



www.viserdata.com

工程建设

ENGINEERING CONSTRUCTION

月刊

■ 主办单位: Viser Technology Pte.Ltd.

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

万方数据库收录

RCCSE权威核心学术期刊

2025 3

第8卷 总第73期

COMPANY INTRODUCTION

公司简介

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

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



工程建设

Engineering Construction

2025年·第8卷·第3期(总第73期)

主办单位: Viser Technology Pte. Ltd.

I S S N: 2630-5283 (online)

2717-5375 (print)

发行周期: 月刊

出版时间: 3月

数据库收录: 万方数据库收录

RCCSE权威核心学术期刊

期刊网址: www.viserdata.com

投稿/查稿邮箱: viser-tech@outlook.com

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

学术主编: 吴 萌

责任编辑: 张健美

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

美工编辑: 李 亚 Anson Chee

印 制: 北京建宏印刷有限公司

定 价: SGD 20.00

本刊声明

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

版权所有, 未经许可, 不得翻译、转载本刊所载文章。

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

目 录

CONTENTS

工程管理

市政工程施工精细化管理的应用策略.....	龚正威 王宽浩 1
建筑工程施工安全风险管理与防范分析.....	李 燕 5
公共建筑室内装饰精细化施工技术探讨.....	邱 悦 张 贺 8
绿色建筑项目管理中的可持续发展策略.....	梁晓东 全园园 11
提高建筑工程施工及施工质量控制的有效策略解析....	梁山波 15
新建建筑全过程碳管理策略研究....	高 泽 房银华 19
浅析建设工程全过程工程造价控制管理.....	谢 卓 22
建筑工程施工的动态管理及控制分析.....	伍银星 25

建筑工程

装配式混凝土结构节点连接强度试验研究....	李梦金 28
混凝土强度测试在建筑主体结构质量检测中的应用....	管福樞 高锵然 31
谈高层建筑钢筋混凝土剪力墙结构设计分析..	李梓赫 34
城市建筑工程岩土勘察及地基处理技术.....	张 帅 37
房屋建筑精装修主要控制要点.....	许德祥 40

市政工程

雨污分流背景下城市排水管线改造的难点与对策.....	张 丹 44
浅谈海绵城市理念在市政给排水设计中的运用.....	王宽浩 龚正威 47
提高市政给排水设计合理性的有效措施研讨 ..	彭达龙 51
市政道桥建设中的地基施工处理技术研究....	高 浩 55

机械工程

物流包装设备与技术的最新发展趋势.....	江琿世 陈晓宇 王国立 58
水利机电一体化技术在现代农业灌溉中的应用.....	张浩桦 62

机械产品设计中的有限元分析与结构优化.....	
..... 王彬根 陈加利 蔡起跑 张阿丰	65
电气工程及其自动化技术的智能化应用研究..	陈亚军 69
三维扫描技术在精密制造质量检测中的应用分析.....	
..... 孔令辉	72
智能制造技术在数控加工工艺优化中的应用研究.....	
..... 李 波	75
间接加热回转干燥机的设计.....	沈 江 78
机械零部件加工工艺优化与质量控制研究.....	
..... 陈加利 王彬根 蔡起跑 朱露根	83

石油工程

压力容器设计制造常见缺陷与应对措施.....	
..... 张玉静 石 文 徐 磊	86
压力容器的结构优化设计及其具体实现.....	
..... 徐 磊 张玉静 石 文	89
长输油气管道应力分析仿真技术研究.....	
..... 王佳旭 付现燕	92
压力容器用整体设备法兰结构优化设计分析.....	
..... 石 文 徐 磊 张玉静	96
铝合金阳极氧化工艺优化及其耐腐蚀性能研究.....	
..... 李 彬	99
石油化工压力容器焊接缺陷的产生和预防.....	
..... 郭德水 田士彬 李彦君	102

路桥交通

高速公路改建工程施工风险评价体系的研究 .	李 靖 105
道路桥梁施工中裂缝控制方法研究.....	
..... 李 辉 杨全发	108
公路工程中混凝土路面施工技术的应用分析 .	李 建 111
公路桥梁工程中挂篮悬浇重点施工技术探讨 .	胡华锋 114
反光膜表面污染对夜间行车安全的影响研究 .	何微丹 117
道路交叉口慢行一体化交通组织的研究.....	马囡囡 120
桥梁工程中深基坑施工技术探讨.....	李泽军 124
新技术与新工艺在公路工程施工中的应用...	付裕浩 127

勘察测绘

测绘工程中的施工测量技术与实践.....	赵树杰 130
工程测量中的数字化测绘技术应用路径探究.....	
..... 王 健	133

施工技术

深基坑变形监测坑外水位变化情况分析与探讨.....	
..... 姚 军	136
BIM 技术在建筑工程施工中的应用.....	魏晓娟 140
水利水电工程施工灌浆施工技术的应用研究.....	
..... 吴永贤	143
公路路面基层防水施工技术解析.....	刘 亮 146
BIM 技术在建筑工程管理中运用分析.....	袁付奇 149

建筑设计

现代建筑设计中的人性化与功能性融合研究.....	
..... 肖邦全	153
基于地域文化遗产的现代建筑设计创新研究.....	
..... 刘 阳	156
不规则高层建筑结构设计分析与研究.....	杨 鑫 159
城市公共空间老年人无障碍设施设计研究...	于红杰 162
重型钢结构厂房结构设计分析.....	王 博 166
学校建筑暖通空调系统设计中的安全性与舒适性考量..	
..... 郝志校	169
被动式建筑设计在节能减排中的应用研究...	王思宇 172
双碳背景下绿色建筑设计与发展探索.....	甄爱丽 175
框架结构设计在建筑结构设计中的应用探讨 .	刘登辉 178
城市公共建筑设计中的功能性与艺术性的平衡.....	
..... 房赞松	181
超高层商业综合体暖通设计探讨.....	刘学娜 184

节能环保

基于大数据分析的供热通风系统运行优化研究.....	
..... 李文强 李晓毅	187
危废处置中的焚烧技术与废气处理优化研究.....	
..... 姜骋宇	191

材料科学

绿色节能材料在建筑工程中的实践效果评估.....	
..... 刘智恒	194
Ziegler-Natta 催化剂的技术革新与产业演进.....	
.. 王立斌 李永华 张东梅 郝春波 姚秀超 宁兴洋	
王曉琪	197

市政工程中精细化管理的应用策略

龚正威 王宽浩

中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430010

[摘要]在当今城市化进程不断加速的时代, 市政工程作为城市发展的基石, 其重要性愈发凸显。市政工程涵盖了城市道路、桥梁、供水、排水、供电、供气、通信等诸多基础设施建设, 这些设施不仅是城市正常运转的保障, 更是提升城市居民生活质量、促进城市经济发展的关键因素。随着城市规模的不断扩大和功能的日益复杂, 对市政工程管理的要求也越来越高。传统的管理模式在面对现代市政工程的复杂性和多样性时, 逐渐暴露出诸多问题, 在这样的现实背景下, 精细化管理理念应运而生, 并逐渐被引入到市政工程管理领域。这一理念的应用, 不仅是市政工程管理适应时代发展的必然选择, 也是解决当前市政工程中存在问题的有效途径。本研究深入探讨市政工程中精细化管理的应用策略, 具有重要的理论和实践意义。

[关键词]市政工程; 精细化管理; 策略

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15675

中图分类号: TU99

文献标识码: A

Application Strategy of Refined Management in Municipal Engineering Management

GONG Zhengwei, WANG Kuanhao

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

Abstract: In today's era of accelerating urbanization, municipal engineering, as the cornerstone of urban development, has become increasingly important. Municipal engineering covers the construction of various infrastructure such as urban roads, bridges, water supply, drainage, power supply, gas supply, and communication. These facilities are not only the guarantee for the normal operation of the city, but also the key factor in improving the quality of life of urban residents and promoting urban economic development. With the continuous expansion of urban scale and the increasing complexity of functions, the requirements for municipal engineering management are also becoming higher and higher. The traditional management model has gradually exposed many problems in the face of the complexity and diversity of modern municipal engineering. Against this backdrop, the concept of refined management has emerged and gradually been introduced into the field of municipal engineering management. The application of this concept is not only an inevitable choice for municipal engineering management to adapt to the development of the times, but also an effective way to solve the problems existing in current municipal engineering management. This study delves into the application strategies of refined management in municipal engineering management, which has important theoretical and practical significance.

Keywords: municipal engineering; refined management; strategy

1 市政工程管理现状

近年来, 随着我国城市化进程的持续加速, 市政工程建设规模呈现出迅猛增长的态势。从城市道路的新建与拓宽, 到桥梁的建造与维护, 从供水、排水系统的升级改造, 到供电、供气、通信等基础设施的不断完善, 市政工程的规模逐年攀升。市政工程的类型也日益多样化, 除了传统的道路、桥梁、给排水等工程外, 还涵盖了轨道交通、地下综合管廊、海绵城市建设、智慧城市基础设施等新兴领域。在管理模式方面, 目前市政工程管理主要采用政府主导、多方参与的模式。政府部门在市政工程建设中发挥着规划、审批、监管等作用, 负责制定市政建设的政策法规、规划方案和技术标准, 确保工程建设符合城市发展的整体利益。同时, 通过招投标等方式, 引入专业的施工企业、监理单位和设计单位等参与市政工程建设。施工企业负责工程的具体实施, 按照设计要求和施工规范进行施工, 确保工程质量和进度; 监理单位负责对工程施

工过程进行监督管理, 确保施工符合设计要求和相关标准; 设计单位则负责工程的设计工作, 根据城市规划和建设需求, 提供科学合理的设计方案。

2 精细化管理在市政工程管理中的应用策略

2.1 项目前期策划与决策阶段的精细化管理

2.1.1 深入的可行性研究

在市政工程项目前期策划与决策阶段, 深入的可行性研究是确保项目顺利实施的关键前提。进行全面的市场调研是这一阶段的重要任务之一。通过对城市的发展规划、人口增长趋势、经济发展水平以及市民的实际需求等多方面因素进行综合分析, 能够准确把握项目的需求和可行性。科学评估项目风险也是可行性研究的重要内容。市政工程建设过程中可能面临多种风险, 如地质条件复杂、天气变化、政策法规调整、资金短缺等。针对这些风险, 应制定详细的风险评估报告, 对风险发生的可能性和影响程度进行量化分析。多方案比较和优化是选择最优方案的有效手

段。在可行性研究过程中,应根据市场调研和风险评估的结果,制定多个项目方案,并从技术、经济、环境、社会等多个角度进行综合比较。通过深入的可行性研究,能够为市政工程的项目决策提供科学依据,避免盲目投资和项目失败,确保项目的顺利实施和长期效益。

2.1.2 精准的投资估算

在市政工程施工管理中,精准的投资估算对于项目的顺利开展和成本控制至关重要。采用科学的估算方法是提高投资估算准确性的关键。传统的投资估算方法如单位指标估算法、生产能力指数法等,在一定程度上能够满足估算需求,但随着市政工程的复杂性和多样性不断增加,这些方法的局限性也逐渐显现。因此,应结合现代信息技术和先进的估算模型。

在进行投资估算时,需要充分考虑各种因素,避免漏项和超支。要考虑到可能出现的不可预见费用,如物价上涨、设计变更、自然灾害等因素对投资的影响。建立投资估算审核机制是确保估算合理的重要保障。在完成投资估算后,应组织专业的审核团队对估算结果进行严格审核。审核团队应由造价工程师、工程技术人员、财务人员等组成,他们从不同角度对投资估算进行审查,确保估算的准确性和合理性。审核过程中,要对估算的依据、方法、内容等进行详细检查,对不合理的部分进行调整和修正。同时,要建立审核反馈机制,将审核结果及时反馈给估算编制人员,以便他们对估算进行进一步优化。通过建立投资估算审核机制,能够有效避免投资估算的偏差,确保项目投资在可控范围内,为项目的顺利实施提供资金保障。

2.1.3 合理的规划设计

合理的规划设计是市政工程精细化管理的重要环节,它直接关系到市政工程的功能实现、经济效益以及和城市发展的协调性。在规划设计过程中,应紧密结合城市发展规划,充分考虑城市的长远发展需求,进行合理的布局和设计。注重设计细节是提高工程实用性和美观性的关键。在市政工程设计中,每一个细节都可能影响到工程的质量和使用效果。引入先进的设计理念和技术是提升设计水平的重要途径。随着科技的不断进步,各种先进的设计理念和技术不断涌现,如绿色建筑理念、智能化设计技术、BIM技术等。在市政工程设计中,应积极引入这些先进的理念和技术,提高设计的科学性和创新性。采用绿色建筑理念,在市政工程中推广使用环保材料、节能设备,实现节能减排和可持续发展。利用智能化设计技术,如智能交通系统、智能照明系统等,提高市政工程的智能化水平和运行效率。通过 BIM 技术,实现对市政工程的三维建模和可视化设计,方便设计人员进行方案优化和沟通协调,同时也便于业主和相关部门对工程设计进行审查和评估。通过合理的规划设计,能够打造出功能完善、品质优良、与城市发展相适应的市政工程,为城市的可持续发展提供有力支撑。

2.2 施工过程中的精细化管理

2.2.1 施工组织设计精细化

在市政工程施工过程中,施工组织设计精细化是确保工程顺利进行的关键环节。制定详细的施工计划是施工组织设计精细化的基础。施工计划应涵盖工程的各个阶段,从施工准备到工程竣工,明确每个阶段的工作内容、工作时间和责任人。同时,要根据工程的进度要求和资源供应情况,合理安排施工进度,制定详细的进度计划,明确每个阶段的工期目标和关键节点,确保工程按时完成。

优化资源配置是提高资源利用效率的重要手段。在施工过程中,需要对人力、物力和财力等资源进行合理调配。根据施工计划和工程进度,精确计算所需的人力资源,合理安排施工人员的数量和工种,确保每个施工环节都有足够的人力支持。在材料管理方面,要根据工程进度和材料需求,制定科学的材料采购计划,确保材料的及时供应。同时,要加强材料的存储和使用管理,避免材料的浪费和损失。在设备管理方面,要根据工程的施工需求,合理选择和调配施工设备,提高设备的利用率。

建立施工组织设计审核和调整机制是确保施工计划可行的重要保障。在制定施工组织设计后,要组织相关专家和技术人员对其进行审核,确保施工计划的合理性和可行性。审核内容包括施工顺序、施工进度、资源配置等方面,对不合理的地方进行及时调整。

2.2.2 质量安全管理精细化

在市政工程施工过程中,质量安全管理精细化是保障工程质量和人员安全的核心要素。建立严格的质量控制体系是确保工程质量的关键。这一体系应涵盖施工的全过程,从原材料的采购、检验到施工工艺的控制,再到成品的验收,都要有明确的标准和规范。在原材料采购环节,要选择资质合格、信誉良好的供应商,对每一批次的原材料进行严格的检验,确保其质量符合设计要求和相关标准。强化安全管理措施是保障施工安全的重要保障。要落实安全生产责任制,明确各级管理人员和施工人员的安全职责,将安全责任落实到每一个岗位和每一个人。建立健全安全管理制度,包括安全操作规程、安全检查制度、安全教育培训制度等,确保安全管理工作的规范化和制度化。在施工现场,要设置明显的安全警示标志,提醒施工人员和过往行人注意安全。加强对施工设备和施工环境的安全管理,定期对施工设备进行维护和保养,确保其安全性能良好。对施工现场的临时用电、高处作业、动火作业等危险作业进行严格管理,制定相应的安全措施,防止安全事故的发生。

开展质量安全培训和教育是提高人员质量安全意识的有效途径。要定期组织施工人员参加质量安全培训,培训内容包括质量安全法律法规、施工规范、安全操作规程等,提高施工人员的专业技能和质量安全意识。

2.2.3 成本控制精细化

在市政工程施工过程中,成本控制精细化是实现工程经济效益最大化的关键。建立成本控制目标和责任制度是成本控制精细化的基础。在工程开工前,应根据工程的规模、性质、工期等因素,制定详细的成本控制目标,将成本控制目标分解到各个部门和各个施工环节,明确每个部门和每个施工人员的成本控制责任。

加强成本核算和分析是成本控制精细化的重要手段。在施工过程中,要定期对工程成本进行核算,准确记录工程的各项费用支出,包括材料采购费用、人工费用、设备租赁费用等。通过成本核算,及时发现成本偏差,分析成本偏差产生的原因,如材料价格上涨、施工进度延误、施工工艺不合理等,并采取相应的措施进行调整。严格控制工程变更,减少不必要的费用支出。工程变更往往会导致成本增加,因此要严格控制工程变更的发生。在施工过程中,如确需进行工程变更,应严格按照工程变更程序进行审批,对工程变更的必要性、合理性进行充分论证,评估工程变更对成本的影响。只有经过严格审批的工程变更才能实施,避免随意变更工程内容,导致成本失控。采用先进的成本控制方法和技术,能够有效降低工程成本。还可以采用价值工程方法,对工程的功能和成本进行分析,在保证工程质量和功能的前提下,寻找降低成本的途径。通过成本控制精细化,能够在保证工程质量和进度的前提下,最大限度地降低工程成本,提高工程的经济效益。

2.2.4 进度控制精细化

在市政工程施工过程中,进度控制精细化是确保工程按时完工的关键。制定合理的进度计划是进度控制精细化的基础。进度计划应根据工程的规模、复杂程度、施工条件等因素进行编制,明确工程的关键节点和工期目标。在编制进度计划时,要充分考虑各种可能影响进度的因素,如天气变化、材料供应、人员设备调配等,并制定相应的应对措施。同时,要将进度计划分解为月计划、周计划和日计划,明确每个阶段的工作任务和时间节点,便于施工人员和管理人员进行操作和监控。

建立进度跟踪和监控机制是及时发现和解决进度问题的重要手段。在施工过程中,要定期对工程进度进行检查,对比实际进度与计划进度,及时发现进度偏差。通过建立进度报告制度,要求施工单位定期向建设单位和监理单位提交进度报告,详细说明工程进度情况、存在的问题及解决措施。利用信息化管理手段,如项目管理软件、BIM技术等,对工程进度实时监控,实现对工程进度的可视化管理,通过进度控制精细化,能够确保市政工程按照预定的工期目标顺利完成,避免因工期延误给城市发展和居民生活带来不利影响。

2.3 后期运营与维护阶段的精细化管理

2.3.1 建立完善的运营维护体系

建立完善的运营维护体系是保障市政工程长期稳定

运行的基础。制定科学合理的运营维护管理制度和标准至关重要,这些制度和标准应涵盖市政工程设施的各个方面,包括道路、桥梁、供水、排水、供电、供气等,配备专业的运营维护人员是提高维护水平的关键。这些人员应具备扎实的专业知识和丰富的实践经验,熟悉市政工程设施的结构、性能和维护要求。建立运营维护档案是记录工程运行情况和维护历史的重要手段。运营维护档案应包括工程设施的基本信息、运行数据、维护记录等。基本信息包括工程设施的名称、位置、建设时间、设计参数等;运行数据包括设施的运行状态、使用频率、负荷情况等;维护记录包括每次维护的时间、维护内容、维护人员等。通过建立运营维护档案,可以全面了解工程设施的运行情况和维护历史,为后续的维护决策提供依据。同时,运营维护档案也是工程设施管理的重要资料,对于工程设施的更新改造、评估鉴定等具有重要的参考价值。

2.3.2 运用信息化手段进行管理

在市政工程后期运营与维护阶段,运用信息化手段进行管理是提高管理效率和质量的重要途径。利用智能监控系统能够实时监测工程设施的运行状态,及时发现潜在的安全隐患,采用信息化管理平台能够实现运营维护信息的共享和管理,提高管理的协同性和效率。通过建立统一的市政工程运营维护管理平台,将各个部门和岗位的信息进行整合,实现信息的实时传递和共享。维护人员在现场发现问题后,可以通过移动终端将问题信息上传至管理平台,包括问题的位置、类型、严重程度等。管理部门可以根据这些信息,及时安排维修人员进行处理,并跟踪维修进度和结果。同时,平台还可以对维护数据进行统计和分析,为管理决策提供数据支持。通过分析维护记录,了解不同区域、不同类型设施的故障发生频率和原因,从而有针对性地制定维护计划和资源配置方案。

通过对智能监控系统和信息化管理平台收集的数据进行深入分析,能够优化运营维护策略和资源配置。利用大数据分析技术,对历史维护数据、设施运行数据和环境数据等进行综合分析,挖掘数据之间的关联和规律。通过分析不同季节、不同时间段的道路破损情况,找出破损高发的时段和区域,提前安排维护工作,提高维护的针对性和及时性。根据分析结果,合理配置维护资源,避免资源的浪费和不足。对于故障频发的区域,增加维护人员和设备的投入;对于运行状况良好的区域,适当减少维护资源的配置,从而提高资源的利用效率,降低运营维护成本。

4 结语

本研究深入剖析了市政工程中精细化管理的应用策略,系统阐述了精细化管理在市政工程领域的重要意义和实施路径。精细化管理理念强调全面性、准确性、及时性和持续性原则,对市政工程管理水平的提升具有不可忽视的作用。本研究在市政工程精细化管理方面取得

了一定成果,但也存在一些不足之处。展望未来,市政工程精细化管理将呈现出智能化、绿色化和协同化的发展趋势。随着人工智能、大数据、物联网等技术的不断发展,智能化管理将成为市政工程精细化管理的重要方向,为市政工程精细化管理提供更加全面、科学的理论支持和实践指导。

[参考文献]

- [1]贾春奕.市政工程中精细化管理的应用策略[J].散装水泥,2024(2):187-189.
[2]黄威.市政工程施工技术管理中精细化管理的应用分

析[J].工程建设与设计,2024(4):235-237.

- [3]葛辉.市政路桥工程施工管理的精细化管理措施初探[J].汽车周刊,2023(8):192-194.

作者简介:龚正威(1998.2—),男,学历:硕士,毕业院校:兰州交通大学,所学专业:建筑与土木工程,目前职称:助理工程师,目前就职单位:中国市政工程中南设计研究总院有限公司;王宽浩(1997.2—),男,学历:本科,毕业院校:湖北理工学院,所学专业:给排水科学与工程,目前职称:助理工程师,目前就职单位:中国市政工程中南设计研究总院有限公司。

建筑工程施工安全风险管理与防范分析

李 燕

涡阳市政建设集团有限公司, 安徽 亳州 233600

[摘要]随着建筑行业的持续发展,施工安全问题愈发突出,频繁发生的安全事故给企业和社会带来了巨大的损失。尽管行业在逐步完善安全管理体系,但安全意识的缺失以及管理机制的不健全,依然是普遍存在的问题。为了保障施工安全,迫切需要建立一套科学的安全风险管理体系,以及时识别、评估并防范潜在的安全风险。

[关键词]建筑工程;施工安全;风险管理;防范

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15668

中图分类号: TU7

文献标识码: A

Analysis of Safety Risk Management and Prevention in Construction Engineering

LI Yan

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

Abstract: With the continuous development of the construction industry, construction safety issues have become increasingly prominent, and frequent safety accidents have caused huge losses to enterprises and society. Although the industry is gradually improving its security management system, the lack of security awareness and inadequate management mechanisms are still common problems. In order to ensure construction safety, it is urgent to establish a scientific safety risk management system to timely identify, assess, and prevent potential safety risks.

Keywords: construction engineering; construction safety; risk management; prevention

引言

建筑工程施工安全直接影响着工程质量、工作人员的生命安全以及社会经济效益。随着工程规模与复杂度的不断扩大,施工现场所面临的安全风险也在日益增加。为了确保工程能够顺利推进并实现可持续发展,建立一套有效的安全风险管理体系显得尤为重要。因此,深入分析建筑工程施工安全风险的特点,探讨当前存在的主要问题,并提出相应的应对策略,为提升施工安全管理水平提供理论依据与实践指导。

1 建筑工程施工安全风险的特点

1.1 动态性

建筑工程施工安全风险的动态性表现在施工过程中各种因素的不断变化,这些变化可能随时影响到施工现场的安全状况。在施工过程中,天气、进度、人员流动、设备状况及施工方法的变动等内外部因素都会对项目产生干扰。每当这些因素发生变化,原定的安全管理措施可能失去效果,迫切需要进行调整。例如,在恶劣天气条件下,必须及时加强防护措施;而施工方法调整时,先前的安全方案往往需要重新评估和修改。可见,施工安全风险的变化无常要求管理体系具备高度的灵活性,能够根据不同阶段和情境迅速作出响应。此外,施工项目通常涉及多个单位与团队的协作,不同的分包商和施工人员的作业行为可能随时引发新的安全风险,这些多方协同作业进一步增加了安全管理的复杂性,管理者必须不断监控现场变化,确

保各项安全措施能够适应现场的动态情况。动态的安全风险管理不仅要求快速识别和评估现有的风险,更需要具备预测潜在风险的能力,能够根据施工进度灵活调整应对策略,从而有效保障施工安全。

1.2 复杂性

建筑工程施工安全风险的复杂性源于多种因素的交织与相互作用,这些因素相互影响,形成了一个高度难以预测的系统。施工项目涉及的工艺、材料、技术以及人员在不同环节中的交错作用,显著增加了安全风险的多样性与层次性。举例来说,结构施工、设备安装、装修等工序常常在同一现场并行进行,这些不同环节的风险相互交织,可能会对整体施工安全造成深远影响。每个阶段的风险不仅特征各异,严重性也差异巨大,这无疑增加了管理的难度。施工环境的复杂性也是一个不容忽视的因素,不稳定的地质条件、有限的空间以及施工设备和工具的特殊性,都可能成为潜在的安全隐患。此外,施工人员的素质、经验及对安全规程的遵守程度,在很大程度上决定了施工安全管理的有效性。由于人员素质的差异性,这些因素往往难以在现场全面预测与有效控制。更为复杂的是,施工过程中时常需要应对政策法规的变动及外部合作方的不同要求,这些外部因素的不断变化,使得施工安全管理面临着更大的挑战。

1.3 不确定性

建筑工程施工安全风险的不确定性来源于许多无法

预测的因素,特别是施工环境的变化和突发的不可控因素。例如,恶劣天气如暴雨或台风,虽然能通过预报提前知晓,但其发生的时间、强度和范围难以准确预测,往往会在施工过程中带来挑战。此外,地下管线、土壤沉降等潜在风险,通常在设计阶段无法完全识别,只有在施工过程中才会显现。这些隐性风险使得施工安全管理充满不确定性。施工人员的行为和决策也是不确定性的来源。尽管有安全规范和操作流程,但由于人员经验差异和操作疏忽,安全措施的执行常常不到位。随着技术和设备的更新,新的安全挑战不断出现,现有的管理框架难以快速应对。因此,安全管理者不仅要应对已知风险,还必须具备应对未知风险和突发事件的能力。

2 建筑工程施工安全风险管理中存在的问题

2.1 施工安全意识薄弱

施工安全意识薄弱是建筑工程中普遍存在的一个问题,直接影响到安全管理的实施效果。在许多施工单位和人员中,安全问题往往未受到足够的重视,常被视为“应付检查”或“事故发生后再处理”的事务,缺乏长远的预防性思维与系统化的安全管理意识。部分项目负责人及施工管理者未能充分意识到,施工安全不仅关系到工人的生命安全,还直接影响项目的顺利推进与企业的社会责任。在实际施工过程中,许多施工人员对安全规范的理解不到位,侥幸心理或麻痹大意的情况屡见不鲜。由于长期从事同一类型的工作,部分工人对潜在的安全隐患掉以轻心,认为日常的安全措施和防护设施可以被忽略或简化。同时,部分从业人员缺乏必要的安全教育与培训,安全技能掌握不牢,面对突发风险时,往往难以做出有效反应。更为严重的是,一些建设单位与承包商为了追求工期与节省成本,往往忽视对安全管理的投入,降低安全防护设施的标准,甚至削减相关安全措施的实施力度。这种短视行为不仅加剧了安全意识的薄弱,还为潜在的安全事故埋下了隐患。由于安全意识的不足,许多施工项目在实际操作中存在违章作业、违规操作等问题,导致事故频发、伤亡事件层出不穷。这些问题也暴露出建筑行业在安全文化建设方面的显著缺陷。

2.2 安全管理体系不完善

在许多建筑工程项目中,安全管理体系的不足直接影响了施工现场安全风险的有效控制。尽管大部分项目都设有安全管理制度,这些制度往往缺乏系统性和可操作性,更多地停留在表面,未能真正落实。许多施工单位的安全管理体系执行不到位,职责分工不明确,权责不对等问题普遍存在。具体来说,安全管理部门的职能划分不清晰,无法全面监管施工过程的每一个环节,也缺乏有效的风险预警机制,导致安全管理未能覆盖到施工的各个方面。施工现场的安全管理通常局限于表面性工作,缺乏深度和持久性。虽然安全检查制度已建立,但其检查频次、范围以及深度常常无法满足实际需求,检查结果往往未能及时反

馈或进行整改,致使潜在的安全隐患得不到及时解决。在制定安全方案时,许多项目仅考虑合规性和应急反应,而忽视了对风险源头的前瞻性预测与控制。缺乏科学性和前瞻性的安全管理体系使得安全隐患在施工过程中不断积累,事故的发生往往出乎意料。更为严重的是,部分项目缺乏完善的信息化管理手段,安全数据的收集、分析和处理工作未能实现标准化和规范化。这不仅限制了安全管理水平的提升,还导致在一些复杂或高风险的施工项目中,现有的安全管理体系未能有效满足实际需求。结果,施工人员未能获得足够的安全指导和支持,进一步暴露了安全管理体系的不足。

3 建筑工程施工安全风险管理与防范策略

3.1 树立正确的施工安全意识

正确的施工安全意识是保障建筑工程安全管理的关键基础。它不仅仅体现在掌握安全知识上,更是一种贯穿于日常工作中的行为规范与决策驱动。施工现场安全意识的不足,往往是事故发生的根源。面对潜在风险时,许多工人和管理人员常常抱有侥幸心理,认为“小问题不会引发大事故”,从而忽视了安全操作的重要性。由此可见,必须从项目的各个层面着手,强化全员安全意识的培养,让每位参与施工的人员都深刻认识到,安全不仅是个体的责任,更关乎整个项目的顺利实施。项目负责人及安全管理人员应当起到示范作用,严格遵守安全规定,确保各项安全措施得到切实落实^[1]。同时,应通过定期组织安全教育与培训,不断提升施工人员的安全素养。在施工现场,应鼓励工人发现并及时报告安全隐患,培养他们积极参与安全管理的主动性与责任感。通过情境模拟、案例分析等手段,使施工人员切身感受到事故的严重性,从而提升他们对潜在风险的敏感度及应对突发情况的能力。当施工人员真正意识到安全的重要性,并在日常操作中始终遵守安全规范时,才可能避免因疏忽或侥幸心理引发的安全事故。实现这一目标的前提是树立正确的安全意识,而这也是构建全面安全管理体系的关键起点,同时也为实现零事故目标打下了坚实的基础。

3.2 构建完善的安全风险评估体系

构建一个完善的安全风险评估体系,是实现高效施工安全管理核心所在。安全风险监管机制的优化是首要任务。各参建单位需树立现代化的安全风险理念,明确落实“安全第一、预防为主、综合监管”的战略方针。在项目启动前,项目负责人应与所有相关单位进行充分沟通,根据施工标准与技术要求,同时结合现场实际情况,搭建一个科学且系统的施工安全风险管理体系。该框架应覆盖施工过程中的所有环节,并根据不同阶段的特点动态调整风险控制策略,从源头上最大程度地减少潜在的安全隐患^[2]。具体而言,现场安全管理人员应依据动态监管原则,在整个施工过程中综合分析施工技术与工艺的特点,逐一识别每个

阶段可能出现的安全风险。通过实时监控与评估,及时识别出潜在的不稳定因素,并采取有针对性的防范措施,确保各施工环节中的安全管控始终处于有效状态。这不仅要求安全管理不止于静态检查,而是要实现动态、持续的优化过程,能够快速应对施工过程中各种变化与挑战,从而最大限度地发挥安全监管的作用。安全风险防范机制的落实,决定了安全风险评估体系的实际效果。安全管理人员在现有管理框架与监管机制的基础上,需根据项目特点实施全面的风险防控措施。特别是对重大安全事故风险源的识别与控制,要从源头入手,最大限度地把握潜在风险。为此,施工前的全方位、多维度现场勘察至关重要,结合地理条件与现场环境等因素,预判施工过程中的安全隐患与风险因素。通过科学的风险分析、数据收集与多方面信息的整合,制定出切实可行的风险防范方案,并根据施工进度不断调整与优化。这种前瞻性的评估与防控体系,不仅能够确保施工安全,还能为项目按时、按质完成提供有力保障,显著减少因安全事故导致的时间延误与经济损失。

3.3 提高机械设备作业的安全性

确保机械设备作业的安全性,是保障施工现场整体安全的关键所在。建筑工程中,机械设备承载着繁重的作业任务,其性能的稳定性与安全性直接影响到现场安全管理的效果。为减少由机械故障或操作失误引发的安全隐患,设备质量控制与日常维护管理必须严格落实。所有机械设备应按国家标准及行业要求采购与使用,从而避免设备本身的质量问题引发事故。此外,设备的定期检查与保养应成为常态,施工单位应制定详尽的设备维护计划,确保作业前、作业中以及作业后的全面检修。特别是对于起重机、塔吊等高风险设备,应加强日常检查与故障排除,确保其始终处于最佳工作状态。在设备管理的同时,操作人员的安全操作能力同样不可忽视。所有机械操作人员必须经过严格的培训与考核,以确保他们充分掌握设备性能、操作规程及安全流程。在实际操作过程中,操作人员应保持高度警觉,严格遵守操作规范,避免因疏忽或违规操作而引发安全事故。此外,施工现场对于机械设备的运行环境也应加强管控,尤其是在人员密集区域,必须避免高风险设备作业对其他工序造成干扰,尽量减少交叉风险。从设备采购、定期维护到操作规程的执行,只有在全方位的管理下,机械设备的安全性才能有效提升,进而减少由设备引发的安全事故,为施工安全提供更加坚实的保障。

3.4 提高现场安全管理人员和施工人员的专业素养

提升现场安全管理人员及施工人员的专业素养,是确保施工安全水平得到有效提升的重要保障。安全管理人员

不仅需具备扎实的理论知识,还应具备迅速识别现场问题并作出应对的能力。在面对日益复杂的建筑工程时,管理人员必须不仅了解施工现场的具体情况,还需能准确识别潜在的安全隐患,进而制定切实可行的预防和应对策略。随着新技术、新工艺的不断涌现,安全管理人员应始终保持学习的态度,定期参与培训与行业交流,确保及时更新专业知识,从而增强应对多变安全挑战的能力。施工人员的专业素养同样至关重要。尽管他们直接从事施工操作,但许多工人的安全意识与技能往往停留在基础层面,缺乏系统的安全培训与丰富的实践经验^[3]。提升施工人员的专业素养,应通过规范化的安全培训,确保每位工人都能掌握必要的安全操作规程,并在实际施工中严格遵守。同时,施工人员应增强对自身与他人安全的关注,培养自我保护意识,能够在面临潜在风险时及时采取防护措施。要实现这一目标,施工单位应将安全教育与培训常态化,建立长效学习机制,使安全知识成为每位员工的基本素质,全面提升全员的安全意识与应对能力。只有当安全管理人员与施工人员的专业素养得到全面提升,才能更加有效地识别、预防与应对施工过程中可能出现的安全风险,从而确保工程顺利推进。

4 结语

建筑工程施工安全管理至关重要,它直接关系到施工人员的生命安全及工程的顺利进展。通过对施工安全的动态性、复杂性与不确定性进行深入分析,诸多问题便能清晰显现,如安全意识的不足以及管理体系的漏洞。要有效应对这些挑战,必须在安全意识培养、风险评估体系的构建、机械设备安全性能的提升等方面作出重点改进,同时加强管理人员与施工人员的专业素养。施工安全管理不仅依赖先进的技术及设备,还需要全体人员的共同努力与持续改进。只有通过系统化的管理措施,结合全员安全意识的提升,方能确保项目顺利完成,从而推动建筑行业朝着更高的安全标准迈进。

【参考文献】

- [1] 寇超. 建筑工程施工安全风险管理与防范[J]. 工程技术研究, 2023, 8(6): 130-132.
- [2] 李瑞娜. 建筑工程施工安全风险管理与防范[J]. 四川建材, 2022, 48(1): 232-235.
- [3] 王月霞. 房屋建筑工程施工安全风险管理与防范[J]. 中国建筑装饰装修, 2021(6): 140-141.

作者简介: 李燕 (1980.1—), 毕业院校: 宿州学院, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 涡阳市政建设集团有限公司。

公共建筑室内装饰精细化施工技术探讨

邱悦 张贺

沈阳华普建筑设计有限公司, 辽宁 沈阳 110000

[摘要] 伴随着社会的不断发展以及人们日常生活水准的持续提升, 公共建筑作为人们活动的重要场所, 其室内装饰的效果以及质量愈发受到关注。室内装饰不仅仅需要充分满足美观需求, 还需要注重用户体验、安全性以及实用性。传统施工建设技术在面对日益复杂的公共建筑室内装饰需求时, 逐渐显露出不足。精细化施工技术应运而生, 其以对细节的极致追求以及合理科学的施工理念, 为公共建筑室内装饰领域带来了更新的发展方向, 成为提高公共建筑品质的重要因素。

[关键词] 公共建筑; 室内装饰; 精细化管理; 施工技术

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15667

中图分类号: TU242

文献标识码: A

Exploration on Fine Construction Technology for Interior Decoration of Public Buildings

QIU Yue, ZHANG He

Shenyang Huapu Architectural Design Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110000, China

Abstract: With the continuous development of society and the continuous improvement of people's daily living standards, public buildings, as important places for people's activities, have attracted increasing attention to the effectiveness and quality of their interior decoration. Indoor decoration not only needs to fully meet aesthetic needs, but also needs to focus on user experience, safety, and practicality. Traditional construction technology is gradually showing their shortcomings in the face of increasingly complex interior decoration requirements for public buildings. The refined construction technology has emerged, which brings a new development direction to the field of interior decoration of public buildings with its ultimate pursuit of details and reasonable and scientific construction concepts, and has become an important factor in improving the quality of public buildings.

Keywords: public buildings; interior decoration; refined management; construction technology

引言

现时代背景下, 城市化进程持续推进, 公共建筑如雨后天春笋般涌现, 涵盖了办公大楼文化场馆以及商业中心等多种类型。这些建筑不仅仅是城市形象的重要展示窗口, 与此同时还是人们日常活动的重要场所。本篇文章围绕公共建筑室内装饰精细化施工技术展开, 阐述其在加强空间应用体验、提高装饰质量以及提升建筑安全性等等方面的意义。分析了施工建设工作人员专业素质不足、施工管控不够精细以及技术运用成本较高等等现存问题, 并且提出增强施工人员培训、优化施工管理体系、科学控制成本以及推进技术创新与运用等等策略, 旨在推进公共建筑精细化施工技术的发展与运用。

1 公共建筑室内装饰精细化施工技术的意义

1.1 提升装饰质量

精细化施工技术对施工细节的重视贯穿于整个装饰施工过程。以材料选择为例, 会根据不同区域的功能以及环境特点, 精准挑选适配的材料。在高湿度的卫生间区域, 选用防潮性能优质的墙面材料, 保证长期应用也不会出现发霉以及变形等等问题。在施工工艺的把控方面, 更是精益求精。如在天花板吊顶施工中, 应用高新的定位技术, 使得吊顶的龙骨安装误差精准控制在毫米级, 以此来为吊

顶的稳定性以及平整度提供保障, 后续的饰面板安装也可以严丝合缝, 呈现出完美的视觉效果。从墙面到地面, 再到天花板, 每一处细节的精心雕琢, 进一步提高了建筑装饰的整体质量。

1.2 增强空间使用体验

在空间规划方面, 精细化施工技术进一步展现出其自身的优势。比方说在图书馆的室内装饰当中, 依据人体工程学原理, 科学设计书架的间距以及高度, 方便读者取放书籍, 与此同时充分考虑读者的行走路线, 避免出现拥堵的问题。在声学设计方面, 如会议室此类安静环境要求相对较高的场所, 采用吸音效果优质的吸音板, 并且充分结合独到的空间造型设计, 进一步吸收与反射声音, 使得会议室内的噪音控制在极低水准, 以此来为会议的顺利进行提供进一步的保障。照明设计同样精细, 在展览馆当中, 充分根据不同展品的特点, 设计不同角度与亮度的灯光, 进一步突出展品的特色, 营造出极具吸引力的展示氛围, 全面提高空间的应用体验。

1.3 提高建筑安全性

在防火方面, 精细化施工技术严格把关。在大型商场的室内装饰当中, 所有装饰材料都选择防火等级达到国家相关标准或者是更高要求的产品。比方说墙面的装饰板材,

采用不燃的五级板材,并且在安装的过程当中,保证板材之间的缝隙填充密封材料,形成严密的防火屏障。在电气线路铺设上,应用优质的电线以及线管,严格按照相关标准进行布线,每一个接头都进行妥善处理,保证线路绝缘良好,杜绝因线路老化以及短路等问题引发火灾的风险,为公共建筑的应用提供一个更为可靠安全的环境。

1.4 促进建筑行业可持续发展

精细化施工技术格外注重资源的科学利用以及优化配置。在材料选用阶段,优先考虑可以循环利用、低能耗的环保材料,从源头上进一步减少对自然资源的过度开采以及浪费。施工过程中,借助精准的施工计划以及严格的过程管控,进一步降低能源消耗,极大程度减少建筑垃圾的产生。比方说,精准的材料用量计算可以有效避免材料的过度采购以及剩余浪费,有效的施工流程安排能够进一步减少施工设备的运行时长,进而有效降低能源消耗。此种可持续的施工方式不仅仅契合现阶段绿色发展理念,还可以为建筑工程项目的长期稳定发展奠定十分坚实的基础,进一步推进整个建筑工程行业朝着环境友好、资源节约的方向稳步转型与升级。

2 公共建筑室内装饰精细化施工技术存在的问题

2.1 施工人员专业素养不足

现阶段,施工建设工作人员的专业素质参差不齐是一个十分突出的问题。诸多施工建设工作人员仅仅凭借以往的经验开展施工建设工作,缺少对精细化施工技术的深入学习。在一些复杂的装饰造型施工中,由于对施工图纸的理解不够精准,难以按照设计要求开展施工工作,致使造型偏差十分严重。对于新型的环保装饰材料,诸多施工建设工作人员不了解其施工要点以及特性,在施工过程当中非常容易出现应用不当以及材料损坏等问题,不仅仅浪费了大量材料,还对施工质量以及施工进度带来了严重影响,导致精细化施工技术无法高效落地。

2.2 施工管理不精细

施工管控的不精细体现在多个方面。在施工计划方面,没有进一步考虑到材料供应以及天气情况等等因素对施工进度影响。比方说在雨季进行室外材料的存储与运输,由于没有提前做好防护措施,致使材料受潮损坏,从而严重延误施工建设进度。材料管控混乱,仓库内材料堆放随意,没有明确的标识以及分类,在应用的过程中很难迅速找到所需施工材料,导致时间浪费问题的出现。质量监管方面,缺少健全的检测设备以及专业的质量检测工作人员,诸多质量问题只能依靠肉眼观察,一些隐蔽工程项目的质量隐患难以及时发现,给后续的应用留下非常多的安全隐患。

2.3 技术应用成本较高

采用精细化施工技术带来的成本增大是多个方面的。高新的施工设备如高精度的激光测量仪以及智能化的施工机械等等,价格动辄数万元甚至数十万元,这对于一些

中小型施工企业而言是一笔巨大的开支。施工建设工作人员的专业培训费用也不容小觑,邀请行业专家进行培训,需要支付高额的授课费用,与此同时培训期间施工建设工作人员无法正常开展施工工作,也间接增大了施工成本。优质材料的采购成本更是十分显著,比方说质量优质、环保等级较高的地板,其价格可能是普通地板的数倍,这些因素综合起来,致使建筑室内装饰精细化施工技术的运用成本居高不下。

2.4 设计与施工衔接不畅

在公共建筑室内装饰项目当中,设计与施工环节经常出现衔接问题。一方面,设计工作人员在开展设计工作的过程当中,可能因为缺少对现场实际状况的充分了解,致使设计方案在施工过程中无法有效落地。比方说,设计方案当中的一些特殊工艺或者是复杂造型,在实际施工条件下可能因空间限制、施工技术难度大等因素无法实现。另一方面,施工人员未能充分理解设计意图,在施工过程中随意更改设计方案,导致最终装饰效果与设计预期存在偏差。除此之外,设计变更过程中向信息传递不够及时与精准,致使施工方仍旧按照老旧施工方案开展施工工作,造成返工以及资源浪费。

3 公共建筑室内装饰精细化施工技术应用策略

伴随着社会经济的不断发展,公共建筑如商业综合体、酒店、写字楼等日益增多,人们对其室内装饰质量和效果的要求也在持续提升。公共建筑室内装饰精细化施工技术成为提升装饰品质的关键。鉴于此,下文就从加强施工人员培训、优化施工管理体系、合理控制成本、推进技术创新与应用、加强行业合作与交流等多个方面对公共建筑室内装饰精细化施工技术应用策略进行了探究,希望能够为相关研究人员以及工作人员提供一些理论性的借鉴与参考。

3.1 加强施工人员培训

建立一套健全并且系统的培训体系十分关键。培训课程不仅仅需要涵盖精细化施工技术的理论知识,还需要充分注重实践操作的指导,可以定期组织相关施工建设工作人员到专业的培训基地进行实操训练,模拟各类实际施工场景,使得相关施工建设工作人员能够在实践中熟练掌握操作规范以及施工工艺。除此之外,邀请行业内的知名专家以及技术能手,对最新的施工经验以及技术成果进行分享,通过现场答疑以及案例分析的方式,解决相关施工建设工作人员在工作实际中遇到的问题,全面提升施工建设工作人员的综合素养以及专业技能,为精细化施工技术的运用提供有力的人才支持。

3.2 优化施工管理体系

在对施工计划进行制定的过程当中,需要充分进行前期调研,综合考虑各类因素。可以充分利用工程项目管控软件,对施工进度进行可视化管控,实施监控施工进度,及时调整施工计划。在材料管控方面,建立信息化的材料

管控系统,对施工材料的采购、入库以及领用等等环节进行全过程跟踪,以此来保证材料的科学应用。质量监管方面,引入第三方质量检测机构,定期对施工质量进行检测,并且建立质量追溯制度,一旦发现质量问题,可以快速追溯到责任人以及施工环节,及时进行整改,以此来为施工质量提供进一步的保障。

3.3 合理控制成本

对施工设计方案进行优化是减低成本的重要环节。设计团队需要与施工建设团队紧密沟通,在保证装修装饰效果以及质量的前提下,对不必要的设计环节进行简化。比方说在一些装饰造型的设计上,采用简洁而不失美观的方案,进一步减少施工难度以及材料用量。在材料与设备采购方面,通过多个供应商进行谈判,获取更为优惠的价格,与此同时建立长期合作的关系,争取到更多的优惠政策。科学安排施工建设工作人员以及设备,制定合理科学的施工排班表,进一步提升施工建设效率,降低设备成本以及人工成本。

3.4 推进技术创新与应用

在大型商业综合体的公共建筑室内装饰项目当中,BIM技术的运用效果十分显著。借助BIM技术的三维可视化功能,设计师可以将复杂的装饰细节以及控价布局以直观的三维模型呈现出来,使得施工团队以及业主等各方人员都可以清晰地理解设计意图。通过模拟施工过程,能够精准地发现不同专业之间的管线碰撞问题,提前对设计方案进行优化与调整。比方说,在某商场的吊顶施工模拟当中,发现了通风管道与照明线路存在冲突,及时修改设计以后,避免了施工建设过程当中的返工,节约了大量的成本以及时间。而装配式装修技术在酒店装修项目当中大放异彩,工厂生产的标准化配件尺寸精准,现场组装快捷简单,极大程度缩短了施工周期,与此同时施工现场噪音以及粉尘等等污染极大程度减少,资源利用效率进一步提升。

3.5 加强行业合作与交流

以某装饰企业单位与高校的合作为例,这一企业单位在公共建筑室内装饰施工中遇到了新型墙面材料与传统施工工艺不匹配的问题,反馈给高校以后,双方组建联合研发团队。经过数月的研究与几试验,开发出了一套针对新型墙面材料的专用施工工艺,不仅仅有效解决了企业单位的实际问题,还进一步推进了行业技术的进步。在行业内企业交流方面,定期举办的技术研讨会吸引了非常多的企业单位参与,分享各自在精细化施工管理、新技术运用

等等方面的经验。如一家企业单位分享了其在工程项目当中应用信息化管控系统实施施工进度实时监测的成功经验,为其他企业单位提供了借鉴。在国际交流合作当中,国内企业单位引入国外先进的精细化施工流程管控理念,优化自身管控模式,提高了工程项目的整体运作效率。

4 结语

总的来说,公共建筑室内装饰精细化施工技术的运用与发展,是建筑工程行业持续进步的体现。通过对现阶段存在问题的有效解决,积极采取高效的应对策略,我们可以不断提高公共建筑室内装饰的质量以及水准。未来,伴随着技术的不断革新、行业合作的不断深化以及成本控制的进一步优化,精细化施工技术必将在公共建筑室内装饰装修领域发挥更为巨大的作用,为人们营建更为优质、舒服与安全的公共空间,进一步推进建筑装饰行业迈向新的高度。

[参考文献]

- [1]蓝方敏;娄婉玲.新时代装配式建筑室内装饰施工工艺分析[J].陶瓷,2023(9):78.
 - [2]黄俊.建筑室内装饰装修技术管理问题和措施[J].科技资讯,2022(5):76.
 - [3]周安徽.房建施工管理中精细化管理的有效利用分析[J].居舍,2020(11):90.
 - [4]李斌.室内装饰工程中的乳胶漆开裂原因及防治措施[J].城市建设理论研究(电子版),2019(16):45.
 - [5]邹文扬.建筑室内装饰装修设计与施工管理控制研究[J].现代物业(中旬刊),2018(6):45.
 - [6]夏胜超.整体装配式施工技术在室内装饰工程中的应用[J].居舍,2024(35):34.
 - [7]陈弓.现代建筑室内装饰中竹材的应用与设计实践[J].四川水泥,2024(12):78.
 - [8]李志强;郭俊楠.室内装饰“元素性”设计方法应用探讨[J].四川水泥,2024(2):34.
 - [9]黄宇君.文创产品在室内装饰中的体现[J].工程抗震与加固改造,2024(1):34.
 - [10]王俊栋.博物馆室内装饰工程施工的材料选择与运用[J].居舍,2024(7):23.
- 作者简介:邱悦(1997.9—),女,满族,籍贯:黑龙江哈尔滨人,辽宁传媒学院,专业:室内设计,就职单位:沈阳华普建筑设计有限公司;张贺(1997.7—),男,汉族,籍贯:河北保定人,沈阳理工大学,学士学位,专业:环境设计,就职单位:沈阳华普建筑设计有限公司。

绿色建筑项目管理中的可持续发展策略

梁晓东 全国园

建研凯勃建设工程咨询有限公司, 北京 100000

[摘要] 随着环保观念的提升和社会可持续发展目标的推进, 绿色建筑逐渐成为建筑业的重要发展方向。然而, 绿色建筑的施工管理与传统方式存在一定区别, 需要兼顾建筑质量、安全性及对环境的影响等多个方面。文中研究了高效的能源管理, 研究发现, 通过采用这些可持续发展措施, 不仅可以有效降低建筑施工中的环境压力, 提高资源利用效率, 而且也可以提升建筑工程的经济效益和社会价值。

[关键词] 绿色建筑; 项目管理; 可持续发展; 发展策略

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15659

中图分类号: TU71

文献标识码: A

Sustainable Development Strategies in Green Building Project Management

LIANG Xiaodong, QUAN Yuanyuan

Jiayan Kaibo Construction Engineering Consulting Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract: With the improvement of environmental protection concepts and the promotion of social sustainable development goals, green buildings have gradually become an important development direction in the construction industry. However, there are certain differences between the construction management of green buildings and traditional methods, which require consideration of multiple aspects such as building quality, safety, and environmental impact. The article studied efficient energy management and found that by adopting these sustainable development measures, not only can environmental pressure in construction be effectively reduced and resource utilization efficiency be improved, but also the economic benefits and social value of construction projects can be enhanced.

Keywords: green building; project management; sustainable development; development strategy

引言

绿色建筑项目管理中的可持续发展策略, 作为当前建筑行业转型与创新的一个重要方向, 正日益受到重视。随着全球化与城市化的快速推进, 建筑行业面临着资源浪费、能源消耗和环境污染等一系列严峻挑战。作为应对这些问题的一项有效途径, 绿色建筑强调在建筑生命周期的各个阶段中, 通过高效、环保、节能的设计、施工与运营方法, 来减少对环境的负面影响, 并推动资源的循环利用与节约。在这一过程中, 项目管理起着至关重要的作用。管理者不仅需要具备传统建筑项目的专业知识, 还必须全面理解可持续发展理念, 并将其实践融入项目管理的每一个环节。因此, 绿色建筑项目管理中的可持续发展策略, 涵盖了从项目规划、设计、施工到运营维护的全过程, 致力于在环境、经济与社会等多个维度上找到一个综合平衡点。为了推动建筑行业的绿色转型与可持续发展, 制定并落实行之有效的策略, 成为了核心任务, 这些策略旨在提升绿色建筑项目的技术水平、管理效率与整体效益。通过科学的管理与创新实践, 绿色建筑不仅能够有效减少对自然资源的依赖, 能源效率的提升也得以实现, 同时居民的生活质量得到改善。这样, 绿色建筑为建筑行业的未来发展提供了具有借鉴意义的成功模式, 也为可持续发展铺平了道路。

1 建筑工程管理中可持续发展的重要意义

可持续发展的理念在建筑工程管理中的重要意义, 表现在提升建筑行业环境效益与社会责任感的同时, 更在于推动行业向更加高效、节能、资源优化的方向转型。随着全球资源日益紧张和环境问题愈发严重, 建筑行业作为能源消耗与污染排放的重要来源, 急需进行转型升级。通过引入可持续发展理念, 有助于有效减少建筑施工及运营过程中对环境的负面影响, 推动资源循环利用, 提高能源效率, 从而实现经济效益与环境效益的双赢局面。在建筑工程管理中落实可持续发展原则后, 建筑项目不仅能够降低自然资源的消耗, 还能减少运营过程中的能源支出, 同时为居民提供更加健康、舒适的居住与工作环境。此外, 可持续发展还催生了建筑行业技术创新与绿色建筑材料的研发, 带来了产业新的增长点, 增强了行业的竞争力及其可持续发展能力。可持续发展在建筑工程管理中的推动, 不仅是实现社会、经济与环境协调发展的关键, 更是应对全球气候变化与资源瓶颈挑战的必经之路。

2 当前建筑工程管理中可持续发展与绿色建筑面临的问题

2.1 对可持续发展和绿色建筑认识不足

尽管可持续发展与绿色建筑的概念已被广泛提出, 但

在建筑工程管理实践中,对这些理念的认识仍存在不足。许多企业与从业人员对可持续发展与绿色建筑的内涵及其重要性缺乏全面理解,常将其简化为节能减排与环保材料的应用,却忽视了绿色建筑背后的深层设计理念及其系统性要求。部分项目管理者,在追求短期经济效益的过程中,未能充分考虑环境保护、资源节约与社会责任等长期效益,导致绿色建筑理念未能得到有效落实^[1]。此外,许多传统建筑业从业人员仍习惯于传统的施工方法与管理模式,误解了绿色建筑技术与可持续发展实施的难度。被认为这些做法不仅成本较高,而且实施困难,从而导致其在实际项目中的推广应用受到限制。

2.2 绿色建筑施工技术水平有限

尽管绿色建筑在理念与政策层面逐渐获得更多关注,但在实际施工中,其技术水平仍面临一定的局限。绿色建筑施工通常涉及复杂的技术要求,包括节能、环保及资源循环利用等多个方面,而许多施工企业的技术力量与设备尚未完全满足这些需求。由于传统建筑施工技术的局限,部分绿色建筑的创新设计在实施过程中未能获得有效支持,致使绿色建筑的核心技术未能得到充分应用。与此同时,尽管绿色建筑中常用的环保材料与高效节能技术,如太阳能光伏系统、雨水回收系统及绿色隔热材料等,在理论上已被证实具有一定效果,但其施工工艺仍缺乏足够的技术积累与标准化。由于施工队伍对这些技术的掌握程度较低,施工过程中常出现不规范操作与质量保障不足的问题。绿色建筑的系统集成性较强,涉及多种技术与工艺,因此施工时需要协调多个领域的技术配合。然而,由于技术人才的短缺及相关工艺标准化程度不高,施工过程中常面临协调困难与技术衔接不畅等问题,这些问题影响了绿色建筑项目的施工质量与进度。

2.3 政策支持力度不够

尽管我国已出台多项鼓励绿色建筑发展的政策措施,但在实际执行过程中仍面临一些问题。政策落实不到位是其中一个突出问题,部分地方政府和相关部门在执行绿色建筑政策时,缺乏有效的监督与管理机制,导致政策未能真正落实。此外,支持力度不足也是制约绿色建筑发展的关键因素。绿色建筑的发展需要政府、企业及社会各界的共同努力,因此,必须加大政策支持,完善相关法律法规,并加强监管,确保绿色建筑的质量与效益。

2.4 前期投入成本较高

绿色建筑在初期投入方面的成本较高,成为当前建筑工程管理中的一个显著问题。尽管从长期来看,绿色建筑能够通过节能减排、降低运营成本等手段带来经济效益,但在项目启动阶段,所需的高端技术、环保材料以及可持续设计等方面的投入,远高于传统建筑。设计阶段的复杂

性和创新性要求使得绿色建筑的设计费用较高,聘请专业绿色建筑设计师与工程师,从而增加了项目的前期支出。

在材料选择方面,绿色建筑通常需要采用更环保、更节能的高性能材料,而这些材料的价格通常高于传统建筑材料,且由于供应链尚不成熟,采购成本也有所上升。除此之外,绿色建筑项目中所涉及的技术创新,如能源回收系统、雨水收集系统与智能控制系统等,不仅安装与调试过程复杂,还需要专业技术人员进行操作与维护,这进一步提高了项目的初期投资^[2]。由于绿色建筑的施工技术尚未完全成熟,施工过程中不确定性较高,施工单位往往需要投入更多资源进行技术试验与质量控制,导致绿色建筑项目的初期建设成本随之增加。

3 建筑工程管理中可持续发展与绿色建筑问题的解决策略

3.1 加强宣传教育

加强宣传教育,成为推动建筑工程管理中可持续发展与绿色建筑全面落实的重要策略。绿色建筑作为一种集节能、环保及资源循环利用等多重优势于一体的建筑理念,其实施涉及多个环节和技术创新。然而,许多从业人员及社会公众对这一理念的理解仍较为浅显,导致绿色建筑的推广面临较大挑战。通过系统化的宣传教育,不仅能够提升从业人员的专业素养,还能改变社会对绿色建筑的传统认知,从而为行业发展创造更为有利的环境。在建筑行业内部,应通过定期举办专题讲座、技术研讨会与职业培训等活动,提升设计师、工程师及施工管理人员对绿色建筑相关技术、政策及标准的掌握水平。通过案例分析与技术推广等方式,从业人员将能更深入理解绿色建筑在项目生命周期中的价值,并充分认识其在建筑质量、环境效益及能源效率等方面的综合优势。对行业管理者与决策者的教育也至关重要,只有他们深刻认识到绿色建筑在提升项目竞争力、应对日益严峻的环境挑战以及实现社会责任方面的关键作用,才能在政策支持与资金投入上形成更强的推动力。在社会层面,绿色建筑理念应通过大众媒体、网络平台及社区活动等渠道,广泛普及。

3.2 提高绿色建筑技术水平

提高绿色建筑技术水平,是实现建筑工程管理中可持续发展目标的重要策略之一。尽管绿色建筑在设计理念上已取得显著进展,技术水平的提升依然被视为推动其广泛应用的关键。绿色建筑涉及多个领域,包括节能设计、环境保护、新型建筑材料的使用以及高效能设备的集成,其中技术创新与突破是其功能与效益得以实现的基础。当前,许多绿色建筑项目的技术水平仍处于初级阶段,尤其是在一些发展中国家和地区,由于技术研发与应用滞后,许多绿色建筑的技术难以与国际先进水平接轨。为了提高技术

水平,必须加大对新技术的研发投入,特别是在智能化建筑、能源回收及环境友好材料等领域的创新^[3]。例如,如何通过智能化控制系统实现能源的高效管理,如何运用建筑一体化技术实现太阳能与风能的综合利用,以及如何实现建筑材料的可回收性与低环境影响等,都是亟待攻克的技术难题。技术水平的提升,还需加强施工过程中的技术培训与技术标准的制定。施工人员与管理人员的技术水平直接影响绿色建筑的施工质量与效果,只有通过持续的培训与技术指导,才能确保绿色建筑技术在实际工程中的精准应用。此外,政府与行业协会应推动绿色建筑相关技术标准的制定与完善,为技术的应用提供统一的规范和依据。技术标准的完善与执行,能够促进技术的标准化与模块化,提升绿色建筑建设的效率与可控性。

3.3 提高评估机构审核标准

提高评估机构审核标准,是确保绿色建筑质量及可持续发展目标实现的关键举措之一。尽管绿色建筑认证体系在全球范围内已得到一定应用,但在实际操作过程中,评估标准的科学性与严格性仍存在不足之处。许多评估机构的审核标准过于宽松,且某些地区的标准与国际先进水平存在较大差距,导致绿色建筑认证的公信力不足,甚至出现了部分建筑项目“绿色洗牌”的现象。为此,评估机构的审核标准必须提高其科学性、权威性与可操作性。评估标准应更加全面且细化,从建筑设计、施工、运营及维护等全过程的角度,明确绿色建筑应满足的技术要求与环境指标。多个维度应包括能源消耗、建筑材料、废弃物管理、空气质量、节水以及生态环境等,确保每个环节都能够符合可持续发展的要求。技术力量与专业背景的强化对于评估机构同样至关重要,跨学科、跨领域的专家团队应被组建,以提升审核人员的专业素质与技术能力,从而确保审核过程的高效性与公正性。评估标准的动态更新与调整也应得到重视。随着建筑技术的发展与环境政策的变化,绿色建筑的技术要求与评估标准应被及时更新,以确保其前瞻性与适应性。

3.4 加大政策支持力度

加大政策支持力度,是推动绿色建筑及可持续发展目标在建筑工程管理中有效实施的重要手段。尽管绿色建筑理念已逐渐获得认可,但许多项目仍面临前期高投入、技术不成熟以及市场需求不明确等挑战。政策支持不仅能够缓解企业在转型过程中遇到的经济压力,还能通过制定完善的法规,推动绿色建筑技术的应用与普及。政府应通过税收优惠、资金补贴、绿色信贷等多种政策措施,鼓励建筑行业加大绿色建筑技术的投资与研发,降低项目的前期成本,提高其经济吸引力。同时,严格的绿色建筑标准与法规应被制定,推动建筑行业的绿色转型。通过政策引导,

绿色建筑可以作为新建及改建项目的强制性要求,或对符合绿色建筑标准的项目提供额外奖励与支持,从而有效激励企业积极参与绿色建筑建设。此外,政策应更加关注现有建筑的绿色改造及节能提升,推动建筑在运营过程中实施可持续管理,延长使用寿命并降低能源消耗^[4]。绿色建筑市场的培育与推广,也应由政府加强,支持绿色建筑认证体系与技术标准的建设,提升公众及市场对绿色建筑的认同度。在国际层面,政府可通过参与国际绿色建筑标准的制定、技术经验共享以及合作项目的推进等方式,加强全球绿色建筑合作,推动全球建筑行业的可持续发展。

3.5 降低绿色建筑施工成本

降低绿色建筑施工成本,是推动其普及与可持续发展的关键策略之一。虽然绿色建筑在运营阶段能够提供节能与环保优势,但其前期施工成本较高,这主要源于高效节能材料、先进建筑技术以及复杂的施工工艺等因素。为有效降低施工成本,应从设计阶段着手,优化设计方案以提升效率,减少不必要的复杂性与费用。例如,采用模块化设计或预制构件,不仅能减少施工中的工时与人工成本,还能够有效缩短施工周期。绿色建筑所需的环保材料及高性能设备,通常比传统材料价格更高,但随着绿色建筑需求的上升、生产规模的扩大以及技术的进步,相关材料的成本有望逐步下降。通过扩大市场供应并推动技术研发,绿色建筑材料的标准化与产业化能够促进,从而有助于降低材料采购成本。随着绿色建筑技术的不断成熟与应用普及,施工效率的提升也成为可能,进而降低施工难度。例如,智能化施工技术、自动化设备及建筑信息模型(BIM)技术的应用,不仅能提高施工精度与效率,还能减少资源浪费,降低人工和管理成本。同时,政府与行业协会通过政策支持、资金补助及税收优惠等措施,能够鼓励建筑企业采纳绿色建筑技术与材料,进而降低前期投入。绿色建筑市场的不断发展与成熟,能够吸引更多企业参与,从而形成规模效应与竞争,进一步降低施工成本。

4 结语

在绿色建筑项目管理中,实施可持续发展策略是推动建筑行业实现环境保护、资源节约与经济效益平衡的关键途径。通过在设计、施工、运营等各个阶段融入可持续发展理念,结合先进的绿色技术与管理方法,不仅能有效减少建筑对环境的负面影响,还能够提升资源的利用效率。尽管技术、成本及政策等多方面的挑战面临绿色建筑的实施,持续的技术创新、政策支持以及行业合作仍为其普及与应用提供了巨大的潜力。绿色建筑的推进,不仅有助于提升建筑质量和居住环境,而且为实现社会与全球可持续发展目标提供了有力支持。随着绿色建筑理念不断深化与实践经验的积累,建筑行业正朝着更加

环保、智能与可持续的方向发展，为未来城市建设及人类福祉做出积极贡献。

[参考文献]

- [1]朱向勤,土巨鸿,和俐蓉.建筑工程管理中的可持续发展与绿色建筑探究[J].建材发展导向,2024,22(23):32-34.
- [2]杜彩云.可持续发展理念下绿色建筑管理模式创新研究[J].住宅与房地产,2025(2):74-76.
- [3]解志强.绿色建筑项目管理中的可持续实践与经验总结[J].建材发展导向,2024,22(23):108-110.
- [4]李国锋.绿色建筑工程项目管理与可持续发展路径探索[J].城市建设理论研究(电子版),2024(28):31-33.

作者简介：梁晓东（1976.12—），男，毕业院校：中国农业大学，所学专业：农业机械自动化，当前就职单位：建研凯勃建设工程咨询有限公司，职务：项目经理；全园园（1982.4—），女，毕业院校：北京印刷学院，所学专业：计算机科学与技术，当前就职单位，建研凯勃建设工程咨询有限公司，监理工程师。

提高建筑工程管理及施工质量控制的有效策略解析

梁山波

新疆蓬隆建设工程有限公司，新疆 喀什 844000

[摘要] 建筑质量是施工企业的核心竞争力，决定了其在行业中的地位，一旦建筑工程出现质量问题，不仅会对后续的工期造成影响，还会增加施工成本，甚至威胁到建筑物的安全性和稳定性。且随着近年来人们对于建筑提出的更多要求，建筑质量的重要性也就不言而喻，因此，必须要加强建筑工程管理以及施工质量控制。基于此，文章就如何加强建筑工程管理以及质量工程展开了研究，以供参考。

[关键词] 建筑工程管理；施工质量控制；有效策略

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15653

中图分类号: TU71

文献标识码: A

Analysis of Effective Strategies for Improving Construction Project Management and Construction Quality Control

LIANG Shanbo

Xinjiang Penglong Construction Engineering Co., Ltd., Kashgar, Xinjiang, 844000, China

Abstract: Building quality is the core competitiveness of construction enterprises, which determines their position in the industry. Once there are quality problems in construction projects, it will not only affect the subsequent construction period, but also increase construction costs, and even threaten the safety and stability of buildings. With the increasing demands placed on construction in recent years, the importance of building quality is self-evident. Therefore, it is necessary to strengthen construction project management and construction quality control. Based on this, the article conducted research on how to strengthen construction project management and quality engineering for reference.

Keywords: construction project management; construction quality control; effective strategy

引言

随着社会经济的迅速发展及城市化进程的推进，建筑行业正面临着技术要求日益复杂与市场竞争愈加激烈的挑战。作为工程项目成功的关键因素之一，建筑工程管理与施工质量控制，直接决定了项目的安全性、经济性、进度以及最终使用效果。合理的管理体系与科学的质量控制方法的建立，不仅能够提升施工效率，还能有效降低施工中的风险，确保工程质量，从而满足社会与市场对建筑工程的高标准要求。然而，目前建筑行业中仍然存在着许多影响工程管理与施工质量控制的突出问题。例如，施工准备的不足、管理制度的不完善、施工人员素质的参差不齐等，这些问题常常导致项目的延误、成本的超支以及质量缺陷，从而给企业和社会带来了较大的负面影响。因此，如何在建筑工程管理中构建一个完善的管理体系，如何提高施工质量控制的有效性，已成为行业亟需解决的重要课题。本文将探讨建筑工程管理与施工质量控制中的有效策略，分析现存的主要问题，并提出切实可行的解决方案，旨在为优化建筑工程管理与提升施工质量提供有益的参考。

1 建筑工程管理及施工质量控制的重要性

在现代建筑行业中，建筑工程管理与施工质量控制无疑扮演着至关重要的角色。建筑工程项目通常涵盖多个阶

段与环节，从设计、施工到验收，每个环节都直接影响到最终工程的质量、安全性及可持续性。有效的工程管理，不仅能确保项目按时按预算顺利完成，还能够保障施工质量，确保其符合设计要求及安全标准。而施工质量控制，则是确保工程达到这些要求的核心所在。通过良好的管理，资源配置的优化、施工效率的提高与浪费的减少均能实现，同时，安全隐患与施工风险也得到了有效的降低。随着社会对建筑质量要求的不断提升以及环保与可持续发展问题日益受到关注，施工质量控制的重要性愈加突出，直接关系到建筑物的使用寿命、功能性及环境适应性。严格的质量控制，不仅确保了建筑物的结构安全，还能提升整个行业的水平，增强企业在市场中的竞争力。高效的工程管理与施工质量控制，还能够提升客户满意度，树立品牌声誉，最终实现项目经济与社会效益的双赢。由此可见，建筑工程管理与施工质量控制，不仅是项目成功的关键因素，更为行业的持续发展与社会的进步提供了积极推动力。

2 建筑工程管理和施工质量控制工作中的常见问题

2.1 施工前准备不够充分

在建筑工程管理与施工质量控制过程中，施工前准备不足，作为一个普遍存在的问题，往往表现为工程项目整

体规划的缺乏细致性、施工现场勘察工作的不到位,以及资源配置的滞后。在某些项目中,施工前的设计审核与技术交底未能充分执行,导致设计方案与现场实际情况之间出现了不匹配,从而引发了施工进度的延误与额外成本的增加。同时,施工人员与管理人员对现场复杂性、环境条件及潜在风险的了解不足,常常使得施工过程中面临了不必要的困难与问题^[1]。此外,材料、设备及劳动力等资源准备的不充分,导致了施工过程中常出现材料供应不足、设备故障频繁、工人短缺等问题,从而影响了工程的进度与质量。

2.2 信息化建设不完善

目前,我国正积极推动建筑工程管理模式创新,信息技术逐步渗透到建筑企业中,并随着改革和创新逐渐成熟。然而,在实际的建筑工程和施工质量管控中,信息技术的应用成熟度仍需提升,存在较为明显的滞后问题。由于整体项目管理的信息化水平较低,信息技术主要停留在数据信息整合和分析的层面,其他领域的应用较为有限。部分项目管理人员过度依赖信息软件,将工作时间和精力过多投入到数据处理上,导致项目施工现场与数据信息之间存在较大差异,从而影响了工程活动的顺利进行^[1]。此外,由于信息技术的投入缺乏相应的运维支持,其优势未能充分发挥,项目管理人员和施工人员的信息化水平较低,也使得信息化建设难以大力推行,最终影响了施工质量的提升。

2.3 施工人员的综合素养有待提升

在建筑工程管理与施工质量控制过程中,施工人员的综合素养不足,作为一个普遍存在的问题,直接影响了施工质量与工程进度。施工人员的专业技能、管理能力与安全意识,决定了施工质量与进度的高低。然而,目前许多施工人员的专业知识与技术水平之间存在差距,尤其是在技术要求较高的工种中,技能培训未能得到充分重视,导致部分施工环节操作不规范,甚至出现了潜在的质量隐患。与此同时,施工人员的管理能力较为薄弱,许多项目中,施工人员缺乏对整体工程的理解与协调能力,无法有效贯彻质量控制标准与技术要求。在安全方面,施工人员的安全意识与责任感也亟待提升,部分工人对安全问题的重视不够,未能严格遵守安全操作规程,从而导致了施工安全风险的增加。

2.4 施工安全管理制度不够完善

在建筑工程管理与施工质量控制过程中,施工安全管理制度的不完善,作为一个严重且常见的问题,直接影响了施工现场的安全保障。尽管大多数建筑企业与项目已建立了安全管理制度,但在实际操作中,许多制度存在执行力度不足、覆盖面不全等问题。一方面,某些项目在施工

过程中未能严格制定安全管理细则,导致了现场安全操作标准的不统一,施工人员对安全规程的理解与执行不到位。另一方面,安全培训的不足或针对性差,使得许多施工人员缺乏识别潜在安全风险与应急处理能力,无法有效应对施工过程中可能发生的安全事故^[2]。此外,施工现场的安全检查与监控工作常常存在漏洞,安全隐患未能得到及时发现与处理,部分工人甚至忽视了安全防护措施的落实,从而提高了安全事故发生的概率。

2.5 分包模式工程管理存在弊端

在建筑工程管理与施工质量控制中,分包模式的应用,尽管有助于提高工作效率与专业化程度,但普遍存在一些问题,这些问题不容忽视。分包模式通常将部分工程任务或专业工作委托给其他承包商,然而,由于分包商与总承包商之间缺乏充分的沟通与协调,责任不清、管理松散的情况往往出现,从而影响了项目整体进度与质量控制。由于分包商在资金与资源上的限制,施工人员的素质参差不齐,管理水平较低,从而影响了施工质量与工期。另一方面,分包商的管理与施工安排,常常与总承包商的目标存在一定冲突,尤其在利益分配方面,为了追求自身利益,分包商可能采取低成本、高风险的施工方式,忽视了安全与质量控制^[2]。此外,分包商之间缺乏协调,容易导致施工现场资源浪费、工期延误以及重复作业等问题。

3 提高建筑工程管理与施工质量的有效策略

3.1 提高管控工作重视程度

提高建筑工程管理与施工质量管控的重视程度,是确保工程质量与提升施工效率的关键所在。有效的管控不仅要求项目管理者拥有扎实的专业知识与丰富的经验,还需要具备全局视野,形成系统化的管理思维。在施工过程中,任何细节的疏忽,都可能导致质量问题,甚至影响到工程的整体进度与最终交付。为此,项目管理团队必须从项目初期便将管控工作纳入议程,责任分工应明确,施工每一阶段的监管需加强,确保质量标准的严格执行^[3]。提升管控重视度,要求管理层从战略层面认识质量控制的重要性,并将其作为项目的核心目标。质量保证不仅要关注施工过程中的实施,更应从制度建设、流程优化与人员培训等多个方面加强管控。同时,施工现场对工程人员的培训与考核应持续加强,质量意识与执行能力的提升不可忽视。

3.2 建立健全建筑工程管理体系

建立一个完善的建筑工程管理体系,是提高工程管理水平与施工质量的根本保障。一个健全的管理体系,能够有效协调各个环节,确保项目在不同阶段顺利推进,避免由于管理混乱、沟通不畅或职责不明确所带来的问题。建筑工程管理体系应具备清晰的组织架构与明确的责任分配,使项目团队的每一成员都能清楚自己的职责,并在高

效的协作中推动项目进展。作为管理核心,项目经理需发挥统筹作用,协调各方资源,并解决施工过程中出现的各种问题。同时,管理体系还应覆盖项目的全过程,从设计、采购、施工到验收的每个环节,都应有具体的管理规范与操作流程,确保各项工作的有序开展。在该体系中,质量控制、进度管理、成本控制与安全管理等各方面,必须紧密配合,不能孤立操作,从而形成整体协同效应^[3]。尤其在信息化时代,建筑工程管理体系还需集成现代技术工具,如BIM(建筑信息模型)、ERP(企业资源计划)等先进管理软件系统,以实现数据的实时共享与透明化,从而提升决策的精准性与高效性。

3.3 加强施工进度管理

加强施工进度管理,是确保建筑工程按时完成并达到质量要求的关键策略。在复杂的建筑项目中,施工进度管理不仅仅关注工期的长短,更侧重于资源配置、工序衔接以及人员安排的精细化管理。有效的施工进度管理,依赖于科学的计划制定与实时监控,以确保各项施工任务能够在预定时间内顺利完成。在进度管理过程中,必须充分考虑可能影响工期的多种因素,如天气变化、材料供应、人员调配与设备故障等,这些因素都可能导致施工延误。为了避免这些问题的发生,详细的施工进度计划必须制定,并根据项目特点与施工阶段合理安排工期。在施工过程中,通过实时监控系统,进度能够随时被跟踪,进度偏差可被及时发现,并采取相应的调整措施^[4]。此外,进度管理还要求加强各施工环节之间的协调配合,避免某一环节的延误影响到整体进度。例如,若前期的土建施工延误,后续安装与装修的按时进行将受到直接影响,进而造成施工资源的浪费与工期的进一步延长。

3.4 加强信息化建设

加强信息化建设,是提升建筑工程管理与施工质量的关键手段。随着现代科技的快速进步,信息技术已成为建筑行业不可或缺的工具,能够显著提高管理效率、优化资源配置,并提升施工质量。信息化建设能够实现项目全过程的数字化管理,从设计、施工到后期维护,信息技术的运用,使项目管理者能够实时跟踪项目进度,确保各项工作按计划有序推进。例如,建筑信息模型(BIM)技术能够对项目的各个方面进行三维建模,提前帮助识别潜在问题,减少设计变更,进而提升工程施工的精准度与效率。在施工阶段,信息技术如物联网(IoT)与无人机监控,可以对工地现场进行实时监控,自动收集施工数据,并通过大数据分析,及时发现进度、质量与安全等方面的潜在风险,从而做出精准调整与决策。此外,信息化建设还通过建立项目管理平台,将各类资源整合,便于各方人员共享信息,提高协作效率,减少信息传递中的误差与延迟。

3.5 加强施工材料管理

加强施工材料管理,是确保建筑工程质量与进度的关键策略之一。施工材料的质量直接影响建筑工程的安全性、耐久性及功能性,而材料管理的有效性,则决定了资源的合理利用及工程成本的控制。在实际施工中,材料管理不仅仅涉及对采购、运输、储存和使用等环节的有效控制,还包括对材料质量的严格监控,以及对浪费的有效防范。保障材料质量,是管理的首要任务。材料采购阶段,应严格按照工程设计要求及相关国家标准进行材料选购,并对供应商的资质与产品质量进行详细审核,确保所选材料符合技术要求与安全标准。运输与储存环节的管理,同样至关重要^[4]。材料在运输过程中容易受损,因此,包装与搬运必须符合标准,避免因操作不当而导致质量问题。在储存阶段,应依据不同材料的特性,采取适当的存储方法,避免潮湿、腐蚀或其他外部因素对材料的损害,减少因不当储存而带来的质量隐患。材料的使用与消耗过程中,亦必须进行严格管理。通过建立材料领用与消耗登记制度,使用情况能够实时跟踪,从而防止滥用或浪费。现场施工人员需要定期检查所用材料的质量,确保不使用不合格或过期材料,从而避免因材料问题带来的质量隐患。

3.6 注重施工安全管理

强化施工安全管理,是保证建筑工程顺利实施的核心环节,也是提高施工质量、确保工程按时完成的重要策略。施工现场的安全问题,直接影响施工人员的生命安全、工程的正常进度以及项目的整体效益。安全管理不仅仅包括对事故的预防与应急处理,更涉及全程覆盖的安全文化建设与制度执行。完善的安全管理制度及规范化的操作流程,是确保施工安全的基础。项目管理团队,应根据不同类型的工程项目和施工环境,制定详细的安全规章制度,明确各岗位的安全职责与操作规范,确保每个环节严格按照标准执行。施工人员的安全培训与意识培养,尤为重要。定期组织安全教育及专项培训,能够提升施工人员对潜在风险的识别与应急反应能力,使其在面对危险时,能够迅速采取有效的防护措施。施工人员,需要熟悉工作场所的安全环境、设备操作规范及应急预案,确保每一个安全细节不被忽视,保障个人及团队的安全。施工现场的安全监控与风险评估,亦需实时进行。通过安装先进的安全监控系统,如视频监控和危险气体探测设备,安全隐患能够被及时识别,并采取纠正措施。同时,项目经理,应定期巡查现场,排查潜在的安全风险,提前准备应急预案并进行演练,确保在突发事件发生时,能够迅速反应并妥善处理。

4 结语

在建筑工程管理与施工质量控制中,科学的管理策略

与严格的质量管控措施,是确保工程顺利推进的基础。随着建筑行业的持续发展,管理水平与技术手段不断更新与提升。通过加强施工过程中的管控措施、完善整体管理体系、提高施工人员的专业素养,以及推动信息化建设等举措,施工质量能够有效提升,潜在风险得以减少,确保项目按时并符合质量标准完成。尽管在实施过程中仍面临一些挑战,但只要在实践中不断总结经验并优化管理措施,建筑工程管理与施工质量控制必将在推动建筑行业持续发展的过程中,发挥着重要作用。

[参考文献]

[1]刘城宇. 建筑工程管理及施工质量控制的有效策略[J].

陶瓷,2024(1):188-190.

[2]李汶泽. 提高建筑工程管理及施工质量控制的有效策略研究[J]. 建材发展导向,2024,22(5):25-27.

[3]王云鹏. 建筑工程管理及施工质量控制的有效策略[J]. 城市建设理论研究(电子版),2023(26):35-37.

[4]刁峥峰. 提高建筑工程管理及施工质量控制的策略研究[J]. 城市建设理论研究(电子版),2022(29):49-51.

作者简介:梁山波(1985.1—),毕业院校:华南理工大学,所学专业:土木工程,当前就职单位名称:新疆蓬隆建设工程有限公司,就职单位职务:技术负责人,职称级别:中级。

新建建筑全过程碳管理策略研究

高 泽¹ 房银华²

1. 雄安城市规划设计研究院有限公司, 河北 保定 071700

2. 中国建筑设计研究院有限公司河北雄安分公司, 河北 保定 071700

[摘要] 随着建筑领域低碳零碳等概念的普及, 建筑全生命周期碳管理日益成为发展方向。文中通过对全生命周期内各阶段的碳排放进行分析, 提出新建建筑全过程碳管理策略, 将碳管理作为贯穿各阶段的重要组成部分, 成为建筑领域降碳的重要措施。

[关键词] 碳排放; 碳管理; 策略研究

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15631

中图分类号: TU984

文献标识码: A

Research on Carbon Management Strategies for the Whole Process of New Construction

GAO Ze¹, FANG Yinhu²

1. Xiong'an Urban Planning and Design Institute Co., Ltd., Baoding, Hebei, 071700, China

2. Hebei Xiong'an Company of China Architecture Design and Research Institute Co., Ltd., Baoding, Hebei, 071700, China

Abstract: With the popularization of concepts such as low-carbon and zero carbon in the field of construction, carbon management throughout the entire life cycle of buildings is increasingly becoming a development direction. By analyzing the carbon emissions at each stage of the entire lifecycle, the article proposes a carbon management strategy for the entire process of new construction, making carbon management an important component that runs through each stage and an important measure for reducing carbon emissions in the construction industry.

Keywords: carbon emissions; carbon management; strategy research

落实建筑领域“双碳”任务是实现我国碳达峰、碳中和目标的重要内容, 建筑全过程碳管理已经成为当下建筑行业发展的新方向。其具体含义为以节能减排为目标, 在建筑设计、施工、建材、运行各个环节进行行之有效的碳管理, 建立建筑全过程的碳监测体系, 进而有效降低碳排放。

1 建筑碳排放的概念和范围

建筑碳排放是指建筑物在与其相关的建材生产及运输、建造及拆除、运行阶段产生的温室气体排放的总和, 这些温室气体主要包括二氧化碳、甲烷和氧化亚氮等, 通常以二氧化碳当量来表示。这些排放会对全球气候产生显著影响, 加剧全球变暖和极端天气事件。

建筑碳排放是将建筑视为一个产品, 统计其全生命周期内各阶段的碳排放总量, 即建筑全过程碳排放。全过程周期包含了建材、施工、运行阶段。

1.1 建材生产及运输阶段

建材的生产过程, 如水泥、钢筋、玻璃等材料的制造, 都会产生温室气体排放。建材的运输过程, 包括从生产地到建筑工地的运输, 也会产生一定的碳排放。

1.2 建造及拆除阶段

建造过程中, 施工机械设备的能耗以及建筑过程中的一些化学反应都会产生温室气体排放。建筑物的拆除过程同样会产生碳排放, 包括拆除过程中的能耗和拆除后建筑垃圾的处理。

1.3 运行阶段

运行阶段是建筑碳排放的主要来源之一, 包括建筑物在使用过程中的采暖、生活热水、照明、电梯等系统的能耗。

此外, 建筑碳汇也是运行阶段的一个重要方面, 即在划定的建筑物项目范围内, 绿化、植被从空气中吸收并存储的二氧化碳量, 这有助于减少建筑的净碳排放。



图1 碳排放构成

2 建筑全过程碳排放数据分析

根据中国建筑节能协会发布的《中国建筑能耗与碳排放研究报告(2022)》显示, 2020年全国碳排放总量为99.80亿吨CO₂, 其中建筑全过程碳排放总量为50.8亿吨CO₂, 占比为50.9%。



图2 碳排放数据分析

按阶段细分：建材生产阶段碳排放 28.2 亿 tCO_2 ，占全国碳排放总量的比重为 28.2%；建筑施工阶段碳排放 1.0 亿 tCO_2 ，占全国碳排放总量的比重为 1.0%；建筑运行阶段碳排放 21.6 亿 tCO_2 ，占全国碳排放总量的比重为 21.7%。

建筑材料中，近 95%碳排放量来自钢材和水泥，其他材料的贡献很小。中国建筑能耗与碳排放研究报告（2022）显示，钢材、水泥分别占有建材碳排放的 47.59%和 40.27%，两者合计占比 87.86%。

建筑运行阶段，2022 年民用建筑总运行能耗 11.1 亿吨二氧化碳，占全国总量的 21%，其中，农村住宅 2.32 tce，北方城镇供暖 2.12 亿 tce，城镇住宅（除供暖外）2.78 亿 tce，公共建筑（除供暖外）3.86 亿 tce，能源类型主要包括煤、天然气、电，详见下图。

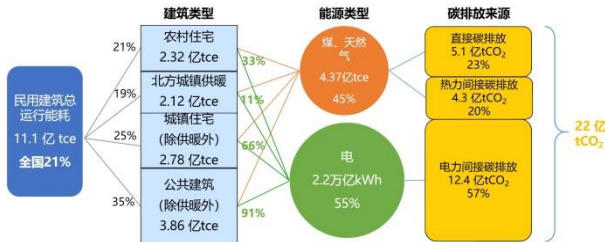


图3 运行阶段碳排放构成

由此可见，建材阶段和运行阶段是建筑全生命周期碳管理的关键阶段。

3 建筑全过程碳管理策略研究

3.1 设计阶段

在传统的建筑设计中，进行建筑碳排放分析具有很多阻碍，造成建筑低碳设计普及困难，产生阻碍的原因主要包含以下几个方面：

(1) 设计师在设计过程中，重点关注的是建筑的空间布局、建筑的功能需求，以及建筑成本要求，低碳意识缺乏，建筑的碳排放水平不是设计师必须考虑的。

(2) 在建筑设计过程中，设计师会采用节能技术，通过对建筑进行能耗分析来进行节能设计，但缺少建筑碳排放

分析工具，导致设计师无法分析建筑对环境造成的影响。

(3) 目前建筑设计市场竞争激烈，导致建筑设计的时间缩短，而建筑低碳优化设计需要手工进行建筑碳排放计算，并进行多次优化，这将导致设计进度延误。

针对上述问题，本文提出三个方面策略。首先要将低碳要求纳入到规划条件中，将低碳设计作为设计环节的必要部分，在初步设计、施工图设计环节要进行低碳设计审查。其次要建立低碳评价体系。选取建筑设计因素及建筑碳排放强度作为评价指标，根据节能设计标准、建筑案例调研数据和建筑设计因素对建筑碳排放量的影响规律对评价指标进行细化，划分指标参数范围和评分基准，利用层次分析法构建了评价体系结构并进行评价指标权重计算，获得适用于建筑设计低碳优化的综合评价体系。最后，要有建筑碳排放分析工具。结合目前建筑行业推行 BIM 技术，可研发基于 BIM 技术的建筑碳排放分析软件，用于分析设计阶段碳排放。分析建筑设计因素对建筑碳排放的影响，得出建筑朝向、外窗遮阳系数、体型系数等因素对建筑碳排放量的影响。



图4 基于 BIM 技术的碳排放分析

在设计阶段，应充分考虑节能减排和绿色低碳的理念，将碳管理纳入建筑设计的每一个环节。



图5 绿色低碳策略

优化建筑设计：通过优化建筑的朝向、体型和空间布局，最大限度地利用自然采光和通风，减少人工照明和空调的使用，从而降低能源消耗和碳排放。同时，采用节能型的建筑材料，如保温隔热性能好的墙体材料、节能门窗等，可以有效地减少建筑物在使用过程中的能源损失。

引入绿色设计理念：将绿色设计理念融入建筑设计中，如采用绿色屋顶、雨水回收系统等，以提高建筑的能效和环保性能。

进行碳排放评估：在设计阶段，应对建筑进行碳排放评估，确定建筑全生命周期的碳排放量，为后续的碳管理提供数据支持。

3.2 建材阶段

建材生产阶段的碳排放主要是指钢筋、水泥、混凝土、玻璃等各种材料的获取、生产过程中由于消耗能源而产生的碳排放以及运输途中产生的碳排放。

其中，运输过程碳排放指的是建材从生产地运到施工现场所产生的碳排放。碳排放因子是指生产或消耗单位质量物质伴随的温室气体的生成量，是表征某种物质温室气体排放特征的重要参数。碳排放因子将建筑全生命周期中能源、建筑材料、机械设备台班等的使用量与碳排放量联系起来。因此，对碳排放因子进行分析是计算建筑碳排放量的关键环节。碳排放因子具体可以用碳的量表示，也可以用 CO_2 的量表示。

搭建建材平台，集成碳因子库，是建材阶段碳排放管理的重要方式。

通过查询设计图纸、采购清单等工程建设相关技术资料，确定建筑各类建材消耗量，再乘以相应建材的碳因子，得出建材阶段的碳排放量。

建造阶段是建筑全过程中碳排放的主要环节之一。在建造阶段，应严格控制能源消耗和碳排放，实现绿色建造。选择绿色建材：优先选用低碳、环保的建材，如使用再生材料、绿色混凝土等，以减少建材生产过程中的碳排放。优化施工工艺：采用高效的施工设备和工艺，如电动起重机、预制装配式建筑技术等，提高施工效率，同时减少能源消耗和废气排放。加强废弃物管理：对建筑垃圾进行分类回收和再利用，减少垃圾填埋产生的温室气体排放，同时节约资源。推广绿色施工技术：如绿色施工评价、绿色施工管理等，以确保施工过程中的碳排放得到有效控制。

3.3 运营阶段

运行阶段碳排放主要来自能源和资源消耗。以住宅为例，能源和资源消耗主要集中在空调系统、照明系统、动力设备系统、生活热水及燃气等，碳排放即来自于各个系统运行耗能释放。本阶段建筑碳排放核算以一个完整的自然年为时间单位，乘以建筑使用寿命得出运行阶段碳排放总量。对于已建成的项目可采用能耗监测法、资源统计法，对未建成的项目可采用能耗模拟法和按设计标准各项参

数指标测算法。运营阶段是全生命周期中持续时间最久的一个阶段，其碳排放的比例相对其他阶段来说也较大。

运营阶段是建筑全生命周期中碳排放量最大的环节。在运营阶段，应通过一系列措施，提高建筑的能效，减少碳排放。能源管理：推广使用可再生能源，如太阳能、风能等，为建筑物提供电力和热能。同时，对建筑物的能源系统进行智能化监控和管理，根据实际需求实时调整能源供应，避免能源的浪费。提高设备能效：选用高效能的空调、照明、电梯等设备，定期进行设备的维护和保养，确保其处于最佳运行状态。采用智能控制系统，根据人员活动和环境变化自动调节设备运行参数，进一步提高能源利用效率。优化建筑环境：通过改善建筑室内环境，如提高室内空气质量、控制室内温度和湿度等，减少能源消耗和碳排放。开展节能宣传：通过宣传和教育，提高建筑使用者的节能意识，鼓励他们养成良好的用能习惯，如合理控制室内温度、随手关灯等。

4 结语

低碳建筑已是建筑行业的发展趋势，本文从新建建筑全生命周期的碳管理角度切入，浅析了各个环节碳管理的重点内容。做好全过程碳管理，针对各个环节碳管理中发现的问题，实施行之有效的节能减排策略，是实现建筑领域双碳目标的重要路径。

【参考文献】

- [1] 林宪德. 绿色建筑[M]. 北京：中国建筑工业出版社, 2007.
- [2] 刘亮. 基于 LCA 模型的工程项目碳足迹评估实证研究[D]. 江西：江西理工大学, 2011.
- [3] 李兵, 李云霞, 吴斌, 等. 建筑施工碳排放测算模型研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2011, 3(2): 5-10.
- [4] 中国能源发展战略与政策研究课题组. 中国能源发展战略与政策研究[M]. 北京：经济科学出版社, 2004.
- [5] 张德英, 张丽霞. 碳源排碳量估算办法研究进展[J]. 内蒙古林业科技, 2005, 3(1): 20-23.

作者简介：高泽（1990.6—），男，汉族，毕业学校：北京建筑大学，现工作单位：雄安城市规划设计研究院有限公司；房银华（1989.12—），女，汉族，毕业学校：北京建筑大学，现工作单位：中国建筑设计研究院有限公司河北雄安分公司。

浅析建设工程全过程工程造价控制管理

谢 卓

杭州恒正造价工程师事务所, 浙江 杭州 311400

[摘要]随着我国经济的持续快速发展, 建设工程行业作为国民经济的重要支柱产业, 在基础设施建设、城市化进程推进等方面发挥着举足轻重的作用。近年来, 我国建设工程行业规模不断扩大, 据国家统计局数据显示, 然而, 在行业蓬勃发展的背后, 也面临着诸多挑战, 其中工程造价控制管理便是关键问题之一。工程造价控制贯穿于建设工程的全过程, 包括项目决策、设计、招投标、施工以及竣工结算等各个阶段。有效的工程造价控制管理能够确保工程建设在预算范围内顺利进行, 提高资金使用效率, 保障工程质量和进度。在激烈的市场竞争环境下, 企业通过有效的工程造价控制管理, 可以降低成本, 提高经济效益, 增强自身的市场竞争力, 实现可持续发展。同时, 整个建设工程行业的造价控制水平提高, 也有助于推动行业的健康发展, 促进资源的合理利用和优化配置。

[关键词] 建筑工程; 工程造价; 工程管理

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15630

中图分类号: TU723.3

文献标识码: A

Brief Analysis of Cost Control Management in the Whole Process of Construction Projects

XIE Zhuo

Hangzhou Hengzheng Engineering Cost Office, Hangzhou, Zhejiang, 311400, China

Abstract: With the sustained and rapid development of Chinese economy, the construction industry, as an important pillar industry of the national economy, plays a pivotal role in infrastructure construction, urbanization process promotion, and other aspects. In recent years, the scale of Chinese construction industry has been continuously expanding. According to data from the National Bureau of Statistics, however, behind the booming development of the industry, there are also many challenges, among which engineering cost control management is one of the key issues. Engineering cost control runs through the entire process of construction projects, including project decision-making, design, bidding, construction, and final settlement. Effective engineering cost control management can ensure the smooth progress of engineering construction within the budget range, improve the efficiency of fund utilization, and ensure the quality and progress of the project. In the fiercely competitive market environment, enterprises can reduce costs, improve economic efficiency, enhance their market competitiveness, and achieve sustainable development through effective engineering cost control management. At the same time, the improvement of cost control level in the entire construction industry also helps to promote the healthy development of the industry, promote the rational utilization and optimized allocation of resources.

Keywords: construction projects; projects cost; projects management

1 建设工程全过程工程造价控制管理的重要性

全过程造价控制管理在建设工程中具有不可忽视的重要性, 它贯穿于工程建设的各个阶段, 对提升经济效益、优化资源配置以及控制风险等方面发挥着关键作用。

从提升经济效益角度来看, 全过程造价控制管理能够有效降低工程成本, 提高资金使用效率。在项目决策阶段, 通过科学的投资估算和经济评价, 可避免盲目投资, 确保项目的投资回报率。在设计阶段, 运用限额设计、设计方案比选等方法, 优化设计方案, 可在保证工程质量和功能的前提下, 降低工程造价。在优化资源配置方面, 全过程造价控制管理有助于合理分配人力、物力和财力资源, 提高资源利用效率。在项目决策阶段, 通过对项目的技术可行性、经济合理性和环境影响等方面的分析, 可确定项目的建设规模和建设方案, 从而合理安排资源投入。在设计阶段, 根据项目的功能需求和投资限额, 合理选择建筑材

料、设备和施工工艺, 可避免资源的浪费和过度使用。在施工阶段, 通过科学的施工组织设计和进度计划, 合理安排施工人员、机械设备和材料的进场时间和使用顺序, 可提高资源的利用效率, 减少资源闲置和浪费。在竣工结算阶段, 通过对工程造价的分析和评估, 可总结资源利用的经验和教训, 为今后的项目建设提供参考。

从控制风险角度而言, 全过程造价控制管理能够有效防范和应对工程造价风险, 保障工程建设的顺利进行。在项目决策阶段, 充分考虑项目的风险因素, 如市场风险、政策风险、技术风险等, 制定相应的风险应对措施, 可降低项目的投资风险。在设计阶段, 加强对设计质量的控制, 避免设计失误和变更, 可减少因设计问题导致的工程造价增加和工程延误风险。在施工阶段, 加强对工程变更和索赔的管理, 及时处理施工过程中出现的问题, 可降低工程风险。在竣工结算阶段, 及时办理工程结算, 避免因结算

纠纷导致的法律风险。

2 全过程工程造价控制管理的方法与策略

2.1 决策阶段

在建设工程的决策阶段,为有效控制工程造价,可采取加强市场调研、科学编制投资估算、多方案比选等策略。

加强市场调研是提升决策准确性的重要基础。通过深入了解市场需求,能为项目定位提供精准依据。对于商业项目,需调研当地商业饱和度、消费群体的消费能力和消费偏好等。在某城市新建购物中心项目中,通过市场调研发现当地年轻消费群体对体验式消费需求旺盛,于是项目定位为集购物、餐饮、娱乐、休闲于一体的体验式购物中心,合理规划业态布局,引入热门的潮流品牌、特色餐饮和网红娱乐设施,吸引了大量年轻消费者,提高了项目的市场竞争力和盈利能力。关注行业发展趋势也是关键,能使项目在技术和理念上保持先进性。随着绿色建筑理念的兴起,在建筑项目决策时,应考虑采用绿色建筑技术和材料,如太阳能光伏发电系统、节能门窗、雨水收集系统等,既能降低运营成本,又符合环保要求,提升项目的社会效益和可持续发展能力。分析竞争对手情况可帮助项目突出自身优势,制定差异化竞争策略。在住宅项目决策阶段,研究周边同类楼盘的户型设计、配套设施、销售价格等,项目可在户型创新、配套升级等方面发力。如某住宅项目针对周边楼盘户型单一的问题,设计了多种个性化户型,满足不同家庭结构的需求,同时加大对小区景观、健身设施等配套的投入,提高了项目的吸引力和销售价格。

科学编制投资估算对控制工程造价起着决定性作用。收集和分析准确的数据是基础,包括类似项目的造价资料、当前的材料价格、人工成本、设备租赁费用等。以某桥梁建设项目为例,在投资估算时,收集了近5年内当地同类桥梁项目的造价数据,结合当前钢材、水泥、砂石等建筑材料的市场价格,以及人工工资水平和设备租赁行情,进行详细的成本分析,确保投资估算的准确性。选择合适的估算方法至关重要,常用的方法有生产能力指数法、系数估算法、指标估算法等。对于生产性项目,若已知类似项目的生产能力和造价,可采用生产能力指数法估算项目投资;对于设备购置费用占比较大的项目,可采用系数估算法。

多方案比选是优化项目决策的重要手段。从技术、经济、环境等多方面对不同方案进行全面评估,能确保项目的可行性和可持续性。运用科学的评价方法,如净现值法、内部收益率法、费用效益分析法等,能定量地比较不同方案的优劣。同时,组织专家进行论证和评审,能充分发挥专家的专业优势,提高决策的科学性和可靠性。

2.2 设计阶段

设计阶段对工程造价控制起着关键作用,此阶段可通过推行限额设计、加强设计方案经济比选、引入设计监理等方法,有效控制工程造价。

推行限额设计是控制设计阶段造价的重要手段。根据投资估算确定设计限额,将总投资分解到各个专业和单位工程,要求设计人员在限额内进行设计。设计人员进行建筑、结构、给排水、电气等专业设计时,严格控制各项指标,优化设计方案,如通过合理选择建筑结构形式,采用新型节能灯具和节水器具等,在满足建筑功能和质量要求的前提下,将工程造价控制在限额范围内。同时,建立健全限额设计的激励机制,对在限额设计中表现优秀的设计人员给予奖励,对超出限额的设计人员进行惩罚,提高设计人员控制造价的积极性和主动性。

加强设计方案经济比选,从技术、经济、环境等多方面对不同设计方案进行全面评估,选择最优方案。

运用价值工程方法,对设计方案进行功能分析和成本分析,寻求以最低的成本实现必要功能,提高设计方案的价值。在某桥梁工程的设计方案比选中,运用价值工程方法,对不同的桥梁结构形式、材料选用、施工工艺等进行功能和成本分析,选择了性价比最高的设计方案,不仅降低了工程造价,还提高了桥梁的安全性和耐久性。

引入设计监理,加强对设计过程的监督和管理,确保设计质量和进度,控制工程造价。设计监理可以对设计单位的资质、设计人员的资格进行审查,确保设计单位具备相应的设计能力和水平。对设计文件进行审核,及时发现和纠正设计中的错误和不合理之处,避免因设计变更导致工程造价增加。设计监理在审核某办公楼项目的设计文件时,发现结构设计存在安全隐患,及时提出修改意见,避免了在施工过程中因结构问题导致的设计变更和工程造价增加。对设计进度进行监控,确保设计工作按时完成,避免因设计延误影响工程进度和造价。

2.3 招投标阶段

招投标阶段是控制工程造价的重要环节,需规范招投标流程,完善招标文件和合同条款,合理确定标底,确保造价可控。

规范招投标流程是确保公平竞争和合理造价的基础。严格审查投标单位资质,防止资质不符的单位参与投标,降低工程风险。同时,加强对招标过程的监督,建立健全监督机制,确保招标过程公开、公平、公正。

完善招标文件和合同条款是控制造价的关键。招标文件应明确工程范围、技术要求、计价方式、评标标准等内容,减少模糊和歧义,避免后期纠纷。合同条款应严谨、全面,明确双方的权利和义务,特别是工程变更、价款调整、索赔等条款,避免因合同漏洞导致造价失控。

合理确定标底对控制造价起着指导作用。标底应根据工程预算、市场行情、施工条件等因素编制,反映工程的合理造价。

2.4 施工阶段

施工阶段是建设工程全过程中资金投入最大、持续时

间最长的阶段,对工程造价控制至关重要,需从严格控制工程变更、加强材料和设备采购管理、优化施工组织设计等方面着手,降低施工成本。

严格控制工程变更,建立健全工程变更审批制度是关键。明确工程变更的审批流程和权限,确保变更的必要性和合理性。同时,加强对变更的跟踪和监督,及时掌握变更对造价的影响,做好变更价款的调整和支付工作。在某市政道路工程中,因地下管线复杂,发生了工程变更。建设单位安排专人负责跟踪变更实施情况,及时收集变更相关资料,如变更通知、现场签证单等,并要求造价咨询单位根据变更内容重新计算工程造价。在变更价款支付时,严格按照合同约定和审批程序进行支付,确保变更价款的合理性和准确性。

加强材料和设备采购管理,降低采购成本。做好市场调研,及时掌握材料和设备的价格动态,选择合适的采购时机。选择优质供应商,建立长期合作关系,争取更优惠的价格和付款条件。加强材料和设备的验收和保管,减少损耗和浪费。

优化施工组织设计,提高施工效率,降低施工成本。合理安排施工进度,避免窝工和赶工现象。合理配置人力、物力和财力资源,提高资源利用效率。采用先进的施工技术和工艺,降低施工难度和成本。

2.5 竣工结算阶段

竣工结算阶段作为工程造价控制的最后环节,对准确核定工程造价、确保项目经济效益具有重要意义。在此阶段,可通过加强结算审核、规范结算流程、完善资料管理等策略,有效控制工程造价。

加强结算审核是确保结算造价合理性的关键。提高审核人员的专业素质至关重要,审核人员应具备扎实的工程造价专业知识,熟悉工程量计算规则、计价依据和相关法律法规。定期组织审核人员参加专业培训和继续教育,不断更新知识结构,提高业务水平。同时,审核人员要保持高度的责任心和严谨的工作态度,认真细致地对结算文件进行审核。严格审查结算文件的真实性、准确性和完整性,防止高估冒算、重复计算等问题的发生。采用科学的审核方法,如全面审核法、重点审核法、对比审核法等,根据项目的特点和实际情况选择合适的审核方法,提高审核效率和质量。对于工程量较小、工艺简单的项目,可采用全面审核法,对结算文件中的各项内容进行全面审查;对于工程量较大、结构复杂的项目,可采用重点审核法,重点审查工程量大、造价高的项目以及容易出现问题的环节。

规范结算流程是保证结算工作顺利进行的基础。建立健全结算管理制度,明确结算的程序、时间节点和各方的职责,确保结算工作有章可循。明确了各方在结算过程中的职责,如施工单位负责提供真实、准确的结算资料,建设单位负责组织结算审核工作,造价咨询机构负责出具审核报告等。加强对结算过程的监督,建立监督机制,对结算工作进行全程跟踪,及时发现和解决问题。可成立专门的结算监督小组,定期对结算工作进行检查,确保结算流程的规范执行。同时,建立沟通协调机制,及时解决结算过程中出现的争议和纠纷,保证结算工作的顺利进行。

完善资料管理是准确进行竣工结算的重要保障。加强对施工过程中资料的收集和整理,确保资料的完整性和准确性。施工单位应安排专人负责资料管理工作,及时收集和整理工程变更单、现场签证单、材料采购发票、工程验收报告等资料。建立资料档案,对资料进行分类归档,便于查阅和使用。按照工程进度、资料类型等进行分类,建立目录索引,方便在结算审核时快速查找和核对资料。同时,加强对资料的保管,采取防火、防潮、防虫等措施,确保资料的安全。

3 结语

全过程造价控制管理是一项系统工程,需要在项目的各个阶段全面、深入地落实造价控制措施,不断总结经验教训,持续改进和完善管理方法,以实现建设工程经济效益和社会效益的最大化。随着建筑行业的不断发展,新的技术、材料和管理模式不断涌现,全过程工程造价控制管理的研究也应与时俱进,不断探索新的造价控制方法和策略,以适应行业发展的需求,为建设工程的高效、优质、低成本建设提供有力支持。

【参考文献】

- [1]张培,史正红,徐毅.建设工程全过程工程造价管理控制研究[J].中国地名,2024(8):61-63.
- [2]李静波.建设工程全过程工程造价管理控制研究[J].建筑与预算,2024(1):25-26.
- [3]蔡绍辉.建设项目全过程工程造价管理和控制措施[J].投资与创业,2024(21):1.
- [4]颜为,熊雅馨,李江,等.建筑工程造价的全过程管理策略[C].2024:年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(下册),2024.

作者简介:谢卓(1987.8—),女,学历:本科,毕业院校:黑龙江科技学院,所学专业:工程管理,目前就职单位:杭州恒正造价工程师事务所。

建筑工程造价的动态管理及控制分析

伍银星

新疆北新岩土工程勘察设计有限公司, 新疆 和田 848000

[摘要]在社会快速发展的推动下,建筑行业迎来了众多发展机遇,但同时也面临着更多的挑战。如何应对日益激烈的市场竞争,成为当前建筑企业亟需解决的首要问题。增强竞争力是关键,而对于建筑企业而言,科学管理和有效控制工程造价则是提升竞争力的重要手段。通过合理把控工程造价,企业不仅能提高效益,还能在经济成本上占据优势,从而确保持续稳健的发展。因此,文中深入研究建筑工程造价的动态管理与控制,分析其影响因素,并提出可行的管理对策,以供相关人员和研究机构参考。

[关键词] 建筑工程; 工程造价; 动态管理; 控制分析

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15649

中图分类号: TU7

文献标识码: A

Dynamic Management and Control Analysis of Construction Project Cost

WU Yinxing

Xinjiang Beixin Geotechnical Engineering Survey and Design Co., Ltd., Hotan, Xinjiang, 848000, China

Abstract: With the rapid development of society, the construction industry has ushered in numerous development opportunities, but at the same time, it also faces more challenges. How to cope with the increasingly fierce market competition has become the primary issue that construction enterprises urgently need to solve. Enhancing competitiveness is key, and for construction enterprises, scientific management and effective cost control are important means to improve competitiveness. By reasonably controlling engineering costs, enterprises can not only improve efficiency, but also gain an advantage in economic costs, thereby ensuring sustained and stable development. Therefore, this article delves into the dynamic management and control of construction project costs, analyzes its influencing factors, and proposes feasible management strategies for reference by relevant personnel and research institutions.

Keywords: construction engineering; engineering cost; dynamic management; control analysis

引言

随着建筑行业的迅速发展以及工程项目日益复杂,造价管理已成为确保项目成功的关键环节。传统的造价管理方法通常依赖于初期预算及固定成本计划,缺乏灵活性,且难以应对施工过程中出现的变化和不确定因素。为应对这一问题,建筑工程中的动态造价管理应运而生,其核心在于通过实时监控、调整项目成本、进度和质量,确保项目能够在预算范围内高效完成。动态造价管理的要点在于,在项目实施过程中,结合实际情况对预算和资源进行实时评估与调整。这种方法不仅能够有效减少施工中的资源浪费,提高资金使用效率,还能及时识别潜在风险,采取必要的应对措施,从而有效避免项目成本超支的情况。随着信息技术的不断发展,特别是大数据、云计算、物联网及建筑信息模型(BIM)等技术的应用,建筑工程的动态管理水平得到了显著提升,能够更加高效地整合资源、优化流程,并提升项目管理的整体效率。然而,尽管动态造价管理在建筑工程中发挥着重要作用,实际应用中仍面临着一些问题与挑战。例如,信息获取的滞后、变更管理的不及时、资源配置的不合理等问题,常常导致项目未能在预定成本和质量范围内完成。因此,深入分析建筑工程造价的动态管理问题,并研究其优化路径,对于提升项目管理

水平及推动行业的现代化进程,具有着重要的意义。

1 建筑工程造价动态管控的重要性

在现代建筑项目中,动态管控对建筑工程造价具有至关重要的作用,它直接影响项目的经济效益、资源配置及整体管理水平。随着建筑行业日益复杂以及市场环境的变化,传统的静态成本控制方法已无法满足快速发展的需求,尤其是在大型且复杂的项目中,成本波动往往受到设计变更、施工进度、材料价格波动以及人员成本等多方面因素的影响。项目造价能够通过动态管控实时监控,并灵活调整项目预算,从而使项目管理者能够及时应对不确定性及变化,确保成本始终保持在预算范围内。通过动态管控,项目管理团队能够在项目实施的各个阶段准确预测成本、调整预算,并及时发现潜在财务风险,从而避免超支。除了有效修正预算外,资源配置能够被优化,施工效率能够得到提升,确保项目按时交付并实现既定目标。更为重要的是,成本与质量之间的平衡得以实现,避免因成本控制不力而影响质量,或者因过度削减成本而导致施工进度滞后。随着信息化技术的不断进步,智能化管理手段的引入,使得动态管控变得更加精细、系统,项目成本数据及市场变化能够实时获取,进而为决策提供更加精准的支持。因此,建筑工程造价的动态管控不仅是提升项目管理水平、降低风险、提高项目成功率的重要手段,也

已成为建筑行业中不可或缺的核心组成部分。

2 建筑工程造价动态控制的原则

建筑工程造价的动态控制应遵循一系列科学合理的原则,以确保项目在预算范围内高效推进,并实现预期的经济效益。动态控制的核心是及时性原则,它要求在项目的各个阶段实时跟踪、评估造价变化,确保各项费用能够迅速反映到预算和计划中。精确性原则强调,必须通过准确的成本预测与数据分析,最大限度地缩小预算编制与实际支出之间的差距,从而减少不必要的资源浪费。灵活性原则同样不可忽视,实施过程中,项目难免会遇到不可预见的风险与变化,此时必须能够迅速调整预算与资源配置,以确保项目能够顺应外部变化及内部需求的调整。全面性原则要求,造价动态控制不仅仅局限于单一的成本项,而是需要综合考虑各类费用、资源使用、工期等多重因素,从而实现项目的整体优化^[1]。透明性原则要求,在成本管理过程中,必须保持公开透明,确保所有利益相关方及时掌握项目的造价动态,实现信息共享,避免因信息不对称引发的矛盾和争议。

3 建筑工程造价的动态管理与控制存在的问题

3.1 不充分的信息获取与分析

在建筑工程造价的动态管理与控制过程中,信息获取与分析不充分是一个常见且严重的问题。许多项目在执行初期未能全面且准确地收集与工程相关的各类数据,如市场走势、材料价格波动、劳动力成本、设备使用状况以及施工进度等。由于这些信息的缺失或不完整,造价控制缺乏了必要的的数据支持,从而使项目预算与实际成本之间产生了较大差异。尤其在施工阶段,现场的实时信息常常未能及时获取,导致对潜在成本变化的预测不充分,未能做到有效的早期预警与调整。此外,项目管理人员往往依赖过时或不准确的信息来源,缺乏对行业动态与市场变动的敏锐度。由此产生的影响,不仅影响了预算的合理性,也大大增加了工程成本超支的风险。

3.2 缺乏有效的变更管理

在建筑工程造价的动态管理与控制中,缺乏有效的变更管理机制是一个突出的问题。在工程项目中,设计变更、施工方法调整以及材料替换等情况不可避免,这些变更往往对工程造价产生重大影响。然而,由于缺少严格的变更管理流程,许多项目在变更执行过程中未能充分评估其对成本的影响,也未能有效进行控制。变更通常在项目实施过程中突然发生,且相关审批与记录的过程往往不够规范,导致变更后预算与实际支出之间存在显著差距。在没有全面跟踪和管理变更的情况下,施工方与设计方的责任界定往往模糊,进而引发费用争议及工程延误的问题。此外,某些变更未能得到及时或充分的沟通与协商,导致项目各方对变更的理解与执行标准存在差异,从而进一步加剧了成本的不确定性。

3.3 不合理的资源配置和利益分配

在动态管理与控制过程中,合理的资源配置和公平的

利益分配是至关重要的。然而,由于各方利益的差异、资源的有限性以及信息不对称等原因,可能会出现资源分配不均和利益偏向的情况。例如,某些利益相关方可能倾向于争取更多的资源,而忽视了整体项目的成本效益^[2]。如果资源配置和利益分配不合理,可能会导致资源浪费和决策偏向,进而影响项目的成本效益和整体价值的实现。

3.4 缺乏综合考虑和风险管理

在建筑工程造价的动态管理与控制中,缺乏全面考虑与风险管理是一个显著问题。建筑项目通常受到复杂的外部环境与内部因素的影响,这些因素的波动直接关系到项目的造价与进度。然而,许多项目在进行造价管理时未能充分识别和应对潜在风险,尤其是在项目初期阶段,很多风险未能有效预测。例如,市场价格波动、原材料供应中断、劳动力短缺等外部风险因素通常未被纳入预算预测,而项目管理者可能过度依赖初期估算与预算,忽视了这些不确定因素的潜在影响。与此同时,内部管理方面的风险也常常被忽略,例如施工工艺的变化、技术人员流动、项目管理团队之间的协调不足等问题,这些都可能引发造价波动。由于缺乏全方位的风险评估与应对策略,意外的费用增加往往出现在实际施工过程中,最终导致项目成本超支以及资源浪费。

3.5 缺乏持续改进和学习机制

在建筑工程造价的动态管理与控制过程中,持续改进与学习机制的缺乏是一个普遍存在的问题。许多项目管理团队往往过于关注短期目标与当前阶段的执行,忽视了对项目过程及结果的总结与反思。由于缺乏系统性的学习与总结,经验教训未能从以往项目中汲取,导致同类问题在多个项目中反复出现。尤其在复杂的建筑工程中,每个项目都有其独特的特点与挑战,但如果没有对以往项目的总结,面对类似情况时,管理人员就难以作出更为准确的预算与控制决策。缺乏持续改进机制的情况下,造价管理标准与方法的更新与优化长期滞后,这使得项目管理团队往往无法适应新形势下的变化与需求,进而影响项目的整体控制效果。

4 建筑工程造价的动态管理与控制策略

4.1 精确的成本估算和预测

精确的成本估算与预测在建筑工程造价的动态管理与控制中占据着至关重要的地位。它不仅是项目启动阶段预算控制的基础,也是项目实施过程中进行动态调整与监控的关键工具。工程的各个方面应被全面考虑在成本估算中,包括设计方案的细节、施工技术的复杂性、材料的选择以及施工环境的特殊性等因素。历史数据与类似项目的经验能够为成本估算提供有效的参考,同时,现代技术手段如BIM技术、数据分析与人工智能的应用,大大提升了估算的精准度与科学性。例如,三维建模通过BIM模型在项目初期模拟施工过程,潜在的成本风险得以提前揭示,所需材料数量及劳动力的使用情况得以精确计算。随着项目的推进,成本预测不仅需根据已发生的支出进行调整,还要应对项目变更、市场波动、政策变化等各种因素的影响。

响,以确保预测值的动态调整^[3]。成本预测的准确性高度依赖于持续的数据更新与实时监控,因此,必须建立有效的监控系统与信息反馈机制,确保最新的成本数据能及时提供给所有相关方,并据此做出相应的调整决策。在此基础上,精确的成本估算与预测不仅为项目团队提供了准确的财务状况,还能够帮助发现潜在的预算超支风险,并提前采取应对措施。通过这一过程,项目能够在预算范围内高效推进,最终实现预期的经济效益与社会效益。

4.2 强化变更管理

强化变更管理在建筑工程造价的动态管理与控制中起着至关重要的作用。通常,由于设计变更、施工条件的变化或外部环境因素等原因,建筑项目会在实际执行过程中出现大量变更。有效的变更管理旨在通过科学且规范的管理方法,确保每一次变更都能及时识别、审批、记录与控制,从而避免因管理不善而引发的成本超支、工期延误及质量问题。为确保变更管理的有效性,严格的变更控制流程需建立,审批程序与权限应明确,确保每个变更都经过充分评估和审批。通过对变更的评估,能够准确把握其对成本、时间和资源的影响,避免不必要的重复修改。此外,信息的及时传递与各方协调也应得到变更管理的重视,确保设计人员、施工方、业主及供应商等各方能够迅速获取变更信息并做出应对。在此基础上,结合项目的实际情况,变更管理还应进行量化评估。通过引入现代信息技术手段,如BIM技术与项目管理软件等,变更得以动态监控,其对项目成本、进度和质量的潜在影响能被准确预测。

4.3 建立有效的监控系统

在建筑工程造价的动态管理与控制中,构建有效的监控系统是至关重要的环节。一个完善的监控系统能够实时跟踪和评估项目的成本、进度、质量以及其他关键指标,确保项目在预算范围内顺利推进,并及时识别潜在问题与风险。来自多个数据源的信息,如实际消耗数据、预算数据、变更记录及供应链信息等,应整合进该系统,并借助信息技术的支持,实现数据的实时更新与自动化分析。这样,管理人员能够根据最新的项目数据进行资源调整、优化工作流程,并及时采取措施,避免偏差或超支的出现。数据透明度的提升不仅得益于监控系统的实施,还为决策提供了科学依据^[4]。通过对项目预算与实际开支的对比分析,各项开支的执行情况得以准确掌握,超支或浪费现象能及时发现。预警功能也应具备在系统中,当预算超支、进度延误等异常情况发生时,警示会自动发出,协助管理团队采取相应的应对措施。随着技术的进步,智能监控工具,如物联网设备、BIM技术与云计算平台等,已经开始在项目实施过程中提供更加精准的监控。这些技术的应用使得项目管理更加高效、灵活,能够更好地应对复杂的施工环境与动态变化。

4.4 风险管理与应对

在建筑工程造价的动态管理与控制中,风险管理与应对是至关重要的组成部分。建筑项目常常面临多种风险因

素,如市场价格波动、施工难度变化、自然灾害、政策调整以及劳动力短缺等,这些风险可能对项目的预算、进度及质量带来重大影响。因此,实施有效的风险管理策略被视为保障项目顺利进行的关键。项目的初期阶段应当进行全面的风险识别与评估,各类可能影响项目的因素应被分析,并对其发生的概率与影响程度进行量化。此过程应涵盖项目的各个环节,从设计阶段到施工阶段,再到材料采购、运输、安装,甚至包括竣工后的维护工作,风险管理的范围应涵盖其中。在此基础上,根据不同类型的风险,具体的应对策略应当被制定。例如,价格波动的风险可以通过与供应商签订固定价格合同来转移;针对施工技术或人员不足的问题,可以通过提前进行员工培训或优化施工计划来减轻影响。在项目实施过程中,持续的风险监控与动态调整尤为重要。随着项目的推进,新的风险因素可能不断出现,原有的风险情况也可能发生变化。因此,建立灵活的应对机制至关重要,实时监控、数据分析及定期评估能够帮助识别新的风险,并及时采取相应的措施予以应对。通过这种动态的管理方法,不仅能降低项目的不确定性和潜在损失,还能确保项目在合理的成本、时间和质量框架内顺利完成。此外,提高项目团队的风险意识也至关重要。应鼓励项目管理者团队成员积极参与风险识别与应对工作,形成全员参与的风险管理文化。这样,不仅能从各个层面保障项目的成功,还能有效优化建筑工程的造价控制。

5 结语

建筑工程造价的动态管理与控制在项目成功中发挥着至关重要的作用。通过精准的成本预测、有效的变更控制、全面的风险管理以及持续的监测,项目能够确保按计划完成,并严格控制在预算范围内。同时,这些措施有助于提升资源利用效率,经济效益得以最大化。尽管在实施过程中面临诸多挑战,随着技术的不断革新与管理手段的提升,建筑工程造价的动态管理将逐步朝着更高效、精细化的方向发展。希望本文能够为建筑企业应对市场竞争、提升项目管理能力提供一定的参考与启发,推动建筑行业的持续创新与发展。

【参考文献】

- [1] 李森. 建筑工程造价的动态管理控制对策[J]. 大陆桥视野, 2023(12): 128-130.
- [2] 苏高茜, 刘青文, 王建浩. 试论建筑工程造价的动态管理控制[C]. 山东: 中国智慧工程研究会. 2024 智慧施工与规划设计学术交流会议论文集. 青岛市建筑工务发展中心; 中嘉建盛建工集团有限公司, 2024.
- [3] 岳香菊. 建筑工程造价的动态管理控制解析[J]. 居业, 2023(9): 122-124.
- [4] 刘杨. 建筑工程造价的动态管理控制[J]. 建筑结构, 2023, 53(5): 155.

