



www.viserdata.com

工程建设

月刊

ENGINEERING CONSTRUCTION

■ 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 10

第8卷 总第80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10期(总第80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: 10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

- 建设工程监理的质量管理与改进策略..... 尹莉华 1
建筑工程管理工作中精细化模式的应用..... 蒋婷婷 5
多层钢结构厂房安装技术及其质量控制研究..... 黄志刚 9
建设工程监理的质量管理与改进策略探讨..... 酆志俊 13

建筑工程

- 建筑工程施工安全管理在工民建中的应用..... 叶兴丽 17
建筑主体结构检测方法在工程验收中的应用探讨.....
..... 李露其 21
全过程项目管理视角下土木建筑工程的进度-成本协同...
..... 李 维 李道炜 25

市政工程

- 市政施工中地下管线施工技术的应用分析..... 董 鹏 29

机械工程

- 棒材热轧设备液压系统的优化设计与能效提升研究.....
..... 蒋海涛 33
电气工程与自动化技术的智能化应用研究..... 王晓荣 37
智能化技术在工程机械设备安全管理中的应用.....
..... 丁 赟 41
基于物联网的机械设备安全管理系统研究..... 吴 静 45

石油工程

- 浅析石油化工项目全面焊接管理活动的研究.....
..... 孙晓晨 李晓鹏 49
石油工程项目管理的优化策略探究..... 武纪广 53

矿山工程

- 铅锌矿露天开采中的排水系统设计与优化..... 魏德品 57
工作面回采进入巷道保护煤柱优化分析..... 张伯南 61

路桥交通

- 高速公路改扩建交通导改的策略与实践探索.....
..... 李友谊 67

公路工程项目施工管理要点分析..... 陈晓冬 71
公路水泥混凝土路面裂缝成因及简易修复技术研究.....
..... 高远雄 75
四新技术在公路施工中的创新与实践..... 郑虎强 79

施工技术

外墙保温砌块及超细无机纤维复核保温体系施工工艺.....
.....任 伟 孙 威 张荣莅 84
工业厂房超大面积楼板一次整平收光施工技术.....
.....任 伟 孙 威 朱巧玲 90

建筑设计

浅析传统装配式住宅建筑电气设计要点..... 孙 屹 96
钢结构厂房建筑节能设计策略与实践研究..... 刘 静 101
适应产业变化的柔性标准厂房设计策略研究.....
..... 涂 芸 105
BIM 技术在复杂幕墙工程设计中的应用 宣昊松 109

节能环保

甲苯二胺生产废水处理工艺设计及实际运行处理效果.....
.....张文晶 刘寅阁 朱 倩 113

建设工程监理的质量管理与改进策略

尹莉华

丹阳市建设监理中心有限公司, 江苏 镇江 212310

[摘要]随着建筑行业不断发展,建设工程项目规模变得越来越大,然而工程质量管理依旧面临着不少挑战。当下,监理管理体系并不完善,监理人员的专业能力也呈现出参差不齐的状况,施工单位配合得也不够充分,并且施工过程的信息化水平相对较低,这就使得工程质量控制的难度加大,隐患也随之增多。与现有的技术标准以及质量检测方法在细化程度和操作性方面都存在着一定的不足,这也就导致关键工序以及隐蔽环节的质量很难得到有效的保障。所以,建设工程监理质量管理迫切需要依靠优化管理制度、提升技术标准以及应用信息化手段等方式,达成对整个过程中的有效控制以及持续改进。

[关键词]建设工程监理;质量管理;改进策略

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18264

中图分类号: U41

文献标识码: A

Quality Management and Improvement Strategies for Construction Project Supervision

YIN Lihua

Danyang Construction Supervision Center Co., Ltd., Zhenjiang, Jiangsu, 212310, China

Abstract: With the continuous development of the construction industry, the scale of construction projects is becoming larger and larger, but engineering quality management still faces many challenges. At present, the supervision management system is not perfect, and the professional abilities of supervision personnel are uneven. The cooperation of construction units is also insufficient, and the level of informationization in the construction process is relatively low. This makes it more difficult to control the quality of the project, and hidden dangers also increase accordingly. There are certain deficiencies in the refinement and operability of existing technical standards and quality inspection methods, which makes it difficult to effectively guarantee the quality of key processes and concealed links. Therefore, the quality management of construction project supervision urgently needs to rely on optimizing management systems, improving technical standards, and applying information technology methods to achieve effective control and continuous improvement of the entire process.

Keywords: construction project supervision; quality management; improvement strategy

引言

在现代建筑行业快速发展的大背景之下,建设工程项目规模呈现出不断扩大的趋势,技术要求也越来越复杂,工程质量管理的重要性更是日益凸显出来。工程质量关乎项目的安全性、使用寿命以及投资效益,还直接对建筑企业的社会信誉和市场竞争能力产生影响。不过在实际的工程建设进程当中,因为施工工艺较为复杂、监理管理体系不够完善、监理人员的专业能力存在差异以及施工单位执行力度欠缺等诸多原因,工程质量问题依旧时常出现,情况严重的时候甚至会酿成安全事故或者造成经济损失。所以强化建设工程监理的质量管理,保证施工全过程都契合设计规范以及质量标准,是保障工程能够顺利推进并达成经济效益最大化的一项关键举措。伴随信息化以及数字化技

术的不断发展,工程监理正逐步朝着科学化、系统化以及智能化的方向去发展,借助优化监程序、细化技术标准、完善质量检测方法以及构建质量追溯体系等手段,能够达成对施工全过程的动态把控以及持续改进的目的。鉴于此,本文将围绕建设工程监理的质量管理现状以及存在的问题展开探讨,深入剖析有效的改进策略与方法,以此来为提升工程项目质量管理水平、降低施工风险以及推动建筑行业实现高质量发展给予理论方面的支撑以及实践层面的参考。

1 监理质量管理在工程项目中的重要性

工程项目里的监理质量管理有着极为关键的作用,其和工程建设的整体质量以及安全水准紧密相关,并且还会直接对项目的投资效益以及社会信誉产生影响。借助科学

且规范的监理管理手段,能够在工程的不同阶段针对施工过程展开有效的监督活动,以此促使施工单位能够依照设计规范、施工标准还有合同要求来严格施行各项操作,进而减少施工环节出现的种种缺陷以及返工情况,降低资源出现浪费以及成本超出预算的风险。与此监理质量管理还能够及时察觉施工过程中所存在的潜在安全隐患以及质量问题,凭借合理的预控举措以及整改办法,把风险扼杀在刚刚冒头的阶段,从而保证工程可以顺利地向前推进。更为重要的是,监理工作在信息的传递、各方的协调沟通以及技术方面的指导等诸多方面都起到了桥梁一样的连接作用,这有利于施工单位、设计单位以及建设单位构建起有效的协作机制,达成工程建设的高效管理目标以及决策的优化成效^[1]。所以说,强化监理质量管理不但是提升工程项目施工水准以及经济效益的要点所在,而且还是推动建筑行业朝着规范化、标准化以及可持续发展方向迈进的重要支撑。

2 建设工程监理质量管理方案

2.1 施工前质量预控

在建设工程项目当中,施工前的质量预控属于极为关键的一个环节,它对于工程能够顺利地去实施以及最终实现高质量的完成起着十分重要的作用。其关键之处就在于借助系统化的前期准备工作以及科学合理的风险评估手段,把潜在存在的质量问题直接消灭掉,防止其滋生蔓延。具体来讲,施工前的质量预控包含了针对施工图纸、设计方案还有施工组织计划展开的细致审核工作,要保证各项技术指标都能够契合规范所提出的要求。并且还要结合工程的实际具体条件来对施工方案的可行性予以评估考量。与此对于施工所需要的各类材料、相关设备以及施工工艺都得进行严格的筛选以及确认操作,务必要让它们的质量都能够达到相应的标准规定,从而避免因为材料或者设备方面出现什么问题而对后续的施工质量产生不利的影响。除此之外,施工前的质量预控还应当建立起施工人员的培训以及考核方面的机制,以此提升项目团队对于质量管理要求的认知程度以及实际的执行能力,清楚明确各个岗位所对应的质量责任以及操作规范要求,从制度层面以及人员层面双管齐下,共同为施工质量给予有效的保障。

2.2 施工中过程监控

在建设工程项目里,施工过程中的监控属于保障工程质量的关键环节,其关键点在于针对施工的整个过程展开实时的监督与管理,务必要让各项施工活动能够严格依照设计规范、施工方案以及质量标准来执行。凭借过程监控

这一手段,监理人员便能及时察觉施工过程中所出现的偏差、违规的操作或者潜在的质量隐患,并且采取与之相应的调整以及纠正举措,进而防止问题进一步扩大以及避免工程出现返工的情况。具体来讲,施工过程中的监控涵盖了对施工工序进行现场的检查、对施工材料和设备的使用状况予以监督、对施工环境以及安全措施开展核查,还有对施工进度与质量指标实施动态的跟踪。与此监理人员需要针对关键环节着重开展巡查并做好记录工作,对于出现的异常情况要进行分析并且撰写相关报告,最终形成具备可追溯性的质量管理档案,方便后续的整改以及评估事宜^[2]。过程监控还应当借助信息化方面的工具,像是施工现场的实时监控系统以及数字化管理平台,以此达成施工数据的在线采集以及分析的目的,提升监控工作的及时性以及精准度。

2.3 关键工序质量检测

在建设工程项目当中,关键工序质量检测属于确保工程整体质量水准的关键环节,其关键点就在于针对施工过程中对工程质量影响最为突出的那些工序展开重点的监控举措以及严格的验收流程,如此一来便能够有效避免质量问题在后续的施工进程里不断累积或者出现放大的情况。一般而言,关键工序往往涵盖了结构施工、主体安装、防水工程、钢筋绑扎以及混凝土浇筑等诸多核心环节,而这些环节的质量状况是直接同工程的安全性以及耐久性紧密关联起来的。在实际的操作环节之中,监理人员需要依照施工规范以及设计方面的要求,去制定出详尽细致的检测标准以及验收程序,进而对关键工序涉及的材料、所采用的工艺、施工时的环境状况以及具体的施工方法等各个方面展开全方位的检查工作,并且借助抽样检测的方式、开展现场试验以及记录测量数据等多种途径来获取较为可靠的各类数据。对于在检测过程当中所发现的各项问题,应当及时地反馈给施工单位并且督促其切实整改,与此同时还要对整改后的结果予以复核,以此来保证相关问题能够得以彻底的解决处理。

2.4 质量隐患整改问责

在建设工程项目当中,质量隐患整改以及问责属于保障工程质量能够持续获得提升的关键环节,其重点在于借助明确划分责任、迅速开展整改以及严格实施追责等举措,保证在施工进程里所察觉到的各种各样质量问题都能够取得有效的化解。监理人员于施工期间应当针对潜在存在的以及已经发现的质量隐患展开详尽的记录与剖析,及时把问题反馈给施工单位以及建设单位,并且催促施工单位

拟定出具备实际操作性的整改方案以及相应的时间安排。在整改的整个过程之中,监理人员需要对落实的情况予以追踪,核查整改措施是不是契合规范方面的要求以及设计方面的标准,以此来确保问题可以得到彻底的处理。与此要构建起问责的相关机制,对于由于管理力度不够、操作方式不妥当或者存在违规施工等情况致使的质量问题,要严格地去追究那些负有责任的相关人员或者单位的责任,明确界定奖惩方面的制度,进而强化各方对于工程质量的关注程度以及执行的力度^[3]。除此之外,质量隐患整改以及问责应当形成一套完整的档案记录,其中涵盖隐患的具体内容、所采取的整改措施、实施的具体时间、负责的人员以及复查得出的结果等内容,从而为工程的验收工作、质量的评估事宜以及后续的追溯行为给予可靠的依据。

3 改进建设工程监理质量管理的策略方法

3.1 优化改进监理程序

在建设工程监理工作当中,对监理程序予以优化以及加以改进,这无疑是一项能够提升质量管理效率以及有效性的极为关键的举措。其最为关键之处就在于借助科学且合理的程序设计,同时遵循规范化的流程,从而促使监理工作可以更为系统化、更有条理地去推进开展。优化监理程序最初得要清晰明确各个不同阶段监理所应当承担的职责以及工作的要点所在,具体涵盖了施工开始之前针对各项准备工作展开的审查事宜、在施工进程中针对整个过程实施的监管事项、对于关键工序开展的细致检测工作以及施工结束之后所进行的验收评估等工作内容,进而让监理工作能够全面覆盖整个工程的全生命周期,防止出现管理方面存在盲区或者出现重复劳动等情况的发生。与此还应当着手建立起标准化的操作流程以及相应的工作指南,清楚明确像监理记录、各类检查报告、整改方面的反馈情况以及信息传递等诸多环节的具体操作规范,以此来保障监理数据是完整的、具备可追溯性的,并且方便各方展开协作以及相互间的沟通交流。在对程序进行优化的这个过程当中,还需要引入信息化的相关手段,像是数字化管理平台、移动端的巡检工具以及在线的数据共享系统等,借此达成对监理信息能够实时进行采集、深入分析并及时给予反馈的效果,进而提升工作的效率以及响应的速度。除此之外,优化监理程序还应当着重关注动态调整,这依据施工现场实际的客观情况以及工程当前的进度状况,及时对监理策略以及检查的重点内容作出相应的调整,使得监理工作具备更强的针对性以及更高的灵活性。

3.2 细化监理技术标准

在建设工程监理相关工作当中,细化监理技术标准算得上是提升工程质量管理水平并且确保施工规范得以有效执行的一项极为重要的手段。其关键之处就在于要把国家规范、行业标准以及设计要求转变成具备可操作性且能够量化的监理执行细则,从而让监理工作拥有清晰明确的技术依据以及相应的评价标准。细化监理技术标准,首先得针对不一样的施工工序、施工材料还有施工方法去制定出具体的质量要求以及验收标准,这里面就涵盖了施工精度、工艺流程、材料性能、施工环境以及安全措施等诸多方面,务必要保证每一个环节都存在可以用来考核的指标。与此还得对监理检查的方法以及监测的手段做出明确的规定,像现场巡查、抽样检测、仪器测量还有过程记录等等这些都要涵盖进去,以便于监理人员能够较为科学且系统地去对施工质量加以评价。细化技术标准还需要依据工程实际的状况以及项目的具体特点,制定出不同阶段以及不同工序的重点监控内容,把关键节点、检查频次以及验收程序都给明确下来,以此来提升监理工作的针对性以及可操作的程度。

3.3 完善质量检测方法

在建设工程监理相关工作当中,要想让工程施工质量能够符合规范方面的要求以及设计方面的标准,那么完善质量检测的方法就显得极为重要,这可以说是达成这一目标的关键保障所在。其最为关键之处就在于借助科学的、系统的并且多样化的检测手段,针对施工的过程以及那些关键工序展开全面细致的监控活动,同时还要做到有效的评估。要完善质量检测的方法,首要任务就是要清晰明确检测的具体内容、相应的标准以及开展检测的频次。对于像结构施工、主体安装、防水工程、钢筋绑扎以及混凝土浇筑等这些关键环节,务必要着重去进行检测。与此也不能忽视辅助工序以及隐蔽工程,只有这样才能够确保工程的各个部分的质量都处于可以控制的状态^[4]。检测所采用的手段应当包含现场巡检、抽样检测、借助仪器来测量、无损检测还有实验室分析等多种多样的方式。并且要结合施工实际的具体情况去挑选适宜的检测技术,以此来提升检测工作的准确性以及可靠性。还应当建立起统一的检测程序以及记录规范,从而保证检测得出的结果具备可追溯性以及可比对性,进而能够为后续的整改工作以及决策事宜提供较为可靠的依据。完善质量检测的方法,除了上述方面之外,还需要着重关注动态调整这一方面。要依据施工的实际进度以及现场的具体情况,在适当的时候增加或

者对检测内容进行优化。对于在检测过程中发现的质量问题,要及时地予以反馈,同时还要进行复查以及复测等工作,进而形成一个完整的闭环管理机制。

3.4 设置质量追溯体系

在建设工程监理工作当中,设置质量追溯体系属于提升工程质量可控性以及推动责任落实的一项重要举措。其关键点在于构建起完整且系统的记录以及信息管理机制,从而确保工程施工全程里的质量数据、材料使用状况、施工工序还有监理意见均能够得到精准的追踪以及回溯。质量追溯体系需要针对每一个施工环节、关键工序以及隐蔽工程去建立起详细的档案,其中囊括施工记录、材料进场以及使用记录、检测数据、监理签证以及整改和复查的情况,以此达成数据具备可追溯性、可查证性以及可比对性的目的。借助体系化的追溯管理手段,监理人员在察觉到质量问题的时候,便能够迅速确定责任单位或者责任人,弄清楚问题的源头所在,并且能够引导施工单位及时开展整改工作,防止类似的问题再度出现。与此质量追溯体系还应当和信息化平台相互结合起来,凭借数字化管理来实现数据的实时采集、存储以及共享,以此提升追溯的效率

以及透明程度,进而给工程管理者以及相关的监督部门给予可靠的依据。

4 结语

工程监理在建设工程管理中的作用体现在不同方面,不仅可保障建设项目前期投入效益,还可对施工过程严格管控,从多方面出发提高工程质量,借助优化改进后的质量管理措施而维护建设工程秩序,将监理工作渗透到建设工程项目的多个阶段中,借此促进相关行业健康发展。

[参考文献]

- [1]尉建中.建设工程监理的质量管理与改进策略[J].城市建设,2025(14):59-61.
- [2]李红.建设工程监理的质量管理与改进策略[J].城市建设理论研究(电子版),2025(1):50-52.
- [3]张贤彬.建设工程监理实施过程的问题和对策探讨[J].城市开发,2025(2):109-111.
- [4]刘滨.建设工程监理工作质量评价体系研究[J].四川水泥,2024(10):59-60.

作者简介:尹莉华(1986.8—),性别:男,学历:本科,所学专业:土木工程,目前职称:中级。

建筑工程管理工作中精细化模式的应用

蒋婷婷

浙江森威建设管理有限公司, 浙江 东阳 322100

[摘要]建筑工程管理属于一项复杂且极为重要的工作, 其涉及项目规划、设计、施工以及质量控制、成本管理等诸多环节。为了提高工程管理的效率与质量, 精细化管理模式开始逐步在建筑工程当中得以运用。传统的管理方法多依靠经验以及常规手段来开展, 然而随着工程规模变得越来越大, 工艺流程也变得越来越复杂, 这种方式已经很难满足现代建筑工程对于高效且精确管理方面的需求了。精细化模式借助系统化、标准化以及数据化等手段, 给建筑工程管理带来了全新的思路与方法。鉴于此, 这篇文章针对建筑工程管理工作中精细化模式的应用展开了较为细致的分析, 希望能够为从事相关工作的人员给予一定的理论参考以及实践方面的指导。

[关键词]建筑工程管理; 精细化模式; 技术应用

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18256

中图分类号: TU712

文献标识码: A

Application of Refined Mode in Construction Project Management Work

JIANG Tingting

Zhejiang Senwei Construction Management Co., Ltd., Dongyang, Zhejiang, 322100, China

Abstract: Construction project management is a complex and extremely important task, involving project planning, design, construction, quality control, cost management, and many other aspects. In order to improve the efficiency and quality of engineering management, the refined management mode has gradually been applied in construction projects. Traditional management methods often rely on experience and conventional means to carry out tasks. However, as the scale of projects becomes larger and the process becomes more complex, this approach is no longer able to meet the needs of modern construction projects for efficient and precise management. The refined mode, with the help of systematization, standardization, and dataization, has brought new ideas and methods to construction project management. In view of this, this article provides a detailed analysis of the application of refined models in construction project management, hoping to provide theoretical reference and practical guidance for personnel engaged in related work.

Keywords: construction project management; refinement mode; technology application

引言

随着我国建筑行业不断发展, 工程项目规模变大, 工艺变得复杂, 对工程质量、安全、进度和成本的要求也提高了。传统管理模式难以满足现代建筑需求, 工程项目施工常有质量问题、进度延误、成本超支和安全事故等风险。精细化管理模式出现, 它通过系统、精确和数据化管理, 实现施工可控、可追溯和可优化, 依靠信息化和智能化技术, 全方位监控和科学决策。本文探讨精细化管理模式在建筑工程的应用, 分析其提升效率、降低成本、保障安全的作用, 为建筑企业推进精细化管理提供参考, 推动建筑工程管理向智能、科学和高效的方向发展。

1 精细化模式在建筑工程管理中的优势

1.1 提高效率 and 准确性

精细化管理模式注重细节, 能够提高工作的准确性和质量。这一模式要求对项目的每一个环节进行详细规划和设计, 从而确保每个步骤都能够得到准确执行。通过精细化管理, 可以最大程度地降低错误和失误的发生, 提高工作的准确性, 并为项目的顺利进行提供了有力保障。此外, 精细化管理模式注重实时监控和控制, 能够提高工作的效率。该模式要求对项目的各项指标和关键节点进行实时监控和掌控, 及时发现和解决问题, 避免延误和拖延。通过精细化管理, 可以更好地协调各个环节的工作, 提高工作效率, 并且使项目能够按时完成。同时, 精细化管理模式

注重资源的合理调配和利用，能够优化成本控制。

1.2 降低风险和成本

精细化模式应用于建筑工程管理，可大幅削减工程项目所面临的风险以及相关成本。借助精细化管理手段，施工单位能够针对项目的整个实施过程展开较为完备且有条件的把控操作，从根源之处去防范各类风险出现，进而将其发生概率降至最低。就好比在施工质量管理环节中，精细化模式会清晰明确地界定施工标准，着重强化对于各个工序的管控力度，并且还会引入能够实时监测情况的系统，如此一来便能有效地将质量方面的缺陷数量以及返工的频次都降下来，进而在很大程度上缩减因为工程返修而产生的那些额外的成本开支。就安全管理这块而言，凭借精细化开展的风险评估工作、现场巡查检测活动以及隐患细致排查举措，能够及时察觉到潜在存在的安全隐患，并且随即采取具有针对性的相关措施去应对，以此来让事故发生的可能性得以降低，与此同时还能减少在事故后续处理以及赔偿事宜上所需要花费的成本。在成本控制这个层面上，精细化模式着重强调要对资源予以科学合理的调配安排，并且做到优化使用。通过精准细致的材料、设备以及人工方面的管理工作，能够避免出现资源浪费以及超出预算支出的情况，进而促使资金的使用效率得以提升^[1]。除此之外，信息化以及智能化技术的运用更是进一步强化了成本预测以及风险控制的能力，使得管理人员能够依据数据分析结果来做出决策，达成风险预警以及动态成本管理的效果，最终在确保工程质量和安全万无一失的基础上，实现项目经济效益达到最大化的良好局面。

2 信息化和智能化在管理中的应用现状

在现代建筑工程管理领域当中，信息化以及智能化技术的应用已然成为促使管理效率得以提升、推动精细化水平向前发展的极为重要的一种手段。信息化管理借助施工管理软件、企业资源计划系统也就是 ERP 还有 BIM 即建筑信息模型等一系列平台，达成了项目数据的集中存放、相互共享以及有效分析，使得各个管理环节所涉及的信息能够实现实时的流转以及精准的追踪，进而提升了项目整体所呈现出的透明程度以及可控的程度。而智能化技术则是依靠物联网传感器、无人机巡检、智能摄像头、自动化设备以及人工智能算法，针对施工现场的质量状况、安全情况、工程进度以及资源使用等方面展开实时的监测活动并开展相应的数据分析工作。比如说，温湿度传感器、振动监测装置以及施工机械状态监控系统可实时采集到关键的相关参数，以此来辅助管理人员全面且准确地掌握现

场的实际动态；无人机以及三维扫描技术能够迅速获取施工的进度信息以及结构方面的信息，进而实现施工状态的直观可视化的呈现效果。与此人工智能技术在数据处理以及模式识别这两个方面都发挥出了十分重要的作用，其通过对海量的历史数据以及实时数据加以分析，能够识别出施工过程中出现的异常情况、预判出潜在的问题并且辅助做出相关决策，最终实现在项目管理当中达成更高精度的监督以及评估效果。

3 精细化管理模式在建筑工程中的应用

3.1 项目全过程管理精细化

在建筑工程领域当中，项目全过程管理精细化乃是精细化管理模式最为关键的体现形式，其着重于对工程自立项、设计、施工直至竣工交付的每一环节都展开系统化且精确化的管理举措^[2]。在立项这个阶段，借助于明确界定项目目标、精心制定详尽的施工方案以及精准的资源计划等方式，达成前期准备工作朝着科学化的方向发展；在设计阶段，运用 BIM 技术以及三维建模手段针对设计方案予以可视化分析操作，从而能够在事前便发现潜在的冲突以及各类问题，以此来保证设计和施工能够高度契合；在施工阶段，凭借施工计划的分解处理、工序的标准化规范、对关键节点加以管控以及实施实时进度的监测等办法，实现对施工活动进行全程的跟踪以及动态的调整操作，进而确保各个分项工程都能够按照预定计划顺利推进；在质量以及安全管理方面，项目全过程精细化着重强调标准化的作业流程、实时的监测机制以及数据记录工作，使得每个环节的质量状况以及安全情形均能够实现可追溯以及可评估的目标；在竣工验收与交付阶段，通过开展资料归档整理、工程质量的核查检验以及绩效评估等相关工作，最终达成项目管理形成完整的闭环状态。

3.2 工程质量精细化控制

工程质量精细化控制属于建筑工程精细化管理模式的关键部分，其要点在于借助系统化、标准化以及数据化等手段针对施工全程予以严格把控，从而保证工程质量能够达成预期目标。在施工初始阶段，通过制定详尽的质量管理计划以及施工工序标准，清晰明确每一道工序的施工要求、检验标准与验收方法，以此给施工给予科学方面的依据；在施工进程当中，运用 BIM 模型、三维扫描、无人机巡检还有传感器监测等一系列信息化手段，针对关键节点以及隐蔽工程展开实时的监督工作，达成对施工质量的动态化管理；与此通过构建质量数据记录以及追溯体系，将每一项工程材料、施工工序、检验结果以及整改情况都

详细地记录下来,确保质量信息能够做到可追溯、可分析;精细化质量管理还着重于工艺优化以及持续改进,通过对历史数据与现场监测数据加以分析,及时察觉潜在的问题并实施改进举措,降低施工缺陷以及返工出现的概率。

3.3 工程成本精细化管理

工程成本的精细化管理属于建筑工程精细化管理模式中的一个重要环节,其关键之处就在于借助对整个过程以及所有要素展开精准把控的方式,达成资源的最为合理的配置状态以及让经济效益得以最大程度地实现。在项目刚开始立项以及处于设计阶段的时候,着手去编制详尽的预算内容、成本方面的计划以及各类材料清单,以此来针对工程各个不同分项的成本做出精确的预测并且加以细致的分解处理,进而能够为后续的施工环节给予数量化的参考依据。而在施工阶段当中,则会运用信息化管理的相关平台以及 BIM 技术,针对材料的实际消耗情况、人工投入的具体状况、机械使用的相关情况还有分包费用等方面展开实时的监控操作并且实施动态的调整举措,以此确保各项支出都能够严格地控制在预先设定的预算范围以内。与此还通过构建起成本数据的采集体系、分析体系以及追溯体系,能够对出现的异常支出情况、存在浪费的行为以及潜在的经济风险予以及时的识别,从而助力管理者开展更为科学合理的决策工作^[3]。除此之外,精细化管理还着重强调工序的优化程度、计划安排的合理性以及资源调度的效率高低,通过精准的计算方式以及对施工方案进行优化处理,进而降低那些不必要的资源浪费现象以及避免重复施工的情况发生,最终实现对工程总成本的有效控制。

3.4 施工进度精细化管理

施工进度精细化管理属于建筑工程精细化管理模式里的重要构成部分,它的核心目标是要借助科学规划、实时监控以及动态调整等方式,以此来保障工程能够依照计划高效地向前推进。在项目刚开始的时候,精细化进度管理会把总体施工计划细化成各个分项工程以及关键节点,清楚明确每一个工序所对应的时间安排还有资源投入情况,从而给施工给予精确的时间安排表以及控制方面的依据。在施工正在开展的过程当中,结合运用 BIM 技术、项目管理软件还有传感器监测等一系列信息化手段,针对施工现场人员、设备以及材料使用的情形展开实时的追踪,及时且准确地掌握进度出现的偏差以及潜在存在的延误风险。与此通过对进度数据加以分析并且以可视化的形式予以展示,管理者可以迅速识别出瓶颈所在的

环节,进而开展合理的调度工作以及对资源配置进行优化,以此来确保各个工序能够有序地相互衔接起来。除此之外,精细化进度管理还着重强调动态调整机制,依据现场的实际状况对计划做出科学合理的修正,以此来降低延误以及停工所占用的时间,提升施工的效率以及对整体工期的控制能力。

3.5 安全与环境管理精细化

安全与环境管理的精细化属于建筑工程精细化管理模式里的一个重要构成部分,其关键之处就在于运用科学化、系统化以及数据化的相关手段,针对施工现场存在的安全风险还有环境方面的诸多因素展开全方位的把控工作。在施工正式开始之前,精细化管理会通过去制定出十分详尽的安全管理制度、各项操作规范以及专门的环境保护方案,以此来清晰明确各个工序所对应的安全方面的要求、潜在的风险点以及相应的防护举措,从而给施工过程给予制度层面的有力保障。在施工实实在在地开展进程当中,借助于物联网传感器、视频监控设备、智能穿戴装备以及安全管理软件等工具,可对那些存在危险的作业区域、至关重要的设备以及施工人员的实际状态实施实时的监测操作,进而达成对高风险作业进行动态化监管的目标。与此精细化环境管理会通过扬尘、噪声、废水以及废弃物排放等情况加以监测,以此确保施工活动能够切实符合环保方面的标准规定以及相关的法律法规要求。通过构建起安全与环境数据记录以及追溯的相应体系,管理者便可以针对各类事故隐患、违规的操作行为以及环境方面的问题展开及时且细致的分析与评估工作,进而实现让风险变得可视化并且处于可控的状态。

3.6 信息化与智能化辅助精细化管理

信息化以及智能化辅助精细化管理属于建筑工程精细化管理模式的关键支撑手段,其核心要点在于借助先进技术的应用来达成施工全过程的智能化监控以及数据驱动决策的目的。在项目管理方面, BIM (建筑信息模型) 技术可以把设计、施工还有运营数据整合到三维可视化平台当中,以此实现工程信息的全方位共享以及动态更新。而物联网传感器、无人机巡检、智能摄像头以及自动化设备能够在实时采集施工现场的质量、安全、进度以及资源使用数据,进而保证管理者能够对现场状况做到全面且细致的掌握。与此人工智能和大数据分析技术针对海量监测数据展开处理与建模工作,能够识别出潜在的风险,预测到工程出现的异常情况,并且给出科学的决策依据^[4]。借助管理软件以及移动终端,项目管理人员便能随时随地开

展远程监控以及指挥操作,达成对工程各个环节的即时控制以及协同调度的目标。信息化与智能化技术的应用不但提升了数据获取的及时程度以及精确水平,减少了人为出现的疏漏以及管理存在的盲区,而且强化了施工过程的透明特性以及可追溯的能力,促使精细化管理从传统的依靠经验的控制模式转变为科学化、智能化以及数字化的管理体系,最终实现工程管理效率、质量、安全以及经济效益的全面提升。

4 结语

在建筑工程管理领域运用精细化模式,凭借全过程的标准化管控以及信息化、智能化技术给予的助力,可达成对施工质量、进度、成本还有安全方面的精准化管理。精细化管理不但提升了各个环节的可控制程度与透明度,而且还有效地降低了施工期间的风险以及资源的浪费情况,使得项目管理具备了更强的科学性与更高的效率。与此借助对数据展开实时监测与分析,管理者可以及时察觉到问

题并且做出相应的调整,以此来优化施工方案,确保工程能够顺利地向前推进。此种模式在实际当中的应用,为建筑企业在提升自身管理水平以及实现高质量施工方面,给出了切实可行的具体方法以及行之有效的手段。

[参考文献]

- [1]周佳晶.建筑工程管理工作中精细化模式的应用[J].价值工程,2025,44(8):145-147.
- [2]王昶.浅谈建筑工程的精细化管理[J].城市建设理论研究(电子版),2019(5):25.
- [3]杨富平.精细化管理在住宅建筑工程项目管理中的应用[J].居舍,2025(34):165-168.
- [4]鲁永苍,吕芳芳.建筑工程施工质量精细化管理策略研究[J].居业,2025(10):232-234.

作者简介:蒋婷婷(1981.11—),女,毕业院校:国家开放大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:浙江森威建设管理有限公司

多层钢结构厂房安装技术及其质量控制研究

黄志刚

新疆北新永固钢结构工程有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]多层钢结构厂房因其强度高、施工周期短等优点,在工业建筑中得到了越来越多的应用。为此,本项目拟对其安装施工的核心技术环节进行系统研究,重点掌握空间位置参数的测量监测和偏差校正方法,对高强螺栓连接过程质量控制的关键环节进行深入研究,并根据自己的实践经验,对钢结构安装节点焊接过程的质量控制体系进行系统的研究,为科学合理地安装多层钢结构厂房提供技术支持,切实满足工程实际需要。

[关键词]多层钢结构; 厂房安装; 安装技术; 质量控制

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18251

中图分类号: TU3

文献标识码: A

Research on Installation Technology and Quality Control of Multi-layer Steel Structure Factory Buildings

HUANG Zhigang

Xinjiang Beixin Yonggu Steel Structure Engineering Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Multi-layer steel structure factories have been increasingly used in industrial construction due to their high strength and short construction period. To this end, this project plans to conduct a systematic study on the core technical aspects of its installation and construction, focusing on mastering the measurement, monitoring, and deviation correction methods of spatial position parameters, conducting in-depth research on the key links of quality control in the high-strength bolt connection process, and based on its own practical experience, systematically researching the quality control system of the welding process of steel structure installation nodes, providing technical support for the scientific and reasonable installation of multi-layer steel structure factories, and effectively meeting the practical needs of engineering.

Keywords: multi-layer steel structure; factory installation; installation technology; quality control

引言

与传统的混凝土结构相比,多层钢结构具有高强度、短建设周期和高工业化程度等特点,在工业生产空间营造方面表现出独特的竞争优势,已经成为现代工业厂房的主要结构形式之一,但其安装过程涉及空间定位、连接工艺和焊接质量等多个技术难题,其中任何一个环节出现差错,都有可能影响到结构的安全和使用功能。

1 工程概况

本项目拟采用总承包方式建设一批多层钢结构厂房15幢,总建筑面积约12万 m^2 ,其中,标准型4层工业厂房面积最大,面积约98000 m^2 ;配套建设六层孵化器,总面积22,000 m^2 ,根据不同的功能要求,该项目的建筑高度按照不同的功能进行分层设计,最小为18~24m,单体建筑的最大跨径为25~28m,该结构采用钢框架-支撑相结合的形式,主要材料为Q355B型钢,钢柱为方管柱,

钢梁为热轧H型钢,单榀钢构件吊装重量为6.5t,项目按照工厂预制+现场组装的方式进行施工,所有的钢构件都是在专业的加工基地按照设计图制作的,经过质量检验合格后运到施工现场,采用高精度的吊装技术进行安装作业。图1详细描述了结构的典型部件图。

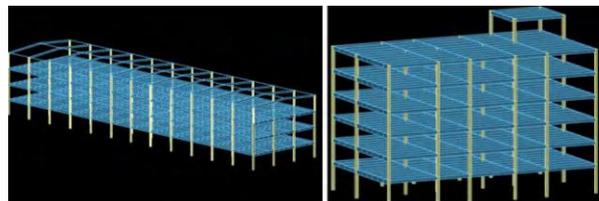


图1 中小型企业厂房和小微企业孵化器主骨架图

2 多层钢结构厂房安装技术

2.1 立柱基础施工要点

立柱安装基础处理是结构整体稳定的一个重要环节,在施工过程中要注意混凝土浇筑和地脚螺栓安装的效率

和精度，混凝土浇筑完毕后，应严格按照规范要求检查，如发现标高与设计值有 50mm 以上的偏差，应及时调整后继续钢梁安装高度，在施工前的准备阶段，要对预埋地脚螺栓进行精确定位，尽量把标高偏差控制在最小范围内，并保证轴线偏差符合要求，具体操作中，需要先将钢筋按照井字形排列绑扎好，然后将锚栓和柱主筋焊接在一起，最后再浇筑混凝土，形成稳定的基础结构。

2.2 立柱吊装施工流程

在进行钢结构吊装前，要对构件的定位轴线、标高和地脚螺栓的位置进行全面检查，实际吊装顺序按照先内后外，层层推进的原则，由中心部位开始，逐渐向外延伸；首先安装主钢梁，然后再进行框架梁等附属结构的安装，最后形成由基础至顶部的整体框架体系。特别要指出的是，在初期吊装阶段，独立钢柱与主体结构之间没有形成有效的连接，不能承受横向外力和弯矩，存在较大的失稳风险，为了解决这个难题，需要在每根钢柱三边加斜撑杆，将斜撑杆与钢柱体刚性连接，形成横向稳定约束；同时，在钢柱顶端设置风缆，利用风荷载来抵消风荷载或其他外力造成的结构倾斜，待主体结构基本成形后，再对已安装的构件进行二次补强，以保证结构的强度和整体安全。本项目中使用的最大直径为 22m 的钢柱，全部钢材在工厂集中生产，运输到工地，钢柱的吊装采用 80t 全车吊一台，为了避免钢柱底部与地面发生碰撞造成地脚螺栓损坏，在钢柱根部需要预先铺上木垫板，以起到缓冲的作用。吊装过程中，首先对齐预埋螺栓孔的钢柱底板，缓慢下降，使底板准确地落在调整螺栓上；然后用调整螺栓顶端的螺帽和垫片对钢柱进行初步定位，再用全站仪等测量工具对钢柱的平面位置、标高和垂直度进行检查，在标定过程中，首先采用调整底螺母的方法来调整标高偏差，然后调整水平仪来控制立柱的水平度，最后对竖直方向的倾斜误差进行校正，以上调整需要反复校核，直到钢结构的高程、面位和垂直度都在规范允许的范围。

2.3 主梁吊装与节点连接施工要点

小立柱尺寸偏差的控制是泵管吊装过程中的一个重要环节，对于框架梁柱连接，通常采用刚性构造，采用高强度螺栓连接和焊缝连接的双重方式来提高结构的稳定性，结合工程实例，在钢筋法兰完全熔透的情况下。为了进一步提高建筑物的安全性，需要加强焊缝的质量，对梁腹板和上部剪力板连接处，在初步连接完成后，需用高强度螺栓二次固定，安装初期，应全面检查梁法兰面的装配精度，如有需要，可在相应位置增加隔板辅助定位，特别

要注意高强度螺栓拧紧操作应严格按设计要求进行，以保证接头可靠。

2.4 空间参数测量、调控与校正技术应用

在钢结构构件安装过程中，空间位置的精确控制是保证其承载力和安全的关键，在实际应用中，需要科学地选择位置控制参考点，利用激光经纬仪、校正仪等设备对构件和整体结构进行动态跟踪测量，是提高安装精度的关键，在实施过程中，要根据施工区域的总体规划要求，在各个工作空间中合理布置施工测量控制点，使其在构件安装初期能够快速获得定位数据，并能够通过校正后进行后续检测，形成闭环控制。在此基础上，通过对建筑物各构件空间位移的实时监测，及时调整结构稳定性和节点连接形式，保证安装误差在允许范围之内，针对施工过程中可能出现的特殊情况，对测量、测量数据进行预分析处理，有效减小结构内部应力释放引起的施工应变，进一步提高施工过程的可控性。

2.5 高强度螺栓连接的质量管控要点

在装配高强螺栓初期，应着重检查两个关键指标：扭矩系数和预紧力，针对连接摩擦面抗滑移系数的测量，需要事先与供货厂家建立有效的沟通，并使用专用试件进行测试，扭矩系数和预紧力的具体测定，必须密切结合施工现场的实际情况，一般采用拉拔试验法。对于螺栓的拧紧工作，要熟练掌握初拧和终拧的操作规范，可以用手动扳手或者电动扳手来完成初拧工序，在具体操作中，要根据螺栓初拧次数和混凝土浇筑进度动态调整，保证初拧扭矩严格控制在终拧扭矩的 50% 以内；在最终拧紧阶段，需要使用电子扭力扳手进行精确的施力，并对预紧力进行实时读取和记录，以确保连接的可靠性。

2.6 节点焊接质量控制技术

目前，国内外对钢柱与钢梁连接的研究主要集中在高强螺栓和焊接两种方式上，其中钢梁翼缘板可以直接和梁身单 V 形坡口区域和挤压板单边完全熔透焊接连接，具有良好的力学性能，为了保证焊接质量，在柱腹板单元的上、下两端都要加衬垫片，而在柱腹板单元的上、下两端都要设置一根导弧板，导弧板的曲率半径通常为 35mm，在实际工程中，法兰连接可以按照设计要求，先焊接前面，再焊接后面；当法兰厚度大于 30mm 时，需要将上、下法兰位置互换进行焊接。针对箱形柱与 H 型柱之间的双翼板连接部位，由于两侧板材料收缩率的不同，需要两名焊工同时进行焊接，以防止由于单边收缩不均匀而引起的焊接后倾斜，点焊机器人辅助定位，打底焊接，钢柱组装的

连接板固定,以及对精度要求不高的场合,手工电弧焊和超临界二氧化碳气体保护半自动焊接都是常用的,二氧化碳气体保护焊接技术主要应用在钢柱主体焊接、钢柱组合焊接、支架结构焊接、桁架系统焊接以及各种对接接头焊接。

2.7 钢结构安装误差控制技术

在施工过程中,为了保证构件的整体稳定,往往采用激光经纬仪和校正仪等设备,实时跟踪和动态计算各个构件的位移数据,在具体操作过程中,需要先计算出初始位置参数,在初步修正完成后,再根据实际偏差对原参数进行修正,再根据修正结果对计算参数进行调整和优化,另外,还需要对整体构件的空间位移进行专门的计算分析,并在构件连接完成后,提出有针对性的调整方案。实践证明,造成钢结构安装偏差的主要原因有三:吊装过程中构件之间的碰撞引起变形;温度变化引起的热胀冷缩变形;焊接时由于热收缩而引起的变形,如果在构件从分块到整体装配的整个过程中,如果不能采取有效的保护措施,将会严重影响构件的结构安全性,因此,在构件的搬运、倒运和二次安装等环节,需要采取有针对性的保护措施,如选择合适的提升设备,对易损部位进行局部加固等,提高构件的抗变形能力,防止施工过程中发生不可预料的问题。为了保证装配的精度,需要对前一件零件的位置进行连续观测,并结合监测数据,仿真分析误差的范围和发展规律,在后续元件的定位测量中,需要着重于节点位置的预校正,并通过预先的干预来减小累积偏差。

2.8 柱、梁吊装施工技术

尖形圆钢支架吊装前,需将牵引绳绑在一端,以防止钢管自地起吊时人工牵引,防止支架意外滑倒,横梁两端立柱安装完毕后,需安排专人攀登每一立柱操作梯,配合泵管安装工作。吊装前,需在梁体设计吊挂点上用U型螺丝精确定位钢丝绳与梁连接点的位置;同时调整绳提提升高度,保证多个提升设备同时工作,避免梁在受力不均的情况下发生摆动,为了进一步保证吊装过程中的稳定,需要在主梁两端绕上钢丝绳,并将其拧紧,这样就能有效地抑制梁的摆动,实现位移方向的准确调控。对于需要均匀吊装的梁,一般采用框架梁柱板专用工具辅助施工,即先将梁体腹面上的螺丝接口打开,再将梁体承剪面与钢柱板的连接处交叉定位;然后将临时螺丝接头固定,在螺栓初拧前,先用目测方法对梁体和钢柱之间的垂直度和标高进行初步校正。

2.9 新型钢结构梁柱连接节点技术

螺栓焊接相结合的刚接节点,是一种常用的钢结构连

接形式,考虑到梁法兰贯穿焊接和腹板高强度螺栓连接的场合,横梁法兰处需要预先设置立柱分隔件,本项目创新性地采用了外方管式梁柱节点技术,该节点结构可以直接粘贴在立柱外板上,不需要将梁法兰直接连接到立柱挡板上,从而大大提高了钢结构的生产效率。本技术具有以下优点:当采用一定强度等级的螺栓连接时,钢柱不需要断开就能保证节点刚度,并能有效地减少焊缝数目;连接结构简洁明了,大大减小了安装过程中的影响。

2.10 非承载压型钢管结构混凝土楼盖板设计

模压板是由薄的镀锌钢板经过滚压、冷弯成型而成的W形等截面形状,主要作为楼板钢筋绑扎和浇筑混凝土时的临时模板使用,它的显著优点是重量轻,硬度高,强度高,阻燃性好,抗火防腐性能比传统材料进一步提高,与普通现浇砼框架相比,该楼盖可免去繁琐的钢筋绑扎和模板支撑工序,施工便捷性突出;与一般的装配式板框相比,它具有更好的稳定性和更高的整体承载力,特别适合在抗震建筑中使用。

2.11 钢梁、钢柱防腐防火一体化技术

钢结构涂层技术的优劣,直接关系到涂层性能的发挥和使用寿命的长短,特别要注意的是,该涂料为半成品,必须经过标准化喷涂处理,才能达到防火作用,所以,在施工前,所有的钢构件都要做好防潮工作,本项目的设计耐火等级是二级,钢柱的整体耐火极限大于2.5h,钢柱的焊接节点耐火极限大于1.5h。对于高强度螺栓和机械连接面、金属接触面和加强筋连接部位,焊接作业两侧30~50mm的范围内,如果按照出厂温度施工,不需要另外涂漆,施工完毕后,用安装焊接专用的钢丝刷头对焊缝及其周围进行喷砂除锈,达到Sa2.0清洁标准后,才能开始防腐防火涂料的施工,待底漆干后,用专用喷枪对耐火材料进行喷涂;最后,修补部分破损的漆膜,保证表面的一致性和完整性。钢柱耐燃涂料是以聚磷酸铵、蜜胺、季铵、亚氯酸蜡和耐火纤维制品为主要原料,黏结剂包括丙烯酸乳液、醋酸乳液等,注意:第一次涂敷厚度不得大于1.2mm;当涂料完全干燥后,将后续涂料的施工强度逐级提升,直到满足防火要求,每1h涂一次,1.5h涂2次,2h涂3次,2.5h涂4次。钢梁组装用耐火材料的组成和钢柱相似,由聚磷酸铵,三聚氰胺,季铵盐,亚氯酸蜡,双氧化物等组成,粘剂选择丙烯酸乳液,氨基树脂,100水溶液,聚醋酸乳液,防沉降剂等,施涂时要充分搅拌,第一次涂敷厚度要控制在0.5mm以内,6h后才能进行下一步的施工。

3 施工应用效果与分析

本项目采用 KPC10 型、KPC21 型高精度压力传感器,对墙体、屋面钢板共设置 11 个监测点,对关键部位的抗压强度进行实时监测,具体的监测数据见图 2,由图 2 的直观显示可以看出,所选的 10 个有效测点的抗压强度都在 2.4MPa 以上,试验结果表明,整个钢结构没有明显的变形特征,强度指标已经超过了设计要求,从侧面证实了钢结构在施工期间没有出现明显的变形问题,进一步分析发现,这次采取的安装施工工艺和质量控制方法,有效地提高了工程质量,整个过程的质量控制表现出了很好的稳定性。

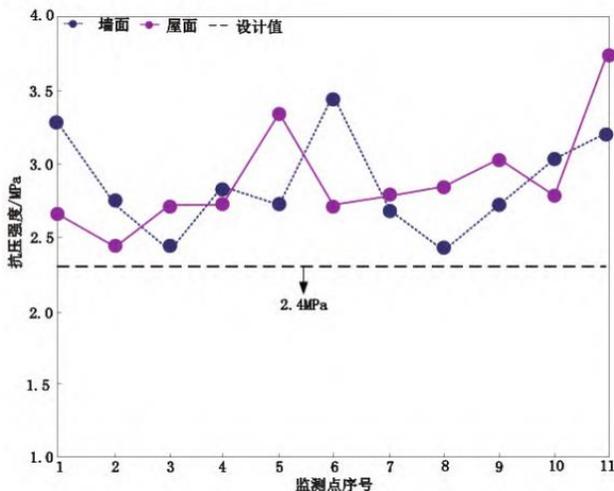


图 2 钢结构抗压强度测试结果

4 结论

综上所述,结合工程实践,将多层钢结构安装施工技

术应用于以下几个关键环节:系统梳理板墙吊装技术、梁端连接技术、无支撑型钢结构混凝土模板应用等专项技术,建立一套覆盖全过程的监理实施保障体系,有效解决施工过程中暴露出的具体问题,促进高层钢结构工程建设效率的提升。

[参考文献]

- [1]张贤龙.多层钢结构厂房安装技术及其质量控制研究[J].住宅产业,2025(7):94-96.
- [2]王西胜.超大型无缝多层钢结构高洁净厂房建造关键技术研究与应用[J].陕西建工集团股份有限公司,2020(5):14.
- [3]李剑峰.多层钢结构厂房安装施工技术分析[J].江西建材,2020(4):165-166.
- [4]王杰生.多层钢结构厂房安装施工技术[J].价值工程,2019,38(35):166-169.
- [5]陆海涛,郭菁楠,徐山山,等.多层电子工业厂房钢结构安装施工技术[J].浙江建筑,2016,33(9):43-47.
- [6]梁中力,黄文明,齐立军.浅谈钢结构工业厂房设计与安装施工[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2010(9):282.
- [7]林永忠.论多层轻钢厂房安装的几种结构体系比较[J].安装,2005(8):47-48.

作者简介:黄志刚(1980.8—),男,毕业院校:中国地质大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:新疆北新永固钢结构工程有限公司,职务:项目负责人,职称级别:工程师(中级)。

建设工程监理的质量管理与改进策略探讨

郦志俊

丹阳市建设监理中心有限公司, 江苏 丹阳 212300

[摘要] 监理属于保障建设工程质量的关键环节, 在施工进程里应当切实履行自身职责, 对工程质量予以严格把控, 同时持续对管理方案加以优化。并且在此基础之上, 进一步探寻改进策略, 像优化监理程序、细化监理技术标准、完善质量检测方法以及建立质量追溯体系等, 期望能够提高工程监理的科学性程度、精细化水准以及整体的质量保障能力。

[关键词] 建设工程监理; 质量管理; 改进策略

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18245

中图分类号: U41

文献标识码: A

Exploration of Quality Management and Improvement Strategies for Construction Project Supervision

Li Zhijun

Danyang Construction Supervision Center Co., Ltd., Danyang 212300, Jiangsu

Abstract: Supervision is a key link in ensuring the quality of construction projects. During the construction process, it should effectively fulfill its responsibilities, strictly control the quality of the project, and continuously optimize the management plan. And on this basis, further exploration of improvement strategies, such as optimizing supervision procedures, refining supervision technical standards, improving quality inspection methods, and establishing a quality traceability system, is expected to improve the scientific level, refinement level, and overall quality assurance capability of engineering supervision.

