳定。合理组织人材机陆续进场,安装加固所用水泥罐,对施工区域及时进行场地平整。对施工区域进行打围,现场施工场地进行布置。根据施工场地内建立的导线测量控制点和水准测量控制点,进行施工放样,采用全站仪和水准仪进行定位和高程测量。

3.2.2 端头加固及止水帷幕施工

(1) 测量放样。根据提供的水准点,严格按照设计图进行墙位中心轴线定位放样及高程引测工作,并做好轴线控制点标志。请现场监理复测墙中心轴线。

(2) 开挖沟槽。为清除妨碍成墙施工的杂填土和浅层的地下障碍物,必须用挖机开挖出 1.2m 宽沟槽,深度应到达杂填土底部并不小于 1m,不大于 2.5m。

(3) 设置定位线、分幅。所谓导向定位线即为三轴深搅墙的外边缘轮廓连线,平行于轴线。按照 20m~30m 分段随三轴深搅墙的完成施放,定位线两端必须放置固定好,必要时设置临时木墙,然后挂上施工线,三轴墙机就位时以螺旋叶片外缘切上施工线为标准。墙位分幅布置的偏差不得大于 20mm。

(4) 墙机就位。墙机行走路线用钢板铺设,检查其平整度满足 1/100,墙机就位后应校正、复核墙机底盘水平度和钻塔导向架的垂直度,立柱导向架的垂直度偏差应小于 1/250,符合要求后才可以进行钻孔施工。每幅墙施工前以中间钻杆上的中心点对准导向定位线上的分幅标记并以螺旋叶片外缘切上施工线为标准。墙机就位完毕后再进行墙位复核,偏差值不应大于 50mm。

(5) 制备水泥浆液。按照设计要求水泥采用 P.042.5 级普通硅酸盐水泥,水泥掺量为 35%,外加减水剂,添加膨润土,用量宜为 10kg/m³。水灰比为 1.5,搅拌墙 28 天无侧限抗压强度标准值不小于 0.5MPa。

在施工现场搭建拌浆施工平台,后台搅拌站要挂牌施工(每种墙的墙长、水泥掺量、用水量等必须在牌上注明),浆液制备前对拌浆工作人员做好交底工作,在开机前应进行浆液的搅制,水泥必须过磅,拌浆时间≥2 分钟,现拌现用。因故搁置超过 2h 的拌制浆液,应作为废浆处理,严禁再用。

(6) 成墙和注浆。定位后开动墙机使钻头下沉,同时喷浆、喷气切割搅拌土体。到达设计墙底标高后重复搅拌注浆(钻头上下各一次),随后钻头提升,仍同步注入水泥浆液。根据规范要求三轴搅拌墙机下沉速度为 0.6m/min,搅拌提升速度为 0.8m/min 以内,并保持匀速下沉与匀速提升。注浆成墙后墙位偏差不大于 50mm,墙

体垂直度偏差不大于 1/200。

3.2.3 始发井及接收井搅拌墙施工

搅拌墙施工施工同上述端头加固三轴水泥搅拌墙施工工艺,需注意按设计要求定位实施,严格把控墙体线形及垂直度,在成墙完成后初凝之前及时插入型钢。

3.2.4 工字钢现场加工处理

(1) 型钢吊放之前应涂抹隔离剂及满贴隔离薄膜:

油脂减摩剂的使用量是 1kg/m²。减摩剂涂刷时避免在雨雪天进行,涂刷须均匀,厚度不小于 1mm,且涂刷完成后 1 小时内不得使用。隔离薄膜采用 PVC 发泡膜,一般 3~5mm 厚。

(2) 工字钢长度焊接接长,当工字钢长度超过 12m 时,需利用两根型钢进行接长。

3.2.5 工字钢插入

(1) 型钢制作、焊接、涂刷减摩剂、插入与固定

H 型钢制作:焊接 H 型钢焊缝质量应符合设计要求 H 型钢制进场后,型钢顶端 0.07m 处开一个中心圆孔,孔径约 4cm,以便 H 型钢的起吊。

H 型钢的焊接要求:H 型钢宜采用整材,当采用分段焊接时,应采用坡口焊接,焊缝质量等采用二级,单根型钢接头不宜超过 2 个,接头位置应避免设置在支锚或开挖面附近等型钢受力较大处。相邻型钢的接头位置应错开,错开距离不宜小于 1m。

涂刷减摩剂:为了便于起拔回收,在插入深搅墙前,表面应涂刷减摩剂。所使用的减摩剂为 SMW 工法 H 型钢专用减摩隔离剂。

(2) H 型钢的插入与固定

H 型钢应在搅拌墙施工完成后 30 分钟内插入指定位置。采用吊车将定尺的 H 型钢吊起,依靠 H 型钢的自重下插或振动锤助沉到设计规定深度。下插过程中始终用线锤跟踪控制 H 型钢垂直度,并用两台全站仪双向校核。插入完成后由 H 型钢上的吊筋吊在定位小槽钢上控制标高,定位小槽钢搭在沟槽两侧铺设的定位型钢上直至孔内的水泥土初凝。

3.2.6 沉井浇筑下沉及封底

顶管工作井下沉主要采用排水下沉和干封底的工艺技术,制作与下沉方法:两节制作、两次下沉,根据现场条件,先开挖 1.5m 基坑后进行沉井制作。首先施工刃脚部分,刃脚部分施工完成后进行第一节沉井制作,第一次下沉后,再进行第二节段的施工,再下沉到底标高。应采用两节制作,两次下沉方法,沉井分节制作的高度,应保证其稳定性并能使其顺利下沉。沉井制作过程中洞门结构进行优化,井壁外侧采用 50cm 素混凝土周边布置放射筋,下沉前内侧预留 50cm 后期采用砌块砖封堵。

当沉井下至设计标高时,应特别加强观测,待 8 小时,沉井自沉累计不大于 10mm 时,方进行封底,但此时井体

的刀脚标高、井体的位移、倾斜均应在允许的范围内,并经监理工程师、监测工程师检验合格后方可进行封底验收。

3.2.7 顶管机安装

矩形顶管下井以及吊出需要采用大型起重设备。主要工作工序有:发射架、后顶装置下井安装调试→刀盘及驱动段下井放置在发射架上→后部纠偏铰接段整体下井,放置在发射架后与刀盘及驱动段用螺栓连接、紧固→螺旋机下井并安装到位→环形顶铁和 U 型顶铁下井安装→电器柜安装。

3.2.8 冠梁及女儿墙施工

根据深基坑设计要求,在工法墙的型钢上端设置冠梁,工法墙型钢表面设置隔离薄膜及涂刷隔离剂,型钢顶部高出冠梁顶部 50cm,方便后期拔出型钢,并预留钢板做斜撑。将已下沉完成后的沉井井壁预留女儿墙钢筋与冠梁钢筋按图纸要求进行绑扎连接,一同支模浇筑混凝土。

3.2.9 始发井洞门破除

施工准备→脚手架搭设施工平台→洞门混凝土凿除→渣土清运→导轨安装及机头进洞洞口,洞门破除之前做米字型探孔,探孔深度至加固体,探孔无漏水现象方可进行洞门破除。搭设防护脚手架,由人工从上至下逐步破除,只可破除洞门混凝土,不可破坏加固区墙体破除原则:先两侧再中间,先上部后下部,由外及里逐层破除,破除完成后安装洞门止水装置及顶管机出洞。

3.2.10 顶管出洞抵达工法墙加固体

在洞圈内的墙壁结构全部破除后,应立即安装洞门止水装置,顶管机向洞门方向顶进,刀盘顶到工法墙加固体后,应迅速、连续顶进管节,尽量缩短工具管进洞时间。

3.2.11 始发井工法墙型钢拔出

待顶管刀盘已顶至墙体受力后,采用专用夹具及液压千斤顶以冠梁为反梁,利用起吊设备吊配合拔起回收 H 型钢。

3.2.12 顶管机抵达接收井工法墙加固体

(1) 正常顶进

顶管机穿越始发井加固区后,进入区间正常顶进,过程中应监测刀盘同掌子面土压力变化情况。当顶管机进入接收井端头加固区域后,开始控制顶进速度,顶进轴线,并加强对顶进应力及地面及周边构筑物沉降的监测。根据顶距及电脑监控设备判断当临近接收井工法墙墙体时,停止顶管机顶进同时保持现有掌子面土压力,立即组织吊车进行将接收井洞门工字钢拔出后方可继续顶进。

3.2.13 顶管机穿越接收井工法墙抵达井壁

顶管机穿越接收井加固区抵达洞门井壁后,应尽量减少水土流失,控制好地面沉降及工后沉降。及时进行同步注浆若有沉降区域及时采用膨润土压浆填充。

3.2.14 接收井洞门破除及进洞接收

当顶管机前方刀盘将军帽已抵达至洞门混凝土时,组

织人工进场进行破除洞门混凝土。

4 施工技术措施

(1) SMW 工法墙施工时,由于沟槽开挖和成墙时置换出的地基土量大,基坑外围无可供利用场地,开挖和置换出的地基土由挖机转移至场中集中堆放,在基坑开挖时一起运走,如若场地条件限制,则置换土需及时运出场地以免影响正常施工。

(2) 钻进缓慢处理措施。预搅下沉困难,电流值偏高,进尺缓慢,遇到这种情况,若地层内含有砂层或硬质土层,阻力大,应更换或在钻头加焊合金刀片并辅以稀水泥浆搅拌下沉;若墙机振动,地下可能存在障碍物,采取开挖并回填的方式解决。

(3) 遇地下障碍物的处理措施。在三轴搅拌墙施工过程中,对埋深较浅的地段的大孤石等遇地下障碍物采用开挖的方案,取出孤石。对埋深较深的地下障碍物,经现场确认无法施工时,采用补墙措施,补墙与原设计墙径增长水泥含量等同。

(4) 垂直度控制及纠斜措施。墙机就位时,确保其钻杆中心与墙中心在一个垂直面上,其钻杆垂直度,符合施工要求;钻进过程中为保证搅拌墙垂直度,注意设备的平整度和用线锤检查导向架的垂直度。若在施工发生墙位倾斜现象,则应重新定位墙机,根据需要采取补墙措施。

(5) 浆管堵塞、断浆处理措施。由于输浆管内有残存的水泥结块,或喷浆口球阀间隙过小,在喷浆过程中,可能导致输浆管堵塞甚至爆裂,此时应先拆洗输浆管,使喷浆口球阀间隙适当。

(6) 意外停机时的应急措施。打墙过程因故中断而续打时,为防止断墙或缺浆,应使搅拌轴下沉至停浆面以下 0.5m,待恢复供浆后再继续喷浆提升,对于由于意外造成停机时间超过 24 小时的墙,则需采用补墙措施进行冷缝处理。

(7) 冷缝处理措施。搭接施工的相邻墙的间歇时间超过 24 小时的部位应进行接头冷缝处理。

5 安全措施

(1) 严格按照用电规程重点控制安全生产用。

(2) 型钢起吊时吊车旋转半径范围不得有人,起吊前检查各连接处的牢固性,注意起吊安全。

(3) 做好地下管线等障碍物调查工作,避免造成破坏事故。

(4) 禁止临边机械作业和堆载。

6 环保措施

(1) 施工现场设置临时排水系统,施工污水经沉淀滤清后,排入下水道。

(2) 由于场地狭小,施工现场不设临时堆土场,土方车辆要强化密封措施,并派专人巡视。

(3) 对施工中的水泥浆集中排放,待水泥浆凝结成

块时装运至指定弃土点。

(4) 现场水泥堆放使用要有序, 避免扬灰造成环境污染, 采用袋装水泥时需搭设水泥棚。

7 结论

该新型端头加固体系应用于东湖新城综合管廊一、二、三期工程项目中, 其方法简单, 施工方便, 充分利用了工法墙的型钢可回收特点, 减少了其他传统施工需要端头加固需大量范围的满堂加固、洞门破除渗漏水及土体失稳等风险。采用此方法施工施工效率明显提高, 有效地节约了工程端头加固成本, 以及洞门破除失稳风险。可使顶管刀盘掌子面与土体充分接触后再进行拔出型钢, 有效保证顶管出洞有更充足的准备时间及安全性, 有效地减少了安装和拆除模板时的工作量; 施工费用低, 顶管出洞安全, 具

有良好的社会效益和经济效益。在工程领域中采用盾构、顶管机洞门破除及顶管进出洞均有广阔的应用空间。

[参考文献]

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部 JGJ79-2012《建筑地基处理技术规范》[S]. 北京: 中国建筑工业出版社出版, 2013.

[2] 中华人民共和国住房和城乡建设部 JGJ120-2012《建筑基坑支护技术规程》[S]. 北京: 中国建筑工业出版社出版, 2013.

作者简介: 李徐德 (1987.9—), 男, 毕业院校: 武汉大学, 所学专业: 建筑经济管理, 当前就职单位: 武汉市市政建设集团有限公司, 职务: 分公司副经理, 职称级别: 高级工程师。

城市轨道交通初期运营前安全评估准备工作常见问题及应对措施

蒋国韬

重庆市铁路集团(有限)公司, 重庆 400000

[摘要]城市轨道交通初期运营前安全评估是轨道交通新线开通初期运营前的重要安全关口, 对于保障新线安全、稳定运营具有重要意义。准备工作是安全评估工作顺利开展的的前提和基础, 但安全评估准备工作具有任务重、时间紧的特点, 从确定评估单位到完成评估工作, 涉及诸多环节与诸多问题, 只有及时高效解决问题才能保证安全评估工作如期完成。基于此, 本篇文章分析了城市轨道交通初期运营前安全评估准备工作中常见的问题, 并就具体的应对措施进行探究。

[关键词]城市轨道交通; 初期运营前; 安全评估; 前期准备

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15186

中图分类号: U239.5

文献标识码: A

Common Problems and Countermeasures in the Preparation of Safety Assessment before the Initial Operation of Urban Rail Transit

JIANG Guotao

Chongqing Railway Group (Co., Ltd.), Chongqing, 400000, China

Abstract: Safety assessment before the initial operation of urban rail transit is an important safety checkpoint before the opening of new rail transit lines, which is of great significance for ensuring the safety and stable operation of new lines. Preparation work is the prerequisite and foundation for the smooth implementation of safety assessment work, but it has the characteristics of heavy tasks and tight time. From determining the assessment unit to completing the assessment work, it involves many links and problems. Only by solving problems in a timely and efficient manner can the safety assessment work be completed on schedule. Based on this, this article analyzes the common problems in the preparation work of safety assessment before the initial operation of urban rail transit, and explores specific countermeasures.

Keywords: urban rail transit; before initial operation; safety assessment; preparation in advance

引言

安全评估是城市轨道交通初期运营安全的重要保障手段, 通过安全评估能够核验系统设备性能, 可以对关乎运营安全的资源准备情况做出科学研判。安全评估工作内容繁多, 再加之安全评估工作任务重、时间紧, 要想如期完成评估工作, 需要借助科学的应对措施有效解决城市轨道交通初期运营前安全评估存在的问题。

1 城市轨道交通初期运营前安全评估准备

在城市轨道交通初期运营前半年, 首先要确定第三方安全评估机构, 并由其负责审核项目是否具备安全评估条件。审核过程中, 项目建设单位以及运营单位负责准备评估材料, 并由第三方安全评估机构组织专家进行评估, 并结合评估结果编制评估报告。城市轨道交通初期运营前安全评估准备工作主要涉及确定评估单位、开展评估审核、编制评估资料、甄选评估专家、组织评估会议等环节。

1.1 确定评估单位

确定评估单位是城市轨道交通初期运营前安全评估准备工作的关键环节之一, 直接关乎着评估工作的高效性与评估结果的科学性。城市轨道交通主管部门负责选择合适的评估单位, 可以通过竞争谈判的方式选择, 也可以借助公开招标的方式选择。选择的评估单位要具备相应的资

质, 而且还要具备一定的工作经验。除此之外, 还应尽量选择知名度高并且具有良好口碑的评估单位。值得注意的是, 所选的评估单位不能与被评估对象之间存在关联关系, 以免影响评估结果的科学性与客观性。

1.2 开展评估审核

评估审核由城市轨道交通运营主管部门负责。评估审核过程中, 首先由项目建设单位与运营单位根据城市轨道交通初期运营前安全评估要求编制相关材料, 结合材料审核结果判断项目是否具备安全评估条件, 如果具备安全评估条件则直接启动安全评估程序。如果不符合前提条件则不能启动安全评估工作, 并且要求说明不符合前提条件的原因。

1.3 评估材料编制

评估材料主要包括项目建设情况综合报告、运营准备情况综合报告、试运行情况报告、自评自证报告、公交接驳方案以及其他材料等。其中应由建设单位负责组织项目参建单位共同完成建设情况综合报告, 同时由运营单位负责完成运营准备情况综合报告以及试运行情况报告等。其中建设情况综合报告内容主要包括项目基本情况以及工程的验收情况与特色说明等。建设情况综合报告是安全评估的重要依据, 因此要确保其内容的完整性和规范性, 涉及的内容应翔实、具体, 要做到有理有据, 并以图文并茂

的形式呈现。以工程特色说明为例，这部分内容应详细说明建设工程过程中所应用的新工艺、新技术以及新材料等。运营准备情况综合报告主要涉及运营准备过程中的主要内容，包括项目的运营管理情况、运营设施情况等。运营准备情况综合报告内容同样要尽量翔实、具体，要能够体现运营筹备内容，详细说明行车组织、技术保障以及应急预案等方面的情况。试运行报告需要由项目运营单位在组织开展运营演练与试运行工作的基础上完成试运行报告，其主要涉及试运行组织基本情况等。试运行报告要全面、真实体现项目试运行的具体情况。对于城市轨道交通项目而言，其试运行时间应保证在3个月以上，并且要有20日不间断地运行。在试运行期间要收集列车运行图兑现率、列车正点率以及车辆系统故障率等方面的数据，这些数据都要在试运行情况报告中有所体现。自评自证报告应分别从前提条件以及运营准备等方面来证明项目能够满足初期运营要求。要确保自评自证中涉及的技术内容以及数据信息的准确性，这样才能真正起到证明作用。公交接驳方案由交通运输主管部门组织运营单位共同编制，主要涉及项目沿线公交现状分析、配套公交规划建议等。其他材料是指建设单位与运营单位共同制作的视频文件，视频文件内容主要涉及项目建设情况、试运行情况以及验收情况等。借助视频文件能够帮助评估专家快速了解项目情况与工程系统等，为接下来的评估工作的高效开展奠定基础。

为确保评估工作的顺利开展，需要提前做好相关材料的准备工作，并且要在评估会议召开的前1天将所有材料送至评估会场。

1.4 甄选评估专家

评估专家是城市轨道交通初期运营前安全评估工作的实施主体，评估专家的甄选关乎着评估结果的科学性与可靠性，因此甄选评估专家是城市轨道交通初期运营前安全评估工作的关键环节。应由第三方评估机构负责甄选评估专家，要求评估专家不仅要熟悉与城市规范交通相关的法律法规、政策标准以及规章制度，并具有相应的专业技术职称。另外还需要评估专家拥有不少于10年的城市轨道交通相关专业领域工作经验。所选的评估专家要实现对城市轨道交通所有专业的全覆盖，且确保所选的评估专家与被评估单位之间不存在隶属关系，以免影响城市轨道交通初期运营前安全评估工作的科学性与客观性。

1.5 组织评估会议

组织评估会议首先要确定评估会议场地与时间，并确定会议内容。为预留整改期，应尽量将会议时间提前，保证有充足的时间进行整改。对于会议场地而言，一方面要保证会议场地交通便利，另一方面应保证场地的功能齐全。

2 城市轨道交通初期运营前安全评估常见问题

城市轨道交通初期运营前安全评估准备工作内容多，

再加之时间紧、任务重，因此容易出现問題。具体而言，其常见问题主要包括以下几个方面：

2.1 项目建设问题

受项目建设进度等方面因素的影响，导致有的项目在进行安全评估时工程实体依然没有建完，如部分车站在进行安全评估时还没有完成装修施工，机电安装施工尚未完成，部分电梯未完成安全调试等。这些问题的存在会影响安全评估的全面性，难以保证评估结果的科学性。

2.2 运营演练问题

在项目建设完成之后需要先进行运营演练，在此基础上才能进行试运行。但部分项目则存在运营演练方案不完善或者总结评估不到位等方面的问题，还有部分项目的演练时间不合理，在演练过程中针对发现的问题进行整改不到位。这些问题的存在都会影响项目的试运行，导致项目的相关指标不合格。

2.3 项目验收问题

应在完成项目竣工验收的基础上围绕验收监督意见、验收文件等进行安全评估，因此项目竣工验收是安全评估的前提和基础。但有的项目在竣工验收过程中未能及时解决发现的问题，未能及时整改影响运营安全的不足，有的项目则存在验收文件不完善的问题。这些问题的存在均会影响安全评估的顺利开展。

2.4 资料准备问题

城市轨道交通初期运营前安全评估涉及的资料种类繁多，这些资料来自不同的单位，由不同的人员负责编制。不同单位不同人员编制的资料风格各异，资料质量参差不齐，容易影响安全评估工作的顺利开展。另外，由于资料种类繁多，因此容易出现安全评估之前资料不全的问题，导致难以及时向评估专家提供安全评估所需的相关资料，导致安全评估工作无法顺利开展。

2.5 会务组织问题

安全评估会务需要多方参与，包括轨道交通主管部门、评估专家、项目参建方、项目运营方以及第三方评估单位等，由于参与方多，因此需要提前做好规划与周密安排。但在会务组织过程中，容易出现会议现场差错、工作人员对项目情况了解不全面等方面的问题。

3 城市轨道交通初期运营前安全评估准备工作问题的应对措施

为保证城市轨道交通初期运营前安全评估准备工作的质量，需要结合准备工作中的常见问题采取有效的应对措施，为安全评估工作的顺利开展奠定基础。

3.1 细化施工组织，确保工程完工

鉴于上文分析我们可以认识到工程未能如期竣工是城市轨道交通初期运营前安全评估准备工作面临的主要问题之一，会严重影响安全评估的全面以及评估结果的科学性。而未竣工工程主要涉及机电安装工程与车站装修工

程等,因此针对机电安装工程与车站装修工程应细化施工组织,保证施工进度,确保在安全评估之前完成相关工程建设。另外在工程建设过程中还涉及因交地过晚而导致工程无法如期竣工的情况,针对这种情况应制定专项施工计划,同时加大人力、物力方面的投入,提升施工进度,力争同期投入使用。但并不是所有情况都能通过制定专项施工计划解决,因此针对那些确实无法同期投入使用的情况,为了避免影响安全评估工作,需要提前进行论证说明,并在此基础上加大投入,提升施工进度,确保每个车站均能够有不少于2个出入口投入使用,同时还要保证出入口市政道路能够正常使用,因此要加强与市政部门的沟通,科学规划市政道路建设,保证市政道路施工进度。通过细化施工组织,能够更好地保证施工进度,确保工程能够如期竣工,避免因部分工程未能完工而影响安全评估工作的顺利开展。

3.2 编制演练方案,确保整改到位

为保证初期运营演练的顺利开展,运营单位应结合项目实际科学编制初期运营演练总体方案,针对编制的方案要进行审核,保证方案的科学性、完整性、可行性与规范性。在演练方案中要合理规划演练的地点和演练的时间,同时也要科学组织演练内容,包括设备故障抢修类演练、运营组织方案类演练等。在完成演练之后应及时进行总结和评估,及时发现演练中存在的问题并深入剖析问题的原因,在此基础上再进行整改。科学合理的演练方案能够为初期运营演练的顺利开展奠定基础,并通过演练提前发现的问题,并在此基础上进行有效的整改。

3.3 制定专项计划,确保验收顺利

为保证安全评估工作的顺利开展,应针对项目验收制定专项验收计划,并指派专人负责跟进项目竣工验收工作,及时收集工程文件与验收资料等。另外针对验收过程中发现的问题也要及时进行整改,确保能够在安全评估之前完成整改工作并顺利通过整改验收。以便及时收集项目质量验收、消防验收、人防验收以及设备验收等方面的文件资料,为安全评估工作提供参考和依据。制定专项计划,有助于规避项目在竣工验收过程中存在的整改不到位的问题,同时也能更好地保障验收文件的完整性,进而保证安全评估的顺利开展。

3.4 提前组织培训,保证资料完整性

城市轨道交通初期运营前安全评估涉及的资料繁多,并且不同单位不同人员编制的资料风格各异,这会给安全评估工作带来诸多挑战。为避免出现类似问题,建设单位与运营单位应提前组织培训,将材料内容、格式、要求等作为培训内容,保证材料编写的规范性。除此之外,还要明确具体的材料完成时间以及材料标准等,要求所有材料都要进行审核、审定,切实保障材料的格式规范、内容完

整,这样的材料才能体现出工程全貌,才能为评估专家提供有价值的信息,才能为安全评估提供参考和依据。在完成对材料的审核、审定之后应及时进行印制,以免影响安全评估工作的顺利开展。

3.5 制定会务细则,确保规范有序

为保障安全评估会务的顺利开展,在会务组织过程中应制定会务细则,为会务组织提供参考和依据,保证会务准备工作规范有序。会务细则应对参会人员以及会务目标等做出明确说明,并且还要制定科学完善的工作计划,包括具体的工作安排、现场设备检测方案以及调试措施等。要明确具体的职责,将会务组织责任落实到个人。针对会务组织进展情况,应由建设单位负责监督跟进,严格按照计划要求落实各项准备工作,确保各项会务组织工作能够按时完成,并及时检验准备工作质量,为安全评估会务的召开奠定基础。

4 结束语

城市轨道交通初期运营前安全评估准备工作涉及的内容多,再加之具有任务重、时间紧的特点,导致准备工作会面临诸多问题。为保证安全评估工作的顺利开展,应提前做好精密的筹划与周密的部署,结合准备工作中的常见问题制定完善的应对措施,提升准备工作水平,保障安全评估的顺利开展。本文分析了准备工作的具体内容与常见问题,并就问题的应对措施提出建议,希望能够为城市轨道交通初期运营前安全评估准备工作提供一定的参考。

【参考文献】

- [1]李兆君,侯正波.市域(郊)铁路与“地铁和轻轨”初期运营前安全评估规范性依据的差异化研究[J].现代城市轨道交通,2024(6):98-102.
- [2]陈磊.如何设计有效的城市轨道交通正式运营前安全评估流程[J].人民公交,2024(2):54-58.
- [3]王自鑫,李正培,薛世城.城市轨道交通初期运营前车辆系统安全评估测试方法研究[J].运输经理世界,2022(24):129-131.
- [4]秦丽娟,成炎,毛显哲.初期运营前安全评估体系对城市轨道交通开通风险控制的积极作用[J].现代城市轨道交通,2021(11):11-15.
- [5]于鑫.城市轨道交通初期运营前安全评估与动态检测服务模式研究[J].现代城市轨道交通,2019(8):1-6.
- [6]刘权厚,王亮.城市轨道交通初期运营前安全评估准备工作常见问题及应对措施[J].现代城市轨道交通,2021(11):4-6.

作者简介:蒋国韬(1985.8—),男,重庆交通大学,电气工程及其自动化,重庆市铁路(集团)有限公司,高级工程师。

城市地下综合管廊建设与维护管理技术研究

吕小磊

安徽省雄力建筑工程有限公司, 安徽 临泉 236400

[摘要]随着城市化进程的不断推进,地下综合管廊作为提升城市基础设施建设的关键性工程,已经成为现代城市发展的重要组成部分。其在节约城市空间、减少地面开挖和提升管道管理效率等方面具有显著优势。然而,管廊建设与维护过程中仍面临着诸如设计标准不统一、施工技术复杂、维护管理难度大等问题。通过研究先进的建设与维护技术,结合国内外的成功案例,提出了一系列优化策略,以提升地下综合管廊的建设质量与管理效率,推动城市可持续发展。

[关键词]地下综合管廊;建设技术;维护管理;城市基础设施;优化策略

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15185

中图分类号: TU99

文献标识码: A

Research on Construction and Maintenance Management Technology of Urban Underground Comprehensive Pipe Gallery

LYU Xiaolei

Anhui Xiongli Construction Engineering Co., Ltd., Linquan, Anhui, 236400, China

Abstract: With the continuous advancement of urbanization, underground comprehensive pipe galleries, as a key project to improve urban infrastructure construction, have become an important component of modern urban development. It has significant advantages in saving urban space, reducing ground excavation, and improving pipeline management efficiency. However, the construction and maintenance of pipe galleries still face problems such as inconsistent design standards, complex construction techniques, and difficulty in maintenance and management. By studying advanced construction and maintenance technologies and combining successful cases at home and abroad, a series of optimization strategies have been proposed to improve the construction quality and management efficiency of underground comprehensive pipe galleries, and promote sustainable urban development.

Keywords: underground comprehensive pipe gallery; construction technology; maintenance management; urban infrastructure; optimization strategy

引言

随着城市化进程的加速,传统的城市管网系统面临着日益严峻的挑战,地下空间的利用成为解决这一问题的关键。地下综合管廊作为一种集成化的管网系统,不仅能有效整合水、电、气、通信等多种设施,还能减少地面开挖对交通和环境的影响。然而,管廊建设与管理中的技术难题与挑战仍亟待解决。探索创新的建设与维护技术,优化管廊管理模式,对于提升城市基础设施的综合能力具有重要意义。

1 地下综合管廊建设的技术现状与发展趋势

1.1 国内外管廊建设经验与技术比较

地下综合管廊建设在全球范围内得到广泛应用,尤其是在发达国家和地区,已有较为成熟的经验。例如,欧洲和北美的部分城市在上世纪 90 年代便开始建设地下管廊系统,重点解决了城市管网系统的老化与拥堵问题。新加坡作为地下综合管廊建设的先行者之一,采用了以功能性与经济性为主的设计理念,强调对土地资源的合理利用。通过信息化手段,结合 GIS(地理信息系统)技术进行管道管理与监控,实现了管廊的高效运行与维护^[1]。

相比之下,中国的地下管廊建设起步较晚,但近年来发展迅速,多个城市已投入建设与试点,如北京、上海、广州等城市。国内管廊建设注重提高管网综合利用效率,解决了道路开挖频繁的问题。但由于技术积累与标准体系的不完善,部分城市在施工质量与后期维护中仍存在诸多问题。例如,设计和施工阶段对地下水位、土壤稳定性等因素的考量不够,导致部分管廊出现渗漏、沉降等问题。

1.2 新兴技术对管廊建设的推动作用

新兴技术的不断发展为地下综合管廊建设提供了强有力的支持。数字化、智能化和绿色建筑技术的引入,极大地推动了管廊建设效率与安全性的提升。首先,BIM(建筑信息模型)技术在管廊设计中的应用,有助于提升设计精度、降低建设成本,并通过三维建模对整个项目进行全生命周期管理。BIM 技术还能够在施工过程中及时发现设计缺陷,并进行优化调整,确保施工质量^[2]。

物联网(IoT)技术的引入,使得地下管廊可以实时监控和检测内部环境与管道状况。通过安装传感器与智能设备,可以实现对温湿度、气体泄漏、压力等指标的实时

数据采集与分析。这不仅提高了管廊的运维效率，还能在出现故障时及时预警，减少潜在风险。

2 地下综合管廊设计与施工中的关键技术

2.1 设计标准与规划优化

地下综合管廊的设计标准与规划优化是确保管廊功能性、安全性和经济性的重要环节。在设计阶段，合理的规划布局能够最大程度地提升管廊的综合利用效率，同时减少施工与运营成本。首先，设计应考虑城市的管网现状与未来发展需求，充分考虑城市的空间布局、管道流量、管道材料等因素，确保管廊在长期运行中的稳定性和可扩展性^[3]。

在设计标准方面，国际上通常采用系统化、模块化的设计理念，注重管廊内多种管道设施的合理布置与协调。例如，欧洲部分国家采用功能分区与多用途共享设计，确保不同类型的管道（如供水、电力、通信等）在同一管廊中分区布局，有效避免相互干扰与施工冲突。国内的设计标准近年来逐步完善，但在管廊的容纳容量、管道预留空间等方面仍需进一步优化。针对不同城市的需求，设计时要灵活调整规划方案，尤其要预留未来发展的空间，以应对日后管网扩展和技术升级的需求。

2.2 施工技术创新与难点突破

地下综合管廊的施工技术创新与难点突破是确保项目高效、安全完成的关键。在施工过程中，由于地下环境复杂、空间狭小以及工程量大，常常面临诸多技术难题。为了克服这些困难，许多创新技术应运而生。

盾构施工技术广泛应用于地下管廊的建设中。盾构机的使用不仅大大提高了施工的速度与安全性，还能减少对地面交通的干扰，避免了传统开挖施工对城市生活的影响。在复杂地质条件下，盾构技术能够高效地进行地层的掘进作业，确保管廊建设的顺利进行^[4]。

管廊的施工技术逐步从传统的“明挖法”向“暗挖法”和“水平定向钻进法”等技术转型。尤其是在密集城市环境中，水平定向钻进技术能够在不破坏地面结构的情况下完成管道的铺设，大幅减少施工对周围环境的影响。

智能化施工技术的引入，如无人机与机器人在施工过程中的应用，使得施工过程更加精准与高效。无人机可以进行施工现场的实时监测与数据采集，及时反馈工程进度与质量问题；机器人则可以在狭小的空间内进行精密操作，减少人工操作的风险。

3 地下综合管廊的运营维护管理模式创新

3.1 管廊管理的智能化与数字化转型

地下综合管廊的运营维护面临着复杂的任务和高强度的管理要求。随着科技的进步，智能化与数字化转型成为提升管廊管理效率的核心手段。通过引入信息技术和物联网（IoT）技术，管廊管理的智能化水平得到了显著提高。智能传感器的部署使得管廊内的温度、湿度、气压、

振动等数据可以实时监控，并通过数据分析平台进行处理，提前预警可能出现的故障问题。例如，当管道发生泄漏或出现异常时，系统可以及时向管理人员发出警报，从而避免事故的发生，提升管廊的安全性与可靠性^[5]。

数字化技术的应用使得管廊的管理进入了信息化、自动化的新时代。通过 BIM（建筑信息模型）技术，管理人员可以对管廊的设计、施工和运营进行全过程的数据跟踪，实时获取设施的运行状态，及时进行维护与调整。集成化的管理平台将管廊的各类数据汇聚一体，实现远程监控和智能调度，不仅提升了运维效率，也优化了资源配置。通过数字化手段，还能对管廊的运行状况进行趋势预测，为未来的管理决策提供数据支持。

3.2 维护策略与风险管理

地下综合管廊的维护策略与风险管理是保障管廊长期稳定运行的重要环节。由于地下管廊涉及多种设施的集中管理，复杂的管道结构和环境因素使得维护工作具有较高的挑战性。有效的维护策略能够确保管廊的正常运作，并降低突发事件的发生率。

定期巡检和实时监控是管廊维护的基本手段。通过智能化传感器与无人机巡检技术，管廊的运行状态可以全天候监控，实时收集运行数据。这些数据能帮助管理人员及时发现潜在的故障点，并进行预防性维修。为提高维护的精确性和及时性，现代运维模式越来越依赖于基于大数据与云计算的分析平台，通过数据对比和分析，能够精确地识别出故障的根源，并提出针对性的维护方案。

风险管理的核心在于对可能发生的各类事故进行预判和预防。地下管廊的风险主要来自于管道老化、结构沉降、自然灾害、设备故障等多个方面。通过建立风险评估系统，管理方可以对管廊进行动态风险评估，定期更新风险管理措施。利用数字化模型和人工智能，风险管理系统能够对外部环境变化、地下水位波动等因素进行实时监测，并采取相应的应急措施。

4 地下综合管廊建设中的安全性与环境影响控制

4.1 安全建设与施工风险管控

地下综合管廊的建设过程中，由于作业环境复杂、施工技术要求高，安全风险始终是关键问题。为确保建设过程的安全性，施工方需要对潜在的风险因素进行全面识别和预防。首先，施工前的风险评估至关重要。通过对施工现场进行详细勘察，分析地质条件、地下水位、周围建筑物的稳定性等因素，能够提前制定风险应对方案，减少施工过程中出现意外的概率。

在施工过程中，应强化安全施工管理，严格执行各项安全标准与规范。例如，采用先进的施工设备如盾构机，能够有效避免人工开挖过程中可能发生的安全事故。同时，施工人员应接受专业的安全培训，并配备齐全的安全防护装备，确保施工现场的安全管理得到严格落实。

施工过程中的应急预案也是风险管控的重要组成部分。针对可能发生的事故，如土体坍塌、设备故障或火灾等，应提前制定应急响应机制，并定期进行演练，以确保突发事件发生时，能迅速采取措施，最小化事故损失。通过实时监测与数字化技术的应用，如使用传感器监测土壤压力变化，确保管廊施工的稳定性和安全，从而提高整体安全性。

4.2 环境影响评估与绿色施工

地下综合管廊的建设不仅要考虑安全性，还需重视对环境的影响。由于地下管廊涉及较大范围的土建施工与工程设备使用，其建设过程中可能对环境产生较大压力。为了降低建设对环境的影响，环境影响评估（EIA）是必不可少的环节。在项目开工前，通过对周边生态、空气质量、水体污染、噪声等因素的详细评估，能够识别出潜在的环境风险，并采取有效的防范措施。

绿色施工技术的应用，可以大大减少管廊建设对环境的负面影响。采用环保型建筑材料、施工机械和设备，有助于降低能源消耗和废气排放。此外，施工中还可以利用先进的土壤保护技术，避免施工过程中对周围土地的污染与破坏。雨水收集与利用系统、建筑废料的循环再利用等绿色技术，不仅可以减少施工对环境的影响，还能有效节约资源，推动可持续发展。

5 地下综合管廊的未来发展与技术看新路径

5.1 未来技术趋势对管廊建设的影响

随着科技的快速发展，未来技术将极大地推动地下综合管廊的建设和运营。首先，智能化技术将成为管廊建设中的核心趋势。随着人工智能（AI）和大数据分析的成熟，管廊的建设和运营管理将实现高度智能化。AI 技术可以在管廊建设的设计阶段，通过算法优化管道布局，提高管廊的空间利用率和安全性。大数据分析可以帮助对管廊运营状态进行实时监控，并提前预警潜在的故障与风险，确保运营管理的高效与安全。

数字孪生（Digital Twin）技术将成为管廊建设中的创新方向。数字孪生技术能够为管廊创建一个虚拟的数字模型，通过实时数据反馈与传感器采集，模拟管廊的运行状态。这一技术不仅能够帮助工程师在建设过程中进行精准的质量控制，还能在运营阶段提供实时监控与决策支持。通过数字孪生，管理人员可以直观地了解管廊内的各类设施状况，及时发现潜在问题，并进行调整。

此外，3D 打印技术和模块化建造技术的结合，将为管廊的建设带来更高效的施工方式。3D 打印技术可以在管廊的施工过程中快速制作出复杂的部件，降低制造成本并缩短施工周期。模块化建造技术则能够使管廊的各个模块化部件在工厂中预制，现场组装，减少了现场施工的复

杂性和安全风险。

5.2 综合管廊在智慧城市中的角色与应用

地下综合管廊作为智慧城市基础设施的重要组成部分，将在未来的城市发展中扮演着至关重要的角色。在智慧城市的建设过程中，综合管廊不仅承担着传统的管道输送功能，还将与城市的各类智能系统相连接，发挥更广泛的应用价值。

综合管廊能够作为智慧城市信息化系统的基础平台，承载电力、通信、供水、天然气等重要设施的管道，并通过物联网技术进行实时监控。通过智能感知设备和传感器，管廊能够实时采集数据，监控管道运行状况，从而实现管廊设施的智能化管理。例如，水质监测传感器可以实时检测管道中的水质变化，天然气泄漏传感器则可以及时预警气体泄漏事件，确保城市运行的安全。

在城市应急管理和灾害响应中，综合管廊同样发挥着不可替代的作用。通过与城市应急指挥系统的数据共享，管廊可以在突发事件发生时，迅速获取相关信息并进行调度。例如，在地震、洪水等灾害发生时，管廊能够通过数据传感网络，迅速评估受损情况，并根据评估结果启动紧急修复程序，减少灾后恢复时间。

6 结束语

地下综合管廊作为现代城市基础设施的重要组成部分，随着技术的不断创新，已经从传统的管道输送系统转变为智能化、数字化的城市管理平台。未来，随着人工智能、数字孪生和模块化建造等技术的应用，管廊的建设与管理将更加高效、智能。综合管廊在智慧城市中的角色将更加突出，不仅提高了资源利用效率，还能提升城市应急响应能力，促进可持续发展。随着技术不断进步，管廊将在城市发展中发挥更为重要的作用。

【参考文献】

- [1] 孙传华. 基于城市地下综合管廊持续建设的钢企营销策略探析[J]. 冶金经济与管理, 2024 (5): 47-49.
 - [2] 牛远达. 基于数字化技术的城市地下综合管廊运维平台建设及推进策略研究[D]. 石家庄: 河北经贸大学, 2024.
 - [3] 唐兰. 新时期城市地下综合管廊建设规划编制技术优化研究——基于《城市地下综合管廊建设规划技术导则》修订的思考[J]. 城乡建设, 2023 (14): 72-77.
 - [4] 李拥军. 浅论城市地下综合管廊的建设与管理[J]. 工程技术(引文版), 2016 (5): 58.
 - [5] 刘亚峰, 董玥. 城市地下综合管廊建设管理模式及技术要点分析[J]. 运输经理世界, 2022 (26): 62-64.
- 作者简介: 吕小磊 (1984.2—), 男, 安徽界首人, 汉族, 本科学历, 工程师, 就职于安徽省雄力建筑工程有限公司, 从事市政工程施工管理及工程造价管理工作。

地下污水处理厂工程与投资策划

贾淑军

信开环境投资有限公司, 北京 101199

[摘要] 地下污水处理厂作为城市基础设施建设的重要组成部分, 因其节约土地资源、环境友好等优势, 逐渐成为新型污水处理的优选方案。对地下污水处理厂的工程经济分析涉及项目投资、运营成本、回报周期、环境效益及社会效益等多方面因素。通过对项目的经济性评估, 能够帮助决策者在资源配置和政策制定方面作出科学合理的决策, 提高项目的投资效益与可持续发展能力。研究结果表明, 地下污水处理厂具有较好的经济效益和社会价值, 适应现代城市环境治理的需求。

[关键词] 地下污水处理厂; 工程经济; 投资决策; 回报周期; 环境效益

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15180

中图分类号: X505

文献标识码: A

Underground Sewage Treatment Plant Engineering and Investment Planning

JIA Shujun

Xinkai Environmental Investment Co., Ltd., Beijing, 101199, China

Abstract: As an important component of urban infrastructure construction, underground sewage treatment plants have gradually become the preferred solution for new sewage treatment due to their advantages of saving land resources and being environmentally friendly. The economic analysis of underground sewage treatment plants involves multiple factors such as project investment, operating costs, return period, environmental benefits, and social benefits. Through the economic evaluation of the project, it can help decision-makers make scientific and reasonable decisions in resource allocation and policy formulation, and improve the investment efficiency and sustainable development capability of the project. The research results indicate that underground sewage treatment plants have good economic benefits and social value, and can meet the needs of modern urban environmental governance.

Keywords: underground sewage treatment plant; engineering economics; investment decision-making; return cycle; environmental benefit

引言

随着城市化进程的加快, 污水处理已成为环保和可持续发展的关键问题。传统的地面污水处理设施由于占地面积大、水厂配套管网建设投资大, 资源综合利用率低、环境二次污染等问题, 已逐渐不能满足现代城市的需求。地下污水处理厂凭借其占地少、厂+网综合布局降低投资、资源利用率高、环境友好“邻趋”等优势, 成为一种新兴的解决方案。然而, 项目的高额投资和长期运营成本对其经济可行性提出了挑战。深入的工程经济分析有助于评估地下污水处理厂的投资回报及其在城市建设中的可持续发展潜力。

1 地下污水处理厂的概念与发展背景

1.1 地下污水处理厂的定义与特点

地下污水处理厂是指利用地下空间进行污水处理的设施, 通过地下建筑与构筑物将污水进行预处理、处理及净化。与传统地面污水处理厂相比, 地下污水处理厂具有明显的空间优势, 它利用地下的空间进行处理工艺布局, 避免了地面用地压力。以处理能力6万吨/天的水厂为例, 地面厂占地约需5公顷, 通过合理布局, 地下厂占地可缩减至2.7公顷, 可节约占地40%~50%。

其主要特点包括: 布局灵活、紧凑, 占地面积小, 能够充分利用城市地下空间, 减少对土地资源的占用; 结构封闭, 采用噪声处理、废气收集处理等措施, 地下运行环境

友好, 地面无噪声污染、臭气污染; 污水处理过程可通过深度水处理技术提高处理效率, 满足更高的污水排放标准^[1]。

地下污水处理厂更具备较强的自动化控制系统条件, 采用先进的数据采集、传导、控制技术和膜分离、活性污泥法等多种污水处理工艺, 不仅能够高效去除水中的污染物, 还能在节能减排方面表现出较好的性能。随着环保标准的提高, 地下污水处理厂的优势愈发明显, 成为解决城市污水处理问题的重要选择。

1.2 国内外地下污水处理厂的发展现状

地下污水处理厂作为一种新型的污水处理模式, 在全球范围内逐步得到推广。国外一些发达国家, 如日本、新加坡和德国, 早在几十年前就开始探索地下污水处理技术, 并在大城市中成功应用。这些设施不仅提高了污水处理效率, 还显著节约了宝贵的城市土地资源。尤其是在空间资源极为紧张的大城市, 地下污水处理厂成为解决污水排放和城市土地利用冲突的有效途径^[2]。

在国内, 随着城市化进程的加速, 地下污水处理厂也开始得到广泛关注。许多城市已逐步认识到地面污水处理厂的缺陷, 优先考虑采用地下空间建设污水处理厂。尤其是北京、上海、广州等大城市, 由于人口密度高、土地有限, 建设“生态楔入、绿色宜居、开放共享”的花园式、智慧化地下污水处理厂在这些地区的应用前景广阔。尽管

技术上已取得一定的进展,但在设计、施工、维护等方面仍面临诸多挑战,需要进一步优化和创新。

2 地下污水处理厂的工程设计与建设

2.1 地下污水处理厂的设计原则

从经济角度,地下污水处理厂的设计原则应从以下几个方面进行综合考虑。

2.1.1 注重厂、网综合布局

厂、网综合布局,在水厂建设必要性、重要性充分论证的基础上,结合所在地近、远期规划,充分利用地下水厂“亲民、邻趋”的优势,降低管网建设投资及运营成本,合理确定水厂规模,分期、分批地整体布局水厂建设,降低该城市厂、网总体建设、运营投入,缓解财政压力。

2.1.2 注重全寿命周期投资

处理技术的选择需根据污水的特点、处理标准以及处理能力进行优化选择。现代地下污水处理厂通常采用生物处理、膜过滤等多种工艺的有机组合,从技术可行性、安全高效性、经济合理性等多维度、多方案比选。因此,设计过程中要根据技术要求选择合适的设备和处理工艺,以提高处理效率和能效^[3]。

2.1.3 限额设计

做好设备选型、优化水厂结构是限额设计的关键。设备购置费一般占水厂工程费约 20%~30%,确定污水处理工艺,选择适用的设备型号、规格参数,直接关系到设备采购价格及设备运营维护成本。

水厂主体结构占工程费 40%以上,具有很大的投资控制价值。从限额设计角度,重点考虑以下方面:①结构布置以设备顺畅运行行为目的,与设备相吻合的结构设计,力求空间利用最大化,合理利用地下空间的高度和面积,确保污水处理设施的功能齐全且高效。设计时需要合理规划各个处理环节的位置,确保污水流动的顺畅和设施的互联互通。②结构安全性与防水防渗是地下污水处理厂设计的核心。由于地下环境湿润,设计时需要加强防水、防渗处理,防止污水泄漏对地下环境造成污染。此外,结构设计还应考虑到抗震、抗压等安全因素,确保设施的长期稳定运行。

以国家西部某城市 PPP 地下水厂为例,概算审批阶段,箱体容积 17.4 万 m³,箱体混凝土工程量 4.9 万 m³,钢筋工程量为 5182 吨,混凝土配筋率 105.38kg/m³,建筑工程费 1.4 亿元,单位容积投资 808 元/m³。施工图设计阶段,详勘显示工程、水文地质好于初勘,通过专家论证增加池体结构高度、优化箱体砼截面尺寸可行后,箱体容积为 17.8 万 m³,混凝土工程量 4.5 万 m³,钢筋工程量 4988 吨,混凝土配筋率 110.72kg/m³,建筑工程费 1.29 亿元,单位容积建筑工程费 724 元/m³。节约工程费 1100 万元。这些变化反映了项目优化设计对成本控制和资源利用的积极影响^[5]。

2.2 施工过程中的难点与解决方案

地下污水处理厂的施工过程中,风险系数高、投资影响大且不可控因素较多,如基坑开挖与支护、地基处理、箱体防水防渗处理等。

地下污水处理厂基坑支护设计、施工极具挑战性,须综合地质、水文情况,往往采用多种支护方式有机组合,确保边坡稳定的同时,促进经济合理。以华北某地下水厂 PPP 项目为例,地质条件差、地下水位高,场地有限,为控制投资在概算批复限额内,对地下连续墙、旋喷桩、钢砼灌注桩、SMW 工法桩、喷锚等多方案比选,经专家论证,最终选择安全系数高、投资可控的放坡开挖 2.5 米+SMW 工法桩方案。箱体防水、防渗是施工中的核心问题。由于地下设施长期暴露在湿润的环境中,任何微小的防水失误都可能导致渗漏,进而影响处理效果和环境安全。施工时必须选择优质的防水材料,如高性能的防水膜和防渗混凝土,并对各接缝部位进行细致处理。此外,常采用双重防水系统,一旦主防水系统出现问题,备用系统能提供保障^[4]。

3 地下污水处理厂的经济性分析

3.1 投资成本分析

地下污水处理厂的建设投资主要包括土地征用、建设施工、设备采购、安装调试等方面的支出。首先,土地征用成本较高,尤其是在城市中心或土地紧张的区域,地下污水处理厂的建设需要占用相应的地下空间,这一部分费用往往较大。其次,地下污水处理厂的建设工程包括基坑开挖、支护、钢砼结构修建及设备安装,这些都需要较高的初期投入。设备采购方面,采用先进的处理技术和设备,如膜过滤系统、生物反应器等,也会增加初期的投资支出。整体来看,地下污水处理厂的建设成本较传统地面设施要高,但其土地利用效率较高,因此在某些土地稀缺的城市,这一投资是具有优势的。

3.2 运营成本及维护费用评估

地下污水处理厂的运营成本主要包括能源、药剂费用、人员薪酬、日常维护及管理费用等。首先,污水处理过程中需要大量的电力支持,尤其是在采用高效膜分离技术或高级氧化工艺时,电力消耗较为显著,因此电力成本成为主要的运营支出。其次,污水处理厂需要专业的技术人员在线 24 小时监控和管理,人员成本也是不可忽视的一部分。

在维护费用方面,由于地下污水处理厂设施通常安装在地下,维护和检修的难度较大,需要定期进行设备检查、清洁和修复,以保证设施的正常运行。

3.3 收益回报与经济效益预测

地下污水处理厂的经济效益主要体现在环保效益、资源利用效益和社会效益三个方面。首先,从环保角度来看,污水的有效处理能够显著减少水污染,提升水资源的再利用率,降低污染物对环境的负面影响。其次,资源利用效益方面,地下污水处理厂可实现能源回收,诸如处理后水就近利用、沼气回收和余热回收等措施不仅能够降低运营成本,还能提高资源利用率。最后,社会效益则体现在对改善民生、推动地方经济发展及提升城市可持续发展能力方面。

地下污水处理厂通过减少土地占用,优化城市空间布局,提升了城市土地的价值。在一些土地紧张的城市,地下污水处理厂能够为其他重要建设项目腾出土地,这也是

其经济效益的一部分。

从投资回报来看, 尽管地下污水处理厂的初期投资较高, 但其长期的环保效益和社会效益将为社会带来较大的回报。根据相关的经济预测, 地下污水处理厂的回报周期通常较长, 约为 8 到 15 年, 但其稳定的运营收入和环保贡献使其在未来具备较强的经济可持续性。

4 地下污水处理厂的环境与社会效益

4.1 环境效益评估

地下污水处理厂在环境保护方面具有显著的效益。首先, 地下污水处理设施能够有效减少城市的水污染。通过高效的污水处理工艺, 能够大幅降低水中的有害物质, 如氮、磷和重金属, 改善水质, 防止污水进入自然水体, 保护水源地。

地下污水处理厂还能够进行资源回收利用, 如污水中的有机物质经过厌氧处理后生成沼气, 既能提供能源, 又能减少对化石能源的依赖, 具有重要的节能减排作用。通过余热回收、废水再利用等技术, 地下污水处理厂在处理污水的同时, 还能实现资源的循环利用, 提升能源使用效率, 减少对外部能源的需求, 降低温室气体排放。

4.2 社会效益与城市可持续发展贡献

地下污水处理厂对社会的贡献主要体现在改善居民生活质量、促进城市可持续发展以及提升城市形象等方面。首先, 地下污水处理厂有助于提高城市的环境卫生水平, 减少污水对居民生活的直接影响。通过高效的污水处理, 能够显著降低城市污水污染带来的健康风险, 有助于改善城市的空气和水质, 提升居民的生活质量。

地下污水处理厂的建设有助于推动城市的可持续发展。随着城市化进程的加快, 土地资源变得越来越稀缺, 地下污水处理厂通过利用地下空间来解决污水处理问题, 宝贵的地面资源可供城市绿地、停车场、公园等二次开发等, 还能城市腾出更多空间用于其他社会需求, 如住房、商业、绿地等。通过这一方式, 地下污水处理厂为城市的长远发展提供了更为可持续的解决方案。

地下污水处理厂的建设和运营能够带动相关产业的发展, 如环保技术、设备制造、施工和维护等产业, 促进就业和经济增长。同时, 地下污水处理设施的建设提升了城市的基础设施建设水平, 有助于提升城市的国际竞争力和吸引力, 增强城市在全球化竞争中的地位。

5 地下污水处理厂投资决策的优化策略

5.1 投资回报周期与风险评估

地下污水处理厂的投资回报周期通常较长, 一般在 8 到 15 年之间, 这主要与初期投资、运营成本及收益等因素密切相关。回报周期的长短受多个因素影响, 如技术选择、建设规模、当地污水处理需求和政策支持等。在进行投资决策时, 需要全面评估这些因素, 预测投资回报的时间框架。投资风险评估是决策中的重要环节。由于地下污水处理厂的建设涉及较高的前期投资和长期运营成本, 存在一定的资金流动性风险。此外, 政策变化、市场需求波动及技术更新换代等外部因素也可能对项目的经济效益产生影响。因此, 投资

决策者应考虑多种风险因素, 通过敏感性分析、蒙特卡洛模拟等方法进行全面的风险评估, 确保决策的科学性和稳健性。

5.2 政策支持与市场前景分析

政策支持是地下污水处理厂投资决策的关键因素之一。随着环保要求的不断提高, 政府对污水处理设施的支持力度逐渐加大, 包括财政补贴、税收优惠、绿色债券融资等多种政策支持。这些政策可以有效降低项目建设和运营成本, 提高投资回报率, 减少企业的资金压力。

市场前景分析也是不可忽视的一环。随着全球环保意识的增强, 污水处理市场不断扩大, 尤其是在城市化进程加快的地区, 地下污水处理厂的需求逐渐增长。通过对未来污水处理市场需求的预测, 投资者可以判断项目的可持续性和长期盈利能力, 为决策提供科学依据。

5.3 投资决策模型与优化方法

为了优化地下污水处理厂的投资决策, 采用科学的投资决策模型是非常重要的。常见的决策模型包括净现值 (NPV)、内部收益率 (IRR)、投资回收期等经济评价指标, 通过这些模型可以直观地反映项目的盈利能力和风险水平。

优化方法如多目标决策分析 (MODM)、层次分析法 (AHP) 等, 也可用于处理复杂的投资决策问题。这些方法能够在多重目标和约束条件下进行优选, 帮助决策者在风险和回报之间找到最佳平衡点, 从而做出更加合理和高效的投资决策。

6 结束语

地下污水处理厂作为现代城市基础设施的重要组成部分, 凭借其高效、环保的优势, 在全球范围内逐渐得到广泛应用。通过科学的工程设计、精确的经济性分析、全面的环境与社会效益评估, 以及合理投资决策优化策略, 可以有效提升项目的经济可行性和可持续发展能力。未来, 随着技术进步与政策支持的加强, 地下污水处理厂将在推动城市绿色发展、提升环境质量方面发挥更大作用, 为城市可持续发展贡献重要力量。

【参考文献】

- [1] 卢晔楠, 郭韬, 郑效文. 地下污水处理厂消防切非原则的讨论[J]. 天津建设科技, 2024, 34(5): 40-42.
- [2] 杜立刚, 石亚军, 吴志高, 等. 全地下式污水处理厂站防淹方法及应用实例[J]. 中国给水排水, 2024, 40(20): 59-62.
- [3] 陈昱霖, 姚枝良, 张欣. AAO+MBR 工艺在长沙某半地下式污水处理厂的应用案例[J]. 净水技术, 2024, 43(9): 158-164.
- [4] 陈浩林, 史大林, 赵媛, 等. 多模式 AO+MBR 工艺在地下污水处理厂的应用[J]. 给水排水, 2024, 60(8): 51-56.
- [5] 杨旻. 大型地下污水处理厂土建工程技术经济分析[J]. 城市道桥与防洪, 2024(7): 316-318.

