



www.viserdata.com

# 工程施工技术

ENGINEERING CONSTRUCTION TECHNOLOGY

月刊

■ 主办单位: Viser Technology Pte.Ltd.

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

中国知网 (CNKI) 收录期刊

RCCSE权威核心学术期刊

2025 2

第3卷 总第19期

## COMPANY INTRODUCTION

# 公司简介

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

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



# 工程施工技术

Engineering Construction Technology

2025年·第3卷·第2期(总第19期)

主办单位: Viser Technology Pte. Ltd.

I S S N: 2972-4058 (online)

2972-404X (print)

发行周期: 月刊

出版时间: 2月

数据库收录: 中国知网收录期刊

RCCSE权威核心学术期刊

期刊网址: [www.viserdata.com](http://www.viserdata.com)

投稿/查稿邮箱: [viser-tech@outlook.com](mailto:viser-tech@outlook.com)

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

学术主编: 朱 强

学术副主编: 魏 忠 高 江

责任编辑: 戚 滕

学术编委: 倪勤盛 陈 鹏 王子红 张耕野  
侯明卫 刘 刚 赵 欢 王海军  
王永华 洪秋生 李笑宇 刘汉涛  
钱 冰 吉咸伟 杨熠卿 宋世超

美工编辑: 李 亚 Anson Chee

定 价: SGD 20.00

## 本刊声明

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

版权所有, 未经许可, 不得翻译、转载本刊所载文章。

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

## 目 录

### CONTENTS

#### 建筑工程

医疗建筑暖通空调系统绿色低碳运行控制技术探究....  
..... 曹 宁 1  
高支模施工技术在建筑工程中的应用分析..... 李小会 4  
工民建施工技术的创新以及运用..... 曹银元 7

#### 市政工程

公路桥梁的施工技术中存在的问题及对策.... 宋 冰 10  
深基坑施工技术在公路工程中的应用分析.... 王树阳 13  
旧改项目中植物设计与施工的问题及对策.... 朱小敏 16  
浅谈桥隧工程施工质量控制难点及技术对策.. 李 建 20

#### 冶金工程

对冶金工程机械设备进行监制的探讨..... 杨锦红 23  
水处理剂聚合硫酸铁中全铁含量的测定.....  
..... 杜 娟 赵 宇 李晓强 26

#### 材料工程

纳米 SiO<sub>2</sub> 和混杂纤维增强环氧树脂水泥基修复材料抗拉性能研究 .....  
..... 吴靖江 张 鹏 尉晓雪 张承实 魏士尧 29  
钛与镍钛形状记忆合金焊接研究现状.....  
..... 王小强 李川江 肖 萍 黄 勇 黄海博 33  
石英材料精密焊接工艺优化与设备改进研究.....  
..... 赵国彬 38

#### 工程管理

建筑工程管理中质量安全控制的关键因素分析.....  
..... 胡中玉 41  
半柔性抗车辙技术在道路养护工程中的应用研究.....  
..... 李 宁 44  
建筑工程造价管理中的成本控制策略与应用研究.....  
..... 李国伟 47

政府投资项目超概算的常见原因分析及控制对策..... 张雯清 50

住宅建筑工程预结算与施工成本管理的优化策略研究.. 叶静茹 54

土木工程管理施工过程质量控制探究..... 何雪莲 57

公路工程造价管理中合同风险与索赔控制技术发展研究 蒋彦忆 60

施工技术

跨座式单轨小曲率（曲线）PC 轨道梁线形精确调整 ... 魏洪亮 64

浅谈隧洞开挖塌方处理技术应用..... 林道烛 68

高层建筑工程施工中的桩基础施工技术..... 何宝定 71

建筑工程混凝土施工技术与质量管理研究.... 邱成刚 74

绿色节能施工技术在建筑工程中的应用..... 翟艳红 77

公路工程复杂地形中沥青混凝土施工技术应用研究.... 李丽胜 80

道路桥梁施工现场高效施工工艺与技术优化研究..... 李国栋 83

基于工程案例的地下结构清水混凝土墙施工技术研究.. 盛昂凯 86

基于土工试验的高层建筑地基沉降控制技术研究..... 孙庭宫 89

保温节能施工技术在土建建筑外墙施工中的应用研究.. 齐 晓 92

高速铁路桥梁连续梁工程施工技术要点探究..... 陶 彪 95

隧道主体结构渗漏水预防及处理..... 房瑞霞 98

石油化工

油田开发提高采收率新方法研究进展与展望..... 周毓江 104

机电机械

机电一体化产品在煤炭生产中的运用..... 崔庆东 107

混凝土搅拌站机械设备的常见故障与维修保养方法研究 苑 超 110

能源矿业

架空乘人装置在综采回顺软岩巷道的应用..... 刘东兴 史文明 金 龙 113

陆东煤矿新增回风斜井过采空区注浆加固治理技术研究 胡嘉鸿 116

建筑设计

智能化小区给排水系统设计方案与实践..... 廖 园 120

建筑结构加固改造技术与方法研究..... 陈晓光 123

道路桥梁工程中路面结构设计与施工技术分析..... 马军胜 126

## 医疗建筑暖通空调系统绿色低碳运行控制技术探究

曹 宁

二十二冶集团雄安发展有限公司, 河北 邢台 071000

**[摘要]**随着能源需求持续攀升, 环保压力不断增大, 医疗建筑暖通空调系统(HVAC)存在能耗高、效率低的问题。为了积极响应绿色建筑与低碳发展倡议, 探讨并实施前沿的暖通空调系统节能减排运行调控技术, 成为医疗建筑能效提升和可持续发展的关键。对医疗建筑暖通空调系统运行过程中的高能耗状况及传统运行控制方法的缺陷进行了分析, 文章论述了绿色低碳运营的关键技术途径, 涵盖智能化运行控制技术、自适应控制技术及智慧化运行管理平台。旨在为医疗建筑的节能与环境友好型发展提供技术支持和理论依据。

**[关键词]**医疗建筑; 暖通空调系统; 绿色低碳; 智能化控制; 数字孪生

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15538

中图分类号: TU201.5

文献标识码: A

### Exploration on Green and Low-carbon Operation Control Technology for HVAC Systems in Medical Buildings

CAO Ning

MCC22 Group Xiong'an Development Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 071000, China

**Abstract:** With the continuous increase in energy demand and environmental pressure, the HVAC system in medical buildings has problems of high energy consumption and low efficiency. In order to actively respond to the initiatives of green building and low-carbon development, exploring and implementing cutting-edge energy-saving and emission reduction operation and control technologies for HVAC systems has become the key to improving energy efficiency and sustainable development of medical buildings. This article analyzes the high energy consumption during the operation of HVAC systems in medical buildings and the shortcomings of traditional operation control methods. It discusses the key technical approaches for green development and low-carbon operation, including intelligent operation control technology, adaptive control technology, and intelligent operation management platform, so as to provide technical support and theoretical basis for the energy-saving and environmentally friendly development of medical buildings.

**Keywords:** medical buildings; HVAC system; green and low-carbon; intelligent control; digital twin

#### 引言

随着医疗建筑规模持续增长, 暖通空调系统(HVAC)是建筑能源消耗的主要渠道, 已成为研究焦点。特别是医疗卫生设施, 需持续24小时进行环境调控, 不仅要保证室内环境的舒适性, 还需严格遵循医院的消毒、洁净等特殊要求。因此, 暖通空调效能与节能减排运行, 成为建筑领域当务之急的研究课题。

#### 1 医疗建筑暖通空调系统运行现状

##### 1.1 高能耗问题分析

医疗建筑中暖通空调系统构成能源消耗的主要渠道, 除了建筑能源消耗占比达40%~60%以外, 还有高耗能来源于设备负荷重、运行时长长以及系统调节不灵活等。鉴于医院建筑须全天候、全方位确保室内温湿度和空气质量, 传统供热通风与空调系统在诸多场合下的运行往往超出实际需求, 造成能源的无谓消耗。特别是设备陈旧及保养不当情况下, 能效损耗加剧<sup>[1]</sup>。

##### 1.2 传统运行控制模式的不足

目前, 多数医疗设施沿用既有的暖通空调运作方式, 即通过稳定温度和湿度调节保障室内气候。该模式未充分

考虑建筑负荷的实时波动, 系统运行效率难以根据实时需求进行调整, 引发能源消耗过多。此外, 传统管控模式欠缺对环境变动的预判与调整能力, 未达最佳运行效果, 空调系统功率波动及效率不达预期。

#### 1.3 绿色低碳运行的必要性

为应对环境恶化与能源资源短缺, 绿色建筑与低碳技术已普遍融入建筑设计与运营环节。对于医疗设施而言, 推行绿色低碳运行调控措施, 亦能有效减少建筑能耗、降低碳排放, 可进一步提高室内环境品质, 契合当代建筑节能与环保发展方向。因此, 研发绿色低碳运行调控技术, 改进暖通空调系统管理方式, 是推动医院持续发展的重要手段<sup>[2]</sup>。

#### 2 绿色低碳运行的核心技术路径

##### 2.1 智能化运行控制技术

###### 2.1.1 实时数据采集分析

实时数据收集是医疗建筑暖通空调系统智能化运作的根基。依托于建筑内外布置传感器及智能终端设施, 可即时监控环境温度湿度、空气品质、风速等要素, 该数据为系统实时提供反馈, 助力管理者精准把握建筑室内环境变动与能源消耗需求, 因此得以灵活变更系统运作形态。

比如,实时监控病房气温变化之温感器,确保室温适宜;空气质量监测器可探测室内环境污染状况,立即启动空气净化设备,确保室内空气质量优良。

此外,实时数据采集系统的运行状态也能为运维人员提供关键的数据支持,帮助他们发现潜在的设备问题。例如,依据设备负载、运行时长、温控等数据,系统可预报设备故障风险,为设备养护提供实时决策辅助。实时数据收集不仅有利于维护医疗建筑环境的稳定,还能有效提升能效管理水平,改进能源利用。

### 2.1.2 大数据优化

实时数据搜集为大数据剖析提供了充裕素材,运用云计算技术存储数据,融合大数据分析手段,管理人员对搜集到的过往运行数据实施深度剖析,解析建筑能源消耗状况及运行制约因素。大数据分析技术可辨识系统运行中存在的隐患,例如空调系统负荷过重、温度控制失效等问题,以优化系统运行为基础提供参考<sup>[3]</sup>。

例如,机器学习算法可以基于历史数据预测建筑的负荷需求,并根据外部天气条件、建筑内使用情况以及预期负荷,智能调整空调和暖气系统的工作模式。这样,系统可依环境及需求差异,动态调整运行参数,力求最大化能源利用效率。例如,在日间交通高峰期,自动调节空调功率以适应实际人员密度,夜间或公休日,系统将自动切换至省电工作状态,节省能源。

借助大数据进行优化,系统具备多时段、多环境适应性,精确调整各设备工作状态,确保建筑室内环境舒适性与能源效率最大化。此类依托数据驱动的智能化优化举措有效减少了能源使用,优化了暖通空调系统的稳定性和效能。

### 2.1.3 智能控制策略

智能控制策略是在实时数据采集和大数据分析的基础上,形成的一套自适应运行方案。通过智能控制系统,建筑暖通空调系统能够根据实时数据和历史运行数据,自动调整各项运行参数(如温度、湿度、风速、空调功率等),以实现系统运行的高效性与灵活性。

智能控制系统可依建筑内需实施精确调控,还可依据外界气候状况的变动,自动调节系统运作状态。例如,遇外部气温剧变时,系统可实现自动调节室内温控负荷,确保室内温控稳定。同时,智能控制系统具备自学能力,该系统可依历史资料持续优化策略。针对不同气候时节及天气状况下的建筑负载调整,持续提升设备运行效能,智能控制系统显著减少能源使用,节约能源资源。

此外,改进策略亦能提升系统紧急应对水平。当出现设备故障或能耗异常时,系统能够实时发现并自动调整,或通过预设的紧急模式保障建筑环境的基本稳定,确保医院等特殊建筑在紧急情况下能够持续正常运转<sup>[4]</sup>。

## 2.2 自适应控制技术

### 2.2.1 动态负荷调节

在医疗建筑中,建筑内部的使用情况是动态变化的,

尤其是患者人数、科室需求、病房负荷等都受到时间、季节和其他因素的影响。常规的暖通空调系统(HVAC)通常难以灵活应对此类变化,造成能源损耗与利用效能不足。而自适应控制技术得以实时监控建筑内部变动,诸如人员数量、房间使用状况等,可实时调整系统负载输出,达成能源管理的精确化。比如,病房空调使用需求随时段而异,特别是在非繁忙时段,传统系统可能持续承受较大运行压力,自适应控制技术可自动减轻系统负担,降低能源使用量。

此外,随着医疗机构的运营多元化和繁复化,建筑各部分应用方式各异。例如,手术室及急诊科通常须保持较重的空调负荷,确保空气质量与温度适宜,病房等区域可依实际情况灵活调整。实施动态负载调整,系统可依区域实际应用状况,优化能源配置,避免资源在非必要区域消耗,确保医疗机构运行过程中的能源消耗实现节能与绿色。

### 2.2.2 环境变量自适应

自适应控制技术还能够根据外部环境的变化,如气温、湿度、风速等,自动调节系统的运行模式。例如,在冬季外部温度骤降时,系统可以感知到室外温度的变化,并自动增加加热负荷,确保室内温度始终维持在舒适范围内;而在夏季,当气温升高时,系统则会根据室内外温差的变化,自动调整空调的功率输出,以确保室内环境的舒适性<sup>[5]</sup>。

### 2.2.3 设备性能自学习

自适应控制技术含有设备性能自学能力,这表明系统可依设备即时运作状况及过往资料,逐步提升设备运行状况。每当设备在各类工况下运作时,系统将依据反馈信息对设备实施调整,确保设备持续稳定运行。例如,若空调系统持续处于高负荷运作状态,系统可利用自主学习功能评估设备运行效能,改进冷凝器和蒸发器运行模式,减少非必要能源消耗。设备性能自学习不仅可以提高设备的运行效率,还能够有效延长设备的使用寿命,减少设备故障的发生率,从而降低维修和更换的成本。此外,设备自检功能有助于增强系统整体稳定性,确保医疗机构暖通空调系统持续高效稳定运作,确保日常及紧急状况下的电力供应。

## 2.3 智慧化运行管理平台

### 2.3.1 数字孪生技术

数字孪生技术借助构建医疗建筑的虚拟模型,可即时呈现建筑与系统运行状况,进而确保对暖通空调系统的精准监控与模拟剖析。该技术之核心长处在于其虚拟与实际环境的高度契合,为全面改进提供了关键助力。在医疗机构建筑领域,确保暖通空调系统全天候运转,保障室内温湿度及通风条件适宜。

数字孪生技术依托实时数据收集与传感设备反馈权威信息,建立物理系统的虚拟映像。该平台下医疗建筑的暖通空调系统可模拟温度及湿度变动,还能模拟空气流动、系统压力等众多维度的数据变动,甚至可预判设备运行状况。利用数字孪生技术,管理人员可以在仿真环境中检验

各异的操作方针与调试方案,分析该因素对建筑能源使用的影响。比如,系统可模拟外部气候变迁、建筑内活动密集度变动等要素,进一步优化系统配置,确保实际操作中实现最低能耗与最高舒适度之间的平衡<sup>[6]</sup>。

此外,数字孪生技术具备预判潜在故障的功能。持续监测系统运行状况及设备性能演变,虚拟模型可有效捕捉引发设备损坏或能源消耗的潜在因素,进而预先调整,预防事故发生。此举显著增强了系统稳定性,大幅削减了维修费用及停机时长。

### 2.3.2 远程监控控制

随着科技进步,远程监控技术成为提高医疗建筑暖通空调系统效能与稳定性的关键工具。通过打造一体化智能管理系统,运维人员可在任何地点、任何时间对暖通空调系统运行状况实施实时监控与调控。该远程操控模式有效提高了治理效能,显著提高了应对突发事件的反应效率。

医疗建筑的暖通空调系统通常涉及大量的设备和复杂的控制流程。传统的管理模式往往依赖于现场巡检和人工调整,这不仅耗时费力,而且存在反应迟缓的风险。远程监控技术可集成各系统运行数据,构建统一的监管信息平台,便于运维人员实时监测设备运行状况、能源消耗数据、系统故障等资讯。该平台依托实时数据收集与解析,可识别设备运行异常,迅速实施应对举措,防止设备故障引发的能源损耗或系统中断。

远程操控系统具备远程调整功能。比如,若系统操作脱离既定节能策略,运维人员可于平台直接调节温控、风量等设定,恢复至最佳运行工况。对于繁复的操作步骤,该平台可运用智能算法实现自动调节,降低人工介入程度,提升办公效能。利用远程监控体系,医疗建筑暖通空调系统可实现全天候监控与调节,确保建筑能源利用及室内环境舒适度持续达到最佳水平<sup>[7]</sup>。

此外,远程监控助力运维人员提升预测力。通过分析系统累积资料,运维人员能预判可能危及系统稳定的隐患,拟定预防性保养方案,减少设备故障频率及维修费用。远程监控技术之运用显著提升了管理效能及运营成本透明度,有力支撑医疗建筑节能与绿色运营。

### 2.3.3 异常报警和维护建议

智能化管理平台之关键职能涵盖异常警报与维护提议模块。引入该功能,为医疗建筑暖通空调系统构建了高效的故障预警体系,及时向管理人员通报设备异常情况,以便进行干预,防止因故障导致系统停运、能源消耗上升及设备受损。该系统融合多种传感器及实时数据采集单元进行异常警报,整体监控体系的核心衡量标准,诸如温度、湿度、压差、流量等。若某项指标超出预定界限,系统即刻触发警报,并在网络平台公布报警情况,涵盖故障具体

发生地点、故障种类及潜在影响区域。该预警系统显著增强了应对突发事件的效能,确保管理人员快速作出应对,缩短停机时长及降低维护费用。

与此同时,本平台依托历史运行数据及智能分析技术,对故障提出维护意见。比如,若系统显现温升异常,该平台将触发警报,将分析异常成因,如过滤设备堵塞、冷却水系统出现问题等,提出维修意见。运用此类智能化辅助进行决策,运维人员可迅速定位故障成因,实施有效修复措施,此举显著提升了维修效能,人力资源损耗亦有所降低。

此外,该系统具备自适应学习特性,可依据历史故障记录及系统运行状况,持续提升报警阈值与维护建议的精确性。这种自适应能力使系统能适应设备老化、负荷变动及运行模式调整,优化维护保障,提升设备使用年限,降低设备故障率。采用异常报警与维护建议机制,医疗建筑暖通空调系统运行效率更高,达成节能、减排、提升设备使用年限等综合效益。

## 3 结语

医疗建筑的暖通空调系统不仅承担着保障环境舒适的职责,也承载着节能减排的使命。通过引入智能化、自适应控制技术和智慧化管理平台,可以显著提升系统的运行效率,降低能源消耗,推动绿色低碳建设目标的实现。未来,随着科技的不断进步和智能技术的广泛应用,医疗建筑暖通空调系统的绿色低碳管理将朝着更加高效、智能和可持续发展的方向发展,为环境保护和能源节约作出更大的贡献。

### 【参考文献】

- [1]薄一夫.建筑暖通空调系统运行能耗分析与节能改造措施的探讨[J].四川水泥,2024(12):88-90.
- [2]胡昆扬.高能耗暖通空调系统运用节能环保技术的探究[J].中国建筑金属结构,2024,23(11):45-47.
- [3]邵莹,时凯,李焱.建筑节能产品在暖通空调设计中的应用与效果分析[J].新城建科技,2024,33(11):44-46.
- [4]郭南星.“双碳”视角下暖通空调节能技术精细化设计思考[J].住宅与房地产,2024(9):58-60.
- [5]张家宝.医疗建筑中央空调和净化空调系统的特点及节能改造的研究[J].工程建设与设计,2023(17):10-12.
- [6]陈国平.医院建筑暖通空调节能思路及措施研究[J].通讯世界,2018(6):264-265.
- [7]余谦.关于医疗建筑中暖通空调节能技术的探讨[J].中国医疗器械信息,2018,24(9):53-55.

作者简介:曹宁(1988.2—),男,单位名称:二十二冶集团雄安发展有限公司,目前职位:项目总工,职称:高级工程师,毕业学校和专业:河北建筑工程学院,给排水工程。

## 高支模施工技术在建筑工程中的应用分析

李小会

安徽建工三建集团有限公司, 安徽 合肥 230000

[摘要] 随着社会的进步与经济的发展, 建筑领域焕发了新的生机与活力, 建筑行业的市场竞争也逐渐趋于白热化。高支模施工技术作为保障建筑结构安全、提升建筑质量的先进施工技术, 能够使建筑企业在激烈的市场竞争中取得优势, 实现长久发展。基于此, 本篇文章对高支模施工技术进行了概述, 并深入分析了高支模施工技术在建筑工程中的具体应用, 旨在为建筑领域提供有益参考。

[关键词] 高支模施工技术; 建筑工程; 应用; 混凝土

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15518

中图分类号: TU755

文献标识码: A

## Application Analysis of High Formwork Construction Technology in Construction Engineering

LI Xiaohui

Anhui Construction Engineering Sanjian Group Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230000, China

**Abstract:** With the progress of society and the development of the economy, the construction industry has shown new vitality and vigor, and the market competition in the construction industry is gradually becoming more intense. As an advanced construction technology that ensures the safety of building structures and improves building quality, high formwork construction technology can enable construction enterprises to gain advantages in fierce market competition and achieve long-term development. Based on this, this article provides an overview of high formwork construction technology and analyzes in depth its specific applications in construction engineering, aiming to provide useful references for the construction field.

**Keywords:** high formwork construction technology; architectural engineering; application; concrete

### 引言

近年来, 我国积极贯彻新发展理念, 加快构建新发展格局, 在建筑工程中广泛应用新型施工技术。在这一背景下, 高支模施工技术成为建筑领域关注的焦点和热议的话题。高支模施工技术的合理应用能够保障施工安全、提升施工效率与质量、节约工程成本, 显著提升建筑的可靠性。因此, 对高支模施工技术在建筑工程中的应用进行分析是十分重要且必要的。

### 1 高支模施工技术概述

#### 1.1 高支模施工技术具体描述

高支模技术是建筑工程项目中的重要技术之一, 常用于跨度大、载荷重、结构复杂的建筑当中。通过高支模施工技术, 能够保障施工质量、提升施工效率、强化施工安全性。以现今标准与规范来定义高支模施工技术, 支模的高度 $\geq 8\text{m}$ , 或跨度 $\geq 15\text{m}$ , 或施工总荷载 $\geq 15\text{kN/m}^2$ , 或集中线荷载 $\geq 20\text{kN/m}$ 的模板支撑系统都可以称为高支模。需要注意的是, 各地区或不同项目可能会根据具体情况, 在遵循国家标准的基础上, 制定更详细的相关标准。高支模施工技术是以力学原理为基础, 通过合理设计模板、支架体系, 使高支模能将混凝土浇筑过程中产生的各种荷载有效传递到基础结构上, 确保在混凝土达到设计强度前, 整个结构保持稳定, 满足施工安全和质量要求。在材料选

择上, 常用模板材料有木模板、竹胶合板模板、钢模板等, 其具体优势详见表 1。常用的支架材料主要有钢管脚手架、型钢脚手架和承插型盘扣式钢管脚手架等, 具体优势详见表 2。高支模施工技术具有显著特征, 由于高度高、跨度大, 一旦发生坍塌事故, 往往会造成严重的人员伤亡和财产损失, 具有高风险性; 需要考虑模板及支架的多方面条件以及混凝土浇筑过程中的各种荷载因素, 对设计和施工要求高, 具有技术复杂性; 可采用多种材料, 不同材料有不同的性能和特点, 具有一定的材料多样性与环保性; 对支架的搭设精度、水平度、垂直度等要求严格, 以确保整个支撑体系的稳定性, 具有施工精度高的特性。

表 1 不同模板材料对比

| 模板种类       | 优势             | 缺点      |
|------------|----------------|---------|
| 木模板、竹胶合板模板 | 重量轻、易加工、成本低    | 使用寿命短   |
| 钢模板        | 强度高、耐久性好、周转次数多 | 重量大、成本高 |

表 2 不同支架材料对比

| 支架种类        | 优势               |
|-------------|------------------|
| 钢管脚手架       | 成本低、应用范围广        |
| 型钢脚手架       | 承载力高             |
| 承插型盘扣式钢管脚手架 | 安拆方便、安全性能高、周转性能好 |

## 1.2 高支模施工技术重要性分析

告知模板施工技术的重要性和优势主要体现在保障施工安全、提升施工效率与质量、节约工程成本三方面。从保障施工安全方面来看,高支模能在混凝土浇筑等施工过程中,承担混凝土自重、施工人员及设备重量等荷载,防止因荷载过大导致坍塌,保障施工人员安全。

对于高层建筑、大跨度空间结构等,高支模为高大结构提供稳固支撑,防止在施工期间发生倾斜、变形等,保证结构施工安全。从提升施工效率与质量方面来看,高支模施工技术可根据设计要求,精确塑造出复杂的建筑结构形状和尺寸,确保混凝土结构外观和尺寸精度。通过科学设计和施工,能够有效控制混凝土在浇筑和养护过程发生变形,提升结构的平整度和垂直度,减少裂缝等质量缺陷,提高耐久性。高支模常采用标准化、模块化构件,可预先在工厂加工制作,现场快速组装和拆除,实现材料的快速周转,缩短施工工期。高支模施工技术还能施工中的多道工序提供稳定作业平台,使不同高度和区域的工序能同时进行,实现立体交叉作业,提高施工效率。从节约工程成本方面来看,高支模模板施工技术由于其操作的高标准和高要求,能够减少施工中的材料浪费,或因结构尺寸偏差引起的返工修补所造成的经济浪费。

## 2 高支模施工技术在建筑工程中的具体应用

### 2.1 施工前准备

施工前准备阶段直接关系到高支模施工技术的应用是否具有科学性、合理性以及合规性。在施工前,要密切关注国家相关规定与标准,确保施工过程中的各个环节严格按照规定开展。组织参与施工人员及相关技术人员仔细研读施工图纸,明确高支模区域的相关技术要求,精准把握高支模区域的建筑结构形式、尺寸、标高等数据。如对图纸存在疑问或发现问题,要及时与设计单位沟通解决。对施工现场进行全面勘察,收集施工环境相关数据,结合工程特点和相关规范,编制详细的高支模专项施工方案。由项目技术负责人向施工参与人员进行全面的技术交底,明确施工工艺、质量标准、安全注意事项等。根据施工方案要求,采购合格的模板、支架、连接件等材料,选择资质好、信誉好、性价比高的商家进行合作。对进场材料进行严格检验,检查其规格、型号、质量等是否符合要求,钢管应无弯曲、变形、裂缝等缺陷,扣件应无裂纹、变形、滑丝等问题。准备好施工所需的机械设备并进行调试和检查,确保设备性能良好,能正常运行,避免在施工中出现质量问题,延误工期。根据工程规模和施工进度要求,选择具有操作资质和丰富施工经验的人员,组织专业施工团队。对所有参与高支模施工的人员进行安全教育培训,经考核合格后方可上岗作业。清理高支模施工区域内与作业无关的杂物,移除障碍物,确保场地平整、干净,为施工创造良好的作业条件。对高支模的支架基础进行处理,根据地

质条件和设计要求夯实原土,必要时可以浇筑混凝土垫层,确保基础的承载力和稳定性。使用全站仪或水准仪,精确测放出高支模的位置、轴线、标高控制线,并做好标记。在施工现场周围设置围挡、警示标志等防护设施,在高支模施工区域设置通道、防护栏杆、安全网等安全保障设施,确保施工人员的安全。

### 2.2 高支模制作

高支模制作对于建筑及结构的合格性具有至关重要的影响,其中涉及模板与支架两部分的制作。木模板通常选用优质的木胶合板或木枋。根据设计尺寸,使用电锯精确切割木胶合板,确保边缘整齐,尺寸误差控制在允许范围内,切割后对毛边进行打磨处理,防止在混凝土浇筑时漏浆。对于异形结构,提前绘制详细的模板加工图,按图进行拼接制作,拼接处采用企口缝或加钉木枋加固,保证拼接紧密。钢模板一般在专业工厂生产,利用数控设备进行精确加工。根据设计要求,将钢板冲压、焊接成所需的形状和尺寸,严格控制焊缝质量,保证焊缝饱满、无缺陷,焊接完成后涂刷防锈漆。支架制作由于材料的不同,施工作业也有所区别。对于钢管支架制作,要选用符合国家标准的钢管和扣件,钢管外观要光滑、无锈痕或裂缝。使用切割机进行截断,制作出适用的立杆与横杆,确保长度准确,切口平整。为防止钢管端部变形,可在端部焊接钢板或采用专用的钢管封头。在钢管上准确设置扣件连接点,确保扣件安装牢固,旋转灵活,确保其抗滑、抗破坏性能符合要求。对于型钢支架制作,需根据设计选用工字钢、槽钢等型钢,使用机械切割设备进行下料,保证型钢长度和切口精度。利用焊接或螺栓连接的方式,将型钢组装成设计的支架结构形式,焊接时控制焊接变形,保证结构的垂直度和平面度。对型钢支架进行整体涂装防腐处理,提高其耐久性,在支架节点处设置加强板,增强节点的承载能力。

### 2.3 支架搭设

支架搭设要遵循先立杆、后横杆、再剪刀撑的原则进行施工。要从其中一端为起始点向另一端进行作业,由下至上依次搭设,确保支架搭设的有序性。先将立杆按位置线摆放,套上底座或垫板,用扣件与扫地杆连接固定,扫地杆距离地面要保持在200mm以内,增强支架底部稳定性。按设计步骤安装横杆,通过扣件与立杆扣紧,确保横杆水平、无扭曲。在支架外侧周边及内部纵横向每隔一定间距设置连续竖向剪刀撑,增强支架侧向刚度,抵抗水平荷载。在水平方向,每隔一定高度设置水平剪刀撑,将各立杆连接成整体,防止立杆失稳。剪刀撑与地面夹角保持在45°到60°,杆件连接牢固,扣件拧紧力矩符合要求。

### 2.4 高支模安装

依据设计图纸,利用测量仪器精确放出模板位置线,确定梁、板模板的位置和标高。先安装梁底模板,根据梁跨度起拱,起拱高度通常为梁跨度的0.1%到0.3%,防止

梁体下挠。使用木枋或钢管作为次楞和主楞,固定梁底模板,确保其稳固。铺设板模板时要将板缝拼接紧密,必要时可运用企口缝或粘贴胶带防止漏浆。板模板与梁模板拼接处,处理好连接节点,保证平整。梁模板安装完成后,安装梁侧模板,通过对拉螺栓或斜撑等固定手段进行加固。拉螺栓间距的计算可以以梁高和混凝土侧压力为依据进行确定,防止胀模。梁侧模板顶部用钢管或木枋拉结,保证上口尺寸。对于墙模板,安装时注意垂直度,通过对拉螺栓和斜撑调节固定,确保墙体位置准确,不会产生形变。模板安装过程中,使用靠尺、线坠等工具进行测量随时检查模板的平整度、垂直度和标高。安装完成后,进行全面检查,重点检查模板拼接缝、加固措施、支撑体系等,确保无误后,才能进行混凝土浇筑。

### 2.5 混凝土浇筑

严格把握骨料、砂石与黏合剂的配比,结合工程实际情况配比放料,确保混凝土的性能符合建筑标准。将对称、分层、均匀作为浇筑第一准则。严格控制每层混凝土的浇筑高度,一般不宜超过 500mm,防止混凝土侧压力过大对高支模造成冲击。控制浇筑速度,不宜过快,尤其是在高支模的薄弱部位,减缓浇筑速度可有效减小对模板和支架的侧压力,避免因瞬间压力过大引发安全事故。浇筑速度也不宜过慢,防止混凝土结块,出现浇筑凹凸不平的现象发生。常见的振捣设备有插入式振捣棒、平板振捣器等,要根据工程实际情况,选用合适的振捣设备。使用插入式振捣棒时,振捣点应均匀布置,间距尽量小于振捣棒作用半径的 1.5 倍,振捣棒应快插慢拔,确保混凝土振捣密实,避免出现蜂窝、麻面等质量缺陷。振捣过程中,避免振捣棒直接接触模板和支架,防止模板移位、变形或支架松动。安排专业人员对高支模体系进行实时监测,每隔 30 分钟进行测量记录。一旦发现异常,立即停止浇筑,采取相应的加固措施,待隐患消除后,方可继续施工。

### 2.6 高支模验收

仔细查阅施工方案及专家论证报告,确保方案内容完整、可行,符合相关规范与工程实际,检查材料质量证明文件,保证材料质量达标。使用经纬仪或吊线锤测量着重检查立杆垂直度,偏差应控制在规范允许范围内,确保支架整体稳定。横杆水平度也需关注,用水平仪测量,保证横杆平整,使荷载均匀传递。使用扭矩扳手抽检,确保扣件拧紧力矩符合要求,防止松动。查看剪刀撑、连墙件的设置是否符合方案,数量、位置是否准确,连接是否牢固,增强支架的侧向刚度和稳定性。对于模板部分要重点检查模板平整度,用 2m 靠尺和塞尺测量,保证混凝土表面平整。模板拼缝宽度应符合要求,防止漏浆影响混凝土质量,必要时用密封材料封堵。对于起拱设置,复核起拱高度是

否符合设计,确保结构在使用阶段不下挠。验收合格后,各方签署验收文件,若发现问题,明确整改要求和期限,由施工单位整改后重新申请验收,直至合格,保障施工安全与工程质量。

### 2.7 高支模拆除

在高支模拆除前,要先明确拆除条件。依据设计及规范要求,梁、板等结构混凝土需达到规定强度,一般跨度小于 8m 的梁、板,混凝土强度需达到设计强度的 75%以上;跨度大于 8m 时,强度要达到 100%;悬臂构件必须达到 100%设计强度。以同条件养护试块的抗压强度试验结果为依据,检验高支模是否符合拆除条件。拆除前,需编制高支模拆除专项方案,经相关人员审批签字,确保拆除方案安全可行。在拆除区域设置警戒区,拉设警戒线,安排专人看守,严禁无关人员进入。模板拆除时要先拆除非承重模板,再拆除承重模板;支架拆除时要按照支架搭设的逆顺序,由上而下分层拆除,严禁上下层同时拆除。每拆除一层,应及时清理构配件,避免集中堆载。采用人工拆除法拆除扣件、螺栓等连接部件,使用撬棍等工具松动模板,再利用塔吊、施工升降机等机械设备吊运拆除的构配件。拆除过程中,不得猛撬、硬砸,防止损坏结构。拆除完成后,及时清理现场材料,将其运至指定地点分类堆放,对有损坏的构配件进行维修或报废处理。

### 3 结语

综上所述,高支模施工技术在建筑工程中具有不可忽视的重要应用价值。高支模施工技术主要由施工前准备、高支模制作、支架安装、高支模安装、混凝土浇筑、高支模验收及高支模拆除等步骤所组成。通过把控好各环节中的施工要点、遵循注意事项能够确保高支模施工技术的有效应用。未来,要不断完善高支模施工技术在建筑工程中应用的思路与方法,使高支模施工技术发挥更大价值。

#### [参考文献]

- [1]曾振兴.高支模施工技术在建筑工程施工中的应用研究[J].中国建筑装饰装修,2024(11):177-179.
- [2]张蔚.浅谈高支模施工技术在建筑工程中的应用[J].四川水泥,2023(9):152-154.
- [3]刘婵.高支模施工技术在房屋建筑土建工程中的应用[J].中国建筑装饰装修,2023(8):146-148.
- [4]徐中强,李卫永,康宁.高支模施工技术在建筑工程施工中的应用分析[J].中国住宅设施,2022(10):94-96.
- [5]蔡钧.碗扣式高支模施工技术在建筑工程中的应用[J].居舍,2022(21):64-67.

作者简介:李小会(1992.10—),男,安徽建筑大学城市建设学院;土木工程、安徽建工三建集团有限公司、技术负责人、中级职称。

## 工民建施工技术的创新以及运用

曹银元

新疆兵团城建集团有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]近年来,我国社会经济迅猛发展,建筑行业迎来了新一轮的发展机遇和挑战。长期以来,受各项社会因素以及科学技术的限制,我国工民建施工一直存在一个较大的弊端,实践施工过程中缺乏相应的创新思维,从而导致施工模式比较单一。实践表明,工民建施工技术的创新和应用对于企业的可持续发展存在着至关重要的作用。一方面,施工技术的创新和应用会在很大程度上提升企业的经济效益,另一方面,也会提升施工人员的各项技能。

[关键词]工民建施工技术;技术创新;技术运用

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15517

中图分类号: TU74

文献标识码: A

## Innovation and Application of Construction Technology in Industrial and Civil Construction

CAO Yinyuan

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

**Abstract:** In recent years, Chinese social and economic development has been rapid, and the construction industry has ushered in a new round of development opportunities and challenges. For a long time, due to various social factors and limitations of science and technology, there has been a major drawback in the construction of industrial and civil engineering in China. The lack of corresponding innovative thinking in the practical construction process has led to a relatively single construction mode. Practice has shown that innovation and application of construction technology in industrial and civil engineering play a crucial role in the sustainable development of enterprises. On the one hand, innovation and application of construction technology will greatly enhance the economic benefits of enterprises, and on the other hand, it will also improve the various skills of construction personnel.

**Keywords:** construction technology for industrial and civil construction; technological innovation; technical application

### 引言

随着社会经济的迅猛发展与城市化进程的不断推进,工民建行业面临的挑战日益严峻。传统建筑施工技术在应对复杂多变的工程需求、环境保护以及资源节约方面逐渐显现出局限性。由此,工民建施工技术的创新与应用已成为行业发展的必然选择。技术进步不仅能提高施工效率、降低成本、确保质量,还能推动建筑行业向绿色、智能、可持续的方向转型。随着环保、节能及信息化等新兴领域的推动,众多新型施工技术应运而生,极大地促进了工民建工程的高质量发展。新型建筑材料的推广、信息技术的深度整合、智能化设备的投入使用及节能减排技术的普及,均为行业带来了显著的效益。工民建施工技术的不断创新不仅提升了建筑物的功能性与耐久性,还为工程管理水平提升、施工流程的优化以及工程质量的保障提供了坚实的技术支撑。将在本文中探讨这些技术创新在实际工程中的应用,进一步分析其对建筑行业未来发展的深远影响。

### 1 工民建施工技术创新的重要性

工民建施工技术创新的重要性不容忽视。它不仅直接关系到工程质量的提升,还对施工效率、资源节约以及环保目标的实现产生深远影响。随着建筑行业需求的多样化及可持续发展理念的深入推进,传统施工技术已逐渐无法满足现代工民建工程对高质量、高效率以及低碳环保的需

求。为解决当前施工中的诸多难题,技术创新提供了有效途径,如施工周期过长、成本控制困难及安全隐患频发等问题。借助先进施工方法与智能化技术的引入,能够实现更精确的施工控制与更合理的资源配置,从而降低材料浪费,减少施工过程中产生的能耗与污染。此外,建筑物的综合性能亦可通过创新的施工技术得到提升,尤其是通过应用节能、环保技术及智能化设备,不仅延长建筑使用寿命,还能改善居住舒适度,助力绿色建筑目标的实现。提高企业竞争力的关键,施工技术的创新不仅是,推动行业持续健康发展的必要条件亦是,尤其在全球环保日益重要的今天,工民建施工技术的创新显得更加紧迫与重要。

### 2 当前工民建工程施工技术中存在的问题

当前,工民建工程施工技术面临许多亟需解决的挑战。一个突出问题是,传统施工方法仍占据主导地位,导致工程效率低下与资源的严重浪费。许多项目依赖人工操作或陈旧的机械设备,缺乏有效的智能化管理手段,从而出现工期拖延及成本失控的现象。建筑材料的选择与施工工艺上,另一个问题也出现了,部分项目在材料采购与施工过程中未能严格把控质量,导致所使用的材料可能不符合环境及安全标准,从而增加了后期维护成本,甚至可能影响建筑物的使用安全。此外,安全管理不到位,施工过程中的问题依然突出,尽管现代建筑安全技术逐步进步,工地

上的安全隐患仍频繁发生,事故时有发生,对施工人员的生命安全构成了极大威胁<sup>[1]</sup>。环境保护问题同样严峻,随着工民建工程规模的扩大,施工过程中产生的噪音、废气及建筑垃圾等污染物已对周围环境产生了显著影响。尽管生态保护措施已经提出,但全面落实尚未实现,部分项目甚至忽视了合理控制环境负担。最后,信息化建设的滞后,也是导致问题的一个因素。普遍较低的项目管理水平使得施工现场的资源调配、进度管理以及质量控制往往缺乏科学支持,造成计划外延误和质量问题频繁发生。

### 3 工民建施工技术的创新

#### 3.1 合理的采用环保技术

环保技术的合理应用,是推动工民建施工技术创新的关键组成部分。随着可持续发展理念的深入,环保技术在建筑施工中的重要性愈发突出。在工民建项目中,施工过程中产生的废料、噪音、粉尘以及废气等污染物,已严重影响了周围环境。通过应用环保技术,这些不利影响能够有效地减少。例如,绿色建筑材料及低碳环保施工工艺的选用,能够显著降低建筑物对环境的负担。在施工现场,废弃物回收技术的合理运用,不仅减少了建筑垃圾的堆积,还实现了资源的再利用,从而有效降低资源消耗。优化机械设备的能源使用、推广低能耗高效的施工设备,亦有助于减少能源浪费。同时,废水、废气等污染物通过无害化处理技术得到处理。此外,绿色施工管理体系的实施,有助于加强施工过程中的环保监督,确保施工活动符合环保标准,最大程度地降低对环境的负面影响。

#### 3.2 科学的运用信息技术

科学应用信息技术在工民建施工中的重要性日益突出。它不仅提升了施工效率,还在项目管理、质量控制、安全保障等方面发挥了至关重要的作用。随着建筑行业信息化进程的加快,众多先进信息技术逐步融入施工现场,诸如建筑信息模型(BIM)、大数据、云计算与物联网等技术的整合,已大大优化了施工各个环节的运行。通过BIM技术,施工单位能够在项目设计阶段进行精确的三维建模,潜在的设计问题能够提前被发现,从而减少施工中的修改与返工,确保工程的质量与进度。大数据技术的借助,使得施工过程中产生的各类数据能够被实时分析,施工现场的资源利用、工人作业状态及材料供应均可被监控,帮助管理人员及时做出决策,避免了资源浪费与进度延误。物联网技术的应用,实现了施工现场设备和资源的互联互通,使得施工机械、设备及材料等能够实时监控与调度,保障了施工过程的安全与高效运作。此外,云计算平台的搭建,使得各方信息共享变得更加便捷,设计、施工及监理等环节能够实时协作,从而确保了信息流通的及时性与准确性。

#### 3.3 合理的采用节能技术

节能技术的合理应用,作为工民建施工技术创新的关键方向之一,其重要性随着能源消耗的日益增加及环境保

护压力的加剧愈加突出。在施工阶段,节能技术的运用不仅能够有效降低能源成本,还能显著减少建筑物的碳排放,推动绿色建筑的实现。高效节能建筑材料的采用,如保温隔热材料、低辐射玻璃等,能有效降低建筑能量损耗,尤其在寒冷或炎热气候条件下,能显著减少采暖和空调的能耗。在建筑设计与施工过程中,自然通风与采光系统的合理规划,最大程度地利用自然资源,通过优化建筑朝向、开窗设计等方式,减少了人工照明和空调的使用。此外,节能意识应渗透到施工机械和设备的选择上,采用高效、低能耗设备以减少能源浪费<sup>[2]</sup>。在施工过程中,外立面设计、屋顶绿化及雨水收集系统的合理规划,有助于进一步提升建筑的能源利用效率,助力节能减排目标的实现。

#### 3.4 工民建工程中运用生态技术

在工民建施工过程中,生态保护至关重要,因此,应合理应用生态技术。现代建筑施工中,环保材料的使用已成为常规做法。建设单位在施工过程中应妥善处理废旧材料和垃圾,树立文明施工理念,创造良好的施工环境。生态技术作为一项高科技手段,在工民建工程中的应用,有效地将生态效益与经济效益相结合。虽然工民建施工可能对周围环境产生一定负面影响,但通过科学规划与管理,可最大限度减少这些不利影响。在选择建筑材料时,应根据建筑所在地区的环境特征,避免材料对当地生态造成不良影响。

### 4 工民建施工新技术的应用

#### 4.1 防水技术的应用

防水技术在工民建施工中的应用,尤其是在防止水渗漏、延长建筑物使用寿命以及保障建筑安全方面,其作用不可或缺。随着建筑功能的不断多样化,尤其是地下建筑、地下车库以及地下管道等工程的增多,防水技术的要求也日益提升。近年来,防水技术经历了不断创新的过程,随着新型材料与工艺的不断发展和,逐渐从传统的防水材料过渡到多层复合防水结构及智能化防水系统。例如,应用自黏性防水卷材、橡胶沥青防水涂料、渗透结晶型防水材料等新型防水材料,能提供更为持久且可靠的防水效果。这些材料具备较强的抗渗性与耐老化性,能够满足复杂施工环境中的需求,确保建筑在长期使用过程中维持良好的防水性能。同时,防水施工工艺也逐渐从传统的手工操作转向机械化施工,全自动化的施工设备与技术被采用,不仅提高了施工效率,也减少了人为失误,确保了防水质量的提升。随着智能建筑技术的日益成熟,智能防水系统在工民建项目中的应用逐渐增多。通过物联网及传感器技术,建筑物的水分状况能够被实时监控,潜在的渗漏问题得以及时发现并修复,进一步提升了防水工作的智能化水平。

#### 4.2 大体积混凝土施工技术

大体积混凝土施工技术在工民建工程中具有重要作用,尤其在大型基础设施、地下工程、桥梁以及高层建筑

等领域,混凝土结构的浇筑广泛应用于此。由于大体积混凝土施工涉及较大体积及复杂环境,施工过程中常面临热膨胀、温度应力、裂缝控制等技术难题。为了确保混凝土质量及施工的顺利进行,必须采用一系列先进的技术手段。温控技术的应用,在这一过程中尤为重要。大量热量会因混凝土水化反应而释放,使得大体积混凝土产生温度梯度,从而引发内部温度应力,甚至可能出现裂缝。为了控制这一问题,通常会在施工中配备温度监测系统,混凝土内部的温度被实时监控,并通过安装冷却管道或采取外部保温措施来调节温升速度,以避免热裂缝的产生。混凝土配比及高性能材料的合理选择,亦是保障施工质量的关键。低热水泥、早强水泥及掺合料等材料的采用,可以有效控制水化热释放,降低温度变化对混凝土结构的影响。此外,机械化施工手段的应用,大大提高了大体积混凝土施工的效率与精度<sup>[3]</sup>。借助自动化浇筑设备,施工单位能够确保混凝土的均匀浇筑,避免人工操作中的不稳定因素。最后,在施工过程中,合理安排浇筑工序也至关重要。确保混凝土连续浇筑,有助于避免冷接缝的产生,从而保障结构的整体性与耐久性。

#### 4.3 钢筋连接技术的运用

钢筋连接技术在工民建施工中扮演着至关重要的角色,尤其在提升结构安全性、施工效率及降低成本等方面,发挥着关键作用。传统的钢筋连接方法主要依赖于焊接或绑扎,尽管这些方式在一定程度上满足了施工要求,但施工周期长、人工成本高以及质量控制困难等问题,依然存在。随着新型钢筋连接技术的出现,施工工艺得到了显著的提升。现代钢筋连接技术包括机械连接、冷压连接、爆炸焊接等多个形式,其中,机械连接技术凭借其连接迅速、质量可靠及施工便捷等优势,已在各类大型建筑工程中得到广泛应用。通过使用机械连接套筒或专用连接器,钢筋能够迅速且牢固地实现连接。连接点的抗拉强度与抗剪强度不仅得到了提高,还能减少由人工操作引起的质量问题,从而确保结构的稳定性与安全性。与此同时,冷压连接技术通过专用设备对钢筋端头进行压缩连接,有效地减少了焊接过程中产生的热影响区,避免了焊接质量问题引发的结构安全隐患。

#### 4.4 新材料和新设备的应用

新材料与新设备在工民建施工中的应用,已成为推动技术进步与提升施工质量的关键因素。随着建筑行业对建筑性能、环境保护及施工效率要求的不断升级,越来越多的新型建筑材料及高效施工设备被引入到项目中。这些新

材料,如高强度混凝土、超高性能纤维增强混凝土及生态环保材料等,不仅增强了建筑的结构安全性与耐久性,还有效地降低了能源消耗,并改善了建筑物的环境表现<sup>[4]</sup>。例如,超高性能混凝土,凭借其卓越的抗压强度、耐磨性与抗腐蚀性,在桥梁、高层建筑及其他关键结构中已得到广泛应用,显著延长了建筑物的使用寿命与安全性。同时,纳米材料与光伏材料等新型环保材料的使用,有助于建筑节能减排,推动了绿色建筑的发展。与此同时,新设备的应用,如智能施工设备、自动化机械及无人机测量技术等,极大提高了施工效率与精度。精准施工与远程监控的实现通过智能化施工设备,降低了人工成本,减少了人为错误,提升了施工过程的安全性。混凝土泵送系统与钢筋机械化加工设备等自动化机械的应用,显著加快了施工进度,缩短了工期,特别在大规模项目中,表现尤为突出。

#### 5 结语

在工民建施工领域,技术创新已成为推动行业发展的关键因素。随着科技的进步与市场需求的变化,新材料、新工艺及新设备不断涌现,极大地提升了施工效率、质量与安全性。借助环保技术、节能技术、信息技术等先进手段,建筑施工不仅能够满足日益严格的质量与环保标准,而且有效应对了资源紧张与环境压力。此外,智能化与数字化管理的广泛应用,推动了技术创新,使得施工过程变得更加精确、透明与高效。展望未来,随着新技术的不断应用与深化,更多的机遇与挑战将迎来工民建行业。建筑行业应紧跟技术发展的步伐,强化技术创新,推动绿色建筑与智慧建筑的普及,进而提高工程的综合效益与可持续发展能力。总的来说,技术创新为工民建施工注入了源源不断的动力,必将在提升行业竞争力、推动社会经济发展以及改善人居环境方面发挥更加深远的作用。

#### 【参考文献】

- [1] 艾元斌. 工民建常见施工技术与创新[J]. 科技风, 2019(13): 88.
- [2] 王敬宇. 工民建施工技术创新及其应用探究[J]. 绿色环保建材, 2017(11): 91-93.
- [3] 刘玉岭. 工民建施工技术类型及应用与创新[J]. 科技创业家, 2014(2): 28.
- [4] 艾元斌. 工民建常见施工技术与创新[J]. 科技风, 2019(13): 88.

作者简介: 曹银元(1989.9—), 毕业院校: 华南理工大学, 所学专业: 土木工程, 当前就业单位: 新疆兵团城建集团有限公司, 职称级别: 工程师。

# 公路桥梁的施工技术中存在的问题及对策

宋 冰

平顶山市公路事业发展中心, 河南 平顶山 467000

[摘要]随着我国公路建设的加速,特别是在高速公路与桥梁建设领域,国内范围内的进展显著。桥梁作为连接河流、山谷、峡谷等自然障碍的重要设施,已经成为交通基础设施不可或缺的一部分。随着公路交通流量的持续增加,桥梁的承载能力正面临越来越严峻的挑战。与此同时,随着技术不断进步,传统施工方法逐渐无法满足现代桥梁建设在质量、安全及效率上的高标准要求。确保桥梁施工质量的同时,如何提升施工效率、降低建设成本,并确保桥梁的长期稳定性,已成为当前公路桥梁建设亟需解决的重要问题。

[关键词]公路桥梁; 施工技术; 问题; 对策

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15534

中图分类号: U445.1

文献标识码: A

## Problems and Countermeasures in the Construction Technology of Highway Bridges

SONG Bing

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

**Abstract:** With the acceleration of highway construction in China, especially in the fields of highways and bridge construction, significant progress has been made domestically. Bridges, as important facilities connecting natural obstacles such as rivers, valleys, and canyons, have become an indispensable part of transportation infrastructure. With the continuous increase of highway traffic flow, the bearing capacity of bridges is facing increasingly severe challenges. At the same time, with the continuous advancement of technology, traditional construction methods are gradually unable to meet the high standards of quality, safety, and efficiency required for modern bridge construction. How to improve construction efficiency, reduce construction costs, and ensure long-term stability of bridges while ensuring the quality of bridge construction has become an important issue that urgently needs to be addressed in current highway bridge construction.

**Keywords:** highway bridges; construction technology; problems; countermeasures

### 引言

随着我国经济的迅猛发展,交通运输需求不断增加,公路桥梁作为交通网络的关键组成部分,承载着大量车辆和货物运输的重任。桥梁施工技术对其安全性、耐久性及使用寿命具有至关重要的影响。伴随现代化建设的推进,尽管桥梁施工技术不断发展,但仍面临诸多挑战,如施工质量的不稳定、设计与实际情况的偏差以及施工队伍专业素养的不足等问题,这些因素均制约了公路桥梁工程的顺利实施。因此,研究公路桥梁施工技术中的问题及应对策略,具有重要的实践意义。

### 1 公路桥梁施工技术的现状分析

公路桥梁施工技术的现状呈现出传统工艺与现代化技术相结合的发展趋势,但在技术的应用上仍存在较为明显的不均衡性。在经济发达地区,得益于充足的资金支持和技术储备,先进施工技术已得到了较为广泛的应用。例如,智能监测系统、预制装配化施工以及信息化管理平台等创新技术,极大地提升了施工效率和质量。在经济相对滞后的地区,施工技术依然停留在传统模式,难以适应日益复杂的工程需求,特别是在精度和质量方面,未能达到较高标准。同时,全国范围内的技术标准和规范尚未完全

统一。在执行过程中,部分施工单位虽然根据当地实际情况进行了调整,但因缺乏科学依据,施工质量差异较大。

### 2 公路桥梁施工技术的不足

#### 2.1 专业施工队伍缺乏

在公路桥梁施工中,普遍存在着专业施工队伍匮乏的问题,这直接影响到工程质量及施工效率。一方面,由于行业吸引力不足,许多具备高素质的技术人才纷纷转向其他领域,致使专业施工人员储备严重不足。另一方面,一些施工企业在用人时偏重短期成本控制,忽视了对人员的长期培养,致使施工队伍的技术水平参差不齐,难以满足复杂工程对高技术的要求。同时现场常常出现临时用工现象,进一步加剧了队伍稳定性不足的问题,工人之间缺乏配合默契,施工过程中的不确定性也随之增加。这样的现象,在一定程度上制约了先进技术的有效实施,从而影响了施工效率与质量。

#### 2.2 公路桥梁承载力不足

随着我国交通运输业的快速发展,公路桥梁的实际承受荷载不断增加,但桥梁的承载力却难以跟上日益严峻的交通需求。这一问题的根源在于施工水平较低,无法从根本上解决施工过程中潜在的质量隐患。例如,路床的不平

经常因碾压不到位而产生,导致软土基出现空隙,而路床含水量过高则会进一步影响路面的平整度和路床的稳定性。此外,依据相关研究,公路桥梁承载力较差的主要原因还包括在施工前缺乏系统性分析,未对工程整体进行全面的规划与评估。施工安排的随意性、布局的不合理性以及对外界干扰因素的防范不足,都在无形中削弱了桥梁的性能,显著缩短了构件的使用寿命,难以满足长期使用的需求。

### 2.3 施工技术难以满足实际要求

施工技术难以满足实际需求,已成为制约公路桥梁建设质量的关键因素之一。当前,部分施工单位依然沿用过时的施工工艺,无法满足现代桥梁工程在精度、强度及耐久性等方面的高标准要求。同时,施工技术的更新速度未能紧跟工程需求的变化,尤其在复杂地质条件、特殊气候环境或超大荷载的情况下,现有的技术手段常常显得捉襟见肘。在施工过程中,技术执行不到位的现象时常发生,如细节处理不细致、工序衔接不顺畅以及关键节点把控不严格,这些问题直接影响到桥梁整体结构性能。技术与实际需求之间的脱节,不仅导致施工质量难以得到有效保障,也增加了后期维护的负担,进而影响了桥梁的使用效率与安全性。

## 3 公路桥梁施工技术对策研究

### 3.1 优化设计环节

#### 3.1.1 提升设计科学性

提升公路桥梁设计的科学性,是确保工程顺利进行的关键。只有科学合理地设计,才能增强桥梁的稳定性与耐久性,并为后续施工提供精准的操作指南。设计阶段,地质环境、交通流量、荷载需求等因素必须充分考虑,依托详细的调研与数据收集,方能为设计方案奠定坚实的理论基础。先进的设计理念与工具,如 BIM 技术与三维建模被有效运用,以提高设计精度与可视化效果,避免设计过程中可能出现的错误与疏忽。同时,设计人员应及时更新知识体系,紧跟行业发展趋势,并根据实际情况灵活调整设计方案,以确保设计能够适应未来日益变化的交通需求。设计的科学性得以提升,不仅为桥梁施工提供了坚实的基础,也为保证施工质量与安全奠定了核心保障。

#### 3.1.2 强化地质勘察与风险评估

加强地质勘察与风险评估,是确保公路桥梁设计与施工顺利进行的核心步骤。有关土壤结构、地下水位等关键信息,地质勘察能够提供,从而揭示潜在的地质灾害风险,如滑坡、塌方或地震等。准确的勘察报告为设计提供了可靠依据,使桥梁设计能够更好地适应地质环境的复杂性,进而保障桥梁的安全性与稳定性。通过全面的风险评估,项目团队能够提前识别和预测可能面临的施工难题,并据此制定预防措施。通过对风险的量化,项目方可在施工前采取切实可行的应对方案,从而避免地质问题带来的工程

延误或安全事故。加强地质勘察与风险评估,不仅提升了设计的可靠性,也为施工过程中可能遇到的挑战提供了充分准备,显著降低了意外风险对工程进展的影响。

### 3.2 管理方面

#### 3.2.1 完善施工管理制度

完善施工管理制度是提升公路桥梁施工质量的关键因素,直接影响着工程的进度、质量、安全以及成本控制,管理制度的制定显得尤为重要。因此,制定一套科学、系统且具有可操作性的管理制度至关重要。施工管理制度应明确每个环节的责任和要求,确保施工人员清晰了解职责并严格执行。此外,根据不同施工阶段的任务,详细的操作标准与流程应当制定,以确保每一环节严格按照技术规范与设计要求执行。管理制度还需注重施工现场的动态监管,定期检查与应急处理机制的落实,及时发现并解决施工中的隐患,从而应对突发问题,避免因管理松懈引发质量事故。一个高效的管理制度不仅能提升施工效率,减少项目实施过程中的风险,还能确保公路桥梁建设的顺利推进。

#### 3.2.2 加强施工人员培训

加强施工人员培训作为提升公路桥梁施工质量的重要基础,具有不可忽视的意义。确保工程质量的关键力量便是施工人员,只有具备扎实的技术知识与熟练的操作技能,他们才能在施工过程中有效避免潜在问题的发生。培训内容应涵盖从基础理论到实际操作各个方面,以确保施工人员不仅掌握基本施工技能,还能够深入理解施工技术背后的原理与要求。同时,培训应着重新技术和新设备的应用,提升施工人员对现代化施工手段的适应能力,进而应对复杂的施工环境与技术挑战。通过定期的培训与考核,施工人员的技术水平得以保持,并激发其工作热情与责任感,从而提高工程整体质量。随着持续学习与培训的推进,施工团队的综合素质不断得到提升,确保每个环节严格遵循规范,最大程度地避免人为因素导致的质量隐患。

### 3.3 技术方面

#### 3.3.1 路基填压及排水施工技术

路基填压与排水施工技术在公路桥梁工程中占据着至关重要的位置,其施工质量深刻影响着整个结构的稳定性与使用寿命。在路基填压过程中,填料的选择及分层厚度的控制需严格按照标准执行,确保所使用的材料具有适宜的粒径及良好的压实性能。每一层填料都应根据设计要求精确铺设并碾压,避免不均匀或压实不足的情况发生<sup>[1]</sup>。面对不同地质条件时应采取适当的施工措施,例如,在软土区设置加固层或更换为优质土层,从而提升路基的承载能力。排水施工方面,排水系统的合理设计至关重要,应包括边沟、截水沟及排水管道等设施,确保能够迅速有效地排除地表水和地下水,避免水分渗透至路基,导致土壤软化或结构失稳。在施工过程中,排水设施的施工进度及

密闭性应受到严格控制,以避免施工偏差导致水流阻塞或渗漏的发生。高标准的填压与排水施工为公路桥梁工程提供了稳定且可靠的基础保障。

### 3.3.2 钢筋与混凝土施工技术

钢筋与混凝土施工技术在公路桥梁建设中占据着举足轻重的地位,其直接影响着桥梁结构的强度与耐久性。在钢筋施工阶段,设计要求必须严格遵循,确保钢筋的型号、数量、间距及布置位置精确无误。钢筋绑扎与连接的牢固性尤为重要,操作不当将可能导致钢筋位置偏移或连接不稳,进而影响桥梁的承载能力。混凝土施工同样需要高标准的质量控制。混凝土的配比应精确,必须选用优质的水泥、骨料及外加剂,以确保其强度与耐久性<sup>[2]</sup>。浇筑过程中特别应注意分层浇筑与振捣,确保混凝土的均匀性与密实度,从而避免蜂窝麻面等质量缺陷。在大体积混凝土施工时,温控措施应当得到充分应用,以防因温差过大而导致裂缝的产生。施工过程中,混凝土的强度与流动性等关键指标必须实时监控,确保施工质量符合设计标准,从而保障桥梁结构的安全性与长期耐久性。

### 3.3.3 路桥过渡段施工技术

路桥过渡段施工技术是公路桥梁建设中的关键环节,其质量直接影响到桥梁的稳定性和使用寿命。在施工过程中,水泥搅拌桩加固技术尤为重要,这项技术通过深层搅拌机械将石灰、水泥与软土材料充分混合,形成高承载力、稳定性的复合型地基,有效提高过渡段的施工质量。在实际操作时,施工人员需确保现场清理整洁、低洼地段填平,以保证施工环境的平整与稳定。开挖技术在过渡段施工中也起着至关重要的作用,由于过渡段路基结构的特殊性,开挖过程的精细操作对最终质量有着显著影响。施工人员依据土质分布,采用分层检测与不同的路床处理方式,确保每层填筑压实到位。当前,大多数工程采取混合填筑方式,综合考虑填料的选择与压实工艺,以实现最佳的路基稳定性。注浆技术作为现代化加固方法,能够有效克服传统技术的局限,通过高压注浆设备将浆体注入软土层,进而增强路基的稳定性<sup>[3]</sup>。注浆过程中,专用钻孔设备会使浆体完全渗透至软基深层,确保软土的均匀加固,提高过渡段的整体承载能力与稳定性。过渡段路基含水量较大,排水固结技术在此过程中尤为关键。为防止路基不稳定必须采取系统的排水方案,从而有效地降低土壤的含水量,增强土质的承载力。常见的排水方法包括通过重物压力作用挤压土层水分、真空预压以及降水预压等,这些方法能够有效地将土质中的多余水分排出,促进路基固结,从而提高路基的稳定性和承载能力。台后填筑技术在路桥过渡段施工中的应用也不可忽视。施工过程中,如果操作不当,

过渡段容易出现沉降现象。通过选择适合的填筑材料,如砂性土或砂砾,并采取台背加固方式,能够有效防止沉降问题的发生,保证过渡段的稳定性。同时,结合土工合成材料加固台背,可以进一步提升荷载承受能力,有效解决由于沉降带来的质量隐患。

### 3.4 加强施工安全管理

施工安全管理在公路桥梁建设中占据着至关重要的地位。随着施工规模的扩展与技术难度的提升,安全隐患呈现出增加的趋势,若安全管理措施未得到充分落实,轻则可能导致工程延期,重则可能引发重大事故。为了加强施工安全管理,必须在施工现场建立健全的安全管理制度,并明确各项操作规范,确保每个环节都得到严格的安全监管。同时,定期开展安全培训是至关重要的,不仅有助于提高施工人员的安全意识,还能增强其应对突发事件的能力,从而确保能够及时处理现场发生的紧急情况。与此同时,加强安全监督体系的建设,以确保各项安全措施的有效执行也不容忽视,通过引进现代科技手段,如智能化监控系统与自动化安全检测设备等,施工过程中潜在风险得以实时监控,为施工人员提供更为全面的安全保障。全面的安全管理贯穿于设计、施工及后期维护的每一个环节,只有这样,才能确保公路桥梁工程顺利推进,保障施工人员的安全与工程质量的长期稳定。

## 4 结语

公路桥梁施工技术面临着诸多挑战,但通过优化设计、强化施工管理、提升技术水平等措施,现有问题得以有效解决,从而提高桥梁建设的质量与效率。随着交通需求的日益增长,桥梁工程的技术要求与复杂性不断加大,这使得持续创新与技术进步显得尤为重要。在未来的施工过程中,设计、施工与管理必须紧密结合,采用科学的技术手段与合理的管理措施,确保每一座公路桥梁都能实现安全、耐久且经济的建设目标。通过各方的共同努力,公路桥梁建设不仅能满足社会经济发展的需求,还将为交通运输提供更为稳固的基础设施支持。

### 【参考文献】

- [1]倪翼鹏.公路桥梁施工技术中存在的问题及对策[J].时代汽车,2024(19):196-198.
  - [2]于秀明.公路桥梁施工技术中存在的问题及对策研究[J].运输经理世界,2024(7):95-97.
  - [3]柯芳.公路桥梁施工技术中存在的问题及对策研究[J].设备管理与维修,2023(18):161-163.
- 作者简介:宋冰(1982.2—),毕业院校:长安大学,专业:道路桥梁与渡河工程,当前就单位:平顶山市公路事业发展中心,职务:无 职称级别:工程师。

## 深基坑施工技术在公路工程中的应用分析

王树阳

新疆北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 831999

**[摘要]**随着我国经济水平高速发展,城市高速建设,公路工程逐渐在经济建设中占据了越来越重要的地位。而在公路工程中,深基坑施工技术也获得越来越大的比重,其不断发展和进步,为我国公路工程的品质和安全作出巨大贡献。因此,在实际建设过程中,要综合深基坑施工经验和现场实际情况对公路深基坑施工进行研究,最大程度保证公路工程的质量与安全,为推动公路工程建设作出贡献。

**[关键词]**深基坑;公路施工技术;公路工程

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15532

中图分类号: U416.1

文献标识码: A

## Application Analysis of Deep Foundation Pit Construction Technology in Highway Engineering

WANG Shuyang

Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 831999, China

**Abstract:** With the rapid development of Chinese economy and the construction of urban highways, highway engineering has gradually played an increasingly important role in economic construction. In highway engineering, the construction technology of deep foundation pits has also gained an increasing proportion, and its continuous development and progress have made great contributions to the quality and safety of highway engineering in China. Therefore, in the actual construction process, it is necessary to comprehensively study the construction experience of deep foundation pits and the actual situation on site, in order to maximize the quality and safety of highway engineering and contribute to the promotion of highway engineering construction.

**Keywords:** deep foundation pit; highway construction technology; highway engineering

### 引言

在我国经济不断发展的当下,公路工程建设在经济建设中的地位不断提升,在建设过程中,要利用深基坑高效、便捷,对周遭建筑物及地下管线影响较小的优势,进行公路建设。因此文章针对深基坑建设现存问题,深基坑施工技术在公路工程中的技术应用和深基坑施工技术在公路工程中的应用措施进行讨论,综合深基坑施工实践经验,为公路施工人员提供导向性帮助。同时,文章还针对技术进行分析,深入工作人员对深基坑技术的认识。

### 1 深基坑施工技术在公路工程中的应用现状

#### 1.1 深基坑支护现存问题

深基坑支护技术能为地下结构提供稳定性,降低事故出现的风险,提升工程施工质量。然而深基坑支护技术在实际施工过程中设计的内容较多,导致深基坑支护工程中经常出现各类问题。如深基坑施工人员未按照相关标准对深基坑进行支护、以次清孔与二次清孔工作未能达到施工的基本标准进而影响整体工程的混凝土灌注效果等;或施工人员由于各种因素导致的施工过程中未能充分考虑地理条件或环境因素导致的随意支撑情况发生,进而使支撑技术和现场施工环境难以匹配,进而引发的一系列问题等。此外,还存在设计与实际施工脱节的情况,由于工期、工人素质等原因,经常出现施工过程中将施工流程简化,不

按照施工设计进行的情况出现。在实际施工时,深基坑支护还易出现超挖、欠挖;土层开挖与边坡支护不配套等现象。因此,在实际施工过程中,要针对深基坑支护现存问题进行整理归纳,并加大监管力度,提升深基坑施工技术在公路工程中的应用价值。

#### 1.2 施工监管有待加强

在深基坑的施工过程中,部分工程监管部门的监管力度仍有待加强。深基坑施工的稳定性可依赖施工单位科学、合理的监管举措来加强,在施工单位依据相关法律法规和政策文件加大监管力度和监督流程的情况下,深基坑往往能表现出更强的稳定性和可靠性。当前,我国公路建筑施工建设中,大部分深基坑施工事故背后都有因监管工作失误的影子,因此,施工单位应提升对施工监管的重视程度,完善施工监管制度,降低施工人员违规操作的出现情况。同时,深基坑施工监管时,应完善施工制度,将每个施工环节的责任落实到个人,确保施工作业过程中工作人员的人身安全和财产安全,避免深基坑坍塌现象的发生。此外,深基坑施工作业时,还应保证施工单位的监管有的放矢,进而实现有效监管,杜绝人浮于事的情况出现,进而提升施工单位、企业的社会名誉。

#### 1.3 施工人员素质有待加强

深基坑的施工过程具有一定的复杂性,因此施工单位

必须根据深基坑工程的具体情况进行具体分析,并根据当地气候条件,环境特征等因素开展工作。在此过程中,施工人员的素质尤为重要,鉴于我国深基坑工程基层工作者多为农民工,专业素养良莠不齐,因此在具体施工过程中,常出现不能根据公路深基坑工程的具体情况进行操作的现象出现。在这种背景下,既容易危及施工人员的安全,还容易导致深基坑工程停滞,将施工工作的危险性和不确定性放大,并为公路工程竣工后投入使用留下隐患。因此,在实际工作的过程中,相关单位要加强对施工人员的素质培训,提升施工人员的专业素养,应用合理、科学的技术进行施工操作,在工期内确保施工顺利进行,并满足建设计划时的需求,使整体工程满足相关部门的规定和要求。

## 2 深基坑施工技术在公路工程中的技术应用

### 2.1 地下连续墙支护技术的应用

在地下连续墙支护技术应用过程中,要注意钻孔、钢筋笼安装、浇筑混凝土以及墙体后期的强化处理等步骤。在实施过程中,钻孔的深度和直径需根据基坑深度及土层特征进行合理设计,通常采用液压钻机进行钻孔作业,确保孔壁不塌陷。在施工技术上,地下连续墙支护的关键在于墙体的接缝处理,要求各段墙体接缝密实,防止水土渗漏。接缝的处理方式包括采用专用的水泥浆填充及后期的灌浆加固,保证墙体整体性与稳定性。特别是在高水位地区,采用地下连续墙支护时,需要加强墙体的抗水压能力,使用加厚型墙体或复合支护系统来提升抗渗性能。此外,地下连续墙支护技术的应用还需充分考虑基坑周围建筑物、交通设施以及地下管线等外部因素的影响。在城市公路工程中,通常需要结合深基坑施工的实际环境,对支护设计进行优化。如在一些特殊区域,可结合围护结构的灵活性和对周围环境的适应性,选用滑模施工技术来提高施工效率,缩短施工周期。在连续墙施工过程中,应特别关注施工过程中对周边结构的影响,避免由于墙体施工不当引起地面沉降或周围建筑物的倾斜。

### 2.2 钻孔灌注桩支护技术的应用

钻孔灌注桩支护技术广泛应用于深基坑工程中,该技术通过在基坑周围钻孔并浇筑高强度混凝土桩体,形成稳定的围护结构,从而有效地支撑基坑壁,防止土体的坍塌及变形。钻孔灌注桩支护技术的关键在于桩体的施工质量,通常要求施工时使用旋挖钻机或液压钻机进行钻孔,确保桩孔的垂直度和孔径一致性,以便为后续的灌注混凝土提供良好的基础。在钻孔过程中,必须考虑土层的不同性质,选择合适的钻具和施工参数。在软弱土层中,常采用加重钻头或泥浆护壁的方式,防止孔壁坍塌;而在硬质土层中,则需要提高钻进速度,并使用高功率的钻机设备以克服地层的抗力。清孔作业是确保灌注桩强度和稳定性的关键步骤,通过清除孔内的泥浆和碎石,确保桩基与土层的良好接触,以提升桩基的承载力。灌注混凝土时,需采用高强

度、低水灰比的混凝土,确保桩体的强度满足设计要求。桩体施工完成后,需对桩基进行质量检测,常见的检测方法包括静力载荷试验、声波检测和钻芯检测等。

### 2.3 土钉墙施工技术的应用

土钉墙的施工过程主要包括钻孔、土钉插入、灌浆加固和钢筋网安装等步骤。首先,使用钻孔机对基坑壁进行定点钻孔,孔深和孔径的选择需根据土层的稳定性和基坑的深度进行优化设计。在孔内插入一定规格的钢筋土钉,土钉的长度和直径根据基坑壁的稳定要求及土质条件来确定。通常,土钉长度为3至6米,钢筋直径根据土层的承载力进行选择。插入土钉后,需进行灌浆作业,确保土钉与周围土层形成良好的黏结力,以达到增强支护效果的目的。为了进一步增强土钉墙的抗侧压力性能,施工时常会在土钉墙表面覆盖钢筋网或钢筋混凝土板,这些辅助材料能够与土钉共同作用,提高整体墙体的抗弯曲能力和抗剪切性能。土钉墙支护系统的设计需充分考虑墙体的稳定性、变形控制以及土体的抗剪强度。土钉墙施工技术在实际应用中的优势之一是其对周围环境影响较小,尤其适用于城市建设中对周围建筑物及道路设施有较高要求的公路工程。相比传统的桩基支护或地下连续墙,土钉墙施工时对周围土地的占用较少,且施工速度较快,能够有效缩短施工周期。当然,在特殊情况下,如高地震力地区或极端土质下,土钉墙的抗震性和长期稳定性需进一步加强。在这些情况下,施工单位可通过加密土钉的配置、增加灌浆压力、采用复合支护结构等方式提高支护效果。

### 2.4 锚杆支护施工技术的应用

锚杆支护技术是一种常用于深基坑支护的高效、经济、适应性强的施工方法,尤其适用于软弱土层或地下水丰富的复杂地质条件。通过将锚杆埋设于基坑侧壁的土层中,并通过加固注浆等手段,使锚杆与土层形成较强的黏结力,从而提高基坑的整体稳定性和抗变形能力。其广泛应用于公路工程中的深基坑施工,尤其在基坑较深、地层松软且空间受限的项目中具有显著的优势。锚杆支护施工的基本流程包括钻孔、锚杆安装、注浆固结和张拉等步骤。首先,依据设计要求和现场实际条件,通过钻孔机在基坑侧壁钻设孔位。孔径和孔深的选择需依据土层类型、基坑深度及支护需求来确定,通常采用液压钻机或旋挖钻机进行施工,以确保孔壁的稳定性及孔位的准确性。钻孔完成后,安装锚杆。锚杆通常由高强度钢筋或钢绞线制成,长度和直径根据土层承载力和基坑深度的要求进行设计。锚杆通过专用的锚具与锚盘系统与土层紧密结合,锚盘一般埋设在基坑侧壁的表面,并通过高强度的钢丝绳与锚杆相连接,保证整体支护系统的稳定性。

### 2.5 周边放坡开挖支护技术的应用

在实施周边放坡开挖时,需要先对基坑的边坡角度进行精确设计。坡度的选择通常与土层的类型、基坑深度以

及周围建筑物的安全距离等因素密切相关。常见的放坡角度为1:1到1:2之间,即每向下1m,坡度向外扩展1m到2m。对于砂土或松散土层,通常采用较为缓和的坡度(如1:1.5),以确保坡面不易发生滑移或坍塌;而对于较为坚硬的岩土层,可以采用较陡的坡度设计,以减少占地面积并提高施工空间利用率。设计时还需充分考虑坡面水流、降雨等自然条件的影响,避免因水流侵蚀或地表水积聚导致边坡的不稳定。为确保边坡的稳定性,通常采用自上而下的逐层开挖方式,每次开挖的深度不宜过大,通常控制在1到2m之间,避免单次开挖量过多造成坡面失稳。开挖后要及时进行坡面修整,确保坡度符合设计要求,同时应对基坑底部进行防水处理,防止地下水对边坡稳定性造成影响。此外,还应特别关注基坑的排水系统。因为周边放坡开挖往往会在一定程度上改变土体的排水特性,施工中应设置完善的排水沟、集水井等设施,以确保雨水和地下水能够及时排出,防止水分滞留在基坑底部,进而影响坡面和基坑的稳定性。

### 3 深基坑施工技术在公路工程中的应用措施

#### 3.1 基坑开挖

基坑开挖是深基坑施工的核心,直接关系到基坑支护系统的稳定性和施工安全。在公路工程中,基坑开挖不仅需要保证施工进度,还需减小对周围环境的影响,尤其是在交通繁忙或人口密集的地区,开挖过程中的噪音、粉尘和土方运输等问题需要得到有效控制。因此,合理的开挖方案和施工措施至关重要。第一,基坑开挖的顺序和方法需要根据基坑的深度、地质条件及周围环境来进行详细设计。在实际施工中,常采用逐层分段开挖的方式,避免一次性开挖过深,导致基坑壁不稳定。每次开挖深度通常控制在1到2m之间,以确保基坑壁的稳定性。对于深基坑工程,开挖过程中需特别注意支护系统的配合,避免因支护不完善而导致边坡塌陷或土体滑移。第二,要综合考虑土层类型和基坑的具体要求。对于松散土层,采用机械化挖掘,如挖掘机或旋挖钻机进行土方作业;对于较硬土层或岩层,则可能需要使用爆破、钻孔或气动工具进行破岩作业。开挖过程中,必须严格控制设备的工作方式和作业参数,以保证开挖面的平整度和坡度,防止施工过程中产生过大的扰动或不均匀开挖。第三,基坑开挖必须进行周密的排水设计,以确保施工过程中的水位不超过设计要求。特别是在地下水位较高的区域,开挖过程中往往伴随着地

下水的渗透,若未采取有效的排水措施,将会影响基坑的稳定性并导致基坑壁软化或坍塌。

#### 3.2 涌水涌砂

一方面,在预防涌水涌砂时,要通过钻探、取样和水文地质勘察,对地下水位、土层透水性、砂土的粒径分布等进行详细分析,为制定有效的防治措施提供依据。针对水位较高或砂土透水性强的区域,施工单位可采用降水措施,如井点降水、深井降水系统等,降低基坑周围的水位,减少涌水现象的发生。另一方面,防止涌水涌砂的关键技术还包括基坑的加固与防渗处理。在进行基坑开挖前,通常会采用地下连续墙、土钉墙等支护结构加固基坑侧壁,增强其抗渗透能力。特别是在存在较高地下水位的地区,地下连续墙能够有效隔离地下水与基坑之间的联系,防止水分渗透进入施工区域。此外,对于易出现涌砂的区域,可以采用注浆加固技术,通过在基坑周围注入水泥浆或化学浆液,增强土层的黏结力和抗渗性,从而降低涌砂的风险。

### 4 结束语

综上所述,在深基坑施工中,要将支护工作作为前期工作重点,确保深基坑地下结构的稳定性。然而,鉴于深坑支护技术在实际中的应用难度较高,且随着施工需求中基坑的深度越深,公路层高也会跟着不断提升,使公路基础所需承载重量不断提升,对公路深基坑的要求也日益提升。此外,由于在实际施工中,公路工程施工易对周遭环境造成影响,因此,在实际施工时也应思考如何降低公路深基坑对周遭环境的影响。

#### [参考文献]

- [1]刘传道.深基坑支护技术在道路桥梁工程中的应用[J].人民交通,2023(9):77-79.
- [2]李强.深基坑土钉支护技术在公路施工中的应用[J].建筑工程技术与设计,2017(20):1831-1831.
- [3]王文辉,胡清森.深基坑公路施工技术探析[J].环球市场,2018(10):1.
- [4]史向永.市政施工中深基坑支护技术施工中常见问题与处理方法[J].建筑工程技术与设计,2018(10):2497.
- [5]唐印.深基坑施工技术在公路工程中的应用分析[J].运输经理世界,2024(6).

作者简介:王树阳(1988.2—),男,毕业院校:中国石油大学,安全工程,单位:新疆北新路桥集团股份有限公司,职务:工程管理部主管,职称:工程师。

## 旧改项目中植物设计与施工的问题及对策

朱小敏

上海伍鼎景观设计咨询有限公司, 上海 201100

**[摘要]**随着城市的快速扩张和土地资源的逐渐减少,房地产业正经历深度改革期,由最初的低速增长转变为迅速扩展,然后又减缓步伐。在这个大环境之下,城市改造工程越来越多。在这些改造项目中,园林植物设计的实施对于最终的效果至关重要,但同时也存在许多挑战。本研究主要针对武汉市联发红墅东方改造项目的绿化建设过程中的困难进行了探讨,并提出了相应的解决策略。

**[关键词]**旧改项目;房地产市场;植物设计;施工问题;解决对策

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15526

中图分类号: TU984

文献标识码: A

### Problems and Countermeasures in Plant Design and Construction in Old Renovation Projects

ZHU Xiaomin

Shanghai Wuding Landscape Design Consulting Co., Ltd., Shanghai, 201100, China

**Abstract:** With the rapid expansion of cities and the gradual reduction of land resources, the real estate industry is undergoing a period of deep reform, shifting from initially slow growth to rapid expansion, and then slowing down again. In this context, there are increasingly more urban renovation projects. In the process of these renovation projects, the implementation of garden plant design is crucial for the final effect, but there are also many challenges. This study mainly explores the difficulties in the greening construction process of the Dongfang renovation project of Lianfa Hongshu in Wuhan, and proposes corresponding solutions.

