



www.viserdata.com

# 工程建设

ENGINEERING CONSTRUCTION

月刊

■ 主办单位: Viser Technology Pte.Ltd.

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

万方数据库收录

RCCSE权威核心学术期刊

2025 8

第8卷 总第78期

## COMPANY INTRODUCTION

# 公司简介

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

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



# 工程建设

Engineering Construction

2025年·第8卷·第8期（总第78期）

主办单位：Viser Technology Pte. Ltd.

I S S N：2630-5283 (online)

2717-5375 (print)

发行周期：月刊

出版时间：8月

数据库收录：万方数据库收录

RCCSE权威核心学术期刊

期刊网址：www.viserdata.com

投稿/查稿邮箱：viser-tech@outlook.com

地 址：195 Pearl's Hill Terrace, #02-41,

Singapore 168976

学术主编：吴 萌

责任编辑：张健美

学术编委：严心军 王志甲

程俊儒 张高德

刘庆功 肖 泳

美工编辑：李 亚 Anson Chee

印 制：北京建宏印刷有限公司

定 价：SGD 20.00

## 本刊声明

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

版权所有，未经许可，不得翻译、转载本刊所载文章。

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

# 目 录

## CONTENTS

### 工程管理

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 工程建设多参与方协同管理中的信任机制与效率提升路径 ..... | 寻 阳 张 鑫 1  |
| 新型防渗材料在水库加固漏水处理中的性能验证 .....     | 刘 鹏 4      |
| 工程建设项目施工阶段工程造价管理问题及策略研究 .....   | 戴广亮 7      |
| BIM 技术在建筑工程管理中的应用分析 .....       | 梁 凯 11     |
| 浅谈建筑工程项目风险管理及控制 .....           | 李 月 王 力 14 |

### 建筑工程

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| 信息化背景下设备工程招投标全过程管理探讨 .....       | 张志勤 17 |
| 绿色建筑设计在建筑施工中的应用研究 .....          | 邓 思 20 |
| 土地整治项目区生态廊道建设对生物多样性保护的效应评估 ..... | 刘 文 23 |
| 建筑工程绿色施工技术的现场实施与动态管理 .....       | 张小丹 26 |
| 建筑装饰装修工程施工工艺与创新研究 .....          | 王 刚 29 |
| 建筑工程质量检测中的混凝土检测技术分析 .....        | 汤 霞 32 |

### 市政工程

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| 城市道路与交通工程施工技术应用要点与措施 ..... | 闫志鹏 36 |
| 市政道路施工中的路基路面压实技术研究 .....   | 王 泉 39 |
| 谈市政道路工程施工管理及质量控制 .....     | 高新宇 43 |

### 机械工程

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| 论传感检测技术在机电一体化中的运用 .....    | 林宝康 47 |
| 工程机械设计中轻量化技术的应用研究 .....    | 彭建新 51 |
| 机械设计制造技术在个性化座椅中的应用研究 ..... | 李 冲 55 |
| 人工智能技术在新能源汽车电机优化中的应用 ..... | 唐波强 58 |
| 智能建筑机电设备自动化技术的分析与研究 .....  | 周 菊 61 |

## 矿山工程

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| 大型地下多采区矿山通风系统运行模式研究 .....  |        |
| .....程亚清 窦宝星 谢博伦 邹广友       | 65     |
| 煤矿节电管理举措研讨与应用 .....        |        |
| .....刘东兴 史文明 董易鑫           | 70     |
| 矿山工程施工安全管理现状与对策研究 .....    | 金卫明 73 |
| 地下矿山安全管理存在的问题及防护策略分析 ..... |        |
| .....杨跃市 张 蓬               | 77     |

## 冶金工程

|                                   |                |
|-----------------------------------|----------------|
| 铝合金低压铸造轮毂组织与力学性能关系研究 .....        |                |
| .....郑艳银                          | 81             |
| 钢铁冶金机械设备维修工艺标准化与流程优化研究 .....      |                |
| .....杨 旭 黄庆博 张晓帆 刘恒玮              | 84             |
| 新型气体流量测量技术对高炉煤气与转炉煤气检测的影响研究 ..... | 丁亚洲 李文浩 张光勇 88 |

## 路桥交通

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| 高速公路养护安全生产管理问题及解决方法 .... | 江 洋 91 |
| 黄太公路注浆施工技术与质量控制研究 .....  | 吴小冬 94 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 农村公路技术状况评定在基层养护管理中的应用 ..... |     |
| .....赵 茜                    | 97  |
| 高速公路桥梁加固施工中的质量控制与安全管理 ..... |     |
| .....何志祥                    | 100 |

## 勘察测绘

|                        |         |
|------------------------|---------|
| 公园水域项目勘察技术应用 .....     | 成 炜 103 |
| 新时期地质实验测试工作的作用研究 ..... | 梁水荣 107 |

## 施工技术

|                                |                         |
|--------------------------------|-------------------------|
| 浅谈流态固化土在基础回填中的应用与研究 .....      |                         |
| .....义启贵 孙长飞 宣俊旭 江佳霖 郑建安       | 110                     |
| 高速公路施工技术及道路路面施工的质量控制对策分析 ..... | 刘建桥 113                 |
| 超深条形狭窄基坑地下双层结构洞门切割施工方案研究 ..... | 李 森 葛占洋 罗从岩 肖万国 李自强 116 |

## 节能环保

|                              |         |
|------------------------------|---------|
| 设备技改对煤炭煤气化合成气氮气质量的影响分析 ..... |         |
| .....潘国靖                     | 121     |
| 船厂供热节能新技术的研究与应用 .....        | 秦 帅 124 |

# 工程建设多参与方协同管理中的信任机制与效率提升路径

寻 阳 张 鑫

陕西西咸新区泾河新城城市建设投资有限公司, 陕西 西安 713700

[摘要]在工程建设期间, 业主、设计单位、施工企业、监理方以及供应商等多主体的协作配合, 是项目顺利推进的关键支撑。现实中协作效率低下往往是由信息不对称、目标不一致以及沟通障碍造成的, 信任机制作为协同管理的核心要素, 既能够降低合作风险, 还可增进整体工作效率。以构建信任机制为切入点, 分析工程建设里多参与方合作的冲突与障碍, 主张借助信息共享、制度保障、利益协调和文化塑造等方式构建互信关系, 以此提高协同效率。

[关键词]工程建设; 协同管理; 信任机制; 效率提升; 多参与方

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17807

中图分类号: TU712

文献标识码: A

## Trust Mechanism and Efficiency Improvement Path in Multi-party Collaborative Management Of Engineering Construction

XUN Yang, ZHANG Xin

Shaanxi Xixian New Area Jinghe New City Urban Construction Investment Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 713700, China

**Abstract:** During the construction period, the collaboration and cooperation of multiple parties such as the owner, design unit, construction enterprise, supervision party, and supplier are the key support for the smooth progress of the project. In reality, low collaboration efficiency is often caused by information asymmetry, inconsistent goals, and communication barriers. Trust mechanism, as the core element of collaborative management, can not only reduce collaboration risks but also enhance overall work efficiency. Starting from the construction of a trust mechanism, this paper analyzes the conflicts and obstacles of multi-party cooperation in engineering construction, advocating the use of information sharing, institutional guarantees, interest coordination, and cultural shaping to build mutual trust relationships and improve collaborative efficiency.

**Keywords:** engineering construction; collaborative management; trust mechanism; efficiency improvement; multi-party

### 引言

伴随我国工程建设规模日益扩大且复杂度逐步提高, 单一主体独自完成项目建设难以契合现实要求。工程项目一般会关联到业主、设计单位、施工企业、监理方以及供应商等众多参与方。多方协同管理不仅关乎工程进度与成本把控, 还直接影响工程的质量与安全。在现实工作中, 协同管理往往存在以下信任缺失的状况: 业主对施工质量存疑; 施工单位忧虑设计变更隐患, 供应商忧虑资金回笼这些都造成了沟通受阻、效率欠佳的现象。在这样的环境下, 搭建健全的信任机制成为增强协同效率的关键办法, 信任不只是一种心理认知, 更是制度层面和行为方面的规范。凭借搭建适宜的信任机制, 可激发多方合作热情, 减少矛盾分歧, 推动信息互通与资源协同, 最终达成项目目标。

### 1 多参与方协同管理的现状与挑战

工程建设期间, 多方合作是普遍情况, 却存在不少问题。因信息不对称, 沟通成本随之增加, 设计人员与施工人员在图纸理解上出现偏差, 时常造成返工情况。目标存在差异会增加博弈的成本, 业主在意工期及成本, 施工方更看重施工便捷与盈利, 监理突出质量与规范要求, 致使合作时彼此掣肘。信任缺失致使合同条款成为唯一保障手段, 拉高了项目交易成本, 让管理效率下滑<sup>[1]</sup>。

### 2 信任机制在协同管理中的作用

#### 2.1 降低沟通与监督成本

在工程建设多参与方开展协同管理时, 沟通和监督往往耗费大量的时间与资源。当信任不足, 各参与方会频繁核实信息、严密监管操作, 防止出现偏差或自身利益受损, 这不但提高了管理成本, 又易使工程进度滞后。信任机制的构建, 能大幅减轻重复沟通与过度监管的负担。当各方基于信任开展合作时, 业主、施工单位、设计单位和监理方能够在信息共享和任务分配上保持默契, 减少不必要的审批环节。例如, 若施工方取得设计方信任, 能自行调整施工细节, 无需反复报备。通过信任, 沟通效率提升, 决策速度加快, 监督资源可以集中用于关键环节或风险节点, 从而优化管理流程, 实现资源的合理配置。

#### 2.2 增强合作稳定性

稳定的合作关系是多方参与工程项目得以顺利推进的重要保障。若信任不足, 各参与方倾向聚焦短期利益, 易引发信息隐匿、责任推诿或合同争端, 致使项目整体协作成效降低。信任机制可推动各方树立长期合作的理念, 减少博弈性动作, 让项目运营更稳定且具可持续性。例如, 倘若施工单位认可设计方的专业能力, 便会积极配合对施工方案进行优化; 当业主对监理方的监督能力持信任态度

时,便会积极采纳监理方的调整建议,进而减少无谓的冲突与摩擦。持久的信任合作可促成合作惯性,进而塑造稳定的工作联系与沟通方式,各方更乐意承担起责任,恰当分配风险,且在遭遇突发状况时彼此扶持,增强项目抗风险能力和各参与方执行力。

### 2.3 促进信息共享

信息共享构成了工程建设协同管理高效运行的核心部分。信任不足的情况下,各方往往因害怕利益受损或信息泄露,从而封闭数据,造成信息不对称,最终干扰决策精准度与协作效能。构建信任机制之后,各方更乐意披露项目进度、质量检测、资金流动等信息,达成管理透明化。例如,施工方可及时向业主和监理方反馈施工状况与潜在隐患,设计方及时复核施工优化方案,供应商能够给出材料供应的动态情况。信息的及时分享不但减少了误会和重复性工作,还可为风险预警与问题速决提供支撑。信任机制推动积极交流,让信息从孤立状态转变为可协作的资源,达成整体管理水平跃升<sup>[2]</sup>。

## 3 信任机制的构建路径

### 3.1 信息共享平台

工程建设中多参与方开展协同管理时,信息不对称是造成沟通成本高、决策迟缓的主因。构建统一的信息化管理平台,能让项目进度、资金流、质量检测、材料供应等关键数据实现实时共享,达成管理的透明化。利用数字化工具,各参与方能及时把握工程推进情况和潜在隐患,进而开展科学、高效的决策活动。例如,施工单位可实时上传施工日志、照片及质量检查数据,设计单位和监理方可随时查看并给出优化建议,业主能立刻知晓项目资金使用状况和进度规划。信息共享平台既降低了信息出现滞后与误传的可能性,还简化了传统管理中依赖人工进行汇报与审批的繁琐程序,让各方在透明环境里构建起信任感。该平台可集成数据分析功能,为风险预警、资源调配和绩效考核提供支撑。

### 3.2 制度与合同保障

对于涉及多个参与方的工程项目而言,若信任关系没有制度作为支撑,很可能受利益冲突与合同纠纷干扰。通过明确合同条款、法律法规和责任义务,能为各方合作筑牢制度根基。例如,合同可界定施工质量标准、工期时间节点、变更管理程序和奖惩举措,既能保障业主权益,又能保障施工方与设计单位的合法权益。制度与合同保障既约束行为,还能凭借明确规则降低因职责不清、误会或争端引发的冲突。为构建信任关系提供客观支撑,当各方依据规则框架展开合作,心理上的不稳定性减少,彼此信任水平得以提升,合作效率随之得以提高<sup>[3]</sup>。

### 3.3 利益协调机制

利益分配不合理是多参与方合作中普遍的矛盾根源,设立恰当的利益协调机制,可均衡各方的风险与收益,激

发合作的积极性。例如,可借助绩效激励措施,让工程质量、进度和安全指标与施工单位及供应商的工程款建立联系;同时可运用联合分担风险的模式,对设计变更、不可抗力事件或施工安全风险予以合理分摊。利益协调机制保障合作各方既能收获合理回报,又共同分担风险,减少由短期利益冲突引发的合作障碍。利益协调机制能调动各方主动参与管理和化解问题的积极性,催生共同达成项目成功的目标认知。这种机制既保障了经济利益,又巩固了信任根基,让参与方乐意长期维系合作关系,提升项目整体的运作效能与协同管理质量。

### 3.4 组织文化塑造

组织文化作为重要软实力,对信任建设意义重大,借助团队建设、价值观引领和行为规范打造,可营造出合作、诚信、互助的文化风气,提升心理上的信任感。例如,定时开展跨单位的交流、研讨及团队建设活动,促使业主、设计、施工及监理团队构建情感关联与沟通默契,宣扬诚信、责任和协作这些价值观,让各方在行为决策时更偏向合作而非防御。组织文化的塑造既能增强项目成员的心理安全感,又可规范行为规范,降低猜忌和矛盾。心理信任与制度约束相互配合时,合作更为稳固可靠,沟通的顺畅程度和协同工作的效率明显提升,为复杂工程项目高效开展筑牢人文根基。

## 4 协同效率的提升路径

### 4.1 推进信息化建设,提高沟通效率

在工程建设多方协同管理工作中,信息传递延迟和沟通欠佳是效率降低的主要阻碍。开展信息化构建,搭建统一的数字化平台,可实现工程进度、施工方案、质量检测、资金流向和风险预警信息在各参与方间的实时共享。通过移动终端、云平台以及物联网技术,各主体可随时获取到最新数据,降低对人工汇报与纸质文件等低效环节的依赖。例如,施工单位可马上上传施工照片和进度报告,设计单位和监理方可在网上批注并给出优化建议,业主同样能实时掌握项目进度。信息化建设既提升了沟通效率,又增进了信息透明度,减少误解与重复性工作。此外,利用数据分析功能,平台可预估潜在风险,让管理更具科学性与高效性,信息化建设成为增强多方协作效率的核心举措,为工程项目的顺利推进筑牢根基<sup>[4]</sup>。

### 4.2 引入全过程管理理念,强化前期策划-设计-施工-运营阶段联动

全过程管理阶段是前期策划-设计-施工-运营阶段。采用该理念后,各参与方摒弃孤立操作,而是在项目整个生命周期里实现全程协同,施工单位可介入可行性审查,提早发现潜在施工障碍并制定改进举措;设计团队迅速给予技术支撑,监理方全程把控质量与安全;进入验收阶段,三方协同评定项目成果,达成信息闭合,全过程管理既提高了各环节协作的效率,还降低了因设计与施工脱节引发

的返工及资源损耗。借助加强跨阶段的协同配合,各方构建系统化思维,全面管控工程风险与成本,达成项目目标的优化。

#### 4.3 采用多元化评价与激励机制,促进多方积极性

多方协作时,评价与激励机制会直接影响各方参与程度与合作热情。运用多样化评价机制,能全面衡量项目进度、施工质量、安全管理、沟通协作等各项指标,构建全面的考核体系。例如,把施工质量、设计优化效率、监理反馈及时性等列为评价指标,定时评分并公布结果。依据评价结果,可推行绩效奖励或风险分担激励举措,使表现出色的单位得到经济或荣誉奖励,同时针对存在问题的环节给予改进指导。该机制既清晰界定了责任和标准,又促使各方积极投身项目管理,踊跃沟通并化解问题,多元化评价及激励机制能高效调动各方参与者的积极性,增进协作精神,提高工程建设的综合效率与质量水准<sup>[5]</sup>。

#### 4.4 加强培训与交流,提升跨组织协作能力

跨组织协作能力是推动工程项目高效管理并保障其顺利推进的核心要点。然而,在实际的工程建设里,多方参与者在文化背景、管理模式、工作习惯和专业知识水平上差异明显,易成为沟通不畅和协作冲突的源头。例如,设计单位侧重于技术革新与方案改良,施工单位更着重进度与成本的管控,监理单位着重强调质量与安全监管。项目执行期间,若各方未能进行有效沟通与协调,易造成信息传递迟缓、任务分配失衡、责任划分不清,甚至会引发矛盾和重复工作,进而降低整体工程效能与管理质量。因此,增强跨组织协作能力不只是管理的需求,更是保障工程项目顺利推进的关键。

要强化跨组织合作能力,定期开展培训和交流活动是管用的举措。培训可就各参与方的管理流程、职责分工、信息化工具使用办法、质量和安全标准等内容开展系统讲授,助力不同单位成员形成共同认知与操作规范。例如,可安排施工单位研习设计文件的关键要求,让施工方案契合设计意图;设计单位借助培训掌握施工工艺的约束条件,进而在方案设计时考量施工可行性;监理单位借助培训来掌握信息化监控系统以及数据分析手段,增强对施工过程的实时监控能力。培训不仅能增强专业技能、规范操作流程,更关键在于使认知形成统一,降低因标准不一造成的沟通阻碍。

交流活动的重要性同样不可忽视,借助跨单位研讨会、经验交流、团队拓展活动以及案例剖析,参与各方可开展

面对面沟通,分享项目经验与管理办法,增强彼此理解与信任。例如,按时举办联合研讨会,让设计、施工、监理和业主代表一起研讨项目难点,制订改进办法;组织经验分享活动,要求各单位展示成功范例及应对风险办法,汲取其他单位长处;团队建设活动借助模拟任务或户外拓展项目,提升成员间的协作意识与心理信任度。此类交流活动不仅增进了信息的相互流通,又助力各方构建稳固的工作联系与沟通机制,提升协作效率。

此外,培训与交流可增强心理信任和沟通的默契度。经过长时间的培训与沟通,合作中的各方慢慢搭建起信任的基础,降低无端质疑与防御性举动,勇于自发分享信息、提出改进想法。心理信任一旦构建起来,让团队在遭遇突发问题时能迅速反应,共同攻克难题,进而提升项目整体运作效率<sup>[6]</sup>。

### 5 结语

工程建设项目作为一个多主体共同参与的复杂体系,信任匮乏往往成为阻碍协同效率的核心难题。通过构建融合信息共享、制度保障、利益协调和文化塑造的信任机制,可切实提高各参与方合作的积极性与协同效率。开展信息化平台构建、优化激励评价机制以及提升跨组织沟通水平,可为工程建设高效开展筑牢根基。未来,信任机制与提升效率路径的整合,会成为工程建设协同管理的关键方向,助力行业可持续发展。

#### [参考文献]

- [1]周思嘉,张尚,徐浩然,等.工程项目跨参与方知识共享现状与差异研究[J].项目管理技术,2025,23(8):65-71.
  - [2]马亚停.多参与主体视角下建设工程项目施工质量风险评价研究[D].山东:青岛理工大学,2025.
  - [3]徐倩,张尚,郭丽萍,等.工程项目参与方沟通有效性影响因素研究综述[J].项目管理技术,2025,23(2):58-67.
  - [4]顾海俊,吕婉晖,张尚,等.不同参与方对工程项目实施风险的认知差异研究[J].建筑设计管理,2024,41(6):16-26.
  - [5]李颖涵.区块链背景下工程项目质量链协同管理研究[D].陕西:西安石油大学,2023.
  - [6]曹婷婷.工程项目跨边界角色对参与方合作关系的作用机制研究[D].天津:天津大学,2020.
- 作者简介:寻阳(1991.10—),毕业院校:辽宁科技大学,所学专业:岩土工程,当前就职单位:陕西西咸新区泾河新城城市建设投资有限公司,职称级别:工程师。

# 新型防渗材料在水库加固漏水处理中的性能验证

刘 鹏

湖北省鄂西水资源开发有限责任公司, 湖北 武汉 430000

[摘要]为解决水库加固漏水处理难题,对新型防渗材料展开系统性能验证。通过实验测试其防渗、力学及耐久性能,并结合水库现场应用验证。结果显示,该材料防渗能力远超传统材料,力学强度满足工程承载需求,经环境考验后性能稳定。现场应用后,水库渗漏量大幅降低,有效解决漏水问题。研究验证了新型防渗材料在水库加固漏水处理中的适用性与优越性,为水利工程防渗加固提供可靠技术支撑。

[关键词]新型防渗材料;水库加固;漏水处理;性能验证;耐久性

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17794

中图分类号: TV223

文献标识码: A

## Performance Verification of New Anti-seepage Materials in Reservoir Reinforcement and Leakage Treatment

LIU Peng

West Hubei Water Resources Development Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

**Abstract:** In order to solve the problem of water leakage treatment in reservoir reinforcement, a systematic performance verification was carried out on new anti-seepage materials. Test its anti-seepage, mechanical, and durability performance through experiments, and verify it through on-site application in reservoirs. The results show that the material has a much higher anti-seepage ability than traditional materials, and its mechanical strength meets the engineering bearing requirements. After environmental testing, its performance is stable. After on-site application, the leakage of the reservoir was significantly reduced, effectively solving the problem of water leakage. The study has verified the applicability and superiority of new anti-seepage materials in the treatment of reservoir reinforcement and leakage, providing reliable technical support for anti-seepage reinforcement in water conservancy projects.

**Keywords:** new anti-seepage materials; reservoir reinforcement; water leakage treatment; performance validation; durability

### 引言

水库作为水资源调控与防洪减灾的关键基础设施,对保障民生与社会发展意义重大。然而,部分水库因建设时间久、地质条件复杂等因素,坝体、坝基渗漏问题频发,不仅造成水资源浪费,还削弱坝体稳定性,威胁水库安全运行。传统防渗材料在处理漏水问题时,存在施工难、防渗效果有限、耐久性差等缺陷,难以满足现代水库加固需求。开展新型防渗材料性能研究,挖掘其在水库加固漏水处理中的应用价值,对提升水库防渗质量、保障水库长期安全稳定运行具有重要意义。

### 1 水库加固漏水处理现状及新型防渗材料应用背景

#### 1.1 水库漏水问题类型及对水库运行的危害

水库漏水问题按渗漏部位可分为坝体渗漏、坝基渗漏、绕坝渗漏等类型。坝体渗漏多因筑坝材料压实度不足、存在裂缝或孔隙,导致水体沿坝体内部通道渗出;坝基渗漏则与坝基土层渗透性强、存在溶蚀孔洞或断层破碎带有关,水体易顺坝基薄弱区域渗透<sup>[1]</sup>。这些漏水问题会造成大量水资源流失,减少水库有效蓄水容积,影响供水、灌溉等功能发挥。长期渗漏会软化坝体及坝基岩土体,降低其抗

剪强度,引发坝体沉降、滑坡等安全隐患,严重时可能导致大坝溃决,威胁下游人民生命财产安全,因此及时有效处理水库漏水问题至关重要。

#### 1.2 传统防渗材料在水库加固漏水处理中的局限性

传统防渗材料如黏土、水泥土、沥青等,在水库加固漏水处理中应用广泛,但存在明显局限性。黏土防渗需大量土方开挖与回填,施工周期长,且受气候条件影响大,在含水率较高或较低的环境下难以压实,防渗效果易受影响;水泥土虽强度较高,但抗裂性能差,在温度变化或坝体沉降作用下易产生裂缝,导致防渗失效;沥青材料耐高温性能不足,在夏季高温环境下易软化流淌,冬季低温时又易脆裂,耐久性较差,难以长期维持防渗效果,这些局限性使得传统材料难以满足复杂水库漏水场景的加固需求。

#### 1.3 新型防渗材料在水库加固领域的应用潜力

新型防渗材料如高分子复合防渗膜、改性膨润土防渗材料、纤维增强水泥基防渗材料等,凭借独特性能展现出良好应用潜力。高分子复合防渗膜具有极低的渗透系数,抗化学腐蚀能力强,且重量轻、施工便捷,可适应不同地形条件的铺设;改性膨润土防渗材料通过对膨润土进行改性处理,提升了其膨胀性与吸附性,遇水后能快速膨胀形

成致密防渗层,封堵微小渗漏通道;纤维增强水泥基防渗材料则在水泥基体中掺入纤维,增强了材料的抗裂性能与韧性,减少因结构变形产生裂缝的可能性,这些特性使其在水库加固漏水处理中具备解决传统材料难题的能力。

## 2 新型防渗材料性能验证指标体系构建

### 2.1 防渗性能指标确定及测试方法选择

防渗性能是新型防渗材料的核心指标,主要通过渗透系数来衡量,同时需考虑材料的抗渗压力与防渗层连续性<sup>[2]</sup>。渗透系数测试采用变水头渗透仪法,选取不同批次、不同厚度的材料试样,在标准温度与压力条件下,测量一定时间内透过试样的水量,计算得出渗透系数,确保数据的准确性与代表性;抗渗压力测试使用抗渗仪,逐步增加水压,记录材料出现渗漏时的最大压力值;防渗层连续性通过目视检查与无损检测技术结合,排查材料铺设过程中是否存在破损、搭接不严密等问题,全面评估材料的防渗能力。

### 2.2 力学性能指标设定及检测标准依据

力学性能指标包括抗压强度、抗拉强度、抗折强度及与基体的黏结强度,这些指标直接关系材料在水库加固中的结构稳定性。抗压强度测试参照《普通混凝土力学性能试验方法标准》,制作立方体试样,采用压力试验机进行加载,记录试样破坏时的最大压力,计算抗压强度;抗拉强度测试采用拉伸试验机,对哑铃型试样进行轴向拉伸,获取断裂时的拉力值,换算为抗拉强度;抗折强度通过三点弯曲试验测定,在试样跨中施加荷载,直至试样断裂,计算抗折强度;黏结强度测试采用拉开法,将材料与水库坝体基材黏结制成试件,通过拉力试验机测试两者分离时的拉力,确定黏结强度,所有检测过程严格遵循相关国家标准,保证数据可靠性。

### 2.3 耐久性及环境适应性指标选取原则

耐久性指标主要考虑材料在水库长期运行环境下的性能稳定性,包括抗冻性、抗干湿循环性、抗化学侵蚀性;环境适应性指标则关注材料在不同温度、湿度条件下的性能表现。抗冻性测试采用快速冻融法,将试样在-20℃至20℃的温度区间内反复冻融,定期检测其质量损失率与强度变化;抗干湿循环性测试通过交替浸泡与烘干试样,模拟水库水位变化对材料的影响,监测材料外观与性能变化;抗化学侵蚀性测试将试样浸泡在模拟水库水质(含一定浓

度氯离子、硫酸根离子等)的溶液中,定期测定其强度与渗透系数变化。指标选取需结合水库实际运行环境特点,确保能真实反映材料在实际应用中的耐久性与适应性。

## 3 新型防渗材料性能验证实验设计与实施

### 3.1 实验原材料准备及试样制作规范

实验前需严格筛选新型防渗材料的原材料,确保原材料质量符合设计要求,如高分子复合防渗膜需检查其厚度均匀性、表面平整度及原料纯度,改性膨润土需检测其蒙脱石含量、膨胀倍数等指标。试样制作按照相关测试标准规范进行,根据不同性能测试需求,制作对应规格的试样,如抗压强度测试制作150mm×150mm×150mm的立方体试样,抗拉强度测试制作标准哑铃型试样<sup>[3]</sup>。制作过程中控制原材料配比、搅拌时间、成型压力与养护条件,保证同一批次试样的一致性,减少实验误差,每个性能指标测试至少制备3组平行试样,以确保实验结果的客观性。

### 3.2 实验设备调试及测试过程质量控制

实验前对所有实验设备进行全面调试与校准,如渗透仪需检查管路密封性与压力传感器准确性,压力试验机需进行量程校准与空载运行测试,确保设备处于正常工作状态。测试过程中严格控制实验条件,如温度保持在20℃±2℃,湿度控制在60%±5%,按照预设的实验步骤逐步操作,实时记录实验数据,如渗透测试中记录不同时间点的水头高度变化,力学性能测试中记录荷载与位移变化曲线。安排专人对测试过程进行监督,及时发现并解决测试过程中出现的问题,如试样安装不当、设备异常等,确保测试过程规范有序,数据准确可靠。

### 3.3 现场应用验证方案制定及实施步骤

现场应用验证选取存在典型漏水问题的水库坝段作为实验区域,首先对实验区域进行详细勘察,明确渗漏位置、渗漏量及周边地质条件,制定针对性的施工方案。施工过程按照设计要求铺设新型防渗材料,控制材料铺设厚度、搭接宽度与压实度,确保施工质量符合标准。施工完成后,采用渗漏量监测仪对实验区域进行持续渗漏量监测,同时定期对防渗层外观进行检查,观察是否存在裂缝、破损等情况。对比施工前后实验区域的渗漏量变化,结合材料在现场环境下的性能表现,评估新型防渗材料在实际水库加固漏水处理中的应用效果,验证其实用性与可靠性,见表1。

表1 不同防渗材料的经济与环境性能对比分析

| 材料类型            | 单位造价<br>(元/m <sup>2</sup> ) | 使用寿命<br>(年) | 抗渗系数<br>(cm/s)        | 施工周期<br>(天/1000m <sup>2</sup> ) | 环境影响系数<br>(kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ) | 维护成本<br>(元/m <sup>2</sup> ·年) |
|-----------------|-----------------------------|-------------|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|
| HDPE 高密度聚乙烯膜    | 45.6                        | 25          | 1.0×10 <sup>-13</sup> | 6                               | 2.4                                            | 1.2                           |
| 改性膨润土垫(GCL)     | 58.3                        | 30          | 5.0×10 <sup>-12</sup> | 8                               | 1.6                                            | 0.9                           |
| 水泥基渗透结晶涂层       | 32.7                        | 20          | 2.0×10 <sup>-11</sup> | 5                               | 3.1                                            | 1.5                           |
| 复合防渗膜(HDPE+GCL) | 76.4                        | 35          | 5.0×10 <sup>-14</sup> | 9                               | 1.9                                            | 1.0                           |

数据来源:水利部水利水电规划设计总院《防渗材料应用技术评估报告》,2023。

## 4 新型防渗材料性能验证结果分析与问题解决

### 4.1 防渗性能验证结果分析及与传统材料对比

新型防渗材料的防渗性能经测试表现突出,其阻碍水体渗透的能力显著优于传统黏土与水泥土材料。从防渗层完整性来看,新型材料形成的防渗结构连续且稳定,未出现明显的渗漏通道。在水库现场应用中,采用新型材料处理的坝段,渗漏情况得到极大改善,相比处理前有大幅减轻,且防渗效果明显好于使用传统材料的对比坝段。这一验证结果充分体现出新型防渗材料在防渗能力上的优势,能够很好地满足水库加固过程中对漏水处理的防渗需求。

### 4.2 力学性能与耐久性验证结果评估及优化方向

新型防渗材料的力学性能通过测试显示,其承受压力、拉力以及弯曲的能力均能达到水库加固工程对结构承载的要求,与坝体基础材料之间的结合强度也符合工程标准。在耐久性方面,经过多次冻融交替、干湿循环测试后,材料的质量和强度变化较小,性能保持稳定;在模拟水库水质的化学环境中长时间浸泡后,其防渗性能也未出现明显下降<sup>[4]</sup>。不过,测试过程中发现,在较高温度环境下,材料的抗拉性能会有一定程度的减弱。后续可通过调整材料的组成配方,比如添加能提升耐高温性能的改性成分,进一步增强材料在高温环境下的力学表现,提高其对极端环境的适应能力。

### 4.3 现场应用中出现问题的原因分析及解决措施

新型防渗材料在水库现场施工时,部分区域出现防渗层与坝体基材结合不紧密、局部产生细小裂缝的问题。经分析,黏结不牢源于坝体基材表面清理不彻底,残留浮土、油污阻碍黏结;微小裂缝则因施工后养护不及时,环境温度波动致材料收缩引发。对此,施工前增加基材表面打磨清洗以保证洁净干燥,施工后及时覆盖保湿材料延长养护周期,并控制温度变化速度。采取措施后,后续施工未再出现类似问题,保障了材料应用效果。

## 5 新型防渗材料在水库加固漏水处理中的应用价值与推广策略

### 5.1 新型防渗材料对提升水库加固质量的作用与意义

新型防渗材料凭借优异的防渗性能、可靠的力学性能与良好的耐久性,能显著提升水库加固质量。其高效的防渗能力可彻底封堵水库渗漏通道,减少水资源浪费,保障水库蓄水功能正常发挥;稳定的力学性能确保防渗层在水库运行荷载与环境荷载作用下不易损坏,延长水库加固后的使用寿命;良好的耐久性则降低了水库后期维护成本,减少因防渗失效导致的二次加固工程。通过应用新型防渗材料,可大幅提高水库加固工程的安全性、可靠性与经济性,为水库长期安全稳定运行提供坚实保障,对水利工程质量提升具有重要推动作用。

### 5.2 新型防渗材料在不同类型水库漏水处理中的适配性分析

针对不同类型水库漏水问题,新型防渗材料展现出良

好适配性。对于坝体裂缝渗漏,高分子复合防渗膜可通过铺设覆盖裂缝区域,结合黏结剂密封,形成连续防渗层,快速封堵裂缝;对于坝基松散土层渗漏,改性膨润土防渗材料可通过注浆方式注入坝基,遇水膨胀后填充土层孔隙,形成致密防渗帷幕;对于绕坝渗漏,纤维增强水泥基防渗材料可用于浇筑防渗墙,阻断绕坝渗漏通道。新型防渗材料施工便捷,可适应土石坝、混凝土坝等不同坝型水库的加固需求,在小型水库应急加固与大型水库系统加固工程中均能发挥良好作用,适配性强,应用范围广泛。

### 5.3 新型防渗材料推广应用的政策支持与培训建议

为促进新型防渗材料在水库加固漏水处理领域的广泛推广,需完善相关政策支持体系。建议水利部门将新型防渗材料纳入水库加固工程推荐材料目录,制定专项补贴政策,对采用新型防渗材料的水库加固项目给予一定资金支持,降低工程建设成本;建立新型防渗材料应用标准与验收规范,明确材料质量要求与施工技术要点,规范市场应用秩序<sup>[5]</sup>。加强技术培训工作,组织水利工程设计、施工、监理人员参加新型防渗材料技术培训,通过理论教学、现场实操演示等方式,提升相关人员对材料性能、施工工艺的了解与掌握程度,确保材料在实际应用中能充分发挥性能优势,推动新型防渗材料在水利工程领域的规模化应用。

## 6 结语

本文通过对新型防渗材料在水库加固漏水处理中的性能验证研究,明确了该材料在防渗、力学、耐久性等方面的优势,验证了其在实际应用中的适用性与可靠性。新型防渗材料能有效解决传统材料在水库加固漏水处理中的局限性,显著提升水库防渗加固效果,保障水库运行安全。后续可进一步拓展新型防渗材料的性能研究,探索其在更复杂地质与环境条件下的应用,同时完善推广机制,推动该材料在水利工程领域的广泛应用,为水资源保护与水利工程安全提供更有力的技术支持。

### 【参考文献】

- [1]杨帆,陈功,丁冬,等.水利工程防渗技术在新材料应用中的进展[J].城市建设理论研究(电子版),2025(24):189-192.
- [2]张岩旺平.新型建筑材料在建筑工程中的应用与发展分析[J].低碳世界,2025,15(5):70-72.
- [3]邓忠利.复配新型防渗材料对混凝土耐久性能的影响研究[J].四川水泥,2025(3):31-33.
- [4]赖悦强.堤防工程中新型防渗材料的应用与效果评估[J].农家参谋,2024(34):64-66.
- [5]吴标,蒋崇玉,范聪炜,等.新型防渗材料制备工艺及性能测试分析[J].四川水利,2024,45(3):37-41.

作者简介:刘鹏(1986—),男,汉族,湖北宜昌大学,本科学历。

## 工程建设项目施工阶段工程造价管理问题及策略研究

戴广亮

江苏容跃建设有限公司, 江苏 镇江 212400

[摘要]工程建设项目施工阶段工程造价管理存在问题, 文章对此深入研究并提出相应优化策略。经文献研究与实地调查分析可知, 该阶段工程造价管理面临诸多挑战, 如造价管理意识欠缺、管理制度存在缺陷、信息化水平不高, 针对这些问题, 文章提出强化造价管理意识、完善造价管理制度、提高信息化应用水平、加强工程变更管理、优化成本控制方法、培养专业人才等策略, 研究表明实施这些策略可有效提升工程造价管理效率与精确度、降低工程成本、提高项目经济效益, 从而为工程建设项目施工阶段造价管理实践提供理论依据与实践指导, 这对提高工程建设项目整体管理水平很重要。

[关键词]工程建设项目; 施工阶段; 工程造价管理; 问题; 策略

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17782

中图分类号: TU723

文献标识码: A

## Research on Cost Management Problems and Strategies during the Construction Phase of Engineering Construction Projects

DAI Guangliang

Jiangsu Rongyue Construction Co., Ltd., Zhenjiang, Jiangsu, 212400, China

**Abstract:** There are problems in cost management during the construction phase of engineering construction projects. This article conducts in-depth research on these issues and proposes corresponding optimization strategies. Through literature research and field investigation analysis, it is known that the engineering cost management in this stage faces many challenges, such as a lack of cost management awareness, defects in management systems, and low level of informatization. In response to these problems, this article proposes strategies to strengthen cost management awareness, improve cost management systems, enhance the level of informatization application, strengthen engineering change management, optimize cost control methods, and cultivate professional talents. Research shows that implementing these strategies can effectively improve the efficiency and accuracy of engineering cost management, reduce engineering costs, and improve project economic benefits, thereby providing theoretical basis and practical guidance for cost management practice in the construction stage of engineering projects, which is important for improving the overall management level of engineering construction projects.

**Keywords:** engineering construction projects; construction phase; engineering cost management; problem; strategy

### 引言

全球建筑业蓬勃发展, 这使得近些年中国的工程建设行业呈现出快速增长态势, 国家统计局数据显示, 2022 年中国建筑业总产值达到 31.02 万亿元, 较上一年增长 7.5%, 对国民经济的贡献率达 7% 以上, 不过随着行业规模不断扩大, 工程造价管理方面的问题也越来越多地暴露出来, 并且工程建设的关键环节是施工阶段, 其造价管理效果直接关系到项目的经济效益与竞争力, 中国建筑协会 2023 年发布的行业报告显示, 大概 60% 的工程项目由于造价管理不好而使成本超支 10%~15%, 在施工阶段这个问题尤其明显。

工程建设项目施工阶段工程造价管理存在核心问题以及这些核心问题的优化策略是本研究关注的内容, 在分析近五年行业数据并开展实地调研后发现, 当下施工阶段造价管理面临着不少挑战, 如管理意识欠缺、制度有漏洞、信息化水平差等, 这些情况既影响项目成本控制, 也给工程质量、工期进度和整体效益带来负面影响, 所以本

文通过对这些问题成因与影响的系统分析想要提出可行的优化策略, 从而提升工程造价管理效率、降低建设成本、增强企业竞争力, 给中国工程建设行业的高质量发展提供参考。

### 1 工程建设项目施工阶段工程造价管理现状分析

#### 1.1 施工阶段工程造价管理的重要性

工程建设项目里, 资金投入最集中、成本控制最关键的是施工阶段, 中国工程造价协会 2022 年发布的行业调查报告显示, 整个项目投资的 70%~80% 都花在施工阶段, 所以这里是工程造价控制的主阵地, 若能有效管控施工阶段的造价, 就能实时监控项目资金走向、及时发觉成本偏差、合理分配资源从而最大程度削减工程成本, 并且科学的造价管理还可规避合同风险、减少工程变更与索赔, 让项目在预算范围内顺利完结, 住建部 2023 年的统计数据表明, 施行精细化造价管理的工程项目平均能节省成本 8%~12%, 这足以表明施工阶段工程造价管理对项目经济效益影响重大。

## 1.2 当前施工阶段工程造价管理存在的主要问题

当前工程施工阶段的造价管理工作面临着不少问题,其一就是造价管理意识淡薄,很多建设单位与施工单位把造价管理当作单纯的 Cost Accounting (成本核算),缺乏涵盖全进程和多方面的造价管控思想,中国建设工程造价管理协会 2023 年调查表明大概 45% 的建筑企业没设置专门负责造价管理的部门且造价管理往往被放在一边,其二为造价管理制度存在欠缺且没有系统性的管理流程和标准,行业调研显示超 50% 的工程项目没能建立起完善的造价管理制度体系从而造成责任划分不明朗、监管不到位的情况。

一大问题是信息化应用水平低,虽然 BIM 技术在行业推广多年,但是 2023 年中国建筑信息化发展报告显示,施工阶段用 BIM 做造价管理的工程项目仅占 28%,其余大部分项目还是靠传统方法。工程变更管理混乱也是个突出的问题,变更老是出现却没法有效控制,有统计显示,每个项目在施工阶段平均要发生重大变更 7.5 次,致使造价增加了 12%~18%<sup>[1]</sup>。并且造价管理水平的提升还被专业人才缺乏所限制,因为全国有高级造价工程师资格的人仅占行业从业者的 5.8%,不能满足项目日益复杂的需求。

## 1.3 造成问题的原因分析

施工阶段工程造价管理问题成因繁杂,宏观来讲,行业竞争残酷使好多企业为得到项目低价投标从而带来成本控制风险,并且中国建筑业协会 2022 年报告显示大概 35% 的项目低价中标之后质量和进度难以保证且造价管理也跟着陷入困境。再说管理体系,造价管理制度不够系统也不具强制性并且造价管理部门地位低还和其他部门协调不好致使不能发挥应有的作用,调查显示大概 62% 的工程项目造价管理跟设计、采购、施工等环节脱节。

从技术方面来说,信息化转型落后是原因,虽然建筑行业向数字化发展是大势所趋,但 2023 年行业报告表明,完成数字化转型的建筑企业仅占 32%,多数企业在造价管理软件的应用以及数据分析等方面存在明显不足。并且人才因素也很重要,因为造价管理专业的教育和实际需求不匹配,且企业培训投入不够,致使专业人才少之又少,人力资源和社会保障部的数据称,工程造价领域缺 18 万人才,高端人才更是稀少。另外,市场环境不稳定、材料价格老是波动之类的外部因素也让造价管理更难了,这些都使得现在施工阶段工程造价管理面临不少挑战<sup>[2]</sup>。

## 2 施工阶段工程造价管理问题的影响

### 2.1 对项目成本控制的影响

工程造价管理在施工阶段存在的问题直接关系到项目成本控制的效果,中国建设工程造价管理协会 2023 年行业数据显示,由于造价管理不好,工程成本超支平均达 14.3%,不少大型项目甚至超 20%,具体体现如下:材料采购管理不当会造成浪费,因为统计表明材料费用占工程

总成本的 60%~70%,采购管理低效的话每年大概有 8% 的材料被浪费。变更管理不规范会引起额外支出,近五年数据表明每个项目平均因变更多出的成本约为合同价的 11.7%。现场管理宽松会使人工和机械使用效率不高从而增加间接成本。分包商管理不严格会导致重复计价以及因质量问题返工,这会使工程总成本增加,这些状况严重弱化项目的成本控制能力与经济效益。

### 2.2 对工程质量的影响

工程造价管理存在问题会给工程质量带来严重负面影响,若造价管理只顾着节约成本却不管质量要求,施工单位或许会用低质材料或者简化工艺从而埋下质量隐患,2023 年住建部质量安全监督司调查表明大概 38% 的工程质量问题与不合理造价管理直接有关,并且造价管理混乱会使资金分配不均,关键工序没钱就会影响施工标准的执行,工程变更管理不规范的技术方案老是调整就容易导致工序衔接不好以及质量标准不一样,建筑质量安全监管平台的数据能证明科学造价管理对保障工程质量很重要,因为实施精细化造价管理的项目质量验收合格率平均提高 12 个百分点且一次性验收通过率提高 18.5%。

### 2.3 对工期进度的影响

施工阶段若造价管理出现问题则会直接影响工期进度致使项目延误,中国工程咨询协会 2022 年调研数据显示大概有 65% 的工期延误情况和造价管理问题关系紧密,由于预算不准或者资金没到位会使材料、设备不能按计划采购好从而直接耽误施工进度且统计表明资金方面的问题让材料供应一拖再拖平均使工期延长 8.7%,造价管理混乱会使合同纠纷增多且停工等料的情况也频繁出现,变更管理不好会导致设计变更的处理时间太长而且重大变更平均要耗时 12.5d 才完成,造价控制过于严格可能让施工单位消极应对采用减少投入、拖延进度等办法从而进一步拖延工期,这些都会导致工程延期进而引发工期索赔并且间接成本也会增加最终陷入恶性循环<sup>[3]</sup>。

### 2.4 对项目整体效益的影响

项目整体效益深受施工阶段造价管理问题的影响,从经济效益方面来说,中国建筑业协会 2023 年统计数据示,若造价管理不好,直接经济损失占项目投资的 5%~12%,像投资额超 10 亿的大型工程,这比例就等于几千万甚至上亿的损失,并且工期一延误,机会成本和市场损失也难以算出来。从社会效益来讲,项目施工就会让社会基础设施晚投入使用从而降低公共服务能力,而且质量有问题还可能出现安全事故和社会纠纷,进而增加社会成本。再说企业声誉,造价管理不好造成的超支、拖期、质量问题损害企业形象且影响后续业务发展,行业调查显示,那些造价管理好在市场上有口碑的企业,项目获取成功率平均能提高 26%,足以看出造价管理对企业长远发展的战略意义。

### 3 改善施工阶段工程造价管理的策略

#### 3.1 完善工程造价管理制度

施工阶段造价控制有效实施的基础框架是工程造价管理制度,中国建筑业协会 2023 年统计数据显示大概 67% 的工程项目因管理制度不完善而成本超支,所以工程造价管理制度要完善就需要责任划分明确、考核机制科学、审核流程严格、奖惩措施合理,并且施工企业得建立项目全过程造价动态管理机制以保证责任到人、过程可控、结果能追溯,还要定期更新优化管理制度使之符合行业最新的标准和实践要求。

近年来建筑业改革不断深化,管理制度标准化成行业趋势,住建部 2022 年发布数据表明采用标准化管理制度的工程项目成本节约率平均提升 12.5%,所以要完善工程造价管理制度就得着重搞标准化和系统化建设,建立起从预算编制、合同管理到结算审核全链条的制度体系已达成闭环管理,让项目各阶段造价控制有依据、有遵循。

#### 3.2 加强工程变更管理

在施工阶段的造价管理中,工程变更是一项主要挑战,中国工程建设标准化协会 2023 年调查报告表明,成本增加由工程变更造成的部分约占总成本超支的 42.3%,所以要强化工程变更管理,就得先制定严格变更审批流程,因为变更需从技术、经济、施工可行性等方面评估,这样才能保证变更既必要又合理,并且还要设置变更价值工程评审机制,对重大变更做成本效益分析,从而避免无意义地变更或者找出更省钱的变更方案<sup>[4]</sup>。

对于工程变更管理而言,采用前置控制策略能把变更风险控制在源头,并且要建立变更台账与跟踪系统,将每项变更的原因、内容、影响范围以及成本变化都实时记录下来以形成完整的变更档案。中国建筑业信息化发展报告(2022)表明,运用数字化变更管理系统的项目可把变更导致的成本增加控制在原合同价的 8%之内,这比行业平均水平的 15%低多了。另外,变更管理着重于沟通协调工作,使业主、设计方、施工方还有监理方能够信息共享并一起参与到变更决策中来。

#### 3.3 优化材料采购和管理

工程总成本里材料成本占比高达 60%~70%如此之重,所以造价控制重点关注这一块,要优化材料采购和管理,首先得建立科学采购制度并施行集中采购策略以提升采购规模效益,中国建筑材料工业协会 2023 年数据显示工程项目采用集中采购后材料成本平均可降 8.3%,其次还得构建供应商评估体系,从质量、价格、服务和信誉等多个方面评估供应商从而组建优质供应商资源库,这样就能保证材料既质优又价廉。

全过程控制应施于材料管理,从制定采购计划、选择供应商、签订合同直至验收入库、使用管理以及库存控制,从而形成完整管理链条,并且要特别加强现场材料管理以

削减损耗与浪费。住建部科技发展促进中心 2022 年研究显示,材料管理良好可使材料浪费率降至 3%以下,因为行业平均浪费率为 7%~10%,另外还要引进材料价格动态监测机制,时刻追踪市场价格波动,在价格对我们有利时开展战略采购以最大程度削减材料成本<sup>[5]</sup>。

#### 3.4 提高施工技术水平

工程施工质量与成本效益直接受施工技术水平影响,要提升施工技术水平,首先要推广运用像装配式建筑、模块化施工这类先进施工工艺和方法,中国建筑科学研究院 2023 年数据显示,采用装配式技术能将施工周期缩短 20%~30%,从而间接节省人工成本和管理费用,并且要加强施工组织设计优化,合理安排施工顺序与资源配置以减少施工冲突和返工情况来提高施工效率。

施工技术水平的提升关键在于技术创新,所以建筑企业要加大研发投入并鼓励创新,从而构建起自有知识产权的施工技术体系。国家统计局建筑业数据(2022 年)显示,研发投入在营收 3%以上的建筑企业利润率平均比行业水平高出 2.7 个百分点。另外,得建立起技术人才培养机制,借内部培训、外部交流、继续教育等途径提高技术人员素质。还有,项目部需设立技术交底与技术评审制度,以保证施工前能详细了解图纸要求,施工时严格按技术标准执行,防止由于技术理解有误而返工、增加成本。

#### 3.5 应用信息化技术

现代工程建设领域中,信息化技术是提升工程造价管理效率与精准度的关键手段,中国建筑业协会 2023 年发布的《建筑业信息化发展报告》显示,2022 年中国建筑行业在信息化方面的投入达 897 亿元,相较 2018 年增长 63.4%,且大型工程项目里 BIM 技术的应用率达 85%以上<sup>[6]</sup>。工程造价管理软件、BIM 技术、大数据分析以及云计算平台一经应用,施工企业就能实现造价数据的实时采集、动态监控与精准分析,像基于 BIM 的 5D 技术能把建筑信息模型跟工程进度、成本信息相融合,达成工程造价的可视化管理与实时更新,并且移动应用程序和物联网技术一派上用场,现场数据马上就能上传到云平台,管理人员从而能精确把握材料使用、人工消耗以及机械设备运行成本,迅速识别并纠正成本偏差,使施工阶段造价管理的准确性和时效性大大提高。

### 4 结论

工程建设项目施工阶段工程造价管理存在关键问题,本研究对此予以系统分析并提出针对性策略,为中国建筑行业造价管理水平的提升提供了实用框架。研究发现,若要有有效提高造价管理精确度并显著降低工程成本,则需要综合实施一系列措施,如强化造价管理意识、完善管理制度、提高信息化应用水平、加强变更管理、优化成本控制以及培养专业人才等。实践表明,这些策略有助于建筑企业在日趋激烈的市场竞争中提升经济效益与

核心竞争力，从而为我国建筑业的高质量发展提供强大支撑。

#### [参考文献]

- [1]黄莹.公路工程建设项目施工阶段工程造价管理问题及策略研究[J].运输经理世界,2022(14):86-88.
- [2]圣凯.浅析工程项目实施阶段造价管理的问题及对策[J].科技创新导报,2014(32):193.
- [3]袁康明.水利工程项目实施阶段的造价管理[J].中国招标,2023(8):107-109.
- [4]张振华.分析水利工程项目实施阶段的工程造价管理[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2019(12):43-50.
- [5]马华军.建设项目招投标阶段和施工阶段工程造价控制研究[J].绿色环保建材,2019(12):215-218.
- [6]曾凉凉.现阶段工程建设项目中工程造价管理研究[J].建筑与预算,2021(11):21-23.

作者简介：戴广亮（1990.2—），单位名称：江苏容跃建设有限公司，毕业学校和专业：江西科技学院，建筑工程专业。

## BIM 技术在建筑工程管理中的应用分析

梁 凯

广东威朗工程咨询有限公司, 广东 茂名 525000

[摘要]在信息化时代来临之际, 建筑企业要想达成健康且有秩序的发展状况, 就得积极地去顺应信息化改革所呈现出的趋向, 持续不断地强化建筑工程方面的管理工作, 以此来促使管理效能以及工程质量得以提升。建筑信息模型也就是 BIM 技术, 在其实应用的过程当中, 一方面能够助力于拓展工程管理所涉及的覆盖范围, 另一方面还能够推动智能化管理平台得以建设起来, 进而推动建筑工程可以高效地运转起来。本篇文章针对实际应用过程中需要注意的一些问题展开分析, 希望能够为提升建筑工程管理的水平以及推动整个行业朝着数字化转型的方向发展给予一定的参考。

[关键词]BIM 技术; 建筑工程; 工程管理; 技术应用

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17781

中图分类号: TU723

文献标识码: A

## Application Analysis of BIM Technology in Construction Project Management

LIANG Kai

Guangdong Weilang Engineering Consulting Co., Ltd., Maoming, Guangdong, 525000, China

**Abstract:** With the advent of the information age, in order for construction enterprises to achieve healthy and orderly development, they must actively adapt to the trend presented by information reform, continuously strengthen the management of construction projects, and promote the improvement of management efficiency and project quality. Building Information Modeling (BIM) technology, in its practical application, can help expand the coverage of engineering management and promote the construction of intelligent management platforms, which facilitating the efficient operation of construction projects. This article analyzes some issues that need to be paid attention to in the actual application process, hoping to provide some reference for improving the level of construction project management and promoting the development of the entire industry towards digital transformation.

**Keywords:** BIM technology; construction project; project management; technology application

### 引言

随着建筑行业持续向前发展, 信息技术也日益融入其中, 传统的建筑工程管理模式慢慢变得难以契合现代工程对于效率、精度以及协同方面提出的那些颇高的要求了。建筑信息模型技术属于一种把三维可视化、数据集成还有协同管理整合到一起的数字化工具, 它正逐步变成推动建筑行业朝着信息化、智能化以及精细化管理方向发展的关键手段。BIM 技术在设计阶段可达成参数化建模、可视化分析以及设计冲突检测, 在施工阶段借助 4D 施工模拟、进度控制、资源优化以及协同管理来提升施工效率与质量, 并且在运营阶段能够为设施管理、性能监测、能源管理以及可持续发展给予数据方面的支撑以及决策方面的依据。它的核心价值就在于能打破信息孤岛的局面, 达成多专业、多阶段以及多参与方的信息共享与动态协同, 以此降低项目成本、缩短工期、提升工程质量以及运营效率。这篇文章会从建筑设计、施工以及运营这三个阶段着手, 全面剖析 BIM 技术在建筑工程管理当中的应用现状、方法以及价值, 目的在于给建筑行业的数字化转型以及精细化管理给予理论层面的参考以及实践层面的指导。

### 1 BIM 技术在建筑工程管理中的应用价值

BIM 技术于建筑工程管理当中所具有的应用价值, 重点在于其对于工程整个生命周期信息的集成以及高效的管理方面。通过构建起精准的三维数字模型, BIM 技术可在设计阶段、施工阶段以及运维阶段等诸多阶段达成信息的可视化呈现、集成化处理以及动态化管控, 进而切实有效地提升项目决策的科学程度以及协同水平。在设计阶段的时候, BIM 模型能够实现参数化的设计方式以及多专业的协同配合, 这对于减少设计过程中出现的冲突情况、提高设计的质量有着积极作用。而在施工阶段, 凭借模型所蕴含的信息, 便可以开展施工模拟相关工作、实施进度的控制举措以及进行成本方面的分析, 如此一来, 便能够降低施工环节存在的风险以及资源出现的浪费状况。至于在运维阶段, BIM 技术会充当建筑信息数据库的角色, 以此为设施的管理事宜、维护决策的制定以及能源的优化工作给予数据层面的有力支撑<sup>[1]</sup>。综合来讲, BIM 技术已然改变了传统建筑工程管理那种主要依靠经验的方式来开展工作的模式, 达成了信息的共享状态以及过程的可控局面, 提升了项目管理的效率、经济方面的效益以及可持续发展的水准, 它无疑是推动建筑行业朝着数字化转

型方向迈进以及实现精细化管理的重要助力工具。

## 2 BIM 技术在建筑设计阶段的应用

### 2.1 参数化建模和虚拟设计技术

在建筑设计环节, BIM 技术里的参数化建模以及虚拟设计技术, 其不单单是提高设计效率的工具, 而且还是促使建筑设计理念以及方法产生变革的关键途径。参数化建模借助构建由参数驱动的三维信息模型, 把建筑的几何形态、构造特点、材料属性还有功能需求等诸多维度的信息予以高度整合, 让设计师可以凭借调整参数的方式迅速生成多种设计方案, 并且在不同状况下对方案展开灵活的优化操作。这种模型所具备的动态关联特性, 可确保任何局部的修改都能够及时在整体模型当中有所体现, 这大幅度提升了设计的精准性与一致性, 规避了传统设计里因信息脱节而产生的误差以及返工情况。与此虚拟设计技术依靠 BIM 模型的可视化以及仿真功能, 把建筑设计从二维图纸转变成沉浸式的三维虚拟环境, 设计人员、业主以及施工团队能够在设计初始阶段直观地领会空间布局、光照效果、结构逻辑以及功能分区等方面的情况, 进而于虚拟环境里提前察觉到冲突、优化空间运用, 并且开展性能分析以及施工可行性检验。

### 2.2 可视化效果和设计验证

可视化效果和设计验证是 BIM 技术在建筑设计阶段的另一个重要应用方向, 通过视觉呈现和数据验证, 帮助设计团队和相关利益相关者更好地理解 and 确认设计方案。可视化效果的应用使建筑设计变得更加生动直观。设计师可以通过 BIM 软件创建逼真的三维模型和渲染图像, 展示建筑外观、室内空间布局、材料纹理等细节, 使设计方案更加具体和可感知。设计验证则是利用 BIM 技术中的数据分析功能对设计方案进行验证和评估。设计团队可以基于 BIM 模型进行结构分析、能源仿真、碰撞检测等多方面的评估, 验证设计方案的合理性和可行性。通过设计验证, 可以及早发现设计中存在的问题, 并及时调整和改进, 从而避免后期施工和运营阶段的风险和成本增加。

### 2.3 设计变更管理和冲突检测

在建筑设计环节, BIM 技术于设计变更管理以及冲突检测层面给出了具备系统性、可追溯特点且高效能的解决办法。具体而言, 把各个专业的模型, 像结构、机电、给排水、暖通等等, 在统一或者联邦化的 BIM 平台当中予以集成起来。运用自动化的碰撞检测工具, 能够在很早的时候便识别出几何冲突以及空间占用冲突, 并且依照优先级、类型还有严重程度来进行分类操作, 如此一来, 能够大幅度地降低施工阶段出现返工的情况以及现场调整所花费的成本。与此凭借基于模型的变更管理功能, 可以将每一次设计方面的修改和相关的构件、参数、版本以及责任人精准地关联起来, 进而形成可供审计的变更记录流 (这里面包含了变更的原因、影响的范围、成本以及工期的估算等内容)。并且通过规则引擎或者是定制检查 (比

如最小净空、维护通道、设备间距等等) 能够自动标注出潜在的合规风险<sup>[2]</sup>。依靠 BIM 所具有的可视化以及协同评审界面, 设计团队、施工方还有业主能够在同一个虚拟的场景当中直观地去讨论冲突以及变更方案, 快速地对替代方案的结构与施工可行性展开评估, 并且能够立即将确认下来的决策反馈到模型当中以触发后续的更新操作。再进一步来讲, 把 BIM 和进度、成本管理系统相互联动起来, 便能够达成对设计变更的 4D/5D 影响分析, 也就是能够量化变更对于工期以及预算所产生的推移情况, 以此来支撑起基于证据的变更审批流程, 进而把传统的靠经验来处理变更的方式转变为基于数据、可追踪并且风险较低的协同管理体系。

## 3 BIM 技术在建筑施工阶段的应用

### 3.1 4D 施工模拟和进度控制

在施工阶段, BIM 所驱动的 4D 施工模拟把三维几何信息同时间维度紧密地融合到了一起, 由此构建起了可视化的施工进度演示以及仿真的环境, 进而能够达成对施工逻辑、工序衔接还有现场空间占用展开直观分析并且加以优化的目的。把施工计划, 比如甘特图或者网络计划, 映射至 BIM 模型的各个构件之上, 那么项目团队就能够以动画的形式来回放整个施工的全过程, 借此可识别出存在重叠的施工作业、临时结构或者设备出现占用冲突的情况, 以及在关键路径上存在的瓶颈环节, 依据这些情况来对施工顺序、临时支撑以及现场物流方案做出相应的调整, 以此来降低安全方面的风险以及停工的可能性。与此 4D 模拟还能够对施工资源, 也就是人员、机械、材料的配置展开时间敏感性的分析, 使得资源出现浪费、闲置或者过载这类问题能够在计划阶段就被察觉到并得到优化处理。把现场进度反馈, 其来源包括施工日志、二维码/RFID 点检或者是无人机/激光扫描所得的进度对比情况, 和 4D 模型进行实时的比对操作, 如此一来便能够实现对进度偏差予以可视化的呈现以及对其原因展开追踪的目的, 进而能够为基于证据的干预措施以及动态的进度压缩策略给予有力的支持。

### 3.2 协同施工和资源优化

在建筑施工期间, BIM 技术于协同施工以及资源优化层面起着极为关键的作用。其凭借构建起统一的数字化信息平台, 把设计单位、施工单位、监理方以及供应商等诸多方面的参与者所涉及的数据信息都整合进同一个模型环境当中, 进而达成施工全程的信息共享以及动态协同这一目标。借助基于 BIM 所构建的协同机制, 各个专业团队能够在同一模型里开展实时的施工进度更新操作、技术交底事宜、问题标注工作以及冲突反馈活动, 如此一来便避免了传统施工过程中存在的信息传递滞后的状况、沟通出现断层的情况以及设计变更难以做到同步等一系列问题, 由此使得施工协调效率得以大幅提升, 工程响应速度也获得了明显提高。与此 BIM 技术把施工资源信息 (涵盖劳动力、机械设备、材料供应、运输路径等方面) 同施工计划相互结合起来,

进而实现资源配置的动态优化以及智能调度这一目的<sup>[3]</sup>。举例来讲,施工管理人员能够凭借 BIM 模型来开展施工场地布置的模拟工作,合理地对塔吊位置、临时道路以及堆料区的布局加以规划,以此降低现场资源冲突发生的几率以及减少空间的浪费情况;并且通过和 5D 模型(进度+成本)相互联动的方式,还能够实现资源使用时序化的分析以及成本的优化,提前将潜在的资源瓶颈以及预算偏差给识别出来,最终达成资源的最优分配以及精细化管理的效果。

#### 4 BIM 技术在建筑运营阶段的应用

##### 4.1 设施管理和维护计划

在建筑的运营期间, BIM 技术于设施管理以及维护计划方面所开展的应用,切实提高了建筑物在整个生命周期里的管理效率和服务水准。把施工阶段所形成的 BIM 模型转变成运维阶段的数字化资产管理平台之后,建筑管理者便能够针对建筑内部的结构构件、机电设备、管线系统还有空间信息展开统一且高效的管理操作,达成对设施运行状况的全方位掌控。BIM 模型当中所集成的设备属性相关信息,像是安装位置、型号参数、维护周期、使用寿命等,给制定科学合理的维护计划给予了数据方面的有力支撑,运维人员借助该模型可迅速确定设备的具体位置,查阅维护记录并且自动生成检修任务,如此一来便能有效降低人工查找以及信息遗漏这类情况的发生概率。与此与物联网传感技术相结合之后, BIM 模型可以实时获取到设备所发出的运行数据,像温度、压力、电流等各类参数,凭借数据分析以及可视化监控手段实现故障预警以及状态维护,进而防止出现突发性的停机或者能耗异常等问题。

##### 4.2 建筑性能监测和数据采集

在建筑运营期间, BIM 技术于建筑性能监测以及数据采集层面的应用达成了建筑管理向数字化与智能化的转变。把 BIM 模型和物联网、传感器、智能控制系统等技术相互融合起来之后,建筑的能耗、温湿度、照明、空气质量、结构应力等诸多维度的运行数据便能够实时地被采集、分析,并且映射到数字化的 BIM 模型当中,进而构建起建筑的“数字孪生体”。这样的可视化且动态的数据集成能够让管理者清楚直观地知晓建筑各个系统的运行状况与性能指标,及时察觉到异常情况并展开有针对性的调整,达成对建筑性能的持续改进。就好比在能源管理这块, BIM 模型能够关联上实时能耗数据,凭借对比不同区域、不同时间段的能耗曲线,找出高能耗设备或者运行不合理的系统,由此为节能改造给予科学依据;在结构监测这方面,传感器所采集的应变、位移等数据可以和 BIM 模型联动起来,助力管理人员评估建筑结构的健康状况并预测潜在的风险。

##### 4.3 能源管理和可持续性考虑

在建筑处于运营阶段的时候, BIM 技术于能源管理

以及可持续性方面的考量都发挥着颇为关键的作用。其借助将建筑的设计信息、施工信息还有运维信息整合到同一个统一的数字化平台之上,进而达成对能源消耗情况的可视化呈现、相关分析以及后续的优化操作<sup>[4]</sup>。BIM 模型是能够同能源管理系统也就是 EMS 以及物联网设备实现连接的,如此一来便能实时去采集建筑各个系统当中电力、采暖、制冷、照明还有水资源消耗的具体数据,并且凭借对这些数据展开分析以及运用仿真手段预测能源使用的趋势走向,进而助力管理者精准识别出那些高能耗的区域,同时还能优化设备的运行策略并且制定出相应的节能方案。除此之外, BIM 技术还能够对可持续性指标予以量化评估,像建筑碳排放情况、用水效率高低、材料是否循环利用以及室内环境质量如何等等,通过模拟不同运营策略下环境影响所发生的种种变化,从而为节能减排以及绿色建筑改造等相关事宜提供具有一定科学性的依据。

#### 5 结语

BIM 技术于建筑工程管理而言,已然发挥出了颇为重要的作用,其贯穿了从设计、施工直至运营的整个全生命周期过程,切实有效地提升了工程管理方面的效率以及质量水平。在设计这个阶段当中,它达成了可视化建模这一成果,并且能够开展冲突检测工作,如此一来便进一步增强了设计所具备的准确性以及协同方面的能力。而在施工阶段,它能够给予进度控制相关事宜以有力支持,同时也可助力施工模拟工作的展开,并且对于资源优化同样有着推动作用,进而使得施工的可控性得以提高,效率也得到了提升。到了运营阶段,它又为设施管理、性能监测以及能源管理等提供了相应的数据支撑,有力地促进建筑运行朝着智能化的方向发展,同时也为其可持续发展给予了助力。BIM 技术的应用不但对传统管理模式进行了优化,而且还为建筑行业在数字化转型以及精细化管理方面提供了强有力的支撑,推动着工程管理向着更为科学、更加高效且可持续发展的方向不断迈进。

#### [参考文献]

- [1]谭霖俊.BIM 技术在建筑工程管理中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2025(25):54-56.
- [2]郑泽海.BIM 技术在建筑工程管理中的实践应用[J].城市建筑空间,2025,32(1):199-200.
- [3]刘斌,李本奎.BIM 技术在建筑工程项目管理中的应用[J].住宅与房地产,2025(20):59-61.
- [4]沈凯.BIM 技术在建筑工程管理中的应用与效益分析[J].城市建设,2025(6):30-32.

作者简介:梁凯(1997.6—),男,广东技术师范大学天河学院,工程造价,广东威朗工程咨询有限公司,造价高级主管,助理工程师。

## 浅谈建筑工程项目风险管理及控制

李月 王力

陕西西咸新区泾河新城城市建设投资有限公司, 陕西 西安 713700

[摘要]建筑工程项目在当今社会建设进程中占据着极为关键的地位,其自身所具有的复杂性以及多环节的特点,使得项目管理风险的存在难以避免。在建筑工程中,风险管理一方面关乎工程质量、安全、进度以及成本控制,另一方面还对项目的经济效益以及社会价值产生着直接的影响。文中从建筑工程项目管理风险类型着手,针对标价、设计、信息、合同以及安全等主要风险展开系统的分析,同时进一步探讨应对不同风险的控制办法,如提高风险防控方面的意识、制定出合理的风险转移方案以及完善信息管理系统等。通过开展针对建筑工程项目风险管理的相关研究与分析工作,为实际的工程管理提出可操作性的参考策略,推动建筑行业管理水平提升,使工程建设项目趋向于低风险、高效率、可持续发展的状态。

[关键词]建筑工程;风险管理;控制

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17806

中图分类号: F284

文献标识码: A

### Brief Discussion on Risk Management and Control of Construction Projects

LI Yue, WANG Li

Shaanxi Xixian New Area Jinghe New City Urban Construction Investment Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 713700, China

**Abstract:** Construction projects play a crucial role in the current social construction process, and their complexity and multi link characteristics make it difficult to avoid project management risks. In construction engineering, risk management is not only related to project quality, safety, progress, and cost control, but also has a direct impact on the economic benefits and social value of the project. Starting from the types of risks in construction project management, this article conducts a systematic analysis of the main risks such as pricing, design, information, contracts, and safety. At the same time, it further explores control measures to address different risks, such as raising awareness of risk prevention and control, developing reasonable risk transfer plans, and improving information management systems. By conducting relevant research and analysis on risk management in construction projects, actionable reference strategies are proposed for actual engineering management, promoting the improvement of management level in the construction industry and making construction projects tend towards low-risk, high-efficiency, and sustainable development.