作者简介: 贾淑军 (1982. 11—), 男, 北京市通州区人, 汉族, 本科学历, 一级造价工程师, 就职于信开环境投资有限公司, 从事污水处理厂投资、建设、运营的造价管理相关工作。

房地产园林景观细部设计及施工优化

黄海涛

襄阳华侨城文旅发展有限公司, 湖北 襄阳 441100

[摘要]随着人们对居住环境要求的不断提高,园林景观在房地产开发中的地位愈加重要。不仅作为美化空间的手段,它更是提升生态价值与传承地域文化的载体。随着环保意识与可持续发展理念的深入人心,对资源节约与环境保护的关注在设计及施工过程中逐渐增多。如何在设计中平衡美学、功能性与可持续性,已成为当前园林景观设计与施工中的核心议题。

[关键词]房地产;园林景观;细部设计

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15215

中图分类号: TU981

文献标识码: A

Detail Design and Construction Optimization of Real Estate Landscape Architecture

HUANG Haitao

Xiangyang Overseas Chinese Town Cultural and Tourism Development Co., Ltd., Xiangyang, Hubei, 441100, China

Abstract: With the continuous improvement of people's requirements for living environment, the position of landscape architecture in real estate development is becoming increasingly important. Not only as a means of beautifying space, but also as a carrier for enhancing ecological value and inheriting regional culture. With the deepening of environmental awareness and the concept of sustainable development, attention to resource conservation and environmental protection is gradually increasing in the design and construction process. How to balance aesthetics, functionality, and sustainability in design has become a core issue in current landscape design and construction.

Keywords: real estate; landscape; detail design

引言

随着城市化进程的加速,园林景观在房地产项目中的作用愈加突出,成为提升居住品质的重要因素。功能性与美学价值的兼顾固然重要,但融入可持续发展理念、环保要求以及地方文化特色亦不可忽视。园林景观的细部设计与施工优化,直接影响着项目的外观效果、生态环境的改善、资源的有效利用以及居民的日常生活体验。分析园林景观细部设计的基本原则与关键要素并提出优化措施。以为行业提供有益参考,推动设计与施工质量的进一步提升。

1 房地产园林景观细部设计的基本原则

1.1 功能性与美学性结合

在房地产园林景观设计中,成功的关键在于功能性与美学性的有机融合。功能性不仅仅着眼于景观的实际使用价值,还应根据不同用户群体的需求加以考量。例如,舒适的座椅、遮阳设施及便捷的步道应配备于休闲区域,而运动区域则需注重场地的安全性、可达性以及设备配置的合理性,通过深入了解园区居民的生活方式、活动需求及流动规律,确保了景观不仅具备视觉吸引力,更能提供真正的使用价值。美学性方面在景观设计中的作用不可小觑,巧妙搭配的景观元素,如水景、绿植、花卉及小品,不仅提升了环境的艺术氛围,更在无形中影响着人们的情感与心理反应。精心选择色彩、协调造型以及材料,使设计能够既满足功能需求又具备美学价值。功能与美学的结合,

非单纯叠加之事,而是通过设计的精巧安排,确保空间在满足基本需求的同时,能够带来更丰富的视觉享受与情感共鸣,从而提升园林景观的整体吸引力与实用性。

1.2 环境友好性与可持续发展

在房地产园林景观设计中,环境友好性与可持续发展已被确立为核心设计理念,这一理念不仅响应了社会对环保需求日益增强的呼声,也致力于创造出能够与自然和谐共生、长期可持续的空间。资源的合理利用与节约,作为环境友好性设计的关键之一体现得尤为重要,例如选用本地适应性强的植物种类,避免引入外来物种,不仅能有效降低维护成本,也减少了对生态环境的干扰。设计中应当引入雨水收集系统与太阳能照明等绿色技术,以此来降低能源消耗提升园区的整体环保性能。可持续发展的理念要求园林景观设计具备生态循环的特征,绿地的合理规划不仅能改善空气质量与微气候,还为生物提供栖息地,促进生态多样性的形成。在施工及运营过程中,通过使用环保材料、减少化学品使用、优化废弃物管理等措施,有效降低了环境负担。随着气候变化的加剧与城市化进程的推进,园林景观设计还必须具备应对极端天气的能力。例如,通过增加透水铺装或提升绿地的渗透性,城市热岛效应得以缓解,景观的适应性随之增强。

1.3 地域文化与建筑风格融合

在房地产园林景观设计中,地域文化与建筑风格的融

合不仅彰显了对传统文化的尊重,也为景观设计增添了独特的魅力。每个地区都拥有独特的自然风貌、历史背景及文化特色,这些元素应当在景观设计中得以充分展现。以历史文化底蕴深厚的地区为例,园林设计可以融入地方传统的建筑风格、雕刻艺术及园艺特色,从而强化文化的传达,这种文化符号与景观元素的结合,能够为居住者营造浓厚的文化氛围,同时使园区与周围环境无缝融合,避免单一且外来化的设计风格。建筑风格的融入同样至关重要,现代建筑风格通常具有简洁、大气及强功能性的特点,园林景观设计可以通过柔和的线条、自然植被及地方特色材料来与建筑风格进行协调,从而避免硬性对立。例如,在现代简约风格的住宅区,景观设计可以采用广阔的草坪、自然石材以及本土植物,这不仅能够保持与建筑简洁线条的和谐,还能营造出自然、舒适的氛围。而在传统风格的园林设计中,通过引入雕塑、水景、亭台楼阁等元素能够呼应古典建筑,形成文化与自然的完美融合。

2 园林景观细部设计的关键要素

2.1 景观小品设计

景观小品设计在园林景观中占据着至关重要的地位,它不仅能起到装饰作用,还能增强空间的功能性与情感价值。景观小品涵盖雕塑、座椅、喷泉、灯具、花架等多种细节元素,通常是景观空间中最具特色的组成部分。在设计过程中,选材、造型及色彩的搭配需要与整体景观的主题和风格相契合。例如,在现代风格的园林中,简洁流畅的线条常常与金属或玻璃材质的座椅、现代感雕塑相结合,营造出时尚且简约的氛围;而古典风格的园林,则可通过精致的石雕、古老木质座椅等细节,增添历史感与文化气息。景观小品的功能性同样不容忽视,在公共休闲空间中,座椅及其他小品的布局应考虑人流动线的合理性与使用的便捷性。例如,在步道旁布置座椅时不仅要保证舒适性,还需注重视线的协调性与环境的融合。水景小品,如喷泉与池塘,除了带来视觉上的美学享受外,还能够调节微气候改善空间的宜人性,进一步提升整体景观的舒适度与吸引力,这些设计元素的合理运用使景观空间不仅具备美观性,还具备更高的功能性与使用价值。

2.2 道路与步道设计

道路与步道设计在园林景观中至关重要,直接关系到人们的出行体验,并与景观的整体流线 with 功能布局密切相连。在设计过程中,确保道路与步道的通达性与便捷性应成为重点,无论是主干道还是次要步道都必须保证通行的顺畅,避免交通流线的阻断。在宽度、曲线设计以及铺装材料的选择上,亦需与周围的自然环境及景观氛围相协调,例如主干道应设计为宽敞平整,确保车辆通行的顺畅;而步道设计则应更注重舒适性与安全性,适当加入曲线以提升行走体验,避免直线设计带来的视觉单调感。材料的选择对景观的整体效果具有深远影响,选用自然、环保材料,

如透水砖、石板等不仅能够与自然景观融合,还能增强景观的亲和力,避免生硬感的产生。步道设计中还需充分考虑不同群体的需求,尤其是儿童、老年人及行动不便者的通行便利性。为了确保每个使用者的安全与舒适,必要时可加入无障碍设计,如坡道、扶手等设施,确保园区内每条道路都能为所有人提供便利。

2.3 水景设计

水景设计在园林景观中占据着至关重要的地位,独特的生命力与动态感赋予了景观空间丰富的视觉效果。水景不仅提升了环境的美感,还能有效调节空间的气候条件。在设计时,水景的引入不仅能在视觉上带来舒适感,还能通过水的声音营造宁静的氛围,从而创造出与自然和谐融合的空间。水景的功能性与美学性必须兼顾。例如,人工湖泊、喷泉、瀑布等元素,除了提升景观的观赏性,还能够通过水的蒸发作用调节微气候减缓热岛效应,增加空气湿度。在炎热的夏季,水景为居住者提供了自然的凉爽体验。水景形式的选择应根据场地规模、景观风格及使用需求来加以确定,在休闲区或广场,大型水池或喷泉可成为视觉焦点,同时也为社交与休闲提供场所;而在私密的花园或住宅区,小型水景如细流、溪水或池塘则更能营造宁静、放松的氛围,让人们能够亲近自然。水景的材质、形状与流动方式同样需经过精心挑选,天然石材或玻璃等材料的使用,不仅与周围的绿植及建筑风格协调也能展现水的流动美感。在功能设计方面,水景的循环与净化系统至关重要,水景设计应关注美观的同时,也必须确保水体的清洁与维护。智能循环系统与过滤设备等技术手段的应用,有助于保持水质的清澈,从而避免水质问题影响景观效果,水景的灯光设计亦不可忽视。夜间灯光的照射能让水面反射出丰富的光影效果,增强景观的层次感与动感,令水景在不同时间呈现出不同的视觉魅力。

3 园林景观施工优化措施

3.1 施工技术的改进

施工技术的改进在提升园林景观施工质量与效率方面起着至关重要的作用。随着新材料、新工艺以及智能化技术的不断进步,传统施工方式经历了显著变化,施工的精度与速度得到了大幅提升。现代机械设备与智能土壤检测技术的广泛应用,使土壤改良与植物栽植的过程更加精准,这些技术能够实时监控土壤质量,确保达到植物生长的最佳条件,从而减少人工操作中的误差,显著提高植物的成活率并增强景观效果^[1]。在复杂地形或不规则设计的施工中,数字化测量技术与BIM技术的应用尤为关键,这些技术能够对施工现场进行精准建模与规划,提前识别潜在的施工难题,从而优化设计与施工的衔接,避免因设计与现场条件不符而引发的返工现象。例如,在水景系统的施工中,精确的水流模拟技术可帮助设计团队预测水流路径与效果,确保施工中的水景设施既稳定又美观。环保施

工技术的应用为园林景观施工带来了新的优化空间,可持续材料的使用,如透水砖、环保地面铺装材料等不仅能提升景观效果,还能有效减少对环境的负面影响。智能灌溉系统的引入,根据气候变化与土壤湿度的自动调节,不仅减少了水资源的浪费,还提高了植物的生长效率。

3.2 施工进度控制

施工进度控制是确保园林景观项目按时完成的关键。有效的进度管理不仅需要设定明确的时间节点,还应灵活应对现场可能出现的各种突发情况。合理安排施工计划至关重要,必须依据项目的复杂性、施工难度及资源配置情况进行科学规划,确保各项任务有序推进。例如,土方工程、基础设施铺设与绿化栽植等阶段通常需要精确衔接,任何环节的延误都可能导致后续工作的推迟。为有效掌控施工进度,项目管理团队需实时跟踪工作进展,定期进行进度检查,并通过数据反馈及时发现问题并做出相应调整。在园林施工中,天气、材料供应及人员调配等不确定因素常常直接影响进度,因此,灵活的调整机制显得尤为重要。例如当遭遇不利天气时,施工团队应迅速调整工作计划,以尽量减少天气对项目进度的影响。现代信息技术的应用,如施工管理软件与项目进度跟踪系统,已为管理团队提供了强有力的支持,通过这些技术工具,施工进度、物资消耗及人力资源配置等各项情况可以实时监控,数据集中管理与分析的实现,显著提高了工作效率,确保项目能够按时完成。

3.3 质量管理与验收标准

质量管理与验收标准在园林景观施工中至关重要,它们直接关系到项目的最终效果及使用寿命。在园林景观施工过程中,质量管理不仅仅是对每个环节的控制,更是对所有材料、工艺以及施工人员操作水平的全程监督。在施工前,制定详尽的质量控制计划至关重要,明确各阶段的质量标准与验收要求,确保每项工作能够按标准执行从而保障项目顺利进行^[2]。例如,绿化施工中植物栽植的质量尤为关键,植株的品种、规格、栽植深度、株距等必须严格遵循设计要求,土壤质量、灌溉系统的安装及排水设计等环节也应符合标准,确保植物能够健康成长。对于硬景部分,如园路、铺装以及景观小品的施工,严格要求根据结构强度、平整度、连接度等技术指标进行检测,确保其美观性与实用性相结合。验收标准通常依据国家或行业的相关规范,同时结合项目的具体要求,在每一施工阶段完成后必须进行阶段性验收,确保施工质量符合设计图纸和相关规范的要求。特别是在关键施工环节,如水景系统的

安装、照明系统的调试等,功能性测试需要进行,以确保系统正常运行,如无漏水、灯光均匀等。验收合格后方可进入下一个施工阶段。

3.4 环保与节能措施

在园林景观施工中,环保与节能措施的重要性日益突出,尤其在全球环保意识不断增强的今天,实施可持续施工方案显得尤为关键。在施工过程中,材料的选择至关重要,应优先选用环保型材料,如透水砖、可再生木材、无毒无害的涂料以及天然石材等,这些材料不仅有助于减少环境负担,还能提高景观的长期可持续性,本地植物的使用不仅能减少运输过程中的碳排放,还能增强植物的适应性,进而降低养护成本。在水资源管理方面,雨水收集系统与智能灌溉系统的应用是节水的重要举措,通过集成降水系统,收集的雨水可以用于日常灌溉,从而大大减少对自来水的依赖;智能灌溉系统能够根据土壤湿度与气候变化自动调节灌溉量,有效避免不必要的过度浇灌减少水资源浪费^[3]。与此同时,施工中的废弃物管理也构成了环保措施的重要一环,减少建筑废料的产生并进行分类回收,可以有效减轻环境负担。建筑垃圾经分类处理后,优先利用可回收材料有助于减少垃圾堆积,避免对周围环境造成污染。在能源使用方面,采用高效施工设备,有助于降低燃油和电力的消耗,进一步提升节能效果。

4 结语

房地产园林景观的细部设计与施工优化,对于提升项目品质与可持续性至关重要。功能性、美学、地域文化及环保理念的融合,不仅塑造了宜人的居住环境,还促进了生态平衡与资源的合理利用。在实际施工过程中,现代技术与精细化管理的应用,确保了景观效果的长久性与易维护性。随着绿色建筑理念的不断推广,园林景观设计愈发注重生态性与人文关怀,从而推动了行业朝着高效、绿色及智能化的方向发展。

【参考文献】

- [1]陈雅娟. 房地产园林景观细部设计及施工优化[J]. 现代园艺, 2023, 46(21): 90-92.
 - [2]洪虹. 房地产园林景观细部设计及施工优化[J]. 住宅与房地产, 2021(9): 95-96.
 - [3]李龙, 韩凯. 房地产景观设计 & 施工管理探究[J]. 现代园艺, 2020, 43(16): 66-67.
- 作者简介: 黄海涛(1988.10—), 男, 毕业院校: 周口师范学院, 所学专业: 艺术设计, 当前就职单位: 襄阳华侨城文旅发展有限公司, 职称级别: 中级工程师。

城市道路交通分析与交通工程设计技术研究

邵艳芳

天津市河西区友谊北路 29 号, 天津 300204

[摘要] 本次研究以城市道路交通的分析与交通工程设计为主要目标, 探索了城市道路交通与工程设计之间的关系, 并开发出相应的技术研究方法。首先, 进行了城市道路交通现状、问题以及产生原因的深入分析, 对交通拥堵、交通安全等问题进行了详细考察。其次, 研究了交通工程设计中的主要因素, 包括道路规划、交通流量设计、交通设施布局等, 并通过计算模型和实地考察的方式对设计方案进行评估和优化。最后, 将城市道路交通的情况应用于交通工程设计中, 以解决现有的交通问题。研究结果表明, 通过科学的交通分析和工程设计, 可以有效提高城市道路交通的运行效率, 降低交通拥堵和事故发生率, 提升城市道路交通的整体服务质量。该研究为城市交通工程设计提供了新的视角与方法, 也对城市道路交通的改善提供了积极的参考。

[关键词] 城市道路交通; 交通工程设计; 交通拥堵; 交通安全; 交通流量设计

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15212

中图分类号: U41

文献标识码: A

Research on Urban Road Traffic Analysis and Traffic Engineering Design Technology

SHAO Yanfang

No. 29 Youyi North Road, Hexi District, Tianjin, 300204, China

Abstract: This study aims to analyze urban road traffic and design traffic engineering, explore the relationship between urban road traffic and engineering design, and develop corresponding technical research methods. Firstly, an in-depth analysis was conducted on the current situation, problems, and causes of urban road traffic, with a detailed examination of issues such as traffic congestion and safety. Secondly, the main factors in traffic engineering design, including road planning, traffic flow design, and traffic facility layout, were studied, and the design scheme was evaluated and optimized through computational models and field investigations. Finally, apply the situation of urban road traffic to traffic engineering design to solve existing traffic problems. The research results indicate that through scientific traffic analysis and engineering design, the operational efficiency of urban road traffic can be effectively improved, traffic congestion and accident rates can be reduced, and the overall service quality of urban road traffic can be enhanced. This study provides new perspectives and methods for urban transportation engineering design, as well as positive references for improving urban road traffic.

Keywords: urban road traffic; traffic engineering design; traffic jam; traffic safety; traffic flow design

引言

城市道路交通问题作为日益增加的城市生活质量和日常出行效率的主要瓶颈, 一直是我们需要正视和研究的重点。城市交通的运行效率及其对城市功能和居民生活的影响不容忽视, 交通拥堵, 交通安全问题更是常常成为社会热点。然而, 如何在复杂多变的城市环境中, 通过科学参考和妥善解决这些问题, 同样需要我們进行深入的研究和探索。本研究主要以城市道路交通的分析与交通工程设计技术为研究对象, 旨在寻找解决城市交通问题的方法。过去的研究虽已对此进行了许多探究, 但由于城市环境和交通状况均在不断发展和变化, 新的问题和挑战也不断出现, 因此新的研究将对解决这些问题提供更多的可能性。本论文将从道路的运行现状、交通流量设计、交通设施布局等几个重要方面进行深入研究, 并试图在理论研究和实际应用之间找到有效的连接, 使得科学的交通分析和工程设计能够真正地为改善城市交通状况提供有力的支持。本研究不仅期望能为城市交通工程设计提供新的理念和方法, 同时也希

望可以对城市道路交通的改善提供积极的参考。

1 城市道路交通现状与问题剖析

1.1 城市道路交通现状描述

在城市化进程不断加快的背景下, 城市道路交通现状呈现出一些显著特征和趋势^[1]。城市人口急剧增长和机动车保有量的快速增加, 使得城市道路交通承载着巨大的压力。在大城市和特大城市中, 交通拥堵问题尤为突出, 尤其是在城市核心区域和高峰时段, 道路交通流量远远超过了道路的设计能力, 这导致了车辆行进缓慢甚至长时间停滞的现象。

城市交通现状不仅表现为拥堵问题, 也伴随着交通事故频发、空气污染加剧等问题^[2]。繁忙的交通流量中, 事故的发生不仅阻碍了道路通行, 还带来了人身安全隐患, 加剧了社会资源的浪费^[3]。交通工具尾气排放已成为城市空气污染的主要来源之一, 严重影响了城市居民的健康和生活质量。

公共交通系统亦未能有效缓解城市交通压力。尽管城市广泛建设了地铁、公交等公共交通设施, 但由于线路、班次以及衔接等问题, 公共交通的利用率提升有限, 市民

的通勤需求仍难以得到充分满足。停车场供需失衡也是突出的问题之一,城市中存在大量非法停车现象,加剧了交通管理的复杂性。

城市道路交通现状复杂多样,既反映了城市经济社会发展的成就,也暴露出规划和管理中的不足。这种现状凸显了对交通问题深入分析和有效解决的迫切需求。

1.2 城市道路交通中的主要问题点

城市道路交通的主要问题点主要集中在交通拥堵、交通安全、环境影响和公共交通不协调等方面。交通拥堵是城市道路交通系统中最为普遍且引人关注的问题,尤其在高峰时段和市中心区域,车辆排队、通行缓慢的现象极为常见。随着城市化进程的加快,车辆数量迅速增长,交通基础设施的建设速度无法跟上需求,导致道路容量接近或超过设计负荷。交通信号灯设置不合理、路口通行能力不足也是造成拥堵的重要因素。

交通安全问题亦是不容忽视的关键点。城市道路上的交通事故频发,除了对人们的生命财产造成威胁外,还进一步加剧了交通拥堵。行人和非机动车违规通行、驾驶员不遵守交通规则以及道路设计不符合安全标准都是导致事故发生的重要原因。

环境影响方面,汽车尾气排放与交通噪声对城市空气质量和居民生活质量产生了负面影响。车辆长时间怠速运转和频繁的启停过程造成了二氧化碳和其他有害气体的高排放,加剧了城市空气污染。

公共交通系统的不协调和不完善也是城市交通问题的一部分。公交车、地铁与其他交通方式的换乘不便、时刻表的不准确以及乘客过度拥挤等均降低了公共交通的吸引力,进而加重了道路交通压力。这些问题的存在,严重影响了城市居民的日常出行效率和生活品质。

1.3 产生交通问题的原因分析

产生交通问题的原因可以归结为多个层面。城市迅猛的发展导致人口和交通工具的数量急剧增加,道路基础设施的扩建速度未能同步匹配这一增长,形成了供需矛盾。城市规划过程中对交通流的预测不准确,导致部分区域出现过度饱和或资源利用不足的情况。交通管理措施的不合理也是导致交通问题的重要因素,许多城市交通信号灯设置不科学,无法有效缓解高峰期的交通压力。不同行驶方式之间缺乏有效的协调,公共交通、私家车和非机动车的竞争进一步加剧道路拥堵。交通过程中的人文因素,如驾驶者素质参差不齐、交通法规执行不力,也在一定程度上增加了交通风险和混乱。由此可见,交通问题的产生是多个因素综合作用的结果,需要从多角度进行分析和干预。

2 交通工程设计素质与关键因素研究

2.1 道路规划设计研究

在交通工程设计中,道路规划设计是影响城市道路交通的重要因素。科学合理的道路规划不仅能够提升城市交通的效率,还可以有效缓解交通拥堵问题。城市道路规划设计需要综合考虑城市的发展规划、人口密度、土地利用

和交通需求等因素,以确保交通系统与城市整体规划的协调性。道路网络应具备合理的分层结构,通常包括主干道、次干道及支路,不同等级的道路承担着不同的交通功能。

在进行道路规划时,交通流量的预测是重要的基础工作。通过使用交通预测模型,可以根据历史数据、新增项目影响等进行交通需求分析,预测出未来的交通流量。这不仅为道路宽度、车道数量的确定提供数据支持,也为交叉口设计、交通信号设置提出科学依据。

道路规划设计必须重视步行、自行车及公共交通的通行权,以促进多样化的交通方式。这要求在设计中预留充足的空间和设施以支持和鼓励绿色出行,更好地服务于城市可持续发展的目标。

道路安全性是规划过程中一个不可忽视的重要因素。为了提高道路的安全性能,应当通过合理设置标志标线、优化路段及交叉口设计等措施。在道路规划设计中,统筹考虑交通流量、出行方式以及安全性等多方面因素,可以为解决城市交通问题奠定坚实基础,进而提升整体交通系统的服务质量。

2.2 交通流量设计方法探讨

交通流量设计是交通工程设计中的重要组成部分,直接关系到城市道路的运行效率和交通拥堵的缓解。交通流量设计方法的探讨涉及多方面内容,包括交通流量的预测、交通流的动态调节以及交通信号控制等。交通流量的预测是交通设计的基础,通常通过历史交通数据分析、模拟仿真以及统计模型等方法,来预测未来不同时段、不同路段的交通需求,从而为道路规划提供有力支持。这要求对交通流特性有深入理解,特别是在高峰时段流量波动特征下的精确估算^[4]。

交通流的动态调节是提高道路通行能力的关键手段,通过车道动态分配、交通诱导系统调度等技术工具,实现交通流的合理分配和关键路段的流量平衡。这种方法需结合实时交通监测数据,以快速响应交通流量变化,优化交通运行环境。交通信号控制作为流量设计的重要环节,通过精确的信号配时计划,协调相邻路口的信号协调,使得交叉口通行效能达到最佳状态。合理的交通信号设计能有效减少交通延误,提高道路网络的整体通行效率。交通流量设计的方法探索为交通工程设计提供了系统的理论基础与实践指导,有助于缓解城市交通拥堵,提高交通安全性与服务质量。

2.3 交通设施布局设计原则和流程

交通设施布局设计是城市交通工程设计中的关键环节,其原则性和流程的科学性直接影响城市道路交通的效率与安全。交通设施的布局需遵循以人为本的设计理念,确保道路使用者的便利性和安全性。布局设计应充分考虑城市道路的整体规划与现状特征,通过合理分配交通流量,提高道路的通行能力。设施布局要确保与道路功能相匹配,包括信号灯、交通标志、隔离设施等,以实现道路空间的有效利用。各类设施的位置和间距须经过严谨的交通流量

分析和仿真测试,确保各设施的布置优化交通流动,避免潜在的交通冲突。

设计流程通常包括若干阶段:需求分析阶段中明确交通设施的功能和目标;方案制定阶段中根据需求选择适合城市特性的设施类型及分布方案;评估优化阶段通过计算机仿真和实地测试评估方案效果,调整优化设计,以达成最佳布局效果。此过程确保交通设施布局的科学性、合理性和实用性。

3 城市道路交通与交通工程设计的融合应用

3.1 将城市道路交通情况与交通工程设计进行有效融合的方法

为了实现城市道路交通与交通工程设计的融合,需从多方面进行深度分析与技术整合,其核心在于实时交通数据的收集与精确分析。通过先进的交通监测系统和物联网设备,可以实时获取交通流量、车辆速度、道路障碍等关键数据,进而为交通工程设计提供决策依据。这些数据不仅有助于掌握城市交通的动态变化,也为预测未来交通趋势奠定了基础。

交通工程设计须根据城市道路的实际情况进行适应性调节^[5]。基于实时数据分析结果,可在设计中引入灵活的道路规划方案,如动态车道分配和智能信号控制。这些措施有助于缓解交通高峰期的拥堵现象,提高交通流的整体效率。交通设施的布局设计应当考虑到城市交通的复杂性与多样性,通过合理配置智能交通标识和诱导系统,引导车辆和行人安全高效地通行。

交通工程设计的数据库体系是关键性支撑,需借助大数据和云计算技术对过去、当前和未来的交通模式进行全面分析。通过数据模型的模拟与验证,能够提前发现潜在的交通瓶颈并采取相应措施。交通工程设计的优化方案应具备灵活性和可扩展性,以适应城市交通发展的长期需求。通过这一系列的融合应用研究,将实现对城市道路交通的有效管理,进而提高交通运行效率,改善市民的出行体验。

3.2 交通问题的解决方案提出与实施

在城市道路交通与交通工程设计的融合应用中,提出并实施交通问题解决方案是关键步骤之一。解决交通问题的方案需要结合具体城市道路现状,综合考虑流量管理、基础设施改进以及交通政策优化等方面。应通过大数据分析和交通模拟技术,准确预测交通流量变化趋势,识别出交通瓶颈和高事故频发地段。这些分析结果将有助于制定针对性的措施,例如拓宽道路或增加车道,以缓解特定区域的交通拥堵。

对交通信号灯系统进行智能化升级,以实现交通流量的动态优化控制。智能信号灯能够根据实时流量信息自动调节绿灯周期,提高道路使用效率。合理设计非机动车和行人交通流线,保障所有交通参与者的安全,也是解决交通问题不可忽视的一环。增加人行天桥、地下通道或专用自行车道等设施,不仅能提升交通安全,还能有效分流交通流量。

完善的公共交通系统建设与推广使用,在一定程度上可以减少道路交通压力。通过提高公共交通服务质量,吸

引更多市民选择公共交通出行,进而降低私家车使用率。通过以上各项措施的协同实施,能够针对性地解决城市交通问题,提升城市道路交通的整体服务水平和效率。

3.3 城市道路交通服务质量提升方案及检验

城市道路交通服务质量的提升方案强调通过定量与定性分析相结合的方式,评估现有交通系统的服务水平。应用交通模型模拟不同交通需求下的运行状况,以识别系统瓶颈,并进行针对性的设计调整。在交通流量设计中,优化信号控制系统,通过智能化的信号灯协调调整,提高通行效率。布局方面,增强公共交通与非机动车道的连接性,促进多元化的出行模式,以减少机动车交通压力。设施方面,通过增设交通标识、设施的定期维护和无障碍通道建设,改善行车安全与便捷性。

为了检验方案实施效果,应使用可靠的指标体系。可设定交通流量指标、平均行车速度、交通事故发生率等作为评估基准。在实施后的不同节点上进行数据收集与分析,以判断服务质量提高的实际效果。如果指标显示良好改善,则可进一步推广相关措施;如效果不佳,需调整策略并重新评估。此类质量检验确保方案的科学合理性,为持续的城市交通优化提供数据支持。

4 结束语

本文立足于城市道路交通的现状和问题,结合交通工程设计的核心要素,对城市道路交通分析与交通工程设计进行了深入探讨。研究发现,科学的交通分析和精心的工程设计能明显提高城市道路交通的效率,降低交通拥堵和交通事故的发生率,从而提升城市道路交通的整体服务质量。同时,本文提出了一种新的交通工程设计视角和方法,对城市道路交通问题的解决提供了新的思考和参考。但必须明确的是,本研究在数据收集和处理等方面还存在一定的局限性,进一步的研究可以考虑增加数据样本的接口,考察不同城市环境和交通需求对交通工程设计的具体影响。此外,对于交通工程设计方法的优化与创新也是未来研究的重要方向。希望本研究的成果能引起更多的相关研究,共同为改善城市道路交通出一份力。

【参考文献】

- [1]曹亮.城市道路交通分析及交通工程设计技术[J].市场周刊·理论版,2020(91):0214-0214.
 - [2]刘洪涛.城市道路交通分析与交通工程设计探究[J].工程建设与设计,2023(19):79-81.
 - [3]刘阳.城市道路交通分析与交通工程设计[J].百科论坛电子杂志,2020(8):1430-1430.
 - [4]徐明龙.城市道路交通分析与交通工程设计技术研究[J].运输经理世界,2022(14):53-55.
 - [5]谢鑫.城市道路交通分析与交通工程设计技术分析[J].灌篮,2020(33):126-127.
- 作者简介:邵艳芳(1992.6—),性别:女,民族:汉族,身份证号:13028319*****3362。

智能城市建设中的城乡规划设计创新与挑战

汪慧珺

江西省商业建筑设计院有限公司, 江西 南昌 330000

[摘要]随着智能城市建设的推进, 城乡规划设计面临着前所未有的机遇与挑战。智能技术的广泛应用推动了城市功能的优化和资源配置的高效化。然而, 城乡规划中的智能化进程也暴露出诸如信息技术与传统规划的融合问题、资源不均衡分配及政策执行障碍等挑战。针对这些问题, 创新性的设计理念和技术方法的提出成为实现智能城市愿景的关键路径。城乡规划需以智能化为核心, 推动信息技术与人居环境、生态系统的深度融合, 促进城乡一体化发展。

[关键词]智能城市; 城乡规划; 创新; 持续发展; 挑战

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15184

中图分类号: TU984

文献标识码: A

Innovation and Challenges in Urban and Rural Planning and Design in Smart City Construction

WANG Huijun

Jiangxi Commercial Building Design Institute Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi, 330000, China

Abstract: With the advancement of smart city construction, urban and rural planning and design are facing unprecedented opportunities and challenges. The widespread application of intelligent technology has promoted the optimization of urban functions and the efficient allocation of resources. However, the intelligent process in urban and rural planning has also exposed challenges such as the integration of information technology and traditional planning, uneven allocation of resources, and obstacles to policy implementation. The proposal of innovative design concepts and technological methods has become a key path to achieving the vision of smart cities in response to these issues. Urban and rural planning should be centered on intelligence, promoting the deep integration of information technology with living environment and ecosystem, and promoting the integrated development of urban and rural areas.

Keywords: smart city; urban and rural planning; innovation; sustainable development; challenge

引言

随着信息技术的迅猛发展, 智能城市的概念逐渐成为现代城市建设的核心方向。城乡规划作为城市发展的基础, 如何融入智能化元素, 提升城市功能、改善居民生活质量, 成为当前亟待解决的重要课题。在智能城市建设过程中, 技术与传统规划模式的融合面临巨大挑战, 而城乡一体化的创新设计则为解决这一问题提供了可能性。通过深入探讨智能城市建设中的城乡规划设计创新, 不仅能够推动城市发展的智能化升级, 还能为未来城市规划提供宝贵经验与借鉴。

1 国内外智能城市建设的经验与教训

1.1 智能技术对城市发展的推动作用

随着大数据、物联网、人工智能等技术的快速发展, 智能城市建设成为全球城市化进程中的重要趋势。智能技术的应用不仅仅体现在城市管理和基础设施建设上, 还渗透到了市民生活的方方面面。首先, 通过智能化的交通管理系统, 城市能够实现道路资源的最优调配, 减少拥堵并提高交通效率。例如, 基于实时数据分析的智能红绿灯系统能够根据交通流量动态调整信号周期, 避免了传统交通管理模式中的资源浪费和交通拥堵。此外, 智能能源管理系统通过实时监控和调度电网资源, 能够显著降低能源消

耗和碳排放, 有助于推动绿色低碳城市的发展^[1]。

智能技术的应用还使城市服务更加精准化。医疗、教育、安防等公共服务领域通过数据共享和智能平台的建设, 使得服务覆盖面更加广泛且效率更高。在智慧医疗领域, 患者可以通过智能设备远程监控身体状况, 医院可以实时获得患者数据, 提前进行干预, 大大提高了医疗资源的利用率。

总的来说, 智能技术使城市具备了更高的自适应性、协同性和灵活性, 使城市不仅能够高效运转, 还能应对复杂多变的挑战。

1.2 国内智能城市建设的经验与教训

中国在智能城市建设方面已经取得了显著进展, 尤其是在一些大城市和经济发达地区, 智能化的应用逐渐普及。例如, 深圳市通过大规模应用物联网和 5G 技术, 在智慧交通、智慧医疗、智慧政务等方面取得了显著成果。上海市也依托其雄厚的技术基础, 开展了智能化公共安全监控系统的建设, 大大提高了城市管理的效率和应急反应能力^[2]。

国内在智能城市建设过程中也暴露出一些问题和挑战。首先, 技术应用的过度依赖可能导致数据安全隐患的增加。随着大量城市数据的收集和分析, 如何确保数据隐私和安全成为一个重要课题。智能城市的技术架构需要建

立完善的安全保障机制,防止个人隐私泄露和数据被滥用。

智能城市的建设不仅仅依赖于技术,更需要政策、社会和文化的支持。许多城市在规划初期未能充分考虑到当地居民的需求与习惯,导致部分智能化设施无法得到有效使用或产生预期的效果。因此,未来的智能城市建设必须更加注重以人为本设计,确保技术与社会的融合^[3]。

2 城乡规划设计的现状与挑战

2.1 传统城乡规划模式的局限性

传统的城乡规划模式主要依赖于人工经验和固定的规划框架,往往缺乏灵活性与实时性。由于技术手段的局限,传统规划往往以单一的空间布局和人口流动为基础,忽视了信息流和资源流的动态变化。这使得许多城市在发展过程中存在着资源浪费和设施配备不合理的问题。例如,城市扩张时,土地资源的规划没有充分考虑到未来的交通、环境等需求变化,导致基础设施滞后,居民生活质量受到影响。

此外,传统城乡规划往往缺乏对生态环境和可持续发展的深刻认识。传统规划更多关注经济和社会功能的实现,却未能有效整合生态、环境等因素,导致了一些城市在快速发展的同时,面临着生态破坏、环境污染等问题。由于规划过程中缺乏数据驱动和科学分析,很多决策只能依赖经验,导致规划与实际需求之间存在较大的差距。

2.2 智能化融合面临的技术与社会挑战

智能化技术的引入为城乡规划带来了巨大的创新机会,但也伴随许多挑战。首先,在技术层面,智能化系统的建设需要大规模的基础设施投入,如物联网传感器、云计算平台等,这对许多城市来说是一项庞大的成本负担。此外,智能化技术的整合也面临技术标准不统一、平台兼容性差等问题,导致不同系统之间的信息难以流通和共享,降低了智能化规划的整体效率。

在社会层面,智能化城乡规划的推广需要克服社会适应性的问题。城市居民对新技术的接受度存在差异,部分群体可能由于年龄、教育水平等因素,对智能技术的使用产生抵触或恐惧感。尤其是在老龄化加剧的社会背景下,如何设计易用、便捷的智能化系统是亟待解决的问题。

另外,数据隐私和安全问题也是智能化规划中的一个重要挑战。随着大量个人和城市数据的收集与处理,如何保障市民的隐私,防止数据泄露,成为城市智能化建设过程中不可忽视的难题。各项技术的融合需要在技术、社会和法律等多个层面进行有效协调,才能真正实现智能化城乡规划的可持续发展。

3 智能城市中的创新规划理念与方法

3.1 信息技术驱动的城市空间优化

信息技术,尤其是大数据、物联网和人工智能,正在重塑城市空间的规划和管理方式。通过智能传感器和实时数据采集,城市管理者可以实时监控各类设施和服务的运

行状况,实现资源的动态调配。例如,智能交通系统利用交通流量数据自动调整信号灯,优化交通流动,减少拥堵和能源浪费;智慧照明系统则根据人流量和环境亮度自动调节光线,既节约能源又提高安全性。

在城市空间优化方面,信息技术使得城市的功能布局更加精准和高效。通过对人口密度、交通流量、空气质量等多维度数据的分析,城市规划者可以科学预测未来的发展趋势,提前制定更具前瞻性的规划。智能化的城市空间还能够优化土地资源的配置,通过虚拟建模和3D可视化技术,规划人员能够更加直观地了解土地使用情况和未来发展潜力,避免资源的浪费和规划的盲目性。

3.2 人居环境与生态系统的智能化设计

智能化设计在人居环境的改造和提升中发挥着重要作用,特别是在创建宜居、可持续的城市空间方面。智能建筑、绿色能源利用和高效的环境管理系统成为人居环境智能化的主要构成部分。例如,智能家居系统通过自动化控制家电、温度、湿度等,提升居民的舒适度,同时也能有效减少能源的消耗。智能化的建筑不仅可以自我调节温湿度、照明,还能通过感知外部环境变化自动开关窗户、调整通风系统,保持室内环境的最优化^[4]。

在人居环境与生态系统的智能化设计中,绿色生态城市的构建是一个重要方向。通过智能化的环境监测系统,能够实时追踪空气质量、水质、噪音等环境因素,及时采取应对措施,减少污染和生态破坏。此外,城市绿地、雨水收集系统等也可以通过智能技术实现更有效的管理和利用。例如,雨水收集与回收系统可以根据天气预报自动启动,减少水资源浪费,同时也减轻城市排水系统的负担,避免洪水灾害的发生。

智能化设计的核心是人与自然的和谐共生,城市的生态系统通过智能化手段不仅提升了居民的生活质量,还促进了生态环境的可持续发展。

4 智能城市建设中的城乡一体化发展路径

4.1 促进城乡资源共享与均衡发展

智能城市建设中的城乡一体化发展路径,首先要实现城乡资源的共享与均衡分配。随着信息技术的飞速发展,城市与乡村的隔阂逐渐被打破,资源共享成为可能。通过物联网、大数据和云计算等技术,城乡之间可以实现更加高效的资源流动。例如,农村地区可以通过智慧农业技术提升农作物产量和质量,城乡市场实现互通有无;同时,智能物流系统也能缩短城乡之间的物资流转时间,减少物流成本,提升供应链效率。

此外,智能城市建设为城乡基础设施的互联互通提供了技术支持。城市的智能化设施,如智慧电网、智能水务系统等,可以将技术延伸至农村地区,促进乡村地区基础设施的现代化。这不仅有助于缩小城乡基础设施差距,也能提高农村居民的生活质量。通过信息共享平台,城市居

民的消费需求、文化活动等可以传递到乡村,激发乡村的经济活力和社会发展潜力,推动城乡经济的双向融合与共同发展。

4.2 智能化城乡规划对区域一体化的推动作用

智能化的城乡规划能够有效推动区域一体化发展。通过大数据分析与时空信息技术,城市规划者可以科学地评估城乡一体化中的空间布局、资源配置和交通网络等问题,从而在更大范围内优化区域发展。在区域层面,智能化规划能够帮助各个区域协调发展,避免资源过度集中于某个中心城市,导致其他地区的“空心化”现象^[5]。

智能化规划使得交通、教育、医疗等城市功能可以在更广泛的区域内得到普及。比如,智能交通系统的引入,使得城市和乡村之间的交通更加便捷,减少了通勤时间,提高了资源流动性。智慧教育与远程医疗的普及,使得乡村地区的居民能够享受到与城市相同质量的教育和医疗服务,缓解了城乡教育和健康服务的差距。

通过智能化手段,城乡之间的经济活动和社会服务可以实现信息共享和资源整合,从而推动区域一体化的深入发展。这种智能化的城乡规划不仅提升了城市的功能,还为农村带来了前所未有的发展机遇,促进了区域间的均衡发展。

5 智能城市规划设计的未来展望与政策建议

5.1 未来智能城市建设的技术革新与规划趋势

未来智能城市建设将深度融合人工智能、物联网、大数据和 5G 等先进技术,推动城市的数字化转型和全面智能化。技术的革新将使城市能够更加高效地管理资源,优化城市运行。例如,人工智能将进一步应用于交通、能源、环境等领域,通过智能算法进行资源调配,优化城市的整体运行效率。在城市管理上,AI 将可以进行自动化决策和预警,提前识别潜在的社会和环境风险,从而提升城市应对突发事件的能力。

另外,随着 5G 技术的普及和物联网的不断发展,智能城市的基础设施将更加互联互通。5G 网络将为大量设备提供快速稳定的通信环境,使得智能设备能够实时互联,实现数据的快速传输和即时响应。这将进一步推动智慧城市在各个领域的应用,如智慧医疗、智慧教育、智慧交通等,实现城市各项功能的深度融合,提升居民的生活质量。

未来,智能城市规划将趋向更加个性化和定制化。随着大数据技术的发展,城市规划者能够通过大量的居民数据分析,了解居民的需求和行为模式,从而制定出更加精准和灵活的规划方案。此类规划将不再依赖于传统的“一刀切”式设计,而是通过数据驱动的动态调整,以适应快

速变化的城市需求。

5.2 政策支持与执行机制的优化建议

智能城市的建设不仅依赖于技术的创新,还需要政府在政策上的有力支持。首先,政府应制定完善的智能城市发展战略,明确技术发展方向与资源配置方案,提供财政支持,吸引社会资本参与智能城市的建设。同时,政府应加大对创新技术的研发投入,支持相关企业和研究机构在人工智能、物联网等领域的技术攻关,促进技术进步。

在政策执行方面,政府需要建立健全的监督机制,确保智能城市建设中的各项政策能够落实到位。建立跨部门合作机制,促进政府、企业和社会各方的协同合作。对于数据安全和隐私保护,应加强法律法规建设,出台相应的监管政策,确保市民的个人信

息得到有效保护,避免数据泄露和滥用。此外,政府还应鼓励地方政府根据各自的实际情况和发展需求,制定地方性智能城市建设规划,以因地制宜的方式推动智能城市建设,避免过度依赖统一的规划和政策。通过政策支持和执行机制的优化,智能城市的建设可以在全社会的参与下加速推进,并且更加符合实际需求,保障其可持续发展。

6 结语

智能城市的建设正处于技术革新和社会转型的关键时期,未来将深刻影响城市的功能布局和居民的生活方式。通过智能化手段促进城乡一体化、资源共享及可持续发展,将成为推动城市发展的重要方向。与此同时,政府的政策支持与有效的执行机制是智能城市建设成功的关键。只有在技术创新与政策保障的双重驱动下,智能城市才能实现其真正的潜力,为全球城市化进程提供全新的发展范式。

[参考文献]

- [1]喻琰.大数据时代下的城乡规划以及智慧生态城市模型[J].建筑与文化,2023(9):154-157.
- [2]许国庆.大数据时代下的智慧城市及城乡规划研究[J].住宅与房地产,2023(2):32-34.
- [3]方海云.大数据时代城乡规划与智慧城市发展研究[J].城市建筑空间,2022,29(2):68-69.
- [4]梁波.大数据时代城乡规划和智慧城市建设探究[J].城市建设理论研究(电子版),2018(33):12.
- [5]柯研.新型基础设施对智能城市发展的影响研究[J].中国信息化,2024(9):99-101.

作者简介:汪慧琚(1993.9—),女,中级工程师,江西省丰城市。

危险化学品装置外部安全防护距离计算要点分析

左春生

广东金泰达安全科技有限公司, 广东 广州 510220

[摘要] 危险化学品生产、使用、经营、储存企业构成重大危险源的装置, 构成一级或者二级重大危险源, 且毒性气体实际存在(在线)量与其在《危险化学品重大危险源辨识》中规定的临界量比值之和大于或等于1的需要用定量风险计算个人和社会风险值, 确定外部安全防护距离, 文章深入讨论了区域总体外部防护距离计算分析的具体实践过程、关注的要点以及实际作用, 提出了对策措施, 供同行人员参考。

[关键词] 外部安全防护距离; 最坏事故场景; 防护目标; 定量风险评价

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15194

中图分类号: X91

文献标识码: A

Analysis of Key Points for Calculating External Safety Protection Distance of Hazardous Chemical Equipment

ZUO Chunsheng

Guangdong Jintaida Safety Technology Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510220, China

Abstract: The equipment that constitutes a major hazard source in the production, use, operation, and storage of hazardous chemicals, constitutes a first or second level major hazard source, and the actual (online) amount of toxic gases is greater than or equal to the critical quantity ratio specified in the "Identification of Major Hazardous Sources of Hazardous Chemicals". It is necessary to use quantitative risk calculation to determine personal and social risk values and external safety protection distance. This article deeply discusses the specific practical process, key points of concern, and practical role of calculating and analyzing the overall external protection distance of the region, and proposes countermeasures for reference by professionals in the same industry.