**Keywords:** old renovation projects; real estate market; plant design; construction problems; countermeasures

#### 引言

城市旧改项目主旨是提升城市老旧区域的品质形象和改善居民的生活质量环境。在旧改项目过程中,植物设计与施工作为项目景观软景的重要组成部分,不仅可以对项目即时效果起到美化环境、改善空气质量、调节气候温度,还能为用户提供舒适的休闲空间和丰富的生态体验及情绪价值。然而,因旧改项目的特殊性,在实际的植物设计与施工过程中,却面临着一系列独特的问题和挑战,影响了旧改项目的完美呈现效果,需要我们深入研究并寻找有效的解决对策。

#### 1 旧改项目中植物设计与施工的特点

##### 1.1 场地复杂性

项目位于湖北省鄂州市华容区红莲湖畔,用地面积约 28761.7 m<sup>2</sup>,现场部分苗木为现状,原有的建筑与园路保留的一部分,其中建筑为整体翻新,地下管线错综复杂形状不规则,作为城市更新类项目,我们希望以城市空间共享为设计核心,为城市周边建造一个生态的宜居的绿色城市,创造地方网红打卡点,令项目基地再次焕发城市的活力,这对植物设计必须充分考虑场地的实际情况,灵活布局,避免对周围的建筑和原有的管线并位造成影响。

##### 1.2 土壤条件多样性

原址曾经也是有段时间的人为活动和建设,旧改区域

的土壤可能受到不同程度的污染、压实和破坏,加上之后一段空档期的荒废,原有的苗木没有得到精致的打理养护,杂草丛生。土壤肥力、透气性等与指标存在一定的差异性。在植物施工前,需要对现场土壤进行检测和改良,确保后续植物的正常健康生长。

#### 2 旧改项目中植物设计与施工存在的问题

##### 2.1 设计阶段存在的问题

###### 2.1.1 现状分析不充足

在植物设计前期,就单纯地看过现场大概情况,未对改造区域的场地周边进行全面深入的调查分析检测。对于场地内外的地形地貌、土壤状况、光照条件及建筑风格等因素了解不详细,导致植物设计方案与场地实际情况脱节。如入口保留的原有乔木的高差在设计阶段未考虑到位,设计在本着保留现状的乔木与入口设计的景墙及云顶莲伞廊架空间的衔接问题,现状的乔木标高未考虑地形因素进行植物的分层配置,造成后期的景观效果不够理想。样板房区域与湖面增设的园路,因高差问题较大,图纸与现场有部分错位,1号楼样板房建筑的西北角与园路距离约 1.5m,但高差有 1.2m,整体园路看上去有明显的断崖式硬角面,园路弧形有路径幅度不宜调整且与样板房距离受限,园路与湖面距离也是临近湖水常水位范围内无法调整。



图1 入口改造前现场图片 图2 入口改造后现场图片



图3 样板房弧形园路区域

## 2.2 植物品种选择不合理

在选择植物时,过于注重植物的观赏价值,而忽视了植物的生态习性、种植季节以及后期养护成本。本项目原方案植物设计就是以保留自然生态为主题概念,打造森林度假风的网红打卡风景湖区,故植物的设计不宜过于花哨又不宜过于简洁;整体乔木以保留现状树为主,结合硬质景观节点孤植或群植种植大小乔木,地被以常规常绿为背景,花境草花重点区域片植。花境空间到冬季大多处于休眠状态,效果不大理想;入口秘境水域大面积以观赏草为主题营造的自然空间,冬季景象比较萧条;同时,植物配置缺乏多样性和层次感,群落结构单一,难以形成稳定的生态系统和丰富的景观效果。

## 2.3 缺乏与其他专业的协调

植物设计作为旧改项目景观设计的一部分,需要与建筑、给排水、电气等其他专业密切配合。然而,在实际设计过程中,各专业之间缺乏有效的沟通和协调,常常出现植物种植位置与建筑基础、地下管线等冲突的情况。例如,原方案设计部分乔木在硬景构筑铺装范围内,入口的云顶莲伞开口位置较宽大,原设计需要将入口附近的朴树移栽,施工处在反季节种植的高温夏季,原有苗木超过3年,移栽成活率较低且刚栽植的苗木需要缓苗期,修剪程度与成活率成正比但与效果成反比关系,故此重新调整了入口莲伞的排布方案,尽可能错开现状乔木以为保留现有苗木,有利于夏季植物的及时效果呈现。

## 3 施工阶段存在的问题

### 3.1 施工图纸解读不准确

施工人员对施工图纸的理解和解读能力参差不齐,在施工过程中未能严格按照设计图纸进行操作,设计人员多次亲临现场根据现状苗木的点位复核世界坐标落位到图纸上,目的就是希望现状植物与图纸能完美结合,无缝衔

接;然而现场施工放线以建筑售楼部的一个角用相对坐标作为参考放线起点,导致售楼部前的镜面水景秘境水域整体与入口云顶莲伞的直线间距压缩了近2米空间,植物的种植空间受到限制无法满足原设计的空间尺度做大草坪;通往停车场的园路基础是保留原有,面层铺装翻新的情况下,两侧的弧形景墙的未以园路为参考,整体空间的形状与图纸相差较大,施工现场未能理解景墙的设计含义。植物种植随意改变草坪孤植树的位置、规格和标高,品种未调整,不仅影响了植物景观的整体效果,还可能导致植物群落的生态功能无法正常发挥,对图纸的解读不准确导致较多的组团空间距离关系不清晰,种植手法的结构层次关系不明。



图4 一期施工完成后现场鸟瞰图



图5 植物施工总平面图

### 3.2 施工质量控制不严

在植物施工过程中,存在一些施工质量问题,如苗木种植深度不当、苗木品种规格未经许可随意更换、修剪不规范、苗木到场未及时种植暴晒在外、浇水不及时等等。这些挑战将严重影响苗木的存活率和发育情况,从而导致后续维护费用的大幅提高,并且最终的结果也不尽如人意。此外,施工过程中的土壤改良、基肥施用等环节也可能存在偷工减料的情况,导致土壤条件无法满足植物生长的需求而更换植物品种,未能达到设计预期的效果。另外现场质量把控不重点体现在硬质景观的施工过程中,坐标问题导致较多景观节点定位与图纸有不符之处,无边泳池原设计的林下空间,因入口整体园路放线问题,导致与入口园路间的绿化种植范围扩大了近2m,原设计不成立;现场未能即使反馈问题,根据施工进度及项目经理理解的方案继续施工,直到设计师巡场发现诸多问题时,因施工迫

在赶工期、后续较多的工作量不容耽误等较多不可逆转的因素以至于植物空间需根据现场重新调整优化。

### 3.3 施工进度安排不合理

旧改项目通常涉及多个施工环节和专业工种,植物施工需要与其他工程施工相互协调配合。然而,在实际施工过程中,由于施工进度安排不合理,常常出现植物施工超前或与其他工程交叉作业混乱的情况。例如,在场地平整和基础建设尚未完成、硬质景观基层未施工的情况下就进行乔木种植,导致乔木种植点位及标高不够精准根系受到破坏;又或者在管线预埋未完成、建筑外立面脚手架未完全拆除的情况下种植苗木,种植后不久就进行大规模的施工,造成扬尘、建筑垃圾等污染,苗木踩踏严重以至于重复施工修补造成浪费,更直接影响了植物的效果呈现及苗木的生长环境。

## 4 解决旧改项目中植物设计与施工问题的对策

### 4.1 设计阶段的对策

#### 4.1.1 加强场地分析与调研

设计师在项目前期深入旧改项目场地进行深入的实地考察,收集详细的场地有效信息,包括地形标高、土壤质地、酸碱度、肥力、地下水位、光照条件、风向风速、市政管井以及周边建筑物的室内分布、风格和周围居民的使用需求等。运用专业的测量工具和检测设备,对场地重要节点区域的数据进行精确测量和分析,并绘制详细的场地现状图与 cad 图纸进行对比。在此基础上,结合项目的定位和目标以及现场的实际情况,制定合情合理的植物设计方案,充分利用场地的自然条件和特色,打造具有地域文化特色和生态功能的植物景观空间。武汉联发红墅东方项目入口乔木的高差问题后续增加灌木球倒苗种植的工艺手法处理,后续苗木生长良好取得满意的效果;样板房园路空间在会议上设计建议增加景石花境点缀弱化高差,增加植物小乔点缀弱化建筑硬角面,形成视线端景观节点。

### 4.2 优化植物选择与配置

根据场地的有利的生态环境和业主要求,选择适宜本地生长的乡土植物为主,结合施工方苗木采购的实际状况,适当搭配引进经过驯化、适应性强且在武汉历年来表现良好的外来植物品种,构建丰富多样的植物群落结构。乡土植物对本地气候和土壤条件具有良好的适应性,能够降低养护成本,提高植物的成活率和景观稳定性。在植物配置上遵循生态学原理,注重乔、灌、草的合理搭配,形成多层次、多季相的植物景观。本项目绿化施工过程中,考虑植物设计的落地型,时刻关注施工方的号苗情况,对苗圃选中的每棵乔木的选型精确到每个观赏角度以确保与项目点位区域规格大小高度是否合适,同步方案组在建模软件 sketchUp 里反模型推敲空间尺度。花境植物设计前期是以观赏草时令草花为主冬季效果比较萧条,故此在后续的优化花境方案时,增设了部分常绿灌木球龟甲冬

青和常绿品种亮晶女贞/水果蓝等作为花境骨架,保证了四季的花境效果。



图6 镜面水景花境刚施工完现场图片



图7 镜面水景花境冬季现场照片



图8 镜面水景花境优化后现场照片

### 4.3 强化设计与其他专业的协调沟通

为了提高效率,我们组织了一个由不同专家组成的项目设计小组,并定期召开例会来解决实际问题。我们还将和建筑、结构、给排水、电气等相关领域的人员保持密切联系,以便更好地分析和解决设计难点。例如,在确定乔木种植位置时,应与建筑专业核对建筑基础、地下车库出入口等位置,与综合管网核对管线预埋及管井设备房的点位与乔木种植位置错开,局部设备管井还需植物遮挡围合弱化处理避免裸露影响景观效果;与给排水专业协商确定灌溉系统的布局和水源接口位置,以满足植物的浇灌需求;与电气专业配合,预留好景观照明灯具的安装位置,如草坪灯点位最好在草坪区域,避免在灌木带区域影响使用效果;庭院灯及摄像头等安装位置需与乔木点位错开避免冲突,同时避免点位在草坪上裸露不美观影响效果。在设计

成果提交阶段,进行各专业图纸的叠加审核,确保植物设计与其他专业设计的无缝对接。

## 5 施工阶段的对策

### 5.1 提高施工人员素质与图纸解读能力

加强施工人员的专业培训,提高其对植物施工图纸的理解和解读能力。通过组织技术交底会、现场培训等方式,让施工人员熟悉植物设计的意图、施工工艺和技术要求,掌握植物的品种、规格、种植密度、种植位置等关键信息。施工过程中,施工人员必须严格遵守施工图纸的指示,任何可能出现的问题或者发现的与实际情况不符的情况都应该及时向设计师提出申请,而不能随意更改设计方案。同时,建立施工质量责任制度,将施工质量与施工人员的绩效挂钩,增强施工人员的质量意识和责任心。

### 5.2 加强施工质量控制与监督

完善植物施工质量控制体系,加强对施工全过程的质量监督管理。在苗木采购环节前,提供苗木选型参考意向图,要求施工方采购严格把控苗木的质量关卡,选择根系发达、生长健壮、无病虫害、形态优美、符合设计规格要求的苗木,并确保苗木的起挖、运输和栽植过程符合相关标准规范;重点特选苗木需多轮次地筛选,本着优胜劣汰的原则。在苗木种植过程中,按照设计要求提前进行种植穴的挖掘,复核现场种植的坐标定位,确保种植点位与其他专业无冲突,保证种植深度和根系的舒展程度;尽可能选用容器苗,对原生苗木根系进行适当修剪,去除病根、烂根和过长根系;种植后及时浇足定根水,并根据天气情况和植物生长需要进行合理的浇水、施肥、修剪、病虫害防治等养护管理工作。同时,加强对土壤改良、基肥施用等隐蔽工程的质量检查,确保施工质量符合要求。定期组织施工质量检查和验收,对发现的质量问题及时整改,确保植物施工质量达到预期目标。

### 5.3 合理安排施工进度与协调施工顺序

制定科学合理的植物施工进度计划,充分考虑与其他工程施工的相互关系和影响,合理安排植物施工的时间节

点和顺序。在项目总体施工进度计划的基础上,结合场地条件和植物生长特性,优先进行场地平整、土壤改良、号苗选型等基础工作,为植物种植创造良好的条件。在植物施工过程中,避免与其他工程施工产生交叉作业冲突,如在建筑外墙施工、道路铺设等工程完成后再进行周边植物的种植,防止施工过程中对植物造成损坏。同时,预留足够的植物养护时间,确保苗木在生长初期能够得到精心的照料和管理,提高苗木的成活率和景观效果。加强积极主动地和各方合作单位组织定期的协调会议洽谈和讨论,及时地处理和解决在施工过程中遇到的各种问题,促成旧改项目的顺利实施。

## 6 结论

旧改项目中的植物设计与施工是一项复杂而系统的工程。尽管在实际操作过程中存在诸多问题,但通过加强设计阶段的场地分析、优化植物选择配置、强化专业沟通协调,以及在施工阶段提高施工人员素质、加强质量控制和合理安排施工进度等对策的实施,可以有效地解决这些问题,打造出生态优美、功能完善、业主满意的旧改提升植物景观。在未来的旧改项目中,我们应更加注重植物设计与施工的科学性、合理性和艺术性,充分发挥植物景观的生态、和谐和经济效益,为城市的绿色可持续发展做出积极贡献。

### [参考文献]

- [1]尹学军.老旧小区绿化改造的问题及对策[J].新材料·新装饰,2022(4):163-165.
  - [2]冯伟民,胡新歌.老旧小区绿化改造的问题及建议[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(10):159-162.
  - [3]赵世伟,张佐双.植物景观设计与营造[J].园林植物景观设计与营造,2001(10):193-195.
- 作者简介:朱小敏(1988.5—),女,毕业院校:上海交通大学农学院(成人教育),本科学历,所学专业:园林,当前就职单位:上海伍鼎景观设计咨询有限公司,职务:植物设计师,(13年),职称:中级。

## 浅谈桥隧工程施工质量控制难点及技术对策

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]** 桥隧工程属于公共交通设施体系的重要部分, 桥隧工程的施工质量将直接关系到交通安全。我国当前时期的桥隧工程施工规模不断扩大, 大体积桥隧工程的施工质量控制面临突出的问题, 相关部门亟待采取积极有效的应对与解决方案, 保证桥隧工程的施工质量符合行业监管标准。基于此, 本篇文章主要探讨桥隧工程在施工质量控制方面的技术难点, 以期达到提升工程整体质量、消除事故隐患的目标。

**[关键词]** 桥隧工程; 施工质量控制; 技术难点; 完善对策

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15509

中图分类号: U445

文献标识码: A

### Brief Discussion on the Difficulties and Technical Countermeasures of Quality Control in Bridge and Tunnel Engineering Construction

LI Jian

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

**Abstract:** Bridge and tunnel engineering is an important part of the public transportation infrastructure system, and the construction quality of bridge and tunnel engineering will directly affect traffic safety. The construction scale of bridge and tunnel projects in China is constantly expanding, and the construction quality control of large volume bridge and tunnel projects is facing prominent problems. Relevant departments urgently need to take active and effective measures and solutions to ensure that the construction quality of bridge and tunnel projects meets industry regulatory standards. Based on this, this article mainly explores the technical difficulties in construction quality control of bridge and tunnel engineering, in order to achieve the goal of improving the overall quality of the project and eliminating accident hazards.

**Keywords:** bridge and tunnel engineering; construction quality control; technical difficulties; improved countermeasures

#### 引言

桥隧工程所在的施工环境具有特殊性, 缺少质量管控的桥隧工程就会容易发生地基沉降、表面裂缝、渗漏等多种事故, 并且威胁到道路车辆以及人员的安全。近些年以来, 桥隧工程的施工质量问题日益突出, 客观上对于桥隧工程的建设与发展提出了挑战。由此可见, 如何将质量管控理念融入桥隧工程的施工全过程, 应成为桥隧工程实现可持续发展的关键所在。

#### 1 桥隧工程施工的特殊性

桥隧工程在施工作业方面的特殊性, 集中在于地质环境以及气候条件等方面, 桥隧工程的施工难易程度还取决于总体方案设计。现阶段的大型桥隧工程主要位于山区, 桥隧设施所在区域的山岭环绕, 地质条件呈现复杂变化的特征, 客观上对于桥隧施工的有序实施增加了难度<sup>[1]</sup>。由于地质水文因素、岩层性质、极端自然灾害等外部环境影响, 容易造成一部分桥隧工程被迫延长工期, 同时也增加了桥隧施工质量管控的难度。

例如, 一部分桥隧工程处于地势复杂的山区, 当地在雨季到来时容易出现大面积的山体滑坡、岩层碎块掉落、地下水的异常涌出等事故。桥隧工程的施工人员如果没有采取必要的安全防范措施, 则会导致施工人员发生严重的

人身伤害后果, 并且不利于桥隧工程发挥正常的使用功能<sup>[2]</sup>。山区在突发大型泥石流或者山体滑坡的情况下, 已经修建完毕的桥梁隧道结构将会被冲垮, 相关部门需采取返工重建的措施。

#### 2 桥隧工程施工质量控制中的常见难点

##### 2.1 钢筋锈蚀、桥面裂缝问题

桥梁隧道工程普遍处于恶劣的地质条件环境中, 长期受到地下水侵蚀、土壤腐蚀与雨水渗入影响的桥梁隧道结构就会呈现生锈的迹象, 不利于桥梁隧道的正常使用价值发挥。位于桥梁支撑部分的钢筋如果表现为大面积的锈蚀, 那么施工部门修复桥隧钢筋结构的难度就会明显增加, 同时也会影响到桥梁隧道的最大化功能实现。桥面裂缝问题普遍存在于当前时期的桥梁隧道工程建设中, 导致桥面铺装结构出现裂缝的重要根源就是缺少严格的工程质量管理, 导致桥梁隧道的工程安全系数有所降低<sup>[3]</sup>。

钢筋支撑体系具有改善桥隧结构稳定性的作用, 钢筋混凝土的结构强度应当得到保证。锈蚀程度严重的钢筋结构就会断裂, 造成隧道塌陷以及桥梁大面积裂缝的后果。导致钢筋结构出现损坏的根源为自然降水、地下水等因素的侵蚀破坏, 桥隧工程的施工部门没有充分重视钢筋修复作业, 导致钢筋表面的涂层发生破损。施工单位在运送桥

隧钢筋材料入场的阶段,相关负责人员没有仔细核对钢筋型号及规格,导致施工部门使用了存在型号错误的钢筋材料。一部分桥隧工程的钢筋缝隙部位存在渗水的风险,客观上增加了钢筋结构损坏的概率<sup>[4]</sup>。

## 2.2 防排水问题

一部分隧道工程的所在区域具有地下水异常涌出的风险,如果在桥隧施工阶段遇到地下水的大量涌出事故,则会对施工人员的生命安全构成威胁,还会造成桥梁隧道的施工作业被迫中断。由此可见,妥善做好桥隧工程的防水与排水措施非常关键。桥梁隧道在长期使用过程中,其表面防水层有可能出现破损,这时就需要桥隧施工部门采取必要的修补处理措施。但是在工程实践中,某些桥隧工程的防排水结构没有得到定期的加固或者修复,客观上就会增加桥隧结构损坏的安全隐患。

近些年来,桥隧工程的防水卷材种类更加多样,新型的防水卷材主要由PVC复合材料组成,此种形式的桥隧防水铺装层能够延长使用期限,并能够实现更好的桥梁隧道防水保护效果。具体在采用新型防水卷材来铺设桥梁隧道防水层的实践中,施工承包单位考虑到防水铺装材料的采购成本较高,导致很多施工部门不愿主动去采用新型的桥隧防水铺装结构,不利于桥隧铺装结构的质量安全获得更加可靠的保障。

## 2.3 铺装作业问题

桥梁隧道的铺装层一旦发生脱落,那么桥梁隧道最基本的使用功能就会失去,同时也容易埋下一系列的工程安全隐患<sup>[5]</sup>。现阶段的桥隧工程铺装层主要包括沥青、混凝土、高分子的聚合物材料,铺装层的存在能够促进桥隧车辆的荷载分布更加均匀,对于减轻桥隧工程的使用负担具有重要的影响。但从目前的整体情况来看,一部分桥隧工程的表面铺装结构正在发生大面积的剥落,持续脱落的桥梁隧道表面铺装结构有可能引发隧道渗漏的严重事故,直接威胁到桥隧施工人员在作业过程中的安全。

桥隧工程的铺装作业质量需要得到更加严格的把控,施工部门如果没有密切重视桥隧铺装作业的细节部分,那么桥隧铺装层的连接处就存在开裂以及渗漏的可能性,不利于桥隧工程达到预期的使用寿命。现阶段的一部分桥隧铺装结构已经年久失修,但是相关部门并未对其采取补充铺装的做法。拱形的桥隧铺装结构比较容易发生大面积的裂缝,因此就需要桥隧施工人员加强质量管控的意识,在健全桥隧工程质量管控机制的前提下才能够杜绝安全隐患的形成。

## 3 桥隧工程施工质量控制的技术手段应用

### 3.1 桥隧洞口施工技术

桥隧洞口所在区域的地质环境较为复杂,施工人员通常需要采用挖掘机等机械设备辅助作业<sup>[6]</sup>。并且在桥隧洞口的施工进行中,比较容易受到碎石脱落等因素的影响,

因此桥隧施工作业人员需要妥善做好相应的人身安全防护。例如在硬度较高的洞口岩层钻进操作时,施工部门主要采取爆破处理的形式。相关人员在从事爆破岩层的阶段,应严格遵守桥隧施工的安全管理规定。桥梁隧道的施工人员如果察觉到隧道洞口存在土层塌陷的风险,则应当立即将其反馈给有关部门,使得相关部门能够针对桥隧工程的关键施工段采取除险加固的举措。

### 3.2 钻爆施工技术

钻爆施工技术目前已成为桥隧工程的关键技术之一,此项施工技术主要应用于硬度较高的岩层钻爆处理。具体应当选取相应规格的爆破机械设备,由专业技术人员负责完成整个的爆破操作过程。桥隧施工部门还应当安排相关人员负责开展前期地质勘测,做到全面收集桥隧钻爆施工的第一手资料,确保桥隧地质结构的钻爆施工得以顺利、安全实施。桥梁隧道钻爆施工的实施基础还在于合理控制爆破钻孔的间隔距离,施工人员应充分考虑桥梁隧道的特殊地质构造,采取因地制宜的钻爆施工理念。

### 3.3 边坡、明洞开挖技术

明洞与边仰坡的开挖技术是当前桥梁隧道施工中的常用技术形式,相关部门在施工之前需要采取针对性的测量放线措施,以此明确桥隧截水沟的所在位置。一部分桥隧工程的明洞地质构造存在特殊性,没有采取前期加固与处理措施的桥梁隧道边坡就会容易失稳,从而给桥隧工程造成重大的施工损失。为杜绝以上情况的发生,那么桥隧施工部门应按照从上至下的基本顺序,针对其中重点的边坡结构采取加强支护的处理手段。为显著改善桥隧边坡支护体系的荷载性能,施工部门可采取分层支护的技术方法,并需要加强对桥隧工程机械设备的监督管理。桥隧工程的技术人员需结合实际情况来布置沉降观测点,及时察觉桥隧边坡失稳的风险,并采取有效的应对方案<sup>[7]</sup>。

### 3.4 锚杆支撑技术

施工单位在应用锚杆支撑与加固技术时,重点在于严格按照行业规范要求来处理锚杆钻孔,防止钻孔偏差的后果发生。施工人员应充分利用机械设备作为辅助,并且需要全面清理锚杆支撑施工场地的杂质,然后才能够进入锚杆支撑体系的布置施工阶段。此外,一部分的桥梁隧道工程有可能涉及浇筑混凝土作业,那么施工人员应结合现场情况来确定锚固主桁架的所在位置,并应当保证挂篮结构的良好平衡性。桥隧施工人员在完成以上各项工序之后,应当进入挂篮施工步骤,利用千斤顶进行锚固的转换。为保证锚杆支撑体系的坚固稳定,施工人员在必要时可借助手拉葫芦来调整牵引力。桥隧锚杆支撑体系主要由锚头部分、承载体、无粘结式的钢绞线、隔离架等组成,布置锚杆支撑体系的基本前提就是要准确计算锚固段以及自由段的长度。

如下图,为桥隧锚杆支撑体系:

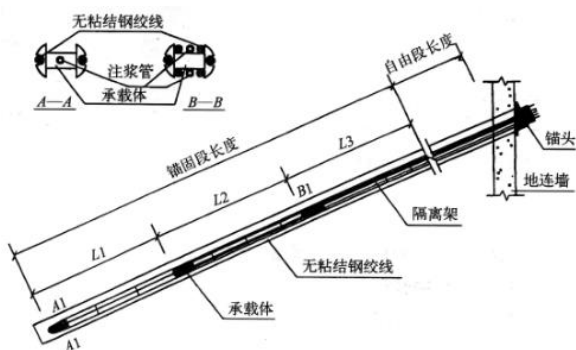


图2 桥隧锚杆支撑体系

## 4 桥隧工程施工质量控制的完善对策

### 4.1 健全机制，明晰责任

桥隧工程的施工质量控制需要建立在规章制度的基础上，施工部门应加强对技术人员的业务培训力度，使得桥隧施工作业人员能够准确把握桥梁隧道铺装、钢筋结构的防锈处理、防排水施工等要点。施工单位的各班组以及各部门之间应当加强协作，充分利用计算机网络来增进互动，使得各部门人员能够共享桥隧施工中的信息资源。相关部门的施工人员应明确自身的职责及权限，明确工程质量管理工作的必要性。施工单位应自觉配合桥隧工程的监理单位，做到全方位、全过程排查桥隧施工中的质量缺陷。

例如在桥隧工程的混凝土施工阶段，加强施工质量管理的关键就是准确计算混凝土的结构应力，技术人员尤其需要重视混凝土结构的张拉应力计算，同时还不能够忽视混凝土浇筑以及振捣阶段的内外温差控制。桥隧施工人员应当在混凝土浇筑完成后的半天左右时间内，依据相关规定全面展开混凝土的养护作业。通过采取有效的措施，做到合理控制混凝土的内外温差，避免温差过大造成的混凝土温度裂缝。按照桥隧工程的质量监管规定，桥隧混凝土结构的施工养护期限至少需要达到14d。

### 4.2 动态排查，强化监管

桥隧施工中的质量控制工作应体现为动态性，施工人员应当密切观察桥隧结构的质量隐患，对于潜在的安全风险应当及时察觉。加强对桥隧施工全过程的质量安全监管，重点就是要保证桥隧排水结构的畅通，桥隧工程的施工单位应当充分利用计算机建模软件，在构建BIM模型的前提下突破技术因素的局限，确保桥梁隧道的施工人员能够相互配合，实现优化配置创新资源的目标。

针对桥隧工程展开动态的施工质量排查，还要落实混凝土材料、沥青材料、桥面铺装防水材料的审查工作。具体需要根据桥梁隧道工程的实际情况，在因地制宜的指导理念下选择最佳的防排水方式。桥隧工程的监理部门应当安排专业技术人员，做到深入施工场地展开动态的质量检查工作，并且应当准确记录桥隧施工作业的进展情况。工程监理人员应当督促桥梁隧道的施工人员采取正确的钢筋焊接工艺，采取合理措施来避免钢筋混凝土结构出现缝

隙与气泡。不同业务领域的桥隧施工人员应当展开密切的配合，施工人员应当按照规定佩戴人身防护设施，避免由于突发情况而导致人身伤害的事故产生。

### 4.3 增进协作，共享资源

桥隧施工中的信息技术工具应作为加强部门联系的重要方法，桥隧施工部门应重视信息技术平台的搭建与完善。在此前提下，尽快建立桥隧工程质量控制的网络数据库，做到定期更新桥隧施工的相关数据，促进桥隧工程的质量控制水平提升。突破不同业务部门、不同专业领域之间的信息沟通屏障，并采取切实有效的措施防止信息孤岛的形成，使得桥隧施工质量监督中的信息资源实现深度的共享。

具体而言，桥隧工程的施工部门应当做好材料质量检验的工作，充分利用桥隧工程的材料质量检验工作来排查质量隐患，发挥桥梁隧道工程最基本的用途。当前时期的桥隧施工部门应积极配合开展材料质量检验工作，创新工程材料检验的技术手段，利用数字化的仪器设备作为辅助。相关部门对于重要程度较高的桥隧工程材料应当采取复检的措施，对于未能通过质量安全检测的桥隧结构材料应当禁止进入施工场地。

## 5 结束语

综上所述，结构复杂、形式多样的桥隧工程只有建立在精细化的施工质量控制基础上，才能够实现源头预防事故的目标，显示出施工质量控制工作对于桥隧工程安全使用的意义。在目前的状况下，各种形式的桥隧工程仍然普遍存在施工质量方面的缺陷，因此桥隧施工企业需要严格把控隐蔽施工区域的风险因素，并应当充分重视特殊地质构造影响下的桥隧地基渗漏等事故。为发挥施工质量控制工作的价值，最根本的就是要全面排查桥隧结构隐患，增进各工序的施工作业人员配合，做到及时、妥善处置桥隧工程的施工质量难题。

### 【参考文献】

- [1] 吕英硕. 探讨桥隧路面施工温拌沥青技术的应用与质量控制[J]. 居业, 2024(2): 58-60.
- [2] 王昌金. 浅谈桥隧工程施工质量控制难点及技术对策[J]. 居业, 2024(2): 228-230.
- [3] 刘顺, 冀东朋, 孙希才. 桥隧工程施工技术管理与质量控制分析[J]. 运输经理世界, 2023(33): 46-48.
- [4] 蒙重光. 探讨高速公路桥隧连接工程中的隧道洞门施工技术[J]. 科技资讯, 2023, 21(17): 132-135.
- [5] 周建. 山区高速公路桥隧连接工程关键性技术研究[J]. 运输经理世界, 2023(14): 83-85.
- [6] 王杨君. 山区高速公路桥隧毗邻群精细化施工组织管理实践[J]. 中国高新科技, 2022(10): 84-85.
- [7] 李杰. 道路桥隧工程施工难点及改进措施分析[J]. 工程技术研究, 2021, 6(19): 220-221.

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。

## 对冶金工程机械设备进行监制的探讨

杨锦红

江苏天淮钢管有限公司, 江苏 淮安 223001

**[摘要]**随着冶金技术的迅猛发展,冶金设备的设计和制造工艺不断创新。然而,随着设备复杂性的增加及对工艺要求的提升,制造过程中暴露出的问题也愈加明显,进而导致生产效率低下及设备故障频发等现象的出现。为了确保设备能够在复杂的工作环境中长期稳定运行,设备监制作作为冶金生产中的核心环节,变得尤为重要。设备监制的核心目标,是通过对设备全生命周期的严格监督与质量控制,确保设备符合设计要求并满足技术标准,从而提升冶金生产的整体效率与安全性。随着行业对设备性能要求的日益提升,冶金设备监制的工作变得愈加细致与规范,涉及的技术要求与管理程序也更加复杂。

**[关键词]**冶金工程; 机械设备; 监制

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15510

中图分类号: TB302.5

文献标识码: A

## Exploration on the Supervision of Metallurgical Engineering Machinery and Equipment

YANG Jinhong

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

**Abstract:** With the rapid development of metallurgical technology, the design and manufacturing processes of metallurgical equipment are constantly innovating. However, with the increasing complexity of equipment and the improvement of process requirements, problems exposed during the manufacturing process have become more apparent, leading to low production efficiency and frequent equipment failures. In order to ensure the long-term stable operation of equipment in complex working environments, equipment supervision, as a core link in metallurgical production, has become particularly important. The core goal of equipment supervision is to ensure that the equipment meets design requirements and technical standards through strict supervision and quality control throughout its entire lifecycle, thereby improving the overall efficiency and safety of metallurgical production. With the increasing demand for equipment performance in the industry, the work of metallurgical equipment supervision has become more detailed and standardized, involving more complex technical requirements and management procedures.

**Keywords:** metallurgical engineering; mechanical equipment; executive producer

### 引言

冶金行业作为我国经济的重要支柱,设备的稳定性与高效性在保障生产流程顺利进行方面扮演着至关重要的角色。随着技术的不断发展,冶金设备的种类与功能愈加复杂,要求设备能够在高温、高负荷等极端条件下保持稳定运行。在这样的背景下,冶金设备的监制工作显得尤为重要。监制工作不仅涉及制造过程的控制,还涵盖了设计、材料选择、加工工艺等各个环节的有效协调与管理。通过严格遵循监制流程,能够确保设备质量的达标,同时有效降低故障发生率,提高生产效率,从而为企业带来可观的经济效益。

### 1 冶金设备监制的必要性与重要性

#### 1.1 保证设备质量与安全

冶金设备的质量与安全是生产稳定性及企业持续发展的关键因素。通过设备监制,确保了设备在设计、制造、安装及调试等各个阶段严格遵循相关技术标准与要求。高质量的设备不仅有效保障了生产的顺利进行,还避免了因设备故障导致的停产、事故甚至人员伤亡的风险。同时,设备监制有助于在早期阶段识别潜在的安全隐患,借助科

学的检查与调整,减少了设备运行中可能出现的严重安全问题,从而为操作人员提供了一个更安全的工作环境。通过对监制过程的有效控制,冶金企业不仅显著降低了设备故障率,还减少了维修与更换的频次,从而节省了生产成本,延长了设备的使用寿命,进而提升了整体生产效益。

#### 1.2 提高生产效率与降低故障率

冶金设备的高效运行对生产效率与产品质量有着至关重要的影响。通过严密的设备监制,可以在设备投入使用前确保其各项功能符合预定标准,进而有效降低故障的发生概率。定期进行质量检查与过程控制,使潜在问题能够在早期被发现,从而避免设备在运行过程中出现性能下降或停机维修的现象,减少了因故障导致的生产中断。在此过程中,通过精确地调试与优化,不仅提升了设备的工作效率,还保证了其在高负荷、高强度的生产环境中稳定运行,从而显著降低了故障率。通过优化设备设计、提高零部件精度及实施科学的维护管理,冶金企业能够显著提升生产效率,降低运营成本,同时延长设备的使用寿命。

#### 1.3 确保设备符合技术标准与规范

确保冶金设备符合技术标准与规范是设备监制的关

键任务之一。设计、制造以及安装过程中,设备必须严格遵循国家及行业相关标准,确保各项性能指标能够达到预定要求。通过监制,能够有效核实设备是否符合安全、环保、能效等方面的规范,避免因不达标而产生的后续问题。例如,在生产过程中,设备必须具备足够的强度、耐用性与稳定性,只有如此,才能确保其长期高效运行。在监制过程中,专业人员根据设备的功能与技术特点,对各个环节进行细致检查,确保每个零部件、每道工艺步骤都符合或超越行业标准。这一过程不仅降低了设备使用中的潜在风险,还提高了整体生产质量,保证了设备在整个生命周期内的稳定与高效运作。

#### 1.4 提升企业竞争力与降低生产成本

通过提升设备的质量与运行效率,设备监制能够有效增强企业的竞争力。在冶金行业中,设备性能与生产的稳定性及产品质量直接相关,这进而影响着企业在市场中的份额与品牌形象。通过精细化的监制,确保设备在设计及制造过程中始终执行高标准,从源头上减少了故障和维修的频率,使生产线能够持续高效运转,这不仅增强了产品在市场中的竞争力,还使企业在成本控制方面占据了有利位置。与此同时,高效运行的设备能最大限度地减少能源浪费与原材料损耗,从而优化资源配置,显著降低生产成本。从长远来看,借助扎实的设备监制,企业能够显著提高生产效率,并在激烈的市场竞争中保持领先地位,推动持续增长与创新。

### 2 冶金设备监制的工作程序

#### 2.1 建立监制组织与职责分配

为确保冶金设备监制工作顺利进行,建立一支高效、精干且专业明确的监制队伍至关重要。企业需根据设备监制的实际需求,明确每个岗位的职责,确保每位成员能够充分发挥自身专业优势。在人员配置方面,优先选择经验丰富、技术能力强的专业人员,使其在设备制造的各个环节中都能起到积极作用。同时,监制队伍的成员应具备高度的责任心与敬业精神,能够在设备设计、制造及调试等环节中,严格按照技术要求进行把控,及时发现潜在问题并提出切实可行的解决方案。在职责分配时,不仅要明确每个人的工作任务,还应建立有效的协调机制,确保各环节间的衔接顺畅。团队成员之间要保持密切沟通与协作,以便快速响应生产中可能出现的各种问题。通过科学合理的团队组建与职责划分,能够创造紧密合作的工作氛围,为设备监制工作奠定坚实基础,同时提高工作效率,确保设备质量符合预期标准。

#### 2.2 编制监制大纲与工作计划

在设备监制过程中,编制监制大纲与工作计划是至关重要的一步,它为整个监制工作提供了明确的方向和框架。监制大纲是工程师执行设备监制任务的指导文件,必须由专业技术人员在充分理解设备图纸及掌握基本结构的前

提下进行编制。在大纲的制定中,应充分考虑设备的具体特点,重点控制关键零部件与重要装配尺寸,确保所有监制内容都能够在可控范围内实施。大纲应明确规定每个控制点的检测方法、质量标准及相应的控制措施,确保设备的制造在各个环节都严格符合技术要求,从而最大限度地保障设备的质量。此外,工作计划的编制应结合监制大纲,合理安排各项任务与时间节点,确保人力与资源的有效配置,推动各项工作高效顺利进行,避免任何环节的疏忽或拖延。制定监制大纲与工作计划是确保设备能够按时、按质完成的基础保障,同时为监制团队提供清晰的操作指南与执行依据。

#### 2.3 监制的具体内容与实施步骤

##### 2.3.1 前期准备与策划

设备监制工作的顺利开展,离不开前期的准备与策划,这为后续工作的有效推进奠定了坚实基础。在这一阶段,监制团队需要全面了解设备的技术要求、设计图纸以及生产计划,从而对设备的基本结构与功能有清晰的认识。同时,监制人员应与设计、生产、采购等相关部门进行密切沟通,明确各自的职责与目标,确保各方协调一致,避免沟通障碍的出现。针对设备的关键部件与工序,监制团队还需提前制定详细的检查与验收标准,以确保在实际操作中能精准识别需要重点关注的环节<sup>[1]</sup>。在前期准备阶段,还应确保所有检测工具、设备及资源的充分配备,以便在设备生产与安装过程中及时进行检测。通过这些精心的策划与准备,潜在风险能够在早期被识别并设定应对策略,后期调整与返工的概率得以有效降低,从而确保设备监制工作的顺利、高效进行。

##### 2.3.2 制造过程中的质量控制

在设备监制中,制造过程中的质量控制扮演着至关重要的角色,它直接决定了设备的最终质量与性能。此阶段,必须对每个生产环节进行严格监控与检查,确保所有工序符合既定的技术标准。质量控制从原材料的检验开始,必须确保材料符合要求,以防止材料问题对设备性能产生不利影响。在设备制造过程中,关键零部件及装配尺寸应得到现场核查,确保其符合设计标准。如果生产中出现偏差或潜在问题,调整或纠正措施必须及时采取,以避免质量问题的进一步积累。在这一过程中,监制团队需与相关部门保持密切沟通,确保信息畅通,及时处理生产过程中出现的任何异常情况。通过精细化的质量控制,设备得以按照设计要求完成,返工与维修的风险大大降低,为后续设备验收提供了有力保障。

##### 2.3.3 设备验收与调试

设备的验收与调试是设备监制过程中至关重要的环节,直接影响设备能否顺利投入生产。验收阶段,监制团队需对设备的各项性能进行全面检测,确保其符合设计要求与技术标准。设备外观质量及结构完整性首先应进行检

查,确保没有显著缺陷或损伤<sup>[2]</sup>。随后,针对设备的关键性能指标,包括工作效率、稳定性与安全性等,逐项进行测试,以验证设备是否能够在实际生产中达到预期效果。调试工作紧接其后,调试人员需对设备各系统进行详细调试,确保所有部件能够协同工作,及时排除潜在技术问题。在此过程中,调试人员还需记录设备的运行状态,为后续的维护与优化提供数据支持。通过严格的验收与调试,潜在问题能够在设备投入使用前发现并有效调整,确保设备能够高效、稳定地运行。

#### 2.4 信息沟通与反馈机制

在设备制造过程中,经常会遇到一些难以预见的问题。如果这些问题未能得到及时有效的解决,可能会对项目进度和质量造成影响。因此,建立一个高效的信息沟通与反馈机制至关重要。监制人员需要与设计、生产、质量控制等相关部门保持密切合作,确保信息能够迅速而准确地流通。同时,应定期召开协调会议,及时跟进项目进展,讨论并解决在生产过程中遇到的各种问题。对于那些较为复杂或难以解决的重大问题,监制人员应当迅速向上级决策层反馈,提供详尽的背景信息及可能的解决方案,辅助上级做出科学决策。通过这种顺畅的信息交流与反馈机制,可以大大降低信息滞后的风险,提高问题解决的效率,确保设备监制工作顺利,避免因沟通不畅而导致的项目延误或质量问题。

#### 3 冶金设备监制的技术要求与标准

在冶金设备监制过程中,技术要求与标准构成了确保设备质量与性能的关键依据。设备在设计及制造过程中,必须严格遵循国家标准、行业规范以及企业内部的技术要求,以保证其在高强度、高负荷环境下能够稳定运行。监制人员需根据设备的具体功能与使用条件,明确各项技术指标,如耐高温、抗腐蚀、负载能力等,确保设备能满足苛刻工况的实际需求。除此之外,设备的材料选择、加工精度与装配质量,也应严格符合技术标准,以避免质量问题影响设备的使用寿命与安全性。在此过程中,监制团队还需定期进行设备检测与评估,确保每一生产环节都能符合标准要求,及时发现并纠正可能的偏差。通过严格遵守相关技术标准与要求,制造质量得以有效控制,从而确保设备在冶金生产中的高效运行。

#### 4 冶金设备监制中常见问题及解决方案

在冶金设备监制过程中,常常面临一些技术与管理上的挑战,这些问题会对设备的制造质量与生产进度产生影响。设计与实际制造之间的差异是普遍存在的问题。设计

图纸与实际操作中所使用的材料或加工工艺往往存在不匹配之处,这可能导致设备性能未能达到预期标准。为应对这一问题,监制人员需在项目初期进行详细的设计评审,确保设计方案具备可行性,同时在生产过程中进行多次验证与调整,确保设计与制造的完美契合。另一个常见的问题是生产过程中材料质量不合格或供应不及时,这直接影响了设备的制造进度与质量。为此,高效的供应链管理体系的建立显得至关重要,监制团队应提前筛选并评估供应商,确保所选材料具有稳定的质量,并加强对材料到货时间及质量的监控,避免因物料问题造成项目延误。在设备调试阶段,经验不足或技术难题可能导致设备性能未能达到预期目标<sup>[3]</sup>。为了应对这一问题,监制团队必须在设备制造完成后,进行全面的测试与调试,及时发现并修正存在的问题,并加强与设计及技术部门的协作,确保设备能够达到最佳的工作状态。通过科学的管理方式与技术手段,冶金设备监制中常见的技术与管理问题能够得到有效解决,从而确保设备能够按时、高质量地投入使用。

#### 5 结语

在冶金设备的监制过程中,技术要求与标准的严格执行,不仅能够确保设备的质量与安全性,还能提升生产效率、降低故障发生率,从而为企业创造更大的经济效益。通过高效的监制组织结构,详尽的监制大纲与工作计划得以制定,并在生产与调试阶段实施全面的质量控制,从而有效预防及解决制造过程中可能遇到的问题。建立良好的信息沟通与反馈机制,能够确保监制工作的顺利进行,且显著提升问题解决的效率。面对冶金设备监制过程中常见的挑战,问题一旦被及时发现,采取相应的解决措施便能保障设备高效、稳定地运行,进一步增强企业的竞争力。冶金设备的监制是一个系统化、全方位的过程。只有在各方协同合作与持续优化的基础上,设备的高质量交付才能得到确保,从而为冶金生产提供更加可靠的保障。

#### 【参考文献】

- [1] 郜拥军,杨宇,吴铭.冶金工程机械设备安全管理及发展[J].有色金属设计,2023,50(1):24-27.
  - [2] 郜飞.冶金工程机械设备安全管理研究[J].世界有色金属,2022(17):16-18.
  - [3] 刘晓玲.浅谈冶金机械及自动化[J].内蒙古煤炭经济,2021(19):158-159.
- 作者简介:杨锦红(1982.8—),单位名称:江苏天淮钢管有限公司,毕业学校和专业:淮阴工学院,电气自动化。

## 水处理剂聚合硫酸铁中全铁含量的测定

杜娟 赵宇 李晓强

安阳钢铁股份有限公司环保处, 河南 安阳 455004

**[摘要]** 聚合硫酸铁是一种性能优越的无机高分子混凝剂、重要的水处理剂, 具有良好的絮凝性和广泛的适应性, 使用方便、价格便宜、用量省。三价铁离子是聚合硫酸铁水处理剂起作用的主要指标, 准确分析聚合硫酸铁中全铁含量对判定产品质量及使用非常重要。本方法采用聚合硫酸铁溶解于盐酸溶液中, 利用还原剂将  $\text{Fe}^{3+}$  还原成  $\text{Fe}^{2+}$ , 采用重铬酸钾标准溶液进行氧化还原滴定, 借此测定聚合硫酸铁中的全铁含量。本论文对方法中试样量、还原条件、测定条件等因素进行了试验探讨, 确定最佳分析条件。按试验方法测定聚合硫酸铁中全铁含量, 结果的相对标准偏差 (RSD,  $n=9$ ) 为 0.21%、0.23%, 加标回收率为 96%~103%。该方法简便、快速, 适用于水处理剂聚合硫酸铁中全铁的测定。

**[关键词]** 水处理剂; 聚合硫酸铁; 全铁含量; 试验条件

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15505

中图分类号: TQ138.11

文献标识码: A

## Determination of Total Iron Content in Polymeric Ferric Sulfate Water Treatment Agent

DU Juan, ZHAO Yu, LI Xiaoqiang

Environmental Protection Department of Anyang Iron & Steel Co., Ltd., Anyang, He'nan, 455004, China

**Abstract:** Polyferric sulfate is an inorganic polymer coagulant with superior performance and an important water treatment agent. It has good flocculation and wide adaptability, and is easy to use, cheap in price, and low in dosage. Trivalent iron ions are the main indicator of the effectiveness of polymeric sulfate iron treatment agents, and accurate analysis of the total iron content in polymeric sulfate iron is crucial for determining product quality and usage. This method involves dissolving polymeric ferric sulfate in hydrochloric acid solution, reducing  $\text{Fe}^{3+}$  to  $\text{Fe}^{2+}$  using a reducing agent, and using potassium dichromate standard solution for redox titration to determine the total iron content in polymeric ferric sulfate. This paper conducted experimental exploration on factors such as sample size, reduction conditions, and measurement conditions in the method, and determined the optimal analysis conditions. According to the experimental method, the total iron content in polymeric ferric sulfate was determined, and the relative standard deviations (RSD,  $n=9$ ) were 0.21% and 0.23% respectively. The recovery rate was 96%~103%. This method is simple, fast, and suitable for the determination of total iron in water treatment agent polymeric ferric sulfate.

**Keywords:** water treatment agent; polymeric ferric sulfate; full sticker content; experimental conditions

### 引言

聚合硫酸铁是一种性能优越的无机高分子混凝剂, 重要的水处理剂, 示性式:  $[\text{Fe}_2(\text{OH})_n(\text{SO}_4)_{3-n/2}]_m$ , 式中  $0 < n < 2$ ,  $m$  代表聚合硫酸铁的聚合度。形态性状分固体和液体两类: 固体是淡黄色无定型粉状, 极易溶于水; 液体为红褐色黏稠透明溶液。因其良好的絮凝性能和广泛的适应性, 与传统的铝系絮凝剂和有机高分子絮凝剂聚丙烯酰胺相比较, 聚合硫酸铁在反应过程中无离子水相转移和残留积累, 无铝系絮凝剂和丙烯酰胺单体在使用过程中残留和积累存在的毒性, 且使用方便、价格便宜、用量更省<sup>[1]</sup>。聚合硫酸铁产品按用途分为两类: I 类主要用于饮用水处理, II 类主要用于工业用水、各种工业废水、城市污水、污泥脱水等的净化处理。

聚合硫酸铁作为絮凝剂具有以下特点<sup>[2]</sup>: 优质、高效铁盐类无机高分子絮凝剂; 混凝性能优良, 矾花密实, 沉降速度快; 净水效果优良, 水质好, 不含铝、氯及重金属离子等有害物质, 亦无铁离子水相转移, 无毒, 无害,

安全可靠; 除浊、脱色、脱油、脱水、除菌、除臭、除藻、去除水中 COD、BOD 及重金属离子等成效显著; 适应水体 PH 值范围宽为 4~11, 最佳 PH 值范围为 6~9, 净化后原水的 PH 值与总碱度变化幅度小, 对处理设备腐蚀性小; 对微污染、含藻类、低温低浊原水净化处理效果显著, 对高浊度原水净化效果尤佳; 投药量少, 成本低廉, 处理费用可节省 20%~50%。

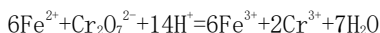
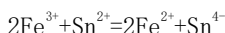
聚合硫酸铁作为水处理剂作用原理: 当可溶性三价铁分散于水体时, 由于  $\text{Fe}^{3+}$  本身具有很大的水解倾向, 从而引发一系列水解反应, 进而形成一系列不同形态的多核聚合物, 这些多核聚合物具有较多的正电荷和较大的表面积, 能迅速吸附水体中带负电荷的胶体及其他悬浮物。在由三价铁盐水解而形成的一系列多核聚合物中, 具有最优絮凝性能的是那些即将完全水解生成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  絮状沉淀前的临界产物, 这种临界产物具有中和胶体电荷、压缩双电层以及降低胶体电位的能力, 促进了胶体微粒、悬浮物等迅速凝聚、沉淀, 由于聚铁包含了多种含铁的羟基络合物, 分

量很大,一旦进入水体即以最优的状态与其中的胶体微粒和悬浮物等发生絮凝作用,因而表现出优异的净水性能。三价铁是水处理剂起作用的最主要因素,我公司使用的液体类聚合硫酸铁中全铁的质量分数指标不应小于 11.0%,因此准确分析全铁的含量非常重要。

## 1 实验部分

### 1.1 方法原理

聚合硫酸铁中铁以三价铁离子状态存在,检测中需要将三价铁全部转化为二价铁,利用二价铁的还原性,和重铬酸钾标准溶液中重铬酸根离子进行氧化还原定量反应,借此测定出全铁的质量分数。反应方程式如下:



### 1.2 方法提要

在酸性溶液中,用氯化亚锡将三价铁离子还原为二价铁,过量的氯化亚锡用氯化汞予以除去,以二苯胺磺酸钠作为指示剂,然后用重铬酸钾标准溶液滴定。根据消耗重铬酸钾标准溶液的体积计算出全铁的质量分数。

### 1.3 试剂和仪器

氯化亚锡溶液 ( $\text{SnCl}_2$ ): 250g/L

称取 25.0g 氯化亚锡(分析纯)置于干燥 300ml 烧杯中,加入 20ml 盐酸(分析纯),加热溶解,冷却后稀释至 100ml。保存于棕色滴瓶中,加入高纯锡粒数颗。

盐酸溶液: 1+1。

氯化汞饱和溶液。

硫-磷混酸: 将 150ml 硫酸缓慢注入到含有 500ml 水的烧杯中,冷却后再加入 150ml 磷酸,然后稀释到 1000ml。

重铬酸钾标准溶液:  $c(1/6\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0.1000\text{mol/L}$ 。

二苯胺磺酸钠溶液: 5g/L。

电子天平: 感量 0.0001g。

### 1.4 测定方法:

称取液体试样约 1.0~1.5g(固体试样约 0.5~0.8),精确至 0.0002g,置于 250ml 三角瓶中,加水 20ml,加盐酸溶液 20ml,在电热板上加热至沸腾,控制体积不小于 10ml,摇动中趁热滴加氯化亚锡溶液还原至溶液黄色刚好消失,再过量 1~2 滴,快速流水冷却,加入氯化汞饱和溶液 5ml,摇匀后静置 1~3 分钟,然后加水 50ml,再加入硫-磷混酸 10ml 摇匀,加入二苯胺磺酸钠指示剂 3 滴,立即用重铬酸钾标准溶液滴定至紫色(30 秒不退),即为终点。消耗重铬酸钾标准溶液体积为  $V$ 。

### 1.5 结果计算

全铁含量以质量分数  $w$  计,数值以%表示,按下式计算:

$$w = \frac{VcM \times 10^{-3}}{m} \times 100$$

式中:  $V$ —滴定消耗的硫代硫酸钠标准溶液的体积, ml;

$c$ —重铬酸钾标准溶液浓度, mol/L;

$M$ —铁摩尔质量的数值,单位为克每摩尔 ( $\text{g/mol}$ ),

$[M(\text{Fe}) \approx 55.85]$ ;

$m$ —试样质量, g。

## 2 结果与讨论

### 2.1 称样量的影响

液体试样称样量在 1.0~1.5g(固体试样约 0.5~0.8g)之间,消耗标准溶液体积大约在 18~40ml 之间,正好在滴定管误差较小的读数范围内,检测结果稳定可靠。如果称样量小于 1.0g,消耗标准溶液体积较小,滴定将加大误差;液体试样称样量大于 1.5g(固体试样称样量大于 0.8g),消耗标准溶液体积增多,增大检测成本,对检测精密度也没有相应提升。因此,液体试样称样量应控制在 1.0~1.5g(固体试样约 0.5~0.8g)范围内,本实验推荐试样量在 1.3g 为最佳。

### 2.2 氯化亚锡还原影响

氯化亚锡还原操作中,还原剂的用量<sup>[3]</sup>要控制好,应适当过量一些,以防还原不完全,另一方面,氯化亚锡只能稍微过量,否则多余的氯化亚锡将氯化汞还原成汞,造成测定结果偏高并影响终点观察,经试验采用氯化亚锡过量 1~2 滴;还原时的温度要控制在 60~8℃,温度过低会造成还原不完全,还原过程中边摇动边滴加;还原酸度的影响<sup>[4]</sup>,为保持二价铁的稳定性防止还原剂水解,还原  $\text{Fe}^{3+}$ 时,试样应保持较高的酸度,本试验控制试样还原体积不小于 10ml。

### 2.3 饱和氯化汞用量及影响

使用饱和氯化汞溶液氧化过量的氯化亚锡,分别试验加入饱和氯化汞 3、5、8、10、12、15、20ml,发现 3ml 生成氯化亚汞沉淀较少,且须震荡并放置三分钟后沉淀才出现,12ml 以上生成大量白色氯化亚汞沉淀。使用量在 3~10ml 之间时,生成的氯化亚汞丝状沉淀均匀、快速,易于滴定终点判断,本试验采用饱和氯化汞 5ml;氯化汞氧化过量氯化亚锡的作用较慢,加入后须摇动并静置 1~3 分钟。

### 2.4 氧化还原滴定指示剂的用量

二苯胺磺酸钠溶液为无色溶液,其初始状态为还原态,当滴定至化学计量点时,稍过量的重铬酸钾就能使二苯胺磺酸钠由还原态转化为氧化态。如果二苯胺磺酸钠加入过量,会使终点颜色或者重铬酸钾标准溶液的滴定过量,使得滴定结果偏高,二苯胺磺酸钠溶液加 3 滴即可。另一方面,由于二苯胺磺酸钠指示剂的反应机理复杂,常会出现较大的空白值,指示剂的用量、滴定剂的浓度和加入速度、被滴定物的浓度、滴定时间等因素都会影响指示剂的空白值,使得空白值修正难度较大; $\text{Fe}^{2+}$ 含量的增加,也会造成指示剂空白值增大。为消除干扰,最好的办法就是尽量减少指示剂的用量,只要能观察到颜色的变化即可<sup>[5]</sup>。本试验采用 5.0g/L 二苯胺磺酸钠溶液 3 滴。

## 2.5 精密度试验

按试验方法对 2 个不同样品分别进行 9 次平行测定,考察方法的精密度,结果见表 1。

表 1 精密度试验

| 试样<br>编号 | 测定值   |       |       | 平均值   | 标准偏差<br>SD/% | 相对标准偏差<br>RSD/% |
|----------|-------|-------|-------|-------|--------------|-----------------|
| 0117     | 11.45 | 11.43 | 11.47 | 11.45 | 0.026        | 0.23            |
|          | 11.49 | 11.43 | 11.41 |       |              |                 |
|          | 11.42 | 11.47 | 11.45 |       |              |                 |
| 0306     | 11.28 | 11.24 | 11.24 | 11.26 | 0.024        | 0.21            |
|          | 11.30 | 11.26 | 11.26 |       |              |                 |
|          | 11.23 | 11.28 | 11.24 |       |              |                 |

## 2.6 加标回收试验

为验证本法测定结果的准确性,取 2 个不同试样准确称取  $1.3000 \pm 0.0002\text{g}$ ,各称三份,依次加入  $0.2000\text{mol/L}$  铁标准溶液 1.0、3.0、5.0ml,按试验方法测定,计算测定结果,求出加标回收率。见表 2。

表 2 聚合硫酸铁样品中铁含量的加标回收实验结果

| 试样<br>编号 | 含量<br>/% | 加标量<br>/% | 滴定体积<br>/ml | 加标后检测含量<br>/% | 加标回收率<br>/% |
|----------|----------|-----------|-------------|---------------|-------------|
| 0412     | 11.08    | 0.86      | 27.85       | 11.96         | 102.3       |
|          | 11.08    | 2.58      | 31.75       | 13.64         | 99.2        |
|          | 11.08    | 4.30      | 35.80       | 15.38         | 100.0       |
| 0503     | 11.56    | 0.86      | 28.85       | 12.39         | 96.5        |
|          | 11.56    | 2.58      | 32.95       | 14.16         | 100.8       |
|          | 11.56    | 4.30      | 36.90       | 15.85         | 99.8        |

## 3 结论

采用氯化亚锡还原重铬酸钾滴定的方法测定聚合硫酸铁中全铁含量,结果的相对标准偏差(RSD,  $n=9$ )为 0.21%、0.23%,加标回收率为 96%~103%。该方法简便、快速、可行,适用水处理剂聚合硫酸铁中全铁的测定。

### 【参考文献】

- [1]李思扬. 聚合硫酸铁絮凝剂的制备及应用条件研究[J]. 广东化工,2018,45(12):77-78.
  - [2]赵海鹏,洪建功,苏瑞敏,等. 制备新型环保聚合硫酸铁(PFS)的技术探究[J]. 漯河职业技术学院学报,2018,17(5):20-22.
  - [3]潘晓瑜,史磊,贾艳桦. 浅析硫铁矿中全铁含量的快速测定[J]. 大众科技,2017,19(213):44-45.
  - [4]王虹,魏秉炎,韩娟. 重铬酸钾滴定法测定铜磁铁矿中的全铁[J]. 理化检测-化学手册,2018,54(12):1469-1472.
  - [5]宋飞,岳春雷,张庆道,等. 影响测定铁矿石中全铁含量因素的探讨[J]. 理化检验-化学手册,2016,52(8):559-958.
- 作者简介:杜娟(1985.2—),女,毕业院校:许昌学院,所学专业:英语,当前就职单位:安阳钢铁股份有限公司环保处,职称级别:工程师;赵宇(1989.8—),男,毕业院校:安阳师范学院,所学专业:电气工程及其自动化,当前就职单位:安阳钢铁股份有限公司环保处,职称级别:工程师;李晓强(1991.6—),男,毕业院校:郑州大学,所学专业:电气工程及其自动化,当前就职单位:安阳钢铁股份有限公司环保处,职称级别:工程师。

## 纳米 SiO<sub>2</sub> 和混杂纤维增强环氧树脂水泥基修复材料抗拉性能研究

吴靖江<sup>1</sup> 张鹏<sup>2\*</sup> 尉晓雪<sup>1</sup> 张承实<sup>1</sup> 魏士尧<sup>2</sup>

1. 中建七局交通建设有限公司, 河南 郑州 450003

2. 郑州大学 水利与交通学院, 河南 郑州 450001

[摘要] 为研究纳米 SiO<sub>2</sub> 和混杂纤维增强环氧树脂水泥基修复材料的抗拉性能, 通过测试其劈裂抗拉强度, 探讨了环氧树脂、纳米 SiO<sub>2</sub> 和混杂纤维掺量等因素对水泥基修复材料抗拉性能的影响。研究表明, 环氧树脂乳液会并小幅提高环氧树脂水泥基修复材料和纳米 SiO<sub>2</sub> 和混杂纤维增强环氧树脂水泥基修复材料的劈裂抗拉强度。纳米 SiO<sub>2</sub> 和 PVA-钢混杂纤维均能够提升纳米 SiO<sub>2</sub> 和混杂纤维增强环氧树脂水泥基修复材料的劈裂抗拉强度。纳米 SiO<sub>2</sub> 和混杂纤维增强环氧树脂水泥基修复材料的劈裂抗拉强度随钢纤维掺量的增加而增大, 随纳米 SiO<sub>2</sub>、PVA 纤维掺量的增加均呈先上升后下降的趋势, 且最佳掺量分别为 1.5% 和 0.9%。

[关键词] 水泥基修复材料; 纳米 SiO<sub>2</sub>; PVA-钢混杂纤维; 抗拉性能

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15528

中图分类号: TU528.58

文献标识码: A

## Study on the Tensile Properties of Nano SiO<sub>2</sub> and Hybrid Fiber-reinforced Epoxy Resin Cement-based Repair Materials

WU Jingjiang<sup>1</sup>, ZHANG Peng<sup>2\*</sup>, WEI Xiaoxue<sup>1</sup>, ZHANG Chengshi<sup>1</sup>, WEI Shiyao<sup>2</sup>

1. Communications Construction Company of CSCEC 7th Division Corp. Ltd., Zhengzhou, He'nan, 450003, China

2. School of Water Conservancy and Transportation, Zhengzhou University, Zhengzhou, He'nan, 450001, China

**Abstract:** In order to study the tensile properties of cement-based repair materials reinforced with Nano SiO<sub>2</sub> and hybrid fibers, the splitting tensile strength was tested, and the influence of factors such as epoxy resin, Nano SiO<sub>2</sub>, and hybrid fiber content on the tensile properties of cement-based repair materials was explored. The results show that the epoxy resin lotion can slightly improve the splitting tensile strength of epoxy resin cement-based repair materials and Nano SiO<sub>2</sub> and hybrid fiber reinforced epoxy resin cement-based repair materials. Both Nano-SiO<sub>2</sub> and PVA steel hybrid fibers can enhance the splitting tensile strength of Nano-SiO<sub>2</sub> and hybrid fiber-reinforced epoxy resin cement-based repair materials. The splitting tensile strength of Nano SiO<sub>2</sub> and hybrid fiber-reinforced epoxy resin cement-based repair materials increases with the increase of steel fiber content, and shows a trend of first increasing and then decreasing with the increase of Nano SiO<sub>2</sub> and PVA fiber content, and the optimal content is 1.5% and 0.9%, respectively.

**Keywords:** cement-based repair materials; Nano SiO<sub>2</sub>; PVA-steel hybrid fiber; tensile properties

### 引言

混凝土结构在服役期间由于老化、疲劳和各种灾害等原因, 其结构表面和内部易产生裂缝, 若不及时对裂缝进行修复, 可能会引发严重的事故, 造成无法挽回的经济损失<sup>[1]</sup>。水泥基修复材料具有成本低、可塑性良好等优点常被用于混凝土结构修复等领域。但不可否认的是, 普通水泥基修复材料在性能上存在一些缺陷, 如浆体脆性大导致其抗弯性能差、分散性差致使其在流动水的冲刷下容易被稀释和分散等。有学者选择环氧树脂乳液对水泥基修复材料进行增强改性, 结果显示, 将环氧树脂乳液掺入水泥基材料后, 环氧树脂在固化剂的作用下固化成膜, 形成三维交联网状结构, 将水泥水化产物联接在一起, 有效提高了水泥基材料的致密性和抗渗性能, 降低了收缩率。然而, 环氧树脂乳液会延缓水泥水化进程, 造成水泥基修复材料抗压强度的降低。

纳米 SiO<sub>2</sub> 的粒径在 1~100nm 之间, 具有较高的比表面积和火山灰活性以及特有纳米尺寸效应<sup>[1]</sup>。Liu 等人测试分析了复合灌浆材料的特性和微观结构, 以及各浆液成

分的微观协同作用机理, 结果表明, 纳米 SiO<sub>2</sub> 可以有效缩短水泥基复合材料的凝结时间, 提高材料的稳定性, 且当纳米掺量为 4% 时, 水泥基复合材料在第 3 天和第 28 天的抗压强度分别提高了 33.71% 和 39.03%。通过微观分析, Liu 等人还通过 SEM-EDS 等微观测试分析发现, 纳米 SiO<sub>2</sub> 可有效促进水泥基复合材料中 C-S-H 及 C-A-S-H 的产生, 改善环氧树脂对水泥水化的延迟作用, 提高水泥基复合材料的早期抗压强度<sup>[2]</sup>。本文研究的修复材料主要用于混凝土大坝裂缝的修补, 裂缝作为混凝土的薄弱区域, 被修复后如果能提供较好的韧性和抗裂能力, 可以在最大程度上避免二次开裂<sup>[3]</sup>。向水泥基材料中掺加纤维, 是一种常用的改善水泥基材料韧性和抗裂能力的方式。故本文选择在环氧树脂乳液水泥基修复材料 (Epoxy resin cementitious repair materials, ECRM) 掺加 PVA-钢混杂纤维和纳米 SiO<sub>2</sub> 对其进行改性, 研究环氧树脂乳液、纳米 SiO<sub>2</sub> 和 PVA-钢混杂纤维对纳米 SiO<sub>2</sub> 和混杂纤维增强环氧树脂水泥基修复材料 (Nano-SiO<sub>2</sub> and hybrid fiber reinforced-ECRM, NF-ECRM)

抗拉性能的影响,并揭示环氧树脂乳液、纳米 SiO<sub>2</sub> 和 PVA-钢混杂纤维对抗拉性能的影响机理。

## 1 试验概况

### 1.1 试验材料

本文试验在制备 NF-ECRM 时所用的原材料主要包括水泥、石英砂、水、环氧树脂乳液及固化剂、纳米 SiO<sub>2</sub>、PVA 纤维、钢纤维、消泡剂和减水剂等。水泥采用河北中宇仪器设备有限公司生产的 P·I 42.5 基准水泥。细骨料为巩义市元亨净水材料厂生产的石英砂,粒度为 20~40 目。水为密度为 1g/cm<sup>3</sup> 的普通的自来水。环氧树脂采用深圳市吉田化工有限公司生产的 F0704 型水性环氧树脂乳液和 F0705 型水性环氧树脂固化剂。纳米 SiO<sub>2</sub> 选用杭州万景新材料有限公司生产的纳米 SiO<sub>2</sub>,平均粒径为 30nm,比表面积为 220m<sup>2</sup>/g,表观密度为 55g/l。PVA 纤维和钢纤维的抗拉强度分别为 1560MPa 和 2750MPa。

### 1.2 试验配合比

表 1 NF-ECRM 配合比

| 试验编号         | 水泥                | 石英砂               | 水                 | 聚灰比 | 纳米 SiO <sub>2</sub> | PVA 纤维 | 钢纤维 | 消泡剂 | 减水剂               |
|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----|---------------------|--------|-----|-----|-------------------|
|              | kg/m <sup>3</sup> | kg/m <sup>3</sup> | kg/m <sup>3</sup> | %   | w%                  | v%     | v%  | %   | kg/m <sup>3</sup> |
| M            | 580               | 1276              | 290.0             | 0   | 0                   | 0      | 0   | 0   | 14.5              |
| E03          | 580               | 1276              | 262.9             | 3   | 0                   | 0      | 0   | 1.2 | 14.5              |
| E06          | 580               | 1276              | 235.7             | 6   | 0                   | 0      | 0   | 1.2 | 14.5              |
| E09          | 580               | 1276              | 208.6             | 9   | 0                   | 0      | 0   | 1.2 | 14.5              |
| E12          | 580               | 1276              | 181.4             | 12  | 0                   | 0      | 0   | 1.2 | 14.5              |
| E03N15P09S12 | 571.3             | 1276              | 262.9             | 3   | 1.5                 | 0.9    | 1.2 | 1.2 | 14.5              |
| E06N15P09S12 | 571.3             | 1276              | 235.7             | 6   | 1.5                 | 0.9    | 1.2 | 1.2 | 14.5              |
| E09N15P09S12 | 571.3             | 1276              | 208.6             | 9   | 1.5                 | 0.9    | 1.2 | 1.2 | 14.5              |
| E12N15P09S12 | 571.3             | 1276              | 181.4             | 12  | 1.5                 | 0.9    | 1.2 | 1.2 | 14.5              |
| E09N0P09S12  | 580               | 1276              | 208.6             | 9   | 0                   | 0.9    | 1.2 | 1.2 | 14.5              |
| E09N05P09S12 | 577.1             | 1276              | 208.6             | 9   | 0.5                 | 0.9    | 1.2 | 1.2 | 14.5              |
| E09N10P09S12 | 574.2             | 1276              | 208.6             | 9   | 1                   | 0.9    | 1.2 | 1.2 | 14.5              |
| E09N20P09S12 | 568.4             | 1276              | 208.6             | 9   | 2                   | 0.9    | 1.2 | 1.2 | 14.5              |
| E09N15P0S12  | 571.3             | 1276              | 208.6             | 9   | 1.5                 | 0      | 1.2 | 1.2 | 14.5              |
| E09N15P03S12 | 571.3             | 1276              | 208.6             | 9   | 1.5                 | 0.3    | 1.2 | 1.2 | 14.5              |
| E09N15P06S12 | 571.3             | 1276              | 208.6             | 9   | 1.5                 | 0.6    | 1.2 | 1.2 | 14.5              |
| E09N15P12S12 | 571.3             | 1276              | 208.6             | 9   | 1.5                 | 1.2    | 1.2 | 1.2 | 14.5              |
| E09N15P09S0  | 571.3             | 1276              | 208.6             | 9   | 1.5                 | 0.9    | 0   | 1.2 | 14.5              |
| E09N15P09S04 | 571.3             | 1276              | 208.6             | 9   | 1.5                 | 0.9    | 0.4 | 1.2 | 14.5              |
| E09N15P09S08 | 571.3             | 1276              | 208.6             | 9   | 1.5                 | 0.9    | 0.8 | 1.2 | 14.5              |
| E09N15P09S16 | 571.3             | 1276              | 208.6             | 9   | 1.5                 | 0.9    | 1.6 | 1.2 | 14.5              |

注:表中 M 代表基准组,E 代表环氧树脂乳液,N 代表纳米 SiO<sub>2</sub>,P 代表 PVA 纤维,S 代表钢纤维。例如 E09N15P09S12 代表该组试件聚灰比为 9%,纳米 SiO<sub>2</sub> 掺量为 1.5%,PVA 纤维掺量为 0.9%,钢纤维掺量为 1.2%。

本文试验参考 DL/T 5126-2021《聚合物改性水泥砂

浆试验规程》和其他学者对 ECRM 配合比的研究,经过反复试配和调整,最终确定基准组配合比中水胶比采用 0.52,砂胶比(砂与水泥+纳米 SiO<sub>2</sub> 的质量比)为 2.2,并将修复材料的聚灰比(环氧树脂乳液中的固体与水泥+纳米 SiO<sub>2</sub> 的质量比)设置为 3%、6%、9%和 12%;根据生产厂家建议及试配结果,环氧树脂乳液与固化剂的质量比确定为 2:1;消泡剂的掺量设置为环氧树脂乳液固体质量的 1.2%;减水剂的掺量设置为 0.5%。纳米 SiO<sub>2</sub> 将以等质量取代水泥的方式掺入修复材料中,掺量分别为 0、0.5%、1.0%、1.5%和 2.0%;试验采用的混杂纤维为 PVA 纤维和钢纤维,其中 PVA 纤维体积掺量分别为 0、0.3%、0.6%、0.9%和 1.2%,钢纤维体积掺量分别 0、0.4%、0.8%、1.2%和 1.6%。本文试验 NF-ECRM 具体配合比见表 1。

### 1.3 试件制备及试验方法

参照 DL/T 5126-2021《聚合物改性水泥砂浆试验规程》<sup>[4]</sup>,为削减环氧树脂乳液的引气作用,本文修复材料采用机械搅拌机慢速搅拌修复材料。在制备 NF-ECRM 时,为确保纳米 SiO<sub>2</sub> 在拌合物中分散均匀,试验前需要将称量好的纳米 SiO<sub>2</sub> 与高效减水剂加入水中,机械搅拌均匀后再可掺加到拌合物中。NF-ECRM 的劈裂抗拉强度试验参照《建筑砂浆基本性能试验方法标准》(JGJT70-2009)的规定进行<sup>[5]</sup>,采用尺寸为 70.7mm×70.7mm×70.7mm 立方体试块。

## 2 试验结果及分析

### 2.1 劈拉破坏过程及破坏形态分析

在荷载加载至峰值荷载前,基准组试件侧面先是出现微裂缝,到达峰值荷载后,试件发出“砰”的一声后突然破裂成两半,并伴随有细小的碎块飞出。而 ECRM 试件完全破坏时,试件中部会发生贯穿性的断裂,表现出明显的脆性破坏特征。低聚灰比的 ECRM,其展现出的破坏形态与基准组试件相似。对于高聚灰比的 ECRM,试件崩裂时碎块减少,且崩裂形成的两部分均能够基本保持完整。而 NF-ECRM 的破坏过程主要表现为:随着试件所受荷载的增大,伴随着“嘶嘶”声,试件表面先产生细小的裂缝,然后逐渐形成一条主裂缝,试件破坏时只是主裂缝裂开,试件并未裂成两半,属于延性破坏。

### 2.2 环氧树脂乳液对修复材料劈裂抗拉强度的影响

图 1 展示了不同环氧树脂乳液掺量下修复材料的劈裂抗拉强度。如图所示,对于 ECRM,随着聚灰比从 0 增大到 6%,其劈裂抗拉强度小幅增长并达到峰值 3.00MPa,与基准组相比,增幅为 5.93%。随着聚灰比的进一步增大,ECRM 的劈裂抗拉强度不断降低,并在聚灰比为 12%时达到最小值 2.34MPa,低于基准组 0.49MPa,降幅为 17.39%。对于 ECRM,随着聚灰比从 0 增大至 6%,其抗折强度小幅增长,并达到峰值 7.44MPa,与基准组相比,增幅为 4.35%,而随着聚灰比的进一步增大,抗折强度不断降低,且聚灰

比为 9%~12%时, ECRM 的抗折强度均低于基准组, 这与其他学者的研究结果相似。当聚灰比从 0 增大至 6%, 在基体硬化的同时, 聚合物与固化剂发生固化交联作用, 形成了三维网状结构。一方面, 形成的网状结构能够充分填充孔隙, 将晶体黏附在一起, 且能对水泥浆体-骨料 ITZ 起到桥接作用。另一方面, 环氧树脂颗粒表面的一些基团通过氢键等化学键与水化产物交联在一起。当受到荷载作用时, 聚合物膜能够缓解内应力, 并抑制微裂纹的产生和发展, 从而提高修复材料的抗折强度。此外, 固化剂与水泥浆体之间也存在界面相互作用。然而, 随着聚灰比的进一步增大, 过量的乳液导致过强的引气作用, 破坏了基体内部结构的均匀性。此外, 乳液过量时会过度抑制水泥水化, 限制水泥浆体结构的发展, 导致修复材料劈裂抗拉强度的降低。

对于 NF-ECRM, 当纳米  $\text{SiO}_2$  和混杂纤维掺量固定时, 其劈裂抗拉强度随着乳液掺量的增加呈现先上升后下降的趋势, 并在聚灰比为 9%时达到峰值 4.42MPa, 较聚灰比为 3%时增长了 0.41MPa, 增幅为 10.34%。当掺入固定掺量的纳米  $\text{SiO}_2$  及混杂纤维时, 与未掺时相比, 修复材料的劈裂抗拉强度提高了 45%~70%, 这表明通过掺加纳米  $\text{SiO}_2$  及混杂纤维来提高修复材料的劈裂抗拉强度是可行的。

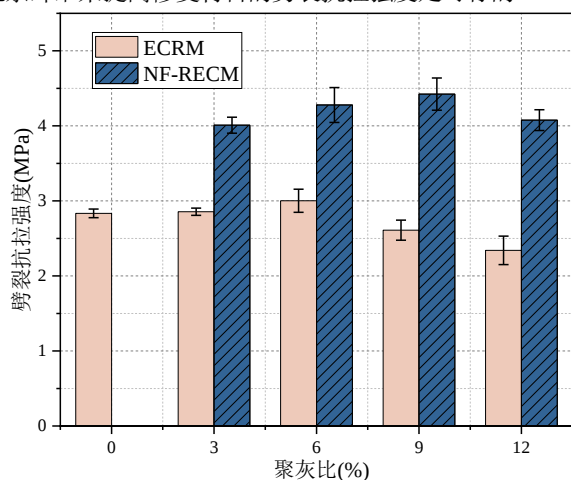


图1 聚灰比对修复材料劈裂抗拉强度的影响

### 2.3 纳米 $\text{SiO}_2$ 对修复材料劈裂抗拉强度的影响

图2展示了不同纳米  $\text{SiO}_2$  掺量下 NF-ECRM 的劈裂抗拉强度。如图所示, 当环氧树脂乳液和混杂纤维掺量固定时, NF-ECRM 的劈裂抗拉强度随着纳米  $\text{SiO}_2$  掺量的增加呈现先增大后减小的趋势。随着纳米  $\text{SiO}_2$  掺量从 0 增加到 1.5%, NF-ECRM 的劈裂抗拉强度从 3.84MPa 增大至 4.42MPa, 增幅达 15.16%, 随着掺量的进一步增加, NF-ECRM 的劈裂抗拉强度降低至 3.94MPa, 但仍高于未掺纳米  $\text{SiO}_2$  时。纳米  $\text{SiO}_2$  的掺加能够提高 NF-ECRM 的抗折强度, 一方面是纳米  $\text{SiO}_2$  可以改善水泥浆体与骨料间的黏结作用, 另一方面, 纳米  $\text{SiO}_2$  表面带有硅羟基团, 能够增强纳米  $\text{SiO}_2$

与聚合物间的结合力, 进而提高了修复材料的抗折强度<sup>[6]</sup>。

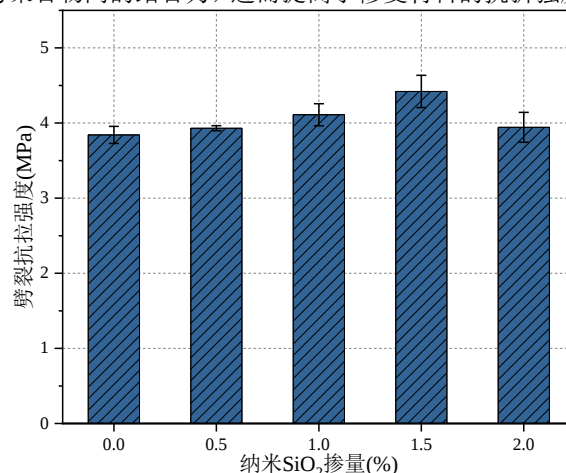


图2 纳米  $\text{SiO}_2$  掺量对 NF-ECRM 劈裂抗拉强度的影响

### 2.4 混杂纤维对修复材料劈裂抗拉强度的影响

图3展示了不同 PVA 纤维掺量下 NF-ECRM 的劈裂抗拉强度。如图所示, 当环氧树脂乳液和纳米  $\text{SiO}_2$  掺量固定, 且掺加了 1.2% 钢纤维时, NF-ECRM 的劈裂抗拉强度随着 PVA 纤维掺量的增加呈现先增大后减小的趋势。当 PVA 纤维掺量增加到 0.9% 时, NF-ECRM 的劈裂抗拉强度达到峰值 3.95MPa, 比单掺钢纤维时高出 20.06%。PVA 纤维表面带的羟基基团, 能与水泥基体间形成氢键, 且 PVA 纤维的不规则截面又扩大了 PVA 纤维与基体间的成键面, 使得 PVA 纤维与基体间形成了牢固的氢桥, 阻止与延缓了裂缝的扩展<sup>[7]</sup>。PVA 纤维还能够桥接裂缝, 从而有效限制了微裂缝的扩展和宏观裂缝的发生。然而当 PVA 纤维掺量过大时, 水泥基复合材料内部会产生纤维团聚现象, 使得基体内部缺陷增多。PVA 纤维团聚现象如图4所示。另外, PVA 纤维数量过多时, 拌合物的流动性明显降低, PVA 纤维缠绕结团, 致使缺乏足够的水泥浆体包裹 PVA 纤维与钢纤维的表面, 以致 PVA 纤维无法有效发挥纤维阻裂增韧的作用<sup>[8-9]</sup>。

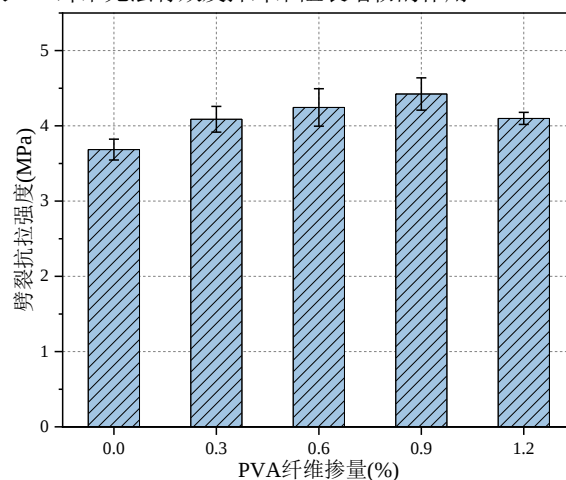


图3 PVA 纤维掺量对 NF-ECRM 劈裂抗拉强度的影响



图4 PVA纤维团聚现象

图5展示了不同钢纤维掺量下NF-ECRM的劈裂抗拉强度。如图所示,当环氧树脂乳液和纳米 $\text{SiO}_2$ 掺量固定,且掺加了0.9%PVA纤维时,NF-ECRM的劈裂抗拉强度随着钢纤维掺量的增加逐渐增大。当钢纤维掺量增加到1.6%时,NF-ECRM的劈裂抗拉强度达到峰值3.98MPa,比单掺PVA纤维时高出54.86%。钢纤维具有桥接裂缝的作用,能够有效抑制裂缝的开展,当裂缝产生后,钢纤维通过与基体间的黏结作用将应力向裂缝两侧传递,当黏结力不足以抵挡外部荷载时,纤维就被拔出,钢纤维在被拔出的过程中可以吸收大量的能量,从而提高了基体的劈裂抗拉强度<sup>[10-11]</sup>。

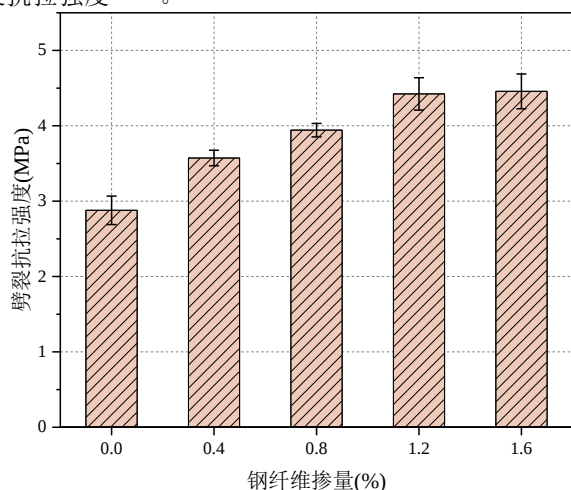


图5 钢纤维掺量对NF-ECRM劈裂抗拉强度的影响

PVA纤维和钢纤维对修复材料的韧性和抗裂性起到了良好的改善作用,混杂纤维的掺加明显提高了NF-ECRM的劈裂抗拉强度,且钢纤维的提高效果要明显优于PVA纤维,这与其他学者的研究结果一致<sup>[12]</sup>。

### 3 结论

(1) 当聚灰比小于6%时,环氧树脂乳液的掺加能够小幅提高ECRM的劈裂抗拉强度,当聚灰比大于6%时,随着环氧树脂乳液掺量的继续增加,ECRM的劈裂抗拉强度降低。NF-ECRM的劈裂抗拉强度随着环氧树脂乳液掺量的增加先增大后减小,且均在聚灰比为9%时达到峰值。

(2) 纳米 $\text{SiO}_2$ 可有效提升NF-ECRM的抗拉性能。

NF-ECRM的劈裂抗拉强度随纳米 $\text{SiO}_2$ 掺量的增加均呈先上升后下降的趋势,纳米 $\text{SiO}_2$ 的最佳掺量为1.5%。

(3) 当钢纤维掺量固定为1.2%时,随着PVA纤维掺量的增加,NF-ECRM的劈裂抗拉强度均呈现先上升后下降的趋势,并在PVA纤维掺量为0.9%时达到峰值。钢纤维的掺加能够明显提高NF-ECRM的劈裂抗拉强度,当PVA纤维掺量固定为0.9%时,NF-ECRM的劈裂抗拉强度随钢纤维掺量的增加不断增大。

### 【参考文献】

- [1] Paul S C, van Rooyen A S, van Zijl G P A G, et al. Properties of cement-based composites using nanoparticles: A comprehensive review[J]. Construction and Building Materials,2018(189):1019-1034.
  - [2] Liu W, Sun Y, Meng X, et al. Experimental analysis of nano- $\text{SiO}_2$  modified waterborne epoxy resin on the properties and microstructure of cement-based grouting materials[J]. Energy, 2023(268):126669.
  - [3] 买淑芳,方文时,杨伟才,等. 海岛结构环氧树脂材料的抗冲磨试验研究[J]. 水利学报,2005(12):1498-1502.
  - [4] 聚合物改性水泥砂浆试验规程[S]. 北京:中国电力出版社,2021.
  - [5] 建筑砂浆基本性能试验方法标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2009.
  - [6] 肖其远,朱英英,杨奕,龙广成,马昆林,曾晓辉. 纳米 $\text{SiO}_2$ 对不同条件下聚合物改性砂浆强度的影响[J]. 混凝土,2022(2):136-139.
  - [7] 高淑玲. PVA纤维增强水泥基复合材料假应变硬化及断裂特性研究[D]. 辽宁:大连理工大学,2006.
  - [8] Zhang P, Yang Y, Wang J, et al. Fracture models and effect of fibers on fracture properties of cementitious composites-A Review[J]. Materials,2020,13(23):5495-5496.
  - [9] 潘钻峰,汪卫,孟少平,等. 混杂聚乙烯醇纤维增强水泥基复合材料力学性能[J]. 同济大学学报(自然科学版),2015(43):33-40.
  - [10] 何稳. 钢纤维在超高性能混凝土中增强增韧作用的研究[D]. 湖南:湖南大学,2015.
  - [11] 张聪,曹明莉. 多尺度纤维增强水泥基复合材料力学性能试验[J]. 复合材料学报,2014,31(3):661-668.
  - [12] 程梦祥,刘力. 混杂纤维和聚合物乳液对水泥基铺装材料性能影响[J]. 公路,2019,64(5):214-218.
- 作者简介:张鹏(1978—),男,博士,教授,博导,主要从事新型建筑材料方面的研究。

## 钛与镍钛形状记忆合金焊接研究现状

王小强<sup>1,2,3</sup> 李川江<sup>1,2</sup> 肖萍<sup>1</sup> 黄勇<sup>1,2,3</sup> 黄海博<sup>1,3</sup>

1. 新疆工程学院机电工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830023

2. 新疆煤矿机电工程技术研究中心, 新疆 乌鲁木齐 830023

3. 建筑钢结构智能制造技术兵团重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830023

[摘要] 文章综述了钛与 NiTi 形状记忆合金焊接技术的最新研究进展。重点阐述了有关 NiTi 形状记忆合金异种金属焊接方法(高能束焊接、固相焊和钎焊、熔焊热导钎焊)及如何避免焊接中金属间化合物和裂纹的产生。简单介绍了钛与形状记忆合金焊接现状, 且对 NiTi 形状记忆合金异种金属焊接技术未来发展进行了展望。

[关键词] 金属间化合物; NiTi 形状记忆合金; 接头性能; 异种金属焊接

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15523

中图分类号: TG139.6

文献标识码: A

## Research Status of Welding of Titanium and Nickel Titanium Shape Memory Alloys

WANG Xiaoqiang<sup>1,2,3</sup>, LI Chuanjiang<sup>1,2</sup>, XIAO Ping<sup>1</sup>, HUANG Yong<sup>1,2,3</sup>, HUANG Haibo<sup>1,3</sup>

1. School of Mechanical and Electrical Engineering, Xinjiang Institute of Engineering, Urumqi, Xinjiang, 830023, China

2. Xinjiang Coal Mine Electromechanical Engineering Technology Research Center, Urumqi, Xinjiang, 830023, China

3. Key Laboratory of Intelligent Manufacturing Technology for Building Steel Structures, Urumqi, Xinjiang, 830023, China

**Abstract:** This article reviews the latest research progress in welding technology of titanium and NiTi shape memory alloys. Emphasis was placed on the welding methods of NiTi shape memory alloy dissimilar metals (high-energy beam welding, solid-state welding and brazing, fusion welding thermal conductivity brazing) and how to avoid the formation of intermetallic compounds and cracks during welding. This article briefly introduces the current status of welding between titanium and shape memory alloys, and looks forward to the future development of dissimilar metal welding technology for NiTi shape memory alloys.