**Keywords:** construction projects; risk management; control

### 引言

建筑工程项目有着建设周期长、投资规模大、流程复杂、涉及的主体种类繁多等特点,在项目具体实施过程中,往往会面临各式各样的潜在风险。随着社会经济持续发展以及建筑行业快速扩张,工程项目的规模以及技术方面的要求都在不断地提高,相应的管理难度也随之上升。在这样的大背景之下,建筑工程项目的风险管理已然成为保障工程顺利实施的重要环节。风险管理最为关键之处就在于要借助科学合理的方法以及系统完备的措施,对项目有可能会出现的 uncertain 因素予以识别、评估并加以控制,进而确保施工的质量、安全、进度以及成本方面的目标都能够顺利达成。本文着重围绕建筑工程项目风险管理类型以及相关的控制措施展开,期望通过对标价风险、设计风险、信息风险、合同风险以及安全风险的探讨,提出一些切实可行的风险控制策略,给建筑工程风险管理提供相应的理论依据,进一步促使建筑行业在复杂多变的环境状况之下实现高效的发展,项目管理水平得以不断提升。

### 1 建筑工程项目的风险管理

各行各业都有各自的特点,风险管理涉及各行业和多领域。建筑行业中工程项目的风险管理是各行业中最典型,同时也是最复杂的。建筑工程项目的风险管理是指在标准范围内,对建筑工程的施工质量、施工安全、施工工期和施工成本进行科学有效的管理,预估风险的发生,之后进行风险管理方案的选取和制定,从而进一步对建筑工程项目进行风险管理控制。随着我国建筑行业不断完善相关的法律法规,这些法律法规为建筑工程项目的风险管理提供了一定依据,例如《建筑法》《合同法》《招标投标法》等。然而由于我国建筑行业的管理手段、管理思想、管理方法仍存在一定缺陷,建筑工程项目管理体系仍不够完善,建筑工程项目风险管理与发达国家相比仍存在一定的差距。因此,为了保证建筑工程的质量和经济效益,必须对建筑工程项目的风险进行控制,从而进一步推动建筑行业的不断发展。

### 2 建筑工程项目风险管理类型

#### 2.1 标价风险

标价风险指的是在建筑工程项目开展招投标活动以

及处于施工阶段期间,因为预算编制不够精准、市场价格出现波动或者存在估算方面的偏差等原因所引发的一种经济层面的风险。建筑工程项目当中涉及到的材料、人工、设备以及其他诸多成本方面的因素是较为复杂且多变的,而标价的准确性会直接影响到项目成本的把控以及企业的经济效益。如果项目标价设定过低,那么企业在施工过程中就有可能遭遇资金不足的困境或者是盈利水平降低的风险;倘若标价定得过高,就很可能丧失掉竞争优势,导致投标失败几率大大增加。标价风险会受到市场相关因素的作用,需要综合考虑历史数据、市场走势还有项目自身的特点来制定更为精确的预算方案以及报价方案。

## 2.2 设计风险

设计风险指的是在建筑工程项目前期设计阶段,由于设计方案不够严谨、设计频繁变更或设计施工脱节等原因,可能出现的一些潜在风险。设计阶段是建筑工程项目实施的根基,如果设计方面存在缺陷,在施工的时候就可能出现质量问题,还可能导致工期拖后,或者成本增加,严重的甚至会影响到整个工程的功能和使用效果。设计风险涉及的方面主要有结构、施工工艺还有材料选择等技术层面的问题,也包括工程的功能性、经济性以及可实施性等方面的问题。例如,结构设计如果不符合现场实际情况,将会增大施工的难度,造成资源浪费,还可能在一定安全隐患。再如,功能设计如果无法满足使用者的需求,工程后期的使用效率就会受影响,客户满意度也得不到保证。所以,要想有效地管理设计风险,项目团队就需要在设计阶段加强各个专业、参建各方之间的沟通协调,全面评估设计方案的可行性、合理性,还需借助模拟分析、方案优化、专家论证以及多轮方案评审等手段,有效降低潜在的风险,保证工程能在施工阶段顺利、高效地完成,达成预期的建设目标。

## 2.3 信息风险

信息风险是指在建筑工程项目管理过程中,因信息传递出现阻滞、数据存在缺失或者信息系统不够完备等情况所滋生出的潜在风险。建筑工程项目牵涉到的参与方数量众多,如建设单位、设计单位、施工单位、监理单位还有供应商等,各方在项目实施过程中都在持续不断地开展交流并且共享信息,如此这般信息流动使得信息风险变成项目管理环节不容忽视的关键风险要素。信息如果无法及时更新、出现滞后情况或者存在错误,很可能导致管理决策失误、施工进度延误、资源浪费或者成本增加,与此同时还会让项目的协调工作难度加大以及管理方面的压力增大。例如,项目施工计划发生了变更,倘若没有及时将这一变更情况传达给相关部门,极有可能会出现施工材料提前或者延迟采购的状况,进而对工程进度以及质量造成影响。要降低信息风险,项目管理团队应当构建起科学且系统的信息化管理体系,保证各方信息可以做到实时、准确

并且透明地传递与共享,同时通过明确各自的责任、规范相关的流程以及完善相应的制度来进一步强化信息管理工作。除此之外,还应当充分借助现代化的信息技术手段,如建筑信息模型(BIM)、项目管理软件、数据分析工具以及云平台等,达到信息的可追溯管理、动态监控以及实时共享,以此来提升项目管理的效率、强化风险预警的能力,并且为科学决策提供可靠的依据,确保建筑工程项目能够在复杂环境下顺利、高效地实施。

## 2.4 合同风险

合同风险指的是在建筑工程项目建设期间,因合同条款不够清晰明确、权责分配不合理或者在合同履行过程中出现争议等情况而产生的风险。合同是项目管理中极为重要的法律依据以及经济依据,它的完整性以及规范性跟项目能否顺利实施还有各方权益能否得到妥善维护都有着极为密切的关系。合同风险包含合同条款和实际工程不匹配、合同义务履行不够清晰明确、付款及结算方式存在漏洞等问题,合同风险容易引发各类纠纷、索赔甚至法律诉讼,这无疑会增加项目的成本开支以及管理方面的难度。要想有效地对合同风险加以管理,就需要在合同制定阶段充分考量项目自身的特点、双方各自的权责以及风险该如何分配等方面的问题,通过明确各项条款、合理安排履约保证措施、建立合同变更管理机制、强化法律方面的审查等一系列举措,确保合同的可执行性及可控性,进而切实保障项目能够顺利地实施以及企业的经济利益得以维护。

## 2.5 安全风险

安全风险在建筑工程施工过程中广泛存在,原因在于建筑工程施工环境较为复杂、作业危险系数大、专业交叉多、安全管理举措易落实不到位等,极易导致安全事故的发生,因此施工安全一直都是项目管理极为看重的核心要点。安全风险涵盖的范围不仅包括人员伤亡、设备损坏、财产损失,而且还可能给工程进度、成本以及企业的信誉造成严重影响。对于建筑工程项目安全风险的管理,需要构建起严格的的安全管理制度,开展风险辨识以及风险评估工作,同时还要制定出应急预案,借助培训、现场检查、采取技术措施以及推动安全文化建设等多种途径降低风险发生水平。除此之外,对安全风险展开动态的监控以实时掌握风险变化的情况并采取各项策略,确保安全风险管理工作达到预期目标,保障建设项目顺利推进。

## 3 建筑工程项目风险管理控制措施

### 3.1 提升风险防控意识

在建筑工程项目管理领域,提升风险防控意识可算是所有管理举措能够顺利施行的根基所在。项目管理团队以及各参与方都需充分知晓风险存在的普遍性及其潜在影响,并且把风险防控融入到项目整个过程管理里面去<sup>[1]</sup>。这就需要企业以及项目管理人员一方面要留意工程的施工品质、成本把控以及进度安排,另一方面也要着重去提

升对于潜在风险的预判能力以及应对能力。借助定期开展的培训活动、相互间的经验分享以及针对风险案例展开的分析工作,能够在一定程度上强化团队成员对于风险的敏锐感知程度以及应对处置能力,进而让风险管理理念渗透到工程项目的每一个具体环节之中,最终形成一种主动防控风险、提前预警风险的风险管理氛围,以此达成对风险的有效掌控并顺利达成项目建设目标。

### 3.2 风险转移与方案优化

风险转移以及方案优化是把控建筑工程项目风险的关键举措。通过对风险管理责任的合理分配和转移,以及对资源配置的优化处理,便可在降低风险水平之余,确保项目的经济效益得以维持。风险转移主要包括借助合同条款、保险方面的机制或者开展外包合作等方式,把特定的风险从企业或者项目主体转移到其他能够承受风险的一方身上,有效缓解自身面临的压力<sup>[2]</sup>。而方案优化就涉及到针对施工方案、材料采购、工序安排等诸多环节展开科学且周密的设计,从而让项目在资源的利用情况、时间的安排状况以及施工的方法运用等方面都能尽可能达到最优方案。通过风险转移与方案优化,项目管理便能够在确保安全以及质量的基础上,减少潜在可能出现的风险损失,使风险处于可控状态,提升工程的运转效率。

### 3.3 完善风险信息管理系统

完善的信息化管理系统对于建筑工程项目风险控制而言,是技术方面的有力支撑,其可在复杂的工程环境状况下对各类风险开展较为完备的风险监控同时明确管理的目标。随着工程项目复杂程度的不断提升以及参与方数量的持续增多,信息流动的及时性、准确性以及完整性已然成为项目风险控制的关键前提条件<sup>[3]</sup>。借助构建集成且系统的信息管理平台,项目团队一方面能够实时对施工进度、材料供应、成本数据以及风险事件加以监控,另一方面还能够针对潜在出现的问题开展科学层面的分析并发出预警,进而为管理决策提供较为可靠的依据和参考。系统化的信息管理不仅能够促使各方的数据共享,大幅提升

沟通效率,减少信息滞后及误差情况的发生,而且还能凭借数据可视化、模型分析以及智能预警等方式,把潜在的风险转变为能够量化的管理指标。运用现代信息技术手段,如建筑信息模型(BIM)、项目管理软件、大数据分析以及云平台技术等,可实现各类风险信息的集中化管理、动态更新以及闭环式反馈,以此提升项目风险应对的主动性、精准度以及可操作性,确保建筑工程项目在保证质量和安全的基础上顺利推进,同时为项目经济效益以及管理效率的提升筑牢坚实的基础。

## 4 结语

建筑工程项目风险管理属于项目管理中极为重要的一环,完善的风险管理能够保障工程项目的顺利推进,进而促使项目经济效益得以实现。项目主要风险包括标价风险、设计风险、信息风险、合同风险以及安全风险等,都需经过细致的分析。通过采取诸如提升风险防控意识、精心设计风险转移以及方案优化、不断完善风险信息管理系统等一系列控制举措,项目管理便能够达成科学、系统且行之有效的风险控制效果。风险管理不单单是项目管理所采用的一种技术手段,实际上它还是企业管理文化以及组织能力的一种颇为重要的呈现形式。随着建筑技术以及信息化手段不断发展,建筑工程项目的风险管理将会更趋精细化、智能化、系统化,为工程项目高效、安全的实施给予强有力的保障,从而推动建筑行业管理水平不断迈上新的台阶。

### 【参考文献】

- [1]张磊.建筑工程项目管理风险控制措施研究[J].砖瓦,2021(7):96-98.
- [2]潘彦华.建筑工程项目管理中风险识别、评估与控制策略研究[J].城市建筑,2025,22(2):230-232.
- [3]高龙.建筑工程项目资金管理与风险控制策略探讨[J].财经界,2025(1):39-41.

作者简介:李月(1992.9—),毕业院校:西北工业大学,所学专业:工程管理,当前就职单位:陕西西咸新区泾河新城城市建设投资有限公司,职称级别:工程师。

# 信息化背景下设备工程招投标全过程管理探讨

张志勤

河南中意招标有限公司焦作招标处, 河南 焦作 454100

[摘要]随着信息技术的飞速发展, 各行各业都在经历着深刻的数字化变革, 设备工程招投标领域也不例外。传统的设备工程招投标管理模式存在流程繁琐、信息不透明、效率低下、监管困难等诸多问题, 已难以满足当前行业高质量发展的需求。本文以信息化背景为切入点, 深入探讨设备工程招投标全过程管理的现状与问题, 分析信息化技术在招投标各阶段的应用价值, 并提出基于信息化的招投标全过程管理优化策略, 旨在为提升设备工程招投标管理的科学性、规范性和高效性提供参考, 推动设备工程招投标行业朝着数字化、智能化方向转型升级。

[关键词]信息化; 设备工程; 招投标; 全过程管理; 优化策略

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17779

中图分类号: TU71

文献标识码: A

## Discussion on the Whole Process Management of Equipment Engineering Bidding under the Background of Informatization

ZHANG Zhiqin

Jiaozuo Tendering Office of He'nan Zhongyi Tendering Co., Ltd., Jiaozuo, He'nan, 454100, China

**Abstract:** With the rapid development of information technology, various industries are undergoing profound digital transformation, and the field of equipment engineering bidding is no exception. The traditional equipment engineering bidding management model has many problems such as cumbersome processes, opaque information, low efficiency, and difficult supervision, which are no longer able to meet the needs of high-quality development in the current industry. This article takes the background of informatization as the starting point, deeply explores the current situation and problems of the whole process management of equipment engineering bidding, analyzes the application value of information technology in various stages of bidding, and proposes optimization strategies for the whole process management of bidding based on informatization. The aim is to provide reference for improving the scientific, standardized, and efficient management of equipment engineering bidding, and promote the transformation and upgrading of the equipment engineering bidding industry towards digitization and intelligence.

**Keywords:** informationization; equipment engineering; bidding; whole process management; optimization strategy

### 引言

设备工程招投标是设备采购与工程建设领域资源配置的重要方式, 其管理质量直接关系到项目的成本控制、质量保障和进度推进。在传统模式下, 设备工程招投标从招标策划、文件编制、信息发布, 到投标响应、评标定标、合同签订等各个环节, 大多依赖人工操作和纸质化流转, 不仅耗时耗力, 还容易出现信息不对称、人为干预、暗箱操作等风险, 严重影响招投标的公平性和公正性。近年来, 随着大数据、云计算、人工智能、区块链等新一代信息技术的不断涌现和普及, 为设备工程招投标全过程管理带来了新的机遇。信息化技术能够打破信息壁垒, 实现招投标信息的实时共享; 能够简化流程, 提高管理效率; 能够强化监管, 保障招投标过程的透明化和规范化。因此, 深入研究信息化背景下设备工程招投标全过程管理, 对于解决传统管理模式的痛点, 提升行业整体竞争力具有重要的现实意义。

### 1 传统设备工程招投标全过程管理的问题分析

#### 1.1 招标阶段: 流程繁琐, 信息发布渠道单一

在传统招标阶段, 招标单位需要耗费大量的时间和人

力进行招标策划, 包括确定招标范围、编制招标文件等工作。由于缺乏标准化的模板和信息化工具支持, 招标文件编制往往存在内容不规范、条款不清晰等问题, 容易引发后续的纠纷。同时, 招标信息的发布主要依赖于传统媒体(如报纸、杂志)或特定的线下平台, 发布渠道单一, 覆盖面有限, 导致一些潜在的优质投标单位无法及时获取招标信息, 降低了招投标的竞争程度。

#### 1.2 投标阶段: 资料提交复杂, 响应效率低

投标单位在参与设备工程投标时, 需要按照招标单位的要求提交大量的纸质资料, 包括营业执照、资质证书、财务报表、技术方案、报价文件等。这些资料的整理和装订工作繁琐, 耗费大量的时间和精力。而且, 由于纸质资料的传递速度慢, 容易出现延误、丢失等问题, 影响投标单位的响应效率。此外, 投标单位之间难以实现有效的信息沟通和协同, 无法及时了解招标信息的变更情况, 导致投标文件存在偏差, 增加了投标失败的风险。

#### 1.3 评标阶段: 人为因素干扰大, 评标效率低

传统的评标过程主要依赖于评标专家的人工评审, 评

标专家需要阅读大量的纸质投标文件,对投标单位的资质、技术方案、报价等进行综合评价。由于评标专家的专业水平、经验、主观偏好等存在差异,容易导致评标结果出现偏差,甚至出现人为干预的情况,影响招投标的公平性。同时,人工评审的效率低下,尤其是在投标单位数量较多、投标文件复杂的情况下,评标周期长,无法及时完成评标工作,影响项目的整体进度。

#### 1.4 定标与合同签订阶段:信息追溯难,履约监管薄弱

在定标阶段,传统模式下缺乏有效的信息记录和追溯机制,定标过程的透明度不高,容易引发投标单位的质疑和投诉。在合同签订阶段,由于缺乏信息化的合同管理平台,合同条款的起草、审核、签订等流程繁琐,合同信息的存储和查询不便。此外,在合同履行过程中,无法实时跟踪项目的进展情况,对投标单位的履约情况监管薄弱,容易出现违约现象,影响项目的质量和进度。

### 2 信息技术在设备工程招投标全过程管理中的应用价值

#### 2.1 提升信息透明度,保障公平竞争

信息化技术能够搭建统一的设备工程招投标信息平台,将招标信息、投标信息、评标信息、定标信息等全部公开透明地展示在平台上,实现招投标信息的实时共享。投标单位可以通过平台及时获取准确的招标信息,避免因信息不对称而错失投标机会。同时,监管部门也可以通过平台对招投标全过程进行实时监控,有效防止人为干预、暗箱操作等违法行为,保障招投标的公平竞争环境。

#### 2.2 简化流程,提高工作效率

借助信息化工具,设备工程招投标的各个环节都可以实现数字化、自动化处理。在招标阶段,招标单位可以利用平台提供的标准化模板快速编制招标文件,并通过平台一键发布招标信息;在投标阶段,投标单位可以在线提交电子投标文件,避免了纸质资料的繁琐传递;在评标阶段,评标专家可以通过电子评标系统在线阅读投标文件、进行评分和撰写评标报告,大大缩短了评标时间;在定标与合同签订阶段,通过信息化平台可以快速完成定标流程和合同签订工作,实现合同信息的电子化存储和查询。这些都极大地简化了管理流程,提高了招投标工作的效率。

#### 2.3 强化风险管控,降低管理成本

信息化技术能够对设备工程招投标全过程风险进行实时识别、评估和预警。例如,通过大数据分析技术可以对投标单位的资质、信用记录、财务状况等进行全面审查,及时发现潜在的风险隐患;利用区块链技术可以实现招投标信息的不可篡改和全程追溯,保障信息的真实性和完整性,防止投标文件被篡改、评标结果被操纵等风险。同时,信息化管理模式减少了纸质资料的使用和人工操作环节,降低了招投标过程中的人力、物力和财力成本,提高了项目的经济效益。

#### 2.4 优化资源配置,提升项目质量

通过信息化平台,招标单位可以吸引更多潜在的优质投标单位参与投标,扩大了选择范围,有利于选择到资质过硬、技术先进、报价合理的投标单位,实现资源的优化配置。同时,在招投标全过程中,信息化技术能够对投标单位的技术方案、产品质量等进行严格把关,确保中标单位能够按照招标文件的要求提供合格的设备和服务,从而提升设备工程项目的整体质量。

### 3 信息化背景下设备工程招投标全过程管理优化策略

#### 3.1 搭建一体化信息化管理平台

构建覆盖设备工程招投标全过程的一体化信息化管理平台,整合招标管理、投标管理、评标管理、定标管理、合同管理、履约监管等功能模块,实现各环节信息的无缝对接和协同共享。平台应具备以下功能:一是招标信息发布功能,支持招标单位在线发布招标公告、招标文件等信息,并提供信息推送服务,确保潜在投标单位及时获取;二是电子投标功能,允许投标单位在线编制、提交电子投标文件,支持文件的加密、解密和验证,保障投标文件的安全性和完整性;三是电子评标功能,为评标专家提供在线评审工具,实现投标文件的自动比对、评分计算和评标报告生成,减少人为因素干扰;四是合同管理功能,提供标准化合同模板,支持合同的在线起草、审核、签订和归档,实现合同信息的实时查询和跟踪;五是履约监管功能,通过物联网、大数据等技术实时监控项目进展情况,对投标单位的履约情况进行评估和预警,确保项目按时、按质完成。

#### 3.2 加强招投标信息标准化建设

制定统一的设备工程招投标信息标准,规范招标信息、投标信息、评标信息等的格式和内容,确保信息的准确性、完整性和一致性。一方面,统一招标文件的编制标准,明确招标文件应包含的条款、技术参数、评标方法等内容,避免因招标文件不规范而引发纠纷;另一方面,统一投标文件的提交标准,规定投标文件的组成、格式和提交时间,方便招标单位和评标专家进行评审。同时,建立招投标信息共享机制,推动不同地区、不同行业的招投标信息平台互联互通,实现信息的跨区域、跨行业共享,打破信息壁垒,扩大招投标信息的覆盖面,提升招投标的竞争程度。

#### 3.3 应用先进信息技术提升管理水平

大数据技术:利用大数据技术对设备工程招投标全过程产生的海量数据进行分析 and 挖掘,为招投标管理提供决策支持。例如,通过分析历史投标数据、评标数据等,预测投标单位的报价趋势和中标概率,为招标单位制定合理的招标控制价提供参考;通过分析投标单位的信用记录、履约情况等数据,建立投标单位信用评价体系,为招标单位选择优质投标单位提供依据。

**区块链技术:**将区块链技术应用于设备工程招投标全过程,实现招投标信息的不可篡改和全程追溯。利用区块链的分布式账本特性,将招标公告、招标文件、投标文件、评标结果、合同签订等信息实时记录在区块链上,所有参与方都可以对信息进行查看和验证,确保信息的真实性和透明度。同时,区块链技术还可以防止投标文件被篡改、评标专家舞弊等行为,保障招投标过程的公平性和公正性。

**人工智能技术:**引入人工智能技术提升设备工程招投标管理的智能化水平。例如,利用自然语言处理技术对招标文件和投标文件进行自动分析,提取关键信息,辅助评标专家进行评审;利用机器学习技术对评标过程进行模拟和优化,提高评标效率和准确性;利用智能推荐算法根据招标项目的需求和投标单位的资质、业绩等信息,为招标单位推荐合适的投标单位,减少招标单位的选择成本。

### 3.4 完善招投标监管机制

建立健全基于信息化的设备工程招投标监管机制,加强对招投标全过程的动态监管。一方面,构建多部门协同监管体系,整合发改、住建、市场监管等部门的监管资源,实现监管信息的共享和联动,形成监管合力;另一方面,利用信息化平台对招投标过程进行实时监控,通过设置预警指标,及时发现和处理招投标过程中的异常行为,如围标串标、虚假投标等。同时,建立招投标信用监管体系,将投标单位、招标代理机构、评标专家等参与方的信用信息纳入信用平台,实行信用分级分类管理,对失信行为进行联合惩戒,营造良好的招投标市场环境。

## 4 信息化背景下设备工程招投标全过程管理面临的挑战与发展方向

### 4.1 面临的挑战

**技术安全风险:**信息化管理平台涉及大量的敏感信息,如投标单位的商业秘密、招标项目的核心技术参数等,存在信息泄露、网络攻击等技术安全风险。一旦发生安全事件,不仅会给参与方造成经济损失,还会影响招投标的正常秩序。

**人员技术素养不足:**部分招投标参与方(如招标单位、投标单位的工作人员,评标专家等)的信息化技术素养较低,缺乏对信息化管理平台和相关技术的操作能力,无法充分发挥信息化技术的优势,影响了招投标全过程管理的信息化水平。

**法律法规滞后:**目前,我国关于设备工程招投标信息管理的法律法规还不够完善,对电子投标文件的法律效力、电子评标过程的监管、区块链技术应用的规范等方面缺乏明确的规定,导致信息化招投标过程中存在法律风险。

### 4.2 发展方向

**加强技术安全保障:**加大对信息化管理平台技术安全

的投入,采用先进的加密技术、防火墙技术、入侵检测技术等,保障平台的信息安全和运行稳定。同时,建立健全信息安全管理,加强对工作人员的信息安全培训,提高信息安全意识。

**提升人员技术素养:**开展针对性的信息化技术培训,提高招投标参与方的技术操作能力和信息化管理水平。例如,组织招标单位和投标单位的工作人员学习信息化管理平台的使用方法;对评标专家进行电子评标系统和相关信息技术的培训,确保其能够熟练开展评标工作。

**完善法律法规体系:**加快制定和完善设备工程招投标信息管理的法律法规,明确电子投标文件、电子合同的法律效力,规范电子评标、区块链技术应用等行为,为信息化招投标全过程管理提供法律保障。

**推动智能化升级:**随着人工智能、物联网等技术的不断发展,设备工程招投标全过程管理将朝着更加智能化的方向发展。未来,将实现招投标需求的智能分析、投标单位的智能筛选、评标过程的智能决策、合同履约的智能监管等,进一步提升招投标管理的效率和质量。

## 5 结论

在信息化背景下,设备工程招投标全过程管理面临着传统模式带来的诸多问题,但同时也迎来了借助信息技术实现转型升级的机遇。通过搭建一体化信息化管理平台、加强信息标准化建设、应用先进信息技术、完善监管机制等策略,可以有效解决传统管理模式的痛点,提升设备工程招投标管理的透明度、效率和质量,保障招投标的公平竞争。虽然在信息化发展过程中还面临技术安全、人员素养、法律法规等方面的挑战,但随着技术的不断进步和制度的不断完善,设备工程招投标全过程管理必将朝着数字化、智能化、规范化的方向不断发展,为设备工程行业的高质量发展提供有力支撑。

### 【参考文献】

- [1]易胜兰.信息化环境下工程项目全过程管理的困境与优化路径[J].房地产导刊,2025(13).
- [2]宁书亮.新型信息化技术背景下声像档案全过程管理变革的思考与实践[J].华东纸业,2025(8).
- [3]姜自松.建筑工程造价的信息化管理研究[J].当代管理,2025,8(4).
- [4]李莹.信息化背景下事业单位财务精细化管理研究[J].中国管理信息化,2025,28(12):43-45.
- [5]张玲玉.信息化背景下企业管理会计的应用探讨[J].中国市场,2025(20).

作者简介:张志勤(1980.9—),学历:本科,毕业院校:国家开放大学,所学专业:工商管理,目前职称:中级经济师。

## 绿色建筑设计在建筑施工中的应用研究

邓 思

江西省商业建筑设计院有限公司, 江西 南昌 330000

[摘要]随着生态文明建设持续推进以及可持续发展战略深入施行,绿色建筑设计已然成为建筑行业实现高质量发展的关键核心指向。在建筑施工这个阶段当中,将绿色设计理念融入其中,一方面使得工程的生态环保程度得以提升,另一方面也有助于资源节约型以及环境友好型施工模式逐步建立起来。文章着重围绕绿色建筑设计在施工阶段的具体应用途径来展开相关分析,并且对绿色设计所带来的生态效益、经济效益以及可持续发展效益等多重效益加以评估。希望能够为建筑施工领域迈向绿色转型给予相应的理论支撑以及实践方面的指引。

[关键词]绿色建筑设计; 建筑施工; 应用

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17810

中图分类号: F407

文献标识码: A

## Research on the Application of Green Building Design in Construction

DENG Si

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

**Abstract:** With the continuous promotion of ecological civilization construction and the deepening implementation of sustainable development strategies, green building design has become a key core direction for the construction industry to achieve high-quality development. Incorporating green design concepts into the construction phase not only enhances the ecological and environmental protection level of the project, but also helps to gradually establish a resource-saving and environmentally friendly construction mode. The article focuses on the specific application approaches of green building design in the construction phase to conduct relevant analysis, and evaluates the multiple benefits brought by green design, such as ecological benefits, economic benefits, and sustainable development benefits. I hope to provide theoretical support and practical guidance for the green transformation of the construction industry.

**Keywords:** green building design; construction of buildings; application

### 引言

近些年来,全球建筑业一边快速地发展着,另一边却面临着颇为严重的资源以及环境方面的压力。在传统建筑施工的过程当中,存在着能源消耗的量颇多、材料出现较为严重的浪费情况以及环境污染的情况比较突出等一系列问题,迫切地需要借助科学的手段来达成转型升级的目标。绿色建筑设计属于一种把生态理念、可持续发展的目标以及先进技术融合到一起的综合性设计方式,在建筑施工的整个过程当中占据着极为关键的地位。它着重于在设计的阶段充分地考量建筑生命周期里资源利用的效率,并且通过采用节能环保的材料,让可持续的理念贯穿施工的始终。本文在对绿色设计理念和传统施工模式二者之间的差异加以分析的基础之上,接着去评估绿色建筑设计所带来的整体效益,从而促使建筑业能够实现绿色、高效并且智能的发展目标。

### 1 绿色建筑设计原则

绿色建筑设计原则是实现可持续建筑发展目标的重要指导方针,其核心在于协调建筑与自然环境间的关系,最大限度地降低资源消耗和环境影响。绿色建筑设计强调节能、节水、节材以及环保的基本要求,并注重可再生资

源的利用和废弃物的循环再生。设计过程中需以健康、舒适和高效的居住空间为目标,坚持以人为本的理念,确保建筑满足功能性与环境友好性双重需求。绿色设计注重建筑全生命周期的资源利用效率,从选址规划到施工和运营,均需体现对生态系统的保护。通过合理的空间布局、优化的材料选择及创新的设计思路,从源头上实现生态、经济和社会效益的统一,为提升建筑的可持续性能奠定基础。

### 2 绿色建筑设计在施工阶段的应用路径

#### 2.1 节能降耗导向的施工设计整合

在建筑施工这一阶段当中,绿色设计理念凭借对施工流程以及建筑构造加以整体性的统筹安排,有力地推动了节能降耗实实在在地得以实现。传统施工设计时常会忽略能耗管理所具有的前置特性,然而绿色建筑却着重于从设计的初始源头开始着手,借助建筑朝向方面的考量、结构布局的安排、围护系统的优化等一系列手段,促使建筑整体的能耗水平得以降低。就好比说,在开展施工图深化设计相关工作的时候,运用建筑能效模拟技术便能够对采光路径以及通风路径予以优化,进而使得对人工照明以及空调系统的依赖程度有所减少。与此绿色设计还着重强调要对施工设备以及施工工艺的能效比做出优化处理,通过去

挑选那些效能较高的机械设备、尽可能地缩短作业流程所花费的时间、科学合理地安排施工节拍等方式,切实有效地减少了能源方面的浪费情况。在实际的具体实践过程当中,像节能型模板系统、预制构件的应用等这类技术手段也渐渐地变得普遍起来,由此达成了施工现场在能源使用方面有较为显著的降低效果。所以说,以节能降耗为导向来对施工设计加以整合,这不仅仅是单纯的技术手段层面的革新变化,更是体现出建筑设计、施工组织以及施工技术之间的一种深度协同配合的状态。

## 2.2 环保材料与绿色结构体系的应用

绿色建筑施工着重于材料的环保特性以及结构系统的可持续特点。在绿色设计所给予的指导之下,建筑施工往往会更加偏好去选用那种低碳的、能够再生的、没有毒害作用且寿命周期比较长的建筑材料,像高性能保温材料、再生混凝土、节水型管道系统还有可降解装饰材料等等。这些材料在实际运用的过程当中,一方面能够把环境负荷减少掉,另一方面也能够让建筑的整体能效得以提升。除此之外,像轻钢结构、装配式结构这类绿色结构体系,在施工环节当中也被广泛地采用起来。如此一来,既节省了资源,又让施工周期有所缩短,并且还使得施工现场的扬尘以及噪声污染都得到了一定程度的削减。从设计层面来讲,借助 BIM 技术来针对材料用量以及结构稳定性展开精准的模拟与分析,进而达成资源的优化配置以及结构性能的最大化状态。环保材料的选择跟绿色结构体系的相互配合,一方面提高了建筑施工当中的绿色含量,另一方面也为相关项目带来了更为长远的运维方面的优势以及经济方面的收益,有力地推动了建筑业从传统的粗放型模式朝着绿色集约型模式去转变。

## 2.3 绿色施工工艺与流程优化

绿色设计理念于施工过程中呈现为对工艺流程予以系统性优化以及促使施工方式完成绿色转型。在传统施工环节当中,作业流程往往杂乱无章,资源浪费情况颇为严重,然而绿色施工则着重于全过程的把控以及精细化的管理事宜。绿色施工流程的优化在施工组织设计的初始阶段便有所体现,借助科学且合理的安排施工顺序、分配作业面,同时协调各个工种交叉作业的时间安排,如此一来便有效地缓解了现场资源出现冲突的状况以及减少了材料的浪费情况。在具体工艺层面而言,绿色施工更加侧重于运用那些环保且低碳的工艺,比如采用干式作业来取代传统的湿作业,又或者用低噪施工设备去替换以往的高噪声机械等等,这些工艺手段不但对施工环境起到了改善的作用,而且还在一定程度上提升了作业的效率。与此在施工的整个过程中,对于建筑垃圾的分类回收以及再利用给予了重点关注,通过设置专门的回收通道以及分拣系统,进而达成资源的闭环管理模式。绿色施工工艺以及流程经过优化之后,使得施工现场变得更为整洁且高效,强有力

地保障了工程质量以及生态环保这两方面的双重目标能够得以实现。

## 2.4 智能化管理与信息技术协同支持

智能化手段以及信息技术的引入,这无疑成为了绿色建筑施工方面极为突出的一个亮点所在。依照绿色设计所秉持的理念来看,在施工阶段正逐步朝着以数据驱动当作核心要义的那种智能管理模式去转变。凭借 BIM 也就是建筑信息模型技术,能够达成施工进度、材料管理、能耗控制等诸多不同维度方面的数字化协同效果,如此一来,不但让施工效率得到了提升,而且还强化了绿色设计方案所具备的可控性以及落地实施的可能性。接着,随着物联网技术融入其中,使得施工现场针对环境的监测工作变得更加精准了,就好比扬尘监测、噪声管理、水资源使用情况的统计等方面,依靠实时的数据分析,能够及时地对施工行为做出调整,以此尽力将环境受到的扰动降到最低程度。与此绿色建筑信息系统能够对设计、采购、施工直至验收整个全过程的信息加以整合,进而实现对全过程绿色指标展开追踪以及反馈的功能。智能化的管理方式促使绿色建筑设计不再仅仅停留在图纸所呈现的那个层面,而是在施工现场依靠可视化、精细化且形成闭环化的控制机制来得以切实实现,从而有效地推动绿色理念在整个实际施工过程中得以全面且彻底地贯彻落实下去。

## 3 绿色建筑设计带来的综合效益分析

### 3.1 生态环境效益: 碳排放与污染控制

绿色建筑设计于施工阶段予以实施,这使得建筑项目对于生态环境所呈现出的友好程度得以明显提升。借助节能降耗举措、材料方面的替代做法以及环保施工工艺等加以综合运用方式,切实有效地将施工过程中温室气体的排放量以及污染物的排放量都减少了不少。就碳排放这一方面来讲,处在绿色设计所引导的背景之下,高效能设备得以使用,还有清洁能源实现替代,再加上现场能耗能够得到控制,如此一来便把建筑在整个过程当中的碳足迹给降低了。在污染控制这个层面上,凭借绿色围挡、封闭作业、沉淀池以及喷淋系统等一系列的措施,很有效地对扬尘、污水还有噪声污染都进行了控制。除此之外,针对建筑垃圾展开分类回收并且加以再利用,一方面降低了废弃物堆填所带来的压力,另一方面也达成了资源的闭环利用,进而减少了对生态系统产生的负面影响。绿色建筑在施工阶段所呈现出的生态环境效益,正在一天天变成城市绿色发展不可或缺的重要支撑力量。

### 3.2 经济效益: 能耗成本与全生命周期价值

虽然绿色建筑于设计以及施工阶段或许会碰到初期投入有所增加的情况,不过它在建筑物整个生命周期里所呈现出来的经济效益是不可以被无视的。借助节能设计以及高效设备的引入,建筑在运行阶段的能耗得以明显降低,这大幅度地削减了水电资源方面的支出成本。与此运用环

保材料以及绿色结构,能够使建筑的使用寿命得以延长,进而降低了后期维护所需要的费用。除此之外,绿色建筑项目一般是可以获取政策补贴、税收减免还有绿色金融方面的支持的,这些为开发方带来了直接的经济回报。更为关键的是,绿色建筑具备的高性能属性,对于提升其市场吸引力与资产价值是有帮助的,在物业出租、销售以及评估等环节当中,它都展现出了更高的溢价能力。所以说,绿色设计在施工阶段得以有效落实,不但推动了资源的节约以及环境的保护,而且还达成了经济回报与可持续发展之间的有机统一。

#### 4 推进绿色建筑设计有效实施的保障机制

##### 4.1 合理设计理念与多方协同机制建设

绿色建筑得以有效实施,首要依靠的是科学且合理的理念以及完整的协同机制,在项目刚开始的时候,要始终把生态放在首位并且以节能为导向作为设计的核心,综合考量建筑选址、空间布局、材料构成还有能效系统等诸多要素。与此建筑设计单位、施工企业、监理机构以及政府监管部门需要构建起良好的协作机制,达成信息共享、目标一致以及责任共担的局面<sup>[1]</sup>。借助全过程绿色设计管理体系的构建,可保证绿色理念在各个阶段都不会被削弱或者发生扭曲。要重视利益相关方的参与,像居民、运营方以及投资人等等,以此来提高绿色建筑项目在社会上的接受程度以及实际落实的比率。合理的设计理念以及多方协同机制,其重要性不仅体现在该项目能否成功的关键因素上,而且还是推动绿色建筑从理念变成现实的制度方面的有力保障。

##### 4.2 绿色施工技术研发与标准体系完善

绿色建筑设计的施工实践,得依靠持续不断的科技创新以及完备的标准支撑体系作基础才行。就当下情况来看,我国在绿色施工这块,在部分工艺技术、集成系统还有智能化手段等方面,还存在着一些不足之处。所以需要加大对节能设备、绿色建材、新型施工工法等关键技术的研发投入力度,推动这些技术走向产业化并且实现标准化<sup>[2]</sup>。与此还得去构建起较为完善的绿色建筑设计与施工标准体系,这里面包含设计规范、施工导则、验收标准等等,要能涵盖不同类型建筑以及不同地区的各种条件。这样的标准体系,一方面能够给绿色建筑施工给予科学方面的依据,另一方面也对监管以及绩效评估的精准性起到帮助作用。除此之外,还要强化绿色建筑标准和国际标准的对接工作,以此来提升我国绿色建筑在全球范围内的竞争力。

##### 4.3 政策激励与监管制度的配套

要促使绿色建筑设计于施工阶段切实落地落实,就得构建起既科学又行之有效的政策激励以及监管方面的制度。政府方面需要制定出专门针对绿色建筑项目的相关举措,像是税收方面的减免、财政给予的补贴以及信贷提供的支持等等,以此来激励企业积极主动地去采用绿色设计的相关理念以及相应的施工方式。在土地进行出让、项目展开审批等这些环节当中,要优先把绿色项目纳入考量范围,借助政策所指的方向来引导市场的各类行为<sup>[3]</sup>。与此还要建立起针对绿色建筑施工的全程监管机制,对于绿色设计的实际执行状况、施工工艺是否符合规定的情况、节能环保的各项指标等内容,开展起动态的监测工作以及后续的评估事宜,从而保证绿色设计不会仅仅停留在表面形式上。政策和监管这两方面的共同驱动作用,对于构建起绿色建筑发展所处的制度环境是很有帮助的,也有助于保障绿色施工目标能够顺利达成。

#### 5 结语

绿色建筑设计乃是推动建筑业完成转型升级的关键举措之一,它于施工阶段所获得的有效运用,一方面充分彰显出对于资源环境发自内心的敬畏之情以及极为合理的利用方式,另一方面也实现了在技术、管理以及生态等多个层面上的全面提升与飞跃。借助节能降耗方面的设计整合工作、环保材料的系统化应用举措、施工工艺流程的优化处理,绿色建筑在施工阶段已然呈现出颇为广阔的应用前景。展望未来,只有持续不断地去完善相关的技术体系,健全相应的政策机制,强化协同管理的相关工作,并且着力于培育高素质的绿色人才,才能够切实达成绿色建筑设计理念在建筑施工整个过程当中的深度融合状态以及不断向前推进的良好态势,进而为生态文明建设以及可持续城市的发展赋予更多的力量。

##### [参考文献]

- [1]程一凡.绿色建筑设计在建筑施工中的应用研究[J].佛山陶瓷,2025,35(3):119-121.
- [2]赵婧.绿色建筑技术在建筑设计中的应用[J].住宅与房地产,2021(15):79-80.
- [3]黄丽娜.绿色建筑理念在建筑施工管理中的应用[J].乡镇企业导报,2024(19):246-248.

作者简介:邓思(1992.12—),性别:男,民族:汉,籍贯:江西抚州,职称:助理工程师,学历:大学本科,研究方向:建筑设计。

## 土地整治项目区生态廊道建设对生物多样性保护的效应评估

刘文

仁化县土地开发整理中心, 广东 韶关 512300

[摘要]土地整治不仅是改善农业生产条件与优化土地利用格局的重要手段,也是推动区域生态系统恢复与提升生物多样性的的重要途径。生态廊道的建设作为土地整治项目区中的核心环节,能够有效改善破碎化生境,增强物种迁移与基因交流,提升生态系统的稳定性与韧性。通过合理布局生态廊道,可实现农田、林地与水域的有机联系,缓解人类活动对生态系统的干扰,从而在区域尺度上形成多层次、多功能的生态网络。评估其效应不仅关系到生物多样性的持续保护,也为土地整治与生态文明建设的协调发展提供了科学依据。

[关键词]土地整治;生态廊道;生物多样性;生态系统;效应评估

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17799

中图分类号: TU4

文献标识码: A

### Assessment of the Effect of Ecological Corridor Construction in Land Consolidation Project Area on Biodiversity Conservation

LIU Wen

Renhua County Land Development and Consolidation Center, Shaoguan, Guangdong, 512300, China

**Abstract:** Land consolidation is not only an important means to improve agricultural production conditions and optimize land use patterns, but also an important way to promote regional ecosystem restoration and enhance biodiversity. The construction of ecological corridors, as a core component of land consolidation projects, can effectively improve fragmented habitats, enhance species migration and gene exchange, and improve the stability and resilience of ecosystems. By reasonably arranging ecological corridors, the organic connection between farmland, forest land, and water bodies can be achieved, alleviating the interference of human activities on the ecosystem, and thus forming a multi-level and multifunctional ecological network at the regional scale. Evaluating its effects not only relates to the sustainable protection of biodiversity, but also provides a scientific basis for the coordinated development of land consolidation and ecological civilization construction.

**Keywords:** land consolidation; ecological corridor; bio-diversity; ecosystem; effect evaluation

### 引言

在快速城市化与高强度土地利用的背景下,生态系统的完整性受到严重挑战,生物多样性呈现持续下降的趋势。土地整治在推动农业发展和保障粮食安全的同时,也引发了对生态环境保护的新思考。如何在改善土地利用效率的过程中兼顾生态功能,成为亟待解决的问题。生态廊道的建设应运而生,它不仅承担着连通不同生态斑块、维系物种迁徙路径的功能,更在缓冲人类活动干扰、修复退化生境方面展现出独特优势。通过在土地整治项目区内科学规划和实施生态廊道,有望在提升区域生态承载力的同时,为生物多样性保护提供坚实保障。这一过程的效应评估,不仅体现了生态工程的实际价值,也揭示了可持续发展战略下人与自然的和谐路径。

#### 1 土地整治对生态格局的影响机制

##### 1.1 土地利用方式的变化与生境破碎化

土地整治过程中,土地利用方式的调整往往导致原有生态格局的重新组合。耕地、林地与水域的重新分配使得生境之间的连通性受到影响,不同生态斑块可能因人为干

预而逐渐割裂。耕地集中化和规模化在提升农业产出的同时,削弱了原有自然生态的完整性,生物栖息地呈现碎片化趋势。随着生态空间被压缩和边缘效应加剧,部分物种失去连续的迁徙与生存条件,生态格局的稳定性逐步降低,生态系统的整体功能受到潜在冲击。

##### 1.2 整治措施在生态系统恢复中的作用

在土地整治过程中,通过水土保持、植被修复和地貌调整等措施,可以有效改善区域生态条件<sup>[1]</sup>。植被重建有助于提升土壤肥力与涵养水源功能,缓解土地退化带来的生态压力。沟渠、塘坝等水利设施的合理布局能够优化水资源分配,形成对湿地和农田生态系统的双向支撑。地貌塑造则在减少水土流失的同时,促进生态斑块间的再联系,增加生境的多样性和稳定性。

##### 1.3 生态格局优化的潜在问题

过度强调土地的生产功能可能压缩生态廊道的空间,造成生态网络的完整性不足。部分修复措施由于设计和管理不当,难以长期维持生态质量,甚至出现功能退化的现象。区域内不同类型用地之间的边界过于清晰,导致生态

过渡带缺失,削弱了生态过程的自然连续性。若忽视生态系统的动态演变规律,容易造成局部生态改善与整体生态平衡之间的不协调,从而影响生物多样性保护目标的实现。

## 2 生态廊道在项目区中的建设价值

### 2.1 廊道的生态功能与空间连通性

生态廊道在项目区内承担着连接分散生境斑块的重要功能,通过连续或半连续的空间结构,为生态过程的延续提供条件。廊道能够缓解因土地利用格局变化带来的隔离效应,使不同生态单元之间形成稳定的能量流动与物质循环。植被覆盖的廊道提升了土壤保持与水分调节能力,在区域尺度上发挥生态屏障的作用。空间连通性的增强,不仅有助于提升生态系统的整体完整性,还能减少孤立生境的边缘化趋势。随着廊道的构建,区域内生物群落间的互动逐渐增加,生态格局的稳定性得到提升,区域生态系统功能表现出更强的韧性与适应性。

### 2.2 促进物种迁移与基因交流的作用

生态廊道的存在为物种提供了安全的迁移路径,避免因生境破碎而导致的隔离效应。不同物种能够沿着廊道进行季节性迁徙和资源获取,从而降低局部灭绝的风险<sup>[2]</sup>。廊道的连通性不仅在空间上提供了流动渠道,还在遗传层面促进了基因的交流,使群体间的遗传多样性得以维持。基因交流的增强提高了群体的适应能力,减少因近交带来的不良影响。随着群体间接触机会的增加,生态系统的稳定性也得到强化。廊道在支撑物种生存和群落演替过程中,成为维持生物多样性的重要基础设施。

### 2.3 对区域生态网络的支撑意义

生态廊道作为生态网络的重要组成部分,在区域尺度上起到骨架和纽带的作用。通过连通核心生态斑块和关键节点,廊道使得区域生态系统形成相互依赖、相互支持的整体格局。生态网络的形成不仅有助于物种的扩散与资源共享,也在抵御外部干扰时展现出更强的韧性。廊道能够协调农田、林地与湿地之间的生态关系,缓解不同用地之间的冲突,推动多样化生态的有机融合。随着廊道建设的完善,区域生态网络呈现出层次分明、功能互补的特征,为维护生态平衡和保障生态安全提供了长期支撑。

## 3 生物多样性保护的关键效应

### 3.1 物种多样性维持的实际表现

在土地整治项目区中,生态廊道的建设对物种多样性维持起到显著作用。不同类型生境的有效连通使得区域内的物种群体能够保持相对稳定的数量与分布格局,避免了因空间割裂带来的单一化趋势。植被廊道为鸟类、昆虫以及小型哺乳动物提供了必要的栖息和觅食条件,使物种资源得到补充与延续。廊道沿线植被的结构复杂度增强了垂直和水平上的生境层次,使生物群落在利用空间和资源方面展现出更高的多样性。生境的连续性改善了迁徙物种的分布均衡性,也提升了区域物种的动态更新能力。物种的

丰富程度不仅体现在数量增加,还表现为群落组成的多样化和稳定化。不同物种在生态系统功能上的互补作用得以加强,为区域生态系统的长期健康运转提供了条件(见表1)。

表1 项目区典型生态廊道建设前后物种多样性指数变化(单位:个/平方公里)

| 区域类型 | 建设前<br>鸟类物<br>种数 | 建设后<br>鸟类物<br>种数 | 建设前<br>植物种<br>类数 | 建设后植<br>物种类数 | 建设前昆<br>虫物种数 | 建设后昆<br>虫物种数 |
|------|------------------|------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|
| 农田区  | 22               | 38               | 45               | 73           | 110          | 185          |
| 林地边缘 | 35               | 56               | 82               | 127          | 146          | 232          |
| 湿地区  | 28               | 47               | 68               | 105          | 124          | 201          |

数据来源:国家生态环境监测总站《土地整治项目生态监测年度报告(2023)》。

### 3.2 群落结构与生态系统稳定性的提升

生态廊道在群落结构的优化上表现突出,通过增加生境类型和营养层次,使群落的复杂性不断增强<sup>[3]</sup>。不同物种在廊道环境中形成稳定的种间关系,能量流动和物质循环的效率得到提升,推动群落从单一向多层次演替。稳定的群落结构降低了外部干扰对生态系统的冲击,提升了系统的恢复能力。生境的空间异质性增加,使得不同功能群能够在区域内共存,从而增强了生态系统的稳定性。廊道建设促进了生态过程的完整性,如授粉、种子传播和分解作用等生态功能在群落中更加顺畅。这些作用共同支撑了生态系统抵御环境波动的能力,使生态系统在面对气候变化和人为干扰时展现出更高的适应性和韧性。群落结构的多层次演进体现出生态工程在推动生态系统稳定性方面的综合价值。

### 3.3 对濒危物种与关键栖息地的保护

生态廊道在保护濒危物种与关键栖息地方面发挥着特殊作用。通过连通孤立的栖息地,使濒危物种能够在更大空间范围内进行活动,从而降低局部灭绝的风险。关键生境如湿地、林缘和草地在廊道网络中得以保留与扩展,为特定物种的生存提供了必要条件。生态廊道缓解了土地开发对栖息地的挤压压力,使栖息地质量保持在较高水平。部分珍稀物种在廊道中能够维持稳定的种群规模,并通过基因交流增强种群的适应力。生态廊道还提升了生态过渡带的功能,使栖息地之间的生态梯度更为顺畅,有利于物种在不同环境条件下的迁徙和扩散。通过对濒危物种活动范围的扩展和关键栖息地功能的维持,区域生态系统的整体保护水平显著提高,为物种长期延续创造了更稳定的条件。

## 4 效应评估的指标与方法

### 4.1 生态学指标体系的构建

效应评估中,生态学指标体系的建立是核心环节。通过构建包括物种多样性指数、群落均匀度指数和生境完整度指数在内的指标,可以较为全面地反映生态廊道对区域生物多样性的实际贡献。指标的选择需兼顾代表性与可操

作性,既要覆盖不同层次的生态要素,又要保证数据的可比性。物种多样性指数反映了物种数量和分布的状况,群落均匀度指数体现了物种之间的比例关系,而生境完整度则揭示了空间格局对生态系统功能的支撑程度。指标体系的层级划分应包括区域尺度、群落尺度与个体尺度,以实现多层面的动态监测和综合分析。通过统一的数据标准与科学的权重分配,能够使评估结果在不同区域和时间段之间具有较强的可比性和实用性,为廊道建设效果的判定提供可靠依据。

## 4.2 空间格局分析与监测技术应用

空间格局分析为生态廊道效应评估提供了直观依据。通过景观格局指数的计算,可以量化生态廊道在连通性、破碎化和空间配置方面的表现。利用遥感影像与地理信息系统的结合,能够对廊道范围内土地利用变化、生境演替和植被覆盖度进行动态监测<sup>[4]</sup>。无人机航测技术与高分辨率卫星影像的应用,提升了数据获取的精度和时效性,为小尺度生态环境变化的识别提供支持。监测技术的引入不仅使得生态格局分析更具时空连续性,还能捕捉到传统方法难以发现的细微变化。通过多源数据的整合,能够实现廊道与周边生态系统的整体分析,从而更清晰地揭示生态格局演变的规律与趋势。空间格局分析的结果为生物多样性保护和生态系统优化提供了直观的数据支撑。

## 4.3 评估结果的多维度解读

效应评估结果需要在多维度框架下加以解读,才能全面揭示生态廊道的作用。生物学维度强调物种数量、群落结构和基因交流的变化,突出物种层面的直接效应。生态过程维度关注能量流动、物质循环以及生态功能的变化,体现生态系统整体的运行效率。空间维度则从格局和连通性角度出发,揭示生态网络结构的优化程度。社会经济维度的引入,使得评估结果能够与区域发展目标相结合,突出生态工程的综合价值。不同维度之间的交叉分析,有助于揭示单一指标无法体现的复杂效应。物种多样性的提升与生态系统服务功能增强之间存在紧密联系,而这些又会对区域社会经济产生长远影响。通过多角度的解读,能够在定量数据的基础上获得更为深入的生态认知,为生态廊道建设的完善与优化提供多层次支撑。

## 5 土地整治与生态廊道建设的综合启示

### 5.1 土地利用与生态保护的平衡路径

土地整治过程中,需要在生产功能和生态功能之间建立协调机制。通过科学划分不同土地类型的功能区,能够在保障耕地稳定的同时,预留足够的生态空间,维持区域生态系统的基本格局。优化土地利用结构时,应结合生态敏感性与环境承载力,将重要生境与生态廊道纳入整体规划,避免因过度开发导致生态系统退化。生态保护措施的嵌入,使土地利用不再局限于单一的经济效益,而是形成

生产、生活与生态多功能叠加的空间格局,从而在整体上实现土地资源的高效利用与生态系统的良性循环。

## 5.2 政策与管理层面的优化方向

土地整治与生态廊道建设需要政策引导与制度保障。通过完善法律法规体系,明确生态保护与土地利用的边界,可以提高项目实施的规范性<sup>[5]</sup>。管理层面需建立跨部门协调机制,将自然资源、生态环境与农业管理有机结合,形成合力推动的局面。财政支持与生态补偿制度的实施,为廊道建设和维护提供稳定的资金来源。动态监测与考核机制的建立,使项目能够在执行过程中不断调整和优化,确保措施与目标相符。政策和管理体系的优化,使土地整治与生态保护能够形成长效机制,推动区域生态建设的系统化和规范化。

## 5.3 对区域可持续发展的现实意义

土地整治与生态廊道建设不仅改善了生态环境质量,还在更广泛层面推动了可持续发展的进程。通过增强生态系统的服务功能,区域在水源涵养、气候调节和土壤保持等方面表现出更高的能力,为经济社会发展提供了坚实的生态基础。生态廊道的存在提升了区域的环境承载力,使土地开发与生态保护能够在动态平衡中推进。多样化的生态空间为社会经济活动创造了新的发展机遇,使产业结构向绿色化和生态化方向转型。随着生态系统功能的稳定与提升,区域的可持续发展目标在环境、经济和社会层面上得到共同支撑,呈现出协调发展的趋势。

## 6 结语

土地整治与生态廊道建设在促进生物多样性保护和提升生态系统功能方面展现出显著价值。通过优化土地利用格局与完善生态网络,区域生态安全得到强化,生态服务功能逐步增强。未来在政策支持与科学管理的推动下,廊道建设将进一步与可持续发展目标深度融合,为生态文明建设和人与自然和谐共生提供更加坚实的支撑。

### 【参考文献】

- [1]左昕弘.渝西丘陵区基本农田建设景观融合及生态系统服务提升效应研究[D].重庆:西南大学,2020.
- [2]赵彦,陈雪初,蔡翊青,等.生态基底调查赋能全域土地综合整治生态空间规划与修复设计探索[J].园林,2025,42(7):103-111.
- [3]路晓,王金满,李新风,等.基于最小费用距离的土地整治生态网络构建[J].水土保持通报,2017,37(4):143-149.
- [4]杨维.全域土地综合整治项目全过程工程咨询前期策划探析[J].中国工程咨询,2025(9):48-52.
- [5]王珊.全域土地综合整治对乡村空间重构的推动作用与展望[J].现代农村科技,2025(9):111.

作者简介:刘文(1991—),男,汉族,湖北仙桃人,研究方向:土地整治。

## 建筑工程绿色施工技术的现场实施与动态管理

张小丹

新疆兵团城建集团有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]随着建筑行业持续快速发展,资源消耗量不断增大,环境方面所承受的压力也在不断增加。绿色施工在注重节能、节材以及节水这些方面的还把目光放在了施工全过程当中的生态环境保护以及效率的提升上面。文中选取建筑工程绿色施工技术当作研究的对象,全面且细致地对其现场实施的具体策略以及动态管理的相关方法展开分析,着重对施工现场布局方面的优化、土壤以及地基的绿色施工事宜、节能节材相关事项、节水管理以及设备能耗的降低等问题加以探讨。通过研究可以发现,将绿色施工技术同动态管理相互结合起来,能够在很大程度上提升施工的质量以及资源利用的效率,减少对环境产生的影响,达成可持续发展的目标,进而为绿色施工的推广给予一定的理论层面以及实践方面的参考依据。

[关键词]建筑工程;绿色施工技术;动态管理

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17793

中图分类号: TU74

文献标识码: A

### On-site Implementation and Dynamic Management of Green Construction Technology in Construction Projects

ZHANG Xiaodan

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

**Abstract:** With the sustained and rapid development of the construction industry, resource consumption continues to increase, and the pressure on the environment is also constantly increasing. Green construction also focuses on ecological environment protection and efficiency improvement throughout the entire construction process, while emphasizing energy, material, and water conservation. The article selects green construction technology in construction engineering as the research object, comprehensively and meticulously analyzes the specific strategies implemented on site and the relevant methods of dynamic management, focusing on the optimization of construction site layout, green construction of soil and foundation, energy and material conservation, water-saving management, and reduction of equipment energy consumption. Through research, it can be found that combining green construction technology with dynamic management can greatly improve the quality of construction and the efficiency of resource utilization, reduce the impact on the environment, achieve sustainable development goals, and provide theoretical and practical reference for the promotion of green construction.

**Keywords:** construction engineering; green construction technology; dynamic management

#### 引言

随着经济不断发展以及城市化进程不断加快,建筑行业所耗费的能源越来越多,对环境产生的影响也越发明显。传统的施工模式在资源利用、环境保护以及效率等方面都存在着较为突出的局限性。在此情形下,绿色施工的理念便顺势产生了,它着重于施工全过程的系统化、精细化以及智能化,借助合理地对施工现场加以规划、选用节能环保的材料、对施工工艺予以优化以及实施动态管理等方式,达成建筑工程在质量、安全、成本以及环境保护等方面的优化目标。绿色施工要得以有效施行,离不开动态管理体系,这就需要实时去采集相关数据、对工程进度进行监控、对实施效果予以评估并且不断优化方案,以此来保证节能、节材、节水以及环境保护的各项目标能够切实落实到位。

#### 1 建筑工程绿色施工概述

绿色施工不仅是建筑业建设全过程的核心阶段,还是建筑工程贯彻节能减排理念,降低资源消耗的核心阶段。对于建筑工程而言,绿色施工所指的主要是在建筑工程之

内,在保证建设质量与施工安全的基础上,借助合理管理与前沿技术,尽可能地减少资源浪费,同时减少对环境产生的影响,促使节能、节材与节水等多项环保目标得以达成。并且,绿色施工作为可持续发展战略理念贯穿于整个建筑工程中,包含可持续发展战略涉及生态环境保护、社会经济建设及能源资源应用 3 个层面。

#### 2 绿色施工技术的现场实施

##### 2.1 施工现场合理布局与组织

施工现场的合理布局与组织乃是绿色施工得以实施的根基所在,其不但会直接对施工效率以及施工质量产生影响,而且对于节能、节材以及环境保护方面同样有着不容忽视的重要作用。在绿色施工理念的引领之下,施工现场布局务必要全面且细致地考量诸多因素,像是建筑材料的堆放情况、施工道路的规划安排、施工机具的布置状况以及人员作业区的划分事宜等。借助对施工场地结构加以优化以及对施工顺序予以合理安排,进而尽可能大幅度地削减材料搬运的次数,并且有效降低施工机械的能耗。在

实际施行过程当中,应当针对施工现场展开科学合理的分区操作,把功能区明确划分为材料堆放区、施工操作区、机械设备区以及临时办公区这几个部分,以此来保证各个区域既能契合施工方面的实际需求,又能方便后续的管理工作以及相关监督工作能够顺利开展。与此通过科学合理地规划施工道路以及运输路线,能够在很大程度上降低施工期间的能耗情况,也能减小施工过程中存在的风险,进一步减少施工所造成的噪声以及粉尘给周边环境所带来的不良影响。除此之外,施工现场的组织管理工作还必须要和施工计划紧密结合起来,通过提前对各类资源进行调配安排、对施工顺序予以优化调整以及妥善处理施工工艺之间的衔接事宜,促使施工流程能够高效顺畅地运转起来,进而为绿色施工的顺利推进给予强有力的保障支持。

## 2.2 土壤及地基绿色施工技术

土壤以及地基施工在建筑工程里面有着极为关键的地位,其施工的具体过程和工程的稳定性是紧密相连的,同时也关乎到对生态环境的保护事宜。绿色施工方面的要求是在地基处理的过程当中尽可能地去减少对自然土壤所造成的扰动以及破坏情况,借助采用环保型的材料以及先进的工艺方式,进而达成施工安全以及环境保护这两方面的双重目标。在实际的操作环节里,可以通过运用原位土壤加固这样的技术手段,还有机械搅拌桩、预压以及排水固结等技术手段,以此来减少土方开挖的实际数量以及土壤运输的频次情况,进而使得能耗得以降低,施工成本也能够有所下降。与此在地基施工的过程里面应当重视防止土壤出现流失以及遭受污染的问题,采取诸如临时排水、设置沉淀池以及实施植被保护等相关措施,借此来减少施工给周边水体以及生态环境所带来的影响。除此之外,针对处于特殊地质条件之下的地基处理情况,需要结合现场勘察所获取的数据信息以及环保方面的要求,去选用那种低噪声、低粉尘的施工设备,从而确保施工给环境所带来的影响能够降到最低的程度。凭借着科学的土壤以及地基绿色施工技术,不但可以保障建筑物在结构方面的安全状况,而且还能够有效地维护施工现场的生态环境,达成绿色施工所设定的可持续发展的目标。

## 2.3 节能与节材技术的选择与应用

节能与节材技术属于绿色施工的关键构成部分,其具体实施所取得的效果同建筑工程的资源利用效率以及环境产生的影响有着极为密切的关系。在开展绿色施工的相关实践当中,应当把高性能且具备环保特性的建筑材料当作优先选择的对象,像再生混凝土、环保型砂浆以及轻质节能砌块这类材料都可纳入考虑范围。与此还需要对材料的使用方案予以优化,尽力去削减那些并非必要的材料方面的浪费情况。就施工工艺来讲,借助于对施工顺序做出科学合理的安排,采用模块化施工的方式,运用装配式施工以及预制构件相关的技术,能够在很大程度上使得材料

的消耗得以降低,施工效率也能够得到相应的提高。在挑选施工设备的时候,要选用那些节能型的机械设备以及智能化的施工工具,以此来减少能源的消耗以及施工过程中所产生的噪声。节能节材技术在应用的过程中,一方面会着眼于材料自身所具有的环保特性,另一方面则更为着重于施工过程中对资源进行合理有效的利用。通过实施精确的材料计量工作,开展废料的回收活动,并且推动废料的循环利用,进而达成施工在整个生命周期里节能减排的目标,最终有效地将施工成本降下来,促使建筑工程的可持续性得以提升。

## 2.4 节水技术与水资源管理

水资源管理在绿色施工里属于极为关键的一个环节,其重要程度不容忽视。在施工进程当中,所使用的水量多寡会直接对工程的可持续性以及环境保护的水准产生影响,所以对此给予关注是很有必要的。就绿色施工而言,要想达成节水的目标,就需要借助科学的方式来规划施工期间的用水情况,同时还要对施工工艺予以优化,并且着力提升用水的效率。举例来讲,可以采取诸如将施工用水循环利用起来、对雨水加以收集并且回用于施工当中、在施工现场对水泵实施智能控制以及运用高效的洒水降尘系统等一系列的举措,以此来切实有效地降低水资源出现浪费的现象。除此之外,还得强化对施工现场水质的管理,决不能让施工废水不经处理就直接排放到自然水体里面去,应当采取像沉淀、过滤还有净化这样的相关措施,从而确保水资源在利用的过程当中能够既安全又环保。在具体的执行操作环节,还需要综合考虑施工各个阶段各自不同的特点,依据施工的实际进度以及所处的环境条件,动态地去调整用水计划,合理地对水资源进行分配,进而保证施工的效率以及节水目标能够达到一种平衡的状态。凭借较为系统的节水技术以及水资源管理方面的各项措施,能够在很大程度上减少建筑施工给水环境所带来的压力,进而为绿色施工能够顺利推进并最终完成提供稳固有力的保障。

## 2.5 降低施工设备能耗技术

施工设备在建筑工程中肩负着关键的施工使命,其能耗状况直接作用于施工的经济属性以及环境负担方面。绿色施工着重借助先进的设备管理技艺以及节能办法,达成施工设备的高效运转与能耗偏低的状态。在实际操作当中,可以运用节能型的施工机械,对设备运行模式予以优化,并且引入智能化的管理系统,借助实时监察设备运行情形、妥善安排施工任务、缩减设备空转时长以及峰值负荷,达成对能耗的有效把控。与此需要定期针对施工设备展开维护与检修工作,保障机械性能处于稳定状态,提升工作效能,削减能源方面的浪费情况。除此之外,还能够联合可再生能源技术,像是太阳能、风能供电系统这类,降低对传统能源的依赖程度,促使施工流程走向绿色化以及低碳化。经由全方位地应用施工设备能耗降低的技术手段,不但能够提升施工

效率,而且能够切实有效地减少施工进度给环境所带来的负面作用,彰显出绿色施工所具有的核心价值所在。

### 3 绿色施工技术现场的动态管理

#### 3.1 施工方案设计与优化

施工方案设计于绿色施工动态管理而言,乃是极为关键的起始环节,其具备的科学性以及合理性会对施工效率、资源利用状况以及环境保护成效产生直接的影响。在开展绿色施工活动期间,施工方案一方面要契合工程质量和安全方面的各项要求,另一方面还得全方位地顾及节能、节材、节水以及环境保护等诸多目标<sup>[1]</sup>。在具体的施行过程当中,务必要综合考量工程规模、地质条件、气候环境还有施工材料特性等方面的情况,借助先进的施工工艺以及技术路线来达成方案的优化目的。在方案设计工作的开展进程当中,应当构建起多维度的评价指标体系,凭借施工模拟以及风险评估等相关手段,去预估施工过程中可能出现的资源消耗情况、能耗状况以及潜在的环境影响情况,并且依据这些预估所得到的结果来对方案做出相应的调整。与此还需引入 BIM 技术以及信息化管理方面的手段,以此实现施工方案的可视化呈现以及动态化的优化处理,进而使得方案能够在施工过程中实时地进行更新与调整操作,最终确保施工全程都能够达成绿色目标,实现施工效益的最大化并且将环境负荷降至最低程度。

#### 3.2 施工准备与资源配置

施工准备属于动态管理当中极为关键的前提条件,其涵盖了施工物资、机械设备、人员以及技术支持等诸多方面较为系统的统筹安排事宜。在秉持绿色施工理念的情形下,施工准备务必要将高效地利用资源以及尽可能地降低施工给环境所带来的影响当作核心要旨来抓<sup>[2]</sup>。得依据施工方案精准地核算出所需要的材料以及设备的具体数量,以此来防止出现材料过度进行采购以及机械处于空转状态等情况,进而减少资源方面的无端浪费。接着,施工人员开展技能培训以及着力于培育其绿色施工方面的意识,这两点是相当重要的。借助专业的培训方式,促使施工队伍能够对节能、节材、节水以及污染防控等相关技术的应用方法变得更为熟悉,从而提升施工操作在规范性以及安全性这两个维度上的水准。除此之外,还应当合理地去配置施工机械以及能源系统,依照施工进度来动态地调整设备使用的先后顺序,借此降低能源的峰值负荷情况。凭借科学且合理的施工准备以及资源配置举措,能够保证施工各个环节得以顺畅地衔接起来,这不仅为绿色施工的高效实施筑牢了稳固的基础,而且也动态管理提供了可随时进行实时调整的相应条件。

#### 3.3 动态化监督与过程控制

动态化监督以及过程控制对于绿色施工技术切实落

地而言,是极为重要的保障手段。其借助实时监测以及数据分析等方式,达成施工过程具备可控性以及可持续性的目标。在施工现场当中,需要构建起多层级的监督体系,这里面涵盖了项目管理人员、技术人员还有第三方监理等不同方面<sup>[3]</sup>。通过对施工进度、材料使用情况、设备运行状况以及环境指标等方面加以监控,以此来确保各项绿色施工措施都能够真正得以落实到位。动态监督并不仅仅是着眼于施工结果,而是更加着重于对施工过程进行持续不断地追踪。比如说,可以通过传感器来监测机械能耗以及施工粉尘浓度的情况,借助智能系统去采集水资源使用量以及施工废水排放的具体情形,并且针对出现的异常情况给予预警以及纠正处理。与此过程控制还要求施工现场能够依据监测所获取的数据灵活地对施工方案做出调整,对施工节奏以及资源调配加以优化,进而实现施工效率、资源节约以及环境保护这三方面的统一。凭借动态化监督以及过程控制,施工单位可以及时察觉到潜在存在的各类问题,对施工策略予以优化,如此便能够保证绿色施工目标得以持续不断地实现,同时也让施工过程获得科学合理的管理。

### 4 结语

绿色施工技术在施工现场的落实以及其动态管理工作,乃是建筑工程达成可持续发展目标的关键途径。本文从施工现场的布局情况、土壤还有地基的处理方式、节能节材方面的举措、节水事宜以及设备能耗的降低等方面所涉及的技术着手,全面且细致地剖析了绿色施工的应用要点。还结合施工方案的设计阶段、施工准备环节、动态监督以及过程控制方面的情况、效果评估等管理环节,深入探讨了动态管理的具体方法。相关研究显示,当技术实施和动态管理相互结合起来的时候,能够大幅提升施工的质量,使资源利用得以优化,将环境所受到的影响降到最低,进而实现节能、节材以及节水的目标。在未来开展实践工作的过程当中,应当进一步去推广绿色施工技术,不断完善动态管理体系,强化信息化的应用程度,以此来实现建筑施工的高效、绿色以及可持续发展。

#### [参考文献]

- [1]晏剑明.建筑工程绿色施工技术的现场实施及动态管理[J].四川建材,2022,48(8):175-177.
  - [2]刘海宁.建筑工程绿色施工技术的现场实施及动态管理[J].建筑与预算,2021(5):77-79.
  - [3]窦艳.建筑工程绿色施工技术的现场实施及动态管理研究[J].建筑技术开发,2020,47(17):64-65.
- 作者简介:张小丹(1993.1—),毕业院校:长安大学,所学专业:资料员,当前就职单位:新疆兵团城建集团有限公司,职称级别:工程师。

## 建筑装饰装修工程施工工艺与创新研究

王 刚

太原城建工程有限公司, 山西 太原 030000

[摘要]随着建筑业的快速发展和人们对生活质量要求的不断提高,建筑装饰已经从简单的审美功能转变为功能性和审美一体化、绿色化和智能化的方向。文章着重介绍了建筑装饰工程的施工过程,通过优化传统工艺,引进新材料和智能技术,可以大大提高建筑装饰工程的施工效率、质量稳定性和环境特性,为建筑装饰行业的可持续发展提供参考。

[关键词]建筑装饰装修;施工工艺;技术创新;绿色材料;智能建造

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17789

中图分类号: TU767

文献标识码: A

### Research on Construction Technology and Innovation of Building Decoration Engineering

WANG Gang

Taiyuan Urban Construction Engineering Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi, 030000, China

**Abstract:** With the rapid development of the construction industry and the continuous improvement of people's requirements for quality of life, architectural decoration has shifted from a simple aesthetic function to a direction that integrates functionality and aesthetics, is green and intelligent. The article focuses on the construction process of building decoration engineering. By optimizing traditional processes, introducing new materials and intelligent technologies, the construction efficiency, quality stability, and environmental characteristics of building decoration engineering can be greatly improved, providing reference for the sustainable development of the building decoration industry.

**Keywords:** architectural decoration; construction technology; technological innovation green materials; intelligent construction

#### 引言

作为建筑设计的重要组成部分,建筑装饰不仅影响建筑的外观,而且直接关系到人们的生活和使用体验。随着人们生活水平的提高和对建筑质量要求的不断提高,传统的建筑装饰和施工技术逐渐面临着满足现代社会需求的困难。因此,深入研究建筑装饰施工技术,积极探索创新途径,对于促进建筑装饰行业的可持续发展具有重要意义。

#### 1 传统建筑装饰装修工程施工工艺

##### 1.1 墙面装饰施工工艺

传统墙面装饰施工工艺主要包括抹灰、涂饰、贴砖等。抹灰工艺是墙面装饰的基础步骤,其施工流程大致为基层处理、找规矩、挂线、做灰饼、抹底灰、抹中层灰、抹面层灰。在施工过程中,需要严格控制砂浆的配合比和抹灰的厚度,以确保墙面的平整度和垂直度。涂饰工艺通常在抹灰完成后进行,包括刷涂、滚涂、喷涂等方式。刷涂工艺操作简单,但效率较低,适用于小面积墙面施工;滚涂工艺效率较高,涂层均匀,是目前较为常用的涂饰方式;喷涂工艺则适用于大面积墙面施工,能够快速形成均匀的涂层,但对施工设备和操作人员的技术要求较高。贴砖工艺常用于厨房、卫生间等潮湿区域的墙面装饰,施工流程包括基层处理、弹线、贴砖、勾缝等。在贴砖过程中,需要保证砖的排列整齐,缝隙均匀,黏结牢固。

##### 1.2 地面装饰施工工艺

传统的地板修整施工技术主要包括水泥浆、水磨地板、

瓷砖、木地板等。水泥砂浆地面施工工艺简单,成本较低,但其表面平整度较差,易起砂、开裂。水磨石地面则是将水泥、大理石碎粒等材料混合搅拌后浇筑成型,经过打磨、抛光等工序而成,具有表面平整、硬度高、耐磨性好等优点,但施工周期较长,成本较高。地砖地面施工流程与墙面贴砖类似,需要注意地砖的排版和黏结质量,以避免地砖空鼓、开裂。木地板地面分为实木地板、复合地板等类型,实木地板施工需要进行地面找平、铺设木龙骨、安装地板等步骤,其脚感舒适,但易受环境影响而变形;复合地板则具有稳定性好、耐磨性强、安装简便等优点,在现代建筑装饰中应用较为广泛。

##### 1.3 吊顶装饰施工工艺

传统吊顶装饰施工工艺主要包括木龙骨吊顶、轻钢龙骨吊顶等。木龙骨吊顶施工流程为弹线、安装吊杆、安装主龙骨、安装次龙骨、安装饰面板。木龙骨吊顶具有施工简便、成本较低等优点,但木材易受潮、虫蛀,稳定性较差,使用寿命较短。轻钢龙骨吊顶则以轻钢龙骨为骨架,具有重量轻、强度高、防火、防潮、抗震等优点,施工流程与木龙骨吊顶类似,但在安装过程中需要更加注重龙骨的连接牢固性和平整度。饰面板的选择也较为多样,如石膏板、矿棉板、铝扣板等,不同的饰面板具有不同的特点和适用范围。

##### 1.4 传统施工工艺存在的问题

施工效率低:传统施工工艺大多依赖人工操作,施工流程繁琐,劳动强度大,导致施工效率较低,难以满足大

规模、快速施工的需求。

施工质量不稳定：人工操作的随机性较大，施工人员的技术水平和责任心直接影响施工质量，容易出现墙面不平整、地面空鼓、吊顶开裂等质量问题。

资源浪费严重：传统施工工艺在材料的使用过程中，缺乏有效的管控措施，容易造成材料的浪费，同时施工过程中产生的建筑垃圾较多，对环境造成较大压力。

环保性能差：部分传统装修材料含有甲醛、苯等有害物质，会对室内空气质量造成污染，影响人体健康。此外，传统施工工艺在施工过程中产生的噪音、粉尘等也会对周边环境造成一定的影响。

## 2 建筑装饰装修工程施工工艺创新

### 2.1 技术创新

#### 2.1.1 BIM 技术的应用

BIM（建筑信息模型）技术是一种基于数字化的建筑设计、施工和管理技术。在建筑装饰装修工程中，BIM 技术可以实现三维建模，直观地展示建筑装饰装修的设计效果，帮助设计人员更好地进行方案设计和优化。同时，BIM 技术还可以对施工过程进行模拟，提前发现施工中可能存在的问题，并制定相应的解决方案，减少施工中的返工和浪费。此外，BIM 技术还可以实现对建筑装饰装修工程的全过程管理，包括材料管理、进度管理、成本管理等，提高工程管理的效率和精度。

#### 2.1.2 装配式装修技术

装配式装修是对建筑物的单个装饰元件进行装饰的一种方法，用于在工厂进行预生产，然后运输到施工现场进行装配。组装装饰具有施工效率高、施工质量稳定、资源量少、环境性能好等优点。例如，墙体装配可以预制墙体装饰板等部件，施工现场可以简单装配，大大缩短施工周期；预制地板装饰件可与预制地板模块配合使用，可通过连接方式安装，减少了现场潮湿作业，提高了施工效率和施工质量。

#### 2.1.3 智能化施工技术

智能化施工技术是利用智能化设备和系统，实现建筑装饰装修施工的自动化和智能化。例如，智能喷涂机器人可以根据预设的程序，自动完成墙面的喷涂作业，具有喷涂均匀、效率高、节省涂料等优点；智能铺设机器人可以实现瓷砖和墙壁的自动铺设，提高了铺设的准确性和效率。此外，智能施工技术还可以实时监控和管理施工过程，借助传感器等设备收集施工过程中的各种数据，如温度、湿度、施工进度等，并将数据传输到管理平台，管理人员可以根据数据及时调整施工方案，确保施工顺利进行。

## 2.2 材料创新

### 2.2.1 环保型装修材料

随着人们环保意识的提高，环保型装修材料逐渐成为建筑装饰装修行业的发展趋势。环保型装修材料主要包括低甲醛涂料、无甲醛板材、环保型胶黏剂等。低甲醛涂料

采用先进的生产工艺和配方，减少了甲醛等有害物质的含量，对室内空气质量的影响较小；无甲醛板由天然植物纤维或回收材料制成，不含甲醛等有害物质，具有良好的环保性能；环保型胶水使用水性胶水或生物胶水，取代传统的溶剂性胶水，减少挥发性有机化合物的排放。

### 2.2.2 功能性装修材料

功能性装饰材料是指具有特定功能的装饰材料，如防火材料、防水材料、隔音材料、隔热材料等。防火材料可以提高建筑物的耐火性，减少火灾的发生；防水材料可以防止屋顶、墙壁、土壤和建筑物的其他部分泄漏，延长建筑物的使用寿命；隔音可以有效地降低室内外的噪音，提高室内居住的舒适度；保温材料可以降低建筑能耗，达到建筑节能的目的。

### 2.2.3 新型复合材料

新型复合材料并非简单的材料叠加，而是将两种或两种以上性能差异显著的原材料（如金属、高分子、无机非金属等），通过物理共混、化学复合等精准工艺，在宏观层面形成结构与性能协同的新型材料。其核心优势在于突破单一材料的性能局限，实现“1+1>2”的效果，比如兼顾强度与轻量化、耐用性与可塑性。在建筑装饰装修工程领域，新型复合材料凭借其灵活的性能定制性，应用场景正快速拓展，成为替代传统材料的重要选择。其中，玻璃纤维增强塑料（FRP）和碳纤维增强复合材料（CFRP）是目前应用最广泛的两类。FRP 材料以轻质为突出特点，重量仅为钢材的 1/4 左右，却拥有远超钢材的耐腐蚀能力，同时具备良好的绝缘性，无需担心导电风险，因此常被用于制作造型多样的装饰构件（如异形吊顶、艺术隔断）、透光性好的采光板，尤其适合潮湿环境（如卫生间、泳池区域）的装饰需求。而 CFRP 材料在性能上更偏向高强度与高刚度，其抗拉强度是普通钢材的 7~9 倍，且同样具备轻量化优势，不易发生形变。在建筑装饰中，它不仅可用于制作要求高稳定性的装饰部件（如大型悬挂式装饰面板），更能在不破坏原有建筑结构的前提下，对梁、柱等承重结构进行加固，同时通过表面处理实现装饰与功能的双重价值，完美适配现代建筑对安全与美观的双重追求。

## 2.3 设计创新

### 2.3.1 个性化设计

随着居民生活水平从“物质满足”向“精神追求”升级，大众的审美观念也逐渐摆脱标准化、同质化的束缚，更倾向于通过居住空间表达自我态度与生活方式，这使得个性化设计从建筑装饰装修的“加分项”，成为当下行业的核心趋势之一。这种个性化设计并非单纯的风格堆砌，而是以业主为核心的深度定制——它会充分倾听业主的生活需求、审美偏好乃至情感诉求，将业主的个人特质融入空间设计的每一个环节，最终打造出独一无二、专属性极强的装饰风格，让居住空间真正成为“主人个性的延伸”。

而非千篇一律的模板化产物。例如，在室内装饰设计中，可以根据业主的职业、兴趣爱好等因素，设计出具有个性化的空间布局、色彩搭配和装饰元素。

### 2.3.2 一体化设计

一体化设计并非装饰装修的独立操作，而是从建筑项目初期便打破专业壁垒，将建筑装饰装修与建筑结构（如梁柱位置、墙体承重）、机电设备（如管线走向、设备尺寸）等核心系统进行前置性、系统性的有机融合，通过多专业协同规划，实现建筑外观、内部功能与结构安全的整体协调，最终达成“1+1+1>3”的功能优化效果。这种设计模式的核心价值在于从源头规避问题：传统施工中常出现的装饰方案与结构承重冲突、机电管线与装修造型矛盾等“返工痛点”，在一体化设计阶段就能通过多专业同步审核提前解决，无需后期拆改调整。这不仅能大幅减少施工延误，提升整体施工效率，更能避免因反复修改导致的质量隐患，从根本上保障建筑的施工质量与使用安全。

### 2.3.3 绿色设计

绿色设计是指在建筑装饰装修设计过程中，充分考虑环境保护和资源节约，采用环保型材料和节能型技术，减少对环境的影响。绿色设计可以从建筑的选址、布局、材料选择、能源利用等方面入手，实现建筑的可持续发展。例如，在建筑外立面设计中，可以采用节能型玻璃和外墙保温材料，减少建筑的能源消耗；在室内设计中，可以充分利用自然采光和通风，减少人工照明和空调的使用。

## 3 建筑装饰装修工程施工工艺创新发展趋势

### 3.1 数字化、智能化水平不断提高

随着信息技术的持续迭代与深度渗透，数字化与智能化已从建筑行业的“辅助工具”升级为驱动创新的“核心引擎”，成为未来建筑领域发展的必然方向。这一趋势不仅重构建筑设计、施工与运维的传统逻辑，更将为建筑装饰装修行业带来全方位变革，推动行业向更高效、更精准、更智能的方向转型。在未来的建筑装修项目中，以 BIM 技术、大数据、人工智能为代表的前沿技术将实现更广泛的落地与深度融合。其中，BIM 技术可构建装修项目的三维可视化模型，打通设计、施工、验收等各环节的信息壁垒；大数据与人工智能则作为“智慧大脑”，与 BIM 技术协同发力，共同推动建筑装修从前期规划、中期施工到后期运维的全过程数字化管理，并逐步实现关键环节的智能化施工，彻底改变传统装修依赖人工经验的粗放模式。

### 3.2 绿色、环保、节能成为主流

在全球能源危机加剧、环境挑战凸显的背景下，绿色、

环保与节能技术已成为建筑及装饰行业创新的核心趋势。未来将优先选用更环保的装饰材料，推广太阳能光伏建筑集成、热泵、雨水回收等节能技术，助力建筑实现可持续发展。同时，建筑与装饰项目的绿色施工标准也将进一步强化，以降低施工过程对环境的影响。

### 3.3 模块化、装配式装修技术广泛推广

模块化、装配式装修技术具有施工效率高、施工质量稳定、资源浪费少等优点，将成为未来建筑装饰装修工程的主要施工方式。随着模块化、装配式装修技术的不断发展和完善，其应用范围将不断扩大，不仅适用于住宅建筑，还将适用于商业建筑、公共建筑等各类建筑。

### 3.4 个性化、定制化服务需求增加

随着人们生活水平的提高和审美观念的变化，个性化、个性化的服务将成为建筑装饰发展的重要方向。未来，建筑装修企业将更加注重满足业主的个性化需求，提供个性化的维修方案和服务。例如，借助 3D 打印技术，可以根据业主的要求快速制作个性化的装饰元素，实现个性化的建筑装饰定制。

## 4 结论

建筑装饰项目建设创新是推动建筑装饰行业发展的重要动力。通过技术创新，材料创新和设计创新，可以有效解决传统建筑技术存在的问题，提高施工效率和施工质量，减少资源浪费和对环境的影响，满足对建筑质量和生活质量的更高要求。未来，建筑装饰行业应积极接受数字化、智能化、绿色化、模块化的发展趋势，不断加强建筑技术创新，推动行业向更高质量、更可持续的方向发展。

### [参考文献]

- [1]于迅.建筑装饰装修工程施工工艺创新发展研究[J].中国建筑装饰装修,2024(8):172-174.
  - [2]张大为.建筑装饰装修工程施工工艺创新发展研究[J].现代装饰,2024(25).
  - [3]张杰.建筑装饰装修工程施工工艺创新发展研究[J].中国地名,2024(12):196-198.
  - [4]赵启运.建筑装饰装修工程施工工艺及创新发展探究[J].佛山陶瓷,2024(8).
  - [5]黄伟军.装饰装修工程施工质量控制方法研究[C].智慧建筑与智能经济建设:学术研讨会论文集(一),2025.
- 作者简介：王刚（1990.4—），男，学历：本科，毕业院校：重庆大学，所学专业：道路桥梁，目前职称：初级职称装饰。

## 建筑工程质量检测中的混凝土检测技术分析

汤霞

奇台县公共检验检测中心, 新疆 昌吉州 831800

[摘要]近些年来,我国建筑行业的发展速度较快,社会针对工程建设质量所提出的要求也在持续提升。混凝土属于建筑工程当中最为常用的材料,而且使用量也是最大的,它的质量会对工程的整体建设水平产生直接的影响。所以说,针对混凝土展开科学的试验检测是很有必要的。合理地去运用混凝土检测技术,一方面能够给出准确的施工材料相关数据,给工程施工给予可靠的依据,另一方面还能够保障建筑工程可以有序且稳步推进,进而为施工质量筑牢基础。所以,必须要不断地提升混凝土检测技术的质量以及效率,保证检测数据具备精准性与可靠性,以此来推动建筑工程顺利地开展下去。

[关键词]建筑工程;质量检测;混凝土检测技术

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17785

中图分类号: TU712

文献标识码: A

### Analysis of Concrete Testing Technology in Construction Quality Inspection

TANG Xia

Qitai County Public Inspection and Testing Center, Changji Prefecture, Xinjiang, 831800, China

**Abstract:** In recent years, the development speed of Chinese construction industry has been relatively fast, and the requirements for the quality of engineering construction put forward by society are also continuously improving. Concrete is the most commonly used material in construction engineering, and its usage is also the largest. Its quality will have a direct impact on the overall construction level of the project. Therefore, it is necessary to conduct scientific experimental testing on concrete. Reasonably applying concrete testing technology can provide accurate data on construction materials, providing reliable basis for engineering construction. On the other hand, it can also ensure the orderly and steady progress of construction projects, thereby laying a solid foundation for construction quality. Therefore, it is necessary to continuously improve the quality and efficiency of concrete testing technology, ensure the accuracy and reliability of testing data, and promote the smooth progress of construction projects.