Keywords: external safety protection distance; worst-case accident scenario; protection target; quantitative risk assessment

引言

随着我国经济社会与人民对幸福生活追求的发展, 危险化学品生产、储存装置与企业周边城区、居民区的安全防护距离越来越受到人民安全诉求的关注, 安全防护距离确定成为建设运营单位、监管部门关注的重点, 《危险化学品生产装置和储存设施外部安全防护距离确定方法》(GB/T 37243—2019)、《危险化学品生产装置和储存设施风险基准》(GB 36894—2018) 颁布实施, 为设计单位、科研院所、安全评价技术服务机构安全防护距离确定提供了明确的方法、

标准, 笔者根据近年来参与作业项目、审查项目, 阅读的标准文献, 总结归纳了常见问题, 以供同行参考、探讨。

1 风险定量计算底图选取不合理

1.1 底图选取小, 风险曲线超出了地图范围

定量计算输出结果个人风险曲线超出了定量计算选取的底图, 输出结果无法在底图中直观显现。如下图1。

1.2 底图选取大, 风险曲线在地图上显示小

定量计算输出结果个人风险曲线在底图中显示不明显。如下图2。

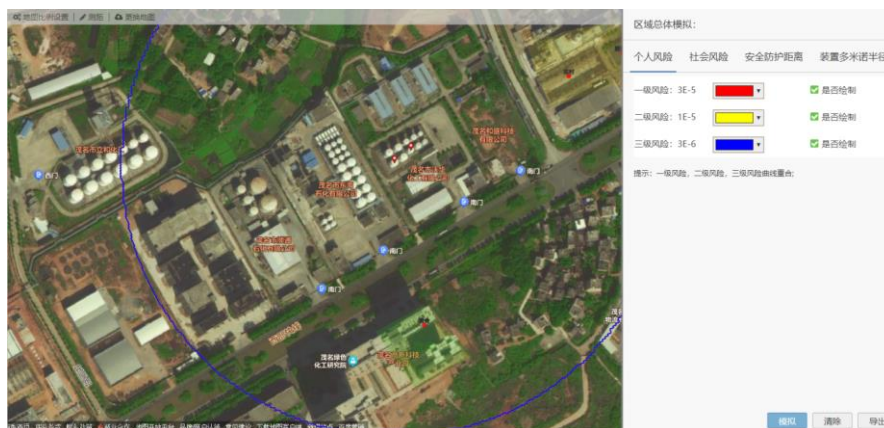


图1 个人风险等值线曲线图



图2 个人风险等值线曲线图



图3 易燃液体泄漏事故情景

1.3 风险计算选图建议

- ①选用 Google Earth 上保存的最近一次拍摄的卫星地图。
- ②地图中能完整显示厂区周边 1km 以内各防护目标, 涉及高毒以上气体的企业应能完整显示厂区周边 2km 以内的防护目标(无法正常显示结果时应选取更大范围地图); 化工园区或化工集中区应能完整显示园区周边 2km 以内的防护目标。
- ③图片格式应为. jpg 或. bmp 格式。
- ④地图应为垂直俯视图, 地图北垂直朝向图片上边缘。
- ⑤应由明确标示物显示实际距离。
- ⑥地图中应明确显示各敏感点位置并标注名称和区域范围。
- ⑦厂区(园区)尽量位于图纸中心位置。

2 易燃液体储罐泄漏爆炸场景模拟不合理

易燃液体泄漏(释放)应考虑发生着火场景。如图 3 所示, 乙酸乙酯槽车风险计算事故情景选择蒸气云爆炸, 属于场所模拟不合理, 计算结果导致危险化学品生产、储存装置外部防护距离扩大。

泄漏场景根据泄漏孔径可分为: 小孔泄漏(代表值 5mm)、中孔泄漏(代表值 25mm)、大孔泄漏(代表值 100mm)、

完全破裂(设备完全破裂或泄漏孔径大于 150mm)。

泄漏频率: 应确保使用失效数据与数据内在的基本假设相一致, 并且考虑减薄、衬里、外部破坏、应力腐蚀开裂、高温氢腐蚀、机械疲劳、脆性断裂等因素, 泄漏场景发生的频率小于 10^{-8} /年或事故场景造成的死亡概率小于 1%时, 在定量风险评价时可不考虑这种场景。

源项与气云扩散的计算是一个复杂的过程, 需要综合考虑泄漏物质的特性、扩散模型的选择以及气象条件等多种因素。通过科学合理的计算方法, 可以有效评估事故后果并为外部安全防护距离的确定提供依据。源项和气云扩散的计算需要考虑多种情形, 包括泄漏、闪蒸和液池蒸发、射流和气云扩散、火灾以及爆炸等。在选择源项和气云扩散模型时, 必须考虑泄漏物质的特性, 并确保模型及相关计算条件的科学性, 对于泄漏场景, 应对每一个泄漏场景选择适当的泄漏模型, 并根据设备(设施)实际情况确定泄漏位置和方向。例如, 当容器内同时存在气相和液相时, 应模拟气相泄漏和液相泄漏两种场景。此外, 泄漏方向一般设为水平方向, 与风向相同, 但对于地下管道, 泄漏方向则宜为垂直向上。在气云扩散过程中, 不同物质的扩散特性有所不同。例如, 乙醇泄漏后会以烟团形式扩散, 形成气云后在惯性力和外界风速的作用下上升变形; 而氯气

由于密度大于空气，其扩散属于重气云扩散，趋向于在靠近地面的空间扩散。此外，LNG 等重气泄漏时，其扩散过程会受到风速、泄漏高度以及障碍物等因素的影响。

池火 (Pool Fire) 是指液体燃料在地面上形成的燃烧现象。这种火灾通常由液体燃料泄漏后蒸发并被点燃引起，火焰在液体表面形成一个燃烧区域，即“池火”。池火的燃烧特性受多种因素影响，包括燃料类型、池火的直径、环境条件 (如风速和风向) 以及燃料的蒸发速率等。池火的主要危害在于其强烈的热辐射，这种辐射不仅可能对周围人员造成烧伤或死亡，还可能对设备和设施造成严重损坏。池火的热辐射强度与其直径、燃料类型和燃烧阶段密切相关。例如，对于烃类燃料，随着池火直径的增大，辐射分率会降低。此外，风速和风向也会影响火焰的倾斜角度和燃烧速率，从而改变热辐射的分布。池火的燃烧过程可以分为几个阶段：预热阶段、稳燃阶段和熄灭阶段。在预热阶段，火焰高度逐渐增长，温度升高；稳燃阶段，火焰达到稳定状态，燃烧速率趋于恒定；熄灭阶段则随着燃料耗尽而结束。在实际应用中，池火的危险距离计算非常重要。此外，泡沫灭火技术被广泛应用于池火扑救中，通过增加泡沫混合液供给强度可以提高灭火效率。

沸腾液体扩展蒸气云爆炸 (BLEVE) 或火球是一种在压力容器发生的严重爆炸事故，通常发生在液体被加热至远高于其常压沸点的情况下。当容器破裂时，过热液体迅速气化并释放大量能量，形成爆炸性冲击波和碎片，同时可能伴随火球的形成和热辐射的扩散。BLEVE 的主要危害包括冲击波、火球热辐射、抛射碎片以及可能的延迟蒸气云爆炸或闪火等。火球的热辐射是 BLEVE 中最主要的伤害因素，其影响范围通常比冲击波更广。此外，如果液体是可燃的，在外部火焰的作用下，释放出的蒸气云可能会被点燃，形成巨大的火球，进一步扩大事故的危害范围。在实际应用中，通过计算模型可以预测 BLEVE 的热辐射通量、火球直径和持续时间等参数，从而评估事故的潜在危害。

喷射火是指加压的可燃物质泄漏后，在泄漏口处形成射流并被点燃的现象，火焰通常具有较大的初速度和冲击力，能够迅速扩展到周围环境，并对人员、建筑和设备造成严重危害。喷射火的特性及其危害范围受到多种因素的影响，包括泄漏压力、泄漏孔径、风速以及燃料种类等。喷射火的火焰形状和热辐射特性会随着泄漏压力和孔径的变化而显著不同。例如，当管道压力增加时，火焰的最大温度、直径及高温影响区域也会相应增大。此外，喷射火的危险半径与泄漏孔径成正比，随着泄漏孔径的增大，火焰长度和热辐射强度也会增加。

蒸气云爆炸 (Vapor Cloud Explosion, 简称 VCE) 是一种常见的工业事故，通常由气体或易挥发液体的泄漏引发。当这些可燃物质与空气混合形成爆炸性混合物后，遇到点火源时会发生爆炸，产生强烈的冲击波、热辐射和

碎片作用，对周围环境和人员造成严重危害。蒸气云爆炸的发生需要满足几个条件：首先，必须有可燃气体或液体的泄漏，并与空气形成爆炸性混合物；其次，需要存在点火源；最后，混合物的浓度必须在爆炸极限范围内。此外，蒸气云爆炸还可能伴随其他类型的爆炸，例如沸腾液体扩展蒸气云爆炸 (BLEVE)，后者通常发生在压力容器破裂后，液体迅速汽化并被点燃。蒸气云爆炸的破坏力主要来自冲击波和热辐射。冲击波可以对建筑物、设备以及人员造成直接伤害，而热辐射则可能导致大面积的烧伤。例如，在一次液氨储罐泄漏引发的蒸气云爆炸中，模拟结果显示，爆炸冲击波的影响范围可达数百米，严重威胁周边区域的安全。

闪火是一种由易燃物质 (如气体、粉尘或可燃液体蒸气) 与空气混合后迅速点燃并迅速蔓延的火灾现象。其主要特征包括高温、短暂的持续时间和快速移动的火焰前沿，通常在几秒钟内完成。闪火不会产生显著的破坏性压力，但其主要危害来自热辐射和火焰直接接触。闪火的形成通常需要三个条件：燃料、氧气和点火源。当这些条件同时存在时，可燃物质与空气混合达到适合燃烧的程度，便可能引发闪火，通常持续时间不到三秒。闪火在封闭空间中尤其危险，因为即使较小的火势也可能消耗大量氧气并产生大量烟雾，导致窒息死亡。此外，吸入闪火产生的热空气可能导致严重的肺部损伤甚至窒息死亡。

定量风险计算火灾、爆炸场景与物质特性、储存参数、泄漏类型、点火类型等有关，采用事件树方法确定各种可燃物质释放后，各种事故发生的类型及概率，图 4 易燃液体释放事件树分析如下。



图 4 易燃液体释放事件树

爆炸是指要极短时间内，释放出大量能量，产生高温，并放出大量气体，在周围介质中造成高压的化学反应或状态变化，工艺过程常发生的爆炸灾害形式包括超压引起的设备爆炸、蒸气云爆炸和沸腾液体扩展为蒸汽爆炸等。蒸气云爆炸是指可燃物泄漏，积聚形成蒸气云，当浓度达到爆炸极限范围时，遇明火引发的爆炸。参与蒸气云爆炸的物料最常见的是低分子碳氢化合物，如 C₂、C₃、C₄。不是所有的工艺生产装置的设备区及设备都是爆炸危险源。

爆炸源主要是与发生 VCE 爆炸有关的危险较大的设备，此类设备是安装在具有密集的工艺管道及设备区内，储有的爆炸危险物料 (C₂、C₃、C₄ 及热 C₅ 可形成蒸气云爆炸的物料) 超过 10t 的设备可确定为蒸气云爆炸危险源。

因此易燃液体泄漏事故模拟应选择失火场景进行个人风险、社会风险计算,绘制风险曲线图,判定外部防护距离。

3 一般防护目标三类防护目标选取不合理

危险化学品重大危险源辨识分级计算设定暴露人员校正系数 α 值时,根据危险化学品重大危险源的厂区边界向外扩展 500m 范围内常住人口数量按表 1 选取。其中不包括重大危险源所属企业厂界范围内的工作人员,包括该企业厂界外 500m 范围内本企业及临近企业职工宿舍楼里的人员。

表 1 暴露人员校正系数 α 取值表

厂外可能暴露人员数量	修正系数 α
100 人以上	2.0
50~99 人	1.5
30~49 人	1.2
1~29 人	1.0
0 人	0.5

有些单位在危险化学品生产装置、储存设施个人风险、社会风险定量计算时,防护目标只统计、计算企业及临近企业职工宿舍楼里的人员,未将企业当班人数统计计算。

危险化学品生产装置、储存设施防护目标分为:高敏感防护目标、重要防护目标、一般防护目标。在一般防护目标统计中尤其注意要将危险化学品生产装置、储存设施周边其他非危险化学品工业企业当班人数建筑统计计算。

4 外部安全防护距离定量计算输出结果

①输出的个人风险等值线必须为一个闭合图形。

②个人风险等值线范围内存在相应防护保护目标时,应采取措施降低个人风险至满足要求或对保护目标进行搬迁。

③若社会风险曲线落在不可容许区,该风险无论如何不能被接受,应立即采取措施降低其风险。

5 结语

定量风险分析(简称 QRA)是量化评估风险的一种重要技术手段,目前已广泛应用于运输、建筑、能源、化工、航空、军事等诸多领域,甚至在项目计划和财务管理等方面也时有采用,在区域安全规划、安全评价及安全设施设计等方面尤为普遍,本文对日常参与项目过程中发现的不足予以指正,希望广大从事安全生产咨询、管理的同事避免出现同类错误,更好地服务于危险化学品生产装置、储存设施设计、日常安全管理,有效防控企业生产运行风险。

[参考文献]

- [1]张阳,李勇,辛保泉,等.石化装置定量风险分析风险场景泄漏频率的确定[J].风险评价,2022,22(8):25-27.
- [2]国家市场监督管理总局;中国国家标准化管理委员会.GB/T37243-2019 危险化学品生产装置和储存设施外部安全防护距离确定方法[S].
- [3]张永光.环氧丙烷储罐泄漏事故场景的 ALOHA 数值模拟[J].化工管理,2022(11):36-39.

作者简介:左春生(1974.5—),本科,专业:化学工程与工艺,职务:副总经理,目前就职于广东金泰达安全科技有限公司。

关于沥青面层 Superave 混合料设计初步研究

祖洪刚

安谱检测技术（江苏）有限公司，江苏 苏州 215151

[摘要]随着我国建设项目迅速发展，土建的配套及市政项目大多采用沥青混凝土路面。尤其是近年的城市快速路及交通项目，越来越多沥青路面采用 Superave 混合料（以下简称 Sup 混合料）。Sup 热拌沥青混合料比常见的 AC 密级配混合料具有更好的高温稳定性，水敏感性更可靠。本文就 Superave 混合料技术指标和配合比试验分析及水敏感性评估三个方面进行简述，为建设项目道路工程高性能沥青面层提供参考意见。

[关键词] superave 混合料；配合比试验；水敏感性

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15210

中图分类号: U414

文献标识码: A

Preliminary Study on the Design of Superave Mixture for Asphalt Surface Layer

ZU Honggang

Anpu Testing Technology (Jiangsu) Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu, 215151, China

Abstract: With the rapid development of construction projects in China, most of the supporting civil engineering and municipal projects use asphalt concrete pavement. Especially in recent years, urban expressways and transportation projects have increasingly adopted Superave mixture (hereinafter referred to as Sup mixture) for asphalt pavement. Sup hot mix asphalt mixture has better high-temperature stability and more reliable water sensitivity than common AC dense graded mixtures. This article provides a brief introduction to the technical indicators, mix ratio test analysis, and water sensitivity evaluation of Superave mixtures, providing reference opinions for the construction of high-performance asphalt surface layers in road engineering projects.

Keywords: Superave mixture; mix proportion test; water sensitivity

1 Superave 混合料技术指标

Sup 高性能沥青混合料检测技术指标不同的建设项目设计给出的不尽相同。早在 1989 年，我国在申报“八五”国家重点专题“道路沥青及沥青混合料的路用性能”的可行性报告及立项计划时，就已经将 sup 热拌沥青混合料纳入了我们攻关项目，从 1991 年到 1995 年，历经的五年科研，提出了一整套道路沥青及沥青混合料的新指标，随后对《公路沥青路面施工技术规范》进行了修订，该规范中的配合比设计方法和路用性能指标可作为 Sup 混合料试验重要参考依据。到 2005 年人民交通出版社出版了《高性能沥青路面 Superpave 基础参考手册》，它的技术要求主要参考 AASHTO，该手册以介绍学习为主，其技术指标大多引用美国各州公路及运输协会标准，手册中主要技术指标并未明确。

我国在吸取国内外先进技术后，经过不断努力研究及大量实践，于 2002 年江苏省高速公路建设指挥部发布了苏高技〔2002〕99 号文《高性能沥青路面（Superave）施工指导意见》，对 Sup 混合料的技术应用和推广具有里程碑式意义；2003 年发布的苏高技〔2003〕19 号文《高性能沥青路面（Superave-13）施工指导意见（SBS 改性沥青）》，进一步明确给出了 Sup13 混合料体积性质指标和混合料马歇尔指标，使得检测有据可依。到 2005 年发布了苏高技〔2005〕58 号文《高性能沥青路面（Superave-25）施工指导意见》修订版。同年发布了苏高技〔2005〕59 号文《高性能沥青

路面（Superave-20）施工指导意见》修订版。为道路工程建设技术进步提供了很高的参考价值。随后地方标准陆续出台，2008 年江苏省市场监督管理局发布实施的 DB32/T 1087—2008《江苏省高速公路沥青路面施工技术规范》，给出了 Sup25 和 Sup20 混合料的级配、体积性质及马歇尔等技术要求。到 2022 年对该规范进行了修订和完善。2021 年江苏省市场监督管理局发布了地方标准 DB52/T 1599—2021《高性能沥青路面（Superpave）施工技术规范》规范列出了 Sup13、Sup20 和 Sup25 三种混合料的技术要求。

2 Superpave 混合料配合比试验分析

根据上述标准结合项目提供设计文件，下面就苏州某建设项目对 Sup13 混合料配合比进行试验研究及验证其各项性能。

2.1 原材料检测

2.1.1 沥青

本次试验所用 SBS（I-D）型聚合物改性沥青。并对其常规试验，试验结果见表 1。

表 1 沥青试验结果

试验项目	单位	SBS（I-D）型聚合物改性沥青
针入度（25℃，100g，5s）	0.1mm	46
软化点（环球法）	℃	68.0
延度（5℃，5cm/min）	cm	27

2.1.2 集料及沥青密度

所用集料为玄武岩，产地浙江湖州，涉及规格有（11~20）mm，（6~11）mm，（4~6）mm，（0~4）mm；矿粉产地为浙江湖州。对各规格集料进行试验，试验结果见表 2。

表 2 集料相对密度试验结果

规格	表观相对密度	毛体积相对密度	吸水率/%
（11~20）mm	2.872	2.810	0.76
（6~11）mm	2.878	2.814	0.79
（4~6）mm	2.874	2.812	0.76
（~4）mm	2.726	2.668	0.80
矿粉	2.705	—	—
沥青相对密度	1.029		

2.1.3 集料筛分结果

集料检测规程对各档料级配进行试验，试验结果见表 3。

表 3 集料筛分结果表

筛孔尺寸 （mm）	通过以下筛孔（mm）的质量百分数（%）									
	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
（11~20）	100.0	91.0	30.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
（6~11）	—	100.0	99.2	13.2	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
（4~6）	—	100.0	99.1	54.0	2.8	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
（~4）	—	—	—	100.0	82.6	61.4	44.2	31.2	22.8	17.6
矿粉	—	—	—	—	—	—	—	100.0	93.8	81.6

2.2 级配选择

（1）根据 Sup 有关标准规定，将各档集料及矿粉筛分结果用不同的比例合成粗、中、细三个级配。详见合成级配通过率表 4：

表 4 合成级配通过率表

筛孔尺寸（mm）	通过百分率/%		
	级配 A	级配 B	级配 C
16.0	100.0	100.0	100.0
13.2	97.7	97.5	97.1
9.5	81.7	80.3	77.5
4.75	56.6	52.4	46.4
2.36	32.0	30.8	29.4
1.18	23.7	22.8	21.9
0.6	17.7	16.9	16.2
0.3	13.3	12.6	12.0
0.15	10.3	9.8	9.2
0.075	5.8	5.3	4.9

（2）根据设计经验拟用 4.8%的初始沥青用量，采用旋转压实仪成型试件，设定旋转压实仪的单位压力为 600kPa。初始沥青用量下各级配旋转压实试验结果汇总于表 5。

根据表 5 中三种级配的旋转压实试验结果，评价三种级配的混合料在 N_{设计}=100 次压实达到 4%空隙率相应沥青的用量、矿料间隙率、沥青饱和度、粉胶比的压实体积特性。评价结果见表 6：

表 6 三种级配混合料试验结果评价表

级配	沥青用量 /%	矿料间隙 率/%	沥青饱和 度/%	粉胶比	N _{初始} 压实度 /%
级配一	4.6	13.7	74.2	1.4	86.0
级配二	4.8	14.2	71.3	1.2	85.7
级配三	5.0	14.5	69.2	1.1	85.4
设计要求		≥14	65~75	0.6~1.2	≤89

表 5 三种试验级配旋转压实试验结果汇总表

级配	计算理论最大 相对密度	试件编号	高度/mm		空中重/g	水中重/g	表干重/g	毛体积相对 密度	N _{初始} 压实度 /%	N _{设计} 压实度 /%
			N 初始	N 设计						
级配一	2.590	1	127.2	113.4	4817.8	2951.1	4819.9	2.498	86.0	96.5
		2	126.3	112.5	4817.2	2953.9	4819.6	2.499		
		3	125.3	111.5	4820.9	2953.0	4823.7	2.501		
		4	126.3	112.7	4819.3	2952.3	4821.7	2.498		
级配二	2.591	1	126.2	112.7	4816.6	2949.9	4819.0	2.486	85.7	95.9
		2	127.3	113.8	4827.6	2955.0	4829.8	2.487		
		3	125.8	112.4	4827.1	2957.9	4830.3	2.486		
		4	126.4	112.9	4828.3	2954.4	4830.2	2.485		
级配三	2.593	1	124.4	111.0	4820.4	2916.9	4822.9	2.479	85.4	95.5
		2	124.0	110.8	4828.4	2922.2	4830.7	2.477		
		3	123.5	110.4	4829.1	2922.1	4830.8	2.475		
		4	123.6	110.4	4818.7	2916.9	4822.3	2.479		

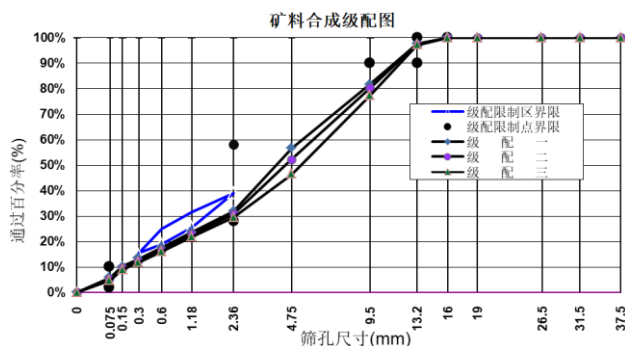


图1 级配曲线

2.3 确定最佳沥青用量

设计矿料级配确定后,由表6根据实际经验估算的沥青胶结料用量 P_b 取4.8%,按 $P_b \pm 0.5\%$ 四个沥青用量分别拌制沥青混合料成型件。然后计算沥青混合料在初始次数压实($N_{\text{初始}}=8$ 次)、设计次数压实($N_{\text{设计}}=100$ 次)的体积特性,绘出空隙率、矿料间隙率、沥青饱和度、粉胶比、初始压实度对沥青用量的关系图(见图2),确定空隙率为4%对应的为设计沥青用量。四种沥青用量旋转压实试验结果见表7:

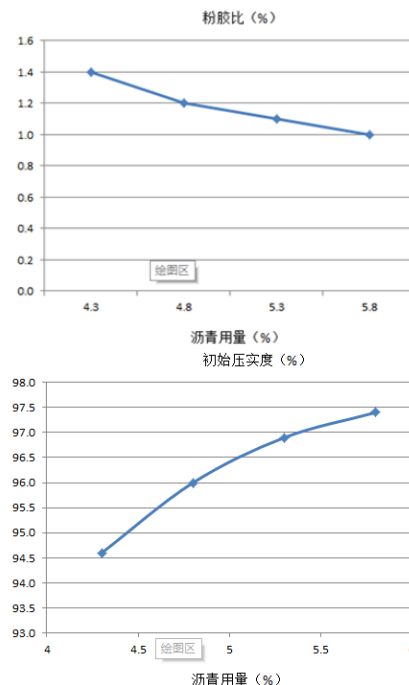
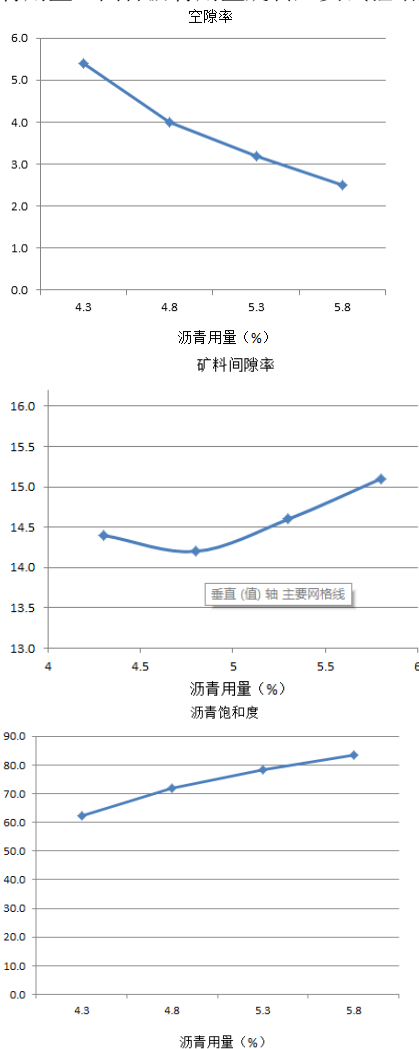


图2 四种沥青用量与体积特性及初始压实度关系图

注:注:当级配在禁区下方通过时,粉胶比可取值0.8~1.6.

表7 四种沥青用量的沥青混合料体积特性

沥青用量 (%)	VV/%	VMA/%	VFA /%	粉胶比	$N_{\text{初始}}$ 压实度/%	$N_{\text{设计}}$ 压实度/%
4.3	5.4	14.4	62.2	1.4	85.7	94.6
4.8	4.0	14.2	72.0	1.2	87.0	96.0
5.3	3.2	14.6	78.5	1.1	87.4	96.9
5.8	2.5	15.1	83.6	1.0	87.2	97.4
设计要求	4.0	≥ 14	65~75	0.6~1.2	≤ 89	96.0

根据表7试验结果和图2四种沥青用量与体积特性及初始压实度关系图,查得在 $N_{\text{设计}}=100$ 次旋转压实次数空隙率4%对应的的设计沥青用量为4.8%,故取最佳沥青用量为4.8%。同时,从图2可看出,沥青用量为4.8%时,各项技术指标均能满足设计要求。

2.4 最大压实次数验证

按Superpave的设计要求验证在 $N_{\text{max}}=160$ 次下旋转压实次数的混合料密度不超过最大理论密度的98%,为了防止沥青路面在交通荷载下过度压实,成为塑性体从而产生永久变形。因此用设计沥青用量、矿料结构拌制沥青混合料,以最大压实次数 $N_{\text{max}}=160$ 次成型试件,测得最大压实次数的压实度为98.0%,满足设计标准要求。验证试验结果见表8:

表8 验证设计沥青用量、矿料结构试验结果

沥青用量 /%	$N_{\text{初始}}$ 压实度/%	设计压实次数时			粉胶比	$N_{\text{最大}}$ 压实度/%
		$N_{\text{初始}}$ 压实度/%	VMA/%	VFA/%		
4.8	87.4	95.9	14.3	71.3	1.2	98.0
设计要求	≤ 89	96	≥ 14	65~75	0.6~1.2	≤ 98

表 11 沥青混合料马歇尔试验结果

混合料类型	标准条件			浸水 48h			残留稳定度 (%)	要求/%
	VV (%)	稳定度 MS (kN)	流值 FL (mm)	VV (%)	稳定度 MS (kN)	流值 FL (mm)		
Sup-13	4.0	11.09	2.9	3.9	8.91	3.2	86.6	≥85
	4.0	10.80	3.0	4.0	9.19	3.3		
	4.4	11.13	2.6	4.3	9.49	3.0		
	4.3	10.53	2.8	4.2	9.66	3.1		
	4.1	9.92	2.5	4.1	9.05	3.3		
平均	4.2	10.69	2.8	4.1	9.26	3.2		

注：表 12 中冻融劈裂试验标准试样室温，条件试件真空饱水 15min，常压 0.5h，后在-18℃下冷冻 16h，取出放入室温 60℃下 24h。然后将标准和条件试样一同放入 25℃水中 2h。

表 12 冻融劈裂试验结果

混合料类型	标准条件		条件试样		冻融劈裂强度比 (%)	要求/%
	VV (%)	劈裂强度 (MPa)	VV (%)	冻融劈裂强度 (MPa)		
Sup-13	4.0	1.13	3.9	1.02	85.8	≥80
	4.0	1.23	4.0	0.99		
	4.4	1.06	4.3	0.83		
	4.3	1.18	4.2	1.06		
	4.1	1.05	4.1	0.95		
平均	4.2	1.13	4.1	0.97		

根据以上试验确定的矿料级配和设计最佳沥青用量，重新拌制沥青混合料，进行马歇尔试验并进行路用性能验证。经验证，其各项技术指标均能满足规范要求，试验结果见表 9 及表 10。

表 9 沥青混合料马歇尔试验结果

沥青用量 (%)	击实次数	稳定度 MS/kN	流值 FL/mm	VV/%	VFA/%	VM/%	车辙动稳定度 (次/mm)
实测	正反 75 次	10.69	2.8	4.1	71.1	14.4	4371
设计要求	正反 75 次	—	—	3~5	65~80	≥14	≥3000

注：表 10 中低温弯曲试验采用在-10℃下，加载速率为 50mm/min，成型方法为轮碾成型，试验尺寸为 250×30×35mm，跨径 200mm。

表 10 沥青混合料低温弯曲试验结果

试件序号	最大荷载 /N	跨中挠度 /mm	弯拉强度 /MPa	劲度模量 /MPa	破坏应变 /με	要求/με
1	931	0.54	7.6	2672	2835	≥2500
2	965	0.47	7.8	3144	2475	
3	862	0.46	7.1	2929	2408	
4	843	0.50	6.8	2582	2633	
5	907	0.46	7.3	3030	2422	
6	896	0.52	7.2	2616	2746	

3 水敏感性评估

沥青混合料的水敏感性评估对于道路建设和维护至关重要，这直接关系到道路的使用寿命、安全性和维护成本。本次以一组五个试件作为对比试样，另外五个作为条

件组试件。残留马歇尔试验和冻融劈裂试验结果评估水敏感性。试验结果见表 11 和表 12。

4 试验结果分析

通过以上配合比试验结果，Sup-13 混合料各项性能均满足标准及设计要求。混合料配合比试验过程中要几个重点。

首先原材料技术指标合格的前提下，合成级配的结构选择显得尤为重要。通过表 4 合成级配通过率和图 1 级配曲线图的数据来看，级配一属于偏粗的合成，级配三属于一次细的合成，级配二属于中等合成级配，既不靠近控制点，也不接近限制区的级配，这里要注意合成级配要在控制点以内，且必须在限制区边界线以外。数据显示三组级配都在限制区下方，但这不是要求，Sup 混合料相关标准允许但不建议通过限制区上方；

其次 Sup 混合料在压实时注意事项。通常 Sup 混合料须采用旋转压实仪，本次试验拌和温度在 165~170℃之间，压实温度选 165~170℃范围，温度对试样的密实性和高度影响非常大，在压实的过程中需对试件的高度连续监测，通过表 6 级配旋转压实试验结果汇总表结果看，本次试验的温度下高度和密实性数据比较稳定。压实过程中选择次数以交通水平为基础，分别为初始压实、设计压实、最大压实，次数分别为 8 次、100 次及 160 次，最大压实次数检测是建设项目投入运营阶段对超过设计交通荷载量时，造成的塑性和产生永久变形的验证，在 $N_{max}=160$ 次下旋转压实次数的混合料密度不超过最大理论密度的 98%，表 7 结果满足标准要求。

然后对确定的沥青用量下马歇尔试验和水敏感性验

证非常重要。表 8 沥青混合料马歇尔试验结果中, 马歇尔试验验证各项指标均满足标准要求, 注意这里的 VFA 指标由原来的 (65~75) % 变为 (65~80) %, 前者是体积特性指标, 后者是马歇尔性能指标。对 Sup 混合料路用性能进行试验中, 包括车辙动稳定度试验和低温弯曲试验。表 9 中测定结果包括弯拉强度、劲度模量、破坏应变, 以评价沥青混合料的高温稳定性和低温抗裂性能。水敏感性评估包括了残留稳定度和冻融劈裂抗拉强度, 通过表 10 结果看, 浸水 48h 后比标准条件养护降低了 1.43MPa, 与标准条件试件占比 13.4%, 残留稳定度满足标准要求, 此处注意一定是经真空饱水后再在 60℃ 水中 48h 试验, 由于先浸入大量的冷水之后浸入热水会严重膨胀, 稳定度损失非常大, 更能反映抗水侵蚀能力。表 11 试验结果中, 标准试件劈裂强度 1.13MPa, 经冻融循环后劈裂强度 0.97MPa, 条件试件降低了 0.16MPa, 与标准条件试件占比 14.2%, 冻融劈裂强度比满足标准要求。这里试验时注意两点, 条件试件须真空饱水状态, 且在放入低温试验箱时要注入 10mL 水, 保证试件在潮湿状态下冰冻, 真实表现混合料低温抗水损害能力。

5 结束语

本文就 Superave 混合料技术指标发展过程进行了简述, 结合我国国情给出了相关规范和标准, 供大家参考借鉴。对 Sup-13 混合料配合比进行试验分析, 并对试验结果进行分析, 结合本文试验数据, Superave 混合料具有较好的高温稳定性及水敏感性。

[参考文献]

- [1] 范兴华. 高性能沥青路面 Superpave 应用技术研究[D]. 沈阳: 沈阳建筑大学, 2007.
 - [2] 贾渝. 高性能沥青路面 Superpave 基础参考手册[D]. 江苏: 江苏省交通科学研究院, 2005.
 - [3] JTG F40-2004 《沥青路面施工技术规范》[S]. 2004
 - [4] JTJ E20-2011 《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》[S]. 2011
 - [5] DB32/T 1087-2022, 《高速公路沥青路面施工技术规范》[S]. 2022
- 作者简介: 祖洪刚 (1980.3—), 单位名称: 安谱检测技术 (江苏) 有限公司, 毕业学校和专业: 东北林业大学. 土木工程。

轮胎式设备在地铁铺轨施工中的创新应用

刘晓亭

中铁电气化局集团有限公司, 北京 201700

[摘要]随着城市轨道交通网络的快速扩展, 地铁铺轨施工的规模与复杂性逐年增加。传统的铺轨方法主要依赖重型轨道铺设机与人工协作, 尽管在一定程度上提高了施工效率, 但在作业空间需求、能源消耗、环境污染以及适应性等方面, 显著的不足逐渐暴露。通常, 传统设备需要较大的作业场地, 并且在操作过程中产生较高的能耗和污染问题。此外, 轨道铺设过程中较大程度依赖人工, 容易受人为因素的干扰, 从而影响施工质量与安全性。针对这些挑战, 轮胎式设备应运而生, 凭借其卓越的机动性、自动化操作系统与对复杂环境的适应能力, 成为现代地铁铺轨施工中的一种创新选择。提升施工效率的同时, 这些设备有效降低了对环境的负面影响, 并增强了施工人员的安全保障。因此, 传统施工方法得到了改进, 轮胎式设备不仅成为未来地铁建设的关键发展方向, 也为施工带来了创新性的突破。

[关键词] 地铁施工; 铺轨设备; 轮胎铺轨车

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15183

中图分类号: U21

文献标识码: A

Innovative Application of Tire Type Equipment in Subway Track Laying Construction

LIU Xiaoting

Chengtie Company of China Railway Electrification Engineering Group, Beijing, 201700, China

Abstract: With the rapid expansion of urban rail transit networks, the scale and complexity of subway track laying construction have been increasing year by year. The traditional track laying method mainly relies on the cooperation of heavy-duty track laying machines and manual labor. Although it has improved construction efficiency to a certain extent, significant shortcomings have gradually been exposed in terms of workspace requirements, energy consumption, environmental pollution, and adaptability. Usually, traditional equipment requires a large workspace and generates high energy consumption and pollution issues during operation. In addition, the track laying process relies heavily on manual labor and is easily affected by human factors, thereby affecting the construction quality and safety. In response to these challenges, tire type equipment has emerged as an innovative choice in modern subway track laying construction due to its excellent maneuverability, automated operating system, and adaptability to complex environments. While improving construction efficiency, these devices effectively reduce the negative impact on the environment and enhance the safety of construction personnel. Therefore, traditional construction methods have been improved, and tire type equipment has not only become a key development direction for future subway construction, but also brought innovative breakthroughs to construction.

Keywords: subway construction; track laying equipment; tire laying vehicle

引言

随着城市化进程的加速, 地铁已成为现代城市交通体系的核心组成部分, 推动着地铁建设需求的持续增长。铺轨施工作为这一过程中的关键环节, 直接决定着地铁系统的运行效率与安全性。尽管传统铺轨施工方法在过去的项目中取得了一定成效, 但随着城市轨道交通规模的不断扩大, 传统方式的局限性逐渐暴露。为了提高施工效率、降低成本并增强施工安全性, 新的技术与设备逐步被引入这一领域。轮胎式设备, 作为一种新型施工机械, 灵活性、效率与适应性方面的独特优势, 逐渐成为地铁铺轨施工中不可或缺的工具。因此, 深入探讨轮胎式设备在地铁铺轨施工中的应用, 分析其带来的技术创新与变革, 旨在为未来地铁建设提供高效、安全与环保的施工解决方案。

1 轮胎式设备概述

轮胎式设备, 顾名思义是依靠轮胎作为支撑和驱动方

式来执行运输及施工任务的工程设备, 这类设备因其较强的机动性与灵活性, 能够适应多样的地形与复杂的施工环境, 尤其在城市轨道交通建设中, 展现出了显著的应用价值。与传统的轨道式设备相比, 轮胎式设备不再依赖轨道的支持, 得以直接进入施工现场进行铺轨作业, 从而显著提高了施工效率, 同时增强了现场调度的灵活性。操作简便、机动性强、转场迅速, 这些特点使它非常适合应对城市轨道交通工程中频繁变换的施工现场与紧凑的空间。随着技术不断进步, 轮胎式设备的设计逐渐得到优化, 自动化水平与作业能力已得到显著提升, 特别是在提高铺轨精度和加速施工进度方面, 展现了巨大的潜力。

2 地铁铺轨施工方法

2.1 传统铺轨施工方法

传统的地铁铺轨施工方法依赖于轨道铺设机及一系列辅助设备, 通过标准化的工艺流程完成轨道的铺设、固

定及调整。通常,施工单位会使用重型机械清理和平整道床,以确保铺轨区域的基础设施符合相关要求。随后,轨道材料会被运送至指定位置,轨道铺设机将其铺设至预定位置,并由轨道支撑系统进行支撑。接着,轨距及水平会通过人工或其他机械设备进行精确调整。最后,轨道会通过道钉或固定装置稳固地固定在道床上,以确保轨道的稳定性与耐久性。尽管这一方法在过去的施工中取得了显著成效,但在施工周期、作业复杂性、设备依赖性及适应不同施工空间的能力上,存在一定的不足之处。此外,过度依赖操作人员使得施工精度与安全性容易受到人为因素的干扰,尤其在复杂环境下,施工效率往往受到限制。

2.2 新型铺轨施工方法

新型铺轨施工方法近年来在地铁建设领域广泛应用,凭借其高效性、智能化及强适应性,逐步成为行业发展的主要趋势。与传统方法相比,这项新技术引入了更多的自动化与智能控制,施工精度与速度得到了显著提升。无人驾驶铺轨设备的应用,使集成传感器与智能系统可以实时监测轨道位置、轨距及几何形状。在无人干预的情况下,作业参数能够自动调整,从而确保轨道精准铺设。液压系统的优化设计使新型设备在复杂地形中具备更高的作业效率,施工的灵活性得到了大幅提升。相较于传统设备,新型铺轨方法不仅提升了施工效率,还有效减少了对环境的影响,特别是在城市中心或地下施工时,严格的空间与噪音要求得到了满足。无轨化技术的引入使轮胎式设备能够快速转场,执行道床整形、轨道铺设及轨距调整等多项任务。设备的高机动性及低成本特点,展现了这种方法的优点,不仅缩短了施工周期,也降低了人力与物料的消耗。

3 轮胎式设备在地铁铺轨施工中的优势

3.1 提高施工效率

轮胎式设备在地铁铺轨施工中的显著优势之一,便是能够显著提高施工效率。传统铺轨设备通常依赖于固定轨道,这限制了转场与调整施工位置的灵活性,致使施工进度容易受到场地变化的影响。相比之下,轮胎式设备的最大优势在于其卓越的机动性与灵活性,能够迅速适应复杂的城市环境,调度与转场时间得到了显著缩短。特别是在城市轨道交通施工中,轮胎式设备能够迅速在不同作业面之间进行转换,频繁拆卸与重组设备的需求得以避免,不仅节省了时间还有效优化了资源配置,确保了工期的顺利推进。引入的自动化技术使轮胎式设备能够在作业过程中高效完成轨道铺设、轨距调整等精细操作,人工干预的需求得以减少,作业效率得到了提升,同时也增强了施工精度与可靠性。

3.2 增强施工安全性

轮胎式设备在地铁铺轨施工中的另一大优势,在于其显著提升了施工的安全性。与传统的轨道式设备相比,轮胎式设备凭借其更强的机动性,能够迅速调整位置以适应

复杂的城市环境,从而减少了施工人员在危险区域长时间暴露的风险,有效降低了施工过程中的安全隐患。高水平应用的自动化技术,使许多作业环节得以实现机械化控制,减少了人为操作失误的可能性,进一步保障了施工人员的安全。设备本身还配备了多项安全防护措施,如超载保护与紧急停车系统,这些功能在防范设备故障或操作失误时发挥了关键作用,有效预防了安全事故的发生。凭借其灵活的调度能力,轮胎式设备能够优化施工现场的空间布局及人员安排,减少了交叉作业及人员密集带来的安全风险,从而提高了整个施工过程的安全管理水平。

3.3 降低成本与环境影响

轮胎式设备在地铁铺轨施工中的优势,除了提升施工效率外,还在降低成本与减少环境影响方面表现出了显著效果。由于其高机动性,轮胎式设备能够灵活调度,转场与搬运所需的时间得以减少,从而有效降低了施工过程中的间接费用。与传统的轨道式设备相比,轮胎式设备占地面积较小,能够更合理地利用有限的施工空间,缩短了公共资源的占用时间,降低了相关成本。设备普遍采用低油耗、高效能的动力系统,不仅保障了作业效率还大大降低了能源消耗,从而减少了能源费用。在环境保护方面,轮胎式设备由于噪音与排放较低,在城市轨道交通建设中展现了显著的环保优势。精准的作业与灵活的调度,不仅减少了废弃物的产生,还有效避免了施工过程中对周边环境的污染,尤其在城市中心区施工时,能够显著降低对居民生活环境的干扰,充分体现了绿色施工理念的实际应用。

4 轮胎式设备在地铁铺轨施工中的创新应用

4.1 创新设计与技术特点

现代轮胎式设备在地铁铺轨施工中的设计与技术特点,显著推动了施工效率与精度的提升。创新体现在多个方面,尤其是在液压技术、智能控制系统、自动化操作和节能设计方面的突破,使轨道铺设工作更加精确、高效,并能够适应复杂的施工环境。首先,轮胎式设备的液压技术创新使得轨道铺设与调整过程变得更加精确和可控,高效的液压系统不仅提升了作业能力,还增强了在复杂地形上的适应性,确保设备能够在不平整、软弱或崎岖的地面上保持高效工作。液压驱动系统的改进,不仅提供了更稳定的推力,还增强了设备在不同工况下的操作能力,特别是在高负荷条件下,设备的稳定性得到了极大提高^[1]。智能控制系统的引入是轮胎式设备在现代地铁铺轨施工中最大的创新之一,通过智能化控制,设备能够根据现场实际情况自动调整工作参数,如轨距、轨道平整度等。通过与传感器的结合,设备实时监测施工过程中轨道的几何状态,并根据预设程序进行精准铺轨,极大减少了人工干预。这种自动化控制不仅有效降低了操作误差,还提高了施工精度,使得铺轨工作可以在更短的时间内完成。此外,优化设计的动力系统使得轮胎式设备能够在各种复杂地形

与环境下保持稳定的作业能力,不同于传统的轨道式设备,轮胎式设备依赖于轮胎驱动系统,这使得它能够在城市密集区域、狭小施工空间以及崎岖不平的道路上顺利作业。紧凑的结构设计是这种高适应性的核心,使得设备能够在有限的空间内灵活调度,同时确保在不同环境下均能完成轨道铺设任务。特别是在城市地下轨道或狭小的施工现场,轮胎式设备表现出了极高的灵活性和机动性,极大缩短了施工周期。在环境保护方面,创新的防震与降噪技术有效减少了施工过程对周围环境的影响,施工时产生的震动和噪音不仅影响施工人员的工作环境,还可能对周围的建筑物和居民生活产生干扰。为此,轮胎式设备通过优化机械结构与使用减震材料,显著降低了设备运行时的震动。同时,噪音控制技术的应用,使得设备在工作过程中噪音水平降到了最低,有效减少了对周围环境的干扰。随着技术的不断进步,轮胎式设备的智能化和自动化作业能力得到了显著提升,这些技术创新不仅提高了施工效率与精度,也使得设备更加环保、节能,减少了对资源的消耗,降低了能源消耗及排放。

4.2 施工工序的优化与创新

轮胎式设备在地铁铺轨施工中的应用,不仅提升了设备性能,还对施工流程进行了创新性的优化,使整个施工过程更加高效且精确。传统铺轨施工通常需要多台设备协同作业,繁琐的工序以及频繁的设备切换和人员操作,常常导致效率低下。采用轮胎式设备后,施工流程得到了有效简化与整合,能够同时完成轨道铺设、轨距调整以及道床清理等任务的设备,显著减少了设备协调与转换的时间,进而提高了施工的连续性^[2]。此外,自动化调节技术的融入,使设备能够实时监测轨道的平整度与几何形状,依据反馈数据进行自动调整,从而确保轨道质量符合标准要求,克服了传统人工检查的局限。自适应控制系统的配备,使设备能够根据不同地形与工作环境灵活调整作业模式,确保各环节高效完成,进一步提升了施工效率与作业精度。通过一系列工序上的创新改进,不仅施工周期被缩短,还有效降低了人为操作失误的风险,推动了地铁铺轨施工的现代化进程。

4.3 关键技术的突破与应用

在轮胎式设备的应用过程中,若干关键技术的突破显著提升了地铁铺轨施工的效率与质量。智能化轨道检测与调整技术的引入,使设备能够实时监测轨道的平整度、轨距以及其他几何参数,并自动进行调整。借助传感器与数据分析,该技术精确测量铺设过程中每一个细节,从而确保轨道的精准性,避免了人为检查中可能出现的疏漏或误差^[3]。另一个重要突破是液压系统的优化,经过改进后的高效液压驱动系统不仅提供了更精确的作业能力,尤其在复杂地形下还确保了在重载和恶劣环境下操作的稳定性

与安全性。与此同时,多功能集成技术的应用,使现代轮胎式设备能够将轨道铺设、轨距调节、道床整形等多项任务集成于一体,减少了所需设备的数量及操作的复杂性,从而提升了施工效率。通过这些技术的结合,施工速度得以加快,操作风险得以降低,对人工的依赖也得以减少,施工过程变得更加智能化与安全。

5 轮胎式设备在地铁铺轨施工中的未来发展

随着城市轨道交通建设的迅猛发展,轮胎式设备在地铁铺轨施工中的应用前景愈加广阔。随着科技进步及智能化水平的提升,轮胎式设备将在精度、效率及适应性方面突破现有的局限。进一步应用智能化技术,设备将能够实现更加精准的自动化控制,尤其在轨道铺设、轨距调整以及道床整形等环节。结合大数据与人工智能,作业参数能够实时优化,从而提升施工质量。未来,更多的环保突破将使轮胎式设备取得,采用更节能高效的动力系统,降低能源消耗与排放,以符合可持续发展的目标。在“无轨化”技术逐步推广的背景下,轮胎式设备将在更复杂的施工环境中展现出其独特优势,尤其在城市狭窄空间和地下施工中,能够灵活应对各种挑战,减少传统施工方法带来的干扰与环境污染。更进一步,设备的多功能集成化使其不仅限于轨道铺设,还能在施工过程中承担更多任务,如道床检测与轨道维护,从而大幅提升施工的综合效率。

6 结语

轮胎式设备在地铁铺轨施工中的创新应用,凭借其高效、精准与灵活的特点,正逐步取代传统铺轨方式,推动地铁建设朝着智能化与绿色化发展。通过智能控制系统、自动化技术及无轨化设计的深度融合,不仅提高了施工效率,且在保障施工安全方面发挥了重要作用,同时减少了对环境的负面影响。尽管目前仍面临一定的技术与成本挑战,但随着技术的持续进步与市场需求的不断增长,轮胎式设备将在未来地铁铺轨施工中承担更加重要的角色。随着相关技术不断突破与创新,轮胎式设备有望成为地铁建设中不可或缺的核心工具,为城市轨道交通的快速发展提供有力支撑。

【参考文献】

- [1]生尉鑫.轮胎式铺轨设备在地铁施工中的应用探析[J].工程机械与维修,2023(2):33-35.
 - [2]丁文长.轮胎式设备在地铁铺轨施工中的创新应用[J].时代汽车,2020(9):34-37.
 - [3]张兆钦.地铁铺轨施工中轮胎式铺轨设备创新应用[J].中国设备工程,2020(3):205-207.
- 作者简介:刘晓亭(1986.3—),男,毕业院校:北京交通大学,所学专业:土木工程专业,目前就职单位:中铁电气化局集团有限公司,职务:项目总工,职称级别:工程师。

水稳基层冷再生道路养护关键技术应用分析

李 宁

新疆北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 水稳基层冷再生技术作为一种绿色环保、经济高效的道路养护方式, 近年来在我国公路工程领域得到广泛推广应用。该技术以就地冷再生方式对旧水泥混凝土路面进行利用, 通过添加适量的新骨料、水泥和外加剂等, 现场冷拌、冷铺、碾压而成的一种新型再生基层。本篇文章从再生混合料配合比设计、施工工艺要点及其质量控制、推广应用建议等方面, 对水稳基层冷再生技术在道路养护工程中的应用进行系统分析。结合实际工程案例, 对该技术的技术、经济、社会、环境等效益进行了综合评价。研究表明, 在材料级配优化、水泥掺量合理、含水量控制得当、施工机械匹配的前提下, 水稳基层冷再生技术可显著改善路面的力学性能和使用性能, 延长使用寿命 5~8 年以上, 节约养护成本 30% 以上, 具有良好的推广应用前景。

[关键词] 公路工程; 水泥稳定碎石; 冷再生技术; 施工工艺; 应用效益

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15182

中图分类号: U417.67

文献标识码: A

Application Analysis of Key Technologies for Water Stable Base Cold Recycling Road Maintenance

LI Ning

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

Abstract: Water stabilized base cold regeneration technology, as a green, environmentally friendly, and economically efficient road maintenance method, has been widely promoted and applied in the field of highway engineering in China in recent years. This technology utilizes the old cement concrete pavement through on-site cold recycling, by adding appropriate amounts of new aggregates, cement, and additives, and forming a new type of recycled base layer through on-site cold mixing, cold paving, and rolling. This article systematically analyzes the application of water stable base cold recycling technology in road maintenance engineering from the aspects of mix design of recycled mixtures, key points of construction technology and quality control, and recommendations for promotion and application. Based on actual engineering cases, a comprehensive evaluation was conducted on the technical, economic, social, environmental, and other benefits of this technology. Research has shown that under the premise of optimizing material grading, reasonable cement dosage, appropriate water content control, and matching construction machinery, the water stable base cold recycling technology can significantly improve the mechanical and service performance of the pavement, extend the service life by more than 5~8 years, save maintenance costs by more than 30%, and have good prospects for promotion and application.