**Keywords:** intermetallic compounds; NiTi shape memory alloy; joint performance; dissimilar metal welding

### 引言

NiTi 形状记忆合金是一种新型功能材料, 被称作“跨越 21 世纪的理想材料<sup>[1]</sup>”, 其以优良的形状记忆效应、超弹性、耐磨性、阻尼性、良好的综合力学性能等广泛应用于航空航天, 医疗器械, 仪器仪表, 核工业, 家电等多行业<sup>[2-4]</sup>, 如人造卫星上庞大的天线可以用 NiTi 记忆合金制作。钛及钛合金作为一种战略资源金属, 具有密度低、比强度高、耐高温、韧性好、耐蚀性好和生物相容性等物化性好被广泛应用于航空航天、医疗、船舶和海洋多领域中<sup>[5-8]</sup>, 主要应用于制作飞机发动机压气机部件, 其次为火箭、导弹和高速飞机的结构件。因此, 将 NiTi 合金的功能特性与钛及钛合金的力学性能和耐腐蚀性能结合起来, 对整个现代化工程材料领域将会是一次新的突破。例如, 新一代高旁通比涡扇发动机对飞机起飞及降落噪声和巡航油耗提出了更高的要求, 开发自适应 NiTi 合金-钛合金异种金属锯齿形尾喷管, 利用 NiTi 合金形状记忆特性实现飞机智能降噪及节油, 对我国新一代航空发动机研制具有重要意义。由于 Ti/NiTi 合金物理化学性质差异显著, 在焊接过程中易形成脆性金属化合物, 导致焊接接头力学性能变差, 故实现 Ti/NiTi 合金的高质量连接存在较大困难。

本文主要以如何避免金属间化合物的生成、改善接头

力学性能为目的, 实现高质量焊接接头为主线进行 Ti/NiTi 合金异种金属连接论述。通过对不同焊接方法和工艺参数研究, 平衡 Ti/NiTi 合金的焊接性, 这是进一步拓宽 NiTi 形状记忆合金应用范围的重要条件<sup>[9]</sup>。

### 1 Ti/NiTi 合金的焊接难点

#### 1.1 钛及钛合金的焊接难点

钛的化学活性较强, 焊接时较杂质和气孔相当敏感, 且焊接中极易受空气、水分的污染, 迫使焊接接头力学性能下降。除此之外, 钛的熔点较高、电阻率大, 导致钛在焊后熔池中有较高的热量延续, 促使晶粒粗化, 从而降低了接头的塑性<sup>[10]</sup>。基于钛及钛合金与异种金属焊接的挑战, 张润泽、陈沛等人<sup>[11,12]</sup>对钛/钢异种金属焊接进行了研究, Deng、陈涛等人<sup>[13,14]</sup>对钛/铜异种金属焊接进行了研究。最终他们证实了焊缝中 Ti-Fe、Ti-Cu 等系列金属间化合物的存在, 严重影响了焊接质量。

#### 1.2 NiTi 合金的焊接难点

由于 NiTi 合金对温度和化学成分变化比较敏感, 在高温环境下能与气体中的 H、N、O 等反应, 易改变焊缝中原有成分含量, 且相变导致焊缝晶粒粗化和形成第二相粒子, 降低接头的力学性能和损伤了形状记忆性能<sup>[15]</sup>。为了控制 NiTi 合金焊接过程中产生的金属间化合物和宏-微观缺陷, 一些

研究者做了相关研究。如 Li、刘兰胜、M. J. C 等人<sup>[16-18]</sup>分别对 TiNi 合金/不锈钢焊接做了相应的实验分析, 结果显示, 焊缝区形成脆性化合物, 导致拉伸强度和延性明显下降。

### 1.3 Ti/NiTi 合金的焊接难点

根据以下物理性质和化学性质分析, 揭示焊接难点的本质。

#### (1) 物理性质差异影响

由于 Ti/NiTi 在熔点、比热、导热系数与线膨胀系数等性能存在如表 1 中显而易见的差异, 导致二者焊后焊接产生裂纹及焊缝成形质量较差, 导致接头处无法正常连接从而达到使用要求。

表 1 Ti/NiTi 的热物理性能

| 参数   | 熔点/℃ | 线膨胀系数<br>( $10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ ) | 热导率/<br>( $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ ) | 比热容<br>( $\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ) |
|------|------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| NiTi | 1310 | 10                                               | 18.0                                                                 | 0.461                                                         |
| Ti   | 1668 | 8.2                                              | 13.8                                                                 | 0.52                                                          |

#### (2) 化学性质差异影响

由图 1Ni-Ti 二元相图可知, 室温下镍在钛中的固溶度较小, 由于焊接过程中温度升高, 镍在钛中的固溶度会增加。而当焊接完成后, 镍在钛中的固溶度会随温度下降而下降, 造成镍在钛中过度饱和, 致使焊缝中形成  $\text{Ti}_2\text{Ni}$  和  $\text{Ni}_3\text{Ti}$  金属间化合物。Ti 与 NiTi 合金在高温下极易产生氧化, 形成  $\text{TiH}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{TiN}$  等化合物, 同样恶化接头力学性能, 严重时产生裂纹。

综上所述, Ti/NiTi 合金在化学成分、熔点、热导率、线膨胀系数、比热容等性能方面存在明显差异, 焊接时易形成  $\text{Ti}_x\text{Ni}_y$  系列金属间化合物, 导致焊接接头发生脆性断裂。Ti/NiTi 焊接与所有钛合金一样, 对氧的反应非常剧烈。因此, 在焊接这种材料时, 可能会发生合金的脆化。当 NiTi 焊接到 Ti6Al4V 时, 会出现重大的冶金问题 Oliveira<sup>[19]</sup>。因此, 如何在保证形状记忆特性的基础上, 获得强度高和塑性好的 Ti/NiTi 异种金属焊接结构是难点。

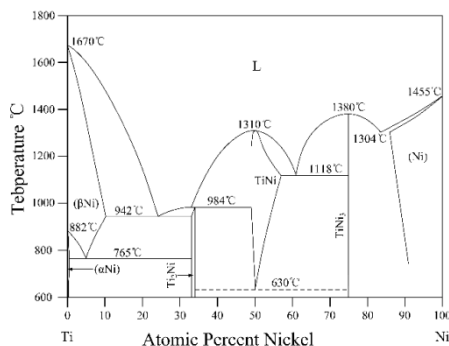


图 1 Ni-Ti 二元相图

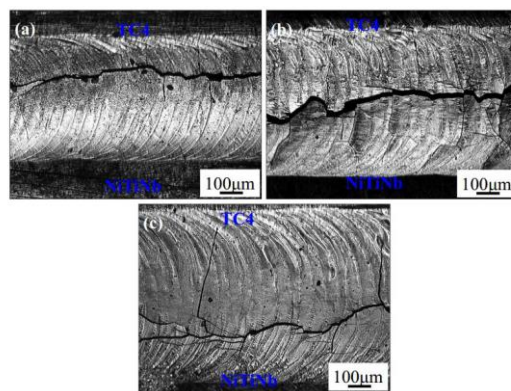
## 2 Ti/NiTi 形状记忆合金的研究现状

目前, Ti/NiTi 合金的焊接方法有高能束焊接(激光焊接和电子束焊接)、其他焊接方法(固相焊和钎焊)、熔焊热导钎焊。

### 2.1 高能束焊接

所谓高能束焊接, 是指焊接过程中, 将焊接接头在高温等的作用下至熔化状态。与传统的熔化焊相比, 高能束焊接具有焊缝窄而深、热影响区小、变形小和不添加焊接材料的高精度焊接等优点。

针对 Ti/NiTi 物理与化学性能差异较大, 致使对 Ti/NiTi 直接焊接产生大量的脆性金属间化合物和裂纹的情况。Chen、宋鹏等人<sup>[20, 21]</sup>分别进行了 NiTi/TC4 的不同激光焊接实验, 观察了接头的宏观形貌、显微组织和力学性能等。分析表明, 焊缝处有  $\text{NiTi}_2$  和 NiTi 等脆性相形成, NiTi/TC4 焊接接头出现裂纹, 其裂纹形式如图 2 所示。其中  $\text{NiTi}_2$  相产生是导致接头变脆最主要因素。Miranda 等人<sup>[22]</sup>做了 NiTi 与 Ti6Al4V 的焊接研究, 无论焊接过程中产生多少的热量, 在 FZ 中总是会出现裂纹。分析显示焊缝中有  $\text{Ti}_2\text{Ni}$  脆性相的存在。



(a) 7.2W; (b) 9.6W; (c) 12W

图 2 不同脉冲激光功率下 NiTiNb/Ti6Al4V 异种金属焊接接头裂纹形貌<sup>[20]</sup>

解决 NiTi/Ti6Al4V 焊接接头脆化问题的方法是可通过引入一种元素来抑制或减少在 FZ 中形成的脆性金属间化合物的数量, 从而克服 NiTi/Ti6Al4V 焊接接头的脆性, 改善接头的性能。陈玉华等人<sup>[23]</sup>通过手工添加直径为  $\Phi 0.3\text{mm}$  的纯 Ni 焊丝的方法调节焊缝中 Ni 的含量, 使焊缝成分避开  $\text{Ti}_2\text{Ni}$  化合物形成区间抑制  $\text{Ti}_2\text{Ni}$  的形成, 焊接接头强度达到了 332MPa。Zoeram 等人<sup>[24, 25]</sup>采用脉冲 Nd:YAG 激光对 Ti6Al4V/NiTi 进行了脉冲激光焊接, 研究了 Cu 层间厚度对组织、化学成分、力学性能和断裂行为的影响。研究表明, 夹层厚度对接头的化学成分和极限抗拉强度有很大的影响。随着层间厚度的增加, 接头的抗拉强度和伸长率分别达到 300 MPa 和 3.3%。Cu 层间厚度的进一步增加导致焊缝金属中 Ti-Cu 金属间化合物的形成和缩孔的形成, 导致力学性能的恶化。因此, Ti6Al4V/NiTi 合金的异种焊接用铜中间层的厚度需要进一步优化。

通过改变中间层 Nb 熔化量来防止脆性相的生成, Zhou 等人<sup>[26]</sup>实现了 NiTi 合金和 Ti6Al4V 激光焊接。随激光功率的增加, 中间层 Nb 的熔化量从 17.6 W (sample A)

增加到 22.4 W (sample C), 且金属间化合物的数量随 Nb 含量的增加而降低。由连续金属化合物层厚度的减小, 接头的抗拉强度增加。通过图 3 可以看出其接头的平均抗拉强度可达 Ti6Al4V 母材的 82%。占宇林<sup>[27]</sup>利用真空电子束焊接方法对 3mm 厚的 NiTi 合金与 TC4 进行焊接。添加 Nb 作为中间层的焊接方式来控制焊接裂纹的产生并获得具有力学性能良好的焊接接头。当填充金属 Nb 的厚度达 0.55mm 时接头裂纹得到消除, 其接头抗拉强度可达 328MPa, 接头断裂方式为脆性断裂。当添加 Nb 中间层与偏束至 TC4 侧共同作用时, 成功抑制了 NiTi 合金与 TC4 异种金属焊接时 Ti<sub>2</sub>Ni 相的形成, 接头裂纹同样得到消除, TC4 侧焊缝处的硬度与母材相当。

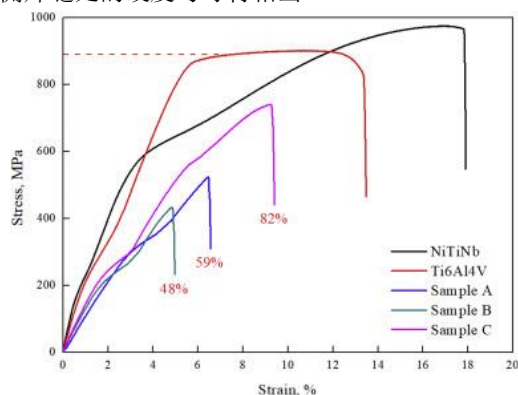


图 3 焊接接头和基材的应力-应变曲线和相对强度系数<sup>[26]</sup>

上述的研究表明, 采用添加中间层或者添加中间层与控制光束位置的高能束焊接方法, 能够抑制 NiTiNb/TC4 接头中 Ti<sub>2</sub>Ni 形成, 但是由于添加的中间层会与母材形成新的金属间化合物, 如 Cu-Ti 金属间化合物, 焊接接头的塑性仍然不能满足要求。因此, 在探索 Ti/NiTi 异种金属焊接中, 要进一步研究清楚添加中间层及中间层熔化量来调节金属间化合物与裂纹数量, 以此获得综合力学性能优异的焊接接头。

## 2.2 其他焊接方法

固相焊具有焊缝处金属微观结构变化小、能在较低的温度下获得连接焊缝(相对于熔化焊)及没有熔融金属等优点<sup>[28]</sup>。实现起来比较困难, 因此相关研究较少。钎焊是适合于多种材料的焊接加工, 也适合于不同金属或异类材料的焊接加工。采用比母材熔点低的金属材料做钎料, 利用液态钎料润湿母材, 可以改善 Ti/NiTi 异种金属的焊接性, 利用添加钎料的方法避免接头部位形成金属间化合物和焊接裂纹。

有关 Ti/NiTi 异种金属焊接的固相焊和钎焊相比与激光焊接较少。王理涛<sup>[29]</sup>通过添加 Ni、Al 夹层对 0.2mm 厚 NiTi/TC4 进行超声波焊接实验, 由于 NiTi/TC4 异种材料焊接材料性能差异的影响, 不能得到好的焊接效果。当采用添加塑性较好夹层后, 能够获得成形良好的超声波焊接接头。添加夹层 Ni 经超声波焊接后, 在界面处出现

晶粒细化现象, 而夹层 Al 无此现象。添加 Al 夹层的焊接接头, 断裂模式主要以韧性断裂为主, 而 Ni 中间层接头断裂模式主要以脆性断裂为主。通过接头强度测试, 添加 Al 中间层接头强度要远高于 Ni 中间层接头强度, Al 更适合作为中间层实现 TiNi/TC4 异种金属超声波焊。

此外, T. Y. Yang 等<sup>[30]</sup>采用 Ti-15Cu-15Ni 钎料对 Ti50Ni50 进行了红外钎焊。接头中 CuNiTi 相的数量随钎焊时间的增加而减少, 而 Ti (Ni, Cu) 相刚好相反。结果可知, CuNiTi 相的存在恶化了接头的形状记忆效应, 而 Ti (Ni, Cu) 相仍能保持形状记忆行为, 即使加入大量的 Cu 也能保持形状记忆性能。因此, 钎焊进行较长的时间, 对试样有较高的形状恢复率。即使钎焊时间和温度不断地增加, 稳定的 Ti<sub>2</sub>(Ni, Cu) 相也不会完全去除。

上述的研究表明, 通过固相焊、钎料焊接方式, 一定程度上能够避免焊接接头部位形成金属间化合物和焊接裂纹, 且能够改善接头组织与性能、保护形状记忆效应的作用及一定的强化效果。这将对拓宽 NiTi 形状记忆合金连接技术具有重要的现实意义。

## 2.3 熔焊热导钎焊

相比同种金属焊接接头, 两种母材具有客观的物理化学性质差异, 在异种金属焊接接头中不仅存在着同种金属焊接接头的均匀性特点, 而且还存在着焊接熔池的形貌、成分及微观结构的不均匀性, 这使得异种金属焊接接头的均匀性更为显著。在 Ti/NiTi 合金异种金属连接过程中, 希望 NiTi 母材侧组织及成分改变小, 尽量使焊接接头保持 NiTi 母材形状记忆特征<sup>[31]</sup>。熔焊热导钎焊主要针对 NiTi 形状记忆合金类异种金属焊接且继承其特殊性能不受影响而提出的新的焊接方法。依靠热传导提供的热量在焊接界面形成共晶反应液态金属层, 随后冷却形成一种共晶组织, 实现异种金属的接触反应钎焊连接, 焊接原理如图 4 所示。

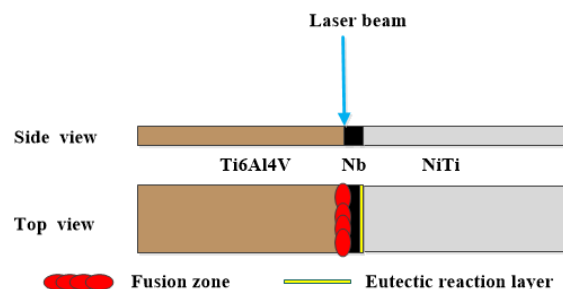


图 4 Ti6Al4V/Nb/NiTi 异质接头脉冲激光焊诱发共晶反应焊接示意图

为了研究熔焊热导钎焊焊接机理与微观组织、力学性能、元素扩散之间的联系, 还需做大量的研究工作。影响异种金属接触反应钎焊接头的主要工艺参数有焊接温度、保温时间、压力和中间层种类及厚度等多种因素。Song 等人<sup>[32]</sup>研究了铜做中间层时钎焊温度对 Ti53311S 合金接触反应钎焊接头组织和力学性能的影响。随着钎焊温度的

增加,焊缝中  $\text{Ti}_2\text{Cu}$  金属间化合物逐渐减少,以片层状 ( $\alpha + \beta$ ) 组织为主。Wang 等人<sup>[33]</sup>对 Nb 与 NiTi 形状记忆合金进行了接触反应钎焊试验,发现在反应界面有棒状富 Nb 相和层片状的共晶组织存在。Zhou 等人<sup>[34]</sup>进行了以 Ti6Al4V 和 Ni 为填料激光连接 Mo 和 Ta 的研究。根据 Ti6Al4V (1655° C) 和 Ni (1455° C) 的熔点明显低于 Mo (2623° C) 和 Ta (3020° C) 等金属热物理性质的巨大差异,实现了 Mo 和 Ta 的接触反应钎焊试验。Gao 等人<sup>[35]</sup>采用 Nb 中间层激光焊接 Ti6Al4V/Cu, 实现了激光焊诱发共晶反应接头具有熔化焊和钎焊两个界面。通过如图 5(a) 可以清楚发现不添加 Nb 时 Cu 发生了完全熔化产生了脆性化合物;如图 5(b) 添加了 Nb 时且激光束位于 Ti6Al4V/Nb 界面,确保 Nb 中间层部分熔化,未熔 Nb 能阻止 Ti 和 Cu 的混合,防止熔融区域  $\text{Ti}_3\text{Cu}_7$  脆性相的形成。在适当的热输入条件下,将熔池中的热量传递到 Nb/Cu 界面,从而使 Cu 熔化,一次焊接可获得一种复合接头。

熔焊热导钎焊已经有了初步的探索,在 Ti/NiTi 合金异种金属连接过程中可以很好地利用。其中, Oliveira 等人<sup>[36]</sup>利用 50  $\mu\text{m}$  厚 Nb 箔作为中间层,对 Ti6Al4V/NiTi 异种金属进行了脉冲激光焊接试验,发现焊缝中无  $\text{Ti}_2\text{Ni}$ ,  $\text{Ni}_3\text{Ti}$  和  $\text{Al}_3\text{Ti}$  等金属间化合物的形成,熔化仅仅发生在 Ti6Al4V/Nb 界面,在 NiTi/Nb 界面发生了共晶反应实现了连接,但是拉伸强度低于 NiTi 形状记忆合金应力诱发马氏体相变的临界应力,需要进一步优化工艺参数。

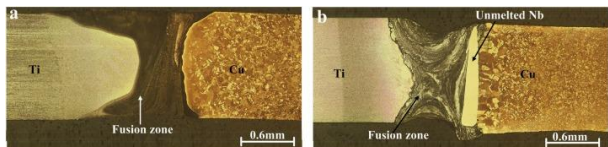


图5 (a) Ti6Al4V /Cu 焊缝形貌; (b) Ti6Al4V /Nb/Cu 焊缝形貌<sup>[35]</sup>

通过上述研究,提出区别于传统的新焊接方法,有利于特殊要求、焊接性差、异种金属焊接等连接技术的研究。利用激光焊等高能束焊接的方法可以实现复合反应界面的焊接,也是 NiTi 形状记忆合金焊接的一种具有发展潜力的焊接方法,且易于实现自动化焊接及具有精确定位操作性。

### 3 结论

随着人们对 NiTi 形状记忆合金材料的不断认识及在各领域的广泛应用,对 NiTi 形状记忆合金复合接头焊接质量的要求越高。简要分析了现有焊接方法的研究现状基础上,充分说明了熔焊热导钎焊是一种有较大发展潜力的焊接方法。得出以下结论:(1) 在满足工程材料要求的前提下, Ti/NiTi 合金的焊接方法有高能束焊接(激光焊接和电子束焊接)、其他焊接方法(固相焊和钎焊)、复合反应界面焊接。目前来讲,激光焊接是 NiTi 形状记忆合金与其他异种金属焊接的热选焊接方法。(2) 为了防止 Ti/NiTi 合金异种金属焊接焊缝中金属间化合物的形成和裂纹的出现,可采用高能束焊接的前提下添加不同中间

层及控制中间层熔化量、控制光束位置等方法。(3) 传统焊接方法及目前所用焊接方法很难精确控制 NiTi 形状记忆合金焊接接头化学成分、微观组织、力学性能之间的联系,致使 NiTi 合金的形状记忆效应减弱。因此,提出了复合反应界面焊接方法进行焊接,既避免了金属间化合物的形成,也较好地继承了形状记忆效应。

### 4 展望

本课题组关于 NiTi 合金异种金属焊接做了大量的研究工作,在控制金属间化合物的前提下,既要保证焊接接头的力学性能,又要保证 NiTi 侧形状记忆效应。阐明熔化焊界面与共晶反应界面的微观组织状态匹配关系对接头强度及形状记忆效应的影响机制,揭示 Ti/NiTi 接头整体力学性能优良时熔化焊界面与共晶反应界面的微观组织。目前, Ti/NiTi 形状记忆合金异种金属焊接深入技术所能解决问题有限。如何在保证形状记忆特性的基础上,实现 NiTi 形状记忆合金异种金属的高质量焊接是有待进一步发展,也是当前研究者的研究热点。

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

### 【参考文献】

- [1] 沈利群,周涟庚. 形状记忆合金的应用现状[J]. 上海金属, 1996(6): 33-35.
- [2] 贺志荣,周超,刘琳,等. 形状记忆合金及其应用研究进展[J]. 铸造技术, 2017, 38(2): 257-261.
- [3] T. Deepan Bharathi Kannan, Abhijeet R Shegokar, P. Sathiya, et al. Parameter Design And Analysis In Laser Welding Of NiTiNol Shape Memory Alloy[J]. Materials Today: Proceedings, 2017, 4(8): 78.
- [4] 杨静宁,王其晨,王永祥. 形状记忆合金悬臂梁变形特性分析[J]. 甘肃科学学报, 2019, 31(1): 12-16.
- [5] 韩海林. Cu-Zn-Al 形状记忆合金等离子束流的连接研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2008.
- [6] 常泽雨. 论钛合金的特性及应用[J]. 科技经济导刊, 2019, 27(1): 86.
- [7] 刘鹏飞. 钛及钛合金结构焊接技术研究进展[J]. 金属加工(热加工), 2012(20): 11-13.
- [8] 江洪,陈亚杨. 钛合金在舰船上的研究及应用进展[J]. 新材料产业, 2018(12): 11-14.
- [9] 韩立军,赵熹华,赵蕾,等. TiNiNb 形状记忆合金丝精密脉冲电阻对焊工艺分析[J]. 材料科学与工艺, 1999(1): 76-79.
- [10] 刘鹏飞. 钛及钛合金结构焊接技术研究进展[J]. 金属加工(热加工), 2012(20): 11-13.

- [11]张润泽,夏月庆,董红刚,等.钛合金与钢异种材料钎焊研究现状[J].机械制造文摘(焊接分册),2018(5):1-10.
- [12]陈沛,段卫东,唐玉成.钛/钢多层爆炸焊接界面的实验研究[J].爆破,2018,35(1):123-129.
- [13]Deng Yongqiang, Sheng Guangmin, Yin Lijing. Impulse Pressuring Diffusion Bonding of Titanium to Stainless Steel Using a Copper Interlayer[J]. Rare Metal Materials and Engineering, 2015, 44(5): 1041-1045.
- [14]陈涛, 崔旭亮, 马元学, 等. 钛铜异种金属 CMT 焊接参数的优化[J]. 化工机械, 2015, 42(5): 639-642.
- [15]汪应玲, 李红, 栗卓新, 冯吉才. 形状记忆合金连接技术的研究进展[J]. 焊接, 2008(9): 5-8.
- [16]Qiao Li, Yuanxiang Zhu, Jialin Guo. Microstructure and mechanical properties of resistance-welded NiTi/stainless steel joints[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2017(249): 538-548.
- [17]刘兰胜. TiNi 合金/不锈钢异种材料微激光焊缝组织性能[J]. 电焊机, 2015, 45(3): 122-126.
- [18]M. J. C. Oliveira, R. H. F. Melo, T. M. Maciel, C. J. de Araújo, Microstructural evaluation and mechanical behaviour of dissimilar niti-stainless steel joints welded by micro gas tungsten arc welding[J]. Materials Chemistry and Physics, 2019(224): 137-147.
- [19]J. P. Oliveira, R. M. Miranda, F. M. Braz Fernandes, Welding and Joining of NiTi Shape Memory Alloys: A Review[J]. Progress in Materials Science, 2017(88): 412-466.
- [20]Y. H. Chen, Y. P. Mao, W. W. Lu, P. He. Investigation of welding crack in micro laser welded NiTiNb shape memory alloy and Ti6Al4V alloy dissimilar metals joints[J]. Optics & Laser Technology, 2017(91): 197-202.
- [21]宋鹏, 朱颖, 郭伟, 等. NiTi 形状记忆合金和 TC4 的激光焊接裂纹产生机理分析(英文)[J]. 稀有金属材料与工程, 2013, 42(2): 6-9.
- [22]MIRANDA R M, ASSUNCAO E, SILVA R J C, OLIRIVERIA J P, QUINTINO P. Fiber laser welding of NiTi to Ti-6Al-4V[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2015, 81(9): 1533-1538.
- [23]陈玉华, 戈军委, 刘奋成, 等. NiTi 形状记忆合金 / 钛合金异种材料激光焊[J]. 光学精密工程, 2014, 22(8): 2075-2080.
- [24]A. S. Zoeram, S. A. A. Mousavi. Laser welding of Ti-6Al-4V to Nitinol[J]. Materials and Design, 2014, 61(9): 185-190.
- [25]A. Shojaei Zoeram, S. A. A. Akbari Mousavi. Effect of interlayer thickness on microstructure and mechanical properties of as welded Ti6Al4V/Cu/NiTi joints[J]. Materials Letters, 2014(11): 133.
- [26]Xingwen Zhou, Yuhua Chen, Yongde Huang, Yuqing Mao, Yangyang Yu. Effects of niobium addition on the microstructure and mechanical properties of laser-welded joints of NiTiNb and Ti6Al4V alloys[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2018(5): 735.
- [27]占字林. NiTi 合金/TC4 钛合金电子束焊接接头裂纹敏感性及其控制[D]. 南昌: 南昌航空大学, 2018.
- [28]王非森, 高增, 文申柳, 等. NiTi 形状记忆合金连接的研究现状与展望[J]. 兰州工业高等专科学校学报, 2008, 15(4): 53-55.
- [29]王理涛. NiTi 合金/TC4 钛合金超声波焊接接头性能与界面组织研究[D]. 南昌: 南昌航空大学, 2018.
- [30]T. Y. Yang, R. K. Shiue, S. K. Wu, Infrared brazing of Ti50Ni50 shape memory alloy using pure Cu and Ti-15Cu-15Ni foils[J]. Intermetallics, 2004, 12(12): 1285-1292.
- [31]李洪梅, 孙大千, 王文权, 等. 采用纯铜中间层的 NiTi 形状记忆合金激光焊接[J]. 材料工程, 2010(10): 9-12.
- [32]X. G. Song, J. Cao, H. Y. Chen, H. Q. Wang, J. C. Feng. Contact reactive brazing of Ti53311S alloy using Cu foil as interlayer: Interfacial microstructure and joining properties[J]. Materials & Design, 2013(46): 895-901.
- [33]Wang Liqiang, Wang Cong, Zhang Lai-Chang, Chen Liangyu, Lu Weijie, Zhang Di. Phase transformation and deformation behavior of NiTi-Nb eutectic joined NiTi wires[J]. Scientific reports, 2016(6): 33.
- [34]Xingwen Zhou, Yongde Huang, Yuhua Chen, Peng Peng. Laser joining of Mo and Ta sheets with Ti6Al4V or Ni filler[J]. Optics & Laser Technology, 2018(106): 487-494.
- [35]Xiao-Long Gao, Huan Liu, Jing Liu, Haokui Yu. Laser welding of Ti6Al4V to Cu using a niobium interlayer[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2019(270): 293-305.
- [36]J. P. Oliveira, B. Panton, Z. Zeng, C. M. Andrei, Y. Zhou, R. M. Miranda F. M. B. Fernandes. Laser joining of NiTi to Ti6Al4V using a Niobium interlayer[J]. Acta Materialia, 2016(105): 9-15.
- 作者简介: 王小强(1993—), 男, 硕士, 主要研究方向为激光加工、表面改性及增材制造; 黄海博(1990—), 男, 博士, 主要研究方向为表面改性及增材制造。

# 石英材料精密焊接工艺优化与设备改进研究

赵国彬

贺利氏信越石英（中国）有限公司，辽宁 沈阳 110000

[摘要]随着石英材料在光学、电子和通信等高端技术领域的广泛应用，精密焊接工艺在石英材料加工中的重要性日益突出。石英材料具有良好的耐高温和化学稳定性，但其脆性较大，焊接过程中的热应力和接缝质量容易影响整体性能。本文通过分析现有的石英材料焊接技术，提出了优化焊接工艺的方案，并对焊接设备进行了改进。通过实验验证，优化后的工艺能够显著提高焊接接头的质量，减少裂纹和应力集中现象，提高了焊接效率。本文研究对石英材料精密焊接技术的进一步发展具有重要的参考价值。

[关键词] 石英材料；精密焊接；工艺优化；设备改进；焊接质量

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15519

中图分类号: TG422

文献标识码: A

## Research on Optimization of Precision Welding Process and Equipment Improvement for Quartz Materials

ZHAO Guobin

Heraeus Shinetsu Quartz (China) Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110000, China

**Abstract:** With the widespread application of quartz materials in high-end technology fields such as optics, electronics, and communication, the importance of precision welding technology in quartz material processing is becoming increasingly prominent. Quartz material has good high temperature resistance and chemical stability, but its brittleness is high, and the thermal stress and joint quality during welding can easily affect the overall performance. This article analyzes the existing quartz material welding technology, proposes a plan to optimize the welding process, and improves the welding equipment. Through experimental verification, the optimized process can significantly improve the quality of welded joints, reduce cracking and stress concentration, and improve welding efficiency. This study has important reference value for the further development of precision welding technology for quartz materials.

**Keywords:** quartz material; precision welding; process optimization; equipment improvement; welding quality

### 引言

石英材料因其特殊的物理化学性能，广泛应用于光学元件、半导体器件等领域。然而，由于其脆性和导热性能差，焊接工艺往往面临较大的挑战。传统的焊接方法如激光焊接、钨极氩弧焊等，虽然在某些情况下有效，但常常无法满足高精度、高质量焊接的需求。为了提升石英焊接接头的强度、耐用性及抗热冲击性能，本文将探讨精密焊接工艺的优化方法，并结合设备改进的策略，研究如何在保证焊接质量的基础上提升生产效率和降低成本。

### 1 石英材料焊接工艺现状分析

#### 1.1 石英材料的物理化学特性

石英材料( $\text{SiO}_2$ )以其优异的机械性能和化学稳定性，在许多高科技领域广泛应用。首先，石英的硬度较高（莫氏硬度为7），使其具有较强的抗磨损性，但也带来加工时的困难，尤其在焊接过程中容易产生裂纹。其次，石英材料具有较大的热膨胀系数，尤其是在加热过程中，由于温度变化导致的膨胀和收缩不均匀，容易在焊接接头处形成内应力，进而诱发裂纹的产生。此外，石英的导热性较差，意味着热量难以均匀分布在焊接区域。这一特性导致焊接区域温度上升较快，热应力增加，从而对焊接质量产

生不利影响。因此，在焊接过程中，必须采取特殊的工艺控制方法，以减少热损伤和避免裂纹产生<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 传统焊接工艺的应用与局限

传统的材料焊接工艺，如激光焊接和钨极氩弧焊（TIG），在一些特定的应用中取得了一定的效果。然而，由于石英的绝缘性和低导电性，这些传统焊接方法往往无法直接实现有效的加热与焊接。在传统金属焊接中，聚焦并用于加热金属区域，虽然可以提供精细的焊接控制，但由于热导率差，金属焊接过程中热量难以均匀分布，容易造成局部过热，进而引发裂纹。

传统金属焊接方法，如钨极氩弧焊，利用电弧加热金属母材，但对于石英这种绝缘材料而言，电弧无法稳定维持。石英由于缺乏自由电子，无法像金属一样感应电弧中的高频振荡进行加热。因此，这种方法在石英材料的焊接中面临极大的挑战。加热过程中产生的热应力容易在石英材料中引发裂纹，尤其是在薄壁石英焊接时，过大的热输入更加容易造成局部膨胀不均，进而导致接头强度不高。因此，传统焊接方法在石英焊接中存在较大的局限性，无法满足高质量和高精度的需求。

### 2 焊接工艺优化方法

## 2.1 焊接参数的优化

氢氧焰焊接是一种通过氢气与氧气的混合气体产生高温火焰来进行焊接的技术,广泛应用于石英材料的焊接中。其工作原理是通过控制氢气和氧气的比例,使得混合气体燃烧时释放出高温火焰。火焰的温度可达到 3000℃ 以上,能够迅速加热石英材料至熔点,使其熔化并与石英焊条融合,形成牢固的焊接接头。

在石英焊接中,使用氢氧焰加热枪将火焰聚焦在石英焊条和焊接部件的接触点上。通过手动操作,焊接工人将熔化的焊条沉积到石英表面,形成均匀的焊接接头。这种方式的优势在于其加热速度快、局部温度高,能够迅速使石英材料到达熔点,减少因温度过高而导致的材料损伤<sup>[2]</sup>。

焊接速度是另一个关键因素,速度过快容易导致焊接不充分,接头存在气孔或裂纹,而速度过慢则可能导致过多的热输入,造成焊接区的过度热影响,影响接头的机械性能。通过优化焊接速度,可以实现焊接质量和效率的平衡,从而获得理想的焊接接头。激光功率在焊接过程中起着至关重要的作用。功率过高容易造成石英材料的表面熔化和烧损,导致焊接接头脆弱;而功率过低则无法充分加热焊接区,导致焊接接头不牢固。通过多次实验和对比,可以确定最佳的激光功率范围,以确保焊接过程中的稳定性和接头的高质量。

## 2.2 焊接材料的选择与配比

焊接材料的选择对于石英材料的焊接质量至关重要,尤其是在要求精密焊接和高质量接头的应用中。为确保焊接接头的强度和稳定性,选择合适的焊接材料是至关重要的。在石英材料焊接中,为了避免焊接过程中出现裂纹、热应力过大或接头强度不足等问题,通常采用与母材相同或相近的焊接材料,以保持焊接区域和母材的特性一致。

对于透明石英材料的焊接,理想的焊接材料是采用与母材相同制备工艺制作的透明石英焊条。透明石英具有良好的光学性能和较低的热膨胀系数,因此,在焊接过程中,焊接材料的光学性能和热膨胀特性应与母材尽可能匹配。采用同源材料,即制备工艺、成分和结构与母材一致的焊条,可以避免因热膨胀系数差异而引发的热应力集中。此外,透明石英焊条还可以确保焊接接头在光学性能上的一致性,不会影响最终产品的透明度和视觉效果。

对于发泡石英材料,焊接材料的选择同样应遵循相同的原理。发泡石英是一种多孔、轻质材料,其焊接材料的选取应考虑到发泡石英的独特结构。采用与发泡石英母材相同制备工艺制作的发泡石英焊条,可以确保焊接区域在结构上与母材一致,避免焊接过程中产生不均匀的热膨胀现象,进而避免热应力导致的裂纹或变形。发泡石英焊条与母材一致的发泡结构特性,有助于保持焊接区域的轻质和多孔性质,避免焊接接头位置发生结构性破坏。

## 3 焊接设备的改进与技术创新

### 3.1 焊接设备的改进与技术创新

随着石英材料在现代工业中的广泛应用,石英焊接工艺的技术创新与设备改进成为提升焊接效率和焊接质量的关键。氢氧焰焊接作为一种常见的气焊方式,已被广泛应用于石英材料的焊接。然而,传统的氢氧焰焊接方法存在着操作不便和难以满足复杂焊接需求的不足,尤其是对于大型厚壁石英管的焊接。因此,近年来,针对焊接设备的改进和技术创新成为了研究的重点。

一项具有代表性的技术创新是由专利 CN208136074U 公开的石英管法兰焊接装置。这一装置通过对现有焊接方法进行优化,提供了更为稳定的焊接过程。首先,该装置引入了一个基于床身承载平台和回转平台的定位方案,不仅能够实现石英外管的精确夹持和回转定位,还能通过加热机构持续加热焊接区域。加热枪通过可升降的设计,能够自动调整焊接枪的高度和位置,使得焊接过程更为精准。这种设计能够确保焊接时石英管和石英法兰维持在理想的温度范围内,从而有效提升了焊接质量,尤其在面对复杂的焊接接头和厚壁石英管时表现尤为出色。

### 3.2 面向大规模石英管焊接的设备改进

为了应对更加复杂的焊接任务,传统的焊接设备设计往往显得力不从心。现有的一些设备主要集中在小直径石英管的焊接,且加热枪只能实现升降和上下摆动,无法适应大型石英管的内外焊缝需求。针对这一问题,最新的立式石英炉管焊接机在设计上做出了多项突破,提升了设备的适应性和操作便捷性。

这种焊接机通过引入多个自由度的焊接组件,包括外焊接组件、内烧灯、石英炉管夹持座等,能够全面优化焊接过程。特别是外焊接组件的平移功能,使得设备可以在更广泛的范围内移动,加大了焊接区域的覆盖面积。此外,焊接机还设计了多个调节机构,例如内外烧灯的升降、摆动和移动,能够有效应对不同厚度和直径的石英管的焊接需求。与传统设备相比,这种焊接机显著提高了焊接效率,并且保证了焊缝的均匀性和高质量。

进一步的优化体现在设备的自动化控制系统上。通过精确控制各个部件的运动轨迹,焊接机能够自动完成焊接过程中的温控、焊丝送进和火焰调节等操作,大大减轻了操作人员的劳动强度,并提高了焊接的稳定性和精度。这些技术创新不仅使得设备的适用范围更加广泛,而且能够大幅提升焊接的工艺水平,满足更复杂、更高质量要求的焊接任务。

## 4 工艺优化与设备改进的实验验证

### 4.1 实验方案设计

为了验证氢氧焰焊接工艺的优化效果,本实验设计了不同条件下的焊接实验,结合多灯具和往复震动技术对焊接质量进行系统研究。实验选取石英材料作为焊接对象,并对焊接参数进行精确控制,包括氢气与氧气的混合比例、

焊接火焰的温度、焊接时间以及震动频率等。具体实验方案如下:

首先,选取三组不同的焊接条件进行对比实验:第一组为传统手持氢氧焰加热枪焊接,作为对照组;第二组为引入多灯具系统,但仍然保持传统焊接操作方式;第三组则是在多灯具基础上引入往复震动技术,研究其对焊接质量和效率的提升效果。每组实验都在相同的操作环境下进行,以确保实验结果的可比性。

其次,为了确保实验数据的可靠性,每组实验都将进行至少三次重复,并使用高精度的温度计和焊接力计对焊接过程中的温度变化及焊接力进行实时监测。焊接完成后,采用金相分析法对焊接接头的显微结构进行观察,结合拉伸试验、硬度测试等方法评估焊接接头的力学性能和稳定性。最后,所有数据将进行统计分析,以便评估不同焊接方法对石英材料焊接性能的影响。

## 4.2 实验结果与分析

实验结果表明,不同焊接方法在焊接质量和效率上存在显著差异。在第一组传统手持加热枪焊接中,焊接接头存在较多的气孔、裂纹和不均匀的熔池,导致焊接强度较低,且焊接过程中温度控制难度较大,造成了局部过热或过冷的现象。这种温度不均匀导致了热应力集中,进一步引发了裂纹和烧损,最终影响了焊接接头的性能。焊接接头的断裂强度和硬度测试结果较低,说明焊接质量存在一定的隐患。

第二组采用多灯具系统的焊接方法,相比传统焊接,焊接质量有所改善。多灯具系统能够在焊接区域提供更均匀的热源分布,避免了局部过热的情况。通过将多个热源聚焦于焊接区域,能有效减缓焊接区域温度梯度,避免了由于温差过大造成的裂纹生成。焊接接头的气孔和裂纹数量有所减少,焊接接头的力学性能也有一定提升,但仍然存在少量的微小缺陷,表明温度控制仍不够精确,焊接质量尚不稳定。

第三组结合多灯具和往复震动技术的焊接方法表现最佳。引入震动技术后,焊接过程中的熔池更加稳定,焊接接头表面光滑,几乎没有气孔和裂纹现象。震动技术的引入显著改善了熔池的流动性,使得熔化金属能够均匀分布,避免了局部过热或过冷的现象,从而有效防止了材料的炸裂或烧穿。同时,震动产生的微小波动促进了焊缝的融合,提高了焊接接头的整体强度和韧性。焊接接头的拉伸强度和硬度测试结果均优于其他两组,显示出焊接质量的显著提升。与此同时,多灯具系统的应用进一步优化了热源分布,确保了焊接区域温度的均匀性和稳定性。

这一实验结果证明,结合多灯具系统和往复震动技术的焊接方法能够显著提高石英材料焊接的质量和效率,通

过改善温度控制和熔池稳定性,有效减少了裂纹和气孔的产生,提升了焊接接头的机械性能,且避免了常见的烧裂和爆裂现象。

## 4.3 优化效果的验证与总结

通过上述实验验证,采用多灯具和往复震动技术的焊接方法在石英材料的焊接中表现出明显的优化效果。与传统焊接方法相比,优化后的工艺能够显著提高焊接接头的质量,减少了焊接缺陷,提升了焊接接头的力学性能。焊接接头的断裂强度和硬度均显著提高,表明焊接接头的整体质量得到了改善。

优化后的焊接工艺也在生产效率上有所提高。多灯具系统的引入减少了热源的不均匀性,焊接速度较传统方法有所提升。同时,往复震动技术有效减少了熔池的不稳定性,避免了因操作不当导致的焊接缺陷,进一步提高了生产效率和稳定性。

总体来说,实验结果表明,结合多灯具和往复震动技术的氢氧焰焊接工艺,不仅能够显著提高石英材料焊接的质量和性能,还能有效提升焊接过程的稳定性和效率,为石英材料的精密焊接提供了一种可行的优化方案。

## 5 结语

通过对石英材料精密焊接工艺的优化与焊接设备改进的研究,本文提出了一系列针对性强、可操作性高的优化方案。这些改进能够有效提升焊接质量,降低裂纹产生的风险,增强焊接接头的力学性能和耐用性。同时,随着设备的智能化与自动化发展,焊接过程的控制精度和效率也得到了显著提升。本研究为石英材料焊接技术的进步提供了有价值的参考,并对相关行业的应用具有重要的指导意义。

## [参考文献]

- [1] 韩玉盼. 石英晶振片的超精密双面抛光工艺研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2023.
- [2] 谢仕强. 熔石英元件机械化学多能场复合协同精密磨削机理研究[D]. 湖南: 湖南大学, 2023.
- [3] 赵林杰. 熔石英材料的 CO<sub>2</sub> 激光抛光作用机理及其去除工艺研究[D]. 黑龙江: 哈尔滨工业大学, 2022.
- [4] 王伟, 王军, 姚鹏. 石英玻璃的高效可控精密磨削机理研究[J]. 金属加工(冷加工), 2020(8): 81.
- [5] 陈冲. 光学石英玻璃在超精密加工过程中的纳观物化行为研究[D]. 辽宁: 大连理工大学, 2019.

作者简介: 赵国彬(1985.9—), 男, 毕业院校: 沈阳航空工业学院, 学历: 本科, 所学专业: 机械设计制造及其自动化, 当前就职单位: 贺利氏信越石英(中国)有限公司, 职务: 工业化工程师, 所在职务的年限: 2年(包括其他工作单位16年), 职称级别: 现有中级工程师(申报副高级工程师)。

## 建筑工程管理中质量安全控制的关键因素分析

胡中玉

新疆恒宇科建筑安装有限责任公司, 新疆 五家渠 831300

**[摘要]**随着建筑行业的快速发展,工程的规模与复杂性不断增加,质量与安全问题也随之成为突出的挑战。从工程设计、施工阶段到竣工后的维护,所有环节都对质量与安全至关重要,决定着项目能否顺利完成。近年来,由于一些重大的质量安全事故,建筑行业在管理体制与标准方面已不断做出改善,以应对日益复杂的施工环境与管理需求。如何有效保障建筑工程质量与安全,提升管理水平,已成为亟待解决的关键问题。文章探讨建筑工程质量安全管理中的主要影响因素,并提出相应的控制策略,旨在为行业提供有效的建议,推动质量安全管理水平的提升。

**[关键词]**建筑工程;质量控制;安全管理;工程管理;质量安全

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15540

中图分类号: TU712

文献标识码: A

## Analysis of Key Factors in Quality Safe Control in Construction Project Management

HU Zhongyu

Xinjiang Hengyuke Construction and Installation Co., Ltd., Wujiaqu, Xinjiang, 831300, China

**Abstract:** With the rapid development of the construction industry, the scale and complexity of projects continue to increase, and quality and safety issues have become prominent challenges. From engineering design, construction phase to post completion maintenance, all aspects are crucial for quality and safety, determining whether the project can be successfully completed. In recent years, due to some major quality and safety accidents, the construction industry has continuously improved its management system and standards to cope with the increasingly complex construction environment and management needs. How to effectively ensure the quality and safety of construction projects and improve management level has become a key issue that urgently needs to be addressed. The article explores the main influencing factors in the quality and safety management of construction projects, and proposes corresponding control strategies, aiming to provide effective suggestions for the industry and promote the improvement of quality and safety management level.

**Keywords:** construction project; quality control; safety management; engineering management; quality safe

### 引言

随着城市化进程的加速,建筑工程的规模和复杂度不断上升,相应地,质量与安全问题也日益严峻。这些问题不仅影响到项目本身的实施进度与质量,甚至可能威胁到公众的生命安全。近年来,频繁发生的建筑质量安全事故,如高楼倒塌、施工设备故障等,已造成社会巨大损失。为应对这些问题,相关国家部门相继出台了法律法规和管理规范,试图通过更加严格的制度提升建筑行业的质量安全水平。然而,现行管理制度与技术手段仍有一定的局限,特别是在现场管理、人员培训以及技术支持等方面,问题尚未得到根本解决。

### 1 质量安全控制框架理论分析

#### 1.1 工程规划的质量安全控制

建筑工程的质量安全管理自规划阶段起步,作为项目的开端,规划阶段在整个工程的质量控制体系中占有极其重要的地位。合理的规划不仅为设计、施工与验收等后续工作奠定了坚实基础,还能有效识别和规避潜在的质量与安全风险。通过这一阶段的精心准备,可以确保资源得到合理配置,从而避免在施工过程中出现因准备不足导致的

质量与安全问题。在此阶段,必须综合考虑可能影响工程的各种风险因素,包括地理条件、环境变化以及施工过程中可能面临的复杂情形<sup>[1]</sup>。在此过程中,对所有可能影响项目质量、安全与进度的因素,如气候条件、地理环境变化及突发事件,进行详细分析与评估,有助于为规划制定提供科学依据。如此一来,项目实施过程中可能遇到的困难与障碍将能够有效避免,确保工程进度不受影响。借助风险评估结果,规划阶段的科学性与合理性将为后续各阶段的顺利推进创造条件。

#### 1.2 设计环节中的质量安全控制

设计阶段对建筑工程质量与安全的影响深远,设计图纸与技术方案不仅是施工的基础,也为后期实施提供了关键性指导。设计人员需依据现行规范与标准,结合实际需求,制定出科学、可行的设计方案。在设计过程中,必须考虑到各类可能的突发事件及其对质量安全造成的潜在影响。设计的质量控制重点在于对图纸与技术方案的严密审查,确保其符合设计规范,同时能够满足施工阶段的实际需求。设计团队在制定方案时,需全面考虑建筑物的结构安全性、环境适应性及可能出现的施工技术难题。

### 1.3 施工过程中质量安全的控制

施工阶段是整个工程项目的核心环节,质量与安全的控制贯穿此阶段的每一个环节,必须严密监控施工质量,并确保现场安全措施得到落实。施工人员的安全行为、施工材料的质量保障以及工艺操作的合规性,都是保障项目顺利完成的关键。在施工过程中,所有进入现场的材料应通过严格的检验,确保它们符合设计标准与质量要求。只有通过合格检查的材料,才能投入到施工中,从而避免不合格材料可能带来的质量隐患。同时,施工工艺必须严格遵循设计图纸,确保每一个施工步骤都符合预定要求,避免操作失误或工艺流程不当造成的质量问题。在施工现场的安全管理方面,对于高空作业、电气施工等高危项目,施工人员必须佩戴适当的防护装备,并遵循严格的安全操作规程<sup>[2]</sup>。施工现场还应配备专职安全员,定期检查所有安全设施的完好性,及时发现并消除潜在的安全隐患。此外,应急管理方案的制定同样不可忽视,施工单位需制定详尽的应急预案,并进行定期演练,以确保在突发情况下,施工人员能够迅速应对,最大程度降低安全事故的风险。

## 2 现场实践中的关键影响因素剖析

### 2.1 器材装备对质量安全的影响分析

当设备出现故障或未达到规定的质量标准时,施工可能受到影响,甚至可能导致安全事故。为确保施工过程的顺利进行,必须对设备进行定期检查与维护,以确保其在最佳状态下运行。设备管理是保障施工质量与安全的基础,保持设备的良好运转是工程顺利完成的前提。在设备选择上,必须依据项目的具体需求与施工环境来进行合理配置。每种设备必须符合工程的技术要求,适应不同施工环节的需要。例如,在高层建筑施工中,塔吊与高空作业平台等设备,必须具备足够的安全保障功能,满足施工进度要求。此外,设备的调度与配置应根据实际情况合理安排,确保不会因为设备问题而影响工程进度。经过专业培训的技术人员,能够确保设备得到合理操作,从而避免因操作不当而导致设备损坏或安全隐患。因此,设备管理不仅仅是对设备的定期检查与维护,还需要对操作人员进行严格培训,确保每一个环节都在安全可控的状态下进行。

### 2.2 技术人员素质的影响及其提升对于质量安全的积极作用

在建筑工程中,技术人员不仅需要扎实的理论基础,还必须具备丰富的实践经验,才能有效识别施工过程中潜在的质量与安全问题,并及时采取有效措施进行处理。通过定期培训与考核,可以不断提升技术人员的能力,使其在面对复杂情况时能够更加从容应对。技术人员的专业能力尤其体现在应对复杂施工环境时。尤其在不确定或恶劣的地质条件下,只有经验丰富的技术人员才能及时发现问题并提出合理的解决方案,确保施工过程中质量与安全不受影响。此外,技术人员的责任感与敬业精神也会直接影

响施工质量,具有高度责任心的技术人员往往能在施工过程中关注到每个细节,确保每一环节都严格遵守标准与规范。为提升技术人员的整体素质,建立科学的激励机制,提高技术人员的工作积极性,使其在施工过程中更加注重质量控制,进一步保障工程的顺利推进。

### 2.3 工程监督在保障建筑工程质量安全中的关键角色

通过对施工过程的严格监管,可以及时发现潜在的质量安全隐患,并采取相应的措施进行处理。工程监督不仅关注施工过程的管理,还涉及对材料使用、设备操作以及工人作业规范等各方面的监督。工程监督应覆盖整个施工过程,从材料的验收与设备的检查,到施工过程中的实时监控,再到竣工后的质量检查,所有环节均需接受严格监管。通过这种全方位的监管,能够确保施工工作严格按照设计要求执行,任何不合规的行为都能及时发现并得到纠正<sup>[3]</sup>。例如,在混凝土浇筑时,一旦发现不符合标准的材料或施工工艺出现问题,监督人员应立即采取措施,暂停施工,要求重新调整。所有施工材料必须经过严格的质量检查,确保其符合设计标准与行业规范。施工设备的运行状态同样需要受到监控,任何设备故障都可能影响到施工进度与安全。通过持续的监督与管理,确保施工过程的顺利进行,并能及时排除任何潜在的风险。完善的监督体系不仅能够提升施工质量,还能够在施工过程中及时发现并消除潜在的安全隐患,为工程顺利完成提供了强有力的保障。

## 3 建筑工程质量安全的有效控制与策略

### 3.1 加强工程管理与质量安全培训

在建筑工程的管理过程中,项目管理人员、施工人员以及技术人员的素质直接决定了工程质量与安全的保障水平。因此,加强培训工作显得尤为关键。为了提高质量安全意识,必须定期为各类人员组织培训,以提升其应对突发事件的能力。针对不同岗位、不同职责的工作人员,应当量身定制不同层次的培训计划,以便能够充分发挥每个参与者在质量安全管理中的作用。培训内容应结合理论与实践,具体化、细化,以确保参与者真正理解并能在实际操作中应用相关知识。项目管理人员需要系统了解质量安全管理流程、要点及其在全局中的重要性,而施工人员则应重点学习实际操作中的安全规范,严格遵守操作规程,尽量减少潜在的安全隐患。技术人员应深化对行业标准的掌握,提升其在工程实施中的技术分析与问题解决能力。为了确保培训效果的最大化,培训过程中可以结合实例与案例分析,采用互动式教学、模拟演练等方法,让受训人员在实践中巩固所学内容。

### 3.2 完善质量安全控制制度

一个科学合理、明确规范的管理制度能够为施工过程中的每个环节设定标准,规范操作流程,确保各项任务按要求顺利进行。通过制度建设,可以清晰界定各级管理人员的职责和义务,确保每个环节都能够落实到位,有效提

升工程管理的整体水平。制度的建立不仅仅局限于规范性的文件，还应涵盖工程项目的各个方面，包括项目规划、设计、施工以及竣工后的验收等环节。每个阶段应当制定细化的质量安全控制要求，确保项目的每一步都在规定的安全框架内执行。然而，仅有制度并不足够，严格的监督检查机制应当是制度有效运行的保障。通过定期监督、随机抽查等手段，能够及时发现并纠正偏离标准的行为，确保所有操作规范都能得到严格遵守。同时，通过激励与约束并行的机制，激发工作人员的积极性，进一步增强对质量安全管理体系的遵守力度。

### 3.3 强化现场安全监管措施

在建筑工程的施工过程中，施工现场作为高风险区域，涉及到大量的机械设备与人员操作，因此必须严格按照安全生产的相关标准进行管理。特别是在高风险作业区，安全监管措施应当更加严格。只有通过全面细致的现场安全管理，才能确保施工过程中不会因疏忽导致事故发生。对于高风险作业区域的管理，除了定期进行安全巡查，还应专门的人员进行重点监管。这些高风险区域包括但不限于高空作业、地下作业、危险化学品使用等，针对这些区域，必须采取针对性极强的安全措施，以确保作业人员能够在保障安全的前提下顺利完成工作。此外，加强与监理单位的沟通与协作，确保施工现场的安全措施能够得到全面落实，也是确保施工安全的重要手段。除了对高风险作业的监管外，定期开展安全培训，并结合现场实际情况进行应急演练，可以帮助施工人员提高在突发事件中的应对能力。通过强化施工人员的安全意识，能够有效降低人为操作失误对工程质量和安全造成的影响，进一步提升整个工程的安全保障水平。

### 3.4 提升工程质量的科技支持

随着建筑信息模型（BIM）、物联网技术的引入，建筑工程质量的控制与管理变得更加精准与高效。利用现代科技手段，项目管理者可以实时获取施工过程中涉及的各类数据，进行动态监控与分析，从而发现潜在的质量安全隐患并加以控制。以BIM技术为例，它能够在工程的设计阶段就进行详细的建模，为施工过程中的每个环节提供精准的数字化信息支持。通过虚拟建模，项目管理者可以提前预测施工过程中可能遇到的问题，进行有效的风险评估，并采取相应的预防措施。此外，BIM技术还能够实现信息的共享与协同，确保各参与方在同一平台上实时了解项目进展，有效降低信息沟通中的误差。物联网技术也为施工现场的实时监控提供了强有力的支持。通过在施工设备、材料与人员身上部署传感器，可以实时监测到施工现场的各类数据，包括设备运行状态、材料使用情况等，管理人员可通过数据分析实时了解项目的动态，并及时采取措施

进行调整。借助这些科技手段，不仅能够提升施工的精度与效率，还能有效减少施工过程中可能出现的错误，从而降低安全事故的发生概率。

### 3.5 严格验收与后期监管

验收阶段不仅仅是对施工质量的最终检验，也是保障建筑物长期安全性的关键步骤。在工程竣工后，必须严格按照相关法规与标准进行全面细致的检查，确保所有设计要求、施工标准以及安全规范都已得到落实。通过科学的验收程序，能够及时发现任何质量缺陷或安全隐患，为项目的顺利交付创造条件。工程验收仅仅是质量控制的一个阶段，建筑物投入使用后，其安全性和质量可能随着时间的推移受到外部环境和使用情况的影响<sup>[4]</sup>。因此，必须建立长期的后期监管机制，通过定期检查与维修，确保建筑物始终符合使用要求。特别是对于老旧建筑，必须加强维护，定期检查结构安全性、设备设施运行状况等，确保其能够满足长期使用的安全标准。通过这种持续的后期监管，不仅可以及时发现并解决潜在的质量问题，还能延长建筑物的使用寿命，避免因安全隐患引发的事故。后期监管的加强，不仅有助于保障使用者的安全，也为建筑工程质量管理体系的完善提供了有力支持。

## 4 结束语

随着工程规模的扩大与施工技术的日益复杂，如何在每个阶段有效保障质量与安全已成为行业面临的核心问题。分析建筑工程质量安全控制的关键因素，提出可行的管理策略，从全方位提高工程质量，降低安全隐患的风险。随着信息技术的不断进步，建筑行业应充分利用如建筑信息模型（BIM）、物联网等现代技术手段，加强对工程质量的监控，提高管理效率。政府、行业监管机构及企业必须加强协作，推动建筑工程质量安全管理的全面落实，确保工程项目的顺利实施，并实现行业的可持续发展。

### 【参考文献】

- [1]戴甘.提升建筑工程施工质量的对策分析[Z].《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(一).安庆安高地产开发有限公司;2024:2.
  - [2]智慧娟.A项目人防工程质量管理问题及对策研究[D].石家庄:河北地质大学,2024.
  - [3]林松霖.建筑工程质量监督中存在的问题及策略探索[J].中国建筑装饰装修,2022(10):138-140.
  - [4]陈瑜.做好土建工程监督管理的策略探讨[J].产品可靠性报告,2023(10):107-109.
- 作者简介:胡中玉(1990.8—),毕业院校:国家开放大学,所学专业:土木工程,当前就职单位名称:新疆恒宇科建筑安装有限责任公司,职称级别:中级。

# 半柔性抗车辙技术在道路养护工程中的应用研究

李 宁

新疆北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 城市化建设进程不断推动, 道路工程成为城市建设的基础工程项目之一, 由于道路工程直接影响人们的生活工作与学习, 所以在日常养护过程中, 要结合工程项目建设特点, 合理地选择适合的施工技术手段。为了有效避免和防止路面损坏, 在道路养护工程实施过程中, 施工团队要结合路面常见的病害种类和成因进行详细分析, 深入探索半柔性抗车辙技术的应用特点, 在此基础上结合实际的工程案例, 进一步探索道路养护工程中半柔性抗车辙技术应用策略。

[关键词] 半柔性抗车辙技术; 道路养护工程; 铺设技术

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15531

中图分类号: U416.21

文献标识码: A

## Application Research on Semi Flexible Anti Rutting Technology in Road Maintenance Engineering

LI Ning

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

**Abstract:** With the continuous promotion of urbanization construction, road engineering has become one of the basic engineering projects of urban construction. As road engineering directly affects people's life, work and study, it is necessary to combine the characteristics of engineering project construction and choose appropriate construction techniques in the daily maintenance process. In order to effectively avoid and prevent road surface damage, during the implementation of road maintenance projects, the construction team should conduct a detailed analysis based on the common types and causes of road surface diseases, deeply explore the application characteristics of semi flexible anti rutting technology, and further explore the application strategies of semi flexible anti rutting technology in road maintenance projects based on actual engineering cases.

**Keywords:** semi flexible anti rutting technology; road maintenance engineering; laying technology

在道路养护工程建设期间, 路面病害主要是由于车辆长期行驶在路面所造成的, 随着城市交通的不断发展和成熟, 无论是车辆数量还是车流量都大幅度增加, 导致路面病害越来越严重, 所以施工团队为了有效防止和修复路面病态, 积极引进半柔性抗车辙技术。

### 1 半柔性抗车辙技术特点

在道路养护工程实施过程中, 半柔性抗车辙技术是一种全新的路面养护和铺设技术, 该技术主要在路面施工期间增加一定比例的施工材料, 以此提高路面的弹性模量以及抗拉强度等相关参数标准, 从而达到抗车辙抗压力的施工效果。半柔性抗车辙技术在实际应用过程中, 铺装时主要使用两种材料, 其一为弹性材料, 其二为骨架材料, 其中弹性材料的目的是提高路面自身的弹性; 骨架材料则主要承担路面的结构承重, 确保路面自身具有抵抗变形的实际作用<sup>[1]</sup>。

#### 1.1 优势

半柔性抗车辙技术在道路养护工程中, 能够有效延长路面的基础使用寿命, 其核心是由于该技术使用后所造成的半柔性路面, 自身具有一定弹性, 能够有效适应车辆行驶过程中的压力, 减少车辆对于路面的损坏, 延长路面使用寿命。除此之外, 半柔性路面还可以有效减少车辆压力, 对于路面的破损, 降低路面的复杂情况, 提高车辆行驶的

安全性稳定性。通常情况下, 将半柔性抗车辙技术应用于道路养护工程环节中, 能够确保路面自身具备一定减震能力, 减少车辆在行驶过程中的振动, 提高车辆行驶舒适性。

#### 1.2 劣势

由于该技术在实际应用时, 所需要的材料以及技术工艺相比传统路面施工来说更复杂, 所以其成本支出以及技术造价相对较高, 其日常维护成本也随之增加, 使用半柔性抗车辙技术时, 由于该技术的铺设需要特殊的设备和专业技术手段, 所以其施工难度相对较高, 加上技术自身所具有的特殊性, 主要适用于中低速路面或者车流量较小的城市道路, 所以该技术应用于高速道路后, 其维护效果并不明显。

### 2 道路工程病害特点

#### 2.1 病害种类

道路养护工程实际进行建设过程中, 道路工程病害主要指工程项目路面所形成的损坏, 其表现为路面凹陷, 严重甚至会产生横向裂缝, 现阶段道路病害根据其表面特点, 主要分为以下几种类型<sup>[2]</sup>。

##### 2.1.1 线性病害

线性病害是由于车辆不断在路面增加压力, 导致路面出现线性损坏, 其病害特点为现行边缘出现明显的形变,

该病害通常出现在单行车道上。

#### 2.1.2 网状病害

网状病害主要呈现出网状特点,其核心原因是由于车道不断交叉,或者多车道道路上的车辆交错压力所形成的,所以该病害通常出现在较为繁华的路段。

#### 2.1.3 沉积物病害

沉积物病害是由于路面积水或者泥沙等沉积物不断积累在路面缝隙,该病害通常出现在雨季或者泥泞路段。

#### 2.1.4 脱粒病害

此种病害形式主要指路面的沥青结构层在长时间使用,或者承担压力出现的粉化、脱落等现象,此种病害形状大多数为平坦的横向裂缝,通常出现在沥青老化严重使用时间较长的路段。

### 2.2 病害成因

路面病害则是由于车辆不断压迫道路表面所引起的结构损坏,其形成原因以及外界影响因素相对比较复杂,比如:路面施工材料属性、交通流量以及外界自然条件等。

首先,路面所使用的材料质量,对于路面病害形成起到了重要作用和负面影响,路面材料的硬度以及结构稳定性越低,所产生的病害速度则越快,比如:当路面所使用的材料为沥青材料时,在高温环境下极易出现软化损坏流动;而在超低温情况下,沥青材料会出现脆弱,造成路面损害现象<sup>[3]</sup>。

其次,对于道路养护工程来说,车辆的交通流量同样是影响路面病害的主要因素,如果道路车流量过大,则极易出现路面病害,尤其是在过于繁华的路段上,路面病害形成速度则更快,其核心原因是由于车辆不断重复经过相同的道路轨迹,确保路面施工材料产生形变或疲劳等现象,从而形成路面损坏问题。

再次,自然环境和外界条件同样是导致路面病害形成的重要构成因素,尤其在过于潮湿的自然环境下,路面施工材料的基础黏附性和强度都大幅度降低,导致路面病害形成。

最后,自然环境的温度变化,也是造成路面材料不断收缩或膨胀的核心原因,进而导致路面裂缝问题形成破损。

### 3 工程案例

宿州某道路养护过程中,多个路段的路面损坏均不小于5cm,尤其在道路交叉口、公交车专用道以及公交站台等相关方面,路面损坏程度更为严重。对此,项目团队为了减少路面基层强度不足对于路面损坏效果的影响,对不同的路段进行结构车辙检测,明确不同道路的损坏情况。通常情况下,道路路面施工流程主要包含封闭交通、铣刨、清扫、摊铺黏层油、摊铺面层抗车辙沥青混合料、碾压密实、标志标线施工、恢复交安设施、开通道路交通。其中抗车辙剂技术手段是影响道路养护工程的重要构成部分,抗车辙剂在施工过程中,经过高温而软化,抗车辙剂微粒经过碾压形成热型,高黏附性微粒挤到集料骨架的空隙中,

进一步增强了沥青混合料结构骨架,增强了沥青粒料之间的相互作用力,增强了混合料之间的紧密性,提高了路面抗渗水平,也增强了沥青混凝土荷载承受能力。聚合物活性高、沥青软化点高,所以在日常养护过程中,不同的沥青成分选用不同的施工温度。本案例具体施工温度控制范围如表1所示<sup>[4]</sup>。

表1 混凝土施工特点

| 工序       | 温度               |
|----------|------------------|
| 沥青加热温度   | 150~166          |
| 矿料温度     | 176~186          |
| 混合料出厂温度  | 170~180, 不超过 186 |
| 运输到现场温度  | 不低于 160          |
| 摊铺温度     | 不低于 150          |
| 初压开始温度   | 不低于 140          |
| 碾压终了路表温度 | 不低于 80           |
| 灌浆前路表温度  | 不高于 50           |
| 施工气温     | 不低于 6            |

## 4 半柔性抗车辙技术应用策略

### 4.1 原材料配比

#### 4.1.1 沥青

对于道路养护工程来说,想要有效提高半柔性抗车辙技术应用水平,沥青的配比则是重要环节,因为沥青的配比需要结合道路养护工程实际情况进行科学调整,以此确保路面施工质量以及道路使用性能,一般情况下沥青配比应按照以下比例进行。

第一,联合试剂要结合路面不同的建设条件,自然环境以及施工需求选择适合的沥青材料,同时根据技术标准,明确黏合试剂的使用数量,一般情况下,黏合试剂需要保证4%~7%之间。第二,根据路面的不同建设需求,选择不同质量型号和种类的矿物原材料,同时根据施工要求,进一步确定矿物原材料的使用数量,通常情况下,矿物材料要保证93%~96%之间。第三,为了有效提高道路的使用寿命,增强道路路面耐久性,在道路养护工程实施过程中,还需要根据工程项目建设特点,适当增加聚合物改性沥青、橡胶粉末等添加试剂,需要额外注意的是,以上试剂添加浓度均不超过1%,以此确保路面建设效果<sup>[5]</sup>。

#### 4.1.2 集料

半柔性抗车辙技术应用过程中,集料同样是关键的组合物料,科学合理地选择集料配比,能够有效提高路面的抗碱性以及道路使用耐久性,最大程度降低路面损害的产生率。常见集料主要包含碎石、机制砂以及小型石子等,为了有效提升路面的基础耐久性,集料应选择硬度较高、抗压强度较大的集料物质。除此之外不同颗粒直径的集料,还应配合适当的浓度比例,以此确保混合之后的原材料自身具有较高的稳定性;在配置沥青混合施工原材料时,通

常会根据路面使用情况以及基础寿命要求,调整集料的使用种类以及基础比例,确保使用半柔性抗车辙技术后,路面性能能够达到最佳,比如:针对车辆行驶速度要求较高的道路,实际进行道路养护工程时,要选择硬度更高的集料,并适当提高集料材料的基础配比,确保路面自身的稳定性,为了降低路面的噪声,提高车辆驾驶的舒适性,同样可以选择具有吸附声音,降低振动的集料物质。

#### 4.2 明确车道数量

道路养护工程实际进行建设和施工过程中,在半柔性抗车辙技术实际应用时,还要明确车道的具体数量,并以此作为基础,综合考虑道路的核心交通以及车辆行驶种类,在此基础上预估道路的基础使用寿命。

进一步明确车辆数量时,需要考虑以下几个方面的影响因素。第一,交通流量是确定道路数量的核心因素,如果该区域的车辆流量过大,那么则需要扩建车道,以此满足车辆通行的核心需求。第二,不同类型的车辆对于道路的磨损以及影响各不相同,因此如果道路养护工程施工区域的行驶车辆种类过于特殊,则需及时调整车道数量,比如:道路如果长时间行驶重型货车,则需增加车道数量,确保道路自身的承载力能够达到标准要求。第三,道路使用寿命同样是明确车道数量的核心因素,如果道路预计使用寿命相对较长,则可以根据其他影响因素适当减少车道数量,反之则需增加车道数量。在明确车辆数量后,还要根据道路养护工程施工现状设定具体的施工方案,比如:浆体灌注、道路碾压、沥青铺洒等相关工作流程,以此保证道路养护期间能够顺利开展工程建设。

#### 4.3 灌浆施工

对于道路养护工程来说,灌浆施工是半柔性抗车辙技术应用的核心环节,该技术的作用主要是将水泥砂浆灌注至路面基层中,确保路面能够形成牢固的基础结构,致使路面自身具备较高的承载能力和较长的使用耐久性。实际进行灌浆施工时,首先要重视施工前的准备环节,并对路面基层进行全面清理,有效去除路面上的杂物,平整路面基层结构,确保基层能够符合工程项目施工标准。随后施工团队要结合道路养护工程建设要求,配置水泥砂浆灌注的比例,一般情况下,水泥砂浆主要由水泥、砂石、水分等相关材料,按照一定比例进行混合,以此保证水泥砂浆自身的流动性和结构硬度能够达到标准要求<sup>[6]</sup>。

在水泥砂浆灌注环节则需通过泵车或者人工推车等工具,将砂浆灌注至路面基层结构中,在灌注时需要重点控制砂浆结构体的流动速度和灌注厚度,确保砂浆能够均匀地分布在路面基层上。在水泥砂浆灌注完成后还需要等待胶体全面固化,其时间通常维持在24小时左右,而具体的施工时间则需根据水泥砂浆的配方比例、自然环境、温度变化等相关因素进一步明确。相比其他施工技术来说,

水泥砂浆的灌注施工是半柔性抗车辙技术应用过程中的核心程序,该技术的应用质量和施工效果对于道路养护环节十分重要,因此施工团队要严格按照标准要求开展技术操作,确保水泥砂浆的施工质量以及使用性能能够符合标准要求。

#### 4.4 碾压

半柔性抗车辙技术实施过程中,碾压环节是确保道路养护工程施工效果的核心环节,其碾压操作的主要目的是使施工材料之间能够紧密结合,有效清除材料之间的孔隙,减少沥青材料的移动,提高路面强度以及路面结构的密实度,所以实际进行碾压操作时,要科学选择碾压设备。现阶段常见的碾压设备主要包含双钢轮压路机和橡胶轮压路机,其中,双钢轮压路机由于设备自身所具有的特殊性,其碾压效果相对较好,但是在碾压时对于路面的震动较大,一旦操作不当会导致路面结构开裂或者反弹;橡胶轮压路机的碾压效果相对较弱,但是对路面的振动较小,所以通常应用于路面平整度较高的施工区域。除此之外,在碾压技术的选择上,当水泥砂浆灌注完成后,要尽可能进行初次压实,其目的主要是为了排除水泥砂浆的空气和水分,确保沥青材料之间能够紧密的结合,在初次压实操后,可以选择橡胶轮压路设备进行二次碾压,并减小对路面的震动影响。

#### 5 结束语

总之,半柔性抗车辙技术从本质上来看,是一种应用于道路养护工程的专业技术手段,该技术能够完善道路的使用性能,延长道路使用寿命,减少路面病害的产生概率,对此,施工团队要从原材料配比、车道数量、灌注施工、道路碾压等相关环节入手,结合技术应用特点,确保道路养护工程建设效果。

#### [参考文献]

- [1]杜森.半柔性抗车辙技术在道路养护工程中的应用研究[J].运输经理世界,2023(4):131-133.
  - [2]郭亮亮,朱金标.不同种类沥青混合料抗车辙性能研究[J].科技创新与应用,2024,14(14):66-69.
  - [3]邢林林.公路工程半柔性抗车辙路面施工技术[J].交通世界,2024(12):86-88.
  - [4]余后海,吉晓东,邓成,等.半柔性抗车辙路面在昆山道路交叉口的应用[J].江苏建筑,2023(6):98-100.
  - [5]熊子佳,龚明辉,洪锦祥,等.灌注式半柔性路面在电子导向胶轮系统工程中的应用研究[J].湖南交通科技,2023,49(3):58-63.
  - [6]黄允宝,邓成,龚明辉,等.高抗裂半柔性路面的性能研究与工程应用[J].上海公路,2023(2):119-123.
- 作者简介:李宁,男,毕业院校:西安交大,土木工程专业,当前就任单位:新疆北新路桥集团股份有限公司,职务:项目负责人,职称级别:工程师。

## 建筑工程造价管理中的成本控制策略与应用研究

李国伟

杭州美的房地产发展有限公司, 浙江 杭州 310000

**[摘要]**随着建筑行业的发展, 建筑工程的造价管理变得越来越复杂且重要。文中主要探讨了建筑工程造价管理中的成本控制策略, 并对其在实际工程中的应用进行了深入研究。通过分析建筑工程项目中各个阶段的成本控制方法, 提出了合理的成本控制措施, 如合理预算编制、精准的材料采购管理、工程进度控制、劳动力管理及有效的变更管理等方面。此文为建筑企业和项目管理人员提供了理论指导和实践参考, 旨在提高建筑项目的成本效益, 保障工程顺利完成。

**[关键词]** 建筑工程; 造价管理; 成本控制; 策略; 应用研究

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15530

中图分类号: TP3

文献标识码: A

## Research on Cost Control Strategies and Applications in Construction Cost Management

LI Guowei

Hangzhou Midea Real Estate Development Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

**Abstract:** With the development of the construction industry, cost management of construction projects has become increasingly complex and important. The article mainly explores cost control strategies in construction cost management and conducts in-depth research on their application in practical engineering. By analyzing the cost control methods in various stages of construction projects, reasonable cost control measures have been proposed, such as reasonable budget preparation, accurate material procurement management, project progress control, labor management, and effective change management. This article provides theoretical guidance and practical reference for construction enterprises and project managers, aiming to improve the cost-effectiveness of construction projects and ensure their smooth completion.

