



www.viserdata.com

工程建设

ENGINEERING CONSTRUCTION

月刊

■ 主办单位: Viser Technology Pte.Ltd.

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

万方数据库收录

RCCSE权威核心学术期刊

2025 **6**

第8卷 总第76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6期（总第76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：6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

建筑工程管理和施工质量控制措施探究.....	黄子铭 1
浅议审核土建预算注意事项与控制策略.....	孙海妹 5
建筑安全管理工作中存在的不利因素及相关对策.....	谢 川 8
精细化管理模式在房建工程项目管理中的应用分析	茹艳秋 王鹏荣 11
信息化环境下建筑工程管理的思考与实践研究	裴彦龙 14
浅谈建筑工程造价审核的技巧和方法.....	张 铭 17
建设工程质量监督风险管理与预警机制研究 ...	李 敏 20
浅谈道路桥梁工程中造价动态管理与控制分析	闵 亮 23
建筑施工管理安全问题和管理措施研究	李勃郎 26
建筑工程管理和施工质量控制措施解析	范 翔 29
建筑施工过程中的安全管理方法及价值	田彦民 32
建筑项目管理的进度管理与控制研究.....	黄一峻 35
对建筑工程施工技术及质量控制策略研究	黄晓娟 38

建筑工程

新时代下建筑工程地基基础检测工作研究	张 欢 41
高层建筑沉降监测方法及数据处理优化研究 ...	刘叶兵 44
混凝土结构钻芯法强度检测精度影响因素分析	杨 英 48
建筑工程施工技术及施工管理要点研究	马 涛 51
建筑电气施工过程中的常见问题与解决对策 ...	刘庆国 54
浅析现浇结构施工中的质量影响因素及控制	王作柱 57
建筑工程主体结构混凝土强度检测研究	赵 亮 60
建筑工程项目进度与成本双重控制策略研究	管颢帆 63
高层建筑管道井火灾智慧防控技术研究——从设计、运维到扑救的系统集成	刘湘辉 66
智能化技术在建筑工程管理中的应用	田彦民 70
智能化检测技术在工程质量监督中的应用效能与标准化研究	汤 霞 73
剪力墙结构在高层住宅建筑中的应用	唐华岳 76

浅析建筑工程地基基础检测的重要性和关键技术.....	
..... 李云鹏 81	
建筑材料碳化深度检测技术与耐久性评估关系研究	
..... 赵 伟 84	

市政工程

市政给排水工程施工存在的不足及处理措施.... 李 成 88	
市政道路工程检测技术与应用研究..... 陈承宇 91	
基于价值工程的下开堰与旋转堰式智能分流井比较分析	
..... 张 磊 95	
钢筋混凝土框架结构在公共基础设施建设中的应用	
..... 唐华岳 98	
市政工程管理的影响因素与解决对策..... 华月玲 102	

机械工程

定压差阀在液压系统的应用研究..... 陈献华 105	
机械电子安全风险预警监测要素确定方法..... 张丰收 108	
电气工程及其自动化的认识及未来发展方向探析.....	
..... 刘登伟 111	
机电设备驱动下压力容器密封性能优化及试验研究	
..... 辛丹丹 114	
氢燃料发动机关键技术研究..... 袁华强 118	

石油工程

石油化工装置技术管理体系优化与运行机制研究.....	
..... 陈潘龙 薛博杰 121	
石油化工过程优化与节能减排技术管理实践研究	
..... 薛博杰 陈潘龙 125	

矿山工程

露天采矿工程中的采矿技术与施工安全..... 王应明 128	
井中地球物理方法在矿体定位中的联合应用研究.....	
..... 高树林 131	
探究矿山地质环境现状与生态修复技术的应用	
..... 林有全 134	
水液压技术在煤矿支护装备中的应用及展望.. 张东辉 137	

路桥交通

山区公路路线设计思路及选线方法研究..... 田永强 140	
公路路基压实度试验检测方法对比与实践..... 卫敏婷 144	
公路工程中软土路基换填施工技术研究..... 郑伟波 147	
BIM 技术在桥梁工程设计与施工中的应用	
..... 刘海龙 150	
路桥工程施工对交通流影响分析及管控措施.. 全孟园 153	

勘察测绘

基于 BWO-SVM 的地下水水位预测	
.....王颖慧 李佳丽 刘弋琿 156	
基于遥感监测的退化林地更新造林成效动态评估方法研究	
..... 王力鹏 160	
计量检测中压力表的误差分析与修正技术..... 张 军 163	
房产测绘在不动产登记中的应用与探索	
..... 张 昶 166	

施工技术

基于 BIM 技术的施工质量与安全协同管理研究.....	
.....卓 庆 付新民 卓 彬 169	
复杂结构建筑施工中模板支撑系统的设计与安全分析.....	
..... 赵 言 173	
建筑工程施工技术质量的控制措施分析..... 李中平 176	
X 加氢装置 A335P22 裂纹返修..... 王海风 179	

建筑设计

43m 跨度钢桁架栈桥的设计	
..... 杨 静 183	
不规则高层建筑结构设计要点研究..... 隋勇强 187	

节能环保

变频技术在暖通空调系统中的应用与节能效果分析	
..... 李 雪 190	
冷库制冷工艺设计简化和节能的探讨	
.....王婵君 常广勋 王明章 193	

材料科学

复合外加剂对早强型 ECC 的自收缩调控研究	
.....余志辉 陈泽辛 刘文化 夏 涛 张 勇 196	

建筑工程管理和施工质量控制措施探究

黄子铭

广西梧州金鼎实业有限公司, 广西 梧州 543002

[摘要]建筑行业在我国国民经济发展中占据着举足轻重的地位。随着建筑业现代化进程的不断推进和行业规模的持续扩大,施工质量作为工程建设中的核心因素,其重要性日益凸显。为了保障建筑工程项目能够严格依照设计规范实施,提升施工质量和工程效益,确保项目竣工后的安全性和使用功能,有必要不断加强对施工全过程的管理与控制。因此,深入分析施工质量管理的重要性,识别实际管理中存在的主要问题,并探索切实有效的质量控制措施,对于推动建筑工程高质量建设、提升行业整体水平具有重要现实意义。

[关键词]建筑工程; 工程管理; 施工质量; 质量控制; 控制措施

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17259

中图分类号: TU712

文献标识码: A

Exploration on Construction Project Management and Construction Quality Control Measures

HUANG Ziming

Guangxi Wuzhou Jinding Industrial Co., Ltd., Wuzhou, Guangxi, 543002, China

Abstract: The construction industry plays a crucial role in the development of China's national economy. With the continuous advancement of modernization in the construction industry and the continuous expansion of industry scale, the importance of construction quality as a core factor in engineering construction is becoming increasingly prominent. In order to ensure that construction projects can be strictly implemented in accordance with design specifications, improve construction quality and engineering efficiency, and ensure the safety and functional use of the project after completion, it is necessary to continuously strengthen the management and control of the entire construction process. Therefore, in-depth analysis of the importance of construction quality management, identification of the main problems in actual management, and exploration of practical and effective quality control measures are of great practical significance for promoting high-quality construction of construction projects and improving the overall level of the industry.

Keywords: construction engineering; engineering management; construction quality; quality control; control measures

引言

在现代建筑行业持续快速发展的大背景之下,建筑工程项目往往呈现出诸多特点,像是规模颇为宏大、结构相对复杂、工期显得较为紧张,而且参与其中的单位数量也比较多等。如此一来,这便对工程管理以及质量控制提出了更高的要求。建筑工程管理不但和项目的投资效益、工期控制以及资源配置有着紧密联系,而且还会对施工质量以及建筑物的安全性能产生直接影响。施工质量控制属于关键环节,其能够确保建筑工程满足设计标准、具备使用功能并且符合安全要求,是达成工程可持续发展以及保障人民生命财产安全的重要保障所在。不过,在实际施工进度当中,依旧存在着质量标准落实不够到位、施工过程管理比较薄弱、技术手段相对滞后等一系列问题,进而使得工程质量隐患不断出现,甚至会引发安全事故。所以说,深入且细致地去研究建筑工程管理与施工质量控制的相关措施,以此来提升项目整体的管理水平以及施工质量,已然成为建筑行业迫切需要去解决的一个重要课题。本文将会围绕技术方案的优化、新技术的应用、施工过程的控

制以及质量管理制度的建设等诸多方面展开系统的分析,去探寻那些切实可行的管理策略以及质量控制方法。

1 建筑工程管理及施工质量控制的重要性

建筑工程管理以及施工质量控制在整个工程建设进程里有着极为重要的地位,它和工程的安全性、耐久性、功能性以及经济效益息息相关。随着我国城市化进程不断加快,基础设施建设持续推进,建筑工程的规模变得越来越大,结构形式也变得更加复杂,这就对工程管理水平以及质量控制能力提出了更高的要求。优秀的工程管理可以对各项施工资源加以统筹协调,提高施工效率,降低工程成本,同时也有助于实现施工过程的有序组织与规范运行。而科学的质量控制体系,是保证建筑物使用寿命和功能得以实现的关键因素,它能有效防止质量事故的发生,减少返工以及安全隐患,增进公众对建筑产品的信任。

2 影响建筑工程管理及施工质量控制的因素

2.1 技术因素

2.1.1 施工技术水平

在建筑工程管理以及施工质量控制进程里面,施工技

术水平属于决定工程质量好坏的重要关键因素之一。施工技术包含了施工工艺、操作方法、技术装备还有技术人员的技术熟练程度等诸多方面，其水平的高低会直接对建筑结构的稳定性、施工过程的顺畅性以及最终工程的成品质量产生影响。当下一些建筑工程当中依旧存在着技术手段较为落后、施工方法不够规范、技术应用不彻底等问题，这些问题很容易致使质量缺陷出现，像是结构连接不够牢固、施工偏差超出标准、材料性能没有得到充分施展等等。

2.1.2 技术管理机制

技术管理机制在保障建筑工程能够顺利推进以及工程质量处于可控状态方面，称得上是极为重要的支撑体系。该机制包含了从施工图纸的审查环节、技术交底的相关事宜、施工过程中的控制工作一直到技术变更管理等诸多环节，并且贯穿于整个工程建设的全过程当中^[1]。不过，在实际开展工程管理工作的过程当中，有一部分项目存在着技术管理机制不够健全、职责划分不够清晰明确、技术资料不完备等一系列的问题，这就使得在施工期间技术指导无法切实到位、技术交底仅仅流于表面形式而已、对于技术问题的响应也常常不够及时，最终对施工质量控制的有效性产生了颇为不利的影响。

2.2 人员因素

人员方面因素在建筑工程管理以及施工质量把控环节当中占据着极为关键的地位，它会径直对施工流程的规范程度以及工程质量最终所呈现出的效果产生影响。施工现场的那些工作人员，像项目经理、技术人员还有身处一线的施工工人等，他们的专业技能水平、责任方面的意识以及团队协作的能力，将会决定施工环节是否能够严格依照设计以及规范方面的要求来加以执行。要是人员素质有所欠缺或者管理举措不到位，那么就很容易引发质量问题。就好比某住宅小区建设项目的实际情况，在此项目里，因为施工队伍对于钢筋绑扎规范缺乏相应的理解，致使部分区域的钢筋间距并不符合设计所规定的标准，进而使得混凝土结构出现了裂缝的情况，后续还不得不开展大规模的返工操作，如此一来便耽误了工期，同时也增加了成本。

2.3 管理因素

2.3.1 项目管理制度的健全性

项目管理制度的健全与否在建筑工程管理以及施工质量控制方面占据着极为关键的地位，其与工程各项工作的开展效率以及质量控制的系统性存在着直接关联，在部分工程项目当中，管理制度存在不完善的情况，执行标准也并非统一，职责分工不够清晰明确，这些问题比较明显，致使管理流程陷入混乱状态，各个环节之间的衔接也不顺畅，如此一来便容易滋生施工组织失序、材料使用不规范以及现场监管缺失等一系列质量隐患，并且制度不健全还可能让质量问题的反馈与处理机制出现不畅的情况，难以构建起有效的质量闭环管理，最终会对整个项目

的质量控制成效以及管理水平产生影响。

2.3.2 质量控制流程的规范性

质量控制流程具备规范性这一点，在建筑工程管理领域里，乃是确保施工质量能够维持稳定并且具备可追溯性的关键保障所在。其涉及到多个阶段，包含施工前开展的质量策划工作、施工过程中实施的质量检查以及相关记录事宜，还有竣工之后进行的质量验收以及评估等方面。在实际推进项目的过程当中，倘若质量控制流程不够规范，比如质量标准在制定时不够清晰明确、检查的频次以及所采用的方法较为随意、质量记录存在缺失或者记录内容并不真实等情况出现，那么往往会致使质量问题很难被及时察觉到，并且也难以得到有效妥善的处置，进而对整体工程的质量水平产生影响。

3 建筑工程管理及施工质量控制的有效策略

3.1 技术方案优化

在建筑工程管理以及施工质量控制期间，技术方案的优化属于提高施工效率、降低工程成本并且确保工程质量的重要举措。经由对施工工艺流程、材料挑选、设备配置以及施工组织等方面展开综合优化，可有效防止施工过程中出现的质量缺陷以及管理漏洞。比如在结构施工阶段，依据不同的地质条件与设计的要求，合理地去选择基础形式，像筏板基础、桩基础等等，同时选用合适的施工方法，这能够提升结构的安全性以及稳定性^[2]。与此凭借 BIM 也就是建筑信息模型等数字化技术手段来开展施工模拟以及冲突检查，这不但提升了施工方案的科学性，而且大幅度减少了返工以及材料浪费的情况。

下表列出了几种常见施工环节的技术优化措施及其预期效果：

表 1 常见施工环节的技术优化措施及其预期效果

施工环节	优化措施	预期效果
地基处理	采用复合地基技术（CFG 桩、碎石桩等）	提高地基承载力，减少沉降，提高施工效率
钢筋工程	使用成型钢筋笼、机械连接技术	提高安装精度，缩短施工周期，减少人工误差
混凝土浇筑	引入商品混凝土，使用泵送浇筑技术	确保配比准确，提高施工进度，保障成型质量
脚手架系统	应用新型盘扣式脚手架系统	提高搭设效率与安全性，降低搭拆劳动强度
水电安装	管线预埋采用 BIM 模拟布置	减少管线交叉冲突，提升施工协调性
防水工程	使用喷涂速凝橡胶沥青防水涂料	提高防水层粘结性能和施工适应性，降低渗漏风险

3.2 新技术应用

在建筑工程管理以及施工质量控制方面，运用新技术能够切实有效地提升施工效率，降低错误发生的几率，进而促使质量得以提升。举例来讲，BIM 也就是建筑信息模型这项技术，其能够在电脑上预先构建起三维建筑模型，

如此一来便能够助力设计人员以及施工人员察觉到图纸当中存在的各类问题,从而防止出现返工的情况。无人机可应用于施工现场展开巡视以及拍照工作,这无疑能够让管理人员较为便捷地随时掌握现场的实际状况。物联网技术借助于安装传感器这一方式,可以对混凝土的温度、湿度等一系列关键数据予以实时监测,以此来辅助把控施工质量。除此之外,AR增强现实技术还能够在施工培训环节发挥作用,从而促使工人操作的准确性得以提高。就好比在某写字楼建设项目的实施过程中,施工单位就运用了BIM技术来开展设计以及施工管理工作。凭借三维建模的操作手段,项目团队提前察觉到了管线布局存在冲突的相关问题,并且及时针对设计做出了相应调整,如此便成功避开了施工过程中可能出现的中断以及返工等不利情形。

3.3 加强施工材料的管理

3.3.1 采购管理

强化施工材料的采购管理工作,这无疑属于保障建筑工程质量的关键环节之一,其重要程度可见一斑,因为它和工程用材是否合规、性能是否稳定以及后续施工质量是否可靠都有着极为紧密的关联。在开展采购工作的整个过程中,务必要严格依照国家层面以及行业领域所制定的相关标准与规范来行事,去精心挑选那些拥有相应资质认证并且信誉良好的供应商,以此来保证所采购来的材料能够切实契合设计方面的要求以及质量方面的标准。与此采购管理还涵盖了针对材料规格、数量以及价格等诸多方面展开的科学把控举措,唯有如此,才能够防止出现因材料质量达不到规定标准或者数量不够的情况而对施工进度以及工程质量产生不利影响的状况。除此之外,采购流程本身应当具备足够的透明度以及较强的可追溯特性,要着力构建起较为完善的验收以及质检方面的制度体系,对于进入到施工现场的各类材料都得实施严格的检验操作以及细致的抽样检测工作,从而确保每一批材料在正式投入使用之前都能够实实在在地达到既定的质量标准要求。

3.3.2 储存管理

施工材料的储存管理属于保证建筑工程质量的关键环节,合理的储存方式能够防止材料受损、变质或者被污染,还能保障材料在施工中的及时使用。储存管理需要依据不同材料的性质以及使用需求来制定存放办法和环境条件,像易受潮、易腐蚀、易燃易爆的材料就需要采取防潮、防腐蚀、防火等措施,严格控制储存环境的温度、湿度以及通风情况^[3]。要合理规划仓库空间,做到分类存放且标识清晰,保证材料存取有条不紊,防止混杂和误用。

3.4 注重施工现场的质量控制

3.4.1 严格执行施工技术标准与规范

严格执行施工技术标准与规范,这是确保建筑工程质量的一项基础性工作,也是施工现场质量控制当中的关键环节所在。施工技术标准与规范清晰地规定了各类建筑材

料的具体使用要求、施工工艺流程、操作规范以及检验验收标准,以此来指导施工人员依照科学合理的方式去开展施工活动,从而避免出现随意性操作以及技术方面的偏差情况。在实际的施工进程当中,要是能够全面且切实地贯彻执行相关的标准与规范,那么一方面能够有效地防止施工缺陷以及质量事故的发生,另一方面还能够确保工程结构具备安全性以及耐久性。