Keywords: highway engineering; cement stabilized crushed stone; cold regeneration technology; construction technology; application benefits

引言

我国已建成的高速公路通车里程已超过 15 万公里, 普通国省干线公路超过 40 万公里。随着通车时间的增加和交通荷载的增长, 大量路面出现了不同程度的病害, 亟需采取有效养护措施, 延续其使用寿命。传统的公路养护技术如铣刨重铺、就地热再生等, 存在能耗高、污染大、成本高等问题, 难以适应可持续发展的新形势新要求。水泥稳定碎石冷再生作为一种新型环保节能型养护技术, 通过专用再生设备将旧路铣刨料与新集料、水泥、水等拌和均匀, 再现场摊铺、碾压, 形成再生基层。与传统养护方式相比, 该技术具有就地利用旧料、施工速度快、能耗低、环境影响小等优点, 符合节能减排、绿色养护的发展方向, 在我国多个省市的公路养护工程中得到推广应用, 取得了良好的技术经济效益。

1 再生混合料的配合比设计

1.1 铣刨料及新加材料的性能检测

旧路材料是水稳冷再生混合料的主要组成部分, 其性能直接影响再生路面质量。本工程于拟养护路段选取具有代表性的路面进行试铣刨取样, 按照 JTG E42-2005 公路工程集料试验规程的要求, 对铣刨料进行颗粒级配、含水率、压碎值等理化性能指标的试验^[1]。试验结果表明, 铣刨料的压碎值为 19.2%, 洛杉矶磨耗损失为 22.3%, 针片状颗粒含量为 8.6%, 细度模数为 3.62, 含水率为 3.1%, 各项指标均符合水泥稳定碎石基层用料标准。

选用的新集料为石灰岩碎石, 其主要技术性能见表 1。由表可知, 新集料的压碎值、磨耗值、针片状颗粒含量等指标均优于铣刨料, 可有效改善再生混合料的级配组成和力学性能。

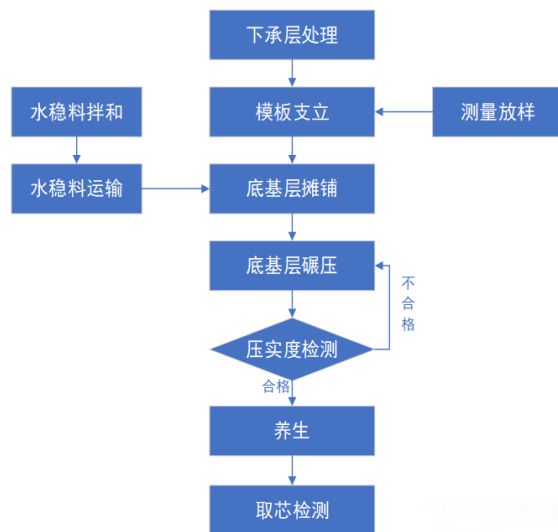


图1 底基层施工工艺流程图

表1 新集料技术性能指标

项目	压碎值 (%)	洛杉矶磨耗损失 (%)	表观密度 (g/cm³)	针片状颗粒含量 (%)	细度模数
技术指标	13.4	17.5	2.71	4.2	3.15
规范要求	≤26	≤28	≥2.50	≤15	2.3-3.1

水泥采用强度等级 42.5 的普通硅酸盐水泥，其物理力学性能见表 2。水泥的各项指标均满足 JTG/T F30—2014 公路水泥混凝土路面施工技术细则的规定。拌合用水采用当地自来水，水质符合 JTG E30—2005 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程的要求。

表2 水泥物理力学性能指标

项目	比表面积 (m²/kg)	初凝时间 (min)	终凝时间 (h)	3d 抗折强度 (MPa)	3d 抗压强度 (MPa)	28d 抗压强度 (MPa)
技术指标	365	192	3.7	5.8	29.6	52.4
规范要求	≥300	≥45	≤10	≥4.0	≥17.0	≥42.5

1.2 再生混合料的级配设计与性能验证

再生混合料的级配是影响冷再生路面质量的关键因素之一。为优化级配组成，分别按铣刨料与新集料 5：5、6：4、7：3、8：2 四种不同比例组合，进行级配测定和力学性能测试。

随着新集料掺量的增加，再生混合料的级配曲线逐渐右移，集料粒径趋于粗化，但均落在规范范围内。当铣刨料与新集料比例为 7：3 时，再生混合料的级配最为合理，近似居中^[2]。

在最佳级配组成下，进一步优化水泥掺量。按水泥添加量 3%、4%、5%、6% 配制一组再生混合料，成型无侧限抗压强度试件和劈裂试件，经 7d 标准养生后进行强度测试。随着水泥掺量的提高，再生混合料的无侧限抗压强度和劈裂强度均呈增长趋势，但强度增长幅度逐渐减小。当

水泥掺量为 5% 时，7d 无侧限抗压强度可达 5.1MPa，劈裂强度达 0.72MPa，均满足水泥稳定碎石基层的强度要求。继续增大水泥掺量，强度提高不明显，但成本增加较多。

1.3 确定最佳施工配合比

在上述混合料配比试验的基础上，结合工程实际情况，确定了水稳冷再生混合料的最佳施工配合比：水泥掺量 5%，铣刨料与新集料比例 7：3，拌合含水率 6.5%（最佳含水率），最大干密度 2.31g/cm³，设计厚度 20cm。

为进一步验证该配合比的可行性，按最佳配合比拌和再生混合料，用平碾法成型轮碾试件，经 7d 养生后测定无侧限抗压强度、弹性模量等力学性能指标。同时，用自行车法测定再生混合料的拌和物离析系数。经多组平行试验，再生混合料的 7d 无侧限抗压强度平均值为 4.7MPa，弹性模量平均值为 1465MPa，拌和物离析系数为 6.8%。可见，按最佳配合比施工的再生基层，其强度和稳定性能良好，拌和均匀性高，能够满足实际工程的需求^[3]。

2 现场冷再生施工工艺

2.1 冷再生施工机械设备配置

冷再生施工对专用机械设备有较高要求，需根据工程规模、路面状况、环境条件等因素合理选型配置。本工程采用的主要施工设备包括：铣刨机 1 台（维特根 W2000 型）、混合料搅拌机 2 台（DMS800 型）、摊铺机 2 台（vogele super 1803-3i 型）、压路机 4 台（徐工 XP261、XP301 型）、洒水车 2 台、运料车若干。所选设备工作性能稳定可靠，能够适应不同施工工况。

2.2 施工材料用量计算

材料用量直接影响冷再生成本和路用性能，需进行准确计算。根据配合比设计，确定水泥、铣刨料、新集料、水的用量分别为 40kg/m²、420kg/m²、180kg/m²、39kg/m²。施工中还应考虑一定的损耗系数，通常取 1.05~1.1。如每 100m 需新集料 18.9t，水泥 4.2t。

2.3 施工工艺流程

基层铣刨，采用铣刨机对旧水稳基层进行铣刨，刨深控制在再生设计厚度以内。铣刨宽度与摊铺机工作宽度相匹配，铣刨速度 30~50m/min；运输集料，将新集料和水泥由运料车运至摊铺现场，在铣刨层表面均匀摊铺^[4]。新料用量可采用皮带秤现场计量，控制在±2%以内；混合料拌制，采用混合料再生机将铣刨料、新集料、水泥、水按配合比充分混拌均匀，拌和时间 60~90s，直至混合料颜色一致、没有团聚；混合料摊铺，采用摊铺机将拌和均匀的混合料摊铺平整，摊铺速度 2~4m/min，保证摊铺厚度和横坡满足设计要求；混合料碾压，采用双钢轮振动压路机对摊铺混合料进行碾压成型，初压 1~2 遍，复压 2~4 遍。压实遍数和速度随现场密度检测结果调整；混合料养生，碾压结束后及时对再生层洒水湿润，并覆盖塑料薄膜进行封闭养生，一般不少于 7d。经检测合格后方可开放

交通。

2.4 施工质量控制要点

严格控制各材料用量,含水率应控制在最佳含水率的 $\pm 1\%$ 以内;铣刨层厚度偏差不大于1.5cm,拌和时间偏差不大于5s;摊铺层厚度每500m²测5点,允许偏差为 ± 0.5 cm;压实度每500m²测5点,应大于98%;平整度用3m直尺检测,高点低点高差小于5mm。通过对上述施工工艺参数和质量指标的有效控制,确保了水稳基层冷再生的施工质量,减少了返工和修补,为再生路面的长期使用奠定了基础^[5]。

3 水稳基层冷再生技术的推广应用建议

3.1 加强再生材料性能研究

再生混合料的路用性能是决定再生路面使用寿命和品质的关键因素。因此,亟需加强对再生混合料强度、刚度、抗疲劳、抗冻融、抗老化等方面的系统研究。重点应关注不同再生材料、配合比、养生条件下再生混合料性能的演变规律。

例如,通过室内试验研究不同再生料掺量、水泥剂量、养生温度等因素对再生混合料强度和刚度的影响规律,筛选出性能最优的材料配比参数。同时,开展再生混合料疲劳寿命、冻融循环、湿热老化等长期性能试验,探明在各种环境条件下再生混合料性能的演变趋势,预判路面的使用寿命。

此外,有必要充分利用加速载荷试验、野外环道试验等手段,开展再生路面结构的长期性能监测。通过对比分析不同路面结构、材料配比的动态响应特性,揭示影响再生路面长期性能的关键控制因素,形成可资借鉴的实证数据,为再生路面的结构设计、材料优选、寿命预估提供更加可靠的技术参数。

3.2 优化冷再生施工装备

为突破装备瓶颈制约,亟需加大科研投入力度,研制开发一批与水稳冷再生工艺相匹配的智能化、集成化施工装备。例如,可借鉴国外先进经验,开发集铣刨、筛分、计量、拌和于一体的多功能冷再生机,实现铣刨料的分级利用和精确计量;研制专用摊铺机,提高摊铺层的厚度控制精度和表面平整度;设计与压路机振动频率、振幅匹配的智能压实系统,实现压实过程的实时监控与动态反馈。与此同时,还应加快推进冷再生装备的智能化升级改造,如增设自动跟踪、无人驾驶、远程监控等模块,最大限度地减少人工操作和随意性,确保施工过程的标准化和可控性。只有通过成套装备的研发应用和数字化升级,构建与冷再生工艺要求相适应的施工装备体系,才能从根本上提升冷再生施工的工业化、精细化水平。

3.3 完善冷再生技术标准

应在系统总结既有工程实践经验的基础上,充分吸收

国内外冷再生领域的最新研究成果,进一步修编完善水稳冷再生技术标准。重点是细化量化再生材料的组成要求、性能指标,完善混合料配合比的设计方法、试验评价规程;创新冷再生路面结构的设计理念、方法和参数,提供典型设计实例;规范冷再生施工工艺流程、质量控制要点、验收评定标准,提高标准的可操作性。与此同时,还应加强部颁标准与地方标准、行业标准的衔接配套,建立分工明确、相互补充的标准体系,为水稳冷再生技术的规范化应用提供全过程的技术支撑。

3.4 加大冷再生技术推广力度

广泛开展冷再生技术培训,有针对性地为业主、设计、施工、监理等从业人员“量身定制”内容丰富、形式多样的培训课程,系统讲解水稳冷再生的基本原理、配合比设计、施工工艺、质量控制等关键技术,提高其专业技能水平和质量意识。定期组织现场观摩与经验交流活动,通过参观冷再生施工现场、考察养护绩效显著的典型路段,使参与各方直观感受冷再生技术的先进性和实用性,加深对其综合效益的认识,消除各种疑虑和担忧。整合国内外产学研资源,围绕冷再生基础理论、工艺技术、装备研发等前沿问题开展联合攻关,加快科技成果的转化应用,为水稳冷再生技术注入创新动力。发挥政府主管部门的引导作用,将水稳冷再生纳入绿色低碳循环发展的技术政策体系,制定差别化的养护项目招投标导向机制,在技术适用条件下优先选用冷再生技术。

4 工程案例

S省国道公路某路段自通车运营以来,交通量持续增长,原有水泥路面病害不断加剧,路况指数下降至70以下,运营安全面临挑战。为尽快恢复路况,延长使用寿命,S省公路局决定采用水稳基层冷再生技术对该路段实施养护工程,路段全长86.5km。

通过现场铣刨取样分析,原水稳基层厚度为18~24cm,强度为15~25MPa,局部路段出现网裂、板角破碎等病害,具备冷再生条件。经反复试验确定了最佳再生配合比:水泥掺量5%,新骨料掺量30%,拌合含水率6.8%,再生厚度20cm,7d无侧限抗压强度5.4MPa。

施工中采用德国维特根KMA220型移动式冷再生设备,配备两台摊铺机和三台压路机,日铺筑里程2.5km。为确保施工质量,项目部制定了严格的质量控制措施:水泥、新骨料、水的用量偏差分别控制在1%、2%、0.5%以内;摊铺层厚度每2000m²弯沉检测一次,弯沉值 ≤ 25 (.01mm);压实度每1000m²检测一次,压实度 $\geq 98\%$;平整度每500m抽检一次,3m直尺下允许高差 ≤ 5 mm。

经过3个月紧张施工,全线再生路面顺利完工。根据后期跟踪检测,再生路面在运营一年后各项性能指标仍保持良好,平整度、抗滑性和行车舒适性明显改善。养护前后的综合效益对比见表3。

表 3 养护前后综合效益对比

项目	指标	养护前	养护后	效益提升
路况指数	PQI	65	92	路面性能大幅改善
综合路用成本	元/($\text{m}^2 \cdot \text{年}$)	35.5	27.6	养护成本节约 22%
施工工期	月	—	3	工期缩短 70%
材料利用率	% (铣刨料)	0	88	废料利用效益显著
环境影响	CO_2 排放 (kg/t)	83.5	32.7	温室气体减排 61%

可以看出,水稳基层冷再生技术在该工程的应用中,取得了显著的技术、经济、社会和环境效益。一方面,再生路面的路况指数较养护前提高了 27,综合路用成本降低了 22%,使用寿命可延长 6~8 年;另一方面,施工工期较常规养护工艺缩短 70%,旧料再利用率达 88%,施工过程的碳排放量降低 61%,环境效益十分明显。该工程的成功实践,为水稳基层冷再生技术在高等级公路养护领域的进一步推广应用提供了有益借鉴。

5 结语

当前,我国正处于由公路建设大国向公路养护大国转变的关键时期,路网规模不断扩大的同时,既有道路的养护压力也在持续加大。水稳基层冷再生作为一种绿色、环

保、高效的新型路面就地再生养护技术,较好地平衡了公路的使用功能、经济效益与资源环境影响。大量研究与实践表明,在混合料配合比优化、施工工艺控制、专用装备配套等方面,冷再生技术已日趋成熟,具备广泛推广应用的技术基础。

【参考文献】

- [1]李秀海.冷再生技术在公路水泥稳定碎石基层修复施工中的应用与影响[J].运输经理世界,2024(7):137-139.
- [2]李秀丽.水稳基层冷再生技术在农村公路中的应用分析[J].北方交通,2023(10):55-58.
- [3]李金娟.水泥稳定碎石冷再生技术在公路路面改造中的研究[J].四川建材,2020,46(9):157-158.
- [4]张鹏.水泥稳定碎石冷再生基层施工质量控制探析[J].中国新技术新产品,2020(5):108-109.
- [5]刘伟华.水泥稳定碎石冷再生技术在公路路面改造中的应用[J].交通世界,2018(29):82-83.

作者简介:李宁,性别:男,毕业院校:西安交大,土木工程专业,当前就职单位:新疆北新路桥集团股份有限公司,职务:项目负责人,职称级别:工程师。

新时代下提升环境工程管理的对策分析

吴建文

内蒙古环保投资集团有限公司, 内蒙古 呼和浩特 010000

[摘要] 在新时代背景下, 环境问题已成为影响社会可持续发展的重要因素, 环境工程管理的角色越来越重要。首先, 本研究从新时代的挑战和机遇的角度出发, 对环境工程管理的现状进行了全面而深入的分析。然后, 运用 SWOT 分析法, 对环境工程管理的优势、劣势、机遇和挑战进行了详尽的探讨。研究发现, 环境工程管理的处理和预防生态破坏、污染控制、资源优化利用等方面具有相对优势, 但也存在着行政监管不力、技术手段落后、公众参与度低等问题。此外, 随着新时代环保理念的普及和科技进步, 环境工程管理有着巨大的发展机遇, 但也面临着复杂多元的环境问题和高期望值的挑战。最后, 结合对策分析, 提出了完善环保立法、推动科技创新、提高公众参与度和实施可持续发展策略等针对性的建议。这些措施旨在提高环境工程管理的效率和效果, 为我国社会经济的可持续发展作出贡献。

[关键词] 环境工程管理; SWOT 分析法; 社会可持续发展; 科技创新; 环保立法

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15187

中图分类号: X32

文献标识码: A

Analysis of Countermeasures for Improving Environmental Engineering Management in the New Era

WU Jianwen

IMEPI Group Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia, 010000, China

Abstract: In the context of the new era, environmental issues have become an important factor affecting social sustainable development, and the role of environmental engineering management is becoming increasingly important. Firstly, this study conducted a comprehensive and in-depth analysis of the current situation of environmental engineering management from the perspective of challenges and opportunities in the new era. Then, using the SWOT analysis method, a detailed discussion was conducted on the advantages, disadvantages, opportunities, and challenges of environmental engineering management. Research has found that environmental engineering management has relative advantages in dealing with and preventing ecological damage, pollution control, and optimizing resource utilization, but there are also problems such as inadequate administrative supervision, outdated technological means, and low public participation. In addition, with the popularization of environmental protection concepts and technological progress in the new era, environmental engineering management has enormous development opportunities, but also faces complex and diverse environmental problems and high expectations challenges. Finally, based on the analysis of countermeasures, targeted suggestions were proposed to improve environmental legislation, promote technological innovation, increase public participation, and implement sustainable development strategies. These measures aim to improve the efficiency and effectiveness of environmental engineering management, and contribute to the sustainable development of Chinese social economy.

Keywords: environmental engineering management; SWOT analysis method; sustainable social development; technological innovation; environmental legislation

引言

环境对非生物自然界和社会经济的影响已成为世界范围关注的焦点。在中国, 随着社会经济的快速发展, 环境问题日趋突出, 已由广义的空气、水、土壤等污染问题演化为包括气候变化、生物多样性丧失、地球系统变化等全球环境问题。因此, 环境工程管理的重要性和紧迫性必须得到全社会的认识和认识。当前的环境工程理念正在由传统的“治理”转向“防治结合”。即既要在解决环境问题的同时, 也要预防环境问题的发生, 以实现经济发展与环境保护的协调, 实现社会、经济、环境的可持续发展。在新时代背景下, 我们需要进一步了解、认识环境问

题, 建立和发展完善的环境工程管理体系, 通过科学有效的管理手段, 解决和防治环境问题。本研究的目的正是对当前环境工程管理的优势、劣势、机遇和挑战进行深入剖析, 为理论和实践提出对环境工程管理改革的有力建议。

1 新时代背景下的环境工程管理现状

1.1 当前环境工程管理面临的挑战

环境工程在新时代背景下面临诸多挑战^[1]。快速的城市化和工业化进程加剧了生态系统的脆弱性, 对环境承载力形成巨大压力。污染物排放量的持续增长不仅增加了处理的复杂性, 也对水资源、大气和土壤等自然资源构成威胁。环境问题日益复杂化, 多种污染源存在, 使得集

中和综合的治理策略难以实施。行政监管机制不够健全,执法不严和法律框架的不完善常常导致环境法规的执行缺乏有效性。技术更新速度滞后,也是环境工程管理的一大制约因素,现代化设备和技术手段的不足限制了治理效果。公众环保意识提升虽快,但参与度仍较低,公众在环境保护中的角色尚未充分发挥。面对这些挑战,亟需发展全面而有效的管理策略,以增强环境工程管理的灵活性和适应性。

1.2 环保理念在新时代的普及与应用

在新时代背景下,环保理念的普及与应用成为环境工程管理领域中的重要议题。随着全球对环境问题关注度的提升,环保理念逐渐深入人心,并推动着社会各界对可持续发展的广泛认同。政策的引导和公众意识的觉醒,使得环保理念从理论层面扩展到实践操作中,影响着环境工程管理的各个环节。在实践中,环保理念的应用主要体现在增强公众的环保意识,要求企业和政府在项目实施中更注重环境影响的评估和管理。这种理念的转变不仅促使管理策略的升级,也推动了绿色技术创新和资源的高效利用,为环境工程管理带来新的发展动力。通过理念的普及,环境工程管理获得了更为坚实的社会基础和更广泛的社会支持。

1.3 环境工程管理的优势与劣势

环境工程管理的新时代背景下,展现出明显的优势与劣势。在优势方面,其在生态破坏预防、污染控制和资源优化利用等方面具有较强的技术积累和管理经验,能够有效应对环境问题。其劣势也不容忽视,主要表现为行政监管的不力、技术手段的相对落后以及公众参与度的不足,这些因素制约了其在实际实施过程中的效率和效果。要在未来取得更大进展,需针对这些劣势采取切实有效的改进措施^[2]。

2 运用 SWOT 分析法评估环境工程管理

2.1 环境工程管理的优势分析

环境工程管理的多个方面展现出显著的优势。其在处理生态破坏方面,具备成熟的技术和有效的管理经验,能够迅速识别并修复生态受损区域。污染控制作为环境工程管理的另一个重要领域,其通过先进的监测技术和严格的管理制度,实现了较为有效的污染物排放控制和监测体系建设。在资源优化利用方面,环境工程管理通过资源回收、垃圾分类以及废物再利用等措施,提高了资源的利用效率,促进了循环经济的发展。环境工程管理还受益于政策支持和资源投入,国家对于环保的重视和相关立法的逐步完善,为其提供了良好的发展环境和充足的资源保障。这些优势使环境工程管理的应对复杂环境问题,更具竞争力和效率,为社会的可持续发展提供了有力支持。

2.2 环境工程管理的劣势分析

环境工程管理的新时代背景下面临多个劣势。这些劣

势主要体现在行政监管、技术手段和公众参与度三个方面。行政监管方面,体制的不完善和执行力度的不足导致环境政策在落实过程中出现偏差,削弱了管理的有效性。技术手段上,相较于快速变化的环境问题,现有的技术手段显得陈旧落后,导致在高效处理污染和生态问题方面力不从心。公众参与度低则是另一大劣势,由于公众对环境保护意识的薄弱以及参与渠道的不畅,社会各界在环境工程管理中形成的合力不足,影响了政策实施效果^[3]。这些劣势需要通过系统性变革和持续改进来加以解决,以提升环境工程管理的整体效率和效果。

2.3 环境工程管理的机遇与挑战

环境工程管理的新时代背景下呈现出显著的机遇与挑战。机遇方面,全球对环境保护的日益重视和政策支持为环境工程带来了广阔的发展空间。科技进步、创新技术的应用为提升管理效率和效果提供了动力。公众环保意识的增强促使更高效的管理和问题解决成为可能。环境工程管理也面临多元复杂的挑战。日益严峻的环境问题、高期望值的社会需求以及跨领域协作的复杂性对管理者提出了更高要求,需在不断变化的局势中寻求有效的战略和实践途径。

3 环境工程管理的领域

3.1 预防生态破坏的环境工程管理策略

预防生态破坏在环境工程管理中至关重要,为应对生态破坏,加强生态保护措施、推行生态修复技术势在必行。加强生态保护措施包括提高自然保护区的管理效率,通过科学规划和严格管理,降低人类活动对生态敏感区域的影响。系统开展生态监测,对于环境变化进行实时监控和预警,这有助于在生态破坏初期采取及时有效的防范措施。应用生态修复技术,是修复受损生态系统和恢复生物多样性的关键。利用植物修复、微生物修复等先进技术手段,可以有效促进污染物的自然降解和生态系统功能的恢复^[4]。在政策层面,应加强政府和社区的合作,制定切实可行的政策法规,提高依法监管的力度。在科技层面,加大对生态修复技术创新的投入,通过科研开发与成果应用,提高生态恢复的综合能力。环境教育与公众意识的提升,也有助于形成全民参与的生态保护氛围,从而实现生态破坏的有效预防。

3.2 污染控制的环境工程管理策略

污染控制是环境工程管理中的关键领域之一,在治理过程中应综合运用多种策略以实现最佳效果。必须加强污染物排放的监测与管理,通过建立严格的排放标准和实时监测系统,确保各个环节的污染源得到有效控制。推动先进污染控制技术的应用至关重要,包括开发低能耗、高效率的净化技术及设施,提升废水、废气及固体废弃物的处理能力。实施排污许可制度,促使企业在达标排放的基础上,强化内部环保管理。有必要提高经济激励政策,如税

收减免和补贴，以鼓励企业加大环保创新投入。

3.3 资源优化利用的环境工程管理策略

资源优化利用是环境工程管理中的重要策略，通过提高资源利用效率和减少浪费，促进可持续发展。有效的资源管理策略包括开发和推广绿色技术，优化生产流程，加强再生资源的利用，以及推动清洁能源的应用。环境工程管理需要加强对资源流动的监测与分析，识别关键环节的资源消耗问题，制定针对性措施。建立资源再利用和回收体系，可以降低对自然资源的依赖，提高资源的循环利用率，从而实现生态和经济效益的双重提升。

4 提升环境工程管理的对策

4.1 完善环保立法对策

在提升环境工程管理的过程中，完善环保立法是关键一步。当前，立法体系尚未全面覆盖所有环境问题，存在法律条款不够具体、执法力度不足的问题。健全法律法规可以为环境工程管理提供制度保障，应推动法规的细化与补充，确保法律框架能够应对多变的生态环境挑战。与此法律实施必须增强执法透明度和严肃性，加大对违规行为的处罚力度，提高违法成本，从而震慑潜在环境违法者。应建立适应性立法机制，使法律能够快速响应科技发展与环境变化带来的新问题。立法过程中需加强与科研机构 and 环保组织的合作，吸纳科学建议，以确保法律的科学与实用性。通过完善的环保立法，环境工程管理将获得更有力的法律支持，为实现环境保护目标提供坚实基础。

4.2 推动科技创新的对策

推动科技创新在提升环境工程管理中具有重要作用。高效的环境工程管理离不开先进技术的支持。通过加大科技研发投入，可以促进新设备和新材料的开发，提高污染治理和资源利用的效率。智能化技术的应用也能显著提升环境监测和管理能力。大数据和人工智能能够实时分析环境状况，预测潜在的环境风险，从而提前制定应对措施。加强与科研机构和高新技术企业的合作，有助于将最新科研成果快速转化为实际应用。政策支持则是科技创新的坚强后盾，提供税收优惠和资助计划能够激励企业和研究机构投入环保创新，从而加速环境工程管理的技术进步。

4.3 提高公众参与度的对策

提高公众参与度在环境工程管理中具有重要意义。加强环境教育和意识提升，通过宣传活动和环保课程，提高公众的环保意识和责任感。通过构建便捷的公众参与平台，鼓励社会各界提出环保建议，参与环境决策与项目实施。运用数字化技术，如社交媒体和在线论坛，提高公众参与的便捷性和广泛性。社区活动可以成为有效的参与方式，通过组织环保志愿活动和社区讨论，实现群体互动和信息共享。政府和企业应加强与非政府组织的合作，共同推动公众在环境事务中的积极参与。在政策和项目中明确公众反馈机制，确保公众意见得到重视和采纳，从而增强公众

对环境工程管理的信任和支持。通过这些措施，可以显著提高公众参与度，推动环境工程管理的有效实施。

5 实施可持续发展策略

5.1 环境工程管理与社会经济可持续发展的关系

环境工程管理与社会经济的可持续发展密切相关。环境工程管理通过加强污染控制和资源优化利用，显著降低工业和生活活动对环境的负面影响，进而促进生态平衡。环境治理技术的创新与推广可以提高资源利用效率，减少浪费，支持循环经济的发展模式，这在很大程度上有助于降低经济活动的环境成本^[5]。环境工程管理还通过立法推动和制度保障，为绿色金融和环保产业发展创造了政策条件，进一步助推经济结构的绿色转型。这种转型不仅在经济层面上提供了新的增长点，也为社会带来更好的居住环境和生活质量。公众的环保意识提升与参与度增加，强化了社会对环境议题的关注与行动力，形成了可持续发展的良性循环。通过这种多维度的有机结合，环境工程管理为实现人与自然和谐共生奠定了基础。这种相互促进的关系，为社会经济的可持续发展提供了坚实的支持和保障。

5.2 高效节能的环境工程管理策略

高效节能的环境工程管理策略是实现可持续发展的重要组成部分。在能源使用领域，推动能源效率的提升和优化能耗结构是关键。推广清洁能源和可再生能源的应用，通过技术改造和设备升级，实现节能降耗。完善能效标准和管理规范，加强对重点行业和用能企业的节能监察，实现节能目标。通过实施节能技术和管理措施，降低能源消耗和环境污染。借助智能化监测和控制系统，提高能源利用率。在城市基础设施建设中，采用绿色建筑和节能材料，提升建筑物的保温隔热性能，以支持城市的可持续发展。

5.3 建立环保长效机制的建议

建立环保长效机制对于实现环境工程管理的可持续发展至关重要。应加强政策导向，确保环保法规体系的连续性和稳定性，使企业和公众能够长期遵循明确的环保要求。其二，需构建多元化的环保资金投入机制，通过政府引导、企业参与和社会支持，促使环保投资的持续增长。建立健全环保技术研发和推广平台，加速新技术的应用与创新，促进资源的高效利用与可再生能源的普及。这些措施的实施，能够为环境保护和经济发展提供持续动力。

6 结束语

本研究深入探讨了新时代背景下环境工程管理面临的挑战与机遇，并使用 SWOT 分析法对环境工程管理的优势、劣势、机遇与挑战进行了全面的剖析。研究发现，在处理生态破坏、污染控制、资源优化利用等方面，环境工程管理具有显著的优势，但行政监管、技术手段、公众参与度等方面仍存在不足。研究指出，随着环保理念的普及和科技的进步，环境工程管理领域具有巨大的发展空间，但同时也面临着环境问题的复杂多元性和社会对环境质

量的期望值提高等挑战。在对策分析部分,本研究提出了完善环保立法、推动科技创新、提高公众参与度以及实施可持续发展策略等具体的方法和建议,以提高环境工程管理的效率和效果,更好地支持我国社会经济的可持续发展。未来的研究中,应进一步揭示环境工程管理的实际操作中可能面临的问题,并基于科技、法律、公众参与等多元角度寻求解决方案,以期对环境工程管理领域的持续改进和发展提供更多的理论指引和实践参考。

[参考文献]

[1]毕少坤.论环境工程与可持续发展[J].市场周刊·理论版,2020(72):62.

[2]黄娜娜.探析环境工程与可持续发展[J].工程技术,2021(5):112-113.

[3]魏炜.新时代下提升环境工程管理的对策分析[J].居业,2021(10):114-115.

[4]王剑.环境工程与可持续发展分析[J].工程技术,2020(1):55-57.

[5]朱海鸽.环境工程与可持续发展的思考[J].区域治理,2020(34):151.

作者简介:吴建文(1965.10—),男,内蒙古大学生物工程,内蒙古环保投资集团有限公司,投资与创新发展部总经理,高级工程师。

浅谈如何做实一线生产班组员工的安全教育培训工作

周 严

云南铜业玉溪飞亚矿业开发管理有限责任公司, 云南 玉溪 653100

[摘要] 中国铝业集团“1+9”职业健康安全理念和方针中明确指出:培训不到位是最大的隐患。安全是企业永恒的主题,加强安全管理,坚决防范和遏制事故发生,是维护矿山企业生产经营持续健康发展的最重要内容。此文以作者所在施工项目部为实践,基于内培工作,以项目部日常的安全生产管理工作为出发点和落脚点,对生产班组一线员工安全教育培训工作的思考、采取的措施和取得的成效进行了总结性阐述。

[关键词] 班组员工; 安全教育培训; 实践成效

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15192

中图分类号: X925

文献标识码: A

Brief Discussion on How to Effectively Carry Out Safety Education and Training for Frontline Production Team Members

ZHOU Yan

Yunnan Copper Yuxi Feiya Mining Development Management Co., Ltd., Yuxi, Yunnan, 653100, China

Abstract: The "1+9" occupational health and safety concept and policy of China Aluminum Group clearly states that inadequate training is the biggest hidden danger. Safety is the eternal theme of enterprises. Strengthening safety management, resolutely preventing and containing accidents, is the most important content to maintain the sustainable and healthy development of mining enterprises' production and operation. This article takes the construction project department where the author works as a practice, based on internal training work, and takes the daily safety management work of the project department as the starting point and foothold. It summarizes the thoughts, measures taken, and achievements of safety education and training for frontline employees in the production team.

Keywords: team members; safety education and training; practical achievements

引言

《安全生产法》第二十八条:生产经营单位应当对从业人员进行安全生产教育和培训,保证从业人员具备必要的安全生产知识。由此可见,做实生产班组一线员工的安全教育培训是法律法规的要求,更是企业管控风险、消除隐患、保证安全生产的重要手段。班组是企业的“细胞”,是安全管理工作的最基础、最根本所在,笔者认为抓好一线生产班组员工的安全工作,才是抓住了安全生产工作的“牛鼻子”。

“安”和“全”两个字构成的“安全”一词,已成为人们生活、工作中最基本要求 and 愿望。当前,管行业必须管安全、管业务必须管安全、管生产经营必须管安全的“三管三必须”理念已深入人心。作者单位作为央企所属的矿山机械化、专业化矿山施工企业,肩负党和国家“安全第一、预防为主、综合治理”的安全生产方针的践行者、落实者,务必要把习近平总书记“生命重于泰山。各级党委和政府务必把安全生产摆到重要位置,树牢安全发展理念,绝不能只重发展不顾安全,更不能将其视作无关痛痒的事,搞形式主义、官僚主义……”“所有企业都必须认真履行安全生产主体责任,做到安全投入到位、安全培训到位、基础管理到位、应急救援到位……”等一系列关于

安全生产的重要论述真正落在实处,务必把安全生产工作提升到至高的高度来抓实抓好抓出成效;务必提高对安全管理的警觉,保持积极慎重的态度,既要防微杜渐、如履薄冰,更要心中有数、胸有成竹;务必做实员工教育培训,树立正确的安全生产理念,树牢“红线”意识和“底线”思维,摒弃侥幸心理,狠反“三违”,减少和杜绝事故发生。

纵观矿山企业的安全生产工作,人人抓安全、时时讲安全、处处管安全已是常态,从人力、财力、精力方面对安全的投入了相当大的力量,但是,安全事故仍然频发,实效并不理想。那么,什么才是安全生产工作的“牛鼻子”?如何才能实现企业长周期安全生产?作者的观点是:人的不安全行为是事故发生的主要原因,而导致人的不安全行为的主要原因是“安全教育培训工作不到位”的问题。由此,本文将结合作者观点、项目部实际和调研发现的培训存在问题进行论述。

1 常见问题

培训,是最划算的安全投入。而在日常教育培训中,虽然花了大力气、下了狠功夫,但实效并不理想。常见的问题包括但不限于以下方面:

1.1 对安全培训认识不足

大多数员工往往认为安全培训只是一种形式上的需

要,是领导布置的任务,走走过场就行了,久而久之,有了麻痹大意的思想,致使班组安全培训不能定期进行或弄虚作假,编造复印记录、草草签字的现象也屡见不鲜。

1.2 培训内容针对性不强

培训内容单一、无针对性是普遍现象。在开展培训工前,没有进行岗位培训需求调查,一味地停留在学习事故或听取领导讲话等,而不是结合员工、岗位和现场实际,没有按照干什么学什么、缺什么补什么的要求开展教育培训。

1.3 授课效果不理想

摆在内训师、专职安全负责人面前的是他们辛辛苦苦开展的培训并没有收到理想的效果,导致安全教育培训工作在员工心目中的印象大打折扣,有的员工甚至排斥培训。还有公司规定的逢培必考、逢考必满分的要求,给一线员工造成了心理负担,每逢培训员工想方设法必不参加。

1.4 教育培训方式单一

由于一线班组直接面对现场的安全生产,大多数实行轮班制,人员分散,时间紧迫,生产任务重,加之部分项目负责人还存在“重生产轻安全”的思想,工学矛盾难以有效协调。因此,大多数的培训为利用周例会、班组会议等时间进行应付式培训。另外,当前的培训一般都采用“填鸭式”的灌输方法,培训课件刻板、乏味,课件质量不高,方式方法单一,教学方法呆板。这就形成每次安全培训起不到应有的作用与效果,甚至班级员工对安全培训产生厌烦心理,难以调动员工学安全、提技能的积极性和主动性。

1.5 员工理解和接受能力参差不齐

部分老员工仍存在凭经验办事的现象,一些现场工作人员不信规程信经验,习惯性违章现象仍很突出。部分青工跟老师傅学习,图省事、怕麻烦,不知不觉中养成习惯性违章。由于缺乏必要的安全知识培训,导致安全意识不强,安全理念不牢,安全素质低下。部分员工由于文化层次较低,对教育培训的理解、认知不足,每次参加培训后,结果一头雾水的现象普遍存在。

1.6 培训缺少激励机制

在培训工作中,对班组员工缺乏必要的考核及激励机制,员工在参加教育培训和考试中表现好坏都是一个样,没有形成必要的考核奖罚制度,没有把教育培训结果作为安全管理工作的硬指标,从而激发不了班级员工参与安全教育培训的积极性、主动性。

2 原因分析

经笔者长期在一线生产班组的调研观察发现,培训效果不理想归其原因主要有以下方面:

2.1 缺少长期、系统的工作规划

各企业虽然上上下下都充分认识到安全生产的重要性和安全教育培训工作的必要性,但在具体实施中往往没有形成长期、系统的教育培训计划,培训工作呈阶段性、临时性的特点,使得培训工作实施处于零散、无序状态。

2.2 应付式培训依然存在

随着生产工作情况的不断变化,经常出现培训与生产此起彼伏的现象,加之地方政府、上级公司和业主单位临时安排的工作和检查频繁,被迫中断、打乱计划的情况不少。如此应付式、蜻蜓点水式的效果自然不明显。甚至不少企业试图通过几次培训就想从根本上增强员工的安全意识,提高员工的安全素养。而事实上,员工的思想观念、技能水平是需要长期强化循序逐渐形成的,不通过系统的、长时期的持续教育培训是不可能有效收效的。

2.3 培训内容与班组岗位实践脱节

由于培训人员的工作经历、学历层次、文化水平、安全认知的不同,技能和水平参差不齐。同时,大多数培训的主要内容、形式仍然仅限于针对相关法规、文件通知和相关班组岗位技能的书面式培训。多年一贯制、习惯性的形式和内容员工习以为常,员工对这样的培训普遍感到不满意,学以致用,用之有效的效果大打折扣。

2.4 大而同、一锅炖的状况难于改观

培训的最终目的是提高员工的安全意识和技能。在现实工作中,由于所从事的岗位不同、上下班时间不一致,在具体的培训实施中,难于分专业、分岗位、分时间来组织,大而同的培训难于达到预期的效果。

3 主要做法

班组员工的安全教育与培训状况如何,直接体现一个公司安全管理水平的高低。据有关部门和机构统计,有80%以上的事故发生在班组。因此,做实一线班组员工的安全教育培训,是企业安全管理的工作重点之一。多年来,各企业在探索和改进一线员工安全教育培训方面开展了卓有成效的工作,积累了丰富的经验。这里将结合机械化、专业化矿山施工行业特色,梳理归纳、总结提炼了班组安全教育培训采取的措施、实践结果和成功做法。

3.1 有效建立培训机制

凡事预则立,不预则废。一是在制订培训计划或开展培训前,可以采用矩阵式等工具方法,开展岗位培训需求调查,梳理、制订培训大纲,明确各项培训的任务、内容和时间,形成固化的班组人员培训机制。二是选拔、培养内训师队伍,同时,建立有效的安全培训正向激励机制,对内训师授课费、课件编制费、培训效果等形成有效的考核、激励机制并及时兑现。三是强化安全实操培训,分专业、分岗位形成实操培训机制。四是实施“师带徒”模式,严格师徒结对的选聘和结对,建立培养激励机制。

3.2 持续改进理论培训方式

一是践行“干什么、学什么、考什么”的要求,编制员工安全素质能力培训课程矩阵,明确岗位培训需求,制订培训目标,选择培训方式,让员工清楚要学什么,怎么学,实现从盲目、随机的学到有针对性、侧重性的学。二是编制切合实际的培训课件,培训课件应通俗易懂、简单

明了,做到让员工看得懂、学得会,实现从无计划、无标准的学到有计划、有标准的学。三是要充分体恤一线员工的辛苦,要把握不增加负担、不占用时间的原则,疏通员工反感安全培训的心理情绪,实现从带情绪、带怨愤的学到轻松、愉快地自觉学。四是多采用视频、百错图辨识、事故案例分析等方式开展培训。五是有条件的情况下推进视频培训、体感训练、VR 虚拟场景培训等新培训模式,实现从形式单一的学到形式多样的学。

3.3 着重推行现场实操培训

一是分岗位编制并推行 SOP (标准操作程序),明确每个岗位的作业步骤(步骤简述、具体动作)、风险控制(风险描述、风险管控措施)关键动作和紧急处置措施,规范和量化具体作业步骤,使之成为指导员工安全作业的有效工具,统一标准、规范动作,实现一线员工对本岗位操作规程从“懂”到“会”的实质转化。二是定期开展作业现场重大危险源和风险隐患辨识活动,反复隐患辨识及处置、安全风险辨识与防范训练,提升员工风险防范能力,实现从泛泛而学到重点突出地学、从课堂学到现场学的转变。三是要讲究实操培训的技巧。一个步骤一个步骤教和做,做到一对一、手把手地教学。针对文化水平较低的员工,宜采用手指口述的形式,实现理论要求与实操要领的充分结合,既听得懂对理论知识的掌握理解,又看得清实操步骤和动作要领,实现操作标准化。

3.4 利用事故为培训“资源”

为深刻汲取安全生产事故教训,举一反三,深入查找企业安全生产中的短板和问题,要充分利用事故事件,做好事故案例警示行动计划,开展事故案例警示及违章分析会。作者所在项目部经常性开展“一案五问一改一认识”活动,即一个事故案例,班组成员回答该案例对我最深的感触是什么?如果该事故发生在我身边,我会如何?如果该事故发生在我身上,我的家庭、亲人会如何?该事故对我最深的教训是什么?我此时此刻最想对家人和身边的同事说什么?……活动往往起到触动心灵的警醒作用。

3.5 组织现场问题诊断比武大赛

跳出班组看班组,往往会起到意想不到的效果。为加强班组现场基础管理,锤炼班组团队,促进现场安全管理水平的持续提升,作者所在项目部定期开展主题为“强能力、查隐患、保安全”的现场安全问题诊断比武大赛。比赛分作业现场问题诊断、诊断报告编写(PPT)、诊断报告发布三个环节。作业现场问题诊断采用班组之间交互查找问题的方式进行,涵盖安全管理体系落地、“四项工具”运用、现场标准化、5S、目视化管理、设备管理、操作规程落地及员工教育培训抽查等内容,对项目部所有作业现场进行了“地毯式”排查。同时,比武大赛旨班组及班组成员之间交叉对标、辨识风险、隐患整改、交流经验,是教育培训效果和安全工具运用的

体检,是 HSE 管理水平和作业现场安全风险和隐患排查能力的公开检阅,是班组成员自主安全管理水平的能力评估。通过班组成员自己查找问题、自己辨识风险、自己整改隐患的方式,激活班组“细胞”,有效地提升了班组成员自主安全管理能力。

3.6 探索“融亲情”培训

“感人心者,莫先乎情”。在矿山安全生产中,员工的人身安全能得到保证,就是家庭最大的幸福,也是亲人最大的福音。为此,在安全教育培训中,如何从家庭、亲情和关爱入手,把亲情、温情和关爱融入到安全教育培训中去,营造“关注安全、关爱生命”和“生命无价、安全有情”的浓厚氛围,致力打造具有人情味的安全文化,是安全教育培训需要不断探索的重要课题。作者在长期的项目部安全管理中,经常性在员工身上进行感情投资,处处尊重、关心、爱护职工,从细微处关心爱护员工,能使员工感受到组织的温暖,利用这种亲情、关爱开展安全教育培训,收到了事半功倍的效果。

3.7 发挥“领头羊”作用

班组长作为“兵头将尾”,既是管理者,又是生产者,更是安全工作的落实者,具有承上启下的特殊作用。常说:兵熊熊一个,将熊熊一窝。因此,要抓好班组安全教育和培训,必须先抓班组长抓起。首先,班组长要树立班组安全“第一责任人”的形象,以身作则带动全员参与。其次,发挥班组长在思想上的组织动员,行动上的带头模范,让全体员工认识到安全教育培训工作的重要性和紧迫感。

4 取得的成效

一直以来,作者所在项目部注重班组安全教育培训,结合实际,开展了大量的培训工作,收到了较好的成效。

4.1 安全意识得到强化

安全意识是安全工作的灵魂,员工的安全意识对安全责任心和安全行为的制约作用又是直接的。通过教育培训,班组成员进一步树牢了风险意识、防范意识、遵规意识和责任意识。

4.2 安全理念发生转变

从之前的被动强制性的“要我安全”转变为主动自觉性的“我要安全、我会安全、我能安全”质的飞跃。

4.3 安全技能明显提升

通过持续的教育培训和实操训练,班组成员掌握并运用 SOP 进行标准化操作,“CARC”表、“536”标准化班会等安全四项工具熟能生巧,“十条禁令”“三规两必”保命措施谙熟于心,一大批懂风险、会防范的员工逐步成熟。

4.4 “三违”现象得到遏制

据统计,班组成员的违章作业逐年下降,自保、互保、联保意识增强,安全“四责管理”深入人心。自项目部成立以来,职业健康安全环保实现“七为零”目标,保持了长周期安全生产的良好态势。

5 结束语

综上所述,班组是企业的“细胞”,是企业各项工作的落脚点,是职业健康安全环境管理工作的根基,一线生产班组员工的安全教育培训效果如何,直接体现一个企业安全管理水平的高低。它不仅关系到企业的经济效益和社会影响力,还关系到每一位职工的切身利益和家庭幸福。而班组安全教育培训工作既无捷径,更没有终点,务必既要“重视”更要“重实”,因此,做实做好一线生产班组员工的安全教育培训工作意义重大且任重道远。

[参考文献]

[1]熊伟,杜正梅.安全零事故—员工安全意识与行为习惯

培养[M].北京:人民日报出版社,2020.

[2]张会超.让安全成为一种习惯[M].北京:中国商业出版社,2012.

[3]戴世强,杨伟华,刘奕.安全事故预防的行为控制与管理方法[M].北京:人民日报出版社,2021.

[4]杨剑,张艳旗.企业安全管理实用读本[M].北京:中国纺织出版社,2021.

作者简介:周严(1977.11—),男,哈尼族,云南墨江人,中共党员,现就职于云南铜业玉溪飞亚矿业拉拉项目部副经理(专职安全负责人),国家注册安全工程师,政工师,二级建造师(矿业)。

基于洪水预报的不确定性水库调度优化研究

钱晓娟

大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂（陇东南分公司），甘肃 陇南 746412

[摘要]洪水是全球面临的主要自然灾害之一，其频发性和不确定性给水库调度带来了巨大挑战。近年来，洪水预报技术的进步为优化调度提供了科学依据，但预报结果不可避免地存在不确定性，这直接影响调度方案的有效性与安全性。研究洪水预报的不确定性及其对调度优化的影响，有助于提升水库调度的综合效能。本篇文章旨在系统分析洪水预报中的不确定性，探讨水库调度优化的理论与方法，并构建适应不确定性的调度优化模型，为实现洪水防控和水资源高效利用提供创新思路。

[关键词]洪水预报；不确定性；水库调度优化；多目标优化；灵活性与鲁棒性

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15202

中图分类号: P456.7

文献标识码: A

Research on Optimization of Reservoir Scheduling with Uncertainty Based on Flood Forecasting

QIAN Xiaojuan

Longdongnan Branch, Bikou Hydropower Plant of Datang Gansu Power Generation Co., Ltd., Longnan, Gansu, 746412, China

Abstract: Floods are one of the major natural disasters facing the world, and their frequent occurrence and uncertainty pose great challenges to reservoir operation. In recent years, the advancement of flood forecasting technology has provided scientific basis for optimizing scheduling, but the forecast results inevitably have uncertainty, which directly affects the effectiveness and safety of scheduling schemes. Studying the uncertainty of flood forecasting and its impact on scheduling optimization can help improve the comprehensive efficiency of reservoir scheduling. This article aims to systematically analyze the uncertainty in flood forecasting, explore the theory and methods of reservoir scheduling optimization, and construct a scheduling optimization model that adapts to uncertainty, providing innovative ideas for achieving flood prevention and control and efficient utilization of water resources.