**Keywords:** construction engineering; cost management; cost control; strategy; application research

### 引言

建筑工程的造价管理是整个项目管理中最为关键的部分之一。由于工程项目通常涉及庞大的投资, 如何有效控制成本, 确保项目在预算范围内完成, 成为了项目的核心任务。随着工程项目规模的不断扩大和建设周期的不断延长, 建筑工程造价管理的难度也随之增加。本文将探讨当前建筑工程造价管理中的主要成本控制策略, 分析其在实践中的应用效果, 并提出优化措施。

### 1 建筑工程造价管理概述

#### 1.1 建筑工程造价管理的定义与内容

建筑工程造价管理是指在建筑工程项目的整个生命周期内, 从项目立项、设计、施工到竣工验收各个阶段, 通过合理的预算编制、成本控制、经济分析和合同管理等手段, 确保项目在规定的资金预算范围内完成, 并达到预期的质量与效益。造价管理的内容包括: 前期的可行性研究和投资评估、设计阶段的预算编制与审核、施工阶段的成本监控与控制、竣工阶段的结算和审计等。

#### 1.2 建筑工程造价管理的重要性

建筑工程造价管理对项目的成功至关重要。建筑项目通常涉及巨大的资金投入, 预算管理不当可能导致资金不足或资金浪费, 严重时甚至影响项目的持续性。合理的造

价管理有助于控制施工过程中的各类支出, 防止成本超支, 保障项目按时按质完成。此外, 精确的成本估算和科学的资金调配还能增强企业的竞争力, 为企业获得更多的投资机会和市场份额<sup>[1]</sup>。

#### 1.3 成本控制在建筑工程中的角色

成本控制是建筑工程造价管理中的核心内容, 是保证项目能够顺利进行并控制成本不超支的关键。成本控制的作用体现在多个方面。在项目初期阶段, 科学的成本控制可以帮助管理层准确预测项目的总费用, 为资金安排和后续执行提供依据。在施工阶段, 实时跟踪和控制各项成本, 如人工成本、材料采购、机械设备使用等, 能有效避免因管理失误导致的资源浪费。成本控制在项目变更管理中也起着至关重要的作用。建筑项目往往会发生设计变更或施工条件变化, 合理的成本控制策略能够在这些变更中保证项目预算不失控。

### 2 建筑工程成本控制的主要策略

#### 2.1 合理预算编制与风险评估

合理的预算编制是建筑工程成本控制的第一步。预算应根据项目的具体情况、设计方案、施工工艺等因素, 全面、细致地进行编制, 确保各项费用的合理性和可行性。通过对项目范围、设计图纸和技术要求的深入分析, 编制

精准的成本预算。风险评估是预算编制中的关键环节。通过识别可能出现的项目风险,如自然灾害、市场价格波动、技术难题等,进行详细的风险预判,预留足够的应急资金。这一策略有助于为可能的成本波动和不可预见的变化做好准备,避免预算超支。

## 2.2 施工阶段的成本控制方法

施工阶段是建筑工程成本控制的核心环节。施工现场的管理要高效,施工人员要按计划开展工作,避免因工期延误而增加不必要的成本。应通过精确的材料和设备管理,减少浪费。对于施工现场的资源使用,应定期检查和核对,确保物资的合理调配与高效利用。严格控制施工工艺、设备运行等环节的成本,确保每一项作业都能高效完成,降低不必要的开支。定期进行成本审查和进度控制,确保项目在预算内进行<sup>[2]</sup>。

## 2.3 材料采购与供应链管理

材料采购和供应链管理对建筑工程成本控制至关重要。首先,要选择性价比高的材料供应商,确保采购价格的竞争力。在材料采购过程中,要确保所有材料的质量符合要求,避免因劣质材料导致的返工和额外费用。供应链管理则要求及时跟踪和调度材料的采购和配送,避免由于材料短缺或延期交货造成的施工停滞。建立良好的供应商合作关系,确保供应链稳定,有助于减少因市场波动带来的成本风险。

## 2.4 施工工期与人工成本的管理

施工工期管理直接关系到项目的成本控制。合理的工期安排可以确保施工进度按计划进行,避免因工期延误而增加的人工成本和设备费用。人工成本管理同样重要,要通过科学的劳动力调配,优化工作流程,提高工作效率,避免人力资源的浪费。在人工管理上,确保劳动力的合理分配和使用,避免过度用工或者人工浪费。

## 2.5 项目变更管理与成本调整

建筑项目中,经常会遇到设计变更、技术调整或外部因素导致的变更。每一次变更都会影响到项目的成本,因此必须严格控制变更的频率与范围。项目变更管理应制定严格的审批程序,并对变更的影响进行详细评估,确保变更后的成本合理且可控。在变更过程中,及时调整预算,并对相关费用进行合理分配和控制,避免由于变更造成的成本过度增加。

# 3 建筑工程成本控制中的常见问题及原因分析

## 3.1 预算超支与成本失控的原因

预算超支是建筑工程成本控制中最常见的问题之一,通常由多个因素引起。预算编制不够精准是导致超支的主要原因之一,很多项目在初期阶段忽视了细节和潜在的风险,未能充分考虑可能出现的额外费用。施工过程中经常出现资源浪费和低效管理,未能合理调度劳动力、材料和设备,导致不必要的成本增加。项目在实施过程中可能遇到技术难题或施工方案不当,导致工期延误,从而增加了

人工和机械使用费用。总之,预算超支的根本原因通常是缺乏全面的前期规划与实时监控<sup>[3]</sup>。

## 3.2 项目设计变更与成本增加的关系

设计变更是建筑项目中常见的情况,但往往是成本增加的主要源头。设计变更通常会导致原定的施工计划和成本预算失效,进而引发额外费用的产生。设计变更可能包括建筑功能、结构方案、材料选择等方面的调整,每一次变更都可能引发设计图纸的修改、施工工艺的变动以及材料采购的重新安排。这些变更不仅增加了工程的直接成本,还可能延误施工进度,导致人工成本和设备使用费用的上升。此外,变更频繁还可能影响项目的质量控制,进而造成返工,进一步推高项目的整体成本。

## 3.3 管理不善与成本控制失效

管理不善是建筑工程中成本控制失效的重要原因。缺乏有效的成本管理制度和流程,使得各项成本无法得到有效的跟踪与管控。项目管理人员若对工程进度、质量和费用的掌控不力,可能导致资金的浪费和不必要的支出。沟通不畅、信息不对称也是导致管理不善的原因,管理层和施工队伍之间的协调不足,会造成施工进度滞后,进而导致项目成本的上升。缺少实时的成本监控机制,使得预算控制难以及时跟进,无法发现问题并进行及时纠正,从而引发成本失控的局面。

## 3.4 外部因素对成本的影响

建筑工程的成本受多种外部因素的影响,这些因素往往难以预测和控制。市场价格波动会直接影响到材料、人工和设备的成本。例如,钢材、水泥等建筑材料的价格波动可能导致项目预算发生较大变化。天气条件和自然灾害也可能导致施工进度延误和额外成本的产生,尤其是在一些特殊气候区域,天气因素往往成为成本控制的重要挑战。政策和法律法规的变化也可能影响项目的成本,新的环保标准或安全要求可能要求额外的投入。外部因素的不可控性使得成本管理更加复杂,项目管理人员需要预留足够的应急预算,以应对这些外部风险。

# 4 建筑工程成本控制的实际应用案例

## 4.1 典型项目案例分析

以某大型住宅小区建设项目为例,在这个大型住宅小区建设项目中,成本控制体现在多个阶段。项目开始时,成本预算是基于市场调研和初步设计方案制定的。然而,随着项目的推进,设计变更和不可预见因素使得成本控制变得复杂。为了应对这种情况,项目团队采用了动态预算管理系统,能够根据实时数据调整预算,以适应项目需求的变化。

项目中技术问题和工期延误是常见挑战,它们导致了材料的二次采购和额外人力成本。这些问题通常会导致成本超支,但在此项目中,通过实施精细的成本管理和风险预算的有效利用,项目组成功地在不牺牲建设质量的前提下

下,控制了总成本。

这一案例展示了成本控制在建筑项目管理中的重要性,并强调了预算管理的灵活性和对风险的前瞻性预判的必要性。通过实时的成本跟踪和调整预算,项目团队能够有效地应对突发事件,确保项目在预算范围内顺利完成<sup>[4]</sup>。

#### 4.2 成本控制策略的实施效果

在该项目中,主要的成本控制策略包括了严格的预算控制、材料采购管理、进度监控以及变更管理等。预算控制方面,通过对项目各个阶段进行细致的成本估算,确保了每一项支出的合理性和可追溯性。材料采购通过招标和议价方式,确保了价格的透明和竞争力。进度监控使得施工团队在每个阶段都严格按照预定的时间表执行,从而避免了因拖延产生的额外成本。最终,项目的总成本与初期预算相差较小,显示了这些控制策略的显著效果。

#### 4.3 项目管理中的成功经验与教训

该项目成功的经验在于精细化管理和跨部门的协作。项目管理团队提前做好了风险评估和成本预算,使得应对不确定因素时能够有充分的应对措施。项目在施工期间持续进行成本跟踪与调整,确保了每一项变更都有严格的成本审核和控制。但也存在一些教训,例如在材料采购环节,由于供应链管理得不够紧密,出现了几次材料延迟和价格波动问题,造成了部分成本的增加。这一经验表明,供应链管理是项目成本控制中不可忽视的重要环节。

#### 4.4 案例中的成本控制方法总结

从该案例中可以总结出几项有效的成本控制方法:制定详细且灵活的预算,并结合项目实际情况进行调整。严格控制设计变更,减少不必要的变动对预算的影响。再次,采用科学的进度管理,确保施工按时完成,避免延误导致的成本上升。建立良好的供应链管理体系,确保材料和设备的及时供应,防止因材料短缺引发的采购成本增加。这些方法为今后类似项目的成本控制提供了宝贵的经验。

### 5 建筑工程造价管理的未来发展趋势

#### 5.1 信息技术在成本控制中的应用

随着信息技术的快速发展,建筑工程造价管理逐渐引入了多种先进技术,如大数据、人工智能、物联网和建筑信息模型(BIM)。BIM技术的应用可以在设计和施工的早期阶段进行全面的成本预测与模拟,帮助项目团队在整个项目生命周期中进行精确的成本控制。通过集成的数据平台,项目经理能够实时监控项目进度、材料消耗和资金流向,及时发现潜在的成本超支风险。大数据分析则通过分析历史项目的数据,提供更精准的成本估算和趋势预测,有效优化预算制定和资源配置。这些技术的应用将极大提高建筑工程造价管理的效率和精准度。

#### 5.2 精益管理理念的引入

精益管理是一种通过消除浪费、优化资源使用、提高生产效率的管理方法,已逐渐被引入建筑工程领域。在造

价管理中,精益管理强调精确的工期控制和成本控制,要求施工各方最大限度地减少不必要的资源浪费。通过优化施工流程、合理安排工人、材料和设备的使用,精益管理可以有效降低人工成本、材料损耗及时间浪费,提高整体经济效益。未来,随着建筑项目对成本控制要求的日益提高,精益管理将成为推动建筑工程造价管理优化的重要趋势。

#### 5.3 跨部门协同管理的趋势

随着建筑工程项目复杂度的增加,单一部门无法有效解决项目中的各类问题。跨部门协同管理将成为未来建筑工程造价管理中的重要发展趋势。项目团队需要在设计、施工、采购、财务等多个部门之间建立紧密的沟通与协作机制,实现信息共享与资源整合。通过集成化的管理平台,各部门可以实时共享项目进度、预算、变更及质量控制信息,使得每个环节都能在第一时间做出调整,确保项目按计划顺利进行。这种跨部门的协同管理不仅能提高工作效率,还能有效避免因信息孤岛导致的管理不当,从而降低项目的整体成本。

#### 5.4 绿色建筑与可持续成本控制

随着环境保护意识的提升和政策要求的变化,绿色建筑和可持续发展的理念逐渐成为建筑工程造价管理的重要考量。绿色建筑不仅要关注项目本身的建造成本,还要注重能源消耗、资源利用效率和环境影响。可持续成本控制在设计阶段就应考虑使用节能环保的材料、合理规划建筑的能源管理系统以及提高施工过程中的资源利用率。在施工阶段,通过合理的废弃物回收和循环利用,减少不必要的资源浪费。

### 6 结语

建筑工程造价管理中的成本控制策略对保证项目经济效益和可持续发展具有重要意义。通过对当前成本控制方法的分析与案例研究,本文提出了优化成本控制的多项策略,并指出了行业未来发展中的新方向。在实际操作中,项目管理人员需要不断调整管理策略,结合工程特点,科学实施成本控制,确保项目顺利完成,降低风险,提升工程效益。

#### [参考文献]

- [1]陈世健. BIM技术在建筑成本管理中的工程造价控制策略分析[J]. 价值工程, 2024, 43(31): 162-164.
- [2]林秋丹. 动态成本控制在建筑工程造价管理中的应用[J]. 四川建材, 2024, 50(9): 223-225.
- [3]钱程. 探究建筑工程造价管理及成本控制措施[J]. 房地产世界, 2022(5): 89-91.
- [4]禹力. 建筑工程造价管理及成本控制策略研讨[J]. 大众标准化, 2023(12): 82-84.

作者简介: 李国伟(1986.5—), 毕业院校: 重庆大学, 所学专业: 工程管理, 当前就职单位: 杭州美的房地产发展有限公司, 职务: 造价工程师, 职称级别: 中级。

## 政府投资项目超概算的常见原因分析及控制对策

张雯清

乌鲁木齐市政府投资审计中心, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 各级各部门通过对政府投资建设项目实施全覆盖的监督检查, 有效地促进和规范了投资项目及资金管理。但从实际情况来看, 许多政府投资项目在管理上还普遍存在预算超概算的问题, 项目投资规模没有得到有效控制, 因此, 认真分析项目超概算的原因, 采取有效措施控制投资风险十分必要。

[关键词] 政府投资项目; 超概算; 常见原因分析; 控制对策

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15527

中图分类号: TU723.34

文献标识码: A

### Common Reasons Analysis and Control Measures for Government Investment Projects Exceeding Budget Estimates

ZHANG Wenqing

Urumqi Municipal Government Investment Audit Center, Urumqi, Xinjiang, 830000, China

**Abstract:** Various levels and departments have effectively promoted and standardized investment projects and fund management through full coverage supervision and inspection of government investment and construction projects. However, from the actual situation, many government investment projects still commonly suffer from budget overruns in management, and the scale of project investment has not been effectively controlled. Therefore, it is necessary to carefully analyze the reasons for project overruns and take effective measures to control investment risks.

**Keywords:** government investment projects; exceeding budget estimates; common reasons analysis; control measures

#### 引言

近年来, 政府投资项目超概算现象较为突出, 且超概算的幅度也较大, 这不仅使政府投资项目的投资效益下降, 也导致了政府对基本建设投资的失控, 扰乱了财政建设资金的计划安排, 给项目的顺利实施留下隐患。

#### 1 超概算的常见原因

##### 1.1 前期准备工作不充分

###### 1.1.1 可行性研究深度不足

在项目立项审批前, 部分政府投资项目的可行性研究报告未按要求深度编制, 这些报告往往提供不了详细全面的分析, 存在缺项漏算等问题。以地下管线项目为例, 如果对其复杂性未进行详细的勘察和预估, 实施过程中可能会遇到意外情况而增加费用。而对于部分重点项目来说, 只是履行了简单的审批程序, 未进行充分的可行性研究, 投资计划随意性较大, 只是进行了粗略估算, 为项目预留大额资金余量, 还有的项目实际花费仅达到项目预算的一半, 大大降低了政府建设资金的利用率。

###### 1.1.2 基本建设手续不完善

由于任务重、时间紧、标准高等因素, 导致部分政府投资的重点建设项目不能严格履行规定的基本建设程序。有的项目仓促开工, 形成了边勘测、边设计、边施工的“三边”工程。还有一些项目, 基本建设手续不完善就开工建设, 存在先建设后补办、边建设边办理等情况。举例来说,

部分被列为年度重点项目的建设项目, 由于前期准备工作不足, 基本建设手续不完善, 造成当年无法顺利开工, 有的项目甚至长期无法正常启动。还有的项目, 在前期拆迁和补偿问题未能妥善解决的前提下就盲目开工, 致使项目在实施过程中遇到阻碍而陷入停滞状态。甚至有的项目虽然已经交付使用多年, 仍存在建设手续不全的问题, 导致项目无法进行最后的决算。

###### 1.1.3 施工图设计与实际需求脱节

项目启动前, 部分设计单位未进行现场踏测, 仅根据建设单位的主观意愿进行设计, 造成施工图与现场实际出入较大, 工程变更频繁。以建筑工程为例, 一些项目因对地形地貌测量不准, 导致在基础工程施工时就要不断地调整设计方案, 在设计交底阶段, 如果建设单位对设计理念及图纸理解不够, 施工过程才发现设计图纸不能满足功能需求, 而不得不临时进行设计变更。另外, 如果设计人员的专业素质低或者工作不仔细, 那么设计出来的设计方案就有可能存在缺项漏项的问题, 从而增加项目的投资成本。

###### 1.1.4 概算编制不合理

项目立项审批前, 部分政府投资项目未按科学合理的方法编制概算, 只是进行了粗略估算。有的项目为了通过审批, 人为压低概算投资, 造成投资概算缺乏科学依据, 形成了所谓的“钓鱼工程”, 还有的项目概算编制人员专业素质差或者工作不仔细, 存在高估冒算漏算等情况, 这些都增加了投

资决策的盲目性,项目只要开工建设,就为超概算埋下了伏笔,可能造成项目投资成本的增加,发生超概算问题。

## 1.2 项目监管不到位

### 1.2.1 建设规模与标准失控

部分政府投资的建设项目未严格按照批复的概算进行设计、施工。未经项目原审批部门审批,建设单位随意增加建设内容、扩大建设规模,只注重项目最后效果,而忽视了项目概算投资,人为提高项目建设标准,直接增加了项目投资成本。

### 1.2.2 传统运转模式存在缺陷

对于一些由建设单位组建诸如工程指挥部、基建办之类的临时机构来管理的项目,人员有的是在本系统抽调,有的是临时借调,而项目的主要负责人往往也是身兼数职,他们的时间和精力有限,无法全程参与项目的管理工作,此外临时组建的项目管理机构,人员业务技能各异,缺乏项目管理的理论知识和实践经验,难以实现专业化管理,不可避免地造成资金的损失和浪费。这种自建自管自用的建设项目,尽管它能满足项目的使用需求,确保项目的实用性,但它不符合社会分工的经济原则,导致效率低和资源分配不合理。

### 1.2.3 现场监管不力

如果项目管理人员及监理人员不坚持原则、责任心不强、专业能力低,就无法及时有效地对隐蔽工程、临时工程等的变更签证进行审核把关,同时个别施工单位还存在虚报工作内容、增加变更签证数量、高估材料价格等问题,进而增加了项目的建设成本。以道路工程为例,如果对地下隐蔽工程的签证监管不及时、不到位,施工单位可能会虚报工程量和材料价格,最终增加了项目的建设成本。

### 1.2.4 工期拖延增加成本

部分政府投资项目的工期被长期拖延,有些原计划一年内完工的项目,实际用时超过两年甚至更长,有的项目施工遇阻造成工期被无限期拖延。由于项目整体进度的拖延,导致了一系列市场价格变动,增加了项目的建设成本。以建筑材料为例,随着时间的推移,其价格往往会呈现上升趋势,同时人工费也随着劳动力市场需求变化而不断增长。在这些因素的共同影响下,导致项目总投资超出了概算。

### 1.2.5 资金管理不严格

项目预算执行不严格,普遍存在超批复概算的情况,比如部分项目未严格按合同约定拨付工程款,存在提前支付或欠付工程进度款的问题,还有个别项目出现重复支付项目二类费用的情况等,上述做法可能导致工程质量、进度、成本管理效率低下以及超标准、超概算、超工期现象的发生,最终增加了工程建设成本。

## 1.3 招投标与合同管理不规范

### 1.3.1 招投标内容存在问题

按照相关规定,政府投资项目应当将主体工程、附属

工程、配套工程等全部纳入招投标范围,但在实际执行过程中,部分政府投资项目未遵循这一原则,只对主要的建设内容进行招标,而对其他附属、配套工程等采取议标方式不进行公开招标,为讨价还价留下了余地。甚至个别项目还存在化整为零、肢解工程规避招投标的问题,进一步增加了超概的风险。以某学校建设为例,建设单位将一些附属的道路、场平、绿化等工程不进行公开招标,而是通过议标方式选择施工单位,这种不规范操作可能导致工程成本增加。

### 1.3.2 招标违规操作

部分政府投资项目招投标不规范的问题比较突出,有的项目存在应招标未招标的问题,有的项目存在未招标先施工后补招投标手续的问题,还有的项目存在未按要求招标方式开展招标工作的问题,甚至还有少数项目依然存在串标、围标、陪标的嫌疑,这些问题的存在可能会对项目的概算执行、工程质量及施工管理带来不可预知的影响,增加了超概算的风险。例如某水厂预沉池项目的建设,原本应通过公开招标方式选择施工单位,但是建设单位没有履行招投标手续,而是将该预沉池的建设直接委托给了某个施工单位,事后补办了一个招标手续,这种违反规定的做法可能会导致施工单位高价中标,增加项目投资成本。

### 1.3.3 招投标监管松弛

当前招投标工作中,依然存在串标、围标、陪标等不按要求的招标问题,这些问题的出现伴随着标书质量差,粗制滥造,答辩无质量,甚至一问三不知等情况,这些现象揭示了招标监督管理部门、招标代理机构、评标委员会以及建设单位在招标文件和投标文件编制、投标单位及招投标资格审查等方面,存在工作不细致、不严格、不到位的问题,导致招投标问题屡禁不止,违背了公平、公正、公开的原则,从某种程度上影响了概算的执行。

### 1.3.4 标书与合同内容不符

有的项目中标后,甲乙双方未按照招标文件要求签订施工合同,签订的施工合同与招标文件内容有实质性背离,还有的项目施工合同内容不完整、表述模糊弱、措辞不严谨容易引起争议,进而影响工程造价。比如在合同中对工程计价方式、材料价格调整等条款约定不明确,施工过程中就容易产生争议,导致工程成本增加,引起超概算问题的发生。

## 2 超概算的控制对策

### 2.1 完善制度机制

#### 2.1.1 完善审批制度

按照规定,投资主管部门负责编制年度计划,其他有关部门负责编制本行业、本领域的年度计划,层层把好投资年度计划的编制关,对于所有被纳入政府投资年度计划的项目,应当符合《政府投资条例》规定的年度计划项目审批条件,并按规定办理相关手续。那些对经济发展和社

会公众利益产生重大影响或者投资规模较大的项目,应在咨询评估机构评估、专家评议、风险评估等科学论证基础上,严格把好项目建议书、可行性研究报告、初步设计的审批环节;然而,对一些改扩建项目、建设内容单一、投资规模较小的项目,可适当简化审批流程。

#### 2.1.2 建立超概算审查机制

由相关部门联合出台工作方案,建立超概算审查机制,督促政府投资项目的审批部门加强重大项目信息数据的建设和共享,将严重超概算的政府投资项目在纳入审计计划后开展专项审计调查,严控政府投资项目超标准、超概算、超工期的现象发生。通过这种机制,及时发现和处理超概算项目,从制度层面加强对超概算问题的管控<sup>[1]</sup>。

#### 2.1.3 加强项目全过程管理制度建设

项目建设前期,建立可行性研究报告的审核制度,确保可行性研究报告的深度和准确性;项目实施过程中,建立项目投资的监控制度,动态掌握项目的投资情况;项目竣工后,建立竣工决算的审核制度,确保项目投资得到合理控制。例如可以要求项目建设单位定期向上级主管单位报告项目的进展情况及概算执行情况,包括施工图设计和预算执行是否符合初步设计和概算的编制要求,项目建设是否按批准的建设内容、规模、标准进行、是否超概算等。

#### 2.1.4 建立项目后评价制度

项目完工投入使用后,我们要从立项决策、设计、招标、投标、施工、竣工、投产以及运营等全过程对该项目进行全面系统的评价。通过对项目活动的实践检验和总结,确定项目的预期目标是否达到、是否合理有效、主要效益指标是否实现;此外我们还需要通过分析和评价找出成功失败的原因并总结经验,通过及时有效的信息反馈,为未来新项目的决策和优化提出合理化建议、对可能出现的问题提出改进方案,从而达到提高投资效益、控制建设成本的目的。

### 2.2 强化项目监管

#### 2.2.1 严格控制项目的建设规模与标准

建立严格的项目变更审批制度,未经原审批部门批准,任何单位和个人不得擅自扩大建设规模、提高建设标准、增加投资概算。建设单位和相关管理部门要加强对项目建设过程的监督,确保项目按照批复的概算进行建设。比如项目建设过程中,如果需要对建设规模、标准、概算进行调整,建设单位必须向原审批部门提出申请,经过严格的审批程序后才能实施变更<sup>[2]</sup>。

#### 2.2.2 全面推行代建制

对于一些采取了“工程指挥部”“基建办”等“一次性业主”模式的自建自管自用项目来说,作为项目的使用单位,它是超概算的受益者,本身就有扩张投资的冲动,因此要从根源上解决超概算问题,就必须将使用单位和建设单位分开,全面推行代建制,实现政府投资项目专业化

建设管理,最终达到控制投资、提高投资效益和管理水平的目的。

#### 2.2.3 推行限额设计和设计监理制

推行限额设计,将项目的决算投资与设计费紧密挂钩,使设计变更减少到最低限度,对于设计变更超过正常额度的设计单位,采取扣减设计费、公开曝光或限制其承担政府投资项目设计任务等措施,促使设计单位提高设计深度、改善设计质量;同时推行设计监理制,打破设计单位自我控制的单一局面;两者相结合,更好地实现建设项目的投资控制。

#### 2.2.4 加强现场监管

为提高项目管理人员和监理人员的专业能力和责任心,要加强对隐蔽工程、临时工程等变更签证的审核把关力度,建立严格的现场签证管理制度,确保签证内容真实、合理、准确。比如可以要求监理人员对每一项变更签证进行严格的审核,发现不符合逻辑的签证坚决不予认可,防止施工单位虚报工程量和价格。

#### 2.2.5 确保工期按时完成

项目实施过程中,严格执行合理的建设工期,建立工期延误责任追究制度,对于因建设单位、施工单位原因造成的工期拖延,要追究相关方责任,承担因工期拖延增加的投资成本。比如在合同中明确规定工期延误的违约责任,按照延误天数进行相应的经济处罚,促使施工单位按时完成项目建设。

#### 2.2.6 加强资金管理

执行项目概算,严格按照合同约定拨付工程款,杜绝提前支付进度款或重复支付项目费用等情况,建立资金使用监控制度,加强对项目资金流向和使用情况的监督,确保资金合理使用。比如我们可以建立专款专用账户,对资金的收支进行严格管理,定期对资金使用情况进行检查。

### 2.3 规范招投标与合同管理

#### 2.3.1 规范招标投标活动

按照规定,将政府投资项目的所有工作内容全部纳入招标投标范畴,加强对招标投标过程的监督力度,确保招标投标活动遵循公平、公正、公开的原则,坚决打击串标、围标、陪标以及应招标未招标等违法行为。比如我们可以建立一个全面的招投标监管体系,通过多部门协作监控招标投标活动,严肃查处各种违法违规行,提高招标投标活动的规范性。

#### 2.3.2 加强合同管理

中标单位确定后,确保签订的施工合同与招标文件内容一致,避免出现实质性内容的背离。

对于合同管理,我们要加强执行力度、规范合同条款,明确合同各方的权利义务,特别是工程计价方式、材料价格调整、工程变更等方面,这些容易引起争议的条款进行详细约定。比如我们可以在合同中明确规定,材料价格波

动超过一定幅度时的调整方法、工程变更的审批程序和计价原则等,降低因合同管理不规范导致的投资增加和超概算风险。

### 3 结语

政府投资项目超概算的现象源自多个因素的交织,涉及项目立项、设计、施工及后期监管等各个环节。超概算原因的深入剖析,不仅为项目管理的改进提供了有力依据,也为提高投资效率打下了坚实基础。通过采取有效的控制措施,完善制度机制,并加强全过程的管理,超概算的现象将得到有效遏制,确保政府资金的合理使用,提升建设项目的经济效益与社会效益。从源头抓起,项目的推进应

严格按照科学程序进行,避免资源错配与资金浪费,方能促进政府投资项目的可持续健康发展。

### [参考文献]

- [1]卢清华. 政府投资项目超批复概算的投资管控建议[J]. 建筑经济,2024,45(6):15-21.
- [2]汪飞跃. 浅谈如何加强政府投资项目概算的审查[J]. 四川水泥,2020(3):298.

作者简介:张雯清(1977.1—),毕业院校:云南大学,所学专业:工程管理,当前就职单位名称:乌鲁木齐市政府投资审计中心,就职单位职务:副高级工程师,职称级别:正高级工程师。

# 住宅建筑工程预结算与施工成本管理的优化策略研究

叶静茹

乌鲁木齐禾润科技开发有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]住宅建筑作为人们日常生活的重要组成部分,其造价工程预结算与建筑施工成本管理对于项目的经济效益和质量控制具有至关重要的作用。造价工程预结算是确保项目投资控制在预算范围内的关键环节,而建筑施工成本管理则是实现项目利润最大化的重要手段。文中对住宅建筑造价工程预结算与建筑施工成本管理的相关性进行深入分析,探讨二者之间的联系与互动,为住宅建筑项目的顺利实施提供理论支持和实践指导。

[关键词]住宅建筑;工程预结算;施工成本;成本管理;优化策略

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15524

中图分类号: TU723.3

文献标识码: A

## Research on Optimization Strategies for Pre-settlement and Construction Cost Management of Residential Construction Projects

YE Jingru

Urumqi Herun Technology Development Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

**Abstract:** As an important part of people's daily lives, the cost engineering pre-settlement and construction cost management of residential buildings play a crucial role in the economic benefits and quality control of the project. Cost engineering pre-settlement is a key link in ensuring project investment is controlled within the budget range, while construction cost management is an important means of maximizing project profits. The article conducts an in-depth analysis of the correlation between pre-settlement of residential construction cost engineering and construction cost management, explores the connection and interaction between them, and provides theoretical support and practical guidance for the smooth implementation of residential construction projects.

**Keywords:** residential construction; engineering pre-settlement; construction cost; cost management; optimization strategy

### 引言

在现代住宅建筑工程中,随着建筑技术的不断进步及市场竞争的日益激烈,工程项目的预结算与施工成本管理已成为确保项目顺利完成与实现经济效益的关键环节。作为项目初期的重要经济预测工具,预结算直接关系到资金安排、资源配置及各项施工活动的顺利推进。然而,随着项目规模的扩展及施工过程的日趋复杂,许多问题逐渐显现出传统的预结算与成本管理方式——诸如预算偏差、成本控制松懈、信息传递不畅等。这些问题不仅降低了成本控制的效果,还增加了施工过程中的风险与不确定性。因此,住宅建筑工程的预结算与施工成本管理的优化显得尤为重要。通过科学合理的管理策略,能够有效地实现预结算的精确编制与施工成本的控制,进而提升项目的经济效益与投资回报率。本文将探讨如何通过完善预结算审核流程、建立动态调整机制、加强信息沟通与协作、应用先进技术工具等手段,优化住宅建筑工程的预结算与施工成本管理,从而提高项目管理水平及推动行业发展提供可行的理论依据与实践指导。

### 1 住宅建筑造价工程预结算的重要性

住宅建筑造价工程的预结算在项目管理中占据着举足轻重的地位。它不仅为项目设定了明确的经济框架与资金保障,而且对项目的经济效益及资金使用效率产生了直

接影响。作为对建筑工程施工过程中各项费用的全面预测与计算,预结算通过对建筑材料、人工成本、设备费用及施工机械使用费用的详细估算,预算标准得以确立,进而指导资金的合理分配与使用。准确的预结算能够为各方提供清晰的经济预期,避免预算超支及资金浪费,同时为项目实施中的决策提供了可靠的数据支持。预结算的精确性直接关系到项目的资金周转与支付安排,透明的资金计划由此为投资者、承包商及材料供应商等各方提供,从而减少因资金管理不当引发的风险。合理的预结算能实现对施工各项费用的严格控制,确保项目能够按时、按质、按量完成,同时避免成本失控的潜在风险,最终实现预期的经济效益与社会效益。由此可见,住宅建筑造价工程的预结算不仅是成本控制的基础,而且是具备战略意义的管理工具,对提高项目管理水平、优化资源配置以及确保项目成功至关重要。

### 2 住宅建筑造价工程预结算的编制方法

住宅建筑造价工程预结算的编制是一项具有系统性和精确性的工作,旨在为项目资金需求、成本控制以及资源分配提供可靠依据。在编制预结算时,必须依据项目的设计图纸、技术规范及施工方案等文件进行详细分析。通过逐项审查建筑设计图纸,结合结构、设备及装饰等不同专业的要求,每个施工单元的具体造价信息被提取出来。

接下来,预结算的编制还需全面估算材料、人工、机械设备、管理费用及不可预见费用等各项成本。在材料费用方面,编制人员应根据市场价格、采购途径及供应商报价进行核算,以确保价格能够反映出项目实施时的实际情况;人工费用则应结合当地劳动力市场工资水平及施工难度来确定。机械设备费用的估算则需综合考虑租赁费用、使用时长及折旧等因素,确保施工阶段的实际支出得以准确反映。同时,编制人员还需根据项目地理位置、施工环境及工期等因素,适当调整不可预见费用的比例,以应对实施过程中的不确定性。工程量的准确核算也是预结算编制方法的重要环节,通常采用工程量清单法或部分分项法进行量化。在工程量清单法中,预结算依据清单中每项工程量计算单价并汇总;而部分分项法则要求对每一项工作的预算进行细化并进行合计。为了提高预结算的准确性,编制过程应多次校对,确保各项费用计算无遗漏或重复,尤其是在复杂项目中,严格的项目审核与复核是必不可少的<sup>[1]</sup>。随着现代建筑工程的发展,数字化手段在预结算编制中的应用日益增多。通过 BIM(建筑信息模型)技术等工具,预结算编制能够更精准地反映设计图纸的实际施工需求,同时实时跟踪与更新项目的成本数据,从而提升预算的透明度与准确性。

### 3 协调建筑工程造价预结算审核及施工成本管理关系的措施

#### 3.1 完善预结算审核流程以提高准确性

完善预结算审核流程对于提高建筑工程造价预结算的准确性具有重要意义。预结算审核应从项目的初期阶段便开始,以确保每项费用预算、工程量计算与单价选择的合理性。在设计阶段,预结算人员需要深入分析施工图纸与技术规范,结合具体的施工工艺与现场条件,对所有可能产生费用的因素进行全面预测,从而确保预算内容的完整性与准确性。审核流程应建立多层次、全方位的审核机制,涵盖技术、财务及合规等多个环节。技术审核主要聚焦于预结算依据与设计方案的一致性,检查是否合理考虑了各类施工技术要求;财务审核则重点审查预算金额与市场价格的匹配程度,以评估其合理性及经济性;合规审核则确保预算编制符合相关法律法规与行业标准。通过这一综合审核机制,单一视角可能带来的误差得以有效规避,预算的准确性得到确保。此外,预结算审核流程应设置专门的复核与纠错机制。一旦在审核过程中发现预算存在错误或偏差,复核应及时进行,并要求相关责任方进行调整。在复核过程中,所有数据与计算需进行交叉比对,以确保无遗漏或重复。为了提升审核的效率与准确性,智能化工具与软件可被引入,借助数据处理算法及智能比对功能,潜在问题能够自动识别并提出优化建议,从而减少人工审核过程中的疏漏。同时,预结算审核流程应与施工阶段紧密衔接。在施工过程中,成本管理团队与预结算审核人员应保持紧密联系,预算应及时调整,以应对市场价格变化、

施工进度调整等不确定因素的影响。

#### 3.2 建立动态调整机制应对成本变化

建立动态调整机制是确保建筑工程成本控制与施工成本管理有效性的关键措施。随着市场环境、政策法规、原材料价格、劳动力成本以及施工现场的不确定性不断变化,预结算的初步估算常常无法准确反映项目实施过程中实际成本的波动。为应对这一情况,必须建立一个灵活且具备实时调整能力的机制,由项目管理团队来实施。动态调整机制的核心在于确保预结算与施工成本管理的紧密配合,使相关人员能够根据实际情况,及时在项目实施过程中调整预算。具体来说,管理团队需定期收集市场信息,监控原材料、人工费用、设备租赁费用等成本要素的变化趋势。若出现显著的成本波动,预结算应及时修改,以确保预算更贴近实际市场情况。此外,与供应商、承包商等各方的合作机制至关重要,这有助于确保各类成本变动能够及时共享并纳入预算调整,从而避免信息滞后或数据误差。为了顺利实施动态调整机制,项目还应配备有效的信息管理系统。通过现代化管理软件和 BIM 技术,项目进展、费用支出以及市场变动可被实时监控,从而确保数据准确、及时<sup>[2]</sup>。同时,为确保预算调整的科学性,管理团队应设立严格的调整审批流程,每次预算调整都必须经过相关专业人员的评审与批准,从而确保调整后的预算与项目的整体规划及经济效益目标相符。

#### 3.3 加强预结算与施工实务之间的信息沟通

加强预结算与施工实务之间的信息沟通,对于确保建筑工程造价控制与成本管理的有效实施至关重要。在实际施工过程中,设计图纸、施工方案与现场条件之间的差异,尤其是现场实际情况、施工工艺的调整以及材料采购的实际问题,都可能对预算的执行产生影响。这要求预结算人员与施工团队之间保持密切的沟通与协作。项目启动阶段,充分的信息共享应由各方人员进行。预算编制的依据及成本构成,应详细地由预结算人员向施工团队说明;与此同时,施工团队应反馈现场的实际情况,如技术难题、工序调整或材料价格波动等,这些信息对确保预算的准确性和合理性至关重要。在项目实施阶段,定期沟通机制有助于确保各方信息的及时传递。例如,若施工过程中出现技术变更或设计调整,施工人员应及时将变更情况反馈给预结算人员,使其能够根据新的施工要求对预算进行必要调整,从而避免施工与预算之间出现脱节。同时,施工进展,预结算人员也应积极关注,定期与施工团队对接,检查预算执行情况,及时发现并解决可能出现的问题<sup>[3]</sup>。引入信息化工具,能够显著提升沟通效率与准确性。利用 BIM 技术进行三维建模,设计变更、材料采购、工期调整等信息可实时更新,使施工方与预结算团队能够在同一平台共享数据,减少信息滞后或误差的发生。

#### 3.4 实施成本控制培训,提升管理能力

实施成本控制培训,是提升建筑工程项目管理能力、确保预算精准执行与有效控制施工成本的核心措施之一。在建筑项目的各个阶段,成本管理的成效,直接影响项目的经济效益及投资回报率。通过系统化的培训,先进的成本控制方法与工具,能够帮助项目管理团队掌握,提高对成本波动的敏感性及应对能力。培训内容应涉及成本管理的基本理论、成本预算与预结算编制方法、施工阶段的成本控制技巧,并应强调如何利用信息化工具(如BIM技术、项目管理软件等)对成本进行实时监控与优化。培训的目标不仅是增强管理人员对造价数据的分析能力,还要加强他们对现场施工情况的理解,提升应对实际问题的能力。通过培训,管理人员能够掌握如何根据实际施工进度、材料消耗及人工费用的变化,及时调整预算,防止预算偏差或资金超支。除了理论知识,实际操作技能的培养,也应是培训的重点,帮助管理人员熟练掌握成本控制技术,如成本分析、成本追踪、资金流管理等,确保他们在面对项目实际情况时能够做出科学决策。在加强培训的过程中,团队成员的经验分享与交流应被鼓励,这有助于促进成本管理理念的共同提升,并营造协同工作、积极沟通的氛围。

### 3.5 推广先进造价管理软件和技术工具

在建筑造价管理领域,推广先进的软件和技术工具是实现精确预结算审核和高效施工成本管理的关键。这些工具不仅提供了强大的数据处理能力,还增强了信息共享和项目透明度,从而在项目的每个阶段实现了更加精细化的成本控制。现代造价管理软件通常配备复杂的算法,能够快速且准确地进行预结算和成本分析。在这些软件的支持下,管理人员可以轻松处理大量的成本数据,并实时更新市场价格数据库,及时掌握材料、设备和劳动力的成本变化。这一过程减少了人为计算错误带来的成本偏差,为精确控制成本奠定了基础。此外,工具所提供的可视化界面使得预结算和成本管理更加直观。通过制图、图表及实时数据仪表盘等功能,管理人员能够迅速掌握成本状态,理解成本变化的内在逻辑。这样的视觉化表达不仅加深了对数据的理解,还促进了非财务专业人员与造价管理团队之间的沟通。与此同时,利用先进技术捕捉施工现场信息也显得至关重要。例如,通过无人机进行施工现场监测,结合三维建模技术绘制现场进展的实时模型,可以显著提高信息收集的准确性和效率,为预结算审核与成本控制提供更多可能。这些管理软件还支持项目风险管理和决策支持。通过对不确定因素进行敏感性分析和模拟预测,帮助管理人员识别并规避潜在风险,避免成本超出控制,从而保证项目实施的经济性和效益最大化<sup>[4]</sup>。此外,云技术的引入为造价管理带来了革命性的变革。借助云平台,数据存取得到了优化,不仅提高了资源利用率,还打破了地理位置

的限制,确保项目团队可以随时随地更新和查阅最新数据。通过远程协作,项目团队成员能够及时做出反应并调整策略。然而,技术工具的推广不仅限于购买和安装,最关键的是对使用者进行全面且系统的培训,确保相关人员能够充分理解并掌握这些工具的正确使用方法。

### 3.6 建立激励与约束并重的管理体系

建立激励与约束相结合的管理体系,是确保建筑工程造价预结算审核及施工成本管理顺利实施的重要手段。该体系的核心,在于通过激励措施调动各方积极性,同时通过约束机制,确保工作按照既定预算与计划执行,从而实现成本控制目标。在激励机制方面,奖励政策与成本控制直接挂钩,可以通过设立,激励施工团队与项目管理人员在严格预算管理、提升工作效率方面发挥积极作用。例如,当项目按预算执行且成本控制达到预期时,相关人员可获得奖金、晋升机会或其他激励,这不仅增强其责任感,也提高了团队的参与度。另一方面,约束机制,通过明确责任与加强监督,确保预算与成本控制措施得到有效落实。严格的审查程序,可由管理层设定,定期进行成本超支、预算偏差等情况的审计,并采取必要的纠正措施。此外,施工方与分包商的考核,约束机制应涵盖,确保其在施工过程中严格按照预算执行,避免偏离预定轨道。

## 4 结语

通过对住宅建筑工程预结算与施工成本管理优化策略的研究,已明确了精确的预结算编制与有效成本控制,对确保工程顺利完成及提升项目经济效益的重要性。优化措施,如完善审核流程、建立动态调整机制、强化信息沟通以及引入先进技术工具,均可提升成本管理的准确性与效率,进而避免预算超支及资源浪费。随着数字化技术的不断发展,建筑工程成本管理将朝着智能化与精细化方向迈进。未来,结合创新技术与科学的管理方法,住宅建筑工程的成本管理将在提升项目管理水平、降低风险及增强市场竞争力方面,发挥更加重要的作用。

### [参考文献]

- [1]马蒙蒙.住宅建筑造价工程预结算与建筑施工成本管理的相关分析[J].居舍,2024(7):151-154.
  - [2]张贯华.住宅建筑造价工程预结算与施工成本管理研究[J].居舍,2025(1):159-162.
  - [3]李雪娇.建筑工程预结算与建筑施工成本管理[J].房地产世界,2022(2):81-83.
  - [4]黄寿生.建筑工程预结算审核中的常见问题及改善措施[J].江苏建材,2024(6):137-138.
- 作者简介:叶静茹(1997.12—),毕业院校:长沙理工大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:乌鲁木齐齐禾润科技开发有限公司,职称级别:初级工程师。

## 土木工程管理施工过程质量控制探究

何雪莲

广西国宁建设工程质量检测有限公司, 广西 北海 536000

**[摘要]** 土木工程建设的复杂性和多样性, 要求建立一个高效的质量控制体系。尽管如此, 施工过程中依然存在管理不善、物料质量不合格以及制度执行不力等问题。这些问题不仅直接影响工程质量, 还可能引发安全隐患及经济损失。随着信息化技术的逐步应用, BIM、物联网以及大数据等新兴手段, 正在推动质量控制方式的不断升级。技术的广泛应用与管理措施的有效实施之间, 仍然存在着不小的挑战。因此, 如何在施工过程中加强质量控制, 已成为确保工程安全及提升行业整体水平的关键课题。

**[关键词]** 土木工程; 施工管理; 质量控制

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15515

中图分类号: U448.42

文献标识码: A

## Exploration on Quality Control in the Construction Process of Civil Engineering Management

HE Xuelian

Guangxi Guoning Construction Engineering Quality Inspection Co., Ltd., Beihai, Guangxi, 536000, China

**Abstract:** The complexity and diversity of civil engineering construction require the establishment of an efficient quality control system. However, there are still problems such as poor management, substandard material quality, and inadequate implementation of regulations during the construction process. These issues not only directly affect the quality of the project, but may also cause safety hazards and economic losses. With the gradual application of information technology, BIM, the Internet of Things and emerging technologies such as big data are driving the continuous upgrading of quality control methods. There are still significant challenges between the widespread application of technology and the effective implementation of management measures. Therefore, how to strengthen quality control during the construction process has become a key issue in ensuring engineering safety and improving the overall level of the industry.

**Keywords:** civil engineering; construction management; quality control

### 引言

土木工程作为我国基础设施建设的核心部分, 涵盖了道路、桥梁、建筑等多个领域。随着城市化进程的不断推进, 工程项目的规模日益扩大, 施工质量的管理面临着更加复杂的挑战。关乎工程的安全性及稳定性的质量控制, 不仅直接影响社会公共安全, 也关系到资源的有效利用。因此, 提升施工过程中的质量管理水平, 已成为推动行业发展的关键需求。

### 1 土木工程管理施工过程质量控制的重要性

土木工程施工过程中的质量控制至关重要, 因为它直接关系到工程的安全性、稳定性及持久性。质量管理不仅是施工管理的核心部分, 也是确保工程符合设计要求、功能需求及社会期望的基础保障。通过高质量的施工过程, 可以有效防范安全隐患, 减少事故发生风险。无论是桥梁、道路还是建筑物, 其结构的安全与耐久性都依赖于精细的施工质量, 任何环节的疏忽都可能引发灾难性后果, 甚至危及生命与财产安全。施工质量的控制同样对工程成本与进度产生深远影响, 质量问题的出现, 常常导致返工、工期延误以及额外维修费用, 最终造成工程超出预算, 甚

至损害企业的信誉与市场竞争力。随着环保与可持续发展理念的逐步推进, 施工质量的优劣不仅关系到资源的合理使用, 还涉及环境的保护。通过严格的质量控制, 能够在提升工程长期效益的同时, 推动行业朝着更加规范、绿色与智能化的方向发展。土木工程施工中的质量控制, 不仅仅局限于单个项目, 它对整个行业的健康发展具有深远的影响。

### 2 土木工程管理施工过程质量控制存在的问题

#### 2.1 人员问题

在土木工程施工过程中, 人员问题一直是影响质量控制的关键因素之一。许多工程管理人员的专业能力和管理水平未能满足要求, 特别是在一些中小型项目中, 人员配置往往缺乏科学性和合理性。尽管部分管理人员拥有多年施工经验, 但他们普遍缺乏系统的质量管理知识或现代施工技术的培训, 导致其过于依赖个人经验, 忽视了标准化流程与管理规范的必要性。更为严重的是, 许多工作人员对质量控制缺乏足够的重视, 未能充分认识到关键环节的重要性, 质量管理上的疏忽逐渐积累, 最终导致施工质量难以达到预期标准。有些项目在人员配置上存在明显问题,

管理岗位职责不清,甚至关键岗位出现空缺。施工现场的管理人员缺乏足够的监督力度,未能及时识别和整改潜在的质量隐患,导致一些问题得不到有效处理,最终可能演变为不可逆的状况。如果质量问题未能得到及时解决,极有可能引发安全事故,给工人及周围居民的生命财产带来严重威胁。人员管理上的这些缺陷不仅会带来重大的经济损失,还可能损害企业的信誉,进一步影响行业的健康发展。

## 2.2 物料问题

在土木工程施工中,物料问题是影响质量控制的重要因素之一。原材料在施工过程中起着至关重要的作用,但若存在质量不达标、配比不稳定等问题,会严重影响工程的整体质量。水泥、钢筋、混凝土等建筑材料是基础建设的核心,若出现质量问题,可能直接导致结构变形、裂缝甚至垮塌,带来巨大的安全隐患。例如,使用不合格的水泥会使混凝土的强度无法满足设计要求,从而影响建筑物的承载能力及稳定性。特别是对于大跨度结构或高层建筑,任何物料质量的瑕疵都可能引发严重的安全事故,造成不可估量的损失。物料的配比不稳定或管理不到位也会对施工质量产生深远影响,建筑材料的精确比例对于确保混凝土或砂浆的强度至关重要,若配比不当,混凝土的强度会不一致,影响建筑结构的整体性能。例如,砂浆中水泥与砂的比例不合理,可能导致抗压强度不达标,进而影响墙体、地基的稳定性。在施工过程中,部分项目未能有效监管物料的采购、运输、存储及使用,造成材料在使用前发生质变,无法按标准进行施工。这样的物料管理失误不仅拖延工程进度,还可能带来额外的维修费用,甚至危及业主的使用安全和长期利益。

## 2.3 管控制度问题

在土木工程施工过程中,质量管控制度的问题一直是制约工程质量的重要因素之一。尽管许多企业在项目初期制定了完善的质量控制体系,但这些制度往往未能在实际施工中得到有效执行。管理人员对质量控制制度的重视不足,且执行环节存在明显疏漏,导致许多规定停留在理论层面,未能转化为实际操作。制度执行不到位,使得施工过程中质量管理的各项要求难以得到有效落实,最终导致施工质量未达标准,甚至出现严重的质量隐患。在很多情况下,土木工程项目的质量控制体系本身存在设计上的缺陷,缺乏针对性与细化,未能覆盖施工过程中所有关键环节。部分制度设计过于宽泛,未能针对实际情况进行详细规定,或者某些条款过于宽松,使得项目管理人员在执行时具有较大的操作空间,从而容易产生质量管理上的漏洞。制度设计上的不合理,不仅直接影响到施工质量,也可能导致施工进度的拖延和成本的增加。在某些极端情况下,管理体系的缺陷甚至可能使得项目无法按时交付,给企业带来严重的经济损失及信誉损害。

## 3 土木工程管理施工过程质量控制措施

### 3.1 提高管理人员专业水平

提高管理人员的专业水平,是确保土木工程施工质量的核心措施之一。在复杂多变的施工环境下,管理人员不仅应具备扎实的专业基础,还需具备灵活应用现代管理技术的能力。培训的针对性应当更强,除了掌握传统的工程技术知识外,还应注重质量控制、项目管理及风险预警等多方面的综合素质的培养。这种培养方式有助于管理人员更好地识别施工过程中的潜在问题,提升应急处理能力,从而确保项目能够顺利进行。随着建筑技术与管理理念的不断进步,管理人员需要保持对行业动态的高度敏感,及时掌握新兴施工技术与质量管理工具。例如,BIM技术与智能监控系统的广泛应用,正日益革新传统的施工管理方式。如果管理人员能够熟练掌握这些技术,将能显著提高项目管理效率与质量监控水平。通过持续学习与技能提升,管理人员将能够更加高效地与设计、施工、监理等各方进行协作,有效推动项目的顺利实施,确保施工质量始终处于可控状态。

### 3.2 完善质量控制体系

完善质量控制体系是确保土木工程施工质量的关键所在。一个完善的质量控制体系,不仅需要制度上明确质量标准 and 操作流程,更要在实际操作中得以有效执行,形成可持续的质量管理机制。质量控制体系应覆盖项目的每一个阶段,从设计、采购、施工到验收与后期维护,每一环节都必须有明确的标准与责任划分,这些标准应当与行业规范及国家法规保持一致,同时也应根据项目的具体需求进行适当调整与补充<sup>[1]</sup>。质量控制的实施必须依赖全员的参与与全过程的监控,不能仅仅依赖某一环节的努力。在项目的每个环节中,施工方、监理方、设计方等各方应明确各自的职责,确保每一个施工细节都受到充分的监督与检查。与此同时,质量控制体系还应当引入定期的审查与反馈机制,以便能够及时识别问题并进行调整,从而保证施工质量始终处于可控状态。随着技术的不断进步,质量控制体系的创新也显得尤为重要。例如,借助信息化管理手段,利用大数据、BIM技术等工具来实时监控施工质量,管理的精准度与效率得以显著提高。不仅如此,这些技术的应用还能够减少人为因素的干扰,确保在施工过程中及时调整与优化,保障质量始终如一。

### 3.3 加强物料市场调研与质量检测

加强物料市场调研与质量检测,是确保土木工程施工质量的核心环节。建筑材料的质量直接关系到工程的安全性与长期耐用性,因此,物料的采购与质量控制应从项目启动之初便开始严格把关。在物料采购中尽管价格重要,但更应关注供应商的信誉、材料的质量认证以及市场的稳定性。通过深入的市场调研,选择具有良好口碑且供应能力稳定的供应商,可以有效规避因材料质量不稳定而带来的风险,从源头上确保项目质量的基础<sup>[2]</sup>。质量检测应当

贯穿物料管理的全过程,所有进场的原材料,必须经过严格检测,确保其符合国家标准及设计要求。像水泥、钢筋、混凝土等基础性材料,出厂时不仅要通过质量认证,还应在运输到施工现场后进行复检,以防材料在运输或存储过程中出现问题。对于高风险材料,应当引入第三方检测机构,进行专业的检验,确保其质量满足项目要求,并避免因不合格材料影响施工进度。此外,物料的配比与使用方法同样需要严格监管,以防因材料不合格或使用不当影响施工质量。各类化学添加剂、混合材料等特殊物料的使用,必须依据规范要求配置与调整。通过加强市场调研与质量检测,可以从源头上控制材料质量,显著降低施工过程中出现问题的概率,从而确保工程质量与施工安全,为项目的顺利完成提供坚实保障。

### 3.4 提高监管力度

加强监管力度,作为保障土木工程施工质量的关键措施之一,其重要性不言而喻。施工过程中的监管,不仅仅局限于质量检查,还应涵盖对整个施工流程的全面监督与管理。监管应确保每个施工环节与细节都得到全面覆盖,从而及时发现并解决潜在问题。监管人员必须具备必要的技术背景,能够准确识别常见的质量问题,并具备发现潜在隐患、提出有效整改建议的能力。与此同时,施工中往往涉及大量外包作业及分包单位,而这些环节的质量控制通常容易被忽视。因此,加强监管同样意味着对外包单位的质量管理要更加严格,确保其按统一标准操作。现代科技手段的引入,对于提升监管过程的效率至关重要,通过无人机进行现场巡查,或利用 BIM 技术进行施工进度的虚拟监控,可以在第一时间发现施工中的问题,从而提前采取有效措施,避免质量隐患的蔓延。此外,监管工作还应结合定期的质量检查报告及第三方评估,确保质量控制措施得到有效实施,并及时作出调整。强化监管不仅有助于提升施工过程中的质量把控,确保各环节在可控范围内,还能够在问题出现时迅速进行处理,避免因延误而导致更严重的质量后果。通过建立全方位、多层次的监管体系,项目的质量、安全及进度可以得到有效保障,确保其达到最佳状态。

### 3.5 加强信息建设

信息化建设在土木工程施工质量管理中发挥着至关重要的作用,尤其是在技术日新月异发展的今天,它已成为提高施工质量、降低风险、提升效率的核心手段。为了实现精确的质量控制,构建一个集成化的质量管理信息平台尤为关键。通过该平台,施工过程中的各类数据能够实

时收集、处理与分析,进而实现对材料、人员、设备及进度等多个方面的精准监控。这样的全方位数据追踪,不仅能帮助管理者迅速识别潜在问题,还能在问题初现时提供预警,避免小问题累积成重大隐患,确保工程项目按时按质完成<sup>[3]</sup>。BIM 技术作为一项先进的工具,为施工项目提供了全生命周期的质量控制支持,通过虚拟建模,施工团队能够在项目实施前识别设计缺陷、施工冲突以及潜在质量问题,从而为整个项目提供可视化管理。结合大数据分析,各类决策的制定将更加科学与精准,显著减少人为错误及低效决策对质量带来的风险,提高项目实施的整体效益。此外,信息化建设还应与移动技术深度融合,现场管理人员可以借助移动设备即时上传、获取施工数据。这一方式确保了每个施工环节都能够被实时记录与追踪,使得管理层能够随时掌握最新的施工信息,及时进行调整与优化,从而确保施工质量始终处于可控状态,进一步提升了管理工作的效率与响应速度。

## 4 结语

土木工程施工质量管理不仅仅涉及单一环节的控制,而是一个全面的系统工程,涵盖了人员管理、物料控制、制度执行、监管力度及信息技术等多个方面。通过完善质量控制体系、提升管理人员的专业水平、严格把关物料采购与检测、加强监管力度,并有效应用信息化技术,能够在确保土木工程项目质量方面发挥重要作用。这些措施的协同作用确保了各个环节的质量得到有效控制,从而保证工程项目能够按时高质量地完成。尽管如此,土木工程的质量控制依然面临许多挑战,需要不断优化与创新。随着技术的进步,新的管理工具和理念将不断涌现,推动土木工程管理向更加智能化与精细化的方向发展。只有通过持续加强质量控制措施,并不断引入先进技术,才能确保土木工程建设在未来实现更高质量的成果,保障工程安全,同时为社会创造更大的效益。

### 【参考文献】

- [1]王会贤.土木工程管理施工过程质量控制策略探究[J].科技风,2020(23):103.
  - [2]张寿年.土木工程管理施工过程质量控制策略[J].大众标准化,2021(4):13-15.
  - [3]段春亮.土木工程建筑施工过程质量控制要点探析[J].工程建设与设计,2021(23):230-232.
- 作者简介:何雪莲(1984.12—),毕业院校:广西大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:广西国宁建设工程质量检测有限公司,职务:总经理,职称级别:中级。

# 公路工程造价管理中合同风险与索赔控制技术发展研究

蒋彦忆

新疆恒信工程项目管理咨询有限责任公司, 新疆 乌鲁木齐 830002

[摘要] 公路工程合同风险与索赔管理是项目成本控制的核心环节,在复杂地理环境与特殊政策背景下具有显著的区域差异性。本研究聚焦新疆地区公路建设特点,系统剖析高纬度冻土、荒漠风沙、跨境工程等特殊场景下的合同风险生成机理与索赔诱发因素。通过构建“风险识别-过程控制-技术支撑”三位一体的管理体系,提出适应边疆地区工程特征的风险防控策略与索赔协调机制。创新性地将数字孪生技术应用于风险推演,开发智能合约驱动的自动化索赔处理系统,形成涵盖合同设计、执行监督、争议解决的全周期管理方案。研究成果为提升边疆地区公路工程管理效能提供了理论框架与实践路径,对保障“一带一路”基础设施建设具有重要参考价值。

[关键词] 公路工程; 合同风险; 索赔控制; 工程造价; 新疆地区

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15512

中图分类号: F407

文献标识码: A

## Research on the Development of Contract Risk and Claim Control Technology in Highway Engineering Cost Management

JIANG Yanyi

Xinjiang Hengxin Engineering Project Management Consulting Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830002, China

**Abstract:** Risk and claim management in highway engineering contracts is the core link of project cost control, which has significant regional differences in complex geographical environments and special policy backgrounds. This study focuses on the characteristics of highway construction in Xinjiang region, systematically analyzing the contract risk generation mechanism and claim inducing factors in special scenarios such as high latitude permafrost, desert sandstorms, and cross-border engineering. By constructing a three in one management system of "risk identification-process control-technical support", propose risk prevention and control strategies and claim coordination mechanisms that are suitable for the engineering characteristics of border areas. Innovatively applying digital twin technology to risk deduction, developing an automated claims processing system driven by smart contracts, and forming a full cycle management solution covering contract design, execution supervision, and dispute resolution. The research results provide a theoretical framework and practical path for improving the management efficiency of highway projects in border areas, and have important reference value for ensuring the infrastructure construction of the "the Belt and Road".

**Keywords:** highway engineering; contract risk; claim control; engineering cost; Xinjiang region

### 引言

新疆作为亚欧大陆桥核心枢纽,公路建设面临地质构造复杂、生态环境脆弱、跨境协调困难等多重挑战。当前工程实践中,合同风险与索赔管理普遍存在风险识别滞后、防控手段单一、技术适配不足等问题,严重影响项目经济性与建设效率。传统管理模式难以应对冻融循环导致的隐蔽工程变更、跨境工程法律冲突等特殊风险,亟需构建地域适应性强的管理体系。本文立足新疆工程实践,融合智能监测、区块链存证等现代技术,探索合同风险与索赔控制的创新路径。研究突破传统管理方式,将地域特征转化为技术参数,形成可推广的风险防控模型,为边疆地区重大工程管理提供决策支持,助力丝绸之路经济带高质量发展。

### 1 公路工程造价管理概述

#### 1.1 公路工程造价管理的定义与内容

新疆公路工程造价管理是以全过程动态控制为核心,针对特殊地理环境建立的系统性管理体系。其内涵涵盖项

目决策、设计、招标、施工及竣工五大阶段的成本管控,重点解决高纬度冻土区路基处理(如 G217 独库公路年均冻融循环 47 次带来的成本增量)、荒漠化地区防风固沙工程(如塔克拉玛干沙漠公路草方格铺设成本核算)等特殊技术措施的经济性评估。在决策阶段需强化地质勘察深度,如阿尔泰山南麓项目通过三维地质建模将勘察误差率降低至 2.3%;设计阶段推行“限额设计+弹性预留”机制,对天山北坡经济带公路项目设置 5%~8%的变更预备费;招投标环节建立区域化计价标准数据库,动态调整砂石料(新疆 2023 年价格波动达±18%)、沥青(受中亚进口影响季度价差超 25%)等主材基价。

#### 1.2 公路工程造价管理的基本原则

新疆地区工程造价管理需遵循“环境适配性、政策合规性、经济持续性”三位一体原则。首先,针对年均有效施工期较短的特性(北疆约 190 天,南疆 220 天),推行季节性成本补偿机制,如伊犁河谷项目制定冬季停工期间

机械租赁费阶梯式补偿方案。其次,严格执行《新疆维吾尔自治区公路工程造价管理办法》相关规定,在少数民族聚居区实行“双语合同”制度(汉维双语条款并行),并设置民族用工专项费用(含语言翻译、习俗适应等成本)。第三,建立边疆物资供应保障体系,在全疆布局7个战略物资储备中心,采用“平时储备+战时调配”模式,确保突发情况下(如中巴经济走廊项目边境管制期间)水泥、钢材等主材供应稳定性<sup>[1]</sup>。全生命周期成本优化方面,推行“设计-施工-养护”一体化决策模型,在阿拉山口口岸连接线工程中通过提高路面结构层厚度(增加初期投资12%),使20年周期内养护成本降低38%。同时实施成本效益动态分析机制,对环塔里木盆地公路网项目进行碳汇经济价值核算,将生态修复成本纳入全周期成本评估体系。此外,严格执行交通运输部《公路工程标准施工招标文件》特别条款,对风区工程(如三十里风区路段)设置防风设施专项验工计价标准,确保成本控制与工程质量的协同发展。

## 2 公路工程合同风险分析

### 2.1 合同设计与招标阶段风险

新疆地区公路工程在合同设计阶段面临特殊地质条件带来的基础性风险,以G7京新高速巴里坤段为例,盐渍土未探明区域占比达17.3%,导致后期地基处理费用超预算42%。招标文件普遍存在风险分配失衡现象,2021-2023年自治区审计报告显示,63%的施工合同将80%以上地质风险转嫁承包方。不平衡报价问题突出,部分投标单位利用新疆材料运输半径大的特点,在土方工程等运输敏感项目上采用超低报价策略,实际履约时通过变更索赔获取补偿。跨境项目还面临国际工程规范差异风险,中吉乌公路项目因中外设计标准冲突引发合同争议3起。

### 2.2 合同执行阶段风险

在工程施工过程中,往往会出现各种工程变更情形。如果这些变更未能得到妥善管理,可能会导致额外费用的增加、工期延误等问题,从而影响项目的整体进度并使成本发生变化<sup>[2]</sup>。此外,如果合同中对质量要求的相关条款未能得到有效的监督和执行,可能会导致工程质量无法得到保障,进而增加后期返工和索赔的风险。高速公路施工项目通常都有严格的工期要求,如果施工进度未得到有效控制和管理,可能会导致工期延误,从而引发违约和赔偿责任。

### 2.3 支付与索赔风险

材料价格异常波动构成主要支付风险,2023年新疆水泥价格最大单月涨幅达39%,螺纹钢区域价差最高达580元/吨。跨境项目汇率风险显著,中哈边境公路项目因坚戈汇率波动导致实际支付差额达合同价款的12.7%。工程款支付滞后问题严重,自治区交通厅数据显示,2022年公路项目平均支付延迟率达64天,南疆地区项目超90天占比达38%。

### 2.4 合同解约与争端风险

民族地区政策执行风险具有特殊性,和田地区项目因未落实少数民族用工比例条款被勒令整改,直接损失达合同金额的3.2%。不可抗力认定争议频发,2021年北疆暴雪导致的工程中断,38%的保险理赔因气象数据认定标准分歧被拒赔。合同终止条款模糊引发纠纷,克州某项目因“重大设计变更”定义不明确产生解约争议,诉讼周期长达22个月。国际工程还面临司法管辖冲突风险,中蒙通道项目因争议解决地选择问题导致法律文书执行率不足60%。

## 3 公路工程索赔管理

### 3.1 工期索赔控制技术

新疆特殊气候环境下的工期索赔管理需构建多维度防控体系。针对暴雪、沙尘暴等极端天气,建立气象风险分级预警机制,将气象数据接入项目管理信息系统,实现停工指令的智能化触发。工程合同中需嵌入弹性工期条款,依据历史气象资料划分风险区间,对高海拔山区项目设置季节性施工窗口动态调整机制。不可抗力认定标准应细化至区域特征,如帕米尔高原项目单独制定冰川融雪引发的洪水认定标准。进度监控方面,引入北斗卫星定位系统对施工机械进行实时轨迹追踪,通过大数据分析预测工期偏差趋势。针对跨境工程,还需考虑邻国政策变动对人员物资跨境流动的影响,建立多边协商机制下的工期补偿条款。

### 3.2 费用索赔预防措施

构建全过程费用监控网络是预防索赔的关键。在工程设计阶段推行价值工程分析,组织设计、施工、造价三方联合审查,提前消除可能引发变更的设计缺陷。建立材料核价动态数据库,对沥青、钢材等大宗物资实行“价格锁定+浮动调节”双轨制管理。针对人工费波动风险,推行劳务分包价格指数化管理制度,参照自治区人社部门发布的地区工资指导价建立调整系数。跨境项目需特别关注关税政策变化,建立海关申报数据与工程支付的联动校验机制。

### 3.3 变更索赔管理流程

构建标准化变更处理体系是控制索赔风险的核心环节。建立变更分级审批制度,依据影响程度划分为A、B、C三级,分别对应不同层级的决策权限。推行变更事前会商制度,要求设计代表、监理工程师、施工单位技术负责人共同参与现场踏勘<sup>[3]</sup>。建立变更档案追溯机制,对每个变更指令形成包含影像资料、会议纪要、检测报告在内的完整证据链。针对重大变更,引入第三方造价咨询机构进行独立评估,确保变更定价的公正性。

### 3.4 争议索赔解决机制

完善多层次纠纷解决体系是保障索赔管理有效性的重要基础。建立工程争议分类处理标准,将索赔争议细分为技术类、经济类、法律类三大类型,分别配置专业处理

团队。推行调解优先原则,在项目所在地设立常设调解办公室,由行业协会认证的调解员驻场服务。构建专家辅助人制度,建立涵盖道路工程、合同管理、地方法规等领域的专家智库,为争议解决提供专业技术支持。完善仲裁与诉讼衔接机制,制定工程争议速裁程序实施细则,对证据完备的索赔案件开通绿色审理通道。针对跨境工程争议,建立国际工程争议预防与解决中心,提供多语言法律咨询服

## 4 公路工程合同风险与索赔控制技术

### 4.1 风险控制的基本策略

公路工程项目常常受到多种外部因素的影响,特别是在新疆等特定地区,由于复杂的地理环境、气候变化及政策背景,风险管理变得尤为复杂。在项目的早期阶段,建立一个完整的风险识别机制显得至关重要。管理团队应根据新疆特有的地质条件(如冻土、沙尘暴及跨境因素),结合气象数据、地质勘察报告以及过往的工程经验,进行全面的风险分类与评估。通过卫星遥感、气象预警系统以及动态监控平台等先进技术,能够显著提升风险识别的准确性。在识别了风险之后,接下来的任务是制订有效的防控策略。通过科学的设计以及合理的施工组织,不仅可以减少不可抗力因素对工程进度与质量的影响,还能有效降低项目潜在风险。针对新疆极端气候,如暴雪与沙尘暴,项目应考虑合理安排施工季节,并留出足够的缓冲期以应对突发天气。此外,地质勘察的准确性至关重要,必须避免勘察数据不足导致的后期变更。结合已识别的风险,合同应明确设定相关的风险管理条款,防止冻土处理或跨境法律纠纷等特定问题的发生。为了全面控制风险,项目还应建立完善的风险监控系统。通过数字技术与大数据分析,施工过程中的关键环节可以实时监控。若出现材料价格波动或气象变化等潜在风险时,能够迅速采取应对措施。智能化的风险控制不仅提升了预测精度,还为项目管理提供了可靠的决策支持。

### 4.2 合同风险的预防与管控措施

在公路工程项目中,合同风险的管理具有重要意义,尤其是新疆这样特殊的地区,合同条款中涉及多个地方性政策及外部环境因素,设计时必须考虑全面。合同条款应确保风险分担清晰且全面,避免忽视或模糊的表述。在涉及冻土、沙尘暴等特殊地质条件时,合同中应明确规定风险责任,并设置必要的补偿机制。同时,应在合同中专门列明不可抗力条款,确保自然灾害或政策变化等因素的风险得到妥善规避。在合同签订阶段,还需对项目的不同阶段(设计、施工、竣工等)涉及的风险进行详细分析。通过实施价值工程分析,设计阶段可及早识别潜在缺陷并进行修改,从而减少后期可能出现的变更。在施工过程中,强化质量控制与进度管理,避免因隐患或设计变更引发额外的索赔问题。

### 4.3 索赔的预防与控制措施

索赔管理在公路工程中是一个关键环节,尤其在项目执行过程中,设计变更、工期延误以及成本超支等因素往往引发索赔。为了有效预防这些问题,项目管理方应当建立完善费用监控体系,对整个工程过程进行实时监控与动态评估。通过提前识别潜在的索赔风险,可以有效避免成本超支与进度延误的出现。在设计施工过程中,由于现场条件变化或设计更改可能导致额外费用,因此,必须加强变更管理。每一项变更都应经过充分的审查与确认,并保留详细记录,这些记录将在后续索赔处理中作为重要依据。针对材料价格波动与人工费用变化的风险,项目管理方应设立灵活的动态价格调整机制,并实时更新材料价格数据库。如此一来,能够在价格波动时迅速调整,避免因成本波动带来的索赔问题。对于跨境项目,尤其是在新疆地区,外汇汇率波动、关税政策变动等因素可能会带来额外风险。因此,合同中应设立专门条款,针对汇率波动及关税变化进行有效监控与应对,以规避因政策变化引发的风险。

### 4.4 合同风险与索赔的协调管理

合同风险与索赔管理要求项目管理者协调各方利益,确保问题能够迅速得到解决。合同执行过程中,冲突是难以避免的,因此,建立有效的协调机制至关重要。协调管理的重点在于建立高效的信息共享与决策机制。项目管理团队、承包商及监理单位等各方应保持良好沟通,特别是在风险识别、合同变更与索赔处理等环节,确保信息及时传递与反馈。定期召开协调会议,可以帮助各方共同评估工程进展,及时解决争议<sup>[4]</sup>。此外,项目管理信息系统的应用可以进一步提高协调效率。通过系统集中管理所有合同文件、变更记录、风险评估及索赔事项,能够实现信息实时共享与反馈,减少人为干预,确保决策透明化。

### 4.5 先进的风险控制与索赔管理技术

随着数字技术的发展,公路工程项目的风险控制与索赔管理逐渐迈向智能化与数字化。新兴技术的应用,显著提高了风险预测的准确性,同时优化了索赔处理流程。数字孪生技术能够实时模拟项目运作过程,帮助管理团队动态预测各类风险,并及时进行调整。通过与现场传感器数据的结合,数字孪生可以精确预测工程进度、物资供应及气候变化对项目的影响,从而提前识别潜在风险。智能合约技术的引入,使得索赔管理的自动化成为可能。通过区块链技术,合同条款得以数字化并自动执行,智能合约能够根据合同约定自动识别变更与违约,并执行赔偿措施,从而减少了人工干预,提高了效率。

人工智能技术也在索赔管理中取得了突破。通过大数据分析,人工智能能够实时预测可能的工期延误、材料价格波动等问题,并根据预测结果提前采取措施。人工智能

还可对索赔请求进行初步审查,减少人为错误,提高索赔处理的精确性与效率。

## 5 结语

通过将数字孪生、智能合约等前沿技术深度融入工程管理流程,有效提升了风险预测精度与索赔处置效率。实践表明,该体系在应对极端气候干扰、跨境法律冲突等特殊场景时表现出显著优势,为工程参建方提供了标准化决策工具。未来研究需进一步深化人工智能技术与边疆工程管理的融合,探索多语种合同智能审查、生态补偿成本量化等新领域,完善风险防控的数字化治理框架。研究成果对推动边疆地区基础设施建设现代化、保障国家重大战略实施具有重要实践意义,为类似地域的工程管理创新提供了可借鉴的理论范式。

## 【参考文献】

- [1]郑媛媛.PPP 模式下北京兴延高速公路项目风险管理研究[D].太原:中北大学,2024.
  - [2]汪清.高速公路建设项目合同管理措施分析[J].交通科技与管理,2024,5(12):148-150.
  - [3]吴宇.高速公路施工项目合同风险管理与合同管理优化研究[J].大众科技,2024,26(5):170-173.
  - [4]赵莉华.关于公路施工企业经营风险防范与控制措施的探讨[J].乡镇企业导报,2024(21):35-37.
- 作者简介:蒋彦忆(1992.4—),毕业院校:新疆农业大学水利与土木工程学院,所学专业:工程管理,当前就职单位:新疆恒信工程项目管理咨询有限责任公司,职务:员工,职称级别:中级职称。

## 跨座式单轨小曲率（曲线）PC 轨道梁线形精确调整

魏洪亮

中铁八局第一工程有限公司，重庆 400000

[摘要] 文章结合芜湖市轨道交通 1 号线工程实例，跨座式单轨 PC 轨道梁（连续刚构）架设，详细介绍小曲率 PC 轨道梁线形调整技术。连续刚构梁的线形调整连续刚构轨道梁架设完成后，由于没有正式支座，线形调整必须一步到位，此时线形调整主要利用盖梁两侧的调整支撑来实现轨道梁的纵横向偏位和倾角调整。由于小曲率（曲线）PC 轨道梁重心偏移梁体中心线，普通调整工序不满足曲线段线形调整施工需加强相应措施。

[关键词] 轻轨；连续刚构；曲线轨道梁；线形调整

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15507

中图分类号: U270

文献标识码: A

## Precise Adjustment of PC Track Beam Shape with Small Curvature (Curve) for Straddle Type Monorail

WEI Hongliang

No.1 Engineering Company of China Railway No.8 Engineering Co., Ltd., Chongqing, 400000, China

**Abstract:** Based on the example of Wuhu Metro Line 1 project, this article introduces in detail the alignment adjustment technology of small curvature PC track beams (continuous rigid frame) with a straddle type monorail. The linear adjustment of continuous rigid frame beams After the installation of continuous rigid frame track beams is completed, due to the lack of formal supports, the linear adjustment must be done in one step. At this time, the linear adjustment mainly uses the adjustment supports on both sides of the cover beam to achieve the longitudinal and transverse deviation and inclination adjustment of the track beams. Due to the deviation of the center of gravity of the PC track beam with a small curvature (curve) from the centerline of the beam body, the ordinary adjustment process does not meet the requirements for adjusting the curve line shape during construction, and corresponding measures need to be strengthened.