Keywords: construction project supervision; quality management; improvement strategy

引言

在现代的建设工程项目当中, 工程质量同建筑物的安全性、耐久性以及使用功能有着极为紧密的关系, 它还是用来衡量工程管理水平以及施工企业综合实力的一项重要指标。伴随着我国城市化进程的不断加快以及基础设施建设规模的持续扩大, 工程项目类型变得日益复杂起来, 施工技术以及工艺也在不停地更新换代, 如此一来便对建设工程的监理质量提出了更高的要求。不过在实际的工程管理进程里, 依旧存在着质量隐患频繁出现、监理职责不够清晰明确、过程控制做得不到位以及整改追溯机制不够完善等一系列问题, 这些问题致使部分工程在施工期间出现了返工、延误乃至安全风险等诸多情况。所以说, 对建设工程监理的质量管理体系及其改进策略展开科学且系统的探究, 一方面有助于提高监理工作的规范程度以及实际效果, 另一方面还能为工程质量风险的预防以及控制给予相应的理论依据与实践方面的指导。此项研究通过对建设工程监理质量管理的现状、关键环节以及潜在问题加以分析, 去探讨施工前、施工中以及关键工序的质量控制办

法, 并且提出优化监理程序、细化技术标准、完善质量检测以及建立追溯体系等相关改进策略, 期望能够达成监理工作的全过程、全方位以及精细化管理, 进而提升建设工程的整体质量水准以及安全保障的能力。

1 建设工程监理的质量管理的重要性

建设工程监理在工程项目中具有至关重要的作用, 其核心价值体现在多个方面。首先, 监理通过审查设计文件、监督施工过程及检验材料和构配件等环节, 确保工程在规划、施工到竣工的各个阶段符合国家规范和合同要求, 有效预防质量缺陷和事故的发生。其次, 监理覆盖工程前期准备、施工实施及竣工验收全过程, 通过巡视、旁站和平行检验等方式及时发现和纠正质量问题, 强化施工工艺的规范性和连续性。此外, 严格的质量监督能够减少返工、浪费和安全事故, 从而控制成本、缩短工期, 并提高工程耐久性和可靠性, 提升项目的经济及社会效益。监理作为独立第三方, 还能协调建设单位、施工单位和设计单位等各方关系, 督促各方落实质量责任, 确保各环节无缝衔接。最后, 监理在验收及保修阶段的参与推动了质量问

题的整改和持续改进，同时保障项目符合法律法规要求，为工程长期运营的质量监测和管理提供了可靠基础。

2 建设工程监理质量管理方案

2.1 施工前质量预控

在建设工程即将实施之际，监理单位应当把质量预控当作核心要点，有序开展各项前期的管控事宜，从根源处削减质量方面的风险。一开始，监理人员得全方位地去熟悉工程设计方面的文件、施工时所用的图纸以及与之相关的技术规范，针对设计意图、结构呈现的形式还有关键技术方面的要求展开细致的审查工作，要敏锐地察觉到图纸里存在的错漏、冲突或者不合理的部分，并且及时把这些情况反馈出去，推动相关单位对这些问题予以优化和完善处理。要严格审查施工组织设计以及专项施工方案，着重留意施工所采用的工艺、所遵循的技术路线、质量控制所采取的措施以及涉及的安全保障方面的内容，务必要保证这些内容具备科学性、可行性并且符合规范的相关要求。与此还要对施工单位的质量管理体系、人员所具有的资质、主要管理人员以及特种作业人员的持证状况进行核查，确保其拥有与之相对应的质量管理能力以及施工能力。除此之外，监理单位还需强化对进场材料、构配件以及设备源头方面的控制力度，借助审查合格证明文件、见证取样以及复检等手段，避免不合格的材料流入到施工现场当中。

2.2 施工中过程监控

在施工阶段，监理单位应当把过程监控当作质量管理的关键内容，借助全过程且动态化的管理手段来保证工程质量始终处于可控状态。监理人员要依据经过批准的施工组织设计以及相关技术标准，采用旁站、巡视和平行检验相结合的方式去开展监理工作，着重对施工工艺的执行状况、工序衔接的质量以及关键技术参数的落实程度加以监督，以便及时察觉并纠正那些不符合规范及设计要求的行为。与此需要严格把控隐蔽工程以及分项、分部工程的施工质量，督促施工单位在完成自检并且合格之后再去找请监理进行验收，要是没有经过检查并得到确认的话，就不能进入到下一工序^[1]。对于施工过程中所出现的质量偏差以及各类问题，监理单位要及时签发监理通知单，清晰地明确整改的具体要求以及期限，并且还要对整改后的结果展开复查予以确认，从而形成一种闭环式的管理方式。还得强化对施工进度与质量之间关系的协调工作，避免因一味赶工期而对质量控制有所忽视。

2.3 关键工序质量检测

在建设工程实施进程当中，关键工序的质量检测属于

监理质量管理里极为重要的一环，它同工程的整体质量以及结构安全存在着直接关联。监理单位得依照设计文件、施工规范还有相关的标准来明确关键工序以及质量控制要点，针对那些涉及结构安全、使用功能以及耐久性的工序要实施重点的管控举措。监理人员需在关键工序施工开始之前对施工条件展开核查，确认人员、设备、材料以及工艺均已符合施工的要求；在施工的过程中，借助旁站监理、实测实量、现场取样以及试验检测等途径，对施工参数、操作过程以及质量结果进行全程的监督；施工完成之后，严谨地组织开展检验与验收工作，仔细审核检测数据以及记录，保证其真实、完整并且具备可追溯性。对于检测过程当中发现的不合格项目，监理单位应当及时要求施工单位去分析产生原因并采取行之有效的整改措施，倘若有必要的话，甚至要暂停相关工序的施工，直到质量问题得以妥善解决。

2.4 质量隐患整改问责

在建设工程监理质量管理进程里，面对施工期间察觉到的质量隐患，应当构建起规范且严谨的整改以及问责机制，以此来保障质量问题能够获得及时并且有效的处置。监理单位于巡视、旁站或者检查之时要是发现了质量隐患，就需要立刻着手进行记录与分析工作，要清晰明确地弄清楚问题的具体性质、所涉及的影响范围还有潜在存在的风险情况，并且要及时地向施工单位发出监理方面的通知或者是整改方面的指令，明确指出具体的整改要求以及完成的时间期限。对于存在较为严重的质量隐患又或者有可能会危及到结构安全、使用功能的情形，监理单位得依照法律以及相关规定来采取像暂停施工、责令返工这类的举措，并且要及时地向建设单位进行汇报。在整改工作完成之后，监理人员得对整改的效果展开复查并予以确认，要保证隐患能够彻底地消除掉，进而形成从问题发现开始一直到整改落实、复检验收结束这样一个完整的闭环管理流程^[2]。与此还需要参照合同当中的约定内容以及相关的管理制度，针对那些屡屡出现质量问题又或者整改不到位的责任主体去开展责任追溯以及问责方面的工作，以此来推动施工单位切实强化其质量方面的意识以及内部的各项管理工作。

3 改进建设工程监理质量管理的策略方法

3.1 优化改进监理程序

在建设工程监理质量管理提升进程里，优化改进监理程序乃是达成规范化、科学化管理的关键路径。监理单位需针对现有的监理流程展开系统性的梳理工作，清晰界定

各个阶段以及各个环节的监理职责与工作要点,防止出现程序相互交叉、责任界限模糊或者管理存在空档等情况。于工程实施期间,要依据项目的具体特点以及施工的实际状况,合理地设置质量控制节点,进一步完善报验、审批、验收等相关工作程序,务必要让每一工序都处在有效的监控范围当中。与此促使监理程序从单纯的事后控制逐步转向事前预防以及事中控制,强化对施工方案审查、技术交底以及过程检查之间的衔接配合,以此来提升监理工作的预见性以及主动性。除此之外,可以借助信息化的手段对监理程序加以优化整合,达成质量信息能够及时传递、过程记录按规定留存以及问题处理形成闭环管理的目的,进而提高监理工作的执行效率以及质量控制成效,给建设工程质量目标的达成给予强有力的保障。

3.2 细化监理技术标准

在改进建设工程监理质量管理的工作进程中,细化监理技术标准称得上是提升质量控制精准性以及可操作性的一项极为关键的举措。监理单位需要立足于国家以及行业所制定的相关规范之上,再充分结合工程的具体类型、结构方面的特点以及施工工艺方面的相关要求,去对质量控制指标予以进一步细致的分解并且做出清晰明确的规定,进而把那些较为宏观的标准切实转化成为具体且具备可执行性的技术要求以及检查要点。在实际开展监理工作期间,应当依据不同分部分项工程的具体情况来制定与之相对应的监理实施细则,清楚明确地界定出允许偏差的范围、具体的检测方法、验收所需满足的条件以及判定标准等,以此来尽力削减因为理解层面存在差异而引发的质量争议情况^[3]。与此还要依照工程建设过程中新技术、新材料以及新工艺的实际应用状况,持续动态地去更新并完善监理技术标准,从而保证其能够始终与工程的实际状况相互契合。除此之外,借助于统一监理技术标准的执行方式和口径,强化对监理人员展开技术方面的培训以及技术交底工作,能够有效地提升监理工作的规范程度以及一致性水平,进而为工程质量管理给予稳固可靠的技术层面的有力支撑。

3.3 完善质量检测方法

在建设工程监理质量管理改进进程里,要完善质量检测方法,需从理念更新、技术手段升级以及管理机制协同等方面一同推进。监理单位得把工程质量风险控制当作导向,依据工程规模、结构复杂程度还有施工阶段特点来科学制定分级分类的质量检测方案,着重针对关键部位、关键材料以及关键工序展开重点检测,防止出现形式化以及

表面化的检查情况。在检测实施期间,一方面要严格依照国家和行业规范所规定的要求,如见证取样、实测实量以及试验检测等,另一方面还要强化对检测全过程的监控控制,保证取样、送检、检测以及结果反馈各个环节都是真实有效的。与此应当积极推动信息化与智能化检测技术的应用,借助数字化检测设备、在线监测系统以及质量数据平台,达成检测数据的实时采集、集中管理以及综合分析,以此提升质量检测的时效性以及准确性。

3.4 设置质量追溯体系

在整个建设工程监理质量管理不断改进与提升的进程当中,构建起完备的质量追溯体系,这可是达成全过程质量把控、责任清晰明确以及持续性改进的关键保障所在。监理单位需要以项目全生命周期管理作为导向指引,把设计审查环节、施工方案审批环节、材料采购与进场环节、施工工序执行环节、隐蔽工程验收环节、质量检测环节、整改记录环节以及竣工验收环节等所有环节里面那些关键的质量相关信息都予以系统化地去收集起来,并且加以整合处理,进而形成那种可以追踪溯源、可以查询了解、可以验证确认的数字化档案资料,以此来实现从源头开始一直到竣工结束的全过程质量都能够处于可控的状态之中。在具体实施的过程里,要把每一批材料、每一项工序、每一次检测结果都和具体的负责主体以及相应的时间节点紧紧绑定在一起,保证一旦出现什么问题的时候,能够快速准确地锁定到责任方^[4]。与此还要借助信息化方面的手段来建立起实时数据采集、质量分析以及预警的相关机制,使得潜在存在的质量风险可以在比较早的阶段就被发觉出来,并且能够及时地去加以处理,减少事故或者质量偏差给整个工程所带来的影响。质量追溯体系在建设方面还应当重视数据的标准化处理以及可视化的管理工作,依靠统一的数据接口以及管理平台,促成施工单位、监理单位与建设单位之间能够实现信息的共享以及协同性的监督,进而形成一种闭环式的管理机制。在该体系实际运作的过程中,监理单位还能够凭借对历史数据所开展的分析工作以及针对质量趋势所做的评估情况,为施工方法的优化、工艺的改进以及监理策略的调整等方面给出科学合理的依据,如此一来,既能够切实保障工程当期的施工质量,同时也为后期的运营维护以及长效的质量管理筑牢了稳固的基础。

4 结语

建设工程监理于保障工程质量而言,有着无可取代的重要作用,其管理的水平会对工程的安全性、耐久性

以及使用功能产生直接影响。通过去构建起系统化的监理质量管理方案,这里面包含了施工前的质量预控方面、施工中的过程监控环节、针对关键工序的质量检测工作以及对于质量隐患整改的问责举措,如此一来便能够有效地达成对工程质量的全过程管控目标。与此就现有监理工作当中所存在的程序不够完善、技术标准缺乏细化、检测方法较为单一以及质量责任追溯不够明确等一系列问题而言,通过优化监程序、将技术标准进一步细化、完善质量检测的方法以及建立起质量追溯体系等改进方面的策略,是能够在很大程度上提升监理工作的科学性、规范性以及实效性的。借助持续不断地改进与优化,建设工程监理不但能够实现对施工全过程的精细化管理,而且还能够为工程质量的持续提升以及风险防控给予坚

实的保障,进而推动建设工程朝着高质量发展的目标一步步稳步地向前迈进。

[参考文献]

- [1]李红.建设工程监理的质量管理与改进策略[J].城市建设理论研究(电子版),2025(1):50-52.
- [2]尉建中.建设工程监理的质量管理与改进策略[J].城市建设,2025(14):59-61.
- [3]薛玉琪.市政工程施工质量管理中存在的问题及对策分析[J].今日财富,2025(16):31-33.
- [4]刘磊.建设工程监理实施过程中存在的问题和对策探讨[J].四川建筑,2023,43(5):285-286.

作者简介: 郇志俊(1988.6—),男,学历:本科,所学专业:土木工程,目前职称:中级工程师。

建筑工程施工安全管理在工民建中的应用

叶兴丽

天津市北辰区住房和建设服务中心, 天津 300400

[摘要]随着建筑工程规模变得越来越大,施工技术也日益趋向复杂化,工民建施工里面的安全生产管理方面的问题一天比一天更加凸显出来。尽管施工企业已经构建起基本的安全生产管理制度,并且还配备了专职的相关人员,然而在实际的操作执行过程当中,依旧存在着诸多的不足之处,像是施工组织方面的安排不太合理,作业人员对于安全的意识以及其技能水平呈现出参差不齐的状况,安全防护措施在落实环节做得还不够到位,还有就是安全监督以及检查体系并不是十分完善等情况。从整体的层面来看,工民建施工安全生产管理在制度建设这个层面上已经取得了一定的进展,不过在现场执行的能力以及人员的素质方面,还是存在着比较明显的不足之处,所以安全风险依然处于比较高的状态。

[关键词]建筑工程; 施工安全; 安全管理; 工民建; 应用

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18262

中图分类号: TU711

文献标识码: A

Application of Construction Safety Management in Industrial and Civil Construction

YE Xingli

Tianjin Beichen District Housing and Construction Service Center, Tianjin, 300400, China

Abstract: With the increasing scale of construction projects and the growing complexity of construction techniques, safety production management issues in industrial and civil construction are becoming more and more prominent day by day. Although construction companies have established basic safety production management systems and equipped them with dedicated personnel, there are still many shortcomings in the actual operation and execution process, such as unreasonable arrangements in construction organization, uneven awareness and skill levels of workers regarding safety, inadequate implementation of safety protection measures, and incomplete safety supervision and inspection systems. From an overall perspective, there has been some progress in the institutional construction of safety production management in industrial and civil construction. However, there are still significant shortcomings in the ability to execute on-site and the quality of personnel, resulting in relatively high safety risks.

Keywords: construction engineering; construction safety; safety management; industrial and civil construction; application

引言

在现代建筑工程行业当中,工民建属于建筑施工极为重要的一部分,它的施工进度涉及到土建、结构、装饰、机电安装等诸多环节,工程量颇为庞大,工序也十分繁杂,工种之间的交叉情况较为频繁,所以安全方面所存在的风险相对来说是比较高的。随着城市化进程不断向前推进以及建筑规模持续不断地扩大,施工现场安全管理所具有的重要性变得日益凸显出来,施工事故一旦发生,不但会造成人员出现伤亡的情况以及财产遭受损失,而且还会对工程的进度、质量以及企业的信誉产生严重的不利影响。所以说,怎样在工民建施工过程中有效地去实施安全管理,已然成为了建筑工程管理方面的实践工作以及学术研究领域当中的核心课题之一。近些年来,国家层面以及地方

政府都在不断地对建筑施工安全相关的法规与标准加以完善,施工企业也在逐步地建立起安全管理制度以及操作规范,然而在实际开展施工活动的过程当中,依旧存在着制度落实得不够到位、作业人员的安全意识有所欠缺、技术措施执行得不够彻底以及监督检查体系不够完善等一系列的问题,这就使得安全管理所能够取得的效果没能得以充分地发挥出来。鉴于此,本文着重对工民建施工当中所存在的安全管理方面的问题展开系统性的分析,深入探讨施工组织、人员培训、技术措施以及信息化管理等方面的优化策略,并且提出具有可操作性的实践路径,希望能够为施工企业在提升自身安全管理水平、降低事故风险方面给予相应的理论依据以及实践方面的参考,进而推动工民建施工朝着更加规范、科学以及智能

的方向不断发展前行。

1 建筑工程施工安全管理的原则

在工民建施工安全管理中，应坚持“安全第一、预防为主、综合治理”的基本原则。其中，“安全第一”强调将人员安全放在首位，确保在施工的任何环节中安全具有最高优先级；“预防为主”强调通过事前控制消除安全隐患，包括制定安全预案、开展安全教育和实施日常检查等预防性措施；“综合治理”则要求运用技术、管理和教育等多种手段，建立全员参与的安全管理体系，并协调各方责任主体共同保障施工安全，从而形成系统化、有效的安全管理模式。

2 工民建施工安全管理的现状与主要问题

2.1 安全管理总体现状分析

在当下的工民建工程建设进程里面，施工安全管理的整体水准尽管有了颇为明显的提升，可是依旧呈现出状况较为复杂以及存在某些薄弱环节的特点。从整个行业层面来讲，伴随安全生产法规体系逐步完善起来，同时企业自身的安全意识也在不断增强，多数施工项目都已然建立起基本的安全管理制度，并且还配备了专职的安全管理人员，可以在开工之前去做安全技术方面的交底工作，进而落实日常的检查以及隐患排查的相关机制^[1]。不过在实际开展施工活动的过程中，鉴于工民建工程有着多种多样的类型，施工环境也比较复杂，再加上项目周期安排得比较紧凑，安全管理常常会受到进度方面的压力、成本控制的需求以及多个工种交叉作业等诸多因素的影响，如此一来便使得管理制度在执行的时候力度不够。部分施工现场存在着安全管理仅仅流于表面形式、风险辨识做得不够到位、隐患排查不够细致等情况，有一部分小型项目在安全投入方面不足，安全管理力量的配置也不够合理。

2.2 施工组织管理存在的问题

在工民建施工期间，施工组织管理方面普遍存在着一些问题，像是协调工作做得不够到位、相关制度在落实环节存在欠缺以及资源配置不太合理等，这些问题的存在，对安全管理所能够达成的整体效果产生了影响。当下有不少工程项目，在开展施工组织设计工作的时候，对于其中的安全因素考虑得不是很周全，尽管有与之相应的编制方面的具体要求，然而其内容大多时候仅仅停留在形式层面，并没有依据不同的工序以及各不相同的施工场景去做出细致的安排。施工现场常常是多个工种同时开展作业，而且交叉作业的情况也比较常见，然而施工组织在统筹规划这一块做得并不完善，这就使得作业面的安排显得比较

混乱，作业时序之间的衔接也不是很紧密，如此一来便增加了出现安全风险的可能性。与此部分项目的管理人员对于施工组织管理的关注程度不够，现场的指挥体系运转起来也不是特别顺畅，管理责任的界定也并不清晰，进而导致现场发出的指令不够统一，执行的标准也不一致。

2.3 作业人员安全意识与技能不足问题

在工民建施工现场，作业人员安全意识淡薄以及专业技能水平不足的情况，这无疑是影响施工安全的关键因素之一。由于人员来源呈现出多样性的特点，流动性也相对较大，并且劳务用工结构较为复杂，所以有不少作业人员缺少系统的安全知识储备，对于施工现场有可能存在的各类风险的认知程度不足。当面临高处作业、交叉作业以及临时用电等危险工序的时候，他们往往会凭借经验来开展作业，其安全防范意识较为薄弱。部分作业人员未曾接受过规范化的技能培训，他们的专业操作能力存在很大差异，对于操作规程的掌握不够稳固，还存在着违规操作、简化流程以及忽视安全防护等诸多现象^[2]。部分人员的文化水平较低，对安全技术交底内容的理解不够到位，难以形成稳定的安全行为习惯，致使现场出现大量不安全的行为。

2.4 安全技术措施落实不足

在工民建施工期间，安全技术措施落实不够到位，这在当前的安全管理里算是一个较为突出的问题。虽说大多数项目在方案编制的时候都制定了相应安全技术措施，然而在实际施工进程当中，通常会存在着执行不够细致以及落实不够彻底等状况。就好比基坑支护、高处作业防护、脚手架搭设、临边洞口防护以及临时用电管理这些关键环节，其技术措施往往会和现场实际情况不相符或者没有严格按照规范要求来搭设的情形，如此一来，就使得安全防护体系出现了漏洞。与此安全技术交底只是流于形式而已，部分班组并没有真正去理解交底内容，进而致使技术措施在操作层面没办法有效地转变成具体的安全行为。部分工程因为赶工以及成本方面的压力，在材料配备、防护设施设置还有技术检查环节存在缩减、缺漏等情况，这就让安全技术措施的严肃性受到了影响。

2.5 安全监督与检查体系缺陷

在工民建施工期间，安全监督以及检查体系存在着不完善的情况，这无疑是致使安全管理成效欠佳的关键要素之一。当下有不少工程项目虽说已经设置了安全监督机构以及检查制度，可在实际的运作进程中，常常会出现监督力度有所欠缺、检查频次不够多、检查内容不够细致等问题。部分项目的安全检查仅仅停留在表面化、程序化的程

度上,更多地把目光聚焦在记录以及形式方面,然而对于隐蔽工程、关键工序、危险性相对较高的分部分项工程等重点环节,却缺乏具备系统性的深度检查。与此现场安全监督人员的数量不足,并且他们的专业能力也参差不齐,如此一来,监督质量就很难得到充分的保障,自然也就无法针对安全风险展开持续且有效的动态监控了。

3 工民建施工安全管理的优化策略与实践路径

3.1 完善施工组织与管理制度

在工民建施工安全管理方面,完善施工组织与管理制度算得上是提升整体安全水平的关键策略之一,其重点是要借助制度化、规范化以及精细化的管理体系来达成对施工全过程的有效把控。一开始在施工前期阶段,务必要综合考量工程规模、结构类型、施工环境还有重点风险源等方面的情况,去科学地制定施工组织设计,让任务划分、工序衔接、人员配置以及设备安排等相关内容变得更为合理、更为具体且更具可操作性,从而从组织层面为安全管理给予一个清晰的框架。接着在施工实施阶段,得建立起一套覆盖较为全面的管理制度体系,这里面包含有班组管理制度、现场文明施工制度、针对危险性较大工程的管控制度、应急管理制度以及隐患排查与风险分级管控制度等等,以此来保证各项管理要求都能够做到有章可循、有据可依。除此之外,施工组织还需强化对不同工种以及不同作业面的统筹协调工作,合理安排作业时序,防止因为多工序交叉作业而致使现场秩序出现混乱以及安全隐患相互叠加的情况发生^[3]。与此还要强化对外协队伍和劳务班组的统一管理工作,把它们纳入到项目整体的组织架构当中,明确其管理职责与技术要求,确保所有参与人员都能够依照统一的标准来开展作业。

3.2 强化安全教育培训与人员能力提升

在工民建施工安全管理方面,强化安全教育培训以及提升人员能力,属于提升施工现场整体安全水平的关键手段。其关键点在于借助持续且系统化的培训机制还有能力考核,保证施工人员能够掌握必要的安全知识以及操作技能。一开始,要依据不同岗位以及工种的特点,去制定分层分类的培训计划,让管理人员清楚安全职责与监督要求,技术人员懂得施工工序的安全规范和操作要点,作业人员熟知各类风险隐患及防护措施。培训内容需要包含施工安全法律法规、规章制度、作业操作规程以及应急处理流程等,与此同时结合实际工地案例展开分析,强化培训的针对性与实用性。接着,应当采用多样化的培训方式,像是现场演示、模拟演练、情景教学、VR安全体验等,使得

施工人员可以在实践当中直观地感知风险、掌握技能,并且形成安全行为习惯。得建立起培训考核以及持证上岗制度,针对新进场人员、特种作业人员以及转岗人员实施严格的培训与考核,保证人员具备上岗资质以及操作能力。

3.3 推动信息化与智能化安全管理

在工民建施工安全管理方面,推进信息化以及智能化管理乃是提升施工安全水准与管理效能的关键途径,其关键点在于凭借现代信息技术手段达成施工现场安全的实时监控、数据分析以及智能预警。一开始,需要在施工现场全方位地运用物联网(IoT)技术,借助传感器、摄像头、智能识别设备等针对高处作业、临边洞口、用电安全、施工机械运作等重要环节展开实时监控,以此实现对潜在风险的动态把控。接着,应当引入建筑信息模型(BIM)技术,把安全管理和施工设计、进度计划、施工方案紧密结合起来,依靠三维可视化以及虚拟仿真来模拟施工过程当中的安全隐患,提升安全风险识别的精确度与前瞻性^[4]。与此可以借助大数据和人工智能技术对安全监测数据加以分析处理,及时察觉异常行为或者潜在危险,达成智能预警与决策支持,强化安全管理的主动性与科学性。

3.4 完善安全监督检查与责任体系

在工民建施工安全管理方面,完善安全监督检查以及责任体系属于极为关键的一环,这能够促使各项安全措施切实落实到位,进而形成闭环管理。其关键之处就在于要明确责任分工,强化监督机制,并且规范检查流程,以此来提升施工现场安全管理的实际效果。一方面需要构建起全员都参与在内的安全责任体系,把安全职责逐层予以分解,清晰明确项目管理人员、技术人员、班组长还有作业人员在施工进程当中各自的具体责任,务必要让“谁主管、谁负责”这一原则得以切实落实。另一方面得制定出科学且合理的安全检查制度以及操作流程,这其中就涵盖了日常巡查、专项检查、隐患排查、风险评估以及整改跟踪等诸多环节,从而保证监督检查能够贯穿施工的整个过程,涉及各个关键部位以及重点工序。与此还得着重强化现场监督人员的专业能力方面的建设,确保检查工作具备专业性以及针对性,提升对潜在风险和隐患的识别能力。在此基础之上,应当建立起完善的隐患整改以及闭环追踪机制,针对检查过程当中发现的各项问题,要及时地进行记录,依据不同情况分级加以处理,并且开展跟踪验收工作,唯有如此才能确保每一项安全隐患都能够得到彻底的整改。

4 结语

工民建施工安全管理于建筑工程而言,有着极为重要的

实际意义与应用价值。完善施工组织与管理制度,强化作业人员的安全教育与技能培训,推动信息化与智能化管理手段的应用,健全安全监督与责任体系,如此便能有效降低施工风险,提高现场安全水准。当下工民建施工安全管理在执行力、技术措施落实以及人员素质层面依旧存在一些欠缺,不过借助系统的优化策略与科学的实践途径,可逐步达成施工全过程的安全可控以及管理精细化,以此为保障施工质量、提高工程效率以及推动建筑行业可持续发展给予有力支撑。

[参考文献]

- [1]徐菲,刘磊,李新萌.建筑工程施工现场安全管理与事故预防策略[J].城市开发,2025(18):121-123.
- [2]邓毅.建筑工程施工安全管理在工民建中的应用[J].城市建筑,2025,22(16):158-161.
- [3]徐冬梅.建筑工程项目施工安全管理研究[J].建筑与预算,2025(7):28-30.
- [4]曾繁文.建筑工程管理技术与控制要点[J].城市建设理论研究(电子版),2025(16):50-52.

作者简介:叶兴丽(1989.10—),女,汉,籍贯:安徽桐城,天津市北辰区住房和建设服务中心,硕士研究生,建筑与土木工程。

建筑主体结构检测方法在工程验收中的应用探讨

李露其

湖北永盛工程技术有限公司, 湖北 神农架 442400

[摘要]建筑主体结构是建筑工程的关键部分,其安全状况直接影响整个工程的质量。在工程验收的时候,对主体结构展开科学检测是很重要的手段,能够及时找出并确认潜在的结构方面的问题。这篇文章着重对建筑主体结构常用的检测方法展开研究,同时分析这些方法在工程验收里的实际运用成效。经过对各类检测方法的长处与短处加以对比以及评估,文中给出了让检测准确性与可靠性得以优化的具体提议,给建筑工程质量管理给予科学的参照以及实践方面的引导。

[关键词]建筑主体;主体结构;检测方法;工程验收;应用

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18258

中图分类号: TU755

文献标识码: A

Exploration on the Application of Building Main Structure Inspection Methods in Engineering Acceptance

LI Luqi

Hubei Yongsheng Engineering Technology Co., Ltd., Shennongjia, Hubei, 442400, China

Abstract: The main structure of a building is a critical part of a construction project, and its safety directly affects the quality of the entire project. Scientific inspection of the main structure is an important means during engineering acceptance, which can promptly identify and confirm potential structural issues. This article focuses on the research of commonly used detection methods for building main structures, and analyzes the practical application effectiveness of these methods in engineering acceptance. After comparing and evaluating the strengths and weaknesses of various detection methods, the article provides specific proposals to optimize the accuracy and reliability of detection, providing scientific reference and practical guidance for construction quality management.

Keywords: main of building; main structure; detection methods; engineering acceptance; application

引言

在现代建筑工程实施进程中,主体结构身为建筑物的关键承载架构,其安全性以及稳定性和工程品质以及使用寿命紧密关联。伴随城市化进程提速以及建筑规模持续拓展,结构形式变得愈发复杂起来,施工工艺以及材料种类也不断增多,主体结构的质量问题呈现出更为多样以及更为隐蔽的特性。工程验收属于建筑项目质量把控的重要环节,它既是对施工完成状况的检验,又是确保建筑安全、评估结构性能以及确认后续使用可靠性的关键步骤。主体结构质量检测在工程验收里发挥着无可取代的作用,借助科学且系统的办法针对混凝土强度、钢筋布置、裂缝发展以及隐蔽工程等方面展开评估,能够及时察觉潜在缺陷以及安全隐患,给工程验收给予可靠的技术依据。不过,在实际运用期间,检测工作依旧存在着管理不够规范、检测重点不清晰、技术手段较为落后以及人员专业能力欠缺等诸多问题,这些情况对检测结果的准确性以及工程质量评

估的科学性产生了影响。所以,深入剖析建筑主体结构检测方法在工程验收中的运用情形,剖析现存问题并给出优化策略,对于提高工程验收效率、确保建筑安全以及推动建筑行业高质量发展有着重要的意义。本文目的在于全面梳理主体结构常用的检测方法,归纳其在工程验收中的应用特点,并且提出具有针对性的改进举措,为建筑工程质量控制以及验收管理提供理论参照与实践指引。

1 建筑主体结构检测的重要性

主体结构检测在于保障建筑工程安全、耐久,确保使用功能可靠,是建筑核心承载体系,质量关乎工程安全、寿命,科学检测可发现隐患,为施工、验收提供依据,避免事故,提升管理水平,是工程质量保障的重要手段。通过科学、规范的检测,可以及时发现混凝土强度不足、钢筋布置偏差、隐蔽工程缺陷以及结构变形等潜在问题,从而为施工调整和工程验收提供可靠依据,避免安全隐患的积累和工程质量事故的发生。同时,主体结构检测能够为

建设单位、监理单位和施工单位提供客观的数据支持,实现施工过程的全过程质量控制,提升工程管理水平 and 施工效率。

2 建筑主体结构常见检测方法

2.1 无损检测

无损检测属于建筑主体结构质量检测里极为重要且使用频率颇高的方法,它的关键优势就在于可在不对结构造成破坏的情况之下获取到结构内部的状态相关信息,进而对它的安全性以及耐久性做出评估。借助无损检测,能够针对混凝土强度、钢筋所处位置与保护层厚度、构件内部存在的缺陷以及结构整体的完整性展开科学层面的分析^[1]。就好比说,运用超声波检测的方式,能够精准地判断出混凝土内部出现的裂缝、孔洞以及密实度的具体状况;雷达扫描这种方法,能够探测到钢筋的布置情况、锈蚀的程度以及隐蔽工程方面的缺陷;而红外热成像技术,则可对结构温度分布出现的异常情况、渗水问题以及空鼓等问题实现快速的定位操作。

2.2 声波检测

声波检测乃是一种常常应用于建筑主体结构质量评估的无损检测手段,其原理在于借助在结构材料当中传播声波的方式,并且对波的传播速度、衰减以及反射特性加以分析,进而对材料内部的密实度、裂缝、孔洞以及其他各类缺陷做出判断。这种方法可应用于混凝土构件、砖石结构还有部分钢结构的检测工作当中,能够在不破坏构件自身的情况下有效发现内部那些隐蔽的问题。在实际的应用环节里,凭借布置传感器或者激发器来发射声波信号,检测人员便能够获取到构件内部的声波传播路径以及异常信号,由此来判定裂缝的具体位置、缺陷所涉及的范围以及结构的密实状况。声波检测有着操作较为简便、检测速度较快、结果可以量化以及适用范围颇为广泛等诸多特点。

2.3 钻芯取样检测

钻芯取样检测是一种无损、非破损的检测方法,广泛用于评估混凝土的质量。通过从混凝土结构中钻取样本,能够观察混凝土的内部结构与材料组成,进而分析其缺陷,如蜂窝、麻面、孔洞等。这种方法为工程验收和质量控制提供了真实数据。其主要优点是能直接获取混凝土内部信息,特别是在检查混凝土内部缺陷方面具有显著优势。钻芯样本可用于后续抗压强度测试,为混凝土强度评估提供依据。然而,钻芯取样方法存在一定局限性。其费用较高,并且只能反映局部的混凝土质量,无法全面评估整个构件

的强度和质量。此外,钻芯取样实施时需要严格操作,若取样位置不当,可能导致误差影响检测结果。该方法在应用中应严格按照规范进行操作,合理选择钻芯位置和样本深度,以确保数据的准确性。

2.4 裂缝监测

裂缝监测属于建筑主体结构质量检测里极为关键且必不可少的一个环节,其主要作用在于针对结构在施工以及使用进程当中所出现的裂缝予以发现、记录并且展开分析,进而对结构的安全性以及耐久性做出评估。裂缝产生的原因或许有材料收缩、温度变化、荷载作用或者基础沉降等诸多因素,要是不及时去监测并处理,那么极有可能演变成较为严重的结构缺陷,进而对建筑的整体性能产生影响。借助裂缝监测,能够运用目测、裂缝宽度测量仪、数码影像记录以及光学或者传感器技术等多种手段,针对裂缝的位置、长度、宽度还有变化趋势展开连续的跟踪以及量化的分析^[2]。如此一来,既能为施工单位与监理单位给予直观的数据方面的支持,还能够为结构加固、修复或者维护决策起到指导的作用。现代的裂缝监测技术把信息化和智能化系统结合起来,能够达成自动化数据采集、远程监控以及预警的功能,让监测结果更为精准、及时并且具有可追溯性,从而为保障建筑主体结构的安全性以及延长其使用寿命提供了重要的依据,同时也能为工程验收给出科学且可靠的参考数据。

3 优化建议与改进措施

3.1 完善检测管理体系

完善检测管理体系对于提升建筑主体结构质量检测的科学性以及规范性而言,是一项极为关键的举措,其重点在于借助构建起系统化、流程化并且责任清晰明确的管理架构,达成对检测工作做到全过程且全方位的把控。得明确各个参与方于检测当中各自所承担的职责以及拥有的权限,要把建设单位、施工单位、监理单位还有检测机构的各项职能相互有机地串联起来,进而形成责任划分清晰、信息能够彼此流通的管理链条,以此来保障每一个环节的检测任务都能够有序地推进下去。接着,需要去制定统一且规范的检测流程,这涵盖了检测计划的编制工作、现场操作应当遵循的规范、数据记录以及审核程序的安排,另外还有检测结果的整理事宜以及归档处理等,要让管理制度具备实际的操作性以及能够进行追溯的特性。除此之外,还应当建立起监督与考核方面的机制,针对检测工作的执行情况展开定期的检查与评估活动,以便能够及时察觉到管理方面存在的漏洞以及执行过程中出现的偏差,如

此便能够确保检测工作的严谨程度以及所具有的权威性。与此要强化对检测人员展开培训以及提升其能力的建设工作,促使他们能够对最新的检测标准、技术方法以及管理流程都十分熟悉,进而提高他们的专业水准以及判断的能力。

3.2 引进先进检测设备与技术

引进先进的检测设备和检测技术,这是提高建筑主体结构质量检测精度、科学性以及可靠性的关键举措。其重要性一方面体现在能改善检测手段的技术条件,另一方面还在于可推动主体结构质量管理朝着数字化、智能化以及全过程控制的方向去发展。在现代建筑工程当中,结构形式较为复杂,所用材料种类繁多,施工工艺也多有变化,这就使得传统检测方法在精度、覆盖范围以及实时性等方面都存在着局限性,很难满足工程安全性与耐久性评估的高标准要求。借助高精度无损检测设备,像超声波检测仪、雷达扫描仪、红外热成像仪以及三维激光扫描系统等,可以在不破坏构件的情况下获取内部缺陷、钢筋布置、裂缝分布以及结构密实度等关键数据,从而达成对主体结构内部状态的全面且细致的评估^[3]。与此结合信息化技术和智能分析平台,能够实现检测数据的自动采集、实时监控、数字化存储以及可视化分析,让数据具备可追溯、可对比的特点,还能为结构健康评估和风险预警提供科学依据。

3.3 明确检测重点与关键节点

明确检测重点与关键节点乃是提升建筑主体结构质量检测科学性以及有效性的关键举措,其关键之处就在于借助针对性检测来集中资源和技术力量,着重关注结构里那些最易滋生质量风险以及安全隐患的部位,进而达成有限检测资源的高效利用以及风险控制的精准把控。在实际的工程项目当中,不同的结构构件、施工工艺以及材料特性使得主体结构的关键节点呈现出差异,像梁、柱、板、基础还有承重连接部位往往要承受较大的荷载,并且要是出现缺陷便会直接对结构的整体性能造成影响,所以务必要将其当作检测的重点对象。除此之外,隐蔽工程、施工难点以及容易受到环境影响的部位同样需要纳入重点监控的范畴,以免潜在的问题在使用阶段演变成严重的安全隐患。在明确检测重点的时候,应当综合施工图纸、设计要求、施工工艺以及过往类似工程的质量问题经验来科学地制定检测计划与方法,确定各个部位的检测深度、频次以及技术手段。

3.4 健全检测制度与技术标准

健全检测制度以及技术标准,这是保证建筑主体结构

质量检测做到科学化、规范化并且实现可持续发展的基础性办法。其关键之处就在于借助制度方面的约束还有标准层面的指导,让检测工作在整个过程里都具备清晰明确的规范、可切实操作的特性以及能够追溯的性质。在实际开展的工程当中,现有的检测制度以及技术标准常常会出现适用范围不够清晰明确、操作流程没有细致划分或者和新型材料以及施工工艺出现脱节等情况,这使得检测结果所具有的可靠性以及权威性受到了影响。所以,得依照国家以及行业当下正在施行的规范,再结合工程的实际状况以及施工的特点,去构建起完整的检测管理制度,这里面包含检测计划的编制环节、现场操作的具体规范方面、数据记录的相关事宜、结果审核的工作内容、整改跟踪的跟进情况以及归档管理的操作流程等诸多环节,进而形成一个制度化且流程化的管理体系。与此还得进一步完善技术标准体系,清楚明确不同主体结构构件、关键节点以及隐蔽工程的检测方法、检测频次、判定标准还有质量控制指标,从而让检测工作可以实现科学的量化、统一的执行以及标准化的管理。

3.5 提升监管能力与人员专业水平

提升监管能力以及人员的专业水平,这乃是确保建筑主体结构质量检测具备科学性、准确性以及权威性的关键举措,其关键之处就在于依靠强化监管机制以及提高人员素质,达成对施工整个过程以及关键环节展开高效监督与风险控制的目标,在实际的工程当中,监管能力存在不足的情况常常体现为监督的深度不够到位、检测过程中的检查不够严格、隐蔽工程以及关键节点没有得到有效覆盖,而专业水平有所欠缺则会导致对新型材料、复杂结构以及先进检测技术的掌握程度有限,进而对检测结果的准确判断以及质量风险的识别产生影响^[4]。所以应当从制度以及培训这两个方面去努力:通过构建多层次且全覆盖的监管体系,把建设单位、施工单位、监理单位以及检测机构的职能有机地衔接起来,明确监督的具体流程、权责的分工情况以及信息反馈的相关机制,以此来实现对主体结构质量的全过程以及动态化的监管;需要强化对检测与监管人员的专业培训以及能力建设,培训内容涵盖最新的建筑规范、施工工艺、检测技术以及数据分析方法等方面,让相关人员能够科学地判断检测结果、精准地识别潜在的缺陷,并且能够给出具有针对性的整改建议。

4 结语

建筑主体结构检测于工程验收而言有着极为重要的

意义,其可及时察觉到结构方面存在的缺陷,进而对工程的安全状况以及使用寿命起到保障作用。合理运用无损检测、声波检测、钻芯取样还有裂缝监测等多种方法,同时配合完善的管理制度、先进的设备以及专业人员的操作,如此便能够切实提升检测工作的准确性与可靠性。主体结构检测不但是工程验收其中的一个关键环节,而且还是确保建筑工程质量与安全的重要保障措施,为高质量的工程建设筑牢了稳固的基础。

[参考文献]

- [1]李国权.建筑实体检测技术在工程验收中的应用[J].建筑技术科学,2023(9):89.
- [2]陈文伟,胡长华.浅谈装配式混凝土结构工程验收检测[J].市政工程,2020(5):34.
- [3]王平.浅谈装配式混凝土结构工程验收检测[J].建筑设计及理论,2018(12):56.
- [4]张晓华.新建工程施工质量检测内容与方法研究[J].山西建筑,2015,41(3):29-30.

作者简介:李露其(1991.10—),毕业院校:文华学院,所学专业:土木工程,当前就职单位:湖北永盛工程技术有限公司,职务:质量负责人。

全过程项目管理视角下土木建筑工程的进度-成本协同

李维 李道炜

河北天睿项目管理有限公司, 河北 保定 071000

[摘要]随着土木建筑工程规模不断扩大和复杂度持续提升, 进度与成本的协同管控成为项目成功的关键要素。在实际工程中, 进度过快可能导致资源投入激增引发成本超支, 而过度压缩成本又可能造成施工工艺简化或资源供应不足, 进而导致进度延误, 二者之间存在紧密的相互制约与影响关系。全过程项目管理作为贯穿项目策划、设计、施工、竣工等全生命周期的管理模式, 为进度-成本协同提供了系统性框架。文中从全过程项目管理视角出发, 重点探讨进度-成本协同的具体实现路径, 旨在为土木建筑工程项目提升进度与成本协同管理水平提供理论参考和实践指导, 促进项目资源高效配置, 保障项目目标顺利实现。

[关键词]全过程项目管理; 土木建筑工程; 进度管理; 成本控制; 协同优化

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18247

中图分类号: TU722

文献标识码: A

Progress Cost Synergy in Civil and Construction Engineering from the Perspective of Whole Process Project Management

LI Wei, LI Xiaowei

Hebei Tianrui Project Management Co., Ltd., Baoding, Hebei, 071000, China

Abstract: With the continuous expansion of the scale and increasing complexity of civil engineering and construction projects, the coordinated control of schedule and cost has become a key element for project success. In practical engineering, rapid progress may lead to a surge in resource investment and cost overruns, while excessive cost compression may result in simplified construction processes or insufficient resource supply, leading to schedule delays. There is a close interdependence and influence between the two. As a management model that runs through the entire lifecycle of project planning, design, construction, and completion, whole process project management provides a systematic framework for schedule cost collaboration. Starting from the perspective of whole process project management, this article focuses on exploring the specific implementation path of schedule cost synergy, aiming to provide theoretical reference and practical guidance for improving the level of schedule cost synergy management in civil engineering and construction projects, promoting efficient allocation of project resources, and ensuring the smooth achievement of project goals.

Keywords: whole process project management; civil and architectural engineering; progress management; cost control; collaborative optimization

引言

土木建筑工程是国民经济发展的重要支柱产业, 其项目管理水平直接影响工程质量、进度和投资效益, 对推动城镇化和基础设施完善具有不可替代的作用。在当前行业竞争日益激烈且市场环境不断变化的背景下, 原材料价格波动、劳动力成本上升以及环保要求提高等因素, 进一步增加了项目管理的难度, 传统的分阶段、碎片化管理模式已难以满足项目对进度与成本协同管控的需求, 常常出现进度延误与成本超支并存的问题, 严重制约项目整体效益的提升。全过程项目管理强调对项目全生命周期各阶段进行统筹规划、协调控制, 能够有效打破各环节之间的

信息壁垒, 实现资源的优化配置。因此, 从全过程项目管理视角研究土木建筑工程的进度-成本协同具有重要的现实意义。

1 全过程项目管理概述

全过程项目管理是一种以项目全生命周期为管理对象, 涵盖项目决策、设计、招标采购、施工、竣工验收及运营维护等各个阶段的系统性管理方法。其核心在于打破传统管理模式中各阶段相互割裂的局面, 通过建立统一的管理目标和协同机制, 实现各参与方、各环节之间的有效沟通与协作, 避免因信息不对称导致的决策失误和资源浪费。该管理模式具有整体性、系统性和动态性的特征, 强

调在项目启动之初就对各项资源进行统筹规划,明确各阶段的管理重点和衔接节点,在实施过程中根据实际情况进行动态调整,确保项目各项目标协调统一。在土木建筑工程领域,全过程项目管理能够将进度管理、成本控制、质量管理等各项工作有机结合,通过对项目全流程的计划、组织、协调和控制,实现项目资源的高效利用,降低管理风险,提升项目整体效益。它要求管理人员具备全局视野和综合协调能力,能够整合设计单位、施工企业、监理机构等各方面资源,平衡各方利益诉求,为项目顺利推进提供全方位的管理保障。

2 全过程项目管理视角下土木建筑工程进度-成本协同的重要性

2.1 保障项目整体目标实现的核心支撑

土木建筑工程项目的核心目标是在预定工期内,以合理成本完成符合质量要求的工程建设,而进度与成本的协同是实现这一目标的关键前提。在全过程项目管理框架下,进度与成本并非孤立存在,二者的失衡会直接导致项目目标偏离。若仅追求进度过快推进,可能因资源仓促调配、夜间施工加班费用增加、优质资源溢价采购等导致成本大幅超支;若单纯压缩成本而忽视进度衔接,可能造成材料供应不及时、施工班组配置不足等问题,引发工期延误,进而产生额外的机械租赁费用、管理费用等隐性成本。通过全过程各阶段的进度-成本协同,能够实现二者的动态平衡,确保项目在控制成本的同时按计划推进,为工程质量达标、投资效益落地提供核心支撑,保障项目整体目标的顺利实现。

2.2 提升项目资源配置效率的关键路径

土木建筑工程涉及人力、材料、机械等多种资源的大规模投入,资源配置的合理性直接影响项目运行效率。传统碎片化管理模式下,各阶段资源调配缺乏统筹规划,易出现施工高峰期资源短缺与闲置期资源浪费并存的现象,导致进度推进受阻与成本无效消耗。全过程项目管理视角下的进度-成本协同,强调从项目全生命周期出发,根据进度计划科学测算各阶段资源需求总量与时间节点,结合成本预算优化资源采购、租赁与调配方案。例如,根据施工进度合理安排材料采购批次,既避免库存积压占用资金,又防止供应断档延误工期;依据工序衔接节奏调配施工班组与机械设备,实现人力资源与机械资源的高效利用。通过协同管理实现资源需求与进度推进、成本控制的精准匹配,最大化提升资源配置效率,降低资源浪费。

2.3 增强项目风险抵御能力的重要保障

土木建筑工程项目周期长、涉及环节多,易受原材料价格波动、政策调整、天气变化等外部因素,以及设计变更、施工技术难题等内部因素影响,面临着诸多进度延误与成本超支风险。传统管理模式下,由于进度与成本管理脱节,风险发生时往往难以快速形成有效应对方案,导致风险影响持续扩大。全过程项目管理视角下的进度-成本协同,通过建立全流程风险预警与应对机制,在项目前期就对可能影响进度与成本的风险因素进行预判,结合进度计划与成本预算制定针对性防控措施。在项目实施过程中,通过动态跟踪进度与成本数据,及时捕捉风险信号,如材料价格上涨可能导致的成本超支风险、关键工序延误可能引发的工期顺延风险,并快速调整协同方案,如优化采购渠道控制成本、调整施工计划弥补进度偏差。这种协同管理模式能够增强项目对各类风险的敏感度与应对灵活性,有效抵御风险冲击,减少风险造成的损失。

2.4 提升项目整体效益与行业竞争力的必然要求

在当前土木建筑行业竞争日益激烈、市场环境不断变化的背景下,项目的综合效益与核心竞争力成为企业立足市场的关键。传统管理模式下频繁出现的进度延误、成本超支问题,不仅降低了项目投资回报率,还影响了企业的市场口碑。全过程项目管理视角下的进度-成本协同,通过实现进度与成本的精准管控,在保障工程质量的前提下,缩短项目建设周期、降低工程总成本,直接提升项目投资效益与盈利能力。同时,协同管理模式能够促进设计、施工、监理等各参与方的高效协作,优化项目管理流程,提升企业的项目管理水平与综合运营能力。具备成熟的进度-成本协同管理能力的企业,能够在项目投标、建设实施等环节展现出更强的竞争力,赢得更多市场机会,推动企业实现可持续发展,同时也为行业整体管理水平的提升起到积极的引领作用。

3 全过程项目管理视角下土木建筑工程的进度-成本协同路径

3.1 前期规划阶段的协同策划

前期规划阶段是土木建筑工程项目进度-成本协同管理的基础,直接决定项目后续实施的方向和效率,其策划质量对项目整体目标的实现具有根本性影响。在这一阶段,全过程项目管理需组织设计、施工、成本、监理等各专业团队开展深入的项目调研与分析,结合项目功能需求、技术标准、地质条件和市场环境等因素,制定科学合理的项

目总体计划。进度规划方面,需明确项目立项、设计审批、施工进场、主体结构封顶、竣工验收等各关键节点的时间要求,合理划分工作分解结构,细化各项工作的具体内容,确定各项工作的逻辑关系和持续时间;成本规划则要根据项目范围和进度计划,进行详细的投资估算,分解成本指标,建立成本控制基准。同时,要加强进度与成本之间的协同衔接,对不同进度方案进行成本测算,比如采用快速施工方案可能增加的赶工费用,对不同成本预算对应的进度可行性进行分析,如缩减材料采购成本可能导致的供应周期延长等,通过多方案比选确定最优的项目实施计划。此外,还需建立完善的风险评估机制,预判前期规划中可能存在的政策调整、地质勘察偏差等导致的进度延误和成本超支风险,并制定相应的应对预案,为项目后续阶段的协同管理奠定坚实基础。

3.2 设计阶段的价值工程应用

设计阶段是土木建筑工程进度-成本协同管理的关键环节,设计方案的合理性直接影响项目后续的施工进度和成本投入,据统计设计阶段对项目成本的影响程度可达70%以上。全过程项目管理在这一阶段应积极引入价值工程理念,通过对设计方案的功能与成本进行系统分析,在满足项目必要功能的前提下,实现成本的优化控制,同时保障设计进度的顺利推进。首先,组织设计团队、成本管理人员和施工技术人员开展协同设计,利用协同设计平台实现各专业人员实时沟通,共享设计信息,加强各专业之间的沟通协作,避免因结构与水电管线冲突、建筑与装饰需求不符等设计冲突导致后续施工返工和成本增加。其次,对设计方案进行多维度比选,从材料选用上对比不同强度等级混凝土的性价比,结构形式上分析框架结构与剪力墙结构的经济性,施工工艺上考量装配式施工与传统现浇施工的效率与成本,在保证工程质量和使用功能的基础上,降低工程造价。同时,要严格控制设计变更,建立规范的设计变更审批流程,明确变更申请、审核、批准等环节的责任主体和时间要求,对设计变更可能带来的进度影响和成本变化进行全面评估,确保设计变更不会对项目进度-成本协同目标造成较大冲击,实现设计阶段进度与成本的协同优化。

3.3 施工阶段的动态管控

施工阶段是土木建筑工程项目实体形成的关键时期,也是进度与成本协同管理的重点和难点,此阶段投入的人力、物力、财力资源最多,受外界环境影响也最大。全过程项目管理在这一阶段需实施动态管控,实时跟踪项目进

度和成本变化情况,及时发现并解决两者之间出现的矛盾问题。在进度管理方面,采用网络计划技术如双代号网络图或甘特图对施工进度进行精细化管理,将总进度计划分解为月计划、周计划甚至日计划,定期对实际进度与计划进度进行对比分析,找出偏差原因如天气影响、设备故障、人员短缺等,并采取增加施工班组、调配备用设备等有效措施进行调整。成本控制则通过建立月度、季度成本核算机制,对人工费用、材料费用、机械使用费等各项费用支出进行严格监控,实行限额领料制度,加强对材料损耗的管理,确保实际成本控制在预算范围内。同时,要加强进度与成本的联动分析,当出现进度偏差时,及时测算其对成本的影响,如工期延误可能产生的窝工费、机械租赁费增加;当成本出现超支迹象时,分析是否与进度安排不合理有关,如为追赶进度盲目增加资源投入。此外,通过引入信息化管理工具,如BIM技术,将三维模型与进度计划、成本数据相关联,实现施工过程中进度与成本数据的实时共享和可视化管理,提高协同管控效率,确保施工阶段进度与成本始终处于可控状态。

3.4 竣工阶段的复盘优化

竣工阶段作为项目全生命周期的收尾环节,对全过程项目管理中进度-成本协同管理的复盘优化具有重要意义,能够将项目实施过程中的经验教训转化为后续管理的宝贵财富。在这一阶段,需组织建设单位、设计单位、施工单位、监理单位等各参与方对项目实施全过程的进度和成本数据进行系统整理与分析,对比实际完成情况与计划目标之间的差异,深入剖析产生差异的原因。针对进度管理,总结各阶段进度控制的经验教训,分析进度延误的关键因素,如资源调配不当导致的工序衔接不畅、设计变更滞后引发的施工中断等,并提出改进措施;对于成本控制,梳理各项费用的支出明细,找出成本超支或节约的主要环节,如材料价格波动导致的费用变化、施工工艺改进带来的成本节约等,分析其形成机理。通过建立项目管理数据库,将本次项目的进度-成本协同管理经验进行固化和沉淀,分类存储各阶段的计划与实际数据、风险事件及应对措施等信息,为后续类似项目的前期规划、设计、施工等阶段提供参考依据。同时,根据复盘结果优化项目管理流程和协同机制,调整各阶段的管理重点和协同方式,不断提升全过程项目管理下进度-成本协同管理的水平,形成持续改进的良性循环。

4 结论

综上所述,全过程项目管理为土木建筑工程的进度-

成本协同提供了有效的管理框架和实施路径。通过在项目前期规划阶段进行协同策划,能够为进度与成本管理奠定良好基础;设计阶段应用价值工程,可实现设计方案的功能与成本优化;施工阶段实施动态管控,能够及时调整进度与成本偏差;竣工阶段的复盘优化,则为后续项目管理提供经验借鉴。各阶段的协同措施相互衔接、相互支撑,共同构成了全过程项目管理视角下进度-成本协同管理体系。实践表明,采用这一协同管理模式能够有效打破传统管理的局限性,实现项目资源的高效配置,减少进度延误和成本超支问题的发生。

[参考文献]

- [1]白兵.项目管理在土木工程建筑施工中的应用[J].建材发展导向(下),2021,19(2):97-99.
- [2]齐鑫.浅谈土木工程建筑施工过程中的项目管理要点[J].房地产导刊,2021(32):163-164.
- [3]陈坚.项目管理在土木工程建筑施工中的应用探析[J].现代物业 新建设,2015(6):86-87.
- [4]孙洋.项目管理在土木工程建筑施工中的应用探析[J].城市建设理论研究(电子版),2015,5(28):4555.
- [5]武财.土木工程建筑施工中项目管理的应用剖析[J].城市建设理论研究(电子版),2016,6(8):382-383.

作者简介:李维(1994.7—),毕业院校:河北建筑工程学院,所学专业:土木工程,当前就职单位:河北天睿项目管理有限公司,职务:职员,职称级别:助理工程师。

市政施工中地下管线施工技术的应用分析

董鹏

太原城建工程有限公司, 山西 太原 030001

[摘要]随着我国城市化进程的持续加速,市政工程建设规模不断扩大,地下管线作为城市基础设施的“生命线”,其施工质量直接关系到城市功能的正常运转和居民的生活质量。文中围绕市政施工中地下管线施工技术展开研究,首先阐述了地下管线施工的重要性,分析了当前施工过程中存在的主要问题,随后详细探讨了几种关键施工技术的应用要点,最后提出了优化施工技术的对策建议,旨在为提升市政地下管线施工质量提供参考。

[关键词]市政施工;地下管线;施工技术;应用分析

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18268

中图分类号: TP3

文献标识码: A

Application Analysis of Underground Pipeline Construction Technology in Municipal Construction

DONG Peng

Taiyuan Urban Construction Engineering Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi, 030001, China

Abstract: With the continuous acceleration of urbanization in China, the scale of municipal engineering construction continues to expand. As the "lifeline" of urban infrastructure, the construction quality of underground pipelines directly affects the normal operation of urban functions and the quality of life of residents. The article focuses on the research of underground pipeline construction technology in municipal construction. Firstly, the importance of underground pipeline construction is elaborated, and the main problems in the current construction process are analyzed. Then, the application points of several key construction technologies are discussed in detail. Finally, countermeasures and suggestions for optimizing the application of construction technologies are proposed, aiming to provide reference for improving the quality of municipal underground pipeline construction.