Keywords: flood forecasting; uncertainty; reservoir scheduling optimization; multi objective optimization; flexibility and robustness

引言

气候变化已经对全球降水模式产生深远影响，降水量的极端波动性及其预测不确定性，成为水资源管理领域亟待解决的问题。水库调度管理，作为保障水资源合理分配、确保生态安全及防灾减灾的重要手段，其效果受降水预报精度与流域变化的显著影响。传统调度方法通常依赖历史数据与经验规则，但在面对复杂气候条件与不确定性因素时，缺乏足够的灵活性与适应性。尽管气象预报技术不断进步，降水预报仍存在很大不确定性，特别是在短期与局部地区的预测中。极端天气事件的频发使得传统水库调度方法在准确性与可靠性上难以满足现代需求。为此，基于不确定性分析的调度优化方法应运而生，这些方法通过量化分析各类不确定性因素，能够为水库调度决策提供更加科学与全面的依据。

1 洪水预报与不确定性分析

1.1 洪水预报概述

洪水预报技术作为水资源管理和洪水防控的重要工具，核心在于模拟降雨、径流等水文要素的变化规律，揭示洪水的演变轨迹，从而为防洪决策提供支持。现代洪水预报方法包括物理模型、统计模型与人工智能模型三种类型。物理模型基于流域的地理特征和水文过程，能够较为准确地反映洪水的生成机制；统计模型则通过历史数据的

分析，寻找变量之间的相关性，进而进行预报；人工智能模型，借助机器学习技术，能够在大数据分析中识别出复杂的模式，并做出高效预测。尽管技术不断革新，现有模型仍受到自然系统复杂性及数据精度的限制，预报结果仍难以实现完全的准确性。

1.2 洪水预报中的不确定性来源

洪水预报中存在多种不确定性，这些不确定性源自于模型结构、参数估计、输入数据的精度以及外部环境的变化。由于模型结构往往依赖于简化假设，它难以完整地模拟水文系统的复杂行为，导致了系统性误差的出现。同时，参数估计的不确定性则与流域特性数据的不足或不准确的假设分布相关^[2]。例如，土壤湿度、植被覆盖、降雨强度等参数的空间差异，可能对预报精度产生重要影响。输入数据的不确定性，特别是在降雨预报中，由于气象模型的局限性，降雨的时空分布误差会导致预报结果的偏差。气候变化、土地利用变化等外部因素，可能对水文过程产生深刻影响，进一步加大了预测的不确定性。

1.3 不确定性分类与量化方法

洪水预报中的不确定性可以从三个层面进行分类：输入数据的不确定性、模型结构与参数的不确定性以及后处理阶段的不确定性。输入数据的不确定性，主要表现为降雨与径流数据的观测误差，尤其是降雨强度与分布的偏差，

对预报结果的准确性影响较大。模型结构的不确定性通常源于对复杂水文过程的简化或关键参数估计的不足,这些简化可能导致模拟结果与实际情况之间存在较大差异。后处理阶段的不确定性,通常指的是对模型输出结果的校正或调整过程中引入的误差,不同的后处理方法可能带来不同的精度。

针对这些不确定性,蒙特卡洛模拟通过随机采样生成大量的预报结果,从而评估系统的不确定性。贝叶斯推断方法通过结合先验信息与观测数据,能够动态调整模型参数,进而减少误差。区间分析则通过设定输入变量的波动范围,推导预报结果的上下限,为不确定性分析提供了直观的量化手段。此外,模糊集合理论及随机有限元分析等方法,近年来在水文领域也得到了广泛应用,为复杂系统中的不确定性建模提供了新的视角。

2 水库调度优化的理论基础

2.1 水库调度的基本原理

水库调度的核心任务是调节库容与出流量,以实现防洪、供水、发电及生态保护等多个目标。优化调度时,必须在满足各项约束条件的基础上,利用洪水预报与水文数据来制定最优策略,从而提升水库的综合效益。调度的关键在于精准控制水量的时空分布,确保各项目标之间的协调与平衡。面对不断变化的水文条件,调度策略需要根据实际情况灵活调整,保障水库的最优运行效率。

2.2 调度优化的目标与约束条件

水库调度优化涉及多个目标,包括防洪、经济效益与生态保护。在防洪方面,调度目标是确保水库具备足够的泄洪能力,以应对极端天气及洪水事件,减少下游风险;经济效益目标侧重于提升水库的发电能力,同时保证调度过程中的安全性;生态保护目标则关注水质与生态流量的保持,避免环境损害。不同目标之间往往存在冲突,因此如何在多重目标中找到平衡是调度优化的关键。库容限制是指水库的最大存水量与最小水位,调度必须确保水位不会超出这一范围;泄洪能力限制要求水库能及时有效排水,防止对下游造成不良影响;下游安全则确保水库调度不引起剧烈的水位波动或流量变化;环境约束要求调度保持一定的生态流量,不破坏水域生态环境。

2.3 经典调度优化方法综述

传统的调度优化方法,如线性规划、动态规划与遗传算法,已在水库调度中得到广泛应用。线性规划适用于约束与目标呈线性关系的情况,能够高效求解简单调度问题,但在面对非线性约束时效果较差。动态规划则擅长处理多阶段决策问题,通过将大问题拆解为子问题逐步求解,适合于一定规模的调度问题。然而,计算量庞大时,动态规划的效率降低,难以应对大规模调度场景。遗传算法通过模拟自然选择过程,可以全局搜索解空间,适应多目标、多约束的调度问题。尽管遗传算法具有较强的适应性,但由于可能陷入局部最优解以及收敛速度较慢,限制了其在

实际应用中的效果。随着多目标优化需求的增加,多目标粒子群优化(MOPSO)算法逐渐成为调度优化的研究重点。MOPSO通过模拟粒子群体的协作与竞争,能够快速找到适应多目标的最优解,尤其在面对复杂约束条件时表现优异。

3 研究方法与技术路线

3.1 洪水预报模型的构建

模型通过降雨径流的模拟,结合气象预报数据与流域特征参数,以准确反映水文过程。反演与校验机制的引入有效改善了模型的预测能力,减少了与实测数据的偏差,从而显著提高了预报精度。为了增强模型对不同地理区域的适应性,采用了分布式建模技术,细化了空间分辨率。该技术提高了模型对区域变化的响应能力,使其在动态水文变化中具备更好的稳定性。为更好地评估不确定性对预报结果的影响,研究采用了蒙特卡洛模拟与贝叶斯推断等统计后处理方法,从而确保了预报结果在不确定环境下的可靠性。

3.2 调度优化模型的设计

模型采用了多目标优化方法,通过平衡不同目标之间的冲突,使得最终结果能有效兼顾各方需求。在防洪与发电目标之外,生态保护目标也被纳入优化过程中,确保了各目标的合理协调^[2]。为了提高模型应对复杂水文条件的能力,采用了多源数据输入与动态参数更新的方式。这一方法使得模型能够迅速响应不同洪水情境下的变化,从而调整调度策略。粒子群优化与非支配排序遗传算法等技术被结合使用,显著提升了模型的计算效率,并有效处理了多目标、多约束的优化问题。动态参数调整机制保证了模型在多变的水文条件下保持灵活性与鲁棒性。该机制使得调度方案具有较强的可操作性,在实际应用中能够保持较高的稳定性与适应性。

3.3 综合研究的技术路线

在数据采集与处理环节,气象与水文数据被整理并进行清洗,以确保数据的准确性与可靠性。模型构建与验证环节中,研究结合理论分析与实际观测数据,验证了模型的精确度。在各种水文条件下,优化后的物理与统计模型展现出较高的适应性及可靠性,证明了其在调度优化中的应用潜力。在不确定性分析与优化阶段,蒙特卡洛方法被用于评估模型的输入与输出不确定性。通过灵敏度分析,揭示了不确定性因素对调度结果的影响,并基于此提出了相应的优化策略,从而提升了模型的适应能力与稳定性。在方案模拟与评估阶段,通过多场景模拟与历史水文数据对调度方案的效果进行全面评估。利用定量评价指标,对各方案的可行性与表现进行了分析,确保了优化方案在实际洪水情况下能够稳定实施。

4 不确定性分析与洪水预报结果评价

4.1 不确定性分析方法

为了量化洪水预报中的不确定性,本研究采用了蒙特卡洛模拟与区间分析相结合的方法。通过引入随机变量,蒙特卡洛模拟生成大量样本,评估不确定性对预报结果的

影响。该方法通过随机抽样产生不同输入数据,计算每次模拟的预报结果,从而揭示输入变化对模型输出的影响,进而为模型优化提供依据。区间分析方法则通过定义输入数据的变化范围来量化模型输出的偏差。该方法特别适用于数据缺失或误差较大的情况,能有效识别预报中的不确定性因素,增强模型的鲁棒性。通过设定输入数据的边界,区间分析为预报提供了可靠的精度范围。结合灵敏度分析,通过计算输入参数对模型输出的影响程度,帮助确定最为关键的输入变量,为优化模型输入提供依据。

4.2 洪水预报结果的偏差与评估

为全面反映模型的预测准确性,本研究采用了平均绝对误差(MAE)、均方误差(RMSE)及纳什效率系数(NSE)等评估指标。平均绝对误差(MAE)衡量预报值与实际值之间的平均差异,值越小,表示模型预报精度越高;均方误差(RMSE)则更加敏感于较大的误差,能够在误差较为显著时提供更加精准的评估;纳什效率系数(NSE)则反映了预测值与实际值的拟合度,值接近1表明模型预测较为准确。在此基础上进行偏差归因分析,有助于调整模型参数,进一步提升预报准确性。

4.3 不确定性对调度结果的敏感性分析

不确定性对水库调度结果的影响是不可忽视的,特别是在复杂的水库调度过程中。为此,本研究模拟了多种情景,评估了输入数据偏差与参数不确定性对调度结果的影响。降水预报的偏差、流域特征变化等不确定性因素,显著影响了调度方案的效果。

假设调度模型的输出 y 受输入参数 x 影响,可以通过以下公式量化不确定性对结果的影响:

$$S_i = \frac{\text{Var}(y_i)}{\sum_{j=1}^n \text{Var}(y_j)}$$

其中, S_i 表示输入参数 x_i 对模型输出 y 的敏感度, $\text{Var}(y_i)$ 是在不同输入条件下输出的方差,表明该输入对模型输出的影响程度。通过比较各个输入参数的敏感度,能够识别出对调度结果影响最大的因素。为了进一步了解不确定性因素的综合影响,还采用了全局敏感性分析方法。该方法能够考虑多个输入变量同时变化时对输出结果的共同作用,提供更加全面的敏感性评估。这一分析不仅帮助识别不同输入数据变化对水库调度效果的影响,还为调度决策提供了重要参考。通过量化不确定性对防洪效果和资源利用效率的影响,研究者能够在面对不同情境时,灵活调整调度策略,确保优化结果的稳定性与可靠性。

5 基于不确定性的水库调度优化

5.1 优化目标与约束条件设定

设定防洪安全最大化、经济效益最大化及生态影响最小化为优化的主要目标。为了平衡这些目标之间的相互冲突,通过加权函数进行表征。防洪安全目标旨在保障水库在极端气候条件下的调节能力,防止洪水泛滥,确保下游

区域的安全;经济效益目标着重于提高水库的发电效率以及资源利用率;而生态影响最小化目标则关注水库操作中的水位波动对生态环境的影响,要求调度方案在保障安全的同时,尽可能减少生态损害。在约束条件方面,考虑到库容变化范围、泄洪流量上限以及下游水位限制等因素,确保水库运行中的安全性与稳定性。

5.2 不确定性条件下的调度模型构建

为有效处理洪水预报结果中的不确定性,本研究构建了基于情景分析的方法的调度模型。模型通过引入随机变量与模糊集合,描述了不确定性对目标函数及约束条件的影响^[3]。随机变量模拟了降水、流域特征等参数的变动,而模糊集合则用于处理那些无法准确量化的环境因素。这种方法显著增强了模型的适应性,使其能够在不同情境下做出灵活调整。在降水预报较为准确时,调度模型能够提供较为精确的决策;而当预报存在较大误差时,模型则倾向于采用更加保守的策略,以减少潜在风险。

5.3 多目标优化算法设计

在多目标优化过程中,结合遗传算法与粒子群优化算法,以提高优化效率与结果质量。遗传算法主要用于全局搜索,粒子群优化则在局部搜索中起到重要作用,二者的结合有效提升了整体性能。通过多次迭代计算,该优化算法能够找到多个目标之间的帕累托最优解集,从而实现各目标间的动态平衡。在优化过程中,启发式搜索技术进一步提升了计算效率,避免了局部最优解的出现。此种优化策略使得在实现防洪安全、经济效益与生态平衡之间的权衡时,能够灵活调整调度方案,保证各目标的综合优化。

5.4 调度方案的灵活性与鲁棒性分析

灵活性分析侧重于评估方案应对不确定性变化的能力,而鲁棒性分析则关注方案在极端条件下的稳定性^[4]。为全面验证调度方案的适应性与稳定性,本研究采用了灵活性与鲁棒性评估方法。通过模拟不同不确定性因素,本研究验证了调度方案在各种环境变化下的表现。灵活性评估表明,调度方案能够快速响应不同情景中的变化;而鲁棒性评估则揭示了方案在极端气候条件下的稳定性,确保了方案在风险防控与资源利用方面的综合表现,保证水库运行的高效与安全。

6 结语

本文提出的基于不确定性分析的水库调度优化方法,通过引入蒙特卡洛模拟与区间分析等技术,结合多目标优化与情景分析,本研究能够有效评估不同不确定性条件下的调度方案,帮助决策者在防洪安全、经济效益与生态影响之间实现优化。尽管如此,仍然存在一些值得进一步探讨的问题,如优化计算效率、增强模型预测精度以及提升数据质量等。未来的研究可以通过结合实时数据与先进的机器学习技术,进一步提升模型的实时性与准确性。随着不确定性分析技术与优化算法的不断完善,基于不确定性

的水库调度方法必将在实际应用中发挥更大的作用,帮助实现更高效、更可持续的水资源管理。

[参考文献]

- [1] 李晓英,朱克节,陈端.考虑入库径流和负荷需求不确定性的水库优化调度研究[J].哈尔滨工程大学学报,2024,45(9):1709-1716.
- [2] 赵紫谷.径流不确定性下黄河上游梯级水库联合调度研究[D].陕西:西安理工大学,2024.

- [3] 许月萍,陆豪楠,于欣廷,等.基于深度学习集合预报的水库闸门防洪优化调度[J].水科学进展,2024,12(18):1-13.

- [4] 包蒙香.考虑径流预报不确定性的澄碧河水库发电优化调度研究[D].广西:广西大学,2024.

作者简介:钱晓娟(1993.9—),女,兰州理工大学;电气工程及其自动化,大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂(陇东南分公司),水库调度,水动助理工程师。

低碳能源发展背景下的水电运行模式优化研究

陈凡凡

大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂（陇东南分公司），甘肃 陇南 746412

[摘要]随着低碳能源的需求不断增加，水电作为重要的可再生能源，发挥着越来越重要的作用。然而，由于水资源的季节性变化和与其他能源的相互影响，水电的运行模式仍面临许多挑战。当前，如何优化水电的运行调度，提高效率，减少能源浪费，成为亟待解决的问题。本篇文章探讨了低碳能源背景下水电的运行模式优化，通过分析现有的调度策略和技术，提出了一些优化方案，并讨论了数字化技术如何帮助提升水电系统的效率和灵活性。最后，本篇文章还评估了这些优化方案的应用效果，为未来水电的可持续发展提供理论支持。

[关键词]低碳能源发展；水电运行；运行模式；模式优化

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15201

中图分类号: X321

文献标识码: A

Research on Optimization of Hydroelectric Operation Mode under the Background of Low Carbon Energy Development

CHEN Fanfan

Longdongnan Branch, Bikou Hydropower Plant of Datang Gansu Power Generation Co., Ltd., Longnan, Gansu, 746412, China

Abstract: With the increasing demand for low-carbon energy, hydropower, as an important renewable energy source, is playing an increasingly important role. However, due to the seasonal changes in water resources and their interaction with other energy sources, the operation mode of hydropower still faces many challenges. Currently, how to optimize the operation and scheduling of hydropower, improve efficiency, and reduce energy waste has become an urgent problem to be solved. This article explores the optimization of the operation mode of hydropower under the background of low-carbon energy. By analyzing existing scheduling strategies and technologies, some optimization schemes are proposed, and how digital technology can help improve the efficiency and flexibility of hydropower systems is discussed. Finally, this article also evaluates the application effects of these optimization schemes, providing theoretical support for the sustainable development of hydropower in the future.

Keywords: development of low-carbon energy; hydroelectric operation; operation mode; mode optimization

引言

随着全球气候变化问题的日益加剧，低碳经济已成为各国发展的核心目标。在这一背景下，推动能源转型的关键在于发展清洁能源与减少碳排放。水电作为一种重要的可再生能源，在全球能源结构中占据着举足轻重的地位，尤其是在低碳能源体系中，不仅能够稳定电力供应，还具有显著的调节作用。然而，水电的运行效率及调度优化面临着诸多挑战，特别是在水资源分布不均、季节性波动以及电力需求变化的情境下。如何高效利用水电资源，在这些不确定因素的影响下提升系统的整体效能，已成为当前亟待解决的关键问题。低碳能源的发展迫切要求水电资源的更高效使用，结合风能、太阳能等其他可再生能源，形成一个综合调度机制。通过此机制，不仅能够提升水电的利用率，还能促进各类能源之间的协同发展，推动低碳目标的实现。因此，水电运行模式的优化显得尤为重要。通过调整调度策略、引入数字化技术，并加强与其他能源形式的协作，可有效提升水电系统的灵活性与可靠性，进一步促进绿色低碳能源的持续发展。在此过程中，调度策略的优化被视为提升系统效率的关键。通过合理的调度策略与技术手段，水电的运行效率可得到显著提高，从而为低

碳目标的实现提供有力支持。此外，数字化技术的引入，使得水电运行管理变得更加精细化与智能化。

1 水电在低碳能源体系中的作用

水电在低碳能源体系中占据着至关重要的地位，是全球能源转型与应对气候变化挑战的关键支撑之一。作为一种清洁、可再生的能源形式，水电不仅在全球范围内得到广泛应用，其高效的能源转换能力与较低的碳排放水平使其在低碳经济中具有独特优势。水电被视为基础性能源，能够提供稳定且可靠的电力供应，尤其是在电力需求波动较大的情况下，展现出卓越的调节与储能能力。与太阳能、风能等其他可再生能源相比，水电具有较强的调节性与优异的负荷跟踪能力，能够平衡波动性较大的能源来源，保障电力系统的稳定运行。此外，较长的生命周期与较低的运营成本通常是水电项目的特点，这使得水电不仅能够提供持续的能源供应，还具备较强的长期经济效益。在全球低碳经济的推进过程中，水电的环保性与可持续性使其成为替代化石能源的理想选择，温室气体排放的减少有助于推动碳中和目标的实现。特别是在大规模水电站运行的背景下，节能减排的显著效果有效降低了对煤炭、天然气等化石燃料的依赖。然而，水电在低碳能源体系中的广泛应

用仍面临一些挑战,诸如环境影响、社会接受度及高投资成本等问题。如何在确保环境可持续性的前提下,最大化水电资源的利用效率,已成为当前亟待解决的重要课题。

2 低碳能源下的水电运行模式优化设计

2.1 水电运行模式优化的基本原则

水电运行模式优化的基本原则是确保在低碳能源背景下,水电系统能够最大限度地发挥其效能,同时兼顾能源供应的稳定性、经济性以及环境的可持续性。优化设计的首要任务是提高水电系统的能源利用效率。在保障电力稳定供应的基础上,能源浪费应尽可能减少。这要求根据电力需求与水文条件,灵活调整水库的调度策略,确保水资源的高效利用,同时合理配置水电站的发电负荷。为了实现这一目标,水电站的水资源特点、气象变化以及流域的水文条件需充分考虑,以提高发电效率,并保障水资源的可持续利用。优化设计还应当符合低碳发展目标。在确保能源供应的同时,碳排放及对环境的负面影响应最大限度地减少。作为一种可再生能源,水电的运行模式不仅要提高自身的效率,还应减少对其他能源,特别是化石燃料的依赖。在此过程中,水电与其他可再生能源(如风能、太阳能)的联合调度显得尤为重要。通过充分发挥这些能源的互补性,系统整体效率可以得到提升,并且碳足迹得以有效降低。优化联合调度需根据水电站机组的发电能力与风能、太阳能等波动性电源的特性,合理安排发电计划,从而平衡电力负荷,最终实现低碳、清洁的电力供应^[1]。水电运行模式优化的设计,还必须充分考虑经济性,旨在最大化发电收入与系统的运营效益。优化过程中,水电的资本投资、运行维护成本以及能源市场的价格波动应综合评估,通过灵活的调度策略实现成本效益的最大化。具有较高灵活性和强大调节能力的水电站,能够在电力市场峰谷差异较大的情况下,参与调频、调峰等辅助服务,为电力系统带来额外的经济回报。为了进一步提升经济效益,优化设计还应重视智能化调度技术的应用。

2.2 低碳能源条件下的调度策略与方案

在低碳能源背景下,水电运行模式的优化调度策略显得尤为关键。其核心不仅在于如何高效利用水能资源,还需考虑与其他可再生能源(如风能、太阳能)的协调与互补。低碳能源的目标是减少化石能源的使用,并降低温室气体排放。因此,调度方案的设计要最大限度地提升水电的发电效益,同时确保系统的低碳排放与环境的可持续性。在实际调度过程中,水电作为一种调节性能源,通常需要与风能、太阳能等波动性较大的可再生能源协调运作。针对这一需求,低碳能源条件下的调度策略应重点关注负荷需求的动态变化与各类能源的波动特性,通过精准地预测与调度,实现能源的平衡供应。具体来说,多种方法可以被采用来优化发电与负荷的匹配。例如,智能调度平台结合大数据分析机器学习算法,可用于实时预测电力需求,并动态调整水电机组的运行方式,以满足电网对清洁能源的需求。当风电、太阳能发电不稳定时,水电可发挥重要的调节作用。通过提高水电机组的出力,电网的稳定性可

得到保障。同时,水电站的水库调度必须灵活调整,避免因过度放水造成水资源浪费,同时确保在电力需求高峰期,足够的电力能够及时提供,尤其是在干旱季节或水源有限时。为了实现低碳目标,调度方案还应考虑碳排放成本,优先调度低碳或零碳排放的能源,逐步减少高排放能源(如燃煤电厂)的使用。与此同时,结合储能系统(如抽水蓄能电站)与水电的联合调度,不仅能够有效缓解风能、太阳能的波动性,还能提升整个系统的能源利用效率。

2.3 水电与其他可再生能源的联合调度优化

在低碳能源背景下,水电与其他可再生能源的联合调度优化,是确保电力系统高效、稳定且低碳运行的关键策略之一。随着风能、太阳能等可再生能源的快速发展,它们的发电量呈现显著波动,这为电网的调度带来了更多复杂性。作为具备灵活调节能力的可再生能源,水电能够快速响应电力需求波动以及可再生能源发电的不稳定性,从而保障电网的稳定运行。在此背景下,水电与风电、太阳能等其他可再生能源的联合调度优化,能够最大化清洁能源的利用,减少对化石能源的依赖,并有效平衡各类能源的波动性,确保电力系统的安全、经济运营。优化联合调度的关键在于充分考虑各类可再生能源的发电特性及其互补性。例如,风能和太阳能的出力受天气、季节等因素的影响,具有较大的随机性,而水电的发电受限于水库蓄水量和水力条件,但具备更高的调节灵活性。通过精确的负荷预测与实时发电预测,水电、风电、太阳能等不同能源的发电组合可合理安排,从而降低对单一能源的依赖,提升系统的调节能力。当风电和太阳能发电量较高时,水电可适度减发,避免电力过剩;而在风电与太阳能发电不足的情况下,水电则能够迅速调节输出,弥补电力缺口,确保电力供应的连续性。联合调度优化不仅局限于发电端的协调,还需要综合考虑电网的运行状态、储能系统的调度及电力市场的需求响应等多个因素^[2]。随着智能电网、物联网、大数据和人工智能等技术的持续发展,联合调度的优化将愈加依赖于先进的计算模型与实时数据分析。

2.4 数字化技术在水电优化调度中的应用

在提升水电运行效率、降低能耗及保障电网稳定性方面,数字化技术的应用已成为至关重要的手段。在低碳能源背景下,水电调度面临的挑战日益复杂,传统的调度方法已难以满足实时性、精准性与灵活性的需求。为应对这一问题,引入数字化技术显得尤为关键。借助大数据、云计算、物联网及人工智能等先进技术,水电站运行数据的实时采集、分析与处理得以实现,从而为优化调度决策提供更加精准的支持。物联网技术使得水电站的各个环节能够进行实时监控与数据采集,涵盖水库水位、流量、发电机组运行状态等关键信息。通过传感器与监控系统,这些数据上传至云端平台,形成全球实时数据流,水电机组的运行情况与电网负荷状态及时反馈,帮助调度人员作出更精准的决策。大数据技术则使得对历史运行数据的深度挖掘与分析成为可能,潜在问题与优化空间得以识别,如水库水量变化趋势、发电效率及设备磨损等。通过对这些数

据的分析,调度系统可以进行更加精准的负荷预测与调度安排,从而提升水电机组的发电效率,并有效减少能源浪费。人工智能(AI)及机器学习技术的引入,使得水电优化调度具备了智能化决策的能力。通过对大量历史数据的学习与训练,AI系统能够预测水库蓄水量、气候变化、风光发电出力等因素对电网负荷的影响,并自动生成优化调度方案。这些方案不仅能够考虑电网负荷平衡,还能动态调整水电机组的发电出力,以应对可再生能源的波动性与不确定性,从而提升系统的稳定性与可靠性。

2.5 运行模式优化的多目标与多约束分析

在低碳能源背景下,水电运行模式优化面临着多目标、多约束的复杂挑战,合理的优化分析显得尤为关键。水电的运行优化不仅需要最大化发电效益,还需要平衡环境保护、系统安全、经济性等多方面的目标,而这些目标之间可能存在一定的矛盾与权衡。提升发电效率被视为水电站的核心目标,这要求在满足电力需求的基础上,尽可能高效地利用水能资源。然而,这一目标的实现必须在确保电网安全稳定运行的前提下进行。尤其是在与其他可再生能源(如风能、太阳能)协调时,水电必须有效应对其波动性与不稳定性,以避免电网负荷的过载或过低。这意味着,水电调度不仅需考虑发电效率,还需确保电力供应的可靠性,维持系统的平衡与稳定。水电的优化运行还受到环境保护的严格约束。具体而言,水库的蓄水与泄水操作需要综合考虑生态环境要求,如保护鱼类栖息地、改善水质等问题。在低碳能源框架下,如何在保障生态需求的同时,合理安排水电站的发电量,避免过度放水或水位过低,已成为优化过程中必须解决的关键问题。该过程不仅涉及水资源的可持续利用,还应关注对生态系统的长远影响。经济性同样是水电运行优化的重要方面之一。水电的经济效益通常与发电量、运行成本及维护费用息息相关。为实现优化,合理的调度方案必须被制定,控制成本支出,并最大化收益。然而,在实际操作中,设备老化、运行效率下降等因素也对经济性优化构成了制约,尤其是当设备和技术未能及时更新时,如何调整设备运行方式,以实现低成本高效益的目标,仍然是一个具有挑战性的课题。

2.6 水电优化运行模式的实施路径与策略

在低碳能源背景下,水电优化运行模式的实施路径与策略主要集中于提升水电资源的利用效率,并确保其在低碳能源体系中的调节作用得到充分发挥。实施路径应从水电系统的全面数字化改造着手,智能化调度系统应被采用,以实时监控水库水位、流量以及气象数据。通过数据分析与预测模型的应用,发电计划与运行方式可以得到优化。在此基础上,利用大数据与人工智能技术,负荷需求与水电资源能够精准匹配,从而最大限度地减少资源浪费,并避免系统的过载。此外,优化运行模式还需加强水电与其他可再生能源的协调调度。特别是在风能与太阳能发电波动较大的情况下,水电站的灵活调节能力显得尤为关键。通过快速启停及功率调节,电网的稳定性能够得到保障。水电站的调度模式应根据季节变化、气候条件以及电力需

求进行灵活调整^[3]。水库的调度与流量控制应合理安排,这不仅有助于水资源的高效利用,还能兼顾环境保护与水生生态的平衡。与此同时,优化运行模式还应整合先进的储能技术。通过利用抽水蓄能电站等储能设备,在电力需求低谷时能量得以储存,而在需求高峰时,能量则会被释放,从而平衡电网负荷并提高系统的整体运行效率。

3 水电优化运行模式的应用效果评估

水电优化运行模式的应用效果评估,是衡量优化策略是否达到预期目标的关键环节,涉及多个维度的综合分析。在评估过程中,发电效率被视为一个重要指标,通过对水电站发电效率的评估,优化运行模式是否有效提升了水电资源的利用率可以被判断。特别是在低碳能源背景下,评估应侧重于水电在减少碳排放、提升能源转换效率以及降低环境影响方面的贡献,重视这些方面的表现尤为重要。此外,电网运行的稳定性与经济性,也是评估中的关键内容。尤其在多种可再生能源接入电网的情况下,水电是否能够及时调节以应对负荷波动,并保持电网平衡与安全,成为了评估的核心要素。水电站在不同气候条件及季节变化中的表现,必须被分析,帮助判断其在水资源充足与不足时的调度灵活性。通过对不同运行模式下的电力供应成本、系统调度成本及维护费用进行比较,优化效果得以量化,经济效益与运营成本的平衡亦可得到深度评估。这些成本因素的对比,有助于全面了解优化措施对水电站经济性提升的影响^[4]。最后,生态环境影响的评估,作为优化效果评价体系中的重要组成部分,必须被重视。

4 结语

随着低碳能源的持续发展,水电在能源转型过程中扮演着日益重要的角色。本文分析了在低碳能源背景下对水电运行模式进行优化的必要性,提出了多项优化策略,包括合理的调度方案、提高数字化管理水平以及与其他可再生能源的协调调度等。尽管在实际操作中已经积累了一些经验,依然面临着水资源波动、跨区域协调等挑战。展望未来,随着技术的不断进步,水电系统的运行模式有望变得更加高效与灵活,从而更好地支持低碳能源体系的建设与发展。

【参考文献】

- [1] 李玲. 大水电绿色价值如何更好兑现[N]. 中国能源报, 2024-07-22(03).
- [2] 刘泳. 水电助力区域发电系统低碳转型研究与综合评价[D]. 陕西: 西北农林科技大学, 2024.
- [3] 刘畅. 低碳背景下水利水电工程建设中生态环境保护问题研究[J]. 环境与生活, 2023(12): 94-95.
- [4] 林文彪, 郑志文, 张亚超, 等. 含流域梯级水电的水火风联合低碳调度模型[J]. 科学技术与工程, 2023, 23(17): 7378-7384.

作者简介: 陈凡凡(1992.3—), 男, 毕业院校: 山西电力职业技术学院, 专业, 发电厂及电力系统, 就单位: 大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂(陇东南分公司), 职务: 运行主值班员, 职称级别: 助理工程师。

基于人工智能的水电站运行状态预测与优化调度研究

杨 林

大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂（陇东南分公司），甘肃 陇南 746412

[摘要]随着可再生能源的需求不断增加，水电在电力系统中的重要性逐渐提升。然而，水电站的运行受多种因素的影响，如水流变化、设备状态和负荷需求等，传统的调度方法已难以应对复杂多变的环境。近年来，人工智能技术，尤其是机器学习和深度学习算法，为水电站的运行状态预测与调度优化提供了新的解决方案。通过分析历史数据和实时信息，人工智能可以更准确地预测水电站的运行状态，并优化调度决策，提升发电效率，降低运维成本，确保系统稳定运行。本篇文章综述了基于人工智能的水电站运行状态预测与调度的研究现状，讨论了在应用过程中遇到的数据安全、算法可解释性等挑战，并展望了未来的发展方向。

[关键词]人工智能；水电站运行；状态预测；优化调度

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15200

中图分类号: TP183

文献标识码: A

Research on the Prediction and Optimization Scheduling of Hydroelectric Power Station Operation Status Based on Artificial Intelligence

YANG Lin

Longdongnan Branch, Bikou Hydropower Plant of Datang Gansu Power Generation Co., Ltd., Longnan, Gansu, 746412, China

Abstract: With the increasing demand for renewable energy, the importance of hydropower in the power system is gradually increasing. However, the operation of hydropower stations is affected by various factors, such as changes in water flow, equipment status, and load demand. Traditional scheduling methods are no longer able to cope with complex and changing environments. In recent years, artificial intelligence technology, especially machine learning and deep learning algorithms, has provided new solutions for predicting and optimizing the operation status of hydropower stations. By analyzing historical data and real-time information, artificial intelligence can more accurately predict the operating status of hydropower stations, optimize scheduling decisions, improve power generation efficiency, reduce operation and maintenance costs, and ensure stable system operation. This article reviews the current research status of artificial intelligence based operation status prediction and scheduling of hydropower stations, discusses the challenges encountered in the application process such as data security and algorithm interpretability, and looks forward to future development directions.

Keywords: artificial intelligence; operation of hydropower stations; state prediction; optimize scheduling

引言

随着全球对清洁能源需求的日益增长，水电作为重要的可再生能源，其在电力系统中的作用愈加重要。然而，水电站的运行面临着水流波动、负荷需求变化、设备状况等多种不确定因素，形成了复杂的运行环境。传统的调度方法，依赖于经验和固定规则，往往在快速变化且高度复杂的运行情境中显得效率低下。近年来，人工智能技术的迅速发展，为水电站的运行状态预测与优化调度提供了新的解决方案。通过机器学习和深度学习等技术，人工智能能够从海量历史数据中提取规律，准确预测水电站的运行状态，并根据实时信息动态调整调度策略。发电效率的提升、运营成本的降低、资源配置的优化，这一过程不仅能够实现，还能有助于确保系统的稳定性。基于人工智能的水电站运行状态预测与优化调度方法，本文将进行探讨，分析其实际应用中的优势与面临的挑战，并展望其未来发展方向。理论支持与技术保障的提供，期望通过这一研究，为水电站的智能化管理奠定基础，进而推动水电站运行效

率的提升与可持续发展。

1 基于人工智能的水电站运行状态预测方法

基于人工智能的水电站运行状态预测方法，主要依赖于对水电站历史数据的深入挖掘与分析。通过运用机器学习、深度学习等技术，高精度的预测模型得以建立，从而实现各类运行状态的实时预警与优化调度。在实际应用中，水电站的运行状态受水流量、发电机组转速、设备温度、压力等多个动态因素的影响，这些参数通常具有非线性、时变性及复杂的内在关联。传统的统计方法难以应对这种高度复杂的数据结构，而人工智能，尤其是深度学习方法，在处理高维、非线性及时序数据时表现出了明显优势。具体而言，机器学习算法，如支持向量机（SVM）和随机森林（RF），通过训练大量历史数据，能够有效提取水电站运行状态与外部环境之间的潜在关系，从而实现较为精准的状态预测。这些算法在处理大规模、多维度的数据时具有显著优势，能通过分类或回归分析，为水电站的运行状态提供定量评估。深度学习方法，诸如长短期记忆

网络 (LSTM) 与卷积神经网络 (CNN), 在捕捉时间序列数据的时序性与空间特征方面, 展现了其独特的强大能力。水流量波动及设备故障等问题的预测精度, LSTM 能够有效处理水电站运行中长期的依赖关系; 而 CNN 则通过卷积层自动提取数据中的深层特征, 进一步提升了预测的准确度。此外, 水电站的状态预测不仅依赖于实时监测数据, 还需要对历史数据进行充分的预处理和特征提取。数据预处理的过程, 包括去噪、填补缺失值与数据标准化等步骤, 这些操作有助于提高模型的稳定性与准确性。在特征选择方面, 人工智能技术通过特征工程与自动化学习, 能够识别出最具预测价值的特征, 减少冗余数据对模型的干扰, 从而进一步优化预测效果。尽管人工智能在水电站运行状态预测中展现了巨大的潜力, 技术挑战仍然存在。例如, 水电站监测设备的精度与数据采集频率, 直接影响着模型的训练质量, 数据的不完整性或误差可能导致预测结果的不准确。另外, 提高人工智能模型的可解释性, 使其能够为工程技术人员提供更具操作性的决策支持, 依旧是一个亟待解决的难题。

2 基于人工智能的水电站优化调度方法

基于人工智能的水电站优化调度方法, 通过智能化的算法与模型, 显著提升了水电站的运行效率, 减少了能源浪费, 并增强了应对复杂动态环境变化的能力。传统的调度方法, 通常依赖人工经验或基于规则的优化模型, 虽然能够在一定程度上保障发电的安全性及效率, 但面对大规模、多目标、时变性以及不确定性等复杂问题时, 其灵活性与实时响应能力显得较为不足。随着人工智能技术, 尤其是机器学习与深度学习在多维数据建模与决策优化中的应用不断进步, 水电站的调度不仅变得更加精准, 且具备了更高的效率。在优化调度过程中, 人工智能算法通过分析历史数据、实时监控信息及外部环境的变化, 水电站的发电计划得以动态调整。例如, 基于强化学习的调度方法, 能够在复杂环境下自我学习与优化, 通过智能地选择最优运行策略, 既提高了发电效益, 也减少了对环境的负面影响。通过与环境的互动, 强化学习算法评估不同策略的回报, 从而在各种可能的情境下做出最优决策。与传统方法相比, 强化学习调度策略能够更好地应对水流变化、负荷波动以及设备故障等动态因素, 进而在不确定性与多目标的情况下, 最佳的平衡点被找到。深度学习方法, 尤其是长短期记忆网络 (LSTM) 与卷积神经网络 (CNN), 在水电站优化调度中的应用也展现了显著的优势。时间序列数据中的长时间依赖关系, LSTM 能够有效处理, 这使其特别适合水电站这种受季节性与气候变化等长期因素影响较大的系统^[1]。通过学习历史负荷与发电量等数据, LSTM 能够预测未来的负荷需求与水资源变化, 为调度决策提供更加精准的支持。擅长从复杂的多维数据中提取深层次特征的 CNN, 特别在同时考虑多个电站及不同机组的调度时, 能够通过卷积层捕捉各维度之间的关联性, 从而优化资源配置, 提升调度精度。此外, 结合多目标优化技

术, 人工智能方法能够解决发电效率、经济性、安全性等多个目标之间的冲突问题。在实际应用中, 调度不仅仅是为了最大化发电量, 还需平衡电网负荷、维护计划及环境保护等约束条件。通过集成学习等方法, 人工智能能够在多目标、多约束的情境下, 找到一组最优解, 确保水电站的运行既提高经济效益, 又保障系统的安全与稳定。尽管基于人工智能的优化调度方法展现了巨大的潜力, 但在实际应用中, 依然面临一些挑战。首先, 数据的质量与时效性问题不容忽视, 水电站需要实时采集大量监测数据, 而这些数据往往受到传感器故障、网络延迟等因素的影响, 可能导致模型训练与预测的偏差。其次, 人工智能算法的可解释性仍然是一个难题, 尽管这些算法能提供高效的决策支持, 但其决策过程通常较为复杂, 缺乏透明度, 难以让工程师完全信任其结果。最后, 随着水电站系统规模的不断扩大, 调度问题的复杂性也在增加, 如何提高人工智能模型的计算效率, 使其能够在大规模系统中实时响应, 已成为当前研究中的重要课题。

3 水电站运行状态预测与优化调度的挑战

3.1 持续优化与预测精度提升的挑战

在水电站的运行状态预测与优化调度过程中, 持续提升预测精度一直被认为是一个重大挑战。水电站的运行状态受到多重复杂因素的影响, 这些因素包括自然环境、设备状况、负荷需求及季节变化等, 通常表现出高度的动态性与不确定性。在这样的多变环境下, 保持预测的高精度, 成为了技术上的难题。水电站的运行数据, 具有高维度、多源以及时变性的特点。随着时间的推移, 水流量、发电负荷、设备状态等数据会不断变化, 要求预测模型能够持续适应新的数据模式。与此同时, 模型的更新与优化, 也会消耗大量的计算资源与时间, 这无疑增加了实施的难度。此外, 数据质量, 被认为是影响预测精度的关键因素。在实际运行过程中, 传感器故障、数据缺失及噪声干扰等问题, 往往导致模型训练时产生偏差, 从而影响预测结果的准确性^[2]。水电站运行数据的复杂性, 使得人工智能算法难以全面捕捉到所有特征与规律, 尤其在面对极端工况或突发事件时, 模型的鲁棒性与准确性, 常常难以得到保障。

3.2 人工智能算法的可解释性问题

人工智能算法的可解释性问题, 已成为水电站运行状态预测与优化调度中的一大挑战。尽管深度学习、强化学习等算法在提升预测精度与优化调度方面取得了显著成效, 这些算法常常被视为“黑箱”, 其内部工作原理及决策过程, 往往难以被人类理解或追溯。在水电站这一高风险、高复杂度的工业环境中, 人工智能模型的决策不仅仅是对数据的处理, 它们直接影响着发电效率、设备安全以及能源调度等关键环节。因此, 如何提高算法的可解释性, 显得尤为重要。对于工程技术人员来说, 理解人工智能模型的决策过程至关重要, 这不仅关系到模型在复杂环境中的信任度, 也决定了其是否能够被验证与应用。当模型做

出与实际情况或预期不符的决策时,工程人员通常难以追溯其原因或及时调整策略,从而影响决策的有效性与可靠性。此外,水电站的运行状态涉及多个变量和约束条件,在人工智能算法的求解过程中,复杂的特征融合与权重调整,往往使得其结果对非专家来说更难以理解与解读。

3.3 数据隐私与安全性问题

数据隐私与安全性问题,已成为水电站运行状态预测与优化调度中面临的另一大挑战。随着智能化技术的广泛应用,水电站的运行数据、设备监控信息以及外部环境数据等大量敏感信息,实时被采集、传输并存储。这些数据通常包含了水电站的运行机密、设备性能、发电量以及电网负荷等关键内容。一旦这些数据泄露或遭到非法篡改,可能带来严重的安全风险,影响水电站的正常运行,甚至对电力系统的稳定性及能源供应的安全性造成威胁。数据的隐私性与完整性,在这一过程中面临着极大风险。尤其是在多个水电站协同调度或跨区域数据共享的背景下,数据传输往往可能遭遇网络攻击或篡改。随着智能化水平的提升,更多的第三方服务商和云平台参与到数据存储与分析中,这使得数据的管理与控制愈加复杂^[3]。在这种情境下,如何确保数据在采集、传输、存储及处理各环节中的安全性,防止敏感信息泄露或滥用,已成为亟待解决的关键问题。水电站的运行,涉及庞大的经济利益及社会稳定。任何在数据隐私与安全性方面的疏漏,均可能对国家能源安全与社会秩序产生严重后果。

3.4 多源数据融合与处理技术的突破

水电站运行状态预测与优化调度中的一大挑战,源自多源数据融合与处理技术的突破。随着智能化及信息化技术的不断进步,水电站的运营数据已不再仅依赖单一来源,而是涵盖了多个传感器、监控系统、气象数据、电网信息及历史运行数据等多个渠道。这些数据,在格式、维度、采集频率与质量方面,存在显著差异,且彼此之间复杂的时空关系,使得整合工作愈加困难。如何有效融合来自不同来源与层次的数据,确保其准确性与一致性,已成为提升水电站运行状态预测与优化调度精度的关键所在。数据融合的过程,绝不仅仅是简单地合并不同数据源。更多的是在多种数据类型之间寻找潜在关联与规律,解决噪声、缺失值以及不一致性等问题。同时,还需确保在数据处理过程中保持时效性与完整性。水电站运行环境的复杂性,尤其是数据的动态性与实时性,进一步加大了多源数据融合的难度。例如,水流量、天气状况、机组负荷等因素的实时变化,都会直接影响数据的时效性与预测的准确性。

4 水电站运行状态预测与优化调度的发展趋势

水电站运行状态预测与优化调度的未来发展,将愈加依赖人工智能、物联网、云计算等前沿技术的深度融合。随着数据采集与传输技术的不断创新,更加精准与全面的运行数据,将能够实时获取,为预测与调度提供更加可靠的基础。尤其是深度学习与强化学习等人工智能算法的广

泛应用,将显著提高预测模型的准确性与智能化水平,尤其在处理复杂非线性关系、时序数据与多目标优化等方面,展现出强大的潜力。物联网技术的进步,将使水电站的各类设备实现更高效的互联互通。传感器的布置将更加完善,实时监控与远程诊断的能力,也将变得更为精准。这不仅能够为预测模型提供设备运行状态及外部环境变化的实时数据,还能为及时调整调度策略提供有力支持。与此同时,结合云计算与大数据处理技术,水电站将能够实现跨区域、跨系统的数据共享与计算,打破传统局部优化的局限,推进全局性、系统性的智能调度^[4]。展望未来,水电站将朝着更加智能化与自适应的方向发展,预测与调度的范畴,将不再仅仅局限于电力生产优化,而将扩展到水资源管理、环境保护、设备维护等多个领域,最终实现全方位的综合优化。随着技术的成熟与数据安全保护措施逐步完善,人工智能与智能调度系统的可解释性与透明度将不断提升,进而推动这些技术的广泛应用与社会信任的建立。

5 结语

基于人工智能的水电站运行状态预测与优化调度研究,凸显了智能化技术在水电行业中的广泛应用前景。通过借助机器学习与深度学习等人工智能算法,水电站能够实现更为精准的运行状态预测,并在调度优化方面达到更高效的水平,从而有效提升发电效率、降低运营成本,并保障电网的稳定性。然而,数据隐私与安全性问题,以及算法的可解释性等方面的挑战,依然是当前技术应用中亟待解决的难题。随着相关技术的不断进步,未来人工智能将在水电站智能化管理中发挥愈加重要的作用,推动水电行业朝着更加智能化与绿色化的方向迈进。

[参考文献]

- [1]邱莘文.大数据时代计算机智能化水电站监控系统的应用研究[Z]//中国水力发电工程学会自动化专业委员会.中国水力发电工程学会自动化专委会2022年年会暨全国水电厂智能化应用学术交流会会议论文集.雅砻江流域水电开发有限公司;,2022:3.
 - [2]柏建双,阮凡,王贵.智能电站——人工智能在水电站中的应用研究[Z]//中国水力发电工程学会自动化专业委员会.中国水力发电工程学会自动化专委会2021年年会暨全国水电厂智能化应用学术交流会论文集.雅砻江流域水电开发有限公司;,2021:5.
 - [3]周杰.基于人工智能的水电站电气设备无人运行方法研究[J].电气技术与经济,2024(10):142-144.
 - [4]周杨,任晓亮.智能技术在水电站优化调度与能效提升中的应用[J].集成电路应用,2024,41(9):160-161.
- 作者简介:杨林(1993.1—),男,毕业于兰州交通大学博文学院,所学专业:水利水电工程,目前就职于大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂(陇东南分公司),职务:运行值班员,职称级别:助理工程师。

水利工程施工成本的预算及控制要点探究

陈嘉林

新疆北方建设集团有限公司, 新疆 伊犁 833200

[摘要]随着我国水利建设的快速发展, 水利工程项目的规模不断扩大, 投资额持续增加, 施工成本的预算与控制因此变得日益复杂。面临的挑战包括材料价格波动、劳动力短缺以及施工延期等问题, 这些因素常常导致预算超支。部分施工管理人员缺乏足够的成本控制意识, 相关制度的不完善也加大了成本管理的难度, 为此, 先进的管理技术已被引入, 如 BIM 技术和智能化监控手段, 这些技术为提升成本控制水平提供了新的方法与思路。因此, 分析当前成本控制中存在的问题并提出优化方案, 从而推动水利工程项目的实施。

[关键词] 水利工程; 成本预算; 控制要点

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15197

中图分类号: TU71

文献标识码: A

Exploration on Budget and Control Points for Construction Costs of Water Conservancy Projects

CHEN Jialin

Xinjiang North Construction Group Co., Ltd., Ili, Xinjiang, 833200, China

Abstract: With the rapid development of water conservancy construction in China, the scale of water conservancy projects continues to expand, investment continues to increase, and the budgeting and control of construction costs have become increasingly complex. The challenges faced include fluctuations in material prices, labor shortages, and construction delays, which often lead to budget overruns. Some construction management personnel lack sufficient cost control awareness, and the imperfection of relevant systems has also increased the difficulty of cost management. Therefore, advanced management technologies have been introduced, such as BIM technology and intelligent monitoring methods, which provide new methods and ideas for improving the level of cost control. Therefore, analyzing the current problems in cost control and proposing optimization solutions can promote the efficient implementation of water conservancy engineering projects.