**Keywords:** light rail; continuous rigid structure; curved track beam; linear adjustment

### 引言

线形调整是轨道梁桥线路建设的关键工序，必须在这一工序消除建造误差，把单榀的轨道梁连接成连续、平直、圆顺的线路，最终达到线路运行的合格要求，才能保证轻轨列车运营的安全性、经济性和舒适性。

曲线轨道梁侧向垂直度大，梁体呈一定倾斜角度，重心已偏移出梁体中心线，架设及精调都需谨慎操作。

单轨交通简支 PC 轨道梁国内最大的跨径为 24m，国外最大跨径为 30m，本项目简支 PC 轨道梁的最大跨径为 45m；连续刚构梁国内目前没有该形式的结构，国外最大的跨径为 5×30m，本工程一般采用 3×30m 形式进行施工。

国外对于连续钢构 PC 轨道梁的线形控制有一定的技术，但在国内该技术处于起步阶段，该形式的轨道梁的线形调整在国内没有现成的技术可以借鉴。

### 1 工程概况

芜湖市轨道 1 号线位于安徽省芜湖市市区，芜湖市轨道交通 1 号线全长 30.410Km，全线高架敷设，共设车站 25 座，均为高架站，设计运营时速为 80Km/h。单榀连续刚构 PC 轨道梁标准梁长有 20m、25m、30m 等，一般采用 3×30m 形式为一联，梁体为实心矩形截面，跨

中梁高 1.6m，支点梁高 2.2m，梁宽 0.69m，30m 单片 PC 轨道梁最重约 88t。轻轨车辆直接在 PC 轨道梁上运行，单轨交通轨道梁为单线梁，线路的平、纵、竖曲线以及横向超高都直接在轨道梁线形上实现。

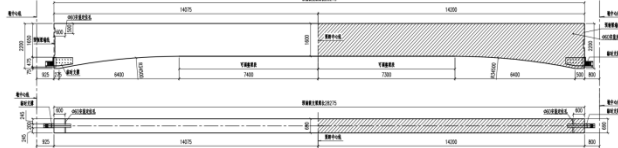


图 1 单榀连续刚构 PC 轨道梁结构示意图（单位：mm）

全线采用 PC 轨道梁、钢-混结合梁等，梁体主要的体系为简支及连续刚构体系，其中连续刚构 PC 轨道梁结构为后张法预应力混凝土连续刚构，采用先简支后连续的施工工艺。PC 轨道梁采用工厂预制、现场吊装架设，PC 梁与桥墩固结段采用现浇施工。

### 2 施工技术

#### 2.1 总体方案

轨道梁安装前，在盖梁顶放样出轨道梁中心线、端位置及高程，在临时支撑垫块根据允许标高进行加设后，还需将三维千斤顶放置调梁支撑处。

采用汽车吊双机抬吊架设轨道梁，一端的吊带利用栓

扣将吊带固定卡死轨道梁,防止翻滚。由于没有正式支座,线形调整必须一步到位,此时线形调整主要先利用伸缩丝杠+吊车来实现轨道梁的纵横向偏位和倾角调整,后再利用调整支撑上放置的液压三维千斤顶对轨道梁进行精调,全程吊车辅助防护。

预制轨道梁精确就位后,将中墩对应轨道梁内预埋支撑和盖梁临时支撑及之间的调高垫板焊接牢固,浇筑中墩顶现浇混凝土,再行张拉通长纵向预应力筋,之后将边墩对应轨道梁内预埋临时支撑和盖梁预埋临时支撑及之间的调高垫板焊接牢固,浇筑边墩顶现浇混凝土。

## 2.2 工艺流程

测量数据→临时支撑调坡块焊接→调整支撑安装→三维千斤顶安装→运梁→落梁→临时支撑+伸缩丝杠固定→测量数据→三维千斤顶+伸缩丝杠梁体精调→伸缩丝杠及垫块固定→浇筑中墩后浇段砼→张拉轨道梁一联纵向预应力筋→测量数据→边墩支撑及垫块固定→浇筑边墩后浇段砼。

## 3 技术控制要点

### 3.1 测量控制

#### 3.1.1 设备配置

平面控制网测量 CPIII 采用的仪器设备为:瑞士徕卡 TS30 型全站仪进行测角量距,该仪器标称精度为  $0.5''$ 、 $\pm 0.6+1.0\text{ppm}\times D$ ;高程控制网测量时所使用的仪器设备为:徕卡 LS10 型精密数字水准仪(标称精度为  $0.3\text{mm}/\text{km}$ )及配套钢瓦尺 1 套; CPIII 数据采集采用通过评审的中铁一院的 CPIII 精密控制测量数据采集系统;高程平差软件采用铁三院自主开发并经铁道部评审通过的“客运专线轨道设标网(CPIII)测量系统 V2.6.0”。

所有使用的仪器设备均经过国家计量检定部门检定合格,且在有效期内,用于符合相应等级精度要求的测量工作。

#### 3.1.2 控制网复测

(1) 平面控制点复测。按照《城市轨道交通工程测量规范》三等精度要求进行,并采用精密导线网测量方法施测。精密导线网采用附和导线、闭合导线等形式。

(2) 高程控制点复测。高程控制点复测按照《城市轨道交通工程测量规范》一等精度要求进行。

#### 3.1.3 PC 轨道梁架设控制网布设及测设方法

鉴于 PC 轨道梁架设精度要求极高,采用自由设站方法,将仪器安置在墩顶或地面上,棱镜安置在墩身距地面 1 米处预埋件上及既有路缘石边控制点上,通过实时测设梁顶平面和高程,从而实现轨道梁的精确定位。

##### (1) PC 轨道梁架设控制网布设

###### ① PC 轨道梁架设控制网布设技术要求

PC 精调控制网平面及高程采用共点形式,沿线路走向布设两排,在每个墩身右侧及既有路缘石边埋设布置。墩身点埋设在距地面 1m 处,路缘石边点埋设在地面上,

高度 0.5m。纵向点间距为 30~60m,横向垂直距离约 20m。采用自由测站边角交会方法具体埋设位置如下表所示:

表 1 PC 梁架设控制网网要求

| 控制网级别     | 测量方法     | 网点间距                     | 备注                      |
|-----------|----------|--------------------------|-------------------------|
| PC 梁架设控制网 | 自由测站边角交会 | 纵向 30~60m, 横向垂直距离约 20 米。 | 墩身距地面 1m, 地面点埋设高度 0.5m。 |

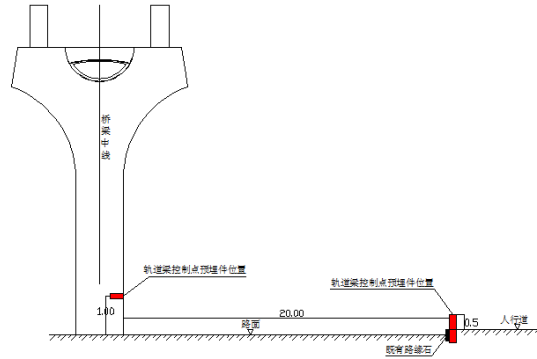


图 2 预埋件埋设位置图

##### ②墩顶控制点布设要求

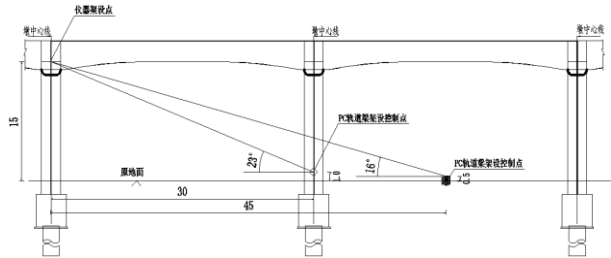


图 3 控制点架设示意图

为保证架梁控制精度,减小仪器俯仰角较大时(一般不大于  $28^\circ$ )对平面控制的误差影响,在条件许可的情况下,全站仪自由设站时,尽可能在边墩顶架设仪器控制架架设。墩顶控制点采用型钢制作,各支架腿利用膨胀螺栓固定在墩顶,支架顶部焊接圆盘采用强制对中装置。

##### ③墩顶控制点安装位置要求

墩顶控制点每 100~200m 安装一个固定装置,位置安装在每一联轨道梁后的第 1 个或第 2 个中墩上,与地面设计控制点形成闭合或附和导线形式。采用精密导线控制网或 GPS 静态精确测量平面坐标。采用三角高程往返对向观测法测量高程,利用长钢尺传递高程进行复核。

##### (2) 平面控制网测设方法

PC 梁架设平面网采用自由测站边角交会法施测,附和到精密导线控制点上,每 400m 左右(300~600m)联测一个精密导线控制点,自由测站至精密导线控制点的观测边长应小于 300m。

PC 梁架设平面网观测的自由测站间距一般约为 120m 左右,测站内观测 4~6 个 PC 梁架设控制点,全站仪前后方各 2~3 个 PC 架设控制点,自由测站到 PC 梁架设控制点的最远观测距离不应大于 180m,每个 PC 梁架设控制点至少应保证有 3 个自由测站的方向和距离观测量。

架设平面控制网可根据施工需要分段测量,分段测量的区段长度宜大于1km,区段间重复搭接点不少于3个点,每一独立测段首尾必须封闭(保证每一个架设控制点被自由设站测量三次)。观测网图如下图所示:

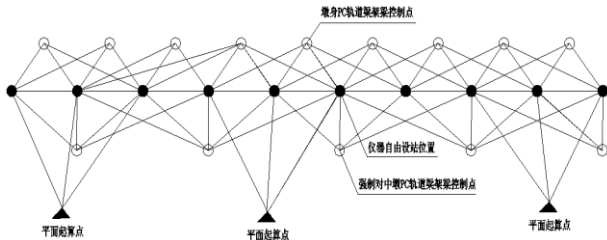


图4 任意设站控制网平面布设形式

### (3) 高程控制网测设

轨道梁架设专用高程控制网测量方法采用附和水准线路进行测量,从控制点A引入,沿着墩身埋设点及路缘石边控制点测设,中间带入设计控制点B,最终闭合到设计控制点C。单路线往返观测时,应沿同一路线进行。测量过程对视距长度、前后视距差、视距累计差、视线高度等各项限差,是否符合《城市轨道交通工程测量规范》的要求进行检查。复测开始前应对使用的仪器进行*i*角检测,水准仪*i*角均不超过15"。观测成果的重测和取舍按《城市轨道交通工程测量规范》有关要求执行。测量线路示意图如下图:

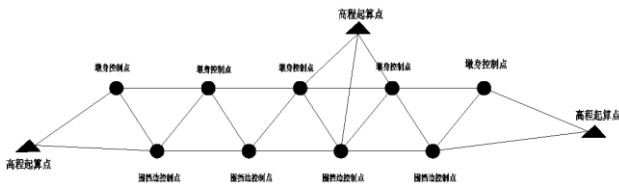


图5 水准线路形式示意图

## 3.2 单榀刚构PC轨道梁的线形调整

### 3.2.1 轨道梁的运输及落梁

根据芜湖市城市环境条件,架梁前由测量人员在盖梁顶放样出轨道梁中心线、端线位置及高程。轨道梁吊装前,安装临时丝杆及调整支撑(安放1000KN液压三维千斤顶作为轨道梁调整支撑),利用Φ60安装定位孔及配套结构将丝杆下端固定在盖梁上,利用与Φ50预埋螺栓套筒配套的螺栓将调整支撑固定在盖梁上。

穿入盖梁丝杆(采用45型的直径为50mm的圆钢,两端假借通外螺纹型号为M42)

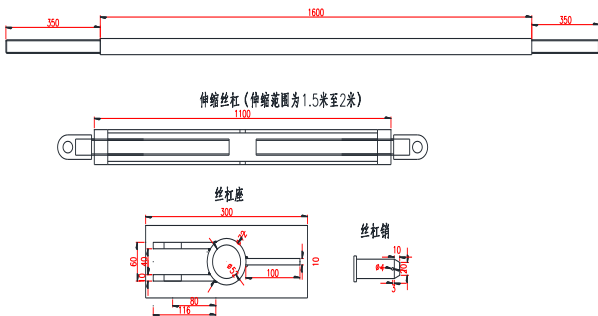


图7 临时支撑丝杆图

由梁场运梁车将轨道梁运至架设地点,采用汽车吊双机抬吊方式架设。每跨两榀架设完成后,挪动吊车位进行下跨架设。

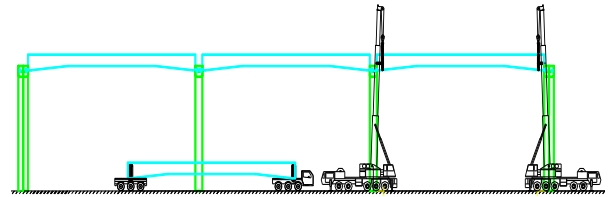


图6 吊车架梁示意图

### 3.2.2 轨道梁初调

梁片的初调利用吊车架设梁片时,根据已标好的梁端线,将轨道梁吊装就位后,利用两端Φ60安装定位孔及配套结构将丝杆另一端固定在梁片上。

初调的目的是轨道梁落梁在调整丝杠临时固定完成后,调整轨道梁下方设置的三维千斤顶,使之开始受力。千斤顶顶起轨道梁后,梁体极易与千斤顶产生滑动,梁体有侧翻风险,吊车全程需要进行辅助防护。

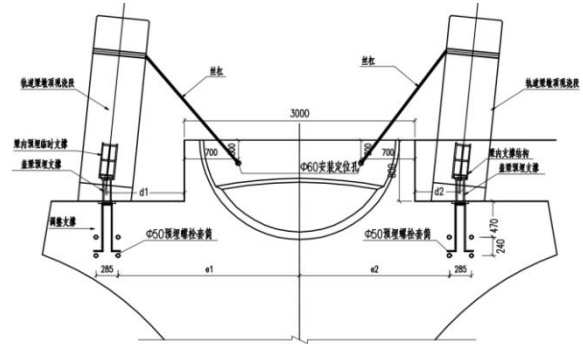


图8 线形初调示意图

### 3.2.3 轨道梁精调

将调整丝杠适当调松,利用梁片两端调整支撑上放置的液压三维千斤顶对梁片进行支撑,吊车辅助防护,配合测量人员对梁片的纵横向偏位和倾角反复进行调整。精调完成后,对应梁内预埋螺栓支撑和盖梁临时支撑及之间的调高垫板焊接牢固,吊车脱钩,并进行后续后浇带施工。

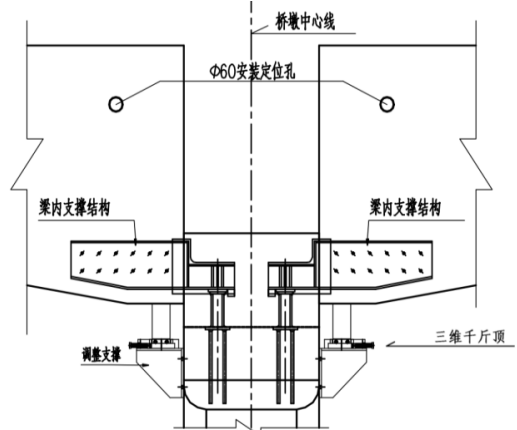


图9 线形精调示意图

### 3.3 线形调整要求

(1) 轨道梁架设测量使用全站仪采用 CPIII 进行施测,施测后进行检查测量。轨道线路中心横向允许偏差为 $\pm 25\text{mm}$ ,轨道梁线间距允许偏差为 $0\sim+25\text{mm}$ ,轨道梁高允许偏差为 $-15\sim+30\text{mm}$ ,轨道超高允许偏差为 $\pm 7\text{mm}$ ,各项测量工作的测量中误差,应为相应允许偏差的 $1/2$ 。

(2) 轨道梁架设完成后,应对轨道梁连接处线形和错台进行测量。轨道梁连接处水平线形用 $20\text{m}$ 弦长测量的矢距与设计值的允许偏差为 $\pm 20\text{mm}$ ,直线用弦长测量的矢距与设计值的允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ ;轨道梁竖向线形用 $4\text{m}$ 弦长测量的矢距与设计值允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ ;轨道梁竖向线形用 $4\text{m}$ 弦长测量的矢距与设计值允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ ;顶面和侧面错台允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$ 。测量中误差应为相应允许误差的 $1/2$ 。

表2 安装完毕后公差表

|                        |                                |
|------------------------|--------------------------------|
| 距离轨道梁中线的水平距离偏差(站台处)    | $\pm 3\text{mm}$               |
| 距离轨道梁中线的水平距离偏差(道岔处)    | $\pm 3\text{mm}$               |
| 距离轨道梁中线的水平距离偏差(线路其他地段) | $\pm 12\text{mm}$              |
| 轨道梁中心的水平面的变化率要求        | $1.5\text{mm in } 1.5\text{m}$ |
| 轨道梁侧面距离中心的偏差要求(站台处)    | $\pm 3\text{mm}$               |
| 轨道梁侧面距离中心的偏差要求(道岔处)    | $\pm 3\text{mm}$               |
| 轨道梁侧面距离中心的偏差要求(线路其他地段) | $\pm 6\text{mm}$               |
| 轨道梁中心的侧面的变化率要求         | $1.5\text{mm in } 1.5\text{m}$ |
| 纵断面处的满足线路超高情况下角度公差     | $\pm 1/8^\circ$                |

数据测量贯穿整个线形调整过程,需边调整边测量,直至满足规范的每一项要求。对于不满足要求的部分,需反复调整,直至达到要求为止。

### 4 施工效果

芜湖市轨道交通一号线严格依据上述相关施工技术和控制要点开展线形调整施工,目前已良好运行3年。根据已施工路段的各项监控数据显示,各项指标总体趋势一致,线形总体状况良好。该技术在确保施工质量与安全的基础上,施工工序简洁且实用,取得了显著的成果效益。

### 5 结语

城市轨道交通不仅能够有效缓解城市交通压力、切实

解决城市交通问题,还会带来民众效益、企业效益、地方效益以及环境效益等诸多社会效益。自20世纪90年代以来,交通需求的增长速度明显高于道路设施的增长速度。城市中心区经济的高速发展、土地的高强度开发以及中心区道路改造的困难,使得中心区城市交通问题愈发严峻。地面交通方式逐渐趋于饱和,轨道交通由此逐渐成为城市发展的重点关注领域。

芜湖轨道交通采用PC轨道梁,其中连续刚构结构轨道梁采用先简支后连续的结构形式,这在国内尚属首例。鉴于跨座式单轨交通的特点,轨道梁既是承重结构,也是轨道结构。因此,PC轨道梁在制造和架设过程中,需按照线路的平、纵、竖曲线及横向设计要求形成精准的轨道线形,此外,梁端还需预设如指形板座、接触轨等预埋件及组配件。

跨座式单轨交通具备爬坡能力强、转弯半径小;能够有效节约城市用地,充分利用城市有限空间;噪音低、乘坐舒适度高;城市景观性好等诸多优点,在二、三线城市具有广阔的发展前景。

### 【参考文献】

- [1]苏明辉.重庆跨座式单轨PC轨道梁架设方案研究及应用[J].城市轨道交通研究,2005,8(4):3.
  - [2]王宏亮,朱尔玉,黄鑫,等.单轨交通先简支后刚构轨道梁施工线形调整装置设计研究[Z].北京:北京交通大学土木建筑工程学院.
  - [3]赛铁兵.跨座式单轨PC轨道梁线形调整施工技术[J].铁道标准设计,2007(1):3.
  - [4]桑勇,范正述.跨座式单轨交通系统PC轨道梁架设与安装技术[J].山西建筑,2010,36(9):2.
  - [5]雷慧锋,刘永锋.跨座式轨道交通建设中的关键技术[J].铁道标准设计,2001,21(1):4.
- 作者简介:魏洪亮(1990.10—),毕业院校:西华大学,所学专业:土木工程,当前就职单位名称:中铁八局集团第一工程有限公司,就职单位职务:总工,现职称级别:工程师。

# 浅谈隧洞开挖塌方处理技术应用

林道烛

浙江省隧道工程集团有限公司, 浙江 杭州 310031

[摘要]隧洞施工中在不良地质围岩情况下,隧洞会造成塌方等事故,不仅会对隧道施工造成安全隐患,还可能导致地面建筑物、道路等设施的破坏。能否高效处理隧洞滑层问题是影响隧洞进度、工程质量的关键因素。对隧洞塌方进行研究,制定相应的处理措施,对于隧道工程的顺利进行具有重要意义。以庆元抽水蓄能电站筹建期隧洞工程中的通风兼安全洞为例,探讨分析隧洞塌方的防治方案。

[关键词]隧洞施工;塌方;超前支护;滑层处理

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15503

中图分类号: TU5

文献标识码: A

## Brief Discussion on Application of Tunnel Excavation Collapse Treatment Technology

LIN Daozhu

Zhejiang Tunnel Engineering Group Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310031, China

**Abstract:** In tunnel construction, accidents such as collapse can occur under adverse geological conditions, which not only pose safety hazards to tunnel construction, but also may cause damage to ground buildings, roads, and other facilities. The efficient handling of tunnel sliding layer problems is a key factor affecting tunnel progress and engineering quality. Studying tunnel collapse and developing corresponding measures is of great significance for the smooth progress of tunnel engineering. Taking the ventilation and safety tunnel in the construction period of Qingyuan pumped storage power station as an example, this paper explores and analyzes the prevention and control measures for tunnel collapse.

**Keywords:** tunnel construction; landslide; advanced support; sliding layer treatment

### 1 工程概况

庆元抽水蓄能电站筹建期隧洞工程位于浙江省丽水市,通风安全洞位于下水库的右岸,其进口位于下库环库公路起点附近,出口与地下厂房上层相连。隧洞总长1634.00m(其中分岔段长30.00m),隧洞进口底板高程为690.50m,出口底板高程588.50m,隧洞平均纵坡6.36%。隧洞为直墙圆拱型断面,衬砌后洞径7.50×6.50m(宽×高)。现以桩号通0+630~通0+661塌方处理的方案予以介绍。

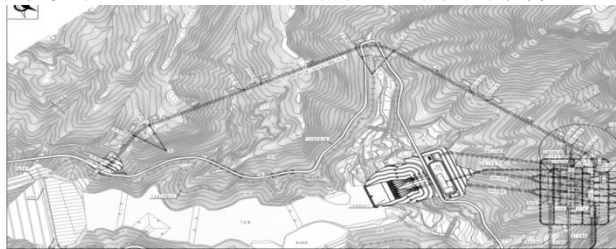


图1 工程总平面布置图

### 2 原断面支护设计

通风兼安全洞桩号通0+630~通0+660围岩判为III类,采用全断面光面爆破开挖方法,III类围岩洞身段,采用锚喷网联合支护方式,系统锚杆 $\Phi 25@150\times 150\text{cm}$ , $L=450\text{cm}$ 、入岩440cm,梅花型布置;喷10厚C25混凝土,挂 $\Phi 8@20\times 20\text{cm}$ 网筋;洞身布置 $\Phi 56$ 、孔深300cm、间排距300cm的系统排水孔,并用 $\Phi 50$ 软式不透水管接入

底部排水沟。

### 3 塌方产生原因及分析

#### 3.1 超前预报

施工中,在开挖至该桩号附近,已进行地质预报。该桩号掌子面岩性为微新流纹质晶玻屑熔结凝灰岩,镶嵌结构;岩体完整性差,渗、滴水,裂隙较发育,经综合判断围岩为III类。根据已有预测图发现该桩号存在断层情况,但无明显塌方趋势。

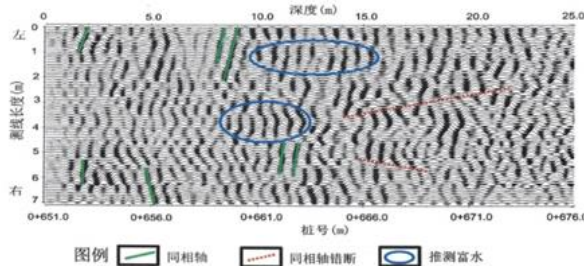


图2 超前预报探底雷达波形图

#### 3.2 塌方产生原因

在该岩体中,主要发育了三组裂隙,这些裂隙之间的间距大约在0.2~0.5m之间。整体而言,岩体呈现出以镶嵌结构为主的特征,但其完整性相对较差。在左壁部分,沿着一些长大的裂隙,裂隙充填物为高岭土,局部的流水呈“小线状”。由于受到爆破振动、渗漏水以及重力等因

素的影响, 桩号 0+635-0+660m 范围内顶拱和侧墙出现了失稳现象, 最终导致了长度约为 25m、体积大约为 260m<sup>3</sup> 的塌方。经过详细分析, 掌子面侧墙围岩中发育的长大节理是导致塌方发生的主要原因。

除了上述客观因素外, 在开挖过程中支护措施未能及时有效地实施, 喷砼质量不符合规范要求围岩在失去必要的支撑后, 也可能发生塌方, 从而进一步增加了塌方的风险。附图 3 塌方断面示意图。

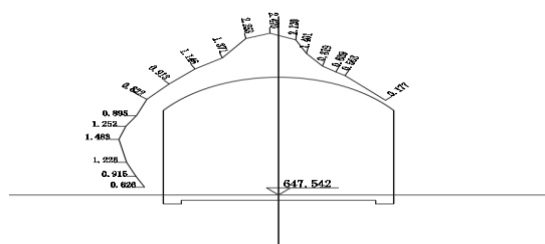


图 3 塌方断面示意图

#### 4 塌方处理方案总体方案

为了确保塌方区域的安全与稳定, 采取一系列加固措施。首先对塌方后方段(桩号 0+630-0+635m)进行加固, 对塌方区域(桩号 0+635-0+660m)实施强支护, 0+660m 之后开挖延伸段采用超前支护。在桩号 0+630-0+635m 的区域, 采用钢拱架+锚喷网的联合支护方式, 钢拱架的间距设置为 1 米。对于桩号 0+635-0+660m 的塌方区域, 采用初喷+钢拱架+锚喷网的联合支护方式。桩号 0+660m 之后开挖延伸段采用小导管超前支护+初喷+钢拱架+锚喷网的联合支护方式。

##### 4.1 0+630-0+635 支护参数

在桩号 0+630-0+635 的支护参数方面, 选择使用 I18 工字钢作为钢拱架, 拱架之间的间距@1.0×1.0m。连接筋采用 Φ28 螺纹钢, 间距@1.0m×1.0m, 呈梅花型布置。根据 III 类围岩的开挖断面, 适当缩小钢拱架的尺寸。系统锚杆采用 Φ28 螺纹钢、锚杆长度 L4.5m, 间距@1.0m×1.0m, 呈梅花型布置。钢筋网片采用直径 Φ8mm 成品钢筋片, 网片间距@150×150。喷射混凝土的强度为 C25, 厚度 h20cm。

##### 4.2 0+635-0+660 支护参数

在桩号 0+635-0+660m 的支护参数方面, 钢拱架同样采用 I18 型号的工字钢, 但拱架间距调整为 0.75m; 连接筋采用 Φ28 螺纹钢, 间距@0.75×0.75m。根据 III 类围岩加强段的断面, 采用机械破碎机对局部欠超部份进行修规。系统锚杆采用 Φ28 螺纹钢、锚杆长度 L4.5m, 间距@1.0 米×1.0m, 呈梅花型布置; 钢筋网片采用直径 Φ8mm 的钢筋, 间距@150×150。喷射混凝土的强度为 C25, 厚度 h20cm。初喷厚度为 8cm。空腔部分采用同标号 C25 喷射混凝土进行回填。

##### 4.3 0+660 之后延伸段支护参数

对于 0+660 之后的延伸段, 超前支护将采用注浆小导

管, 规格为直径 D42 无缝钢管, 壁厚 4.5mm, 长度为 4.5m, 环向间距为 30cm。在顶拱范围内, 两个循环之间的搭接长度将控制在 2m, 仰角控制在 8~10°。外露端头将与钢拱架可靠焊接。除了超前支护参数外, 其它支护参数与桩号 0+630-0+635m 的支护参数相同。

#### 5 0+635-0+660 塌方段处理施工流程

塌方体处理和清运(1.5~2.25m)→断面修整→初喷→立架→连接筋焊接→钢筋网片安装→锚杆造孔、安装、注浆→喷砼→进入下个循环。

##### 5.1 塌方体处理和清运

塌方体清运采用 PC200 破碎机解小, 50 侧卸式铲车装岩, 20T 自卸车运输至卸渣场。循环进尺控制 1.5~2.25m。在进行塌方体处理和清运的过程中, 首先使用 PC200 型号的破碎机对塌方体进行破碎, 使其变成较小的块状, 以便于后续的处理和运输。随后, 使用 50 型号的侧卸式铲车将破碎后的岩石装入 20 吨的自卸车中。这些自卸车将岩石运输至指定的卸渣场。为了保证施工的连续性和效率, 循环进尺被控制在 1.5~2.25m 之间, 确保每个循环都能高效完成。

##### 5.2 断面修整

采用 PC200 破碎机对局部欠超断面的围岩进行修规, 循环进尺控制 1.5~2.25m。在塌方段处理施工流程中, 断面修整是一个关键步骤。使用 PC200 型号的破碎机对那些未能达到设计要求的断面进行精细的修整工作。通过这种方式, 可以确保断面的形状和尺寸符合施工标准。同样, 为了保证施工的连贯性和效率, 循环进尺被设定在 1.5~2.25m 之间, 以便于后续施工步骤的顺利进行。

##### 5.3 钢拱架制作、安装

钢拱架采用 I18 工字钢在加工厂加工, 拱部采用三轴弯曲机按设计断面加工成型; 每榀钢拱架加工厂预拼装, 保证每榀拱架加工质量。自卸车运输至洞内, 人工立架。每榀钢拱架立架先边墙后拱部, 第一榀完成后再第二榀, 及时焊接连接筋, 再进入下个循环。

##### 5.4 锚杆施工

锚杆造孔采用锚杆钻机成孔, 螺杆式注浆机注浆、人工插锚的工艺, 施工台车配合施工。

锚杆施工工艺流程: 布孔定位→钻孔→冲洗、检查→注浆→插锚杆。

(1) 布孔定位: 按设图纸放样布孔;

(2) 锚杆钻机按要求的位置、角度和深度造孔, 成孔后要将岩屑吹洗干净。

(3) 注浆采用螺杆式注浆机注浆。浆液按设计配合比调试;

(4) 锚杆采用 Φ25 钢筋, 浆注后, 采用手风钻带套筒压送插锚。

##### 5.5 挂网喷砼施工

钢筋网片采用成品 Φ8 钢筋网片, 与钢拱架焊接;

喷砼湿喷台车施工工艺;

喷砼材料由拌和站按生产配合比拌制,混凝土罐车运输至现场;

在砼喷射前洞壁采用高压风冲洗干净;

#### 5.6 超前支护

超前支护采用单排  $\Phi 42$ , L4.5m 注浆小导管,环向间距 0.3m,上倾角  $10^\circ$ ;

小导管端头与立钢拱架焊接密实;

注浆应采用注浆泵注浆,注浆顺序遵循“由下至上,先稀后浓”原则;

注浆压力:一般为 0.5~1.0 MPa;浆液初凝时间:1~2 min;

采用水泥为 P.O. 42.5 普通硅酸盐水泥,砂采用中细砂。

### 6 隧洞塌方防治措施

#### 6.1 加强地质超前预报

为了有效预防隧洞塌方,需要加密超前地质预报的次数。通过地质超前预报,可以准确预测前方围岩的岩性、裂隙和地下水情况,为后续的施工提供重要的技术支撑。这是预防塌方的主要手段之一,能够为施工团队提供关键信息,从而采取相应的预防措施。

#### 6.2 加强软弱围岩段排水

在隧洞施工过程中,应根据实际情况及时安装排水管,将水引流至临时排水渠。在爆破钻孔时,如果发现有裂隙水出现,也应立即进行引流处理。通过隧洞排水系统将水排至洞外,可以有效避免水对施工现场造成的影响,确保施工安全。

#### 6.3 短开挖、强支护

隧洞项目施工周期长,工序繁多,不同工序之间需要较长的搭接时间,这很容易造成施工间隙岩石结构的变化,从而导致土质松动,引起塌方。为了确保岩石结构的稳定,在施工过程中,可以采取短开挖强支护的方式,缩短循环进尺,开挖完一循环后及时跟进支护,避免围岩长时间暴

露,从而减少意外风险。

#### 6.4 加强爆破控制

隧洞爆破是一个高风险环节,极易造成地下结构的破坏或岩石稳定性受损,从而产生安全隐患。因此,在爆破施工前,必须根据项目具体情况制定科学的爆破方案,确保各种参数符合方案规定,并严格执行技术指标。爆破效果不佳可能会导致隧洞超挖甚至塌方,因此合理控制爆破进尺、爆破范围,严格控制爆破药量是施工控制的关键。每次爆破后,应当及时记录爆破情况,并根据爆破效果及时对下一循环进行调整。

#### 6.5 加强监测

在隧洞施工中,通过加强监测工作,可以有效避免各种施工事故的发生。通过监测数据,可以及时了解洞内围岩和支护的实际情况,这些数据对于指导后续施工的科学有序进行至关重要。监测结果可以作为调整施工方案和采取预防措施的重要依据。

### 7 结束语

隧洞施工中,在不良地质围岩段受地下水和爆破振动等外力的作用下造成隧洞塌方等性事故,通过本案例塌方处理措施和后期的预防处理,为以后遇到类似问题提供技术支持和实践资料。

#### [参考文献]

- [1]王景义.输水隧洞弱胶结软岩洞段支护结构优化研究[J].水利科学与寒区工程,2021,4(5):162-164.
- [2]李晓飞.断层构造带下支护方法和间距的优化选择[J].采矿技术,2020,20(1):54-56.
- [3]刘洋.软岩隧道塌方处理技术[J].交通世界,2022(17):49.
- [4]吴昊.隧道施工中塌方的原因及防治措施分析[J].工程机械与维修,2022(6):213-215.

作者简介:林道焯,男,天津大学土木工程,浙江省隧道工程集团有限公司,高级工程师。

## 高层建筑工程施工中的桩基础施工技术

何宝定

新疆恒宇科建筑安装有限责任公司, 新疆 五家渠 831300

**[摘要]**随着我国经济的不断发展,城镇化水平不断提升,城市人口与日俱增,这就推动了建筑行业的快速发展。城市中大量的建筑工程拔地而起,随之而来的是城市土地资源的短缺,为了节省城市土地资源,现代建筑工程大多以高层建筑为主。因此,高层建筑的质量问题就引起了人们的广泛关注,要保证高层建筑工程的质量,就需要提高工程基础的质量。基于此,文章介绍了建筑工程施工中桩基础技术的应用以及相关的要点,希望可以给相关从业人员一些借鉴。

**[关键词]**高层建筑;工程施工;桩基础;施工技术

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15539

中图分类号: TU9

文献标识码: A

## Pile Foundation Construction Technology in High-rise Building Construction

HE Baoding

Xinjiang Hengyuke Construction and Installation Co., Ltd., Wujiaqu, Xinjiang, 831300, China

**Abstract:** With the continuous development of Chinese economy, the level of urbanization is constantly improving, and the urban population is increasing day by day, which has promoted the rapid development of the construction industry. A large number of construction projects have emerged in cities, leading to a shortage of urban land resources. In order to save urban land resources, modern construction projects mostly focus on high-rise buildings. Therefore, the quality issues of high-rise buildings have attracted widespread attention. In order to ensure the quality of high-rise building projects, it is necessary to improve the quality of the engineering foundation. Based on this, the article introduces the application of pile foundation technology in construction engineering and related key points, hoping to provide some reference for practitioners.

**Keywords:** high-rise building; engineering construction; pile foundation; construction technology

### 引言

随着城市化进程的加速,高层建筑已成为现代城市发展不可或缺的组成部分。在高层建筑施工中,桩基础作为一种常见的基础形式,广泛应用于承载重负荷、应对复杂地质条件以及确保建筑稳定性等方面。桩基础技术不仅依赖于先进的施工工艺与设备,还需充分考虑土壤特性、荷载需求以及环境因素等多重影响因素。直接影响整个建筑结构的安全性与耐久性的是桩基础的设计与施工质量,因此,桩基础施工技术的研究与优化成为建筑工程领域的一个重要课题。本文将对高层建筑中常用的桩基础施工技术进行详细分析,探讨其在实际应用中的优势与面临的挑战,并提出相应的优化控制措施。旨在为提升桩基础施工质量、降低施工成本及缩短施工周期提供实践依据与理论支持。随着新技术的不断进步,桩基础施工技术的创新与优化呈现出新的发展方向,提供了更加坚实的技术保障,为高层建筑的稳固与可持续发展提供支持。

### 1 高层建筑应用桩基础施工技术的重要性

高层建筑工程因其庞大的体积与重量,对地基的要求极为严格,桩基础技术因此成为支撑此类建筑的关键手段。通过将建筑荷载传递至地下较深的土层或岩层,桩基础有效避免了上部软弱土层的影响,从而确保了建筑的稳定性

与安全性。由于高层建筑规模庞大,地基承载力的需求更为严格,常规的浅基础无法满足其需求,尤其是在城市中,土地资源有限且地下水位较高,传统的基础施工方式往往无法适应复杂的工程要求。在这种情况下,软弱地基问题不仅能通过桩基础得到解决,而且复杂的地下条件,如高水位或低承载力土层等,也能得到有效适应,提供稳定的支撑。随着高层建筑的快速发展,桩基础施工技术逐渐成熟,技术手段与施工方法的持续创新与优化,使其在高层建筑中的应用变得愈加广泛与可靠。无论是在城市中心的高密度区域,还是在地质条件较为复杂的地方,建筑的结构安全都能通过桩基础技术得到有效保证,确保工程顺利进行。由此,桩基础施工技术已成为决定高层建筑质量、安全性及经济性的关键因素。

## 2 高层建筑工程中桩基础施工技术

### 2.1 灌注桩

在高层建筑工程中,灌注桩被广泛应用于软弱土层或承载力较低的地质条件下,作为一种常用的基础施工技术。其主要作用是通过将混凝土灌注入预先钻好的孔中,形成深而强的基础桩,从而有效传递上部结构的荷载,避免地基不均匀沉降。施工过程一般包括钻孔、钢筋笼安装、混凝土灌注及养护等多个环节。钻孔作为保证桩基础稳定性

的关键步骤,通常使用旋转钻机进行地面钻探,直至达到设计深度。在此过程中,桩孔的垂直度、孔径及钻进速度被严格控制,尤其是在软土层或地下水条件下,加固措施如泥浆护壁或套管等技术必不可少,以防止孔壁坍塌或钻孔偏斜,从而确保孔壁的稳定性。紧随其后的是钢筋笼的制作与安装。钢筋笼应根据设计要求加工,钢筋的规格、数量、间距与位置必须严格控制,以确保其能够有效承载上部荷载。在安装过程中,钢筋笼的稳定性必须得到保证,避免出现偏位或变形。混凝土灌注时,应选用高强度混凝土,并采取分层灌注法,确保每层混凝土密实且不会出现离析现象。特别需要注意的是,震动或操作不当导致的空洞或蜂窝状缺陷应当被避免,同时混凝土的质量与流动性需要实时监控,以确保其达到设计强度要求。在灌注完成后,桩头需及时处理,将桩头修整至设计标高,并采取防护措施,防止水泥浆泄漏或桩顶不均匀<sup>[3]</sup>。整个施工过程中的质量控制至关重要,项目管理团队必须对钻孔深度、桩径、钢筋笼质量及混凝土强度等关键技术指标进行严格检查与监测,确保灌注桩质量符合设计标准,为高层建筑提供坚实的基础,保障其安全与稳定。

## 2.2 CFG 桩

CFG 桩 (Cement-Fly ash-Gravel pile, 水泥粉煤灰碎石桩) 是高层建筑工程中常用的桩基础形式,尤其适用于软土及压缩性土层的地基加固。水泥、粉煤灰及碎石等材料与土壤混合后,通过搅拌桩机或其他机械设备将其搅拌,形成具有较高承载力的复合材料桩。施工流程通常包括钻孔、搅拌、填料及养护等多个环节。在施工现场,钻机或其他机械设备被用来将孔洞钻至预定深度。钻孔过程中,孔壁的稳定性必须得到保障,以防地下水或松软土层引起的坍塌或偏斜。完成钻孔后,采用搅拌桩机将水泥、粉煤灰及碎石等材料进行均匀搅拌,形成桩体。搅拌过程要求精确控制,包括材料的混合比例、搅拌深度及速度,以确保桩体的强度稳定。实时监控搅拌质量至关重要,必须确保其符合设计要求。接下来,混合后的材料被填入桩孔,构成桩体的基础部分。在此过程中,填充材料的密实度必须保证,确保每一层填料都经过充分压实,以避免松散材料影响桩的整体稳定性。填充工作完成后,养护阶段显得尤为重要,特别是在初期固化过程中,桩体需保持湿润,以促进混合材料的化学反应顺利进行,从而达到所需的设计强度。整个施工过程中的质量控制措施不可或缺,桩的直径、深度及承载力等参数必须经过严格检测与监控,以确保 CFG 桩的施工质量达到设计标准。与传统的灌注桩相比,CFG 桩具有低成本、高速度等优点,特别适用于大面积软土地基的加固。基础沉降能够有效减少,建筑物的稳定性得到提升<sup>[2]</sup>。正因如此,CFG 桩在高层建筑工程中得到了广泛应用,凭借其良好的经济性与技术性,成为现代建筑施工中重要的基础技术之一。

## 2.3 沉桩

沉桩技术在高层建筑工程中得到了广泛应用,尤其适用于软土层、松散地基以及地下水位较高的地区。通过将预制桩体(如混凝土桩、钢管桩等)打入地基,桩体与土体之间的摩擦力或桩端的承载力被利用,有效传递上部结构的荷载。施工过程中,桩打机、液压沉桩机或振动沉桩机等设备被用来进行作业。在施工中,桩体的垂直度、沉桩深度以及桩端承载力的精确控制至关重要,确保桩基质量符合设计标准。桩体打入过程必须保持平稳,避免倾斜或偏离预定位置,防止对周围环境产生不良影响。沉桩方法,尤其在复杂地质环境下的基础加固中,被广泛应用,能够有效提高基础承载力,减少地基沉降等潜在问题的发生。对于高层建筑项目,坚固的基础通过沉桩技术得以提供,确保建筑物的稳定性与安全性。质量控制与技术监测在施工过程中被严格实施,以保障桩基的长期稳定性与结构可靠性。此项技术的应用,对确保高层建筑基础安全具有重要意义。

## 3 高层建筑工程中桩基础施工技术优化管控

### 3.1 完善桩基础施工管理制度

在高层建筑工程中,完善桩基础施工管理制度是确保施工质量、提升工作效率及降低施工风险的关键保障。一个科学且合理的管理制度为桩基础施工的各个环节提供了明确的操作标准与规范,确保每项任务都有清晰的指导,责任明确到人。应当清晰界定各施工单位、管理人员及技术人员职责与权限,确保在施工过程中各方能够密切协作,避免因职责不明确而导致的管理混乱。制度应覆盖从设计、施工到验收的全过程,为每个环节提供详细的技术标准和操作流程,尤其在桩基础施工的技术要求、材料选用及设备配置等方面,具体指导应给予。施工过程中,质量控制制度的严格执行至关重要,现场施工需实时监控,定期开展质量检查,以确保每根桩基的施工质量达到设计标准及工程要求。此外,安全管理与风险控制也应在管理制度中得到强调,针对不同地质条件、气候变化等潜在风险因素,风险评估需提前进行,应急预案应制定,以保障施工过程中的安全性与稳定性。

### 3.2 做好准备工作

在高层建筑工程中,桩基础施工的成败通常取决于前期准备工作的充分性。确保施工顺利进行并降低施工风险的关键步骤,是充分的准备工作。施工前,项目现场应进行全面的勘察,尤其是对地质条件的详细调查与分析,以确保对地下水位、土壤类型及其承载力等重要因素有清晰的了解。这些数据对于选择合适的桩基类型、确定桩长和桩径至关重要。根据项目的具体需求,施工单位还需提前制定详尽的施工计划,人员、设备与材料的合理调配也必须做好,以确保准备工作能按时到位。技术准备方面,施工工艺、技术要求及操作规程必须经过严格审核,并组织

相关技术人员进行专项培训,确保所有施工人员掌握必备的专业知识与技能。此外,设计、施工与监理团队之间的协调与沟通必须得到充分保障,确保信息流通畅通,避免因沟通不畅而导致工期延误或质量问题的发生<sup>[3]</sup>。最后,施工现场的安全保障及环境保护措施需在施工前就明确规划,并确保落实到位,以保证施工期间的安全生产和环保要求得到切实执行。

### 3.3 不断调整管理方案

在高层建筑工程中,桩基础施工技术的优化与管控依赖于不断调整和完善管理方案。随着施工过程中现场情况的变化、技术要求的提升以及外部环境的影响,原有的管理方案可能会显现出不适应性或不足之处。在此背景下,依据施工进度、质量控制、安全保障以及成本控制等方面的实际反馈,项目管理团队需灵活地对管理方案进行调整。特别是在复杂的地质条件下,随着钻孔灌注桩、预制桩等施工技术的深入应用,现场可能会遇到一些预料之外的问题,例如土壤不均匀或地下障碍物的存在。遇到此类情况时,施工方案必须根据实际情况及时修改,确保施工能够按计划顺利推进。与此同时,随着新技术、新材料与新设备的不断涌现,管理方案也应适时进行更新,合理引入先进技术以提高施工效率和质量。在调整过程中,设计、施工及监理各方之间的沟通与协作还需加强,确保调整后的方案能够得到全面的支持与配合,从而保障项目的顺利进行。

### 3.4 控制载荷量

在高层建筑工程中,桩基础的载荷量控制是确保桩基础施工技术优化的重要环节。桩基础的主要功能是将建筑物上部结构的荷载通过桩体传递至更深的土层或岩层,以确保建筑物的稳定与安全。每根桩所承受的载荷量若得到合理控制,有助于防止桩基因承载能力不足或荷载过度集中,而引发的沉降、倾斜等问题。在施工过程中,结合地质勘察报告与设计要求,桩的数量、规格与深度应被科学规划,确保荷载能够均匀地分布到各根桩上。桩基施工阶段,施工质量必须严格把控,确保每根桩的打入深度与位置准确,符合设计标准。同时,精确的载荷试验与检测方法,如静力荷载试验,可被用来评估每根桩的承载能力,确保在施工过程中不会发生桩基承载力不均或超载等引起的结构性问题。通过这些措施,桩基础的可靠性与工程的整体稳定性能够得到有效保障。

### 3.5 做好施工现场的监督检查

在高层建筑工程的桩基础施工过程中,施工现场监督检查的强化是确保施工质量与项目顺利实施的关键保障。这一措施不仅涉及对施工进度的跟踪,还全面涵盖了对施工质量、安全管理以及施工规范执行的监督。通过细致入微的现场检查,潜在问题得以及时识别,例如桩基施工是否严格按照设计要求执行,桩的打入深度是否符合规范,混凝土灌注质量是否达标等<sup>[4]</sup>。在施工过程中,进场材料需定期接受验收,以确保其质量符合相关标准,同时,施工设备的使用状态也应进行全面监督,避免设备故障或操作不当影响施工质量。此外,现场工作人员的操作规范与施工环境的安全措施,亦应受到严格检查,以防因人为因素或环境管理不当导致施工事故的发生。

## 4 结语

桩基础施工技术在高层建筑工程中至关重要,作为确保建筑物稳定性与安全性的基础环节。随着建筑技术的不断进步,桩基础施工方法与设备也在持续创新与发展,更高效、环保的技术手段已被采用,有效提升了施工质量与效率。尽管现有的桩基础施工技术在实际应用中已取得显著成效,仍然面临着一些挑战,例如复杂的地质条件与施工环境的限制等问题。在未来的工程实践中,施工管理方案需进一步优化,技术培训与质量控制需加强,从而确保桩基础施工的精准度与可靠性。通过不断的技术改进与创新,桩基础施工将为高层建筑工程的顺利进行提供更加坚实的保障,推动城市建筑行业迈向更高的发展水平。

### 【参考文献】

- [1]贾玉勇.高层建筑工程施工中桩基础施工技术探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2020(14):19.
  - [2]杨军涛.高层建筑施工中桩基础施工技术研究[J].新城建科技,2024,33(2):128-130.
  - [3]姚明成.高层建筑工程施工中桩基础施工技术探讨[J].居舍,2020(3):35.
  - [4]李旭鹏.高层建筑工程中桩基础施工技术研究[J].科技创新与应用,2023,13(12):181-184.
  - [5]定震.高层建筑工程施工中桩基础施工技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023(27):121-123.
- 作者简介:何宝定(1977.4—),毕业院校:石河子大学,所学专业:土木工程,当前就职单位名称:新疆恒宇科建筑安装有限责任公司,职务:项目经理,职称级别:中级。

## 建筑工程混凝土施工技术与质量管理研究

邱成刚

中铁三局集团桥隧工程有限公司, 河北 邯郸 056000

[摘要] 混凝土是现代建筑工程中不可或缺的关键材料, 广泛应用于高层建筑、桥梁、隧道等大型项目以及住宅、道路等基础设施的建设。其质量直接影响到建筑结构的稳定性、安全性与耐用性。随着建筑工程规模的不断扩大与施工技术的持续进步, 混凝土施工质量的保证已成为建筑行业亟待解决的重要问题。混凝土施工技术的科学性与质量管理体系的有效性相辅相成, 决定了建筑项目的整体质量与可持续性。文章将聚焦混凝土施工技术与质量管理领域, 深入分析当前面临的主要问题与挑战, 探讨未来发展的趋势, 以期为行业提供具有参考价值的理论依据与实践方向。

[关键词] 混凝土施工技术; 质量管理; 建筑工程; 技术优化; 质量控制

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15504

中图分类号: TU755

文献标识码: A

### Research on Concrete Construction Technology and Quality Management in Construction Engineering

QIU Chenggang

Bridge and Tunnel Engineering Co., Ltd. of China Railway No.3 Engineering Group, Handan, Hebei, 056000, China

**Abstract:** Concrete is an indispensable key material in modern construction engineering, widely used in large-scale projects such as high-rise buildings, bridges, tunnels, as well as the construction of infrastructure such as residential buildings and roads. Its quality directly affects the stability, safety, and durability of the building structure. With the continuous expansion of construction projects and the continuous progress of construction technology, ensuring the quality of concrete construction has become an important issue that urgently needs to be addressed in the construction industry. The scientific nature of concrete construction technology and the effectiveness of quality management system complement each other, determining the overall quality and sustainability of construction projects. The article will focus on the field of concrete construction technology and quality management, deeply analyze the main problems and challenges currently faced, explore future development trends, in order to provide valuable theoretical basis and practical directions for the industry.

**Keywords:** concrete construction technology; quality management; architectural engineering; technical optimization; quality control

作为建筑行业关键材料之一, 混凝土的质量对建筑结构的安全性及使用寿命具有深远影响。然而, 在实际施工过程中, 混凝土质量往往受到多种因素的制约, 如施工环境、原材料质量、技术操作及人员水平等。温湿度变化、原材料不均匀、施工人员操作不规范等因素, 均可能导致混凝土质量无法得到有效控制。尽管近年来施工技术与质量管理方法已有显著进步, 但施工工期与质量之间的平衡依然是行业面临的突出问题。管理体系执行力不足、验收标准不明确以及技术更新滞后等问题, 持续影响着混凝土施工质量的提升。在日益严格的环保与质量要求背景下, 如何有效结合现代化的管理体系与施工技术, 提升混凝土质量, 已成为建筑行业需要解决的核心难题。因此, 针对混凝土施工技术与质量管理的深入研究, 不仅具备重要的理论价值, 也为实际工程中问题的解决提供了切实的参考。

#### 1 建筑工程混凝土施工技术的相关概述

##### 1.1 混凝土施工技术的基本原理

在建筑工程中, 混凝土施工技术至关重要, 它涉及混凝土的物理、化学特性及施工方法等多个方面。混凝土由水泥、骨料和水组成, 硬化后的结构展现出较高的抗压强

度和耐久性, 这使得它成为广泛应用于建筑工程中的基础材料。混凝土的力学特性直接影响建筑结构的稳定性与安全性, 因此, 在施工过程中对每个环节的质量进行严格把控显得尤为重要。混凝土硬化的关键过程是水泥与水之间的水化反应。水泥颗粒与水反应生成水化产物, 这些产物填充空隙, 逐渐形成坚固的结构。在混凝土的力学性能中, 抗压强度是最关键的指标。随着养护时间的增加, 混凝土的抗压强度逐渐增强。耐久性混凝土施工中另一个关键考虑因素, 尤其在遭遇风化、冻融或极端温湿度变化时, 混凝土的性能可能会受到影响。施工中, 必须对温湿度进行合理调控, 避免过度干燥或潮湿, 以减少裂缝的产生。此外, 浇筑、振捣及养护等环节的控制直接关系到混凝土的最终质量。

##### 1.2 混凝土施工中的技术难点

尽管混凝土施工技术已有了长足的发展, 但在实际操作中, 仍面临着一些技术难题, 尤其是在收缩、裂缝控制以及表面质量管理方面。混凝土在水化过程中不可避免地会发生收缩, 尤其是在干燥环境中, 收缩现象更加明显。这种收缩可能导致裂缝的产生, 影响结构的整体性和耐久性<sup>[1]</sup>。因此, 合理控制配合比、使用收缩控制剂以及加强

养护措施是减少收缩问题的重要手段。裂缝问题也是混凝土施工中的一大难题。裂缝不仅影响混凝土的外观,严重时可能影响结构的安全性。裂缝的产生通常与多种因素相关,如不合理的配合比、振捣不充分或养护不当等。为有效避免裂缝的形成,施工过程中的每一个环节都应加强质量控制,特别是在温湿度管理、振捣与养护等方面。混凝土的表面质量控制同样是施工中的一大挑战。混凝土表面的平整度与光洁度直接影响建筑物的外观以及后续装修的难度。在浇筑过程中,表面可能出现气泡或不平整现象,这不仅影响美观,还可能增加后续修复的工作量。

## 2 建筑工程混凝土施工技术与质量管理

### 2.1 建立健全质量管理体系

在建筑工程混凝土施工过程中,建立健全的质量管理体系至关重要。这包括制定详细的质量管理手册和质量目标,明确质量管理负责人,以确保每个施工过程都得到有效的质量保障。此外,需制定具体的质量管控计划(如图1所示),内容应涵盖混凝土配合比设计、工程流程、工程规范以及验收标准等方面,并定期或不定期对各施工环节进行检查和监测,从而及时发现基础施工过程中可能存在的问题。

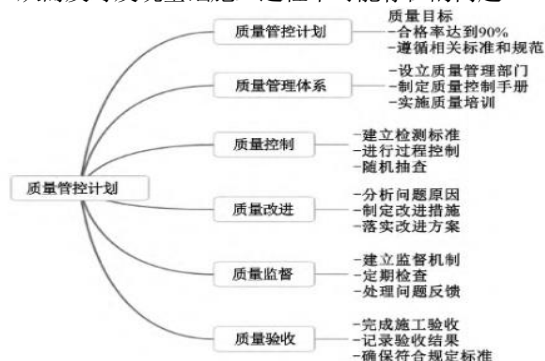


图1 质量管控计划

在建立和完善质量管理体系的同时,尤其要重视混凝土技术施工后的验收与管理工作<sup>[2]</sup>。例如,需制定完善的验收标准和规范,针对混凝土的强度、密实度、外观质量等多个方面进行有效的验收,以确保混凝土结构质量符合相关要求和标准。为了进一步提升验收过程的科学性和公正性,应制定详细的验收程序,明确验收人员的职责,并形成完整的报告和档案,从而为后续的质量评估提供追溯依据。此外,在质量验收过程中,可引入第三方检测机构,确保验收结果的公平、公正、公开、透明及真实性。如果在验收过程中发现质量问题,必须及时进行追根溯源,避免问题重复发生,并对施工质量进行持续改进。这不仅能确保施工质量的可靠性和稳定性,还能提升混凝土结构建筑的整体质量水平,进一步推动建筑工程的安全性和可持续发展。

### 2.2 混凝土原材料优选

混凝土的质量与原材料的选择密切相关,水泥、砂、骨料等原材料的质量标准必须严格把控。在水泥选择方面,应优先选用抗压强度较高、符合设计要求的高标号水泥,这样才能确保混凝土的强度与耐久性。砂与骨料的质量同

样至关重要,其粒径分布应均匀,避免出现过大的颗粒或过多的细颗粒,这些因素会影响混凝土的均匀性及施工的可操作性。骨料的含泥量也必须严格控制,过多的泥土会影响混凝土的密实性,降低其抗渗性与耐久性。水泥、砂、骨料的质量需要通过严格的检验来确保其符合标准。水泥的检验项目包括抗压强度、凝结时间及安定性等;而砂石骨料的检测则侧重于粒径、含泥量、颗粒级配等方面。使用含有杂质或不合标准的原材料将对混凝土的整体质量造成严重影响,特别是骨料中含有过多细颗粒时,会使混凝土的抗压能力下降,增加其裂缝发生的概率。水的质量也是混凝土施工中需要特别注意的因素,应选择无杂质的清洁水源,以避免水中的杂质对混凝土性能产生不利影响。通过严格的原材料检验,可以确保每批次的原材料都符合质量要求,从而为混凝土施工的顺利进行提供保障。

### 2.3 注重混凝土施工技术的选择与各环节优化

混凝土施工技术的选择对确保工程质量与施工进度具有重要作用。根据项目的不同要求,施工过程中应合理选择技术手段。对于大型工程或高强度混凝土结构,泵送混凝土技术是一种常见的应用方法。该技术能够通过泵送管道将混凝土输送至难以到达的地方,避免传统浇筑方法的局限性,提高施工效率。然而,泵送技术的应用需要保证混凝土的流动性与稳定性,以避免出现泵送过程中的凝结与堵塞问题。除了泵送混凝土,混凝土施工中的每一环节都应通过科学技术手段进行优化。例如,在温度与湿度较高或较低的环境条件下,应采取必要的措施进行环境控制,确保混凝土的固化过程不受不利因素的影响。施工过程中,技术监控至关重要,必须加强对环境因素(如温度、湿度)的监测,确保混凝土质量不因外界变化而受到影响。此外,施工人员的技术培训也十分关键,定期的技术培训能够确保施工人员熟练掌握施工工艺,避免因操作不当造成的质量问题。

### 2.4 质量检测与控制

确保混凝土施工质量的另一项重要手段是质量检测与控制。混凝土强度的检测通常采用抗压试验,按照相关标准进行压缩试验,通常在混凝土28天龄期时进行。通过检测强度,可以验证混凝土是否达到了设计要求。如果强度不足,需及时分析原因,调整施工配比或工艺,以确保后续工程的安全性。除了强度检测,混凝土的耐久性检测同样不可忽视。耐久性检测主要评估混凝土在不同环境条件下的表现,例如抗冻融、抗腐蚀等能力<sup>[3]</sup>。混凝土的耐久性对其长期使用性能具有重要影响,检测过程中需要对这些方面进行系统评估,以确保混凝土能够在不同环境下长时间保持稳定。此外,密实度检测也是混凝土质量监控的重要环节,通常采用泛应力试验来检测混凝土的紧实度,确保混凝土的气泡或蜂窝状缺陷被有效消除。

### 2.5 混凝土施工过程中的现场管理

施工现场的管理对施工质量至关重要。现场管理不仅能够提高施工效率,还能确保每一环节的施工质量。施工环境是影响混凝土质量的一个重要因素,施工现场的温湿

度必须适宜,以确保混凝土的正确固化。在天气较冷时,采取保温措施可以防止混凝土冻结;而在高温天气下,适当的降温措施能够避免混凝土因水分过早蒸发而导致的裂缝。此外,施工人员的培训至关重要,确保每个施工人员掌握相关的施工技巧,避免因操作不当导致质量问题。设备的配置与维护同样不可忽视,施工设备必须保持良好的工作状态,以确保施工过程不因设备故障而影响施工进度。科学合理的现场管理能够有效提高施工质量,保证每个环节都符合质量标准,从而确保混凝土施工的顺利进行,为后续工程的质量打下坚实基础。

### 3 建筑工程混凝土施工技术与质量管理的挑战与发展趋势

#### 3.1 挑战

##### 3.1.1 混凝土质量的稳定性问题

混凝土质量的稳定性,长久以来一直面临来自多个方面的挑战。施工环境的波动、原材料质量的不同批次以及施工人员的技术差异,均可能影响混凝土最终质量的保持。高温天气下,混凝土表层水分蒸发过快,这种现象会导致其强度未能达到设计标准;低温情况下,混凝土又可能遭受冻害,影响其抗压强度与耐久性。尤其是水泥、骨料等材料的批次差异,常常对混凝土的性能产生影响,微小差异也可能影响其强度、密实度等关键指标。施工人员的操作经验不足或技术水平的欠缺,会导致质量控制出现问题。

##### 3.1.2 施工工期与质量的平衡

施工工期与质量之间的平衡,时常是建筑施工中的一大难题。进度压力往往迫使施工单位缩短一些工序的时间,导致混凝土浇筑后的养护阶段被缩短。这种做法可能影响混凝土的密实度、抗压强度等关键性能,进而影响结构的整体质量。在项目进展紧张时,混凝土施工的质量往往被忽视,急于推进工期可能导致施工过程中的关键环节如充分养护的忽视,进而降低混凝土的最终性能。

##### 3.1.3 管理体系的执行力不足

虽然大多数建筑公司都已经建立了质量管理体系,但质量控制的执行力往往不到位。质量管理体系的实施,若未能得到足够重视,施工现场的质量检查与控制常常会出现疏漏。管理人员缺乏足够的监督力度,施工过程中对质量标准的遵循也可能出现问题。例如,在实际操作过程中,检查工作可能未按计划开展,或者执行人员的执行力不强,导致质量控制不全面。为此,提升质量管理体系的执行力,并确保每一环节都按照规定进行操作,已成为保证混凝土施工质量的关键措施。

#### 3.2 趋势

##### 3.2.1 智能化施工技术的应用

随着科技的进步,智能化施工技术在混凝土施工中的应用正逐渐成为行业发展的一大趋势。3D 打印混凝土技术已开始多个项目中得到应用,利用其精确的施工方式能够显著提高施工的精准度,减少人为操作中的误差。此外,

自动化检测技术的引入,使得施工过程中的质量监控得到了显著改善,能够实时跟踪施工质量,及时发现问题并进行修正,从而确保施工质量符合预定标准。随着人工智能与大数据技术的进一步发展,智能化施工技术的普及将推动建筑施工朝着更高效、更精准的方向发展。

##### 3.2.2 绿色环保技术的推广

环保要求日益严格,建筑行业在推动绿色发展的过程中,逐渐倾向于采用环保技术和材料。环保型混凝土材料的使用已成为未来建筑施工的主流趋势,替代材料如粉煤灰、矿渣等的广泛使用,有助于减少水泥的消耗,降低碳排放,符合当前环保及可持续发展要求。同时,施工中对废弃物的合理处置与再利用也是绿色施工的重要组成部分。绿色建筑材料的创新与应用,将推动建筑业逐步向低碳、环保、可持续的方向转型。

##### 3.2.3 质量全过程控制模式

质量全过程控制模式的逐步实施,标志着建筑行业对质量管理的认识已进入一个新阶段。与传统的局部控制模式不同,这一模式强调在项目的每一个阶段都要严格把控质量,从设计阶段到施工阶段,再到最后的验收环节,全面覆盖施工过程中的每一个细节。通过对设计图纸的审查、施工过程中各项标准的执行以及最终质量验收的严格把关,保证了工程质量始终符合标准要求<sup>[4]</sup>。这一模式的实施,不仅能在施工过程中做到早期预警,还能提升施工质量与安全保障。质量全过程控制将成为未来建筑工程管理中一种重要趋势,推动建筑行业迈向更高的质量管理水平。

#### 4 结束语

随着建筑行业的持续发展,混凝土施工技术与质量管理的重要性愈发突出。施工过程中,技术创新、管理体系完善、人员素质提升及质量检测手段的优化,均对混凝土质量控制产生深远影响。智能化施工技术的应用,能够实时监控施工过程,确保施工精度与效率,推动了施工技术的进步。绿色环保技术的推广,引领着环保型混凝土材料的使用,符合日益严格的环保标准。未来,实施质量全过程控制模式将成为行业的主流趋势,这一模式可确保每个施工环节都达到预定的质量要求,避免潜在隐患的产生。

#### 【参考文献】

- [1]李斌.基于高清摄像的混凝土高效搅拌智能化成熟辨识研究[D].河南:华北水利水电大学,2023.
- [2]张兴富.混凝土施工质量管理与质量控制的关键要素与方法[J].产品可靠性报告,2023(9):71-73.
- [3]许倩.混凝土建筑施工质量管理与安全控制分析[J].中国水泥,2024(8):94-95.
- [4]杨培栋.大型斜坡坡面混凝土浇筑工艺优化研究[J].北方建筑,2024,9(4):106-110.

作者简介:邱成刚,(1985.2—),单位名称:中铁三局集团桥隧工程有限公司,毕业学校和专业:大连理工大学土木工程(道桥方向)。

## 绿色节能施工技术在建筑工程中的应用

翟艳红

河南省周口市商水县东城街道办事处, 河南 周口 466100

**[摘要]**对于建筑施工行业来说,绿色节能施工技术既是一项环保任务,也是实现可持续发展的重要手段。文中首先揭示了绿色节能施工技术在建筑工程中的重要性和紧迫性。然后,针对现存的建筑工程施工中,普遍存在的能源消耗过大、环境污染严重等问题,提出了可行的绿色节能施工技术,如绿色施工短期规划、施工过程中的能源管理和环境管理等。研究结果表明,绿色节能施工技术可以有效降低建筑施工过程中的能源消耗,降低环境污染,改善施工环境,实现建筑施工的绿色化。同时,绿色节能施工技术也为施工单位节约了大量施工成本,提高了工效,具有重要的经济和社会意义。最后,文中还就如何进一步推广和应用绿色节能施工技术进行了深入探讨,为推动我国建筑工程走向绿色、节能、环保的发展路径提供了可行的理论和实践参考。

**[关键词]**绿色节能施工技术; 建筑工程; 能源管理; 环保; 节能

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15535

中图分类号: TU74

文献标识码: A

## Application of Green and energy-saving Construction Technology in Building Engineering

ZHAI Yanhong

Dongcheng Street Office, Shangshui County, Zhoukou City, Henan Province, Zhoukou, He'nan, 466100, China

**Abstract:** For the construction industry, green and energy-saving construction technology is not only an environmental task, but also an important means to achieve sustainable development. The article first reveals the importance and urgency of green and energy-saving construction technology in building engineering. Then, in response to the common problems of excessive energy consumption and severe environmental pollution in existing construction projects, feasible green and energy-saving construction technologies were proposed, such as short-term planning for green construction, energy management and environmental management during the construction process. The research results indicate that green and energy-saving construction technology can effectively reduce energy consumption during the construction process, lower environmental pollution, improve the construction environment, and achieve green construction. At the same time, green and energy-saving construction technology has also saved a lot of construction costs for construction units, improved work efficiency, and has important economic and social significance. Finally, the article also conducted in-depth discussions on how to further promote and apply green and energy-saving construction technologies, providing feasible theoretical and practical references for promoting the development path of green, energy-saving, and environmentally friendly construction projects in China.

**Keywords:** green and energy-saving construction technology; architectural engineering; energy management; environment protection; energy-saving

建筑施工作为资本密集型的产业,其能源消耗及环境污染问题存在诸多亟待解决的困境。解决这些问题,实现施工行业的绿色、节能与环保是摆在我们面前的重要任务。对此,绿色节能施工技术就显得尤为重要和紧迫。通过绿色节能施工技术,我们不仅可以有效降低建筑施工的能耗和环境污染,改善施工环境,其经济效益和社会价值也是十分显著的。然而,尽管其益处良多,但在现有建筑工程施工中,如何将绿色节能施工技术进行深入全面地应用,仍有待于进一步研究和探讨。本研究旨在探索绿色节能施工技术在建筑工程中的应用,为推动我国建筑施工行业走向绿色、节能、环保的发展路径提供理论和实践参考。

### 1 绿色节能施工技术的重要性及紧迫性

#### 1.1 了解绿色节能施工技术的概念及发展

绿色节能的施工技术,它的重心就在于在建筑施工的

过程中,运用科学和有效的方式,使得能源消耗和环境污染降到最低点,有效使用资源<sup>[1]</sup>。这个理念的核心,是通过管理施工过程,材料的选择,以及科技的创新,引导建筑业走向可持续发展的道路。此技术在地球各地都受到了广泛的关注和应用。再加上现在资源越来越稀缺,人们对生态环境保护的压力也越来越大,这就使得绿色节能施工技术逐渐成为建筑业发展的必然方向。在它的发展过程当中,绿色节能施工技术已经从简单的节约能源的步骤,发展到了一个综合性的技术体系。现代绿色节能施工不仅涵盖节能材料的使用,还涉及智能建筑技术及数字化施工管理的运用。这一发展过程反映了建筑行业对于节能环保需求的不断深化和技术水平的日益提高。通过不断地创新和优化,绿色节能施工技术不仅有助于降低建筑能耗,还为实现绿色经济和低碳社会提供了坚实的技术支持。

## 1.2 认识到绿色节能施工技术的重要性

绿色节能施工技术在当代建筑工程中具有重大的重要性,表现为其在多个层面的显著贡献。在全球资源愈见匮乏与生态环境持续恶化的情况之下,采用绿色节能施工技术,无疑是向资源节约型以及环境友好社会迈进的关键一步。利用此类技术,弥补了能源的短缺,减弱了建筑生命周期对环境所产生的副作用,为缓和生态压力供给了助力。此外,绿色节能施工技术推进了施工技术从原本的形态向新的形态转换,借由创新和优化施工流程,提高了工程的质量以及施工的效率。革新性的技术不止满足了现代发展对建筑要求的提升,也在市场竞争中展现出了得天独厚的优势。借由资源节约实现环境和经济的双重效益,让人们对于绿色节能施工技术在建筑业中的重要性有了更深入的认识。

## 1.3 论述绿色节能施工技术的应用的紧迫性

绿色节能施工技术的应用具有极大的紧迫性,因全球气候变化和环境问题日益加剧,传统建筑施工造成的高能耗与污染难以持续。建筑业是消耗幅度最大和排放量最高的行业,亟待变革,以减少环境的负担。采用绿色节能科技,不但能使资源得到高效应用,也能为建筑业确立可永续发展的示范,对于提升经济效益以及社会责任有着至关重要的推动力。

## 2 建筑施工中存在的问题及其影响

### 2.1 描述建筑施工中能源消耗过大的问题

建筑施工过程中,能源消耗过大是一个普遍存在的问题,对资源的巨大需求导致建筑行业成为能源使用大户。传统建筑施工使用大量机械设备和技术工艺,这些设备和工艺如混凝土搅拌机、塔吊、电梯等,在施工中需长时间运转,耗能巨大。施工现场的临时照明、供暖、供电等设施亦消耗了大量的电力能源。建材生产和运输过程中,燃煤、燃油等传统能源的使用进一步加剧能源消耗问题。这些高能耗现象不仅增加了建筑项目的成本,还对环境造成显著负担。能源消耗过大的问题使得施工企业面临着资源紧缺、成本上升和环境法规日益严格的多重压力。降低建筑施工过程中的能源消耗,成为建设绿色环保的必然要求。通过引入先进的绿色节能施工技术,可有效改进以上问题,从而实现建筑施工的可持续发展。

### 2.2 讲述建筑施工中环境污染的问题

施工建筑阶段,环境污染问题屡见不鲜,不仅对生态平衡带来破坏,也威胁着人类的健康。主要污染源便是建筑过程中所产生的扬尘和机械设备的有害废气,这些污染物质既降低了空气的洁净度,更可能危及施工人员及邻近居民的身体健康。

进一步说来,噪声污染也是问题重中之重。来自施工机器和运输车辆的尖锐噪声,对周边居民的的生活和工作环境构成了严重困扰,或许还会对他们的心理健康产生影响。

水污染问题同样不能忽视,若施工场地对废水和相关材料的处理不得当,可能会给周围的水源带来污染,进一步影响到水生生态系统的正常运行。施工废弃物的大量产生和不

当处理可能导致土壤污染和资源浪费。这些环境污染问题对城市生态造成威胁,并削弱了可持续发展的努力。维护良好的环境质量,推进绿色节能施工技术的应用显得尤为重要。

### 2.3 分析这些问题造成的影响

过于浪费能源以及环境污染问题,已成为建筑施工领域面临的两大困局,这不止引发了资源日益稀缺和经济压力增加的问题,还对空气清洁度及整个生态环境带来了大规模的破坏,直接关系到人们的生活质量和身心健康。

同时,这两项问题阻碍了建筑行业朝着可持续发展的方向前进,如果我们不能找到解决方案,那么不仅可能遭受法律法规的严厉打击,也会招致公众对此行业的消极评价,从而影响到工程项目的长期利润和声誉。

## 3 绿色节能施工技术具体应用方法

### 3.1 绿色施工短期规划的实施

实行绿色施工短期规划,这是推进绿色节能施工科技重要的一环。主旨在于削减施工期间资源的损耗,实现可持续发展的目标。对于绿色施工规划,项目的初期阶段需要设立明确的节约资源的目标,与此同时,结合项目本身特点进行全方位的可持续性评估。更深一步的是,通过优化施工工艺、材料使用以及设备的选用,以尽可能减小能源和材料的使用量。利用先进的管理工具与技术,如建筑信息模型(BIM),提升施工效率,降低资源浪费和对环境造成的负担。管理施工现场的环境,提升工人的环保意识,建立切实有效的监督机制,也是绿色施工规划的一个重要环节。定期评审和调整规划措施,根据实际进展优化节能策略,与施工单位和业主进行有效的沟通和协调,确保规划的实施效果。通过这些措施,能够在短期内实现绿色施工的目标,推动建筑工程步入节能与环保的轨道。

### 3.2 施工过程中的能源管理措施

施工过程中的能源管理措施在绿色节能施工技术中至关重要。合理的能源管理可以有效降低施工过程中的能源消耗。通过建立能源管理体系,确保能源使用的标准化和系统化。采用节能型施工设备代替传统高耗能设备,是降低能源使用的重要手段。对设备进行定期维护和检测,避免因设备老化或故障导致的能源浪费。施工现场应引入智能监控系统,对电力、燃气等能源的使用进行实时监控与分析,及时发现并调整不合理的能源使用状况。倡导全体施工人员节约能源,提高其节能意识同样不可忽视<sup>[5]</sup>。这些措施的实施将显著提升施工项目的能源利用效率,实现绿色施工目标。

### 3.3 施工过程中的环境管理方法

施工过程中的环境管理方法在绿色节能施工技术中扮演着关键角色。施工现场的环境管理需要从污染控制和资源优化两方面进行。对于污染控制,严格监控施工过程中的粉尘、噪音和废弃物排放,采用防尘网、消音器以及垃圾分类等措施,确保施工活动符合环保标准。资源优化方面,强调利用可再生材料和节水技术,如雨水收集系统和节能设备的应用,以最大限度地减少资源消耗。通过这些环境管理方法,有效减少施工对周边环境的负面影响,

实现可持续的建筑施工实践。

#### 4 绿色节能施工技术的效益与意义

##### 4.1 衡量和解读绿色节能施工技术的效益

绿色节能建筑技术的价值,主要以节约能源、环境保护和经济效果为准则。运用新颖的施工技术和科学的管理方法,能够大幅度减少工程项目中的能源浪费。相关手段诸如:智能设定建筑方案、精细化施工步骤等,旨在减少不必要的能源花销。绿色施工技术在抑制环境污染方面也展现了其益处。以实际有效的保护手段,建筑施工中的污染物排放量将能明显降低,从而达到周边生态环境的保护。此外,经济效益表现在对建筑工程总成本的控制、对工作效率的提升。凭借合理的能源和资源调配,工程项目的运营成本将有所下降。还可提升企业在市场中的竞争力,增加其经济收益。综合而言,绿色节能施工技术不仅改善了传统施工带来的负面影响,促进了建筑行业向可持续发展方向转型,彰显了其广泛的社会意义。

##### 4.2 对绿色节能施工技术的重要性重新理解和定义

绿色节能施工技术的重要性可以从多重维度重新加以理解和定义。该技术不仅体现为一种建筑行业的技术革新,更是对生态文明建设和可持续发展理念的具体实践。通过降低资源和能源的消耗,绿色节能施工技术在减少施工过程中的环境污染方面发挥了重要作用,为改善区域生态环境提供了技术支撑。该技术提高了资源利用效率,有助于缓解资源短缺的压力,从而为社会经济系统的长期稳定提供保障。在经济效益方面,绿色节能施工技术能够显著降低施工成本,优化资源配置,增强建筑企业的市场竞争力和可持续发展能力。绿色节能施工技术的推广还具有广泛的社会意义,它倡导了绿色低碳的生活方式,强化了人们的环保意识,为构建绿色社会奠定了基础。

##### 4.3 论述绿色节能施工技术的社会意义

绿色节能施工技术的社会意义在于其能够显著减少建筑行业对自然资源的消耗,降低污染物的排放,从而保护生态环境,改善人居环境质量。这不仅满足了公众对健康生活环境的需求,也为城市可持续发展奠定了基础。推动绿色节能施工技术的应用能够促进建筑行业的技术升级,提升市场竞争力,推动产业链的绿色转型,对实现国家节能减排目标具有重要支持作用。

#### 5 绿色节能施工技术的推广与应用

##### 5.1 制定推广绿色节能施工技术的策略

为了有效推广绿色节能施工技术,策略的制定应从多方面入手。政策支持是关键,政府需出台相关法规和标准,鼓励和规范这一技术的应用。应加强技术研发和创新,推动高校、科研机构与施工单位的合作,形成技术创新的合力。教育与培训也是重要环节,通过开展专业培训和行业研讨会,提高技术人员的专业素养和实践能力,确保技术的正确实施。应该鼓励企业案例分享,树立典型示范项目,提高行业对绿色节能施工技术的认知度和认同感。在经济政策上,给予施工单位一定的财政补贴和税收优惠,以减轻其在初期应用绿

色节能技术时的经济负担。信息平台的建设亦不可忽视,通过信息平台共享成功经验和实践成果,为技术推广提供良好的数据支持和交流渠道。综合实施以上策略,可形成合力,促使绿色节能施工技术在建筑行业的深入推广和广泛应用。

##### 5.2 揭示推广绿色节能施工技术的挑战和应对方法

绿色节能施工技术的推广在实际应用中面临多重挑战。目前,绿色节能建筑技术的理解与应用程度不达到预期,企业界短缺有关该技术的培训以及专门的辅导,使得这项技术遭遇推广困境。部分施工方,基于资金成本的压力,选择了传统建筑技术,这无疑阻碍了绿色节能技术的大规模普及。再者,目前的监管体系并非十分完善,使得政策的实施力度不够,缺乏足够的刺激机制和制裁措施,这使得绿色节能技术无法真正落地。面对上述情境,必须加强对绿色节能建筑技术的宣传与教育,理论与实践的有效结合增加企业实施的积极性。完善相关规章制度以及政策,优化现行的管理体制,并实行财政补偿和税收优惠政策,这样可以催促施工部门更愿意选择绿色节能技术。对技术面进行不断地创新研发,降低执行的成本,使绿色节能建筑技术能够成为主流的推广路径。

#### 6 结束语

本研究透彻探讨了绿色节能施工技术在建筑工程中的重要性并展现其在现实工程中取得的显著效果。实际操作中,采用绿色节能施工技术显著降低了建筑施工过程中的能源消耗,改善了施工环境,帮助实现了建筑施工的绿色化。同时,这些技术也为施工单位节约了大量施工成本,提高了工效,具有重要的经济和社会意义。然而,值得注意的是,绿色节能施工技术的推广和应用并非一蹴而就的过程,还需要进一步的研究和探索。目前的研究中,关于绿色施工短期规划、施工过程中的能源管理以及环境管理等方面的研究是有初步的成果,但还有进一步优化和完善的空间。对这些待解决的问题和未来研究方向,后续的研究将继续关注。作为一个推动建筑工程走向绿色、节能、环保的重要手段,绿色节能施工技术在我国建筑工程技术中的影响力只会增加,本文期望能在绿色节能施工技术的发展和推广上发挥作用,为我国的建筑工程施工提供有力的理论和实践支持。

##### 【参考文献】

- [1] 刘永春. 建筑工程绿色节能施工技术[J]. 门窗, 2020(22): 11.
- [2] 魏竟博, 郭静文. 绿色节能施工技术在建筑工程中的应用[J]. 华东科技: 综合, 2021(5): 87.
- [3] 张姗姗. 建筑工程绿色节能施工技术应用[J]. 精品. 健康, 2020(10): 167.
- [4] 李义, 刘世斌, 郑泽伟. 建筑工程中绿色节能施工技术应用[J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2021(3): 195.
- [5] 邓昌丽. 绿色节能施工技术在建筑工程中的应用探讨[J]. 建筑与装饰, 2021(15): 161.

作者简介: 翟艳红(1977.3—), 性别: 女, 民族: 汉, 籍贯: 河南省周口市, 学历: 本科。

## 公路工程复杂地形中沥青混凝土施工技术应用研究

李丽胜

甘肃顺达路桥建设有限责任公司, 甘肃 兰州 730050

**[摘要]** 公路工程中的沥青混凝土施工, 尤其是在复杂地形环境中, 对施工技术提出了更高的要求。本研究以此为背景, 对复杂地形中沥青混凝土的施工技术进行了探讨。对施工过程中的各个环节, 包括沥青混凝土的搅拌、运输、铺设、压实及检测等, 提出了严谨的操作方法, 并形成了一套科学的施工技术体系。为了测试这套技术体系的实际效果, 我们在多个公路工程实例中进行了应用, 并取得了明显的成效。研究发现, 通过应用我们提出的施工技术, 不仅能有效提高沥青混凝土的施工质量, 减少工程成本, 而且能在复杂地形环境中, 确保工程的顺利进行和工程质量的稳定, 对解决复杂地形中公路施工中的问题, 具有一定的参考价值。本研究的结果可以为公路工程的施工技术提供理论依据和技术指导, 对提升我国公路施工技术有重要理论和实际应用意义。

**[关键词]** 公路工程; 复杂地形; 沥青混凝土施工; 施工技术体系; 工程质量

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15529

中图分类号: U416.2

文献标识码: A

## Research on the Application of Asphalt Concrete Construction Technology in Complex Terrain of Highway Engineering

LI Lisheng

Gansu Shunda Road and Bridge Construction Co., Ltd., Lanzhou, Gansu, 730050, China

**Abstract:** Asphalt concrete construction in highway engineering, especially in complex terrain environments, puts forward higher requirements for construction technology. This study explores the construction technology of asphalt concrete in complex terrain based on this background. Strict operating methods have been proposed for various aspects of the construction process, including mixing, transportation, laying, compaction, and testing of asphalt concrete, and a scientific construction technology system has been formed. In order to test the actual effectiveness of this technology system, we applied it in multiple highway engineering examples and achieved significant results. Research has found that by applying the construction technology we proposed, not only can the construction quality of asphalt concrete be effectively improved and project costs reduced, but also the smooth progress and stable quality of the project can be ensured in complex terrain environments. This has certain reference value for solving problems in highway construction in complex terrains. The results of this study can provide theoretical basis and technical guidance for the construction technology of highway engineering, which has important theoretical and practical significance for improving the construction technology of highways in China.