**Keywords:** construction engineering; quality inspection; concrete testing technology

### 引言

在现代建筑工程当中,混凝土属于最为常用的结构材料之一,其质量状况与建筑物的安全性、耐久性以及使用性能之间存在着直接关联。伴随我国建筑行业不断发展,工程规模也在持续扩大,社会针对建筑质量的要求变得越来越高,仅靠施工经验以及目测的方式已经没办法满足高标准、高质量工程方面的需求了。所以,针对混凝土质量展开科学且系统的检测工作就显得格外重要了。借助合理运用多种多样的混凝土检测技术,一方面能够精准地评估施工材料的具体性能,从而给施工管理给予可靠的依据,另一方面还能够施工过程中及时察觉并处理存在的各类问题,以此来确保工程可以有序且顺利地推进下去,同时保证工程质量的稳定性。当下,常用的混凝土检测方法有钻芯法、回弹法、超声波法以及超声回弹综合法等,这些不同的方法各自具备自身的特点,可以从不一样的角度去对混凝土的强度、密实度还有均匀性展开相应的评估。不过在实际的工程项目当中,检测结果往往会受到采样方式、实验条件、设备精度以及操作人员水平等诸多因素的干扰,所以说,要深入研究混凝土检测技术的应用特点以

及优化策略,对于提高建筑工程的质量管理水平而言有着极为重要的意义,同时也能够为保障建筑结构的安全起到关键作用。本文将会对建筑工程里面混凝土质量检测所常用的各类技术展开系统性的分析,另外还会探讨有关优化检测的有效策略,进而为工程实践给予科学方面的参考以及技术层面的有力支撑。

### 1 建筑工程混凝土质量检测技术的重要性

在建筑工程领域当中,混凝土质量检测技术所具有的重要性,重点就表现在可确保工程结构具备安全性、耐久性,并且能可靠地达成使用功能这一方面。混凝土属于建筑结构里最为常用的那种基础材料,它的质量到底是好是坏,跟整个工程的稳定性以及寿命可是有着直接关联的。要是混凝土出现强度不够的情况,又或者其内部存在着裂缝亦或是空洞,那么极有可能会致使结构发生变形,甚至还可能引发坍塌这类极为严重的后果。所以说,在施工正在开展的过程之中,以及施工完成之后,针对混凝土质量展开科学且系统的检测工作,这无疑是在保证工程质量管理理体系能够有效运转起来的关键环节之一。借助混凝土质量检测这一举措,能够及时把施工材料、配比、工艺以及

养护环节里所存在的各类问题都给找出来,进而为施工单位给予准确无误的数据方面的依据,如此一来便能够采取行之有效的整改措施或者优化举措。除此之外,混凝土质量检测所得出的结果,还能为竣工验收工作、质量评定事宜以及后期的维护工作提供较为可靠的依据,对于提升施工企业的质量管理水准以及社会信誉都是很有帮助的。

## 2 建筑工程质量检测中的常见混凝土检测技术

### 2.1 超声波法

超声波法属于一种在建筑工程领域得到广泛运用的混凝土无损检测技术。其原理在于,借助于在混凝土当中传播超声波信号这一方式,依据声波于材料内部的传播速度以及衰减方面的特性,去判断混凝土的密实程度、均匀情况,还有内部是不是存在诸如裂缝、空洞之类的缺陷。该方法是通过测量超声波在混凝土里的传播时间来对波速加以计算的。而波速所发生的变化能够反映出材料内部结构的实际状况:一般来讲,波速处于较高的状态时,往往意味着混凝土较为致密且质量良好;反之,波速偏低的情况下,则可能存在裂隙或者强度不够的情形。超声波法检测有着操作起来较为简便、所得结果比较直观、检测范围相对广泛以及不会对结构造成破坏等诸多优点,能够在施工过程里用于质量监控,并且在竣工之后也可用于结构安全评估工作<sup>[1]</sup>。不过,它的检测结果是比较容易受到混凝土内部含水率、骨料分布情况、温度变化状况以及表面粗糙程度等多种因素的影响的。所以在实际的应用过程当中,就需要凭借多点测量的方式、对数据进行平均处理以及与其他检测方法(比如回弹法或者钻芯法)相互结合起来使用,以此来促使结果的准确性以及可靠性得以提升。

### 2.2 钻芯法

钻芯法乃是建筑工程混凝土质量检测领域里一种颇为传统的破坏性检测方式,此方法可靠性颇高。其基本操作原理是借助专用钻机从混凝土构造当中钻取出呈圆柱形的芯样,而后针对芯样展开外观方面的检查工作,同时还要开展尺寸的测量事宜以及抗压强度的相关试验,进而能够直接获取到混凝土实际所具备的强度情况以及其内部结构的具体状况。该钻芯法所得到的检测结果往往有着相当不错的准确性与代表性,可以用来对混凝土的密实程度、碳化所达到的深度、骨料分布是否均匀以及施工的质量等方面加以评估,称得上是验证混凝土强度以及耐久性极为重要的手段之一。钻芯法的优势在于其检测得出的结果较为直观,所涉及的数据也较为可信,特别适合用于对那些重要的结构部位或者存在质量方面疑虑的区域展开复核检测工作;不过由于这种方法在实施过程中需要对部分结构予以破坏,所以它确实存在着一定程度的侵入性,

并且像钻孔的位置、钻取的方向、芯样的尺寸以及取样的数量等因素均会对检测结果的精度产生影响。

### 2.3 回弹法

回弹法是一种简单、快速的混凝土强度测试方法,适用于现场检测。该方法基于混凝土表面受力后的回弹程度与其抗压强度之间的关系。具体操作时,使用回弹仪对混凝土表面进行敲击,并根据回弹值来评估混凝土的抗压强度<sup>[2]</sup>。在进行回弹法测试时,首先需要选择合适的敲击位置和方向。通常选择距离较远且相互平行的两个点,在这两个点上分别进行多次敲击,并记录下每次敲击所得到的回弹值。通过测量钢球在设备内部运动过程中发生的变化,回弹仪可以计算出一个称为“回弹指数”的数值。这个指数与混凝土抗压强度有一定相关性。然后,将测得的回弹指数与经验曲线或标准曲线进行比对,从而推断出混凝土样品的抗压强度范围。尽管回弹法具有操作简单、快速获取结果等优点,但也存在一些限制。首先,由于只能通过表面敲击来评估整体混凝土结构的强度,所得到的结果可能存在一定误差<sup>[2]</sup>。其次,回弹法对混凝土表面的平整度和硬度要求较高,如果表面不平整或过于松软,则会影响测试结果的准确性。

### 2.4 超声回弹综合法

超声回弹综合法在当下建筑工程领域里,算得上是最常被运用的一种综合性无损检测手段了,此方法把超声波法以及回弹法各自所具备的优势整合到了一起,它是通过去测定混凝土当中超声波的传播速度还有其表面的回弹值,接着借助统计分析或者经验公式来构建起这两者和混凝土抗压强度之间存在的关联关系,如此一来便能够更为精准地对混凝土的实际强度予以评估。这种方法一方面可体现出混凝土内部结构所具有的致密性、均匀性以及完整性,另一方面也能够呈现出其表层的硬度与强度方面的特征,进而弥补了单一检测方法所存在的种种局限性。相比于单独运用回弹法而言,超声回弹综合法能够有效地降低因表面出现碳化情况、施工存在差异又或者是受到环境因素影响而产生的误差,使得检测结果的稳定性以及可信度都得以提升。其检测的具体流程通常涵盖测定超声波波速以及回弹值,从中挑选出合适的回归模型来开展数据拟合工作,然后再依据所建立起的强度曲线去计算出混凝土的抗压强度等级。

## 3 优化建筑工程质量检测中混凝土检测的有效策略

### 3.1 确定合理的采样方法

在建筑工程混凝土质量检测期间,要想让检测结果具备科学性与代表性,那就得先确定合理的采样方法,毕竟它可是达成这一目的的重要前提。而采样的合理性

会实实在在地影响到检测数据的准确度，同时也关乎其  
对整体工程质量的反映程度。所以在制定采样方案的时  
候，可得综合考量诸多因素，像结构部位的重要性、施  
工工艺的情况、混凝土浇筑的批次、施工环境的状态以  
及材料来源等方面都得顾及到，唯有如此才能让样品具  
备典型性与全面性。通常来讲，要依据国家以及行业相  
关的标准规范来确定采样点的数量和位置，不管是在不  
同的浇筑层，还是在不同类型的构件上，亦或是在那些  
关键的受力部位，都应当布置采样点，这样才不会因为  
局部存在差异而导致检测结果出现失真的情况。与此在  
采样的整个过程当中，还得严格把控取样时间、取样深  
度以及操作方式等环节，防止因外部的因素或者人为的  
操作致使混凝土性能发生改变。

### 3.2 严格控制实验条件

在建筑工程混凝土质量检测期间，严格把控实验条件  
属于极为关键的环节，其能够切实保障检测结果具备准  
确性以及可重复性。混凝土的性能会受到诸多因素的影  
响，像是温度、湿度、加载速率还有养护条件等等，只  
要外界条件出现些许变化，就极有可能致使检测数据产  
生偏差情况。所以在检测整个进程当中，务必要依照国  
家或者行业标准的要求，针对实验环境以及操作步骤展  
开规范化的控制举措。一方面要维持实验室温湿度处于  
稳定状态，以防因环境发生变化而使得混凝土内部水分  
发生蒸发或者是结构出现变动；另一方面在试件制备、  
养护以及检测各个环节里，应当统一选用符合标准规定  
的设备与仪器，并且定期去做校准工作，以此来保证检  
测精度<sup>[3]</sup>。与此检测人员需严格遵循操作规程，防止因  
人为方面的因素而引发测量误差。就现场检测而言，要  
尽力去削减外界的干扰情况，比如要避免出现阳光直射  
、风力产生影响亦或是施工振动带来误差等情形。

### 3.3 使用先进仪器设备

在建筑工程混凝土质量检测方面，运用先进的仪器设  
备乃是提升检测精度以及效率的关键举措。伴随检测技  
术持续向前发展，传统的依靠手工操作或者单一方式进  
行检测的老办法，已经没办法契合现代工程对于高精度  
、高效率检测方面的需求了。而采用具备自动化、智能  
化特性的检测设备，能够在很大程度上提升所获数据的  
准确性以及分析工作的科学性。像先进的超声波检测仪  
、回弹仪、数字钻芯机、X射线检测仪还有三维成像设  
备这类仪器，不但拥有更高的灵敏度与稳定性，而且还  
能够达成数据的实时采集、自动分析以及可视化呈现，  
如此一来便能大幅度削减人为因素造成的误差以及环境  
给检测带来的干扰。与此部分新型设备甚至还能提供云  
端数据存储以及远程监控的功能，这无疑为工程质量的  
追溯以及动态管理给予了

诸多便利。

### 3.4 优化材料选择和配比

在建筑工程混凝土质量检测以及施工管理方面来讲，  
对材料选择加以优化并且合理设置配比，这无疑是一个  
极为关键的环节，其对于提高混凝土的整体性能以及使  
检测结果的稳定性得以提升有着重要作用。混凝土所具  
备的强度、耐久性还有施工性能，在相当大的程度上是  
由原材料的质量以及配合比的科学合理性来决定的。所  
以在实际的工程操作当中，务必要对水泥、骨料、外加  
剂以及拌合用水等一系列原材料展开严格的筛选工作，  
要保证这些原材料能够符合国家以及行业所规定的相关  
标准要求。需要依据工程的具体性质、结构所呈现出的  
受力特点、所处的环境条件还有施工所采用的工艺等情  
况，去挑选与之相适宜的材料类型以及级配，并且通过  
开展试配试验的方式，来确定最为合理的配比，进而达  
成强度、工作性以及耐久性之间的平衡状态。与此对于  
水灰比以及外加剂的掺量也要予以严格的把控，防止因  
为配比设置得不恰当而致使混凝土出现离析、泌水或  
者强度不够等诸多问题<sup>[4]</sup>。对材料选择进行优化并且合  
理设置配比，一方面能够促使混凝土的内部结构变得更  
加致密以及更加均匀，减少内部存在的缺陷以及孔隙，  
进而使得检测结果的准确性以及稳定性都得到提升；另  
一方面还能够有效地强化混凝土的抗渗性、抗冻性以及  
耐久性，让建筑结构的使用寿命得以延长。

### 3.5 推广无损检测技术

在建筑工程混凝土质量检测环节，大力推广无损检测  
技术，这无疑是一项极为重要的举措，其能够有效提升  
检测工作的效率，切实保障结构的安全性，并且还有助  
于延长建筑的使用寿命。无损检测技术具备这样的优势：  
它可以在不对混凝土结构造成任何破坏的情况下，针对  
其内部的质量状况、强度分布情况以及裂缝、空洞等各  
类缺陷展开评估。如此一来，一方面避免了传统那种破  
损性检测方式给结构所带来的不良影响，另一方面又能  
达成对大面积区域或者关键部位的快速检测目的。常见  
的无损检测技术涵盖了超声波检测、回弹法、超声回弹  
综合法、雷达检测以及红外热成像等多种类型，这些  
不同的技术各自都有着自身的优势所在，可以根据具体  
的工程类型、结构所具有的特点以及检测所要达成的目  
的来灵活地去选择使用或者将它们组合起来加以应用。  
推广无损检测技术，不但能够让数据采集的精度以及可  
靠性得以提升，减少人为操作过程中可能出现的误差，  
而且还可以大幅度降低检测方面的成本支出以及对施工  
所产生的干扰情况，与此还便于开展长期的监测工作以  
及质量追踪活动，进而为工程后续的维护管理工作给予科

学层面的依据支撑。

#### 4 结语

从对建筑工程混凝土质量检测技术展开的分析当中能够看出,混凝土的质量会直接对工程的安全性以及使用寿命产生影响。本文对常用的一些检测方法做了介绍,并且还给出了相应的优化策略,像是合理地去进行采样、对实验条件加以控制、采用更为先进的设备、对材料配比予以优化、强化人员方面的培训以及积极推广无损检测技术等等。这些举措能够在一定程度上提升检测工作的准确性与可靠性,进而为建筑工程在施工管理方面以及质量保障方面给予强有力的支撑。在未来,伴随着技术不断地发展进步,混凝土检测将会变得更加高效并且更加智能,从而能够为工程的安全以及质量给予更为可

靠的保障。

#### 【参考文献】

- [1]祝乐.建筑工程质量检测中混凝土检测技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,8(20):55-57.
- [2]孟令迎.建筑工程质量检测中的混凝土检测技术分析[J].居业,2024,10(4):96-98.
- [3]林松鹤,邹钧华,詹晓凡,等.建筑工程质量检测中混凝土的检测技术[J].石材,2024,15(7):108-110.
- [4]左登锋.建筑工程质量检测中的混凝土检测技术探讨[J].居业,2023,20(7):79-81.

作者简介:汤霞(1980.8—),毕业院校:中国计量学院;  
所学专业:测控技术与仪器专业;当前就职单位:奇台县  
公共检验检测中心;职称级别:高级工程师。

# 城市道路与交通工程施工技术应用要点与措施

闫志鹏

太原市政建设集团有限公司, 山西 太原 030000

[摘要]随着城市化进程的不断加快,城市道路与交通工程作为城市基础设施的重要组成部分,其建设质量和效率直接影响着城市的运行效率和居民的出行体验。文中围绕城市道路与交通工程施工技术展开研究,详细分析了施工过程中的关键技术应用要点,包括路基施工、路面施工、排水系统施工等方面,同时提出了相应的质量保障、安全管理以及施工管理措施,旨在为提升城市道路与交通工程施工质量、保障工程安全稳定运行提供参考。

[关键词]城市道路; 交通工程; 施工技术; 应用要点; 保障措施

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17802

中图分类号: U415

文献标识码: A

## Key Points and Measures for the Application of Construction Technology in Urban Road and Traffic Engineering

YAN Zhipeng

Taiyuan Municipal Construction Group Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi, 030000, China

**Abstract:** With the continuous acceleration of urbanization, urban roads and transportation engineering, as an important component of urban infrastructure, directly affect the operational efficiency of the city and the travel experience of residents in terms of their construction quality and efficiency. The article focuses on the construction technology of urban roads and traffic engineering, and analyzes in detail the key technical application points in the construction process, including roadbed construction, pavement construction, drainage system construction, etc. At the same time, corresponding quality assurance, safety management, and construction management measures are proposed, aiming to provide reference for improving the construction quality of urban roads and traffic engineering and ensuring the safe and stable operation of the project.

**Keywords:** urban roads; transportation engineering; construction technology; application points; safeguard measures

### 引言

城市道路与交通工程是连接城市各个区域的重要纽带,对城市的经济发展、社会交流以及居民生活有着至关重要的作用。近年来,随着城市人口的不断增加和机动车数量的快速增长,对城市道路与交通工程的建设标准和使用性能提出了更高的要求。在施工过程中,合理应用施工技术,严格把控施工质量,加强施工安全管理,成为确保工程建设顺利进行和工程后期稳定运行的关键。因此,深入研究城市道路与交通工程施工技术应用要点与措施具有重要的现实意义。

### 1 城市道路与交通工程施工技术应用要点

#### 1.1 路基施工技术要点

路基作为城市道路与交通工程的基础结构,其稳定性和承载能力直接决定了道路的使用寿命和使用安全性。在路基施工过程中,需要重点关注以下技术要点:

##### 1.1.1 路基填料选择

应根据道路的等级、设计要求以及当地的地质条件,选择合适的路基填料。通常情况下,优先选用级配良好的砾石、碎石等粗粒土作为填料,避免使用淤泥、沼泽土、冻土等不良土质地基。对于含水量较高或强度较低的土壤,

需要进行改良处理,如掺入石灰、水泥等稳定剂,以提高土壤的承载能力和稳定性。

##### 1.1.2 路基压实作业

路基压实是确保路基强度和稳定性的关键环节。在压实作业前,需要对路基填料的含水量进行检测和调整,使其处于最佳含水量范围内。压实过程中,应根据路基的不同层次和填料类型,选择合适的压实机械和压实方法,遵循先轻后重、先慢后快、先边后中的压实原则,确保路基压实度达到设计要求。

##### 1.1.3 路基边坡防护

路基边坡防护不仅可以防止边坡坍塌,还可以保护生态环境。常用的路基边坡防护措施包括植物防护、工程防护等。植物防护适用于边坡坡度较缓、地质条件较好的路段,如种植草皮、灌木等;工程防护适用于边坡坡度较陡、地质条件较差的路段,如设置挡土墙、护坡桩、挂网喷浆等。

#### 1.2 路面施工技术要点

路面是城市道路与交通工程的表层结构,直接承受车辆荷载和自然因素的作用,其施工质量对道路的使用性能和舒适度有着重要影响。路面施工主要包括基层施工和面层施工,具体技术要点如下:

### 1.2.1 基层施工

基层作为路面的承重层,需要具备足够的强度、刚度和稳定性。基层施工常用的材料包括水泥稳定碎石、石灰稳定土等。在施工过程中,首先要对原材料进行严格检验,确保其质量符合设计要求。然后按照设计配合比进行配料,采用集中拌和的方式进行混合料的生产,确保混合料的均匀性。运输过程中要采取覆盖措施,防止混合料水分流失。摊铺时要控制好摊铺速度和厚度,采用摊铺机进行均匀摊铺,随后进行碾压作业,确保基层压实度和平整度达到设计标准。

### 1.2.2 面层施工

在道路工程的整体施工体系中,面层施工是至关重要的收尾环节,它作为路面结构的最上层,直接承受着车辆荷载的反复冲击、行人的持续踩踏,同时还要长期暴露在风吹、日晒、雨淋、冻融等自然环境的侵蚀之下。因此,面层必须具备一系列关键性能指标:其一,卓越的平整度,这直接关系到车辆行驶的舒适性与稳定性,能有效降低因路面颠簸引发的车辆损耗和驾乘疲劳;其二,可靠的抗滑性,尤其在雨雪等恶劣天气下,可大幅减少车辆打滑风险,保障通行安全;其三,优异的耐磨性,以应对高频次的交通通行,延长路面的使用寿命,降低后期养护成本;其四,强劲的抗老化性,确保面层在长期环境作用下,不易出现开裂、剥落、褪色等问题,维持良好的使用状态和外观风貌。

### 1.2.3 沥青混凝土面层施工

在施工前,需要对基层表面进行清理和处理,确保基层表面平整、干净、干燥。然后喷洒黏层油,增强面层与基层之间的黏结力。沥青混合料的生产应严格按照设计配合比进行,控制好沥青的加热温度、集料的加热温度以及混合料的出厂温度。运输过程中要采取保温措施,防止混合料温度降低过快。摊铺时要选择合适的摊铺机,控制好摊铺速度和摊铺温度,确保摊铺厚度均匀一致。碾压作业应在混合料温度降至规定范围前完成,遵循初压、复压、终压的碾压程序,采用钢轮压路机和胶轮压路机相结合的方式碾压,确保沥青混凝土面层的压实度和平整度符合要求。

### 1.2.4 水泥混凝土面层施工

施工前要对基层进行检查和验收,基层质量合格后方可进行面层施工。水泥混凝土的配合比应根据设计要求和原材料的性能进行确定,确保混凝土具有足够的强度和工作性。混凝土的搅拌应采用强制式搅拌机,搅拌时间要充足,确保混凝土搅拌均匀。运输过程中要防止混凝土离析,卸料时要控制好卸料速度和高度。摊铺时可采用摊铺机进行摊铺,对于边角部位可采用人工辅助摊铺。振捣作业要充分,确保混凝土密实度。混凝土浇筑完成后,要及时进行养护,养护时间不少于设计规定的时间,养护期间要保持混凝土表面湿润,防止混凝土出现裂缝。

## 1.3 排水系统施工技术要点

城市道路与交通工程的排水系统是保障道路正常使用和防止城市内涝的重要设施,其施工质量直接影响着排水系统的排水效果。排水系统施工主要包括雨水管道施工、污水管道施工以及排水检查井施工等,具体技术要点如下:

### 1.3.1 管道材料选择

应根据排水系统的设计要求、输送介质的性质以及当地的地质条件和气候因素,选择合适的管道材料。常用的排水管道材料包括钢筋混凝土管、塑料排水管(如UPVC管、HDPE管)等。钢筋混凝土管具有强度高、耐久性好的特点,适用于重力流排水管道;塑料排水管具有重量轻、耐腐蚀、施工方便等优点,适用于管径较小的排水管道。

### 1.3.2 管道沟槽开挖

管道沟槽开挖前,需要进行详细的勘察和测量,确定沟槽的开挖位置、深度和宽度。开挖过程中要严格按照设计要求和施工规范进行,控制好开挖坡度,防止沟槽坍塌。对于地质条件较差的路段,如软土地区,需要采取支护措施,如设置钢板桩、井点降水等。沟槽开挖完成后,要对沟槽底部进行清理和平整,检查沟槽底部的承载力,如承载力不足,需要进行换填处理。

### 1.3.3 管道安装

管道安装前期,需重点做好两项准备工作:一是全面开展外观检查,细致排查管道是否存在裂缝、破损、变形等可见缺陷;二是彻底完成内壁清理,确保管内无杂物、污垢,保持干净光滑,为后续通水通畅打下基础。安装阶段,需严格遵循设计要求铺设,精准把控管道坡度;根据实际需求选用承插连接、法兰连接等适配方式,保证接口连接牢固、密封严密,杜绝渗漏风险。同时,安装过程中要及时对管道进行固定,有效防止因外力影响出现移位问题。

### 1.3.4 排水检查井施工

排水检查井是排水系统的重要组成部分,主要用于管道检查、维修和排水。检查井施工应与管道施工同步进行,检查井的位置、尺寸和深度应符合设计要求。检查井的井筒和井室采用砖砌或混凝土浇筑,施工过程中要确保井筒和井室的垂直度和平整度,内壁采用水泥砂浆抹面,防止渗漏。检查井盖应采用符合设计要求的防盗井盖,安装时要确保井盖与井筒顶面平齐,密封良好。

## 2 城市道路与交通工程施工保障措施

### 2.1 质量保障措施

#### 2.1.1 建立完善的质量管理体系

施工单位需率先构建并完善全方位质量管理体系,清晰划分各岗位的质量管理职责,制定严谨规范的质量管理制度与标准化操作规程,确保从施工准备到竣工验收的全流程,质量管理工作无死角、不缺位。与此同时,要常态化开展施工人员的质量教育与专业培训,通过案例讲解、技能实操等方式,强化全员质量责任意识,同步提升其专

业技术水平，为工程质量筑牢人员基础。

### 2.1.2 加强原材料和构配件质量控制

原材料及构配件作为工程建设的核心基础，其质量直接决定着整体工程的安全与稳定性，是保障工程质量的首要前提。施工单位需搭建全流程管控机制：一方面，建立严格的采购、检验与验收制度，优先选择信誉优良、质量过硬的供应商合作；另一方面，对进场的每一批原材料和构配件，开展细致且全面的质量检验，只有经检验确认合格后，方可投入施工使用。此外，必须严守质量红线，严禁任何不合格的原材料与构配件流入施工环节，从源头杜绝质量隐患。

### 2.1.3 强化施工过程质量控制

在施工过程中，要加强对施工工序的质量控制，制定详细的施工质量控制计划，对每一道施工工序进行严格的检查和验收，上一道工序验收合格后方可进行下一道工序施工。同时，要加强对施工质量的监测和检测，采用先进的检测设备和检测方法，对工程质量进行实时监测和检测，及时发现和解决施工过程中出现的质量问题。

### 2.1.4 做好工程质量验收工作

工程质量验收是确保工程质量的重要环节。施工单位应严格按照工程质量验收规范和设计要求，做好工程质量的自检、互检和交接检工作。在工程竣工后，要及时组织相关单位进行工程竣工验收，对工程质量进行全面检查和评估，确保工程质量符合设计要求和验收标准。

## 2.2 安全保障措施

### 2.2.1 建立健全安全生产管理制度

施工单位应建立健全安全生产管理制度，明确安全生产责任，制定完善的安全生产操作规程和应急预案，确保安全生产工作有章可循。同时，要加强对施工人员的安全教育和培训，提高施工人员的安全意识和自我保护能力，特种作业人员必须持证上岗。

### 2.2.2 加强施工现场安全防护

施工现场应设置明显的安全警示标志，划分危险区域和安全区域，严禁非施工人员进入施工现场。在施工现场的高空作业、临时用电、机械作业等危险部位，要采取有效的安全防护措施，如设置安全网、安全带、漏电保护器等，确保施工人员的人身安全。

### 2.2.3 做好施工现场消防安全管理

施工现场应配备足够的消防器材和设备，设置合理的消防通道，确保消防器材和设备完好有效，消防通道畅通无阻。同时，要加强对施工现场消防安全的检查和管理，严禁在施工现场违规动火、吸烟等，防止火灾事故的发生。

### 2.2.4 加强施工现场临时用电管理

施工现场临时用电必须符合《施工现场临时用电安全技术规范》的要求，建立临时用电管理制度，配备专业的电工人员，负责临时用电的安装、维护和管理。临时用电线路要架空或埋地敷设，严禁乱拉乱接电线，确保临时用电安全。

## 2.3 施工管理措施

### 2.3.1 合理制定施工进度计划

施工单位应根据工程的实际情况和合同要求，合理制定施工进度计划，明确各阶段的施工任务和时间节点。在施工过程中，要加强对施工进度的监测和控制，及时调整施工进度计划，确保工程按时竣工。同时，要合理安排施工人员、机械设备和材料的供应，避免因资源不足影响施工进度。

### 2.3.2 加强施工现场组织管理

施工现场应建立完善的组织管理机构，明确各部门和人员的职责分工，加强各部门之间的协调配合，确保施工现场的各项工作有序进行。同时，要加强对施工现场的环境管理，采取有效的措施减少施工对周边环境的影响，如设置围挡、洒水降尘、噪声控制等。

### 2.3.3 做好施工资料管理

施工资料是工程建设的重要组成部分，是工程质量验收和工程结算的重要依据。施工单位应建立健全施工资料管理制度，及时收集、整理和归档施工过程中的各种资料，如施工图纸、设计变更、施工记录、检验报告等，确保施工资料的完整性、准确性和及时性。

## 3 结论

城市道路与交通工程施工技术的合理应用和有效管理，是确保工程建设质量、保障工程安全稳定运行的关键。在施工过程中，应重点掌握路基施工、路面施工、排水系统施工等关键技术要点，同时采取有效的质量保障、安全管理和施工管理措施，不断提高施工技术水平和管理水平。只有这样，才能建设出高质量、高标准的城市道路与交通工程，满足城市发展和居民出行的需求，为城市的经济发展和进步做出积极贡献。在实际工程建设中，还应根据工程的具体情况，不断探索和创新施工技术和管理方法，结合先进的科学技术和信息化手段，提高工程施工的智能化水平和效率，推动城市道路与交通工程建设事业的持续发展。

### 【参考文献】

- [1]乔静.城市道路与交通工程施工技术应用要点与措施[J].城市开发,2025(7).
- [2]姚国强.城市道路与交通工程施工技术应用要点与措施分析[J].汽车周刊,2025(5).
- [3]朱连富.城市道路与交通工程施工技术应用要点与措施分析[J].中国房地产业,2025(22).
- [4]刘磊,徐波,庄新杰.城市道路交通工程施工管理过程中的质量控制措施[J].智能城市应用,2024,7(3):26-28.
- [5]李艳,谢瑞臣,徐鹏程.城市道路交通工程施工管理过程中质量控制措施研究[J].数字化用户,2024(51).

作者简介：闫志鹏（1995.7—），男，学历：大专，毕业院校：山西工程职业技术学院，所学专业：建筑工程技术，目前职称：助理工程师。

## 市政道路施工中的路基路面压实技术研究

王 泉

太原市政建设集团有限公司, 山西 太原 030000

[摘要]市政道路作为城市交通网络的核心组成部分,其工程质量直接关系到城市交通的通行效率与安全稳定。路基路面压实技术作为市政道路施工中的关键环节,能够显著提升道路结构的承载能力、抗变形能力与耐久性,有效减少道路建成后的早期病害。文章围绕市政道路施工中的路基路面压实技术展开研究,首先分析了影响压实效果的主要因素,包括材料特性、压实机械选型、压实参数控制及施工环境条件等;其次详细阐述了路基压实与路面各结构层(基层、底基层、面层)压实的具

体技术要点与操作规范;最后提出了压实质量控制的有效措施,并对压实技术的未来发展趋势进行展望,旨在为市政道路施工实践提供科学的技术参考,推动市政道路工程质量的提升。

[关键词]市政道路;路基路面;压实技术;质量控制;施工规范

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17798

中图分类号: U291

文献标识码: A

## Research on Roadbed and Pavement Compaction Technology in Municipal Road Construction

WANG Xiao

Taiyuan Municipal Construction Group Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi, 030000, China

**Abstract:** As the core component of urban transportation network, the engineering quality of municipal roads directly affects the traffic efficiency, safety and stability of urban transportation. As a key link in municipal road construction, roadbed and pavement compaction technology can significantly improve the bearing capacity, deformation resistance, and durability of road structures, effectively reducing early diseases after road construction. The article focuses on the research of roadbed and pavement compaction technology in municipal road construction. Firstly, the main factors affecting compaction effect are analyzed, including material characteristics, selection of compaction machinery, control of compaction parameters, and construction environmental conditions; Secondly, the specific technical points and operational specifications for roadbed compaction and compaction of various structural layers (base layer, sub base layer, surface layer) of the pavement were elaborated in detail; Finally, effective measures for compaction quality control were proposed, and the future development trend of compaction technology was discussed, aiming to provide scientific technical reference for municipal road construction practice and promote the overall improvement of municipal road engineering quality.

**Keywords:** municipal roads; roadbed and pavement; compaction technology; quality control; construction specifications

### 1 影响市政道路路基路面压实效果的关键因素

路基路面压实效果受多种因素共同影响,若某一环节控制不当,将直接降低压实度,影响道路结构稳定性。以下从材料、机械、参数、环境四个维度,分析影响压实效果的核心因素:

#### 1.1 材料特性: 压实质量的基础前提

路基与路面各结构层的材料类型不同,其物理力学特性(如颗粒级配、含水率、黏聚力、内摩擦角)存在显著差异,直接决定了压实的难易程度与最终效果。

**路基填料:**市政道路路基填料多为土类材料(如黏性土、砂性土、碎石土),其中砂性土与碎石土因颗粒间黏聚力小、透水性好,压实后强度高、稳定性好,是理想的路基填料;而黏性土因含水率敏感,若含水率过高,压实过程中易出现“弹簧”现象,若含水率过低,则颗粒间难以紧密结合,均无法达到设计压实度。

**路面基层材料:**基层多采用水泥稳定碎石、石灰稳定土等半刚性材料,此类材料的压实效果与水泥(或石灰)

剂量、集料级配密切相关。若集料级配不合理(如细集料过多或过少),易导致压实后基层出现裂缝或强度不足;若水泥剂量过低,材料黏结能力弱,难以形成整体结构,若剂量过高,则会增加基层的干缩性,引发收缩裂缝。

**路面面层材料:**沥青混凝土面层的压实效果受沥青标号、集料级配、沥青含量等因素影响。沥青标号过低(黏度大),易导致混合料在压实过程中难以流动,形成空隙率过高;沥青含量过高,则易出现“泛油”现象,影响路面抗滑性能与耐久性。

#### 1.2 压实机械选型: 压实作业的核心工具

压实机械的类型、吨位、工作性能直接决定了压实能量的传递效率,需根据材料类型与结构层厚度合理选型,才能确保压实能量与材料特性相匹配。

**压实机械类型:**常见的压实机械包括静力压路机、振动压路机、轮胎压路机等。静力压路机(如光轮压路机)依靠自身重量产生的静压力压实材料,适用于黏性土路基或路面基层的预压;振动压路机通过高频振动使材料颗粒

重新排列,压实效率高、深度大,适用于砂性土、碎石土路基及沥青混凝土面层的主压;轮胎压路机依靠轮胎的弹性变形与揉搓作用,能有效消除材料颗粒间的空隙,适用于沥青混凝土面层的终压,可提升路面的平整度与密实度。

**机械吨位与振幅:**压实机械的吨位需与结构层厚度相匹配,若结构层较厚(如路基填土厚度超过30cm),需选用大吨位振动压路机(如20t以上),以确保压实能量传递至深层;若结构层较薄(如沥青面层厚度小于5cm),则需选用小吨位振动压路机(如10~15t),避免因吨位过大导致面层出现推移或裂缝。此外,振动压路机的振幅需根据材料类型调整,对砂性土等颗粒材料,可选用较大振幅(2~3mm),增强颗粒振动效果;对黏性土或沥青混合料,需选用较小振幅(1~2mm),防止材料结构破坏。

### 1.3 压实参数控制: 压实工艺的关键环节

**压实参数**(包括压实遍数、压实速度、压实顺序)是压实作业的核心控制指标,需通过现场试验确定最优参数组合,避免因参数不合理导致压实不足或过度压实。

**压实遍数:**压实遍数过少,材料颗粒无法充分紧密排列,压实度不足;遍数过多,不仅增加施工成本与工期,还可能导致材料结构破坏(如沥青混合料过度压实易出现泛油,半刚性基层过度压实易出现裂缝)。通常情况下,路基填料的压实遍数为6~8遍,沥青混凝土面层的压实遍数为3~5遍(初压1遍、复压2~3遍、终压1遍),具体需通过现场压实试验确定。

**压实速度:**压实速度过快,压路机与材料接触时间短,压实能量传递不充分,易导致压实度不均匀;速度过慢,虽能提升压实效果,但会降低施工效率,影响工期。一般而言,振动压路机的压实速度控制在2~4km/h,静力压路机控制在1.5~3km/h,轮胎压路机控制在3~5km/h。

**压实顺序:**合理的压实顺序可确保压实均匀性,避免出现局部压实不足。通常遵循“先轻后重、先慢后快、先边后中、先低后高”的原则:路基压实先采用轻型压路机预压,再用重型压路机主压;路面压实先从道路两侧(边缘)向中间压实,避免中间材料向两侧推移;对有横坡的道路,先从低侧坡向高侧坡压实,确保压实度均匀。

### 1.4 施工环境条件: 压实效果的外部影响

市政道路施工多在城市建成区进行,环境条件(如温度、湿度、地下管线)对压实效果的影响不可忽视。

**温度:**温度对沥青混凝土面层的压实效果影响最为显著。沥青混合料的最佳压实温度范围为120~160℃(不同沥青标号略有差异),若温度过高,混合料易出现推移、泛油;若温度过低,混合料黏度增大,难以压实,易形成空隙率过高。此外,冬季施工时,路基土易受冻,含水率升高,压实后易出现冻胀沉降;夏季高温时,路基土含水率易蒸发,需及时洒水保湿,确保压实效果。

**湿度:**雨天或地下水位较高时,路基土含水率易超标,

压实过程中易出现“弹簧”现象,需采取排水、晾晒或换填等措施降低含水率;路面基层施工时,若环境湿度过大,水泥稳定碎石的水化反应易受影响,需及时覆盖养护,防止基层强度不足。

**地下管线:**市政道路下方多铺设给排水、燃气、电力等地下管线,管线周边的路基压实需特别注意,避免压路机直接碾压管线导致损坏。通常采用小型夯实机械(如冲击夯、平板夯)对管线周边30cm范围内的路基进行分层夯实,确保压实度达标。

## 2 市政道路路基路面压实技术要点

根据路基与路面各结构层的材料特性与功能要求,需针对性采用不同的压实技术,确保各结构层的压实质量满足设计标准。以下分别阐述路基、基层、面层的压实技术要点:

### 2.1 路基压实技术要点

路基是市政道路的承载基础,其压实质量直接决定道路的整体稳定性,需严格按照“分层填筑、分层压实”的原则进行施工,具体技术要点如下:

**填料选择与处理:**优先选用级配良好的砂性土、碎石土作为路基填料,禁止使用淤泥、腐殖土、冻土等劣质填料。对黏性土填料,需通过试验确定最佳含水率(通常为最优含水率 $\pm 2\%$ ),若含水率过高,采用晾晒、掺加石灰(或水泥)等措施降低含水率;若含水率过低,需洒水湿润,确保填料含水率达到最佳压实状态。

**分层填筑厚度控制:**路基填筑分层厚度需根据压实机械类型确定,采用重型振动压路机(20t以上)时,分层厚度控制在30~40cm;采用轻型压路机(10~15t)时,分层厚度控制在20~30cm。每层填筑前需在路基两侧设置标高控制桩,标注分层厚度,确保填筑厚度均匀。

**压实机械组合与操作:**路基压实采用“轻型预压→重型主压→轻型收压”的机械组合方式。首先采用轻型静力压路机(8~10t)进行预压,平整填料表面,消除局部高低差;然后采用重型振动压路机(20~25t)进行主压,振动频率控制在25~30Hz,振幅控制在2~3mm,碾压次数为4~6遍,确保深层填料充分压实;最后采用轻型压路机(8~10t)进行收压,消除主压产生的轮迹,提升路基表面平整度。

**特殊部位压实处理:**对路基边坡、桥台背、涵洞两侧等特殊部位,因压路机难以直接碾压,需采用小型夯实机械(如冲击夯)进行分层夯实,分层厚度控制在15~20cm,压实遍数为8~10遍,确保特殊部位的压实度与路基主体一致,避免出现桥头跳车、涵洞周边沉降等问题。

### 2.2 路面基层压实技术要点

路面基层位于路基与面层之间,主要起承载、扩散荷载的作用,多采用半刚性材料(如水泥稳定碎石、石灰稳定土),其压实技术要点如下:

材料拌和与摊铺:水泥稳定碎石基层采用集中厂拌方式拌和,确保水泥剂量、集料级配、含水率均匀;摊铺采用摊铺机分层摊铺,摊铺厚度根据设计厚度确定(通常为15~25cm),摊铺速度控制在1~2m/min,避免因速度过快导致摊铺厚度不均匀。

压实时机控制:半刚性基层材料的压实需在水泥初凝前完成(通常为拌和后3~4h内),若压实过晚,水泥已发生水化反应,材料强度上升,难以压实,易出现裂缝。因此,需合理安排拌和、运输、摊铺、压实的工序衔接,缩短从拌和到压实的时间间隔。

压实机械与参数选择:基层压实优先选用重型振动压路机(20~22t),振动频率控制在20~25Hz,振幅控制在1.5~2mm。压实顺序遵循“先轻后重、先边后中”,初压采用轻型压路机(10~12t)碾压1~2遍,复压采用重型振动压路机碾压3~4遍,终压采用静力压路机碾压1~2遍,消除轮迹。压实过程中需及时检测压实度,若未达到设计要求,需增加压实遍数(最多不超过8遍),避免过度压实。

压实后养护:基层压实完成后,需及时覆盖土工布或洒水养护,养护时间不少于7d(水泥稳定碎石基层)或14d(石灰稳定土基层),养护期间禁止车辆通行,防止基层表面损坏,确保基层强度稳步增长。

### 2.3 路面面层压实技术要点

路面面层直接承受车辆荷载与环境作用,需具备良好的平整度、抗滑性与耐久性,沥青混凝土面层的压实技术要点如下:

混合料温度控制:沥青混凝土面层的压实需严格控制混合料的温度,初压温度不低于130℃(普通沥青),复压温度不低于110℃,终压温度不低于80℃。混合料运输过程中需采用保温篷布覆盖,减少温度损失;摊铺过程中需检测混合料到场温度,若温度低于规定值,禁止使用。

压实机械组合与操作:沥青面层压实采用“初压→复压→终压”的三段式压实工艺,机械组合通常为“双钢轮振动压路机(初压+复压)+轮胎压路机(复压)+双钢轮静力压路机(终压)”。

初压:采用双钢轮振动压路机(10~12t)进行,振动频率控制在30~35Hz,振幅控制在1~1.5mm,碾压速度2~3km/h,碾压1遍,目的是稳定混合料,防止后续碾压出现推移。

复压:采用轮胎压路机(20~25t)与双钢轮振动压路机组合碾压,轮胎压路机依靠揉搓作用消除空隙,双钢轮振动压路机进一步提升压实度,碾压次数为2~3遍,速度3~4km/h,确保面层压实度达到设计要求(通常不低于96%)。

终压:采用双钢轮静力压路机(10~12t)碾压1遍,速度4~5km/h,消除复压产生的轮迹,提升路面平整度。

特殊部位压实处理:对路面边缘、检查井周边、交叉

口等压路机难以碾压的部位,采用小型振动压路机(5~8t)或手扶式压路机进行压实,确保这些部位的压实度与路面主体一致,避免出现局部破损。

### 3 路基路面压实质量控制措施

为确保市政道路路基路面压实质量达标,需建立“事前预防、事中控制、事后检测”的全过程质量控制体系,具体措施如下:

#### 3.1 事前预防:明确质量标准与技术看案

制定专项压实方案:施工前根据工程地质条件、材料类型、机械配置等,编制专项压实技术方案,明确各结构层的压实机械选型、压实参数(遍数、速度、温度)、质量标准及检测方法,经监理单位审批后实施。

现场压实试验:在正式施工前,选择代表性路段(长度不小于100m)进行现场压实试验,通过调整压实遍数、速度、含水率等参数,确定最优压实工艺,并以此作为后续施工的依据。例如,对路基填料,通过试验确定最佳含水率与最大干密度;对沥青混合料,通过试验确定最佳压实温度与压实遍数。

人员培训与技术交底:对压实作业人员进行专项培训,使其熟悉压实机械的操作规范、压实技术要点及质量标准;施工前召开技术交底会,向作业人员明确各环节的控制要求,确保施工过程按方案执行。

#### 3.2 事中控制:加强施工过程动态监测

实时参数监控:施工过程中安排专人对压实参数进行实时监控,包括压实机械的型号、吨位、振动频率、压实速度、压实遍数,以及材料的含水率(路基)、温度(沥青面层)等,确保参数符合方案要求。对沥青面层,采用红外测温仪实时监测混合料温度,若温度低于规定值,立即停止压实,待温度回升后再继续。

过程质量检测:每层压实完成后,及时进行质量检测,检测项目包括压实度、平整度、厚度等。压实度检测采用环刀法(路基土)、灌砂法(基层、路基碎石土)或钻芯法(沥青面层),检测频率为每1000m<sup>2</sup>不少于3点;平整度检测采用3m直尺(基层)或连续式平整度仪(面层),确保平整度符合设计标准(市政道路面层平整度通常要求≤3mm/3m);厚度检测采用钻芯法或超声波厚度仪,确保结构层厚度偏差在允许范围内(通常为+10mm、-5mm)。

#### 3.3 事后验收:确保整体质量达标

分部工程验收:路基、基层、面层施工完成后,分别进行分部工程验收,验收内容包括外观质量、实测项目、资料完整性等。外观质量需检查有无裂缝、沉降、推移等病害;实测项目需确保压实度、平整度、厚度等指标全部合格;资料完整性需检查施工记录、检测报告、隐蔽工程验收记录等是否齐全。

竣工验收:市政道路整体施工完成后,组织竣工验收,邀请建设、设计、监理、勘察等单位参与,对道路的压实

质量、通行性能、外观质量等进行全面验收。验收合格后，方可交付使用；若验收不合格，需制定整改方案，限期整改，整改完成后重新验收，直至合格。

#### 4 结语

市政道路路基路面压实技术是决定道路工程质量与使用寿命的关键环节，其受材料特性、压实机械选型、压实参数控制、施工环境条件等多因素综合影响。本文的研究成果可为市政道路施工企业提供切实可行的技术参考，助力解决施工中面临的压实质量问题。后续研究可进一步结合具体工程案例，开展智能化压实技术的现场应用验证，以及绿色化压实技术的经济性分析，推动压实技术在市政道路工程中的广泛应用。

#### [参考文献]

- [1]倪金发.市政道路施工中路基路面压实技术与应用研究[J].模型世界,2025(18):25-27.
  - [2]郑楚兵.关于市政道路施工中路基路面压实技术的运用探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2025(4):181-183.
  - [3]朱斌露.市政道路施工中路基路面压实技术[C].人工智能与经济工程发展学术研讨会:论文集,2025.
  - [4]徐钉.市政道路施工中路基路面压实技术分析[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2024(3):36-38.
- 作者简介：王泉（1996.11—），性别：男，学历：本科，毕业院校：太原科技大学，所学专业：交通工程，目前职称：助理工程师。

## 谈市政道路工程施工管理及质量控制

高新宇

太原市政建设集团有限公司, 山西 太原 030000

**[摘要]**道路工程作为城市基础设施的重要组成部分, 施工质量直接关系到城市交通的效率、市民的交通安全和城市整体形象。本文围绕市政道路工程施工管理及质量控制展开论述, 首先分析当前施工管理中存在的常见问题, 包括施工组织不合理、人员管理不到位、安全管理漏洞等; 最后从施工前期准备、施工过程管控、人员与设备管理、安全管理等方面提出优化策略, 并针对道路路基、路面、排水等关键环节的质量控制要点进行详细阐述, 旨在为提升市政道路工程施工管理水平和工程质量提供切实可行的参考。

**[关键词]**市政道路工程; 施工管理; 质量控制; 问题分析; 优化策略

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17800

中图分类号: U45

文献标识码: A

## Discussion on Construction Management and Quality Control of Municipal Road Engineering

GAO Xinyu

Taiyuan Municipal Construction Group Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi, 030000, China

**Abstract:** As an important component of urban infrastructure, road engineering construction quality directly affects the efficiency of urban transportation, the traffic safety of citizens, and the overall image of the city. This article discusses the construction management and quality control of municipal road engineering. Firstly, it analyzes the common problems in current construction management, including unreasonable construction organization, inadequate personnel management, and safety management loopholes; Finally, optimization strategies are proposed from the aspects of pre construction preparation, construction process control, personnel and equipment management, safety management, etc., and detailed quality control points for key links such as road subgrade, pavement, and drainage are elaborated, so as to provide practical and feasible references for improving the construction management level and engineering quality of municipal road projects.

**Keywords:** municipal road engineering; construction management; quality control; problem analysis; optimization strategy

### 引言

随着中国城市化进程的不断加快, 市政道路建设规模不断扩大, 对施工管理和质量控制提出了更高的要求。市政道路工程具有施工环境复杂(多位于城市中心或居民密集区)、与众多专业(供热、给水、煤气、雨水、污水, 照明等)相关的特点, 严格的施工期限, 高度的社会关注等, 这些因素使得施工管理难度大幅增加。若施工管理不到位, 不仅会影响工程进度和质量, 还可能引发安全事故, 给社会和人民群众带来损失。因此, 深入研究施工管理和市政道路工程质量控制具有重要的实际意义。

### 1 市政道路工程施工管理现存问题及原因分析

#### 1.1 施工组织不合理

在部分市政道路工程中, 施工组织设计缺乏科学性和合理性, 存在施工流程混乱、工序衔接不畅等问题。比如部分项目未结合道路通行需求与周边环境特点制定方案, 导致路基开挖与管线铺设工序交叉冲突, 混凝土浇筑后未预留充足养护时间便仓促开展后续作业; 工序衔接上, 材料进场计划与施工进度严重脱节, 常出现前期窝工待料、后期抢工赶工的情况, 这些问题不仅大幅延长了施工周期,

增加了人力与设备的无效投入成本, 还对周边居民的日常出行造成持续困扰, 同时因赶工可能忽略施工细节, 为道路工程的施工安全与使用寿命埋下隐患。

#### 1.2 人员管理不到位

施工人员是市政道路工程施工的直接参与者, 其专业素质和责任心直接影响工程质量。目前, 部分市政道路工程施工队伍中, 农民工占比较大, 且多数未经过系统的专业培训, 缺乏对施工规范和质量标准的了解。同时, 一些施工管理人员没有很强的责任心, 有些情况下办事不力, 监督不够。

#### 1.3 安全管理存在漏洞

市政道路工程施工环境复杂, 涉及机械作业、临时用电等多种危险作业环节, 安全管理至关重要。然而, 部分施工单位安全意识淡薄, 未建立完善的安全管理制度, 或制度执行不到位。具体表现: 施工现场无安全警示标志, 安全防护设备不完善; 工人不按规定佩戴防护装备; 未经许可的机械作业, 违反操作规则等。

#### 1.4 材料管理不规范

工程材料是筑牢城市道路工程质量的核心基础, 其品质优劣直接决定项目最终质量水准。当前部分施工单位在

材料管理中问题突出：一是采购环节把控不严，为压缩成本盲目追求低价，违规采购劣质、不达标的原材料；二是存储管理不当，水泥、砂等对环境敏感的材料，因未做好防潮、覆盖等防护，性能随环境变化大幅下降；三是使用前未落实严格检验流程，未经检测便直接投入施工，为工程质量埋下隐患。

## 2 市政道路工程施工管理优化策略

### 2.1 做好施工前期准备工作

施工准备是保证施工顺利进行的基础，主要包括以下几个方面：

**详细勘察现场：**施工单位需提前组织具备专业资质与丰富经验的技术人员，对施工现场展开全面、细致的实地勘察。重点摸清地下各类管线的具体走向、埋深及分布情况，精准掌握施工区域的地质地貌特征，同时充分调研周边建筑物、交通及居民生活等环境状况。在此基础上，绘制内容详实、数据精准的勘察图纸，为后续科学编制施工组织设计提供坚实、可靠的依据。

**科学编制施工组织设计：**施工单位需紧密结合前期现场勘察结果与工程实际建设需求，制定兼具科学性与实操性的施工组织设计。方案中需清晰明确施工全流程的先后顺序、各工序的衔接要点、精准的工期节点安排，以及匹配工程进度的人员分工与设备配置计划。同时，要全面预判施工中可能出现的地质变化、天气影响、设备故障等各类风险，针对性制定详实可行的应急处置预案。从技术、安全、质量等多方面把关，确保方案的可行性与合理性。

**完善施工手续：**为保障项目施工环节的连续性与高效性，需提前启动各项前置审批手续的办理工作，具体涵盖施工许可证、占道许可证以及夜间施工许可等与工程推进紧密相关的关键证件。通过提前规划、主动对接相关管理部门，确保在正式施工前完成所有手续的审批与获取，从源头规避因手续缺失或不全，导致监管部门介入要求工程暂停施工的风险，为项目按计划顺利推进筑牢基础。

### 2.2 加强施工过程管控

施工过程是工程质量和进度控制的关键环节，需从以下方面加强管控：

**严格按照施工规范施工：**在整个施工过程中，施工人员必须严格遵守国家和行业的建筑标准和既定的质量标准，并具有高度的责任感，将规范要求融入每一道施工工序，严禁未经审批擅自更改经论证确定的施工工艺、技术参数及作业流程，确保施工符合性和质量稳定性。同时，现场管理人员需强化日常巡查力度，加密巡查频次，重点关注关键工序与高风险作业区域，做到及时发现、精准指出并立即纠正各类违规操作、不规范施工等行为，形成“执行-监督-纠错”的闭环管理，有效保证施工安全和施工质量符合标准。

**良好验证过程传输：**建立完善的质量检验制度，完成前一工序后，必须在进入下一个施工过程之前进行质量检

查；必须记录检查过程，以确保项目质量的可追溯性。

**加强进度管理：**根据施工组织项目制定详细时间表，定期检查和分析项目进度；如出现延误，及时查明原因，采取纠正措施，确保按时完成工作。

### 2.3 优化人员与设备管理

**提高施工人员素质：**加强施工人员的教育和安全培训，定期组织技能和安全知识评估竞赛，提高施工人员的技能和安全性，同时，建立合理的薪酬制度和激励机制，调动建筑工人的积极性和责任感。

**规范管理人员行为：**确定管理人员的职责和权力，加强对管理人员的评价和监督，追究个人责任；他们没有适当的责任感，控制不善。管理人员组织参加培训和交流活动，以提高管理水平。

**加强设备管理：**建立设备管理系统，定期保养和修理建筑设备，确保设备的良好性能。合理规划设备的使用，避免设备闲置或过度使用，同时加强机械操作员的培训和管理，严格禁止无照作业和违反规章制度。

### 2.4 强化安全管理

**建立和完善安全管理体系：**施工单位应遵守国家有关法律并根据项目规则和实际情况，制定完善的安全管理体系，包括安全生产责任制度、安全培训制度、安全检查制度、事故报告和处理系统等，并确保严格执行系统。

**加强施工现场安全：**在施工现场设置明显的安全警示标志；改进防护措施，如防护栏、隔离墩、使用电力等的临时保护装置向施工人员提供合格的保护装置并监督其正确使用。

**定期进行安全检查和培训：**定期进行施工现场安全检查，及时发现和消除隐性安全风险，定期对施工工人进行安全培训。提高安全意识和应对紧急情况的能力，定期进行紧急训练，确保及时有效地应对安全事件。

### 2.5 规范材料管理

**严格材料采购把关：**建立材料采购管理制度，选择信誉良好、资质齐全的供应商，对材料供应商进行严格考核和评估。材料采购合同中明确规定了材料质量标准和验收要求，严禁采购劣质材料。

**加强材料储存管理：**根据材料特性和储存要求，建立专门的材料仓库，用于湿防护，防晒，防火，防盗等分类不同类型的存储材料，以避免影响材料性能的混合物。

**做好材料检验工作：**材料进场前，必须由专业人员进行检验，检验内容包括材料的外观、规格、型号、质量证明文件等。需要复试的材料应按照规定进行试验和试验，并且只有经过试验合格后才能投入使用，同时，制作材料检验记录，建立材料质量档案。

## 3 市政道路工程关键环节质量控制要点

### 3.1 路基工程质量控制

路基是市政道路的基础，其质量直接影响道路的总体

稳定性和使用寿命:

路基填料选择:应选择符合设计要求的填料,填料的强度、压实度等指标必须满足规范要求。严禁使用淤泥土、泥炭土、有机质土和其他不合格填料。

路基压实控制:根据填料的类型和性质,选择合适的压实机械和压实方法,控制好压实厚度和压实遍数,确保路基压实度达到设计标准。在压实过程中,应进行压实,层厚度不应太大,一般不超过 30cm。进行压实度控制工作时,应对每一层压实度进行检查,只有在检查合格后才能进行下一道工序的施工。

路基排水控制:市政道路位于城市区域,周边有居民区、商业区、地下管线等设施,路基排水不畅不仅会导致路基沉降、边坡坍塌,还可能影响周边建筑物基础稳定和地下管线安全,因此需构建针对性的排水体系。施工中需同步建设路基临时排水与永久排水设施:临时排水方面,结合城市道路施工期间的交通导改方案,设置临时边沟、集水井,配备抽排水设备,避免施工积水浸泡路基,同时防止雨水流入周边商铺、居民区;永久排水方面,按设计要求建设路基边沟、盲沟,并确保与城市市政排水管网顺畅衔接,盲沟设置需避开地下管线密集区域,若不可避免,需采取防护措施防止管线被排水冲刷损坏。路基边坡施工中,考虑到市政道路沿线景观需求和行人安全,优先采用植草护坡、预制混凝土块护坡等美观且实用的防护形式,边坡坡度需结合周边地形和建筑物距离合理确定,避免边坡过陡引发安全隐患,同时做好边坡与人行道、绿化带的衔接排水处理,防止雨水沿边坡渗入路基。

### 3.2 路面工程质量控制

路面是市政道路的主要承重结构。其质量直接影响车辆的舒适性和安全性,道路施工的质量控制包括:

#### 3.2.1 沥青路面质量控制

沥青混合料质量控制:含量应符合设计要求和规程;沥青混凝土混合量、拌合成型温度、马歇尔试验的稳定性、流值、密度及空隙率均应在开工前通过试验进一步确定石油沥青的各项指标。针入度、延度、软化点、闪电、含蜡量、溶解度、薄膜加热试验、生产温度、到达工地温度等指标在施工中严格控制,确保达到设计及规范要求

(1) 选用业主批准的沥青拌合生产厂家,要求拌合厂严格按照监理审批的配合比进行生产,按规范规定进行试验,确保拌合料质量。

(2) 沥青混凝土采用大吨位的自卸汽车运输,拌合厂提供的车辆不得少于 30 辆,在摊铺机前形成一个不间断的供料车流,并充分考虑运距、交通高峰等不利因素的影响,确保摊铺工作持续进行。运料车到场后,由专人进行疏导指挥。

(3) 沥青混凝土到场后,质检或试验人员对来料按规范要求马歇尔试验,要求混凝土外观均匀一致、无

花白料、无结团成块及粗细料分离现象。到场温度必须满足规范要求,否则不得使用。

沥青路面摊铺控制:摊铺前应检查下承层的平整度和清洁度,若下承层存在缺陷,应及时处理。在摊铺过程中,应控制摊铺速度、摊铺温度和摊铺厚度。为了确保路面平整度符合要求,摊铺速度通常控制在 2~6m/min,摊铺温度一般不低于 150℃。

(1) 采用先进的机械组合,摊铺机 2 台,流水作业,根据路段宽度选用 2 台,成梯队作业进行联合摊铺,按当日供料总量计算摊铺长度,且以当日全幅成活为准。

(2) 机械就位铺设垫木,起步垫板每台机组最少 3 处,置于熨平板下前端对齐。摊铺机开始前进时,起步保证平稳,行走速度必须均匀,一般控制在 2~4m/min 左右,必保供料充足,摊铺连续作业不间断。

(3) 两台摊铺机相距在 10m~20m 左右,熨平板设置在同一水平,相邻两幅的摊铺留有 5cm~10cm 宽度的摊铺重叠。摊铺机均采用双电脑控制。前台摊铺机左右侧采用均衡梁控制厚度及平整度,第二台摊铺机一侧滑靴置于铺完的油面上,另一侧挂均衡梁,采用高强夯。

(4) 沥青混凝土摊铺厚度按设计厚度乘以 1.15~1.30 左右的松铺系数,摊铺温度不低于 130℃。摊铺时的地面温度低于 15℃时,不宜摊铺。为保证摊铺作业的连续性,开始摊铺和摊铺过程中,每台摊铺机前等候卸料的运料车不得少于 5 辆。开始摊铺时,沥青混合料到场后,质检试验人员进行外观和温度检测。沥青混凝土外观均匀一致、无花白料、无结团块及粗细料分离现象。

(5) 运料车与摊铺机密切配合,不得撞击摊铺机或提前卸料遗洒,卸料过程中运料车挂空挡,靠摊铺机推动前进。料车卸料后,不得随便将剩余料遗洒在未摊铺的作业面上。混合料如溢出储料斗外,落在行车轮前面要迅速清除放回料斗内。卸料应由专人指挥,运料车应缓慢倒车向摊铺机靠近,停在摊铺机前 30~50cm 处,待摊铺机向前行驶与之接触,即可卸料。

(6) 摊铺机两侧电脑和平衡梁必须由专职人员控制,在铺筑过程中,摊铺机螺旋送料器不停顿的转动,两侧保持有不少于送料器高 2/3 的沥青混凝土,并保证在摊铺机全宽度断面上不发生离析。

(7) 机械摊铺的沥青混凝土严禁用人工进行修整,摊铺好的沥青混凝土表面未经碾压,严禁在上面行走。

#### 3.2.2 水泥混凝土路面质量控制:

混凝土配合比设计:根据路面设计强度要求,合理设计混凝土配合比,控制好水泥、集料、水、外加剂等原材料的用量,确保混凝土强度、和易性等指标符合要求。

控制混凝土:在浇注之前,应检查模板的刚度,平整度和垂直度,以确保在浇筑过程中,应控制浇筑速度,以避免混凝土分离现象。做好混凝土振动工作,确保混凝土

密实，无细胞、薄膜及其他缺陷。

控制混凝土的保养：混凝土浇筑后，应及时进行保养。保养时间一般不低于 7d，保养过程中应保持混凝土表面湿润，避免因水蒸发过快而产生裂缝。

#### 4 结语

市政道路工程施工管理及质量控制是一项系统工程，涉及施工前期准备、施工过程管控、人员与设备管理、安全管理、材料管理等多个方面，同时需重点关注路基、路面、等关键环节的质量控制。目前，中国市政公路建设管理仍存在诸多问题。如施工组织不合理，人员管理不善，安全管理漏洞，非标准物料管理等，这些问题严重影响了工程质量和进度。通过采取做好施工前期准备工作、加强施工过程管控、优化人员与设备管理、强化安全管理、规范材料管理等优化策略，并为关键环节制定科学和合理的质量控制点，能有效提高市政道路建设项目管理水平和项目质量。

#### [参考文献]

- [1]杨海涛.谈市政道路工程施工管理及质量控制[J].越野世界,2025(8):25-28.
  - [2]程强.市政道路工程施工管理及质量控制[J].中国地名,2024(4):0115-0117.
  - [3]王剑.市政道路工程施工管理及质量控制的措施[C].2025 年:第四届工程领域数字化转型与新质生产力发展研究学术交流会论文集,2025.
  - [4]吴肖敏,徐申力.市政道路施工精细化管理及质量控制研究[J].交通科技与管理,2024(1):1.
  - [5]韦绩宏.市政道路工程施工管理与质量控制分析[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2024(3):37-39.
- 作者简介：高新宇（1995.12—），性别：男，学历：本科，毕业院校：重庆大学，所学专业：土木工程，目前职称：助理工程师。

## 论传感检测技术在机电一体化中的运用

林宝康

浙江亚光科技股份有限公司, 浙江 温州 325000

**[摘要]**机电一体化属于现代制造业极为关键的领域,其发展状况同国家工业竞争力以及科技创新能力紧密关联。在机电一体化系统里,传感检测技术占据着十分重要的位置,能够实时抓取并处理各类物理量以及几何参数,进而给整个系统的控制与决策给予数据方面的支撑。伴随工业智能化进程不断向前推进,传感检测技术已然从以往传统的单一功能检测状态,一步步演变成拥有高度集成化、智能化以及网络化特点的复杂系统。在全球传感器技术领域,近些年取得了颇为突出的突破进展,技术发展所呈现出来的智能化、微型化以及多功能化等趋势较为明显。文中针对传感检测技术在机电一体化当中的运用实际情况以及发展趋势展开系统剖析,深入探讨其核心作用、关键技术以及对于未来工业发展所产生的影响。

**[关键词]**传感检测技术;机电一体化;多传感器融合;智能传感;实时监测

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17805

中图分类号: TH111

文献标识码: A

## Discussion on the Application of Sensing and Detection Technology in Mechatronics

LIN Baokang

Zhejiang Yaguang Technology Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang, 325000, China

**Abstract:** Mechatronics is a crucial field in modern manufacturing, and its development status is closely related to the country's industrial competitiveness and technological innovation capabilities. In mechatronics systems, sensing and detection technology occupies a very important position, which can capture and process various physical quantities and geometric parameters in real time, and provide data support for the control and decision-making of the entire system. With the continuous advancement of industrial intelligence, sensing and detection technology has evolved from the traditional single function detection state to a complex system with highly integrated, intelligent, and networked characteristics. In the field of global sensor technology, remarkable breakthroughs have been made in recent years, and the trends of intelligence, miniaturization, and multifunctionality in technological development are quite evident. The article conducts a systematic analysis of the practical application and development trend of sensing and detection technology in mechatronics integration, and deeply explores its core role, key technologies, and impact on future industrial development.