Keywords: water conservancy projects; cost budget; control points

引言

水利工程作为基础设施的核心部分具有深远的影响力, 直接关系到国家的经济发展与社会进步。随着项目规模的不断扩大以及施工环境日益复杂, 施工成本的预算与控制已成为确保工程顺利推进的关键因素。有效的成本管理不仅能够确保项目按时、按质、按预算完成, 还能够提升资源使用效率减少浪费。在和田地区昆玉市的 225 团场外沉沙调节池、224 团二期沉沙调节库施工管理过程中, 成本预算事前控制不强、施工过程中成本耗用统计不及时、成本管理机制协调联动不充分、成本核算管理意识的不足等, 这些问题都对成本控制效果产生了负面影响。优化水利工程施工成本预算与控制的策略, 提升管理水平已成为亟待解决的关键课题。

1 水利工程施工成本预算及控制的重要性

水利工程的施工成本预算与控制作为项目管理的核心组成部分, 直接影响着工程的顺利实施与经济效益的实现。精准的成本预算为资金规划提供了明确的方向, 使资源能够合理分配, 避免了资金短缺或浪费的风险。水利工程通常涉及庞大的工程规模、较长的施工周期及复杂的工作环节, 从设计到施工再到后期的维护, 成本控制都会对

项目的整体效益产生深远影响。若预算编制不合理或未能及时调整可能会导致成本超支, 甚至影响工程进度与质量而造成资源的浪费。在施工阶段, 严格的成本控制被视为确保项目按计划推进的关键, 水利工程建设往往受到天气、地质条件等不可预见因素的影响, 如果缺乏有效的成本管理, 资源配置不当、人员不足或材料价格波动等问题可能导致工期延误, 这不仅会推高整体成本且还可能影响项目的最终完成, 成本控制的精度决定了施工过程中项目进度与收益的高低, 完善的成本预算与控制体系为项目的风险管理奠定了坚实的基础。水利工程实施过程中, 常常面临技术风险、政策变化、自然灾害等多重不确定因素, 只有在预算中充分考虑并预留风险储备, 项目才能在突发事件发生时及时应对防止损失扩大。有效的成本控制不仅需要现阶段开支进行管理, 还必须为未来的不确定因素预留资金, 从而增强项目的抗风险能力。

2 水利工程施工成本预算及控制中存在的问题

2.1 成本预算管理过程中缺乏有效监管

在水利工程施工过程中, 成本预算管理常常面临监管不到位的问题。项目管理层对预算执行的监督未能严格到位, 导致实际支出与预算之间的差距未能及时发现或纠正。

许多项目中一旦预算制定完成,缺乏持续的跟踪与审查从而在施工过程中容易出现超支或不必要的资源浪费。由于监管机制的缺失,施工单位在预算执行时可能出现随意性,某些环节甚至可能遗漏或低估预算,最终影响了工程的成本控制效果。项目规模庞大且涉及的人员与环节众多,使预算管理中的责任划分常常不够清晰,不同部门或分包单位在执行预算时,缺乏有效的协调与监管,结果导致成本核算的混乱,相关数据也缺乏透明度。尤其在施工阶段,现场管理人员与预算执行人员之间的信息不对称,令预算执行的实际情况难以迅速反馈给管理层,进而导致问题积累和发展难以及时调整或修正。在部分项目中,预算编制时未进行充分的前期调研与风险评估,导致实际施工过程中出现与预算计划不符的情况,未能及时发现这些偏差或问题,也使项目管理层未能有效采取措施进行调整,从而使预算执行失去控制。由于监管体系的不完善以及执行过程中的松懈,预算过程中的漏洞未能得到及时弥补,最终影响了成本控制的实际效果。

2.2 施工管理人员缺乏成本控制的意识

在许多水利工程项目中,施工管理人员未能充分意识到成本控制的重要性,这在一定程度上导致了资源浪费与预算超支现象的发生。许多管理人员在日常工作中往往将焦点集中于工程进度和质量,忽视了成本控制的核心作用。对于他们而言成本控制通常被认为是财务部门的职责,而施工现场的成本支出似乎与其工作内容关系不大,正是这种误解使他们在管理过程中未能主动关注成本的波动,甚至在面临超预算问题时,也未及时采取必要的措施加以调整。与此同时,许多施工管理人员对预算编制与执行缺乏足够的理解与关注,未接受过系统的成本管理培训且未树立节约成本的意识,使他们在施工过程中未能有效识别潜在的浪费问题。材料浪费、人工效率低下等情况往往被忽视,管理人员更关注任务的完成,而非预算执行的规范性及偏差的及时调整。如此一来工程的成本往往在不经意间失控逐渐超出预期。另外,部分施工管理人员对成本控制的长期影响缺乏全面的认识,往往只注重短期施工目标,而忽略了成本控制从全局到长期的深远意义。为加快进度,一些管理人员可能选择忽视设备的合理使用或材料的精确配比,尽管短期内任务能够完成,但却在长期内造成了不必要的成本增加。因此,缺乏成本控制意识不仅导致当期支出的失控,还直接影响到项目的整体经济效益。

2.3 成本预算管理制度不完善

在水利工程施工中,成本预算管理制度的不完善是导致成本失控的关键原因之一。许多项目缺乏系统化的预算管理流程及明确的制度规范,导致预算的制定、审批与执行环节之间衔接不畅,在预算编制过程中统一标准的缺乏使不同项目或施工单位根据各自的理解与经验进行编制,缺少统一的模板或指导原则,这一现象导致在执行过程中,

各方难以进行有效的对比与审查进而影响了预算的准确性与可操作性。在项目实施阶段,成本预算调整机制的滞后也是一个重要问题,水利工程项目通常面临复杂的施工环境及不可预见的风险,要求预算能够灵活调整以应对不断变化的实际情况,但现有的管理制度未能及时调整预算,也未建立清晰的调整流程,在预算偏差出现时缺乏有效的追踪与反馈机制,使预算调整滞后错失了修正时机,这种管理滞后性使得项目实际成本与预算之间的差距不断扩大,最终影响项目的整体经济效益。同时成本预算管理制度执行力度的不足也是导致预算失控的另一个关键因素,尽管许多项目已制定了相关的成本控制规定,但在实际执行过程中缺乏有效的监督机制。管理人员发现成本预算执行不到位时,往往未采取必要的纠正措施,或者未能严格按预算进行控制与约束。即便制度框架存在,实际执行时却形同虚设,未能操作层面形成有效的成本管理最终导致项目成本失控。

3 加强水利工程施工成本预算及控制优化措施

3.1 完善成本管理体系,树立科学的成本管理理念

为了有效提升水利工程项目的成本控制水平,完善的成本管理体系及科学的管理理念至关重要。一个完善的成本管理体系为项目的预算编制、执行、监控与调整提供了清晰的操作框架,通过对成本管理流程的标准化与系统化,确保了每个环节的顺畅进行,有效避免了成本控制中的漏洞,该体系不仅涵盖预算的各个阶段,还与项目的进度、质量及风险管理紧密相连,形成了一个相互支撑的整体,从而确保了成本管理在整个项目生命周期中的贯穿性。科学的成本管理理念应当从项目启动之初深入每个参与者的意识中,项目管理人员、施工团队及分包单位需明确,成本控制不仅仅是财务部门的职责,而是每个项目成员共同的责任,这种全员参与的管理模式要求每个环节都时刻保持对成本的关注与责任感。例如,在项目初期,应根据具体情况设定合理的预算目标,并在执行过程中根据实时数据灵活调整,而非依赖事后的财务报告进行修正。科学的成本管理理念提倡预见性、灵活性与持续性,要求管理者不仅关注当前资金的流动,还应能及时应对未来可能出现的风险与变化^[1]。科学的成本管理理念的落实,还必须依赖先进的管理工具与信息化技术,才能提高管理的精准度与透明度。例如,通过 BIM(建筑信息模型)技术、项目管理软件等手段,能够实时监控与分析项目成本,确保管理决策更加精准高效。借助数据化与智能化手段,潜在的成本风险可被有效识别,并及时采取相应措施进行预算调整,从而确保了项目预算的严格执行与成本控制的科学性。

3.2 制定合理的目标成本预算与预算控制机制

在水利工程项目中,制定合理的目标成本预算及预算控制机制,成为确保项目顺利完成并避免超支的关键。合理的目标成本预算应以充分的前期调研与准确的数据分析为基础。项目的规模、复杂度、施工环境以及外部因素

等, 均需在预算编制阶段加以考虑, 通过借鉴历史数据、分析市场行情及评估项目风险, 能够设定切实可行的成本目标。只有在预算制定阶段充分预见到可能出现的成本波动, 才可为后期执行奠定坚实基础, 从而避免出现难以控制的成本超支问题。预算控制机制的制定不仅应确保预算执行有序进行, 还应具备必要的灵活性与适应性。随着项目的推进, 施工环境与实际情况可能发生变化, 若预算控制机制过于僵化, 则难以应对突发情况, 进而影响成本控制的效果^[2]。因此, 预算控制机制应包括定期审核与动态调整的流程, 确保预算与实际支出始终保持高度一致。此机制不仅应涵盖直接成本, 如人工、材料与设备费用, 还应包括间接成本及风险准备金的管理, 通过定期核查成本、及时反馈偏差, 管理层能够尽早发现问题并采取相应的调整措施从而避免成本失控。预算控制机制还应确保各部门、施工单位与分包商之间的有效协调与信息共享, 通过建立透明的信息流动渠道, 所有相关方得以及时掌握预算执行情况, 能够及时汇报问题并作出调整。

3.3 加强施工队伍及分包单位的选择与管理

在水利工程施工中, 选择合适的施工队伍及分包单位并对其进行有效管理, 是实现成本控制的关键保障。在项目启动初期, 施工队伍和分包单位的选择至关重要, 因其不仅直接关系到工程的质量与进度, 还对项目的成本控制产生深远影响, 选择合适的队伍应基于其资质、经验、过往项目的表现及成本控制能力, 而低价格并非唯一的选择标准。项目管理者应重点关注其在类似项目中的成本管理能力及履约情况, 那些能够在预算内高效完成任务的团队, 通常具备出色的资源调配与问题解决能力, 能够有效减少施工过程中的隐性成本。在选择合适的队伍之后管理工作同样不容忽视, 即便选择了有能力的队伍, 若管理不到位仍可能导致成本失控。施工过程中应加强对分包单位的监督, 确保其严格按照合同条款执行, 避免出现偷工减料、资源浪费或工期拖延等问题。项目管理层应定期检查各分包单位的成本控制情况, 确保遵循预算执行并及时调整与反馈偏差, 合同管理是成本控制的重要环节, 施工合同中应明确规定成本控制措施及奖惩机制, 确保主承包单位与分包单位的目标一致, 从而共同推动成本控制。在施工过程中, 成本控制不仅仅是财务部门的责任, 所有参与方都应清楚自己的角色与责任, 及时汇报问题与进展, 通过加强各方之间的沟通与协调, 可减少信息不对称及执行不力所导致的成本浪费, 从而提升整个项目的成本管控效果。

3.4 加强人工、材料、设备的成本控制

在水利工程项目中, 人工、材料和设备是构成总成本

的三大核心要素, 对这些成本的有效控制关系到项目整体经济效益的实现。人工成本的管控不仅仅依赖于工人的工资水平, 更多地涉及人员的合理配置、工时管理的优化以及施工方案的科学安排, 精细规划施工流程, 减少工期中的闲置时间和重复劳动, 劳动效率得以显著提升, 从而降低不必要的人工开支, 且工程质量与安全得以保证。同时加强工人技术培训, 提升其专业能力能够有效避免因技术不熟练所导致的返工问题, 进一步减少成本浪费^[3]。材料成本的管理涵盖了从采购到使用的各个环节, 要求精益求精。市场调研应深入进行, 选择性性价比高且质量可靠的供应商, 避免因采购不当或材料质量问题带来的成本增加, 在施工过程中材料管理同样至关重要, 运输、存储与使用过程中必须严格控制, 以防浪费与损失, 通过建立完善材料验收与库存管理制度, 材料可按需采购、合理分配, 避免因存储不当或采购过量而导致的浪费。对于设备成本的控制, 关键在于合理选择设备种类并优化使用计划, 设备选择时不仅应考虑租赁费用和使用寿命, 还应综合评估其维护成本、能效等因素。合理调配设备与租赁周期的安排, 闲置设备所产生的费用可得以有效避免, 定期检查与维护设备不仅有助于延长其使用寿命, 还可减少故障率, 避免因设备问题引发的高昂维修费用与停工成本。

4 结语

水利工程的施工成本预算与控制, 直接影响着项目的经济效益及其顺利实施。本文探讨了当前施工成本管理中存在的主要问题, 其中包括监管缺失、管理人员缺乏成本控制意识以及预算制度的不完善等, 并提出了相应的改进措施。完善成本管理体系、制定科学的预算控制机制、加强施工队伍及资源管理、并强化各个施工阶段的成本监控, 成本控制水平得以有效提升, 确保项目能够按预算顺利完成。随着技术的不断进步, 水利工程的成本管理逐步朝着精细化与智能化发展, 最终为项目的可持续性提供了坚实的保障。

[参考文献]

- [1] 谭成宇. 水利工程施工成本的预算及控制要点探究[J]. 营销界, 2022(22): 106-108.
- [2] 樊丹丹. 水利工程施工成本预算及控制对策[J]. 水利水电快报, 2022, 43(1): 60-61.
- [3] 闫红. 论水利工程施工成本的预算及控制对策[J]. 财经界, 2020(28): 48-49.

作者简介: 陈嘉林 (1976.6—), 男, 毕业院校: 吉林大学, 所学专业: 土木工程, 当前就业单位: 新疆北方建设集团有限公司, 职务: 项目经理, 职称级别: 高级工程师。

水电站电能质量管理与运行优化技术研究

岳永卫

大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂（陇东南分公司），甘肃 陇南 746412

[摘要]水电站在全球能源转型中发挥着至关重要的作用，随着电力系统日益复杂，电能质量问题变得愈加突出。频率波动、电压不稳定及谐波污染等问题，不仅威胁到系统安全还加重了设备的负荷，导致了运行成本的上升。通过采用自动发电控制（AGC）技术、电压调节与无功功率优化、谐波治理等先进手段，电能质量能够得到有效改善，系统的稳定性得以保障。随着数字化与智能化技术的迅猛发展，数字化监控系统及优化控制策略为电能质量管理提供了全新的解决方案，进一步促进了电力系统的高效与绿色发展。

[关键词]水电站；电能质量；优化技术

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15196

中图分类号: TM732

文献标识码: A

Research on Power Quality Management and Operation Optimization Technology for Hydropower Stations

YUE Yongwei

Longdongnan Branch, Bikou Hydropower Plant of Datang Gansu Power Generation Co., Ltd., Longnan, Gansu, 746412, China

Abstract: Hydropower stations play a crucial role in the global energy transition, and with the increasing complexity of the power system, power quality issues have become more prominent. Frequency fluctuations, unstable voltage, and harmonic pollution not only threaten system safety but also increase equipment load, leading to an increase in operating costs. By adopting advanced methods such as automatic generation control (AGC) technology, voltage regulation and reactive power optimization, harmonic control, etc., the power quality can be effectively improved and the stability of the system can be guaranteed. With the rapid development of digital and intelligent technologies, digital monitoring systems and optimized control strategies provide new solutions for power quality management, further promoting the efficient and green development of the power system.

Keywords: hydropower stations; power quality; optimization technology

引言

随着全球能源结构的转型，作为重要可再生能源来源的水电站正面临电能质量与运行优化的双重挑战。频率波动、电压波动及谐波污染等电能质量问题，严重影响了电网的稳定性及设备的运行效率，提高水电站电能质量，优化其运行模式不仅有助于确保系统的稳定性，还能显著降低运行成本提升经济效益。因此，将探讨电能质量管理与运行优化的相关技术，结合 AGC 控制、电压调节、谐波治理等先进技术，提供切实可行的解决方案，从而推动水电站实现高效与稳定的运行。

1 电能质量管理的基础理论

电能质量管理的基础理论侧重于研究电力系统运行过程中各种因素对电能质量的影响并提出相应的控制方法，确保电力设备高效运作并稳定地满足用户的用电需求。电能质量主要包括电压、频率及波形的稳定性，关键指标涵盖了电压偏差、频率偏差、谐波含量以及三相不平衡度，这些指标不仅反映了电能传输的技术水平，也直接影响电力设备的使用寿命与运行效率。在水电站的运行过程中，电能质量问题尤为突出，原因在于负荷波动、发电机组调节能量的差异以及电网系统特性的复杂性等多种因素，通

过建立完善的监控机制与指标体系，结合先进的控制算法与优化技术，电能质量得以有效提升，用户端的影响得以减少，从而增强了电力系统的稳定性与经济性。

2 水电站电能质量管理关键技术

2.1 电压调节与无功功率优化技术

自动电压控制（AVC, Automatic Voltage Control）在电力系统中的作用至关重要，能够通过自动调节发电机励磁、电网无功补偿装置的输出及变压器分接头等设施保持电网电压的稳定性。AVC 系统依托闭环调节过程逐步优化电网中的无功功率，最终实现无功电压潮流的优化，该技术依赖于自动设备及电压设定值的约束条件，实时调整电网电压以确保系统的平衡与稳定运行，避免电压波动过大，从而保障电力系统的安全性。在电厂中，AVC 系统的投入与退出受到严格控制，全厂 AVC 系统的投入前提是至少一台机组的自动发电控制（AGC）功能已启动。AVC 控制权的分配可由电厂本地或远程调度控制，具体取决于调度命令。在远程调度模式下，系统根据调度指令进行电压调节；而在本地控制模式下，电压设定值由电厂自行决定，无论控制模式为何种形式，AVC 装置的操作均必须严格遵循省调指令以确保调节过程与电网需求保持一致。AVC 系

统的主要技术参数包括母线电压的正常调压系数、紧急调压系数、电压设定值的上下限以及无功功率的调节范围等,具体参数配置涵盖了机组无功功率的最大值、最小值、调节死区以及电压调整的上限与下限等,以确保电压调节过程的精确性。为了保证 AVC 系统的有效运行,机组间的无功调节必须协调一致,避免发生逆向调节的情况。在 AVC 系统的日常运行中,必须确保机组之间的无功调节协调一致,以保持电压调节的稳定性。如果发生设备故障或其他异常情况,必须及时向省调报告并执行电压调整控制,通常 AVC 装置采用闭环控制模式,一旦进入该模式,除非特殊情况出现,否则不能随意退出。如果发生通讯中断或设备故障,AVC 系统将自动切换至预设的电压曲线进行调节,直到恢复正常操作。

2.2 谐波治理与滤波技术的应用

谐波治理与滤波技术在水电站电能质量管理中发挥着至关重要的作用。电网电压波形的畸变往往是由谐波的出现引起的,它不仅增加了设备的损耗,还可能导致系统共振,危及电力系统的安全与稳定。为有效解决这一问题通常采用谐波治理与滤波技术,在这些技术中无源滤波器(Passive Filters)因其结构简单、成本较低广泛用于特定频率谐波的抑制。与之相比有源滤波器(Active Filters)凭借其动态补偿能力及对多次谐波的高效控制,已成为现代谐波治理中不可或缺的工具。混合滤波技术则结合了无源与有源滤波器的优势,在复杂电网环境中展现了更强的适应性与经济性。

2.3 自动发电控制(AGC)技术

自动发电控制(AGC)技术在电力系统中扮演着至关重要的角色,主要目标是通过实时调节发电机组的输出功率,确保有功功率与无功功率与负荷需求匹配,从而实现频率的稳定与电压的控制。基于先进的监控设备与通信系统,AGC 技术实时采集诸如频率偏差、联络线潮流等关键参数,利用控制算法生成调节指令,并将其分配给各机组执行。水电站由于具备快速响应与强大调节能力,成为实施 AGC 技术的理想场所,在实际应用中通过优化 AGC 参数与协调多机组的运行,结合经济调度策略,电网的动态响应能力得以显著提升,同时运营成本得以降低,从而为电网的稳定与高效运行提供了有力的技术保障。

2.4 水电站机组调节能力的评估与提升

水电站机组调节能力的评估与提升是确保电能质量的核心环节。评估内容主要包括调频性能、调压能力及响应速度等方面,通常通过动态性能测试、运行数据分析与仿真模型验证等手段来进行,在评估过程中重点关注的是机组在不同负荷条件下的动态特性与稳定性,进而判断其在复杂工况下的调节潜力。为了提升机组的调节能力,优化措施需从多个方面进行,这包括提升调速器与励磁系统的性能、更新控制算法,及加强关键部件的维护与检修。现代技术,如数字化仿真与在线监测,已能更精确地识别影响调节能力的瓶颈,进而采取针对性的改进措施。

3 水电站运行优化技术研究

3.1 AGC 运行原理与优化策略

AGC(自动发电控制)技术的运行原理依赖于实时调节发电机组的有功与无功功率输出,以确保电网频率的稳定并满足负荷需求。核心机制是通过与电网调度信号的交互,结合机组调速器与励磁系统的联动,动态优化发电机组的出力。优化策略的设计需要综合考虑电网频率波动、负荷分配原则以及机组的调节能力,常见的优化方法包括提高控制算法的响应速度,合理调整负荷分配以缩短振荡区的运行时间,此外,还需增强系统对突发负荷变化的适应性,通过利用现代智能技术,如人工智能与大数据分析,AGC 参数能够实时优化从而减少不必要的调节动作并延长设备寿命。

3.2 全厂 AGC 投入、负荷分配与联合振动区优化

全厂 AGC 的实施目的是优化机组间的协调运行,合理调整负荷分配以提升电力生产效率并确保电网的稳定。负荷分配应根据每台机组的调节能力、出力特性以及当前运行工况进行动态调整,最大限度地减少机组在低效状态下的运转时间。联合振动区的优化是 AGC 系统中的关键环节,目的是减少机组间振动频率叠加的时段,从而降低机械磨损与系统稳定性风险。为实现这一目标先进的优化算法与实时监测技术被广泛应用,结合振动频谱与负荷波动规律,负荷分配策略可以得到动态调整。智能化监控系统的引入使振动异常能够被实时监测,并进行精准的参数调整,从而进一步提升水电站的运行可靠性与经济效益。

3.3 运行中 AGC 参数调整与优化策略

在水电站的运行中 AGC(自动发电控制)参数的适时调整与优化,对于维持系统的稳定性与高效性至关重要,通过自动调节机组的输出功率,AGC 系统能够应对电网频率波动及负荷需求变化,从而确保电网的平衡。但负荷波动、设备老化以及环境因素的变化,常常使原有的 AGC 参数无法适应新的运行条件。因此,及时对其进行调整显得尤为必要。优化 AGC 参数的策略应以实时数据监测为基础,对负荷变化、频率波动等关键因素进行动态评估,这些数据为参数调整提供了可靠依据。例如,在电网负荷发生大幅波动时,AGC 的响应灵敏度可被提升,使机组能够迅速进行调整;而在负荷变化较为平稳时则可降低响应速度,从而避免不必要的调节减少机械负担。在调整 AGC 参数时,机组的调节能力与特性也应被综合考虑,避免过度调度或不合理的负荷分配,从而确保水电站整体运行效率的优化。随着智能控制技术的进步,AGC 参数的优化已经不再仅仅依赖于人工经验或历史数据积累,更多的是借助自适应算法与机器学习来实现自动化调整,这些技术能够根据实时数据自我调整参数,既提升了系统的响应速度与稳定性,也减少了人为干预可能带来的误差。因此,精细化的 AGC 参数调整与智能化优化策略,已成为水电站高效、稳定运行的重要保障。

3.4 频率与负荷动态响应优化技术

频率与负荷的动态响应优化技术,在水电站的运行中

发挥着至关重要的作用,直接影响电网的稳定性及电能质量。发生负荷波动或突发事件时,频率调整必须迅速,以确保电网系统不会受到不良影响。优化技术的核心目标是通过精准预测负荷变化合理调节水电机组的出力,确保电网供需平衡从而抑制频率波动,常见的优化策略包括动态调整机组出力以应对负荷变化,以及利用储能系统或智能控制技术,实现对频率波动的快速响应。在实际操作中,结合实时监控与数据分析系统能够有效捕捉负荷变化趋势,从而提前做出相应调整优化机组的调度策略。此外,通过采用多机组协同调度方法,可在负荷与频率之间实现双向优化,增强系统在突发状况下的适应能力,避免单机调节失误导致的频率不稳定。

4 水电站电能质量与运行优化技术的综合应用

4.1 数字化监控系统对电能质量管理的支撑

数字化监控系统在水电站电能质量管理中的重要性不可小觑。随着智能化技术的不断进步,传统的人工巡检与手动调度方式逐步被淘汰,取而代之的是基于数字化监控系统的实时数据采集、处理与分析,这使电能质量的监测与优化变得更加高效与精准,通过这些系统运维人员能够实时获取关键指标,如电压、频率、无功功率等,从而及时识别电能质量问题,如电压波动或谐波干扰,并采取相应的纠正措施^[1]。此外,数字化监控系统还通过数据分析与预测模型,对潜在的电能质量异常进行提前预警,进而优化机组调度提升响应速度。在出现故障或电力波动时,系统能够自动调整机组的运行参数,有效保障电网的稳定性。更为关键的是数字化系统的引入使电能质量管理不仅局限于现场监控,而是实现了远程实时管理。

4.2 电能质量与经济运行的协同优化路径

电能质量与经济运行的协同优化是水电站管理中的关键挑战之一。在确保电能质量的前提下提升经济效益,要求在运营过程中充分平衡电能质量需求与成本控制之间的关系。优化电能质量应以系统的稳定性与可靠性为核心,避免设备故障或电网波动造成生产中断,这不仅会影响电力供应的稳定性,还可能导致较大的经济损失^[2]。借助先进的自动发电控制(AGC)系统和智能调度技术,能够根据实时负荷变化精准调整机组输出,从而优化电能生产与消耗的匹配,降低无功功率损失并减少频繁调度对机组的负担,这有助于提升水电站的经济效益。与此同时,改善电能质量的措施应与水电站的经济运行模式紧密结合。例如,在应对谐波污染或电压波动等问题时,采用谐波滤波器与动态电压调节装置,尽管这些设备在初期需要较大的投资,但从长期来看它们能够显著降低设备维护成本,减少故障停机时间,进而保障发电效率,这样的措施不仅有效改善了电网的电能质量,也避免了因电能质量问题而产生的额外运营成本。为实现电能质量与经济运行的最佳协调,水电站还应依托全面的数字化管理系统,通过大数据分析、预测算法与实时监控能够精准调整运营策略,使水电站在保障电能质量的同时最大限度降低运营成本,提升整体经济效益,这种协同优化不仅增强了水

电站的竞争力,还促进了其可持续发展。

4.3 技术发展趋势与未来研究方向

随着能源需求的持续增长与技术的不断进步,水电站在电能质量与运行优化方面的技术正在不断演变。未来,数字化、智能化以及大数据技术将成为电能质量管理与优化运行的关键推动力,基于物联网(IoT)与人工智能(AI)技术的智能监控与预测系统将逐渐得到广泛应用,这些系统使水电站能够实时监测电能质量、设备运行状况及效率,借助数据分析提前识别潜在问题,从而有效避免系统故障或设备损坏,增强了运行的可靠性与经济性。随着新能源的大规模接入,电网波动性随之增加,电能质量管理面临着新的挑战,未来的研究将更加聚焦于如何实现各类发电方式与水电站的协调运行,优化电网负荷分配并平衡传统能源与可再生能源的电力输出^[3]。在这一过程中能源存储技术的进展将发挥关键作用,结合储能系统可以实现电力供应的平衡与电网稳定,从而进一步提升电能质量。在技术研发领域,针对传统问题如频率控制、无功补偿与谐波治理,研究人员将更加关注多维度的解决方案。结合电网自愈能力与智能调度优化技术,将显著提升电站的自适应能力与应急响应效率。与此同时,AGC系统的优化研究将持续深入,探索更精确、高效的算法与控制策略,以应对日益复杂的电力需求变化。

5 结语

水电站作为一种重要的可再生能源发电方式,电能质量管理与运行优化技术对于提升电力系统的稳定性、可靠性以及经济性至关重要。本文分析了水电站电能质量管理的基本理论与核心技术,探讨了电压调节、无功功率优化、谐波治理、AGC控制等技术在实际操作中的应用效果。结合AGC系统的运行优化、负荷分配与频率响应技术提出了多种提升水电站运行效率的策略。同时,展望了数字化监控系统与技术发展的趋势,阐明了未来电能质量管理与运行优化的研究方向。随着技术的快速发展,智能化与数字化手段将在水电站电能质量管理与运行优化中发挥日益重要的作用。综合优化技术的应用,将为水电站提供更加灵活且高效的解决方案,不仅有效提升电站的经济效益,还推动电力系统向绿色、低碳的方向发展。未来,在水电站电能质量管理与运行优化领域的研究,将更加注重跨学科的融合与创新,从而促进更高效、更可靠的能源利用。

[参考文献]

- [1] 邓家平. 水电站运行管理节能措施及运用效果分析[J]. 小水电, 2024(5): 38-40.
 - [2] 杨仕元. 一种典型的水电站电能表通信接入实例分析[J]. 云南水力发电, 2023, 39(6): 191-194.
 - [3] 谭渊智. 二滩水电站电能量管理综合评价系统的设计与实现[D]. 四川: 电子科技大学, 2019.
- 作者简介: 岳永卫(1989.3—), 男, 毕业于兰州工业学院自动化专业, 当前就职于大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂(陇东南分公司), 职务: 主值班员, 职称: 助理工程师。

智能化自动装置在水电厂调度管理中的应用研究

牛芳弟

大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂（陇东南分公司），甘肃 陇南 746412

[摘要] 目前，水电厂的调度管理依赖于人工经验和传统的手动操作，主要通过制定固定的调度计划进行机组启停、负荷分配和电网连接。然而，这种传统方法存在反应滞后、效率低下的问题，尤其在面对电力需求波动、设备故障、天气变化等突发情况时，难以及时调整和优化调度方案。此外，随着水电厂规模的扩大和电力网络的复杂化，传统调度管理模式难以满足实时性、灵活性和精确性的要求。因此，智能化调度系统逐渐成为水电厂调度管理中的发展趋势。基于大数据分析、物联网和人工智能的智能化自动装置能够实时监测电厂运行状态，预测负荷变化，自动优化调度方案，快速响应突发事件，提高水电厂的运行效率与安全性，推动水电产业向智能化、数字化方向发展。

[关键词] 智能化自动装置；水电厂调度管理；技术应用

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15190

中图分类号: TV734.2

文献标识码: A

Application Research on Intelligent Automatic Devices in Hydroelectric Power Plant Dispatch Management

NIU Fangdi

Longdongnan Branch, Bikou Hydropower Plant of Datang Gansu Power Generation Co., Ltd., Longnan, Gansu, 746412, China

Abstract: Currently, the scheduling management of hydropower plants relies on manual experience and traditional manual operations, mainly through the development of fixed scheduling plans for unit start stop, load distribution, and grid connection. However, this traditional method has the problems of delayed response and low efficiency, especially in the face of sudden situations such as power demand fluctuations, equipment failures, and weather changes, making it difficult to adjust and optimize scheduling plans in a timely manner. In addition, with the expansion of hydropower plants and the complexity of power networks, traditional scheduling management models are unable to meet the requirements of real-time, flexibility, and accuracy. Therefore, intelligent scheduling systems have gradually become a development trend in hydropower plant scheduling management. Intelligent automatic devices based on big data analysis, the Internet of Things, and artificial intelligence can monitor the operation status of power plants in real time, predict load changes, automatically optimize scheduling plans, respond quickly to emergencies, improve the operational efficiency and safety of hydropower plants, and promote the development of the hydropower industry towards intelligence and digitization.

Keywords: intelligent automatic device; dispatch and management of hydropower plants; technical application

引言

随着全球能源需求的持续增长，以及电力行业对安全性、可靠性与经济性的要求不断提高，水电厂，作为可再生能源的重要组成部分，正日益在全球能源结构转型中扮演着关键角色。然而，水电厂在调度管理过程中所面临的挑战不容忽视，包括电力需求的剧烈波动、设备运行的复杂性、外部环境变化的频繁性等。传统的调度模式，往往难以应对这些动态变化，导致资源浪费、运行不稳定，甚至存在安全风险。为此，智能化自动装置的引入，为水电厂调度管理提供了全新的解决方案。通过集成先进的传感器、数据分析、人工智能与物联网技术，该技术实现了对水电厂各类运行数据的实时采集、监测与预测分析，进而调度任务被自动调整，以优化发电机组的配置与调度，提升整体运行效率与安全性。智能化自动装置的应用，不仅显著提升了调度管理的自动化与智能化水平，还为电力系统的稳定性与电网调节能力提供了有力支撑。本文的主要

目标，是深入探讨智能化自动装置在水电厂调度管理中的实际应用，分析其关键技术、发展现状与所面临的挑战，评估其在提高调度精度、优化资源配置及提升运行效率方面的实际效果，并提出优化路径，从而为水电厂智能化升级与可持续发展提供理论支持与实践指导。

1 智能化自动装置在水电厂调度管理中的重要性

智能化自动装置在水电厂调度管理中的重要性，体现在多个方面，特别是在提升调度管理效率与精确度方面。对人工操作的依赖，大大减少了这些装置，误差风险由人为干预所可能带来的，得以降低。传统的调度模式，常常因为信息采集的滞后、调度指令的传递延迟以及人为因素的不当干预，导致系统运行的不稳定。而通过实时数据采集与处理、自动化控制及优化算法的支持，智能化自动装置使得调度指令能够迅速、准确地传递至各执行环节，运行效率得到了显著提高。与此同时，关键数据的持续监控与深度分析，对水电站运行进行的，这些装置能够及时预

警潜在故障并采取应急措施,发电系统的安全与稳定,得到了有效保障。此外,电网调度任务的优化,已成为可能,通过智能化技术的引入,不仅能浪费得以减少,还提高了调度资源的利用效率,为电网的经济运行与可持续发展,提供了强有力的支持。

2 智能化自动装置的关键技术

2.1 人工智能算法的应用

人工智能算法的应用,成为智能化自动装置在水电厂调度管理中实现高效运作的关键技术之一。机器学习、深度学习及智能优化算法等先进方法的采用,显著提升了系统的决策能力与响应速度。大量复杂的实时数据,包括水位变化、电网负荷需求、气象预测及设备运行状态等,能够通过人工智能算法进行处理,在水电厂的调度过程中,从而构建精确的模型,预测系统行为并优化调度方案。特别是基于深度学习的神经网络算法,它能够通过对海量历史数据的训练,自主识别数据之间的深层次关联,在非线性和动态变化较大的复杂系统中,展示出比传统算法更高的预测精度与适应能力^[1]。同时,智能优化算法,如遗传算法、粒子群算法等,能够迅速搜索出调度目标的最优解,从而有效减少人工调度中,由经验不足或信息不全所引发的资源浪费与潜在风险。

2.2 物联网技术的支持

物联网技术,为智能化自动装置在水电厂调度管理中的互联互通与高效运行,提供了坚实的基础。通过感知、传输与处理功能的紧密协作,全面、实时的数据支持与设备控制能力,得以为调度系统提供。在水电厂,物联网技术,通过部署智能传感器、数据采集终端及无线通信模块,实现了对水位、流量、设备运行状态及电力输出等关键参数的实时监控。高速、低延迟的通信网络,将这些数据传输至调度中心,为系统的智能分析与优化控制,提供了大量有价值的数据支撑。与此同时,物联网技术,通过设备间的自组织网络,构建了一个高效协同的生态系统,使得发电设备、输配电系统及调度终端,能够自动化地进行互动,从而提高了整体运行效率与稳定性。此外,数据处理能力,进一步通过基于云计算与边缘计算的物联网架构得到提升,不仅能够支持大规模分布式计算,还能在本地终端快速作出决策响应,保障了系统在突发情况下的实时性与可靠性。

2.3 数据采集与实时处理技术

在智能化自动装置的应用中,数据采集与实时处理技术,作为水电厂调度管理实现精准控制与高效决策的核心环节,直接影响到系统的可靠性与智能化水平。通过先进的传感器技术及多种接口协议,发电设备、水力资源、气象条件以及电力需求等关键信息,水电厂得以全面感知,涵盖了从静态结构状态监测到动态设备运行监控,再到环境变量采集的多个维度。通过高速通信网络,这些数据实时传输至调度中心,确保系统能够获取到准确且全面的信

息。在实时处理方面,借助高性能计算设备与分布式计算架构,海量数据迅速得以分析与处理,过程包括数据清洗、过滤、融合及异常识别等操作,从而提取出与调度管理密切相关的关键信息。尤其是在结合人工智能算法与大数据分析技术的情况下,实时处理不仅能实现趋势预测与运行优化,还能够进行故障预警等高阶功能,从而为调度人员提供数据驱动的科学决策支持。

3 水电厂调度管理的现状与挑战

在现代能源体系中,水电厂调度管理具有重要意义,但目前的管理模式仍存在一定的复杂性与局限性,面临着重重挑战。当前,调度管理在水电厂主要依赖于传统的人工经验及半自动化模式,致使其在应对复杂电网环境时显得力不从心。随着电网规模的扩大与运行条件的多样化,调度任务逐渐不再仅限于发电控制,还涵盖了负荷平衡、频率调节与事故应急处理等多个方面。然而,现有调度系统在信息采集与传递方面存在滞后性,实时响应的需求难以得到满足。与此同时,设备运行状态监控的全面性不足,导致数据采集的准确性与完整性受到限制,调度决策也因此缺乏足够的科学依据。气候变化所带来的水资源波动,使得调度管理变得更加复杂,尤其是在极端天气条件下,如何在确保安全运行的同时维持电网的稳定性,成为一项迫切需要解决的难题。除此之外,调度管理还面临着不同设备间的兼容性问题,以及由数据孤岛与信息分散所引发的资源浪费与协同困难^[2]。随着数字化转型的推进,面对日益复杂的运营需求,这些挑战显得尤为突出,要求调度管理系统不断优化。

4 智能化自动装置在调度管理中的应用分析

4.1 数据监测与预警系统

数据监测与预警系统作为智能化自动装置在水电厂调度管理中的核心组成部分,通过对实时数据的全面采集、精准分析与动态预警,调度工作的科学性与高效性得到了极大提升。利用分布式传感器网络,关键区域如水库、发电设备与输配电线路被覆盖,该系统能够实现对水位变化、设备运行状态、电网负荷与环境参数等关键数据的高频监控。通过物联网技术与高速通信网络,这些数据被实时传输至调度中心,从而确保了信息的时效性与准确性。与此同时,依托大数据分析与人机智能算法,异常趋势的数据能够迅速识别,例如水位接近警戒线、设备运行温度异常升高或电网频率波动超出正常范围等问题。一旦潜在风险被检测到,告警报告将即时生成,内容包括异常参数、可能的原因及影响范围,并通过可视化界面直观展示,帮助调度人员作出科学决策。此外,系统还具备预测分析能力,历史数据及运行模型的深入学习能够提前预测潜在故障或紧急事件,从而为应急预案的有效执行争取宝贵时间。

4.2 自动化调度优化方案

在水电厂调度管理中,自动化调度优化方案的应用,作为智能化自动装置的核心技术之一,通过高效的数据处

理与智能算法,精准地调度与优化水电厂的运行任务,得以实现。随着电力需求波动性增加,以及水电厂设备与环境条件日益复杂,传统的人工调度方式已无法满足日益增长的实时性、精确性与灵活性的需求。智能化的自动化调度优化方案结合了大数据、人工智能及云计算等先进技术,能够动态地分析和整合水电厂运行中涉及的各类信息,包括实时水位、流量、电网负荷以及天气变化等多种因素,从而自动生成最优调度策略。通过深度学习与优化算法(如线性规划、遗传算法、模拟退火算法等),短时间内,系统可对多个因素进行权衡,精确调整水电机组的启停顺序、负荷分配以及发电功率等参数,以实现经济性与稳定性的最佳平衡^[3]。在应对突发事件或设备故障时,快速响应能够由系统提供,调度计划得以自动调整,从而避免了人为操作延迟所带来的潜在风险。与此同时,预测能力该方案具备,历史数据与运行趋势的分析能够提前预见电力需求的变化与设备运行异常,从而优化资源配置及负荷调度,更高效地应对电网负荷波动。通过这一方案的实施,水电厂最大限度地利用水力资源,能源浪费得以减少,同时系统响应速度与调度效率得到了提升,进一步确保了电力生产的安全、稳定与高效运行。

4.3 智能化事故应急处理机制

在水电厂调度管理中,智能化事故应急处理机制发挥着关键作用,其目的在于增强水电厂应对突发事件的能力,减少人为干预与响应延迟,从而确保设备与电网的安全与稳定。依赖人工判断与手动操作的传统应急处理模式,通常在面对紧急事件时容易导致反应迟缓或判断失误。相比之下,智能化应急处理机制通过整合先进的传感器、数据分析技术及决策支持系统,能够实现事故的快速检测、自动诊断与即时响应。设备与环境参数的实时监控由系统进行,水电厂的运行状态得以全面感知,设备故障、电网波动或由自然灾害引发的异常现象能够及时发现。一旦问题被检测到,应急预案便会迅速启动,借助人工智能算法,事故的类型与严重程度被自动评估,从而选定最优的应急处理方案。通过模拟与预测功能,事故扩展的风险能够评估,提前采取有效防控措施,从而避免事故蔓延。此外,智能化应急机制能够根据实时情况自动调度备用设备,发电机组的运行状态得以调整,并优化电网负荷分配,确保事故发生后的供电稳定。与其他能源设施及调度中心的联动得以实现,跨区域协同应急响应在多变的环境中保障了电力系统的协调性与安全性。

4.4 调度任务的实时调整与优化

在水电厂调度管理中,实时调整与优化的调度任务起着至关重要的作用,其目的在于应对电力生产中不断变化的需求与运行条件,确保水电厂在复杂环境下高效、稳定地运行。基于预设计划的传统调度模式,通常缺乏灵活性

与实时反应能力,在突发事件或负荷波动时,迅速调整变得困难。通过实时监控与数据分析,智能化自动装置持续获取水电厂运行中的各类动态信息,包括水位、流量、负荷、设备状态等。基于这些实时数据,当前的运行状况能够快速评估,调度任务也会随之自动调整与优化。通过应用先进的优化算法(如线性规划、深度学习、强化学习等),电力需求与水源条件的变化将被自动考虑,发电机组的启停顺序、负荷分配以及电网接口的调整,都会根据这些变化进行调整,从而实现资源的最大化利用,确保能源供给的平衡。例如,在电网负荷发生急剧变化时,机组运行状态会根据实时需求自动调节,发电机组与电网之间的平衡得以确保,从而避免供电中断或过载现象的发生^[4]。同时,结合预测分析功能,系统会根据历史数据与未来负荷预测,提前调整调度方案并优化运行路径,以提高调度精度与响应速度。当设备故障或其他突发事件发生时,智能系统不仅会迅速定位故障源,还能自动调整任务分配,启用备用机组或调整负荷分配,确保电力供应的连续性与稳定性。

5 结语

在水电厂调度管理中的应用,智能化自动装置展现了巨大的潜力与优势。通过集成物联网、人工智能、大数据分析等先进技术,水电厂的运行状态得以实时监控,调度策略得到优化,能源利用效率得以提升,电力供应的稳定性和安全性得到保障。复杂的电力需求波动与突发事件,智能化调度系统能够有效应对,发电机组的高效管理与负荷调节亦能实现,从而推动水电厂朝着更加高效、智能与绿色的方向发展。然而,尽管智能化系统具有广泛的应用前景,其发展仍面临着技术、数据安全及设备兼容性等一系列挑战。通过持续的技术优化与方案改进,这些问题应当得以解决,从而增强系统的可靠性与适应性。随着技术的不断进步与实践经验的积累,智能化自动装置将在水电厂调度管理中发挥更为关键的作用,强有力地支持电力行业的可持续发展。

[参考文献]

- [1]陈运华.水电厂智能化建设流程浅议[J].四川水力发电,2013,32(4):132-136.
 - [2]冯肖荣.大型水电厂智能化结构中云计算技术的应用[J].电脑编程技巧与维护,2024(11):92-94.
 - [3]江明,段寅华,胡明杰.水电厂智慧化站边平台建设模式研究[J].中国水能及电气化,2023(5):5-9.
 - [4]曾召山.水电厂自动化系统的智能化改造研究[J].中国设备工程,2022(4):32-33.
- 作者简介:牛芳弟(1993.3—),女,毕业院校:河西学院,所学专业:电气工程及其自动化,当前就职单位:大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂(陇东南分公司),职务:维护班技术员,职称级别:助理工程师。

水利施工中常见质量问题及其防治措施

曾 易

江西中天强国建筑工程有限公司, 江西 南昌 330000

[摘要]随着我国水利建设的不断加速,高质量的水利工程对于保障水资源的合理利用,促进社会经济的发展具有至关重要的作用。然而,目前我国的水利建设中存在一些普遍和重要的工程质量问题,如:混凝土裂缝,砼病,防渗漏工程质量等问题。这些问题大大降低了水利工程的使用寿命和安全性。本研究通过全面深入剖析各工程环节中具有普遍性的工程质量问题,提出相应的防治措施。研究表明,通过改进施工技术,加强项目管理,提高施工人员的素质和责任意识,实行严格的工程质量控制等措施,可以有效地防治常见的水利工程施工中的质量问题。此外,研究还发现,科学合理的工程设计以及选材,严格按照施工规程进行施工等也对确保工程质量具有重要的作用。本研究的结果将为我国水利工程建设的质量问题防治提供理论依据和实践指导。

[关键词]水利施工;工程质量问题;防治措施;施工规程;工程设计和选材

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15188

中图分类号: TV51

文献标识码: A

Common Quality Problems and Prevention Measures in Water Conservancy Construction

ZENG Yi

Jiangxi Zhongtian Qiangguo Construction Engineering Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi, 330000, China

Abstract: With the continuous acceleration of water conservancy construction in China, high-quality water conservancy projects play a crucial role in ensuring the rational utilization of water resources and promoting social and economic development. However, there are some common and important engineering quality issues in Chinese water conservancy construction, such as concrete cracks, concrete diseases, and leakage prevention engineering quality problems. These issues greatly reduce the service life and safety of hydraulic engineering. This study comprehensively and deeply analyzes the common engineering quality problems in various engineering links, and proposes corresponding prevention and control measures. The research results indicate that by improving construction techniques, strengthening project management, enhancing the quality and sense of responsibility of construction personnel, and implementing strict engineering quality control measures, common quality problems in hydraulic engineering construction can be effectively prevented and controlled. In addition, research has found that scientific and reasonable engineering design and material selection, as well as strict adherence to construction regulations, also play an important role in ensuring project quality. The results of this study will provide theoretical basis and practical guidance for the prevention and control of quality problems in water conservancy engineering construction in China.

Keywords: water conservancy construction; engineering quality problems; prevention measures; construction regulations; engineering design and material selection

引言

水利工程是我国社会发展的重要基础设施,它的质量直接影响到此类工程的使用效果和使用寿命,进而影响到我国水资源的合理利用和分配,对于社会经济的持续健康发展具有重大的影响。随着我国水利建设的日益加速,各类水利工程结构多样,复杂性高,施工难度大,因此施工中的质量问题也逐渐暴露出来,如混凝土裂缝,砼病,防渗漏工程质量等常见问题。这些工程质量问题不仅大大降低了工程质量,也对水利工程的安全性和稳定性带来很大威胁。为了解决这些问题,我们需要深入研究这些问题产生的本质原因,提出针对性的防治措施。通过改进施工技术,加强项目管理,提高施工人员素质和责任意识,实行严格的工程质量控制等手段,我们可以有效地防止和治

理这些问题的发生。此外,科学合理的工程设计和选材,以及严格按照施工规程进行施工,也是保证工程质量的重要环节。本研究通过对水利施工中的工程质量问题进行深入探讨和研究,目标是为我国水利工程建设的质量问题防治提供理论依据和实践指导。

1 我国水利施工面临的质量问题

1.1 混凝土裂缝的问题及产生原因

混凝土裂缝是水利施工中常见的质量问题,给工程的使用寿命和安全性带来了显著风险^[1]。混凝土裂缝通常产生于温度应力、干缩、塑性收缩及外部荷载等多重因素的影响。温度应力裂缝主要由于混凝土在硬化过程中受外部环境变化造成的温度梯度不均,以及水化热释放不均匀引起。干缩裂缝通常与混凝土在干燥环境中的体积减缩有关,

而塑性收缩裂缝则发生在混凝土初凝之前,由于表面失水过快形成。外部荷载引发的裂缝则与结构设计和施工控制不当密切相关,包括不合理的施工工艺、模板支撑不足、振捣不当等。不仅如此,混凝土材料本身的质量、施工质量控制不严格亦是导致裂缝出现的重要原因。理解和识别混凝土裂缝的成因是开展有效防治工作的基础。

1.2 砟病的问题及产生原因

砟病是我国水利施工中常见且严重的问题之一,直接影响工程的耐久性和安全性。砟病主要包括碱-骨料反应、冻融破坏、硫酸盐侵蚀等现象。这些问题的产生原因多样且复杂。碱-骨料反应是由于混凝土中的碱性物质与活性骨料发生化学反应,导致混凝土膨胀开裂。冻融破坏则源于混凝土的水分在低温环境中冻结膨胀,反复循环造成内部结构损坏。硫酸盐侵蚀则是水中溶解的硫酸盐与混凝土中的水泥水化产物反应,生成膨胀物质,引起结构退化。砟病的解决需从材料选择、施工工艺及后期维护等多方面综合考虑。

1.3 防渗漏工程质量问题及产生原因

在水利施工中,防渗漏工程质量问题是一个尤其值得关注的现象。这些问题主要表现在施工设计的不合理和材料选择不当,施工工艺及过程控制的缺失,使得项目在运行过程中出现渗漏现象,从而影响结构的安全性和耐久性。防渗漏问题可能由于施工缝、变形缝处理不当,或者防水层施工不规范等因素引发。施工人员缺乏专业技术知识和责任心导致施工质量不达标,使得渗漏问题更加严重。显然,识别和纠正这些问题对于提升水利工程的整体质量至关重要^[2]。

2 对水利施工中质量问题的全面深入剖析

2.1 工程环节中混凝土裂缝的问题剖析

在水利施工过程中,混凝土裂缝是一个常见且严重影响工程质量的问题。裂缝的产生往往与材料选择、施工工艺及环境条件等多种因素密切相关。混凝土在硬化过程中由于水化热引起的体积变化、外部荷载的不均匀分布、地基沉降以及温差等原因,容易导致混凝土表面的收缩裂缝。施工过程中的养护不当,特别是早期养护不足,会加剧裂缝的出现。施工时配合比不合理,尤其是水灰比过高,使得内部结构密实度下降,也易诱发裂缝风险。过度振捣或振捣不充分的施工技术缺陷,同样可能引起结构内部孔隙率增高,从而削弱混凝土的整体性。可见,裂缝不仅影响结构的美观,更严重的是威胁到水利工程的安全性和耐久性。明确混凝土裂缝产生的原因,对于制定针对性的防治措施具有至关重要的意义。

2.2 工程环节中砟病的问题剖析

砟病是水利施工环节中常见的质量问题,其表现主要为混凝土结构的表面剥落、强度不足和耐久性降低。砟病产生的原因复杂多样,既可能是施工过程中的不当操作导

致,比如水灰比失衡、振捣不充分等,也可能源于使用劣质材料,如水泥品质不佳、骨料杂质过多。施工环境的温湿度不适宜也会加剧砟病的发生。在某些情况下,缺乏有效的养护措施,导致混凝土早期的强度发展不足,也会形成砟病^[3]。理解砟病的成因对于防范此类问题、提高水利工程的质量至关重要。

2.3 工程环节中防渗漏工程质量问题的剖析

在水利工程中,防渗漏工程质量问题主要表现为渗漏和密封不严^[4]。这些问题通常由多因素导致,包括设计环节的不完善、材料选择不当以及施工过程中的不规范操作等。设计环节中,设计图纸未充分考虑水压、土壤性质等实际条件,导致结构不合理。材料选择不当,如抗渗性能不达标,直接影响工程的密封性。在施工过程中,未能严格按照规程进行操作,如接缝处理不当或者防水层铺设不均,也会引起渗漏。环境因素,如温度变化和地质条件也会对防渗效果产生影响。这些因素的叠加显著降低了工程的耐久性和安全性。

3 针对质量问题的防治措施

3.1 针对混凝土裂缝的防治措施

为防治水利施工中常见的混凝土裂缝问题,应采取多方面的措施。准确控制混凝土配合比,选择适宜的水灰比和砂率,以调整混凝土的工作性能和强度。高温环境下的混凝土施工需加强对初凝期的温控,采用遮阳、喷雾等方式降低环境温度,防止温度裂缝产生。应对施工过程进行严格监控,确保浇筑速度与振捣均匀,避免振捣不足或过度引起的裂缝。养护过程中保持混凝土的湿润状态,及时覆盖和洒水养护,以防止塑性收缩裂缝。选择合适的抗裂剂,增强混凝土的抗裂性能,是一个重要手段。在结构设计阶段考虑温度应力的不同影响,并进行合理布置,以减轻干缩和温度应力效应对结构的影响。通过上述措施的综合实施,可以显著减少水利施工中混凝土裂缝的出现,提升工程质量。

3.2 针对砟病的防治措施

砟病是水利施工中常见的质量问题,对其防治具有重要意义。应优化砟的配合比设计,提高砟的均匀性和抗裂性能,选择合适的水泥和骨料,对砂石料进行严格质量把控。加强浇筑过程的质量监控,采用合理的施工工艺,防止砟振捣不匀和模板变形,确保密实度。提前制定养护措施,提高砟在硬化过程中的湿养护强度和持续时间,以减少收缩裂缝和内在缺陷。最终,通过完善施工现场管理,设立质量监管措施,定期检验砟的硬化情况和物理性能,确保施工质量达到设计要求。

3.3 针对渗漏工程质量问题的防治措施

在水利工程中,渗漏问题常常导致严重的质量隐患。为有效防治渗漏,应在多个方面采取综合措施。施工中,必须保证防水材料的质量,选择高性能的防水产品,并严

格按照技术要求进行施工。施工前应做好充分的地基处理,确保地基的坚固性和稳定性,以避免水流侵蚀引发的渗漏。对施工接缝处,需要采取专业化的密封技术,确保接缝的紧密结合和长期的防渗效果。施工后的养护与检测也不可忽视,通过定期检查和维护,及时发现和修补潜在的渗漏点,是确保工程持久耐用的关键。通过这些措施,可以大大提高水利工程的防渗漏质量。

4 实施严格的工程质量控制策略

4.1 通过改进施工技术提高工程质量

改进施工技术是提升水利工程质量的关键步骤之一。先进的施工技术能够有效减少施工过程中的误差和不确定因素,降低出现质量问题的风险。具体而言,采用现代化施工设备和技术手段,如自动化机具和智能化检测设备,可以提高施工精度,保证工程各项技术参数的符合性。在施工前做好技术培训和交底,确保施工人员全面掌握操作规范和技术要领。优化施工工艺流程,通过合理安排工序和使用科学的施工方法,能够有效提升施工效率和质量。例如,在混凝土的浇筑过程中,可以引入温控措施和新型振动密实工艺,以减少裂缝形成的可能性,以及提升混凝土的密实度和均匀性。这些技术改进措施为提升水利工程整体质量提供了坚实的保障。

4.2 通过加强项目管理提高工程质量

加强项目管理是提升水利工程质量的关键措施之一。项目管理涉及对施工全过程的全面监控与协调。通过制定详细的施工计划和严密的管理制度,能够有效确保施工进度和质量目标的实现。利用现代信息技术手段,如建筑信息建模(BIM)技术和项目管理软件,提高对工程进度、资源分配、成本控制等方面的实时监控能力,确保各个环节的无缝衔接。实施有效的沟通机制,增强协调与协作,能及时解决施工中出现的各种问题。定期组织质量管理培训,提高项目管理人员的专业水平和责任意识,增强他们的质量意识,对提升工程质量具有重要意义。这些措施的综合运用能够在提高工程效率的同时有效降低质量风险。

4.3 通过提高施工人员的素质和责任意识提高工程质量

提高施工人员的素质和责任意识在工程质量控制中起着关键作用^[5]。施工人员的专业技能和责任感直接影响施工过程中的细节把控以及对突发问题的应对能力。为此,应加强对施工人员的培训,确保他们具备必要的技术知识和安全意识。建立健全的激励机制和责任追究制度,可以提高施工人员的责任感和工作积极性。通过这些措施,施工质量可得到显著提升,从而有效地保障水利工程的安全性和耐久性。

5 科学合理的工程设计与选材策略

5.1 工程设计对确保工程质量的重要作用

工程设计在确保水利工程质量中扮演着至关重要的

角色。合理的工程设计能够有效预防施工过程中可能出现的质量问题,如混凝土裂缝、砼病以及渗漏问题。科学的设计不仅要求设计人员具备专业的技术知识,还需充分考虑工程所在区域的地质条件、气候环境和施工技术等因素,从而制定出切实可行的施工方案。良好的设计应包括详细的结构分析和准确的力学计算,以确保工程的稳定性与安全性。设计图纸和技术文件必须详细明确,这为后续施工提供了清晰明确的指导,有助于避免盲目施工导致的质量隐患。总体而言,高质量的工程设计是水利工程质量的前提和保障,它在项目的初期阶段便奠定了坚实的基础,为整个施工过程提供了不可或缺的指引与方向。

5.2 选材对确保工程质量的重要作用

在水利工程施工中,材料的选择对确保工程质量具有重要作用。适合的工程材料能够显著增强工程的耐久性和稳定性,从而延长使用寿命。选材需要综合考虑材料的物理性能、化学稳定性和环境适应性,以确保其在实际应用中能够抵御外部环境的侵蚀和物理应力。高性能的混凝土、耐腐蚀的钢材以及其他先进材料的使用,有助于减少工程缺陷的发生和发展。材料的质量直接影响施工质量,严控材料的采购与质量检测环节,确保其符合设计要求,是水利施工中质量控制的重要一环。这种严谨的选材策略不仅能够有效降低质量问题的风险,还能提高水利工程的整体安全性与可靠性。

5.3 严格按照施工规程进行施工的重要作用

严格按照施工规程进行施工是确保水利工程质量的关键因素。在施工过程中,遵循规范的施工流程和技术标准能够有效预防质量隐患,提高工程的耐用性和安全性。施工规程为各项施工活动提供了详细的操作指南,涵盖从材料的选择、施工方法、到质量检测等各个方面。严格执行这些规程可以减少人为失误,避免不必要的质量缺陷。施工规程的系统化管理也可增强各部门之间的协作,提高施工效率和质量一致性。由此可见,严格按照施工规程进行施工不仅可以提高水利工程的整体质量,还能有效延长其使用寿命。

6 结束语

综上所述,针对水利工程施工中的常见质量问题,本研究在深度分析了具有普遍性的工程质量问题后,从施工技术、人员素养、项目管理和工程质量控制等方面提出了有效的防治措施。研究结果揭示了改进施工工艺,加强人员培训,严格工程质量控制等多方面因素对于防治工程质量问题的重要作用。其中,科学合理的工程设计以及选材,严格按照施工规程进行施工对确保工程质量有着深远影响。然而,值得注意的是,虽然已有多种方法可用于防治施工质量问题的,但相关工作还有许多尚待深究的问题,如工程质量防治的长期效果,以及不同施工环境下施工质量问题防治的差异性等。因此,针对具体的工程环境,进一步研究施工质量问题的动态特性,优化施工方法,将是

未来水利施工质量控制的重要研究方向。总之,本研究旨在为我国水利工程建设提供质量问题防治的有效途径和理论依据,以期为提高我国水利工程的安全性和使用寿命作出贡献。

[参考文献]

- [1] 闫坤郭斌. 混凝土施工中常见质量问题分析及防治措施[J]. 汽车世界, 2020, 0(4): 0123-0123.
- [2] 王颖林立旗. 水利工程施工中常见的质量问题与控制措施[J]. 工程技术, 2021(9): 46-48.