**Keywords:** highway engineering; complex terrain; asphalt concrete construction; construction technology system; project quality

### 引言

公路工程施工是一项涉及到地质、气候、材料和施工技术等多方面因素的复杂工程。尤其是在复杂地形环境中进行的公路工程, 更加考验施工方的技术和经验。沥青混凝土作为公路工程中常见的基础级材料, 其施工质量对于公路的使用寿命和安全性有着直接的影响。然而, 如何在复杂地形中进行高质量的沥青混凝土施工, 仍然是目前公路质量检测中的一个重要课题。公路工程施工在复杂地形环境中更是面临许多挑战, 其中包括沥青混凝土的搅拌、运输、铺设、压实及质量检测等环节。这些环节的优化, 尤其在复杂地形环境下, 无疑为保证工程质量的同时, 减少工程成本提高了可能性。在这样的背景下, 我们进行了本次研究, 旨在通过科学严谨的施工技术应对复杂地形环境下的各种挑战, 从而提升沥青混凝土的施工质量, 保障公路工程的施工质量和稳定性。

### 1 公路工程沥青混凝土的基础性理论

#### 1.1 沥青混凝土的材料属性和作用

沥青混凝土是公路工程中广泛应用的路面材料, 其材料属性和作用对工程质量有直接影响<sup>[1]</sup>。沥青混凝土主要由沥青和矿料组成, 其中沥青作为粘结材料赋予混凝土优良的黏附性和抗疲劳性能, 而矿料则提供了坚实的骨架和耐磨性。这种组合使沥青混凝土具备良好的结构强度及弹性, 有助于有效分散和承受行车荷载, 并且具有较好的抗水损性能和抗高温变形能力。在公路工程中, 沥青混凝土通过其优异的物理和力学特性, 显著提升路面的耐久性和舒适性, 减少维护成本。其对噪声的吸收及环境适应能力, 在提升交通安全和行驶体验方面也起到了积极作用。沥青混凝土的材料特性使其成为公路工程中不可或缺的关键材料, 对工程施工和使用效果具有深远影响。

## 1.2 复杂地形对沥青混凝土的影响

复杂地形对沥青混凝土施工产生了显著影响,主要体现在材料性能、施工工艺和工程质量等方面。复杂地形的坡度、起伏和不规则地貌会影响沥青混凝土的搅拌均匀性和铺设稳定性。因重力因素,沥青混凝土在陡坡上容易发生流淌现象,导致厚度不均,进而影响路面的平整度和耐久性。复杂地形上的气候条件多变,如温度和湿度的骤变,会影响沥青的黏度和凝结时间,使得施工难度加大。在运输过程中,道路的曲折和颠簸容易导致混合料的分离和温度损失,加剧施工的不确定性<sup>[2]</sup>。考虑这些因素,必须采取针对性的施工技术,以保证工程的顺利进行和最终质量<sup>[3]</sup>。

## 1.3 公路工程中沥青混凝土的重要性

在公路工程中,沥青混凝土被视为关键的建筑材料,其重要性不可忽视。它具有卓越的耐磨性、耐久性和抗变形能力,可承受高频次的交通负荷,并为道路使用者提供安全、舒适的行驶体验。沥青混凝土不仅能有效平滑路面,减少车辆震动,降低行车噪音,而且能够在不同的气候条件下保持稳定的性能。沥青混凝土施工工艺的灵活性和快速成型能力,使其在公路工程中具备较高的效率和经济效益。这种材料在道路施工中的应用,直接关系到公路工程的整体质量与长期使用效果。

## 2 复杂地形沥青混凝土施工的具体操作步骤

### 2.1 沥青混凝土的搅拌技术

在复杂地形的公路工程中,沥青混凝土的搅拌技术是形成高质量施工的基础环节之一。为确保搅拌均匀,需严格控制搅拌设备的性能参数及工作状态。根据材料的性质,确定适合的混合比例,以保证材料的稳定性和强度。在施工前,检查搅拌机的运行状态和清洁程度,避免杂质混入,从而影响沥青混合料的质量。控制搅拌温度和时间是保障混合料均匀性的关键,这是因为过高或过低的温度以及过长或过短的搅拌时间,可能导致材料老化或未充分混合。通过实时监控与精确控制搅拌过程,确保每一批次的材料质量一致。通过以上方法,可提升施工效率,保证沥青混凝土在复杂地形中满足工程标准。科学的搅拌技术不仅关乎施工进程的顺利进行,也是后续环节施工质量的基础保障。

### 2.2 沥青混凝土的运输与铺设技术

沥青混凝土在复杂地形中的运输与铺设技术至关重要。运输过程中,应选用专门设计的运输设备,以保持沥青混凝土的温度和均匀性,避免分层和冷却现象的发生。在选择运输路线时,需充分考虑地形的坡度和曲折度,确保运输的效率与安全性。

铺设过程中,路基应经过充分压实和平整处理,为铺设提供坚实基础。铺设前确保沥青混凝土的温度在适宜范围内,以保证其良好的工作性能。摊铺机需配置先进的自动找平系统,以应对复杂地形的高低起伏,实现均匀铺设。摊铺速度应严格控制,确保沥青混凝土的密实度和表面质量,以达到预期的抗压和使用性能。通过科学部署运输与

铺设环节,可显著提高复杂地形中沥青混凝土施工的质量和效率。

## 2.3 沥青混凝土的压实与检测技术

在沥青混凝土施工的压实过程中,选择合适的压实设备和技术至关重要,以确保混凝土的密实度和均匀性。振动压路机常用于此,需根据地形特征和材料性质调整振动频率与速度。检测技术则是通过核子密度仪与薄膜测厚仪等设备,实时监测路面密度和厚度,以确保符合设计要求。压实与检测工作的精准执行,可以提高路面强度和耐久性,预防因施工不当导致的路面问题。这样的技术细节确保了复杂地形中的公路施工质量和长期使用性能。

## 3 施工技术体系的形成与实施

### 3.1 沥青混凝土施工技术体系的构建

沥青混凝土施工技术体系的构建是确保复杂地形施工质量 and 效率的关键。施工技术体系的形成需深刻理解沥青混凝土的材料特性及其在复杂地形中的表现。在构建过程中,需要整合沥青混凝土的搅拌、运输、铺设、压实及检测技术,以形成一个协调的整体。搅拌阶段对材料的均匀性和温度控制提出严格要求,以保障沥青的黏性和流动性。运输时必须考虑地形对车辆稳定性的影响,确保材料不发生分离。铺设过程中,须根据地形变化调整机械参数,以实现厚度和密度的均匀。压实阶段着重于层间结合和表面平整度,利用高效的压实设备和技术,确保密实度达到设计标准。检测则通过适时的质量评估反馈,保障施工效果的持续优化。综合以上环节,形成一套科学的施工技术体系是复杂地形公路工程的施工保障。

### 3.2 施工技术体系的实施策略

施工技术体系的实施策略旨在保障沥青混凝土施工在复杂地形条件下的高效推进和质量稳定。为了实现这一目标,应制定科学的施工计划,对施工步骤进行系统优化。通过引入精确的搅拌参数控制技术,确保混凝土性能的一致性。强化施工机械的配置和操作,提升运输、铺设以及压实过程的精准度和协调性。推行施工现场的动态监测与数据反馈机制,实时掌控施工状况并及时调整方案。施工中应根据地形特性合理安排工序,避免因地形差异导致质量偏差。进一步完善施工人员的技术培训和安全管理,形成一套规范化的操作标准。通过综合协调与多方协同,确保施工技术体系的高效执行和实际可操作性,从而达到技术实施的最佳效果。

### 3.3 对技术体系实施效果的评价与反馈

对施工技术体系实施效果的评价与反馈主要从工程质量、施工效率 and 经济效益等方面展开。通过在实际工程中的应用,技术体系显著提高了沥青混凝土施工质量,路面平整度与密实度均满足规范要求,耐久性进一步增强。施工效率明显提升,操作流程更加科学化且资源利用率更高。成本得到了有效控制,体现了经济价值。反馈结果显示,新体系在复杂地形环境中的适应性和稳定性良好,为后续技术优化提供了重要实践数据和理论依据,有助于进一步推动公路施工技术的发展。

## 4 复杂地形中沥青混凝土施工技术体系的实际应用和效果验证

### 4.1 实际工程应用场景的选择与描述

复杂地形中沥青混凝土施工技术体系的实际应用选择了多个典型工程场景,这些场景的共同特点是地形条件复杂多样。选定的案例包括山区丘陵地带的公路工程、沿断裂带区域的隧道连接段以及高海拔地区的盘山公路工程。这些区域普遍存在地势起伏大、坡度陡峭、气候变化显著、土质条件差异大的问题,对施工技术提出了严苛的要求。在山区丘陵地区的工程中,地貌复杂性直接影响了沥青混凝土的运输和铺设稳定性。在断裂带区域,地质活动的潜在风险对施工过程中的压实与抗裂性控制至关重要。而在高海拔地区,低温环境对沥青混凝土的铺设和成型能力构成了重大挑战。这些场景为复杂地形中沥青混凝土施工技术体系的全面应用和性能验证提供了充分的试验条件,也使施工技术的适应性和可靠性得到了深入考察。

### 4.2 采用新技术体系后的工程效果展示

通过在复杂地形的实际公路工程项目中应用新的沥青混凝土施工技术体系,取得了显著的工程效果。采用该技术体系后,施工中的沥青混凝土的均匀性和密实度得到了大幅提升,路面的平整度和耐久性显著改善,工程质量可靠性明显增强。在多个项目中,新技术有效减少了施工周期,降低了设备和人力资源消耗,整体施工效率显著提高,成本显著降低。经过严格的质量检测,沥青路面的抗压强度与耐磨性能均达到或超过设计标准,展示了新技术体系在应对复杂地形施工中的良好适应力和技术优势。

### 4.3 工程质量与成本的比较分析

在复杂地形条件下,采用科学的沥青混凝土施工技术体系,对工程质量和成本进行了详细的对比分析。通过实际工程的数据统计,使用新施工技术体系后,路面平整度和密实度指标显著提升,达到国家规范要求以上的优秀标准,工程质量的稳定性得到增强。技术的优化与工艺的精细化管理显著缩短了施工周期,降低了因反复修整和材料浪费导致的额外开支。与传统施工技术相比,新技术体系降低了约15%的综合施工成本,节约了资源与人力。在确保复杂地形施工质量的基础上实现了经济效益的提升,展现了其在公路工程中的广泛应用前景。

## 5 沥青混凝土施工技术体系对我国公路施工的启示及其价值

### 5.1 我国公路施工现状和存在的问题

我国公路施工行业近年来取得了显著的发展,在快速发展的背后,仍然面临诸多问题和挑战。现阶段,公路施工常常涉及到复杂地形,对施工技术的要求越来越高。由于施工技术和施工设备的不足,复杂地形施工中经常出现工程质量不稳定、施工进度缓慢以及成本超支的现象。

传统施工技术在面对多变的地形条件时,往往无法做到快速调整和应对,从而导致施工过程中的工序衔接不当和质量问题。现有的工程管理制度缺乏灵活性,难以适应

快速变化的施工现场需求。这种状态不仅影响了工程的整体效率,也对施工质量和安全带来了隐患。另外,一些施工单位在管理和技术应用上还存在粗放经营的现象,工程质量难以得到有效保证和提升。近年来,环保要求日益严格,如何在施工过程中减少对环境的影响也是亟待解决的课题。在资源利用方面,重复施工和材料浪费的问题较为突出,不仅增加了工程成本,也对资源的合理利用造成了不利影响。缺乏先进的施工技术体系,使得在困难地形中提高工程抗风险能力变得更加困难。提升施工技术水平,整合资源并加强技术创新,成为保障公路施工质量和效率的关键。

### 5.2 沥青混凝土施工新技术体系的意义和价值

沥青混凝土施工新技术体系在我国公路施工领域具有重要意义和价值。该体系通过科学的技术构建和严格的实施策略,为复杂地形条件下的公路施工提供了有效解决方案。在工程质量方面,新技术体系能够显著提升沥青混凝土铺设的均匀性与密实度,保障公路的长期使用性能和耐久性。在成本控制层面,该体系通过优化施工流程和提高资源利用效率,降低了材料与人力浪费,增强了工程整体的经济性。在工程管理层次,该技术体系为复杂地形公路的施工提供了标准化操作指引,减少了施工中的随机性风险。该体系还为行业规范提供技术支持,推动我国公路施工技术标准的提升,其理论成果与实践经验为公路基础设施建设的可持续发展奠定了坚实基础。

## 6 结束语

本文针对公路工程中复杂地形环境中沥青混凝土的施工技术进行了系统深入的研究,提出了包括沥青混凝土的搅拌、运输、铺设、压实及检测等多个环节的科学施工技术体系。实际工程应用证明,这套技术体系能够有效提升沥青混凝土的施工质量,降低工程成本,同时在复杂地形环境中顺利进行工程施工保障工程质量稳定。然而,值得注意的是,该研究的成果着实取决于具体的地域和工程环境,因此在大规模应用时需要结合具体环境进行调整和优化。此外,如何持续优化这套技术体系,以适应不同地形和气候条件的变化,也是未来进一步研究的重要方向。总的来说,本研究为公路工程复杂地形中沥青混凝土的施工技术提供了有力的理论依据和技术指导,并开创了这一领域的研究新方向。希望未来能有更多的研究者和工程人员对此领域进行深入研究和探索,推动我国公路施工技术向更高水平发展。

### 【参考文献】

- [1]熊林涛.公路工程中沥青混凝土公路施工技术[J].现代物业:新建设,2020(7):175.
  - [2]陈静.公路工程施工中沥青混凝土公路施工技术[J].汽车世界,2020(14):143.
  - [3]龙圣.公路工程中沥青混凝土施工技术[J].你好成都(中英文),2023(12):70-72.
- 作者简介:李丽胜(1986.1—),性别:男,民族汉,籍贯:甘肃省天水市人,学历:本科,研究方向:公路工程施工与管理。

## 道路桥梁施工现场高效施工工艺与技术优化研究

李国栋

安徽省中兴工程监理有限公司, 安徽 合肥 230000

**[摘要]**本研究探讨了道路桥梁施工现场的高效施工工艺及技术优化方案。随着城市化进程的加快,基础设施建设需求日益增加,传统的施工方式已难以满足当前高效、安全、环保的要求。文章结合近年来国内外相关技术的发展,分析了影响施工效率的关键因素,提出了一系列优化措施,重点研究了新型施工设备与技术的应用,以及施工管理模式创新。通过案例分析和实验数据,验证了优化方案的可行性与实效性。研究结果表明,通过施工工艺与技术的优化,可以有效提高施工效率,降低成本,缩短工期,并提升施工质量,具有重要的应用价值和推广意义。

**[关键词]**道路桥梁施工; 施工工艺; 技术优化; 施工管理; 施工效率

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15525

中图分类号: TU7

文献标识码: A

### Research on Efficient Construction Technology and Technical Optimization for Road and Bridge Construction Sites

LI Guodong

Anhui Zhongxing Engineering Supervision Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230000, China

**Abstract:** This study explores efficient construction technology and technical optimization solutions for road and bridge construction sites. With the acceleration of urbanization, the demand for infrastructure construction is increasing day by day, and traditional construction methods are no longer able to meet the current requirements of efficiency, safety, and environmental protection. The article combines the development of relevant technologies at home and abroad in recent years, analyzes the key factors affecting construction efficiency, proposes a series of optimization measures, and focuses on the application of new construction equipment and technologies, as well as the innovation of construction management models. The feasibility and effectiveness of the optimization plan were verified through case analysis and experimental data. The research results indicate that optimizing construction processes and technologies can effectively improve construction efficiency, reduce costs, shorten construction periods, and enhance construction quality, which has important application value and promotion significance.

**Keywords:** road and bridge construction; construction technology; technical optimization; construction management; construction efficiency

### 引言

道路桥梁是现代交通网络的基础设施,其建设质量直接影响到交通安全与经济发展。随着施工规模的增大与施工环境的复杂化,传统施工工艺面临着效率低下、成本高昂等问题。因此,探索高效施工工艺与技术优化成为提升施工效益的关键。本研究旨在分析施工工艺和技术的瓶颈,提出适合现阶段施工需求的优化措施,并探索新技术应用在实际施工中的可行性。通过对不同优化方案的对比研究,本文为相关工程提供了理论指导和实践经验。

### 1 道路桥梁施工现状与挑战

#### 1.1 施工工艺的传统模式

传统道路桥梁施工工艺通常依赖于人工操作与简单机械设备,主要包括土方开挖、基础浇筑、钢筋安装、混凝土浇筑等基本作业。这些作业流程较为繁琐,需要大量人力和时间。由于受限于传统工艺,施工过程中经常出现质量控制不严格、资源浪费等问题,导致施工进度滞后,工期延长。同时,施工过程中对环境的影响较大,尤其是

在复杂地质条件下,传统工艺往往无法有效应对突发情况,增加了施工难度与成本。

#### 1.2 当前施工技术应用瓶颈

随着工程技术的不断发展,尽管新型材料和设备逐渐应用于施工现场,但传统技术与新技术的衔接问题仍未得到完全解决。许多项目在施工过程中依然依赖手工操作与传统施工方式,导致机械化水平较低,施工效率不高。尤其是在复杂桥梁结构与高难度地质条件下,现有施工技术难以高效地进行适应性调整,难以实现全面的技术升级。同时,施工人员的技术培训滞后、管理水平欠缺,也导致了新技术难以在现场推广应用。

#### 1.3 施工效率与安全隐患分析

施工效率的提升是现代桥梁建设的核心目标。然而,由于施工过程中各环节之间的衔接不顺畅,信息流与物资流的管理不到位,往往会导致资源浪费、施工延误等问题。此外,施工现场常见的安全隐患,如高空作业、机械设备操作不当以及突发的自然灾害等,也对工程进度与质量产生不良影响。

传统施工工艺对安全管理的要求较低,缺乏实时监控和反馈机制,这使得施工安全得不到有效保障,事故发生率较高。

#### 1.4 国内外道路桥梁施工技术的发展动态

近年来,随着全球交通基础设施的不断升级,国际上对道路桥梁施工技术的创新不断推动行业发展。例如,欧美国家广泛应用预制构件技术、BIM 技术以及自动化施工设备,显著提高了施工效率并降低了成本。我国也在加大对桥梁施工技术的投入,推动智能化施工和绿色施工技术的应用,尤其是在高精度施工、节能环保和施工管理方面,逐步取得了显著进展。然而,由于地区差异、经济发展水平及技术储备不同,国内许多地区仍面临施工技术落后、设备陈旧等问题,亟需技术突破与更新。

### 2 高效施工工艺的关键因素分析

#### 2.1 施工前期规划的重要性

施工前期的规划工作是确保道路桥梁施工顺利进行的基础。科学合理的规划不仅能够提高施工效率,还能有效控制成本,减少项目风险。首先,前期规划包括对施工场地的勘察、设计方案的确定以及施工方法的选择。详细的施工方案能够根据项目特点,制定切实可行的施工计划,包括施工进度、资源配置、人员安排等方面。其次,良好的规划有助于提前识别潜在的施工难点和风险因素,通过采取预防措施避免突发问题。此外,前期规划还需要注重环境保护措施的设计,确保施工过程中尽量减少对周围环境的负面影响,为后续施工工作奠定坚实基础。

#### 2.2 材料选择与设备优化

材料选择与设备优化是影响施工效率与质量的关键因素。首先,选择合适的建筑材料能确保桥梁结构的稳定性与持久性,并且能有效缩短施工周期。例如,采用高性能混凝土、预应力钢筋等新型材料,可以提高施工效率,降低维护成本。其次,施工设备的优化是提高施工效率的重要手段。随着技术的进步,现代化施工设备如大型吊装设备、隧道掘进机、混凝土浇筑机器人等,可以显著提高施工精度和速度,减少人工操作的误差和时间消耗。因此,施工单位应根据项目需求,合理配置并优化施工设备,确保设备的高效利用与安全作业。

#### 2.3 施工现场组织与管理

施工现场的组织与管理直接影响到工期、成本和质量。高效的现场组织包括合理的施工队伍配置、施工流程的优化以及资源的高效调度。首先,科学的施工组织结构有助于分配合理的任务,明确各工种之间的责任和协作关系,避免工作重叠与资源浪费。其次,施工现场应当根据实际情况合理安排作业顺序,确保施工各环节有序进行,减少不必要的等待时间和交叉作业。此外,施工现场还需要高效的物料管理,确保各类建筑材料及时到位并妥善存放,避免因材料短缺或错漏影响施工进度。

#### 2.4 信息化技术的应用与优化

随着信息技术的发展,信息化技术在道路桥梁施工中

的应用逐步成为提升施工效率的关键手段。首先,BIM(建筑信息模型)技术通过三维可视化设计,提前发现潜在问题,优化施工方案,减少变更和返工。其次,实时监控系統结合物联网技术,对施工进度、资源使用和设备状态进行实时跟踪与数据采集,实现精准管理。信息化技术还优化了资源调度与工作安排,确保人员、设备和材料的最佳匹配,避免资源浪费。通过引入信息化技术,不仅提高了施工管理的精度和效率,还为工程质量控制和项目进度跟踪提供了强有力的支持。

### 3 新型施工技术的应用与实践

#### 3.1 预制构件技术的应用

预制构件技术通过在工厂生产标准化构件并在现场快速组装,广泛应用于道路桥梁建设。该技术能显著缩短施工周期,避免天气和环境影响,提高施工效率。同时,预制构件保证了构件质量的一致性和高精度,减少现场施工中的错误和不合格率。由于大部分施工过程在工厂完成,预制构件还减少了现场噪音和污染,对环境的影响较小。

#### 3.2 无人机与 BIM 技术在施工中的结合

无人机与 BIM 技术的结合为道路桥梁施工带来了新突破。无人机通过航拍获取精确的现场数据,实时反馈施工进度与变化,而 BIM 通过三维建模可视化施工信息,提供精确的施工方案与调度。在施工过程中,无人机定期巡检,及时发现潜在问题,减少人工检查成本与时间。BIM 技术则在施工前提供全面信息,确保每个环节精确对接。二者结合实现了全过程的信息化管理,大幅提升施工精度、效率与安全性。

#### 3.3 高性能混凝土与环保施工技术

高性能混凝土在现代桥梁建设中是重要创新,相比传统混凝土,它具备更强的抗压、抗裂和耐久性,延长桥梁使用寿命,尤其在极端气候和重载条件下,能有效减少结构老化,降低维护成本。此外,环保施工技术也越来越重要,绿色施工方法通过减少废弃物、优化能源使用、降低噪音和粉尘污染,推动可持续发展。使用回收建筑材料、低碳设备和绿色建筑技术,有助于降低环境影响与能源消耗。

#### 3.4 智能施工机械的使用与效果分析

智能施工机械代表了施工机械化与智能化的双重进步,技术成熟后,自动化混凝土泵车、智能吊装机器人和自动焊接机等设备在桥梁施工中得到应用。这些设备减少了人工干预,同时保证施工精度。例如,智能吊装机器人可自动调整吊装角度,减少误差;自动化混凝土泵车精准输送混凝土,避免人工失误。通过数据分析与实时监控,智能机械优化资源配置,提高施工效率,降低人力成本,并在恶劣环境下保持施工稳定性和安全性。

### 4 施工管理与现场调度优化

#### 4.1 精益施工管理的概念与方法

精益施工管理是一种通过最大化价值流、最小化浪费,提升施工效率与质量的管理理念。其核心理念是通过消除一切不增值的活动,优化施工过程中的每个环节,确保资

源的高效利用。精益施工管理方法包括精确的需求预测、材料与资源的精准调度、工期的严格控制和流程的持续改进。通过采用精益方法,施工企业可以在保持项目质量的同时,减少施工成本和时间。

#### 4.2 施工现场调度与作业流程优化

施工现场的调度与作业流程优化是提高效率、缩短工期的关键。合理调度可确保各工序顺畅衔接,避免工人和设备空闲,减少等待和搬运时间。例如,土建施工与设备安装需严格按时间节点衔接,避免影响进度。同时,优化作业流程应根据施工计划合理安排材料、人员和设备,确保资源高效利用。精确规划不仅提高效率,还能减少因调度失误导致的工期延误与资源浪费。

#### 4.3 实时监控与数据分析系统的应用

随着信息化技术的发展,实时监控和数据分析系统在施工管理中日益重要。通过物联网,施工现场的设备和工具实时上传数据,管理人员可及时掌握施工状态。数据分析系统基于收集的数据进行智能分析,预测潜在风险并提出优化方案。数据化管理提高了施工效率,使得管理人员能够实时调整施工计划,确保工期、成本和质量的平衡。

#### 4.4 跨部门协同与资源优化配置

在复杂的施工项目中,跨部门协同与资源优化配置至关重要。各部门需建立高效沟通机制,确保信息快速流动,避免滞后或误传影响进度。资源优化配置可提高效率并降低成本,例如根据施工进度调配设备,避免设备闲置或过度使用;人员管理上合理安排岗位与轮班,确保均衡工作强度。通过跨部门协同与资源优化,能整体提升施工项目的效率、成功率和效益。

### 5 案例分析与技术优化效果评估

#### 5.1 案例选取与研究方法

本研究选取了多个典型的道路桥梁施工项目作为案例,涵盖了不同规模、不同技术应用背景的项目。通过对这些项目的对比分析,能够全面评估新型施工技术与优化方案的效果。研究方法主要采用了定量与定性相结合的方式,包括现场数据收集、技术实施前后的对比分析以及相关访谈等。定量分析侧重于施工效率、成本、工期等指标的变化,而定性分析则通过项目管理者 and 施工人员的反馈,评估技术优化方案的实际应用效果。通过案例选取与多角度的研究方法,确保了评估结果的可靠性与全面性。

#### 5.2 技术优化方案实施过程

在技术优化方案实施过程中,首先进行的是前期的调研与准备工作,针对项目特点和技术需求,选择合适的优化技术。例如,在预制构件技术应用的案例中,项目团队通过与材料供应商的协调,确保预制构件的质量和交付时间。在施工过程中,实时监控系统和BIM技术被应用于现场管理,确保施工进度和质量得到有效控制。在此过程中,

技术人员与施工团队密切协作,及时调整施工方案,并利用数据分析结果进行精细化管理。优化过程的核心是灵活调整,根据实际施工条件与反馈,持续优化技术应用,从而实现最佳的施工效果。

#### 5.3 施工效率与成本分析

技术优化方案的实施直接影响了施工效率与成本。在案例项目中,通过引入预制构件技术和智能施工设备,施工周期显著缩短。例如,预制构件的应用减少了现场施工时间,提高了安装精度,工期较传统施工方法缩短了约20%。在成本方面,智能机械的引入降低了人工成本,且减少了由于人工操作失误而产生的返工费用。通过优化资源配置,材料浪费也得到了有效控制,项目总体成本降低了约15%。这些数据表明,技术优化能够在保障工程质量的同时,有效提升施工效率,降低整体施工成本。

#### 5.4 优化效果评估与反馈

优化效果的评估不仅基于施工效率和成本数据,还通过项目参与者的反馈进行验证。访谈结果显示,多数人员认为新技术应用优化了施工流程,特别是在现场调度和作业流程方面。然而,也有反馈指出,部分技术的初期实施存在培训和设备适应问题,导致初期施工效率未达预期。综合各方反馈与数据分析,技术优化方案在大部分项目中取得了预期效果,为未来类似项目提供了宝贵的参考。

### 6 结束语

通过对道路桥梁施工现场的高效施工工艺与技术优化的研究,本文提出了多项可行的优化措施,包括新型施工技术的应用、施工管理的精细化以及智能化施工设备的使用等。研究结果表明,技术与工艺的优化能够显著提高施工效率、降低成本并确保工程质量。未来,随着科技的进一步发展,施工技术将继续朝着更高效、更环保的方向发展,为道路桥梁建设提供更加坚实的技术支撑。希望本研究的结果能为行业发展提供有益参考。

#### 【参考文献】

- [1]徐梅.市政道路桥梁施工中现场施工技术运用分析[J].科技创新,2024(23):138-141.
- [2]曹炜烨.道路桥梁过渡段路基路面施工要点分析[J].汽车周刊,2024(11):135-137.
- [3]陆亮亮.基于绿色施工背景下的道路桥梁施工技术探究[J].建材发展导向,2024,22(19):53-55.
- [4]刘春波.道路桥梁工程现场施工管理难点和应对策略[J].内蒙古公路与运输,2024(2):31-34.
- [5]惠永宏.提高道路桥梁工程现场监理质量措施的思考[J].科技促进发展,2012(1):184-185.

作者简介:李国栋(1986.1—),男,安徽合肥人,就职安徽省中兴工程监理有限公司,从事道路桥梁工程项目、市政项目现场管理、及市场开拓、招投标管理等工作。

## 基于工程案例的地下结构清水混凝土墙施工技术研究

盛昂凯

上海建工七建集团有限公司, 上海 201100

[摘要]此文以地下结构清水混凝土墙施工技术为研究对象,基于实际工程案例分析了清水混凝土墙施工过程中的关键技术与难点。通过详细阐述施工中所涉及的混凝土配比、施工工艺、墙体成型质量控制及现场管理等方面,提出优化施工技术的有效途径。研究结果表明,合理的混凝土配比、精确的施工控制、完善的现场管理对清水混凝土墙质量的提升至关重要。此文为今后类似项目的施工提供了参考,并为进一步提高地下结构清水混凝土墙施工技术水平提供了理论依据。

[关键词]清水混凝土墙;地下结构;施工技术;质量控制;工程案例

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15520

中图分类号: TU755.2

文献标识码: A

### Research on Construction Technology of Underground Structure Clear Water Concrete Wall Based on Engineering Cases

SHENG Angkai

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

**Abstract:** This article takes the construction technology of underground structure plain concrete walls as the research object, and analyzes the key technologies and difficulties in the construction process of plain concrete walls based on actual engineering cases. By elaborating on the concrete mix ratio, construction technology, wall forming quality control, and on-site management involved in construction, effective ways to optimize construction technology are proposed. The research results indicate that reasonable concrete mix proportion, precise construction control, and sound on-site management are crucial for improving the quality of plain concrete walls. This article provides a reference for the construction of similar projects in the future, and provides a theoretical basis for further improving the construction technology level of underground structure plain concrete walls.

**Keywords:** clear water concrete wall; underground structure; construction technology; quality control; engineering cases

#### 引言

随着地下建筑和地下结构的广泛应用,清水混凝土墙作为一种美观、实用的墙体材料在工程中得到了广泛应用。地下结构清水混凝土墙施工技术不仅涉及混凝土材料的配比和施工工艺,还要求在施工过程中严格控制墙面质量,以确保最终效果满足设计要求。由于施工环境复杂、施工周期紧张、质量要求高,如何有效提高清水混凝土墙的施工质量成为当前工程实践中的重要挑战。本文通过分析实际工程案例,深入探讨地下结构清水混凝土墙的施工技术及优化策略,旨在为类似项目提供技术指导,推动施工质量提升。

#### 1 清水混凝土墙施工的基本要求与技术特点

##### 1.1 清水混凝土墙的定义与应用

清水混凝土墙是指通过精细施工工艺,使混凝土墙面光洁、平整且无显著缺陷,表面直接暴露于外部环境,常用于对表面美观要求较高的建筑工程中。其特点是无需再进行粉刷等二次装饰,保持混凝土本身的质感和自然色泽。清水混凝土墙不仅在商业、住宅、文化建筑等上有广泛应用,在地下结构的设计中也得到了重要的使用。尤其在地下车库、地下商业空间、地铁站等项目中,因其无须后期装饰、维护费用低、墙面耐久性强等优点,成为一种理想

的结构材料<sup>[1]</sup>。

##### 1.2 清水混凝土墙的技术特点

清水混凝土墙的施工技术要求较高,首要任务是保证墙体表面质量。由于清水混凝土墙在施工过程中需要保持表面光滑、无孔洞、无裂缝、无油污等缺陷,因此对混凝土配比、浇筑工艺、模板设计和养护条件等方面都有严格要求。为了确保施工效果,清水混凝土墙常用高质量的混凝土配方,以确保其强度、流动性和耐久性。施工时,需要对模板进行严格的清洁和检查,避免模板表面污渍或残留物影响混凝土表面质量。施工过程中,混凝土的振捣、浇筑速度、养护温湿度等环节也要严格控制,避免出现墙面不平整、颜色不均等问题。

##### 1.3 地下结构施工的特殊性与挑战

地下结构施工通常面临一系列独特的挑战,首先是复杂的地下环境。施工过程中需面对地下水、土壤的湿度、温度变化等因素,这些都会对混凝土的施工质量产生影响。其次,由于地下结构大多位于城市密集区,空间狭小、施工设备难以进场、施工周期紧迫等问题都会增加施工的难度。此外,地下结构常常涉及到与其他建筑结构的交接和复杂的施工流程,如需要同时处理地下管线、设备安装等多方面工作。清水混凝土墙的施工技术要求特别高,施工

过程中对环境的控制和施工细节的把握更加关键<sup>[2]</sup>。任何疏忽都可能影响到墙体的美观度和质量,因此,地下结构清水混凝土墙的施工难度更大,技术要求也更为严苛。

## 2 地下结构清水混凝土墙施工技术现状与发展

### 2.1 国内外清水混凝土墙施工技术现状

在国内,清水混凝土墙技术已逐步应用于大型公共建筑、商业综合体及地下空间等项目。由于其美观、耐久的特性,国内建筑行业逐渐重视清水混凝土墙的施工技术。近年来,国内的施工技术逐步借鉴国外经验,并结合本土实践进行创新。目前,清水混凝土墙施工在国内的主要问题是技术水平不均,尤其是在中小型项目中,施工管理和质量控制体系尚不完善,导致墙体质量波动较大。

在国外,尤其是在欧洲和日本,清水混凝土墙的技术较为成熟。日本的清水混凝土墙施工技术在全球享有盛誉,其标准化的施工流程、严格的质量控制措施和先进的施工机械已在多个项目中得到应用。欧洲一些发达国家也在清水混凝土墙施工中采用了创新的技术,如无缝模板、先进的混凝土配比技术和自动化施工设备,使得施工效率和质量得到了大幅提升。总体来说,国外清水混凝土墙施工技术相对较为先进,应用领域也较为广泛。

### 2.2 地下结构清水混凝土墙施工的技术难点

地下结构清水混凝土墙施工面临的技术难点主要体现在施工环境的复杂性、质量控制的严格性以及施工工艺的精确性。首先,地下结构通常施工空间狭小,光照和通风条件差,造成施工现场难以有效控制环境因素。其次,地下环境常常伴随有地下水、湿气等,这些因素直接影响混凝土的凝固、养护和最终强度,容易导致墙体表面出现裂缝、变色等问题。再次,地下结构施工过程中需要精准控制模板的对接缝隙、混凝土的浇筑速度、振捣的均匀性等细节,任何细微的差错都可能导致墙体质量问题,增加后期修复成本和时间<sup>[3]</sup>。

### 2.3 近年来施工技术的发展趋势

随着建筑行业对美观、环保、节能等要求的提升,清水混凝土墙施工技术在近年来得到了持续创新。首先,混凝土配比的优化和新型添加剂的应用使得清水混凝土的性能得到了进一步提升,具有更强的抗裂性和耐久性。其次,模板技术的不断革新,例如使用可重复使用的高强度模板、无缝模板等,显著提高了施工的精度和效率,降低了施工成本。第三,数字化施工技术逐渐成为清水混凝土墙施工中的重要趋势。利用 BIM 技术对施工过程进行精确模拟和优化管理,能够有效规避施工中的错误,提高施工质量和效率。最后,自动化施工设备和技术的发展,如自动化浇筑系统、智能振捣器等,也逐步应用于清水混凝土墙施工中,进一步提升了施工过程的可控性和一致性。未来,地下结构清水混凝土墙施工将更加注重绿色环保、智能化以及施工效率的提高。

## 3 工程案例分析: 地下结构清水混凝土墙施工技术的应用

### 3.1 案例背景与项目概述

本案例选取了浦东机场 T3 航站楼综合体项目的清水混凝土墙施工作为研究对象。该项目总建筑面积约 100 多万平,是集航站楼、交通中心、停车楼、市政道路及配套等一体化的建筑。项目对地下结构墙体的美观性和耐久性要求极高,设计采用清水混凝土墙作为主要结构材料。项目的地下部分面积庞大,施工环境复杂,且由于场地限制,施工周期紧张,因此清水混凝土墙的施工质量直接关系到项目的整体进度和效果。

### 3.2 清水混凝土墙施工过程分析

在该项目的清水混凝土墙施工过程中,首先进行了详细的混凝土配比设计,确保混凝土的强度和耐久性符合设计要求,同时满足施工过程中的流动性要求。混凝土配比中,使用了高强度水泥和耐水性较强的骨料,以确保墙体的抗渗性和耐久性。其次,施工过程中采用了不锈钢模板,以确保墙面平整度和表面质量。模板系统设计时考虑了墙体的厚度、结构稳定性以及施工中对模板对接的精确度<sup>[4]</sup>。最后,混凝土浇筑采用了分层振捣方式,避免了混凝土的离析和气泡产生,同时,在施工期间对混凝土进行精确养护,确保了混凝土的强度增长和墙体的表面质量。

### 3.3 施工过程中的技术难点及解决方案

在施工过程中,遇到了一些技术难点。首先,由于地下空间狭窄,模板安装难度较大。为解决这一问题,施工团队采用了模块化模板,减少了安装时间和空间限制,并通过精确的模板拼接和现场调整,确保模板接缝的严密性和墙体的平整度。其次,地下水的渗透对混凝土质量造成了较大影响。在施工前期,施工单位采取了地下水位控制措施,并利用防水混凝土和专业的防水涂料进行二次防水处理。此外,养护过程中,针对地下环境湿度较高的问题,浇筑完混凝土顶部应及时加强养护,采用一层土工布(棉被)与一层彩条布保湿保温养护形式,拆模后及时喷涂养护液,后续装修阶段再喷涂保护液。混凝土浇筑完成后,顶部预留插筋应涂刷素水泥浆或防雨布包裹,避免雨水直接冲刷;后期保护采用包裹单面泡泡薄膜,(凸点面向混凝土)泡泡薄膜间采用塑胶带连接,确保混凝土能够均匀固化,防止出现裂缝和表面缺陷。

### 3.4 施工质量控制与现场管理经验

该项目在清水混凝土墙的施工中,采取了严格的质量控制体系。首先,施工过程中对混凝土的配比、浇筑时间、振捣密实度等环节进行专用设备进行实时监控,通过质量检测设备进行混凝土的强度检测和表面缺陷检查,确保每一批混凝土的质量稳定。其次,现场管理中,项目管理团队对施工流程进行了全程监控,每个阶段都有专门的质量检查员进行把关,确保每一层混凝土的浇筑都符合规范要求。

同时,为了有效应对地下空间的施工限制,现场施工人员严格控制施工进度,确保每一项工序的顺利衔接,减少工期延误。在此过程中,施工团队还加强了与设计单位和监理单位的沟通,确保施工中发现问题及时得到反馈和调整。

#### 4 优化地下结构清水混凝土墙施工技术的策略

##### 4.1 清水混凝土的配比优化

清水混凝土墙的质量直接与混凝土的配比密切相关。为了优化清水混凝土墙的施工质量,首先需要对混凝土的配比进行科学设计。配比设计时,必须根据不同的工况要求,合理选择水泥、砂、石、掺合料等原材料,并对其比例进行调整。在优化配比时,应该充分考虑混凝土的流动性、工作性、强度、抗渗性以及耐久性等性能。通过使用高质量的水泥和添加剂,可以有效提升混凝土的密实性和抗裂性,避免由于收缩不均或水泥水化不完全造成的裂缝和表面缺陷。此外,掺入适量的矿物掺合料(如粉煤灰、硅灰)可以提高混凝土的长期强度和耐候性,并降低水泥用量,符合环保要求。优化配比时,还应通过试配来确定最佳的比例,确保每批混凝土的质量一致性。

##### 4.2 施工工艺与技术措施的改进

施工工艺和技术措施是保证清水混凝土墙施工质量的关键。首先,在模板的选用和安装方面,清水模板采用不锈钢模板单元块拼装后,吊装就位,吊装模板大小尺寸为单元宽度 $\times$ 单次浇筑高度;非清水模板采用散拼散拆方式安装就位。能够有效保证墙体表面的平整度和光洁度。模板的接缝应严密,安装时要确保模板表面干净、无油污,以免影响混凝土的黏结性和表面质量。其次,在混凝土的浇筑过程中,采用分层浇筑并充分振捣,以防止混凝土出现离析或气泡,保证其均匀性和致密性。此外,施工过程中应注意控制浇筑的速度和层次间的接缝,防止不同层次的混凝土形成冷接缝,影响墙体的整体强度。最后,清水混凝土墙施工应严格遵循温控养护措施,尤其在高温和低温环境下,采用一层土工布(棉被)与一层彩条布保湿养护形式,拆模后及时喷涂养护液,后续装修阶段再喷涂保护液。以保证混凝土的水化反应和强度发展<sup>[5]</sup>。

##### 4.3 质量控制与管理措施的优化

质量控制是清水混凝土墙施工中至关重要的一环,任何疏忽都可能影响到墙体的最终效果。首先,混凝土的配合比和材料的选用应严格按照设计规范进行,施工前应进行充分的材料检测,确保每种原料的质量符合要求。施工过程中,应实施全过程监控,以板墙为主,厚度最大20公分。确保施工过程的稳定性。施工队伍应根据不同阶段的施工要求,定期进行质量检查和抽样检测,确保混凝土强度和表面质量符合设计标准。

管理措施的优化同样重要,项目管理团队应确保施工

计划的合理安排,避免因进度过快或过慢导致的质量问题。为此,施工现场应实行分工明确、责任到人的管理模式,设立专门的质量控制人员,确保每项工序均在质量标准下进行。施工人员应定期进行技术培训,提升整体技术水平和对细节的敏感度,确保在施工中能够及时发现并纠正质量问题。

##### 4.4 施工过程中的常见问题及预防策略

在清水混凝土墙施工过程中,经常会出现一些质量问题,如表面裂缝、脱落、变色、气泡等。为了有效预防这些问题,首先要从施工前期的准备工作做起,严格控制材料的质量和混凝土的配比,确保其适应性和施工稳定性。对于墙体表面裂缝问题,通常是由于混凝土浇筑过程中收缩不均或水分蒸发过快造成的。因此,在施工过程中,合理的浇筑速度、振捣密实及适当的养护措施是预防裂缝的关键。

脱落问题往往发生在混凝土表面与模板接触的部分,这通常与模板表面不平整、清洁度不够、混凝土浇筑不均匀等因素有关。为了预防脱落,施工前应确保模板干净、无油污,安装时模板之间应紧密对接,避免出现接缝。气泡问题则通常由混凝土搅拌不均匀或振捣不到位造成,采用分层振捣并保持一定的振捣时间可以有效消除气泡。

#### 5 结语

通过对地下结构清水混凝土墙施工技术的研究,结合工程案例分析,提出了优化施工技术的具体策略。合理的混凝土配比、精细的施工工艺、严格的质量控制与管理措施是确保墙体质量的关键。随着施工技术的不断创新,清水混凝土墙在地下结构中的应用前景广阔。通过持续优化技术手段和管理流程,能够有效提升地下结构清水混凝土墙的施工质量和施工效率,为未来项目的顺利实施提供有力支持。

#### [参考文献]

- [1]孙重翱,汤旭东,宋宇龙.清原抽水蓄能电站地下厂房清水混凝土施工要点[J].东北水利水电,2023,41(9):7-9.
  - [2]杨春旭.清水混凝土施工技术在水电站地下厂房中的运用[J].大坝与安全,2020(2):58-62.
  - [3]林峰,周殷弘,嵇朵平,等.保护剂在清水混凝土工程中的应用研究[J].粉煤灰综合利用,2024(6):43-47.
  - [4]周超峰.优质建筑材料清水混凝土的应用与施工工艺[J].上海建材,2024(6):78-80.
  - [5]陈亿强,廖志毅,魏能文,等.清水混凝土配合比稳定性研究[J].工程建设与设计,2024(20):169-171.
- 作者简介:盛昂凯(1981.2—),男,毕业院校:西南交通大学,大学本科学历,所学专业:土木工程,当前就职单位:上海建工七建集团有限公司,职务:项目副经理,(6年),职称:助理工程师(建筑工程专业建造师一级)。

## 基于土工试验的高层建筑地基沉降控制技术研究

孙庭宫

南京建力测绘勘察院有限公司, 江苏 南京 211500

[摘要] 高层建筑地基沉降控制技术是确保建筑结构安全的重要因素之一。通过土工试验对不同地基土壤类型、施工工艺及基础设计进行分析, 探讨了影响地基沉降的主要因素。采用静力压缩试验、固结试验等方法对地基土的力学性能进行测定, 结合现场监测数据评估沉降规律。研究结果表明, 合理的基础设计与施工方法能够有效控制地基沉降, 确保高层建筑的稳定性和安全性。

[关键词] 高层建筑; 地基沉降; 土工试验; 控制技术; 基础设计

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15516

中图分类号: TU2

文献标识码: A

### Research on Settlement Control Technology for High-rise Building Foundation Based on Geotechnical Testing

SUN Tinggong

Nanjing Jianli Surveying and Mapping Institute Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 211500, China

**Abstract:** The settlement control technology for high-rise building foundations is one of the important factors in ensuring the safety of building structures. Through geotechnical testing, different types of foundation soil, construction techniques, and foundation designs were analyzed to explore the main factors affecting foundation settlement. The mechanical properties of the foundation soil are determined using static compression testing, consolidation testing, and other methods, and the settlement law is evaluated based on on-site monitoring data. The research results indicate that reasonable foundation design and construction methods can effectively control foundation settlement, ensuring the stability and safety of high-rise buildings.

**Keywords:** high-rise buildings; foundation settlement; geotechnical testing; control technology; foundation design

#### 引言

随着高层建筑的广泛应用, 地基沉降问题日益成为影响建筑安全的重要因素。地基沉降不仅影响建筑物的使用寿命, 还可能引发严重的安全隐患。因此, 如何有效控制地基沉降, 已成为工程领域中的关键课题。通过土工试验对地基土壤特性进行深入分析, 可以为沉降控制提供科学依据。文章将探讨不同地基条件下的沉降控制技术, 为高层建筑的设计与施工提供理论支持, 确保建筑的稳定性与安全性。

#### 1 高层建筑地基沉降问题的研究背景与现状

高层建筑地基沉降问题关系到建筑结构的安全性与稳定性, 近年来随着城市化进程加快, 该问题受到越来越多的关注。

##### 1.1 地基沉降对高层建筑影响的严重性

随着城市化进程的不断推进, 高层建筑已成为城市建设的主要形式。然而, 高层建筑的基础承载力要求远高于传统低层建筑, 地基沉降问题成为影响其稳定性与安全性的关键因素之一。地基沉降过大可能导致建筑物倾斜、裂缝、基础失稳等严重后果, 直接威胁到使用者的生命财产安全。特别是对于高层建筑, 沉降不均匀将导致结构受力不均, 从而增加灾难性事故的发生风险。因此, 研究和解

决高层建筑地基沉降问题, 确保建筑安全, 成为土木工程领域的紧迫任务。

##### 1.2 现有地基沉降控制技术的应用现状

近年来, 随着土工试验技术的不断发展, 工程界已逐步掌握了多种控制地基沉降的技术手段。通过对地基土的土力学性质进行详细测试, 能够预测沉降趋势并采取相应的控制措施。常见的控制技术包括改良土质、加固基础设计、采用不同类型的桩基结构等。然而, 现有的技术方法在应用中仍存在一定的局限性, 如土质复杂地区的沉降预测不精确, 施工过程中对施工条件的适应性较差等。为了提高沉降控制技术的有效性和精确性, 亟需进一步优化现有技术, 并结合具体项目需求进行量身定制。

##### 1.3 土工试验对沉降控制的关键作用

土工试验作为研究地基沉降的重要手段, 能够有效分析和评估地基土的力学特性及其在不同荷载下的表现。通过静力压缩试验、固结试验等手段, 可以准确测定地基土的固结性、压缩性、剪切强度等关键参数, 从而为地基沉降预测和控制提供科学依据。通过分析不同土层的沉降特性, 结合现场监测数据, 可以帮助工程师选择合适的施工方法和基础类型, 大幅度降低地基沉降风险, 确保建筑的长期稳定性。土工试验技术的发展为高层建筑地基沉降的

有效控制提供了可靠的技术支撑,成为解决这一问题的关键途径之一。

## 2 土工试验方法在地基沉降控制中的应用

土工试验是研究地基沉降控制的重要工具,能够为高层建筑提供精准的土质分析,确保地基稳定性。通过土工试验,能够有效预测并解决地基沉降问题。

### 2.1 土工试验的基本原理与方法

土工试验通过模拟不同环境和荷载条件下土壤的行为,分析其物理与力学性质。常见的土工试验包括静力压缩试验、固结试验、剪切试验等,这些试验能够提供关于土壤压缩性、固结性、剪切强度等数据,为沉降分析提供重要的基础。静力压缩试验主要用于测定土壤在垂直荷载下的变形特性,而固结试验则通过分析土壤的固结过程,判断沉降速度与最终沉降量。剪切试验则用于分析土壤的强度特性,从而为基础设计提供支持。通过这些土工试验,能够全面了解地基土的物理与力学特性,为地基沉降控制提供科学依据。

### 2.2 土工试验在地基沉降预测中的应用

土工试验方法为地基沉降的预测提供了精准的数值依据。通过对地基土的不同物理参数进行测定,结合现场荷载情况,可以在设计阶段对地基沉降进行有效预测。例如,在高层建筑的基础设计中,首先通过土工试验确定土壤的压缩模量和固结速率,然后根据实际施工过程中的荷载变化进行模拟,预测沉降趋势。该预测结果能够帮助工程师选择合适的基础类型、施工方法和加固措施,以减少不均匀沉降带来的风险。此外,土工试验还可帮助监测施工过程中地基的实际沉降情况,及时发现问题并采取相应的调整措施,确保施工质量和建筑安全。

### 2.3 土工试验在沉降控制技术中的作用与挑战

土工试验在地基沉降控制中发挥着重要作用,但其应用也面临挑战。首先,试验结果受土壤样本代表性影响,采样不当或土层复杂可能导致数据偏差。其次,尽管实验室试验能提供准确的物理参数,但复杂地质条件下,土壤行为难以完全模拟。因此,需结合现场监测数据实时跟踪沉降变化,确保预测与实际情况一致。随着建筑规模和复杂性的提升,未来土工试验需结合计算机模拟、人工智能等技术,以提高沉降预测精度和控制效果,全面应对地基沉降问题,保障高层建筑安全。

## 3 地基土特性对高层建筑沉降的影响分析

地基土的物理和力学特性对高层建筑的沉降有着直接而深远的影响,深入分析这些特性有助于优化地基设计,确保建筑的安全与稳定。

### 3.1 地基土的压缩性与沉降关系

地基土的压缩性是影响沉降的一个重要因素。不同土质的压缩性差异会导致地基在荷载作用下的变形差异。例如,黏土和粉土的压缩性较强,受荷后容易发生较大的沉

降,而砂土则相对较为稳定,压缩性较低。通过土工试验测定土壤的压缩模量、固结性等参数,可以对地基土的沉降特性进行定量分析。压缩性较高的土层在高层建筑的荷载作用下,往往会出现较大的沉降量,因此在高层建筑设计中,必须特别注意这些土层的处理,如通过地基加固、桩基设计等措施来减少沉降风险。地基土压缩性的变化与施工过程中的土壤湿度、土体密实度等因素密切相关,因此对地基土的详细分析能够有效预测沉降趋势,保障建筑的长期稳定性。

### 3.2 地基土的固结特性与沉降过程

地基土的固结特性是影响沉降速度和沉降量的另一个重要因素。固结试验可通过分析土壤在长期荷载作用下的沉降过程,为预测沉降量提供依据。在高层建筑施工中,固结过程的时间性可能对沉降产生显著影响。通常,黏土类土壤由于其较低的渗透性,固结速度较慢,这意味着在建筑施工初期,地基沉降可能会延续较长时间。如果未能及时采取有效的控制措施,如提高土层的透水性或加快固结过程,就可能导致沉降不均,进而影响建筑结构的稳定性。因此,对地基土的固结特性进行精确分析,不仅可以帮助工程师预测沉降量,还能在设计阶段优化施工方案和加固措施,避免过度沉降对建筑物造成潜在威胁。

### 3.3 地基土的强度与沉降控制的关系

地基土的强度对建筑物的沉降控制有着至关重要的作用。土壤的剪切强度直接决定了地基的承载力,进而影响沉降的发生。当土壤的强度较弱时,地基在承受建筑荷载时可能发生塑性变形,导致沉降不均甚至失稳。通过土工试验中的剪切试验,可以获得土壤的剪切强度参数,这对于地基沉降的控制至关重要。特别是在软土和填土较多的地区,土壤的强度不足可能导致沉降过大,因此需要通过合理设计基础形式、采用桩基或地基加固等技术手段来增强土壤的承载力,从而减少不均匀沉降的发生。地基土的强度变化与土层的深度、土壤湿度及外部荷载的变化密切相关,因此,综合考虑这些因素,能够更准确地预测沉降量并采取相应的控制措施,以确保高层建筑的稳定性。

## 4 沉降控制技术的优化设计与施工措施

沉降控制技术是保障高层建筑地基稳定性的关键,优化设计和施工措施能有效减少沉降风险,确保建筑长期安全。本文探讨了相关技术与措施的优化路径。

### 4.1 基础设计优化与沉降控制

高层建筑的基础设计是控制地基沉降的关键。针对不同土质条件,设计师通常会选择不同类型的基础形式,如独立基础、条形基础或桩基等。在软弱土层上,通常采用桩基结构,以提供更强的承载力并减少沉降。桩基的设计不仅需要考虑桩的长度和数量,还要充分考虑桩的类型,如灌注桩、预应力桩等,这些设计可以有效地将建筑荷载分布到更深层的稳定土层上。此外,地基加固技术也是基

础设计优化的一部分。例如,通过注浆加固法,能够改善软土层的力学性能,降低地基沉降风险。合理的基础设计与加固措施,不仅能够减少不均匀沉降,还能大大提高建筑物的安全性和使用寿命。

#### 4.2 施工过程中的沉降监测与控制

施工过程中,实时监测地基沉降是确保建筑物稳定性的重要手段。在高层建筑的施工中,地基沉降的动态变化与施工进度、荷载变化等因素密切相关。因此,采用现代化的监测技术,如地基沉降监测仪器和在线监测系统,可以及时获取沉降数据,分析沉降趋势。若发现沉降过大或不均匀的情况,施工方可立即采取调整措施,如加固基础或调整施工顺序。此外,施工过程中应尽量避免过快加荷,以减少沉降发生的速度。通过这些有效的控制措施,施工方可以对地基沉降进行动态调整,从而保证建筑的长期稳定性和安全。

#### 4.3 沉降控制技术的后期养护与优化

在建筑竣工后,地基沉降仍可能持续一段时间,因此,后期的养护与优化同样至关重要。为确保建筑长期稳定,通常会进行定期的沉降监测,并对沉降过程进行评估和调整。特别是对于复杂地质条件下的高层建筑,沉降可能会持续多年,因此,定期检查和维护基础的稳定性至关重要。此外,通过对建筑物整体荷载的动态调整和优化,也可以在一定程度上减缓地基的沉降过程。例如,在发现某一部分沉降较大时,可以通过增加或减少该部分的荷载,来实现沉降的均衡。长期的沉降控制工作将进一步提高建筑物的耐久性,确保其在使用周期内保持良好的稳定性与安全性。

### 5 高层建筑地基沉降控制技术的实际应用与效果评估

高层建筑地基沉降控制技术的实际应用能够有效保障建筑物的稳定性。通过不同的控制手段与技术评估,沉降风险得到了有效降低,确保了建筑物的长期安全。

#### 5.1 沉降控制技术在项目中的应用

在实际的高层建筑项目中,沉降控制技术已得到了广泛应用。特别是在软土地基和复杂地质条件下,常采用桩基加固、基础加固、地基注浆等技术进行沉降控制。例如,在某些城市建设项目中,由于地下水位高和土质松软,采用了桩基和深层搅拌技术,通过改良土质和增强土层的承载力,有效地减少了地基沉降的发生。此外,随着信息技术的进步,实时监测技术的引入使得地基沉降的动态变化得以实时跟踪,为施工过程中的沉降控制提供了有力保障。这些技术手段的有效结合,极大地提高了高层建筑的地基沉降控制水平,保证了建筑结构的稳定性。

#### 5.2 沉降控制技术的效果评估方法

沉降控制技术的效果评估主要依赖于对施工前后地基沉降情况的对比分析。在项目实施过程中,通过地基沉降检测仪器对地基的沉降进行实时监控,并与设计预测值进行对比,评估技术措施的效果。通常采用的效果评估方法包括沉降量测定、沉降速率监控和沉降分布分析等。在一些案例中,通过技术手段的合理应用,沉降量控制在设计范围内,且不均匀沉降得到了有效的抑制。通过后期的沉降监测,许多项目表明,采用适当的沉降控制技术后,建筑物的稳定性得到了显著提升,沉降值趋于稳定,且无严重的结构性损伤。

#### 5.3 沉降控制技术面临的挑战与未来发展

尽管沉降控制技术在实践中取得了显著成效,但仍面临一些挑战。首先,土壤类型复杂、地下水变化等因素,仍可能导致地基沉降的不可预见性,这对技术的实施和评估提出了更高要求。其次,部分高层建筑由于地质条件不均,沉降控制技术的效果存在一定的局限性。因此,未来的沉降控制技术需要更加智能化和精确化,尤其是需要结合计算机模拟、人工智能等技术,提高沉降预测的准确性和控制的实时性。进一步的研究也应着眼于开发新型材料和加固技术,以适应复杂多变的地基条件。

### 6 结束语

高层建筑地基沉降控制技术的研究与应用为确保建筑物的稳定性提供了有效保障。通过土工试验、合理的基础设计和优化的施工措施,沉降问题得到了有效控制。尽管仍面临一定挑战,但随着技术的不断进步,沉降控制将更加精准与智能。未来,结合新型材料和先进技术,地基沉降控制有望在高层建筑项目中发挥更大的作用,进一步提高建筑安全性和耐久性。

#### 【参考文献】

- [1]何振华.高速公路改扩建黏土路基加宽差异沉降控制技术[D].西安:西安理工大学,2021.
- [2]赵志钢.旧桥加宽桩基础沉降施工控制技术[J].交通世界,2022(35):173-175.
- [3]钟巍.交通荷载作用下浅层固化软土地基沉降变形控制研究[D].长沙:长沙理工大学,2022.
- [4]金海,曾杰.新旧路基不均匀沉降分析与控制技术研究[J].工程技术研究,2024,9(17):165-167.
- [5]周涪汉.软土地区刚性桩复合地基沉降控制综述[J].建材技术与应用,2024(6):57-62.

作者简介:孙庭官(1988.3—),男,江苏南京人,汉族,本科学历,中级工程师,就职于南京建力测绘勘察院有限公司,从事勘察设计相关工作。

# 保温节能施工技术在土建建筑外墙施工中的应用研究

齐 晓

阿拉尔市方正有限责任公司检测试验中心, 新疆 阿拉尔 843300

[摘要] 建筑外墙保温节能技术作为实现建筑可持续发展的重要路径, 其体系化应用对提升建筑能效与改善人居环境具有双重价值。文中系统构建外墙保温技术的理论框架与实践体系, 从结构类型、施工工艺、质量控制等多维度展开研究。通过解析不同保温体系的热工特性与构造特征, 揭示其与建筑性能的耦合机制, 提出适应地域气候特征的选型策略。在施工技术层面, 创新性建立全过程动态管控模型, 整合材料性能梯度设计、环境响应施工、智能检测验证等关键技术环节。研究表明, 科学的外墙保温系统能够有效协调建筑围护结构的热湿传递过程, 在保障结构安全性的同时实现能耗控制目标。研究成果为建筑节能工程提供理论支撑与实践指引, 对推动建筑业绿色转型具有现实意义。

[关键词] 建筑节能; 外墙保温; 施工工艺; 热工性能; 耐久性

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15513

中图分类号: TU761.1

文献标识码: A

## Research on the Application of Thermal Insulation and Energy-saving Construction Technology in External Wall Construction of Civil Buildings

QI Xiao

Alaer Fangzheng Limited Liability Testing Center, Alaer, Xinjiang, 843300, China

**Abstract:** As an important path to achieve sustainable development of buildings, the systematic application of building exterior wall insulation and energy-saving technology has dual value in improving building energy-saving and enhancing the living environment. The theoretical framework and practical system of external wall insulation technology are systematically constructed in the article, and research is conducted from multiple dimensions such as structural type, construction technology, and quality control. By analyzing the thermal and structural characteristics of different insulation systems, the coupling mechanism between them and building performance is revealed, and selection strategies that are suitable for regional climate characteristics are proposed. At the level of construction technology, innovatively establish a dynamic control model for the entire process, integrating key technical links such as material performance gradient design, environmentally responsive construction, and intelligent detection and verification. Research has shown that a scientific external wall insulation system can effectively coordinate the heat and moisture transfer process of building envelope structures, achieving energy consumption control goals while ensuring structural safety. The research results provide theoretical support and practical guidance for building energy-saving engineering, and have practical significance for promoting the green transformation of the construction industry.

**Keywords:** building energy-saving; external wall insulation; construction technology; thermal performance; durability

在全球气候变化与能源危机交织的背景下, 建筑领域碳减排已成为实现双碳目标的关键战场。外墙保温系统作为建筑围护结构节能的核心载体, 其技术创新与工程应用质量直接影响建筑全生命周期能效水平。当前我国建筑节能实践面临保温体系耐久性不足、热桥效应突出、施工工艺粗放等现实挑战, 亟待建立系统化的解决方案。本研究立足于建筑物理学基本原理, 融合材料科学、施工技术、数字检测等多学科前沿成果, 重点探讨保温体系与建筑本体的协同作用机制。通过解构传统施工模式的技术瓶颈, 提出涵盖设计选型、工艺优化、质量控制的集成化技术路径。研究着重解决保温系统与建筑结构界面融合、环境适应性施工、性能可测可控等关键问题, 旨在形成可复制推广的技术标准体系, 为提升建筑节能工程质量提供科学依据。

## 1 土建建筑外墙施工的特点

### 1.1 施工环境的复杂性

土建建筑外墙施工通常在露天环境中进行, 因此, 施工过程中不可避免地受到天气和气候等自然因素的影响。例如, 高温、低温、降雨、大风等恶劣天气条件可能对施工进度产生不利影响, 影响材料的性能, 甚至可能导致施工质量下降。施工单位需密切关注天气变化, 合理安排施工进度, 以应对不同气候条件带来的挑战。

### 1.2 施工技术的多样性

随着建筑行业的不断发展与技术进步, 土建建筑外墙施工技术也在不断创新和升级。目前, 外墙施工技术包括但不限于砌筑、混凝土浇筑、预制构件安装、幕墙施工等多种形式。不同施工技术具有各自的特点与适用条件, 施工单位应根据建筑物的设计要求、施工现场的具体条件以及经济因素

等,选择最为合适的施工技术,以确保施工质量与进度。

### 1.3 施工材料的多样性

土建建筑外墙施工所使用的材料种类繁多,包括砖块、砌块、混凝土、钢材、玻璃、石材等。不同材料在性能、规格、质量等方面存在差异,施工单位需要根据建筑设计要求、施工环境以及材料的特性,精确选择合适的材料。同时,材料的选择直接影响外墙的保温、防水、耐久性等关键性能,确保建筑物的长久使用 and 良好性能。

## 2 建筑外墙保温节能技术应用的重要性

### 2.1 优化内部环境

建筑外墙保温系统通过建立连续的热阻隔层,有效调节建筑围护结构的热传递过程,从根本上改善室内微气候环境。在热工性能层面,保温层形成的热惰性屏障显著减缓了室外温度波动对室内环境的影响,使得室内空气温度呈现出平缓的变化曲线。这种温度调节机制不仅体现在冬季保温和夏季隔热方面,更通过降低围护结构内表面的辐射温差,提升人体热舒适感知度<sup>[1]</sup>。在湿度控制方面,现代保温体系通过合理设置隔汽层和透气构造,实现水蒸气分压力的动态平衡,避免结露现象对室内空气质量的影响。声学性能的改善是保温系统的附加效益,多孔性保温材料可吸收中高频段的环境噪声,配合弹性连接构造设计,显著降低城市交通噪声对室内声环境的干扰。从人居环境科学视角分析,优化后的热湿环境和声环境对居住者的生理健康和心理舒适度产生积极影响,符合健康建筑评价标准的核心要求。

### 2.2 促进建筑能源的节约

建筑外围护结构的节能改造是降低建筑运行能耗的关键路径。保温系统通过提高围护结构的整体热阻,大幅减少建筑内外环境的热交换速率,从而降低暖通空调系统的负荷需求。在主动式节能技术应用中,保温性能的提升直接缩减了设备装机容量,延长了设备间歇运行周期,实现能源利用效率的阶梯式优化。被动式设计理念下,高性能保温体系与建筑朝向、开窗比例等要素协同作用,形成适应地域气候特征的自然调节机制<sup>[2]</sup>。从全生命周期视角审视,初期增加的保温投入通过降低运营阶段的能源消耗成本获得经济回报,这种投入产出模式契合可持续发展理念。更为重要的是,建筑能耗的降低直接减少化石能源使用量,对区域碳减排目标的实现具有显著的乘数效应,推动建筑行业向低碳化方向转型。

### 2.3 保护建筑的主体结构

保温系统在建筑外围护结构中扮演着动态保护层角色,其防护效能体现在多维度结构维护机制中。热应力缓冲方面,保温层通过降低结构体系内外表面的温差梯度,有效抑制温度形变引起的应力积累,避免混凝土结构因周期性热胀冷缩产生微裂缝。湿环境调控方面,合理的构造层次设计引导水分沿预设路径排出,防止冻融循环对砌体结构的破坏,特别是在寒冷地区,这种防护机制显著延长了建筑材料的使用寿命。在物理防护层面,外保温系统作为建筑最外层的“防护铠甲”,可吸收部分冲击能量,降低

外界机械作用对承重结构的直接损伤。从材料耐久性角度分析,保温层阻隔了紫外线辐射、酸雨侵蚀等环境因素对主体结构的劣化作用,维持建筑结构力学性能的稳定。

## 3 建筑外墙保温结构类型

### 3.1 外墙内保温

内保温体系作为建筑节能改造的常用解决方案,其技术特征体现在施工过程对建筑外部形态的最小干预。该体系将保温层设置于建筑结构内侧,采用轻质复合材料与主体墙体形成复合构造。施工过程中无需搭设高空作业平台,特别适用于城市更新项目中受规划限制或历史建筑保护要求的外墙改造工程<sup>[3]</sup>。从热工性能分析,内保温体系虽能改善室内热环境,但受室内空间分割影响易形成局部热桥,需通过增设隔汽膜和设置连续空气层来优化热流分布。在湿度控制方面,需建立动态湿度缓冲层以防止水蒸气在保温界面冷凝,这对材料透气性提出特殊要求。当前技术发展聚焦于开发兼具调湿功能的复合保温板材,通过毛细管结构实现湿度自主调节。

### 3.2 外墙外保温

外保温体系通过将保温层外置于建筑围护结构,形成连续完整的热防护外壳。该体系采用分层构造技术,由界面处理层、黏结固定层、保温主体层、抗裂防护层及饰面层组成复合系统。其技术优势体现在消除结构性热桥方面,通过包覆式构造使建筑主体处于相对稳定的温度场中。施工过程中需重点控制各构造层的协同变形能力,采用弹性模量梯度设计确保系统整体性。针对高层建筑风荷载问题,研发了机械锚固与化学黏结复合固定技术,通过应力分散设计提升系统抗风揭能力。当前技术革新方向包括开发自清洁饰面层、智能调温涂层等新型功能材料,拓展系统的综合性能。

### 3.3 一体化墙体保温

装配式保温体系代表建筑工业化的发展方向,其核心在于实现结构承重、热工性能、建筑美观的集成化设计。通过预制生产将保温层与结构层在工厂内复合成型,现场采用模块化安装工艺。该体系突破传统分层施工模式,采用三维连接件实现各功能层的力学耦合,形成整体受力体系。在质量控制方面,工厂化生产环境确保保温材料密度分布均匀性,消除现场施工的质量波动因素。技术创新重点在于开发可变厚度的自适应保温模块,满足不同气候区的差异化需求。该体系在绿色施工方面表现突出,大幅减少现场湿作业和材料损耗,符合建筑业低碳转型要求。

## 4 建筑外墙保温节能技术的工程应用

### 4.1 聚苯板薄抹灰系统施工

该体系在民用建筑中广泛应用,其技术核心在于建立可靠的黏结-锚固复合系统。施工过程采用错缝粘贴工艺消除通缝热桥,在门窗洞口等应力集中部位设置增强网格布。质量控制重点包括基层界面处理、板材拼接精度、防护层厚度均匀性等关键节点。针对不同气候条件,发展出差异化构造做法:寒冷地区采用双层网格布增强抗冻胀能力,多雨地区增设排水透气构造层。工程实践中创新应用红外成像技术进行隐蔽缺陷检测,结合无人机航拍实现大范围施工质量监控。

## 4.2 岩棉复合板干挂技术

干挂式保温系统通过金属连接件实现非黏结固定,适用于对防火性能要求较高的公共建筑。技术要点包括建立完善的防排水体系,在保温层后方设置动态空气间层,利用气压平衡原理提升系统耐候性。施工过程中采用三维可调挂件系统,补偿结构安装误差,确保饰面平整度。针对海洋性气候环境,研发了耐盐雾腐蚀的合金连接件和表面钝化处理技术。在抗震设计方面,通过柔性连接节点吸收地震能量,防止保温层与主体结构发生破坏性位移。

## 4.3 真空绝热板精准施工

超薄高效保温体系的应用突破传统节能技术局限,其关键技术在于解决真空板材的现场安装难题。施工前采用建筑信息模型进行立体排版设计,优化裁切方案减少材料损耗。安装过程中应用激光定位技术确保板材定位精度,研发专用密封胶带处理板缝热桥问题。为保障系统耐久性,创新采用纳米涂层技术增强板材表面抗穿刺性能,设置缓冲层缓解外部应力冲击。该体系特别适用于空间受限的改造工程,为历史建筑节能升级提供新的技术路径。

## 4.4 相变储能材料集成应用

智能调温体系将相变材料与建筑围护结构有机结合,实现建筑热惯性的主动调节。技术核心在于相变材料与建筑材料的相容性处理,通过微胶囊包覆技术解决材料渗漏问题。施工过程中采用分层浇筑工艺,确保相变材料在基质中的均匀分布<sup>[4]</sup>。系统集成温度传感元件,实现建筑表皮热流的实时监测与动态调节。该技术突破传统保温体系被动防护的局限,向主动式节能方向演进,为建筑能源管理系统提供新的控制维度。

## 5 外墙保温施工工艺流程

### 5.1 基层处理工程

基层处理作为保温系统施工的基础环节,其质量直接影响整个体系的可靠性与耐久性。工程实践中需建立多维度质量控制体系:首先开展全面的基层勘察评估,识别结构裂缝、空鼓、风化等缺陷类型,根据基层材质特性选择适配的处理方案。混凝土基面采用机械打磨消除浮浆层,砌体结构则需重点处理灰缝凹陷部位。界面增强处理采用渗透型改性剂,通过毛细作用强化基层表面黏结力,同时形成过渡性界面层以协调新旧材料的变形差异。对于复杂几何造型部位,运用三维扫描技术建立数字化模型,指导局部修补方案的精准实施。处理后的基面需形成均匀的粗糙纹理,为后续施工创造理想的黏结条件。

### 5.2 保温层施工控制

保温层施工是热工性能实现的核心阶段,需建立全过程动态管控机制。板材安装遵循“由下至上、错缝搭接”的基本原则,在阴阳角部位设置增强补强层以消除应力集中现象。黏结施工采用组合式固定工艺,根据建筑高度分区确定机械锚固密度,确保风荷载作用下的系统稳定性。异形部位处理引入柔性裁剪技术,采用热成型设备对保温板材进行曲面加工。施工过程中实施环境响应策略,建立温湿度监测预警系

统,当环境参数超出材料施工允许范围时自动启动防护措施。每完成立面单元施工即进行平整度校验,运用激光测距仪构建三维质量模型,实现施工误差的实时可视化监控。

### 5.3 防护层处理技术

防护层构成保温系统的外部防御体系,其施工质量决定表现性能与使用寿命。分层施工工艺遵循材料性能梯度原则,底层抹灰注重与保温层的界面融合,通过锯齿镬刀形成定向纹理以增强机械咬合力。增强网格布的铺贴采用“预埋式”工艺,确保其在抹灰层中的三维定位精度。面层处理引入自流平技术,利用材料的触变特性实现表面微观平整度控制。在特殊气候条件下,采用气候适应性养护方案:高温环境设置遮阳喷雾系统,低温条件搭建临时保温棚。针对不同饰面类型开发专项工艺,涂料饰面注重基层封闭处理,面砖铺贴采用柔性黏结系统并设置变形补偿缝。

### 5.4 质量验收与检测

质量管控体系贯穿施工全过程,建立“过程巡检+阶段验收+综合评估”三级控制模式。过程巡检采用智能检测装备,包括红外热像仪识别隐蔽缺陷,超声波探伤仪检测锚固深度。阶段验收重点核查系统构造符合性,运用数字孪生技术对比实际施工与BIM模型的偏差值。综合评估阶段实施多物理场耦合检测,通过热循环试验验证系统耐候性,利用气密性检测设备评估建筑外围护整体性能。创新引入大数据分析平台,将检测数据与历史工程数据库进行比对,建立质量风险预警模型。最终形成包含材料性能参数、施工过程记录、检测验证数据的全生命周期质量档案。

## 6 结语

外墙保温节能技术的体系化发展标志着建筑节能从单一材料革新向系统性能优化的战略转型。本文通过构建“结构-材料-工艺-检测”四位一体的技术框架,证实了精细化施工管理对提升保温系统综合效能的关键作用。研究揭示保温体系与建筑本体的动态交互规律,为突破传统技术局限提供了新的理论视角。实践层面形成的环境响应施工策略与智能检测方法,显著提升了工程质量的稳定性和可靠性。面向未来,应着力推进保温技术与智能建造、绿色建材的深度融合,发展具有自感知、自调节特性的新一代保温体系。

### 【参考文献】

- [1]程立明.浅析建筑外墙保温节能技术在施工中的应用[J].建筑,2022(12):79-80.
  - [2]张玉磊.建筑外墙保温节能技术在建筑施工中的应用[J].中国建筑装饰装修,2023(18):60-62.
  - [3]丁志鹏,张浩林,刘依琳.建筑外墙保温节能技术在建筑施工中的应用[J].工程建设与设计,2023(22):125-127.
  - [4]杨斐.建筑外墙保温节能技术在建筑施工中的有效应用[J].四川建材,2024,50(10):39-40.
- 作者简介:齐晓(1997.10—),男,毕业院校:新疆轻工职业技术学院;所学专业:工程造价,阿拉尔市方正有限责任公司检测试验中心,试验员,助理工程师。

## 高速铁路桥梁连续梁工程施工技术要点探究

陶彪

中铁三局桥隧工程有限公司, 重庆 404040

[摘要] 高速铁路桥梁作为铁路运输系统中的关键构件, 承载着大量的运输任务, 对保障列车的高速安全运行具有至关重要的作用。在高速铁路建设中, 桥梁连续梁的施工技术尤为复杂, 涉及的工艺要求高, 施工难度大。连续梁桥梁结构跨度大、承载力强且稳定性要求极高, 因此, 施工过程中的每一个环节都需要精细的技术支持和严格的质量控制。

[关键词] 高速铁路桥梁; 连续梁; 施工技术; 工程案例; 施工管理

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15508

中图分类号: U445.4

文献标识码: A

## Exploration on Key Construction Technology for Continuous Beam Engineering of High Speed Railway Bridges

TAO Biao

Bridge and Tunnel Company of the Third Engineering Group of China Railway, Chongqing, 404040, China

**Abstract:** As a key component of the railway transportation system, high-speed railway bridges carry a large number of transportation tasks and play a crucial role in ensuring the safe high-speed operation of trains. In the construction of high-speed railways, the construction technology of continuous bridge beams is particularly complex, involving high process requirements and great construction difficulty. Continuous beam bridge structures have a large span, strong bearing capacity, and extremely high stability requirements. Therefore, every link in the construction process requires precise technical support and strict quality control.

**Keywords:** high speed railway bridges; continuous beam; construction technology; engineering case; construction management

### 引言

随着我国高速铁路网络的不断发展, 桥梁作为重要的构筑物, 承担着大量的交通运输任务。在高速铁路建设中, 桥梁的结构设计、施工工艺以及技术质量等因素直接影响到工程的安全性、稳定性和经济性。尤其是在桥梁连续梁施工中, 涉及许多复杂的技术问题, 包括桥梁结构的施工顺序、施工环境的控制、施工设备的选择等。通过对高速铁路桥梁连续梁工程施工技术要点的探讨, 可以为该类工程的顺利实施提供有效的技术保障。

### 1 连续梁施工的技术要点

#### 1.1 施工前的准备工作

在开始施工之前, 进行充分的准备工作是确保施工顺利进行的基础, 只有做足了准备, 才能在施工过程中减少突发问题, 保证工程的顺利推进。首先, 对施工现场进行详细的勘察是至关重要的。勘察工作不仅要关注地质条件, 还需评估水文气象等因素, 了解地基土壤的类型、深度、承载力以及地下水位的变化等信息。这些信息可以帮助施工方科学制定施工方案, 并对可能遇到的复杂情况做出预判, 从而提供后续施工所需的关键数据支持。此外, 施工设备的选择和调试同样至关重要。在桥梁工程中, 施工机械设备的性能直接影响到施工效率和工程质量。根据桥梁的设计要求、施工现场的条件及施工任务的性质, 合理选择适当的施工机械和运输工具, 是提高工作效率的必要条

件。设备的选型应考虑其负载能力、操作灵活性及施工环境的适应性。在设备到场后, 还需要进行充分的调试, 确保机械的性能处于最佳状态, 以避免施工过程中因设备故障而造成的延误<sup>[1]</sup>。

例如, 在某高速铁路桥梁项目中, 施工方对施工区域的地质条件进行了细致地勘察, 发现土层较为松软, 地基承载力较低。这一问题如果不提前处理, 将可能导致桥梁施工中出现沉降等问题, 严重影响工程质量和施工进度。为此, 施工方在开工前就对地基进行了强化处理。通过采用桩基技术或加强型混凝土基础, 增强了地基的承载力, 从而为后期的连续梁施工提供了稳固的基础。这一地基处理措施的实施, 有效避免了潜在的风险, 确保了后续施工能够顺利进行。

#### 1.2 桥梁模板和支架系统的搭设

在连续梁施工过程中, 模板和支架系统的搭设起着至关重要的作用, 直接关系到施工精度和进度。模板支架系统不仅影响桥梁的结构稳定性, 还决定了施工过程的安全性和顺利进行。因此, 合理设计模板支架系统, 选择合适的支架材料和搭设方式, 成为施工准备阶段的重点工作。对于不同的桥梁设计, 尤其是大跨度的预应力连续梁, 模板支架的搭设必须确保能够承受较大的荷载, 且在施工过程中不发生任何形变或位移。因此, 在设计阶段, 必须综合考虑桥梁的承载能力、施工荷载、模板表面的平整度以

及支架的刚性等因素。

模板的搭设是确保施工精度的基础,特别是在预应力连续梁的施工中,对模板的平整度要求极高。模板表面必须保持足够的平整性,以避免影响桥梁结构的整体效果和精度。同时,模板的刚性也需要保证,避免在施工过程中由于外力作用导致模板发生形变,从而影响桥梁的质量。因此,在搭设模板时,需要严格检查模板表面的平整度,并使用符合标准的材料和工艺,确保模板系统的强度和稳定性。支架的搭设同样重要。支架系统必须具备足够的强度和稳定性,以确保能够支撑整个施工过程中的荷载。在一些特殊的情况下,如施工现场地形复杂或环境不稳定时,可以采取二次加固措施。比如,在某些项目中,施工方采用了高强度钢管支架系统,以提高支架的承载能力。同时,针对现场的实际情况,进行二次加固,以确保支架系统的稳定性和安全性,从而最大限度地避免施工过程中的风险。通过合理的模板支架设计和搭设,不仅能够保证桥梁施工的精度,还能有效提高施工的安全性和进度,减少施工过程中的不必要风险。因此,模板支架系统的设计和搭设是桥梁施工中的关键环节,对工程的成功实施至关重要<sup>[2]</sup>。

### 1.3 混凝土浇筑与养护技术

在连续梁的施工过程中,混凝土的浇注工艺对最终结构的质量至关重要,直接影响着桥梁的承载能力和使用寿命。为了确保混凝土浇筑质量,施工方需要严格控制混凝土的浇筑过程,以确保其均匀分布并避免出现分层、离析等问题,这些现象会严重影响结构的强度和稳定性。混凝土的均匀分布是浇筑过程中需要重点控制的方面。施工人员应采取合理的浇筑方法,避免混凝土在浇筑过程中出现不均匀现象。特别是在连续梁这种结构复杂的情况下,浇筑的过程中容易出现不规则的振动或操作不当,导致混凝土产生分层和离析现象。因此,施工人员通常会使用振动器等设备进行充分振捣,以确保混凝土的密实性,并避免出现气泡或空隙,从而确保梁体的强度和稳定性。

另外,混凝土的温度控制也是施工中的关键环节。温度变化过大可能会导致混凝土内部产生温差,引起热膨胀和收缩,从而导致裂缝的形成。为防止这种现象发生,特别是在高温天气下,施工方采取了多种冷却措施,如洒水降温、搭设遮阳网等,这些措施能够有效降低混凝土的表面温度,避免由于温差过大导致的热裂缝。在一些极端高温天气下,施工人员还会通过调整浇筑时间,避开中午和下午高温时段,选择清晨或傍晚温度较低时进行浇筑。混凝土浇筑完成后,养护工作同样至关重要。在混凝土硬化过程中,保持湿度和温度的稳定至关重要,过快的水分蒸发会导致混凝土强度不足,进而影响整个结构的质量。因此,在养护阶段,施工方会采用保湿膜覆盖混凝土表面,定期洒水等方法,确保混凝土表面保持足够的湿润。这些养护措施能够有效防止混凝土在初期阶段失水过快,减少

裂缝的产生,确保混凝土的强度发展。通过科学的温控和养护手段,施工方能够确保混凝土在浇筑后的强度逐步提升,保证桥梁的整体质量和耐久性,从而为连续梁结构的稳定性提供有力保障<sup>[3]</sup>。

## 2 施工过程中常见问题及解决方法

### 2.1 结构变形控制

在连续梁的施工过程中,梁体变形是一个常见且具有挑战性的问题。由于自重、温度变化、湿度变化等多种因素的综合影响,梁体在施工过程中可能会出现不同程度的变形,这些变形不仅会影响后期施工的进展,还可能对桥梁的安全性产生长期影响。因此,施工单位需要在整个施工过程中加强对梁体变形的监测,及时发现问题并采取相应的措施进行调整。

在某高速铁路项目中,施工单位在连续梁的浇筑过程中发现梁体出现了小幅度的变形。经过现场检测,发现变形的主要原因是支架系统设置不当。原本设计的支架未能充分考虑到梁体自重和施工荷载的分布,导致局部支架承载能力不足,从而引发了梁体的变形。为解决这一问题,施工方迅速调整了支架体系的设计方案,增加了支架的支撑力度,并对支架的连接点和支撑结构进行了加固。通过这些改进措施,施工方成功地避免了变形的进一步扩大,确保了结构的稳定性和施工进度。这种及时的监测和调整措施有效避免了变形问题对后期施工造成的不利影响,也为桥梁的后续使用提供了保障,确保了项目的顺利推进。这也提醒施工单位,在工程实施过程中,必须加强对各类潜在问题的监控,做到早发现、早处理。

### 2.2 裂缝控制

在连续梁的施工过程中,裂缝是常见的质量问题,尤其是在温差较大的季节,温度变化引起的温差应力更容易导致裂缝的产生。裂缝不仅影响桥梁的美观,还可能对结构的安全性产生不利影响。因此,施工单位需要采取有效的措施来控制裂缝的发生。为了有效防止裂缝,施工单位通常会从多个方面进行控制。首先,在混凝土配合比的设计上,合理选择高强度水泥,并确保混凝土的工作性和抗裂性,以减少温度引起的膨胀和收缩。其次,在浇筑过程中,施工方会严格控制混凝土温度,避免温差过大。例如,在夏季高温时,采用洒水降温、遮阳网等措施来减少温度波动。此外,在养护过程中,也要保证混凝土的温湿度稳定,防止过快失水<sup>[4]</sup>。

在某项目中,施工方在施工过程中发现了因温差过大导致的细小裂缝。经过详细的温度应力分析,施工方识别出了温度变化过快的原因,并及时调整了浇筑顺序。通过优化施工方案,施工方减少了浇筑过程中的温差应力,显著减少了裂缝的发生。这一举措不仅有效提升了结构的质量,也确保了项目的顺利推进。通过合理设计和科学施工,施工单位能够有效控制裂缝的发生,确保连续梁结构的稳

定性和安全性,避免后期维修和加固带来的成本和风险。

### 3 施工管理中的技术保障

#### 3.1 施工过程的质量监控

为确保高铁桥梁工程的施工质量,施工单位必须建立并完善一套严格的质量管理体系。高铁桥梁作为重要的交通基础设施,其安全性和稳定性直接关系到公共安全和交通畅通。因此,施工单位要加强质量管理制度的落实,确保每个环节都能符合设计标准与安全规范。施工单位要定期开展质量检查和评估工作,及时发现并解决施工中存在的问题。施工单位应当建立起完整的质量控制机制,从材料采购到施工完成的各个环节都要进行严格把关。对于桥梁的各项技术指标,如材料强度、结构承载能力等,都需要依据国家和行业的相关标准进行检测和验证,确保不出现质量隐患<sup>[5]</sup>。

此外,采用先进的检测技术和设备是提高施工质量的重要手段。例如,激光测深仪可以对施工现场的各项尺寸和定位进行高精度测量,确保桥梁结构的几何形状和尺寸严格符合设计要求;三维扫描技术则能够在施工过程中实时监测桥梁的变化,通过扫描图像对比,可以精确判断施工进度与质量,避免施工误差的积累。通过这些高科技手段,施工单位能够实现实时监控和精确管理,及时发现问题并采取纠正措施,大大降低了施工过程中的质量风险,确保高铁桥梁的施工质量达到预期标准。同时,这也为后期桥梁的维护和安全运营提供了可靠的保障。

#### 3.2 施工人员的技术培训

桥梁施工是一项复杂的工程,涉及结构设计、土建施工、材料科学、机械设备等多个专业领域。每个环节的精确执行都对桥梁的安全性和稳定性起着至关重要的作用。因此,桥梁施工的技术要求较高,施工人员必须具备深厚的专业知识和丰富的实践经验。为了确保施工质量和施工安全,加强施工人员的技术培训显得尤为重要。施工人员的技术培训应该是全面的,涵盖桥梁施工的各个方面,包括桥梁设计原理、施工技术、施工安全、材料质量控制等内容。培训过程中,不仅要讲解基础理论知识,还要结合实际案例,帮助施工人员深入理解实际操作中的技术要点和难点。同时,培训要根据不同岗位和角色的需求进行定制化,确保每位技术人员能够精通自己所负责的领域,做到精准操作和科学管理<sup>[6]</sup>。

提高施工人员的专业技能和施工经验是保证工程质

量和安全的关键。通过定期的技术培训和现场实操,施工人员能够不断积累经验,提升解决实际问题的能力。尤其是在桥梁施工过程中,经常会遇到复杂的技术难题和突发情况,这时候施工人员的专业能力和应变能力尤为重要。因此,施工单位要定期组织技术研讨会和经验交流活动,促进技术人员之间的学习与交流,提升团队的整体技术水平。此外,施工人员的安全意识也需要在培训中得到加强。桥梁施工现场涉及大量的机械操作和高空作业,施工人员必须时刻保持高度的安全警觉,严格按照安全操作规程执行,避免因技术不熟练或操作失误导致事故的发生<sup>[7]</sup>。

### 4 结语

高速铁路桥梁连续梁工程施工技术的研究和探索是提高工程质量和施工效率的关键。通过对施工技术要点的深入分析,可以总结出一套科学的施工方法和解决方案。未来的施工中,应该更加重视施工前的准备工作、模板和支架系统的搭设、混凝土浇筑与养护等方面的技术,同时加强施工中的质量控制和管理,确保工程的安全、顺利完成。在实际施工过程中,通过不断总结经验、优化施工工艺,可以有效应对施工中的问题,为高速铁路桥梁的建设提供坚实的技术支持。

#### [参考文献]

- [1] 郜喜龙. 高速铁路桥梁连续梁工程施工技术要点探究[J]. 汽车周刊, 2025(3): 143-145.
- [2] 卢宝艳. 高速铁路桥梁连续梁工程施工技术要点探究[J]. 工程机械与维修, 2022(3): 230-232.
- [3] 靳自强, 张丽娜. 高速铁路桥梁连续梁工程施工技术研究[J]. 运输经理世界, 2021(16): 88-90.
- [4] 宿海龙. 高速铁路桥梁连续梁工程施工技术探究[J]. 设备管理与维修, 2021(6): 109-110.
- [5] 袁梦阳. 高速铁路桥梁连续梁工程施工技术[J]. 工程技术研究, 2021, 6(6): 100-101.
- [6] 魏晓亚. 高速铁路桥梁连续梁工程施工技术[J]. 中国住宅设施, 2021(1): 111-112.
- [7] 唐万名. 高速铁路桥梁连续梁工程施工技术研究[J]. 建材与装饰, 2020(16): 242-244.