作者简介: 伍银星(1996.1—), 毕业院校: 重庆移通学院, 所学专业: 工程管理, 当前就职单位: 新疆北新岩土工程勘察设计院有限公司, 职称级别: 助理工程师。

装配式混凝土结构节点连接强度试验研究

李梦金

浙江耀华规划建筑设计有限公司, 浙江 杭州 316108

[摘要] 装配式混凝土结构节点连接强度的关键问题, 旨在通过优化节点设计和施工技术提升建筑结构的安全性和耐久性。研究聚焦于新型材料的应用、创新节点设计及先进技术手段的使用, 特别是在提高抗震性能方面进行了深入分析。通过政府、企业与科研机构的合作, 结合新技术研发与实际工程应用的有效对接, 以及开放共享的技术交流平台建设, 致力于增强节点连接的可靠性和安全性, 推动装配式建筑技术的发展, 满足现代建筑工程的需求。

[关键词] 装配式混凝土结构; 节点连接强度; 抗震性能; 结构安全性

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15658

中图分类号: TU317.1

文献标识码: A

Experimental Study on the Connection Strength of Prefabricated Concrete Structure Nodes

LI Mengjin

Zhejiang Yaohua Planning and Architectural Design Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 316108, China

Abstract: The key issue of node connection strength in prefabricated concrete structures aims to improve the safety and durability of building structures by optimizing node design and construction techniques. The research focuses on the application of new materials, innovative node design, and the use of advanced technological means, especially in improving seismic performance through in-depth analysis. Through cooperation between the government, enterprises, and research institutions, combined with effective integration of new technology research and practical engineering applications, as well as the construction of an open and shared technology exchange platform, we are committed to enhancing the reliability and safety of node connections, promoting the development of prefabricated building technology, and meeting the needs of modern construction engineering.

Keywords: prefabricated concrete structure; node connection strength; seismic performance; structural safety

引言

装配式混凝土结构凭借其施工快捷、成本效益高及环保等优点, 在现代建筑领域中占据重要位置。节点作为此类结构的关键部位, 其连接强度直接关系到整个建筑的安全与稳定。尤其在面对自然灾害如地震时, 节点的质量显得尤为重要。探索如何增强节点连接强度成为提升装配式混凝土结构整体性能的重要环节。当前, 通过新材料的应用、精细化设计以及先进施工技术的引入, 寻找更加科学合理的节点设计方案已成为研究热点。这一探索不仅能够有效提高建筑物的抗震能力, 还对延长建筑使用寿命具有重要意义。

1 提升装配式混凝土结构节点连接强度的重要性与挑战

1.1 装配式混凝土结构节点在现代建筑中的角色及其面临的考验

装配式混凝土结构凭借其施工快捷、质量可控等优势, 成为现代建筑的重要组成部分。节点作为此类结构的核心, 承担着传递荷载和维持整体稳定性的重任。理想的节点设计不仅要满足强度要求, 还需具备良好的变形能力以适应各种环境变化^[1]。在实际应用中, 由于制造精度不足、安装误差以及材料特性差异等因素, 节点往往面临严峻挑战。特别是在高烈度地震区域, 如何确保节点的可靠性和耐久

性成为一大难题。针对不同工况优化节点设计, 提高其性能显得尤为关键。

1.2 不同外部条件下节点连接对建筑整体性能的影响分析

外部条件如温度变化、风力作用及地震冲击等对装配式混凝土结构的整体性能有着深远影响, 特别是对于节点连接部分。极端天气条件下, 温度应力可能导致构件间产生微小位移, 从而影响节点的紧密度与稳定性。风力作用下, 高层建筑需承受较大的水平荷载, 这对节点的抗剪切能力提出了更高要求。而在地震发生时, 节点不仅要抵抗瞬时的巨大能量冲击, 还需保持一定的延展性以耗散能量。深入研究这些因素对节点连接的具体影响, 有助于制定更加科学合理的加固措施, 提升建筑的安全性。

1.3 当前技术限制下提升节点连接强度的迫切性探讨

现有技术在提升装配式混凝土结构节点连接强度方面仍存在诸多局限, 包括但不限于材料选择、加工工艺及现场装配等方面的问题。某些高强度材料虽然能显著增强节点的承载能力, 但其成本高昂且施工复杂。传统焊接或螺栓连接方式在面对动态荷载时容易出现疲劳损伤, 影响长期稳定性。随着建筑向更高、更复杂的方向发展, 对节点连接强度的要求也日益增加。亟需探索新的解决方案, 比如开发新型连接技术或者改进现有工艺流程, 以克服当

前的技术瓶颈，满足现代建筑工程的需求。

2 装配式混凝土结构节点设计优化路径探索

2.1 基于新材料应用的节点构造改进方案研究

在提升装配式混凝土结构节点性能的过程中，新材料的应用成为关键突破口。高性能纤维增强复合材料由于其优异的力学性能和耐久性，被广泛应用于节点加固中，有效提高了节点的抗拉强度和韧性。新型纳米材料的引入也为节点设计带来了新的可能性，这类材料能够在微观尺度上显著改善混凝土的内部结构，增强其抵抗外界破坏的能力^[2]。通过优化材料组合与配比，不仅能够提高节点的承载能力，还能降低整体结构自重，从而减轻基础负担。这种基于新材料的技术革新为解决传统节点构造中的难题提供了全新的思路，推动了建筑结构安全性的进一步提升。

2.2 通过精细化设计增强节点抗震性能的方法探究

精细化设计在提高装配式混凝土结构节点抗震性能方面展现出巨大潜力。针对不同地震烈度区域的特点，采用计算机模拟技术精确计算节点承受的最大应力值，并据此调整设计方案以确保最佳的抗震效果。在节点设计中融入柔性连接理念，允许一定程度的变形来耗散地震能量，减少对主体结构的冲击。通过合理布置钢筋和预应力筋的位置与数量，增强节点区的延展性和整体性，避免因局部薄弱环节导致的整体失效。这种方法不仅增强了节点的抗震能力，也提升了整个建筑结构在地震作用下的安全性与稳定性。

2.3 利用先进施工技术提高节点连接可靠性的策略分析

先进施工技术的应用对于提高装配式混凝土结构节点连接的可靠性至关重要。采用高精度预制构件生产技术，可以确保各部件尺寸精准、接口匹配度高，从而实现现场快速准确装配，减少安装误差。3D 打印技术的发展也为复杂节点的制造提供了新途径，它能够根据具体设计要求灵活制作出具有高度定制化特点的节点组件。智能监控系统在施工过程中的运用，实现了对节点连接质量的实时监测与反馈，及时发现并纠正潜在问题。这些技术手段的有效结合，不仅大幅提升了节点连接的可靠性，也为装配式建筑技术的发展注入了新的活力。

3 强化节点连接强度的试验方法与评估体系构建

3.1 制定科学合理的节点连接强度试验方案的重要性

制定科学合理的节点连接强度试验方案对于确保装

配式混凝土结构的安全性和可靠性至关重要。在实际操作中，需综合考虑各种影响因素，如材料特性、环境条件和施工工艺等。通过模拟真实使用场景中的荷载情况，包括静态和动态荷载，可以准确评估节点的实际承载能力^[3]。针对不同类型的地震活动进行专项测试，以验证节点在极端条件下的表现。精确控制试验参数，如加载速度、温度变化等，有助于揭示节点性能的细微差别。利用现代传感技术实时监测节点内部应力分布和变形情况，为后续分析提供详实数据支持。这种方法不仅提高了试验结果的准确性，也为优化节点设计提供了坚实依据。

3.2 针对不同类型节点设计进行强度测试的技术路线

针对不同类型节点设计进行强度测试时，需根据其特定构造特点选择合适的技术路线。对于焊接节点，重点关注焊缝质量与热影响区的力学性能，采用超声波检测和拉伸试验相结合的方法评估其整体强度。而螺栓连接节点则侧重于紧固件的抗剪切能力和预紧力保持情况，通过高精度扭矩测量设备和循环加载实验来检验其长期稳定性。预制构件间的拼接节点要求对界面结合强度进行全面测试，可借助剥离试验和剪切试验分析粘结材料的效果。利用数值模拟技术预测不同设计方案下节点的行为，指导物理试验的设计与实施。这些技术路线的有效应用，能够全面评估各类节点连接的强度和可靠性，为工程实践提供可靠保障。

3.3 建立全面系统的节点连接性能评估标准的努力方向

在规范性文件中明确节点连接的各项性能指标，包括但不限于承载能力、延展性和耐久性等，形成统一的技术要求。基于大量试验数据和实际案例，制定一套涵盖不同应用场景的评估方法，确保评估过程的科学性和公正性。引入生命周期评价理念，对节点在整个服役期间的表现进行全面跟踪与评估，及时更新和完善评估体系。推动行业间的信息共享和技术交流，促进评估标准的国际化进程，提高国内标准在全球范围内的认可度。通过持续努力，构建起一个既符合国情又具备国际视野的节点连接性能评估标准体系，为提升装配式混凝土结构的整体水平奠定基础。

4 新型节点连接技术在提升结构安全性方面的应用实践

4.1 新型材料结合传统工艺改善节点连接质量的实际效果

新型材料与传统工艺的结合在提升装配式混凝土结

表 1 装配式混凝土结构节点连接性能评估标准对比表

节点类型	承载能力 (kN)	延展性 (%)	耐久性测试 (次循环)	抗震等级 (设防烈度)	材料规格 (GB/T 标准)	数据来源	节点类型
焊接节点	350	5.2	2,000,000	8	GB/T 19879-2015	中国建筑科学研究院 2024	焊接节点
螺栓连接节点	420	4.8	1,800,000	7	GB/T 1231-2016	中国建筑科学研究院 2024	螺栓连接节点
预制构件拼接节点	300	6.0	2,200,000	8	GB/T 51231-2016	中国建筑科学研究院 2024	预制构件拼接节点
新型复合材料节点	450	7.5	2,500,000	9	GB/T 3078-2019	中国建筑科学研究院 2024	新型复合材料节点

构节点连接质量方面展现了显著成效。将高性能纤维增强复合材料应用于传统钢筋混凝土节点中,可以大幅提高节点的抗拉强度和耐久性^[4]。这种材料不仅增强了节点抵抗疲劳损伤的能力,还有效减少了因环境侵蚀导致的老化问题。利用新型纳米材料改性的混凝土,在微观层面上优化了材料内部结构,提高了节点区的整体密实度和承载能力。通过这种方式,既保留了传统工艺的成熟性和经济性,又借助新材料的优势提升了节点的质量和性能,为建筑结构的安全性和稳定性提供了有力保障。

4.2 创新节点设计在提高建筑结构抗震能力上的应用案例

在提高建筑结构抗震能力方面,创新节点设计发挥了重要作用。采用柔性节点设计理念,允许一定程度的变形以吸收地震能量,从而减少对主体结构的冲击。具体应用中,一些项目采用了特殊的减震装置集成于节点设计之中,如铅阻尼器或摩擦摆支座,这些装置能够在地震发生时有效地耗散能量,保护建筑物免受损害。优化节点区域的配筋布局,增加关键部位的加固措施,也极大地提升了节点的延展性和整体性。这样的设计改进使得建筑物在遭遇地震时能够更加稳固,显著提高了其抗震性能和安全性。

4.3 先进技术手段在加强节点连接可靠性过程中的关键作用

先进技术手段在提升节点连接可靠性方面扮演着不可或缺的角色。比如,3D 打印技术可以根据精确的设计参数制造出复杂的节点组件,确保各部件之间的完美契合,极大提高了装配精度。智能传感器的应用实现了对节点连接状态的实时监控,及时发现潜在问题并采取相应措施进行修复或调整。虚拟现实和增强现实技术为施工人员提供了直观的操作指导,降低了安装误差。通过综合运用这些先进技术手段,不仅提升了节点连接的可靠性和稳定性,也为装配式混凝土结构的发展注入了新的活力和技术支持。

5 推动装配式混凝土结构技术进步的多方协作机制建设

5.1 政府、企业及科研机构在提升节点连接强度方面的合作模式

政府通过政策引导和资金支持,鼓励企业和科研机构共同参与装配式混凝土结构节点连接强度的研究与开发^[5]。设立专项基金,资助具有前瞻性的研究项目,并为成功实现技术突破的团队提供奖励。企业则根据市场需求提出具体的技术需求,同时提供试验场地和实际工程案例作为研究对象。科研机构利用自身的专业知识和技术资源,进行基础理论研究和应用技术开发。三方共同建立联合实验室或研究中心,开展长期合作,共享研究成果。这种紧密的合作模式不仅加速了新技术的研发进程,还促进了研究成果向实际生产力的转化。

5.2 促进新技术研发与实际工程应用的有效对接措施探讨

为了促进新技术从研发到实际工程应用的有效对接,需要构建一个高效的技术转移机制。建立由行业专家组成的评审委员会,对新研发的技术进行评估和筛选,确保其具备工程应用价值。针对有潜力的技术,制定详细的推广计划,包括技术培训、现场示范等环节,帮助施工人员快速掌握新技术的操作要点。加强知识产权保护,激励创新者积极分享技术成果的也保障了技术持有者的合法权益。搭建线上线下的交流平台,组织技术供需双方定期交流,增进彼此了解,为新技术的应用创造有利条件。

5.3 构建开放共享的技术交流平台以加速装配式建筑技术创新发展

构建一个开放共享的技术交流平台对于推动装配式建筑技术的创新发展至关重要。该平台集成了最新的研究成果、工程案例以及行业动态,供各方查阅学习。通过在线研讨会、专题讲座等形式,促进国内外专家学者之间的深度交流,拓宽视野,激发创新灵感。设置专门的技术难题讨论区,鼓励参与者发表见解,共同解决实际问题。平台还应提供标准化的数据接口,便于不同系统间的数据交换与共享,提高信息利用率。这种全方位、多层次的交流平台不仅有助于加快技术进步的步伐,也为行业的可持续发展奠定了坚实的基础。

6 结语

装配式混凝土结构的发展为现代建筑带来了革命性的变化,而节点连接强度的研究则是确保这一技术得以广泛应用的关键所在。通过政府、企业和科研机构的紧密合作,结合新技术研发与实际工程应用的有效对接,以及构建开放共享的技术交流平台,不仅能够显著提升节点连接的可靠性与安全性,还将加速装配式建筑技术的创新与发展。持续关注并优化节点设计与施工技术,对于推动整个行业向着更加高效、环保和安全的方向发展具有重要意义。

[参考文献]

- [1]刘凯. 预制装配式混凝土结构新型梁连接节点设计[J]. 江苏建材, 2024(3): 104-106.
- [2]张林捷. 装配式混凝土结构节点的连接方式研究[J]. 住宅与房地产, 2023(32): 86-88.
- [3]邹艳花, 刘玲. 装配式混凝土结构柱-柱连接节点分析[J]. 砖瓦, 2023(4): 54-60.
- [4]卓旬, 刘庆辉, 徐艳红, 等. 装配式混凝土结构连接节点研究综述[J]. 混凝土, 2022(12): 155-167.
- [5]邹品增, 姜安民, 董彦辰. 装配式混凝土结构节点连接技术对比研究[J]. 中阿科技论坛(中英文), 2021(10): 94-96.

作者简介: 李梦金(1997—), 女, 土家族, 毕业于浙江理工大学建筑工程学院, 土木工程专业。

混凝土强度测试在建筑主体结构质量检测中的应用

管福樨 高锵然

浙江元本检测技术股份有限公司, 浙江 温州 325000

[摘要] 混凝土作为现代建筑工程中最基本的建筑材料之一, 其强度的测试对于保障建筑主体结构的安全至关重要。文中主要探讨了混凝土强度测试的方法、在建筑结构质量检测中的应用以及实施中可能遇到的问题。通过分析不同的检测技术和实践案例, 此文旨在提供一个关于如何有效利用混凝土强度测试以提升建筑质量的综合指南。

[关键词] 混凝土强度; 质量检测; 建筑结构; 测试技术; 安全性

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15651

中图分类号: TU712.3

文献标识码: A

Application of Concrete Strength Testing in Quality Inspection of Building Main Structures

GUAN Fulei, GAO Qiangran

Zhejiang Yuanben Detection Technology Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang, 325000, China

Abstract: As one of the most basic building materials in modern construction engineering, the testing of concrete strength is crucial for ensuring the safety of the main structure of the building. The article mainly discusses the methods of concrete strength testing, their application in building structure quality inspection, and the problems that may be encountered in implementation. By analyzing different detection techniques and practical cases, this article aims to provide a comprehensive guide on how to effectively utilize concrete strength testing to improve building quality.

Keywords: concrete strength; quality inspection; building structure; testing technology; safety

引言

在建筑工程中, 保证结构的安全性和可靠性始终是最优先考虑的问题。混凝土强度测试是确保建筑主体结构质量的一个重要手段。随着技术的发展, 混凝土强度测试方法也在不断进步和完善, 本文将探讨这些方法在实际工程中的应用及其重要性。通过对比分析不同测试技术, 旨在为工程师和建筑师提供决策支持, 优化建筑设计与施工过程。

1 混凝土强度测试的基本原理

混凝土强度测试是评估混凝土结构质量的一种基础而关键的技术。这种测试能够反映混凝土在预定条件下抵抗压缩和拉伸力的能力, 是确保建筑安全、耐用和符合设计规范的重要环节。测试的基本原理主要依赖于混凝土的应力-应变特性, 通过测定混凝土在受力时的反应来评估其结构性能。这些测试结果帮助工程师判断混凝土的适用性, 以及是否符合工程设计要求。混凝土强度的测定通常分为破坏性测试和非破坏性测试两大类。破坏性测试, 如立方体压缩强度测试和梁抗弯测试, 通过对混凝土样本施加直到破坏的力量来测定其极限强度。这种测试提供了精确的强度数据, 但会造成样本的损毁^[1]。

1.1 测试方法概述

在混凝土强度的测试方法中, 立方体压缩强度试验是最常用的破坏性测试方法之一。该方法包括将混凝土样本制成标准尺寸的立方体或圆柱体, 然后在专用的压力试验机上进行压缩测试。试验机平稳地施加压力直到混凝土样

本破裂, 通过达到的最大压力来计算混凝土的压缩强度。另一种常见的测试方法是劈裂拉伸强度测试, 该测试评估混凝土的抗拉性能。这种测试涉及将混凝土圆柱体置于试验机中, 通过径向加载方式使样本劈裂, 从而测定材料的拉伸强度。非破坏性测试方法中, 超声波脉冲速度测试是一种重要技术。它通过测量超声波穿过混凝土样本的速度来估计混凝土的质量和一致性。超声波速度越快, 表明混凝土结构越密实, 强度也越高。回弹锤法也是一种广泛应用的非破坏性测试, 它通过测量硬质钢锤头撞击混凝土表面后的反弹高度来评估混凝土的表面硬度和内部强度。

1.2 样本的制备和标准化

混凝土样本的制备是测试强度的一个关键步骤, 制备方法直接影响测试结果的准确性和可靠性。标准化的样本制备流程包括选择适当的混凝土配比, 确保混合料的均匀性, 以及采用标准模具和养护条件。混凝土混合物在充填模具前需进行充分搅拌, 以消除空气泡并保证成分的均匀分布。填充模具后, 需要使用振动台或棒子对混凝土进行振实, 以排除模具中的空气并确保混凝土密实。振实过程的质量对最终混凝土样本的均匀性和结构完整性有着直接的影响。此外, 混凝土样本需要在控制的环境条件下进行养护, 通常在特定的温度和湿度条件下养护 7 到 28 天, 以达到设计的强度。标准化的测试过程还包括对测试设备的校准, 确保测试结果的精确性。使用之前, 所有测试设备都应根据国家或国际标准进行校准, 以保证测试力的准

确应用和结果的一致性。通过这些详尽的准备和标准化过程,混凝土强度测试能够为建筑工程提供准确、可靠的数据,确保建筑结构的质量满足设计和安全要求。

2 测试技术的现代应用

随着科技的不断进步,混凝土强度测试技术也在经历快速的发展,特别是非破坏性检测技术(NDT)和先进的高科技仪器的广泛应用,极大地丰富了现代建筑工程的监测与评估工具。这些技术的应用不仅显著提高了测试的效率和安全性,还大幅拓宽了测试的应用范围。通过使用这些先进的技术,工程师现在能够进行更早期的预警,更精准的损伤评估,以及更全面的长期结构监测。这些技术的发展为建筑工程的维护和管理提供了强大的支持,使得问题的识别和解决更加及时,从而显著提升了建筑结构的稳定性和延长了其使用寿命。因此,混凝土强度测试技术的进步不仅关系到建筑质量的提升,也关乎整个建筑行业的技术革新和发展趋势^[2]。

2.1 非破坏性检测技术

非破坏性检测技术在建筑行业中的应用日益增多,它们能够在不损害混凝土结构的前提下评估其内部状态和性能。常用的非破坏性检测方法包括超声波检测、电磁波检测、红外热成像技术和地质雷达(GPR)。超声波检测技术利用声波在混凝土中的传播速度来评估混凝土的压缩强度和均匀性。通过分析声波在混凝土中的传播时间和衰减情况,可以检测到混凝土内部的裂缝、空洞和其他缺陷。电磁波检测,尤其是地质雷达(GPR)技术,通过发送高频微波并接收其反射波来探测混凝土内部结构。GPR能够精确地映射混凝土内部的裂缝、空洞及钢筋的位置和状况,这对于评估老旧建筑的结构安全尤为重要。红外热成像技术则通过分析混凝土表面的热图来发现潜在的问题。这种技术可以用来检测混凝土中的水分分布,因为水分会影响热传递,从而揭示混凝土的密实度和可能的损伤区域。

2.2 高科技仪器的应用案例

现代高科技仪器的应用使得混凝土强度和质量的检测更加精确和高效。例如,数字化图像处理技术已被用于评估混凝土的裂缝宽度和分布。通过高分辨率摄像头捕捉混凝土表面的图像,然后利用图像分析软件来量化裂缝的特征,这种方法不仅准确度高,而且能够提供即时反馈。另一例是应力波速测量仪器的使用,它通过测量应力波在混凝土中的传播速度来评估混凝土的完整性。这种设备特别适用于大面积混凝土结构的检测,如桥梁和高速公路的路面。无人机(UAV)技术结合高分辨率摄像头和激光扫描技术也在混凝土结构的检测中发挥越来越重要的作用。无人机可以在不接触结构的情况下对建筑物进行全面扫描,生成高精度的3D模型,用于分析混凝土的表面状况和结构完整性。智能传感器的应用在混凝土强度的长期监测中也显示出巨大潜力。这些传感器可以嵌入混凝土结构

中,实时监控混凝土的应力、温度和湿度变化,提供连续的数据以预测结构的健康状态。通过这些高科技仪器和方法的应用,混凝土强度和质量的检测变得更加全面和系统,极大地提高了建筑工程的安全性和可靠性。这些技术的发展不仅优化了传统的检测流程,而且开辟了新的研究和应用领域,推动了建筑技术的进步。

3 混凝土强度与建筑质量的关系

混凝土强度是评估建筑质量的核心指标之一,它对于确定建筑结构的安全性、耐用性以及长期性能起到决定性作用。混凝土的强度不仅影响结构在正常使用条件下的表现,还关系到在极端环境下的稳定性。因此,深入了解混凝土强度如何影响结构安全性和整体质量控制对于建筑设计、施工以及后期的维护管理均具有至关重要的意义。通过对混凝土强度进行严格的测试和监控,可以确保建筑物满足所有安全和性能标准,从而延长其使用寿命,减少维修成本,并确保使用者的安全。因此,强度测试应作为建筑项目管理的一个不可或缺的部分,以持续保障和提升建筑质量。

3.1 强度对结构安全性的影响

混凝土强度是指混凝土抵抗被压碎或断裂的能力,这一特性确保了结构在承受重载、环境压力和其他外部影响时的稳定性和安全性。结构的安全性依赖于其能够在预期的使用寿命内维持这种抵抗力,不发生结构性失败。在设计阶段,工程师会计算预期负荷和环境条件下的力学需求,选择相应的混凝土强度等级来满足这些需求。如果混凝土的实际强度低于设计强度,可能会导致结构过早出现裂缝、变形甚至倒塌。例如,桥梁、高层建筑和隧道等关键结构,对混凝土强度的要求极为严格,以确保在长期荷载作用下的稳定性和安全性。从微观角度来看,混凝土的强度影响因素包括水泥的品质、骨料的比例、混合水的量以及混凝土的养护过程。任何一个环节的不当处理都可能降低混凝土的整体强度和耐久性,增加未来维护的成本和风险^[3]。

3.2 质量控制中的强度测试重要性

在建筑行业,质量控制是确保结构安全和功能性的关键环节。混凝土强度测试在质量控制过程中占有不可或缺的地位,它提供了一种量化评估混凝土质量的方法,确保每一批混凝土都满足设计规格。进行强度测试的主要目的是验证混凝土的一致性和均匀性。通过对不同时间、不同批次生产的混凝土样本进行测试,可以监测和控制混凝土生产过程中的变量,及时调整生产参数,以保证最终产品的质量。此外,强度测试还能帮助识别潜在的材料问题或施工缺陷,如不合适的固化条件、不正确的配合比或施工方法,这些都可能影响混凝土的强度和耐久性。在实际施工过程中,强度测试还用于验证是否满足工程进度的需求。例如,在撤模或加载之前,必须确认混凝土已达到足够的强度。这种实践减少了因过早施工造成的结构损害的风险,

确保了工程的顺利进行和结构的长期性能。对已建成结构进行定期的强度检测,可以评估其在使用过程中的性能变化,预防潜在的结构问题。这对于维护建筑的安全性和延长其服务寿命至关重要。通过这些举措,混凝土强度测试不仅提升了建筑质量,也加强了整个建设行业的信任度。它使得建筑师、工程师、承包商和监管机构能够基于实际数据做出更明智的决策,从而提升整个建筑项目的质量和安全性。

4 案例研究与实际应用

混凝土强度测试在建筑行业中的实际应用涵盖了广泛的工程项目,从大型基础设施建设到高层建筑的施工。本部分通过国内外的成功案例分析,展示了混凝土强度测试在现实工程中的应用效果,并探讨了面对的挑战与相应的解决方案。

4.1 国内外成功案例分析

一个著名的国际案例是法国的米卢维亚桥(Millau Viaduct),这座世界著名的高架桥使用了高性能混凝土(HPC)来满足其极端的结构需求。通过严格的混凝土强度测试,确保了桥梁能够承受极高的风压和交通载荷。这个案例突显了高性能混凝土在提高结构安全和耐久性方面的重要性,以及强度测试在确保这些性能指标中的核心作用。在国内,上海中心大厦的建设是另一个标志性的成功案例。作为中国最高的建筑之一,上海中心大厦使用了特种混凝土来满足其超高层结构的特殊要求。通过一系列的混凝土强度测试,工程团队能够确保每一层的混凝土都符合严格的质量标准,从而保证整个建筑的稳定性和安全性。

4.2 挑战与解决方案

尽管混凝土强度测试技术已经非常成熟,但在实际应用中仍然面临诸多挑战。例如,在复杂的工程环境中,如极端气候条件或高污染区,混凝土的性能可能会受到影响。此外,大型工程项目的压力和经济成本也可能影响混凝土质量控制的严格性。解决这些挑战的一个关键策略是采用先进的混凝土配制技术和优化的施工技术。例如,使用抗渗性或抗冻性更强的混凝土配方,可以提高混凝土在恶劣环境中的表现。同时,采用现代化的施工管理系统,如基于云计算的实时数据监控系统,可以有效地跟踪和管理工程进度和质量。另一个挑战是如何在保证混凝土强度

的同时,实现建筑项目的绿色环保目标。这需要工程团队采用可持续的材料和技术,如使用再生骨料和低碳水泥,以及优化混凝土的配比和养护过程,减少环境影响。通过对这些挑战的深入分析和有效管理,混凝土强度测试不仅能够提高建筑项目的质量和安全性,还能推动建筑行业向更加可持续和高效的方向发展。这些成功案例和挑战解决方案为全球建筑行业提供了宝贵的经验和启示,指导未来更多类似项目的顺利实施^[4]。

5 结语

通过深入研究混凝土强度测试的基本原理、先进技术及其在实际工程项目中的应用,本文揭示了这些测试在提高建筑安全性和优化工程设计与施工过程中的核心作用。混凝土强度测试不仅是确保建筑结构安全的重要工具,也是优化建筑性能和提升工程效率的关键手段。随着技术的进步和建筑需求的增加,探索更高效、更精确的测试方法和技术成为推动建筑业可持续发展的必要条件。本文强调了混凝土强度测试在确保建筑质量控制中的不可替代性,对于指导全球建筑行业的发展具有极高的参考和实践价值。

【参考文献】

- [1]刘津成,秦绪祥.建筑主体结构工程质量检测要点及措施分析[C].北京:《中国建筑金属结构》杂志社有限公司.2024 新质生产力视域下智慧建筑与经济发展论坛论文集(三).烟台沃华建筑科技有限公司,2024.
 - [2]陈嘉豪.回弹法在建筑混凝土结构质量检测中的应用[J].工程技术研究,2024,9(22):52-54.
 - [3]喻桐根,艾险峰.建筑工程主体结构检测方法及应用[C].北京:冶金工业教育资源开发中心.2024 精益数字化创新大会平行专场会议——冶金工业专场会议论文集(下册).高安市建筑工程质量检测中心,2024.
 - [4]张瑞.银湖二小项目主体结构施工技术及其质量控制措施研究[J].中国建筑装饰装修,2024,11(14):161-163.
- 作者简介:管福樵(1998.1—),毕业院校:南京工业大学,所学专业:工程管理,当前就职单位:浙江元本检测技术股份有限公司,职务:检测主管,职称级别:助理工程师;高锵然(1996.6—),毕业院校:湖南工商大学,所学专业:市场营销,当前就职单位:浙江元本检测技术股份有限公司,职务:商务经理,职称级别:助理工程师。

谈高层建筑钢筋混凝土剪力墙结构设计分析

李梓赫

河北加壹建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着高层建筑的高度与复杂性不断增加, 剪力墙的设计面临着更加严峻的挑战。抗震性能、荷载传递与结构稳定性等方面的要求日益提高, 建筑设计标准的不断更新、材料技术的进步, 以及计算机辅助设计的广泛应用, 为剪力墙的优化设计提供了全新的机会。通过深入研究高层建筑剪力墙的设计与施工, 不仅能够提升结构安全性, 还能推动建筑技术的持续进步。剪力墙设计的创新借助先进技术和材料的支持, 必将为高层建筑提供更为坚固的保障。

[关键词]高层建筑; 钢筋混凝土; 剪力墙; 结构设计

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15646

中图分类号: TU208.3

文献标识码: A

Discussion on Design and Analysis of Reinforced Concrete Shear Wall Structures in High-rise Buildings

LI Zihe

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

Abstract: With the increasing height and complexity of high-rise buildings, the design of shear walls is facing more severe challenges. The increasing requirements for seismic performance, load transfer, and structural stability, as well as the continuous updating of building design standards, advances in material technology, and the widespread application of computer-aided design, provide new opportunities for the optimization design of shear walls. Through in-depth research on the design and construction of shear walls in high-rise buildings, not only can structural safety be improved, but also the continuous progress of building technology can be promoted. The innovation of shear wall design, supported by advanced technology and materials, will undoubtedly provide a more robust guarantee for high-rise buildings.

Keywords: high-rise buildings; reinforced concrete; shear wall; structure design

引言

随着城市化进程的不断推进, 高层建筑逐渐成为现代都市的标志性构筑物。在这些建筑中, 钢筋混凝土剪力墙凭借卓越的抗侧力和抗震能力, 发挥着确保结构稳定性与安全性的至关重要作用。特别是在地震多发地区, 对剪力墙的设计要求已变得愈加严格, 除了满足基本承载力外还需兼顾经济性与施工的可行性。重点探讨高层建筑剪力墙的设计原则、关键技术以及施工中的质量控制, 为提高设计精度与施工质量提供理论支持与技术指导。高层建筑剪力墙的设计, 除了基本的承载力要求外, 考虑了更加复杂的技术因素, 包括抗震性能、施工成本以及施工的可行性。

1 剪力墙结构受力特征

剪力墙结构是高层建筑中的关键承重构件, 主要用于抵抗水平荷载, 尤其是在地震与风荷载的作用下。作为建筑物抗侧力的核心, 剪力墙凭借较大的刚度, 有效地将水平荷载传递至基础, 从而减少建筑物的横向位移与振动, 确保整体结构的稳定性。在受力时, 剪力墙除了要承受由水平荷载产生的剪力外, 还会因荷载偏移而产生弯矩。随着建筑物层数的增加, 剪力墙所承受的竖向重力荷载对墙体产生轴向压力, 这进一步影响了墙体的稳定性与变形能

力。在实际设计中, 剪力墙的受力特性会受到诸多因素的影响, 如建筑物形状、剪力墙布局以及荷载分布等。不同类型的剪力墙(如筒体剪力墙、核心筒剪力墙或外框剪力墙)在承受荷载时呈现出不同的受力方式, 因此设计时必须综合考虑各种荷载工况下的力学表现。尤其在地震作用下, 剪力墙的变形能力与能量吸收能力至关重要, 它们直接影响着结构的抗震性能, 在这些因素的综合考虑下, 进行合理的受力分析是确保剪力墙设计安全性与可靠性的基础。

2 剪力墙设计的基本原则

2.1 抗震设计要求

抗震设计在剪力墙结构中占据着至关重要的地位, 直接决定了建筑物在地震作用下的安全性与稳定性, 设计的主要目标是确保结构在地震荷载作用下具有足够的承载力, 避免发生倒塌或严重损坏。设计时应根据建筑物所在的地震区划、重要性等级以及预期的抗震等级, 选择合适的抗震设计标准。作为抗震的主要承力构件, 剪力墙的设计必须满足特定的刚度要求, 以有效抵抗地震所产生的水平力。基于此, 配筋设计应着重考虑延性, 确保剪力墙在地震过程中具备足够的变形能力, 从而避免脆性破坏的发

生,通过合理的钢筋布置,墙体在经历较大水平位移时仍能保持必要的强度与稳定性,进而避免局部失效引发整个结构的破坏。在剪力墙的构造设计中,还必须遵循抗震规范的相关要求,例如墙体厚度、开口限制以及连接节点的设计,这些措施确保剪力墙在震动作用下能够均匀分担荷载,避免局部应力过大而引发破坏。特别是在高层建筑中,抗震设计不仅要求剪力墙本身具备良好的性能,还应确保其与其他结构部件(如楼板、梁柱等)之间的协调性,从而形成一个完整的抗震体系。

2.2 结构稳定性与安全性设计

在剪力墙的设计中,结构的稳定性与安全性是保障建筑物长期使用性及抵抗外部荷载的核心要素。结构稳定性要求剪力墙能够在不同荷载作用下保持整体平衡,避免出现倾斜、失稳或局部屈曲等现象。因此,在设计过程中必须精确计算剪力墙的几何尺寸、材料强度及荷载分布等关键因素。墙体的高度、厚度及布置位置需经过详细分析,确保能够承受竖向荷载与水平荷载的共同作用,从而避免荷载过大或设计不当引发局部失稳。在安全性设计方面,剪力墙不仅需要满足所要求的承载力,还需考虑极端条件下的潜在风险,例如超载、施工缺陷或材料不合格等可能引起的结构损伤。因此,在设计过程中,最大荷载的影响应被充分考虑,并结合适当的安全系数进行优化,剪力墙与其他结构构件的连接设计也至关重要,必须确保各个部分能够协调工作,从而防止在异常荷载作用下发生结构失效。在高层建筑中,剪力墙通常与框架结构协同工作,设计时确保它们之间的配合合理至关重要,避免局部损坏引发整体稳定性下降。剪力墙的构造还需符合抗震设计标准,保证在地震等特殊荷载作用下能够承受大幅度的瞬时变形,而不发生严重破坏。

2.3 经济性与施工可行性考量

在剪力墙的设计中,经济性与施工可行性是决定设计方案可行性的关键因素。经济性不仅涉及初期建设成本,还涵盖长期的维护费用及能效消耗等方面,在保障结构安全与功能的前提下,设计师应尽可能降低材料浪费与不必要的施工成本。举例来说,合理选择剪力墙的材料、优化墙体厚度与配筋比例,有助于减少建筑成本,同时避免因设计过于复杂或冗余而产生不必要的支出。施工可行性同样至关重要,设计方案必须结合实际施工条件,如施工设备、人员技能及工期等因素,确保实施的顺利进行。设计不仅要满足技术要求,还需考虑施工阶段的实际操作可能性。剪力墙的尺寸与形状需与施工设备的能力相匹配,从而确保混凝土浇筑与墙体安装能够顺利进行,设计简化程度也是施工可行性的重要考虑因素,减少不必要的复杂性有助于提高施工效率,便于施工队伍操作与质量控制。施工过程中的质量控制同样受到经济性与可行性的影响,复杂的设计可能导致施工中的误差与偏差从而增加修复成

本。相反,简化设计则有助于提升施工精度与规范性,确保工程按计划顺利完成。

3 高层剪力墙结构设计要点与关键技术

3.1 水平荷载与剪力墙设计

在高层建筑的剪力墙设计中,水平荷载的有效分配与抵抗至关重要。风力、地震力及其他外部因素是水平荷载的主要来源,而剪力墙作为抗侧力的主要构件,需承担大部分水平荷载。在设计过程中,必须精准计算不同荷载条件下的最大水平力,并合理布置剪力墙的数量与位置,确保荷载能够均匀地传递至基础。剪力墙的设计应根据建筑的高度、形状及荷载的大小,选择合适的墙体厚度与强度。墙体若过薄则可能导致承载能力不足,易发生屈曲或破坏;反之,墙体过厚不仅浪费材料,还会增加施工成本,墙体的刚度与延性也是设计中必须综合考虑的因素,剪力墙必须具备足够的刚度以控制结构变形在合理范围内,同时延性也不可忽视。尤其在地震荷载下,剪力墙需要具备一定的能量吸收能力,避免脆性破坏的发生。在布局设计中,开口的数量与尺寸应加以控制,以免影响墙体的整体性与抗侧力能力,通过合理的布局与优化的配筋设计,剪力墙能够更有效地承受水平荷载,从而确保建筑在风荷载、地震荷载等极端条件下的安全性与稳定性。

3.2 轴向力与变形控制

在高层建筑的剪力墙设计中,轴向力与变形控制是保障结构安全性与长期稳定性的关键。剪力墙不仅需要承受来自楼层荷载的竖向轴向力,还应有效控制因荷载作用产生的变形,避免过大的位移影响建筑的使用功能与结构的稳定性。轴向力主要来自建筑自重、活荷载、设备荷载等竖向荷载,剪力墙必须具备足够的承载能力以应对这些轴向力。在设计过程中,轴向力的分布与剪力墙的厚度及钢筋配置密切相关,若轴向力过大则可能导致墙体屈服或局部破坏;而轴向力过小则可能导致墙体无法有效承受其他荷载。合理的轴向力分布设计有助于提高剪力墙的稳定性,避免结构失稳的发生。变形控制则关注剪力墙在长期使用中的整体表现,尤其是在地震或强风荷载作用下,此时剪力墙会产生一定程度的水平位移。为了确保建筑物的使用功能与舒适度,水平位移必须严格限制在合理范围内,过大的变形不仅会影响整体刚度,还会干扰墙体与其他构件(如楼板、梁柱等)的连接与协作。因此,剪力墙的设计除了满足承载力要求外,还需要通过优化墙体尺寸、提高材料强度与钢筋配置来有效控制变形,确保结构具备足够的刚度与延性。

3.3 剪力墙的延性与抗震性能

剪力墙的延性与抗震性能在高层建筑设计中占据至关重要的地位,尤其是在地震频发的地区。延性是指结构在承受强烈荷载时,能够发生一定的变形而不出现脆性破坏的能力。在地震等极端荷载作用下,具备良好延性的剪

力墙能够有效吸收能量,降低震动对建筑物的破坏,为确保剪力墙的延性,设计时通常会选用具有较高塑性变形能力的材料,并通过科学的配筋设计以增强其抗变形能力^[1]。抗震性能则是指剪力墙在地震荷载作用下维持结构稳定与安全的能力,地震作用下剪力墙必须承受来自各个方向的水平力,并通过其刚性与延性共同作用,确保荷载能够有效传递至基础,从而避免建筑物发生倾斜或倒塌。剪力墙的抗震性能不仅仅依赖于墙体本身的强度,还需要考虑与其他结构部件的协同作用。特别是在剪力墙与楼板、梁柱的连接处必须进行精确设计,以确保地震荷载下的力能顺畅传递,避免发生断裂或滑移。为了增强剪力墙的抗震性能,在设计时可以采取一系列加强措施,例如墙体厚度可增加,配筋设计可优化,并设置有效的裂缝控制措施,剪力墙的几何形状与布置也应充分考虑,过大或不合理的开口应尽量避免,以减少由于墙体强度不足或连接不良引起的抗震能力下降。

3.4 配筋设计与构造要求

剪力墙的配筋设计与构造要求是确保建筑结构安全与耐久性的关键因素。高层建筑中的剪力墙需要承受巨大的水平与竖向荷载,而合理的配筋设计能够有效提升其承载力与延性,同时控制变形并避免结构破坏。在设计时,墙体必须具备足够的抗弯、抗剪及抗拉能力,这要求钢筋的种类、数量与分布需经过精心计算与优化^[2]。配筋设计主要由竖向钢筋与水平钢筋两部分构成,竖向钢筋负责承受剪力墙中的轴向力,从而保证墙体的竖向承载力;而水平钢筋则用于抵抗水平荷载,防止剪切破坏的发生。特别是在面对地震等动态荷载时,钢筋的合理布置是设计师的重点,避免局部应力集中或钢筋未能发挥其最大效能。在高层建筑中,墙体开口的位置对于配筋设计尤为关键,开口处的钢筋加强设计尤其重要,因为开口可能削弱墙体的整体抗力。在构造要求方面,剪力墙的设计必须确保其稳定性与整体性,以防外力作用下发生局部失稳或破坏。特别是在墙体转角、接头与节点等部位,构造设计必须充分考虑,使剪力墙能够承受更大的荷载并有效将力传递至基础。对于具有开口的剪力墙,应通过设置加强筋或加固墙体,减少开口对墙体性能的影响,墙体厚度、钢筋的锚固长度与钢筋间距等设计参数需严格符合相关规范要求,确保剪力墙的施工质量与结构性能。

3.5 连接与节点设计

剪力墙的连接与节点设计在确保高层建筑整体结构稳定性与抗震性能方面起着至关重要的作用。剪力墙不仅要承受来自各个方向的荷载,还需与其他结构构件(如楼板、梁、柱等)有效协作,确保荷载能够顺利传递,并最

大程度地减少局部破坏的可能性。连接与节点设计的优劣,直接影响剪力墙是否能在极端荷载条件下发挥应有作用,尤其在地震等作用下重要性尤为突出^[3]。连接设计的核心任务是确保剪力墙与其他构件的结合点具有足够的强度,常见的连接方式包括剪力墙与楼板、梁、柱之间的锚固与搭接设计,这些部位通常是受力的重点区域,因此需要特别加强。在设计时,力的传递路径必须得到充分考虑,各连接点的受力状态应合理安排,以避免因设计不当而导致力的集中或不均匀分布,从而引发局部失效。剪力墙的点设计尤为关键,尤其是在墙体与梁柱交接部位,这些节点承受的内力通常较大。合理的节点设计需要综合考虑钢筋的布置、配筋的连接方式及钢筋的锚固长度,确保受力的均匀分布并使节点能够有效承受剪力、弯矩及轴向力等复杂力的作用,在节点设计时还应特别关注施工的可操作性,避免因结构形式过于复杂而增加施工难度或影响质量控制。在抗震设计中,节点设计的重要性尤为突出,地震作用下剪力墙的连接部位常常成为破坏的薄弱环节,容易导致整体结构的失稳。因此,脆性连接方式应尽量避免结构的延性应增加,从而确保在发生破坏时能逐步释放能量,防止突然失效。

4 结语

高层建筑的钢筋混凝土剪力墙结构设计是保障建筑物安全与稳定性的关键环节,通过精确的受力分析、抗震设计、合理的配筋方案以及节点构造,剪力墙能够承受多种荷载,确保建筑结构具备所需的安全性与延性。随着技术的不断进步,剪力墙设计正趋向于更加智能化与数字化,未来将更加注重满足日益复杂的建筑需求。通过对设计与施工技术的不断优化,剪力墙将在高层建筑中提供更加稳固的支撑,所具备的承载力与延性将使建筑在长期使用中保持稳定性与安全性,且结构的可靠性也得到了进一步增强。在未来,剪力墙设计将更加注重重力学与建筑环境的互动,进一步提升高层建筑的综合性能。

【参考文献】

- [1]于涛. 高层建筑钢筋混凝土剪力墙结构设计分析[J]. 城市住宅, 2020, 27(4): 193-194.
 - [2]武丽君. 基于高层建筑钢筋混凝土剪力墙结构设计分析[J]. 居业, 2019(9): 72-73.
 - [3]张亨通. 高层建筑钢筋混凝土剪力墙结构设计的思考[J]. 智能城市, 2019, 5(17): 55-56.
- 作者简介: 李梓赫(1997.3—), 男, 汉族, 毕业学校: 河北建筑工程学院, 现工作单位: 河北加壹建筑设计有限公司。

城市建筑工程岩土勘察及地基处理技术

张 帅

中土大地国际建筑设计有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]在城市建筑工程中，地基问题一直被视为施工中的复杂且关键环节。土壤类型、地下水位以及周围环境等因素，显著地影响了地基的承载力与稳定性。传统的地基加固技术，如换填法与强夯法，在某些工程中已取得了较为理想的效果，但随着建筑高度的提升与工程复杂性的增加，这些方法在面对更为严苛的地质条件时逐渐显现出一定的局限性。随着地质勘察技术的不断进步，新型地基处理技术得到了广泛应用。高压喷射注浆法与地基加固灌浆法等技术的引入，大大提高了地基加固的效率与效果。应对复杂地质条件下的地基加固问题，这些创新技术为建筑工程提供了全新的解决方案，也为建筑的长期稳定性与安全性提供了更加有力的保障。因此，岩土勘察与地基处理技术的研究与应用，不仅推动了建筑行业的发展，也为保障建筑质量与施工安全奠定了坚实的基础。

[关键词] 建筑工程；岩土勘察；地基处理

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15624

中图分类号: TU195

文献标识码: A

Geotechnical Investigation and Foundation Treatment Technology for Urban Construction Engineering

ZHANG Shuai

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

Abstract: In urban construction projects, foundation issues have always been regarded as complex and critical links in construction. Factors such as soil type, groundwater level, and surrounding environment significantly affect the bearing capacity and stability of the foundation. Traditional foundation reinforcement technology, such as replacement method and dynamic compaction method, have achieved satisfactory results in some projects. However, with the increase of building height and engineering complexity, these methods gradually show certain limitations when facing more stringent geological conditions. With the continuous advancement of geological exploration technology, new foundation treatment technology have been widely applied. The introduction of technologies such as high-pressure jet grouting and foundation reinforcement grouting has greatly improved the efficiency and effectiveness of foundation reinforcement. In order to address the issue of foundation reinforcement under complex geological conditions, these innovative technologies provide new solutions for construction projects and provide stronger guarantees for the long-term stability and safety of buildings. Therefore, the research and application of geotechnical investigation and foundation treatment technology not only promote the development of the construction industry, but also lay a solid foundation for ensuring building quality and construction safety.

Keywords: construction engineering; geotechnical investigation; foundation treatment

引言

随着城市化进程的加速，建筑工程的规模与复杂性不断提升，地基处理与岩土勘察的关键作用愈加凸显。作为建筑物的基础，地基的承载力与稳定性对工程的安全性与耐久性具有至关重要的影响。在施工过程中，精确的岩土勘察为设计提供了可靠依据，从而确保了设计方案的合理性。而高效的地基处理技术，则成为保证地基承载力与减少沉降风险的核心手段。随着建筑技术的不断进步，传统的地基加固方法已不断得到创新与改进，以更好地适应不同地质条件与工程需求，从而确保建筑物在复杂环境中的长期安全性。

1 城市建筑工程岩土勘察的重要性

在城市建筑工程中，岩土勘察是项目开发的核心环节，直接关系到建筑物的安全性、稳定性及使用寿命。与传统

的表面性调查不同，岩土勘察通过深入分析地质结构、土壤特性及地下水等因素，能够全面评估地基的承载能力与变形特性，为工程设计提供科学依据。随着城市建筑规模和高度逐步增大以及地下空间开发需求的上升，地基的稳定性变得尤为重要，它是决定工程是否能够安全运行的关键因素。岩土勘察不仅揭示了土层的深度、厚度及其力学性质，还能够有效预测潜在的地质灾害，如土壤沉降、膨胀性土壤的变形等问题。通过勘察，工程师能够获取土层的详细特征信息，从而为不同土质条件选择合适的地基处理方法与基础类型，避免盲目设计或资源浪费。软土地区或地下水位较高的区域，勘察结果可为设计师提供有效的加固或改良方案，而硬岩区的基础类型则能通过勘察数据来指导避免过度设计。此外，勘察数据还为施工阶段的质量控制与方法选择提供了有力支持，有助于减少施工

中可能出现的问题与风险,降低工程后期的维护成本。

2 建筑工程勘察内容

2.1 进行地质勘察

地质勘察作为建筑工程的基础性工作,通过现场调查与勘探手段全面掌握土壤、岩石及地下水等地质条件,该过程通常包括土层钻探、原位测试以及地面调查等多个环节。在钻探阶段,重点是获取地下土层的分布、土质特征及其厚度,这为地基结构的整体分析提供了数据支持,此环节为后续岩土性质分析及地基承载力评估奠定了基础。原位测试则通过现场设备对土层进行即时测试,获取更为精准的力学性质数据,如土壤的压缩性、剪切强度等,这些数据有助于进一步评估土体在不同荷载作用下的表现,尤其是在负荷载较大或特殊条件下的土体行为中,能够揭示出重要的土体力学特性。在地质勘察过程中,地下水位的测量也是不可忽视的环节,水文条件对地基稳定性的影响,常常在软弱土层、湿陷性黄土或地下水位较高的区域表现得尤为明显。地下水的存在往往会对地基的承载力产生较大影响,通过对水文地质条件的详细调查,能够为后续地基处理方案的选择提供科学依据。例如,在地下水位较高的地区,可能需要采用加固、排水或换填等技术确保地基的长期稳定。

2.2 确定岩土性质

岩土性质的确定是建筑工程勘察中的关键环节,它直接关系到地基设计的合理性及后续施工方案的选择。岩土性质包括土壤与岩石的物理与力学特性,诸如土的颗粒组成、密度、湿度、孔隙度、压缩性及抗剪强度等,这些参数为评估土壤的承载力、沉降性及稳定性提供了必要依据。通过实验室分析与现场测试,勘察人员能够精确地测定土体的颗粒组成,识别土壤类型(如黏土、砂土、碎石土等),并对不同土层的粒径分布进行分析,这些数据有助于评估土壤的密实度与渗透性,进而判断地基是否能够承载建筑物的荷载。特别是在软土与膨胀土区域,土壤的膨胀性与压缩性是至关重要的,因为这些土层在湿润或干燥的环境中可能发生显著的体积变化,进而影响建筑物的稳定性。抗剪强度是评估地基稳定性的另一个关键指标,通过标准的剪切试验或原位试验,可以获得土体在受力条件下的变形与破坏特性,这些数据在选择合适的基础类型、施工方法及加固措施时具有决定性意义。例如,在土壤强度较低的区域,可能需要采取桩基或深基坑支护等加固措施,以确保建筑物在施工及使用过程中的安全性与稳定性。

2.3 划分岩土界限

岩土界限的划分在岩土勘察中占据着至关重要的地位,它直接关系到不同土层与岩层边界的精确界定,通过这一过程不仅能够揭示地质结构的变化,还为地基分析、设计与处理提供了必要的基础数据。在实际勘察中,岩土界限的划分通常依赖于钻探、试验数据以及地质调查结果的综合分析。在钻探与取样的过程中,勘察人员能够识别不同土层的特征,如黏土、砂土、卵石层等土质的层次变

化。随着深度与位置的不同,每一层土体的物理力学性质(如密度、含水率、抗剪强度等)会发生变化,因此,准确标定各土层的界限显得尤为重要,以确保各土层特性被清晰识别。在地质构造复杂的区域,特别是软土、膨胀土及岩层交替存在的地区,岩土界限的划分显得尤为重要,因为它直接关系到土层的过渡性与稳定性,从而影响地基的承载力与沉降特性。在划定岩土界限时,除物理土层变化外地下水位的影响也必须予以充分考虑,水位的高度、流动性及分布状况对岩土界限的划定至关重要,尤其在地下水位较高的区域,土层的水饱和度将显著影响其物理性质,因此,水文条件在岩土界限的界定中不可忽视。

2.4 岩土勘察结果分析

岩土勘察结果的分析是整个勘察过程中的核心环节,目的在于通过系统整理与深入解读所收集的数据,为地基设计、施工方案的选择及地基处理方法的确定提供科学依据,勘察人员不仅需分析土壤的基本性质,还需全面评估各土层的承载力、沉降性与稳定性确保工程的长期安全。土层分布、岩土性质及地下水位等信息为分析提供了基础,通过计算各土层的承载力与抗剪强度,地基是否能够满足建筑物荷载的要求可初步判断。在软土层或地下水位较高的地区,勘察结果揭示了潜在的地基问题,如过度沉降或土体失稳等风险,这为设计人员提供了警示,避免了因地基不均匀沉降或稳定性不足而引发建筑物倾斜或损坏的风险。岩土勘察数据的分析还需特别关注不同土层的变形特性,压缩性与膨胀性是影响地基稳定性的关键因素。例如,对于膨胀性土壤,勘察结果揭示了其在不同湿度条件下的体积变化趋势,为设计加固措施提供了数据支持,从而减少这些土层对建筑物结构的潜在影响。地下水位的变化对勘察结果的分析同样具有重要意义,特别是在湿陷性黄土区或地下水丰富的地区,水位波动直接影响土壤的物理性质与承载力。通过分析勘察结果,能够识别水文条件对地基稳定性的影响,为设计选型提供依据,确保采用适当的防水、排水或加固技术,以应对水位变化所带来的挑战。

3 地基处理技术

3.1 换填法

换填法是一种常用的地基处理技术,广泛应用于软弱或不均匀土层的加固。基本原理是将原有的不良土层挖除,并用更高承载力和更好稳定性的土壤材料替代,从而提高地基的整体强度与稳定性,尤其在软土、膨胀土及填土等承载力较低、沉降较大的土层中,换填法能够有效避免地基的过度沉降与不均匀变形。在实际操作中,首先需通过勘察来明确软弱土层的深度、范围及性质,然后通过机械挖掘或人工开挖的方式去除不合格土层。在换填过程中,通常选择砂土、碎石或其他粒径适中的材料作为替代土,这些材料不仅承载力较高,还具备良好的排水性能,能有效分散荷载降低沉降风险。换填法的主要优点在于施工工艺相对简单且适用范围广泛,特别适合处理较浅的软土层。

该方法也存在一定的局限性。例如,若需要较深的换填则可能显著增加工程造价,若施工过程中出现不当操作,换填土层可能会出现不均匀或压实不充分的问题,进而影响地基的稳定性。因此,在实施换填法时,必须严格控制材料的选择与施工工艺,确保换填层的均匀性与密实性从而保障地基的稳定性与工程质量。

3.2 地基加固灌浆法

地基加固灌浆法是一种常用于增强软弱或松散土层承载力的技术,基本原理在于通过将特定的灌浆材料注入土体中,促使土层发生物理或化学反应,从而提升土体的密实度与稳定性,根据土壤类型与工程需求,通常选用水泥浆、化学浆液或其他专用加固剂进行灌浆^[1]。施工过程中,首先在地基表面或地下的预定深度钻孔,随后将灌浆液注入孔内,随着孔隙压力的增加灌浆液得以渗透到周围土层,灌浆材料与土壤颗粒发生反应,形成类似水泥化的结构,通过这一过程土体的承载力、抗压强度与密实度显著提高,同时沉降现象得到有效减少。地基加固灌浆法的主要优势在于能够显著增强土体的强度与稳定性,尤其适用于软土、砂土及具有较高渗透性的土层,该工艺具有施工简便、周期较短的特点,且能够在不干扰周围环境的情况下进行加固,值得注意的是灌浆法不受土层深度的限制,通过精确的钻孔定位可以实现针对性的加固。尽管灌浆法具有许多优点,仍存在一定的局限性。在某些情况下,尤其是在松散或孔隙较大的土层中,灌浆可能出现不均匀现象,灌浆材料可能未能充分渗透或固结导致加固效果不稳定。为了确保灌浆效果,施工中的质量控制至关重要,必须严格监控灌浆压力与材料选择,避免因施工不当而引发地基变形或其他问题。

3.3 强夯法

强夯法是一种利用机械力对地基土层进行加固的技术,广泛应用于松软土、湿陷性黄土及其他承载力较弱的土层,基本原理是通过重型夯锤从较高位置自由下落,利用强力冲击与反复夯击促使土体颗粒重新排列并密实,从而显著提高土层的承载力与稳定性,特别适用于较浅土层的加固,尤其在软土或不均匀土层区域,能够有效提升地基的整体稳固性^[2]。施工过程中,首先需根据土层情况确定夯击区域与夯锤的重量,每次夯击后,夯锤将逐步下沉至预定深度,确保土层的密实度逐渐达到设计标准,通过反复地夯击土体被压实,并逐步提高其密实度,通常需多轮夯击才能实现预期效果,夯锤的反复垂直降落将土体压实,经过这一过程土层的整体密实度得以增强。强夯法具有诸多优点,尤其在施工效率与适用范围上,与其他地基加固方法相比能够在较短时间内显著提升土层的承载力,且施工周期相对较短,施工过程中对环境的干扰较小,几乎不产生废弃物或污染,特别适用于城市建设中的地基加固,通过强夯法处理能够有效解决地基沉降过大或承载力不足的问题,确保建筑物的长期稳定性。强夯法也有其局

限性,适用于浅层地基的加固,对较深的土层或岩土层的处理效果有限。此外,土层的含水量及其中的碎石或硬质层可能影响夯击效果,导致加固不均匀。因此,在实际应用中,夯击参数需要根据土层的具体特性进行调整,施工工艺的设计也应当合理,以确保加固效果的均匀与稳定。

3.4 高压喷射注浆法

高压喷射注浆法是一种先进的地基加固技术,通过高压喷射将浆液注入深层土壤,从而增强地基的承载力与稳定性,适用于软弱土层、松散砂土、膨胀土以及具有较大空隙或高渗透性的土壤,特别在地下水位较高或土层不均匀的地区,能够有效改善土体结构的稳定性,浆液通过高压喷射迅速渗透并填补土层空隙,或与土颗粒发生物理化学反应增强土体稳定性。施工过程中,首先在预定深度钻孔,并连接高压泵与喷射装置^[3]。高压泵将水泥浆、化学浆液或其他加固材料注入孔内,浆液迅速填充土层空隙形成紧密的固结结构,进而提高土体的密实度、强度及稳定性,增强地基承载力并提升抗水性与抗压能力。该技术的优势在于能够精确控制浆液的注入位置与数量适应复杂地质环境,相比传统方法,可突破深层加固的技术限制,提供更有效的处理效果。施工灵活能覆盖广泛区域并处理深层土层,尤其适用于空间受限的城市建设。但设备要求较高,施工成本较大,且注浆效果受到土层类型和地质条件的影响。某些土质中浆液可能无法充分渗透或固结,若操作不当浆液可能会过度扩散或分布不均,从而影响加固效果与稳定性。

4 结语

岩土勘察与地基处理技术在城市建筑工程中的重要性显而易见,它们对工程的安全性及稳定性有着直接的影响,通过精确的岩土勘察,设计与施工可以基于科学数据作出决策,从而确保施工方案的合理性。而有效的地基处理技术,则能够解决软弱土层承载力不足的问题,进而保障建筑物的长期稳定性。不同的地基处理技术,如换填法、地基加固灌浆法、强夯法与高压喷射注浆法,各自拥有独特的优势,能够根据不同土层特点与工程需求提供量身定制的解决方案。随着技术的不断发展与创新,岩土勘察与地基处理技术将继续为建筑工程提供更加可靠的保障,推动行业不断迈向更高的标准与目标。

【参考文献】

- [1]王嘉良.城市建筑工程岩土勘察及地基处理技术[J].石材,2024(3):108-110.
 - [2]李林.建筑工程中岩土勘察及地基处理技术的研究[J].居舍,2019(12):54.
 - [3]王远达,王益梁,许德程.关于建筑工程的岩土勘察及地基处理技术分析[J].石化技术,2023,30(12):294-296.
- 作者简介:张帅(1991.11—),男,汉族,毕业学校:石家庄经济学院华信学院,现工作单位:中土大地国际建筑设计有限公司。

房屋建筑精装修主要控制要点

许德祥

四川川交建筑工程有限公司, 四川 德阳 618100

[摘要]随着房地产行业的发展,越来越多的精装房已经代替了毛坯房出现在市面上,对于精装房来说,它确实具有许多优势,比如省钱、方便、人性化等等,所以,现在的精装房是大多数人的选择。本文主要介绍在主体施工期间,如何避免后期装修问题及装修工作面移交控制要点。

[关键词]主体施工;施工管理;装修问题;移交工作面

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15622

中图分类号: TU2

文献标识码: A

Main Control Points for Fine Decoration of Building Construction

XU Dexiang

Sichuan Chuanjiao Construction Engineering Co., Ltd., Deyang, Sichuan, 618100, China

Abstract: With the development of the real estate industry, more and more high-end houses have replaced rough houses in the market. For high-end houses, they do have many advantages, such as saving money, convenience, humanization, etc. Therefore, high-end houses are now the choice of most people. This article mainly introduces how to avoid later decoration problems and key points for controlling the handover of decoration work during the main construction period.

Keywords: main construction; construction management; decoration problems; transfer of work surface

1 精装房未来发展趋势分析

1.1 政策驱动与市场渗透率提升

自 2017 年起,国内政策明确要求提高全装修成品住宅比例,多地如北京、上海、浙江等已全面推行精装交房。住建部《住宅项目规范》提出“城镇新建住宅建筑应全装修交付”,进一步强化政策导向。

2025 年,一二线城市精装房渗透率普遍超过 50%,苏州、广州等城市精装率超 90%,三四线城市仍有较大渗透空间。

1.2 市场规模与增长潜力

精装房市场规模预计未来五年复合增长率超 30%,成为万亿级产业。2024 年上半年,精装房需求虽短期波动,但二线城市仍占主导地位(占比近 50%),华东、华南区域集中度较高。

头部房企如万科精装比例超 50%,TOP 50 后的房企精装房增速显著,推动行业整体扩容。

1.3 消费需求与品质升级

精装房因“拎包入住”便捷性、统一设计风格及环保标准高等优势,逐步成为主流选择。消费者对智能化、高端化需求上升,精装房标配新风系统、全屋智能等高端部品,装修标准多集中于 2000~5000 元/㎡的中高档区间。

岩板等新型材料的应用拓展了精装房墙面、台面等场景,但成本控制仍是房企需平衡的关键点。

1.4 产业链协同与行业竞争

精装房产业链涵盖上游材料供应商、中游开发商/装修公司及下游物业,各环节协同推动市场标准化与专业化。

开发商通过整合资源打造品牌化精装产品,例如融创等项目采用国际一线品牌提升溢价能力,形成差异化竞争壁垒。

1.5 区域分化与未来方向

一线城市精装率已达 86%,装修标准约 2612 元/㎡;三四线城市因政策跟进较晚,但装修标准反超至 2730 元/㎡,显示下沉市场潜力。

未来精装房将向个性化定制、绿色环保及智能化方向深化,同时通过优化成本与供应链效率,加速向低线城市渗透。

综上,精装房在政策、市场、消费升级等多重因素推动下,已成为房地产行业不可逆的趋势,并持续向规模化、品质化方向演进。从趋势来看,精装修时代确实已经到来了,但是不是市场全是精装房?那还不一定,但应该是一个方向。政府会鼓励精装房成为一个方向,批量精装不但环保还节省资源,减少了二次污染。据有关专家测算,毛坯房装修会造成建筑成本 10%的损失,造成装修材料 30%以上的损失。而全装修类型的住宅产品,能避免这些资源的浪费。所以,从环保的角度,社会发展的角度来说,精装修一定是一个发展方向。但是精装修房在交楼过程中,业主在验房时,检查了许多问题,主要集中在渗水、墙地砖空鼓、墙面平整度、阳台大小头等,这些问题,其实在主体期间控制,可以很大程度减少此类问题的发生。

2 工程概况

某工程一共 4 栋楼,其中 5、8 号楼 32 层,6、7 号楼为 31 层。在这个工程中,当时预售 10000~12000 元/㎡,

交楼时房价为 8000 元/ m^2 ，最终在交楼后迄今为止只有一户退房，在主体施工期间和移交工作面时，规避很多后期装修问题。

3 施工技术

3.1 模板的施工技术和质量管控

编制模板施工方案，选用合理支撑体系施工前做好管理人员方案交底，管理人员做好工人的技术交底。模板进场前严格验收，模板和混凝土之间的接触表面应光滑，并涂上脱模剂，但不得有脱模剂影响结构性能或妨碍装饰工程的施工。施工过程中，严格检查工人是否严格按方案施工，砼浇筑前，检查客厅和卧室天棚（五个点）的平整度及所有剪力墙垂直度检查。客厅和卧室天棚平整度若后期控制不好，安装石膏线条，会出现线条不笔直，不用仪器用肉眼可判别；剪力墙垂直度会影响后期装修乳胶漆墙面的平整度，尤其客厅位置，阳光一照射，即可判断墙面的观感。

3.2 混凝土的施工技术和质量管控

编制混凝土施工方案，混凝土进场前检查塌落度、配合比等。施工前做好管理人员方案交底，每次浇筑前做好工人的技术交底；浇筑前检查阳台、厕所等加固方式是否为止水丝杆，标示好标高；模板面板的接头不应为纤维。在浇筑混凝土之前，应先用浅水润湿模板。浇筑过程中严格控制工人的浇筑顺序，控制好初凝时间，振捣密实，尤其是厕所、厨房、阳台等涉水房间，控制好各个房间标高。涉水房间振捣不密实，混凝土形成冷缝，防水施工完成后，或多或少也会造成防水（厨卫一般防水为 JS 或聚氨酯防水涂料）开裂造成渗水；标高控制不好，一是会造成房间净高不够，二是不能满足装修后各个房间需要的高差（如厨卫与客厅、过道相接位置）。

3.3 砌体的施工技术和质量管控

施工前做好砌体的排版和定位放线。涉水房间，一定要浇筑砼反坎，浇筑前剔凿到位。施工前做好一米线的标识，砌体进场前，检查砌体尺寸和砖面平整度。施工过程中控制好灰缝，尤其是外墙位置；门窗洞口一定要根据一米线控制好门洞标高。灰缝控制不好，外墙位置会造成渗水风险；门洞标高偏低，会造成后期剔打，偏高，尤其是外门窗，造成外窗渗水风险。

3.4 抹灰的施工技术和质量控制

做好交底工作，施工前做好不同材料的钢丝网或玻纤网格布铺设，做好甩浆工作，抹灰前充分湿润页岩砖墙面。抹灰过程中，一定要控制好墙面平整度、垂直度及阴阳角；尤其是控制好厨卫房间的方正度和飘窗控制阴阳角；不能使用过夜灰。墙面有凹凸不平，会造成装修时乳胶漆墙面，阳光照射后观感度较差；厨卫方正度不符合要求，因为后期地面是 300*300 地砖，贴砖就出现大小头，用肉眼即可判断；过夜灰会造成墙面起灰，强度不够，尤其是厨卫墙砖，会造成以后墙砖空鼓。厨卫位置给水管位置抹灰，一定要在抹灰前完成切缝及预埋，抹灰时此处铺设玻纤网格

布，很多安装工人不注意此处施工质量的控制，会造成此处的墙砖空鼓。

如果客厅卧室抹灰石膏砂浆抹灰，一定要做好工序施工。精装修房间一般情况下，客厅位置多为地砖，是一种干铺作业的湿作业，石膏抹灰，一定要预留 20~30 公分，待地砖完成后再施工此预留石膏，因为石膏为吸水性材料，且不易挥发，若抹到底，后期乳胶漆完成后，会造成石膏中水分不能挥发，造成地砖与墙面接触部位的返潮。

3.5 吊洞质量和门窗塞缝的施工技术和质量控制

吊洞在建筑业一个普遍的现象，就是安排水电班组施工，往往造成此处的渗水，尤其是阳台、卫生间位置。专业人做专业事，首先熟悉图纸吊洞要求，做好专业工人的交底，不能一次成型，选用合格材料进行吊洞。很多工地，在吊洞期间，要么用普通砂浆或普通混凝土进行吊洞且是一次成型，要么没有在管道周围添加止水胶圈，如果后期防水施工质量不好的情况下，此处 100%会造成渗水风险。一个完美的吊洞，一是在浇筑前，剔凿到位，润湿不积水，根据图纸要求添加止水橡胶圈，第一次浇筑 1/2 的厚度膨胀混凝土，到达强度后，做一道 JS 防水涂料或堵漏剂，最后施工最后一道砼，浇筑标高比结构面底 1~2cm。

门窗渗水一直是一个普遍的现象。在施工主体时严格按照图纸尺寸施工，施工砌体时，一定要与门窗深化单位和建设单位联系，做好门窗尺寸的交底。高层建筑，门窗框一定要生产及时，在抹灰前，一定完成安装。外墙抹灰，一定做好门框底部坡度方向。门窗塞缝时，材料使用防水砂浆，底部及侧面 30cm 范围塞缝饱满。

门窗尺寸过大，会造成塞缝材料不密实；抹灰完成安装门框，会造成外墙二次抹灰，形成冷缝，且后面塞缝困难，不易饱满。

3.6 防水施工技术和质量控制

施工前做好交底，要严格检查材料，不同位置使用不同性质的防水材料，尤其是 JS 防水涂料类型较多，施工时尤为注意。

首先做好厨卫地面 30cm 高度门侧面抹灰质量及基层处理，抹灰面一定不要有空隙；其次做好结构闭水，结构闭水渗水部位，可以施工堵漏剂或其他防水材料后再进行闭水；最后施工防水，到达时间后再进行防水施工的闭水试验。

卫生间完成回填后、厨房和阳台完成防水层后，再进行最后一道闭水，卫生间墙面还要进行墙面淋水试验。厨房位置重点检查烟道位置、卫生间回填完成后的反坎和结构相接位置、阳台重点检查水管位置和门窗位置。

门窗玻璃安装完成及打胶完成后，一定要严格外墙淋水试验，外窗淋水试验单独一个个做，发现问题马上出处理。外墙渗水位置一般发生在外墙预留洞口和穿墙丝杆位置，外墙预留洞口，需用细石砼浇筑；外墙丝杆洞一定在主体期间，保持外低内高，封闭洞口中间用发泡剂，外面

用防水砂浆堵洞。

3.7 外墙抹灰施工技术和质量控制

做好施工交底,以客厅方正度,确定外墙方正度。很多外墙单位一味以外墙吊线控制,往往会造成阳台位置与室内位置发生大小头,主体施工工人施工质量未严格允许偏差执行,会造成内外产生大小头。

(1) 施工技术要点

① 基层处理

彻底清除墙面浮尘、油污及松散颗粒,蜂窝、麻面等缺陷需用 1:2.5 水泥砂浆分层修补。

外墙螺杆孔、脚手眼等必须用防水材料封堵,并验收合格后方可施工。

不同材料墙体交接处(如混凝土与砌体)需凿平并湿润处理,避免空鼓。

② 挂网工艺

混凝土与砖墙交接处需张挂 $\geq 300\text{mm}$ 宽热镀锌钢丝网(直径 $\geq 2\text{mm}$,网孔 $\leq 20 \times 20$),防止温度裂缝。

楼梯间及人流通道填充墙应满挂钢丝网,增强抗裂性。

③ 砂浆施工

预拌砂浆需严格按配比控制稠度及涂抹厚度(每遍 $\leq 10\text{mm}$),分层压实。

外墙抹灰顺序遵循“先上后下”,采用铁抹子压光、塑料抹子收面,确保表面平整无砂眼。

④ 护角及滴水线

门窗洞口、阳角处需用 1:2 水泥砂浆做护角,高度 $\geq 2\text{m}$,每侧宽度 $\geq 50\text{mm}$ 。

外窗台、檐口等部位应设置滴水线,内高外低,防止雨水倒流。

(2) 质量控制措施

① 材料控制

水泥选用强度 ≥ 32.5 级的普通硅酸盐或矿渣硅酸盐水泥,砂子宜用中砂(粒径 $0.35 \sim 5\text{mm}$)。

预拌砂浆需提供合格证及检验报告,并控制每日用量,避免过期失效。

② 工艺控制

灰饼与冲筋间距 $\leq 1.5\text{m}$,采用激光水准仪辅助定位,确保墙面垂直度和平整度。

抹灰前基层需充分湿润(砖墙提前 1 天浇水,加气砌块提前 2 天)。

③ 验收标准

表面平整度 $\leq 4\text{mm}$,立面垂直度 $\leq 4\text{mm}$,阴阳角方正度 $\leq 4\text{mm}$ 。

无空鼓、开裂、外露钢丝网等缺陷,外墙严禁渗水。

4 移交工作面注意事项

4.1 成立验收小组,分工明确

(1) 成立验收小组,制定各岗位职责,下发计划,

落实责任人。

(2) 小组分工与职责。

① 定期检查项目进展。

② 协调沟通项目问题。

4.2 验收要点

(1) 抹灰强度、平整度、垂直度符合要求,阴阳角方正,线条顺直,无空鼓开裂,天棚平整度符合要求。

(2) 房间开间、进深、净高及洞口等建筑尺寸、入户门和户内门的位路和墙体厚度符合要求,不得出现大小头。房间应弹设控制线(建议为米字线),用以检查大小头、开间进深。

(3) 卫生间、阳台防水(潮)施工前应进行闭水试验,下层无渗漏水;管洞封堵应采用高一强度等级微膨胀干硬性细石混凝土分两次浇筑密实;地漏防水(保护)层应做找坡,坡向地漏中心线,以保证地漏顶标高比装修后完成面低 5mm ;防水保护层施工完成后应再次进行闭水试验,下层无渗漏水。

(4) 由室内至室外地面、窗台、楼梯、电梯前室等部位的标高符合要求;卫生间、厨房、阳台、房间及客厅高差符合要求。

(5) 室内开关(含插座、灯具、弱电、等电位)底盒、户内配电箱、多媒体箱底箱、空调洞口等预埋(留)位路符合设计和规范要求,收口方正。

(6) 铝合金门窗安装规范,不得出现大小头;塞缝密实,不得夹杂异物,无漏风现象;窗框固定片不得外漏,窗口抹灰低于合页;开启灵活,成品保护符合要求。

(7) 栏杆扶手材质、安装方式、高度符合设计和规范要求,安装牢固,无质量缺陷,成品保护符合要求。

(8) 屋面工程施工完成后,进行闭水试验,顶层无渗漏水。

(9) 给水管、地暖管等应标记位路及走向,试压合格且做好成品保护,带水压移交,压力不小于 0.6MPa ;楼栋排水管道通畅无堵塞、无损坏。

(10) 空调洞口坡向室外,内外高差以 $2 \sim 3\text{cm}$ 为宜;外墙、门窗淋水试验合格,室内无渗漏水。

(11) 卫生间防水上返区域的抹灰基层应改成光面,在抹灰层上弹设上返防水标高线,保证后期防水完成面标高。

(12) 生活阳台门联窗的平开门如与墙体有磕碰,联系总工室处理,在铝合金平开门上口设路限位撑,至少保证平开门有 90° 的开启角度。

4.3 移交注意事项

(1) 做好厨卫、阳台防水移交。

(2) 做好厨卫墙地面、阳台地面空鼓移交。

做好以上 2 点,会大大减少工作中的扯皮,因为移交前不做好这两个方面的移交,后期出现问题不能充分判

谁的问题。

4.4 精装修完成交楼准备

完美移交装修单位后,装修单位控制好厨卫墙地砖铺贴质量和墙面乳胶漆等施工,基本会规避常见问题。

交楼前成立交楼小组(分门窗修复、墙面修复、问题解读、外墙修复等小组),统一口径回答业主,交楼时在业主提出问题后第一时间解决,如需要长时间解决,针对此问题出解决措施立即处理。

5 结束语

其实精装房,在主体期间运用合理的施工技术,严格控制质量,后期在装修前,遵守移交工作面手续;装修单位按图施工,监督施工质量;我相信即使房价下跌的情况,业主也会欣然接房,毕竟购买住房的大多数小业主,以住为主,如果房屋装修质量较好,房价对他们而言,上涨或下跌意义不是很大。

精装修房施工和交付远比毛坯房复杂,客户对某公司房屋品质抱有非常高的期望,如何全面提升客户满意度,是各环节都必须要认真思考和努力实现的,所以我们要把问题提前发现,提前防控,提前解决,只有这样,我们才能交付给客户一个满意的产品。

[参考文献]

- [1]砌体工程质量验收规范:GB50203[S],2019.
 - [2]混凝土结构工程质量验收规范:GB50204[S],2018.
 - [3]建筑装饰装修工程施工质量验收规范:GB50210[S],2002.
 - [4]曹海峰.浅析精装修住宅[J].消费导刊,2007(7):1.
- 作者简介:许德祥(1986.9—),男,毕业院校:四川农业大学,学历:本科,所学专业:土木工程,目前就职单位:四川川交建筑工程有限公司,目前职位:项目经理3年,目前职称:工程师。

雨污分流背景下城市排水管线改造的难点与对策

张 丹

河北省城乡规划设计研究院有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着城市化进程的加速推进,城市排水系统承受的压力日益增大,特别是雨污分流系统的建设和改造,已经成为解决城市水环境污染问题的关键手段。然而,在进行雨污分流管线改造的过程中,我们面临着众多技术上的挑战、经济上的考量以及管理上的复杂性。这些挑战包括如何选择合适的材料和施工技术,以确保管线的长期稳定性和耐用性;如何在有限的预算内进行有效的成本控制,同时保证工程的质量;以及如何协调各个部门和利益相关者,确保项目的顺利进行和长期维护。

[关键词]雨污分流;排水管线;城市改造;难点;对策

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15656

中图分类号: TU9

文献标识码: A

Difficulties and Countermeasures of Urban Drainage Pipeline Renovation under the Background of Rainwater and Sewage Diversion

ZHANG Dan

Hebei Province Urban-Rural Planning and Design Research Institute Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the acceleration of urbanization, the pressure on urban drainage systems is increasing, especially the construction and renovation of rainwater and sewage separation systems, which have become key means to solve urban water pollution problems. However, in the process of renovating the rainwater and sewage diversion pipeline, we face numerous technical challenges, economic considerations, and management complexities. These challenges include how to choose suitable materials and construction techniques to ensure the long-term stability and durability of pipelines; How to effectively control costs within a limited budget while ensuring the quality of the project; How to coordinate various departments and stakeholders to ensure the smooth progress and long-term maintenance of the project.

Keywords: rainwater and sewage diversion; drainage pipeline; urban transformation; difficulties; countermeasures

引言

雨污分流系统作为现代城市排水系统的重要组成部分,其建设与改造对于提高城市排水能力、减少污染物排放、改善水环境质量具有至关重要的作用。然而,在实际改造过程中,由于历史遗留问题、技术难度和资金制约等因素,很多城市面临着排水管线改造的诸多困难。因此,分析当前排水管线改造中的难点,并提出相应的解决对策,是解决城市水环境问题的迫切需求。

1 城市排水管线改造中的难点

1.1 历史管网的改造难度大

随着城市化进程的不断推进,许多城市的排水管线建设已有数十年历史。由于这些老旧管网的设计标准较低,其排水能力远远不能满足现代城市日益增长的排水需求,尤其在暴雨季节,常常发生严重的内涝问题。许多城市仍采用合流制排水系统,这意味着雨水与污水共用一条管道,导致污水无法有效处理,严重污染水体,并影响居民的生活质量。此外,这些历史管网随着时间的推移,出现了不同程度的老化、沉积堵塞和裂缝等问题,致使管道的排水能力进一步下降,甚至发生破裂,造成严重的漏水现象。改造这些老旧管网面临着巨大的挑战。涉及大规模的管道

更换和技术更新,需要大量的资金和技术支持。在改造过程中,会对城市的正常生活和交通造成一定的影响,给居民带来不便^[1]。

1.2 资金投入与经济压力

排水管线改造,尤其是雨污分流系统的改造,是一个庞大的资金密集型工程。这类工程不仅需要大规模的管网建设和更新,还涉及城市基础设施的全面升级。对于一些经济基础较差的城市而言,资金筹集成为推动改造工作的主要难题。由于资金投入巨大,且建设周期长,这些城市往往面临着财政预算的严重压力,导致改造项目无法顺利推进。在资金筹集方面,除了依赖政府财政拨款外,还需探索通过融资、引入社会资本等多元化资金来源。然而,融资过程中可能遇到贷款利率高、资本市场不稳定等风险问题,进一步加剧了资金的筹措难度。改造完成后的排水管网需要持续投入运营维护,但很多城市缺乏足够的资金和专业人才来保障管网的正常运行。

1.3 技术与施工难题

雨污分流系统的建设是一项复杂的工程,需要根据不同区域的排水需求进行精确的规划与设计。然而,由于城市地形复杂、地下设施众多,特别是在老旧城区,施工难

度大大增加。在一些密集的建筑区域,排水管道的建设往往需要在有限的空间内进行,不仅施工空间狭小,而且需要与现有的地下基础设施,如供水管道、电力电缆、通信线路等进行协调,这就要求施工单位具备高度的技术能力和精确的施工管理。同时,由于老旧城区的地下设施可能存在不规范或不完善的情况,改造过程中往往面临很多意外问题,需要进行临时调整和应急处理。此外,施工过程中还可能受到自然条件的制约。地下水位较高的地区,常常会影响到管道的埋设深度和施工进度,甚至可能导致土建施工过程中出现水涌等意外情况。土壤情况复杂的地区,可能存在泥沙过多、地质松软等问题,这些因素都会增加施工的难度,导致工程进展缓慢,成本增加^[2]。

1.4 管理与维护困难

在排水管线改造项目成功完成后,如何确保排水系统的高效运营管理和维护,已经成为了一个迫切需要解决的问题。排水管网的覆盖范围非常广泛,其结构复杂,分布于城市各个角落,从繁华的市中心到偏远的郊区,无处不在。由于排水管网在日常使用过程中会受到多种因素的影响,例如天气变化、地面沉降,以及人为的破坏等,因此管道老化、沉积物堵塞、裂缝漏水等问题频繁发生。如何能够及时地发现这些问题,并采取有效的措施加以解决,是确保整个排水系统能够正常运行的关键所在。然而,传统的依靠人工巡检和管理的方式已经越来越难以适应现代城市排水管理的需求。因为人工巡检不仅效率低下,而且难以实现对管道各个部分的实时监控,这使得一些潜在的问题很容易被忽视,从而影响整个排水系统的稳定性和可靠性。

2 城市排水管线改造的对策

2.1 加强规划设计,优化管网布局

在排水管线改造前,首先应全面了解并评估现有管网的运行状况,这一过程需要结合城市的总体发展规划和未来的用地发展需求。评估内容不仅包括管网的容量、材质、老化程度等基础信息,还需分析管网在现有城市环境中的实际使用情况,如排水能力是否满足高峰时段的需求、是否存在渗漏、堵塞等问题。在此基础上,结合未来城市人口增长、区域功能变化及气候变化等因素,合理预测未来排水负荷,确保新设计的管网能够满足城市长期发展的需要。在进行管线改造设计时,优先考虑城市中的重点区域,这些区域通常是容易发生内涝或污染的高风险区域。例如,低洼地区、交通繁忙区域、工业集中区以及城市排水系统薄弱的老旧城区都应列为改造的重点。通过科学规划和设计,合理配置资源,避免对某一地区的过度投资,确保管网的全面性和均衡性,避免在资源有限的情况下出现“重心偏移”的问题。合理的管网布局能够提升排水效率,减少内涝的发生,并有效控制水体污染,保障城市居民的安全和生活质量。

此外,加强排水管线的运营监测也至关重要。在管网改造完成后,必须建立一个完善的监测系统,利用物联网、传感器和大数据分析技术,对管网的运行状态进行实时监控。通过分析管道的流量、水压、排水能力以及管道老化情况等数据,能够及时发现潜在的堵塞、破损或泄漏问题,并采取有效的维护措施。这种实时监测机制不仅能够减少突发性故障的发生,还能够优化排水系统的运行效率,避免资源浪费。通过数据驱动的管理方式,提高管网的预警能力和响应速度,从而更好地保障城市排水系统的稳定性和安全性^[3]。

2.2 多渠道筹集资金,确保改造项目顺利进行

为了有效克服城市排水管线改造项目中的资金投入难题,政府可以采取多种融资方式,灵活筹集所需资金。首先,设立专项基金是一种可行的方式。政府可以通过专项资金的设立,集中调度资金资源,确保排水管线改造项目能够顺利推进。这些专项资金可以来自财政预算、政府储备资金或是社会捐赠,专门用于支持城市基础设施建设,尤其是排水系统的升级改造。此外,政府可以通过引入社会资本的方式,鼓励私人企业参与公共设施建设。通过PPP(公私合营)模式,政府与社会资本共同合作,分担建设风险和收益。这种合作方式不仅可以缓解政府的资金压力,还能提升项目的执行效率和技术水平。另一个有效的资金筹集途径是发行市政债券。市政债券是地方政府为融资而发行的债务工具,能够在短期内筹集大量资金用于基础设施建设项目。政府通过发行债券向投资者募集资金,并在约定的时间内偿还本金和利息。这种方式能够为城市排水管线改造提供充足的资金支持,同时,由于市政债券的投资风险相对较低,吸引的投资者群体较为广泛。

此外,政府还应通过加强与银行、投资公司和企业的合作,吸引更多社会资本参与城市排水管线的改造项目。通过与这些金融机构和企业的合作,政府能够获得更多的资金支持,并能提高资金的使用效率。企业和投资公司往往具备丰富的项目管理经验和技術力量,能够在项目建设中提供资金和技术支持,确保改造工程的顺利实施。在资金筹集过程中,政府还应合理规划改造工程的预算,确保资金的使用符合工程实际需求。预算规划应考虑到项目的各个环节,从前期设计、施工到后期维护等费用,避免因预算不足或过度支出导致项目进度滞后或质量问题。加强预算控制和资金管理,确保每一笔资金都能发挥最大的效益,避免浪费和超支,提高排水管线改造的资金使用效率^[4]。

2.3 采用先进技术,提升施工与管理水平

在排水管线改造和新建过程中,采用现代化技术能够显著提高施工效率,减少对周围环境的影响,优化工程质量,并为城市排水系统的长远运行奠定坚实的基础。首先,现代化技术如管道内窥技术和非开挖技术为排水管道的施工提供了更高效的解决方案。管道内窥技术通过特殊的

摄像设备,能够对现有管道进行全面检测,实时获取管道内部的状况信息。这种技术可以帮助工程人员精确判断管道的老化、裂缝、沉降等问题,为改造或修复提供科学依据,避免不必要的拆除和破坏,从而减少施工对周围环境的扰动。非开挖技术则是一项革命性的施工方法,特别适用于城市排水管线的改造。该技术通过在地面上最小的开口或完全不开挖的方式,使用管道导向系统将新管道安装到地下。这种方法不仅显著减少了对交通、建筑物和环境的影响,还能够大幅度缩短施工时间,降低施工成本,提高城市的运行效率。

对于新建的排水管网,选择更耐用、更环保的材料至关重要。现代排水管网的建设越来越倾向于使用复合材料、高密度聚乙烯(HDPE)管道和抗腐蚀性能更强的材料,这些新型材料能够有效提升管道的耐用性和抗老化能力,延长管道的使用寿命,减少未来的维护和更换成本。使用环保材料还可以降低对自然资源的消耗,并减少对环境的污染。此外,随着智能化技术的发展,城市排水管网的管理也正在向数字化、智能化方向转型。通过安装传感器、智能化监控系统以及数据采集设备,城市排水管网能够实现远程监控和实时数据采集。这些智能技术能够实时监测管道的运行状态,包括流量、压力、温度等数据,从而及时发现管网中的潜在问题,如堵塞、漏水等。通过对这些数据的分析,能够有效预测和预防系统故障,并在问题发生之前进行修复^[5]。

2.4 强化公众参与,提升社会认同度

在排水管线改造过程中,充分考虑到社会公众的需求与反馈,不仅能够提升工程的社会认同感,还能增强市民对项目的支持与参与。公众的参与感和认同感是保证项目顺利实施的重要因素,因此,政府和相关部门应积极采取措施,与公众保持良好的沟通与互动。政府可以通过多种方式,如社区会议、在线平台、广播电视等,向市民普及排水管线改造的必要性、紧迫性及其对城市环境、公共健康的长远影响。通过这些宣传活动,居民能够更好地理解改造工程的意義,减少对施工过程的抵触情绪。此外,还可以通过宣传活动向市民传递如何在施工期间保持环境整洁、节水节能的知识,增强他们的环保责任感。

鼓励居民积极参与到排水系统的建设和改造过程中,能够进一步提升项目的民众支持度。政府可以组织形式多样的居民参与活动,例如邀请居民代表参与项目的规划讨论,或设立意见反馈渠道,收集市民的意见和建议。居民的参与不仅能够促进项目设计与实施的民主化,也有助于

工程方案的优化,使其更符合社区的实际需求。通过这种方式,政府可以增强市民对项目的归属感和认同感,让公众不仅是受益者,还是项目的共同推动者。为了保障公众的合法权益,政府应当制定相关政策,确保居民在施工期间的正常生活不受过多影响。政府可以通过法律法规规定施工单位在执行过程中必须严格遵守环保标准,采取必要的隔音、降尘等措施,尽量减少施工噪音和粉尘污染,降低对周围居民生活的干扰。同时,在施工过程中,确保施工单位按时完成承诺的项目进度,避免施工拖延或反复造成的不便。通过这些措施,既能减少施工对居民生活的负面影响,也能增强居民对政府管理的信任和支持,进一步推动排水管线改造工作的顺利进行^[6]。

3 结语

雨污分流系统的改造是一个复杂而系统的工程,涉及规划设计、技术施工、资金投入、管理运维等多个方面。在推进城市排水管线改造时,应针对历史管网的老化、资金短缺、施工难度大和管理困难等难点,采取切实有效的对策,确保改造项目顺利完成,提升城市排水能力,减少水环境污染。只有综合考虑各方面因素,推动技术创新与资金保障,才能实现雨污分流系统的高效运行,提升城市的生态环境质量。

[参考文献]

- [1]齐猛.基于GIS技术的海绵城市雨污分流排水管网规划研究[J].中国资源综合利用,2025,43(1):40-42.
- [2]杨辰,蔡瑜.城市排水管网雨污分流改造方案分析——以武汉某项目为例[J].环境保护与循环经济,2024,44(12):15-18.
- [3]倪琦.老城区雨污分流改造的设计要点——以自贡市汇东和南湖片区改造工程为例[J].未来城市设计与运营,2024(10):17-19.
- [4]杨魁志.旧城区排水管网雨污分流改造设计与思考[J].环境保护与循环经济,2024,44(6):33-38.
- [5]安正芸.论景泰县城区排水管网雨污分流改造的必要性[J].黑龙江水利科技,2022,50(11):174-176.
- [6]刘雪文.城市排水管网雨污分流工程改造技术难点和应对措施的研究[J].城市建设理论研究(电子版),2023(30):192-195.

作者简介:张丹(1984—),女,天津大学毕业,硕士研究生,现就职于河北省城乡规划设计研究院有限公司给排水工程规划设计岗。

浅谈海绵城市理念在市政给排水设计中的运用

王宽浩 龚正威

中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430010

[摘要]随着城市化进程的加速,城市规模不断扩大,人口持续增长,城市的基础设施面临着前所未有的挑战,其中市政给排水系统的重要性日益凸显。传统的市政给排水设计在应对城市发展带来的诸多问题时,逐渐暴露出其局限性。在此背景下,海绵城市理念应运而生。海绵城市理念强调城市像海绵一样,在适应环境变化和应对自然灾害等方面具有良好的“弹性”。下雨时吸水、蓄水、渗水、净水,需要时将蓄存的水“释放”并加以利用,通过构建自然积存、自然渗透、自然净化的城市水循环系统,实现雨水的有效管理和利用,缓解城市内涝,提高水资源利用效率,改善城市水环境,因此,深入研究海绵城市理念在市政给排水设计中的运用,对于推动城市的可持续发展具有重要的理论和实践价值。

[关键词]海绵城市;市政给排水;设计

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15652

中图分类号: TU992.02

文献标识码: A

Brief Discussion on Application of Sponge City Concept in Municipal Water Supply and Drainage Design

WANG Kuanhao, GONG Zhengwei

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

Abstract: With the acceleration of urbanization, urban scale continues to expand, population continues to grow, and urban infrastructure is facing unprecedented challenges, among which the importance of municipal water supply and drainage systems is increasingly prominent. Traditional municipal water supply and drainage design has gradually exposed its limitations in addressing the many problems brought about by urban development. In this context, the concept of sponge city emerged. The sponge city concept emphasizes that cities, like sponges, have good "resilience" in adapting to environmental changes and responding to natural disasters. When it rains, it absorbs, stores, seeps, and purifies water. When needed, the stored water is "released" and utilized. By constructing a natural accumulation, natural infiltration, and natural purification urban water circulation system, effective management and utilization of rainwater can be achieved, urban waterlogging can be alleviated, water resource utilization efficiency can be improved, and urban water environment can be improved. Therefore, in-depth research on the application of sponge city concept in municipal water supply and drainage design has important theoretical and practical value for promoting the sustainable development of cities.

Keywords: sponge city; municipal water supply and drainage; design

1 海绵城市理念

海绵城市理念作为一种创新的城市雨洪管理和水资源利用模式,近年来在全球范围内得到了广泛关注和应用。它以自然海绵体为灵感,通过一系列工程和非工程措施,使城市能够像海绵一样,在适应环境变化和应对自然灾害等方面具有良好的“弹性”。

海绵城市理念的核心内涵在于实现城市雨水的自然积存、自然渗透、自然净化和有效利用。在城市建设中,充分发挥建筑、道路、绿地、水系等生态系统对雨水的吸纳、蓄渗和缓释作用,有效控制雨水径流,减少城市内涝的发生,提高水资源的利用效率,改善城市的生态环境。当降雨发生时,城市中的绿地、湿地、透水铺装等设施能够像海绵一样吸收雨水,将其储存起来;随着时间的推移,储存的雨水逐渐渗透到地下,补充地下水,减少地表径流的产生;同时,通过植物、土壤等的过滤和净化作用,对

雨水进行自然净化,使其达到一定的水质标准;在需要时,储存的雨水可以被释放并加以利用,用于灌溉、冲刷、洗车等,实现水资源的循环利用。

2 市政给排水设计现存问题洞察

2.1 排水设施陈旧与不完善

在城市化进程快速推进的当下,城市排水设施的陈旧与不完善问题日益凸显,已成为制约城市可持续发展的重要因素。城市排水管道老化是一个普遍存在的现象,许多城市的排水管道建设年代久远,使用年限已远超设计寿命。根据相关统计数据,部分城市排水管道的平均使用年限已达30年甚至更久。老化的管道不仅容易出现破裂、渗漏等问题,导致污水外溢,污染周边环境,还会降低排水能力,影响城市排水系统的正常运行。排水能力不足也是当前城市排水系统面临的严峻问题之一。随着城市规模的不断扩大和人口的持续增长,城市的排水量大幅增加,而现

有的排水系统在设计之初,往往未能充分考虑到城市未来的发展需求,导致排水能力无法满足实际排水量的增长。在一些大城市,每逢暴雨季节,排水系统便不堪重负,出现内涝现象,道路积水严重,交通瘫痪,给居民的出行和生活带来诸多困扰。

2.2 水资源浪费与利用率低下

在城市水资源管理中,雨水作为一种宝贵的自然资源,其有效利用对于缓解城市水资源短缺、改善城市生态环境具有重要意义。然而,当前许多城市在雨水资源利用方面存在明显不足,大量雨水未得到有效收集和利用,直接排放入城市排水系统,造成了水资源的严重浪费。

在一些城市,每逢降雨,大量雨水顺着硬化的路面迅速流入下水道,最终排入江河湖海,未能得到充分的利用。根据相关研究数据显示,我国城市雨水利用率普遍较低,大部分城市的雨水利用率不足 10%。在北方一些缺水城市,虽然降雨量相对较少,但如果能有效收集和利用雨水,将在一定程度上缓解水资源短缺的压力。然而,实际情况是,这些城市的雨水收集设施建设不完善,雨水利用技术应用不足,导致大量雨水白白流失。

城市水资源的浪费现象不仅体现在雨水资源的未有效利用上,还体现在城市用水过程中的诸多环节。在工业生产中,一些企业的用水效率较低,存在着严重的水资源浪费现象。部分企业的生产工艺落后,用水设备老化,导致单位产品用水量过高,水资源的重复利用率较低。

在城市居民生活用水方面,也存在着许多浪费水资源的行为。一些居民的节水意识淡薄,在日常生活中存在长流水、过量用水等现象。刷牙时不关水龙头、洗澡涂肥皂时不关水龙头、用过量水洗车等行为屡见不鲜。据统计,家庭中如果不注意改掉这些不良的用水习惯,水资源浪费量可达总用水量的 30%以上。

在城市的公共用水领域,如城市绿化、道路冲洗等,也存在着水资源浪费的问题。许多城市在绿化灌溉中,仍然采用大水漫灌的方式,这种灌溉方式不仅用水量大,而且水资源的利用效率低,大部分水分在蒸发和渗漏中损失掉了。在道路冲洗方面,一些城市使用大量的自来水进行冲洗,而没有充分利用再生水或雨水等替代水源。

2.3 内涝风险与应对能力薄弱

城市内涝是当前城市发展面临的严峻挑战之一,其发生会给城市的正常运转和居民的生活带来诸多不利影响。城市内涝发生的原因是多方面的,其中气候变化和城市化进程的加速是两个重要因素。随着全球气候变化,极端天气事件的发生频率和强度不断增加,暴雨等强降水天气愈发频繁。这些极端降水事件在短时间内产生大量雨水,远远超出城市现有排水系统的承载能力,从而引发内涝。城

市化进程的加快导致城市土地的大规模开发,大量的自然地表被硬化,如柏油路、水泥路等。这些硬化地面阻碍了雨水的自然渗透,使得雨水无法及时渗入地下,只能形成地表径流,增加了城市排水系统的压力。城市的快速发展还导致城市排水系统的规划和建设滞后,无法满足城市发展的需求。排水设施的维护和管理不善也是导致排水系统应对内涝能力薄弱的重要原因。一些城市对排水设施的维护投入不足,排水管道长期得不到清理和维修,导致管道堵塞、破损,排水能力下降。在一些城市,排水管道中堆积了大量的杂物和淤泥,严重影响了排水效率。对排水系统的管理缺乏有效的协调机制,各部门之间职责不清,在应对内涝时无法形成合力,也影响了排水系统的运行效果。

3 海绵城市理念在市政给排水设计中的应用策略

3.1 人行道设计优化

在人行道设计中,采用透水铺装材料是践行海绵城市理念的关键举措。透水铺装材料具有独特的孔隙结构,能够使雨水迅速渗透到地下,有效减少地表积水。常见的透水铺装材料包括透水砖、透水混凝土等。透水砖是一种以无机非金属材料为主要原料,经加工、成型、烧结等工艺制成的具有透水性能的砖材。其表面有许多细小的孔隙,雨水能够通过这些孔隙快速下渗,同时还具有较好的防滑性能,确保行人的行走安全。透水混凝土则是由粗、细骨料、水泥、水和外加剂等按一定比例配制而成的一种多孔轻质混凝土,具有较高的透水性和强度,能够承受一定的荷载。

此外,在人行道排水设计中,还应合理设置雨水口的位置和数量。雨水口应布置在地势较低的位置,以便及时收集雨水。同时,雨水口的数量应根据人行道的面积、坡度以及当地的降雨强度等因素进行合理确定,确保能够有效排除雨水。在一些降雨强度较大的地区,可以适当增加雨水口的数量,并采用较大口径的雨水口,以提高排水能力。还可以在雨水口处设置滤网等装置,防止杂物进入排水系统,造成堵塞。

3.2 车行道设计变革

在车行道设计中,引入海绵城市理念意味着对传统设计方式进行全面革新。其中,透水路面材料的选用是关键变革之一。车行道相较于人行道,承受着更大的荷载和交通流量,因此对路面材料的强度和耐久性要求更高。在海绵城市理念的指导下,上层选用透水沥青混凝土成为一种理想选择。透水沥青混凝土具有独特的孔隙结构,其孔隙率通常在 15%~25%之间,能够使雨水迅速渗透到路面下层,有效减少路面积水。与传统沥青混凝土相比,透水沥青混凝土不仅具备良好的透水性能,还能在一定程度上降低车辆行驶时产生的噪音,提高行车的舒适性。

为了确保车行道的结构稳定性,中层和下层通常采用非透水性材料。中层采用密实型沥青混凝土,其具有较高的强度和承载能力,能够有效分散车辆荷载,防止路面变形。下层则采用水泥稳定碎石等半刚性基层材料,进一步增强路面的整体强度和稳定性。这种结构设计既保证了雨水能够顺利渗透到地下,又防止了雨水对路基的侵蚀,从而延长了道路的使用寿命。

在车行道的排水设计中,合理设置排水坡度和排水设施至关重要。排水坡度的设置应根据道路的纵坡和横坡进行综合考虑,一般来说,车行道的纵坡宜控制在 $0.3\%\sim 6\%$ 之间,路拱横坡宜控制在 $1\%\sim 1.5\%$ 之间。这样的坡度设置能够保证雨水在重力作用下迅速流向排水设施,避免积水的形成。排水设施方面,除了传统的雨水口外,还可以设置盲沟等辅助排水设施。盲沟通常设置在车行道两侧或中央分隔带内,其内部填充有透水性材料,如砾石、碎石等,能够收集和引导雨水,使其顺利排入雨水管网。

3.3 绿化带设计创新

在市政给排水设计中,绿化带作为城市生态系统的重要组成部分,其设计创新对于实现海绵城市理念至关重要。设计下凹式绿地是增强绿化带滞蓄雨水能力的关键举措。下凹式绿地通过将绿地高程设计低于周围地面,能够有效收集和储存雨水,增加雨水的下渗量,从而减少地表径流,缓解城市排水压力。

下凹式绿地的设计深度是影响其滞蓄雨水能力的重要因素。根据相关研究和实践经验,下凹式绿地的深度一般宜控制在 $15\sim 20\text{cm}$ 之间。当绿地深度达到 15cm 时,对于设计重现期为2年的降雨,拦蓄率可达 80% 以上;当下凹深度达到 20cm 时,对于设计重现期为5年的降雨,拦蓄率可达 80% 以上。

为了进一步提高下凹式绿地的滞蓄雨水能力,可以在绿地内设置雨水花园、植草沟等设施。雨水花园是一种人工挖掘的浅凹绿地,内种有耐水植物,能够收集和储存雨水,通过植物的蒸腾作用和土壤的渗透作用,使雨水逐渐蒸发和下渗。植草沟则是一种表面种植有植被的排水渠道,它能够通过植被的拦截和土壤的过滤作用,减缓雨水的流速,减少雨水的冲刷力,同时还能对雨水进行净化。

在绿化带设计中,还应合理设置雨水口的位置和高度。雨水口应布置在绿地的低洼处,以便及时收集雨水。雨水口的高度应高于绿地地面一定距离,一般为 $5\sim 10\text{cm}$,以防止雨水倒灌。

3.4 附属设施设计改进

路缘石作为城市道路边缘排水的关键设施,在海绵城市理念下,其设计改进对于优化雨水管理至关重要。路缘石主要分为平缘石和立缘石,平缘石的标高与周围地表齐

平,这种设计能够引导径流雨水顺畅地流入绿化带,增加雨水的渗透和滞留。在一些城市的海绵城市建设项目中,平缘石的应用使得道路两侧的绿化带能够充分吸收雨水,减少了地表径流的产生。立缘石则高于周围地表,当雨水与立缘石齐高时,雨水会溢流到雨水口。然而,传统的立缘石有时会导致路面雨水不能及时流入绿化带,为解决这一问题,可以对立缘石进行打孔或豁口处理,使雨水能够顺利流入绿化带。

边沟作为排水系统的重要组成部分,其设计改进也不容忽视。在海绵城市理念下,植草边沟是一种较为理想的边沟形式。植草边沟内种植有耐水植物,通过植物的拦截和土壤的过滤作用,能够有效地削减面源污染,同时还能起到美化环境的作用。

在附属设施设计改进过程中,还应注重设施之间的衔接和配合。路缘石、边沟与雨水口、绿化带等设施应形成一个有机的整体,确保雨水能够在各个设施之间顺畅流动,实现雨水的有效收集、储存和利用。

3.5 雨水收集与利用系统构建

构建雨水收集与利用系统是海绵城市建设的关键环节,对于实现雨水的资源化利用、缓解城市水资源短缺以及改善城市生态环境具有重要意义。

在雨水收集系统方面,屋面雨水收集是一种常见且有效的方式。通过在建筑物屋顶设置雨水收集装置,如雨水斗、雨水管等,将屋面的雨水收集起来。对于一些大型建筑物,可以采用虹吸式雨水收集系统,这种系统利用虹吸原理,能够快速、高效地收集屋面雨水,提高雨水收集效率。

地面雨水收集则主要通过透水铺装、下沉式绿地、雨水花园等设施来实现。透水铺装能够使地面雨水迅速渗透到地下,补充地下水;下沉式绿地和雨水花园则可以收集和储存地面雨水,通过植物和土壤的净化作用,对雨水进行初步处理。

雨水净化系统是确保雨水能够被有效利用的重要保障。自然净化是一种简单而有效的雨水净化方式,主要利用土壤、植物和微生物的自然净化作用。雨水在渗透到地下的过程中,土壤中的颗粒物质能够过滤雨水中的悬浮物,植物的根系可以吸收雨水中的营养物质,微生物则能够分解雨水中的有机物,从而使雨水得到净化。人工净化则是通过采用物理、化学和生物等方法,对雨水进行更深度的处理。常见的人工净化方法包括过滤、沉淀、消毒等。在雨水收集系统中设置砂滤池、沉淀池等设施,去除雨水中的杂质和污染物;采用紫外线消毒或加氯消毒等方法,杀灭雨水中的细菌和病毒,确保雨水的水质符合使用要求。

4 结语

本研究围绕海绵城市理念在市政给排水设计中的运

用展开深入探讨,全面剖析了海绵城市理念,并详细分析了市政给排水设计现存的问题,进而提出了海绵城市理念在市政给排水设计中的应用策略,未来,海绵城市理念在市政给排水设计领域的研究具有广阔的前景和丰富的方向。在技术创新与优化方面,应聚焦于开发更加高效、智能的海绵城市技术和设备。研发新型的透水材料,提高其透水性能、强度和耐久性,以满足不同场景下的应用需求;利用大数据、人工智能等技术,实现对海绵城市设施的实时监测和智能调控,提高设施的运行效率和管理水平。通过传感器实时收集雨水流量、水质、水位等数据,利用人工智能算法对数据进行分析和预测,及时调整海绵城市设施的运行参数,实现对雨水的精准管理。

[参考文献]

- [1]刘超,朱建宇,刘爽,等.海绵城市理念在市政给排水设计中的运用分析[J].智能城市应用,2023,6(8):4-6.
 - [2]蹇汶豫.关于海绵城市理念在市政给排水设计中的应用探研[J].中国科技期刊数据库工业A,2023(1):3.
 - [3]李林娟.海绵城市理念在市政给排水设计中的应用研究[J].现代物业,2023(4):178-180.
- 作者简介:王宽浩(1997.2—),男,学历:本科,毕业院校:湖北理工学院,所学专业:给排水科学与工程,目前职称:助理工程师;龚正威(1998.2—),男,学历:硕士,毕业院校:兰州交通大学,所学专业:建筑与土木工程,目前职称:助理工程师。

提高市政给排水设计合理性的有效措施研讨

彭达龙

中交四航局港湾工程设计院有限公司, 广东 广州 510230

[摘要]市政给排水系统作为城市基础设施的关键组成部分,随着城市化进程的加速,城市规模不断扩张,人口持续增长,城市功能日益多元化和复杂化,对市政给排水系统的要求也越来越高。然而,在实际的市政给排水设计中,由于受到多种因素的影响,存在着诸多不合理之处。这些不合理的设计不仅影响了给排水系统的正常运行,给居民的生活带来了极大的困扰,也制约了城市的可持续发展,增加了城市运行的成本和风险。因此,研究提高市政给排水设计合理性的有效措施具有十分重要的现实意义。

[关键词]市政给排水;设计;有效措施

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15654

中图分类号: TU992

文献标识码: A

Discussion on Effective Measures to Improve the Rationality of Municipal Water Supply and Drainage Design

PENG Dalong

CCCC FHEC Harbor Engineering Design Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510230, China

Abstract: As a key component of urban infrastructure, the municipal water supply and drainage system has been increasingly required due to the acceleration of urbanization, the continuous expansion of urban scale, the continuous growth of population, and the increasing diversification and complexity of urban functions. However, in actual municipal water supply and drainage design, there are many unreasonable aspects due to various factors. These unreasonable designs not only affect the normal operation of the water supply and drainage system, causing great inconvenience to residents' lives, but also constrain the sustainable development of the city, increasing the cost and risk of urban operation. Therefore, studying effective measures to improve the rationality of municipal water supply and drainage design has significant practical significance.