3.4.2 加强现场质量巡查与问题整改

强化现场质量巡查以及问题整改事宜,这无疑属于促使建筑工程施工质量得以持续获得提升的关键环节所在。借助于系统性的现场巡查举措,施工管理人员便可以及时察觉到在施工进程当中所存在的诸如质量隐患、技术偏差以及操作不够规范等一系列问题,进而有效避免那些小问题进一步演变成重大质量方面的事故情况出现。现场质量巡查务必要涉及到施工材料、施工工艺、设备使用以及安全防护等诸多不同方面,务必达成全面、细致且精准的巡查效果。与此针对所发现的各类问题,必须要构建起快速的反应机制,清晰明确地确定整改责任人、整改方案以及整改时限等内容,从而保证每一个质量缺陷都能够得到切实有效的整改处理并且实现闭环式的管理状态。

3.5 不断完善制度体系

不断完善制度体系对于提升建筑工程管理水平以及施工质量控制效果而言,无疑是关键的保障所在。完善的制度体系能够给工程项目的各个不同环节给予清晰明确的操作规范以及管理标准,以此来规范各方所应承担的职责与拥有的权限,从而保证在工程建设进程当中,各项管理行为都能够做到有章可依循。随着工程项目自身复杂程度的不断增加以及技术要求的不断提升,原有的管理制度或许会出现一些漏洞,又或者会存在不契合新的形势发展状况的情形。唯有借助持续不断地对制度加以修订并予以优化,才能够有效地去应对施工过程当中冒出的新问题以及面临的新挑战。完善制度体系所涵盖的内容不只是质量管理制度这一项,它还涉及安全管理、材料采购、人员培训、施工工艺控制、验收流程等诸多方面,进而构建起一个能够全面覆盖并且层层落实到位的管理网络。

3.6 提高工作人员的个人能力

提升工作人员的个人能力,对于提高建筑工程管理和施工质量控制水平而言,有着十分重要的保障作用。建筑施工会涉及到多种专业技术以及复杂的工序,工作人员的技能水平以及综合素质,会对施工质量以及工程进度产生直接的影响。通过强化对施工人员展开专业培训、给予技术指导以及开展职业素养培育等工作,持续提升他们的业务能力以及质量意识,如此便能够有效地降低因操作不妥当或者理解出现偏差而引发的质量问题^[4]。与此鼓励员工去掌握最新的施工技术以及管理方法,以此来增强他们应对现场突发问题的能力,进而提升团队协作以及沟通方

面的效率。

3.7 加强对工程质量验收工作的管控力度

加强对工程质量验收工作的管控力度,可确保建筑工程质量符合设计以及规范方面的要求,这属于极为重要的保障措施。工程质量验收一方面是对施工成果予以最终检验,另一方面也是质量控制体系的关键构成部分,它直接牵涉到工程是否能够安全且稳定地投入使用。要强化管控力度,得从验收标准的制定、验收程序的规范、验收人员的资质把控以及验收记录的管理等多个方面去全面提升。需依照国家以及行业相关的规范来制定科学且合理的验收标准,务必要让验收内容能够将关键工序以及重点部位全都涵盖进去。接着,要把验收流程完善起来,要清晰明确各个阶段验收的具体时间节点以及相应的责任主体,施行分阶段验收和最终验收相结合的方式,如此才能防止出现盲区以及漏洞。

下表为工程质量验收管控的主要措施及对应内容示例:

表2 工程质量验收管控的主要措施及对应内容

措施类别	具体内容	预期效果
验收标准制定	依据最新国家规范及工程实际情况制定详细标准	规范验收范围,覆盖所有关键环节
验收流程规范	明确分阶段验收步骤及责任分工	确保验收工作系统有序进行
验收人员管理	配备具备资质的专业验收团队,定期培训更新知识	提高验收准确性和专业性
记录与反馈管理	完善验收档案管理,建立问题反馈与整改机制	实现质量问题闭环控制,提升质量水平

4 结语

建筑工程管理以及施工质量控制对于确保工程能够顺利竣工以及保障建筑在使用过程中的安全是极为重要的。当下,工程项目呈现出日益复杂的态势,在这样的情况之下,就需要持续对管理方法加以改进,引入新的技术手段,强化对施工全过程的把控力度,并且进一步完善质量管理体系。唯有如此,才能够促使施工质量得以提升,施工效率获得提高,同时还能有效减少各类问题以及安全隐患的出现。在后续的日子里,建筑行业应当持续强化管理方面的相关工作以及技术的应用情况,以此来推动建筑工程朝着更高的质量标准去发展。

[参考文献]

- [1]李静媛.建筑工程管理和施工质量控制措施研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025(11):47-49.
- [2]李娜,张亚涛,徐鹏飞.建筑工程管理及施工质量控制措施研究[J].城市开发,2025(1):145-147.
- [3]黄文欣.建筑工程管理及施工质量控制的有效策略探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2025(7):31-33.
- [4]吴筱夏.建筑工程管理及施工质量控制的有效对策[J].城市开发,2024(13):134-135.

作者简介:黄子铭(1997.12—),毕业院校:重庆大学,所学专业:土木工程,当前就职单位名称:广西梧州金鼎实业有限公司,单位职务:职员,职称级别:助理工程师(初级)。

浅议审核土建预算注意事项与控制策略

孙海妹

航天规划设计集团有限公司, 北京 102600

[摘要]随着市场经济持续向前发展,建筑行业的竞争变得愈发激烈起来,在这样的环境下,建筑企业若想实现自身可持续发展,并且获取到最大的收益,那么就必须要进一步强化建筑工程预算方面的管理工作。在工程预算管理当中,土建预算是属于其中的重要组成部分之一,它的质量好坏会直接影响到整个工程预算的准确程度,同时也与企业财务管理的规范性有着密切的关系。所以说,对于土建预算在施工过程当中的审核以及控制工作,务必要给予高度的重视,要仔细深入地分析预算环节里面有可能存在的各种风险以及不利因素,并且要及时地采取行之有效的控制举措,以此来最大限度地保障土建预算工作的科学性与准确性。

[关键词]审核土建预算; 注意事项; 控制策略

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17255

中图分类号: TU723.3

文献标识码: A

Brief Discussion on Precautions and Control Strategies for Reviewing Civil Engineering Budgets

SUN Haimei

Aerospace Planning and Design Group Co., Ltd., Beijing, 102600, China

Abstract: With the continuous development of the market economy, competition in the construction industry has become increasingly fierce. In such an environment, if construction enterprises want to achieve their own sustainable development and obtain maximum profits, they must further strengthen the management of construction project budgets. In project budget management, civil engineering budget is one of the important components, and its quality directly affects the accuracy of the entire project budget. At the same time, it is closely related to the standardization of enterprise financial management. It is necessary to attach great importance to the review and control of civil engineering budget during the construction process, carefully and deeply analyze various risks and unfavorable factors that may exist in the budget process, and take effective control measures in a timely manner to maximize the scientificity and accuracy of civil engineering budget work.

Keywords: review civil engineering budget; precautions; control strategy

引言

随着建筑行业持续快速发展,工程项目规模也在不断扩张,土建预算在工程造价管理里属于重要部分,其准确性与合理性对项目成本控制以及资金使用效率有着关键作用,土建预算审核是预算编制环节的关键点,它不光是对预算数据进行核实把关,还是保障工程投资科学合理、防止资源浪费以及控制项目风险的重要办法。当下土建预算审核进程中依旧有不少问题,像审核人员专业素质差异大、审核流程不规范、预算细节核查不到位以及预算复核重视不够等,这些问题很容易出现预算偏差,进而影响工程造价合理控制,对此深入剖析土建预算审核的注意事项,探寻有效控制策略,对于提高预算审核质量、优化预算管理体系有重大意义,本文会结合实际工作经验与行业现状,全面阐述土建预算审核的重要性,分析审核过程里的主要问题并给出针对性控制策略,期望给相关从业人员提供理论指导与实践参考,推动土建预算审核工作科学化、规范化,推动建筑项目高效运行、经济效益最大化。

1 土建预算审核的重要性

土建预算审核在工程建设期间有着极为关键的作用,

其一方面把控着工程造价,确保投资效益,另一方面推动项目管理走向规范化与制度化。严格审核土建预算,能精准找出编制阶段出现的诸多问题,像工程量算不准、项目缺项、定额套用不妥当、材料和人工单价虚高等等,如此一来便能防止预算失真致使项目投资变得盲目且随意。而且,预算审核还是建设单位做出投资决策的重要参考,可清晰明确建设目标,合理配置资源,提升资金使用效率。土建预算审核的过程,技术层面的复核自不必说,更体现出对项目管理水平的严峻考验,它是达成工程成本可控制、计划可施行的重要保证。强化预算审核,还能规范工程建设行为,遏制腐败现象发生,促使建设单位、施工单位以及第三方机构之间相互协调并彼此监督,提高工程整体的经济性与安全性。所以,扎实做好土建预算审核工作,对于提高工程质量、降低建设风险、实现精细化管理而言,有着极为重要且长远的意义。

2 审核土建预算的注意事项

2.1 审核人员的专业水平有待提高

从当前建筑行业土建预算审核的实际情况来看,审核人员整体专业水平较低,兼具扎实理论知识与丰富实践能

力的高素质人才稀缺,且缺乏系统性和整体性的培养,具体表现为以下几个方面。首先,土建预算审核人员的任职门槛偏低,许多建筑企业管理层未能充分认识到预算审核工作的关键性,人员配备随意,常常指派专业能力不足的员工担任审核职务,导致审核过程中频繁出现失误,难以发挥应有的监督和把关作用^[1]。其次,缺少系统且持续的专业技能培训,一方面企业未能为审核人员提供足够的培训机会,另一方面审核人员自身缺乏主动学习意识和能力,导致业务水平难以提升。

2.2 审核细节有待完善

在土建预算审核期间,审核时细节方面的问题经常被忽略掉,如此一来,预算得出的结果就会存在一定程度上的偏差。在实际操作当中,部分审核工作仅仅只是停留在宏观层面,并没有针对具体项目的构造情况、节点的处理方式以及分项工程量等具体内容展开细致的核查,特别是在对一些小型构件、附属设施或者特殊施工工艺进行预算审核的时候,要是细节处理得不够妥当,那往往就容易出现漏项的情况,还可能产生重复计价的情况,亦或是工程量计算出错。对于施工图纸里面变更的部分,还有设计说明和预算内容是否一致的审核,也常常会因为对细节关注不够而出现偏差。这样的情况既会对预算的真实性以及合理性产生影响,也会给后续的施工阶段埋下造价方面争议的隐患。

2.3 预算复核重视程度有待加强

在土建预算审核的具体操作过程当中,预算复核这项工作常常没有得到它本该获得的重视程度,如此一来,就致使部分预算结果在尚未经过充分的验证程序的情况下,直接就被当作工程造价方面的依据来使用了,这无疑给后续的建设管理工作埋下了一定的风险隐患。部分单位在开展审核工作的过程里面,存在着流程被人为简化、审核层级较为单一等一系列问题,这些问题的存在使得复核环节仅仅只是走个过场而已,并且还缺乏针对初步审核结果所进行的再一次确认以及相应的数据校验工作,特别是在像工程量计算、定额选用还有费用分项这样的关键节点方面,如果复核工作不到位的话,那么原有的错误就很有可能会持续延续下去,进而对预算的准确性以及工程成本控制的严谨性都产生影响。除此之外,因为时间方面比较紧张或者人员安排得不够合理,复核工作经常会被压缩时长甚至是直接被省略掉,这就使得预算成果缺少了系统性的质量保障措施。

3 审核土建预算的控制策略

3.1 加强全面审核力度,严格控制工程造价

强化全面审核的力度,这可是达成对工程造价严格把控的关键步骤,同时也是保证项目投资具备合理性以及获取良好经济效益的重要举措。全面审核不但要针对土建预算里的各个构成部分展开细致且系统的查验,而且得贯穿

于整个预算编制流程之中。从设计图纸在准确性以及完整性方面的情况、工程量按照科学方式来计算的情形、定额依照规范进行套用的状况、材料价格是否合理的考量、人工以及机械费用真实性与否的审视,一直到各项费用在合规性以及合理性方面的检验,务必要保证每一个细微之处都不会出现被忽视或者被低估的现象。具体来讲,全面审核应当着重留意设计变更环节、签证费用相关方面以及隐蔽工程这类容易滋生预算偏差的地方,借助严格地比对设计图纸和预算数据,从中找出并纠正由于设计做出调整而产生的预算方面的误差。与此要结合当下的市场行情以及以往的历史数据,对材料价格和人工价格展开动态化的评估,以此防止预算因为价格出现波动而变得失真^[2]。全面审核还需看重预算和合同条款、施工方案、施工进度等多个不同方面达成协调一致的状态,从而确保预算可以真实地反映出施工的实际状况,避免因预算和实际情况不相符而引发资金遭到浪费或者出现工程方面的纠纷。为了使审核的质量以及效率得以提升,在现代的工程管理当中,越来越多地去引入像 BIM 技术以及造价管理软件这类信息化工具,通过这些工具来实现对预算数据的自动核对以及多维度的分析,进而减少人为可能出现的疏漏情况,让审核工作的科学性以及精准度都得到提高。

3.2 重点环节重点审核,降低审核工作压力

在土建预算审核方面,施行将重点环节予以重点审核的策略,这无疑是提高审核效率、保障审核质量的一种行之有效的方法,同时也是切实降低审核人员工作压力的一项关键举措。土建预算所涵盖的内容数量颇多,其中细节颇为繁杂,还涉及到多个不同的专业领域,在此情况下,若要全面且均等地去投入审核资源,这既不符合实际情形,也很难取得最佳的审核效果。通过借助科学手段来识别出预算当中那些对整体造价有着较大影响、技术难度相对较高亦或是风险较为集中的关键环节,像主体结构工程、基础施工环节、大宗材料采购环节、复杂施工工艺以及高价项目等,如此便能够达成对预算审核的精准聚焦目的。就这些重点环节而言,应当细致核查设计图纸与预算数据是否保持一致,严谨复核工程量计算是否合理,详尽审核定额套用是否规范,同时要着重关注材料价格在市面上的合理性以及人工机械费用的真实性,以此来防范出现虚高定价、漏项以及重复计价等情况。与此对于那些金额占比相对较小、技术难度较低且规范较为明确的次要环节,就可以采用抽查的方式,或者简化其审核流程,甚至依据以往的历史经验给予合理的放宽处理,这样既能节省人力和物力资源,又能避免出现无效劳动以及资源浪费的现象。这种存在差异的审核办法,一方面有效缓解了审核人员的工作负担,另一方面减少了重复劳动情况的发生,而且还能够聚焦于核心内容,提升审核工作的深度与精度,进而确保关键造价风险点能够得到妥善有效的控制。除此之外,

要是能结合现代信息化管理工具,比如预算软件以及 BIM 技术等辅助手段加以运用,那么就能实现对重点环节的动态监控以及相关数据的分析,从而进一步提高审核工作的科学性与针对性。

3.3 分析审核内在联系,提高审核工作效率

在土建预算审核期间,细致剖析各个审核环节彼此间的内在关联,这是提高审核效率以及准确性的重要方面。土建预算涵盖设计图纸、工程量计算、定额套用、材料价格核实、人工和机械费估算等诸多环节,这些环节互相关系、关联密切,若其中任何一个环节出现疏忽或者出错,都有可能致使整体预算产生偏差。对各环节的信息流和逻辑关系加以系统地梳理与整合,可达成审核工作有机的衔接以及高效的协同。比如,设计变更会对工程量和材料需求产生直接影响,而定额的合理选用跟人工和机械费用的准确核算有着紧密联系,材料价格的波动需要对预算数据进行动态调整。只有充分认识到这些内在联系并且加以利用,审核人员才能够防止出现重复劳动以及信息孤岛的情况,能够及时察觉预算里的异常以及潜在的风险,提升对问题定位的精准程度。借助信息化手段,像 BIM 技术以及预算管理软件,把各环节的数据集成到统一的平台上,推动数据的共享以及实时更新,让审核过程变得更加透明且智能化,如此一来便能大幅度缩短审核周期,提高整体的工作效率^[3]。再进一步讲,通过构建跨部门、多专业的协作机制,强化设计、预算编制与审核人员之间的沟通交流,这不但能促进信息的及时传递以及反馈,而且还能形成科学合理的审核闭环,增强预算审核的综合判断能力。

3.4 加强人员培训与制度建设

强化人员培训以及推进制度建设,这二者对于提高土建预算审核的质量与效率而言,着实是极为关键的保障要素。人员在预算审核这项工作当中,称得上是核心的力量所在。唯有持续不断地提升审核人员的专业素养,同时让他们实务操作的能力也得以不断提升,如此这般,才能够契合那复杂且多变的工程造价管理方面的种种需求。就预算审核所具有的技术性以及规范性这些特点来讲,培训应当是系统化的,其内容需要包含造价理论、相关的法律法规、施工工艺、预算编制的方法以及新兴的信息化工具的应用等诸多方面,以此来强化审核人员对于预算细节敏锐的识别能力,同时也让他们风险防控的意识得以强化。与此借助案例分析以及现场实践等方式,进一步增强培训的针对性以及实效性,从而使得人员在实际开展工作的时候,

能够精准地去判断预算的合理性以及合规性。制度建设给人员培训给予了制度层面的保障以及操作方面的规范,具体包括制定清晰明确的审核流程、细致的职责分工、严谨的质量控制标准以及合理的奖惩机制等,进而形成一套科学且严密的审核管理体系。完善的制度一方面能够规范审核的行为,防止出现随意性以及主观性带来的干扰,另一方面还能够促使人员培训的内容和岗位职责紧密地结合起来,推动着持续不断地改进以及能力的不断提升^[4]。人员培训与制度建设这两者是相互配合、相互补充的关系,培训可提升人员的专业能力,而制度能够保障工作的规范执行,它们共同发力,推动土建预算审核朝着专业化、标准化以及高效化的方向发展,从根源上增强工程造价管理的科学性以及可控性,进而为项目在经济效益方面以及建设质量方面给予坚实的支撑。

4 结语

土建预算的审核工作于工程造价管理而言,其地位与作用颇为重要。仔细剖析审核进程里存在的那些关键问题,像是审核人员的专业水准有所欠缺、审核细节存在不足之处以及对预算复核的重视程度不够等情况,进而能够采取行之有效的控制策略,比如加大全面审核的力度、将目光聚焦于重点环节,并且完善人员培训以及制度建设等方面的工作,以此来提高预算审核的科学性与规范性。唯有持续对审核流程加以优化,强化质量把控,才能够切实防范出现预算偏差以及资金浪费的现象,确保工程造价得以合理管控,推动建筑企业实现健康的发展态势。在未来,伴随信息化技术不断发展进步,凭借智能化工具来辅助开展审核工作,这将会为土建预算管理赋予新的生机与活力,促使整个建筑行业朝着高效、精准并且可持续的发展路径迈进。

【参考文献】

- [1]李颖.浅议审核土建预算注意事项与控制策略[J].科技风,2019(14):251.
- [2]郝梦然.浅议审核土建预算注意事项与控制策略[J].智能城市,2018,4(19):108-109.
- [3]张龙龙.土建预算审核方法及有效控制建筑工程结算[J].低碳世界,2018(6):305-306.
- [4]林伟琴.浅析建筑工程中土建预算审核[J].中国住宅设施,2023(12):79-81.