作者简介: 陶彪(1981.10—), 单位名称: 中铁三局桥隧工程有限公司, 毕业学校和专业: 第一学历: 郑州铁路技工学校, 起重吊装专业; 第二学历: 西安交通大学 土木工程专业。

## 隧道主体结构渗漏水预防及处理

房瑞霞

宁波市斯正项目管理咨询有限公司, 浙江 宁波 315100

[摘要] 本工程施工缝防水采用多道措施止水, 从外向内包括防水卷材、背贴式橡胶止水带、镀锌钢板止水带、中埋式钢边橡胶止水带、单组份遇水膨胀止水条、可卸式橡胶止水带, 多种形式止水有效控制施工缝渗漏。

[关键词] 防水卷材; 背贴式橡胶止水带; 镀锌钢板止水带; 中埋式钢边橡胶止水带; 单组份遇水膨胀止水条; 可卸式橡胶止水带

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15521

中图分类号: U455

文献标识码: A

## Prevention and Treatment of Water Leakage in the Main Structure of the Tunnel

FANG Ruixia

Ningbo Sizheng Project Management Consulting Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315100, China

**Abstract:** The construction joint waterproofing of this project adopts multiple measures to stop water, including waterproofing membrane, back adhesive rubber waterstop, galvanized steel plate waterstop, buried steel edge rubber waterstop, single component water swelling waterstop, and detachable rubber waterstop from the outside to the inside, various forms of waterstop effectively control the leakage of construction joints.

**Keywords:** waterproof membrane; back mounted rubber waterstop; galvanized steel sheet waterstop; medium buried steel edge rubber waterstop; single component water swelling sealing strip; detachable rubber waterstop

### 1 工程概况

#### 1.1 工程简介

本工程包含中山路(芳草路以东段)、中山路下穿隧道第24至41号节段(桩号AK0+669.00~AK1+305.00)和文卫路(湖茵路-芳草路)。中山路(芳草路以东段)西起芳草路,东至规划道路,全长约325m,道路标准横断面宽43m,道路等级为城市次干路,设计速度40km/h。文卫路(湖茵路-芳草路)西起湖茵路,东至芳草路,全长约390m,道路横断面宽度36m,跨规划河道桥梁1座。道路等级为城市次干路,设计速度40km/h。工程主要建设内容:道路工程、桥梁工程、排水工程、隧道工程、路灯工程、景观工程、电力排管及其他附属配套工程。

隧道工程开挖方式采用明挖,支护结构根据不同开挖深度采取地连墙、钻孔灌注桩、TRD工法桩、SMW工法桩、水泥搅拌重力挡土墙等加第一道钢筋混凝土支撑和多道钢管支撑(0~3道),地连墙相邻幅连接处采用高喷止水,钻孔灌注桩外侧设置水泥搅拌桩止水帷幕,部分保护建筑物范围处采用TRD工法桩进行二次隔离保护。隧道地基加固采用单轴双向水泥搅拌桩(梅花型布置)、高压旋喷桩(梅花型布置)、三轴搅拌桩(裙边+抽条)方式加固。

隧道主体结构暗埋段采用双孔钢筋混凝土闭合框架结构,标准段结构净高6m,单孔净宽9.3m。局部高填土区域采用双层框架结构,底板厚0.8~1.7m,侧墙厚0.8m,最小纵向分段长度为37m,最大分段长度为46m,节段间

设置3cm宽变形缝。

敞开段AK1+160~AK1+305,总长145m。根据深度不同,结构尺寸相应调整,底板厚度有0.5m~1.2m,侧墙厚度0.5m~1.3m,纵向分段长度为20~25m。节段间设置3cm宽变形缝。本工程规划河道桥梁1座,部分与29节段桥隧共建,桥梁上部结构为钢箱梁。合同工期:1080日历天,工程造价约7亿元。

本工程主体结构施工主要分为18节段施工,24~35节段为暗埋段框架结构,其中24~32节段为双层框架,23~35节段为单层框架结构,36节段为半暗埋半敞开结构,37~41节段为敞开段U型槽。24节段包含泵站结构,28节段包含预留连接通道,29节段为桥隧共建结构,35节段包含泵站结构。

根据本公司以往类似工程经验,下穿隧道侧墙易出现裂缝及渗水现象,渗水面积大小不等。主体结构渗漏水容易使内部的钢筋等材料产生腐蚀,降低钢筋混凝土材料的承载能力、耐久性等,为此项目部需开展渗漏水定期巡查和裂缝监测工作,同时为保证混凝土修补质量,确保主体结构设计使用寿命。

#### 1.2 水文地质条件

(1) 地形地貌:本工程区域位于浙北平原区,堆积地貌,为冲积、海积平原,地形总体平坦。场地内建筑物、道路密集。

(2) 工程地质条件:根据现场勘探和室内土工试验

成果,按地基土的分布,埋深、土性和工程特性及物理力学性质,经综合分析,拟建场地在勘探深度范围内可分8个大层、23个亚层,现自上而下分层如下:

表1 土层力学指标

| 层序     | 土称名称    | 地基承载力特征值 $[f_{ak}]$<br>(kPa) | 钻孔桩桩侧土的摩阻力值特征值 $q_{ik}$ (kpa) |
|--------|---------|------------------------------|-------------------------------|
| 第1-1a层 | 杂填土     |                              |                               |
| 第1-1b层 | 素填土     |                              |                               |
| 第1-2层  | 黏土      | 60                           | 10.8                          |
| 第1-3层  | 淤泥质黏土   | 55                           | 5.4                           |
| 第2-2层  | 淤泥质黏土   | 50                           | 4                             |
| 第2-3层  | 淤泥质黏土   | 55                           | 5.4                           |
| 第3-1层  | 黏质粉土    | 100                          | 11.7                          |
| 第3-2层  | 粉质黏土夹粉土 | 70                           | 9.9                           |
| 第4-1层  | 淤泥质粉质黏土 | 60                           | 8.1                           |
| 第4-1夹层 | 黏质粉土    | 110                          | 15.3                          |
| 第4-2层  | 粉质黏土    | 90                           | 17.1                          |
| 第4-3层  | 砂质粉土    | 130                          | 23.4                          |
| 第5层    | 缺失      |                              |                               |
| 第6-1层  | 粉质黏土    | 160                          | 32.4                          |
| 第6-2层  | 粉质黏土    | 100                          | 25.2                          |
| 第6-3层  | 粉质黏土    | 140                          | 27.9                          |
| 第6-4层  | 粗砂      | 230                          | 43.2                          |
| 第7-2层  | 粉质黏土    | 120                          | 26.1                          |
| 第7-3层  | 细砂夹粉质黏土 | 150                          | 31.5                          |
| 第7-4层  | 粉质黏土    | 130                          | 27                            |
| 第8-1层  | 中砂      | 240                          | 45                            |
| 第8-2层  | 粉质黏土    | 190                          | 34                            |
| 第9-1层  | 粉质黏土    | 180                          | 30.6                          |
| 第9-2层  | 圆砾      | 320                          | 58.5                          |

### (3) 工程水文条件

地表水:拟建场地沿线主要分布三条河流,从东向西依次为卜嘉河、邱隘河和与方庄河,均呈南北向,北侧汇入后塘河,河面宽分别约12.00、20.00和14.00m左右,水深约1.50~2.00m左右,浮泥厚度约0.30m,勘察期间测得河水位标高约1.00m;河水位升降主要受大气降水及人工阀门控制,多雨季节水位上涨,枯水期水位下降,排泄条件良好,基本上无灾害性水患。

地下水:根据地下水的含水介质及其赋存条件,将勘探深度以内的场地地下水分为孔隙潜水和孔隙承压水两种类型。

#### ①孔隙潜水

本工程建筑场地地下水历史最高水位约为3.00m,近3~5年最高水位约为2.80m,最低水位高程约为0.50m,

同时应考虑台风天及地下水位上升对地下室基础施工的不利影响。

#### ②孔隙承压水

根据勘探孔揭露,场地内孔隙承压水主要赋存于第3-1层、第4-1夹层黏质粉土、第4-3层砂质粉土、第6-4层粗砂、第7-3层细砂夹粉质黏土、第8-1层中砂、第9-2层圆砾中。

第3-1层含水层顶板埋深13.80~17.80m、层厚0.40~3.60m,场地内未连续分布,含水量较少;第4-1夹层含水层顶板埋深30.20~33.60m、层厚0.80~4.80m,场地内未连续分布,含水量较少;第6-4层、第7-3层含水层场地内大部分区域相互贯通,第6-4层顶板埋深42.70~52.70m、层厚0.50~9.10米,第6-4层具一定水量,第7-3层水量贫乏;第8-1层含水层顶板埋深52.70~57.60m、层厚1.10~5.70m,场地内未连续分布,具一定水量;第9-2层含水层顶板埋深78.70~79.70m、揭示层厚2.30~3.30m,具一定水量。

### 1.3 周边环境

工程周边建筑分为侵占主体结构急需动迁建筑和沿线需要保护建筑两大类。

表2 影响施工的构(建)筑物情况

| 建筑物        | 结构类型  | 面积 $m^2$ | 现状情况 | 备注          |
|------------|-------|----------|------|-------------|
| 董玉娣中学      | 混1~混4 | 2868     | 已拆除  | 影响隧道A工区施工   |
| 银丰小区2期门卫室  | 混1    | 35       | 未拆除  | 影响银丰小区保通    |
| 邱一村村委+镇北社区 | 混3    | 4233     | 已拆除  | 影响隧道E工区施工   |
| 宁波弘实制衣     | 混3    | 2916     | 已拆除  | 影响银丰小区保通道施工 |

影响施工的建(构)筑拆除后,施工影响范围内主要单位(居民区)由西向东依次为:邱隘镇中心幼儿园分园、银丰小区、邱一香溢湾小区。

### 2 渗漏水原因分析及预防措施

本工程基坑围护结构主要采用三轴搅拌桩、SMW工法桩、TRD工法桩、钻孔灌注桩和地下连续墙五种形式。渗漏水的防治围绕设计、施工及混凝土供应质量进行展开。

#### 2.1 施工层面

①混凝土浇捣质量。侧墙浇筑过程中混凝土自由落体高度超过2m及振捣不到位现象,导致混凝土发生离析、密实度较差的情况。预防措施:后续施工过程中应严格控制泵管距离浇筑面的高度,同时加强振捣质量控制。

②坑边荷载的影响。侧墙长20m~46m,高6m,厚50~130cm,分层进行浇筑。浇筑过程中,混凝土搅拌车进出场及泵车作业时产生的荷载通过地面、围护结构传递至刚刚浇筑的混凝土侧墙上,混凝土初凝阶段在外力作用下容易产生裂缝。预防措施:泵车就位时应尽量远离待浇筑侧

墙,减少施工动荷载对混凝土质量的影响。

③结构段划分长度过长可能会容易产生干缩裂缝。目前计划划分的侧墙、中隔墙结构段长度为结构分段长度。20m~46m 不等。预防措施:为减少影响因素,加强质量控制,项目部将在 A 号基坑侧墙施工时进行试验段施工(缩短结构段长度)以验证结构分段长度对裂缝的影响。

④拆模时间。常温时期(气温平均在 10~25℃),侧墙模板通常在混凝土浇筑后 24h 拆除。预防措施:后续施工过程中应严格控制拆模时间。

⑤混凝土养护。高温天气,养护布失水较快且养护布与侧墙不够密贴造成混凝土养护不到位,是裂缝生成的一个关键因素。预防措施:后续施工过程中将采用塑料薄膜湿养护,保持混凝土湿润。

⑥围护结构渗漏处理不彻底。在侧墙施工前项目部应对围护结构渗漏水进行了处理。加强对围护结构漏水堵漏管理工作,确保围护结构堵漏质量。

## 2.2 设计层面

①由于围护结构外放导致侧墙厚度增加(设计方案采用同标号混凝土进行填充处理),而在侧墙厚度增加后未对钢筋骨架尺寸进行调整,从而导致迎水面保护层过厚(局部达到 10cm)。建议措施:a.以保护层厚度不大于 5cm 为原则对钢筋骨架尺寸进行调整;b.增加 1 层钢筋网片。

②通过对以往工程裂缝产生的数量及位置统计分析后发现,裂缝大多位于地下连续墙接缝处,而 SMW 工法桩段侧墙裂缝较少。通过对比设计方案,SMW 工法桩段侧墙防水因考虑 H 型钢拔除影响,防水层施工前施作了 20mm 厚聚乙烯泡沫板外模,侧墙与围护墙之间相当于设置了 1 层缓冲带,在围护结构发生变形时,作用在侧墙上的外力明显小于地下连续墙段的侧墙。项目部认为侧墙产生裂缝的主要原因为围护结构变形产生的应力作用导致。建议措施:后续地下连续墙段侧墙防水施工应用厚聚乙烯泡沫板外模。

## 2.3 混凝土供应质量

目前商砼供应存在质量波较大的情况,一方面混凝土用砂、石原材料市场价格涨幅较大,间接导致原材料质量不稳定;另一方面混凝土从拌站到工地坍落度控制不够理想。预防措施:a.不定期到商砼厂对混凝土用原材料进行抽检,特别当原材料供应厂家发生变化后项目部应及时进行取样送检,必要时还应重新进行配合比设计验证。b.混凝土浇筑当天派专人到商砼厂监督混凝土生产过程,对原材料、配合比进行检查。c.做好混凝土现场验收工作。

## 3 多样化防水施工技术研究

### 3.1 防水卷材施工

(1)结构表面清理干净,平整度应满足  $D/L \leq 1/20$ , D:相邻两凸面间的最大深度,L:相邻两凸面间的最小距离。凹凸起伏部位应圆滑平缓。所有不满足上述要求的凸出部

位应凿除,并用 1:2.5 的水泥砂浆进行找平;凹坑部位采用 1:2.5 水泥砂浆填平。基面应洁净、坚实,不得有疏松、起砂、起皮现象。

(2)底板所有阴角部位应用 1:2.5 水泥砂浆做成 50mmX50mm 钝角,阳角做成 20mmX20mm 的钝角,所有阴阳角部位加铺防水层的加强层,加强层宽度为 60cm,转角两侧各 30cm。隔离层为无纺布隔离层(肥槽处为 2cm 聚苯板保护隔离层)。

(3)底板防水层铺设完毕,除掉卷材的隔离膜,并立即浇筑 50mm 厚 C20 细石混凝土保护层。

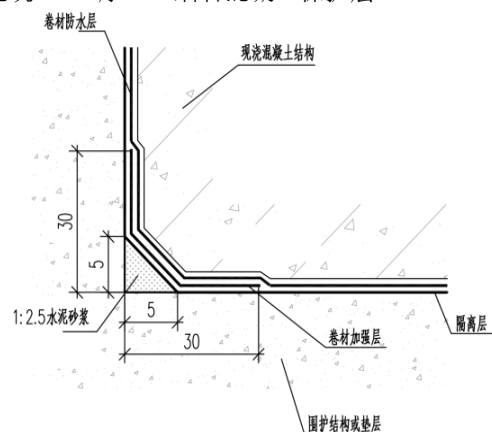


图 1 防水卷材阴角做法

(4)侧墙设置找平层,保证平整度,钻孔桩区域为 C20 喷射混凝土平层,工法桩、地连墙处为砂浆找平。

(5)分段铺设防水层前,在铺设防水层的基面上不得有明水,否则应采取堵漏的方法将水堵住后方可进行下道工序的施工。

(6)防水卷材下部采用水泥钉固定,水泥钉距离卷材顶部 2cm,间距不大于 50cm,水泥钉外侧用水泥砂浆包裹严密,侧墙防水采用上压下搭接,搭接长度 12 公分(有效搭接长度 10cm)。

(7)侧墙相邻两幅卷材的有效搭接宽度为 10cm(不包括钉孔),搭接时搭接缝范围内的隔离膜必须撕去,并用滚杠或橡皮锤压实,压不实处必须采用手持式喷灯烘烤卷材后黏结牢固,卷材搭接位置不允许存在空隙。

(8)侧墙相邻两幅卷材接头位置错开 20cm 以上。

### 3.2 施工缝防水施工

#### 3.2.1 水平施工缝

(1)隧道主体结构施工缝采用背贴止水带+钢板止水带+水泥基渗透结晶型防水涂料进行防水处理

(2)墙体水平施工缝应高出底板表面不小于 500mm 的墙体上,施工缝外侧设背贴式橡胶止水带,与变形缝橡胶止水带搭接处采用热压机硫化搭接胶合法连接,搭接长度不小于 10cm。

(3)施工缝浇灌混凝土前,应将其表面浮浆和杂物

清除,先铺净浆,涂刷水泥基渗透结晶防水材料,最后安装遇水膨胀橡胶止水胶条并及时浇灌混凝土。

(4) 遇水膨胀橡胶止水条应与接缝表面密贴,遇水膨胀橡胶止水条施工时应外涂缓胀剂,缓胀剂缓胀时间>8小时,在浇灌新混凝土前应严防防水浸泡失效。其搭接长度为10cm,7天缓胀率应不大于最终膨胀率的60%,最终膨胀率宜大于220%,遇水膨胀橡胶应牢固地安装在缝表面或预留槽内。

(5) 止水钢板用铁丝绑扎固定于结构钢筋上,纵向固定点间距不小于25cm,固定点距止水带边缘不得大于5mm,固定点应牢固可靠,浇筑混凝土时应及时对施工缝部位的混凝土进行充分振捣,有利于止水带和混凝土密实粘贴。

(6) 遇水膨胀橡胶止水条嵌入预留凹槽内每隔1m加钉一个水泥钉。止水条连接采用搭接,搭接长度不小于50mm,搭接头应采用水泥钉钉牢。止水条应在干燥的条件下施工,止水条已遭受雨水,地下水或其他水源浸泡,则应揭起重新粘贴新的止水带。

(7) 钢板止水带采用双面焊接,焊接长度50~100mm,止水钢板焊好后,应进行自检,检查有无沙眼、断焊、漏焊或焊缝不饱满之处,不符合要求的进行返工处理。检查合格后,报质检员检查,合格后上报监理工程师检查验收。

### 3.2.2 环向施工缝

(1) 环形施工缝做法在水平施工缝基础上额外增加

(2) 因施工需环向施工缝,施工缝内需预埋注浆导管,中板与侧墙施工缝交界处、中隔墙与底板顶板施工缝交界处节点需预埋注浆。

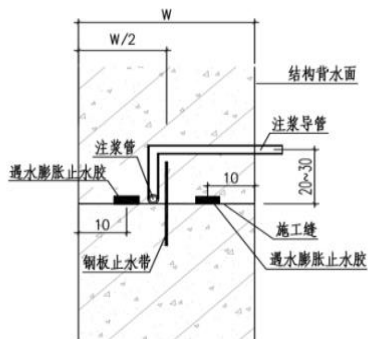


图2 换向施工缝防水构造

注浆导管敷设应严格按设计布管,沿最近的方向敷设,使走向顺直减少弯曲。严禁三层管交叉重叠;平行的两根PVC管间距应大于5cm;板内PVC管之间的交叉角必须大于45°;如果按直线布管不能满足上述要求,则布管宜适当绕行。当注浆管不足时应可以采用搭接的方式进行连接。在注浆导管布设3cm范围内应该清理干净,可不进行凿毛处理,凹坑部位可用防水砂浆大致找平。

## 3.3 变形缝防水

### 3.3.1 变形缝施工基本要求

(1) 变形缝部位属于防水薄弱环节,一旦发生渗漏

很难进行堵漏处理,因此在对变形缝部位进行施工时,一定要按要求精心操作,严格管理。

(2) 对变形缝部位的混凝土应进行充分的振捣,保证止水带部位混凝土的密实性,这是中埋式止水带防水密封的关键,应切实做好。

(3) 变形缝内填筑聚氨酯凹槽,可以用小压条稳固在沥青油浸软木板或模板上,待混凝土浇筑后拉出压条形成凹槽。不得将整体的聚乙烯泡沫塑料板浇筑在混凝土内之后,再剃凿出凹槽。

(4) 聚氨酯的填嵌时间应尽可能拖后,在两结构完成部分沉降之后,可减少聚氨酯所负担变形量。填装聚氨酯时应保证缝内混凝土干净、干燥,并严格按照操作规程施工。

(5) 在满足制造、运输、安装要求前提下,止水带应尽量在工厂中连接整体。止水带各种交叉连接节点,应在工厂中作出配件,以保证现场连接只在直线段进行。

(6) 在绑扎钢筋和支模时止水带应采取可靠的固定措施,避免在浇筑混凝土时发生移位,以保证止水带在混凝土断面中的位置正确。

(7) 变形缝两侧混凝土应分两次浇筑,聚乙烯泡沫塑料板应在第一侧混凝土浇筑前安装在模板内侧。

(8) 止水带埋设位置应准确,采用热熔成环施工,接头位置防雨底板位置,其中间空心圆环应与变形缝的中心线重合,止水带应采取可靠的固定措施,顶、底板内止水带应成盆状安设。盆式开孔向上,保证浇捣混凝土时混凝土内产生的气泡顺利排出。

(9) 止水带部位的混凝土必须振捣充分,保证止水带与混凝土咬合密实,这是止水带发挥止水作用的关键,应切实做好。振捣时严禁振捣棒触及止水带

### 3.3.2 敞开段变形缝(底板)

(1) 先安装背贴式止水带,先浇断混凝土断面做企口,安装中埋式橡胶止水带,上下填充聚乙烯发泡板(斜面安装1cm油毡),最后用聚乙烯隔离膜(厚0.2mm~0.3mm)和聚氨酯隔离胶填缝。

(2) 变形缝内填筑聚氨酯凹槽,可以用小压条稳固在沥青油浸软木板或模板上,待混凝土浇筑后拉出压条形成凹槽。不得将整体的聚乙烯泡沫塑料板浇筑在混凝土内之后,再剃凿出凹槽。

(3) 变形缝两侧混凝土应分两次浇筑,聚乙烯泡沫塑料板应在第一侧混凝土浇筑前安装在模板内侧。

(4) 中埋式钢边橡胶止水带型号:BC 350x10-30,止水带埋设空心圆环应与变形缝的中心线重合,止水带应采取可靠的固定措施,顶、底板内止水带应成盆状安设。盆式开孔向上,保证浇捣混凝土时混凝土内产生的气泡顺利排出。

### 3.3.3 敞开段变形缝(侧墙)

(1) 先安装背贴式止水带,浇段混凝土内做传力杆,

安装中埋式钢边橡胶止水带,上下填充聚乙烯发泡板,侧墙变形缝封口用聚乙烯隔离膜(厚 0.2mm~0.3mm)和聚氨酯隔离胶填缝,外侧用不锈钢接水盒封口,接水盒用 M8 膨胀螺栓固定。

(2) 变形缝内填筑聚氨酯凹槽,可以用小压条稳固在沥青油浸软木板或模板上,待混凝土浇筑后拉出压条形成凹槽。不得将整体的聚乙烯泡沫塑料板浇筑在混凝土土内之后,再剃凿出凹槽。

(3) 中埋式钢边橡胶止水带型号: BC 350x10-30,止水带埋设空心圆环应与变形缝的中心线重合,止水带应采取可靠的固定措施。

#### 3.3.4 暗埋段变形缝(底板)

(1) 先安装背贴式止水带,先浇断混凝土断面做企口,安装中埋式橡胶止水带,上下填充聚乙烯发泡板(斜面安装 1cm 油毡),最后用聚乙烯隔离膜(厚 0.2mm~0.3mm)和聚氨酯隔离胶填,封口采用可拆卸止水带,并用 C30 预制板当盖板。(可拆卸止水带详见后可拆卸止水带做法)

(2) 变形缝内填筑聚氨酯凹槽,可以用小压条稳固在沥青油浸软木板或模板上,待混凝土浇筑后拉出压条形成凹槽。不得将整体的聚乙烯泡沫塑料板浇筑在混凝土土内之后,再剃凿出凹槽。

(3) 变形缝两侧混凝土应分两次浇筑,聚乙烯泡沫塑料板应在第一侧混凝土浇筑前安装在模板内侧。

(4) 中埋式钢边橡胶止水带型号: BC 350x10-30,止水带埋设空心圆环应与变形缝的中心线重合,止水带应采取可靠的固定措施,底板内止水带应成盆状安设,采用专用钢筋或扁钢固定,底板在浇捣砼时钢边橡胶止水带应固定成上斜 15°。

#### 3.3.5 暗埋段变形缝(侧墙)

(1) 先安装背贴式止水带,先浇段混凝土内做传力杆,安装中埋式钢边橡胶止水带,上下填充聚乙烯发泡板,最后用聚乙烯隔离膜(厚 0.2mm~0.3mm)和聚氨酯隔离胶填缝,侧墙变形缝封口采用可拆卸止水带,并用不锈钢接水槽当盖板,接水槽采用 M8 螺栓固定,并用聚氨酯密封胶填筑螺栓孔缝隙。(可拆卸止水带详见后可拆卸止水带做法)

(2) 变形缝内填筑聚氨酯凹槽,可以用小压条稳固在沥青油浸软木板或模板上,待混凝土浇筑后拉出压条形成凹槽。不得将整体的聚乙烯泡沫塑料板浇筑在混凝土土内之后,再剃凿出凹槽。

#### 3.3.6 暗埋段变形缝(中隔板、中隔墙)

(1) 中隔板: 先浇段混凝土内做传力杆,安装中埋式钢边橡胶止水带,上下填充聚乙烯发泡板,板顶用聚乙烯隔离膜(厚 0.2mm~0.3mm)和聚氨酯隔离胶填缝。板底封口采用可拆卸止水带,并用不锈钢接水槽当盖板,接水槽采用 M8 螺栓固定,并用聚氨酯密封胶填筑螺栓孔缝

隙。(可拆卸止水带详见后可拆卸止水带做法)。

(2) 中隔墙: 变形缝处填充聚乙烯发泡板,发泡板两侧用聚乙烯隔离膜(厚 0.2mm~0.3mm)和聚氨酯隔离胶填缝。两侧封口均采用可拆卸止水带,并用不锈钢接水槽当盖板,接水槽采用 M8 螺栓固定,并用聚氨酯密封胶填筑螺栓孔缝隙。(可拆卸止水带详见后可拆卸止水带做法)。

#### 3.3.7 暗埋段变形缝(顶板)

(1) 先浇断混凝土断面做企口,安装中埋式橡胶止水带,上下填充聚乙烯发泡板(斜面安装 1cm 油毡),上口用背贴式止水带密封好,下口最后用聚乙烯隔离膜(厚 0.2mm~0.3mm)和聚氨酯隔离胶填,封口采用可拆卸止水带,并用 C30 预制板当盖板。(可拆卸止水带详见后可拆卸止水带做法)。

(2) 顶板变形缝部位的卷材防水加强层在变形缝外贴式止水带范围的防水层隔离膜不撕掉,避免与止水带粘贴,余下宽度范围必须与基层满粘,不得空鼓。

成环式中埋止水带安装固定,为保证变形缝防水质量,减少止水带连接固定,本项目止水带一律采用成环定制,对止水带的定位和安装位置要求较高,项目部研发成环吊装保护装置,对止水带进行悬吊保护。

#### 3.4 可拆卸止水带技术

##### 3.4.1 可卸式止水带断面设置要求如下

(1) 内装可卸式止水带配套的压件、螺栓及配套螺母均应采用镀锌产品。

(2) 可拆卸止水带应布置成环,底部封板(接水槽)引水至边沟。

##### 3.4.2 可拆卸止水带做法(顶板、中隔板、侧墙、中隔墙)

(1) 可拆式止水带构成: 单组分遇水膨胀止水胶、组合式盖形螺母 M16、预埋角钢 160X100X10mm、21mm 圆钢、垫圈、六角头螺栓 M16X100、未硫化丁基橡胶腻子片、压条 45X12mm、压板 110X100X10mm、内装可卸式橡胶止水带。

(2) 单组分遇水膨胀止水胶、组合式盖形螺母 M16、预埋角钢 160X100X10mm(与钢筋焊接)、六角头螺栓 M16X100 需提前预埋至变形缝处,与变形缝混凝土一起浇筑,混凝土达到强度后陆续安装 21mm 圆钢、垫圈、未硫化丁基橡胶腻子片、压条 45X12mm、压板 110X100X10mm、内装可卸式橡胶止水带,安装牢固后用膨胀螺栓将接水槽固定,当做止水带封口。

##### 3.4.3 可拆卸止水带做法(底板)

(1) 可拆式止水带构成: 单组分遇水膨胀止水胶、组合式盖形螺母 M16、预埋角钢 160X100X10mm、21mm 圆钢、垫圈、六角头螺栓 M16X100、未硫化丁基橡胶腻子片、压条 45X12mm、压板 110X100X10mm、内装可卸式橡胶止水带、角钢 30X4、15X409 硬塑胶条、聚氨酯、C30 预制砧板 60X40X4mm。

(2)单组分遇水膨胀止水胶、组合式盖形螺母 M16、预埋角钢 160X100X10mm (与钢筋焊接)、六角头螺栓 M16X100 需提前预埋至变形缝处,与变形缝混凝土一起浇筑,混凝土达到强度后陆续安装 21mm 圆钢、垫圈、未硫化丁基橡胶腻子片、压条 45X12mm、压板 110X100X10mm、内装可卸式橡胶止水带,安装牢固后在角钢上部焊接封口角钢,并用预制砧板+硬塑胶条进行封口。封口部位用聚氨酯填缝,保证止水带密封。



图3 可卸式止水带安装

#### 4 结论

明湖明挖隧道结构变形缝防水施工,较常规地下结构防水施工增加了成环定制的止水带及可卸式橡胶止水带,为保证变形缝不发生渗漏增添了多重防线,同时可卸式止水带保证了止水带老化后可随时更换,实现了百年工程质量防水目标。为地下结构变形缝防水施工提供了多样性的防水选择,具有推广意义。

#### 【参考文献】

- [1]高桂凤.大跨公路隧道结构受力特性行为分析[D].石家庄:石家庄铁道学院,2004.
- [2]陈三强,陈虹宇,吴贤国,等.基于 Copula-云模型的地铁运营隧道渗漏水风险评价[J].土木工程与管理学报,2019(1):25.

作者简介:房瑞霞(1984.9—),女,学历:2008年毕业于河南大学民生学院,土木工程专业,工学士学位。

## 油田开发提高采收率新方法研究进展与展望

周毓江

克拉玛依市三达新技术股份有限公司, 新疆 克拉玛依 834000

**[摘要]** 随着全球石油资源的逐渐枯竭以及对石油需求的不断增长, 如何有效提高油田的采收率已成为全球石油产业面临的重大挑战。尽管传统的二次采油技术, 如水驱与气驱, 及三次采油技术中的热采、化学驱油以及微生物驱油等方法, 在一定程度上提升了油田的采收率, 但随着油田开发的深入, 这些技术的效果逐渐递减, 尤其是在复杂地质条件下。近年来, 智能化油田、纳米技术及微生物驱油等新兴技术的出现, 为提升采收率提供了新的解决方案, 尤其在面临复杂储层时, 展示了巨大的应用潜力。文章将探讨油田采收率提升技术的最新进展, 分析新兴技术在提高采收率方面的具体作用, 并展望未来油田开发中技术创新的趋势与前景。

**[关键词]** 油田开发; 采收率提升; 智能化油田; 纳米技术; 微生物驱油; 化学驱油

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15536

中图分类号: TE35

文献标识码: A

### Research Progress and Prospects of New Methods for Improving Oil Recovery in Oilfield Development

ZHOU Yujiang

Karamay Sanda New Technology Co., Ltd., Karamay, Xinjiang, 834000, China

**Abstract:** With the gradual depletion of global oil resources and the increasing demand for oil, how to effectively improve the recovery rate of oil fields has become a major challenge facing the global oil industry. Although traditional secondary oil recovery technologies such as water and gas flooding, as well as thermal recovery, chemical flooding, and microbial flooding in tertiary oil recovery technologies, have improved the recovery rate of oil fields to some extent, their effectiveness gradually decreases with the deepening of oil field development, especially under complex geological conditions. In recent years, the emergence of emerging technologies such as intelligent oil fields, nanotechnology, and microbial enhanced oil recovery has provided new solutions for improving oil recovery, especially when facing complex reservoirs, demonstrating enormous potential for application. The article will explore the latest developments in oilfield recovery enhancement technology, analyze the specific role of emerging technologies in improving recovery, and look forward to the trends and prospects of technological innovation in future oilfield development.

**Keywords:** oilfield development; enhanced recovery rate; intelligent oilfield; nanotechnology; microbial enhanced oil recovery; chemical flooding

### 引言

随着石油资源的逐步枯竭以及全球能源需求的增加, 油田开发的采收率问题变得愈加突出。采收率作为衡量油田开发效果的关键指标, 其提升直接决定了油田的开采效益及资源的利用效率。尽管二次采油技术, 如水驱与气驱, 在油田开发初期取得了显著的成效, 但随着油田开发的深入, 这些技术的采收效果逐步减弱。为了解决这一问题, 三次采油技术, 包括热采、化学驱油与微生物驱油等方法, 已经被广泛应用。但在复杂油藏条件下, 这些传统技术依然面临一定的局限。近期, 智能化油田、纳米技术与微生物驱油等新兴技术的兴起, 为解决这一问题提供了新的思路。

#### 1 油田采收率概述

##### 1.1 采收率的定义与测量

采收率指的是采出原油数量与油藏原始地质储量之比, 通常以百分数表示。它不仅是评价油田开发效率的重要指标, 也是衡量油田开发经济性的重要依据。为准确测

量采收率, 通常结合物理方法与数学模型进行分析。常用的测量方法包括生产历史分析法与储层模拟法。生产历史分析法通过对油田生产过程中的关键数据, 如注水量、产油量等, 进行统计与回归分析, 来估算采收率; 而储层模拟法则依赖于建立油田的三维动态模型, 结合油藏的物理参数及流体力学特性, 对油田进行模拟, 并预测采收率。采收率的测量受到多个因素的影响, 其中油藏的物理特性, 如渗透性、孔隙度以及地层压力等, 直接决定了原油的流动性, 进而影响采收效果。为提高测量的准确性, 通常会结合不同的方法, 通过对油田实际情况的综合评估, 进行合理的采收率预测。

##### 1.2 油田开发中的主要采收率技术

在油田开发过程中, 采收率的提升技术大致可分为二次采油技术、三次采油技术及其他新兴技术。二次采油技术主要包括水驱与气驱, 通过注水或注气等手段维持油藏压力, 推动剩余油向生产井流动。这些技术在油田开发的

初期阶段特别有效,尤其在渗透性较好的油藏中,水驱与气驱能够有效提高采收率。然而,随着开发的深入,水驱与气驱技术的效果逐渐减弱,特别是在油藏压力下降后,油层中的剩余油难以有效流动。

为解决这一问题,三次采油技术,如热采、化学驱油及微生物驱油等方法被广泛应用。热采技术通过向油藏注入蒸汽,提升油藏温度,从而降低原油黏度,改善原油流动性;化学驱油则通过注入聚合物、表面活性剂等化学药剂,改变油水界面张力,从而促进剩余油的流动;微生物驱油利用微生物或其代谢产物,调节油藏中油水相互作用,进一步提高采收率。这些技术,尤其在低渗透与高黏度油藏中,表现出了良好的应用前景。

### 1.3 影响油田采收率的因素

影响油田采收率的因素复杂多样,其中储层特性无疑是最为关键的因素之一。油藏的渗透性、孔隙度、流体饱和度等地质参数,直接决定了原油的流动性与可采性。在低渗透或高黏度的油藏中,传统的二次采油技术效果有限,亟需采用三次采油技术以提高采收率。此外,开发过程中采油设备的选择、注水与注气的合理控制、油田管理策略的科学性等因素,也对采收率产生显著影响<sup>[1]</sup>。随着科技的进步,智能化与数字化技术的应用日益广泛。通过实时监控油田生产状态,及时调整开发策略,能够最大限度提高采收率。例如,借助大数据分析,油田管理者可以精确调整注水与注气的比例,优化采收方案,从而实现高效开发。

## 2 传统采油方法与技术

### 2.1 自然驱动法 (Primary Recovery)

自然驱动法是一种利用油藏中天然能量来推动原油流动的技术,通过溶解气驱、弹性驱以及重力驱等作用力,将原油从地层中推送至井口。这一过程中,地层内天然能量发挥了至关重要的作用,无需外部能源参与,从而大幅降低了开发成本。然而,采收率相对较低,通常仅能回收原油的 10%-20%左右,限制了其在油田开发后期的应用。尽管如此,天然驱动法在油田的初期开发阶段表现出明显的经济效益,通常用于低产油田的初步开采。

### 2.2 机械采油法

机械采油法通过使用各种机械设备提取井中的原油,不同的设备适应不同类型的油田。主要的设备包括抽油机、电潜泵和螺杆泵,每种设备具有特定的适用条件和优势。①抽油机采油:游梁式抽油机通过其运动结构利用吸力将井下的原油提取至地面。此方法特别适用于低产或高黏度原油的油井。抽油机的操作简单且维护方便,但在深井或高产油田中的效率较低,难以应对高流量的需求。②电潜泵采油:电潜泵通过安装在井底的泵体,以电力驱动将原油从深井中抽至地面。这种方法常应用于高产油井及深井,能够实现较为稳定的采油。然而,其运行成本较高,且维护要求较为复杂,尤其对电力供应的依赖较强,因此其经

济效益受限。③螺杆泵采油:螺杆泵通过螺旋转动带动油液流动,将原油从井底输送至地面。此方法尤其适用于高黏度或含砂较多的油井。螺杆泵能够有效地解决高黏度原油的提取问题,但由于能耗较大,通常用于含砂较高的油田中。

### 2.3 气举采油

气举采油技术通过向油井注入高压气体(如氮气、天然气或二氧化碳),减少原油所在液柱的静压力,从而提升原油至地面。该技术通常用于深井或高产油井,特别是在地层压力下降后依然需要采油的油田中。注气使得原油与气体混合,达到降低压力、提高采收效率的目的。该方法的关键优势在于较低的成本和操作的灵活性,但由于气体注入量及气体种类等因素的影响,采油效果依赖于严格的控制与调整。

### 2.4 水力喷射采油

水力喷射采油技术依赖向油藏中注入水或其他液体,通过液体压力驱动原油向井口流动。注水量的合理控制能够有效地提高油田的采油速率,特别适合水驱效应较好的油田。在高水含量的油田中,水力喷射能够明显提高采收效率。然而,注水过多可能导致油水比失衡,从而影响采油效果。因此,科学控制注水量显得尤为重要,以确保采油效率的最大化。

### 2.5 热采法(如蒸汽驱、火烧油层)

热采法通过外部热源改变油藏的温度,从而降低原油的黏度,提高其流动性,促进原油采出。常见的热采方法有蒸汽驱和火烧油层。①蒸汽驱:蒸汽驱技术通过注入高温蒸汽降低原油的黏度,提升原油流动性,进而提高采收率。该方法适用于重质原油或稠油油田,特别是在低渗透性油田中,通过蒸汽的注入不仅能改善油层流动性,还能调整油层压力,增强采油效果。②火烧油层:火烧油层技术通过在油层内点燃部分原油,利用产生的热量扩散至周围的油层,从而降低原油的黏度。该方法对稠油油田具有显著的效果,能够大幅提高采收率。然而,火烧油层操作复杂且存在一定的安全隐患,因此需要精准控制火源区域,防止火势蔓延,确保安全实施。

## 3 新型提高采收率技术的研究进展

### 3.1 化学驱法

化学驱法的主要目标是通过改变油水界面的物理化学性质,提升油的流动性,进而提高采收率。在聚合物驱法中,向油藏注入聚合物溶液(例如聚丙烯酰胺),通过增加流体的黏度来增强水驱效果。这种方法能够显著降低油水界面张力,并提升油水的相对渗透率,从而提高采油效率。表面活性剂驱法则通过注入表面活性剂来降低油水界面张力,进而增强油水的相容性,促进油的流动。随着研究的深入,开发出了一些具有较低临界胶束浓度、强乳化能力的表面活性剂,这些表面活性剂已显著提高了化学驱法的应用效果。在泡沫驱法方面,气体与表面活性剂结

合,形成泡沫系统,能在高渗透率油藏中提高驱油效率。当前研究集中在如何提高泡沫的稳定性,以及增强其抗高温和抗高盐能力,以更好地应对不同的油田条件。

### 3.2 低碳/环保型提高采收率技术

在环保要求不断升级的背景下,低碳环保型提高采收率技术逐渐成为研究的重点。二氧化碳驱( $\text{CO}_2\text{-EOR}$ )技术通过利用二氧化碳的溶解性及其降低油藏黏度的特性,显著改善原油的流动性,从而有效提高采收率。与传统的采油技术相比, $\text{CO}_2$ 驱不仅能提高采收率,还能减少温室气体的排放,因此被视为一种环保型的提升采收率技术。当前,研究主要关注二氧化碳注入方式的优化、注入压力的控制,以及二氧化碳长期封存问题。另一种低碳型技术是注气驱法,通过将天然气或氮气注入油藏,增加油层压力,从而改善油的流动性,尤其对轻质原油的采收效果较为显著。

### 3.3 热力学提高采收率技术

热力学方法通过引入热源来降低原油的黏度,从而提升油的流动性,最终提高采收率。蒸汽驱(SAGD)技术是热力学提高采收率技术中广泛应用的一种,它通过注入高温蒸汽来降低原油的黏度,从而改善原油的流动性。为提升热采效率并降低蒸汽消耗,研究者们已对蒸汽质量控制和注入方式进行了优化。另一种热力学方法是热化学驱(例如燃烧驱),该方法通过在油藏中引燃部分原油,释放热量以提高油藏温度,降低原油的黏度。当前的研究重点在于如何精确控制燃烧区域的范围以及减少热量损失,以进一步提高热化学驱法的效率。

### 3.4 生物驱法(微生物提高采收率)

生物驱法通过注入特定微生物或其代谢产物(例如生物表面活性剂),改善油藏的渗透性并降低油水界面张力,从而促进原油的流动。这一方法具有低成本、环保且无毒的优点,逐渐成为一种被广泛关注的提高采收率技术。微生物驱法的研究热点包括微生物的筛选与培养条件的优化,此外,还需要深入探讨微生物与油藏环境的相互作用,这些研究将为生物驱法的实际应用提供理论基础,并推动油田的可持续发展。

### 3.5 纳米技术应用

随着纳米技术的迅速发展,其在油田采收率提升中的应用前景变得越来越广泛。纳米流体驱油技术通过向油藏注入纳米颗粒(例如纳米二氧化硅、纳米氧化铁等),可以改变油藏的流动性质,增强油藏的渗透性,从而改善采油效果。纳米颗粒能够在油藏中形成稳定的流体体系,优化油水分离效率,并提升流体的流动性。当前的研究聚焦于选择合适的纳米颗粒及其浓度的优化,同时,如何提高这些纳米颗粒在油藏中的稳定性也是研究的一个重要方向。

### 3.6 智能化、数字化技术

随着智能化与数字化技术的发展,它们在油田开发中

的应用逐渐成为提升采收率的有效手段。通过传感器、物联网、大数据及人工智能技术的结合,可以实现对油田的实时监控与数据分析,进而精确预测油藏变化,优化采油方案。这些技术提高了油田管理的精准度,有效优化了资源配置,进而提升采油效率。此外,增强现实(AR)与虚拟现实(VR)技术在油田设计、施工及模拟油藏开采过程中得到了广泛应用。这些技术帮助技术人员更好地理解油藏特性,优化操作,最终促进采收率的提升。

## 4 结语

随着全球石油资源逐步枯竭及石油需求持续增长,如何有效提升油田采收率已成为石油行业面临的关键挑战。传统的二次采油技术,如水驱与气驱,及三次采油技术中的热采、化学驱油等方法,在油田开发初期曾显现出良好的效果,但随着开发的深入,这些技术在复杂油藏条件下的应用效果逐渐减弱。面对这一瓶颈,近年来,智能化油田、纳米技术与微生物驱油等新兴技术的迅速发展,为提升采收率提供了创新的解决方案。随着相关技术研究的不断深入,化学驱法、低碳环保型提升采收率技术以及热力学方法已逐步取得显著成果。以二氧化碳驱油技术为例,它不仅能够提升采收率,还能减少温室气体的排放,展现了较好的环境友好性。与此同时,智能化与数字化技术的结合,推动了油田管理模式的变革。通过实时监控及数据分析,采油策略的精确调整得以实现,从而在提高采收率的同时优化了资源的配置。虽然新兴技术在实际应用中仍面临成本控制、技术适应性等挑战,但随着科研的不断推进,这些技术将不断成熟,推动油田开发进入新的阶段。未来,随着技术的持续创新,油田采收率提升技术有望在全球能源供应中发挥更为重要的作用,为能源的可持续利用提供更加有力的支撑。

### [参考文献]

- [1]鲁瑞彬,刘双琪,胡琳,等.水驱砂岩油田动态采收率计算新方法[J].西安石油大学学报(自然科学版),2019,34(4):60-66.
- [2]齐书贤,喻高明,刘云,等.基于注意力机制的长短期记忆网络的油田采收率预测新方法[J].当代化工研究,2023(9):177-179.
- [3]王晓伟.试论提高油田采收率的技术措施[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(15):15-16.
- [4]齐书贤,喻高明,刘云,等.基于注意力机制的长短期记忆网络的油田采收率预测新方法[J].当代化工研究,2023(9):177-179.

作者简介:周毓江(1993.11—),毕业院校:中国石油大学胜利学院,所学专业:石油工程,单位名称:克拉玛依市三达新技术股份有限公司,就单位职务:技术员,职称级别:助理工程师。

## 机电一体化产品在煤炭生产中的运用

崔庆东

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司石槽村煤矿, 宁夏 银川 750000

[摘要]随着煤矿生产不断向深部水平发展, 对控制水平和规模的要求越来越高, 加速了机电一体化技术的发展和进步。进入21世纪, 我国煤矿机电一体化技术的研究和应用均有重大突破, 尤其在煤矿大型设备及矿井生产过程自动控制方面均取得可喜成绩。此文阐述了机电一体化技术在煤矿生产中的应用, 并对其发展趋势做了分析。

[关键词]机电一体化产品; 煤炭生产; 技术运用

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15514

中图分类号: TD67

文献标识码: A

## The Application of Mechatronics Products in Coal Production

CUI Qingdong

Shicao Village Coal Mine of CHN Energy Ningxia Coal Industry Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750000, China

**Abstract:** With the continuous development of coal mining production towards deeper levels, the requirements for control level and scale are becoming increasingly high, accelerating the development and progress of mechatronics technology. In the 21st century, significant breakthroughs have been made in the research and application of coal mine electromechanical integration technology in China, especially in the areas of large-scale coal mine equipment and automatic control of mine production processes. This article elaborates on the application of mechatronics technology in coal mine production and analyzes its development trend.

**Keywords:** mechatronics products; coal production; technical application

### 引言

随着煤炭行业的持续发展与技术不断进步, 煤矿生产环境日益复杂, 亟需解决的关键问题便是安全生产与高效运营。作为一种综合性技术, 机电一体化技术融合了机械工程、电子技术、计算机技术及自动化控制等领域的先进成果, 已经在煤炭生产的各个环节得到了广泛应用。通过提高煤矿生产的自动化和智能化水平, 机电一体化技术为保障矿井安全、提升生产效率、降低劳动强度以及减少能源消耗等方面提供了强有力的技术支持。高效的硬件设备与先进的控制系统的集成, 使得机电一体化产品能够实现自动监测、远程控制、故障诊断与智能决策等功能, 从而优化生产过程并实现实时监控。在煤炭生产过程中, 机电一体化技术的应用范围涵盖了采煤、运输、支护与安全监控等多个领域。采煤机上的自动化控制系统应用、输送机上的智能监测与控制系统部署, 以及煤矿安全检测系统等, 在提升煤矿安全性与生产效率方面均发挥着至关重要的作用。通过深入应用机电一体化技术, 煤矿生产得以实现更精细的管理、更稳定的生产流程以及更安全的作业环境。随着矿井环境的不断变化, 机电一体化技术也在持续创新与升级, 推动着煤矿生产模式的转型与优化。本文将深入探讨机电一体化产品在煤炭生产中的应用路径, 展示其在提高生产效率、确保安全性及优化矿井管理中的重要作用。

### 1 机电一体化产品在煤炭生产中应用的重要性

机电一体化产品在煤炭生产中的应用具有深远的意义, 不仅有效提升了煤矿的生产效率与安全性, 而且推动

了煤炭行业现代化与自动化的进程。随着煤炭生产规模的不断扩展以及矿山开采环境的日益复杂, 传统的人工操作方式与单一机械设备已无法满足当前的生产需求。而机电一体化技术, 通过融合机械、电子、信息及自动化技术, 提供了更高效、更智能的解决方案, 满足了煤炭生产的现代化要求。在采煤、运输、通风等关键环节中, 机电一体化产品的应用显著提高了生产效率, 减少了人工操作的风险, 且优化了工作环境的安全性。实时数据采集、远程监控与自动化控制等功能, 使得这些产品在煤矿生产中发挥了重要作用, 生产过程变得更加透明与精准, 从而有效降低了设备故障频率与停工时间, 保证了生产的连续性与稳定性。特别是在煤矿的安全监控领域, 机电一体化产品能够实时监测气体浓度、温湿度、矿井稳定性等关键安全指标, 确保潜在安全隐患能够在早期被发现并采取应急措施, 避免重大事故的发生。由此可见, 机电一体化产品不仅是提升煤炭生产效率的重要技术手段, 更是保障矿工生命安全、促进煤炭行业可持续发展的关键因素。

### 2 机电一体化技术在煤矿生产中的应用路径

#### 2.1 应用到采煤机

机电一体化技术在采煤机中的应用, 显著提升了采煤作业的效率与安全性。传统的采煤机通常依赖人工操作及简单的机械控制, 既操作繁琐, 又易发生故障。而机电一体化技术的引入, 通过集成先进的电气控制、自动化监测与智能调节系统, 使得采煤机的工作过程变得更加精准且高效。现代采煤机通过计算机控制系统实现了自动化开采

作业,能够根据煤层的厚度、硬度及地质条件自动调整工作参数。此外,工作状态的实时监控也得以实现,确保设备始终保持在最佳工况下运行。通过自动化控制,不仅有效减少了人为操作失误,还提高了工作稳定性,降低了矿工的劳动强度,并避免了因人为疏忽造成的安全隐患。采煤机的机电一体化系统,还配备了故障诊断与报警功能,实时监测设备运行状态,及时识别潜在的故障风险,避免了设备故障导致的生产停滞。这些技术的应用,大大提高了采煤作业的可靠性与安全性,为煤矿生产提供了更为坚实的技术保障。

## 2.2 应用到输送机

机电一体化技术在输送机中的应用,显著优化了煤矿生产中的物料运输流程。传统输送机多依赖人工监控与手动调节,效率较低且容易受到操作失误及环境变化的影响,导致停机或运输延误。而机电一体化技术的引入,凭借先进的电气控制系统与自动化技术,使输送机的运行变得更加稳定与高效。通过集成的自动化控制系统,输送机能够根据煤矿生产需求自动调整输送速度、启停时间等关键参数,从而确保物料在不同作业环节之间得以高效流转。此外,实时监控与故障预警功能也为输送机提供了支持。通过安装传感器、数据采集系统与智能控制平台,关键运行参数如电流、电压、负载与温度等能够实时被监测,潜在故障得以及时发现并触发报警,避免了设备损坏或故障引发的停产问题。智能化管理系统,还具备远程控制功能,使操作人员能够在突发状况下迅速响应并采取相应措施,确保生产的持续性<sup>[1]</sup>。更进一步,通过数据分析与优化算法,机电一体化技术提升了输送机的运行效率,减少了能源消耗,并延长了设备的使用寿命,最终增强了煤矿生产系统的经济效益。

## 2.3 应用到安全监控

煤炭生产中的安全问题一直是社会关注的重点。为了提高煤炭生产的安全性,必须加强煤矿安全生产监控系统的建设,使其在整个生产过程中发挥关键作用。例如,KJ90煤矿安全综合监控系统已经在煤炭生产中得到广泛应用,该系统主要通过微软操作系统与互联网连接,提升了煤炭生产安全监控的科学性,从而实现了煤炭生产全过程的全方位监管。此外,要增强机电一体化技术在煤炭生产安全监控系统中的作用,不仅需要提升硬件设备的性能,还需对软件系统进行升级与优化。通过增加自动报警功能、故障显示功能等智能化特点,可以提高系统的响应速度与准确性。全面的安全监控可以利用现代技术对煤矿生产过程中的细节进行实时跟踪,从而有效降低潜在风险。同时,安全监控系统还能为煤矿设备的维护工作提供宝贵的参考数据,帮助缩短设备检修时间,进一步提升整体安全性与生产效率。

## 3 煤矿机电一体化产品在煤炭生产中的应用路径

### 3.1 自藕减压起动控制柜

自藕减压起动控制柜在煤炭生产中的作用至关重要,特别是在矿山设备的起动与运行过程中,提供了关键的电气保护与控制功能。在煤矿中,诸如提升机、风机、泵等

大型电动机通常需要较大的启动电流,这种大电流的瞬时冲击不仅会导致电网负荷波动,还可能加速电气设备的老化。通过采用自藕变压器进行起动,自藕减压起动控制柜有效地限制了启动电流,降低了对电气系统的冲击,从而保护设备免受过载与电流浪涌的影响。在控制柜的作用下,电动机的启动电压得以逐步升高,启动电流得以控制,避免了传统直接起动方式所带来的高电流冲击,从而减少了设备损坏的风险。该系统不仅确保了设备的平稳启动,还能够根据负载变化自动调整工作电压,保证设备在启动过程中始终保持稳定运行。多重保护功能,如过载、过电流、欠压保护等,也具备在自藕减压起动控制柜中,在设备出现异常时,能够及时断电以防止故障进一步扩大<sup>[2]</sup>。此外,智能化管理系统简化了操作流程,实时监控设备运行状态,确保煤矿生产过程中的设备始终处于最佳工作状态,从而提升了整个煤矿系统的安全性与可靠性。

### 3.2 运输与支护设备

在煤炭生产中,运输与支护设备是确保矿井高效与安全生产的核心组成部分。机电一体化技术的应用,为这些设备提供了更为智能化与高效的解决方案。皮带输送机与链条输送机等运输设备,承担着煤矿生产中物料运输的重要任务,负责将开采出的煤炭与矿石等物料从矿井深处运送到地面或其他作业区。通过电气控制系统、自动化监控及数据采集系统,机电一体化技术显著提高了运输设备的稳定性与可靠性。结合先进的传感器与智能控制系统,运输设备能够实时监测其运行状态,自动调整输送速度,精确控制物料运输量,确保运输过程高效平稳,避免了因过载或设备故障造成生产停滞。支护设备同样在煤矿作业中具有至关重要的作用,特别是在矿井巷道支护与开采过程中。通过机电一体化技术,支护设备变得更加智能化,能够自动感知地质变化并实时调整支护力度,优化支护系统的运行过程,确保矿井的安全性与稳定性。例如,液压支护设备通过集成机电一体化系统,地质压力变化能够实时被反馈,支护力度能够自动调整,从而防止支护系统失效或过度支撑。

### 3.3 矿难救援系统

矿难救援系统在煤炭生产中的作用至关重要,尤其是在矿难发生时,能够迅速提供救援支持,保障矿工的生命安全。随着机电一体化技术的不断进步,矿难救援系统得到了显著提升与完善。传统的救援方式通常依赖人工操作,不仅效率较低,还容易受到环境因素的影响。机电一体化技术的应用,使得救援工作变得更加迅速、精准与智能化。先进的传感器、自动化控制系统及实时监测平台的集成,使得矿难救援系统能够在灾难发生时立即启动预警机制,准确定位灾区及被困人员的位置,并及时提供应急救援信息。井下的气体浓度、温度、湿度、气压等关键参数,能够被系统自动监测,矿井内环境变化也能实时被跟踪,从而确保救援人员能在安全的条件下进入事故区域。与此同时,自动化的通风、灭火、排水等设备也被配备在救援系

统中,确保矿井内空气流通,减少有毒气体聚集,抑制火灾等事故的发生。通过机电一体化技术,救援操作得以自动化与智能化,极大地提高了救援效率,降低了救援人员的风险。智能调度功能的加入,使得系统能够在多个救援队伍同时作业时进行协调,确保救援工作能够有序高效地进行。

### 3.4 提升机的电控系统

提升机的电控系统在煤炭生产中具有至关重要的作用,特别是在矿井的垂直运输过程中,确保了煤炭及矿石能够顺利提升至地面。随着机电一体化技术的持续进步,提升机的电控系统已从单纯的电气控制装置发展为集成自动化与智能化控制的复杂系统,显著提高了设备的工作效率与安全性。电动机控制、变频调速、过载保护、紧急停机等多种功能,均被集成于提升机电控系统中。通过采用变频调速技术,提升机的启动过程能够实现平稳运行,避免了传统启动方式带来的电流冲击,从而减少了对电气设备的损耗。同时,根据负载情况,变频器能够自动调整提升速度,使得提升机在各种负载下始终保持稳定的运行状态,确保物料运输过程的高效与安全<sup>[3]</sup>。此外,提升机电控系统还具备了高度自动化的监控功能。通过智能控制平台,操作人员能够实时监控提升机的各项运行状态,如电机负荷、运行速度、振动情况等关键数据。电流过载、温度异常等问题,能够及时被系统检测到,并自动采取保护措施,如自动停机或报警,防止设备损坏或安全事故的发生。集成的远程诊断与维护功能,使得电控系统在发生故障时能够快速定位问题,减少停机时间,从而降低维护成本。此外,提升机的电控系统与煤矿整体生产管理系统的联动,实现了信息共享与数据同步,进一步提升了生产过程的协同效率。

### 3.5 钢丝绳损伤定量检测系统

钢丝绳损伤定量检测系统在煤炭生产中具有至关重要的作用,尤其是在矿井提升机、运输系统及其他关键设备中,钢丝绳作为承载重物并进行物料提升或运输的核心部件,其安全性直接影响矿井的生产安全。由于煤矿环境复杂且工作负荷大,钢丝绳容易遭遇磨损、腐蚀或断裂等损伤,传统的人工定期检查方法存在周期长、效率低和准确性差等问题。随着机电一体化技术的应用,钢丝绳损伤检测变得更加智能化和实时化。通过高精度传感器、自动化监控设备和数据分析平台的结合,钢丝绳得到了实时监测。通过电磁感应、超声波和光学扫描等技术手段,传感器能够精确检测钢丝绳表面的磨损、裂纹和断丝等微小损伤,并定量分析损伤的程度。潜在的安全隐患能够及时被系统预警,损伤报告被生成,数据也能够实时反馈给操作人员和维护团队。通过这一技术,钢丝绳的损伤情况能够在第一时间被准确诊断,显著提高设备的运行安全性,减少了人工检查中的遗漏和误差。

### 3.6 煤矿安全检测系统

煤矿安全检测系统在煤炭生产中具有至关重要的作用,尤其在矿井这一复杂且危险的环境中,其直接关系到矿工的生命安全与煤矿的正常运行。随着机电一体化技术的持续发展,煤矿安全检测系统已从传统的人工巡视与简单报警,转变为一个集成智能化与自动化功能的综合监控平台。通过在矿井的各个关键位置部署传感器和监测设备,系统能够实时采集矿井内部的多种环境数据,例如气体浓度、温湿度、气压、温度、瓦斯爆炸指数与粉尘浓度等。这些数据的实时监控有助于保障矿井的安全运行。一旦检测到有害气体浓度超标、火灾或瓦斯泄漏等危险情况,系统将自动报警并启动紧急处置措施,如自动启动通风系统、切断电源、启动应急排水等,有效防止事故发生<sup>[4]</sup>。煤矿安全检测系统还具备强大的数据处理与分析能力。借助先进的数据分析平台,系统能够对采集到的数据进行实时处理,并进行历史趋势分析,潜在的安全隐患得以预测,从而提前向煤矿管理人员提供预警信息,帮助其及时采取相应的应对措施。远程监控与自动化控制也被系统支持,使得煤矿管理人员可以通过中央控制室或移动终端实时查看矿井的安全状况,从而大幅提升了决策效率与应急响应速度。

### 4 结语

机电一体化技术在煤炭生产中的广泛应用,不仅有效提升了生产效率与安全性,还推动了煤炭行业向更高水平的自动化与智能化迈进。通过集成自动化控制、实时监测与高效地维护管理,安全风险在煤矿生产中的显著降低,生产过程的可靠性与稳定性得到了增强。随着相关技术的持续进步,机电一体化产品将在提高生产效率、实现节能减排以及保障生产安全方面继续发挥关键作用。展望未来,技术创新力度与设备升级应加大,煤炭行业将在进一步完善机电一体化系统的基础上,推动行业向更加可持续与现代化的方向发展。

#### [参考文献]

- [1]郝建坤,李连祥.煤矿机电一体化产品在煤炭生产中的应用研究[J].当代化工研究,2021(16):65-66.
  - [2]杨访明.机电一体化产品在煤炭生产中的应用[J].科技风,2010(18):279-280.
  - [3]石治有.论煤矿机电一体化产品在煤炭生产中的应用[J].内蒙古煤炭经济,2020(14):72-73.
  - [4]李鹏,彭海龙.机电一体化产品在煤炭生产中的运用[J].内蒙古煤炭经济,2024(4):154-156.
- 作者简介:崔庆东(1990.5—),男,毕业院校:宁夏大学,所学专业:机电一体化(本科:电气工程及其自动化),当前就职单位:国家能源集团宁夏煤业有限责任公司石槽村煤矿,职务:工人,职称:助理工程师。

# 混凝土搅拌站机械设备的常见故障与维修保养方法研究

苑 超

中铁三局集团桥隧工程有限公司, 河北 邯郸 056000

[摘要]随着混凝土搅拌站在建筑行业中的广泛应用,其机械设备的高效运行已成为确保生产质量和提高工作效率的关键因素。搅拌站设备在长时间的连续使用过程中,由于操作环境复杂、负荷较大,常常会出现各种机械故障,如电气系统问题、传动装置磨损、搅拌叶片损坏等。这些故障不仅会影响生产进度,还可能导致施工安全隐患,因此定期维护和故障排除显得尤为重要。

[关键词]混凝土搅拌站; 机械设备; 常见故障; 维修保养; 预防性维护

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15502

中图分类号: U46

文献标识码: A

## Research on Common Faults and Maintenance Methods of Mechanical Equipment in Concrete Mixing Plants

YUAN Chao

Bridge and Tunnel Engineering Co., Ltd. of China Railway No.3 Engineering Group, Handan, Hebei, 056000, China

**Abstract:** With the widespread application of concrete mixing plants in the construction industry, the efficient operation of their mechanical equipment has become a key factor in ensuring production quality and improving work efficiency. During long-term continuous use of mixing plant equipment, various mechanical failures often occur due to complex operating environments and high loads, such as electrical system problems, wear and tear of transmission devices, and damage to mixing blades. These faults not only affect production progress, but may also lead to construction safety hazards, so regular maintenance and troubleshooting are particularly important.

**Keywords:** concrete mixing plants; mechanical equipment; common faults; maintenance; preventive maintenance

### 引言

混凝土搅拌站是建筑工程中不可或缺的重要设施,其主要作用是将水泥、沙石、石子等原材料进行搅拌,生产出符合工程要求的混凝土。随着建筑工程规模的不断扩大,混凝土搅拌站在各类项目中的使用频率逐年提高。搅拌站的机械设备包括搅拌机、配料机、输送带、自动化控制系统等,这些设备的正常运行直接影响到混凝土生产的质量和效率。然而,长期的高强度使用容易导致设备出现各种故障,严重影响生产进度和项目进度。因此,研究混凝土搅拌站设备的常见故障及其维修保养方法具有重要意义。

### 1 混凝土搅拌站机械设备常见故障类型

#### 1.1 搅拌机故障

搅拌机作为混凝土搅拌站中的核心设备,其主要功能是将水泥、沙子、石子和水等材料均匀混合,以确保混凝土的质量符合标准。然而,随着使用时间的增加,搅拌机容易出现各种故障,这些故障直接影响到搅拌效率和混凝土的均匀性。常见的故障原因包括搅拌叶片的磨损,长时间的工作使得搅拌叶片与物料接触部分逐渐磨损,导致搅拌效果不佳;另外,传动装置的故障也常常导致搅拌机工作不稳定,如电机、电控系统或减速机的损坏,都会影响传动系统的正常运转;此外,搅拌轴松动也会引发严重问题,导致搅拌过程中的震动增加,影响搅拌的均匀性。搅

拌效率的降低和搅拌不均匀不仅会影响混凝土的质量,甚至可能导致混凝土的强度不足,进而影响整个工程的安全性与稳定性<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 配料机故障

配料机在混凝土搅拌站中担负着至关重要的作用,负责按照设定的比例精确配制水泥、沙子、石子、水以及外加剂等各类原材料,确保混凝土的配比符合设计要求。配料机的精准性直接影响混凝土的质量,而配料误差或停机则可能导致混凝土强度不足、耐久性差,从而影响整个工程的安全性和稳定性。常见的故障原因包括配料机传动系统的问题,比如电动机损坏、皮带松动或传动齿轮磨损等,这些问题会导致设备运转不平稳,甚至出现停机现象;计量设备的失灵也是一个常见问题,传感器故障、计量装置卡滞或失准等都会导致原材料配比不准确,影响混凝土的质量;此外,料仓堵塞也是常见的故障之一,料仓内物料堆积或由于湿气导致结块,阻碍了物料的正常输送和配料,造成生产延误。

#### 1.3 输送带故障

输送带是混凝土搅拌站中不可或缺的重要组成部分,负责将从料仓中取出的原材料,如砂石、水泥等,运输至搅拌机进行混合。由于输送带在生产过程中长时间高负荷运行,容易发生各种故障,常见的故障包括输送带断裂、

传动皮带滑脱、滚筒故障等。输送带断裂通常是由于带体长期受力过大或磨损导致的,这不仅会导致物料运输中断,还可能对设备造成二次损害;传动皮带滑脱则可能是由于皮带张力不足、皮带老化或滚筒调整不当造成的,皮带滑脱后会使输送带失去正常传动,导致物料无法顺畅输送;此外,滚筒故障也是常见问题之一,滚筒可能因长期使用而出现轴承损坏或表面磨损,导致输送带运转不平稳,甚至停机。输送带的故障会直接影响原料输送的畅通,造成生产线停滞,降低生产效率<sup>[2]</sup>。

#### 1.4 自动化控制系统故障

随着现代化技术的快速发展,自动化控制系统已成为混凝土搅拌站生产过程中的核心部分,极大地提高了生产效率和精确度。该系统通过智能化控制,实时监测和调节搅拌、配料、输送等各个环节,确保生产过程按设定程序顺利进行。然而,由于技术复杂性和长期使用,自动化控制系统可能会出现各种故障,影响整个生产过程。常见的故障包括系统程序错误,程序代码可能因编写不当或外部干扰导致运行异常,出现混凝土配比错误或搅拌顺序错乱;传感器失灵也是常见问题之一,传感器用于测量原材料的数量、温度、湿度等数据,若发生故障,系统便无法准确获取所需信息,导致生产过程中的调整不准确;此外,控制电路短路或线路故障也常见,控制电路的损坏可能导致整个自动化系统无法正常运作,甚至造成设备停机。自动化控制系统一旦出现故障,不仅会影响混凝土的质量,还会严重影响生产效率,造成设备停运。

### 2 混凝土搅拌站机械设备的维修与保养方法

#### 2.1 定期检查与预防性维护

定期检查是延长设备使用寿命的重要手段,也是确保设备长期稳定运行的有效策略。每台设备的检查周期应根据使用频率、工作环境以及厂家建议来合理制定。例如,在某混凝土搅拌站,设备运行一段时间后,定期检查帮助及时发现了一些潜在问题,避免了更大的故障发生。某次搅拌机检查时,维修人员发现搅拌叶片的磨损较为严重,若不及时更换,可能导致搅拌效率下降,甚至影响混凝土的均匀性,进而影响工程质量。在配料机方面,定期检查帮助发现计量设备出现了小的偏差,及时进行了校准,确保了配料的精确度。如果不进行检查,这种细微的误差可能会逐渐积累,最终导致混凝土的配比不准确,影响整个生产的质量。通过定期检查,不仅能发现并修复这些潜在的故障,还能够优化设备的工作状态,避免生产中断,提高生产效率,最大化地延长设备的使用寿命。这些实际案例证明了定期检查在设备管理中的重要性<sup>[3]</sup>。

#### 2.2 及时修复和更换磨损部件

对于混凝土搅拌站中的关键设备,容易磨损的部件如搅拌叶片、输送带、配料机的传动装置等,需要根据实际磨损情况及时修复或更换,以确保设备的正常运行。以某

混凝土搅拌站为例,该站在日常维护中发现搅拌叶片出现了明显的磨损迹象,导致搅拌不均匀和效率降低。经过检查后,维修人员及时更换了叶片,恢复了设备的最佳运行状态,避免了进一步磨损和生产延误。类似地,输送带在长期高强度使用过程中,表面出现了裂痕,导致物料输送不畅。维修团队通过更换损坏的部分,使输送带恢复了正常工作,确保了物料流转的顺畅。对于传动系统中的零部件,特别是齿轮、轴承等,定期进行润滑保养至关重要。某次,配料机的传动装置因未及时润滑,导致齿轮磨损严重,运行不稳定。维修人员为其添加了适当的润滑油,定期检查后,设备运转恢复正常,避免了更严重的故障发生。通过及时修复、替换磨损部件和定期润滑,混凝土搅拌站有效延长了设备的使用寿命,提高了生产效率,减少了故障停机的风险。

#### 2.3 自动化控制系统的维护

自动化控制系统在混凝土搅拌站中的重要性不可忽视,它不仅提高了生产效率,还确保了搅拌过程的精确性和稳定性。为了保证自动化系统的正常运行,定期检查电路、传感器和控制面板至关重要。尤其是电路部分,若出现松动或接触不良,可能导致电力供应不稳定,甚至使整个系统出现故障。某混凝土搅拌站在一次例行检查中,发现控制面板的电路连接部分出现了松动,虽然没有立即断电,但已对系统的稳定性产生了影响。维修人员及时进行了修复,重新紧固了电路连接,避免了电力不稳带来的系统中断。同时,传感器的故障也是影响自动化控制系统运行的重要因素。在另一起事故中,该站的配料系统传感器出现了失灵,导致原材料的计量不准确,造成了配比错误。通过定期检查,维修人员发现传感器存在问题,并及时进行了更换,确保了系统的精准控制。此外,控制面板的故障也可能引发操作问题。通过对控制面板的细致检查,系统程序能够按照设定要求稳定运行。定期对自动化控制系统进行全面检查,及时发现并处理潜在问题,不仅避免了生产停滞,还大大提高了设备的运行效率和生产安全性<sup>[4]</sup>。

#### 2.4 清洁与防锈

在混凝土搅拌站中,机械设备长期运行容易受到积灰和水泥粉尘的影响,这些粉尘会附着在设备表面,导致设备表面生锈和腐蚀。若不及时清洁和保养,可能会影响设备的正常运转,甚至导致部件损坏。以某混凝土搅拌站为例,站内的输送带和搅拌机经过长时间的高强度工作后,设备表面积累了大量水泥粉尘和灰尘,特别是在潮湿环境下,粉尘与水分结合,容易形成腐蚀性物质,导致设备表面出现锈迹。这不仅影响设备的美观,还可能导致金属表面腐蚀,缩短设备使用寿命。为了应对这一问题,该站定期组织设备清洁工作,特别是在生产高峰期结束后,对搅拌机、输送带、配料机等设备进行彻底清洁,去除表面的

积灰和水泥粉尘。此外,对于设备的重要部件,如电机外壳、传动装置和齿轮,工作人员还会涂抹防锈油,形成一层保护膜,防止金属表面生锈。通过这种定期清洁和保养措施,设备的运行效率得到了有效提升,设备表面的腐蚀问题也得到了控制,大大延长了设备的使用寿命,减少了故障发生的频率<sup>[5]</sup>。

## 2.5 操作人员的培训与管理

操作人员的培训同样是保证设备长期稳定运行的重要环节。操作人员的技能直接影响到设备的操作效率和故障率。因此,定期对操作人员进行设备操作与故障排除的培训非常关键。培训内容应包括设备的日常操作规范、常见故障的识别与应对措施、预防故障的方法等,从而帮助操作人员及时发现潜在问题,避免因操作不当导致设备故障。以某混凝土搅拌站为例,之前由于操作人员对设备的某些细节不了解,曾多次发生过搅拌机搅拌不均匀的情况,甚至出现了设备停机的现象。经过分析,发现问题的根源在于操作人员未能正确判断搅拌机负荷,导致设备超负荷运行,增加了故障发生的概率。为了解决这一问题,站内组织了专项培训,重点讲解了搅拌机的负荷控制和常见故障的排除方法,并通过模拟演练让操作人员更加熟悉设备的操作流程和应急处理措施。培训后,操作人员在实际工作中能够更加精准地操作设备,避免了许多不必要的故障和停机现象。通过提高操作人员的专业素养,搅拌站的设备故障率显著降低,生产效率得到了提升<sup>[6]</sup>。

## 3 维修保养方法的优化与未来发展方向

随着科技的不断进步,未来混凝土搅拌站的机械设备维修与保养将向更加智能化和系统化的方向发展。传统的设备维护模式主要依赖人工巡检和定期保养,虽然可以有效延长设备使用寿命,但依然存在一定的局限性,尤其是在预防性维护和故障诊断方面。随着物联网(IoT)技术的应用,设备的实时监控和数据分析将成为未来维护的核心手段。物联网技术通过传感器与智能设备的连接,可以实时监控混凝土搅拌站内各项设备的运行状态,包括温度、压力、振动、负载等重要参数。这些传感器会将实时数据传输到云平台,通过大数据分析技术,对设备的健康状态进行持续评估。基于这些数据,系统能够自动识别出设备潜在的故障风险,提前发出警报,提醒工作人员进行必要的维护或更换零部件,从而避免小问题发展为大故障。这种方式能够显著提升设备的可靠性和稳定性,同时减少了人工巡检和定期检查的工作量和成本。

此外,智能化设备的引入将进一步提高设备维护的精准度。例如,采用智能化的故障诊断系统,可以通过设备的历史运行数据和故障模式识别技术,快速定位问题的根源,实时为操作人员提供解决方案。这不仅能够缩短故障处理的时间,还能减少人为干预的错误,提升维护效率和准确性。远程诊断功能的引入使得设备专家无需亲临现场,也能通过远程连接对设备进行实时监控、诊断和修复指导,大大提高了设备维护的响应速度和灵活性。随着智能化和自动化技术的不断推进,未来混凝土搅拌站的设备维护将更加高效、精准且低成本,不仅能够延长设备的使用寿命,还能在提高生产效率的同时减少设备故障停机时间。这一发展趋势将为混凝土行业的生产模式带来革命性的变化,推动行业向更加智能化、绿色化和高效化的方向发展<sup>[7]</sup>。

## 4 结语

混凝土搅拌站机械设备在日常运行过程中不可避免地会出现各类故障,因此,制定科学合理的维修保养策略显得尤为重要。通过定期检查、及时修复、更换磨损部件、清洁防锈以及操作人员的培训等措施,可以有效减少设备故障的发生,延长设备的使用寿命。随着智能化技术的应用,未来的设备维护将更加高效和精准,为混凝土搅拌站的稳定运行提供有力保障。

### [参考文献]

- [1]葛亚东.混凝土搅拌站机械设备的常见故障与维修保养方法研究[J].工程机械与维修,2025(1):14-16.
- [2]赵慧裕.混凝土搅拌站机械设备常见故障与维护办法[J].设备管理与维修,2020(17):48-49.
- [3]杨帆.混凝土搅拌站计量误差影响因素及控制[J].设备管理与维修,2020(12):136-137.
- [4]武代明.混凝土搅拌站机械设备常见故障及维修保养[J].四川水泥,2020(6):7.
- [5]孙义梅.混凝土搅拌站机械常见故障的排除与日常养护[J].工程建设与设计,2018(20):259-260.
- [6]姜宝.混凝土搅拌站机械设备常见故障的排除与日常养护探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2018(29):79-188.
- [7]莫若尔.混凝土搅拌站机械部分的常见故障排除与日常养护研究[J].建材与装饰,2018(35):196-197.