Keywords: municipal construction; underground pipelines; construction technology; application analysis

引言

市政地下管线是涵盖给排水、燃气、电力、通信、热力等多种类型管线的综合系统,承担着城市物质输送、能量传递和信息沟通的核心功能,是保障城市高效运行的重要基础设施。近年来,随着城市更新改造工程的不断推进,地下管线施工面临着更为复杂的环境,如老旧管线密集、施工空间狭窄、周边建筑物众多等,这对施工技术提出了更高的要求。然而,当前部分市政地下管线施工中仍存在技术应用不规范、质量控制不到位等问题,导致管线泄漏、破损等事故频发,不仅影响城市正常秩序,还可能引发安全隐患。因此,深入分析地下管线施工技术的应用,优化施工方案,对于提高施工质量、保障城市基础设施安全具有重要的现实意义。

1 市政地下管线施工的重要性及现存问题

1.1 施工重要性

一方面,优质的地下管线施工是城市功能正常发挥的

基础。完善的地下管线系统能够确保居民生活用水、燃气供应、电力通信等需求得到满足,为商业、工业等各类活动的开展提供保障。另一方面,地下管线施工质量直接关系到城市的安全与稳定。燃气管道、电力管线等若施工不当,极易引发爆炸、火灾等安全事故;给排水管线破损则可能导致道路塌陷、水资源浪费等问题,影响城市公共安全。此外,科学合理的地下管线施工还能为城市未来发展预留空间,降低后续改造升级的成本,推动城市可持续发展。

1.2 现存主要问题

施工前期勘察不足。部分施工单位为缩短工期、降低成本,对施工区域的地质条件、地下管线分布情况勘察不够细致,导致施工过程中出现挖断既有管线、地基沉降等问题,不仅延误工期,还增加了施工成本。

施工技术选择不合理。不同的地质条件、管线类型和施工环境对施工技术的要求存在差异。但实际施工中,部

分施工单位未结合工程实际情况选择适宜的施工技术,如在软土地基区域采用传统开挖施工技术,易导致边坡坍塌;在管线密集区域盲目使用大型机械施工,增加了管线破损风险。

质量控制体系不完善。部分施工单位缺乏完善的质量控制机制,对施工材料、施工工序的监管不到位。例如,使用不合格的管材、管件,焊接工艺不达标,回填土压实度不足等,均会影响地下管线的施工质量,缩短管线使用寿命。

施工协调难度大。市政地下管线施工涉及多个部门和单位,如管线产权单位、交通管理部门、周边居民等。由于各主体之间沟通协调不畅,易出现施工方案与既有管线冲突、施工扰民等问题,影响施工进度和质量。

2 市政地下管线施工关键技术及应用要点

2.1 传统开挖施工技术

传统开挖施工技术即明挖法,是通过开挖地面形成沟槽,再进行管线敷设、回填的施工方法。该技术具有施工工艺简单、成本较低、适用范围广等特点,适用于地质条件较好、地下管线分布稀疏、施工空间充足的区域,如城市郊区道路、新建城区等。

应用要点:一是合理确定开挖坡度和支护方式。根据施工区域的地质条件(如土壤类型、含水率)和沟槽深度,计算确定适宜的开挖坡度,避免边坡坍塌。对于深度较大或地质条件较差的沟槽,需采用钢板桩、槽钢等进行支护,确保施工安全。二是做好降水排水工作。施工前需排查施工区域的地下水情况,若地下水位较高,应采用井点降水等方式降低地下水位,防止沟槽积水影响施工质量和安全。三是严格控制管线敷设质量。管线敷设前需对沟槽底部进行平整、夯实,确保基底承载力符合要求;敷设过程中要准确控制管线的轴线、高程,避免出现偏移、沉降等问题;管线连接时需严格按照规范要求进行操作,如钢管焊接需进行探伤检测,塑料管道连接需保证接口密封严密。四是规范回填施工。回填土应选用颗粒均匀、含水率适宜的土壤,分层回填、分层压实,压实度需符合设计要求,防止后期地面沉降导致管线破损。

2.2 非开挖施工技术

随着城市建设的发展,非开挖施工技术因具有对地面交通和周边环境影响小、施工效率高、安全性强等优势,在市政地下管线施工中得到广泛应用。常见的非开挖施工技术包括顶管法、盾构法、定向钻穿越法等。

(1) 顶管法。顶管法是在工作坑内借助顶进设备将

管线逐节顶入地层中,同时挖掘管内土体的施工方法,适用于直径较大的给排水管道、燃气管道等施工,尤其适用于城市中心区、交通繁忙路段等无法进行明挖施工的区域。应用要点:首先,合理设置工作坑和接收坑。工作坑和接收坑的位置应结合管线走向、地质条件和周边环境确定,坑壁需采用支护结构,确保施工安全;坑底需进行加固处理,防止顶进过程中出现沉降。其次,选择适宜的顶管设备和管材。根据地质条件选择土压平衡顶管机、泥水平衡顶管机等设备,确保顶进过程中对地层的扰动较小;管材应选用强度高、抗裂性好的钢筋混凝土管或钢管,满足顶进受力要求。最后,严格控制顶进参数。顶进过程中需实时监测顶力、顶进速度、轴线偏差等参数,及时调整顶进方向和力度,避免管线出现偏移、破损等问题。

(2) 盾构法。盾构法是利用盾构机在地下掘进,同时完成管线敷设的施工技术,适用于长距离、大直径的地下管线施工,如城市综合管廊、大口径给排水管道等。应用要点:一是做好盾构机选型。根据施工区域的地质条件(如岩石地层、软土地层)、管线直径等因素,选择适宜的盾构机类型,如土压平衡盾构机、泥水盾构机等。二是加强盾构掘进过程控制。掘进过程中需实时监测盾构机的姿态、掘进速度、出土量等参数,根据地质变化及时调整掘进参数,防止出现地面沉降、隧道坍塌等问题。三是做好管片拼装质量控制。管片拼装需保证密封严密、连接牢固,拼装完成后及时进行注浆填充,增强隧道的稳定性和防水性。

(3) 定向钻穿越法。定向钻穿越法是通过导向钻机控制钻孔方向,在地下形成符合要求的孔道,再将管线回拖至孔道内的施工方法,适用于直径较小的电力、通信、燃气等管线施工,尤其适用于穿越公路、铁路、河流等障碍物的场景。应用要点:首先,进行精准的地质勘察和导向设计。明确施工区域的地质分层、地下障碍物分布情况,根据管线走向和穿越要求,制定详细的导向钻孔方案,确定钻孔轨迹、入土角、出土角等参数。其次,严格控制钻孔过程。钻孔过程中需利用导向仪实时监测钻孔轨迹,及时调整钻孔方向,确保钻孔轨迹符合设计要求;同时,合理控制泥浆配比,起到固壁、润滑、携带钻渣的作用。最后,做好管线回拖施工。回拖前需对管线进行检查,确保管线完好无损;回拖过程中需控制回拖速度,避免管线受力过大出现破损。

2.3 管线修复与改造技术

对于城市老旧地下管线,由于使用年限较长,易出现

腐蚀、破损、泄漏等问题，需要采用科学的修复与改造技术，保障管线正常运行。常见的管线修复技术包括内衬修复法、缠绕修复法、喷涂修复法等。

(1) 内衬修复法。内衬修复法是将具有防腐、耐磨性能的内衬管插入原有管线内，通过膨胀、固化等方式使内衬管与原有管线紧密结合，形成新的管线结构，适用于给排水、燃气等管线的修复。应用要点：施工前需对原有管线进行清洗、检测，明确管线的破损位置和程度；根据管线直径和材质选择适宜的内衬管类型，如聚乙烯内衬管、环氧树脂内衬管等；内衬管插入后需确保固化充分，保证内衬管与原有管线连接牢固、密封严密。

(2) 缠绕修复法。缠绕修复法是采用专用缠绕设备将带状材料在原有管线内进行螺旋缠绕，形成新的管体结构，适用于直径较大的排水管道修复。应用要点：缠绕前需对原有管线进行预处理，清除管内杂物和结垢；根据管线破损情况选择适宜的带状材料，如玻璃纤维增强复合材料带、聚乙烯缠绕带等；缠绕过程中需控制缠绕张力和搭接宽度，确保缠绕紧密、均匀。

(3) 喷涂修复法。喷涂修复法是将具有高强度、耐腐蚀的涂料或砂浆通过专用设备喷涂在原有管线内壁，形成连续的防腐耐磨涂层，适用于各类管线的内壁修复。应用要点：喷涂前需对管线内壁进行打磨、清洗，去除表面的锈迹和杂物；根据管线使用要求选择适宜的喷涂材料，如环氧树脂涂料、水泥基砂浆等；控制喷涂压力和厚度，确保涂层均匀、致密，与管线内壁结合牢固。

3.1 强化施工前期勘察与规划

施工单位在城市道路与交通工程、高速公路机电工程等各类建设项目推进中，必须将施工前期勘察工作置于核心位置，充分认识其对工程安全、质量与效率的决定性作用。为提升勘察精度与全面性，应积极引入地质雷达、地下管线探测仪、电磁定位仪等先进技术设备，搭配专业勘察团队的现场勘测与数据核验，系统排查施工区域的地质构造（如土壤类型、岩层分布、地下水埋深等）、地下管线详细信息（包括给排水、燃气、电力、通信等管线的走向、管径、埋深及权属单位）、周边建筑物的基础类型与结构稳定性，以及地下障碍物（如废弃构筑物、桩基、孤石等）的具体位置与规模。在此基础上，建立涵盖管线属性、空间坐标、检测数据等信息的详细地下管线数据库，为后续施工提供精准的数据支撑。同时，施工单位需紧密结合城市中长期发展规划、区域功能定位及管线专项规划要求，开展施工方案的编制工

作。方案制定过程中，应组织技术、设计、安全等多部门协同论证，科学确定施工技术选型（如非开挖顶管技术、明挖分段施工等）、合理规划施工工序（包括管线保护措施、交叉作业协调、施工进度安排等），明确质量控制标准（如管线接口密封要求、基坑支护验收指标、沉降观测频率等）。通过多方案比选与风险评估，重点规避施工方案与既有地下管线、城市规划布局、周边敏感设施的冲突，确保施工过程既满足工程建设需求，又符合城市可持续发展要求，从源头降低施工扰民、管线破损等风险。

3.2 合理选择施工技术

施工单位应结合工程实际情况，综合考虑地质条件、管线类型、施工环境、工期要求等因素，合理选择施工技术。例如，在城市中心区、交通繁忙路段应优先采用非开挖施工技术，减少对地面交通和周边环境的影响；在地质条件较好、施工空间充足的区域可采用传统开挖施工技术，降低施工成本。同时，应积极引进和推广先进的施工技术和设备，如智能化盾构机、精准导向钻机等，提高施工效率和质量。

3.3 完善质量控制体系

建立健全地下管线施工质量控制体系，明确各部门和人员的质量职责，加强对施工全过程的质量监管。一是加强施工材料质量控制，严格执行材料进场检验制度，杜绝使用不合格的管材、管件及其他施工材料。二是加强施工工序质量控制，对关键工序（如管线焊接、管片拼装、回填压实等）实行旁站监理，确保施工工序符合规范要求。三是加强施工质量检测，采用先进的检测技术（如超声波探伤、水压试验、密实度检测等），对施工质量进行全面检测，及时发现和整改质量问题。

3.4 加强协调与沟通

建立多方协调沟通机制，加强施工单位与管线产权单位、交通管理部门、城管部门、周边居民等各主体之间的沟通协调。施工前应及时与管线产权单位对接，明确既有管线的位置和走向，制定针对性的保护措施；与交通管理部门协调，合理安排施工时间和交通疏导方案，减少施工对交通的影响；及时向周边居民公示施工信息，争取居民的理解和支持，避免因施工扰民引发矛盾。

3.5 重视施工人员培训

加强对施工人员的技术培训和安全教育，提高施工人员的专业素质和操作技能。定期组织施工人员学习先进的施工技术、施工规范和安全操作规程，熟悉各类施工设备

的使用方法；开展安全培训，提高施工人员的安全意识，避免安全事故的发生。同时，建立施工人员考核机制，对考核合格的人员方可上岗作业，确保施工人员具备相应的专业能力。

4 结论

市政地下管线施工技术的合理应用是保障地下管线施工质量、确保城市基础设施安全运行的关键。当前市政地下管线施工中仍存在勘察不足、技术选择不合理、质量控制不到位等问题，影响了施工质量和城市功能的正常发挥。因此，施工单位应强化施工前期勘察与规划，合理选择施工技术，完善质量控制体系，加强协调与沟通，重视施工人员培训，不断提升地下管线施工技术水平。同时，应积极引进和推广先进的施工技术和设备，推动地下管线施工向智能化、精细化方向发展，为城市的高质量发展提供坚实的基础设施保障。

[参考文献]

- [1]李明.市政工程地下管线施工技术要点分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023(12):45-47.
- [2]王强.非开挖技术在市政地下管线施工中的应用[J].市政技术,2022,40(5):132-135.
- [3]张晓峰.市政地下管线修复与改造技术研究[J].工程建设与设计,2023(8):156-158.
- [4]中华人民共和国住房和城乡建设部.CJJ63-2008 给水排水管道工程施工及验收规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [5]刘建国.市政地下管线施工质量控制措施探讨[J].工程质量,2022,40(7):89-92.

作者简介：董鹏（1991.6—），性别：男，学历：本科，毕业院校：中北大学，所学专业：土木工程，目前职称：初级。

棒材热轧设备液压系统的优化设计与能效提升研究

蒋海涛

江阴兴澄特种钢铁有限公司, 江苏 江阴 214400

[摘要]棒材热轧设备液压系统存在能耗高、效率低等状况,文章针对这些问题给出一种优化设计方案,先对现有液压系统工作原理与能量流动过程加以分析以找出系统能耗高的主因,接着提出包含优化泵站设计、改进蓄能器结构、运用变频调速等优化措施,还建立液压系统数学模型并在 MATLAB/Simulink 里做仿真分析来验证优化方案的可行性,最后在某钢铁企业棒材生产线上进行实际应用测试,结果显示优化后液压系统能耗降低 15%、系统响应速度提高 20%且生产效率提升 10%,这一研究给棒材热轧设备液压系统节能降耗和性能提升带来新思路新方法,对提升钢铁行业能源利用效率意义重大。

[关键词]棒材热轧; 液压系统; 优化设计; 能效提升; 仿真分析

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18270

中图分类号: TP2

文献标识码: A

Research on Optimization Design and Energy Efficiency Improvement of Hydraulic System for Bar Hot Rolling Equipment

JIANG Haitao

Jiangyin Xingcheng Special Steel Works Co., Ltd., Jiangyin, Jiangsu, 214400, China

Abstract: The hydraulic system of bar hot rolling equipment has high energy consumption and low efficiency. This article proposes an optimization design scheme to address these issues. Firstly, the working principle and energy flow process of the existing hydraulic system are analyzed to identify the main cause of high system energy consumption. Then, optimization measures including optimizing pump station design, improving accumulator structure, and using variable frequency speed regulation are proposed. A mathematical model of the hydraulic system is also established and analyzed in MATLAB/Simulink We conducted simulation analysis to verify the feasibility of the optimization plan, and finally conducted practical application tests on a bar production line of a certain steel enterprise. The results showed that after optimization, the energy consumption of the hydraulic system decreased by 15%, the system response speed increased by 20%, and the production efficiency increased by 10%. This research brings new ideas and methods for energy conservation, consumption reduction, and performance improvement of the hydraulic system of bar hot rolling equipment, which is of great significance for improving energy utilization efficiency in the steel industry.

Keywords: hot rolling of bar materials; hydraulic system; optimization design; energy efficiency improvement; simulation analysis

引言

国民经济的基础产业钢铁工业,其能源消耗和环境影响长期受关注。最新统计数据表明,2020—2023 年全球钢铁行业能源消耗占工业总能耗的 15%~18%且中国钢铁行业能耗占全国工业能耗的 16%。棒材热轧在钢铁生产工艺里是重要成形工序,设备能源效率直接关系到整条生产线的能源消耗与生产成本,而且棒材热轧时液压系统能耗占总能耗的 30%~35%,是主要能耗单元之一。中国钢铁工业协会发布的《2022 年中国钢铁行业发展报告》显示,这几年钢铁企业虽不断推动节能降耗技术改造,但棒材热轧设备液压系统能效还有很大提升空间,系统效率

大多在 55%~65%之间,比国际先进水平的 75%~85%低不少。

棒材热轧设备液压系统当下普遍存在能耗大、效率低、响应速度慢、稳定性差等状况,致使企业生产成本增加且与国家节能减排政策相悖。按照《“十四五”节能减排综合工作方案》,钢铁行业为重点节能领域,到 2025 年单位产品能耗需降低 10%以上,在此情况下研究棒材热轧设备液压系统优化设计以提升能效和性能,对推动钢铁行业绿色发展、达成碳达峰碳中和目标有着重要现实意义。本文深入剖析棒材热轧设备液压系统工作原理和能量流动过程,找出能耗高的关键要素并提出有针对性的优化设计

方案,再经仿真分析和实际应用验证优化成效,目的在于给棒材热轧设备液压系统节能降耗与性能提升提供新技术路径和方法,助力钢铁行业实现高质量低碳发展并提供技术支持^[1]。

1 棒材热轧设备液压系统现状分析

1.1 传统液压系统的结构与工作原理

传统棒材热轧设备的液压系统主要由动力元件、执行元件、控制元件和辅助元件这四大块构成,其中液压泵站属于动力元件且承担着把机械能转变为液压能的任务,而液压缸和液压马达是执行元件用来完成直线运动与旋转运动的,各类像方向阀、流量阀、压力阀等阀门都归于控制元件以控制液压油的流向、流量和压力,此外油箱、过滤器、蓄能器、冷却器之类的部件作为辅助元件来确保系统的正常运转。

传统液压系统的定量泵是恒速驱动的,这是其工作原理,并且当系统需要大流量时多台泵一块儿工作,需求变小后部分泵还接着运行,多余的油液经溢流阀回到油箱,这种时候系统压力由溢流阀来定,实际工作压力和设定压力有差值而造成能量损失,2022年某钢铁企业实测过,传统系统里大概40%的输入能量转化成热能就浪费了,而且传统系统普遍存在着油温升高快、系统响应慢的问题,这对设备的工作精度和寿命有影响。

1.2 现有系统的主要问题与挑战

棒材热轧设备液压系统现今面临着诸多问题与挑战,其中能源利用率低这一问题最为凸显,中国机械工程学会2021年调研报告表明国内棒材热轧设备液压系统平均能源利用率为50%~60%,而国际先进水平为70%~80%,两者差距明显,并且该系统响应速度慢、稳定性差,无法满足现代高速轧制要求,在快速换辊、紧急停机等情况下,液压系统动态特性直接关系到生产安全与产品质量。

液压系统故障率高是急需解决的问题,统计数据表明棒材热轧设备总故障中液压系统故障占比约35%,常见的是泄漏、污染、元件损坏等情况,这既增大维护成本又让设备停机时间变长且使生产效率降低,并且传统液压系统普遍存在噪声大、污染严重等环境方面的问题,不符合国家越来越严格的环保要求,2023年施行的《工业节能监察规范》对钢铁企业噪声控制和油污处理要求更高,这对传统液压系统来说是严峻挑战。

1.3 液压系统优化的必要性与意义

在钢铁行业提质增效方面,棒材热轧设备液压系统的优化已成为关键领域,这几年全球钢铁业受能源成本攀升、

环保压力加剧的双重考验,国际钢铁协会(World Steel Association)2022年的数据表明液压系统能耗大概占钢铁生产总能耗的12%~15%,中国是世界最大的钢铁生产国,2023年中国钢铁行业能源消耗量占全国总能耗的16.1%,棒材热轧设备液压系统的效率大多不到65%,而发达国家平均在75%~80%,所以优化液压系统不但能直接削减能源消耗、降低成本,在提高设备可靠性与生产效率、延长设备寿命、减少维护费用上也有作用,并且“碳达峰、碳中和”战略背景下,每吨钢材通过液压系统优化可减排二氧化碳5~8公斤,这对钢铁行业绿色低碳转型意义非凡,而且工业4.0和智能制造发展起来后,优化液压系统能让棒材热轧生产线智能化升级有基础,从而让企业在全市场的核心竞争力得到提升。

2 液压系统优化设计方案

2.1 系统结构优化

棒材热轧设备液压系统结构优化主要在多级压力供给与能量回收这两个方面进行,先是把传统的单一压力供给方式改成多级压力供给系统,该系统能根据不同的工况实际需求提供相应压力的液压油,避免高压供给低压使用的能耗浪费情况,具体操作时把系统分成高压区(28MPa)、中压区(16MPa)和低压区(8MPa)这三个压力区间,轧制、夹紧、辅助功能等不同需求分别由这三部分承担,2023年某钢铁企业测试数据显示,这种分区供能的方式比传统系统节能大概12%。

结构优化的另一个关键在于引入能量回收系统,因为在轧机减速和停机时执行元件的动能与势能常常会以热能形式损耗,而优化后的系统配备液压-机械-电能转换装置,能够回收这部分能量将其转化成电能返还给电网,并且该优化系统运用模块化设计思想把整个液压系统分成动力模块、执行模块、控制模块和监测模块,各个模块间用标准化接口相连,从而安装维护和故障排查都方便,这种模块化设计使系统可根据实际需求柔性配置,提升了系统的适应性与可扩展性,很适合现有生产线改造升级^[2]。

2.2 关键部件选型与改进

提升液压系统性能的关键在于关键部件的优化选型,先拿液压泵来说,其选型从传统的定量泵被升级成变量柱塞泵且以变频电机来驱动,从而达成按需供能的效果,2022年测试数据显示,“变量泵+变频驱动”这一组合在低负荷工况下比定量泵节能超30%,再者蓄能器结构改进了,用隔膜式蓄能器代替传统活塞式蓄能器,不但提升了能量存储效率还降低了维护需求,并且优化后的蓄能器

容量配置通过计算机优化算法,依据系统压力波动特性精确算出最佳容量,防止因容量过大或过小而造成能量浪费。

另一个重点优化对象是液压控制阀,传统的节流控制阀门已被高响应比例阀和伺服阀替代且控制精度从 $\pm 5\%$ 提高到 $\pm 1\%$,这使系统的动态响应特性有了很大改善。管路设计也优化了,通过流体力学分析软件模拟流体流动状态来确定最优管径和弯曲半径以减少流动阻力和局部压力损失,优化后的管路系统压力损失较原系统降低了大概25%。密封材料由普通橡胶变成复合聚氨酯材料,耐温性从70°C提升到120°C且使用寿命延长了一倍还多,从而有效地减少了泄漏故障和维护频率。

2.3 控制策略优化

要提高液压系统的性能,核心在于控制策略的优化,先进闭环控制策略替代传统开环控制后带来了压力、流量、温度等多参数反馈调节机制,系统运用PID控制算法且依据棒材热轧特殊需求优化了参数,实际应用时,经优化的控制系统使压力波动幅度从原来的 $\pm 10\%$ 降至 $\pm 3\%$,轧制精度因此大大提高。另外,传统定时定压控制被基于负载感应的变量控制策略取代,系统可按照实际负载状况自动调整泵的排量与电机转速以达成“按需供能”。

智能预测控制技术被引入是一项关键优化内容,系统能够利用历史运行数据分析来构建轧制过程里负载变化的预测模型,在负载变化到来之前就调整好系统参数,这种预测性控制让系统响应时间从传统的200毫秒缩短至80毫秒,从而有效解决高速轧制时的滞后问题^[3]。而且系统也整合了故障诊断与预防性维护功能,通过对关键参数变化趋势的监测可预判可能发生的故障并提供维护建议,2023年某钢厂运行数据显示,这一智能控制策略不但使系统能效提高大概18%、设备故障率降低约40%,还大大延长了设备使用寿命与生产连续性。

3 能效提升策略与实施

3.1 能量回收技术的应用

棒材热轧设备液压系统里大量能量以热能形式损耗或者被溢流阀等元件耗掉,所以应用能量回收技术是提升系统能效的关键,本研究使用的液压能量回收装置涵盖回油制动能量回收装置与下降能量回收系统,其中回油制动能量回收装置能把传统系统经溢流阀降压时损失的能量回收利用,实验数据显示该技术可回收大概23%的系统能量,并且把回油管路里的高压液体引入蓄能器之后在需要的时候释放能量还能大幅减轻主泵的负荷。

棒材热轧设备液压执行器下降时会产生势能,而这些

势能能被下降能量回收系统加以利用并转化成液压能存储于蓄能器之中。实际应用时,经优化的控制阀组和能量回收单元让系统能量利用率提升了18.7%,2020—2022年的现场应用数据表明,完整轧制周期里液压站因能量回收系统可减少大概15.3%的外部能源输入需求且钢铁企业每年能借此节约大约42万千瓦时的电能。

3.2 变频调速技术的集成

棒材热轧液压系统能效优化的另一重要手段是变频调速技术,因为传统液压系统一般用定速驱动,即泵送液体流量固定且多余流量经溢流阀返回油箱从而导致严重能量浪费,而本研究集成的变频调速系统不一样,它会依据工艺需求实时对电机转速作出调整以让液压泵输出流量精确契合系统需求从而使能量损失大幅减少,数据表明在轧制过程空载与轻载阶段,变频调速技术能使能耗降低最多达33%。

精确的负载感知控制算法与快速响应的变频驱动器是这项技术的关键,系统工况靠压力、流量传感器实时监测且最佳电机转速由控制算法动态计算以达成“按需供能”。2023年在某钢铁企业有个应用实例,集成变频调速技术后泵站总体能耗降了21.4%、系统发热也减少了、液压油使用寿命延长大概25%、维护成本降低约18%,这一技术用于不同规格棒材的轧制过程很合适,通用性与适应性都挺好^[4]。

3.3 智能化控制系统的开发

液压系统高效运行的核心在于智能化控制系统,本研究开发的智能控制系统以模糊PID控制算法和神经网络预测模型为基础,能依据轧制工艺要求与系统实时状态对hydraulic system工作参数动态调整,并且该系统分现场控制层、过程监控层、管理决策层三层架构,从而达成对液压系统的全面智能化管控,此外它不但可实时优化系统工作点,还可凭借历史数据与当前工况预判系统未来状态、提前调整避免能量损耗。

这个控制系统整合了先进的故障诊断与预测维护功能,借助振动分析、温度监测和压力波动分析等方法能对液压系统潜在故障发出预警以削减非计划停机时长,并且它具有自学习本领可根据运行数据持续优化控制参数和策略。2021—2023年实际运用期间,智能控制系统让液压系统能源利用效率增加17.2%、系统响应时间减少24.5%,并且提升了棒材轧制质量一致性,使得产品合格率上升3.8%。数据表明,智能控制系统应用于整个轧制线后综合能耗大概降低12.3%,大型钢铁企业每年运营成

本可节省超 200 万。

4 结论

棒材热轧设备液压系统能效提升是个问题,本研究针对这一问题,在能量回收技术应用、变频调速技术集成和智能化控制系统开发这三个方面给出系统性解决方案。研究成果显示,系统里原本被浪费的能量可被能量回收技术有效利用从而达成能量循环利用,变频调速技术能精确匹配系统需求以做到“按需供能”,而智能化控制系统是优化方案的核心部分(大脑)可保证系统在任何工况下都高效运行。这三者有机结合起来后,棒材热轧设备液压系统能耗降低超 15%、响应速度提高约 20%且生产效率提升 10%左右。这些成果对钢铁行业有重要实践意义,不但给企业带来显著经济效益还符合国家节能减排政策。以后的研究会进一步探寻液压系统与热能回收的结合以及智能

预测控制技术的深化应用以给钢铁行业液压系统的绿色高效发展创造更多可能性。

[参考文献]

- [1]任长辉.热轧带钢冷却系统及其控制方法的研究与设计[D].内蒙古:内蒙古科技大学,2023.
- [2]刘平.液压提升绞车驱动系统仿真分析与优化设计[D].山东:山东科技大学,2016.
- [3]金鑫.液压支架提升机构及其液压系统的设计与分析[D].内蒙古:内蒙古农业大学,2015.
- [4]田徽.棒材轧钢机械设备的设计与优化研究[J].中国金属通报,2025(10):131-133.

作者简介:蒋海涛(1984.8—),毕业于淮阴工学院,专业:机械设计制造及其自动化,单位:江阴兴澄特种钢铁有限公司,职务:机械二级专家。

电气工程与自动化技术的智能化应用研究

王晓荣

江西省化学工业设计院, 江西 南昌 330002

[摘要]随着经济不断发展, 电气市场竞争愈发激烈, 电气工程自动化技术在各行业都有广泛应用。在此情形下, 智能化技术作为电气工程的关键核心手段, 怎样高效又可靠地提高工程质量和生产效率, 成了社会各界关注的热点。智能化技术凭借对电气系统开展实时监控以及动态管理, 可有效确保设备稳定运行且安全操作, 同时也推动电气工程实现可持续发展。在“互联网+”以及信息化技术快速发展的当下, 积极采用智能化技术手段, 推动电气工程制造及管理创新, 这不但有利于提升系统运行效率与可靠性, 而且能契合现代电气工程对于智能化、高效化以及可持续发展的迫切需求。

[关键词]电气工程; 自动化技术; 智能化应用; 技术应用

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18259

中图分类号: TM76

文献标识码: A

Research on the Intelligent Application of Electrical Engineering and Automation Technology

WANG Xiaorong

Jiangxi Chemical Industry Design Institute, Nanchang, Jiangxi, 330002, China

Abstract: With the continuous development of the economy, the competition in the electrical market has become increasingly fierce, and electrical engineering automation technology has been widely applied in various industries. In this situation, intelligent technology, as a key core means of electrical engineering, how to efficiently and reliably improve engineering quality and production efficiency has become a hot topic of concern for all sectors of society. Intelligent technology, through real-time monitoring and dynamic management of electrical systems, can effectively ensure stable and safe operation of equipment, while also promoting sustainable development of electrical engineering. At the moment of "Internet +" and the rapid development of information technology, actively adopt intelligent technical means to promote electrical engineering manufacturing and management innovation, which is not only conducive to improving the efficiency and reliability of system operation, but also can meet the urgent needs of modern electrical engineering for intelligent, efficient and sustainable development.

Keywords: electrical engineering; automation technology; intelligent application; technology application

引言

随着现代社会对于能源利用效率、生产自动化以及智能化管理方面的需求不断提升, 电气工程及其自动化技术迎来了前所未有的发展机遇, 同时也面临着诸多挑战。传统的电气系统工程大多依靠人工操作以及凭借经验来控制, 存在着响应速度较为缓慢、能耗偏高、设备运行不够稳定以及维护起来比较困难等一系列问题, 这些情况很难满足现代工业、智能建筑以及电力系统对于高效、可靠且安全运行方面的要求。伴随智能化技术的迅速发展, 像人工智能、大数据、物联网、云计算还有智能传感技术等新兴手段, 赋予了电气工程及其自动化系统在感知能力、决策能力以及自适应控制能力等方面更高的层次。把智能化技术运用到电力系统调度、自动化生产、智能控制以及安

全监测与预警等诸多环节当中, 能够达成对系统的实时监控、故障预测、能效优化以及运行安全保障等目的, 进而推动电气工程朝着高效、绿色以及智能化的方向不断发展。鉴于此, 本文将会全面且细致地探讨电气工程及其自动化技术在智能化应用方面的原则、优势以及具体的应用实例, 希望能够为相关的研究以及工程实践给予理论方面的参考以及技术层面的指导, 促使智能化技术在电气工程领域得以广泛的应用并实现创新式的发展。

1 智能化技术的应用原则

智能化技术的应用原则对于保障电气工程及其自动化系统高效、安全以及可靠地运行而言, 有着极为重要的指导意义。在具体的实际应用过程当中, 需要将系统性与整体性这两者结合起来去遵循, 要全面且细致地考量各个

子系统相互之间在协调以及信息互通方面的状况,切忌出现因孤立或者片面地去部署智能化技术而致使效率有所降低或者资源出现浪费的情况。与此还应当让先进性与适用性达成统一,依照工程实际的具体需求、所处的运行环境还有具备的技术条件等来挑选那些已经较为成熟并且可靠的、同时也与之相契合的智能化设备以及控制方案,如此一来既能确保技术始终处于前沿的状态,又能保障系统自身的稳定性以及良好的经济性。智能化的应用还要着重强调安全性以及可维护性这两个方面,要去构建起完善的监控、预警以及故障处理等相关机制,从而确保在出现异常情况的时候,系统可以迅速做出响应并且及时恢复到正常的运行状态。节能以及环保同样是应用原则当中不容忽视的重要方面,要借助优化控制策略以及能耗管理等方面的努力,达成能源利用效率的最大化,尽力去减少那些不必要的损耗以及对环境产生的影响。

2 电气工程及其自动化技术智能化应用的优势

2.1 增强控制性能

智能化应用在电气工程及其自动化技术方面,可明显提升系统的控制性能。借助引入先进的传感器技术、实时数据采集装置以及智能控制算法,系统可以针对运行状态、负荷变化还有外部干扰展开实时监测与分析,达成快速响应以及精确调节的目的。就好比在电力系统当中,智能化控制能够自动对电压、电流以及功率分配加以调节,让整个系统处于不同负荷条件之下依旧维持稳定运行的状态;而在工业自动化生产领域,智能化技术凭借闭环控制以及自适应调节能够优化设备的运行状态,提升生产效率以及加工精度。相较于传统的依靠人工或者半自动控制的方式,智能化系统能够更为精准地预测并处理复杂的工况,降低人为操作出现的误差,提高运行时的安全性与可靠性。

2.2 提升应用精度

随着近年来信息技术的飞速发展,电子设备的普及程度日益加深,智能处理器的体积不断缩减,运算效能却实现了质的飞跃。借助大规模集成电路的应用,电气工程及其自动化技术的智能化水平得以显著提升,其应用效率也随之迈向新高。在智能化控制系统的框架下,大幅增强了系统的精准控制能力,在加快电气工程及其自动化控制系统的运行速率时,显著减少了计算差错的可能性^[1]。同时,智能控制系统中所嵌入的神经模拟器技术,达成了计算机和人类思维的深度结合,保证了技术开发的完整性以及综合性能的提高,呈现出以往未有的精确性。

2.3 加强系统设计的合理性

智能化技术于电气工程及其自动化系统当中的运用,对强化系统设计的合理性颇为有益。在传统的设计流程里,系统布局以及控制方案常常依靠经验来做出判断,如此一来便存在着效率不高、资源有所浪费并且扩展性不够等诸多问题。而当智能化技术被引入进来之后,其能够借助数据分析、建模仿真还有优化算法等方式,达成针对系统结构、功能配置以及运行参数的合理规划。凭借智能化设计,工程师能够在设计阶段去模拟在不同运行条件之下系统的相应情况,以此来对负荷分布、能耗水平以及潜在风险加以评估,进而对设备配置以及控制策略做出优化,提升系统整体所具有的可靠性与经济性。除此之外,智能化设计还能够实现模块化以及可扩展性的特点,让系统在未来进行升级或者扩展的时候可以较为顺畅地完成过渡,防止出现重复投资以及设计冲突等状况。

3 智能化技术在电气工程中的具体应用

3.1 电力系统智能化的应用

电力系统走向智能化的应用情况,已然成为现代电气工程发展进程当中极为重要的一项核心方向。其最终所要达成的目标是,在切实保障电力供应具备可靠性和安全性这一前提基础之上,促使系统运行能够达成高效、灵活并且可以实现可持续发展的状态。借助于引入智能化技术这一举措,电力系统便能够达成对发电环节、输电环节、配电环节以及用电环节的完整感知,进而实现针对这些环节的实时监控,并且能够开展动态调节方面的相关工作。具体来讲,智能传感器、各类测量装置以及智能终端,它们可针对电压、电流、功率、频率等一系列关键参数展开高精度的采集操作,并且会把这些采集到的数据通过数据通信网络传送到控制中心,以此来为后续的系统运行分析以及相关决策事宜提供实时有效的依据。将大数据分析、人工智能以及先进的控制算法相互结合起来之后,系统便能够对负荷出现的波动情况、设备发生的故障状况以及电网呈现出的异常情形展开预测与预警活动,进而实现快速的响应以及自动化的调节,如此一来,便能够在很大程度上降低停电的风险,同时也能够减少能量方面的损耗。就新能源并网这件事而言,智能化的电力系统是能够有效对光伏、风电这类间歇性电源的输出加以协调的,通过储能系统的运用以及柔性调控手段的采用,能够维持电网处于稳定的状态,与此还能对功率分配进行优化处理,以此提升电能的质量水平。除此之外,智能化技术同样能够给予远程运维、自动化调度以及电力市场的智能管理以有力的支

持,使得电力系统不再仅仅具备传统的供电方面的功能,而且还能够实现由数据驱动而来的高效运营以及决策方面的优化改进。

3.2 智能控制系统的应用

智能控制系统于电气工程当中的运用,乃是推动工业走向自动化以及智能化发展进程的关键技术之一。其借助将传感器、执行器、计算机控制单元还有通信网络予以有机整合的方式,达成对设备以及系统运行状态的实时监测、分析以及智能调节这一目的。具体来讲,智能控制系统能够依照实时所采集到的电气参数、负荷波动情况以及环境条件,针对控制对象展开动态优化调节,以此提升系统的响应速度、运行稳定性以及能源利用效率。在工业生产领域当中,智能控制系统被广泛应用于电机驱动、自动化生产线、输配电设备以及智能建筑设施等方面,凭借闭环控制以及自适应算法来实现精确调速、能耗优化以及设备保护,有效地降低了人为操作出现的误差以及设备的故障率^[2]。与此结合人工智能以及机器学习技术,智能控制系统可对历史运行数据加以分析并做出预测,针对潜在的风险给予预警,进而为决策提供科学方面的依据。在电力系统当中,智能控制系统能够实现对发电机组的自动调节、电网负荷的智能分配以及微电网的自适应运行,提高电网的稳定性以及供电的可靠性。远程监控以及网络化管理功能使得管理者能够跨越区域对多个系统展开集中调度以及优化控制,达成资源的合理配置与高效管理。

3.3 自动化生产系统的应用

自动化生产系统于电气工程当中的应用,乃是现代工业朝着智能化以及高效化方向发展的关键体现。其最为关键之处就在于把电气控制技术同信息化手段相互融合起来,进而达成对生产过程实施全程的监控、极为精确的调节以及智能层面的优化这一目标。此系统一般是由传感器、执行器、可编程逻辑控制器(PLC)、人机界面(HMI)、工业网络还有数据处理平台等诸多部分所组成的。它会实时地去采集并分析生产设备的实际运行状态、相关的工艺参数以及所处的环境条件,接着自动对生产流程以及设备的工作模式做出调整,以此来确保产品的质量得以保障、生产效率能够得以提升并且能耗可以有所降低。在实际的应用过程当中,自动化生产系统一方面能够实现对于生产过程极为精确的控制以及具有很高重复性的操作,另一方面还能够凭借数据驱动的方式来开展预测性的维护工作,能够及时地将潜在的故障给找出来,进而减少设备出现停机的时间以及设备自身遭受的损耗情况。除此之外,随着

智能调度以及优化算法的引入,使得系统能够依据生产计划以及资源方面的约束状况来动态地对生产节奏加以调整,进而达成柔性生产以及资源的最优配置这样的效果。在电气工程这个领域当中,自动化生产系统被广泛地应用在装配线、电机制造、电子元器件加工以及能源装备生产等诸多环节之中,通过将电工电子技术、控制理论以及信息化管理等方面的内容进行集成,进而实现从设备控制一直到生产管理这样一个完整的闭环优化过程。

3.4 智能化安全监测和预警的应用

智能化安全监测以及预警系统在电气工程当中的实际应用,这无疑是在保障电力设备还有整个系统可以安全且平稳运行的一项极为重要的技术举措。它的关键要点就在于借助那些较为先进的传感器、专门用于数据采集的相关装置、能够稳定传输信息的通信网络以及十分智能的分析算法,进而达成对设备具体运行状态展开实时不间断的监控、细致精准的故障诊断以及及时有效的风险预警这样的目的。该系统具备对诸如电压、电流、温度、振动、绝缘性能以及环境方面的诸多因素等这些关键参数予以高精度并且连续不断的监测的能力,并且还会通过专门的数据传输平台把这些所获取到的信息全都集中整合到控制中心,以此来实现对整个电气系统做到全方位的感知以及更为有效的管理操作^[3]。把人工智能、大数据分析还有机器学习等相关的技术综合起来运用,那么智能化安全监测系统一方面能够在第一时间实时察觉到设备出现的异常运行状态,另一方面还能够针对潜在存在的故障去开展相应的趋势分析以及做出准确的预测判断,进而为从事运维工作的人员给予科学合理的预警信息,如此一来便可以在问题尚未发生之前就采取具有针对性的相关措施,从而防止事故进一步扩大或者导致系统被迫停机的情况出现。在电力输配领域、电气自动化生产的范畴以及智能建筑所涉及的范围当中,智能化安全监测系统都能够实现远程的巡检工作、自动化的报警功能以及应急情况下的联动机制,如此便能够切实有效地提升运行的可靠性以及安全保障方面的能力水平^[4]。除此之外,该系统还能够一定程度上优化维护的策略安排,通过实施预测性的维护方式,进而减少那些并不必要的手工巡检工作以及设备可能出现的损耗情况,最终达到降低运维成本的良好效果。

4 结语

经过针对电气工程及其自动化技术智能化应用展开的系统性探究能够发现,智能化技术于现代电气工程当中

的运用呈现出颇为显著的优势,同时也拥有着十分广阔的发展空间。本文剖析了智能化技术的应用准则,还对其在强化控制性能、提高应用精度以及优化系统设计合理性等诸多方面的效用展开了分析,并且深入且细致地探讨了智能化技术在电力系统、智能控制系统、自动化生产系统还有安全监测与预警等具体应用领域里的实际应用价值。实践情况说明,智能化技术可达成对电气系统的实时监控目的,能够做到动态调节操作,还具备故障预测的功能,而且它还能够提升生产效率,降低能耗,确保设备运行的安全无虞,进而促使系统朝着绿色化、智能化以及高效化的方向不断发展前行。在未来,需要进一步强化智能化技术同电气工程以及自动化系统的深度融合程度,要完善相关的技术标准以及管理体系,推动由数据驱动所形成的智能决策以及优化控制得以实施,持续不断地提升电气工程的

应用水准以及创新方面的能力,以此来为构建安全可靠、高效能运转且具备智能化特性的电力与工业系统给予稳固有力的技术支撑。

[参考文献]

- [1]鲁敏.电气工程及其自动化的智能化技术应用[J].城市建设理论研究(电子版),2023(11):10-12.
- [2]张超.电气工程及其自动化的智能化技术应用[J].冶金管理,2021(19):96-97.
- [3]马兆后.电气工程及其自动化技术的智能化应用研究[J].时代汽车,2025(20):31-33.
- [4]李思岭.电气工程及其自动化的智能化技术应用研究[J].仪器仪表用户,2024,31(10):56-58.

作者简介:王晓荣(1969.1—),江西高安人,高级工程师,主要从事工业自动化控制、工业供配电设计工作。

智能化技术在工程机械设备安全管理中的应用

丁 贇

镇江博康安全技术服务有限公司, 江苏 丹阳 212300

[摘要]随着工程建设规模的不断扩大,工程机械设备在施工当中所起到的作用变得越来越重要,其安全管理水平会直接影响到施工效率、工程质量以及人员安全。不过,传统的管理模式存在着监测信号反馈滞后情况、数据分析不够充分以及应对突发风险的能力较为有限等一系列问题,很难满足现代施工的需求。智能化技术的发展给设备安全管理带来了全新的手段,借助传感技术、物联网、大数据以及人工智能等技术,能够实现对设备运行状态的实时监控、风险预测以及智能决策。文中在对设备安全管理现状展开分析的基础之上,深入探讨智能化技术的应用情况以及实施策略,以此为提升工程机械设备安全管理水平给予理论层面与实践层面的参考。

[关键词]智能化技术;工程;机械设备;安全管理

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18253

中图分类号: TP277

文献标识码: A

Application of Intelligent Technology in Safety Management of Construction Machinery Equipment

DING Yun

Zhenjiang Bokang Safety Technology Service Co., Ltd., Danyang, Jiangsu, 212300, China

Abstract: With the continuous expansion of engineering construction scale, the role of engineering machinery and equipment in construction has become increasingly important. Its safety management level will directly affect construction efficiency, engineering quality, and personnel safety. However, traditional management models suffer from a series of problems such as lagging monitoring signal feedback, insufficient data analysis, and limited ability to respond to sudden risks, making it difficult to meet the needs of modern construction. The development of intelligent technology has brought new means to device security management. With the help of sensing technology, the Internet of Things, big data, and artificial intelligence, real-time monitoring of device operating status, risk prediction, and intelligent decision-making can be achieved. On the basis of analyzing the current situation of equipment safety management, this article deeply explores the application and implementation strategies of intelligent technology, providing theoretical and practical references for improving the safety management level of engineering machinery equipment.

Keywords: intelligent technology; engineering; mechanical equipment; safety management

引言

工程机械设备属于现代工程建设当中的重要构成部分,它的性能状况以及运行状态会对施工进度以及质量产生直接影响。随着工程规模变得越来越大,设备类型也日益复杂起来,传统的那种依靠人工去巡检并且凭借经验来做出判断的管理模式,已经很难将设备的状态全面且精准地掌握住,同时也无法对潜在的安全风险予以有效的预防。智能化技术不断发展起来之后,借助传感、物联网、大数据还有人工智能等一系列手段,能够达成设备状态的实时监控、相关数据的分析以及智能决策的目的,从而给安全管理给予科学方面的依据以及技术层面的支持。本文在对设备安全管理的实际现状展开分析的基础之上,进一步去

探讨智能化技术的具体应用情况以及实施的相关策略,进而推动机械设备安全管理朝着现代化的方向迈进。

1 工程机械设备安全管理的重要性

机械设备安全管理是公路工程管理重要内容,影响着设备运行状态、使用效果、项目建设质量、整体效益。一是工程机械设备数量持续增加,种类变多,机械设备结构愈发复杂。通过安全管理,可加强机械设备保养、运行维护,使工程机械设备处于最佳运行状态,提升其使用效率,保障设备运行安全,满足工程建设需求。二是安全管理可减少工程机械设备安全事故风险,预防风险损失,保障项目整体效益。机械设备安全故障不仅会耽误工期,影响施工质量,还会威胁施工操作人员人身安全,造成不可挽回

的风险损失。只有落实安全管理工作，才能全方位预防、控制机械设备安全风险，避免损失。三是现代工程建设体系中，安全生产是公路、建筑类项目管理的内在需求。推进机械设备安全管理，可实现安全生产，顺应现代工程建设趋势，促进工程建设行业稳步发展。

2 工程机械设备安全管理现状

2.1 安全管理体系与制度现状

当下，多数工程施工单位已然构建起基本的工程机械设备安全管理体系，这里面涵盖了安全责任方面的制度、操作的相关规程、设备维护所遵循的规范以及检查考核方面的制度，这些给日常的维护工作以及设备的运行都提供了相应的制度层面的保障。不过，在实际的执行进程当中，依旧存在着一些局限性的情况：管理人员所具备的经验呈现出参差不齐的状态、制度在执行的时候力度有所欠缺、设备信息的采集不够周全，如此一来，便使得对于设备运行状态的实时监控做得不够到位，相应地，其在数据整合方面的能力、异常预警的能力以及风险评估的能力都较为有限，潜在的一些隐患也很难及时地被发现出来。与此不同种类以及不同品牌的设备在管理流程以及技术要求这两方面是存在着差异的，所以制度的标准化程度以及统一性方面仍然需要进一步去强化。所以说，现有的这个体系虽说已经初步搭建起来了，可是却很难能够完整地去应对那复杂且多变的现代工程环境。

2.2 常见安全风险及事故类型

工程机械设备在施工期间会面临各式各样的安全风险，像机械故障、操作不当、环境因素以及外部冲击等。其中，机械故障通常体现为液压出现泄漏情况、电气控制失去正常功能、关键零部件发生损坏或者有过度磨损的现象，这很可能会致使设备无法正常运转甚至出现失控状况，进而对施工进度以及人员安全构成威胁。操作不当的风险则涉及到驾驶员自身技能有所欠缺、处于疲劳状态进行操作或者存在违规行为等情况，这些是很难凭借传统管理手段来彻底加以控制的。施工环境往往较为复杂，比如空间受到限制、地质条件呈现出多样性又或者是遭遇恶劣天气等情形，这些都会使得设备在运行过程中增添不少的不确定性。除此之外，设备长时间处于高强度、高负荷的状态下运行，容易产生累积损伤，要是缺少有效的监测与维护工作，那么就有可能引发突发性的事故。从整体方面来讲，设备所存在的安全风险有着多源性、复杂性以及潜在性的特点，传统的管理方式是很难达成全方位且高效及时的防控效果的。

2.3 传统安全管理模式的局限性

传统安全管理大多依靠人工巡检、定期维护以及经验判断来开展工作，而其种种局限在当下的现代工程环境中正一天天凸显出来。人工巡检这种方式，存在着主观因素较强、所能覆盖的范围有限、信息反馈往往滞后等诸多问题，所以很难做到及时且准确地掌握设备的实际状态。定期维护虽说能够在一定程度上延长设备的使用寿命，然而它却没办法针对那些突发故障以及处于动态之中的施工环境展开有效的预防举措，存在着明显的滞后情况。传统安全管理模式在数据分析以及风险预测这两个方面的能力是比较欠缺的，很难对历史运行数据加以系统化的处理，更别提实现由数据驱动的智能决策了。随着机械设备数量不断增多，施工任务也变得愈发复杂，单纯依赖经验来进行管理的那种模式已经没办法满足高效且精准的安全管理方面的需求了，这就为智能化技术的应用创造了必要的条件，并且打下了现实的基础。

3 智能化技术在设备安全管理中的应用

3.1 传感技术与实时监测

传感技术乃是智能化安全管理的根基所在，在工程机械设备的运行监控方面起着极为重要的作用。当把温度传感器、压力传感器、振动传感器以及位移传感器等多种多样的监测设备安装到位之后，便能够实时且细致地采集到机械设备的运行状态以及各项关键参数，进而构建起一个全方位无死角的监控网络。这些传感器可对设备的负荷变化、结构振动、电气信号还有液压状态等诸多信息展开连续不断的监测，并且借助数据传输系统把这些实时获取的数据及时反馈给管理平台，由此达成对设备运行状态的动态化精准掌握。相比于传统的依靠人工来进行巡检的方式，传感技术在监测的及时性以及准确性这两方面都能够实现明显的提升。它不但能够在设备尚未出现异常之前就发出相应的预警提示，而且还能够为设备维护方面的决策给予科学合理的依据，进而切实有效地降低故障的发生概率以及事故的风险程度。

3.2 大数据分析 with 风险预测

在工程机械设备迈向智能化管理的过程中，大数据分析技术发挥着重要作用。它针对设备运行数据展开系统化的处理以及细致入微的分析，由此达成了对风险较为科学的预测以及更为精确的控制效果。设备在长时间的运行期间，会产生数量极为庞大的数据，像运行参数、维护记录、故障信息以及环境条件等方面的数据均包含在内。借助大数据技术，这些繁杂的数据能够被有效地整合起来、经过

清洗处理并构建相应的模型,进而从中识别出潜在存在的故障模式以及风险呈现出的趋势走向。依靠数据驱动所开展的风险预测工作,一方面可以实现对单台设备健康状态的评估,另一方面还能针对设备群体展开整体性的风险分析,以此给管理人员带来决策方面的依据。与传统那种单纯依靠经验来开展的风险评估方法相比而言,大数据分析能够在很大程度上提升风险预测的准确性以及前瞻性,使得安全管理工作具备更强的科学性以及可操作性。

3.3 物联网(IoT)与远程监控

物联网技术凭借设备间的相互连通,达成了对工程机械设备的远程监控以及智能管理这一目的。把传感器、控制器还有通信网络整合进设备管理系统里,管理人员便能够于远程之处实时抓取设备的运行状况、所在位置以及环境方面的信息,并且可以对设备展开远程的操作与调控。此技术一方面提升了管理的效率,另一方面在危险或者复杂的环境下,能够降低人工的干预程度,以此来确保操作人员的安全。物联网技术同时也支撑着多设备协同开展监控工作,借助云平台可实现设备数据的集中管理以及智能分析,使得整个施工现场的设备安全管理呈现出智能化、集中化以及实时化的特性。

3.4 人工智能与智能决策支持

人工智能技术于工程机械设备安全管理方面,借助算法分析以及模式识别手段,达成了智能化的决策支持效果。凭借机器学习与深度学习模型,能够针对设备的历史数据、实时监测数据还有外部环境信息展开综合分析,可自动识别出潜在故障,预测设备寿命,并且对维护策略予以优化^[1]。人工智能技术能够模拟专家的决策流程,给管理人员给予科学且精准的操作建议以及风险应对方案,以此降低人为判断出现的误差,提升安全管理所具有的科学性与效率。人工智能还能够持续地自我学习与自我优化,依靠数据的积累来提升预测的精度,达成设备安全管理的持续优化状态。

4 智能化安全管理实施策略

4.1 系统建设与技术集成

智能化安全管理要有效实施,得靠完整的系统建设以及多种技术的集成运用。在工程机械设备管理方面,系统建设包含硬件设施部署,像传感器、数据采集终端、通信网络还有监控平台,也涉及软件系统的开发与集成,比如数据分析平台、预警系统以及可视化管理界面。系统建设要把设备安全全生命周期当作核心,把实时监控、风险评估、维护管理以及决策支持功能都整合到统一平台,达成

信息集中管理和智能分析的目的^[2]。技术集成是系统建设里很关键的一个环节,不同技术之间得实现高效协同,要保证传感技术采集的数据能顺利传送到物联网平台,经过大数据分析之后给人工智能决策给予支持,并且能在数字孪生模型里实时呈现出来。这样的系统建设和技术集成,不但能让设备运行状态的可视化程度得以提升,而且能形成闭环管理机制,实现从数据采集一直到智能决策整个流程的安全管理,给工程机械设备安全运行给予稳固的保障。

4.2 数据采集、处理与共享机制

数据构成了智能化安全管理的关键核心资源,高效的针对数据展开采集、处理以及共享的机制,这无疑成为保障智能管理能够切实发挥出其效用的先决条件。在实际的操作实践进程当中,工程机械设备会借助传感器、监控设备还有操作终端来生成数量极为庞大的各类数据,这其中囊括了像运行参数、环境条件、操作记录以及历史维护信息等多种类型的数据^[3]。这些所生成的数据有必要经过统一设置的采集接口来实施标准化方面的处理工作,从而切实保证数据具备完整性、准确性以及时效性等关键特性。在数据处理这个环节当中,应当涵盖数据清洗、数据存储、数据分析以及数据建模等一系列相关操作流程,凭借运用数据挖掘技术,能够去识别出其中存在的异常模式以及潜在的风险情况,进而为针对设备状态开展的评估工作以及故障预测事宜给予相应的依据参考。与此数据共享机制对于跨部门之间以及涉及多个设备的协同管理工作而言,有着十分重要的意义,借助云平台或者内部的信息系统,能够达成数据的相互连通以及实时共享的目标,如此一来便可以有效打破信息孤岛的状况,促使不同管理环节彼此之间实现数据的联动并且达成资源的优化配置。完善的关于数据采集、处理以及共享的机制,一方面提升了风险监测工作的准确性程度,另一方面也给智能化安全管理的科学决策以及持续不断地改进提升工作给予了可靠的支撑助力。

4.3 设备维护与预防性管理

在智能化安全管理模式中,设备维护方式发生了转变,从以往的被动修复转变为如今的主动预防性管理,进而达成对机械设备整个生命周期更为精细的管理效果。借助传感数据以及大数据分析所得到的结果,管理人员能够预先预测设备可能出现的潜在故障,据此制定出科学合理的维护计划,安排具有针对性的检查工作,更换相应的零部件,同时调整操作策略,如此一来便能有效地降低故障的发生率。预防性管理一方面延长了设备的使用寿命,另一方面

提高了设备的运行效率,而且还减少了突发性故障给施工进度以及施工人员安全所带来的影响。相较于传统的定期维护而言,智能化预防性管理有着更高的精度以及更强的灵活性,它能够依据设备的实际状态来实时调整维护的频次以及维护的具体内容,以此实现资源的合理配置与优化。与此凭借数字孪生模型以及人工智能决策系统,能够在虚拟环境当中模拟设备维护方案的实际效果,从而为实际的操作提供可供参考的决策依据,使得设备维护更加科学、更加系统,同时也更具前瞻性。

5 结语

工程机械设备的安全管理对于施工效率、工程质量以及人员安全有着极为重要的影响。然而传统的依靠人工巡检以及凭借经验来开展的管理模式,很难去应对复杂的施工环境,其中存在着监测总是滞后、风险预判不够全面等诸多问题。智能化技术在其中的应用,凭借传

感技术能够达成实时的监控效果,依靠大数据以及人工智能可以开展风险预测并给予决策方面的支持,同时结合物联网与数字孪生来构建起智能化的管理平台,进而让设备的安全管理从原本的被动应对的状态转变为主动去进行预防的状态。

[参考文献]

- [1]张晟浩.智能化技术在工程机械设备安全管理中的应用[J].大众标准化,2024(18):139-141.
- [2]魏建国.智能化技术在工程机械设备安全管理中的应用研究[J].低碳世界,2023,13(2):184-186.
- [3]黄富端.基于智能化技术的工程机械设备安全管理模式[J].通讯世界,2025,32(5):190-192.