**Keywords:** sensor detection technology; mechatronics integration; multi-sensor fusion; intelligent sensing; real-time monitoring

### 引言

机电一体化是现代工业发展极为关键的领域,其发展状况同国家制造业竞争力以及科技创新水平紧密相关,在机电一体化系统当中,传感检测技术占据着极为重要的地位,它就好比系统的“感官”,能够对各类物理量以及几何参数予以实时捕捉并加以处理,进而为系统的控制与决策给予数据方面的有力支撑。伴随工业智能化进程不断提速,传感检测技术已然从以往传统的单一功能检测状态逐步演进成具备高度集成化、智能化以及网络化特性的复杂系统。近些年来,全球传感器技术收获了颇为显著的突破进展,其发展态势呈现出智能化、微型化以及多功能化等特征。传感检测技术的研究初衷源自于现代工业对于高精度、高可靠性以及实时性方面极为迫切的需求,其重要性体现在通过对系统感知能力的提升,推动机电一体化朝着更高层次的自动化与智能化方向不断发展,以此为制造业的数字化转型给予相应的技术支撑。本文着重对传感检测技术在机电一体化中的应用实际状况以及发展趋势展开系统剖析,对其核心作用、关键技术以及对未来工业发展

所产生的影响进行深入探讨。

### 1 传感检测技术概述

#### 1.1 基本概念与分类

传感检测技术属于一种技术手段,其可感知被测量的信息,并且能够把所感知到的信息转化为可供使用的信号,在机电一体化系统当中,它主要担负着状态监测以及质量控制这两方面的功能。依据检测对象存在不同情况,传感器能够划分出多种类型,像温度传感器、压力传感器、位移传感器、速度传感器等等。这些各式各样的传感器,虽说各自的功能不一样,然而通常都要求具备高精度、高灵敏度以及高可靠性这样的特点。伴随技术不断发展向前推进,新型传感器接连不断地涌现出来,比如依据微机电系统工艺打造而成的谐振悬臂梁传感器、光学微机电系统传感器还有量子传感器等等这类传感器,它们使得传感检测技术所能够涉及的应用边界以及能力范围都得到了极大的拓展延伸。

#### 1.2 技术特点与发展现状

现代传感检测技术有着多元化以及智能化的发展特

性。其技术特点主要在三个方面有所体现：一是高度集成化且智能化的技术融合这一趋势较为明显；二是技术性能在持续提高，像定位精度、测温精度等相关指标也在不断提升；三是新材料被广泛运用，这推动了传感器技术的革新。当下全球传感器技术领域处于快速发展的状态，科研机构和企业借助材料创新、算法融合以及制造工艺升级等方式，促使传感器朝着智能化、微型化的方向加快演进。预计到 2025 年，中国智能传感器市场的规模将会突破 2300 亿元，全球所占的比例也有望提升至 35%，呈现出强有力的发展态势。

## 2 传感检测技术在机电一体化中的核心作用

### 2.1 实现高精度信息采集

高精度的信息采集乃是确保机电一体化系统性能以及质量的基本前提，而传感检测技术恰恰是达成此目标的重要途径。借助运用先进的传感器还有检测方式，机电一体化系统便可以获取到精确且可靠的数据，进而为后续的控制以及决策给予有力支撑<sup>[1]</sup>。这样的高精度检测能力让生产线得以实现毫米级别的操作控制，这无疑大幅提升了产品的质量和生产效率。高精度信息采集在精密制造以及微纳加工领域有着极为关键的作用，这些应用场合都需要传感器给出极度精确并且可靠的测量数据，哪怕出现些许微小的偏差，都有可能致使产品出现失效的情况或者性能有所下滑。

### 2.2 支持系统状态实时监测

传感检测技术会持续采集并分析设备运行参数，以此来支撑系统状态的实时监测，能够及时发现存在的问题并且采取相应的措施，防止系统出现故障以及性能有所下降。实时监测涵盖了设备运行状态监测、环境参数监测还有产品质量监测等诸多方面，得多种传感器协同开展工作才行。这样的监测策略把传统的故障发生后再去维修转变成了预防性维护，大大提升了设备的可靠性以及使用寿命。在极端环境以及高风险场景当中，实时监测的重要性就更为突出了，得依靠传感器提供连续且准确的监测数据，并且要和控制系统联动起来以实现快速响应，尽可能地降低风险以及损失。

### 2.3 提供闭环控制反馈依据

闭环控制属于机电一体化系统的典型核心特征，传感检测技术则给闭环控制给予了不可或缺的反馈依据。凭借对系统输出展开实时检测，并且把检测所得与期望值加以对比，控制系统便能适时地去调整操作参数，以此来保证系统能够稳定且可靠地运行起来。这样一种以传感器反馈作为基础的控制策略，在各式各样的机电一体化设备当中都有着广泛的应用，其应用范围从较为简单的温度控制器一直到相对复杂的工业机器人系统均有涵盖。在智能制造以及工业自动化这些领域里面，依靠传感检测技术所形成的闭环控制反馈，发挥着极为重要的作用。这些相关应用

往往牵涉到颇为复杂的生产流程以及多变的运行状况，这就要求控制系统得能够依照实时监测所获取的数据迅速地去调整操作参数。

## 2.4 促进功能集成与智能化

传感检测技术一直都在不断发展，这种发展对于机电一体化系统而言意义重大，它推动了该系统的功能集成以及智能化水平的提升，让现代机电设备可以去执行那些更为复杂的任务，也能更好地适应多变的环境。功能集成有两个方面的体现，其一是传感器自身所具备的多元检测能力，其二是系统层面的多传感器融合<sup>[2]</sup>。而智能化主要表现在传感器拥有数据处理以及决策的能力。伴随人工智能以及边缘计算技术的推进，现代传感器已然不再是单纯的用于数据采集的设备了，它还具备了一定程度的数据处理以及决策能力。这些智能化的特点使得传感检测技术成为了机电一体化系统的智能核心，推动着整个系统朝着更高水平的自治以及自适应的方向不断发展。

## 3 关键技术与应用方向

### 3.1 多传感器融合技术

多传感器融合技术属于传感检测领域极为重要的一个研究范畴，其借助对多个传感器所采集数据加以整合的方式，进而给出更为周全且更为精确的环境感知状况以及能力判定结果。在机电一体化系统当中，单一的传感器通常仅仅能够获取到数量有限的信息，并且还特别容易受到各类干扰以及误差等方面因素的影响，然而多传感器融合却能够成功突破这些存在的局限性，促使系统的可靠性以及鲁棒性得以提升。芬兰国家技术研究中心和印度科技公司联手展开研发工作的多模态传感系统已经完成了实地的验证工作，此系统将毫米波雷达、热成像摄像头以及卫星定位技术进行了集成处理，再依靠 AI 算法来开展融合分析操作，即便是在浓雾暴雨等能见度近乎为零的条件下，依旧可以精准地识别出 200m 以外的障碍物。印度铁路系统的相关测试情况表明，搭载了该系统的列车在恶劣天气环境下，其运行速度有了 30% 的提升幅度，而且事故率也出现了 45% 的下降比例。这些让人印象颇为深刻的结果切实展示出了多传感器融合技术所具备的巨大潜力<sup>[3]</sup>。

多传感器融合技术的应用范围极为广泛，在工业自动化、智能交通、环境监测以及医疗诊断等领域均有涉及，基本上所有需要复杂感知能力的领域都能够从中获益。在工业领域，多传感器融合可给出更为周全且精确的设备状态信息，以此来助力预测性维护以及质量控制。就汽车行业而言，现代汽车会安装诸如汽车安全气囊装置、ABS、安全报警装置、驱动防滑系统以及各类娱乐设备等诸多传感器。与此现代汽车的控制系统也已经用全自动化控制的方式取代了以往的机械式控制方式。这些应用一方面提升了系统的性能与可靠性，另一方面也为用户赋予了更为安全且便捷的使用体验。伴随人工智能算法不断取得进展以

及硬件计算能力持续得到提升,多传感器融合技术在机电一体化系统当中将会发挥出愈加重要的作用,进而为达成真正意义上的智能自治系统筑牢根基。

### 3.2 微型化与嵌入式设计

微型化以及嵌入式设计算得上是传感检测技术极为重要的一个发展趋向。就当下而言,随着 MEMS 微机电系统技术逐步走向成熟,传感器的体积呈现出不断缩小的态势,然而其性能却是持续处在提升的状态之中。如此一来,便促使它们可以顺利地集成进各式各样的机电设备里,而且并不会对设备的整体结构以及功能造成任何影响。微型化的传感器不但能够在空间方面实现节省,同时在重量方面也能够达成节约的目的,除此之外,它往往还具备更低的功耗这一优势,并且可靠性也是相对较高的。正是这些特点,让其特别适宜在那种空间受到限制并且对功耗十分敏感的应用场合当中去加以运用。中国科学院宁波材料所所属的团队借助超临界二氧化碳发泡技术,成功研制出了在全球范围内都堪称首款的超宽应变范围在 0.5%~90%之间的聚烯烃弹性体压阻传感器。此款材料能够对人体从处于静息状态一直到进入到剧烈运动状态期间的全范围生理信号展开监测工作,目前已经在智能鞋垫以及康复机器人关节等相关领域得到了实际的应用。这样一种兼具微型化与柔性化特点的传感器设计方式,着实是极大地将传感检测技术所能涉及的应用场景给进一步拓展开了。

嵌入式设计着重于让传感器和机电系统紧密融合到一起,如此一来,传感功能便不再是单纯附加的那个部分了,反而实实在在地变成了设备本身所具备的一种内在能力。这样的一种设计理念,能够在很大程度上提升系统的整体性以及可靠性,并且还能有效减少来自外部的干扰以及各类连接方面的问题。武震宇研究员将目光聚焦在光学微机电系统技术之上,他介绍了一系列研发成果,其中以微电子制造技术和微纳加工工艺作为核心手段,主要涉及光学 MEMS 传感器与执行器。尤其是那些光机电一体化集成 MEMS 传感器与执行器芯片以及高可靠微系统,他对其设计方法展开了详细的阐述,这其中就包括双层异构集成技术与晶圆级键合工艺。他还展示了相关器件在多个方面的突出优势,像是高线性度、超高角度分辨率、快速阶跃响应以及高重复定位精度等方面都有着十分显著的表现。这些嵌入式传感解决方案,一方面提升了系统的性能,另一方面也降低了成本以及复杂度,进而为传感检测技术在机电一体化领域当中的广泛运用创造出了极为有利的条件。

### 3.3 抗干扰与可靠性提升

在复杂的工业环境下,传感器往往面临着电磁干扰、温度波动以及机械振动等诸多挑战,这些因素很可能会对传感器的性能与精度产生颇为严重的影响,所以抗干扰以及可靠性提升便成为了传感检测技术极为关键的研究内

容。研究人员借助改进设计和制造工艺、引入冗余设计以及自诊断功能等多种技术手段来强化传感器在恶劣环境中的工作效能。就好比在矿业选矿车间的实际运用情形下,中央控制室的西门子 S7-1200PLC 得要 and 2000m 以外破碎车间的 ET 200SP 分布式 IO 站构建起实时的通信联系。面对着隧道山体形成的物理阻隔情况,还有隧道内部金属支架以及动力电缆引发的极为严重的电磁干扰(瞬间干扰的强度能够超过 4kV),运用捷米特 JM-Bidge01k 工业无线网桥,凭借 DFS 动态跳频技术去智能地规避干扰,进而让误码率维持在小于  $10^{-9}$  的水准,并且所有设备的接地电阻都低于  $4\Omega$ ,由此保证了在大型破碎机启停的时候,通讯误码率依旧能够保持在 0.001% 这样的低水平状态。这个案例很好地证实了现代传感器能够在极端的环境下稳固地开展工作,其抗干扰能力以及可靠性也都已经取得了颇为显著的进展成果。随着新材料以及新工艺的持续不断地加以应用,传感器的抗干扰能力以及可靠性还会进一步得到提升,使得它可以在更为复杂且苛刻的环境中稳定地运行下去,从而为机电一体化系统给予可靠的数据支持。

### 3.4 智能化与自适应检测

智能化以及自适应检测属于传感检测技术发展所处的前沿领域范畴。凭借人工智能还有机器学习相关技术,传感器已然不再仅仅被限定于数据采集,这其还能够主动去对数据展开分析以及解释,并且依据环境出现的变化来对自身的工作参数做出相应的调整。这样的一种智能化方面的转变,切实有效地提升了传感器在效率层面以及实用性层面的表现,进而为机电一体化系统开拓出了全新的可能性。自适应检测能够让传感器依照环境条件以及任务需求来动态地对运行模式与参数加以调整,以此获取到最佳的性能表现。就好比在宁夏同利第三风电场当中,由无人机、机器狗以及挂轨机器人组合而成的“空地一体”无人化巡检网络,可以依靠算法训练以及机器学习,实时且细致地监测风速、雨量以及风机的状态情况,精准无误地识别出多达数十种潜在存在的风险。地面上的“机器狗”内部设置有高精度的激光定位系统,同时还搭配着高清摄像头以及红外热像仪,能够顺利完成每日高达 353 个巡检目标的数据采集工作,并且借助 AI 算法迅速地跟故障现象进行匹配,达成智能报警的效果。这套云边协同的智能体系使得故障预警的准确率超过了 85%,无效告警率也下降了 60%,从而实现了相当高水平的智能化以及自适应检测效果。在河北高速集团青银分公司的机电系统里面,借助“灵机”系统可实现每小时 20 次的自动巡检操作,“灵犀”系统运用二维码技术较为安全地突破了内网数据传输的限制,把数据实时地传输到外网,而“灵枢”系统则是依据故障信息自动通过微信来派单进行维修工作,大幅度提升了运维的效率以及系统的智能化程度。这些实际的应用案例充分展示了智能化以及自适应检测技术在复

杂工业环境当中所具备的强大适应能力,其能够根据样本的具体特性自动地去调整检测策略,进而获取到准确且可靠的测量结果,为机电一体化系统的智能自治筑牢了坚实的基础<sup>[4]</sup>。

#### 4 结束语

传感检测技术属于机电一体化系统里极为关键的构成部分,其已然逐步发展成为一门把材料科学、信息技术、人工智能等诸多学科前沿知识综合起来的综合性技术范畴。本文全面且细致地剖析了传感检测技术所涉及的基本概念、各类不同分类情况,还对其在机电一体化当中所起到的核心作用予以深入剖析,同时对多传感器融合技术、微型化与嵌入式设计、抗干扰与可靠性提升以及智能化与自适应检测等关键技术当下的发展实际状况以及未来的应用广阔前景展开了探讨。在未来的发展进程里,传感检测技术会持续向着智能化、微型化以及网络化的趋向去发展,人工智能和先进制造相互间极为紧密的融合将会重新界定人类和相关技术之间互动的具体方式。国内的研究机

构以及企业在面对这种情况时,应当进一步加大在研发方面的投入力度,努力突破那些制约发展的核心技术瓶颈,着力培育具备多种能力的复合型人才,以此来有力推动传感器产业实现整体性的转型升级,进而为制造业达成高质量的发展目标给予稳固可靠的技术方面有力支撑。

#### [参考文献]

- [1]刘健,何海洋.机电一体化中的传感器与检测技术应用[J].电子技术,2023,52(12):378-380.
- [2]杨晓棋.压电式六维力传感器测试系统开发与解耦算法研究[D].山东:济南大学,2022.
- [3]尹姣姣,别虎伟.传感器在机电一体化系统中的应用[J].集成电路应用,2023,40(10):86-88.
- [4]刘雪晶,刘欣,闫威.传感器技术在机电一体化中的应用[J].时代汽车,2024(20):25-27.

作者简介:林宝康(1982.11—),毕业院校:中国石油大学,所学专业:机械,当前就职单位:浙江亚光科技股份有限公司,职称级别:中级。

## 工程机械设计中轻量化技术的应用研究

彭建新

山河智能特种装备有限公司, 湖南 长沙 410100

[摘要]随着全球能源危机的加深和环保意识的不断提高,建筑设备行业面临着节能减排的严峻挑战。轻量化技术作为实现工程机械节能、降耗、提升作业效率的关键手段,已成为行业技术创新的重要方向。文章首先分析了工程机械轻量化设计的必要性,然后系统地阐述了轻质材料、结构设计、先进制造工艺等关键技术的具体应用。在工程机械设计中,最终指出了轻量化技术应用中存在的问题,为工程机械轻量化设计提供理论参考和实践指导。

[关键词]工程机械;轻量化技术;材料应用;结构优化;制造工艺

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17804

中图分类号: U462

文献标识码: A

### Research on the Application of Lightweight Technology in Construction Machinery Design

PENG Jianxin

Sunward Intelligent Special Equipment Co., Ltd., Changsha, Hu'nan, 410100, China

**Abstract:** With the deepening of the global energy crisis and the continuous improvement of environmental awareness, the construction equipment industry is facing severe challenges in energy conservation and emission reduction. Lightweight technology, as a key means to achieve energy conservation, consumption reduction, and improve operational efficiency in construction machinery, has become an important direction for industry technological innovation. The article first analyzes the necessity of lightweight design for construction machinery, and then systematically elaborates on the specific applications of key technologies such as lightweight materials, structural design, and advanced manufacturing processes. In the design of construction machinery, the problems in the application of lightweight technology were ultimately pointed out, providing theoretical reference and practical guidance for the lightweight design of construction machinery.

**Keywords:** construction machinery; lightweight technology; material application; structural optimization; manufacturing process

#### 引言

工程机械作为基础设施建设的核心装备,广泛应用于建筑、矿山、交通、水利等领域,其性能直接影响工程建设的效率和质量。近年来,随着国家对节能减排和绿色发展的要求不断提高,以及工程机械用户对设备作业效率、燃油经济性和运营成本的关注度日益增加,传统工程机械在重量、能耗、排放等方面的问题逐渐凸显。据统计,工程机械的重量与燃油消耗呈正相关关系,设备重量每降低 10%,燃油消耗可减少 5%~8%,同时还能降低轮胎磨损、延长零部件使用寿命,提升设备的机动性能和作业灵活性。因此,在保证工程机械强度、刚度、安全性和可靠性的前提下,通过轻量化技术降低设备重量,已成为工程机械行业转型升级的必然选择。

#### 1 工程机械轻量化设计的必要性

##### 1.1 轻量化与能耗的量化关系

工程机械的重量与燃油消耗呈显著正相关关系,可通过以下经验公式量化:

$$FC = FC_0 \times \left(1 + 0.05 \times \frac{\Delta m}{m_0}\right) \quad (1)$$

其中:

FC为轻量化后的燃油消耗 (L/h);

FC<sub>0</sub>为原重量下的燃油消耗 (L/h);

$\Delta m$ 为重量变化量 (kg), 减重时取负值;

$m_0$ 为设备原重量 (kg)。

根据该公式计算,设备重量每降低 10% (即

$\frac{\Delta m}{m_0} = -0.1$ ),燃油消耗可减少 5%,与行业实测数据 (5%~

8%) 相符。同时,减重还能通过减少轮胎接地比压降低磨损,延长零部件使用寿命,其寿命延长系数可表示为:

$$K_L = 1 + 0.03 \times \frac{\Delta m}{m_0} \quad (2)$$

当重量降低 10%时,零部件寿命可延长 3%,进一步降低运营成本。

因此,在保证工程机械强度、刚度、安全性和可靠性的前提下,通过轻量化技术降低设备重量,已成为工程机械行业转型升级的必然选择。轻量化技术并非简单地减少材料用量,而是一项融合材料科学、结构力学、制造工程、计算机辅助设计等多学科的系统工程。其核心目标是在满足设备使用性能要求的基础上,实现“以轻代重、以优代劣”,从而达到节能、降耗、提质、增效的目的,因此,深入研究轻量化技术在工程机械设计中的应用,具有重要的理论意义和实际应用价值。

## 1.2 提升设备作业性能

工程机械的作业性能（如作业效率、机动性能、操控性能）与设备重量密切相关。一方面，轻量化设计可减少设备的自身重量，在相同动力条件下，设备的加速性能、爬坡能力和行驶速度均能得到提升，尤其在山地、高原等复杂工况下，优势更为明显；另一方面，轻量化设计可优化设备的重心分布，提升设备的稳定性和操控精度，减少作业过程中的振动和噪声，降低操作人员的劳动强度，提高作业效率。

## 1.3 降低企业运营成本

从企业运营角度来看，轻量化技术可帮助用户降低设备的全生命周期成本。首先，轻量化设备的燃油消耗更低，从企业运营角度来看，轻量化技术可帮助用户显著降低设备的全生命周期成本。首先，轻量化设备的燃油消耗更低，在长期高频次的作业场景中，能为企业节省一笔可观的燃油开支，尤其对于物流运输、工程建设等燃油依赖度高的行业，这一优势直接转化为运营利润的提升。其次，轻量化设备因采用更精简的结构设计与新型复合材料，自身重量大幅减轻，这使得设备运行时的机械磨损速度变慢，核心零部件的使用寿命得到延长。企业无需频繁对设备进行维修、更换配件，不仅减少了维修费用的投入，还降低了因设备停机检修造成的生产效率损失。最后，轻量化设备在搬运、安装及后期报废回收环节也具备明显优势。其轻便的特性降低了装卸与运输过程中的人力、物力成本，而采用的环保型轻量化材料，在报废回收时更易处理且回收利用率高，进一步减少了企业在设备处置阶段的环保成本与合规风险，全方位助力企业实现降本增效的运营目标。

## 2 轻量化技术在工程机械设计中的具体应用

### 2.1 轻量化材料的应用

轻量化材料是实现工程机械轻量化的基础，目前常用的轻量化材料主要包括高强度钢、铝合金、镁合金、复合材料等，不同材料的性能参数对比如下表 1 所示：

#### 2.1.1 高强度钢

挖掘机动臂在作业中需频繁承受挖掘冲击载荷、物料偏载等复杂度，对材料的韧性、抗疲劳性和焊接性能要求极高，因此实际工程中多采用 Q345B 或 SM490A 等兼顾强度与韧性的钢材，而非高强度过高、韧性相对较低的 Q960 钢。

#### 2.1.2 铝合金

铝合金具有密度小（约 1/3 钢），耐腐蚀性好，导热性高等优点，适用于重量敏感的结构部件和相对柔软的工作

条件。在工程机械中，铝合金主要应用于驾驶室、油箱、散热器、液压油箱等部件。

#### 2.1.3 镁合金

目前，它是实际应用中金属结构材料的最小密度（密度约为  $1.8\text{g/cm}^3$ ），具有更高的强度和比刚度，并且具有良好的阻尼性能，适用于对重量要求很高的零件。但镁合金的耐腐蚀性较差，成本较高，目前在工程机械中的应用相对较少，主要集中在一些非承载或轻载部件，如仪表盘支架、座椅框架、电机外壳等。

#### 2.1.4 复合材料

复合材料(如碳纤维增强复合材料、玻璃纤维增强复合材料)具有高比强度、高比刚度、耐腐蚀性、耐疲劳性、高结构性等优点。这是今后工程机械轻质材料发展的重要方向。但由于复合材料的成本较高，成型工艺复杂，目前在工程机械中的应用仍处于试验和推广阶段，主要应用于一些高端设备或关键部件。例如，在起重机的臂架设计中，采用碳纤维增强复合材料替代传统的钢结构，可使臂架的重量降低 40%-50%，同时，它还可以提高悬架的耐疲劳性和使用寿命；在挖掘机的铲斗设计中，采用玻璃纤维增强复合材料和钢的复合结构，在保证铲斗强度的前提下，可以减轻铲斗的重量，提高工作效率。

## 2.2 结构优化设计技术的应用

优化结构设计是一种设计方法，通过调整形状，尺寸，拓扑等参数来最小化设计重量，符合强度，刚度和稳定性等限制。随着计算机技术和有限元分析方法的发展，结构优化技术在工程机械设计中的应用越来越广泛，主要包括拓扑优化、尺寸优化和形状优化。

### 2.2.1 拓扑优化

拓扑优化是根据荷载条件和约束条件优化结构材料在给定设计空间中的分布，以获得结构拓扑的最佳形状，为结构设计提供初始方案。拓扑优化可以克服传统经验设计的局限性，并创建更合理，更轻便的结构。如在挖掘机的动臂拓扑优化设计中，首先建立动臂的有限元模型，确定动臂的载荷条件（如铲斗挖掘力、物料重量、自身重量等）和约束条件（如强度、刚度约束），然后采用拓扑优化方法对动臂的材料分布进行优化，得到动臂的最优拓扑结构。根据拓扑优化结果，将动臂的非承载区域去除，保留承载区域，可使动臂的重量降低 10%~15%，同时还能提升动臂的结构性能。

表 1 不同材料的性能参数对比

| 材料类型          | 密度 ( $\text{g/cm}^3$ ) | 抗拉强度 (MPa) | 屈服强度 (MPa) | 弹性模量 (GPa) | 成本 (元/kg) | 适用部件类型        |
|---------------|------------------------|------------|------------|------------|-----------|---------------|
| 普通碳素钢 (Q345)  | 7.85                   | 470-630    | 345        | 206        | 5.8~6.5   | 车架、动臂（传统）     |
| 高强度钢 (Q960)   | 7.85                   | 1050-1200  | 960        | 206        | 12.5~14.8 | 动臂、斗杆、车架      |
| 铝合金 (6061-T6) | 2.70                   | 310        | 276        | 69         | 28.5~32.6 | 驾驶室、油箱        |
| 镁合金 (AZ91D)   | 1.81                   | 230        | 160        | 45         | 58.2~65.4 | 仪表盘支架、电机壳     |
| 碳纤维复合材料       | 1.70                   | 2800（纵向）   | —          | 180（纵向）    | 380~450   | 混凝土泵车臂架、发动机罩等 |

### 2.2.2 尺寸优化

尺寸优化是指优化结构各部件的尺寸参数（如厚度、直径、长度等）。根据拓扑结构形式确定的前提，结构满足约束条件并将重量最小化。尺寸优化是最常用的设计优化方法之一，适用于轻松改进现有设计。例如，在优化叉车的框架尺寸时，首先创建框架终端部件模型，并对框架进行强度和刚度分析，确定车架各部件的应力和位移分布，然后以车架的重量为目标函数，以各部件的应力、位移不超过许用值为约束条件，优化尺寸参数，如纵梁厚度和框架梁直径。通过优化框架尺寸，在保证框架强度和刚度的条件下，可以减轻框架重量，通常达到减轻重量 5%~10% 的效果。

### 3.2.3 形状优化

形状优化是通过调整结构的几何形状(例如轮廓曲线、圆角半径、孔的形状等)来优化结构的应力分布，降低应力浓度，从而在满足结构性能要求的前提下降低结构重量。形状优化用于改善结构的局部形状，提高结构的承载能力和轻量化水平。例如，在起重机的吊钩设计中，传统的吊钩形状存在应力集中现象，为了保证强度，需要增加吊钩的尺寸，导致重量较大。通过形状优化，将吊钩的应力集中区域进行圆弧过渡，优化吊钩的截面形状，可使吊钩的应力分布更加均匀，在相同强度条件下，吊钩的重量可降低 8%~12%。

## 2.3 先进制造工艺的应用

先进的制造工艺是实现轻量化设计的重要保证，采用先进的制造工艺，可以提高材料利用率，减少加工量，提高成型精度和结构性能，实现结构的轻量化。目前，轻型工程机械设计中常用的先进制造工艺主要包括激光焊接、液压成形、3D 打印等。

### 2.3.1 激光焊接

激光焊接具有焊接速度快，焊缝质量高，热影响区小，变形小等优点，可以保证不同厚度的各种材料和零件的有效焊接，减少焊接接头的重量，提升结构的整体性能。例如，在挖掘机的驾驶室焊接中，采用激光焊接替代传统的电弧焊接，可减少焊缝的宽度和高度，减少焊接接头的重量，同时提高机舱的密封性和耐疲劳性；在装载机的铲斗焊接中，采用激光焊接可实现铲斗刃板与斗体的高强度连接，减少刃板的厚度，降低铲斗的重量。

### 2.3.2 液压成形

液压成形是一种利用液体压力使金属板材或管材在模具内成型的制造工艺，可实现复杂形状结构的一次成型，减少零件数量和连接部件，降低结构重量。液压成形适用于制造工程机械中的复杂管状结构和板材结构，如车架纵梁、动臂管件等。例如，在汽车起重机的车架纵梁设计中，

采用液压成形工艺制造的纵梁，可实现变截面、复杂形状的设计，减少纵梁的焊接接头和加强筋数量，与传统的冲压焊接纵梁相比，重量降低 10%~15%，同时还能提升纵梁的强度和刚度。

## 3 工程机械轻量化技术应用中存在的问题

### 3.1 材料成本较高

目前，轻质材料(如铝合金、合金、复合材料)的成本远远高于碳钢，如碳纤维复合材料的成本是普通碳钢的 10~20 倍，是普通碳钢的 5~8 倍。高成本限制了轻量化材料在工程机械中的大规模应用，尤其是在中低端工程机械产品中，企业往往因成本压力而放弃轻量化设计方案。

### 3.2 结构性能与可靠性挑战

工程机械的作业环境复杂，载荷条件恶劣，经常承受冲击载荷、交变载荷和腐蚀环境的作用，因此对结构的强度、刚度、抗疲劳性能和耐腐蚀性要求极高。轻量化设计在降低结构重量的同时，也可能导致结构的承载能力下降、应力集中加剧、抗疲劳性能降低等问题。例如，采用高强度钢制造的结构件，虽然强度较高，但韧性相对较差，在冲击载荷作用下容易发生断裂；采用铝合金制造的结构件，耐腐蚀性较差，在潮湿、多尘的工况下容易发生腐蚀，影响结构的可靠性和使用寿命。

### 3.3 制造工艺与装备不足

轻量化材料的成型和加工工艺与传统材料存在较大差异，需要专用的制造设备和工艺技术。例如，铝合金的焊接需要惰性气体保护（MIG，TIG）或传统电弧焊设备无法满足的激光焊接；复合材料的形成需要使用特殊设备，如热水箱，旋转机器和大量的设备投资。目前，我国部分工程机械企业的制造工艺和装备水平相对落后，缺乏轻量化材料的加工能力和检测能力，制约了轻量化技术的应用。

### 3.4 设计标准与规范缺失

目前，我国工程机械轻量化设计的标准和规范还不完善，缺乏针对轻量化材料、轻量化结构的设计准则、强度计算方法和试验标准。例如，对于采用复合材料制造的工程机械结构件，目前尚无统一的强度计算标准和疲劳寿命评估方法，设计人员只能依靠经验或参考其他行业的标准进行设计，难以保证设计结果的可靠性和一致性。标准和规范的缺失不仅增加了轻量化设计的难度，也制约了轻量化技术在工程机械行业的推广应用。

## 4 结论

轻量化技术是实现工程机械节能减排、提升作业性能、降低运营成本的关键技术，在国家政策支持和市场需求驱动下，已成为工程机械行业技术创新的重要方向。目前，轻质材料，优化结构设计和先进制造工艺等技术，在一定程度上应用于工程机械设计，并取得了显著的轻量化效果，

但仍面临材料成本较高、结构性能与可靠性挑战、制造工艺与装备不足、设计标准与规范缺失等问题。未来,随着轻量化材料的低成本化与高性能化、智能化设计技术的应用、多学科协同优化设计以及绿色制造与回收利用技术的发展,轻量化技术在工程机械设计中的应用将更加广泛和深入,为工程机械行业的绿色、高效、可持续发展提供有力支撑。

#### [参考文献]

[1]夏彬.浅谈工程机械设计中轻量化技术的应用[J].科学

与信息化,2024(4):103-105.

[2]胡琴.轻量化设计在机械结构中的应用与研究[J].Mechanical & Electronic Control Engineering,2024,6(14).

[3]燕通,贾蕾,宋洋.工程机械设计中轻量化技术的应用研究[J].现代盐化工,2025(1).

作者简介:彭建新(1983.8—),性别:男,学历:硕士研究生,毕业院校:湘潭大学,所学专业:材料加工工程,目前职称:中级。

## 机械设计制造技术在个性化座椅中的应用研究

李 冲

新乡市新豪机电有限公司, 河南 新乡 453000

[摘要]随着人们个性化需求不断增加,座椅的舒适性、功能性以及安全性愈发受到关注。然而传统座椅设计大多属于标准化生产模式,很难满足不同用户各异的体型状况与使用习惯方面的要求。机械设计制造技术不断向前发展,给个性化座椅带来了全新的实现途径,像精密加工技术、模块化设计方式、3D 打印技术、仿真分析手段以及智能控制系统等。这些技术能够对座椅结构予以优化,让舒适度得以提升,功能多样性也有所增强,并且借助数字化管理以及检测手段来确保生产效率与产品质量。不过当前个性化座椅依旧存在着成本偏高、生产周期较长以及技术集成难度颇大的一系列问题,所以还需进一步去探索机械设计制造技术的综合运用情况。

[关键词]机械设计制造技术;个性化座椅;技术应用

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17797

中图分类号: TH122

文献标识码: A

## Research on the Application of Mechanical Design and Manufacturing Technology in Personalized Seats

LI Chong

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

**Abstract:** With the increasing demand for personalized services, the comfort, functionality, and safety of seats have received increasing attention. However, traditional seat design mostly belongs to standardized production mode, which is difficult to meet the requirements of different users in terms of body shape and usage habits. The continuous development of mechanical design and manufacturing technology has brought new ways to achieve personalized seats, such as precision machining technology, modular design methods, 3D printing technology, simulation analysis methods, and intelligent control systems. These technologies can optimize the seat structure, improve comfort, enhance functional diversity, and ensure production efficiency and product quality through digital management and testing methods. However, there are still a series of problems with the high cost, long production cycle, and difficult technical integration of personalized seats, so further exploration of the comprehensive application of mechanical design and manufacturing technology is needed.

**Keywords:** mechanical design and manufacturing technology; personalized seats; technology application

### 引言

随着现代社会对个性化、高舒适度产品需求的不断提高,座椅作为人们日常生活、交通出行以及工作环境当中不可或缺的基础设施,其功能性、舒适性以及安全性受到了越来越多的关注。传统座椅设计大多是以标准化、批量化生产为主的,很难满足不同用户体型、坐姿习惯以及特殊使用需求方面的差异,而机械设计制造技术的发展则为解决这一问题给予了重要的支撑。借助精密加工、模块化设计、增材制造以及智能控制系统等相关技术的应用,设计人员可以在座椅结构、功能以及材料选择等方面达成高度定制化的效果,以此来满足个性化的相关需求并且提升用户的使用体验。与此将仿真分析、数字化管理以及检测验证等技术相结合起来,能够让座椅在开发以及制造的过程当中实现设计的优化、工艺的可控以及质量的可靠,进而为个性化座椅的安全性及耐久性给予相应的保障。在这样的大背景之下,机械设计制造技术一方面推动了座椅产品从标准化朝着定制化、智能化的方向不断发展,另一方

面也给现代制造业在精密、柔性及智能制造方面提供了实践的案例。本文着重对机械设计制造技术在个性化座椅开发当中的应用展开系统探讨,涉及座椅结构优化、模块化与可调节设计、精密加工与装配、增材制造以及智能控制系统的集成等内容,深入剖析其在制造工艺、质量控制与数字化管理等方面所发挥的作用,还进一步探讨其未来的发展趋势,从而为个性化座椅的设计与制造给予理论方面的参考以及技术层面的指导。

### 1 机械设计制造技术的特点

机械设计制造技术具有高度自动化、高精度、绿色环保、跨学科融合和高效率生产等核心特点。通过传感器实时监测设备工况参数,并结合 PLC 编程或工业机器人控制,实现物料搬运、装配等工序的自动化运行,大幅提升生产效率并降低人工成本;采用数控机床、3D 打印等先进设备,可实现微米级精度加工,保证关键零部件性能和整机质量;通过改进工艺、使用节能设备和新型材料,如碳纤维复合材料,减少能源消耗和环境污染,符合可持续

发展理念；同时融合机械工程、电子技术、计算机科学等多学科知识，培养具备设计、制造、研发与管理能力的复合型人才；经过优化的自动化流水线可显著提高产能，降低人力需求，并保持产品质量的稳定性，实现高效、智能、绿色的现代制造体系。

## 2 机械设计制造技术在个性化座椅开发中的应用

### 2.1 座椅结构优化设计与仿真分析

在个性化座椅的开发进程里，座椅结构的优化设计以及仿真分析属于极为关键的环节，其对于达成舒适性、安全性还有轻量化方面的统一有着重要作用。借助机械设计制造技术所提供的助力，设计人员能够运用三维建模、参数化设计以及有限元分析等一系列较为先进的手段，针对座椅结构展开科学层面的优化操作并加以验证。在设计刚开始的时候，凭借人体工程学相关数据以及用户的体型特征来构建起个性化座椅的模型，以此来保证座椅的各个支撑点、靠背所呈现的曲线、坐垫具备的厚度等等都能够与人体完美贴合，进而提升乘坐时的舒适程度。就结构优化来讲，把拓扑优化、尺寸优化以及材料优化等多种方法相互结合起来，对座椅的骨架以及支撑结构实施力学方面的分析并且不断进行迭代改进，从而确保既能够满足安全强度以及刚度的要求，又能够达成结构轻量化以及材料利用率最大化的双重目标。仿真分析技术得到应用之后，设计人员便可以在虚拟构建的环境当中去模拟座椅在不同工况之下所出现的受力状况、变形情形以及振动情况，像加速、碰撞、疲劳载荷等情况都包含在内，借此能够提前将潜在的那些薄弱环节给找出来，进而有效减少试验的次数以及设计所花费的成本。与此借助多物理场仿真这种方式还能够对座椅的热舒适性、震动传递以及人体压力分布等方面展开分析，以此来进一步对优化方案的合理性予以验证。把仿真的结果同实际样机测试所获取的数据相互进行比对，通过这样的方式去修正模型的各项参数，进而实现设计与制造之间的闭环优化状态。

### 2.2 模块化与可调节结构设计技术

在个性化座椅开发进程里，模块化以及可调节结构设计技术的应用乃是达成多样化功能以及个性化需求的关键途径。模块化设计理念凭借把座椅结构切割成诸多具备独立功能的模块，像坐垫模块、靠背模块、头枕模块、扶手模块还有调节机构模块等等，使得设计以及制造流程变得更为灵活且高效。各个模块借助标准化接口以及可更换连接件来完成组合，可以依据用户的体型特点、使用场景以及功能需求随意配置，一方面方便定制化生产，另一方面也利于后期的维护与升级工作。与此可调节结构设计技术借助引入机械传动、液压、电动驱动或者智能控制系统，让座椅在角度、位置、高度、倾斜度、支撑力等诸多方面达成多维度调节，进而切实提高乘坐的舒适性 with 支撑性。比如，靠背与坐垫的联动调节结构能够依照人体姿态自动

契合最佳角度，腰托系统可以通过电机或者气囊达成柔性支撑，头枕以及扶手则可以根据用户需求展开高度与角度调节<sup>[1]</sup>。这些调节机构的重点在于机械结构的精密设计以及制造精度把控，需要借助三维建模、运动仿真以及应力分析等办法来确保传动系统的可靠性与耐久性。

### 2.3 精密加工与装配技术应用

个性化座椅开发进程里，精密加工与装配技术的应用属于重要环节，其对于确保产品品质、性能稳定以及舒适度方面有着关键作用。个性化座椅通常有复杂机械构造与多样功能模块，所以对零部件加工精度、装配间隙还有表面质量都提出极高要求。借助数控加工也就是 CNC、激光切割、精密铸造、冲压成型等先进制造工艺，能够达成座椅骨架、连接件、导轨、调节机构等关键部件的高精度生产，进而保证结构强度与尺寸一致性。要满足轻量化以及高刚度需求，部分结构件会采用复合材料或者铝合金精密加工技术，再结合三维坐标测量与在线检测手段来达成过程质量控制。在装配环节，凭借柔性装配线、机械臂辅助装配以及定位夹具技术，可大幅提升装配精度与效率，降低人为误差。特别在座椅调节机构、滑轨系统还有传动组件装配过程中，需要对各零件的同轴度、配合间隙以及装配预紧力予以严格把控，以此保证运动平稳性与使用寿命。并且利用虚拟装配与数字化仿真技术，在设计阶段能够预测装配过程中的干涉与公差累积问题，提前优化工艺流程，实现“设计-制造-装配”一体化管控。

### 2.4 增材制造（3D 打印）在个性化座椅中的应用

在个性化座椅的开发进程里，增材制造也就是 3D 打印技术的应用，给设计创新以及定制化生产带来了全新的思路以及工艺途径。和传统的减材加工方式相比，增材制造是通过一层层堆叠材料来达成复杂结构的直接成型，如此一来便能突破传统工艺在几何方面的限制，达成轻量化、个性化还有高集成度设计的统一。借助三维扫描以及参数化建模技术，依据用户的体型特点、姿态习惯以及舒适度需求，能够生成个性化的座椅三维模型，再凭借 3D 打印技术迅速制造出契合人体曲线的支撑结构、坐垫骨架以及通风散热通道等复杂部件。就座椅骨架部分而言，可以运用金属粉末激光熔融（SLM）或者电子束熔化（EBM）等工艺来制造高强度且轻量化的结构件；而针对坐垫以及靠背部分，则可采用柔性材料或者多材料打印技术，构建起不同硬度梯度的结构层，以此实现精准的舒适度调节<sup>[2]</sup>。增材制造还能够和拓扑优化相互结合，在确保强度与刚度的情况下大幅度减少材料的使用量，进而提升设计的经济性和环保性。除此之外，3D 打印给快速原型验证带来了便利条件，设计人员能够在较短的时间内完成样件的制作以及功能测试，缩短研发周期并且降低模具成本。

### 2.5 智能控制系统与机械驱动集成设计

在个性化座椅的研发进程里，智能控制系统以及机械

驱动集成设计技术的应用情况,属于达成座椅智能化调节这一目标以及促使人机交互体验得以提升的重要环节所在。把机械传动机构和电控系统予以深度融合之后,座椅便能够达到多自由度的精准运动控制效果,像是可以前后移动、能对靠背角度做出调节、可让座垫实现升降操作、能够调节腰部支撑、可对头枕进行定位处理以及具备按摩功能等等。机械驱动系统往往会采用电机、丝杠、齿轮、连杆或者气动装置这类结构形式,凭借高精度传动机构来实现平稳且低噪声以及高响应的动作输出效果。智能控制系统是以嵌入式控制器、传感器网络还有人机交互接口为基础,针对各个驱动单元展开实时监测并且实施协调控制操作。借助压力传感器、姿态传感器以及温度传感器等设备来采集用户的身体特征以及坐姿方面的信息,系统能够运用算法模型自动识别乘坐状态并开展动态调节操作,进而实现姿态的自适应调节以及个性化的舒适度控制效果<sup>[3]</sup>。比如,系统可以根据人体疲劳的具体程度自动对靠背角度以及支撑力做出调整,又或者依靠智能记忆功能记录下不同用户的偏好设置情况,以此实现一键复位的功能效果。与此智能控制模块还能够和移动终端、语音识别系统或者车载系统实现互联,从而构建起多模式的人机交互体验环境。

### 3 个性化座椅制造工艺与质量控制

在个性化座椅的制造进程当中,工艺流程设计、数字化管理、制造精度控制以及检测验证这些环节是紧密相连且相互关联的,它们一道来确保座椅具备良好的性能、舒适的乘坐感受以及可靠的品质。整个生产流程往往是从采集用户的各项数据以及开展参数化建模工作起步的,接着凭借三维人体扫描技术、针对坐姿展开的分析以及个性化设计参数的生成情况,进而构建出座椅的数字模型,再依据该模型来制定加工以及装配的具体工艺方案。依照设计方面的要求来看,像骨架、导轨、调节机构这类极为关键的零部件,会采用数控加工的方式、精密铸造的方法或者增材制造等途径来加以生产;与此在面料裁剪环节、填充材料成型阶段以及模块化组件装配等各个部分,全都严格依照工艺规程来进行操作,以此来保障各个部件的尺寸精度以及装配间隙都能够契合设计所提出的要求。就定制化生产的数字化管理来讲,是通过 PLM 系统、MES 系统以及 ERP 系统来达成工艺数据、工单相关信息以及物料追踪的全程数字化管理目标的,而且还会借助数字孪生技术以及实时监控技术,针对设备的状态、生产所处的进度以及工艺参数等内容展开在线的监测活动,如此便可以迅速

地对设计方面的变更情况以及生产中出现的异常状况做出回应,从而促使生产效率得以提升,生产灵活性也有所增强。对于关键零部件而言,其制造精度以及装配质量的把控,要依靠三坐标测量技术、激光跟踪技术、视觉检测手段以及无损检测等多种技术方式,对零件的尺寸、公差、同轴度、装配预紧力还有运动精度等方面展开全方位的监控工作,从而保证座椅具备足够的安全性以及可靠性<sup>[4]</sup>。在检测与验证这个环节当中,座椅需要经历静态强度测试以及动态强度测试、疲劳寿命方面的评估、振动性能检测以及碰撞性能检测等一系列测试流程,另外还要开展人体工学压力分布测试、舒适度的验证工作以及环境适应性的测试活动,与此针对电控系统与驱动系统,同样要进行功能方面的检验以及可靠性方面的检测工作,借助统计过程控制手段、实验设计方法以及失效模式分析途径,不断地对生产工艺以及质量标准加以优化改进。

### 4 结语

经过对机械设计制造技术于个性化座椅中的应用展开研究能够发现,把精密加工、模块化设计、增材制造、仿真分析还有智能控制系统加以集成,给座椅的舒适性、功能性以及安全性带来了有效的保障。个性化生产工艺以及数字化管理模式得以应用之后,一方面使得生产效率得到了提高,另一方面也确保了零部件制造精度以及装配质量。当下在成本控制、生产周期以及技术集成这些方面确实存在着一定的挑战,不过伴随机械设计制造技术持续发展以及智能化水平不断提升,个性化座椅的设计与制造将会变得更加高效、精准且多样。往后的日子,凭借智能化、柔性化以及数字化技术相结合,个性化座椅的发展有着十分广阔的前景,能够更好地契合用户所提出的个性化需求以及舒适体验方面的诉求。

#### [参考文献]

- [1]肖开洋,冯方浦,张馨升,等.基于人体工学的儿童座椅结构设计[J].现代制造技术与装备,2023,59(6):82-84.
- [2]李明亮.工程机械座椅的气囊减振器结构与舒适性研究[D].浙江:宁波大学,2022.
- [3]陈旭麒.基于人机工程学的办公座椅设计研究[D].湖北:武汉大学,2022.
- [4]甘晓萌.轮腿式爬楼轮椅座椅机构的适应性设计[D].河北:河北工业大学,2019.

作者简介:李冲(1983.8—),毕业于河南科技大学,所学专业:机械设计制造及其自动化,就职单位:新乡市新豪机电有限公司,职务:技术部长,现有职称:中级工程师。

# 人工智能技术在新能源汽车电机优化中的应用

唐波强

特斯拉(上海)有限公司, 上海 200120

[摘要]随着新能源汽车发展速度不断加快,电机身为其中的核心动力装置,其性能是否得以优化会直接对车辆的能效、动力响应以及可靠性产生影响。传统针对电机的优化办法往往依靠经验并且是基于静态设计来开展的,这种方法在面对复杂工况下呈现出的多变需求时,很难有效地去应对。而人工智能技术逐渐兴起之后,便给电机优化开拓出了全新的途径。借助深度学习、强化学习、进化算法以及数据融合等一系列手段,可以达成参数的自适应调整、故障预测、结构优化还有能效的智能管理,进而使得电机的整体性能以及系统的可靠性都得到明显的提升。文中全面且细致地对人工智能在新能源汽车电机优化方面的应用优势、所采用的策略、经过的实践验证以及未来的趋向发展等情况进行了梳理,希望能够为电机智能优化的相关研究给予一定的理论参照以及实践方面的指引。

[关键词]人工智能; 新能源汽车; 电机优化

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17790

中图分类号: U462

文献标识码: A

## Application of Artificial Intelligence Technology in Motor Optimization of New Energy Vehicles

TANG Boqiang

Tesla (Shanghai) Co., Ltd., Shanghai, 200120, China

**Abstract:** With the continuous acceleration of the development of new energy vehicles, the optimization of the performance of the electric motor, as the core power device, will directly affect the energy efficiency, power response, and reliability of the vehicle. Traditional optimization methods for motors often rely on experience and are based on static design, which makes it difficult to effectively respond to the changing demands presented by complex operating conditions. After the gradual rise of artificial intelligence technology, it has opened up new avenues for optimizing motors. By using a series of methods such as deep learning, reinforcement learning, evolutionary algorithms, and data fusion, adaptive parameter adjustment, fault prediction, structural optimization, and intelligent management of energy efficiency can be achieved, thereby significantly improving the overall performance of the motor and the reliability of the system. The article comprehensively and meticulously summarizes the application advantages, strategies, practical verification, and future development trends of artificial intelligence in the optimization of new energy vehicle motors, so as to provide theoretical references and practical guidance for related research on motor intelligent optimization.

**Keywords:** artificial intelligence; new energy vehicles; motor optimization

### 引言

新能源汽车的发展已然变成推动交通运输领域完成绿色转型的关键驱动力,其中电机身为整车动力系统里极为重要的一款关键部件,针对其展开性能优化的操作,这无疑是在提升车辆所具备的续航能力、动力响应状况以及可靠程度等方面起着十分重要作用的一个环节。不过传统的电机设计往往主要是凭借经验公式还有那些固定的参数来开展相关工作,当面临像高速运转这样复杂的工况变化情况,很难达成动态优化以及实时调整的目标。人工智能技术不断发展进步,这就给解决上述提到的这一问题带来了全新的可能性,借助于由数据来驱动的智能优化算法,能够对电机参数、控制策略以及结构设计等方面实施动态调节并且实现自适应优化,如此便可以在确保效率以及性能能够得到保障的情况之下,把能耗降下来,同时也可以降低故障出现的风险。

### 1 人工智能技术在新能源汽车电机优化中的应用优势

#### 1.1 智能动态参数自适应调节机制

人工智能技术在新能源汽车电机优化中实现了突破性应用,关键在于其建立的智能动态参数调节体系。传统电机控制依靠固定参数或者离线标定,无法应对复杂工况下的瞬时变化,借助深度强化学习的优化算法,能够快速查看电机的运行情况,如负载起伏、环境温度变动等。确定能效、响应速度、稳定性等诸多优化目标之后,便能在毫秒级时间内对控制参数实施动态调整。例如,利用深度确定性策略梯度(DDPG)算法实现电机磁链和电流的即时解耦控制,能够使电机在高速区和低速区的性能切换更为顺畅,减少转矩波动对传动系统产生的干扰。

#### 1.2 多模态融合的智能故障预测与健康管理

新能源汽车电机于长时间运行之际,因负载存在波动

情况、温度有所变化以及受到环境方面诸多因素的作用,故而容易冒出磨损、绝缘老化还有零部件疲劳等一系列问题。人工智能借助多模态数据融合这一方式,达成对电机状态加以全方位感知以及开展智能诊断的目的,进而让故障预测的能力以及健康管理的水平都得到了颇为明显的提升。该技术把电流、电压、振动、温度以及噪声等多种来源的数据融合起来,凭借机器学习以及深度神经网络模型,从中提取出关键的特征,以此来实现对电机潜在故障实施早期预警的目标。与此再结合历史运行的数据以及健康评估的模型,人工智能可给出电机寿命的预测结果以及维护方面的建议,以此来助力主动维护策略的制定工作,进而在很大程度上降低意外停机的风险以及维修所花费的成本。在新能源汽车的应用场景当中,多模态智能监测一方面保障了电机能够具备长期的可靠性,另一方面也为优化控制策略给予了实时数据方面的有力支撑,使得电机系统即便处于复杂的工况之下,依旧能够维持稳定且高效的运行状态。

### 1.3 智能能效优化与热管理策略

新能源汽车电机于高功率运行之时,能效以及热管理均属影响其性能与可靠性的关键要素。人工智能技术凭借对电机温度、电流、电压还有环境条件展开的实时监测以及智能分析,达成了能效优化同热管理的协同控制。具体来讲,依据深度学习以及预测模型,该系统可预先预测电机处在不同工况之下的能耗变化状况以及热累积情形,并且经由动态调节电流分布、转矩输出以及冷却系统运行策略,切实降低了能量损耗,同时将电机温度维持在安全的范围当中。与此融合强化学习算法,电机在诸如快速加速、负载波动以及长时间高功率运行这类复杂工况之下,能够自主挑选出最优的功率分配方案以及冷却方案,进而实现能效的最大化以及温度控制的最优化。这样的智能能效与热管理策略,一方面提升了电机的运行效率以及续航能力,另一方面也延长了电机以及整车动力系统的使用寿命,从而为新能源汽车给予了稳定且高效的动力保障。

## 2 新能源汽车电机优化的人工智能应用策略

### 2.1 基于多模态数据融合的电机状态感知与识别

在电机优化进程里,状态感知以及识别构成了达成智能控制的基本前提。人工智能借助多模态数据融合方面的技术,把电机运行时所涉及的电气信号、机械振动状况、温度分布情况还有环境参数都综合起来加以分析,进而塑造出较为完整的电机运行状态形象描绘。凭借构建起的特征提取以及模式识别相关模型,系统可精准地识别出电机处于不同工况之时的运行状态,像转矩出现波动、温升存在异常以及潜在故障风险等都能识别到,并且能够及时对控制策略做出相应调整。多模态融合一方面提升了状态识别所具有的准确性,另一方面也强化了模型的鲁棒性,这就让电机即便处在复杂的工况当中,也能够保持高效且稳定的运行状态。除此之外,这一策略还给后续的强化学习控制以及结构优化给予了高质量的数据输入,达成了电机

智能优化整个流程都是由数据来驱动的效果。

### 2.2 基于强化学习的电机动态控制策略优化

强化学习于电机动态控制领域凸显出颇为显著的优势,其借助智能体与环境展开交互的方式,持续不断地去探寻最优的控制策略,进而达成控制参数的自适应性优化状态。新能源汽车电机处在高速运转、低速运转以及负载发生变化等多种不同工况情形之下时,针对转矩响应情况、工作效率以及稳定性方面的要求各不相同,传统的控制策略往往很难做到面面俱到地兼顾这些方面。构建起强化学习模型之后,系统便能够实时且有效地评估控制策略所取得的实际效果,并且在每一次进行迭代操作的过程中,对电机的电流分配状况、磁链控制情况以及转矩输出情况加以优化调整,从而实现动态化的精准调节。这种方法能够让电机在不同的运行模式当中始终维持在最佳的性能状态,并且还能够一定程度上降低能耗出现的波动情况以及机械部分遭受的磨损程度,进而为整个汽车提供源源不断的持续且稳定的动力输出。将这种自适应控制策略引入进来之后,使得电机的优化过程不再仅仅停留在静态设计层面,而是迈向了实时智能化的操作阶段,这无疑成为了新能源汽车具备高性能的动力系统极为重要的保障因素之一。

### 2.3 基于智能进化算法的电机结构创新设计

电机结构设计的优化属于提升其性能以及效率的关键环节。人工智能借助智能进化算法达成电机拓扑结构以及几何参数的创新设计。构建起电机性能评价模型之后,运用遗传算法、粒子群优化这类进化方法,系统可于设计空间里自动搜寻最优解,进而达成对转矩密度、效率还有散热性能的综合优化。相较于传统设计来讲,智能进化算法可同时顾及多目标约束条件,并且在有限的设计空间当中快速聚敛至最优或者接近最优的方案,如此便能缩减设计周期并且降低实验成本。在新能源汽车电机的应用方面,这一策略不但提升了电机性能,而且为未来的智能制造以及定制化电机设计打下了技术方面的基础。

### 2.4 云一边协同的能效管理与运行优化

新能源汽车电机的能效优化单纯依靠单机控制是不够的,得结合整车以及云端计算资源来达成协同优化的目的。人工智能借助云一边协同架构,把电机的实时运行数据传到边缘节点,以便快速处理,与此把优化策略还有全局运行数据上传至云端,开展深度分析,进而实现全局能效优化和局部快速响应的有机整合。边缘节点负责实时控制以及快速决策,而云端则进行大规模的数据分析、模型训练以及策略更新,如此一来,电机便可以在保证响应速度的情况下持续对能耗和性能加以优化。这一策略达成了动态调整和全局优化的融合,给新能源汽车电机系统带来了智能化且高效的能效管理方案。

## 3 人工智能驱动的电机优化实践与验证

### 3.1 电机智能优化系统架构

在实际的应用过程当中,电机智能优化系统往往是由

数据采集模块、智能控制模块、优化算法模块以及状态监测模块等部分所构成的。其中,数据采集模块主要负责实时地去收集电机的各项相关信息,像电流方面的信息、电压方面的信息、温度方面的信息还有振动方面的信息等等;智能控制模块会结合强化学习算法来针对电机参数展开动态的调节操作;优化算法模块则借助进化算法以及深度学习模型对电机的结构以及运行策略加以优化处理;而状态监测模块能够达成多模态数据的融合,并且还能够实现健康管理的相关功能。这样的架构成功地实现了从数据采集环节开始一直到状态识别环节以及最终的优化控制环节这样一个全流程的智能化管理方式,从而充分地保障了电机在多种不同工况之下运行时所具备的可靠性以及高效性,进而为新能源汽车给予持续的动力方面的有力支持。

### 3.2 算法模型构建与仿真验证

为了证实人工智能于电机优化方面所具备的有效性,得着手去构建相应的算法模型并开展仿真验证相关工作。具体而言,先建立起电机的数学模型以及控制策略模型,接着把强化学习、深度神经网络还有进化算法都应用到仿真平台之上,借此来模拟电机处在不同速度情况、不同负载状况以及不同温度条件之下的实际运行状态<sup>[1]</sup>。从仿真的结果能够看出, AI 优化算法可以在毫秒级别的时长内对控制参数做出调整操作,进而使得转矩输出变得较为平稳,效率也有了颇为明显的提升,并且还能够一定程度上减少能量方面的损耗以及机械产生的振动。经过这一系列系统化的仿真验证流程,为实际车辆的应用事宜给出了较为可靠的依据,从而确保优化策略能够在现实的工况环境当中切实有效地得以实施。

### 3.3 电机性能提升对比分析

在实际的应用情况当中,人工智能所具备的优化策略对于电机性能的提升而言,是有着十分突出的效果的。将传统的控制方式以及优化前后电机性能的相关数据拿来加以比较之后可以发现,经过 AI 优化处理过的电机,在能效方面、转矩稳定性方面、响应速度方面以及散热能力方面,都呈现出较为明显的改善状况。尤其是在那种较为复杂的工况环境之下,比如说在高负载启动的情形下、快速加速的时候亦或是频繁地切换工况之时, AI 优化策略能够大幅度地降低转矩出现的波动情况以及能耗水平,与此同时还能有效地提高系统的可靠性程度。这样的结果充分验证了人工智能在电机优化方面的实用价值,进而为新能源汽车动力系统的性能得以提升给予了极为坚实的科学技术方面的有力支撑。

### 3.4 实际应用问题与改进方向

虽然人工智能于电机优化方面展现出了极为出色的性能表现,然而在实际的应用进程当中依旧存在着诸多挑战。其模型对于高质量的数据有着较强的依赖性,若出现数据缺失或者存在噪声等情况,那么这很可能会对优化的效果

产生影响。就强化学习以及进化算法而言,在复杂的电机系统里,它们的收敛速度以及所耗费的计算资源均需要进一步加以优化<sup>[2]</sup>。除此之外,这些算法自身的可解释性以及迁移能力都存在一定局限,所以在不同型号或者是处于不同工况之下的电机上,往往难以直接将其应用起来。对于上述这些问题,可以通过对数据采集系统予以优化、对算法结构做出改进并且引入模型压缩以及迁移学习等相关方法,以此来提升其在实际应用当中的可行性以及可靠性。

## 4 人工智能技术赋能电机优化的未来发展趋势

在未来,人工智能于新能源汽车电机优化方面的应用会呈现出更为智能化、协同化以及前瞻化的发展走向。自进化型智能控制体系将会逐渐成为主流形式,该系统具备自主学习以及适应不同工况的能力,进而达成全生命周期的优化效果;前沿智能算法同仿生设计相融合将会促使电机结构有所创新,借助仿生控制策略以及神经形态算法能够提升电机的响应速度以及效率<sup>[3]</sup>。除此之外,电机和能源互联网的协同发展同样会成为一种趋势,电机不只是作为车辆的核心动力存在,还会融入到智能能源管理体系当中,以此来实现电网与车辆动力系统的能量优化以及互动交流。伴随人工智能技术持续不断地趋向成熟,新能源汽车电机的优化将会变得更加精准且高效,同时也会为整车性能的提升以及智能化进程给予稳固有力的支撑。

## 5 结语

人工智能技术于新能源汽车电机优化方面彰显出颇为可观的潜力。其借助智能动态参数调节这一方式,还有多模态状态感知手段,以及强化学习控制办法,再加上进化算法优化举措,达成了对电机性能、能效以及可靠性全方位的提升效果。经由实践予以验证可以发现, AI 优化不但让电机的瞬态响应有所提高,而且使能效得以提升,与此还极为有效地增强了系统的健康管理能力以及故障预测能力。在往后的日子里,伴随自进化控制体系逐步发展起来,仿生智能算法不断取得进展,以及电机与能源互联网协同关系持续深化,新能源汽车电机将会达成更高程度的智能优化状态,进而为绿色出行以及高性能动力系统的发展给予关键的技术支撑。

### [参考文献]

- [1]徐钰航,苏颖,谭景辉.人工智能技术在新能源汽车电机优化中的应用[J].汽车测试报告,2025(10):37-39.
- [2]赖晓龙.人工智能技术在新能源汽车的应用[J].汽车知识,2024,24(11):23-25.
- [3]万舜.人工智能技术在新能源汽车行业的应用[J].汽车知识,2024,24(9):34-36.

作者简介:唐波强(1988.3—),毕业院校:沈阳化工大学,所学专业:机械工程学院/理论与应用力学,当前就职单位:特斯拉(上海)有限公司,职务:高级工艺工程师,职称级别:中级工程师。

## 智能建筑机电设备自动化技术的分析与研究

周 菊

中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 611130

[摘要]智能建筑属于建筑技术、现代控制技术、现代通信技术等先进技术的集成,机电设备自动化技术是智能建筑的重要技术组成部分,可对智能建筑的舒适度、便捷性、安全性产生较大影响。本篇文章总结智能建筑机电设备自动化技术的特征及优势,分析智能建筑机电设备自动化技术的应用方案,列举应用实例,总结智能建筑机电自动化技术应用中存在的问题及解决策略。

[关键词]智能建筑;机电设备;自动化技术

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17780

中图分类号: TU855

文献标识码: A

### Analysis and Research on Automation Technology of Intelligent Building Mechanical and Electrical Equipment

ZHOU Ju

PowerChina Chengdu Engineering Corporation Limited, Chengdu, Sichuan, 611130, China

**Abstract:** Intelligent buildings belong to the integration of advanced technologies such as building technology, modern control technology, and modern communication technology. Mechanical and electrical equipment automation technology is an important technical component of intelligent buildings, which can have a significant impact on the comfort, convenience, and safety of intelligent buildings. This article summarizes the characteristics and advantages of intelligent building electromechanical equipment automation technology, analyzes the application solutions of intelligent building electromechanical equipment automation technology, lists application examples, and summarizes the problems and solutions in the application of intelligent building electromechanical automation technology.

**Keywords:** intelligent building; mechanical and electrical equipment; automation technology

伴随科技的发展,智能技术在建筑工程领域得到广泛应用,智能建筑已成为建筑行业未来的发展方向。智能建筑的稳定运行需要多种机电设备的支持,结合先进自动化技术的机电设备具有运行稳定可靠、智能化程度高等优势,可为用户营造舒适的工作环境与居住环境,也可降低建筑能耗。为此,智能建筑设计建造过程中需制定合理的机电设备自动化技术应用方案,并在实践中总结经验,以确保相关技术能够达到最佳的应用效果。

#### 1 智能建筑机电设备自动化技术的特征及优势分析

##### 1.1 智能建筑机电设备自动化技术的特征

智能建筑机电自动化技术具有如下特征,第一,先进性。在现代工程技术中,智能建筑机电设备自动化技术属于具有代表性的先进技术方案,其主要特点是融合自动传感技术、计算机网络技术等现代科学技术,通过多种技术之间形成的合力,可为智能建筑的发展提供有力支持<sup>[1]</sup>。第二,适应性。机电设备自动化技术具有较强的适应性,能够结合智能建筑内部环境灵活完成各类机电设备的调控,保证机电设备在极端条件下仍能稳定运行,并可提升各种机电设备的运行效率及运行稳定性,满足智能建筑内

部用户的个性化及多样化需求。第三,降低能耗。通过机电设备自动化技术,可将地热能、风能、太阳能等清洁能源应用于智能建筑中,进而降低智能建筑内部能耗,实现绿色节能环保的要求。

##### 1.2 智能建筑机电设备自动化技术的优势

智能建筑在设计方案、施工方法、建筑结构、功能服务等方面与传统建筑存在较大差异,侧重于满足用户实际需求。在智能建筑中应用机电设备自动化技术可动态监控各类机电设备的运行状态,及时调整偏差及处置各类故障,确保运行的稳定性,进而满足用户对于安全舒适、节能环保等建筑功能的需求。机电设备自动化技术可自动采集各类机电设备的运行参数,自动完成数据读取、解读、分析、反馈、响应、保存等操作,有效解决人工工作模式存在的问题,工作效率低、工作量大、差错率高等问题,确保机电设备的稳定运行,避免发生各类安全隐患<sup>[2]</sup>。

#### 2 智能建筑机电设备自动化技术的应用方案

##### 2.1 自动化供电系统

供电系统应用自动化技术过程中,需以智能建筑整体用电设施配置方案为基础,动态监测设备的运行功率及用电负荷状况。同时,相关技术人员需综合分析智能建筑实

际环境,分析各类自动化技术方案的可行性,优选适合的供电运行设备,并将其规范安装至指定位置。在安装供电设备的过程中,相关技术人员需结合自动化机电设备的运行特征,在供电系统中调整完善变压器配置方案,以改善用电环境,减少电能损耗量,保证用电安全性。另外,在安装供电运行设备期间,需设置多个子系统,动态分析各个子系统的运行状况,采取具有针对性的子系统优化方案,清除各类干扰因素,确保各个子系统独立运行,整体系统协同运行,使智能建筑的用电过程处于可控的状态,进而达到节能降耗及稳定供电的要求<sup>[3]</sup>。

## 2.2 自动化照明系统

智能建筑自动化照明系统如图1所示,为满足用户日常生产生活的照明需求,智能建筑中需配置多样化的自动化设备,构建自动化的照明系统。在安装照明系统自动化机电设备的过程中,需综合考虑机电设备操作的便捷性,确保用户能够依据自身需求灵活调控。同时,也需考虑智能建筑的能耗,合理应用各类清洁能源,在满足用户正常照明需求的前提下优先选择低能耗的自动化照明设备,并结合智能建筑内部结构,将自动化照明设备安装在适宜的位置。另外,在应用自动化照明设备的过程中需保证其能够有效适应周边环境,能够结合环境的亮度确定是否开启照明设备,并可自动调节照明的亮度及色温等参数,以满足用户多样化的照明需求<sup>[4]</sup>。

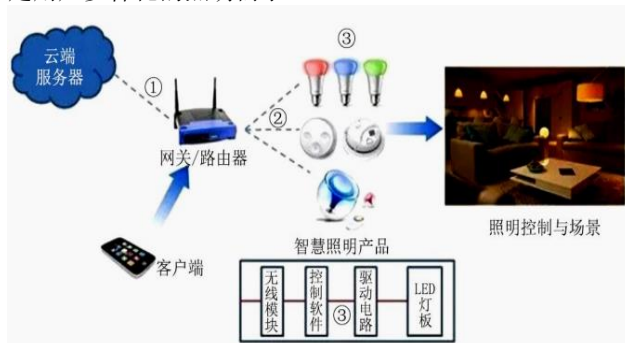


图1 智能建筑自动化照明系统(①为云端服务器与网关路由器连接通路,②为网关路由器与智慧照明产品连接通路,③为智慧照明产品)

## 2.3 火灾自动报警系统

当前,智能建筑呈现高层化、规模化的特点,内部结构复杂,加之电子设备种类及数量显著增加,此类设备运行过程中产生大量热能,导致消防安全隐患增加。为保证智能建筑的消防安全,需合理设置火灾自动报警系统。智能建筑的火灾自动报警系统组成部分包括控制器、火警电话、火警按钮、火灾探测器、报警声光、报警显示器、现场警铃、灭火联动等(如图2),可划分为多个子系统,包括火灾监测系统、火灾报警系统、灭火系统等,各子系统均需配置自动化设备,保证彼此间独立运行并相互联系,进而形成完整的智能建筑消防安全保障体系。在配置智能

建筑火灾自动报警系统的过程中,需优先考虑系统中各类自动化机电设备运行的稳定性,确保在发生火灾的情况下仍能够正常运行。同时,也需保证火灾自动报警系统中的机电设备能够感应识别火灾危险因素,并及时发出报警信息,以便于相关人员第一时间采取处置措施,进而从源头上避免火灾发生<sup>[5]</sup>。

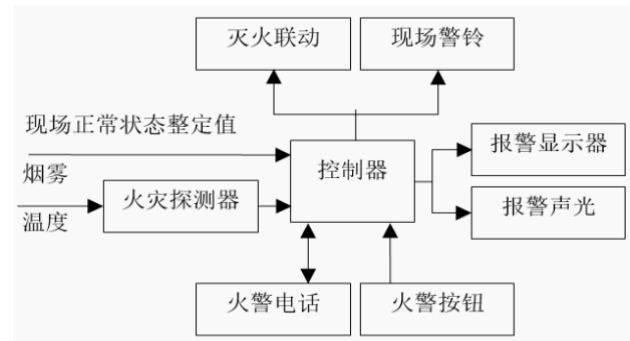


图2 火灾自动报警系统组成部分

## 2.4 自动化给排水系统

给排水系统是智能建筑的重要组成部分,可对智能建筑使用的舒适度及便捷性产生较大影响。目前常用的建筑给水方案包括高位水箱供水、水泵供水、气压管供水,排水方案是利用水流重力排水,智能建筑给排水系统需合理应用自动化技术,在给水系统的水泵中设置液压传感器,进而动态自动化监控溢水问题。同时,需在给排水系统中设置自动报警装置,动态监控水位,一旦发现水位低于最低点,则自动发出报警信息,工作人员依据报警信息妥善处置,可显著降低建筑内部发生停水的概率。另外,智能建筑的排水系统中包含集水坑、排水泵、污水池等,在应用自动化技术的过程中可在潜污泵中设置自动开关系统与故障自检系统,以便于及时发现并处置各类故障,确保排水系统稳定运行。

## 2.5 自动化机电设备布线方案

与传统建筑相比,智能化建筑内部机电设备种类及数量较多,自动化程度高,不同设备间存在关联性,导致布线难度较大。在自动化设备布线的过程中,需规范完成常规布线操作,并综合考虑温度传感器、流量计等特殊设备的运行特点及布线要求,为此类设备的线路配置屏蔽导线,提高管槽敷设质量,以确保其安全稳定运行。同时,在自动化机电设备布线操作中也需要关注布线接地处理方案,采取跨界处理的方案完成桥架及管套的设置,并增加接地数量,为不同类型的自动化机电设备配置针对性的接地方案。另外,为确保智能建筑自动化机电设备运行的安全性,需依据智能建筑内部环境特点,引入网络控制器接地等不同的接地路径,调整数据显示通道,改进机电设备与线路的运行环境。

## 2.6 远程处理技术

为提升智能建筑内部机电设备的自动化程度,需合理

应用远程处理技术,构建功能完善的远程控制系统,通过系统的控制及协调作用,使各类机电设备高效稳定运行。在具体应用远程处理技术的过程中,不同子系统的操作机制存在差异,为此需统一管理线路,重新构建子系统单元,保证各单元的适配度,进而提升远程控制系统的智能化程度及稳定度。比如智能建筑暖通工程的远程控制系统中,需将处理单元安装在机房及周边区域,进而保证重构系统处于高效稳定地运行状态,确保各个子系统及处理单元之间有效对接。另外,智能建筑用户的需求处于动态变化状态,因此在设计远程控制系统处理单元的过程中需预留部分结构,以便于新功能的介入,确保系统内部功能的可拓展性,使智能建筑的功能不断完善。

### 2.7 集约管理

在应用机电设备自动化技术的过程中,可将智能建筑内部的全部子系统放置在相同管理平台中,统一完成信息提取、储存、显示,用户可打开任一系统的信息数据访问接口,获取机电设备运行分析报告,及时处置各种异常情况。同时,机电设备自动化技术也可分散控制智能建筑内部的各个系统,使多个子系统处于独立状态,避免子系统相互干扰引发故障。比如在安装电梯的过程中,可应用机电设备自动化技术精准控制安装过程,如发现安装方案不合理则及时发出报警信息,在电梯投入运行过程中监控运行情况,如发现运行故障及时报警,进而保证电梯安装质量及运行安全。

## 3 智能建筑机电设备自动化技术应用实例

### 3.1 智能建筑概况

某智能建筑共计34层,地上32层,地下2层,其中1~3层为商场,4~5层为餐厅,6~8层为娱乐中心,9层及以上为会议中心。该智能建筑属于综合性办公大厦,内部包含购物、休闲、参与、娱乐、办公等多种功能,机电设备较多,管理难度较大。

### 3.2 智能建筑机电设备自动化技术方案

为保证机电设备的安全稳定运行,该大厦引入消防安保系统、会议系统、门禁系统、楼宇自动化系统等自动化技术,其中楼宇自动化系统为S-600结构(如图3),包括操作管理层级、网络控制器层级、现场控制器层级等组成部分,其中操作管理层级利用中央管理计算机完成控制,网络控制器层级利用BAS监控计算机完成控制,现场控制器层级利用各类现场装置完成控制。该系统可管理不同控制系统,监控全部机电设备的运行状况,确保机电设备的稳定运行。



图3 智能建筑楼宇自动化系统

## 4 智能建筑机电设备自动化技术应用中存在的问题

### 4.1 机电设备质量问题

部分智能建筑使用的机电设备质量不达标,运行期间故障频发,控制系统无法准确获取机电设备运行数据或产生错误数据,导致机电设备运行过程中的安全隐患加重。同时,部分企业未制定机电设备质量保障措施,在智能建筑投入使用后未制定完善的机电设备管理方案,进而导致机电设备质量问题频发,严重影响自动化技术的应用效果。

### 4.2 机电设备安装存在问题

机电设备安装具有较强的专业性,如安装质量不达标,可能影响机电设备自动化技术的应用效果。比如在安装机电设备线缆及插槽的过程中未能依据技术规范要求完成操作,导致机电设备运行的过程中发生短路等供电故障,使机电设备受损,影响自动化技术的应用效果。部分安装人员在机电设备安装的过程中接口连接错误,导致机电设备无法正常运行或发送错误数据。

### 4.3 其他问题

在智能建筑机电设备自动化技术应用的过程中也存在管理措施不到位、控制工作不及时、自动化技术应用方案不当等方面的问题,此类问题均可影响用户体验,制约智能建筑的发展。

## 5 智能建筑机电设备自动化技术应用问题的解决策略

### 5.1 保证机电设备质量

智能建筑相关企业需与具备相关资质、行业信誉良好的机电设备生产厂家建立合作关系,要求全部机电设备具有合格证书,并在安装前进行质量复检,确认质量达标后方可使用。同时,需制定智能建筑机电设备自动化技术应用标准,落实人员责任,明确机电设备操作规范,严格监管各类机电设备的运行情况,如发现异常及时处置,进而降低机电设备质量问题发生的频率。

### 5.2 加强机电设备安装管理

机电设备安装质量可对自动化技术的应用效果产生较大影响,为此需切实加强管理,制定各类机电设备的规范安装流程,要求机电设备安装位置、标高、安装方式等符合设计方案及行业标准的要求。在机电设备安装的过程中,需实施动态监管,要求安装人员做好防护,避免发生局部损坏、零部件脱落等问题,如发现安装过程中存在违规操作需及时纠正,以保证安装质量达到相关标准的要求。

### 5.3 其他策略

在应用机电设备自动化技术的过程中,需利用计算机技术、人工智能技术、大数据技术等先进技术,构建自动化机电设备控制系统,动态管控机电设备,以降低机电设备运行过程中的故障率。同时,需推行机电设备自动化技术应用的精细化管理及全过程管理模式,动态分析自动化

技术的应用效果,及时调整楼宇自控系统、火灾自动报警系统等自动化技术的应用方案,更新各类机电设备,以确保自动化技术能够达到最佳的应用效果。

## 6 结语

综上所述,机电设备自动化技术具有先进性、适应性、低能耗等特征,可应用于供电系统、照明系统、火灾自动报警系统等多个领域,满足用户多样化的需求。目前,智能建筑在应用机电设备自动化技术的过程中仍存在诸多问题,为此需强化机电设备质量管理,规范完成机电设备安装及使用,强化人员管理,加强制度建设,以确保机电设备自动化技术能够发挥最佳效果。

## 【参考文献】

[1]张国华.智能建筑机电设备自动化技术应用与研究[J].

低碳地产,2016,2(15):232-232.

[2]赵波.智能建筑机电设备自动化技术的分析与研究[J].智能城市,2019,5(13):209-210.

[3]许达峰.浅谈智能建筑机电设备自动化技术[J].建筑·建材·装饰,2019(13):147-148.

[4]付发稳,王敏琳.智能建筑机电设备自动化技术的分析与研究[J].魅力中国,2017(24):286.

[5]张英杰.智能建筑机电设备自动化技术的分析与研究[J].科技创新与应用,2019(5):139-140.

作者简介:周菊(1989.7—),女,毕业院校:四川农业大学,所学专业:工程管理,当前就职单位:中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司工程建设分公司,职务:采购工程师,职称级别:中级工程师。

# 大型地下多采区矿山通风系统运行模式研究

程亚清 窦宝星 谢博伦 邹广友

唐山首钢马兰庄铁矿有限责任公司, 河北 唐山 063000

[摘要]此文主要对大型地下矿山多采区通风系统进行研究,根据矿山可能遇到的多种情况(极端天气井下撤人、爆破等)多角度分析,确定井下通风方案。本矿山采用矿用对旋主扇风机,可通过地表上位机随时调节风机频率,实现变频控制。随着矿山地下开采建设与生产的不断推进,节能降耗成为生产的重要指标。大型主通风机作为井下主要能耗设备,更是管控的重中之重。因此,在保证安全的情况下,通过多次通风试验,保证井下作业的情况下,确定井下最低通风频率,在无特殊情况下低频运行,降低能耗,达到降本增效要求。

[关键词]多采区矿山;通风;变频;经济节能

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17791

中图分类号: TD724

文献标识码: A

## Research on the Operation Mode of Ventilation System in Large Underground Multi Mining Area Mines

CHENG Yaqing, DOU Baoxing, XIE Bolun, ZOU Guangyou

Tangshan Shougang Malanzhuang Iron Mine Co., Ltd., Tangshan, Hebei, 063000, China

**Abstract:** This article mainly studies the ventilation system of multiple mining areas in large underground mines. Based on the various situations that the mine may encounter (such as extreme weather underground evacuation, blasting, etc.), a multi angle analysis is conducted to determine the underground ventilation plan. This mine adopts a mining counter rotating main fan, which can adjust the fan frequency at any time through the surface upper computer to achieve variable frequency control. With the continuous advancement of underground mining construction and production, energy-saving and consumption reduction have become important indicators of production. As the main energy consuming equipment underground, large main ventilation fans are of paramount importance for control. Therefore, while ensuring safety, multiple ventilation tests are conducted to determine the minimum ventilation frequency underground and operate at low frequencies without special circumstances, reducing energy consumption and achieving cost reduction and efficiency improvement requirements.