- [3] 何斌. 水利工程施工中常见的质量问题及控制措施[J]. 中国高新科技, 2020(5): 99-100.
- [4] 吴晓光. 水利工程施工中常见质量问题的控制措施[J]. 工程技术, 2021(5): 0057-0057.
- [5] 屈合鹏. 水利工程电气施工中常见质量问题与控制措施分析[J]. 山东工业技术, 2019(9): 128-128.
- 作者简介: 曾易 (1990.7—), 男, 南昌工程学院, 水利水电工程, 江西中天强国建筑工程有限公司, 项目经理, 工程师。

滑坡灾害的地质机理与工程防控技术研究

韦秋安¹ 方凡辉²

1. 广西壮族自治区地质环境监测站, 广西 南宁 530000
2. 防城港市地质灾害防治预警预报中心, 广西 防城港 538000

[摘要] 滑坡灾害的发生是自然因素与人为活动共同作用的结果。降水、地震等自然现象常常加剧滑坡的发生, 而采矿、建筑等人类活动则进一步破坏了地质结构。随着城市化进程的加速, 滑坡防治工作面临着更加复杂的挑战。现如今, 滑坡防控技术已经逐渐从传统的支护加固方法转向智能化监测与综合治理方向, 但这一领域仍然需要持续的创新与完善。

[关键词] 滑坡; 地质机理; 工程防控技术

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15207 中图分类号: P642.22 文献标识码: A

Research on Geological Mechanism and Engineering Prevention and Control Technology of Landslide Disaster

WEI Qiu'an¹, FANG Fanhui²

1. Guangxi Geological Environment Monitoring Station, Nanning, Guangxi, 530000, China
2. Fangchenggang Geological Disaster Prevention and Control Early Warning and Forecasting Center, Fangchenggang, Guangxi, 538000, China

Abstract: The occurrence of landslide disasters is the result of the combined effects of natural factors and human activities. Natural phenomena such as precipitation and earthquakes often exacerbate the occurrence of landslides, while human activities such as mining and construction further damage geological structures. With the acceleration of urbanization, landslide prevention and control work is facing more complex challenges. Nowadays, landslide prevention and control technology has gradually shifted from traditional support and reinforcement methods to intelligent monitoring and comprehensive management, but this field still needs continuous innovation and improvement.

Keywords: landslide; geological mechanism; engineering prevention and control technology

引言

滑坡灾害是一种常见且危害严重的地质灾害, 通常发生在山区、丘陵等地带。随着气候变化及人类活动的日益加剧, 滑坡的发生频率和风险正逐步上升, 给人民生命财产安全以及生态环境带来了巨大的威胁。对于减少灾害损失、保障社会安全, 探讨滑坡的成因并研究有效的防控技术具有重要的意义。

1 滑坡灾害的地质机理

滑坡是一种由多种地质因素共同作用引起的地质灾害, 通常表现为土体或岩体沿坡面向下滑动。形成过程受到复杂地质机理的影响, 坡体的稳定性是其发生的关键因素之一, 往往是坡体结构的弱化导致滑坡的发生, 而岩土的物理力学性质、坡面的倾斜度及水文条件等, 则构成了决定滑坡发生的基本地质条件。尤其是岩土材料的抗剪强度, 直接决定了坡体的稳定性; 一旦坡体的剪切强度无法抵抗外部作用力, 滑坡便不可避免。坡体稳定性的动态变化是由多种力的相互作用所引起的, 包括坡体重力、外部荷载及水压力等, 在特定条件下诸多力的共同作用可能引发滑坡灾害。此过程中水分扮演了至关重要的角色, 水分

不仅增加坡体的重量, 还通过渗透作用降低岩土的内聚力, 从而削弱坡体的稳定性, 在降雨或融雪等极端气候事件中, 水分的积聚与渗透加速, 常常成为滑坡发生的直接诱因。地质构造的影响也不容忽视, 断层、褶皱等地质构造活动引起的岩层破裂, 为滑坡提供了潜在的滑动面, 裂隙与断层带的存在使坡体在外力作用下更易发生位移。为全面了解滑坡灾害的地质机理, 必须综合考虑岩土性质、地形地貌特征、气候因素及地质构造等多个方面。

2 滑坡灾害的成因分析

2.1 自然因素

滑坡灾害的发生通常与多种自然因素紧密相关, 其中地形地貌是最为关键的自然条件之一。坡面陡峭, 特别是坡度超过 25 度时, 土体或岩体在重力作用下容易发生失稳, 山脊与沟谷的分布以及地形起伏的变化, 直接影响坡体的稳定性。因此, 滑坡灾害在山区、丘陵等地带尤为常见。降水量与水文条件在诱发滑坡方面具有重要作用, 强降水或持续的降雨使土壤饱和, 增大坡体的重量, 同时降低土壤的抗剪强度进而引发滑坡, 当雨水渗透到坡体内部时不仅加剧土体的饱和度, 还可能在坡体内部形成水流路

径,增加水压力从而推动土体滑动。气候变化,尤其是极端天气事件,如频繁的降雨或融雪对滑坡的发生也有显著影响,在季节气候区,季节性气候变化导致降水量剧烈波动,这种水分的变化加大了坡体水分的波动进而影响其稳定性。以冬季积雪融化为例,它会在春季形成急剧的水流,成为滑坡发生的直接诱因。地震活动对滑坡灾害的发生也有显著影响,强烈的地震震动会导致坡体内部突然位移,破坏原本稳定的结构而直接引发滑坡。松散的土体在地震波作用下尤为脆弱,特别是在土层较厚、岩层脆弱的地区,滑坡灾害的风险显著增加。

2.2 人为因素

滑坡灾害的发生不仅与自然条件密切相关,人类活动同样在其中扮演着至关重要的角色。过度开挖与土地开发是主要的人为因素之一,在公路、铁路建设过程中或是矿山开采、大型建筑施工时,原有的地质结构常被破坏,坡体的稳定性因此受到严重影响。特别是在山区或丘陵地区过度削减山体或去除植被,坡面裸露,土壤失去保护导致水土流失,从而大大增加了滑坡发生的风险。不当的水土管理也是滑坡灾害加剧的重要因素,在山地开发过程中,如果排水系统设计不当或排水过度,坡体内水分的分布可能变得不均匀,进一步增加滑坡的可能性。降雨水流未能有效疏导或控制,水分在坡体内部积聚,坡体负荷随之加重,滑坡的风险随之上升。在城市建设过程中,地下水流的无序变化及地下水位波动,往往使得土层不稳定从而埋下滑坡隐患。植被的清理与土地利用方式也是人为因素中不可忽视的一环,植物根系起着固土作用,过度砍伐森林或草地导致坡面失去自然屏障,水土流失加剧进而提高滑坡的风险。农业活动中过度耕作或放牧导致地表植被覆盖率下降致土壤流失,滑坡发生的概率显著增加。人类活动对气候变化的影响也间接加剧了滑坡灾害的频发,全球变暖使极端天气事件频繁发生,如暴雨、融雪等,这些天气现象进一步加剧了坡体的水文变化降低了坡体的稳定性,从而显著提高了滑坡发生的频率。

2.3 地形地貌与水文地质的关系

地形地貌与水文地质的相互作用是滑坡灾害发生的关键因素。坡体的稳定性、水流分布以及土壤的侵蚀直接受到地形特征的影响,从而决定了滑坡发生的风险。在坡度较大的山坡、狭窄山谷及地形复杂的区域,滑坡发生的概率较高。特别是这些地方,坡体易因重力作用的增强而处于不稳定状态,土体滑动的风险随之增大。此外,山地或丘陵地带的起伏变化使坡体形态不均,进一步加大了滑坡发生的可能性。水文地质条件对坡体的稳定性起着至关重要的作用,降水量及其分布决定了坡体的饱和度及水土的渗透过程。在强降水或连续降雨期间,雨水渗透土壤不仅增加坡体的重量,还降低了土壤的抗剪强度进而推动坡体滑动。水流的速度与流向也受地形的影响,尤其是在河

流、溪流等水系经过山间时,水流常积聚于地势较低处,长时间的侵蚀逐渐削弱坡体的稳定性。河谷、沟壑等地形特征往往会形成不稳定的斜坡,进一步提高滑坡的风险。在水文地质条件中,地下水流动与地形的关系尤为密切,在岩层或土层的裂隙中,地下水流动可能导致水位上升增加坡体内部的水压力,从而引发岩土层的滑动。尤其在裂隙或断层发育地区,地下水的积聚与渗透作用加速了岩土的风化与松动,使这些区域的滑坡发生频率显著增高。

2.4 土壤与岩体的物理力学特性

土壤与岩体的物理力学特性在滑坡灾害的发生中起着至关重要的作用。坡体的稳定性与土壤结构及岩体的力学特性紧密相连,这些特性直接决定了滑坡的发生与发展。土壤的密实度、颗粒组成、孔隙度及含水量等物理性质对其稳定性至关重要,当土壤的水分含量增加,尤其在持续降雨之后,土壤的抗剪强度显著降低导致坡体容易失稳。与砂土相比,黏性土壤能够承受较大的重力,但在水饱和状态下稳定性会显著下降,容易发生滑动。确保坡体稳定的核心因素是土壤颗粒之间的黏结力,一旦这种黏结力受到破坏,滑坡的风险将大幅增加。岩体的物理力学特性同样不可忽视,尤其是岩体的抗压强度、抗剪强度及弹性模量等参数,它们决定了岩体对外力作用的反应。脆性岩体在水压或地震等扰动下容易产生裂缝或破裂,从而削弱坡体的整体稳定性。相比之下,韧性较强的岩体在外力作用下能够保持较好的稳定性,但长期的水蚀与风化作用会逐渐退化其力学性能,使其变得脆弱,从而增加滑坡的风险。在复杂的地质环境中,土壤与岩体之间的相互作用同样是滑坡发生的重要因素,岩土界面的摩擦力、黏结力以及水分的渗透情况,直接影响坡体的稳定性。特别是在水渗透至岩体裂隙时,水压力的增加会削弱土壤与岩体之间的结合力,进而引发滑坡灾害的发生。

3 滑坡灾害的工程防控技术

3.1 滑坡防治的工程措施

滑坡防治工程通常采用多种技术手段,通过改变或增强坡体的物理性质从而有效降低滑坡发生的可能性。坡体结构加固是其中一种常见的防治方法,主要通过增强土体或岩体的稳定性来预防滑坡的发生,常见的加固技术包括喷射混凝土、锚固以及地基加固等,这些措施显著提升了坡体的抗滑性能,从而有效防止因土壤松动或岩体裂解而导致的滑坡。排水控制在滑坡防治中发挥着至关重要的作用,通过建设合理的排水系统,减少雨水渗透至坡体内部可以有效防止水分积聚,从而避免土壤抗剪强度的下降^[1]。排水设施,如排水管、暗渠以及集水井等,能够有效引导水流远离坡体降低水压力,保持坡体的干燥从而避免因过多水分而引发滑坡。支护结构的设计与施工是确保坡体稳定的重要措施之一,挡土墙、重力式支护墙、桩基支撑等结构能够有效承受坡体的侧向压力,保持坡面的平衡。在

陡峭山坡或严重侵蚀区域,支护结构为坡体提供了必要的支撑,避免了坡体的滑动。在软弱土壤或不稳定岩体的地区,支护结构与锚固技术的结合能进一步增强整体的稳定性。减荷措施同样是滑坡防治中不可忽视的手段之一,通过减轻坡体的自重或剥离坡面上的松散土层,可以有效减少坡体的负荷,从而减缓滑坡诱发因素。例如,利用机械设备去除坡面上的多余土石,或通过开挖削减坡体压力,能显著降低坡体滑动的风险。

3.2 土石方工程技术

土石方工程技术在滑坡防治中占据着至关重要的地位,主要作用是通过对土壤和岩石的开挖、搬运及回填,改变地形结构,进而增强坡体的稳定性或实施加固措施,该工程的基础工作包括精确的地质勘查与设计,只有通过详尽的地质调查,掌握坡体的土壤、岩石类型、力学特性及水文条件,才能为后续工程设计提供科学依据,对地形、地质与水文条件的深入了解正是制定合理土石方作业方案的前提。在施工过程中,土石方工程通常包括开挖、搬运与回填三个关键步骤。开挖作业的主要目的是清除坡面上的松散土层或不稳定岩层,去除一定量的土石,从而减轻坡体的负担降低滑坡风险,在开挖过程中,施工单位必须根据土壤的结构特性及岩石的抗压强度,选择合适的施工设备与方法,确保操作的安全性及效率。搬运阶段,开挖出的土石需要被转移到预定位置,此时必须合理规划运输路线及堆土场的位置,以避免对其他区域稳定性的影响。回填是土石方工程的最后一环,目的是填补开挖后留下的空洞或坑洼,并通过加固措施提升坡体的稳定性。回填材料的选择至关重要,必须根据坡体稳定性的需求与土壤特性来选择合适的石料、混合土或其他加固材料,通过分层回填并进行夯实处理,坡体的整体承载力与抗滑能力能够显著提升^[2]。在回填过程中,确保材料层次分布合理、夯实密度达到标准,并控制适当的水分含量,是确保加固效果的关键所在。排水设施的建设也是土石方工程中不可忽视的部分,为确保坡体的稳定性必须在改造过程中设置合理的排水系统,使雨水与地下水能够顺利排出,减少水分对坡体稳定性的负面影响。常见的排水措施包括排水管道、渗水层与排水沟等设施,能够有效防止水流积聚,从而降低滑坡发生的风险。

3.3 支护与加固技术

支护与加固技术是滑坡防治中至关重要的措施之一,主要通过对外不稳定坡体施加外部支撑或增强其内部结构,从而提高坡体的抗滑能力,这些技术措施广泛应用于解决由土壤松软、岩层破碎或不利水文条件引发的滑坡隐患,通过支护与加固技术不仅能够有效防止滑坡的发生,还能

在滑坡发生后减少对环境及工程设施的破坏程度^[3]。支护技术的核心目标是为坡体提供外部支撑,防止其发生滑动或倾斜。常见的支护手段包括挡土墙、锚固技术、土工格栅以及重力式支护结构等。挡土墙常用于坡度较缓或中等的区域,通过加固坡体边缘形成物理屏障,阻止土石的滑动。锚固技术通过在坡体内部或外部打入锚杆,将坡体牢固地固定在岩层或土壤中,从而增强坡体的整体稳定性。土工格栅则利用高强度聚合物材料的网状结构埋设于坡面以提供均匀的承载力,有效约束土体的运动,增强坡体的稳定性。加固技术则通过改善坡体的物理力学性质,提升其承载能力与抗滑性。常见的加固手段包括喷射混凝土、加固桩基与地基加固等。喷射混凝土通过在坡面喷涂厚实的混凝土层,为土体和岩体表面提供坚固的保护,既提高了坡体的抗剪强度又减少了水分渗透,防止了水土流失。加固桩基通过在坡体下部打入桩基,将深层土体与岩层紧密连接,有效分散坡体的重力,增强坡体的稳定性。地基加固技术则通过注浆加固、微型桩加固等方法,增强软弱土层的承载力,防止土体沉降或滑移。随着新材料与新技术的发展,越来越多的高效、环保的支护与加固方案应运而生。例如,采用预应力钢绞线或高强度纤维复合材料进行加固,这不仅显著减轻了施工负荷,还能在复杂地质条件下提供长期的支撑效果。

4 结语

滑坡灾害防治是一项涉及复杂地质与工程技术的系统性工作,对其成因的深入分析,有助于制定更为科学和有效的防控策略。综合应用土石方工程、支护加固、排水控制等多种技术手段,坡体的稳定性可显著增强,从而有效降低滑坡发生的风险。随着新技术、新材料的不断涌现,滑坡防控工作正在朝着更加高效、环保的方向发展。未来,监测预警系统应进一步强化,技术创新应得到推动,以提升防灾减灾能力,从而最大限度地保障人民生命财产的安全。

【参考文献】

- [1]陈荣彦,张丹,张自明,等.云南维西县滑坡地质灾害形成机理及成灾模式[J].土工基础,2024,38(4):697-701.
- [2]林长青.福建省三明市沙县区滑坡地质灾害形成机理及危险性评价研究[D].福建:中国矿业大学,2023.
- [3]梁潇文.地质灾害中多级滑坡形成机理及滑坡治理方法探讨[J].中国锰业,2022,40(2):61-64.

作者简介:韦秋安(1987.12—),毕业院校:桂林理工大学,所学专业:勘查技术与工程,当前就职单位:广西壮族自治区地质环境监测站,职务:分站技术负责,职称级别:工程师。

竹木材料受压杆件制作及其力学性能研究

陈历旻¹ 刘 猛¹ 雷锦楠² 余海洋² 滕 秉¹ 邢嘉瑶¹ 刘培威¹ 孙方屹¹ 苏 鹏¹ 骆 辉^{1*}

1. 江苏海洋大学土木与港海工程学院, 江苏 连云港 222005

2. 武昌首义学院, 湖北 武汉 430064

[摘要] 由于我国现行结构设计竞赛中, 关于竹材、竹皮等材料的承载能力、拉伸性能等重要理论参数的参考文献较为匮乏, 导致抗压和抗拉杆件的材料性能未得到充分利用和优化。因此, 本研究通过制备不同类型的竹材空心受压杆件, 探讨截面形式、杆件长度以及预处理工艺对竹材力学性能的影响。结果表明受压杆件的承载力随截面尺寸和构件长度变化, 最佳截面尺寸为 7~9mm, 长度达到 250mm 时承载力最大。局部屈曲和断头破坏是受压杆件的主要破坏形式, 应通过加固和节点处理来防止。预处理构件的承载力明显高于普通杆件, 当承载力超过 1200N 时, 使用 0.35mm 竹皮+3mm×3mm 竹杆能获得最佳的承载力和荷质比。

[关键词] 竹木材料; 竹皮; 竹杆; 受压杆件; 力学性能

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15211

中图分类号: TB332

文献标识码: A

Research on the Production and Mechanical Properties of Bamboo and Wood Compression Members

CHEN Limin¹, LIU Meng¹, LEI Jinnan², YU Haiyang², TENG Ao¹, XING Jiayao¹, LIU Peiwei¹, SUN Fangyi¹, SU Peng¹, LUO Hui^{1*}

1. School of Civil and Ocean Engineering, Jiangsu Ocean University, Lianyungang, Jiangsu, 222005, China

2. Wuchang Shouyi University, Wuhan, Hubei, 430064, China

Abstract: Due to the lack of references on important theoretical parameters such as bearing capacity and tensile performance of materials such as bamboo and bamboo skin in current structural design competitions in China, the material properties of compressive and tensile members have not been fully utilized and optimized. Therefore, this study investigates the effects of cross-sectional form, member length, and pretreatment process on the mechanical properties of bamboo by preparing different types of hollow bamboo compression members. The results indicated that the load-bearing capacity of the compression members varies with the cross-sectional size and member length, with the optimal cross-sectional size being 7~9 mm, and the maximum load-bearing capacity achieved at a member length of 250 mm. Local buckling and head failure are the main failure modes of the compression members, which should be prevented by reinforcement and joint treatment. The load-bearing capacity of the treated members is significantly higher than that of the untreated members. When the load-bearing capacity exceeded 1200 N, the use of 0.35 mm bamboo bark combined with 3 mm×3 mm bamboo rod achieves the best load-bearing capacity and strength-to-weight ratio.

Keywords: bamboo and wood materials; bamboo bark; bamboo rod; compressed rod; mechanical properties

竹材作为一种可持续、环保的工程材料, 因其独特的生长特性和优异的力学性能, 在建筑和结构工程中逐渐获得了越来越多的关注^[1-2]。竹材具有良好的抗压、抗拉性能和较高的比强度, 使其在轻型结构中具有潜在的应用价值^[3-4]。Lee、Moreira 和 Mitch 等人总结了竹材力学性能的测试方法, 涉及竹材的径向抗拉强度、弹性模量和顺纹抗剪性能^[5-7]。此外, Sharma 和 Garcia 指出目前的竹材性能测试方法较为复杂, 仍需进一步研发简化试验流程, 以实现更快速、准确的性能评估。

目前在我国结构竞赛及相关领域中, 竹材的实际应用仍面临着许多挑战, 尤其是在承载能力、拉伸性能等关键理论参数方面, 相关的参考文献和标准较为匮乏。在结构竞赛中, 竹皮和竹杆是常用的竹材类型。2016 年, 雷鸣

宇等人研究了竹皮的力学性能, 发现 0.35 mm 厚的单层竹皮杆件抗拉强度较弱, 而三层竹皮试件表现较好。他们还通过优化竹筒高度, 得出竹皮抗压强度大约在 18MPa 至 21MPa 之间。2017 年, 常海林^[8]等人分析了竹皮、白卡纸和桐木的力学性能, 提出了不同材料极限承载力与宽度的拟合公式, 并指出 0.35 mm 厚的竹皮最适用于拉索构件。2019 年, 袁晶^[9]等人研究了竹材的宏观压缩性能, 发现竹材的压缩性能与基本密度、维管束分布密度及厚壁纤维组织比量密切相关, 且与基本密度的相关性最为显著。

此外, 由于竹材特性复杂, 尤其是在承压和拉伸方面的性能尚未得到充分挖掘, 竹材的应用潜力尚未完全释放, 特别是在空心受压杆件等复杂结构的设计中, 竹材的利用效率仍有待提高^[10]。因此, 本研究通过制备不同类型的竹

材空心受压杆件，探讨截面形式、杆件长度以及预处理工艺对竹材力学性能的影响，旨在为竹材在结构工程中的更广泛应用提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 原材料

试验所用原材料为历届全国大学生结构设计竞赛中广泛使用的竹皮、竹杆等竹材。竹皮是一种经过层压的竹方，在经过软化工艺后，通过刨切而成的材料。具体的竹材规格如表 1 所示。

表 1 竹材种类及规格

竹材规格		竹材名称
竹皮	1250mm×430mm×0.20 (+0.05) mm	集成竹片 (单层)
	1250mm×430mm×0.35 (+0.05) mm	集成竹片 (双层)
	1250mm×430mm×0.50 (+0.05) mm	集成竹片 (双层)
竹杆	930mm×6mm×1.0 (+0.5) mm	集成竹材
	930mm×2mm×1.0 (+0.5) mm	集成竹材
	930mm×3mm×1.0 (+0.5) mm	集成竹材

1.2 杆件制作

(1) 不同截面形式的受压杆件

本次试验选择赛事官方指定的 0.35 mm 厚和 0.50 mm 厚的竹皮制作空心受压杆件，试件参数如表 2 所示。例如，A35-5-1，A 表示单层竹皮，5 表示截面宽度 0.5 mm，1 表示杆件标号为 1。

表 2 受压杆件参数

编号	压杆类型	L/mm	t/mm
A35-5- (1-5)	单 0.35mm	200	0.35
A35-6- (1-5)			
A35-7- (1-5)			
A35-8- (1-5)			
A35-9- (1-5)			
A35-10- (1-5)			
A50-5- (1-5)	单 0.50mm	200	0.50
A50-6- (1-5)			
A50-7- (1-5)			
A50-8- (1-5)			
A50-9- (1-5)			
A50-10- (1-5)			

为了保证构件的成品率，在竹材构件制作过程中均采用材质均匀的竹材，并在制作过程中节选竹皮、竹条没有竹节点的部分制作成压杆。杆件制作示意图如图 1 所示。轴压杆件的制作过程为先节选无竹节点初始材料，后用直尺量定出杆件边长长度，随后用黑笔在竹皮顺纹方向划线，随后用美工刀将每一片竹皮裁出，然后沿着图示方法粘制成轴压杆件，并在两边黏合之处滴入胶水黏合。在制作完成之后应检查是否有制作缺陷。

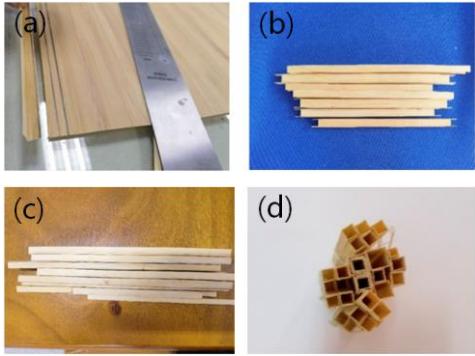


图 1 构件制作示意图

(2) 不同杆件长度的受压杆件

采用 0.35mm 和 0.50mm 两种类型竹皮制作截面宽度为 10mm 的受压构件，改变其长度，测试在同等条件下长度对于结构极限承载力的影响。应为随着杆件截面尺寸的面积不断增大，受压杆件的承载力也会不断增大，其稳定性也会不断增级，因此双层构件长度从 250mm 起开始制作，制作受压杆件规格如表 3 所示。字母 A 表示单层杆件，字母 B 表示双层杆件，字母 L 表示杆件长度，字母 t 表示杆件单边截面厚度。例如 A35-20 表示长为 200mm 的单层 0.35mm 竹皮的受压构件。

表 3 受压杆件参数

编号	压杆类型	L/mm	t/mm
A35- (20-40)	单层 0.35mm	200~400	0.35
A50- (20-40)	单层 0.50mm	200~400	0.50
B35- (20-40)	双层 0.35mm	200~400	0.70
B50- (20-40)	双层 0.50mm	200~400	1.00

空心杆件制作过程如图 2 所示。在制作箱型杆件时，首先使用铅笔在竹皮的顺纹方向上精确划线。接着，在划线处轻轻折出痕迹，但务必谨慎操作以避免折断竹皮。随后，根据折痕的方向，将竹皮逐步卷绕形成箱型结构。在角点以及竹皮叠合的关键部位，需精准滴入胶水以确保牢固黏合。在粘贴过程中，应持续检查胶水涂抹的均匀性，确保黏合效果。

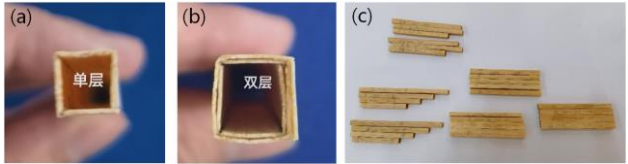


图 2 构件制作示意图

(3) 不同预处理工艺制作的受压杆件

除单层 0.35mm 和 0.50mm 竹皮制作的单层空心杆，还需制作单层竹皮加 2mm×2mm 及 3mm×3mm 竹条的混合空心杆，即在单层 0.35mm 和 0.50mm 竹皮制作的空心杆基础上，在四个角点位置额外加设 2mm×2mm 和 3mm×3mm 的竹条进行加固。制作杆件类型如表 4 所示。

表4 受压杆件参数

杆件类型	截面尺寸边长 W/mm	长度 L/mm	竹皮厚度 t/mm
0.35mm+2mm×2mm	6~13	10	0.35
0.50mm+2mm×2mm	7~13	10	0.50
0.35mm+3mm×3mm	6~13	10	0.35
0.50mm+3mm×3mm	7~13	10	0.50

在试件制作过程中,严格筛选材质均匀、竹节少的材料,以确保杆件的质量和性能。杆件制作过程如图3所示,首先选取竹片,在其顺纹方向上精准地用刀背刻制折痕。接着根据预先刻好的折痕将竹片折叠成空心杆件形状。为了增强杆件的稳定性和耐久性,在竹皮折叠的接缝处滴入胶水,以弥补因折叠而产生的划痕和竹材本身可能存在的微小缺陷。

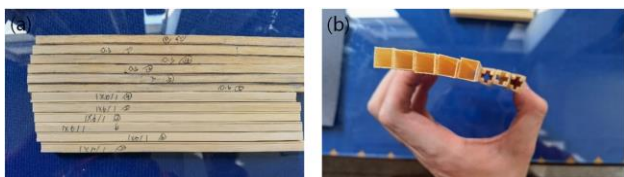


图3 构件制作示意图

1.3 性能测试方法

本次试验构件的物理性能采用深圳智能(深圳)有限公司生产的弹簧拉力/压力测试机进行测试。采用济南川佰试验仪器有限公司生产的电子拉、压试验机进行试验构件的加载测试。该仪器的最小分辨率为1N, 受压行程为80cm, 测试速度为每分钟10mm。

图4为试件的加载过程示意图,试验机在加载过程中具备自动监测和记录荷载峰值及其对应的位移值的功能。当试件因承受极限荷载而发生破坏或断裂,试验机将智能地启动自动停止机制,并立即复位至初始状态。

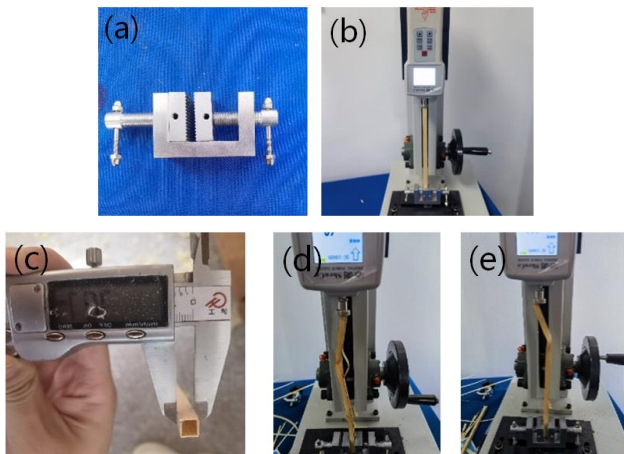


图4 试件的加载过程

2 结果与讨论

2.1 截面形式对受压杆件承载力的影响

2.1.1 破坏形态分析

不同截面尺寸的受压杆件的抗压承载力测试结果如

表5所示。局部受弯破坏常发生在构件的1/2至1/3界面范围内,此范围内局部受弯破坏风险极高,如图5所示。虽然理论上构件应处于纯受压状态,但在实际受力情况下,它们往往同时承受压力和弯矩的影响。尤其是当构件中某些界面的竹皮存在局部缺陷时,这种联合作用会显著增加局部屈曲破坏的风险,最终导致整体结构发生受弯破坏。因此,我们必须对竹皮的节点等潜在脆弱部位进行仔细检查在手工制作过程中,并采用胶水等材料进行加固处理,以减少因局部缺陷导致的弯曲破坏,从而确保构件的整体稳定性和安全性。

表5 不同截面尺寸的受压杆件的性能参数

编号	型号	平均质量	平均受压极限承载力	平均荷质比
A35-5-(1~5)	0.35mm/5mm/200mm	1.32	76.9	58.4
A35-6-(1~5)	0.35mm/6mm/200mm	1.34	99.7	74.2
A35-7-(1~5)	0.35mm/7mm/200mm	1.58	149.8	94.9
A35-8-(1~5)	0.35mm/8mm/200mm	1.79	219.0	122.64
A35-9-(1~5)	0.35mm/9mm/200mm	2.06	188.4	91.45
A35-10-(1~5)	0.35mm/10mm/200mm	2.29	198.6	86.65
A50-5-(1~5)	0.50mm/5mm/200mm	2.29	82.5	43.27
A50-6-(1~5)	0.50mm/6mm/200mm	1.91	100.5	45.62
A50-7-(1~5)	0.50mm/7mm/200mm	2.20	181.3	77.10
A50-8-(1~5)	0.50mm/8mm/200mm	2.77	217.1	75.69
A50-9-(1~5)	0.50mm/9mm/200mm	3.62	273.7	75.69
A50-10-(1~5)	0.50mm/10mm/200mm	3.71	226.4	60.97

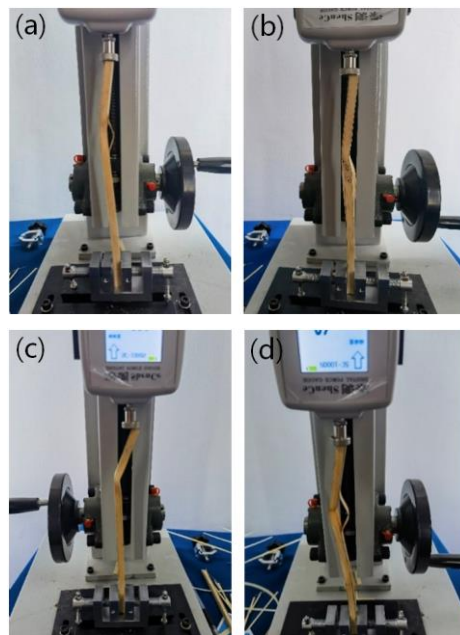


图5 受压杆件破坏示意图

2.1.2 受压杆件性能分析

图6(a)给出了受压杆件极限受压承载力的线性拟

合图像,由图可知各类型受压杆件的极限承载力随着截面尺寸的增长,先增加再减小(或趋于平缓)。0.35mm 类型压杆和 0.50mm 类型压杆的相关系数分别为 0.88 和 0.90。在结构竞赛模型制作当中的常用杆件尺寸中,将压杆边长从 5mm 提升到 8mm 或 9mm,可分别将 0.35mm 构件和 0.50mm 构件的承载力提升至 219N 和 273N,提升幅度可达 185% 和 230%。在同样的边长尺寸之下,用 0.50mm 构件代替 0.35mm 构件,可将承载力提升 6%~30%。具体的提升强度选择可在制作时候根据相应的边长尺寸而选择。

图 6 (b) 给出了不同类型的空心杆件荷质比随截面边长尺寸的变化关系。由图可知 0.50mm 杆件有着较高的承载力。当截面尺寸小于等于 8mm 时,0.35mm 构件的荷质比最高可达 122.64N/g,相较于 0.50mm 构件,增幅可达 56%,因此考虑到荷质比因素。在所需承载力小于等于 200N 时,可选择 0.35mm 构件,当所需承载力大于 200N 时,可选择 0.50mm 构件。保守选用时,可通用 0.50mm 构件。

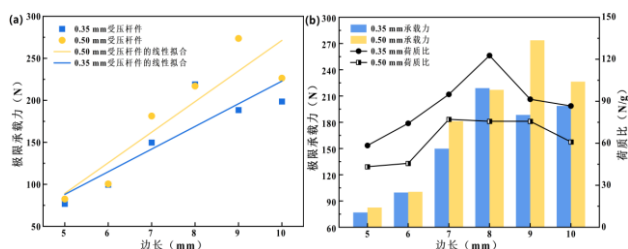


图 6 (a) 受压杆件极限承载力的线性拟合 (b) 边长对受压杆件力学性能的影响

2.2 杆件长度对受压杆件稳定性的影响

2.2.1 破坏形态分析

由图 7 可知受压杆件开裂可分为端部开裂,中间截面断裂,竹皮或棱角开裂破坏。局部受压段竹皮的刚度小于挤压机的钢板刚度,这会导致受压杆件端部部分发生局部屈曲破坏,进而导致整体破坏,在一般模型制作中只要做好节点处理一般不会发生此类现象。中间截面断裂一般发生在杆件的 1/3 至 1/2 处。此处最容易发生局部屈曲破坏。原因是,不同于理想情况之下,杆件只会遭受受压破坏,在竞赛的实际过程当中,构件会同时遭受轴压力和弯曲力的共同作用。如果在杆件的制作过程中在制作模型的过程中,任何截面出现的制作误差或材料缺陷,都可能成为局部屈曲的潜在诱因,进而引发该点的局部破坏。这种局部破坏一旦产生,会显著影响结构的整体性能,导致整体结构在受到弯曲力时易于发生破坏。因此,在模型制作的每一个环节,应在杆件薄弱之处或存有缺陷之处,加以胶水、粉末等修补加固。竹皮或棱角开裂一般出现在杆件的中间位置,由于在制作过程当中竹皮存在顺纹裂缝。在加载过程中,无法保证顺纹部分不发生破坏,因此在制作之前挑选材料之时就应该加以挑选,晒去存在过多缺陷的竹皮。此外棱角破坏还尤其容易发生于单层竹皮构件当中,因此

可适当对杆件外围进行“箍筋”处理。



图 7 杆件开裂破坏形态

2.2.2 受压杆件性能分析

图 8 展示了不同截面类型空心受压杆件的极限承载力变化规律。随着杆件长度的逐步增加,受压空心杆件的极限承载力总体上呈现下降趋势。值得注意的是,当杆件的截面面积增大,特别是边长增加时,极限承载力的下降幅度会更为显著。具体来说,当单层 0.35mm 构件、单层 0.50mm 构件、双层 0.35mm 构件以及双层 0.50mm 构件的长度从 250mm 增长到 400mm 时,其极限承载力分别减少了 41%、30%、31%和 41%。这一数据进一步验证了杆件长度和截面尺寸对极限承载力的显著影响。因此在制作杆件时对于较长杆件,推荐使用双层杆,较短杆件时推荐使用单层杆件,保守起见也可使用双层杆件。另外随着构件见面面积的增大,可以显著提升杆件的承载力,由图可知单层 0.35mm 的承载力区间在 130~225N 之间,单层 0.50mm 构件的承载力区间在 160~280N 之间,而双层 0.35mm 构件和双层 0.50mm 的构件承载力则分别在 230~330N 和 320~550N 之间。分别较单层提升了 54%和 70%,说明截面面积提升 2 倍,承载力提升接近 60%。其根本原因在于双层构件的结构缺陷,因手工制作导致强度降低的程度减少。

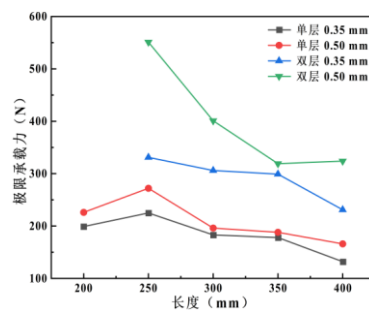


图 8 不同长度杆件的极限承载力

2.3 预处理工艺对受压杆件性能的影响

不同尺寸的受压杆件经过预处理后的抗压强度变化如表 6 和图 9 所示。由图可知在 0.35mm 和 0.50mm 两种竹皮制作的空心受压杆件的四角设置 2mm×2mm 和 3mm×3mm 竹条之后,受压杆在受压承载力极限显著提高,其中 3mm×3mm 竹条+0.35mm 竹皮的预处理构件受压承载力最高,最高可高达 1145N。

此外,0.35mm 竹皮的构件搭配 3mm×3mm 竹条的极限承载力大于相对应的 0.50mm 竹皮预处理后的构件,在拥有高承载力的同时,0.35mm 竹皮预处理后的构件的质量还会显著低于 0.50mm 预处理后的构件。同时预处理增加

3mm×3mm 竹条的构件的承载力较与预处理增加 2mm×2mm 竹条的构件,其相对应的承载力提升大约 20%~30%,在所需承载力为 600~900N 区间时,推荐使用 0.35mm 竹皮+2mm×2mm 竹条的预处理构件,在 900~1100N 之间则推荐使用 0.50mm 竹皮+2mm×2mm 竹条的预处理构件,在 1100N 以上之时则推荐使用 0.35mm 竹皮+3mm×3mm 竹条构件。其中在边长超过 11mm 之后,手工制作因素会导致各类杆件均发生承载力下降。单层 0.35mm+2mm×2mm 构件则更为明显,在边长超过 10mm 之后就会明显发生。

表 6 不同压杆预处理后的极限承载力

杆件类型	极限承载力/N							
	6	7	8	9	10	11	12	13
0.35mm+2mm×2mm	649	750	880	976	1148	968	932	946
0.50mm+2mm×2mm	—	695	904	897	810	1186	1066	1165
0.35mm+3mm×3mm	1065	1270	1032	1115	1076	1445	1345	1326
0.50mm+3mm×3mm	—	1001	1115	1213	1210	1439	1056	1150

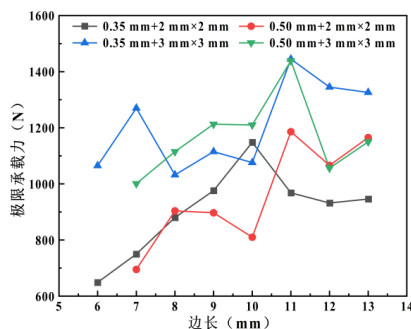


图 9 预处理构件承载力随边长变化关系

3 结论

本文通过研究截面形式、杆件长度、预处理工艺对空心受压杆件的力学性能等性能的影响,分析了各种情况下各种类型的受压杆件的受压极限承载力、破坏形式、荷质比。得出了以下结论:(1)结构设计竞赛中常用的受压杆件其抗压承载力随截面尺寸的增加,呈现先增加再减小的趋势。在常用的单层受压构件中,截面边长控制在 7~9mm 最为合适。(2)在所需承载力小于等于 200N 时,可选择 0.35mm 构件,当所需承载力大于 200N 时,可选择 0.50mm 构件。(3)受压杆件的破坏形式主要有断头破坏和中间部分中间竹皮或棱角开裂和局部屈曲破坏。其中以局部屈曲破坏为主。在空心受压杆件制作过程当中,应控制截面尺寸,在杆件 1/3~1/2 处加固杆身防止屈曲破坏。各杆件相连时做好节点加固防止断头破坏。(4)受压杆件的承载力极限和荷质比随杆件的长度先上升再减小。各类杆件在长度达到 250mm 时会达到极限承载力的最大值,双层杆件可高达 550N 单层杆件可高达 250N。超过此长度之后,极限承载力和荷质比均会下降,其中双层杆件下降幅度大于单层杆件。(5)预处理构件的承载力显著高于普通杆件,

当所需承载力超过 800N 之后推荐预处理使用 3mm×3mm 长条。所需承载力高于 1200N 时,尤为推荐使用 0.35mm 竹皮+3mm×3mm 竹条给预处理构件,在承载力和荷质比两方面最佳。

基金项目:国家自然科学基金(52108322);结构设计竞赛材料物理力学性能及模型(江苏海洋大学大学生创新创业训练计划省级项目);竹质杆件材料物理力学性能及桥梁模型设计研究(江苏海洋大学优秀本科毕业设计项目:5509007000X99)。

【参考文献】

- [1] LUO X, WANG X, REN H, et al. Long-term mechanical properties of bamboo scrimber [J]. Constr Build Mater, 2022(338): 127659.
- [2] 黄彬, 方长华, 刘焕荣, 等. 工程用竹方材研究现状与展望 [J]. 林产工业, 2021, 58(9): 43-9.
- [3] LIU P, QIN Y, ZHOU Q, et al. Experimental investigation on the physical and mechanical properties of P. edulis bamboo and their correlations [J]. European Journal of Wood and Wood Products, 2022(26): 1-16.
- [4] 赵邦林, 黄玲玲, 王立彬, 等. 结构用竹木材料的高温力学性能研究 [J]. 林产工业, 2024, 61(6): 33-8.
- [5] MITCH D, HARRIES K A, SHARMA B. Characterization of splitting behavior of bamboo culms [J]. J Mater Civil Eng, 2010, 22(11): 1195-9.
- [6] MOREIRA L E, SEIXAS M. Analysis of the bending behavior of bamboo culms with a full longitudinal crack [J]. Engineering Structures, 2022(251): 113501.
- [7] LEE A W, BAI X, PERALTA P N. Selected physical and mechanical properties of giant timber bamboo grown in South Carolina [J]. Forest Products Journal, 1994, 44(9): 40.
- [8] 常海林, 张旭钦, 钱格军, 等. 大学生结构设计大赛材料力学性能试验研究 [J]. 高等建筑教育, 2017, 26(5): 108-14.
- [9] 袁晶, 张雪霞, 余雁, 等. 维管束分布及结构对竹材宏观压缩性能的影响 [J]. 中南林业科技大学学报, 2019, 39(6): 121-7.
- [10] SYLVAYANTI S P, NUGROHO N, BAHTIAR E T. Bamboo scrimber's physical and mechanical properties in comparison to four structural timber species [J]. Forests, 2023, 14(1): 146.

作者简介: 陈厉旻(2003—), 男(汉族), 上海市人, 土木工程专业在读本科生; *通讯作者: 骆辉(1990—), 男, 江苏连云港人, 讲师, 博士, 主要从事新型土木工程材料与结构方向的研究。

新能源汽车维修电子诊断技术的应用对策分析

黄俊培

江门市新会技师学院, 广东 江门 529100

[摘要] 新能源汽车的崛起深刻改变了传统汽车产业的格局,但其复杂的电池、电控及驱动系统在维修过程中带来了显著挑战。传统的维修方法已无法满足这些高科技部件的需求,电子诊断技术逐渐成为不可或缺的解决方案,通过精确的故障检测与实时数据分析,电子诊断技术不仅能够提高诊断效率和准确性,还能显著缩短维修周期。但较快的技术更新速度、设备的兼容性较差以及技术人员的短缺,依然对其广泛应用造成了障碍。因此,推动技术研发、增强设备兼容性,以及加强技术人员的培训,成为突破这些瓶颈的关键措施。

[关键词] 电子诊断; 新能源; 汽车维修

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15189

中图分类号: U472.9

文献标识码: A

Analysis of Application Strategies for Electronic Diagnostic Technology in New Energy Vehicle Maintenance

HUANG Junpei

Jiangmen Xinhui Technician College, Jiangmen, Guangdong, 529100, China

Abstract: The rise of new energy vehicles has profoundly changed the pattern of the traditional automotive industry, but their complex battery, electronic control, and drive systems have brought significant challenges in the maintenance process. Traditional maintenance methods can no longer meet the needs of these high-tech components, and electronic diagnostic technology has gradually become an indispensable solution. Through precise fault detection and real-time data analysis, electronic diagnostic technology can not only improve diagnostic efficiency and accuracy, but also significantly shorten maintenance cycles. However, the fast pace of technological updates, poor compatibility of equipment, and shortage of technical personnel still pose obstacles to its widespread application. Therefore, promoting technological research and development, enhancing equipment compatibility, and strengthening the training of technical personnel have become key measures to overcome these bottlenecks.