作者简介:孙海妹(1993.8—),毕业院校:华北科技学院,所学专业:土木工程,当前就职单位:航天规划设计集团有限公司,职务:商务管理,职称级别:无。

建筑安全管理工作中存在的不利因素及相关对策

谢 川

四川川交路桥有限责任公司, 四川 广汉 618300

[摘要] 建筑施工属于高风险行业, 其安全管理工作直接关系到施工人员生命安全与工程建设的顺利推进。在实际管理中, 因制度机制不完善、安全意识薄弱、技术手段落后、人员素质一般以及外包分包管理混乱等, 建筑安全管理面临很多挑战。从建筑安全管理现状入手, 分析当前存在主要不利因素, 提出对策建议, 提升建筑安全管理理论和实践水平。

[关键词] 建筑安全管理; 不利因素; 对策

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17254

中图分类号: TU4

文献标识码: A

Unfavorable Factors and Related Countermeasures in Construction Safety Management Work

XIE Chuan

Sichuan Chuanjiao Road & Bridge Co., Ltd., Guanghan, Sichuan, 618300, China

Abstract: Construction is a high-risk industry, and its safety management directly affects the safety of construction personnel and the smooth progress of engineering construction. In practical management, building safety management faces many challenges due to imperfect institutional mechanisms, weak safety awareness, outdated technical means, average personnel quality, and chaotic outsourcing and subcontracting management. Starting from the current situation of building safety management, analyze the main unfavorable factors, propose countermeasures and suggestions, and improve the theoretical and practical level of building safety management.

Keywords: building safety management; unfavorable factors; countermeasures

引言

建筑行业属于典型的劳动密集型以及技术集成型行业范畴, 其呈现出作业环境较为复杂、施工工序相互交叉以及施工周期相对较长等诸多特点。而正是这些特点使得在建筑施工过程当中存在着安全风险较高的情况, 且事故发生的几率也颇高。所以说, 建筑安全管理工作一方面而言是保障施工人员生命安全的最基本要求, 另一方面也是确保项目能够顺利推进的重要保障举措。就当下情况来看, 随着我国建筑行业不断地快速发展起来, 其安全管理体系也在逐步地得以完善, 然而在实际的操作实践当中依旧存在着不少较为薄弱的环节所在。综合建筑安全管理当下的实际情况, 对其存在的一些主要问题展开细致的剖析, 并在此基础上进一步提出科学合理且具针对性的对策建议, 从而达到推动建筑行业安全管理水平可以持续获得提升的目的。

1 建筑安全管理现状分析

近些年来, 我国建筑行业一边规模不断拓展开来, 另一边却遭遇着从未有过的安全管理方面所承受的压力。尽管各级政府以及企业对于安全生产的关注度一天比一天高, 制定出了一系列的法律法规还有技术标准, 大体上构建起一个以项目法人负责制、安全生产责任制以及风险控制机制当作核心的管理体系, 然而在具体实施的过程当中依旧存在着较为突出的问题。就好比说, 有些施工单位为了争取到更好的经济效益, 完全忽略了对安全管理方面的

投入以及相关培训工作, 如此一来便使得制度仅仅停留在形式层面, 并且现场的监管工作也没能落实到位。与这一部分中小型企业的安全管理意识颇为薄弱, 缺少一套系统的安全培训以及考核机制, 这就致使现场的操作一片混乱, 各类事故频繁发生。

2 建筑安全管理中存在的不利因素

2.1 安全管理机制不健全

一个好的安全管理制度能够起到规范施工行为和提高施工安全系数的作用。目前, 我国建筑施工单位的安全管理机制尚不健全, 导致工作人员施工安全无法得到保障。安全管理机制不健全主要表现在以下几个方面: (1) 施工单位的安

全管理制度过于落后, 难以满足现阶段施工要求。(2) 施工单位安全管理人员的素质参差不齐, 大多数安全管理人员未认识到安全管理工作的重要性, 从而导致施工质量和施工效率无法得到保证。在实际施工过程中, 很多企业为了保障施工质量和施工效率, 降低施工成本, 通常采用分包、转包的方式, 将整体工程委托给多个小型施工团队。这些小型施工团队通常缺乏良好的安全管理能力, 因此不能清楚地划分安全管理责任, 最终导致安全管理工作存在责任不明、机制难以发挥作用的问题。不同的施工团队往往会采用不同的施工技术以及管理机制, 所以安全管理的质量差异较大。除此之外, 安全管理机制不健全还表现为安全管理工作人员往往只关注普通施工过程中施工人员的生命安全, 而忽视了特殊施工过程中施工人员的

生命安全,比如电梯等特殊设备的管理人员以及电力工作人员的生命安全。

2.2 安全意识薄弱与安全文化缺失

在建筑安全管理领域,自上而下普遍存在安全意识较为薄弱的现象,尤其在基层施工人员以及部分管理人员当中,对于安全工作所给予的关注程度明显不足。部分管理者把安全生产当作形式主义来对待,仅仅在检查评比的时候才临时去应对,却忽视了日常安全文化的营造以及相关落实工作。在施工的一线现场,很多工人缺少基本的安全常识以及防护意识,违规操作的情况时常出现,而且企业在岗前培训以及持续教育方面投入的资金不够,在此同时也没有建立起有效的安全激励与约束机制,这就使得安全管理仅仅停留在口号层面,缺少实际的内涵。建筑行业缺少系统性的安全文化建设,没有将安全理念转化为员工的职业素养以及行为准则,如此一来,安全责任在实际执行的过程当中无法逐层落实到位,进而成为了事故频发的一个重要诱发因素。

2.3 技术手段滞后与安全投入不足

随着建筑技术持续向前发展,智能化以及信息化手段已然成为提升施工安全水平的关键支撑所在。不过就当下情形而言,多数建筑施工企业大多还是依靠传统的人工巡查方式,同时凭借经验来做出判断,以此开展安全管理工作,其技术手段明显处于较为落后的状态。虽说部分大型企业已经开始试着引入 BIM 技术、视频监控系统还有安全风险预警系统,但是受到成本方面的限制,再加上技术人才短缺以及管理意识滞后等诸多因素的影响,这些技术还没有在行业当中得到广泛的推广运用。特别是在中小型施工单位里面,安全管理更多是依赖人力而非依靠数据,所以其风险识别的能力比较薄弱,应急反应也往往比较迟缓。与此建筑企业普遍都存在着安全投入不够的情况,总是把有限的资金优先用在材料采购、工期压缩等方面,却忽视了对安全设施进行配置以及更新,这无疑对安全管理水平的提升形成了严重的制约作用。

2.4 作业人员素质参差不齐

建筑施工队伍里作业人员来源多样,他们的文化程度、技术能力以及职业素养存在很大差别,这对施工现场的安全执行力产生了直接影响。部分工人缺少必备的安全知识与操作技能,对于安全规章制度了解不够,就连常见的危险源都缺乏基本的判断能力,容易引发违章操作以及安全事故。而且,施工现场工人流动性大、人员更换频繁,使得培训与管理的难度加大。一些企业在用工时忽略了对工人的安全资质审核与系统培训,导致无证上岗、未经培训就直接操作的情况时常出现,这不但增加了安全隐患,还让安全管理制度的执行力打了折扣。

2.5 外包与分包单位的安全监管缺失

当前建筑行业里,外包和分包施工模式普遍存在,虽

说对资源整合及成本控制有利,然而却产生了颇为棘手的安全监管问题。在多层级分包体系当中,施工单位通常仅仅着眼于主合同方的管理事宜,针对实际操作环节的分包单位,却没有行之有效的监管办法。这样的管理盲点致使分包单位较易规避安全责任,在现场管理方面违规操作,对防护措施也常常不予重视,如此一来便提升了事故发生的可能性。与此部分发包单位在挑选分包商的时候,把重点放在成本方面的考量上,对其安全管理能力以及资质审核却有所忽视,进而使得低价中标、以次充好的情况屡见不鲜。由于分包单位彼此之间缺少统一的管理标准以及沟通机制,施工现场的安全管理工作经常会冒出标准不统一、协作出现失误等诸多问题,这无疑又进一步加剧了安全风险。

3 建筑安全管理对策分析

3.1 健全安全管理制度体系

要切实提高建筑施工安全水准,那么构建一套科学且完备的安全管理制度体系当属首要之事。这一制度体系务必要涵盖项目的整个生命周期,像设计环节、施工环节、监理环节以及验收环节等等都得囊括在内,以此来保证安全管理方面的责任以及操作规范能够实现可追溯的状态并且可以被量化。各个施工企业需要依照国家所颁布的相关法律法规,再结合自身实际情况,去建立起岗位责任制、操作规程、隐患排查方面的机制以及奖惩制度,而且要保证这些制度能够在实际当中切实落地并得以执行^[1]。尤其是针对分包管理、安全评估以及应急处理等这些极为关键的环节,得制定出具体的且具备可行性的制度规范,把各级责任人确定下来并将处置流程清晰明确地规定好。与此还应当构建起动态更新的机制,依据实际施工的具体情况来及时对制度内容做出调整,从而维持其与当下情况相适应的状态以及发挥出应有的效力。借助制度建设来构建起长效的管理机制,进而为安全生产给予稳固有力的保障。

3.2 强化安全教育与全员安全意识

强化从业人员的安全意识,这在建筑安全管理方面是极为关键的。企业需构建起一套完整的安全培训体系,这里面要包含岗前培训、在岗轮训以及专项培训等不同方面,务必要保证每一位工人均能掌握基本的安全知识以及相应的操作技能。与此还需积极开展各类安全宣传方面的活动,借助案例教育、安全演练还有安全文化墙等多种多样的形式,促使安全理念能够切实地深入到每一个人的心中。管理层应当起到表率作用,推动安全文化的自上而下有效传导,进而让它逐步成为企业众多核心价值其中的一个。除此之外,还应当着手构建起安全激励的相关机制,对于那些能够及时发现隐患并且主动去报告风险的员工给予表彰以及奖励,以此来进一步增强他们参与其中时的那种参与感以及责任感,最终达成从“要我安全”这样一种被动状态转变为“我要安全”的主动意识转变这般良好的效果。

3.3 推广智能化、信息化安全监管手段

借助信息化以及智能化手段来提升建筑安全管理效率,是当前极为重要的一个方向。施工企业需要积极去引入像 BIM 建模、物联网监测、视频智能识别、AI 风险预警系统这类先进技术,以此达成对施工现场做到实时且全覆盖式的监控管理。凭借传感器设备能够对环境数据还有结构安全指标展开监测,从而及时察觉到危险征兆并且发出预警信息^[2]。与此还能够借助移动终端来开展电子巡检以及问题上报工作,以此提升隐患排查与处理的时效性以及闭环率。管理平台所沉淀的数据,还能够用于风险建模以及安全趋势分析,进而为安全决策给予相应支持。当条件可以允许的时候,还可以去探索构建企业级的数字化安全管理平台,达成多项目、多维度、全过程的集中管控目标。

3.4 完善人员培训与持证上岗机制

强化作业人员培训及考核,是保障施工现场安全操作的基本前提。企业需严格执行特种作业人员持证上岗规定,保证高风险岗位人员都经过专业培训且获取合格证书。还需定期举办技术更新以及技能复训活动,以便应对施工工艺与安全要求方面的变化情况。依据不同岗位的具体情况来设计差异化的培训课程,着重提高作业人员的风险识别能力、标准操作能力以及应急处理能力。在培训形式方面,要将理论讲解与实操演练相结合,以此增强培训的针对性与实际效果。要健全完善考核机制,把培训结果和岗位任用、薪酬晋升等关联起来,从而确保培训能够切实落实到位并且取得实效。

3.5 完善分包单位管理与责任追溯体系

要处理分包施工所引发的安全管理方面难题,得从制度以及机制层面去着手,进一步完善针对分包单位的管理体系。在招标这个环节当中,需要强化对于分包单位资质、业绩还有安全记录方面的审查工作,要严格防范出现低价竞标以及能力与之不相符等情况。在合同里面,应当清晰明确安全责任的分工情况、安全费用的配置安排以及处罚的相关条款,以此来保障各方的权责能够达到对等的状态。在施工实施的过程之中,项目管理方要加强针对分包单位的日常监督检查力度,建立起统一的安全标准以及操作规程,并且要把分包单位纳入到统一的培训以及考核体系当中^[3]。与此还应当构建起安全责任追溯的机制,对于因为管理存在疏漏或者违规操作而致使发生事故的分包单位依照法律来进行追责,达成问责具体到人、落实明确到岗位的效果,进而形成一个强有力的约束体系。

3.6 强化政府监管与法律责任落实

在建筑安全管理领域当中,政府监管以及法律制度所起到的保障作用是绝对不容被忽视掉的。各级各样的监管部门需要进一步加大针对建筑施工现场展开检查的频次,同时也要加大执法的力度。特别是对于那些事故频发的企业以及重点项目,务必要实施更为着重的监管举措。应当对安全生产信用评价机制加以完善,把企业在安全管理方面所呈现出的表现纳入到其信用体系之中,以此来强化企业对于自身法律责任方面的意识。对于那些存在着严重安全隐患、拒不配合整改工作或者事故频发的企业,必须要依据相关法律法规给予相应的处罚,从而形成一种有效的震慑效果。与此还需要积极推动在立法层面针对建筑安全管理制度做出完善的改进,明确界定各类主体所应当承担的法律责任以及惩处的具体标准,进而为建筑安全管理筑牢坚实的法治方面的支撑。

4 结语

建筑安全管理属于一项系统性的工程,其涉及到人员、技术、制度以及文化等诸多不同的层面。当下,我国的建筑行业正好处于朝着高质量且安全的方向去转型的关键时期,在这样的情况之下,务必要对安全管理当中所存在的各式各样的问题给予足够的重视。本文针对建筑安全管理工作的实际状况,从安全机制、安全意识、技术以及人员等多个方面来对其中存在的不利因素展开系统的分析,并且还相应地给出了一些具有针对性的对策方面的建议。在未来的日子里,应当持续推进建筑企业完成理念的更新以及技术的革新这两方面的工作,同时要着重强化制度的执行力度以及政府的监管效能,进而构建起一个能够实现全员共同参与、全过程予以管控并且全方位加以覆盖的安全管理体系,以此来促使建筑施工安全保障的整体水平得以切实提升。

【参考文献】

- [1]滕亮.建筑安全管理工作中存在的不利因素及相关对策[J].居业,2024(1):164-166.
- [2]王惠芬.建筑安全管理工作中存在的不利因素及相关建议[J].房地产世界,2022(16):97-99.
- [3]王莉华.建筑安全管理工作中存在的不利因素及对策[J].工程技术研究,2021,6(3):143-144.

作者简介:谢川(1969.4—),男,学历:本科,毕业院校:国家开放大学,所学专业:土木工程,目前职称:安全工程师。

精细化管理模式在房建工程项目管理中的应用分析

茹艳秋 王鹏荣

新疆北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]随着我国经济的不断发展,公众对于居住环境的质量以及标准的要求变得越来越高,与此建筑企业之间的市场竞争也越来越激烈,传统的那种粗放式的管理模式已经很难满足现代房屋建筑工程发展的实际需求了。所以说,必须要转变成精细化管理模式,借助科学且有效的手段来管理施工流程以及各项工作的复杂情况,以此提升工程的整体质量,保证房建工程的安全性以及耐久性。在此基础上,这篇文章把精细化管理当作切入点,去深入地探讨它在房建工程施工当中存在的各种问题,并且探寻合理的优化路径,目的是推动建筑企业内部管理结构的完善,保障工程能够顺利并且合格地完成验收,达成高质量发展的目标。

[关键词]精细化管理模式; 房建工程; 项目管理; 应用

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17247

中图分类号: TU4

文献标识码: A

Analysis of the Application of Fine Management Mode in the Management of Housing Construction Projects

RU Yanqiu, WANG Pengrong

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

Abstract: With the continuous development of Chinese economy, the public's requirements for the quality and standards of living environment are becoming increasingly high, and the market competition between construction enterprises is becoming more and more fierce. The traditional extensive management mode is no longer able to meet the practical needs of modern housing construction projects. Therefore, it is necessary to transform into a refined management mode, using scientific and effective means to manage the construction process and the complexity of various tasks, in order to improve the overall quality of the project, ensure the safety and durability of the building construction. On this basis, this article takes refined management as the starting point to explore in depth the various problems that exist in the construction of building projects, and explore reasonable optimization paths, with the aim of promoting the improvement of the internal management structure of construction enterprises, ensuring that projects can be smoothly and qualified for acceptance, and achieving the goal of high-quality development.