Keywords: municipal water supply and drainage; design; effective measures

1 市政给排水设计的重要作用

市政给排水设计首要任务是确保居民用水的水量充足与水质达标,以满足城市居民日常生活的基本需求。在水量方面,设计人员需依据城市的人口规模、用水习惯以及未来发展趋势等因素,精确预测城市的用水量,从而合理规划供水设施的规模和供水能力。在水质方面,市政给排水设计要严格遵循国家和地方的水质标准,从水源地保护、取水、水处理到供水的全过程,采取一系列有效的措施来保障水质安全。在水源地保护方面,划定水源保护区,严格限制周边的开发活动,防止工业废水、生活污水以及农业面源污染对水源地造成污染;在取水环节,选择合适的取水点和取水方式,确保取到的原水水质良好;在水处理过程中,采用先进的水处理工艺,如沉淀、过滤、消毒等,去除水中的杂质、微生物、重金属等有害物质,使处理后的水质达到国家规定的饮用水标准;在供水环节,加强对供水管网的维护和管理,防止管网二次污染,确保居民能够用上干净、卫生的饮用水。因此,完善城市雨水排放系统,提高其排水能力,是保障城市安全运行和居民生活质量的重要举措。

2 提高市政给排水设计合理性的有效措施

2.1 科学规划与合理布局

2.1.1 结合城市总体规划

在商业区,由于商业活动频繁,人员密集,用水需求较大且集中在白天,对水质和水压的要求也较高。因此,在给排水设计中,应确保商业区有充足的供水能力,合理设置供水管道的管径和水压,以满足商业用水的需求。要注重排水系统的设计,及时排除商业活动产生的污水和废水,避免积水对商业运营造成影响。

住宅区的给排水设计则应充分考虑居民的生活习惯和用水特点。居民用水主要集中在早晚时段,用于日常生活的各个方面,如饮用、洗漱、烹饪、洗衣等。因此,在住宅区的供水设计中,应合理规划供水管道的布局,确保居民能够方便地接入供水系统,并且保证水压稳定,水质符合饮用水标准。在排水方面,要注重生活污水的收集和处理,合理设置污水管道和污水处理设施,确保生活污水能够得到有效处理,达标排放。为了满足居民对生活环境的要求,还可以在住宅区设置雨水收集系统,将收集到的雨水用于小区的绿化灌溉、道路冲洗等,实现水资源的循

循环利用，节约水资源。

工业区的给排水需求更为复杂，不同类型的工业企业对水质、水量和水压的要求各不相同。一些高污染工业企业会产生大量含有特殊污染物的废水，如重金属废水、有机废水等，这些废水需要经过专门的处理工艺才能达标排放。因此，在工业区的给排水设计中，应根据不同工业企业的特点，进行分类规划和设计。对于高污染工业企业，应设置专门的污水处理设施，采用先进的污水处理工艺，确保废水达标排放，减少对环境的污染。对于用水量大的工业企业，应合理规划供水管道，确保其用水需求得到满足。工业区还应注重工业用水的循环利用，提高水资源的利用效率，降低生产成本。

2.1.2 优化给排水管网布局

在管径设置方面，需要综合考虑多种因素。要根据城市的用水量和排水量预测结果，合理确定给排水管道的管径。如果管径过小，会导致水流速度过快，增加管道的压力损失，影响供水和排水的效果；如果管径过大，则会造成资源浪费和建设成本的增加。在进行管径计算时，应采用科学的方法，结合城市的实际情况，如地形地貌、人口分布、用水需求等，确保管径的设置符合实际需求。对于供水管道，还应考虑未来城市发展和用水需求增长的因素，预留一定的管径余量，以适应城市的发展变化。

管位的合理设置同样不容忽视。给排水管道的管位应根据城市的道路、建筑物等布局进行合理规划。供水管道应尽量靠近用水大户，如大型工厂、医院、学校等，以减少供水管道的长度和压力损失，提高供水效率。排水管道则应根据地形坡度和排水方向进行布置，确保污水和雨水能够顺利自流进入污水处理厂或自然水体。在城市道路下铺设给排水管道时，要与其他地下管线，如电力、通信、燃气等，进行合理的协调和避让，避免出现管道交叉和冲突的情况。

2.2 创新设计理念与方法

引入海绵城市理念，海绵城市理念作为一种创新的城市建设理念，近年来在市政给排水设计中得到了广泛的关注和应用。该理念强调城市像海绵一样，在适应环境变化和应对自然灾害等方面具有良好的“弹性”，下雨时吸水、蓄水、渗水、净水，需要时将蓄存的水“释放”并加以利用，实现雨水在城市中的自然循环和有效利用。

运用 BIM 技术辅助设计，BIM (Building Information Modeling) 技术，即建筑信息模型技术，作为一种数字化的设计工具，在市政给排水设计中具有显著的优势，能够实现给排水设计的可视化，BIM 技术可以通过对给排水系统的各种参数进行分析和模拟，为设计优化提供科学依据。利用 BIM 技术的水力分析功能，可以对给排水管道的水流速度、压力分布等进行模拟分析，优化管道的管径和坡度，确保供水的压力和流量满足用户需求，

同时减少管道的能量损失。BIM 技术还可以对污水处理厂的处理工艺进行模拟分析，优化处理流程和设备选型，提高污水处理的效率和质量。运用 BIM 技术辅助市政给排水设计，能够实现设计的可视化、协同化和优化，有效提高设计的质量和效率，减少设计错误和施工风险，降低项目成本。在未来的市政给排水设计中，应进一步推广和应用 BIM 技术，加强设计人员的 BIM 技术培训，提高其应用水平和能力，充分发挥 BIM 技术的优势，为市政给排水工程的建设和发展提供更加有力的技术支持。

2.3 加强给排水管道设计

2.3.1 合理选择管道材料

在市政给排水管道设计中，合理选择管道材料是确保给排水系统正常运行的关键环节。不同的管材具有各自独特的性能特点和适用场景，同时其成本也存在差异，因此在选择管材时，需要综合考虑多方面因素，以实现技术与经济的最佳平衡。

钢管是一种常用的管材，具有强度高、耐高压、韧性好等优点。在一些对管道强度和密封性要求较高的场合，如城市供水的主干管、穿越河流和铁路等特殊地段的管道，钢管是较为理想的选择。由于钢管的耐腐蚀性相对较差，尤其是在潮湿的环境中容易生锈，因此在使用钢管时，通常需要采取防腐措施，如涂覆防腐涂料、采用阴极保护等，这会增加一定的成本。

铸铁管也是一种传统的管材，其具有良好的耐腐蚀性和耐久性，在排水系统中应用较为广泛。尤其是在一些对水质要求不高的污水排放管道中，铸铁管能够发挥其优势。然而，铸铁管的重量较大，施工难度相对较高，且其水流阻力较大，可能会影响排水效率。随着技术的发展，球墨铸铁管逐渐得到应用，球墨铸铁管在保持铸铁管耐腐蚀性的基础上，提高了强度和韧性，降低了重量，施工相对方便，但其成本相对普通铸铁管较高。

塑料管是近年来发展迅速的一类管材，常见的有聚乙烯 (PE) 管、聚丙烯 (PP) 管、聚氯乙烯 (PVC) 管等。塑料管具有重量轻、耐腐蚀、水流阻力小、施工方便等优点，且价格相对较为经济。PE 管具有良好的柔韧性和抗冲击性，适用于各种地形条件下的给排水管道铺设，在城市供水和排水系统中得到了广泛应用。PVC 管则具有较高的硬度和刚度，成本较低，常用于建筑排水管道和一些小型的给排水工程中。然而，塑料管的耐高温性能相对较差，在高温环境下可能会发生变形或老化，因此在使用时需要根据具体情况进行选择。

复合管是将两种或两种以上不同材质的材料组合在一起制成的管材，其结合了不同材料的优点，具有更优异的性能。钢塑复合管是在钢管的内壁衬上塑料层，既具有钢管的强度和刚度，又具有塑料管的耐腐蚀性和光滑内壁，减少了水流阻力，适用于一些对水质要求较高的供水管道。

铝塑复合管则是由铝合金层和塑料层复合而成,具有良好的耐腐蚀性、保温性能和柔韧性,常用于建筑内的冷热水供应管道。复合管的成本相对较高,但其性能优势使其在一些特定场合具有较高的应用价值。

2.3.2 优化管道连接与铺设方式

先进的管道连接技术和合理的铺设方法对于减少给排水管道的漏水和堵塞问题,保障给排水系统的正常运行至关重要。在市政给排水工程中,应积极采用先进的连接技术,并遵循科学的铺设原则,以提高管道系统的可靠性和耐久性。

在管道连接技术方面,热熔连接是一种常用的连接方式,尤其适用于塑料管道。以 PE 管为例,热熔连接通过加热管材和管件的连接部位,使其达到熔融状态,然后迅速将两者对接并施加一定的压力,使管材和管件牢固地连接在一起。这种连接方式能够使管材和管件形成一个整体,密封性能好,连接强度高,有效减少了漏水的风险。在某城市的供水管道改造工程中,采用热熔连接技术对 PE 管进行连接,经过长期运行监测,连接部位未出现漏水现象,保障了供水的稳定性。

电熔连接也是一种可靠的连接技术,主要用于一些特殊管材或对连接质量要求较高的场合。电熔连接是利用电熔管件内的电阻丝通电发热,使管件和管材的连接部位熔化,从而实现连接。这种连接方式操作简便,连接质量稳定,能够适应不同的施工环境和管材类型。在一些燃气管道工程中,由于对管道的密封性和安全性要求极高,常采用电熔连接技术,确保了燃气输送的安全可靠。

对于金属管道,焊接连接是一种传统而有效的连接方式。焊接连接能够使管道之间形成高强度的连接,具有良好的密封性和耐久性。在供水主干管等重要部位的钢管连接中,焊接连接被广泛应用。在焊接过程中,需要严格控制焊接工艺参数,确保焊接质量。要对焊接部位进行探伤检测,及时发现和处理焊接缺陷,以保障管道的安全运行。

在管道铺设方面,合理的铺设坡度是确保排水畅通的关键。排水管道应根据地形和排水方向设置适当的坡度,一般情况下,排水管道的最小坡度应符合相关规范要求。在地势平坦的地区,为了保证排水流速,防止污水在管道内淤积,可适当增大排水管道的坡度。对于重力流排水管道,应避免出现倒坡现象,以免造成排水不畅和堵塞。

管道的埋深也是铺设过程中需要重点考虑的因素。管道的埋深应根据当地的地质条件、冰冻深度、地面荷载等因素确定。在寒冷地区,为了防止管道被冻裂,管道的埋深应在冰冻线以下。管道的埋深还应考虑地面荷载的影响,确保管道在承受地面荷载时不会发生变形或损坏。在城市道路下铺设给排水管道时,需要根据道路的设计荷载和交通流量,合理确定管道的埋深,以保障管道的安全和道路的正常使

用。为了减少管道堵塞的风险,在铺设过程中应合理设置检查井和清扫口。检查井是排水管道的重要附属设施,便于管道的维护、检修和疏通。在排水管道的转弯处、分支处以及直线段每隔一定距离应设置检查井。清扫口则用于清除管道内的杂物和沉积物,应根据管道的长度和管径合理设置清扫口的位置和数量。在一些容易产生堵塞的部位,如厨房、卫生间等排水支管与干管的连接处,应设置清扫口,以便及时清理管道内的堵塞物。

2.4 完善雨水排放系统

2.4.1 提高雨水管道排水能力

提高雨水管道排水能力是完善雨水排放系统的关键环节。在实际操作中,加大管径是直接有效的方式之一。设计人员需要依据城市的降雨强度、汇水面积等因素,精准地计算出合适的管径数值。

优化设计也是不可或缺的。通过合理规划管道的走向和坡度,能有效提高雨水的流速,减少积水的可能性。在地形起伏较大的区域,设计人员可以巧妙利用地形高差,使雨水能够依靠重力迅速流动,从而提高排水效率。在某山区城市的排水设计中,根据山区地形特点,设计了具有较大坡度的雨水管道,雨水在管道内的流速明显加快,在短时间内就能将大量雨水排出,有效避免了因雨水积聚而引发的山体滑坡等地质灾害。还可以通过优化管道的布局,减少管道的弯道和阻力,进一步提高排水能力。

为了进一步增强雨水排放能力,还可以采用一些先进的技术和设备。在一些重要的排水节点,可以安装智能排水阀,根据雨水流量自动调节阀门的开启程度,确保排水的顺畅。还可以利用雨水泵站,在暴雨等极端天气下,通过机械提升的方式,将雨水快速排出,减轻排水管道的压力。

2.4.2 合理设置雨水收集设施

合理设置雨水收集设施是实现雨水资源有效利用和缓解城市排水压力的重要举措。雨水花园作为一种常见且有效的雨水收集设施,通过植物、土壤和微生物的协同作用,对雨水进行净化和储存。花园中的植物根系能够深入土壤,增加土壤的孔隙度,促进雨水的渗透。植物本身还能吸收雨水中的部分污染物,起到净化水质的作用。土壤则充当着天然的过滤器,进一步去除雨水中的杂质和有害物质。微生物在这个过程中分解有机物,维持生态系统的平衡。

蓄水池也是重要的雨水收集设施之一。蓄水池的大小和容量应根据周边区域的雨水产生量、用水需求等因素进行合理设计。在一些学校、工厂等用水量大的场所,建设较大容量的蓄水池,能够储存更多的雨水,满足日常的绿化灌溉、道路冲洗等用水需求。

除了雨水花园和蓄水池,还可以设置其他类型的雨水收集设施,如屋顶雨水收集系统、透水铺装等。屋顶雨水收集系统通过在建筑物屋顶安装雨水收集装置,将屋顶的

雨水收集起来,经过处理后用于建筑内部的非饮用水,如冲厕、洗车等。透水铺装则通过采用透水材料,使雨水能够迅速渗透到地下,补充地下水,减少地表径流,降低城市排水压力。

3 结语

本文围绕提高市政给排水设计合理性展开深入研究,市政给排水设计领域有着广阔的研究空间,新技术应用与可持续发展将成为重要的研究方向。随着城市的不断发展和人们生活水平的提高,对市政给排水系统的功能和服务质量也提出了更高的要求。未来,还需加强对给排水系统与城市其他基础设施之间的协同发展研究,促进城市基础

设施的整体优化和协调运行,为城市的可持续发展提供更加坚实的支撑。

【参考文献】

- [1]刘俊.市政给排水设计合理性的提升策略及其研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2023(1):1.
 - [2]廖春玲.市政给排水设计常见问题与解决措施[J].建筑工程技术与设计,2024(27):130-132.
 - [3]金业聪.城市市政给排水设计合理性改进措施研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(2):1.
- 作者简介:彭达龙,男,工程师,主要从事港口码头、市政、公路、建筑等给排水专业设计以及设计咨询工作。

市政道桥建设中的地基施工处理技术研究

高 浩

涡阳市政建设集团有限公司，安徽 亳州 233600

[摘要] 市政道桥建设是城市基础性设施建设，不仅关系到城市的发展进步，还会对人们日常工作生活产生重要的影响。因此，市政道桥工程是极为重要的施工项目。在市政道桥建设中，地基的施工处理技术尤为重要，关系到道桥施工质量的好坏，因此文中以此为研究内容展开阐述，分析了道桥建设中的地基施工处理技术，希望能够促进我国市政道桥工程的发展建设。

[关键词] 市政道桥；地基施工；处理技术

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15660

中图分类号: U416

文献标识码: A

Research on Foundation Construction Treatment Technology in Municipal Road and Bridge Construction

GAO Hao

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

Abstract: Municipal road and bridge construction is the construction of urban infrastructure, which not only relates to the development and progress of the city, but also has an important impact on people's daily work and life. Therefore, municipal road and bridge engineering is an extremely important construction project. In the construction of municipal road and bridge, the construction treatment technology of the foundation is particularly important, which is related to the quality of road and bridge construction. Therefore, this article takes this as the research content to elaborate and analyze the foundation construction treatment technology in road and bridge construction, hoping to promote the development and construction of municipal road and bridge engineering in China.

Keywords: municipal road and bridge; foundation construction; processing technology

引言

在现代城市基础设施中，市政道桥建设占据着核心地位，对于提高交通运输效率和推动区域经济发展具有不可或缺的作用。在道桥建设过程中，地基处理被认为是确保桥梁与道路结构稳定性与安全性的关键环节。由于地基土质的复杂性、土层的多变性及地下水位的波动等因素，工程中常常会出现沉降、倾斜、开裂等质量问题，这些问题直接影响到道路与桥梁的长期安全使用。因此，地基施工的处理必须有效进行，才能保证其承载力和稳定性，进而确保市政道桥的顺利建设。地基施工处理技术多种多样，涵盖了如地基换填、强夯、预应力管桩和地基搅拌桩等多种方法。在每个具体项目中，依据地质条件、施工环境及项目需求，这些技术的应用需要经过精心选择和优化。通过对常用的地基处理技术进行分析和比较，本研究旨在总结其优缺点以及适用范围，为合理选择地基处理方法提供理论支持与实践指导，确保道桥工程能够在稳固与耐久的基础上顺利实施。

1 市政道桥建设及地基处理的重要性

市政道桥建设作为城市基础设施的重要组成部分，对提升城市交通网络的通行能力、改善居民出行条件及促进经济社会发展具有深远影响。道桥工程的质量与安全性在很大程度上依赖于地基的稳定性与承载力，因而地基施工

处理在整个建设过程中占据了至关重要的位置。市政道桥通常需要跨越多种复杂地质条件，如软土、膨胀土、淤泥及湿陷性黄土等。如果地基处理不当，地基沉降不均、承载力不足、结构开裂，甚至桥梁或道路的局部失效等问题可能会发生，这些问题将严重影响工程的使用寿命及安全性。在市政道桥建设中，科学合理的选择与应用适合的地基处理技术，不仅能有效提高地基的稳定性与承载力，降低后期维护成本，还能显著减少道路或桥梁在运营过程中可能面临的安全风险。随着施工技术的不断发展，地基处理方法也在不断创新与改进。换填、堆载预压、搅拌桩、预应力管桩、强夯等技术，各自具有独特的优势，在不同地质条件下被灵活应用。通过这些技术的合理运用，并结合科学的施工管理与质量控制措施，市政道桥工程的长期稳定运行将得到有效保障，以满足城市发展对交通基础设施日益增长的需求。

2 地基施工处理的特点

为了提高软基处理技术的应用效果，首先需了解软基的主要特点：（1）强压缩能力。软基的压缩能力较强，在处理过程中可以通过挤压排水原理有效压缩土壤。然而，由于软基的强压缩性，当挤压排水未能有效固化软基时，内部黏土的稳定性无法得到增强，可能会在后期影响道桥的整体质量；（2）低渗透性。软土地基通常含有较高比例

的黏土和沙土成分,内部颗粒之间的间隙较小,容易将水分固定在土层中。当软土地基的含水量超过 35%时,开挖施工时可能出现基坑积水过多的问题,从而不利于地基处理的质量提高;(3) 高含水量。与常规地基相比,软土地基的含水量较高^[1]。当软土层中的水分达到一定比例时,土壤的流动性会增加,因此,在地基处理中需要特别注意土质的夯实和排水工作。

3 道桥施工中地基施工处理技术的应用

3.1 地基换填技术

地基换填技术是市政道桥施工中常见的地基处理方法之一,广泛应用于提升软弱地基的承载力与变形特性。其基本原理为去除原有低承载力的土层,采用压实力度较高、压缩性较低的材料进行回填,如碎石、砂砾、灰土、素混凝土等,从而增强地基的稳定性,减少沉降变形,确保整体结构的安全性。该技术特别适用于软土地基、湿陷性黄土、膨胀土及杂填土等,尤其是当浅层软弱土层较厚、地基稳定性较差的地区,能够有效避免地基沉降及剪切破坏。在施工过程中,换填材料的选择至关重要,因为换填效果直接受到不同材料的力学特性、渗透性及压实性能的影响。因此,材料的优化选择需根据工程的实际情况进行。例如,在地下水位较高的区域,采用透水性较强的碎石或砂砾,可有效减少因积水引起的沉降不均;而湿陷性黄土的处理可通过掺入石灰或水泥来提升其抗湿陷性能。换填施工时,通常采用分层填筑与分层碾压的方式,以确保填料的密实度与地基的均匀性。同时,施工中要严格控制压实厚度、含水率及压实遍数,避免因施工不当而导致换填层松散或承载力不足。为了进一步提高换填效果,排水固结措施常被采用,例如在填料中使用土工格栅、土工布等材料,以增强地基的整体性,减少沉降变形。对于软土地基较厚的情况,单独依靠换填可能会导致工程量过大且造价较高,因此通常结合其他地基处理技术,如强夯法、预压法或砂石垫层等,以提升施工效率并降低工程成本。尽管地基换填技术在施工工艺上已相对成熟,但在实际应用中仍需根据具体地质条件进行优化设计,严格控制施工质量,确保换填地基的稳定性与长期使用效果。

3.2 堆载预压技术

堆载预压技术是一种通过在地基表面施加临时超载荷,促使地基沉降并提高承载力的地基处理方法,在市政道桥施工中的软土地基加固中得到了广泛应用。其基本原理是通过堆载荷重,促使地基土体中的孔隙水排出,进而降低土体的含水率,提高土颗粒的密实度及抗剪强度,从而增强地基的稳定性。堆载预压特别适用于高压缩性土层,如海相、湖相沉积的淤泥、淤泥质土及软黏土等,尤其是在道路、桥台、涵洞等区域,能够有效防止地基沉降过大,导致路面开裂、结构变形或失稳。堆载材料通常选用砂石、黏土或废渣等,施工时,荷载应按照设计要求逐步堆填,

同时严格控制堆载速率与堆载高度,以避免过快堆载引起地基失稳或发生侧向变形。为了提高固结效率,排水固结技术常与堆载预压技术结合使用,如砂井、袋装砂井或塑料排水板等,协同工作加速孔隙水的排放,从而缩短固结时间并提高施工效率^[2]。在堆载预压施工过程中,地基沉降量、孔隙水压力以及地表隆起等关键参数需要进行动态监测,确保能够及时评估地基的固结状态与沉降趋势,科学判断卸载的时机,以避免地基回弹对结构的稳定性产生不利影响。尽管堆载预压技术具有较低的施工成本且工艺简单,但其周期较长,通常需要数月甚至更长时间来完成固结。因此,在紧张工期的项目中,常结合其他加固措施,如真空预压、强夯或桩基加固等,以提升施工效率。堆载预压技术在桥梁施工中的应用,尤其需充分考虑周边环境及地质条件,避免过大荷载对邻近建筑物或地下管线造成损害。

3.3 地基搅拌桩技术

地基搅拌桩技术是一种通过机械化手段将固化剂(如水泥、石灰或其他添加剂)与原地基土体混合,形成增强承载力和稳定性的桩基结构,广泛应用于软弱地基的加固。在施工过程中,专用的搅拌桩设备通过旋转刀具将固化剂与土体充分混合,促进土颗粒间的胶结反应,改变土壤的物理与化学性质,从而提高其抗压、抗剪强度及耐久性,最终增强地基的承载能力与稳定性。这项技术特别适用于湿陷性黄土、软黏土、淤泥土等低承载力地基的加固,能够有效控制不均匀沉降,减少沉降变形对道桥结构的影响。与传统桩基技术相比,地基搅拌桩施工对环境的扰动较小,施工速度较快,且适用性强,尤其适合空间受限或地下水位较高的施工环境。此外,搅拌桩的深度与直径可以根据不同的地质条件与工程需求进行灵活调整,施工质量可通过实时监测确保,确保达到设计标准。除了基础加固,搅拌桩还可与其他地基处理技术,如排水、堆载预压等,结合使用,从而进一步提升地基的稳定性与长期性能。尽管地基搅拌桩技术在施工中具有较好的适应性与较高的成本效益,但在地下水位较高或软土层较厚的区域,施工工艺可能需要一定的优化与调整,以确保其效果。

3.4 预应力管桩技术

预应力管桩技术是一种将预应力钢筋与混凝土相结合,制造具有较高强度与耐久性的管桩结构,广泛应用于道桥建设中,用以加固软弱地基、提升承载力并减少沉降。其核心原理是通过预先施加预应力,使管桩在受力时能够充分发挥抗弯与抗压能力,从而提高结构的整体稳定性与使用寿命。在施工过程中,通常先在工厂预制符合设计规格的混凝土管桩,并在管桩内部设置钢筋预应力索或钢筋,通过预应力设备施加适当压力,确保桩体具备足够的强度与抗裂能力。随后,通过锤击、静压或振动沉桩等方法,预制管桩被打入地基,桩体与土层的摩擦力形成承载体系,

桩体被深埋至承载力较强的土层。预应力管桩特别适用于地质条件复杂、软弱土层较厚或地下水位较高的区域,能够有效解决地基沉降不均及结构稳定性问题。与传统桩基技术相比,预应力管桩具有施工周期短、成本较低、施工质量可控、受力能力强等优点,广泛适用于桥梁、道路等大型市政工程。在施工过程中,桩的垂直度、沉桩深度以及桩体质量需要严格控制,确保达到设计要求^[3]。为了进一步提高桩基的承载能力,通常结合其他地基处理方法,如砂石垫层、地基换填等,以增强整体加固效果。

3.5 强夯施工技术

强夯施工技术是一种通过高能量冲击夯实地基的技术,广泛应用于道桥建设中,尤其适用于软土的加固与地基处理。其原理是利用夯锤施加的强大冲击力,使土体颗粒重新排列并被压实,从而提高地基的承载力,减少沉降,并有效控制地基的不均匀沉降现象。施工时,通常使用较重且具有较高落距的夯锤,通过多次夯击,逐渐加固地基土层。该技术适合处理软黏土、淤泥土、填土及其他松散土层,通过强夯可以迅速提高土体的密实度和承载力,为道桥、道路等结构提供更加稳定的基础。强夯施工过程简便,施工周期短,且对地基土体的扰动较小,适合在空间有限的环境中实施,特别适用于城市或施工条件受限的地区。此外,强夯技术具有较低的成本,相比其他传统桩基加固方法,如灌注桩或预应力管桩,展现出明显的经济优势和较短的施工周期。然而,在某些特殊的地质条件下,如软土层较厚或地下水位较高的地区,强夯可能需要与其他加固技术,如地基换填或加筋土等,结合使用,以达到更加理想的加固效果。

4 道桥施工中地基施工处理效果的加强策略

4.1 优化施工设计及规划

优化施工设计与规划是提升道桥地基施工处理效果的关键因素之一。科学合理的设计与规划能够确保地基处理技术的有效实施,并保障施工过程的顺利进行。在施工前,必须进行详细的地质勘察,以全面了解地基的土壤性质、地下水位、土层结构等关键信息,为制定施工方案提供必要的依据。通过准确的勘察数据,最合适的地基处理方法,如地基换填、搅拌桩、预应力管桩等,能够被选择,从而确保处理方案具备较强的针对性与效率。此外,施工设计需预见可能出现的各种突发问题,包括地下障碍物、施工设备的限制以及天气变化等,应急预案应提前制定,以便在复杂条件下能够持续推进施工。规划过程中,应合理安排各施工环节的顺序与工期,避免工序之间的交叉干扰,确保施工质量与进度能够同步推进。在设计中,还应注重施工的可操作性与安全性,合适的施工技术与设备需被选择,资源配置应得到优化,从而减少不必要的成本支

出与潜在风险。

4.2 做好施工管理工作

施工管理是确保道桥地基施工处理效果的关键环节,涵盖了现场的日常监督、资源调配、进度控制以及质量保障等多个方面。在地基处理过程中,施工过程必须得到严格监控,确保每项施工技术与标准得以有效执行。例如,强夯、地基换填、桩基施工等地基处理方法,必须按照设计要求严格进行,同时,施工质量控制需加强,防止因施工不当导致的加固效果不达标^[4]。此外,施工现场的材料质量与设备的正常运行也必须得到充分保障,以避免设备故障或材料问题影响施工质量。施工管理的另一重要方面是人员培训与安全管理,确保施工人员了解技术要求与操作规范,并定期进行安全培训与风险评估,从而减少安全隐患的发生。管理过程中,还应建立完善的质量检测体系,采用现代化检测设备和技術,对地基处理效果进行实时监测,确保每一施工环节都符合设计与质量标准。

5 结语

深入研究市政道桥建设中的地基施工处理技术可以发现,桥梁与道路的安全性与其使用寿命在很大程度上由地基的稳定性决定。在复杂地质条件下,适当的地基处理技术,如地基换填、强夯、预应力管桩及地基搅拌桩等,能够显著提升地基的承载力与抗沉降能力,从而确保道桥结构的稳定性与长期安全运行。然而,地质条件、工程规模、施工环境等多种因素会对每种技术的效果与适用性产生制约,因此,合理选择地基处理技术至关重要。此外,施工设计的优化与施工管理的加强,确保技术方案的顺利实施,也是提升地基施工效果的关键。随着技术的持续发展,地基施工处理技术将在市政道桥建设中发挥越来越重要的作用,推动基础设施建设朝着更高效、更安全、更可持续的方向发展。最终,通过合理应用与创新地基处理技术,能够为道桥建设提供更加稳固的基础,确保交通运输网络的稳定与长期发展。

【参考文献】

- [1]刘星.市政道桥建设中的地基施工处理技术研究[J].中国高新科技,2023(18):64-65.
- [2]黄丽丽.市政道桥建设中的地基施工处理技术分析[J].运输经理世界,2022(27):77-79.
- [3]何双,张寇.浅谈市政道桥建设中的地基施工处理技术[J].绿色环保建材,2017(12):110.
- [4]汪爱文.道路桥梁施工中的软土地基处理分析[J].居舍,2020(11):59.

作者简介:高浩(1991.9—),毕业院校:宿州学院,所学专业:土木工程,当前就职单位:涡阳市政建设集团有限公司。

物流包装设备与技术的最新发展趋势

江琿世 陈晓宇 王国立

颐中(青岛)烟草机械有限公司, 山东 青岛 266000

[摘要] 在全球化经济迅猛发展以及电子商务持续扩张的大环境下, 物流行业已然成为推动经济增长的关键力量。包装作为物流流程中的关键环节, 对物流效率、成本和环保有着深远影响。合适的包装设备与技术能够显著提升物流效率。自动化包装设备能够快速、精准地完成包装操作, 极大地缩短了包装时间, 为物流配送的及时性提供了有力保障。合理的包装设计还能减少货物在运输过程中的损坏风险, 确保货物安全抵达目的地, 避免因货物损坏导致的二次运输或退换货, 从而间接提高了物流效率。因此研究物流包装设备与技术的最新发展趋势, 可以为物流包装设备制造商和技术研发机构指明方向, 推动行业技术创新, 促进物流包装设备与技术的持续进步。

[关键词] 包装设备; 技术; 自动化包装设备

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15672

中图分类号: F426.8

文献标识码: A

The Latest Development Trend of Logistics Packaging Equipment and Technology

JIANG Huishi, CHEN Xiaoyu, WANG Guoli

Yizhong (Qingdao) Tobacco Machinery Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China

Abstract: In the context of rapid development of the global economy and continuous expansion of e-commerce, the logistics industry has become a key driving force for economic growth. Packaging, as a key link in the logistics process, has a profound impact on logistics efficiency, cost, and environmental protection. Appropriate packaging equipment and technology can significantly improve logistics efficiency. Automated packaging equipment can quickly and accurately complete packaging operations, greatly reducing packaging time and providing strong guarantees for the timeliness of logistics distribution. Reasonable packaging design can also reduce the risk of damage to goods during transportation, ensure the safe arrival of goods at the destination, avoid secondary transportation or returns caused by damaged goods, and indirectly improve logistics efficiency. Therefore, studying the latest development trends of logistics packaging equipment and technology can provide direction for logistics packaging equipment manufacturers and technology research and development institutions, promote industry technological innovation, and promote the continuous progress of logistics packaging equipment and technology.

Keywords: packaging equipment; technology; automated packaging equipment

1 物流包装设备与技术发展概述

1.1 物流包装设备与技术的重要性

在物流效率提升方面, 包装设备与技术的作用不可忽视。自动化包装设备能够显著提高包装速度, 减少人工操作时间。例如, 自动装箱机可以在短时间内完成大量产品的装箱工作, 相比人工装箱, 效率可提升数倍甚至数十倍。高效的包装技术也能优化包装流程, 减少包装环节的时间浪费。一些先进的包装工艺能够实现快速成型、快速封口等操作, 使包装过程更加流畅, 从而加快整个物流作业的速度。标准化的包装尺寸和形状便于货物的码放和装卸, 提高了运输工具的空间利用率, 减少了运输过程中的空闲时间, 进一步提升了物流效率。对产品的有效保护是物流包装设备与技术的核心功能之一。合适的包装材料和包装结构能够为产品提供良好的缓冲和防护, 减少产品在运输、仓储过程中因碰撞、震动、挤压等造成的损坏。

1.2 现有主要设备与技术类型

包装机是物流包装中不可或缺的设备之一, 其种类繁多,

功能各异。自动化包装机可自动完成包装、封口、贴标等一系列工序, 极大地提高了生产效率, 减少了人工操作。定制化包装机则根据产品的特殊形状、尺寸和包装要求进行定制, 满足了不同产品的个性化包装需求, 多功能包装机具备多种包装功能, 如防震、防潮、防水等, 能够适应不同的物流环境和产品特性。在运输一些对环境敏感的产品, 如药品、精密仪器时, 多功能包装机可以采用特殊的包装材料和工艺, 提供全方位的保护。

分拣机在物流中心的货物分拣环节起着关键作用。常见的分拣机有交叉带分拣机、滑块分拣机和翻盘分拣机等。交叉带分拣机通过载有小型皮带输送机的小车在环形轨道上运行, 将货物准确地分拣到不同的目的地, 其分拣效率高, 可达到每小时数千件甚至上万件。滑块分拣机则利用滑块在轨道上的滑动, 将货物推送到指定的分拣口, 具有结构简单、维护方便等优点, 适用于各种形状和尺寸的货物分拣。翻盘分拣机通过翻盘的翻转将货物分拣到不同的滑道, 分拣准确率高, 能够处理易碎、不规则的货物。

这些分拣机的应用,大大提高了物流中心的分拣效率,减少了人工分拣的错误率。

输送系统是物流包装中实现货物运输的重要设备,包括皮带输送机、滚筒输送机、链条输送机等。皮带输送机是最常见的输送设备之一,它通过皮带的连续运转,将货物平稳地输送到指定位置,具有输送量大、速度快、噪音低等优点,广泛应用于工厂、仓库、物流中心等场所。滚筒输送机则利用滚筒的转动来输送货物,适用于输送各种形状和重量的货物,尤其是对于一些较重的货物,滚筒输送机能够提供更好的支撑和输送效果。链条输送机通过链条的传动来带动货物移动,具有承载能力大、输送距离长等特点,常用于大型货物的输送和生产线的物料传输。

自动化包装生产线能够将产品的输送、包装、封口、贴标等工序有机结合起来,通过自动化控制系统实现全线的协同运作,大大提高了生产效率和包装质量。

智能化技术为物流包装带来了新的变革,使包装设备具备了智能感知、决策和执行的能力。智能包装机器人配备了先进的视觉识别系统和人工智能算法,能够自动识别产品的形状、尺寸和位置,实现精准的抓取和包装操作。智能包装系统还可以实时监测包装过程中的各项参数,如温度、湿度、压力等,一旦发现异常情况,能够及时报警并采取相应的措施,确保包装质量和产品安全。利用大数据分析技术,企业可以对包装数据进行深度挖掘,优化包装设计 and 包装流程,提高包装效率和降低成本。

2 物流包装设备与技术的最新发展趋势

2.1 智能化升级

2.1.1 智能识别与检测技术应用

在当今物流包装领域,智能化升级已成为不可阻挡的发展潮流,其中智能识别与检测技术的应用尤为关键。随着传感器技术、机器视觉技术的飞速发展,它们在物流包装设备中的应用日益广泛,为实现物流包装的智能化、高效化和精准化提供了有力支持。

传感器作为智能识别与检测的基础,能够实时感知包装物品的各种物理参数和状态信息。在包装过程中,重量传感器可精确测量产品的重量,确保每个包装的重量符合标准,避免出现重量偏差过大导致的运输成本增加或客户投诉。压力传感器则可监测包装内部的压力变化,防止包装因压力过大或过小而损坏,确保产品在运输和储存过程中的安全性。对于一些易碎的电子产品,压力传感器可以及时发现包装受到的异常压力,提醒操作人员采取相应的防护措施。温度传感器和湿度传感器对于需要特定环境条件的产品包装至关重要。它们能够实时监测包装内部的温度和湿度,一旦超出设定的范围,系统会立即发出警报,采取相应的调节措施,以保证产品的质量和保质期。

机器视觉技术的兴起,更是为物流包装的智能识别与检测带来了革命性的变化。通过摄像头、图像采集卡和图

像处理软件等组成的机器视觉系统,能够对包装物品进行快速、准确的识别和检测。对于不同规格的商品,机器视觉系统能够准确识别其条形码、二维码或 RFID 标签,获取商品的详细信息,如名称、型号、数量等,为后续的包装、运输和配送提供准确的数据支持。在包装质量检测方面,机器视觉系统可以检测包装的完整性、密封性、印刷质量等。通过对包装图像的分析,能够快速发现包装是否存在破损、漏封、印刷模糊等问题,及时剔除不合格产品,提高包装质量和产品安全性。机器视觉系统还可以对包装内的产品进行检测,确保产品的数量、质量和摆放位置符合要求。

2.1.2 自动化控制与决策系统

自动化控制系统是物流包装设备的核心组成部分,它通过对各种传感器采集的数据进行分析和处理,实现对包装设备的精确控制。在智能包装生产线中,自动化控制系统可以根据预设的程序和参数,自动控制包装机、封口机、贴标机等设备的运行,实现包装过程的自动化和标准化。当产品进入包装生产线时,自动化控制系统能够根据产品的尺寸、重量等信息,自动调整包装设备的参数,确保包装的准确性和一致性。自动化控制系统还可以实现设备之间的协同工作,提高生产线的整体效率。在包装生产线中,包装机、封口机、贴标机等设备通过自动化控制系统实现联动,产品在各个设备之间的传输流畅,减少了生产过程中的停顿和等待时间。

智能决策系统则是在自动化控制系统的基础上,引入人工智能技术和大数据分析技术,实现对物流包装过程的智能决策。智能决策系统可以根据实时采集的数据,在面对大量订单时,智能决策系统可以根据订单的紧急程度、产品种类、包装要求等因素,合理安排生产任务,优化包装生产线的调度,确保订单能够按时完成。智能决策系统还可以根据库存信息,自动调整包装材料的采购计划,避免库存积压或缺货现象的发生。通过对设备运行数据的分析,智能决策系统可以预测设备的故障发生概率,提前进行维护和保养,降低设备故障率,提高设备的可靠性和使用寿命。

2.2 绿色环保化

在物流包装行业绿色环保化的进程中,节能与低污染设备技术的发展至关重要。随着环保要求的日益严格和能源成本的不断上升,物流企业越来越注重采用节能型包装设备和减少设备污染排放的技术,以降低运营成本,减少对环境的影响。

节能型包装机是节能设备技术在物流包装领域的重要应用。节能型包装机通过优化设计和采用先进的节能技术,降低了设备在运行过程中的能源消耗。一些节能型包装机采用了高效的电机和驱动系统,能够根据包装任务的实际需求自动调节功率,避免了能源的浪费。在包装速度

较低时,电机自动降低功率运行,减少了能源消耗;在包装任务繁忙时,电机能够快速提升功率,满足生产需求。采用新型的节能材料和制造工艺,也能有效降低包装机的能耗。一些包装机的机身采用轻质高强度的复合材料制造,减少了设备的重量,从而降低了运行时的能耗。

智能控制系统在节能型包装机中发挥着关键作用。通过智能控制系统,包装机可以实时监测包装过程中的各项参数,如包装速度、温度、压力等,并根据这些参数自动调整设备的运行状态,实现节能运行。在包装不同规格的产品时,智能控制系统能够自动调整包装机的送料速度、封口温度等参数,确保包装质量的同时,最大限度地降低能源消耗。一些节能型包装机还配备了能源管理系统,能够对设备的能源消耗进行实时监控和分析,为企业提供能源使用报告,帮助企业制定节能措施,进一步降低能源成本。

2.3 高效集成化

2.3.1 设备的高速与精准运行

高速分拣机作为物流中心的的核心设备之一,在货物分拣环节发挥着至关重要的作用。以交叉带分拣机为例,其工作原理是通过载有小型皮带输送机的小车在环形轨道上运行,当货物到达分拣口时,小车的皮带输送机启动,将货物准确地输送到对应的分拣滑道,实现货物的快速分拣。交叉带分拣机的高速运行能力令人瞩目,其分拣效率可达到每小时数千件甚至上万件,远远超过了人工分拣的速度。在一些大型电商物流中心,每天需要处理数十万件甚至数百万件的包裹,交叉带分拣机能够在短时间内完成大量包裹的分拣任务,大大提高了物流中心的处理能力。

交叉带分拣机的精准度也是其优势所在。通过先进的传感器和控制系统,它能够准确识别货物的信息,如条形码、二维码等,并根据预设的分拣规则,将货物准确无误地分拣到指定的滑道。这种高度的精准度有效减少了分拣错误,提高了货物分拣的准确性和可靠性。据统计,采用交叉带分拣机的物流中心,分拣错误率可降低至 0.1% 以下,相比人工分拣,大大减少了因分拣错误导致的货物错发、漏发等问题,提高了客户满意度。

除了交叉带分拣机,滑块分拣机和翻盘分拣机等也在物流包装中发挥着重要作用,它们各自具备独特的优势,能够满足不同类型货物的分拣需求。滑块分拣机利用滑块在轨道上的滑动,将货物推送到指定的分拣口,具有结构简单、维护方便等优点,适用于各种形状和尺寸的货物分拣。翻盘分拣机则通过翻盘的翻转将货物分拣到不同的滑道,分拣准确率高,能够处理易碎、不规则的货物。这些高速分拣机的协同应用,进一步提高了物流中心的分拣效率和精准度,实现了物流包装的高效运作。

在包装设备的其他环节,如包装机、封箱机等,也在不断追求高速与精准的运行。自动化包装机通过优化机械结构和控制系统,能够实现快速的包装操作,同时保证包

装的准确性和一致性。一些先进的自动化包装机,如烟草行业的超高速包装机每分钟的折叠次数可以达到 800 包甚至更高,并且能够根据产品的尺寸、重量等参数自动调整包装参数,确保每个包装的质量符合标准。封箱机则通过改善机械结构、升级电控系统、软件算法优化等措施实现运动控制和路径规划的提升,可以使设备在高速运行时能够快速响应和准确定位,减少运动误差,提高包装精度和包装速度,并利用工业计算机和监控软件对设备的运行状态进行实时监控和远程控制,及时发现和解决设备运行过程中出现的问题,保证设备的稳定运行。

设备的高速与精准运行,不仅提高了物流包装的效率,还降低了人工成本和货物损耗。在人力成本不断上升的今天,自动化设备的高效运行能够减少对人工的依赖,降低企业的运营成本。设备的精准运行能够减少货物在包装和运输过程中的损坏,提高货物的安全性,降低企业的损失。

2.3.2 物流包装系统的集成优化

在物流包装系统中,自动化包装生产线是集成优化的典型代表。自动化包装生产线将产品的输送、包装、封口、贴标等工序有机整合,通过自动化控制系统实现全线的协同运作。在一条自动化包装生产线上,产品首先通过高清摄像头和先进的图像识别技术对产品质量进行精准分析,通过皮带输送机或滚筒输送机等输送设备输送到包装区域,然后由自动化包装机根据产品的特点和包装要求进行分拣、包装操作,接着经过封口机进行封口处理,最后由贴标机将产品标签准确地粘贴到包装表面指定位置,利用喷墨或激光喷码技术,在包装上清晰地喷印产品的生产日期、批次号、保质期、追溯码等重要信息,运用重量检测、金属检测、视觉检测等多种技术手段,对包装好的烟草产品进行全面检测,完成整个包装过程。

自动化包装生产线的优势在于其高度的集成性和协同性。各个设备之间通过自动化控制系统实现无缝对接,产品在生产线上的传输流畅,减少了生产过程中的停顿和等待时间,大大提高了生产效率。自动化包装生产线还能够根据预设的程序和参数,自动调整设备的运行状态,保证包装质量的一致性和稳定性。与传统的人工包装方式相比,自动化包装生产线的生产效率可提高数倍甚至数十倍,同时能够有效降低人工成本和包装误差。

除了自动化包装生产线,物流包装系统的集成优化还体现在不同设备和技术之间的协同配合上。在物流中心,分拣机、输送系统和仓储设备等需要紧密配合,实现货物的快速分拣、运输和存储。分拣机将货物准确分拣后,通过输送系统将货物快速输送到指定的仓储区域,仓储设备则根据货物的种类、数量等信息进行合理的存储安排。物流包装系统的集成优化还需要借助信息化技术的支持。通过物联网、大数据、云计算等技术,实现物流包装系统中

各个设备和环节的数据实时共享和交互,为系统的优化提供数据支持。利用物联网技术,将包装设备、输送系统、仓储设备等连接成一个网络,实时采集和传输设备的运行数据、货物的位置信息等。通过大数据分析,对这些数据进行深入挖掘和分析,优化物流包装系统的运行流程,提高系统的效率和可靠性。

3 结语

展望未来,物流包装设备与技术将在智能化、绿色化、高效化等方面持续深入发展,为物流行业的转型升级提供强大动力。随着人工智能技术的不断进步,智能包装设备将具备更强大的学习和决策能力,能够根据不同的包装任务和环境变化,自动调整包装参数和策略。智能包装机器人将能够更好地适应复杂的包装场景,实现更加精准、高效的包装操作。物流包装设备的节能与低污染技术也将不断升级,设备的能源利用效率将进一步提高,污染排放将

进一步降低,实现物流包装的低碳发展。

【参考文献】

- [1]洪航. 物流包装设备市场需求与技术发展趋势[J]. 物流技术与应用,2016,21(12):136-138.
 - [2]林振强,喜崇彬. 物流包装设备和技术新发展[J]. 物流技术与应用,2019,24(6):108-109.
 - [3]万明. 物流包装设备创新发展方向[J]. 物流技术与应用,2019,24(6):118-119.
- 作者简介:江琿世(1991.9—),男,学历:本科,毕业院校:华侨大学厦门工学院,所学专业:机械工程及自动化,目前职称:工程师;陈晓宇(1989.1—)女,学历:本科,毕业院校:潍坊学院,所学专业:机械电气,目前职称:工程师;王国立(1978.3—),男,学历:本科,毕业院校:青岛大学,所学专业:高分子材料,目前职称:工程师。

水利机电一体化技术在现代农业灌溉中的应用

张浩桦

广东华南水电高新技术开发有限公司, 广东 广州 510000

[摘要] 水利机电一体化技术在现代农业灌溉中的应用, 是推动农业现代化和高效用水的重要手段。随着农业生产的规模化和集约化发展, 传统灌溉方式已难以满足现代农业的需求。水利机电一体化技术通过集成水利工程与机电设备, 实现灌溉系统的自动化、智能化和精准化, 显著提高水资源利用效率和灌溉效果。基于此, 以下对水利机电一体化技术在现代农业灌溉中的应用进行了探讨, 以供参考。

[关键词] 水利机电一体化技术; 现代农业灌溉; 应用

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15664

中图分类号: U415.5

文献标识码: A

Application of Integrated Water Conservancy, Mechanical and Electrical Technology in Modern Agricultural Irrigation

ZHANG Haohua

Guangdong Huanan Hydropower High-tech Development Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510000, China

Abstract: The application of water conservancy electromechanical integration technology in modern agricultural irrigation is an important means to promote agricultural modernization and efficient water use. With the large-scale and intensive development of agricultural production, traditional irrigation methods are no longer able to meet the needs of modern agriculture. The integrated technology of water conservancy and electromechanical systems achieves automation, intelligence, and precision in irrigation systems by integrating water conservancy engineering and electromechanical equipment, significantly improving water resource utilization efficiency and irrigation effectiveness. Based on this, the application of water conservancy electromechanical integration technology in modern agricultural irrigation is discussed below for reference.

Keywords: water conservancy electromechanical integration technology; modern agricultural irrigation; application

引言

现代农业灌溉对水资源的高效利用提出了更高要求, 水利机电一体化技术为此提供了有力支持。该技术通过结合水利工程与机电设备, 实现灌溉系统的智能控制和精准管理, 它可以根据作物需水量和土壤条件自动调整灌溉量, 减少水资源浪费。研究水利机电一体化技术在现代农业灌溉中的应用, 不仅可以提高农业生产效率, 还可以为农业节水和水资源管理提供科学依据。

1 水利机电一体化技术概述

水利机电一体化技术是将水利工程与机电设备有机结合, 通过自动化、智能化和信息化手段实现水资源高效利用的综合性技术。该技术广泛应用于农业灌溉、水利发电、防洪排涝和水资源管理等领域, 具有高效、精准和智能的特点。在农业灌溉中, 水利机电一体化技术通过集成传感器、控制器和执行器等设备, 实现灌溉系统的自动控制和精准管理, 能够根据作物需水量和土壤条件自动调节灌溉量, 减少水资源浪费。在水利发电中, 该技术通过优化水轮机、发电机和控制系统, 提高发电效率和运行稳定性, 确保电力供应的可靠性。在防洪排涝中, 水利机电一体化技术通过实时监测水位和流量, 自动调节闸门和泵站,

有效防止洪涝灾害的发生。在水资源管理中, 该技术通过建立信息化平台, 实现水资源的实时监测、调度和优化配置, 提高水资源利用效率。水利机电一体化技术的核心在于通过先进的控制算法和智能化设备, 实现水利系统的自动化运行和精准管理, 显著提高水资源利用效率和工程效益。通过科学的研究和应用, 水利机电一体化技术将为水利工程的高效运行和水资源的可持续利用提供坚实的技术支撑。

2 水利机电一体化技术在现代农业灌溉中的应用

2.1 环境智能采集

水利机电一体化技术在现代农业灌溉中的核心应用之一是环境智能采集。通过部署多种传感器, 如土壤湿度传感器、气象传感器和作物生长传感器, 实时采集农田环境数据, 为灌溉决策提供科学依据。土壤湿度传感器能够精确测量土壤中的水分含量, 确保灌溉量符合作物需求。气象传感器可以监测天气状况, 如温度、湿度、风速和降雨量参数, 预测未来天气变化, 优化灌溉计划。作物生长传播传感器监测作物的生长状态, 如叶面积指数和叶绿素含量, 评估作物的健康状况和需水量。这些传感器数据通过无线传输技术将数据实时上传到中央控制系统分析和

处理。通过环境智能采集,可以实现农田环境的实时监控和精准管理,确保灌溉系统的高效运行,提高水资源利用效率和作物产量。

2.2 专家知识库支持

水利机电一体化技术在现代农业灌溉中的另一重要应用是专家知识库支持。专家知识库集成了丰富的农业灌溉经验和科学知识,为灌溉决策提供智能化支持。通过分析历史数据和实时监测数据,专家知识库能够生成最优的灌溉方案,确保灌溉量符合作物需求。专家知识库还可以根据作物的生长阶段、土壤类型和气候条件,推荐合适的灌溉时间和灌溉量,避免过度灌溉或灌溉不足。同时,专家知识库能够识别农田环境中的异常情况,如土壤干旱或病虫害,及时发出预警并提供解决方案。通过专家知识库支持,可以实现灌溉系统的智能化管理,提高灌溉精度和效率,减少水资源浪费,促进农业可持续发展。

2.3 水肥一体化自动灌溉

水利机电一体化技术在现代农业灌溉中的关键应用是水肥一体化自动灌溉。该技术通过集成灌溉系统和施肥系统,实现水肥的同步施用,提高肥料利用效率和作物产量。水肥一体化自动灌溉系统通过精确控制灌溉量和施肥量,确保水和肥料的均匀分布,满足作物的生长需求。系统根据土壤养分含量和作物需肥量,自动调节肥料浓度和施用量,避免肥料浪费和环境污染。同时,水肥一体化自动灌溉系统能够根据作物的生长阶段和气候条件,优化灌溉和施肥计划,提高水肥利用效率。通过水肥一体化自动灌溉,可以实现农田水肥的精准管理,提高作物产量和品质,促进农业高效生产和可持续发展。

3 水利机电一体化技术在现代农业灌溉中的管理措施

3.1 建立智能化灌溉管理系统

水利机电一体化技术在现代农业灌溉中的管理措施之一是建立智能化灌溉管理系统。该系统集成了传感器和控制器与中央控制系统集成,实现灌溉过程的自动化、智能化和精确化、标准化。智能灌溉管理系统可以实时监测农田环境数据如土壤湿度、气象条件和作物生长状况,为灌溉决策提供科学依据。系统根据监测数据自动生成最优灌溉方案,确保灌溉量符合作物需求,避免过度灌溉或灌溉不足。同时,系统能够根据作物的生长阶段和气候条件,动态调整灌溉计划,提高水资源利用效率。智能化灌溉管理系统还具备远程监控和故障诊断功能,通过移动设备或计算机,用户可以实时查看灌溉系统的运行状态,及时发现并解决问题。通过建立智能化灌溉管理系统,可以实现农田灌溉的精准管理,提高灌溉效率和水资源利用率,促进农业可持续发展。

3.2 实施数据驱动的灌溉决策

水利机电一体化技术在现代农业灌溉中的管理措施

之二是实施数据驱动的灌溉决策。通过收集和分析农田环境数据、作物生长数据和历史灌溉数据,制定科学合理的灌溉方案。数据驱动的灌溉决策能够精确评估作物的需水量和土壤的水分状况,确保灌溉量符合作物需求,避免水资源浪费。系统通过实时监测土壤湿度、气象条件和作物生长状态,动态调整灌溉计划,提高灌溉精度和效率。同时,数据驱动的灌溉决策能够识别农田环境中的异常情况,如土壤干旱或病虫害,及时发出预警并提供解决方案。通过实施数据驱动的灌溉决策,可以实现农田灌溉的智能化管理,提高灌溉效率和水资源利用率,促进农业高效生产和可持续发展。

3.3 推广节水灌溉技术与设备

水利机电一体化技术在现代农业灌溉中的管理措施之一是推广节水灌溉技术与设备。节水灌溉技术通过优化灌溉方式和设备,减少水资源浪费,提高灌溉效率。常见的节水灌溉技术包括滴灌、喷灌和微灌等,这些技术能够精确控制灌溉量,确保水分直接输送到作物根部,减少蒸发和渗漏损失。节水灌溉设备如智能阀门、压力调节器和过滤器等,能够提高灌溉系统的运行效率和可靠性。通过推广节水灌溉技术与设备,可以实现农田灌溉的精准管理,提高水资源利用效率和作物产量。同时,节水灌溉技术与设备能够减少能源消耗和环境污染,促进农业可持续发展。通过科学的管理和技术创新,节水灌溉技术与设备将在现代农业灌溉中发挥更大作用,为农业高效用水和可持续发展提供坚实保障。

3.4 加强灌溉系统的维护与升级

水利机电一体化技术在现代农业灌溉中的管理措施之一是加强灌溉系统的维护与升级。灌溉系统的正常运行是确保高效灌溉的前提,因此需要定期对系统进行维护和检查,及时发现并解决潜在问题。维护工作包括清理过滤器、检查管道和阀门、校准传感器等,以确保设备的精准性和可靠性。同时,随着技术的不断发展,灌溉系统需要不断升级,引入更先进的设备和技术,如智能控制器、高效水泵和精准传感器,以提高系统的运行效率和灌溉精度。通过加强灌溉系统的维护与升级,可以延长设备的使用寿命,减少故障率,确保灌溉系统的稳定运行,为农业高效灌溉提供坚实保障。

3.5 推动农民技术培训与知识普及

水利机电一体化技术在现代农业灌溉中的管理措施之二是推动农民技术培训与知识普及。农民是灌溉系统的直接使用者,其技术水平和操作能力直接影响灌溉效果。因此,需要定期组织技术培训,向农民传授灌溉系统的操作技能和维护知识,提高其技术水平和质量意识。培训内容应包括灌溉设备的使用方法、灌溉计划的制定和执行、常见故障的排除等,确保农民能够熟练操作灌溉系统。同时,通过知识普及活动,向农民宣传高效灌溉的重要性和节水灌溉

的技术方法,增强其环保意识和可持续发展理念。通过推动农民技术培训与知识普及,可以提高农民的技术素质和管理能力,确保灌溉系统的高效运行,促进农业可持续发展。

4 水利机电一体化技术在现代农业灌溉中的未来发展趋势

4.1 智能化与自动化深度融合

水利机电一体化技术在现代农业灌溉中的未来发展趋势之一是智能化与自动化的深度融合。随着人工智能、物联网和大数据技术的快速发展,灌溉系统将实现更高层次的智能化和自动化。智能化灌溉系统能够通过机器学习算法,分析历史数据和实时监测数据,自动生成最优灌溉方案,确保灌溉量符合作物需求。自动化灌溉系统通过集成传感器、控制器和执行器,实现灌溉过程的全程自动化,减少人工干预,提高灌溉效率。未来,智能化与自动化的深度融合将使灌溉系统具备自我学习和自我优化的能力,能够根据作物的生长阶段、土壤类型和气候条件,动态调整灌溉计划,实现精准灌溉。通过智能化与自动化的深度融合,可以显著提高水资源利用效率和作物产量,推动农业可持续发展。

4.2 绿色环保技术的广泛应用

水利机电一体化技术在现代农业灌溉中的未来发展趋势之二是绿色环保技术的广泛应用。随着环保意识的增强和可持续发展理念的普及,绿色环保技术将在灌溉系统中得到广泛应用。绿色环保技术通过优化灌溉方式和设备,减少水资源浪费和能源消耗,降低环境污染。未来,灌溉系统将采用更多节能设备,如太阳能水泵和高效过滤器,减少能源消耗和碳排放。同时,灌溉系统将采用更多环保材料,如可降解管道和无毒涂料,降低对环境的影响。通过绿色环保技术的广泛应用,可以实现农田灌溉的绿色化管理,提高水资源利用效率和环境保护水平,促进农业可持续发展。

4.3 数据共享与协同管理平台的建设

水利机电一体化技术在现代农业灌溉中的未来发展趋势之三是数据共享与协同管理平台的建设。随着信息化技术的快速发展,灌溉系统将实现更高层次的数据共享和协同管理。数据共享平台通过集成农田环境数据、作物生长数据和历史灌溉数据,实现数据的实时共享和综合分析,为灌溉决策提供科学依据。协同管理平台通过集成多个灌溉系统,实现灌溉资源的统一调度和优化配置,提高灌溉效率和水资源利用率。未来,数据共享与协同管理平台将具备更高的智能化和自动化水平,能够根据作物的生长阶段、土壤类型和气候条件,动态调整灌溉计划,实现精准灌溉。通过数据共享与协同管理平台的建设,可以实现农

田灌溉的智能化管理,提高水资源利用效率和作物产量,推动农业可持续发展。

4.4 精准农业与个性化灌溉的结合

水利机电一体化技术在现代农业灌溉中的未来发展趋势之四是精准农业与个性化灌溉的结合。精准农业通过利用先进技术,如遥感、地理信息系统和全球定位系统,实现对农田环境的精确监测和管理。个性化灌溉则根据作物的生长需求、土壤特性和气候条件,制定针对性的灌溉方案,确保每块农田都能获得最优的灌溉量。未来,水利机电一体化技术将更加注重精准农业与个性化灌溉的结合,通过高精度传感器和智能算法,实时监测作物的生长状态和土壤水分含量,动态调整灌溉策略。这种结合不仅能够提高水资源的利用效率,还能减少肥料和农药的使用,降低农业生产的成本和对环境的影响。通过精准农业与个性化灌溉的结合,可以实现农田灌溉的精细化管理,提高作物产量和品质,推动农业向高效、环保和可持续方向发展。

5 结束语

水利机电一体化技术在现代农业灌溉中的应用,为农业高效用水和可持续发展提供了重要的技术支持。通过实现灌溉系统的自动化、智能化和精确化,该技术显著提高了水资源利用效率和灌溉效果。未来,随着技术的不断发展和深化,水利机电一体化技术将在现代农业中发挥更大的作用,为农业现代化和可持续发展提供坚实保障。

【参考文献】

- [1]刘自隆.物联网技术在现代农业节水灌溉中的应用[J].河北农机,2024(24):43-45.
- [2]毛玉洁.智能化农业灌溉排水工程技术的发展趋势与实践探索[J].农村实用技术,2024(12):91-92.
- [3]张彦杰.水利工程技术对农业灌溉系统效率的影响研究[J].中华建设,2024(9):172-174.
- [4]张瑞茹.现代化技术在农业智能灌溉系统中的应用[J].南方农机,2024,55(16):141-143.
- [5]张硕.机电一体化设备在农田水利工程中的应用实践[J].新农业,2023(10):87-88.
- [6]陆礼明.水利工程建设中机电一体化技术的应用分析[J].科技视界,2022(20):202-203.
- [7]陈广华.水利工程建设中机电技术的应用[J].智能城市,2021,5(13):162-163.
- [8]卢辛宇.新型农田水利灌溉技术的应用探讨[J].农业开发与装备,2024(10):62-63.

作者简介:张浩桦(1989—),男,民族:汉,籍贯:广东潮州,职称:工程师,专业:水利机电技术。

机械产品设计中的有限元分析与结构优化

王彬根¹ 陈加利¹ 蔡起跑² 张阿丰³

1. 温州名创知识产权代理有限公司, 浙江 温州 325000
2. 温州名创科技信息服务有限公司, 浙江 温州 325000
3. 浙江广合智能科技有限公司, 浙江 温州 325000

[摘要] 有限元分析 (FEA) 已广泛应用于机械产品设计中, 用于预测和评估产品的性能。通过将产品分解为有限个小单元, FEA 能够准确模拟产品在不同工况下的响应, 为结构优化提供数据支持。本文将探讨有限元分析在机械产品设计中的应用, 并结合结构优化技术, 分析如何通过调整设计参数, 提升产品性能、减少重量、提高强度等目标。通过实例分析, 展示有限元分析与结构优化结合的实际应用效果, 探讨未来的发展趋势。

[关键词] 有限元分析; 结构优化; 机械设计; 性能提升; 数值模拟

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15662

中图分类号: U466

文献标识码: A

Finite Element Analysis and Structural Optimization in Mechanical Product Design

WANG Bingen¹, CHEN Jiali¹, CAI Qipao², ZHANG Afeng³

1. Wenzhou Mingchuang Intellectual Property Agency Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang, 325000, China
2. Wenzhou Mingchuang Technology Information Service Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang, 325000, China
3. Zhejiang Guanghe Intelligent Technology Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang, 325000, China

Abstract: Finite element analysis (FEA) has been widely used in mechanical product design to predict and evaluate product performance. By decomposing the product into a finite number of small elements, FEA can accurately simulate the response of the product under different working conditions, providing data support for structural optimization. This article will explore the application of finite element analysis in mechanical product design, and combine structural optimization techniques to analyze how to improve product performance, reduce weight, and enhance strength by adjusting design parameters. Through case analysis, demonstrate the practical application effect of combining finite element analysis with structural optimization, and explore future development trends.

Keywords: finite element analysis; structural optimization; mechanical design; performance improvement; numerical simulation

引言

随着机械产品设计复杂度的增加, 传统的设计方法已难以满足高精度、高性能的要求。有限元分析 (FEA) 作为一种先进的数值模拟技术, 在机械产品的设计和优化中发挥了重要作用。通过对产品进行离散化处理, FEA 能够准确模拟其在不同工况下的力学行为, 预测结构性能。结合结构优化技术, 可以对设计参数进行调整, 实现更好的设计目标, 如提高强度、降低重量、提升耐久性等。本文将深入探讨有限元分析与结构优化在机械产品设计中的应用, 并通过案例分析展示其优势。

1 有限元分析概述

1.1 有限元法原理

有限元法 (Finite Element Method, FEM) 是一种将连续介质分割为离散单元的数值计算方法, 广泛应用于解决复杂结构和物理场问题。其基本原理是通过将结构或物体划分为有限多个小单元, 然后利用各个小单元的物理方程组 (如平衡方程、材料本构关系等), 建立全局的方程系统, 再通过数值解法求解这些方程, 从而获得结构的变

形、应力、应变等信息。每个单元的行为通过一组简单的代数方程来描述, 通过这些方程的集成, 得到整体结构的响应。有限元分析不仅可以处理静力学问题, 还能应对动态分析、热分析、流体分析等多种工况, 具有较高的精度和广泛的适用性。

1.2 有限元分析在机械设计中的应用

在机械产品设计中, 有限元分析主要用于验证设计方案、评估产品性能及优化结构。通过 FEA, 工程师可以模拟和预测产品在各种工况下的表现, 避免传统试验方法中可能出现的高成本和时间浪费。例如, 在设计机械零件时, 可以通过有限元分析预测其在工作中的受力情况、变形行为及应力集中区域, 从而优化设计, 确保产品在使用过程中具有更好的可靠性和性能。除此之外, FEA 在振动分析、热应力分析、疲劳寿命预测等方面也有广泛应用。在多学科优化设计中, 有限元分析能够为材料选择、形状优化等提供数据支持, 有效提升设计质量^[1]。

1.3 有限元分析的优势与挑战

有限元分析在机械设计中具有显著优势。FEA 能够处

理复杂几何形状和边界条件的分析,这是传统解析方法难以实现的。其次,FEA 提供了直观的结果展示,如应力、应变、位移等场变量分布,帮助工程师更加精准地了解产品的工作状态。此外,FEA 还能够不同工况下进行多场耦合分析,提高设计的全面性和准确性。

有限元分析也面临一定的挑战。首先,有限元模型的建立需要较强的专业知识和经验,错误的建模会导致不准确的分析结果。其次,FEA 的计算量较大,尤其是在进行复杂结构分析时,需要消耗大量的计算资源和时间。为了提高计算效率,优化算法和高性能计算技术仍然是当前研究的重点。有限元分析结果的可靠性也受到模型精度、边界条件设定以及材料参数选择等因素的影响,需要在实际应用中谨慎处理。

通过有效的模型验证和计算优化,有限元分析可以在机械产品设计中发挥重要作用,助力产品实现更高的性能和可靠性。

2 结构优化的基本原理

2.1 结构优化的定义与目标

结构优化是指在一定的设计约束条件下,通过优化设计参数、形状或尺寸等,达到改善结构性能的过程。其目标通常是提高结构的强度、刚度、稳定性,或者在满足性能要求的前提下减轻结构重量、降低成本、提高使用寿命等。结构优化不仅仅是对某一单一目标的改进,而是考虑多目标的平衡,如在强度与重量、刚度与成本等之间做出合理的折中。优化的过程中需要借助先进的数学方法和计算工具,以最优的设计方案来满足设计需求并提升产品的综合性能^[2]。

2.2 结构优化的分类

结构优化可以根据不同的优化目标和方法进行分类。常见的分类方式有以下几种:

尺寸优化:通过改变结构的尺寸(如梁的截面尺寸、厚度等)来达到优化目的。这类优化方法常用于已有结构的改进,通常对结构的形状保持不变,重点是调整各部分尺寸以提高性能。

形状优化:不同于尺寸优化,形状优化主要针对结构的几何形状进行调整,如改变零件的曲线、轮廓等,优化结构外形以提高刚度、减少应力集中或改善流体动力学性能。

拓扑优化:拓扑优化是一种新兴的结构优化方法,它通过优化材料分布来寻找最佳的结构布局。拓扑优化的目标是通过材料去除或重新分配,使结构在满足一定约束条件下,具有最优的性能表现,常用于新产品的的设计阶段。

多目标优化:在实际工程设计中,往往需要同时考虑多个优化目标,如强度、刚度、重量和成本等。这时可以

采用多目标优化方法,通过数学模型求解不同目标之间的平衡点,得到最优的设计方案。

2.3 结构优化的常用方法

结构优化的方法可以分为数学优化方法和启发式优化方法。常用的优化方法包括:

线性规划和非线性规划:这类方法适用于结构优化问题中的约束和目标函数均为线性或非线性的情况。通过求解优化问题的数学模型,可以得到最优解。对于非线性问题,常采用梯度法、牛顿法等进行迭代求解。

遗传算法:遗传算法是一种基于自然选择和遗传学原理的全局优化方法,适用于解决复杂的非线性、多约束的结构优化问题。通过模拟自然界中的进化过程,不断生成新解,选择更好的解,最终得到全局最优解。

粒子群优化:粒子群优化(PSO)是一种模拟鸟群觅食行为的群体智能优化方法,适用于大规模、复杂的结构优化问题。该方法通过调整“粒子”的位置和速度,逐步接近最优解。

模拟退火算法:模拟退火算法借鉴物理学中的退火过程,通过在较高的温度下随机搜索解空间,随着“温度”逐步降低,逐渐收敛到全局最优解。这种方法适用于处理非线性、多峰值的优化问题。

通过这些方法,工程师可以在众多设计方案中筛选出最优解,从而实现对结构的有效优化,提高产品的性能与可靠性。

3 有限元分析与结构优化的结合

3.1 有限元分析在结构优化中的角色

有限元分析(FEA)在结构优化中扮演着至关重要的角色,它为优化设计提供了精确的数值分析结果。通过FEA,工程师可以准确地模拟结构在各种工况下的表现,获取结构的应力、应变、位移等关键性能数据。这些数据成为结构优化的基础,有助于识别结构中潜在的薄弱环节,如应力集中区域、变形过大部分等,从而为优化目标设定提供依据。

在结构优化过程中,FEA 可以实时反馈优化过程中设计参数的变化对结构性能的影响,帮助设计人员做出更有针对性的调整。通过与优化算法的结合,FEA 可以用于反复迭代计算,直至达到设计目标。此外,FEA 可以与多学科优化技术(如热分析、动力学分析等)相结合,进一步提高优化设计的精度和综合性。因此,FEA 是结构优化过程中不可或缺的工具,它使得优化不仅仅依赖于理论推导,而是基于真实的物理模拟和数值计算。

3.2 基于有限元分析的优化算法

基于有限元分析的优化算法通常采用数值模拟和迭代计算的方式,以达到最佳的设计结果。常见的优化算法有^[3]:

梯度法:通过计算结构性能函数(如总能量、应力等)的梯度,来指导设计参数的更新。这种方法适用于目标函数和约束条件为连续可导的优化问题,但对非线性问题的处理能力较弱。

遗传算法:遗传算法(GA)是一种基于自然选择原理的启发式优化方法。它通过模拟基因变异、交叉和选择等操作,逐步改进设计解,适用于处理非线性、多约束的优化问题。结合 FEA,遗传算法能够有效探索设计空间,找到全局最优解。

拓扑优化算法:拓扑优化算法通过不断改变结构内材料的分布,优化设计方案。该方法能够在保持结构强度和刚度的同时,减少材料的使用量,达到轻量化设计。与 FEA 结合后,拓扑优化可以实现复杂结构的优化,广泛应用于航空、汽车等行业。

粒子群优化:粒子群优化(PSO)是一种模拟群体行为的全局优化算法。在结构优化中,PSO 通过多个“粒子”的位置和速度更新,逐步寻找到优化设计的最优解。与 FEA 结合时,PSO 能够高效地搜索大规模、多维度的设计空间,适用于复杂的多目标优化问题。这些优化算法通过 FEA 进行评估和反馈,使得结构优化过程更加精确和可靠。

3.3 结构优化案例分析

以汽车车身的轻量化设计为例,有限元分析与结构优化的结合可帮助设计人员在满足安全性和强度要求的前提下,实现车身重量的最小化。通过 FEA,分析车身在碰撞和振动等工况下的应力分布和变形行为,确定可能的薄弱区域。然后,结合拓扑优化算法,进行材料分布优化,找到结构的最佳布局。

在该过程中,FEA 提供了详细的性能数据,帮助设计人员识别和验证优化方案。优化过程中,不仅考虑了材料的强度和刚度,还结合了制造工艺、成本等因素,确保最终方案既满足功能需求,又具有较高的经济性。

另一个经典案例是航空航天领域中的发动机支架设计。通过有限元分析,首先对现有支架结构进行应力、振动等分析,找出性能瓶颈。然后,结合尺寸优化和形状优化,通过迭代分析和优化算法,减少支架的重量,提升其承载能力。最终,采用 FEA 验证优化结果,确保支架在极端工况下的可靠性和安全性。

这些案例表明,有限元分析与结构优化的结合,可以大大提高设计的精度和效率,帮助工程师在设计过程中实现多方面的优化目标。

4 有限元分析与结构优化在机械产品设计中的实际应用

4.1 机械零部件设计优化案例

在机械零部件的设计中,有限元分析与结构优化的结

合应用广泛。以汽车零部件中的车轮为例,设计过程中,FEA 可以模拟车轮在高速行驶和刹车时的受力情况,通过分析车轮的应力和变形情况,识别可能存在的薄弱环节。基于有限元分析的结果,设计人员可以进行尺寸优化和形状优化,使车轮在保持强度和刚度的同时,减少不必要的材料使用,实现轻量化。通过拓扑优化技术,车轮的内部结构可以被重新设计,达到更好的性能。最终,优化后的设计不仅能提高车轮的耐久性,还能降低生产成本,提升车辆的燃油效率。

4.2 复杂结构的优化设计实例

复杂结构的优化设计是有限元分析与结构优化结合的重要应用领域。以飞机机翼的优化设计为例,机翼不仅要承受来自飞行的气动载荷,还需要抵御来自风速变化、飞行状态改变等因素的影响。通过有限元分析,设计人员可以精确地模拟机翼在不同飞行工况下的受力分布、振动响应和温度变化等多重因素。在此基础上,结合拓扑优化和形状优化方法,对机翼的结构进行调整,去除不必要的材料,优化其形状,以提高强度、减轻重量、增强抗疲劳性能。考虑到航空材料的成本和制造难度,优化设计还需要综合考虑这些约束条件,确保机翼既满足性能要求,又符合生产要求。优化设计能够显著提高机翼的性能和飞行安全性^[4]。

4.3 基于 FEA 与结构优化的性能提升分析

FEA 与结构优化的结合不仅能提高设计的性能,还能在多个领域实现显著的性能提升。以风力发电机的叶片设计为例,风力发电机叶片需要在高风速条件下保持良好的强度和稳定性,同时又要尽可能减轻重量。通过有限元分析,设计人员可以对叶片的应力、振动及动态响应进行详细分析,识别其设计中的薄弱环节。基于这些分析结果,结合尺寸优化和拓扑优化方法,优化设计的叶片不仅具备较高的强度和刚度,还能降低材料使用,减少整体重量。结构优化还能有效提升叶片的空气动力学性能,减少风阻,增加发电效率。在实际应用中,优化后的叶片能够承受更高的风速,增加使用寿命,同时降低了生产和维护成本。

通过这些实例可以看出,有限元分析与结构优化的结合在机械产品设计中具有重要的实际意义。它不仅能提高产品的性能,还能实现轻量化、成本降低和寿命延长等多个目标,促进了各行业产品设计的创新和发展。

5 结语

有限元分析与结构优化的结合为机械产品设计提供了强大的技术支持,能够有效提高产品性能、降低设计成本。随着计算能力的提升和优化算法的不断发展,有限元分析在结构优化中的应用将更加广泛。在未来的机械产品设计中,FEA 与结构优化将更加紧密地融合,为设计人员

提供更精准的优化方案,推动产品设计的智能化和高效化。然而,有限元分析和优化方法的精度与复杂性依然面临挑战,需要在实际应用中不断积累经验,提升方法的可靠性和适用性。

[参考文献]

- [1]任明章.机械振动的分析与控制以及计算方法[M].北京:机械工业出版社,2011.
- [2]陈艺,张子军,潘明.结构优化设计&有限元分析在机械设计中的应用——ABAQUS 分析桁架结构[J].现代农业装

备,2007(5):40-46.

- [3]陈森林.基于数字化逆向工程的产品结构优化设计研究[J].湖南城市学院学报(自然科学版),2025,34(1):67-73.

- [4]梁伟波.机械设备结构的可靠性设计与寿命评估方法研究[J].中国设备工程,2024(22):107-110.

作者简介:王彬根(1985.8—),毕业院校:山东大学,所学专业:机械与电子工程,当前就职单位温州名创知识产权代理有限公司,职称级别:工程师。

电气工程及其自动化技术的智能化应用研究

陈亚军

广州市番禺区大石街富丽家园爱华路, 广东 广州 511430

[摘要]随着工业 4.0 和智能制造的快速发展, 电气工程及其自动化技术的智能化应用成为推动产业升级的核心动力。智能化技术通过集成人工智能、物联网和大数据分析等先进手段, 显著提升了电气系统的效率、可靠性和灵活性。本论文聚焦于电气工程及其自动化技术在智能电网、智能工厂和智能家居等领域的应用, 探讨其技术原理、实现路径及未来发展趋势, 为相关领域的研究和实践提供理论支持和实践指导, 助力智能化技术的广泛应用与创新突破。

[关键词] 电气工程; 自动化技术; 智能化; 应用

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15633

中图分类号: TM921.5

文献标识码: A

Research on the Intelligent Application of Electrical Engineering and Its Automation Technology

CHEN Yajun

Fuli Jiayuan Aihua Road, Dashi Street, Panyu District, Guangzhou City, Guangzhou, Guangdong, 511430, China

Abstract: With the rapid development of Industry 4.0 and intelligent manufacturing, the intelligent application of electrical engineering and its automation technology has become the core driving force for promoting industrial upgrading. Intelligent technology has significantly improved the efficiency, reliability, and flexibility of electrical systems by integrating advanced means such as artificial intelligence, the Internet of Things, and big data analysis. This paper focuses on the application of electrical engineering and automation technology in fields such as smart grids, smart factories, and smart homes, exploring their technical principles, implementation paths, and future development trends. It provides theoretical support and practical guidance for research and practice in related fields, and helps to promote the widespread application and innovative breakthroughs of intelligent technology.

Keywords: electrical engineering; automation technology; intelligentization; application

引言

电气工程及其自动化技术的智能化应用是现代社会的数字化转型的重要体现。通过将智能化技术与传统电气系统深度融合, 可以实现设备状态实时监控、故障预测与诊断、能源优化管理等目标, 显著提升系统的智能化水平。本文从智能电网、工业自动化和智能建筑等应用场景出发, 分析智能化技术的核心优势与关键技术, 探讨其在提升系统性能、降低运营成本和促进可持续发展方面的潜力, 为电气工程及其自动化技术的智能化转型提供理论依据和实践参考。

1 电气工程及其自动化技术的智能化应用优势

1.1 提升系统效率与可靠性

电气工程及其自动化技术的智能化应用通过集成人工智能和物联网技术, 能够显著提升系统的运行效率和可靠性。例如, 在智能电网中, 通过实时数据采集和分析, 可以优化电力调度, 减少能源浪费, 提高供电稳定性。在工业自动化领域, 智能化技术能够实现设备的预测性维护, 提前发现潜在故障, 避免非计划停机, 从而提高生产效率和设备利用率。此外, 智能化系统还能够通过自适应控制和优化算法, 动态调整运行参数, 确保系统在复杂工况下的高效稳定运行, 为工业生产和能源管理提供强有力的技

术支持。

1.2 降低运营成本与能源消耗

智能化应用通过优化资源配置和能源管理, 能够有效降低运营成本和能源消耗。例如, 在智能建筑中, 通过智能照明和空调系统的自动化控制, 可以根据环境条件和人员活动动态调整能耗, 减少不必要的能源浪费。在工业生产中, 智能化技术能够实现生产过程的精细化管理, 优化原材料和能源的使用效率, 降低生产成本。此外, 智能化系统还能够通过数据分析和预测, 优化设备维护计划, 减少维护成本和设备损耗, 为企业提供显著的经济效益和可持续发展能力。

1.3 增强灵活性与可扩展性

电气工程及其自动化技术的智能化应用通过模块化和开放式架构, 能够显著增强系统的灵活性和可扩展性。例如, 在智能工厂中, 通过模块化生产线和智能化控制系统, 可以快速调整生产流程, 适应不同产品的生产需求, 提高生产灵活性。在智能电网中, 通过开放式通信协议和分布式能源管理系统, 可以灵活接入各种可再生能源和储能设备, 提高电网的可扩展性和适应性。此外, 智能化系统还能够通过软件升级和功能扩展, 不断适应新的技术需求和应用场景, 为电气工程及其自动化技术的持续创

新和发展提供广阔的空间。

2 电气工程及其自动化技术的智能化应用现状

2.1 技术集成与兼容性问题

电气工程及其自动化技术的智能化应用面临技术集成与兼容性的挑战,由于智能化技术涉及人工智能、物联网、大数据等多个领域,不同技术之间的集成和协同工作存在一定难度。例如,在智能电网中,如何将传统电力设备与智能化系统无缝对接,确保数据的高效传输和处理,是一个亟待解决的问题。此外,不同厂商的设备和系统往往采用不同的通信协议和标准,导致系统之间的兼容性较差,增加了技术集成的复杂性和成本。这些问题限制了智能化技术的广泛应用和推广,需要行业共同努力制定统一标准,推动技术融合。

2.2 数据安全与隐私保护问题

智能化应用依赖于大量的数据采集和处理,这带来了数据安全与隐私保护的严峻挑战。例如,在智能家居和智能电网中,用户的用电数据和行为信息可能被恶意利用,导致隐私泄露。在工业自动化领域,生产数据的泄露可能引发商业机密外泄,甚至影响企业的核心竞争力。此外,智能化系统还可能面临网络攻击和恶意软件的威胁,导致系统瘫痪或数据篡改。因此,如何在智能化应用中确保数据的安全性和隐私保护,成为技术发展的重要课题,需要加强数据加密、访问控制和网络安全防护技术的研发与应用。

2.3 技术成本与人才短缺问题

电气工程及其自动化技术的智能化应用虽然具有显著优势,但其高昂的技术成本和人才短缺问题限制了其普及。例如,智能化系统的建设和维护需要大量的硬件设备、软件平台和专业技术人员,这对中小企业来说是一个沉重的负担。此外,智能化技术的快速发展对人才提出了更高的要求,既需要具备电气工程及其自动化技术的专业知识,又需要掌握人工智能、大数据等新兴技术,导致相关人才供不应求。这些问题使得智能化技术的推广面临较大阻力,需要通过政策支持、技术培训和产学研合作等方式,降低技术成本,培养复合型人才,推动智能化技术的广泛应用。

3 电气工程及其自动化技术的智能化具体应用

3.1 人工智能(AI)技术

人工智能技术是电气工程及其自动化智能化应用的核心驱动力,通过机器学习、深度学习和神经网络等 AI 技术,可以实现设备的智能控制、故障预测和优化决策。例如,在智能电网中,AI 算法能够分析海量电力数据,优化电力调度和负荷预测,提高能源利用效率和供电可靠性;在工业自动化中,AI 技术可以实现生产过程的智能优化和设备的自主维护,减少人工干预和停机时间。此外,AI 技术还能够通过图像识别和自然语言处理,实现设备的智能监控和交互,提升系统的智能化水平。随着 AI 技术的不断进步,其在电气工程及其自动化领域的应用将更

加广泛和深入,为行业带来更高的效率和创新。

3.2 物联网(IoT)技术

物联网技术通过将传感器、通信模块和数据处理平台集成到电气设备和系统中,实现了设备的互联互通和数据的实时采集与分析。例如,在智能家居中,IoT 技术可以实现家电设备的远程控制和自动化管理,提升用户的生活便利性和能源使用效率;在智能工厂中,IoT 技术能够实现生产设备的实时监控和协同工作,优化生产流程和提高产品质量。此外,IoT 技术还能够通过数据采集和分析,实现设备的预测性维护和故障诊断,降低维护成本和设备损耗。物联网技术的应用为电气工程及其自动化提供了强大的数据支持,推动了系统的智能化和网络化发展,为行业带来了新的机遇和挑战。

3.3 大数据分析技术

大数据分析技术通过对海量数据的采集、存储和分析,为电气工程及其自动化系统提供了深入的洞察和决策支持。例如,在智能电网中,大数据分析可以优化电力调度和能源管理,提高供电稳定性和能源利用效率;在工业自动化中,大数据技术能够分析生产数据,优化工艺流程和提高产品质量,降低生产成本和资源浪费。此外,大数据分析技术还能够通过数据挖掘和机器学习,实现设备的预测性维护和故障诊断,减少停机时间和维护成本。随着数据量的不断增加和分析技术的不断进步,大数据分析技术在电气工程及其自动化领域的应用将更加广泛和深入,为行业带来更高的效率和创新。

3.4 云计算与边缘计算技术

云计算和边缘计算技术为电气工程及其自动化系统提供了强大的计算和存储能力,云计算通过集中化的数据处理和存储,支持大规模系统的智能化和协同工作;边缘计算则通过在设备端进行数据处理,降低了数据传输延迟,提高了系统的实时性和可靠性。例如,在智能电网中,云计算支持大规模数据分析,而边缘计算则用于实时监控和故障处理,提高系统的响应速度和可靠性;在工业自动化中,云计算和边缘计算技术能够实现生产数据的实时分析和处理,优化生产流程和提高产品质量。这两种技术的结合为电气工程及其自动化提供了灵活、高效的计算解决方案,推动了系统的智能化和协同化发展。

3.5 区块链技术

区块链技术通过去中心化和不可篡改的特性,为电气工程及其自动化系统提供了安全、透明的数据管理方案。例如,在智能电网中,区块链技术可以用于能源交易和电力数据管理,确保交易的安全性和可追溯性,提高能源交易的效率和透明度;在工业自动化中,区块链技术能够实现供应链的透明化和设备数据的可信存储,提高供应链管理的效率和可靠性。此外,区块链技术还能够通过智能合约,实现设备的自动化管理和控制,提高系统的智能化水平。随着

区块链技术的不断进步,其在电气工程及其自动化领域的应用将更加广泛和深入,为行业带来更高的安全性和创新。

3.6 5G 通信技术

5G 通信技术以其高速、低延迟和大容量的特性,为电气工程及其自动化系统提供了强大的通信支持。例如,在智能工厂中,5G 技术能够实现设备的高速互联和实时数据传输,支持智能制造和远程控制,提高生产效率和产品质量;在智能电网中,5G 技术可以用于实时监控和故障处理,提高系统的响应速度和可靠性,确保供电的稳定性和安全性。此外,5G 通信技术还能够通过高带宽和低延迟,支持大规模设备的互联互通和协同工作,推动系统的智能化和网络化发展。随着 5G 技术的不断普及和应用,其在电气工程及其自动化领域的应用将更加广泛和深入,为行业带来更高的效率和创新。

4 电气工程及其自动化技术的智能化应用完善措施

4.1 智能化与绿色化深度融合

随着全球对可持续发展的关注,智能化技术将在能源管理、资源优化和环境保护方面发挥重要作用。例如,在智能电网中,通过智能化技术优化能源调度,提高可再生能源的利用率,减少碳排放;在工业自动化中,智能化技术能够实现生产过程的精细化管理,降低能源消耗和资源浪费。此外,智能化技术还将推动绿色建筑和智能交通的发展,为构建低碳、环保的社会提供技术支持。智能化与绿色化的深度融合将成为电气工程及其自动化技术发展的重要方向。

4.2 边缘计算与云计算的协同发展

边缘计算与云计算的协同发展将成为电气工程及其自动化技术智能化应用的重要趋势,边缘计算通过在设备端进行数据处理,降低了数据传输延迟,提高了系统的实时性和可靠性;云计算则通过集中化的数据处理和存储,支持大规模系统的智能化和协同工作。例如,在智能工厂中,边缘计算用于实时监控和故障处理,而云计算则用于生产数据的深度分析和优化决策。两者的协同发展将为电气工程及其自动化系统提供更加灵活、高效的计算解决方案,推动系统的智能化和协同化发展,为行业带来更高的效率和创新。

4.3 人工智能与自动化技术的深度融合

人工智能与自动化技术的深度融合将成为电气工程及其自动化技术智能化应用的核心趋势,通过将 AI 技术嵌入自动化系统,可以实现更高级别的自主决策和智能控制。例如,在智能制造中,AI 驱动的自动化系统能够根据实时生产数据动态调整工艺流程,优化生产效率并减少资源浪费;在智能电网中,AI 算法可以预测电力需求,自动调整发电和配电策略,提高能源利用效率和供电稳定

性。此外,AI 技术还能够通过机器视觉和自然语言处理,实现设备的智能监控和交互,进一步提升系统的智能化水平。

5 结束语

电气工程及其自动化技术的智能化应用正以前所未有的速度推动着行业的变革与创新,从智能电网到工业自动化,从智能家居到绿色能源管理,智能化技术正在为各个领域带来更高的效率、安全性和可持续性。未来,随着人工智能、物联网、5G 通信等技术的不断发展和深度融合,电气工程及其自动化将迈向更加智能、互联和绿色的新时代。这不仅将提升行业的技术水平,还将为全球可持续发展目标提供强有力的支持,为人类社会创造更加美好的未来。

【参考文献】

- [1]续霞. 电气工程及其自动化的智能化技术应用研究[J]. 自动化应用, 2024, 65(1): 267-269.
 - [2]杜雯雯. 电气工程及其自动化中的智能化技术应用[J]. 现代工业经济和信息化, 2024, 14(5): 141-143.
 - [3]孙芷璇. 电气工程及其自动化的智能化技术应用研究[J]. 电气技术与经济, 2024(1): 70-71.
 - [4]雷成秀. 探析电气工程及其自动化的智能化技术应用[J]. 中国设备工程, 2023(24): 42-44.
 - [5]邓兴彦, 季亚枫. 电力系统电气工程自动化的智能化应用分析[J]. 产品可靠性报告, 2023(12): 114-116.
 - [6]宋男. 电气工程及其自动化的智能化技术应用浅析[J]. 中国设备工程, 2023(18): 36-38.
 - [7]于耀迪. 试论电气工程及其自动化的智能化技术应用[J]. 中国设备工程, 2023(17): 28-30.
 - [8]唐飘逸. 电气工程及其自动化的智能化技术应用[J]. 现代制造技术与装备, 2023, 59(8): 178-180.
 - [9]孙正伟, 赵金金. 电气工程及其自动化技术的智能化应用研究[J]. 时代汽车, 2025(4): 159-161.
 - [10]李超. 电力系统电气工程自动化技术的智能化发展[J]. 智能城市, 2017(7): 73-75.
 - [11]刘星. 电气工程中自动化技术的实践与探索[J]. 电子质量, 2024(3): 61-64.
 - [12]杨尚礼. 电气工程及其自动化技术的设计与应用[J]. 中国高新科技, 2023(10): 44-46.
 - [13]赵萍. 电气工程中电气自动化融合技术分析[J]. 电子元器件与信息技术, 2022(10): 55-57.
 - [14]吴毅. 电气自动化技术在电气工程中的应用[J]. 现代信息科技, 2018(5): 176-177.
 - [15]刘勇, 吴佃军. 智能化技术在电气工程及其自动化中的应用[J]. 山东工业技术, 2018(7): 1-4.
- 作者简介: 陈亚军 (1986—), 汉, 湖北荆州人, 电气工程及其自动化专业。

三维扫描技术在精密制造质量检测中的应用分析

孔令辉

中国测试技术研究院, 四川 成都 610000

[摘要]随着精密制造行业的快速发展,对产品质量检测的精度和效率提出了更高要求。三维扫描技术凭借其高精度、非接触、全尺寸检测等优势,已广泛应用于精密制造领域。文中围绕三维扫描技术的基本原理、应用方法及在质量检测中的优势展开分析,结合典型应用案例,探讨该技术在提升检测效率、降低成本及保障产品质量方面的重要作用。最后,对未来三维扫描技术在精密制造质量检测中的发展趋势进行展望。

[关键词]三维扫描技术;精密制造;质量检测;非接触测量;数据分析

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15627

中图分类号: TH744.5

文献标识码: A

Application Analysis of 3D Scanning Technology in Precision Manufacturing Quality Inspection

KONG Linghui

National Institute of Measurement and Testing Technology, Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract: With the rapid development of the precision manufacturing industry, higher requirements have been put forward for the accuracy and efficiency of product quality testing. 3D scanning technology, with its advantages of high precision, non-contact, and full-size detection, has been widely used in the field of precision manufacturing. The article analyzes the basic principles, application methods, and advantages of 3D scanning technology in quality inspection. Combining typical application cases, it explores the important role of this technology in improving inspection efficiency, reducing costs, and ensuring product quality. Finally, the future development trend of 3D scanning technology in precision manufacturing quality inspection is discussed.

Keywords: 3D scanning technology; precision manufacturing; quality inspection; non contact measurement; data analysis

引言

精密制造作为现代工业的重要组成部分,对产品的质量控制在标准越来越高。传统检测手段已无法满足当前高效、精准的质量检测需求。三维扫描技术凭借其非接触、高精度和快速采集数据等优势,成为精密制造质量检测领域的重要工具。本文通过分析三维扫描技术在精密制造中的应用,旨在为行业质量控制提供新的思路和技术支持。

1 三维扫描技术概述

1.1 三维扫描技术的发展历程

三维扫描技术自 20 世纪 80 年代末期起步,随着计算机视觉和光电测量技术的发展逐步成熟。最早期的三维扫描系统以接触式测量为主,主要应用于实验室环境和少量高端制造领域。这类系统虽然精度较高,但检测速度慢、操作复杂,且容易对测量对象产生接触损伤。90 年代以后,非接触式三维扫描技术逐渐兴起,尤其是激光扫描仪和结构光扫描仪的广泛应用,大幅提高了扫描速度和数据精度。进入 21 世纪,随着计算机处理能力的提升和数字化制造理念的普及,三维扫描技术不断革新,便携式手持扫描仪和高速自动化扫描系统相继问世,使三维扫描应用从实验室走向生产车间。近年来,随着人工智能、大数据等前沿技术的融入,三维扫描正朝着智能化、自动化和高精度方向快速发展。

1.2 三维扫描技术的基本原理

三维扫描技术是一种通过高效采集物体表面空间几何信息,生成高精度三维模型的先进测量手段,广泛应用于工业测量、质量检测、逆向工程、虚拟仿真等多个领域。其核心原理主要包括光学三角测量、激光扫描成像以及结构光投影等不同技术路径。光学三角测量法基于已知光源、摄像机和被测物体之间的几何关系,通过分析从物体表面反射回来的光线偏移量,精确计算出物体表面的三维坐标数据。激光扫描技术则利用激光束照射物体表面,通过接收反射光或飞行时间(TOF)原理来确定扫描点的位置坐标。激光扫描具备良好的环境适应性,能够在户外或复杂环境下保持较高的测量稳定性和精度,适合大尺寸工件或复杂结构件的扫描作业。而结构光扫描技术则通过投影设备将条纹、编码或图案光栅投射到物体表面,并利用摄像系统捕获图像,通过分析图像中光栅变形信息,重建物体的三维结构。该技术采集速度快、分辨率高,广泛应用于需要快速、全面扫描的高精度测量任务。

1.3 三维扫描设备分类

根据扫描技术和应用需求的不同,三维扫描设备主要分为激光扫描仪、白光/蓝光扫描仪以及便携式手持扫描仪三大类。激光扫描仪通常采用激光测距和三角测量原理,具备高精度和远距离扫描能力,适用于大型构件、复杂工

业产品的三维检测和建模,广泛应用于航空航天、汽车制造等领域。白光/蓝光扫描仪通过投射结构光条纹,结合高分辨率摄像系统进行数据采集,具有扫描精度高、测量稳定性好等优点,适合用于小型零部件、模具以及高反光或复杂表面物体的精细测量。便携式手持扫描仪则因其轻便灵活、操作简便而备受青睐。该类型扫描仪通常内置多种传感器和光源,支持现场快速扫描和实时显示,特别适合车间现场检测、维修、逆向设计等应用场景。随着扫描技术的不断演进,多功能一体化扫描系统也在不断涌现,结合多种扫描方式,进一步提升检测精度和应用广度。

2 三维扫描技术在精密制造质量检测中的应用现状

2.1 精密零部件检测

在精密制造行业,零部件的尺寸精度直接关系到产品的装配性能和使用寿命。传统检测方法多依赖接触式测量工具,如游标卡尺、千分尺和三坐标测量机(CMM),虽然精度高,但检测效率较低,且对复杂曲面和自由曲面结构的检测存在一定局限性。三维扫描技术凭借非接触、高精度和快速成像的特点,在精密零部件检测中得到广泛应用。通过对零部件进行全尺寸扫描,生成完整的三维点云数据,工程师可以快速进行CAD模型比对分析,发现尺寸偏差、几何误差和表面缺陷。特别是对于齿轮、叶片、连接器等复杂曲面零件,三维扫描技术能够实现无死角检测,有效提高检测覆盖率与准确性。实际应用中,三维扫描不仅提高了检测效率,还能在生产过程早期发现问题,避免批量不合格品的产生,降低返工和报废成本。

2.2 装配质量控制

装配质量控制是精密制造流程中的重要环节,直接影响产品的整体性能和可靠性。传统装配检测方法主要依赖人工测量和检具,对检测精度和一致性存在较大挑战。三维扫描技术能够在装配前、中、后各阶段发挥作用,辅助装配尺寸控制与误差分析。在装配前,扫描各零部件,确保关键尺寸符合设计规范,避免装配干涉或配合松动。在装配过程中,应用便携式手持扫描仪对零件位置、间隙、平整度等进行实时检测,快速反馈装配误差信息,指导工人或机器人调整,提高装配精度与效率。装配完成后,利用三维扫描对总成进行几何形貌和位置度检查,确保装配结果满足设计要求。三维扫描技术还可结合虚拟装配分析系统,模拟装配过程,提前预测潜在装配问题,实现装配工艺优化。

2.3 模具与工装检测

模具和工装是精密制造过程中不可或缺的基础设施,其质量直接影响产品加工精度与生产效率。传统模具检测多依赖人工检测和接触式量具,不仅耗时费力,且检测信息有限,难以全面反映模具状态。采用三维扫描技术可以快速获取模具或工装的全尺寸数字化模型,对其表面形貌、

尺寸误差和磨损情况进行全面分析。特别是在模具制造完成后的首次检验、使用过程中的定期维护以及模具修复后质量验证等环节,三维扫描能够提供高效、精准的数据支持。通过将扫描数据与CAD设计模型进行比对,可以快速发现因加工偏差或磨损引起的几何变化,及时采取修正措施,延长模具和工装的使用寿命。三维扫描技术还可辅助模具逆向工程和再制造,为复杂模具的修复和优化提供精确数据基础。

3 三维扫描技术在质量检测中的优势分析

3.1 高精度与高效率

三维扫描技术在精密制造质量检测中的显著优势之一是其卓越的高精度与高效率表现。现代三维扫描设备广泛应用激光扫描和结构光投影技术,能够实现微米级甚至亚微米级别的高精度测量,充分满足航空航天、医疗器械、汽车制造等高端制造领域对零件检测精度的严苛要求。与传统接触式测量方法相比,三维扫描技术无需对工件进行逐点检测,而是通过非接触方式,大范围、多角度地快速采集被测物体的完整表面数据,从而在极短时间内获取工件的全面尺寸信息和三维形貌。特别是在检测具有复杂自由曲面、微型零部件或高精度度表面的产品时,传统测量工具往往存在检测盲区和局限性,难以保证测量的全面性和一致性。而三维扫描技术通过全方位、无死角的扫描方式,能够准确还原零件复杂几何形状,实现对产品细节的精准检测,避免遗漏关键质量问题。该技术的应用不仅大幅缩短了检测周期,提升了产品检测的效率和精度,还显著加快了企业产品的开发进程与上市时间。

3.2 非接触检测保障产品完整性

传统的检测方法大多依赖接触式测量工具,如游标卡尺、千分尺和接触式三坐标测量机等,这些工具在检测过程中需要直接接触工件表面,容易对产品造成划伤、压痕或局部变形,特别是在检测柔性材料、脆性材料或表面光洁度要求极高的零部件时,风险更为明显。这不仅可能影响产品的美观性和功能性,还会降低产品的使用寿命和可靠性。而三维扫描技术采用非接触式测量原理,通过激光或结构光等方式实现数据采集,无需任何物理接触即可完成高精度三维测量,有效避免因接触产生的物理损伤和测量误差。三维扫描技术具备极强的适应性,能够应对复杂几何形状和不同材质的工件。即使面对高反光表面、透明材料或黑色吸光物体,仍可通过喷涂消光剂、调整光源类型和波长等方法优化扫描效果,确保数据采集的完整性和准确性。

3.3 数据数字化管理与分析

三维扫描技术生成的高密度点云数据或网格模型,为产品质量检测与管理提供了强大的数字化基础。这些数据可以无缝对接CAD/CAM系统,实现对检测数据的高效数字化管理和深入分析。通过与原始设计模型进行精准比对,

系统能够直观显示产品的尺寸偏差、形状误差以及表面缺陷等问题,帮助质量工程师快速识别潜在缺陷和工艺问题,提升决策的科学性与及时性。此外,数字化数据能够直接导入专业质量检测软件,自动生成标准化检测报告,简化人工操作流程,确保检测流程的信息化和规范化,有效提高工作效率和数据的可追溯性。通过构建企业内部的产品质量数据库,三维扫描数据还能够支持产品全生命周期的质量追溯与溯源分析,促进企业建立完善的质量管理体系,实现从设计、制造到售后的全流程质量控制。

4 三维扫描技术在精密制造质量检测中的发展趋势与挑战

4.1 技术创新与智能化集成

随着智能制造和工业 4.0 理念的深入推进,三维扫描技术正加速迈向智能化、自动化和高度集成的发展方向。未来,三维扫描设备将与人工智能(AI)、机器学习以及大数据分析等前沿技术深度融合,实现扫描过程的智能决策和自主执行。例如,系统能够根据不同工件的复杂程度和特征,自动识别测量对象,智能规划扫描路径,优化扫描角度和参数设置,从而实现更高效、精准地检测。依托图像识别和智能算法,三维扫描系统还能实现自动化缺陷识别与判定,无需依赖人工分析,显著提高检测效率和准确性。与此同时,三维扫描技术正在逐步集成到自动化生产线上,结合机器人技术和自动化检测装备,打造无人值守的智能在线检测系统,实现生产制造与质量检测的无缝对接。虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术的引入,使扫描数据的可视化展示和交互分析更加直观和便捷,提升了操作者的体验感,促进检测流程的智能化与透明化,助力企业实现数字化质量管理。

4.2 提升设备性能与降低成本

当前,高端三维扫描设备普遍具备较高的技术复杂性和采购成本,这使得许多中小型制造企业在引入和推广应用时面临较大压力。昂贵的硬件投入和专业技术人员的需求,成为制约其广泛应用的重要因素。如何在提升扫描设备性能的同时有效降低制造与应用成本,将成为行业技术升级与市场普及的关键方向。一方面,通过引入更先进的传感器技术、优化光源系统以及应用智能算法,可以显著提升扫描精度和采集速度,增强设备在复杂工况环境下的适应能力;另一方面,简化设备结构、提高集成度和模块化设计,有助于提升便携性和操作简便性,降低对操作人员专业技能的依赖,减少维护和使用成本。随着市场需求

的不断增长和制造技术的成熟,设备的大规模量产将有效降低生产成本,从而推动三维扫描技术向中小企业普及。设备租赁、按需计费(SaaS)、第三方检测服务等灵活商业模式的出现,也为企业降低初期投资、加快应用推广提供了可行的解决方案。

4.3 行业标准与规范制定

三维扫描技术在精密制造质量检测中的广泛应用,显著提升了检测效率和产品质量,但同时也暴露出当前行业标准与规范体系尚不完善的问题。由于不同设备厂商采用的扫描技术和算法存在差异,导致检测方法、数据采集标准以及分析处理流程参差不齐,这直接影响了检测结果的一致性和可靠性。检测数据的格式不统一,阻碍了不同设备、不同软件平台之间的数据共享与信息互通,增加了企业跨系统整合和信息传递的难度。在这种背景下,建立统一、权威的三维扫描检测标准体系显得尤为迫切。标准化建设应涵盖设备精度等级划分、检测操作规范、数据格式统一、误差评估与校准方法以及检测报告输出模板等方面,确保检测数据的科学性、权威性和可比性。相关法规和行业认证体系也应同步完善,对设备和服务商的资质认证、检测流程的规范化管理、检测结果的法律效力等方面做出明确规定。

5 结语

三维扫描技术作为精密制造质量检测的重要手段,已展现出显著的应用优势。随着技术不断革新与智能化水平提升,其在提升检测效率、确保产品质量方面将发挥更大作用。然而,当前仍面临设备成本高、行业标准缺失等挑战。未来,三维扫描技术有望与智能制造深度融合,为精密制造行业提供更全面、精准和高效的质量检测解决方案,助力产业升级与发展。

【参考文献】

- [1] 台文涛. 机械制造计量检测技术研究[J]. 中国质量监管, 2024(11): 88-89.
- [2] 孙衍强. 齿轮线激光三维测量方法与关键技术研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2023.
- [3] 冯静, 李欣欣, 石磊, 等. 基于三维激光扫描技术的储罐外形高精度复核探讨[J]. 测绘技术装备, 2023, 25(4): 66-71.
- [4] 吴新元. 基于光学三维扫描技术的复杂曲面无损检测研究[J]. 中国机械, 2024(36): 86-89.

作者简介: 孔光辉(1986.2—), 男, 毕业院校: 成都理工大学, 所学专业: 核技术及应用专业, 目前职称: 工程师。

智能制造技术在数控加工工艺优化中的应用研究

李 波

湘西民族职业技术学院, 湖南 吉首 416000

[摘要]随着制造业对高精度和高效率的需求不断增加,传统数控加工面临着工艺优化不足、生产效率低下等挑战。智能制造技术通过物联网、大数据、人工智能等手段,能够实现加工过程的实时监控、数据分析和参数优化。研究重点分析了智能制造在数控编程、加工过程控制和工艺数据分析等方面的应用,探索了如何通过智能化技术提升加工精度、降低生产成本、提高生产效率以及延长设备使用寿命。通过分析,展示了智能制造技术在数控加工中的实际应用效果,为推动智能制造技术在数控加工工艺优化中的广泛应用提供了理论支持和实践指导。

[关键词]智能制造技术;数控加工工艺;工艺优化;技术应用

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15621

中图分类号: TP278

文献标识码: A

Application Research on Intelligent Manufacturing Technology in CNC Machining Process Optimization

LI Bo

Xiangxi National Vocational and Technical College, Jishou, Hu'nan, 416000, China

Abstract: With the increasing demand for high precision and efficiency in the manufacturing industry, traditional CNC machining is facing challenges such as insufficient process optimization and low production efficiency. Intelligent manufacturing technology can achieve real-time monitoring, data analysis, and parameter optimization of the machining process through means such as the Internet of Things, big data, and artificial intelligence. The research focuses on analyzing the application of intelligent manufacturing in CNC programming, machining process control, and process data analysis, exploring how to improve machining accuracy, reduce production costs, improve production efficiency, and extend equipment service life through intelligent technology. Through analysis, the practical application effect of intelligent manufacturing technology in CNC machining was demonstrated, providing theoretical support and practical guidance for promoting the widespread application of intelligent manufacturing technology in CNC machining process optimization.

Keywords: intelligent manufacturing technology; CNC machining technology; process optimization; technical application

引言

随着制造业逐步向智能化和数字化转型,智能制造技术的应用已经渗透到各个领域,尤其是在数控加工工艺中,展现出了巨大的潜力。作为现代制造业的核心技术之一,数控加工在提高生产效率、加工精度以及降低人工成本方面发挥着重要作用。然而,传统数控加工工艺依然存在不少不足之处,例如加工过程的稳定性差、生产效率低下、能耗较高等问题,这些因素限制了生产力的进一步提升。智能制造技术的引入,为这些挑战提供了有效的解决方案。通过大数据、人工智能、物联网、数字孪生等先进技术,生产过程中的各项参数能够得到实时监控,加工设备的工作状态得以动态优化,从而显著提升生产效率与加工质量。此外,数字化仿真与实时监控技术的结合,使得潜在问题得以预测并识别,从而能够进行预防性维护,避免设备故障导致的停机和资源浪费。借助这些技术,数控加工工艺得以在生产过程中实现自我调整与优化,生产的灵活性与效率因此得到提升。本研究旨在探讨智能制造技术在数控加工工艺优化中的应用,分析大数据、人工智能、物联网、数字孪生等技术的相关案例,揭示其在数控加工中的关键

作用,并提出相应的优化策略。

1 智能制造技术的特点

智能制造技术具备自适应性、信息化、自动化、灵活性、可持续性等多个显著特点,使其成为现代制造业发展的重要方向。通过自我学习和优化,智能制造系统能够不断适应生产环境和需求的变化,提高生产过程中的效率和质量。信息化手段通过数字化、网络化和互联化实现生产过程中的信息共享与协同,进一步促进了生产效率和质量的提升。自动化技术的应用,使得生产过程实现无人值守,显著降低了人工成本和生产风险。而灵活性使得智能制造能够迅速响应市场需求变化,优化生产线配置,提升生产效率和产品质量。同时,智能制造还推动了可持续发展目标的实现,通过提高生产效率并降低资源消耗,促进了环境保护。设备的网络化和生产文档无纸化,不仅使生产数据的采集更加实时、准确,也减少了纸质文档的使用,进一步提高了作业效率。利用大数据分析和可视化技术,生产过程变得更加透明,生产决策更加科学。此外,智能制造的高度集成性要求各个子系统的协同工作,打通端到端的业务流程,进一步提升了生产的综合效能。

2 数控加工工艺的主要挑战

数控加工工艺在现代制造业中扮演着至关重要的角色,然而,在实际应用中,依然面临着多重挑战。尤其是精度控制问题,尤为突出。加工精度受到设备刚性、热变形、刀具磨损等多种因素的影响,因此,确保在长时间高负荷的加工过程中维持稳定精度,依然是一个巨大的挑战。由于加工过程的复杂性和多样性,工艺优化的难度也随之增加。数控加工涉及的工件种类繁多,每种工件的加工要求各异,因此,精确的过程规划与控制成为必不可少的任务。尤其是在处理复杂几何形状时,合理选择加工路径、刀具以及相关参数,以实现高效和高质量的加工,依然是技术人员需要解决的关键问题^[1]。加工过程中的振动、噪音、温度等物理现象,常常对加工质量产生负面影响。因此,如何有效监控并控制这些变量,以提高工艺的稳定性,仍然是亟待解决的问题。同时,随着个性化与定制化产品需求的不断增长,面对小批量、多品种生产时,如何在保证高效性的前提下保持加工稳定性,已成为制造商面临的重要挑战。不同自动化与智能化水平的数控机床,也可能导致在加工过程中出现设备故障或操作失误,这要求制造商在提升生产效率的同时,减少人为失误的发生,从而确保工艺顺利进行。

3 智能制造技术在数控加工工艺中的应用

3.1 智能制造技术在数控编程中的应用

智能制造技术在数控编程中的应用,推动了数控加工工艺朝着自动化和智能化的方向发展,显著提高了加工精度、效率和灵活性。传统的数控编程依赖人工输入与设定,操作过程繁琐,且容易受到人为失误的影响,导致程序错误、加工时间过长以及材料浪费等问题。与之相比,基于人工智能、机器学习、大数据分析以及数字孪生等技术的智能制造技术,已在数控编程中实现了智能化、自动化与优化的深度融合。工件的几何形状、材料属性与加工要求,能够被智能编程系统自动识别,符合工艺要求的加工程序也能够自动生成,并通过算法优化切削路径。此过程不仅有效减少了人工干预,还能通过历史数据与工艺反馈进行动态调整,从而适应复杂多变的加工需求。借助机器学习算法,编程系统能够不断学习与积累大量加工数据,进而优化加工路径与顺序,预测潜在的加工错误或不良,确保高效且精准的加工过程。与此同时,数字化仿真技术的引入,使得编程过程更加精确。通过虚拟仿真,工程师可以在编程阶段模拟整个加工过程,潜在的冲突、干涉或加工误差能够被提前发现,从而避免了试加工与修正的环节,节省了时间与成本,提升了生产效率与零件的合格率。智能编程技术还能够根据加工条件、刀具选择与切削参数进行自动优化,避免了因刀具选择不当或参数设定不合理而引起的刀具磨损过度、加工精度不足等问题。借助物联网技术与大数据分析,数控编程不仅能够实时监控加工过程,

还能够根据设备状态与生产条件进行自动调整,从而确保加工过程中的设备稳定性与工艺的持续性。

3.2 智能制造技术在加工过程中的实时监控与调整

智能制造技术在数控加工过程中的实时监控与调整应用,大幅提升了加工过程的精度、稳定性及效率。传统的数控加工依赖数控系统执行加工程序,但通常缺乏对实际加工状态的即时反馈与调整机制,这容易导致加工误差的累积或设备故障的滞后发现。与之相比,智能制造技术,特别是物联网、大数据、传感器及云计算等技术的融合,使得数控加工过程能够实现全方位、实时的监控,并依据实时数据自动进行调整,从而确保加工质量与生产效率得到最大化。通过传感器与物联网技术,数控机床的多项关键参数,如切削力、温度、振动及刀具磨损等,能够实现实时监测。传感器采集的数据,通过无线网络传输至中央控制系统,及时为加工过程提供状态反馈。这些数据被即时传输至数控系统,使其能够迅速感知加工过程中可能出现的异常^[2]。例如,当刀具磨损到一定程度时,预警信号会由传感器发出,数控系统可依据该信号自动调整切削参数或更换刀具,从而避免刀具失效引起的加工误差或废品。通过实时监控切削力与温度,系统能够精准评估加工过程中的负荷情况,若发现切削力超出设定范围,加工参数可立即被系统调整,或暂停加工,以避免设备过载或其他加工问题的发生。此外,借助大数据分析与云计算技术,智能制造能够对加工过程进行更深入地分析与优化。通过云平台,数控机床将来自不同设备与工序的数据整合,经过大数据分析处理,从而为生产决策提供精准支持。这些决策不仅依赖历史加工数据,也结合实时数据进行优化。例如,系统可基于过往加工经验与当前监控数据,自动调整切削速度、进给率等参数,以满足不同材料的加工需求,确保加工质量与效率的最优化。

3.3 基于人工智能的加工参数优化

基于人工智能的加工参数优化,作为智能制造技术在数控加工中的关键应用之一,正在彻底改变传统加工工艺的决策模式。传统的加工参数优化通常依赖经验和人工调整,虽然这种方式能够在一定程度上提升加工质量与效率,但其局限性在于难以快速应对复杂多变的加工环境,且受制于操作人员的经验与判断力。人工智能(AI)的引入,特别是机器学习与深度学习技术的应用,使得加工参数的优化过程变得更加精准、高效,并具备了自适应性。通过对大量历史加工数据的学习,最佳的参数组合,能够被人工智能识别,以适应不同加工工况。AI算法通过实时监测切削力、切削温度、刀具磨损等多个因素,能够迅速预测并优化加工参数。例如,在加工高硬度材料时,实时数据能够被AI用来调整切削速度、进给量及切削深度等参数,从而确保加工过程的稳定性以及刀具的使用寿命。通过持续的数据积累与分析,AI系统能够为不同材料、工

艺和设备条件提供个性化的加工方案,真正实现“智能化”加工。与传统加工中一旦设定便难以调整的参数不同,AI技术能够实现加工过程的自适应调整。加工过程中的变化,如刀具磨损、切削力波动及温度变化等,能够被实时监控,系统会自动优化加工参数。此种动态调整不仅有效避免外部因素带来的加工误差,还能最大化提高生产效率,减少不必要的浪费。例如,当AI系统检测到切削力出现异常波动时,加工参数可立即被调整,从而避免工件损伤或设备过载,并延长机床与刀具的使用寿命。人工智能在加工参数优化中的应用,并不限于单一工序的优化,它还能够对整个生产过程进行综合优化。在多工序加工中,各工序的加工参数能够通过AI系统协调,整体加工策略得以优化,从而提升整体生产效率。这种跨工序的优化不仅缩短了生产周期,还能确保产品的一致性与精度。此外,AI还具备预测潜在加工问题的能力,如刀具磨损或设备故障等^[3]。

3.4 物联网与大数据在工艺数据分析中的应用

物联网(IoT)与大数据技术在数控加工工艺中的应用,显著提高了生产效率、工艺优化及设备管理水平。通过传感器与智能设备,物联网实时采集加工过程中的各种数据,并将其传输至云平台,从而确保生产过程的透明化与可监控性。所采集的数据涵盖了温度、湿度、压力、切削力、刀具磨损等多个关键参数,这些数据能够通过物联网技术及时上传,并实现与其他系统的互联互通。在这些海量数据的存储、分析与处理过程中,大数据技术扮演了至关重要的角色。对采集数据进行深度分析与挖掘,潜在问题及其隐性规律能够被揭示。例如,通过分析不同切削条件下的温度变化、振动数据及刀具磨损情况,刀具的使用寿命可以被预测,进而采取适当的刀具更换策略,以防止因刀具磨损过度导致的加工误差与停机。此外,基于历史数据,大数据技术能够建立模型,对加工过程中的变化进行趋势预测与风险评估,提供科学的决策支持。通过持续监控与实时反馈,加工参数能够被自动调整,从而确保加工过程的稳定性与精度,进一步提升产品质量及生产效率。同时,物联网与大数据的结合,促进了设备的智能化管理。设备状态能够通过系统实时监测,在设备故障发生前发出预警,实现预测性维护,降低停机时间与维修成本。通过这种智能化的管理模式,设备运行变得更加高效稳定,为生产过程的顺畅进行提供了保障。

3.5 数字孪生技术在数控加工工艺优化中的应用

数字孪生技术在数控加工工艺中的应用,正在成为提升生产效率、加工精度与优化过程的关键技术手段。通过实时采集设备与加工过程的数据,数字孪生构建了与实际物理世界同步的虚拟模型,从而实现了加工过程的实时监控、分析及优化。在数控加工中,虚拟的加工过程模型得以建立,数字孪生能够准确再现每个加工环节的状态,如刀具运动轨迹、切削力、温度分布及刀具磨损情况等。

这些数据不仅有助于操作人员在加工过程中及时调整参数,还能通过仿真分析预测潜在问题,如振动和刀具磨损等,从而避免了实际生产中的加工误差或停机事故^[4-5]。此外,数字孪生技术能够与物联网及大数据技术结合,通过实时传输的加工数据对虚拟模型进行不断更新,虚拟模型与现实加工过程之间的差距得以最大程度地缩小,从而实现了闭环反馈控制。这一过程的优化,进一步提升了加工过程的准确性与稳定性。虚拟试验还可在加工前进行,数字孪生通过模拟不同的加工方案及条件,帮助选择最优的加工路线及参数设置,从而减少了实际生产中的试错成本。在复杂零件的加工中,通过多维度模拟加工过程,数字孪生技术有效降低了加工误差,提升了产品的一致性与精度。这种精确的虚拟模拟,不仅增强了加工的可控性,还为高精度产品的制造提供了保障。

4 结语

本研究深入探讨了智能制造技术在数控加工工艺优化中的应用。通过引入物联网、大数据、人工智能以及数字孪生等先进技术,数控加工工艺在多个方面得到了显著提升,特别是在加工精度、效率、资源利用率的提高以及生产周期的缩短方面,表现尤为突出。加工过程的实时监控与动态调整,由智能制造技术实现,为确保加工精度提供了有力支持。同时,通过加工参数的优化及预测分析的应用,误差在加工过程中得以减少,工艺稳定性进一步提升。然而,技术的广泛实施,依然面临着数据安全性、系统集成及技术普及等问题。这些挑战,必须在未来的研究中得到更为深入的解决,同时推动相关技术的持续发展与应用。随着技术的不断创新与进步,智能制造在数控加工工艺优化中的作用,将愈加重要,并助力制造业朝着更加高效、精准与智能化的方向迈进。

【参考文献】

- [1]佚名.智能制造领域 2025 前瞻技术预测[J].智能制造,2025(1):9.
 - [2]肖阳.智能制造技术在机械制造中的应用与挑战[N].重庆科技报,2025-02-06(04).
 - [3]凌洪青.智能制造背景下机电一体化技术的发展探索[J].造纸装备及材料,2025,54(1):66-68.
 - [4]何亮,高俊,曾熠峰.浅谈智能制造技术在工业自动化中的应用[J].电子元器件与信息技术,2024,8(12):55-57.
 - [5]石祝莉.智能制造技术在工业自动化中的应用[J].数字技术与应用,2024,42(6):26-28.
- 作者简介:李波(1984.10—),性别:男,学历:本科,研究方向:数控技术、模具设计与制造,目前职称:讲师;贾越华(1981—),性别:男,民族:土家族,学历:本科,目前职称:讲师,主要研究方向:冲压模具结构设计与制造。

间接加热回转干燥机的设计

沈 江

江苏竣业过程机械设备有限公司, 江苏 扬州 225200

[摘要]文中是根据干燥过程的基本原理,针对其他机型的特点和社会需求,在已有成功设计实例的基础上,参考以前设计者的经验和结论,进行的设计。在深入了解回转圆筒干燥机的功能原理的基础上,为了提高干燥效率引入了间接加工方法,进行了热功计算,以及一些相应的试验与实验,同时对设备的强度刚度计算,另外分析了此类干燥机的动力参数,并对设备运行过程中容易出现的问题的一些部件与部位,进行优化设计与改良。

[关键词]圆筒;干燥机;成球机;间接加热

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15623

中图分类号: TK173

文献标识码: A

Design of Indirect Heating Rotary Drying Machine

SHEN Jiang

Jiangsu Junye Process Equipment Co., Ltd., Yangzhou, Jiangsu, 225200, China

Abstract: The article is based on the basic principles of the drying process, taking into account the characteristics and social needs of other models, and referring to the experience and conclusions of previous designers on the basis of successful design examples. On the basis of a deep understanding of the functional principle of the rotary cylinder dryer, indirect processing methods were introduced to improve drying efficiency. Thermal work calculations and corresponding experiments were conducted to calculate the strength and rigidity of the equipment. In addition, the power parameters of this type of dryer were analyzed, and some components and parts that are prone to problems during equipment operation were optimized and improved.