作者简介:丁赞(1992.1—),性别:男,毕业院校:常州工程学院,所学专业:电子信息工程专业,目前职称:工程师。

基于物联网的机械设备安全管理系统研究

吴静

镇江华东安全科学研究院有限责任公司, 江苏 镇江 212000

[摘要]随着机械设备数量不断增多且结构变得日益复杂起来,传统的那种管理方式已经很难有效地对设备进行监控以及切实保障设备的安全了。尽管这些设备使得生产效率得以提升,然而潜在的故障以及安全方面的问题依旧是存在的。把物联网技术引进来之后,这就给机械设备的安全管理带来了全新的办法。借助传感器来采集相关数据,做到实时的监控,并且利用大数据展开分析,那么基于物联网所构建起来的机械设备安全管理系统就能够更为精准地去对设备加以管理,可以及时地把问题给找出来,进而提升管理的效率以及安全性。

[关键词]物联网; 机械设备; 设备安全; 安全管理; 管理系统

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18252

中图分类号: TP391

文献标识码: A

Research on the Safety Management System of Mechanical Equipment Based on the Internet of Things

WU Jing

Zhenjiang Huadong Safety Science Research Institute Co., Ltd., Zhenjiang, Jiangsu, 212000, China

Abstract: With the increasing number and complexity of mechanical equipment, traditional management methods are no longer effective in monitoring and ensuring equipment safety. Although these devices have improved production efficiency, potential malfunctions and safety issues still exist. After introducing Internet of Things technology, it has brought a new approach to the security management of mechanical equipment. By using sensors to collect relevant data, achieving real-time monitoring, and utilizing big data for analysis, the mechanical equipment safety management system built on the Internet of Things can more accurately manage devices, promptly identify problems, and improve management efficiency and security.

Keywords: Internet of Things; mechanical equipment; equipment safety; safety management; management system

引言

随着工业自动化、智能制造以及数字化转型持续向前推进,机械设备在企业生产与运营当中所起到的作用变得愈发关键起来,其安全管理水平会对生产效率、设备寿命以及企业经济效益产生直接的影响。不过,传统的机械设备管理模式主要是依靠人工巡检以及经验判断来开展工作的,在实际操作过程中存在着数据存在滞后情况、存在监控盲区以及响应不够及时等一系列问题,很难满足现代工业环境之下对于高效、安全且智能化管理方面的需求。物联网技术发展十分迅速,其为机械设备安全管理带来了全新的解决办法,借助传感器、无线通信、云计算、大数据分析以及智能管理平台等手段,企业能够达成对设备运行状态的实时监测、异常情况预警以及由数据所驱动的决策支持效果。如此一来,不但能够大幅提升设备运行时的安全性与可靠性,降低故障停机的情况出现以及维护成本

方面的支出,而且还能够为企业积累起大量的运行数据,以此来支撑设备健康状况的评估工作、预测性维护相关事宜以及优化管理策略等方面的工作,促使设备管理从传统依靠经验的方式逐步向着智能化、精细化以及由数据驱动的方式来转变。鉴于此,本文从物联网的角度出发,全面且细致地去研究机械设备安全管理系统所具有的意义、涉及的关键技术以及具体的应用措施,目的在于为企业构建起高效、智能并且具备可持续性的机械设备管理体系给予相应的理论层面的支持以及实践方面的参考。

1 物联网机械设备安全管理系统的意义与价值

1.1 加强智能化管理

物联网机械设备安全管理系统整合了先进的传感器、数据采集、远程监控以及智能分析技术,达成对设备运行状态的实时监控以及智能化管理目标。与传统的人工巡检以及经验式管理相比,该系统可自动收集设备的运行数据,

像温度、振动、压力、电流这类关键参数，而后借助物联网平台完成实时传输与分析，进而及时察觉潜在故障及异常情况，减少设备出现意外停机或者损坏的风险。并且，系统能依据历史数据和运行规律展开智能预测与决策辅助，促使设备维护走向主动化与精准化，提升管理效能以及响应速率。

1.2 减少设备的损坏

机械设备的存在大幅度提升了生产效率，降低了人力成本，还大大减少了人们受伤害的风险，是一项不可多得的技术，但是机械设备也存在问题，在使用过后会存在损耗，若检测不及时或未能检测出受损处就会缩短机械设备的使用寿命，后期使用还会存在一定的风险，对人们造成不必要的伤害。传统的检测方式是人工观察检修，凭借经验做事，效率低，检测不够准确，现如今物联网快速发展，融合大数据，使得物联网技术更加先进，而物联网技术的加入，使得检测更加快捷，检测速度也得到大幅度提升，更准确地检测磨损处，及时进行设备更换，这也有效延长了机械设备的使用寿命，减少了设备的损坏，减少了资源消耗。以物联网为基础的机械设备安全管理系统能够很好地检测出机械设备的问题所在，更快地解决问题以保障设备的顺利运转从而提升设备的工作效率，准确及时地检测还可以保证使用者的安全，在机械设备上运用物联网技术极其有用，有利于长期发展。

1.3 有利于长期发展

物联网机械设备安全管理系统可保障设备安全运行、提高生产效率，推动企业长期发展。其借助实时监控等手段，帮企业掌握设备状况、发现故障，延长设备寿命、降低成本，实现设备管理可持续^[1]。系统积累的数据给企业长期决策提供支持，如设备采购等方面，还推动企业管理升级、数字化转型，提升企业竞争力。

2 物联网机械设备安全管理系统应用的技术

2.1 大数据库的应用

在物联网机械设备安全管理系统里，大数据库的应用充当着支撑系统智能化、精细化以及高效化管理的关键基石。就现代工业生产而言，其中机械设备的种类日益增多，运行环境也变得愈发复杂，再加上传感器、监控终端一直在源源不断地产生海量数据，所以该系统务必要拥有极为强大的数据存储、处理以及管理的能力，唯有如此，才能保证设备运行的相关信息得以完整且准确地被采集，并且能够实现长期的保存。大数据库一方面能够对结构化数据加以处理，像设备型号、运行参数、维护记录这类数据

均在其处理范畴之内；它同样能够对非结构化数据予以管理，比如传感器波形信号、图片以及视频监控数据等，进而为设备状态的分析以及故障诊断给予全方位的数据方面的有力支撑。与此借助数据库所具备的高并发访问能力以及快速查询能力，能够达成实时数据的读取以及历史数据的比对，如此一来便能为智能算法提供颇为充足的数据基础，促使系统可开展设备健康评估、异常检测、趋势分析乃至预测性维护等相关工作。当与人工智能、大数据分析以及可视化平台深度融合之后，数据库里的信息能够从多个维度去进行挖掘，以此协助管理者去识别潜在的风险、对维护策略加以优化以及对生产调度方案做出调整，进而实现设备管理从被动响应向主动预测的转变。除此之外，大数据库还能够支持跨部门、跨工厂甚至是跨企业之间的数据共享以及协同分析，使得设备运行的信息可以在不同的系统之间顺畅无阻地流通，从而为企业在资源优化、风险控制以及生产效率提升等方面提供科学合理的依据，推动机械设备的安全管理工作朝着智能化、精细化以及可持续发展的方向不断发展前行。

2.2 编码的应用

在物联网机械设备安全管理系统当中，编码技术的应用属于实现设备信息唯一标识、追踪管理以及数据高效交互的关键手段。给每台机械设备及其关键部件赋予唯一编码，系统便能精准记录设备的生产信息、使用历史、维护记录以及运行状态，达成从生产环节、运输过程直至使用阶段全生命周期的数据追踪目的。这样的编码有益于设备在物联网平台上实现快速识别与数据采集，并且能够和传感器、条码、二维码、RFID 或者二维码标签等技术相互融合，进而实现设备状态的实时监控以及信息的自动上传，以此来降低人工记录以及管理所产生的误差。编码技术还为设备管理的智能化分析给予了基础数据方面的有力支撑，借助对编码数据展开汇总以及关联分析的操作，管理者能够迅速定位出现故障的设备、剖析常见的各类问题、优化维护的相关策略并且提升资源配置的效率^[2]。编码的标准化以及规范化应用对于实现跨部门、跨工厂乃至跨企业的数据共享与协同管理是有帮助的，能够让设备信息在不同的系统之间实现无缝对接，提高信息的透明程度以及管理的精准程度，从而为企业机械设备的安全运行、智能维护以及长期发展筑牢了坚实的保障。

2.3 智能的管理系统

在物联网机械设备安全管理系统里，智能管理系统乃是达成设备全生命周期监控、故障预测以及管理决策优化

的关键技术平台。此系统借助对传感器所采集的实时数据、历史运行数据还有外部环境信息加以整合,凭借大数据分析以及人工智能算法,针对机械设备的运行状态展开动态评估与智能判断,进而完成从传统被动管理朝着主动预防以及预测性管理的转变。智能管理系统可自动识别出设备异常及潜在故障,经由预警机制提示管理人员及时采取相应举措,切实降低设备停机与维护成本。与此该系统能够依据设备运行规律以及生产需求,优化维护计划、调度资源并安排检修,提高设备使用效率与生产连续性。智能管理系统还具备可视化数据呈现以及多维度分析的功能,能把复杂的数据转变为直观的图表、指标以及趋势报告,为管理者给予科学决策依据。借助跨部门协同与系统集成,智能管理系统能够把设备管理、生产调度、维护计划以及安全监控等各项功能统一协调起来,达成资源共享与信息透明化。

2.4 传感器检测系统

在物联网机械设备安全管理系统当中,传感器检测系统属于极为关键的技术支撑,其对于实现实时监控、完成数据采集以及达成设备智能化管理等方面都有着重要作用。当把温度传感器、振动传感器、压力传感器、电流传感器还有位移传感器等多种类型的传感器部署于机械设备的关键部位之后,该系统便能够持续且较为精准地将设备的运行状态以及环境参数采集起来。而这些所采集到的数据会通过物联网网络实时传送到管理平台,进而为针对设备状态展开分析、开展故障诊断以及实施预防性维护等工作给出较为可靠的依据。传感器检测系统不但能够及时察觉到异常信号以及潜在风险,以此来避免设备出现意外损坏的情况,而且还能够凭借对长期数据的积累分析设备的运行规律,从而为维护策略的优化以及寿命预测等工作提供科学依据。与此当传感器系统和智能管理平台、大数据库以及数据分析工具相互结合在一起的时候,便能够达成对设备状态的动态监控、可视化展示以及智能报警等功能,使得管理者可以快速地定位故障、做出相应的响应并且优化资源调度事宜。

3 增加物联网机械设备安全管理系统的應用措施

3.1 培养相关人才,提升人才的素质

在物联网机械设备安全管理系统得以推广并应用于实际的过程中,去培养与之相关的专业人才,并且不断提升这些人才的素质,这无疑是一项极为关键的举措,其对于保障该系统能够有效运行以及实现持续发展有着极为

重要的意义。随着物联网、大数据、传感器技术以及智能管理平台在机械设备管理领域得到越来越广泛的应用,企业在人才方面的需求也发生了相应的变化,其对于那些具备跨学科知识、技术能力以及管理素养的人才的需求呈现出日益增长的态势。这类人才一方面要掌握机械设备的运行原理以及维护技术,另一方面还得具备诸如物联网系统配置、数据分析、信息安全以及智能管理平台操作等一系列专业技能,同时还需能够充分理解企业生产流程以及管理需求,进而达成技术与管理的高度融合。借助系统化的培训计划、开展岗位技能认证以及着力于企业内外部学习平台的建设等方式,能够持续不断地提升员工的专业水平以及操作能力,促使他们可以高效地运用物联网系统来开展设备监测、数据分析以及故障预测等相关工作^[3]。除此之外,企业还应当重视对人才创新能力以及问题解决能力的培养,积极鼓励员工参与到系统优化、数据模型改进以及管理流程创新等具体事项当中,从而使得技术应用不再仅仅停留在操作层面,而是能够切实推动管理模式的升级以及智能化的发展进程。

3.2 加强管理,加强与其他部门的合作

在物联网机械设备安全管理系统实际应用进程里,强化管理以及推动跨部门展开合作,属于保证该系统能够高效顺畅运行并且充分发挥出其最大效能的关键举措。设备安全管理会牵涉到生产、维护、信息技术、质量、安全等诸多不同部门,单单依靠某一个部门来实施管理,往往是没办法对设备运行的各个具体环节做到全方位覆盖的,所以就需要通过进一步完善相应的管理制度,并且建立起有效的协同机制,进而达成部门之间的信息能够充分共享、资源得以合理整合以及各项任务能够协同开展的目的。借助统一设定的管理流程以及标准化的操作规范,各个部门便能够清晰明确自身所承担的职责分工,以此来确保像数据采集、监控、维护以及应急处理等诸多环节都能够高效且有有条不紊地推进下去。与此跨部门的合作还能够促使设备运行的相关信息、维护方面的记录还有预警的数据能够实现实时的共享,让管理者可以较为完整地掌握设备的实际状态,能够迅速识别出潜在存在的各类风险,并且制定出更为科学合理的维护计划^[4]。部门之间的协同配合还能够一定程度上对资源配置加以优化,比如说技术支持团队能够为生产部门给予智能管理系统操作方面的指导,安全部门则可依据设备状态的数据来制定相关的预防措施,质量部门也可以凭借系统分析来对生产工艺予以优化,如此一来便能够达成设备管理呈现出精细化、智能化以及高

效化的良好效果。

4 结语

基于物联网的机械设备安全管理系统会借助传感器来实时采集设备运行方面的数据,其还能对异常状态以及故障风险展开智能分析,如此一来,企业便可在问题尚未发生之时便采取相应的预防举措,进而切实有效地降低设备出现损坏的情况,缩减设备停机所花费的时间。该系统不但能够对多个部门的信息加以整合,达成跨部门协同管理的目标,而且还能实现资源优化,以此提升维护工作的效率以及操作的精准程度。与此依靠数据所具备的分析与预测功能,可为设备维护计划以及生产调度给予科学层面的依据,促使管理流程朝着智能化、精细化的方向不断发展前行,最终确保机械设备能够安全地运行,并且促使企

业生产效益得以提升。

[参考文献]

- [1]孙存虎.基于物联网的机械设备安全管理系统研究[J].河南科技,2022,41(4):21-24.
- [2]卢甜甜.基于物联网的机械设备安全管理系统研究[J].南方农机,2021,52(22):137-139.
- [3]张晟浩.智能化技术在工程机械设备安全管理中的应用[J].大众标准化,2024(18):139-141.
- [4]郭秩源,张伟.基于物联网技术的建筑机械安全管理探究[J].大众标准化,2023(22):171-173.

作者简介:吴静(1979.2—),性别:男,学历:本科,所学专业:土木工程,目前职称:机电一体化专业中级工程师,中级注册安全工程师,一级注册消防工程师。

浅析石油化工项目全面焊接管理活动的研究

孙晓晨 李晓鹏

中国机械工业机械工程有限公司, 河南 郑州 450000

[摘要]文章结合伊拉克九区油气中央处理设施项目荣获 2025 年度“工程建设全面焊接管理活动”一等成果大奖之际, 针对石油化工项目工艺管道焊接安装质量要求高, 对石油化工项目工艺管道焊工资质等级、管道厚度覆盖率要求高, 工厂化预制和安装施工焊接过程中遇到的关键施工技术质量管理问题进行总结性研究, 从工艺管道材料进场验收、工艺管道工厂化预制、工艺管道的安装工艺优化、工艺管道的现场焊接安装、工艺管道的焊缝无损检测、报审监理和业主代表现场验收等方面进行研究归纳, 为类似石化项目施工和全面焊接质量管理提供可借鉴经验。

[关键词]石油化工; 工厂化预制; 工艺管道; 焊接管理

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18265

中图分类号: TQ055.81

文献标识码: A

Brief Analysis of Study on Comprehensive Welding Management Activities in Petrochemical Projects

SUN Xiaochen, LI Xiaopeng

China Machinery Engineering Machinery Engineering Co., Ltd., Zhengzhou, He'nan, 450000, China

Abstract: This article summarizes the key construction technology quality management issues encountered during the factory prefabrication and installation welding process in the petrochemical project, taking into account the high quality requirements for welding and installation of process pipelines in the ninth district of Iraq's oil and gas central processing facility project, which won the first prize of the "Comprehensive Welding Management Activity for Engineering Construction" in 2025. The study focuses on the key construction technology quality management issues encountered during the factory prefabrication and installation welding process of petrochemical projects, including the acceptance of process pipeline materials, factory prefabrication of process pipelines, optimization of installation processes for process pipelines, on-site welding and installation of process pipelines, non-destructive testing of process pipeline welds, approval supervision, and on-site acceptance by owner representatives. It provides reference experience for the construction and comprehensive welding quality management of similar petrochemical projects.

Keywords: petrochemical industry; factory prefabrication; process pipeline; welding management

1 工程概况

伊拉克九号区油气中央处理设施项目位于伊拉克南部巴士拉省东北部 50 公里处, 由科威特能源有限公司 (KEBL) 开发, 该工程建设内容为处理 10 万桶/日的原油中央处理设施项目和日处理 1.3 亿标准立方英尺天然气的中央处理设施项目, 该项目采用国际化标准设计和实施。

该项目是伊拉克目前在建的最大规模的油气工程项目, 首度使用了伴生气回收技术, 助力全球“双碳”目标的实现, 不仅是伊拉克政府的重点实施项目, 也是对接“一带一路”沿线国家和地区发展规划、共建海外高质量特色工程的示范性项目。项目投产后将大幅优化原油处理流程、显著提升产量, 助力九区油田实现 10 万桶/天的战略性增

长目标, 有效帮助伊拉克政府提高油田经济效益、改善油田环保条件。

项目油包主要包括新建油气水分离装置、脱盐脱水装置、原油稳定装置、污水处理系统、火炬系统、中央控制室、辅助系统; 项目气包主要包括新建 1 列处理装置以及酸气焚烧装置、LPG 罐区等辅助设施装置, 其中核心处理装置包括脱硫脱醇装置、分子筛脱水装置等 6 个装置。项目金属管道焊口总数 87467 个, 英寸量达 42 万英寸, 其中工艺管道预制 16 万寸, 现场安装 26 万寸, 材料涵盖碳钢、低温钢、不锈钢、双相不锈钢、铜镍合金等, 其中碳钢、不锈钢又分为酸性和非酸两种类型, 最大壁厚达 21.44mm。材质为碳钢, 分为酸性和非酸两种类型。工艺

管道预制过程中,采用工厂化的管道预制生产线,从切割下料、打磨、组对、焊接,流水线作业,保证工艺管道的焊接质量和作业。工艺管道拍片口数 47825 个,合格率为 99.06%,拍片总数量 162353 张,合格率按照片数统计为 99.66%。

2 工艺管道全面焊接管理提升方法

2.1 工艺管道工厂化预制

该项目采用工厂化预制技术,采用工厂化预制生产系统,根据业主提供的管道图纸,对单线图进行焊口编制(标明工厂预制焊口和现场安装焊口),根据施工计划,每天向施工班组下达施工任务单,从管道切割、下料、坡口加工、打磨、到管道组对、点焊、焊接、信息标识,以及后续的焊后热处理(部分管道)、无损检测、管段释放、喷砂、防腐涂装,释放交付现场安装,整个过程实现工厂化、流水线作业,有效地缩短施工周期,加快施工进度,减少高空作业和高空作业辅助设施的架设,保证施工质量和安全。

2.2 BIM 技术的运用

该项目采用 BIM 技术对管道模型进行二次深化开发,运用 BIM 技术通过解析 IDF/PCF 导入设计软件进行建模快速解析管线系统,并自动校验模型信息错误,为管道深化设计提供校验反馈,保证施工设计标准,高效自动构建管道系统的三维模型,自动获取系统设计工艺参数、获取材料信息、管线上施工焊口设计、管线系统分段、焊口自动编号批量生成施工焊接图纸。

2.3 PCMS 管道施工管理系统

根据工艺管道特性表,管道施工管理平台(PCMS)是以采集日常焊接信息、无损检测数据及管道材料收支平衡为基础,以自主掌握工程进度、实时控制焊接工程质量、规范竣工文档资料为目的的管理软件,管道施工管理平台管理系统主要由项目运维、管道材料模块、管道施工模块、焊接质量模块、无损检测委托、试压包管理、数据统计分析几个模块组成。材料管理模块可以对项目材料的采购、入库、出库进行在线管理,并自动生成数据统计分析,清晰明了的展现材料的状态,生成材料计划表、材料状态一览表、材料到货率分析、出入库明细查询,同时具有导出材料表的功能;管道施工模块是管理平台的核心基础模块,在此模块中将管道设计软件所形成的基础数据进行整合,是焊接过程管理、无损检测委托、项目进度分析、交工资料等后续系列功能提供数据仓库;焊接质量模块可以对入场考核合格的焊工,进行在线管理,同时对焊工焊接资质

项目的管理,实现焊接过程中的焊接资质控制;在焊接施工记录模块中可以进行焊接日报的录入,无损检测点口、返修管理、焊缝资质核验等操作。

3 工艺管道质量过程管理与控制

3.1 工艺管道材料验收

工艺管道现场材料进场验收,要求管道材料标识标记符合业主批准的材料程序要求。工艺管道管件质量证明文件及合格报告,材料接收严格按照工艺管道业主批准的材料供应备忘录名单要求,工艺管道阀门材料验收单独入库,收集好合格证和阀门出厂试验记录;工艺管道焊材注意分类存放,入库严格按照焊材质量管理程序文件,焊材质量证明文件清晰准确,工艺管道的管材和管件注意标识,注意材料的酸性和非酸性区分,严格按照材料管理程序,三方进行验收合格报验后,库房才能释放材料批次,工艺管道材料做好炉批号移植,防止材料混用,预防质量问题出现。

3.2 工艺管道焊工持证上岗

石油化工项目工艺管道焊工持证上岗,严格审查工艺管道焊工有效资质,工艺管道合格焊工清单递交监理单位与业主审核批准,确保现场施焊的每道焊缝都是已批准合格的焊工。对于现场检查发现无证焊工或超资质焊接焊工一律按无证焊工处理。优化管道施工管理平台(PCMS)系统,不断更新追溯每个焊工在现场施焊的焊口,确保工艺管道质量保证体系正常运行。

3.3 工艺管道现场焊接

根据工艺管道酸性环境下金属管道的材质和可焊性,选取了适用于工艺管道酸性环境下使用的碱性低氢型的焊材(AWS A5.18 ER70S-G 氩弧焊丝和 AWS E7015-G);结合工艺管道的壁厚、焊材的种类,通过试验选取适于焊接的焊接电压、焊接电流、焊接速度、层间温度、最大焊接热输入量等焊接工艺参数;通过试验选取了焊后热处理工艺和方法:包括热处理的入炉温度,升温速度,保温时间,冷却速度等工艺;通过机械性能试验(拉伸、弯曲、冲击、宏观金相、维氏硬度试验),确定了焊接工艺的适用性和可靠性;通过 96h 的抗氢致开裂(HIC)试验和 720h 的抗硫化物应力腐蚀开裂(SSC)试验(四点弯曲法),验证了焊接材料和焊接工艺的抗氢致开裂和抗硫化物应力腐蚀开裂的能力;针对现场焊接过程中产生的缺陷提出针对性解决方案和措施,建立了酸性管线焊接过程中产生缺陷的预防措施;编制了酸性管线焊接工艺评定报告、施工过程中的焊接工艺指导书和管道的安装方案。

3.4 工艺管道焊缝的无损检测

工艺管道的无损检测严格按照工艺管道特性表和重量程序要求执行,根据安装工程现场实际情况,工厂预制件焊接报检完成后,预制件无损检测合格后才能释放现场安装,现场焊接完成的焊缝外观报检完成后,根据管线系统特性,释放无损检测;工厂化预制件和现场焊接对焊缝一定做好区别标识。针对出现无损检测的不合格焊缝,严格按照返修处理程序执行,满足焊工和工艺管道管线系统应检比例的要求,确保工艺管道无损检测的焊缝都合格释放,完成安装。

3.5 全面焊接管理的持续改进

工厂焊接预制和现场安装每一施工段或每一工序施工后,项目部由项目经理或项目技术负责人带领,组织项目部和专业相关人员进行质量会诊,发现施工出现的问题,安排专人及时处理并作出总结,形成文字材料,并及时下发给各专业和队组长,避免以后分项施工中再出现相同或类似问题。在焊接过程中,项目质量部密切跟踪,焊接过程中产生的各类缺陷,分门别类统计焊接过程中产生的缺陷类型,分析并调查焊接缺陷产生的原因,然后又针对性的对焊工进行专项的理论和实际操作培训,不断提升焊工的焊接技能,加强焊作业的焊接质量意识,使焊工养成良好的作业习惯,降低焊接的不合格比率。

4 项目焊接的特点难点及采取措施

(1) 天气因素是影响本项目焊接质量的重要原因。该项目地点为典型的热带沙漠气候,冬雨夏干,11月份至来年的4月份经常会遇到大风、沙尘暴天气,对焊接作业极为不利。采取措施:遇风沙天气,采取防护措施后,搭设防风棚才能进行焊接作业,必要时停止焊接作业;早晚气温未达到 10°C ,需要采取预热;焊接时,严格按照WPS参数进行,特别注意电流不能超过WPS上的最大值;组对前,必须清管内杂物,安装过程中不能将手套,焊条,砂轮片工具等遗留在管内,停止作业时,应将敞开的管口封闭,防止沙尘进入。

(2) 项目材料类型多,焊接量大,工期紧。采取措施:引进工厂化预制和生产系统,标明工厂预制焊口和现场安装焊口,根据施工计划,从管道切割、下料、坡口加工、打磨、到管道组对、点焊、焊接、标识、以及后续的焊后热处理(部分管道)、无损检测、管段释放、喷砂、涂装,释放交付现场安装,整个过程实现工厂化、流水线作业。针对厚壁管道的焊接,采用电阻加热进行焊前预热,焊后热处理,实现加热温度和热处理温度的精准控温,小

件管道焊后采用加热炉进行焊后整体热处理,大管径以及长度较大管子,采用电阻加热法进行焊后热处理。极大消除焊接接头的残余应力,改善焊缝组织,提高接头韧性。双相不锈钢焊接最突出的问题是热循环对焊接接头微观组织及其塑韧性和抗腐蚀性的影响。每条焊缝的焊接保持连续,遇到不可避免原因发生的焊接中断,中断后应立即对该焊缝用保温棉包裹进行保温,重新开始焊接前,按照焊接程序要求重新进行预热并专门人员对焊接预热温度及层间温度进行监控,层间温度不超过 150°C 过程中严格控制焊接层间温度,极大保证双相不锈钢的焊接质量,降低焊接返修的概率。

(3) 酸性管道焊接易发生未熔合现象。采取措施:首先根据酸性环境下金属管道的材质和可焊性,选取了适用于酸性环境下使用的碱性低氢型的焊材(AWS A5.18 ER70S-G 氩弧焊丝和 AWS E7015-G),并根据管道的壁厚、焊材的种类,通过试验选取适于焊接的焊接电压、焊接电流、焊接速度、层间温度、最大焊接热输入量等焊接工艺参数;然后通过试验选取了焊后热处理工艺和方法:包括热处理的入炉温度,升温速度,保温时间,冷却速度等工艺;通过机械性能试验(拉伸、弯曲、冲击、宏观金相、维氏硬度试验),确定了焊接工艺的适用性和可靠性;通过96h的抗氢致开裂(HIC)试验和720h的抗硫化物应力腐蚀开裂(SSC)试验(四点弯曲法),验证了焊接材料和焊接工艺的抗氢致开裂和抗硫化物应力腐蚀开裂的能力;最终编制了酸性管线焊接工艺评定报告、施工过程中的焊接工艺指导书和管道的安装方案。

5 结语

石油化工项目工艺管道全面焊接质量管理在机电安装工程中的地位举足轻重,以圆满完成该项目任务目标,获得监理单位和业主代表的认可,顺利取得竣工验收和工艺管道安装工程验收移交。本文通过工程实践进行总结性研究的关键全面焊接质量管理方法与措施是:为了确保工程质量,项目部根据本工程的特点,建立相关质量管理制度,在项目施工过程中结合各个部门岗位职责,按照相应的规章制度严格遵守。

第一:工艺管道施工作业前,对参与施工管理技术人员、全体施工人员(质检人员、焊工、管工)进行专业质量培训和技术交底,认真学习该项目规范要求、施工方案和其它的专项管理规定,全面了解项目的工艺特点和重要性,确保全体人员在彻底明了施工过程的情况下投入施工。

第二：设立专业的焊接管理人员，制定专业管理规定，认真组织焊接工艺评定、落实焊工培训及焊工考试，确保所有施焊焊工持有相应的资质，并对焊工入场技能进行考试，考试合格后方可进入现场开展施工焊接。过程中每周跟踪焊工的焊接返修率，一旦出现焊工焊接返修率偏高或者异常波动，就深入调查返修出现的原因，提出相关的解决方案，并针对性的对焊工进行培训，避免再次出现类似缺陷。

第三：严格焊材一级库和二级库管理，从材料采购计划、焊材采购到焊材领用、烘干、发放、回收，切实做到专人负责管理，责任明确，流程清晰，执行有序，保证焊材使用正确，焊接过程记录清晰，确保焊接过程记录的准确性和可追溯性。

第四：严格全面焊接质量管理，坚持执行三检制度，强化监督与控制，紧紧抓住过程控制，各工序，从点到面，从面到体。各道工序质量做到交接有检查、质量缺陷预防有对策，上道工序不合格，不准进入下道工序，确保各道工序的工程质量，责任分明，形成全面的质量保障体系。

第五：建立健全质量保证奖罚制度，奖罚分明。从每个环节、每个层面抓起，确保整体质量，管道拍片口数47825个，合格率为99.06%，拍片总数量162353张，合格率按照片数统计为99.66%。获得监理和业主好评，项目顺利开车。

[参考文献]

- [1]中华人民共和国国家标准.输送流体用无缝钢管[S].2018-05-14.
- [2]中华人民共和国国家标准.流体输送用不锈钢无缝钢管[S].2012-05-11.
- [3]中华人民共和国石油化行业标准.石油化管道工厂化预制加工及验收规范[S].2017-04-12.
- [4]中华人民共和国石油化行业标准.石油化管道无损检测标准[S].2011-05-18.
- [5]中华人民共和国石油化行业标准.油气长输管道工程施工及验收规范[S].2014-05-29.
- [6]中华人民共和国国家标准.焊缝无损检测 磁粉检测[S].2011-09-29.
- [7]中华人民共和国国家标准.工业金属管道工程施工质量验收规范[S].2011-12-01.
- [8]中华人民共和国国家标准.现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范[S].2011-02-18.
- [9]中华人民共和国国家标准.工业金属管道工程施工规范[S].2010-08-18.

作者简介：孙晓晨（2000.10—），男，汉族，本科，毕业院校：河南科技大学，专业：材料成型及控制工程；李晓鹏（1987.7—），男，汉族，本科，毕业院校：南京工业大学，专业：工程管理。

石油工程项目管理的优化策略探究

武纪广

中石化中原工程有限公司井下特种作业公司, 河南 濮阳 457001

[摘要]石油工程项目规模颇为庞大, 技术层面复杂多变, 所需投资金额颇高, 建设周期也相对较长, 其涵盖了勘探作业、钻井操作、采油环节以及地面设施方面的建设工作, 由此使得管理起来存在相当大的难度。在能源行业正经历转型并且数字化不断发展这样的大背景之下, 传统的管理模式已经很难去契合高效运作、安全施工以及经济合理等方面的要求了。就制度存在不完善之处、成本方面所面临的压力较大、资源在配置上不够合理以及风险管理做得不到位等一系列问题而言, 文章给出了核心的优化策略, 即着手于制度体系的建设工作、推动数字化的转型进程、开展精细化的成本与质量控制举措以及强化风险管理相关事宜。还结合政策给予的支持情况以及人才队伍建设的实际状况来提出相应的实施保障方面的措施, 以此为石油工程项目管理的优化事宜提供一定的参考依据。

[关键词]石油工程; 项目管理; 优化策略

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18260

中图分类号: F426

文献标识码: A

Exploration on Optimization Strategies for Petroleum Engineering Project Management

WU Jiguang

Underground Special Operations Company of Sinopec Zhongyuan Engineering Co., Ltd., Puyang, He'nan, 457001, China

Abstract: Petroleum engineering projects are quite large in scale, complex and variable in technology, require high investment amounts, and have relatively long construction periods. They cover exploration operations, drilling operations, oil extraction processes, and the construction of surface facilities, making management quite difficult. Against the backdrop of the energy industry undergoing transformation and continuous digitalization, traditional management models are no longer able to meet the requirements of efficient operation, safe construction, and economic rationality. In terms of a series of problems such as imperfect systems, high cost pressures, unreasonable allocation of resources, and inadequate risk management, the article proposes core optimization strategies, namely focusing on the construction of institutional systems, promoting digital transformation processes, implementing refined cost and quality control measures, and strengthening risk management related matters. Corresponding measures for implementation guarantee are proposed based on the support provided by policies and the actual situation of talent team construction, providing a certain reference basis for optimizing petroleum engineering project management.

Keywords: petroleum engineering; project management; optimization strategy

引言

石油工程项目呈现出资本密集、技术复杂、跨环节众多以及风险颇高等诸多特点, 其管理水平会对工程效率、质量以及经济效益产生直接的影响。随着行业所面临的成本压力不断增大, 传统的那种单纯依靠经验来进行管理的模式已经很难契合高效且安全建设方面的需求了, 而且还存在着信息更新滞后、资源出现浪费、成本发生超支以及风险防控做得不够到位等一系列的问题。为了提高项目管理的科学性以及执行力, 本文从制度体系建设、数字化转型、全过程精细化管理以及风险管理这四个不同的维度来

提出相应的优化策略, 并且从政策支持以及人才建设这两个层面给出保障方面的措施, 从而希望能够为石油工程项目管理的实际操作提供具有一定可操作性的理论方面的参考内容。

1 石油工程项目管理的现实基础与重要性

1.1 项目建设规模大与技术复杂性

石油工程项目通常都具备投资额度颇为可观、建设所用时间较长以及工艺流程较为复杂的这些特点。它涉及到诸如地质勘探、钻完井操作、采油作业、输油事宜以及地面设施方面的建设等诸多关键环节。并且每一个环节还牵

涉到不一样的专业范畴,像机械工程、土木工程、测井技术、油气处理以及环境保护等领域均包含在内。在施工进程当中,各个环节彼此间存在着极高的技术层面的依赖关系以及工序衔接方面的要求。要是稍有不慎出现疏漏的情况,那么就极有可能致使工程出现延期状况或者使得成本有所增加。除此之外,石油工程往往处于那种高温、高压以及高腐蚀的极为恶劣的极端环境之中,其施工所面临的风险是比较高的,对于设备、材料以及工艺的要求也是极为严格的。所以说,项目管理在整个建设周期里面占据着极为重要的核心地位。它的目标一方面是要对复杂的技

1.2 提升项目整体经济效益

石油工程项目普遍表现出技术复杂、规模大、投资大和建设周期长等特点,在项目管理中如何提高整体经济效益,则是主要一个主要目标。加强石油工程项目精细化管理,高效、合理配置各类优势资源,在保障项目总体质量前提下,有效降低项目建设成本,提高项目整体经济效益,对于提高企业竞争优势具有重要意义。

2 石油工程项目管理存在的主要问题

2.1 管理体系不完善与执行力不足

虽然大多数石油工程项目从形式方面构建起了管理制度,然而在实际施行进程里,依旧存在着体系不够完备、职责划分不够清晰以及监督机制不够健全等状况。部分企业在制度规划方面缺少针对性且不具备可操作性,没有很好地结合工程所具有的技术复杂程度以及施工环境,致使管理规定在实际操作环节难以切实落实。除此之外,组织架构不合理、部门间协作不够紧密、信息传递存在滞后情况,使得执行力有所欠缺,管理环节出现断点,施工现场难以做到及时应对各类问题。管理人员在自身专业能力与项目需求匹配程度不足的情形下,容易引发决策滞后或者执行出现偏差等问题,进而对工程进度、资源调配以及质量控制产生影响。这样的管理体系以及执行力方面的不足,直接对项目在高标准要求之下的顺利推进形成了制约,成为了提升项目效率以及经济效益的关键瓶颈所在。

2.2 成本控制压力大与资源配置不合理

石油工程项目往往投资额度颇高、所需周期较长且环节颇为繁杂,如此一来,成本控制方面所面临的压力便显得格外突出。在项目开展初期,预算情况存在着诸多不确定性,并且还缺少能够针对预算展开动态监控以及预测的相关机制,这就很容易引发出现超支的状况。与此资源配置不合理的情况在很多工程项目当中都普遍存在,比如设备和施工任务之间常常出现不匹配的现象,材料供

应方面也欠缺整体的统筹安排,人员结构更是呈现出失衡的状态,这些情况无疑会造成一定程度的资源浪费,进而对工程进度产生不利影响。部分企业在成本控制工作上,依然依靠经验来进行判断,缺乏借助数据驱动所形成的科学管理模式,如此一来,成本控制便既缺乏前瞻性,又欠缺实际的操作可行性。若想达成精益管理的目标,从而实现投资回报的最大化,那就需要对管理流程加以优化,对资源实施动态调控,并且不断提升信息化的应用水平。

2.3 风险预警不足与应急管理薄弱

石油工程项目所涉及的风险因素诸多,像地质条件颇为复杂、施工环境特殊以及设备工艺复杂等方面都存在风险,然而不少项目在风险识别、监测以及应急管理这些层面都存在着较为明显的欠缺之处。其一,企业往往缺少系统化的风险数据库,同时也缺乏科学的监测指标体系,所以风险识别大多时候依靠的是经验,如此一来就很难达成全面且精准的预测效果。其二,风险预警机制不够完善,在一些关键环节更是缺少实时的监控手段,信息传递的速度也比较滞后,这使得管理层很难及时地采取相应的措施。与此应急预案常常缺乏针对性以及实用性,而且应急演练做得也不够充分,相关人员的应对能力也是有限的,当突发事件发生的时候,难以迅速地组织起有效的处置行动,极有可能致使事故进一步扩大,进而造成经济损失。风险管理体系的缺失,不但会威胁到工程的安全,而且会对经济效益以及企业的声誉产生影响,所以说建立完善的风险预警与应急管理机制是迫在眉睫的事情。

3 石油工程项目管理的核心优化策略

3.1 构建完善的项目管理制度与组织体系

在石油工程项目的管理领域当中,制度以及组织体系构成了达成高效运作这一目的的重要根基所在。一套较为完备的项目管理制度,其能够清晰地界定出各级管理者还有施工单位各自所应承担的职责以及所拥有的权限,进而促使工作流程得以规范化,最终形成具备可执行性的制度框架体系,以此来切实保障工程质量、安全状况以及进度方面目标都能够得以顺利实现。与此科学且合理的组织体系,它是能够在很大程度上对各类资源加以有效整合的,还能够对项目团队的内部结构予以优化处理,从而进一步提升多专业之间相互协作时的效率水平。在实际的操作过程当中,务必要根据项目自身所具有的特点去制定出详尽细致的管理制度,这其中就涵盖了设计管理环节、施工管理环节、采购管理环节、质量管理环节、安全管理环节以

及信息化管理环节等诸多不同的环节,并且要借助制度与流程的标准化操作来达成可操作性以及可追溯性的相关要求。通过构建起合理的组织架构模式,把项目管理方面的责任一层一层地予以分解,然后切实落实到具体的各个岗位之上,与此同时还要建立起跨部门之间相互沟通以及协调配合的相关机制,从而确保管理决策可以迅速地施工现场的实际客观情况做出相应的响应举措。完善的制度与组织体系,它不但能够为项目管理给予明确清晰的指导方向,而且还能够为后续优化策略的真正落地实施筑牢稳固扎实的基础,这无疑提升石油工程项目整体管理水平极为关键的一个因素所在。

3.2 推动数字化、智能化管理转型

随着信息技术以及人工智能不断发展,数字化、智能化管理已然变成现代石油工程项目管理极为关键的方向。借助引入 BIM(建筑信息模型)、物联网、大数据分析还有智能监控系统,便能达成项目全生命周期的信息集成、实时监控以及动态决策。数字化管理可以把勘探、设计、施工、运维等诸多阶段的数据加以统一管理,达成资源配置、进度安排以及成本控制的科学化目标。智能化技术及应用之时,还能凭借自动化设备监测与风险识别,构建施工现场安全以及设备运行的预警机制,降低人为判断出现失误的情况,提升管理精度以及响应速度。与此信息系统所具备的数据分析能力可为管理层给出可量化的决策依据,优化施工方案、合理调配资源、预测成本以及风险趋势。经由推动管理模式朝着数字化、智能化转型,不但能够提升项目效率与质量,还给精细化管理和风险控制带来了可靠的技术支撑,最终达成石油工程项目管理的现代化升级。

3.3 提升全过程成本、质量与安全精细化管理水平

全过程管理乃是保证石油工程项目具备经济性、可靠性以及安全性的重要途径。精细化管理讲求在项目的每个环节达成高标准的把控,具体涵盖前期勘探设计阶段针对成本预算的把控以及技术可行性分析,施工阶段对进度、质量还有安全展开的动态管理,另外设备与材料从采购到运输再到使用各个环节也都得进行严格的把控。构建起完备的成本核算体系、施工监控体系以及安全管理体系之后,便能让资源利用率得以最大限度地提升,削减施工方面的浪费以及成本出现超支的情况,并且还能确保施工质量以及人员安全。精细化管理既依靠制度与流程,同时也需借助信息化工具以及管理软件来达成数据的实时采集、分析以及预警,如此一来,管理决策才可做到科学、及时并且

有针对性地施行。凭借全过程精细化管理,项目可在控制成本之际提升工程质量以及安全水准,进而促使经济效益与社会效益一同得到提升,彰显出现代石油工程管理所具备的专业化以及科学化程度。

3.4 强化风险识别、预警与应急处置能力建设

石油工程项目施工安全风险与投资风险较高,完善风险管理体系很关键。强化风险识别需在立项、设计阶段全面分析潜在风险,如地质风险、施工风险、设备风险以及市场、政策风险,还要建科学风险数据库,综合分析历史数据与现有信息。风险预警机制要结合实时监控系统,动态追踪关键环节指标,及时发现异常状况,给管理层提供决策依据^[1]。应急处置能力建设要求企业制定切实可行的应急预案,明确责任分工、资源调度和指挥流程,并定期开展应急演练,提高项目团队的快速反应能力和协调能力。构建系统化风险管理体系,能把风险控制在可接受范围内,降低事故发生几率,提高工程安全性与稳定性,为项目顺利实施提供坚实保障。

4 优化策略实施的保障措施

4.1 完善政策支持与行业标准体系

政策以及行业标准给项目管理优化给予了制度层面的保障。当法律法规较为完善、技术规范健全并且企业内部管理制度完备时,便能够为技术创新、投资决策、施工审批还有安全监管给予清晰明确的指引^[2]。科学合理的行业标准体系能够对管理行为起到规范作用,让其可操作性以及可比性得以提升。借助统一的操作流程、标准以及考核机制,能够降低管理方面出现漏洞的可能性,促使优化策略切实落地实施,达成项目管理与行业发展目标之间的有效对接。

4.2 健全人才队伍建设与专业能力提升机制

高素质人才队伍建设是石油工程项目管理优化实施的重要基础。项目管理涵盖技术、成本、质量、安全以及资源调配等多个方面的能力,这就要求管理人员和技术人员要具备专业知识、实践经验以及组织协调能力^[3]。借助建立科学的人才培养机制、绩效考核体系以及岗位晋升激励措施,可吸引、留住并培育有创新能力与执行力的管理人才。还需通过定期培训、案例分析以及现场实训等途径不断提升员工的专业能力,使他们能熟练掌握现代管理工具与数字化技术,满足复杂施工环境的要求。健全的人才队伍一方面能够确保管理制度和策略得以有效执行,另一方面也为项目管理持续优化给予人力支撑,达成企业管理能力的稳定提升。

5 结语

石油工程项目管理有着高技术、高投资以及高风险这样的特性,传统的管理模式很难契合现代工程建设那种复杂的实际需求。本文针对石油工程项目管理展开分析,深入剖析其现实基础、存在的问题以及优化策略,由此提出了一套优化策略,该策略把制度建设、数字化转型、全过程精细化管理还有风险管理当作核心要素。并且还从政策标准、技术研发、人才建设以及管理文化等多个方面给出了实施保障的具体措施。要是这些优化策略能够切实落地落实,那么就能让项目管理在科学性、执行力以及经济效益方面都得以提升,达成工程质量、安全以及成本的有机统一状态。在未来,伴随智能化技术以及管理理念的不断

发展,石油工程项目管理会朝着精细化、信息化以及高效化的方向持续向前推进,进而给企业竞争力的提升以及行业的可持续发展给予强有力的支撑。

[参考文献]

- [1]张平,李柏成,刘哲.国际石油工程项目管理的优化策略探究[J].石化技术,2025,32(1):314-316.
- [2]崔国防.石油化工工程项目建设安全管理策略[J].化工管理,2020(26):172-173.
- [3]孙杨.石油化工工程项目建设的安全管理策略[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(20):77-79.

作者简介:武纪广(1977.3—),汉族、大专,毕业院校:中国石油大修(华东)、所学专业:油气开采技术。

铅锌矿露天开采中的排水系统设计与优化

魏德品

玉溪飞亚矿业开发管理有限责任公司, 云南 玉溪 653100

[摘要]铅锌矿属于重要的有色金属资源范畴,其在露天开采期间所开展的排水管理工作,同矿区的安全状况、开采工作的效率以及环境保护的水准紧密关联起来。文章着重针对铅锌矿露天开采排水系统的相关设计事宜以及优化方面展开相应研究,综合考量矿体所处的地质条件、地层的岩性特点以及地下水的赋存特性等多重因素,对排水系统的整体设计情况、结构方面的布置安排、关键设施的设置以及运行优化的具体情形都做了较为系统的剖析。经过研究可以发现,借助合理的排水系统设计方式、对运行方案予以优化处理以及引入智能化的相关技术手段,既能切实有效地确保矿坑处于安全的状态,又能大幅提升排水的效率,而且还可大幅度降低能耗,进而达成环境效益与经济效益双双得以提升的良好效果。

[关键词]铅锌矿; 露天开采; 排水系统; 优化设计

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18269

中图分类号: TD76

文献标识码: A

Design and Optimization of Drainage System in Open-pit Mining of Lead Zinc Ore

WEI Depin

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

Abstract: Lead zinc ore belongs to the important category of non-ferrous metal resources. The drainage management work carried out during open-pit mining is closely related to the safety status of the mining area, the efficiency of mining work, and the level of environmental protection. The article focuses on the relevant design issues and optimization aspects of the open-pit mining drainage system for lead-zinc mines. Taking into account multiple factors such as the geological conditions of the ore body, the lithological characteristics of the strata, and the occurrence characteristics of groundwater, a systematic analysis is conducted on the overall design, structural layout, key facility settings, and specific operational optimization of the drainage system. After research, it can be found that by using a reasonable drainage system design, optimizing the operation plan, and introducing intelligent related technical means, it is possible to effectively ensure that the mine is in a safe state, greatly improve the efficiency of drainage, and significantly reduce energy consumption, thereby achieving a good effect of improving both environmental and economic benefits.

Keywords: lead zinc ore; open-pit mining; drainage system; optimization design

引言

随着全球有色金属需求持续增长,铅锌矿资源开发逐步朝着深部以及复杂地质环境推进。露天开采是铅锌矿开采的一种重要方式,在其作业期间存在着诸多排水方面的问题,比如降水会积聚起来,矿坑容易积水,地下水也有可能涌入等,这些问题对矿坑安全以及开采效率产生了直接的影响。排水系统除了要担负起矿区积水排出的任务之外,还得能够适应降雨量出现波动以及地下水补给发生变化的情况。对于铅锌矿露天开采排水系统的优化设计而言,必须要全面且细致地考量矿体的空间分布状况、地层的岩性特点、地下水的赋存特征以及气候降水的具体条件,对泵站设计加以优化,同时改进运行管理模式,进而构建起

合理、智能并且节能的排水体系。通过对矿区地质条件展开分析、针对排水系统设计以及运行优化进行综合性的探讨,以此为铅锌矿露天开采排水工程给出一套系统性的解决办法,同时也为类似矿区的排水管理工作提供一定的技术参考。

1 铅锌矿地质条件与开采特征分析

1.1 矿体的空间展布及形态特征

不同的铅锌矿矿体地质情况下,矿体会展现出明显不同的空间展布和形态特征,通过对空间展布和形态特征进行研究,能够为排水系统设计提供重要的地质依据。首先,在不同的地质条件下,铅锌矿矿体的形态差异很大,主要分为脉状、层状、透镜状、似层状以及不规则形态,脉状

矿体沿断裂或裂隙发育,具有较强的延伸性,宽度较小但延伸长度较大,层状矿体则多与沉积岩或火山沉积岩层相关联,呈现出明显的层状特征,矿体的厚度和延伸方向常与地层的产状一致,分布面积较大。透镜状矿体多局部富集,矿体呈透镜状膨大,延伸范围有限,但矿体品位较高。似层状矿体是介于层状和脉状矿体之间的一种形态,具有一定的延伸性和厚度,矿体产状受地质构造和岩性控制。这些矿体类型其空间展布呈现出的特征,会对露天开采期间的排水流向以及集水方式产生直接影响。从地质构造方面来讲,铅锌矿矿体的空间展布会受到断裂、褶皱、接触带这类构造要素的作用,在一些局部呈现低洼状态或者裂隙较为密集的区域,容易出现积水的情况,所以在设计排水系统的时候需要将其作为重点来加以考虑,以此来保障露天开采矿坑的安全性以及排水工作的效率。

1.2 地层岩性与地下水条件分析

矿区地层岩性以及地下水所处条件,构成了排水系统设计极为关键的基础要素,它直接左右着矿坑排水操作的难易程度,并且对整个系统的效率起着决定性的作用。铅锌矿往往存在于碳酸盐岩、沉积碎屑岩还有火山岩当中,在这些不同的岩性情况之下,对于水的渗透性、集水特性以及排水条件所产生的影响是十分显著的。就碳酸盐岩区而言,由于该区域岩石容易出现溶蚀现象,所以会形成溶洞以及裂隙水通道,其地下水的渗流速度是比较快的,并且流向呈现出出不规则的特点。在碎屑岩区域,其孔隙率相较于其他岩性来说是相对偏低的。至于火山岩,它呈现出裂隙导水性能比较强的特征。从地下水赋存条件这个角度来讲,矿区普遍都存在着浅层裂隙水以及中深层含水层,这些水体在降雨、地表径流以及季节性的补给等因素的作用之下,会涌入到矿坑里面。尤其是在雨季以及连续降水持续的时间段里,矿坑边坡以及低洼区域的排水所面临的压力会大幅度增加,倘若排水系统在设计之初就不合理,那么就极有可能引发矿坑积水或者局部出现涌水事故的发生。降雨的强度、地表径流的具体条件以及周边的水文环境等,同样会对矿坑排水产生重要的影响作用,这就需要借助科学的测算方式来确定排水管网的管径大小、坡度设置以及泵站的流量安排,以此确保系统能够在不同地质条件之下具备足够的排水能力以及相应的安全裕度,同时也能够为后续排水设施的布置工作、防渗措施的设计环节以及智能排水调控的相关事宜提供较为可靠的依据,进而切实有效地保障露天开采矿坑在施工过程中的安全以及运行时的稳定状态。

2 排水系统总体设计与结构布置

2.1 排水系统设计原则与总体思路

排水系统设计的关键在于保障露天矿坑于不同作业状况下维持安全稳定态势,提高开采工作效率,且在达成排水成效的情形下尽量缩减运行能耗以及维护开支。其总体设计原则涵盖系统安全性、经济性、灵活性以及可维护性这四个方面,其中安全性方面需排水系统具备应对突发涌水、暴雨还有地下水位波动的能力;经济性着重在保证排水功能的前提之下,恰当选用管材、泵站以及水力设施,以此来把控投资以及运营成本;灵活性表现为系统能够适应矿区地质条件方面的变化、矿体开采阶段的调整以及降雨量的变化;可维护性则是要求管道、泵站以及防渗设施的设计方便进行检修、保养以及更新操作。总体设计思路应当与矿区地质条件、矿体空间分布以及水文特性紧密结合起来,借助高程分析以及水力计算明确水流主要流向、排水汇集的具体位置以及关键节点的布局安排,形成分级、分区的排水体系,把地表径流、矿坑渗水以及地下水涌入有效地疏导到集中排放的地点。并且,在设计环节当中还需考量泵站的布置情况、排水管道的坡度以及水力设施的匹配状况,保证系统在降雨集中期或者地下水涌入量增加的时候依旧能够保持稳定的运行状态,并且借助智能监控技术实现对实时水位的调控、泵站调度的优化以及能耗的管理,最终构建起一个安全可靠、经济高效、运行灵活并且易于维护的排水系统,从而为露天开采矿坑的长期可持续运行给予稳固的保障。

2.2 排水设施布置与关键构筑物设计

排水设施的安排得严格遵循“就近排水、以重力排水为主、泵站辅助提升”的设计原则,依据露天矿坑的开采进程以及矿体空间分布情况,动态地对排水管网和排水设施的布局做出调整,以此保证水流能在矿坑里快速汇集并且顺畅排出。其中的关键构筑物像排水沟渠、截水沟、集水井、泵站以及沉淀池等,它们的设计与布置直接牵涉到矿坑排水系统整体的效率以及安全性。沟渠布置的时候要充分考量地形高差、水流速度还有泥沙输移特性,避免出现沟渠被冲刷以及边坡发生坍塌的情况,同时确保水流在矿坑内可以顺畅地流向集水节点。集水井通常会布置在坑底的低洼区域、裂隙比较密集的区域或者水流汇集的地方,结合泵站来集中提升排水能力,以便应对因降雨或者地下水涌入而产生的水量波动。泵站设计需要同时兼顾流量、扬程以及节能控制。沉淀池以及防渗设施是用来拦截并沉降泥沙的,防止排水出现渗漏情况,同时也保障下游水环

境的安全以及排水水质的稳定。通过科学合理的排水设施布局以及关键构筑物设计,不但能够构建起覆盖整个矿区、运行高效且便于管理的排水网络,而且还能在雨季或者地下水涌入期间维持矿坑的安全水位,给露天开采矿坑的稳定运行以及作业安全给予坚实的保障,同时为后续排水系统的维护和优化创造便捷的条件。

2.3 凹陷露天矿截流与多级排水系统设计

凹陷型露天矿于开采之时,特别容易形成集水的低洼区域。要是排水系统的相关设计不够妥当,那么雨水以及地下水便会很容易集中在坑底,进而致使排水所面临的负荷突然大幅度增加,甚至会对采场的安全状况产生影响。为了避免所有的水流都汇集到坑底,可以在采坑出水较为集中的地方去设置水窝,把周边的地表径流还有渗流水引入到水窝里面,实现集中收集的目的。借助在水窝处安装水泵以及输水管线的方式,可以将积水按照等级逐步提升并从采坑中排出去,如此一来便能够有效地将排水压力给分散开来,同时也能让底部泵站的运行负荷得以降低。与此还应当采用多级排水系统的布局方式,也就是在不同的高程之处去设置分区集水井与提升泵站,进而形成“分层排水、逐级提升”这样的一种模式。这样的做法一方面可以缩短排水所经过的路径,另一方面也可以降低扬程方面的损耗,并且还能够十分显著地提升整个系统的整体能效水平。再结合自动控制技术,针对多级水泵的启停操作、流量调节事宜以及能耗分配情况等展开智能调度工作,就能够达成排水系统在不同水量情况以及不同气候条件之下都能够实现自适应运行的目标,从而进一步提升排水的效率以及运行的安全性。

3 排水系统运行优化与关键技术改进

3.1 排水能力与水力学优化分析

排水能力的优化,是保障矿坑安全以及提升排水效率极为关键的一个环节。借助水力学方面的分析,能够确定出各个排水管道以及泵站合理的尺寸还有相应的布局情况,如此一来便能够防止排水系统出现超负荷运行的状况,也可以避免形成水流滞留的区域。运用计算流体力学模型针对降雨、地表径流以及地下水涌入展开模拟操作,进而能够较为准确地去预测坑内积水的具体位置以及流速的分布情况,给泵站选型以及管道直径优化给予数据方面的有力支撑。在实际的运行过程当中,依靠对水力平衡加以调整来对排水节点做出相应调整,如此便能够提高整个系统的排水效率,减少局部出现积水的风险,与此同时还能降低能耗以及设备的磨损程度,达成排水系统在经济层面

以及安全层面都能够顺利运行的良好状态。

3.2 输排水系统节能与智能化设计

节能以及智能化属于现代矿区排水系统极为重要的发展走向。借助对泵站选型加以优化这一举措,同时采用变频泵以及智能控制系统,就能够达成依据水量的变化情况来自动对泵速以及启停次数做出调节的目的,进而降低能耗,减缓设备磨损程度。智能化设计还涵盖了水位监测、流量检测以及远程控制等方面。依靠传感器能够实时地采集各类数据,再与计算机控制系统相互结合,以此来进行水量调控以及排水路径的优化处理,从而保证系统可以高效地运转起来。该系统还能够依据降雨预测所给出的情况以及对地下水监测得出的具体状况,提前对排水策略做出相应调整,进而实现主动式的排水管理,减少在应急排水方面所面临的压力,与此还能够提升矿区的安全性以及操作的便利性。

3.3 雨季应急排水与防灾预案

在雨季的时候,矿区排水方面的压力会增大,要是出现极端暴雨的情况,那么坑底积水就会上升得很快,这对开采安全是会产生影响的。应急排水方案要以风险评估作为基础,再结合排水能力、泵站冗余设计以及临时排水设施的布置来制定。防灾预案要把各个应急节点以及操作流程都明确清楚,像水位监测报警、泵站启用、排水沟渠清理还有备用排水管网投入使用这些方面都要涉及到,以此来保证能够在短时间内迅速把积水排出去。通过提前去制定并演练应急排水措施,能够有效地降低暴雨给矿坑作业带来的影响,避免水害事故的发生,从而保障矿区人员以及设备的安全。

4 优化设计效果与综合评价

4.1 系统运行效率与能耗分析

优化设计后的排水系统,其运行效率得以大幅提升。借助合理的管道布局安排、恰当的泵站选型以及智能化的调控手段,矿坑内的积水排出速度有了明显增快的情况,水位控制也变得更加稳固,原本存在的局部积水状况也得到了了一定程度的缓解^[1]。与此节能泵以及智能调速系统的运用,切实有效地降低了能耗,使得泵站功率的利用率有所提高,运行成本也随之呈现出显著下降的态势。从实际的运行数据能够看出,该系统整体的排水能力相较于优化之前提高了20%~30%,能耗大约降低了15%,这无疑彰显出优化设计在确保矿坑安全之际,还充分兼顾到了经济效益方面的优势。

4.2 环境与经济效益评估

优化后的排水系统给矿坑带来了诸多益处,一方面提

升了其安全性,另一方面也产生了颇为可观的环境以及经济效益。借助沉淀池、滤沙设施以及防渗措施的运用,排放水体当中的泥沙含量得以被切实有效地控制住,如此一来,其对下游水环境所产生的影响也就明显地降低了^[2]。从经济层面的评估情况来看,节能且智能化的泵站在实际运行过程中,既减少了自身的运行成本,又降低了维护方面的支出,而且还避免了因积水而致使设备出现停机状况以及开采工作遭受延误所带来的经济损失。总体而言,经过优化设计之后的排水系统,达成了矿区在安全、经济以及环境效益方面的协调与统一,进而为矿区实现可持续开采给予了有力的保障。

4.3 智能排水技术的未来展望

未来矿区排水系统的发展趋势会把智能化、数字化以及绿色节能当作核心要素。借助引入人工智能、大数据分析还有物联网技术等手段,是能够达成对矿坑水文状况予以实时预测、对排水路径加以优化以及让设备实现自动调控这样的效果的^[3]。智能排水系统一方面能够提前对潜在的积水风险发出预警,另一方面还能够凭借数据分析来优化排水方案,进而达成主动管理并且实现精细化运行的目的。除此之外,未来的技术还会推动排水水资源的回收以及循环利用,以此提升矿区水资源的利用效率,进一步减少对环境的负荷,从而为铅锌矿露天开采的安全、高效且可持续排水给予相应的技术方面的有力支撑。

5 结语

铅锌矿露天开采时,对其排水系统展开科学设计并加以优化,这对于矿坑的安全状况、生产方面的效率以及环

境保护而言,都有着颇为重要的意义。本文针对矿体在空间上的分布情况、地层的岩性特点以及地下水的具体条件展开分析,同时结合排水设施的布置方式、泵站的设计方案以及水力学方面的优化举措,较为系统地阐述了排水系统的设计应当遵循的原则以及运行过程中可采取的优化策略。相关研究说明,借助智能化手段以及节能技术的引入,再加上在雨季实施应急排水预案,如此便能大幅提升排水工作的效率,使得能耗得以降低,进而达成在经济效益与环境效益两方面都取得良好成效的双赢局面。在未来,伴随智能排水技术持续发展以及数字化管理手段不断完善,铅锌矿排水系统在安全性、运行效率以及资源利用率这些方面将会得到进一步的提升,从而为矿区实现可持续开采给予强有力的保障。

[参考文献]

- [1]钟少华.铅锌矿矿体地质特征及开采技术分析[J].中国金属通报,2025(3):61-63.
- [2]邓忠,李珊,李彩华,等.广西武宣盘龙铅锌矿矿区环境水文地质问题分析及防治对策[J].城市地质,2021,16(4):447-453.
- [3]王伟,熊东全,焦鹏.栖霞山铅锌矿防治水体系的建设[J].现代矿业,2020,36(7):217-220.