Keywords: refined management mode; building construction projects; project management; application

引言

随着我国城市化步伐不断加快,房地产建设规模持续拓展,工程项目呈现出复杂多样的态势,传统项目管理模式难以契合现代房建工程对质量、效率、成本控制的高要求,精细化管理作为重视过程控制与细节管理的先进管理理念,正逐步变成提高房建工程项目管理水平的关键途径,借助对项目各环节的科学规划、严格监督、动态调整,精细化管理可有效整合资源、优化施工流程、提升工程质量、降低风险成本,达成项目目标的高效实现。当下,伴随信息技术与智能化工具的广泛运用,精细化管理在房建工程项目里展示出更大潜力与优势,不过在实际运用进程中依旧存有不少挑战与不足,像施工方案设计不够精细、材料质量控制不到位、成本管理不规范等状况,阻碍了精细化管理效果的发挥,所以深入剖析精细化管理模式在房建工程项目管理中的具体应用及其存在的问题,探寻切实可行的优化路径,对于推动房建工程高质量发展、提升行业竞争力有着重要现实价值,本文会围绕精细化管理在房建工

程中的作用、存在的问题及优化策略展开系统研究,期望为相关管理实践给予理论参考与指导建议。

1 精细化管理在房地产建设中的作用

精细化管理属于现代房地产建设项目管理范畴内的关键理念,其着重于在项目实施整个进程里,针对各个环节展开精准且详尽的把控以及管理操作,目的是为了提升工程的质量水平、对施工流程予以优化、降低各项成本并且提升整体的工作效率。借助精细化管理这一方式,项目团队可以清晰地明确各自分工情况,将任务进一步细化处理,强化成员的责任担当意识,保证每一个施工环节都能够依照既定的标准以及流程来严格加以执行,如此便能有效地削减人为出现的失误情况以及资源方面产生的浪费现象。与此精细化管理还十分重视信息能够做到实时的反馈传递以及顺畅的沟通协调事宜,推动各个部门之间开展协同配合合作,能够在施工过程当中及时察觉并妥善解决所存在的各类问题,进而切实保障项目的推进进度以及施工安全状况。特别是在当下房地产市场的竞争态势颇

为激烈、对于质量的要求也在持续提升这样的大背景之下,精细化管理不但促使工程的整体质量得以提升,也使得客户的满意度有所提高,而且还帮助企业达成科学合理的决策以及精确无误的预算安排,增加了项目本身的可控程度以及获取的经济效益额度。所以说,精细化管理在房地产建设领域当中发挥着无可取代的重要作用,乃是推动该行业健康良好发展以及实现可持续发展目标的关键举措所在。

2 精细化管理模式在房建工程施工应用中存在的问题

2.1 施工方案设计管理不到位

在房建工程施工期间,施工方案设计管理方面存在的欠缺,已然成为阻碍项目顺利开展以及影响工程质量的关键问题之一。部分施工方案在设计环节就欠缺系统性与科学性,没能够充分顾及现场的实际状况以及施工工艺所具有的复杂性,如此一来,便致使方案脱离实际或者存在明显漏洞。在施工方案编制进程当中,相关专业人员彼此间缺少有效的沟通与协作,信息传递渠道不顺畅,进而使得设计内容出现重复、矛盾或者有遗漏的情况,这对施工的连贯性以及效率都产生了影响。除此之外,施工方案审核机制不够完善,审核标准也不够清晰明确,审核过程仅仅停留在形式层面,没有切实发挥出把关的作用,这就使得不合理的设计方案径直进入了施工阶段^[1]。还有,施工方案更新管理工作不够及时,没能依据现场的实际状况以及施工进度来动态地调整方案,如此便使得施工过程当中的风险难以得到有效控制,增加了工程安全隐患以及质量问题出现的可能性。

2.2 施工材料质量和技术把控不严谨

在房建工程施工期间,施工材料的质量以及技术把控方面存在的不严谨问题比较明显,这对工程的整体质量以及安全性产生了颇为严重的影响。部分施工单位在材料采购这一环节出现了盲目采购或者以次充好的情况,对于材料的来源以及质量也缺乏严格的审核把关,如此一来,便使得一些不合格或者不符合规范要求材料进入了施工现场。材料验收与检测程序存在不完善之处,检测标准的执行也没有到位,验收环节仅仅流于形式,并不能够及时地将不合格材料发现并剔除出去。与此在施工技术把控方面,技术人员的专业素质参差不齐,施工操作规范的执行也不到位,施工工艺和技术参数没有严格按照设计要求以及行业标准来执行,这就致使材料性能难以得到充分的发挥,进而出现了开裂、变形等一系列质量问题。除此之外,施工现场对于材料的存储以及使用管理缺少科学规范,环境方面的因素以及人为的因素容易让材料性能出现退化或者损坏的情况,这无疑增加了安全隐患以及返工的风险。

2.3 施工成本管理不规范

房建工程施工过程中资金流动性较强,资源的使用和配置具有明显的动态特性。如果缺乏对工程造价的精准控

制,容易导致建筑成本上升,进而降低工程的整体收益。由于施工资金流动量大,相关风险也相应增加,若未能实施精细化管理,施工过程中不可控因素可能不断扩大,不仅会影响施工质量和安全,还可能导致工期延误。目前,部分建筑施工单位对成本控制力度不足,造价管理不规范,导致施工进度滞后,难以与既定施工计划相匹配,严重制约了工程的顺利推进和项目效益的实现。

3 精细化管理模式在房建工程施工中应用的优化路径

3.1 提高施工方案设计的精细化管理程度

提高施工方案设计的精细化管理程度,这是确保房建工程施工质量和效率的关键环节,也是推动项目整体管理水平提升的重要路径。要强化施工方案的科学编制,深入调研施工现场的实际状况、环境条件以及技术要求,结合先进的施工工艺和技术标准,制定切实可行且有针对性的施工方案,防止出现“一刀切”或者流于形式的情况。施工方案设计过程中,要注重多专业、多部门协同参与,实现设计方案的综合优化,发挥各专业技术人员的专业优势,及时解决设计中的矛盾和缺陷,保证方案的全面性和合理性^[2]。要建立健全施工方案的审核与评审机制,依据规范和标准对方案进行多轮审查,重点关注安全风险、施工难点以及资源配置的合理性,强化审核的实效性和针对性。施工方案还要有动态调整的能力,随着施工进度和现场变化,能快速响应并及时优化方案内容,保障施工的灵活性和适应性。数字化工具和信息化手段的应用也很重要,借助 BIM 技术、施工管理软件等,实现方案设计的可视化、模拟和精准控制,提升设计的精度和效率。

3.2 严格把控施工材料质量和施工技术

严格对施工材料的质量加以把控,同时强化对施工技术的把控,这是达成房建工程精细化管理的关键环节所在,对于保证工程质量、确保安全性以及提升项目的整体效益而言,有着极为重要的意义。得从源头开始强化对施工材料质量的控制举措,构建起完备的供应商评审以及材料采购相关体系,务必要让所有进入到现场的材料都源自于资质合格且信誉不错的供应渠道,并且要严格按照国家标准以及设计方面的要求来针对材料展开验收与检测工作,坚决杜绝那些不合格的材料流入到施工现场当中。对于施工技术的把控,需要进一步强化对专业技术人员所开展的培训以及考核工作,以此提升他们自身的技术素养以及操作规范方面的意识,从而确保施工工艺能够严格按照设计规范以及技术标准切实执行下去,减少因为操作不妥当而引发的质量方面的隐患情况出现。与此还应当积极推动施工技术朝着标准化以及流程化管理的方向发展,借助制定详尽的施工技术交底内容以及操作规程,清晰明确每一工序的技术要求以及质量控制的重点所在,强化对施工现场在过程当中的监督以及实时的监测工作,做到能够及时地发

现并且纠正技术上存在的偏差问题。数字化技术的应用也正在发挥出越来越重要的作用,借助 BIM 模型、物联网监测系统等这类现代信息技术手段,实现对材料以及施工过程的可视化管理以及动态的追踪监控,进而提升质量控制工作的精准程度以及透明度水平^[3]。除此之外,还得强化施工现场针对材料存储与使用的管理工作,合理去规划存储的具体环境,防止材料因为受潮、受到污染或者发生损坏等情况而致使性能受到影响,确保材料在整个施工过程中的完整性以及稳定性得以维持。

3.3 加强施工成本控制与财务核算管理

强化施工成本控制以及财务核算管理,这无疑构成了房建工程施工精细化管理的关键支柱所在。它对于确保项目能够获取良好的经济效益而言,有着极为重要的作用;并且,其还能够促使资源利用效率得以提升,进而有力地推动企业朝着可持续发展的方向迈进。务必要构建起一套科学且完备的成本管理体系,要把成本控制切实贯彻到项目整个生命周期的始终。从前期着手编制预算开始,一直到采购管理环节、施工组织阶段,直至最终的竣工结算完成,都得实现全程无死角的监控。要科学合理地去制定成本计划,并且对执行过程给予严密细致的监管。在预算编制这个阶段,应当全面且充分地考量工程实际的具体需求情况、市场材料价格呈现出的波动状况以及潜在存在的各类风险因素等各个方面,从而制定出一份既合理又具备一定弹性的预算方案来。而在采购环节当中,则需要进一步加强供应链的管理力度,要严格仔细地去筛选那些符合标准的合格供应商,以此来保证所采购材料的质量与价格能够达成最优的平衡状态。与此还要通过采取集中采购、开展招标活动等多种方式,努力去降低采购环节的成本支出。在施工执行的阶段,得进一步细化成本控制方面的各项责任,要清晰明确各个责任主体在人员调配、设备使用、材料耗费等方面各自应承担的成本控制指标。可以通过制定标准化的作业流程以及较为细致的成本核算相关机制,来尽力减少出现浪费的情况以及避免出现重复投入的现象。就财务核算管理这一方面来讲,借助信息化技术的应用显得格外重要。应当积极推动 ERP 系统、建筑信息模型(BIM)以及大数据分析技术相互之间实现深度融合,进而达成成本数据能够实时被采集、动态地受到监控并且从多维度展开分析这样的效果,以此提升财务信息所具有的透明程度以及准确性水平,防止因为数据存在滞后情况或者统计工作出现错误而导致资金出现流失以及成本产

生偏差等问题的发生。还需要完善成本责任制以及相应的激励机制,建立起一套科学合理的绩效考核体系,把成本控制的相关事宜纳入到项目管理评价的核心内容当中,以此来激发各个部门以及施工人员对于成本控制所应有的意识以及调动他们参与其中的积极性。对于施工过程中难以避免会出现的设计变更情况以及突发的风险状况,应当建立起严谨严格的变更审批流程以及风险预警方面的机制,从而确保变更所涉及的费用是合理的,风险费用也是处于可控状态的,避免给整体成本带来重大的冲击影响^[4]。除此之外,还应当合理地去优化人力资源的配置情况以及机械设备的调度安排,实施更为精细化的资源管理工作。通过合理地安排施工计划以及各项工序,提高设备的利用率以及劳动生产率,进而降低人工耗费以及机械使用的成本支出。在成本核算这件事情上,要坚持秉持精确且细致的原则,确保核算所涉及的数据具备真实可靠以及完整无缺的特性,从而能够为管理层开展决策工作给予科学有效的支持。

4 结语

精细化管理模式于房建工程项目管理的应用,对提升工程质量、优化施工流程、控制项目成本以及保障施工安全有着重要推动作用。通过针对施工方案设计、材料质量把控、施工技术管理以及成本控制等关键环节展开细致管理,可有效处理当前房建工程存在的管理缺陷与技术瓶颈,达成项目高效运行与科学决策。伴随信息技术与智能化手段持续发展,精细化管理模式在房建工程会发挥出更为突出的作用,助力建筑企业提高管理水平与核心竞争力。未来,需持续推进精细化管理理念的深入应用,完善相关制度与技术支持体系,促使房建工程项目管理朝着标准化、数字化与智能化方向发展,推动建筑行业健康可持续发展。

[参考文献]

- [1]林志海.精细化管理模式在房建工程项目管理中的应用分析[J].居业,2024(7):133-135.
- [2]周楠.精细化管理模式在房建工程施工中的应用[J].住宅与房地产,2019(25):163.
- [3]徐诚诚.精细化管理模式在房建工程施工管理中的应用[J].工程建设与设计,2021(23):218-220.
- [4]李刚.精细化管理模式在房建工程项目管理中的应用[J].大众标准化,2023(12):143-145.

作者简介:茹艳秋(1991.3—),毕业院校:山东水利职业技术学院,所学专业:工程造价,当前就职单位:新疆北新路桥集团股份有限公司,职称级别:初级。

信息化环境下建筑工程管理的思考与实践研究

裴彦龙

图木舒克经济技术开发区管理委员会, 新疆 图木舒克 843900

[摘要]文章聚焦于信息化技术对新疆建筑工程管理的赋能作用及其带来的现实挑战。研究清晰地揭示,信息化的引入能够非常有效地提升跨地域协同的效率,能够有力地强化在复杂环境条件下进行风险管控的能力,能够明显地优化各类资源的配置效果,能够持续地保障工程的质量与生产的安全,并最终驱动整个建筑产业向着更高级的形态升级发展。针对新疆地区信息基础设施相对薄弱的现状、专业人才供应短缺的困境、数据孤岛现象普遍存在的难题以及现有解决方案本土化适配程度明显不足的核心问题,文章系统地提出了一系列实践路径:包括必须强化政策的引导与支持作用、需要扎实地夯实信息基础的建设、要着力构建多层次的人才培养体系、应因地制宜地推广适用的技术、需积极推动数据的整合与共享利用、并大力鼓励本土化研发创新。

[关键词]建筑工程管理;信息化;新疆;实践路径;BIM;智慧工地;本土化

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17243

中图分类号: TU7

文献标识码: A

Thoughts and Practical Research on Construction Project Management in the Information Environment

PEI Yanlong

Tumushuk Economic and Technological Development Zone Management Committee, Tumushuk, Xinjiang, 843900, China

Abstract: The article focuses on the empowering role of information technology in Xinjiang's construction project management and the practical challenges it brings. The study clearly reveals that the introduction of information technology can effectively improve the efficiency of cross regional collaboration, strengthen the ability to manage risks in complex environmental conditions, significantly optimize the allocation of various resources, continuously ensure the quality of engineering and production safety, and ultimately drive the entire construction industry towards a more advanced form of upgrading and development. In response to the relatively weak information infrastructure in Xinjiang, the shortage of professional talent supply, the widespread problem of data silos, and the core issue of insufficient localization and adaptation of existing solutions, this article systematically proposes a series of practical paths: including strengthening the guiding and supporting role of policies, solidly consolidating the construction of information infrastructure, focusing on building a multi-level talent training system, promoting applicable technologies according to local conditions, actively promoting data integration and sharing utilization, and vigorously encouraging local research and development innovation.