Keywords: cylinder; drying machine; ball forming machine; indirect heating

1 新型回转圆筒干燥机

1.1 干燥机的设计背景

干燥是通过一定的方法将物料中的水分或其他溶剂去除或减少的操作,通常各种产品含水量都有一定的要求,以便于贮存、运输、加工和使用。例如食盐、尿素和硫氨等,当其干燥到含水率为 0.2%~0.5%左右时,物料不易结块,使用比较方便。

1.2 回转圆筒干燥机的工作原理

需要干燥的湿物料由皮带输送机或斗式提升机送到料斗,然后经过料斗的加料机构通过加料管进入进料端。加料管大斜度要大于物料的自然倾角,以便物料顺利进入干燥机内干燥,干燥圆筒是一个与水平线成倾斜的旋转圆筒。物料从一端加入,载热体由低端进入,与物料成逆流接触,也有载热体和物料一起并流进入筒体。随着圆筒的旋转物料受重力作用运行到较低的一端,湿物料在移动过程中,因为圆筒被加热,故受到筒体壁的加热,蒸发出水份,另一方面与逆流的热空气接触蒸发出水份,蒸发出来水份随逆流的热空气从一端排出。圆筒内壁上还装有抄板,抄板把物料抄起又落下,使物料与热气流接触表面增大,以提高干燥速率与效果,并使物料前进。热体经干燥以后一般经旋风除尘器将气体内所带物料捕捞下来,回流至干燥机的物料入口。

1.3 工艺流程

工艺流程分为物料流程、空气流程等组成。

1.3.1 物料流程

物料由给料机均匀的给入干燥机,在干燥机中,物料在重力及抄板的作用下沿着筒壁逐渐下降,在此过程中,物料和热空气接触得到热量,物料与被加热的筒壁得到热量,将水分汽化蒸发从而使产品含水率降低,降低含水率的物料继续下降成球状经过筛网筛分合格的产品排入进入物料产品库,不合格物料由外输送管道再次回到物料入口重新干燥成球。

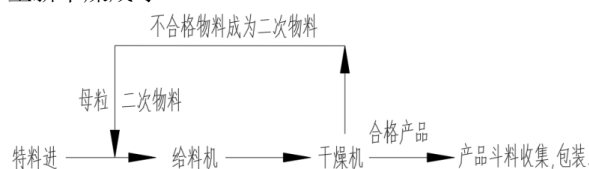


图1 物料流程图

1.3.2 空气流程

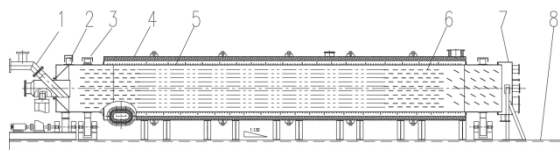
热空气,从干燥机出料端进入圆筒内,再与干燥机内部的物料再相遇,使物料加热的同时带出被蒸发的水蒸气从另一端排出,经过除尘后最终排入大气。另外利于现有的生产厂区中的烟气热能,进入干燥机夹套,从一端进入,另一端出来后烟气回到原系统中。



图2 空气流程图

1.4 结构简图

本案设计采用了组合式加热的方式，一部分热量是由干燥介质经过传热壁传给被干燥物料，另一部分热量则由热风直接与物料接触而传热的，是直接加热与间接加热两种形式的组合，简图如下示：



1-进料装置；2-传动装置；3-托轮挡轮；4-夹套；5-回转圆筒；6-抄板；7-出料装置；8-钢架底座；

图3 干燥机简图

2 干燥机工艺计算

为某集团公司的湿法造粒设计一款组合式加热回转干燥机根据工艺方提供的资料，成品干燥后粒状物料产量为：1500kg/h（设含水量0.5%）

2.1 设计条件

被干燥物料名称	粒状湿物料
流向	逆流
物料进口含水量	$W_1=50\%$
物料出口含水量	$W_2<0.5\%$
产量	1500kg/h
比重（相对密度）	1.8
物料入口温度	$\theta_1=60^\circ\text{C}$
物料出口温度	$\theta_2=160^\circ\text{C}$
物料粒度	1mm左右
空气速度	0.5m/s
室外空气温度	$t_0=27^\circ\text{C}$
湿球温度	$t_w=17^\circ\text{C}$
热空气进口温度	$t_1=300^\circ\text{C}$
干燥器出口空气温度	$t_2=160^\circ\text{C}$
物料的比热	$C_s=0.203\text{kcal/kg}\cdot^\circ\text{C}$
物料的堆密度	$r_s=300\text{kg/m}^3$

2.2 物料衡重和热量衡

干燥机通过热功平衡计算求得所需要换热面积（此处省略），根据换热面积大致假设筒体的直径与长度，另外，在筒体取计算结构尺寸的基础上，设计时通过增加抄板及螺旋板来加强筒体的换热效率，提高传热系数，从而取得一定的实际生产裕量。

2.3 设备参数计算和确定

2.3.1 转筒的转速 n 和倾斜率 S 的选择

筒体转速一般为：

$$n = \frac{6 \sim 10}{D} \quad (1)$$

其中： D 为转筒的直径，标态下空气的密度：

1.293Kg/m³，换算成工况下： $\rho = 1.293 \times 0.9 \times 0.58 = 0.675\text{Kg/m}^3$ 。

$$\text{筒体面积: } P = \frac{L}{\rho \times 0.5} = \frac{0.812}{0.675 \times 0.5} = 2.4\text{m}^2 \quad (\text{风速 } 0.5\text{m/s},$$

物料带出量较少)。

选筒体直径 $D=2.25\text{m}$ ：

$$n = \frac{8}{2.25} = 3.5(\text{rpm}) \quad (2)$$

筒体的倾斜度一般为 $0 \sim 8^\circ$ ；取倾斜角 $\beta=2^\circ$ ，斜率 $S=3.5\%$ 。

2.3.2 停留时间

$$\tau = \frac{1.77z\alpha}{\beta \times D \times n} \quad (\text{min}) \quad (3)$$

式中： α —物料休止角（度）；

Z —转筒长度（m）； $Z=13\text{m}$

$D=2.25\text{m}$ ；斜度 $\beta=2^\circ$ ； $n=3.5\text{rpm}$ ；

$$\tau = \frac{1.77 \times 13 \times 35}{2 \times 2.25 \times 3.5} = 51.1(\text{min}) = 3066 \quad (\text{s})$$

2.3.3 填充率检验

$$\varphi = \frac{\tau V_s}{V} \quad (4)$$

式中： V_s —每秒钟的加料体积， $V_s = \frac{G_1}{r_s}$ ，产量 $G_1=0.347\text{kg/s}$ ，

$$\text{堆比重 } r_s = 300\text{kg/m}^3, \quad V_s = \frac{0.347}{300} = 0.001157(\text{m}^3/\text{s}) ;$$

$$V \text{—转筒体积, } V = \frac{3.14}{4} \times 2.25^2 \times 13 = 51.66(\text{m}^3) ,$$

$$\varphi = \frac{3450 \times 0.001157}{51.66} = 0.0774, \quad \text{即 } 7.74\% \text{填充率}。$$

2.4 筒体设计

筒体跨距暂按： $Z_m=14.5(\text{m})$ 。

筒体材料取 S31603 钢，取 $Z_m=14.5(\text{m})=14500(\text{mm})$ 。

2.5 对比实际应用

根据以上计算数据，查到相关论文中的实际应用，有实例干燥机产量为 1530kg/h 时的直接加热干燥机设备直径 $\times$ 长度为 $2.5\text{m} \times 18\text{m}$ ，同样的直接加热设备在本公司现有的设备上，相当产量均直径在 2m 以上。

2.6 模拟试验

根据理论计算，我公司将产品等比例缩小后，进行了

一次干燥试验。



图4 实验干燥机

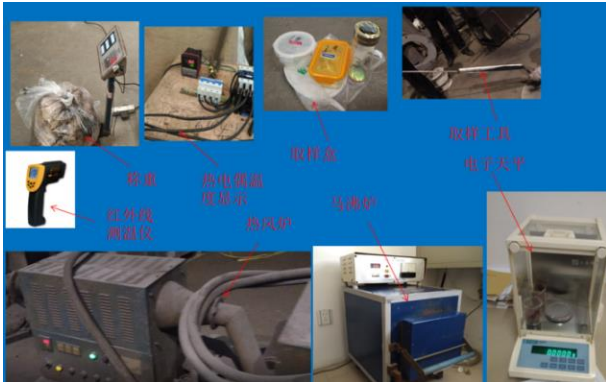


图5 蒸发实验器具

下面是实验样品送检测中心检测数据结果：

表1 样品含水率报告

项目	批号	检测前 (g)	检测后 (g)	含水量%
1 号样	①	3.1745	3.1680	0.20
	②	3.3002	3.2916	0.26
2 号样	①	2.6326	2.6297	0.11
	②	2.6667	2.6635	0.12
3 号样	①	3.2028	3.1993	0.11
	②	2.7747	2.7720	0.10
原样	①	4.0252	2.1711	46.06
	②	2.8759	1.5528	46.01

3 CFD 仿真

3.1 说明

组合式加热干燥过程还是非常复杂的。在干燥过程中，气流的性质及颗粒的特性沿着干燥管长度方向都会发生显著变化的。虽然多相流理论的研究已取得了不少进展，但由于流动的复杂性以及模型假定的局限性，数值模拟结果和实际情况之间或多或少还存在着差距，因而对工艺过程多相流的理论模拟和求解方法还在不断地完善中。

3.2 仿真技术

本次仿真技术模型如下图所示：工作流程是潮湿物料由N1口进入，在内部加热、旋转条件下，物料由前段逐渐向后段推移过程中逐渐蒸发水分而变干燥。加热温度、管道直径、管道长度、干空气流量，物料初始含水量等等

各种参数如何影响潮湿物料干燥过程，涉及多相流和颗粒运动相耦合。

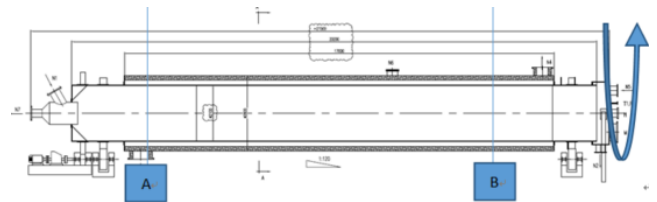


图6 仿真模型

3.3 仿真条件

本次仿真我们考虑物料颗粒表面附着水，也就相当于炭黑颗粒均匀地分布于液相水之中。分析干燥机的工作机理我们发现：

管壁提供热量，先传递热量到液滴，液滴蒸发，所以影响蒸发的温度与颗粒无关。

通过物料进口量的大小和物料颗粒直径，我们发现物料颗粒之间距离大于10倍物料直径，物料颗粒之间相互作用不大，涉及的颗粒的碰撞和破碎效应较弱。

颗粒大小不一样，表面积也不一样。影响蒸发的表面积大小可以通过水相直径进行等价约束。

通过以上分析发现，本次仿真可暂不考虑物料颗粒。通过物料颗粒流入量的多少和含水率，用等量的液相水替代。

因此本次仿真计算做如下假设：

本次仿真暂不考虑物料颗粒，仅考虑空气、水蒸气、液态水三相的流动传热和相变情况。

由N1口按照物料含水量等比例注入液态水，然后模拟液态水在容器内的相变过程。

可监测初始截面A含水率和截面B含水率，通过含水率的变化分析加热温度、管道直径、管道长度、干空气流量，物料初始含水量等等各种参数对蒸发的影响，间接考察上述参数的影响权重。

3.4 计算结果分析

CFD 计算模型如下图所示：

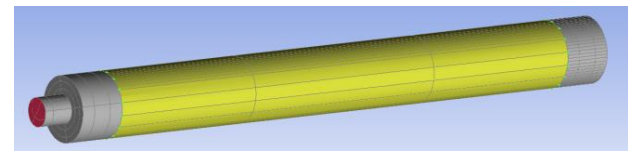


图7 CFD 模型

计算参数为：进口空气流量 500kg/h，进口空气温度 20℃，进口物料颗粒（水和物料）3000kg/h，夹套内烟气入口入口金属壁温 385℃，出口温度 200℃，旋转速度 3rpm，倾斜角度 1：120，物料颗粒直径考虑 1mm。

本次仿真采用欧拉多相流理论和离散相颗粒追踪相结合的技术，物料颗粒从最左侧孔进入，然后在后面圆筒内流动、加热、蒸发、扩散，最后从最右侧排除。

物料颗粒直径=1mm,其中间截面水汽分布如下图所示:

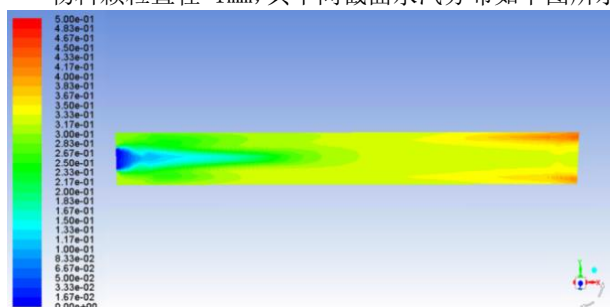


图8 水汽分布图

截面平均水汽浓度分布如下图所示:

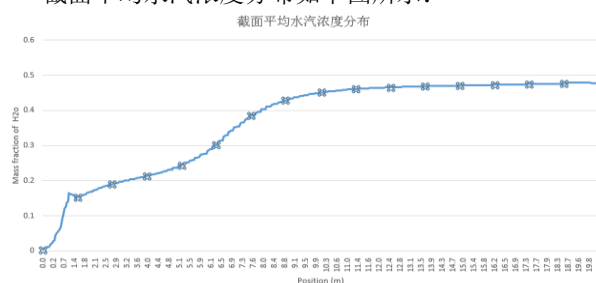


图9 平均水汽浓度分布图

可以发现物料水汽蒸发在 9m 之内的管道长度内蒸发剧烈,9m 之后蒸发变得缓慢,与真实蒸发比较一致。

中间截面温度分布如下图所示:

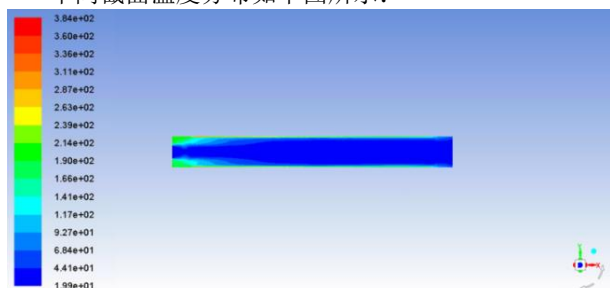


图10 中间截面温度分布图

4 筒体及支撑部分设计与计算

4.1 筒体

筒体是回转圆筒干燥机的基体。筒体内部既进行热介质的传递又输送物料,筒体大小标志着干燥机的规格和生产能力。筒体应满足一定的刚度和强度。

4.1.1 筒体跨度计算

干燥机的长度与直径比一般小于 12,要用两头支撑。因为本设备圆筒外有夹套,内部走高温烟气,需要内部耐火砖保温,固夹套不能转动,回转圆筒的支撑只能设置在二头,包括传动齿轮。这是外夹套加热的一个特殊点也是难点。

本案取直径 2.5m,长度 17m,满足常规结构比例。

4.1.2 筒体壁厚计算

筒体壁厚与许多因素有关,若跨径比偏小,壁厚可略

小;反正需增大,筒体的最小厚度按以下经验公式核算:

$$\delta_{\min} = 7.07 \times 10^{-4} \times k \frac{R^2}{\sigma_s} \quad (5)$$

式中: K—抄板与筒体壁重量比的系数,对于升举式抄板 K=1.6;

R—筒体半径 1250mm。

σ_s —筒体材料在操作温度下的许用应力,本案采用不锈钢材料 S30408,查 GB150.2-2011 表 5,按 350 度温度下是 111Mpa。

得筒体厚度最小为 16.518mm 考虑腐蚀磨损等并圆整后取筒体厚度 20mm。

4.1.3 夹套筒体

夹套筒体根据内部耐火砖厚度以确实夹套筒体直径取 3500mm,内部保温层厚度为 160mm,夹套筒体根据经验取 10mm,取普通碳钢材料, Q235-B。

4.1.4 筒体弯矩与应力分析计算

筒体看作是受均布载荷的简支梁建立弯矩图分析弯矩应力校核合格,筒体变形计算合格,具体计算省略。在滚轮与托轮安装处由于安装应力的原因适当加厚此局部筒体的厚度,本案取 30mm。

4.2 滚轮,托轮,挡轮

滚轮的断面有实心矩形,正方形,空心箱形多种,小型回转圆筒也有用钢轨或型钢弯制而成。本案采用矩形滚轮,形状简单。截面整体性,铸造相对来说缺陷少,裂缝少。滚圈也可采用锻造。

滚轮的作用是支撑整个筒体的质量,使其能在托轮上回转,因此托轮和滚轮都必须有足够的刚性,本案采购 35CrMo 合金钢锻件材料。

滚轮的接触应力按如下公式校核合格。

$$\sigma_s = 0.0132 \sqrt{\frac{qE(R_r + R_t)}{R_r R_t}} \quad (6)$$

式中: q—和用在滚轮单位长度上的均布载荷;

E—材料弹性模量;

R_r —滚圈外径;

R_t —托轮外径;

托轮装置是承受整个回转部分的重量,是在重负荷下工作的部件,托轮安装需要使筒体能平稳转动,中心线夹角宜成 60° , 结构分布如下图示。

轴承可以用滚动轴承也可以用滑动轴承,承受较大载荷时,所需滚动轴承尺寸也较大,使安装体积较大。

托轮轴强度计算按如下公式,进行校核。

$$d = \sqrt[3]{\frac{2.5 \times N (l_1 - b_1)}{0.2[\sigma]}} \quad (7)$$

N—托轮处所受力,大小等于托轮处支撑反力

L_1 —轴承跨距;

b1—轴承结构宽度。

因设备具有一个倾斜角度,故在转动时需要有挡轮来阻挡,限制筒体轴向来回窜动。挡轮同样需要成对放置。

按如下公式计算挡轮强度与轴径大小。

$$F_{ad} = G_0 \left(\frac{f}{\cos \alpha} - \sin \beta_1 \right) \quad (8)$$

$$d_{cp} \geq \left(\frac{0.59}{[p_0]} \right)^2 \frac{EF_{AD}}{h} \quad (9)$$

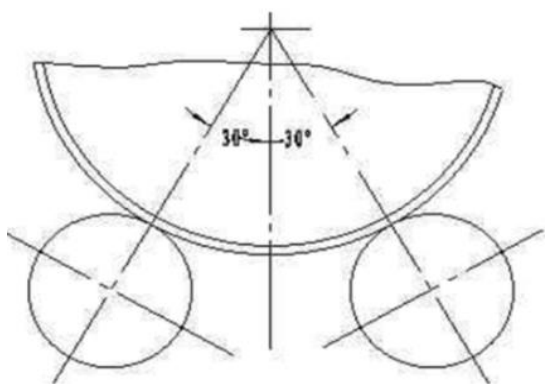


图 11 托轮与滚轮结构

5 传动部件的设计与计算

5.1 电机选型

回转圆筒干燥机是用于固体颗粒的干燥加热设备,操作时周围环境温度较高,灰尘较大,选用电动机时应防尘、防腐防爆,还应具有通风冷却装置,以适应高温的需要,本案选用变频电机 90KWP8 减速机选用齿轮减速机 ZLY250-14。

传动比,大小齿轮等计算按照机械设计手册进行详细计算,大齿轮 M2=20, Z=162, 小齿轮 M1=20, Z=23。轴与齿轮同样选用 35CrMo 的材料,满足材料强度的同时兼顾材料韧性。

5.2 轴承

轴承考虑到冲击载荷,除了径向还有轴向载荷都是需要考虑的,故选用 SKF 球面轴承,此轴承为 SKF 的专利产品,其强度计算按照机械设计手册初步计算后,是到了 SKF 轴承供应商的确认。

5.3 联轴器

联轴器大都为标准件,一般可以根据机器的工作条件选定合适的类型,在选用时可根据计算得到的轴的直径及传动的转矩,还有轴的转速,从设计手册上选出所需要。

本案选用弹性销齿式联轴器 ZL4 与 ZL9。

6 密封与润滑

6.1 密封

因为回转圆筒在转动,故进出口与回转,夹套与回转圆筒之间都需要进行密封,密封件的选用也比较重要,这涉及到将来车间与现场环境的影。

密封类型分为如下几种:

迷宫型:结构简单易制作,易安装,不需维护,缺点是那个密封性能差,只适用于一些简单介质,小颗粒状,无毒无害环境。

填料型:结构相对简单,易制作,密封性能一般,但磨损严重,将来需要不断的维护,更换填料等。

弹簧板型:结构是由多块弹簧板相互重叠实现密封,按结构制作相对复杂一些,成本高,安装简单,密封性能一般,目前此结构应用最为广泛。

弹簧压块型:此结构是由多块压块,每块压块上都装有弹簧,通过弹力压紧压块使其与筒体进行密封。此结构比较复制,安装困难,但密封性能较高。

本案考虑到对环境的影响,故采用弹簧压块式的结构,以及迷宫密封相结构的方法,相对成本较高。

6.2 润滑

回转干燥机传动零件中如轴,轴承,齿轮都需要进行润滑,轴承具体的润滑油或脂的型号按照供应商的要求。大小齿轮采用润滑油浸润方式润滑,托滚与滚圈采用石墨润滑,在托轮上安装固定石墨块,石墨块由弹簧压紧后与托轮进行摩擦实现润滑。

7 结束语

在对回转干燥机从工艺到结构的整个设计过程中,有时会忽视制造与安装方面的问题,比如设备高温滚圈与托轮位置,4 个托轮与回转筒体的轴线的对称等等很多都需要在设计时提前考虑难点,在结构方面进行优化,在能提高效率的同时,尽可能的降低制作与安装难度。

【参考文献】

- [1]金国森. 等干燥设备设计手册[S]. 上海:上海科技出版社,1989.
- [2]潘永康. 现代干燥技术[M]. 北京:北京化学工业出版社,1998.
- [3]机械设计手册编委会. 机械设计手册[M]. 北京:机械工业出版社,2004.

作者简介:沈江(1975.7—),毕业院校:1999年毕业于同济大学,所学专业:机械制造工艺与设备,当前就职单位:江苏竣业过程机械设备有限公司,职务:总工程师,职称级别:副高级工程师。

机械零部件加工工艺优化与质量控制研究

陈加利¹ 王彬根¹ 蔡起跑² 朱露根³

1. 温州名创知识产权代理有限公司, 浙江 温州 325000
2. 温州名创科技信息服务有限公司, 浙江 温州 325000
3. 球豹阀门有限公司, 浙江 温州 325000

[摘要] 本论文探讨了机械零部件加工工艺优化与质量控制的研究进展, 分析了当前零部件加工过程中常见的质量问题及其成因。通过对比不同工艺方法的优缺点, 提出了优化方案, 包括加工过程中的参数选择、工艺改进与质量监控技术的运用。研究表明, 合理的工艺优化能够有效提高零部件的加工精度与生产效率, 降低生产成本, 并能在较大程度上控制产品质量波动。本文最后通过实际案例分析, 验证了优化方案的有效性, 并提出了未来研究的方向。

[关键词] 机械零部件; 加工工艺; 优化; 质量控制; 精度

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15663

中图分类号: TH161

文献标识码: A

Research on Optimization of Machining Process and Quality Control of Mechanical Components

CHEN Jiali¹, WANG Bingen¹, CAI Qipao², ZHU Lugen³

1. Wenzhou Mingchuang Intellectual Property Agency Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang, 325000, China
2. Wenzhou Mingchuang Technology Information Service Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang, 325000, China
3. Qiubao Leopard Valve Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang, 325000, China

Abstract: This paper explores the research progress on the optimization of machining processes and quality control of mechanical components, and analyzes the common quality problems and their causes in the current component machining process. By comparing the advantages and disadvantages of different process methods, an optimization plan was proposed, including parameter selection during the processing, process improvement, and the application of quality monitoring technology. Research has shown that reasonable process optimization can effectively improve the machining accuracy and production efficiency of components, reduce production costs, and control product quality fluctuations to a large extent. At the end of this article, the effectiveness of the optimization scheme was verified through practical case analysis, and future research directions were proposed.

Keywords: mechanical components; processing technology; optimization; quality control; accuracy

引言

随着制造业的持续发展, 机械零部件的加工质量成为企业生产效率和市场竞争力的关键。为了提高零部件的质量与性能, 优化加工工艺与实施质量控制措施变得尤为重要。零部件加工工艺直接影响产品的精度、强度、耐久性以及生产成本, 提高加工工艺的精度与可控性是现代制造中的核心任务之一。本文将深入探讨机械零部件的加工工艺优化与质量控制的理论和实践, 分析现有技术存在的不足, 并提出优化方案, 旨在推动相关领域技术的创新与发展。

1 机械零部件加工工艺现状分析

1.1 机械零部件的种类与加工特点

机械零部件是各类机械系统中至关重要的基础部件, 主要包括齿轮、轴类、壳体、连接件等。这些零部件在不同机械设备中的功能各异, 但都要求具备较高的精度、强度和耐久性。随着科技进步, 零部件的加工要求日益严格, 尤其是在精度和表面质量方面。例如, 齿轮加工不仅要求高度的尺寸精度, 还需要精准的齿形控制, 常用的加工方

法包括齿轮磨削、插齿等精密切削工艺; 而轴类零部件则强调高圆度和优良的表面质量, 常常需要通过车削、磨削等工艺来实现。此外, 随着现代机械设备对轻量化、耐磨性和抗腐蚀性等性能要求的提升, 许多新型材料, 如高强度合金、复合材料等被广泛应用于零部件的制造中, 这对加工技术提出了更高要求。新材料通常具有较高的硬度和复杂的物理特性, 给加工过程带来更大的挑战, 增加了加工的难度^[1]。

1.2 当前常见加工工艺的优缺点

常见的机械零部件加工工艺主要包括切削加工、锻造、铸造、冲压等。切削加工是最为常见的加工方式, 其优点在于能够实现较高的加工精度, 尤其是数控加工技术的应用, 使得复杂形状的零部件加工成为可能。但其缺点也较为明显, 如加工周期长、刀具磨损严重、能源消耗较大。锻造工艺则适用于要求高强度的零部件, 其优点是材料利用率高、力学性能好, 但由于模具的复杂性和高昂的成本, 适用于大批量生产。铸造工艺适用于大规模生产复杂形状

的零部件,且模具成本较低,但由于熔炼过程的不稳定性,易产生气孔、裂纹等缺陷。冲压工艺适用于大批量生产简单形状的零件,具有高生产效率,但对材料的要求较为严格,一旦材料选择不当,容易出现变形或不良品。

1.3 加工过程中的质量问题与挑战

在机械零部件的加工过程中,常见的质量问题主要涉及尺寸误差、形位误差、表面粗糙度不合格、内应力以及热处理变形等。尺寸误差往往由刀具磨损、加工参数选择不当或加工设备精度不足等因素引起,尤其是在高精度加工中,这些误差可能导致零部件无法达到设计要求。形位误差通常是由于机床精度不够、工件定位不准确或加工工艺不合理等原因所致,这对零部件的配合精度和使用性能产生直接影响。表面粗糙度不合格的问题则多由切削力过大、切削温度过高、切削液不足或冷却不充分等因素引起,导致表面加工质量差,进而影响零件的耐磨性、密封性及使用寿命。内应力的积累是另一重要问题,它可能导致零件在加工过程中或加工后发生变形,严重时甚至会导致零部件的报废。此外,热处理过程中由于温度控制不当或加热不均,也可能引发零部件的热处理变形,进而影响其尺寸精度和力学性能。

2 加工工艺优化的关键技术

2.1 工艺参数优化与选择

工艺参数的选择直接决定了机械零部件加工的质量和生产效率,因此,它是影响加工过程中的关键因素。合理选择工艺参数不仅能够显著提高加工精度、延长刀具使用寿命,还能有效降低生产成本。传统的加工工艺中,主要考虑的工艺参数包括切削速度、进给量、切削深度和刀具几何角度等,这些因素直接影响到切削力、温度分布以及材料去除速率等重要加工特性。通过优化这些参数,可以减少加工过程中的振动和热量生成,从而改善加工质量和提高效率。在此基础上,随着计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)技术的广泛应用,工艺参数的选择变得更加精准和高效。利用先进的优化算法,如遗传算法、粒子群优化算法等,可以在多个工艺变量中找到最佳参数组合,从而最大限度地提高生产效率并降低生产成本。例如,通过优化切削速度和进给量的组合,可以在保证加工质量的前提下,提升加工效率和刀具寿命。

2.2 数控技术与自动化系统在优化中的应用

数控技术与自动化系统的广泛应用,已成为工艺优化的核心手段之一。数控机床凭借其精确的运动控制能力,能够精细地控制刀具的轨迹与加工过程,实时调整加工参数,从而最大限度地提高零部件的加工精度和一致性。通过数控系统,可以自动调节切削速度、进给量和切削路径,减少人为操作误差,并有效降低不良品的发生率。自动化生产系统的引入,如机器人和智能化生产线,不仅提升了整体生产效率,还减少了人工操作中的误差,提高了加工

的重复精度。通过机器人自动上下料、搬运零件等任务,生产线的工作流程更加高效和协调,减少了人为因素对生产质量的影响。结合智能监测和自适应控制技术,数控系统能够实时反馈加工过程中的各项参数,动态调整工艺状态。比如,通过监测切削力、温度等关键参数,系统能够在出现异常时及时调整工艺,避免不良品的产生。这一过程使得生产更加智能化和精准化,进一步提高了加工精度和质量稳定性,推动了制造业向高效、低成本和高质量的方向发展^[2]。

2.3 新型材料与加工方法对工艺优化的影响

新型材料的应用为加工工艺优化提供了更多的挑战和机会。随着高性能材料如超合金、复合材料和纳米材料的出现,这些材料具有更高的强度、耐磨性、耐腐蚀性等特点,极大地推动了制造技术的发展。然而,这些材料在加工过程中往往表现出较高的硬度和较差的可加工性,需要采用特殊的加工方法。例如,采用高效的激光加工、电火花加工(EDM)和电化学加工等新技术,可以在加工过程中减少热影响区,降低内应力,保证零部件的加工质量。此外,增材制造(3D打印)技术的兴起,使得复杂形状的零部件可以通过逐层堆积的方式进行加工,这不仅优化了材料的利用率,也减少了废料的产生,具有显著的环保效益。新材料和新工艺的结合,对提升加工效率、提高加工精度以及降低生产成本具有重要意义。

3 质量控制技术在加工中的应用

3.1 质量控制的基本理论与方法

质量控制的基本理论包括统计过程控制(SPC)、六西格玛(Six Sigma)和全面质量管理(TQM)。这些方法的核心是通过数据采集与分析,实时监控生产过程中的每一个环节,以便及时发现潜在的质量问题并加以纠正。统计过程控制(SPC)通过使用控制图、过程能力指数等工具,帮助生产人员了解加工过程中的变异来源,并采取措施进行调整。六西格玛则侧重于减少缺陷率,将缺陷降低至百万分之三点四的水平,适用于对精度要求极高的生产环境。而全面质量管理(TQM)则强调全员参与,从企业文化到管理制度,全方位推动质量改善。在加工过程中,质量控制方法通常涵盖原材料的检测、生产过程中的检测和最终产品的检验等多个方面,确保每个环节都符合质量标准^[3]。

3.2 在线监测技术的应用与发展

随着技术的进步,在线监测技术在机械加工中的应用越来越广泛。在线监测可以实时捕捉加工过程中的关键参数,如切削力、振动、温度、刀具磨损等,以便及时发现异常并采取纠正措施。常见的在线监测技术包括力传感器、温度传感器、振动传感器和图像处理技术等,这些传感器能够对加工过程中的动态变化进行监控,并通过反馈机制将数据传输到控制系统。在线监测不仅可以提高生产效率,还能在出现问题时快速诊断故障来源,避免长时间的停机

和大量废品的产生。随着物联网(IoT)技术的不断发展,在线监测系统可以通过云平台将数据实时传输至远程,支持多台设备的统一监控和管理,进一步提升了监控的效率和精度。

3.3 质量控制的过程数据分析与反馈机制

过程数据分析是质量控制中至关重要的一环。通过采集生产过程中各类数据,如温度、速度、进给量、切削力等,结合统计分析方法,可以识别出影响质量的关键因素,并对其进行优化。数据分析不仅可以帮助预测可能发生的质量问题,还能为后续工艺调整提供科学依据。反馈机制是确保质量控制持续改进的重要手段。在生产过程中,实时数据反馈至质量控制系统后,系统可以根据预设的标准自动调整工艺参数或警告操作人员。数据反馈系统还可以根据历史数据的分析,预测未来生产过程中可能出现的问题,提前进行干预和调整,从而有效减少质量波动。通过有效的数据分析和反馈机制,企业能够建立闭环质量管理体系,持续优化加工过程,确保每批次产品都符合高标准的质量要求。

4 工艺优化与质量控制的实际应用案例

4.1 案例一:某机械零部件的加工工艺优化

某机械制造企业在生产精密齿轮时,发现传统的加工工艺存在较高的加工误差和较低的生产效率,导致产品的市场竞争力下降。为了解决这一问题,企业对加工工艺进行了全面优化。首先,采用了数控机床代替传统的手工操作,通过精确控制切削速度、进给量和切削深度来减少加工误差。其次,通过使用高性能刀具和优化切削参数,延长了刀具的使用寿命,减少了刀具更换时间。最后,引入了自动化上下料系统,进一步提高了生产效率。经过工艺优化后,零部件的尺寸精度得到了显著提高,生产效率提高了30%,并且产品合格率达到98%以上,整体生产成本降低了15%。

4.2 案例二:质量控制技术在加工中的应用

在某航空零部件制造厂,零部件的加工质量直接影响到飞行安全,因此质量控制尤为重要。为了确保加工质量,该厂引入了在线监测技术和先进的质量控制方法。在加工过程中,工件的切削力、温度和振动等参数通过传感器实时监控,并反馈到中央控制系统。系统能够在加工过程中自动调节切削速度和进给量,避免出现过度切削或刀具磨损等问题。除此之外,使用了统计过程控制(SPC)对加工过程中每一批次的产品进行质量分析,确保所有产品符合技术要求。通过这些质量控制技术的应用,该厂的加工精度稳定性提高了20%,零部件的报废率下降了25%,并且生产周期

大幅缩短,极大提高了生产效率和零部件的安全性。

4.3 案例三:优化方案实施后的效果分析

某汽车零部件制造商在实施工艺优化和质量控制技术后,对其生产效果进行了详细的分析。实施之前,该企业的零部件加工存在较大的质量波动,尤其是在表面粗糙度和尺寸精度方面。为了解决这些问题,企业首先通过数控技术对工艺参数进行了优化,选择了适合的切削速度、进给量和切削深度。其次,引入了实时在线质量监控系统,对加工过程中的每一个环节进行跟踪和调整。通过质量控制手段,工艺优化后的产品质量稳定性显著提高。效果分析结果显示,实施后零部件的尺寸误差减小了40%,表面粗糙度降低了30%,废品率从10%降至2%。此外,整体生产周期缩短了15%,生产成本也得到了有效控制。该企业通过优化方案的实施,不仅提高了生产效率,还增强了市场竞争力^[4]。

通过对机械零部件加工工艺优化与质量控制技术的研究与应用,可以看出,合理的工艺参数选择、先进的数控技术以及精确的质量控制方法,对于提高加工精度、生产效率和降低成本具有重要意义。实际案例表明,优化方案的实施能够显著提升产品质量、稳定性与企业竞争力。

5 结语

机械零部件加工工艺优化与质量控制是提高生产效率和产品质量的关键因素。通过对不同加工工艺的分析与优化,以及质量控制技术的应用,能够有效降低生产成本并确保产品的高质量。在未来的研究中,随着智能制造技术的进步,自动化、智能化加工工艺和质量控制技术将成为发展趋势,进一步推动机械加工行业的创新与发展。为了适应快速变化的市场需求,企业需持续优化加工工艺,并不断完善质量控制系统,以确保在激烈的市场竞争中占据有利地位。

[参考文献]

- [1] 毕文龙. 机械加工技术在汽车零部件制造中的创新实践[J]. 汽车知识, 2025, 25(1): 64-66.
- [2] 许子桐. 精密加工技术与农业机械制造工艺的研究[J]. 农机使用与维修, 2025(1): 79-82.
- [3] 詹伟强. 精密零部件加工中的表面处理与工艺控制[J]. 产品可靠性报告, 2024(12): 68-69.
- [4] 丁接荣. 数控加工工艺对汽车零部件质量和性能的影响[J]. 汽车测试报告, 2024(21): 68-70.

作者简介: 陈加利(1984.11—), 毕业院校: 兰州大学, 所学专业: 材料物理, 当前就职单位温州名创知识产权代理有限公司, 职称级别: 工程师。

压力容器设计制造常见缺陷与应对措施

张玉静 石文 徐磊

山东大齐石油化工设计有限公司, 山东 淄博 255400

[摘要]随着工业化进程的加速,压力容器在化工、石油、冶金、电力等多个行业中得到了广泛应用,成为提升生产效率与保障操作安全的关键设备。随着使用环境日益复杂,设计与制造过程中暴露出的问题也愈加显著,尤其是在法兰设计、材料选择、焊接工艺及制造流程等方面。通过对多个事故的分析,发现设计与制造缺陷常常是引发安全事故的主要原因之一。因此,研究并解决这些常见问题,优化设计与制造工艺,已成为提升压力容器性能与确保生产安全的关键任务。

[关键词]压力容器;设计制造;常见缺陷

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15639

中图分类号: TH49

文献标识码: A

Common Defects in Design and Manufacture of Pressure Vessels and Countermeasures

ZHANG Yujing, SHI Wen, XU Lei

Shandong Daqi Petro Chemical Design Co., Ltd., Zibo, Shandong, 255400, China

Abstract: With the acceleration of industrialization, pressure vessels have been widely used in chemical industry, petroleum, metallurgy, electric power and other industries, and become the key equipment to improve production efficiency and ensure operational safety. With the increasingly complex use environment, the problems exposed in the design and manufacturing process are becoming more and more obvious, especially in flange design, material selection, welding technology and manufacturing process. Through the analysis of several accidents, it is found that design and manufacturing defects are often one of the main causes of safety accidents. Therefore, studying and solving these common problems and optimizing the design and manufacturing process have become the key tasks to improve the performance of pressure vessels and ensure production safety.

Keywords: pressure vessels; design and manufacture; common defects

引言

压力容器广泛应用于石油、化工、电力、食品等多个领域,作为承受内外压力、确保物质安全储存与运输的关键设备,其设计、制造及使用安全性至关重要。由于在高压和极端环境下运行,任何设计或制造过程中存在的缺陷,都可能导致设备失效、泄漏,甚至引发爆炸,从而对人身安全及环境构成严重威胁。因此,确保压力容器在设计及制造阶段严格遵循标准,已成为行业关注的核心问题。通过优化设计、提升制造工艺以及加强材料控制等措施,潜在的缺陷得以有效避免,压力容器的安全性与可靠性也得到了显著提高。

1 压力容器设计制造的特点

1.1 专业性

压力容器的设计与制造涵盖了力学、材料学、热学以及流体力学等多个技术领域,这些学科的交叉融合使得整个过程充满了复杂性。在这一过程中,高度的专业技能是必不可少的,设计人员和制造工人必须拥有扎实的理论基础与丰富的实践经验。在设计阶段,容器能否达到所需的性能标准,必须通过严谨的计算与模拟来确保,涵盖了承受内外压力、耐腐蚀性及结构强度等多个关键参数。在制造过程中,每一个工艺环节都需要极高的精度,任何微小的偏差都可能对容器的安全性与可靠性带来影响。特别是

在焊接工艺、材料选择与质量控制以及热处理过程的细节上,均需通过专业的技术手段严格把控。这些高标准要求使得压力容器的设计与制造不仅仅是技术任务,更是对设计能力与工程实践的一次全面考验,突显了其在生产中的专业性。

1.2 安全性

作为高风险设备,压力的安全性在设计及制造过程中始终占据着最重要的位置。任何设计上的缺陷、材料问题或工艺不当,都可能导致容器在使用过程中出现故障,严重时甚至引发爆炸或泄漏,从而对人员的生命安全和环境造成极大威胁。为确保容器的安全性,每个环节都必须严格按照安全标准与规范进行管理。从设计计算、材料选择,到制造工艺、质量控制等各个方面,都应经过严格把关。在设计阶段,应充分考虑极限工况并合理设置安全系数,确保容器在超负荷或突发压力下仍能稳定运行。焊接质量、材料的耐腐蚀性与抗疲劳性等因素,在制造环节中直接影响容器的安全性。此外,制造过程中的多次检验,如无损检测与压力测试等,也是确保潜在问题能够及时发现并处理,进一步提升整体安全性的关键手段。

2 压力容器设计制造中存在的缺陷

2.1 法兰设计缺陷

法兰作为压力容器各部件连接的关键组成部分,设

计合理性直接关系到容器的密封性与承载能力。在实际设计过程中,法兰的尺寸与形状常常存在一定的偏差,这些偏差通常源自对材料力学性能理解的不充分或设计公式应用的错误。例如,若法兰厚度未能充分设计,或环向应力的计算存在不准确之处,连接部位可能在高压条件下发生变形或泄漏,严重时甚至可能导致容器破裂。此外,在高温高压条件下,法兰可能出现应力集中现象,从而加速材料的疲劳,增加失效的风险。若法兰设计未能考虑温度波动、压力波动等多重因素的影响,长期运行的可靠性也将受到显著影响。因此,法兰设计中的缺陷在压力容器设计中占据着重要地位,必须予以足够的关注与重视。

2.2 材料问题

压力容器作为一种高性能设备,核心性能在很大程度上依赖于材料的选择与质量。合理的材料不仅能够确保容器的强度与耐久性,还对容器在极端工况下的稳定性与安全性起着关键作用。在实际生产过程中,材料的选用必须根据具体的使用环境与工作需求进行精确匹配,以确保容器达到最佳的性能标准。然而,材料问题已经成为压力容器生产中的一个常见且严重的缺陷。调查显示,部分企业在材料采购时,由于工作人员疏忽,未能严格按照相关标准进行筛选,导致选用了不合格或不适用的材料。压力容器制造过程中,涉及的材料种类繁多,任何一种材料未能符合标准要求,都有可能对容器的整体安全性与性能产生致命影响。在高温高压的工作环境下,材料性能不符合要求可能引发裂纹、腐蚀或脆性断裂等问题,甚至引起爆炸或泄漏等严重安全事故。材料问题不仅会给企业带来巨大的经济损失,更为重要的是它直接威胁到操作人员的生命安全,带来不可预见的风险。

2.3 焊接缺陷

焊接在压力容器制造过程中具有至关重要的地位,其质量直接关系到容器的结构完整性与密封性。焊接缺陷是压力容器常见的质量问题之一,焊缝裂纹、气孔、夹渣以及未焊透等问题时常发生。尤其在高温高压环境下,焊接缺陷可能成为容器失效的根本原因。例如,焊缝裂纹不仅削弱了容器的承载能力,还可能引发应力集中,从而导致疲劳破裂。气孔与夹渣的存在显著降低了焊接区域的力学性能,使局部应力分布不均,进而增加了容器运行过程中发生故障的风险。如果焊接过程中未能完全焊透,焊缝未能有效连接相关部件,这一缺陷在容器承受高压时,可能引起泄漏或断裂。焊接质量对容器的安全性至关重要,任何细微的缺陷都可能在后期使用过程中引发严重的安全问题。

2.4 设计计算错误

设计计算错误是压力容器设计过程中常见的缺陷,这一问题可能直接影响容器的安全性与性能。压力容器的设计需要涉及多个方面的精确计算,包括强度、刚度、耐压

能力等指标。任何计算环节的疏忽或不准确,都可能导致设计与实际工况之间的差异,从而影响容器的整体结构性能。例如,在进行内外压力承受能力的计算时,若未能准确考虑材料的屈服强度或忽视了应力集中效应,容器在实际使用过程中可能会发生变形,甚至破裂。此外,外部因素如温度波动、压力波动等若未被充分考虑在内,也有可能导致容器在极端工况下发生失效。安全系数设置不当,也是设计计算中常见的错误。若设计人员未能充分预见突发事件,容器在承受超载时,可能无法保持稳定,最终引发严重的安全事故。

2.5 制造工艺缺陷

制造工艺缺陷在压力容器的生产过程中普遍存在,且其对容器的结构完整性与运行安全至关重要。压力容器的制造涉及多个关键工序,如切割、焊接、热处理与检验等,其中任何环节的操作不当,都可能导致工艺缺陷的产生。例如,在焊接过程中,若热输入过高或冷却速度过快,焊缝区域可能出现应力集中,从而增加裂纹形成的风险。热处理工艺中,温控不精确会对材料的硬度与韧性产生不利影响,进而降低整体强度。在切割与加工环节,若精度不足,装配时可能产生间隙或不对中,影响密封性与安全性。即便是微小的工艺缺陷,在长期运行中也可能积累,导致疲劳损伤或腐蚀,最终引发压力容器失效。因此,必须对每一个制造工序实施严格的控制,任何疏忽都可能对容器的长期稳定性构成隐患。

3 压力容器设计制造缺陷的应对措施

3.1 优化法兰设计

法兰是压力容器设计中的关键组件,其设计质量对容器的安全性与性能起着至关重要的作用。合理的法兰设计不仅要保证连接处的密封性与承载能力,还需要充分考虑容器在工作中所面临的压力、温度变化等复杂的工况。为了确保法兰设计的精确性与可靠性,国际上广泛采用了Waters法^[1]。这一方法已经经过实践验证,能够准确计算法兰在使用过程中所受到的各类应力。通常,法兰所承受的应力包括三个部分:法兰力矩应力、由内外压力直接作用于法兰产生的环向应力以及法兰各个组成部分在压力作用下产生的应力。对每一部分应力的计算都必须做到精确无误,因为任何计算误差都有可能影响法兰的承载能力,进而危及压力容器的整体稳定性与安全性。法兰设计时,需要综合考虑结构形态、受力情况以及材料特性等多方面因素,并结合压力容器的设计要求进行严谨的核算,确保设计参数准确。这种严密的设计过程能够显著提升压力容器的整体设计质量,提高其在实际使用中的安全性与可靠性。

3.2 加强材料选择与控制

材料在压力容器的设计与制造中扮演着至关重要的角色,其强度、耐压性及使用寿命直接由所选材料决定。为了确保压力容器的安全性与高性能,必须对材料的选择

与质量进行严格控制。材料的挑选需根据容器的工作环境精确匹配,考虑到温度、压力及腐蚀等环境因素^[2]。如果材料未能满足相应标准,容器在使用过程中极易出现故障,甚至可能导致事故的发生。材料采购环节必须严格把关,确保每一批次材料都经过细致的检验与测试,完全符合设计要求。材料控制不仅仅是选择合适类型,更包括对整个生产过程中的质量监控,以确保材料性能在任何情况下都不受影响。无论是化学成分、力学性能,还是热处理状态,都必须符合相关规范,任何偏差都可能危及压力容器的安全性。特别是对于某些特殊工况下使用的材料,其耐腐蚀性、抗疲劳性及抗裂纹性能等特点更需特别关注。通过加强材料的选择与控制,压力容器的可靠性能够显著提升,潜在故障的发生也会大大减少,确保容器在高温、高压等极端条件下持续稳定运行。

3.3 完善焊接工艺

焊接工艺在压力容器制造中扮演着至关重要的角色,焊接质量直接决定着容器的结构强度与使用寿命。完善焊接工艺不仅是提高操作水平的要求,更是确保容器安全性的核心要素。焊接方法的选择是其中的关键步骤,不同的材料与工作条件要求采用不同的焊接技术,如手工电弧焊、气体保护焊等。此外,温控、焊接速度以及填充材料的选择,在焊接过程中也必须严格遵循标准,以确保焊缝的质量达到预期,避免均匀性问题的出现。操作不当或工艺控制不精准常常导致焊接缺陷,如气孔、夹渣或裂纹,这些缺陷会引起应力集中,显著增加容器失效的风险。因此,采用先进的焊接技术,并结合现代检测手段,如X射线或超声波检测,是确保焊接质量的有效途径,能及时发现潜在的微小缺陷。同时,优化焊接工艺还应注重操作人员的培训与规范操作,以确保每一道焊缝都符合设计要求。通过不断改进焊接工艺,压力容器的结构强度与密封性能能够显著提升,使用寿命得以延长,安全隐患的发生也大大减少。

3.4 完善设计计算与验证

设计计算在压力容器设计中占据着至关重要的地位,任何疏忽或错误的计算都可能导致容器无法满足实际使用要求,甚至威胁其安全性。为确保设计计算的准确性与可靠性,必须对所有公式与参数进行严格核对,确保它们能够准确反映容器在各种工况下的综合性能。这些计算涵盖了容器承受的内外压力、温度波动、冲击载荷等多种因素。在设计过程中,进行多轮验证与优化是尤为重要的,通过采用现代仿真技术,如有限元分析,可以模拟容器在不同工作条件下的应力与热应力分布,从而预测潜在的风险点,避免设计偏差^[3]。同时,设计计算必须与实际制造工艺紧密结合,以确保计算结果与生产实践相一致。设计

完成后,必须通过严格的验证程序,包括材料性能测试、焊接质量检查与强度试验等,确保压力容器在投入使用前符合所有安全标准。通过不断改进设计计算与验证,不仅能够排除潜在缺陷,还能显著提升容器的使用可靠性与安全性。

3.5 优化制造工艺

优化制造工艺是提升压力容器质量与安全性的核心步骤。通过改进制造流程,不仅可以提高生产效率,还能有效减少缺陷的发生,确保容器在极端工况下的可靠性与稳定性。精简设计与加工工艺、简化生产环节以及减少人为误差,是提升整体质量的关键。现代数控技术与自动化设备的应用,使切割、焊接与组装过程得以精确控制,确保每个零部件的尺寸与形状达到高精度。与此同时,焊接技术的创新为容器制造提供了保障,通过合理选择焊接方法与材料,能够有效避免气孔、夹渣等常见焊接缺陷。严格的热处理工艺同样至关重要,能够显著提升材料性能,加强容器在高温高压环境下的抗疲劳性与抗腐蚀性。在各工序中,通过实时监控与质量检测,潜在问题可以被及时发现并加以调整,从而有效避免工艺缺陷的发生。通过综合优化这些制造工艺,容器的整体性能与质量得到提升,同时生产成本得以降低,企业的市场竞争力也得到了增强。

4 结语

压力容器作为一种高风险且技术要求严苛的设备,设计与制造过程中每个环节的重要性不言而喻。本文分析了压力容器设计与制造中常见的缺陷,并提出了针对性的优化措施,重点探讨了法兰设计、材料选择、焊接工艺及制造工艺等方面的改进。通过加强各个环节的监管与优化,压力容器的安全性、可靠性及经济性能能够显著提升,确保其在高温、高压等极端工况下稳定运行。随着技术的不断发展及相关规范的逐步完善,未来压力容器的制造质量将得到持续提升,这将推动相关行业在安全性与效率方面的进一步发展。持续优化与完善压力容器的设计与制造工艺,不仅是确保生产安全的必要手段,也将促进整个行业水平的提升。

【参考文献】

- [1]杨文辉,汉正霞.压力容器设计制造常见缺陷及应对措施[J].化工管理,2022(23):149-152.
 - [2]周明.压力容器设计制造常见缺陷及应对措施[J].设备管理与维修,2021(22):133-135.
 - [3]谭琇遥.压力容器设计及制造常见问题浅析[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(24):26-28.
- 作者简介:张玉静(1976.12—),毕业院校:青岛大学,所学专业:机械设计与制造,当前就职单位:山东大齐石油化工有限公司,职称级别:工程师。

压力容器的结构优化设计及其具体实现

徐磊 张玉静 石文

山东大齐石油化工设计有限公司, 山东 淄博 255400

[摘要] 压力容器是工业中重要的设备, 其设计直接影响到安全性和经济性。为了提高压力容器的性能, 降低成本, 结构优化设计成为关键。文章介绍了压力容器的优化设计方法, 通过这些方法, 可以优化容器的结构, 提升安全性和效率, 同时减少材料和成本。还探讨了复合优化策略, 通过结合多种优化方法, 进一步提高设计效果。研究表明, 合理的优化设计可以显著提升压力容器的性能和经济效益。

[关键词] 压力容器; 结构优化设计; 具体实现

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15638

中图分类号: TH122

文献标识码: A

Structural Optimization Design of Pressure Vessel and Its Concrete Realization

XU Lei, ZHANG Yujing, SHI Wen

Shandong Daqi Petro Chemical Design Co., Ltd., Zibo, Shandong, 255400, China

Abstract: Pressure vessel is an important equipment in industry, and its design directly affects the safety and economy. In order to improve the performance of pressure vessel and reduce the cost, structural optimization design becomes the key. This paper introduces the optimization design methods of pressure vessels. Through these methods, the structure of vessels can be optimized, the safety and efficiency can be improved, and the materials and costs can be reduced. The composite optimization strategy is also discussed, and the design effect is further improved by combining various optimization methods. The research shows that reasonable optimization design can significantly improve the performance and economic benefits of pressure vessels.

Keywords: pressure vessel; structural optimization design; concrete realization

引言

压力容器在石油化工、能源、电力、航空航天等行业中扮演着至关重要的角色, 主要用于承受和存储高压气体或液体, 并确保在严苛工况下的安全运行。由于长时间处于高温、高压、腐蚀及复杂载荷等环境条件下, 其结构设计必须具备高度的合理性, 这直接影响到安全性、使用寿命以及经济性。随着现代工业需求的日益提升, 传统设计方法在材料利用、结构优化及能效提升方面逐渐暴露出局限, 这推动了压力容器优化设计的研究。优化设计不仅要求提高结构强度与稳定性, 同时, 在保障安全标准的前提下, 还力求减少材料消耗、降低制造成本、提升换热效率, 并延长使用寿命。近年来, 随着计算机仿真技术、智能优化算法以及先进制造技术的快速发展, 压力容器的优化设计迎来了新的机遇。从传统的试验设计法与经验优化法, 到基于有限元分析的结构优化, 再到拓扑优化与智能优化算法的应用, 现代优化方法显著提高了设计精度与工程适应性。同时, 通过复合优化策略的结合, 实施了多目标优化, 从而提升了设计的科学性与经济性。本文将围绕压力容器的结构优化设计展开详细研究, 首先分析优化设计的基本原则与要求, 其次, 探讨不同优化方法的特点, 包括传统优化方法、现代优化方法以及设计评价指标, 最后, 重点介绍有限元分析、拓扑优化、智能算法与复合优化策

略的应用实例, 旨在为压力容器设计提供科学、高效且具有工程实践意义的优化思路。

1 压力容器设计节能降耗的原则及要求

压力容器在工业生产和项目建设中至关重要, 直接关系到整体安全, 并间接影响使用者的生命安全。因此, 压力容器的设计工作受到了我国相关部门的高度重视, 并根据不同的生产过程制定了相应的法律法规和规范制度, 以确保生产流程的规范化。为了响应国家节能环保政策, 在进行压力容器设计时, 必须特别关注能源消耗问题, 致力于实现节能降耗, 同时提升压力容器的质量和安全性。压力容器的设计、安装以及在生产中的应用, 都需要在各个环节严格把控, 并遵循相关规范和条例, 确保整个过程的严谨性和规范性。在设计压力容器时, 必须结合实际情况, 特别关注质量和安全要求, 以节能降耗为基本设计原则, 执行相关设计任务。首先, 设计数据的审核至关重要。准确的数据能够有效提升设计方案的经济性, 因此必须严格控制数据的精准度和准确性, 避免因数据不准确而导致设计方案出现根本性错误, 从而造成能源的不必要浪费。其次, 材料的选择应严格按照设计方案中的要求进行, 特别是对特殊材料的选择, 应基于使用要求和功能特点采取相应措施, 以充分发挥材料的价值, 并在合理范围内提高材料的使用率 and 经济效益。

2 压力容器的优化设计方法

2.1 传统优化方法（如试验设计法、经验优化法）

在压力容器的结构设计中,传统优化方法发挥着至关重要的作用,主要包括试验设计法与经验优化法。通过合理规划实验方案,以尽量减少试验次数为目标,试验设计法能够获得优化的设计参数,并提高设计的可靠性和效率。正交试验法是这一方法中的常见技术之一,通过选择合适的控制因素与水平,并采用特定的试验组合方式,使得优化方案能够在较少的试验次数下得到,从而提升设计精度。另外,响应面法也是一种有效的试验设计手段,它通过建立数学模型来描述设计参数与目标性能之间的关系,并通过回归分析与优化算法寻求最优解,进而提高压力容器的安全性与经济性^[1]。另一方面,经验优化法更多依赖设计人员的实践经验及已有的工程案例。通过对比分析历史设计方案,适用于特定工况的优化策略能够被总结出来。例如,在传统设计中,压力容器的壁厚可能会被调整,或者不同材料的选择及焊接工艺的优化,能够用来减少应力集中、降低材料成本或提升耐用性。尽管传统优化方法在工程实践中被广泛应用,它们仍然依赖人工经验较多,试验成本较高,并且在面对复杂工况时,往往难以实现全局最优。

2.2 现代优化方法（如有限元分析、拓扑优化、智能优化算法）

在压力容器的结构设计中,现代优化方法扮演着越来越重要的角色,主要包括有限元分析、拓扑优化与智能优化算法等技术。有限元分析(FEA)是一种应用广泛的数值计算方法,通过将复杂的压力容器结构划分为多个有限单元,受力、应力分布以及变形特性得以模拟分析,从而可能存在的薄弱区域能够被识别出来,设计参数得以优化,以提高容器的安全性与使用寿命。通过有限元分析,设计人员能够在虚拟环境下进行多次优化迭代,试验次数与设计周期得以减少,从而降低了成本。拓扑优化作为一种先进的结构优化方法,采用数学优化算法自动寻找最佳材料分布方案。此方法不仅能确保压力容器满足强度与刚度要求,还能实现材料的最优利用,从而达成轻量化与节能减排的效果。例如,在高压容器的设计中,冗余材料区域能够被识别出来,结构重量得以减轻,制造成本得以降低,并且整体的力学性能得到了改善。智能优化算法,如遗传算法、粒子群优化算法及神经网络优化方法,则利用人工智能技术模拟生物进化或群体行为,为容器的多目标优化提供了高效的求解途径。这些算法能够在庞大的设计参数空间中快速搜索到最优解,并综合考虑诸如成本、安全性、使用寿命等多种约束条件,从而实现全局优化。与传统优化方法相比,现代优化技术能够更精确地控制设计变量,设计效率得以显著提高,同时,压力容器在复杂工况下能够展现出更优的性能,因此在工业领域得到了越来越广泛的应用。

2.3 压力容器优化设计的评价指标

压力容器优化设计的评价指标是衡量设计效果优劣的重要标准,通常涉及多个方面,如结构安全性、材料利用率、制造成本、运行能效及使用寿命等。结构安全性是最为关键的指标之一,压力容器必须符合国家及行业标准(如ASME、GB/T 150)中对强度、刚度及稳定性的要求,以确保在工作压力、温度变化及外部载荷的作用下,不会出现泄漏、塑性变形或结构失效。通过有限元分析与疲劳寿命预测,优化设计后压力容器的安全裕度及抗疲劳性能能够被量化评估。材料利用率对制造成本及结构轻量化有着直接影响。优化设计应在确保强度与稳定性要求的基础上,尽可能减少材料的使用量^[2]。例如,通过采用拓扑优化方法,非承载区域的冗余材料能够被去除,从而提升材料的使用效率。制造成本也是评价优化效果的一个重要维度,涉及材料采购、加工、焊接、检测及维护等多个环节。优化设计需要在保证安全性前提下,生产工艺得到简化,从而提高制造过程的经济性。在运行能效方面,优化设计应着重提高压力容器的换热效率、流体输送效率及保温性能,以减少能源消耗并提高运行效益。例如,换热管布置的优化或更合适的内壁涂层材料的选择,能够改善传热性能,提升整体能效。使用寿命则是衡量优化设计长期效益的关键指标,优化后的压力容器需具备较长的疲劳寿命及良好的耐腐蚀性,从而减少运行过程中的维护成本与设备更换频率。

3 压力容器优化设计的具体实现

3.1 基于有限元分析的结构优化

有限元分析(FEA)作为压力容器优化设计中重要的工具之一,通过数值计算模拟不同工况下容器的受力情况,分析应力分布、变形特性及潜在的失效模式,为结构优化设计提供了指导。在进行有限元分析时,首先需要建立压力容器的数学模型,并利用离散化技术将其划分为有限数量的单元,接着施加边界条件、载荷及材料属性,最终通过求解控制方程,计算各单元的应力、应变与位移分布,从而评估设计方案的安全性及合理性。在优化过程中,设计人员可以通过拓扑优化、尺寸优化及形状优化等方法,调整容器的结构参数。例如,在高压容器的设计中,壳体的厚度分布可以通过有限元分析进行优化,既能减少材料的使用,又能确保容器在工作压力下具备足够的强度与稳定性。此外,应力集中区域能够通过FEA识别出来,并通过调整焊缝布置、修改结构几何形状或改变加强筋的位置来减小应力峰值,从而提高容器的疲劳寿命。对于换热型压力容器,有限元分析能够优化管板结构与流道设计,从而减少热应力,并提升换热效率。

3.2 基于拓扑优化的轻量化设计

拓扑优化的轻量化设计是压力容器优化设计中的关键方法之一,目标是在确保安全性、刚度及使用寿命等关

键性能要求的前提下,尽可能减少材料使用,从而降低重量、生产成本与能源消耗,提升设备的经济性与运行效率。拓扑优化是一种基于数学的优化技术,通过计算与仿真分析,根据载荷分布、边界条件及目标约束条件,自动生成最佳的材料分布方案,从而使压力容器的结构变得更加合理与高效。在应用拓扑优化时,首先需要构建压力容器的有限元模型,并设定优化目标,如最小化质量、最大化刚度或提升承载能力。随后,通过迭代计算,不必要的材料区域会被去除,材料将被重新分布,以达到结构优化的目的。例如,在高压容器或储气罐的设计中,拓扑优化能够帮助调整壳体局部壁厚,去除低应力区域的冗余材料,同时在高应力区域增加支撑结构,从而增强容器的整体安全性与耐用性^[3]。对于复合材料或多材料组合的压力容器,拓扑优化能够设计出最佳的材料布局,充分发挥不同材料的优势,以实现高强度与低重量的优化目标。结合3D打印等先进制造技术,拓扑优化能够实现传统加工工艺无法制造的复杂轻量化结构,从而在保证安全性的同时,大幅度降低容器的重量与成本。

3.3 采用智能算法(如遗传算法、粒子群优化算法)的优化设计

智能算法,如遗传算法(GA)和粒子群优化算法(PSO),在压力容器的优化设计中扮演着重要角色。这些算法通过模拟自然界的进化过程或群体行为,为复杂的多目标优化问题提供了高效的求解方式。遗传算法作为一种全局优化方法,基于自然选择与遗传机制,通过对设计参数进行编码,采用选择、交叉与变异等操作,反复迭代优化,最终获得最优或近似最优的设计方案。例如,在压力容器的壁厚优化设计中,遗传算法能够根据材料特性、承压能力及制造成本等约束条件,自动搜索出最佳的壁厚分布,从而减少材料浪费的同时确保安全性。粒子群优化算法则模拟群体协作行为,如鸟群觅食,通过一组“粒子”在解空间中搜索最优解,特别适用于处理高维复杂问题。在压力容器的设计中,粒子群优化算法能够优化结构尺寸、支撑筋布置及焊缝位置等关键参数,从而提升整体性能。与传统的试验设计法与经验优化法相比,智能算法在面对复杂约束与多目标优化问题时展现出了显著的优势。全局最优解能够在较短时间内找到,局部最优解的陷阱得以避免,从而优化效率得以提高。此外,智能算法可与有限元分析、拓扑优化等技术结合,以实现更加精确与高效的设计。例如,在换热型压力容器的优化过程中,遗传算法与有限元分析相结合,可以自动寻找出最佳的换热管布置方案,从而提升换热效率并降低流动阻力。

3.4 复合优化策略的应用

复合优化策略在压力容器的设计中是一种高效的优化方法,它通过结合多种优化技术,如有限元分析、拓扑

优化与智能优化算法,综合利用各自的优势,从而达到更加优越的结构设计方案。在压力容器的优化过程中,单一的优化方法往往存在一定局限性。例如,有限元分析能够精确计算应力分布和结构变形,但直接提供最优设计方案却无法实现;拓扑优化能够有效减少材料使用,实现轻量化设计,但可能会产生复杂的结构形态,从而增加制造的难度;智能优化算法具有较强的全局搜索能力,可以在多目标优化问题中找到最优解,但计算量较大且收敛速度可能较慢。通过整合这些方法,复合优化策略能够显著提高优化效率,并获得更符合实际工程需求的设计方案^[4]。例如,在高压容器的优化设计中,拓扑优化可先用于确定材料分布的最佳区域,接着,有限元分析被用来对优化后的结构进行应力校核,以确保满足强度与稳定性要求。随后,遗传算法或粒子群优化算法可进一步优化关键设计参数,如壁厚、焊缝位置及支撑筋布置,从而提高安全性并降低制造成本。在换热型压力容器的设计中,智能优化算法可用于优化换热管布置方案,以提升换热效率,紧接着,有限元分析用于计算热应力分布,再进行壳体结构的优化,以确保容器的耐久性与稳定性。

4 结语

压力容器的结构优化设计在现代工业中扮演着至关重要的角色。通过优化设计,不仅可以提高设备的安全性与可靠性,还能够有效降低制造成本并提升能源利用效率。随着设计技术的不断发展,有限元分析、拓扑优化以及智能优化算法等现代优化方法已被广泛应用于压力容器设计中,极大地提升了设计的精度与效率。通过结合多种优化技术,复合优化策略进一步提升了设计过程的科学性与高效性。通过合理的优化设计,压力容器得以在复杂工作环境中更好地发挥作用,延长使用寿命并减少维护成本。随着计算能力的提升及智能化技术的进步,未来的压力容器优化设计方法将变得更加先进,能够更精准地满足各类工业需求。希望本文的研究能够为压力容器设计领域提供有价值的参考,并为实际工程应用提供切实可行的技术支持。

【参考文献】

- [1]赵明,张磊.压力容器设计中的节能降耗措施[J].石化技术,2020,27(3):229-231.
 - [2]高正成.压力容器设计中的节能降耗[J].科学技术创新,2023(15):47-50.
 - [3]隋大山,崔振山.压力容器的结构优化设计及其具体实现[J].机械设计与研究,2005(5):95-97.
 - [4]陈晨,李华,雷玉兰.压力容器参数化建模与结构优化设计新方法[J].广州化工,2017,45(7):116-118.
- 作者简介:徐磊(1983.3—),毕业院校:山东理工大学,所学专业:材料成型与控制工程,当前就职单位:山东大齐石油化工有限公司,职称级别:工程师。

长输油气管道应力分析仿真技术研究

王佳旭 付现燕

中国石油工程建设有限公司华北分公司, 河北 任丘 062500

[摘要]长输油气管道是我国能源战略的重要组成部分, 其结构强度和安全性关系重大。文中针对长输油气管道的应力分析进行了深入研究。采用了有限元方法和仿真技术, 以分析管道在各种工况下的应力状况, 评估其结构强度和安全性。研究发现, 管道的应力状态受到多种因素的影响, 如管道材料、壁厚、直径、长度、内外压力、温度和地质条件等。通过已建立的有限元模型, 模拟实验发现在综合这些因素后, 管道的最大应力集中在贯穿管道的纵向焊缝附近。同时, 模型显示在复杂地理环境(如断层、山地)下, 管道应力的增加明显, 且容易产生应力集中现象。为此, 提出了采取适当的工程措施, 如改变管道路径, 增加支持结构, 使用更优质的材料, 以降低管道运行的风险。此外, 通过比较不同类型油气管道的应力分析, 若综合考量工况、经济性、安全性, 提出了更适合我国长输油气管道建设的优化措施。该项应力分析仿真技术的研究, 对于确保长输油气管道的安全运行, 提高我国能源运输效率具有重要的实践意义。

[关键词]长输油气管道; 应力分析; 有限元方法; 仿真技术; 安全性能

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15679

中图分类号: TE832

文献标识码: A

Research on Stress Analysis and Simulation Technology for Long-distance Oil and Gas Pipelines

WANG Jiaxu, FU Xianyan

North China Branch of China Petroleum Engineering & Construction Corp, Renqiu, Hebei, 062500, China

Abstract: Long-distance oil and gas pipelines are an important component of Chinese energy strategy, and their structural strength and safety are closely related. The article conducted in-depth research on stress analysis of long-distance oil and gas pipelines. Finite element method and simulation technology were used to analyze the stress conditions of pipelines under various working conditions, evaluate their structural strength and safety performance. Research has found that the stress state of pipelines is influenced by various factors, such as pipeline material, wall thickness, diameter, length, internal and external pressure, temperature, and geological conditions. Through the established finite element model, simulation experiments have found that after considering these factors, the maximum stress of the pipeline is concentrated near the longitudinal weld seam that runs through the pipeline. Meanwhile, the model shows that in complex geographical environments such as faults and mountains, there is a significant increase in pipeline stress, and stress concentration is prone to occur. Therefore, appropriate engineering measures have been proposed, such as changing the pipeline path, increasing support structures, and using higher quality materials, to reduce the risk of pipeline operation. In addition, by comparing the stress analysis of different types of oil and gas pipelines, and considering the working conditions, economy, and safety comprehensively, optimization measures more suitable for the construction of long-distance oil and gas pipelines in China have been proposed. The research on stress analysis simulation technology has important practical significance for ensuring the safe operation of long-distance oil and gas pipelines and improving energy transportation efficiency in China.

Keywords: long-distance oil and gas pipelines; stress analysis; finite element method; simulation technology; safety performance

引言

长输油气管道, 作为能源运输的重要载体, 其结构强度和安全性关系到我们的能源供应安全, 甚至影响到国民经济的安全运行。从这个角度说, 研究长输油气管道的应力状态, 进行有限元仿真分析, 以确保其结构强度和安全性, 是我们至关重要的任务。然而, 作为一个复杂工程系统, 长输油气管道的应力状态受到许多因素的影响, 如管道材料、管道壁厚、管道直径和长度、管道的内外压力、温度以及周围地质结构等, 这些因素互相影响, 共同决定了管道的应力状态。而一旦管道的应力超过了一定的限值, 可能会产生应力集中现象, 使得管道在某些区域的应力剧

增, 从而加大了管道发生破裂的风险。考虑到这些复杂的情况, 本文深入探讨长输油气管道的应力分析方法, 运用有限元仿真技术, 分析在各种工况下管道的应力状态, 评估其结构强度和安全性, 以期寻找一种有效的方法, 降低长输油气管道应力的风险。

1 长输油气管道的重要性和安全需求

1.1 长输油气管道在我国能源战略中的作用

长输油气管道在我国能源战略中扮演着至关重要的角色^[1]。作为连接能源资源地与消费市场的关键通道, 长输油气管道有效提高了资源输送的效率与安全性, 降低了运输成本, 保障了能源供应的稳定性。面对日益增长的能

源需求,长输油气管道提供了强有力的支持,使得大规模能源的跨区域调配成为可能。与此长输油气管道作为一种环保、高效的运输方式,能够减少传统运输方式带来的环境影响,符合我国可持续发展的战略要求。尤其在当前全球能源格局变动的背景下,长输油气管道的建设与维护不仅直接影响我国能源安全,还对经济发展和政治稳定具有深远影响。确保长输油气管道的结构强度和安全性,对维护国家能源命脉、实现长远发展目标尤为重要^[2]。

1.2 长输油气管道导致安全问题的主要因素

长输油气管道作为能源运输的重要基础设施,其运行的安全性受到多种因素的显著影响。地质条件复杂性是导致管道安全问题的主要原因之一,例如地震、滑坡和地基不均匀沉降等地质灾害可能引发管道局部变形或断裂。管道内外压力的变化同样是关键因素,长期的高压作用可能诱发管道结构的疲劳破坏,而外部压力变化则可能导致应力集中现象加剧。管道材料和焊接质量也对安全性构成直接威胁,不均匀焊接或材料缺陷将导致管道焊缝处的应力集中和强度下降。运行环境中的温度波动对管道热胀冷缩的影响,以及输送介质的腐蚀性,也可能对管道强度与使用寿命产生不利影响。这些因素的协同作用使长输油气管道的安全性面临严峻挑战。

1.3 长输油气管道结构强度的重要性

长输油气管道结构强度直接关系到其运行的安全性和稳定性。作为承载高压介质的核心设施,管道需在复杂工况和环境中长期运行,其结构强度是抵御内外压力、温度变化及地质应力等多种因素综合作用的关键指标。结构强度不足可能导致管道破裂或泄漏,造成能源损失与环境污染,必须通过科学设计、先进材料应用和精准工程计算,确保管道具备足够强度以满足安全需求并延长使用寿命。

2 对长输油气管道应力的深入理解

2.1 应力分析对于评估管道强度的重要性

应力分析是评估长输油气管道结构强度与安全性能的核心环节,对于确保其稳定运行具有不可或缺的作用^[3]。长输油气管道在运行过程中会受到多种复杂工况的影响,其中包括高内压、温差变化、地质不均匀及外部荷载等,这些因素均会在管道中引发应力分布不均的现象。通过精确的应力分析,可以全面了解管道各部分的应力分布情况,识别潜在的薄弱部位及可能导致失效的危险区域。

科学的应力分析不仅为材料选择和工艺优化提供了依据,也可用于验证和改进现有设计方案,从而降低失效风险。应力数据的准确获取能够帮助工程师预测管道在长期服役中的受力状态,对防止疲劳损伤与断裂具有指导意义。应力分析的深入应用能够显著提升管道的整体可靠性与使用寿命,为油气的安全输送提供重要保障。

2.2 对应力状况影响较大的主要因素

应力状况的主要影响因素涉及多个方面。管道材料是

应力分析的关键,其物理性能直接影响管道的承载能力和应力分布。壁厚和直径同样对应力状况起着重要作用,厚壁管道一般承受的内外应力较小。管道长度则关系到弯曲和热胀冷缩等因素对应力的影响。内外压力是直接作用于管道的主要外力来源,往往是应力集中产生的原因。温度变化导致热应力,尤其在极端气候条件下显著影响管道安全。地质条件影响地基的稳定性,复杂地形如断层和山地可能导致应力分布不均,增加破坏风险。

2.3 在不同工况下,管道应力的问题

在不同工况下,长输油气管道的应力分布表现出显著差异。管道的内外压力是影响其应力的关键因素,内压过高会导致管壁拉伸应力增加,而外部压力变化可能引起压缩应力。温度梯度变化对应力分布同样具有显著影响,温差较大时容易导致热应力集中。地质条件的差异,如断层、滑坡地带等,会使管道产生不均匀载荷,从而形成复杂的应力集中区域。管道的几何结构与尺寸,如壁厚不足或直径较大,可能加剧局部应力集中现象^[4]。复杂工况下应力超出材料的承受极限,将增加断裂或失效的风险,威胁管道安全性。

3 有限元方法和仿真技术在长输油气管道应力分析中的应用

3.1 有限元方法在长输油气管道应力分析中的价值

有限元方法在长输油气管道应力分析中具有重要价值,其核心在于能够有效模拟复杂工况下管道的应力和变形行为。通过将管道简化为有限数量的单元,并通过节点建立数学模型,该方法能够精确描述管道在多种力学条件下的应力分布。面对长输油气管道复杂的运行环境,有限元方法可以综合考虑材料特性、几何形状以及外部荷载等因素,为应力分析提供科学依据。特别是在管道的薄弱部位,如焊缝和弯头,有限元方法通过局部细化网格,能够捕捉到高应力集中区域的细节。该方法还便于对不同工况和设计参数进行快速调整与验证,从而为管道工程的设计优化、材料选择和运营管理提供支持。有限元方法不仅提高了管道应力分析的精度与效率,还为确保长输油气管道的安全性与可靠性奠定了技术基础。

3.2 将仿真技术应用于长输油气管道的应力分析

在长输油气管道的应力分析中,仿真技术被广泛应用于模拟复杂工况及预测潜在安全问题。仿真技术通过建立详细的三维模型,将管道的几何结构、材料特性以及运行环境等关键因素纳入分析范围。结合有限元方法,仿真技术能够动态展示管道在内外荷载、温度变化和地质应力等多重作用下的应力分布特征。通过调整输入参数,仿真技术可用于评估不同条件下管道的变形量、应力集中以及可能的失效模式,进而对关键区域进行重点分析。尤其在复杂地理环境中,如跨越断层或山地时,该技术能够模拟地质活动对管道应力的影响,为提出优化设计方案提供科学

依据。这种方式显著提高了管道安全评估的准确性和效率，降低了试验过程中的实际风险和成本。

3.3 通过有限元方法和仿真技术制定出的应对策略

通过有限元方法和仿真技术，长输油气管道的应对策略包含优化结构设计和选材策略^[5]。结合实验数据，调整管道路径设计以减少应力集中，增强关键部位的支撑结构，选择具有更高抗压强度和耐腐蚀性能的材料，以提高管道在复杂地理条件下的稳定性和安全性。

4 通过有限元方法和仿真技术进行的实验研究

4.1 实验设计及过程

在实验设计过程中，采用了有限元方法和仿真技术对长输油气管道进行应力分析。考虑到各种工况对管道应力状态的影响，实验中综合了管道不同材料、壁厚、直径、长度以及内外压力等因素。在模拟实验中还纳入了温度变化和地质条件等动态环境因素。模型的几何参数基于典型长输油气管道的实际尺寸，并对关键区域，如纵向焊缝，进行了细化网格划分以获取精确结果。实验过程使用专业的仿真软件，构建管道整体的有限元模型，对管道在静态和动态载荷条件下的应力分布进行详细分析。通过数据分析，识别出应力集中区域，为后续的优化设计和风险评估提供基础。

4.2 实验结果以及应用

实验结果显示，通过应用有限元方法和仿真技术，能够有效地评估长输油气管道在实际工况下的应力分布和结构强度。分析表明，在高压及变温环境下，管道的应力集中主要发生在纵向焊缝附近，这是由于材料接缝处存在的不均匀性和应力转移导致的。复杂地理条件下，如位于山地或断层区域，管道会经历额外的变形和应力集中现象。该研究还揭示了通过调整管道路径、采用新型支撑结构和优质材料，可以显著降低管道局部应力水平，提高整体的安全性与稳定性。这些发现为长输油气管道建设和设计提供了科学依据，有助于提升对潜在风险的防范能力，确保能源运输系统的可靠运营。

4.3 采用此课题研究的长输油气管道的建设优化建议

基于研究中建立的有限元模型和仿真技术分析结果，可提出针对长输油气管道建设的优化建议。在路径设计上，应优先避开复杂地质环境，如断层、山地等，以减少应力集中现象的发生。在材料选择方面，可选用高强度、耐腐蚀性能优异的管材，以提高管道的结构强度和抗变形能力。针对容易出现最大应力集中的焊缝区域，可优化焊接工艺，提升焊缝质量，降低应力集中的风险。在复杂地形区域，可增加管道支持结构，采用柔性设计以缓解地质变形对管道的影响。通过合理的建设和设计优化，可有效提升管道运行的安全性和可靠性。

5 对长输油气管道建设改进的建议

5.1 优化长输油气管道路径的解决方案

在长输油气管道建设中，路径优化是降低风险和保证

结构安全的关键环节。选择合理的管道路径可以有效减少环境和自然地质带来的潜在威胁。应进行详尽的地形和地质勘测，识别如断层、滑坡等不稳定区域，将这些因素纳入路径设计的考量范围。基于地勘数据，通过仿真技术评估不同路径方案在运行过程中的应力特性，以选出应力分布较均匀且应力集中现象最小的路径。在路径设计过程中，还需综合考虑经济性，包括施工成本、维护便利性及环境影响等因素，实现路径的最优化。通过采用多学科协同的方法，结合地理信息系统（GIS）技术，能够提供更全面的路径优化方案，从而提升管道整体运行的稳定性和安全性。上述路径优化措施不仅有助于管道建设的安全高效，还能显著降低长期运营中的经济和环境风险。

5.2 提高质量以及降低风险的建议

为了提高长输油气管道的质量并降低风险，需要采取一系列关键措施。选择高质量的材料是提升管道强度的基础，尤为重要是使用抗腐蚀性能优良的钢材。精细化的施工工艺能有效减少焊接缺陷，降低应力集中带来的安全隐患。在检测方面，引入先进的监控系统，实时监测管道运行状态，能够及时发现潜在问题并进行处理。定期的维护与检修计划也不可或缺，以确保管道在使用周期内保持良好的运行状态。通过强化培训，提升施工与运维人员的专业水平，将进一步保障管道的安全性与可靠性。

5.3 针对复杂地理环境下的长输油气管道进行优化的措施

在复杂地理环境下，长输油气管道面临更大的应力集中风险，应通过以下措施进行优化。针对高山、断层等地质条件复杂区域，可适当调整管道路径，避开高应力集中区域，减少地质作用对管道的破坏。加强管道材料的选择，采用高强度、抗腐蚀性能优良的管材，以提升结构可靠性。在地势变化较大的区域增加支撑结构，如设置柔性支架或缓冲装置，以缓解地表变形带来的额外应力。优化施工技术，通过精确的焊接工艺和非破坏性检测手段，确保管道连接部位的质量。加强运行监测与维护，布设应力监测系统，实现对运营状态的实时掌控，从而降低风险。这些措施对于确保复杂地理环境下长输油气管道的安全运行具有重要意义。

6 结束语

本次研究着重探讨了长输油气管道应力分析的仿真技术，并对管道在各种工况下的应力状态进行了深入研究。结果显示，管道应力状况受到多种因素（如管道材料、壁厚、直径、长度、内外压力、温度和地质条件等）的综合影响，而且这些应力集中在管道的纵向焊缝附近，特别是在复杂地理环境下会更加明显。对于这种情况，本文提出了采取一系列应对措施，如改变管道路径、增加支持结构和使用优质材料等，以降低管道运行中的风险。另外，研究中还比较了不同类型油气管道的应力分析，基于工

况、经济性、安全性等综合考量,给出了对国内长输油气管道建设的优化措施。此次研究工作不仅增加了长输油气管道应力分析仿真技术的理论储备,同时也为我国长输油气管道的安全运行和效率提升提供了实践指导。尽管本研究取得了明显的成效,但关于如何处理复杂地理环境下的应力分析仍然留有诸多问题,需要进一步探索和研究。我们希望通过后续的研究,能够进一步优化长输油气管道应力分析的仿真技术,为我国能源运输提供更强大的技术支持。

[参考文献]

- [1] 张威. 长输油气管道检测技术研究[J]. 科学与信息
化, 2021(3): 80-80.
- [2] 王迪. 长输油气管道试压技术分析[J]. 好日子, 2020(20): 19.
- [3] 牛爱军, 郭克星, 董超, 高杰. 长输油气管道检测技术研究现状[J]. 石油工程建设, 2023, 49(4): 1-8.
- [4] 申成华, 李洋, 樊林华. 长输油气管道运行安全性分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021, 41(9): 44-45.
- [5] 寇健. 长输油气管道安全管理探讨[J]. 现代职业安全, 2021(5): 94-96.

作者简介: 王佳旭(1996. 5—), 男, 辽宁石油化工大学, 油气储运工程。

压力容器用整体设备法兰结构优化设计分析

石文 徐磊 张玉静

山东大齐石油化工设计有限公司, 山东 淄博 255400

[摘要] 压力容器是工业中常见的设备, 法兰是其关键部件之一, 负责连接压力容器与其他设备或管道。法兰的设计直接影响容器的密封性、安全性和运行效果。文章分析了压力容器用整体设备法兰的优化设计, 通过有限元分析, 评估了不同设计方案的结构强度、密封性能和经济性。研究表明, 合理的法兰结构优化设计能显著提高容器的安全性和经济性, 具有较强的实际应用价值。

[关键词] 设备法兰; 整体法兰; 结构优化; 设计分析

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15637

中图分类号: TH122

文献标识码: A

Optimization Design Analysis of Flange Structure of Integral Equipment for Pressure Vessel

SHI Wen, XU Lei, ZHANG Yujing

Shandong Daqi Petro Chemical Design Co., Ltd., Zibo, Shandong, 255400, China

Abstract: Pressure vessel is a common equipment in industry, and flange is one of its key components, which is responsible for connecting pressure vessel with other equipment or pipelines. The design of flange directly affects the sealing, safety and operation effect of container. This paper analyzes the optimal design of integral equipment flange for pressure vessel, and evaluates the structural strength, sealing performance and economy of different design schemes through finite element analysis. The research shows that the reasonable optimization design of flange structure can significantly improve the safety and economy of containers, and has strong practical application value.

Keywords: equipment flange; integral flange; structural optimization; design analysis

引言

在现代工业中, 压力容器作为一种重要设备, 被广泛应用于石油化工、电力、核能等多个领域。其安全性与可靠性, 尤其是结构设计的合理性, 直接决定了设备的稳定性。法兰作为连接各个设备与管道的关键部件, 承受着内部压力、温度变化及外部载荷的共同作用, 因此其设计对于压力容器的整体性能与安全性起着至关重要的作用。法兰的主要功能是保证压力容器在长时间运行中的密封性、稳定性和强度。因此, 法兰的结构优化设计不仅关系到容器的安全性, 还涉及到生产成本、运行效率及后期维护等多个方面。随着科技进步与工业需求的不断提升, 传统法兰设计方法已经无法满足日益复杂的工程要求, 尤其是在高温高压等极端工作环境下, 法兰的性能需求变得更加严苛。在这种背景下, 法兰结构的优化设计显得尤为重要。利用先进的优化设计方法, 如有限元分析、拓扑优化与智能优化算法, 可以显著提升法兰的结构强度、密封性能与经济性, 同时减少不必要的材料消耗、降低制造成本, 并提高容器的整体安全性与耐久性。在本论文中, 压力容器整体设备法兰结构的优化设计将被深入探讨。通过对法兰设计中的关键因素进行分析, 并结合有限元分析方法对法兰性能进行模拟与优化, 期望为压力容器的设计与应用提供理论依据与实践指导, 进而提升其安全性与经济性。

1 法兰结构设计的基本原则

法兰结构设计的基本原则在于确保其在压力容器中的安全性、可靠性以及长期稳定性。在设计过程中, 必须充分考虑法兰所承受的工作压力、温度波动及其与其他设备的连接关系, 以确保法兰具备足够的强度和刚度, 满足使用需求。材料选择作为设计中的关键, 必须根据具体的工作环境条件, 如温度、压力及可能出现的腐蚀等因素, 选择合适的高强度且耐腐蚀的材料, 从而延长法兰的耐久性和使用寿命。法兰与垫片之间的密封性能也是一个重要的考虑因素。在设计时, 必须确保密封面能够在高压高温条件下稳定工作, 以避免泄漏或失效。因此, 法兰连接部件的尺寸和公差必须精确控制, 以确保在装配过程中能够达到理想的密封效果。与此同时, 制造成本与施工工艺也应综合考虑。法兰结构的简化至关重要, 应避免不必要的复杂性, 并确保设计便于加工与安装, 从而提高生产效率和经济性。

2 法兰结构优化中的关键因素分析

法兰结构优化的关键因素涉及多个方面。承载能力与强度是设计中的核心要求。法兰需承受内部与外部压力、温度波动以及连接设备的动态负载, 因此, 确保法兰的强度与刚度符合标准规范显得至关重要, 以防材料疲劳或应力集中所导致的破裂或变形。密封性能同样在法兰优化中占据重要地位。法兰与垫片之间的接触面设计, 必须确保

在高温、高压等极端工况下，能够保持良好的密封效果，从而防止泄漏问题的发生。为了提升密封性，设计时应关注接触面间的压力分布、接触应力及螺栓预紧力等因素，确保这些要素得到优化，以增强法兰的密封可靠性。材料选择与加工工艺同样具有重要意义。法兰所选材料必须具备优异的机械性能，如高强度、耐高温、耐腐蚀等特性，从而适应不同工作环境与工况的要求。合理的加工工艺可减少材料浪费，降低成本，并提高法兰的制造精度与结构稳定性。法兰的连接方式与结构形式也是设计中必须考虑的重要因素。设计时，法兰与其他设备的连接方式、螺栓分布及孔位设计需被明确，这些直接影响法兰的强度、密封性能及装配便捷性^[1]。在优化设计过程中，使用寿命与经济性也不能被忽视。设计方案应尽量减少不必要的材料消耗，降低生产与维护成本，并确保法兰在长期使用中的稳定性与可靠性。

3 法兰结构优化设计方法

3.1 材料优化

法兰结构材料的优化在设计过程中占据着至关重要的地位，其目标是在保证法兰满足强度、密封性等性能要求的基础上，尽可能提高材料的使用效率并降低成本。在材料选择方面，除了考虑强度、刚度等基本力学性能外，材料的耐腐蚀性、耐高温性以及抗疲劳性也必须得到充分考虑，特别是对于在高温、高压或极端环境中工作的法兰。材料的加工性作为一个不可忽视的因素，选择易于加工的材料能够提升生产效率，降低加工成本。为了优化材料的利用效率，通过合理设计厚度分布、孔位布局以及减少非承载区域的材料使用，可以有效减少不必要的浪费。拓扑优化作为一种先进的设计方法，在确保法兰具备必要强度与刚度的同时，能够通过计算与仿真自动寻找最佳的材料分布方案，从而达到减轻重量与降低成本的目的。选材时，除了满足基本的强度与耐久性要求外，还应考虑环保与可持续发展，优先选用符合环保标准的材料，减少有害物质的使用，这将进一步提升法兰设计的综合效益。

3.2 结构优化

法兰结构的优化设计主要通过合理布局各个部件，以提升其性能与经济性。结构优化的核心目标是，在确保力学性能的前提下，调整法兰的几何形状、尺寸以及连接方式，最大限度地减少不必要的材料使用，从而提升整体的强度、刚度与密封性。在设计过程中，法兰的厚度分布、螺栓孔的布置以及与管道的连接方式必须被精确确定，以确保各部件受力均匀，并避免应力集中的现象。通过优化设计，可以有效避免法兰某些部位因过度应力或变形而产生的潜在问题，从而提升法兰的安全性与耐用性。进一步地，运用拓扑优化方法对法兰结构进行分析，可识别出不必要的冗余材料，并在关键部位进行加固或调整，从而增强法兰的整体稳定性与承载能力^[2]。在优化过程中，法兰的密封性能也需特别关注，确保法兰与垫片之间的接触面

处于最佳状态，以避免泄漏问题的发生。

3.3 密封性能优化

法兰结构的密封性能优化，是确保压力容器及管道系统在高压、高温环境下安全运行的关键因素。优化密封性能的设计涉及多个方面，主要包括法兰与垫片接触面的设计、预紧力的合理分布以及密封面几何形状的调整。在选择垫片材料时，必须根据具体工作环境的要求，选用适合的材料，如金属垫片、橡胶垫片或复合材料垫片等。由于每种材料的耐高温、耐腐蚀及耐压能力不同，最佳材料的选择应依据实际工况来决定。法兰接触面形状与表面粗糙度的优化对密封效果同样至关重要。若表面粗糙度过大，密封效果将不佳，进而可能导致泄漏；而若表面过于光滑，垫片可能无法充分压缩，从而影响密封性能。设计时，必须确保接触面具有适当的表面粗糙度，以促使垫片达到最佳的压缩效果。法兰的预紧力设计，也是密封优化的重要环节。合适的预紧力应保证垫片均匀受压，提升密封性。若预紧力过低，可能会导致密封失败；而过高的预紧力则有可能导致垫片损坏或引发不必要的变形，从而影响密封效果。

4 有限元分析在法兰优化设计中的应用

4.1 法兰结构的有限元建模

法兰结构的有限元建模，是法兰优化设计中不可或缺的关键步骤。在进行法兰分析时，必须在计算机中精确地重现其几何形状、材料特性及载荷条件。在建模过程中，法兰的各个组成部分，如法兰盘、螺栓孔及密封面，需被详细定义与划分。通常，法兰结构采用实体单元与壳单元相结合的方式，通过合理的网格划分来逼近实际结构。考虑到法兰结构的复杂性，在网格划分时，关键部位（如螺栓孔与密封接触面）应特别关注，并对这些区域使用更细密的网格，以提高计算精度。材料的非线性特性，包括弹性、塑性及热膨胀等，也必须在建模过程中加以考虑，这对于模拟高温、高压等极端工况下法兰的表现至关重要。在有限元建模中，准确施加边界条件和载荷同样重要，法兰盘的内外压力、温度变化及螺栓的预紧力等，都需确保在模型中得到准确反映，以保证模拟结果的可靠性。建模完成后，模型还需经过验证与校准，确保有限元模型能够真实地再现法兰在实际工况下的力学行为，为后续的优化设计与性能评估提供坚实的理论基础。

4.2 法兰结构的有限元分析过程

在压力容器法兰结构的有限元分析中，确定正确的载荷和边界条件至关重要。首先，需要对法兰模型施加内部压力，通常设定为 5 MPa。考虑到压力容器通常在高温环境下运行，还需施加约 200 °C 的温度负载。此外，温度的非均匀分布可能会导致热应力，因此在分析中也必须考虑这一因素。对于螺栓的预紧力，假设每个螺栓的预紧力为 100 kN。螺栓预紧力的准确模拟是评估法兰整体密封性能的关键因素，过低或过高的预紧力都可能导致密封失

效。在法兰的接触面上,需设置接触元素以模拟法兰与垫片之间的接触行为^[3]。接触状态应设置为能够承受高压和高温,确保在分析过程中充分考虑垫片材料的压缩和热膨胀。此外,固定法兰的一边作为边界条件,以模拟法兰在实际使用环境中与其他设备的连接状态。

5 优化设计效果评估

5.1 结构强度评估

法兰的结构强度评估在优化设计中至关重要,旨在确保法兰在承受工作压力、温度变化以及外部载荷的情况下,能够维持足够的强度与稳定性。在评估过程中,法兰的应力分布需通过有限元分析进行模拟,以识别可能出现应力集中或超过安全极限的区域。特别是在法兰接触面、螺栓孔周围以及法兰盘的边缘等关键部位,应重点关注应力分布,以避免局部应力过大而导致材料屈服或破裂。通过对法兰的屈服强度、极限强度以及疲劳强度等性能指标进行分析,可以判断法兰是否符合设计标准。在这一过程中,材料的屈服极限、抗拉强度以及抗疲劳性能将作为评估依据,验证法兰是否能够在长期工作环境中承受各种应力。为了确保法兰的结构安全性,还需利用强度安全系数进行综合评估。该系数通过对比材料的极限强度与实际载荷,帮助评估法兰在极端工况下的表现。同时,法兰在长期使用过程中可能出现的疲劳损伤亦应被纳入考虑,疲劳分析有助于评估法兰在循环载荷下的耐久性。最终,基于评估结果,法兰结构可以进行针对性优化,提升其抗压强度与抗疲劳性能,确保法兰在各种工作环境下保持优异的表现,并延长其使用寿命。

5.2 密封性能评估

密封性能评估在法兰结构优化设计中占据着重要地位,主要目的是确保法兰能够在工作过程中维持良好的密封效果,避免流体泄漏,从而保障设备的安全运行。在评估过程中,关键考虑因素之一为法兰接触面与垫片之间的密封状态。通过有限元分析,法兰在不同压力、温度以及螺栓预紧力条件下的垫片材料压缩行为及热膨胀效应得以模拟。施加的预紧力、工作压力及温度场的分布将直接影响密封性能。若预紧力不足,可能导致法兰接触面存在过大的间隙,从而使密封失效;而若预紧力过高,则会对垫片材料造成过度压缩,从而影响其长时间保持密封性的能力。合理的螺栓预紧力,便是确保密封效果的基础。除此之外,法兰与垫片接触区域的详细分析也至关重要,特别是在高压、高温以及动态负载条件下,接触面产生的应力和位移变化将直接影响密封性能。在密封性能评估过程中,法兰的疲劳性也是不可忽视的因素^[4]。特别是在长期使用中,由于热膨胀和冷缩等因素引起的接触面变形与磨损,可能导致密封效果失效。为了全面评估法兰的长期密封性,疲劳寿命分析不可或缺。这将确保法兰在多次热循

环与压力变化下,依然能够维持有效的密封性能。

5.3 经济性评估

经济性评估在法兰结构优化设计中扮演着至关重要的角色,其核心目的是在满足设计性能要求的同时,确保成本控制的合理性。通过平衡设计的性能指标与经济性,优化方案应当不仅符合结构强度与密封性需求,还能有效降低制造、维护及运营中的费用。在评估过程中,材料选择是一个关键因素,优化设计应当优先考虑性价比高的材料。选择合适的材料,不仅要确保具有足够的强度、耐腐蚀性,还要避免不必要的浪费,从而降低生产成本。在材料选择的过程中,成本较低且易于加工的材料,在保证性能的前提下,能够有效减少制造费用。法兰的结构复杂性和制造工艺也直接影响到经济性。通过简化结构与优化设计,可以降低加工与装配的难度,从而减少人工成本和缩短制造周期。维护方面,优化后的法兰设计应考虑到维修与更换的便捷性,以减少停机时间与维护成本,确保设备长时间稳定运行。此外,法兰的耐用性和长期能效也是评估经济性的一个重要因素。通过延长法兰的使用寿命,减少频繁维修与更换的需求,能够有效降低整个生命周期内的综合成本。

6 结语

本文通过对压力容器整体设备法兰结构优化设计的深入分析,探讨了法兰结构优化中的关键因素与设计方法,重点分析了材料、结构以及密封性能的优化策略。结合有限元分析,展示了本研究如何通过科学的优化设计手段,提升法兰的强度、密封性与经济性,从而增强压力容器的整体性能与安全性。通过优化设计,不仅能减少不必要的材料消耗,还能有效降低生产成本,提升能源使用效率。随着计算机技术与优化算法的不断发展,未来法兰结构的设计将朝着更加精准与高效的方向迈进。为压力容器法兰的设计提供理论依据与技术参考,本文的研究旨在探索实际工程应用中法兰结构优化的可行性,并为该领域的进一步发展贡献力量。

【参考文献】

- [1]梁元月,董富荣,王建刚,等.压力容器用整体设备法兰结构优化设计分析[J].大众标准化,2024(22):50-52.
 - [2]赵帅.压力容器用整体设备法兰结构优化设计分析[J].石油和化工设备,2024,27(2):90-93.
 - [3]裴加美.压力容器法兰设计探讨[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(13):20-22.
 - [4]冯淼.压力容器法兰连接类型与压力试验关键技术研究[J].设备管理与维修,2024(22):122-124.
- 作者简介:石文(1981.1—),毕业院校:山东科技大学,所学专业:机械设计制造及其自动化,当前工作单位:山东大齐石油化工设计有限公司,职称级别:工程师。

铝合金阳极氧化工艺优化及其耐腐蚀性能研究

李 彬

南南铝业股份有限公司, 广西 南宁 530200

[摘要] 铝合金因其轻质、强度高、耐腐蚀性好等优点, 广泛应用于航空、汽车、建筑等领域。阳极氧化作为提高铝合金耐腐蚀性、表面硬度和美观性的重要技术, 具有广泛的应用前景。文章通过对铝合金阳极氧化工艺的优化进行研究, 探讨了不同参数对铝合金阳极氧化膜质量及其耐腐蚀性能的影响。通过实验分析, 优化了电解液的配方、电流密度、温度和处理时间等关键工艺参数, 并评估了氧化膜的厚度、表面形态及耐腐蚀性能。文章分析表明, 通过合理优化工艺参数, 可以显著提高铝合金阳极氧化膜的性能, 增强其耐腐蚀能力, 为铝合金在严苛环境中的应用提供理论依据和技术支持。

[关键词] 铝合金; 阳极氧化; 工艺优化; 耐腐蚀性能; 电解液

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15644

中图分类号: TG174.45

文献标识码: A

Optimization of Anodizing Process for Aluminum Alloy and Study on Its Corrosion Resistance

LI Bin

Alnan Industry Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530200, China

Abstract: Aluminum alloy is widely used in aviation, automotive, construction and other fields due to its advantages of lightweight, high strength, and good corrosion resistance. Anodizing, as an important technology for improving the corrosion resistance, surface hardness, and aesthetics of aluminum alloys, has broad application prospects. The article studies the optimization of aluminum alloy anodizing process and explores the influence of different parameters on the quality and corrosion resistance of aluminum alloy anodizing film. Through experimental analysis, key process parameters such as electrolyte formula, current density, temperature, and treatment time were optimized, and the thickness, surface morphology, and corrosion resistance of the oxide film were evaluated. The analysis of the article shows that by optimizing the process parameters reasonably, the performance of aluminum alloy anodized film can be significantly improved, its corrosion resistance can be enhanced, and theoretical basis and technical support can be provided for the application of aluminum alloy in harsh environments.

Keywords: aluminum alloy; anodizing; process optimization; corrosion resistance performance; electrolyte

引言

铝合金材料因其具有优异的物理、化学性能和良好的可加工性, 被广泛应用于多个领域。然而, 铝合金表面易受到腐蚀, 尤其是在潮湿、酸碱环境中, 严重影响其使用寿命。阳极氧化是一种通过电化学反应在铝合金表面生成一层致密的氧化膜的工艺, 能够有效提高铝合金的耐腐蚀性、耐磨性和美观性。虽然阳极氧化工艺已经取得了较为成熟的应用, 但现有的氧化工艺在不同条件下的性能仍存在一定的差异, 因此, 优化阳极氧化工艺参数, 提高铝合金阳极氧化膜的质量和耐腐蚀性能仍然是一个亟待解决的问题。本文将探讨如何通过调整电解液成分、电流密度、温度和处理时间等工艺参数, 优化阳极氧化过程, 从而提高铝合金的耐腐蚀性。

1 阳极氧化工艺的基本原理

1.1 阳极氧化的基本原理

阳极氧化是一种通过电化学反应在铝合金表面生成氧化铝膜的工艺过程。在这个过程中, 铝合金扮演阳极的角色, 被浸泡在含有酸性成分的电解液中, 并施加直流电

流。电流通过铝合金与电解液之间的接触, 促使铝表面发生氧化反应, 从而形成一层致密的氧化铝膜。这层氧化膜的主要成分是 Al_2O_3 , 它不仅具有出色的耐腐蚀性、较强的硬度和较高的热稳定性, 而且还能有效阻止外部腐蚀介质对铝合金基体的侵蚀, 增强铝合金的耐磨性和抗氧化能力, 从而延长其使用寿命。此外, 阳极氧化膜的表面可以具有一定的装饰性, 其光泽度和颜色可以根据电解液的不同成分以及工艺参数的调整而变化, 提供更多美观的选择。不仅如此, 由于氧化铝膜是绝缘的, 它还能铝合金提供一定的电气绝缘性, 使其在一些电子和电气设备中的应用更加广泛。

2 工艺优化研究

2.1 电解液成分的优化

关键要素之一——电解液成分影响阳极氧化膜质量, 各不相同的电解液配方对氧化膜性能影响明显, 在传统的阳极氧化工艺当中, 一般用的电解液为硫酸跟草酸, 它们各自体现出不同的特点及长短, 硫酸电解液是采用最为广泛的阳极氧化电解液之一, 其生成氧化膜较厚, 呈现良好

的保护效能。然而经硫酸电解液生成的氧化膜一般孔隙多,膜层均匀性与耐腐蚀性相对欠佳,容易受到腐蚀介质的侵扰,尤其是在酸性或者碱性环境,膜层容易受崩裂,因此即便硫酸电解液在一些应用案例里性价比颇高,然而此膜层整体的抗腐蚀表现不佳,比起硫酸电解液,草酸电解液促成的氧化膜致密性更胜一筹,而且表面较为溜滑,可赋予较强的抗腐蚀能力,草酸电解液的氧化膜于耐酸、耐碱以及耐盐雾等腐蚀环境表现极佳,多用于航空航天、汽车等看重高耐腐蚀性的方面,然而由草酸电解液制成的氧化膜薄,膜层的硬度低于一般水平,造成其耐磨性不如硫酸氧化膜好^[1]。

为进一步提高氧化膜性能的整体水平,近几年研究说明,恰当掺入一些辅助成分(如铬酸盐、磷酸盐等)可切实增强氧化膜的硬度和耐腐蚀性,例如惯用添加剂铬酸盐,能在氧化膜表面形成一层紧实的铬氧化物膜,此膜极大地提升了氧化膜的耐磨及抗腐蚀的能力水平。同样磷酸盐可提升膜层结构稳定性,增高膜层的附着结合力,进而提升膜层的耐化学腐蚀抵御力,此外电解液的 pH 值与浓度对氧化膜质量产生关键影响,借助调节电解液的 pH 值,能把控氧化膜生长速率与膜的表面情形,例如较低的 pH 值一般能促进氧化膜生长,并使膜层形成均匀模样,而较高的 pH 值有概率让膜层不均匀或有孔隙出现,氧化膜的厚度及致密性被电解液浓度所左右,较高浓度的电解液一般可造就厚且坚固氧化膜。

2.2 电流密度对氧化膜性能的影响

作为阳极氧化工艺的关键参数之一是电流密度,对氧化膜的质量及性能意义重大,实验发现表明,电流密度的大小直接影响氧化膜形成的速度、厚度、均匀性及膜的机械强度,较高电流密度虽可快速缩短氧化流程时间,然而其对氧化过程的负面影响显著。首先高电流密度也许让氧化膜表面呈现不均匀情形,膜层的厚度也许出现不均匀,尤其是在膜周边的某些局部范围,易出现厚度过薄或不匀的情形,此外较高的电流密度也许会引发膜层质量下滑,膜层中孔隙的占比升高,致使膜的耐腐蚀性跟耐磨效果降低,甚至也许使膜层出现剥落或龟裂现象。与此相对较低电流密度对氧化膜均匀性及膜层致密性有利,在电流密度为低水平的情形,氧化反应稍显温和,能促进膜层逐步均匀生长,且膜层相对紧实,因而氧化膜的耐腐蚀性以及机械强度往往处于较高值,然而较低电流密度存在短板,集中表现为处理时间偏长,引起生产效率急剧下滑,因此在具体开展阶段,怎样达成电流密度大小调控,是实现阳极氧化工艺整体优化的关键。

为实现最理想的氧化膜性能,应当根据不同电解液的类型以及铝合金表面实际状态调节电流密度,例如硫酸电解液一般适合在较高电流密度下开展工作,以加快氧化反应交替,而草酸电解液一般要较低电流密度来让膜层致密

且具备良好的抗蚀效果,此外电流密度的选择受铝合金表面粗糙度及预处理状态作用。在表面光滑且经精细处理的铝合金上,较低电流密度大概会生成更均匀且严实氧化膜,而表面粗糙或没经过处理的铝合金也许要利用起较高电流密度来促进氧化反应,统筹考量电流密度、电解液特性及铝合金表面态势,经恰当调整电流密度,可使膜在厚度、均匀性、耐腐蚀性及机械强度等方面达成良好平衡,由此优化氧化膜的综合特性^[2]。

阳极氧化特别适用于铝及铝合金,它不仅提高了铝合金的耐蚀性和耐磨性,还能通过后续的着色处理实现多样化的装饰效果。形成的氧化膜可以提供不同的外观(如亮光、半亮光、哑光等)效果,取决于工艺参数和处理方法。阳极氧化处理后,通过在氧化膜中嵌入有机或无机染料可以获得各种颜色,常见的颜色包括黑色、银色、金色、蓝色、红色等。可以看出,阳极氧化后着色试样颜色均匀,无起皮和色差等缺陷,可以形成良好的装饰色。还可以根据客户的具体需求和设计风格来定制选择。这种着色处理不仅提供了多种颜色选择,还可以调整颜色的深浅和饱和度,以满足不同客户的装饰性需求。一些高端产品可能需要特定的金属质感或特定的色彩搭配来增强其视觉吸引力。阳极氧化处理后的着色可以应用于各种需要表面装饰的产品,如汽车零部件、家用电器、电子产品、建筑材料等。选择合适的颜色和质感不仅能够提升产品的外观质量,还能与产品设计相结合,创造出独特的品牌形象和市场竞争优势。阳极氧化处理后的着色定制性为铝合金产品提供了广泛的装饰选择,不仅满足了不同客户和市场对颜色和视觉效果的需求,而且能在保证耐久性和耐蚀性的同时,提升产品的美观度。

2.3 温度与处理时间的优化

温度和处理时间作为影响阳极氧化膜质量的关键因子,它们直接跟氧化膜的厚度、均匀方面表现、致密性及耐腐蚀能力相关,在阳极氧化开展阶段,温度变化对氧化反应速率与膜层性能影响颇大,较高温度能推动氧化反应的进行,加快氧化膜的迅速生长,这对增进生产效率有积极意义。然而温度过高会引起膜层的脆弱性变强,反应环境过热也许会令氧化膜表层变薄,还能引起膜的孔隙度变大,引起膜层致密性呈下降趋势,由此导致膜层的耐腐蚀性、抗氧化能力及硬度出现下滑,因此必须把温度控制在一定范围,过高温度可破坏膜的质量,还可能引起膜层在后续使用时容易溃散或失效。

跟温度一样情形,处理时间亦是影响氧化膜质量的关键要素之一,处理时间不断拉长,氧化膜的厚度一般慢慢地黄增厚,这可增进膜层的耐腐蚀及防护的效果,但长时间的氧化处理有概率让膜层表面变得粗糙、不整齐,膜的硬度和附着力或许降低点。此外处理时间过长还可能引起膜层里金属离子溶解,进而使膜层整体性能出现波动,因

此恰当掌控处理时间是得到优质氧化膜的要点,实验探究证实,在 45°C 的温度阶段里,处理采用 45 分钟时间时,铝合金氧化膜质量达到极优,此时氧化膜厚度合宜,膜层致密性及其均匀水平较高,表面光滑拥有较强的耐腐蚀及抗氧化水平,凭借此条件实施阳极氧化处理,可获取性能均衡的氧化膜,应顺不同应用领域对铝合金表面处理的要求,综合来看合理调节温度跟处理时间的组合,可有效增进氧化膜的质量,提高铝合金的表面效用,提升其使用年长期。

3 耐腐蚀性能测试与分析

3.1 实验方法

为检验阳极氧化膜的抗腐蚀力,本文采用盐雾试验及电化学腐蚀测试这两种常用测试手段,这两种方法能全面又直观反映氧化膜在不同腐蚀环境态势,盐雾试验是普遍采用的加速腐蚀测试法,它借助模拟海洋环境里的盐雾气象,以查看氧化膜在长时间受腐蚀介质影响后的综合变化。在试验中铝合金样品会被暴露进含盐雾的环境中,盐雾浓度及温度会依照国际标准把控,采用周期性审视氧化膜表面的形式,评估其表面是否出现生锈、起皮、脱落等腐蚀现象,由此判断氧化膜的抗蚀能力,盐雾试验可呈现氧化膜在极端环境里的耐腐蚀本事,尤其契合海洋、大气等环境下的铝合金应用方向^[3]。

本文同样采用了电化学腐蚀测试,以进一步定量鉴定氧化膜的抗腐蚀表现,电化学腐蚀测试借助对不同腐蚀介质施加电流,还监测电流密度阶段性变动,用以估量氧化膜抗蚀力,在测试中样品一般被浸泡在酸性或盐水溶液里,依靠测量电流密度的变动,查看氧化膜表面有无局部腐蚀或通电性异常。按该种举措,可精准地辨别氧化膜的电化学稳定性,获知膜层在腐蚀介质中的实际情形,电化学腐蚀测试凸显很强的敏感性,可在短时间里得到精准的腐蚀数据,因此在评估氧化膜实际应用性能方面意义关键,综合这两种检定方法的结果,可全面掌握阳极氧化膜在不同环境下的耐腐蚀性,为优化阳极氧化工艺、增强铝合金材料应用可靠性提供数据与理论支撑。

3.2 实验结果与分析

实验表明经过优化工艺参数,阳极氧化膜抗腐蚀特性得到明显增强,优化工艺主要借助变动电解液成分、氧化电流密度、温度等参数来达成目的,使膜层的结构均匀水平提高,厚度适中且表面更加紧实,结果表明这些优化策

略明显提高了氧化膜抗蚀的本事。当处于盐雾试验阶段,优化后的氧化膜显示显著的抗腐蚀实力,试验中膜层于盐雾环境中的腐蚀时长明显上扬,说明膜层在恶劣环境当中能长时间维持稳定情形不变,不易受腐蚀介质的攻击损害,该结果充分印证了通过优化工艺参数,膜层的抗腐蚀能力明显强化。

此外开展电化学腐蚀测试的阶段,经优化的氧化膜展现出较高腐蚀电位,腐蚀电位是衡量材料抵抗腐蚀能力的关键参照,腐蚀电位越攀高,材料的抗蚀力越强,测试结果说明,优化后的膜层其腐蚀电位明显高值,进一步证明其强耐腐蚀性属实,经优化氧化膜表面致密效果好,可有力拦截腐蚀介质的侵入,进而强化了膜层的抗腐蚀能力。经过进一步分析,优化后的阳极氧化膜在微观结构上进一步优化,采用扫描电子显微镜(SEM)观察,优化后的膜层表面看上去更平整,孔隙分布变得齐整,膜层厚度完成合理把控,均匀的孔隙排列不仅强化了膜层强度,还降低了腐蚀介质渗入的路径数量,切实增强了膜层的抗腐蚀水平^[4]。

4 结语

本文通过对铝合金阳极氧化工艺参数的优化,研究了电解液成分、电流密度、温度和处理时间等因素对氧化膜性能的影响。实验结果表明,通过合理调控这些参数,可以显著提高氧化膜的厚度、均匀性及耐腐蚀性。此外,优化后的阳极氧化工艺可以为铝合金在更加严苛环境下的应用提供技术支持。未来的研究可进一步探索新的电解液配方及更加精细的工艺控制方法,以进一步提升铝合金阳极氧化膜的综合性能。

[参考文献]

- [1]朱云,黄宗英.喷砂、阳极氧化和着色串联工艺获得的铝合金表面的腐蚀防护及装饰效果[J].轻合金加工技术,2024,52(9):1-7.
 - [2]林少凯,唐春,计培智,等.2219 铝合金酒石酸-硫酸阳极氧化工艺研究[J].电镀与精饰,2024,46(6):70-77.
 - [3]刘峻铭.铝合金复合氧化膜制备及其结构性能研究[D].山东:山东建筑大学,2024.
 - [4]薛合,刘灿灿,唐大兴,等.铝合金阳极氧化方法及成膜机理的研究进展[J].表面技术,2024,53(9):1-10.
- 作者简介:李彬(1980.3—),男,民族:汉族,学历:本科,专业:化学工程与工艺。

石油化工压力容器焊接缺陷的产生和预防

郭德水 田士彬 李彦君

山东大齐石油化工设计有限公司, 山东 淄博 255400

[摘要]随着石油化工行业的持续发展, 压力容器的使用要求日益严格, 传统焊接技术面临着许多挑战。石油化工设备通常工作在复杂且变化莫测的环境中, 焊接接头经常暴露在高温、高压以及腐蚀性介质等极端条件下, 这使得焊接缺陷的控制成为一项极具技术难度的任务。近年来, 焊接缺陷的研究已逐渐引起学术界和工业界的广泛关注。通过深入分析焊接缺陷的类型、成因及其影响因素, 并结合现代智能焊接技术的应用, 焊接质量得以有效改善, 缺陷发生的风险也显著降低, 焊接效率得到了提升, 对提高石油化工压力容器的安全性与经济性具有显著的现实意义。

[关键词]压力容器; 焊接缺陷; 产生原因; 预防措施

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15636

中图分类号: TH49

文献标识码: A

Generation and Prevention of Welding Defects in Petrochemical Pressure Vessels

GUO Deshui, TIAN Shibin, LI Yanjun

Shandong Daqi Petro Chemical Design Co., Ltd., Zibo, Shandong, 255400, China

Abstract: With the continuous development of petrochemical industry, the use requirements of pressure vessels are increasingly strict, and traditional welding technology is facing many challenges. Petrochemical equipment usually works in a complex and unpredictable environment, and welded joints are often exposed to extreme conditions such as high temperature, high pressure and corrosive media, which makes the control of welding defects a very difficult task. In recent years, the research on welding defects has gradually attracted extensive attention from academia and industry. Through in-depth analysis of the types, causes and influencing factors of welding defects, combined with the application of modern intelligent welding technology, the welding quality has been effectively improved, the risk of defects has been significantly reduced, and the welding efficiency has been improved, which has significant practical significance for improving the safety and economy of petrochemical pressure vessels.