**Keywords:** multi mining area mines; ventilation; frequency conversion; economic energy-saving

### 1 矿山情况

唐山首钢马兰庄铁矿有限责任公司是首钢总公司(现为首钢集团有限公司)与唐山市人民政府按现代企业制度模式,本着“优势互补、互惠互利、共同发展”的原则共同投资兴办的国有股份制矿山企业。马兰庄铁矿资源是首钢“战略性矿产资源”组成部分,是首钢钢铁业原料保障基地之一,矿区周边人口密集,经济较发达,主要以农业和采矿业为主,电网已覆盖整个矿区,电力供应充足。2017年12月,以地采工程开工建设为标志,公司开启了二次创业的新序幕,进入了转型发展的新阶段。

随着地下建设的不断进行,地下矿山主脉络网形成,根据不同地理位置及作业面水平进行划分。挂帮矿区域分为东采区、西采区、南采区和218运输水平;流程区域分为-398水平、-578水平、-628水平、-673水平和-741水平。

### 2 井下通风方法

#### 2.1 自然通风

自然通风主要依赖自然风压实现矿井内空气的流动。自

然风压的产生源于矿井进、回风井口的标高差以及井口与井下巷道中空气温度的差异。当进风井口的标高低于回风井口,且井下空气温度高于地面空气温度时,会形成向上的自然风压,促使空气从进风井口流入矿井,再从回风井口排出。

优点:无需额外能源消耗,运行成本低。在小型、开采深度较浅的矿井中,有时能满足基本的通风需求。

缺点:通风能力受季节、气候等自然因素影响较大,可靠性和稳定性不足。在夏季或极端天气条件下,通风效果可能大打折扣。

#### 2.2 机械通风

机械通风是目前铁矿井下广泛采用的通风方法。它通过安装通风机,人为地为空气流动提供动力。根据通风机的工作方式不同,机械通风可分为抽出式、压入式和混合式三种。

##### 2.2.1 抽出式通风

抽出式通风将通风机安装在回风井口,通过通风机的运转,将矿井内的污浊空气抽出,使矿井内形成负压状态,新鲜空气则在大气压力的作用下从进风井口流入。

优点：通风效率高，能有效排除矿井内的有害气体和粉尘。适用于大型矿井或开采范围广的矿井。

缺点：对通风机的性能要求较高，设备投资和维护成本较高。

### 2.2.2 压入式通风

压入式通风将通风机安装在进风井口，通过通风机向矿井内压入新鲜空气，使矿井内空气压力高于大气压力，从而将污浊空气从回风井口排出。

优点：设备安装相对简单，初期投资较低。在一些新建的小型矿井中，能满足基本的通风需求。

缺点：风流的有效射程较短，容易在井下形成通风死角，导致部分区域通风不良。

### 2.2.3 混合式通风

混合式通风结合了抽出式和压入式通风的优点。在进风井口安装压入式通风机，向矿井内压入新鲜空气；同时在回风井口安装抽出式通风机，将污浊空气抽出。

优点：能显著提高矿井的通风效率，确保各个作业区域的空气质量。适用于开采范围广、通风线路长的矿井。

缺点：系统相对复杂，设备投资和维护成本较高。对通风机的协同工作要求较高，操作不当可能影响通风效果。

## 2.3 唐首马铁矿通风概述

唐首马铁矿参考自身实际情况采用抽出式通风，采用对角双翼式通风系统，总的通风网络为进风井、副井及斜坡道进风，西风井、东风井和主井回风，设置东回风井、西回风井、进风井三个大型通风机，东风井井口标高为+80m，东风井井底标高为：-218m；西风井井口标高为+220m，西风井井底标高为-218m；进风井井口标高为+160m，进风井井底标高为-398m，通过-140水平东回风井和西回风井大型主通风机和采区巷道局部通风机的运行，保证-218水平及以上采区通风系统的正常，主通风机型号为FKCDZNo25/2x280KW。在主井引风巷设置主井引风机，-398水平、-578水平、-628水平主井方向设置辅扇，通过主井引风机与大型辅扇运行，保证-218水平到-741水平的通风正常，主井引风机型号为FKZNo.17/75kW，辅扇型号为FKZNo.17/30。下表1为唐首马矿通风机规格型号及使用位置。

表1 唐首马矿通风机规格型号及使用位置

| 序号 | 通风机名称 | 规格型号               | 使用位置          | 序号 | 通风机名称 | 规格型号        | 使用位置          |
|----|-------|--------------------|---------------|----|-------|-------------|---------------|
| 1  | 主通风机  | FKCDZNo25/2×280kW  | -140m 西风井风机硐室 | 33 | 局部通风机 | JK58-1No4.5 | -673m 主井      |
| 2  | 主通风机  | FKCDZNo25/2×280kW  | -140m 西风井风机硐室 | 34 | 局部通风机 | JK58-1No4.5 | -673m 主井      |
| 3  | 主通风机  | FKCDZNo.25/2×280kW | -140m 东风井风机硐室 | 35 | 局部通风机 | FBD6.0      | 地表            |
| 4  | 主通风机  | FKCDZNo.25/2×280kW | -140m 东风井风机硐室 | 36 | 局部通风机 | FBD6.0      | 地表            |
| 5  | 主井引风机 | FKZNo.17/75kW      | 主井引风巷         | 37 | 局部通风机 | FBD6.3      | -95m 东采区斜坡道   |
| 6  | 主通风机  | FKZNo.17/30        | -398m 主井      | 38 | 局部通风机 | FBD6.3      | -110m 东采区斜坡道  |
| 7  | 主通风机  | FKZNo.17/30        | -578m 主井      | 39 | 局部通风机 | FBD6.3      | -125m 东采区斜坡道  |
| 8  | 主通风机  | FKZNo.17/30        | -628m 主井      | 40 | 局部通风机 | FBD6.3      | -95m 南采区斜坡道   |
| 9  | 局部通风机 | FBD5.6             | -80m n600-1   | 41 | 局部通风机 | FBD6.3      | -110m 西采区斜坡道  |
| 10 | 局部通风机 | FBD5.6             | -80m5 穿       | 42 | 局部通风机 | FBD6.3      | -125m 西采区斜坡道  |
| 11 | 局部通风机 | FBD5.6             | -80m2.5 穿     | 43 | 局部通风机 | FBD6.3      | 地表            |
| 12 | 局部通风机 | FBD5.6             | 东帮-65m10 穿    | 44 | 局部通风机 | FBD6.3      | 地表            |
| 13 | 局部通风机 | FBD5.6             | -65m5 穿       | 45 | 局部通风机 | FBD6.3      | 地表            |
| 14 | 局部通风机 | FBD6.0             | 地表            | 46 | 局部通风机 | FKD5.6      | -95mN400-1 风井 |
| 15 | 局部通风机 | FBD6.0             | -65 米 4 穿     | 47 | 局部通风机 | FKD7.1      | -95m 西采区联络道   |
| 16 | 局部通风机 | FBD6.0             | -80m10 穿      | 48 | 局部通风机 | JK58-1No4.5 | 地表            |
| 17 | 局部通风机 | FBD6.0             | -80m6 穿       | 49 | 局部通风机 | FBD5.6      | -218mS500 穿   |
| 18 | 局部通风机 | FBD6.3             | -65m6 穿       | 50 | 局部通风机 | FBD5.6      | -218mS400 穿   |
| 19 | 局部通风机 | FBD6.3             | -80m1 穿       | 51 | 局部通风机 | FBD6.3      | -218mS300 穿   |
| 20 | 局部通风机 | FBD6.3             | -65m7 穿       | 52 | 局部通风机 | FB5.0       | -140 爆破器材库    |
| 21 | 局部通风机 | FBD6.3             | -50m5 穿       | 53 | 局部通风机 | FB5.0       | -140 爆破器材库    |
| 22 | 局部通风机 | FBD6.3             | -50m3 穿       | 54 | 局部通风机 | FB5.0       | -140 爆破器材库    |
| 23 | 局部通风机 | FBD6.3             | 上沿-65m 巷道     | 55 | 局部通风机 | FB5.0       | -140 爆破器材库    |
| 24 | 局部通风机 | FBD6.3             | -80m11 穿      | 56 | 局部通风机 | FB5.0       | -140 爆破器材库    |
| 25 | 局部通风机 | FBD6.3             | -50m4 穿       | 57 | 局部通风机 | FB5.0       | -140 爆破器材库    |

| 序号 | 通风机名称 | 规格型号        | 使用位置       | 序号 | 通风机名称 | 规格型号   | 使用位置       |
|----|-------|-------------|------------|----|-------|--------|------------|
| 26 | 局部通风机 | JK58-1No4.5 | -80m1 穿    | 58 | 局部通风机 | FB5.0  | -140 爆破器材库 |
| 27 | 局部通风机 | JK58-1No4.5 | 地表         | 59 | 局部通风机 | FB5.0  | -140 爆破器材库 |
| 28 | 局部通风机 | JK58-1No4.5 | 地表         | 60 | 局部通风机 | FB5.0  | -140 爆破器材库 |
| 29 | 局部通风机 | FBD6.0      | -673m 电梯井口 | 61 | 局部通风机 | FB5.0  | -140 爆破器材库 |
| 30 | 局部通风机 | FBD6.3      | -741 粉矿仓通道 | 62 | 局部通风机 | FB5.0  | -140 爆破器材库 |
| 31 | 局部通风机 | JK58-1No4.5 | -578m 变电所  | 63 | 局部通风机 | FBC5.6 | -140 爆破器材库 |
| 32 | 局部通风机 | JK58-1No4.5 | 地表         | 64 | 局部通风机 | FBC5.6 | -140 爆破器材库 |

### 3 变频运行实现风机低频运行

动力作业区围绕公司重点工作计划,以服务矿石、矿粉生产大局为中心,坚持“极低成本运行”原则,优化井下通风组织模式,通过调节主通风机频率,进行低频运行,实现通风经济运行。

#### 3.1 爆破后风机运行模式

调整爆破后风机运行模式,通过对井下爆破后排烟时间进行分析,发现掘进爆破的炸药用量较小、产生的有毒有害气体较少,将主风机升频时间由掘进响炮时升频改为回采响炮时升频,每天高频运行时间由 3.7h 降低为 3.2h,进一步降低通风能耗。

优化主风机升频模式进一步降低通风能耗,有计划地组织安排回采爆破点位。结合生产现场实际情况,技术专业从月计划上强化回采进路的中深孔组织,增加三个采区的可爆破工作面个数,分采区轮换组织回采爆破,实现主风机每天的轮换升频运行。如组织东、西采区回采爆破,只需要调节东风井频率,组织南采区回采爆破,只需要调节西风井频率,避免了风机同时高频运行,造成电能损耗。

#### 3.2 加装局部通风设备设施

增加通风设备设施,在沙河山西采区-80mN400-2 风井联络道处安装辅扇,并在-50m、-65m、-80m 水平 N400-2 溜井处安装风帘防止溜井漏风。组织对主通风机降频进行测试实验,非爆破排烟期间西风井主风机由 35Hz 逐步降到 26Hz 运行,东风井主风机由 45Hz 降到 25Hz 运行。-578m 辅扇由 25Hz 逐步降到 8Hz,-628m 辅扇由 25Hz 逐步停止运行。

#### 3.3 加强岗位专业素质培训与各岗位信息传递

强化信息反馈能力,建立采场爆破信息群,提高信息传递效率,降低爆破前升频操作时间;强化动力调度升频管控,杜绝出现某一点位气体不合格将主风机升频操作,需要确认是否为车辆设备运行过程中产生的气体短时间超标;作业区传感器安装人员与通风专业,结合现场生产环境,对传感器安装位置进行优化,减少不必要传感器安装,减少无效报警升频主风机时间。

### 4 唐首马矿主通风机运行方式

为确保井下通风系统的稳定运行,提高爆破后排烟效率,并适应不同季节的气象条件,现制定西回风井和东回

风井在不同工况下的运行频率调整方案,由于爆破后会产生大量烟尘和有害气体,需提高主通风机运行频率以加速排烟。调整方案根据季节变化制定。

#### 4.1 爆破后风机调频

当井下需要进行爆破前,有爆破安全员提前在爆破反馈群中进行反馈,动力集控工接到通知后,在爆破前 10 分钟,根据爆破点位对主通风机进行调频,当对南采区进行爆破时,需调高西回风井主通风机运行频率;当对西采区和东采区进行爆破时,需提高东回风井风机运行频率,爆破前需根据爆破点位启动爆破位置局部通风机辅助主通风机进行通风。爆破后动力集控工观察梅安森监测监控系统,保证一氧化碳传感器及二氧化氮传感器无报警,一氧化碳为 0~24ppm,二氧化氮为 0~2.5ppm,保证响炮区域气体合格后,方可将对应区域主通风机进行降频。

#### 4.2 夏季运行模式和冬季运行模式

夏季:常规运行频率在无特殊情况下(如正常采矿作业、无爆破排烟需求),主通风机按以下频率运行:西回风井运行频率为 26Hz,东回风井运行频率为 25Hz。当采矿作业需要进行排烟工程时:夏季时,响炮排烟时,西回风井运行频率为 40Hz,东回风井运行频率为 35Hz。

冬季:常规运行频率在无特殊情况下(如正常采矿作业、无爆破排烟需求),主通风机按以下频率运行:西回风井运行频率为 23Hz,东回风井运行频率为 25Hz。当采矿作业需要进行排烟工程时:冬季时,响炮排烟时,西回风井运行频率为 35Hz,东回风井运行频率为 40Hz。

#### 4.3 井下撤人情况下风机运行模式

在人员撤离井下期间,传统主风机持续运转的运行模式,会导致电能资源的严重浪费。主风机作为矿山能源消耗的核心设备在非生产时段的空转运行,造成了能源利用效率的极大损耗。以保障井下作业通风安全为前提,制定主风机在井下撤人期间的经济运行方案。遇有极端天气执行井下人员撤离命令时,在井下人员全部撤离井下后,方可启动主风机经济运行模式。

运行模式为当生产技术部调度接收到总经理下达井下撤人指令,待人员全部撤离井下后,由动力调度先对矿业平台传感器进行报备,并将东、西风井主风机全部调整

为 10Hz 运行。人员恢复入井前 20min，生产技术部调度通知动力调度恢复东风井主风机 25Hz，西风井 26Hz 运行模式。

#### 4.4 调整原则

##### 4.4.1 季节性适应

夏季高温时，西回风井承担更大风量，防止烟尘滞留。冬季低温时，东回风井提高频率，弥补风压不足情况。爆破后，主通风机应在 2~3h 内维持高频率运行，确保烟尘完全排出。通过观察梅安森系统有毒有害气体数值，调整风机运行频率，排烟完成后，逐步降低至常规频率。

##### 4.4.2 安全监测

调整频率后，需实时监测井下 CO 浓度、风速、风压，确保通风效果达标。若发现局部通风不足导致有毒有害气体堆积，可临时调整东、西回风井频率比例；为保证井下作业人员安全，进入东、西风井风机硐室 200m 前，作业人员需联系动力集控工将主风机降频至 15Hz 以下，并做好汇报工作；当主通风机发生故障时，需动力集控工立即联系公司总调，组织有影响区域进行井下撤人。

#### 5 高频运行与低频运行电量对比

东、西风井主通风机承担着马矿向井下输送新鲜空气、稀释有害气体和调节井下环境的重要任务。然而，高频运行的主通风机系统普遍存在“大马拉小车”的痛点，即主通风机长期以 45Hz 转速运行，不根据矿井实际需求动态调节风量，不仅造成巨大的能源浪费，机械损耗与维护成本也随之攀升。因此在保障安全生产的前提下，通过降低主通风机运行频率可以能耗效率提升至全新高度，以下为

主通风机高频运行与低频运行对比情况。

##### 5.1 主通风机全天高频运行与低频运行电量对比。

根据本次研究需要，我对全天高频运行时运行费用和节能低频运行时运行费用分别进行统计，主通风机高频运行模式为东回风井和西回风井全天满负荷 45Hz 运行风机频率无变化，主通风机低频运行行为东回风井 25Hz 和西回风井 26Hz 低频运行，响炮后，东回风井 35Hz 和西回风井 40Hz，根据炮烟排出具体情况进行调节，保证井下气体正常后恢复东回风井 25Hz 和西回风井 26Hz 低频运行，现取气体排烟 3 小时为例。同时峰谷期不同，电费不同，本月尖峰期每度电 1.0683 元，峰期每度电 0.9179 元，平期每度电 0.608 元，谷期每度电 0.2982 元，对比计算得出下表 2 东、西风井各分段运行电量及电费。

##### 5.2 主通风机 2024 年与 2025 年通风成本对比

对主通风机 2024 年和 2025 年每月运行电量及运行费用 4 为 2025 年度 1~6 月每月所用电量。

##### 5.3 总结

通过对比高频运行与低频运行时每日电量与电费可明显看出当高频运行时，东、西回风井每日电费总和为 16405.548 元，低频运行时，东、西回风井每日电费总和为 5716.364 元，低频运行仅为高频运行电费的 34.8% 左右，无特殊情况下，每日节省约 10000 元，对比 2024 年度及 2025 年度每月用电量，可以明显看出采用低频运行模式用电量明显比高频运行时有明显降低趋势，2025 年度用电量消耗明显降低，企业生产经营成本显著下降，有效提高了企业的经济效益。

表 2 东、西风井各分段运行电量及电费

| 序号 | 运行模式    | 日电量总和<br>(度) | 尖峰期电量<br>(度) | 峰期电量<br>(度) | 平期电量<br>(度) | 谷期电量<br>(度) | 电量总和<br>(度) | 东、西风井日电费<br>(元) |
|----|---------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| 1  | 西风井高频运行 | 14560        | 1580         | 2880        | 5000        | 5080        | 26560       | 16405.548       |
| 2  | 东风井高频运行 | 12000        | 1480         | 2540        | 3980        | 3980        |             |                 |
| 3  | 西风井经济运行 | 4580         | 1020         | 1080        | 1260        | 1200        | 8140        | 5716.364        |
| 4  | 东风井经济运行 | 3560         | 780          | 920         | 920         | 920         |             |                 |

表 3 为 2024 年度每月所用电量

| 主风机电量 |        |        |        |         |        |        |         |         |        |         |         |         |
|-------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
|       | 1 月    | 2 月    | 3 月    | 4 月     | 5 月    | 6 月    | 7 月     | 8 月     | 9 月    | 10 月    | 11 月    | 12 月    |
| 东风井   | 251910 | 275498 | 274490 | 233901  | 344176 | 464374 | 292006  | 258227  | 261654 | 230406  | 221805  | 143382  |
| 西风井   | 139485 | 147661 | 213136 | 266874  | 379770 | 465181 | 191094  | 178416  | 187354 | 156733  | 130494  | 96298   |
| 总     | 391395 | 423159 | 487626 | 500775  | 723946 | 929555 | 483100  | 436643  | 449008 | 387139  | 352299  | 239680  |
| 东风井变化 |        | 23588  | -1008  | -40589  | 110275 | 120198 | -172368 | -33779  | 3427   | -31248  | -8601   | -78423  |
|       |        | 9.36%  | -0.37% | -14.79% | 47.15% | 34.92% | -37.12% | -11.57% | 1.33%  | -11.94% | -3.73%  | -35.36% |
| 西风井变化 |        | 8176   | 65475  | 53738   | 112896 | 85411  | -274087 | -12678  | 8938   | -30621  | -26239  | -34196  |
|       |        | 5.86%  | 44.34% | 25.21%  | 42.30% | 22.49% | -58.92% | -6.63%  | 5.01%  | -16.34% | -16.74% | -26.21% |
| 总     |        | 31764  | 64467  | 13149   | 223171 | 205609 | -446455 | -46457  | 12365  | -61869  | -34840  | -112619 |
|       |        | 8.12%  | 15.23% | 2.70%   | 44.57% | 28.40% | -48.03% | -9.62%  | 2.83%  | -13.78% | -9.00%  | -31.97% |

表 4 为 2025 年度 1~6 月每月用电量

| 主风机风量 |          |         |          |         |          |          |
|-------|----------|---------|----------|---------|----------|----------|
|       | 1 月      | 2 月     | 3 月      | 4 月     | 5 月      | 6 月      |
| 东风井   | 115133   | 114433  | 103576.8 | 108727  | 96305    | 116905   |
| 西风井   | 92236.5  | 90743   | 95460    | 142923  | 124032.6 | 140162.4 |
| 总     | 207369.5 | 205176  | 199036.8 | 251650  | 220337.6 | 257067.4 |
| 东风井变化 |          | -700    | -10856.2 | 5150.2  | -12422   | 20600    |
|       |          | -0.61%  | -9.49%   | 4.97%   | -11.42%  | 21.39%   |
| 西风井变化 |          | -1493.5 | 4717     | 47463   | -18890.4 | 16129.8  |
|       |          | -1.62%  | 5.20%    | 49.72%  | -13.22%  | 13.00%   |
| 总     |          | -2193.5 | -6139.2  | 52613.2 | -31312.4 | 36729.8  |
|       |          | -1.06%  | -2.99%   | 26.43%  | -12.44%  | 16.67%   |

6 结论

(1) 非特殊情况下低频经济运行模式可以满足井下用风需要，介绍了多种特殊情况下风机频率调节情况。

(2) 对比低频运行模式和高频运行模式，总结计算出用电量的不同及差距，采用低频运行模式，大大降低企业生产成本，有效提高了企业的经济效益。

[参考文献]

[1]王从陆,吴超.矿井通风及其系统可靠性[M].北京:化学

工业出版社,2007.

[2]王海宁.矿井风流流动与控制[M].北京:冶金工业出版社,2007.

[3]王英敏.矿井通风与防尘[M].北京:冶金工业出版社,1993.

作者简介：程亚清（1999.5—），男，华北理工大学，本科，采矿工程专业，唐山首钢马兰庄铁矿有限责任公司，通风专业技术管理，所在职务 2 年，矿山工程助理工程师。

## 煤矿节电管理举措研讨与应用

刘东兴 史文明 董易鑫

铁煤集团小康煤矿, 辽宁 调兵山 112700

[摘要]节约用电, 不仅能够减少电能的浪费, 从而也能间接的减少了二氧化碳的排放, 因为在现阶段, 我国电力主要还是通过火力发电来产生电能的。国家能源局发布 2024 年全社会用电量数据, 全年消费 98521 亿 kW h, 辽宁省的发电量累计值为 2203 亿 kW h, 从发电结构来看, 辽宁省火力、水力、核能、风力及太阳能发电量分别为: 1261 亿 kW h、53 亿 kW h、513 亿 kW h、318 亿 kW h、57 亿 kW h, 火力发电量还是占据首位。火力发电需要燃烧大量的化石燃料, 燃料燃烧后的产物就是二氧化碳。所以节约用电就能够有利于实现碳中和。2020 年 9 月 22 日, 国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上发表的重要讲话中提到: 中国将提高国家自主贡献力度, 采取更加有力的政策和措施, 二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值, 努力争取 2060 年前实现碳中和。所以说节能不仅是企业的经济效益, 还是国家环保要求。

[关键词]节电; 火力发电; 碳中和

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17787

中图分类号: TD94

文献标识码: A

## Discussion and Application of Energy-saving Management Measures in Coal Mines

LIU Dongxing, SHI Wenming, DONG Yixin

Tiemei Group Xiaokang Coal Mine, Diaobingshan, Liaoning, 112700, China

**Abstract:** Saving electricity not only reduces energy waste, but also indirectly reduces carbon dioxide emissions, because at present, Chinese electricity is mainly generated through thermal power generation. The National Energy Administration released data on the total electricity consumption of the whole society in 2024, with an annual consumption of 9852.1 billion kilowatt hours. The cumulative value of power generation in Liaoning Province is 220.3 billion kilowatt hours. From the perspective of power generation structure, the power generation of thermal, hydro, nuclear, wind, and solar power in Liaoning Province is 126.1 billion kilowatt hours, 5.3 billion kilowatt hours, 51.3 billion kilowatt hours, 31.8 billion kilowatt hours, and 5.7 billion kilowatt hours, respectively. Thermal power generation still ranks first. Thermal power generation requires the combustion of a large amount of fossil fuels, and the product of fuel combustion is carbon dioxide, so saving electricity can be beneficial for achieving carbon neutrality, so energy-saving is not only the economic benefit of enterprises, but also a national environmental protection requirement.

**Keywords:** energy-saving; thermal power generation; carbon neutrality

### 引言

我矿每年耗电量约 6100 万度至 6300 万度之间, 根据不同采区条件因素区别和不同地质灾害区别, 用电量有所差异。由于今年煤炭市场不景气, 煤价不断下滑, 为了实现全年经营利润指标, 公司要求, 今年节电指标在去年实际用电量情况基础上下调 3%, 为此为了完成目标, 我们矿经过多次会议研究, 制定一系列节电管理办法, 来实现节电目标<sup>[1]</sup>。

### 1 立项背景

接下来先介绍一下矿井用电设备配置情况:

矿井地面设有高压变电所一座, 采用双回路供电, 电源电压为 66kV, 分别来自调兵山变电所调三乙线和大隆变电所隆三线。所内两台主变压器容量均为 16000kVA, 当一回停止供电, 另一回路满足全部用电负荷。矿井建设有应急电源机组, 两台型号为 SY2500GFJ、功率为 1800kW 发电机组为副井绞车、主通风机供电。

井下设有中央变电所、南翼采区变电所及西三采区变

电所。中央变电所三回路电源分别来自地面高压变电所, 当一回停止供电, 其余两回路满足全部用电负荷。

矿井主井为立井提升系统, 使用多绳摩擦轮提升机。型号: JKM-4/4 (II) 主机功率: 1300kW\*2, 主井提升系统担负矿井煤炭提升任务, 安设有 16t 箕斗一对;

井下出煤系统, 现有在用带式输送机共 6 部, 其中南翼一条型号: STJ-1000/4\*25 功率 4\*250kW, 二条皮带型号 DDJ100/100/200 功率 200kW 单机及西三采区胶带运输巷安设带式输送机型号: DTL100/80/2\*315 功率: 315kW\*2, 2 部; 工作面运顺安设带式输送机 2 部, DTL100/80/2\*315 功率: 315kW\*2, 另外一部皮带为 200kW。

综机设备配置情况: 采煤机 1 台, 型号 MG400/940-WD, 装机功率 940kW, 前后部运输机各 1 套, 型号为 SGZ1000/2000, 电机功率为 4\*1000kW。转载机 1 台, 型号为 SZZ1000/525, 电机功率为 525kW。破碎机 1 台, 型号 PLM3000, 电机功率为 250kW。乳化液泵站 3 台, 型号为 BRW630/37.5, 电机功率 3\*500kW。

## 2 煤矿井下具体节能举措

### 2.1 压缩出煤系统生产时间,提高出煤系统设备使用效率

每日强制增加检修时间 1h, 延后生产时间, 强制生产系统各个环节设备的可靠性, 同时保证完成煤炭产量任务。要求工作面出煤的连续性要把握好, 我矿为综放工作面, 当采煤机及前部运输机生产过程中发生故障或者片帮漏顶情况, 及时安排放煤工, 利用后部运输机将转载机运煤供应充足。如果工作面影响超过 10min, 不能集中出煤, 必须通知矿调度安排整条外围系统都停机待命。

我矿原煤年任务 260 万 t, 全年生产天数为 330d, 平均日出煤任务约为 7900t, 每日 20h 生产时间, 平均 400t/h, 主要生产原煤配套设备能力情况, 940 采煤机: 2050t/h、525 转载机: 3000t/h、1000 刮板运输机: 2500t/h、315 皮带机: 1000t/h。按照配套设备自身能力 50% 计算, 就能满足生产要求, 但是牵扯生产能力的因素还有水、火、瓦斯等自然灾害需要解决, 所以节能也必须保证矿井全面安全的情况下进行, 治理灾害还是排在首位, 我们不可能因为节能本末倒置。

### 2.2 生产过程中主井煤仓满仓、空仓奖罚激励

我矿为立井提升系统, 每次提升高度为 546m, 提升箕斗速度为 8.9m/s, 单斗额定载荷 16t, 提升机提升能力为 512t/h。不同水平不同采区的原煤, 都通过带式输送机集中到主井煤仓储存, 容积 1000m<sup>3</sup>, 立式圆筒形结构, 深度 28m, 直径 8m。下设两台给煤机, 分别给主斗、副斗定量装煤。我矿单一工作面出煤, 当工作面出煤效率大于 512t/h 情况, 主井仓位出现不断上升趋势, 煤位显示到达仓口位置 3m 时报警, 工作面及出煤系统需要依次停机, 待仓位下降到低位 8m 时, 矿调度通知工作面开始采煤, 沿线设备顺煤流起动, 每次满仓后停机 1h, 可以实现集中停机节电。当出现工作面供应不上主井提煤时, 即需要停斗等煤情况, 则对影响单位出具罚款单。

### 2.3 井下带式输送机节电管控办法

主运皮带必须执行顺煤流开机, 西三带式输送机一条运煤长度 1200m、二条长度 600m, 南翼一条 800m, 二条 480m, 带速 3.15m/s, 运行全长需要 16min。综放工作面运顺 1800m, 皮带机 9min 运行时间。顺煤流起动原理: 首先人工开启第一部皮带机, 尾轮处接到货流后, 传感器开动下一条皮带机, 当煤流传感器在第二条皮带机接到煤流信息后, 继续控制下一条皮带机, 依次进行控制。传统开机模式是, 矿调度通知各家开启设备, 等待工作面出煤, 生产时段强制运行, 服务与综放工作面, 非检修时段停机, 即为影响生产出具处罚单, 通过现场严格管理和视频监控倒查联合发挥作用, 实现生产中开停机期间的节能管理模式。

### 2.4 井下压风系统节电管控办法

我矿井下压风管网最远长度 5500m, 设置地面压风机房, 共计安装 7 台螺杆压风机, 工作流量分别为: 60 立/

分 2 台; 50 立/分 2 台; 40 立/分 2 台; 20 立/分 1 台; 系统安全阀开启压力 1MPa, 释压阀开启压力为 0.98MPa。井下使用压风主要设备有: 风动工具 (钻机、风动扳手、风动带锯)、风动设备 (风门、挡车栏、阻车器、喷浆机) 压风自救系统, 一般情况使用风压在 0.4~0.55MPa 这个区间。根据我矿生产各个施工用风量及时间段, 交接班用量明显低于生产期间, 我矿井下正常生产情况下需要打开 3 台压风机即 150m<sup>3</sup>, 交接班时间压风 80m<sup>3</sup> 能满足使用。因此规定交接班时间 (7:30~8:30; 14:30~15:30; 11:30~12:30)、停产放假期间运行不得超过两台。

### 2.5 远程集控架空人车的节能管理

南翼架空人车为固定式抱索器, 运行距离长度 1200m, 最大坡度 22 度, 运行速度 1.2m/s。抱索器间距 11m, 全程座椅 102 个。架空人车按管理规定时间 (每天 6:00~12:30, 14:30~19:00, 22:00~1:00) 运行, 其他时间运行需向矿调度汇报, 严禁无人空载运行。设备安装有启车计时功能, 正常运行交接班期间, 人员间断超过 540s 后自动停电, 视为无人乘坐, 原理介绍: 正常运行时, 乘人座椅有负荷状态, 下垂经过传感器就有记数, 无负荷情况就不触发间隔 540s 后, 传感器就会动作停机, 实现节电。

### 2.6 变电所、架空人车巷道、皮带道照明灯节电管理

煤矿安全规程第四百六十九条, 使用机车的主要运输巷道、兼作人行道的集中带式输送机巷道、升降人员的绞车道以及升降物料和人行交替使用的绞车道照明灯的间距不得大于 30m。我矿按照规程规定安装照明灯, 局部地点增加到 10m 间距 (车场、变电所、架空人车道、配电点) 足够的照明方便检修作业, 有利于安全生产, 经过节能设计, 我矿架空人车两部运行距离 2800m, 原有设计增加综保开关, 分别控制, 检修、迎检时间段全部点亮, 其余时间点亮 1/3, 三个井下变电所照明也是同样设计, 实现节电。

### 2.7 优化排水设计, 减少清水使用, 减少排水量

基本情况: 我矿共计三个水仓, 设备配置等情况如下: -399 中央水泵房现安装 MD155—67×8 型多级离心水泵 2 台, DF155—67×8 型多级离心泵 1 台, 运行方式为一用一备一检修, 单台水泵流量 155m<sup>3</sup>/h, 扬程为 536m, 配套电机功率为 450kW, 额定电压为 6kV。中央水仓两座, 其中主水仓容积 836m<sup>3</sup>, 副水仓容积 456m<sup>3</sup>, 总容积 1292m<sup>3</sup>。矿井正常涌水量: 38.91m<sup>3</sup>/h, 矿井最大涌水量: 77.82m<sup>3</sup>/h。设计满足矿井实际需求。

-570 水泵房现安装 3 台水泵, 其中 1#泵型号 BQS60-300/3-132/N; 2#、3#泵型号为 D85—67×4 型多级离心水泵, 运行方式为一用一备一检修。工作和备用泵流量 85m<sup>3</sup>/h, 扬程为 268m, 配套电机功率为 110kW, 额定电压为 660V; 检修泵流量 60m<sup>3</sup>/h, 扬程为 300m, 配套电机功率为 132kW, 额定电压为 660v。-570 水仓主水仓容积 750m<sup>3</sup>, 副水仓容积 450m<sup>3</sup>, 总容积 1200m<sup>3</sup>。

-639 西三水泵房现安装 D85—67×4 型多级离心水泵 2 台, BQS50-190/3-55/N 矿用隔爆型潜水排沙电泵 1 台, BQS60-120/2-45/N 矿用隔爆型潜水排沙电泵 1 台, BQS50-150/2-45/N 矿用隔爆型潜水排沙电泵 1 台, 运行方式一用一备一检修, 再有 2 台备用。西三水仓容积 674m<sup>3</sup>。采区正常涌水量: 24.20m<sup>3</sup>/h, 采区最大涌水量: 48.40m<sup>3</sup>/h。

①我矿-399 水平安装一套散冷设备, 由于夏季气温较高, 内循环散热效率低, 因此增加了外循环散热系统, 原来利用现有管路将水排至-570 水仓; 再利用水泵排到-399 水平, 现在利用现有巷道水平布置管路, 将掘进用水增加控制阀, 节流, 把散冷硐室排水管安装逆止阀, 防止掘进回水压力高, 顶到散冷硐室。从而实现减少-570 排水量, 可节约 132 水泵每天 1h 的工作量 60m<sup>3</sup>, 节约电能。

②关于西三水仓直接排至中央水仓设计已经完成, 水泵更新型号为 MD155—67×8 型多级离心水泵, 省略-570 水仓, 因-570 周边采区已经回采完毕, 取消后可以减少一套排水系统。

③沿途巷道利用冷却回水降尘, 减少往地面排水量, 任何单位禁止使用清水喷洒降尘。

④关于使用智能化工作面软化水系统污水再利用方案: 软化水设备 TMROJ (I - 10) 乳化液配比给水反渗透装置由乳化液配比给水反渗透装置共由五部分组成, 分别为: 原水箱、砂过滤器、碳过滤器、反渗透主机、除盐水箱及加药装置, 原水利用率 50%, 每天出废水约 15t, 排给 1 号散热器使用, 月可节约清水 450t, 并且减少排水 450t 到地面, 减少消耗电量。

根据生产检修情况的变化, 挖掘降频、调整掘进运行通风机功率的节约潜力, 推进多点节能。

针对我矿 S2 轨道上山、S2 回风上山、S2 皮带上山掘进初期距离较短, 将掘进风机通过由 50Hz 调整为 35Hz, 每个掘进面配置功率 45kW\*2 台对旋轴流通风机, 在满足掘进用风的基础上减少风量, 降低电能消耗, 实际减少电能消耗 50%。

### 3 洗煤厂压滤系统节电办法

(1) 系统介绍: 我矿选煤厂安装 4 台板框隔膜压滤机, 其中 KM350/2000 两台, 处理煤泥产能 8~22t/h; DM500/2000 一台处理煤泥产能大于 10t/h; DM600/2500 一台, 处理煤泥产能大于 15t/h。

压滤车间配有煤泥搅拌桶 D3500 电机: Y225M-8 功率: 22kW 一台, D4000 电机: Y180M-4, 功率: 18.5kW 两台; 渣浆泵 150BLZG-60 电机: Y315M-4 功率: 132kW 四台; 耙式浓缩机 NJZ-24 电机: Y132M-4 功率: 7.5kW; 刮板运输机 XGZ-1200 电机: YB225M-6 功率: 30kW 等。设备, 洗煤系统循环水添加药剂使用聚丙烯酰胺加脱水剂。

(2) 节电举措: 压滤系统全面采用高位恒压二级入料

由原来单台板框压滤机高位给料, 改造成四台板框压滤机全面高位恒压给料, 重新铺设给料管路, 将原 150BLZ (132kW) 型给料泵更换为 100BLZ (75kW)。

高位恒压二级入料工艺是在入料初期通过高位系统控制入料压力 0~0.3MPa 维持一时段, 使滤室入料充盈的过程中, 滤布不致形成致密的难透水介质层, 形成的滤饼疏松, 透水性好。之后入料压力升至 0.6~0.7MPa, 使滤腔最大程度地充盈。通过分时段、分压力进行入料, 避免了一次供料一次加压造成的滤饼层致密问题, 高位恒压二级入料比传统直接用泵入料快, 成饼效果好, 避免单台大功率入料泵长时间频繁启动入料, 极大地减少电力消耗, 节约电能 50%以上。

我矿通过压缩出煤系统生产时间、建立主井煤仓满仓、空仓奖罚激励制度、主运皮带投入顺煤流开机功能、压风系统分时段提供风量、架空人车分时段运输、变电所等区域分时段控制照明、优化排水系统、洗煤压滤系统改造一系列强有力的措施, 力争完成全年节电经济指标。

### 4 效益分析

全年我矿商品煤任务指标 220 万 t, 上半年完成 128 万 t, 掘进进尺全年计划 3311m, 上半年完成南二轨道上山、南二皮带上山、南二回风上山共计 1605m。在各项生产工作任务正常进行的情况下, 通过各项举措, 节约电量 102 万度, 电价 0.77, 完成节约电费 78.54 万元。

### 5 结束语

综上所述, 全矿各级管理人员, 通过认真落实了各项节能举措, 做好了矿井节能管理工作, 这不仅仅带来是电量节省的经济指标, 同时设备投入减少, 材料配件也投入减少, 维护人工成本也相对减少, 提高了安全性。同类煤矿节电工作具有借鉴意义。减少了用电量, 也是为我国实现碳中和目标做出企业的微薄贡献<sup>[2]</sup>。

### 【参考文献】

[1]肖增弘,周振起.热力发电厂[M].北京:机械工业出版社,2012.

[2]孙东平,黄洋.碳中和技术与绿色发展[M].北京:科学出版社,2024.

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,当前就职单位: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,当前就职单位: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;董易鑫(1990—),毕业学校:中国矿业大学,所学专业:采矿专业,当前就职单位:铁煤集团小康煤矿,职务:综放队队长,职称:中级工程师。

## 矿山工程施工安全管理现状与对策研究

金卫明

玉溪飞亚矿业开发管理有限责任公司, 云南 玉溪 653100

[摘要] 矿山开采作为国家能源和原材料供给的基础性产业, 其安全生产事关人民群众生命财产安全, 事关经济发展和社会稳定大局。然而, 由于矿山工程施工环境复杂、作业条件艰苦、高危环节众多, 始终是安全生产事故的高发领域。此文旨在系统分析当前我国矿山工程施工安全管理的现状, 深入剖析其存在的突出问题, 并从技术装备、人员素质、管理体系、承包商管控和应急救援等多个维度, 提出一套系统化、科学化的对策措施, 以期提升矿山工程施工安全管理的整体水平, 有效遏制事故的发生, 推动矿山行业实现安全、绿色、可持续发展。

[关键词] 矿山工程; 安全管理现状; 固有风险; 管控策略

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17801

中图分类号: TD79

文献标识码: A

## Research on the Current Situation and Countermeasures of Safety Management in Mining Engineering Construction

JIN Weiming

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

**Abstract:** As a fundamental industry for national energy and raw material supply, mining production is closely related to the safety of people's lives and property, as well as economic development and social stability. However, due to the complex construction environment, difficult operating conditions, and numerous high-risk links in mining engineering, it has always been a high-risk area for safety production accidents. This article aims to systematically analyze the current situation of safety management in mining engineering construction in China, deeply analyze the prominent problems that exist, and propose a systematic and scientific set of countermeasures from multiple dimensions such as technical equipment, personnel quality, management system, contractor control, and emergency rescue, in order to improve the overall level of safety management in mining engineering construction, effectively curb accidents, and promote the safe, green, and sustainable development of the mining industry.

**Keywords:** mining engineering; current situation of safety management; inherent risk; control strategy

### 引言

矿山工程施工属于资源开发的关键阶段, 施工安全管理水平跟矿产资源的合理利用、施工效率以及作业人员的安全有着紧密关联。就我国的情况而言, 矿产资源开采深度持续增加, 矿体地质条件也变得愈发复杂, 安全管理、风险控制以及可持续发展等方面碰到了不少难题。在这样的情形下, 对矿山工程施工安全管理特点展开系统分析, 深入探讨施工过程中安全问题的诱发因素, 进而提出科学且有效的安全管理优化策略, 一方面能够助力提高矿山开采的技术水平以及资源利用率, 另一方面也能为保障施工安全以及推动矿山朝着绿色、智能化方向发展给予理论方面的参考以及实践层面的指导。本文把矿山工程施工安全管理当作研究对象, 目的在于全面且细致地梳理当下矿山工程施工的实际状况、剖析安全管理所存在的问题, 并且给出相应的优化对策, 从而为矿山工程实现高效、安全以及可持续发展提供科学方面的依据。

### 1 常见矿山工程施工方法及固有风险

#### 1.1 深层井采矿及固有风险

深层井采矿技术算得上是一种运用颇为广泛的开采

手段, 这种方法主要可适用于那种矿体埋藏位置相对比较深且地质条件相当复杂的金属矿山。其最为关键之处就在于会通过在地表去凿挖井洞进而进入到地下, 以此来构建起诸如井筒、巷道这类采掘方面的系统, 接着再把矿体按照层层递进的方式进行分段式的开采操作。此方法能够在很大程度上有效地提升矿石的回收比率, 并且在相应程度上还能对地表环境所遭受的破坏起到一定的削减作用。不过, 深层井采矿同样存在通风排水和安全管理方面存在的难度颇大等一系列的问题。

#### 1.2 硬顶开采及固有风险

硬顶开采技术在矿山工程领域属于常见的一种开采方法, 它主要是针对那种矿体埋藏深度不算太深且顶板岩层比较坚硬又相对稳定的矿山环境而适用的。这种方法的特点在于, 在整个开采的过程当中, 要依靠那坚硬顶板自身的承载能力来维持住矿体上方的稳定状态, 进而达成减少或者干脆免除支护作业的目的, 从某种程度上讲是能够降低支护方面的成本, 同时还能让采矿的效率得以提高, 另外也使得施工周期有所缩短。不过, 硬顶开采对于顶板岩性以及结构条件的要求是比较高的, 要是顶板岩层出现

了破碎或者是断裂的情况,那么就很容易引发冒顶坍塌这类的安全事故<sup>[1]</sup>。

### 1.3 填充开采及固有风险

填充开采技术的主要应用原理就是选择较为合适的填充物来对采空区进行填充,从而较好的解决开采后的残留空隙,还可以有效的避免地面沉降的现象。但因充填材料强度离散性缺陷,局部弱区引发采空区顶板失稳(冒顶)或侧向岩移(片帮)以及充填体与围岩接触面粘结强度不足(尤其在节理发育岩层),诱发沿接触面发生剪切滑移,诱发区域性岩层移动等风险。

### 1.4 智能开采及固有风险

智能开采技术属于矿山工程领域近些年发展起来的关键趋向,它的关键点在于把信息化、自动化以及智能化的相关手段融入到矿山生产的整个流程当中,在运用大数据、物联网、人工智能还有无人化设备等一系列技术之后,达成矿山开采具备智能感知的能力、能够开展远程控制以及实现自动调度的效果。和传统的开采方式作比较,智能开采一方面可有效地提高资源的回收比率以及生产的效率,另一方面也能够很大程度上降低工人直接进入到存在危险的环境去作业的频次,进而使得安全事故发生的几率有所减少。除此之外,智能化的系统还能够针对通风、排水、运输等诸多环节展开实时的监测并且实施优化调度的操作,以此给矿山企业给予科学决策方面的依据,推动开采的方式朝着绿色、安全且高效的方面去实现转型发展的目标。但智能系统依赖算法和硬件,算法偏差(如机器学习模型训练数据不足)或设备故障(如传感器失灵)是固有缺陷,可能导致开采设备失控;以及人机界面设计不完善引发误操作(如警报系统延迟或误报);人员技能不匹配,忽略现场判断等。

## 2 矿山工程施工安全管理现状及风险

矿山施工环节较多,工序交叉也较为频繁,机械种类繁多,运行强度大,生产节奏紧张、劳动强度大以及作业人员操作不妥当等因素,可能成为事故的诱因<sup>[2]</sup>。外部环境与管理因素使得安全问题的不可预测性以及高风险性进一步加剧。经过多年的发展,我国矿山工程施工安全管理体系已初步建立,整体安全形势在波动中趋向好转,企业安全主体责任意识逐步增强,但矿山工程施工安全管理的深层次问题依然突出,成为制约安全生产水平进一步提升的瓶颈。

### 2.1 制度与实际脱节,执行存在偏差

一些企业虽然制定了比较全的安全管理制度和操作规程,但这些文件往往是为了应付检查而编制,与实际生产活动严重脱节。“写在纸上、挂在墙上、说在嘴上,就是落实不到行动上”的现象普遍存在。企业上级的安全管理要求经过逐级传递后,到项目部、施工队、班组和一线作业人员层面,在进度、成本和效益的压力下,安全措施常常被简化、变通。

### 2.2 安全培训效果差,安全能力欠缺

作业层,现有安全培训多侧重于理论灌输和事故案例警示,形式单一,内容枯燥,导致员工对安全知识掌握不足,无法将安全知识内化为安全行为和习惯。管理层,现有专业技术人员,特别是精通现代矿山施工技术、机电设备和安全管理复合型人才严重不足。一些中小型企业的技术负责人、安全管理人员专业能力不强,无法有效识别和处置复杂的技术风险。

### 2.3 装备技术更新换代慢,本质安全化程度不高

机械化、自动化水平差,仍大量依赖人工作业或半机械化作业,劳动强度大,人员暴露于危险环境的机会多,安全风险极高。信息技术应用深度不够,多停留在数据采集和展示的初级阶段,未能与施工流程深度融合,未能利用大数据、人工智能等技术进行风险预测和智能决策,智慧矿山建设任重道远。

### 2.4 双重预防机制运行并指导现场管理作用未发挥

风险管理更新不及时,危险源辨识、风险评估和管控措施未能实现动态化管理,进而导致风险底数不清,心里没底。隐患排查流于形式,习惯于查一些表面的、显而易见的问题,对深层次的、系统性的、技术性的隐患缺乏辨识能力。对于排查出的隐患,整改不及时、不彻底,导致隐患重复出现甚至酿成事故。

### 2.5 承包商管理难度大

承包商管理难度大,矿山工程施工使用外包队伍多,但普遍存在对承包单位的资质审查不严,过程监管不足,导致其安全投入不足,野蛮施工,成为事故高发区。承包商一线工人流动性大、技能素质低,安全意识淡薄,安全技能缺乏,增加了安全管控风险。

## 3 优化矿山工程施工安全的管控策略

### 3.1 引入先进管理技术,降低固有安全风险

矿山工程施工引入先进的开采以及管理技术,提升安全管理方面所取得的效益以及施工效率的关键举措。随着矿山开采所处的环境变得愈发复杂起来,而且深部开采的情况以及高风险作业出现的频次也颇高,在这样的形势下,传统的依靠人工来进行操作的方式以及凭借经验展开管理的模式,已经很难去契合对于安全和效率这两方面的双重需求。借助智能化的采掘设备、无人运输系统、远程遥控掘进机还有自动化通风与排水系统等来开展相关工作,便能够在存在高风险的区域大幅减少人员直接从事作业的情况,进而达成对危险作业实施远程操控以及自动化操作的目标,有效地降低事故发生的可能性。

矿山工程施工应健全科学工作体系。矿山开采涵盖了井下巷道布置、采场布局、通风排水设施、设备设施协同以及人员作业等多个层面、诸多环节的协同作业。复杂的系统必须有科学的工作体系,避免出现管理方面存在盲区以及安全方面存在漏洞等情况。首先需依据矿体的地质条

件、开采的具体深度以及矿山的规模大小,针对采掘、运输、通风、排水、支护等诸多作业内容展开系统的规划工作,清楚明确各个环节所对应的职责以及相应的流程,达成作业的标准化以及流程化的管理目标。其次应当借助分级管理的方式以及岗位责任制的实施,把安全管理的责任切实落实到每一个作业单元以及每一位操作人员身上,并且还要配合定期开展的检查工作、风险评估活动以及隐患排查制度,以此来形成动态的监控机制以及持续不断的改进机制<sup>[3]</sup>。矿山开采科学工作体系需将信息化管理平台引入到矿山施工管理当中,对作业环境的具体状况、设备运行的实际状态、人员所处的位置以及作业的推进进度等方面展开全方位且实时的监测,结合大数据分析以及人工智能技术针对潜在的风险加以预测与预警,进而实现对施工过程的动态化管理,有效感知、预知和防控风险。

### 3.2 夯实人才队伍建设,提高全员安全素质

提升管理层专业技术人员的专业技术水平:矿山工程施工,人才队伍建设起着关键作用,它关乎施工安全水平的提升以及管理效益的提高,更是保障矿山可持续发展与高效运行的重要根基。矿山施工环境复杂,作业风险高,仅靠先进设备和管理技术难以彻底消除安全隐患,所以需要依靠高素质且专业的人才队伍来保障安全管理体系有效运转。人才队伍建设在招聘和选拔环节有所体现,要优先引进有矿山工程、岩土工程、机械自动化、数据智能以及安全管理等专业背景的人才,保证施工队伍拥有必要的理论实践技术、风险识别能力、问题处置能力。

精准提升作业层人员安全素质:结合风险管控情况,定期进行安全教育培训需求调查,按照“干什么、学什么、考什么”的原则,制定各类人员的安全教育培训计划,并纳入企业年度培训工作计划,保证安全教育培训工作所需资金。建立安全培训师队伍,并针对各级各类人员编制培训系列教材和试题库。创新培训方式,建设安全实训基地(教室),采用现场教学、实操训练、体验式训练,亦可采取网络培训等形式开展多样化培训。优化班组(岗位)员工日常安全教育培训内容,重点围绕岗位安全风险、安全操作规程和应急处置措施等;对班组(岗位)员工实施“三个一”精准培训:每周至少进行一次岗位风险的重新辨识或者口述或者笔试等测评活动;每月至少进行一次安全操作规程(作业标准操作程序 SOP)的背诵或者口述或者笔试等测评活动;每年至少进行一次安全上岗合格证的取证复审培训,精准提高作业人员安全生产能力。

### 3.3 实施精细化管理,狠抓现场风险和隐患管控

安全风险分级管控:采取“自下而上、自上而下、上下结合、全员参与”的方式,每年对工艺设计、设备设施和作业活动等至少组织一次危害辨识,风险辨识范围应当覆盖本单位所有区域,并考虑三种状态(正常、异常和紧急)和三种时态(过去、现在和将来)。结合危害因素影

响人、财产和环境等三个方面的可能性和严重程度,对危害因素进行评价分级,建立公司、项目、班组三级安全风险清单。安全风险管控结果应当贯穿于安全管理全过程,应用于安全目标指标、制度、培训、现场管控等,并对风险监测发现的问题,按照 PDCA 的原则持续改进。在施工方案变更、工艺调整、环境变化时,必须重新进行风险评估,并制定相应的管控措施,实施风险动态管理。

隐患排查治理:隐患排查明确涉及的范围,包括所有相关的场所、人员、设备设施、周边环境和活动。明确检查内容,按照法律法规、规范标准(包括重大事故隐患判定标准)、上级部门要求和企业基准风险清单,制定各岗位、场所、设备设施的隐患排查清单(安全检查表),过程中可采用日常检查、专业检查、季节性检查、节假日检查、综合检查等方式开展隐患排查工作,消除物的不安全状态。过程中还要开展行为观察和违章管理等工作,对人的不安全行为做好管控。根据隐患排查结果及时治理隐患,针对重复性隐患,相应补充完善风险控制措施,包括安全操作规程(标准操作程序 SOP)中的风险管控措施,形成长效机制。每年对隐患排查治理工作进行总结、分析,制定改进措施,不断完善工作机制,将隐患排查治理情况纳入安全生产预测预警数字化系统,对系统中反映出的隐患排查治理问题采取针对性改进措施,持续改进。

### 3.4 完善应急管理体系,提升应急处置能力

做好应急策划,增强应急预案的实用性和针对性,基于最不利情况,编制简明扼要、流程清晰的现场处置方案,确保每一位相关员工都熟知自己在应急情况下的职责和行动路线。加强应急装备与物资储备,根据可能发生的故事类型,配备先进、可靠的应急救援装备,并定期维护保养,确保应急物资储备充足、取用方便。做好实战化应急演练,根据法律法规、上级部门等要求,结合本矿山(包括外包项目)生产安全事故的特点和危害,制定年度应急预案演练计划,针对性开展演练和训练。开展不预先通知、不设定脚本的“双盲”演练,检验预案的有效性、指挥系统的协调性和救援队伍的实战能力。通过演练发现问题,持续改进应急处置能力。

### 3.5 强化承包商管控,与承包商企业共成长

严格承包商准入,按照“谁发包谁负责、谁派工谁负责、谁的属地谁负责”原则,入场前,对承包商安全生产资格,包括资质证照、安全生产业绩、现场安全生产管理机构和管理团队配置、项目现场负责人、安全管理人员、特作人员和其他特殊工种人员持证、安全生产规章制度和安全操作规程建立、安全施工计划或方案制定、项目作业人员配置、施工机具和设备设施配置、安全生产责任险购买等与签订的合同或安全生产管理协议的符合性进行再审核,并经批准后方可入场。

强化施工交底与过程管控,承包商根据甲方合同约定

或下达的作业任务特点、施工环境、施工方法等,在对施工全过程风险辨识评估的基础上,编制项目作业计划或施工组织设计或施工方案、安全技术措施等安全施工技术性文件,并逐级交底,业主方依据交底内容实施过程监护,确保各项工作按计划进行。

建立预警、和退出机制,甲方对风险管控不力的或合同/安全生产管理协议履约情况不良的承包商、监理方进行预警、约谈和督办,对预警、约谈和督办事项进行通报。对承包商实施安全绩效考评和退出,建立并动态更新承包商安全生产“黑名单”和“红名单”,安全绩效差的承包商列入黑名单,禁止承揽相关工程。通过此种方式推动承包商自主安全管理意愿提升和成长。

### 3.6 加强制度与安全文化建设,实现价值共鸣

**制度建设:**根据国家有关法律法规、规章标准,上级有关制度和要求,安全生产目标和管理需求、安全风险管控情况等,建立的安全生产规章制度、岗位安全操作规程等文件。定期对各项制度执行情况检查纠偏,确保制度有效运行。依据法律法规、标准规范等对企业安全方面的合法合规性、资质证照符合性,责任制、规章制度、安全操作规程的适宜性、有效性和执行情况进行合规性评价,及时修订职业健康安全规章制度、安全操作规程,确保其有效和适用。

**安全文化建设:**安全文化的建设着重于把安全理念、行为规范还有责任意识深深地植入到每一位员工平时开展工作的过程当中,借助持续不断地开展宣传教育活动、实施安全培训、剖析典型案例以及组织现场演练等多种多样的方式,促使安全意识从管理层一直延伸至基层的操作人员,真正地把安全管理落实到具体行动当中,保证每一项施工活动都能够有清晰明确的标准以及流程可以依据<sup>[4-7]</sup>。

## 4 结语

矿山工程施工安全管理是一项长期性、艰巨性、复杂

性的系统工程,不可能一蹴而就。当前,我国矿山工程施工安全管理正处于从传统经验型向现代系统化转型的关键时期。我们必须清醒地认识到现状中存在的管理体系虚化、人员素质不高、技术装备落后、现场管理粗放等深层次问题。解决这些问题,需要政府、企业、社会等各方力量的协同努力。通过健全法治、压实责任,强化队伍、提升素质,推动科技、提升本质,精细管理、狠抓现场,培育文化、营造氛围,优化监管、强化外控,完善应急、有备无患等一套“组合拳”,构建起长效机制。唯有如此,才能从根本上扭转矿山安全生产的被动局面,实现矿山工程施工领域长治久安,为保障国家能源资源安全和社会高质量发展提供坚实的安全保障。

### 【参考文献】

- [1]张涛,王宏远,房琦.矿山工程开采技术设备及施工安全管理分析[J].世界有色金属,2025(9):109-111.
  - [2]李晓东.金属矿山工程开采技术及施工安全研究[J].世界有色金属,2024(16):229-231.
  - [3]徐洪波.矿山工程开采技术及施工安全管理分析[J].中国金属通报,2019(10):25.
  - [4]国家矿山安全监察局.煤矿安全规程[M].北京:煤炭工业出版社,2022.
  - [5]王启明,李冬梅.我国矿山安全生产现状及对策研究[J].中国安全生产科学技术,2020,16(5):150-155.
  - [6]张军,陈志强.基于双重预防机制的矿山施工安全管理体系构建[J].矿业研究与开发,2021,41(3):178-182.
  - [7]赵军.智慧矿山建设背景下安全管理创新路径探析[J].煤炭工程,2019,51(8):1-5.
- 作者简介:金卫明(1986.8—),毕业院校:河南理工大学,所学专业:公共安全管理,当前就职单位:玉溪飞亚矿业开发管理有限责任公司,职务:项目经理,职称级别:注册安全工程师。

## 地下矿山安全管理存在的问题及防护策略分析

杨跃市 张 蓬

云南金沙矿业股份有限公司, 云南 昆明 654100

[摘要]我国矿业经济发展迅速使得地下矿山安全管理问题越发突显,文章以铜矿为研究对象深入探究地下矿山安全管理存在的主要问题与防护策略。经实地调研和文献分析归纳出地下铜矿安全管理面临的四大主要挑战即安全意识淡薄、管理制度有欠缺、技术装备落后以及应急救援能力不足,针对这些问题文章给出了相应防护策略如加强安全教育培训以提升员工安全意识、完善安全管理制度并落实安全生产责任制、推广先进技术和设备来提高本质安全水平以及加强应急救援体系建设以提高事故应对能力,并且文章还探讨了智能化、信息化等新技术在地下矿山安全管理中的应用前景。研究显示采取系统性、全方位的安全管理措施能有效降低地下铜矿安全事故的发生率从而保障矿山生产和员工生命财产安全,这一研究对提升地下矿山安全管理水平、推动矿业可持续发展有着重要的理论与实践意义。

[关键词]地下矿山;铜矿;安全管理;问题分析;防护策略

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17777

中图分类号: TD79

文献标识码: A

## Analysis of Problems and Protection Strategies in Safety Management of Underground Mines

YANG Yueshi, ZHANG Peng

Yunnan Jinsha Mining Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 654100, China

**Abstract:** The rapid development of Chinese mining economy has highlighted the safety management issues in underground mines. This article takes copper mines as the research object to explore in depth the main problems and protective strategies in underground mine safety management. Based on field research and literature analysis, the four main challenges facing safety management in underground copper mines are identified as weak safety awareness, inadequate management systems, outdated technical equipment, and insufficient emergency rescue capabilities. To address these issues, the article proposes corresponding protective strategies, such as strengthening safety education and training to enhance employee safety awareness, improving safety management systems and implementing safety production responsibility systems, promoting advanced technologies and equipment to improve intrinsic safety levels, and strengthening emergency rescue system construction to enhance accident response capabilities. The article also explores the application prospects of new technologies such as intelligence and informatization in underground mine safety management. Research has shown that adopting systematic and comprehensive safety management measures can effectively reduce the incidence of safety accidents in underground copper mines, thereby ensuring the safety of mining production and employees' lives and property. This research has important theoretical and practical significance for improving the level of safety management in underground mines and promoting sustainable development of the mining industry.

**Keywords:** underground mines; copper mine; safety management; problem analysis; protection strategy

### 引言

国民经济的重要支柱产业包含矿业,其中铜矿这种重要有色金属资源在国民经济发展里有着不可替代的作用。中国有色金属工业协会的数据表明,2020—2023年中国铜矿产量持续增长且年均增长率约为3.5%,到2023年产量达230万t,不过随着铜矿开采强度不断增大,矿山安全管理方面的问题越发突显出来。近五年我国地下铜矿安全事故还时不时发生,国家矿山安全监察局统计过,2019—2023年全国铜矿企业共发生各类安全事故125起且168人因此死亡,虽然跟上一个五年比起来事故数量和死亡人数分别降了17.2%和15.8%,但是地下铜矿的安全形势还是很严峻的。

地下铜矿开采环境复杂,有着高应力、高地温、高地

压的特点且水文地质条件恶劣,所以安全风险因素多且相互交织在一起。当下我国地下铜矿安全管理存在不少问题,例如安全管理体系不完善、安全意识和培训不到位、技术装备比较落后、应急救援能力不足等,这些都严重限制铜矿企业安全生产与可持续发展,在“十四五”规划的大背景下,矿业转型升级加快推进,绿色矿山建设成为主要趋势,而安全生产是矿山发展的根基,因此就更显重要。

地下铜矿安全管理现状如何、存在哪些主要问题以及什么关键因素在制约安全管理,这些都是本文想要深入分析和探讨的问题,目的在于给提升地下铜矿安全管理水平提供参考,并且研究内容包含安全管理体系建设、员工安全意识培养、技术装备更新以及应急救援能力提升等方面,希望给铜矿企业的安全生产工作提供有用借鉴,推动我国

铜矿行业健康发展<sup>[1]</sup>。

## 1 地下矿山安全管理现状

### 1.1 安全管理体系不健全

我国多数地下铜矿的安全管理体系存在问题,即不健全,具体体现为安全管理制度不完善且执行力不够,中国安全生产科学研究院在2022年调研国内80家地下铜矿企业时发现,完整建立安全管理体系的企业仅占37%,符合ISO45001标准的更是低至21%,不少中小型铜矿企业安全管理体系几乎没用还责任边界不清,出现“责任悬空”情况,因为安全生产责任制没落实好、安全管理制度执行差、安全检查走形式、隐患排查治理不干净,而且安全管理机构设置不合理、专职安全管理人员配备不足,致使日常安全管理需求难以满足,安全管理效果不好,潜在风险不能及时发现和消除。

### 1.2 安全意识和培训不足

当前地下铜矿安全管理面临两大突出问题是安全意识淡薄与培训不到位,国家应急管理部2023年发布的调查报告表明地下铜矿从业人员里一线工人大概32%对安全生产法规知晓程度不高且员工有违章作业行为的比例达到47%,并且安全培训体系存在缺陷、内容老套、形式单一、缺乏针对性,中国矿业联合会统计数据显示2022年全国铜矿企业安全培训覆盖率虽说达到了93%但高质量、专业化的培训占比只有41%且有些企业安全培训只走形式、考核机制也不完善致使提升员工安全素质的效果不佳,尤其是新入职员工和特种作业人员培训不足容易导致操作失误从而产生安全隐患,此外管理层安全生产主体责任意识不强、对安全培训重视不够以及培训资源投入不足也让这个问题更加严重。

### 1.3 技术装备落后

地下铜矿技术装备落后这一情况对安全管理水平的提升有重要制约作用,中国矿业协会2023年发布的《中国铜矿技术装备发展报告》表明国内地下铜矿机械化程度平均达65%、自动化程度才38%,而国际先进水平是机械化90%以上、自动化70%以上,二者相比差距明显,并且有些中小铜矿作业还是靠人或者半机械化,设备老掉牙且安全防护性能差,监测预警设备配备也不足,因为只有60%的企业配了全套监测系统且智能化监测系统应用的比例不到25%,通风、排水、供电这些基础设施老化得很厉害,复杂矿井环境都应对不了,矿山物联网、大数据、人工智能等先进技术应用得不够且数字化转型也慢,技术装备落后不但让生产效率降低还带来了安全隐患,是地下铜矿安全事故的重要原因。

### 1.4 应急救援能力不足

地下铜矿应急救援能力普遍不足导致事故应对效果被制约。国家矿山安全监察局2022年的统计显示,只有43%的铜矿企业应急救援体系完善且专业救援队伍配备

率为56%,虽然应急救援预案编制率达95%但针对性和可操作性差且演练走形式无法有效指导实际救援工作,而且应急救援物资储备不够、专用设备没配齐、救援装备技术落后,偏远地区铜矿尤其如此且外部救援力量到达需较长时间并且自救互救能力差,应急管理部矿山救援中心的数据表明2023年全国铜矿应急演练平均次数为2.3次/年而安全生产法规规定的是4次/年,另外决策支持系统缺失且信息共享机制不通畅使得科学决策和高效协同难以达成从而对事故救援效果和伤亡人数的减少影响严重。

## 2 地下矿山安全管理存在的主要问题

### 2.1 法律法规执行不力

地下铜矿安全管理中,法律法规执行不力是首要面临的问题,《安全生产法》《矿山安全法》等法律法规虽健全,但实际执行时与现实严重脱节,国家矿山安全监察局2023年的监察数据显示,全国铜矿企业安全法规执行平均合格率为67.8%(较2019年提升8.3个百分点),可仍有近三分之一的企业在法规执行上存在问题,如安全生产责任制没完全落实、风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制未有效运转、安全投入不足、特种作业人员持证上岗比例低等<sup>[2]</sup>。

执法监督方面也有问题,监管力量不足、监管频次低、监管方式单一。数据表明,2022年全国铜矿平均接受专项检查次数达2.7次,比煤矿等高危行业还低,并且有些地方出现“以罚代管”的状况,违规行为受处罚的力度不大,没有有效的威慑力,致使企业安全主体责任没落到实处,安全生产法律法规成了一纸空文,安全管理只是走个过场。

### 2.2 安全投入不足

地下铜矿安全管理受制于安全投入不足这一关键因素,中国矿业协会统计显示,2023年全国铜矿企业安全投入达营业收入的2.1%是平均水平,这虽符合法定最低标准(2%)但与国际先进水平(3.5%~4%)比起来差距还很大,中小型铜矿企业尤其如此,其安全投入普遍不够且有的甚至低于法定标准,安全设施不是配不齐就是更新换代慢。

安全投入结构不合理是个突出的问题,当下铜矿企业的安全投入大多放在设备设施的购置与维护上,约占六成,而在安全培训、风险评估、安全文化建设这些软实力方面的投入却不够,仅占大概15%,中国安全生产科学研究院2022年的调研显示,78%的铜矿安全事故和安全投入不足或者结构不合理有关系,并且有些企业有“重生产轻安全”的想法,在经济效益下滑的时候,首先就减少安全投入,只考虑短期的经济利益而忽略了安全投入的长远好处,致使安全隐患堆积,风险管控能力欠缺。

### 2.3 风险评估和预警机制不完善

在安全管理方面存在地下铜矿风险评估与预警机制

不完善这一薄弱之处,当下铜矿企业建立系统化风险评估体系的仅占 46%,且定期开展全面风险评估的比例更只有 32%,风险辨识方法较为落后,大多运用传统定性分析而非基于大数据和人工智能的定量风险评估模型,风险分级管控不够规范,风险分级标准不统一且风险管控措施缺乏针对性,所以很难精准识别与消除潜在风险。

预警机制建设滞后是个突出的问题,国家矿山安全监察局 2023 年的调查显示铜矿智能化监测预警系统的覆盖率仅为 41%,而煤矿行业却有 78%,并且预警信息传递渠道不顺、响应机制不完善使得预警信息难以及时有效地传达与处置,此外风险变化动态监测能力欠缺,对采矿环境变化、地质条件异常等早期预警指标不够敏感,尤其在瓦斯、冒顶、透水等重大风险的预警方面能力弱,并且风险防控责任不明、专业风险管理人才短缺以及风险管理技术和工具应用得少也让预警机制的有效运行受到进一步制约<sup>[3]</sup>。

### 3 地下矿山安全管理防护策略

#### 3.1 完善法律法规和监管体系

地下铜矿安全管理要构建完备的法律法规体系,因为这是矿山安全生产的基本保障。这几年,中国的矿产资源法律法规体系一直在完善,但依然存在执法不够严格、标准更新慢等问题。中国应急管理部的数据表明,2020 到 2023 年期间,完善铜矿等非煤矿山的安全法规后,相关事故死亡人数减少了 28.4%,所以完善法规体系的重点放在安全生产责任制、隐患排查治理、技术标准修订这些方面,以保证法规和技术进步一同更新。

同时,落实法律法规的关键在于建立健全多层次监管体系,要构建“政府监管+行业自律+企业主体责任+社会监督”这种立体监管网络并且特别要加强基层监管能力,有数据显示 2022 年中国铜矿行业强化监管执法后重大安全隐患整改率达 96.3%比 2019 年提高了 12 个百分点,监管体系需要重视信息化手段的应用推动“互联网+监管”模式以达成安全监管智能化、精准化、常态化的局面<sup>[4]</sup>。

#### 3.2 加强安全文化建设和培训

地下铜矿的安全管理中安全文化建设属于软实力会对员工安全行为习惯产生潜移默化的影响,所以企业得构建以“安全第一、预防为主、综合治理”为核心的把安全价值观融入其中的安全文化体系,中国矿业协会 2022 年调研数据显示安全文化建设搞得好的铜矿企业员工违规操作率比行业平均水平低 35%,并且安全文化建设要采用多样化的形式比如组织安全知识竞赛、开展安全标语宣传、剖析典型案例等从而营造出人人关注安全、重视安全的良好氛围。

提升员工安全素质的直接手段是安全培训,所以企业得建立起一个涵盖管理人员、技术人员和一线作业人员且

分门别类的培训体系,并且这五年来的数据表明,2019 年中国主要铜矿企业员工人均安全培训时长为 32 个小时,到 2023 年这一数字涨到了 48 个小时,与此同时安全事故的发生率也降低了 31%,所以培训内容要涉及安全法规政策、专业技术知识、操作技能训练以及应急处置能力等方面,并且培训方式也要跟上,结合像 VR/AR 这类新技术以达到更好的培训效果,另外还得着重加强特种作业人员的培训考核工作,保证持证上岗率达到百分之百。

#### 3.3 提升技术装备水平

提高本质安全水平的重要途径是地下铜矿安全管理的技术装备升级。这几年,中国铜矿行业的装备水平虽有大幅提升,但仍不及国际先进水平。中国有色金属工业协会统计显示,2022 年中国大中型铜矿智能化装备覆盖率已达 68.3%,比 2018 年增加了 23.5 个百分点。所以,企业要重点推动采矿工艺装备更新,使用机械化、自动化、智能化的采掘设备以降低人工作业风险,并且要加强通风、排水、供电等基础设施的安保能力,使矿山系统的运行更可靠<sup>[5]</sup>。

技术装备提升的关键在于安全监测技术的应用,所以企业要大力推广像矿压监测、有害气体检测、人员定位、视频监控这类安全监测系统,并且 2020 到 2023 年中国铜矿企业在安全监测技术方面的投入每年平均增长 21.7%,从而提升了对危险源的实时监控和预警能力,而且得重点关注物联网、大数据、人工智能等新技术在安全监测中的运用,促使监测装备朝着智能化、网络化、集成化方向发展,最终构建起覆盖全矿井、全过程、全方位的安全监测网络。

### 4 结论

地下铜矿安全管理存在问题,本研究对此进行了系统性分析并给出相应防护策略,研究显示地下铜矿安全管理需构建涵盖完善法律法规和监管体系、强化安全文化建设和培训、提高技术装备水平、建立风险评估和预警系统等多方面的多层次、全方位防护体系,只有将这些措施有机结合起来协同推进才能有效减少安全事故的发生从而保障矿山生产安全,有数据表明近五年采取系统性安全管理措施的铜矿企业事故率平均降了 35.7%且重大事故发生率更是降低了 62.3%其安全生产绩效也有很大提升<sup>[6]</sup>。

新一代信息技术快速发展,这需要注意,因为地下铜矿安全管理正朝着智能化、信息化发展且智能感知、大数据分析、人工智能等技术被应用其中,从而给铜矿安全管理带来新思路和新手段。以后地下铜矿安全管理需要更重视科技创新和安全管理的深度融合发展以推动矿山安全管理现代化,并且要强化企业的主体责任,促使政府、企业、社会多方协同来构建共建共治共享的矿山安全治理格局,给中国铜矿行业的高质量发展提供坚实

的安全保障。

[参考文献]

- [1]辛明禹,周凯.地下矿山安全管理存在的问题及防护策略分析[J].世界有色金属,2021(13):118-119.
- [2]冯亚洲,王小山,胡鑫.地下矿山开采中安全管理薄弱点浅析[J].冶金管理,2020(9):15-17.
- [3]李莉.煤矿安全管理存在的问题及应对策略分析[J].决策探索(中),2019(5):6-7.
- [4]谭昌波.矿山工程施工安全管理存在的问题及应对策略分析[J].中国金属通报,2020(8):37-38.
- [5]王惊雷.云计算下网络安全存在的问题及防护策略分析[J].电子测试,2021(4):63-69.
- [6]徐喜成.矿山机电安全管理存在的问题及改善策略[J].机械管理开发,2016(11):162-163.