Keywords: construction project management; promotion of information technology; Xinjiang; practical path; BIM; smart construction site; localization

引言

作为国家“一带一路”建设规划中核心区与重要的边疆省区,新疆地区对于大型基础设施和各种类型的工程建设需求呈现出持续旺盛的增长势头。然而,不可忽视的现实情况是,新疆那极其辽阔的地域面积、风沙频繁且温差巨大地形非常多样的复杂自然环境、多民族共同聚居的社会结构特点、以及区域内部经济发展水平显著不均衡的客观状况,这些因素共同构成了对传统建筑工程管理模式极为严峻的巨大挑战。正是在这样的背景之下,席卷全球的信息化浪潮,为突破地理空间上的限制带来了革命性的机遇,为提升管理过程的精细化程度创造了前所未有的条件,也为有效应对风沙温差大地形多样等复杂环境带来的各类风险提供了强大的技术支撑。文章在于深入剖析信息化技术对于提升新疆建筑工程管理水平所具有的不可替代的重要性,在于系统梳理当前信息化应用过程中已经取得

的进展和仍然面临的主要挑战,更在于紧密结合新疆区域经济社会的实际情况,提出一系列具有较强可操作性的实践路径。最终,期望通过这些努力,能够有力地推动新疆建筑业实现更高质量、更有效率、更加可持续的发展目标。

1 建筑工程管理信息化建设的重要性

1.1 提升跨地域项目管理效率

新疆地域面积占据全国约六分之一导致工程项目分布极其分散,沟通协调成本高昂得令人咋舌^[1]。借助云端协同平台项目管理软件这些信息化工具,设计图纸施工指令进度报告质量验收等关键信息实现实时共享远程审批,从而有效打破时空壁垒大幅缩短决策链,最终跨地域项目协同管理效率得到非常显著的提升,对公路铁路电网等线性工程及偏远矿区项目意义特别重大。

1.2 强化复杂环境风险管控

必须承认新疆气候条件相当恶劣包括强风沙极端温差,

加上地质复杂部分区域社会管理难度大。利用物联网传感器实时监测风速沙尘浓度温湿度边坡位移设备状态等参数;视频监控结合 AI 智能分析自动识别未戴安全帽危险区域闯入扬尘超标等隐患;GIS 与无人机技术快速进行地形测绘工程量复核灾害评估。这些数据汇聚至统一管理平台,为管理者提供实时预警风险预判科学决策依据,从而在风沙大温差大社会管理难度大的环境下实实在在地提升风险应对能力。

1.3 优化资源配置与成本控制

新疆部分区域优质劳动力特种设备相对匮乏且运输成本高。基于信息化物料管理系统如应用 RFID 技术实现对建材采购运输入库领用全流程精准追踪减少损耗;BIM 技术进行精确工程量计算施工模拟优化材料计划设备调度;数据平台分析人工机械效率优化劳动力配置设备使用率,最终达到控制成本提升资源利用效率的根本目的。

1.4 保障质量安全

工程质量安全构成新疆工程建设根本生命线。设计阶段 BIM 模型进行管线设备碰撞检查减少施工返工;施工过程移动终端实时记录上传质量问题整改情况实现质量可追溯;智慧工地系统集成人员定位安全行为识别塔吊监控功能,结合汉维双语安全培训警示信息推送,能有效规范作业行为降低事故发生率,说白了就是为边疆稳定人员安全构筑坚实防护屏障。

1.5 促进产业转型升级

信息化技术扮演着驱动新疆建筑业向集约型智能化转变的关键引擎角色。BIM 智慧工地装配式建筑等技术推动设计生产施工运维全产业链升级。数据驱动精细化管理降低能耗物耗提升建造效率建筑品质,符合绿色建造理念要求^[2]。同时催生新业态新岗位助力培养本地人才,为融入全国全球建造体系奠定基础实现可持续发展。

2 信息化环境下新疆建筑工程管理的现状

2.1 取得的进展

2.1.1 政策引导与支持

在自治区层面以及部分地州,已经陆续地出台了旨在积极推动 BIM 建筑信息模型技术更广泛应用以及智慧工地建设步伐的具有指导意义的文件,部分由政府投资主导建设的工程项目也开始明确要求必须应用信息化管理手段来进行项目的全过程管理,这些举措实实在在地为整个新疆建筑行业向着信息化方向的发展提供了较为清晰的指引方向。

2.1.2 大型重点项目信息化应用示范效应

像乌鲁木齐国际机场改扩建工程、乌尉高速公路建设这样的大型重点工程项目,在 BIM 建筑信息模型技术的实际应用落地以及智慧工地系统的全面建设方面,进行了相当积极的探索和实践,并且已经取得了一定的阶段性成效,这些项目的成功经验非常有力地发挥了对于整个区域建筑业信息化发展的示范效应和引领作用。

2.1.3 部分企业信息化意识与应用水平提升

部分规模较大的国有建筑企业以及新疆本地的领先企业,例如特变电工旗下的工程公司和新疆交通建设集团

等,开始逐步加大在信息化建设方面的资金和人力资源投入力度,着手建立企业级的项目管理信息系统,尝试着应用 BIM 技术或者在局部施工环节部署智慧工地的某些功能模块,这些努力都实实在在地提升了这些企业在项目管理方面的效率和水平。

2.1.4 信息基础设施持续改善

在新疆的主要城市区域以及重要的工业园区,4G 甚至 5G 移动通信网络的覆盖范围正在持续地扩大和完善,光纤宽带接入普通家庭的比率也在稳步提升,这些信息基础设施的改善为各类信息化管理应用提供了最基本的运行条件。部分规模较大的建筑工地也开始部署专用的内部局域网络以满足现场管理的需要。

2.2 存在的问题

2.2.1 信息基础设施薄弱与网络覆盖不均

在新疆的南疆广大地区极其偏远的区域及部分施工现场,移动网络信号质量普遍较差或不稳定,这种状况实实在在地影响了依赖互联网的在线管理系统正常使用以及施工关键数据的实时传输。特别是在沙漠戈壁高海拔山区等自然环境严苛地带,部署稳定可靠通信网络的难度和要求都特别地高。

2.2.2 复合型专业人才严重短缺

既懂建筑工程技术项目管理又精通 BIM 大数据物联网的复合型人才面临极度匮乏困境。本地高校在交叉学科培养能力存在明显局限,引进留住高层次人才极其困难。更普遍的是基层操作工人信息化素养不足,尤其是汉维双语信息化培训资源特别稀缺说白了就是不够用。

2.2.3 数据孤岛与标准缺失

企业内部部门间及设计施工监理供应商等参与方的系统互不连通,数据格式五花八门难以统一,这使得数据共享整合异常困难。自治区层面缺乏统一的建筑工程数据编码规则交换协议存储管理标准,严重阻碍海量工程数据价值挖掘。

2.2.4 企业投入能力与意愿不足

数量众多的中小建筑企业资金实力有限,对购买信息化软硬件员工培训成本承受能力较弱。很多企业对信息化长期效益认识不充分,普遍存在“重硬件购置轻软件投入”“重系统建设轻实际应用”现象,加上回报周期长,这些因素综合影响了企业积极性。

2.2.5 解决方案的本土化适配性不足

市场上主流信息化解决方案多基于内地需求开发,对于新疆多语言环境特别是维吾尔语操作界面支持、特殊气候需要抵抗强风沙耐受极端温度能力、本地管理流程如特定报批环节、以及相对薄弱信息基础设施,这些方案表现出明显适配性问题直接应用效果不理想。

3 信息化环境下新疆建筑工程管理的实践路径

3.1 强化政策引导与支持生态

在自治区层面,应当实实在在地牵头制定《新疆建筑业信息化发展专项规划(2025—2035)》及其分阶段路线

图,明确目标、任务和保障措施。很有必要设立专项资金,重点给予中小企业购置国产化且适配性比较强的软硬件及云服务提供补贴或贷款贴息,实施针对信息化投入的税收减免政策。对于那些政府投资或国有资金主导的工程项目,必须强制推行 BIM 技术应用具体标准和智慧工地建设的基本要求如监控监测人员管理,并将其纳入招投标条件和验收标准。考虑整合或新建覆盖全区的信息共享平台,推动项目审批监管信用建材价格劳务等数据互联互通,打破部门壁垒。同时设立专项基金,支持本地高校科研院所 IT 及建筑企业联合攻关,研发适应新疆多语言环境维汉双语界面与数据处理、特殊自然条件抗风沙耐候低功耗离线弱网可用、本地化管理需求符合当地流程规范的产品方案。扶持培育扎根新疆熟悉本地情况的咨询实施运维力量。充分发挥行业协会作用,建立信息化分会组织技术交流评选推广优秀本土化案例。

3.2 夯实信息基础设施

需要联合中国移动、中国联通、中国电信这些主要的通信运营商,优先考虑加快在南疆地区、漫长的边境线区域、以及大型工矿类项目所在地实现 5G 移动通信网络的连续覆盖和光纤宽带网络的接入普及。在那些位置极端偏远或者干脆就是移动网络信号盲区的建筑工地上,可以探索性地应用北斗卫星的短报文通信功能或者高通量卫星通信技术作为传统地面通信方式的有效补充手段^[3]。必须大力地研发并且广泛地推广那些具备了离线操作模式、支持数据在本地设备上进行缓存、拥有边缘计算能力的信息化应用软件,例如能够在没有网络时使用的离线版本 BIM 图纸审查工具、支持现场移动巡检的专用 APP 程序、可以在本地处理数据的终端设备,这样做是为了确保当施工现场的网络信号状况不佳的时候,核心的业务管理活动仍然能够基本正常地运转起来,等到网络连接恢复之后,这些在本地操作产生的数据能够自动地同步到云端服务器。

3.3 构建多层次人才培养体系

支持疆内院校开设加强智能建造 BIM 技术工程大数据等专业课程。推动院校与大型建筑企业信息化服务商共建实训基地开展订单式培养。自治区实施高层次人才引进计划在落户住房子女教育方面给予倾斜。大规模开展面向项目经理技术人员一线操作工特别是少数民族工人的技能培训,开发汉维双语操作手册培训视频在线课程。强制要求系统提供商提供维吾尔语操作界面和本地化服务支持。

3.4 推广适用技术深化应用场景

重点在大型公建复杂工业厂房地地下管廊异形结构中深化应用 BIM,解决复杂结构施工模拟机电管线碰撞检查基于模型的精准工程量计算应对特殊材料需求等核心问题。开发适合本地设计规范施工习惯的 BIM 构件库。在政府及大型项目中强制推广智慧工地,集成物联网传感器环境监测风沙 PM2.5 温湿度结构监测设备运行监测、AI 视频监控安全行为识别人员统计扬尘火情预警、人员定位 UWB/BLE 塔吊监控智能水电表物料验收系统,系统需特别强化抗风沙耐高低温适应弱网能力,报警信息支持

维汉双语推送。推广基于云的工程项目管理平台支持多方在线协同办公文档管理流程审批进度跟踪。在公路铁路电网水利矿区等线性广阔区域工程广泛应用 GIS 进行宏观规划选址分析进度可视化管理。利用无人机高效进行地形测绘土方量计算进度巡检质量检查灾害评估^[4]。推广装配式建筑时同步深化 BIM 在设计工厂预制物流运输现场吊装全流程应用,实现构件全生命周期信息化管理。

3.5 推动数据整合驱动管理保障安全

由自治区住建主管部门牵头,联合行业协会科研机构企业制定发布《新疆建筑工程信息模型 BIM 数据标准》《智慧工地建设与数据交互标准》等地方标准,统一数据编码命名规则交换格式存储要求。推动企业内部打通设计造价施工物料财务等业务系统实现数据自动汇聚。在区域级企业级平台构建数据分析中心运用大数据技术对进度成本质量安全物料环境等数据进行多维度分析可视化展示,实现进度预警成本超支预警质量风险预测安全隐患智能识别。同步建立完善的网络安全防护体系数据隐私保护机制。

4 结束语

信息化这条路,实实在在地构成了提升新疆建筑工程管理整体效能、有效应对该区域所特有的各种复杂挑战、最终实现建筑业朝着更高质量方向发展的必由之路。当前的新疆,在取得那些初步进展的同时,明明白白地仍然面临着信息基础设施根基薄弱、专业队伍短缺严重、宝贵数据资源被割裂、企业和社会投入明显不足以及现有解决方案本地适配性普遍较差等深层次挑战。破解难题的根本之道在于必须立足新疆区情实际,采取系统性的综合策略:需要通过强有力的政策引导和精准扶持筑牢信息网络根基;需要构建覆盖高等教育到在职培训的多层次培养体系;需要大力推广 BIM、智慧工地、云端协同、GIS 与无人机等适用技术并深化其在特殊环境和场景中的应用;需要以标准化推动数据整合释放价值驱动管理升级;需要着力培育本土化研发能力和服务生态。唯有通过以上努力,方能有效赋能管理实践,提升项目质量安全效率和效益,支撑自治区重大战略实施和经济社会长治久安,并为其他边疆民族地区建筑业数字化转型提供可资借鉴的“新疆经验”。

【参考文献】

- [1]杨可.建筑工程中清洁能源的应用研究[J].房地产世界,2025(3):137-139.
- [2]魏晓军.建筑工程中混凝土结构存在的裂缝问题及应对措施探究[J].房地产世界,2024(8):116-118.
- [3]马伟.建筑工程项目成本精细化管理研究[J].行政事业资产与财务,2023(24):40-42.
- [4]孔巍.“互联网+”时代建筑工程管理信息化建设研究[J].中国管理信息化,2022,25(18):115-117.

作者简介:裴彦龙(1986.8—),毕业院校:太原科技大学,所学专业:工程管理,就单位职务:图木舒克经济技术开发区管理委员会规划建设局(生态环境局)工作人员,职称级别:高级工程师。

浅谈建筑工程造价审核的技巧和方法

张 铭

阿克苏地区城乡建设服务中心, 新疆 阿克苏 843000

[摘要]建筑工程造价审核属于建筑施工流程里极关键的一个环节,它和工程造价的确认有着直接关联,对于后续以造价作为基础去开展的各项工作会产生颇为深远的作用。经由对工程造价展开严格的审核操作,便能够及时察觉出在计算过程当中存在的种种问题,进而实施必要的调整举措以及修正工作,以此达成对工程造价更为详尽且更为精确的评估效果,构建起科学合理且完善的造价体系。这篇文章着重就工程造价审核所常用的各类技巧以及方法展开了探讨,希望能够给相关领域的研究者给予一定的参考价值以及相应的启示作用,进而推动我国建筑行业能够持续并健康地发展下去。

[关键词]建筑工程;工程造价;审核技巧;审核方法

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17242

中图分类号: TU723

文献标识码: A

Brief Discussion on the Techniques and Methods of Cost Audit in Construction Projects

ZHANG Ming

Aksu Urban and Rural Construction Service Center, Aksu, Xinjiang, 843000, China

Abstract: The cost audit of construction projects is a crucial link in the construction process, which is directly related to the confirmation of project costs. It will have a profound impact on the subsequent work carried out based on cost. Through strict auditing of engineering costs, various problems in the calculation process can be detected in a timely manner, and necessary adjustment measures and correction work can be implemented to achieve a more detailed and accurate evaluation of engineering costs, and to build a scientific, reasonable and perfect cost system. This article focuses on exploring various techniques and methods commonly used in engineering cost auditing, hoping to provide some reference value and corresponding inspiration for researchers in related fields, and further promote the sustainable and healthy development of Chinese construction industry.

Keywords: construction engineering; engineering cost; audit skills; audit method

引言

随着我国建筑行业持续快速地发展,建筑工程的规模变得越来越大,项目类型以及施工工艺也在不断地呈现出多样化的态势,如此一来,工程造价管理所面临的挑战便变得越来越复杂起来。造价审核在工程造价管理当中属于极为重要的一环,它和工程预算的准确性紧密相关,同时也关乎资金是否能够得到合理的使用,对于防止出现资金浪费的情况以及提高工程投资的效益而言,有着十分重要的意义。尤其是在新疆地区,因为其地理位置较为偏远,自然环境也颇为复杂,并且材料运输以及劳动力成本还存在较大的波动情况,所以造价审核工作会面临更多的特殊问题与挑战。怎样凭借科学且合理的审核技巧以及方法,来提升造价审核的效率以及精准程度,已然成为保证工程项目可以顺利推进以及有效控制建设成本的关键所在。本文会结合新疆地区实际的状况,全面且细致地探讨建筑工程造价审核里面的那些关键技巧以及先进的方法,对其应用的现状以及存在的难点展开分析,希望能够给相关的管理人员给予理论方面的指导以及实践层面的参考,进而推动造价审核工作朝着规范化以及信息化的方向去发展,最终促使新疆建筑行业实现健康且可持续的发展。

1 建筑工程造价审核的意义

随着社会经济的不断发展,许多城市加快了基础设施建设和城市开发步伐。虽然公共建设有效促进了地方经济的发展,但大量社会资金投入到工程建设中,必须采取科学有效的审核措施,确保资金的合理使用和建筑资金的规范管理,这对于推动我国建筑行业的健康发展具有重要意义。在工程造价审核过程中,不仅要符合审计工作的特点,还需紧密结合工程建设的实施流程,严格依据我国相关法律法规、政策规定及有关部门的收费标准和设计图纸,对项目成本进行全面监督与检查。由于建设工程项目的造价受多种因素影响,审核时必须基于具体的建筑合同和施工图纸,确保在成本控制的同时,工程质量符合国家标准和合同要求,实现造价的科学管理和工程的高质量完成。

2 新疆地区建筑工程造价审核现状分析

新疆地区建筑工程造价审核工作近些年来随着区域经济以及建筑业的快速进展而持续向前推进,然而整体而言依旧面临着不少的挑战与诸多不足之处。因为新疆的地理环境较为复杂,其交通运输条件也相对比较落后,建筑材料以及劳动力成本呈现出较大的波动情况,这使得在造价审核过程当中成本核算的准确性受到了一定影响。部分

项目存在着造价审核流程不够规范、审核标准并不统一这样的问题，不同审核主体之间信息沟通也不是很顺畅，这对审核的效率以及质量都产生了影响。部分工程项目在设计变更、工程签证等这些环节中存在着造价虚高、审核不够严格的现象，这无疑增加了预算控制方面的难度。与此新疆地区的造价审核人才相对来讲是比较匮乏的，他们的专业能力也是参差不齐的，部分审核人员缺少系统的培训以及实践经验，进而对审核工作的专业性以及科学性造成了影响^[1]。再加上信息化水平并不是很高，传统的人工审核方式仍然占据着主导地位，这就使得审核工作变得相当繁琐，并且容易出现遗漏的情况，难以去适应建筑项目日渐复杂的管理方面的需求。

3 新疆地区建筑工程造价审核的技巧分析

3.1 工程量清单审核技巧

在新疆地区开展建筑工程造价审核工作的时候，工程量清单的审核属于确保造价合理性以及准确性的一个基础环节。要想具备有效的工程量清单审核技巧，那么审核人员得有较为扎实的专业知识，并且还得积累丰富的现场经验，如此才能准确地理解设计图纸以及施工方案，进而保证工程量的计算能够契合实际工程内容以及技术规范的要求。要严格参照施工图纸、设计变更文件还有相关技术标准等资料，仔细核查各个分部分项工程量，以防出现遗漏或者重复计算的情况。尤其是在新疆那种地形复杂并且气候条件特殊的环境下，对于特殊工程量的识别显得格外重要。除此之外，在审核的过程中还需要着重关注隐蔽工程量以及间接费的合理分配情况，以免因为计算不够准确而致使预算出现偏差。鉴于新疆地区部分项目存在材料种类繁多、施工工艺复杂这样的特点，不妨采用信息化手段来辅助审核工作，比如借助电子图纸对比以及工程量计算软件等方式，以此提升审核工作的效率以及精度。