Keywords: pressure vessels; welding defects; causes; preventive measures

引言

石油化工行业作为国民经济的关键支柱, 压力容器在该行业生产过程中扮演着至关重要的角色。生产安全、设备稳定性以及操作效率, 都直接受到压力容器质量的影响。在压力容器的制造过程中, 焊接工艺是其中最为关键的环节之一。焊接质量不仅决定了焊接接头的强度与耐腐蚀性, 还直接影响着整体结构的可靠性。气孔、夹渣等焊接缺陷, 常常是导致压力容器失效的主要原因, 甚至在严重情况下, 可能引发重大安全事故。因此, 焊接缺陷成因的深入研究以及有效预防措施的采取, 对于提高石油化工压力容器的焊接质量具有至关重要的意义。

1 石油化工压力容器常见焊接缺陷类型及成因

1.1 气孔

在石油化工压力容器的焊接过程中, 气孔作为一种常见的焊接缺陷, 对焊接质量造成了显著影响。气孔的形成是一个复杂的物理化学过程, 涉及多个因素, 不仅削弱了焊缝的力学性能, 还可能成为腐蚀介质的积聚点, 进而影响焊接接头的长期可靠性。因此, 明确气孔的成因对提高焊接质量至关重要。气孔的形成主要与气体在熔池中的溶

解、逸出及捕获有关。焊接时, 为了防止空气中的氧气、氮气等有害气体进入焊缝, 通常会使用保护气体。如果保护气体的纯度不达标或流量不合适, 空气中的有害气体便可能渗入熔池, 在焊接过程中未能及时排出, 导致气孔的生成。焊接材料的质量同样对气孔的产生起到重要作用, 未清理干净的焊丝表面油污、锈蚀, 或者焊条与焊剂中的杂质和水分, 在高温下分解时释放的气体会促使气孔的形成。母材表面的清洁度也是一个关键因素, 若母材上存在油污、水分或氧化膜, 这些杂质在高温条件下分解并释放气体, 未能及时逸出的气体便会被困在焊缝中, 形成气孔。而焊接工艺参数的设置也直接影响气孔的生成。过低的焊接电流会导致熔池温度不足, 难以有效排出熔池中的气体; 过快的焊接速度会使熔池过早凝固, 从而封闭气体, 形成气孔。因此, 精确控制焊接电流、电压以及焊接速度等参数, 是减少气孔的有效途径。

1.2 夹渣

在石油化工压力容器的焊接过程中, 夹渣是常见的焊接缺陷之一, 指的是熔池中的非金属夹杂物未能有效排出, 残留在焊缝内部。这些夹杂物来源多样, 可能是母材、焊

丝、焊剂中的杂质，也可能是由于不良焊接环境导致的。夹渣的存在会破坏焊缝的连续性，降低焊接接头的强度，进而影响其耐腐蚀性。在石油化工设备的高温、高压以及腐蚀性介质环境中，夹渣缺陷容易成为焊缝的薄弱环节，进而影响设备的安全性与使用寿命。为深入分析夹渣的形成原因，研究团队对石油化工压力容器的焊接过程进行了实地观察，记录了焊接参数、操作规范等重要因素。结果表明，焊接电流及焊接速度的控制对夹渣的产生具有显著影响。当焊接电流过大或焊接速度过快时，熔池金属未能充分熔化，导致熔渣难以顺利浮起并排出，从而形成夹渣。除此之外，焊丝中的杂质元素可能与熔池金属发生反应，生成非金属夹杂物，并滞留在焊缝中。母材中的化学成分，尤其是碳、硫等元素的含量较高时，也可能在焊接过程中形成氧化物、硫化物等夹杂物，从而增加夹渣的发生概率。除材料因素与工艺参数外，焊接操作技术也是影响夹渣形成的重要因素。在实际操作中，若焊工未能保持适当的焊枪角度，或者未能及时清理层间焊渣，都会增加夹渣的风险。控制焊接过程中的每一环节，优化工艺参数，严格把控焊接材料质量，并保证操作规范，能有效减少夹渣的出现，提升焊接质量。

2 石油化工压力容器焊接缺陷的产生原因分析

2.1 材料因素对焊接质量的影响

材料的冶金特性与表面状态在石油化工压力容器的焊接质量中起着至关重要的作用。焊接接头的强度、韧性以及耐腐蚀性，直接受母材与焊材的成分、力学性能、杂质含量及金相组织的影响。例如，当母材成分不稳定，尤其是硫、磷等有害元素含量过高时，焊接裂纹的敏感性会显著提高，焊缝的塑韧性则会降低。对于高碳钢或合金钢，焊接过程中可能形成淬火组织，进而使焊缝及热影响区变脆，冷裂纹的风险也随之增加。焊材的匹配性对焊接质量同样至关重要，若焊材的化学成分与母材不匹配，或焊丝、焊条中的合金元素不足，焊接接头的强度可能会下降，甚至出现未熔合、未焊透等缺陷。同时，焊材的存储与使用环境也不能忽视。若焊条储存不当，如受潮或焊剂污染，气孔、夹渣等缺陷可能在焊接过程中产生，焊缝的致密性与力学性能将因此受到严重影响。焊接质量的另一个关键因素是材料表面的清洁度，若母材或焊材表面存在油污、氧化皮或水分，这些物质会在高温下分解并释放气体，未能及时逸出的气体将可能在熔池中形成气孔或夹杂物，导致焊缝不均匀。因此，在焊接前，必须对母材进行彻底清理，去除锈蚀、油污及氧化物，并对高强度钢材或其他敏感材料进行适当预热，从而减少焊接缺陷的发生，确保石油化工压力容器的焊接质量与长期使用的安全性。

2.2 焊接工艺因素分析

焊接工艺的合理性对焊缝的质量与性能起着决定性作用。在焊接过程中，电流、电压、焊接速度及热输入等

各项参数必须精确匹配，任何不当的选择都可能引发焊接缺陷。过大的电流可能导致焊缝过烧、形变加剧，甚至引发裂纹；而过小的电流则会导致焊缝未熔合或未焊透，从而影响焊缝的强度与密封性。若焊接速度过快，熔池冷却过快，金属的流动性受限，焊缝中的夹杂物无法及时排除；反之，速度过慢则可能导致焊缝积累过厚，增加焊接应力，甚至引起热裂纹。焊接方法的选择同样至关重要，手工电弧焊、TIG 焊、MIG 焊及埋弧焊等方法，各自适用于不同材料与厚度的工件。在大厚度压力容器的焊接中，若选择热输入较低的焊接方式，焊缝的层间结合可能出现问题，从而影响焊接接头的整体可靠性。对于多层多道的焊接，层间清理与焊接顺序的合理安排同样不容忽视。不彻底的层间清理可能导致夹渣，焊接顺序的不当安排则容易引发较大的焊接残余应力及变形。在工艺执行过程中，严格遵守工艺规程，合理控制预热、层间温度及焊后热处理，能够有效减少焊接应力，降低裂纹发生的风险。对于关键的焊接接头，合适的坡口设计与装配间隙的选用，有助于确保熔池金属的流动性与冶金结合的质量。随着现代焊接技术的不断发展，智能焊接与自动化焊接设备的广泛应用，大大提高了工艺的稳定性，减少了人为因素对焊接质量的影响，从而确保了石油化工压力容器焊接的可靠性与安全性。

3 石油化工压力容器焊接缺陷的预防措施

3.1 焊接材料的合理选择与质量控制

焊接材料的选择在焊接接头的性能与质量中具有至关重要的作用，尤其是在石油化工压力容器的焊接中，材料的适配性和质量控制尤为关键。焊接材料的化学成分必须与母材协调一致，以确保焊缝与母材在力学性能、耐腐蚀性以及热处理反应上的一致性。在选择焊接材料时，特别对于高强度合金钢、不锈钢等特殊材料，应特别注意合金元素的比例，避免因材料不匹配而引发裂纹或降低焊接接头的强度^[1]。焊材的质量控制同样对焊接质量起着至关重要的作用，焊条、焊丝和焊剂的质量直接影响熔池金属的成形与清洁度。若焊材中含有过多的杂质或水分，可能在焊接过程中引发气孔、夹渣等缺陷。因此，焊材的存放与处理必须严格遵循相关规范，确保其干燥和清洁，同时按照要求进行预热，以避免环境因素对焊接质量造成的不利影响。选择焊材时，还需考虑焊接过程中的温度控制。对于在低温或高温工况下使用的压力容器，应选用具有优良抗裂性与高温韧性的焊接材料，以确保焊接接头在极端工作条件下仍能保持稳定的性能。此外，应定期对焊材进行批次抽检与性能测试，以确保其符合国家或行业标准的要求，从而保障焊接质量的可靠性。

3.2 焊接工艺优化与工艺参数控制

优化焊接工艺及精确控制工艺参数是确保石油化工压力容器焊接质量的关键。选择合适的焊接方法是工艺优化的基础，对于不同材料、厚度及工作要求的压力容器，

必须根据其特性选择最合适的焊接方式。例如,薄壁容器采用 TIG 焊接,既能保证高精度,又能确保焊缝的外观质量;而对于较厚的钢板,则应选择埋弧焊或 MIG 焊,以提高焊接效率,并确保良好的熔透性。在工艺参数的控制方面,精确调节焊接电流、电压、焊接速度以及热输入是避免焊接缺陷的核心。电流过高时,熔池可能过大导致过热,进而产生过烧或裂纹;而电流过低则可能导致熔池不足,造成未熔合或未焊透等问题^[2]。同样,焊接速度的控制也至关重要,过快的速度可能会导致焊缝未能充分熔化,进而形成夹渣或气孔;过慢的速度则可能带来过多的热输入,进而使焊接接头产生应力集中,甚至引发变形。为确保焊接质量,最佳参数应通过实验与模拟测试来确定,并在施工过程中根据环境变化进行调整。控制层间温度、预热温度以及焊后热处理等工艺步骤在提升焊接质量方面同样至关重要,在高强度材料的焊接过程中,适度的预热有助于减少热裂纹的发生,而合理的热处理则能有效消除焊接应力,改善焊缝的力学性能。通过对焊接工艺的优化及每一环节的精确控制,焊接的稳定性能够得到显著提高,缺陷也将大大减少,从而确保石油化工压力容器的安全性及长期可靠运行。

3.3 无损检测技术的应用

无损检测技术在确保石油化工压力容器焊接质量中扮演着至关重要的角色,能够在不破坏材料结构的前提下,精准检测焊接缺陷,从而显著提高设备的安全性和可靠性。常见的无损检测方法包括超声波检测、X 射线检测、磁粉检测和渗透检测等。每种方法在不同的使用环境中都具有其独特的优势,合理选择适合的检测技术,能够最大限度地发现潜在的焊接缺陷。超声波检测以其高灵敏度和较深的探测能力,广泛应用于厚壁压力容器的焊接质量检测。利用声波反射的原理,它可以精确定位焊缝内的气孔、裂纹或未熔合等缺陷。X 射线检测则是检查焊接接头内部结构与完整性的有效工具,特别适用于复杂焊缝的检测,能够清晰揭示隐藏在内部的焊接缺陷,如气孔、夹渣或未焊透等问题^[3]。磁粉检测和渗透检测主要用于焊缝表面缺陷的检测。磁粉检测适用于钢铁材料,能有效揭示表面或近表面的裂纹、断裂等缺陷;而渗透检测通过渗透液在裂缝中的渗透性,帮助发现焊缝表面的微小缺陷。两种方法操作简便,灵敏度高,尤其适合于表面缺陷的早期检测。无损检测的显著优势在于,能够在不破坏工件的情况下,实时且准确地识别出焊接过程中的潜在缺陷,为后续的焊接修复及质量控制提供重要的依据。定期实施无损检测不仅能及时发现焊接缺陷,还能评估焊接接头在长期使用过程

中的性能表现,从而有效确保压力容器的安全运行。因此,在石油化工压力容器焊接过程中广泛应用无损检测技术,成为提高焊接质量、延长设备使用寿命、保障安全运行的关键举措。

3.4 现代智能焊接技术的应用

随着科技的不断进步,现代智能焊接技术已成为提升石油化工压力容器制造中焊接质量与效率的关键工具。这一技术融合了自动化控制、人工智能(AI)、物联网(IoT)以及大数据分析,能够实时监控焊接过程中各项工艺参数,并根据数据反馈自动调节焊接过程,从而最大程度地减少人为因素对焊接质量的干扰,确保达到高标准的焊接结果。例如,作为典型智能焊接技术的机器人焊接系统,通过高精度的机器人臂确保焊接过程的稳定性与精确性,特别适合于处理复杂或难以到达的焊接部位,这些机器人系统配备有传感器,能够实时监测焊接质量,自动调整偏差并持续跟踪焊缝,从而大幅度提升焊接一致性。人工智能的深度学习算法可分析历史数据,预测潜在缺陷,自动优化焊接参数,从而有效减少缺陷的发生。同时,物联网技术将焊接设备与云平台连接,实现了远程监控与故障诊断。这一技术帮助管理人员根据实时数据对工艺及生产流程进行优化,进一步提升了整体生产效率。

4 结语

石油化工压力容器的焊接质量与其安全性及长期可靠性密切相关,因此,焊接缺陷的有效控制至关重要。通过对气孔、夹渣等常见缺陷形成原因的深入分析,并结合合理的材料选择、工艺优化与严格的操作控制,焊接接头的质量可以得到显著提升。智能焊接技术的引入,依托自动化、人工智能及物联网等前沿技术,使得焊接过程变得更加精确与稳定,从而为缺陷的预防提供了坚实的保障。随着技术的不断进步,焊接质量必将得到更大幅度的提升,进一步确保压力容器在使用过程中的安全性与稳定性。

【参考文献】

- [1] 安海堂. 石油化工压力容器焊接缺陷的产生和预防[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(15): 22-24.
 - [2] 阎世力. 石油化工压力容器设计要求及方法[J]. 化学工程与装备, 2022(6): 155-156.
 - [3] 张超. 压力容器制造质量管理控制要点分析[J]. 化工设计通讯, 2020, 46(6): 128-149.
- 作者简介: 郭德水(1993.7—), 毕业院校: 山东理工大学, 所学专业: 机械设计制造及其自动化, 当前就职单位: 山东大齐石油化工设计有限公司, 职称级别: 工程师。

高速公路改建工程施工风险评价体系的研究

李 靖

江苏现代交通科技有限公司, 江苏 南京 210000

[摘要]随着高速公路网络的不断拓展, 改建工程已成为交通建设中的核心任务。相比于新建项目, 改建工程面临着更多复杂因素, 如现有交通流量、周边设施以及环境影响等, 这些因素使得风险管理变得更加复杂与困难。传统的风险评估方法往往难以全面考虑各因素之间的相互作用, 无法有效应对多变的施工环境。通过引入模糊层次分析法 (AHP), 施工风险能够被更为科学地量化, 从而为项目管理者提供精准的决策支持, 帮助他们应对多维度的风险挑战。构建系统的施工风险评价体系, 既能够提升项目管理的整体质量, 也为类似工程的实施提供了有价值的借鉴与参考。

[关键词]高速公路; 改建工程; 风险评价

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15674

中图分类号: U412.366

文献标识码: A

Research on the Construction Risk Assessment System for Expressway Reconstruction Projects

LI Jing

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

Abstract: With the continuous expansion of the highway network, reconstruction projects have become the core task in transportation construction. Compared to new construction projects, renovation projects face more complex factors, such as existing traffic flow, surrounding facilities, and environmental impacts, which make risk management more complex and difficult. Traditional risk assessment methods often struggle to fully consider the interactions between various factors and cannot effectively respond to the ever-changing construction environment. By introducing the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (AHP), construction risks can be quantified more scientifically, providing accurate decision support for project managers and helping them cope with multidimensional risk challenges. Building a systematic construction risk assessment system can not only improve the overall quality of project management, but also provide valuable reference and guidance for the implementation of similar projects.

Keywords: expressway; reconstruction project; risk evaluation

引言

高速公路改建工程在满足日益增长的交通需求中发挥着至关重要的作用。但施工过程中常常面临复杂的环境条件以及多种不确定的风险因素, 若未加以有效管理, 可能对项目的安全、进度与成本造成严重影响。因此, 科学、有效地评估与管控施工风险, 成为确保项目顺利实施的关键所在。

1 高速公路改建工程施工风险评价的理论基础

高速公路改建工程的施工过程因其复杂性与多变性, 涉及多个领域的协调与配合, 风险也表现出多样化和动态化的特点。施工风险评价作为风险管理的核心环节, 主要目的是识别、分析和评估潜在风险, 并基于此制定相应的应对策略。通过科学的评估方法, 项目管理者能够预测风险的可能影响, 进而采取有效的防控措施, 从而减少对项目进度、质量及安全的负面影响。施工风险评价的理论框架源于风险管理理论, 强调从系统性、全局性和前瞻性的角度对问题进行审视。在标准的风险管理流程中, 施工风险评价通常分为四个阶段: 风险识别、分析、评估与控制。在风险识别阶段, 通过专家判断、历史数据分析和现场勘察等方式, 潜在风险因素得以全面梳理。进入分析阶段后, 基于对风险性质和可能后果的深入分析, 各风险的发生概

率及其影响程度被进一步评估, 从而确定其对施工项目的实际威胁。为增强评价的科学性, 风险评价不仅依赖于定性分析, 还结合了定量分析技术, 如概率统计、模糊数学及层次分析法 (AHP) 等工具。这些方法有助于量化风险的严重程度及其对项目的潜在影响, 从而为决策提供精准的数据支持。通过这种理论体系, 施工风险评价能够全面识别出影响项目成败的关键因素, 为风险管理提供操作性强的指导。借助科学的预测与评估, 施工单位能够有针对性地优化资源配置、制定应急预案、提高管理效率, 从而有效减少不必要的成本和损失。施工风险评价特别强调了动态性, 考虑到项目在不同阶段可能面临的风险变化。例如, 在项目初期, 地质勘探和施工准备阶段的风险较为突出, 而随着工程的推进, 施工设备故障、安全管理问题等风险则逐步显现。因此, 风险评价必须与项目进度紧密结合, 定期进行更新, 以确保评估结果始终反映施工过程中的真实风险。

2 高速公路改建工程施工风险评价指标体系的建立

2.1 高速公路改建工程施工风险评价指标体系的建立思路

高速公路改建工程施工过程中的风险因素呈现出高

度复杂性与多样性,涉及技术、管理、环境等多个方面。为了有效识别、评估和控制这些风险,构建科学合理的风险评价指标体系显得尤为重要。在构建这一体系时,应从以下几个关键维度进行深入考虑。构建体系的基础在于明确风险评价的目标,其核心目标在于识别和量化那些可能影响施工安全、质量及进度的各类风险因素,以为管理决策提供精准支持。在构建指标体系时,必须围绕施工过程中的关键节点与环节,重点关注那些可能引发重大影响的风险点,如施工环境、设备故障、材料质量及安全管理等方面。全面性与系统性是设计指标体系时的核心原则,高速公路改建工程涉及的风险因素,不仅来源于施工现场的环境条件,还涉及施工组织管理、技术方案、人员素质等多个维度。因此,在建立指标体系时,必须确保覆盖所有潜在的风险领域,系统性地梳理施工环境、设备、材料、组织管理、安全等各个方面,形成一个多层次、全方位的评价框架。由于风险因素的高度复杂性,单一的定性或定量分析方法无法全面揭示风险的实际情况。因此,指标体系应结合定性分析与定量分析两种方法。在定性分析阶段,通过专家经验识别潜在的风险点;在定量分析阶段,则应用概率统计、模糊数学等方法,对风险的发生概率及其可能的影响程度进行量化。这种定性分析与定量相结合的分析方法,能有效提升风险评估的精准度与全面性。此外,考虑到高速公路改建工程施工周期较长,项目进展过程中风险的性质和来源可能发生变化,指标体系需具备动态调整能力。评价体系应能够根据工程的不同阶段及时更新,从而确保反映当前的风险状态。同时,指标体系还应具备良好的可操作性,使项目管理人员能够方便地应用,从而为施工现场提供切实有效的风险管理支持。

2.2 高速公路改建工程施工风险评价指标体系的因素分析

2.2.1 施工环境因素

施工环境因素在高速公路改建工程中对风险管理至关重要,直接影响施工进度、安全和质量。施工环境主要包括历年自然灾害情况、水文地质条件、气候条件、地下管线布设、临近危险设施、水电布设以及现场生产环境等七个方面。历年自然灾害评估通过分析施工现场及周边历史灾害数据,帮助预测可能的自然灾害风险。水文地质条件则关注地形、地貌和地下水位,这些因素决定了施工方法和设备选择。气候条件分析温度、降水、大风等气象数据,评估极端天气对施工的影响,指导施工计划调整。地下管线布设和临近危险设施的情况需依赖相关资料评估,以避免施工时对已有设施的破坏或安全事故的发生。水电布设情况评估施工现场的水电供应及应急设施,确保施工期间的正常运行。最后,生产环境涉及现场的空气质量、噪音、粉尘等,评估这些因素有助于保障施工人员的健康和安

全。通过对这些施工环境因素的评估,施工单位可以

2.2.2 施工设备因素

施工设备是高速公路改建工程顺利进行的关键,涉及设备选配、安装调试、维修保养、使用强度和安全防护等五个方面。设备选配要求根据施工任务的具体要求选择合适的设备,确保设备能够满足工作量和技术要求。安装与调试必须符合标准,依赖详细的安装记录和验收报告,以确保设备正常运行。维修与保养需依据设备的维修记录,确保设备定期检查和及时修复,以避免故障影响施工进度。使用强度反映了设备的负荷情况,过度使用可能导致设备故障,需合理安排工作时间。最后,安全防护装置要求设备配备必要的安全设施,如防护罩和警示标识,确保施工人员安全。通过对这些因素的评估,施工单位可以确保设备的稳定性和安全性,从而降低施工过程中可能出现的设备故障风险。

2.2.3 施工材料因素

在高速公路改建工程中,施工材料的质量及其管理对整体工程的质量与安全至关重要。材料因素涵盖了多个环节,包括选择、采购、存储、运输及使用等。任何一个环节的疏忽或不当处理,都可能增加施工风险,甚至引发工程质量问题。材料选择是基础,所有施工材料必须严格符合项目的技术要求与相关标准。材料的性能、耐久性与适用性直接影响施工质量以及项目的长期使用效果。不合格或不适用材料的使用,将不仅增加后期的维护成本,还可能导致质量事故的发生。材料采购环节的把控同样至关重要,确保采购渠道的可靠性,是避免假冒伪劣产品进入施工现场的有效手段^[1]。只有通过正规、可靠的渠道采购材料,才能保障其质量以及来源的可靠性。在材料存储方面,存储条件不当可能导致材料的质量问题,尤其是那些对环境要求较高的材料,如水泥和沥青等,必须确保其存储环境的温湿度严格符合规定标准。在运输过程中,应避免材料因震动或碰撞而受损。合理选择运输工具、规划运输路线,以确保材料按时、安全地到达施工现场。施工现场的材料使用必须严格按照设计要求执行,禁止随意改变材料的使用方式或规格。每批次材料应经过严格验收,确保其符合质量标准,以减少因使用不合格材料而带来的安全隐患。

2.2.4 施工组织因素

施工组织在高速公路改建工程中起着至关重要的作用,涉及项目管理、人员调配、资源协调等多个方面。合理的组织结构不仅直接影响工程进度、质量及安全管理,还能确保各项工作顺利进行。科学严谨的施工组织能够有效降低风险、提高工程效率,避免资源浪费。进度计划是施工组织的关键环节,通过合理安排进度,可确保各项工作按部就班地推进,避免由于工序冲突或停滞所造成的工程延误。进度安排应依据工程的实际情况,且必须具备灵

活性,以便应对突发情况,保障项目的整体进度不受影响。人员配置与队伍管理在施工组织中占有重要地位。合理的人员安排与高效的团队合作能够提升工作效率,减少人为失误。对工人的技能与资质应有严格要求,并且定期开展培训,确保工人不仅具备操作能力,还能严格遵守安全规程。资源协调是确保施工顺利进行的基础,材料、设备和劳动力的合理分配,能够有效避免资源的短缺或浪费,从而降低项目成本,提高施工效率^[2]。优化施工现场的作业顺序、工作面布局以及工艺流程,有助于避免资源冲突与无效利用,确保各项任务能按时、高质量地完成。安全管理应贯穿整个施工过程,并且从项目组织的初期阶段就应纳入考虑。施工现场的安全措施应与各项工作同步规划,确保每个环节的安全责任明确,制定并严格执行管理制度。施工过程中,安全监督需不断强化,以确保每项操作都符合安全标准,从而最大限度地防范事故的发生。

2.2.5 安全管理因素

在高速公路改建工程中,安全管理是项目成功的关键,它直接关系到施工人员的生命安全以及工程的顺利进展。有效的安全管理不仅能预防事故发生,还能避免工期延误和经济损失的出现。因此,必须在施工的各个阶段建立健全的安全管理体系,并确保其严格执行。安全管理制度是确保施工顺利进行的基石,施工单位应制定详尽的规章制度,明确各级人员的安全职责,确保每个环节和岗位的安全责任得到落实。针对施工现场的具体特点及潜在风险,安全操作规程应有针对性地编制,并通过定期培训使所有人员熟悉安全知识,具备必要的安全操作技能。现场安全检查是防范安全隐患的重要手段,施工现场应定期开展安全检查,全面评估设备、材料、人员操作等方面的安全状况。发现任何安全隐患后,必须立即采取整改措施,避免将小问题积累成重大事故。安全防护设施的配置不可忽视,根据规定,施工现场应配备必要的安全防护设施,如安全围栏、警示标志及个人防护装备(如头盔、安全带等)。这些设施能够有效减少施工人员的暴露风险,同时时刻提醒工人保持警觉,确保作业安全。针对可能发生的突发事件,必须制定完整的应急预案及响应机制。应急预案应根据不同类型的事故量身定制,并定期进行应急演练,提升全员应对突发事件的能力。通过不断优化应急管理流程,确保一旦发生突发事件,能够迅速、有效地控制事态,最大限度减少损失。

3 高速公路改建工程施工风险评价体系的实施步骤

高速公路改建工程施工风险评价体系的实施,需要通

过系统化、精细化的步骤,确保潜在风险能够全面识别、评估和有效控制。该过程包括几个关键环节,如风险识别、评估模型构建、风险评估执行及控制措施制定等。风险识别是首要步骤,项目团队应通过现场调查、专家咨询及历史数据分析等方法,全面识别施工过程中的潜在风险^[3]。这些风险因素可能涉及施工环境、设备故障、人员失误、安全事故等。通过收集相关数据,形成详细的风险清单,为后续评估奠定基础。在此基础上,评估模型的构建至关重要。根据项目实际情况,应选择合适的风评估方法,如模糊层次分析法(AHP)或故障树分析法(FTA)。通过这些方法,构建一个多层次、全面的风险评估框架,分析不同风险因素的权重及相互关系。结合定性定量评估方法,为每个风险因素设定评估指标,从而形成完整的评价体系。风险评估实施阶段紧随其后,此时结合所选模型、实际数据及专家意见,进行风险量化分析。通过此过程,明确各类风险优先级,帮助管理者聚焦最具威胁的领域。最终,评估结果生成详细报告,为决策提供支持,指导后续风险管理的实施。根据风险评估结果,项目团队需制定风险控制方案。这些控制措施可能涉及技术改进、人员培训、安全设施升级或应急预案完善等。控制方案必须具备操作性,确保施工过程中能及时应对突发情况,最大限度地减少风险对项目进度、质量及安全的负面影响。

4 结语

本文聚焦于高速公路改建工程中的施工风险评价体系,构建了一个基于多维度因素的评估框架,涵盖了施工环境、设备、材料、组织及安全管理等关键要素。通过应用模糊层次分析法(AHP),为项目管理者提供了一个科学有效的工具,能够帮助识别、量化及控制施工过程中各类风险。随着高速公路改建工程日益复杂,风险管理的意义也愈加突出。随着数据分析技术的持续进步,施工风险评价体系的精准度与智能化水平将不断提升,从而为项目的安全、质量和进度提供更加有力的保障。

[参考文献]

- [1]于千雅,张哲.高速公路改建工程施工风险评价体系的研究[J].价值工程,2019,38(26):205-207.
 - [2]王志福.基于模糊综合评价法的高速公路工程施工风险评价探究[J].中国公路,2021(5):108-110.
 - [3]屠钰申.Y公路改建工程施工安全风险管理体系研究[D].陕西:西安建筑科技大学,2024.
- 作者简介:李靖(1986.9—),男,毕业院校:江苏大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:江苏现代交通科技有限公司,职务:项目经理,职称级别:高级工程师。

道路桥梁施工中裂缝控制方法研究

李 辉¹ 杨全发²

1. 清丰县路通公路养护有限公司, 河南 濮阳 457300

2. 清丰县公路事业发展中心, 河南 濮阳 457300

[摘要]道路桥梁建设过程中裂缝情况一直是影响桥梁结构稳定性与耐久性的关键因素。裂缝的产生不仅与施工质量密切相关, 还受材料特性、环境条件和外部荷载等多种要素影响。探讨了道路桥梁施工过程中如何有效遏制裂缝的产生, 并给出契合的技术方案。通过分析裂缝产生的原因, 结合此刻的管控窍门, 文章提出了合理的施工工艺、材料选择及现场管理措施, 以降低裂缝的出现概率, 增加桥梁的使用期限。按照典型实例, 对裂缝控制方法应用效果进行了评估, 还为后续桥梁建设提供了指导与建议。

[关键词]道路桥梁; 裂缝控制; 施工技术; 材料选择; 桥梁安全

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15671

中图分类号: TU997

文献标识码: A

Research on Crack Control Methods in Road and Bridge Construction

LI Hui¹, YANG Quanfa²

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

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

Abstract: Cracks in the process of road and bridge construction have always been a key factor affecting the stability and durability of bridge structures. The generation of cracks is not only closely related to construction quality, but also influenced by various factors such as material properties, environmental conditions, and external loads. Explored how to effectively curb the occurrence of cracks during road and bridge construction, and provided a suitable technical solution. By analyzing the causes of cracks and combining with the current control tips, the article proposes reasonable construction techniques, material selection, and on-site management measures to reduce the probability of cracks and increase the service life of bridges. According to typical examples, the application effect of crack control methods was evaluated, and guidance and suggestions were provided for subsequent bridge construction.

Keywords: road and bridge; crack control; construction technology; material selection; bridge safety

引言

道路桥梁作为基础设施的核心部分,其安全性与耐久性直接关乎交通运输的顺畅和公众安全。裂缝出现直接削减桥梁承载能力,也会加速桥梁的老化及损坏,裂缝控制是桥梁建造中的关键点。运用科学系统的管控方法十分关键,本文将从裂缝出现的原因入手,探究施工进程中的裂缝管控方法,并提出配套的途径,以保障道路桥梁在长期运营时期的结构安全与可靠。

1 道路桥梁补强中的裂缝问题概述

道路桥梁建设所产生的裂缝问题是影响桥梁结构安全性和长期耐久性的关键因素。裂缝会影响桥梁的外观质量,还会引发水泥与钢筋之间的腐蚀,从而导致桥梁的使用年限大幅降低。裂缝的产生通常是多方面因素共同作用的结果,主要包含材料方面的问题、施工工艺方面的问题以及外部环境因素等^[1]。

材料质量及配比问题是引发裂缝的主要原因之一。在桥梁铺设过程中,若选用的水泥、砂石、钢筋等材料质量不达标或配比不准确,很可能致使混凝土抗裂性能下降,引起裂纹生成。例如,处于潮湿的环境中,水泥的膨胀特

性会引发混凝土表面出现裂缝。此外,水泥与骨料的配比选择错误也会使混凝土的凝结和硬化特性发生改变。施工工艺差错是裂缝形成的关键因素。在项目筹备阶段,若混凝土浇筑未实现均匀进行或振捣未做到充分开展,会致使气泡与空洞形成,最终产生微裂纹。在温度过高以及过低的热环境状态中,若温度调节不力,混凝土的膨胀或收缩易引发裂缝形成。此外,施工人员操作差错或管理疏忽会导致裂缝出现。

2 道路桥梁施工中裂缝产生的原因分析

2.1 材料潜藏的障碍

在公路桥梁建造阶段,材料品质与结构的稳固性和持久性直接关联。裂缝的产生通常和所选建筑材料密切相关,混凝土是桥梁施工中最常用的材料,它的强度、抗压性能及抗裂属性在很大程度上决定桥梁安全性。若在混凝土配合比中采用了质量不佳的水泥、沙子或骨料,或者结合组合不合理,会导致混凝土自身强度不足,极容易出现开裂局面。特别是部分质量不合格的骨料含过多硫化物或其他杂质,很容易引发膨胀性裂缝。

钢筋作为桥梁结构里的关键构造部件,其被腐蚀状况

也与材料选择密切相关。被腐蚀的钢筋不能有效承担桥梁的应力,经历一段时间阶段,钢筋因腐蚀产生的膨胀会导致混凝土表面开裂,极有可能导致结构发生破坏。因此,在材料选择过程中,必须严格实施质量检测与管控,确保每一批次的水泥、砂石、钢筋等材料质量符合标准规定,才能真正杜绝因材料问题导致的裂缝^[2]。

2.2 施工工艺问题

施工工艺在道路桥梁施工中发挥极为关键作用,不当的施工操作时常会引发裂缝问题,混凝土进入浇筑阶段,若操作不规范或工艺不合理,会导致结构整体性能下降,之后形成裂迹。裂缝的一个常见成因是浇筑不均匀,若浇筑时混凝土流动性较差,或者分层厚度超出界限,容易导致混凝土表面凝结不均,致使内部出现裂迹。混凝土振捣作业未充分实施,还会致使气泡或空隙出现,从而降低混凝土的紧密程度,引发细微裂迹。

温度调节失误也是影响施工质量的关键要素。特别是在开展大规模混凝土浇筑作业时,倘若温度呈急剧地变动,混凝土表面会因剧烈收缩或膨胀而出现裂缝。为减少施工整治阶段因操作失误导致的裂缝,施工人员须严格按照施工标准,确保浇筑均匀、振捣密实,并根据天气情况实施合理的温度管控措施。

2.3 环境因素

环境状况对道路桥梁施工中的裂缝问题具有决定性影响,尤其是在极端天气条件下,桥梁结构易受温度变化、湿度波动和冻融循环等因素影响,温度的变化是导致裂缝的一个主要环境因素。处在极寒地带,桥梁在冬季开展施工作业时,低温可使混凝土内的水分迅速冻结,致使混凝土表面产生裂缝。同时,处于温度差值较大的区域,白天的高温与夜间的低温交替出现,也容易促使混凝土产生膨胀与收缩,诱发混凝土出现裂痕。

湿度的缓慢变动给桥梁施工带来一定影响,特别是处于潮湿环境,混凝土内部水分的蒸发速度较低,会致使混凝土表面产生裂缝。而处在干旱的地带,混凝土表面水分蒸发速度过快,极易导致裂缝的出现。冻融循环也是桥梁施工中常见的环境因素,特别是在严寒时期,水分渗入混凝土内在低温条件下冻结膨胀,随后的解冻会导致混凝土结构产生裂缝^[3]。

3 裂缝控制策略

3.1 合理选择建筑用材

在公路桥梁工程施工阶段,合理选择建筑材料是防止裂缝出现的关键环节。建筑材料的质量、属性以及其与环境的匹配度直接影响桥梁的长期使用状况。混凝土作为用于桥梁现浇结构施工的主要材料,其材料选择极为重要。选择水泥时应优先选用质量上乘的普通硅酸盐水泥或根据具体环境状况选取高性能水泥,以此增强混凝土的抗裂能力。水泥水化热对混凝土收缩性及裂缝控制有直接影响,

特别是在进行大体积混凝土浇筑时,过高的水化热会引发温度裂缝产生。因此,应尽量挑选水化热较低的水泥,进而降低施工过程中的温差应力。骨料的质量同样极为重要。砂石之类骨料的颗粒级配要符合规定,而且要防止选用含有过多杂质、泥土或有害物质的骨料,避免这些物质致使混凝土膨胀和早期劣化。骨料的粒径规格数值、外形特征和表面特性也需考虑对混凝土力学性能的影响。合理挑选合适的骨料,能够提高混凝土的密实度与强度,最终减少裂缝的出现次数。

为进一步增进桥梁抗冻可靠耐久性,钢筋的选择同样至关重要。选用抗腐蚀性钢筋或不锈钢材料,可切实增强桥梁结构的抗腐蚀能力。特别是在海洋性气候区域或潮湿地带,钢筋易受潮湿、盐分侵蚀,选用抗腐蚀钢筋能够有效避免钢筋腐蚀造成的混凝土裂缝。材料的合理选用并非只限于混凝土和钢筋,还需考虑其他辅助材料的使用,防水涂料、膨胀剂与裂缝修复材料等应合理选择,以增强结构的整体稳定性和耐久性^[4]。

3.2 改进施工工艺

科学改进施工工艺是防范道路桥梁施工裂缝的关键因素之一。混凝土浇筑振捣与养护等施工工艺水准直接关联桥梁结构完整性与抗裂能力。为切实避免裂缝的产生,施工阶段需实施精确的浇筑管理,实施大体积混凝土浇筑时,应确保每层混凝土的高度不宜过高,防范出现泌水情形。浇筑应采用分层形式开展,每层混凝土的厚度要根据混凝土类型及施工环境合理把控,保证混凝土凝结与硬化过程均衡,避免因温度偏差而出现裂缝。浇筑混凝土期间必须实施充分振捣,振捣操作需保证无气泡和空隙生成,坚守混凝土的密实质量水平,杜绝出现内应力集中情形。

特别是大体积混凝土浇注施工进行的时段,因水化热作用影响,内外温差会导致混凝土产生收缩或膨胀状况,由此造成裂缝情形。因此,应根据施工环境运用有效的温控措施,当进入寒冷天气环境阶段,需运用加热或保温措施,防止混凝土因温度急剧下降出现裂缝;而处于高温的气象状况,应落实洒水等行动,保持混凝土表面的湿润,避免因水分快速蒸发导致表面裂缝。施工期间还需严格按照设计要求进行模板的安装与拆除,防止模板松动或过早拆除导致混凝土变形继而产生裂缝。养护对提升混凝土强度与控制裂缝作用显著,为拉动混凝土表层充分水化,养护工作应在浇筑完成后立即开展,并保持合适的湿度与温度条件,防止因过早干燥引发裂缝。面对高温气候状况,特别是在夏季进行施工操作时,应运用覆盖湿布、喷水等方法,防止混凝土表面水分过度蒸发。在低温天气条件下,养护地采用保温方案,维持混凝土水化反应顺利开展,更替施工工艺,重视各施工环节的精确操作,是防止道路桥梁施工产生裂缝的有效办法^[5]。

3.3 环境条件的优化

环境状况对道路桥梁施工质量影响显著,尤其是在温

度、湿度、风力等因素的作用下,裂缝状况极易出现。为切实应对环境带来的影响,改善施工环境并实施合适防护措施十分关键。处于温度差异较大的环境中,混凝土易受温度变化影响产生收缩或膨胀,引起裂缝的开裂。尤其是低温的河心地带,混凝土在施工操作时若未采用合适的防冻措施,就容易出现冻裂现象。在寒冷气候条件下进行施工时,应选用适用于低温环境的混凝土配合剂,并且在施工过程中加强温度控制措施。比如,运用加热设备为混凝土进行保温,杜绝水分凝冻成块。处于夏季工程整理施工阶段,过高的温度会导致混凝土表面水分蒸发过快。施工期间需精确把控浇筑与振捣的时长,避免混凝土在高温状况下迅速失水,湿度是影响混凝土产生裂缝的关键环境因素。当处于湿润或潮湿的环境中时,混凝土内水分的蒸发速度较低,极容易引起裂缝出现。在干燥或风力较大的地区,水分会迅猛挥发掉,同样会引起裂隙萌生。

在公路桥梁建设时期,环境因素对混凝土施工质量和耐久性具有重要影响,尤其是风力、湿度、温度、大气污染和土壤含盐量等要素。若不把控这些环境状况,会造成混凝土出现裂缝,对桥梁结构长期的稳定性和安全性带来影响。所以,施工单位要严格评估并改善施工环境,从而降低环境因素对施工质量造成的负面影响。风力是影响混凝土施工质量的关键环境因素,在开阔场地或高架桥梁建造时期,强风时常导致混凝土表层水分迅速蒸发,这将加速混凝土表面的干裂进程,还会导致更深层次的裂缝。尤其是在高温或者干燥的气候条件下,风力的影响更为显著。为应对强风造成的影响,施工队伍可在混凝土浇筑时采用风障或临时遮挡物,以减小风力对混凝土表面蒸发速率的影响。另外,合适的水分保持措施,像运用湿布覆盖或者水雾喷洒方法,同样有益于维持表面湿度,避免过度干燥。

空气污染会给混凝土质量和耐久性带来潜在不利影响。特别是在工业区域或交通密集的地段,空气中的硫化物、氯化物及其他有害物质会和混凝土中的水泥成分发生化学反应,造成腐蚀或退变。为减轻空气污染对混凝土产生的影响,施工团队可选择适应性更优的材料,如耐腐蚀水泥或高性能混凝土^[6]。此外,应采用措施减少环境中有害物质对施工进程的影响,实施通风及遮蔽措施,从而降低污染物的沉积速度。土壤盐分是另一影响混凝土质量的环境要素,尤其是在沿海地区或受盐碱水影响的区域,土壤中的氯离子可渗透到混凝土内部,导致钢筋生锈,进而导致裂缝产生。所以,施工单位要在这些区域选择耐盐腐

蚀的钢筋或者使用高耐腐蚀性的混凝土材料。此外,施工阶段需采取防水措施,减少盐分渗透进混凝土中,对于土壤盐分较高的区域,可以采用特殊的防腐手段,或者对钢筋表面开展涂层防护,从而提升混凝土的抗腐蚀性能。

除了上述这些因素以外,温度和湿度的变化同样会对混凝土的硬化过程和强度造成影响。当处于高温环境中时,混凝土易因水分急剧蒸发而产生裂缝;处于寒酷的环境氛围阶段,会因水泥水化反应被抑制而导致强度下降,所以施工单位要根据具体的气候情况,开展温度与湿度控制行动。例如,在低温条件下采用温控加热设备,或在高温条件下借助喷洒水分方式调控混凝土表面温湿度。环境因素对道路桥梁施工质量的影响不可忽视,施工单位应根据当地气候状况、空气质量、土壤成分等进行综合评价。采取相应的优化措施,这不仅有利于提高混凝土的施工质量,减少裂缝的产生,也能够提高桥梁的耐久性,确保桥梁在长期使用过程中的稳定性与安全性。通过改善环境条件,执行合理的施工防护措施,能够切实降低裂缝产生的风险,提升道路桥梁的整体效能,确保其为公众提供长期安全的服务。

4 结语

道路桥梁建设期间的裂缝控制对桥梁安全性与长期使用十分关键。通过合理选择材料、改良施工工艺和环境调控,能够明显减少裂缝的产生。未来随着技术的不断进步,裂缝管控措施将更加精准高效,进一步提升桥梁的耐久性与可靠性。

【参考文献】

- [1]秦亮,谢平红.道路桥梁设计和施工过程中裂缝成因分析[J].城市建设理论研究(电子版),2024(35):145-147.
- [2]高风勇.道路桥梁设计施工中裂缝成因及控制措施[J].运输经理世界,2024(12):112-114.
- [3]龙凯,王汉伟.道路桥梁施工中裂缝成因及控制策略[J].城市建筑空间,2023,30(1):359-360.
- [4]王昱.道路桥梁施工中混凝土裂缝成因及控制措施[J].工程技术研究,2021,6(11):157-158.
- [5]董学乾.论道路桥梁设计和施工中的裂缝原因及控制[J].科技创新导报,2019,16(35):40-42.
- [6]金明东.道路桥梁施工中的裂缝成因及预防措施分析[J].工程建设与设计,2019(17):230-231.

作者简介:李辉(1988.1—),男,专科:行政管理,本科:土木工程,汉族。

公路工程中混凝土路面施工技术的应用分析

李 建

新疆北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 社会经济快速发展, 城市化建设进程不断推动, 人们逐渐重视公路工程建设质量和安全系数, 对于公路工程中混凝土路面施工技术的要求也随之提高, 对此, 相关团队在公路工程建设期间, 要重视混凝土路面施工的每一个环节, 避免出现质量问题, 从根本上保证混凝土路面施工质量能够达到标准要求。本篇文章首先详细分析混凝土路面施工技术的实际作用和技术应用现状, 并结合实际的工程案例, 详细研究和探索公路工程中混凝土路面施工技术的应用策略。

[关键词] 公路工程; 混凝土路面施工技术

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15670

中图分类号: U416.216

文献标识码: A

Application Analysis of Concrete Pavement Construction Technology in Highway Engineering

LI Jian

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

Abstract: With the rapid development of social economy and the continuous promotion of urbanization construction process, people gradually attach importance to the construction quality and safety factor of highway engineering. The requirements for concrete pavement construction technology in highway engineering have also increased accordingly. In this regard, relevant teams should pay attention to every link of concrete pavement construction during the highway engineering construction period, avoid quality problems, and fundamentally ensure that the construction quality of concrete pavement can meet the standard requirements. This article first analyzes in detail the practical role and current application status of concrete pavement construction technology, and combines actual engineering cases to study and explore in detail the application strategies of concrete pavement construction technology in highway engineering.

Keywords: highway engineering; construction technology of concrete pavement

目前公路工程混凝土路面施工技术应用现状和实际情况进行综合分析, 部分公路工程建设期间, 路面施工技术仍然存在的问题和不足, 所以想要从根本上保证工程项目建设效果, 必须不断提高混凝土路面施工技术水平, 严格控制施工标准, 不断提高公路工程作业效率。

1 混凝土路面施工技术作用

1.1 提高公路施工质量

在公路工程施工和建设过程中, 混凝土路面施工技术能够有效防止混凝土施工材料在建设 and 使用时出现质量问题, 有效提高混凝土施工材料的基础使用性能和建设效果, 为公路工程的施工流程提供技术支持, 尽可能减少工程项目的安全风险和隐患, 同时混凝土路面施工技术还能够有效提高工程项目的施工效果, 保证施工环境和现场的各项工作流程能够正常开展, 最大程度缩短工程项目施工时间, 延长公路的最长使用寿命, 为城市发展人文出行以及货物运输提供便利条件。

1.2 增强公路经济效益

在公路工程中, 应用混凝土路面施工技术, 能够有效减少各个施工环节可能出现的问题, 防止工程项目出现经济损耗, 降低成本支出同时适合的混凝土路面施工技术, 还能够有效提高公路工程施工效果, 保证后续养护和维修工作能够顺利开展节省成本, 因此想要从根本上保证公路

工程建设效果, 则需根据工程项目施工实际情况和标准要求, 科学选择混凝土路面施工技术手段^[1]。

2 混凝土路面施工技术现状

2.1 施工温度

现阶段, 由于我国各地区公路工程建设数量和施工规模逐渐扩大, 对于项目的施工效果和质量也提出了更高的要求, 尤其在混凝土路面施工上, 要根据工程项目建设特点科学选择施工方法和技术手段, 由于混凝土路面施工技术在应用时, 对于施工温度的要求相对较高, 所以施工团队要合理控制施工温度, 但部分公路工程无法重视和关注混凝土路面施工技术的温度把控, 或者由于施工团队自身不具有专业性, 无法科学控制施工温度, 造成公路工程在混凝土路面施工期间, 混凝土材料内部和外部的温度差异过大, 从而产生结构裂缝, 严重甚至出现质量问题, 影响公路工程路面的安全性平整性, 在后续投入使用时极易产生安全风险。比如: 公路工程混凝土在材料浇筑后会大量散发热量, 如果在该阶段不能有效控制混凝土内部和外部的温度差, 则会导致混凝土在浇筑时无法正常凝固, 影响浇注质量, 想要有效解决以上问题, 相关团队要在混凝土路面施工技术操作和应用时, 严格把控施工温度, 保证路面浇注的稳定性, 防止结构性裂缝问题出现。

2.2 施工原材料

对于公路工程来说,混凝土路面进行工程项目建设和施工期间,建筑原材料同样成为影响施工效果和技术应用水平的核心因素,要把控建筑原材料的质量水平,只有材料符合标准要求,才能有效减少路面施工的风险问题,在保证路面正常施工的前提下节省成本支出,提高经济效益。然而现阶段部分团队和企业为了节省成本支出,提高经济收益,无法对建筑原材料进行合理把控,导致不符合要求的原材料进入到施工环境中;部分施工原材料进入到施工现场后,不能按照标准要求进行储存,原材料的储存环境与其自身实际需求不相符,长此以往,造成材料在储存和应用时质量受到影响,为后续公路工程混凝土路面施工技术的应用埋下了隐患^[2]。

2.3 人员素质

相对于其他风险因素来说,施工团队的综合素质直接影响建筑效果,如果施工人员综合能力过低,专业素养不高则会导致在施工过程中的建筑技术应用执行力无法达到标准要求,使混凝土路面施工技术在实操和应用过程中出现安全风险,无法保证工程的建设效果,同时项目在施工期间,施工团队以及基层员工如果素质水平不高,单纯依靠自身工作经验开展项目建设,则会造成路面质量无法得到把控出现事故。想要从根本上解决施工问题,不仅要提高基层员工的综合水平,并通过技能培训的方式提升自身的文化水平,确保施工团队在日常工作时利用混凝土路面施工技术,不断优化和完善混凝土路面建设效果。

2.4 施工裂缝

相对于其他施工环节来说,混凝土路面施工极易受到多方面因素和条件的影响,进而产生干燥性裂缝问题,其核心原因是由于水泥混凝土材料的化学结合水,会在水泥混凝土硬化环节中逐渐消失,造成砂浆结构体干缩,此时如果材料受到高强度的破坏、压力和拉伸则会出现结构性裂缝,影响工程项目的施工质量。想要有效解决以上问题,在选择混凝土施工材料时,要加强对材料混合和使用等相关方面的把控,重视路面施工技术手段的选择,提高路面施工水平,保证路面在投入使用后的稳定系数^[3]。

3 混凝土路面施工技术应用策略

3.1 重视准备环节

3.1.1 关注材料配比

想要从根本上保证公路工程混凝土路面施工效果,在工程项目施工前要重视准备环节,因为准备环节是保证工程施工质量是否符合标准要求的前提条件,在施工准备环节中,混凝土材料的结构配比是影响准备阶段的核心因素,不仅能够最大程度节省公路工程成本支出,还能够确保施工团队能够获得最高的经济收益。通常来说,沥青混凝土的结构配比需要根据不同工程项目科学选择,因此施工团队要根据建设团队的生产标准和设计图纸详细计算,并根

据生产资料进行参数调整,当材料配比调整完毕后,施工团队要选取适量样本进入现场进行实地检验,并将所得到的检验结果与预先配比系数相互对比,如果出现偏差后则要及时调整,经过反复试验和调整,确保生产配比最接近目标配比。

3.1.2 重视材料试验

结合工程项目建设要求明确,沥青混凝土材料配比后,施工团队还要重点对施工现场以及施工流程进行勘探,额外关注施工材料的质量水平,详细检查施工现场的建设效果,同时团队还要对公路工程混凝土路面施工进行数据测量和放样处理,同时选择适合的施工区域进行材料试验,有效验证施工技术。在项目准备环节开展施工后,还要定期测量沥青混凝土的灌注压力,材料内部外部温度变化系数以及摊铺压力,根据以上参数不断修正沥青混凝土的基础数据,将所有参数和数据全部调整至标准状态后,才能正式开展项目施工。

施工团队要详细检查机械设备的运作状态,保证设备能够始终处于正常运转状态,开展必要的设备保养,确保设备能够按照施工流程投入到工程项目建设中。比如:雅泸高速公路三标段老虎石隧道全长 1712m,路面宽度 8.75m,横坡+2%,无超高段。路面面层为 26cm 厚水泥混凝土面层,水泥混凝土弯拉强度不得低于 5.0MPa。因此在材料实验环节,施工团队对水泥、碎石、砂等原材料进行严格检验,水泥采用峨胜 42.5R 级水泥,碎石为机制碎石,砂的细度模数在 2.3~3.0^[4]。

3.2 施工技术要点

3.2.1 混凝土拌和

通常情况下,公路工程混凝土路面施工过程中混凝土材料的拌合,大多数在拌合站完成,同样可以根据施工条件和施工需求,将混凝土材料运输至施工现场后,选择简易的拌合设备完成材料拌合,实际进行拌合时,要充分考虑施工地区的气候变化温度参数,尤其要检测施工现场的湿度变化趋势,因为只有环境湿度会对沥青混凝土的结构配比与拌合流程造成显著影响,相同结构配比的沥青混凝土在拌合时,不同湿度环境下得到的混凝土材料性能具有极大差异性,所以混凝土材料在拌合时要尽可能选择常温。实际进行沥青混凝土拌合操作时,施工团队除了要科学配比混凝土的材料比例以外,还要结合公路项目的建设标准和需求,适当增加其他类型的建筑材料。在选择填充原材料时,还要对材料储存场地进行区域划分,保证不同类型的原材料不会相互混合,因此要配备专业的材料质量监督岗位,定期对材料质量和储存环境进行分析,保证原材料质量的稳定性。比如:为保证公路工程建设效果,试点铺筑路段在久马高速公路 1m 2-2 项目麒麟湾大桥,桩号为 k129+852-k130+201,铺筑长度 349m,桥面宽度 11.5m。而在混凝土拌合时,由于试点路段的建设环境具有特殊性,

对于施工材料的要求相对较高,所以黏合试剂以及沥青材料,将选择为高黏剂与sbs复配的高粘高弹改性沥青,采用适合高原高海拔环境的混合料级配,来提高沥青混合料的抗裂性能、耐疲劳性能和封水性能。

3.2.2 混凝土运输

对于已经拌合完毕的沥青混凝土,材料要立刻运输至施工现场进行后续摊铺和压实在运输时,要尽可能选择与施工材料相符合的车辆,通常来说材料运输车辆为15吨左右的专用运输车,进行运输操作前要清理车辆内部结构,保证车厢平整干净无杂物,不会对沥青混凝土造成二次污染;在运输时车厢内要增加密封区域,避免施工材料由于车辆颠簸造成损失,除此之外,想要从根本上保证沥青混凝土的施工效果,在运输过程中,应时刻保证沥青混凝土在混合后的湿度,并选择适合的保湿处理方法,比如使用帆布对材料表面进行全面覆盖,并控制车辆运输效率,保证沥青混凝土在运输过程中,其实用性能和结构配比不会出现明显改变,以便于后续工程项目的建设[5]。

3.2.3 混凝土摊铺振实

沥青混凝土材料经过车辆运输到达施工场地后要立刻进行结构摊铺和振实,需要额外注意的是,材料在摊铺前要确保运输材料车辆与摊铺位置的距离,避免出现车辆反复运输材料,浪费施工时间,提高建设效率。沥青混凝土进行摊铺操作前还要对路面结构的密实度开展参数检测,如果发现道路结构出现裂缝,要及时填埋对于过于松散的路基则需提前压实操作,并对填充路基的材料强度以及基础属性参数进行检测,从根本上保证,后续摊铺作业能够正常开展。

摊铺作业完成后,要在混凝土结构层上方均匀洒透沥青颗粒原材料,以此保证材料的基础黏稠度,以便于后续施工环节的开展,为了节省施工时长,施工团队可以选择自卸车以及摊铺机相互组合的方式,实现原材料装卸和摊铺随后,选择链条式传输机进行材料运输,以此提高混凝土摊铺效率,实际进行振捣操作时,可以选择插入式振荡器,确保设备能够深入混凝土内部结构,有效释放材料压力,保证振捣效果。除此之外,想要有效避免混凝土内部结构产生大量气泡物质,还需要在振捣环节中不断补充原材料,保证混凝土路面的密实度。比如:某地区农村路面硬化工程在建设时,为了保证摊铺和振捣效果,首先需要提前建立模具,利用运输车辆将搅拌好的混凝土拉到路基上摊平,然后用振动棒振捣,再用汽油振动板震平,最后

用磨平机先粗磨后抛光,对新路和旧路接茬处用抹子抹平。

3.2.4 混凝土碾压

在振捣和摊铺等相关环节完成后,需要进行混凝土碾压,通常情况下,混凝土液压主要包含初压、复压和重压等三个环节而,初压阶段的平整度是该阶段施工的重点问题,因此施工团队要利用摊铺机不断地压实混凝土原材料,实现初步压平工作,为了提高压实效果,公路工程中混凝土路面在施工时,要选择双钢轮压路机或者重量为6~10吨的振动压路机,并且控制碾压变数在2~3遍,需要额外注意的是初压操作时,不能选择普通的轮胎压路机。复压的主要作用是确保混凝土路面的稳定性和密实度,因此复压过程中,材料温度应控制在120~130℃,通常选择双轮振动压路机,进行结构碾压为提高路面的基础平整度,在作业时要尽可能选择车轮宽度较高的车辆类型,有效消除车轮痕迹,终压温度要控制,在90℃以上,尽可能选择静态力量双轮压路机进行施工。

4 结束语

总之,混凝土路面施工技术是公路工程的基础手段,对于路面施工效果具有重要作用和现实意义,现阶段我国对于混凝土路面施工技术研究相对成熟,并且在许多公路工程应用中得到了较好的施工效果,但是该技术在实际应用和操作过程中,由于受到外界因素的影响,极易出现问题和不足,对此相关团队要加强对施工技术的把控和管理,保证施工效果始终在可控范围内。

【参考文献】

- [1]吴传华.公路工程路桥施工中混凝土施工技术分析[J].汽车周刊,2025(3):116-118.
 - [2]王书强.基于公路建设的沥青混凝土路面施工技术研究[J].中华建设,2025(2):172-174.
 - [3]史红香.SBS改性沥青混凝土路面施工技术在公路工程施工中的运用[J].四川建材,2024,50(12):175-177.
 - [4]郭利彦.公路工程高性能沥青混凝土路面施工技术分析[J].工程技术研究,2024,9(22):91-93.
 - [5]马文娟.建筑工程中透水混凝土路面施工管控及技术应用探究[J].房地产世界,2024(16):167-169.
 - [6]王学军.公路工程水泥混凝土路面施工技术及质量控制措施分析[J].工程技术研究,2024,9(11):152-154.
- 作者简介:李建(1972.12—),男,北京交通大学工程管理专业,新疆北新路桥集团股份有限公司福建分公司,党支部书记、副总经理,高级工程师。

公路桥梁工程中挂篮悬浇重点施工技术探讨

胡华锋

重庆北新融建建设工程有限公司, 重庆 404700

[摘要]在公路桥梁建设中,传统施工方法常常受到地形、空间和设备等多方面的制约,这不仅使施工难度增大,效率降低,还容易引发质量问题。为此,挂篮悬浇施工技术应运而生,成为了解决这些问题的有效手段。通过挂篮沿支架和钢丝定向移动,该技术能够适应多种复杂施工环境,同时在确保安全的前提下,大幅提高施工效率,降低工程成本。随着桥梁建设需求的不断增加,挂篮悬浇施工技术已经在不断进步与完善中,成为现代桥梁施工中的关键技术之一。

[关键词]公路桥梁;挂篮悬浇;施工技术

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15661

中图分类号: U445

文献标识码: A

Exploration on Key Construction Technology for Suspended Casting of Baskets in Highway Bridges Engineering

HU Huafeng

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

Abstract: In the construction of highway bridges, traditional construction methods are often constrained by various factors such as terrain, space, and equipment. This not only increases the difficulty and efficiency of construction, but also easily leads to quality problems. Therefore, the suspended casting construction technology of hanging baskets has emerged as an effective means to solve these problems. By moving the hanging basket along the bracket and steel wire in a directional manner, this technology can adapt to various complex construction environments, while significantly improving construction efficiency and reducing project costs while ensuring safety. With the continuous increase in demand for bridge construction, the hanging basket suspended pouring construction technology has been constantly improving and perfecting, becoming one of the key technologies in modern bridge construction.

Keywords: highway bridges; suspended casting; construction technology

引言

随着我国基础设施建设的快速发展,公路桥梁作为交通网络中的重要组成部分,其施工技术的进步对提高工程质量和施工效率起着至关重要的作用。作为应对复杂地形和特殊施工环境的一项创新技术,挂篮悬浇施工技术已经在公路桥梁建设中得到了广泛应用。通过灵活的施工方式,这项技术有效解决了传统方法在狭小空间和复杂条件下面临的诸多挑战,不仅大大提升了施工效率,还确保了工程质量的严格控制。将深入分析挂篮悬浇施工的关键技术及其实际应用,为提升桥梁建设的施工水平提供有价值的参考。

1 挂篮悬浇施工技术概述与原理

挂篮悬浇技术作为一种重要的桥梁施工方法,解决了传统施工中面临的诸多难题,尤其是地形、地质等限制因素以及施工技术管理的挑战,因此在国内公路桥梁工程中得到了广泛应用。与传统的吊车、起重机和支架等设备不同,挂篮悬浇技术的最大优势在于其高度的灵活性和便捷性。传统施工方式往往需要将这些设备布置在狭小的施工现场,这不仅影响了施工效率,还可能对工程质量带来负面影响,而挂篮悬浇施工技术通过巧妙的设计和合理的设

备配置,可以在受限的空间内顺利进行施工。该技术的工作原理是通过在桥梁两侧架设支架,并将钢丝搭接在支架中间,形成支撑系统。挂篮沿着这些钢丝作定向移动,在电机牵引下,挂篮能够保持平稳的状态,确保浇筑过程的顺利进行。由于挂篮的流动性较强,施工可分阶段进行,每完成一段,挂篮向前推进一段距离,整个施工过程可以在不影响其他部分施工的情况下持续进行。这种方式使得施工更加高效,同时能够有效降低工程成本。

2 公路桥梁挂篮悬浇施工的关键技术

2.1 挂篮设计与施工准备

挂篮设计与施工准备是公路桥梁挂篮悬浇施工中至关重要的基础环节,直接关系到施工的顺利推进。设计阶段,挂篮结构的计算与设计必须依据桥梁的跨度、荷载及施工现场的实际情况进行精准确定。设计不仅需要确保挂篮具备足够的承载能力,还必须考虑其在施工过程中所需的稳定性与操作性,以保证挂篮在各施工环节中能够安全、平稳地移动。特别是挂篮的各部分,如主体结构、支撑系统及移动系统必须紧密配合,确保各环节协同工作,以避免局部问题影响整体施工进度。施工准备阶段包括设备检查、支架搭设、钢丝绳布设及电机等动力系统的安装与调

试。在挂篮施工前,对所有设备进行全面检查是保证施工安全顺利进行的基础,吊装设备、牵引系统等关键设施需确保无任何故障。支架的搭设必须严格遵循桥梁设计要求,以确保其与桥梁结构之间的连接牢固可靠。而钢丝绳的布设也需精确调节,以确保其张力均匀分布,能够有效承受施工过程中所产生的重力与牵引力。安全措施是施工准备中的重要组成部分,不能忽视。由于挂篮悬浇施工对设备与人员要求较高,施工现场必须设置明确的安全标识,并为操作人员提供必要的安全培训。确保每位人员熟练掌握操作规程,并有效预防施工过程中可能出现的安全隐患。

2.2 承载系统与提升系统的设计与控制

在挂篮悬浇施工中,承载系统与提升系统的作用至关重要,它们直接影响到施工的安全性及效率。承载系统的设计必须确保足够的强度与稳定性,承受挂篮及其施工作业的重力。通常,承载系统由支架、主梁、支撑点等构成,这些组件需要根据桥梁设计要求进行精确计算,以确保施工过程中载荷能够均匀分布,从而避免不平衡或局部超载的发生。支架的选择与安装尤为关键,不仅要具备足够的承载能力,还必须在不同施工阶段提供稳定支持。提升系统是挂篮移动的核心,其设计的目标在于确保挂篮能够平稳、安全地升降,该系统一般包括电动机、牵引设备、钢丝绳及相关控制装置。提升系统需要提供足够的牵引力,以应对挂篮及其施工作业中可能出现的额外负荷。系统的控制精度要求极高,必须确保挂篮在整个施工过程中平稳升降,避免出现卡滞或失控的情况。在调试与测试阶段,系统功能的全面检查至关重要,确保设备在施工前已经达到正常运行状态,且操作人员能够熟练掌握设备的操作流程。在施工过程中,承载系统与提升系统的运行状况需进行严格监控,以确保各项设备正常运作。操作人员需时刻关注系统状态,及时发现问题并进行调整与修复。为了延长设备的使用寿命,并减少故障隐患,定期的检查与维护必不可少,这不仅有助于保障施工进度,还能确保施工人员的安全。

2.3 模板系统、钢筋加工与混凝土浇筑技术

模板系统、钢筋加工及混凝土浇筑在挂篮悬浇施工中具有至关重要的作用,它们相互协作,共同决定了桥梁结构的质量与施工效率。模板系统的设计与搭设需要依据桥梁的形状、跨度及施工要求进行精确的规划。模板的强度与稳定性至关重要,必须确保其在混凝土浇筑过程中不发生形变或倾斜。此外,模板的密封性需达到较高标准,以防止漏浆现象的发生。为提高施工精度与效率,通常采用钢模板或组合模板。在悬浇施工阶段,模板的支撑结构必须稳固,以防止在浇筑过程中发生不必要的位移。模板的拆除应在混凝土达到足够强度之后进行,以避免对结构造成损害。钢筋加工直接关系到桥梁结构的强度与稳定性,钢筋的加工必须严格遵循设计要求,进行精确地切割、弯

曲及连接。钢筋的数量、规格与间距需要精细控制,以确保符合设计标准,这直接影响混凝土结构的承载力与抗震性能。在钢筋加工过程中,防腐措施尤为重要,必须避免因环境因素导致钢筋锈蚀,从而影响桥梁的长期使用。混凝土浇筑的质量对挂篮悬浇施工至关重要,直接决定了桥梁的整体强度与耐久性。在浇筑过程中,必须严格控制混凝土的配合比,确保其流动性与强度达到设计要求。混凝土应分层浇筑,每层厚度需精准控制,且要及时振捣,去除气泡,确保混凝土与钢筋的良好结合。考虑到悬臂施工对混凝土的凝固时间与强度要求较高,通常使用高性能混凝土,以确保其在规定时间内达到所需强度。浇筑时还需特别注意温控措施,避免因温差过大产生裂缝,影响结构的整体稳定性。通过对模板的精确设计、钢筋的严格加工以及混凝土浇筑的合理控制,能够确保挂篮悬浇施工的结构质量,从而提高工程的安全性及耐久性。

2.4 挂篮行走与定位技术

挂篮行走与定位技术是挂篮悬浇施工中的核心环节,确保了整个施工过程的顺利进行。挂篮的移动系统通常由垫枕、轨道、前支座、后支座以及牵引设备等组成,每个部分都在保证挂篮平稳行走和精确定位方面发挥着重要作用。轨道系统为挂篮提供了稳定的行走路线,垫枕则起到支撑和缓冲的作用,确保挂篮在行走过程中不会出现偏移或倾斜。前后支座的设计和安装则决定了挂篮的稳定性与承载力,它们确保挂篮在移动过程中能够均匀分布重量,避免因局部受力过大而导致结构变形。牵引设备,通常由电动机和钢索等组成,通过精准的牵引力来推动挂篮沿轨道前进。牵引力的大小和控制非常关键,必须根据施工进度和挂篮重量来调整,确保移动的平稳性和安全性。在这一过程中,操作人员需要严格按照操作规程进行操作,避免因操作不当而引发事故。特别是在移动过程中,由于挂篮处于较高的位置,且存在一定的重量,挂篮的行走具有一定的危险性。为确保安全,通常会在挂篮的主导梁和立杆上设置反压轮和缆风绳,进一步增强挂篮的稳定性,并防止挂篮发生意外的位移或倾斜。此外,在挂篮定位过程中,需要特别注意每一阶段的精确度。挂篮的定位不仅要求水平度精准,还要确保纵向位置的正确,以便下一步的施工能顺利进行。通过合理的技术控制和精确的操作,挂篮行走与定位系统能够保障挂篮在混凝土浇筑过程中稳定移动,确保桥梁施工的质量与安全。

2.5 施工过程中的质量控制与安全管理

挂篮悬浇施工中的质量控制与安全管理是确保工程顺利进行的关键环节。质量控制的核心任务是确保各施工环节严格遵循设计要求与技术标准。在施工过程中,模板的安装、钢筋的绑扎以及混凝土的配比等每个环节,都需精准把控,确保每一步的高质量实施。例如,桥梁的尺寸与形状直接受到模板精度的影响,钢筋的绑扎质量以及混

凝土性能也需在每一环节严格控制。同时,施工现场应配置实时监测系统,持续跟踪混凝土强度与温度的变化,确保能够在必要时及时调整施工方案,从而保障工程质量。安全管理则主要关注施工人员的生命安全。所有施工人员必须接受严格的安全培训,熟练掌握操作规程与应急处理措施。在施工现场,应布置必需的安全防护设备,如安全网、警戒线等,防止意外事件的发生。在挂篮的移动与定位过程中,每一操作均应小心谨慎,避免因操作不当引发的事故。同时,提升与牵引设备需定期检查,确保设备始终处于良好状态,从而减少因设备故障带来的安全隐患。

3 挂篮悬浇施工中的质量与安全管理

3.1 质量控制技术与施工监测

在挂篮悬浇施工中,质量控制与施工监测是确保工程质量的关键保障。质量控制贯穿施工的每个环节,从设计与准备阶段到最终成果的实现,严格按照技术规范与设计要求进行的每一步都是至关重要的。在设计与准备阶段,模板的安装、钢筋的加工以及混凝土的配比等操作必须精确执行,以确保施工材料与方法均符合规范^[2]。在混凝土浇筑过程中,混凝土的流动性与强度需要严格控制,确保钢筋与混凝土的充分结合,防止出现裂缝或空洞。施工过程中的实时监测同样不可忽视,通过设立监测点并利用现代技术手段(如激光扫描仪、全站仪等),可以对结构的变形与沉降等情况进行精确监测,及时发现潜在的质量问题。在挂篮悬浇施工中,监测系统尤其重要,其能够实时跟踪挂篮的移动、受力情况及混凝土浇筑质量,确保每个施工阶段符合设计要求,避免出现任何偏差或安全隐患。同时,混凝土的温度与强度等关键参数必须通过传感器进行实时监控,确保混凝土在固化过程中质量的稳定^[1]。在实施质量控制的过程中,同样不可忽视确保施工人员熟练掌握操作规程,减少人为因素对施工质量的影响。例如,在挂篮移动过程中,操作人员需精准控制牵引设备的运行速度,避免因操作不当而带来不稳定。此外,施工现场应定期检查与校准所有工具与设备,确保其精度与可靠性,从而避免设备故障对施工质量造成的不良影响。

3.2 安全管理体系与风险控制

在挂篮悬浇施工中,安全管理体系与风险控制对工程的顺利进行及施工人员生命安全具有至关重要的作用。安全管理体系的建立应从组织架构、规章制度到执行层面全面展开。施工单位应设立健全的安全管理体系,明确各级安全管理人员的职责,确保每位员工都能在严格遵守安全

规范的前提下开展工作。同时,必须制定详尽的安全操作规程,涵盖所有施工环节,如挂篮的安装与拆卸、模板的搭设、混凝土浇筑等,并确保每项操作严格按照安全标准执行。施工前,必须进行全面的安全培训,并定期组织安全演练,确保所有员工掌握必要的安全操作技能,能够应对各种突发情况。在风险控制方面,需要识别、评估并有效预防潜在的危险,以尽量降低事故发生的可能性。施工现场常伴随动态变化,涉及高空作业、重型机械操作及大规模材料运输等,每项作业都存在潜在的安全风险^[3]。因此,必须对施工过程中可能出现的各种风险因素进行全面识别,例如挂篮移动时的稳定性问题、模板支撑系统的安全性、混凝土浇筑过程中温度控制与固化过程等。在风险评估后,可采取有针对性的防范措施,如安装安全防护栏、加强支撑系统、配备监控设备等。此外,施工现场的安全管理还需依赖有效的监督机制。安全员应全天候巡查施工现场,及时发现并消除潜在隐患。在设备使用方面,定期的检查与维护至关重要,以确保设备始终处于最佳工作状态,避免因设备故障引发的安全问题。对于重大施工操作,必须进行详细的风险评估,编制应急预案,并确保每位员工熟悉应急处理流程。发生意外事故时,能够迅速作出反应并采取有效的救援措施。

4 结语

挂篮悬浇技术在公路桥梁施工中展现出显著的优势,尤其是在复杂地形和受限空间的施工环境下表现尤为突出。施工效率得以显著提升的同时,工程质量也得到了充分保障。在整个施工过程中,工程的顺利推进与桥梁结构的稳定性得到了精确设计、严格质量监控及完善安全管理体系的保障。随着技术不断进步与创新,挂篮悬浇施工技术将持续优化,施工效率与安全性将进一步提升,为未来公路桥梁建设提供更加坚实的技术支持。

[参考文献]

- [1] 谢庆奎. 公路桥梁工程中挂篮悬浇重点施工技术探讨[J]. 交通科技与管理, 2024, 5(21): 133-135.
- [2] 王永学, 张强. 挂篮悬浇施工技术在公路桥梁工程中的应用[J]. 中国高新科技, 2021(12): 92-94.
- [3] 巩彦辰. 挂篮悬浇施工技术在公路桥梁工程中的应用[J]. 四川建材, 2025, 51(1): 185-188.

作者简介: 胡华锋(1990.3—), 毕业院校: 湖南农业大学, 所学专业: 土木工程, 当前就单位: 重庆北新融建建设工程有限公司, 职称级别: 中级。

反光膜表面污染对夜间行车安全的影响研究

何微丹

杭州恒安交通设施工程有限公司, 浙江 杭州 311234

[摘要] 反光膜表面污染严重影响夜间行车安全, 降低其反射效率并增加事故风险。研究聚焦于不同污染物对反光膜性能的影响及改善措施, 包括采用创新材料与技术提升自洁能力、优化设计减少污染附着, 以及制定科学维护计划延长使用寿命。通过增强公众意识和构建多方协作机制, 旨在提高反光膜的保护水平, 确保其在各种环境条件下均能有效工作, 从而显著提升道路安全性, 为驾驶员提供更清晰的视觉指引, 减少交通事故的发生。

[关键词] 反光膜; 表面污染; 夜间行车安全; 反射效率

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15655

中图分类号: U471.3

文献标识码: A

Study on the Impact of Surface Pollution of Reflective Film on Night Driving Safety

HE Weidan

Hangzhou Heng'an Traffic Facilities Engineering Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 311234, China

Abstract: Surface pollution of reflective film seriously affects nighttime driving safety, reduces its reflection efficiency, and increases the risk of accidents. The research focuses on the impact of different pollutants on the performance of reflective films and improvement measures, including using innovative materials and technologies to enhance self-cleaning ability, optimizing design to reduce pollution adhesion, and developing scientific maintenance plans to extend service life. By enhancing public awareness and establishing a multi-party collaboration mechanism, the aim is to improve the protection level of reflective film, ensure its effective operation under various environmental conditions, significantly improve road safety, provide clearer visual guidance for drivers, and reduce the occurrence of traffic accidents.

Keywords: reflective film; surface pollution; night driving safety; reflection efficiency

引言

夜间行车安全高度依赖于清晰可见的道路标志, 而反光膜在其中扮演着不可或缺的角色。高质量的反光膜能够在低光照条件下显著增强道路标识的可见度, 为驾驶员提供重要的导航和警示信息。污染物质如灰尘、油渍等会严重削弱反光膜的性能, 导致其反射效率下降, 增加了交通事故的风险。探讨如何有效应对反光膜表面污染问题, 不仅有助于提升其长期效能, 也是改善夜间行车安全的关键所在。理解污染物对反光膜的具体影响, 并探索相应的维护与改进措施显得尤为重要。通过优化材料和技术, 可以有效缓解这一问题, 保障道路安全。

1 反光膜表面污染现状及其对夜间行车安全的影响因素分析

1.1 反光膜在现代道路交通中的重要性以及面临的主要污染类型

反光膜通过反射车辆灯光增强道路标志的可见度, 尤其在夜间或低光照条件下发挥关键作用。其广泛应用显著提升了道路安全水平。随着使用时间的增长和外界环境的影响, 反光膜表面不可避免地受到污染^[1]。常见的污染物包括灰尘、泥土、油渍及工业排放物等。这些污染物不仅遮挡了反光膜的有效反射区域, 还可能与其表面发生化学反应, 导致反光性能下降。恶劣天气如暴雨、暴风雪也会

加剧污染程度, 影响反光膜的功能表现。

1.2 不同污染物对反光膜反射性能的具体影响探究

污染物对反光膜的影响因类型而异。灰尘和泥土主要通过物理覆盖减少光线反射效率; 相比之下, 油渍和化学物质则可能导致更深层次的损害, 比如改变反光膜材料的光学属性。某些工业排放物甚至能引发腐蚀, 永久性地破坏反光膜结构。这种多样化的污染源使得反光膜的维护变得复杂且具有挑战性。了解每种污染物的独特影响有助于制定针对性清洁和防护策略, 确保反光膜能够长期保持高效反射性能。

1.3 表面污染如何加剧夜间行车事故风险的机制解析

当反光膜表面被污染时, 其原本清晰的标识信息变得模糊不清, 这直接削弱了驾驶员获取关键路况信息的能力。尤其是在夜间或恶劣天气条件下, 这种视觉干扰更加明显, 增加了误判的可能性。被污染的限速标志可能导致驾驶员无法准确识别速度限制, 从而增加超速的风险。污染还可能引起颜色变化或亮度降低, 进一步混淆驾驶员的判断, 使紧急情况下的反应时间延长。这些问题共同作用, 显著提高了夜间行车事故发生率。

2 提升反光膜抗污染能力的技术路径探索

2.1 现有反光膜材料特性及其对抗污染能力的影响

现有反光膜多采用高反射率的玻璃珠或微棱镜结构, 这些材料在提高光线反射效率方面表现出色。其表面光滑

度和化学稳定性直接影响抗污染能力。某些类型的反光膜表面较为粗糙，容易吸附灰尘和油渍，降低了清洁难度。材料的亲水性或疏水性也对污染物附着有显著影响^[2]。亲水性材料有助于雨水冲洗掉部分污染物，但同时也可能加速某些污染物的沉积；而疏水性材料虽然减少了水分残留，却可能因静电作用吸引更多细小颗粒。理解这些材料特性的差异对于提升反光膜的长期性能至关重要。

2.2 创新材料与技术是提高反光膜自洁性能方面的应用潜力

新兴材料和技术为反光膜自洁性能带来了新的可能性。纳米涂层技术能够在反光膜表面形成一层超薄且高度疏水、防尘的保护层，有效减少污染物附着。光催化材料如二氧化钛能够在光照下分解有机污染物，进一步增强自洁效果。利用电场或磁场控制污染物移动的技术也在探索中，旨在实现无需人工干预的自动清洁功能。通过结合多种先进材料和技术，可以大幅提升反光膜的耐用性和可靠性，延长其使用寿命并维持高效能状态。

2.3 优化反光膜设计以减少污染物附着的可能性

反光膜的设计细节对其抵抗污染的能力有着不可忽视的影响。增加表面纹理可以减少大面积平滑面带来的静电积聚，从而降低灰尘等细小颗粒的吸附概率。设计时还可以考虑引入倾斜角度或波纹结构，以便于雨水自然冲刷掉表面污物。选择合适的颜色和亮度对比度，不仅提高了夜间可见度，也有助于减少视觉上的污染感。优化反光膜的形状、尺寸及其与周围环境的协调性，并精确选择安装位置，能够有效避免外部因素如树枝遮挡或建筑物阴影的影响。通过这些细致的设计考量，最大限度地减少外界环境对反光膜的不良影响，确保其持续发挥最佳效能，提升整体道路安全水平。

3 针对反光膜表面污染问题的有效维护策略研究

3.1 定期清洁对于保持反光膜高效反射性能的重要性

定期清洁是确保反光膜维持高效反射性能的关键措施。污染物如灰尘、泥土、油渍等会逐渐累积在反光膜表面，降低其反射效率，影响夜间可视性。特别是在交通繁忙的区域或工业污染较为严重的地带，污染物的沉积速度更快，对反光膜的影响更为显著^[3]。采用适当的清洁方法，例如使用温和的清洁剂和软刷进行清洗，可以有效去除这

些污染物而不损伤反光膜的表面结构。根据环境条件调整清洁频率也至关重要。比如，在多尘或多雨地区，可能需要更频繁的清洁来保证反光效果。通过定期维护，不仅可以延长反光膜的使用寿命，还能确保其在各种天气条件下都能提供清晰可见的道路标志。

3.2 制定科学合理的维护计划以延长反光膜使用寿命

科学合理的维护计划有助于延长反光膜的使用寿命并提升其整体效能。该计划需综合考虑地理位置、气候条件及交通流量等因素，从而确定最佳的清洁周期和方法。针对不同类型的污染源，选择相应的清洁工具和化学品，避免使用过于强烈的溶剂造成材料损伤。定期检查反光膜的状态，及时修复或更换受损部分，确保其持续发挥应有的功能。建立详细的维护记录，跟踪每次维护的时间、方法及效果，为后续优化提供数据支持。结合环境监测数据调整维护策略，能够更精准地应对污染变化，通过系统的维护策略，有效减少因污染导致的反光膜性能下降，保障道路安全标识的长期有效性，进一步提升道路交通安全性和可靠性。

3.3 利用先进清洁技术提升反光膜维护效率和效果

先进清洁技术的应用大幅提升了反光膜的维护效率和效果。高压水射流技术能够在不接触反光膜表面的情况下强力冲洗掉污染物，避免了物理摩擦带来的损害。超声波清洗则适用于复杂结构的反光膜，通过高频振动松动并清除嵌入缝隙中的污物。自动化清洁设备的引入不仅提高了清洁工作的速度，还减少了人为操作误差。另外，智能监测系统可以实时评估反光膜的污染程度，并自动调度清洁作业，确保及时处理。结合这些先进技术，能够更加精准高效地完成反光膜的日常维护工作，保证其始终处于最佳状态，为道路交通安全提供可靠保障，如表1所示。

4 案例分析揭示反光膜表面污染治理成功实践

4.1 国内外优秀反光膜维护案例分享及经验借鉴

在某国高速公路管理中，通过引入专业清洁团队和定期检查机制，成功提升了反光膜的维护质量。该团队采用高压水射流结合环保清洁剂的方法，有效清除了各种污染物，同时避免了对反光膜表面的损害。另一城市则利用无人机进行高空反光膜的监控与评估，快速定位污染严重的区域并及时处理^[4]。部分地区探索出一套基于天气预报的动态维护计

表1 中国主要城市反光膜污染水平与清洁频率统计表

城市	年平均 PM2.5 浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	年降雨量 (mm)	主要污染类型	推荐清洁频率 (次/年)	实际清洁频率 (次/年)	清洁后反射效率 提升百分比 (%)	数据来源
北京	48	578	灰尘、工业排放	10	8	15	北京市环境保护监测中心
上海	36	1127	油渍、城市灰尘	12	9	12	上海市环境科学研究院
广州	32	1732	潮湿灰尘、霉菌	15	12	18	广东省生态环境厅
成都	51	964	工业粉尘、花粉	9	7	10	四川省环境监测总站
西安	62	543	风沙、建筑灰尘	11	8	14	西安市气象局
武汉	45	1219	城市灰尘、酸雨	13	10	16	武汉市环境保护局

划,根据未来几天的气候条件调整清洁频率和方法,确保反光膜始终处于最佳状态。这些案例展示了不同环境下有效的维护策略,并为其他地区提供了宝贵的经验参考。

4.2 特定环境条件下反光膜污染治理的特殊挑战与应对措施

在沿海或工业密集区,盐雾和化学物质的侵蚀给反光膜带来了特殊的挑战。在某些海滨城市,空气中的高盐分容易导致反光膜表面氧化,降低其反射效率。采用了具有防腐功能的特种涂层来增强反光膜的抗腐蚀能力。而在重工业区,空气中的微小颗粒物和有害气体不仅遮挡了反光膜,还可能与其发生化学反应。针对这些问题,开发了一种静电除尘装置,可以有效地去除附着在反光膜上的细小颗粒,同时结合高效的空气净化设备减少有害气体的影响。这些针对性措施显著改善了反光膜在恶劣环境下的性能表现。

4.3 基于实际案例评估改进措施对夜间行车安全性的影响

通过对某繁忙交通路段实施改进措施后发现,更新后的反光膜材料和优化的维护策略显著提高了夜间道路标志的可见度。新采用的高反射率反光膜配合定期的专业清洁服务,使得道路上的关键信息标识更加清晰易读,减少了驾驶员的视觉疲劳。安装智能照明系统以辅助反光膜的工作,进一步增强了夜间行车的安全性。数据分析表明,在采取上述改进措施之后,该路段夜间交通事故率有所下降,证明了这些措施对于提升夜间行车安全性的有效性。此案例强调了综合应用多种技术手段解决反光膜污染问题的重要性。

5 加强公众意识促进反光膜有效维护的途径探讨

5.1 增强驾驶员和社会大众对反光膜重要性的认识

提高公众对反光膜在道路交通安全中作用的认识至关重要。通过多种渠道展示反光膜如何在夜间和恶劣天气条件下显著提升道路标志的可见度,可以加深社会各界对其价值的理解。利用社交媒体平台发布有关反光膜工作原理及其重要性的短视频,或者在公共场合如学校、社区中心举办专题讲座,介绍反光膜对于保障行车安全的实际贡献^[5]。展示因反光膜污染或损坏导致的交通事故案例,能够直观地反映出其对交通安全的潜在威胁。这些举措有助于形成全社会关注和支持反光膜维护的良好氛围,促进道路安全的整体提升。

5.2 通过教育宣传提高公众参与反光膜保护的积极性

教育宣传活动在鼓励公众积极参与反光膜保护方面扮演着关键角色。具体措施包括在学校课程中加入关于交通安全和反光膜知识的内容,使青少年从小树立正确的交通安全意识。开展针对成年人的专项培训,教授识别反光

膜污染及损坏的方法,并指导如何进行简单的清洁和维护。利用地方电视台、广播电台以及网络平台等媒体资源,定期播放反光膜保护的相关信息,强化社会公众的责任感。设立奖励机制,表彰那些积极参与反光膜保护活动的个人或团体,激发更多人参与到这项公益活动中来,共同为改善道路安全贡献力量。

5.3 构建多方协作机制共同维护道路安全环境

建立一个涵盖政府机构、企业和社会组织在内的多方协作机制是实现道路安全环境长期稳定的重要途径。政府部门负责制定相关政策法规,确保反光膜的质量标准并监督执行情况;企业则需不断研发新技术新材料以提高反光膜性能,并提供专业的维护服务。社会组织可通过志愿者活动等形式,动员公众力量参与日常巡查和简单维护工作。各方还可以联合开展研究项目,探索更加有效的污染治理和预防方法。这种合作不仅限于国内,还可以拓展到国际层面,分享最佳实践案例和技术进步,共同应对全球性道路安全挑战。通过紧密协作,各方能够更有效地保护和优化反光膜使用效果,营造更加安全的道路交通环境。

6 结语

反光膜作为提升夜间及低光照条件下道路安全的关键元素,其性能和维护状况直接影响行车安全。通过增强公众对反光膜重要性的认识、加强教育宣传以及构建多方协作机制,可以显著提高反光膜的保护水平和使用效率。不断探索创新材料和技术,优化反光膜设计,并制定科学合理的维护计划,对于减少污染物附着、延长使用寿命至关重要。社会各界的共同努力将确保反光膜在各种环境下均能发挥最佳效能,有效降低交通事故风险,共同营造一个更加安全、可靠的交通环境。这些措施不仅提升了道路标志的可视性和耐久性,也为广大驾驶员提供了更清晰、更可靠的行驶指引。

[参考文献]

- [1]张鑫龙,李民田,朱东琴.高速铁路行车运输组织优化措施研究[J].中国物流与采购,2025(1):175-176.
 - [2]王恒.道路交通用反光膜表面色测定不确定度分析[J].黑龙江交通科技,2023,46(2):26-33.
 - [3]袁栋栋,殷黎明,吴销.市政隧道侧墙装饰材料表面特性对行车安全影响的研究[J].公路交通科技(应用技术版),2019,15(11):237-240.
 - [4]王勇,沈绍传.工程级反光膜表面涂层配方设计及性能评价[J].涂料工业,2017,47(9):35-40.
 - [5]廖志涛.基于车轮飞溅的汽车车身表面污染研究[D].武汉:武汉理工大学,2016.
- 作者简介:何微丹(1987—),女,民族:汉,籍贯:浙江杭州。

道路交叉口慢行一体化交通组织的研究

马囡囡

无锡市明大交通科技咨询有限公司, 江苏 无锡 214000

[摘要]随着我国城市交通向绿色化、人本化、智能化转型,慢行交通系统的优化成为城市可持续发展的重要议题。道路交叉口作为慢行交通的关键冲突节点,作为交通流交织的核心节点,其设计质量和慢行环境质量直接影响行人及非机动车使用者的安全与效率,直接影响城市出行体验与交通安全。文章从慢行交通需求特征出发,提出交叉口慢行一体化设计理念,通过空间重构、信号协调、设施整合与技术赋能等手段,构建安全、高效、人性化的慢行交通环境。系统阐述了慢行一体化设计的核心要素技术路径与实施策略,提出“空间重组动线优化智慧赋能”三位一体的解决方案,结合典型案例分析,探讨一体化设计的技术路径与实施策略,为城市交叉口改造提供理论支撑与实践参考。

[关键词]交叉口设计;慢行交通;人本化;空间优化;交通协同

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15643

中图分类号: U491

文献标识码: A

Research on Integrated Slow Traffic Organization at Road Intersections

MA Nannan

Wuxi Mingda Jiaotong Technology Consulting Co., Ltd., Wuxi, Jiangsu, 214000, China

Abstract: With the transformation of urban transportation in China towards greening, humanization, and intelligence, the optimization of slow traffic systems has become an important issue for urban sustainable development. As a key conflict node in slow traffic and a core node in traffic flow interweaving, the design quality and slow traffic environment quality of road intersections directly affect the safety and efficiency of pedestrians and non motorized vehicle users, and directly affect the urban travel experience and traffic safety. Starting from the characteristics of slow traffic demand, this article proposes the concept of integrated slow traffic design at intersections. Through spatial reconstruction, signal coordination, facility integration, and technological empowerment, a safe, efficient, and humanized slow traffic environment is constructed. The system elaborates on the core elements, technical paths, and implementation strategies of integrated slow traffic design, proposes a three in one solution of "spatial reorganization, flow line optimization, and intelligent empowerment", and combines typical case analysis to explore the technical paths and implementation strategies of integrated design, providing theoretical support and practical reference for urban intersection renovation.

Keywords: intersection design; slow traffic; humanization; space optimization; transportation coordination

引言

城市化进程中的交通矛盾:机动车主导的交叉口设计导致行人、非机动车路权被挤压,安全隐患突出。《交通强国建设纲要》明确要求“构建安全便捷高效绿色的现代化综合交通体系”,随着城市化进程加速和绿色出行理念的普及,非机动车与行人等慢行交通参与者的需求日益凸显。然而,传统信号灯交叉口设计往往以机动车通行效率为核心,导致慢行交通与机动车冲突频发突出。在此背景下,“慢行一体化交通组织”作为一种创新理念,通过空间优化、信号协调和管理创新,旨在实现人车路权的合理分配,提升交叉口整体安全性与效率。本文将从思路、现行应用及未来推广性三方面展开研究,结合国内多地实践案例,探讨该模式的发展路径。

1 慢行一体化交通组织的核心理念

1.1 研究意义

2023 年住建部《完整街道设计指南》提出“行人优先非机动车连续公交友好”的设计原则,《城市综合交通

体系规划标准》明确慢行优先原则。国际经验显示,哥本哈根“5 分钟步行圈”东京“站城一体化”等案例验证慢行优先的可行性。

安全提升:减少人车冲突,降低交通事故率。

效率优化:通过时空资源再分配提高慢行通行能力。

社会价值:促进公平路权分配,助力绿色出行转型。

1.2 核心理念

人本优先:以慢行群体需求为中心,重构路权分配逻辑。

多维协同:整合空间、时间、管理维度,实现系统性优化。

弹性适应:兼顾日常与高峰时段需求,预留动态调整空间。

智慧赋能:利用物联网、AI 技术实现动态监测与自适应控制。

1.2.1 交通参与者分类与路权重构

慢行一体化强调将非机动车与行人视为同一类交通主体,通过物理隔离、标线区分(如彩色沥青铺装)和信号控制,

实现与机动车的空间分离。例如，西安采用“非机动车前置等待区”和左转专用信号灯，有效避免了机非混行现象。

1.2.2 时空资源优化配置

时间维度：采用信号轮放、相位协调等技术。如湖州首创的“信号轮放式慢行一体化”，通过全方向轮换放行某一进口道，结合慢行群体共用通行时间，减少冲突点，提升通行效率 15%以上。

空间维度：缩小交叉口转弯半径、增设渠化岛和二次过街设施。宁波的改造方案通过优化右转半径和过街距离，降低机动车与非机动车的交织概率。

1.2.3 安全与效率的平衡

通过阶梯式停止线、反光警示设施等细节设计，增强夜间及恶劣天气下的可视性。西安在友谊路试点中增设高亮反光标志和隔离护栏，事故率显著下降。

1.3 基本原则

安全冗余原则：通过物理隔离、视线优化、冲突点消除构建多层次防护。

效率最优化原则：基于流量数据的相位协同算法，减少等待时间损耗。

全龄友好原则：满足不同群体差异化需求，如触觉铺装、语音提示系统。

生态融合原则：结合海绵城市理念，采用透水铺装、生态滞留设施。

1.4 设计理念创新

全要素整合：整合道路断面交通组织景观设施等要素。

全流程体验：关注“到达等待通行离开”全链条行为特征。

全龄段包容：满足儿童老年人残障人士等特殊群体需求。

1.5 关键技术指标

慢行一体化的关键技术指标体现在慢行群体在交叉口通过期间所需要的通行空间、通过的时间、配套的服务设施，直接影响慢行一体的实施效果。

表 1 关键技术指标

指标类别	具体参数	推荐值
通行空间	非机动车道宽度	$\geq 3.5\text{m}$
	行人过街通道宽度	$\geq 4.0\text{m}$
时间分配	行人最短绿灯时间	$\geq 15\text{s}$
	非机动车相位差	$\leq 5\text{s}$
服务设施	遮阳雨棚覆盖率	$\geq 80\%$
	无障碍设施达标率	100%

2 现行应用现状分析

2.1 慢行交通行为特征

(1) 时空分布特性：高峰时段集聚性明显，路径选择受设施便利性影响显著。

(2) 弱势群体需求：老年人、儿童、残障人士对连续性、无障碍设施依赖性高。

(3) 非机动车动力学特征：加速/减速曲线与机动车差异显著，需独立设计参数。

2.2 传统交叉口设计痛点

(1) 空间分配失衡：人行道宽度不足，非机动车待行区缺失。

(2) 信号配时缺陷：行人过街相位时间不足，与转向机动车冲突严重。

(3) 设施碎片化：隔离栏、标识系统缺乏系统性，无障碍衔接不连续。

(4) 环境舒适性差：遮阳避雨设施缺失，夜间照明不足。

2.3 应用落实难点

(1) 大功率电动车的混行风险：超标电动车与非机动车混行导致的安全隐患仍需通过准入标准和执法强化解决。

(2) 信号协调复杂性：湖州的轮放模式需依赖高精度流量监测，中小城市可能面临技术适配难题。

(3) 公众习惯转变：部分城市试点初期出现行人闯红灯、非机动车占用机动车道等问题，需加强宣传与引导。

3 典型城市实践案例

(1) 西安：机非分离与空间拓展

西安市在边家村十字道路交叉口实施慢行一体化改造，通过彩色铺装、隔离护栏和前置等待区，拓展非机动车等候空间、科学设置隔离设施、推广非机动车左转一次过街、引导非机动车有序等候等措施，可大幅减少行人、非机动车和机动车的通行干扰。改造后道路交叉口的通行干扰减少 30%，市民骑行意愿提升 20%。



图 1 改造完成的边家村十字，用绿色划分出了非机动车直行等待区

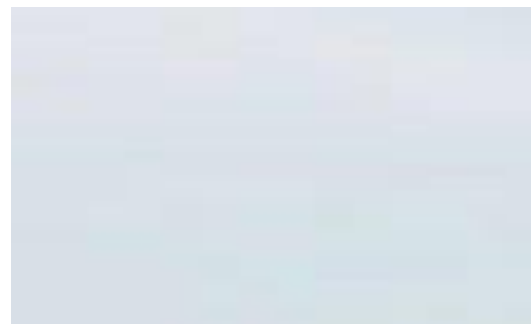


图 2 过街引导示意牌

(1) 湖州：信号轮放与智能调度

湖州通过科学规划和智能调度,提高道路交叉口的安全性和通行效率,并提升城市交通精细化治理水平。自2020年开始,湖州一直在开展城市交通的“精细治理”,其中提出的“全进口轮放+慢行一体化”模式,有效地使全市20余个道路交叉口平均通行效率提升15%,事故率下降超50%。其核心在于信号相位与展宽设计的协同优化,缩短绿灯间隔时间。所谓轮放是指交通信号指示某一进口道车辆全方向放行,而其他三方向进口道车辆停行,交通信号再轮流切换至其他三个进口道;而慢行一体化是指非机动车和行人以同样的形式过街,共用交叉口通行时间和空间。

(2) 宁波：工程与简易改造并行

宁波提出“工程一体化”与“右转保护简易改造”两种方案,分别适用于新建和既有道路交叉口,通过差异化设计平衡成本与效益。右转保护简易改造一般是通过设置机非隔离护栏这一类常见交通安全设施,将慢行交通和机动车交通物理隔离,并结合交叉口机动车右转转弯半径进行弧度处理,在人行横道线上设置警示柱缩小非机动车过街通道,避免机动车误闯。通过设施的隔离不仅可以增大慢行等候区域,还可以有效引导右转的转弯估计,降低右转弯车速,非机动车和机动车交汇时更容易实现避让,进而提高道路交叉口右转弯安全。

4 未来推广策略与可行性

4.1 推广策略

(1) 技术路径优化

智能交通系统(ITS)集成:利用大数据分析交叉口流量特征,动态调整信号配时。例如,结合湖州经验推广自适应信号控制,实现“车到灯绿”的精准响应。

模块化设计推广:针对不同道路交叉口规模(如T型、十字型),制定标准化改造模板。宁波的“简易一体化”方案可为中小城市提供低成本范例。

(2) 政策与法规保障

纳入城市规划标准:建议将慢行一体化设计指标(如非机动车道宽度、隔离设施密度)写入地方道路设计规范。

财政补贴与考核机制:设立专项基金支持改造,并将交叉口安全绩效纳入交通部门考核体系。

(3) 社会协同与公众参与

多部门协作机制:交通、城管、住建部门联合推进,确保道路改造与管网铺设、绿化工程同步实施。

公众教育创新:通过VR模拟体验、社区宣传等方式,增强慢行群体的规则意识。例如,西安在改造路段设置引导标志和宣传栏,收效显著。

(4) 区域适应性分析

高密度城区:优先推广立体过街设施(如天桥结合地面慢行区),缓解人车冲突。

中小城市:借鉴湖州模式,以信号优化为主、工程改

造为辅,降低初期投入。

4.2 实施路径与挑战

(1) 推进策略

法规保障:修订《城市道路交叉口设计规程》,明确慢行设计标准。

多方协同机制:建立规划、交警、市政部门的联合工作平台。

公众参与:通过VR模拟系统收集使用者反馈,迭代设计方案。

(2) 技术难点

动态空间分配算法:需平衡机动车与慢行交通的实时需求冲突。

设施耐久性:高频使用的铺装材料需满足抗滑、耐磨双重标准。

成本控制:智慧设施的规模化应用依赖模块化设计与标准化生产。

4.3 一体化设计关键技术

(1) 空间重构技术

断面优化模型:建立车道宽度与通行效率的量化关系,压缩机动车道富余空间。

立体化设计:采用“Z字形”过街、抬升式斑马线,降低机动车速度。

共享空间设计:在低流量区域试点取消路缘石,通过材质变化引导路权分配。

(2) 信号协同策略

自适应相位控制:基于视频检测动态调整行人绿灯时长(如扩展式按钮)。

非机动车提前启动:设置早断绿灯相位,避免与右转机动车冲突。

全向步行相位(Scramble Crossing):在商业区交叉口试点对角线通行模式。

(3) 智慧设施集成

智能导引系统:LED地面指示灯结合APP导航,提供实时路径建议。

冲突预警装置:毫米波雷达监测机动车违规行为,触发声光警报。

环境感知终端:整合空气质量监测、遮阳棚自动开闭等功能。

5 结语

慢行一体化交通组织是城市交通精细化治理的重要方向,其核心理念在于“以人为本”的路权分配与时空资源高效利用。当前,台州、湖州、宁波等地的实践已证明其显著效益,但在技术适配、政策协同和公众认知层面仍需突破。未来,随着智能技术普及和绿色出行政策深化,该模式有望成为城市交叉口改造的标配,推动“车本位”向“人本位”的范式转变,最终实现安全、高效、包容的

交通环境。

交叉口慢行一体化设计是践行“完整街道”理念的重要实践,其核心在于通过技术创新与制度变革重构以车为本的空间分配逻辑。未来研究可进一步聚焦于:

- (1) 基于数字孪生的仿真评估体系构建。
- (2) 自动驾驶环境下的人车交互规则设计。
- (3) 气候适应性设计标准研究。
- (4) 基于大数据的动态设计优化。
- (5) 碳中和目标下的生态型交叉口设计。
- (6) 元宇宙技术在虚拟仿真中的应用。

[参考文献]

- [1]肖彤.成都市慢行交通系统规划与设计初探[J].建筑论坛与建筑设计,2017,3(37):79-84.
- [2]张九跃,张顺英.基于慢行交通一体化设计的交叉口信号运行方式选择研究[J].交通运输系统工程与信息,2007(2):104-108.

- [3]夏天.城市慢行交通系统设计策略分析[J].交通信息与安全,2010,5(2):81-84.

- [4]郑晨,李贤达,黄一哲,等.平面交叉口慢行一体化改造研究[J].交通世界,2024(25):35-38.

- [5]王肇飞,李晓华,邵小东,等.大城市慢行交通系统规划策略研究[J].物流工程与管理,2009,6(31):93-94.

- [6]熊雪明,李茂文.慢行一体化城市道路横断面设计实例[J].城市道桥与防洪,2012(4):18-20.

- [7]汪广丰.浅忆城市慢行系统规划建设[J].市政设施管理,2014,9(3):48-50.

- [8]李贤达,罗剑云,胡康,等.宁波市交叉口慢行交通一体化通行策略研究与应用[J].道路交通科学技术,2020(2):56-59.

作者简介:马囡囡(1987—),女,江苏徐州人,硕士研究生,中级工程师,主要研究方向:交通工程、交通设计、交通组织研究、交通规划。

桥梁工程中深基坑施工技术探讨

李泽军

新疆生产建设兵团交通建设有限公司, 新疆 石河子 325509

[摘要]随着国民经济的快速增长, 基础设施建设需求不断增加, 特别是在交通领域, 桥梁作为重要的交通枢纽, 承载着连接不同区域的重任, 其建设速度和质量要求日益提高。在桥梁建设中, 深基坑施工技术作为关键组成部分, 已在众多大型项目中广泛应用。特别是在城市高密度开发及复杂地质条件下, 深基坑施工技术得到了迅速发展, 并在不断的实践中得到优化与创新。尽管如此, 施工过程中常见的诸如边坡失稳、基坑渗水、突涌等问题, 仍然是影响安全与施工进度的主要风险。如何在复杂多变的施工环境中, 选择适当的技术方案, 确保基坑的稳定性与安全性, 已成为施工单位必须解决的重要课题。因此, 将结合当前深基坑施工技术的应用现状, 探讨其在桥梁工程中的实际应用情况, 分析面临的挑战, 并提出相应的防治措施, 为提升深基坑施工的安全性及效率提供理论支持和实践指导。

[关键词]桥梁工程; 深基坑; 施工技术

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15625

中图分类号: U445.55

文献标识码: A

Discussion on Construction Technology of Deep Foundation Pit in Bridge Engineering

LI Zejun

Xinjiang Production and Construction Corps Transportation Construction Co., Ltd., Shihezi, Xinjiang, 325509, China

Abstract: With the rapid growth of the national economy, the demand for infrastructure construction continues to increase, especially in the field of transportation. Bridges, as important transportation hubs, bear the responsibility of connecting different regions, and their construction speed and quality requirements are increasingly improving. In bridge construction, deep foundation pit construction technology, as a key component, has been widely applied in many large-scale projects. Especially in high-density urban development and complex geological conditions, the construction technology of deep foundation pits has developed rapidly and has been optimized and innovated through continuous practice. However, common issues during the construction process, such as slope instability, foundation pit seepage, and sudden surges, remain the main risks affecting safety and construction progress. How to choose appropriate technical solutions in complex and ever-changing construction environments to ensure the stability and safety of foundation pits has become an important issue that construction units must address. Therefore, based on the current application status of deep excavation construction technology, this paper will explore its practical application in bridge engineering, analyze the challenges faced, and propose corresponding prevention and control measures, providing theoretical support and practical guidance for improving the safety and efficiency of deep excavation construction.

Keywords: bridge engineering; deep foundation pit; construction technology

引言

随着城市化进程的加快及基础设施建设的不断扩展, 桥梁工程在交通网络中扮演着至关重要的角色。深基坑施工作为桥梁建设中的关键技术之一, 主要应用于基础施工阶段, 其稳定性、施工速度以及安全性直接影响到整个工程的质量与进度。由于深基坑施工环境的复杂性, 包括地质条件、地下水位以及周围环境等因素的影响, 施工过程中面临的技术挑战与安全隐患不可忽视。因此, 深度研究深基坑施工技术与工艺, 不仅有助于提高施工效率, 也能有效降低安全风险, 从而确保工程质量, 成为当前行业中的一个重要课题。

1 深基坑施工技术的应用现状

随着国民经济的快速发展, 各类基础设施建设项目逐渐增多, 桥梁工程作为交通网络的重要组成部分, 其施工

技术也在不断得到优化与升级。深基坑施工技术作为桥梁基础施工中的关键环节, 得到了广泛的应用与持续的技术进步。在实际施工过程中, 由于不同项目的地质条件、环境因素及工程要求差异较大, 施工单位需要根据具体情况选择合适的施工方案, 以确保工程质量与施工安全。例如, 在软土地区, 基坑施工常面临较大的地基沉降风险, 为确保基坑的稳定性, 必须采用有效的支护结构和降水措施。而在岩石地层, 开挖难度较大, 通常需要借助爆破或机械破碎等施工手段, 同时配合高效的排水系统, 以避免基坑底部涌水对施工进度影响。随着施工技术和设备的不断进步, 深基坑施工工艺逐渐趋向精细化和智能化。三轴搅拌桩、高压旋喷桩等地基加固技术的应用, 显著提高了软土地基中深基坑的稳定性。同时, 信息化监测技术的广泛使用, 使得施工单位能够实时监控基坑的变形情况, 提前

识别潜在风险,减少事故发生的概率。绿色施工理念的推广,也促使施工过程中在降水、降噪、泥浆处理等方面采取更加环保的措施,最大限度地减少对周边环境的负面影响。

2 桥梁工程深基坑施工中存在的问题

2.1 边坡修复不合理

在深基坑施工中,边坡修复是确保工程顺利进行的重要环节。可在实际施工中,许多企业往往更重视工期进度,忽视了边坡稳定性的控制,进而埋下了施工安全隐患。部分施工单位在开挖过程中未能全面评估边坡的受力情况,甚至省略或简化了必要的加固措施,导致边坡在遭遇受力变化时难以保持稳定。施工人员的安全意识普遍不足,缺乏对边坡变形的有效监测,往往直到出现裂缝、滑移或局部坍塌后才开始采取补救措施,此时风险已大大加剧。特别是在雨季或地下水丰富的区域,边坡土体容易受到水分的浸泡,导致软化与承载力下降,从而增加了边坡失稳的风险。如果边坡修复不到位,不仅会影响深基坑的整体安全,还可能对周围建筑、道路及人员安全带来严重威胁。

2.2 施工条件差

桥梁工程的深基坑施工通常位于地下,随着开挖深度的增加,施工环境的复杂性和难度显著加大。狭窄的作业空间限制了大型机械的使用,导致施工效率下降,同时地下通风不畅、光线不足等问题增加了施工人员的工作强度。基坑的地质条件也极为复杂,尤其在遇到松散土层或富水地层时,常常会发生渗水或涌砂现象,使基坑内环境变得泥泞不堪,这不仅会影响施工进度,还可能导致围护结构受力不均,进一步增加了基坑失稳的风险。在这种恶劣的施工条件下,设备操作、材料运输以及人员作业都受到极大限制,安全隐患也随之增加。一旦出现突发状况,救援难度将大大提高。深基坑施工不仅面临技术上的挑战,还必须在复杂的环境中平衡安全与效率,确保工程能够持续稳步推进。

3 深基坑施工技术与工艺

3.1 深基坑开挖方法

深基坑开挖作为整个施工过程中的核心环节,其方法的选择对于基坑的稳定性与施工安全性至关重要。由于不同工程的地质条件、周围环境以及基坑深度存在差异,开挖方式需根据实际情况灵活调整。常用的开挖方法包括放坡开挖、分层开挖以及逆作法等。放坡开挖适合土质稳定且场地较宽的基坑,但在城市密集区域,空间的限制往往使其难以实施;分层开挖则可以有效控制基坑侧壁的变形,减少塌方的风险,这种方法在深基坑施工中尤为普遍;逆作法适用于空间受限或对周围环境要求严格的项目,它通过先进行地下结构施工再进行土方开挖,既能保证施工安全,又能减少对周边建筑物的影响。在实际施工过程中,土方开挖的顺序必须严格把控,避免因大面积暴露导致基坑侧壁失稳。同时,开挖过程应结合降水措施与支护结构,以确保安全性,从而保障施工的顺利进行。

3.2 基坑降水技术

基坑降水在深基坑施工中扮演着至关重要的角色,核心目的是降低地下水位,减少开挖过程中因渗水带来的不稳定因素,从而确保施工的安全与顺利进行。由于不同地区的地质条件和水文环境差异较大,选择降水技术时需要综合考虑基坑深度、土层渗透性及周围环境等多个因素。常见的降水方式包括井点降水、深井降水以及坑内集水排水等。井点降水适用于地下水位较高、土层渗透性较好的区域,通过布置密集的井点管,地下水被抽排,水位得以有效降低,从而防止涌水和流砂等现象的发生。深井降水则更适用于深基坑或渗透性较强的土层,其通过控制更大范围的地下水位来实现有效的水位管理。对于渗水量较小或降水条件有限的基坑,坑内集水排水法是一种可行选择,在基坑底部设置集水坑,并通过水泵将积水排出。不论选用何种降水方式,实时监测地下水位变化显得尤为重要,以避免过度降水引发的地面沉降或对周围建筑的潜在影响,从而确保基坑施工的稳定性和周围环境的安全。

3.3 基坑支护施工技术

基坑支护是深基坑施工中至关重要的技术,核心目的是确保基坑在开挖过程中始终保持稳定,防止土体滑移、基坑侧壁失稳以及避免对周围建筑物和道路造成沉降等问题的发生。支护方式的选择需要综合考虑基坑的深度、土层特性、地下水位以及周围环境等因素,旨在实现安全与经济效果的平衡。当前常用的支护技术包括放坡支护、排桩支护、地下连续墙及深层搅拌桩等。放坡支护通常适用于土质良好且施工场地较为宽敞的情况,通过逐步放缓基坑边坡的角度来确保边坡的稳定性。在城市施工中,由于场地狭窄,往往需要采用更加高效的支护结构。排桩支护,如钢筋混凝土桩或钢板桩等,可提供较强的侧向支撑力,适合深基坑或周围环境较为敏感的区域。地下连续墙支护通过在基坑周围施工连续的钢筋混凝土墙体,形成封闭式支护结构,特别适用于地下水位较高、地质条件复杂的项目。深层搅拌桩支护则通过水泥土搅拌技术加固周围土体,从而提高其承载力及抗渗性,特别适合于软土地基或水位较高的地区。在实际施工过程中,基坑支护需与降水、监测等措施相协调,依据基坑开挖进度对支护方案进行动态调整,以确保施工安全并维持周围环境的稳定性。

3.4 深基坑回填与复原

深基坑回填与复原是基坑施工中的关键最后阶段,其质量直接影响到地面稳定性以及后续结构的安全性。基坑开挖及支护结构完成后,回填工作需经过精细设计与严格把控,以确保土体的密实度、承载力及其与周围环境的适配性。回填土的选择必须基于基坑所在的地质条件、设计要求及土壤性质,通常采用符合相关标准的砂土、碎石或经过人工处理的土壤。回填作业应分层进行,每层土的厚度应严格控制在规定范围内,并通过机械压实或振动等手段

段确保每层土达到必要的密实度,以避免沉降或空隙的产生。回填作业完成后,地面平整及稳定性测试是必要的步骤,确保回填土不会产生过度沉降,避免后期地面不均匀下沉或其他结构问题的出现。此外,在回填过程中,必须对地下管线、排水系统等已有设施给予充分保护,防止造成损坏。回填后的基坑区域应经过全面检查,以确保其在正常荷载条件下的稳定性,为后续建筑施工提供坚实的基础。

4 深基坑施工过程中的安全控制

4.1 深基坑施工的主要安全风险

深基坑施工因其复杂的作业环境和高风险操作,潜藏诸多安全隐患,必须严格控制。基坑边坡的失稳与坍塌是最常见的安全风险,尤其在土层松软或地下水位较高的地区。若支护措施不当或施工不规范,边坡极易发生滑移或塌方,从而对施工人员造成严重威胁^[1]。水文条件也是不可忽视的风险因素,渗水与涌水现象常见于软土地基或高水位区域,若未及时处理,积水不仅可能影响施工进度,还可能引发设备故障或电气安全问题。基坑的变形与沉降问题也必须引起足够重视,尤其是在周围建筑物或道路缺乏有效支撑与加固时,基坑施工可能会引发沉降,导致结构损害或交通中断。施工设备操作同样存在风险,尤其是重型机械与吊装设备。若操作不当,倾覆或其他意外事故的发生概率较高。深基坑作业通常位于封闭空间中,通风不畅、照明不足等问题影响作业人员的健康与效率,进而增加事故的发生概率。因此,深基坑施工过程中,必须对上述主要安全风险进行全面评估与实时监控,采取有效的控制措施以确保施工过程的顺利进行,并保障施工人员的安全。

4.2 深基坑变形监测与控制措施

深基坑变形监测是保障施工安全、避免事故发生的重要手段。在基坑开挖过程中,土体受力状态会发生变化,尤其是基坑周围的土壤与结构,可能会出现不同程度的沉降、倾斜或侧移,这些变形不仅会严重影响基坑的稳定性,还可能威胁到附近建筑物的安全。因此,实施实时监测并及时采取控制措施,对于防止事故的发生至关重要。变形监测通常涵盖多个方面,包括基坑侧壁的水平与垂直位移、基坑底部的沉降以及周围建筑物与道路的沉降情况,常见的监测方法包括全站仪、变形监测仪、位移计等自动化仪器,这些设备能够提供精准的实时数据,帮助施工方及时识别潜在的变形风险。除了基坑本身的监测外,支护结构的变形也应得到有效跟踪,以确保支撑系统在开挖过程中能够承受侧向压力,从而避免支护失效引发基坑坍塌^[2]。施工过程中,支护施工必须严格按照设计要求进行,并合理安排开挖顺序与进度,通过采取分层开挖、分段支护等方法,有助于减小基坑在开挖时的压力变化,从而降低侧壁失稳的风险。此外,在特殊情况下,注浆加固、加强基坑降水、增强周围建筑物支撑等措施可进一步降低变形风

险,确保基坑在施工期间保持稳定。

4.3 基坑塌陷与突涌防治技术

基坑塌陷与突涌是深基坑施工中常见且具有高风险的安全隐患,特别是在地下水位较高或土层松软的区域,这些问题更为显著。发生塌陷或突涌不仅会严重拖延施工进度,还可能导致设备损坏、人员伤亡,甚至造成周围环境的严重破坏。因此,采取有效的预防措施以应对基坑塌陷和突涌是确保施工安全的关键。基坑塌陷通常源自支护结构的不稳定或土体的失稳,尤其在开挖速度过快或支护措施不足的情况下,基坑侧壁或底部可能发生大规模的土体滑移或沉降。为了避免塌陷的发生,确保基坑支护结构的稳固显得尤为重要。常用的支护方法包括地下连续墙、排桩、喷射混凝土等。在施工过程中,基坑的变形状况应持续监控,并根据监测数据及时调整施工方案,以保持支护结构的稳定。突涌问题则多见于富水地层,尤其在软土或砂土中,地下水与土体在开挖过程中可能被扰动,导致水土混合物突然喷涌^[3]。突涌不仅会引发土壤流失,还可能导致基坑失稳,产生严重后果。为防止突涌,施工前应进行充分的地质勘察,了解地下水位及土层的渗透性,并选择合适的降水措施,如井点降水、深井降水等,以有效降低基坑内水位,从而减少水土扰动的风险。在施工过程中,还可通过注浆加固、安装排水系统等方式提高基坑的抗水压能力,进一步防范突涌现象的发生。

5 结语

深基坑施工技术在现代工程建设中占据着至关重要的地位,尤其在桥梁工程中,施工质量与安全性直接关系到项目的顺利推进。通过合理应用深基坑开挖方法、降水技术、支护施工技术以及变形监测与控制等措施,施工效率得以显著提高,安全性也得到有效保障。尽管如此,深基坑施工过程中依然面临着边坡稳定性不足、复杂的施工条件等一系列挑战。因此,施工单位必须始终将安全放在首位,严格把控每个施工环节,确保从设计到施工的每一个步骤均符合相应的标准与要求。随着技术不断进步与施工经验的积累,深基坑施工技术在未来必将愈加成熟,从而为工程的顺利推进提供更加坚实的保障。

[参考文献]

- [1]李涛.桥梁工程中深基坑施工技术的探讨[J].四川水泥,2025(1):182-184.
 - [2]刘双,李帅.桥梁工程深基坑围护结构施工技术浅析[J].四川水泥,2023(11):271-273.
 - [3]郭静.公路桥梁深基坑围护结构施工技术[J].黑龙江交通科技,2022,45(8):85-87.
- 作者简介:李泽军(1993.4—),毕业院校:重庆交通大学,所学专业:土木工程,当前就业单位:新疆生产建设兵团交通建设有限公司,职称级别:中级。

新技术与新工艺在公路工程施工中的应用

付裕浩

新疆北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]随着我国交通基础设施的持续发展与现代化进程的加速,公路工程面临的技术难题与环境挑战日益复杂。传统施工方法通常伴随工期过长、成本高昂、资源浪费严重以及对环境的负面影响等问题。与此同时,国家对绿色发展、节能减排及提高施工效率的要求不断提升,迫切需要通过引入创新技术来解决现有的难题。智能化施工、绿色环保技术及BIM技术等新兴技术的持续进步,为公路建设提供了更为先进的解决方案。这些技术的相互融合,不仅提升了施工质量与效率,还推动了公路工程的可持续发展。因此,深入研究并应用这些新技术与新工艺,已经成为提升公路施工水平的关键路径。

[关键词]新技术;新工艺;公路工程;施工应用

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15620

中图分类号: U415.6

文献标识码: A

Application of New Technologies and Processes in Highway Engineering Construction

FU Yuhao

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

Abstract: With the continuous development of China's transportation infrastructure and the acceleration of modernization, highway engineering is facing increasingly complex technical and environmental challenges. Traditional construction methods are often accompanied by problems such as long construction periods, high costs, serious waste of resources, and negative impacts on the environment. At the same time, the country's requirements for green development, energy conservation and emission reduction, and improving construction efficiency are constantly increasing, and there is an urgent need to introduce innovative technologies to solve existing problems. The continuous progress of emerging technologies such as intelligent construction, green environmental protection technology, and BIM technology provides more advanced solutions for highway construction. The integration of these technologies not only improves construction quality and efficiency, but also promotes the sustainable development of highway engineering. Therefore, in-depth research and application of these new technologies and processes have become a key path to improving the level of highway construction.