作者简介：杨跃市（1984.11—），毕业院校：西南科技大学，所学专业：安全技术管理，当前就职单位：云南金沙矿业股份有限公司，职务：副主任，职称级别：中级注册安全工程师。

## 铝合金低压铸造轮毂组织与力学性能关系研究

郑艳银<sup>1,2</sup>

1. 秦皇岛戴卡兴龙轮毂有限公司, 河北 秦皇岛 066000  
2. 河北省轻合金车轮技术创新中心, 河北 秦皇岛 066000

**[摘要]** 铝合金低压铸造轮毂的使用性能与其微观组织密切相关, 铝合金的材料特性与低压铸造的工艺原理奠定了轮毂制造的基础, 而工艺参数对轮毂的组织与性能有一定影响。在微观组织上, 初晶硅和共晶硅的形貌、 $\alpha$ -Al 相的晶粒结构以及第二相粒子的存在和作用等都会对轮毂的性能产生影响。微观组织与轮毂的强度、塑性和韧性有密切的关系, 其途径是影响晶界的强度和位错运动。通过采用优化合金成分设计、铸造工艺参数和改进热处理工艺的策略来改善轮毂的微观组织和增强轮毂的综合性能。

**[关键词]** 铝合金; 低压铸造; 轮毂组织; 力学性能

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17796

中图分类号: TG249

文献标识码: A

## Research on the Relationship between Microstructure and Mechanical Properties of Aluminum Alloy Low Pressure Casting Wheel Hub

ZHENG Yanyin<sup>1,2</sup>

1. Qinhuangdao Daika Xinglong Wheel Hub Co., Ltd., Qinhuangdao, Hebei, 066000, China

2. Hebei Province Light Alloy Wheel Technology Innovation Center, Qinhuangdao, Hebei, 066000, China

**Abstract:** The performance of aluminum alloy low-pressure casting wheels is closely related to their microstructure. The material properties of aluminum alloy and the process principle of low-pressure casting lay the foundation for wheel hub manufacturing, and process parameters have a certain impact on the microstructure and performance of wheel hubs. At the microstructure level, the morphology of primary and eutectic silicon, the grain structure,  $\alpha$ -Al phase, and the presence and action of second phase particles all have an impact on the performance of the wheel hub. The microstructure is closely related to the strength, plasticity, and toughness of the wheel hub by affecting the strength of grain boundaries and dislocation motion. By adopting strategies of optimizing alloy composition design, casting process parameters, and improving heat treatment processes, the microstructure of the wheel hub is improved and the overall performance of the wheel hub is enhanced.

**Keywords:** aluminum alloy; low pressure casting; wheel hub organization; mechanical properties

### 引言

在汽车工业日益繁荣的今天, 铝合金低压铸造轮毂以其轻量化和高强度的特点已成为汽车关键部件中的一个重要部件。它的性能好坏, 直接关系到汽车行驶的安全性、可靠性和舒适性。而且轮毂的特性与微观组织密切相关, 微观组织发生微小变化就能诱发力学性能发生明显变化。深入探究铝合金低压铸造轮毂组织和力学性能之间的关系不仅有利于揭示轮毂的性能本质, 而且可以为轮毂的优化设计和制造工艺升级提供理论支持, 对于促进汽车工业高质量发展有着十分重要的意义。

### 1 铝合金低压铸造轮毂的材料与工艺基础

#### 1.1 铝合金材料特性

铝合金作为一种被广泛应用的金属材料是指以铝为基体元素加入一种或者几种合金元素复合而形成的合金体系。在汽车轮毂制造中, 铝合金以其众多的优异性能而崭露头角。本实用新型流动性好, 这样铸造时金属液可以顺利充满轮毂复杂型腔内, 降低了充型不充分造成的瑕疵,

保证轮毂结构完整。优良的气密性能有效地阻止气体侵入并避免在轮毂内形成气孔及其他缺陷, 确保轮毂运行可靠安全。同时铝合金收缩率较低, 凝固冷却时尺寸变化相对平稳, 有利于确保轮毂尺寸精度, 并且其热裂倾向较小, 大大减少了铸造过程中由于热应力而产生裂纹的可能性。在微观上, 铝合金组织以  $\alpha$ -Al 相及共晶硅为主<sup>[1]</sup>。合金元素种类及含量在微观组织形态中起着至关重要的作用, 从而显著影响其性能, 添加像硅元素可以生成共晶硅并优化合金流动性及铸造性能; 镁元素的加入能形成强化相, 从而有效地提高合金强度、硬度等。

#### 1.2 低压铸造工艺原理

低压铸造这一先进金属成型工艺在铝合金轮毂的生产过程中占有举足轻重的地位, 它的基本操作就是把精心设计的铸型稳定地置于密封坩埚正上方, 两者位置准确相对应, 从而为以后工艺流程的设计打下基础。再将压缩空气缓慢地通入密封坩埚中, 在压缩空气进入的同时, 在坩埚中熔融金属的表面上形成了均匀而稳定的低压层。在高

压力与低压力巧妙配合下,金属液沿预置升液管顺利爬升,并逐渐充填轮毂繁复细腻的型腔。当金属液充型时,压力连续作用保证金属液流动平稳,有效地避免气孔和夹渣这类常见缺陷,确保轮毂内部结构密实。充型结束时,持续保持一定的压力,使铸件处于压力环境中慢慢固化,进一步提高了铸件致密性及力学性能。这种工艺以其材料利用率高、铸件质量好和生产效率卓越的突出优势被广泛地应用于铝合金轮毂的生产中。

### 1.3 工艺参数对组织和性能的初步影响

低压铸造铝合金轮毂时,工艺参数如浇注温度、模具温度、充型压力及保压时间就像精密乐章的音符,在轮毂组织与性能中起着关键的调节作用。浇注温度对金属液的状态有至关重要的影响。如果浇注温度过高,金属液将大量地吸收周围的环境气体,而随后的凝固过程又不能顺利地排尽,进而产生令人生厌的气孔缺陷并弱化轮毂内部质量;浇注温度较低,金属液黏度升高,流动性恶化,很难完全充填轮毂复杂细密的型腔内,造成充型不到位,使得轮毂结构残缺<sup>[2]</sup>。模具温度也不可忽视,模具温度过高会使铸件冷却速度变缓,使晶粒得到充分长大时间,并最终导致粗大晶粒产生,使轮毂力学性能下降;模具温度过低,金属液接触模具瞬间快速降温,容易使铸件表面出现冷隔和裂纹缺陷,从而影响轮毂寿命。

## 2 铝合金低压铸造轮毂的微观组织特征

### 2.1 初晶硅与共晶硅的形态与分布

在铝合金低压铸造轮毂那个精密而又复杂的微观组织天地中,初晶硅、共晶硅等材料的形貌和分布犹如微观结构的“建筑基石”,对于轮毂力学性能起着决定而关键的作用。初晶硅从微观视野上看往往呈块状或板状,其尺寸大小及形状特征并不单纯,它直接关系到合金强度和塑性表现。如果初晶硅的体积过大、形状不规整,则犹如合金中埋着“隐患”,受力时易诱发应力集中而使合金提前破裂,强度下降,塑性变差。共晶硅则有着不同的“姿态”,它多呈纤维状或者颗粒状,均匀地分布在 $\alpha$ -Al相基体之上。这一合理分布状态犹如在基体上织入一层精细的“韧性网”,可有效地改善合金韧性及疲劳性能,使轮毂长时间服役更加耐折腾,并通过变质处理一系列巧妙的工艺手段可使初晶硅及共晶硅尺寸进一步细化,其形貌及分布得到优化,对提高轮毂力学性能带来显著作用。

### 2.2 $\alpha$ -Al 相的晶粒结构

铝合金微观世界中 $\alpha$ -Al相起着举足轻重的基体相作用,犹如高楼大厦中坚实的基础,晶粒结构对于轮毂性能具有深刻而关键的作用。当 $\alpha$ -Al相晶粒细而均匀分布时,它像无数个紧密排列而又有规律的小单元一起构筑了合金牢固的骨架。该结构可显著增加合金强度与硬度,使轮毂受外力作用时更具有抵抗力而不容易变形破坏。同时细小而均一的晶粒也提高了合金的塑性与韧性,使得轮毂受

冲击或者复杂应力时能较好地缓冲和分散能量,从而避免脆性断裂和提高使用寿命。在低压铸造这一精密制造工艺中,通过对冷却速度的巧妙调控,使金属液以合适的速度固化,有利于细小晶粒的生成。另外加入晶粒细化剂是行之有效的办法,可以使 $\alpha$ -Al相晶粒尺寸进一步细化,晶粒结构得到改善,轮毂综合力学性能得到全方面提高。

### 2.3 第二相粒子的存在与作用

铝合金丰富多采的微观组成中除起主导作用的 $\alpha$ -Al相和硅相之外,还有许多不可忽略的第二相粒子如 $Mg_2Si$ 相和 $AlFeSi$ 相。这些第二相粒子就像是合金微观世界中的“特殊成员”,它们对于合金的特性有着复杂和深刻的影响。在正面,第二相粒子可以起到强化相作用。它们就像合金中布置的道道“障碍关卡”,位错运动企图穿过时会被这些颗粒所阻挡,使合金塑性变形更加困难,继而有效地提高了合金的强度与硬度,使铝合金轮毂面对多种外力更具有“抵抗力”。如果第二相粒子尺寸过大或其在合金内部分布不均,则可能成为潜在“危险源”和裂纹萌生起始点<sup>[3]</sup>。裂纹一旦萌生与扩展将使合金塑性与韧性严重下降,从而影响轮毂服役安全与寿命,因此合理调控第二相粒子大小及分布成为增强轮毂性能的关键。

## 3 微观组织对铝合金低压铸造轮毂力学性能的影响机制

### 3.1 强度与微观组织的关系

铝合金低压铸造轮毂性能体系的关键指标为强度,但强度主要与其微观组织各相形貌、大小及分布密切相关。在微观世界中,微小而分布均匀的 $\alpha$ -Al相晶粒就像一张精密的“防护网”,能显著地增加晶界处的强度。晶界作为晶粒间的过渡区域,它的增强能有效地阻碍位错运动。位错在金属塑性变形过程中表现为原子排列上的缺陷,位错运动被阻碍后,合金需要较大外力才能够持续变形,从而使合金屈服强度与抗拉强度增加。微小的初晶硅、共晶硅颗粒、均匀分布的第二相粒子等还像“加强对小卫士的管理”一样对合金起到了显著的强化作用并进一步提高了合金强度。反之,若在微观组织上有粗大晶粒或者相时则完全不同。这些粗大组织易成为应力集中“危险区域”,受外力作用后裂纹优先从这些部位起裂并快速扩展,最终造成合金强度下降而影响轮毂使用性能与安全。

### 3.2 塑性与微观组织的关联

塑性作为材料性能评价的关键指标之一,对铝合金低压铸造轮毂服役具有重要意义,并与微观组织有着密不可分的密切联系。从微观上看,微小而分布均匀的晶粒结构犹如为材料构筑起巧妙的“变形协调网络等”,由于晶界上原子排列不规整,这一特殊结构可以巧妙地配合位错运动。轮毂受外力作用后,位错能在晶界上平稳转移并得到调节,使材料各段变形同步均匀,有效改善了材料塑性,使轮毂在复杂的受力环境中也能够保持较好的变形能力。同时初

晶硅以及共晶硅的合理形貌和分布也是必不可少的,如果初晶硅与共晶硅呈锐利形状或聚集分布时,则像一颗“定时炸弹”埋在物质中,这些尖锐部分或者聚集区域受力时易出现应力集中现象,继而诱发裂纹起裂,一旦裂纹扩展后材料塑性明显下降,极大地影响轮毂使用安全可靠性。

### 3.3 韧性与微观组织的联系

韧性作为关键性能指标之一,是指该材料断裂之前的吸能能力,将强度与塑性两种性能巧妙地结合起来<sup>[4]</sup>。韧性在铝合金低压铸造轮毂性能表现中具有决定性的地位,同时其与微观组织有着密切而细微的关系,具体表现为裂纹萌生及扩展行为。在微观组织上表现出微小而均一的晶粒结构后,犹如在材料上构筑起精细的“防护网”,硅相形态和分布的合理性和第二相粒子的均匀分布也就像给硅“网”加上一个牢固的“节点”。这些微观结构特征能有效地阻碍裂纹迅速扩展,并赋予轮毂受力过程中材料更大的几率以自身变形吸能,从而改善韧性。相反,若微观组织有粗大晶粒、形貌不尽合理的硅相或第二相粒子集聚分布时,则像“防护网”一样有漏洞与薄弱之处。裂纹易在上述部位萌生及快速扩展,造成材料对能量吸收能力显著降低,从而更易因脆性断裂而失效,极大地影响轮毂使用的安全可靠性。

## 4 优化铝合金低压铸造轮毂组织与性能的策略

### 4.1 合金成分优化设计

铝合金低压铸造轮毂生产制造过程中合金成分的优化设计对增强轮毂性能至关重要,通过对铝合金各种合金元素含量的科学合理调节,可以准确改善其微观组织,继而显著提升轮毂力学性能。如硅元素对铝合金起着举足轻重的作用,适当提高硅元素含量犹如向金属液中注入一股“润滑剂”,可有效改善合金流动性及铸造性能,使得模具内金属液充型更加平稳,铸造缺陷发生率降低。如果硅的含量太高,会使初晶硅变得更粗,这些粗初晶硅犹如轮毂内的“定时炸弹”,受力时易诱发应力集中而使轮毂力学性能下降,因此需要经过大量的试验与研究来寻找硅元素含量的最佳值区间。另外加入适量镁和铜对人体有很大帮助,它们能与铝合金的其他元素生成强化相,就像轮毂内的“钢筋骨架”,进一步提高合金的强度、硬度,使轮毂更结实耐用。

### 4.2 铸造工艺参数优化

铝合金低压铸造轮毂生产中铸造工艺参数的优化是改善轮毂微观组织和增强轮毂综合性能的关键,由于轮毂质量及性能受工艺参数的影响较深,需借助于试验及数值模拟等科学手段准确地确定最优浇注温度、模具温度、充型压力及保压时间等重要工艺参数。如模具温度对于金属液充型及凝固过程有重要的影响,适当升高模具温度如同给金属液铺好“顺畅通道”,可以有效地提高金属液充型

性能,从而更好地将金属液充入模具型腔内,降低充型不足造成的缺陷。但模具温度并不是越高越好,模具温度过高会减慢金属液的冷却速度,造成晶粒粗大,粗大晶粒使轮毂强度、韧性及其他性能下降<sup>[5]</sup>。因此有必要综合考虑模具温度对于轮毂微观组织及力学性能的影响规律,并经过反复实验及精确分析找出最优模具温度区间,以制造优质铝合金轮毂。

### 4.3 热处理工艺改进

铝合金低压铸造轮毂生产流程中热处理工艺起着重要作用,它是提高轮毂组织与性能的重要途径。合理的固溶处理、时效处理工艺,就像一位神乎其神的“组织塑造师”。在固溶处理环节,轮毂被加热至合适温度后保温一段时间,合金内第二相粒子完全溶解于基体,然后迅速降温形成过饱和固溶体。该工艺为以后时效处理打下基础,然后时效处理并于适当温度保温使过饱和固溶体分解并沉淀出细小而分布均匀的第二相粒子。这些微小的颗粒能在改善硅相及第二相颗粒形貌和分布的同时有效地阻碍位错运动和细化晶粒,继而显著提高合金强度及塑性。

## 5 结语

铝合金低压铸造轮毂的使用性能与其微观组织密切相关,铝合金特性与低压铸造工艺的建立、工艺参数对组织与性能有一定的影响。从微观组织上看,初晶硅和共晶硅的形貌、 $\alpha$ -Al 相的晶粒组织以及第二相粒子的分布都与轮毂的强度、塑性和韧性有着密切的关系。为了使轮毂性能达到最优,可以采取优化合金成分设计、准确调节铸造工艺参数和完善热处理工艺的策略来改善轮毂的微观组织和提高综合性能,为汽车工业的优质发展提供技术支持和实践指导。

### 【参考文献】

- [1]张东生,李世德,徐佐,等.A356 铝合金轮毂低压铸造数值模拟以及组织与力学性能[J].中国有色金属学报,2023,33(6):1720-1731.
- [2]荆晓元,杨国超,李向前.铝合金轮毂制造的关键技术与质量提升[J].机械与电子控制工程,2025(3):45-59.
- [3]杜婷,孟嘉楠,郝亮亮.时效工艺对低压铸造 A356 合金轮毂显微组织与力学性能的影响[J].热加工工艺,2023,52(16):115-118.
- [4]张旭东,赵富博,尹学康,等.铝合金轮毂低压铸造工艺研究[J].中国金属通报,2023(11):71-73.
- [5]申兵芹.铝合金轮毂低压铸造工艺途径探讨[J].科海故事博览,2024(15):12-17.

作者简介:郑艳银(1990.3—),男,毕业院校:河北科技大学,学历:硕士研究生,所学专业:材料工程,当前就职单位:秦皇岛戴卡兴龙轮毂有限公司、河北省轻合金车轮技术创新中心,职称级别:工程师。

## 钢铁冶金机械设备维修工艺标准化与流程优化研究

杨 旭 黄庆博 张晓帆 刘恒玮

安阳钢铁建设有限责任公司, 河南 安阳 455000

[摘要]钢铁冶金机械设备往往长时间处于高温、高负荷以及复杂的环境状况下来开展运行活动,如此一来,其维修工作的量会变得颇为庞大,并且操作起来也极为复杂。当下,不少企业都存在着诸如维修工艺不够规范、流程存在诸多不完备之处、工具与资源的管理陷入混乱状态以及操作人员所具备的技能呈现出参差不齐的态势等诸多问题,这些问题的存在致使设备频频出现故障、维修的效率十分低下、安全方面所面临的风险也很高。这些实际存在的状况清楚地说明,推动维修工艺朝着标准化的方向发展并着力对流程加以优化,这对于提升设备的可靠性、确保生产过程的安全性以及降低运维方面的成本而言,有着不容小觑的重要意义。

[关键词]钢铁冶金; 设备维修; 工艺标准; 流程优化

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17795

中图分类号: TF087

文献标识码: A

### Research on Standardization and Process Optimization of Maintenance Technology for Steel Metallurgical Machinery Equipment

YANG Xu, HUANG Qingbo, ZHANG Xiaofan, LIU Hengwei

Anyang Iron & Steel Construction Co., Ltd., Anyang, He'nan, 455000, China

**Abstract:** Steel metallurgical machinery and equipment often operate under high temperature, high load, and complex environmental conditions for a long time, resulting in a considerable amount of maintenance work and extremely complex operation. At present, many enterprises have many problems such as inadequate maintenance processes, incomplete processes, chaotic management of tools and resources, and uneven skills of operators. These problems lead to frequent equipment failures, low maintenance efficiency, and high safety risks. These actual situations clearly illustrate the importance of promoting the standardization of maintenance processes and optimizing processes, which is crucial for improving equipment reliability, ensuring production process safety, and reducing operational costs.

**Keywords:** steel metallurgy; equipment maintenance; process standards; process optimization

#### 引言

随着钢铁冶金行业持续发展,冶金机械设备在生产中起着关键作用,其安全稳定运转跟企业的生产效率、产品质量以及经济效益紧密相关。不过,钢铁冶金机械设备一般存在结构复杂、运行环境差、负荷高、故障多等问题,设备维修就变成保障生产连续性与安全性的关键环节。传统维修模式通常依靠经验操作,缺少科学的工艺规范与流程管理,致使维修效率不高、故障反复出现、资源浪费严重,安全风险和操作不规范的情况也愈发明显。在这样的形势下,推动设备维修工艺标准化以及流程优化变得格外重要。借助标准化来设计关键维修工序、规范维修工具与作业操作、制定统一的操作规程,再结合流程优化方法、信息化调度以及资源协同管理,能够达成维修过程的可控制、科学合理以及高效完成,进而提高设备运行可靠性与生产保障能力。本文要全面剖析钢铁冶金机械设备维修的当下状况与存在问题,探究维修工艺标准化办法以及流程优化策略,同时研讨基于信息化系统和资源协同的优化实施方案,给冶金企业实现设备高效维护、减少运维成本以

及保障安全生产给予理论依据与实践参照。

#### 1 钢铁冶金现状分析

##### 1.1 缺乏完善制度

在钢铁冶金这个行业中,企业大多都存在着制度不够完善的状况,具体来讲,维修管理制度、操作规程以及设备管理规范均显得不够健全。有不少企业在开展设备维护、检修以及操作相关工作的时候,缺少统一的标准,并且责任分工也不够清晰明确,如此一来,便出现了维修记录存在缺失、故障处理不够及时等问题,甚至还会有重复维修或者遗漏维护这类情况发生。再说,针对设备运行监测、巡检以及维护计划的制度安排,其系统性与连续性都有所欠缺,这就致使设备的状态很难被完全掌握,管理层对于设备可靠性以及运行风险所做的评估同样也存在着一定的滞后情况。

##### 1.2 设备运行问题

在钢铁行业的工作中,生产管理只注重生产,却忽略了对机械设备的支撑能力,不能严格管理和协调钢铁机械设备,严重影响了工作的各个方面。在利益驱动下,钢铁

冶金企业注重生产和生产质量。在机械设备超载的前提下,设备的使用寿命受到严重影响,搬运工作无法更好地进行。在高负荷的机器和设备上,整个设备的寿命会影响设备的寿命。当涉及到机械设备过载时,经常会出现机械设备问题,从而导致设备维护成本和生产成本增加,从而导致长期开发产生严重的财务损失。

### 1.3 工作人员操作规范性不够严谨

在钢铁冶金这一行业当中,工作人员的操作规范性往往欠缺严谨程度。具体来讲,其主要表现在操作流程的执行不够到位、对于规程的遵守不够严格,还有操作技能方面也呈现出参差不齐的状况。有一部分操作人员在日常开展维修工作以及设备运行期间,存在着随意去调整设备参数的情况,另外还存在忽视安全操作规程或者擅自简化操作步骤的现象,如此一来便使得设备的运行状态很难维持在稳定的状态<sup>[1]</sup>。并且,因为培训以及考核机制存在不完善之处,部分员工对于设备性能的特点以及故障风险的认识有所欠缺,所以在面对异常情况加以处理的时候,就容易出现误操作或者延误响应等情形,进而致使设备故障发生的可能性有所增加。

## 2 钢铁冶金机械设备维修工艺标准化研究

### 2.1 关键维修工序的标准化设计

在钢铁冶金机械设备维修期间,关键维修工序的标准化设计乃是提升维修质量、确保设备安全以及提高生产效率的关键基础。钢铁冶金机械设备一般会涉及到高温、高负荷以及复杂的工况情况,其中关键工序涵盖了像高炉、转炉这类大型冶炼设备的拆装以及组装工作,还有轧机以及连铸机传动系统的检修事宜,另外液压系统以及润滑系统的维护工作同样包含在内,同时电气控制部件的检测与调试也属于其范畴。这些工序的操作难度颇高,所存在的风险也不低,对于技术的要求更是极为严格的。借助对关键维修工序展开标准化设计的方式,能够清晰明确每一道工序的具体操作步骤、工具以及设备的使用规范、作业的先后顺序、操作的时间节点以及安全防护方面的相关要求,并且要结合工艺参数以及设备特性来制定操作标准,以此来保证维修操作具备一致性以及可控性。

### 2.2 维修工具与设备的规范化管理

在钢铁冶金机械设备展开维修之际,维修工具以及设备的规范化管理无疑属于极为关键的一环,其对于维修效率、质量还有安全都有着重要影响。要知道,冶金机械设备往往体形颇为庞大,结构也相当复杂,并且还会涉及到高温、高负荷等状况,同时还处在多种物理化学环境之中,如此一来,便对维修工具以及辅助设备的性能以及使用规范提出了不低的要求。就规范化管理而言,其首要之务便是针对各类维修工具、检测仪器以及辅助设备加以分类并

做好登记工作,这其中要涵盖工具的型号、规格、具体用途以及维护保养方面的要求,进而建立起统一的管理台账,如此便可便于后续的调度以及对使用情况的追踪。除此之外,还得制定出较为严格的工具使用流程以及操作规范,从而保证维修人员在开展作业的时候能够准确地去选择、操作并且维护好相关工具,防止因为工具使用不当而致使设备出现损伤或者引发安全事故的情况发生。

### 2.3 维修作业规程与操作标准制定

在钢铁冶金机械设备展开维修工作期间,制定出科学且系统的维修作业规程以及操作标准,这无疑属于达成维修工艺标准化的关键环节所在。毕竟钢铁冶金设备往往是在高温环境、处于高负荷状态并且面临复杂工况的情况下开展运行工作的,所以其维修作业会牵涉到拆装大型设备、传动系统检修、液压与润滑系统维护、电气控制部件调试等诸多存在高风险的环节,整个操作流程较为复杂,并且对于技术方面的要求颇为严格。凭借制定维修作业规程这一举措,能够清晰明确各类设备维修时具体的操作步骤、作业的先后顺序、所需使用的工具和材料、作业所要满足的时间要求以及应当采取的安全防护措施等内容,以此来保证维修人员能够依照统一的规范去实施相关操作,进而降低因人为操作差异而产生的风险<sup>[2]</sup>。与此操作标准务必要综合考量设备的结构特点、工艺参数以及历史维修数据等方面的情况,从而形成详尽的操作手册以及指导规范,其内容要将故障诊断、拆装作业、检修工作、调试环节以及试运行等整个过程都涵盖进去,让维修活动具备可操作性、可追溯性以及可评估性等特点。

### 2.4 标准化实施的效果评价方法

在钢铁冶金机械设备维修工艺标准化推进进程里,效果评价的方法属于衡量标准化工作成果、找出问题并且实现持续改进的关键方式。评价需要从多个方面展开,像维修作业的效率、质量、安全性还有资源利用状况等等。具体来讲,能够凭借维修周期、故障修复时长、设备非计划停机次数、重复维修比率等可量化的指标来评定标准化举措给维修效率以及设备可靠性带来的提升成效;与此借助安全事故发生比率、操作规范执行比率、员工技能掌握情形等指标来评定标准化实施给安全管理与操作规范性产生的影响。除此之外,还能够联合质量检查记录以及设备运行状态数据,针对关键工序执行状况、作业规程遵循程度以及维修结果展开定性分析,找出存在的偏差或者欠缺之处。

## 3 钢铁冶金机械设备维修流程优化研究

### 3.1 维修流程分析与瓶颈识别

在钢铁冶金机械设备维修管理方面,维修流程分析及瓶颈识别乃是流程得以优化的前提条件与基础所在。因

为钢铁冶金设备自身结构颇为复杂, 工序数量也比较多, 在维修流程当中往往涉及到诸如设备故障诊断、作业计划制定、零部件准备、现场拆装检修、功能调试还有试运行等诸多环节, 而每一个环节都有可能受到时间、资源、人员技能以及工具设备等诸多因素的限制影响。通过针对整个维修流程展开系统的分析, 能够清晰明确各个环节的作业顺序、工时消耗情况、关键节点以及资源需求状况, 同时借助流程图、作业日志以及历史维修数据来对流程当中的瓶颈加以识别, 像是设备故障诊断不够及时、零部件供应出现滞后、关键工序作业周期过长或者人员配备存在不足等一系列问题。

### 3.2 流程优化方法与模型构建

在钢铁冶金机械设备开展维修管理工作期间, 流程优化方面的相关方法以及模型构建事宜, 这无疑属于提升维修工作效率并且要降低设备出现停机所耗费时间的重要环节所在。仔细去分析现有的维修流程, 能够从中找出流程里面存在的那些冗余环节、资源方面出现的瓶颈问题还有时间上产生的延误情况, 进而依据这些情况去制定出具有针对性的优化办法。流程优化一般而言会涵盖像作业顺序重新加以组合、关键工序的时间予以压缩、资源按照合理的方式进行调配以及信息流和物料流相互间协调并加以管理等诸多方面内容, 并且要综合考量维修任务的优先级以及设备本身的重要性, 以此来达成维修工作能够得到科学合理的调度安排这一目的<sup>[3]</sup>。为了让优化实施能够获得科学有效的指导, 便可以着手去构建维修流程模型, 借助流程图、网络模型又或者是仿真模型等方式, 把各个不同环节、各类资源以及各项作业之间的关系都以量化的形式表达出来, 使得任务的依赖关系、工序所耗费的时间以及资源被占用的具体情况都能够清晰明确地呈现出来。在构建模型的过程当中, 还能够引入排队理论、线性规划亦或是整数规划等一系列运筹学方面的相关方法, 针对维修任务的分配情况、工序的调度安排以及资源的配置状况展开优化方面的计算操作, 进而从理论层面达成维修效率得以最大限度提高以及设备停机时间尽可能减少这样的效果。

### 3.3 基于信息化系统的维修调度优化

在钢铁冶金机械设备开展维修管理相关事宜之时, 凭借信息化系统所进行的维修调度优化操作, 能够在很大程度上促使维修效率得以提升, 资源利用率同样也会有所提高。借助信息化平台针对设备的实际状态、具体的维修任务、人员所具备的技能水平以及工具与零部件库存等方面展开实时的监控活动, 并且将这些方面的数据加以整合处理, 如此便能够达成维修任务科学合理地予以分配以及动态灵活地进行调度的目的。该系统能够依据设备出现故障的具体类型、故障的紧急程度、维修任务的优先级以及当

下可利用的资源状况等各方面因素, 自动去生成最为优质的调度方案, 如此一来便能削减人工调度过程中存在的主观性因素以及可能出现的延迟情况, 与此同时还能充分顾及到维修人员技能方面的匹配情况以及其工作负荷是否处于平衡状态<sup>[4]</sup>。信息化系统还能够对维修的历史数据、工时的消耗情况以及故障处理的相关情况等进行详尽的记录, 而后通过针对这些数据展开分析并制作出可视化报表, 以此为管理决策给予相应的支持, 而且还能为流程的优化以及标准化的实施给出一定的依据。

### 3.4 维修资源配置与协同管理优化

在钢铁冶金机械设备展开维修之时, 维修资源配置以及协同管理的优化工作, 属于提升维修效率并且保证设备可稳定运行的关键环节。钢铁冶金机械设备的维修会涉及到多种多样的资源, 像维修人员、工具设备、备件材料还有辅助支持系统等, 要是其中的资源配置出现不合理的情况, 那么就有可能致使维修出现延误或者作业质量有所下滑。借助科学的方式来分析设备故障的具体类型、关键工序的实际需求以及维修周期的长短, 进而能够合理地安排人员岗位与技能的匹配情况, 务必要让关键任务交由具备相应经验以及技术能力的人员去执行, 并且要对工具和设备的调配加以优化, 防止出现重复使用或者闲置浪费的现象。在协同管理这块, 得建立起跨部门、跨工序的信息共享以及沟通的相关机制, 达成维修计划、物料供应、作业进度以及质量控制的同步协调状态。

### 3.5 流程优化实施效果评价与改进策略

在钢铁冶金机械设备维修流程优化里, 效果评价与改进策略极为重要, 它能保证优化措施有效落实且持续改进。效果评价需从维修效率、设备停机时间、故障复发率、作业质量、资源利用率、人员技能匹配等方面展开, 结合定量指标和定性分析来评估优化效果。可收集维修作业日志、设备运行数据、工时记录、维护成本等信息, 以此识别流程中的瓶颈、低效环节或资源浪费点, 并且对关键工序和协同环节的执行情况予以跟踪, 评估标准化操作、信息化调度给流程改进带来的实际影响。

## 4 结语

经对钢铁冶金机械设备维修工艺展开标准化方面的研究, 并且针对流程进行优化分析后能够发现, 构建起科学合理的维修工序标准, 同时规范工具以及作业管理方式, 另外对维修流程予以优化, 再者实施信息化调度以及资源协同管理举措, 这对于提升设备维修的工作效率而言是十分重要的, 可有效降低故障出现的频次, 进而充分保障生产过程的安全性。标准化以及流程优化一方面可以让维修操作的规范性得以提升, 另一方面也能增强其可控性, 除此之外, 还能够达成资源的合理安排与配置目的, 促使作

业效率实现最大化,最终为企业在安全生产方面以及经济效益获取上给予强有力的支撑。在未来的发展进程中,随着信息技术以及智能化管理手段的应用不断推进,钢铁冶金机械设备的维修管理工作将会变得更为高效、更为科学并且更具可持续性。

[参考文献]

- [1]吕金龙.钢铁冶金设备的管理与维护[J].城市建设理论研究(电子版),2020(4):51.  
[2]王欢.绿色钢铁冶金机械设计的关键技术[J].冶金与材

料,2023,43(9):111-113.

[3]明小红.绿色钢铁冶金机械的研发与应用[J].新疆钢铁,2024(1):23-25.

[4]马永科.浅谈钢铁冶炼机械设备的故障诊断及处理措施[J].农村经济与科技,2016,27(16):278.

作者简介:杨旭(2002.11—),男,毕业院校:许昌学院,所学专业:机械电子工程,当前就职单位:安阳钢铁建设有限责任公司,职务:设备工程助理工程师,职称级别:初级。

## 新型气体流量测量技术对高炉煤气与转炉煤气检测的影响研究

丁亚洲 李文浩 张光勇

日照钢铁控股集团有限公司, 山东 日照 276800

[摘要]本研究着眼于高炉煤气和转炉煤气在工业生产中所面临的复杂环境以及对精度方面的需求问题,对其新型气体流量测量技术的应用效果以及给检测过程带来的综合影响展开了系统分析。高炉煤气与转炉煤气是钢铁生产过程中的副产品,其流量检测的精准程度与能源利用效率以及环境污染控制有着直接关联。传统测量方式在面对高温、高粉尘以及腐蚀性介质等状况时,存在着明显局限,致使测量出现较大误差并且系统稳定性较差。此文概要阐述了超声流量测量技术、热式质量流量测量技术、差压式流量测量技术改进以及其他新型技术的基本原理与各自特点,并着重就这些新技术给煤气检测在测量精度、系统稳定性、介质适应性以及维护成本与使用寿命等方面所带来的积极作用展开探讨。

[关键词]高炉煤气; 转炉煤气; 气体流量测量; 超声技术

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17786

中图分类号: TF544

文献标识码: A

### Study on the Influence of New Gas Flow Measurement Technology on Blast Furnace Gas and Converter Gas Detection

DING Yazhou, LI Wenhao, ZHANG Guangyong

Rizhao Steel Holding Group Co., Ltd., Rizhao, Shandong, 276800, China

**Abstract:** This study focuses on the complex environment and precision requirements faced by blast furnace gas and converter gas in industrial production. It systematically analyzes the application effect of their new gas flow measurement technology and the comprehensive impact it brings to the detection process. Blast furnace gas and converter gas are by-products in the steel production process, and the accuracy of their flow detection is directly related to energy utilization efficiency and environmental pollution control. Traditional measurement methods have obvious limitations when facing high temperatures, high dust, and corrosive media, resulting in significant measurement errors and poor system stability. This article summarizes the basic principles and characteristics of ultrasonic flow measurement technology, thermal mass flow measurement technology, differential pressure flow measurement technology improvement, and other new technologies, and focuses on exploring the positive effects of these new technologies on gas detection in terms of measurement accuracy, system stability, medium adaptability, maintenance cost and service life.

**Keywords:** blast furnace gas; converter gas; gas flow measurement; ultrasonic technology

#### 引言

钢铁生产过程中会产生副产煤气,主要包括焦炉煤气、高炉煤气和转炉煤气,为了更加高效地利用副产煤气,将三种煤气进行混合以满足用户端的热值要求,并通过风机加压将混合煤气送到用户端加以利用。副产煤气流量大小、煤气的品质和成分是波动的,会导致混合煤气的热值产生波动。煤气混合并加以利用有助于提高煤气资源的能源效益与环境效益。它不仅能够为企业节省能源成本,提升资源利用效率,还有助于企业实现绿色可持续发展。因此,实现高炉煤气的精准计量,对钢铁冶金企业的整体运营至关重要。

#### 1 高炉煤气与转炉煤气特性及测量需求

##### 1.1 煤气组成与物理性质

高炉煤气以及转炉煤气在组成方面以及物理性质上存在着颇为明显的差异,而这些差异无疑对流量测量技术的选择以及应用成效产生了直接的影响。高炉煤气主要是从高炉炼铁这一过程当中产生的,其典型的组成情况包含有一氧化碳、二氧化碳、氮气,另外还会有少量的氢气以

及甲烷,与此当中还含有相当高的比例的粉尘以及水分。如此复杂的组成状况致使它的密度、黏度还有温度都呈现出较大的波动幅度,进而给流量测量设备针对介质的适应性提出了比较高的要求。转炉煤气则是出自转炉炼钢这个环节,其中以一氧化碳作为主要成分,并且会伴随有少量像二氧化碳以及氮气这样的其他气体,其物理性质呈现出高温的特点,同时还具备高腐蚀性的特性,并且瞬时流量的变化极为剧烈,这就让传统的测量方法在精准地捕捉流量数据的时候面临着极大的难题。除此之外,这两种煤气所处的压力范围一般都属于中低压的状态,不过转炉煤气在产生的过程当中是有可能出现压力骤然发生变化的情况的,这又进一步加大了测量过程中存在的不确定性。

##### 1.2 传统测量方法的局限性与挑战

传统气体流量测量方法,比如孔板流量计以及涡轮流量计,在高炉煤气和转炉煤气检测方面的应用颇为普遍。这些方法在面对复杂工业环境的时候,明显呈现出一定的局限性以及诸多挑战。孔板流量计是依据差压原理来开展

测量工作的,它的结构相对简单,成本也处在较低水平<sup>[1]</sup>。不过在高粉尘以及高湿度的介质当中,它很容易出现堵塞以及磨损的情况,如此一来,其测量精度便会随着时间推移而快速下滑,并且还不得不频繁地进行校准与维护操作,以此来维持其基本的功能状态。涡轮流量计是借助检测流体推动涡轮旋转的方式来计算流量的,它对于介质清洁度的要求颇高。在高炉煤气以及转炉煤气这类含有大量杂质的气体环境中,涡轮叶片特别容易出现积垢或者损坏的现象,进而引发测量误差,甚至还会导致设备出现故障。除此之外,传统方法在应对高温以及腐蚀性环境之时,通常都缺少行之有效的防护举措,这就使得传感器的使用寿命变短,并且系统的稳定性也很难得到保障。这些问题在长期的运行过程当中,会逐渐累积成高昂的维护成本以及生产中断的风险。

## 2 新型气体流量测量技术概述

### 2.1 超声流量测量技术

超声流量测量技术属于一种非接触式的测量手段,它借助发射超声波信号,然后检测该信号在气体介质里的传播时间或者频率方面的变化情况,进而以此来对流量加以计算。这种技术在针对高炉煤气以及转炉煤气展开检测的时候,展现出了颇为明显的优点。超声技术是依据多普勒效应或者时差法原理来运作的,它可以有效地规避因介质直接接触而引发的腐蚀以及堵塞方面的问题,特别适合在存在高粉尘以及高湿度的环境下对煤气流量进行测量<sup>[2]</sup>。比如说,多普勒超声流量计会凭借气体当中悬浮颗粒物对超声波所形成的反射现象,来推算出流速,如此便能够精准地监测到脏污气体。而时差法则会通过将上下游超声波传播时间差拿来相互比较的方式,来对流量进行计算,这适用于较为清洁或者只是轻度受到污染的介质。超声流量测量技术还有着安装起来比较简单以及维护方面的需求比较低的优势,它的传感器一般会被安置在管道的外部,如此一来就能够减少设备出现磨损的情况以及降低停机所花费的时间,并且还能够给出具有高精度以及宽量程的测量结果。

### 2.2 热式质量流量测量技术

热式质量流量测量技术是以热传导原理作为基础的。它会检测气体流经加热元件之际的温度变化情况,进而依据这一变化来直接对质量流量加以计算。这种方法对于高炉煤气以及转炉煤气这类组成常常会发生变化的气体介质而言,是极为适用的。热式技术在运作的时候,会采用恒温差或者恒功率这样的模式。其传感器一般是由加热元件和温度传感元件共同构成的。当气体经过的时候,流速一旦出现变化,那么就会导致热损失存在差异,接着再通过校准曲线将其转化为流量数据。这种技术有一个很突出的优点,那就是它对于气体组成的那种变化并不怎么敏感,而且可以径直输出质量流量的具体数值,如此一来便避免了因密度以及压力补偿而产生的复杂状况,进而在高炉煤气与转炉煤气所处的那种复杂环境当中提升了测量的准确性。除此之外,热式质量流量计自身有着结构较为紧凑

的特点,而且其响应速度也很快,所以它可以实时地对流量波动予以监测,并且还能对过程控制给予及时的反馈信息。不过,在高温以及高粉尘的条件之下,它或许就需要采取一些额外的防护举措了,以此来防止传感器出现被污染或者是因过热而损坏的情况。热式质量流量测量技术具备的这些特性,让它成为了在煤气检测当中一种颇为高效并且经济的选择,特别是对于那些需要高精度质量流量数据的相关应用场景来说,更是如此。

### 2.3 差压式流量测量技术改进

差压式流量测量技术作为传统方法经过改进,在高炉煤气以及转炉煤气检测当中重新受到关注,其改进主要聚焦于传感器设计、信号处理还有材料选择等方面。传统差压式流量计像孔板是依靠流体经过节流件所产生的压力差来推算流量的,然而在脏污介质里容易出现堵塞的情况,导致精度有所损失,改进之后引入了自清洁结构以及智能补偿算法,以此来减少粉尘积累所带来的影响<sup>[3]</sup>。比如采用多孔平衡节流件,能够使压力均匀分布,进而降低涡流,提高稳定性和重复性,并且结合数字信号处理实时校正温度压力误差,让差压式流量计在高温高湿的环境当中表现得更加可靠。改进技术还借助新型耐磨耐腐蚀材料,像是陶瓷,以此来延长设备的使用寿命,并且通过模块化设计简化安装维护流程,成为一种成本效益比较高的选择。

### 2.4 其他新型测量技术

除了超声、热式以及改进差压式技术之外,还有像涡街流量计和科里奥利质量流量计这类新型气体流量测量技术,在高炉煤气以及转炉煤气检测方面呈现出了一定的应用潜力。这些技术各自有着不同的特点,还能够一定程度上弥补主流方法所存在的不足之处。涡街流量计是依据流体绕着阻流体流动时所产生的涡旋频率来对流量加以测量的,它的结构较为坚固,对于介质变化的适应性也很强。不过在低流速或者高振动的环境当中,其精度可能会出现下降的情况,这就需要借助阻尼设计或者是信号增强方面的措施来对其性能做出优化。科里奥利质量流量计则是凭借流体在振动管里面产生的科里奥利效应,直接输出质量流量的数据,它的精度非常高,而且不会受到气体组成的影响。然而该设备的成本相对较高,并且对于安装条件的要求比较严格,这就在很大程度上限制了它在大型管道当中的推广与普及。除此之外,像光纤传感以及微波测量等一些新兴技术,也逐渐开始在气体流量检测这个领域当中得到应用。它们依靠非接触式的原理,能够很好地避免介质污染的问题,同时还能够提供较强的抗干扰能力。不过这些技术目前还处在研发的阶段,所以还需要进一步去验证它们在工业环境当中的可靠性。

## 3 新型测量技术对煤气检测的影响分析

### 3.1 对测量精度的影响

新型气体流量测量技术给煤气检测精度的提升带来了极为深远的影响,它凭借先进的原理以及智能算法,有

效地大幅减少了传统方法所存在的各类误差源。超声流量测量技术是借助高频声波能够穿透介质这一特点来检测流速的变化情况,其非接触式的特性很好地避开了因传感器出现磨损或者堵塞而引发的精度方面的损失,并且还能够实时对温度和压力的波动加以补偿,进而使得测量误差能够被控制在相对较低的范围之内。热式质量流量测量技术可直接输出质量流量值,如此一来便消除了由于密度以及组成发生变化所带来的不确定性,在气体状况多变的情形下,该技术能够提供更为一致且准确的数据。改进后的差压式技术通过运用智能信号处理手段以及采取自清洁的设计方式,成功地减少了粉尘积累所造成的干扰,从而提升了其在长期运行过程中的精度稳定性。

### 3.2 对系统稳定性的改善

系统稳定性对于煤气检测而言是极为关键的,新型技术借助增强抗干扰的能力以及降低故障率,达成了颇为明显的改善效果,而这一切的根源在于结构方面的优化以及材料方面所取得的进步。超声流量测量技术采用了非接触式的传感器设计,也就是说该传感器并不会和介质直接接触,如此一来便能够防止因腐蚀或磨损而导致性能出现退化的情况发生,并且其配套的数字信号处理系统还能够自动对环境噪声加以过滤,从而保证在存在振动或者温度发生变化的这种环境下依然可以稳定地输出数据。热式质量流量测量技术运用了固态传感器并且还采用了冗余设计的方式,以此来将活动部件出现故障的风险减小,当处于高粉尘的条件之下时,凭借防护涂层便能够维持长期的稳定性,进而让系统在持续运行的过程中能够保持较高的可靠性。改进后的差压式技术借助多孔节流件再加上自适应算法,能够有效地降低涡流脉动所带来的影响,在那种流量会发生剧烈变化的场景当中,它能够给出较为平稳的测量结果,这些种种应用使得设备的维护周期得以延长,减少了出现意外停机这类事件的可能性,最终促使整个检测系统呈现出更为持久可靠的性能状态。

### 3.3 对介质适应性的提升

介质适应性在气体流量测量技术里属于极为关键的一项指标。新型的测量技术凭借创新性的设计,大幅度提升了其应对复杂介质的能力,成功突破了传统方法所存在的种种局限。超声流量测量技术能够很好地处理那种高粉尘且高湿度的介质,其利用声波信号可穿透杂质层这一特性,从而精准地检测流速,并且不会受到颗粒物积累所产生的影响,所以在高炉煤气这类脏污气体当中,该技术的表现十分出色。热式质量流量测量技术对于气体组成的改变并不敏感,它可以直接对质量流量进行测量,而不需要额外的补偿手段,因此特别适用于转炉煤气一氧化碳比例出现波动的场景<sup>[4]</sup>。并且,该技术所使用的传感器在高温环境下依然可以正常工作,

借助冷却措施还进一步拓展了其应用范围。改进后的差压式技术通过提升材料等级以及优化结构的方式,增强了自身的耐腐蚀以及耐磨性能,比如采用陶瓷内衬来减少化学侵蚀,如此便能在腐蚀性介质中维持长期的准确性。

### 3.4 对维护成本与使用寿命的影响

新型气体流量测量技术给煤气检测维护成本以及使用寿命带来了积极的影响,它是通过降低故障率并且延长设备寿命来达成经济效益的提升的。超声流量测量技术有着非接触式的特性,其传感器不容易出现磨损和污染的情况,这使得清洁以及更换的频率大幅度地降低了,并且它还具备自诊断的功能,能够提前对潜在的问题发出预警,进而避免出现突发故障以及由此产生的高额维修费用。热式质量流量测量技术运用的是耐用的材料以及模块化的设计,如此一来,部件更换起来会更加便捷,而且成本也会更低一些,与此它还能凭借高精度的测量来减少重复校准的需求,从而节约人力以及时间资源。改进后的差压式技术借助自清洁结构以及智能监控系统,减少了维护干预的次数,比如说它有自动冲洗的功能,可以防止粉尘堵塞,在长期使用的期间,能够保持性能的稳定,进而延长设备的寿命。

## 4 结束语

本研究全面且细致地分析了新型气体流量测量技术给高炉煤气以及转炉煤气检测所产生的影响。经研究发现,这些技术在诸多方面都呈现出明显的改善效果,具体包括测量精度、系统稳定性、介质适应性,还有维护成本以及使用寿命等方面。超声流量测量技术、热式质量流量测量技术、经过改进的差压式技术以及其他一些新型方法,凭借其先进的原理以及精心的设计优化,成功地突破了传统测量方法所存在的种种局限性,进而为煤气检测给予了更为可靠且高效的解决办法。在未来的研究当中,需要进一步去探寻这些技术在更为广阔的工业环境里所具备的应用潜力,并且要结合当下的智能化发展趋向来着手开发集成式的解决方案,以此不断地推动气体流量测量这一领域持续向前发展。

### 【参考文献】

- [1]兰龙慧,董旭,汤永刚.在线总硫分析仪在高炉煤气中的应用研究[J].自动化与仪器仪表,2024(5):265-271.
- [2]罗蒙蒙.甲烷/煤气燃烧特性及其反应动力学研究[D].辽宁:沈阳航空航天大学,2024.
- [3]孙浩,孟文浩,泮鹏程.探析现代高炉生产中的自动化仪表[J].冶金与材料,2024,44(11):83-85.
- [4]李威.冶金企业高炉煤气计量补偿技术研究[J].中国设备工程,2025(2):207-210.

作者简介:丁亚洲(1989.8—),毕业院校:中国海洋大学,所学专业:电气工程及其自动化,当前就单位:日照钢铁控股股份有限公司,职务:电气技工,职称级别:中级。

# 高速公路养护安全生产管理问题及解决方法

江 洋

江苏现代路桥有限责任公司，江苏 南京 210018

[摘要]公路给人们的生产生活带来了极大的便利，然而其安全质量问题所引发的交通事故也时常出现。要在确保通行便利的情况下切实维护行车安全，就得对公路展开科学的安全养护，还需从施工技术层面以及管理水平方面着手，以此来保障公路的质量与安全。当下，高速公路安全隐患主要源自施工人员安全意识不够以及安全管理工作做得不到位等方面。为了解决这些难题，相关人员得严格履行自身岗位职责，清晰明确工作内容，严格把控施工质量。鉴于此，本论文会针对高速公路养护安全生产管理当中存在的问题以及相应对策展开系统探讨，希望能为相关工作给予参考与借鉴。

[关键词]高速公路养护；安全生产；管理问题；解决方法

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17792

中图分类号: U418

文献标识码: A

## Management Problems and Solutions for Safety Production in Highway Maintenance

JIANG Yang

Jiangsu Xiandai Road and Bridge Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210018, China

**Abstract:** Highways have brought great convenience to people's production and life, but traffic accidents caused by their safety and quality problems often occur. In order to effectively maintain driving safety while ensuring convenient access, it is necessary to carry out scientific safety maintenance on highways, and to start from the aspects of construction technology and management level to ensure the quality and safety of highways. At present, safety hazards on highways mainly stem from insufficient safety awareness among construction personnel and inadequate safety management work. In order to solve these problems, relevant personnel must strictly fulfill their job responsibilities, clarify their work content, and strictly control the construction quality. In view of this, this paper will systematically explore the problems and corresponding countermeasures in the safety production management of highway maintenance, hoping to provide reference and inspiration for related work.

**Keywords:** highway maintenance; safety production; management problems; solutions

### 引言

随着高速公路网络持续拓展，交通流量不断增加，高速公路养护工作变得愈发重要，其质量及效率关乎道路使用寿命、行车安全、通行效率，是社会经济运行重要保障，但实际养护中因施工环境复杂、交通流量大、管理体系不完善等，安全生产面临诸多挑战，如施工现场管理不规范、交通标志设置不合理、安全管理投入不足、作业人员素质参差不齐等问题，易致安全隐患积累，增大事故风险，影响高速公路正常运营，研究养护安全生产管理问题及其解决办法，有现实与长远价值，此研究剖析当前养护安全管理主要问题，探讨解决措施，涉及施工现场管理优化、作业人员素质提升、安全管理体系完善、机械化养护水平提升、培训与应急演练等方面，助力养护工作安全、科学、高效开展，给出理论依据与实践参考。

#### 1 高速公路养护安全生产管理中存在的具体问题

##### 1.1 交通标志设置不合理

在高速公路开展养护工作期间，交通标志若能合理地予以设置，那么这无疑会成为保障行车以及施工安全的关键环节所在。不过在实际进行管理的时候，交通标志的设

置却存在着不少的不合理之处，进而致使潜在的安全风险有所增加。部分施工路段所设置的警示标志数量不够或者它们之间的间距过大，如此一来就让驾驶员没办法提前知晓施工的具体情况，使得发生交通事故的可能性大大提升。有些标志在位置选择上并不科学，有可能恰好处于视线盲区或者离施工区域过于接近，当驾驶员在高速行驶的状态下，就很难及时去识别这些标志并做出相应的反应。除此之外，标志在规格、颜色以及反光效果等方面还存在着一定的差异，尤其是在夜间或者是在恶劣天气条件之下，其可视性会出现下降的情况，警示的作用也会明显减弱。标志的维护与更新工作做得不够及时，有一部分标志因为受到风雨的侵蚀、机械的损坏或者是长时间的老化等因素的影响而失效，这就进一步加大了道路以及施工方面存在的安全隐患。

##### 1.2 施工现场管理缺乏规范性

在公路养护工程的安全生产管理中，管理部门应始终将施工现场管理工作放在首位，因为这不仅关系到养护公路养护质量，而且直接决定了施工效率。根据有关资料的调查，我国许多高速公路在投入运营后，在实施养护工作阶段，

往往会发生交通事故,造成经济损失、人员伤亡。然而,目前许多施工单位对现场管理的重视程度严重不足,没有将施工作业区、设备设施管理、物资摆放等方面的管理举措落实到位,因为这种粗放式管理,导致无法及时发现施工现场存在的各类安全隐患,未能做到防患于未然,如果在这样的情况下一旦出现突发情况,便会无形中加大安全事故的发生风险,为相关单位带来直接的经济损失。

### 1.3 安全管理投入不足

在高速公路养护安全生产管理进程当中,安全管理投入不足的情况着实称得上是一个极为突出的问题,其对养护施工的整体安全水平产生了不容忽视的影响。部分养护单位在安全设施、监控设备以及防护器材方面的投入颇为有限,这就致使施工现场缺少必要的安全保障,像警示标志、护栏、防护服还有安全网等,不是配置不齐全,就是老化情况十分严重,如此一来便很难有效地防范事故的发生。安全管理人员的配备存在不足或者缺乏专业的培训,进而使得日常巡查、风险评估以及隐患排查等工作难以做到全面且细致的覆盖,安全监督也难以形成一个完整的闭环<sup>[1]</sup>。不仅如此,安全投入在资金安排方面常常会被人为地压缩或者推迟,安全生产预算本身就不足,这无疑让安全管理措施难以持续且有效地推进下去,设备更新以及维护工作更是缺乏应有的保障。与之部分单位对于安全投入的重视程度远远不够,安全文化建设也比较薄弱,安全管理措施往往只是停留在表面形式上,很难在实际的养护作业当中真正发挥出实效作用。

## 2 高速公路养护安全生产管理的有效措施

### 2.1 重视施工现场管理

在高速公路养护期间,施工现场管理属于安全生产极为关键的一个环节,其重要性不单单表现在事故防范方面,还同养护效率以及施工质量的整体保障紧密相关。要实现有效的现场管理,得从多个方面着手开展系统化的规划并且予以严格执行。一开始,应当参照施工路段的实际环境状况以及交通流量情况,针对作业区展开科学合理的划分与布局安排,清楚界定施工机械所处位置、材料堆放的区域以及人员活动的范围,防止不同作业环节彼此间产生干扰,与此同时还要保证紧急通道保持畅通无阻的状态,好让在出现突发情况的时候能够快速地进行人员疏散或者资源调动。接着,得严格按照施工操作规程以及安全管理制度来执行,对作业人员的岗位职责、操作流程还有机械设备的使用方式做出详尽的规定,并且借助现场监督以及巡查的方式确保这些规程能够实实在在地落实到位,进而降低因人为因素而引发的事故风险。还需要进一步完善施工现场的安全设施搭建工作,像标志标线、隔离护栏、警示灯以及反光设备等都要配备齐全,以此来保证施工区域无论是在何种天气条件还是光照条件下都能够具备清晰的可视性,可及时给驾驶员以及施工人员发出潜在危险的提醒。

### 2.2 提高作业人员综合素质

在高速公路养护安全生产管理方面,提升作业人员的综合素质乃是保障施工安全以及提高养护效率的关键基础所在。作业人员的素质涵盖了诸多方面,其中既包含操作技能以及专业知识,同时也囊括了安全意识、应急处理能力以及团队协作能力等。应当强化对养护人员展开专业培训的工作,促使他们能够娴熟地掌握机械设备的操作规程、养护施工的工艺流程以及道路安全管理的相关规范,以此来确保在各类养护作业当中可以规范且准确地完成各项操作任务。需要重视安全教育以及安全意识的培养事宜,让作业人员能够自发地去遵守安全方面的规章制度,清楚地认识到潜在存在的各种风险,并且在日常工作的开展过程中主动采取相应的防护举措,从而从源头之处减少安全隐患的存在<sup>[2]</sup>。与此还可以借助模拟演练、案例分析以及岗位考核等多种方式,进一步提升作业人员的应急处理能力,使得他们在遭遇诸如交通事故、机械故障或者自然灾害这类突发事件的时候,能够快速且科学地做出判断并予以妥善应对,进而保障自身以及他人的安全无虞。除此之外,还要着重加强团队协作以及沟通能力的培育工作,促使作业人员可以在施工现场合理地协调分工、充分地实现信息共享并且密切地相互配合,最终形成一个高效且有序的作业体系。

### 2.3 健全安全生产管理体系

在高速公路养护安全生产管理方面,健全安全生产管理体系乃是提升整体安全水平的关键保障所在。一个完备的管理体系理应包含制度建设、责任落实、风险控制以及监督考核等诸多环节,进而构建起一套科学、系统且具备可操作性的管理机制。需着力于建立健全安全生产规章制度,要清晰明确各级管理人员以及作业人员各自所承担的职责、具体的操作流程还有相应的安全标准,以此让安全管理做到有章可依、责任明晰,并且保证制度能够在养护施工的整个过程当中都得以切实覆盖。接着,得进一步强化风险识别与控制机制,针对施工现场、机械设备、作业流程以及外部环境有可能存在的各类安全隐患展开系统的评估工作,并且制定出具有针对性的预防举措以及应急预案,从而达成隐患排查与风险管理的常态化以及制度化目标。在此期间,还应当建立起科学合理的监督考核机制,借助定期开展检查、实施内部审计以及进行绩效评估等多种方式,对各项安全管理措施的实际执行情况予以监督并及时给予反馈,以此确保管理体系能够实实在在地落实到具体行动当中。

### 2.4 提高养护管理的机械化水平

在高速公路养护安全生产管理方面,提高养护管理的机械化程度乃是提升施工效率、保障作业安全并优化管理流程的关键举措。机械化养护可缩减人工作业的数量,削减人为操作失误所引发的安全隐患,与此同时还能提升施

工的精确度以及作业的效率。要依据养护项目所属的性质以及施工时的环境状况,引入与之相适应的先进机械设备,像路面清扫车、养护作业车、路面切割机还有沥青铺筑以及压实设备等等,通过这些来取代或者辅助传统的手工操作,达成高强度且高精度的养护作业。接着,需强化对机械设备的科学化管理以及维护工作,构建设备台账,实施定期的检修以及性能检测制度,保证机械在施工进程当中始终处于良好的状态,防止因设备出现故障而引发安全事故<sup>[3]</sup>。并且,要针对操作人员展开专业的培训,让他们能熟练地掌握机械操作的相关技能以及安全操作的规程,从而确保机械化作业既能高效完成又能保证安全。

## 2.5 做好培训及应急演练工作

在高速公路养护安全生产管理方面,把培训以及应急演练相关工作落实好,这可是提升作业人员应对突发事件的能力并且保障施工安全的关键环节。系统化的培训能够让养护人员对道路养护作业流程、操作规程还有安全防护要求都较为熟悉,进而促使他们的专业技能得以提高,安全意识也有所增强,如此一来,在日常作业过程中就能减少违规操作以及潜在风险出现的情况。与此得把培训内容和实际工作紧密地结合起来,要包含交通安全知识、机械操作技能、危险源识别、施工现场管理以及应急处置方法等诸多方面,以此来保证人员能够在复杂的环境下正确地去判断并应对各式各样的安全问题。应急演练属于培训的实践部分,借助模拟交通事故、机械故障、恶劣天气或者突发安全事件等不同情景,能让作业人员熟练地掌握应急预案的执行流程,提升他们快速反应以及协同处置的能力,而且还能检验管理制度以及安全措施是否有效。培训和演练应当形成定期化且系统化的机制,与岗位轮换以及新进人员培训相结合,确保所有的作业人员都具备能够持续更新的安全知识以及应急技能。

## 2.6 提高安全检查工作水平

在高速公路养护安全生产管理方面,提高安全检查工作的水准乃是保证施工进程规范有序、防范事故发生的极为重要的一环。安全检查既然是发现并且消除潜在风险的一种途径,那它同时也是安全管理体系得以有效运转的关键性保障所在。应当去建立起一套科学且成体系的检查制度,要将检查内容、频次、方法以及责任人等方面都明确清楚,其涉及范围囊括了施工现场、养护设备、作业流程还有施工人员的操作行为等诸多方面,务必要让安全隐患可以被及时地察觉到并予以记录。得着力于提升检查人员的专业技能水平,借助培训的方式让他们能够掌握风险识别、隐患评估以及问题整改的标准操作流程,从而可以精准地判定潜在风险的严重程度与紧急状况,并且能够给出具有针对性的整改方面的建议<sup>[4]</sup>。与此还要重视检查手段

的多样性和信息化建设,把巡查记录、监控视频、智能感知设备以及数据管理平台等结合起来,达成安全检查的动态化状态以及可追溯化的特性,以此来提高检查工作的效率以及管理的透明度。

## 2.7 做好安全事故处理工作

在高速公路养护安全生产管理方面,把安全事故处理工作做好,这可是保障施工现场安全、减少损失以及提升管理水平的关键环节。安全事故处理可不是仅仅事后的应急处置那么简单,它还包含事故调查、责任认定、经验总结以及预防改进等整个过程。一开始,得去建立健全事故应急预案,要把各类事故的处置流程、责任分工还有资源调度都给明确下来,如此一来,当事故发生的时候,才能够快速且科学地组织救援以及应急处置,进而最大限度地降低人员伤亡以及财产损失。事故发生之后,要及时开展全面细致的调查,要仔细分析事故产生的原因,认真梳理管理当中存在的漏洞以及作业环节里头的安全隐患,务必要做到事实清晰明了、责任界定清楚,并且要形成书面报告,以此作为后续改进工作的依据。与此要把事故处理和安全教育关联起来,借助案例分析、经验总结以及警示教育等方式,提升全体作业人员的安全意识以及风险防范的能力,避免类似事故再度发生。

## 3 结语

在高速公路养护安全生产管理方面,依旧存在着诸多问题,比如管理不够规范、人员素质参差不齐、机械化水平有待提高以及安全投入相对有限等状况。通过强化施工现场的管理举措、对安全制度加以完善、着力提升作业人员的能力水平、积极推进机械化养护工作、积极开展各类培训以及应急演练活动,并且强化针对安全方面的检查以及事故处理相关事宜,如此便能够有效地降低安全风险,进而保障养护工作的质量以及施工期间的安全。而要实现高速公路养护工作能够安全、规范且持续地发展,那么建立健全的安全管理体系,无疑是非常重要的保障措施。

### [参考文献]

- [1]侯科.高速公路养护安全生产管理问题及解决方法[J].运输经理世界,2024(17):129-131.
  - [2]马强.高速公路养护安全生产管理问题及对策[J].运输经理世界,2022(6):134-136.
  - [3]刘淑丽.高速公路养护安全生产管理问题及解决方法[J].运输经理世界,2023(35):69-71.
  - [4]徐婧.高速公路养护工程安全生产管理及安全事故预防措施[J].产品可靠性报告,2025(5):91-92.
- 作者简介:江洋(1981.6—),男,毕业院校:武汉理工大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:江苏现代路桥有限责任公司,职务:一级技术员,职称级别:工程师。

## 黄太公路注浆施工技术与质量控制研究

吴小冬

中都工程设计有限公司黄石分公司, 湖北 黄石 435000

[摘要]针对黄太公路改造工程中部分路段弯沉值超标及路基刚度不均匀的问题,本研究开展了系统的注浆补强技术应用研究。基于对路段弯沉检测数据的分析,采用了以水泥基浆液为核心材料的压密注浆技术,设计了包括布孔方案、浆液配比、注浆压力与控制流程在内的完整施工体系。通过现场试验与质量检测验证,该技术有效降低了目标路段的弯沉值(复测值  $L_r < 80$ ),提高了路基整体刚度与均匀性。本研究为公路改扩建工程中类似路基问题的处治提供了可靠的技术路径与实践参考。

[关键词]黄太公路; 注浆补强; 弯沉值; 施工技术; 质量控制

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17778

中图分类号: U459

文献标识码: A

## Research on Grouting Construction Technology and Quality Control of Huangtai Highway

WU Xiaodong

Huangshi Branch of Zhongdu Engineering Design Co., Ltd., Huangshi, Hubei, 435000, China

**Abstract:** In response to the problems of excessive deflection values and uneven subgrade stiffness in some sections of the Huangtai Highway renovation project, this study conducted a systematic application research on grouting reinforcement technology. Based on the analysis of the deflection detection data of the road section, a compaction grouting technology with cement-based slurry as the core material was adopted, and a complete construction system including hole layout scheme, slurry ratio, grouting pressure and control process was designed. Through on-site testing and quality inspection verification, this technology effectively reduces the deflection value of the target road section (retest value  $L_r < 80$ ), and improves the overall stiffness and uniformity of the roadbed. This study provides a reliable technical path and practical reference for the treatment of similar roadbed problems in highway reconstruction and expansion projects.

**Keywords:** Huangtai Highway; grouting reinforcement; deflection value; construction technology; quality control

### 引言

当前黄太公路路面改造工程正稳步推进,部分碎石化改造路段的水稳基层已铺设完成,然而初步弯沉检测数据表明,道路两侧路基拼宽段存在弯沉值过大的现象,原路面碎石化区域内局部点位的弯沉结果未能满足设计要求,反映出路基整体刚度存在显著的不均匀性。为确保工程最终质量符合设计标准与长期使用要求,并综合考虑当前施工进度,决定对现状道路路基采用注浆补强技术进行加固处理。其处理原则具体如下:针对水稳层顶面弯沉值  $L_r \geq 80$  ( $0.01\text{mm}$ ) 的区域,采取钻孔压浆的方式进行路基补强;补强区域原则上按照 2.0m 的间距布设注浆孔,通过孔洞利用高强度压力将流质材料压入路基土体的空隙中;待流质材料凝固后形成具有一定强度的固体,能够对上部路面结构产生均匀的承托作用,有效恢复路面结构层的整体性,进而达到稳固路面板块的根本目的。具体操作中,钻孔深度需钻穿原有基层并深入其下 10~80cm,孔径统一设定为  $\Phi 50\text{mm}$ 。

### 2 工艺原理

压密注浆的工艺原理在于,在特定的压力作用之下,把事先已经调配好的水泥、粉煤灰或者其他混合浆液,借助专用的注浆管精准地压入到指定深度的土体内部。在压

入的过程当中,浆液会先对注浆管周围的土体进行挤压,迫使土体内部孔隙当中的空气以及水分都排出来,进而有效地缩小土体的孔隙比,达成对土体的挤压密实效果。经过一段时间的静置养护之后,浆液自身会慢慢凝固起来,把原本呈松散状态分布的土粒或者存在的裂缝黏结成为一个整体,形成一种有着较高强度且类似于“人造石”的新型结构。另一方面来讲,浆液在土体当中并不是简单的填充,而是依靠劈裂、穿透等一系列作用,在凝固之后形成具备空间网状分布特点的浆脉,这些浆脉便成了土体当中的刚性骨架。注浆完成以后,土体内部就会立即形成一道可以有效隔水防渗的帷幕体。所以说,压密注浆工艺能够在很大程度上提高被加固土体的力学强度以及整体刚度,并且还能降低土体的渗透性能。

### 3 注浆加固设计

在黄太公路注浆加固方案设计中,综合考虑了地质雷达探测结果与弯沉检测数据,以确定浆液配方及施工参数。钻孔布置按照间距 2.0m 的标准,采用正三角形模式均匀布设,该布置方式有利于浆液在土体中的均匀扩散与相互搭接,确保加固效果的连续性。孔径与孔深的控制尤为关键,采用薄壁金刚石水磨钻机或潜孔钻机进行预成孔作业,随后

使用振动锤将直径为 50mm 的注浆钢管打入预定深度。

针对径向孔的注浆作业,需采用快干材料结合铅丝、麻刀或木楔等辅助材料,将注浆孔口的间隙严密堵塞,防止浆液沿孔壁溢出。在正式开展大规模注浆施工前,必须进行现场注浆试验,依据实际地质条件与注浆反应,动态调整注浆参数,为后续施工积累经验数据<sup>[1]</sup>。注浆工序完成后,需使用止浆塞或专用堵头及时封闭注浆管,维持孔内压力直至浆液完全凝固。

注浆孔的钻孔施工应遵循跳孔施钻的原则,避免全部钻孔完成后才进行注浆,这种做法能够有效防止相邻孔位之间发生串浆现象,从而减少不必要的清孔工作量与施工难度。通过利用止浆塞保持孔内压力稳定,确保浆液能够充分渗透和凝固<sup>[2]</sup>。同时,施工现场需设立专用的排浆沟与集浆坑,对注浆过程中产生的废浆与污水进行集中收集,并做统一排放处理,满足环保施工的要求。

#### 4 注浆技术参数及要求

注浆形式确定为渗透注浆,基于黄太公路路段土体特性,土层中浆液的有效扩散半径按 1.5m 进行计算。注浆材料的选择至关重要,采用 P.O42.5 等级的普通硅酸盐水泥作为主要胶凝材料,浆液搅拌时间严格控制在不少于 3min,以确保其均匀性与工作性能。水泥浆液的水灰比范围应控制在 0.6~1.0 之间,在实际注浆过程中,还需根据压力变化与地层吸浆情况,灵活应用变浆技术和间歇注浆工艺。

注浆压力参数宜控制在 0.3~0.5MPa 之间,施工控制以单桩注浆压力为主,以注浆量为辅进行双控。注浆作业应遵循浆液浓度先稀后浓、注浆压力由低到高、凝胶时间由长到短的基本原则,此举可有效避免因浆液初始黏度过大、注浆压力过小或凝胶时间过短而导致浆液扩散距离不足,最终影响整体注浆质量。

注浆管选用钻杆兼作注浆管。注浆泵的选择标准为泵压不低于 6MPa 帕的高压注浆泵,推荐采用 BW-150 型注浆泵以满足压力与流量需求<sup>[3]</sup>。水泥浆液在经过充分搅拌后,必须进行过滤处理,方可进入压浆泵并注入孔内,在压浆过程中,应由专业技术人员同步记录压浆量与对应的压力参数,确保数据真实完整。

对下管深度、终止压浆量及终止压力等关键参数,应进行重点控制与核查,现场必须配备准确的压力计量工具,并定期进行零点校正工作。注浆进程中,需密切观测路基表面变形情况,及时调整注浆参数,防止出现路基隆起等不良现象,注浆结束后应立即进行注浆效果初步检查,全过程均应在相关监控人员监督下进行。

当符合下列条件之一时,即可终止压浆:注浆压力达到 0.5MPa,并持续 10~20s;或者注浆压力虽未达到 0.5MPa,但平均每米注浆量值已达到设计最大值的 2 倍。

#### 5 注浆方法

注浆施工需按序来,先从最外侧和最内侧两排注浆孔着手,随后逐步往中间推进,同一排的注浆孔采用间隔跳

跃方式注浆,防止相邻孔位相互干扰,以注浆孔或其周边出现喷浆、注浆压力骤增作为停止注浆的标准,在实际施工中,施工团队要依据现场实际情况灵活调整注浆顺序和参数,遇复杂地质或异常情况时,要及时采取应对措施,保障注浆质量与施工安全,此法可有效防止浆液过早流失或局部积聚,让浆液在土体里均匀分布,形成连续稳定的加固体系。

能够结合运用间歇式注浆法来开展相关作业,其中注浆操作以 3 次当作一个完整的循环周期,注浆所遵循的顺序是采用隔一注一这样的方式。比如说,在第一孔完成注浆并且达到了特定的压力之后,接下来便要着手进行第三孔的注浆工作,并且要及时利用清水去冲洗第一孔的钢管,随后依照同样的思路持续进行下去,不断地重复这个循环灌注的流程。每次循环之间的时间间隔不可以超出浆液的初凝时长,一般而言这一时长大概会在 45~60min 这个区间范围内。一直持续操作直至最终满足终灌的标准要求为止。这种间歇式的注浆办法可对浆液的扩散范围予以有效的把控,防止浆液出现过度的流失状况,与此同时还有助于浆液在土体当中实现更为充分的渗透以及固结作用。在实际的应用过程当中,施工人员得密切留意注浆压力的具体变化情形,依据压力的变化情况适时地去对注浆的速度以及浆液的浓度做出相应的调整,从而切实保证注浆的效果能够契合设计方面所提出的要求。凭借这样一种精细到位的施工控制手段,能够在很大程度上提升注浆的质量水平,进而确保路基加固之后所呈现出的效果具备良好的均匀性以及稳定性。

#### 6 工艺流程

施工放样以及孔位定位,接着是钻机就位并校准垂直度,然后振动沉入直至达到设计标高,之后留置注浆管并且移动钻机,再让液压注浆系统就位,之后开展分段压力注浆操作,具体是按照每 30cm 的梯度来提升注浆管,最后完成注浆设备的清洗和维护工作。该流程中各个环节的衔接情况如图 3 所示,即压密注浆工艺流程图。

#### 7 工艺要求

施工测量阶段应采用全站仪进行控制点精准测设,将桩孔中心位置偏差严格控制在 50mm 范围内。钻机定位后需校验垂直度,确保钻孔倾斜率 $\leq 1\%$ 。通过振动沉管工艺达到注浆底标高,其深度误差应 $< 50\text{mm}$ 。浆液配比参数需经专项工艺试验验证后方可确定。

注浆作业按照“先周边后中央”的顺序来开展。在注浆期间,要实时对压力变化特性加以监测:刚开始的时候会出现第一个压力峰值,接着会进入到大约 1min 的稳压期,等到出现第二个压力峰值时,就可以把注浆管上提,进而开展下一个区段的施工工作。

施工期间,应当实施如下质量控制举措:恰当设定浆液凝胶所需的时间,以此来预防出现堵管的情况;要是浆液产生离析现象,那就务必要开展二次搅拌操作;一旦注浆流量超出 30L/min,或者发生了浆液渗漏的状况,那就

得及时对工艺参数做出调整。操作人员需要配备防护眼镜等各类劳保用品,从而切实保障施工过程中的安全事宜。

## 8 质量控制

注浆工程质量管理体系涵盖主控项目以及一般项目这两部分。在主控项目当中,其涉及的方面包含原材料的质量状况、固结体所具有的强度情况以及施工工序等方面的核心指标。并且对于一些特殊的工程而言,还需要对浆液的凝结时间予以监控。而一般项目则包含了材料计量所达到的精度情况、孔位的具体坐标信息、钻孔所能达到的深度情况,还有注浆时的压力大小以及流量等相关工艺参数<sup>[4]</sup>。在此,建议运用自动记录仪来实时地采集有关压力以及流量的数据,并且借助对这些动态数据展开分析的方式,以此来对施工决策以及竣工验收起到相应的指导作用。

工程验收阶段可根据抗渗要求选择注水试验或抽水试验等原位检测方法。依据辽宁省《公路养护工程基层注浆补强技术规范》DB21/T3872—2023,地聚合物注浆材料的抗压强度需满足 $3d \geq 5\text{MPa}$ 、 $28d \geq 15\text{MPa}$ 的技术要求。注浆加固效果评定以7d复测弯沉值为关键指标,其控制值应 $<80$  (0.01mm)。

## 9 周边环境的影响控制

注浆工艺在实施时,土体先是受到扰动,接着浆液逐渐凝固,最后达成地基改良的效果,这一过程呈现出动态变化的特点,并且还伴随着施工期间土体出现膨胀以及后期产生固结收缩这样复杂的响应机制。要想对环境的影响加以控制,可以采取如下一些施工方面的措施:

优化注浆参数,要确保注入效果,尽可能采用较低的压力与流量,以此来促使孔隙水压力得以消散;推行“多点少注”的工艺,借助加密布孔以及减少单孔注浆量的方式,达成应力的均匀分布;注浆的顺序需要从邻近构筑物的地方朝着远端去推进,从而引导附加应力向外进行扩散;合理地把控施工进度,给土体固结留出必要的时长。

实施全过程的信息化施工管理,具体做法是建立起针对周边环境的监测系统,借助该系统能够实时地采集到变形方面的相关数据。而后通过对所采集的数据展开分析,依据分析结果来动态地对施工参数、工序以及进度做出相应的调整,进而形成一个完整的监测、反馈以及调控相结合的闭环管理机制。

## 10 常见问题及实施对策建议

水泥基注浆施工常见问题与处理对策如下:

冒浆这一现象往往是因为注浆时压力设置得过高、仅仅在浅层开展注浆操作或者存在渗漏通道等情况而引发的。针对这种情况,可以采取的处理办法有:调整并降低注浆的压力,或者改为使用自流式的注浆方式;提升浆液的稠度,又或者在浆液中掺入细骨料以及速凝剂;严格控制注浆的速率,使其不超过每分钟30~40L;对于出现严重冒浆的区域,可以先用混凝土进行封盖处理,然后再实施注浆操作。

窜浆问题的产生,主要是因为横向裂隙发育情况良好或者孔距过于密集。针对这一问题,可采取的解决办法有:运用跳孔间隔注浆的工艺方式;将相邻孔序施工间隔的时间适当延长;对于出现窜浆现象的孔,实行并联同步注浆的操作。

绕塞返浆的情况往往是因为孔壁本身的完整性存在欠缺,或者密封装置出现了失效状况,又或者是待凝所花费的时间不够充足等原因所致使的。所以务必要切实保障好层间待凝所需要的时间,以此来确保封塞能够达成良好的质量状态。而对于像漏浆、地表出现隆起以及埋塞这类的现象,那就得依据其各自具体的形成原因去采取具有针对性的相关措施才行。

根据DB21/T3872—2023规范要求,针对基层松散类缺陷应准确判别结构类型:对密实型松散基层宜选用超细水泥或高渗透性专用注浆材料,确保加固效果。

## 11 注意事项

钻孔压浆路基补强处理,应设置100m长试验段,按初步拟定技术参数实施后,根据7d后检测结果,进一步修订参数之后,方可全线实施。地聚合物注浆材料应主要由矿渣粉、粉煤灰、碱激发物、减水剂等组成,根据需要也可掺加偏高岭土、硅灰等。注浆施工前应对注浆点位置、浆液配比、注浆施工技术参数、检测要求等技术文件进行详细掌握。

施工结束后,应检查注浆体强度、承载力等。检查孔数为总量的2%~5%,不合格率大于或等于20%时应进行二次注浆。检验应在注浆后15d(砂土、黄土)或60d(黏性土)进行。对于二级及二级以下公路,当弯沉代表值不符合要求时,可将超出两到三倍标准差的弯沉特异值舍弃,重新计算平均值和标准差。

## 12 结论

通过对黄太公路弯沉值超标路段实施系统的注浆补强技术,有效提升了路基的整体刚度与均匀性,使弯沉检测值满足设计要求。研究表明,科学的布孔设计、合理的浆液配比、严格的压力控制以及规范的质量检验体系,是确保注浆加固效果的关键。本工程实践为类似公路改扩建项目的路基补强提供了可靠的技术参考与示范。

### [参考文献]

- [1]张建克.高速公路隧道浅埋段地表深层注浆施工技术与质量控制[J].交通世界,2020(21):96-97.
- [2]徐富强,杜卫峰,李黄,等.S214线钻孔注浆技术处理水泥路面脱空的施工工艺及质量控制[J].交通节能与环保,2021,17(6):107-110.
- [3]刘延敏.注浆加固技术在公路路基加固中的研究与应用[J].交通世界,2022(21):159-161.
- [4]黄义淳.钻孔灌注桩桩端后注浆施工技术应用及质量控制措施[J].水利科学与寒区工程,2023,6(9):101-105.