作者简介:苑超(1983.8—),单位名称:中铁三局集团桥隧工程有限公司,毕业学校和专业:西北工业大学 土木工程。

## 架空乘人装置在综采回顺软岩巷道的应用

刘东兴 史文明 金龙

铁煤集团小康煤矿, 辽宁 调兵山 112700

**[摘要]**煤矿摩擦式可摘挂抱索器式架空乘人装置(以下简称乘人装置),用于煤矿井下运送人员,是运送人员上下斜井或平巷普遍设备。它主要组成部分:驱动装置、托绳装置、乘人器、迂回轮装置、张紧装置、安全保护装置和电控装置等组成。具有装置保护齐全、运行安全可靠、人员上下方便、现场操作简单、维护方便等特点,是一种现代化煤矿井下人员输送设备。由于我矿综放工作面距离较远 2 千余米,选择使用架空乘人装置最大难题就是需要控制巷道变形带来的掉绳问题,因受采动压力影响,巷道不同程度来压,对于吊桶、托绳轮增加了维护量,为了控制这些问题,我们通过实际研究与应用,取得了一定效果。

**[关键词]**架空乘人装置;软岩巷道;掉绳

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15533

中图分类号: TD32

文献标识码: A

## Application of Elevated Passenger Device in Soft Rock Roadway of Fully Mechanized Mining Return

LIU Dongxing, SHI Wenming, JIN Long

Tiemei Group Xiaokang Coal Mine, Diaobingshan, Liaoning, 112700, China

**Abstract:** The friction type detachable hanging rope type overhead passenger device (hereinafter referred to as the passenger device) is used for transporting personnel underground in coal mines and is a common equipment for transporting personnel up and down inclined shafts or tunnels. It mainly consists of driving device, rope support device, passenger device, winding wheel device, tensioning device, safety protection device, and electric control device. It is a modern underground personnel transportation equipment in coal mines, characterized by complete device protection, safe and reliable operation, convenient personnel access, simple on-site operation, and easy maintenance. Due to the distance of more than 2000 meters between our mine's fully mechanized mining face, the biggest challenge in choosing to use an overhead passenger device is the need to control the problem of rope dropping in the deformation zone of the roadway. Due to the influence of mining pressure, the roadway is compressed to varying degrees, which increases the maintenance of buckets and rope pulleys. In order to control these problems, we have achieved certain results through practical research and application.

**Keywords:** overhead passenger device; soft rock roadway; falling rope

### 1 创新背景

我矿 W3102 回顺架空人车安装全程 1500m, 共计安装 260 个吊桶, 5 处变坡点, 机头标高, 机尾标高, 运行速度, 抱索器为可摘挂式。运行中主要问题是受工作面采动压影响, 巷道不同程度变形, 越靠近采面, 越明显。煤矿开采过程中, 所在巷道岩体会受到采掘应力重新分布的影响, 巷道容易出现失稳破坏, 导致维护的工作量增加, 甚至影响巷道断面的稳定性, 带来安全隐患<sup>[1]</sup>。与较浅层巷道岩体相比, 较深部软岩巷道岩体周围的裂隙扩展、岩层的崩塌、岩体的变形等情况存在显著差异。岩体在较深条件下一直处于高应力状态, 巷道开挖后, 弱岩体和软煤体巷道的变形随时间推移逐渐增大, 容易对巷道造成破坏。因此, 较深软岩巷道的稳定性差, 一直是煤矿开采面临的重要问题之一<sup>[2]</sup>。严重影响地区为工作面 200m 内。该套架空人车运行初期, 频繁掉绳, 一方面维护人员不足, 另一方面设计不足, 调轮复杂。厂家建议增加压绳轮数量,

长距离无压绳轮, 则很容易飘绳, 吊桶稍有变化, 绳轮就偏, 导致掉绳。1500m 预计需要 60 个压绳轮组, 利用压绳轮提高抗变形能力, 即使吊桶倾斜一些, 微量变形钢丝绳不会出槽, 延长维护时间。我们通过运行研究发现, 不只是加足够的压绳轮能控制, 更换可调间距托轮, 也能解决掉绳问题, 方便简洁。

### 2 实施过程

吊桶结构件改进办法: 利用原有托轮横梁, 偏中截断, 方管中一端安装 m42 螺纹调节杆, 螺纹长度 150mm, 并焊接有定位, 确保不能转动, 另一端焊接固定螺母, 配合长度 100mm, 保证搭接两轴水平度, 对接过程中保证同心后进行焊接, 并安装锁紧螺母, 每次调节后需要锁紧。原理: 设备安装设计两根钢丝绳间距为 800mm, 当架空人车运行过程中, 巷道出现变形时, 导致吊桶倾斜, 造成绳间距变化, 利用可调托轮横梁, 绳间距调节量在 750~850 之间, 可以缓解调整吊桶周期, 调整每个吊桶, 位置比较高, 时间

1 小时左右,用可调横梁调整每个 10 分钟左右就能完成。

### 2.1 架空人车安全使用注意事项

开机前先发语音喊话预警信号,确认沿线路无人施工作业和没有急停报警,才可以启动设备。架空乘人装置运行时,要有专职司机操作,上下车乘降点应设置上、下车站台,同时安设防滑措施,悬挂明显的警示标识。不得越位乘坐吊椅,更不允许绕驱动轮或迂回轮乘车,应在规定的下车地点下车。否则,将导致乘人坠落导致受伤。乘坐时,乘人应保持正确坐姿,精力集中注视前方。不得打瞌睡、不得用手抓摸运行中的牵引钢丝绳和托(压)绳轮以防止受伤,下车时通过下车装置,并迅速从侧面离开。人员在乘坐时不得故意前后左右摇晃吊椅、上下人员互相打闹、握手、玩打,否则,会造成掉绳或抱索器被卡住而发生安全事故。一旦发生紧急情况应立即拉动紧急停车拉线停车,并立即汇报维护单位处理。

乘坐人员随身携带的物料重量总重不得超过 30 公斤,单节长度不得超过 0.8m 长,所带物品不得出现拖地或横挂现象,且严禁随身携带易燃易爆、有毒等危险物料乘车。

驱动轮和尾轮必须保持在水平状态,并安装有防护安全网,若驱动装置安装在斜坡上时,则必须使驱动轮平面与进出钢丝绳组成的平面平行。钢丝绳在经过驱动轮和尾轮时,必须保证钢丝绳在轮衬槽中运行。否则,将造成钢丝绳自旋,轮衬磨损加快而超速或打滑。

严禁将空乘人器(即无人乘坐的空吊椅)或单独运载物件的空乘人器上下自行运行,否则,乘人器在运行途中(特别是经过变坡点时),乘人器容易从钢丝绳上掉落而影响托绳轮(或钢丝绳),或者横放在巷道内影响架空乘人装置运行,也会导致架空乘人装置损坏和人身安全伤害。若必须实现上下运行空乘人器时,必须在设计时提出,将对吊椅进行配重设计。

当运行速度超过 1.4m/s 时,严禁人员在非乘人站点上下车,并实现静止状态上下车。

### 2.2 架空人车维护与保养

每天至少对整机装置进行 1 次检查,每年必须对整个装置运行进行 1 次检测检验,并出具合格检验报告才能继续使用。

每班要验证各种安全保护的可靠性,定期检查调整制动器,每季度进行一次制动器制动力的验证并做好记录。

每天检查减速机呼吸阀是否通畅,若减速机呼吸阀堵塞将造成减速机内部压力增大,会使得温升及噪音加大,加速油封老化及润滑油变质,容易造成减速机齿轮异常磨损或损坏。

不允许带电开启电控装置或维修电控装置,维修时必须有两人在场,一人施工一人监护。不得随意拆开架空乘人装置的电控装置进行修理和改装,必须先测量 20 米内风流瓦斯。对于长期停用的架空乘人装置,必须经过全面检查和重新调试合格后经过有资质监测检验部门出具合

格报告,才能重新投入使用。

需要更换钢丝绳或机尾重锤重新配重后,应按照规定,将钢丝绳空载运行 72 小时,使钢丝绳内部扭力重新平衡,否则不能正式投入使用。驱动轮、迂回轮和托绳轮的轮衬磨损超过原厚度的 1/3 时,必须及时更换。驱动轮衬块的过度磨损会引起飞车事故。

系统运行时油箱最高油温不能超过 70℃,若运行过程中发生异常情况,油温突然快速升高,应立即停车检查,排除故障后再重新运行。

牵引钢丝绳的使用期限、断丝数量、直径缩小量和锈蚀程度,应符合国家《煤矿安全规程》2016 年版第四百一十二条中的规定。

操作人员离开岗位查找故障前,必须按下控制台上的“急停、禁启”按钮,并挂“实名制停电,禁止启动”的警示牌,并向跟班干部报告。当检修人员对系统进行全面检修时,必须断开总电源开关,挂上“实名制停电,禁止合闸”的警示牌,并有专人监护。变坡点的多组双托轮组,在安装时,必须将多组双托轮组安装成弧形状态,且每组双托轮组的托轮轴必须成水平状态,以保证多组双托轮的各托轮侧面在同一垂直平面内,使各组双托轮受力均匀。否则,将造成钢丝绳自旋难以消除而掉绳发生或吊椅翻转。电控设备严禁带电开盖。本安设备不得与其它未经联检的设备连接。

每天在停车状态下检查安全(低速端轮边)制动器在上行或下行单边满负荷坐人时制动力的可靠性;每天检查刹车片的厚度,按制动器说明书的规定及时调整制动器弹簧长度,确保制动有效。

摩擦式可摘挂抱索器与钢丝绳的锁紧力,是靠抱索器内的衬块与钢丝绳之间产生的相对摩擦力而自锁。因此,当抱索器轮衬磨损到原厚度的 1/3 时,应及时更换衬垫。否则,当人乘坐时会打滑或飞车,从而造成架空乘人装置损坏和人身安全伤害。抱索器的四个轴承滚轮,必须经常清洗,以保证其滚动灵活性。

当电控设备和部件的使用环境相对湿度超过 95%(+25℃时)时,建议整机停止运行,否则,极易造成飞车和打滑等安全事故的发生,同时,应对电气设备和元件进行特殊处理,例如加外箱隔离潮湿,并在箱内放置足量的干燥剂,以降低电控装置使用环境内的相对湿度,一周至少更换一次干燥剂。

每次更换滤芯和更换液压油时,必须使用过滤器,防止任何异物进入到油箱或管路中。油管不清洁将造成系统堵塞,液压设备磨损严重,系统温度升高,漏油等,直接导致系统无法工作或液压设备报废的严重后果!所以旧油必须放净。液压站油箱必须按规定的牌号和时间换油,否则将造成油温升高、液压件损坏和漏油发生。油管不清洁将造成系统堵塞、液压元件磨损严重、系统温度升高、漏油等,直接导致系统无法工作或液压设备报废的严重后果!定期更换减速机机油。严禁减速机缺油运行!

### 2.3 其他安全注意事项

“检修”档仅限在专职电工配合乘人装置检修人员进行设备检修时使用, 严格禁止使用“检修”档时, 运送人员和物料。

当安全保护动作, 且故障未排除时, 严禁直接通过“故障复位”按钮解除闭锁、强行开机。

减速机油温不得超过 85℃, 如果在运行过程中超过规定温度, 应立即停车检查, 排除故障。

当检测到\*\*号控制箱通讯中断时, 设备可以正常运行; 但操作台上显示“林号控制箱通讯中断”, 操作台播报并显示“沿线故障保护动作”, 此时应立即进行检查, 排除故障后才能开车。

禁止将液压站解体后进行运输。若因运输条件受限, 必须将液压站解体运输时, 不做好防护会造成液压系统严重污染, 导致设备报废的严重后果!

现场组装时必须严格按照随机提供的双泵液压站管路联接图进行组装! 液压系统污染或堵塞后, 将会造成系统油压、运行速度不稳定, 容易造成设备飞车或打滑, 给乘人的乘车安全带来重大的安全隐患!

制动器在运行使用一段时间后, 制动闸瓦(或闸块)会有一定程度磨损, 退距增大, 弹簧长度会变长(形变量减小), 导致制动力减小, 因此, 必须经常检查制动片的磨损情况和弹簧长度。若弹簧的工作长度伸长了, 必须及时进行调整, 确保制动器制动的可靠性。

更换减速机润滑油前, 必须将减速机内油放干净并清洗减速机内腔后, 再加注新油。

驱动轮在运行时, 必须处于水平状态, 若驱动装置安装在斜坡上时, 则必须使驱动轮绳槽中心平面与进出钢丝绳组成的平面平行, 否则会导致钢丝绳自旋难以消除和驱动轮轮衬磨损加快, 或者会导致钢丝绳掉绳, 从而造成架空乘人装置其他部位损坏和造成乘坐人员伤害!

卷筒定位插销必须插牢, 如未插牢张紧力将会全部由张紧小绞车内的减速机承受, 容易造成减速机损坏, 严重的会造成张紧力不够而飞车。因此, 必须将卷筒定位插销插牢, 以免发生安全事故。

当出现的故障没有消除, 不允许操作台上按“故障复位”按钮复位, 只有当相应的故障在现场消除并人工复位后, 才能由专职司机重新启动架空乘人装置运行, 否则, 将造成架空乘人装置损坏或造成乘坐人员伤害。

### 2.4 操作与使用

专职司机必须经过架空乘人装置制造厂家专业技术人员的培训, 考试合格后取得《煤矿架空乘人装置操作证》, 如有符合规定的《特种设备操作人员资格证书》必须由国家或地方安全管理部门颁发, 没有《煤矿架空乘人装置操作证》或《特种设备操作人员资格证书》的人, 不能从事

架空乘人装置司机和维护工作。

每次开车前必须进行一次日常检查, 检查的具体内容: 连接部位联接螺栓是否松动。液压站油箱的油量是否充足。减速机润滑油、制动器液压油是否符合设备说明书规定<sup>[3]</sup>。当发现减速机、制动器液压油有漏油现象时, 禁止开机, 必须先查明原因, 检查油位显示正常后才能开车。高速端制动器必须制动可靠, 低速端轮边制动器的制动闸瓦必须在位置准确, 灵敏可靠, 制动闸瓦与制动轮的间隙大小必须合理, 摩擦表面完好、无油污, 制动衬垫剩余厚度必须在摩擦面规定的数值内, 制动试验必须灵敏有效。双油泵液压站, 在单台油泵运行时, 另一台不需工作, 自动切换油路块上的两电磁阀不得通电; 启动系统, 检查设备运转的声音正常。各种安全保护设施及信号报警系统安全可靠。当有一种安全保护失效时, 不得启动架空乘人装置运行。开车前, 通过打点和全线喊话或其他方式确认架空乘人装置运行范围内无任何影响架空乘人装置正常运行的不安全因素, 如有无行人或其他障碍物等, 否则, 将造成架空乘人装置损坏或人员伤害。

### 3 应用效果

通过半年的运行使用, 效果比较见效, 维护量减小, 每天两小时检修维护能够满足架空人车安全运行, 原来 4 个人维护不完, 班中经常出现掉绳现象, 目前每班两人进行维护, 就能完成基本项目。

### 4 经济效益

补充托压绳轮 4000 元一套, 节约购买 60 套, 共计 24 万元。维护人员由 4 个人降到 2 个人, 人工成本节约 15 万元每年。

#### [参考文献]

- [1]郭庆瑞, 陈淑云, 孙中光. 察哈素煤矿软岩巷道变形破坏机理及优化支护技术[J]. 山东煤炭科技, 2016(6):3.
  - [2]李俊伟. 土工格室加筋软岩巷道底板试验研究及理论分析[D]. 上海: 同济大学, 2006.
  - [3]李纯彬, 刘静香. 机械工程基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.
- 作者简介: 刘东兴(1978.12—), 毕业院校: 辽宁工程技术大学机械工程及自动化专业, 所学专业: 机械工程及自动化, 当前就单位: 铁煤集团小康煤矿, 职务: 现任小康矿机电办主任, 职称级别: 高级职称; 史文明(1985.9—), 毕业院校: 辽宁工程技术大学测绘工程专业, 所学专业: 测绘工程, 当前就单位: 铁煤集团小康煤矿, 职务: 现任小康煤矿生产副总工程师, 职称级别: 高级职称; 金龙(1988.7—), 毕业院校: 中国矿业大学机电一体化技术专业, 所学专业: 机电一体化技术, 当前就单位: 铁煤集团小康煤矿, 职务: 现任小康矿综检车间技术员, 职称级别: 初级职称。

# 陆东煤矿新增回风斜井过采空区注浆加固治理技术研究

胡嘉鸿

云南陆东煤矿有限公司, 云南 曲靖 655000

[摘要] 针对陆东煤矿新增回风斜井在施工时揭露采空区的难题, 对施工流程及场地安全带来了严重挑战。本篇文章采用注浆加固技术对采空区实施治理, 具体措施包括预注浆强化、注浆充填与结构稳固以及针对地表构筑物的防沉降注浆加固等, 以增强井筒周边岩体的稳固性, 有效遏制变形与位移, 避免陆东煤矿新增回风斜井与正在使用的老风井漏风情况, 从而保障新增回风斜井施工的平稳推进, 并保障煤矿现用回风斜井的通风安全, 杜绝因通风系统受破坏导致矿井通风不稳定, 供风风量不足, 造成灾变的发生。

[关键词] 新增回风斜井; 采空区; 注浆加固; 治理技术

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15522

中图分类号: TD743

文献标识码: A

## Research on Grouting Reinforcement Technology for the Newly Added Return Air Inclined Shaft Passing through the Goaf in Ludong Coal Mine

HU Jiahong

Yunnan Ludong Coal Mine Co., Ltd., Qujing, Yunnan, 655000, China

**Abstract:** The problem of exposing goaf during the construction of the newly added return air inclined shaft in Ludong Coal Mine poses a serious challenge to the construction process and site safety. This article adopts grouting reinforcement technology to implement the treatment of goaf, including pre grouting reinforcement, grouting filling and structural stability, and anti settlement grouting reinforcement for surface structures, in order to enhance the stability of the rock mass around the wellbore, effectively curb deformation and displacement, avoid air leakage in the newly added return air inclined shaft and the old air shaft currently in use in Ludong Coal Mine, ensure the smooth progress of the construction of the newly added return air inclined shaft, and guarantee the ventilation safety of the existing return air inclined shaft in the coal mine, and prevent the occurrence of disasters caused by unstable ventilation and insufficient air supply due to damage to the ventilation system.

**Keywords:** add return air inclined shaft; goaf; grouting reinforcement; treatment technology

### 引言

陆东煤矿新增回风斜井在建设进程中频繁遭遇采空区困扰。采空区的存在及其诱发的沉降效应, 对煤矿新增回风斜井的稳固性构成了严峻威胁, 对正在使用的回风斜井可能造成漏风。具体表现为, 采空区沉降可引发地面不均匀沉降, 进而威胁煤矿回风斜井结构的稳固与安全。此外, 地面沉降还可能诱发煤矿回风斜井周边地表的横向及纵向位移, 导致煤矿回风斜井结构受力失衡, 加剧结构受损的风险。在煤矿新增回风斜井的施工过程中, 采空区已成为制约工程进度与安全的关键因素。然而, 当前针对煤矿新增回风斜井采空区的处理技术体系及规范标准尚不健全, 亟需深化研究, 以构建一套科学、高效的治理策略<sup>[1]</sup>。

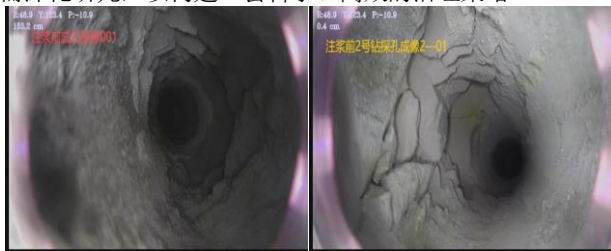


图1 1号孔注浆前成像图

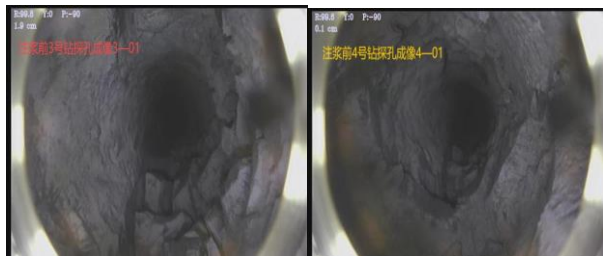


图3 3号孔注浆前成像图

图4 4号孔注浆前成像图

### 1 煤矿陆东煤矿新增回风斜井采空区注浆加固治理技术的概述

陆东煤矿新增回风斜井采空区注浆加固治理技术是针对煤矿新增回风斜井掘进中对原开采的采空区形成的空洞区域而设计的一种加固处理方法。该技术涉及向采空区内注入特定性能的高水注浆充填材料, 高水充填材料能在高水灰比条件(W/C=3:1~10:1)下快速凝结。

利用材料的凝固特性来填充空洞并增强周围地层的稳定性。注浆材料的选择至关重要, 需具备优异的流动性、恰当的凝固时间以及高强度等特性, 以确保注浆效果能够满足既定的工程要求。在施工过程中, 注浆设备通过管道

和压力系统将注浆材料精确输送至采空区,同时严格监控注浆压力、流量及速度,以确保材料能够均匀分布并有效填充所有空隙。注浆材料完全凝固后,将形成坚实的结石体,该结石体不仅能够有效填补空洞,还能显著提升地层的整体稳定性,从而有效预防地表沉降、地下水位波动等潜在的地质问题。此外,注浆加固技术还因其施工周期短、成本低效益高以及效果显著等优点,在陆东煤矿新增回风斜井采空区的治理中得到了广泛应用,为陆东煤矿新增回风斜井的安全运营和生态环境保护提供了坚实的保障。

## 2 煤矿陆东煤矿新增回风斜井采空区注浆加固治理技术的应用必要性

陆东煤矿新增回风斜井采空区注浆加固治理技术的应用具有极高的必要性。首先,随着陆东煤矿新增回风斜井开挖工程的不断推进,采空区的范围和规模逐渐扩大,对地表和地下结构构成了严重的安全隐患。采空区的存在可能导致地表沉降、裂缝等问题频发,甚至可能诱发地质灾害,可能导致矿井漏风,破坏通风系统发生灾变,对人民生命财产安全构成严重威胁。其次,采空区还可能对地下水位产生不利影响,导致水资源流失和生态环境破坏。注浆加固技术通过有效填充空洞、增强地层稳定性,为解决上述问题提供了切实可行的方案。最后,注浆加固技术还展现出了广阔的应用前景。随着陆东煤矿新增回风斜井建设活动的持续进行,采空区治理的需求日益迫切。注浆加固技术作为一种高效、经济且环保的治理方法,在未来将在煤矿采空区治理中发挥更加重要的作用。因此,加强对煤矿采空区注浆加固治理技术的研究,不断提升治理效果,对于保障煤矿回风斜井的安全运营、维护井下通风安全具有重要意义<sup>[2]</sup>。

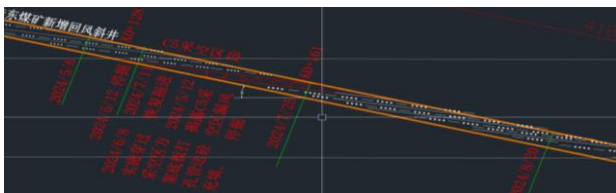


图5 新增回风斜井过采空区地质素描剖面图



图6 新增回风斜井揭露采空区断面图

## 3 煤矿陆东煤矿新增回风斜井采空区注浆加固治理技术应用策略

### 3.1 工作区概述

#### 3.1.1 工程概况

陆东煤矿新增回风斜井坐落于矿井工业场地的西北

部,其设计开挖深度-140m。井口段位于该矿原建井期间的研石山堆场,厚度平均为15m,主要由层状粉砂岩构成,夹少量菱铁岩,其中中粉砂岩占据显著比例。井筒井口主要掘进区域需穿过陆东煤矿1976年至1984年的C5煤层、1998年至1999年的C9煤层采空区,井筒西15m为现用主斜井东15m为现使用老回风斜井,地质勘探结果预测,开挖作业中将可能遭遇2条走向正断层构造,其最大落差为15~20m,但这些断裂预计不会对施工进度构成实质性障碍。特别指出的是,煤矿自1968开采至今,开采历史悠久,开采区域将影响新增回风斜井井筒100m范围。采空区的存在,在开挖至其下方时,可能引发最大410mm的地面沉降和250mm的两侧墙体位移,这对煤矿陆东煤矿新增回风斜井的结构安全带来了严峻挑战。

#### 3.1.2 原有支护状况

在煤矿新增回风斜井的前期开挖阶段,井口50m明槽区域实施了毛石混凝土换填底板与钢筋混凝土圈梁+钢筋混凝土硐体相结合的支护体系,具体支护参数详见相关设计资料(见图)。在采空区未被揭露之前,该支护系统能够保持相对稳定的状态;然而,采空区暴露区域,进入暗井后原支护结构已不能实施,顶帮变形急剧加快,若未能及时采取有效加固措施,将极大地增加冒顶事故的风险。

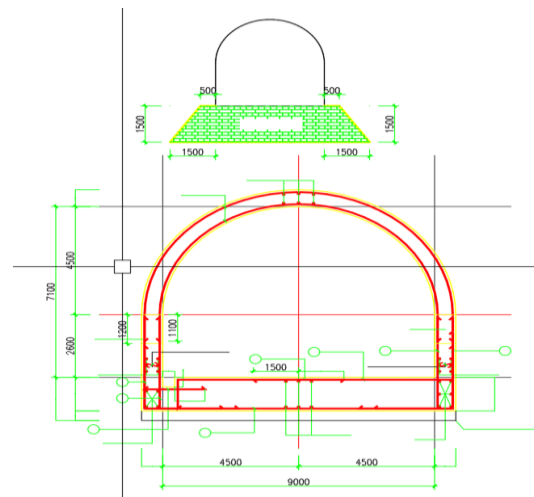


图3 原有支护图

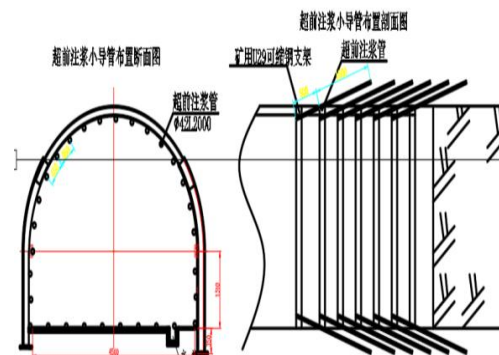


图4 注浆支护图

### 3.2 施工准备阶段

在施工准备阶段,确保前期各项工作的质量稳定对于后续施工环节的顺利进行具有决定性作用。首要任务是在注浆加固作业前,对煤矿陆东煤矿新增回风斜井内的采空区进行全面而细致的勘探;其次,需深入了解地层含水层的分布特征、渗透系数等关键地质参数,并对静水压力、水流速度等相关数据进行科学评估。根据煤矿陆东煤矿新增回风斜井的实际情况,初期应制定一套详尽的注浆加固方案,涵盖防水分区规划、注浆层的厚度与深度设计等核心内容。此外,还需对 76 项注浆参数进行精确计算,并合理估算所需注浆材料的数量。为确保工程整体进度的平稳推进和工程质量的持续提升,应对工程进度进行周密地组织与规划<sup>[3]</sup>。

### 3.3 造孔作业流程

注浆钻孔的测量与扩孔作业需精确使用全站仪和皮尺进行。实际钻孔位置与设计位置的偏差必须严格控制在 0.1m 以内。若因地面条件限制导致钻孔无法达到设计标准,可根据实际情况做出适当调整。在初期钻探阶段,应在各采空区的管理范围内设置 2~3 个岩芯取样孔,以获取更为详尽的岩层信息。为实现工程建设目标,需精心选择适宜的施工方法与设备。在常规钻孔作业中,应重点关注以下问题:①钻孔的准确定位应与现场实测坐标完全一致,误差不得超过 0.1m。若条件导致无法准确确定钻孔位置,需由现场监理进行复核与修正;②在测斜率方面,应在钻孔作业结束前对孔的倾斜度进行精确测定,确保最终孔的倾斜度不超过 2°;③钻孔过程中需采用专业的钻孔导向技术,以确保钻孔的质量和稳定性。若钻孔深度超过 5m,则需详细记录清水使用情况,并确保记录内容清晰、准确,同时由操作人员和记录人员共同签字确认。在钻进过程中,若遭遇漏水、掉钻、埋钻等异常情况,应及时记录并精确测定具体钻进深度,将相关数据及时上报至技术管理部门。

### 3.4 制浆技术

浆液配制在陆东煤矿新增回风斜井采空区注浆加固治理中占据核心地位,其质量直接关系到后续加固工程的成效,因此必须给予充分重视。高水充填材料分甲料、乙料两部分,按 1:1 的比例配合使用。甲料、乙料单独与水混合 24h 不凝结,为避免管路堵塞和一定条件下不冲洗管路创造了条件,而甲料浆和乙料浆一旦相互混合则快速凝结硬化。

高水充填材料具有以下特点:

- (1) 高水灰比条件下结石率 100%;
- (2) 凝结时间短,早期强度高并可调,初凝时间 5~15min,终凝时间 45~90min;
- (3) 塑性好,凝结体单轴加压应变达 15%时,其残余强度还能维持在峰值强度的 60%以上。

基本组成的灌浆材料,在投入施工应用前,需经历严

格的质量检验流程。按照既定的设计配比进行浆液调配时,必须执行抽样检测程序,以保障浆液性能满足既定的规范要求。在制备流程中,首先需按照预设比例将水泥、飞灰送入一级搅拌池中,随后经过滤器处理,再送入二级搅拌池进行充分的搅拌作业。每次搅拌的时长需控制在 10 分钟以内,确保浆液搅拌均匀后,方可利用灌注泵将浆液注入至采空区。注浆作业一经启动,就必须对注浆量进行实时监测,并对注浆体的相关数据进行详尽且准确地记录。同时,还需进行必要的现场试验,以整理与收集原始数据,为根据实际情况灵活调整注浆配比与注浆方法提供有力依据<sup>[4]</sup>。

### 3.5 灌浆技术细节

#### 3.5.1 灌浆系统组件与功能

灌浆作业作为陆东煤矿新增回风斜井采空区加固治理的关键步骤,其施工质量对整个加固工程的成效具有决定性影响。灌浆系统由多个关键组件构成,每个组件都承担着特定的功能:搅拌机需保持平稳运行,以确保混合后的浆液符合相关规范标准,且单次掺入量不得少于 1.5m<sup>3</sup>;搅拌槽内设置了专门的搅拌装置,以保障浆料在搅拌槽中实现均匀分布;在设计储液池及制浆站时,需综合考虑整体灌浆需求,合理规划储液池的数量,并确保其运行状态良好;储液池的选址需紧密结合预设的建设环境进行确定;注浆水泵建议选用双液注浆泵,其工作压力应保持在设计灌浆压力的 1.5 倍以上;钻孔压力计的量程需达到 2.0MPa,而帷幕压力计的最大量程则需达到 6.0MPa。在岩体裂隙中,注浆的扩散范围需进行精确测定。在有效的扩散范围内,浆液能够充分饱和,从而有效阻断水流的渗透。受岩体渗透率及裂隙发育非均匀性的影响,注浆在裂隙中的扩散呈现出非规则性特征。因此,在灌浆施工开始前,必须通过科学的试验来确定钻孔的合理位置。研究表明,在灌浆作业过程中,注浆的扩散范围会随着注浆压力、注浆时间的增加而逐渐扩大,但与浆液的浓度、黏度则呈现出反比关系。为达到最佳的灌浆效果,需根据具体的施工要求灵活调整注浆参数,以减少注浆材料的用量<sup>[5]</sup>。

#### 3.5.2 关键灌浆参数的确定方法

①灌浆压力。在灌浆过程中,灌浆压力对浆液的扩散及渗透规律具有显著影响,与注浆的扩散范围呈现出正比关系。当灌浆压力过高时,灌浆长度会增加,可能导致超出预定的灌浆范围,从而造成较大的灌浆损失;若灌浆压力过低,则难以保证注浆的扩散距离,无法达到理想的注浆效果。通常,灌浆压力需通过注浆现场试验进行精确测定,可采用以下公式进行计算:  $P = (2-2.5) P_1$ , 其中  $P$  代表最大容许灌浆压力 (MPa),  $P_1$  则代表灌浆断面的静水水压 (MPa)。

②浆液质量分数。浆液质量是决定灌浆质量的核心因素。在选择水泥砂浆时,所需的浆液浓度不仅受到裂隙尺寸的影响,还受到浆液自身性质的制约。当裂隙尺寸扩大

时,对浆液的要求也相应提高。在灌浆过程中,需根据裂隙的发育情况对浆液进行灵活调整,以满足不同裂隙的注浆需求。通常,起始浆液的密度由岩体的吸水性决定,这一性质可通过井下压水试验进行精确测定,即 $q=Q/(H \cdot h)$ ,其中 $Q$ 代表实验段在恒压力下的吸水量(L/min), $H$ 代表测试段的水头高度(m), $h$ 则代表压力测试断面的长度(m)。在确定钻孔的吸水量后,可作为选择适宜浆液浓度的重要依据。在进行常规灌浆施工时,应逐步增加浆液的起始浓度。在浆液调整过程中,需遵循以下原则:一是优先选择较高浓度的浆液,以保持浆液内颗粒的稳定性,并随着注浆次数的增加逐步降低浓度;二是若所采用的灌浆密度在持续30分钟以上未发生明显变化,且灌浆压力和灌浆速率也保持稳定时,可考虑提升一级浓度;三是当浆液浓度发生变化且浆液压力出现上升时,必须立即降低一个级别的浆液浓度,这表明当前浆液的质量分数已不满足注浆要求,需及时进行校正<sup>[6]</sup>。

③灌浆时间。灌浆作业的结束时间可根据上一次注浆泵送至设计压力所持续的时间进行判断。通常,灌浆结束时的压力需满足设计要求,且浆液吸收速率应保持在20~60 L/min的范围内,持续保持此条件20~30分钟即可满足要求。

#### 4 施工注意事项的分析

##### 4.1 高压注浆顶升矫正技术

①在煤矿陆东煤矿新增回风斜井采空区治理中,变形监测至关重要,是后续施工的基石。需强化工程勘察,运用高效监测技术,发现地基层下沉超标立即采用高压注浆法纠偏,确保下沉量受控。②施工前,防设备振动,设警戒标志,保安全稳定。③设备选择需贴合施工要求,本工程用小型挖掘机开挖,清理凹坑后,液压提升装置预留提升高度。④液压千斤顶布局需依煤矿陆东煤矿新增回风斜井倾角,加固钢板保障受力均衡。⑤起吊作业考虑基础高程差异,科学确定提升角度、力及量,油缸到位后专业校验。⑥提升后拌制高强度膨胀混凝土,初凝前养护,性能达标后方可使用。⑦高压注浆设备注浆加固,由内向外填充裂缝。⑧高强度水泥砂浆初步加固后静置固化,再高压灌浆填充微小裂缝。⑨二次注浆后待凝固,技术人员全面检测注浆体性能,测量煤矿回风斜井塔架垂直度,满足设计后方可后续施工。

##### 4.2 高强度水泥砂浆施工技术

①掺加高强度混凝土胶砂需严控拌合比例,精确计量原材料,制成实施卡片备查,确保搅拌标准化。拌合用水

清洁,水温30℃~50℃,首次拌合专业人员现场指导。水分不足增水提流动性,流动性异常及时报告处理。②高压力灌浆遵循由深至浅顺序,全程监控,避免同一部位多处同时注浆。避免同一阶段多处灌浆,防孔洞破裂、气泡堆积、浆液不足。③严格按GB/T 50448-2015规范执行,全面把控原材料、施工、养护等环节。依据厂家工艺指导灌浆,与优质厂家合作,掌握掺入量及拌合工艺。本工程选用西卡C80二次注浆料及MF-CGM超细粉。



图5 注浆后效果图



图6 注浆后效果图

#### 5 结论

综上所述,在陆东煤矿新增回风斜井对采空区实施注浆加固处理,能够有效填充并胶结松动岩石的裂缝,增强其整体完整性与稳定性。通过将松动的岩石重新结合为一个整体受力结构,能够显著降低岩石破裂导致的变形运动,堵水堵风效果显著,从而确保井筒的正常使用与安全。

#### 【参考文献】

- [1]赵文.深部条带采空区注浆治理后场地稳定性评价[J].中国煤炭地质,2024,36(12):44-48.
- [2]殷宏.注浆技术在大倾角综放工作面采空区防灭火中的应用[J].能源与节能,2024(12):264-266.
- [3]王苏龙.跨孔地震波CT技术在煤矿多层采空区注浆效果检测中的应用[J].建井技术,2024,45(6):14-18.
- [4]郭团结,田军利,刘艳,等.采空区垮落裂隙充填注浆扩散规律研究[J].煤炭技术,2024,43(12):136-142.
- [5]刘浪,杨军军,王若帆,等.煤矸石磨粉与黄土采空区注浆材料流动性能对比实验[J].中南大学学报(自然科学版),2024,55(11):4249-4259.
- [6]李幸丽,戴华阳,方军,等.基于SBAS-InSAR技术的老采空区注浆充填地表变形时空分布特征分析[J].中国矿业,2024,33(11):86-94.

作者简介:胡嘉鸿(1977.12—),男,毕业于中国矿业大学采矿专业,1999年8月参加工作,现就职于云南省煤炭产业集团云南陆东煤矿有限公司总工程师办公室主任,采掘副总工程师,现职称:中级采矿工程师。

# 智能化小区给排水系统设计方案与实践

廖 园

广西楚桂施工图审查有限公司, 广西 南宁 530000

[摘要]随着城市化进程的加快,传统给排水系统面临着管网老化、设备故障频发等严峻问题,水资源浪费与运营成本不断上升。通过整合物联网、大数据分析等先进技术,智能化小区给排水系统得以实现对水资源的实时监控与远程控制,从而显著提高了系统的运行效率与可靠性,故障发生率得以减少,维护成本也随之降低。随着智能技术的不断进步,智能化给排水系统逐渐成为现代城市基础设施的重要组成部分,对于提升居民生活品质与推动智慧城市的建设,发挥着至关重要的作用。

[关键词]智能化小区;给排水系统;设计

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15537

中图分类号: TU243

文献标识码: A

## Design Scheme and Practice of Intelligent Community Water Supply and Drainage System

LIAO Yuan

Guangxi Chugui Construction Drawing Review Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

**Abstract:** With the acceleration of urbanization, traditional water supply and drainage systems are facing serious problems such as aging pipelines and frequent equipment failures, resulting in water resource waste and increasing operating costs. By integrating advanced technologies such as the Internet of Things and big data analysis, the intelligent community water supply and drainage system can achieve real-time monitoring and remote control of water resources, significantly improving the system's operational efficiency and reliability, reducing the incidence of failures, and lowering maintenance costs. With the continuous advancement of intelligent technology, intelligent water supply and drainage systems have gradually become an important component of modern urban infrastructure, playing a crucial role in improving residents' quality of life and promoting the construction of smart cities.

**Keywords:** intelligent community; water supply and drainage system; design

### 引言

随着城市化进程的不断推进,现代小区对基础设施的智能化、节能与高效管理提出了更为严格的要求。传统给排水系统作为关键基础设施,面临着效率低下、资源浪费以及运行不稳定等问题。为此,智能化给排水系统应运而生,通过物联网、传感技术及智能控制手段,系统得以实现实时监测与精细化管理,整体效率得以提升,能耗减少,水资源浪费有效降低。优化了资源管理方式的同时,智能化系统也推动了智慧城市的建设,进一步满足了现代小区在安全、便捷与环保方面的多重需求。

### 1 给排水系统在智能化小区中的重要性

给排水系统作为智能化小区的核心设施,对居民生活质量及小区环境管理具有重要影响。现代小区对水资源的需求不仅限于基本的生活用水与消防水源,还包括高效且智能化的排水系统,确保污水与雨水的及时排放,从而避免污染和卫生问题的发生。引入智能化技术后,水质监控、管网运行及流量控制得以更为精准与自动化,在实时数据分析的支持下,系统能够迅速识别漏水、压力异常等问题,从而有效减少水资源浪费及潜在的安全隐患。同时,实施雨水回收与污水处理回用等措施,不仅大大提升了资源利用效率,系统运营成本也因此显著降低。

### 2 智能化小区给排水系统设计的基本原则

#### 2.1 功能性原则

功能性原则是智能化小区给排水系统的核心,在确保系统能够充分满足小区居民的各类实际需求。在给水处理方面必须保证水源供应的稳定与充足,涵盖生活、消防、绿化灌溉等多种用途。排水系统则需确保污水与雨水能够及时、顺畅地排放,避免积水、污水倒流或管道堵塞。设计过程中,建筑布局、人口规模及未来扩展的可能性应充分考虑,合理配置管网与设备,从而确保不同功能区域的供水压力与排水流量达到最佳状态。同时,系统设计应具备足够的灵活性,以应对如水压波动、用水高峰等日常变化。

#### 2.2 节能与环保原则

节能与环保原则在智能化小区给排水系统设计中至关重要,目的是最大限度地利用资源减轻对环境的负担。关键在于节能设计的实施,包括合理规划管网与优化设备选择,从而有效降低系统的能源消耗。例如,采用高效水泵与智能阀门调节技术,流量与压力得以根据实际用水需求动态调整,从而避免了能源的浪费。与此同时,雨水收集与污水处理回用系统的引入,减少了对市政水源的依赖,降低了水资源的消耗。在污水处理过程中,先进的环保技术被应用,以确保排放水质符合标准,减少了源头对周围水环境的污染。

### 2.3 智能化控制原则

智能化控制原则在智能化小区给排水系统设计中占据核心地位,目标是通过先进技术实现系统的自动化、精准化与远程化管理。通过物联网、传感器及智能控制平台的整合,系统能够实时监控水压、水质、流量等关键参数,确保供排水过程中的各项指标始终保持在理想状态。高效的智能控制不仅能调节水泵、阀门等设备的工作状态,还能根据用水需求、天气变化等因素自动调整系统运行模式,从而避免能源浪费与水资源的过度消耗。例如,检测到漏水或水压异常时,系统可立刻发出警报并精确定位故障源,从而减少人工干预迅速解决问题。智能化控制系统还具备远程监控与管理功能,物业管理人员能够通过手机或电脑平台实时查看系统状态,进行远程调节或故障排查,显著提升了管理效率与响应速度。

## 3 智能化小区给排水系统的设计方案

### 3.1 给水系统设计

智能化小区给水系统设计的核心目标在于确保水源的充足与供水的稳定性,同时通过智能化管理提升系统的效率与安全性。根据小区的用水需求、建筑规模及人口密度,给水管网的合理规划至关重要,确保各区域的水压均匀,能够满足不同需求。尤其在高层建筑中,增压泵站的设置显得尤为关键,它能够有效解决高层用水水压不足的问题,设计时应考虑高峰时段的用水需求并留有足够的水量与流量冗余,以应对突发情况。智能化技术的引入使给水系统在效率与便捷性上得到了显著提升,通过安装智能水表、流量传感器与压力监控设备,实时数据能够被采集并传输至管理平台,从而使物业管理人员可进行远程监控与分析,系统可自动检测管网中的漏水、异常用水或水压波动及时发出警报,并精确定位故障点,显著减少人工巡检与响应的时间。同时,水质监测设备的持续运行,使水源的水质变化得以实时跟踪,若出现异常系统会自动启动处理设备进行处理,从而保障居民用水的安全。在设计中,还应结合雨水回收与再利用功能,将收集的雨水经过处理后用于非饮用水需求,如绿化灌溉或清洁用水,从而进一步提升水资源的利用效率。

### 3.2 排水系统设计

智能化小区的排水系统设计,核心目标是高效地排放污水与雨水等废水,同时确保环境不受污染,保障居民生活不受影响。排水系统的规划必须科学合理,污水管网与雨水管网应分开设置,以避免交叉污染。生活污水、厨房污水及厕所污水需通过独立的污水管道进行有效分离与处理,而雨水管网则应根据小区地形特点进行精确设计,合理的排水坡度与管径必须得以保证,以确保即使在暴雨天气下,系统也能迅速排水,防止雨水倒灌或积水滞留。智能化技术的引入,使排水系统变得更加灵活且高效,通过安装水位传感器、流量计及压力监测设备,系统能实时

跟踪管道中的水流情况,及时识别潜在的堵塞问题。相关数据通过物联网平台传输,物业管理人员能够远程监控系统运行状态,迅速识别漏水、堵塞或管道破裂等隐患,快速响应并进行修复。作为环保设计的一部分,雨水收集系统得以安装,捕捉并储存雨水,经过简单处理后可用于绿化灌溉或冲厕等非饮用用途,既减轻了对市政水源的依赖,又实现了节水与环保的双重目标。在污水处理方面,智能化小区通常配备了先进的污水处理设施,这些设施能够实时监控水质,确保处理后的水质符合排放标准。同时,系统设计中还应考虑应急排水通道,以应对突发事件,如管道破裂或超负荷排水。无论何种情况下,排水系统必须能够持续正常运行,保障小区的生活环境,确保居民的日常生活不受影响。

### 3.3 智能化管理与监控系统设计

智能化管理与监控系统在智能化小区给排水系统中的重要性不可忽视,核心目标是通过先进技术的整合,实现水务系统的全面监控与精细化管理。通过物联网技术,系统将水泵、水阀、水表及各类传感器等关键设备连接在一起,实时采集水流量、水压、水质、用水量等数据,这些数据随后通过集中监控平台进行汇总与分析,系统运行状态的实时信息由这些数据提供,便于管理人员及时采取必要的措施。智能化管理系统的一大特色在于其自动化及远程控制功能,物业管理人员可以通过手机或电脑随时查看系统数据并进行远程操作。例如,根据水压与流量的实时变化,系统会自动调整水泵的运行状态,从而确保各区域水压的稳定性。一旦出现异常,如漏水、堵塞或水质问题系统会立即发出报警,并精确定位故障源向管理人员发送通知。人工巡查的频次由此得以减少,响应效率也得到了显著提升。此外,通过预设的预警机制,系统还能够对设备老化、管道压力波动等潜在风险进行提前预警,降低突发故障的发生概率。为了进一步提高资源利用效率,智能化管理系统还与小区的节水与环保设施进行了有效联动,雨水收集与污水回用系统的运行状态能够通过智能化监控实时调控,确保回用水的水质符合标准,最大化雨水的利用,进而减少对市政水源的依赖,支持小区的可持续发展。

### 3.4 系统安全与应急预案设计

系统安全与应急预案设计是智能化小区给排水系统中至关重要的组成部分,核心目标是最大限度地减少突发事件对居民生活及小区环境的影响,并确保在发生问题时能够迅速响应。给排水系统的安全性需要在设计阶段充分考虑潜在的风险因素,如管道泄漏、水压波动、设备故障等问题。管网布局应避免死角,确保管道的选择与连接满足耐压、耐腐蚀等安全标准,从而保障系统的长期稳定运行。除此之外,关键设备(如水泵、阀门、传感器等)应当配备冗余系统,以确保主设备发生故障时,备用设备能

够无缝接管,避免供水与排水中断。应急预案的设计重点是实现快速响应与高效处置,通过与智能化控制系统的结合,系统能够实时监测运行状态,及时发现并精确定位故障<sup>[1]</sup>。例如,当检测到管道泄漏或堵塞时,系统会自动启动预警机制,关闭受影响区域的水阀减少漏水量,并立即通知维修人员进行处理。应急预案还应涵盖各种突发情形,例如恶劣天气可能导致排水系统超负荷运行,或设备老化引发的故障等。在预案中,应明确应急处置流程、责任分工及联动机制,确保管理人员能够在最短时间内采取有效措施。

## 4 智能化小区给排水系统的施工与实施

### 4.1 施工前期准备与组织

智能化小区给排水系统的施工前期准备与组织工作,是确保项目顺利推进并高质量完成的关键环节。在施工开始之前,设计方案应经过全面审查与确认,以确保其符合相关标准并满足实际需求。施工团队必须与设计单位、设备供应商及其他相关部门密切沟通,确保技术方案、材料选择及施工方法的准确性与一致性。同时,施工现场的详细勘察也是至关重要的环节。分析地质条件、水源状况及小区具体布局,潜在的施工难点与风险点能够提前识别,为施工的顺利进行提供坚实支持。在组织管理方面,施工团队应明确任务分工合理安排各项工作,以确保施工进度能够按照计划有序推进<sup>[2]</sup>。材料采购与设备选型需要提前完成,以保证所有设备、管材及配件符合质量要求并能按时到位。施工人员的配置尤为关键,特别是要求技术人员具备相应资质与经验,尤其是对于智能化系统的施工人员,必须具备智能设备的安装与调试能力,从而确保系统的精准安装与顺利调试。安全管理措施在施工前也应得到充分落实,施工现场需要明确安全责任人开展安全培训,并制定详细的应急预案,确保在可能发生的安全事故中能够迅速应对,最大限度地减少风险。在施工前期阶段质量控制尤为重要,所有施工材料与设备必须经过严格检查,确保符合设计标准,为后续的安装与调试工作奠定坚实基础。

### 4.2 施工过程中的关键技术难点

智能化小区给排水系统的施工过程中,涉及多个关键技术环节与难点,直接影响系统的整体性能与后期使用效果。给排水管网的设计与安装是施工中的核心环节之一,由于小区建筑布局复杂,管道规划需精确设计,以避免管网交叉、死角或盲区的出现,这不仅关系到系统的正常运行,还直接影响后期的维护与检修。因此,施工团队必须严格依照设计图纸,结合水力计算与压力要求,确保管道铺设的流畅性与稳定性<sup>[3]</sup>。智能化设备的安装与调试同样

是施工中的一大难题,智能化小区的给排水系统通常集成了智能水表、传感器、自动控制阀门等多种高科技设备。设备安装要求高度精确,任何偏差都可能导致系统运行效果的下降,在安装过程中施工人员需详细了解每种设备的功能与安装规范,确保设备的精确调试与正确连接。同时,系统中的各类传感器、控制设备与监控平台的联动调试,也是施工中的技术挑战,要求确保数据传输的准确性与稳定性,避免设备故障导致智能控制系统无法正常运行。另一个难点是智能化控制系统与传统给排水管网的融合,在施工过程中如何将传统的给排水管网与智能化管理平台无缝对接,确保信息流畅与设备精准控制,施工团队必须具备扎实的技术支持与丰富的操作经验。在数据采集、传输与处理环节,施工人员需要确保所有设备接口的兼容性,并确保数据高效传输至中央控制系统,从而保证智能控制系统的实时反馈与调整能力。此外,施工过程中的安全与环境保护问题同样不可忽视,管网施工需严格控制现场环境影响,避免污染水源或对周围环境造成施工垃圾污染。同时,施工过程中的安全措施应得到充分落实,预防因高压管道或设备故障引发的安全事故,保障施工人员与居民的安全。

## 5 结语

智能化小区给排水系统的设计与实施,不仅显著提升了居住环境的质量,而且推动了资源的高效利用与可持续发展。通过功能性、节能环保以及智能控制等原则的有机结合,系统全面满足了现代小区在安全性、便捷性与高效性方面的需求。智能化技术的应用不仅优化了水资源管理,还提升了系统的稳定性与可靠性,同时在环保与节能方面做出了积极贡献。在施工阶段,团队通过精心组织与严格的质量控制,成功克服了诸多技术难题,确保了系统的平稳运行。智能化小区给排水系统不仅展示了未来城市水务管理的发展趋势,而且将在智慧城市建设中发挥着越来越重要的作用。

### [参考文献]

- [1]柯家宁. 住宅小区建筑给排水设计中的常见问题探讨[J]. 居舍, 2024(35): 81-84.
  - [2]刘毅贤. 建筑给排水设计与施工优化措施分析[J]. 住宅与房地产, 2023(8): 175-177.
  - [3]张睿智. 探讨建筑给排水设计节能减排策略[J]. 工程建设与设计, 2022(22): 29-31.
- 作者简介: 廖园 (1988.12—), 毕业院校: 重庆大学, 所学专业: 工程造价管理, 当前就职单位: 广西楚桂施工图审查有限公司, 职务: 副总经理, 职称级别: 副高级。

## 建筑结构加固改造技术与方法研究

陈晓光

河北新丰工程检测有限公司, 河北 秦皇岛 066000

[摘要] 建筑结构加固改造技术运用对建筑结构稳定性、安全性提升以及工程质量强化有显著的帮助, 建筑工程发展至今在技术运用方面有了很大的革新, 加固改造技术就是现代建筑工程采用的新型技术, 能够全面强化建筑结构各方面性能。但在技术应用的过程中需对其技术应用规范以及技术方法进行有效掌握, 文章对建筑结构加固改造技术的相关内容进行探究。

[关键词] 建筑结构; 加固改造技术; 加固方法

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15511

中图分类号: TU317

文献标识码: A

### Research on the Technology and Method of Building Structure Reinforcement and Renovation

CHEN Xiaoguang

Hebei Xinfeng Engineering Testing Co., Ltd., Qinhuangdao, Hebei, 066000, China

**Abstract:** The application of building structure reinforcement and renovation technology has significantly helped improve the stability and safety of building structures, as well as enhance engineering quality. There have been great innovations in the application of technology in the development of building engineering so far. Reinforcement and renovation technology is a new type of technology adopted in modern building engineering, which can comprehensively strengthen the performance of building structures in all aspects. However, in the process of applying technology, it is necessary to effectively grasp its technical application standards and methods. This article explores the relevant content of building structure reinforcement and renovation technology.

**Keywords:** building structure; reinforcement and renovation technology; reinforcement method

#### 引言

随着城市化的加速, 许多建筑物的使用年限逐渐增加, 原有的设计及施工标准已无法满足现代化的功能需求及安全要求。在这一背景下, 建筑结构的加固与改造成为了保障建筑物安全性、适应性及延长使用寿命的关键措施。建筑结构加固并非单纯的修复工作, 而是涉及结构力学、材料科学、施工技术以及经济效益等多个领域的系统工程。随着建筑技术的不断进步, 传统的加固方法已无法完全应对现代建筑对性能、环境适应性及施工效率的高要求, 致使新型加固技术不断涌现, 推动了加固领域的技术创新。建筑结构加固改造的技术涵盖了多方面的需求, 其中包括增强承载力、提升抗震性能、改善耐久性以及优化空间利用等。常见的加固技术, 如加大截面法、外包型钢法、粘贴碳纤维布法等, 各自具有独特的优点, 并适用于不同类型的建筑结构。在实际工程中, 设计人员需根据建筑物的具体情况、加固目标及施工条件, 选择最为合适的加固方案。近年来, 随着新型材料及智能化技术的引入, 建筑加固技术逐渐向更高效、环保及经济的方向发展, 而不仅仅局限于传统加固技术。本研究旨在深入探讨建筑结构加固改造的各种技术与方法, 评估其适用性及应用效果, 从而为加固领域的技术创新及工程实践提供理论依据与实践指导。通过对现有技术的总结与对比, 期望为建筑结构加固设计提供科学、合理的解决方案, 确保建筑物的长期安

全及可持续发展。

#### 1 建筑结构加固的意义

随着时间的推移, 既有建筑物在使用过程中其功能逐渐退化, 或由于使用需求变化和技术条件的不足, 导致其失去原有的使用价值。然而, 若能科学合理地分析建筑物的特点, 结合市场经济需求, 找到符合建筑物特点的新用途, 并采取有效的加固措施, 便可延长建筑物的使用寿命。因此, 对于闲置的既有建筑, 进行安全检测和市场调研至关重要, 以科学、准确地评估其可用性、安全性和耐久性, 从而制定出最适用且经济的加固设计方案。

#### 2 进行建筑结构加固的原因

建筑结构加固的主要原因与建筑物在长期使用过程中自然老化、设计标准差异以及功能需求变化密切相关。随着时间的推移, 建筑材料(如混凝土、钢材等)会逐渐发生退化, 导致承载能力降低、结构稳定性下降, 尤其是在湿气、腐蚀、地震等外界环境因素作用下, 建筑物的使用性能逐步衰退。除此之外, 许多老旧建筑在最初设计时未充分考虑未来荷载的增加或功能的变化, 随着城市化进程的加速及建筑使用方式的改变, 原有的结构和设计已无法满足现代化需求, 安全隐患也因此增大。与此同时, 长时间使用过程中, 建筑物可能出现裂缝、变形等问题, 这些问题显著影响其安全性与耐久性<sup>[1]</sup>。自然灾害, 如地震、洪水、强风等, 也可能造成建筑物损坏, 进一步影响其结

构的稳定性与正常使用。随着建筑物使用年限的增长以及对功能和安全要求的提升,结构加固变得愈发必要。这一过程旨在确保建筑物能够继续满足当前与未来的使用需求,同时保持长期的稳定性与安全性。

### 3 建筑结构加固改造的技术

#### 3.1 加大截面法加固技术

加大截面法是一种常见的建筑结构加固技术,主要通过增大构件截面尺寸来提升其承载能力与抗变形性能。该方法通常用于现有结构无法满足设计使用要求的情况,尤其是对承载不足的梁、柱、楼板等构件进行加固。当原有结构无法应对额外荷载或抗震需求时,通过在原构件表面增加混凝土或钢材等材料,可以有效增强其性能。实施过程中,构件表面的杂质与损坏部分需首先被清除,并进行表面处理,随后新混凝土被浇筑,钢筋或钢板被增设以增加构件的截面面积。采用加大截面法加固后,结构的承载能力能够显著提升,同时,通过优化截面形状,构件的受力分布与稳定性也可得到改善。然而,尽管这一加固方法直观且简便,其局限性也不容忽视。在已有建筑中,增加截面可能导致空间的减少,原有设计空间可能不足以容纳增厚后的构件。因此,在加固设计时,空间的合理利用与功能需求必须充分考虑。此外,由于加大截面法会增重,建筑的整体稳定性可能会受到影响,尤其是在多层建筑中额外的重量会对下层结构施加更大压力。因此,在实施该方法时,详细的力学分析应当进行,以确保加固后的结构能维持其安全性与稳定性。

#### 3.2 外包型钢法加固技术

外包型钢法加固技术通过在原有结构表面包覆型钢构件,以增强其承载能力和抗变形性能。这种加固方法广泛应用于承载力不足的柱、梁及框架结构,尤其适合那些因受力条件变化或需要提高抗震性能的建筑。在外包型钢法中,型钢(如H型钢、槽钢、角钢等)通过焊接、螺栓连接等方式与原结构紧密结合,形成复合结构。通过这种方式,型钢的加固效果不仅提升了结构的抗弯、抗剪、抗压等性能,还在抗震性能上发挥了重要作用,尤其是在地震高风险区域,建筑的抗震韧性及延性得到了显著增强。外包型钢法的一个显著优点是加固过程简单,施工速度较快,尤其适合空间受限或施工条件较差的现有建筑。型钢作为一种高强度材料,在加固过程中能够与原结构实现较好的协同工作,增强整体稳定性。此外,该方法无需对原有结构进行大规模拆除或改动,从而避免了对建筑的过度破坏,减少了施工时间及对正常使用的干扰,这对于正在使用的建筑尤为重要。然而,外包型钢法加固也面临一些挑战<sup>[2]</sup>。包覆型钢后,构件的尺寸与重量会有所增加,这可能影响建筑的美观或功能布局,特别是在空间狭小或对外观有特殊要求的建筑中。由于型钢与原结构通过外部连接固定,连接方式的稳定与可靠性必须得到确保,才能保

证长期使用中的安全性。此外,型钢的加固可能影响原建筑物的耐火性,特别是在高温环境下,型钢的强度与刚度可能会有所降低。因此,在设计时,应考虑防火措施,以应对可能的风险。

#### 3.3 置换混凝土法加固技术

置换混凝土法加固技术通过将原结构中部分劣质混凝土替换为高强度或具有特殊性能的混凝土,从而提高结构的承载力与耐久性。该方法常用于梁、柱、楼板等受力构件,尤其在原混凝土因年久失修、设计不合理或施工质量问题导致强度不足或性能退化时,能够有效解决问题。置换混凝土的过程一般包括对原有混凝土的凿除或钻孔处理,去除劣质部分,随后使用具有更高强度或特殊性能的混凝土重新浇筑。通过这种加固方式,构件的承载能力和抗变形能力不仅得到提升,而且新混凝土材料的优良耐久性也显著延长了整个结构的使用寿命。该加固方法的优势在于能够显著改善原结构的力学性能,尤其是在承载力较低、出现裂缝或空洞等缺陷时,能够恢复甚至超过原设计能力。置换混凝土法的施工工艺相对简单,能避免对原结构的过度干扰,且无需进行大范围拆除,施工速度较快。因此,该方法特别适用于需要快速施工或减少施工影响的项目。然而,置换混凝土法的应用也存在一定的局限性。原混凝土的去除和处理可能对建筑物原结构造成一定损害,因此,在加固设计与施工过程中,必须严格控制操作,避免对周围结构造成过大影响。同时,置换混凝土的黏结性与原结构的协同工作能力至关重要,若施工质量不符合要求,新旧混凝土之间可能存在接触不良,进而影响加固效果。此外,混凝土的配比、施工质量以及养护条件等因素,也可能影响加固效果。因此,项目实施时,必须进行严格的质量控制与工艺管理,以确保加固效果达到预期。

#### 3.4 增加支点法加固技术

增加支点法加固技术通过在建筑结构中增加新的支撑点来提升其承载能力与稳定性。这一方法通常用于改善结构的受力状态、减轻局部超载或增强整体稳定性,特别适用于大型建筑或桥梁等结构。当原有支点位置不当或承载能力不足时,通常需要增设新支点,以便更好地分担荷载并优化受力分布。基本原理是在原结构中选取合适位置设置新的支点,这些支点通常通过基础或桩基等方式与原结构相连,将一部分荷载转移到新增支撑系统上,从而有效减轻原结构的负担。

增加支点法的优势在于,能够显著增强结构的整体稳定性。尤其在局部构件出现超载的情况下,增设支点能够合理分配荷载,防止局部区域因超载而导致结构失稳或破坏。此外,这一方法的施工相对简便,周期较短,且无需大规模拆除或改动原有结构,因此在许多建筑加固改造项目中得到了广泛应用。然而,增加支点法也面临一些挑战。新增支点的设置需要精确的设计与定位,特别是在已有结

构中增设支点时,必须确保新支点与原结构的连接足够稳固,避免引起新的力学问题。例如,支点位置的不当选择可能导致其承受过大的集中荷载,从而影响加固效果。此外,增设支点通常需要对原有建筑基础进行改动,如地基处理或桩基施工等,这些都增加了工程的复杂性与成本<sup>[3]</sup>。特别是在地下水位较高或地质条件复杂的地区,支点的设置可能会受到限制,从而影响施工的可行性。

### 3.5 粘贴碳纤维布法加固技术

粘贴碳纤维布法加固技术是一种通过将高强度碳纤维布粘贴在结构表面,以增强建筑物的承载能力、提高抗裂性能并延长结构使用寿命的现代加固方法。因其卓越的强度与韧性,碳纤维布能够显著提升结构的抗弯、抗拉及抗剪性能,特别适用于钢筋混凝土结构。该加固技术的基本原理是将碳纤维布与结构表面黏接,形成一道强力的“外包”加固层,从而分担外部荷载,减轻原结构的应力集中,并防止裂缝扩展。该技术的优势在于,施工相对简便,对原有结构的干扰较小,且能够适应复杂形状的构件,如柱、梁及墙等。碳纤维布重量轻、厚度薄,几乎不占用额外空间,也不会改变建筑物的外观,这使得它特别适合空间有限或对外观要求较高的建筑。此外,碳纤维布具有优良的耐腐蚀性能,不易受到湿气、化学腐蚀等环境因素的影响,从而显著提高结构的耐久性,尤其适用于潮湿或腐蚀性环境中的加固。然而,粘贴碳纤维布法加固技术也有一定的局限性。在施工过程中,原结构表面必须经过充分清理和处理,确保表面平滑、无油污及松动物质,以确保碳纤维布与结构的黏结效果。如果表面处理不当,黏结效果可能不理想,从而影响加固效果。此外,该技术主要提升结构的抗拉和抗弯性能,对于某些结构的抗压能力或抗震性能的改善有限。若原结构存在抗压问题,仅依赖碳纤维布加固可能无法完全解决问题。尤其在大面积加固时,碳纤维布的成本较高,整体投入可能会显得较为昂贵。

### 4 建筑结构加固改造设计在实际工程中的应用

建筑结构加固改造设计的目标是在实际工程中,通过对现有建筑进行科学分析与技术改造,提升建筑物的承载能力、安全性、耐久性以及功能适应性。随着建筑物使用年限的增加,许多建筑在使用过程中面临着结构老化、荷载增加、抗震要求提升或功能变更等问题,单纯的维修已

无法满足安全与功能需求,因此,使得加固改造设计变得尤为关键。在实际操作中,首先,必须对原有结构进行详细检测与评估,识别出结构中存在的缺陷和薄弱环节,了解其受力情况、变形状况及可能的隐患。在此基础上,设计人员需根据不同问题选择适当的加固技术,如加大截面法、外包型钢法、碳纤维布加固法等<sup>[4]</sup>。加固设计不仅要考虑技术上的可行性,施工的可操作性、经济性以及对原有建筑功能的最小干扰,也必须充分考虑。在旧楼加固过程中,尽量避免对原有设施造成破坏,减少施工过程中噪音、尘土等对周围环境的影响,这一点尤为重要。此外,在某些特殊情况下,改造设计还应预见建筑物未来几十年的使用需求变化,因此,前瞻性的设计思路以及材料选择显得尤为重要。

### 5 结语

通过对建筑结构加固改造技术及方法的研究可以看出,随着建筑使用年限的延长及现代化需求的提高,结构加固已成为建筑工程中的关键环节。多种加固技术,如加大截面法、外包型钢法、粘贴碳纤维布法等,已提供了有效的解决方案,这些技术能够根据不同建筑的具体需求,显著提高承载力、抗震能力以及使用寿命。随着新材料和新技术的不断进步,建筑加固领域正在向更加高效、经济及环保的方向发展。建筑结构的加固不仅仅是对传统建筑的修复,还是对其性能的全面优化,从而提升了建筑物的安全性、耐久性及环境适应性。随着技术的不断创新,未来的加固方法将变得更加多样化与智能化,能够更好地适应现代社会对建筑功能与安全的需求,从而推动建筑行业的可持续发展。

### 【参考文献】

- [1]蔡旭东. 建筑结构加固改造技术与方法浅析[J]. 广州建筑, 2025, 53(1): 45-49.
  - [2]王瑞瑞. 建筑结构加固改造设计的深入探讨[J]. 低碳世界, 2022, 12(4): 55-57.
  - [3]吴学山. 关于建筑结构加固改造技术分析[J]. 门窗, 2018(2): 209.
  - [4]何辉,程艳妮,吴海. 建筑结构加固改造技术及具体应用[J]. 工程技术研究, 2020, 5(14): 66-67.
- 作者简介: 陈晓光(1988.7—), 单位名称: 河北新丰工程检测有限公司, 毕业学校和专业: 燕山大学 土木工程。

# 道路桥梁工程中路面结构设计与施工技术分析

马军胜

甘肃朴信建筑安装工程有限公司, 甘肃 定西 743000

[摘要]道路桥梁工程中的路面结构设计与施工技术是确保道路安全、舒适性与耐用性的关键因素。此文通过分析当前路面结构设计的基本原理, 结合最新的施工技术, 探讨如何在不同路况与环境条件下优化设计与施工方案, 以提高路面质量与施工效率。通过案例分析与理论研究, 此文总结了近年来路面施工技术的发展趋势与创新应用, 提出了在实际工程中常见的技术难题及其解决方法。最后, 展望了未来道路桥梁工程中路面结构设计的智能化与可持续发展方向。

[关键词]道路桥梁; 路面结构设计; 施工技术; 优化方案; 智能化

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15506

中图分类号: U41

文献标识码: A

## Analysis of Road Surface Structure Design and Construction Technology in Road and Bridge Engineering

MA Junsheng

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

**Abstract:** The design and construction technology of pavement structure in road and bridge engineering are key factors in ensuring road safety, comfort, and durability. This article analyzes the basic principles of current pavement structure design, combined with the latest construction technology, to explore how to optimize design and construction plans under different road conditions and environmental conditions, in order to improve pavement quality and construction efficiency. Through case analysis and theoretical research, this article summarizes the development trends and innovative applications of pavement construction technology in recent years, and proposes common technical problems and their solutions in practical engineering. Finally, the intelligent and sustainable development direction of road surface structure design in future road and bridge engineering was discussed.

**Keywords:** road and bridge; road surface structure design; construction technology; optimization plan; intelligent

### 引言

道路桥梁作为交通基础设施的重要组成部分, 其路面结构设计与施工技术直接影响着工程的质量与使用寿命。随着交通量的不断增加, 路面承载力与耐久性的要求也日益提高。路面结构设计不仅要考虑力学性能、材料选择, 还需依据道路交通流量、环境条件等多方面因素进行综合设计。与此同时, 施工技术的进步也为优化路面结构设计提供了更多选择。本文旨在探讨道路桥梁工程中路面结构设计与施工技术的现状与发展, 为提高道路工程的整体质量与安全性提供理论依据与实践指导。

### 1 道路桥梁路面结构设计基本原理

#### 1.1 路面结构设计的基础理论

路面结构设计的基础理论是确保道路桥梁具有足够承载能力和使用寿命的核心。设计时需要考虑交通荷载、温度变化、气候条件以及路面材料的性能等因素。根据现行的设计规范, 路面结构的主要功能包括分担车辆荷载、提供平整舒适的行车条件, 并具有抗滑、抗水、抗冻等多重性能。结构设计的核心是通过合理的层次配置来分配路面荷载, 确保每一层材料在长期使用过程中能够稳定发挥作用。在设计过程中, 需要对交通流量、轴重以及行驶速度等进行详细分析, 以计算每层路面结构所能承受的荷载。

现代路面设计还注重对路面变形、裂缝、摩擦系数等的综合考虑, 确保设计既符合短期功能要求, 又能应对长期使用中的变化与磨损。

#### 1.2 路面结构层次设计

路面结构的层次设计是确保道路桥梁长期稳定性的关键。通常, 路面结构包括基层、面层、下基层等多个层次。每一层次的材料选择和厚度都与其承载能力、耐久性密切相关。

**基层设计:** 基层位于路面结构的下部, 主要负责传递上部荷载并将其分布到下部土壤或基岩上。基层的设计应考虑土壤的强度与稳定性, 并选择合适的材料, 如碎石、稳定土等。基层的厚度通常根据交通量、土质情况和气候条件来确定。**面层设计:** 面层是路面最上层, 直接承受交通荷载。面层的设计要注重耐磨性、抗压性、抗冻性等性能, 常用的材料有沥青混凝土和水泥混凝土。面层的厚度与道路的使用功能和交通强度有关, 一般在设计中需要保证面层足够的强度以减少表面损坏。**下基层设计:** 下基层通常起到分层作用, 增强整个路面结构的稳定性。其设计标准通常会参考上层材料的承载力, 以确保路面不会因荷载集中而发生变形。

#### 1.3 材料选择与应用

材料选择是路面结构设计中至关重要的一环。不同材

料的选择会直接影响到路面结构的性能和耐久性。在路面设计中,常用的材料包括沥青、混凝土、碎石以及不同的添加剂和增强材料<sup>[1]</sup>。

**沥青材料:** 沥青是最常用的路面材料之一,具有良好的密封性、柔韧性及较高的抗疲劳性,适用于多种交通条件。尤其是在高速公路及城市道路中,沥青混凝土因其较好的抗水性和温度适应性,被广泛使用。然而,沥青材料容易受温差影响,可能导致路面裂缝的产生。

**水泥混凝土:** 水泥混凝土路面具备较强的抗压强度和耐久性,适合承受较大荷载和频繁重型车辆的通行。水泥混凝土路面常用于高速公路和桥梁段的路面设计,尤其适合高温、高湿及冻融交替的地区。其缺点是施工周期较长且成本较高。

**碎石与稳定土:** 基层和下基层常采用碎石或稳定土作为主要材料,这些材料具有较好的稳定性和较强的承载力,能够有效分散上层荷载,防止路面变形。在选择这些材料时,需要考虑当地土质条件与气候变化,确保其耐久性和抗压性能。

## 2 道路桥梁路面施工技术分析

### 2.1 路面施工技术的现状

当前,道路桥梁的路面施工技术已经发展到较为成熟的阶段,但仍然面临着一些挑战。传统的路面施工技术主要包括人工摊铺、机械摊铺和振动压实等,这些技术在许多常规道路建设中得到了广泛应用。机械摊铺技术已成为主流,摊铺机、压路机等设备的使用大大提高了施工效率,并确保了路面的平整度和压实度。传统技术在面对复杂的地质条件、恶劣气候以及重交通荷载的情况下,仍然存在一定局限性。尤其是在高温或低温环境下,路面材料的施工性能可能受到影响,导致施工质量难以保证。传统施工过程中容易出现路面裂缝、沉降等问题,影响道路的长期使用性能和安全性<sup>[2]</sup>。

### 2.2 新型施工技术的创新与应用

随着科技的进步,新型施工技术在道路桥梁路面建设中逐渐得到应用,推动了施工方法的创新与改进。例如,智能化施工技术已经开始在路面工程中得到广泛应用,自动化摊铺机、无人驾驶机械设备的引入,使得施工过程更加精确、高效。这些新型设备能够实时监控施工进度,确保施工质量与精度的同时,减少人为操作误差。环保型施工技术也得到了广泛推广。比如,利用再生材料(如再生沥青、废弃混凝土等)进行路面施工,不仅降低了材料成本,还符合环保要求。再生沥青材料的应用可以显著提高路面的抗滑性和耐久性,同时降低了对自然资源的依赖,符合可持续发展的要求。还应提到的是,路面施工中的冷铺技术的应用,它能够降低施工时的温度要求,适用于温差较大或低温条件下的施工,有助于减少沥青混合料在施工过程中的温度变化对质量的影响。

### 2.3 施工质量控制与管理

施工质量控制与管理是确保道路桥梁路面长期稳定性和使用寿命的关键。当前,路面施工的质量控制通常涉及多个环节,从原材料的选取、现场施工到最终检测,每一环节都需严格把关。必须严格遵循设计标准与施工规范,确保所选材料符合要求。例如,沥青的密实度和水泥混凝土的强度都应在施工前进行检测,并在施工过程中持续监控。在施工过程中,常常需要对温度、湿度等环境因素进行实时监控,因为这些因素直接影响到路面材料的性能。通过使用温控设备与湿度监测仪器,可以精确掌握施工环境的变化,及时调整施工策略。此外,施工过程中的质量检测也至关重要,常用的检测手段包括现场密实度检测、平整度测量以及裂缝监控等。施工团队需进行持续的质量抽检,确保每一段路面达到设计要求。

## 3 道路桥梁路面结构设计与施工技术的优化

### 3.1 路面结构设计的优化方法

路面结构设计的优化方法主要围绕如何提高路面承载力、延长使用寿命以及减少维护成本展开。在设计过程中,采用基于交通流量预测和交通荷载分析的优化方案,是确保路面结构合理性和长期稳定性的关键。通过综合考虑交通量、车辆轴重及行驶速度等因素,可以更加精准地计算路面所需的承载能力,从而避免过度设计或设计不足。在材料选择上,优化方法强调高性能材料的应用,如改性沥青和高强度水泥混凝土,这些材料能够有效提高路面的耐久性和抗疲劳性,减少日常使用中的损耗。采用分层设计,通过合理配置基层、面层和下基层的厚度和材料,确保每一层都发挥最大的功能,有助于分散荷载,防止路面因荷载过大或不均匀沉降而产生裂缝<sup>[3]</sup>。

### 3.2 施工过程中的技术创新

在施工过程中,技术创新为提高效率和施工质量提供了新的解决方案。例如,自动化与智能化施工技术的引入,使得施工过程更加精准和高效。现代施工设备如自动摊铺机、无人驾驶压路机等,可以通过实时监控和数据反馈,确保施工过程的精度,避免人为操作误差。这些技术使得施工速度加快,同时提升了施工质量,尤其在大规模施工项目中表现尤为突出。数字化施工技术也在施工管理中得到了广泛应用。通过 BIM(建筑信息模型)技术,施工人员可以在施工前进行全面的虚拟建模,优化施工方案,避免施工中出现不必要的错误与浪费。BIM 技术还能实现施工现场的实时数据跟踪与分析,通过对施工进度、质量、材料使用等数据的监控,确保项目按时按质完成。在材料应用上,新型环保施工材料的出现也为施工过程带来了创新,如低温沥青混合料、可再生路面材料等,这些材料的应用有效提高了施工效率,并减少了环境污染。

### 3.3 路面结构设计与施工的协同优化

路面结构设计与施工的协同优化是实现高效、质量保

障的关键。设计与施工不仅要相互配合,还需要通过信息化手段实现实时沟通与反馈。在项目的初期阶段,设计团队与施工团队应进行深入的技术交流,确保设计方案的可行性与施工要求的一致性。在施工过程中,设计团队应根据现场的实际情况进行动态调整,避免出现设计与施工脱节的情况。BIM技术的运用,使得设计人员和施工人员能够在同一平台上协同工作,实时共享信息。例如,施工过程中若遇到特殊地质条件或气候变化,设计团队可以及时调整设计方案,施工团队根据新的设计要求调整施工计划,从而最大限度地减少时间浪费和质量问题。采用施工前的技术评审和施工中的中期检查,确保设计和施工阶段都严格遵循质量控制标准。通过定期评审与反馈,优化设计方案,并根据施工进展调整施工方法和材料使用,使得整个项目在设计与施工环节之间形成良好的协同效应。

#### 4 道路桥梁工程中路面结构设计与施工的挑战与发展趋势

##### 4.1 技术挑战与问题

随着道路桥梁建设规模的不断扩大,路面结构设计与施工面临着多方面的技术挑战。交通荷载的日益加重是设计中的一个重大挑战。现代交通工具不断发展,重型车辆和超限运输的频繁通行使得道路路面的承载能力受到更大考验。现有的设计标准可能无法完全适应超载交通的要求,导致路面早期损坏和频繁的维护问题。地质条件和气候变化对路面施工带来了不小的挑战。复杂的土壤环境、地下水位高、湿度大以及冻融循环等因素,都可能影响路基和路面结构的稳定性。不同地区的气候差异使得路面设计和施工技术难以一概而论,需要针对性地开发适应性强的技术方案。施工过程中,尤其是在快速施工和大规模项目的背景下,如何保证施工质量,避免施工缺陷成为亟待解决的问题。

##### 4.2 未来发展方向

路面结构设计与施工的发展将朝着智能化、绿色环保和高效化方向迈进。智能化技术的引入将极大改善施工过程中的效率和精度。通过大数据、物联网、人工智能等技术的应用,施工过程中的各类数据将实现实时监控和分析,施工人员可以根据实时反馈调整施工工艺,优化施工过程中的决策,极大提高施工质量。绿色环保也将成为未来发展的重要趋势。随着环保法规的严格化以及社会对可持续发展的关注,未来的道路桥梁路面工程将更加注重资源的循环利用与环境保护。例如,使用再生沥青、废旧材料和低碳排放的施工方法,将有助于减少建筑垃圾,降低碳足

迹,符合全球环保趋势。在施工工艺方面,未来还将不断优化传统施工方法,提升施工技术的智能化和自动化水平。例如,自动化摊铺、智能化压实技术以及无人驾驶施工设备的应用,将有效提升施工效率,减少人工误差<sup>[4]</sup>。

##### 4.3 应对策略与解决方案

针对上述挑战,设计和施工单位应加强技术创新,采用新型高性能材料和先进施工设备,提高路面结构的承载能力与耐久性。例如,使用改性沥青、高强度混凝土等新材料,以增强路面对重型荷载和气候变化的适应性。建立健全质量控制体系,强化施工过程中的质量管理和监管,采用数字化技术对施工现场进行实时监控。通过精确测量与数据反馈,及时发现施工中的问题并进行调整,避免因施工不当而造成路面质量下降。针对复杂地质条件和气候变化对施工的影响,需采用针对性强的设计与施工方法。例如,对于低温地区,采用低温沥青混合料施工,或针对高湿度环境采用防水防冻设计,以确保路面结构的长期稳定。强化设计和施工阶段的协同工作,设计和施工团队应在项目早期就开展深入的技术讨论和协作,确保设计方案的合理性与施工的可行性。

#### 5 结语

道路桥梁工程中路面结构设计与施工技术的不断发展与创新,对于提升交通安全、延长道路使用寿命具有重要意义。通过对现有设计原理和施工技术的分析,本文提出了多个优化方案,力求在设计和施工中达到最佳平衡。未来,随着智能化、环保技术的引入,路面结构设计与施工将更加精细化与科学化。在新技术的推动下,未来的道路桥梁工程将实现更高的质量标准和更长的使用寿命,为交通建设提供更加坚实的基础。

##### [参考文献]

- [1]高飞,胡亚洲,赵法伟,等.市政道路桥梁工程中沉降段路基路面施工技术[J].居业,2025(1):19-21.
  - [2]刘静.道路桥梁工程沉降段路基路面施工技术研究[J].工程技术研究,2025,10(1):56-58.
  - [3]柴旺,吴陆红.市政道路桥梁工程中沉降段路基路面施工技术探究[J].全面腐蚀控制,2024,38(12):19-21.
  - [4]商松,崔开荣,赵俊.市政道路桥梁工程沉降段路基路面的施工技术[J].汽车画刊,2024(12):132-134.
- 作者简介:马军胜(1985.12—),毕业院校:长安大学,所学专业:道路桥梁与渡河工程,当前就职单位:甘肃朴信建筑安装工程有限公司,职务:项目技术负责人,职称级别:工程师。

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](http://www.viserdata.com)