Keywords: new technology; new technology; highway engineering; construction application

引言

公路作为国家交通运输网络的重要组成部分,其建设质量与施工效率直接影响着社会经济的可持续发展。随着科技的飞速进步,众多创新技术与工艺在公路工程施工领域应运而生。这些新技术不仅在提升施工质量与效率方面发挥了显著作用,还有效降低了成本,并在资源节约与环境保护方面做出了积极贡献。随着对高效、环保与安全施工需求的不断增加,传统施工方法面临前所未有的挑战,推动了新技术与新工艺的广泛应用,成为了公路建设行业发展的重要驱动力。

1 新技术新工艺在公路工程施工中的应用意义

1.1 提升施工质量和效率

随着科技的迅猛进步,公路工程施工中新技术与新工艺的应用已成为提升工程质量和施工效率的重要动力。引入先进施工技术,如BIM技术、智能化施工设备及自动化监控系统,有效优化了施工过程,这些技术实现了精准的施工规划与实时监控,显著减少了传统方法中的误差与偏差,提升了整体施工质量。例如,BIM技术通过提前模拟

施工流程,识别潜在问题并进行及时调整,从而避免了返工与资源浪费,确保了工程的高质量实施。新技术在提升施工效率方面同样表现突出。智能化设备及自动化技术使得许多重复性工作得以快速、高效完成。使用如自动摊铺机及无人驾驶施工机械等智能设备,不仅减少了对人工的依赖,还提升了施工精度与速度。与此同时,施工流程的优化也减少了等待时间和不必要的重复工作,进一步缩短了工期,提升了整体施工效率。新工艺的广泛应用,不仅为施工单位带来了显著的经济效益,也为项目建设方节约了大量时间与成本,推动了公路工程建设的快速发展。

1.2 降低工程成本

新技术与新工艺在降低公路工程成本方面展现出了显著的优势。引入智能化施工技术与自动化设备,减少了对大量人工的依赖,从而有效降低了人力成本。自动化设备的高效运行不仅提升了施工精度,也减少了人为错误,避免了因操作不当引发的资源浪费。在此基础上,新技术的应用提升了施工效率,缩短了工期,进而减少了与工期相关的时间成本。传统施工中,工期延误常常会带来额外

的人力费用与设备租赁成本,而智能化施工与精准规划则最大限度地保证了项目按期完成,有效避免了不必要的延期。通过优化施工流程与设计,许多新技术也在减少材料浪费、降低材料成本方面发挥了重要作用。例如,BIM技术能够精确地规划所需材料,避免多余材料的采购与浪费。同时,通过前期精确设计与计算,减少了材料的损耗。

2 公路工程施工中的主要新技术

2.1 智能化施工技术

近年来,智能化施工技术已成为公路工程施工中的一项重要创新,通过引入人工智能、物联网、无人机及自动化设备等先进技术,施工过程在效率、精度与安全性方面得到了显著优化。采用BIM(建筑信息模型)技术,使得施工团队在项目启动前能够利用虚拟建模全面了解设计方案与现场实际情况,潜在问题得以提前识别,从而避免了施工阶段设计与实际不符的问题。同时,施工现场的进展与材料消耗通过结合无人机与地面传感器的应用得以实时监控,确保施工进度按计划顺利推进,减少了人工巡检所需的时间与成本。自动化设备,如无人驾驶摊铺机与机械臂,依据精确的施工参数进行高效作业,极大地降低了人工操作中的误差,提高了施工的精度。借助智能化技术的广泛应用,施工过程变得更加透明与可控,人为因素的干扰显著减少,工程质量与安全性得到了大幅提升。由此,公路工程施工正朝着更加高效、精细与智能化的方向不断发展。

2.2 绿色环保施工技术

绿色环保施工技术近年来在公路工程中逐渐成为一项重要创新,核心目标是最大限度地减少对环境的负面影响,同时提高资源利用效率。该技术强调“节能、降耗、减排”,通过使用环保材料和先进施工工艺,显著降低了施工过程中废弃物和污染物的产生。例如,通过采用高性能环保沥青及可回收建材,资源消耗得到了有效减少,材料浪费也显著降低,进一步推动了建筑废弃物的回收与循环利用。在施工过程中,绿色技术不仅优化了设备选择与施工工艺,还有效降低了能源消耗和污染排放。使用低排放的施工机械以及噪音低、污染少的施工方法,极大地减少了施工对周围环境的影响,保护了生态环境。此外,绿色施工也注重施工现场的水土保持,减少了对当地植被和土地的破坏,防止了水土流失等环境问题的发生。

2.3 BIM技术在公路施工中的应用

BIM(建筑信息模型)技术正在逐步改变公路施工的传统模式,使得工程管理变得更加精准高效。通过三维数字建模,公路工程的各个环节,从设计、施工到运维能够被整合到一个虚拟平台中,提供全面且精准的数据支持。在设计阶段,BIM模型不仅能够帮助设计团队进行碰撞检测,还能提前发现设计中的冲突和不合理之处,避免了后期施工中的返工,从而确保了工程的顺利推进。在施工阶段,BIM技术通过实时数据更新、进度管理以及现场监控,

帮助项目经理精准掌控施工现场的实际情况,从而优化了资源配置,减少了浪费。结合GPS定位、传感器及无人机等先进技术,BIM提供的实时数据反馈确保了工程质量与进度得到了严格控制。同时,BIM技术支持施工过程中的虚拟仿真,模拟了实际施工场景,评估了不同施工方案的可行性与效果,从而提升了决策的科学性与准确性。

2.4 3D打印技术在公路工程中的探索

3D打印技术在公路工程中的应用,尽管仍处于初步探索阶段,但其巨大的潜力已经引起了广泛的关注。通过精准的数字控制,3D打印能够逐层构建复杂的构件,按照设计图纸精确制造,尤其在道路建设、桥梁修复以及小型结构施工中展现出了显著的优势。例如,利用3D打印技术,能够快速生产符合设计标准的道路标志、排水管道及桥梁部件,依赖模具和人工的需求被大大减少,从而有效缩短了生产时间并降低了成本。在环保方面,3D打印技术的优势也尤为突出。通过使用可再生塑料及其他可持续建筑材料,施工过程中的资源浪费和环境污染得到了有效控制。在需要特殊设计或定制构件的场景中,这项技术展示了极大的灵活性与创新潜力,使得工程师能够开发出更加高效、低碳的建设方案。虽然在公路工程中的大规模应用仍面临技术成熟度与可行性等挑战,但3D打印技术在提升施工效率、降低成本、减少材料浪费以及推动绿色建筑方面的巨大潜力已经获得广泛认可。随着技术的不断进步,未来3D打印在公路建设中的地位有望日益重要。

2.5 无人机与遥感技术在公路施工中的应用

无人机与遥感技术的结合,正在显著提升公路施工的效率与精度。这些技术使得施工现场的监控与数据采集变得更加高效、准确。配备高清摄像头与激光雷达(LiDAR)系统的无人机,可以迅速对施工区域进行航拍,实时收集高分辨率图像与三维数据,进而帮助工程师完成精确的地形测量与现场评估。通过即时数据采集,地形勘测的准确度得到了大幅提升,同时避免了人工测量中可能出现的误差与时间浪费。遥感技术依托卫星或无人机拍摄的图像,能够迅速覆盖广泛区域,进行地质调查与环境监测。在公路施工过程中,遥感技术能够及时识别潜在的地质风险、湿地保护区以及植被破坏等问题,从而为采取适当的预防措施提供数据支持,确保施工的顺利推进。此外,遥感技术在工程进度监控中也发挥着重要作用,通过比对不同时间节点的数据,管理团队能够实时掌握工程进展,及时识别施工中的瓶颈与延迟,确保项目按计划顺利完成。

3 公路工程施工中的主要新工艺

3.1 沥青路面再生技术

沥青路面再生技术作为一种绿色施工工艺,通过回收、处理及再利用老旧路面,大幅减少了新材料的需求,降低了资源浪费与环境污染。这项技术在节约成本方面具有显著优势,同时能够延长道路的使用寿命并提升路面质量。

具体来说,沥青路面再生通过加热回收的旧沥青,配合新材料与改性剂,再次铺设在道路表面,形成一层高质量、耐用的新路面。相比传统修复方法,路面再生显著降低了施工中的材料消耗,同时减少了碳排放,符合环保与可持续发展目标。沥青路面再生技术的采用,还能够提升施工效率,缩短修复周期,减轻交通拥堵带来的社会负面影响^[1]。在施工过程中,机械化设备对路面进行加热、破碎与混合,操作精度高,从而确保了施工质量的稳定性。再生后的路面不仅具备良好的平整度与抗压性能,还能有效恢复路面的强度与抗裂性,确保道路的安全性及舒适性。

3.2 水泥混凝土路面快速修复技术

水泥混凝土路面快速修复技术提供了一种高效且经济的解决方案,能够大幅缩短传统修复过程中的施工周期及对交通的影响。通过使用快速硬化水泥与特殊添加剂,该技术能够在极短时间内恢复路面的使用功能。与传统修复方法相比,快速修复技术能使修复路段在几个小时内重新投入使用,显著缩短了道路封闭时间,从而减少了交通管制带来的拥堵及经济损失^[2]。该技术的关键在于采用高性能修复材料,这些材料具有较高的抗压强度与较短的硬化时间。通过精准控制混凝土配比与施工工艺,修复后的路面可迅速达到设计强度,确保其质量与耐久性。修复工艺通常包括裂缝清理、表面处理、修补材料涂布以及表面压实等环节,每一步都需精准操作,以确保修复效果的完美呈现。这种技术不仅提升了施工效率,也具备较强的环保特性。通过减少施工过程中的材料浪费与污染排放,快速修复技术符合绿色施工要求,为公路工程的可持续发展做出了积极贡献。

3.3 预制装配式桥梁施工工艺

预制装配式桥梁施工工艺,作为现代化桥梁建设的重要方式,通过在工厂中预制构件并将其运输至施工现场进行组装,显著提升了施工效率与质量。与传统现浇桥梁施工相比,这一方法减少了现场浇筑及混凝土养护的时间,从而有效缩短了整体工期,尤其适用于交通繁忙或对工期有严格要求的地区。预制构件通常包括桥梁的梁体、桥面板、立柱及支座等,这些构件经过精确设计与生产后,在工厂内完成,随后通过吊装设备迅速组装于施工现场。该工艺的优势不仅表现在缩短施工时间上,更能显著提升桥梁的质量控制水平。由于构件在工厂内的控制环境中进行标准化生产,尺寸精度与强度均能得到保证,从而避免了传统现场施工中常见的质量问题^[3]。预制装配式桥梁施工技术,还大大减少了对施工现场环境的依赖,尤其在复杂地形或恶劣环境下,可以快速完成桥梁建设,降低了施工难度与相关安全风险。值得一提的是,预制装配式桥梁的

绿色环保特性同样显得尤为重要。工厂化生产方式更加集约化,材料利用率得到提升,废料产生及污染排放大幅度减少。通过这一技术,公路桥梁的建设不仅变得更加高效与安全,同时符合可持续发展的需求,逐渐成为未来桥梁施工的主要发展趋势。

3.4 路基稳定处理新工艺

路基稳定处理新工艺在提升公路路基承载力与耐久性方面,尤其在软土、膨胀土等特殊地质条件下的道路建设中,扮演着至关重要的角色。传统的路基处理方法通常依赖大量的填土与夯实工序,而新工艺则通过采用高效、环保的材料与技术,不仅能够迅速提升路基的稳定性,还能有效降低施工成本与对环境的影响。常见的新工艺包括化学稳定法、机械加固法及复合材料加固法等。化学稳定法通过在土壤中添加水泥、石灰或聚合物等特定化学稳定剂,改善土壤的物理化学性质,从而增强土壤的强度与耐久性。这一方法特别适用于湿软或不均匀的土层,能够有效预防土壤沉降或变形引发的路基失稳。机械加固法则通过压实或加筋等技术,提高路基的承载能力与稳定性,通常应用于承载重型交通的路段。复合材料加固法则采用玻璃纤维、碳纤维等高性能材料进行加固,达到高效、轻质与长寿命的效果。这些新工艺不仅显著提高了道路的承载能力与安全性,还大幅度减少了传统施工方法对环境的破坏,符合绿色施工的趋势。通过这些创新技术,公路建设中的地质风险得到了有效控制,施工周期也得以缩短,工程质量得到了更好的保障。

4 结语

公路工程施工的革新,得益于新技术与新工艺的广泛应用。这些创新显著提升了施工质量、效率以及成本效益。从智能化施工技术到绿色环保工艺,再到创新的路面修复与桥梁施工方法,工程的可持续性得到了有效加强,工期也被大幅缩短,资源浪费得到了有效减少。随着技术的不断进步与演化,公路工程将变得更加高效、安全与环保,为我国交通基础设施的现代化建设,注入了强大的动力。

【参考文献】

- [1] 韩玉柱. 新技术新工艺在公路工程施工中的应用[J]. 运输经理世界, 2022(22): 44-46.
 - [2] 姬磊. 新技术新材料在公路工程施工中的应用[J]. 运输经理世界, 2023(6): 19-21.
 - [3] 王岚. 新技术新材料在公路工程施工中的应用研究[J]. 绿色环保建材, 2020(6): 20-22.
- 作者简介: 付裕浩(2003.8—), 毕业院校: 兰州现代职业学院, 所学专业: 工程测量, 当前就职单位: 新疆北路桥集团股份有限公司。

测绘工程中的施工测量技术与实践

赵树杰

广西正屹工程技术有限公司, 广西 南宁 530000

[摘要] 在工程建设施工中最重要的工作就是工程测量, 为了能更好的确保工程的地位以及后续的施工顺序得以顺利进行, 我们应该在施工前做好施工测量工作。随着社会的进步, 我国的科技技术也在迅速发展, 市场上也不断地出现了新的测量手段。为了保证施工测量的质量, 我们需要有效的提高工程施工测量的准确性。

[关键词] 测绘工程; 施工测量技术; 实践

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15676

中图分类号: TU377

文献标识码: A

Construction Surveying Technology and Practice in Surveying and Mapping Engineering

ZHAO Shujie

Guangxi Zhengyi Engineering Technology Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract: The most important task in engineering construction is engineering surveying. In order to better ensure the status of the project and the smooth progress of the subsequent construction sequence, we should do a good job of construction surveying before construction. With the progress of society, Chinese technology is also rapidly developing, and new measurement methods are constantly emerging in the market. In order to ensure the quality of construction surveying, we need to effectively improve the accuracy of engineering construction surveying.

Keywords: surveying and mapping engineering; construction surveying technology; practice

引言

施工测量技术作为测绘工程的关键组成部分, 对建筑工程的顺利实施具有不可或缺的作用。随着现代建筑技术的迅猛发展, 工程项目规模日益扩大, 结构形式愈加复杂, 施工环境也呈现出多样化的特点, 传统的测量方法已无法满足现代建筑工程在精度、效率及灵活性方面的高要求。因此, 施工测量技术的创新与应用, 尤其是在新型测绘技术的引入下, 已成为确保施工质量、进度及安全的关键因素。施工测量的核心任务在于为施工活动提供精确的定位、放样、检查与验收依据, 其精度直接影响着建筑物的结构稳定性与施工过程的安全性。随着高精度测量设备及数字化技术的普及, 施工测量技术不仅在提高测量精度方面取得了显著进展, 还大幅度缩短了施工周期, 并优化了施工流程。通过新型测绘技术的引入, 施工测量的精度与效率得到了极大提升。本文将探讨施工测量技术的发展趋势与现状, 分析其在实际工程中的技术应用及面临的挑战, 重点研究新型测绘技术如何提升施工管理效率与精确度, 从而为未来施工测量技术的创新与实践提供理论支持与技术参考。

1 施工管理中测绘工程的意义

测绘工程在施工管理中的作用至关重要, 它不仅为施工提供了准确的基础数据与技术支持, 还在确保工程质量、控制施工进度与提高安全性方面发挥了关键作用。在施工过程中, 精确的地理空间数据由测绘工程提供, 帮助项目

团队全面了解现场的实际情况, 如地形、地貌、土壤特性等。这些信息为设计方案的制定及施工执行提供了坚实的基础。施工前, 测绘数据可以用于指导施工路线的规划、主要设施的定位以及施工步骤的空间布局, 确保各项作业不超出预定范围, 避免由于误差而造成的资源浪费或返工现象。随着施工进度, 实时定位与监测数据被测绘工程提供, 能够精准跟踪各项工作的进度, 帮助项目管理人员及时调整计划、纠正偏差, 确保施工按时完成。测绘工作的质量控制功能也不容忽视。施工现场的持续监控通过测绘技术进行, 确保各项工程符合预定标准, 从而避免因不合格的施工造成后期隐患。在施工安全管理方面, 测绘工程同样发挥着至关重要的作用。潜在的安全风险, 如地基不稳定、施工环境危险等, 可以通过测绘工程及时识别, 为风险评估与应急响应提供数据支持。随着建筑信息模型(BIM)等技术的应用, 测绘工程与信息化管理结合, 实现了更高效的数据管理与可视化, 进一步提升了施工管理的精度与效率。总的来说, 测绘工程不仅是施工准备阶段的基础工作, 更是整个施工管理过程中不可或缺的保障。从规划设计到施工实施的每一环节, 都得到了精准控制, 为实现高质量、高效率的施工目标奠定了坚实的基础。

2 测绘工程技术

2.1 市政工程定位放线技术

市政工程定位放线技术是确保项目顺利进行的关键环节, 它为施工提供了精确的空间定位, 确保设计图纸与

实际施工之间的高度一致性。通过该技术,设计图纸中的标高、轴线、尺寸以及坡度等信息能够被准确地转化到施工现场,从而为实际操作提供了明确、可执行的指导。定位放线通常依赖于高精度测量仪器,如全站仪、GPS 系统、激光仪等,通过这些设备,施工人员能够迅速而准确地确定现场的基准点和控制线,并根据设计要求在地面上进行标定。放线的精准度直接影响着市政工程的质量与进度,尤其是在道路、桥梁、排水系统等基础设施的建设过程中,任何放线误差都可能导致返工或影响结构的稳定性。正因如此,放线工作的精确性被认为至关重要,关系到工程的整体施工效果。实施这一技术不仅需要严格的操作程序,还要求施工人员具备扎实的专业知识与经验。在实际应用中,放线技术常常与 BIM (建筑信息模型) 技术及数字化测量方法结合,以进一步提升精度与效率。随着现代测量技术的不断发展,自动化与智能化设备的引入,大大提升了定位放线的速度与精度,为后续施工管理、质量监控及验收提供了有力的数据支持^[1]。由此,这些技术的融合使得市政工程的定位放线更加高效、准确,为整个施工过程提供了坚实的技术保障。

2.2 基础施工测量技术

基础施工测量技术在工程建设中占据着至关重要的位置。其主要任务是在施工前、施工过程中以及施工后各个阶段中,确保建筑物或结构的准确定位、尺寸控制以及地基的稳定性。通过运用精密的测量设备和方法,这项技术能够将设计图纸上的参数,如轴线、标高、建筑边界及形态等,精确地转化到施工现场,为实际操作提供可靠的依据。基础施工测量技术涵盖了多种测量手段,常用的设备包括全站仪、GPS 系统、激光扫描仪及测距仪等,这些工具能够高效、精准地完成定位、放线与标高控制等任务。在施工前,基础测量涉及到地形勘测、控制网的建立以及基准点的测定,确保接下来的施工活动能够严格遵循预定标准。在施工过程中,测量技术被广泛应用于实时监控工程进展,确保基础结构的垂直度、水平度及标高要求得到满足,从而避免因误差导致结构不稳定或需进行返工。在一些特殊情况下,例如复杂地形或不规则基础施工时,先进的三维激光扫描技术或 BIM (建筑信息模型) 技术被结合使用,提供了更加精准且全面的测量数据。有效减少人工误差并提升施工精度,这些精确的技术手段能够确保建筑物在结构安全性和功能性方面的高质量。

2.3 主体施工测量技术

主体施工测量技术在建筑工程中发挥着至关重要的作用,主要用于确保建筑主体结构在施工过程中符合设计要求,保障建筑物的准确定位、形状及尺寸等关键参数的正确性。该技术涵盖多个方面,包括建筑物的轴线放样、基准点的确定、结构层标高控制以及关键节点与结构物的精确定位等。现代化测量设备,如全站仪、激光扫描仪及

GPS 技术,被广泛使用,使得施工测量人员能够高效且精准地完成各项测量任务,从而避免因人为误差或不精确的定位而导致施工问题。尤其是在复杂的工程环境中,主体施工测量技术能够确保各构件及建筑元素在施工过程中严格保持设计预定位置,确保了结构的整体稳定性与安全性。随着测绘技术的不断进步,智能化测量手段的引入,使得施工测量不仅提升了精度,还能够实时监控施工进度,及时发现并修正偏差,显著减少返工及资源浪费。为建筑施工提供了强有力的支持,这种先进技术的应用确保了工程的质量与效率。

3 测绘工程在施工管理中的应用

3.1 提高测量精确性

在施工管理中,测绘工程的应用对于提高施工过程的精确性至关重要。可靠的测量数据不仅为施工提供了依据,还直接影响着工程质量、进度及成本控制。随着建筑工程规模与复杂度的增加,传统的人工测量方式已难以满足现代工程对高精度的要求,因此,先进测绘技术的采用成为提升测量精确性的关键手段。通过引进全站仪、激光扫描仪、GPS 定位系统及无人机测绘技术等现代化设备,可以实现更加精确的定位、放样及监测。提高了数据采集效率,这些设备不仅减少了人为误差的影响,还确保了测量的高精度。每根轴线、每个基准点的精确测量能够确保建筑物严格符合设计规范,从而避免因定位误差引起的结构变形或安全隐患。施工过程中,实时测量监控有助于及时发现潜在的偏差或误差,进而采取纠正措施,避免了返工与资源浪费^[2]。技术支持为施工过程中的质量控制提供,确保各施工环节均在精确控制范围内进行,为工程顺利推进奠定了坚实基础。

3.2 与地形测绘相结合

测绘工程在施工管理中的应用,尤其是与地形测绘的结合,对于确保工程项目的顺利实施以及优化资源配置至关重要。地形测绘为施工区域的地理特征、地貌变化及周围环境提供了详细数据,这些信息为工程的设计、规划、施工及后期管理奠定了坚实的基础。精准的地形测绘能够全面掌握地面的坡度、海拔、土壤类型及水文状况等关键数据,支持设计人员制定合理的施工方案,从而避免因地形限制或施工条件不当带来的设计偏差或施工问题。在实际施工过程中,地形测绘为定位放线、基坑开挖、道路铺设等任务提供了精确参考,使施工过程更加规范化。因测量误差而导致的返工,得以显著减少,节省了时间和成本。结合地形测绘数据,潜在的自然灾害或地质风险,如滑坡、塌方或洪水等,可以被及时识别,进而采取预防措施,降低项目风险。复杂地形条件下,现代测绘技术,如无人机航拍及激光扫描技术的应用,提供了更加全面、立体的地形数据支持,为规划、设计及施工的各个环节提供了更精准的依据。

3.3 细化测量放样精度

在施工管理中,细化测量放样精度是确保施工质量及提升工程效率的重要环节。作为施工前后定位的核心步骤,测量放样直接关系到各个施工阶段的顺利推进,尤其是在精度要求较高或复杂的工程项目中,工程的合规性与质量,直接由放样精度的高低决定。通过严格细化放样精度,确保每项施工操作严格按照设计图纸进行,从而避免因放样不准确导致的结构偏差或设计失误,保障项目在规定的质量标准和时间框架内完成。精度要求的细化不仅涵盖了对放样基准点的精准定位,还涉及到施工过程中的精确控制,如地基、排水系统的定位、墙体支撑、桥梁立柱位置等重要细节。通过现代测量技术,如全站仪、激光扫描仪、GPS定位系统等高精度设备,精细化的放样过程能够提供更加准确的数据,有效减少人为误差的影响。放样精度的提高,也意味着能够更好应对复杂地形和不断变化的施工条件,确保现场条件变动时,施工精度依然保持高标准。此外,精细化的测量放样不仅为施工过程中的质量控制提供了有力支持,还为后期验收奠定了坚实的基础^[3]。通过精准的数据支持,施工过程中的偏差,能够最大程度地减少,从而显著提升工程的整体质量。

3.4 预防测绘施工风险

在测绘工程的应用过程中,准确统计工程内容并有效识别和规避施工中可能出现的技术风险与管理风险至关重要。现代化测绘技术在这一过程中扮演着关键角色,是确保测绘结果可靠性的核心环节。通过有效应用这些技术,可以最大限度地避免工作失误,提高相关工作人员的管理能力与技术水平,从而减少项目风险并确保工程顺利推进。此外,测绘技术还能够帮助合理控制施工成本,尤其是在环境条件较为严苛的情况下,对高海拔地区施工人员和设备提出了更高的要求。通过充分应用测绘技术,能够有效防范风险,减少施工过程中可能遇到的困难,保障项目的顺利实施。

3.5 应用新型测绘技术

新型测绘技术在施工管理中的应用变得越来越重要,尤其是在建筑工程规模和复杂性不断增长的背景下,传统测绘方法已无法满足现代工程对于高效性、精确性及灵活性所提出的要求。无人机航拍、激光扫描、三维地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)及建筑信息建模(BIM)等先进技术,逐步成为施工现场的标准配置,为施工管理提供了更加高效、精准的数据支持。凭借强大的地面覆盖

能力,无人机航拍技术能够在短时间内获取大范围、高精度的地形数据,尤其适用于难以进入的区域,极大提高了测量效率,减少了人工成本和时间消耗。通过快速、精确的扫描现场,激光扫描技术则能对建筑物及施工场地进行三维建模,不仅捕捉到细节信息,还生成高精度的点云数据,为施工过程中的测量、检查及设计提供了可靠依据^[4]。与传统测量方法相比,提供了更高定位精度与实时性的GPS技术,使得在大范围施工现场内能够迅速完成精准的放样与定位工作。结合BIM技术,现代测绘手段为施工管理提供了数字化平台,通过数据共享与信息化协作,显著提升了各专业之间的沟通与合作效率,从而确保了设计、施工与管理之间的一致性与协调性。

4 结语

施工测量技术在测绘工程中扮演着至关重要的角色。通过精准的测量手段,能够确保施工项目按照设计要求顺利进行,同时有效控制工程质量与进度。随着科技的不断进步,测量技术已从传统人工测量转变为现代数字化、智能化的测量方法,精度与效率得到了显著提高。这些先进技术的应用不仅提升了施工现场的工作效率,还有效减少了人为误差,确保了施工结果的准确性。然而,随着新技术的不断涌现,如何将这些先进技术与施工实践有效结合,仍然是一个值得深入探讨的问题。为了确保每项施工测量任务的顺利完成,应持续加强对测量技术的研究与应用,提升操作人员的专业能力与技术水平。展望未来,随着智能技术与大数据分析的深入应用,施工测量技术将迎来更加广阔的发展前景,为工程项目的高效实施提供更加坚实的技术支持。

【参考文献】

- [1]胡建龙.试论当代测绘新技术在测绘工程中的应用[J].居舍,2019(32):52-54.
 - [2]杨涛.浅议测绘工程在施工管理中的应用[J].四川建材,2018,44(11):208-209.
 - [3]张杰.测绘新技术在测绘工程测量中的应用分析[J].住宅与房地产,2018(7):203.
 - [4]孟凡茂.测绘工程常见问题分析及对策建议[J].科技展望,2014(12):56.
- 作者简介:赵树杰(1982.4—),毕业院校:新疆工程学院,所学专业:工程测量技术,当前就职单位名称:广西正屹工程技术有限公司,职称级别:中级。

工程测量中的数字化测绘技术应用路径探究

王 健

武汉中科科创工程检测有限公司, 湖北 武汉 430071

[摘要]随着信息技术的飞速发展,数字化测绘技术在工程测量中的应用逐渐深入,成为现代工程建设不可或缺的工具。数字化测绘技术通过采用先进的传感器和测量设备,能够高效地获取和处理大规模数据,显著提高了测量的精度和效率。该技术在减少人工操作的同时,还能有效降低人为误差,优化数据处理过程,提升了工程测量的整体质量和可靠性,为工程项目的顺利实施提供了坚实的技术支持。

[关键词]数字化测绘;工程测量;技术应用;路径探究

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15666

中图分类号: P225

文献标识码: A

Exploration on the Application Path of Digital Surveying Technology in Engineering Surveying

WANG Jian

Wuhan Zhongke Kechuang Engineering Testing Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430071, China

Abstract: With the rapid development of information technology, the application of digital surveying and mapping technology in engineering surveying has gradually deepened, becoming an indispensable tool for modern engineering construction. Digital surveying technology, through the use of advanced sensors and measuring equipment, can efficiently acquire and process large-scale data, significantly improving the accuracy and efficiency of measurements. This technology not only reduces manual operations, but also effectively reduces human errors, optimizes the data processing process, improves the overall quality and reliability of engineering surveying, and provides solid technical support for the smooth implementation of engineering projects.

Keywords: digital surveying and mapping; engineering surveying; technology application; path exploration

引言

在传统的工程测量中,测量方法和技术相对简单,测量数据的处理和应用通常依赖人工操作,存在一定的误差和不确定性。随着数字化技术、物联网、大数据和云计算等技术的不断进步,数字化测绘技术应运而生并迅速应用于各类工程项目中。数字化测绘技术通过集成传感器、无人机、激光扫描等技术手段,使测量过程更为精准、高效、可靠。特别是在大型基础设施、建筑施工及地理信息系统(GIS)等领域的工程测量中,数字化测绘的应用已成为必然趋势。本文将通过分析数字化测绘技术的应用路径,探索其在工程测量中的具体实施方式,进而为工程测量技术的创新和优化提供思路。

1 数字化测绘技术概述

1.1 数字化测绘技术的定义与基本原理

数字化测绘技术是指利用现代信息技术,通过电子设备与计算机系统获取、处理和存储测量数据的一类测量技术。其核心特点是将传统的模拟测量方法转化为数字化数据的采集、传输和处理,涉及数据采集设备、信息存储与管理、数据分析与处理等多个方面。常见的数字化测绘技术包括:激光扫描技术、无人机航拍技术、全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)、遥感技术等。这些技术可以有效提高测量精度、减轻人工负担、优化数据分析和展

示方式,从而为工程建设提供科学、可靠的技术支持^[1]。

1.2 数字化测绘技术的发展历程

数字化测绘技术自20世纪90年代以来快速发展。最初的数字化测量设备主要集中在激光测距仪和全站仪等传统测量仪器上,随着计算机技术的普及,测量数据的数字化处理逐步得以实现。进入21世纪后,随着卫星定位技术(如GPS)的发展,数字化测绘技术得到了极大的拓展,尤其是在地理信息系统(GIS)和遥感技术的辅助下,工程测量的精度和效率得到了显著提高。

2 数字化测绘技术在工程测量中的应用

2.1 基础设施工程中的应用

数字化测绘技术的引入,为基础设施建设工程的测量工作带来了革命性的变化。特别是在桥梁、隧道、道路等大型工程的施工中,激光扫描技术和无人机航拍技术的广泛应用,大幅提升了测量工作的效率和精度。激光扫描技术通过激光传感器快速扫描目标区域,获取三维点云数据,不仅具备高精度的测量能力,还能快速获取大量数据,为项目的设计优化和施工质量监控提供可靠支持。与传统测量方法相比,激光扫描技术不仅精度高,而且速度快,能够在短时间内完成大量数据采集,为工程决策提供实时反馈。无人机航拍技术则通过搭载高清摄像设备和激光雷达(LiDAR)传感器,实现大范围的空中测绘。无人机能够

快速覆盖广阔区域,获取精准的地形图和立体图像,尤其适用于难以到达的区域,如高山、河流等。结合无人机和激光扫描技术,能够在较短时间内完成对复杂地形的测量,提高了工作效率,并且减少了人工成本和人力资源的投入^[2]。

以某桥梁建设项目为例,该项目采用了激光扫描技术和无人机航拍技术相结合的方法。通过激光扫描仪获取了桥梁所在区域的详细三维点云数据,为设计人员提供了精准的地形数据,确保了设计方案的可行性。同时,无人机航拍对桥梁周围区域进行了全面的测绘,为施工过程中提供了详尽的现场数据,确保了施工质量的稳定性和精确度。通过这一技术手段,该项目不仅缩短了测量周期,还有效降低了施工误差,节省了项目成本,提升了工程整体效率。

2.2 建筑工程中的应用

在建筑工程中,数字化测绘技术的应用为建筑物的设计、施工和后期管理提供了强有力的数据支持,极大提高了工作效率和精度。通过全站仪与GPS技术的结合,能够实现建筑物的精准定位与测量。全站仪具有测量高精度、操作简便的特点,通过与GPS系统的融合,能够实现现场定位的精确数据采集,减少了传统测量方法中由于人工操作可能带来的误差。此外,三维激光扫描技术在建筑项目中的应用,使得建筑物的外形及内部结构能够通过数字化方式进行全方位扫描。通过扫描得到的点云数据,可以为建筑设计提供精确的基础数据,同时也为后期建筑物的维修改造、设施管理等工作提供了可靠依据。

以某大型商业综合体建设项目为例,该项目在设计与施工阶段广泛应用了全站仪与GPS技术的结合,确保了建筑物各个部分的精准定位。工程团队利用全站仪进行细致的现场测量,并结合GPS技术获取整体建筑物的位置数据,确保了施工过程中每一项数据的准确性。在施工完成后,项目还应用了三维激光扫描技术对建筑物进行扫描,生成了详细的点云数据,便于后期的维护和改造。通过这一技术手段,该项目不仅提高了设计与施工的精度,还为后期设施管理提供了全面的数据支持,使得建筑物的管理和维护更加高效,节省了大量的资源和时间^[3]。

2.3 地理信息系统中的应用

地理信息系统(GIS)作为数字化测绘的重要组成部分,在现代城市建设和管理中扮演着至关重要的角色。GIS技术通过集成和分析来自不同来源的地理数据,能够为城市规划、土地资源管理、环境监测等领域提供强有力的支持。通过GIS系统,工程测量数据与地理信息可以进行高效集成,从而实现空间数据的精准分析与处理。GIS不仅帮助城市规划人员在设计 and 决策中提供精确的地理数据支持,还能通过分析城市发展趋势、土地使用模式等因素,优化资源管理,提高城市发展的可持续性。此外,GIS技术还为未来的工程设计和建设提供了宝贵的数据支持,使得各类基础设施建设更加科学、合理和高效。

以某市的城市排水系统规划为例,该项目运用了GIS技术进行详细的分析与规划。通过GIS系统,项目团队能够将原有的排水管网、地形图、气候数据等信息集成,创建了一个动态的数字化转型。这一模型不仅对现有排水系统的效能进行了精准评估,还为未来可能面临的洪水、暴雨等极端天气情境提供了预测和分析支持。通过模拟不同情境下的排水效果,规划人员能够优化管网设计,确保城市排水系统的高效运作。最终,这一系统不仅提高了排水系统的管理效率,还为城市的可持续发展提供了可靠保障。

3 数字化测绘技术面临的挑战与问题

3.1 技术标准与规范的缺乏

随着数字化测绘技术的快速发展,相关技术的应用范围越来越广泛,但与此同时,部分技术标准和规范尚未跟上技术发展的步伐,导致一些技术在实际应用中面临挑战。尤其是在高精度测量设备和多种技术手段的协同使用过程中,缺乏统一的行业标准和技术规范可能引发一系列问题。例如,不同品牌或型号的测量设备之间可能存在兼容性问题,导致数据无法有效整合,影响测量数据的统一性和准确性。这不仅增加了项目管理的难度,还可能导致项目成果的偏差,影响工程的质量和进度^[4]。

3.2 数据安全与隐私保护问题

随着数字化测绘技术的普及和应用,工程测量数据的存储、传输和管理越来越依赖于数字化平台。这些数据不仅量大,而且内容复杂,涉及从测量数据到设计图纸、地理信息等各类信息,部分数据可能包含敏感信息,如土地使用权、基础设施布局、环境评估等。这些信息一旦泄露,可能带来巨大的经济损失、社会影响和安全隐患。因此,如何确保数据的安全性,防止数据泄露、篡改或滥用,成为数字化测绘技术面临的一大挑战。尤其在互联网大数据时代,数据交换和共享变得更加频繁,数据安全的保障机制显得尤为重要。随着技术的发展,数据不仅仅存储在本地系统中,还需要通过云平台和网络进行传输与共享,这使得数据的安全性面临着更高的风险。

3.3 高精度技术设备成本高昂

尽管数字化测绘技术能够显著提升测量精度和工作效率,但当前市场上许多高精度测量设备的价格较高,这使得其在一些中小型工程项目中的普及受到限制。尤其对于预算有限的小型建筑或基础设施项目,昂贵的设备成本往往成为阻碍技术应用的主要瓶颈。高精度测量设备通常涉及复杂的硬件和高昂的研发成本,这导致许多小型企业和工程项目无法承担设备采购费用,限制了数字化测绘技术在更广泛领域的推广和应用^[5]。

4 未来发展方向与优化措施

4.1 加强技术创新与跨学科融合

随着人工智能(AI)、物联网(IoT)、大数据分析等前沿技术的不断进步,未来数字化测绘技术将不仅局限于

传统的测量与数据采集,还将更多地与其他先进技术手段进行深度融合。例如,人工智能的引入将大幅提升数据分析和异常检测的能力。通过机器学习算法,AI 能够实时分析测量数据,自动识别异常或偏差,从而帮助工程师迅速发现潜在问题,提前进行调整和优化。这不仅提高了数据处理的效率,还能显著减少人为错误,提高数据的准确性和可靠性。物联网技术的结合则使得测量设备能够实时连接并共享数据,通过传感器网络实现对现场条件的实时监测。例如,利用 IoT 传感器,能够实时监测建筑工地的环境变化、气候条件、设备运行状态等,为工程测量提供更多的背景数据,确保数据采集的全面性和实时性。大数据分析技术则能够处理和分析海量的测量数据,挖掘其中的潜在规律和趋势,为工程决策提供更为精准的依据。通过这些技术的跨学科融合,数字化测绘技术能够为工程测量工作提供更加智能化的支持,从而进一步提升工作效率、精度和可靠性,推动工程项目的顺利实施。

4.2 推动技术普及与成本降低

为了促进数字化测绘技术在各类工程项目中的广泛应用,相关企业和科研机构应加大技术研发投入,致力于创新和优化现有的测量设备与技术。这不仅包括提升设备的精准度和可靠性,还要注重设备的小型化与智能化,以适应日益复杂的工程需求。通过技术创新,可以有效降低设备成本,使其在中小型企业中得到更广泛地应用。此外,随着 5G、人工智能等技术的融合,数字化测绘设备的功能将不断丰富,提升数据处理与传输效率,进而推动整体工程项目的效率提升。

政府和行业协会也应在推动数字化测绘技术普及应用方面发挥重要作用。首先,应出台相关政策,制定行业标准,确保技术的推广与应用能够规范化、有序化。其次,政府可以通过资金补贴、税收减免等方式,鼓励中小型企业在项目中采用数字化测绘技术,降低其技术应用的门槛。行业协会则可以搭建技术交流平台,促进企业间的经验分享,推动技术在不同领域的跨界应用,从而加速数字化测绘技术在全国范围内的推广应用,为各类工程项目提供更加高效、精准的技术支持^[6]。

4.3 完善行业标准与法律法规

随着数字化测绘技术在各类工程项目中的广泛应用,技术标准、行业规范以及数据安全保护法律法规的建立和

完善显得尤为重要。制定统一的技术标准和行业规范能够有效提升行业整体水平。通过规范化的标准,企业可以在技术研发和应用过程中遵循一致的操作要求,减少技术应用中的不确定性和风险,提高工作效率和数据的准确性。同时,标准化的流程和方法能够推动不同地区、不同规模的企业在应用数字化测绘技术时达成共识,确保技术的广泛适用性。随着数字化测绘技术涉及大量的测量数据和信息处理,相关的法律法规亟需进一步完善。这不仅有助于保证数据的安全性,还能确保数据的合法性与合规性,防止数据泄露、篡改等风险。完善的数据保护法律能为企业提供清晰的法律框架,减少因数据泄露或滥用所带来的法律风险。此外,相关法律还应规定对数据隐私和敏感信息的保护措施,以提高公众对数字化测绘技术的信任度。

5 结语

数字化测绘技术的快速发展为工程测量带来了革命性的变革。其应用不仅提高了工程测量的精度和效率,还在数据处理、分析和管理方面发挥了重要作用。然而,随着技术的不断进步,相关的挑战和问题也随之而来。因此,进一步加强技术创新、完善行业标准、推动技术普及以及确保数据安全,仍然是未来工程测量领域需要关注的重要方向。通过不断优化数字化测绘技术的应用路径,能够推动工程测量的数字化转型,为工程项目的顺利实施提供更有力的技术支持。

[参考文献]

- [1]杨杰.工程测量中 GIS 技术和数字化测绘技术的应用[J].中国信息界,2024(7):35-37.
 - [2]陈伟.数字化测绘技术在工程测量中的应用研究[J].智能建筑与智慧城市,2024(7):52-54.
 - [3]秦奎,高昕场,周艳菊.地质工程测量中数字化测绘技术的应用分析[J].科技与创新,2024(12):121-126.
 - [4]赵吉童.数字化测绘技术在工程测量中的应用[J].电子技术,2024,53(4):190-191.
 - [5]毛会锋.工程测量中的数字化测绘技术应用路径探究[J].工程建设与设计,2024(5):168-170.
 - [6]罗娟.浅析数字化测绘技术在工程测量中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2024(2):169-171.
- 作者简介:王健(1993.3—),男,汉,工程管理。

深基坑变形监测坑外水位变化情况分析探讨

姚 军

中国建材检验认证集团江苏有限公司, 江苏 苏州 215006

[摘要]在城市土地资源有限的情况下,把三维空间利用率的提高成为人们的共识。因此深基坑越来越多。为了保障深基坑开挖施工期间周围建构筑物及施工人员的安全,因此基坑监测变得越来越重要。在基坑监测过程中,基坑外部水位变化是整个基坑监测过程中非常重要的内容;坑外水位的变化和止水帷幕的止水效果息息相关的,而止水帷幕质量的好坏,对基坑开挖过程中的安全性起到很大作用。作者针对深基坑开挖施工中出现的坑外水位变化现象做了阐述,作者首先介绍了坑外水位变化的原因;其次针对坑外水位变化所使用的监测方法;最后,作者通过一个实际的工程案例验证了深基坑开挖后出现的坑外水位变化现象。

[关键词]深基坑;止水帷幕;变形监测;坑外水位

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15642

中图分类号: TU43

文献标识码: A

Analysis and Discussion on Deformation Monitoring of Deep Foundation Pit and Changes in Water Level Outside the Pit

YAO Jun

China Building Materials Inspection and Certification Group Jiangsu Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu, 215006, China

Abstract: In the context of limited urban land resources, improving the utilization rate of three-dimensional space has become a consensus among people. Therefore, there are more and more deep excavations. In order to ensure the safety of surrounding buildings and construction personnel during the excavation of deep foundation pits, foundation pit monitoring has become increasingly important. In the process of foundation pit monitoring, the change of external water level is a very important content throughout the entire foundation pit monitoring process; The change of water level outside the pit is closely related to the waterproof effect of the waterproof curtain, and the quality of the waterproof curtain plays a significant role in the safety of the excavation process of the foundation pit. The author elaborates on the phenomenon of changes in water level outside the excavation of deep foundation pits. The author first introduces the reasons for the changes in water level outside the pit; Secondly, the monitoring methods used for changes in water level outside the pit; Finally, the author verified the phenomenon of water level changes outside the deep foundation pit after excavation through an actual engineering case.

Keywords: deep foundation pit; water stop curtain; deformation monitoring; water level outside the pit

引言

随着国家经济高速发展,城市化率大幅提高,停车难等问题就凸显出来了,但是城市里可利用的土地资源是有限的,因此加大地下空间开发利用成为解决这一问题的有效途径。在开发地下空间的过程中,深基坑的建设项目也越来越多,随之在基坑开挖过程中发生的安全事故也屡见不鲜,如基坑坍塌、周边道路塌陷等安全事故常有发生。因为地表下面是一个复杂的土体,所以在基坑内部土体的开挖过程中,基坑围护结构将如何变化,基坑开挖过程中围护结构是否能够满足设计所达到的安全需求,这是大家最关心的事情。基坑监测工作做为基坑安全的“吹哨人”,随着基坑开挖围护体系止水帷幕有没有渗漏这项工作至关重要。本文通过一个实际的工程案例,并获得开挖期间基坑坑外水位监测数据从而验证了止水帷幕是否满足设计要求。

1 止水帷幕漏水原因分析

围护结构止水帷幕漏水在深基坑开挖施工中是常见的现象,围护结构止水帷幕漏水现象的产生大致有以下几个方面的原因,分析如下。

1.1 勘察存在缺陷

由于现场条件复杂,勘察单位在勘察时没有能够全面的反映出地下岩土情况,导致设计单位设计时止水帷幕桩长过短,没有达到截断水流的长度,从而导致止围护结构水帷幕漏水。

1.2 施工存在缺陷

(1) 由于施工单位围护结构施工时桩长度没有达到设计要求导致止围护结构水帷幕漏水。

(2) 由于围护结构施工时水泥掺量不够导致围护结构止水帷幕漏水。

(3) 由于围护结构施工时定位误差导致桩和桩之间

搭接长度不够,即接缝过短或没有接缝导致围护结构止水帷幕漏水。

(4) 桩体夹泥或空洞,形成薄弱区域易破损。

(5) 旋喷桩止水时,桩体垂直度、成桩直径存在不足。

对于由施工缺陷导致的漏水情况,在工程项目上应格外引起注意,围护结构止水帷幕漏水,地下承压水压力过大会引起管涌、冒砂等危险情况出现,严重的会导致基坑坍塌,不仅会带来生命上和经济上的损失,还会造成不良的社会影响。

在基坑围护结构施工期间,应严格按照设计要求进行围护结构施工,让围护结构止水帷幕发挥应有的作用,避免管涌、冒砂等现象的发生。在基坑开挖之前做好闭水试验这项工作,对于发现基坑止水帷幕是否漏水起到至关重要的作用。

2 止水帷幕漏水采取措施

采取的措施主要分为2个方面,施工过程中加强质量控制和施工完成后出现渗漏采取方法。

2.1 施工过程中加强质量控制

(1) 注重围护施工质量,导管安放准确牢固且下放前要刷洗彻底,混凝土连续浇筑且注意导管提升速度,避免塌孔;选择合理的工艺,保证泥浆的均一性。

(2) 根据土质条件和周边环境的要求,选择合适的接头形式,注重刷壁和清孔质量,接头处要用钢丝刷或刮泥器将泥皮、泥渣清理干净。

(3) 控制搅拌桩成桩速度,确保桩身均匀性。

(4) 保证桩身位置的准确与桩体的垂直度,避免搅拌桩搭接处开叉或分离。

2.2 施工完成后出现渗漏采取措施

(1) 在发现渗漏水的地方进行注浆堵漏;

(2) 在止水帷幕外侧打回灌井。

3 围护结构止水帷幕漏水监测方法及监测点埋设

3.1 监测方法

(1) 土方开挖的时候在坑内降水,有可能使坑内外地下水位出现较大的水头差异。而围护结构止水帷幕隔水效果的好坏,很大程度上决定着基坑工程对周围环境的影响程度,因此加强对坑外地下水位的动态观测和分析,对于控制基坑降水深度及判定围护体系的隔水性能,分析坑内外地下水的联系程度具有十分重要的意义。

(2) 监测时用水位计对基坑周边地下水位进行动态观测,其监测点间距宜为20~50m,我们对水位管顶部的监测点进行水准测量,然后再通过换算得到管内水位高程,在每一个周期内测量水位管口到管内水面的深度再计算出高程变化量。

3.2 监测点埋设

在基坑开挖前,在方案预定的位置按15m的深度用工

程钻机成孔,成孔后将准备的水位井管(采用 $\Phi 50$ 的PVC管,)放入孔中,水位管高出地面30cm(详见地下水位、深层水平位移埋深示意图),在含水层部位将井管打孔,外面包裹80眼钢丝滤网;水位井管沉放后,在含水层部位沿井管外侧用中粗砂封孔,其余部位用黏土封孔,同时用油漆笔或喷漆在其旁边写好监测点的醒目标识。

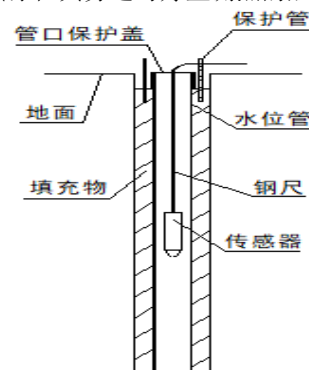


图1 监测点大样图



图2 监测点现场影像图

4 工程案例

4.1 项目简介

本工程为2层地下室,建筑标高 ± 0.000 相当于国家85高程3.50m;场地标高-0.30m,即国家85高程3.20m。本基坑呈不规则方形,基坑周长约272.2m,开挖面积约4215 m^2 ,挖深8.75~10.15m,坑中坑落深0.4~2.00m。底板面标高-7.75m,底板底标高-8.45m。

东侧:为本工程场内空地,基坑边线距红线约为50m,红线外为方中街,雨水管距基坑16.2~41.0m。

南侧:基坑边线距红线11.3~18.3m,距离自来水管9.7~16.5m,距离消防管线9.1~16.0m汽车坡道边线距离红线7.0m,距离自来水管5.0m,距离消防管线4.4m。红线外为沛嘉医疗厂区内道路与停车场。

西侧:基坑边线距红线 22.2m,距离自来水管 19.9m,距离消防管线 18.8m 汽车坡道边线距离红线 8.3m,距离自来水管 6.9m,距离消防管线 5.9m。红线外为苏州大冢制药有限公司发展预留空地。

北侧:为一期工程,基坑边距离一期厂房 10.6~18.1m,基坑距离新改道雨水管 5.2~9.3m。



图3 基坑周边环境图

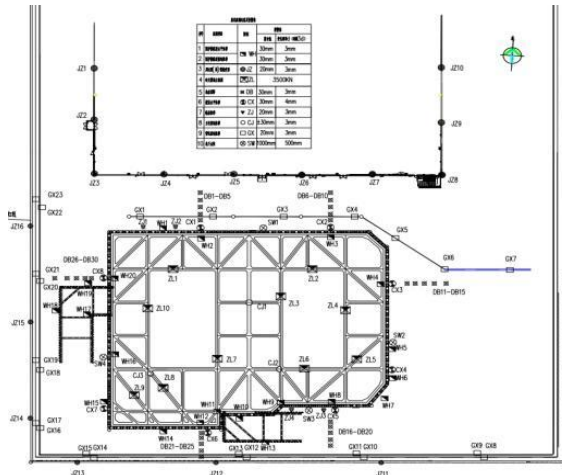


图4 基坑监测点图

4.2 监测内容及现场施工照片

根据本工程的特点制定了如下表1所示监测内容。



图5 开挖现场影像



图6 开挖现场影像

表1 监测内容汇总表

序号	监测项目	测点数量(点)	备注(布点原则、深度等详)
1	围护结构顶部水平	20	每边不少于3个,间距不大
2	围护结构顶部竖向	20	每边不少于3个,间距不大
3	周边地表	30	—
4	周边建筑物	16	—
5	基坑外部水位	4	水位管:15.0m
6	深层水平位移	8	CX1、CX7为21m,其余均为
7	周边管线	23	埋设于管线上方土体中,间
8	立柱沉降	3	分布于基坑中部、支撑交汇
9	桩基位移	4	—
10	支撑轴力	10	每个截面布设4个钢筋应力

4.3 数据分析

本文着重描述基坑外部水位的变化情况,主要从累计变化量和变化曲线图两张图表进行描述。

表2 闭水试验时坑内水位下降数据

闭水试验期间坑内降水井水位下降量随时间变化(m)								
点号	8-21	8-22	8-23	8-24	8-25	8-26	8-27	8-28
JSJ1	0.00	-1.58	-3.73	-6.92	-10.08	-12.27	-12.40	-12.66
JSJ2	0.00	-1.64	-3.89	-7.02	-10.17	-12.39	-12.56	-12.75
JSJ3	0.00	-1.56	-3.74	-6.93	-10.06	-12.23	-12.55	-12.80
JSJ4	0.00	-1.61	-3.76	-6.96	-10.18	-12.42	-12.72	-13.03
JSJ5	0.00	-1.57	-3.75	-6.91	-10.14	-12.31	-12.51	-12.63
JSJ6	0.00	-1.65	-3.79	-6.96	-10.21	-12.36	-12.64	-12.92
JSJ7	0.00	-1.66	-3.80	-7.00	-10.15	-12.37	-12.51	-12.86
JSJ8	0.00	-1.55	-3.75	-6.93	-10.08	-12.21	-12.53	-12.66

表3 闭水试验时坑外水位下降数据

闭水试验期间坑外水位监测管水位下降量随时间变化(cm)								
点号	8-21	8-22	8-23	8-24	8-25	8-26	8-27	8-28
YS1	0	-3	-7	-14	-14	-14	-14	-14
YS2	0	-3	-7	-14	-14	-14	-14	-14
YS3	0	-3	-8	-15	-15	-15	-15	-15
YS4	0	-2	-7	-14	-14	-14	-14	-14

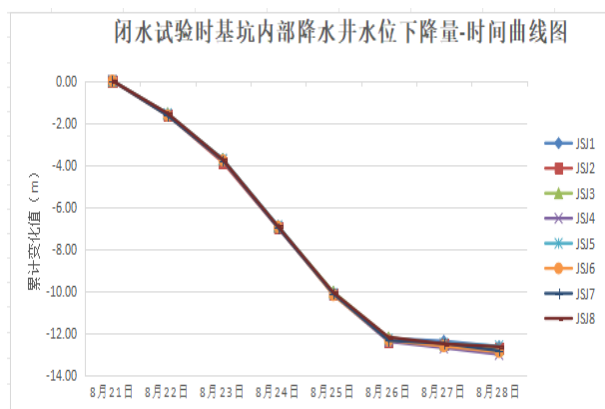


图7 坑内降水井水位下降量变化曲线图

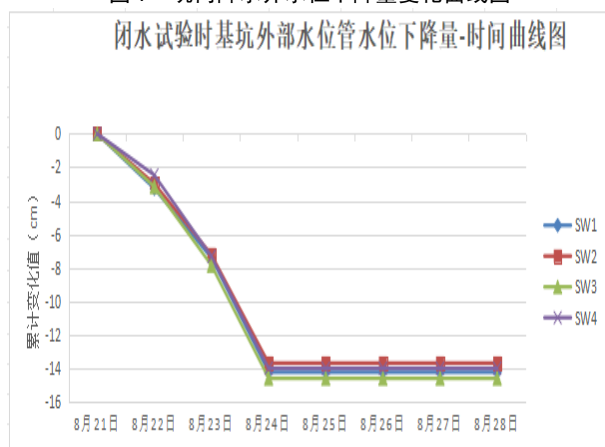


图8 坑外水位监测管水位下降量变化曲线图

以上图表是我们在基坑开挖前进行一周闭水试验得到的数据，由以上数据我们基本可以确定该基坑的止水帷幕效果能达到设计要求，具备开挖条件。

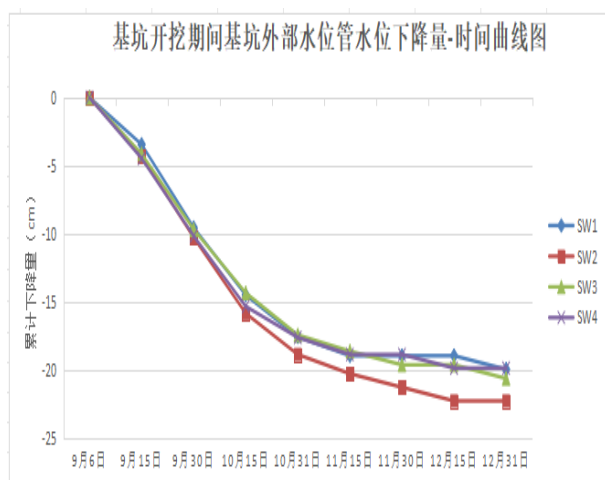


图9 坑外水位监测管水位下降量变化曲线图

表4 基坑开挖期间坑外水位监测管水位下降数据

基坑开挖期间坑外水位监测管水位下降量随时间变化 (cm)									
点号	9-6	9-15	9-30	10-15	10-31	11-15	11-30	12-15	12-31
SW1	0	-3	-10	-15	-18	-19	-19	-19	-20
SW2	0	-4	-10	-16	-19	-20	-21	-22	-22
SW3	0	-4	-10	-14	-17	-19	-20	-20	-21
SW4	0	-4	-10	-15	-18	-19	-19	-20	-20

基坑监测工作从2023年9月6日开始，2023年12月31日结束。从变化曲线图中可以看出，随着基坑开挖深度的增加，基坑外部水位监测管水位下降从逐渐明显直至基本不变，且基坑内部没有任何渗漏现象发生，即此基坑的围护结构止水帷幕没有发生漏水。从基坑开挖到筏板浇筑完成，通过坑外水位的监测，得到累计下降量最大值为22cm，远远小于设计报警值1000cm，也进一步验证了闭水试验期间得出的结论，围护结构止水帷幕合格，满足设计要求。

5 结语

通过这个工程案例的实测结果可知，基坑开挖前对围护结构止水帷幕所做的闭水试验非常重要，因为它能直观地快速地反应出围护结构止水帷幕漏不漏水以及在哪个位置漏水，如果发现漏水现象，就会及时告知业主和施工方，让他们及时采取相应的措施进行堵漏，待堵漏完成之后再做一次闭水试验，试验结果满足设计要求后才允许进行基坑开挖。

[参考文献]

- [1]杨军. 深基坑稳定性多参数风险评估方法研究[D]. 江西: 江西理工大学, 2016.
 - [2]王学军. 沈阳北站人防工程深基坑支护变形监测分析[Z]. 价值工程, 2017.
 - [3]柴海博. 深基坑开挖变形监测及数值计算分析[Z]. 铁道建筑技术, 2020.
 - [4]林立祥. 某采用SMW工法桩围护结构的深基坑监测与分析[Z]. 岩土工程技术, 2013.
- 作者简介: 姚军(1989.12—), 学校: 河海大学文天学院, 专业: 土木工程, 单位: 中国建材检验认证集团江苏有限公司, 职务: 工程师。

BIM 技术在建筑工程施工中的应用

魏晓娟

涡阳市政建设集团有限公司, 安徽 亳州 233600

[摘要] 建筑行业长期面临项目周期过长、成本过高以及沟通不畅等诸多挑战。随着现代建筑需求的日益复杂, 传统的二维设计和手工管理方式已无法满足这一需求。为此, BIM 技术应运而生, 借助数字化模型的应用, 将设计、施工及运营过程中的各类信息进行集成, 有效提升了项目的协作效率与管理精度。尽管 BIM 技术已在全球范围内得到广泛推广, 然而其普及与深入实施仍面临高昂的初期成本、技术适应性问题以及专业人才短缺等多重障碍。

[关键词] BIM 技术; 工程施工; 应用

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15669

中图分类号: TU8

文献标识码: A

The Application of BIM Technology in Construction Engineering

WEI Xiaojuan

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

Abstract: The construction industry has long faced many challenges such as long project cycles, high costs, and poor communication. With the increasingly complex demands of modern architecture, traditional two-dimensional design and manual management methods are no longer able to meet this demand. As a result, BIM technology has emerged, integrating various types of information in the design, construction, and operation processes through the application of digital models, effectively improving project collaboration efficiency and management accuracy. Although BIM technology has been widely promoted worldwide, its widespread adoption and deep implementation still face multiple obstacles such as high initial costs, technical adaptability issues, and a shortage of professional talents.

Keywords: BIM technology; engineering construction; application

引言

随着建筑项目规模的不断扩大, 复杂性也日益提升, 传统的施工管理方法已难以满足现代建筑的需求。作为一种先进的数字化解决方案, 建筑信息模型 (BIM) 技术通过三维建模与信息整合, 在设计、施工及运营各阶段显著提高了效率。BIM 不仅在优化各方协作方面发挥了至关重要的作用, 还有效减少了设计冲突与施工风险, 实现了对成本和进度的精准控制。深入探讨 BIM 技术在建筑施工中的实际应用, 分析其核心特性、面临的挑战及取得的实际效果。

1 建筑信息模型 (BIM 技术) 的核心特性

1.1 模拟性和执行性

随着科技进步, BIM (建筑信息模型) 技术已成为建筑行业的核心工具, 推动了建筑项目的高效实施。在模拟与执行方面, BIM 展现了卓越性能, 特别是在施工阶段。通过精确的三维建模和虚拟仿真, BIM 能够模拟施工现场环境与操作流程, 帮助工程管理者在施工前直观了解现场情况, 并预测潜在冲突, 提前采取预防措施, 确保施工按计划进行。在设计阶段, BIM 的模拟功能至关重要, 它使设计团队能够与实际施工要求对接, 并对设计方案进行实时调整和测试, 确保可行性。通过 4D 仿真技术, BIM 将时间与空间数据结合, 帮助项目团队规划施工进度, 并评

估潜在风险, 提前制定应对策略。在施工实施阶段, BIM 通过提供精确的可视化工具简化了团队之间的沟通, 使信息交流更高效。BIM 实时监控进度并与实际情况比对, 帮助管理者根据现场情况调整施工计划和资源配置, 确保工程质量与进度, 减少项目风险。其协同作用使各方能及时同步项目进展, 快速解决问题, 避免信息延迟和沟通障碍。此外, BIM 的成本管理能力也十分突出, 通过三维模型, BIM 提供详细的材料消耗和资源配置数据, 帮助项目团队精确预测工程成本, 并实时监控成本变化, 挖掘节约空间, 确保项目在预算内顺利完成。

1.2 三维的呈现方式既直观又立体

BIM 技术的三维呈现方式是其核心特性之一, 极大地提升了建筑设计与管理精准性与效率。传统二维图纸往往未能充分展现设计的复杂性, 导致施工人员在实际操作中容易产生理解偏差或沟通不畅。通过三维建模, BIM 技术将设计元素立体化, 呈现出项目各阶段的详细情况, 使团队能从多个角度全面理解每个细节。这种三维模型具有极高的直观性, 建筑的外观、内部结构、设备系统及材料选择都能在模型中清晰呈现。设计师、施工人员甚至业主, 都能够通过虚拟视图准确地把握项目全貌, 避免了对复杂图纸的依赖以及可能出现的误解。更为重要的是, BIM 技术能展示建筑在不同视角下的细节变化, 从而帮助各方

更精确地识别设计缺陷与潜在冲突,确保设计与施工的无缝衔接。与此同时,BIM的三维模型能够与施工进度及资源管理紧密结合,直观展现每个施工阶段的实际情况。通过模拟不同的施工情景,空间冲突及不合理工序能够被提前识别,并提供更具操作性的解决方案。这样,立体化的呈现方式不仅加速了问题的发现与解决,也让施工团队能够根据实时反馈及时调整方案,确保项目的顺利推进,提高施工效率。

1.3 协同优化特性

BIM技术的协同优化特性,作为其最具突破性的优势之一,显著提升了项目团队之间的合作与信息流动。在传统的建筑项目中,设计、施工及运营团队通常各自独立运作,导致信息传递滞后或不畅,进而产生误解、重复劳动甚至项目延期。而通过BIM构建的统一数字平台,信息孤岛被有效消除,各方团队得以在同一虚拟环境中实时共享数据与进展,从而大幅提升了沟通效率。这种协作模式不仅加强了团队之间的互动,更推动了项目的整体优化。例如,在设计阶段,设计师能够即时获得施工团队的反馈,并根据实际情况进行方案调整;而在施工阶段,团队则可以依赖BIM模型进行精准的资源调配,确保施工进度与质量的高度一致。在运营阶段,BIM提供的精确数据帮助管理团队高效地进行建筑设施的维护与管理,从而进一步提高项目的长效性。BIM的协同作用不仅表现在项目各阶段的信息共享,还贯穿于动态优化过程中。在实施阶段,BIM能够自动识别设计或施工中潜在的问题,如碰撞检测或资源配置不当,及时发出警告,促使项目团队调整方案。这种实时反馈机制让项目管理者得以灵活调整施工计划与资源分配,确保各环节高效执行,避免了因信息不对称导致的错误与延误。借助这一协同优化特性,BIM在项目成本控制上也发挥了不可忽视的作用。通过实时共享资源与成本数据,各方团队有效避免了预算超支与材料浪费的问题。在系统的支持下,各团队优化施工方案,确保项目在保证质量的同时,节约成本并提高整体经济效益。

2 BIM技术在运用中面临的问题

2.1 初期投资与成本问题

尽管BIM技术在提升建筑项目效率和质量控制方面具有巨大潜力,但其高昂的初期投资成本仍是许多企业采用该技术的主要障碍。BIM实施不仅需要购买专业软件,还需更新硬件设备并进行系统升级。与传统方式相比,BIM对技术基础设施的要求更为严格,导致许多中小型建筑公司难以承担这些费用而延迟或放缓技术引入。此外,BIM的有效应用还依赖于员工培训和专业人才的招聘。企业不仅需要为现有团队提供培训,还需招募薪资较高的BIM专业人才,这进一步加重了财务压力。即便初期投入较大,由于BIM技术的复杂性,许多项目团队仍需较长时间才能完全掌握,造成实际效益的滞后,进一步加重了经济负担。

尽管BIM能在项目实施后提升效率并降低成本,企业往往难以在短期内看到投资回报,尤其在项目初期阶段。这种“前期投入,后期回报”的特点,使得在经济压力较大的情况下,成本问题成为其推广应用的主要制约因素。

2.2 技术与人才短缺

BIM技术的成功应用离不开专业的技术支持与高素质的人才,然而,目前建筑行业在这两方面仍面临着显著的短缺问题。由于BIM技术具有高度的复杂性与多样性,它要求操作人员不仅拥有扎实的建筑知识,还需要掌握先进的数字化技能。然而,许多建筑行业从业者依然习惯于传统的设计与施工方式,缺乏足够的BIM操作经验及专业培训。即便某些人员接受了BIM培训,其实际应用能力之间的差异依然较大,这无疑限制了该技术的普及与深入应用。与此同时,行业内精通BIM技术的专业人才稀缺的问题尤为突出,尤其在中小型建筑公司中更为显著。BIM人才的培养不仅需要较长的时间,还涉及高昂的教育与培训成本,致使许多公司无法承担这类投资。因此,即使某些公司引进了BIM技术,人才储备的不足仍然是一个困扰他们的问题,导致技术的潜力未能得到充分发挥。在一些项目中,缺乏足够技术支持的情况甚至可能导致工程进度滞后或设计出现误差。此外,BIM技术的跨学科特性进一步增加了人才培养的难度。它不仅涉及建筑设计,还需要掌握结构、机电、施工管理等多个领域的专业知识,能够同时掌握这些知识并熟练运用BIM软件的人才显得尤为稀缺。技术与人才的双重缺口,使得BIM技术在实际项目中的应用更加困难,许多建筑公司在面对复杂项目时,未能充分发挥BIM的优势,最终影响了项目的整体进度与质量。

3 BIM技术在建筑施工中的应用

3.1 施工设计阶段的BIM应用

在建筑项目的施工设计阶段,BIM技术的应用起着至关重要的作用。传统施工设计依赖二维图纸,往往难以清晰地传达设计意图,这容易导致设计与实际施工之间产生偏差。通过三维建模技术,BIM能够全面呈现建筑的每个细节,确保设计团队能够从多个角度准确理解设计方案并进行优化。这样的可视化设计方式极大地提高了沟通效率,使得设计师、施工人员等各方能够在同一平台上实时共享并调整设计信息,避免了误解与沟通不畅。碰撞检测是BIM技术在施工设计阶段的另一大优势,在建筑项目中涉及多个专业的协同作业,例如结构、机电和管道设计等,设计之间容易发生冲突。传统设计方法常常难以及时发现这些问题,从而导致施工过程中的返工或延误^[1]。而BIM通过自动化的碰撞检测功能,能够提前识别设计冲突,避免施工阶段的问题出现,从而提升设计的准确性,并显著减少施工中的返工,节省了大量的时间和成本。BIM技术同样可以帮助设计团队精确计算所需的资源、材料及工期。通过构建详细的数字化模型,设计师能够实时获取与项目

相关的各类数据,包括材料清单、施工顺序及时间安排等。这样的精确数据支持使得施工团队能够在准备阶段更为精准地调配资源,避免材料浪费及施工进度滞后的问题,为后续施工奠定了坚实的基础。

3.2 施工准备阶段的 BIM 应用

在施工准备阶段,BIM 技术不仅仅是设计图纸的数字化转化,更是一种对资源配置、工期安排及施工流程的全方位规划与优化。通过将设计模型与实际施工环境紧密对接,施工团队能够提前识别潜在的施工难题,从而为现场操作做出充分准备,确保施工活动顺利开展。在施工进度安排方面,BIM 技术提供了精准的支持。结合三维模型与时间维度,施工团队能够创建详细的 4D 进度计划,模拟每个施工阶段的具体步骤与流程^[2]。通过这一方式,施工管理者能够在开工前精确把握每个环节的时间节点,预测潜在的延误并进行相应的调整。相比传统的施工进度表,这种可视化的进度规划更具动态性与直观性,帮助各方清晰理解施工过程中的关键任务及时间要求。在资源配置与管理方面,BIM 技术展现了独特的优势。通过精准计算所需的材料、设备及人员数量,BIM 能够帮助施工团队合理调配资源,最大限度地减少浪费。建筑公司可以依据模型中的数据,提前准备好所需材料,避免因材料短缺或积压而造成施工中断或不必要的浪费。同时,BIM 还确保了施工人员和设备的精准配置,使得每个施工阶段的任务能够高效且及时地完成。BIM 的协同功能在施工准备阶段同样具有巨大的价值,不同施工团队、分包商及相关人员可在统一平台上实时共享项目数据,及时了解设计变更及进度调整。这种高效的信息流通不仅显著提高了各方的沟通效率,还避免了因信息不对称或误解而导致的施工错误。特别是在复杂项目中,BIM 的协同能力促使不同专业团队密切配合,确保施工准备工作无缝衔接,从而极大提升了整体项目的协调性与执行力。

3.3 施工过程中的 BIM 应用

在施工过程中,BIM 技术作为推动项目顺利进行的核心理工具,发挥着至关重要的作用,尤其在提升施工质量与效率方面展现出其独特的优势。通过实时更新与监控,BIM 不仅帮助施工团队精确执行设计方案,还能快速应对现场变化,及时调整施工策略,从而减少延误与误差的发生。BIM 技术在施工阶段的核心应用之一,是对进度与质量的实时监控。通过与施工现场的实际情况对接,项目管理者

能够随时获取与 BIM 模型相对应的实时数据。这样,管理者得以及时识别施工过程中出现的偏差,发现潜在的风险点,并采取有效的预防措施,从而减少返工及资源浪费。例如,BIM 模型能够实时显示每个施工环节的进展与原定计划之间的差异,帮助管理者做出更为精准的调整^[3]。在材料与设备管理方面,BIM 技术同样发挥着重要作用。施工现场的材料供应及设备调配对施工进度有着直接影响,而 BIM 系统能够通过详细的建模数据,精确计算每一施工阶段所需的材料与设备数量,并对其使用情况进行追踪。通过这种方式,施工团队可以有效避免材料浪费,并避免因物资短缺或设备配置不当而导致的施工停滞。在施工过程中,BIM 的协同作用也至关重要。施工人员、设计团队、工程师及分包商能够通过共享同一平台上的实时数据,迅速响应现场问题与设计变更。例如,若发现施工过程中存在设计与实际情况不符的情况,相关人员可以在 BIM 平台上进行标注与调整,并及时通知其他团队成员进行修正,从而确保项目各环节在最短的时间内得到处理,确保施工进度能够顺利推进。

4 结语

BIM 技术已经成为推动建筑行业数字化转型的关键力量,在设计、施工准备及施工阶段展现出的优势不容忽视。通过精准的三维建模、协同优化及实时监控,BIM 不仅提高了项目管理效率,还有效减少了设计冲突及施工过程中潜在的风险,从而显著降低了项目成本。尽管如此,初期投资较高、技术适应性问题以及专业人才短缺依然是制约其广泛应用的主要障碍。随着技术的不断进步以及行业对 BIM 技术逐步的接受,未来这一技术在建筑项目中的应用必将更加深入。可以预见,BIM 将在推动建筑行业智能化、提升项目效率与质量方面,发挥越来越重要的作用。

【参考文献】

- [1]杜金顿,侯明阳,周立刚.BIM 技术在建筑工程施工中的应用研究[J].住宅与房地产,2024(2):118-120.
 - [2]石福彬.BIM 技术在建筑工程施工中的应用[J].集成电路应用,2023,40(8):190-191.
 - [3]陈晶晶,崔蓬勃.BIM 技术在建筑工程施工管理中的应用[J].佳木斯职业学院学报,2023,39(4):151-153.
- 作者简介:魏晓娟(1980.10—),毕业院校:黄山学院,所学专业:土木工程,当前就职单位:涡阳市政建设集团有限公司。

水利水电工程施工灌浆施工技术的应用研究

吴永贤

广东华南水电高新技术开发有限公司, 广东 广州 510000

[摘要] 灌浆施工技术在水利水电工程中发挥着不可替代的作用, 其应用效果直接关系到工程的耐久性和安全性。通过灌浆技术, 可以有效填充岩体或土体中的裂隙, 提高地基的承载能力和抗渗性能。随着新材料和新工艺不断发展, 灌浆技术也在不断优化和升级。研究灌浆施工技术的应用, 不仅能够提升工程质量和效率, 还能为水利水电工程的可持续发展提供技术支撑。基于此, 以下对水利水电工程施工灌浆施工技术的应用进行了探讨, 以供参考。

[关键词] 水利水电工程施工; 灌浆施工技术; 应用研究

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15665

中图分类号: TV512

文献标识码: A

Application Research on Grouting Construction Technology in Water Conservancy and Hydropower Projects Construction

WU Yongxian

Guangdong Huanan Hydropower High-tech Development Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510000, China

Abstract: Grouting construction technology plays an irreplaceable role in water conservancy and hydropower projects, and its application effect directly affects the durability and safety of the project. Through grouting technology, cracks in rock or soil can be effectively filled, improving the bearing capacity and impermeability of the foundation. With the continuous development of new materials and processes, grouting technology is also constantly being optimized and upgraded. Studying the application of grouting construction technology can not only improve engineering quality and efficiency, but also provide technical support for the sustainable development of water conservancy and hydropower projects. Based on this, the application of grouting construction technology in water conservancy and hydropower projects construction is discussed below for reference.

Keywords: construction of water conservancy and hydropower projects; grouting construction technology; application research

引言

水利水电工程施工中, 灌浆施工技术是确保工程质量和安全的关键环节。灌浆技术通过将浆液注入岩体或土体缝隙, 增强地基的稳定性和防渗性能, 广泛应用于大坝、隧洞和基础加固等工程。随着水利水电工程规模的扩大和复杂性的增加, 灌浆施工技术的应用显得尤为重要。深入研究灌浆技术的优化与创新, 对于提高工程质量、降低施工风险具有重要意义。

1 水利水电工程施工灌浆施工技术的特点

水利水电工程施工灌浆施工技术具有显著的特点, 主要体现在其广泛的应用范围、复杂的技术要求和显著的工程效果。灌浆技术通过将浆液注入岩体或土体中的裂隙或孔隙, 有效增强地基的稳定性和防渗性能, 广泛应用于大坝、隧洞、基础加固和防渗处理等工程。其技术要求复杂, 涉及浆液配比、注浆压力、注浆速度和注浆量等多个参数, 需要根据工程地质条件和施工要求进行精确控制。灌浆施工技术的工程效果显著, 能够有效填充岩体或土体中的裂隙, 提高地基的承载能力和抗渗性能, 确保工程的安全性和耐久性。此外, 灌浆技术还具有施工灵活性强、适应范围广泛的特点, 能够根据不同工程需求进行针对性设计和施

工。随着新材料和新工艺不断发展, 灌浆技术也在不断优化和升级, 如采用高性能浆液、智能注浆设备和实时监测系统, 进一步提高施工效率和质量。通过科学的研究和应用, 灌浆施工技术为水利水电工程的高效施工和安全运行提供了坚实的技术支撑。

2 水利水电工程施工灌浆施工技术的应用优势

2.1 提高地基稳定性和承载能力

水利水电工程施工灌浆施工技术的应用优势之一是显著提高地基的稳定性和承载能力。通过将浆液注入岩体或土体中的裂隙或孔隙, 灌浆技术能够有效填充空隙, 增强地基的整体性和密实度。这种加固方式能够显著提高地基的承载能力, 确保工程结构的安全性和稳定性。特别是在复杂地质条件下, 如软弱地基或破碎岩体, 灌浆技术能够有效改善地基的力学性能, 减少沉降和变形, 为工程的长期稳定运行提供保障。通过精确控制浆液配比和注浆参数, 灌浆技术能够实现地基的均匀加固, 确保工程结构的安全性和耐久性。

2.2 增强防渗性能和抗渗能力

水利水电工程施工灌浆施工技术的应用优势之二是显著增强防渗性能和抗渗能力。通过将浆液注入岩体或土

体中的裂隙或孔隙,灌浆技术能够有效填充渗漏通道,形成连续的防渗帷幕,阻止水流的渗透。这种防渗处理方式能够显著提高工程的抗渗能力,确保工程结构的安全性和耐久性。特别是在大坝、隧洞和地下工程中,灌浆技术能够有效防止渗漏,减少水资源的损失,提高工程的运行效率。通过精确控制浆液配比和注浆参数,灌浆技术能够实现防渗帷幕的均匀分布,确保工程结构的防渗性能和抗渗能力。

2.3 提升施工效率和工程质量

水利水电工程施工灌浆施工技术的应用优势之三是显著提升施工效率和工程质量。灌浆技术具有施工灵活性强、适应范围广的特点,能够根据不同工程需求进行针对性设计和施工。通过采用高性能浆液和智能注浆设备,灌浆技术能够实现快速、均匀的注浆,提高施工效率。同时,灌浆技术能够通过实时监测系统,精确控制注浆参数,确保施工质量。特别是在复杂地质条件下,灌浆技术能够有效解决施工难题,提高工程的施工效率和工程质量。通过科学的研究和应用,灌浆施工技术为水利水电工程的高效施工和安全运行提供了坚实的技术支撑。

3 水利水电工程施工灌浆施工技术的应用研究

3.1 大坝基础加固与防渗处理

水利水电工程施工灌浆施工技术在大坝基础加固与防渗处理中具有重要应用。大坝作为水利工程的核心结构,其基础的稳定性和防渗性能直接关系到工程的安全性和耐久性。灌浆技术通过将浆液注入大坝基础岩体或土体中的裂隙或孔隙,有效填充空隙,增强地基的整体性和密实度。这种加固方式能够显著提高大坝基础的承载能力,减少沉降和变形,确保大坝的长期稳定运行。同时,灌浆技术能够在大坝基础中形成连续的防渗帷幕,阻止水流的渗透,提高大坝的防渗性能。通过精确控制浆液配比和注浆参数,灌浆技术能够实现大坝基础的均匀加固和防渗处理,确保大坝的安全性和耐久性。此外,灌浆技术还能够适应复杂的地质条件,如软弱地基或破碎岩体,通过针对性的设计和施工,解决大坝基础加固中的技术难题。通过科学的研究和应用,灌浆施工技术为大坝基础加固与防渗处理提供了坚实的技术支撑,确保水利工程的高效施工和安全运行。

3.2 隧洞围岩加固与堵水处理

水利水电工程施工灌浆施工技术在隧洞围岩加固与堵水处理中具有重要应用。隧洞作为水利工程的重要组成部分,其围岩的稳定性和堵水性能直接关系到工程的安全性和运行效率。灌浆技术通过将浆液注入隧洞围岩中的裂隙或孔隙,有效填充空隙,增强围岩的整体性和密实度。这种加固方式能够显著提高隧洞围岩的承载能力,减少围岩的变形和塌方,确保隧洞的长期稳定运行。同时,灌浆技术能够在隧洞围岩中形成连续的堵水帷幕,阻止水流的

渗透,提高隧洞的堵水性能。通过精确控制浆液配比和注浆参数,灌浆技术能够实现隧洞围岩的均匀加固和堵水处理,确保隧洞的安全性和运行效率。此外,灌浆技术还能够适应复杂的地质条件,如破碎岩体或高水压区域,通过针对性的设计和施工,解决隧洞围岩加固中的技术难题。通过科学的研究和应用,灌浆施工技术为隧洞围岩加固与堵水处理提供了坚实的技术支撑,确保水利工程的高效施工和安全运行。灌浆技术的应用不仅提高了隧洞的稳定性和堵水性能,还减少了施工过程中的风险,为隧洞的长期稳定运行提供了可靠保障。

3.3 基础工程加固与沉降控制

水利水电工程施工灌浆施工技术在基础工程加固与沉降控制中具有重要应用。基础工程作为水利工程的重要组成部分,其稳定性和沉降控制直接关系到工程的安全性和耐久性。灌浆技术通过将浆液注入基础岩体或土体中的裂隙或孔隙,有效填充空隙,增强地基的整体性和密实度。这种加固方式能够显著提高基础工程的承载能力,减少沉降和变形,确保工程的长期稳定运行。同时,灌浆技术能够通过精确控制浆液配比和注浆参数,实现基础工程的均匀加固和沉降控制,确保工程的安全性和耐久性。此外,灌浆技术还能够适应复杂的地质条件,如软弱地基或高压压缩性土层,通过针对性的设计和施工,解决基础工程加固中的技术难题。通过科学的研究和应用,灌浆施工技术为基础工程的高效施工和安全运行提供了坚实的技术支撑。灌浆技术的应用不仅提高了基础工程的稳定性和承载能力,还减少了施工过程中的风险,为工程的长期稳定运行提供了可靠保障。

4 水利水电工程施工灌浆施工技术的应用管理措施

4.1 建立完善的灌浆施工管理体系

该体系通过制定详细的施工计划、技术标准和操作规程,确保灌浆施工的规范化和标准化。管理体系应包括浆液配比、注浆压力、注浆速度和注浆量等关键参数的控制标准,确保施工过程的精确性和一致性。同时,管理体系应建立严格的质量控制机制,包括施工前的准备工作、施工中的实时监测和施工后的质量验收,确保灌浆施工的质量和效果。施工前的准备工作包括地质勘察、浆液配比试验和设备调试,确保施工条件符合设计要求。施工中的实时监测包括注浆压力、注浆速度和浆液扩散范围的监测,及时发现并解决施工中的问题。施工后的质量验收包括灌浆效果的检测和评估,确保灌浆施工达到设计要求。通过建立完善的灌浆施工管理体系,可以实现施工过程的高效管理和质量控制,确保灌浆施工的安全性和可靠性,为水利水电工程的高效施工和安全运行提供坚实保障。此外,管理体系还应包括应急预案和风险管理机制,确保在施工过程中能够及时应对突发情况,减少施工风险。通过科学

的管理和严格的执行,灌浆施工管理体系能够为水利水电工程的高效施工和安全运行提供坚实保障。

4.2 加强施工人员的技术培训与考核

施工人员是灌浆施工的直接执行者,其技术水平和操作能力直接影响施工质量和效果。因此,需要定期组织技术培训,向施工人员传授灌浆施工的操作技能和维护知识,提高其技术水平和质量意识。培训内容应包括浆液配比、注浆设备的使用方法、注浆参数的控制和常见故障的排除等,确保施工人员能够熟练操作灌浆设备。同时,应建立严格的考核机制,对施工人员的技术水平和操作能力进行定期考核,确保其具备胜任灌浆施工的能力。考核内容应包括理论知识和实际操作,确保施工人员全面掌握灌浆施工的技术要点。通过加强施工人员的技术培训与考核,可以提高施工队伍的整体素质和技术水平,确保灌浆施工的高效进行和质量控制,为水利水电工程的高效施工和安全运行提供坚实保障。此外,还应建立激励机制,鼓励施工人员积极参与技术培训和创新,提高施工队伍的技术水平和创新能力。通过科学的管理和严格的考核,施工人员的技术水平和操作能力能够得到显著提升,确保灌浆施工的高效进行和质量控制,为水利水电工程的高效施工和安全运行提供坚实保障。

4.3 引入先进技术与设备提升施工效率

随着科技的不断发展,灌浆施工技术和设备也在不断升级和优化。通过引入高性能浆液、智能注浆设备和实时监测系统,可以显著提高灌浆施工的效率 and 精度。高性能浆液具有更好的流动性和固化性能,能够有效填充岩体或土体中的裂隙,提高灌浆效果。智能注浆设备能够实现注浆过程的自动化和精确控制,减少人工干预,提高施工效率。实时监测系统能够对施工过程进行全程监控,及时发现并解决问题,确保施工质量和安全。通过引入先进技术与设备,可以显著提升灌浆施工的效率和质量,确保水利水电工程的高效施工和安全运行,为工程的可持续发展提供坚实的技术支撑。此外,还应加强对先进技术与设备的研究和应用,不断优化灌浆施工的技术和工艺,提高施工效率和质量。通过科学的研究和应用,先进技术与设备能够为灌浆施工提供高效、可靠的解决方案,确保水利水电工程的高效施工和安全运行。通过引入先进技术与设备,灌浆施工的效率和质量能够得到显著提升,为水利水电工程的高效施工和安全运行提供坚实保障。

4.4 加强施工过程的监督与质量控制

水利水电工程施工灌浆施工技术的应用管理措施之四是加强施工过程的监督与质量控制。施工过程的监督与质量控制是确保灌浆施工质量和效果的关键环节。通过建立严格的监督机制和质量控制体系,可以及时发现并解决施工中的问题,确保灌浆施工的质量和效果。监督机制应包括施工前的准备工作、施工中的实时监测和施工后的质量验收,确保施工过程符合设计要求。施工前的准备工作包括地质勘察、浆液配比试验和设备调试,确保施工条件符合设计要求。施工中的实时监测包括注浆压力、注浆速度和浆液扩散范围的监测,及时发现并解决施工中的问题。施工后的质量验收包括灌浆效果的检测和评估,确保灌浆施工达到设计要求。通过加强施工过程的监督与质量控制,可以确保灌浆施工的质量和效果,为水利水电工程的高效施工和安全运行提供坚实保障。此外,还应建立完善的质量控制体系,包括施工过程中的质量检查和质量评估,确保施工过程符合设计要求。

5 结束语

灌浆施工技术在水利水电工程中的应用研究,为工程质量和安全提供了重要保障。通过不断优化和创新灌浆技术,可以有效提高地基的稳定性和防渗性能,降低施工风险。未来,随着新材料和新工艺的进一步发展,灌浆技术将在水利水电工程中发挥更大作用,为工程的可持续发展提供坚实的技术基础。

【参考文献】

- [1]臧盛阁. 水利水电工程施工中的灌浆施工技术[J]. 全面腐蚀控制, 2025, 39(1): 90-92.
 - [2]张天翔. 水利水电工程中灌浆施工技术的应用[J]. 工程建设与设计, 2024(18): 191-193.
 - [3]邓宁. 水利水电工程施工中帷幕灌浆施工技术应用研究[J]. 水上安全, 2024(10): 157-159.
 - [4]戴炜. 水利水电工程施工中采用灌浆技术的成效分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(21): 101-103.
 - [5]王继福. 灌浆技术在水利水电工程施工中的应用[J]. 水利科学与寒区工程, 2023, 6(2): 92-94.
 - [6]董洪良. 水利水电工程大坝施工中灌浆技术的应用分析[J]. 冶金管理, 2022(3): 109-111.
- 作者简介: 吴永贤, 男, 汉族, 广东佛山人, 中级工程师, 专业: 水利水电管理。

公路路面基层防水施工技术解析

刘 亮

新疆生产建设兵团第十师交通运输服务中心, 新疆 北屯 836099

[摘要] 由于车辆荷载、环境因素等多重影响, 公路路面常常出现松动、沉降、龟裂和损坏等病害现象。为有效应对这些问题, 有必要对公路路面基层受到水害影响的原因进行分析, 并探讨公路路面基层防水处理的意义。通过详细分析路面基层防水施工技术的应用过程, 可以更好地提升道路的平整度和行车舒适性, 进而为公路路面基层防水施工提供有效的技术参考和实践指导。

[关键词] 公路路面; 基层防水; 施工技术; 防水技术

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15648

中图分类号: U416.1

文献标识码: A

Analysis of Waterproofing Construction Technology for Highway Pavement Base

LIU Liang

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

Abstract: Due to multiple factors such as vehicle loads and environmental factors, road surfaces often suffer from diseases such as looseness, settlement, cracking, and damage. To effectively address these issues, it is necessary to analyze the reasons for the impact of water damage on highway pavement base and explore the significance of waterproofing treatment for highway pavement base. By analyzing in detail the application process of waterproofing construction technology for road base, the smoothness and driving comfort of roads can be better improved, providing effective technical reference and practical guidance for waterproofing construction of highway road base.

Keywords: highway pavement; base waterproofing; construction technology; waterproof technology

引言

随着交通量的增加及道路使用寿命的延长, 公路路面基层防水施工已经成为现代公路建设中不可忽视的重要环节。作为道路结构的关键组成部分, 路面基层直接关系到整体路面的承载能力与使用寿命。水分渗透、湿气积聚等问题常由长期的交通荷载、天气变化及地下水位波动引发, 从而影响基层材料的性能, 导致土壤松软, 甚至出现裂缝或沉降, 严重时可能威胁道路的安全性及稳定性。为防止水分渗透, 确保路面基层的强度与耐久性, 采取有效的防水施工技术显得尤为重要。防水施工技术的应用能够有效减轻水分对路面基层的不利影响, 提高路面的抗压性、抗冻性及抗渗透性。随着公路建设技术的不断进步, 防水材料创新与施工工艺的发展, 为防水施工提供了新的机遇。然而, 实际施工过程中仍面临诸多挑战, 包括环境因素、施工质量控制、材料选择及施工工艺的执行等。因此, 公路路面基层防水施工中的关键问题及应对措施的分析, 不仅有助于施工质量的提高, 还能延长路面使用寿命, 降低后期维护成本。本文将深入探讨防水施工技术的要点、常见问题及其解决策略, 旨在为公路工程质量管理与技术优化提供参考与指导。

1 公路路面基层防水施工的必要性

公路路面基层防水施工是确保公路结构长期稳定性与安全性的关键措施。在公路建设中, 路面基层常常与地

面水分、地下水以及降雨等外部水源直接接触。如果这些水源未能得到有效隔离, 水分便可能渗透至路面结构内部, 进而导致基层受潮、软化, 甚至出现裂缝与沉降等严重问题。通过防水施工, 水分的渗透能够有效阻止, 从而保护基层免受水的侵害, 并延长路面结构的使用寿命。尤其在降水量大、湿气重或地下水位较高的地区, 防水施工显得尤为关键。只有采取合理的防水措施, 路面才能在面对不同气候与环境条件时, 依然保持良好的承载能力与性能, 避免水分渗透所引发的结构损坏。此外, 防水施工还能够减少后期维护的频率与成本, 从而提升公路的综合效益。因此, 公路路面基层的防水施工不仅有助于提高路面的质量与耐用性, 更对保障交通安全及降低养护成本具有重要意义。

2 公路路面基层防水施工中的常见问题

2.1 防水层的破损问题

在公路路面基层防水施工中, 防水层破损是常见的施工缺陷之一。作为防止水分渗透的关键屏障, 防水层的破损将导致水分直接进入基层, 进而影响路面结构的稳定性与使用寿命。防水层破损的原因较为复杂, 既可能源自施工过程中操作不当, 例如防水材料铺设不均匀、接缝处理不当等, 导致局部区域的防水层无法有效密封; 也有可能受到外部因素的影响, 诸如车辆行驶过程中产生的压应力、温度波动引起的膨胀与收缩, 或地面沉降等因素, 这些都

会对防水层产生物理压力,进而引发裂缝或剥离^[1]。长期暴露于外部环境中的防水层,尤其是在暴雨、强紫外线照射以及寒冷气候等极端条件下,其防水材料的老化与硬化将导致性能衰退,从而增加破损的风险。

2.2 防水层的渗透问题

防水层的渗透问题通常源于防水材料的性能不足或施工过程中的缺陷。当防水层的材料不具备足够的抗渗透能力时,水分便容易通过防水层渗入基层,长期积聚在基层内部,导致基层逐渐受潮、软化甚至发生结构损坏。防水材料的性能不足,可能表现为耐水性差、抗紫外线能力弱或抗冻性差,尤其在极端气候条件下,材料容易老化或失去原有的防水功能。此外,施工过程中若存在操作不当,也会加剧防水层的渗透问题。例如,接缝处理不当、铺设不均匀或防水层厚度不达标等,都会导致防水层的密封性不足,使水分从薄弱部位渗透进基层。随着时间的推移,积水会侵蚀基层结构,降低其承载能力,甚至可能导致路面出现裂缝、沉降等问题,从而严重影响路面的稳定性与耐久性。

2.3 防水层与基层的黏结问题

在公路路面基层防水施工中,防水层与基层之间的黏结问题是一个常见且关键的技术难题。若防水层与基层的黏结力不足,水分便容易渗透到基层,导致基层受潮、劣化,从而影响路面的承载能力与稳定性。黏结不良的原因较为复杂,与多个因素密切相关。基层表面处理不当是其中一个重要原因。如果基层表面存在杂质、油污、尘土或水分,防水材料便难以与基层充分接触,导致黏结力的缺失。此外,防水材料本身的性质也可能影响黏结效果。若防水材料与基层不兼容或材料附着力较弱,黏结力将无法牢固保持。施工工艺的缺陷也是导致黏结不良的重要因素之一。若防水材料涂布不均匀、施工环境的温湿度不适宜,或防水层在铺设过程中受到机械性损伤,都会导致防水层与基层之间黏结力的不足。

2.4 环境因素对防水施工的影响

环境因素对公路路面基层防水施工的影响不容忽视,尤其是在施工过程中,气候条件与自然环境对防水层的质量及施工效果具有直接影响。温度与湿度的变化是最常见的环境因素之一。高温会导致防水材料在铺设过程中迅速干燥,从而影响其附着力与均匀性;而低温则可能导致防水材料固化不完全,进而降低其防水性能。此外,湿度的变化同样会影响施工效果,过高的湿度可能使材料吸水性增强,影响其黏结性与防水性能。风力也是影响施工的重要因素,强风会干扰施工进度,导致防水材料的涂布或铺设不均匀,从而影响防水层的整体质量。在雨季或潮湿环境下施工时,降水与高湿度会使防水材料的性能下降,甚至可能导致施工暂停或延期^[2]。除了气候因素外,施工现场的地质与土壤条件同样对防水施工有着重要影响。在地下水位较高的区域,水分渗透容易发生,从而给防水施工

带来额外的压力。

3 公路路面基层防水施工的质量控制措施

3.1 施工前的质量评估

施工前的质量评估在公路路面基层防水施工中起着至关重要的作用,涉及对施工现场、设计方案、材料选择及施工工艺等多个方面的综合审查与评估,其目的是确保施工的可行性与防水层的长期有效性。质量评估的首要环节是对施工现场的勘察,需要全面调查地质条件、地下水位、气候变化等多个因素。不同的土壤类型与地下水位会对防水层设计产生不同的要求,尤其在水文条件较为复杂的地区,地下水的波动可能引发渗水问题。因此,防水设计应根据实际情况进行适配。土壤的渗透性、湿度较高地区的施工温度,以及降水频繁等因素,都将影响防水效果,需根据这些特点选择合适的防水材料与方法。防水材料的选择需经过严格的技术评估,确保材料的性能、耐用性与施工适应性符合项目要求,特别是在高温、高湿或寒冷等极端环境下,材料的表现需得到充分考虑。同时,材料的来源及质量检查同样不可忽视,所有使用的材料应符合国家标准,并通过严格的检测程序。施工工艺与技术方案的评估同样至关重要,防水层的铺设厚度、接缝处理方式及施工工艺必须符合设计标准。防水施工的效果直接受工艺影响,若工艺不当,如涂层不均匀、接缝处理不当,防水层便容易出现裂缝或剥离,进而发生水分渗透。施工团队的技术能力与经验也是质量评估的关键环节,施工人员是否熟悉相关规范与操作细节,尤其是在复杂环境下的应急处置能力,将对最终施工质量产生重大影响。

3.2 施工过程中的质量监控

施工过程中的质量监控是确保公路路面基层防水施工符合设计要求与规范标准的关键环节。其核心目标是在施工过程中实时跟踪、分析及调整,以确保防水层的施工质量始终保持在可控范围内。在材料质量控制方面,材料一旦到达现场,必须按照相关标准对每批次进行质量检测。这包括对防水膜、涂料、黏结剂等材料的物理性能、化学成分及耐久性等进行抽样检查,以确保符合设计要求。若发现不合格材料,应立即更换,确保不合格材料绝不进入施工现场。施工时,必须严格按照设计图纸与技术规范进行操作,确保每个环节都由专门的质检人员进行现场监督,保证施工工艺、材料使用及施工方法符合标准。每道工序完成后,施工人员需进行自检与互检,并由质检员复核,确保每一层防水层的厚度、均匀性及密实度符合要求。特别是在防水层的接缝处理与转角部位,由于其易成为薄弱环节,施工过程中需要特别注意接缝的处理方式、材料铺设方法及施工质量控制。施工过程中的环境因素也应进行实时监控。气候条件,如温湿度与风速,会直接影响防水材料的施工性能。例如,高温可能导致材料过快干燥,低温则可能导致材料固化不完全。为了确保施工质量,施工

时必须依赖气象数据与环境监控设备,实时监控气候变化,并根据变化调整施工计划,确保防水施工在最佳条件下进行。此外,施工过程中的质量监控应结合现代技术手段。引入 BIM 技术与项目管理软件,能够通过实时数据监控与分析,跟踪施工进度、质量与成本等各个方面,及时为施工管理者提供反馈。这种方式有助于迅速发现施工中的质量隐患,并及时采取调整措施。同时,定期进行质量检查与反馈,有助于对施工质量进行阶段性评估,确保所有环节均符合设计要求与施工标准。

3.3 施工后的质量验收

施工后的质量验收在公路路面基层防水施工中至关重要,直接影响到项目的整体质量与长期使用效果。验收应按照规定标准与技术要求,在防水层施工完成后进行。主要检查内容包括防水层的完整性、厚度、密实度以及与基层的黏结情况。厚度是验收的关键指标之一,专业工具需用来对防水层各部位进行抽样检测,确保其达到设计要求的厚度。密实度与均匀性同样是重要验收标准,防水层表面及接缝部位需仔细检查,确认没有气泡、裂缝或脱落等问题,这些问题都会严重影响防水效果。特别是在转角与接缝处,由于施工不当,可能形成水分渗透的薄弱环节,因此,这些部位的检查尤为重要。黏结性检查是验收中的另一重点,防水层必须与基层紧密结合,以避免因接触不良而发生剥离或松动。在验收过程中,施工记录与检测数据需经过严格审查,确保每个工序按要求执行,且使用的材料符合规定^[3]。为了确保防水层在长期使用中的稳定性与有效性,水密性测试还需进行,模拟实际使用时可能遇到的水压环境。耐久性方面,防水层在不同气候条件下的表现亦应评估,包括耐紫外线、耐高温与低温等性能,确保其在复杂环境中的长期稳定性。此外,质量验收还应确保施工现场清理干净,防水层表面无污染物,以免影响后续的使用效果。

3.4 长期维护与性能评估

公路路面基层防水施工的长期维护与性能评估对于保障防水系统的持续有效性至关重要。防水层作为保护路面结构的关键措施,其作用不仅在施工完成后的初期有效,更需在日常使用中持续进行维护,以确保其长期稳定性与防护效果。长期维护的核心任务是定期检查和及时修复。随着时间的推移,防水层可能会受到多种外部因素的影响,包括交通荷载、温度波动、湿度变化以及紫外线的

照射等,导致其发生老化、破损或变形。因此,制定详细的维护计划是至关重要的,防水层的整体状态需定期检查,尤其是接缝、转角和裂缝等易出现问题的部位,确保及时发现隐患并进行修复。清洁与保养也应包括在维护工作中,防止路面上积聚泥沙、垃圾等污染物,这些物质可能会影响防水层的正常功能。若在施工过程中或使用期间发现性能不达标情况,应采取修补或加固措施,以防问题进一步恶化。性能评估是对防水层使用状态的全面分析,涵盖水密性、抗渗透性、抗老化性能及与基层的黏结力等方面。通过定期的性能检测,防水层的使用寿命可以得到准确了解,评估其是否仍符合设计要求,以及是否能够持续应对长期的环境变化^[4]。此外,性能评估还需考虑外部因素,如气候变化和交通流量等,确保防水层在多变的运行条件下仍能有效发挥其防护作用。

4 结语

公路路面基层防水施工技术在保证道路长期稳定性及延长使用寿命方面起着至关重要的作用。通过采用科学合理的防水措施,水分渗透引发的基层破坏可以有效阻止,从而增强道路的承载能力、抗冻性以及耐久性。在施工过程中,选用合适的防水材料、严格控制施工质量,并同时考虑环境因素的影响,都是确保防水效果的关键。随着技术的不断进步,现代防水施工技术和材料的应用,为公路路面基层防水提供了更多的选择和解决方案。然而,施工后的长期维护与性能评估同样不可忽视,以确保防水层能够持续保持其效果。随着公路建设与维护技术的持续创新,公路路面基层防水施工技术将在提升路面质量及减少维护成本方面,发挥愈加显著的作用。

【参考文献】

- [1] 杨美发. 公路路面基层防水施工技术分析[J]. 低碳世界, 2024, 14(9): 160-162.
- [2] 路国栋. 公路路面基层防水施工技术的应用[J]. 交通世界, 2021(28): 51-52.
- [3] 王会先. 建筑工程防水施工技术分析[J]. 科技资讯, 2024, 22(12): 140-142.
- [4] 王文斌, 张万辉. 路基路面防水施工技术研究[J]. 运输经理世界, 2023(5): 31-33.

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

BIM 技术在建筑工程管理中运用分析

袁付奇

涡阳市政建设集团有限公司, 安徽 亳州 233600

[摘要]随着我国城市化进程的加快, 建筑工程行业迎来了迅速发展的契机, 建筑工程的管理和实施工作受到了越来越多的关注。确保施工质量和保障施工企业的合理利润, 不仅对经济发展、社会稳定具有重要意义, 而且直接影响到人们的生活水平。BIM 技术的引入, 为建筑工程管理带来了更加高效和现代化的手段。本文分析了 BIM 技术的优势, 并探讨了其在建筑工程管理中的具体应用, 旨在为提升建筑工程管理水平提供有力支持。

[关键词]BIM 技术; 建筑工程; 工程管理; 技术运用

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15650

中图分类号: TU71

文献标识码: A

Analysis of the Application of BIM Technology in Construction Project Management

YUAN Fuqi

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

Abstract: With the acceleration of urbanization in China, the construction industry has ushered in a rapid development opportunity, and the management and implementation of construction projects have received increasing attention. Ensuring construction quality and guaranteeing reasonable profits for construction enterprises are not only of great significance for economic development and social stability, but also directly affect people's living standards. The introduction of BIM technology has brought more efficient and modern means to construction project management. This article analyzes the advantages of BIM technology and explores its specific applications in construction project management, aiming to provide strong support for improving the level of construction project management.

Keywords: BIM technology; construction project; project management; technical application

引言

在现代建筑工程管理中, 信息化与智能化技术的应用已成为提升工程质量、优化施工管理、降低成本及提高安全性的重要手段。作为一项创新性的数字化管理工具, 建筑信息模型 (BIM) 技术正逐步改变着传统的建筑行业管理模式。通过三维建模、数据集成、可视化模拟及协同设计等手段, BIM 构建了一个涵盖建筑全生命周期的信息模型, 从规划、设计、施工到运营维护, 实现了高效的管理。相比传统的二维图纸管理方式, BIM 技术提供了更直观、精准的信息表达, 有助于提升各参与方之间的协同效率, 减少了工程管理中的信息损耗与沟通成本。BIM 技术在建筑工程管理的各个环节中, 尤其在质量管理、安全管理及工程进度管理方面, 展现出了尤为显著的应用价值。在质量管理方面, 借助施工前的模拟、碰撞检测与参数化设计等功能, BIM 技术能够提前发现设计中的缺陷与施工中的难点, 从而提高施工精度、减少返工, 并确保工程质量符合相关标准。在安全管理上, 施工过程的动态模拟与仿真分析可通过 BIM 进行, 潜在的安全隐患被识别, 施工组织得以优化, 同时, 结合物联网技术进行实时监控, 从而有效加强了施工安全防护能力。进度管理中, BIM 结合 4D 施工模拟和大数据分析, 能够精准预测工程进度、优化资源配置、

动态调整施工计划, 并大大提高了项目按期交付的可行性。除此之外, BIM 技术在成本控制、绿色建筑设计及建筑智能运维等方面也发挥着不可忽视的作用, 为建筑行业的数字化转型提供了坚实的技术支撑。本文将重点分析 BIM 技术在建筑工程管理中的具体应用, 尤其是在质量管理、安全管理及工程进度管理方面的实施策略、应用场景及其优势。旨在为建筑行业的工程管理创新提供理论依据与实践指导, 推动建筑行业向精细化、数字化及智能化方向迈进。

1 BIM 技术在建筑工程管理中的重要性

BIM (建筑信息模型) 技术在建筑工程管理中的重要性是显而易见的。通过数字化和信息化手段, BIM 显著地提升了工程管理的精确度、协同效率及可视化水平, 为建筑行业的现代化发展提供了有力支持。对项目全生命周期的管理, BIM 能够实现, 从规划、设计、施工到运营维护各阶段都被涵盖。通过提供数据支持, 确保了各阶段的信息能够得到高效传递与共享, 从而解决了信息孤岛的问题, 提高了项目的整体管理效率。BIM 技术的三维可视化功能使得工程参与者能够更直观地理解设计方案、施工流程及结构细节, 从而帮助潜在问题得以提前发现, 优化施工方案, 降低施工风险, 并提升了工程质量。此外, BIM 还通过参数化建模、智能分析与仿真模拟等技术, 精确预测了工程成本、

施工进度及资源消耗,从而优化了项目资源配置,增强了投资回报率。在施工阶段,BIM的碰撞检测功能能够有效避免设计与施工不匹配的问题,减少了返工和材料浪费,进而提高了施工效率与安全性。BIM技术还能够与物联网、人工智能及大数据等技术相结合,推动了智能建造与智慧运维的发展,进一步提升了建筑的可持续性和管理效能。

2 BIM技术在建筑工程管理中的应用

2.1 质量管理应用

2.1.1 事前质量管理

在建筑工程管理中,BIM技术在事前质量管理中的作用至关重要,尤其体现在优化设计方案、提升协同效率、减少施工错误以及增强质量预控能力等方面。通过三维可视化建模功能,BIM能够在施工前对建筑结构、材料选型及施工工艺进行详细的模拟。设计人员可以直观地检查各部分结构的合理性,并通过仿真分析识别潜在的设计缺陷或施工难点,这为优化调整提供了可能,从而避免了设计问题引发的返工或质量隐患。BIM技术还支持各专业的协同设计,通过提供一个统一的数字化模型平台,建筑、结构、机电等不同专业得以共享信息并协同工作。设计的完整性与准确性因此得以提高,同时,也有效减少了专业之间信息不对称所带来的施工问题。碰撞检测功能是BIM技术的另一个关键优势,能够提前识别系统之间的管线冲突、结构干涉等问题,从而优化了施工方案,确保了施工的合理性与可行性,并降低了因协调不当带来的质量风险。结合大数据分析,BIM技术还能利用历史工程数据对施工过程中关键质量控制点进行预测与预警,帮助制定相应的预防措施,确保施工质量符合设计要求及规范标准^[1]。通过这些方式,BIM技术在事前质量管理中发挥了关键作用,有效推动了项目的高效、顺利实施。

2.1.2 事中质量管理

对建筑施工过程的管理是提高工程质量的关键,将BIM技术应用于质量管理环节,可以有效保证施工工期、控制施工成本,并提升施工管理水平。首先,BIM技术通过可视化功能能够对施工节点的构造进行模拟,并直观呈现出来,帮助施工人员合理配置和规划所需材料及工艺。例如,利用BIM技术模拟钢筋节点结构,施工人员能够直观且准确地确定钢筋的位置。其次,BIM技术的应用大大提高了预留孔洞的准确性。在管线布局设置过程中,BIM技术能够对管线的排布方式、尺寸和位置进行确认,并通过自动定位功能精确标定预留孔洞的位置,从而确保了孔洞的准确性和合理性。

2.1.3 安全管理应用

在建筑工程管理中,BIM技术在安全管理方面的应用显著提高了施工安全水平,有效降低了安全事故的发生率,

保障了施工人员的生命安全以及工程的顺利推进。通过三维可视化建模功能,BIM能够对施工现场的空间布局、施工设备的配置以及高风险作业区域进行动态模拟。这样,管理人员能够在施工前识别潜在的安全隐患,并提前制定并实施相应的安全对策。例如,在塔吊、脚手架等施工设备的安装与运行过程中,设备的运行轨迹能够通过BIM进行模拟,可能的碰撞风险被分析出来,并优化了设备布置,从而确保了施工过程中的安全性。BIM技术还支持施工过程的模拟与仿真分析,使得复杂工序(如高空作业、深基坑开挖、大型构件吊装等)能够提前演练。通过这种方式,施工人员得以熟悉操作流程,减少了因经验不足或操作不当所导致的安全事故。此外,结合传感器与物联网技术,BIM能够实现施工现场的实时监测。例如,安全帽的佩戴情况、作业环境的温湿度以及有害气体的浓度等都能得到监控。一旦检测到异常,系统能立刻发出预警,防止安全事故的发生。同样,BIM技术在安全教育与培训中也发挥着重要作用。通过可视化仿真,施工人员可以在虚拟环境中学习安全操作规程,增强了对安全风险的认识及应对能力。这一系列应用有效提升了施工现场的安全管理水平,保障了项目的顺利进行。

2.1.4 根据模拟施工开展安全管理

在建筑工程管理中,BIM技术通过模拟施工过程实现了更为高效的安全管理,显著提高了施工安全性,减少了安全隐患,并优化了施工组织方案。通过BIM的三维可视化功能,整个施工过程得以进行动态模拟,涵盖了场地布置、设备运行、作业流程等各个方面。通过这种模拟,管理人员能够提前识别施工中的潜在安全风险,并据此对施工方案进行优化。例如,在高空作业、大型设备吊装、深基坑施工等高危作业中,施工过程能够通过BIM技术进行模拟,可能出现的安全问题,如起重设备布置是否合理、施工人员的活动范围是否受限、是否存在高空坠落或塌方的风险等,都能得到分析,并据此制定针对性的防护措施。结合施工进度模拟,BIM技术还能够动态分析各个施工阶段的安全风险。例如,检查脚手架的搭设是否符合安全规范,模板支撑体系是否足够稳定,临时施工道路是否安全可靠等。通过这种提前的分析与优化,施工过程中的安全隐患得以在施工前有效消除,从而减少了安全事故的发生。同时,虚拟现实(VR)技术能够与BIM结合,开展安全培训与演练,施工人员得以在虚拟环境中模拟操作,学习应对突发安全事件的措施,从而提高了其安全意识与应变能力。此外,BIM技术与传感器、物联网等技术相结合,能够实现对施工现场的实时监控。例如,塔吊的运行状态得以监测,深基坑周围的土压力变化可以被检测,高空作业人员的行为也能得到监控^[2]。当系统发现异常情况时,预

警能够及时发出,从而增强了安全管理的智能化水平。通过这些应用,施工现场的安全管理效率得到了有效提升,项目的顺利推进得以确保。

2.1.5 安全识别与防护

在建筑工程管理中,BIM 技术在安全识别与防护方面的应用显著提高了施工安全管理的精确度与预见性,有效降低了安全隐患,提升了施工现场的整体安全性。依托三维可视化与信息集成的优势,施工现场的安全风险能够通过 BIM 技术被精准识别,潜在的安全隐患也能提前发现。例如,在深基坑开挖、高空作业、脚手架搭设及大型设备吊装等关键施工环节,施工过程可以通过 BIM 技术进行模拟,分析施工人员的活动范围、机械设备的运行轨迹、周围环境条件等因素,从而识别出可能的坠落、碰撞、坍塌等安全风险,并提出针对性的优化方案。结合碰撞检测功能,BIM 可有效分析施工现场的管线布设、材料堆放、机械设备运行路径等方面,提前识别空间冲突问题,进而优化了施工组织,减少了因不合理布置造成的安全隐患。此外,BIM 技术在安全防护方面同样发挥着重要作用。通过 BIM 模型,能够精准规划各类安全防护措施,例如防护栏杆、临边洞口防护网、灭火器及疏散通道的布置等,确保了施工安全设施的设置合理且有效。结合智能监测系统,BIM 还能够利用物联网传感器对施工现场进行实时监控。这些传感器能够监测高空作业人员是否佩戴安全带、检测施工环境中的气体浓度与温湿度变化,实时跟踪机械设备的运行状态等。当异常被系统发现时,警报能够立即发出,并通知相关管理人员采取适当的应对措施,避免安全事故的发生。与此同时,BIM 还能够与虚拟现实(VR)或增强现实(AR)技术结合,为施工人员提供沉浸式的安全培训,帮助他们在虚拟环境中体验可能发生的安全事故,并学习应急处置方案,从而提升了安全意识与防范能力。

2.2 工程进度管理应用

2.2.1 工程进度预测

在建筑工程管理中,BIM 技术在工程进度预测方面的应用显著提高了施工计划的科学性 with 可控性,确保了项目按时交付,并优化了资源配置。通过结合历史工程数据、施工工艺参数及资源配置情况,项目各阶段的施工进度能够通过 BIM 技术进行精确建模与模拟预测,从而识别潜在的进度风险,并根据需要对施工计划进行调整。BIM 的 4D 建模功能将施工进度与三维模型结合,使得管理人员能够直观地查看不同施工阶段的状态,分析各工程任务的先后顺序、施工流程的合理性及可能出现的进度瓶颈。例如,土建、钢结构、机电安装等各专业的施工任务能够通过 BIM 技术进行模拟,工序之间的衔接情况得以预测,施工

顺序得以优化,从而减少了因工序交叉造成的工期延误。结合大数据分析 with 人工智能算法,BIM 技术可以基于类似项目的进度数据预测施工周期,并评估可能影响工期的因素,如天气变化、材料供应问题以及劳动力短缺等。这些分析为管理人员提供了合理的调整建议,使得施工过程更加可控。BIM 还可以与现场的物联网设备相结合,实时采集施工数据,动态更新施工进度预测模型,确保了预测结果的准确性 with 时效性^[3]。例如,通过监测施工机械的使用情况、材料运输进度以及工人作业效率,施工进度偏差能够被 BIM 系统识别,并自动生成调整方案,如调整施工班次或优化资源调度,从而有效降低了工期延误的风险。进一步地,BIM 技术还能够与施工管理系统集成,实现与工程进度计划的智能匹配。通过这一集成系统,施工进展是否符合既定目标能够被自动检测,并通过可视化界面向管理人员提供直观的进度报告,使得施工管理得以更加高效与精准。

2.2.2 工程进度的管理

在建筑工程管理中,BIM 技术在工程进度管理中的应用显著提升了施工过程的可控性、协同性 with 优化能力,助力项目高效推进并按时完成。通过 4D 建模功能,工程进度计划与三维建筑信息模型得以有机结合,使管理人员能够动态监控施工进展,进度偏差能够及时识别并迅速调整。例如,在施工过程中,实际进度与计划进度通过 BIM 技术实现实时同步,偏差可通过颜色编码或动画模拟等方式直观展示,从而帮助管理者快速定位问题并做出决策。此外,施工组织的优化得以通过 BIM 技术实现,工序衔接效率提高,因工序交叉或资源冲突引起的工期延误得以减少。以机电安装与结构施工并行为例,施工顺序能够通过 BIM 模拟,潜在冲突得以提前识别并优化施工流程,从而避免了返工和资源浪费。结合物联网技术与无线传感器进行智能监控,施工机械的使用效率、材料供应情况以及劳动力出勤率得以监测,确保资源按计划投入,从而减少施工延误的风险。在进度管理方面,BIM 可与项目管理软件及进度管理平台集成,进度数据自动更新,施工进度报告可视化生成,并通过云端共享给各相关方。这一集成提高了沟通效率 with 决策速度^[4]。智能分析功能通过 BIM 的应用,还能够预测施工过程中可能遇到的风险,如天气变化、材料短缺或劳动力波动对进度的影响,并为管理者提供调整方案,例如优化资源调度、调整施工顺序或增加施工班次,从而有效降低了工期延误的可能性。

3 结语

BIM 技术在建筑工程管理中的应用,显著提升了项目管理的效率、精确性 with 协同能力。从质量控制、进度管理到安全防护,BIM 为建筑工程提供了全新的解决方案,帮

助降低了成本、缩短了工期,并确保了施工过程的安全性。尽管在技术推广及行业适应过程中仍面临一些挑战,但随着技术的不断进步与行业逐步接受,BIM有望成为建筑工程管理的核心工具,推动行业向数字化、智能化方向发展。展望未来,建筑行业的可持续发展必将被BIM技术的普及与深入应用所注入积极动力。

[参考文献]

[1]谢龙雄.BIM技术在建筑工程项目管理中的作用与效益分析[J].价值工程,2024,43(34):77-80.