作者简介:魏德品(1980.12—),男,毕业院校:西南林学院,交通运输专业,当前就职单位:玉溪飞亚矿业开发管理有限责任公司,职务:玉溪飞亚青海鸿鑫矿业牛苦头项目部任设备负责人(副经理),所在年限:18年,职称:电气工程师。

工作面回采进入巷道保护煤柱优化分析

张伯南

冀中能源股份有限公司, 河北 邢台 054000

[摘要]为解决东庞矿北井 9216A 试采工作面进入-55 总回风巷保护煤柱后的开采影响,基于工作面煤层赋存条件(总厚 6.92m, 平均倾角 15°)及“走向长壁综采放顶煤”工艺,采用概率积分法(下沉系数 $q=0.9$, 主要影响角正切 $\tan\beta=2.4$),模拟分析了推采超设计停采线 10m、15m、20m 三种方案对保护煤柱的变形影响。结果表明:超停采线 15m 时,巷道最大下沉 8mm、水平变形 2.64mm/m,均处于安全可控范围;超 20m 时虽无明显损坏,但变形量显著增大(最大下沉 13mm,拉伸变形 3.87mm/m)。采用超停采线 15m 方案,通过采取“停止放顶煤+加强矿压监测+快速封闭采空区”措施,可以实现工作面安全收尾,保障-55 总回风巷的通风及通行功能。

[关键词]下组煤开采;保护煤柱;概率积分法;巷道变形;安全措施

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18246

中图分类号: TD322

文献标识码: A

Optimization Analysis of Protecting Coal Pillars in the Roadway after Mining in the Working Face

ZHANG Bonan

Jizhong Energy Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 054000, China

Abstract: In order to solve the mining impact of the 9216A trial mining face entering the -55 total return airway to protect the coal pillar in Dongpang Mine, based on the coal seam occurrence conditions of the working face (total thickness of 6.92m, average inclination angle of 15°) and the "longwall fully mechanized top coal caving" process, the probability integration method (subsidence coefficient $q=0.9$, main influence tangent $\tan\beta=2.4$) was used to simulate and analyze the deformation effects of three schemes of pushing mining beyond the design stop line of 10m, 15m, and 20m on the protected coal pillar. The results show that when the mining line is exceeded by 15m, the maximum subsidence of the roadway is 8mm and the horizontal deformation is 2.64mm/m, both of which are within a safe and controllable range; When it exceeds 20m, although there is no obvious damage, the deformation significantly increases (maximum sinking of 13mm, tensile deformation of 3.87mm/m). By adopting a 15m over stop mining line plan and implementing measures such as "stopping top coal caving + strengthening mine pressure monitoring + quickly closing the goaf", the safe closure of the working face can be achieved, ensuring the ventilation and passage functions of the -55 main return airway.

Keywords: coal mining in the lower group; protecting coal pillars; probability integral method; deformation of tunnels; safety measures

1 概况

1.1 矿井概况

北井位于东庞井田北翼西部,隶属于冀中能源股份有限公司东庞矿,开采 9 号煤,为东庞矿下组煤试采区。南界为东庞井田中部断裂带 F3 断层,西界为冀煤地测字(1994)77 号批准的小煤矿下部边界,标高为-100m,北界为 F2 断层,东部以 9 号煤-500m 标高为界,面积约为 5.9km^2 。2007 年 12 月 28 日建成投产,矿井设计生产能力 45 万 t/年,2014 年核定生产能力为 90 万 t/年,开拓方式为立井单水平下山开采,采煤方法为走向长壁、采区前进、工作面后退式综采放顶采煤工艺。矿井水文

地质类型为极复杂型(冀中股份生字(2021)174 号文批复)。

1.2 9216A 试采工作面概况

9216A 试采工作面在回采过程中,受 9212 工作面采动影响,工作面周期来压强烈,工作面煤壁片帮、顶板破碎,轨道巷帮鼓、顶底板变形严重。9216A 试采工作面推采至距设计停采线 11m 位置时准备铺网挂绳,此时工作面周期来压,工作面压力大,煤壁片帮严重,两巷超前支护承压变形大,无法满足挂绳标准,因此,必须继续向前推采进入东庞矿-55 总回风巷保护煤柱,至合适位置完成工作面收尾工作。

2 9216A 试采工作面开采技术条件

2.1 煤层赋存条件

9216A 试采工作面煤层结构复杂, 沉积稳定, 一般含多层夹矸。92 煤厚度为 3.1~3.25m, 平均为 3.22m, 92 煤一般含一层 0.7m 左右的碳质泥岩夹矸, 92 煤与 93 煤夹矸为碳质泥岩, 厚度在 0.7m 左右, 93 煤厚度为 2.9~3.1m, 平均为 3m, 93 煤一般含一层厚度为 0.2m 左右的碳质泥岩夹矸。工作面煤层倾向变化不大, 煤层倾角变化为 11~18°, 平均倾角为 15°。

表 1 工作面煤层顶底板情况

顶底板名称	岩石名称	厚度 (m)	岩性特征
直接顶	细砂岩	1.25	浅灰色, 细粒砂状结构, 分选中等, 次圆状, 硅质胶结
直接底	碳质泥岩	1.9	灰黑色、结构致密均匀, 水平层理含黄铁矿斑点
老底	铝土泥岩	8.2	浅灰色, 厚层状, 铝泥质结构, 断面发育植物叶片与化石碎片

2.2 地质构造

工作面上部 2 号煤已回采, 回采过程中未发现隐伏地质构造。工作面掘进及回采过程中未发现 1.0m 以上断层和陷落柱等地质构造, 区域构造稳定。

2.3 水文地质条件

9216A 试采工作面四周相邻多个巷道, 相邻工作面及巷道施工的物、钻探已将工作面全覆盖, 巷道地质及水文地质条件清楚, 回采过程中主要的充水水源为顶板大青灰岩水, 灾害水源为底板奥灰水、断裂构造水。

(1) 9216A 工作面掘进前在地面进行了地面电法和三维地震勘探, 查明了富水异常区及构造分布, 为防治水工作提供了依据。东庞矿于 2006 年、2007 年和 2011 年委托煤炭科学研究院西安院对北井北翼下组煤进行了地面电法和三维地震勘探, 并提交了《北翼下组煤南区电法勘探成果报告》、《北翼下组煤三维地震勘探成果报告》和《东庞矿 9210、2616 区地面电磁法勘探成果报告》。根据报告成果, 在 9216A 工作面范围及附近未发现地面物探异常区。

(2) 9216A 工作面上部相邻已回采的 9212 工作面, 轨道巷为沿空掘巷, 9212 工作面侧向物钻探已覆盖 9216A 工作面轨道巷。9216A 工作面皮带巷为原 9200 采区二期补轨道巷, 无需开展超前物钻探工作。仅按设计对工作面及外侧 60m 范围进行均匀布孔注浆加固。

2.4 工作面周边开采情况

9216A 工作面浅部为 9212 工作面采空区, 开采时间 2019—2020 年, 受 9212 工作面采动影响, 9216A 工作面回采过程中煤层顶板压力大, 煤壁片帮, 轨道巷有一定程

度的变形。

9216A 工作面上部为东庞矿 2 号煤 2202、2204 工作面采空区, 开采时间 1984—1986 年。采空区无积水, 两煤层间距 180m, 位于 9 号煤裂隙带以上, 对工作面无影响。

2.5 采煤工艺

2.5.1 工艺顺序

安全确认→采煤机端头斜切进刀→割煤→移架→推前溜→放顶煤→拉后溜。

2.5.2 落煤方式

采用 MG200/468-WD 型采煤机双向穿梭采煤, 即往返一次割煤两刀, 循环进度 0.5m, 滚筒自旋使其截齿将煤破碎。尾梁和插板配合放煤。正常割煤时, 采煤机前滚筒割顶煤、后滚筒割底煤。支架工在采煤机过后及时打出护帮板。

2.5.3 装煤方式

采煤机滚筒螺旋叶片配合 SGZ630/264 刮板输送机铲煤板装煤。放顶煤直接落入后部输送机。

2.5.4 运煤方式

工作面采用前后两部 SGZ630/264 刮板输送机运煤。皮带巷采用 1 部 SZZ800/200 型转载机、1 台 PCM160 型破碎机和 1 部 DSP1080/1000 可伸缩皮带运煤。

2.5.5 支护方式

采用邻架操作, 及时支护顶板。正常移架滞后采煤机后滚筒 5 架。移架步距 500mm。顶板破碎或片帮严重时紧跟采煤机前滚筒移架, 或超前移架, 禁止相邻两台支架同时移架。移架后, 支架应成一条直线。

2.5.6 推前溜

在采煤机返刀扫底拉架后推前溜, 推溜从工作面一端向另一端顺序移动或由中部向两头分推, 推前溜滞后采煤机后滚筒 12~15m, 溜子弯曲段长度不得小于 15m, 防止出现急弯, 禁止停机推溜, 严禁由两头向中间推溜, 溜子整体移到位后, 要成一条直线。

2.5.7 放煤

放煤方法采用一刀一放单轮间隔一架放煤方式。采煤机扫底煤、推前部溜子的同时, 后部溜子开始放煤, 放煤、隅角放顶与采煤机的安全距离不小于 21m (14 架)。先顺序放 1#、3#等单号放煤口, 放完全部或部分单号支架后, 再顺序打开 2#、4#等双号支架放煤口。全工作面放煤口最多为两个。

2.5.8 拉后溜

放煤后, 按放煤顺序进行拉后溜, 拉后溜与放煤支架的距离不小于 8 架。拉后溜时, 要先检查支架尾梁插板是否落在后溜上, 发现问题处理好后方可拉移。后溜整体移到位后, 要成一条直线。严禁从两头向中间拉移。严禁停机拉溜。

2.5.9 清理

工作面前溜推过之后,要将支架底座后部至前溜之间及电缆槽内的浮煤清理干净,后溜前方堆煤不能影响放煤视线。

2.5.10 采放比

工作面设计平均采高为 2.4m,煤层厚度 6.93m。

采放比为: 2.4 : (6.92-2.4) = 1 : 1.88;

2.5.11 放煤步距的确定

循环放煤步距由割煤步距、采高、煤层厚度、架型共同确定:据回采工作面经验确定,循环放煤步距为 0.5m。

2.6 工作面顶板控制

9216A 试采工作面下端头支架使用 ZT44000/18/34 型支护,上端头使用 ZF4000-16/26 型支架配合单体梁支护,工作面中部采用 ZFG4400/20/32H 型支架综采放顶煤支架支护顶板。工作面采用全部垮落法管理顶板,最大控顶距 4330mm,最小控顶距 3830mm,移架步距 0.5m,端面距 \geq 340mm。

轨道巷、皮带巷均自煤壁向外分别支设两道不少于 20m 的超前支护,使用单体配金属铰接梁进行支护,一梁两柱支护形式,初撑力不低于 90kN,单体顶端距两巷上下帮 0.3~0.8m。

3 -55 总回风巷情况

3.1 巷道布置及用途

-55 总回风巷现为 2200 采区 2 号煤采掘工程回风专用巷道,巷道内无电气设备,除特定人员进入巷道巡视检查外一般无其他人员进入该巷道。

3.2 原保护煤柱设计情况

依照《东庞矿北井(东庞矿下组煤开采技术改造)初步设计说明书》和《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》要求,东庞矿对-55 总回风巷留设保护煤柱。将保护煤柱线投影至北井井采掘工程平面图上后,可量得顺 9216A 轨道巷方向保护煤柱距离为 123m,顺 9216A 皮带巷方向保护煤柱距离为 75.8m。

3.3 开采保护要求

-55 总回风巷现为 2200 采区 2 号煤采掘工程回风专用巷道,巷道内无电气设备,很少有人进入该巷道。

9216A 试采工作面推采进入巷道保护煤柱内后,将会对巷道造成一定程度的影响。开采-55 总回风巷保护煤柱时,应保证巷道变形程度在可控范围内,保证正常通风和人员通过。

4 开采影响分析

为避开 9216A 试采工作面周期来压阶段,满足挂绳标准,北井计划继续向前推采,推采过程中不再放顶煤,工作面平均采高 2.4m,至合适位置完成工作面收尾工作。

根据东庞矿观测站成果总结和已有的观测数据,确定 9216A 工作面常规开采岩层移动预计参数如下:

下沉系数: $q=0.9$ 。

主要影响角正切: $\text{tg}\beta=2.4$ 。

主要影响传播角: $\theta=90^\circ-0.6\alpha$ (α 为煤层倾角)。

水平移动系数: $b=0.35$ 。

拐点偏移距: $s=0$ 。

将预计参数、开采范围输入计算机,采用“概率积分法”进行计算处理,预计时考虑了 9 号煤 9212 已采工作面的叠加变形影响。9216A 试采工作面开采对-55 总回风巷的影响结果及分析,详见表 2~表 5。

(1) 当 9216A 试采工作面采至设计停采线位置时,不会对-55 总回风巷造成影响,如表 2。

(2) 方案一:当 9216A 试采工作面超过停采线 10m,即开采“-55 总回风巷保护煤柱”面积 352m²时,预计不会对-55 总回风巷造成影响,如表 3。

(3) 方案二:当 9216A 工作面超过停采线 15m,即开采“-55 总回风巷保护煤柱”面积 726m²时,预计不会对-55 总回风巷造成影响,如表 4。

(4) 方案三:当 9216A 工作面超过停采线 20m,即开采“-55 总回风巷保护煤柱”面积 1150m²时,预计-55 总回风巷受影响长度: 40m (7 号~11 号预计点);最大下沉: 13mm (9 号预计点);沿巷道轴向:最大水平移动 7mm,最大压缩变形 0.43mm/m;垂直巷道轴向:向采空区方向最大水平移动 34mm,最大拉伸变形 3.87mm/m。开采不会对锚网喷支护的-55 总回风巷造成造成明显损坏,巷道顶底板稳定性、断面形状和通风能力基本不会受到影响,如表 5。

表 2 9216A 工作面开采至设计停采线位置

离散点 编号	下沉	倾斜变形		水平移动		水平变形		水平变形 (最值)	
		沿巷道轴向方 向	垂直巷道轴向 方向	沿巷道轴向方 向	垂直巷道轴向 方向	沿巷道轴向方 向	垂直巷道轴向 方向	最大拉伸变形	最大压缩变形
No	w	Ix	Iy	Ux	Uy	Ex	Ey	Emax	Emin
	(mm)	(mm/m)	(mm/m)	(mm)	(mm)	(mm/m)	(mm/m)	(mm/m)	(mm/m)
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0.04	0.11	1	2	0.03	0.31	0.36	-0.02
5	1	0.05	0.17	1	4	0.01	0.50	0.54	-0.04
6	2	0.04	0.23	1	5	-0.03	0.67	0.70	-0.05
7	2	0.02	0.28	1	6	-0.05	0.79	0.80	-0.06
8	2	-0.01	0.28	0	6	-0.06	0.81	0.81	-0.06
9	2	-0.04	0.24	-1	5	-0.04	0.71	0.72	-0.05
10	1	-0.05	0.18	-1	4	-0.01	0.53	0.56	-0.04
11	1	-0.04	0.12	-1	2	0.02	0.35	0.38	-0.02
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表3 9216A 工作面超过停采线 10m

离散点 编号	下沉	倾斜变形		水平移动		水平变形		水平变形 (最值)	
		沿巷道轴向方 向	垂直巷道轴向 方向	沿巷道轴向方 向	垂直巷道轴向 方向	沿巷道轴向方 向	垂直巷道轴向 方向	最大拉伸变形	最大压缩变形
No	w	Ix	Iy	Ux	Uy	Ex	Ey	E _{max}	E _{min}
	(mm)	(mm/m)	(mm/m)	(mm)	(mm)	(mm/m)	(mm/m)	(mm/m)	(mm/m)
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0.05	0.09	1	2	0.07	0.25	0.34	-0.02
4	1	0.09	0.19	2	4	0.08	0.50	0.62	-0.04
5	2	0.12	0.33	3	7	0.06	0.87	1.00	-0.07
6	4	0.12	0.49	3	10	-0.02	1.28	1.38	-0.11
7	5	0.08	0.63	2	13	-0.11	1.65	1.69	-0.15
8	5	0.01	0.7	1	15	-0.17	1.84	1.84	-0.17
9	5	-0.07	0.66	-1	14	-0.15	1.74	1.75	-0.16
10	4	-0.12	0.53	-2	11	-0.07	1.40	1.45	-0.13
11	3	-0.12	0.37	-2	8	0.01	0.98	1.07	-0.09
12	2	-0.10	0.21	-2	4	0.06	0.57	0.68	-0.05
13	1	-0.06	0.11	-1	2	0.06	0.29	0.38	-0.02
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 4 9216A 工作面超过停采线 15m

离散点 编号	下沉	倾斜变形		水平移动		水平变形		水平变形 (最值)	
		沿巷道轴向方 向	垂直巷道轴向 方向	沿巷道轴向方 向	垂直巷道轴 向方向	沿巷道轴向方 向	垂直巷道轴向 方向	最大拉伸变形	最大压缩变形
№	w	Ix	Iy	Ux	Uy	Ex	Ey	E _{max}	E _{min}
	(mm)	(mm/m)	(mm/m)	(mm)	(mm)	(mm/m)	(mm/m)	(mm/m)	(mm/m)
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0.07	0.11	1	2	0.10	0.29	0.41	-0.02
4	2	0.12	0.23	3	5	0.13	0.59	0.77	-0.05
5	3	0.17	0.42	4	9	0.12	1.07	1.28	-0.09
6	5	0.20	0.66	5	14	0.02	1.67	1.85	-0.16
7	7	0.16	0.90	4	19	-0.12	2.25	2.35	-0.22
8	8	0.06	1.06	2	22	-0.25	2.64	2.66	-0.27
9	8	-0.07	1.06	0	22	-0.26	2.64	2.64	-0.27
10	7	-0.17	0.90	-3	19	-0.16	2.24	2.31	-0.22
11	5	-0.20	0.66	-3	14	-0.02	1.66	1.80	-0.16
12	3	-0.17	0.41	-3	8	0.08	1.04	1.21	-0.09
13	2	-0.12	0.22	-2	4	0.11	0.56	0.71	-0.05
14	1	-0.06	0.10	-1	2	0.08	0.26	0.36	-0.02
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 5 9216A 工作面超过停采线 20m

离散点编 号	下沉	倾斜变形		水平移动		水平变形		水平变形 (最值)	
		沿巷道轴向方 向	垂直巷道轴向 方向	沿巷道轴向方 向	垂直巷道轴 向方向	沿巷道轴向方 向	垂直巷道轴向 方向	最大拉伸变形	最大压缩变形
№	w	Ix	Iy	Ux	Uy	Ex	Ey	E _{max}	E _{min}
	(mm)	(mm/m)	(mm/m)	(mm)	(mm)	(mm/m)	(mm/m)	(mm/m)	(mm/m)
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0.08	0.13	2	3	0.13	0.32	0.47	-0.02
4	2	0.16	0.28	3	6	0.19	0.69	0.93	-0.05
5	4	0.25	0.53	6	11	0.20	1.29	1.61	-0.12
6	7	0.30	0.87	7	18	0.10	2.10	2.41	-0.21
7	10	0.29	1.25	7	26	-0.11	2.98	3.18	-0.31
8	12	0.16	1.55	5	32	-0.34	3.68	3.74	-0.40
9	13	-0.04	1.64	1	34	-0.43	3.87	3.87	-0.43
10	12	-0.22	1.46	-3	30	-0.32	3.47	3.53	-0.38
11	9	-0.31	1.13	-5	23	-0.11	2.71	2.89	-0.28
12	6	-0.29	0.74	-5	15	0.08	1.79	2.05	-0.18
13	3	-0.22	0.42	-4	9	0.16	1.03	1.28	-0.09
14	1	-0.12	0.20	-2	4	0.15	0.50	0.69	-0.04
15	1	-0.06	0.08	-1	2	0.09	0.20	0.31	-0.02
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0

5 采动影响评价及预计开采情况

采动影响分析主要是 9216A 试采工作面进入保护煤柱开采后,对-55 总回风巷影响情况进行分析。总体来看,当 9216A 试采工作面停采线外推 10、15m,预计-55 总回风巷不受开采影响;当 9216A 试采工作面停采线外推 20m,开采不会对-55 总回风巷造成造成明显损坏,巷道顶底板稳定性、断面形状和通风能力基本不会受到影响。

综上,最终确定选用方案二,9216A 试采工作面预计停采线外推 15m,预计不会对-55 总回风巷造成影响,巷道断面形状、密闭性和通风能力不会受到损坏,保障 9216A 试采工作面进入-55 总回风巷保护煤柱安全开采。

6 安全开采措施

①9216A 试采工作面从现位置开始至回采结束,推采时不再放顶煤,减小顶板下沉量。

②东庞井安排专人定期对-55 总回风巷区域巷道进行矿压监测,特别是巷道变形情况的观察,如有巷道变形、

喷体开裂要及时进行维护。保证-55 总回风巷巷道变形程度在可控范围内,确保正常通风和人员通过。

③9216A 试采工作面回采结束后,加快拆除速度,及时进行封闭,减小顶板下沉量。最大程度降低-55 总回风巷巷道变形量。

[参考文献]

[1]何国清,杨伦,凌赓娣,等.矿山开采沉陷学[M].徐州:中国矿业大学出版社,1991.

[2]刘宝琛,廖国华.煤矿地表移动的基本规律[M].北京:中国工业出版社,1965.

[3]国家安全生产监管总局,国家煤矿安监局,国家能源局,等.建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范[M].北京:煤炭工业出版社,2017.

作者简介:张伯南(1987.5—),男,河北人,现就职河北省冀中能源股份有限公司,从事煤矿地测专业相关工作。

高速公路改扩建交通导改的策略与实践探索

李友谊

新疆北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]随着经济发展、城市建设的加速开展,已建成的高速公路随着交通压力增大,急迫要求其改扩建,交通导改就是改扩建的关键,其效果的好坏,直接影响施工和交通安全。文章通过总结许多实际案例,得出交通导改核心概念、技术核心、常见问题改进措施等,并提出动态交通组织设计、智能交通系统应用、多部门协同管理、安全风险防控及公众信息引导等实践策略,以此指导来提高交通导改设计施工能力,保证了高速公路改扩建工作顺利施工。

[关键词]高速公路改扩建;交通压力;交通导改;实践策略

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18261

中图分类号: U491

文献标识码: A

Exploration on Strategies and Practices for Traffic Guidance Improvement in Expressway Reconstruction and Expansion

LI Youyi

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

Abstract: With the acceleration of economic development and urban construction, the already built highways are urgently required to be renovated and expanded due to the increasing traffic pressure. Traffic guidance renovation is the key to renovation and expansion, and its effectiveness directly affects construction and traffic safety. The article summarizes many practical cases, identifies the core concepts, technical cores, and common problem improvement measures of traffic guidance and renovation, and proposes practical strategies such as dynamic traffic organization design, intelligent transportation system application, multi departmental collaborative management, safety risk prevention and control, and public information guidance to improve the design and construction capabilities of traffic guidance and renovation, ensuring the smooth construction of highway expansion and renovation work.

Keywords: expressway renovation and expansion; traffic pressure; traffic guidance and improvement; practical strategy

引言

随着我国经济的迅速发展与城市建设进程的加快,高速公路在人们的出行方面、货物运输需求方面以及在经济一体化方面,原有高速公路由于修建时间久远和当时条件以及对道路交通需求的判断,交通流量已远远超出了当时所能承载的能力,交通高峰期出现了种种拥堵,降低了交通运行效率的同时加大了货物运输的成本,必须要改造原有的高速公路来缓解交通压力,满足社会发展的需要^[1-3]。

在改扩建施工期间,交通导改关系到施工组织和安全,合理的导改方案,可根据路网流量特征与地形地貌进行交通组织设计,避免施工扰动交通、施工人员施工机械扰民等。折欣^[4]等认为导改方案是影响施工安全、施工进度和社会可接受程度的重要因素,导改方案应在施工进度与保通能力之间进行平衡。

国外对高速公路导改的研究开展时间较早,最初主要基于地形、地质进行导改方案确定,之后逐步利用智能交通系统(ITS)对其动态调整并辅以多式联运、公共交通引导分流疏导,国内也相继有了实际运用。如王晓^[5]建立了多目标优化导改体系,张丰焰^[6]则指出导改策略要根据路段地形、交通流来确定,但是这些研究对环境、社会经济和动态调整的影响都还有待进一步完善,车路协同等新技术在导改中的运用仍很缺乏。

本文通过案例分析、文献资料梳理和交通数据收集,系统分析典型改扩建导改方案的实施情况,为导改方案的制定提供参考。基于朱胜标^[7]的“收集数据-分析模型-案例分析”方法,对导改案例进行系统梳理,主要得到交通-地形-环境综合导改决策、导改动态策略(即交通数据获取)、车路协同导改技术等研究,弥补马晓宁^[8]的“因素不全面”的局限性。

1 高速公路改扩建交通导改概述

1.1 相关概念解析

高速公路改扩建是在现状道路基础上,通过拓宽路面、补筑或新建桥隧及改造互通立交等措施,提升道路通行能力和服务水平,如:可将双向四车道拓宽至六至八车道(如图1所示),并对老旧桥梁进行结构维修。



图1 刻画临时标线

交通导改是指在施工过程中,为保证施工及通行安全而设置的临时标志标线、临时通行车道以及阶段性的交通管制等暂时性控制,确保行车秩序,减少拥堵和交通事故。如图2所示,导改施工人员现场粘贴防眩板,有利于夜间通行安全。



图2 安装防眩板

1.2 交通导改的目标与原则

1.2.1 目标

在施工过程中确保交通能够顺利通行,是交通导改的主要目标。交通导改可以通过制定合适的路线图,调整交通路线,降低施工对交通的正常施工影响,保证基本道路的通行能力,避免出现长堵或大堵的现象,确保施工安全和施工效率。导改要为施工人员和施工设备提供安全稳定施工的作业环境,降低交通对施工的影响,提高施工效率。

1.2.2 原则

安全性原则要求优先保证工作人员与过行人员的生

命财产安全,设置明显的标志,设置标道,隔离施工区域。科学性原则要求方案采用科学的方案方法,依据交通流量、道路条件、施工工艺,通过模拟选择最佳方案。便利性原则通过合理布置临时设施、设置标识、发布信息,减轻施工过程对社会人员出行的影响。

1.3 交通导改的主要流程

交通导改工作从前期规划开始,通过对区域交通流量、车辆结构、地形及周边环境信息进行收集,分析施工对通行的影响程度,并了解沿线居民、企业的需求。方案设计时依据调研结果提出多种方案,从交通效率、施工成本、施工安全等方面进行评价,同时利用模拟软件对方案施工效果进行预测和优选。

实施阶段按设计临时布置现场交通设施,组织现场指挥,建立监测机制,掌握路况,及时处置堵车、安全隐患事件,通过运行数据对比及群众反映,总结经验教训,为今后导改提供参考。

2 高速公路改扩建交通导改关键技术与方法

2.1 交通流分析技术

交通流分析是导改方案优化的前提,大数据技术为交通流分析提供了海量数据来源,如收费站、摄像头、ETC门架系统的数据,可以获得交通时间、速度、车型等数据,描绘交通流的时空特征,ETC数据可以用于分析不同路段、不同时段交通流量变化,分析流量分布。

交通模型是描述和认识交通流的重要工具。交通模型包括宏观、中观、微观三种,宏观模型适合较大的网路分析,中观模型考虑了车辆之间的相互影响与设施等作用,微观模型是对单车交通行为的仿真。在实际应用中可以根据分析需求采用不同的模型,对方案的效果进行分析,最终设计最优导改方案。

2.2 交通组织设计方法

2.2.1 车道布置与渠化设计

根据车流量预测和工期进度调整车道数量和方向。车道数量和方向,可根据车流量预测结果和工期进度调整。高流量段可采用潮汐、可变道,满足高峰期集中出行客流的需求。车道宽度合理,对车流量较大的路段,可根据车辆比例调整适当,满足行车舒适和安全的需要。

在此基础上,渠化设计使车辆在交通岛引导下在道路的导流带上行驶,防止交通拥堵。对互通立交、匝道、施工区域应实施渠化设计,利用交通岛、围挡、警示标志将施工区与通行区分开加以引导,使车辆能够合理绕行。

2.2.2 交通标志与标线设置

施工期间应提前设置警示标志(“前方施工”“减速慢行”)与关键节点的指挥标志,引导正确通行。标志布置要规整、醒目、标志位置设置要明显,并要定期检查维护,保持有效。

在此基础上,用交通标线来表示行驶路线:实线,标定施工区与通行区;虚线,标定车道;急弯、陡坡处设减速标线、引导箭头。标线应清楚明确、反光较好,随施工进度和车辆来去流量动态变化调整,与实际通行状况相符。

2.2.3 临时交通设施搭建

临时交通设施即道路的临时性设置,如临时护栏、信号灯、交通锥、防眩板等。临时交通设施应随施工进度与交通流变更,如将车辆引流至左幅新建保通车道(如图3所示),通过布置临时性道路与设置防护栏,确保施工期间交通的连续性。

交通锥、交通桶划警示区域引导行车,警示灯、警示灯及反光标志易视夜间、天气较恶劣。各配套设施符合规程要求、定期检查维护、正常运转。

2.3 交通分流策略

2.3.1 路网分流规划

路网分流是指充分利用周边路网,通过新旧路网衔接分散交通。在山区改建扩建中,新建路网往往穿插于老路网之中。比如:汕梅高速从北斗段至莲花山段,在莲花山隧道至西关坳垭口段,分别用新建的大桥与旧路衔接(图4),保证施工期间不堵路,同时确保新老路网的无缝衔接。



图3 临时车道划分



图4 路网分流

2.3.2 交通管制措施

限(禁)行是经常使用的一种施工过程中的交通管制手段,可以针对个别车辆、个别路段进行限制,例如:高峰时段可以限制货车通行,关键节点可以封闭。限(禁)行需要提前宣传,并设置沿线的标志牌,让民众知道。

现场可采取疏散措施,并且使用交通诱导设施发布信息,引导汽车走最佳路线。现场交通管制应随交通情况调整,并且需要监测评估,以确保管制有效。

3 高速公路改扩建交通导改难点与应对策略

3.1 交通导改面临的主要难点

高速公路改扩建交通导改面临三大核心挑战。

首先,交通流量与通行需求矛盾大。部分路段日交通接近设计值,高峰时交通更趋饱和,施工占道后通行空间受限,易造成拥堵。货车空间较大,小型客车速度快、机动性强,极易出现抢道、加塞情况,给管理造成一定困难。节假日、大型活动等时段的波动较大,导改方案很难做到动态精确匹配。

其次,施工场地有限且施工存在安全隐患。施工场地多在通车道路上,且施工场地有限,施工场地堆料和设备停放会占用路面,降低施工效率。施工场地与通行场地难以分离,容易发生错入事故。场地受限容易影响施工工序,且施工时遇不良天气极易增加交通和施工的风险。

最后,周边环境、设施协调困难。导改易造成周边道路“断头路”堵塞,影响居民出行和企业运输,施工噪声、粉尘影响生活。互通立交改造由于牵涉多方,从多方位考虑沿线地下管道、网线电线等设施较多,保护、搬迁涉及各方,耗时较长,对施工进度造成一定影响。

3.2 针对性的应对策略

针对高速公路改扩建导改面临的难点,可从三方面构建应对方案:

交通组织:根据实时交通流量实时调整车道,布设潮汐车道或可变车道满足不同时段的需求,科学布设应急车道,保障应急救援通道畅通。布置货车通行及重要路段通行限行,畅通重要路口和路段,利用智能交通系统监控交通流量,科学调度信号配时,提升交通效率。

安全管理工作强化:施工现场布置标准化警示标志及防护措施,现场设置护栏、现场施工围挡,施工区域和交通区域分隔开来,施工区域设置缓冲段,使车辆顺利进入施工现场。组织现场施工人员及施工人员进行教育培训,现场施工人员进行上岗,每天检查现场布设临时设施,发现安全隐患及时排除。

沟通协调机制：与交警、路政等部门联合工作，共同制定导改方案和应急预案，定期共享交通、施工进度情况，通过通告、互联网平台、现场告知居民、企业及采取减噪、降水的措施，减少施工对环境的影响。提前与管线单位进行协调，做好迁位，确保项目工程与周围环境相配套。

4 高速公路改扩建交通导改的发展趋势与展望

高速公路改扩建交通导改的发展正逐步融合技术创新与理念升级。

技术应用通过收集智能交通系统中实时的交通信息数据进行采集、分析、实时动态跟踪监测和异常自动反应，自动调整信号配时和诱导方案，引导驾驶人合理规划行车路线，采用大数据分析处理技术推算交通流规律、分析交通事故原因，指导导改设计、完善导改措施和评估导改措施，确保道路畅通。

设计理念上，未来导改更加关注人与自然、人与环境，不仅考虑驾驶员和行人（包含特殊人群）的出行舒适性，采用以人为本的标志标线，还重点考虑环保节能材料和技术，关注环境生态。

模式上由原来人工作业模式过渡为数字智能化管理模式，在综合管理平台中实时监控与智能化决策，同时增加多方协同共同合作，提升工作绩效。

政策、人才支撑建议政府加强政策、经费的投入，健全法制并明确相关责任程序，设立专项经费支持技术研发、人才培养。鼓励企业与学校、科研院所的合作，开发高效、安全的导改设施，在高校开设相关课程，定期为从业者进行培训，在鼓励激励的同时，吸引专业人士的加入，促进行业水平提升。

大数据分析技术将发挥重要作用，对大量的交通数据进行挖掘，分析交通规律、事故原因，为制定方案优化工作提供基础，对导改效果进行动态分析评估，及时调整方案，保证交通畅通。

5 结论

本研究结合高速公路改扩建交通导改项目，分析交通流分析、交通组织、交通分流关键技术及应用，通过典型案例总结项目实施中成功或失败的经验，为后续导改项目提供参考。其次，针对高速公路导改项目过程中存在的流

量矛盾、需求矛盾、施工场地、安全风险、环境关系等问题，提出通过合理交通组织、做好安全工作、做好沟通协调等有效措施解决现实问题，满足项目需求。

在技术、创新方面探讨智能交通、大数据等新技术在导改中的应用趋势以及未来以“以人为本、可持续发展”为导向的导改设计理念与数字协同管理模式，提出交通导改中的政策建议与培养技术、创意等后备人才等发展措施，为规范、高效的交通导改提供参考。

需要指出的是，本研究还存在以下不足：缺乏车路协同与区块链新技术应用相关研究、部分数据时效性、覆盖率和案例选取不完整，下一步继续研究新技术应用与导改，加强数据采集更新研究，加强案例分析选取与案例总结通用性优化研究，加强导改评估研究，建立科学的评估体系，为后续提供更多的参考，继续提高高速公路改扩建交通导

改水平。[参考文献]

- [1]吴泳钿.高速公路改扩建工程交通组织设计研究[J].广东公路交通,2018(4):1-4.
- [2]胡江碧,刘佳美,杜战军,等.郑洛高速单侧加宽改扩建中央分隔带开口安全性分析[J].安全与环境学报,2018(4):1-5.
- [3]徐静,张志文.基于云模型的高速公路改扩建施工区交通组织方案评价模型[J].公路交通科技(应用技术版),2019(10):256-259.
- [4]折欣,张兵,刘光涛,等.高速公路改扩建安全交通组织研究[J].公路交通科技,2018,35(11):116-121.
- [5]王晓,杨少伟.高速公路改扩建工程交通组织方案优化设计[J].西南大学学报(自然科学版),2011,33(9):146-151.
- [6]张丰焰,周伟,王元庆,等.高速公路改扩建工程交通组织设计探讨[J].公路,2006,51(1):109-113.
- [7]朱胜标.高速公路改扩建期间交通流组织优化设计研究[J].福建交通科技,2019(1):10-12.
- [8]马晓宁,王选仓,张涛.高速公路改扩建条件评价体系研究[J].公路交通科技,2016,33(4):52-58.

作者简介：李友谊（1981.11—），男，毕业于吉林大学土木工程专业（本科），当前就职新疆北新路桥集团股份有限公司，项目总工，高级工程师职称。

公路工程项目施工管理要点分析

陈晓冬

盐城市交通投资建设控股集团有限公司, 江苏 盐城 224001

[摘要]公路工程项目线路长工期紧,具有工程点分散、工作量较大、施工环境复杂的特点,施工管理面临着一系列挑战和要求。结合公路工程实际情况,明确项目施工管理要点,制定科学的管理体系和管理方法,对整个公路工程项目建设尤为关键。文章深入分析了公路工程项目施工管理的重要价值,从路基施工、路面施工、排水设施及附属设施管理几方面分析了施工管理要点,进而提出了公路工程项目施工管理的优化措施,旨在为提升公路工程施工管理质量提供参考与帮助。

[关键词]公路工程; 施工管理; 管理要点

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18263

中图分类号: F284

文献标识码: A

Analysis of Key Points in Construction Management of Highway Engineering Projects

CHEN Xiaodong

Yancheng Transportation Investment and Construction Holding Group Co., Ltd., Yancheng, Jiangsu, 224001, China

Abstract: Highway engineering projects have long routes and tight construction periods, with scattered engineering points, large workloads, and complex construction environments. Construction management faces a series of challenges and requirements. Based on the actual situation of highway engineering, it is particularly crucial to clarify the key points of project construction management, develop a scientific management system and methods, for the construction of the entire highway engineering project. The article deeply analyzes the important value of construction management in highway engineering projects, and analyzes the key points of construction management from the aspects of roadbed construction, pavement construction, drainage facilities and ancillary facilities management. It then proposes optimization measures for highway engineering project construction management, so as to provide reference and assistance for improving the quality of highway engineering construction management.

Keywords: highway engineering; construction management; management points

引言

公路交通作为国家交通网络的重要组成部分,承担着一定的交通任务,对公路工程建设质量、建设效率均提出了一定要求。公路工程项目施工管理工作涵盖工期管理、质量管理、成本管理以及检查管理等多项内容,是保障工程整体建设质量的重要方法。分析明确公路工程项目施工管理要点,以此为基础制定管理措施和管理方案,是提升公路工程施工管理精细化水平、加强施工管理整体控制效果的必然之举,有着一定的研究意义。

1 公路工程项目施工管理的重要价值

1.1 控制工程进度和成本支出

公路工程项目施工管理在控制工程进度和成本支出方面发挥着重要作用,提高项目整体经济效益,立足项目整体管理视角,协调进度和成本因素,控制工程进度和成本支出。项目施工期间,制定详细的进度计划,对接工程

重要工序和施工进度控制目标,合理安排各道工序的时间计划,确保工程如期开展。施工管理期间实时跟踪并监控施工进度情况,实现计划进度与真实进度的横向对比,明确进度偏差的实际原因及时采取调整措施,严格保障工期进度。公路工程施工期间所需要的资源投入较大,资源配置方案制定与实际利用率与工程成本具有直接关系,根据工程质量要求和工序资源使用需求,制定合理的资源管理方案,从源头减少成本浪费的情况。

1.2 保障公路工程安全和质量

质量控制和安全管理,是公路工程项目施工管理的重要组成部分,依照全过程管理、精细化管理要求编制施工管理方案,确保施工活动契合行业标准和法律法规要求,避免违规施工出现的安全风险和质量问题。一方面,施工管理的开展有助于控制原材料质量,从材料采购、运输、储存几个环节加强质量控制,避免不合规材料流入施工现场。

严格落实全过程施工要求,对各个工序、施工环节做好全面监督和指导,规避操作失误引发的质量问题,强化质量控制成效。另一方面,组织高质量施工管理方案,能有效消除施工各类问题和各类施工隐患,定期检查施工现场,掌握安全隐患和质量问题,增强整改实施效果,避免安全问题加剧,将损失降到最低。

1.3 提高管理水平和项目收益

施工管理是公路工程管理体系的重要组成,科学规划管理方案,从源头避免成本超支风险、安全风险及质量问题,提高施工单位的整体管理水平。施工管理本身具有较强的系统性特征,施工单位在工程建设的过程中持续加强施工管理科学规划,结合现代施工管理理念,融入施工管理经验,推进全过程、精细化施工管理,在提高施工单位项目管理效率、保障工程质量方面有着重要的积极影响^[1]。施工管理包含现场监督、材料管理、安全教育、成本控制、资源配置等多方面内容。提高施工管理水平,同步提升施工管理质量和增强管理效益,在增强项目收益方面也有着重要的积极影响。

2 公路工程项目施工管理的要点

2.1 路基施工管理要点

路基施工是公路工程的重要组成,包括地基处理、填料选用、压实度控制等一系列管理因素。路基施工管理的相关指标,包括填料含水量、路基填筑分层厚度、压实机械性能以及碾压次数,严格按照施工标准横向对比实际施工情况。路基填筑采用梯形配坡,开挖时边坡坡度控制以1:1.75为标准值,台阶宽度、边坡防护尺寸对照施工图纸控制管理。路基排水系统按照横向、纵向两个环节组织管理。其中边沟断面采用提醒,按照深0.8m、底宽0.5m的标准值组织管理。软土地基处理、路基顶面标高也是路基施工管理关注的重要内容,合理选择地基处理方法,控制路基标高,在路基施工完毕后检测沉降量,避免出现质量问题。

2.2 路面施工管理要点

路面施工管理内容包括材料配比、温度控制及压实度要求。公路工程面临的环境条件较为复杂,需要根据工程建设整体情况确定材料配比,使用马歇尔试验的方式测定材料比配置的科学性,尤其是沥青用量、油石比、材料拌和等指标需要重点控制。根据施工条件、技术建议确定公路摊铺机具设备型号,动态检测摊铺速度、摊铺厚度,超出标准值过多时需要重新组织路面摊铺。公路工程路面碾压一般采用双重碾压组合作业模式,根据施工图纸要求确

定初压、复压和终压的流程计划,使用路面弯沉仪检测路面压实度。路面施工整体完成后进行平整度检测,采用3m直尺检测,车行道检查值控制在3mm以内,采用摆式仪测定路面抗滑性能,保障路面施工满足标准要求。

2.3 排水设施管理要点

包含路基排水、路面排水和桥面排水三方面管理部分。其中,路基排水施工管理需要保障排水系统的完整性,测量排水边沟断面底宽、深度以及纵坡斜度,要求使用性能达标的浆砌片石作为排水底部结构;路面排水一般按照纵向排水方向设计,采用双向横坡设计方式,控制雨水口间距以及沉泥槽深度,确保排水通畅;部分公路工程涉及道桥施工,桥面排水系统管理需要加强泄水管和集水管的性能控制,以及盲沟回填料的质量控制。排水设施搭建完毕后,进行标准闭水试验,避免出现排水堵塞、排水流量不足等问题。

2.4 附属设施管理要点

现代公路工程附属设施类别多样,按照标准公路施工情况,大致划分为防护设施、标志标线和绿化工程三部分,按照不同附属设施情况制定管理方案。防护设施一般为防护栏设备,重点管理防护栏的混凝土强度等级、立柱间距和立柱埋深,要求护栏镀锌厚度和螺栓连接扭矩满足行业标准要求。标志标线管理需要控制标线涂料、标线厚度以及路面温度,选择铝合金板作为交通标志牌材料,反光膜为高强级别。在安装标志牌时重点管理标志牌的固定性能和垂直偏差度,避免偏差过大使标志牌倾斜、倒塌。绿化工程选择契合本地气候条件的植物品种,明确种植土壤有机质含量,搭配使用喷灌系统,提升绿化工程管理效果。

3 公路工程项目施工管理的优化措施

3.1 建立健全质量管理体系

对接公路工程施工的常态化问题、特殊问题以及质量控制问题,制定涵盖政府部门、社会机构、建设单位以及施工企业的四级质量保证体系,涵盖大部分施工利益主体,管理人员在开展质量管理工作时,能获得充分的制度支持^[2]。严格按照全员参与管理、全过程质量控制、精细化质量检查几项基本原则,落实质量管理制度要求。项目办应结合工程实际情况,对照四级质量保证体系,编制《质量专项控制措施》《工地建设标准化实施细则》等专属文件,要求文件内容全面、信息完善、清晰明了。施工管理部门负责人,充分参考以往工程建设情况,根据部门领导及建设单位意见,编制施工技术质量管理办法,以制度为手段统筹各项质量管理工作。

为了加大施工质量管理的落实力度,提高管理效果,组织各部门管理人员、技术人员、监理人员以及施工人员共同参与工程质量责任表的签订,清晰界定各部门的质量责任,要求施工质量责任落实到人到岗。质量管理工作运行期间,选用多种科学的管理方法,避免出现管理漏洞。PDCA 质量管理计划是一种相对客观的管理方法,要求施工管理人员对重要工序、重要技术的实施过程进行量化,衡量检测数据,明确管理公路工程施工质量的目标。开展项目建设工作期间,严格按照文件、规范、合同几部分落实质量管理要求,检查各项工作的完成情况,控制项目施工质量。

3.2 构建施工进度管理方案

施工进度管理方面,依照项目合同以及上级单位设置的进度指标,将工程总进度划分为各工序的实际进度,然后根据合同段编制各个时间段的施工计划。施工计划由管理人员和监理单位负责审查调整,确保施工进度计划方案合理,有序落实进度管理要求。根据编制的进度计划方案,对照各类工序的重要程度分别设置进度约束条件^[3]。一般情况禁止调整项目部的整体进度计划,如果遇到特殊情节必须调整,则需要呈交充分的证明文件说明调整理由,由管理人员、企业领导审核复核并通过后才能落实。各部门、各工序主要负责人,按照月进度施工计划上报,适当调整本月进度计划。若上月未能完成规定的进度任务,则需要在本月施工中额外加入未完成工程量,确保施工进度满足规定要求。对照项目总体进度计划,制定进度检查监督和相关的考核措施,使用过程监控和动态检查的方法,加强各部门进度实时管理的控制效果,在检查过程中充分了解各单位材料库存、人才库存以及设备协调的实际情况,避免资源配置不当产生进度冲突。每月组织一次进度考核工作,对严格按照进度计划组织施工的部门或个人给予表彰、对落后进度计划的部门或个人进行督促或适当惩戒,强化施工进度管理的整体效果。

3.3 完善施工项目信息网络

公路工程建设运转期间会产生大量信息,施工管理需要存储并深度挖掘这些信息价值,提升管理实效性。工程建设的信息化发展,为施工管理提供了多种信息工具,建立标准化信息流程,建设功能完善的信息系统,用以收集并处理各个施工环节的项目信息,搭建项目信息网络。以信息共享为基本原则,要求各部门、各工序产出的施工数据,能够第一时间上传到施工管理平台,业主、监理单位、各施工部门都能通过管理平台获取第一手的项目数据,避

免出现信息偏差、信息传输错漏引发的沟通问题。完善信息系统的数据分析功能,挖掘施工信息深层次价值,使用数据分析工具对施工进度、质量指标以及施工成本进行全方位分析,及时发现问题并提供数据决策,有效控制施工风险,优化资源配置^[4]。施工项目信息网络建设过程中,施工管理人员应做好系统的持续优化与改进,定期评估系统功能以及信息管理成效。广泛收集各部门、相关施工利益主体以及施工人员的意见建议,结合管理情况动态调整优化系统功能。合理引入云计算、大数据、人工智能等技术手段,搭建系统功能模块,帮助施工项目不断适应新的施工需求,全方位提升公路工程的施工管理成效。

3.4 创新施工监督检查方法

按照施工准备、施工过程、隐蔽工程几个环节组织管理检查。施工准备阶段,重点审查设计图纸,明确图纸中的工序设计、参数设计、工艺设计以及材料要求等重点内容,明确图纸设计的不完善之处,及时与设计人员沟通修改。做好原材料检查,要求供应商提供出厂合格证以及材料经验报告,原材料性能强度不低于施工图纸要求的设计强度;设备配置以及性能检查,以满足施工质量和进度要求为准,检查重点包括推土机功率、摊铺机摊铺宽度、碾压设备的碾压质量等。施工期间,管理人员可采用定点检查搭配巡视检查的方式,提高管理检查质量,检查重点包括路基填料的性能处理、路面压实度、碾压次数等;检查路面施工混合料温度以及摊铺速度,使用传感器设备收集路面温度变化;边坡防护检查混凝土施工强度以及边坡绿化覆盖率,要求边坡植草覆盖率达到 95%以上^[5]。隐蔽工程验收检查是施工管理检查的重难点,关注基础、钢筋及预应力孔道等部位的性能变化,严格把控质量问题。其中基础验收检查要求基底标高、地基承载力的相关参数与施工图纸设计要求保持一致;钢筋主筋间距误差、箍筋间距误差、钢筋规格与图纸要求保持一致;预应力孔道的密封性能与安装偏差满足质量标准,使用压气实验的方式测试孔道密封性能;排水管道检查接口、管道坡度以及回填密实度等重要参数,检查排水管道纵坡以及接口承插情况,每道工序验收合格后,才能进行下道工序施工。

4 结束语

综上所述,公路工程项目施工管理具有进度管理、施工检查、降低成本、质量控制等多重管理职能,明确公路工程项目施工管理要点,增强管理规范性和科学性,对于保障公路工程保质保量如期完工有着重要的积极影响。通过建立健全质量管理体系、构建施工进度管理方案、完善

施工项目信息网络、创新施工监督检查方法等措施,提升工程施工管理的整体质量。具备创新意识,适应公路工程的技术更新、工序变化,提升施工管理精细化水平,为公路工程高质量建设发展提供助力。

[参考文献]

- [1]李正锋.高速公路沥青路面超薄磨耗层施工质量控制管理——以广州绕城高速公路路面预防性养护工程为例[J].科技和产业,2025,25(21):52-60.
- [2]陈铁峰.基于BIM施工模拟的公路桥梁工程智能信息化管理监测应用[J].建设机械技术与管理,2025,38(5):122-123.
- [3]赵玉苗,张成海,周顺,等.复杂环境下高速公路改扩建工程智慧施工组织管理系统研究——以京台高速齐河至济南段改扩建工程为背景[J].现代工程科技,2025,4(19):145-148.
- [4]吴椅.公路工程施工安全标准化管理体系构建与实践效果分析[J].交通科技与管理,2025,6(18):173-175.
- [5]王喜红.新时期公路桥梁施工管理养护技术及加固维修分析[J].工程建设与设计,2025(15):267-269.