作者简介:吴小冬(1990.11—),男,汉族,本科,毕业院校:武汉工程大学,专业:交通土建。

## 农村公路技术状况评定在基层养护管理中的应用

赵 茜

西安市公路局, 陕西 西安 710003

[摘要]农村公路属于连接城乡、对农村经济发展以及社会民生予以支撑的关键基础设施,其技术状况会对通行效率以及道路安全产生直接影响。随着道路建设规模变得越来越大,传统养护管理模式已经很难满足科学化、精细化管理方面的需求了。技术状况评定在农村公路基层养护当中充当着重要工具的角色,它可以通过开展系统的数据采集与分析工作,达成对路面、路基以及附属设施的综合评估目的,进而为养护计划的制定、优先级决策以及资源配置给予科学方面的依据。文章在对农村公路技术状况评定的理论基础加以梳理之际,同时结合基层养护管理的实际状况,剖析现行养护管理体系所具有的特点以及存在的不足之处,深入探讨技术状况评定在养护计划优化、信息化管理以及人才培养等诸多方面具体的应用情况,并且给出与之相应的优化策略以及发展方面的建议,从而为提高农村公路养护管理水平给予一定的参考。

[关键词]农村公路;技术状况评定;基层养护管理

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17776

中图分类号: U418

文献标识码: A

## Application of Rural Roads Technical Condition Assessment in Grassroots Maintenance Management

ZHAO Qian

Xi'an Provincial Highway Bureau, Xi'an, Shaanxi, 710003, China

**Abstract:** Rural roads are key infrastructure that connects urban and rural areas, supports rural economic development and social livelihood, and their technical conditions have a direct impact on traffic efficiency and road safety. With the increasing scale of road construction, traditional maintenance and management models are no longer able to meet the needs of scientific and refined management. Technical condition assessment plays an important role as a tool in the grassroots maintenance of rural roads. It can achieve the comprehensive evaluation of pavement, roadbed, and ancillary facilities through systematic data collection and analysis, and provide scientific basis for the formulation of maintenance plans, priority decisions, and resource allocation. While sorting out the theoretical basis for evaluating the technical condition of rural roads, this article combines the actual situation of grassroots maintenance management to analyze the characteristics and shortcomings of the current maintenance management system. It deeply explores the specific application of technical condition evaluation in various aspects such as maintenance plan optimization, information management, and talent cultivation, and provides corresponding optimization strategies and development suggestions, thus providing certain reference for improving the level of rural road maintenance management.

**Keywords:** rural roads; technical condition assessment; grassroots maintenance management

### 引言

随着农村经济社会发展速度不断加快,农村公路建设收获了颇为显著的成果,使得农村交通条件得到了大幅改善。不过,伴随使用年限逐渐增长以及交通负荷持续增加,不少农村公路都出现了程度不一的病害情况,像是路面出现裂缝、存在坑槽、路基发生沉降以及排水设施失去效力等这类问题,这些问题一方面影响到行车时的舒适感受以及安全状况,另一方面也加大了道路养护的工作难度并提高了相关成本。基层养护管理在保障道路使用性能方面属于关键环节,在很长时间内都面临着养护资金数量不足、管理手段较为落后、技术人员存在短缺以及决策过程缺少科学依据等诸多问题。技术状况评定借助对道路各类设施展开系统的检测以及综合性的分析,能够给基层养护给予精准的状态相关信息以及决策方面的有力支持,进而达成

养护资源的合理安排以及养护工作依照科学方式开展的目的。本文通过对农村公路技术状况评定在基层养护管理当中的应用展开系统分析,去探讨它在数据采集、评定方法、养护计划优化以及信息化管理等多个方面所起到的作用,并且给出具有可行性的优化策略,从而为基层养护管理提供科学层面的依据以及实践方面的指导。

### 1 农村公路检测技术概述

农村公路的技术状况检测是确保道路安全、提升通行效率的关键环节。检测技术的概述涉及对农村公路结构、材料、功能等多方面的评估。首先,检测技术需要基于国家标准和行业规范,确保检测结果的准确性和可靠性。其次,检测技术应包括对路面平整度、路面强度、路基稳定性、排水系统功能等关键指标的评估。此外,随着技术的发展,无损检测技术如雷达检测、红外热像技术等也被广

泛应用于农村公路的检测中,这些技术能够在不破坏路面的情况下,快速准确地获取道路状况信息。

## 2 农村公路基层养护管理现状分析

### 2.1 基层养护管理体系与流程

农村公路基层养护管理体系主要是由县乡两级管理机构构成的,其关键职能涵盖了日常巡查、病害识别、养护计划制定以及养护实施监督等方面。一般而言,基层养护管理是依照“巡查-评估-计划-实施-反馈”这样的流程来推进的。在巡查阶段,会借助人工或者机械的方式去获取路况信息,这些信息涉及路面破损的具体情况、路基出现的沉降状况、边坡的稳定性以及排水设施的运行状态等诸多方面;到了评估阶段,就会把道路设计标准和历史养护数据综合起来,针对巡查所获信息展开整理与分析,进而确定道路病害的类型及其严重的程度;在计划阶段,基层养护管理部门依据评估得出的结果来制定年度或者季度的养护计划,要明确养护的具体内容、优先安排的顺序以及资源的配置情况;实施阶段是以养护队伍作为主体,开展机械修复、路面铺筑、排水清理以及沿线环境整治等一系列工作;通过反馈环节来记录养护的实际效果以及存在的各类问题,以此为后续的评估工作给予参考。这一流程虽说能在一定程度上对道路使用性能起到保障作用,不过因为管理水平以及技术手段存在着差异,整体体系依旧存在着信息传递不够顺畅、决策依据有所欠缺以及资源利用效率不高等一系列问题。

### 2.2 现行养护管理存在的问题

当前农村公路基层养护管理于实际运行过程当中面临诸多方面的挑战。其一,管理体系呈现出相对分散的态势,县乡两级机构的职责存在交叉情况,信息共享以及业务协同的效率颇为低下,这就致使部分养护工作出现滞后的状况或者出现重复投入的现象。其二,养护计划在制定的时候大多依靠经验来进行判断,缺少系统化的科学评定依据,如此一来,有限的养护资金以及人力资源便难以达成最优的配置状态,部分关键路段有可能会长期处于一种隐性损坏的状态之中。其三,技术人员的水平参差不齐,检测能力有所欠缺,这导致道路病害的识别不够准确,养护措施的选择也不够合理,甚至会对道路的使用寿命以及安全产生影响。信息化和智能化管理手段的应用存在不足,多数管理环节依旧依赖纸质记录以及人工汇总的方式,很难形成实时、动态且可追溯的数据支撑体系。这些诸多问题的存在,使得基层养护管理在效率、科学性以及可持续性等方面都迫切需要有所提升。

### 2.3 技术状况评定在养护管理中的应用需求

现有管理问题,基层养护管理迫切需要引入科学的技术状况评定方法,以此提高决策的准确性以及资源配置的合理性。技术状况评定借助系统化数据采集以及综合分析,可对道路各类设施的健康状况予以量化评价,给养护计划

带来科学依据。在实际运用环节,基层养护部门要依靠技术状况评定来确认优先维修路段、预估病害发展走向、合理规划人力与物资,并且为资金使用给予量化支撑。技术状况评定结果能和信息化管理平台相结合,达成动态管理以及数据可视化,促使养护管理从经验驱动转变为科学驱动,提升养护工作的效率与透明度。所以,把技术状况评定纳入基层养护管理流程,已然成为提升农村公路管理水平、延长道路使用寿命以及保障交通安全的关键手段。

## 3 技术状况评定在基层养护中的应用实践

### 3.1 数据采集与监测技术

技术状况评定要想顺利开展,得先有高质量且较为全面的数据采集以及监测工作作为前提条件。其中最为关键之处就在于要借助科学的手段去获取路面、路基以及各类附属设施的真实实际状态相关信息。就农村公路来讲,传统上所采用的数据采集方式主要是依靠人工巡查以及机械检测这两种形式。一般是通过测量平整度、裂缝宽度还有路面沉降等一系列指标来获取初步的评估数据。不过这样的方式存在着一些问题,像是效率比较低、能够覆盖的范围有限并且信息还常常会出现滞后的状况。随着信息技术以及智能装备不断地发展起来之后,像无人机巡查、便携式的激光扫描仪、地质雷达还有红外热像这类现代检测技术开始得到广泛的应用。无损检测手段可以在不对路面造成破坏的情况之下快速地获取到道路结构的厚度、病害的具体类型以及它们的分布情况等相关信息。与此再结合车载检测设备以及物联网传感器,就能够达成对路面温度、湿度、荷载变化还有排水系统功能等方面的动态监测效果。通过对多种不同来源的数据加以采集并进行集成处理,基层的养护管理部门便能够建立起一套完整的关于道路状况的数据库,以此为技术状况评定给予可靠的数据方面的有力支撑。而且还能为后续的养护决策、病害预测以及优先级的排序等工作提供量化的依据,促使养护管理从单纯依靠经验来驱动的状态逐步转变成由科学来驱动的新模式。

### 3.2 评定结果在养护计划与优先级决策中的应用

数据采集完成之后,技术状况评定会把各类检测指标综合起来进行分析,进而生成道路健康评分以及状态等级,以此为养护计划制定给予科学方面的依据。评定得出的结果,一方面能够清晰明确道路各个路段的病害具体类型还有其严重程度,另一方面还能够对病害的发展趋势予以预测,借此来引导基层管理部门合理去安排养护周期以及确定养护的优先级。就好比说,借助综合评分,要是发现某路段路面裂缝密度颇高且沉降情况比较明显,那么该路段就可以被纳入到短期的重点养护计划当中;而那些路况相对较好或者潜在风险较低的路段,就比较适宜归入到长期的巡查以及预防性的养护范畴里。评定结果还能够和养护预算以及资源约束相互结合起来,达成对资金、人力以及机械设备的优化配置,防止出现重复修复又或者是资源浪

费这类情况。除此之外,技术状况评定还能够为养护效果的后评估提供量化的参考,使得管理部门在实施了养护措施之后,可以针对道路性能的改善情况展开科学层面的验证,并且在下一个周期的养护计划制定过程中做出相应的调整,进而形成闭环管理,提升基层养护工作的效率以及精准程度。

#### 4 基层养护管理优化策略与发展建议

##### 4.1 制度化评定与科学养护管理

要提高农村公路基层养护所具有的科学性以及可持续性,那么就应当把技术状况评定纳入到常规管理制度当中来,进而达成评定的制度化以及规范化这一目标。制度化的评定,一方面要清晰明确评定周期、指标体系还有方法标准等方面的内容,另一方面还需把评定结果当作养护决策、预算分配以及绩效考核等环节极为重要的依据。借助制度化的评定流程,基层养护管理部门便可以构建起完整的道路健康档案,让道路病害信息得以实现系统化并且能够开展长期的追踪工作<sup>[1]</sup>。与此制度化评定对于规范养护操作流程是有帮助的,它可以让基层养护管理从主要依靠经验判断的状态转变为以科学数据作为基础的状态,如此一来便能够提升养护计划的合理性以及执行效率,进而切实有效地延长道路的使用寿命,减少维护成本,确保道路的安全状况以及通行的质量。

##### 4.2 信息化与智能化应用

信息化以及智能化手段的应用,乃是提升基层养护管理水平的一条关键途径。借助建设道路管理信息系统还有养护数据库,便能够达成对道路状况数据的实时采集、存储、分析以及共享,以此来助力管理部门展开动态监测并作出科学决策。与此把物联网传感器、无人机巡检、车载检测设备以及 GIS 平台相互结合起来,能够实现对道路病害的快速识别、可视化分析以及精准定位,让管理人员可以及时采取与之相应的养护举措<sup>[2]</sup>。智能化应用不但提升了数据处理效率,而且还能凭借历史数据以及状态评定结果去开展病害发展趋势的预测,进而为预防性养护给予科学方面的依据。借助信息化平台,基层管理部门可实现与上级管理机构、施工单位以及社会公众之间的信息互动,增强管理的透明度以及养护工作的社会监督,这对于资源的合理配置以及养护效能的提升都是很有帮助的。

##### 4.3 人才培养与技术能力提升

技术状况评定以及智能化养护管理,这对基层养护人员的技术水平还有综合能力都提出了更高的要求。基层管理部门需要借助专业培训以及技能提升的方式,提升技术人员在道路检测、数据分析、信息化管理以及病害识别等诸多方面的相关能力。与此还得强化针对新型检测设备以及智能化管理平台的操作培训,要让人员可以熟练地去使用无人机、激光扫描、地质雷达还有信息管理系统,进而

达成技术手段与养护管理的有效结合<sup>[3]</sup>。人才培养不仅仅涵盖专业技术培训,而且还需着眼于管理能力、规划能力以及科学决策能力的提升,以此来培育复合型人才队伍,从而适应基层养护管理朝着科学化、信息化以及智能化方向发展的趋势,确保技术状况评定所取得的成果能够切实有效地转化成为实际的养护效果。

##### 4.4 未来发展方向

未来农村公路基层养护管理发展需聚焦科学评定、信息化管理以及智能化应用方面。其一,要不断健全技术状况评定指标体系,依据道路使用特性、环境条件以及交通负荷情况动态调节评定方式,提升评定的准确性与适用性。其二,要推动信息化与智能化技术在基层管理当中的深度融合,达成道路状态实时监测、病害自动识别、养护计划智能优化以及资源动态配置的目的。并且,还要强化多部门协同合作以及公众参与,构建综合管理平台与数据共享机制,让基层养护管理更为透明、高效且具备可持续性。借助制度、技术以及人才的协同发展,基层养护管理可完成从经验管理到科学管理的转变,为农村公路安全、高效且可持续运营给予稳固保障。

#### 5 结语

技术状况评定于农村公路基层养护管理而言,有着无可取代的重要作用。其借助科学的数据采集方式、综合性的分析手段以及严谨的状态评定流程,可为养护计划的制定工作、优先级方面的决策事宜以及资源配置等相关事项给予可靠的依据参考。把信息化以及智能化手段综合起来运用,那么技术状况评定便能够达成道路管理的动态化呈现、可视化展示以及精细化操作,进而促使基层管理的效率得以提升,同时也让道路的使用性能获得提高。制度化的评定举措、人才的培养工作以及技术能力的提升情况,这些都为评定成果能够有效应用提供了有力的保障。在未来的发展进程中,通过不断完善评定体系、强化信息化的应用程度以及积极推动智能化管理相关事宜,农村公路基层养护管理就能够实现科学化、精细化以及可持续发展的目标,从而给农村交通的安全保障以及经济社会的发展壮大提供稳固且坚实的支撑力量。

##### [参考文献]

- [1]陈浩然.农村公路技术状况检测评定分析与研究[J].汽车周刊,2024(11):129-131.
  - [2]彭昆.农村公路路面技术状况评定与养护研究[J].山西建筑,2024,50(15):139-142.
  - [3]张文贺,陈思佳.农村公路技术状况检测评定分析与研究[J].技术与市场,2022,29(12):98-99.
- 作者简介:赵茜(1981.11—),毕业院校:长沙理工大学,所学专业:交通土建工程,当前就职单位:西安市公路局,职务:科员,职称级别:工程师(中级)。

# 高速公路桥梁加固施工中的质量控制与安全管理

何志祥

江苏现代路桥有限责任公司, 江苏 南京 210000

[摘要]随着我国高速公路不断向前发展,桥梁在长时间的使用过程当中,比较容易出现老化、裂缝以及承载力有所下降等诸多问题,所以桥梁加固施工的需求也在持续增加。尽管当下常用的像结构加固、墩台加固、桥面板加固还有荷载增强等一系列技术已经相对比较成熟了,然而在实际的施工环节里,依旧存在着质量控制不够严谨、施工工序管理不到位、高危作业防护措施不足以及安全培训和应急管理不够完善等一系列的问题。从整体上来看,桥梁加固施工技术的发展速度是比较快的,不过其质量和安全管理方面仍然需要进一步强化,唯有如此才能确保工程的质量以及施工的安全,进而提升桥梁的使用寿命以及安全性能。

[关键词]高速公路桥梁;加固施工;质量控制;安全管理

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17783

中图分类号: TV2

文献标识码: A

## Quality Control and Safety Management in the Reinforcement Construction of Highway Bridges

HE Zhixiang

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

**Abstract:** With the continuous development of highways in China, bridges are prone to aging, cracking, and decreased bearing capacity during long-term use. Therefore, the demand for bridge reinforcement construction continues to increase. Although a series of commonly used technologies such as structural reinforcement, pier and abutment reinforcement, bridge deck reinforcement, and load enhancement have become relatively mature, there are still a series of problems in the actual construction process, such as inadequate quality control, inadequate construction process management, insufficient protective measures for high-risk operations, and inadequate safety training and emergency management. Overall, the development speed of bridge reinforcement construction technology is relatively fast, but its quality and safety management still need to be further strengthened in order to ensure the quality of the project and the safety of construction, which improving the service life and safety performance of the bridge.

**Keywords:** highway bridges; reinforcement construction; quality control; safety management

### 引言

高速公路桥梁属于公路交通的关键构成部分,肩负着众多车辆通行的任务,其结构安全以及使用性能同交通运输的顺畅情况以及公共安全紧密关联。伴随我国高速公路网络持续拓展以及交通量不断增多,部分桥梁在长时间运营期间出现了结构老化、存在裂缝、钢筋出现锈蚀以及承载力不够等状况,迫切需要借助加固施工来提高桥梁的安全性与耐久性。桥梁加固施工不但涉及到结构性能的改良,而且还涵盖施工工艺、材料运用以及施工管理等诸多环节,其复杂程度以及高风险特性使得施工单位在确保工程质量之际,务必要切实落实安全管理举措。质量控制乃是桥梁加固施工的重点所在,会对加固成效以及结构耐久性产生直接影响,而安全管理则构成了施工顺利推进以及保障人员生命安全的根基。二者相互补充,唯有在质量控制与安全管理协同优化这样的前提之下,才能够达成桥梁加固施工的高效、安全且可持续发展这一目标。本文将会全面且细致地探讨高速公路桥梁加固施工里常见的加固技术、质量控制办法、安全管理举措以及二者的协同优化策略,目的在于给桥梁加固施工给予理论方面的指导以及实践

层面的参考,以此提升桥梁工程的安全性以及使用寿命,确保高速公路交通能够安全且畅通无阻。

### 1 常见的高速公路桥梁加固技术

#### 1.1 结构加固技术

高速公路桥梁于长时间运用之际,极易滋生诸如裂缝、变形以及钢筋锈蚀等诸多问题,这些问题的存在无疑会对桥梁所具备的承载能力以及安全状况产生颇为不利的影响。结构加固技术算得上是较为常用的一种加固途径,其主要是借助提升桥梁各个构件所具有的承载力以及整体呈现出的稳定性这两方面来促使桥梁的使用寿命得以延长。就常见的加固方法来讲,像外包钢加固、粘钢加固、采用碳纤维增强复合材料进行加固以及预应力加固等都包含其中。其中,外包钢加固以及粘钢加固这两种方式能够强化桥梁的抗弯能力以及抗剪能力;而碳纤维加固则具有轻质且耐腐蚀的特点;至于预应力加固,则能够在一定程度上对桥梁的受力状态起到改善的作用。

#### 1.2 墩台加固技术

桥梁墩台属于支撑桥梁结构的关键构件,它的稳定状况以及承载能力和桥梁的整体安全紧密关联。在桥梁长时

间运用期间,墩台有可能因为荷载方面的作用、地基出现沉降或者受到环境因素的影响,进而产生诸如裂缝、混凝土发生剥落或者是钢筋出现锈蚀等一系列问题,这些问题会致使结构性能有所降低。墩台加固所采用的技术主要是借助增强墩台的承载能力以及耐久性的方式来确保桥梁的安全,常用的加固方法涵盖了包钢加固、钢套筒加固、碳纤维复合材料加固还有喷射混凝土加固等多种方式<sup>[1]</sup>。其中,包钢加固以及钢套筒加固能够增大截面的面积,使得抗压能力得以提升;碳纤维复合材料加固具备轻质、高强度且耐腐蚀的特点,可对受力性能起到改善的作用;而喷射混凝土加固则可以对受损的混凝土表面加以修复,并且还能增强整体的稳定性。

### 1.3 桥面板加固技术

桥面板是高速公路桥梁中最常见损坏部分之一。桥面板加固技术可以通过修复、加固或更换来提高其承载能力和耐久性。常见的方法包括钢板加固、预应力碳纤维布加固和防水层铺设等。钢板加固可以在原有桥面板上加设钢板,提高承载能力和刚度。预应力碳纤维布加固可以通过在桥面板上铺贴预应力碳纤维布,增加桥面板的抗拉强度和耐久性。防水层铺设可以加固桥面板的防水层,防止水分渗入导致损坏。桥面板加固技术能够解决桥面板裂缝、变形和疲劳等问题,延长桥梁使用寿命。

### 1.4 荷载增强技术

随着交通流量不断增加,车辆荷载也在持续提升,在这种情况下,部分高速公路桥梁原有的设计荷载或许很难再满足当下的使用需求了,进而使得桥梁出现了诸如裂缝、变形或者承载力不够等一系列问题。荷载增强技术属于专门针对桥梁承载能力不足所采取的一项关键加固办法,其主要目的就在于借助提升桥梁结构的承载能力,让桥梁能够安全地承受当下以及未来可能出现的荷载要求。通常会采用的荷载增强方法包含了增加支撑结构、增设外部预应力、增设钢梁或者是梁板,还有采用高性能材料来开展加固工作等等。凭借这些举措,可对桥梁的受力状态予以改善,降低结构发生变形以及裂缝不断扩大的情况,从而提高桥梁的整体稳定性和安全性。

## 2 高速公路桥梁加固施工的质量控制

### 2.1 加固材料与构件质量控制

在高速公路桥梁加固施工期间,加固材料以及构件的质量把控属于极为关键的环节,它对于施工效果以及桥梁能够实现长期安全运行起到决定性作用。加固材料涵盖了钢材、混凝土、碳纤维增强复合材料、黏结剂还有预应力材料等等,这些材料的性能会在很大程度上对加固之后桥梁的承载能力以及耐久性产生直接影响。所以在正式施工之前,务必得严谨细致地去核查材料的规格、性能以及合格证等相关方面,务必要确认其完全符合设计方面的要求以及相关的规范标准规定。在施工进程当中,要留心关注材料的存放方式、运输状况以及使用时的条件情况,要尽

力避免出现钢材发生锈蚀、混凝土遭受潮湿或者复合材料遭到损坏等不良情形,并且还要确保各类材料能够在施工所处的环境之下具备良好的施工适应性。构件质量控制主要和预制构件以及现场加工构件的尺寸、强度以及加工精度等方面有关联,需要施工单位严格按照设计图纸来进行加工以及安装操作,并且针对关键尺寸以及受力构件要在现场展开检查并完成验收工作。

### 2.2 施工工艺与工序质量控制

在高速公路桥梁加固施工期间,施工工艺以及工序方面的质量控制属于极为关键的环节,其对于加固效果的达成以及桥梁安全性能的保障都有着重要意义。施工工艺涵盖加固方法的选取、施工顺序的安排还有施工技术参数的把控,务必要依照设计的要求以及规范的标准来切实加以实施。在施工进程当中,针对每一工序都得予以严格的管理,就好比在外包钢加固施工之时,务必保证钢板加工的尺寸精准无误,焊接或者螺栓连接要牢固可靠;而在碳纤维增强复合材料加固施工方面,则需对黏结剂的配比、施工环境的温湿度以及铺贴的顺序加以控制,以防出现气泡或者脱层这类情况<sup>[2]</sup>。工序质量控制还包含着对混凝土修补、喷射混凝土、预应力施加等诸多环节展开严格的监测以及验收工作,从而确保每一个工序在施工完成之后能够满足设计的要求,进而再去开展后续的作业,以免因为前序工序存在质量问题而对整体加固效果产生影响。

### 2.3 质量检测与验收标准

在高速公路桥梁加固施工期间,质量检测以及验收标准对于保证施工质量以及桥梁安全而言,属于极为重要的一项保障措施。加固施工告一段落后,得针对结构的各项性能指标展开全面检测,像材料性能、构件尺寸、受力性能还有施工工艺效果等方面都要涉及。常会采用的检测手段包含混凝土强度测试、钢材以及钢构件焊接和螺栓连接质量检测、碳纤维增强复合材料黏结效果检测、预应力施加张力检测以及结构变形和裂缝观测等。在开展质量验收工作的时候,要严格依照国家相关的规范以及设计要求,对每一个加固部位以及关键构件都进行细致检验,以此来保证其能够符合承载力、刚度以及耐久性的各项要求。

## 3 高速公路桥梁加固施工的安全管理

### 3.1 安全管理制度与责任体系

在高速公路桥梁加固施工期间,建立起完善的安全管理制度以及责任体系,这是保障施工安全以及人员生命财产安全的根基所在。施工单位得依照国家安全生产法规还有行业规范来制定详尽的安全管理制度,像施工现场安全操作规程、危险源识别与控制措施、安全检查制度以及应急预案等等都涵盖其中,要清楚各类施工活动的安全要求与操作标准。与此还得构建起责任体系,把安全责任落实到各级管理人员以及施工班组身上,明确项目经理、技术负责人、现场施工人员以及安全员各自的职责与权限,进而形成“谁主管、谁负责”的安全管理机制。借助定期举办安全培训、开

展安全交底、实施安全巡检以及考核等方式,保证所有人员都熟悉安全操作规程,掌握应急处置的方法。

### 3.2 施工现场安全风险识别与评估

在高速公路桥梁加固施工期间,施工现场安全风险的识别与评估属于极为重要的一环,其对于保障施工安全以及防范事故的发生有着不容忽视的作用。桥梁加固施工往往包含高空作业、重型设备吊装、钢结构焊接、混凝土浇筑还有预应力施加等诸多工序,而这些工序全都存在着不小的安全风险。所以,施工单位有必要在施工开始之前,针对现场环境、施工工艺、设备使用状况以及人员作业情形展开详尽的调查工作,从中去识别出那些有可能存在的安全风险点,像高空坠落、物体打击、设备出现故障、发生滑坡或者基坑坍塌等情况<sup>[3]</sup>。之后,要针对各类风险展开评估,深入剖析其发生的概率以及潜在的危害程度,进而确定风险的具体等级,并且制定出具有针对性的控制举措,比如布置防护设施、优化作业方式、合理配备作业人员并开展相关培训以及制定应急预案等等。

### 3.3 高危作业安全管理措施

在高速公路桥梁加固施工期间,高危作业涵盖了高空作业、重型设备吊装、钢结构焊接、混凝土浇筑以及预应力施加等方面,这些作业存在着不小的安全风险,所以得采取严格的安全生产管理举措。要针对高危作业去制定专项施工方案,把作业流程、操作要求以及安全防护措施都明确下来,并且要上报给监理以及相关管理部门进行审核与批准。还得配备符合标准的安全防护设施,像安全带、安全网、防护栏杆还有警示标志等等,并且要定期对施工机械设备展开检查与维护工作,保证其能够正常运转。施工人员必须要经过安全方面的培训以及操作技能的考核,只有拿到相应证书之后才能正式上岗,而且要严格按照操作规程来开展作业,在作业整个期间都要维持良好的沟通以及协作状态。

### 3.4 安全培训与应急管理

在高速公路桥梁加固施工期间,安全培训以及应急管理属于保障施工安全且防范事故的关键举措。施工单位需要依据不同岗位以及作业内容来制定系统的安全培训方案,要保证施工人员对施工现场的安全规程、操作规范以及危险源防控举措较为熟悉,并且能掌握高空作业、重型设备操作、焊接施工还有预应力施加等高危工序的安全操作技巧。培训应当涵盖理论讲解、现场演示以及应急演练等诸多环节,而且要对培训成效予以考核,以确保人员能够在实际作业当中正确运用安全知识。在应急管理层面,应当构建完善的应急预案体系,针对可能发生的各类安全事故、机械故障、火灾、人员伤害等紧急状况展开风险剖析,明确报警、疏散、救援以及医疗救护等操作流程,配备必需的应急装备与物资。与此还需定期开展应急演练,提升施工人员对于突发事件的快速反应能力以及协作程度,确保在事故发生之时能够及时且有效地加以处置,尽可能地减少人员伤亡以及财产损失。

## 4 质量控制与安全管理的协同优化

在高速公路桥梁加固施工这个过程当中,质量控制和安全管理是紧密相关的,它们之间存在着相互促进的关系,把这两者协同起来进行优化,是提高施工整体水平的一种重要方式。在施工期间,若能实施严格的质量控制,那么就能保证材料、构件以及各个工序都符合设计方面的要求,如此一来,便可以减少结构出现的缺陷以及施工当中存在的隐患,进而使得安全风险得以降低;与此要是能够开展有效的安全管理,那就能确保施工环境以及人员操作都有足够的安全性,可防止因为发生事故或者出现违规操作等情况而对施工质量产生影响<sup>[4]</sup>。所以,应当构建起质量与安全的协同管理体系,把质量控制和安全管理这两个方面融入到施工的整个过程里,具体而言,就是从施工方案的制定开始,再到工序的安排、材料的检验、施工的监控以及最后的验收等各个环节都要涉及进去。在实际的操作环节当中,可以通过信息化管理方面的手段,像是施工监控系统、质量检测数据平台还有安全风险预警系统等,以此来达成对施工质量以及安全状况进行实时监测并且实现动态管理的目的;还可以通过定期去组织联合检查、开展风险评估以及举办技术培训等活动,把质量问题以及安全隐患同步地给发现出来并加以整改。

## 5 结语

在高速公路桥梁加固施工期间,质量控制以及安全管理属于极为关键的方面,其能够有力保障工程得以顺利推进,同时也可确保桥梁在未来能够实现长期且安全的运行状态。借助科学合理地去挑选加固技术,严谨细致地把控材料以及构件的质量,按照规范来安排施工工序,并且切实落实针对高危作业的防护举措,扎实开展安全方面的培训工作,同时准备好应急相关措施,如此便能够有效地让施工质量得以提升,施工安全水平也能够有所提高。质量与安全管理同步进行优化,一方面降低了施工过程中存在的风险,另一方面提升了工程的实施效率,还增强了桥梁的耐久性能,进而为高速公路桥梁的安全运营筑牢了坚实的根基。

### 【参考文献】

- [1]陈宇.高速公路桥梁加固施工技术与质量控制措施分析[J].运输经理世界,2024(4):82-84.
- [2]吴留星.公路桥梁加固施工技术和质量控制[J].交通世界,2017(1):115-116.
- [3]董祥生.浅谈高速公路桥梁加固的施工技术[Z]//《建筑科技与管理》组委会.2015年12月建筑科技与管理学术交流论文集.江苏省交通工程集团有限公司,2015:151,150.
- [4]樊金虎.高速公路桥梁加固施工技术的应用要点[J].甘肃科技纵横,2022,51(2):52-54.

作者简介:何志祥(1996.9—),男,毕业院校:扬州大学,所学专业:建筑与土木工程,当前就职单位:江苏现代路桥有限责任公司,职务:中级工程管理员,职称级别:助理工程师。

## 公园水域项目勘察技术应用

成 炜

上海元易勘测设计有限公司, 上海 201203

[摘要]文中以海徐路公园改造工程为例,对公园水域项目勘察过程中的难特点进行了分析,重点阐述了勘察方案布置、水上勘察作业、岩土工程分析与评价、岩土工程风险分析与评价等等。对今后公园水域项目勘察具有较强的参考借鉴价值。

[关键词]公园水域项目;水上作业;勘察技术

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17812

中图分类号: X52

文献标识码: A

## Application of Survey Technology in Park Water Area Projects

CHENG Wei

Shanghai Yuanyi Survey and Design Co., Ltd., Shanghai, 201203, China

**Abstract:** This article takes the Haixu Road Park renovation project as an example to analyze the difficulties in the survey process of the park's water area project, focusing on the layout of the survey plan, water survey operations, geotechnical engineering analysis and evaluation, geotechnical engineering risk analysis and evaluation, and so on, which has strong reference value for future exploration of park water projects.

**Keywords:** park water area projects; water homework; survey technology

### 引言

公园水域项目勘察是公园建设中的一个重要环节。不同于陆上勘察,水上勘察在施工条件、安全技术以及设备平台等都提出了更高层次的要求。因此本文以海徐路公园改造工程为例,介绍了公园水域项目勘察技术的应用,本项目水察技术性较强,本人在项目中担任勘察项目经理的职责,通过对公园水域项目勘察技术的实践运用,为今后类似项目提供了较强的借鉴价值。

### 1 工程概况

海徐路公园改造工程,位于浦东新区高东镇海徐路与航津路交叉口。公园内部河新建 5 座桥梁、11 座过水箱涵、1 座栈桥(水上骑行道)和 1 座水上观景台。主要工程内容包括:桥梁工程,箱涵工程。水上骑行桥单节段为 11m,总长 167.5m,单桩轴向受压承载力容许值 2000kN。桩基采用灌注桩,桥墩底面绝对标高为-0.5m。



图 1 工程概况

### 2 勘察难特点分析

(1) 项目涉及的建筑物较多,主要有天然地基、陆域桩基、水域桩基、基坑工程等。其中桩基分析与评价需要按照陆域和水域两部分进行。

(2) 考虑到水域涨落潮的影响,对于水上作业而言,标高测量、钻探船固定以及钻探取土都带来了不同程度的影响。因此需要制定有针对性的方案以保障施工作业的精确性。

(3) 项目地层相对较为复杂,受古河道切割作用,场地内⑤<sub>3</sub>层较厚,对土层进行准确且合理的分层难度较大,对桩基持力层的选择有间接的影响。

### 3 勘察方案布置

#### 3.1 方案阶段勘探孔平面布置

根据上海市《岩土工程勘察标准》(DG/TJ 08-37—2023)中桥梁等级布置的原则,对于小桥,每个桥梁勘探孔不少于两个;对于中桥,勘探孔不少于 4 个;本次详细勘察阶段,新建景观桥 1、新建景观桥 2、月亭桥和匠心桥布置 2 个勘探孔,新建景观桥 3 布置 4 个勘探孔,水上栈桥勘探孔根据桥墩的位置布置。每个桥墩 1 个勘探孔,水上观景台布置 4 个勘探孔。

根据上海市《岩土工程勘察标准》(DG/TJ 08-37—2023)第 6.4.5 条的规定,箱涵勘探孔数量不宜少于 2 个,本次详细勘察阶段,每座箱涵布置 2 个勘探孔。

#### 3.2 勘探孔深度设置

拟建桥梁采用桩基础,桥墩底面标高为-0.5m,根据

上海市《岩土工程勘察标准》(DG/TJ 08-37—2023)规定,控制性勘察孔深度应满足地基稳定性分析与变形计算要求,一般性勘探孔深度不宜小于桩端下 3.0m,根据设计方案及临近场地地层情况,新建桥梁桩基考虑到可能采用第⑤<sub>3-1</sub>层粉质黏土夹砂质粉土、第⑤<sub>3-2</sub>层粉质黏土、第⑤<sub>4</sub>层粉质黏土或第⑦<sub>1</sub>层砂质粉土作为桩基持力层,桩端入土深度约为 35m~45m,一般性勘探孔深度确定为 50m,控制性勘探孔深度确定为 60m。

拟建箱涵基础底面标高为±0.00,根据现行上海市《岩土工程勘察标准》(DG/TJ 08-37—2023)第 6.4.6 条:涵洞勘探孔深度不宜小于 2.5 倍开挖深度或达到基底以下 0.5 倍~1.0 倍基础宽度;结合设计要求及液化判别需要,本次详勘阶段箱涵勘探孔孔深定为 20.0m。

## 4 水上勘察作业

### 4.1 施工流程

首先用交通船进行定位抛标,钻探船进入现场,采用定位桩固定后,进行钻探施工。水上钻探,不能一次放所有的孔位,采用定一个施工一个勘探孔的方法,使用 rtk 进行指引施工,工程船到位后,采用定位桩进行固定,待作业船到标准点的距离达到设计要求时,进行套管固定,以达到稳固船的作用。

水上钻探工程能否选好套管至关重要,套管起着护孔,防止堵漏,稳定孔壁的作用,还能稳固钻探船。要准备各种长度的短的套管并逐渐加长,保证套管的上口一定要超出水面,如果在钻进的过程中,套管往下,低于水面时,要马上接上套管,不能将钻具拔起,避免取出钻具后,套管倒入水中,难以打捞。



图2 水上作业施工

采用优质泥浆护壁。按设计要求,回次进尺保证在 2.0m 以内,标贯取土相间进行,由专人记录施工进度,量测钻探进尺。钻进深度、岩土层面深度量测误差不得超过±5cm,地下水位深度量测误差不得超过 2cm。由专业技术人员按钻进回次真实、及时记录。钻探接单孔作业任务书进行,每孔现场验收,验收合格后再施工下一勘探孔。

对于软塑和流塑状态黏性土以及可塑~硬塑状黏性土和粉土(砂土)采用击入法取样。土样规格为 89mm、L=300mm。对于粉砂层采用专用取砂器采取,土样取出

后及时蜡封,以防湿度变化。蜡封后及时贴上标签,以免混淆,并采取必要的防护措施。采用上、下带弹簧压板的专用土样桶运输土样以减少扰动,土样采取后至试验前的存放时间不超过 7d。

钻探接单孔作业任务书进行,每孔现场验收,验收合格后再施工下一勘探孔。钻探取土过程中,保证所有土样均完整采取上船,其中用于试验的土样蜡封送于实验室,其余土样及时进行外运。严禁将土样扔入水中。

### 4.2 安全管理

(1) 作业前对班组进行安全风险交底,将项目水域情况、水上作业平台使用操作流程以及安全规范详细交底。

(2) 水上平台配有足量的救生圈、灭火器、通讯设备等,要求施工人员正确穿戴救生衣。

(3) 及时跟踪天气情况,若遇到大雨、大风、大雾等不良天气情况时,需要第一时间撤离现场。

(4) 提前摸排公园水文条件变化的规律,观察水域内是否存在局部急流,若存在有局部急流,需要采取措施以降低对水上作业的安全风险。

(5) 严格遵守钻探操作流程,钻具和测试装备需要摆放整齐,不得乱放乱摆,其中大型设备应分散固定。

## 5 岩土工程分析与评价

### 5.1 地层特性分析

本次勘察查明,拟建场地在勘察深度(最大深度为 60.0m)范围内揭露的地基土属第四纪滨海~河口相、滨海~浅海相、滨海、沼泽相、溺谷相、河口~滨海相沉积物,主要由黏性土、粉性土组成。根据地基土的成因、时代、结构特征及物理力学性质指标等综合分析,可划分为 7 个工程地质层及分属不同工程地质层的亚层。各地层特性见表 1。

### 5.2 天然地基

拟建场地内的浅基础可能涉及的土层一般为①<sub>1-1</sub>层杂填土、①<sub>1-2</sub>层素填土、②层粉质黏土、③层淤泥质粉质黏土。

第①<sub>1-1</sub>层杂填土,以砖块、碎石为主,土质松散杂乱,建议进行清除。

第①<sub>1-2</sub>层素填土,以黏性土为主,含植物根茎、贝壳碎片及有机质,局部夹少量小砖块,土质松散不均,工程力学性质较差,未经处理不宜直接作为天然地基持力层。若考虑作为天然地基持力层,需对表层植物根茎、腐殖质等进行清除,然后进行振动碾压密实,必要时可考虑采用换填等方式进行地基处理,并对处理效果进行检测,以确定是否满足设计要求。

第②层粉质黏土,含泥钙质结核及氧化铁斑点,呈可塑状,中等压缩性。工程性质较好,可作为箱涵工程的天然地基持力层。如果拟建物沉降变形不满足要求时,还可对该层进行振动碾压密实处理。

表 1 场地地基土特性表

| 土层序号             | 土层名称        | 层顶标高(m) | 成因类型  | 状态 | 土层描述                                 |
|------------------|-------------|---------|-------|----|--------------------------------------|
| ① <sub>1-1</sub> | 杂填土         | 4.13    | 人工    | 松散 | 含大量砖块、碎石等,土质松散不均、杂乱                  |
| ① <sub>1-2</sub> | 素填土         | 3.94    | 人工    | 软塑 | 上部夹植物根茎,具孔隙,局部含砖石等杂质,下部以黏性土为主,土质松散不均 |
| ① <sub>2-2</sub> | 淤泥          | 2.34    | —     | 流塑 | 含有机质,有臭味,土质不均匀                       |
| ②                | 灰黄色粉质黏土     | 2.70    | 滨海~河口 | 可塑 | 含氧化铁斑点、铁锰质结核等,土质自上而下逐渐变软,土质均匀        |
| ③                | 灰色淤泥质粉质黏土   | 1.65    | 滨海~浅海 | 流塑 | 含云母、有机质等,土质软弱,夹薄层粉性土,土质均匀            |
| ③ <sub>夹</sub>   | 灰色黏质粉土      | -3.17   | 滨海~浅海 | 稍密 | 含云母,夹少量黏性土,土质不均匀                     |
| ④                | 灰色淤泥质黏土     | -10.17  | 滨海~浅海 | 流塑 | 含云母、有机质等,土质软弱,夹薄层粉性土,土质均匀            |
| ⑤ <sub>1-1</sub> | 灰色黏土        | -14.67  | 滨海、沼泽 | 软塑 | 含云母、有机质,夹薄层粉性土,土质均匀                  |
| ⑤ <sub>1-2</sub> | 灰色粉质黏土      | -21.67  | 滨海、沼泽 | 软塑 | 含云母,夹薄层粉性土,土质较均匀                     |
| ⑤ <sub>2</sub>   | 灰色砂质粉土      | -24.22  | 滨海、沼泽 | 中密 | 含云母,夹薄层状粉质黏土,土质不均匀                   |
| ⑤ <sub>3-1</sub> | 灰色粉质黏土夹砂质粉土 | -27.13  | 潮谷    | 可塑 | 含云母、有机质,土质不均匀                        |
| ⑤ <sub>3-2</sub> | 灰色粉质黏土      | -28.46  | 潮谷    | 可塑 | 含云母、有机质,土质不均匀                        |
| ⑤ <sub>4</sub>   | 灰绿色粉质黏土     | -32.37  | 潮谷    | 可塑 | 含氧化铁、有机质,土质不均匀                       |
| ⑦ <sub>1</sub>   | 灰色砂质粉土      | -34.71  | 河口~滨海 | 中密 | 含云母等,夹薄层黏性土,土质不均匀                    |
| ⑧                | 灰色粉质黏土      | -38.67  | 滨海~浅海 | 可塑 | 含云母、腐植物,夹薄层粉砂,土质均匀                   |

第③层淤泥质粉质黏土,含云母、有机质,夹薄层粉性土,呈流塑状,高等压缩性,土性较弱,是天然地基的软弱下卧层。

### 5.3 桩基工程

根据上海市工程建设规范《岩土工程勘察标准》(DG/TJ 08-37—2023)、《地基基础设计标准》(DGJ08-11—2018)及行业标准《建筑桩基技术规范》(JGJ94—2008),综合分析土工试验及原位测试相关成果,建议各层土的桩侧极限摩阻力标准值  $f_s$  和桩端极限端阻力标准值  $f_p$ 。并估算单桩竖向极限承载力标准值及设计值。

根据本次揭露的勘察资料可知,①~⑤<sub>1-2</sub>层埋藏较浅,其能够提供的承载力较低或压缩性高,而⑤<sub>2</sub>层厚较薄,上述土层均不宜作为拟建桥梁的桩基持力层。建议比选采用第⑤<sub>3-1</sub>层粉质黏土夹砂质粉土、第⑤<sub>3-2</sub>层粉质黏土、第⑤<sub>4</sub>层粉质黏土或第⑦<sub>1</sub>层砂质粉土作为桩基持力层。

以水上栈桥和水上观景平台为例,可比选⑤<sub>3-2</sub>层粉质黏土、⑦<sub>1</sub>层砂质粉土作为桩基持力层。

⑤<sub>3-2</sub>层粉质黏土层顶标高在-26.02~-31.93m,平均层厚 6.20m,可塑状态,中等压缩性土。静探  $P_s$  值平均为 1.75Mpa,以该层土作为桩端持力层时,建议桩端入土深度 33m~36m 左右。

⑦<sub>1</sub>层砂质粉土顶标高在-30.44~-36.40m,平均层厚 3.87m,呈中密状态,中等压缩性,工程性质好,静探  $P_s$  值平均为 6.03MPa,标准贯入击数平均值为 24.1 击,是良好的桩基持力层。以该层土作为桩端持力层时,建议桩端入土深度 38m~40m 左右。

建议通过单桩竖向静载荷试验或高应变检测确定单

桩竖向极限承载力标准值,对于灌注桩成桩后至进行单桩静载荷试验或高应变检测的间歇时间不少于 28d。

### 5.4 基坑工程

本工程桥墩基础和箱涵基槽开挖深度较深,约为 4m~5m,基坑面积一般,靠近岸边,本工程可采用搅拌桩重力坝(岸上)或拉伸钢板桩(水域)围堰的围护形式。设计方应根据技术经济比较,结合周边环境来确定具体围护设计方案,当条件限制时,也可以采用拉伸钢板桩结合内支撑的围护形式。

本工程可采用轻型井点降水,基坑开挖前将地下水位降至开挖面下 0.5~1.0m。

基槽开挖影响深度内涉及的主要土层为①<sub>1-1</sub>、①<sub>1-2</sub>、②、③,槽底基本位于③层。其中①<sub>1-1</sub>层杂填土及①<sub>1-2</sub>层素填土较松散、软弱,开挖时容易坍塌,支护结构宜适当加强;②层粉质黏土土质相对较好;③层为淤泥质土,土质较软,易产生蠕变和剪切破坏,且该层夹粉性土,在水动力等外力作用下有产生流砂及管涌等不良地质现象的可能性,宜采取相应的预防措施,以确保基槽施工安全。

### 5.5 古河道切割对工程的影响

本工程场地普遍存在古河道切割,对应的地层序号为⑤<sub>2</sub>层砂质粉土、⑤<sub>3-1</sub>层粉质黏土夹砂质粉土、⑤<sub>3-2</sub>层粉质黏土、⑤<sub>4</sub>层粉质黏土。

⑤<sub>2</sub>层为砂质粉土,中密,中等压缩性土,夹薄层状黏性土,渗透系数变化大,土性较好,但本工程该土层较薄。

⑤<sub>3-1</sub>、⑤<sub>3-2</sub>层为粉质黏土,夹薄层粉砂,可塑,中等压缩性土,埋深适中,在没有其他合适的桩基持力层时,也可作为基持力层,但需要控制沉降。

⑤<sub>4</sub>层为粉质黏土,可塑,中等压缩性土,可作为桩基持力层。

由于古河道分布范围广、切割深度大,地层分布不稳定,桩基施工时,可能采用不同的桩长,满足承载力的同时、必须进行沉降验算,满足正常使用功能的需要。

## 6 岩土工程风险分析与评价

(1)箱涵工程开挖过程中涉及第③、④层淤泥质黏性土,具较明显触变及流变特性,在动力作用下土体强度极易降低,易造成周边土体扰动和沉降,进而影响周边环境。

(2)第③<sub>美</sub>层黏质粉土,距离基槽/基坑底较近,当基槽/基坑围护隔水效果不好时,在一定的动水压力下,易产生流砂、管涌等现象,易造成周边土体扰动和沉降,进而影响周边环境。施工时宜加强止水措施。

(3)对于第③、④层黏性土,应注意其缩孔的可能。由于钻孔灌注桩施工质量对桩基承载力影响较大,施工时应加强质量管理及监理,并做好桩身成孔质量的检验。

(4)当基槽/基坑开挖较深时,采用合适的围护方案,同时加强围护结构的刚度和强度,插入深度适当加深;

(5)桥梁桩基施工时需对岸坡的位移进行监测,确保施工时对岸坡稳定性的影响在可控范围之内。

## 7 结束语

本文以海徐路公园改造工程为例,介绍了公园水域项目勘察技术的应用,重点阐述了公园水域项目的勘察难特点分析、勘察方案布置、水上勘察作业、岩土工程分析与评价等。对今后公园水域项目勘察具有较强的参考借鉴价值。

### [参考文献]

- [1]徐柏龙.浅析海上勘察方法和特点及成果的影响因素[J].山西建筑,2008(22):93-94.
- [2]刘志刚.海洋工程岩土工程勘察施工及其影响因素[J].城市勘测,2011(5):159-162.
- [3]史玉金.上海陆域古河道分布及对工程建设影像研究[J].工程地质学报,2011,19(2):277-283.
- [4]杨锋.岩土工程勘察中常见的问题分析及建议[J].居舍,2019(20):17.
- [5]李楠,刘长殿.岩土工程勘察中存在的问题分析[J].工程建设与设计,2019(3):82-84.

作者简介:成炜(1991.12—),男,毕业院校:同济大学学士学位,所学专业:土木工程,目前就职单位:上海元易勘测设计有限公司,职务:项目经理2年,目前职称:工程师。

## 新时期地质实验测试工作的作用研究

梁水荣

河北省地质矿产勘查开发局第三地质大队（河北省张承地区生态环境保护与修复技术创新中心），河北 张家口  
075000

**[摘要]**随着科技持续向前发展，地质领域的需求也在不断提高，在这样的情况之下，地质实验测试工作于现代地质科学以及工程实践当中所呈现出的重要性是日益凸显出来的。地质实验测试充当着连接理论研究以及实际应用的桥梁这一角色，它不但给出了基础的数据方面的支撑，而且还推动了地质勘查、资源开发以及环境保护等诸多领域在技术层面不断取得进步。全面且细致地梳理了当下地质实验测试工作的实际状况以及未来的发展走向，对其在确保数据准确无误、构建科学合理的地质模型以及提高勘查成果可靠程度等方面所起到的关键作用展开了详尽的剖析，并且进一步就其对于矿产资源开发进行优化、工程地质安全展开评估以及环境风险予以监测的支撑作用展开了探讨。最后还指出了标准规范制定以及人才培养等方面所面临的诸多挑战，同时对智能化以及数字化技术所能带来的未来发展的机遇进行了展望。通过这样一番深入的探讨，为推动地质实验测试技术朝着科学的方向发展以及应用方面加以推广提供了相应的理论依据以及实践方面的指导。

**[关键词]**地质工作；地质实验；测试技术；作用

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17811

中图分类号: P575

文献标识码: A

## Research on the Role of Geological Experimental Testing in the New Era

LIANG Shuirong

The Third Geological Brigade of Hebei Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration (Hebei Zhangcheng Ecological Environment Protection and Restoration Technology Innovation Center), Zhangjiakou, Hebei, 075000, China

**Abstract:** With the continuous development of technology, the demand in the field of geology is also constantly increasing. In this situation, the importance of geological experimental testing work in modern geological science and engineering practice is becoming increasingly prominent. Geological experimental testing plays the role of a bridge connecting theoretical research and practical applications. It not only provides basic data support, but also promotes continuous technological progress in many fields such as geological exploration, resource development, and environmental protection. A comprehensive and detailed analysis was conducted on the actual situation and future development direction of current geological experimental testing work. The key role played by it in ensuring accurate data, constructing scientific and reasonable geological models, and improving the reliability of exploration results was thoroughly analyzed. Furthermore, the supporting role of it in optimizing mineral resource development, evaluating engineering geological safety, and monitoring environmental risks was discussed. Finally, it also pointed out the many challenges faced in the development of standard specifications and talent cultivation, and looked forward to the opportunities for future development that intelligent and digital technologies can bring. Through such in-depth exploration, corresponding theoretical basis and practical guidance have been provided to promote the scientific development of geological experimental testing technology and its application.

**Keywords:** geological work; geological experiments; testing technology; role

### 引言

地质实验测试属于现代地质科学的关键部分，负责精准测定地质体的物理、化学以及力学性质，是开展地质勘查、资源开发以及环境评估的基本保障。在新的时代背景下，伴随地质勘查范围持续拓展以及地质环境复杂性不断提升，地质实验测试所面临的各种技术难题和应用需求也一天天增多起来。实验测试工作一方面要提高数据的准确性与可靠性，另一方面还须借助新技术来达成测试手段的多样化以及智能化，从而满足科学研究以及工程实践所提出的高标准要求。当下，国内外在地质实验测试技术层面虽然已经取得了颇为显著的进展，然而设备更新存在滞后情况、标准体系不够完

善以及专业人才较为匮乏等问题依旧存在。本文针对地质实验测试工作的实际状况、应用价值以及未来的发展趋势展开全面且细致的分析，目的在于进一步加深对地质实验测试作用的理解，推动相关技术的创新与实际应用，进而提升地质领域整体的科研水平以及工程水准。

### 1 地质工作中实验测试内容

地质工作中的实验测试内容包含多种技术和方法，旨在深入探索和理解地球的物理、化学及生物特性。这些内容包括但不限于对岩石和矿物的密度测试、硬度测试和磁性测试的物理性质测试，以及光谱分析、色谱分析和质谱分析等的化学成分分析，以准确鉴定样品中的成分及成分

构成。在地质年代测定方面,采用放射性同位素定年法,如碳-14和铀系列测年,能为地质历史的重建提供时间框架;在环境和工程地质测试方面,通过土壤稳定性评估和水文地质特性分析,以支持建筑工程的安全性评价和环境保护工作;在工程地质学方面,使用地震波的传播特性来揭示地下结构,为石油和天然气勘探提供关键信息。这些测试不仅涉及复杂的仪器操作和数据处理过程,还要求严格的样品采集和处理标准,确保测试结果的可靠性和准确性。

## 2 地质实验测试工作的现状与发展趋势

当前地质实验测试工作处于技术革新关键期,涉及岩石矿物物理性质测定、化学成分分析、地质年代测定以及环境地质评价等方向。现代测试设备像高分辨率扫描电子显微镜、X射线衍射仪、质谱仪和同步辐射光源,大幅提高测试精度与效率。信息技术和自动化手段结合,实现数据采集处理数字化、智能化管理,提升测试结果稳定性与可重复性。近年来,地质实验测试工作趋向多学科交叉融合,借助大数据分析、人工智能算法和物联网技术,达成对地质体特征更全面、动态的解析。不过,技术发展致使设备维护成本与升级压力增大,行业标准化建设欠缺,影响测试结果可比性与规范性。面对复杂多变地质环境,测试方法适应性与创新能力的迫切需求。未来地质实验测试会更重视智能化、网络化与绿色环保理念融合,促使测试技术朝着高精度、高效率以及全自动方向发展,更好地满足地质科学研究与工程应用多样化需求。

## 3 地质实验测试在地质勘查中的关键作用

### 3.1 数据准确性保障

地质勘查工作的开展,其基础很大程度上要依靠实验测试所给出的那些准确又可靠的各类数据。而准确性,这可是保证勘查结果具备科学性的一个极为重要的前提条件。凭借着较为严格的样品采集环节、样品保存方式以及测试操作流程,并且与先进的仪器设备以及科学合理的测试方法相互结合起来,地质实验测试便能够在很大程度上有效地把人为因素产生的误差以及系统方面的误差都给减少掉,进而达成对岩石矿物物理特性以及化学特性的精准测定目的。特别是在微量元素测定以及同位素测定这样的领域当中,现代测试技术所具有的高灵敏度特点以及高分辨率优势,使得数据的可信度得到了大幅度的提升,从而为地质年代学相关研究以及矿床成因方面的研究给予了强有力的支撑。除此之外,数据准确性方面的保障,它不但和科学研究所涉及的基础内容紧密相关,而且还会对资源评价工作、矿体定位事宜以及工程安全评估决策的质量产生直接的影响作用。所以说,构建起完善的关于数据质量控制的体系以及多层次的数据核查机制,这对于提升地质勘查的整体水平而言,无疑是极为重要的一项保障措施。

### 3.2 地质模型的科学构建

地质实验测试给科学构建三维地质模型给予了极为关键的基础数据方面的有力支撑。精确的物理以及化学性

质数据能够让地质模型如实地呈现地层结构、矿物分布还有岩石力学特征,推动对地质体空间形态以及演化历史形成更为透彻的理解。在地质勘查活动里,依据实验测试数据来构建的模型,一方面提升了勘查工作的精度,另一方面还为资源储量评估以及开发规划给出了科学且有说服力的依据。与此同时随着多源数据融合技术得以应用,实验测试数据同遥感、地球物理探测信息相互结合起来,达成了模型在多个维度上的优化以及动态化的更新。科学且合理的地质模型对于精准预测矿体的延伸走向以及矿产富集的规律是很有帮助的,它能够指引勘查的方向以及开采的方案,进而提升勘查的效率并且增加经济方面的效益。

### 3.3 提升勘查成果的可靠性

地质实验测试借助系统的样品分析以及多轮次的验证手段,切实提升了勘查成果所具备的稳定性与可靠性水平。其标准化的测试流程,再加上严格的质量控制体系,保障了数据呈现出的连续性以及一致性特点,也在很大程度上削减了因数据存在误差而引发的勘查方面的风险情况。伴随检测技术一步步趋于完善,实验测试便能够进一步揭示出更多的地质相关细节内容,像矿物的微观结构状况以及成因方面的特征等,进而给资源赋存的具体状态以及矿体品质做出精准判定提供了颇为坚实的证据支撑。具有较高可靠性的勘查成果,强化了投资决策所具有的科学性质,同时也降低了后续在资源开发环节当中存在的技术风险,并且还推动了地质信息实现有效的共享以及利用,对于促进地质行业整体水平得以提升而言,是起着积极作用的。

## 4 地质实验测试对资源开发与环境保护的支撑作用

### 4.1 矿产资源开发优化

地质实验测试能够为矿产资源开发给予科学方面的指导。其借助详尽细致的物理化学性质分析,助力明确矿体的具体品质、实际规模以及开采的相关条件,进而达成资源的合理运用目的以及实现最大程度的回收效果。实验所获取的数据能够揭示出矿石里面有价值的元素分布状况以及杂质的具体含量情况,这无疑为选矿工艺的设计以及冶炼流程的规划提供了极为重要的依据,可有效提升资源开发所获得的经济效益,同时也增强其环境友好程度。与此测试相关工作还对矿床的动态监测予以支持,能够及时地对开采策略做出调整,如此一来便可以减少资源出现浪费的情况以及降低对环境造成的破坏程度。科学且合理的实验测试推动着矿产开发从传统的粗放型模式逐步朝着精细化以及绿色化的方向去转变,以此来保障在资源开发整个过程中生态安全得以维护,并且实现可持续发展的目标。

### 4.2 工程地质安全评估

地质实验测试于工程地质安全评估而言,占据着极为关键的地位。其借助针对土体以及岩石展开的有关力学性能、稳定性还有水文地质特征方面的系统剖析,进而能够为工程建设给予颇为可靠的基础地质数据。通过实验测试

这一途径,可有效识别出潜在的地质灾害风险,并且还能对地基承载能力以及环境适应性做出相应的评估,以此来保证工程设计具备合理性与安全性。特别是在那些地质条件较为复杂的区域以及灾害频发的地区,依靠测试数据能够有力支撑针对滑坡、地裂缝、地下水渗流等诸多因素所开展的动态监控以及预警工作,进而促使工程抗风险能力得以提升。精确且细致的实验测试结果,无疑构成了工程地质勘察以及风险管控环节里极为重要的保障要素,进而也为城市建设以及基础设施安全筑牢了稳固的基础。

### 4.3 环境风险监测与防控

随着人们环境保护意识逐渐提高,地质实验测试在环境风险监测以及防控方面所起到的作用变得越来越重要。借助对污染物质、重金属还有有害元素展开的定量分析,实验测试能够揭示出环境介质当中污染物的来源情况、分布状况以及迁移规律,从而给环境风险评估给予科学方面的依据。把地质环境的特征综合起来考虑,测试所得到的数据能够助力预测污染的扩散趋势,并且对污染治理方案的制定予以支持,进而达成精准防控的目的。尤其是在矿区以及工业区这些地方,实验测试能够帮助评估环境恢复的效果以及生态修复的进展情况,推动环境管理朝着科学化以及精细化的方向发展。实验测试技术不断向前发展,这为绿色矿业以及可持续环境保护给予了稳固的技术方面的支撑。

## 5 面临的挑战与未来发展方向

### 5.1 标准化与规范建设不足

在地质实验测试这一领域当中,目前还没有形成一套完整且统一的标准体系。不同的实验室之间,其采用的测试方法以及数据处理流程往往存在着一定的差异,如此一来,便使得测试结果在可比性以及可靠性这两个方面都受到了一定程度的限制<sup>[1]</sup>。并且,由于缺少规范化的操作规程以及质量控制标准,所以很容易出现数据方面的偏差,同时也会产生解读上的误差,进而对地质相关的研究以及工程应用的科学性造成影响。标准化建设存在的不足情况,还对测试数据的共享以及整个行业的协同发展形成了阻碍作用,也对地质实验测试工作整体水平的提升起到了限制效果。所以说,推动行业标准体系朝着完善且统一的方向去发展,对于提升地质实验测试的质量以及影响力而言,是至关重要的。

### 5.2 人才培养与技术创新需求

地质实验测试工作有着较高的技术含量,这给专业人员带来了严峻的考验。当下专业技术人员的数量不够充足,并且他们的综合素质存在很大差异,这种情况对测试技术的创新以及推广应用起到了制约作用。人才培养体系迫切需要和技术发展保持同步,要强化针对新兴测试技术的培训以及实践环节,以此来提高技术人员的综合能力以及创新意识<sup>[2]</sup>。除此之外,科研机构 and 高校应当加大在地质实验测试技术方面的研究投入力度,推动实验方法以及设

备不断实现创新,同时强化技术成果的转化以及应用工作。人才与技术这两方面的驱动,对于保障地质实验测试能够持续发展而言,是非常重要的保障因素。

### 5.3 智能化与数字化发展前景

在未来,地质实验测试工作会把智能化以及数字化技术紧密融合起来,达成数据采集、处理、分析还有管理方面的自动化以及智能化目标<sup>[3]</sup>。人工智能、大数据分析以及云计算技术在其中得到应用,这会大幅度提升数据处理的效率以及解析的程度,进而能够对复杂的地质信息实现快速且精准的解读。物联网技术能够让测试设备以及现场监测系统达成互联互通的状态,以此来支撑实时数据的监控以及远程操控事宜。数字孪生和虚拟现实技术有望推动实验测试与地质模型展开动态的交互,促使测试结果变得可视化,并且助力智能决策的形成。智能化以及数字化不断发展这一情况,不但提高了测试工作的科学性以及效率,而且还给地质领域开拓出了全新的创新应用空间。

## 6 结语

在新时期,地质实验测试工作乃是地质科学研究以及工程应用所倚重的根基所在。其技术水平以及应用能力若能得以提升,那么对于推动资源勘查工作向前发展、促使开发事宜得以优化开展以及强化环境保护举措等方面,将会产生颇为深远的影响。通过不断地去强化技术创新方面的力度、着力于规范标准建设相关事宜,并且注重人才培养工作,同时让智能化、数字化技术充分融合在一起,如此一来,地质实验测试工作便能够朝着更为精准、更高效率以及更显智能的发展阶段迈进。面对着一天比一天复杂的地质环境状况以及呈现出多样化特点的应用需求情况,地质实验测试务必要持续不断地予以优化改进,进而成为能够切实保障国家资源安全并且助力生态环境实现可持续发展的稳固支撑力量。在未来,地质实验测试工作可不只是科学研究领域里的基础要素,它还会成为达成绿色发展目标以及推进智慧地质管理工作开展的重要驱动力量,从而为构建资源节约型社会以及环境友好型社会作出积极有益的贡献。

### 【参考文献】

- [1]李仲夏.地质工作中的地质实验测试技术探讨[J].世界有色金属,2022(5):205-207.
  - [2]张猛,李文昌,刘国栋,等.地质工作中的地质实验测试技术研究[J].冶金管理,2024(8):118-120.
  - [3]凌华标.地质实验测试技术在地质工作中的应用分析[J].世界有色金属,2024(8):205-207.
- 作者简介:梁水荣(1974.11—),毕业院校:中国地质大学(北京)网络教育,所学专业:资源勘查工程,当前就职单位:河北省地质矿产勘查开发局第三地质大队(河北省张承地区生态环境保护与修复技术创新中心),职务:实验室副主任,职称级别:实验测试分析高级工程师。

## 浅谈流态固化土在基础回填中的应用与研究

义启贵<sup>1</sup> 孙长飞<sup>2</sup> 宣俊旭<sup>1</sup> 江佳霖<sup>1</sup> 郑建安\*

1. 广西平陆运河建设有限公司, 广西 南宁 530000

2. 中国建筑第八工程局有限公司, 上海 200000

**[摘要]**房屋基础施工期间,土方回填的质量对建筑结构稳固性与耐久性有直接作用。传统回填土面临施工困难、密实度把控不易及沉降不均等状况,急需寻觅高性能替代材料。凭借施工简便、可泵送、前期强度大以及能自密实的特点,正成为基础回填的新兴材料。本文分析流态固化土的物理属性、施工特性以及其在房屋建筑基础回填里的应用实例,归纳其在提升回填紧实度、缩减施工时长、减少施工费用和优化地基沉降均匀度方面的长处,还探究施工实操中或许碰到的难题与解决办法,为房建基础回填给予理论依据与实践指引。

**[关键词]**房建基础;房心土回填;流态固化土;施工质量;地基沉降

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17809

中图分类号: U414

文献标识码: A

### Brief Discussion on Application and Research on Fluidized Solidified Soil in Foundation Backfilling

YI Qigui<sup>1</sup>, SUN Changfei<sup>2</sup>, XUAN Junxu<sup>1</sup>, JIANG Jialin<sup>1</sup>, ZHENG Jian'an\*

1. Guangxi Pinglu Canal Construction Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

2. China Construction Eighth Engineering Division Corp., Ltd., Shanghai, 200000, China

**Abstract:** During the construction of building foundations, the quality of earthwork backfilling has a direct impact on the stability and durability of the building structure. Traditional backfill soil faces construction difficulties, difficulty in controlling compactness, and uneven settlement, and urgently needs to find high-performance alternative materials. With the characteristics of simple construction, pumpability, high initial strength, and self compacting, it is becoming an emerging material for foundation backfilling. This article analyzes the physical properties, construction characteristics, and application examples of fluidized solidified soil in building foundation backfilling. It summarizes its advantages in improving backfill compactness, reducing construction time, minimizing construction costs, and optimizing foundation settlement uniformity. It also explores the difficulties and solutions that may be encountered in construction practice, providing theoretical basis and practical guidance for building foundation backfilling.