3.2 单价与综合单价审核技巧

在新疆地区开展建筑工程造价审核工作时，单价以及综合单价的审核属于控制工程造价合理性极为关键的环节，这与预算的准确性以及项目成本的有效管理有着直接关联。审核人员应当先依照最新的市场价格信息，并且结合新疆地区的材料供应具体状况、人工工资的实际水平还有机械使用费等相关实际成本，科学且合理地去核定各项单价，务必要使其能够真实地反映出当下的市场行情。与此还需着重关注综合单价里各项分项费用的构成情况，仔细审查材料费、人工费、机械费以及管理费等各项比例是否处于合理状态，防止出现因单价过高或者过低而引发后续的造价风险。鉴于新疆地域存在特殊性，在审核的过程中要充分考量运输距离较长、气候环境较为恶劣等诸多因素给价格所带来的影响，适度地对相关费用做出调整，从而让预算具备更强的针对性以及合理性。还要结合项目设计变更以及施工难度的实际情形，灵活地去调整单价体系，避免因为单价体系过于僵化而致使预算出现偏差的情况发生。

3.3 变更及签证审核技巧

在新疆地区开展建筑工程造价审核工作时，变更以及签证方面的审核属于控制工程造价风险的关键环节，这和项目预算能否准确执行、资金是否能够合理使用有着极为密切的关联。审核人员一开始就要严格审查变更内容是否合理、是否有变更的必要，要保证所有的变更都有充足的技术依据，相关的审批手续也得完备，防止因为随意变更而致使造价出现无序增长的情况。就签证内容而言，需要细致地核对施工单位所提交的工程量、材料使用情况以及施工方案，要保证签证数据是真实的、准确的，而且要和原设计以及合同条款相吻合。由于新疆地区的地理环境较为复杂，施工条件也是多变的，变更的情况相对来说比较频繁，在审核的过程中要着重关注因气候、地质等特殊因素引发的设计调整，还有这些调整给成本带来的影响，要合理地去评估变更造价^[2]。审核人员还需要结合现场的实际情况，去核实签证内容的真实情况，防范出现虚假签证或者重复计费的现象。与此应当建立起完善的变更以及签证管理制度，把责任分工明确清楚，审批流程也要清晰，借助信息化的手段来对变更签证数据实施动态管理以及追踪，以此提升审核的效率以及透明度。

3.4 材料设备费用审核技巧

在新疆地区开展建筑工程造价审核工作时，针对材料设备费用展开的审核属于极为关键的一个环节，其对于保障造价具备合理性以及实现对成本的有效控制有着重要意义。审核人员得依据新疆地区的市场实际行情来充分知晓当地材料与设备的供应具体状况以及价格方面的波动情况，从而保证所审核的材料设备费用能够如实反映出实际的采购成本。需着重去核查材料设备的规格型号、数量以及单价，要严格按照合同、采购订单还有验收记录来进行对照，以防出现虚报、多报或者不符合技术方面要求的情形。还得留心运输费用以及安装费用，特别是要考虑到新疆地域较为广阔且交通存在诸多不便等特殊因素给运输成本带来的影响，要合理地对相关费用做出调整。与此在审核的过程中应当对不同供应商所给出的报价加以对比，深入分析价格的合理性，避免因单一来源而致使价格过高的情况出现。要严格把控设备折旧以及使用费用，以此来确保各项费用的计算都能够科学且合理。

3.5 分包及劳务费用审核技巧

在新疆地区开展建筑工程造价审核工作期间，对分包以及劳务费用展开审核，这无疑属于控制工程成本并且促使造价保持合理的关键环节所在。审核人员务必要全面且细致地了解当地劳务市场的具体行情以及劳动力供需方面的实际情况，与此还需充分结合新疆所特有的地理环境状况以及气候条件等因素，去科学且合理地对劳务价格的合理性加以评估考量。要仔细核实分包合同当中的各项内容是否表述清晰明确，要全力确保分包所涉及的范围、规定的工期时长、提出的质量要求以及确定的费用结算方式

等等各个方面,都能够严格遵循相关规范并契合合同所做出的约定内容,从而有效防止因为合同内容不够清晰明确而引发的费用方面的种种纠纷情况出现,或者是出现不合理地增加费用的情形发生。在针对劳务费用展开审核的时候,应当把审查的重点放在劳务人员的具体数量、所属工种的分类情况以及相应的工资标准等方面之上,要切实保证所支付的费用能够与实际的施工量实现精准匹配,坚决杜绝出现虚报或者冒领劳务费用这类不正当的现象。除此之外,还要密切留意劳务用工在合法性方面的相关事宜,需要要求分包单位出具相关的资质证明材料以及劳务合同等相关文件,以此来确保劳务费用能够做到合规合理^[3]。鉴于新疆地区部分偏远地区劳务成本相对较高的实际状况,在审核过程中应当结合市场价格的变动情况,对费用标准做出动态性的调整安排,避免出现盲目地压低价格而导致施工质量存在风险的情况发生。

4 新疆地区建筑工程造价审核的方法应用

4.1 信息化技术在造价审核中的应用

在新疆地区开展建筑工程造价审核工作的时候,信息技术的应用切实提高了审核的效率以及准确程度,已然成为现代造价管理不可或缺的重要手段。借助引入造价管理软件、工程量计算系统还有电子招投标平台等方式,达成了对工程数据加以集中管理以及实施动态监控的目的,大幅度降低了人工计算可能出现的误差以及疏漏情况。特别是在新疆地区,其地域十分辽阔,并且施工环境也较为复杂,在这样的背景之下,信息化技术可实现远程数据的传输以及共享,推动项目各方能够及时展开沟通并且协同开展作业,进而提升审核工作的透明度以及公正性。除此之外,运用大数据分析以及云计算技术,审核人员便能够依据历史造价数据以及市场价格的波动趋势,去开展科学的成本预测以及风险评估工作,强化造价审核所具备的前瞻性和指导作用。把移动终端以及现场采集技术结合起来,那么现场审核人员就能够实时获取到工程进度以及实际用量方面的数据,从而能够快速对现场出现的变更情况以及异常状况做出相应反应。

4.2 BIM 技术辅助造价审核的方法

在新疆地区开展建筑工程造价审核工作时,BIM 技术的应用起到了十分关键的作用。BIM 即建筑信息模型,它能为提高审核工作的科学性以及精细化管理的水平给予强有力的支撑。通过构建起三维数字模型,BIM 技术可直观呈现建筑各个构件的具体尺寸、所用材质以及数量情况,进而达成对工程量进行精准计算的目的,并且能够实现工程量的动态更新,如此一来便大幅提升了工程量审核的准确程度以及工作效率。与此 BIM 技术还能将设计变更信息加以集成,实时体现出设计调整给造价所产生的影响,从而助力审核人员及时去识别并控制可能出现的预算风险^[4]。除此之外,凭借 BIM 平台所具备的多专业协同功能,

各方相关人员能够实现数据的共享以及同步更新,推动造价审核和设计、施工等诸多环节紧密联系起来,防止因为信息孤岛状况而出现预算方面的偏差。特别是在新疆那种复杂且多变的自然环境之下,BIM 技术能够对施工过程进行模拟,预估出施工过程中可能出现的难点以及资源消耗情况,以此辅助合理地制定劳务费用以及材料费用的预算。

4.3 风险控制与异常数据识别方法

在新疆地区开展建筑工程造价审核工作时,风险控制以及异常数据识别这两个方面可以说是保障审核质量并且防范造价风险的关键环节。因为新疆的地理环境较为复杂,施工条件也多有变化,工程项目所面临的风险因素着实不少,所以审核人员得借助科学的方法来对潜在的风险予以有效的识别与管控。一方面要通过构建风险评估模型,并且把历史造价数据以及当前市场价格的波动情况综合起来考量,以此对项目中的关键成本点给予重点的监控,从而能够及时察觉到造价出现的异常波动以及潜在的风险。另一方面要利用大数据分析技术,针对工程量、材料价格、劳务费用等相关数据展开统计比对,迅速筛查出其中的异常数据以及不合理的预算项,进而防止出现虚报、重复计费之类的问题。在审核的过程当中,还得结合现场检查以及实地核实等情况,以此来保证数据的真实性以及完整性。

5 结语

建筑工程造价审核属于保证工程造价合理性以及科学性的重要环节,在建筑项目管理方面有着无可取代的作用。借助理智的审核技巧以及先进的方法,可以有效找出并修正造价里的错误与偏差,同时提高审核的效率,减少项目所面临的风险。就新疆地区来讲,面对复杂多变的地理环境以及不断变化的市场条件,融合信息化技术以及 BIM 这类现代工具来进一步提升造价审核的精准程度以及透明程度是十分重要的。在后续的日子里,需要持续强化造价审核人员的专业培训工作,完善相关的制度规范,推动技术方面的创新应用,构建起更为科学、系统且智能的造价审核体系,以此为建筑工程实现高质量的发展以及资金得到合理利用给予有力的保障。

〔参考文献〕

- [1]李梅珍.浅谈建筑工程造价审核的技巧和方法[J].大陆桥视野,2024(8):116-118.
- [2]罗丽.解析建筑工程造价审核中的技巧及方法[J].城市建筑,2020,17(18):189-190.
- [3]苏爱芬.建筑工程造价审核中的技巧与方法[J].住宅与房地产,2021(24):44-45.
- [4]郭丽霞.提升建筑工程造价审核质量的技巧与方法[J].住宅与房地产,2021(16):31-33.

作者简介:张铭(1983.7—),毕业于:塔里木大学,所学专业:土木工程,当前就职单位名称:阿克苏地区城乡建设服务中心,职务:阿克苏地区城乡建设服务中心副主任。

建设工程质量监督风险管理与预警机制研究

李 敏

海东市乐都区住房和城乡建设局, 青海 海东 810700

[摘要]随着我国建筑行业持续发展,建设工程质量问题愈发受到社会关注,尽管相关法规、标准不断完善,质量监督体系逐渐健全,但实际监管中仍有风险识别不全、预警机制不完善、信息共享不足等状况,致使部分工程质量隐患未能及时发现和有效控制,所以科学识别建设工程质量风险、构建有效风险管理与预警机制是当下提高质量监督实效的重点所在。

[关键词]建设工程;质量监督;风险管理;预警机制

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17235

中图分类号: F4

文献标识码: A

Research on Risk Management and Early Warning Mechanism for Quality Supervision of Construction Projects

LI Min

Haidong Ledu Housing and Urban Rural Development Bureau, Haidong, Qinghai, 810700, China

Abstract: With the continuous development of Chinese construction industry, the quality issues of construction projects have received increasing social attention. Despite the continuous improvement of relevant regulations and standards, and the gradual improvement of the quality supervision system, there are still situations in actual supervision such as incomplete risk identification, imperfect warning mechanisms, and insufficient information sharing, which have led to the failure to timely detect and effectively control some hidden quality hazards in construction projects. Therefore, scientifically identifying construction project quality risks and building effective risk management and warning mechanisms are the key to improving the effectiveness of quality supervision at present.

Keywords: construction project; quality supervision; risk management; warning mechanism

引言

随着我国城市化进程持续推进以及基础设施建设稳步开展,建设工程规模变得越来越大,工程质量安全方面的问题也日益凸显出来,已然成为社会关注的热点所在。建设工程质量的好坏,不但关乎工程自身所具备的使用功能以及使用寿命长短,而且会直接对人民群众的生命财产安全以及社会公共利益产生影响。当下,在建设工程涉及的设计环节、施工环节、材料选用环节以及管理环节等诸多环节当中,都存在着不同层面的质量风险。要是这些风险无法得到有效的识别与管控,那么就很容易引发质量事故,进而给社会以及经济造成极为严重的损失。质量监督站是经政府授权的专业监管机构,负责建设工程全生命周期的质量监管工作,其风险管理以及预警机制是否科学完善,对于确保工程质量安全有着极为关键的作用。鉴于此,本文着重针对建设工程质量监督当中的风险识别情况、成因分析状况以及预警机制构建事宜展开研究,期望借助系统性的梳理以及细致入微的分析,将当前质量监督当中存在的风险隐患给揭示出来,同时探讨行之有效的风险管理策略以及预警方法,以此来提高质量监督站的风险防控能力以及预警响应水准,为推动建设工程质量实现持续改进以及安全保障工作提供相应的理论依据以及实践方面的指引。

1 质量监督站在建设工程中的职责与作用

质量监督站于建设工程里肩负着相当关键的职责以及起到重要作用,它属于能够保障工程质量、确保安全且合规得以实施的关键监管主体。质量监督站作为由政府主管部门给予授权的专业技术机构,依照国家层面以及地方相关的法律法规,针对建设工程项目从立项阶段一直到设计环节、施工过程直至竣工验收的整个全过程都实施监督管理举措,以此来保证工程建设活动能够契合国家所规定的技术标准、规范以及质量方面的相关要求。其主要职责涵盖了对工程质量行为以及实体质量予以监督、对建设单位还有施工单位的质量管理体系是否完备且有效展开核查、对于关键工序以及重要部位实行旁站以及巡查操作、在发现存在质量隐患的情况时及时下发整改通知并且监督整改结果的落实情况等等。质量监督站另外还负责对工程各方主体的质量行为进行记录以及开展信用评价工作,从而为政府管理方面提供决策方面的有力支持。除此之外,质量监督站在质量事故的调查与处理工作当中、在质量风险预警以及应对突发事件等方面同样发挥着十分重要的作用。凭借着开展科学、规范且公正的质量监督活动,质量监督站切实有效地提升了工程建设的质量水平,成功预防了重大质量安全事故的出现,进而保障了人民的生命财产安全以及社会公共利益。

2 建设工程质量风险识别与成因分析

2.1 建设工程常见质量风险类型

在建设工程实际实施进程里,常见的质量风险类型呈现出多种多样的态势,这些风险主要聚焦在设计、材料、施工以及管理等诸多关键环节之上,而且具备隐蔽性颇为强大、所波及的影响范围极为广阔以及传导性十分显著等特征。在设计这个阶段当中,倘若设计单位自身的技术能力有所欠缺,或者未能全面且细致地考量工程的实际具体状况,那么就很容易出现诸如结构设计不够合理、对于细节节点的处理存在明显欠缺、图纸方面出现错漏等一系列的问题,如此一来便给工程质量埋下了潜在的隐患。接着,在材料以及设备这一方面而言,要是劣质材料,或者是未经严格检验甚至不符合国家相关标准规定的建筑构配件进入到施工现场的话,那么这将会对工程实体的质量产生极为直接的影响,就好比会出现混凝土强度不够充足、钢筋发生锈蚀情况、保温材料达不到相应标准等等这类情形^[1]。再者说,施工环节当中存在着不少的风险因素,像施工人员的操作行为不够规范、采用的施工工艺不太恰当、工序之间的衔接不够合理、质量验收工作做得不到位等等,而这些问题在地基处理、主体结构构建以及装饰装修等关键的工序环节里面表现得格外突出。除此之外,要是工程管理不够严谨、技术交底工作做得不到位、监管措施存在缺失以及现场组织安排一片混乱等情况出现,那么同样也很容易引发质量问题。尤其是在大型且复杂的工程或者是涉及多专业协作的项目当中,不同单位之间在协调配合方面往往不够顺畅,对于质量标准的执行也做不到完全一致,如此便使得系统性风险进一步增加了起来。

2.2 工程全生命周期的风险分布特征

建设工程质量风险在工程全生命周期里有着阶段性分布以及累积性演化的特点。从立项设计开始一直到施工建设、竣工验收乃至运营维护,每个阶段都可能存在特定的质量风险点。在项目前期的立项以及可研阶段,风险大多集中在项目定位不够准确、地质勘察做得不够充分还有前期资料不够详实这些方面,这会后续的设计以及施工留下隐患。到了设计阶段,风险多呈现为设计深度不够、技术参数出现错误、图纸出错或者专业之间没有很好地协调等问题,这些问题很容易致使施工困难或者工程变更。施工阶段是质量风险最为集中的时期,其中包含施工方案不合理、施工人员技能存在差异、工艺控制不够严格、关键节点施工比较粗糙、材料质量不稳定以及受到环境影响等情况。在竣工验收阶段,风险主要表现在资料不齐全、隐蔽工程记录不完整还有验收标准掌握得不一致等方面,这很容易造成验收结果失真。在后期的运营维护阶段,风险会慢慢转化为结构耐久性下降、设施功能退化以及维护不到位等隐性问题的凸显。

2.3 质量监督中风险隐患的识别与预判方法

在质量监督工作当中,对风险隐患加以识别以及做出

预判,这可是保障建设工程质量安全极为关键的一个环节,这就需要监督人员能够综合运用多种多样的手段以及技术,针对潜在的问题展开细致且全面的排查,并且要进行科学合理的评估。一开始,凭借现场检查还有抽查这些方式,监督人员会着重去监控施工过程中那些关键工序、比较重要的部位以及隐蔽工程,以此来及时察觉到像工艺执行出现偏差、材料质量存在异常以及施工环境发生变动这类潜在的风险情况。与此依靠工程质量方面的相关资料、设计变更的具体记录以及施工日志等各类文档信息,去分析其中的历史数据以及施工动态,从而识别出或许存在的带有系统性以及隐蔽性的风险^[2]。接着,把风险识别模型和指标体系结合起来,针对工程各个阶段的风险点进行分类处理并做出量化的评价,对风险发生的可能性以及其产生的影响程度加以评估,进而形成较为科学的风险等级划分办法。通过构建质量风险数据库,借助大数据分析以及人工智能技术来辅助开展风险预判工作,以此提升面对复杂工程以及多种因素相互交织所形成的那种风险时的洞察能力。