作者简介:陈晓冬(1992.11—),男,河海大学建筑与土木工程,盐城市交通投资建设控股集团有限公司,工程部部长助理,工程师。

公路水泥混凝土路面裂缝成因及简易修复技术研究

高远雄

远安县兴路养护有限公司, 湖北 宜昌 444200

[摘要]公路建设广泛使用水泥混凝土路面, 因为其强度高、耐久性佳且使用寿命长, 不过裂缝问题一直是影响其使用性能和服役寿命的主要技术难题。经多条公路水泥混凝土路面的现场调查与实验分析, 本研究系统梳理出裂缝形成的主要原因, 涵盖材料因素、施工工艺、环境影响和荷载作用这四个方面。结果表明, 在材料层面, 水泥用量过多、水灰比控制不当以及粗细骨料配比失衡是主要原因, 而在施工环节, 振捣不均、养护不足、接缝处理不当是关键问题, 并且温度应力、干缩应力还有重载交通作用给路面裂缝带来外部诱因。根据成因分析, 本研究提出一套简易、经济、高效的修复技术体系, 包含裂缝灌注修复、表面封层处理、局部铣刨重铺和微表处等技术方法。在河北省保定西二环 1000m² 水泥混凝土路面的实际应用验证结果表明, 采用该修复体系后, 路面耐久性得到显著提升, 使用寿命延长超过 30%, 修复成本也有效降低了约 25%。本研究的结果为公路水泥混凝土路面裂缝的预防和修复提供理论依据和实用技术, 对提升公路工程质量、延长使用寿命有着重要的工程应用价值。

[关键词]水泥混凝土路面; 裂缝成因; 修复技术; 耐久性; 工程应用

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18267

中图分类号: TU528.45

文献标识码: A

Research on the Causes and Simple Repair Techniques of Cracks in Highway Cement Concrete Pavement

GAO Yuanxiong

Yuan'an County Xinglu Maintenance Co., Ltd., Yichang, Hubei, 444200, China

Abstract: Cement concrete pavement is widely used in highway construction due to its high strength, good durability, and long service life. However, cracking has always been the main technical problem affecting its performance and service life. Through on-site investigation and experimental analysis of cement concrete pavement on multiple highways, this study systematically identified the main causes of crack formation, covering four aspects: material factors, construction processes, environmental impacts, and load effects. The results indicate that excessive cement dosage, improper control of water cement ratio, and imbalanced ratio of coarse and fine aggregates are the main reasons at the material level. However, in the construction process, uneven vibration, insufficient maintenance, and improper joint treatment are key issues, and temperature stress, shrinkage stress, and heavy traffic effects bring external incentives to pavement cracks. Based on the analysis of the causes, this study proposes a simple, economical, and efficient repair technology system, including crack injection repair, surface sealing treatment, local milling and re paving, and micro surface treatment techniques. The actual application verification results of 1000 square meters of cement concrete pavement in Baoding West Second Ring Road, Hebei Province show that after adopting this repair system, the durability of the pavement is significantly improved, the service life is extended by more than 30%, and the repair cost is effectively reduced by about 25%. The results of this study provide theoretical basis and practical technology for the prevention and repair of cracks in highway cement concrete pavement, and have important engineering application value for improving the quality of highway engineering and extending its service life.

Keywords: cement concrete pavement; cause of crack formation; repair technology; durability; engineering application

引言

在当代公路建设里, 水泥混凝土路面结构强度突出、耐久性优异且设计使用寿命长, 所以成了不可或缺的重要

路面类型, 并且, 中国交通运输部最新统计数据显示, 截至 2024 年底, 我国公路总里程已达 549 万公里, 其中水泥混凝土路面约占 28.6%, 沥青路面占比提升至 71.4%,

反映出高等级公路网的优化升级趋势。

高等级公路和重载交通运输路段尤其爱用它,因为它的承载能力好、生命周期成本低,不过裂缝是水泥混凝土路面最常见的病害且很难根除,这对路面的服役性能和使用寿命影响严重,在公路工程领域是个急需解决的技术难题。

我国公路水泥混凝土路面早期裂缝发生率达 25%~35%,这一点近年的调查数据都能表明且有逐年上升之势,交通运输部公路科学研究院 2019—2023 年连续监测结果显示,新建水泥混凝土路面通车 3 年内各类裂缝出现概率超 40% 从而使得路面使用寿命平均减少 15%~20%,并且让后期维护成本明显增加 2025 年,中国公路养护市场规模预计突破 5000 亿元,其中约 28% 的资金用于水泥混凝土路面裂缝修复,反映出裂缝问题仍是养护成本的核心构成,经济损失显著。

当下,水泥混凝土路面裂缝方面的研究,主要聚焦于裂缝形成机理与预防措施的基础理论探究以及裂缝修复技术的应用实践摸索这两个方向,不过已有研究常着重单一因素分析,整体性与系统性不足,并且很多修复技术或是成本很高,或是操作繁琐,在实际工程里广泛应用推广比较困难,尤其是县乡公路之类的低等级公路,简便又便宜的裂缝修复技术特别匮乏。

河南省、山东省和江苏省三省有 15 条典型的公路,本研究对其水泥混凝土路面进行了为期四年(2020—2023 年)的跟踪调查并结合实验室材料性能测试以及数值模拟分析,从而系统地探究水泥混凝土路面裂缝形成的内在机理与外部诱因,在此基础上重点分析材料因素、施工工艺、环境影响和荷载作用这四大类裂缝成因,还针对不同裂缝类型提出一套简易、经济、高效且能给公路水泥混凝土路面裂缝的预防和修复提供理论依据与实用技术支撑的修复技术体系以促进公路工程质量提升和使用寿命延长。

1 水泥混凝土路面裂缝的成因分析

1.1 材料因素导致的裂缝

在水泥混凝土路面裂缝成因里,材料因素最为重要,有大概 35% 的早期裂缝是由材料配比不合适或者材料存在质量问题造成的,并且研究显示,水泥用量过多是造成裂缝的主要原因之一,当水泥用量超 $450\text{kg}/\text{m}^3$ 时,混凝土水化热会增大,收缩变形也会加重,从而使得裂缝风险明显上升,2021 年交通运输部公路科学研究院的实验数据显示,水泥用量每增加 $50\text{kg}/\text{m}^3$,混凝土干缩就约增加 12%,抗裂性能也约降低 8%。另外,水灰比控制不好也

很关键,水灰比过高的话,混凝土强度就会降低且抗裂能力也跟着下降,水灰比过低呢,塑性收缩裂缝就会增多,而且粗细骨料配比不平衡(特别是细骨料模数有偏差以及粗骨料级配不合理)会使混凝土内部结构变得不均匀,产生应力集中,进而出现裂缝,2022 年江苏省交通科学研究院调研表明,骨料品质不符合要求的混凝土路面裂缝发生率要比标准配比的高 40% 还多。

1.2 施工工艺导致的裂缝

水泥混凝土路面裂缝的形成中,施工工艺缺陷是另一个重要成因,调查表明大概 29% 的裂缝是由施工方面的问题造成的,其中振捣不均匀这一施工缺陷最为常见,若振捣过度会使骨料下沉、浆体上浮从而产生强度不均的薄弱部位,而振捣不够则会造成混凝土内部孔隙率大且强度下降,并且养护不好也很关键,尤其在高温($\geq 30^\circ\text{C}$)或者低温($\leq 5^\circ\text{C}$)天气下施工的时候,养护措施不到位会使混凝土表面和内部温差太大进而出现温度应力裂缝,2019—2023 年山东省公路工程质量监测数据表明,养护时长不到 72h 的混凝土路面,裂缝发生率比规范养护的要高 45%,还有接缝处理不好特别是切缝时机选不准也是致使裂缝产生的主要原因,研究显示混凝土到达终凝之后 4~12h 是切缝的最佳时机,切缝太早或者太晚都会增大裂缝的风险,河南省 S203 线的工程实践证实科学的切缝时机与方式能使早期裂缝率降低 25% 还多^[1]。

1.3 外部环境因素导致的裂缝

水泥混凝土路面裂缝的形成深受外部环境因素这一重要外部诱因的影响,在裂缝成因里占比约为 20%,其中温度变化带来的温度应力为主要环境因素,像日温差超 15°C 的地方,路面表面和底部的温度梯度能达到 $6\sim 8^\circ\text{C}/\text{cm}$ 且翘曲应力明显,2020—2023 年西北地区 G30 线的监测数据就显示,日温差达 20°C 以上的时候,温度应力致使裂缝的增长率提高了 35%,而湿度变化造成的干缩应力也不容小觑,干燥气候区尤其如此,相对湿度小于 40% 时,混凝土表面水分会迅速蒸发,收缩应力随之增大,网状裂缝便容易形成,并且基层支撑条件不均匀也很重要,软土地区或者填挖交界处更是如此,由于基层沉降不均匀,混凝土板受力就会不均匀,附加弯曲应力也就产生了,2021 年江苏省交通厅研究发现,基层 CBR 值波动超 20% 的路段,裂缝密度是均匀路段的 2.3 倍,这说明要减少环境因素引发的裂缝,改善基层支撑条件非常关键。

1.4 荷载作用导致的裂缝

水泥混凝土路面出现裂缝的直接外力因素是荷载作

用, 大概有 16% 的裂缝是由荷载过大或者荷载作用方式不对引起的, 其中重载交通反复施加荷载是最主要的荷载因素且超载车辆影响特别明显。交通运输部 2022 年统计数据 displays, 我国公路超载率为 18.3% 是平均值, 有些货运通道甚至达到 30% 还多, 并且研究显示车辆超载 20% 时对路面的破坏就等于标准轴载的 1.6 倍, 超载 50% 时破坏程度更是达到标准轴载的 2.5 倍还多, 这种累积损伤会让路面还没到设计寿命就提前报废。再者, 车辆荷载传递不合理, 尤其轮胎压力太高或者制动力太大的时候, 路面表层会产生剪切应力从而形成横向裂缝或者是网状裂缝, 2021—2023 年监测河南省高速公路网发现重载通行频率每增加 10%, 路面疲劳裂缝发生率就会增加约 7.5%。还有呢, 路面和桥头、涵洞这些刚度有变化的地方过渡的时候, 在荷载作用下变形不一样, 所以很容易产生横向裂缝, 这地方裂缝发生的概率是普通路段的 3 到 5 倍。

2 水泥混凝土路面裂缝的检测与评估

2.1 路面裂缝的类型与特征

水泥混凝土路面裂缝有四种主要类型, 即横向裂缝、纵向裂缝、对角线裂缝和网状裂缝, 这些类型的划分依据是裂缝的形态。横向裂缝一般跟路面中线垂直, 温度应力和荷载疲劳是其两大主因且这种裂缝的一大特点是能贯穿整个板厚^[2]。纵向裂缝与路面中线平行, 基层支撑不均或者接缝处理不当往往是它的成因且它经常出现在板中或者板边。对角线裂缝呈 45 度斜着分布, 混凝土板角部应力集中是其主要原因并且常常伴随着板角断裂的情况。网状裂缝不规则地朝着多个方向开裂, 塑性收缩、碱集料反应或者表层冻融损伤是其主要诱因。2023 年全国公路网普查数据显示, 这四种裂缝里横向裂缝占比最高, 达到 46%, 纵向裂缝次之为 28%, 网状裂缝占 18%, 对角线裂缝仅占 8%。

2.2 裂缝检测技术与方法

现代裂缝检测技术已从传统的人工巡检发展出多种高效且精准的检测方法, 当前公路水泥混凝土路面裂缝检测主要有三类技术, 一类是基于光学成像的表面检测技术, 例如车载激光扫描系统 (VLCS)、高清影像识别系统等, 其检测精度能达到 0.1mm 且单日最高检测里程可达到 300 公里, 在国家高速公路网监测已里被广泛运用。二类是依据声波与电磁波的内部检测技术, 像超声波检测、地质雷达探测、红外热成像技术之类的, 能够有效识别裂缝深度和内部缺陷, 不过检测速度相对较慢, 每天只能完成 5~10 公里的精细检测。三类是依托传感网络的实时监测

技术, 例如光纤应变监测系统、无线传感器网络等, 可以实现裂缝发展进程的动态监测, 对于重要路段和结构复杂之处尤其适用, 2022 年交通运输部发布了《公路水泥混凝土路面裂缝检测技术规范》(JTG/T3512—2022), 这进一步规范了裂缝检测流程和数据处理方法, 使检测结果的可靠性和一致性得以提高^[3]。

2.3 裂缝危害性评估体系

科学的裂缝危害性评估是制定修复策略的关键依据, 大家公认的主要从裂缝几何特征、结构影响、发展趋势和环境敏感性这四个维度综合评定的评估体系。裂缝几何特征评估涵盖裂缝宽度、深度、长度和分布密度等指标, 其中宽度超 0.25mm、深度超板厚 50% 的裂缝往往被归为高危等级。结构影响评估重点关注裂缝对路面承载能力和服务性能的影响, 如荷载传递能力下降比例、路面平整度变化等。发展趋势评估靠连续监测数据分析裂缝扩展速率和活性, 扩展速率超 0.05mm/月的活性裂缝得优先处理。环境敏感性评估着重考察裂缝在不同气候条件下的响应特性, 在多雨、冻融、高温环境中劣化速度快更是如此。2020 年起, 很多省市交通部门用综合评分制 (IDS) 量化评估裂缝危害性, 评分低于 65 分的路段进入优先修复计划, 评分在 65~80 分之间的列入常规维护计划, 评分超 80 分的持续观察就行, 并且基于大数据和人工智能的裂缝危害性预测模型也有突破性进展, 预测准确率达 87% 以上, 这就给主动式维护策略提供了科学依据。

3 水泥混凝土路面裂缝简易修复技术

3.1 灌缝修复技术

水泥混凝土路面裂缝处理最基础且应用最多的技术是灌缝修复, 宽度处于 0.3~3.0mm 的非结构性裂缝都适用这一技术, 此技术把高流动性的修复材料注入裂缝内部后能形成防水屏障以阻止水分渗入路面基层^[4]。这几年, 国内公路养护中改性环氧树脂、聚氨酯和硅酮类灌缝材料的应用比例从 2018 年的 42% 到 2022 年已提升至 58%, 因为这些材料黏结性能和弹性变形能力很好, 并且研究显示, 真空辅助灌注工艺用于灌缝时灌缝深度可提高 15% 以上, 修复效果和耐久性也能得到显著改善。

3.2 表面封层修复技术

路面微裂缝网和早期龟裂病害主要由表面封层修复技术来修复, 该技术是在路面表层铺设薄层高性能材料以形成防水抗滑的保护层, 像改性乳化沥青、微表处、超薄磨耗层等都是典型的封层材料。2021 年交通部公路养护数据表明, 表面封层技术能让混凝土路面平均使用寿命延

长 2.5~3 年且其实施成本仅为重建费用的 15%~20%，超薄热拌聚合物改性沥青封层（厚度在 8~15mm 之间）由于施工周期短、养护方便所以在高速公路紧急修复时已被选作首选技术且处理效率比传统方法提高了大约 40%。

3.3 局部切除与修补技术

裂缝宽度大于 3mm 或者已经发展成网状、出现板角断裂等严重病害时，局部切除与修补技术就能派上用场，这一工艺有确定修补范围、切割破除病害混凝土、处理基层、浇筑新混凝土以及养护这几个步骤，最新研究表明，采用聚合物改性快凝混凝土作为修复材料，可使修复区域在 4~6h 内承受交通荷载，从而大幅缩短交通管制时间。2020—2023 年间的工程实践数据显示，对于使用超 10 年的高速公路而言，局部修补的效果直接受结合面处理质量影响，用环氧粘结剂处理接缝区域，其剪切强度较常规水泥石浆处理提高 35% 且使用寿命延长近 2 倍。

3.4 新型快速修复技术

材料科学与施工技术发展了，近五年来一系列新型快速修复技术被推广应用，例如自修复混凝土技术，掺入微胶囊或者菌种后裂缝一出现就能自动填充修复，实验室研究表明它能修复宽度不到 0.5mm 的微裂缝，可把路面使用寿命延长 20%~30%，还有一项超高性能纤维增强混凝土（UHPFRC）修复技术也是创新成果，其抗压强度超 150MPa，耐磨性是普通混凝土的 5 到 8 倍，适合在重载交通区和极端气候区修复路面，公路工程数据显示用碳纤维增强聚合物（CFRP）贴片加固技术修复路面，荷载承载能力提高 40% 还多，施工速度比传统方法快三倍，我国高等级公路养护运用这一技术效果不错。

4 结论

本研究系统地对公路水泥混凝土路面裂缝成因加以分析并对修复技术展开研究，得出如下结论：水泥混凝土路面出现裂缝是多种因素共同作用的结果，其中材料配比不合理、施工工艺不规范、环境温差大以及超载交通是主要原因，而且裂缝的抑制中水灰比控制和养护质量最为关

键。不同类型、不同程度的裂缝要采取不同的修复策略：微裂缝和初期裂缝用灌缝和表面封层技术比较经济高效，而贯穿性裂缝和严重损伤则局部切除修补或者用新型快速修复技术更合适^[5]。实际工程应用表明，用改性材料灌缝能使修复效果的持续时间延长 35% 以上，并且 UHPFRC 材料用于重载交通区段可使修复后路面使用寿命几乎翻一番。另外，河南省 S203 线的实践也验证了本研究提出的修复技术体系，该体系既能让路面耐久性提高、使用寿命延长 30% 以上，又能把修复成本降低大概 25%。

行业发展趋势表明，水泥混凝土路面修复技术朝着智能化、绿色化、快速化的方向发展，数据表明 2019—2023 年期间我国公路水泥混凝土路面维修养护投入每年平均增长 12.8%，在公路养护总投入里的比例从 16.2% 提高到 23.5%，这体现出行业对高效修复技术急需，以后的研究要重点放在自修复材料的工程化应用、绿色低碳修复材料的开发以及智能化病害监测和预防系统的构建上，把新材料、新工艺和现代信息技术相结合并建立起全寿命周期的路面养护管理体系，能有效提高公路基础设施的服务质量与经济效益，给国家交通强国战略提供坚实的技术支撑。

[参考文献]

- [1]李建洲.探究水泥混凝土路面裂缝成因及预防治理措施[J].甘肃科技纵横,2020(1):46-48.
- [2]江巧玲.水泥混凝土路面裂缝修补技术研究[J].内蒙古科技与经济,2011(3):105-106.
- [3]袁会丽,孙勇.水泥混凝土路面裂缝的预防措施及修复技术[J].河南科技,2013(7):70.
- [4]任云龙.沥青混凝土公路路面裂缝修复施工技术研究[J].时代汽车,2024(18):187-189.
- [5]彭竟文.小议水泥混凝土路面裂缝的成因及切缝填封技术[J].黑龙江科技信息,2009(11):189.

作者简介：高远雄（1992.9—），男，毕业院校：湖北工业大学，所学专业：工程管理，当前就职单位：远安县兴路养护有限公司，职务：工作人员，职称级别：助理工程师。

四新技术在公路施工中的创新与实践

郑虎强

新疆北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830011

[摘要]随着我国交通基础设施建设规模不断扩大, 提质增效的需求日益突出, 新技术、新工艺、新材料、新设备在公路工程中的创新应用逐渐成为推动行业发展的关键力量。文中全面探讨四新技术体系的概念内涵及构成要素, 深入分析其在公路工程施工、绿色养护技术以及安全设施建设等方面的应用特点, 详细阐述其在桥梁工程基础结构创新、快速施工实践和智能化加工技术领域的发展状况, 细致考察其在隧道工程掘进支护技术、路面施工以及洞内环境优化方面所呈现的技术特性, 并且对四新技术朝着标准化、智能化、绿色化方向的发展趋势予以展望, 希望能为推动四新技术在交通基础设施建设中实现深度融合与创新应用提供理论依据。

[关键词]四新技术; 公路路桥; 创新实践; 绿色养护

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18271

中图分类号: U74

文献标识码: A

Innovation and Practice of Four New Technologies in Highway Construction

ZHENG Huqiang

Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830011, China

Abstract: With the continuous expansion of Chinese transportation infrastructure construction scale, the demand for improving quality and efficiency is becoming increasingly prominent. The innovative application of new technologies, processes, materials, and equipment in highway engineering has gradually become a key driving force for the development of the industry. The article comprehensively explores the conceptual connotation and constituent elements of the four new technology system, deeply analyzes its application characteristics in highway engineering subgrade and pavement construction, green maintenance technology, and safety facility construction, and elaborates on its development status in the fields of bridge engineering foundation structure innovation, rapid construction practice, and intelligent processing technology. It carefully examines its technical characteristics in tunnel engineering excavation support technology, pavement construction, and tunnel environment optimization, and looks forward to the development trend of the four new technologies towards standardization, intelligence, and greenness, hoping to provide theoretical basis for promoting the deep integration and innovative application of the four new technologies in transportation infrastructure construction.

Keywords: four new technologies; highway, road, bridge, and tunnel; innovative practice; green maintenance

当前我国交通基础设施建设正经历着从规模速度型向质量效益型的深刻转变, 发展新质生产力成为推动行业转型升级的战略选择。为贯彻落实公路养护“十四五”工作要求, 遵循公路养护“五化”发展理念, 公路养护部门要主动创新、大胆实践, 全力推进“四新”技术应用, 不断推广绿色养护、节能环保、废旧材料再利用, 助推公路养护事业取得新突破, 养护好、保障好、服务好人民满意的公路。

1 四新技术体系概述与创新方向

1.1 四新技术概念界定

四新技术属于有中国特色的行业术语, 其核心意义是

指出在特定行业范畴里首次实现系统运用或者正在处于推广进程中的新技术、新工艺、新材料以及新设备的总称。此概念不光涉及技术产品自身方面的创新, 还包含与之相配套的工艺方法以及管理模式层面的创新, 由此构建起多层次多方面的创新体系^[1]。在我国交通建设这个领域当中, 四新技术已然被当作培育交通新质生产力的关键举措来对待, 其应用所涉及的范围从起初的单一施工环节慢慢拓展至规划设计、建设施工以及养护管理的整个生命周期。伴随相关制度规范持续不断地完善起来, 四新技术在标准化以及规范化方面的进程也得以进一步地加快, 进而给创新成果的快速转化以及推广应用给予制度层面的有

力保障。

1.2 四新技术体系构成

四新技术体系的构成可从技术属性和应用领域这两个维度来剖析。在技术属性方面,包含像数字化智能化的新技术,装配式标准化的新工艺,绿色低碳的新材料,自动化智能化的新设备。这四个部分彼此间给予支撑,相互推动共同发展,经形成了完整的创新生态系统,涵盖了交通基础设施建设的整个产业链,促使整个行业持续创新。

2 四新技术在公路工程中的创新实践

2.1 高分子改性材料在路面工程中的应用

在公路路基路面工程方面,四新技术的应用正在改变传统施工方式在效率、质量以及环境影响等方面。绿色低碳可持续的理念已经渗透到了设计、材料工艺选择、及设备更新的各个阶段。新型改性沥青混凝土材料通过引入高分子改性材料,可大幅改善道路在高低温条件下的性能及抗疲劳的能力^[2]。依靠新的材料组合优化施工工艺,成功解决了传统技术所产生的固体废弃物以及资源消耗方面的问题,为公路路面养护施工提供了更为环保且经济的技术选项。高分子改性材料的创新应用十分突出,其核心技术是把 SBS(苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物)等聚合物借助机械剪切以及发育稳定工艺引入基质沥青,进而形成连续且稳定的三维网络空间结构,这种结构明显提高了沥青材料在高温下的抗变形能力以及在低温时的抗开裂能力,从根源上改善了路面的抗疲劳性能和服务寿命。为了达成这一性能突破,在工艺方面需要精准把控改性温度处于 160°C~180°C 这个区间,并且要在每分钟 5000 转以上的高速剪切状态下持续作用 30~60min,以此保证 SBS 能够以微米级的尺度均匀地分散开来,之后还必须在大约 170°C 的低温下进行搅拌发育至少 2h,让聚合物充分溶胀交联,形成最终稳定的改性体系。从环保以及资源效益的角度来讲,这项技术凭借大幅度提升路面的耐久性,使得大修周期得以延长 30% 以上,有效地减少了由于频繁铣刨重建而产生的固体废弃物,与此高性能改性沥青有着很好的再生兼容性,允许在养护过程中掺入更高的比例的旧料,直接降低了对新沥青以及石料等原生资源的消耗,从源头达成了减废和降耗的绿色目标,为公路路面养护给出了既具备环保性又拥有经济性的先进技术选择。

2.2 公路立体化巡查技术

公路安全设施领域里的四新技术运用正和数字化智能化技术相互融合,明显地提高了交通安全管理的效率以及水平。立体化巡查技术构建起空天地一体化的监控体系,

提升了路网巡查的时效性,实现了对路网的全天候且全方位的监管。

构建空天地一体化的监控体系,主要是依靠多层次且多类型的感知终端协同开展工作。在“空”这个层面,主要是凭借搭载了高清可见光摄像头以及红外热成像摄像头的无人机也就是 UAV 来机动地展开巡查,能够灵活地对那些常规车辆很难抵达的边坡、桥下空间这类盲区加以覆盖。在“天”这个层面,运用高分卫星所获取的遥感影像,针对大范围的地表形变还有地质沉降情况进行周期性的监测。而在“地”这个层面,是由部署在路侧的固定式高清视频监控设备、埋设在路面之下的交通流量传感器,以及巡查车辆所搭载的移动采集终端一道构成的,以此达成对人、车、路、环境等诸多要素进行实时且连续的数据采集的目的。所有的这些感知数据会通过高速的通信网络比如 5G 汇聚到统一的云控平台当中,进而形成一个立体化的监控网络。

与传统巡查方式相比,立体化巡查技术在时效性方面取得了质的突破。传统的人工巡查模式受到巡检车速度、人员精力以及天气条件的限制,一般只能每天开展 1~2 次固定路线的巡查工作,信息更新周期较长,对于突发的路面障碍、交通事故等情况很难做到及时发现。而立体化巡查体系达成了“瞬时感知与常态监测”的效果。比如,固定视频和传感器能够实现 24h 不间断的数据采集,无人机依据指令可随时出动,针对突发事件区域达成分钟级别的抵达与勘察,卫星遥感虽然不是实时的,但可提供周期性的宏观变形数据。如此一来,把路网状态的感知与更新周期从“天”缩减到了“分钟”乃至“秒”级别,大幅提高了事件发现的时效性^[3]。

在达成全天候以及全方位监控这一目标的过程中,该技术体系呈现出颇为显著的优势。其“全天候”特性具体表现为,红外热成像技术成功突破了夜间光照条件欠佳所造成的限制,能够清楚地捕捉到车辆、行人这类热源目标,并且多种传感器对于雨、雪、雾等恶劣天气具备一定程度的穿透以及适应能力,由此确保在复杂多变的气象状况下监控工作可以持续开展下去。“全方位”覆盖的情况如下:无人机还有卫星补充了固定监控设备所存在的视觉死角以及覆盖盲区,达成了针对整条公路走廊带的无死角空间监控,这其中涵盖了道路自身、附属设施以及周边环境;依靠对视频、红外、应力、位移等多种来源的数据加以融合分析,监控内容不再局限于单一的路面表现病害方面,而是拓展到了交通事件、设施状态、环境风险等诸多维度,

进而实现了信息维度的全方位覆盖。

立体化巡查技术把传统的那种“被动式、离散型”的人工巡查模式，提升转变为“主动式、系统化”的智能感知状态，给公路安全管理工作打下了稳固且扎实的感知方面基础^[4]。

2.3 四新技术在桥梁工程中的创新实践

在桥梁工程方面，四新技术的应用促使桥梁结构形式、施工方法以及维护方式发生了较为深刻的变革，高性能材料和先进工艺相结合，使得桥梁结构朝着更轻、更强、更耐用的方向发展，大幅度提升了施工效率，降低了安全风险；智能加工技术的应用，正一步步提升桥梁建设的自动化以及精准化程度；绿色建造技术凭借材料工艺环保节能化，有效减少了施工过程对环境的影响；智能化监测系统通过实时采集与分析关键参数，为结构安全提供了全程保障。

绿色建造技术借助材料方面的创新以及工艺层面的优化举措，切实有效地削减了桥梁施工给环境所带来的影响。就材料选用而言，运用工业废料，像矿渣、粉煤灰这类，来部分取代水泥，如此一来便能让碳排放得以降低。凭借数控等离子雾化养护系统，其能够自动去感知温湿度所发生的各种变化，进而达成精准喷淋的效果，与传统的依靠人工洒水的方式相比，它可节省 40% 以上的水资源，并且还能让养护环节的能耗有所减少。在施工进程当中，钢筋自动绑扎生产线以及全封闭式的蒸汽养护棚投入使用之后，使得钢筋加工的效率提高了 37.5%，并且也减少了扬尘以及噪音方面的污染情况。相比于传统现浇施工里那种能耗偏高、废料较多的作业方式，绿色建造技术经由能源装备的数字化升级操作以及对废旧材料展开循环利用的做法，促使建筑垃圾的产生量大约降低了 50%，从建筑的全生命周期来看，资源的消耗情况也呈现出明显的减少态势。

智能化监测系统依靠多源传感器以及数据分析平台，达成了对桥梁结构状态的实时感知与预警目标。该系统运用光纤光栅传感器、激光位移计还有三维测头等设备来采集应力、位移以及振动等关键参数。就好比在连续刚构桥合龙施工期间，由投入式液位传感器和 PLC 程序所组成的“水箱配重智能调载控制系统”，可实时对混凝土浇筑量与配重平衡关系加以监测，并且能够自动调节水箱水位，进而把合龙口高程偏差控制在 3mm 以内，而传统的依靠人工监测所出现的偏差往往能达到厘米级别。数据会经由 5G 或者物联网传输至云平台，凭借 AI 决策树模型展开风险识别工作，要是参数超出阈值（比如振动频率出现异常

或者形变超过限定范围），系统就会通过移动终端以秒级速度推送预警信息，以此指导相关人员介入并采取处置措施。这样一种从“被动响应”转变成“主动预防”的模式，把监测频率从传统的人工每日或每周一次提升到了每分钟一次，预警准确率提高了 35% 以上，切实保障了施工以及运营的安全状况。

智能加工技术有力地推进了桥梁建设朝着自动化以及精准化的方向去升级。在钢筋绑扎、构件焊接还有模具加工等诸多场景里面，智能机器人和人工智能算法相结合，达成了全流程的无人化作业状态。就好比广绵智慧梁场，其凭借“钢筋组合片体+节段安装”这样的智能生产线，把单个钢筋笼的加工时间从原本的 4h 缩减到了 2.5h，效率提升了将近 50%，并且绑扎误差能够被控制在毫米级别。与此依靠基于 BIM 的数字化加工技术，把三维模型和数控机床加以集成，进而实现了钢腹板以及混凝土构件的自动切割与拼装，其精度能够达到 $\pm 0.005\text{mm}$ ，相较于传统的手工放样误差降低了 60%。自动化测量工作站把机器视觉和激光扫描技术融合起来，针对构件尺寸展开实时检测与反馈工作，由此形成了“加工-检测-校正”这样一个闭环，有效地规避了传统上依赖人工标定所引发的返工方面的问题，从而全面提升了构件的一致性以及生产效率。

2.4 四新技术在隧道工程中的创新实践

在隧道工程建设当中，四新技术的融合运用正在对从掘进支护一直到安全管控以及环境优化的整个全流程技术体系展开系统性的重塑工作。就核心的掘进与支护环节而言，悬臂式掘进机配合湿喷机械手的协同作业体系，通过可编程的液压截割头对掌子面进行精确铣挖，并同步由机械臂实现混凝土的自动喷射与找平，进而达成了掘进、出渣以及支护的一体化和连续化效果。与此智能支护系统依靠实时感知围岩应力应变方面的数据，来驱动采用液压伺服控制方式的锚杆与拱架展开自适应调节，由此实现了从原本的被动支撑转变成为主动与围岩相互作用的“智能支护”模式。在安全保障这个层面上，其中水幕警示系统通过在隧道侧壁或顶部预埋的高压水管阵列，在遇到交通事故、火灾等紧急情况的时候，可以瞬间形成一道或多道密集、均匀的透明水幕，并利用嵌入水幕中的 LED 光源或激光投影设备，将警示文字、箭头或图案清晰地投射于水幕之上，为驾驶员提供强视觉冲击且不影响通行的动态安全信息。除此之外，三维激光扫描能够实现对外观病害的毫米级精准识别以及数字化存档操作；基于物联网所搭

建的传感器网络可针对火灾、交通事故等各类风险开展自动识别并进行分级预警,而且还借助数字孪生技术来优化应急处置预案;微震监测技术更是更进一步,其通过捕捉岩体内部的破裂信号,从而为冒顶、片帮等潜在的动力灾害给予超前预警,进而形成从“表象监测”到“内在预警”的纵深防御机制。除此之外,绿色环保的理念也充分融入到了隧道建设以及运营的具体细节当中,像是采用废弃轮胎橡胶粉所制备而成的降噪沥青路面,凭借物联网以及智能算法达成按需通风的节能控制系统,还有应用逆光照明技术以及洞顶光伏发电系统等,这些举措共同在提升行车舒适度的还大幅降低了隧道在整个生命周期当中的能耗以及碳排放量,充分展现出了四新技术推动隧道工程朝着更安全、更高效以及更绿色的方向发展所具有的综合价值。

2.5 隧道路面与洞内环境创新技术

隧道路面以及洞内环境方面的创新技术,正朝着既安全又舒适的状况,还有环保节能的方向展开协同的发展进程。就路面材料来讲,橡胶改性沥青是通过把废弃的轮胎橡胶粉同基质沥青在温度达到 180°C 的高温情形下开展溶胀反应,进而形成了一种有着极为出色弹性以及耐久性的复合材料。这种材料所具备的柔韧性,使得路面的降噪效果能够提升超过 5dB,并且还能够让使用寿命大约延长 30% 左右。而钢桥面铺装所采用的浇注式沥青混凝土,是在温度为 220°C 的高温状态下经过拌和之后形成了自流平的特点,如此一来便可以很好地适应钢桥面板在变形方面的需求,从而切实保障路面不会出现开裂的情况,也不会有渗水的现象发生。在环境控制系统这块领域当中,借助物联网所构建起来的智能通风系统发挥着重要作用。该系统凭借分布式的 CO/NO₂ 传感器网络来对污染物浓度展开实时的监测工作,并且会运用模糊 PID 算法针对射流风机的转速进行动态化的调节操作,如此一来便能够确保能见度一直稳定维持在 200m 以上的水平,与此同时还能让通风能耗大概降低 25% 左右。再看逆光照明技术,其采用了纳米级别的反射涂层以及非对称的光学设计方式,在保证照度不发生变化的情况之下,成功将灯具的功率降低了 40%,进而有效地对驾驶员出现的视觉疲劳状况予以了缓解。在节能环保这洞顶光伏发电系统充分利用了隧道出入口过渡段所存在的闲置土地。其借助单晶硅光伏板把太阳能转变成为直流电,而后经过逆变器接入到隧道供电网络当中,进而达成清洁能源的自发自用状态。热量回收装置会提取隧道里面车辆排放出来的废热,再经过热泵系统的运作来提升温度,最终将其应用于冬季洞口的

防冰工作以及室内的供暖事宜,以此来减少传统能源的消耗情况。洞外环境监测运用了边坡雷达干涉测量这一技术手段,其具体做法是朝着山体表面发射电磁波,并且对回波相位差展开细致分析,如此一来便能够达成毫米级位移精度的全天候监测效果。与此再把雨量监测所获取的数据综合起来,进而构建起滑坡预警模型,从而给隧道区域的安全状况给予超前的预警提示。这些技术创新把材料科学、自动控制、能源管理等诸多学科融合到了一起,搭建起一个可从各个方面提升隧道运营品质的技术体系,促使隧道工程朝着更安全、更舒适以及更环保的方向不断向前发展。

3 四新技术发展趋势

四新技术于公路路桥工程当中所呈现出来的智能化、集成化以及绿色化的发展趋向已然十分明显。政策环境一直在不断地得到优化,如此一来便为四新技术的标准化以及其能够快速得以推广给予了相应的制度层面的有力保障。借助管理方面的创新举措以及机制方面的不断完善,切实有效地拓宽了科技成果转化为实际应用的各类渠道,而这样的制度创新无疑为技术创新营造出了一个颇为良好的环境氛围。技术发展的方向所具有的多元化特点也一天比一天更为凸显出来,在工程的安全管理方面,人工智能、大数据等前沿技术的应用程度在不断地加深,这种不同技术之间的融合情况有力地推动着整个行业的技术水平得以快速地上升^[5]。产业支撑体系也在不断地朝着完善的方面去努力推进,这一过程促使能源装备和交通基础设施建设实现了极为紧密的深度融合,而这种产业协同的情形又给技术创新给予了极为强大的支撑力量。多学科之间交叉融合以及多领域协同创新如今正逐步变成四新技术发展过程当中极为重要的特征所在,那种系统化且集成化的技术创新思路将会更为充分地把四新技术在提升工程质量、保障施工安全、提高工程效益以及保护生态环境等诸多方面所具备的综合价值都给充分发挥出来。在未来的技术发展进程里,将会更加着重关注其系统性、协同性还有可持续性等方面的情况,依靠着对技术创新体系不断地加以完善,从而推动整个行业能够达成高质量的发展目标。与此人才的培养工作以及技术标准的建设事宜也会逐渐成为支撑技术发展的重要根基所在,这自然就需要行业当中的各个相关方都能够齐心协力地去付出努力并持续向前推进了。

4 结语

四新技术于公路路桥施工当中的创新运用,已然呈现出颇具变革性的影响力以及极为广阔的发展前景。借助新

技术、新工艺、新材料以及新设备加以系统集成并开展综合应用,传统意义上的交通基础设施建设模式正处在一场深刻的变革进程之中。从公路工程方面来讲,其材料端不断推陈出新,工艺层面也实现了革新;就桥梁工程而言,建造方式发生了变革,加工技术同样得到了升级;而对于隧道工程来讲,装备方面有了长足进步,管理领域也完成了创新。四新技术正在多维度、全方位地提升交通基础设施建设在质量、安全、效率以及环保水平等方面的状况。在未来,随着政策支持力度逐步加大以及技术创新持续向前推进,四新技术必定会在公路路桥工程当中发挥出更为关键的作用。

[参考文献]

- [1]高懿.公路养护工程四新技术应用分析——以常州市普通国省公路养护工程为例[J].运输经理世界,2023(3):140-142.
- [2]陈永江.公路养护“四新”技术应用情况研究与分析[C].新疆:中国公路学会养护与管理分会.中国公路学会养护与管理分会第十四届学术年会论文集.石河子公路管理沙湾分局,2025.
- [3]时杰.维特根 W380CR 双层就地冷再生及超薄磨耗层“四新”技术赋能北京市政道路养护工程[J].交通世界,2025(16):1-2.
- [4]张瑞起.铁路四电工程“四新”技术定额动态调整方法研究[J].铁路工程技术与经济,2025,40(4):1-5.
- [5]杜仲宝,荣慧,代力,等.考虑偏好的沥青路面“四新”技术模糊聚类迭代后评估[J].南通大学学报(自然科学版),2025(1):10-29.

作者简介:郑虎强(1990.11—),毕业院校:长沙理工大学,所学专业:土木工程,当前工作单位:新疆北新路桥集团股份有限公司,职称级别:工程师。

外墙保温砌块及超细无机纤维复核保温体系施工工艺

任伟 孙威 张荣莅

中建-大成建筑有限责任公司, 北京 100000

[摘要]传统的建筑外墙保温做法多为加气混凝土砌块及粘贴保温板,或是块状复合材料等形式,都存在自重大、工序繁琐、保温效果不佳、综合造价高等缺点。而外墙保温体系采用 AAC 保温砌块+超细无机纤维复合保温体系,不仅施工操作简单,节省工期,降低工程造价;而且具备自重轻,防火隔音环保,保温效果好,消除施工安全隐患,防止常规做法渗漏、开裂、脱落等质量问题。

[关键词]AAC 保温砌块;超细无机纤维;AAC 保温砌块+超细无机纤维复合保温体系;冷热桥

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18254

中图分类号: TU761.12

文献标识码: A

Construction Technology of External Wall Insulation Blocks and Ultra-fine Inorganic Fiber Review Insulation System

REN Wei, SUN Wei, ZHANG Rongli

CSCEC - TAISEI Construction Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract: Traditional methods for building exterior wall insulation are mostly in the form of aerated concrete blocks and adhesive insulation boards, or block composite materials, which have disadvantages such as heavy weight, complicated processes, poor insulation effect, and high overall cost. The external wall insulation system adopts AAC insulation blocks+ultra-fine inorganic fiber composite insulation system, which not only simplifies construction operation, saves construction period, and reduces project cost; Moreover, it has the advantages of light weight, fire resistance, sound insulation, environmental protection, good insulation effect, eliminating construction safety hazards, and preventing quality problems such as leakage, cracking, and detachment in conventional methods.

Keywords: AAC insulation block; ultra-fine inorganic fibers; AAC insulation block+ultra-fine inorganic fiber composite insulation system; cold and hot bridges

1 工程概况

某演艺中心项目是一个大型公共建筑,主要功能包括:办公室、中心剧院厅、多功能厅、会议厅、化妆室、休息室、录音棚、贵宾休息室、艺术展厅、管理用房、更衣室、演职员餐厅、演职员招待所、厨房、消控室、艺术培训用房、院团道具仓库、网络机房以及地下室汽车库等。外墙保温体系采用 AAC 保温砌块+超细无机纤维复合保温。AAC 砌块材料尺寸精准、切割性好、轻质所以操作便捷,可减少抹灰工序,施工效率高;自保温效果好,所以不用再辅助保温材料;具备外墙防火、隔音、抗渗、环保性要求。超细无机纤维喷涂技术可在建筑物表面构筑一层连续、密闭的绝热与吸声复合层,从而有效克服了传统保温材料存在的诸多缺陷,例如接缝众多、密封性能不足、施工工序繁琐、易受老化影响以及变形风险高等问题。该技术特

别适用于钢结构建筑,其在能量散失显著、冷热桥现象普遍、结构形态复杂以及异形曲面众多等典型特征下,能够显著提升建筑整体保温隔热效果,大幅降低能源消耗与长期运营成本。

2 施工工艺流程及操作要点

(1) 施工工艺流程



图1 施工工艺流程图

(2) 操作要点

砌筑作业开始前,应彻底清除基层楼地面杂物,并均

匀洒水润湿表面,但严禁形成积水。依据设计图纸,在楼层结构面上进行标高找平处理,随后准确弹出首皮砌块的轴线位置、砌体边缘线、构造柱位置以及门窗洞口轮廓线。

当首皮砌块直接砌筑于结构构件之上时,须采用1:3水泥砂浆进行座浆铺设,座浆厚度控制在1~2cm范围内,以保证底皮砌块底部平整稳固。根据砌体设计标高要求,在墙体转角处及纵向适当位置设置皮数杆,其间距一般不超过15m。砌筑前需依据砌块模数、灰缝厚度(宜为2~3mm)以及相关构造要求进行系统排块设计。上下皮砌块应实施错缝搭接,搭接长度不得小于90mm。水平排块时,以构造柱为起点向两侧布置,当遇模数不符情况,可通过辅助砌块调整或切割标准砌块解决;竖向排块则需兼顾门窗洞口标高控制。AAC砌块的配块加工应使用台式锯或手工锯进行精确切割,墙体上开设孔洞或其他局部处理时,必须选用专用工具操作,禁止采用随意剔凿方式,以避免损伤材料性能和整体结构完整性。

对于植筋打孔而言,二次结构构造钢筋采用植筋的方式与框架结构进行连接,方法如下:用冲击钻打出相应直径的锚孔,其直径应大于埋筋的4~6mm,孔深根据植筋胶技术要求为10d(d为钢筋直径);用压缩空气吹净孔内浮灰;将注胶枪嘴插入孔内,缓慢将胶注入孔内,注胶量以钢筋插入后锚固胶将孔内填满,锚固胶从孔内溢出为准,并且要求灌胶一次完成;植筋完毕72h达到强度要求,为确保植筋锚固的可靠性和结构安全性,应在现场开展抗拔力抽样检测。检测标准以抗拔承载力不低于钢筋设计强度值为合格判定依据,抽检样本数量须严格遵照现行相关规范的规定执行。

在薄层砌筑时,AAC砌块应采用专用工具进行薄层砌筑,砌筑砂浆应采用AAC专用粘结剂,其垂直灰缝和水平灰缝均为2~3mm,并确保灰缝饱满。对于室内墙体与室外墙体交接处理而言,保温砌块与混凝土加气块交接处未设置构造柱部位采取AAC砌块切割500mmU型槽口进行拉结筋设置,或者在AAC砌块打孔植筋增设拉结筋。关于外墙构造柱及水平系梁设置而言,AAC砌体砌筑构造柱设置同常规砌块,详图如图2、图3所示。外墙墙体厚度250mm,考虑构造柱的冷热桥,构造柱截面为200×200;纵筋为4C10,箍筋采用A6@200。当外填充墙高度大于4m时应在墙层中部设水平系梁。外墙墙体厚度为250mm,考虑水平系梁的冷热桥,水平系梁宽为200mm,高为200mm,采用4C10,箍筋采用A6@200水平系梁与框架柱采用化学植筋浆锚固。

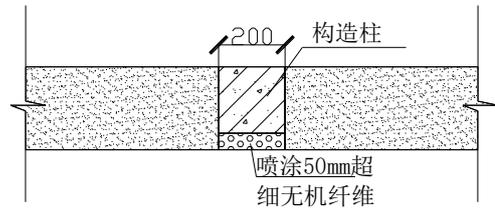


图2 AAC外墙构造柱节点做法

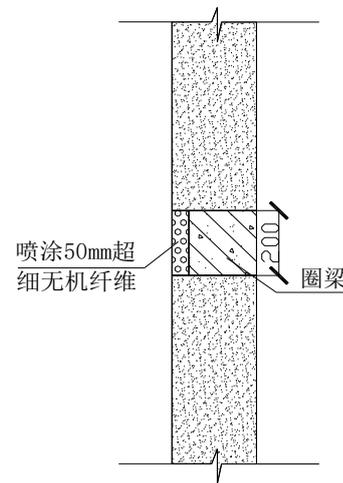


图3 AAC外墙水平系梁节点做法

在AAC砌块墙体与主体结构构件的连接设计中,为有效适应主体结构及墙体自身的变形需求,应在墙体与梁、板、柱等构件之间预留10~20mm的变形缝隙。同时,墙体与主体结构宜采用柔性连接方式,以确保整体结构的耐久性和抗变形能力。如图4所示。AAC保温砌块墙体验收并交于幕墙龙骨施工,幕墙龙骨根据幕墙深化图纸进行后置,幕墙龙骨暗及外立面洞口防火封堵施工完成验收后交于超细无机纤维施工单位进行外立面前提混凝土面层保温施工,最后进行超细无机纤维喷涂。

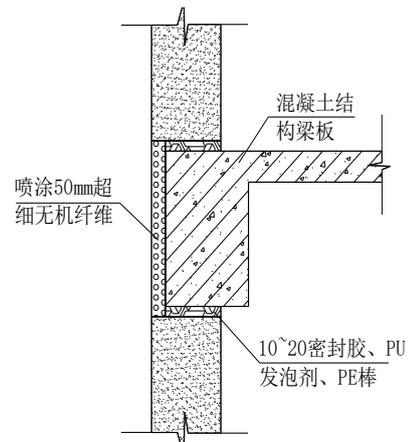


图4 AAC墙体与混凝土梁处墙缝处理

在超细无机纤维喷涂施工过程中,为确保涂层质量均匀致密并与基层附着牢固,需严格遵循以下操作规程和技术要点。

喷涂作业正式开始前,应采用已配制完成的专用黏接剂对基层表面进行预喷处理,以增强初始附着力。准备阶段需将纤维棉置入设备料箱内充分打散,并维持料箱中材料储备充足。同时,对喷涂主机进行调试,依据设备使用手册精确调整风压、胶泵压力以及给料机构参数,确保纤维输出速率适中,出棉量宜控制在 0.8~1.25kg/min 范围内。

粘接剂配制由专人负责,在配备高速搅拌机的 200L 刻度专用容器内,使用洁净水按照产品说明严格稀释原液,胶水配比须精确控制为 1:10,严禁随意增加用水量。配制过程中需持续开启电动搅拌器均匀搅拌不少于 5 min,每批次配制量应适中,避免胶液因低温冻结而失效。

正式喷涂时,喷枪与基层夹角宜保持 60°~90°,以获得较高的压实效果并最小化材料回弹。喷嘴运动轨迹应采用迂回直线方式在循环区域内连续移动,确保涂层厚度均匀无间断。施工顺序需合理安排,优先对角隅部位及檩条背面等易形成空洞的区域进行喷涂或人工填塞,防止出现疏松或缺料现象。若发现基层表面存在空洞或松散层,应及时清除并补喷修复。

每次喷涂作业结束后,必须彻底清洗喷嘴以防堵塞。喷涂完成后,在纤维尚未完全固化前,及时采用压板对表面进行压平整形处理,随后均匀喷涂表面专用胶液以增强保护。

喷涂层养护阶段应提供良好通风与干燥环境,待固化满 72h 后,方可进行表面修整及后续装饰工序。超细无机纤维喷涂工程经验收合格后,方可移交给幕墙施工单位进行面层施工。

3 质量控制

3.1 AAC 保温砌块质量控制

主控项目质量标准包括:使用的 AAC 砌块和原材料,其技术性能、强度、品种必须符合设计要求,并有出厂合格证,规定试验项目必须符合标准。优先选择专用砌筑粘结剂,如选择砌筑砂浆,其品种、强度等级必须符合设计要求。砌体水平、竖向灰缝宜控制在 3~5mm,灰缝砂浆必须饱满,不得出现瞎缝、透明缝,水平灰缝饱满度≥90%,垂直灰缝砂浆饱满度≥80%。L 型铁件的规格、数量、固定点必须符合设计要求。墙缝预留及施工节点均应满足要求。

一般项目质量标准包括:专用砌筑砂浆应密实饱满。

砌块砌筑时采用的规格、品种应符合设计要求。构造柱及系梁混凝土和钢筋的品种、规格和数量符合设计要求。砌块墙转角处和纵横墙交接处应同时砌筑,咬槎紧密,如需间断应留斜槎。砌筑墙立向通缝不大于 2 皮砖。在植筋施工过程中,为保障锚固质量和主体结构完整性,需严格遵守以下技术要求与控制措施。钻孔作业时,严禁损伤主体结构内的钢筋配置;成孔后须彻底清除孔内粉尘,确保孔壁清洁干燥。钢筋植入前,应仔细检查锚固胶体的颜色是否均匀一致,以确认胶体质量合格。钢筋旋入就位后,孔口应出现适量胶体溢出现象,从而验证胶体充填饱满、无缺胶风险。植筋孔径宜控制为钢筋公称直径 d 加 2~4 mm。本工程锚固性能检验采用现场破坏性拉拔试验,每批次抽样比例按工程总量的 1% 执行,且每批不少于 5 根试件。试验荷载标准可依据所用植筋胶产品厂家提供的相关技术参数确定。此外,砌体每日砌筑高度应严格限制在 1.8 m 以内,以有效控制施工荷载并确保墙体稳定性。

表 1 AAC 墙体砌筑允许偏差和检验方法

项次	项目	允许偏差 (mm)	检验方法	
1	轴线位移	10	卷尺检验	
2	垂直度	≤3m	5	用 2m 托线板及尺检验
		>3m	8	用吊锤、2m 尺检验
		≤10m	10	用经纬仪、吊锤及卷尺测量
		>10m	20	
3	表面平整度	4	用 2m 靠尺、塞尺检验	
4	门窗洞口高、宽	±5	用尺检验	
5	外窗上下窗口偏移	20	以底层窗口为准经纬仪或者吊线检查	

施工质量验收标准按照《砌体工程施工质量验收规范》及相关图集标准执行。在 AAC 砌块砌筑施工中,为确保墙体质量稳定可靠并满足结构性能要求,需严格执行以下材料选用与工艺控制规范。所采用的 AAC 砌块在品种、规格及强度等级等方面须完全符合设计文件规定。材料进场时,应附带完整的出厂合格证书及型式检验报告,同时现场抽样复试的各项性能指标均需达到合格标准。专用的砌筑粘结剂亦须符合设计指定的技术要求。砌筑过程中应合理布置错缝搭接,严禁出现竖向通缝现象。水平灰缝与竖向灰缝厚度宜控制在 2~3mm 范围内,以保证砂浆饱满度和墙体整体性。墙体转角部位及相邻墙体交接处原则上应同步砌筑;若确需临时留槎,则必须采用斜槎形式。灰缝应做到厚薄均匀、饱满密实。每完成一层砌筑后,需及时对墙体轴线位置及顶面标高进行校核测量。若偏差值在 ±10mm 允许范围内,可通过在楼层地面上调整予以纠正,

从而确保后续砌筑的精度和整体平整度。

AAC 砌块需整齐堆放，确保尺寸规格满足要求。砌筑好的砌块注意成品保护，不得再撬动、碰撞、松动，否则要重新砌筑。

3.2 超细无机纤维喷涂质量控制

在无机纤维喷涂工程施工与质量控制过程中，为保障涂层耐久性、观感均匀性及声学性能稳定，需严格遵循以下材料储存、工艺要求及验收规范。

无机纤维喷涂所用材料对湿气较为敏感，因此现场储存时必须置于专用托盘或货架之上，避免直接接触地面受潮；同时采用篷布等覆盖物妥善遮蔽，防止雨水或其他水分渗入造成材料失效。

喷涂完成后，涂层表面整体观感应均匀一致，各区域覆盖形态基本相同；纹理呈现自然平滑状态，异形部位涂层轮廓应与基层形状高度吻合。待涂层完全干燥固化后，吸声层不得出现明显脱落、分层、变形、开裂或纤维飘散等缺陷。

厚度检测采用针刺法，按照设计及规范规定的各部位厚度标准执行。抽检时，每平方米均匀布置 3~5 个测点，重点区域增加至 5~8 个测点；最终计算的平均厚度严禁出现负偏差。

喷涂作业完成后，包括整形、补喷及修整工序均经验收合格，方可进行回弹材料回收、修补区域清理以及地面清扫，确保竣工现场整洁有序。

质量验收以 5000~10000m² 划分为一个检验批；当面积不足 5000m² 时，单独划分为一个检验批。

所选喷涂材料在品种、质量及规格方面须完全符合设计文件要求及相关技术规程规定。基层表面必须保持清洁干燥，不得存在渗漏水、油渍或泥土污染等隐患。基层预喷专用粘结剂处理完毕后，应立即衔接纤维棉喷涂工序，以保证附着效果。涂层表面充分干燥固化后，不得存在任何脱落现象。喷涂厚度需满足设计值，检验时在随机选定的部位采用针刺法，以探针结合钢尺测量；每个检验批的总平均厚度允许存在负偏差，但须控制在规范许可范围内。

针刺测定方法：测量尺（厚度测量仪），由刻度标尺针杆、探针和可滑动的尺标组成，端部平面保持与针杆垂直，并确定完全接触被喷涂层的表面。测量时，将测后探针推出（长度应大于设计喷涂厚度），垂直插入喷涂层直到基层表面，随后轻轻推动标尺尺身，直到测量尺端部平面接触到喷涂纤维层表面为止，读取和记录标尺读数，即为时间喷涂层厚度。检验批各处所抽检的厚度值，采用算

术平均法进行计算，得出各检验批厚度的总平均值。

喷涂工程验收一般项目，喷涂层密度应符合设计要求，设计无要求时，应 $\geq 38\text{kg/m}^3$ 。

细无机纤维喷涂工程观感质量应符合表 2 规定，喷涂面层平整度厚度的允许偏差，应符合表 3 规定。

表 2 超细无机纤维喷涂工程观感质量应符合下表规定

项次	喷涂部位	质量标准	检验方法
1	顶板、梁、柱	喷涂层表面无脱落、喷涂层形状与基底形状基本相同	目测
2	侧墙		

表 3 喷涂面层平整度厚度的允许偏差，应符合下表规定

项次	喷涂厚度 mm	允许偏差 mm	检验方法
1	31~50	≤ 7	探针靠尺
2	50~80	≤ 10	

4 安全控制

4.1 安全管理体系

为确保项目安全文明施工及消防管理工作的有序开展和有效落实，应组建以项目经理担任组长，项目技术负责人、各部门经理以及安全总监共同担任副组长的安全文明施工与消防管理领导小组，各专业专职或兼职安全员作为小组成员。

该领导小组在建设单位、监理单位以及公司安全管理部门的指导和监督下，构建覆盖项目全层的纵向与横向安全管理网络体系，从而实现责任明确、分工清晰的管理机制。同时，现场各施工班组必须配备专职安全员，以强化基层安全管控力度。

4.2 加强安全教育，增强法制观念

为保障施工现场安全管理水平的持续提升与风险的有效防控，应严格实施技术工人三级安全教育制度，仅在培训考核合格后方可允许其正式上岗作业。

同时，需高度重视特殊工种人员的专业培训与资质管理，坚决贯彻持证上岗原则，杜绝无证人员从事相关作业。

项目部应坚持每周召开安全例会制度，并常态化开展多种形式的安全教育活动，做到全程记录完整、可追溯。

在下达每项施工任务前，必须进行针对性强的专项安全技术交底，内容涵盖潜在风险及防控措施，并要求相关人员履行签字确认手续。

全体参建人员须严格遵守安全操作规程，严禁任何形式的违章指挥、违规操作以及违反劳动纪律的行为，以维护现场安全秩序。

4.3 安全生产的具体措施

为保障施工现场安全风险防控与文明施工水平的双

重提升,应在项目入口位置以及所有潜在危险作业区设置安全生产宣传资料、警示口号和风险警示标志,以不断增强作业人员的自我防护意识。

开工前,必须根据不同工种的作业特性实施专项安全技术交底,确保交底内容精准具体、针对性强,避免流于形式,尤其对主要隐患提出可靠的防控手段,并明确责任落实到人。

所有进入施工场地的人员均需规范佩戴安全帽,严禁穿拖鞋、高跟鞋或赤脚进入;进行高处作业时,必须正确使用安全带以有效保障个人安全。

墙体砌筑高度超过楼面 1.2m 时,应立即搭建专用砌筑操作平台;平台上物料堆载不得超出规定荷载值 2.5kN/m^2 ,同时单块操作板上作业人数严格限制为不超过 2 人。

在砌块砌筑作业中,严禁站立于墙顶开展砌筑、测量划线、墙面平整度及垂直度检验、裂缝修补或清扫等工序,也不得沿墙体随意行走。

钢筋加工设备须由专职人员操作,相关特殊工种必须具备有效资质证书方可上岗,坚决防止无证人员顶替作业;进行电焊作业前需完成当日动火许可手续,并制定完善的消防安全措施。

楼层作业期间,设备、砖块等物料的堆放量不得超过楼板设计承载能力,如确需超限堆载,必须经过专业结构计算并采取可靠加固手段后方可实施。

砌体结构不得用于固定缆风绳、悬挂重物,亦不得作为临时施工设施或支撑体系的受力支点。

垂直物料运输所用提升机吊笼、钢丝绳及相关索具,必须符合额定载重要求、连接可靠且无损坏,运行中严禁超载,并实施常态化检查维护,发现缺陷及时消除。

应进一步加强临时用电规范化管理,定期开展配电设施安全性能检查,对损坏部件及时更新更换;非电工作业人员不得擅自改动或接驳线路,所有用电需求均须由专业电工负责完成。

现场围挡护栏必须保持密实牢固,严禁将电缆直接架设于护栏之上;在电梯井道、管道井等竖向孔洞处,应设置坚固可靠的安全防护网,以防止高处坠落事故发生。

各类小型电力工具须指定专人负责操作、保管和维护;照明灯具的悬挂高度需严格遵守安全标准,不得低于 2.5m,夜间施工时应提供充足的照明条件。

混凝土浇筑作业中使用振捣器前,操作者须确认电源电压稳定、线路完好以及设备运转正常,并正确佩戴

绝缘手套、穿戴绝缘鞋;移动设备时严禁拽拉电源线或在钢筋及其他尖锐物体上拖行,以杜绝电线损伤导致的触电隐患。

每日作业完成后,应全面清理作业区域,将散落砂浆彻底清除,破碎砌块集中堆放并运送至指定场所。

各施工班组长对本班组管辖范围内的现场文明施工承担首要责任,并将具体措施落实到每位成员。

通过不断强化安全教育培训、层层压实安全责任体系以及规范执行奖惩规定,进一步夯实施工现场安全管理的长效机制。

5 实施效果

某演艺中心项目总建筑面积约 52740m^2 ,地上 39945m^2 ,地下 12795m^2 。地上七层,地下 1 层,建筑高度 28.7m。本工程基础形式有独立基础、筏板及条形基础三种形式。建筑物主体结构主要为框架-抗震墙结构。外围护保温体系采用 AAC 保温砌块+超细无机纤维复合保温体系取得良好社会和经济效果,如图 4、图 5 所示。



图 4 AAC 保温砌块施工应用



图 5 梁、柱混凝土面层超细无机纤维施工

6 结束语

对于结构外立面造型复杂,特别是结构外立面挑檐异型繁杂的工民建,外维护墙体保温体系采用 AAC 保温砌块,混凝土面层冷热桥部位采用 50mm 超细无机纤维复合

保温体系,提供施工经验,在施工过程中质量、安全、工期整体受控,实施应用效果显著,得到业主、管理公司、监理等各单位的认可,创造了良好的经济效益与社会效益,也为以后类似工程提供借鉴和科学依据。

[参考文献]

- [1]陈建辉.超细无机纤维在外墙保温中的应用及施工[J].福建建筑,2020(12):94-97.
[2]宋钢,商圣月,段军.蒸压轻质砂加气混凝土砌块施工技术[J].青岛理工大学学报,2014,35(6):87-91.
[3]鲁晓琳,郑垒,吴杰.蒸压轻质砂加气混凝土砌块(AAC)

干法薄层砌筑施工[J].山西建筑,2016,42(1):112-113.