**Keywords:** building foundation; backfilling of soil in the center of the house; fluid solidified soil; construction quality; foundation settlement

### 引言

房建基础工程是保障建筑物安全与耐久性的关键部分,基础回填施工的优劣直接关系到房建结构能否长期稳定。以往回填手段多选用机械压实的土方或沙石材料,然而在密实程度、均匀状况以及施工效率方面存在缺陷。新兴的可泵送材料流态固化土,具备流态特性与早期强度优势,无需大量机械压实即可自行密实,为基础回填带来新的解决途径。近年来,因高层住宅与工业建筑发展迅猛,房建基础回填对施工效率和地基性能的要求持续提升,急需对房建基础回填中流态固化土的应用展开研究并推广。本文会综合材料性能剖析、施工实操与应用成效,对房建基础回填采用流态固化土的优势、施工策略以及问题解决办法展开探究,为提升基础施工品质给予借鉴。

#### 1 流态固化土的性能与施工特性

##### 1.1 流态固化土的组成与材料特性

流态固化土是把天然土体当作基础原料,融入水泥、粉煤灰与一定比例辅助物料(像膨润土、减水剂等)制成

的可泵送混合物。掺入水泥和粉煤灰,既能赋予回填土早期强度,又可优化土体结构稳定与耐久性能,让回填土初期便可承受一定负荷,减少沉降可能性。辅助材料可优化颗粒的级配与流动特性,让混合体于泵送和浇筑期间维持出色的可塑性 with 自密实性能,可通过优化配比来调控流态固化土的含水量与密度,进而契合各类基础工程在回填性能方面的要求。科学的材料搭配让施工更便捷,又为高层楼宇与复杂地基提供可靠技术支撑,从根本上攻克传统土回填密实度不一和沉降控制的难关。流态固化土作为一种新型可泵送材料,兼具流态性和早期强度特征,可在不依赖大量机械压实的情况下实现自密实,为基础回填提供了新的解决思路<sup>[1]</sup>。

##### 1.2 流动性与自密实性能

流态固化土的突出特性为出色的流动性与自密实性能。在施工过程中,混合体依靠重力能自然流淌,将坑体的每个角落填满,无需借助机械振动或反复夯实,以此保障土体整体的均匀与密实。凭借自流平特性,流态固化土

在复杂或狭窄空间基础回填时,流态固化土可均匀填满底部与边角,极大降低局部沉降或产生空洞的几率,流态固化土凭借其可塑与黏聚特性。在浇筑后短时间内维持形状,减少出现分层或塌陷情况,保障基础回填的整体承载能力。流动性与自密实特性相融合,极大提高了施工效率,同时为施工质量提供坚实支撑。

### 1.3 施工便捷性与早期强度

流态固化土早期强度高,可于短时间内承担一定荷载,由此降低基础沉降概率并缩短建设工期。与传统土回填相比,施工场地无需大量机械压实作业或多层分段施工,减少了施工费用与劳动量。在项目施工开始阶段,流态固化土强度提升迅速,能迅速支撑上部结构或者施工设备,防止因回填土强度欠缺引发安全问题。同时,材料配比的可变特性让施工单位可依据不同工程要求,对水灰比和固化剂使用量加以调整,使流动性与强度相协调,达成施工质量的最佳契合。这种前期强度的长处,给高层建筑与复杂结构基础予以技术支撑<sup>[2]</sup>。

### 1.4 浇筑方式与施工效率

在施工现场,流态固化土能借助泵送或者滑槽运送至回填地段,达成迅速、连贯的浇筑。利用泵送施工,能将混合体径直输送到难以够到的深基坑或者狭窄地带,省去传统土方运送与机械夯实的繁杂流程;对于坡度或长距离的回填场景,采用滑槽施工方式,使材料能顺利流动,降低分层施工引发的施工缝与密实度差异问题。这些施工手段与流态固化土的流动、自密实特性相结合,让回填作业更高效、连贯且易掌控,大幅缩减施工时长,削减劳动力用量,提升工程整体质量与施工安全系数,为现代房建基础工程打造了绝佳回填方案。

## 2 房心土回填存在的问题与需求

### 2.1 土体密实度控制难题

在传统房心土回填作业里,土体密实度均匀状况始终是左右工程质量的关键要素。人力或机械方式压实一般难以保障回填体全范围均匀密实,尤其是基础坑较深或者形状复杂的情况下,部分土体易形成疏松地带,造成沉降差异。这种局部沉降会对基础的整体稳固性造成影响,还可能引发上部结构出现裂痕或产生变形,给建筑安全埋下隐患。为应对这一状况,传统建造往往要提升夯实次数或采取分层回填手段,然而该方式既费时间又耗人力,且受施工工艺水准与现场状况的制约较明显。特别是在湿度偏大或土质疏松情形下,难以把控压实成效,土体含水量的波动有可能造成土体强度降低。整体而言,密实度把控难题既加剧了施工难度,又加重了后期维护与监测负担,急需一种可自密实、均匀填充的材料与施工手段来取代传统土回填,保障基础长久稳固与安全。

### 2.2 施工周期长与资源消耗大

常规房心土回填作业一般需分层开展回填工作,每层

需多次夯实,从而保障土体的密实程度。该施工办法不但周期漫长,还对人力与机械设备有较高依赖。在高层楼宇或大型体量的基础建设工程里,现场需调配众多施工人员开展土方的运送、铺设与夯实工作。同时,配置压路机、振动夯等机械保证施工进度。施工效率不佳会使整体工期滞后,使建筑费用上升。此外,大量的人工作业与机械运转同样提升了安全隐患,如操作差错或机械失灵或许引发施工意外,长时段施工对周边环境和场地安排的要求颇高,施工产生的噪声、扬尘以及土方堆放的管理事宜成为必须关注的要点。因此,怎样提升施工效能、削减人工与机械投入,同时保证施工质量达标,是传统回填模式必须解决的重大难题<sup>[3]</sup>。

### 2.3 施工质量受环境因素影响

传统房心土回填施工质量受天气与湿度条件的影响程度较大。压实效果与最终强度受土体含水量波动的直接作用:降雨天气下,土壤易出现含水量过高状况,造成压实紧实度降低;当处于干燥或低湿度环境时,土体或许会产生干裂与局部空洞,进而造成沉降差异。此外,低温条件中,部分土体的凝结与固结进程减缓,还会波及施工进度与质量,若施工期间缺少实时监控与调节手段,易使回填土强度不足,致使基础沉降几率增大。伴随现代建筑高度提升与结构复杂度加大,基础对回填材料的均匀程度、承载性能及稳定状况的要求日益严苛。传统土回填在环境适应能力上已难以契合这些要求,传统回填方式的明显短板是施工质量不稳定,需借助新型材料与施工技术来改进。

### 2.4 流态固化土的解决方案

鉴于传统回填所面临的密实程度不均、施工周期漫长以及环境影响突出等难题,流态固化土随之诞生。凭借自密实属性,在泵送或者浇筑期间能自动填满坑体所有角落,造就均匀、连贯的土体架构,大幅降低局部下沉风险。同时,凭借可泵送的特性,施工时无需进行分层夯实操作,极大加快施工进度,降低对人工及机械设备的依靠。流态固化土施工受天气与湿度影响小,能在不同环境下维持稳定施工质量,且经配比调节来满足不同基础承载要求。此新型回填物料与施工手段,既攻克了传统房心土回填的诸多技术难关,还为高层建筑及复杂基础工程给予了可靠、经济且高效的回填策略,契合现代建筑基础回填质量与施工效率双重要求。

## 3 流态固化土在房建基础回填中的应用

### 3.1 配比优化与流动性控制

房建基础回填施工里,流态固化土的比例设计对施工质量的保证起首要作用。工程案例证实,因施工条件和基础形式不同,流态固化土在流动性和早期强度方面有不同要求,故而需借助科学的配比调整来契合设计标准。优化配比关键在于精准把控水灰比例、骨料粒径级配以及掺和料类型与用量。合理规划水灰比,可在保障流动性基础上,

赋予材料充足强度与抗渗能力；合理的骨料颗粒级配，能增强整体紧实度，降低回填后的沉降偏差；粉煤灰、矿粉等掺合料的合理添加，改善了流动性，还可提升土体长期稳定性。在实际作业时，工程技术人员要依据基础结构规格、回填高度与环境状况开展小样测试，经流动度测试、坍落度测量与早期强度检验，敲定最佳配比方案。此步骤对保障泵送作业顺利开展及回填后地基均匀下沉起着核心作用，并且为后续施工提供了可信的技术凭据<sup>[4]</sup>。

### 3.2 泵送施工与滑槽浇筑的应用

在流态固化土的回填作业里，常用且高效的两种方法为泵送施工与滑槽浇筑。针对远距离或空间条件有限的基础回填，泵送施工是合适选择，能经管道把流态固化土匀速送到回填区，达成不间断浇筑，降低施工中断与人为干预；对于较短距离或局部施工而言，滑槽浇筑是适宜的方式，利用重力驱使材料均匀填充基础坑体。技术人员应严格管控施工速度、泵送压力以及浇筑高度，杜绝因流速过快引发材料分层或局部冲刷现象，同时要重视泵送设备及管路的维护保养，杜绝堵塞和设备故障，施工时要恰当安排浇筑顺序，保证流态固化土在各个区域达成自密实成效，让回填物料于基础内构建连续且均匀的土体构造。运用科学施工规划，可明显增进施工效率，保障回填材料均匀且密实，助力基础结构实现长期稳固。

### 3.3 沉降监测与早期强度评估

完成回填操作后，衡量施工质量的关键指标为地基沉降均匀状况与回填土强度。流态固化土回填工程一般借助设置沉降观测点与力学监测设备，实现对地基沉降及材料受力情形的实时监测。沉降监测可迅速察觉局部沉降异常地带，对后续加固操作或施工工艺的调整起到指导作用；力学监测依靠测定前期强度的变动，衡量流态固化土是否达成设计承载要求。合理配比与施工条件下的流态固化土，可迅速达成初期强度指标，且能在短时间内达成稳定沉降，整体地基的均匀程度明显高于传统土方回填方法。此外，监测数据能助力优化后续施工的配比与浇筑方案，打造封闭控制体系，以保障各阶段施工质量可查验、能追溯。此监测与评估步骤不仅保证了基础安全状况，而且给建筑物的长久运营提供了可靠的凭据<sup>[5]</sup>。

### 3.4 应用效果与工程实践总结

经多个房建基础项目实践检验，流态固化土用于基础回填，成效远胜传统压实土，在沉降均匀度上优势明显，且施工效率与工程整体稳定性更优，流态固化土具备出色的自密实性能。回填时可依靠重力自然流动，填满坑体全部空间，造就连续且均匀的土体构造，大幅减轻局部沉降

与应力集中状况，减小因沉降不一致而产生基础裂缝或者结构变形的风险。施工方法多样，能运用泵送或者滑槽输送手段，将混合体直接送至难以到达的深基坑与复杂空间，实现不间断浇筑。该途径显著缩减施工工期，提升了施工场地的工作效率，同步减轻对众多人力与机械设备的依靠，由此降低施工费用和劳动强度。

此外，流态固化土早期强度较高，可迅速满足设计标准，达成基础早期承载能力要求。这既增强了施工的安全程度，又保障了上部结构施工得以顺利开展，消除了因回填强度不够引发的潜在危险。实践中，依靠科学的材料配比方式、合理的施工组织形式以及精确的施工监测手段，流态固化土能在确保均匀性与流动性的同时，达成强度的稳定增长，为房屋建筑基础给予稳固支撑。房建基础施工采用流态固化土回填有显著好处，既提高了施工质效，为建筑物长期稳定运营筑牢根基，同时给类似工程的推广应用提供有价值的经验和可行参照。

## 4 结语

新兴的流态固化土回填材料，在房建基础回填工作里呈现明显优势。施工方便、能泵送、可自密实以及早期强度较高的特性，既加快了基础施工进度，削减了开支，而且优化了地基沉降的均匀性与稳定性。流态固化土因其施工便捷、可泵送、早期强度高及自密实特性，逐渐成为基础回填的新型材料。经由合理的配比规划、施工把控与质量监管，流态固化土可高效取代传统回填土，达成房建基础施工质量的增进。未来，伴随材料技术与施工工艺持续改进，房心土回填领域将更广泛地应用流态固化土，助力房建基础实现高质量施工。

### [参考文献]

- [1]张昀.流态固化土在基坑肥槽回填中的应用[J].建筑技术,2025,56(13):1558-1560.
- [2]张林聪.流态固化土在套叠落深基坑狭窄肥槽回填中的应用研究[J].建筑施工,2025,47(6):874-877.
- [3]李平,游广,辛成彬,等.预拌流态固化土在肥槽回填工程中的应用[J].建筑工人,2025,46(4):49-52.
- [4]林俊臣,田应国,高环.自密实流态固化土填充溶洞试验研究[J].安徽建筑,2024,31(12):72-74.
- [5]朱伟平.预拌流态固化土在基坑肥槽填筑工程中的应用研究[J].工程机械与维修,2024(12):139-141.

作者简介：义启贵（1977.10—），毕业院校：长沙理工大学，所学专业：交通运输工程领域工程专业，当前就职单位：广西平陆运河建设有限公司，职务：副总经理，职称级别：高级工程师。

## 高速公路施工技术及道路路面施工的质量控制对策分析

刘建桥

新疆生产建设兵团交通建设有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]随着中国基础设施建设速度不断加快,高速公路作为国家交通网络的重要组成部分,其施工质量直接关乎行车安全以及使用寿命,所以针对高速公路施工技术以及道路路面施工的质量控制展开深入剖析,有着重要的实际意义。文中从路基工程以及路面结构这两个层面,细致探讨了高速公路施工技术的关键环节,并且全面阐述了材料质量控制、施工工艺控制、现场施工管理以及质量检测与验收等质量控制要点。在此基础之上,提出了完善质量管理体系、强化过程控制措施、应用现代检测技术以及建立质量追溯机制等对策,以此来提升整体施工质量,通过综合运用多种技术和管理手段,能够有效确保高速公路工程的耐久性以及安全性,为行业实践给予理论参考。

[关键词]高速公路; 施工技术; 路面施工; 质量控制

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17788

中图分类号: U416

文献标识码: A

### Analysis of Quality Control Strategies for Highway Construction Technology and Road Surface Construction

LIU Jianqiao

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

**Abstract:** With the continuous acceleration of infrastructure construction in China, as an important component of the national transportation network, the construction quality of highways directly affects driving safety and service life. Therefore, in-depth analysis of highway construction technology and quality control of road surface construction has important practical significance. The article discusses in detail the key aspects of highway construction technology from the perspectives of roadbed engineering and pavement structure, and comprehensively elaborates on quality control points such as material quality control, construction process control, on-site construction management, and quality inspection and acceptance. On this basis, measures such as improving the quality management system, strengthening process control measures, applying modern detection technology, and establishing a quality traceability mechanism have been proposed to enhance the overall construction quality. By comprehensively utilizing various technologies and management methods, the durability and safety of high-speed highway engineering can be effectively ensured, providing theoretical reference for industry practice.

**Keywords:** highway; construction technology; road construction; quality control

路面作为高速公路的重要组成部分,对高速公路进行路面施工时会因为各项不合理因素干扰而出现各类质量问题,加大高速公路路面在后期使用过程中出现各类病害问题的可能性。故此,应对高速公路路面施工过程常见的质量问题加以分析,增强合理技术在高速公路路面施工中的应用力度,防控高速公路路面施工质量问题,推进高速公路路面施工质量和整体结构施工协调开展。维持各项技术的关联性,借此控制高速公路施工全过程。

#### 1 高速公路施工技术分析

##### 1.1 路基工程施工技术

路基工程属于高速公路的根基部分,其施工质量对于整个道路结构的稳定性以及耐久性有着决定性的影响,在路基施工的时候,首先要开展地基处理工作,这包含着清除表层的杂物以及夯实基层,以此来保障地基具备均匀性以及足够的承载力。对于软土地基而言,常常会采用换填法或者预压法来进行处理,进而强化地基的抗变形能力。

接着进行填筑作业,要挑选合适的填筑材料,像是砂石又或者改良土,并且要严格把控分层的厚度以及压实的程度,借助振动压路机等设备实施多次碾压,这样可以有效地提升路基的密实程度,防止后期出现沉降方面的问题。排水系统的设置同样属于路基施工当中的关键环节,通过布置盲沟以及渗水管,能够保证雨水能够及时地排出去,避免积水对路基造成侵蚀的情况发生。除此之外,边坡防护工程需要采取植草或者砌石等举措,以此来增强其抗冲刷的能力,减少水土流失的现象。路基工程施工技术涉及到诸多环节,需要综合运用地质工程以及材料科学方面的知识,以此来确保整体结构具备可靠性。

##### 1.2 路面结构施工技术

路面结构施工技术主要涵盖基层面层以及黏结层的构建工作,其目的在于为行车提供平整、耐磨且防滑的表面,在基层施工方面,一般会选用水泥稳定碎石或者沥青混合料当作材料,借助摊铺机与压路机来实现均匀铺设及

压实操作,以此保证基层具备一定的强度以及稳定性。就面层施工而言,其更加侧重于材料配比以及施工工艺,比如沥青混凝土面层,得严格把控沥青和骨料之间的比例,同时还要对拌和温度加以控制,防止出现离析或者开裂这类问题,在摊铺期间,要运用自动化设备维持连续作业状态,降低接缝产生的影响。黏结层的处理显得极为关键,通过喷洒乳化沥青或者是专用黏结剂的方式,能够强化层间的结合程度,防范剥离以及滑移等情况的发生。对于水泥混凝土路面施工来讲,要着重关注模板安装以及振捣工序,以此确保混凝土有良好的密实度以及表面平整度<sup>[1]</sup>。施工完成之后的养护环节同样不能被忽视,可以通过采取覆盖或者洒水等手段,维持适宜的湿度,推动材料强度得以发展。路面结构施工技术要想达成预期效果,就需要精细的操作手法以及先进的设备给予有力支持,进而提升道路的整体性能以及使用寿命。

## 2 道路路面施工质量控制要点

### 2.1 材料质量控制

材料质量控制属于道路路面施工当中的基础环节,它会对工程的最终质量产生直接的影响。在整个施工进程里,务必针对沥青骨料、水泥这类主要原材料展开严格的检测工作,务必要确认这些材料均符合国家标准以及工程方面的要求。就好比说,对于沥青而言,其针入度以及软化点指标就需要定期实施抽样测试,如此一来可有效防止因使用劣质材料而致使路面出现早期损坏的情况发生。骨料的粒径分布还有含泥量同样得加以控制,借助筛分以及冲洗相关的工艺手段,以此来保证骨料具备均匀性以及清洁度。与此像改性剂或者抗剥落剂这类外加剂的使用,应当依据实验数据来确定恰当的掺量,切忌出现掺量过多或者不足的现象,不然会波及到混合料的性能表现<sup>[2]</sup>。除此之外,材料的储存以及运输环节也得按照规范来进行管理,避免出现受潮或者受到污染等状况。通过构建起材料进场验收方面的制度以及供应商评估的相关机制,便可以从源头处彻底杜绝质量问题的发生,进而给后续的施工环节给予可靠的保障。

### 2.2 施工工艺控制

施工工艺控制主要涉及摊铺压实以及养护等关键工序,这些工序的精确执行对于路面质量而言极为重要。在摊铺环节当中,要保证混合料温度可均匀分布,并且借助摊铺机维持恒定的速度,切忌出现停机或者速度过快的情况,以免造成厚度不均。压实工序得依靠压路机的类型以及碾压遍数来完成,要通过试验段来确定最佳参数,从而达成设计密实度,同时还要防止因过压而致使骨料破碎<sup>[3]</sup>。在养护阶段,需要依据材料特性来制定相应方案,比如说沥青路面需要自然冷却,而水泥路面则需要洒水保湿,以此来推动水化反应。除此之外,像温度以及湿度这样的环境因素同样需要加以监控,在极端天气状况下要及时调整

工艺参数,防止出现裂缝或者变形等问题。借助现场监督以及实时数据记录的方式,能够及时对偏差予以纠正,进而确保工艺得以规范实施。

### 2.3 现场施工管理

现场施工管理借助对人员、设备以及环境等要素加以协调,以此来确保施工过程可以有序开展。起初要制定详尽的施工计划,其中囊括进度安排以及资源分配等方面内容,唯有如此才能防止出现延误或者资源浪费等情况。现场监督人员应当拥有相应的专业知识,能够精准识别出潜在的风险点,像材料堆放方式不妥当又或者是设备出现故障这类情况,并且要及时采取有效的纠正举措。安全管理绝不能被忽视,要设置警示标志,同时对工人展开培训,使其严格遵守操作规程,进而降低事故发生的概率。沟通机制务必要保持畅通,保证设计方、施工方以及监理方等相关各方的信息能够实现同步更新,借助定期召开的会议以及提交的各类报告来解决现场所出现的问题。总的来讲,行之有效的现场管理能够对多方资源予以整合,从而提升整体的效率以及质量水准。

### 2.4 质量检测与验收

质量检测与验收属于施工完毕后的关键环节,借助科学手段来评定工程是否契合标准,在检测进程里运用核子密度仪或者落锤弯沉仪等相关设备针对路面的压实度以及平整度展开测量,以此保证数据的准确性与可靠性,并且还会取样送到实验室去剖析混合料性能,像是马歇尔稳定度又或者是抗压强度,从而对材料配比加以验证,在验收阶段会依照国家规范,比如《公路工程质量检验评定标准》,针对各项指标开展综合评分,对于不合格的部分需要返工或者修复,直到达标为止,而且文档记录务必要完整,包含检测报告以及施工日志,以便为后续维护给予依据,凭借严格的质量检测与验收能够及时察觉到缺陷,保障道路的长期使用安全。

## 3 质量控制对策分析

### 3.1 完善质量管理体系

完善质量管理体系,需构建层次清晰、权责明确的管理框架,此框架要包含从项目立项至竣工验收全过程的质量控制要求。依照交通运输部新出台的公路工程施工质量管理办法,建设单位得建立以项目经理为首要责任人的质量管理组织架构,同时配备数量足够的专业质量管理人员<sup>[4]</sup>。在编制体系文件时,需着重留意把国家标准、行业规范同具体工程特点有机结合,制定出既契合规范要求又具备可操作性的质量控制程序文件。在实施方面,应当建立质量信息反馈机制,借助定期收集施工、检测、监理等环节的质量数据,及时发现并采取纠正措施处理问题。需要注意的是,质量管理体系的运行成效很大程度上依靠持续改进机制的建立,这就需要组织定期举行质量分析会议,针对典型质量问题展开深入剖析,并及时修订相关管理文件。

还应建立完善的供应商管理体系,对原材料供应商进行严格的资格预审以及定期考核,保证源头质量可控制。通过这样系统化的管理体系构建,能为工程质量给予稳固的制度保障,让各项质量活动均处于受控状态。

### 3.2 强化过程控制措施

强化过程控制措施需聚焦于施工全过程的动态监管工作,构建起以防患为主、纠偏为辅的控制机制。在具体施行阶段,应依据工程的特点以及难点来设定关键工序控制点,比如说在路基填筑期间可设置分层厚度、压实度等方面的控制点,在沥青路面施工环节则可设置混合料温度、摊铺速度等控制点。对于这些控制点的监测,应当运用信息化手段,比如借助智能传感器实时采集相关数据,并且通过数据分析能够及时察觉到偏差情况。过程控制是否有效还取决于完善的技术交底制度,要求在施工之前必须要向作业人员开展详尽的技术交底工作,清晰明确施工工艺、质量标准以及需要注意的事项等内容<sup>[5]</sup>。对于特殊工序以及关键部位,应当推行旁站监督制度,安排专业的技术人员全程予以跟踪指导。与此过程控制还需建立起快速响应机制,一旦察觉到质量问题,要立即启动整改程序,并且追溯问题的根源所在,以此防止问题再次出现。凭借如此精细化的过程控制方式,可以将质量隐患在萌芽状态就予以消除掉,从而保证各个施工环节都能够契合设计要求以及规范标准。

### 3.3 应用现代检测技术

应用现代检测技术可提升质量控制水平,当下最具代表性的有三维激光扫描、探地雷达、红外热像等无损检测技术。其中,三维激光扫描技术能迅速获取道路表面的三维坐标数据,借助点云处理可精准分析路面平整度、车辙深度等指标,其测量精度能达到毫米级,比传统检测方法要好很多。探地雷达技术可穿透路面结构层,探测基层厚度、密实度以及隐蔽缺陷,给评价道路内部质量状况提供了可靠的依据。红外热像技术依靠检测路面温度场分布,可有效识别沥青路面摊铺不均、压实不足等质量问题。这些现代检测技术的应用提高了检测效率,还实现了从抽样检测到全面检测的转变,能发现传统方法难以察觉的质量缺陷。基于物联网的远程监测系统可实现对重点路段的全天候监控,依靠数据分析预测质量发展趋势,为预防性养护提供决策支持。随着人工智能技术的发展,图像识别、机器学习等先进算法开始应用于质量检测领域,进一步提升了检测的智能化水平。

### 3.4 建立质量追溯机制

建立起质量追溯机制,得去构建一个能将原材料、施工过程以及检测验收全都涵盖在内的全链条信息管理系统。这个系统要把唯一性标识当作基础,给每一批原材料还有每一个施工单元都分配上独立的识别码,把它们来的

源、规格以及使用部位等这些关键信息都记录下来。在施工的过程当中,借助移动终端来实时地采集各道工序的施工参数、作业人员以及设备状态等方面的数据,并且把这些数据和相应的识别码关联起来存储。要是出现了质量问题,就可以凭借这个系统迅速地追溯到相关的环节,精准地定位出问题产生的根源<sup>[6]</sup>。要让质量追溯机制能够有效运转起来,还得去建立统一的数据标准以及管理规范,以此来保证各个环节所采集到的信息可以彼此之间实现互联互通。与此这个系统还应当拥有数据分析以及预警的功能,通过挖掘历史数据里面存在的规律,去预测可能出现的潜在质量风险,达成从以往的事后处理转变为事前预防这样的改变。除此之外,质量追溯机制还要和供应商评价、工程验收等环节相互联动起来,进而形成一种闭环管理的模式。通过这样一种贯穿全过程且能够追溯的质量管理方式,不但可以让问题处理的效率得以提高,而且更为重要的是,它还能够促使各个参建单位切实落实质量责任,从而使得整个工程的质量水平得到全面提升。

## 4 结束语

高速公路施工技术以及道路路面施工的质量控制属于复杂且系统的工程范畴,得从技术层面与管理层面诸多方面去着手。经过对路基和路面施工技术关键点的综合分析,还有对材料工艺管理以及检测等质量控制要点的剖析,本文给出了完善体系、强化过程应用技术以及建立追溯等应对策略。这些举措落实之后,可大幅提升施工质量的整体水准。不过在实际运用当中,依旧要依据具体条件来灵活做出调整。未来伴随科技不断发展,会有更多创新办法,像智能监测、绿色材料等会被引入进来,以此进一步促使行业向前发展。

### 【参考文献】

- [1]刘力,徐意,段民鹏.高速公路桥梁工程薄壁空心墩施工要点分析[J].交通世界,2025(18):104-106.
  - [2]陈超.大截面空心高墩混凝土布料及振捣施工技术研究[J].建筑机械化,2025,46(9):55-59.
  - [3]陈航.山区高速桥梁植入桩施工技术与质量控制难点研究[J].交通科技与管理,2024,5(13):61-63.
  - [4]姚杰.道路交通安全设施施工方案及应用[J].交通科技与管理,2024,5(16):40-42.
  - [5]苟红军.公路路基施工过程的压实度控制方法[J].大众标准化,2025(13):96-98.
  - [6]黄松阳.高速公路项目路基填方重点施工技术研究[J].交通科技与管理,2025,6(16):38-40.
- 作者简介:刘建桥(1973.11—),毕业院校:西安电视广播大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:新疆生产建设兵团交通建设有限公司,职称级别:工程师。

## 超深条形狭窄基坑地下双层结构洞门切割施工方案研究

李 森 葛占洋 罗从岩 肖万国 李自强

中国铁建大桥工程局集团有限公司, 天津 300000

[摘要]由于泽民站附属结构与主体结构相接处存在地连墙,且主体结构和附属结构之间有互通的需求,需破除该地连墙。主体结构和附属结构之间地连墙的破除存在破除跨度小、施工速度慢,难以保证其安全性的问题。文中利用 Abaqus 有限元软件研究了破除地连墙时结构的变形情况以及支撑结构对顶板和中板的变形影响,分析了破除地连墙后,支撑结构间距和支撑结构的安装方式对结构的变形影响。研究表明,洞门切割施工中竖向位移随切割次数逐步累积,增设支撑可显著抑制顶板与中板位移,并通过对比不同支撑间距与安装方式,提出优化施工方案。研究揭示了洞门切割施工中结构变形规律,可为类似地下工程安全施工提供理论依据与实践参考。

[关键词]地下连续墙破除;数值模拟;支撑设计优化;有限元

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17808

中图分类号: TU473

文献标识码: A

### Research on Cutting Construction Scheme for Underground Double layer Structure Portal of Ultra deep Strip Narrow Foundation Pit

LI Sen, GE Zhanyang, LUO Congyan, XIAO Wanguo, LI Ziqiang

China Railway Construction Bridge Engineering Group Co., Ltd., Tianjin, 300000, China

**Abstract:** Due to the existence of a ground connection wall at the junction of the auxiliary structure and the main structure of Zemin Station, and the need for interconnection between the main structure and the auxiliary structure, it is necessary to break down the ground connection wall. The dismantling of the connecting wall between the main structure and the auxiliary structure has the problems of small dismantling span, slow construction speed, and difficulty in ensuring its safety. In this paper, Abaqus finite element software was used to study the deformation of the structure when breaking the connecting wall, as well as the influence of the supporting structure on the deformation of the top and middle plates. The influence of the spacing and installation method of the supporting structures on the deformation of the structure after breaking the connecting wall was analyzed. The research results indicate that the vertical displacement accumulates gradually with the number of cutting times during tunnel gate cutting construction. Adding supports can significantly suppress the displacement of the top and middle plates. By comparing different support spacing and installation methods, an optimized construction plan is proposed. The study reveals the deformation law of structures during tunnel gate cutting construction, which can provide theoretical basis and practical reference for safe construction of similar underground projects.

**Keywords:** underground continuous wall breaking; numerical simulation; support design optimization; finite element

### 引言

我国经济和城市建设飞速发展,大型城市市区的地上空间资源逐渐饱和,城市轨道交通、市政隧道、综合管廊、地下商业中心等地下空间的开发也成了必然趋势。<sup>[1]</sup>对于变形控制要求较高的主城区深基坑多采用地下连续墙作围护结构,大型车站基坑往往由主体结构和附属结构组成,主体结构为站厅层和站台层,附属结构为风亭组区和车站出入口。主体结构和附属结构一般分期完成施工,而主体结构先完成施工,再完成附属结构的施工。因此,主体结构与附属结构的连接处有一道共用的地连墙,需要切割地连墙实现主体结构和附属结构的联通。

目前,有关隧道内洞门切割的研究有很多,门洞切割的方法主要有跳仓法破除,顺序切除等方法。于振民<sup>[2]</sup>对某地铁车站主体,附属结构之间的地连墙采用优化后的

跳仓破除方案,并通过稳定性分析验证了其可行性。何茂周<sup>[3]</sup>阐述了在深圳地铁新旧车站接驳过程中,提出采取金刚石绳锯与金刚石水钻相结合的静力切割技术,证明了金刚石绳锯切割技术在地铁车站新旧车站接驳钢筋混凝土结构拆除施工中的可行性和优势。罗鹏<sup>[4]</sup>针对基坑盖板下逆作车站地下连续墙托换破除技术进行了深入研究,提出了一种新的施工方法,并通过具体工程实例验证了其可行性和效果。孔锴<sup>[5]</sup>提出的新型地下连续墙门洞整体开凿方法,在保证基坑安全的基础上,显著加快了洞门开凿速度并节约了成本。但目前对洞门切割进行数值模拟计算的研究较少。

本文基于泽民站施工背景研究了泽民站 B 号风亭洞门切割施工方案,利用 Abaqus 三维有限元数值模拟分析了宁波泽民站洞门切割的施工情况。

## 1 工程概况

泽民站北接天一家园西站，南抵丽园北路站。车站为地下三层 13m 岛式站台车站，车站起止里程为 CK14+866.500~CK15+025.500，车站总长 159m，地下一层为车站站厅层，地下二层为设备层，地下三层为车站站台层，底板埋深 29.21~30.81mm，覆土约 3.2m。本站两端盾构井均为接收井。泽民站设 2 个风亭、2 个出入口及一换乘通道。其中主体结构为车站主体，采用地下三层岛式车站，附属结构为 A 号出入口，2 号风亭及 B 号出入口，1 号风亭以及换乘通道，围护结构均采用 1000mm 厚地下连续墙围护结构。

## 2 数值模型建立

为研究洞门施工方案，本文利用 ABAQUS 有限元软件建立三维数值模型，如图 1 所示。

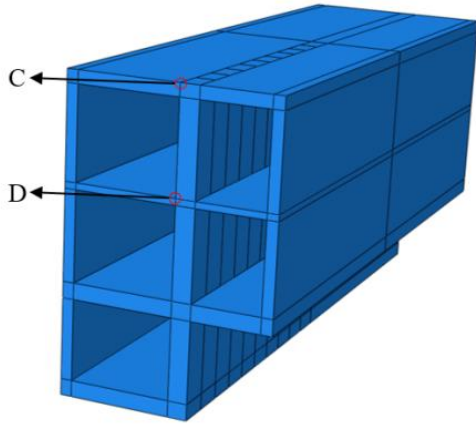


图 1 三维模型图

模型尺寸为 12.5m (X 方向)，13.46m (Y 方向)，40m (Z 方向)，其中模型左侧为泽民站主体结构，模型右侧为附属 B 号风亭，自上往下，顶层为 800mm 厚 B 号风亭顶板，第二层为 400mm 厚 B 号风亭中板，底部为 1000mm 厚 B 号风亭底板。模型设计需要切割长度为单层 20m，C 点和 D 点分别为顶板和中板模拟结果提取点。

支撑结构设置：支撑结构设置为工字钢，B 号风亭顶板设置为 I50C 工字钢，B 号风亭中板设置为 I40C 工字钢。支撑结构与顶板和中板之间设置绑定接触，模拟实际工程中的焊接效果。

模型边界条件设置：各个边界均为位移边界，顶部为自由平面，模型左右两侧设置为自由边界条件，模型前后设置法向约束，模型底部设置完全固定约束。为简化计算，将车站周围土体压力进行简化，在模型左右两侧设置压力，以模拟土体对主体结构和附属结构的压力作用，设置土体密度为  $1.85 \text{ g/cm}^3$ ，土体压力可通过公式 (1) 获得。

$$Pa = \rho gh \quad (1)$$

模型左右两侧压力设置方式如图 2 所示。

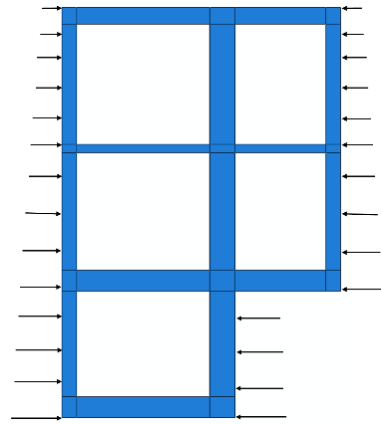


图 2 载荷设置方式

## 3 计算结果分析

### 3.1 顺切门洞工况下结构变形分析

本文模拟了洞门切割时的顺切门洞方案，采用自上而下的切割方式，单次切割距离为 2m，顶板和中板切割长度为 20m，即切割次数为 10 次，在单次地墙切割后，立即增加支撑结构，支撑结构按照 1 米间隔设置。未增加支撑结构的 Y 方向位移云图如图 3 所示，未增加支撑结构的 X 方向位移云图如图 3 所示。分别选取顶板和中板最外侧一点，并分别提取其竖向位移随开挖次数的变化情况，如图 5 和 6 所示。

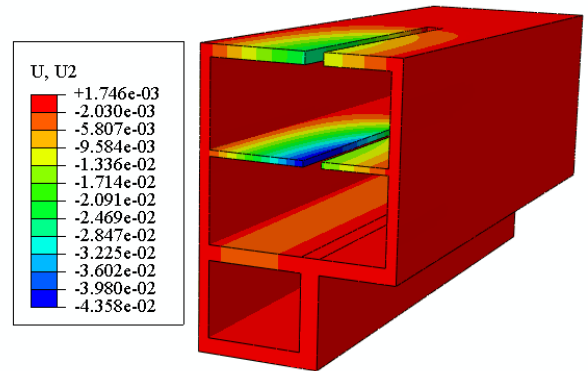


图 3 洞门切割后整体竖向位移

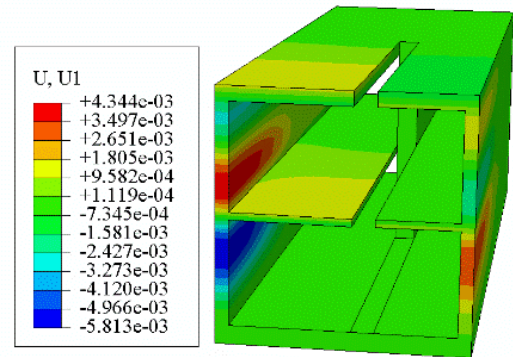


图 4 洞门切割后整体水平位移

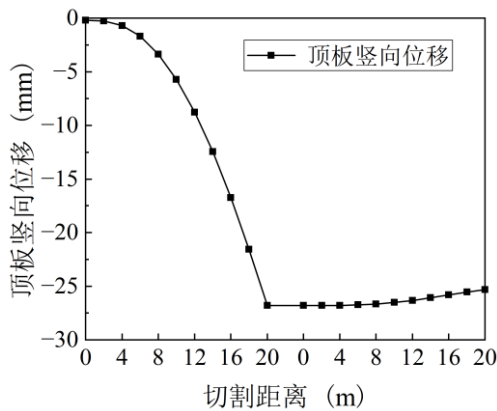


图5 顶板外侧竖向位移

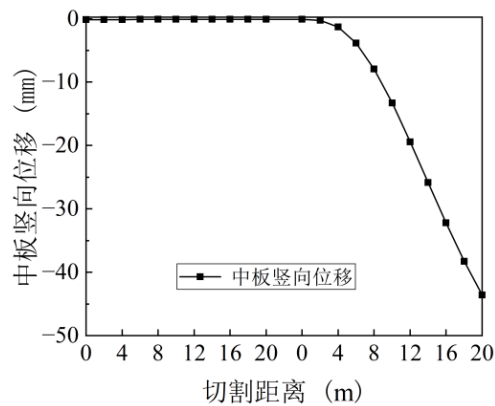


图6 中板外侧竖向位移

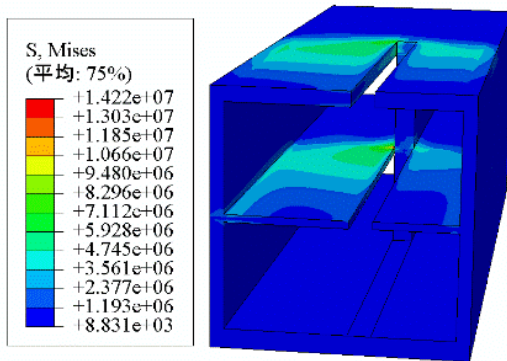


图7 结构应力云图

在整个顶板和中板切割过程中，整体竖向位移是随切割次数逐渐增大的。顶板的沉降主要发生在顶板与中板之间地墙切割过程中，沉降速率最大发生在切割的前6次，在顶层切割完毕后，产生了顶板最大竖向位移。在对中板与底板之间的地墙切割时，对顶板的竖向位移基本没有影响。中板的沉降主要发生在中板和底板之间地墙切割过程中，沉降速率最大发生在顶板与中板之间地墙切割第2次和6次之间。顶板与中板之间地墙切割对中板的竖向位移几乎没有影响。地墙在完全切割后，

整体结构的水平位移并不明显，主要发生在两侧墙处，如图4所示。洞门在完全切除后，应力集中在顶板与侧墙，中板与侧墙连接处，中板顶板与地墙连接处，如图7所示。

### 3.2 支撑结构对顶板沉降影响

为进一步探究切割地墙过程时，支撑结构对结构板的沉降影响，分别探讨了地墙切割后增加支撑结构和不增加支撑结构对主体结构顶板和附属结构顶板沉降的影响如图8和图9所示。

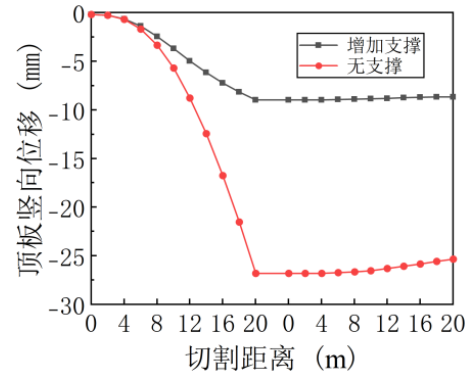


图8 支撑结构对主体结构顶板沉降影响

支撑结构未增加时，主体结构顶板最大竖向位移约为28mm，且沉降速率较大；支撑结构增加后，主体结构顶板最大竖向位移约为10mm，且沉降速率较缓。

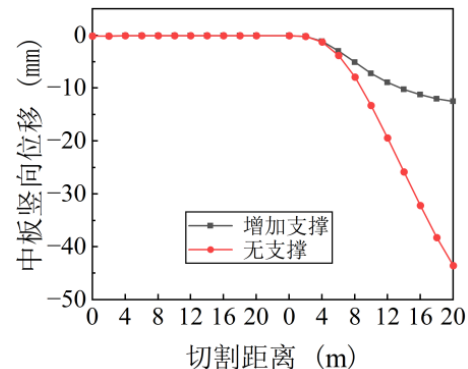


图9 支撑结构对主体结构中板沉降影响

支撑结构增加时，相对支撑结构未增加时最大沉降减少18mm，且沉降速率变缓。

支撑结构未增加时，主体结构中板最大竖向位移约为45mm，沉降速率较大；支撑结构增加时，主体结构中板最大竖向位移约为10mm，且沉降速率较缓。支撑结构增加时，相对支撑结构未增加时最大沉降减少35mm，且沉降速率变缓。

### 3.3 支撑结构间距优化

由之前进行数值模拟得出支撑结构对控制顶板结构，中板结构的竖向沉降，及减缓顶板结构，中板结构的竖向

沉降速率显著明显。本节基于此,控制顶板结构及中板结构的竖向位移不超过 9mm, 分别设置不同的支撑结构间距, 并分别提取顶板结构及中板结构最外侧竖向位移, 如图 10 和图 11 所示。

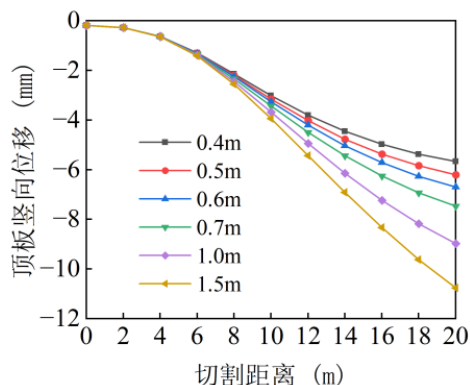


图 10 不同支撑结构间距对顶板竖向位移的影响

对于顶板结构, 支撑结构对其降低竖向位移显著明显, 由于顶板结构竖向位移较小, 在支撑结构为 1m 时, 便已达到目标要求。在已达到沉降要求时, 考虑施工成本, 可按照支撑结构为 1m 的情况进行施工。

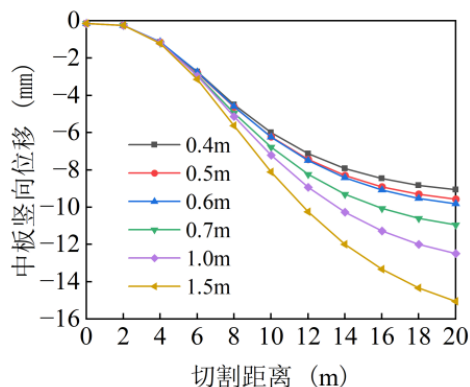


图 11 不同支撑结构间距对中板竖向位移的影响

对于中板结构, 其受力情况显著大于顶板结构, 竖向位移较大。按照支撑结构 1m 的情况, 无法满足最大竖向位移小于 9mm 的要求。在支撑结构为 0.4m 时, 达到了中板外侧最大位移为 9mm。在已达到沉降要求时, 考虑施工成本, 可按照支撑结构为 0.4m 的情况进行施工。

### 3.4 支撑结构安装方式

根据前文对支撑结构间距的研究情况, 本节分析了支撑结构的安装方式对顶板结构竖向位移的影响, 使用数值分析软件分别对洞门边拆边加支撑结构时, 洞门拆一段加支撑结构时, 顶板及中板结构的外侧竖向位移进行研究。

以拆 5m 再加支撑结构为例, 顶板和中板在不同支撑结构作用下外侧最大竖向位移如图 12 和图 13 所示。

模拟结果表明, 采取洞门边拆边加支撑结构的方式优

于洞门拆一段加支撑结构的方式。

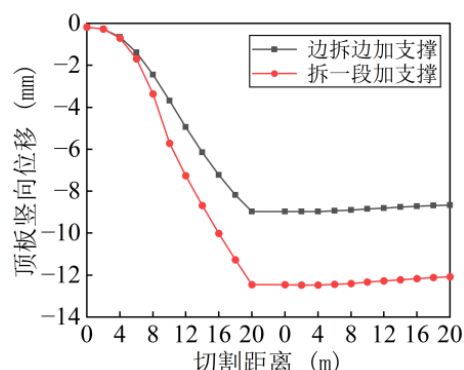


图 12 支撑结构安装方式对顶板竖向位移的影响

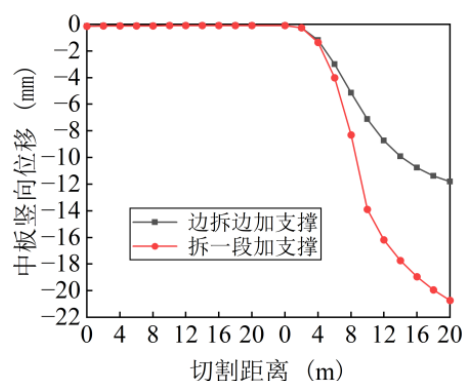


图 13 支撑结构安装方式对中板竖向位移的影响

## 4 结语

本文通过利用 Abaqus 有限元软件对泽民站主体结构和附属结构之间的地墙切割施工方案进行了深入研究。主要分析了洞门切割过程中的结构变形情况, 以及支撑结构对顶板和中板变形的影响, 并探讨了支撑结构间距和支撑结构安装方式对结构变形的影响。以下是本研究的主要结论:

### (1) 结构变形分析

在洞门切割过程中, 整体竖向位移随切割次数逐渐增大。顶板的沉降主要发生在顶板与中板之间地墙切割过程中。中板的沉降主要发生在中板和底板之间地墙切割过程中, 顶板与中板之间地墙切割对中板的竖向位移几乎没有影响。沉降速率最大发生在切割的前 6 次。完成地墙切割之后的结构, 水平位移并不明显。洞门在完全切除后, 应力集中在顶板与侧墙连接处, 中板与侧墙连接处, 中板顶板与地墙连接处。

### (2) 支撑结构对结构变形的影响

支撑结构的增加显著减小了顶板和中板的竖向位移, 并减缓了沉降速率。支撑结构对主体结构中板的沉降控制效果更为显著, 最大沉降减少量达 35mm。

### (3) 支撑结构间距优化

对于顶板结构, 支撑结构间距为 1m 时, 已能满足控制竖向位移的要求, 并考虑施工成本, 建议按此间距进行

施工。对于中板结构,由于受力情况显著大于顶板结构,竖向位移较大,支撑结构间距需设置为 0.4m,以满足最大竖向位移小于 9mm 的要求。

#### (4) 支撑结构安装方式

模拟结果表明,采取洞门边拆边加支撑结构的方式优于洞门拆一段加支撑结构的方式。实际施工时,应在拆除洞门后立即增加支撑结构。

#### [参考文献]

- [1]田野,刘宏,张智峰,等.中国地下空间学术研究发展综述[J].地下空间与工程学报,2020,16(6):1596-1610.  
[2]于振民,伊容冰,位英超,等.地铁车站地下连续墙大跨度

破除的支撑设计优化及稳定性分析[J].建筑施工,2019,41(10):1805-1807.

[3]何茂周.金刚石绳锯在深圳地铁新旧车站接驳钢筋混凝土结构拆除施工中的应用[J].隧道建设,2015,35(10):1053-1059.

[4]罗鹏,刘映晶,卢敬科,等.基坑盖板下逆作车站地下连续墙托换破除技术[J].岩土工程技术,2024,38(3):330-336.

[5]孔锴,刘肖.地铁车站附属与主体连接段地下连续墙门洞整体开凿技术[J].建筑技术,2021,52(8):971-973.

作者简介:李森(1989.2—),性别:男,民族:汉,籍贯:辽宁省沈阳市,学历大学本科,研究方向:地下工程。

## 设备技改对煤炭煤气化合成气氮气质量的影响分析

潘国靖

龙宇煤化工有限公司, 河南 永城 476600

**[摘要]**随着能源需求的增长和环境保护的要求,煤炭煤气化技术因其较高的能效和清洁利用潜力而受到重视。在煤炭煤气化过程中,合成气的质量直接关系到下游产品的生产效率和品质。本研究针对某煤炭煤气化厂的设备技术改造进行了详细分析,探讨了技改措施对合成气中氮气含量和质量的影响。研究方法主要包括对比分析改造前后的煤炭煤气化工艺参数、合成气成分及其纯度等。结果表明,通过对煤气化炉和纯化系统升级改造,合成气中的氮气含量得到明显降低,气体纯度也得到了提高,特别是在减少了氧气的输入量和优化了气化反应条件后,合成气的整体质量得到了显著提升。这一改进不仅提高了生产效率,还为后续的化工产品提供了更高质量的原料气。此外,对设备的更新升级还有助于延长设备的使用寿命和减少维护成本。研究结果为煤炭煤气化行业的技术升级与优化提供了重要的参考。研究意义方面,该研究对提升煤炭煤气化过程中合成气质量,促进煤炭清洁高效利用具有重要的理论与实际意义。同时,为相关设备的技术改造提供了科学依据和操作指南,有助于推动煤炭化工行业的可持续发展。

**[关键词]**煤炭煤气化;合成气质量;设备技术改造;环保要求;清洁高效利用  
DOI: 10.33142/ec.v8i8.17803 中图分类号: TM611 文献标识码: A

### Analysis of the Impact of Equipment Technical Renovation on the Quality of Nitrogen in Coal Gasification Gas

PAN Guojing

Longyu Coal Chemical Co., Ltd., Yongcheng, He'nan, 476600, China

**Abstract:** With the increasing demand for energy and the requirements for environmental protection, coal gasification technology has received attention due to its high energy efficiency and clean utilization potential. In the process of coal gasification, the quality of synthesis gas directly affects the production efficiency and quality of downstream products. This study conducted a detailed analysis of the equipment technology renovation of a coal gasification plant and explored the impact of the renovation measures on the nitrogen content and quality of synthesis gas. The research methods mainly include comparative analysis of coal gasification process parameters, synthesis gas composition and purity before and after the transformation. The results showed that through the upgrading and transformation of the coal gasification furnace and purification system, the nitrogen content in the synthesis gas was significantly reduced, and the gas purity was also improved. Especially after reducing the input of oxygen and optimizing the gasification reaction conditions, the overall quality of the synthesis gas was significantly improved. This improvement not only improves production efficiency, but also provides higher quality raw gas for subsequent chemical products. In addition, updating and upgrading equipment can help extend its lifespan and reduce maintenance costs. The research results provide important references for the technological upgrading and optimization of the coal gasification industry. In terms of research significance, this study has important theoretical and practical implications for improving the quality of synthesis gas in coal gasification processes and promoting clean and efficient utilization of coal. At the same time, it provides scientific basis and operational guidelines for the technological transformation of related equipment, which helps promote the sustainable development of the coal chemical industry.

**Keywords:** coal gasification; synthesis gas quality; equipment technology transformation; environmental protection requirements; clean and efficient utilization

### 引言

伴随全球能源需求的不断增加与环境保护的逐渐关注,煤炭作为重要的能源原料之一,其高能和环保的运用似乎格外重要。煤炭煤气化技术,作为一种转换煤炭为更高附加值化学品和燃料气的重要工艺,已经变成当代煤化工中的核心环节。在煤炭煤气化过程中,合成气主要成分为一氧化碳和氢气的质量立即作用到下游产品的生产效

率和质量,提高合成气的质量是促进煤炭环保高能运用的核心。许多研究和实践早已表明,借助设备技术改进能够高效提升煤炭煤气化的性能和输出产品质量。有关设备技术改造怎样详细作用煤炭煤气化合成气中氮气含量及其全部质量的系统研究仍比较偏少。本研究集中在一座煤炭煤气化厂的设备技术改造,借助全面研究改造措施对合成气氮气含量及其纯度的作用,意在评定技改之后的性能提

高,并且给相关技术改造供应科学依据和操作指南。本研究运用比较研究方法,细致调查了技改之前与之后煤炭煤气化工艺参数、合成气成分以及纯度等关键指标。研究还证实了借助改进气化反应条件和削减氧气输入量怎样高效减少合成气中的氮气含量,明显增强气体的全部质量。当前的研究工作期望可以帮助煤炭煤气化技术得到更好的改善和提高,给予强有力的科学依据和支持,从而帮助煤炭行业实现整体上的发展,同时帮助全球能源结构的优化调整,有效推动环境保护目标的顺利达成。

## 1 煤炭煤气化背景与技术发展

### 1.1 煤炭煤气化技术概述

煤炭煤气化是一种类的把煤炭转换成气体燃料或化工原料的先进技术,通过热化学过程把固态煤炭之中的碳和氢元素转换成合成气,比如一氧化碳和氢气等<sup>[1]</sup>。该技术用它的较高能效以及对于低品质煤炭的适用性,变成能源领域的重要发展方向。煤炭煤气化技术分成直接气化以及间接气化两类,其核心设备为煤气化炉,各异类型的煤气化炉拥有各异操作原理以及适用范围。现今主流技术包括固定床、流化床和气流床气化,这些技术因为它们能适应不同煤质还有工艺需求从而普遍应用。在气化过程中,对于核心参数例如压力、温度以及反应气体成分的控制直截确定合成气的质量。当代煤炭煤气化技术于促进煤炭环保有效利用、提升能源使用效率方面表现着重大作用,并且为能源结构的优化通过了强大支持。随着对于环境保护以及绿色发展的日渐重视,煤炭煤气化技术正在逐渐朝着高效、低排放与智能方向进步,为有关行业的可持续发展建立了基础。

### 1.2 能源需求与环境保护的挑战

能源需求之不断增长和环境保护要求之日渐苛刻对于煤炭煤气化技术带来了崭新挑战。全球工业化之迅速推动造成能源消耗量大幅度上涨,惯例化石燃料使用引起之资源短缺问题更加严峻。煤炭使用过程中生成之众多温室气体和污染物对于生态环境和气候安全形成了威胁。怎样于实现能源需求之降低污染物排放,已经变成了当代能源开发之关键议题。推动煤炭煤气化技术之提质增效,将清洁能源开发与环境保护协调一致,成为现今能源领域急需处理之核心问题。

### 1.3 技术升级的必要性与趋势

技术升级在煤炭煤气化领域非常重要,通过优化设备性能、提高气化效率和减少污染物排放,能够更好地满足能源需求增长和环境保护要求,推动行业向智能化、低碳化方向发展。

## 2 设备技术改造的细节与操作

### 2.1 煤气化炉的升级内容

煤气化炉改进过程当中,进行了多方面技术提升提升运转效率和出气质量。针对煤气化炉内衬材料,做了换用

操作,采用了性能更强的耐高温和抗腐蚀新材料,从而延长设备使用寿命,同时降低停产保养出现频率。优化气化炉进料和通风系统,通过提升喷嘴设计,加强煤粉和氧化剂融合均匀程度,从而促进基质化学反应。喷嘴提升包括使用高效喷射结构和材料抗磨抗热改进,这些措施提高了化学反应稳定性和气化效率。增加了自动化控制系统,对化学反应参数进行监测,化学反应环境可以调整适应原料特性变化。这些改进措施作用,提升煤气化炉总体性能,后续纯化系统得到更理想初始气体环境,提供更好基础。

### 2.2 纯化系统的改进措施

对纯化系统进行优化,专门解决当前工艺中氮气分离和合成气纯度不够的问题,并且制定出详细的解决办法。具体的做法是选用高效的PSA设备,通过改进材料来提高分离的效果,同时调整循环的参数来让设备更好地适应不同情况。在设计上加强冷却预处理步骤,降低温度和粉尘的含量,从而减少杂质对系统的影响。另外,改造时增加尾气处理模块来回收废弃气体,提升资源的利用率。提高气体的纯度,确保下游产品的生产能够用上高质量的原料作为支持<sup>[2]</sup>。

### 2.3 气化反应条件的优化策略

改变煤炭颗粒的大小,调整加入氧气和蒸汽的比例以及控制气化时的温度,可以改善气化反应的环境,找到一个有效的解决办法。通过这样的调节方式,能够减少不必要的副产物生成,同时增加气体产物的纯净程度和稳定性,使得最终得到的合成气品质得到明显提升。经过优化后的气化环境,还可以有效降低氮气的含量,并且明显提高气体产量的效率,达到理想的生产目标。

## 3 改造前后比较与气体质量变化

### 3.1 改造前后工艺参数的对比

改造前后工艺参数的对比聚焦展示了设备技术升级针对煤炭煤气化过程的优化效果。煤气化炉的操作条件相比单调,气化反应温度和压力变化很大,不能完成针对反应环境的精确调控,引起合成气在杂质含量过高。纯化系统的处理能力不足,很难高效清除氮气等不目标气体,制约了合成气的纯度增进。通过技术改造,煤气化炉的升级明显加强了针对反应温度和压力的调控能力,减少了反应条件的变化性,让气化反应更稳固,原料煤的使用率显著提升。纯化系统用上了最新的吸附和分离技术,让杂质清理的效果变得更好,同时也成功地把氮气分离得非常干净彻底。气化操作时,氧气的加入量控制得特别精确,确保与需求完美配合,反应环境几乎达到了最好的状态。工艺参数经过精心调整,对合成气品质的改善起到了至关重要的作用,奠定了坚实的基础<sup>[3]</sup>。

### 3.2 合成气成分及纯度的变化

借助针对改造之前之后的合成气成分与纯度的对比分析,能够察觉设备工艺改造对合成气质量造成了明显作

用。改造之后的合成气内氮气含量显著降低,纯度获得了显著提高。通过煤气化炉的改良改造,气化反应过程更为高效,调控了不是预期气体的形成。纯化系统的升级高效减少了杂质气体的占比,令合成气中的主要成分占比更加接近稳固和满足产业规范。气化反应环境的改良方案更进一步改进了气化工工艺中的温度均衡和原料转换效率,合成气全部质量展现出较高的可信度。借助改造之后的工艺改进,给下游化工生产供应了更高质量的原料气,增强了全部经济效益。

### 3.3 氮气含量的调整与评估

借助减少氧气输入量和完善气化反应条件,氮气含量明显减小。改造之前氮气占比过高,作用合成气纯度。改造之后氮气含量调节于较好范围,提高了原料气质量,给下游产品生产供给可靠保障,显示设备技改之真实价值和意义。

## 4 改造效果的影响与价值

### 4.1 生产效率的提升

通过设备的技术改造,煤炭煤气化厂生产效率提升了。煤气化炉升级优化后,气化反应更可靠和高效,减少了不完全气化现象发生,因此原料煤消耗减少。气化反应条件优化,使反应过程可以控制,煤与氧气和蒸汽反应速度加快,合成气产量每单位时间增长。纯化系统改进后,有效去除杂质气体,减少了多余处理步骤,改善了生产流程,能耗降低。设备运行效率提高,生产周期缩短,工厂生产能力整体提升。借助降低氮气含量和提升气体纯度,对下游化工产品的生产也产生了正面影响,让原料气的利用率更深层次加强,给企业带来了显著的经济效益和资源节约效果。这些改进措施一起促进了煤炭煤气化生产过程的高效率和经济性<sup>[4]</sup>。

### 4.2 合成气质量的提高对下游产品的影响

技术改造完成后,合成气的质量得到了很大提升,这让下游产品的生产有了重要变化。合成气里面的氮气含量变少了,纯度变得更高,这样就让后面的化工生产过程变得更顺畅,效率更高,产品的质量也更好了。高质量的合成气能够确保下游化学品的生产,比如甲醇和氨的反应过程更加顺利,产生的废料更少,同时让产品的产出量和纯度都有所增加。使用纯度更高的原料还可以减少催化剂被污染或失去活性的情况,延长设备的使用时间,降低生产所需的费用。这样的质量改进不仅有助于提升产品在市场上的竞争能力,还能推动整个行业朝着可持续发展的道路前进。

### 4.3 设备寿命与维护成本的优化

技术改造明显改善了设备的性能与稳定性,其中煤气化炉与纯化系统的升级减少了关键部件的运行负荷,因此

延长了设备的使用寿命。设备运行过程中的故障率与非计划停机时间大幅度减少明显降低了维修频率与维护成本。改善的工艺条件减少了高温高压等极端环境对于设备的损害减少了配件更换与维修的人力物力投入。那些优化直截了当提高了生产线的可靠性和经济效益为了企业的长期可持续运营建立了坚实基础<sup>[5]</sup>。

## 5 结束语

该研究通过对某煤炭煤气化厂进行设备技术改造,详尽分析了改造措施对合成气质量,特别是氮气含量的影响。研究显示,升级煤气化炉和纯化系统能有效降低氮气含量并提升气体纯度,尤其在优化气化反应条件和减少氧气投入量后,合成气的整体质量显著提升。这不仅优化了生产流程,提高了效率,还为高质量化工产品的生产提供了优质原料气,同时也延长了设备使用寿命和降低了维护成本。尽管得到了积极的结果,研究中也存在一些限制。例如,本研究主要限于单一煤炭煤气化厂的设备升级,可能不完全适用于其他工厂或不同类型的气化技术。未来研究能够思考多个煤气化厂以及差异技术参数整体研究,更深入地证实本研究结果的通用性及其在不同环境下的可行性。融合现今能源转变和环保需求,改进煤炭煤气化技术,尤其多种设备和工艺改良的系统整合与革新,会是提升合成气制造效能和品质的核心。借助详尽探究煤炭资源的高性能环保运用,可以为煤炭化工行业的持久可持续发展助力动力。本研究的成果给予了相关领域珍贵的实际阅历和学术支撑,期望可以激励更广泛指向性的研究,一起促进煤炭煤气化技术的发展和行业的兴盛。总体来说,本文的研究对煤炭煤气化合成气质量控制提出了有效措施,为设备的技术改进提供了明确方向,并对推动煤炭行业的现代化和环境友好型转型具有重要意义。

### 【参考文献】

- [1]张海峰,张敏.不同煤气化技术合成气发酵法制乙醇的可行性探讨[J].现代化工,2020(1):279-283.
  - [2]黄习兵,潘怀民.煤气化合成气管线不伴热防腐研究[J].煤化工,2021,49(5):66-69.
  - [3]高鹏程,高志平.合成气联产蒸汽煤气化装置运行研究[J].石河子科技,2022(1):16-16.
  - [4]曹均丰,柳伟,刘昶,等.煤气化粗合成气吸附除尘器压差信号分析[J].炼油技术与工程,2022,52(7):26-29.
  - [5]孙磊,王丹,王辉.关于煤气化合成气在线分析系统滞后时间的研究[J].仪器仪表用户,2020,27(9):6-9.
- 作者简介:潘国靖(1994.2—),性别:男,民族:汉籍贯:河南省永城市,学历,大专。

# 船厂供热节能新技术的研究与应用

秦 帅

江南造船（集团）有限责任公司，上海 201913

[摘要]伴随着船舶制造业向前发展，船厂在生产过程中对热能的需求呈现出不断增长的态势。传统供热系统存在着诸多弊端，像能效比较低下、热损失的量颇多、调控起来不够灵活以及排放程度偏高等情况，这些问题的存在使得能源出现浪费现象，同时也让成本有所上升。当下，船厂大多依靠燃煤或者燃油锅炉来供热，其中余热的利用率是比较低的，热泵以及智能控制技术的应用程度也不够充分，再加上管网出现了老化的情况，这都对系统的效率产生了影响。面对这样的现状，去研究船厂供热节能的新技术，能够借助余热回收、热泵辅助供热、管网优化以及智能能耗管理等一系列手段，以此提升能源的利用率，降低运行方面的成本，达成供热系统高效、稳定且低碳的运行状态，进而为绿色制造给予相应的技术方面的有力支撑。

[关键词]船厂；供热节能新技术；技术应用

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17784

中图分类号: U671

文献标识码: A

## Research and Application of New Energy-saving Technologies for Heating in Shipyards

QIN Shuai

Jiangnan Shipyard (Group) Co., Ltd., Shanghai, 201913, China

**Abstract:** With the development of shipbuilding industry, the demand for thermal energy in the production process of shipyards is showing a continuous growth trend. The traditional heating system has many drawbacks, such as low energy efficiency, significant heat loss, inflexible regulation, and high emission levels. These problems result in energy waste and also increase costs. At present, most shipyards rely on coal-fired or oil fired boilers for heating, and the utilization rate of waste heat is relatively low. The application level of heat pumps and intelligent control technology is also insufficient. In addition, the aging of the pipeline network has affected the efficiency of the system. In the face of such a situation, researching new energy-saving technologies for shipyard heating can improve energy utilization efficiency, reduce operating costs, and achieve efficient, stable, and low-carbon operation of the heating system through a series of means such as waste heat recovery, heat pump assisted heating, pipeline optimization, and intelligent energy consumption management, which will provide strong technical support for green manufacturing.

**Keywords:** shipyards; new energy-saving technologies for heating; technology application

### 引言

船舶制造业发展迅速，船厂生产规模变大，能耗高、排放多的问题凸显。船厂供热系统在锅炉、焊接等环节耗能多，传统供热方式效率低、损失大、调控难且污染环境，增加企业成本，影响生态。在国家“双碳”和绿色制造政策下，提高船厂供热系统能源利用效率、减少燃料消耗和碳排放是关键问题。研究并应用船厂供热节能新技术很有意义。余热回收、热泵供热、管网改造、智能监测等技术在工业应用成熟，但船厂有负荷波动大、系统复杂、调控难等挑战。本研究要分析船厂供热能耗结构及影响因素，探索余热回收、热泵供热、管网改造、智能控制平台等技术，评估节能效果，为船厂供热系统节能改造和绿色低碳发展提供依据。

### 1 船厂供热能耗结构与主要影响因素分析

船厂供热能耗主要由空压站能耗、余热利用及设备散热等构成，受设备选型、控制方式、余热回收利用率及工艺设计等因素影响。其中，空压站能耗占总能耗的 30%~40%，主要问题包括设备按最大负荷选型导致排气压力过

高、控制方式落后造成频繁加载与卸载，以及管路泄漏率高 20%~25%，均增加了能源消耗。同时，空压机运行中约 90% 的电能转化为热能，但多数船厂未有效回收利用，高温散热直接排放，造成能源浪费。在工艺设计方面，通过采用变频技术及离心与螺杆机组合，并结合船厂实际用气波动合理配置设备，可有效降低能耗，提高系统整体能效。

### 2 船厂供热节能新技术的关键技术研究

#### 2.1 余热回收系统优化设计

在船厂供热系统里，余热回收系统的优化设计属于极为关键的一环，其对于提升能源利用效率、降低燃料消耗以及减少环境排放都有着重要作用。船厂于生产之时，会产出数量可观的低品位余热，像锅炉排烟、动力设备冷却水、焊接工序以及涂装工序所产生的热量皆包含在内。要是这些余热没办法得到妥善回收，那么就会出现能源被白白浪费的情况，并且还会致使系统运行成本有所增加。在开展优化设计工作的时候，应当以系统整体热平衡当作基础，通过对各类热源的 温度水平、热负荷特性以及利用周

期展开分析,进而明确能够回收的余热量级以及合理的使用方式。从技术实现层面来讲,可以选用高效换热器、热管、相变蓄热材料还有多级余热回收系统等方式,把不同温度等级的余热按照梯级来进行利用。其中,高温余热能够用于蒸汽或者热水的供给,而中低温余热则可应用于空气预热、生活采暖又或者是工艺加热等方面,如此一来便能够形成热量梯级利用的链条。与此该系统需要结合智能化控制以及动态调度策略,针对热源和热负荷实施实时匹配操作,以此来优化循环流量以及温度分配情况,提高回收效率并且防止热量出现浪费现象。在设计整个过程中,还得考虑到对管网布局予以优化、使局部阻力达到最小化以及提升保温性能等因素,借此降低流体输送所耗费的能量以及传输过程中的热损失情况<sup>[1]</sup>。除此之外,通过结合能耗监测与性能评估相关举措,能够对系统运行的效果展开量化分析并不断加以优化,最终达成节能率实现最大化的良好效果。

## 2.2 热泵辅助供热系统的构建与控制策略

在船厂供热系统当中,热泵辅助供热系统的构建以及控制策略属于实现高效节能以及系统稳定运行的关键核心技术。热泵充当着低品位热能提升装置的角色,其能够把环境或者余热里面的低温热能转变成可以利用的热源,进而减少对于传统燃料锅炉的依赖程度,最终达成降低能源消耗以及碳排放的目的。就系统构建方面而言,得依据船厂的热负荷特性、工艺需求以及季节性变化来挑选合适的热泵类型,像是空气源热泵、水源热泵又或者是地源热泵等,并且要合理地去匹配热泵容量与现有的锅炉、余热回收装置以及储热系统,务必要确保在不同负荷情况之下都能够满足供热的需求。系统设计的时候需要考虑到管网连接的方式、热交换接口以及循环泵的布置情况,借助并联或者串联的方式来实现热泵与锅炉、余热系统的协同运行,与此同时还要结合蓄热装置来缓冲负荷的波动,以此来优化峰谷能量的分配情况。在控制策略方面,应当采用智能调度以及动态优化的方法,通过实时监测温度、压力、流量以及能耗方面的数据,再结合负荷预测以及天气信息,达成热泵启停、压缩机变频调节、循环泵流量控制以及旁路阀开度优化的协同控制,从而让系统 COP 得以最大化并且减少因频繁启停而产生的能耗损失。该平台还应当集成故障诊断与预警的功能,对制冷剂流量、压缩机状态以及系统压力进行监测,以便及时发现异常运行状况并做出相应的调整,以此保障设备的安全以及使用寿命。

## 2.3 智能监测与能耗管理系统设计

在船厂供热系统里,智能监测与能耗管理系统的打造属于达成精细化能源管控以及高效节能运转的重要环节。此系统依靠物联网、大数据、人工智能等先进手段作为依托,借助于在锅炉、热泵、换热器、余热回收装置还有主要管网节点处安置高精度传感器的方式,对温度、压力、流量、电耗、热负荷等运行数据予以实时采集,进而构建

起完备的能耗数据采集与传输框架。该系统凭借中央监控平台来对数据展开集中处理以及动态剖析,形成可视化的能源管理界面,达成对各个供热单元运行状况的实时监测以及能效评定。借助引入智能算法与模型预测控制技术,系统可以依据生产负荷的变化情况自动调整供热参数,对设备启停顺序加以优化,降低无效能耗,同时实现热源、热网与用户端的协同控制,以此提高整体热效率<sup>[2]</sup>。除此之外,该系统还拥有能耗异常诊断与故障预警的功能,其能够经由数据趋势分析以及模式识别,及时察觉设备运行过程中的能耗异常、性能衰减或者潜在故障,引导维护人员采取针对性举措。管理层可借助移动终端远程对运行状态加以监控、分析能源利用率以及碳排放水平,给节能决策与设备改造给予科学依据。

## 2.4 管网系统节能改造与流体阻力优化

在船厂供热系统里,对管网系统展开节能改造以及对其流体阻力加以优化,这无疑属于提高整个系统热能利用效率并且降低其运行能耗的关键环节所在。船厂供热管网往往分布的范围颇为广泛,系统本身的复杂程度也不低,而且输送的距离相当长,再加上部分老旧管道存在着诸如保温性能比较差、管径并不匹配、弯头的数量较多以及局部阻力偏大等一系列问题,这就使得热损失的情况变得十分严重,流体输送的效率也极为低下。面对这样的一种现状,节能改造就需要从系统布局方面的优化、管道材质的更新、保温性能的提升以及对流体阻力的控制等多个不同方面来综合地向前推进。在系统这个层面上借助流体力学仿真的相关分析,重新去校核管径、流速和压力损失三者之间的关系,依据实际情况合理地调整主干管和支管的分配比例,对管网循环的路径予以优化,以此来减少那种无效的流动情况以及伴随而来的能量损耗。采用高性能的保温材料,比如聚氨酯发泡或者真空绝热层这样的材料,来替代传统的保温层,从而能够减少热量在传输过程当中出现的散失情况。与此通过改进阀门的结构,减少弯头以及局部节流元件的数量,进而降低沿程阻力以及局部阻力。对于那些大型且复杂的管网而言,可以引入变频循环泵以及智能流量控制的相关技术,依据实时的负荷状况来动态地调节流速与流量,达成按需供热以及精准控制的目的,防止因为过流量而造成的能源方面的浪费。从技术层面来讲,应当联合能耗监测系统,针对压力、温度以及流量等这些关键参数展开长期的跟踪工作,分析流体阻力的变化趋势,并且依据分析结果及时地调整运行策略。除此之外,在管网改造的过程当中,还应当充分考虑到施工时的便利性以及后期维护的成本问题,采用模块化、预制化的管段设计方式,以此来提升安装的质量以及后期检修的效率。

## 2.5 节能综合控制平台的集成技术

在船厂供热系统里,节能综合控制平台所采用的集成技术乃是达成多能互补、系统协同以及精细化管理的关键

保障所在。该平台把锅炉、热泵、余热回收装置、管网系统、储能设备还有能耗监测终端统加以统一集成起来,进而实现对整个供热系统展开实时的数据采集工作、运行方面的监测以及智能层面的控制操作。平台借助传感器网络来获取诸如温度、压力、流量、热量消耗以及设备运行状态等一系列关键参数,而后依靠中央控制单元以及数据处理模块针对这些参数展开动态分析与能效评估等相关事宜,并且依据负荷预测、热源优化分配以及运行调度算法等,达成供热策略的自动优化以及多能源协同调控的目的。系统能够依照生产负荷出现的波动状况以及季节性的需求变化来对设备的启停顺序以及运行工况做出相应的调整安排,与此还能够凭借智能故障诊断与预警功能去识别设备可能出现的异常情况,以此来指导运维决策工作,提升系统的安全性和可靠性<sup>[3]</sup>。该平台还支持可视化管理界面以及远程控制功能,从而实现数据的可追溯性以及决策支持效果,让管理层可以实时且清楚地掌握能耗的具体情况以及系统运行的效率状况。

### 3 节能效果评估与经济性分析

在船厂开展供热节能技术应用的时候,对节能效果予以评估并分析其经济性,这可是验证该技术是否可行、对系统运行方案加以优化以及指导投资决策的关键环节。节能效果评估得从系统整体能耗出发,全面且细致地去监测并对比改造前后的各项情况,像热源消耗、管网输送损失、循环泵能耗以及辅助设备运行效率等等,以此来量化各项节能措施给总能耗带来的影响。并且要构建起一套能效指标体系,这里面包含单位产出热耗、系统综合热效率、COP 也就是性能系数还有余热回收率等等,从而全方位地把节能技术在实际运行当中的效果呈现出来。评估的方法不只是依靠历史数据来进行对比,还能结合在线监测系统所给出的实时数据展开动态分析,借助统计学、热平衡计算以及仿真模型对节能潜力做出预测与验证。就经济性分析来讲,得对节能改造所需要的设备投资、安装成本、运维费用以及可能产生的运行收益做一番系统的测算,凭借投资回收期、净现值、内部收益率等经济指标来综合评估项目在财务方面的可行性,同时也要把能源价格的波动、维护成本以及系统寿命等因素对经济效益所产生的影响都考量进去。

### 4 供热节能新技术的发展趋势

随着能源结构不断转型以及绿色低碳发展战略持续

推行,船厂供热节能新技术逐步显现出智能化、多种能源互补以及高效集成化的发展走向。往后的供热系统会着重关注余热的阶梯式利用、可再生能源的深度融入还有热源和负荷的动态适配情况,借助热泵、余热回收装置、储能系统以及太阳能或者地热能等各类能源手段达成综合运用目的。与此智能监测与能耗管理平台会成为整个系统的重点所在,能够做到实时收集数据、分析运行状况并开展预测调度工作,依靠人工智能、模型预测控制以及大数据分析技术来优化热源切换操作、循环流量调控以及负荷分配事宜,进而让能源利用效率得以最大化并且降低不必要的能耗<sup>[4]</sup>。管网系统同样会朝着阻力小、效率高、模块化且数字化的趋势去发展,通过优化管径尺寸、削减局部阻力、提升保温性能以及引入变频泵和自动调节阀等方式,达成在输送环节中的节能优化效果。节能技术在发展过程中还会着重强调系统集成能力以及可持续运行的能力,重视对设备寿命加以管理、做好故障预测以及实施预防性维护举措,以此确保能够实现长期稳定运行并且具备良好的经济性。

### 5 结语

船厂供热节能新技术的应用能够切实提高能源利用效率,压低运行成本,同时还能削减环境排放。借助余热回收、热泵辅助供热、管网优化以及智能能耗管理等一系列举措,供热系统达成了高效、稳定且智能化的运行状态。往后,伴随技术持续向前发展并得以广泛推广,船厂供热系统会变得更加节能环保,进而为船厂的绿色低碳发展给予稳固可靠的保障。

#### 【参考文献】

- [1]高道清,胡杰鑫,李巧平,等.船厂空压站节能技术和节能标准现状研究[J].中国标准化,2023(22):60-64.
  - [2]赵建帮,王超.船厂空压站的数字化节能监测要求及系统设计[J].现代制造技术与装备,2023,59(8):11-13.
  - [3]林志文.浅析船厂的几种节电方法[J].机电技术,2016(1):45-46.
  - [4]杨浩俊.船厂空压站余热回收节能技术研究[J].上海市中船第九设计研究院工程有限公司,2019(3):27.
- 作者简介:秦帅(1979.12—),男,学历:大专,毕业院校:上海电视大学,所学专业:行政管理,目前职称:助理工程师。

# 征 稿

Call for Papers

《工程建设》由新加坡Viser Technology Pte.Ltd. 主办, ISSN: 2717-5375 (印刷)。  
本刊长期以来注重质量, 编排规范, 选稿较严格, 学术水平较高, 深受高校教师及  
科研院所研究人员青睐。本刊为开源 (Open Access) 期刊, 出刊的所有文章均可在  
全球范围内免费下载, 文章被万方数据库、维普网等权威数据库收录。

期刊针对工程项目建设的全过程, 重点报道工程建设过程的科研成果、先进技术、  
高效设备、新型材料、工程项目管理经验等, 突出工程领域新技术、新工艺、  
新方法, 反映建筑、市政、交通等工程领域新成果、新进展, 促进工程技术行业的  
交流与成果展示, 为推动国际工程技术和科学技术发展服务。

《工程建设》期刊的主要栏目有:

工程管理、建筑工程、市政工程、机械工程、石油工程、矿山工程、冶金工  
程、路桥交通、勘察测绘、施工技术、建筑设计、节能环保、材料科学等。

鼓励工程建设各领域的专业技术人员和管理干部以及大专院校相关专业的师生  
和科研人员来稿, 有关国家科技计划、自然科学基金和各种部门、地方、院所科技  
基金资助项目的文章优先发布。

征文格式与要求:

(1) 论文要求: 论点新颖, 论证充分; 设想可行, 结论可靠; 条理分明, 书写  
清楚, 用字规范, 上交电子文件 (word格式)。

(2) 论文格式: 题目、作者姓名、工作单位、省份及邮政编码、中英文内容摘  
要 (150字符-300字符为宜) 及关键词 (3-5组为宜)、正文、参考文献。(附个人  
简介、邮箱、联系方式及详细收件地址, 如: 省、市、区、路)。

(3) 论文篇幅: 字符数要求在5000-8000字符之间。

投稿网址: [www.viserdata.com](http://www.viserdata.com)



Viser Technology Pte. Ltd.

公司地址

195 Pearl's Hill Terrace, #02-41, Singapore 168976

官方网站

[www.viserdata.com](http://www.viserdata.com)