3 完善质量监督站风险管理与预警工作的对策建议

3.1 强化监督人员队伍建设与专业培训

强化监督人员队伍建设并加强专业培训,这乃是提升质量监督站风险管理以及预警工作水平的关键基础保障。需着重在引进以及培养那些拥有专业技术背景且有着丰富实践经验的人才上发力,进而建立起一支结构较为合理、素质颇为过硬的监督队伍,以此来保证监督人员可以精准地识别并且有效地去应对那复杂多变的工程质量风险。得强化针对现有监督人员展开的系统培训工作,培训内容要包含最新的质量管理标准、风险识别技术、预警机制的应用方法以及相关的法律法规等方面,通过这样的方式来提升他们所具备的专业能力以及整体的综合素质。与此还要积极推动开展岗位轮换以及交流学习的相关事宜,借此拓宽监督人员的眼界,促使多学科知识得以相互融合,进一步增强他们在风险预判以及处置方面的能力。质量监督站还应当积极借助现代信息技术手段,去开发在线学习平台以及模拟实训系统,从而达成培训常态化的状态,并且实现个性化的培训模式,以此来满足不同层级以及不同专业人员各自不同的学习需求。

3.2 完善相关法律法规与制度体系

完善相关法律法规以及制度体系对于强化质量监督站的风险管理与预警工作而言,是极为关键的保障因素,这有利于构建起科学、规范且高效的监督框架,从制度层面推动建设工程质量安全得以持续改进。应当依据建设工程发展的实际需求,参照国内外的先进经验,对现有的法律法规进行全面且细致的梳理,及时去修订和完善相关的标准规范,在风险识别、风险分级管理以及预警机制等方

面确立明确且细化的法律依据,以此来保证各项监督措施都能够做到有法可依、有章可循。需要强化制度体系的科学设计,建立起能够覆盖项目全生命周期的质量监督制度,清晰界定各级监督机构以及相关责任主体的职责边界,并且明确它们之间的协作机制,推动形成一种“责任清晰、分工明确、运转高效”的管理格局。还要注重法律法规的可操作性以及实效性,结合实际监督工作中碰到的难点问题,制定出切实可行的风险管理和预警操作规程,进而形成标准化、流程化的工作规范,提高监督工作的规范性以及一致性。要强化对法律法规实施情况的监督检查以及评估,完善针对违规行为的惩戒机制,加大执法力度,强化震慑效果,切实维护工程质量安全的法律权威^[3]。推动法律法规和信息化手段的深度融合,借助大数据、云计算等技术来实现监督数据的动态采集以及实时分析,保障制度执行的透明度以及科学性。

3.3 推进信息化监管平台建设与数据共享

推进信息化监管平台建设以及促进数据共享,这在提升质量监督站的风险管理以及预警能力方面,称得上是极为重要的技术助力手段,也是达成建设工程质量监管走向现代化、智能化目标的关键举措。一方面要构建起集成化的质量监管信息平台,这个平台要把工程从设计到施工再到验收整个全生命周期当中涉及的数据采集以及管理都涵盖进去,从而能够对工程质量各个不同环节做到实时的监控以及动态的追踪,此平台得能支持多种来源且结构各异的数据融合起来,像施工现场的视频监控数据、材料检测方面的报告数据、施工日志所记录的数据以及监理记录的相关数据等多种维度的数据都要能融合进来,以此来提高风险识别时的全面程度以及准确程度。另一方面要推动监管数据的开放共享,把部门之间存在的信息孤岛给打破掉,实现建设单位、监理单位、施工企业还有质量监督站等多方之间无障碍的信息交互,通过制定统一的数据标准以及接口规范,保证数据具备互操作性以及安全性,强化各个相关主体对于工程质量状态的透明知晓度,推动风险信息能够及时地共享并且协同去处置。另外还要借助大数据分析、人工智能以及机器学习这些技术,去开展质量风险智能预警模型的研发工作并加以实际应用,进而实现对潜在的质量隐患能够提前发现以及精准预测。信息化平台还得支持与移动终端以及现场巡查工具进行深度融合,提高监督人员在现场执法以及数据采集方面的效率以及便捷程度。在这期间,还要重视平台的安全防护以及隐私保护工作,建立起完善的数据安全管理体系,防范出现信息泄露以及滥用的风险。

3.4 建立健全监督绩效评价与激励机制

建立健全监督绩效评价以及激励机制,这可是提升质量监督站风险管理与预警工作成效的重要举措,它跟监督队伍的积极性还有工作质量紧密相关。一开始,得构建起

科学且合理的绩效评价体系,要清楚明确监督人员的职责范围以及工作目标,依据风险管理与预警的实际任务情况,去制定出能够量化的、具有可操作性的考核指标体系,这个体系要把风险识别能力、预警响应时效、隐患整改效果、法规执行力度等多个维度的内容都涵盖进去,以此达成对监督工作整个过程以及关键环节的动态评价目的。接着,绩效评价务必要充分体现出差异化管理的原则,针对不同岗位以及不同职责层级来设计差异化的考核标准,准确地反映出个体贡献以及团队协作的效果,推动监督资源实现合理的配置以及高效的利用^[4]。与此还得建立起激励约束机制,把绩效结果和薪酬待遇、职务晋升、培训机会等等直接关联起来,以此激励监督人员不断地提升自身的专业技能以及风险防控能力,强化他们的责任意识并且激发他们主动担当的精神。要重视绩效反馈与改进方面的工作,定期开展绩效结果的通报活动以及经验分享活动,促使形成一种良性竞争与合作的良好氛围,推动全员一同取得进步。

4 结语

建设工程质量监督风险管理与预警机制的成功构建,对于保障工程质量安全以及促进建筑行业的健康发展而言,属于极为重要的一项保障措施。仔细分析质量风险的各种类型以及它们产生的原因,同时参照质量监督站自身所具有的职责定位情况,去科学地设计风险管理和预警方面的体系,如此一来便可以达成对潜在质量隐患做到提前识别并且能够精准发出预警的目的,进而有效地防范并控制工程质量事故发生。在未来的发展进程中,需要进一步将法律法规体系加以完善,积极推动信息化技术在质量监督相关工作当中的运用,强化监督队伍的建设工作以及多个部门之间的协同配合,以此来提升整体的风险管控能力水平。唯有构建起具备科学性、系统性以及动态性的风险管理与预警机制,质量监督站才能够更为出色地完成其监管职责,切实保证建设工程能够安全、优质且可持续地发展,从而为社会公共安全以及经济发展给予稳固的质量保障方面的有力支撑。

【参考文献】

- [1]范本洋.建筑工程危大工程风险管理中的多主体协同机制研究[J].中华建设,2025(7):46-48.
- [2]张芡,李波.工程项目风险评估与预警系统构建及应用[J].砖瓦,2025(5):123-125.
- [3]姜佩奇,梁斌杰,刘辉,等.工程场区施工人员靠近风险区实时预警方法[J].水利规划与设计,2023(12):123-129.
- [4]黄龙,严锦江,彭旭初,等.水电工程安全风险预警与决策体系研究[J].四川水力发电,2022,41(6):19-22.

作者简介:李敏(1979.6—),毕业院校:青海大学,所学专业:供热通风与空调,当前就职单位名称:海东市乐都区住房和城乡建设局,就职单位职务:质监站干部,职称级别:专技8级。

浅谈道路桥梁工程中造价动态管理与控制分析

闵 亮

四川省易捷算建筑咨询有限公司, 四川 成都 610000

[摘要]道路桥梁工程规模大周期长技术复杂, 造价管理充满动态变化。传统静态模式难以满足全周期成本控制需求, 实施有效造价动态管理成为保障投资效益的关键。文中剖析了造价动态管理的内涵, 梳理了投资决策、设计、招投标、施工及竣工结算等全过程关键环节控制要点, 识别了影响控制成效的内外部因素, 提出了完善体系、提升技术、优化环节及强化人才协同等对策。

[关键词]道路桥梁工程; 造价管理; 动态控制; 影响因素

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17232

中图分类号: YU4

文献标识码: A

Brief Discussion on Cost Dynamic Management and Control Analysis in Road and Bridge Engineering

MIN Liang

Sichuan Yijiesuan Construction Consulting Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract: Road and bridge engineering has a large scale, long cycle, and complex technology, and cost management is full of dynamic changes. The traditional static mode is difficult to meet the requirements of full cycle cost control, and implementing effective cost dynamic management has become the key to ensuring investment efficiency. The article analyzes the connotation of dynamic cost management, sorts out the key control points of the entire process including investment decision-making, design, bidding, construction, and final settlement, identifies internal and external factors that affect control effectiveness, and proposes countermeasures such as improving the system, enhancing technology, optimizing links, and strengthening talent collaboration.

Keywords: road and bridge engineering; cost management; dynamic control; influence factor

现代道路桥梁工程规模宏大结构复杂技术标准高, 投资额巨大造价管理难度显著增加。在项目漫长生命周期里, 从构想到实体运营, 各类条件始终处于持续的动态变化之中。传统侧重事后静态核算的模式, 因其滞后被动, 难以精准适应项目推进中瞬息万变的环境, 无法真正有效实时跟踪预判干预造价。故此, 构建一套贯穿项目始终、灵敏响应变化、具备强大风险应对能力的造价动态管理体系, 成为工程管理领域亟待解决的重大课题, 对保障国家建设资金高效利用、提升项目投资效益具有重要实践价值和战略意义。

1 工程造价动态管理的概念

动态管理是指在不断变化的环境和条件下, 对管理对象进行不间断的监测、调整和协调, 以适应环境和条件的变化, 使管理对象保持良好的状态和发展趋势。与传统的静态管理相比, 动态管理强调管理的灵活性和实时性, 可以更好地应对不确定性和变化性。

2 道路桥梁工程全过程造价动态控制的关键环节分析

2.1 投资决策与设计阶段

投资决策阶段形成的估算及设计阶段深化的概算预算, 构筑了项目造价控制的基石目标与理论上限, 其科学

精确度根本决定了后续控制空间与难度。故此, 在此关键前期, 必须强化价值工程分析等理念方法, 对拟建项目的规划选址、技术标准、结构形式、施工工艺及关键材料设备等重大技术经济问题进行多方案多维度的深入比选优化^[1]。初步设计阶段微小技术参数调整或结构形式变更, 在施工阶段引发的造价变化常呈指数级放大, 正所谓牵一发而动全身。

2.2 招投标与合同签订阶段

招投标过程及最终签订的工程承包合同, 是在法律市场规则下对预期造价目标的正式固化, 为后续施工阶段控制提供法律契约基准。招标文件编制质量优劣, 特别是工程量清单描述的清晰准确完整及计价规则的严密公平可执行, 直接影响报价合理性与中标价格公允可控。工程量清单计价模式下, 综合单价确定成为焦点。合同类型选择, 总价合同锁定风险、单价合同适应不确定、成本加酬金用于紧急工程, 需审慎评估项目特征风险分布及发包人能力。合同专用条款中关于价格调整, 如物价波动公式、工程变更计价原则、索赔处理程序时效、支付节点比例、风险包干范围等核心内容, 是未来造价动态控制顺利实施不可或缺的契约依据和法律保障, 其严谨周密程度直接关系合同履行争议频率规模, 深远影响控制有效性。

2.3 施工阶段

施工阶段是资源集中投入高峰期,也是造价偏差发生累积关键期,成为控制主战场。此阶段核心任务在于建立高效运转的实时信息动态监测反馈机制^[2]。工作应包括:已完工程量精确计量及时确认,确保工程款支付匹配实际进度;工程变更提出论证审查协商确认实施的全程跟踪闭环管理,变更常是突破预算主因;现场索赔事件的及时识别证据收集责任判定损失计算费用审核,索赔管理体现控制主动性;主要材料设备市场价格波动持续监测,严格按合同调价公式机制定期动态价差调整,平抑市场风险;项目实际成本支出与合同预算目标成本定期对比分析,及时发现超支苗头趋势,剖析根本原因,迅速执行纠偏措施,控制成本偏差在可接受范围。施工阶段控制精细化程度响应速度,直接决定最终实际投资能否被有效约束在预期目标之内,其管理复杂挑战性最为突出。

2.4 竣工验收与结算阶段

竣工验收标志实体建造基本完成,竣工结算是最终实际造价的全面梳理审核确认,是整个控制流程的逻辑终点和成果检验点。此阶段核心任务在于严格依据国家计价规范、合同约定、有效签认竣工图纸、详实现场签证记录、法定设计变更单等支撑文件,对承包商提交的竣工结算书逐项全面细致深入审核。审核重点涵盖:所有工程变更签证费用真实性合规性,确认其发生符合程序手续完备计价准确;各类索赔费用合理性有效性,评估依据充分计算严谨责任清晰;合同约定价格调整是否已按条款精确计算纳入;工期奖罚符合合同约定;暂估价暂列金额实际使用合规结算准确;质量保证金扣留比例方式符合规定等。竣工结算审核严格精准,不仅关系最终投资额准确性和资金支付合理,更是对前期各阶段控制成效的全面检验最终评价。结算成果确认,也标志项目造价动态管理主体工作闭环完成。

3 影响道路桥梁工程造价动态控制的核心因素

3.1 外部环境因素

项目所处外部宏观微观环境,构成控制难以回避背景约束。国家地方法律法规政策技术标准规范的颁布修订废止,直接影响工程设计施工工艺材料选用验收标准计价依据,引发成本变动。宏观经济形势周期性波动,如通胀率利率汇率变化,显著推高或压低建设资金成本及进口设备材料价格。建筑市场供求关系变化,特定时期区域内劳动力技术工种大宗建材钢材水泥沥青大型机械设备供应紧张程度价格水平波动,是影响建安成本最直接变量。金融市场变化影响融资成本^[3]。地质水文气象等自然条件复杂性不确定性,常导致施工方案被迫调整工期延误抢险费用增加,给控制带来极大挑战。这些因素具有不可控突发复杂特性,是控制中需重点监测应对的风险源。天气的变化无常地,常常让最周密的计划也得做出调整。

3.2 内部管理因素

项目参与各方尤其是业主监理自身管理能力组织架构流程制度行为模式,是影响控制成效的内在决定力量。业主是否建立科学高效权责清晰的管理体系,是否配备足够专业素养经验的管理团队,是否制定完善控制流程细则考核激励,都至关重要。项目整体管理水平高低,尤其计划管理科学性、合同管理严谨性、现场协调有效性、信息沟通顺畅性,深刻影响施工效率进而影响成本。控制目标本身设定是否合理可行清晰,是否在项目内部得到理解认同,也直接影响措施落地效果。此外,业主设计监理承包商等各方协作精神沟通效率信任程度共同价值取向,也是影响控制能否顺畅运行的关键软性因素。

3.3 技术与信息因素

造价动态控制高度依赖信息处理技术支撑。信息获取及时准确完整是基础前提。涉及能否建立覆盖全过程各参与方统一高效的信息采集传递存储共享平台,如BIM平台PMIS。信息滞后失真缺失,将直接导致控制决策失误延误。造价数据处理分析能力是核心。能否运用科学预测模型成本分析工具偏差分析技术,从海量数据快速识别关键问题预测趋势评估风险,决定控制主动性精准度。BIM技术在道路桥梁工程中应用深度,其强大三维可视化碰撞检查工程量自动统计施工模拟能力,对于设计阶段优化方案减少错漏碰缺,施工阶段精确算量辅助变更管理支持预制装配,具有革命意义,显著提升控制精细效率。相关专业软件应用水平集成度,也是支撑动态控制重要技术基础。

3.4 机制与流程因素

科学规范顺畅管理机制业务流程,是保障控制有序运行的操作轨道。是否建立覆盖全生命周期的环环相扣控制流程体系,明确规定目标设定计划分解过程监控偏差分析预警报告决策审批纠偏执行效果反馈各环节责任主体工作内容时间节点输入输出物审批权限,设计变更审批现场签证确认进度款支付审核索赔处理结算审核是否设立清晰合理可操作管控节点;这些节点是否具备足够刚性约束力;控制活动是否与进度质量合同安全等其它核心管理职能建立有效协同联动机制,确保信息共享目标协调行动一致;控制过程产生的预警偏差分析纠偏建议,是否规范上报决策反馈;这些机制流程设计合理运行有效,直接决定控制是流于形式还是真正落到实处。

4 加强道路桥梁工程造价动态管理与控制的对策建议

4.1 完善管理体系与制度建设

构建权责明确运行高效的管理组织架构是基础。业主应设立专门具备足够权威的造价控制中心或指定强有力牵头部门,明确其在全过程管理核心地位总协调职责,清晰界定设计监理施工方具体责任义务。系统梳理优化完善覆盖全生命周期的造价管理制度体系至关重要。应包括:

投资估算设计概算施工图预算编制审核管理办法;工程变更分类分级申报审批计价支付实施细则;现场签证签发权限程序时效计价规则;工程计量进度款支付审核程序时限支付比例规定;工程索赔识别报告证据收集协商处理程序指引;主要材料设备认质认价流程;竣工结算编制报送审核争议处理确认管理办法;贯穿始终造价信息报告制度。注重制度可操作流程闭环,强化关键节点刚性约束审批责任,减少模糊自由裁量空间。推动建立责权利统一、与控制成效挂钩的绩效考核奖惩激励,调动各方尤其一线人员积极性责任心。制度的生命力在于执行,否则就是一纸空文。