Keywords: electronic diagnosis; new energy; car maintenance

引言

随着新能源汽车技术的快速进步,环保与能源效率已成为汽车行业的核心关注点。由于新能源汽车在电池管理、电动驱动以及电控系统等方面的技术复杂性,传统的维修方法已难以满足其日益增长的需求。为保障车辆的安全性与性能,电子诊断技术应运而生,成为提升维修效率与准确性的关键工具。分析新能源汽车维修中电子诊断技术的应用现状、优势及其面临的挑战,并探索推动维修技术智能化与标准化的策略,从而提升售后服务整体质量。

1 新能源汽车的发展现状

随着全球环保意识的提升与能源结构的转型,新能源汽车已逐渐成为未来交通领域的核心发展趋势。在应对气候变化、减少碳排放以及改善空气质量的大背景下,各国政府积极出台政策,推动新能源汽车的研发与应用。中国、欧洲及美国等主要市场的迅速增长,展示了新能源汽车市场的巨大潜力。相关数据显示新能源汽车销量持续攀升,电池技术的不断进步、充电基础设施的逐步完善以及政府补贴政策的支持成为行业快速发展的坚实支柱。目前,新能源汽车的应用已不仅仅局限于电动乘用车,商用车及城

市公共交通领域也正在逐步采纳这一新兴技术。与传统燃油车相比,新能源汽车在能效、环保以及长期运营成本方面展现出显著优势,尤其是在电池技术持续创新与续航能力不断提升的推动下,消费者对新能源汽车的接受度显著增强,市场的驱动力也从政策支持逐渐转向消费者的自主选择。但新能源汽车的发展仍面临一些挑战,如电池成本仍居高不下、充电设施建设滞后及充电时间较长等问题,这些因素在一定程度上制约了其普及。随着技术的不断创新,行业在应对这些挑战方面已经取得了显著进展,新能源汽车正朝着更加智能化、网络化、共享化的方向发展,预计在未来几年内,全球范围内的应用将变得更加广泛。

2 新能源汽车维修电子诊断技术的应用优势

2.1 利于实现汽车维修的精细化

新能源汽车的维修过程相较传统燃油车更为复杂,涉及多个关键组件,如电池管理系统、电动驱动系统及充电系统等。随着电子诊断技术的引入,汽车维修逐步从依赖经验的传统模式转变为基于数据的精细化操作,通过实时读取故障码、传感器数据及性能参数,技术人员能够精准识别故障来源,从而避免了传统维修中常见的误诊与漏诊

现象。与传统人工诊断方法相比,电子诊断技术能够提供更为精准的故障定位,显著提高维修效率减少车辆停运时间。特别对于新能源汽车这一高技术产品,精准诊断显得尤为重要,通过系统化的诊断工具,维修人员可清晰了解各个模块的运行状态,快速评估其健康状况进而制定个性化的维修方案,以确保每一次修复都能达到最佳效果。随着诊断技术的不断进步,维修人员得以在更短的时间内解决更加复杂的问题,这不仅优化了维修流程,也大幅提高了维修精度与可预测性,通过精准的故障分析与有效的维修策略,新能源汽车的维修质量得到了显著提升,车辆的使用寿命得到延长,消费者对新能源汽车的信任与依赖也随之增强。

2.2 利于促进维修制度的完善化

新能源汽车维修中的电子诊断技术,不仅在提升维修精度与效率方面发挥了重要作用,还在优化维修制度的建设上起到了关键作用。传统汽车维修通常依赖经验,存在一定的不确定性,并且缺乏系统化的标准和流程。随着电子诊断技术的应用,维修流程逐步实现了标准化与规范化,诊断结果为制定精准的维修计划提供了坚实的依据,每个维修环节都可追溯与记录,从而形成系统化的数据支持,为维修管理提供了科学的决策依据。电子诊断技术的应用使新能源汽车维修管理更加透明化,所有故障诊断与维修记录都能通过系统保存,便于日后的查询与跟踪,不仅提高了维修过程的可追溯性,还为质量控制提供了全新的手段。基于这些数据支持,维修服务商能够定期分析常见故障调整维修策略,从而建立起更为系统化的维修管理制度。同时,电子诊断技术的引入推动了维修人员技能标准的提升,借助系统化的诊断工具,技术人员能够更加准确地判断故障源,工作不再仅仅依赖经验,而是更加依赖数据支持与技术规范。

3 新能源汽车维修电子诊断技术的主要应用

3.1 电池管理系统(BMS)故障检测与维护

电池管理系统(BMS)作为新能源汽车的核心技术之一,承担着实时监控电池状态的重任,以确保电池的安全性与性能。在电池使用过程中,频繁的充放电循环、温度变化以及多种环境因素的影响,可能导致BMS出现故障进而影响整车的性能与安全,电子诊断技术的引入显著提高了BMS故障检测与维护的效率与精度,发挥了至关重要的作用。通过集成的电子诊断工具,技术人员能够实时获取BMS的各项关键数据,如电池电压、电流、温度及充电状态等,及时识别潜在故障,当单体电池出现过充、过放或温度异常等问题时,诊断系统会自动触发报警,精准定位故障部位,提供详细的故障码及数据分析,这种精准的诊断方式使维修人员能够迅速锁定故障源,从而避免了传统维修中由于经验不足而导致的误诊现象。不仅如此,电子诊断技术的应用并不限于故障排查,还可支持BMS系统的

校准与优化,随着电池使用时间的增长,电池性能必然会逐渐下降,因此BMS需定期进行自我校准,以确保电池始终处于最佳工作状态。借助电子诊断平台,维修人员不仅能排除系统故障,还能优化BMS算法,提升电池的充放电效率,延长电池的使用寿命。

3.2 电动驱动系统故障诊断与维修

电动驱动系统作为新能源汽车的核心动力单元,性能直接影响车辆的行驶稳定性与动力输出,一旦该系统出现故障不仅可能导致动力不足,还可能对行驶安全构成严重威胁。电子诊断技术在电动驱动系统的故障诊断与维修中扮演着至关重要的角色,能够迅速且准确地识别故障点,并提供相应的维修方案。借助先进的诊断工具,技术人员得以实时监控电动驱动系统中各关键部件的工作状态,包括电机、电控单元(ECU)与变频器等,通过对这些数据的分析,能够及时发现电流异常、电机过热、电压波动等潜在故障征兆,从而帮助准确定位问题源。例如,故障原因可能是电机线圈损坏、电控系统故障,或驱动模块硬件的损坏,与传统的维修方式相比,电子诊断技术的应用使得故障定位更加精准,避免了不必要的拆解与检查显著提高了维修效率。电子诊断技术的优势不仅限于故障排查,它在电动驱动系统的性能优化与调试过程中也发挥着重要作用,通过精确调整系统参数,诊断工具能够恢复或增强电机的性能,确保车辆在行驶过程中的动力输出更加平稳与高效。随着技术的不断进步,未来的电子诊断系统将更加智能化,不仅能够精准识别现有的故障,还能够提前预测潜在问题并进行干预,从而极大地提升车辆的可靠性与使用寿命。

3.3 充电系统故障诊断与优化

充电系统作为新能源汽车运行中的关键组成部分,承担着电池充电、能量转换与管理等多重复杂任务。充电系统一旦出现故障,不仅会影响车辆的使用效率,还可能引发严重的安全隐患。电子诊断技术在充电系统故障检测与性能优化中的应用,显著提升了故障诊断的时效性与准确性,进而增强了整个系统的可靠性。通过集成的电子诊断工具,技术人员能实时监控充电系统中的关键参数,如充电电压、电流、功率以及电池状态等。当出现充电异常,如电池过充、充电效率低下或充电中断时,诊断系统能够迅速识别并分析故障原因提供详细的故障码,这样技术人员可迅速定位问题源,明确故障是在充电桩、电池管理系统还是充电线路等部件上。相比传统的人工检查方式,电子诊断技术能够更高效地定位问题,避免了不必要的反复检查与零部件更换。除了故障检测,电子诊断技术还具有优化调试的功能,通过精准调整充电电流与电压参数,系统能够在确保电池安全的前提下有效提高充电效率,缩短充电时间。诊断工具还可以分析电池健康状况,及时发现电池衰退引起的充电问题,进而为车主提供更为精准的维

护建议。

3.4 整车电控系统的故障诊断与调试

整车电控系统作为新能源汽车的核心控制单元,承担着类似于车辆“大脑”的功能,负责协调动力传输、车身控制、安全系统等多个关键子系统的协作。任何电控系统故障均可能导致车辆性能急剧下降,甚至引发安全事故。因此,准确的故障诊断与系统调试对确保电控系统的稳定性与安全性显得尤为重要,在这一过程中电子诊断技术发挥了关键作用,它使得整车电控系统的检测变得更加高效与精准。通过电子诊断设备,技术人员能够实时读取整车电控系统的关键信息,从而迅速识别电控模块的故障点,该系统能够自动分析传感器信号、电控单元(ECU)的反应以及通信线路的状态,精确判断故障的发生位置及类型。例如,当制动系统失灵或动力系统反应迟缓时,诊断工具能够直接指示故障源是电控单元问题、传感器故障,还是信号传输异常,避免了传统维修过程中常见的盲目拆解与无效检查^[1]。不仅如此,电子诊断技术还支持电控系统的调试与优化,故障修复后技术人员可借助诊断平台重新编程电控系统、调整其参数或进行性能测试,确保系统恢复至最佳工作状态。同时,诊断系统能够分析电控系统在不同工况下的表现进而优化控制策略,提高整车的综合性能与响应速度。

4 新能源汽车维修电子诊断技术的应用对策

4.1 加强技术研发与创新

面对新能源汽车日益复杂的技术需求,提升电子诊断技术的应用水平必须依赖于加大技术研发与创新的投入。随着新能源汽车在电池管理、驱动系统、电控系统等多个领域的不断发展,传统的诊断工具与方法已难以满足日益增长的高精度与快速响应的维修需求。由此,推动电子诊断技术的创新成为行业发展的紧迫任务。研发团队应着重优化新能源汽车核心部件的诊断算法,以提升故障检测的精准度与效率,通过结合人工智能与大数据分析技术,智能化诊断系统的开发将帮助在海量数据中迅速识别故障模式与规律,甚至实现潜在故障风险的提前预测,不仅可以显著减少误诊与漏诊,还能借助系统的自我学习与更新机制持续优化诊断能力,确保技术的长期适用性。技术创新同样应聚焦于提升诊断设备的适应性与智能化水平,例如能够兼容不同品牌与车型的诊断工具的开发,将极大提高设备的兼容性与通用性。随着新能源汽车品类的日益多样化,单一诊断系统已无法满足所有需求,未来的发展将集中在构建具备多品牌、多系统兼容能力的电子诊断平台上,以满足更广泛的应用场景^[2]。与此同时,新能源汽车的关键部件,如充电系统、电池管理系统、电动驱动系统等正处于不断的技术更新与升级之中。为保持维修服务的

高效性,电子诊断设备与技术必须紧跟这些技术进步,实时更新诊断标准与故障数据库,以应对未来新能源汽车技术快速发展带来的维修需求。

4.2 加强技术人员培训与能力提升

为了确保新能源汽车维修电子诊断技术的有效应用,技术人员的培训与能力提升显得尤为重要。随着新能源汽车在电池管理系统、电动驱动系统、整车电控系统等复杂领域的持续创新,维修人员不仅需要掌握传统汽车维修的基本技能,还应具备应对新技术所需的电子诊断工具与方法,通过持续的培训与技能提升,技术人员能够更好地适应日益复杂的维修任务,确保能够准确诊断故障并高效完成维修工作。培训内容应紧跟技术发展的步伐,特别是针对电池、电动驱动系统及智能电控技术等关键领域进行定期更新。为了满足新能源汽车特有的维修需求,技术人员需要接受最新技术的培训,掌握新的诊断方法、设备使用技巧及系统更新应对方,这种培训方式不仅使维修人员能够熟练使用各种诊断工具,还能有效避免因技术落后或设备不熟悉而导致的诊断失误。除了技术层面的知识,培训还应着重培养技术人员的综合能力^[3]。例如,提高故障代码分析的效率、根据不同故障表现实施有效排查,以及提升与客户的沟通技巧,帮助提供精准的维修建议等,通过强化这些软技能,技术人员不仅能够提升工作效率还能为客户提供更高质量的服务,从而赢得客户的信任与满意。

5 结语

随着新能源汽车技术的不断进步,传统的维修模式已难以应对日益复杂的需求。在新能源汽车维修中电子诊断技术不仅提升了故障检测的准确性与效率,也推动了维修管理向更加精细化与系统化的方向发展。要充分发挥这一技术的潜力,行业必须在技术研发与创新方面加大投入,同时提升设备的兼容性与标准化,并加强对技术人员的持续培训。通过这些措施,新能源汽车的维修过程将得以更加高效、精确且安全地进行,从而为行业的可持续发展与绿色出行目标的实现提供强有力的保障。

[参考文献]

- [1] 李冠立. 新能源汽车维修中电子诊断技术的应用分析[J]. 专用汽车, 2024(1): 101-103.
 - [2] 潘亮. 新能源汽车维修中电子诊断技术的应用分析[J]. 农机使用与维修, 2021(10): 80-81.
 - [3] 陈德生. 新能源汽车维修中电子诊断技术的应用分析[J]. 电子世界, 2021(12): 33-34.
- 作者简介: 黄俊培(1996.1—), 毕业院校: 广东技术师范大学, 所学专业: 车辆工程, 当前就职单位: 江门市新会技师学院, 职称级别: 初级。

一体化压铸成型技术的现状及发展

王 斌 宁卫东 王纪新

山东银光钰源轻金属精密成型有限公司, 山东 临沂 273400

[摘要]一体化压铸成型技术作为现代精密制造技术的重要实践领域, 引领着制造业的创新发展。文中首先对一体化压铸成型技术的发展现状进行全面梳理与分析, 归纳出其技术优点包括制造效率高, 产品质量稳定, 可大幅提升产品性能等。随后, 基于分析一体化压铸成型技术在各个省市的应用现状, 得出一体化压铸成型技术在中国的应用广度和深度呈逐年上升趋势, 但各地区的发展程度差异较大。进一步通过技术研究发展趋势分析, 预测一体化压铸成型技术未来将向自动化、智能化、精确化、环保化等方向发展。文中的研究结果旨在全面了解一体化压铸成型技术的现状, 预判其发展走向, 为今后压铸企业决策及学术研究提供参考依据。

[关键词]一体化压铸成型技术; 制造效率; 产品性能; 技术发展趋势; 压铸企业决策

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15198

中图分类号: TG292

文献标识码: A

The Current Status and Development of Integrated Die-casting Technology

WANG Bin, NING Weidong, WANG Jixin

Shandong Yinguang Yuyuan Light Metal Precise Forming Co., Ltd., Linyi, Shandong, 273400, China

Abstract: Integrated die casting technology, as an important practical field of modern precision manufacturing technology, leads the innovative development of the manufacturing industry. The article first comprehensively reviews and analyzes the current development status of integrated die-casting technology, and summarizes its technical advantages, including high manufacturing efficiency, stable product quality, and the ability to significantly improve product performance. Subsequently, based on the analysis of the current application status of integrated die-casting technology in various provinces and cities, it was concluded that the breadth and depth of its application in China have been increasing year by year, but there are significant differences in the level of development among different regions. Further analysis of technological research and development trends predicts that integrated die-casting technology will develop towards automation, intelligence, precision, and environmental protection in the future. The research results in the article aim to comprehensively understand the current status of integrated die-casting technology, predict its development direction, and provide reference for future die-casting enterprise decision-making and academic research.

Keywords: integrated die-casting molding technology; manufacturing efficiency; product performance; technological development trends; decision making of die-casting enterprises

引言

压铸成型技术, 作为现代精密制造的一项核心技术, 其快捷、高效的特点具有不可替代的优势。在我国制造业中, 尤其是在汽车、家电、通讯设备等领域, 压铸成型技术发挥着举足轻重的作用。然而, 传统压铸成型技术在快速成型的同时, 产品质量稳定性、能耗、环保等方面却难以满足现有制造业对高效生产、绿色制造的刚性需求。鉴于此, 一体化压铸成型技术应运而生。一体化压铸成型技术不仅能显著提高制造效率、稳定产品质量, 还能有效降低能耗, 实现绿色制造。目前, 一体化压铸成型技术在国内部分地区得到了广泛应用, 并显示出良好的经济社会效益, 但在全国范围内的应用程度和深度依然存在较大差距。为了系统地理解这一技术在我国的应用现状和未来发展, 本研究将对一体化压铸成型技术的发展做全面的梳理分析, 并试图预测其未来发展方向。这将为制造业实现高质量发展提供重要的决策参考依据, 也对推动一体化

压铸成型技术的研究和应用具有积极的促进作用。

1 一体化压铸成型技术的理论基础

1.1 压铸成型技术的基本原理

压铸成型技术是一种通过高压快速注入熔融金属材料到模具型腔中, 经过冷却凝固以形成零件的制造工艺^[1]。其基本原理包括熔融金属的高速充填、精确的模具设计与制造、合理的冷却系统以及脱模后的后处理技术等几个核心环节。重力铸造过程中, 随着高压增大, 熔融金属在高速条件下完全充满模腔, 可以显著减少气孔和缩孔等铸造缺陷, 从而提升产品的密度和机械性能。压铸模具需要具备较高的强度和耐热性, 以承受多次的高压铸造过程。冷却系统的设计直接影响铸件的循环时间和尺寸精度, 合理的冷却路径和冷却速率能够有效提升生产效率。压铸成型技术强调对材料特性的精准控制, 以实现高效生产和精密制造的目的, 是现代制造业中不可或缺的重要工艺之一。

1.2 一体化压铸技术的特点与优势

一体化压铸技术具有显著特点和优势,成为现代制造业的重要技术手段。其一,制造效率显著提高,该技术实现了多工序合并为单一工序,大幅缩短生产周期,降低劳动成本。其二,产品质量得以稳定,通过高精度模具及控制系统的应用,产品的一致性和外观质量均有所提升。加工精度的提高也减少了后续加工需求。其三,产品性能得到全面提升,一体化压铸技术使得产品具备更优异的机械性能和耐腐蚀性能,并且能够实现轻量化设计,满足现代工业对高性能和高可靠性的要求。这些特点和优势,使得一体化压铸技术在各行业应用中展现出强大的竞争力和市场潜力。

1.3 一体化压铸成型技术的组成部分

一体化压铸成型技术的组成部分包括模具设计、材料选择、压铸工艺、设备控制及质量检测五大要素。在模具设计方面,强调高精度与耐用性,确保在高压条件下稳定成形^[2]。材料选择影响产品的力学性能与耐腐蚀性,需根据具体应用确定合适的金属或合金。压铸工艺通过调控温度、压力等参数实现优化,提高产品的一致性与表面质量。设备控制涉及自动化与智能化技术的应用,提升生产效率及稳定性。质量检测保障成品符合严格标准,采用先进仪器进行无损检测及数据分析。

2 一体化压铸成型技术的应用现状

2.1 一体化压铸成型技术在全球范围内的应用现状

一体化压铸成型技术作为一种先进的制造技术,已在全球范围内得到广泛应用。其在汽车、航空航天、电子产品及家电等多个行业中表现出显著优势。在汽车制造领域,一体化压铸成型技术被广泛用于生产复杂几何形状的组件,如发动机缸体、变速器壳体以及车身结构件,大幅减轻了车辆重量,提升了燃油效率和整体性能^[3]。航空航天领域则看重其高精度和高强度的特点,用于制造关键部件,增强结构强度和耐久性。在电子行业,一体化压铸件由于导热性和电磁屏蔽性能优异,被广泛用于智能设备中。在家电行业,因其能够实现高精度和多样化的设计需求,有助于提升家电产品的外观和功能集成度。全球范围内,对提高制造效率、降低生产成本及满足日益复杂的产品需求,一体化压铸成型技术不断得到重点推广和发展。

2.2 一体化压铸成型技术在中国各个省市的应用概况

一体化压铸成型技术在中国的应用呈现地域差异化格局。经济较为发达的沿海省份,如江苏、浙江、广东等地,由于产业链完善、技术条件优越,该技术的应用已达到一定规模,并取得显著成效。这些地区依托强大的制造基础和技术创新能力,实现了从传统制造向精密制造的转型升级。在中西部地区,市场需求和资源条件推动一体化压铸成型技术逐渐推广,部分地区技术应用程度日趋提高。区域经济发展水平、技术人才储备及政策支持的差异,导致各省市技术应用进程不一。未来,通过政策引导和区域

协同发展,该技术在各地的应用有望进一步深化。

2.3 影响一体化压铸成型技术应用的主要因素

一体化压铸成型技术的应用受到多种因素的影响。其中,技术水平的高低直接制约了其应用的广度和深度,技术设备的更新和研发投入决定了企业能否快速响应市场需求。原材料的质量和成本也在很大程度上影响生产效率和产品质量。地方政策的支持力度、环保法规的严格程度及区域经济发展水平对技术应用的积极性起到推动或抑制作用。企业管理能力和技术人员的专业素质同样是成功应用该技术的重要保障。

3 一体化压铸成型技术的优点

3.1 提高制造效率

一体化压铸成型技术在制造效率提升方面展现出显著的优势。通过整合多道工序于单一成形过程,该技术显著减少了传统制造流程中的多个独立步骤,从而缩短了生产周期。这种集成化的操作模式不仅降低了模具更换和加工准备的时间,还减少了人为操作带来的误差。相较于传统压铸方式,一体化压铸成型技术采用高效自动化设备和精密控制系统,能够实现更高的工序重复性和可靠性,确保生产过程中连续性的提高和停机时间的减少。由于一体化压铸技术的高精度和一致性,废品率大幅下降,材料利用率显著提高。这些特性使得企业能够在相间内完成更多的产品生产,大幅提升了生产效率。减少的能耗和人力资源投入进一步降低了制造成本,为企业带来显著的经济效益。得益于上述优点,一体化压铸成型技术已逐渐成为各类制造企业提高市场竞争力的重要手段。

3.2 应用先进设计和技术提高产品质量和模具寿命

(1) 3D 打印仿形冷却管路提高铸件的质量,并提高模具的使用寿命

(2) 运用可靠的涂层技术来提高模具的使用寿命

3.3 积极应用环保型脱模剂及喷涂技术

选择合适的脱模剂,并采用最少喷涂量:

(1) 减少喷涂量以减少对模具的热冲击,提高模具寿命。

(2) 减少新鲜水的使用,并减少废水的排放。

(3) 减少喷涂烘干时间和气体用量。

(4) 减少整体喷涂时间。

4 一体化压铸成型技术的发展状况及趋势

4.1 一体化压铸成型技术的发展路径

一体化压铸成型技术的发展历程显示出从传统制造到现代精密制造的转型过程。起初,压铸技术局限于简单构件的大批量生产,伴随工业需求的增长和技术研究的深入,逐步向复杂、多样的高性能产品制造领域扩展。在此过程中,材料科学、模具设计与制造,以及工艺控制等领域的不断突破,推动着一体化压铸成型技术的革新与演进。现代工艺中,先进的数控机床和高精度模拟仿真技术的引

入,实现了对压铸过程的精确控制,满足不同产品的质量与性能要求。信息技术的发展促进了生产过程的智能化与自动化,使得压铸生产更加高效、灵活。这一技术路径不仅满足了现代制造的高标准要求,还在向绿色制造和可持续发展目标迈进,未来将继续沿着自动化、智能化和环保化的方向不断提升^[5]。

4.2 技术研发的现状和趋势分析

当前,一体化压铸成型技术的研发围绕自动化、智能化、精确化和环保化四大方向展开。自动化方面,机器人与自动化控制技术的引入显著提高了生产线效率。智能化研发着重于大数据和人工智能在生产过程中的应用,以实现全流程监控和优化。精确化研究则旨在通过先进的材料和精密设备,提升产品的加工精度和一致性。环保化趋势是通过采用新型材料和优化工艺流程,减少资源消耗和废弃物产生,力求实现绿色制造。在这些趋势的推动下,一体化压铸成型技术有望迎来技术革新和产业升级的新阶段。

4.3 未来发展的主要方向

在未来的一段时间内,免热处理大铸件依然是行业热门话题。新的免热处理零件开发和应用将持续,有从车身向全车蔓延的趋势。高性能的模具材料开发和更好的热处理,以及将会促进一体式压铸零件的开发和应用。设备自动化和智能化将会大大提高一体式压铸件用户的信心。低碳环保的材料和压铸工艺是行业追求的方向。

5 一体化压铸成型技术的前景与挑战

5.1 一体化压铸成型技术发展的前景

一体化压铸成型技术在未来的发展前景中,呈现出多样化与深入化的态势。随着全球制造业的不断升级,对高效、可靠和环保的生产技术需求愈发迫切,该技术凭借其生产效率高、产品质量优异和资源利用率高的特点,成为满足现代制造要求的重要选择。其在汽车制造、电子设备和航空航天等领域的广泛应用,显示出巨大的市场潜力。未来,随着自动化和智能化技术的深度融合,一体化压铸成型技术有望实现全面的工艺优化,通过智能监测系统与机器学习的结合,实现生产过程的自适应控制与实时调整,以进一步提高生产精度和效率。环保法规的日益严格也将推动该技术在材料选择与工艺创新方面的新突破,促进使用可降解材料及节能设备的发展,从而在降低环境影响的提升经济效益。这将为相关企业提供更多的市场机会与竞争优势。

5.2 现阶段面临的主要挑战及应对策略

一体化压铸成型技术在发展的过程中面临诸多挑战。技术创新速度快导致企业必须持续投入研发,这对中小型企业形成较大压力。自动化、智能化设备的高昂成本,使得技术普及受到阻碍。技术操作复杂度增加,对技术人员的专业素养和技能要求大幅提升,人才培养成为亟需解决

的问题。环保政策趋严,要求企业升级技术以减少能耗与污染。应对这些挑战,需要加强产学研合作,优化资源配置,提高创新效率;推动技术人才培养,满足市场需求;加大政策扶持力度,降低企业升级的成本与风险。

5.3 对压铸企业决策的建议

压铸企业在应对一体化压铸成型技术的发展挑战时,应制定灵活的战略决策。优先考虑加大技术研发投入,引进和培养高素质技术人才,以提高企业的创新能力和技术竞争力。推动生产过程的自动化和智能化,以降低成本并提升产品质量。企业需关注环保法规的变化,采用可持续的材料和工艺,以满足环保要求。面向市场拓展,应加强行业合作与交流,积极开拓新市场,以适应全球化发展趋势和多样化的客户需求,从而实现企业的可持续发展。

6 结束语

本研究对一体化压铸成型技术的发展现状进行了全面梳理与分析,评估了其在全国各地的应用程度,并描绘了其未来的发展趋势。研究显示,一体化压铸成型技术具有诸多优势,如制造效率高,产品质量稳定,能显著提升产品性能。然而,其在中国各省市的应用程度存在明显不平衡性,此点值得相关政策制定者及压铸行业从业者关注。本研究还预测了一体化压铸成型技术的未来发展将更为自动化、智能化、精确化和环保化。这不仅为压铸行业的未来发展提供了方向,也对行业中企业决策的科学性具有指导作用。但是,本研究主要依赖于现有的研究和数据,对于压铸技术的应用现状及具体优缺点,和未来发展走向的分析可能存在不足,期待更多研究为这个领域带来更详实的数据和深入的理解。最后,一体化压铸成型技术是现代精密制造技术的重要实践领域,希望相关企业能够把握好技术发展的脉络,优化生产工艺,提升产品质量和效率,为制造业的创新和发展贡献力量。同时,也希望学术界能够进一步深入研究这一技术,挖掘其更多可能的应用场景,推动该技术不断向前发展。

[参考文献]

- [1] 吴一若,程凯,李成信,等. 一体化隔离座压铸成型数值模拟及优化[J]. 热加工工艺, 2021, 50(11): 79-82.
 - [2] 李先洲. 铝合金一体化压铸技术[J]. 汽车工艺与材料, 2023(7): 17-21.
 - [3] 乔侠,杨磊,刘双勇. 一体化压铸技术发展与应用研究[J]. 汽车工艺师, 2023(8): 30-33.
 - [4] 张晓英. 一体化压铸成就轻量化[J]. 汽车工艺师, 2023(6): 3-3.
 - [5] 李志成. 机电一体化技术发展趋势[J]. 市场周刊·理论版, 2019(46): 42.
- 作者简介: 王斌(1986.2—), 性别: 男, 民族: 汉, 籍贯: 山东省费县人, 学历: 本科, 研究方向: 压铸工程。

交通安全管理体系的构建与实施

王仁贤

大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂（陇东南分公司），甘肃 陇南 746412

[摘要] 交通安全管理体系的构建与实施是保障交通运输安全的重要环节。通过建立全面的安全管理制度、完善的培训机制及严格的操作规程，能够有效预防交通事故的发生。重点从安全责任落实、风险评估与控制、应急预案等方面进行深入探讨，并结合实际案例分析了实施效果。通过对管理体系的持续优化，提升了车管部门整体安全水平和事故应急处置能力，为交通安全管理提供了宝贵的经验。

[关键词] 安全管理体系；交通安全；风险评估；应急预案；操作规程

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15191

中图分类号: U492.8

文献标识码: A

Construction and Implementation of Traffic Safety Management System

WANG Renxian

Longdongnan Branch, Bikou Hydropower Plant of Datang Gansu Power Generation Co., Ltd., Longnan, Gansu, 746412, China

Abstract: The construction and implementation of a traffic safety management system is an important link in ensuring transportation safety. By establishing a comprehensive safety management system, a sound training mechanism, and strict operating procedures, it is possible to effectively prevent traffic accidents from occurring. We conducted in-depth discussions on the implementation of safety responsibilities, risk assessment and control, emergency plans, and analyzed the implementation effects based on practical cases. Through continuous optimization of the management system, the overall safety level and emergency response capability of the vehicle management department have been improved, providing valuable experience for traffic safety management.

Keywords: safety management system; traffic safety; risk assessment; emergency plan; operating procedures

引言

随着交通运输业的迅速发展，车管部门的安全管理已成为保障道路交通安全的关键环节。交通事故频发不仅给社会带来巨大的经济损失，还严重威胁到人们的生命安全。因此，建立健全的交通安全管理体系，规范驾驶员操作行为，提高应急处置能力，已成为迫切需要解决的问题。通过科学合理的管理措施，优化安全管理流程，有助于降低事故发生率，提高整个行业的安全水平。

1 交通安全管理体系的基本框架

交通安全管理体系的基本框架主要包括安全管理组织结构、安全管理制度、风险评估与控制、培训与考核机制、应急预案等关键要素。首先，建立科学合理的管理组织结构是安全管理体系的基础。车管部门需要设立专门的安全管理部门，明确各级安全管理人员的职责，确保每一环节都有明确的责任人。管理层次应当从高层到基层逐级落实，确保安全责任层层传递，强化安全管理的全员参与。

完善的安全管理制度是保障体系有效运行的核心。管理制度应覆盖车辆管理、驾驶员行为规范、安全检查、事故处理等各个方面。通过制定详细的规章制度，明确工作流程，规范操作行为，确保安全管理有章可循。此外，制度的执行与监督同样重要，应加强日常检查与监督，确保各项安全管理措施的落实到位。

风险评估与控制是交通安全管理体系中不可或缺的一部分。车管部门应定期进行安全风险评估，识别潜在的安全隐患，并根据评估结果采取相应的防范措施。通过动态监控和及时调整管理策略，可以有效减少事故发生的概率。风险控制措施包括加强对车辆的日常检修、定期安全检查，以及对驾驶员的驾驶行为监控等。

安全培训与考核机制是提升驾驶员安全意识和操作能力的重要手段。车管部门需要定期组织安全培训，内容应涵盖交通法规、驾驶技能、安全操作规程等方面。培训过程中，要结合实际案例，增强培训的针对性和实效性。通过定期的考核，确保驾驶员掌握相关安全知识和技能，并通过严格的考核机制，激励驾驶员不断提升自我安全管理水平。

健全的应急预案是应对突发事件的重要保障。车管部门应根据不同的安全风险和应急场景，制定详细的应急处理流程，并定期进行演练，以提高应急处置的效率和准确性。通过建立和完善应急预案，可以有效应对突发交通事故或其他安全问题，最大限度地减少人员伤亡和财产损失。

2 安全责任落实与管理层级设计

安全责任落实与管理层级设计是交通安全管理体系的重要组成部分，其核心目的是确保每个环节的安全责任明确到人，并通过层级化的管理结构实现全员安全管理。

首先,安全责任的落实需要清晰的职责分工。在车管部门的安全管理中,管理层需明确高层、中层和基层各自的职责,形成纵向贯通、横向联动的安全管理网络。高层管理人员应负责制定安全方针和战略规划,确保安全管理的总体方向和资源投入;中层管理人员则要执行具体的安全管理措施,协调各部门之间的工作;基层管理人员负责日常操作的监督与执行,确保每项安全措施的落地。

为了实现安全责任的精准落实,车管部门需要在每个层级中设置专门的安全管理岗位,确保各项安全措施有专人负责。高层管理层应设立安全管理委员会,负责安全管理的总体策划、资源配置和监督检查。中层管理人员则应负责安全制度的传达和实施,对下级员工进行指导和监督,确保安全措施能够得到有效执行。基层管理人员则是最直接的执行者,他们要密切关注日常运营中的安全隐患,及时发现并报告问题,同时落实具体的安全检查和事故防范工作。

除了职责明确之外,安全管理层级的设计还应注重信息流的畅通。各管理层级之间的沟通与反馈机制应畅通无阻,确保高层能够及时掌握基层的安全状况,同时基层管理人员能够迅速向上级汇报潜在的风险和安全隐患。信息的传递应有序且高效,避免因沟通不畅而导致安全管理工作中的盲点。

安全责任的落实还需要通过制度化的考核与奖惩机制来确保其有效性。每个层级的管理人员和员工均应按照安全目标完成考核任务,未达到安全标准的人员应受到相应的处罚,而表现优异的员工则应得到奖励。通过这种激励机制,可以提升全员参与安全管理的积极性,进一步增强安全责任的落实力度。

3 风险评估与控制措施的实施

风险评估与控制措施的实施是交通安全管理体系中至关重要的一环,其目的是识别潜在的安全隐患,评估风险的严重性,并通过科学合理的控制措施进行有效管理,以最大限度地减少事故的发生。首先,车管部门需要定期进行全面的安全风险评估,评估内容涵盖车辆、驾驶员、道路和环境等多个方面。通过对车辆的使用状况、驾驶员的驾驶行为、交通环境的变化等因素进行分析,识别出可能存在的安全风险。评估应基于历史数据、现场调查以及专家咨询等多种方式,全面了解和掌握各类风险因素。

在风险评估的过程中,车管部门应采用科学的风险评估方法,如风险矩阵法、故障树分析法等,结合定性和定量分析,量化风险的可能性和后果,得出风险等级。通过风险等级的划分,可以更清楚地识别出哪些风险是高风险,需要优先处理;哪些风险属于中低风险,可以适当采取控制措施,进行持续监控。这一过程中,管理人员要对评估结果进行充分分析,以确保识别的风险具有全面性和准确性。

一旦风险评估完成,下一步就是制定相应的控制措施。

这些措施应根据不同的风险等级和类型采取不同的应对方式。对于高风险项目,应采取更为严格和系统的控制措施,如增加车辆的定期检查频率、加强驾驶员的安全培训、优化驾驶路线等。对于中低风险项目,则可以通过加强日常管理、提高员工的安全意识等方式进行控制。控制措施不仅仅是预防性的,还要具备应急处理的能力。在制定控制措施时,应考虑到每一种潜在风险可能带来的后果,并为可能出现的突发事件提供应急方案。

为了确保控制措施能够真正发挥作用,车管部门还需要定期对实施效果进行跟踪评估。控制措施的实施过程中,要密切监控其效果,及时进行调整。例如,通过对安全生产数据的分析,发现某一类风险的发生频率较高,可能需要进一步完善控制措施,或者加强对该方面的管理。通过反馈机制,确保风险控制措施能够与时俱进,持续优化。

风险评估与控制不仅仅局限于管理层的工作,驾驶员和相关人员的参与也至关重要。驾驶员应接受定期的安全教育培训,增强自我防范意识,并掌握应急操作技能。对于车辆的管理,驾驶员应定期进行车辆检查,确保车辆的技术状况符合安全标准。只有通过多方协同、持续改进,才能在交通安全管理中形成有效的风险评估与控制体系,最大限度地保障运输过程的安全。

4 驾驶员安全培训与考核机制

驾驶员安全培训与考核机制是交通安全管理体系中的重要环节,它直接关系到驾驶员的安全意识、操作能力和事故预防能力。建立科学、系统的安全培训与考核机制,不仅能够提高驾驶员的安全驾驶水平,还能有效减少因操作不当引发的交通事故。首先,驾驶员安全培训应当涵盖多个方面的内容,确保培训的全面性和针对性。培训内容包括交通法规、车辆操作技能、安全行驶技巧、应急处理程序等。通过对交通法规的详细讲解,确保驾驶员了解并严格遵守道路交通安全法律,减少因违法行为引发的事故。同时,驾驶员还需要掌握各种驾驶技能,如熟练操作车辆、控制车速、应对复杂路况等,以保证在不同环境下的安全驾驶。

为了增强培训的实际效果,驾驶员安全培训应结合具体的案例分析,进行现场演练。例如,可以通过模拟各种驾驶环境和突发状况的场景,帮助驾驶员提高应对紧急情况的能力。这种实践性强的培训方式,可以使驾驶员在真实情境中掌握应急操作技巧,为日常驾驶提供强有力的保障。与此同时,驾驶员的安全意识也需要通过培训得到强化,培训中应注重引导驾驶员树立安全第一的理念,明确安全驾驶的重要性和紧迫性。

驾驶员安全考核机制是确保培训效果落实的关键环节。考核内容应全面覆盖驾驶员在培训中学习到的各项技能和知识,包括理论考试和实操考试。理论考试主要测试驾驶员对交通法规、车辆操作规范和应急预案的掌握情况;

实操考试则侧重于驾驶员在实际驾驶过程中操作能力的检验,如车辆的起步、停车、转弯、倒车等技能,以及在突发情况下的应急反应能力。考核不仅仅是对驾驶员个人技能的评价,更是对安全管理体系有效性的检验。

考核机制应定期进行,并根据实际情况对驾驶员进行分类管理。例如,对于新入职的驾驶员,可以采取强化培训和严格考核的方式,确保其在上路之前具备足够的安全驾驶能力;对于老驾驶员,则可通过定期的安全培训和再考核,确保其长期保持高水平的安全驾驶状态。此外,还应根据考核结果进行奖惩激励。通过奖励那些表现优秀的驾驶员,激励他们持续保持良好的安全驾驶习惯;对考核不合格的驾驶员,则应进行必要的培训补充,直至其符合标准。

为了确保考核机制的公正性和有效性,车管部门可结合现代信息技术,建立驾驶员安全档案,对每个驾驶员的培训、考核、驾驶记录等进行全程跟踪与管理。这样一来,不仅能够为驾驶员的安全管理提供数据支持,还能帮助管理层及时发现问题并进行干预,进一步提高整体安全管理水平。通过系统的培训与严格的考核,能够有效提升驾驶员的安全素质,确保车管部门的安全运营。

5 应急预案的制定与演练效果分析

应急预案的制定与演练效果分析是确保车管部门在突发事故发生时能够迅速反应、有效应对的重要环节。应急预案的制定应考虑多种可能的紧急情况,涵盖交通事故、车辆故障、自然灾害等各种紧急事件。预案内容应详细规定应急处理流程、各环节责任人、资源调配以及与外部救援单位的协作机制,确保一旦发生突发事件,能够迅速启动预案,并做到有序高效处理。

在制定应急预案时,应根据不同类型的紧急事件设计具体的应急措施。例如,针对交通事故,应急预案应包括事故现场的初步评估、伤员救助、事故报告、现场交通疏导等步骤;而对于车辆故障,则应重点考虑如何快速排除故障,确保车辆能够安全恢复行驶或立即采取替代方案。所有应急措施的设计都应以保障人员安全、减少财产损失为核心目标。

为了确保应急预案的可行性和有效性,车管部门需要定期进行应急演练。演练应尽量模拟真实场景,检验预案中各个环节的反应速度和协调能力。通过实际操作,演练

可以帮助驾驶员和相关管理人员熟悉应急处理流程,明确自己的职责,提高应急反应能力。同时,演练还能暴露出预案中的不足之处,帮助管理层及时调整和完善应急处理方案,进一步提升预案的实用性和针对性。

演练效果的分析是衡量应急预案是否有效的重要标准。在每次演练后,车管部门应对演练过程进行全面评估,包括各部门的响应速度、信息传递的准确性、资源调度的效率等方面。通过收集参与人员的反馈意见,对预案的执行情况进行细致分析,发现其中的漏洞和改进空间。同时,演练效果还可以通过记录演练中的问题,形成改进报告,供今后的工作参考。这样一来,不仅能够提高应急预案的执行效果,还能够增强全体员工应急处理能力。

通过科学的应急预案制定和定期的演练,车管部门能够确保在面对突发事件时,快速、有效地做出反应,最大限度地减少事故带来的损失,保障人员的生命安全与财产安全。

6 结语

通过建立健全的安全管理体系、实施科学的风险评估与控制措施、强化驾驶员培训与考核,以及定期进行应急预案的制定与演练,车管部门能够有效提升安全管理水平,减少交通事故的发生。安全管理不仅仅是制度和措施的落实,更需要全体成员的共同参与和持续优化。未来,随着管理体系的不断完善,车管部门的整体安全性将得到进一步提升,为社会交通安全做出积极贡献。

[参考文献]

- [1]李岳杭.现代采矿作业中安全管理体系的构建与优化研究[J].世界有色金属,2024(21):217-219.
 - [2]姜恕君,尹成明,崔苗,等.一汽-大众自主安全管理体系的构建与运行[J].劳动保护,2024(11):46-48.
 - [3]李显俊,张兵,王瑞青.核电厂维修安全管理体系的构建与实施研究[J].中国设备工程,2024(20):38-40.
 - [4]彭浩鸣,王安蒙.数智化转型企业网络信息安全管理体的建设策略[J].智慧中国,2024(10):71-72.
 - [5]李娜.协同治理视角下高校消防安全管理体系构建路径研究[J].现代职业安全,2024(10):15-17.
- 作者简介:王仁贤(1980.4—),男,当前就职单位:大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂(陇东南分公司),职称级别:初级。

水利工程机电设备安装与施工管理优化策略

温作清

平阳县水利发展投资有限公司, 浙江 温州 325400

[摘要] 水利工程机电设备的安装与施工管控至关重要。随着水利工程建设持续扩大规模, 技术持续提升, 机电设备安装施工管理面临日益增多的挑战。以水利工程机电设备的安装特性为切入点, 对施工管理中现存问题进行了剖析, 如设备安装进展延迟、施工品质波动、管理体系不够健全等。针对这些情况, 阐述了改进措施, 主要包括强化项目管理、精进施工技术、提升施工人员专业技能、采用信息化管理措施等。通过实施这些举措, 可显著提升水利设施机电设备安装效能与品质, 保障工程按期完工。

[关键词] 水利工程; 机电设备安装; 施工管理; 优化策略; 项目管理

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15179

中图分类号: TV7

文献标识码: A

Optimization Strategy for Installation and Construction Management of Hydraulic Engineering Electromechanical Equipment

WEN Zuoqing

Pingyang County Water Conservancy Development Investment Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang, 325400, China

Abstract: The installation and construction control of hydraulic engineering electromechanical equipment are crucial. With the continuous expansion of water conservancy engineering construction and the continuous improvement of technology, the management of mechanical and electrical equipment installation and construction is facing increasing challenges. Starting from the installation characteristics of hydraulic engineering electromechanical equipment, an analysis was conducted on the existing problems in construction management, such as delayed equipment installation progress, fluctuating construction quality, and inadequate management system. In response to these situations, improvement measures were elaborated, mainly including strengthening project management, improving construction technology, enhancing the professional skills of construction personnel, and adopting information management measures. By implementing these measures, the installation efficiency and quality of mechanical and electrical equipment in water conservancy facilities can be significantly improved, ensuring the timely completion of the project.

Keywords: water conservancy engineering; installation of mechanical and electrical equipment; construction management; optimization strategy; project management

引言

水利工程系国家基础设施关键构成, 其施工品质与进度直接影响民众生活及国家经济进步。机械设备安装系水利工程关键工序, 涉及泵站、闸门、电力设施、自动化监控系统等设备的安装与调试, 其施工质量直接关乎整个水利工程的功能发挥与安全运行。然而, 设备复杂性及工程规模持续提升, 现行施工管理模式已不适应当代水利工程建设需要。在确保施工质量的基础上, 提高施工效能, 改善管理流程, 成为当前水利工程施工管理的重要议题。因此, 探讨并制定切实可行的改进措施, 对加强水利工程设备安装质量及效益的提升具有关键作用。

1 水利工程机电设备安装与施工管理的概述

水利工程设备安装与施工管理乃是水利工程建设关键环节之一, 其品质与效能直接关系到工程运行的成效与安全。水利设施一般涵盖水库、泵站、闸门、电力设施及自动化监控系统等关键机电设备的布置与调试。该设备部署涵盖机械、电气、自动化等多元技术标准, 施工各环节

须严格管控与协调^[1]。

水利工程机电设备装置有其特殊性和繁杂性, 与传统能工巧匠的杰作相较, 水利工程装备设施布置普遍涉及较大范围, 设备种类繁多且技术标准严格。例如, 泵站之水泵设施、闸门自动化调控系统、监测仪器等须精确安装与调整, 确保水利工程后续运行高效、稳固。鉴于设备类型多样, 施工过程需严格遵守设计规定、施工标准及设备技术参数要求, 任何细微失误均可能引发设备运行障碍, 甚至可能引发严重安全事故。

水利工程的机电设备安装和施工管理要求高效协调和严格的质量控制。在施工过程中, 涉及的专业工种较多, 如机械、焊接、电气、自动化等技术工种, 施工人员的专业素质、技能水平直接影响到施工质量。为了保证施工质量, 项目管理部门需要对施工进度、质量、安全、技术等各个方面进行实时跟踪和控制。此外, 机电设备安装一般需经历较长时间的调试、试运行及性能检验, 施工队伍需具备较高的技术水平与实战经验, 有效解决施工期间所遇

各类问题。

然而,在施工实践中,水利工程机电设备安装管理遭遇诸多挑战。设备技术水平持续提升,水利工程规模与复杂性持续提升,传统施工管理模式日渐显现其效率不足,亟待优化。项目执行过程中显现设备安装进度延迟、质量管控不力、人员配置不当等问题,工程推进与按时完工面临诸多挑战^[2]。

2 水利设施机电装备布置与施工管控存在的问题

2.1 施工质量管理薄弱,影响设备正常运作

在水利设施机电装备配置与施工监管中,设备安装质量管理常常存在薄弱环节。部分施工单位的技术人员专业基础薄弱,在安装过程中易发生零件松动、布线错误、密封不到位等情况。例如,在某水利枢纽工程中,由于密封不严导致机电设备在运行时出现漏水现象,影响了发电机组的正常运作,此外,部分施工人员在接线和调试过程中操作不合规范,导致控制系统运行不稳定。这类质量问题不仅会妨碍水利工程运作效能,还可能存在安全风险,甚至减少设备的使用期限。究其原因,主要是施工质量管控不到位,缺乏严格的质量检验和技术交底流程。

2.2 施工人员技术能力欠缺,制约安装成效

水利设施设备装配涵盖机械、电力、自动控制等众多专业范畴,对施工人员技能水平要求较高。然而,部分施工企业技术人员培训不到位,施工人员在实际操作中面临设备安装技术难题的应对困难。例如,在某一巨型泵站的建设阶段,因操作人员对智能监控系统接线及调试技术不熟悉,导致系统运行受阻,项目验收屡次延期。此外,一些施工人员缺乏应对突发技术故障的能力,导致设备在调试阶段反复出现问题。这表明,施工人员技能水平直接影响安装品质,若技术能力提升效果不佳,工程品质与施工时效将遭受负面影响。

2.3 各单位协作不畅,影响项目整体推进

水利工程项目涉及设计单位、施工单位、设备供应商和监理单位等多个主体。然而,施工实施过程中,协作机制尚需完善,导致信息传递延误、职能界定模糊问题。例如,在某水电站建设项目中,设备厂商未按时向施工方交付安装指南,导致施工团队在设备布置过程中屡次遭遇返工现象,影响了施工进度整体。此外,监理方未能及时察觉并整改施工环节中的缺陷,引发质量缺陷累积,项目后期整改费用提升。此类问题多因项目监管体系不完善,各方协作存在不充分现象,信息交流不够充分。

2.4 技术升级能力不足,影响高端设备安装

随着水利工程技术水平的不断提升,机电设备的智能化、自动化程度越来越高,这对施工企业的技术升级能力提出了更高的要求。然而,部分施工企业对新设备安装、调试及维护的技术实力欠缺。例如,在某水库工程中,引入智能化闸门控制技术,尽管施工团队对新系统操作流程

尚不熟悉,导致系统运行受阻,项目验收期限推迟。此类问题主要体现在施工团队对高端设备在兼容性与复杂性方面的认知不足,设备调试与运行测试未能顺利完成。因此,施工单位应强化技术积累,提高对新设备的适应水平,以确保项目顺利实施。

3 水利工程机电设备安装管理优化策略

3.1 加强项目管理与协调

在水利工程机电设备安装与施工管理中,项目管理与协调是确保工程顺利进行的关键环节。随着项目规模的扩大和工期的紧迫,多个环节和部门之间的协调工作变得尤为重要。为了提高项目管理效率,要建立健全的项目管理体系。项目管理团队应明确职责和分工,制定清晰的项目目标、计划和进度安排,并加强对施工现场的监督和管理^[3]。

项目运作的关键,在于加强各参与主体间的交流与合作。涉及水利工程项目之机构众多,涵盖设计单位、施工单位、设备供应商、监理单位等,确保信息互通与责任明确。项目管理团队须保证施工期间各参与方持续紧密协作与适时交流。例如,可按期召开项目协调会议,综合各方工作动态,妥善处理现有难题,调整施工方案与资源分配。运用信息化项目管理手段,实时跟踪施工动态,实时监控资源分配与资金流向。例如,运用“项目管理云平台”实施施工监管,不仅有助于增强项目公开性,还能避免因信息传递滞后造成的工程延期。事实证明,项目管理与协调工作的加强,可有效增强施工效能,减少因沟通不畅引发的返工情况。

3.2 优化施工工艺与技术

水利工程设备安装技术繁杂,工艺标准严格,因此,改进施工方法与技术对于保障施工品质与进度极为关键。施工单位需依据工程特性,选用适宜的施工技术。在设备安装之际,对设备类别、性能及安装复杂度进行全面剖析,拟定施工计划。施工计划需涵盖施工工艺、技术规范、安全保障措施等方面内容,保障施工顺利进行^[4]。

随着科技持续进步,新型施工技术与工艺层出不穷。水利工程建设项目,采用尖端施工技术与装备,亦能提升施工效能,尚可降低费用。例如,使用机械化吊装及自动化焊接设备替代传统人工作业,不仅施工精度显著提升,还能进一步降低人为操作失误概率。同时,运用建筑信息模型(BIM)及虚拟仿真技术对施工方案实施模拟与改进,能有效减少施工安全隐患,加强工程品质。此外,采用智能检测工具实施即时监控与数据解析,可及时捕捉并妥善处理设备安装过程中出现的问题,确保施工安全和质量。

3.3 提升施工人员的专业素质与技能培训

水利工程机电设备安装技术要求高,施工期间对人员专业技能与技术水平要求较高。因此,加强施工人员专业技能培训,是保障施工质量与进度的根本,施工单位需编制合理培训方案,对施工人员实施周期性专业技能及操作规程的教育训练。特别是在科技、装备和工艺创新领域,

施工人员须熟练掌握最新操作技艺,确保精通运用新技术,降低因操作失误引发的安装差错率。

培训内容须涉及施工安全、质量管理、设备安装技术等环节,增强人员综合素质。除此之外,施工人员需具备优秀的沟通协作能力,施工现场环境复杂,团队成员间应加强协同,特别是多工种间的协作,因此强化团队协作教育亦至关重要。通过提升施工人员专业技能水平,提升施工队伍整体素质,降低失误与事故率,加强工程建设质量管控,确保项目按期完工^[5]。

3.4 应用信息化管理技术

在当代水利设施机械设备安装运维工作中,信息化管理技术的运用显著提升了施工效率与管理质量。信息化管理助力施工单位对项目实施全流程实时监管。例如,采用项目管理工具,可对项目实施进度、品质、安全及经费等要素实施数字化监控,动态了解项目进展,确保迅速识别问题并作出相应调整。

例如,施工单位可运用物联网手段对设施与物料实施智能监管,确保施工资源分配合理、使用高效。同时,运用项目管理工具,可实时监控施工动态,及时查纠问题。通过借助信息化管理技术的运用,水利工程机电设备安装管理作业更加精细、更高效率,整体管理水平显著提升。

3.5 完善质量控制体系

质量控制是水利工程机电设备安装中的核心要素。为了确保设备的安装质量达到设计要求,施工单位应建立完善的质量控制体系。在施工前,项目管理团队应根据施工规范和质量标准,制定详细的质量控制计划,明确各项质量控制要求和责任分工。

在水利设施机械设备安装作业中,完善质量控制体系意义重大,直接影响工程整体品质及持续运行安全。施工人员务必严格遵守既定质量管控方案实施,确保各项安装作业严格遵守设计标准及施工规程,质量把控不单是对安装完毕后的终极检验,更是在整个施工过程中各环节的精细管理。施工单位应定期组织专业人员对安装过程进行检查和监控,以保证工程质量不受疏忽和遗漏的影响^[6]。

设备进场检验是质量控制的关键环节之一。设备系水利工程机电安装之核心,其品质直接关系到整个系统的运行效能与安全。所有设备抵达施工场地时,需严格执行入场安检,核实项目涵盖设备的外貌、种类、数量、技术参数是否满足合同规定,是否存在运输途中损坏等状况。此外,请核实设备质量证明、保修期限及售后服务等相关资料,所有设备需满足项目技术参数及质量标准。

在安装前,施工单位需进行设备预检,保障设备与安装条件相匹配,避免设备故障或兼容性问题引发安装困难或设备损毁。预检涵盖了对设施外观及功能的检验,还需

对设备安装的实际情况进行评估,请确认设备规格参数是否满足安装规范。只有经过严格的预检,确保施工过程设备稳定,防止因设备故障引发返工,减少施工风险。

安装过程中,质量控制更应贯穿每个细节。施工团队应对每一环节进行实时监控,包括对安装工艺、安装精度、连接接口等的严格检查。特别是在涉及复杂机电设备时,精度控制尤为重要。施工人员要严格按照操作规程进行作业,避免因技术疏忽、工具不当或操作不规范导致的质量问题。此外,还应在安装过程中进行全过程记录,确保质量数据的可追溯性,并为日后可能的故障维修和追责提供依据。

施工完毕后,对安装工程质量进行检验乃保障项目达到既定质量标准的终极环节。验收时,应遵照合同及设计文件之约定,对设备进行全面检测,确保各项功能正常运转。确保设备性能达标,关于不符合标准的内容,应立即进行返修或改正^[7]。

4 结语

水利工程机电设备安装的施工管理涉及多方面的因素,优化管理策略对于提升工程质量、缩短施工周期具有重要意义。本文通过分析当前施工管理中的问题,提出了一系列优化策略,包括加强项目管理、优化施工工艺、提升施工人员素质、应用信息化技术等。这些策略不仅能够提高设备安装的效率和质量,还能够有效降低成本,确保项目按期完成。未来,随着技术的进步和管理理念的更新,水利工程机电设备安装与施工管理将更加智能化、精细化,为我国水利基础设施建设提供更为坚实的保障。

【参考文献】

- [1]赵乙丁,蔡万琪.水利水电工程中机电设备安装常见问题解决措施[J].建筑与预算,2021(10):116-118.
 - [2]雷海.水利工程机电设备安装与施工管理优化[J].河南水利与南水北调,2020,49(9):18-19.
 - [3]俞扬,韦学军,卢志卿,等.论水利工程机电设备安装的施工与管理[J].工程建设与设计,2020(17):208-209.
 - [4]雷海.分析水利工程机电设备安装施工管理方法[J].电子元器件与信息技术,2020,4(6):135-136.
 - [5]闫斌.水利工程机电设备安装施工优化管理探讨[J].农业科技与信息,2020(4):103-104.
 - [6]朱德顺,刘艺轩,史绍荭,等.水利工程机电设备安装与施工管理优化策略分析[J].工程技术研究,2019,4(10):164-165.
 - [7]王锋.水利工程机电设备安装与施工管理优化策略[J].城市建设理论研究(电子版),2018(28):65.
- 作者简介:温作清(1988.2—),单位名称:平阳县水利发展投资有限公司;毕业学校:浙江水利水电学院。

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