[2]董宇杰.BIM技术在建筑工程管理中运用分析[J].建材发展导向,2024,22(24):85-87.

[3]李娟.BIM技术在建筑工程管理中的应用分析[J].居舍,2021(29):49-50.

[4]朱育铨,李俊华.建筑工程管理中BIM技术的运用分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023(20):60-62.

作者简介:袁付奇(1993.9—),毕业院校:黄山学院,所学专业:土木工程,当前就职单位:涡阳市政建设集团有限公司。

现代建筑设计中的人性化与功能性融合研究

肖邦全

江西省商业建筑设计院有限公司, 江西 南昌 330000

[摘要]随着社会发展与人们生活水平的提高, 现代建筑设计逐渐向着人性化与功能性相结合的方向发展。在满足基本功能需求的同时, 注重建筑空间的人性化设计, 提升使用者的舒适感和体验。通过创新设计理念、合理空间布局、绿色建筑材料应用及智能化技术等手段, 探索功能性与人性的最佳融合方式, 以实现建筑的可持续发展与环境友好。研究表明, 建筑设计的合理性对提升使用体验、增强环境适应性具有重要意义。

[关键词]人性化设计; 功能性; 绿色建筑; 智能化技术; 空间布局

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15680

中图分类号: TU201

文献标识码: A

Research on the Integration of Humanization and Functionality in Modern Architectural Design

XIAO Bangquan

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

Abstract: With the development of society and the improvement of people's living standards, modern architectural design is gradually moving towards the direction of combining humanization and functionality. While meeting basic functional requirements, emphasis is placed on humanized design of building spaces to enhance user comfort and experience. Through innovative design concepts, rational spatial layout, application of green building materials, and intelligent technology, explore the best integration of functionality and humanization to achieve sustainable development and environmental friendliness of buildings. Research has shown that the rationality of architectural design is of great significance in improving user experience and enhancing environmental adaptability.

Keywords: humanized design; functionality; green building; intelligent technology; spatial layout

引言

现代建筑设计不仅仅是构建功能性的空间,更是对居住者需求与体验的深刻理解。在当今社会,建筑不仅要满足基本的使用功能,还应注重人性化、舒适性与环境的和谐共生。随着智能技术和绿色材料的不断发展,如何在设计中有效融合功能性与人性的,成为建筑领域亟待解决的问题。探索这种融合的途径,不仅关乎建筑本身的价值,更直接影响到人们的生活质量和城市的可持续发展。

1 人性化设计的核心理念与实践路径

1.1 设计理念的演变与发展

人性化设计的理念起源于20世纪初期,随着社会对个体需求的重视,建筑设计逐渐从单纯的功能性向更多元化、个性化的发展。早期的建筑设计注重的是满足居住或工作的基本需求,空间功能相对单一^[1]。随着时代的进步,建筑师开始意识到,设计不仅要满足使用功能,更应关注人们的心理需求、情感体验及生活质量。20世纪60年代后,人性化设计逐渐走向成熟,强调人在空间中的主观感受与需求,倡导以人为本的设计理念。在现代建筑中,人性化设计已成为衡量建筑优劣的重要标准之一。

随着科技的进步,尤其是智能化技术的普及,建筑设计不再仅局限于传统的物理空间布局,而是逐步融入了感知技术、互动设计等元素。例如,智能建筑中通过传感器、

智能设备等技术手段,使得建筑空间能够自动响应使用者的需求,如调节温度、湿度、光照等。这一发展不仅提升了居住者的舒适度,还大大提升了空间的功能性和灵活性。现代建筑设计已不再是单纯的技术堆砌,而是综合了心理学、社会学、环境学等学科的多维考量^[2]。

1.2 人性化设计要素的应用

在实际应用中,人性化设计涵盖了多个层面,关键要素包括空间布局、照明、空气流通、材料选择及智能化系统等。首先,合理的空间布局能够满足用户的不同需求,使得每一寸空间都能得到高效利用,同时避免过度拥挤或空旷,增强使用者的舒适感和归属感。例如,住宅中的开放式厨房设计、灵活分隔的多功能厅等,都体现了空间布局的灵活性与人性化^[3]。

照明设计是人性化设计的重要组成部分。通过自然采光和人工照明的结合,不仅提升空间的视觉效果,还能根据时间、天气或季节变化调整室内光线,调节用户的情绪与感官体验。现代建筑中常采用智能调光系统,确保在不同场景下提供最佳的光照效果^[4]。

空气流通和温湿度控制也是人性化设计的关键要素之一。特别是在封闭的室内环境中,良好的通风系统、适宜的温湿度能够提升居住者的健康与舒适度。智能空调和空气净化设备的引入,进一步提升了建筑环境的舒适性。

建筑材料的选择也是人性化设计中不可忽视的部分。选用环保、健康、触感温和的材料,不仅符合可持续发展要求,还能提升空间的质感与舒适度。通过这些要素的综合应用,现代建筑设计能够在满足功能需求的基础上,极大地提升居住者的生活质量。

2 功能性需求与空间布局的有机融合

2.1 功能需求分析与空间规划

功能需求分析是现代建筑设计的首要步骤,它通过对使用者需求的深入理解,为空间规划提供科学依据。不同类型的建筑在功能性需求上各具特色。例如,办公楼需要充分考虑员工的工作流线、休息区与会议区的合理布局;而住宅则需要关注家庭成员的日常生活需求,包括私密空间、社交空间与公共区域的划分。

在进行功能需求分析时,设计师需关注到使用者的不同习惯与生活方式。对于家庭住宅,空间规划需要考虑家庭成员的生活方式差异,例如年长者或孩子的特殊需求,确保每个空间的布局都能适应不同年龄段成员的需求。而在商业建筑中,功能需求分析则需特别考虑工作效率的提升和安全性,尤其是在大型商场、医院、学校等公共建筑中,如何根据不同的功能区域设立合理的流线,避免交叉和拥堵,是空间规划中的一个重要问题。

2.2 空间布局对功能性的优化

空间布局不仅仅是将功能区域合理分配,更是通过布局的合理性优化整体的使用效果。在现代建筑中,空间布局的精妙之处在于如何实现功能性需求与空间形态的最大化结合,提升空间使用的便捷性与舒适性。

空间布局应注重流线的合理性。流线是指使用者在空间中活动的路径,合理的流线设计能够使人们在建筑内快速、便捷地到达目的地。例如,在商业建筑中,设计师应根据顾客的活动轨迹,合理安排商铺的位置、通道的宽度与标识的设置,确保人流的顺畅和各功能区域之间的相互配合。同样,在办公楼的设计中,流线的优化使得员工能够高效地移动,而不浪费时间在不必要的距离上。

空间的开放性与灵活性也是优化空间布局的一个关键方面。现代建筑设计越来越倾向于开放式空间,尤其是在办公和居住空间中,通过减少隔断,增强空间的互动性与灵活性,可以更好地满足人们对于社交、合作、创造力等方面的需求。例如,开放式厨房与客厅、书房与卧室之间的界限模糊设计,不仅提高了空间的视觉通透感,还提升了家庭成员的互动性。

在住宅建筑中,空间布局的优化还应关注功能区的合理组合。厨房、餐厅与客厅的相邻设计,使家庭成员在做饭、用餐与娱乐之间能够快速切换,增加生活的便捷性。而卧室、浴室和衣帽间的合理配置,则能够最大化使用空间,提供更多的私密与舒适感。

空间布局还应兼顾美学与功能性的平衡。设计师通过

调整空间的比例、光线分布、家具布置等方式,使空间不仅具有实用功能,还能提供心理上的愉悦感受。通过合理的布局,使每个空间在满足功能需求的同时,创造出舒适和谐的居住体验。

3 绿色建筑材料在功能性与人性化中的应用

3.1 绿色建筑材料的选择与使用

绿色建筑材料的选择是现代建筑设计中不可或缺的一部分,它不仅考虑到建筑的功能需求,还强调材料对环境的友好性以及对使用者健康的影响。绿色材料通常具有低能耗、低排放、可回收、可再生等特点,能够有效减少建筑对自然资源的消耗,并在使用过程中降低对环境的负面影响。

选择绿色建筑材料时,设计师需综合考虑材料的物理性能、生态性能及生命周期成本。例如,采用高效隔热材料能减少建筑的能源消耗,提升室内温控效果,降低空调和采暖需求,从而降低能源成本。节能型窗户、环保型墙体保温材料等的应用,也能有效改善室内的热舒适性,并延长建筑的使用寿命。此外,低VOC(挥发性有机化合物)的装修材料如环保涂料和地板,可以有效减少室内空气污染,提供更加健康的居住和办公环境。

绿色建筑材料不仅关注其本身的环保性,还需考虑其生产、运输和安装过程中的碳足迹。例如,选择本地生产的建筑材料可以减少运输过程中的能源消耗,降低碳排放,进一步提高建筑的整体绿色性。

3.2 环境友好与用户舒适性的平衡

在绿色建筑设计中,如何平衡环境友好性与用户舒适性是一个重要课题。绿色建筑材料的应用需要确保在减少环境负担的同时,不牺牲使用者的舒适度。为了实现这一平衡,设计师需要注重材料的热性能、声学性能、光照效果等方面的综合考量。

采用高效隔热材料不仅能减少建筑的能量消耗,还能提高室内的热舒适度。在寒冷的冬季,它可以减少热量的流失,在炎热的夏季,则能有效阻止热量的进入,保持室内温度的稳定,减少空调的使用。绿色建筑材料,如低辐射玻璃、透气性墙体材料,不仅提升了建筑的能效,还能保证室内温度的舒适性,避免了过度依赖空调和取暖设备。

绿色材料的声学性能也对用户的舒适性至关重要。在嘈杂的环境中,吸音材料的使用能够有效减少噪音干扰,创造一个宁静的室内环境。例如,使用天然材料如羊毛、麻纤维等在墙面或天花板上的吸音设计,能够优化空间的音响效果,提升居住或办公空间的舒适性。

4 智能化技术助力建筑功能性与人性化双重提升

4.1 智能家居系统的创新应用

智能家居系统作为现代建筑设计的重要组成部分,凭借先进的物联网技术、传感器、自动化控制等手段,实现了建筑功能性和人性化的双重提升。智能家居不仅能够提升居住者的生活质量,还能使建筑空间更加高效、灵活和舒适。

智能照明系统是其中最为常见的一项应用。通过传感器和智能开关,系统能够根据室内外光线强度自动调节灯光亮度,既提高了能源利用效率,又避免了手动调节的麻烦。智能家居系统还可以与用户的生活习惯紧密结合,例如,系统能够根据用户的作息时间自动调节灯光、温度等,提供更加个性化和舒适的居住环境。

智能安全系统的应用也大大提升了建筑的功能性和安全性。通过远程监控、智能门锁、自动报警等技术,用户可以实时了解家庭或办公场所的安全状况,及时做出反应。这些智能技术使得建筑不仅具备高效的功能,还提供了更高的便捷性和安心感。

智能家居系统还通过环境监测功能提升舒适度。例如,智能空调系统能够根据室内温度和湿度自动调节,保持最佳的空气质量和温湿度水平,避免过度使用空调或加热器,从而节省能源的同时也提升居住者的舒适度。

4.2 技术对舒适度与便捷性的提升作用

智能化技术在现代建筑中的应用,不仅提升了功能性,还显著改善了居住者的舒适度和生活便捷性。首先,智能温控系统能够根据居住者的活动和偏好进行自动调节。通过智能传感器,系统能够实时检测室内温度和湿度,自动调节空调或暖气设备,使居住者始终处于最舒适的环境中。同时,这些系统能够根据节能需求调整温度,减少能源浪费。

智能家居系统的便捷性也表现在家电控制和家居环境管理上。用户可以通过手机或语音助手远程控制家中的设备,例如开启或关闭灯光、电器、窗帘等,而不必亲自操作。这种便捷性让生活变得更加轻松,尤其适用于高层住宅或较大面积的建筑中。

智能健康监测技术也对舒适度有着直接影响。通过智能床垫、空气净化器等设备的结合,智能家居系统能够实时监测居住者的健康状况,并根据需要自动调节空气质量、室内温湿度等,提供更加健康的居住环境。

5 现代建筑设计中的可持续性与人性能发展的未来趋势

5.1 可持续设计的理念与挑战

可持续设计理念强调建筑在满足人类需求的同时,不对环境造成负面影响,能够有效利用资源,减少能源消耗,保护自然生态。这一理念不仅关注建筑的能源效率,还涉及到材料的选择、施工过程的环境影响以及建筑运营的可持续性。绿色建筑材料、低碳技术和节能设计已成为现代建筑设计的重要组成部分。

实现可持续设计仍然面临一些挑战。首先,成本问题

是一个关键障碍。绿色建筑材料和环保技术往往比传统材料和技术昂贵,尤其是在初期建设阶段,这使得一些开发商对可持续建筑持保留态度。此外,许多地区的建筑规范和法规对于可持续建筑的要求尚不完善,缺乏统一的标准和实施细则,导致设计和施工过程中存在较大的不确定性。

5.2 未来建筑设计的发展方向与潜力

未来的建筑设计将更加注重人性化 and 可持续性的双重融合,技术的进步和环保意识的提升将推动这一发展方向。随着智能技术、物联网、人工智能等技术的不断发展,未来的建筑将不仅仅是物理空间的构建,更是智能化和动态调整的环境^[6]。建筑将能够根据居住者的需求、气候变化、能源供应等实时进行自动调整,提高能效、舒适度和安全性。

在可持续性方面,未来建筑将更加注重零碳排放和环境友好的材料应用。建筑的设计将不仅关注节能减排,还要实现资源的高效利用和废物的循环再利用。通过大规模应用可再生能源(如太阳能、风能等)、绿色屋顶、雨水收集系统等,建筑将能够实现更高的自给自足,减少对传统能源的依赖。

6 结语

随着绿色技术的不断进步和环保意识的提升,现代建筑设计正朝着更加可持续和人性化的方向发展。可持续设计不仅能够有效减少能源消耗,保护环境,还能提升居住者的舒适度与健康。未来建筑设计将更加注重智能化、生态化与功能性的结合,推动建筑向零碳排放、资源高效利用的目标迈进。随着技术与理念的创新,未来的建筑将更加和谐地融入环境,提供更为舒适、便捷且可持续的生活空间。

[参考文献]

- [1]陈秀,刘何谦.试论人性化设计在建筑设计中的应用[J].中国住宅设施,2023(10):49-51.
- [2]马亚峰.人性化设计在建筑设计中应用研究[J].居舍,2023(7):114-116.
- [3]张艳丽,刘美泽,李子阅,等.校园户外空间人性化探索——以燕山大学为例[J].安徽建筑,2019,26(6):42-44.
- [4]沈婷,轩德军.城市公共环境设计与规划研究[J].湖南城市学院学报(自然科学版),2016,25(4):47-48.
- [5]张熙.居住小区景观中人性化设计研究[D].江苏:苏州大学,2016.

作者简介:肖邦全(1994.9—),男,中级工程师,江西省南昌市。

基于地域文化传承的现代建筑设计创新研究

刘 阳

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]通过分析地域文化对现代建筑设计的影响,探索如何在现代建筑中融合传统文化元素,并提出相应的创新设计方法。结合案例分析和实践经验,重点探讨地域文化的特色元素如何在建筑形态、空间布局 and 材料选择等方面得以传承与创新。通过合理运用现代技术手段和设计理念,使得传统文化元素在保持其本真性的基础上,与现代建筑风格相融合,形成具有地域特色且符合现代审美与功能需求的建筑作品。这一研究不仅促进了地域文化的保护和传承,同时也推动了建筑设计领域的创新发展,提高了建筑的文化价值和社会认同感。

[关键词]地域文化; 现代建筑; 设计创新; 文化传承; 建筑特色

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15628

中图分类号: TU201

文献标识码: A

Research on Modern Architectural Design Innovation Based on Regional Cultural Inheritance

LIU Yang

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

Abstract: By analyzing the influence of regional culture on modern architectural design, this paper explores how to integrate traditional cultural elements into modern architecture and proposes corresponding innovative design methods. Based on case analysis and practical experience, this paper focuses on exploring how the characteristic elements of regional culture can be inherited and innovated in architectural form, spatial layout, and material selection. By utilizing modern technological means and design concepts in a reasonable manner, traditional cultural elements are integrated with modern architectural styles while maintaining their authenticity, forming architectural works with regional characteristics that meet modern aesthetic and functional requirements. This research not only promotes the protection and inheritance of regional culture, but also promotes innovative development in the field of architectural design, enhancing the cultural value and social identity of architecture.

Keywords: regional culture; modern architecture; design innovation; cultural inheritance; architectural features

引言

随着城市化进程的加速,现代建筑设计逐渐趋向于全球化和同质化,地域文化特色在建筑设计中的逐步消失。然而,地域文化作为建筑的根基,承载着独特的历史和人文价值,其在现代建筑中的传承与创新愈发显得重要。如何在现代建筑中保留地域文化的精髓,同时满足现代功能与美学需求,成为建筑设计领域亟待解决的课题。探索地域文化与现代建筑设计的融合,不仅能增强建筑作品的文化深度,还能为创造具有时代感和地方特色的建筑提供全新的思路与实践路径。

1 地域文化元素在现代建筑设计中的价值与作用

1.1 地域文化元素的独特性与传承价值

地域文化元素是指特定地区历史、地理、民族以及生活方式所形成的独特文化符号和建筑特色。这些元素不仅代表了地方的历史记忆,还承载着地方居民的生活智慧与审美情趣。地域文化在建筑设计中的应用,有助于保护和传承传统文化,同时使建筑作品与地方环境、气候、历史背景紧密联系,产生独特的文化气质。例如,浙江山区的民居往往运用传统的木结构与石材,既符合当地的气候条

件,又体现了当地居民的生活方式。将这些地域特色与现代建筑设计结合,不仅能够让建筑在形式上得到创新,也能增强其文化深度和社会认同感。

1.2 地域文化元素在功能性与美学中的双重作用

地域文化元素在现代建筑设计中,不仅具有文化传承的价值,还能在功能性与美学层面提供独特的解决方案。在功能性方面,许多传统建筑元素如回廊、庭院等,经过现代化改造后,仍能有效改善建筑的通风、采光和空间使用效率。此外,利用本地材料和工艺,不仅能够提高建筑的耐用性和舒适度,还能减少建筑对环境的负担,达到绿色环保的效果。美学上,地域文化元素能够为现代建筑注入个性和灵魂,使其不再是冷冰冰的功能性结构,而是具有丰富情感和地域记忆的艺术品。通过现代设计手法对传统元素的再诠释和创新,建筑既能展现现代感,又能体现浓厚的地方特色,形成和谐统一的整体风貌。

1.3 地域文化元素对城市空间与社会认同的影响

现代建筑设计中对地域文化的运用,不仅关乎单体建筑的创新与美学,更对整个城市空间的文化氛围和社会认同产生深远影响。当建筑与地域文化深度融合时,它能够

打破单纯功能主义的局限,为城市空间注入人文关怀与地方记忆,使得城市在现代化进程中依然保持文化的多样性与独特性。此外,这种文化传承与创新还能够增强居民的归属感和认同感,促进社会的文化认同与凝聚力。例如,一些具有地域文化特色的建筑群落或街区,往往能够成为当地居民的自豪感来源,成为城市文化的象征,并为外来游客提供独特的文化体验,推动地区经济与旅游业的发展。

2 传统文化与现代建筑风格的融合路径

2.1 传统建筑元素的现代转化

将传统文化元素与现代建筑风格融合的第一步是对传统建筑元素的现代转化。这一过程不仅是对传统形式的继承,也是对其功能性和美学性的再创造。比如,传统的飞檐、屋脊和装饰图案等建筑细节,在现代建筑设计中可以被简化和抽象化,转化为简洁、流畅的线条和形态,既保留了传统文化的象征意义,又符合现代建筑的审美趋势。此外,传统木材、石材等自然材料在现代建筑中得到了创新应用,通过新的建筑技术和加工工艺,使得这些材料不仅保持其原有的质感和温度,还能满足现代建筑对结构稳定性和功能性的需求。

2.2 地域特色与现代建筑功能的结合

传统建筑往往源自于特定地域的自然环境、社会需求和生活习惯,充分体现了地方性的独特特色。例如,在高温潮湿的热带地区,传统建筑通过屋顶的通风孔、院落式布局和高架结构等方式,优化通风和降温,适应了当地的气候条件。现代建筑设计在面对这些地域特色时,应注重将传统智慧与当代建筑技术相结合,形成更加节能、环保的建筑方案。通过利用新型节能材料、智能化控制系统和高效的空调设备,可以进一步提升建筑的舒适性与能源效率,同时保持地方文化的特色。

此外,现代建筑设计应注重地方性建筑材料和施工方法的运用,以增强建筑与周围自然环境的和谐性。例如,使用本地特有的石材、木材或陶土等材料,不仅可以降低施工成本,减少环境影响,还能使建筑更好地融入当地景观,提升其文化认同感。

2.3 现代技术在传统文化传承中的应用

现代技术在传统文化与现代建筑风格的融合中扮演着关键角色,尤其是在数字化建模、BIM技术(建筑信息模型)和3D打印等领域的应用。这些新技术不仅提升了建筑设计的精度和效率,还为传统文化元素的创新提供了更加灵活的手段。例如,通过数字化建模技术,可以将传统建筑元素如砖雕、木雕等精确地还原并进行创新设计,突破了传统手工艺的局限,使得复杂的传统艺术形式可以在现代建筑中得到更广泛的运用。同时,BIM技术可以有效地管理和协调建筑设计的各个环节,从而实现高效的施工与资源管理,保证了建筑项目的顺利完成。

此外,现代建筑材料和结构体系,如钢结构、玻璃幕

墙等,结合传统文化元素,在保证建筑安全性和功能性的同时,也能保留地方特色。通过巧妙设计,传统元素能够与现代技术相互融合,形成既具备现代舒适性与环保性,又传承地方文化的建筑作品。例如,传统的屋顶造型和木质结构,可以通过现代钢结构进行支撑和优化,不仅保持了传统的美学效果,也提升了建筑的使用性能和耐久性。这种融合为现代建筑带来了更多创新可能,同时弘扬了丰富的地域文化。

2.4 文化认同与现代建筑的社会责任

传统文化的传承不仅仅是对形式的复制,更是对地方文化认同的尊重和表达。现代建筑在吸收传统文化元素时,往往需要承担起更大的社会责任,即在全球化背景下,如何保持地方文化的独特性和多样性。现代建筑设计应该认识到,建筑不仅是满足使用需求的空间,更是承载文化、传递价值的载体。因此,在融合传统文化与现代建筑风格时,设计师应更加注重建筑的文化内涵和社会影响力,使其不仅能回应地方居民的情感需求,还能在更广泛的社会层面促进对地方文化的认同和尊重。通过这一方式,现代建筑设计既能迎合当代社会的需求,又能在多元文化的背景下展现其独特的文化价值。

3 现代建筑设计中地域文化创新实践与案例分析

3.1 地域文化创新设计的实践意义

现代建筑设计中的地域文化创新,强调的是在全球化背景下,如何通过创新手段,使地域文化在建筑设计中得到有效保留与更新。设计师不仅要考虑到地域文化的传承,还需关注到现代技术、材料和功能需求的实现。因此,地域文化创新设计的实践,既是文化遗产保护的延续,也是对建筑形态、空间组织及功能需求的创新突破。通过挖掘地域文化的核心元素并与现代设计理念融合,建筑作品能够实现文化的创新表达与功能的现代化需求。

3.2 案例一:浙江温州市“瓯江文化大厦”

温州市的“瓯江文化大厦”是地域文化创新设计的典型案例之一。建筑外立面采用了温州传统的“瓯江船”造型,结合现代化的玻璃幕墙设计,既展示了地方文化的特色,又避免了传统形式的单一和沉闷。在建筑的空间布局上,设计师灵活运用了传统文化中的“院落式”设计概念,创造出多个开阔的内庭,既符合温州的地域气候特点,又能提供舒适的社交空间。此外,该项目通过采用现代化的环保技术与智能化建筑系统,使得文化元素与现代建筑功能完美融合,不仅提升了建筑的艺术价值,还提高了能源使用效率与居住舒适度。

3.3 案例二:重庆“观音桥商务楼”

重庆的“观音桥商务楼”是将山城文化与现代建筑融合的另一个成功实例。重庆山地的独特地形成为设计灵感的源泉,建筑外观以山脉的轮廓为主题,采用了曲线形状和起伏的外立面,使建筑既体现了山城的地理特征,又具

有强烈的现代感。为了更好地适应山地环境,设计中还特别考虑了建筑的层次感和视野的通透性,通过台阶式布局,避免了传统平面布局的单一性,同时优化了每一层的采光和通风效果。此外,建筑内的室内装饰元素也引入了当地的传统工艺,如铜艺装饰、丝绸织物等,进一步强化了地域文化的传递。

3.4 地域文化创新设计中的挑战与发展方向

尽管地域文化创新设计取得了一定的成果,但在实际操作中仍面临诸多挑战。一方面,传统文化元素的运用往往受到现代建筑技术、结构设计和功能需求的制约,过度装饰或过分还原传统形式可能导致建筑效果的失衡;另一方面,不同地域文化的多样性使得设计的统一性和通用性变得复杂。因此,未来地域文化创新设计的发展应更加注重文化的深层次挖掘,避免单一的表面化处理,推动建筑设计在文化传承与现代需求之间找到更为平衡的路径。

4 面向未来的地域文化传承与建筑设计创新发展趋势

4.1 科技与数字化技术推动地域文化传承创新

随着科技的发展,尤其是数字化技术的普及,地域文化的传承与创新迎来了新的机遇。利用虚拟现实(VR)、增强现实(AR)、3D打印等技术,传统建筑元素可以在现代建筑设计中被更加精准地复原和再创造。通过这些技术手段,设计师可以对历史建筑进行数字化建模和保存,为未来的建筑设计提供灵感和参考。此外,数字化技术还能帮助建筑师进行功能性分析和优化,使得在保留传统文化元素的同时,能够实现更高效、更环保、更智能的现代建筑设计。

4.2 跨文化交流与地域文化的多元融合

在全球化背景下,建筑设计不再局限于单一地区的风格和元素,而是呈现出多元化的发展趋势。在未来的建筑设计中,地域文化不仅要保留自身特色,还需考虑到跨文化交流的需求。不同地区的文化元素可以在设计中进行融合与创新,创造出具有全球视野和地方根基的建筑作品。例如,结合中西方文化的设计模式,既能保持传统建筑的文化脉络,又能融入国际化的设计理念和技术,最终形成一种具有时代感的地域建筑风格。

4.3 可持续发展与地域文化的有机结合

在面向未来的建筑设计中,可持续发展理念将成为重点。地域文化的传承不应仅停留在形式和装饰层面,更应与建筑的生态功能相结合。通过运用本地自然资源、节能环保材料以及可再生能源等手段,建筑设计能够在尊重地域文化的同时,推动绿色建筑理念的发展。例如,利用地

方性材料(如竹子、石材、泥土等)来进行建筑外立面的设计,不仅减少了对外来资源的依赖,还能够降低建筑的碳排放,符合现代建筑的可持续发展要求。

4.4 智能建筑与地域文化的融合趋势

随着智能建筑技术的不断发展,未来建筑将越来越强调自动化、智能化与人性化的设计。在这一过程中,地域文化的融入将不再是单纯的外观设计,而是通过智能技术来提升建筑的功能性和舒适度。例如,通过智能温控系统、光照调节系统等,使得建筑在不同的季节和环境下都能保持良好的居住舒适度,同时结合地方传统的空间布局,创造出具有地域特色的智能化建筑环境。此外,智能建筑还能够通过物联网技术对建筑物进行监控和管理,提高能源利用效率和建筑物的可持续性,实现地域文化与智能化建筑的有机结合。

5 结语

地域文化作为建筑设计的重要元素,不仅承载着丰富的历史与人文价值,也为现代建筑的创新提供了源源不断的灵感。在全球化和城市化的背景下,如何将地域文化与现代建筑设计相结合,既是对传统文化的传承,也是对建筑功能和审美的创新突破。通过现代科技手段和设计理念的应用,传统文化元素可以在建筑中得到更广泛和多样化的呈现,同时满足现代社会对建筑的功能性与可持续性要求。未来的建筑设计将在全球文化交流和技术进步的推动下,进一步探索地域文化的多元融合与创新,创造出更多具有地方特色、时代感和文化深度的建筑作品,推动建筑艺术与文化的共同发展。

【参考文献】

- [1]叶承鲲.地域文化呈现的表象及精神融入现代建筑设计[J].建筑技术开发,2018,45(12):39-40.
- [2]高秘莲.基于地域文化探讨传统建筑对现代建筑的影响[D].江苏:景德镇陶瓷大学,2023.
- [3]张玉平,徐达,王学勇.地域文化视角的现代博物馆建筑设计探析[J].中外建筑,2021(2):166-169.
- [4]谢德连.现代建筑语境下地域文化的空间表达——以湖南长沙昭山潇湘艺术馆为例[J].汉字文化,2018(1):146-147.
- [5]吴德兴.现代建筑设计对地域古建筑文化的传承与创新[J].贵阳学院学报(自然科学版),2020,15(3):111-115.

作者简介:刘阳(1991.12—),男,汉族,毕业学校:西南林业大学,现工作单位:河北建筑设计研究院有限责任公司。

不规则高层建筑设计分析与研究

杨鑫

广西天艺建筑设计有限责任公司, 广西 南宁 530022

[摘要] 不规则高层建筑因其复杂的形态与多样化的功能需求, 在结构设计上要求达到更高的标准。与规则建筑相比, 这类建筑在受力分布、稳定性及抗震性能方面的差异较大, 设计挑战也因此增加。为了确保建筑的安全性, 必须采用先进的设计理念与优化方法, 从而有效保障建筑在多种荷载作用下的稳定性与安全性。

[关键词] 不规则结构; 高层建筑; 结构设计

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15677

中图分类号:

文献标识码: A

Analysis and Research on the Structural Design of Irregular Tall Buildings

YANG Xin

Guangxi Tianyi Architectural Design Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530022, China

Abstract: Irregular high-rise buildings require higher standards in structural design due to their complex forms and diverse functional requirements. Compared with regular buildings, these types of buildings have significant differences in force distribution, stability, and seismic performance, which increases design challenges. In order to ensure the safety of buildings, advanced design concepts and optimization methods must be adopted to effectively guarantee the stability and safety of buildings under various loads.

Keywords: irregular structure; high-rise buildings; structure design

引言

随着城市化进程的加速, 不规则高层建筑因其独特的外观设计与功能需求而逐渐增多, 但这种建筑形式在抗震、抗风等方面面临着较大挑战, 尤其在地震荷载作用下, 容易引发扭转变形, 进而影响整体结构的安全性。因此, 深入研究不规则高层建筑的结构设计, 特别是在探索其稳定性、安全性及关键构件的优化设计方面, 已成为建筑工程领域中的一重要课题。

1 不规则结构的定义

不规则建筑结构的出现, 源于人们对建筑外形和功能的不断追求。随着现代城市化进程的加快, 高层建筑在满足各种使用功能的基础上, 还需要考虑视觉上的美学需求。不同于传统规整的建筑设计, 不规则结构往往打破常规, 使建筑外形更加独特、富有创新, 但这种设计理念也为结构工程师带来了巨大的挑战。尤其是在地震等外部荷载作用下, 不规则建筑结构的质心与刚心往往不重合, 导致建筑容易发生较大的扭转变形, 增加了结构安全性的风险。根据《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010) 与《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010) 等相关规范, 不规则结构可分为平面不规则和竖向不规则两大类。平面不规则主要包括扭转不规则、凹凸不规则和楼板局部不连续等情况。例如, 扭转不规则的建筑, 其楼层最大弹性水平位移可能超过两端弹性水平位移均值的 1.2 倍, 导致结构扭转变形; 而凹凸不规则则指建筑平面出现大幅度凹陷, 超过其总尺寸的 30%; 楼板局部不连续则使楼板尺寸或平面刚度出现急剧变化, 影响整体稳定性。竖向不规则包括

竖向刚度不规则、竖向抗侧力构件不连续以及楼层承载力突变等情况。例如, 竖向刚度不规则指某层侧向刚度不足上一层的 70%, 或是未达到其他楼层侧向刚度的 80%, 这会导致建筑的抗侧力能力下降; 竖向抗侧力构件不连续指抗侧力构件通过水平转换构件向下传递的情况, 容易造成传力不均; 楼层承载力突变则是指某一楼层的抗侧力构件承载力不足上一层的 80%。针对不规则高层建筑的结构设计, 工程师不仅要严格遵循规范要求, 还需要根据项目的造型和功能需求, 进行超规范的计算与分析。为了突破常规的限制, 设计出更加优质和可靠的工程项目, 设计过程中往往需要针对性地解决可能出现的特殊问题。因此, 在不规则建筑的设计与施工中, 结构安全性与稳定性必须得到充分保障, 合理的荷载分析和抗震抗风设计至关重要。本研究将通过具体的工程案例, 深入分析不规则建筑结构的设计方法及其应对策略。

2 不规则建筑结构设计原则与方法

2.1 结构安全性与稳定性要求

在不规则建筑结构设计中, 确保安全性与稳定性是至关重要的。由于这些建筑通常具有复杂的几何形态与结构特征, 设计师面临的挑战显著增加。建筑的安全性不仅仅取决于其对常规荷载的承载能力, 还必须考虑在极端荷载(如地震、风荷载等)作用下的响应。设计时, 荷载传递路径需被仔细分析, 确保荷载能够有效、均匀地分布至各个构件, 从而避免局部失稳或过载现象的发生。稳定性是影响结构设计的核心要素, 尤其是在高层不规则建筑中, 建筑的稳定性直接关系到其在极端条件下的生存能力。以

地震为例,由于质心与刚心的不重合,建筑可能会发生较大的扭转变形,从而威胁到结构的稳定性。提升抗扭转能力应当在设计中得到特别重视,抗侧力构件的合理布置亦有助于增强整体结构的稳定性。为确保安全性与稳定性得到充分保障,设计师通常采取加强核心筒、设置抗震支撑、优化楼板刚度等措施,从而减少建筑在地震等极端条件下的变形与位移。利用结构分析软件进行详细的动力响应分析,不仅可以精准评估抗震能力,还能对整体稳定性提供更为准确的评估。这些设计策略确保了不规则建筑在满足功能需求的同时,能够提供必要的安全保障与稳定性基础。

2.2 荷载分析与结构响应

荷载分析与结构响应在不规则建筑结构设计占据着核心地位,对建筑性能的评估至关重要。荷载分析的目的在于确保建筑能够承受在日常使用中可能遇到的各类荷载,包括自重、活荷载、风荷载、雪荷载及地震荷载等。由于不规则建筑通常具有复杂的形态和荷载分布,设计师必须通过精确的建模与分析,全面考虑各类荷载之间的相互作用及其对结构的综合影响。特别是在地震作用下,荷载分析显得尤为关键。地震荷载不仅产生水平荷载,还可能引发建筑的扭转效应。由于不规则结构中质心与刚心的可能不重合,地震荷载会引起建筑复杂的振动与位移,进而威胁整体稳定性。为此,设计师通过动响应分析、反应谱分析或时程分析等手段,深入评估建筑在不同地震波作用下的反应,确保结构能够有效地消散地震能量,避免发生失稳。风荷载在高层不规则建筑设计中同样是一个关键因素。不规则建筑形态可能导致风流的变化,从而产生局部风压差异。因此,设计师需要结合建筑的风学特性,通过风洞试验或数值模拟等方法,分析建筑在不同风速下的响应,特别是风压对外立面的影响。此外,建筑与周围环境的相互作用,以及荷载在结构各部位的传递与分配,同样需要通过精准的结构分析加以确保,以保证建筑在各种荷载作用下展现出良好的适应性与稳定性。综合荷载分析与结构响应的结果为设计师提供了建筑是否能够在实际使用中安全、稳定运营的依据。通过全面、深入的荷载分析,不仅能够确保结构在常规荷载下的安全性,还能有效应对极端自然条件带来的挑战。

2.3 抗震与抗风设计的综合考虑

在不规则高层建筑的设计中,综合考虑抗震与抗风设计至关重要。高层建筑通常面临两种主要自然力(地震与风力),它们对建筑的影响机制各自不同。基于此,必须在设计阶段同步分析这两种极端荷载,确保建筑在这些极端条件下能够保持稳定。抗震设计的核心任务是确保结构有效抵御地震引起的水平力、振动及扭转效应。由于不规则结构可能导致质心与刚心不重合,地震荷载引发的响应会较为复杂,造成较大的扭转变形。在这种情况下,抗震设计不仅要求合理分配结构的整体刚度,还需通过加固核

心筒、穿层柱以及增强楼板的连接性来减小扭转变形的风险。此外,使用隔震层或阻尼器等减震装置,也能显著提升抗震能力。在抗风设计中,主要考虑风荷载对建筑物的影响。由于高层建筑形态复杂,风压分布常常不均,这可能导致建筑的振动或摇晃,进而影响建筑的舒适性与安全性。因此,抗风设计除了要分析建筑在不同风速下的动态响应外,还应充分考虑建筑的风阻特性。通过优化建筑外立面设计以及加强风荷载传递路径,建筑的抗风能力可得到有效提升。在综合抗震与抗风设计时,必须平衡两者的设计需求。尽管地震荷载瞬时作用剧烈,风荷载则是持续的、长期作用的,但这两种自然力对建筑的稳定性与安全性产生的影响同样深远。通过精确的动态分析与结构优化,结合现有的抗震与抗风设计规范,可以确保建筑在这两种自然力作用下保持理想的稳定性,最终保障高层不规则建筑的长期安全与耐久性。

3 不规则高层建筑的地震与风力作用分析

3.1 地震作用分析

在不规则高层建筑的设计中,地震作用分析占据着至关重要的位置。地震作用通过建筑结构的水平力传递至各层,而不规则结构的特殊性,尤其是质心与刚心的偏离,使得地震作用变得更加复杂。进行地震作用分析的第一步,必须先确定建筑所在的地震烈度区及可能的最大地震加速度,随后,结合建筑的地理位置与土壤条件,进行详尽的地震荷载计算。对于不规则高层建筑,地震作用引发的结构响应通常非常复杂。由于结构的非对称性及独特的几何形态,地震力不仅会引起水平位移,还可能导致较为剧烈的扭转效应。这种扭转效应加剧了建筑的变形,进一步威胁到其稳定性^[1]。为了有效应对这一挑战,必须通过精确的地震响应分析,深入识别建筑的动态特性,包括固有频率与振型,从而确保设计能够有效抑制结构的震动反应。在具体分析中,常用的地震分析方法包括反应谱分析与时程分析。反应谱分析一般用于评估建筑在地震作用下的最大响应,特别在地震强度较大时,能够为结构设计提供可靠的数据支持。而时程分析则通过模拟地震波在不同时间段对建筑结构的实际影响,更能揭示复杂的地震动态效应。对于不规则建筑,时程分析有助于更真实地反映结构在地震中的表现,尤其是在面对不规则荷载分布时,它提供的结果更为精准。最终,通过综合考虑地震荷载与结构响应,设计师能够采取必要的措施,如增加抗震支撑、应用阻尼器、合理设置隔震层等,以增强建筑在地震中的稳定性与安全性。

3.2 风荷载分析

风荷载分析在高层建筑设计中具有不可或缺的地位,尤其在不规则高层建筑中,风的作用变得愈加复杂。在进行风荷载分析时,设计师必须充分考虑建筑所在的风速区、风压以及建筑的风阻特性。风力的影响不仅与建筑的外形、尺寸、材料以及周围环境密切相关,还与风的方向、风速及气候条件的变化息息相关。因此,精确的风荷载分析对

于保障建筑的安全至关重要。对于不规则高层建筑,风荷载的作用显得尤为复杂。由于这些建筑通常具有不对称的形态与外立面,风的作用可能在不同方向上产生不同的响应。这种现象可能导致建筑在风压作用下发生偏转、摇晃甚至扭转,从而影响建筑的稳定性,并可能对其舒适性构成威胁。因此,设计师需要根据建筑的形状与局部特征,精确计算每一层在不同风速下的风荷载分布,尤其是在建筑的高层部分,风荷载的影响尤为显著。风荷载的计算通常基于风压系数、气象数据及建筑几何形态等多个因素。在实际操作中,设计师常采用静态风荷载法与动态风荷载法。静态风荷载法适用于一般建筑的风压估算,而动态风荷载法则能更精确地捕捉风对建筑的动态影响。特别是在极端风速或突发气候条件下,动态风荷载法能够更好地反映建筑结构在实际风荷载作用下的响应。

4 结构关键构件的设计

4.1 穿层柱与转换桁架设计

在不规则高层建筑设计中,穿层柱与转换桁架是至关重要的结构构件。穿层柱的主要作用是连接不同楼层之间的垂直承重体系,必须保证垂直荷载从上层传递到下层时能够稳定可靠。同时,其设计要有效避免因不规则结构而产生的扭转效应及偏心力矩。穿层柱的设计需要特别关注其轴向受力能力与稳定性,确保在各种荷载作用下不会出现过大的位移或屈曲。由于不规则建筑通常具有形态不对称或凹凸不平的特点,穿层柱的布置与设计的难度较大,因此需要精确计算其在不同荷载下的响应。转换桁架则承担着将上层结构荷载转换为下层结构能承受的形式的作用^[2]。尤其在多层建筑中,若存在大开口或特殊结构要求时,转换桁架通常成为承重体系的核心,承受着复杂的力学作用。在设计过程中,转换桁架的受力分配必须合理,以确保其在不同使用条件下保持稳定性。对于大跨度或不规则布置的建筑,桁架的布置要避免受力不均或应力集中的现象。通过对桁架尺寸、材料及连接方式的优化,可显著提升整体结构的稳定性与抗震性能。

4.2 楼板大开洞设计

楼板大开洞设计在高层建筑中较为常见,通常用于布

置管道、空调设备或楼梯井等设施。尽管这种开洞能够提供所需的空间,其对楼板整体受力与稳定性所产生的影响却不容忽视。设计时,开洞的位置、尺寸及楼板的受力特性必须综合考虑,以避免损害楼板的整体刚度与承载能力。开洞应尽量避免开楼板的的关键受力区域,尤其是在支撑点附近,这样可以有效避免对楼板抗弯与抗剪能力的直接影响。对于较大开洞,通常需要通过增设支撑构件或采用特殊结构形式来帮助分担洞口周围的荷载。例如,加强筋或设置转换梁可以有效分散荷载,从而减少局部破坏的风险。在开洞边缘,还需设计适当的加固措施,以确保结构的稳定性与安全性^[3]。此外,楼板大开洞设计必须充分考虑承载力要求。在荷载计算时,不仅要考虑静荷载的影响,还应包括风荷载、地震荷载等外力的作用。通过科学的分析与计算,能够确定洞口周围区域所需的加固强度与加固方法。开洞尺寸的合理控制也至关重要,尺寸过大可能影响楼板的稳定性,而尺寸过小则可能无法满足使用功能的需求。

5 结语

不规则高层建筑的设计涉及诸多复杂问题,尤其在结构的安全性、稳定性与荷载响应方面。通过深入分析不规则结构设计原则、动力特性及关键构件的优化,建筑在地震、风力等自然力作用下的安全性可得到有效保障。随着技术的不断进步,不规则建筑的设计将得到进一步优化,满足功能与美学需求的同时,建筑的整体安全性与稳定性也将得到确保。

[参考文献]

- [1]胡道航.某特别不规则高层建筑结构设计与分析[J].建筑结构,2022,52(23):92-99.
 - [2]招云杰.不规则高层建筑结构设计要点分析[J].工程建设与设计,2021(20):4-6.
 - [3]刘立勋.不规则高层建筑结构设计分析[J].工程技术研究,2021,6(6):204-205.
- 作者简介:杨鑫(1988.11—),毕业院校:河北联合大学,所学专业:土木工程,当前就职单位名称:广西天艺建筑设计有限责任公司,就职单位职务:结构设计,职称级别:中级。

城市公共空间老年人无障碍设施设计研究

于红杰

中土大地国际建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着医疗水平的不断提升等原因, 人口老龄化成为社会发展趋势。城市公共空间的无障碍设施需求增加, 无障碍设施设计日益成为设计师们面临的重要挑战。有效的无障碍设施不仅关乎老年人的生活便利, 还直接影响他们的安全和社会参与。本研究旨在深入探讨城市公共空间中老年人无障碍设施的设计问题, 分析当前设计的实施情况和存在的主要问题, 为应对人口老龄化带来的社会挑战, 公共空间设计正逐步向更具包容性和人性化的方向发展。

[关键词]城市公共空间; 老年人; 无障碍; 无障碍设施设计

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15647

中图分类号: TU984.1

文献标识码: A

Research on the Design of Accessibility Facilities for the Elderly in Urban Public Spaces

YU Hongjie

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

Abstract: With the continuous improvement of medical level and other reasons, population aging has become a social development trend. The demand for accessible facilities in urban public spaces is increasing, and the design of accessible facilities is increasingly becoming an important challenge for designers. Effective accessibility facilities not only affect the convenience of elderly people's lives, but also directly impact their safety and social participation. The purpose of this study is to explore in depth the design issues of accessible facilities for the elderly in urban public spaces, analyze the current implementation status and main problems of the design, and to address the social challenges brought by population aging. Public space design is gradually developing towards a more inclusive and humane direction.

Keywords: urban public space; elderly; accessibility; accessibility facilities design

引言

随着全球老龄化进程的加速, 城市公共空间的无障碍设施设计已成为一个日益重要的议题。老年人群体作为社会中的特殊群体, 其生活质量和安全性在很大程度上取决于公共设施的设计和管理。无障碍设计不仅涵盖了物理空间的改造, 还涉及到对老年人需求的深刻关注与响应。合理的无障碍设施设计能够显著提升老年人的生活便利, 减少在公共空间中遇到的障碍与风险, 从而改善他们的生活质量并促进社会参与感。在城市公共空间的无障碍设施设计中, 必须综合考虑老年人的生理和心理特点, 如视力和听力的衰退、行动能力的降低, 以及对环境的敏感性的降低, 这不仅包括技术要求, 还涉及到对老年人实际需求的全面理解和尊重。本文致力于研究城市公共空间中适用于老年人的无障碍设施设计要点, 分析当前设计的优缺点, 并提出改进建议。通过系统研究无障碍设计原则、设施要点及维护管理, 期望为城市规划和公共设施设计提供有价值的参考, 推动对无障碍环境的重视与实践, 最终实现更加包容和友好的城市公共空间。

1 老年人无障碍设计的基本原则

1.1 人体工程学原理

老年人无障碍设计的基本原则是基于人体工程学原

理, 以确保环境的可达性与舒适性。人体工程学原理专注于设计与人类生理和心理特征的匹配, 通过优化设计来减少使用中的不便和障碍。考虑到老年人身体机能的变化, 如视力、听力的衰退、运动能力的减弱及反应速度的降低, 设计需要特别关注这些因素。具体来说, 无障碍通道的宽度和坡度应经过精心设计, 以保证通行的便利性, 地面必须保持平整且具有防滑功能, 以防止滑倒。扶手和座椅的高度应符合老年人的使用习惯, 确保他们能够轻松操作。同时, 提供清晰的视觉和听觉指示也至关重要, 以帮助老年人更有效地识别和导航周围环境。

1.2 无障碍设计标准和法规

无障碍设计标准与法规是确保城市公共空间能够满足老年人需求的关键依据。这些标准和法规制定了详尽的设计要求和指导原则, 目的是去除物理与环境障碍, 确保所有人, 包括老年人, 都能平等、安全地使用公共设施。这些规范不仅涉及物理空间的设计, 还包括视觉与听觉提示的设置, 以保障老年人在行动、识别和交流方面获得充分的支持。

1.3 老年人特征及需求分析

老年人无障碍设计的基本原则依赖于对老年人特征及需求的深入理解。随着年龄的增长, 老年人的身体机能

和感官能力通常会经历显著变化,包括视力和听力的下降、肌肉力量的减少以及关节灵活性的降低。这些变化带来了更多生活中的挑战,例如行动困难、跌倒风险增加及环境信息识别能力的减弱。为应对这些挑战,无障碍设施设计必须充分考虑这些生理变化,提供与老年人需求相符的设计方案^[1]。例如,应设计宽敞且平稳的通道,配备易于抓握和支撑的扶手,确保座椅和台面的高度适合老年人的使用,同时安装便于操作的门把手和开关。此外,足够的照明和清晰的对比度也是必需的,以帮助老年人更好地识别周围环境。

2 城市公共空间老年人无障碍设施设计要点

2.1 无障碍出入口与走道设计

在城市公共空间的老年人无障碍设施设计中,出入口与走道的无障碍设计不仅是基础要求,更是关乎老年人独立性与尊严的重要体现。应遵循科学设计标准的坡道,其坡度通常不应超过 1:12,以确保老年人及使用轮椅者能够安全而不费力地通行。尤其是在雨雪天气中,坡道表面材料的防滑性能显得尤为重要,防滑处理能够有效减少摔倒的风险。出入口的宽度必须超过标准轮椅的尺寸,通常在 0.9m 以上,以确保无障碍设备的顺利通行。理想的门设计为感应自动门,不仅减少了老年人开关门时的操作难度,还提升了整体使用的便利性和安全性。走道设计同样需要满足一系列无障碍要求,除了保持平整、宽敞以外,地面的材料选择应考虑到减震和防滑效果,从而降低老年人摔倒的可能性。牢固且高度适中的扶手应设置在走道两侧,以便老年人能够随时获得支撑,这一设计不仅能增强老年人的自信心,还能提高他们的活动自由度。走道的宽度不仅要容纳轮椅与行人并行通行,还需留有足够的空间,以防发生拥堵或阻碍。至关重要的是,良好的照明条件也应考虑,照明设计应关注光线的柔和度和均匀度,以避免因强烈的光线对比而导致视觉障碍。通过这样的设计,能够有效提升老年人在城市公共空间中的独立性与安全感。

2.2 无障碍卫生间设计

在城市公共空间的无障碍卫生间设计中,针对老年人的特殊需求,设计不仅应满足功能性要求,更需注重细节的人性化与安全性。空间布局必须充分考虑轮椅的转动半径,通常需要确保至少 1.5m 的直径范围,以便轮椅使用者能够轻松进出并在室内自由转向。应在马桶旁设置牢固的扶手,其位置应与老年人的身高和使用习惯相适应,扶手的高度通常在 0.7~0.85m 之间,扶手材质需坚固防滑,以支持老年人在起身和坐下时的稳定性。卫生间的门设计应采用向外开启或推拉门,以避免紧急情况下门内被阻挡,同时推拉门或自动门的选用,可以减少老年人在进入时的

操作难度,门开启侧设置不少于 0.4m 的门垛为老年人或轮椅使用者提供足够的开门空间。地面材料应使用防滑材料,特别是在湿滑环境中,防滑性能能有效预防老年人滑倒事故的发生^[2]。洗手台和镜子的高度也需考虑轮椅使用者的需求,通常洗手台的高度设置在 0.75m 左右,并需留出下方足够的空间,方便轮椅靠近。为了确保隐私以及在紧急情况下的救助,紧急呼叫按钮应安装在卫生间内,该按钮应位于便于触及的地方,如马桶旁或地面位置,确保老年人即使在跌倒时也能轻松按下。

2.3 无障碍楼梯与电梯设计

在城市公共空间的无障碍楼梯与电梯设计中,考虑到老年人的行动能力下降及多样化需求,设计不仅应满足安全与便捷的基本要求,还需关注细节的完善和功能的多样化。首先,确保每个台阶的高度和深度合理是无障碍楼梯设计的关键,通常台阶高度不应超过 150mm,而台阶深度应保持在 280mm 左右,以减少老年人在上下楼梯时的跨步难度。踏步应采用防滑材质,并在台阶边缘设置醒目的色带标识,方便老年人进行视觉判断,防止踩空或绊倒。扶手的设置同样至关重要,两侧扶手的高度应保持在 0.85m 左右,扶手表面需防滑,且设计应为连续不断,以提供持续的支撑,确保老年人在上下楼梯过程中始终有稳固的抓握点。为了避免老年人在上下过程中因体力不支而增加事故风险,楼梯应配备辅助平台或中途休息区。作为另一个关键设施,无障碍电梯的设计要求更加全面。电梯内部空间必须宽敞,能够容纳轮椅顺畅进出,通常要求电梯内部尺寸不小于 1.5m×1.5m。电梯门的宽度应至少达到 0.9m,以保证轮椅通过时不会受阻。按钮面板的设计必须符合老年人的使用习惯,按钮应设置在 0.8~1.2m 的高度范围内,标识需清晰易读,并应配备盲文或凸起标记,以帮助视力障碍者使用。具有语音提示功能的操作面板,每层楼的到达都应有明确的声音通知,防止老年人因视力下降而错过目的楼层。此外,电梯内部的扶手也是不可或缺的设计元素,需设置在老年人能够轻松抓握的位置,以帮助他们在乘坐过程中保持稳定。电梯的加速与减速过程应平稳,避免突发的震动或晃动给老年人带来不适或安全隐患。

2.4 无障碍停车位与休息设施设计

在城市公共空间中,无障碍停车位与休息设施的设计至关重要,直接影响老年人的出行便捷性与舒适性。应尽量靠近建筑物出入口设置无障碍停车位,以缩短老年人步行距离,并配备明确的无障碍标志。停车位的宽度需超过普通车位,通常为 3.6m,以确保轮椅及其他助行设备能够顺利使用。地面应采用防滑材料,且需设置清晰的地面标识,同时在停车位附近应配备无障碍通道,以确保老年人无障碍通行^[3]。休息设施的合理分布于广场、步道等公

共区域也不可忽视,座椅设计需充分考虑老年人的行动便利性,座高应适中(0.4~0.45m),且座椅两侧应配有坚固的扶手,以便老年人起身时提供支撑。座椅材料应具备耐候性,以避免在极端天气条件下使用时过热或过冷。此外,周围应设置遮阳或防雨设施,以确保老年人在不同天气条件下都能享受舒适的休息环境。

2.5 无障碍信息导向系统设计

城市公共空间的无障碍信息导向系统设计,力求为老年人提供明晰、直观的导航体验,帮助他们实现自主出行。以用户为中心,该系统应采用大字体、高对比度的色彩方案,以确保信息在不同光照条件下依然易于识别。指示牌的设置高度应适宜,通常为老年人视线平行的范围,以避免造成视觉疲劳。此外,导向标识应具备良好的防水和抗晒性能,以适应户外环境的变化。触觉和盲文标识的包含,使得视力障碍者也能够获得必要的信息。在主要通道、交叉口以及重要设施附近,明确的指示牌应被设置,以提供目的地的距离和预计步行时间,便于老年人更好地规划行程。同时,结合现代科技的力量,专门的手机应用程序应被开发,以提供实时的地图导航和公共交通信息,帮助老年人随时了解周围环境。引入语音提示装置,将极大增强老年人的出行安全感,为他们提供语音导航和关键信息。

3 无障碍设施的维护与管理

3.1 定期检查与维护程序

无障碍设施的定期检查与维护对于确保其在长期内保持高效、安全以及无障碍性能至关重要。定期检查应由专业的人员或团队执行,他们需按照既定的标准和频率,对所有无障碍设施进行全面的评估。这包括无障碍通道、坡道、扶手、座椅、卫生间、浴室及公共休息区等设施,检查内容涵盖结构稳定性、功能性及使用便捷性。在检查过程中,应重点关注设施的物理状态,例如地面的防滑性、扶手的稳固程度、门的开关灵活性,以及标识系统的清晰度与可读性。维护程序应涵盖定期的清洁、修理以及更换损坏或老化的组件。例如,保持地面清洁、无杂物,以防滑倒;自动门需要定期润滑和校准,确保其顺畅运行;检查扶手及座椅的固定装置,确保无松动现象,并进行必要的紧固。对于发现的问题,如地面裂缝、扶手松动或照明不足等,维护团队应及时修复或更换,以保障设施的安全性及功能性。此外,定期检查还需包括对设施使用情况的记录与分析,以识别常见问题和趋势,并据此调整改进计划。同时,建立详细的维护记录系统对于记录每次检查与维修的情况,包括发现的问题、采取的措施及处理结果,是十分必要的。这不仅有助于跟踪设施的使用状态,还为未来的维护工作提供重要的数据支持。通过这些系统化的

检查与维护流程,可以有效延长无障碍设施的使用寿命,提升其可靠性与用户满意度,从而确保老年人及其他需要无障碍设施的用户在公共空间中的安全与舒适。

3.2 用户反馈与改进措施

用户反馈与措施改进在无障碍设施的管理中占据着关键地位,它们确保了设施能够持续满足用户需求并提升使用体验。收集用户反馈可以通过多种方式实现,如调查问卷、现场访谈、意见箱以及在线反馈平台等。这些反馈提供了关于设施使用中存在的问题和挑战的具体信息,例如通道宽度是否适宜、扶手是否牢固、标识是否明显等。在收集到反馈后,管理团队需要对其进行深入分析,以确定常见的问题和改进方向。基于这些反馈,相关部门应制定针对性的改进计划。这可能包括对设施设计的调整和优化,例如增加额外的扶手、调整座椅高度、改善照明条件等,以更好地符合用户需求。同时,改进措施实施后,还需定期跟踪其效果,以验证这些措施是否有效解决了用户反馈的问题。部门应与用户保持密切沟通,告知他们改进措施的进展,并鼓励他们继续提供意见和建议。这种持续的反馈循环有助于不断提升无障碍设施的功能性和用户满意度。

3.3 政府和社会组织的角色

在无障碍设施的维护与管理过程中,政府及社会组织发挥着关键作用。政府部门主要负责制定和推行无障碍设计相关的政策与法规,以确保公共设施符合国家及地方的无障碍标准。除了政策制定,政府还需定期开展监督检查,以评估无障碍设施的实际运行状态,确保其维护与管理符合既定标准。此外,政府可以通过资金资助、税收优惠等手段,激励企业和社会组织投入到无障碍设施的建设与改造中^[4]。社会组织,如老年人协会和残疾人权益组织等,也在无障碍设施的管理中扮演了重要角色。这些组织负责收集使用者的反馈,进行需求调研,倡导无障碍设施的改进与优化。它们可以提供专业建议,参与设施的设计和评估,确保这些设施真正满足使用者的实际需求。同时,社会组织通过宣传和教育活动,提升公众对无障碍设计重要性的认识,推动社会对无障碍设施的关注与支持。

4 结语

随着人口老龄化的加剧,城市公共空间的无障碍设施设计显得尤为重要。本研究通过对无障碍设施设计原则、关键要点及其维护管理的系统分析,揭示了当前设计中的挑战及其改进方向。老年人口的增加使得创造一个安全、便利且包容的公共环境成为提升老年人生活质量的关键,同时也是社会发展的必然趋势。设计师和城市规划者应在实际工作中不断探索,将无障碍设计理念融入到公共空间的各个细节中。未来的工作应持续关注老年人需求的变化,

并根据收集的反馈进行相应的改进,以确保无障碍设施能够真正满足老年人的实际需求与期望。通过全社会的共同努力,可以构建一个更加友好与包容的城市环境,让每个人都能平等地享有生活机会和社会参与。

[参考文献]

- [1] 国娟娟. 城市公共空间适老性无障碍设计研究[J]. 城市住宅, 2021, 28(10): 226-228.
[2] 国娟娟. 健康导向下城市公共空间适老化无障碍设计

研究[J]. 科技与创新, 2023(4): 33-36.

- [3] 马力, 张金朝. 宁波市城市公共空间无障碍设施的现状调查与研究[J]. 宁波工程学院学报, 2018, 30(3): 47-51.
[4] 陈从建, 杨翠霞, 王卫, 等. 城市公共空间适老化改造建设策略研究[J]. 城乡建设, 2023(23): 54-57.

作者简介: 于红杰(1986.6—), 女, 汉族, 毕业学校: 河北工程大学, 现工作单位: 中土大地国际建筑设计有限公司。

重型钢结构厂房结构设计分析

王 博

中交四航局港湾工程设计院有限公司, 广东 广州 510290

[摘要]在现代工业蓬勃发展的进程中, 重型钢结构厂房凭借其独特的优势, 成为工业建筑领域不可或缺的关键组成部分。随着制造业、能源业、交通运输业等行业的快速扩张, 对重型钢结构厂房的需求日益增长, 其在工业生产中的地位愈发重要。深入研究重型钢结构厂房的结构设计, 具有重要的现实意义和工程应用价值, 能够为工业厂房的建设提供科学依据和技术支持, 推动工业的持续发展。

[关键词] 重型钢结构厂房; 建筑; 结构设计

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15645

中图分类号: TU392.1

文献标识码: A

Design and Analysis of Heavy Steel Structure Factory Structure

WANG Bo

CCCC FHEC Harbor Engineering Design Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510290, China

Abstract: In the booming process of modern industry, heavy-duty steel structure factories have become an indispensable key component in the field of industrial construction due to their unique advantages. With the rapid expansion of industries such as manufacturing, energy, and transportation, the demand for heavy-duty steel structure factories is increasing, and their position in industrial production is becoming increasingly important. In depth research on the structural design of heavy-duty steel structure factories has important practical significance and engineering application value, which can provide scientific basis and technical support for the construction of industrial factories and promote the sustainable development of industry.

Keywords: heavy steel structure factory building; architecture; structure design

1 重型钢结构厂房结构设计概述

1.1 重型钢结构厂房的特点

重型钢结构厂房与普通建筑有着显著差异, 具备极为鲜明的特点。在工业生产领域, 为契合大型设备的安装需求以及确保生产工艺流程能够顺畅布局, 此类厂房通常需要大跨度与大柱距的空间结构。同时, 重型钢结构厂房需要承受巨大的荷载, 不仅包括重型设备自身的庞大重量, 还涵盖吊车吊运重物过程中产生的动荷载。这些动荷载在吊运过程中会因起吊、平移、制动等操作产生瞬间的冲击力与变力, 对厂房结构形成持续且复杂的压力考验。种种特殊要求无疑对重型钢结构厂房的结构设计提出了极为严苛的挑战, 要求工程师们在结构选型、构件设计等诸多方面进行周全且深入的考量, 并不断探索优化策略, 以保障厂房结构稳固、安全且高效地运行。

1.2 结构设计的基本原则

安全性作为重型钢结构厂房结构设计的基石, 始终是首要遵循的原则。厂房结构需具备强大的强度与卓越的稳定性, 能够从容应对各种可能出现的荷载组合。这些荷载不仅涵盖日常使用时的恒载与活载, 还包括极端气候条件下的风荷载、雪荷载, 以及地震等不可抗力因素引发的偶然荷载。只有如此, 才能确保在极端情况下, 厂房也不会发生如倒塌这般严重威胁生命财产安全的事故。适用性方

面, 要求厂房结构在正常使用状态下, 各项变形、振动等关键指标必须严格契合生产工艺与人员使用的要求。经济性则是在确保安全与适用的坚实基础上, 通过精心开展合理的结构选型、精准进行构件设计以及审慎选用材料等一系列措施, 有效降低建设成本, 大幅提高投资效益。

2 重型钢结构厂房结构设计要点

2.1 荷载计算与取值

2.1.1 恒荷载计算

恒荷载在重型钢结构厂房结构设计里, 是至关重要的基础考量要素, 主要涵盖结构自重、吊车荷载、屋面及墙面材料重量等。其中, 结构自重的计算, 需依据构件的几何尺寸, 结合钢材密度进行精确运算。常见的屋面及墙面材料如彩钢板, 因其轻薄、安装便捷, 在厂房建设中被广泛应用。

2.1.2 活荷载取值

吊车荷载作为重型钢结构厂房活荷载的关键构成部分, 其取值过程较为复杂, 需综合考量吊车的类型、起重量以及工作制等多种因素。以航通公司绿色钢结构装配式建筑制造基地项目中的厂房为例, 其中设置了双层吊车, 分为低层的门式吊车与高层的桥式吊车, 吊车荷载对整体结构影响较大, 且因为吊车的刹车荷载, 重型厂房的基础计算中抗拔计算对结构的稳定性也至关重要。

屋面活荷载的取值同样不可忽视, 它主要取决于厂房

所在地区的气象条件以及屋面构造形式。从大量实际案例来看,屋面活荷载取值范围通常在 $0.3\sim 0.5\text{kN/m}^2$ 之间。不同地区气候条件差异明显,如北方寒冷地区冬季积雪量大,屋面活荷载取值可能偏向较高范围;而南方气候温和地区,取值则相对较低。同时,屋面构造形式也会影响其承受活荷载的能力,复杂的屋面造型可能需要更高的活荷载取值来保障安全。

2.2 构件设计

2.2.1 钢柱设计

钢柱的截面形式极为丰富,其中H型与箱型截面较为常见。在航通厂房项目里,设计团队依据柱的受力特性以及建筑空间的具体需求,做出了科学合理的选择。边柱由于受力相对单一,主要承受竖向压力与较小的弯矩,选用H型截面便能满足其力学性能要求,且H型截面具有制作工艺简单、成本较低的优势,同时在空间占用上也较为经济,能够为厂房内部留出更多可利用空间。

钢柱的强度计算至关重要,需全面考量轴力、弯矩等多种内力组合情况。设计人员会依据相关规范,将计算得出的内力值与钢材的强度设计值进行严格验算,只有当计算结果满足强度要求时,才能确保钢柱在正常使用状态下不会发生强度破坏。稳定性计算则是钢柱设计中的关键环节,涵盖整体稳定性与局部稳定性两个方面。对于整体稳定性,可依据轴心受压构件或压弯构件的稳定计算公式进行精准计算,通过合理控制长细比等参数,保证钢柱在受压过程中不发生整体失稳现象。在局部稳定性方面,构造要求起着关键作用,通过设置加劲肋能够有效提高柱的局部稳定性。加劲肋的布置方式、间距以及尺寸等都需严格按照规范进行设计,确保其能有效约束柱腹板与翼缘的局部变形。同时,钢柱在节点连接部位也有着严格的构造要求,需保证节点连接的可靠性,使力能够在构件之间顺利传递,从而保障整个钢结构厂房的稳定性与安全性。

2.2.2 钢梁设计

钢梁的内力计算需依据其具体受力情况,选取适配的力学模型,常见的有简支梁、连续梁等。以航通厂房的吊车梁设计为例,吊车在运行过程中会产生动力荷载,对钢梁结构产生较大冲击。因此,在设计时采用了考虑动力系数的内力计算方法,该方法通过引入动力系数,将吊车荷载的动力特性转化为等效静荷载,使计算结果更符合实际受力状态,从而确保吊车梁的安全性与可靠性。钢梁的截面设计必须满足强度、刚度与整体稳定性等多方面要求。强度计算涵盖抗弯强度、抗剪强度等关键指标,其中抗弯强度关乎钢梁抵抗弯曲变形的能力,抗剪强度则决定了钢梁在承受剪力时的性能。刚度方面,主要通过严格控制梁的挠度来保障,要求梁在荷载作用下的最大挠度不得超过规范允许值,以此避免因过大变形影响厂房内设备的正常运行。为有效防止钢梁整体失稳,可在适当位置设置侧向

支撑,限制钢梁在平面外的位移。同时,还需科学合理地设计梁的截面尺寸以及翼缘、腹板厚度,通过优化截面形状与尺寸参数,提高钢梁的整体稳定性和承载能力。

2.2.3 吊车梁设计

吊车梁的荷载取值是一项极为复杂且关键的任务,除了要全面考虑吊车运行时产生的竖向荷载外,横向水平荷载与纵向水平荷载同样不容忽视。横向水平荷载主要源于吊车在启动、制动过程中,因小车的水平移动以及吊车桥架的摆动而产生;纵向水平荷载则主要由吊车的纵向运行与制动所引发。在进行内力计算时,影响线法成为精确计算吊车梁在不同荷载位置下内力的有效手段。通过构建影响线,能够清晰地展现出不同位置荷载对吊车梁内力的影响程度,从而为后续设计提供精准数据支持。

疲劳验算对于吊车梁而言至关重要,由于吊车梁长期承受频繁的动力荷载,每一次的荷载作用都可能在其内部产生细微损伤。因此,需依据吊车的工作制(诸如轻级、中级、重级工作制等)以及荷载循环次数,严格按照相关规范要求进行疲劳强度验算。

2.3 节点设计

2.3.1 梁柱节点设计

梁柱节点的连接方式主要有刚接与铰接两种,二者在功能与构造上存在显著差异。刚接节点能够有效地传递弯矩,让结构形成稳固的空间受力体系,对于那些对结构整体性要求极为严苛的建筑场景,如大型工业厂房、高层建筑等,刚接节点无疑是较为理想的选择。相较而言,铰接节点主要承担剪力的传递任务,其构造相对简单,成本也较低,在一些对结构整体性要求不高的建筑结构中应用广泛。

在航通厂房的钢框架结构部分,梁柱节点选用了刚接连接方式。这种连接方式借助焊接与高强度螺栓的协同作用,极大地确保了节点的传力性能。焊接能够使节点部位的钢材实现紧密结合,增强节点的整体性;高强度螺栓则提供了可靠的紧固力,防止节点在受力过程中发生松动。在设计过程中,必须对节点的受力状态展开详细分析,全面考虑弯矩、剪力、轴力等多种力的综合作用。合理设计节点板的尺寸与厚度,确保其在复杂受力情况下不会发生变形或破坏。同时,精心规划螺栓的布置与规格,依据受力计算结果,确定螺栓的数量、间距以及型号,以此保证节点的强度与刚度能够充分满足设计要求,使整个钢框架结构安全可靠地运行。

2.3.2 柱脚节点设计

柱脚节点形式主要分为刚接柱脚与铰接柱脚,这两种形式在力学性能与适用场景上存在显著差异。刚接柱脚具备强大的力学承载能力,能够有效承受较大的弯矩与轴力,因此在框架柱的设计中被广泛采用,它能够对整个结构体系提供稳定的竖向支撑与抗弯约束,确保结构在复杂受力状态下维持稳定。铰接柱脚则有所不同,其主要功能是承受

轴力,在水平位移方面,相较于刚接柱脚,对结构的约束相对较弱,故而适用于一些对水平位移要求不高的柱结构。

在构造层面,柱脚的锚固与防水措施极为重要。锚固措施是确保柱脚与基础紧密连接的关键,防止柱脚在受力过程中出现松动位移,影响整体结构安全。防水措施则旨在应对外界环境因素,水的侵蚀易引发柱脚锈蚀,锈蚀不仅会削弱钢材的力学性能,还可能导致结构连接部位失效。比如在航通厂房项目中,通过在柱脚底板下设置混凝土垫层,混凝土垫层一方面能够分散柱脚传来的压力,另一方面可以起到隔离水汽的作用;同时,对柱脚进行全面的防腐处理,如涂刷高性能防腐涂料等,从多个维度确保柱脚节点在长期使用过程中的可靠性,保障厂房结构的安全稳定运行。

3 重型钢结构厂房结构设计的优化策略

3.1 优化设计的目标与原则

重型钢结构厂房结构设计优化的首要目标是提高结构性能,确保厂房在各种复杂荷载工况下的安全性与稳定性。在地震作用下,优化后的结构应具备良好的抗震性能,能够有效吸收和耗散地震能量,减少结构的破坏程度。通过合理布置支撑体系,增加结构的侧向刚度,使结构在地震作用下的变形控制在允许范围内,保障人员和设备的安全。优化设计还应提高结构的耐久性,降低结构在长期使用过程中因腐蚀、疲劳等因素导致的损坏风险。采用耐腐蚀的钢材或对钢材进行防腐处理,增加结构的使用寿命,减少后期维护成本。

3.2 结构体系优化

以航通厂房项目为例,在初步设计阶段,设计团队秉持严谨态度,对多种结构体系展开了深入且全面的对比分析。团队着重研究了桁架形式的多样化选择,包括三角形桁架、梯形桁架以及平行弦桁架等,并针对不同的布置方式,如正交布置、斜交布置等进行了模拟测算。同时,对支撑系统从支撑形式、支撑间距到支撑材料等多方面进行优化调整。经过一系列复杂的计算与模拟分析,最终确定的钢桁架结构体系脱颖而出。相较于最初拟定的钢框架结构方案,该体系在精准满足厂房空间使用需求以及各类荷载要求的前提下,用钢量成功降低了约 15%,显著提升了项目的经济性。此外,随着建筑技术的不断发展,设计团队还积极探索采用新型结构体系的可行性,如张弦梁结构凭借其独特的预应力技术,可有效提高结构的跨越能力,减少结构高度;索穹顶结构则以其高效的空问受力性能,在大跨度空间中展现出独特优势。在后续设计中,将紧密结合航通厂房的工程实际情况,包括地质条件、周边环境、使用功能等,对这些新型结构体系进行详细论证,充分挖掘并发挥不同结构体系的优势,力求实现结构性能与经济效益的最大化。

3.3 构件截面优化

运用先进的优化算法对构件截面开展全面且深入的优化设计工作。具体而言,需先构建精准的数学模型,此

模型将构件的重量或者造价设定为目标函数,同时把强度、刚度以及稳定性等关键因素作为严格的约束条件。而后,借助功能强大的计算机程序,通过复杂且高效的运算过程,求解出最为适宜的构件截面尺寸。以航通厂房的钢梁设计项目为例,在精心进行截面优化前,设计团队对各项数据进行了详细测算与分析。经过一系列复杂的优化流程后,在完全满足既定设计要求的前提下,钢梁的用钢量成功减少了约 10%。这一显著成果充分表明,这种优化方法不仅能够有力保证结构的安全性与可靠性,还能在钢材消耗方面实现大幅降低,进而有效提高工程项目的整体经济效益,为建筑行业在资源节约与成本控制方面提供了极具价值的实践范例。

3.4 材料选用优化

不同钢材因化学成分、制作工艺的差异,在强度、韧性、耐腐蚀性等性能方面表现各异,价格也随之不同。在重型钢结构厂房的结构设计中,需在满足结构设计要求的前提下,综合考量多种因素,合理选用钢材。例如,对于承受静力荷载、工作环境相对稳定的构件,由于其受力情况较为单一,可选用价格相对较低的 Q355 钢材,该钢材能在保障基本承载能力的同时,有效控制成本。而对于需要承受动力荷载,如吊车梁等频繁承受起吊、制动等动力作用的构件,或是处于高温、高湿、强酸碱等恶劣环境下的构件,对钢材的抗疲劳性能、强度以及耐腐蚀性要求更高,则应选用性能更优的 Q390、Q420 等钢材,确保结构在复杂工况下的安全性与可靠性。

4 结语

本文围绕重型钢结构厂房结构设计展开了深入研究,取得了一系列重要成果。在结构选型方面,全面分析了柱网布置和结构体系选择的关键要点。明确了生产工艺、结构受力性能和经济性是影响柱网布置的重要因素,合理的柱网布置能够提高厂房的空间利用率和结构的稳定性。

随着可持续发展理念的深入,未来的研究还应更加注重重型钢结构厂房的节能环保性能。探索绿色建筑材料和节能技术在厂房设计中的应用,优化厂房的围护结构和能源系统,降低厂房在建设和使用过程中的能源消耗和环境污染,实现重型钢结构厂房的可持续发展。

[参考文献]

- [1] 林利坚. 某钢结构厂房防火设计的分析与探究[J]. 福建建筑, 2024(2): 66-73.
- [2] 李鹏博, 徐佳林, 宋昌旭, 等. 重型钢结构厂房设计与应用分析[J]. 安徽建筑, 2023, 30(4): 60-62.
- [3] 张雪松. 钢结构厂房设计要点及应注意事项分析[J]. Engineering Science Research & Application, 2024(10): 5.

作者简介: 王博(1992.5—), 女, 学历: 硕士, 毕业院校: 沈阳建筑大学, 所学专业: 建筑与土木工程, 目前职称: 工程师。

学校建筑暖通空调系统设计中的安全性与舒适性考量

郝志校

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]采用优化的暖通空调系统设计方法,从建筑功能需求出发,综合考虑空气流通、温湿度控制和节能性,确保系统运行的安全性与舒适性。通过引入先进的空气净化和自动化控制技术,减少污染物积聚,提高空气质量和温湿度稳定性。在设计过程中,结合建筑结构特点和人员流动规律,优化通风路径,避免空气滞留和交叉污染,同时有效降低能耗。提出的设计方案能够在提升建筑使用体验的同时,降低运行维护成本,为现代学校建筑提供安全、舒适、节能的环境保障。

[关键词]暖通空调系统;安全性;舒适性;空气净化;节能设计

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15635

中图分类号: TU855

文献标识码: A

Safety and Comfort Considerations in the Design of HVAC Systems for School Buildings

HAO Zhixiao

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

Abstract: Adopting optimized HVAC system design methods, starting from building functional requirements, comprehensively considering air circulation, temperature and humidity control, and energy efficiency, to ensure the safety and comfort of system operation. By introducing advanced air purification and automation control technologies, the accumulation of pollutants is reduced, and air quality and temperature and humidity stability are improved. In the design process, combined with the characteristics of the building structure and the flow of personnel, the ventilation path is optimized to avoid air retention and cross pollution, while effectively reducing energy consumption. The proposed design scheme can improve the building experience while reducing operation and maintenance costs, providing a safe, comfortable, and energy-saving environmental guarantee for modern school buildings.

Keywords: HVAC system; safety; comfort; air purification; energy-saving design

引言

学校建筑作为高密度人群活动的场所,对室内空气质量、温湿度控制以及运行安全性提出了更高的要求。优质的暖通空调系统不仅影响师生的学习和生活舒适度,还关系到建筑的能耗水平和可持续发展目标。随着现代技术的进步,空气净化、智能控制和节能设计成为优化暖通空调系统的关键方向。结合学校建筑的特殊需求,探索更加高效、安全、舒适的系统设计方案,能够为教育环境提供可靠保障,同时推动绿色校园的实现。这一设计课题在技术创新与实际应用之间找到平衡,兼顾功能性和经济性,为暖通空调系统的未来发展提供了新的思路。

1 学校建筑暖通空调系统设计的基本原则

学校建筑暖通空调系统设计需要在满足基础功能的同时,重点关注安全性、舒适性和可持续性这三大核心原则。安全性是系统设计的底线,涵盖空气质量、火灾防控及设备运行可靠性三个方面。空气质量直接关系到师生的健康,合理的通风设计与高效的空气过滤措施是关键,可减少如PM_{2.5}、甲醛等有害物质的积累,防止传染病通过空气传播。火灾隐患的防控则要求空调系统配备敏感的烟雾检测和自动切断装置,以在紧急情况下及时切断空气循环,减少火灾蔓延的可能性。同时,设备运行的可靠性需

要通过定期维护和监测加以保障,防止因运行故障导致安全事故。这些严格的安全设计原则,构筑了系统运行的安全防线。

舒适性设计是学校暖通空调系统的核心任务之一,主要体现在温湿度控制、气流组织及噪声控制上。学校建筑因人流密集、活动多样,不同功能区域对环境参数的需求存在显著差异。例如,教室需要提供稳定、舒适的温湿度条件,便于师生专注于教学活动;体育馆、实验室等则对通风换气要求更高,以确保良好的空气流通和健康的使用环境。合理分区管理和可调控的系统设计能够有效满足各区域需求。此外,气流组织需避免直接吹风,防止冷热不均造成的不适,同时在设计时要控制设备运行噪声,为师生提供安静的学习与工作环境。这些措施共同提升了室内环境的整体质量,增强了用户体验。

在设计过程中,还需注重未来扩展性与节能性的有机结合。学校建筑的使用功能往往会随时间发生变化,可能因扩建或功能调整对暖通空调系统提出新要求。因此,在设计之初需预留足够的接口与管道空间,为未来的扩展提供便利。在节能方面,需贯彻绿色设计理念,选择高效设备、优化能源使用,并引入可再生能源。例如,太阳能集热器或地源热泵系统的应用可显著降低能耗,同时符合当

前的节能减排政策。结合智能化技术,实现对能源的动态监控与优化调节,更是提升能效的重要手段。在保障安全的基础上,通过高效舒适的设计和绿色节能的理念,打造功能完善、环境友好、使用灵活的现代化校园环境,为教育事业的长远发展奠定坚实基础。

2 空气净化与通风路径优化技术

空气净化设备的选用是学校建筑暖通空调系统设计中的关键环节,其性能直接影响室内空气质量的优劣。考虑到学校环境中的高人群密度和较高的室内污染物浓度,设备选择需要兼顾高效性和稳定性。常用的空气净化设备包括高效过滤器(HEPA)、静电除尘器和活性炭吸附装置等,其中HEPA过滤器可以高效去除微小颗粒物,活性炭吸附装置则能够有效消除异味和有害气体。在具体布局中,需要根据功能区域的不同需求进行合理配置,例如教室和图书馆可使用低噪声高效过滤装置,而实验室和食堂则需要强化排气功能,以满足其特殊的空气净化需求。

通风路径的优化在提升空气质量和安全性中起着至关重要的作用。合理的通风设计应充分考虑空气流动的规律,避免空气滞留和污染物积聚。一般情况下,学校建筑的通风路径设计遵循“清洁空气优先”原则,即将新风从污染较低的区域引入,并使其经过污染较高的区域后排出。具体来说,在教室和办公室区域,通风路径应尽量避免交叉污染;在实验室和卫生间区域,需要采用独立排风系统,将污染空气快速排出,从而保障其他区域的空气质量。

除了基本通风策略外,智能化通风系统的应用也显得尤为重要。智能通风系统通过实时监测室内空气质量指标(如PM_{2.5}、CO₂浓度)来动态调整通风量和路径,从而实现高效的空气质量管理。这些系统通常结合空气净化设备使用,可以根据人流量变化自动优化新风量,同时减少能源浪费。智能化技术还能够帮助监测空气流动是否存在死角,并及时调整气流组织,以确保室内空气始终处于动态清新状态。

在安全性层面,通风系统还需具备防止火灾烟雾扩散的能力。通过设置防火阀、排烟系统和正压送风装置,可以有效遏制火灾烟雾在建筑内的传播,保护人员安全。防火阀在发生火灾时能够自动关闭,切断空气流动,避免烟雾通过通风路径扩散到安全区域;排烟系统则能迅速将烟雾排至室外,保障逃生通道的畅通。这些措施与优化的通风路径设计相结合,不仅提升了空气质量,也为学校建筑提供了全方位的安全保障。

3 温湿度智能控制系统的应用策略

智能控制技术在學校建筑暖通空调系统中的应用,为温湿度调节带来了高效性与精准性。传统的温湿度调节系统通常通过手动调节实现,而智能控制技术的引入使系统能够自动感知室内外环境变化,实时调节运行参数以保持室内舒适的温湿度水平。通过传感器网络,系统可以监测

室内的温度、湿度、人流密度等多种数据,并将这些数据传输至中央控制系统,实现自动化调节。例如,在教室内,当人流密度增加导致温度上升时,系统可迅速调高制冷量,同时调节湿度以防止空气干燥。

分区控制是智能温湿度调节的重要策略之一。在学校建筑中,不同功能区域的温湿度需求往往差异较大,例如教室需要恒温恒湿,体育馆需要高效通风,实验室可能对湿度有严格控制要求。智能控制系统能够根据各区域的使用特点和需求,独立调节相应设备的运行参数,实现分区优化。这种方式不仅提升了室内环境的舒适性,还能避免能源浪费。例如,在使用率较低的区域,系统会降低供热或制冷功率,进一步实现节能目标。

智能控制技术的优势还体现在对运行效率的提升上。传统暖通系统通常依靠固定运行模式工作,容易造成设备过载或不必要的能源消耗。智能化系统通过算法优化和学习功能,能够识别不同时间段的环境特点与需求变化,并调整设备运行模式。例如,在昼夜温差较大的季节,系统可以在夜间利用自然通风降低温度,减少制冷设备的使用频率。这种运行模式显著降低了设备的能耗,同时延长了设备的使用寿命。

在节能性方面,智能控制系统的核心优势是其对能源使用的精细化管理。通过结合智能传感和数据分析技术,系统能够识别能源浪费的环节并主动优化。例如,系统可以与外部天气预报数据联动,提前调整室内温湿度,以适应未来的气候变化。此外,智能控制系统还能够实时记录和分析运行数据,为后期运行维护和节能改造提供参考依据。这种节能模式不仅降低了运营成本,还为绿色校园的建设提供了技术支撑,使学校建筑的暖通空调系统更加高效、环保和智能化。

4 暖通空调系统设计中的安全风险控制

在暖通空调系统设计中,学校建筑因高人流量和特殊环境特点,存在诸多潜在的安全隐患。空气污染是最常见的隐患之一,系统运行中可能导致室内空气质量下降,进而影响师生健康。例如,通风不畅会引发细菌、病毒和污染物的积累,而系统内部管道若长期未清洁,也容易成为二次污染源。因此,应在设计阶段优化通风系统,增加高效空气过滤装置,并引入空气质量监测设备,实时掌握室内空气状况。此外,定期对管道和设备进行清洁和维护,确保空气质量达到健康标准,从源头上减少污染物堆积的风险。

火灾烟雾扩散是暖通空调系统中的另一大隐患。若通风管道未进行防火分区设计,火灾时烟雾可能通过管道迅速扩散,危及师生安全。对此,设计中需在关键节点设置防火阀和排烟系统,确保火灾发生时防火阀可迅速关闭,阻断烟雾传播。同时,排烟系统能够及时排除烟雾,保障疏散通道空气质量。此外,可在逃生通道和楼梯间设计正

压送风系统,使其内部保持正压,防止烟雾倒灌,进一步提高安全性。

设备故障是暖通空调系统安全风险的重要来源。系统长期运行过程中,若缺乏有效的监控和维护,可能出现电气故障、制冷剂泄漏或设备超载等问题,甚至引发连锁反应。为降低此类风险,设计时需选用高可靠性的设备,并引入智能监控系统,实时检测设备运行状态,发现潜在问题时及时发出预警。同时,需制定详细的应急预案,包括故障处理流程和备用设备配置,以确保突发状况下系统能够快速恢复运行,保障校园环境的持续舒适与安全。

此外,系统运行过程中可能的能源浪费和相关隐患同样不可忽视。过高的能耗不仅增加运营成本,还可能导致设备超负荷运行,加速设备老化甚至引发安全事故。通过优化能源使用方案,如采用变频设备、合理分配负荷、调整运行模式等措施,可有效降低设备运行压力。同时,设计中应合理规划设备的安装位置和维护通道,确保操作便捷和维护安全。综合来看,通过优化设计、高效设备配置、智能监控及科学维护,暖通空调系统可在学校建筑中实现全方位的安全风险控制。

5 节能环保理念在系统设计中的融合

节能技术的应用是暖通空调系统设计中实现低能耗的核心途径。通过引入变频技术,可根据室内外环境变化动态调整空调设备的运行功率,避免因固定运行模式导致的能源浪费。此外,高效换热器的使用能够提升能量转换效率,例如采用板式换热器或热回收装置,不仅有效减少能量损耗,还能利用排气中的余热进行二次加热或制冷,进一步降低能源消耗。这些技术在保障舒适性的同时,大幅减少了系统的能源支出。

环保材料的选择是实现可持续发展的重要一环。在暖通空调系统中,可选用绿色环保型制冷剂,如R32或R410A,这些制冷剂相比传统制冷剂,对臭氧层的破坏更小,温室效应潜力更低。此外,管道材料的选择也应注重环保性和耐久性,例如聚氨酯泡沫材料用于保温层,不仅保温性能优越,还具有良好的耐久性和环保特性。通过在设计阶段选用符合环保标准的材料,减少系统在整个生命周期中的环境负担。

高效能源管理系统的引入是节能环保理念的重要体现。通过智能化的能源管理平台,可以实时监控系统的运行状态与能源消耗情况,并根据数据进行优化调整。例如,

当检测到某一时段室内需求降低时,系统可主动调低设备功率,从而避免能源浪费。同时,能源管理系统还能够提供详尽的能耗分析报告,为后续的节能优化提供科学依据。这种全程化、智能化的管理方式,为实现绿色校园建设目标奠定了技术基础。

节能环保理念的融合不仅体现在技术与材料的选用上,还包括对系统整体设计的优化。在设计阶段,通过合理的建筑布局与设备配置,最大限度利用自然能源,如光伏发电、地源热泵等可再生能源技术,进一步降低系统的依赖性和能耗水平。此外,分区供能策略可根据区域的实际使用需求提供不同强度的能源支持,避免全覆盖式供能导致的资源浪费。通过多维度的节能环保措施融合,暖通空调系统不仅能实现低能耗与高效率,还能为校园环境的绿色可持续发展贡献积极力量。

6 结语

学校建筑暖通空调系统的设计既要满足安全性和舒适性的核心需求,又需紧扣节能环保理念,以实现高效运行与可持续发展。通过合理选择空气净化设备、优化通风路径、应用智能温湿度控制技术,以及加强安全风险管控和能源利用效率,系统能够在提供优质室内环境的同时,降低运营成本和环境负担。此外,节能技术与环保材料的深度融合为暖通空调系统注入了绿色发展的内涵。未来,通过不断引入先进技术和优化设计方案,学校建筑暖通空调系统将进一步提升运行效能,为教育环境的可持续发展提供坚实保障。

【参考文献】

- [1] 葛吉辉,徐忠义.暖通空调设计中通风技术的应用研究[J]. 居舍,2023(12):95-97.
 - [2] 何凯.高层楼宇建筑暖通空调节能降耗技术措施探讨[J]. 大众标准化,2023(10):46-48.
 - [3] 陈鑫.分析超高层建筑暖通空调系统的设计原则[J]. 城市建设理论研究(电子版),2023(14):140-142.
 - [4] 江嘉春.暖通空调设计方案常见问题及对策[J]. 中国新技术新产品,2011(2):102.
 - [5] 仇赤坤.浅谈暖通空调控制系统设计[J]. 中国新技术新产品,2011(17):162.
- 作者简介:郝志校(1985.11—),男,汉族,毕业学校:唐山学院,现工作单位:河北建筑设计研究院有限责任公司。

被动式建筑设计在节能减排中的应用研究

王思宇

新中远工程设计有限公司石家庄第五分公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着建筑功能的不断拓展, 能源消耗逐渐攀升, 给环境带来了显著的压力。为应对这一挑战, 被动式建筑通过优化设计、选用适宜材料以及改进施工技术等手段, 减少了对传统能源的依赖, 有效降低了能源消耗并减少了碳排放。被动式建筑设计作为一种高效的节能减排策略, 正受到越来越多的关注。这一设计理念不仅致力于提升建筑的能效, 还注重提高居住者的舒适度, 旨在创造一个更加环保和健康的生活空间。

[关键词]被动式建筑设计; 节能减排中; 应用

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15641

中图分类号: TU201

文献标识码: A

Research on the Application of Passive Building Design in Energy-saving and Emission Reduction

WANG Siyu

Shijiazhuang Fifth Branch of New Zhongyuan Engineering Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the continuous expansion on building functions, energy consumption is gradually increasing, which has brought significant pressure to the environment. In order to address this challenge, passive buildings have reduced their reliance on traditional energy sources, effectively reduced energy consumption, and reduced carbon emissions by optimizing design, selecting suitable materials, and improving construction technology. Passive building design, as an efficient energy-saving and emission reduction strategy, is receiving increasing attention. This design concept is not only committed to improving the energy efficiency of buildings, but also focuses on enhancing the comfort of residents, aiming to create a more environmentally friendly and healthy living space.

Keywords: passive building design; energy-saving and emission reduction; application

引言

随着全球对环境保护和可持续发展的关注不断加深, 建筑行业作为能源消耗和温室气体排放的主要领域之一, 正面临前所未有的挑战。被动式建筑设计作为一种有效的应对策略, 其核心理念是通过优化建筑设计和材料选择, 最大限度地减少对传统能源的依赖, 降低能源消耗并减轻对环境的影响。这种设计不仅追求提高建筑的能源效率, 还努力提升居住者的舒适度和整体环境质量。通过实施被动式设计, 可以有效利用自然资源, 例如太阳能和自然通风, 以减少对人工供暖和制冷系统的依赖。从长远来看, 这种方法不仅显著降低了能源成本, 还有助于减少碳排放。本文将全面探讨被动式建筑设计在节能减排方面的应用, 包括设计原则、节能效果、所面临的挑战以及相应的解决策略, 旨在为建筑行业的可持续发展提供理论支持和实践指导。

1 被动式建筑的设计原则

被动式建筑设计的核心在于充分利用自然环境以优化能效, 减少对传统能源的依赖。其关键在于精细的设计策略, 这包括最大限度地利用太阳能、自然通风以及有效的隔热性能。建筑的朝向和窗户布局至关重要, 旨在确保冬季能够充分吸收阳光, 同时有效阻挡夏季的热量。为了减少热量的流失或进入, 高性能的绝热材料被应用于墙体、屋顶和地板, 从而降低对取暖和制冷的需求。自然通风的

设计通过合理布置窗户及空气流通路径, 利用外部风力与气温差调节室内温度, 进一步降低对机械通风系统的依赖。除此之外, 建筑应集成热回收系统, 将排放的废热进行回收再利用, 提升整体能效。这种综合设计不仅注重能源的高效利用, 还关注提升居住的舒适度与室内空气质量, 从而推动可持续发展的目标。

2 被动式建筑设计的节能效果分析

2.1 太阳能利用与遮阳设计

在被动式建筑设计中, 太阳能的利用与遮阳设计是提升能效的关键因素。通过精心规划建筑的朝向和窗户布局, 可以最大化地利用自然采光和太阳能供暖, 从而减少对人工加热系统的依赖。南向的宽敞窗户结合高效能的玻璃材料, 能够有效地吸收阳光, 降低对人工照明的需要。但是, 夏季过多的阳光可能会导致室内温度过高, 这就使得有效的遮阳设计显得尤为关键。各种遮阳设施, 包括外部遮阳板、遮阳篷、窗帘以及智能窗玻璃等, 都能有效地阻挡强烈的阳光, 减少热量的侵入, 进而减轻空调系统的负荷。

2.2 绝热材料与隔热设计

在被动式建筑设计中, 绝热材料与隔热设计是实现高效节能的关键要素, 它们对建筑的能效和室内舒适度具有决定性影响。恰当选择绝热材料并实施有效的隔热设计策略, 能够显著减少建筑的热量流失或过度吸收, 进而降低对供暖和制冷系统的依赖。绝热材料的应用覆盖了墙体、

屋顶以及地板的隔热层,这些材料能够有效抵御外部温度波动,维持室内环境的恒定^[1]。例如,采用岩棉、聚氨酯泡沫或玻璃棉等高性能绝热材料,可以大幅降低建筑的热传导率,确保室内四季如春。此外,隔热设计还应考虑窗户的材料选择与安装工艺。采用低辐射(Low-E)玻璃或双层、三层玻璃窗等技术,可以进一步减少热量传递,增强建筑的整体隔热效果。

2.3 自然通风与空气流通设计

在被动式建筑设计中,自然通风与空气流通的设计是提升建筑节能效果的关键策略。通过精心优化空气流动,可以显著提升建筑的能源效率和室内舒适度。自然通风的设计依赖于建筑结构和环境特性,例如窗户、通风井、风道以及开口,以促进室内外空气的自然交换。这不仅减少了对机械通风系统的依赖,还有效降低了能源消耗。有效的自然通风设计通常涉及合理规划窗户布局,以实现交叉通风和纵深通风,并利用风压差和温差来促进空气流动。通过调整窗户的开启方式、设置可调节的遮阳设施,以及设计通风井和烟囱,可以有效地引导和控制空气流动,确保空气流通的均匀性。一个合理的自然通风系统不仅减少了建筑内部的热量积聚,改善了室内空气质量,还在一定程度上减轻了制冷和加热的负荷,从而降低能耗。此外,结合地形和气候条件进行的自然通风设计可以最大化地利用自然风能,进一步提升建筑的节能效果。

2.4 能源回收与利用系统

在被动式建筑设计中,能源回收与利用系统发挥着至关重要的作用,旨在高效地捕获并重新利用建筑物内部产生的废热,从而提升整体的能源使用效率。这些系统通过整合多种技术,如热回收通风系统、热泵和高效热交换器,以减少对外部能源的依赖。热回收通风系统能够从排出的空气中回收热能,并将其转移至进入的空气流中,有效减轻了加热和冷却系统的负荷。热泵技术则利用环境中的低品位热能进行供暖或制冷,进一步提升了能源的使用效率。高效热交换器在空气流通过程中进行热能交换,进一步增强了系统的节能性能。这些技术的应用不仅大幅降低了建筑的能源消耗,提高了室内舒适度,还降低了能源成本,并减轻了建筑对环境的负担。

3 被动式建筑设计面临的挑战

3.1 技术挑战

在实际应用中,被动式建筑设计面临诸多技术挑战。它对设计与施工的技术要求极高,需要达到严格的标准。例如,建筑外壳的气密性和绝热性能必须满足严格的标准,任何设计或施工上的疏忽都可能对能效产生显著影响。此外,自然通风和热回收系统的集成需要复杂的计算和调试,以确保系统的高效运行和室内舒适度。被动式建筑依赖于详尽的建筑物理模型和模拟工具,这使得能耗预测和性能评估成为一项技术上的重大挑战。在极端气候条件或材料

短缺的地区,这些技术的实施难度和复杂性更是加剧^[2]。此外,设备和技术的快速更新要求建筑设计师和施工团队不断学习和适应新技术,以保持设计方案的时效性。这些技术挑战要求在设计、施工及维护阶段都必须具备高度的专业技能和技术知识。

3.2 经济与成本问题

被动式建筑设计在经济和成本方面遭遇了显著的挑战。尽管此类建筑在长期运营中能大幅提高能效,但其初始建设成本往往较高。这主要是因为需要采用高品质的绝热材料、先进的窗户系统以及复杂的建筑结构,这些因素都显著提升了施工成本。同时,对建筑师和承包商的技术水平提出了更高的要求,导致专业服务费用增加。建筑项目的融资、预算编制和资金管理也变得更加复杂。尽管被动式建筑在长期使用过程中能显著减少能源费用,但这些节能效益通常需要一段时间才能体现,这可能导致短期内难以回收成本。对于一些开发商和投资者而言,短期的高投入与长期回报之间的矛盾可能影响到被动式建筑的经济吸引力。此外,市场对这种建筑类型的认识尚不充分,相关市场需求尚未完全形成,这同样可能增加初期投资的风险。

3.3 施工与维护问题

被动式建筑设计在施工与维护方面所面临的挑战是多方面的。这种设计要求极高的精确度,涵盖了绝热层的厚度、窗户的安装精度以及密封处理等方面。任何施工过程中的偏差都可能对建筑的整体性能产生负面影响。这种对精确度的严格要求导致施工过程变得复杂,可能需要采用特殊技术和设备,从而提升了施工的难度和成本。施工团队必须具备高水平的技术能力以应对这些挑战。然而,在实际操作中,许多施工队伍可能缺乏足够的经验和专业知识,这可能会对施工质量造成影响。在后期维护方面,被动式建筑需要定期检查和修复其绝热性能和空气流通系统。由于建筑系统的复杂性,维护工作通常需要专业技术支持,这使得维护过程更加繁琐且成本较高。

3.4 法规与标准问题

在实施被动式建筑设计时,法规与标准的挑战尤为突出,主要体现在现有政策对新型节能建筑的支持力度不足以及标准的不一致性上。尽管全球范围内对被动式建筑的重要性认识日益增强,但相关的法规和标准往往滞后于技术的发展,无法完全满足被动式建筑设计的特定需求。例如,现行的建筑法规可能未能充分考虑被动式建筑对绝热标准的严格要求以及复杂的空气流通系统,这使得设计师在执行被动式建筑设计时常常受限于法规的框架。此外,不同地区之间缺乏统一的法规和标准,这导致跨地区项目在满足本地规定的同时,可能难以达到被动式建筑设计的预期效果。

4 解决方案与建议

4.1 技术创新与改进

技术创新与改进在推动被动式建筑设计进步方面扮

演着至关重要的角色。为了提升被动式建筑的节能效果和整体性能,持续的探索和应用前沿技术是必不可少的。例如,开发新型高效绝热材料能够显著提升隔热性能,并确保长期使用的稳定性。窗户技术的革新同样关键,采用低辐射玻璃和多层窗户系统可以有效降低热量流失,同时增加自然采光。此外,智能控制系统的应用对提高建筑能效起到了显著作用,这些系统能够实时监控并调节室内温度、湿度和空气质量,从而优化能源使用。将这些创新技术整合到建筑设计阶段,有助于被动式建筑更好地适应各种气候条件,提升舒适度和能源效率。技术创新不仅应聚焦于材料和设备的提升,还应关注建筑设计与技术的协同进步,以实现节能和环保的最佳效果。

4.2 成本控制与效益分析

在被动式建筑设计中,控制成本与效益分析是确保经济可行性与实现长期收益的关键环节。有效的成本控制要求在项目初期进行详尽的预算规划,涵盖所有相关费用,包括材料采购、施工工艺、设备安装以及后期维护。选择材料和技术时,需要权衡初期投资与长期节能效益,以确保经济投入能够在建筑使用过程中获得合理的回报。效益分析应对建筑的能源节约潜力进行深入评估,测算在正常使用条件下的节能效果,并与传统建筑进行对比^[3]。这种分析不仅涉及直接的能源成本节约,还需考虑其对环境的正面影响,如减少碳排放和能源消耗。同时,生命周期成本分析有助于评估从建造到运营期间的综合成本与收益,使决策者能够全面了解项目的经济效益。

4.3 政策支持与推广策略

政策支持和推广策略在推动被动式建筑设计的应用和普及中扮演着至关重要的角色。政府应当出台相应政策,以促进被动式建筑技术的广泛应用,例如,通过财政补贴、税收优惠或提供低息贷款等手段减轻初期投资的经济压力。同时,政府还需建立和完善相关法规及标准,确保被动式建筑设计能在各类建筑项目中得到恰当实施。在推广层面,应组织培训和教育活动,增进建筑设计师、工程师以及施工人员对被动式建筑设计原则和技术的了解。此外,通过公众宣传,展示成功案例和实际效益,可以提高社会对被动式建筑的认同度和认知水平。加强行业协会、专业组织和学术机构之间的合作,促进技术交流和知识共享,将进一步推动整个行业的发展。

4.4 设计优化与实施策略

在设计阶段,必须全面考虑建筑的地理位置、气候特征和使用功能,以便最大限度地利用自然资源,例如太阳能和风能。建筑师与工程师应紧密协作,运用先进的模拟软件和分析工具来优化建筑的热性能、通风效果及光照条件,从而提升整体的能源效率。建筑材料的选择至关重要,

应优先考虑高效绝热材料和节能窗户,以减少热量的流失或过度吸收。在实施过程中,项目管理团队需要确保设计方案的精准实施,包括严格的施工监控和质量控制,以避免施工偏差影响最终的节能效果。使用期间,建筑还需进行定期的维护与检测,以保持其长期的高效能。

5 未来发展趋势

未来,被动式建筑设计的发展将更加注重提升建筑的环境适应性及能源效率。随着技术的不断进步,建筑行业将逐步采纳更智能的设利用先进的工具和材料,我们可以进一步提升被动式建筑的性能。建筑信息模型(BIM)作为一种集成化工具,在设计和施工阶段扮演着至关重要的角色,它有助于精确模拟和优化建筑的能耗表现。同时,建筑材料的创新,例如高性能的绝热材料和动态窗户技术,将显著提升节能效果。智能控制系统也将得到广泛应用,这些系统能够实时监测建筑内部环境的变化,并自动调整温度、湿度及通风,以保持最佳的室内环境质量^[4]。此外,未来的被动式建筑将更多地整合绿色技术,如雨水回收系统和太阳能发电设施,以实现更高的自给自足率。在政策方面,政府可能会进一步推动和完善相关法规与标准,鼓励采用被动式建筑设计,以应对全球气候变化和能源挑战。

6 结语

被动式建筑设计在节能减排领域展现了显著的潜力,标志着现代建筑的一个重要发展方向。该设计理念通过优化建筑结构和充分利用自然资源,不仅有效降低了能源消耗,也提高了居住环境的舒适度。本文对被动式建筑的设计原则、节能效果以及面临的挑战进行了全面的探讨,揭示了这种设计方法在应对能源危机和环境问题方面的关键作用。展望未来,随着技术不断进步以及社会对可持续发展的关注增加,被动式建筑设计有望在建筑实践中得到更广泛的推广。持续的创新与改进将使这一设计理念在实现建筑行业节能减排目标的过程中发挥更大作用,同时推动构建更加绿色与健康的生活环境。

【参考文献】

- [1]倪宏瑞.被动式建筑一体化设计策略研究[J].新城建科技,2024,33(5):31-33.
 - [2]曹立,刘辉波.被动式建筑设计策略研究[J].四川建材,2024,50(2):26-28.
 - [3]韩凯.超低能耗被动式建筑设计方法探讨[J].大众标准化,2022(20):74-76.
 - [4]唐鹏.被动式建筑节能设计技术策略研究[J].居舍,2022(9):118-120.
- 作者简介:王思宇(1990.5—),男,汉族,毕业学校:河北工程大学,现工作单位:新中远工程设计有限公司石家庄第五分公司。

双碳背景下绿色建筑设计与发展探索

甄爱丽

河北北方绿野建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]在“双碳”背景下,绿色建筑的设计与发展方法涵盖了优化设计、应用节能设备、选择环保材料、实施智能管理、提高资源利用效率及强化评估与监督等方面,通过高效的围护结构、智能系统、环保材料和可持续设施,绿色建筑设计的目标在于实现安全耐久、健康舒适、生活便利、资源节约及环境宜居等高质量发展目标。绿色建筑设计与发展的核心应集中于坚持生态可持续的理念、采用多元协同的方法、完善绿色建筑的评估与监督体系、应用智能建筑技术以及推动健康发展,这些核心方向有助于优化建筑设计,推动绿色建筑的高效发展,并有效促进双碳目标的实现。

[关键词]双碳;绿色建筑;设计;可持续发展

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15640

中图分类号: TU201.5

文献标识码: A

Exploration on Green Building Design and Development under the Dual Carbon Background

ZHEN Aili

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

Abstract: In the context of "dual carbon", the design and development methods of green buildings include optimizing design, applying energy-saving equipment, selecting environmentally friendly materials, implementing intelligent management, improving resource utilization efficiency, and strengthening evaluation and supervision. Through efficient enclosure structures, intelligent systems, environmentally friendly materials, and sustainable facilities, the goal of green building design is to achieve high-quality development goals such as safety, durability, health and comfort, convenient living, resource conservation, and livable environment. The core of green building design and development should focus on adhering to the concept of ecological sustainability, adopting diverse collaborative methods, improving the evaluation and supervision system of green buildings, applying intelligent building technology, and promoting healthy development. These core directions help optimize building design, promote efficient development of green buildings, and effectively promote the achievement of dual carbon goals.

Keywords: dual carbon; green building; design; sustainable development

引言

在全球气候变化与资源枯竭的双重挑战下,绿色建筑作为一种可持续的建筑发展模式,强调在全生命周期内节约资源、保护环境、减少污染,致力于为人们提供健康、适用且高效的使用空间,最大限度地实现人与自然的和谐共生,推动高质量建筑设计,积极响应双碳目标,这一理念正日益受到各国政策制定者、设计师与公众的关注。绿色建筑不仅涉及节能、节材和环境保护,更强调在整个建筑生命周期内综合考量对环境、社会和经济的影响。从选址、设计理念、施工技术到运营管理,绿色建筑通过科学设计与高效管理,确保建筑环境的可持续性与健康发展。引入智能化技术、推动新设计模式的应用,以及建立科学的评价与监督体系,使绿色建筑能够有效降低资源消耗和环境负荷,同时提升使用者的生活质量与舒适度,这一综合性的方法不仅满足了当今社会对建筑的需求,也为未来的可持续发展奠定了坚实的基础。

1 绿色建筑在双碳背景下的重要性

“双碳”目标(碳达峰与碳中和)已成为各国推动绿色发展的核心战略。建筑行业作为能源消耗和碳排放的主

要领域,约占全球总能耗的 36%和能源相关碳排放的 39%。在我国建筑行业的能耗占社会总能耗的近 30%,碳排放占全国总排放的约一成,推动绿色建筑的发展是实现“双碳”目标的关键之一。根据《十四五规划》及相关政策,要求到 2030 年建筑能效比 2019 年提高 30%,到 2060 年实现碳中和。通过优化设计和采用先进技术,不仅能显著降低建筑的能源消耗和碳排放还能提升资源利用效率,减少废弃物排放,最大限度地降低对环境的负面影响。^[1]绿色建筑强调建筑物全生命周期内的可持续发展,从设计、施工到运营、维护的各个阶段,这种全面的方法不仅能够有效降低建筑运营的能源消耗,还通过材料的循环使用和废弃物管理等手段,长期减少建筑对生态环境的整体负担。通过优化资源配置和提升建筑物的整体性能,绿色建筑在减少碳排放的同时,还能创造更为健康、舒适的居住和工作环境提高人们的生活质量。在双碳战略的推动下,绿色建筑不仅是减排的必要途径,更是推动建筑行业向绿色、低碳、可持续方向转型的关键,将绿色建筑纳入到双碳战略能够有效协调建筑业各方面的资源,实现国家乃至全球的碳中和目标。因此,绿色建筑在双碳背景下体现了它既

是环境保护和资源节约的必然选择,也是推动社会经济可持续发展的重要支撑力量。

2 绿色建筑设计的原则

绿色建筑设计的核心原则是能源效率,通过优化建筑设计并采用高效设备,可以显著减少能源消耗并提高能源利用效率,这包括对建筑外立面的隔热设计、高性能玻璃窗的应用,以及智能化能源管理系统的实施。资源节约在绿色建筑设计中同样重要,优先使用可再生和环保材料降低对自然资源的依赖,通过选择高效的建筑材料和施工技术,能够有效减少建筑过程中的废弃物产生。此外,提倡材料的循环利用与再加工,减轻对环境的负担。环境保护原则强调建筑与自然环境的和谐共存,设计时应合理规划建筑用地,考虑建筑对当地生态系统的影响,保护自然景观和生物多样性。同时,应在设计中纳入雨水收集与处理系统、污水回用系统等措施,以减少对公共基础设施的压力并降低环境污染。良好的室内空气质量、充足的自然采光、舒适的温湿度控制及噪音控制,都是提升使用者舒适度和健康水平的关键因素。在设计过程中,需重视通风系统的设计,使用低挥发性有机化合物(VOC)材料,并最大化利用自然光创造一个健康、舒适的室内环境。最后,绿色建筑设计应遵循因地制宜、被动优先、主动优化的原则,确保提高能源利用效率不仅仅是手段,而是实现可持续发展的重要目标。

3 双碳战略下的绿色建筑设计方案

3.1 节能设计

在双碳战略的背景下,节能设计的目标是降低建筑的能源消耗,同时维持或提高建筑的舒适性和功能性。高性能的隔热材料(如聚氨酯泡沫、真空绝热板)及高效窗户系统能够显著减少热量的传导和散失。外墙、屋顶和地基的保温设计有效降低冬季的热量流失与夏季的热量增加,从而减轻制冷与供暖系统的负担。智能建筑技术通过智能化控制系统,能够实时监控和调整建筑内部的能源使用情况。比如智能照明系统可以根据室内光线强度自动调节灯光亮度,减少不必要的电力消耗,智能温控系统能够根据室内外温差和人员活动情况优化空调和供暖系统的运行,从而达到最佳的能源使用效率。高效能的 HVAC(供热、通风和空调)系统、节能型电器和 LED 照明等设备可以有效减少能源消耗,同时采用热回收技术,如热交换器和热泵可以将废弃的热量转化为可用能源提高能源的综合利用率。太阳能光伏系统、风力发电装置和地热能系统等可再生能源技术可以为建筑提供清洁的能源来源,减少对传统能源的依赖。

3.2 节材设计

节材设计在绿色建筑中扮演着至关重要的角色,选择高性能和环保材料是节材设计的基础,这些材料应具备优异的耐用性和生命周期内的低维护需求,使用再生材料和可再生资源制成的建筑材料(如再生木材、竹材或环保砖)能够减少对原始资源的开采,降低建筑过程中的环境负担,

通过精确的建筑设计和施工规划优化材料的使用,减少边角料和施工废料,例如采用模块化建筑设计和预制构件可以在工厂内完成材料的精确切割和加工,减少现场施工中的材料浪费,设计中还应考虑材料的标准化和集成化,以提高施工效率进一步降低资源消耗。在节材设计中,通过设计可拆卸和可回收的建筑构件,建筑物在使用寿命结束后可以方便地拆解和拆除,材料可以被重新利用或回收,不仅有助于减少建筑垃圾还能促进资源的循环利用减轻对环境的长期影响。

3.3 可持续设计

可持续设计不仅只关注建筑在使用过程中的资源和能源消耗,还涵盖了从设计、施工到运营和拆除的各个阶段,确保建筑对环境和社会的长期积极影响。可持续设计要求在选址阶段充分考虑地形、气候和生态条件,避免破坏自然环境。通过合理选择建筑位置和布局,可以充分利用自然光和风能,从而减少对人工照明和空调的需求。例如,南向窗户的设计可以充分利用太阳能采光,减少冬季取暖的需求,而合理的通风设计能够提升自然通风效果,改善室内空气质量,从而降低对机械制冷的依赖。绿色建筑的材料选择和施工方法应符合环境保护和资源节约的原则,使用对环境影响低的建筑材料,施工过程中应采用高效的施工技术和管理措施,减少施工垃圾和资源浪费,降低对环境的负面影响。在建筑运营阶段可持续设计强调建筑能效和运营管理,高效的能源系统、智能化的建筑管理系统和节水技术可以显著降低建筑的能源和水资源消耗。绿色建筑设计还包括优化建筑的运营和维护策略,如制定定期的节能检查计划和维护方案,确保建筑长期维持高效能状态。可持续设计还应考虑建筑居住的健康舒适和工作环境,关注使用者的心理和生理需求。良好的室内空气质量、适宜的采光和舒适的温湿度控制不仅提升用户的生活质量还促进健康。

3.4 智能化设计

智能化设计通过集成先进的技术和系统,提升了建筑的功能性、舒适性和能源效率。智能照明系统能够根据自然光强度和室内活动情况自动调节灯光亮度,从而降低能耗并提高使用舒适度,智能温控系统通过传感器监测室内温度、湿度和人员活动自动调节空调和供暖系统的运行,以实现最佳的能源使用效率,同时保持舒适的室内环境^[2]。智能化设计提升了建筑的能源管理能力,建筑能源管理系统(BEMS)能够综合分析建筑的能源使用数据,识别节能潜力并优化能源分配。系统可以实时监控能源消耗,识别异常情况并进行报警,同时通过数据分析预测能源需求实现预防性维护,避免设备故障造成的能耗浪费。智能化设计还支持可再生能源系统的集成,如太阳能光伏发电和风能系统,与建筑能源管理系统无缝对接进一步减少对传统能源的依赖。智能化设计还注重建筑安全的提升,智能安防系统包括视频监控、入侵检测和访问控制等功能,能够

实时监控建筑内外的安全情况并自动响应潜在威胁。智能化设计还关注用户体验的提升,通过智能化的控制面板、语音助手和移动应用,用户可以方便地调节室内环境设置,如灯光、温度和窗帘等,提高了用户的便利性还增强了建筑的智能化互动体验。

4 双碳背景下绿色建筑设计发展的基本方向

4.1 促进生态可持续性

在双碳背景下,促进生态可持续性成为绿色建筑设计与发展的核心方向之一。生态可持续性不仅关注建筑对自然环境的影响,还涉及如何通过科学设计和技术创新实现建筑与生态系统的和谐共存。首先,建筑应选址于生态影响最小的区域,避免在生态敏感区或自然保护区内建造,包括对自然环境的全面评估,利用地形、气候和现有植被等自然条件,优化建筑布局和设计减少对土地的开垦和生态系统的干扰。生态可持续性要求建筑在使用过程中有效管理资源和废物,建筑设计应集成雨水收集与处理系统,用于灌溉和冲厕等非饮用水用途,减少对公共水源的依赖,同时废水处理系统应包括水循环利用功能,将处理后的水用于景观维护,减少环境污染和资源浪费^[3]。在建筑运营阶段,提升能效和减少排放是促进生态可持续性的关键,通过高效的能源系统和智能化管理技术,建筑能够有效减少能源消耗和碳排放。采用绿色认证标准如 LEED 或 BREEAM 进行评价和认证,可以确保建筑设计和运营符合可持续发展的最佳实践,促进建筑生态性能的持续提升。

4.2 建立新的设计与发展模式

在双碳背景下,建立新的设计与发展模式是推动绿色建筑实现可持续目标的关键。传统的建筑设计与发展模式往往以单一的性能指标和短期利益为导向,而新模式则强调系统性、综合性和创新性,以应对日益严峻的环境挑战和实现长远的可持续发展。新模式要求在设计阶段引入系统思维,建筑设计不再是孤立的过程,而是需要整合能源、环境、社会和经济等多个因素全面的设计框架,综合考虑建筑物的能源需求、资源使用、环境影响及其与周边环境的关系,可以实现更高效的资源配置和优化设计方案。例如,设计阶段可以使用建筑信息建模(BIM)技术来模拟建筑的性能,预测能耗、材料需求和环境影响,从而在早期阶段就优化设计方案减少后期的调整和修正^[4]。现代技术的发展为建筑行业提供了丰富的创新工具和方法,包括先进的建筑结构技术、智能化系统以及新型环保材料的应用。在发展模式方面,新模式强调全生命周期管理,不仅关注建筑的设计和施工阶段,还包括运营、维护和拆除阶段,全生命周期管理通过评估建筑的长期表现和影响,确保在使用过程中能够维持高效能,并在生命周期结束后进行合理地拆解和材料回收减少建筑废弃物的产生。此外,新的设计与发展模式还应包括跨学科合作和利益相关者参与,通过建立有效的沟通机制和合作平台,可以在项目初期就明

确各方需求和目标,确保设计方案的科学性和实用性。

4.3 完善评价与监督体系

一个科学、全面的评价与监督体系不仅能够保障绿色建筑项目的质量和性能,还能推动行业的标准化和透明化,促进可持续发展的目标实现。评价体系应包括对绿色建筑设计和施工过程中的各项指标进行全面的评估,这些指标可以涵盖能源效率、资源利用、环境影响、室内环境质量等方面,通过采用国家或国际认可的绿色建筑评价标准(如 LEED、BREEAM 或中国绿色建筑评价标准),可以为建筑项目提供明确的评价依据和标准,确保项目在设计 and 施工过程中符合绿色建筑的要求。监督体系应包括对绿色建筑项目的全过程监督,从设计审核、施工管理到运营监控,确保各项绿色建筑标准和要求得到有效实施,监督机制应明确各方责任,设置专门的监督机构或第三方评估机构,对建筑项目进行定期检查和审计,及时发现和纠正偏离绿色建筑标准的行为,监督体系还应包括对建筑材料和设备的采购和使用进行监督,确保符合环保和节能要求。评价与监督体系还应注重反馈和改进机制,通过对评价和监督结果进行分析和总结,识别项目实施中的问题和不足,形成改进建议和行动计划,推动建筑项目的持续改进和优化,不仅有助于提高单个项目的绿色性能,还能为行业提供宝贵的经验和数据,推动绿色建筑技术和管理水平的提升。

5 结语

在双碳背景下,绿色建筑设计发展的探索通过全面推动节能设计、节材设计、可持续设计和智能化设计,我们能够有效降低建筑对资源的消耗和环境的负担。同时,强调生态可持续性、建立新的设计与发展模式、完善评价与监督体系并注重健康发展,进一步确保绿色建筑在实际应用中的综合效益。绿色建筑不仅关乎建筑本身更涉及到整个社会对环境保护的责任和承诺,随着技术的进步和理念的更新,绿色建筑设计将不断演进,推动建筑行业实现更高的环境标准和社会价值。未来我们应继续深化对绿色建筑的研究和实践,强化跨领域合作创新设计与管理方法推动建筑行业的可持续发展,为创造更加健康、宜居的环境贡献力量。

【参考文献】

- [1]管怡喆.双碳背景下绿色建筑设计与发展探索[J].城市建设理论研究(电子版),2024(21):83-85.
- [2]朱霞.“双碳”背景下绿色建筑设计与发展研究[J].工程建设与设计,2024(5):16-18.
- [3]高震.“双碳”背景下绿色建筑设计与发展探索[J].中国高新科技,2023(6):91-93.
- [4]瞿萧羽,王汉,刘子恒.“双碳”背景下的绿色低碳建筑设计研究[J].住宅产业,2023(5):44-46.