- [4]金浩,蒋磊,朱卫民.矿物纤维喷涂外墙外保温系统应用分析与施工技术[J].江苏建材,2018(2):32-37.
[5]王正华,李华.超细无机纤维喷涂产品在建筑节能中的应用[J].建设科技,2018(12):49-52.
[6]孟宪礼.超细无机矿物纤维喷涂保温施工技术[J].科技视界,2016(14):240-295.

作者简介:任伟(1986.7—),性别:男,民族:汉族,籍贯:陕西省铜川市,学历:硕士研究生,研究方向:土木工程。

工业厂房超大面积楼板一次整平收光施工技术

任伟 孙威 朱巧玲

中建-大成建筑有限责任公司, 北京 100000

[摘要]某工程底板建筑面积 64405m², 设计图纸要求本工程底板或楼板表面平整度, 要求支持区偏差不大于 4mm/2m、核心区偏差不大于 2mm/2m。根据工程特点, 在柱与柱之间不大于 2m 增设标高控制点, 标高控制采用底板标高及平整度的控制装置, 并采用人工搓平+机器收光施工方法。介绍了底板标高及平整度的控制装置的设计原理, 详细介绍了底板收光的施工工艺。底板平整度检测数据显示, 底板平整度满足设计要求。

[关键词]筏板; 平整度; 混凝土; 控制装置; 复测; 收光

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18257

中图分类号: TU9

文献标识码: A

Construction Technology for One-time Leveling and Calendering of Super Large Area Floor Slabs in Industrial Plants

REN Wei, SUN Wei, ZHU Qiaoling

CSCEC - TAISEI Construction Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract: The floor area of a certain project is 64405 m². The design drawings require the flatness of the floor or slab surface, and the deviation of the support area is not more than 4mm/2m, and the deviation of the core area is not more than 2mm/2m. According to the characteristics of the project, elevation control points shall be added no more than 2m between columns. The elevation control shall be carried out using a control device for the elevation and flatness of the bottom plate, and the construction method of manual leveling and machine finishing shall be adopted. The design principle of the control device for the elevation and flatness of the bottom plate was introduced, and the construction process of the bottom plate finishing was detailed. The flatness test data of the bottom plate shows that the flatness of the bottom plate meets the design requirements.

Keywords: raft board; planeness; concrete; control device; retest; calendering

1 工程概况

某厂房项目项目, 底板建筑面积约为 64405m²。本工程基础采用钢筋混凝土灌注桩, 桩顶主要设置承台与筏板相结合的形式, 部分区域直接在桩上布置筏板。基础外围布置宽度为 300mm 的地梁。

为适应结构特性, 设计方案通过设置后浇带将底板整体划分为 40 个独立施工区块, 各区块的平面尺寸及板厚均有所不同。具体而言: 核心区主要区域筏板厚度为 600mm, 局部加厚部位达到 1500mm; 东侧支撑区域筏板厚度为 400mm; 西侧办公区域筏板厚度为 300mm。

垫层采用 C15 强度等级混凝土, 基础主体混凝土强度等级统一采用 C30 (抗渗等级 P6)。

混凝土保护层厚度规定如下: 承台部位为 100mm; 筏板底部为 100mm, 顶部为 25mm。

主要受力钢筋均选用 HRB400 级热轧带肋钢筋: 承台:

直径包括 20mm、22mm、25mm、28mm; 筏板: 直径包括 16mm、20mm、25mm、28mm、32mm; 地梁: 直径为 22mm。

2 大面积筏板施工平整度控制重难点

2.1 施工板面平整度要求高

施工难点: 根据设计图纸, 本工程底板或楼板表面平整度, 要求支持区偏差不大于 4mm/2m、核心区偏差不大于 2mm/2m, 而 GB50204《混凝土结构工程施工质量验收规范》中规定, 现浇混凝土结构表面平整度的允许偏差为不大于 8mm/2m, 因此厂房混凝土筏板、楼板表面平整度控制要求远远高于国家标准的要求, 此基础筏板施工时须严格控制和精心施工^[1]。

施工技术对策: 由于施工板面平整度要求极高, 为了保证施工的精度和施工质量, 选取底板标高及平整度的控制装置对其标高进行过程中的控制, 施工完毕后及时进行

复核，对不符合要求的地方及时进行修补处理。

2.2 底板施工工期紧且处于冬季，施工条件恶劣

施工难点：整个底板施工完全处于冬季的条件下，恶劣的施工条件对混凝土、人员、材料、机械等都具有较高的要求^[2]。

施工技术对策：底板混凝土采用混凝土输送泵浇筑的方式，在冬季施工阶段，混凝土养护主要采用塑料薄膜覆盖的方式进行保湿养护。对于墙体等覆盖薄膜操作难度较大的区域，则通过涂刷专用养护剂并外加草帘(或保温被)固定以实现保水保温效果。

商品混凝土的坍落度严格控制在 140~160mm 范围内。所选用骨料必须保持洁净状态，严禁混入冰块、雪团、冻结团块或其他易引起冻害的物质。

混凝土拌制过程中，优先选择加热水的措施，水温宜控制在 60℃附近，最高限值不得超过 80℃，同时需掺入适量防冻剂。运输环节中，搅拌运输车罐体需外裹专用保温材料。

出机混凝土温度应控制在 15℃以上，并确保入模温度维持在 5~12℃区间。

2.3 施工作业面大，组织施工复杂

施工难点：施工中最大的厂房底板面积为 64405m²，其中分为 40 个施工流水段进行平行流水施工，需精心组织底板混凝土结构浇筑施工，同时需对大面积混凝土表面的质量控制为重中之重。^[3]

施工技术对策：为实现底板混凝土高效有序浇筑，施工技术方将作业面划分为多个区域。具体而言，整个厂房底板分为 4 个施工区，每个施工区进一步细分为 5 个施工段，而每个施工段又划分为 2 块独立浇筑单元，从而形成总计 40 块底板浇筑区块。

施工人员多、机械设备多，因此在浇筑前必须建立一个健全高效的底板混凝土施工组织机构，做到合理调配，保证底板混凝土的连续浇筑。

2.4 场地大，机械投入多，需精心组织场内外交通

施工难点：底板混凝土浇筑过程中，日均浇筑方量超过 3000m³。以每车运量 10m³ 计，现场每日需进出混凝土运输车约 300 车次，对交通组织与协调管理提出了较高要求。

施工技术对策：在底板混凝土浇筑阶段，为保障施工连续性，共配置 12 台 HBT80C 型混凝土输送泵。同时，为防范潜在机械故障影响，额外配备 1 台同型号备用泵。此外，还安排若干台汽车泵作为辅助设备，与固定式地泵协同作业，确保混凝土布料高效顺畅。

3 施工工艺流程

工业厂房超大面积楼板一次整平收光综合施工技术具体施工流程如图 1 所示。

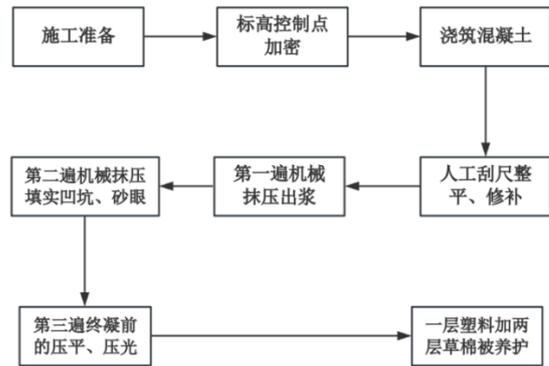


图 1 具体施工流程

4 施工方法

4.1 标高控制措施

根据设计要求，底板混凝土上表面要求抹平压光，参照设计要求，现场平整度控制偏差不大于 2mm/2m，5mm/100m。具体采取的标高控制装置措施如下：

(1) 柱标高控制点加密措施：在所有框架柱及格构柱的四根竖向角筋上设置标高控制点。具体做法为：在每根框架柱和格构柱四角的结构 50 线位置处，使用红油漆进行清晰标记，以此作为标高控制基准，确保柱身标高控制点的设置密度和精度符合规范要求，便于后续钢筋绑扎、模板安装及混凝土浇筑过程中的标高复核与控制。

(2) 柱间标高控制点加密：由于柱距在 8.1m~16.2m 之间，柱距较大，不满足标高控制的要求，在柱与柱之间不大于 2m 增设标高控制点，标高控制采用底板标高及平整度的控制装置（如图 2~图 4 所示），这种底板标高及平整度的控制装置由可调节螺母和标识层两部分组成，标识层设在可调节螺母顶端，当需要调节控制标高时，旋转螺杆进行微调，达到控制的标高点。此装置在底板上的框架柱和格构柱的柱之间间隔 2m 排列，形成 2m 范围内标高方格控制网，达到底板标高控制的目的。^[4]

(3) 保证标高控制点的稳定措施：将可调节螺母与框架柱和格构柱的底板钢筋焊接，可调节螺母包括螺母和螺杆两部分，螺母固定在底板钢筋上，螺母内螺杆上下活动调节标高。

(4) 抄标高措施：用激光超平仪将标高抄于短钢筋上，标高控制点用红色油漆标注，保证了标高控制的精确性，具有易于制作，成本低，控制方便的特点。

(5) 其他标高控制措施：施工前应加强对工人的教

育, 施工中注意保护控制点, 不得破坏。施工中可采用红外线水平仪作为标高控制的辅助措施, 采取“双控”措施, 保证标高控制网的精确。如果按以上方案无法达到平整度合格要求, 可以考虑增加地面标高点数量, 两柱间设置1~2个地面标高控制点。



图2 底板的标高控制实体效果图

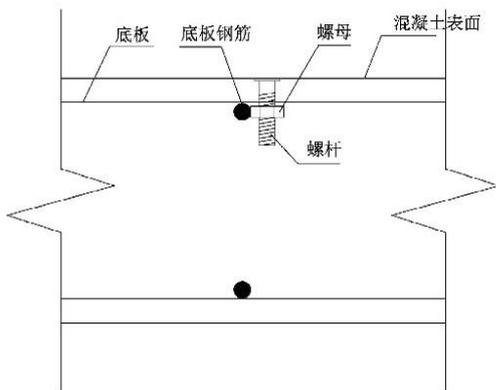


图3 底板的标高控制剖面图



图4 底板标高及平整度的控制装置布置图

4.2 筏板平整度控制措施

(1) 施工队的测量人员应对控制点进行100%的复测, 项目部测量人员对控制点的复测数量不少于20%。

(2) 人员素质及数量: 由于底板各分段的面积较大, 且处于冬期施工环境恶劣, 因此施工时应保证足够的施工人员, 特别是抹面、收光的人员。本工程核心区底板和楼面板表面收光选择专业建筑地坪收光队伍进行施工。操作工人经专门培训的熟练技术工人, 有类似的施工经验, 施工前由工长进行详细的施工交底。

(3) 当标高控制网点建好后, 开始浇筑底板混凝土。混凝土浇筑工程中随打随抹, 由混凝土工振捣密实初步找平后, 交由专业队伍进一步找平, 用3m铝合金刮尺作扇形来回刮抹整平, 将混凝土面作再次找平。

(4) 混凝土最后收光在混凝土初凝后终凝前进行, 用抹光机进行抹平压实, 经反复抹压, 待面层已抹压得比较平整光滑后(抹压过程中每一遍抹压均要调节一次叶片与地面的角度), 质检人员进场用靠尺进行仔细检查平整及光洁情况, 对于不符合要求部位, 用抹光机进一步压光抹实。在不平整的地方, 还需用手工加工修补抹平。最后采用人工将柱根部进行人工找平收光, 混凝土平整收光后, 随后进行覆盖养护。^[5]

(5) 为了保证后浇带两侧筏板的平整度统一, 沿后浇带两侧布置标高控制钢筋, 控制钢筋间距2m, 用激光超平仪将标高抄于控制钢筋上, 后浇带混凝土浇筑完成后割除定位钢筋。

(6) 为了达到设计的平整度要求, 全场建立高精度高程控制网措施: 为确保整个工程标高控制的精确性与统一性, 以周边市政道路已知一级水准点为起始依据, 测设一条三等精密附合水准路线, 沿场区周边闭合联测所有施工水准控制点(BM点)。所有观测数据采用严密平差计算, 得到可靠的高程成果, 作为本工程永久性高程控制基准网。为有效控制和减小长距离传导标高产生的累积误差, 在现场每个单体建筑物(或每个相对独立的施工区域)就近设置不少于1个永久性标高控制点。这些控制点应浇筑在稳定基础或地下室底板上, 用不锈钢标志或红油漆+刻度明确标识, 并采取可靠保护措施, 便于各施工阶段反复引测使用, 确保全场标高传递精度满足 $\pm 3\text{mm}$ 以内要求。

4.3 底板混凝土表面压光施工方法

根据施工的经验, 一般混凝土施工通过人工1次搓平+1次收光就可以达到国标的要求, 本工程为了满足高于规范的要求, 施工中选用专业压光队伍, 对混凝土表面采

取 1 次人工搓平+3 次机械压光的方式进行质量控制，以满足平整度要求。

首先浇筑筏板以下部分的承台混凝土，振捣密实后，间隔 1~2h，待承台下部混凝土初步沉实后，再整体浇筑筏板混凝土，并振捣密实。

混凝土必须按本方案的要求振捣密实，然后根据标高控制点拉线，用 3m 长的铝合金刮杠刮平表面，并在凹陷处补混凝土，使表面平整。

去除泌水：筏板混凝土浇筑、刮平完成后，应使用橡胶管至少两次去除多余泌水。将泌出的水份赶到地沟等低洼处，然后抽排。

为确保地面混凝土面层平整度、光洁度及表面密实性，采用“四遍抹压”工艺，结合机械抹光机与手工铁抹子配合操作，具体要求如下：

第一遍抹压：在混凝土浇筑振捣并用长刮尺刮平表面后，立即用木抹子（或长柄铝合金抹子）沿纵横方向用力来回搓抹，将表面粗糙处及浮浆初步抹平压实，消除表面气泡和麻面。

第二遍抹压：待混凝土表面无泌水、开始略微收水时，采用机械抹光机进行第一遍抹压。抹光机刀片角度调小（接近水平），匀速有序抹压，直至表面泛出均匀浆液为止，确保浆体充分上浮。

第三遍抹压：当混凝土进入初凝阶段，人踩在面层上留下浅脚印但不明显下陷时，进行机械第二遍抹压。适当加大抹光机刀片角度，重点将局部凹坑、砂眼、起砂处填平压实，做到全面覆盖、不漏压，确保表面平整无缺陷。

第四遍抹压（收光）：当混凝土接近终凝、人踩上面层仅留下轻微脚印、用铁抹子试抹无明显抹痕时，进行机械第三遍压光收面。此时进一步加大刀片角度，反复多遍抹压，直至将所有抹痕、纹路彻底压平压光，最终达到表面密实、光滑、颜色均匀、无气孔砂眼的效果。整个收光作业必须在混凝土终凝前完成。

4.4 混凝土表面裂缝控制

（1）要控制好混凝土的质量，施工前提前与搅拌站沟通，提出技术要求，使混凝土的工作性能符合底板混凝土浇筑的要求。

（2）温度应力控制：面层收光后，立即铺设一层塑料布及两层草棉被覆盖，进行保水、保温，控制表面裂缝的产生。

（3）泵送混凝土管线支架以及布料设备支撑系统须独立设置，严禁与楼板钢筋直接接触。其目的是避免泵送

过程中产生的水平反作用力传导至钢筋网格，导致网片晃动或位移，从而引发混凝土早期开裂。

（4）施工前应密切关注气象信息。当风力达到或超过 4 级时，必须采取有效的防风防护措施（如设置临时挡风设施）方可开展面层抹平与压光作业。此外，在每仓混凝土浇筑开始前，需依据计划浇筑量和泵送效率，准确估算浇筑持续时长，并合理安排作业时段，确保抹压、收光等关键工序安排在白天温度相对较高的时段内完成，以降低温差及风力对面层质量的不利影响。

4.5 冬季施工养护措施

面层收光后，立即铺设一层塑料布及两层草棉被覆盖（如图 5），进行保湿、保温。混凝土浇筑体在入模温度基础上的温升值为 40℃。混凝土浇筑体的里表温差不大于 25℃。混凝土浇筑体的降温速率为 2.0℃/d。混凝土浇筑体表面与大气温差为 20℃。



图 5 冬施混凝土养护图

4.6 成品保护

（1）标高控制点是本工程保证筏板平整度的主要措施，因此在施工过程中要做好对标高控制钢筋的保护工作。并且要保证标高控制点的稳定性。

（2）浇筑底板混凝土时，要注意对柱子钢筋的保护，要求混凝土浇筑前必须用塑料布对柱子钢筋进行包裹保护（如图 5 所示）。

（3）浇筑作业结束后，应立即在筏板周边设置围挡设施，限制非作业人员进入现场；在混凝土强度尚未达到规定临界值之前，严禁任何人员在上部行走或进行荷载施加，以避免早期扰动引发潜在损伤。

（4）负责铺设保温材料的作业人员须统一穿着软底

鞋履,以防止在覆盖过程中于混凝土底板表面留下明显印痕,从而影响面层平整度和外观质量。

(5) 为避免满堂脚手架搭设或拆除时模板、钢管等材料直接坠落砸伤混凝土表面,在脚手架正式施工前,应于筏板上全面铺设 9mm 厚三合板作为临时保护层,有效缓冲冲击并维护结构面完整。

(如图 6、图 7 所示)。



图 6 钢筋保护包裹图



图 7 混凝土表面保护图

5 质量保证措施

5.1 施工质量控制点

施工质量控制点,如表 1 所示。

表 1 施工质量控制点

序号	施工质量控制点
1	底板轴线、墙、柱和集水坑位置放线
2	底板钢筋的机械连接
3	底板模板的安装与支撑
4	底板混凝土裂缝的控制
5	混凝土的测温 and 养护
6	筏板面平整度控制
7	冬季施工保温养护

5.2 质量保证措施

(1) 对混凝土的坍落度、和易性等关键施工性能进行检测时,以抵达现场且即将入模前的实际状态作为判定依据。若检测结果未能满足规定标准,则须立即作退场处置,绝不允许在现场通过加水等方式进行任何调整。

(2) 在振捣作业中,操作人员应掌握快插慢拔的技术要领,并采用梅花状布置振捣点以实现均匀密实。为确保上下层混凝土有效结合形成一体,振捣棒需插入下层混凝土不少于 50mm 深度。每一点位的振捣持续时间宜保持在 30s 左右,须严格遵守相关规范,彻底避免漏振或过度振捣情况发生,同时振捣棒不得直接碰撞钢筋。

(3) 振捣过程中,为保护钢筋骨架并便于操作,需在其上铺设专用跳板,所有作业人员均应站立于跳板上开展工作。待混凝土接近初凝阶段时,由专业抹面工及时对表面进行抹平压光,并做到边抹边逐步撤除跳板,从而确保表面平整均匀。

(4) 整个浇筑阶段,应指定专人负责模板监护,持续关注模板体系、支撑结构、预埋钢筋件以及预留孔洞是否保持设计状态。如发现任何变形或位移现象,须立即实施针对性矫正措施,确保构件符合技术要求。

(5) 针对底板混凝土表面往往存在较厚水泥浆层的特点,浇筑结束后需及时开展表面处理。当浇筑高度达到设计标高后,首先利用长刮尺完成初步找平,随后在初凝前采用木抹子反复搓压打磨,以获得密实且光滑的表面效果。

(6) 浇筑作业全部完成后,应迅速在混凝土表面覆盖保温养护材料,有效防止水分快速蒸发及温度急剧变化引起的早期缺陷。

(7) 施工全过程必须全面贯彻“三按”“三检”“一控”质量控制体系。具体而言:

“三按”即严格依据设计图纸、批准工艺及现行规范组织实施;

“三检”即开展自检、互检以及交接检验;

“一控”即控制自控正确率与一次验收合格率。

6 实施效果

通过选择专业施工队伍,以及对混凝土的配合比和施工各环节的严格控制,底板一次收光平整度合格率达到 75%;通过二次修补平整度合格率可以达到 90% 以上,经过实测,用 2m 靠尺测出的实际值分别为: 1.5mm, 1mm, 2mm。满足规范的要求,达到了预期理想的效果(如图 8、图 9 所示)。



图8 实施后整体效果图



图9 现场质量检验实测图

7 结束语

实践证明,此底板标高及平整度的控制装置对于大面积混凝土施工表面平整度的质量控制是可行和有效的,且此底板标高及平整度的控制装置已经取得国家实用新型专利,应用底板标高及平整度的控制装置对混凝土施工表面平整度控制,可为现场施工的质量控制提供有效的技术支持,很好的达到了设计的要求和预期的效果。

[参考文献]

- [1]王秋志.超高大跨度钢筋混凝土框架结构厂房施工技术分析[J].散装水泥,2024(5):62-64.
- [2]陈国友.工业厂房混凝土浇筑施工技术和温度裂缝控制探讨[J].居业,2023(10):13-15.
- [3]李春豪.厂房办公楼大面积混凝土楼板裂缝控制措施[J].江西建材,2017(11):63-64.
- [4]蒋志浩.大面积楼板裂缝的原因分析及处理探讨[J].建筑,2014(9):61-63.
- [5]孟平凡.多层工业厂房大面积现浇混凝土楼板施工的新尝试[J].工厂建设与设计,1998(2):36-44.

作者简介:任伟(1986.7—),性别:男,民族:汉族,籍贯:陕西省铜川市,学历:硕士研究生,研究方向:土木工程。

浅析传统装配式住宅建筑电气设计要点

孙屹

河北全过程工程技术服务有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]我国建筑工业化进程不断加快,装配式建筑作为新型建筑施工方式在住宅建设中被广泛应用,文章对传统装配式住宅建筑电气设计特点展开研究并分析其技术要点与实施难点,结果表明装配式住宅电气设计需考虑预制构件生产阶段精确预留、装配过程中电气系统整合以及后期使用的可维护性,文章从电气系统规划、管线敷设方式、接口标准化设计、电气设备选型与布置、智能化系统集成等方面深入探讨传统装配式住宅电气设计关键技术要点,由于装配式建筑结构特殊,所以提出管线与构件一体化设计、标准化接口设计、工厂预埋与现场连接相结合的设计方法,同时文章分析装配式住宅电气设计常见问题,例如接口不匹配、预留位置偏差、管线敷设冲突等并给出相应解决策略,研究成果显示运用模块化、标准化电气设计方法且强化设计和生产、施工的协同能有效提升装配式住宅电气系统安装效率与使用质量,这一研究对推动装配式建筑电气设计标准化、规范化发展、提高装配式住宅建设质量有一定参考价值。

[关键词]装配式住宅; 电气设计; 技术要点; 标准化接口; 一体化设计

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18266

中图分类号: TM921.5

文献标识码: A

Brief Analysis of the Key Points of Electrical Design for Traditional Prefabricated Residential Buildings

SUN Yi

Hebei Full Process Engineering Technology Service Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The process of building industrialization in China is accelerating, and prefabricated buildings, as a new type of construction method, are widely used in residential construction. This article studies the characteristics of electrical design in traditional prefabricated residential buildings and analyzes their technical points and implementation difficulties. The results show that the electrical design of prefabricated residential buildings needs to consider precise reservation in the production stage of prefabricated components, integration of electrical systems during the assembly process, and maintainability for later use. The article deeply explores the key technical points of electrical design in traditional prefabricated residential buildings from the aspects of electrical system planning, pipeline laying methods, interface standardization design, electrical equipment selection and layout, intelligent system integration, etc. Due to the special structure of prefabricated buildings, it proposes integrated design of pipelines and components, standardized interface design. The design method combining factory pre embedding and on-site connection, and the article analyzes common problems in the electrical design of prefabricated residential buildings, such as interface mismatch, reserved position deviation, pipeline laying conflicts, etc., and provides corresponding solutions. The research results show that using modular and standardized electrical design methods and strengthening the coordination of design, production, and construction can effectively improve the installation efficiency and quality of prefabricated residential electrical systems. This research has certain reference value for promoting the standardization and development of prefabricated building electrical design and improving the construction quality of prefabricated residential buildings.

Keywords: prefabricated housing; electrical design; technical key points; standardized interface; integrated design

引言

近年来,我国城镇化进程加速且建筑工业化战略也在推进,装配式建筑成了我国建筑业转型升级的关键方向,

住房和城乡建设部数据表明 2022 年我国装配式建筑在新建建筑面积里的占比超 20%, 预计到 2025 年该比例能达到 30% 以上, 装配式建筑采取工厂化预制、现场组装这

种模式可提高施工效率、节约资源、减少环境污染，是建筑业可持续发展的重要途径。

装配式住宅建设时，建筑功能重要的组成部分电气系统的设计和施工面临的挑战与传统现浇建筑完全不同，并且相较于建筑结构的预制化，电气系统装配化程度低些，因为存在多专业协同、接口复杂、标准不统一之类的问题，中国建筑科学研究院调查表明，装配式住宅用户投诉的主要方面包括电气系统设计与施工问题，占比大概 35%，这对装配式住宅整体的品质和用户体验影响严重。

传统装配式住宅电气设计需在满足建筑功能需求之际适应预制构件生产和装配的特点，这就要求电气设计师不但要熟知常规电气系统设计规范，而且得了解装配式建筑构件设计以及构件生产装配工艺，这样才能达成电气系统与建筑结构的有机融合。当下，我国装配式住宅电气设计面临标准不完善、接口不统一、系统难以整合等状况，这些情况极大地限制了装配式建筑质量提高和规模化发展。

《河北省人民政府办公厅关于大力发展装配式建筑的实施意见》（冀政办字〔2017〕3号）明确提出，要通过标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修、信息化管理、智能化应用，提高建筑技术水平和工程质量，促进建筑业转型升级和产业现代化水平。该意见将钢结构建筑作为建造方式创新的主攻方向，大力发展装配式混凝土建筑，并要求在具备条件的地方倡导发展现代木结构建筑，不断提高装配式建筑在新建建筑中的比例。力争用 10 年左右的时间，使全省装配式建筑占新建建筑面积的比例达到 30% 以上，形成适应装配式建筑发展的市场机制和环境，建立完善的法规、标准和监管体系。

1 传统装配式住宅建筑电气系统的特点与挑战

1.1 装配式住宅建筑电气系统的基本特征

装配式住宅建筑电气系统不同于传统现浇建筑，有着鲜明的工业化、标准化和整体性特性，其一大特色是设计前置性强，所以电气设计得跟建筑、结构等专业同步考量甚至提前谋划，这样才能保证在预制构件生产的时候就把相关预留预埋工作做完，中国建筑标准设计研究院统计过，跟传统建筑比起来，装配式住宅电气设计周期要提早大概 20%~30% 且设计深度要求更严格，得精确到构件级别细部设计。

装配式住宅电气系统有着较高的模块化与标准化水平，该系统被划分成供电模块、照明模块、信息模块之类的诸多功能模块且各模块的接口定义和安装方式都是标准化的，住建部科技发展促进中心在 2021 年发布的《装配式住宅电气系统标准化研究报告》表明采用模块化设计后装配式住宅电气系统的安装效率提升大概 35%、返工率下降将近 50%，这种模块化设计对工厂化生产有利并且给后期维护和更新带来方便。

系统集成性是个很突出的特点，装配式住宅电气系统在构件工厂预制的时候就考虑和建筑结构的集成并顾着现场安装的灵活性，管线预埋、接口预留、设备预置等多方面都能体现这种集成性且要求电气系统和建筑结构一起设计、一起施工，中国建筑科学研究院 2022 年发布的数据显示，系统集成设计良好能使装配式住宅电气安装工期大概缩短 25%、有效降低现场施工难度和质量风险。

1.2 电气系统预制化设计的技术难点

装配式住宅电气系统预制化设计存在诸多技术难点且最突出的是精确定位和尺寸控制方面的问题，在预制构件生产时电气管线、接线盒等元件的位置需精确预留且误差得控制在毫米级范围内，并且按照《装配式建筑电气工程施工质量验收规范》（GB/T 51358—2019）预留孔洞位置误差不能超过 $\pm 5\text{mm}$ 这对设计和生产有着极高的要求，而在实际生产中受生产工艺限制、模具变形等因素影响预制构件里电气预留的实际位置往往和设计位置存在偏差从而直接影响后续电气系统的安装和连接^[1]。

电气管线穿越构件接缝的处理是另一个难点，因为装配式建筑由多个预制构件拼装组成且构件间有接缝，电气管线得穿过这些接缝以形成完整系统，所以确保接缝处管线既连通又密闭是个难题，国内不少装配式建筑研究机构做实验显示接缝处管线连接质量直接关乎电气系统的安全性和耐久性，《装配式建筑电气设计导则》（CECS 301—2012）规定管线穿越接缝处应用柔性连接方式并设防水、防裂等保护措施。

电气系统设计也被预制构件的生产与运输限制所挑战，由于为确保构件强度且方便运输，预制构件里埋设的电气管线数量和布置形式被严格限定，住建部 2023 年发布的《装配式建筑发展报告》显示，现在国内装配式住宅预制外墙构件管线预埋率大多不到 60%，构件强度、生产工艺和运输条件是主要制约因素，所以设计师要满足电

气功能需求时,得充分考虑构件生产与运输的实际状况,合理规划管线走向和预埋方式。

1.3 电气接口标准化与系统集成问题

装配式住宅电气系统成功实施的关键在于电气接口的标准化,然而当下行业面临着标准不一、兼容性差的巨大挑战,中国建筑标准设计研究院 2022 年调研数据显示,在国内装配式建筑项目里,不同厂商生产的预制构件电气接口兼容性问题在质量投诉中占比超 40%,接口尺寸、连接方式、防护等级等方面存在差异是这一问题的主要体现且使现场安装困难、连接质量无法保证,现在行业缺少统一的电气接口标准,各企业在接口形式和技术参数上各有不同,这极大地阻碍了装配式建筑电气系统的规模化应用。

另一个关键挑战是系统集成,即电气系统与建筑结构、机电设备的协同设计与整合,装配式住宅得把照明、动力、安防、通信等诸多子系统整合成能协同工作的整体且一体化设计建筑预制构件也是要考虑的,住建部科技与产业化发展中心 2021 年的数据显示,在我国装配式住宅项目里,由于电气系统和建筑结构协同设计不到位,施工冲突问题占比达 55%,这类冲突主要体现为管线预留位置不符合实际需求、设备安装空间不够、系统接口不匹配等,这对工程质量与进度影响严重。

2 传统装配式住宅电气设计关键点

2.1 电气管线预埋与预留设计

装配式住宅电气系统里,电气管线预埋与预留设计是最基础且最关键的部分,这对后续施工质量以及系统功能实现有着直接影响。按照《装配式混凝土建筑技术标准》(GB/T 51231—2016)还有行业实践,“预制+预留”是装配式住宅电气管线预埋的主要设计模式,在构件生产的时候就预埋好部分管线和接线盒,并且预留好管线连接通道以及设备安装的位置。中国建筑科学研究院 2022 年的数据显示,管线预埋设计合理的话,装配式住宅电气施工效率能够提升大概 30%,现场施工工作量也能有效减少^[2]。实际设计时要遵循“能预埋的就尽量预埋,不能预埋的就要合理预留”的原则,首先考虑在预制墙板、叠合楼板这些构件里预埋垂直干线条管和固定使用位置的水平支线管。

管线预留设计有三个重点方面需要着重考虑,即构件接缝处管线连接、设备安装位置预留以及后期检修维护空间。构件接缝处若有管线需要穿越,则接缝两侧得预留足

够长的管线(一般是 100~150mm)且用套管或者柔性连接方式使接缝变形不会影响管线连通性。管线路由和设备位置在预制阶段无法确定时,就要设计合理的敷设空间,例如设置吊顶、架空地板或者技术夹层。住建部 2021 年发布的《装配式建筑电气工程设计指南》指出,管线预留要充分考虑后期检修需求,在关键节点设置检修口或者可拆卸面板,并且预留的管线空间要比实际需求大 20%以上,以便于日后的维护和系统升级。

2.2 强电系统布置与安装要点

装配式住宅强电系统的布置必须把预制化施工特点以及电力系统安全可靠的要求都考虑进去,并且依照《住宅建筑电气设计规范》(JGJ 242—2011)、《装配式建筑电气工程施工质量验收标准》(GB/T 51358—2019),其设计和安装有重点需要关注的要点,配电系统要采用“集中+分散”的布置模式,即主配电设备放在技术层或者公共区域,各个单元或者楼层设置分配电装置,中国建筑电气设计研究院 2023 年的数据显示,这种模式能使装配式住宅供电可靠性提升大概 15%,也便于管理和维护。

强电线路敷设得优化路由以减少穿越构件接缝的次数,水平主干线适合在公共区域或者技术夹层用桥架敷设而垂直干线最好集中于预制构件预留的管道井里,若有线路必须穿越构件接缝就该用专用连接件来确保电气连接的可靠性与机械强度,行业统计表明线路走向合理规划后接缝穿越点能减少大概 25%,从而让施工难度和故障风险明显降低。

强电设备安装位置要与预制构件结构特点相协调,像插座、开关这类常用电气设备,最好装在非承重墙或者内隔墙上,不要在承重预制构件上开凿安装槽,若无法避免,则需在预制的时候就预埋好设备安装盒或者预留安装区域,并且像空调外机、热水器这样的重型电气设备,得用专用预埋件或者后置埋件来固定,住建部科技发展促进中心 2022 年的数据表明,用预埋件固定的方式安装电气设备,质量合格率达 98%,比传统后置膨胀螺栓固定方式的 85%要高出许多。

2.3 弱电系统设计与集成方案

装配式住宅弱电系统设计得符合智能化、标准化与灵活性的要求,中国智能建筑行业协会 2022 年的调查显示超 65%的装配式住宅项目得集成安防、通信、家居自动化等多种智能系统,弱电系统设计可采用分层分区的网络架构即包含小区级、楼宇级和户内级这三层结

构以达成系统间的有效联动与信息共享,智能建筑技术标准规定各子系统最好使用像 TCP/IP、BACnet 或者 KNX 之类的统一通信协议和接口标准这样便于系统的整合与扩展^[3]。

提高装配效率的关键在于弱电设备的标准化布置,住宅里的弱电设备如信息面板、控制器之类宜采用模块化设计且配备标准化安装接口。装配式建筑产业技术创新联盟在 2023 年推荐的标准中提到,住宅弱电设备需用 86 型标准底盒接口,控制模块要以 DIN 导轨式安装,这样工厂预制与现场快速安装都方便,并且弱电系统得预留超 30% 的扩容空间,给未来智能化升级创造条件。统计显示,带有标准化接口的弱电设备,安装效率可提升大概 40%,故障率能降低约 25%,这使装配式住宅的智能化水平和用户体验得到显著提升。

3 装配式住宅电气设计实施策略

3.1 电气设计与结构设计协同优化方法

装配式住宅建设要提高整体工程质量与效率,关键在于电气设计和结构设计的协同优化,中国建筑科学研究院 2023 年发布的《装配式建筑产业发展报告》的数据表明,电气和结构协同设计能将施工效率提升 32%、使现场变更减少约 41%,而协同优化重点是构建基于 BIM 技术的电气与结构设计信息共享平台以达成设计数据实时交互与碰撞检测,具体来说,在预制构件设计阶段电气设计师就要参与结构方案讨论并确定管线预留孔洞的位置、大小、走向,从而保证电气系统与预制构件生产工艺相适配^[4]。

电气系统的分区规划采用层次化设计方法,该方法把电气系统划分为主干线系统、楼层配电系统和末端用电系统这三个层次,其中主干线系统需要优先跟结构核心筒协同设计,楼层配电系统要与楼板、墙板预制构件协同设计,末端用电系统用标准化接口和预制构件对接。住房和城乡建设部 2022 年的数据表明,使用这种协同优化方法的项目,电气工程变更率为 5.3%,比传统设计模式下的 15.7% 低很多且交叉作业带来的施工风险和质量隐患也降低了。

3.2 电气系统模块化设计与施工指导

装配式住宅电气系统的模块化设计对于现场装配的高效性以及系统的可靠性有着重要的保障意义,中国建筑标准设计研究院 2021 年发布的装配式建筑电气设计指南指出电气模块化设计需按照“标准化接口、工厂化生产、

装配化施工”的原则将电气系统划分成配电箱模块、线槽模块、照明控制模块、智能家居模块等标准单元且各模块的接口标准统一以保证现场能快速连接,住建部科技发展中心 2022 年的统计显示,采用模块化设计的装配式住宅项目中电气安装工期可缩短大概 28% 且施工质量合格率能达到 98.5%。

对于施工指导而言,要制定详尽的模块安装流程以及质量控制标准,尤其是像预制墙板内电气线路和现场线路的连接处理、配电箱与预留孔洞的安装固定、智能系统集成这类关键环节,并且还要建立起电气模块安装的标准化交底文件,涵盖接线图、安装顺序图、质量验收标准等内容。中国建筑业协会 2023 年行业调查显示,有规范化施工指导文件能将现场装配错误率降低 67%、使一次性验收通过率提升大约 35%。所以,施工之前最好进行模拟装配以检验电气模块和预制构件是否匹配,从而及时发现并解决潜在问题,保障装配式住宅电气系统的安装质量与运行可靠性。

4 结论

传统装配式住宅建筑电气设计要点被本研究系统分析了,并且还提出电气设计与结构设计协同优化的方法以及电气系统模块化设计与施工指导策略。结果发现,装配式住宅电气设计需重视和结构设计的协同性,靠 BIM 技术达成信息共享与碰撞检测,用层次化设计法规划电气系统以让预制构件和电气系统有效整合,此外,电气系统模块化设计对提高装配效率和质量很重要,有了标准化接口和工厂化生产后,现场施工难度和变更率能大大降低。

从行业发展来讲,住建部 2023 年发布的《装配式建筑发展白皮书》表明我国装配式建筑渗透率达 25.3% 且到 2025 年预计会达到 35%,这使得电气设计的标准化和模块化要求变得更高,而研究显示若采用本文提出的协同优化方法与模块化设计策略,装配式住宅电气工程施工效率能提高 30% 还多且质量问题发生率可降低大概 40%,并且随着工业化建筑技术继续发展以及智能家居需求增多,装配式住宅电气设计会朝着更高度的标准化、智能化、系统集成化发展,从而进一步促使我国建筑工业化进程加快、居住品质提高^[5]。

[参考文献]

[1]李僖达.浅析传统装配式住宅建筑电气设计要点[J].住宅产业,2024,11(10):55-58.

[2]徐凌燕.装配式住宅建筑电气设计[J].中国住宅设施,2023,12(10):46-48.

[3]刘爱平.装配式住宅建筑电气设计方法研究[J].广东建材,2023,39(7):66-69.

[4]杨柳.装配式住宅建筑电气设计方法探讨[J].中国建筑装饰装修,2023,12(2):98-100.

[5]房文豪.装配式住宅建筑电气设计方法及发展[J].电气技术与经济,2022,11(6):88-90.

作者简介:孙屹(1998.7—),毕业院校:燕山大学里仁学院,所学专业:电气工程及其自动化(电力系统及其自动化),当前就职单位:河北全过程工程技术服务有限公司,职务:电气设计师,职称级别:初级工程师。

钢结构厂房建筑节能设计策略与实践研究

刘 静

河北金石建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]我国工业化进程不断加快且可持续发展战略也在深入实施, 钢结构厂房是工业建筑的主要形式, 其节能设计成了建筑领域重点研究内容。本研究采用文献分析、案例调查、数值模拟等方法, 系统地研究钢结构厂房建筑节能设计策略与实践应用并深入探究钢结构厂房节能设计关键技术和实施路径。结果表明, 钢结构厂房节能设计需综合考虑建筑规划布局、围护结构优化、被动式节能技术应用、主动式能源系统集成以及新能源利用等诸多方面, 合理规划厂房朝向能减少 15%~20%的能耗, 围护结构里使用高性能保温隔热材料可使围护结构传热系数降低 30%~40%, 优化自然通风与采光策略能使空调和照明能耗减少 25%左右, 集成应用可再生能源系统可满足厂房 15%~30%的能源需求, 分析三个典型钢结构厂房节能改造案例后发现提出的设计策略在实际工程里有效, 改造后的厂房综合能耗平均下降 32.6%, 经济效益和环境效益明显。本研究给钢结构厂房节能设计提供系统的技术方案和实践指导, 这对推动工业建筑绿色低碳发展有重要参考意义。

[关键词]钢结构厂房; 建筑节能; 设计策略; 围护结构; 可再生能源

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18255

中图分类号: TU392

文献标识码: A

Research on Energy-saving Design Strategies and Practices for Steel Structure Factory Buildings

LIU Jing

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

Abstract: Chinese industrialization process is accelerating and the sustainable development strategy is also being deeply implemented. Steel structure factories are the main form of industrial buildings, and their energy-saving design has become a key research topic in the field of architecture. This study adopts literature analysis, case investigation, numerical simulation and other methods to systematically study the energy-saving design strategies and practical applications of steel structure factory buildings, and deeply explore the key technologies and implementation paths of energy-saving design for steel structure factory buildings. The results show that the energy-saving design of steel structure factory buildings needs to comprehensively consider many aspects such as building planning layout, enclosure structure optimization, passive energy-saving technology application, active energy system integration, and new energy utilization. Reasonable planning of the factory building orientation can reduce energy consumption by 15% ~20%. The use of high-performance insulation materials in the enclosure structure can reduce the heat transfer coefficient of the enclosure structure by 30% ~40%. Optimizing natural ventilation and lighting strategies can reduce air conditioning and lighting energy consumption by about 25%. The integrated application of renewable energy systems can meet 15% ~30% of the energy demand of the factory building. After analyzing three typical energy-saving renovation cases of steel structure factory buildings, it was found that the proposed design strategy was effective in practical engineering, and the comprehensive energy consumption of the renovated factory building decreased by an average of 32.6%, with significant economic and environmental benefits. This study provides a systematic technical solution and practical guidance for energy-saving design of steel structure factories, which has important reference significance for promoting green and low-carbon development of industrial buildings.