作者简介:甄爱丽(1992.6—),女,汉族,毕业学校:太原理工大学,现工作单位:河北北方绿野建筑设计有限公司。

框架结构设计在建筑结构设计中的应用探讨

刘登辉

河北加壹建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 框架结构的广泛应用改变了现代建筑设计的面貌, 特别是在提高建筑抗震和抗风性能方面展现出显著优势。此外, 该结构方式在降低建筑能耗和成本方面也显示出其独到之处。文章通过对比框架结构与传统建筑结构的性能, 揭示了其在设计灵活性、材料利用效率及环境适应性上的优势, 同时提出针对设计和施工中遇到的问题的具体解决策略和技术创新。

[关键词] 框架结构; 建筑设计; 抗震性能; 节能; 成本效益

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15634

中图分类号: TU352

文献标识码: A

Discussion on the Application of Frame Structure Design in Building Structure Design

LIU Denghui

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

Abstract: The widespread application of frame structures has changed the face of modern architectural design, especially demonstrating significant advantages in improving the seismic and wind resistance performance of buildings. In addition, this structural approach also demonstrates its uniqueness in reducing building energy consumption and costs. The article compares the performance of framework structures with traditional building structures, revealing their advantages in design flexibility, material utilization efficiency, and environmental adaptability. At the same time, specific solutions and technological innovations are proposed for the problems encountered in design and construction.

Keywords: framework structure; architectural design; seismic performance; energy-saving; cost effectiveness

引言

框架结构, 作为一种优化建筑承载能力和空间利用的设计方式, 在现代建筑行业中被广泛采用。其不仅对建筑的抗震和抗风性能起到关键作用, 还在节能和成本效益方面显示出巨大潜力。为了深入理解框架结构设计的多重价值, 本文将探讨其在实际建筑中的应用, 分析其优势, 并讨论相关的技术创新及其解决方案, 以期对相关领域的发展提供科学的理论支持和实践指导。

1 框架结构的基本原理及分类

1.1 框架结构的工作原理

框架结构是现代建筑工程中常用的一种结构系统, 主要由梁、柱、板等构件组成, 这些构件通过节点严密连接, 共同承担垂直和水平载荷。框架结构的工作原理基于其能有效分布载荷并将力传递到基础上。在此结构中, 柱子主要承受来自上部结构的垂直压力, 而梁则负责承载横向力, 如风压和地震力, 将这些力通过柱子传递到地基。这种配置允许框架结构在高层建筑中特别有效, 因为它可以适应复杂的动力和静力载荷情况, 同时也保证结构的灵活性和开放性。

1.2 常见的框架结构类型

(1) 钢框架结构

钢框架结构以其高强度、轻质和快速施工的特点广泛应用于各类建筑中, 特别是高层建筑和大跨度结构。钢的

材料属性提供了极高的抗拉强度和良好的延性, 这使得钢框架能够有效地抵抗地震和风力带来的动态载荷。此外, 钢结构的预制化程度高, 可大大缩短施工周期, 减少现场作业时间。然而, 钢框架结构的防火和防腐处理需要特别注意, 通常需要通过涂覆防火材料或采用不锈钢材料来增强其耐久性。

(2) 混凝土框架结构

混凝土框架结构因其优异的抗压性能和良好的隔音、隔热效果, 成为民用建筑中广泛应用的一种结构形式。相比钢框架结构, 混凝土框架具有更加突出的火灾抵抗能力, 能够在高温环境中保持较好的结构稳定性, 显著提高建筑的安全性。此外, 混凝土框架的维护成本较低, 长期使用中不易产生较大的维护费用, 这为建筑的经济性提供了保障。混凝土材料的可塑性也为建筑设计带来了更多可能性, 建筑师可以根据不同的美学和功能需求设计出多样化的形状和尺寸。然而, 这种结构形式也有一定的不足之处。由于混凝土的密度较高, 其自重较大, 这在一定程度上限制了建筑的高度和跨度发展。同时, 混凝土框架的施工周期较长, 从浇筑到固化、硬化需要经过较长时间, 这可能会对工程进度产生影响。

(3) 木框架结构

木框架结构因其环境友好和可再生性, 在住宅建筑和小型建筑物中尤为常见。木材作为一种自然材料, 具有优

良的隔热性能和较高的抗震性。木框架结构较轻，易于加工和组装，适合采用预制方式进行快速建造。然而，木结构在防潮、防腐和防火方面表现较差，需要通过涂料或特殊处理来提高其耐久性。在选择木框架结构时，还需考虑木材的来源和可持续性，避免对森林资源造成破坏。

框架结构的选择依赖于多种因素，包括预算、地理环境、建筑功能和建筑物预期使用寿命。了解不同框架结构的特点和应用场景可以帮助建筑师和工程师为每个特定项目做出最合适的结构选择。在设计框架结构时，还必须考虑到结构安全、经济效益以及对环境的影响，以实现建筑设计的最优化。

2 框架结构的设计要素

2.1 材料选择

在框架结构的设计中，选择合适的材料是至关重要的，因为这直接关系到建筑的性能、耐久性和经济性。不同材料的物理和化学属性，如强度、重量、耐久性和成本，决定了它们在特定环境中的应用中的适用性。

钢材是框架结构中最常见的材料之一，特别是在高层建筑和需要承受重载的结构中。钢材的高强度和良好延展性使其成为理想的结构材料，能够支持大跨度和高负载。此外，钢结构的组装和拆卸相对容易，支持快速施工和未来可能的结构调整。然而，钢材需要防腐和防火处理，以保持其结构完整性和安全性，这可能会带来额外的成本。

混凝土框架结构以其优越的抗压性能和较好的隔热性能而广泛应用于多层住宅和商业建筑中。混凝土的重量较大，这有助于提高建筑的稳定性，尤其是在抗震设计中。混凝土结构能提供较高的火灾抵抗力和较好的声音隔离性，但这种重量也可能限制建筑的设计灵活性和增加基础工程的复杂性和成本。

木材因其环保和可持续的特性，在低层住宅和小型建筑中越来越受欢迎。木框架结构重量轻，易于加工和组装，为建筑提供了优异的隔热性能和自然美感。然而，木材的防火性和耐久性较低，这要求在设计时进行特殊处理，如使用阻燃剂和防腐剂，以提高其在极端气候条件下的表现。

综合考虑材料的选择不仅涉及立即的结构需求，还包括对建筑整体生命周期成本的评估，以及对环境影响的考量。因此，在选择材料时，建筑师和工程师需要评估各种材料的性能特点，并根据项目的具体需求做出决定。

2.2 结构布局

框架结构的布局设计同样关键，它影响到建筑的功能性、安全性和美观性。一个优化的结构布局应能合理分配各种预期载荷，减少过大的结构应力，并提高建筑的整体性能和耐久性。

在框架结构设计中，梁和柱的布置需要特别注意。梁的位置和跨度直接影响到楼层布局的自由度和空间的利用效率。合理的梁布置可以最大化内部空间的灵活性，同

时保证结构的安全载荷。柱的布置则应尽可能均匀，以均衡承载并最大化对侧向力（如风力和地震力）的抵抗。

此外，结构的布局设计还需考虑未来的可扩展性和多功能性，允许建筑在未来的使用中进行适应性调整，如功能变更或扩建。通过使用高级模拟软件和结构分析工具，设计师可以在设计阶段模拟各种负载情况，优化结构布局，确保结构的安全性和功能性。

总的来说，框架结构的设计要素—材料选择和结构布局一是建筑项目成功的关键。通过科学合理的选择和设计，可以显著提升建筑的性能、经济效益和美观性，同时确保其长期的稳定性和安全性。

3 框架结构的抗震与抗风性能

3.1 抗震设计原则

框架结构的抗震设计基于确保结构在地震作用下的安全性和功能性。主要的设计原则包括延性设计、能量耗散和强度层次化。延性设计确保结构在遭受超出预期地震力时，能够通过塑性变形来吸收和耗散能量，而不是突然断裂。这要求结构的关键部件，如梁和柱，具有足够的塑性变形能力。

能量耗散是通过使用特定的构件，如阻尼器和隔震支座，来实现的，这些设备能在地震中吸收部分能量，减轻结构主体的受力。此外，设计中还需考虑到强度层次化，即不同部分的结构应具有不同的抗震强度，保证在极端条件下，结构的损坏按照预定的模式发生，避免整体崩塌。

3.2 抗风设计策略

框架结构的抗风设计旨在减少高风速带来的侧向载荷影响。关键的设计策略包括优化建筑形态、提高结构刚度和使用阻尼系统。建筑形态的优化可以通过设计更为流线型的外观来减少风力对建筑的冲击，例如，圆角和倾斜的外墙面可以有效地分散风压。

提高结构刚度通常通过加强框架结构的柱和梁实现，使其能够有效抵抗因风压引起的弯曲和剪切力。在设计高层建筑时，除了加固柱和梁，常采用核心筒结构技术来提升建筑整体的侧向刚度。核心筒作为建筑的主要支撑结构，集中承担大部分水平载荷，如风力和地震力，从而稳固整个建筑。这种结构不仅增强了高层建筑的稳定性，还优化了建筑内部空间的布局，提升了其功能性和安全性。

阻尼系统的使用是优化建筑抗风设计的关键策略之一。通过安装质量阻尼器或调谐质量阻尼器，可以有效增加建筑的阻尼比，这些系统通过在建筑顶部或结构关键位置调谐质量与风荷载的频率响应，从而减少由高风速引起的振动。这种减震技术不仅提高了建筑在风暴中的稳定性，还显著提升了居住和使用时的舒适性。因此，阻尼系统是提升高层及特高建筑安全性和功能性的有效方法，尤其在风力较大的地区尤为关键。

综上所述，框架结构的抗震和抗风设计需要通过综合

考虑材料选择、结构布局以及专门的防灾减灾技术来确保建筑在自然灾害面前的稳定性和安全性。这些设计原则和策略的应用,能够有效提高建筑的抗灾能力,保护人们的生命财产安全。

4 框架结构的经济与环境效益

4.1 成本效益分析

框架结构与传统结构在成本效益上的对比显著。框架结构通常由于材料和施工技术的优化而具有较高的初始建设成本,但长远来看,其维护成本和潜在的经济效益却具有明显优势。例如,钢框架和混凝土框架结构虽然在材料和施工上可能比传统砖混结构贵,但其在施工速度和周期上的优势可以大大减少整体工程的劳动力和管理成本。此外,框架结构由于其良好的力学性能和适应性,能够有效减少未来可能的结构加固和维修费用。如表1所示。

表1 展示框架结构与传统结构在建设和维护阶段的成本

结构类型	初始建设成本	维护成本	施工速度	耐久性	总体经济效益
钢框架结构	高	低	快	高	高
混凝土框架	中到高	中	中	高	中到高
传统砖混	低	高	慢	中	低

从表中可以看出,尽管框架结构的初始投入较大,但其在维护成本和施工效率上的优势使得总体成本效益更高。

4.2 环境影响评估

框架结构在环境友好性和可持续性方面表现出色。钢材和混凝土等材料虽然在生产过程中会产生一定的碳排放,但现代技术的应用,如回收材料的使用和更环保的生产流程,已经显著降低了这些影响。框架结构的设计灵活性还允许建筑师和工程师实施更多的节能措施,如优化自然光照和通风,这不仅提高了能源效率,也减少了建筑的整体环境足迹。

此外,框架结构因其拆解和重建的可行性较高,提供了更好的资源循环利用可能。例如,钢结构的组件可以在建筑拆除后回收再利用,减少了资源的浪费和环境污染。这种可持续的建筑方式支持了循环经济的理念,符合现代对绿色、低碳建筑的追求。

综上所述,框架结构不仅在经济上具有长期的成本效益,也在环境保护方面展现了其重要价值。通过持续的技术革新和管理改进,框架结构的环境友好性和经济效益有望进一步提升,为可持续发展贡献力量。

5 创新技术与未来趋势

5.1 新材料和新技术

在框架结构设计中,新材料和新技术的应用是推动行业进步的关键因素。随着科技的发展,材料科学带来了一系列创新材料,如高性能混凝土、纤维增强聚合物(FRP)和形状记忆合金等,这些材料因其优异的力学性能和耐久

性被广泛应用于框架结构中。例如,高性能混凝土不仅具有更高的强度和更好的耐久性,还能提供更优的抗裂性和抗渗性,使得框架结构更加稳固耐用。

此外,技术创新如3D打印和自动化施工技术正在改变传统的建筑方法,这些技术允许更精确的材料使用,减少浪费,并加速施工过程。3D打印技术特别适用于复杂的框架结构节点和连接件的制造,提供了更高的设计灵活性和结构完整性。

5.2 框架结构的未来发展方向

框架结构设计领域的未来发展方向预计将集中在可持续性和智能化上。随着环保意识的提高和资源的日益紧张,可持续建筑材料和技术将成为设计新一代框架结构的重点。例如,利用回收材料制作的结构组件和自然降解材料的开发将是未来框架结构设计的重要趋势。

同时,智能建筑技术的融合也是框架结构发展的一个重要方面。结构健康监测系统、智能传感技术和预测性维护软件的集成,可以实时监控框架结构的性能,预测潜在问题,并自动调整建筑环境以优化耐久性和舒适性。这些技术不仅提高了建筑的安全性,也延长了其使用寿命。

此外,随着全球化和城市化进程的加快,对高效、经济和快速建造的需求日益增长,框架结构的设计和施工方法将继续向着更加高效和自动化的方向发展。这包括使用模块化建筑技术和机器人施工,这些技术能够在控制成本的同时,提供更高的建造质量和速度。

总之,框架结构设计领域的未来将充满创新和机遇,通过采用新材料、新技术和智能化解决方案,可以极大地提升框架结构的性能和可持续性,满足未来建筑发展的需求。

6 结语

框架结构设计在现代建筑中显示出显著的性能优势,尤其在提升建筑的抗震、抗风及环境适应性方面具有重要作用。展望未来,框架结构设计将继续朝着可持续性和技术集成方向发展。持续的研究与创新是推动该领域向前发展的关键,有望带来更安全、高效和环保的建筑解决方案。

【参考文献】

- [1]李忠良. 探析概念设计在建筑结构设计中的应用[J]. 建材发展导向,2024,22(22):33-35.
 - [2]杨义梅.BIM技术在建筑结构设计中的应用研究[J]. 居舍,2024(25):102-105.
 - [3]张勇,沈良,郭逢波,等.BIM技术在建筑异形幕墙结构设计中的应用研究[J]. 中国建筑装饰装修,2024(15):74-76.
 - [4]姜帅云. 探析概念设计在建筑结构设计中的应用[J]. 建材发展导向,2024,22(9):69-71.
- 作者简介:刘登辉,(1989.10—),男,汉族,毕业学校:唐山学院,现工作单位:河北加壹建筑设计有限公司。

城市公共建筑设计中的功能性与艺术性的平衡

房赞松

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]在城市公共建筑设计中, 功能性与艺术性的平衡是实现建筑物可持续性和美学价值的关键。通过综合考虑建筑的使用需求、环境特征以及文化背景, 设计师可以在确保建筑空间功能性高效的基础上, 注重艺术元素的融入, 使其既满足人们日常使用需求, 又在视觉和情感上产生积极的影响。功能性要求建筑提供合理的空间布局和设施配套, 而艺术性则强调建筑形式、材质、色彩等方面的创新与审美。在实际设计过程中, 通过精确的需求分析、科学的空间规划和创意的设计手法, 可以实现两者的有效结合, 提升建筑的整体价值及其对城市景观的贡献。合理的平衡不仅增强了建筑的实用性, 也促进了社会文化环境的提升。

[关键词]城市公共建筑; 功能性; 艺术性; 设计平衡; 可持续性

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15629

中图分类号: TU242

文献标识码: A

The Balance between Functionality and Artistry in the Design of Urban Public Buildings

FANG Zansong

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

Abstract: In the design of urban public buildings, the balance between functionality and artistry is the key to achieving the sustainability and aesthetic value of buildings. By comprehensively considering the usage needs, environmental characteristics, and cultural background of the building, designers can focus on the integration of artistic elements while ensuring the functional efficiency of the building space, so that it not only meets people's daily usage needs, but also has a positive impact on visual and emotional aspects. Functional requirements require buildings to provide reasonable spatial layout and supporting facilities, while artistic requirements emphasize innovation and aesthetics in building form, materials, colors, and other aspects. In the actual design process, through precise requirement analysis, scientific spatial planning, and creative design technology, the effective combination of the two can be achieved, enhancing the overall value of the building and its contribution to the urban landscape. Reasonable balance not only enhances the practicality of buildings, but also promotes the improvement of social and cultural environment.

Keywords: urban public buildings; functionality; artistry; design balance; sustainability

引言

随着城市化进程的加快, 公共建筑在城市空间中扮演着越来越重要的角色。如何在满足功能需求的基础上, 赋予建筑独特的艺术性, 成为现代建筑设计中的一大挑战。公共建筑不仅是社会活动的场所, 更是城市文化和精神面貌的象征。实现功能与艺术的和谐统一, 不仅有助于提升建筑本身的实用性和美感, 也能增强公共空间的凝聚力与吸引力。在这个过程中, 设计师不仅需要关注建筑的使用功能, 还需将建筑与周围环境、文化背景相融合, 创造出兼具现代感与人文气息的空间体验。

1 城市公共建筑设计的功能性需求分析

城市公共建筑设计的功能性需求分析首先需要明确建筑所服务的社会群体及其实际使用需求。不同类型的公共建筑, 如政府机关、文化中心、图书馆、医院等, 其功能要求各不相同。例如, 医疗类建筑需考虑患者的流动性、医生的工作便利性以及设施的紧急响应能力; 而文化类建筑则需着重考虑展览空间、观众的参与体验及互动性。设计师需根据这些具体需求进行空间的合理布局、设施的配

套与流线的优化, 确保建筑物在满足功能性需求的同时, 提高使用效率和便捷性。

功能性需求还涉及建筑的可持续性与智能化技术的运用。在现代城市公共建筑中, 节能环保、智能化控制系统等因素逐渐成为设计的重要内容。例如, 采光、通风、温控等设计不仅要考虑节能, 还需根据建筑的实际功能需求进行优化, 以提升建筑的舒适性和环境适应性。同时, 智能化系统的引入, 如自动化的空调、照明控制、智能门禁系统等, 可以提高建筑的管理效率与使用体验。

功能性需求分析还需考虑建筑与周围环境的融合性。城市公共建筑往往承载着特定的文化和社会功能, 其设计必须兼顾当地的气候条件、交通流动性及文化特色。例如, 在高温地区, 建筑可能需要更多的遮阳设计与自然通风系统; 而在繁华的城市中心区, 则需要更加灵活的交通组织与人流引导。在这一过程中, 功能性不仅仅是建筑内部的需求, 还需要对外部环境进行充分分析, 确保建筑在整体城市环境中发挥最大效能。通过多方面的功能需求分析, 最终实现建筑的高效、舒适及可持续使用。

2 艺术性在公共建筑设计中的作用与表现

艺术性在公共建筑设计中的作用不仅仅是为了视觉吸引力,更是与建筑的文化意义和社会功能紧密相连。首先,艺术性可以通过建筑形式、材质和色彩的创新,传达特定的社会或文化价值观。例如,某些公共建筑的设计会融入当地的历史背景或自然元素,使建筑本身成为地区文化的象征。现代公共建筑常通过独特的外立面设计、雕塑装置等艺术形式,表达建筑设计师对艺术与环境融合的理解,同时提升建筑的辨识度和独特性。艺术性赋予建筑生命,使其成为城市景观的一部分,并能在视觉上吸引市民与游客的目光。

艺术性的表现方式不局限于外部形态,内部空间的设计同样体现出艺术性。例如,建筑师通过巧妙的光线设计、空间布局以及室内装饰的精细设计,使空间更具艺术感。大面积的玻璃窗、精心设计的天花板与地面图案、别具一格的室内家具和装置,都可以使人们在进入建筑的瞬间感受到艺术的氛围。这种艺术性不仅能提升使用者的精神体验,也能提高建筑的功能效能,例如,通过艺术设计优化空间的流动性和互动性。

艺术性能够提升建筑的环境适应性与人文关怀。在设计公共建筑时,建筑师往往会考虑到如何通过艺术性来改善人们的使用体验,提供一个舒适、宜人的空间氛围。色彩的运用、雕塑的布局、景观的设计等都能直接影响到建筑使用者的心理感受。例如,医院或学校等公共建筑内的艺术设计可以采用温暖的色调和具有亲和力的图案,营造出温馨、安全的氛围,缓解使用者的紧张情绪。艺术的运用使建筑不仅是功能的容器,更是情感和社会互动的载体。

艺术性在公共建筑中的表达还能够促进社会互动和文化交流。许多公共建筑,如博物馆、展览馆或剧院,设计上融合了高度的艺术性,不仅为公众提供了一个文化活动的空间,也为社会各界提供了一个交流与展示的场所。建筑本身作为艺术作品,激发了观众的思考与探索,增强了城市文化的凝聚力。艺术性表现的建筑常常吸引市民参与各类文化活动或公共聚会,成为促进社会互动和公共文化的核心场所。

3 功能性与艺术性结合的设计原则

功能性与艺术性结合的设计原则首先要求设计师对建筑的使用需求和美学要求有深刻理解。功能性设计必须从建筑的实际用途出发,确保空间布局和设施配置满足使用者的需求,同时提供高效的服务与便捷的通行。例如,在医院建筑设计中,功能性要求首先是考虑患者流动的顺畅性、医生和护士的工作效率、急救通道的设计等,而在文化中心的设计中,则需要考虑展览空间的灵活性、观众的舒适度及互动性。艺术性设计则需要在这些功能性要求的基础上,融入创新元素,使建筑具有独特的视觉效果和文化内涵。

功能性与艺术性的结合要求空间设计具备灵活性和多样性。在许多公共建筑中,空间并非单一功能的承载体,而是需要根据不同的活动需求进行调整和变化。例如,会议厅、剧院、展览馆等场所,空间的功能不仅包括容纳大量人群,还需提供不同的视听效果和舒适的环境。这时,艺术性设计不仅仅是装饰性,它还需要与空间的可变性和适应性紧密结合。设计师可以通过可移动的隔断墙、可调节的光线系统、灵活的座位布局等方式,确保空间能在满足功能的同时,展现出艺术感和现代感,提升空间的多功能性和观赏性。

艺术性与功能性的结合应注重建筑与周围环境的和谐。公共建筑通常位于城市的核心区域或特定的文化景观中,因此,它必须与周围的自然环境、城市景观以及文化氛围相融合。功能性要求建筑在空间布局 and 交通流线方面的合理性,而艺术性则要求建筑能够与其所在环境相呼应,体现出建筑的地域特色和时代气息。比如,在绿意盎然的公园中设计一座博物馆时,建筑的外观设计可以与周围的自然景观相协调,使用具有自然感的材料和色彩,使建筑融入环境,同时又能引起人们对自然和艺术的思考。

功能性与艺术性的结合需要创新的技术手段与材料的支持。现代建筑的艺术性不仅表现在传统的外观设计和装饰元素上,还包括建筑材料的选择和建筑结构的创新。新型材料的运用,如高性能玻璃、环保型混凝土、智能化建筑系统等,不仅满足了功能性的需求,还能够提升建筑的视觉冲击力和未来感。与此同时,技术的进步使得建筑设计更具自由度,设计师能够运用数字化设计工具、3D打印技术等手段,创造出前所未有的空间结构和外观效果,使建筑在满足功能需求的同时,也能展现出艺术性和科技感的完美融合。

4 城市文化背景对公共建筑艺术性的影响

城市的历史、文化传统、社会价值观以及居民的生活方式等,都会在建筑设计中体现出来。这种文化背景的影响决定了公共建筑在外观、内涵、空间布局等方面的艺术表达。公共建筑作为城市的一部分,往往是城市文化的象征,反映出该地区的特色与精神面貌。例如,古老城市的公共建筑往往传承着经典的历史元素,如拱形门窗、雕刻、石材等,而现代化城市的建筑则更注重简洁的线条和创新的材料应用。

另外,地方性文化是影响公共建筑艺术性的重要因素。每个城市都有其独特的地理、历史、宗教和民俗背景,这些因素在建筑设计中占据重要地位。例如,某些地区可能具有特定的宗教信仰,其公共建筑的设计可能会融入宗教符号或建筑元素,如尖顶教堂、祈祷室等,这些设计不仅符合宗教功能需求,还具有浓厚的文化艺术气息。再如,一些地方的建筑设计可能会借鉴当地的传统工艺和手工艺术,融入当地的木雕、石雕、织物等文化元素,使得建筑作品更

加富有地方特色，形成与城市文化紧密相连的艺术表达。

城市文化背景也对公共建筑的艺术性表现提出了对环境适应性的要求。每座城市的气候条件、地理环境和自然景观都会对建筑的外观和结构产生影响。例如，位于高温干燥地区的公共建筑，可能采用厚重的墙体、自然通风的设计和遮阳系统，以应对炎热的气候，同时设计风格上可能也更注重自然材料的使用，如土坯、木材等，与当地的环境相融合。而在寒冷地区，建筑可能更注重采暖、隔热等功能，同时在艺术表现上，可能采用具有保温功能的建筑材料，并融入当地的文化象征性装饰，使建筑既具功能性，又不失艺术价值。

城市文化背景的变化也直接影响公共建筑艺术性的创新与发展。在现代化进程中，许多城市越来越重视绿色建筑和可持续发展的理念，公共建筑设计的艺术性也逐渐与生态环境、社会责任和科技创新结合。例如，绿色建筑设计中的艺术性不仅体现在外形的美观上，更体现在如何通过建筑材料、能源使用、自然光照等方式实现环保与节能，成为一种体现当代社会发展趋势的艺术形式。城市公共建筑的艺术性因此也不断在文化背景的影响下，融合传统与现代、实用与审美的元素。

5 实现功能性与艺术性平衡的设计方法与实践

实现功能性与艺术性平衡的设计方法首先要求设计师在初期阶段就深入分析建筑的使用功能和环境需求。这一过程包括与用户的沟通，明确建筑的功能需求，如空间布局、人员流动、设备配置等。同时，还需要研究建筑所在的地理位置、文化背景、气候条件等因素，确保设计能够充分满足功能需求的同时与周围环境和谐融合。在这一阶段，设计师需要从建筑的实用性出发，为建筑的各个功能区块制定合理的空间规划和流线设计，同时预留足够的空间来融入艺术性元素，确保两者的有机结合。

在设计过程中，利用现代技术手段和创新设计理念，可以实现功能性和艺术性的有效结合。例如，数字化设计工具的使用可以帮助设计师在建筑外立面、结构布局 and 空间组织上进行灵活的调整，确保在满足功能性要求的同时，创造出视觉上具有艺术感的形态。智能化建筑技术的应用，如自动化空调、智能照明系统、绿色建筑技术等，不仅能提高建筑的功能性，还能通过巧妙的设计手法增强建筑的艺术效果。例如，通过合理的采光设计，既能满足建筑内部的自然光照需求，又能形成富有层次感的空间体验，增

强建筑的艺术表现力。

在空间设计上，艺术性与功能性的平衡往往体现在细节的把握上。设计师可以通过巧妙的装饰、材质的运用以及色彩搭配，使空间既具备实用性，又不失美感。例如，在公共建筑的走廊、楼梯间等常见空间，设计师可以通过艺术墙面装饰、雕塑和绿色植物的搭配，营造出既具功能性又具有艺术氛围的空间。同时，设计师还可以采用灵活的布局，保证空间的通透性与可调性，以适应不同的使用需求，同时通过装饰元素提升整体的艺术感。

艺术性与功能性的平衡需要通过反复地设计与调整来实现。在实际设计过程中，设计师不仅要在创意上追求艺术的独特性，更需要通过不断地实验与调整，确保艺术元素的加入不会削弱建筑的功能性。这一过程中，设计师常常需要多次与项目相关人员、用户进行沟通，反馈设计效果并进行优化，最终实现一个既满足使用需求，又具有艺术魅力的公共建筑。

6 结语

在城市公共建筑设计中，功能性与艺术性的平衡是实现建筑价值的关键。通过合理的功能规划与创新的艺术设计相结合，不仅能提高建筑的实用性，还能丰富其文化内涵，提升城市的视觉魅力。设计师需从城市的文化背景、建筑的使用需求及环境特点出发，综合运用现代设计手段，确保两者的有机融合。通过灵活的空间布局、智能化技术的应用及艺术表现手法的创新，能够在满足实际功能需求的同时，赋予建筑独特的艺术气息和深厚的文化底蕴。最终，功能性与艺术性的结合，不仅提升了建筑的使用价值，也为城市的公共空间增添了更多的活力与美感。

[参考文献]

- [1] 代朋. 浅谈城市公共建筑入口空间的设计研究[J]. 建筑与预算, 2023(7): 46-48.
- [2] 宋蓓沅, 孟婉竹. 城市雕塑艺术与城市公共建筑的融合设计研究[J]. 上海包装, 2023(3): 178-180.
- [3] 林家文, 车一男, 林壮. 城市公共建筑室外空间尺度优化设计研究[J]. 城市建筑空间, 2023, 30(1): 131-132.
- [4] 张竹村, 段然. 城市公共建筑功能评价研究[J]. 建设科技, 2022(20): 94-96.

作者简介：房赞松（1989.11—），男，汉族，毕业学校：河北联合大学，现工作单位：河北建筑设计研究院有限责任公司。

超高层商业综合体暖通设计探讨

刘学娜

中土国际工程设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]超高层商业综合体的兴起和发展, 对暖通系统提出了更高的要求。舒适性、能效性和可靠性成为设计中的重要指标。文中探讨了超高层商业综合体暖通设计的关键问题, 介绍了暖通系统的定义、作用以及在超高层商业综合体中的重要性, 分析了暖通设计的考虑因素, 包括负荷计算、设计参数选择与优化、节能与环保设计策略以及智能化与自动化设计。最后, 讨论了超高层商业综合体暖通系统的运行管理与维护, 包括运行监控、设备维护与保养以及故障排查与应急处理。通过对这些问题的深入探讨, 旨在提高超高层商业综合体的舒适性、能效性和运行可靠性。

[关键词]超高层商业综合体; 暖通设计; 负荷计算; 运行管理

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15626

中图分类号: TU83

文献标识码: A

Discussion on HVAC Design of Super High-rise Commercial Complex

LIU Xuena

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

Abstract: The rise and development of super high-rise commercial complexes have put forward higher requirements for HVAC systems. Comfort, energy efficiency, and reliability have become important indicators in design. The article discusses the key issues in HVAC design for super high-rise commercial complexes, introduces the definition, role, and importance of HVAC systems in super high-rise commercial complexes, analyzes the considerations for HVAC design, including load calculation, design parameter selection and optimization, energy-saving and environmental protection design strategies, as well as intelligent and automated design. Finally, the operation management and maintenance of the HVAC system in super high-rise commercial complexes were discussed, including operation monitoring, equipment maintenance and upkeep, as well as troubleshooting and emergency response. Through in-depth exploration of these issues, the aim is to improve the comfort, energy efficiency, and operational reliability of super high-rise commercial complexes.

Keywords: super high-rise commercial complex; HVAC design; load calculation; operation management

引言

随着城市化进程的加速和商业发展的蓬勃, 超高层商业综合体的建设已成为现代城市发展的重要组成部分。然而, 由于其特殊的建筑形态、复杂的功能需求以及严苛的环境条件, 超高层商业综合体的暖通设计面临着诸多挑战和机遇。超高层建筑的高度和体量使得其暖通系统设计需要考虑更加复杂的空气流动和温度分布情况, 以确保室内空气质量和舒适性。商业综合体项目通常包含多种功能, 如办公、商业、酒店等, 不同功能区域的热负荷和空调需求差异巨大, 需要巧妙的设计来满足各个区域的需求。因此, 研究超高层商业综合体的暖通设计既是对建筑工程技术的挑战, 也是对节能环保理念的实践。通过深入探讨超高层商业综合体的暖通设计, 可以为未来城市超高层建筑的可持续发展提供指导。

1 超高层商业综合体暖通系统概述

1.1 暖通系统的定义与作用

超高层商业综合体的暖通系统是指一套专门设计用于调节室内温度、湿度、空气质量和空气流动的设施和设备。其作用在于创造一个舒适、健康、安全的室内环境,

满足不同功能区域的热负荷需求, 保障建筑内部的正常运行和人员的舒适感受^[1]。

暖通系统通过供热和供冷设备, 调节室内温度, 使其在冬季保持温暖, 在夏季保持凉爽, 确保室内舒适性。通过通风和空气处理设备, 保证室内空气的新鲜度和清洁度, 排除有害气体和异味, 改善室内空气质量, 有助于人员健康。再者, 暖通系统还可以控制室内湿度, 避免湿度过高或过低对人体和建筑造成不利影响。火灾时, 通过消防通风设备, 它还承担着阻止烟气在安全区域聚集和排放烟气的功能, 以利于建筑内人员紧急安全疏散。总的来说, 超高层商业综合体的暖通系统不仅仅是为了满足基本的生活需求, 更是为了提升建筑的品质和价值, 增强建筑的竞争力, 为用户提供一个舒适、安全、健康的室内环境。

1.2 超高层商业综合体暖通系统的特点

第一, 超高层商业综合体往往拥有复杂的建筑结构, 包括多层楼、大跨度空间和复杂的外立面设计, 这对暖通系统的布局和管线设计提出了挑战, 需要合理规划管道走向和设备布置, 确保系统运行稳定。第二, 商业综合体内涵盖了办公、商业、娱乐、餐饮等多种功能区域, 每个区

域的热负荷和舒适性需求各不相同,因此暖通系统需要能够根据不同区域的需求进行智能调节和分区控制,实现精细化管理。第三,超高层商业综合体通常人员流动量大,尤其是在高峰时段,这对暖通系统的通风和空气处理能力提出了较高的要求,需要确保室内空气清新、无异味,提高人员舒适感和健康水平。第四,随着节能环保理念的普及,超高层商业综合体的暖通系统需要具备高效节能的特点,采用先进的节能设备和技术,如地源热泵、高效磁悬浮离心制冷机组利用等,减少能源消耗、降低运行成本,达到可持续发展的目标。第五,作为大型商业综合体,安全始终是首要考虑因素。暖通系统需要具备高度的安全性和可靠性,确保在紧急情况下能够快速响应,并采取有效措施保障人员的生命财产安全。

1.3 暖通系统在超高层商业综合体中的重要性

暖通系统直接关系到室内的舒适度和使用体验。超高层商业综合体内的各个功能区域,如商业、办公、休闲等,对于室内温度、湿度和空气质量有着不同的需求。一个高效稳定的暖通系统能够确保室内温度适宜、空气清新,提升用户的舒适感和满意度,从而增加商业综合体的吸引力和竞争力。

暖通系统对于商业综合体的能耗和运营成本具有重要影响。合理设计的暖通系统能够有效控制能源消耗,减少能源浪费,降低运营成本,提高建筑的经济性和可持续性。尤其是在当前节能环保的大背景下,一个节能高效的暖通系统不仅能够降低经济负担,还有助于减少对环境的不良影响,实现绿色可持续发展。

暖通系统还与商业综合体的安全性和健康性密切相关。良好的暖通系统能够有效控制室内空气质量,排除有害气体和微生物,减少传染疾病的传播风险,保障人员的健康和安全。同时,在火灾等突发事件中,暖通系统也承担着重要的排烟和加压送风功能,为紧急疏散提供必要的保障,减少人员伤亡和财产损失。

综上所述,暖通系统在超高层商业综合体中具有不可替代的重要性,直接关系到用户体验、运营成本、安全健康等多个方面。因此,在商业综合体的设计和运营中,应充分重视暖通系统的规划和优化,确保其能够发挥最大的效益和价值。

2 超高层商业综合体暖通设计考虑因素

2.1 负荷计算与需求分析

2.1.1 冷热负荷计算方法

在超高层商业综合体暖通设计中,冷热负荷计算直接影响到系统的设计和运行效果。常用的冷热负荷计算方法包括传统的简化计算方法和基于模拟的详细计算方法。

传统的简化计算方法主要包括经验法和负荷系数法。经验法是根据历史数据和经验公式,估算建筑的冷热负荷,如平均日负荷法、日负荷图法等。这些方法简单易行,适用于初步设计阶段。而负荷系数法则是根据建筑的类型、朝向、外墙材料等因素,确定负荷系数,再乘以设计室内

设计条件,计算出负荷值。虽然这些方法计算速度快,但准确性较低,不适用于复杂建筑^[2]。

基于模拟的详细计算方法则是利用计算机模拟软件,通过建筑能耗模型进行详细的传热传质计算,考虑建筑的结构、材料、朝向、玻璃面积、太阳辐射等因素,精确计算出建筑在不同季节、不同时间段的冷热负荷。这种方法计算精度高,能够考虑到更多影响因素,但需要较高的技术水平和计算资源,适用于工程设计的深入阶段。

2.1.2 商业综合体特殊需求分析

商业综合体与其他建筑相比,有着独特的使用特点和功能需求,因此在负荷计算与需求分析阶段,需要考虑以下几个方面:

其一,商业综合体内部通常包含多种功能区域,如商业零售区、办公区、娱乐区、餐饮区等。这些不同功能区域对于室内环境的要求各不相同,如商业零售区需要保持较低的温度和湿度,办公区则更注重通风和舒适度,厨房、餐饮区需要考虑厨具及饮食散热量等。因此,在负荷计算时需要根据各功能区域的特点和使用需求进行细致分析,确保系统设计能够满足不同区域的需求。

其二,商业综合体通常人流量大,尤其是在特定时段如节假日或促销活动期间,人员流动更为集中。这对暖通系统的负荷计算提出了挑战,需要考虑到人员密集区域的热量释放和通风需求,以确保系统在高负荷运行时依然稳定可靠。

其三,商业综合体的开放时间通常较长,甚至是24小时营业。这就要求暖通系统具有较高的稳定性和可靠性,能够持续运行并保持室内环境的舒适性,同时要考虑节能和运行成本的控制,以降低综合体的经营成本。

2.2 设计参数选择与优化

2.2.1 制冷制热设备选型

制冷制热设备选型是暖通系统设计的核心。在超高层商业综合体中,通常会选择空气冷却、水冷却或蒸发冷却等制冷方式,而供暖则可采用市政热源、空气源热泵、地源热泵、多联机空调等多种方式。在选型时,需要考虑建筑的负荷需求、节能要求、设备的可靠性和维护成本等因素。例如,空气源热泵适用于制冷和供暖,具有节能环保、安装方便等优点,但在极端气候条件下效果可能不佳;地源热泵则需要较大的地下空间,并且安装成本较高,但在长期运行中具有较低的能耗。

2.2.2 空调系统布局设计

空调系统布局设计需要充分考虑商业综合体的建筑结构、功能分区、人员流动和室内外环境等因素。合理的布局设计可以确保空气流通畅通,避免死角和温差过大的问题,提高空调系统的运行效率和舒适度。例如,在商业综合体的办公区和商业区,可以采用分区控制的空调系统,根据不同区域的负荷需求进行独立控制,实现能耗的优化和舒适性的提升。

2.2.3 新风系统设计

新风系统能够有效地改善室内空气质量,排除有害气体和异味,保证室内空气清新,并提高人员的舒适度和健康水平。在设计时,需要考虑新风量的大小、新风进出口的位置和通风方式等因素,以实现有效的空气交换和节能运行。同时,结合空调系统,可以实现新风与回风的混合利用,以及过渡季采取全新风运行模式,进一步提高能源利用效率。

2.3 节能与环保设计策略

2.3.1 高效能设备应用

采用高效能设备是实现节能目标的重要途径。在商业综合体的暖通系统中,选择能效比高的制冷制热设备、风机、泵等设备至关重要。例如,采用高效能的空气源热泵或地源热泵作为供暖和制冷设备,可以大幅减少能源消耗。在风机和泵的选择上,也应优先考虑能效比较高的产品,以降低系统运行时的能耗。

2.3.2 节能控制策略

通过合理的控制方案,如定时控制、温度控制、湿度控制、人员感应控制等,可以有效降低系统运行时的能耗。例如,通过智能化的控制系统,根据室内外温度和人员密度实时调整空调系统的运行模式和风量,以提高系统的运行效率并降低能耗^[3]。

2.3.3 可再生能源利用

利用可再生能源有利于实现商业综合体暖通系统节能与环保。可再生能源如太阳能、风能等具有广泛的应用前景,在商业综合体的暖通系统中可以用于热水供应、电力供应等方面。例如,安装太阳能光伏板作为电力的补充来源,或者利用太阳能热水系统提供热水供应,都能有效减少对传统能源的依赖,降低碳排放并节约能源成本。

2.4 智能化与自动化设计

2.4.1 智能控制系统应用

通过智能控制系统,可以实现对暖通设备的精准控制和调节,根据实时的室内外环境条件和用户需求,自动调整系统运行模式,提高系统的能效性和舒适性。例如,智能温度控制系统可以根据室内外温度和人员活动情况实时调节供暖和制冷设备的运行,避免能源的浪费和舒适性的降低。

2.4.2 自动化运行与监控

在超高层商业综合体的暖通设计中,智能化与自动化设计是关键因素,能够提高系统的效率、舒适性和可靠性。自动化运行与监控系统能够实现对暖通系统运行状态的实时监测和远程控制。通过传感器、监测设备和远程控制系统,可以对暖通设备的运行状态、能耗情况和故障报警进行实时监测和分析,及时发现和解决问题,提高系统的稳定性和可靠性。自动化运行系统还可以实现对系统运行参数的自动调整和优化,进一步提高系统的能效性和运行效率。

综合考虑智能控制系统应用和自动化运行与监控系统的设计,可以实现超高层商业综合体暖通系统的智能化和自动化运行。这不仅能够提高系统的能效性和舒适性,

还能够降低运营成本,延长设备的使用寿命,提高系统的可靠性和可维护性。

3 超高层商业综合体暖通系统运行管理与维护

3.1 运行监控与调整

运行监控与调整是保证暖通系统正常运行的基础。通过实时监控系统运行数据、环境参数和设备运行状态,可以及时发现异常情况并进行调整。例如,监测室内外温度、湿度、空气质量等参数,根据实际情况调节供暖和制冷设备的运行模式和风量,以保持舒适的室内环境。此外,定期进行系统的调试和优化,也是确保系统高效运行的重要手段。

3.2 设备维护与保养

设备维护与保养是确保暖通设备长期稳定运行的关键。定期进行设备的检查、清洁和保养,可以有效预防设备的故障和损坏。例如,定期清洗空调过滤网、润滑设备轴承、检查电气连接等,可以保持设备的正常运行状态,并延长设备的使用寿命。及时更换老化和损坏的部件,也是保证设备可靠性的重要措施。

3.3 故障排查与应急处理

故障排查与应急处理是保障暖通系统持续稳定运行的重要环节。一旦发生设备故障或运行异常,需要迅速采取有效措施进行排查和处理。建立完善的故障排查流程和应急预案,可以提高故障处理的效率和及时性。例如,及时调度维修人员进行故障排查和维修,同时采取临时措施保证系统的正常运行,以最大程度减少因故障而造成的影响。科学合理的管理和维护措施,可以确保暖通系统稳定、高效运行,为商业综合体的舒适度和节能性提供有力支持^[4]。

4 结束语

把握超高层商业综合体暖通设计中的关键问题,如负荷计算、设计参数选择与优化、节能与环保设计策略以及智能化与自动化设计等方面,可以为确保超高层商业综合体的舒适性、能效性和运行可靠性提供重要指导。在未来的建筑设计中,应继续注重对暖通系统的创新和优化,积极应用先进的技术手段和智能化管理,不断提升系统的性能和效率,加强对系统运行管理与维护的重视,建立科学完善的监控机制和应急处理体系,确保系统长期稳定运行,为人们创造更加舒适、健康的生活和工作环境。

[参考文献]

- [1] 钟乐. 高层商业综合体暖通空调设计要点研究[J]. 城市建筑, 2021, 18(6): 122-123.
 - [2] 齐亮. 商业综合体暖通空调设计注意事项分析[J]. 现代物业: 中旬刊, 2021(8): 24.
 - [3] 李海余. 商业综合体暖通空调改造设计研究[J]. 地产, 2023(5): 4.
 - [4] 汤元睿. 浅谈商业综合体业态调整的暖通系统优化[J]. 科学技术创新, 2023(9): 158-163.
- 作者简介: 刘学娜(1987.1—), 女, 汉族, 毕业学校: 河北科技大学, 现工作单位: 中土国际工程设计有限公司。

基于大数据分析的供热通风系统运行优化研究

李文强¹ 李晓毅²

1. 青岛市建筑设计研究院集团股份有限公司, 山东 青岛 266000

2. 青岛腾远设计事务所有限公司, 山东 青岛 266000

[摘要]近年来, 基于大数据分析的技术为解决供热通风系统提供了新思路。通过实时数据采集和智能算法分析, 能够优化能源调度和需求响应, 提高系统能效并减少浪费。文中研究了大数据分析在供热通风系统中的应用, 探讨了数据采集、存储、处理、挖掘及智能控制等关键技术, 并提出了优化措施, 旨在提高系统节能效果并改善舒适性。研究结果表明, 基于大数据的优化方法能显著提升系统性能, 有助于推动绿色建筑和智慧城市发展。

[关键词]大数据; 供热通风系统; 系统运行; 优化策略

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15678

中图分类号: U231.5

文献标识码: A

Research on Optimization of Heating and Ventilation System Operation Based on Big Data Analysis

LI Wenqiang¹, LI Xiaoyi²

1. Qingdao Architectural Design Institute Group Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China

2. Qingdao Tengyuan Design Firm Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China

Abstract: In recent years, technologies based on big data analysis have provided new ideas for solving heating and ventilation systems. Through real-time data collection and intelligent algorithm analysis, energy scheduling and demand response can be optimized, system energy efficiency can be improved, and waste can be reduced. The article studies the application of big data analysis in heating and ventilation systems, explores key technologies such as data acquisition, storage, processing, mining, and intelligent control, and proposes optimization measures aimed at improving system energy efficiency and comfort. The research results indicate that optimization methods based on big data can significantly improve system performance and help promote the development of green buildings and smart cities.

Keywords: big data; heating and ventilation system; system operation; optimization strategy

引言

随着城市化进程的加快, 建筑能耗问题日益突出, 尤其是供热通风系统的能效问题, 已被视为智慧城市建设中的关键课题。供热通风系统不仅直接关系到建筑内部的舒适度与空气质量, 且占据了建筑能源消耗的较大份额。传统供热通风系统通常依赖固定的控制策略, 未能充分考虑外部环境变化与内部需求波动, 导致了能源浪费与运行效率低下, 且缺乏灵活性与自适应能力。为应对这一挑战, 基于大数据分析的供热通风系统优化研究应运而生。大数据技术的广泛应用使得系统能够实时感知环境的变化, 并根据实际情况动态调整运行状态。通过智能化、精确化的控制手段, 系统的运行效率与能源利用率得以提升。大量传感器数据的高效处理与挖掘, 不仅被大数据分析技术所实现, 还能通过机器学习与数据挖掘技术实现对系统状态的智能预测与优化调度。由此, 为节能降耗、提升舒适度提供了新的解决思路。本文将深入探讨基于大数据分析的供热通风系统优化方法, 重点分析数据采集、存储与处理技术, 探索智能控制与自适应调节策略的实施, 并提出负荷预测与供热优化调度等优化措施, 旨在为智能建筑及绿色能源管理提供科学的技术支持与理论依据。

1 大数据分析在供热通风优化中的应用价值

大数据分析在供热通风系统优化中的应用价值, 主要体现在提升系统运行效率、降低能源消耗、优化调控策略及提高用户舒适度等多个层面。通过实时采集、存储、处理与分析运行过程中产生的海量数据, 系统的运行状态能够被精确识别, 负荷变化趋势能够被预测, 并在此基础上及时调整供热通风参数, 确保供热量与实际需求的匹配, 从而有效减少能源浪费。通过数据挖掘与机器学习算法优化的模型, 能够识别出影响系统能效的关键因素, 进而制定出更为精准的优化策略, 智能化的设备运行水平得以提升。此外, 故障诊断与预警方面, 大数据技术的应用也发挥了重要作用, 通过异常数据的检测, 潜在故障能够被提前识别, 从而降低设备损坏风险, 减少维护成本, 同时增强了系统的安全性与可靠性。结合物联网与云计算技术, 大数据分析使得供热通风系统实现了远程监控与智能调控, 提升了运行管理的效率与精准度, 从而为智慧建筑及节能减排目标的达成提供了坚实的技术支撑。

2 大数据技术在供热通风系统中的应用

2.1 数据采集与传感器技术

数据采集与传感器技术在供热通风系统中的应用, 直

接影响大数据分析的准确性与可靠性。关键在于建立高效的数据感知网络,从而全面监控系统运行状态并实现精细化管理。涉及温度、湿度、压力、风速、流量、空气质量及能源消耗等多个重要参数的供热通风系统,这些数据的精确获取依赖于多种高精度传感器的协同工作,如半导体温湿度传感器、电容式压力传感器、超声波流量计及红外气体传感器等。数据采集系统不仅需满足高灵敏度、低误差及强抗干扰性的技术要求,还应与物联网架构结合,通过有线或无线通信技术(如 LoRa、NB-IoT、Wi-Fi、5G)实现数据的远程传输与实时监控。在复杂的建筑环境中,传感器的布局与安装需考虑气流分布、热辐射及设备运行干扰等因素,以确保数据采集的稳定性与代表性。此外,智能传感器的应用使得数据采集由传统的周期性采集转变为自适应动态采集模式^[1]。此模式不仅能实时调整采集频率与优化数据传输策略,还能利用嵌入式 AI 算法进行边缘计算,提前进行异常检测、噪声过滤与初步分析,从而减少数据冗余并提升数据处理效率。

2.2 数据存储与处理技术

数据存储与处理技术在供热通风系统中的应用,构成了实现大数据高效优化调控的核心环节。关键在于搭建稳定、高效且可扩展的数据管理体系,以支持实时监控、历史数据分析与智能优化等多重需求。供热通风系统的数据来源广泛,涵盖温度、湿度、风速、流量、压力、能耗与空气质量等多个维度。具有高维度、高时效性与强动态变化特点的这些数据,且因设备分布广泛及采样频率差异,呈现出多源异构的复杂性。为了有效存储与管理这些庞大的数据量,分布式数据库(如 Hadoop HDFS、Apache Cassandra)与云存储技术通常被采用。通过数据分片与负载均衡等机制,存储的可靠性与可扩展性得以提升。在数据处理过程中,流式计算与批处理模式的结合尤为关键。实时监控与异常检测适用于流式计算(如 Apache Kafka、Apache Flink),确保数据低延迟处理;而长期趋势分析与优化建模则适合批处理(如 Apache Spark、MapReduce)。在数据清洗与预处理阶段,数据去噪、缺失值填补、数据归一化等算法被利用,以提升数据质量,避免传感器误差与通信延迟对分析结果的干扰。此外,随着边缘计算技术的成熟,部分数据处理任务可以在智能传感器或边缘服务器上完成,从而减轻云端计算压力并提高响应速度。

2.3 数据挖掘与分析方法

数据挖掘与分析方法在供热通风系统优化中的应用,构成了大数据技术的核心环节,其主要价值体现在对复杂、多源数据的深度解析、模式识别与智能预测,从而支持系统的精细化管理与优化控制。涉及温湿度、风速、压力、流量、能耗与空气质量等多维数据的供热通风系统,常常具有非线性、高维度与强时序性等特点,要求采用多种数据挖掘方法进行综合分析。在特征提取与模式识别方面,

聚类分析(如 K-Means、DBSCAN)有助于识别不同运行状态下的设备工作模式,而关联规则挖掘(如 Apriori、FP-Growth)可揭示不同参数间的隐含关系,从而优化供热通风策略。对于负荷预测与系统优化,时间序列分析(如 ARIMA、LSTM)能够准确预测未来供热需求变化趋势,提升调度精度,降低能源浪费。此外,数据冗余可通过主成分分析(PCA)与因子分析等降维技术减少,从而提高计算效率。在智能控制方面,机器学习与深度学习算法(如随机森林、支持向量机、深度神经网络)可构建自适应优化模型,实现对多种环境条件下供热通风系统的智能调节。同时,异常检测算法(如孤立森林、局部异常因子 LOF)可用于识别潜在故障,提升设备维护的预测性与精准性。结合实时流式计算(如 Apache Flink、Kafka Streams),不仅能实现供热通风系统的动态优化,大数据分析还可通过强化学习等技术持续优化控制策略,使系统的运行更加智能、高效,且节能。

2.4 机器学习与智能优化算法

机器学习与智能优化算法在供热通风系统中的应用,作为提升系统运行效率、节能降耗与智能调控的重要技术手段,其关键在于基于历史与实时数据构建自适应模型,从而实现供热通风系统的精准预测、动态优化与智能控制。面对多变量耦合、负荷波动及非线性特征时,传统的规则基控制方法常显得力不从心,而通过数据驱动的方式,机器学习算法能够自动识别系统运行规律,并不断优化调控策略。负荷预测、能耗分析及环境参数优化可通过监督学习算法(如随机森林、支持向量机、梯度提升树)实现,帮助精准匹配供需;运行状态识别、故障检测与能耗模式分类则可通过无监督学习方法(如 K-Means、DBSCAN)进行,为智能调度与预测性维护提供支持。深度学习模型(如长短期记忆网络 LSTM、卷积神经网络 CNN)擅长处理高维时序数据,能够通过分析历史数据预测未来的负荷需求与空气质量变化趋势,从而优化供热通风策略。此外,通过持续试探与优化,强化学习(如深度 Q 网络 DQN、Proximal Policy Optimization PPO)能够实现系统的自适应调节,使其在不同环境条件下自动调整风速、温度、供热功率等关键参数,从而达到节能与舒适度的最佳平衡。供热通风系统参数的优化可通过智能优化算法(如遗传算法 GA、粒子群优化 PSO、蚁群优化 ACO)进行,提升设备的运行效率,降低能耗损失^[2]。随着边缘计算与联邦学习的广泛应用,机器学习模型的训练与部署可以在本地端与云端协同完成,从而实现低延迟、高效能的智能优化。

3 基于大数据分析的供热通风系统优化方法

3.1 运行状态实时监控与预测

运行状态的实时监控与预测,作为大数据分析优化供热通风系统的关键环节,其核心目标是通过高精度的传感器网络与数据分析技术,构建精准的系统状态感知与智能

预测机制,以实现设备的高效运行与能耗优化。供热通风系统涉及多维数据,如温湿度、风速、流量、压力、能耗及空气质量等,这些数据通过物联网传感器实时采集,并通过无线通信(如 NB-IoT、5G)或有线网络传输至数据处理中心。在此过程中,保证了数据能够在毫秒级别内完成清洗、去噪及异常检测的是流式计算技术(如 Apache Flink、Kafka Streams)。结合时间序列分析(如 ARIMA、LSTM),准确预测系统的运行趋势能够实现,负荷变化、环境波动及潜在故障可提前识别。基于机器学习的状态分类算法(如随机森林、支持向量机 SVM)则实现了对系统运行状态的智能判断,进而支持故障预警与精准调控。此外,能够融合多源异构数据、进一步提升预测精度的是深度学习模型(如 Transformer、CNN-LSTM),从而优化供热通风系统的调节策略。在实时监控的基础上,强化学习算法(如深度 Q 网络 DQN、PPO)进一步优化系统的运行参数,使设备根据环境变化动态调整供热量、风速、换气频率等关键指标,确保在提高舒适性的同时,也能实现节能目标。

3.2 负荷预测与供热优化调度

负荷预测与供热优化调度是实现供热通风系统高效运行的核心技术。通过准确的负荷预测,未来供热需求的变化可以提前掌握,从而合理安排资源,避免能源浪费或系统超负荷运行。负荷预测通常结合历史数据分析与实时监测数据,通过时间序列分析(如 ARIMA、LSTM)及机器学习模型(如支持向量机、随机森林)进行短期与中期热负荷需求的预测,进而识别季节性变化、昼夜温差、天气变化等因素对供热需求的影响。考虑到供热系统的复杂性与非线性特征,时序数据中的长短期依赖关系,能够由深度学习模型(如 LSTM、GRU)处理,从而提供更加精准的预测结果。在此基础上,供热优化调度则通过智能优化算法(如粒子群优化、遗传算法、蚁群优化)实现能源分配与设备调度的最优化,确保系统在满足需求的同时尽可能降低能源消耗,避免设备频繁启停。根据实时负荷变化,智能调度系统能够动态调整供热源、循环泵与风机的运行状态,同时在不同需求条件下优化系统工作模式,如集中供热与分布式供热的切换、电锅炉与热泵的协同运行等。此外,故障诊断与预测性维护通过优化调度得以实现,系统潜在问题可提前识别并进行相应调整,从而减少故障发生率与停机时间。

3.3 智能控制与自适应调节策略

智能控制与自适应调节策略在基于大数据分析的供热通风系统中,作为实现高效节能与精准舒适的重要手段,起着至关重要的作用。通过集成先进的传感器技术、数据分析以及机器学习算法,环境变化与系统状态的实时监控能够由智能控制系统实现,并根据需求动态调整设备运行参数,如温度、湿度、风速与空气流量,从而确保系统始

终保持最佳运行状态,无论在不同气候条件下,或是室内需求波动时。依托大数据中的历史运行数据、实时监测数据及气象预测信息,自适应调节策略得以实现,结合深度学习与强化学习等技术,调节规则能够自动优化,进而实现系统的智能管理^[3]。通过对多源数据的分析,系统能够根据季节变化与天气条件自动调整供热模式,从而采用最优的能源分配方案。例如,历史气温变化与室内温度反馈的分析,使系统在寒冷的冬季自动调节热量输出;而在温暖季节,能耗得以减少,或是转向可再生能源供热,从而提升能源使用效率。同时,建筑物的热负荷变化与实际使用情况,能够促使智能控制系统动态调整风机与空调设备的工作状态,从而避免设备的无效运行与能源浪费。此外,随着运行数据的积累,系统具备自我学习能力,不断优化调节策略,使其更好地适应环境变化、负荷波动及用户需求的变化,确保既能满足舒适性需求,又能有效降低能源消耗。

3.4 节能降耗优化措施

节能降耗优化措施在供热通风系统中的作用至关重要,其主要目标是最大限度地减少能源消耗,同时满足用户的舒适性需求,通过先进的大数据分析与智能控制技术实现。外部环境(如气温、湿度、风速)与建筑内部的温度、空气质量等关键参数能够通过系统的实时监控进行追踪,运用大数据模型对负荷需求进行预测,从而实现精准的能源调度,避免不必要的能源浪费。在负荷预测与实时调节的支持下,供热通风设备能够在最佳工况下运行,能耗过度现象在高负荷时段得以减少。设备运行模式与工况的调整,能够通过智能控制与自适应调节策略来降低能耗。例如,在需求较低的时段,风机转速可以调低,或部分设备被切换至低能耗模式,从而达到节能效果。同时,结合热回收技术(如热回收通风系统 HRV 及热泵技术),建筑内外的温差能够被有效利用,将废热或自然资源回收并加以利用,减少供热与通风系统对外部能源的依赖^[4]。在这一过程中,数据挖掘与优化算法起到了关键作用。智能算法通过分析历史数据与实时学习,不断优化调节策略,确保系统能够在各种环境条件下始终实现最佳的能效表现。最后,分布式能源系统与可再生能源(如太阳能、地热能等)与传统能源的协同运行,不仅能够进一步提高能源利用效率,还能减少对传统能源的依赖,推动供热通风系统向绿色转型。

4 结语

本文研究了基于大数据分析的供热通风系统运行优化方法,探讨了数据采集、处理、分析和智能控制等关键技术,并提出了相关的优化策略。随着大数据技术的不断发展,供热通风系统的运行优化正朝着更加智能化、精细化的方向发展。通过实时监控和智能调度,能够有效提高系统能效,减少能源消耗,同时保障建筑内部的舒适性。

尽管目前这一技术尚处于应用探索阶段,但随着技术的成熟和相关应用场景的增加,基于大数据的供热通风系统优化必将成为未来建筑节能和绿色发展的重要组成部分。未来的研究应继续关注多源数据的整合与处理、智能算法的进一步优化以及系统的综合集成,以实现更高效、更可持续的供热通风管理,为绿色建筑与智慧城市建设做出积极贡献。

[参考文献]

- [1]林周勇,柯一鸿,王少聪,等.浅谈智慧供热系统的关键技术问题[J].高科技与产业化,2024,30(10):34-36.
[2]王泽海.关于智慧供热技术在大型供热管网中的应用

探讨[J].建材发展导向,2024,22(10):115-118.

[3]彭俊灵,邓敏.大数据分析在供热系统监测领域的应用[J].煤气与热力,2024,44(3):33-35.

[4]白鹤,杨亚龙,范文强.大数据分析在供热运行监测和节能领域的应用[J].区域供热,2020(3):130-134.

作者简介:李文强(1991.7—),男,学历:硕士研究生,毕业院校:青岛理工大学,所学专业:供热、供燃气、通风及空调工程,目前职称:工程师;李晓毅(1995.3—),男,学历:本科,毕业院校:山东科技大学,所学专业:建筑环境与能源应用工程,目前职称:工程师。

危废处置中的焚烧技术与废气处理优化研究

姜骋宇

金华市莱逸园环保科技有限公司, 浙江 金华 321000

[摘要] 危险废物的处置问题日益加剧, 尤其是在焚烧过程中, 二噁英等有害物质的生成对环境与人体健康构成了显著威胁。作为持久性有机污染物, 二噁英具有极高的稳定性, 能够在环境中长期积累, 并通过食物链不断扩散, 最终对生态系统产生不可逆的破坏。尽管焚烧技术在减少废物体积和质量方面优势明显, 如何有效控制二噁英等有害物质的排放, 依然是当前技术面临的重大挑战。近年来, 焚烧过程的优化、二燃室分解、急冷塔技术以及药剂吸附等废气处理手段虽已取得一定进展, 现有技术仍未能彻底解决二噁英的排放问题。针对这一难题, 探索焚烧技术与废气处理技术的协同优化路径, 成为废物处理领域亟需攻克的关键课题, 旨在提升焚烧过程的环保性能, 推动废物处理技术的可持续发展。

[关键词] 焚烧技术; 废气处理; 废物处置

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15673

中图分类号: 404

文献标识码: A

Research on Incineration Technology and Optimization of Waste Gas Treatment in Hazardous Waste Disposal

JIANG Chengyu

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

Abstract: The disposal of hazardous waste is becoming increasingly serious, especially during the incineration process, where the generation of harmful substances such as Dioxin poses a significant threat to the environment and human health. As a persistent organic pollutant, Dioxin have extremely high stability, can accumulate in the environment for a long time, and continuously spread through the food chain, ultimately causing irreversible damage to ecosystems. Despite the significant advantages of incineration technology in reducing waste volume and quality, effectively controlling the emission of harmful substances such as Dioxin remains a major challenge facing current technology. In recent years, although some progress has been made in the optimization of incineration processes, secondary combustion chamber decomposition, rapid cooling tower technology, and chemical adsorption for waste gas treatment, existing technologies still cannot completely solve the problem of Dioxin emissions. Exploring the collaborative optimization path between incineration technology and exhaust gas treatment technology has become a key issue that urgently needs to be overcome in the field of waste treatment, aiming to improve the environmental performance of incineration processes and promote the sustainable development of waste treatment technology.

Keywords: incineration technology; waste gas treatment; waste disposal

引言

随着工业化进程的加速, 废物处理问题日益凸显, 特别是危险废物的处置, 已经成为环境保护面临的重大挑战。由于焚烧技术具备高效、经济的优势, 它逐渐成为危险废物处理的主要手段之一。但焚烧过程中二噁英等有害物质的生成, 对环境及人体健康构成了严重威胁。为解决这一问题, 焚烧过程中二噁英的生成机制及排放控制技术的研究, 已成为当前环境工程领域的关键课题, 同时, 焚烧技术与废气处理的协同优化路径也在不断探索之中。

1 焚烧技术概述与工艺分析

1.1 焚烧技术基本原理与工艺过程

焚烧技术通过高温氧化反应将危险废物转化为无害气体、固体残渣及热能。该过程的核心原理是利用燃烧过程中释放的热能, 促使废物中的有机物与氧气发生反应, 生成二氧化碳、水蒸气及少量无害气体。焚烧过程可分为

干燥、热解、氧化燃烧及残渣处理四个主要阶段。在干燥阶段, 废物中的水分会在高温下蒸发, 随即进入热解阶段, 废物中的有机物在高温环境下分解, 释放出易燃气体。在氧化燃烧阶段, 废物中的有机成分会在充足的氧气供应下完全燃烧, 转化为二氧化碳和水蒸气, 同时释放出大量的热能。经过这一系列反应后, 剩余的固体残渣主要由无害的矿物质灰分构成。温度控制、氧气供应及停留时间是焚烧工艺的关键因素。适宜的温度能够确保废物得到充分燃烧, 且有效减少了二噁英等有害气体的生成。充足的氧气供应不仅提高了燃烧效率, 还防止了有害物质的残留, 而合理的停留时间则保证了废物在高温环境下得以彻底分解。

1.2 焚烧炉类型与优缺点分析

焚烧炉种类繁多, 每种炉具在废物处理过程中展现出不同的特点, 其性能、效率及环保效果各具优势与不足, 常见的焚烧炉主要包括回转窑炉、流化床炉、固定床炉以

及多级焚烧炉。回窑炉广应用于高温燃烧废物,特别适合处理含处理能力和较强的适应性,能够满足多样化的废物焚烧需求。回转窑炉的设计确保废物在高温下得到充分反应,从而提高燃烧效率。然而,其主要短板在于设备投资较高,且占地面积大,操作过程中对温度的精准控制要求较高。流化床炉则采用气流将废物悬浮进行燃烧,这一方式在废物焚烧中得到广泛应用。其优势主要体现在高效燃烧、温度均匀及废物适应性强,尤其适合处理多种废物类型。流化床炉能够显著减少二噁英的生成,并具有较高的自动化控制能力。尽管如此,流化床炉的运行成本较高,尤其是在燃料投入和设备维护方面。固定床炉具有结构简单、操作便捷的特点,适用于小批量固体废物的处理。其低造价及较低的能耗为其优势所在,但由于燃烧效率较低,且在燃烧不完全时容易产生有害气体,其环保性能相对较差,限制了应用范围。多级焚烧炉通过设置多个燃烧室,采用分阶段的高温氧化反应,更高效地分解废物,该炉型特别适用于处理高污染废物,能够在多个阶段有效减少污染物的排放。然而,结构复杂及初期投资较高是其主要缺点。

2 废气处理优化技术

2.1 焚烧废气的污染物种类与危害

焚烧废气中含有多种有害物质,这些污染物不仅严重影响环境,还对人体健康构成潜在威胁。主要的污染物包括有毒气体、颗粒物以及重金属等。有害气体是焚烧废气的主要成分。正常燃烧过程中,二氧化碳(CO_2)和水蒸气是常见的产物,但也会生成一些有毒气体,如二噁英、氮氧化物(NO_x)、硫氧化物(SO_x)及一氧化碳(CO)。二噁英被认为是一种极具危害的致癌物,即使在微量时,也可能对生物体造成长远的影响。氮氧化物和硫氧化物是大气污染的关键成分,它们能够促进酸雨的形成,严重危害生态系统。一氧化碳则是一种无色无味的有毒气体,若大量吸入,会导致中毒甚至危及生命。颗粒物含量同样不可忽视,尤其在废物中有机物成分较高时,颗粒物的生成量会明显增加。颗粒物不仅加剧空气污染,还可能进入呼吸系统,长期接触这些细小颗粒物可能引发呼吸道疾病、心血管问题及其他健康隐患。重金属也是焚烧废气中的另一类重要污染物,常见的有汞、铅和镉等,由于这些重金属具有强烈的生物积累性,它们在生态系统中长期积累,将对动植物以及人类健康带来深远影响,尤其是在神经系统和免疫系统方面。从焚烧废气中排放的污染物种类繁多且危害严重。为有效控制这些污染物的排放,优化焚烧技术是必要的,同时必须结合先进的废气处理技术,确保环境安全并有效保护公众健康。

2.2 废气处理技术

2.2.1 吸附法与吸收法

吸附法与吸收法是废气处理中的两种常见技术,各自具有独特的特点,适用于不同的污染物去除需求。吸附法通过固体材料的表面吸附作用,从气流中去除废气中的有

害物质。常见的吸附材料包括活性炭、沸石、硅胶等,这些材料通过物理或化学作用将有毒物质捕集在其表面。吸附法的主要优点在于设备简单、操作灵活,且对气体中的有机污染物以及部分无机物具有较高的去除效率。特别是在处理低浓度的有机气体污染物时,吸附法展现了较为优异的效果。然而,吸附法也存在一定局限性,吸附剂随着使用时间的推移会逐渐饱和,必须定期更换或再生,这增加了运行成本。与吸附法不同,吸收法通过液体与废气接触,利用溶解或化学反应将污染物去除。常用的吸收液体包括水、酸溶液、碱溶液以及一些有机溶剂。吸收法在去除酸性或碱性气体(如二氧化硫、氨气等)方面具有显著效果。此外,对于一些较大分子或不易挥发的污染物,吸收法同样能提供较好的去除性能。然而,吸收法同样存在不足,液体吸收剂容易被污染,需定期更换溶液,这就增加了溶液处理与更换的成本。同时,由于吸收法通常需要较大的设备体积来处理废气,这在某些应用中可能成为限制因素。

2.2.2 脱硫脱氮技术

脱硫脱氮技术在废气处理过程中扮演着至关重要的角色,其主要目标是减少废气中二氧化硫(SO_2)和氮氧化物(NO_x)的排放。这些污染物不仅加剧空气污染,还对人体健康及生态环境构成严重威胁。广泛应用于燃煤及工业废气治理中的脱硫脱氮技术,尤其在减少酸雨和改善空气质量方面发挥了重要作用。脱硫技术主要通过化学反应将二氧化硫转化为无害化合物,常见的脱硫方法包括湿法脱硫、干法脱硫以及半干法脱硫。湿法脱硫作为最常见的一种技术,通常使用石灰石浆液作为吸收剂,将废气通过喷雾与浆液接触,生成不溶于水的硫酸钙,从而实现二氧化硫的去除,这种方法不仅能够有效去除二氧化硫,还能在一定程度上去除粉尘。然而,湿法脱硫的设备较为复杂,且运行成本较高。相比之下,干法脱硫则利用干粉吸收剂(如石灰粉)与废气反应,将二氧化硫转化为固体物质,适合小规模或低负荷的处理场合。尽管该方法技术简单,然而其去除效率相较于湿法脱硫较低。脱氮技术的核心任务是去除废气中的氮氧化物,这些物质是酸雨与雾霾的主要形成原因。选择性非催化还原(SNCR)与选择性催化还原(SCR)是常见的脱氮技术。SNCR技术通过向废气中喷入还原剂(如氨气或尿素),促使氮氧化物在高温条件下发生还原反应,转化为无害的氮气与水蒸气,此方法简便且成本较低,然而其去除效率相对较低。

3 二噁英排放控制与优化

3.1 二噁英的生成机制

二噁英是一种极具毒性的有机污染物,通常在燃烧过程中生成。其生成机制极为复杂,受到多种因素的影响,包括燃烧温度、氧气浓度、燃料成分以及废气冷却速度等。二噁英的形成需要氯元素、碳源及高温条件的共同作用,氯化有机物在这些条件下发生一系列化学反应,最终生成

二噁英化合物。在实际的燃烧过程中，二噁英的生成通常发生在特定的温度范围内，通常为 400℃至 600℃。当废物中的氯化物与碳源（如有机物）反应时，二噁英分子便开始形成。在特定的催化条件下，这一反应得以进行，催化剂的存在会加速该过程^[1]。某些金属（如铜、铁、铅等）作为催化剂，能够促进氯化物与有机物的反应，从而加速二噁英的生成。值得注意的是，二噁英的生成不仅受到温度和催化剂的影响，还与废物中氯化物的浓度、燃烧器的设计及其操作条件密切相关。例如，当废物中的氯化物浓度过高时，二噁英的生成概率会显著增大。与此同时，燃烧温度的稳定性也是一个关键因素，温度过低或波动较大时，二噁英的生成会更加显著。

3.2 二噁英排放的环境与健康危害

二噁英的排放对环境及人类健康造成了严重的危害，作为一种持久性有机污染物（POPs），二噁英在环境中的稳定性极强，且具有显著的累积性。一旦进入大气、水体或土壤，它们便能够在环境中长期存在，并通过食物链不断积累，最终对生态系统造成不可逆的损害。在环境方面，二噁英通过空气扩散，进入植物、水体或土壤后，会持续污染生态环境，这些污染物不仅对动植物的生长、繁殖以及栖息地造成破坏，尤其是水生生物和土壤微生物，容易受到二噁英的累积影响，进而扰乱生态系统的健康，导致生物多样性的减少^[2]。从健康影响来看，二噁英对人体的危害尤为严重。已知，二噁英为致癌物，长期接触其物质将显著增加患癌症的风险。此外，二噁英还对免疫、神经、内分泌及生殖系统产生毒性作用。孕妇和儿童对于二噁英的敏感性较强，即使是低浓度的暴露，也可能导致胎儿发育异常、免疫力下降以及出生缺陷等问题。二噁英的毒性作用与一些慢性病的发生也密切相关，如心血管疾病和糖尿病等。鉴于其对人体多个系统的危害，世界卫生组织（WHO）已将二噁英列为优先控制的有害物质。因此，控制二噁英的排放不仅是环境保护的关键任务，也是公共卫生领域亟待解决的重要问题。

3.3 焚烧过程中的二噁英控制技术

在焚烧过程中，有效控制二噁英的关键在于通过高温焚烧实现废物的完全燃烧，从而抑制二噁英的生成。在回转窑中，废物被加热至 850℃以上的高温，这一温度不仅保证了废物完全燃烧，还有效避开了二噁英生成的温度范围（400℃~600℃）。这种高温条件能够有效抑制一氧化碳（CO）的生成，进一步减少了二噁英的形成，为后续废气净化提供了更有利的环境。废气经过高温焚烧后，会进入二燃室。在这一阶段，通过一系列技术措施确保二噁英被彻底分解。二燃室内的烟气温度保持在 1100℃以上，且废气停留时间不低于 2 秒，这确保了废气在高温下的充分搅动，有效促进了二噁英的分解^[3]。此外，焚烧炉出口的氧气浓度始终保持在 6%以上，同时一氧化碳浓度控制

在 50mg/Nm³ 以下，保障了燃烧的稳定性。通过这些严格控制手段，二噁英的分解效率可达到 99.99%以上，显著降低了其排放量。进入烟气净化系统后，废气中的二噁英经过进一步处理。在急冷塔中，烟气迅速冷却至 200℃~500℃ 的温度区间，冷却停留时间控制在 1 秒以内，有效防止了二噁英的再生。随后，烟气通过药剂吸附处理，利用碱性物质及活性碳吸附二噁英前驱物（如氯化氢 HCl）、二噁英合成催化剂以及残留的微量二噁英。这一过程通过袋式除尘器高效执行，进一步降低了二噁英含量，最终使其浓度降至 TEQ 0.5ng/Nm³ 以下，从而大大减少了对环境的危害。

4 焚烧技术与废气处理技术的协同优化

焚烧技术与废气处理技术的协同优化，关键在于提升污染控制效率与减少环境负担。焚烧过程中，废物高温分解，尽管大部分有害物质得到处理，但二噁英、氮氧化物及颗粒物等污染物的生成，仍需依赖高效废气净化技术清除。因此，焚烧炉与废气净化系统的紧密配合，是确保高效排放控制的核心。焚烧炉的设计优化通过调控温度、停留时间与燃烧气氛，减少有害物质生成，为废气处理提供更清洁的烟气源。废气净化系统则有效去除有害物质，例如，急冷塔迅速降温防止二噁英再合成，药剂吸附与袋式除尘去除残留污染物。智能化与自动化技术的应用，实时监控并优化燃烧过程，减少有害物质生成。废气处理设备根据监测数据调整，确保高效去除污染物。焚烧与废气处理技术的有机协同，提升环保性，推动资源高效利用，减少环境影响，为废物处理设施的性能优化与排放标准达成提供保障。

5 结语

焚烧技术在危险废物处理中的应用，尤其在二噁英控制方面，已取得显著进展。通过高温燃烧、二燃室分解、急冷塔处理与烟气净化装置的协同作用，二噁英的生成与排放得到了有效抑制。这些技术措施不仅确保了废物的彻底燃烧与分解，还通过精准的温控与药剂吸附等方法，大幅减少了二噁英对环境的影响，达到了更为严格的排放标准。随着焚烧技术与废气处理技术的持续完善，二噁英排放预计将进一步降低，从而有效缓解环境污染问题。为实现绿色、可持续的废物管理目标，坚实的保障已被提供。

[参考文献]

- [1] 陈云. 危险废物焚烧处置废气污染物净化技术应用研究[J]. 黑龙江环境通报, 2024, 37(3): 154-156.
 - [2] 纪岩峰. 危险废物焚烧处置废气污染物净化技术应用[J]. 黑龙江环境通报, 2024, 37(1): 166-168.
 - [3] 王翺. 危险废物焚烧处置废气污染物净化技术应用研究[J]. 山西化工, 2023, 43(4): 252-253.
- 作者简介：姜聘宇（1990.5—），毕业于武汉生物工程学院，所学专业：生物技术专业，当前就职于：金华市莱逸园环保科技有限公司（金华市固废处置中心），职务：技术与安环部工程师，职称级别：工程师。

绿色节能材料在建筑工程中的实践效果评估

刘智恒

浙江耀华规划建筑设计有限公司, 浙江 杭州 316108

[摘要] 绿色节能材料在建筑工程中的应用对提升建筑能效、减少能源消耗及改善室内环境具有重要意义。这类材料通过其优异的隔热保温性能和环保特性, 不仅能降低建筑物能耗, 还能提高居住者的健康和舒适度。尽管面临成本和技术兼容性等挑战, 但随着政策支持、公众教育的加强以及技术创新的推动, 绿色节能材料的应用逐渐普及, 为建筑行业的可持续发展提供了坚实基础, 助力实现节能减排目标并应对全球气候变化。

[关键词] 绿色节能材料; 建筑工程; 热工性能; 能效提升; 室内空气质量

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15657

中图分类号: TU5

文献标识码: A

Evaluation of the Practical Effect of Green Energy-saving Materials in Construction Projects

LIU Zhiheng

Zhejiang Yaohua Planning and Architectural Design Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 316108, China

Abstract: The application of green and energy-saving materials in construction projects is of great significance for improving building energy efficiency, reducing energy consumption, and improving indoor environment. This type of material, with its excellent thermal insulation performance and environmental characteristics, can not only reduce building energy consumption, but also improve the health and comfort of residents. Despite facing challenges such as cost and technological compatibility, with the strengthening of policy support, public education, and the promotion of technological innovation, the application of green and energy-saving materials has gradually become popular, providing a solid foundation for the sustainable development of the construction industry, helping to achieve energy-saving and emission reduction goals, and addressing global climate change.

Keywords: green energy-saving materials; architectural engineering; thermal performance; energy efficiency improvement; indoor air quality

引言

全球环境保护意识的提升正促使各行业寻求更加可持续的发展路径, 建筑行业作为能源消耗和碳排放的重要领域, 其转型尤为关键。绿色节能材料凭借卓越的环保性能和能效优势, 成为现代建筑设计中不可或缺的一部分。这类材料不仅有助于降低建筑物的整体能耗, 还能显著改善室内空气质量, 为居住者提供更健康的居住环境。特别是在当前强调节能减排的大背景下, 深入探讨绿色节能材料的应用效果及其对建筑行业可持续发展的贡献, 显得尤为重要。通过聚焦这些材料的实际应用案例, 可以进一步探索其在不同条件下的表现及优化潜力。

1 绿色节能材料在建筑工程中的应用现状与挑战

1.1 绿色节能材料的基本概念及其在现代建筑中的角色

绿色节能材料指的是那些能够有效降低建筑物能耗、减少环境污染同时提高居住舒适度的建筑材料。这类材料包括高效隔热保温材料、环保型装饰装修材料及可再生能源利用设备等。在现代建筑设计中, 绿色节能材料扮演着至关重要的角色, 通过其卓越的热工性能和环境友好特性, 不仅能显著提升建筑物的整体能效, 还能改善室内空气质量, 为居民提供更加健康舒适的居住环境^[1]。这些材料的

应用对于推动建筑行业向低碳经济转型具有重要意义, 有助于实现全球气候变化目标。

1.2 当前绿色节能材料应用过程中遇到的主要问题和障碍

尽管绿色节能材料具有诸多优势, 但在实际应用过程中仍面临不少挑战。成本较高是推广使用的一大阻碍, 尤其是一些高性能的绿色材料价格远高于传统建材, 增加了项目预算。技术兼容性也是一个重要考量因素, 部分新型绿色节能材料可能与现有建筑技术体系不完全兼容, 需要额外的技术调整或培训才能顺利应用。市场对绿色节能材料的认知度不足, 导致需求量有限, 进一步限制了其广泛应用。这些问题的存在要求在政策制定和技术研发上采取针对性措施来克服。

1.3 不同地区对绿色节能材料接受度和推广情况的差异分析

各地区的经济发展水平、气候条件以及政策导向等因素直接影响到绿色节能材料的接受度和推广程度。发达地区由于拥有更强的经济实力和技术支持, 往往更容易接受并推广使用绿色节能材料; 而一些发展中国家和地区则可能因为资金和技术限制, 在推广方面进展缓慢。不同气候条件下对绿色节能材料的需求也存在差异, 例如寒冷地区

更注重材料的保温性能,而炎热地区则倾向于选择具有良好隔热效果的材料。针对不同地区的具体情况制定相应的推广策略显得尤为重要。

2 提升建筑工程能效的关键措施与策略

2.1 选择适合当地气候条件的绿色节能建筑材料的重要性

选择适应当地气候条件的绿色节能建筑材料对于提升建筑能效至关重要。在寒冷地区,高效保温材料如聚苯板和岩棉板能够有效减少热量流失,保持室内温暖;而在炎热地区,反射性隔热涂料和遮阳系统则有助于降低建筑物吸收的太阳辐射热,从而减少空调使用频率^[2]。不同湿度环境对建筑材料的选择也有特定要求,例如在高湿地区使用具有优良防潮性能的材料可以避免霉菌生长,保护居住者健康。根据具体地理位置和气候特征选用合适的绿色节能材料,不仅能优化能源利用效率,还能增强建筑的耐久性和舒适度。

2.2 通过优化建筑设计提高能源利用效率的具体方法

优化建筑设计是提高能源利用效率的有效途径之一。合理布局建筑朝向以最大化自然光照和通风,可显著降低人工照明和空调系统的使用需求,同时提升居住者的舒适感。采用双层玻璃窗设计不仅提升了窗户的隔音效果,还增强了其隔热性能,有助于维持室内温度稳定,减少能耗。引入绿色屋顶和垂直绿化等生态设计元素,不仅能美化城市景观,还可以调节局部气候,减少城市热岛效应,改善空气质量。这些设计策略共同作用,不仅降低了建筑物能耗,也提升了居住者的舒适体验,为实现可持续发展目标提供了有力支持,促进了人与自然和谐共生的理想环境构建。

2.3 绿色节能材料如何助力实现建筑物节能减排目标

绿色节能材料的应用直接促进了建筑物节能减排目标的达成。高效的隔热材料显著减少了冬季取暖和夏季制冷所需的能量消耗,大幅降低了碳排放。太阳能光伏板作为清洁能源的一种形式,安装于建筑表面后可以直接转换太阳能为电能供自用或并网销售,进一步减少了对化石能源的依赖。智能控制系统与绿色节能材料相结合,能够根据室内外环境变化自动调整设备运行状态,确保能源使用的高效性和稳定性。这些综合措施不仅显著提高了建筑的能效比,还通过减少温室气体排放为全球应对气候变化贡

献了重要力量,推动了建筑行业的可持续发展进程。同时,这种结合也提升了居住者的舒适度和生活质量。

3 绿色节能材料对室内环境质量的影响探究

3.1 绿色节能材料在改善室内空气质量方面的潜力

绿色节能材料通过其独特的物理和化学性质,能够在提升建筑能效的同时显著改善室内空气质量。低挥发性有机化合物(VOC)涂料和黏合剂的使用,可以大幅减少有害气体的释放,为居住者提供更加健康的呼吸环境。一些新型建筑材料具备自清洁功能或能够吸收空气中的污染物,如二氧化钛涂层材料在光照下分解空气中的有害物质,净化室内空气^[3]。绿色节能材料往往具有良好的透气性能,有助于调节室内湿度,防止霉菌生长,从而进一步保障室内空气质量。这些材料的应用不仅提升了建筑的整体环保性能,也为居住者的健康提供了坚实保障。

3.2 评估绿色节能材料对人体健康和舒适度的正面影响

绿色节能材料对提升人体健康和舒适度有着不可忽视的作用。高效隔热保温材料的应用使得室内温度更加稳定,减少了因室内外温差过大导致的身体不适。这类材料还能有效降低噪声污染,营造安静的生活环境,有助于提高睡眠质量和日常生活体验。另外,采用自然通风设计和绿色环保装饰材料,可以减少空气中悬浮颗粒物和有害化学物质的存在,降低呼吸道疾病的风险。绿色节能材料还能够调节室内湿度至适宜水平,避免过于干燥或潮湿的环境对皮肤和呼吸系统的不良影响,为居住者创造一个既健康又舒适的居住空间。

3.3 绿色节能材料使用中需要注意的问题以确保居住者的福祉

在应用绿色节能材料时,需特别注意几个关键问题以确保居住者的福祉。尽管许多绿色节能材料声称无害,但在选择时仍需仔细核实其成分和生产工艺,确保不含有害物质。施工过程中应遵循严格的安装指南,保证材料的最佳性能得以充分发挥,避免因不当操作导致的安全隐患或效能下降。考虑到不同人群对材料敏感性的差异,在选用某些可能引发过敏反应的材料时,需要进行充分的前期测试和评估。最后,长期监测和维护也是不可或缺的一环,定期检查材料的状态并及时修复任何损坏,可以确保绿色节能材料持续发挥其应有的作用,保护居住者的健康和安全。

表 1 中国典型城市绿色节能材料应用效果对比表

城市	建筑类型	使用的绿色节能材料	节能效率 (%)	室内温度波动范围 (℃)	空气质量指数改善率 (%)	材料成本增加 (元/平方米)	数据来源
北京	住宅	高效保温板、双层玻璃	25	3~5	30	200	北京市建筑科学研究院报告
上海	商业办公	太阳能光伏板、智能调光玻璃	18	4~6	25	350	上海市能源研究中心
广州	公共设施	反射性隔热涂料、自然通风设计	22	2~4	28	280	广东省环境保护厅
成都	教育机构	绿色屋顶、高效隔热窗	20	3~5	27	250	四川省建筑设计研究院
沈阳	工业厂房	防火保温材料、环保装饰涂料	15	5~7	20	180	辽宁省工业技术研究院

4 实际工程案例中绿色节能材料的应用效果分析

4.1 成功应用绿色节能材料提升建筑效能的实际案例研究

在某寒冷地区的住宅项目中,通过使用高效保温材料如聚苯板和岩棉板,显著提升了建筑的热工性能。这些材料有效减少了冬季室内热量流失,降低了供暖需求。该项目还采用了双层玻璃窗设计,不仅增强了窗户的隔热效果,也大幅减少了噪音干扰^[4]。屋顶绿化系统被引入以增加建筑物的保温层,并改善了局部微气候环境。太阳能光伏板的应用则为住宅提供了部分清洁能源,进一步降低了整体能耗。这种综合运用多种绿色节能材料的方式,使得该住宅项目的能效比大幅提升,同时也为居住者创造了更加舒适的生活空间。

4.2 从实际案例中提炼出的关于绿色节能材料应用的最佳实践

结合多个成功案例发现,在建筑设计初期即考虑绿色节能材料的应用是提高建筑效能的关键。选择适合当地气候条件的材料至关重要,例如在炎热地区优先选用高反射率外墙涂料和遮阳系统来减少太阳辐射热。利用本地资源进行材料采购不仅能降低成本,还能促进地方经济发展。确保施工过程中的质量控制也是不可忽视的一环,严格按照标准操作流程进行安装,可以最大化发挥材料的效能。定期对建筑材料进行维护检查,及时修复任何损坏或老化现象,有助于延长其使用寿命并保持高效性能。

4.3 探索绿色节能材料在不同类型建筑项目中的适用性和灵活性

不同类型的建筑项目对绿色节能材料的需求各有侧重。商业建筑由于其大规模和多功能性,通常需要更高效的隔热和通风系统来维持舒适的室内环境,同时降低运营成本。而在工业建筑中,防火和耐腐蚀性能成为选择绿色节能材料时的重要考量因素。对于公共设施如学校和医院,除了注重材料的安全性和环保性外,还需特别关注其对室内空气质量的影响。随着技术进步,一些创新型绿色材料开始应用于特殊用途建筑,如智能调光玻璃用于高层办公楼宇,能够根据光线强度自动调节透光度,提供最佳视觉舒适度。这表明绿色节能材料具有广泛的适用性和灵活性,可根据具体需求进行定制化应用。

5 推动绿色节能材料广泛应用的未来方向

5.1 政策支持与市场激励机制在促进绿色节能材料普及中的作用

政策支持和市场激励机制对绿色节能材料的推广至关重要。通过制定严格的建筑能效标准和环保法规,政府能够推动建筑行业采用更环保的建筑材料和技术。提供税收减免或补贴给使用绿色节能材料的项目,降低了开发商的成本压力,鼓励更多人选择可持续建材^[5]。设立绿色建筑认证体系如LEED(能源与环境设计先锋),为达到特定环保标准的建筑提供认可和支持,提升了项目的市场竞争

力。这种由政策驱动的市场变革,不仅加速了绿色节能材料的应用,也为整个行业的可持续发展奠定了基础。

5.2 加强公众教育与行业培训以提升绿色节能材料的认知度

增强公众教育和行业培训是提高绿色节能材料认知度的有效途径。通过开展多种形式的宣传活动,如社区讲座、在线课程和现场演示,向大众普及绿色节能材料的优势及其对环境保护的重要性。针对建筑业专业人士,提供专门的技术培训和研讨会,帮助他们掌握最新的绿色建筑材料知识和应用技术。这不仅能提升从业人员的专业技能,还能促进新技术和新产品的推广使用。利用媒体和社会网络平台扩大宣传范围,吸引更多关注,形成全社会共同参与的良好氛围,进一步推动绿色节能材料的普及和发展。

5.3 创新研发和技术进步为绿色节能材料带来的新机遇与可能性

创新研发和技术进步不断为绿色节能材料开辟新的应用场景和改进空间。新材料的研发,如高性能保温隔热材料和智能调光玻璃,不仅提高了建筑物的能效,还增强了居住舒适度。纳米技术和生物基材料的应用,使得建筑材料更加环保且功能多样。随着物联网和大数据技术的发展,智能化管理系统能够实时监控和调整建筑物内的能源消耗,优化资源配置。这些科技进步促使绿色节能材料不断创新,适应市场需求变化,并为实现更高层次的节能减排目标提供了技术支持,开启了建筑行业可持续发展的新篇章。

6 结语

绿色节能材料在现代建筑中的应用不仅有助于提升建筑物的能效,减少能源消耗和环境污染,同时也为居住者创造了更加健康舒适的室内环境。通过政策支持、公众教育及持续的技术创新,绿色节能材料的应用正逐步普及并展现出广阔的市场前景。面对全球气候变化的挑战,积极探索和推广绿色节能材料已成为建筑行业实现可持续发展目标的关键路径。各方协作共进,必将推动建筑领域向更环保、更智能的方向发展,共同迎接更加绿色的未来。

[参考文献]

- [1] 马超,李传军. 节能绿色环保建筑材料在工程中的应用探索[J]. 佛山陶瓷,2025,35(2):21-23.
- [2] 梅廷轩. 绿色节能建筑材料在工程管理中的应用[J]. 陶瓷,2024(12):181-183.
- [3] 郑晓华. 建筑工程中节能环保建筑材料的应用[J]. 江苏建材,2024(5):13-15.
- [4] 邱岗. 节能环保建筑材料在工程中的应用研究[J]. 江苏建材,2023(5):20-21.
- [5] 李文聪. 建筑装饰工程中节能环保绿色材料的运用分析[J]. 低碳世界,2023,13(10):100-102.

作者简介:刘智恒(1997—),男,汉族,浙大宁波理工学院,建筑设计专业。

Ziegler-Natta 催化剂的技术革新与产业演进

王立斌 李永华 张东梅 郝春波 姚秀超* 宁兴洋 王晓琪

北方华锦化学工业股份有限公司, 辽宁 盘锦 124000

[摘要] 齐格勒-纳塔催化剂自 20 世纪 50 年代问世以来, 作为聚烯烃工业的核心技术, 推动了聚乙烯 (PE) 和聚丙烯 (PP) 的大规模生产。其发展历程体现了从基础研究到工业化应用的跨越式进步, 并在催化效率、产物性能及工艺简化等方面不断突破。文中结合技术演进、市场驱动及未来趋势, 系统综述齐格勒-纳塔催化剂的发展历程与现状。

[关键词] Ziegler-Natta 催化剂; 聚乙烯; 聚丙烯; 烯烃聚合

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15632

中图分类号: TQ325.14

文献标识码: A

Technological Innovation and Industrial Evolution of Ziegler-Natta Catalysts

WANG Libin, LI Yonghua, ZHANG Dongmei, HAO Chunbo, YAO Xiuchao*, NING Xingyang, WANG Xiaoqi
North Huajin Chemical Industries Co., Ltd., Panjin, Liaoning, 124000, China

Abstract: Since its introduction in the 1950s, Ziegler-Natta catalyst has been a core technology in the polyolefin industry, promoting the large-scale production of polyethylene (PE) and polypropylene (PP). Its development process reflects a leapfrog progress from basic research to industrial application, and constantly breaks through in catalytic efficiency, product performance, and process simplification. The article provides a systematic review of the development history and current status of Ziegler-Natta catalysts, taking into account technological evolution, market drivers, and future trends.

Keywords: Ziegler-Natta catalyst; polyethylene; polypropylene; olefin polymerization

引言

作为一个国家石化工业发展的重要标志, 聚烯烃工业的发展与技术革新与聚烯烃催化剂的发展有着极为密切的关系。在各种聚烯烃催化剂中, 目前应用最广泛的仍然是 Ziegler-Natta (Z-N) 催化剂。20 世纪 50 年代初, 烯烃、双烯烃配位聚合催化剂的发现, 是高聚物材料的一大里程碑, 开创了聚烯烃工业的新纪元^[1]。经过几十年的发展, 聚烯烃是目前世界上最重要的商品聚合物材料之一, 其产量约占整个高分子材料的三分之一, 聚烯烃工业也已经成为影响世界各国经济发展的重要的基础工业^[2]。本文将从以下几部分叙述 Z-N 催化剂的发展历程和未来方向。

1 技术演进: 五代催化体系的突破

Ziegler-Natta 催化剂名字的由来, 是因为 Karl Ziegler 和 Giulio Natta 两位科学家在 20 世纪 50 年代分别提出用于催化乙烯聚合的四氯化钛/三乙基铝 ($\text{TiCl}_4/\text{AlEt}_3$) 体系催化剂^[3]和用于催化丙烯聚合的三氯化钛/一氯二乙基铝 ($\text{TiCl}_3/\text{AlEt}_2\text{Cl}$) 体系催化剂^[4], 并成功得到了聚乙烯 (PE) 和聚丙烯 (PP) 材料。二人因对烯烃聚合的划时代的杰出贡献, 于 1963 年共同获得了诺贝尔化学奖。之后经过后人几十年的不断研发与优化, 截至目前, Z-N 催化剂已开发了五代。

1.1 第一代 Z-N 催化剂

Natta 在 1954 年首次利用 AlEt_3 还原 TiCl_4 得到 $\delta\text{-TiCl}_3$, 然后以 $\delta\text{-TiCl}_3$ 与 AlCl_3 为主催化剂, AlEt_2Cl

为助催化剂, 形成了第一代 Z-N 催化剂。通过不断地探索, 人们发现 TiCl_3 作为活性物质, 其晶体一共有四种类型, 其晶型及晶体结构分别如图 1 和图 2^[5], 并且不同晶型 TiCl_3 在催化烯烃聚合时的作用效果也不同, 其中 $\delta\text{-TiCl}_3$ 对烯烃催化效能最好, 聚合的定向能力也最高, 而 $\beta\text{-TiCl}_3$ 对烯烃的催化效能以及定向能力是四种晶型中最低的, 而 $\alpha\text{-TiCl}_3$ 和 $\gamma\text{-TiCl}_3$ 在上述两性能上接近。形成这种现象的原因是 $\delta\text{-TiCl}_3$ 晶体属于无序的层间结构, 比表面积更大, 从而提升了活性中心的数量, 进而提升了其催化性能; 而 $\beta\text{-TiCl}_3$ 为有序的线型晶体结构, 比表面积较小, 晶体暴露的活性中心数量少, 因而催化活性较低^[6]; 如表 1。第一代催化剂的缺点是活性和等规度还较低, 活性仅为 $0.8\sim 1.2\text{ kg}/(\text{g cat})$, 还需要进行脱灰及脱无规物的后处理工序, 工艺流程复杂且成本较高。这一阶段奠定了钛基催化剂的基础, 但工业化效率有限。此后很长时间内, 研究的重点是提高催化剂的活性和立体定向能力^[7]。

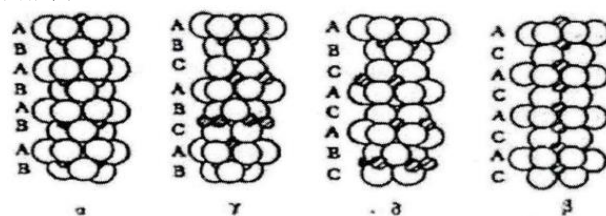


图 1 TiCl_3 的四种晶型

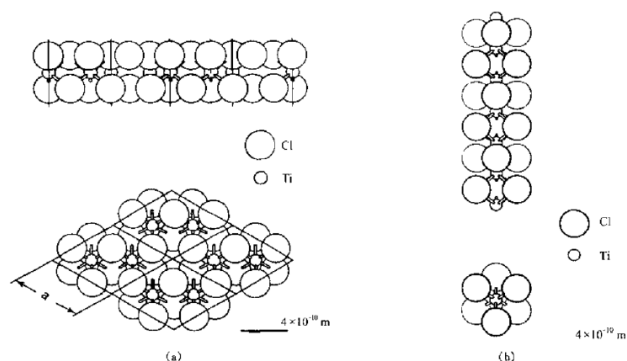


图2 (a) α 、 γ 和 δ - TiCl_3 的层状结构; (b) β - TiCl_3 的纤维状结构

表1 四种 TiCl_3 晶体的结构性能及制备方式

晶体类型	晶型结构	催化性能	制备方式
α - TiCl_3	层状结构, 六方密堆积	定向能力好	用氢或金属铝在高温下还原 TiCl_4
β - TiCl_3	线性结构, 六方密堆积	定向能力差, 聚合活性高	用烷基铝在 $<25^\circ\text{C}$ 下还原 TiCl_4
γ - TiCl_3	层状结构, 六方密堆积	定向能力与 α - TiCl_3 类似	用烷基铝在 $>25^\circ\text{C}$ 下还原 TiCl_4
δ - TiCl_3	层状结构, 六方密堆积, 属 α 和 γ 之间的混合型	定向能力好, 聚合活性高	先用 α 和 γ - TiCl_3 长时间研磨, 再用醚处理过的 β - TiCl_4 在 65°C 用 TiCl_4 再处理

1.2 第二代 Z-N 催化剂

相比于第一代 Z-N 催化剂, 第二代 Z-N 催化剂主要有两大突破: 第一, 引入了给电子体以提升 PP 的等规度; 第二, 采用适当的工艺制得包含大量 δ - TiCl_3 微晶颗粒的催化剂粒子, 其比表面积由常规方法所得 TiCl_3 的 $30\sim 40\text{m}^2/\text{g}$ 提高到 $150\text{m}^2/\text{g}$, 这一技术突破使二代催化剂的聚合活性相较于一代提高了 $4\sim 5$ 倍, 代表性的第二代聚丙烯催化剂是 Solvay 催化剂^[8-10], 于 1975 年投入工业化生产。虽然第二代 Z-N 催化剂的研发初步解决了 PP 等规度低的问题, 并且催化剂活性也有了大幅提高, 但 δ - TiCl_3 微晶颗粒中绝大部分钛原子仍然是非活性的, 尤其是内部的钛原子只起到载体的作用而非活性中心^[11], 而且存在表面活性中心分布不均的问题, 致使聚合工艺仍需要有脱灰工艺等后处理系统, 以上不足仍大大制约了聚合产品的性能。

1.3 第三代 Z-N 催化剂

通过 Natta 等人的深入研究, 发现二代催化剂的 δ - TiCl_3 微晶颗粒仅有很小一部分钛原子具有有效活性, 它们主要分布在 δ - TiCl_3 微晶颗粒表面、边缘以及微晶缺陷处, 并且未参与反应的 TiCl_3 存在于聚合产物内对聚合物性能的不利影响巨大^[12], 因此如何提高 δ - TiCl_3 中 Ti 原子的利用率, 进一步提高催化剂活性成为面临的主要问题, 因此减小微晶颗粒尺寸或者寻找一个合适的、具有高比表面积的载体就成了问题的答案, 这也促进了负载型催化剂的出现。

60 年代末期, 科学家开发出了以氯化镁为载体的负载型催化剂^[13], 并在乙烯聚合上取得了巨大的成功, 为烯烃聚合时的催化剂实现了聚合物产品性能的跨越式提高, 这是由于 MgCl_2 与 TiCl_3 具有相同的晶型, 所以 MgCl_2 作为载体能有效地负载钛系活性中心, 同时提高催化剂在聚合过程中的聚合稳定性。此外, 氯化镁还能对钛系配合物起到活化作用, 这样能够使活性组分能够更好地分散在具有高比表面积的无定形 MgCl_2 上, 有效增加了催化剂活性中心的浓度, 亦可产生空配位^[14]。但受限于立体选择性不高, 因此尚无法应用于高等规度 PP 的生产中。后续开发出了氯化镁负载 TiCl_4 和单酯类内给电子体^[15], 结合 AlEt_3 , 在大大提升丙烯聚合活性的同时, 也实现了免除脱灰、脱无规产物的工艺。这一突破大幅降低生产成本, 推动了聚丙烯的工业化普及。

1.4 第四代 Z-N 催化剂

在第三代高活性、高定向性 Z-N 催化剂的基础上, Himont 公司开发出了 $\text{MgCl}_2/\text{TiCl}_4$ /邻苯二甲酸酯的主催化剂与 AlEt_3 /硅氧烷类外给电子体的助催化剂, 并且 MgCl_2 载体为具有高比表面积和孔隙结构规整的球形, 进一步提升了活性中心的分散性^[16]; 内给电子体能够通过空间位阻效应调控立体选择性, 外给电子体则增强了活性中心的稳定性^[17]。

通过对丙烯聚合条件的优化, 可以利用催化剂的复现效应(即聚合所得到的产物颗粒形貌为催化剂颗粒形貌的几何放大)^[18], 得到粒径在 $1\sim 5\text{mm}$ 的球形 PP, 同时聚合物等规度达 98% 以上, 分子量分布指数 (M_w/M_n) 窄至 $4.0\sim 4.5$, 彻底免去了脱灰、脱无规产物以及造粒处理的后处理工艺的同时还显著改善聚丙烯的机械强度和加工性能, PP 聚合过程的能耗降低了 $30\sim 50\%$ ^[19]。第四代催化剂在催化效率和产物性能上达到新高度, 能够精准调控聚合物结构, 使催化剂的发展由注重高活性、高定向性趋于注重产品系列化高性能化的转变, 也是当前主流技术。

1.5 第五代 Z-N 催化剂

第五代齐格勒-纳塔催化剂以二醚类与琥珀酸酯类内给电子体为核心技术, 通过分子结构创新实现了三大突破:

- (1) 环保性能升级: 采用非邻苯二甲酸酯类内给电子体(如琥珀酸酯), 规避了传统邻苯二甲酸酯类化合物的潜在环境风险, 符合欧盟 REACH 法规等环保要求^[20-22];
- (2) 活性显著提升: 催化活性达到 90kg PP/g cat 以上^[23-24], 较第四代催化剂 ($20\sim 60\text{kg PP/g cat}$) 提升 $50\%\sim 300\%$, 显著降低单位聚烯烃生产的催化剂消耗量;
- (3) 工艺简化: 通过内给电子体构型精准控制, 实现活性中心自稳定化, 部分体系可无需外给电子体辅助^[25], 简化了催化剂配制流程。

2 关键技术进展

2.1 内给电子体结构创新

(1) 二醚类化合物(如 9, 9-二(甲氧甲基)茱): 通过刚性平面结构与强配位能力, 优化钛活性中心的

立体选择性,使聚丙烯等规度稳定在 98.5%以上,同时降低链转移副反应;

(2)琥珀酸酯类化合物:作为邻苯二甲酸酯的环保替代品,其双酯基团通过空间位阻效应调控聚合动力学,兼具高活性和宽分子量分布特性(Mw/Mn 可达 8~12),适用于高熔体强度聚丙烯生产。

2.2 载体与制备工艺优化

(1)高比表面积 MgCl₂载体:采用溶胶-凝胶法或超临界干燥技术,载体比表面积提升至 300~400m²/g,促进活性中心均匀分散。

(2)原位负载技术:通过磺酸类化合物改性(如全氟辛基磺酸酯),增强过渡金属阳离子特性,提升乙烯单体配位速率,实现活性突破。

2.3 应用场景扩展

(1)高附加值聚烯烃生产:如北化院开发的 BCZ-308 催化剂^[26],直接合成熔体强度达 2.5cN 以上的聚丙烯,满足吹膜、中空成型等高端加工需求。

(2)共聚能力增强:通过双功能外给电子体设计(如烷基甲氧基硅/有机酸酯复合体系),实现乙烯-丙烯共聚反应中单体插入率的精准调控。

3 应用现状与市场驱动

3.1 工业应用的主导地位

聚丙烯生产:95%的聚丙烯采用齐格勒-纳塔催化剂,尤其在注塑、薄膜、纤维等领域占据绝对优势^[27]。

聚乙烯生产:约 45%的聚乙烯依赖该催化剂,尤其在管材和包装材料中^[28]广泛应用。

3.2 市场需求与产能扩张

中国 2022 年聚乙烯和聚丙烯产量分别为 2540 万吨和 2965 万吨,对应催化剂需求量约 1652 吨,预计 2026 年将增至 2892 吨,增长空间达 70%。

全球市场规模 2023 年达 53.06 亿元(人民币),预计 2029 年将以 3.30%的复合增长率增至 67.08 亿元,亚太地区(尤其是中国、印度)为主要增长引擎。

3.3 竞争格局

主要企业包括 Clariant、LyondellBasell、Sinopec 等,市场集中度较高(CR5 超过 60%)。新兴企业通过开发非邻苯二甲酸酯类环保催化剂(如琥珀酸酯)参与竞争。

4 未来挑战与趋势

4.1 技术挑战

茂金属催化剂的补充:茂金属催化剂虽在分子量精准控制上占优,但成本较高,目前仅作为齐格勒-纳塔体系的补充。

环保法规压力:邻苯二甲酸酯类内给电子体的潜在环境风险推动非邻苯二甲酸酯类替代品的研发。

4.2 创新方向

多功能催化剂设计:结合双金属中心或复合载体,实

现宽分子量分布与高共聚性能的平衡。

数字化工艺优化:通过 AI 模拟催化剂活性中心分布,提升工业化效率。

5 结论

Z-N 催化剂历经五代技术革新,在聚烯烃工业中持续占据主导地位。未来,通过环保型给电子体开发、工艺智能化及与茂金属体系的协同创新,其应用潜力将进一步释放。随着全球聚烯烃产能扩张与可持续发展需求,Z-N 催化剂的技术演进仍将是行业关注的核心议题。

[参考文献]

- [1]乔金樑,夏先知,宋文波,等.聚烯烃技术进展[J].高分子材料科学与工程,2014(2):125-132.
- [2]乔金樑.聚烯烃材料的研究开发进展[J].中国材料进展,2012(2):33-37.
- [3]ZIEGLER K,HOLZKAMP E,BREIL H,et al.The mulheim normal pressure polyethylene process[J].Angew Chem Int Ed,1955(3):67-541.
- [4]NATTA G,GORRADINI P,ALLEGRA G.Highly stereospecific catalytic systems for the polymerization of α -Olefins to isotactic polymers[J].Journal of Polymer Science,1961,51(156):387-399.
- [5]赵秀秀.负载型 Ziegler-Natta 催化剂中给电子体对烯烃聚合的影响[D].辽宁:大连理工大学,2017.
- [6]林尚安,陆耘,梁兆熙.高分子化学[M].北京:科学出版社,1982.
- [7]Cossee P.Ziegler-Natta catalysis I.Mechanism of polymerization of α -olefins with Ziegler-Natta catalysts[J].Journal of Catalysis,1964,3(1):80-88.
- [8]肖士镜,韩世敏,张书清,等.丙烯聚合络合催化剂形成过程的研究[J].高分子学报,1981,1(3):194-199.
- [9]BERNARD A,FIASSE B.Catalytic olefin polymerization[J].Eds:Keii T,Soga K. Kodansha Elsevier,1990(2):405.
- [10]张翠菊.索尔维型催化剂的丙烯聚合动力学研究[J].高分子学报,1980,1(4):214-218.
- [11]易海生.聚丙烯催化剂体系及聚合调控研究进展[J].广东化工,2022,49(17):94-66.
- [12]郭文琦,杨洪瑞,张震,等.助催化剂对 BCE 催化剂催化乙烯与 1-己烯共聚合的影响[J].合成树脂及塑料,2017,34(3):6-9.
- [13]SOGA K,KATANNO S,AKIMOTO Y,et al.Polymerization of α -Olefins with a Supported Ziegler-type Catalysts. I. Influence of Various Supports on the Polymerization Rate and the Tacticity of Polypropylene[J].Polymer

Journal, 1973, 5(2): 128-134.

[14] 崔伟松, 李应文, 义建军, 等. 球形氯化镁载体制备技术进展[J]. 化工进展, 2016, 35(1): 152-158.

[15] Soni V K, Rani R, Singh G. Advancing Ziegler-Natta catalysis with internal donors[J]. European Polymer Journal, 2025(4): 113741.

[16] GALLI P, VECCELLIO G. Technology: driving force behind innovation and growth of Polyolefins[J]. Prog Polym Sci, 2001, 26(8): 1287-1336.

[17] Trivedi P M, Gupta V K. Progress in MgCl₂ supported Ziegler-Natta catalyzed polyolefin products and applications[J]. Journal of Polymer Research, 2021, 28(2): 45.

[18] 金茂筑, 吴长江, 王毅, 等. 用于制备高结晶聚丙烯的催化剂体系及其制法: CN97118992. 7[P]. 2002-04-28. [Z]

[19] 任合刚, 高巍, 高宇新, 等. 稀释剂对聚丙烯球形齐格勒-纳塔催化剂性能的影响[J]. 工业催化, 2015, 23(11): 922-925.

[20] 林小杰, 夏先知. 丙烯聚合用高效球形 Ziegler-Natta 催化剂制备工艺研究进展[J]. 合成树脂及塑料, 2016, 33(3): 71-92.

[21] 凌永泰. 一种新型给电子体聚丙烯催化剂研究[J]. 石化技术, 2016, 23(10): 4-6.

[22] 李华姝, 张军伟, 王志武, 等. 以 9-烷氧甲基-芴甲酸酯作内给电子体的 Ziegler-Natta 催化剂[J]. 合成树脂

及塑料, 2015, 32(4): 40-44.

[23] 李华姝, 李树行, 张军伟. 丙烯聚合用 Ziegler-Natta 催化剂的内给电子体研究进展[J]. 合成树脂及塑料, 2014, 31(4): 80-84.

[24] 褚洪岭, 马国杰, 任合刚, 等. 二醚类 Ziegler-Natta 催化剂催化 1-丁烯聚合[J]. 合成树脂及塑料, 2013, 30(5): 5-9.

[25] Zhong W, Cai X, Shen X, et al. Effects of Internal Electron Donor on the Distribution of Active Centers and Their Intrinsic Reactivities in Propylene Polymerization with MgCl₂-Supported Ziegler-Natta Catalysts[J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2025(3): 6-8.

[26] 周俊领, 周奇龙, 徐秀东, 等. 温度对非塑化剂类 BCZ 催化剂聚合性能的影响[J]. 合成树脂及塑料, 2023, 40(3): 1-5.

[27] 岳晓菲, 申宏鹏, 杨玮婧, 等. Ziegler-Natta 催化剂丙烯聚合性能对比研究[J]. 合成材料老化与应用, 2023, 52(5): 44-46.

[28] 高金龙, 张建纲, 王勇, 等. 乙烯聚合 Ziegler-Natta 催化剂在聚乙烯管材专用料的应用[J]. 合成材料老化与应用, 2023, 52(5): 74-76.

作者简介: 王立斌(1992—), 男, 蒙古族, 辽宁朝阳人, 硕士, 北方华锦股份有限公司化工研究院研究员, 研究方向: Ziegler-Natta 催化剂开发及烯烃聚合。

征 稿

Call for Papers

《工程建设》由新加坡Viser Technology Pte.Ltd. 主办, ISSN: 2717-5375 (印刷)。
本刊长期以来注重质量, 编排规范, 选稿较严格, 学术水平较高, 深受高校教师及科研院所研究人员青睐。本刊为开源 (Open Access) 期刊, 出刊的所有文章均可在全球范围内免费下载, 文章被万方数据库、维普网等权威数据库收录。

期刊针对工程项目建设的全过程, 重点报道工程建设过程的科研成果、先进技术、高效设备、新型材料、工程项目管理经验等, 突出工程领域新技术、新工艺、新方法, 反映建筑、市政、交通等工程领域新成果、新进展, 促进工程技术行业的交流与成果展示, 为推动国际工程技术和科学技术发展服务。

《工程建设》期刊的主要栏目有:

工程管理、建筑工程、市政工程、机械工程、石油工程、矿山工程、冶金工程、路桥交通、勘察测绘、施工技术、建筑设计、节能环保、材料科学等。

鼓励工程建设各领域的专业技术人员和管理干部以及大专院校相关专业的师生和科研人员来稿, 有关国家科技计划、自然科学基金和各种部门、地方、院所科技基金资助项目的文章优先发布。

征文格式与要求:

(1) 论文要求: 论点新颖, 论证充分; 设想可行, 结论可靠; 条理分明, 书写清楚, 用字规范, 上交电子文件 (word格式)。

(2) 论文格式: 题目、作者姓名、工作单位、省份及邮政编码、中英文内容摘要 (150字符-300字符为宜) 及关键词 (3-5组为宜)、正文、参考文献。(附个人简介、邮箱、联系方式及详细收件地址, 如: 省、市、区、路)。

(3) 论文篇幅: 字符数要求在5000-8000字符之间。

投稿网址: www.viserdata.com



Viser Technology Pte. Ltd.

公司地址

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

官方网站

www.viserdata.com