Keywords: steel structure factory building; building energy efficiency; design strategy; enclosure structure; renewable energy

引言

全球气候变化日益严峻且“双碳”目标被提出后, 工业建筑领域节能减碳就成了实现可持续发展的重要部分,

钢结构厂房是现代工业建筑主要形式, 其施工周期短、材料好回收, 在制造业、物流业等基础设施建设里很重要。中国建筑节能协会发布数据表明, 2022 年中国工业建筑

能耗在全国建筑总能耗里占比超 35%，钢结构厂房占比尤其明显。传统钢结构厂房设计和运行时能耗高、能效低很常见，这既增加企业运营成本又给环境带来很大压力，所以用科学设计策略和技术手段降低钢结构厂房能耗，是当前建筑节能研究重点课题。

钢结构厂房节能设计涵盖建筑学、材料科学、能源工程、环境科学等诸多学科领域，其核心在于通过优化建筑布局、提升围护结构性能、集成高效能源系统等手段，实现能源利用效率的最大化。近五年间国内外学者在这个领域收获不少成果，像高性能保温隔热材料被研发出来并投入使用、被动式节能技术取得新突破、可再生能源系统被整合等，这些技术渐渐成熟起来让钢结构厂房节能改造有了强大依靠，并且政策方面也有支持给行业发展加力，《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》明确提出推动工业建筑绿色转型^[1]。在这种情况下，本研究把目光放在钢结构厂房节能设计的关键技术与实践路径上，想要给行业提供一个系统化解决方案以帮工业建筑走向绿色低碳。深入分析典型案例后进一步证明所提策略可行又有效，给未来相关研究和工程实践打下基础。

1 钢结构厂房节能设计的理论基础与技术特点

1.1 钢结构厂房建筑的能耗特性分析

工业建筑中钢结构厂房是重要部分，其能耗特性主要体现在高空间、大跨度和复杂工艺需求带来的能源消耗上，近五年数据统计显示全国建筑总能耗中工业建筑能耗占比超 30%，钢结构厂房广泛用于制造业、物流仓储等领域，是工业建筑能耗的主要来源之一，钢结构厂房的能耗特性受多方因素影响，例如围护结构热工性能、室内环境控制需求、生产工艺对能源的依赖程度等，厂房内部设备运行产生很多余热且传统围护结构保温性能差，所以冬季采暖和夏季制冷能耗一直很高，并且照明和通风系统不合理设计也让能源浪费更严重，研究表明，未采取节能措施的传统钢结构厂房单位面积年均能耗可达普通公共建筑的 2-3 倍，因此深入分析钢结构厂房能耗特性并优化设计策略对降低工业建筑能耗很重要，这几年随着绿色建筑理念普及和技术进步，改进围护结构材料、优化自然采光和通风设计等手段使部分厂房能耗表现明显改善，但整体还得进一步探索实践。

1.2 钢结构厂房节能设计的关键影响因素

钢结构厂房节能设计受多方面关键因素影响，像建筑规划布局、围护结构性能、被动式节能技术以及主动式能源系统集成等都是其中的关键，其中建筑规划布局合理能

使能耗大大降低，比如科学确定厂房朝向和功能分区就能充分利用自然采光和通风条件而不再那么依赖人工照明和空调系统，并且数据表明厂房朝向规划合理能耗能降 15%~20%，实际工程也验证了这一点。围护结构性能是另一个核心要素，采用高性能保温隔热材料可大幅降低围护结构传热系数，从而减少热量损失，因为研究显示采用新型保温材料围护结构传热系数可降 30%~40%且建筑能效也能显著提高^[2]。另外，应用被动式节能技术如优化自然通风与采光策略，空调和照明能耗能减少大概 25%。主动式能源系统集成注重依靠智能化控制技术让能源高效利用并且结合光伏发电和地源热泵之类的可再生能源系统为厂房提供清洁又可持续的能源供应。这些关键因素协同发力，不但让厂房节能效果更好，而且经济效益和环境效益也很显著，促使工业建筑朝着绿色低碳发展。

1.3 国内外钢结构厂房节能设计标准与评价体系

国内外钢结构厂房节能设计标准与评价体系正逐步趋于完善且给行业带来重要指引，国际方面，美国 ASHRAE 标准以及欧洲 EN 标准在工业建筑节能领域影响较大，内容包含围护结构热工性能、能源系统效率、可再生能源利用等内容，拿 EN15603 来说它给出了基于全生命周期的建筑能效评估方法从而让钢结构厂房节能设计有了量化依据。国内以《工业建筑节能设计标准》(GB/T 51245—2017) 为中心并根据区域气候特点和工业生产需求制定了很详细的节能设计要求，其中明确规定了围护结构传热系数限值、自然采光率、通风换气次数等关键指标还引进了综合能耗评价体系，不过国内外标准在适用范围和技术细节上有一定不同之处，像欧美标准更看重可再生能源集成应用而国内标准更着重围护结构性能优化，虽然如此但这些标准和评价体系一起推动了钢结构厂房节能技术发展并且给行业提供了统一技术规范 and 评价基准，数据表明符合节能设计标准的厂房比传统厂房综合能耗能降低 30%还多，可见标准化建设意义重大^[3]。

2 钢结构厂房节能设计策略与实践应用

2.1 围护结构优化设计方法

工业建筑中钢结构厂房是重要形式，其整体能耗水平直接受围护结构热工性能影响，这几年随着我国对工业建筑节能要求不断攀升，围护结构应用高性能保温隔热材料成了研究热点，有数据表明围护结构传热系数若降低 10%，厂房整体能耗就能减少大概 5%~8%，所以选像聚氨酯泡沫板、岩棉板这种低导热系数的保温材料并加上双层金属夹芯板设计方案，能明显提高围护结构保温性能，而且节

点部位热桥处理是优化设计的关键部分,因为研究显示用断热桥构造技术可有效减少热桥效应造成的能量损失从而让厂房能耗进一步降低,另外外墙和屋面颜色选择得综合考虑反射率与吸热性,应用浅色或者高反射率涂层能减少夏季吸收的太阳辐射热量进而降低空调负荷,拿某个工业园区来说,厂房围护结构优化改造之后年均能耗下降25%以上,这验证了这个方法的实际可行性与节能效果。

2.2 钢结构厂房采光与遮阳系统设计

钢结构厂房要达成节能目标,合理设计采光与遮阳系统是个重要手段,因为自然采光既能降低人工照明使用的次数、提升室内环境质量从而让生产效率跟着提高,近五年数据统计显示采光设计优化后厂房照明能耗能减少20%~25%,所以想达到这个效果天窗和侧窗合理布局相当关键,比如说在厂房顶部设置带状天窗或者采光板再配上智能调光玻璃技术,这样外部光照强的时候透光率就能自动调节以最大程度利用自然光,并且遮阳系统一引进,夏天过多的太阳辐射热量就能被有效控制,研究显示外置遮阳设施比内置遮阳装置还可多省大概10%~15%的制冷能耗,南方地区尤其如此,固定式或者活动式遮阳板安装后需根据建筑朝向和当地气候条件进行精确设计,可大幅降低厂房内部温度波动,提升舒适度并节约能源,多个实际项目已经验证了这些措施且经济效益和环境效益都不错。

2.3 高效暖通空调系统集成应用

钢结构厂房能耗主要来源于暖通空调系统,所以要实现节能目标,暖通空调系统的高效集成应用相当关键,并且当下变频技术与智能化控制策略普及了,这给暖通空调系统优化带来新解决方案,因为数据表明,用变频驱动的空调设备比传统定频设备电能消耗能省下20%~30%,而且再者,引进热回收装置,把排风里的余热用来给新风预热或者预冷,能源利用效率还能进一步提升,另外,区域集中供冷供热模式在大型工业园区应用越来越多,该模式建立统一能源站,给多个厂房提供稳定冷热源,不但让单体建筑减少设备投资,整体运行效率也提高了,就像某个工业园区实行区域供冷系统后,全年累计节能达40%以上,与此同时,基于物联网技术的智能监控平台能实时采集分析暖通空调系统运行数据,从而动态调整并精细化管理,使系统一直保持最佳工作状态。

2.4 可再生能源与储能技术在钢结构厂房中的应用

全球能源转型步伐加快起来,钢结构厂房里可再生能源和储能技术的应用逐渐变成行业发展新趋势,统计显示

到2022年我国工业建筑领域光伏装机容量破5GW,在全国总装机容量里占比约10%,光伏发电系统因清洁可持续而被广泛应用在厂房屋顶,既能满足部分用电需求又给企业带来额外经济收益,并且储能技术发展为解决光伏发电间歇性问题提供重要支持,配置锂电池或者飞轮储能装置可让电力输出曲线变平滑从而提高供电稳定性,另外像风能、地源热泵这类可再生能源在特定场景潜力巨大,比如北方钢结构厂房用地源热泵系统代替传统供暖方式,年均节能率达30%以上并且加上储能系统使能源调度更灵活,厂房在峰谷电价差大的时候就能优化成本,这些技术综合运用推动工业建筑绿色低碳发展并给未来智慧工厂建设打下坚实基础。

具体而言,光伏发电系统在钢结构厂房中的应用已日趋成熟。通过在厂房屋顶铺设高效光伏板,可将太阳能转化为电能,直接供给厂房内的生产设备使用,多余电量还可并入电网,实现能源的自给自足与外输。同时,随着储能技术的不断进步,锂电池储能系统因其高能量密度、长循环寿命等优点,成为解决光伏发电间歇性问题的理想选择。通过合理配置储能装置,可以在光照充足时储存多余电能,在夜间或光照不足时释放使用,确保厂房能源供应的连续性和稳定性。此外,地源热泵系统作为一种高效利用地下浅层地热资源的供暖与制冷技术,在北方地区的钢结构厂房中展现出巨大潜力。该系统通过地下埋管换热器与土壤进行热量交换,实现冬季供暖与夏季制冷,相比传统空调系统,能效比显著提升,且运行成本更低。结合储能技术,地源热泵系统还能在电力需求低谷时储存冷量或热量,在高峰时段释放,进一步平衡电网负荷,降低企业用电成本。

2.5 钢结构厂房节能设计案例分析与效益评估

深入分析三个典型的钢结构厂房节能改造案例后,前述设计策略在实际工程中的有效性得到验证^[4]。华东地区的第一个案例主要是靠围护结构优化和采光系统改进使综合能耗降低28%,而华南的第二个案例着重于暖通空调系统升级和光伏发电系统部署达成35%的节能比例,北方的第三个案例凭借地源热泵和储能技术相结合让年均能耗下降37%。总体而言,厂房改造后平均节能率达32.6%,这充分体现出多维度节能措施的协同效应。从经济效益来讲,虽然改造初期成本高,但能源费用大幅削减加上有政策补贴,投资回收期一般能控制在5~7年,并且环境效益也很突出,每年大概可减少15%~20%的二氧化碳排放量。钢结构厂房节能设计带来上述成果,表明其

不但契合国家绿色发展战略,还能给企业带来不错的经济回报,为工业建筑领域的可持续发展提供有力支撑。

3 结论

在我国工业化进程里,钢结构厂房是工业建筑的关键部分,近五年数据表明全国总能耗有超 30%被工业建筑耗用且钢结构厂房应用场景广泛所以节能设计研究聚焦于此,经本研究系统分析与实践验证后提出一套涵盖建筑规划布局、围护结构优化、被动式与主动式技术相结合、新能源利用等多维度的综合性节能设计策略,实际案例中该策略效果显著且厂房改造后综合能耗平均降 32.6%,经济效益和环境效益都得到充分体现,研究显示合理规划朝向与应用高性能保温隔热材料能大幅减少热损失并且优化自然通风和采光可有效降低空调和照明能耗,再者集成可再生能源系统既提升能源自给率又给实现低碳目标重要支撑,当前绿色建筑标准逐步推广,碳中和目标也已明确,所以钢结构厂房节能设计成为推动工业建筑可持续发展的重要手段,以后要继续加强智能化技术和节能设计的

融合并探寻更高效、更经济的技术路径以给工业建筑领域绿色转型更强有力支持^[5]。

[参考文献]

- [1]郑家乐.建筑暖通设计中的节能策略与实践研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024(8):187-189.
- [2]王政.基于建筑设计的节能降碳策略与实践研究[J].住宅与房地产,2024(5):60-62.
- [3]黄艳,王东.开合式建筑钢结构厂房的关键节点设计与施工技术研究[J].四川水泥,2024(10):146-148.
- [4]马小明.房屋建筑结构设计问题与优化策略研究[J].工程技术研究,2023(10):170-172.
- [5]鲁晓玲.近零能耗办公建筑设计策略与实践研究[J].建材发展导向,2024(7):54-56.

作者简介:刘静(1992.1—),毕业院校:河北建筑工程学院,所学专业:建筑学,当前就职单位:河北金石建筑设计有限公司,职务:建筑设计师,职称级别:中级工程师。

适应产业变化的柔性标准厂房设计策略研究

涂芸

江西省商业建筑设计院有限公司, 江西 南昌 330000

[摘要]随着产业结构不断升级以及生产模式变得日益多样起来,传统标准厂房在与企业发展的适配性以及应对技术变化的应对方面,出现了诸多问题,比如空间不够灵活、结构受到限制、设备布局起来比较麻烦,而且能耗也相对较高。就当下情况来看,国内外针对柔性厂房展开的研究,大多聚焦于结构优化、模块化或者节能设计等方面,然而对于怎样全方位地去应对产业方面的种种变化,进而达成整体柔性设计的系统性研究,还是相对匮乏的。在实际的建设进程当中,厂房往往很难同时契合生产多样化的需求、工艺升级的要求以及智能化设备使用的需要,而且改造时成本颇高,效率也会受到一定限制。

[关键词]适应产业变化; 柔性标准厂房; 厂房设计; 策略

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18249

中图分类号: TU347

文献标识码: A

Research on Design Strategies for Flexible Standard Factory Buildings to Adapt to Industrial Changes

TU Yun

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

Abstract: With the continuous upgrading of industrial structure and the increasing diversity of production modes, traditional standard factories have encountered many problems in terms of adaptability to enterprise development and response to technological changes, such as insufficient flexibility in space, limited structure, complicated equipment layout, and relatively high energy consumption. From the current situation, research on flexible factories both domestically and internationally mostly focuses on structural optimization, modularization, or energy-saving design. However, there is still a relative lack of systematic research on how to comprehensively respond to various changes in the industry and achieve overall flexible design. In the actual construction process, it is often difficult for factories to meet the diverse production needs, process upgrade requirements, and intelligent equipment usage needs at the same time. Moreover, the cost of renovation is quite high, and efficiency is also limited to some extent.

Keywords: adapt to industrial changes; flexible standard factory building; factory design; strategy

引言

随着现代产业结构持续升级以及生产模式快速转变,传统标准厂房在功能适应性、空间灵活性以及技术承载能力方面所存在的局限性愈发明显地显现出来。现代企业一方面面临着生产多样化、工艺复杂化以及智能化装备不断被引入的诸多挑战,另一方面还需在节能环保、资源利用效率以及可持续发展等诸多方面去满足更高的标准要求。在此这样的大背景之下,柔性标准厂房的概念便顺势产生了。它着重于厂房在结构、空间、设备配置以及环境控制等各个层面都具备较高的适应性和可调节性,以此来契合企业在产业升级、工艺改造以及规模扩展进程当中所产生的多样化需求。

柔性设计应把目光聚焦于建筑自身在功能布局以及结构体系方面的考量,同时还涉及模块化建设、可扩展空

间、设备与管线的灵活布置以及绿色可持续设计策略等内容,从而使得厂房能够在生产工艺做出调整、自动化智能化设备得以引入以及环境政策发生变动的情形下依旧能够维持高效运转并保持长久的使用价值。

不过就目前而言,国内外针对柔性标准厂房展开的系统研究其实在数量上仍旧是比较有限的,更是缺少成体系的理论指导以及相关的实践案例。鉴于此,本研究主要目的在于全面且细致地剖析产业变化给标准厂房设计所带来的影响,深入探究柔性设计的原则以及相关策略,进而给出契合现代生产模式以及可持续发展要求的柔性标准厂房设计方法,为企业在厂房建设以及改造工作当中给予科学的参考依据以及决策方面的有力支撑。

1 柔性标准厂房设计原则与特点

柔性标准厂房设计的原则与特点主要体现在适应性、

灵活性、模块化、可持续性以及安全经济性等方面，以满足生产工艺变化、资源高效利用及未来技术升级的需求。在适应性和灵活性方面，厂房布局应以生产工艺为核心，优化物料搬运和操作流程，同时通过可移动隔断、模块化组件或智能系统实现空间功能的快速调整和重组。在模块化与标准化设计上，采用统一标准的组件和干式装配技术，便于后期维护、扩建或拆卸再利用，并结合轻质材料和参数化设计实现结构轻盈与功能高效。可持续性方面，厂房应提高能源效率，充分利用自然光、智能温控系统及可再生能源，同时支持材料回收与再利用，减少全生命周期的资源消耗。在安全与经济性方面，结构设计需满足荷载要求，预留消防通道及防灾措施，同时通过优化施工流程和材料选择降低建设成本，实现高效、可靠且经济的厂房建设。

2 产业变化对标准厂房设计的影响分析

2.1 产业结构变化趋势分析

产业结构持续调整并不断升级，这给标准厂房的设计赋予了全新的要求。现代制造业朝着高端化、智能化以及多元化的方向发展，在此情形下，传统那种单一功能的厂房已经很难契合企业日益多样化的生产方面的需求了。产业结构发生变化，其表现一是产业类型出现变化，比如从劳动密集型转变为技术密集型；其二是产业规模有所扩大，生产节奏变得更快，产业链分工也趋向于更为精细的状态^[1]。这些变化促使厂房在空间布局、承重能力、功能分区等诸多方面的需求呈现出更高的灵活性以及更强的适应性。另外不同行业对于厂房的高度、层数、跨度还有环境控制等各项参数的要求各不相同，这就给标准化设计带来了不小的挑战，所以设计得既要充分考虑当前的使用需求，又要兼顾未来产业发展趋势的可能性，以此来确保厂房在长时间的使用过程里可以适应产业结构的接连不断的演变情况。

2.2 生产模式与工艺流程的多样化

生产模式以及工艺流程在持续不断地变得多样化起来，标准厂房设计所面临的空间以及功能方面的要求也随之变得更加复杂了。现代企业的生产情况已经不再仅仅被局限在单一的流水线作业这一种形式上了，反而是呈现出一种小批量生产、多种类生产且具备柔性化生产特点的状态。不同的工艺环节对于空间布局、设备布置还有物流通道等方面的要求存在着十分明显的差异。与此在生产进程当中，对于温湿度、洁净度、噪声以及振动等一系列环境条件的需求也逐渐朝着个性化的方向发展，不同工艺单元

相互之间所存在的耦合与分离关系是比较复杂的，这就促使厂房内部的功能分区以及流线设计必须要具备更高的灵活性。

2.3 自动化与智能化对厂房设计的要求

随着工业自动化以及智能化程度持续提升，标准厂房在设计方面面临着全新的技术与功能方面的需求。自动化生产设备往往体型较大且自身重量不轻，这就对厂房的结构所能承受的能力、地面的平整程度还有层高等方面都提出了更高的要求，并且还需要留出足够的空间用于设备的安装以及后续的维护工作。而像自动搬运机器人、智能仓储、物联网监控以及生产数据采集这类智能化系统的运用，则对厂房的空间该如何布局、管线怎样布置、电力以及信息网络系统等方面都提出了更为细致的要求。除此之外，智能化生产对于厂房环境条件的稳定性的要求同样也更高了，具体涉及到温湿度的控制情况、照明的条件以及通风系统的状况，从而确保设备能够可靠地运行并且提高生产效率。

2.4 环境与节能指标对厂房设计的影响

随着绿色发展理念持续向前推进，节能减排的要求也在不断增强，在这样的形势之下，环境保护以及能效指标给标准厂房的设计提出了更高的要求。厂房在建设以及运行的整个过程当中，得同时顾及能源消耗、碳排放、水资源利用以及废弃物处理等诸多方面的情况，如此一来，对于建筑材料的选择、结构形式的确定、屋面以及墙体保温性能的考量还有采光与通风设计等方面，都提出了相当严格的约束条件^[2]。另外厂区污水排放标准也越来越规范，根据相关规定在厂区合理设置污水处理系统。

3 柔性标准厂房设计策略

3.1 空间布局策略

在柔性标准厂房设计环节里，空间布局策略充当着决定厂房是否能够高效地去适应产业方面的变化以及多样化生产需求的重要角色。

空间布局一方面得满足当下生产、仓储、办公还有辅助功能区的合理划分，另一方面还得为未来可能出现的工艺调整、生产拓展以及设备升级预留出足够且具备灵活性的空间。布局设计应当依照开放性以及模块化的原则来开展，借助可变动的功能区划分以及灵活的动线安排，让生产流程在不用对建筑结构做出大幅度改动的情形下便能够实现重新组合，以此来保障物流、人员流动以及设备流线能够高效且顺畅地运行。

在生产区的布局安排当中，关键设备和工艺单元彼此

之间应当留出足够的缓冲区域,从而能够快速地去适应设备更新或者生产线调整的情况,并且要充分考虑安全通道以及应急疏散通路的相关事宜。仓储区需要依据不同物料的属性以及搬运方式来进行分区处理,与此同时还要预留出可扩展的存储空间,以便能够应对生产规模出现的波动情况。办公区与生产区的布局安排要兼顾管理操作的便捷性以及环境给人带来的舒适性,进而确保信息传递能够及时并且有效地达成。对于垂直空间的利用同样有着不容忽视的重要性,通过合理地去设计厂房的层高、跨距以及净空高度,不但能够满足大型自动化设备安装的需求,而且还能为未来的智能化物流系统以及自动化生产线创造相应的条件。

3.2 结构体系柔性化设计

在柔性标准厂房的设计过程当中,结构体系的柔性化设计无疑构成了实现建筑长期具备适应性以及能够开展多功能利用的关键保障所在。这一结构体系一方面要承担起建筑自身的重量,另一方面还要承受生产设备所产生的荷载,而且它还会对厂房的空间利用效率起到直接的影响作用,同时也关系到厂房在未来进行改造时所具有的可能性。

就柔性化结构设计而言,应当着重突出其模块化的特点,注重标准化的要求,并且具备可调节的特性。通过恰当地去选取框架、梁柱、屋盖以及基础的具体形式,从而使得厂房在能够满足当下生产相关要求的情况下,还能够去应对未来可能出现的工艺方面发生变化、设备需要更新以及空间要进行扩展等种种需求。比如说,采用那种跨距比较大的结构形式,或者是少柱化的结构形式,那么就可以为大型设备的布局安排、自动化运输系统的设置以及生产线的调整等工作给予更为广阔的灵活操作空间。墙体可以设计成能够进行拆卸或者能够做出调整的那种形式,如此一来便能够在厂房的功能需要做出调整或者要进行扩展的时候,不需要对原有的结构展开大规模的破坏操作^[3]。在材料的选择上同样也要综合考虑其强度方面的因素、耐久性的要求以及施工时的灵活性状况,以此来保证结构能够在长时间的使用过程当中始终维持着可靠性以及安全性这两个方面的良好状态。

3.3 模块化与可扩展设计

在柔性标准厂房的设计环节当中,模块化以及可扩展设计无疑属于极为关键的手段,其对于厂房达成较高的适应性以及实现对产业变化的快速响应而言,有着不容小觑的作用。

模块化设计具体是把厂房的建筑部分、结构方面以及设备系统都划分成具备标准化特点且能够反复运用的单元,如此一来,各个功能模块便能够独立地完成构建操作,或者进行组合搭配,又或者实施拆分处理,进而使得施工效率得以大幅度提升,同时空间的灵活性也获得了增强。每一个模块自身不但要承担起特定的功能,而且还特意留出了接口以及连接节点,当生产工艺需要做出调整或者设备有待更新的时候,就能够迅速地开展扩展操作或是进行重组工作,而且不必针对整体结构去进行规模较大的改动。

这样的设计理念同样能够在厂房的水平扩展以及垂直扩展方面得到适用,凭借着标准化模块的组合方式,可以轻而易举地实现生产线的延伸拓展、仓储容量的扩充增加,亦或是新增设办公区域以及辅助功能区域。与此模块化设计还有助于压低施工方面的成本以及维护方面的费用,让工期的可控性得以提高,还能为未来智能化生产系统的集成、自动化物流的集成以及新型工艺设备的集成给予较为便捷的条件。

3.4 设备与管线布置灵活性

在柔性标准厂房开展设计工作之时,设备以及管线布置所呈现出的灵活性,这可是关乎厂房能否在长跨度的时间内持续契合生产方面的种种变化、工艺不断升级以及自动化智能化发展进程的核心要素所在。

厂房内部一般会承载着各式各样的生产设备、自动化搬运相关系统、各类辅助设施,另外还有电气、给排水、压缩空气、气体管道以及信息网络管线等颇为复杂的系统,而这些不同系统彼此之间存在着极为紧密的高度耦合关联,这就对空间的布局情况、结构的承载能力以及后续的操作维护事宜都提出了颇为严格的各项要求。

在设计工作的初始阶段就需要充分地去预留出设备安装以及维护的通道,以此来保障生产线在需要做出调整或者要进行扩展的时候,能够较为迅速地重新布置的工作,不用大动干戈地去搞大规模的拆改操作,进而减少因生产中断而带来的损失以及施工环节的成本耗费。

随着社会的发展,考虑到未来有可能会引入的自动化生产线、智能化物流系统亦或是大型且新型的工艺设备,务必要确保厂房的空间具备足够的承载能力,能够容纳多种不同的工艺模式,并且还能为设备的更换或者升级事宜给予便捷的操作条件。

3.5 环境与可持续设计策略

在柔性标准厂房开展设计工作时,环境与可持续设计策略对于达成厂房高效运转、达成节能减排目标以及长期

契合产业发展所需而言,称得上是极为重要的保障要素。

在设计环节当中,要全面兼顾能源利用的效率情况、环境保护事宜、室内生产环境状况以及资源循环利用等多个不同层面,从而去打造一个绿色的、健康的并且具备可持续性的生产空间。建筑本身需要对采光、通风以及保温性能加以优化,借助合理的屋面、墙体还有窗体方面的设计来促使能耗得以降低,充分借助自然光照以及自然通风所具备的条件,尽力削减对人工照明以及空调系统所产生的依赖,与此同时还要确保生产区域的温湿度以及空气质量能够保持稳定的状态,进而能够满足不同工艺针对环境条件所提出的要求。厂房内部的设备以及管线布局应当能够对节能管理与可持续运行给予有力的支持。

在材料的选择方面,应当把环保性、耐久性以及可回收性作为优先考量的因素,以此来减少在施工以及运营整个过程当中对环境所形成的负荷,同时也给厂房日后的功能调整以及扩展事宜带来便捷。

可持续设计还涵盖了雨水收集、废水处理、废弃物回收以及绿色景观设计等诸多内容,使得厂房既能够在生产运行期间实现资源的节约以及环境的保护,又可以促使企

业形象得以提升,并且增强企业的社会责任感。

4 结语

本文针对适应产业变化的柔性标准厂房设计展开了相关研究,仔细分析了产业变化给厂房设计所带来的影响,还给出了诸如空间布局、结构体系、模块化设计、设备管线布置以及环境可持续等方面的设计策略。研究说明,柔性设计可提高厂房的适应性与灵活性,让其在生产调整以及技术升级进程当中维持高效的运转状态,与此同时还能降低改造的成本,延长厂房的使用寿命,进而为企业营造出更为稳定、灵活且可持续的生产空间。

[参考文献]

- [1]毛建斌.工业园区柔性负荷调控策略研究[D].北京:北京交通大学,2024.
- [2]李俊,田赞,袁赞,等.柔性防护网在阴坪水电站厂房后边坡防护中的应用[J].四川水力发电,2018,37(5):49-51.
- [3]罗贤奎.柔性支护在柳洪水电站地下厂房的应用及效果[J].珠江水运,2017(10):59-61.

作者简介:涂芸(1985.9—),女,汉,籍贯:江西奉新,职称:高级工程师,研究方向:多功能标准厂房设计。

BIM 技术在复杂幕墙工程设计中的应用

宣昊松

中国联合工程有限公司, 浙江 杭州 310051

[摘要]随着城市里高层建筑日益增多起来,复杂幕墙工程渐渐变成建筑设计以及施工环节当中的极为关键的一个部分。建筑信息模型也就是 BIM 技术的出现并引入进来之后,给复杂幕墙工程带来了从设计开始一直到施工完成这样一个全过程的数字化以及智能化的相关解决办法。借助 BIM 技术,是能够达成幕墙参数化的建模操作、实现三维的可视化呈现效果、开展施工的模拟演练、对节能性能展开分析以及进行协同设计等一系列功能的,并且在施工的阶段还能够对施工流程予以优化、对碰撞风险加以分析、对材料构件实施管理以及促使施工人员技能得以提升。BIM 技术的应用,能够在很大程度上提升设计的精度、施工的效率以及工程的质量,进而为建筑行业给予科学合理的专业技术方法以及管理模式。

[关键词]BIM 技术; 复杂建筑幕墙; 建筑工程设计

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18248

中图分类号: TU17

文献标识码: A

Application of BIM Technology in Complex Curtain Wall Engineering Design

XUAN Haosong

China United Engineering Corporation Limited, Hangzhou, Zhejiang, 310051, China

Abstract: With the increasing number of high-rise buildings in urban areas, complex curtain wall projects have gradually become a crucial component in architectural design and construction. The emergence and introduction of Building Information Modeling (BIM) technology have provided digital and intelligent solutions for complex curtain wall projects, covering the entire process from design to completion. BIM technology enables parametric modeling of curtain walls, three-dimensional visualization, construction simulation, energy performance analysis, and collaborative design. During the construction phase, it further optimizes workflows, analyzes collision risks, manages materials and components, and enhances the skills of construction personnel. The application of BIM technology significantly improves design accuracy, construction efficiency, and project quality, offering scientific and rational technical methods and management models for the construction industry.

Keywords: BIM technology; complex building curtain walls; architectural engineering design

引言

在现代城市不断推进的进程里面,高层建筑的设计变得越来越复杂起来。幕墙作为建筑外立面当中极为关键的构件,其施工所面临的难度以及质量把控的情况,会对建筑的整体呈现效果以及安全性产生直接的影响作用。复杂幕墙工程存在着诸多特点,像是所涉及的材料种类颇为繁杂多样,构件的尺寸要求极为精细,安装工序也显得相当复杂,并且还需要多个专业的协作配合等。BIM 技术借助三维数字化模型来对建筑信息加以整合,达成设计环节、施工环节以及运维全过程当中的数据共享以及智能管理的目标,这既提升了工程的可视化程度,又使得施工风险得以降低,还减少了材料方面的浪费情况,进而提高了施工的效率。本文全面且细致地去探讨 BIM 技术在复杂幕

墙工程设计以及施工当中的具体应用办法以及实际操作方面的策略。

1 复杂幕墙工程概述

1.1 幕墙工程的类型与特点

幕墙工程属于建筑外围的非承重围护结构,其构成部分包括支撑框架、面板以及连接件等。依据所采用的材料不同,幕墙可划分为玻璃幕墙、石材幕墙、金属幕墙以及陶土幕墙等多种类型;而按照施工的方式来看,则可以分为框架式、半单元式以及单元式等不同的类别。其中,玻璃幕墙有着良好的透光性能,特别适宜应用于高层办公建筑当中;石材幕墙给人以稳重之感,不过其自身重量颇为可观,相应的施工难度也比较高;金属幕墙质量较轻且安装起来较为容易;陶土幕墙在环保方面表现不错。从结构

层面来讲,幕墙和建筑主体是相对独立的,它是借助连接件来实现固定的,并且还具备保温以及隔音等功能。对于那些造型较为复杂的幕墙而言,其形状往往并不规整,曲面的部分也比较多,这就对尺寸的精度以及施工管理提出了更高的要求,唯有如此才能确保美观、节能以及安全能够达成统一。

1.2 复杂幕墙设计难点

复杂幕墙设计面临着不少挑战。其一,非规则的几何形态使得构件尺寸计算变得复杂起来,传统的二维图纸没办法完整地呈现出实际安装的效果,如此一来就很容易出现误差情况。其二,材料种类繁多,并且对构件精度的要求颇高,这就需要在设计阶段十分精准地去计算材料的规格以及数量,以此来防止出现浪费的现象。其三,在施工的过程中涉及到多个工序以及多个专业的协作,要是设计方案不够清晰明确,那么在安装环节就极有可能出现碰撞的情况,施工顺序也会变得混乱不堪,甚至还会出现返工等现象。幕墙对于节能性能、风压承载能力、雨水排水功能以及防火防护方面都有着相应的要求,这些也都需要在设计阶段展开全面细致的分析。传统的设计方法是很难同时把这么多的因素都兼顾到的,而且复杂建筑形态的存在更是增加了施工的风险以及管理的难度,所以迫切需要借助数字化工具来给予辅助。

1.3 BIM 技术引入的必要性

BIM 技术凭借数字化建模手段把建筑信息予以结构化的管理,其于设计阶段可达成参数化建模、三维可视化以及施工模拟等成效,进而给出直观的设计成果。就复杂幕墙工程来讲,BIM 技术可精准地对构件尺寸、连接方式还有安装顺序加以计算,提前将设计冲突以及潜在风险找出来,使得现场调整的次数得以减少。除此之外,BIM 技术能够支持多方数据的集成,这便让设计、施工以及监理单位开展协同工作变得容易起来,进而实现信息的共享以及统一的管理。在施工阶段,BIM 模型还能延伸到 4D 施工模拟、碰撞分析以及材料管理等方面,以此来优化施工流程,保证施工的质量与效率。所以说,BIM 技术在复杂幕墙工程当中引入之后,不但提升了设计的精度以及施工的效率,而且还为项目的管理给予了数据方面的支撑,降低了施工的风险以及成本。

2 BIM 在幕墙设计阶段的应用

2.1 幕墙参数化建模

复杂幕墙工程设计里,参数化建模属于 BIM 应用的关键部分。设计人员借助 BIM 软件构建幕墙构件的参数

化模型,把每一个构件的尺寸、材质、厚度以及连接件相关信息录入到系统当中,以此达成构件的自动生成以及尺寸之间的联动效果。在实际的操作流程中,就好比玻璃幕墙的曲面设计工作,能够通过设定曲面的半径、板块的间距还有节点的偏移量来自动形成与之对应的构件,并且会将这些构件的信息同步到材料清单模块里面。如此一来,既能够确保设计数据具备完整性与准确性,又可以在修改设计的时候自动对相关构件的尺寸做出更新,防止出现重复计算以及数据错误的情况,进而为后续的施工给予精准的参考依据。

2.2 三维可视化与施工模拟

利用 Rhino 所具备的三维建模功能,能够把复杂幕墙的整体形态较为直观地展现出来,设计人员可以从不同的视角去观察每一个板块的形状、连接的方式以及其在空间中的位置。这样的可视化情况一方面有利于对幕墙的外观设计加以优化,另一方面也有助于施工人员提前去理解板块的安装顺序。通过提取模型当中控制点的坐标,在施工开始之前便能够开展模拟排布以及现场放样等相关工作,以此来保证每一板块在安装的时候都能够达到预期的位置,进而降低施工期间的风险以及现场调整的频次。

2.3 异形板块控制点定位

复杂异形幕墙而言,Rhino 能够精准地对每个板块的关键控制点予以定位,进而生成施工所需要的坐标数据。这些控制点涵盖板块的顶点、边缘交接之处以及接口节点等相关信息。施工单位能够凭借这些坐标数据,在现场达成精确放样以及板块定位的目的。借助这样的方式,不但可以确保板块安装的准确性,而且能为复杂造型幕墙的现场施工给予科学的指导依据,提升施工效率并且降低材料的浪费情况。

2.4 协同设计与多方数据集成

复杂幕墙工程涵盖建筑、结构以及机电等诸多专业领域,其中协同设计显得极为关键。BIM 技术可把不同专业的设计数据整合进统一的模型里,达成多方协同的目的。就好比说,结构工程师能够在 BIM 模型之上标注出节点的承载力,而建筑师则能同步对幕墙的尺寸以及造型做出相应的调整,机电工程师也能够在模型当中去布置电缆管线还有设备接口。借助实时共享的数据,设计单位、施工单位以及监理方都能够同步查看到修改的具体情况,进而迅速地去协调可能出现的冲突,以此来保证设计方案具备科学性以及可实施性。在实际的操作环节当中,这样的数据集成方式能够减少设计变更以及现场调整的情况出现,

从而提升设计的效率以及施工的准确性。

3 BIM 在幕墙施工阶段的应用

3.1 施工流程优化与 4D 模拟

在施工阶段,BIM 模型能够和施工进度计划相结合,达成施工流程的可视化以及优化效果。把时间维度纳入到三维模型当中,施工单位便能够直观地知晓每一阶段的任务安排情况、执行的先后顺序以及持续的时间周期。在实际的操作环节里,可以把施工模型导入到 Rhino 软件里面,凭借其三维建模功能以及插件工具,将施工节点和时间计划相互关联起来,进而实现对施工流程的模拟操作。依靠这样的模拟方式,施工管理人员能够在事前就识别出吊装顺序方面、安装节点方面以及材料运输路径方面的潜在问题,进而对施工工序加以优化,切实有效地避免出现施工冲突以及资源浪费的情况。就高层复杂玻璃幕墙安装这一情况而言,借助 Rhino 的模拟操作,可以在施工开始之前察觉到作业空间存在不足或者施工顺序出现冲突等状况,及时地对施工方案做出调整,让施工流程变得更加科学化、精细化,同时提升整体的施工效率。

3.2 施工碰撞分析与排查

施工过程中,不同工序以及各个专业之间极易出现碰撞情况,比如幕墙构件和机电管线存在交叉现象,还有吊装设备占用空间时产生的冲突等等。BIM 技术能够凭借三维模型来开展碰撞分析工作,可以精准地定位出潜在的冲突所在,并且还能给出相应的解决办法。在实际的操作环节里,施工团队会把各个专业的模型导入到 BIM 软件当中,借助该软件的碰撞检测功能来自动识别出冲突点,同时还会生成一份详细的分析报告。依据这份报告,施工单位能够对构件的位置做出调整,或者对吊装顺序予以修改,亦或是重新去规划管线的布置方式,如此一来便能够有效避免出现返工以及施工延误等情况,进而提升施工的安全性以及效率。

3.3 材料与构件管理

复杂幕墙施工过程中,BIM 技术凭借构件识别码以及数据库管理手段,达成材料的精准追踪效果。实际操作环节,每一个幕墙单元在 BIM 模型里均设有唯一编码,将材料类型、尺寸、供应商还有安装位置等相关信息予以记录。施工现场能够借助移动端扫描该编码,以此来核对构件信息,进而实现对材料配送、安装以及验收等整个流程的有效管理。这种方法切实有效地减少了材料方面的浪费情况,提高了安装的精度,并且还为了工程结算以及竣工验收给予了相应的数据支撑。

3.4 施工人员培训与技术支持

BIM 技术的应用要求施工人员得有三维模型的理解以及操作的能力。施工单位应当开展 BIM 方面的培训,教会施工人员怎样借助模型来开展现场操作的指导工作以及数据的查询事宜。在实际的操作环节当中,施工人员能够凭借 BIM 模型知晓每个幕墙单元的安装顺序、节点连接的具体情况以及吊装的要求,进而达成精准安装的目的。与此技术人员可以利用 BIM 模型展开施工模拟方面的培训,使得工人对复杂构件的安装流程更为熟悉,以此降低施工出现错误的几率,提升施工的质量以及效率。

4 BIM 实施管理与数据标准

4.1 幕墙建模标准化

要保障 BIM 技术于复杂幕墙工程当中得以有效运用,那就得去构建起统一的建模标准。在具体的操作环节里,设计单位应当着手制定关于幕墙构件建模的规范,这里面囊括了构件命名方面的规则、尺寸所采用的单位、节点的标识方式以及材质参数的具体要求等内容^[1]。实现标准化建模这一做法,一方面能够让不同专业以及各个施工单位较为便捷地展开数据共享,另一方面也能够保证模型在整个设计阶段、施工阶段乃至运维阶段都能够维持准确性与一致性。就好比说,玻璃幕墙单元的模型务必要把板材的厚度、夹层的类型、固定件的规格还有安装的方向等相关信息都包含进去,如此一来才能够确保在施工的过程之中可以精准地再现设计的意图。

4.2 数据管理与信息共享

BIM 技术最为关键之处就在于其能够实现信息的集成以及共享这一方面。施工单位、设计单位还有监理单位都得依靠 BIM 平台去构建起一个统一的数据库,务必要保证各个相关方都能够随时且实时地去访问到最新的设计信息以及施工信息。在实际的操作流程当中,可以借助云端的 BIM 平台来上传相关的模型以及施工日志,如此一来便能够达成对版本的管理以及对权限的控制^[2]。各个参与方均能够实时地去查看构件的具体信息、施工的实际进度以及碰撞分析所得到的结果,进而可以快速地对设计变更做出相应的响应,以此提升项目管理的整体效率,并且还能确保施工过程当中的数据具备透明度以及可追溯的特性。

4.3 竣工模型与数字化运维

BIM 技术的应用范围并不仅仅局限于设计以及施工环节,其影响力还能够进一步延伸到建筑的运维阶段。待工程竣工之后,把实际施工过程中所获取的数据同 BIM 模型加以融合,进而形成所谓的数字化竣工模型,这一模

型能够为建筑运维给予相应的数据方面的基础支撑^[3]。在实际的操作流程当中,物业管理部可以凭借这个模型较为迅速地对幕墙构件、各类管线以及维护节点等进行精准定位,从而达成针对日常维护工作、检修事宜以及改造事项的高效化管理目标。与此数字化模型同样能够为节能评估相关工作、性能优化方面的事务以及长期的建筑资产管理活动提供数据层面的支持,进而实现对建筑在整个生命周期之内的智能化管理。

5 结语

高层建筑以及复杂幕墙工程不断普及,传统二维设计加上人工施工办法,已经没办法满足高精度、高效率以及低风险方面的要求了。BIM 技术借助数字化建模、三维可视化、施工模拟、材料管理还有协同设计等一系列手段,达成了复杂幕墙工程从设计一直到施工整个过程的优化。凭借参数化建模、4D 施工模拟、碰撞分析以及数字化运维,BIM 不但提高了施工的质量与效率,而且降低了材

料的浪费以及施工的风险,给工程项目管理带来了科学方面的依据。往后,伴随 BIM 技术持续发展以及标准化推进,它在复杂幕墙工程当中的应用会更为深入,推动建筑行业朝着智能化、数字化以及精细化的方向去发展,给城市高层建筑建设给予坚实的支撑。

[参考文献]

- [1] 闫成涛,刘一阳,谢永鹏.BIM 技术在复杂幕墙工程设计及施工中的应用探析[J].居舍,2021(36):70-72.
- [2] 赵耀龙,李亚炜,赵英杰,等.BIM 技术在智能建筑幕墙设计中的应用分析[J].智能建筑与智慧城市,2022(12):151-153.
- [3] 余林昌.基于 BIM 技术的复杂幕墙工程设计及施工研究[J].低碳世界,2022,12(10):112-114.

作者简介:宣昊松(1991.8—),男,汉族,籍贯:河南周口,职称:工程师,学历:本科,研究方向:建筑艺术设计。

甲苯二胺生产废水处理工艺设计及实际运行处理效果

张文晶¹ 刘寅阁¹ 朱倩^{1,2,*}

1.天津高能时代水处理科技有限公司, 天津 300000

2.北京高能时代环境技术股份有限公司, 北京 100000

[摘要]甲苯二胺生产废水具有强毒性、难降解、高污染特征,含硝基苯类、甲苯二胺、高浓度氨氮等污染物,对生态环境、人体健康及生产安全构成多维度威胁。为实现该类废水达标排放,以某甲苯二胺生产企业废水为研究对象,采用“两级低温沉降-调节池-低温湿式催化氧化-水解酸化-两级 A/O”组合工艺进行处理。通过工程设计与实际运行监测,结果表明:两级低温沉降对硝基苯类物质回收率达 88%,湿式催化氧化工段 COD 去除率 87.5%,最终经生化系统深度处理后,出水 COD、氨氮、硝基苯、苯胺浓度分别降至 78mg/L、9mg/L、0.6mg/L、0.1mg/L,排放水质符合《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)中的一级标准要求。该工艺吨水运行成本 19.8 元,且实现硝基苯资源化回收,兼顾环境效益与经济效益。本工程案例为同类高浓度难降解有机化工废水的处理提供了切实可行的工程参考。

[关键词]甲苯二胺; 废水处理; 硝基苯回收; 低温湿式催化氧化

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18250

中图分类号: X784

文献标识码: A

Design and Actual Operational Treatment Effect of Wastewater Treatment Process for Toluene Diamine Production

ZHANG Wenjing¹, LIU Yingge¹, ZHU Qian^{1,2,*}

1. Tianjin Gaoneng Era Water Treatment Technology Co., Ltd., Tianjin, 300000, China

2. Beijing GeoEnviron Engineering & Technology, Inc, Beijing, 100000, China

Abstract: Wastewater from the production of toluene diamine is characterized by strong toxicity, difficult degradation, and high pollution. It contains pollutants such as nitrobenzene, toluene diamine, and high concentration ammonia nitrogen, posing a multidimensional threat to the ecological environment, human health, and production safety. To achieve the standard discharge of this type of wastewater, the wastewater from a certain toluene diamine production enterprise was taken as the research object, and a combination process of "two-stage low-temperature settling regulating tank low-temperature wet catalytic oxidation hydrolysis acidification two-stage A/O" was adopted for treatment. Through engineering design and actual operation monitoring, the results show that the two-stage low-temperature settling achieves a recovery rate of 88% for nitrobenzene substances, and the COD removal rate in the wet catalytic oxidation section is 87.5%. After deep treatment by the biochemical system, the effluent COD, ammonia nitrogen, nitrobenzene, and aniline concentrations are reduced to 78mg/L, 9mg/L, 0.6mg/L, and 0.1mg/L, respectively. The discharge water quality meets the first level standard requirements of the Comprehensive Wastewater Discharge Standard (GB8978-1996). The operating cost per ton of water for this process is 19.8 Yuan, and it achieves the resource recovery of nitrobenzene, balancing environmental and economic benefits. This project case provides a practical and feasible engineering reference for the treatment of similar high concentration and difficult to degrade organic chemical wastewater.

Keywords: toluene diamine; wastewater treatment; nitrobenzene recovery; low temperature wet catalytic oxidation

甲苯二胺作为有机化工领域关键的精细化工中间体及核心原料,广泛应用于制备聚氨酯材料、染料颜料、橡胶防老剂与硫化促进剂、环氧树脂固化剂、医药农药中间体、有机成交联剂及塑料改性助剂等产品^[1-3]。其生产

流程中会产生多股高污染废水,主要包括:硝化反应阶段排放的酸性含硝基化合物废水;还原反应阶段生成的含甲苯二胺、氨氮及硝基化合物的混合废水;精制提纯过程的洗涤废水与生产设备辅助冲洗废水。该类废水具有强毒性、

难降解、高污染的典型特征,其中甲苯二胺、硝基甲苯等污染物对生物具有强急性毒性,少量排放即可能导致水生生物大量死亡;人体若接触或不慎摄入,会对肝肾组织造成严重损伤,扰乱造血系统与神经系统的正常生理功能,对生态环境、人体健康及生产安全构成多维度威胁,因此必须经过严格处理达标后才可外排^[4]。

本文以某甲苯二胺生产企业的废水处理工程为实际案例,详细阐述其处理工艺路线、工程设计参数及实际处理效果,为同类高难度工业废水处理工程的设计、研发及应用提供参考依据。

1 工程概况

该企业各生产工序产生的废水水质及水量详见表 1。

表 1 各生产工序废水水质

来源	废水量 (t/d)	COD (mg/L)	氨氮(mg/L)	特征污染物
硝化废水	约 240	12000~14000	<50	硝基苯类含量: 2000~2400mg/L
苯胺废水	约 140	6000~8000	800~1000	甲苯二胺、氨
提纯废水	约 70	1000~2000	<100	微量甲苯二胺
冲洗水	约 20	1000~2000	50~100	残留有机物

废水处理工程采用“两级低温沉降—调节池—低温湿式催化氧化—水解酸化—两级 A/O”组合工艺,确保排放水质符合《污水综合排放标准》(GB8978-1996)一级标准要求^[5],具体工艺流程见图 1。

工艺流程说明:

硝化废水来水温度约 70℃,经进水泵输送至低温沉降装置,通过循环水换热实现硝化废水降温,促使其中的硝基苯类结晶析出。结晶后的硝基苯借助自身重力沉降至设备底部锥形区域,当硝基苯累积至设定液位时,沉降器

自动停止进料,底部结晶态硝基苯实现自动回收,经专用磁力泵输送至 DNT 储罐,随后返回生产工序循环利用,硝基苯类物质回收率可达 80%~90%。

低温沉降系统的溢流水进入调节池,与苯胺废水充分混合均质,调节 pH 值至 3~4 后,由提升泵均质均量打入低温湿式催化氧化塔。通入蒸汽控制反应体系温度为 140~160℃、压力为 0.4~0.63MPa,在专用催化剂作用下投加双氧水开展高级催化氧化反应,高效去除废水中大部分 COD,分解硝基苯、苯胺等难降解有机污染物,显著提升废水可生化性。氧化反应后的出水经换热器与进水进行换热,实现余热回收并降低出水温度,调碱至中性后进入后续生化处理系统。该催化氧化系统区别于传统芬顿工艺,反应过程不产生化学污泥,有效减少二次污染,且有机污染物去除效率更具优势^[6]。

催化氧化出水与提纯废水、设备冲洗水混合后,首先进入水解酸化池,在厌氧微生物作用下降解大分子难降解有机物,提升废水生化降解性能;随后流入两级 A/O 硝化反硝化系统,深度去除氨氮与剩余 COD,确保废水达标排放。

沉淀池及二沉池产生的生化污泥,首先排至污泥储池暂存,随后通过板框式隔膜压滤机进行脱水处理,使污泥含固率达到 30%以上,最终外运处置。

2 主要工艺单元及参数

2.1 低温沉降设备

针对硝化废水硝基苯类含量高、自然冷却结晶分离难度大、人工清掏污染严重等问题,专门设计低温沉降回收设备,实现硝基苯类产品资源化回收,使废水中硝基苯类含量降至 300mg/L 以下。

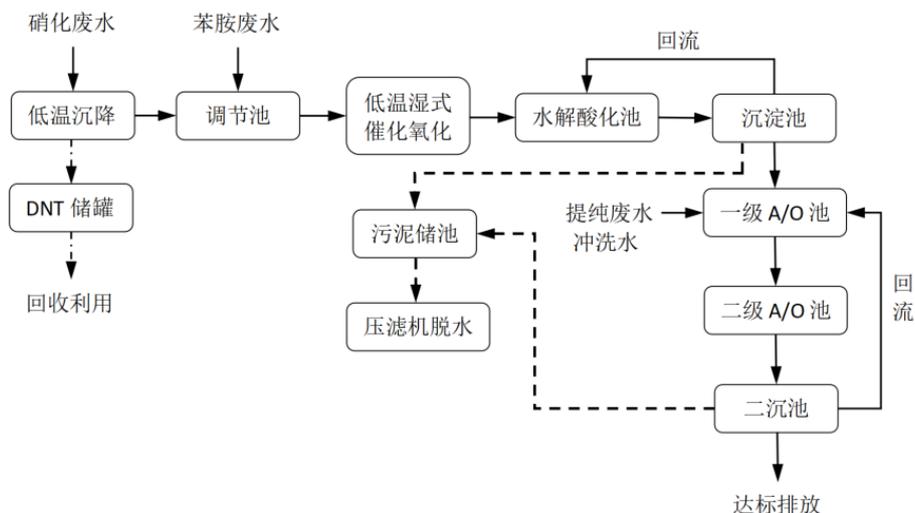


图 1 甲苯二胺生产废水处理工艺流程

设备配置为 2 台 316L 材质地上式沉降器，尺寸： $\phi 3000 \times 6000$ ，可根据实际处理负荷采用并联或串联运行模式；设备内部加装冷却盘管，通过循环冷却水实现 DNT 冷却结晶与废水的高效分离。配套设置 DNT 储罐及磁力输送泵，完成回收 DNT 的储存与生产工序回送。

2.2 调节池

采用半地下商砼结构设计，水池尺寸为 $10\text{m} \times 8\text{m} \times 5.5\text{m}$ ，有效池容 380m^3 ，设计 $\text{HRT}=24\text{h}$ 。配套安装潜水搅拌机保障水质均质，配置废水提升泵实现稳定输送，同时设置加酸调节装置精准控制废水 pH 值。

2.3 湿式催化氧化塔装置

由 1 台催化反应塔与 1 台氧化反应塔组成，均采用耐腐蚀钛材制作，设备尺寸为 $\phi 2.2\text{m} \times 10\text{m}$ ，反应塔有效容积 20m^3 ，设计 $\text{HRT}=2.5\text{h}$ 。催化反应塔内置专用高效催化剂，配套蒸汽加热装置控制反应温度 $140 \sim 160^\circ\text{C}$ 、压力 $0.4 \sim 0.6\text{MPa}$ ；出水端配置板式换热器，与进水进行换热实现节能降耗，附带碱加药装置将出水 pH 值调节至 $6 \sim 9$ 。

2.4 水解酸化池

半地下商砼结构矩形水池，尺寸为 $8\text{m} \times 4\text{m} \times 5.5\text{m}$ ，有效池容 160m^3 ， $\text{HRT}=8.2\text{h}$ ，设计上升流速 1.0m/h 。配置 2 台潜水搅拌机强化池内混合效果，促进厌氧微生物与有机污染物的充分接触。

2.5 斜板沉淀池

平面尺寸为 $4\text{m} \times 4\text{m}$ （长 \times 宽），有效水深 4.5m ，设计表面水力负荷 $1.4\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。斜板采用 PE 塑料材质，长度 1m ，内径间距 80mm ，安装水平倾角 60° 。配套污泥回流泵，将部分污泥回流至水解酸化池强化处理效果，剩余污泥排入污泥储池。

2.6 一级缺氧池

半地下商砼结构矩形水池，尺寸为 $16\text{m} \times 8\text{m} \times 5.5\text{m}$ ，有效池容 640m^3 ， $\text{HRT}=32.7\text{h}$ ，配置潜水搅拌机确保池内水质均匀混合。

2.7 一级好氧池

半地下商砼结构矩形水池，尺寸为 $25\text{m} \times 8\text{m} \times 5.5\text{m}$ ，有效池容 1000m^3 ， $\text{HRT}=51\text{h}$ 。设计污泥浓度 4000mg/L ，污泥负荷 $0.15\text{kgCOD}/(\text{kg MLSS} \cdot \text{d})$ ，气水比 $15:1$ ，一级好氧池回流到一级缺氧池的混合液为 200% 。

2.8 二级缺氧池

半地下商砼结构矩形水池，尺寸为 $6\text{m} \times 8\text{m} \times 5.5\text{m}$ ，有效池容 240m^3 ， $\text{HRT}=12.3\text{h}$ ，配套潜水搅拌机保障混合效果。

2.9 二级好氧池

半地下商砼结构矩形水池，尺寸为 $8\text{m} \times 8\text{m} \times 5.5\text{m}$ ，有效池容 320m^3 ， $\text{HRT}=16.3\text{h}$ ，二级好氧池至二级缺氧池的混合液回流比约 100% 。

2.10 二沉池

二沉池为矩形池，半地下设置，采用表面负荷为 $0.5\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 的钢筋混凝土结构，保障固液高效分离，污泥回流比 100% 。

2.11 污泥处理系统

包含地下商砼结构污泥储池（尺寸 $4\text{m} \times 4\text{m} \times 3.5\text{m}$ ，附带搅拌机防止污泥沉积）及板框压滤脱水机，可将污泥固含量提高至 30% 以上后外运处置。

2.12 加药间

砖混结构建筑，尺寸为 $6\text{m} \times 9\text{m} \times 3.5\text{m}$ ，内部合理布置酸、碱、氧化剂等各类加药装置及储存设施，满足工艺各阶段加药需求。

3 处理效果

对各工艺工段实际运行过程中的出水进行为期 30d 的连续取样检测，取平均值汇总于表 2。

表 2 各工段水质检测数据

工艺		COD(mg/L)	氨氮(mg/L)	硝基苯(mg/L)	苯胺(mg/L)	pH
低温沉降	进水	13524	20	2325	-	5.0
	出水	7890	16	286	-	5.2
调节池	进水	8020	956	12	650	6.5
	出水	7938	362	185	240	3.0
催化氧化	进水	7938	362	185	240	3.0
	出水	980	386	16	5	6.5
生化工艺	进水	983	331	12	4	6.5
	出水	78	9	0.6	0.1	7.2
排放标准		100	15	2	1	6~9

根据表 2 数据显示，低温沉降系统可回收 88% 的硝基苯类物质，大幅降低后续污水处理难度；催化氧化工段 COD 去除率达 87.5% ，有效分解难降解有机污染物，为后续深度处理提供良好基础。生化处理单元进一步将 COD 降至 100mg/L 以下，氨氮去除率高达 97.3% 以上，出水氨氮（ 9mg/L ）满足 15mg/L 以下的排放标准，硝基苯（ 0.6mg/L ）、苯胺（ 0.1mg/L ）也均符合限值要求，整套工艺处理效果稳定可靠。

成本核算结果显示，该废水处理工艺的吨水运行成本为 19.8 元，其中电费 1.2 元、药剂费 15.8 元、蒸汽费 2.8 元。同时，系统每日可回收 DNT 约 0.5t ，回收产品可直接返回生产工序循环利用，资源化价值显著。整套工艺在

保障处理效果达标的基础上,实现了处理效能与经济效益的协同优化,综合应用优势突出。

4 结论

本工程采用“两级低温沉降-湿式催化氧化-水解酸化-两级 A/O”组合工艺处理甲苯二胺生产废水,通过预处理阶段的资源回收与高级氧化降解,结合生化阶段的深度净化,实现了高毒性、难降解废水的达标排放。实际运行数据表明,该工艺对 COD、氨氮、硝基苯类及苯胺等污染物的去除效率优异,排放水质稳定且符合《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)一级标准。同时,DNT资源回收与余热利用设计降低了运行成本,兼顾环境效益与经济效益,可为同类甲苯二胺生产废水及高浓度难降解有机废水的处理提供工程参考。

[参考文献]

- [1]姚蒙正,程侣柏,王家儒.精细化工产品合成原理[M].北京:中国石化出版社,2000.
- [2]赵新强,王延吉.TDI 和 MDI 洁净合成方法的研究进展[J].化学通报,2001,11(4):201-205.

[3]唐培堃.精细有机合成化学与工艺学[M].北京:化学工业出版社,1986.

[4]马建军,杨霞.甲苯二胺制备技术国内外进展[J].聚氨酯工业,2008,19(4):5-8.

[5]国家标准局.GB8978-1996 污水综合排放标准[S].北京:中国标准出版社,1996.

[6]张宇,陈明,刘杰.湿式催化氧化技术处理高浓度有机废水的工程应用[J].化工环保,2023,43(3):321-326.

作者简介:张文晶(1987.6—),毕业院校:苏州大学,所学专业:高分子化学与物理,当前就职单位:天津高能时代水处理科技有限公司,职务:高级技术工程师,职称级别:高级工程师;刘寅阁(1986.8—),毕业院校:扬州大学,所学专业:环境工程,当前就职单位:天津高能时代水处理科技有限公司,职务:技术工程师,职称级别:高级工程师;朱倩(1991.1—),毕业院校:中国科学院大学,所学专业:物理化学,当前就职单位:北京高能时代环境技术股份有限公司,职务:高级技术工程师,职称级别:高级工程师。

征 稿

《工程建设》由新加坡Viser Technology Pte.Ltd. 主办，ISSN: 2717-5375 (印刷)。本刊长期以来注重质量，编排规范，选稿较严格，学术水平较高，深受高校教师及科研院所研究人员青睐。本刊为开源 (Open Access) 期刊，出刊的所有文章均可在全球范围内免费下载，文章被万方数据库、维普网等权威数据库收录。

期刊针对工程项目建设的全过程，重点报道工程建设过程的科研成果、先进技术、高效设备、新型材料、工程项目管理经验等，突出工程领域新技术、新工艺、新方法，反映建筑、市政、交通等工程领域新成果、新进展，促进工程技术行业的交流与成果展示，为推动国际工程技术和科学技术发展服务。

《工程建设》期刊的主要栏目有：

工程管理、建筑工程、市政工程、机械工程、石油工程、矿山工程、冶金工程、路桥交通、勘察测绘、施工技术、建筑设计、节能环保、材料科学等。

鼓励工程建设各领域的专业技术人员和管理干部以及大专院校相关专业的师生和科研人员来稿，有关国家科技计划、自然科学基金和各种部门、地方、院所科技基金资助项目的文章优先发布。

征文格式与要求：

(1) 论文要求：论点新颖，论证充分；设想可行，结论可靠；条理分明，书写清楚，用字规范，上交电子文件 (word格式)。

(2) 论文格式：题目、作者姓名、工作单位、省份及邮政编码、中英文内容摘要 (150字符-300字符为宜) 及关键词 (3-5组为宜)、正文、参考文献。(附个人简介、邮箱、联系方式及详细收件地址，如：省、市、区、路)。

(3) 论文篇幅：字符数要求在5000-8000字符之间。

投稿网址：www.viserdata.com



Viser Technology Pte. Ltd.

公司地址

195 Pearl's Hill Terrace, #02-41, Singapore 168976

官方网站

www.viserdata.com