4.2 提升技术与信息支撑能力

强力推进 BIM 技术在全生命周期深度应用是核心战略。项目策划阶段即制定清晰实施目标应用路线图,投入软硬件资源统一数据标准协同平台。重点发挥 BIM 在方案优化比选、工程量精准快速统计,减少传统算量误差、设计冲突检测,减少施工变更、施工过程可视化模拟、辅助造价信息动态关联更新等方面价值,实现“一模到底”信息传递共享。投资建设运维一体化项目信息管理系统,整合进度质量安全合同造价物料等核心模块,打破信息孤岛。确保造价数据与进度计划联动、与合同条款关联、与物料消耗挂钩,实现数据自动采集、实时更新便捷查询智能分析^[4]。引入大数据人工智能技术,基于历史项目实时信息,开发造价偏差预警模型关键材料价格预测模型变更影响快速评估工具等,提升预测准确决策科学前瞻。定期组织造价项目管理技术人员培训,提升运用 BIM 信息系统数据分析工具能力。技术工具的革新,正在深刻地改变着造价管理地传统面貌。

4.3 强化关键环节控制能力

针对关键环节痛点难点精准强化。投资决策与设计阶段:推行限额设计严格考核,传导控制压力至设计端。强化设计方案技术经济比选优化,强制推行多方案必选。提高设计深度质量,减少“错漏碰缺”,严格设计变更源头管控,建立重大变更上级审批专家论证机制。招投标与合同阶段:提升招标工程量清单及招标控制价编制质量,引入第三方专业复核。合同条款精细化约定价格调整更科学调价公式更广泛调差材料、变更计价原则,清晰区分不同类型组价方法、明确不可抗力不利物质条件处理、索赔程序时效、支付节点比例控制、过程结算安排,奠定施工阶段控制坚实契约基础。优先选用有利于发包人控制总价或清晰界定单价风险的总价或综合单价合同。施工阶段:建立严格工程变更签证“先审批后实施”制度,严控随意变更。加强现场计量管理确保及时准确,推广信息化计量工具。完善材料设备进场验收保管领用制度严控损耗。严格执行合同支付程序强化进度款审核防超付。建立动态成本分析预警机制,及时发现偏差分析原因快速落实纠偏。加强索赔预防识别与反索赔管理,注重过程证据收集固化。竣工结算阶段:提前介入施工中同步收集整理结算资料

推行过程结算。结算审核坚持合同原则实事求是,引入高水平第三方造价咨询独立审核复核。建立争议快速解决机制提高结算效率。

4.4 加强队伍建设与协同管理

造价动态控制成败最终取决于人。必须高度重视专业化复合型管理人才引进培养储备。加强对现有造价人员持续专业培训,内容涵盖最新计价政策规范软件操作,拓展至工程技术合同法律项目管理 BIM 应用数据分析技能,提升综合业务素质解决复杂问题能力。建立合理职业发展通道薪酬激励机制吸引留住核心人才。营造全员参与控制氛围文化,通过培训宣贯让项目管理人员技术人员采购人员等充分理解重要性及关联本职。建立高效多方协同机制至关重要。业主发挥主导作用,定期组织设计监理施工造价咨询等各方参与协调会议,及时通报情况解决问题协调立场。利用信息化协同平台促进各方信息实时共享无缝对接。在合同框架下探索建立基于共同目标、风险共担利益共享的合作伙伴关系或激励约束机制,减少对抗增强合作形成控制合力。打破传统“各自为政”思维,树立“全项目一盘棋”理念,让造价动态控制真正成为所有参与方共同责任自觉行动。

5 结束语

道路桥梁工程造价动态管理与控制,绝非孤立技术工作或简单成本核算,其本质是贯穿项目全生命周期、需多专业深度融合多参与方紧密协作的高度复杂系统性管理工程。要求管理者具备全局战略思维、敏锐风险洞察、坚实专业技术、高效资源协调及果断决策执行魄力。面对项目推进中层出不穷的内外部变化技术挑战管理难题,唯有深刻理解精准把握动态管理核心要义丰富内涵,系统识别科学评估影响控制成效关键因素,持之以恒致力于管理体系健全、技术手段创新、关键环节精益管控及人才队伍锻造,方能有效驾驭项目成本航船,在不确定性市场风浪中稳健前行,最终实现项目投资效益最大化宏伟目标。造价动态管理能力,已成为衡量工程项目管理团队乃至企业核心竞争力关键指标,其提升之路任重道远,需工程管理从业者持续不懈探索实践创新。

【参考文献】

- [1]郭伟.道路桥梁工程施工质量管理与控制措施分析[J].交通建设与管理,2024(5):71-73.
- [2]牙生·依拉音.道路桥梁工程中的水泥混凝土施工及裂缝控制技术研究[J].工程机械与维修,2025(3):86-88.
- [3]谭新宇.道路与桥梁工程专业学生职业能力分析及教学应对措施[J].科教导刊,2025(14):146-148.
- [4]刘进学.市政道路桥梁工程中沉降段路基路面施工技术分析[J].建筑,2025(6):126-128.

作者简介: 闵亮 (1989.12—), 毕业院校: 西南财经大学天府学院, 所学专业: 工程管理, 当前就职单位: 四川省易捷算建筑咨询有限公司, 职称级别: 工程师。

建筑施工管理安全问题和措施研究

李勃邨

中冶时代置业有限公司, 河北 唐山 063000

[摘要] 建筑施工属于高风险行业, 其安全管理在工程管理中占据极为重要的位置。近些年, 我国在建筑施工安全管理方面虽说取得了一些成果, 然而安全事故频发的情况依旧存在, 其原因大多集中在管理制度、人员素质、技术手段以及监管体系等方面较为薄弱。文章全面梳理了建筑施工安全管理存在的主要问题, 针对制度建设、安全教育、风险作业控制、隐患治理、应急响应等多个方面展开深入剖析, 给出相应的改进对策, 还进一步探究了施工安全管理的优化发展路径, 像构建企业安全文化、推广智慧建造技术、健全法律监管体系与绩效考核机制等, 希望能够给建筑行业提供科学且可行的管理思路以及实践方面的参考。

[关键词] 建筑施工; 安全管理; 管理对策

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17219

中图分类号: TU2

文献标识码: A

Research on Safety Issues and Management Measures in Construction Management

LI Boyu

MCC Times Real Estate Co., Ltd., Tangshan, Hebei, 063000, China

Abstract: Construction is a high-risk industry, and its safety management occupies an extremely important position in engineering management. In recent years, although China has achieved some results in construction safety management, frequent safety accidents still exist, mainly due to weak management systems, personnel quality, technical means, and regulatory systems. The article comprehensively summarizes the main problems in construction safety management, conducts in-depth analysis on institutional construction, safety education, risk operation control, hidden danger governance, emergency response and other aspects, and provides corresponding improvement measures. It also further explores the optimization and development path of construction safety management, such as building enterprise safety culture, promoting smart construction technology, improving legal supervision system and performance evaluation mechanism, hoping to provide scientific and feasible management ideas and practical references for the construction industry.

Keywords: construction; safety management; management measures

引言

建筑行业作为国民经济的关键支柱, 在城市化进程加速推进的当下, 其施工项目规模持续扩大, 工艺变得日益复杂, 安全风险也不断攀升, 即便相关法律法规逐渐趋于完善, 然而在实际施工过程中, 管理水平呈现出参差不齐的状况, 安全监管存在缺失情况, 应急机制不够健全等诸多问题依旧对行业的安全发展形成制约。怎样提高施工现场的安全管理效能, 减少事故的发生率, 已然成为建筑企业以及政府监管机构一同关注的研究课题。本文依据当前建筑施工安全管理的实际状况, 从存在的各类问题着手, 给出改进的相关对策, 同时探寻未来发展的优化途径, 目的在于推动建筑施工安全管理体系朝着科学化、规范化、信息化的方向建设, 从而为保障施工人员的生命财产安全以及社会稳定给予理论层面的支持与实践方面的指导。

1 建筑工程施工安全管理的重要意义

建筑工程安全管理是确保施工顺利进行、保障施工人员生命财产安全的基石。施工过程中, 高处作业、机械设备操作、电气作业等环节均存在着潜在的危险, 一旦安全

管理不力, 极易引发严重的人员伤亡事故。因此, 必须加强安全管理, 组织系统的培训与指导, 以提升施工人员的安全意识, 从而最大程度地降低事故发生的可能性, 切实保障施工人员的生命安全。建筑工程施工多集中于城市及人口密集区, 若不采取有效的安全管理措施, 会导致周边居民及行人的生命安全受到威胁。通过对施工过程进行合理的规划与管理、采取安全防护措施、及时发出警告、划定施工区域和设置安全警示标志等措施, 能够最大限度地降低对公众的影响。若不能有效地进行安全管理, 就有可能造成设备损坏、火灾、爆炸、偷盗等各类经济损失。良好的安全管理, 体现了企业对员工、社会的关爱与责任, 从而可以提升企业的形象与信誉。同时, 建筑施工企业良好的安全记录及业绩, 也会为公司赢得更多的商机, 在业界树立良好的口碑。

2 建筑施工安全管理中存在的问题

2.1 安全管理制度不健全

当前不少建筑企业安全管理制度建设有明显不足。部分企业安全管理只是走个过场, 制度文件虽多, 但执行力度却不够, 使得施工现场管理责任难以落实到位。安全职

责划分不清晰,管理流程操作性差,缺少科学的安全目标考核机制,出现制度空转的情况。而且部分项目没有健全安全检查、隐患排查、事故报告等制度,致使隐患不能及时发现与处理,产生管理盲区。

2.2 安全教育与培训不到位

建筑施工企业针对一线工人展开的安全教育以及培训工作,其投入往往不够充足,如此一来便致使部分施工人员缺少必备的安全知识,同时自我防护意识也比较淡薄。特别是在新员工正式上岗之前的培训环节当中,存在着一种走形式、重表面的现象,没有依据施工现场的实际状况来开展具有针对性的教育活动。除此之外,安全技术交底工作不够规范,安全操作规程也不够清晰明确,这使得施工人员在具体的操作过程里,由于存在一些不当的行为,从而较易引发各类事故。并且培训方面的缺失还表现在对管理人员专业能力的提升上,进而导致管理层难以有效地去履行自身的监管职责。

2.3 高风险作业控制不力

高处作业、深基坑施工以及动火作业等高风险环节,向来是施工安全事故频发的领域。然而在实际施工进度里,部分企业对于这些作业往往缺乏相应的风险评估以及有效的过程控制手段。对施工现场存在的风险辨识不够到位,防护措施也并不完善,甚至还存在着违规作业的情况,比如没有按照规定去佩戴安全防护用品,又或者没有搭建安全网等等。尤其是在赶工期、抢进度的时候,管理人员更容易忽视对高危作业环节的把控,如此一来便给事故留下了隐患。

2.4 施工现场安全隐患普遍存在

建筑工地因其作业环境较为复杂,人员流动也比较频繁,所以各类安全隐患普遍存在。施工场地常出现的问题有:临边没设置护栏、脚手架搭设不够规范、临时用电线路混乱不堪、材料堆放杂乱无章等等。这些隐患一方面增加了事故发生的可能性,另一方面也体现出施工现场安全管理缺乏系统性以及精细化程度不足。并且,部分施工单位在隐患排查工作当中仅仅做些表面功夫,并没有建立起动态排查与整改机制,导致隐患长期无法得到有效治理。

2.5 应急管理体系不完善

多数建筑企业于应急管理层面存在着重视建设而忽视预防的现象。尽管制定了应急预案,然而常常缺少实操性以及现场适应性,如此一来,若事故不幸发生,便难以快速做出响应并妥善处理。应急演练的开展频次较低,且演练过程呈现出形式化的态势,这使得施工人员缺少应急处置方面的经验。并且,部分项目没有建立起应急物资储备制度,应急指挥体系的层级不够清晰,通信协调也并不顺畅,这些情况对应急响应的效率与效果产生了颇为严重的影响。

3 建筑施工安全管理的改进对策

3.1 完善安全管理组织与制度建设

要提高施工现场的安全管理成效,需从组织体系以及

制度建设两方面着手,搭建起权责清晰、层级清楚的安全管理组织架构。设置专门负责安全管理的机构,明确各个层级管理人员在安全方面的职责,构建起从上至下可有效传导责任的机制。在制度层面,要制定出具备可操作性的安全管理规章制度,并且依据项目的实际情况持续地加以修订和完善,要将安全教育、作业审批、隐患排查、事故处理等关键环节都涵盖进去。与此还要健全考核以及奖惩机制,以此来强化制度的执行力度,保证制度能够切实落地并发挥作用。

3.2 强化施工人员的安全意识与技能培训

提升施工人员的安全素养,这是防范事故发生的关键所在。企业需要制定长期的培训方案,定期举办不同层次、多种多样的安全教育活动,像新员工入职时的安全培训、班组每天开展的安全晨会以及安全知识竞赛等等,以此来强化所有人员的安全意识。在技能培训这块,要着重关注岗位操作技能、应急逃生技能以及个人防护知识等方面的内容,通过案例教学以及现场演示的方式提高培训的实际效果。针对管理人员而言,应当强化他们的监督检查能力还有风险识别能力,让他们在管理工作当中能够发挥出积极的作用。

3.3 推进施工现场安全技术防控手段

借助技术手段来提升施工安全管理的科学性以及可控性,这已然成为行业方面的发展走向。企业应当积极去推广诸如施工现场视频监控、人员定位系统、安全帽智能感应以及传感器监测这类信息化手段,以此达成对重点区域、关键环节展开实时监控的目标。与此运用建筑信息模型也就是 BIM 技术去做施工模拟还有风险预测相关事宜,进而提升风险辨识方面的能力。在像脚手架搭设、模板支撑以及起重设备等这些关键设施上面应用智能检测设备,实现隐患的自动识别与报警功能,从而进一步促使管理效率以及精准度得以提升。

3.4 加强施工设备和材料的安全管理

施工设备以及材料在施工安全方面起着十分重要的保障作用,其管理的水平会在很大程度上直接影响到作业安全。企业应当着力去建立健全设备管理制度,要清楚明确设备使用的流程、维护的流程、检修的流程以及报废的流程等标准流程,绝对不可以出现带病作业的情况,也决不能有违规操作的行为。在材料管理这个方面,需要强化对危险化学品、电线电缆、防火材料等这些关键材料的分类存储工作,同时也要完善相应的防护措施,以此来防止火灾、爆炸这类事故的发生。并且,施工现场得合理地布置材料堆放的区域,务必要保证通道是畅通无阻的,标识也是清晰明了的,从而消除由于材料堆放混乱而引发出来的安全隐患。

3.5 构建科学的应急预案与响应机制

建立起科学且完备的应急预案体系,这可是提升事故处置能力极为关键的一环。企业得依据施工现场的具体特

点来制定各类专项应急预案,像火灾方面的、坍塌方面的、中毒方面的以及高空坠落方面的等等,并且要定期组织开展应急演练活动,以此来提升相关人员的操作熟练程度。应急预案务必要把职责分工、处置流程、物资配备以及联动机制等方面都明确清楚,从而保证在事故发生之时能够做到响应速度快、配合有条不紊。要对应急通信手段加以优化,确保现场和指挥中心能够实现高效的对接。与此还得定期去评估预案执行的实际效果,不断地对应急体系的适应性和实效性做出改进。

3.6 应用信息化手段提升管理效能

随着数字化转型不断向前推进,信息化手段已然变成提升施工安全管理程度的关键工具。建筑企业需要构建起统一的安全管理信息平台,达成人员管理、设备管理、隐患排查以及应急联动等诸多模块的集成效果。借助移动终端同云平台相互联动起来,进而实现安全方面的问题能够实时地进行上报,相关任务可以即时地予以派发,并且整改闭环的情况也是可以追踪到的。与此运用大数据分析技术针对施工过程当中产生的安全数据展开挖掘以及预测操作,以此来识别出那些高风险的作业区域以及人员的行为情况,从而为管理决策给予科学方面的依据。

4 建筑施工安全管理的优化发展路径

4.1 构建企业安全文化体系

安全文化对于推动企业安全管理不断向前发展而言,乃是极为重要的一种内在驱动力量。企业需要把安全理念切实融入到自身的组织价值观以及行为规范里面去。具体可通过制定有关安全文化的纲领性文件、精心设置安全目标并且喊出响亮的口号、积极开展各式各样的安全文化建设活动等途径,以此来引导员工逐步形成优良的安全行为习惯。在这样的基础之上,着力构建起一种既注重激励又强调约束的文化氛围,促使全体员工从原先被动接受的“要我安全”的状态转变为积极主动践行的“我要安全”的状态^[1]。与此还应当鼓励员工主动去发现工作当中的各类问题、积极参与到安全管理的各项事务当中、踊跃地提出能够改进工作的建议,进而推动安全文化朝着制度化以及常态化的方向不断发展前行。

4.2 推广智能建造与智慧工地技术

随着科技不断发展,智能建造已然成为提升建筑施工安全的关键方向。借助引入智慧工地系统,达成对人员、机械、环境等诸多要素的全方位感知以及智能分析,以此来提升现场的安全监控能力^[2]。运用 BIM、物联网、人工智能等先进科学技术,实现施工全过程的信息化管理以及安全预警,进而提升工程质量以及安全保障方面的水平。大力推广机器人施工、无人机巡检、3D 打印等新技术,降低人工从事高危作业的比例,从源头处减少事故风险,促使施工安全从被动防控朝着主动预防转变。

4.3 完善法律监管与行业监督机制

建筑施工安全得以保障,这离不开法律法规以及行业监管给予的有力支持。应当持续对建筑安全相关的法律法规加以完善,将安全责任进一步细化,把处罚标准明确清晰地确定下来,以此来提升违法所要付出的成本。强化政府监管部门在执法方面的能力构建工作,积极去推动智慧监管平台的建设进程,达成监管数据能够实现共享并且执法效率得以提升的目标^[3]。与此着手建立起第三方安全评价以及行业自律的相关机制,鼓舞行业协会参与到标准制定、安全评估还有信息披露等一系列事务当中来,进而形成一个由“政府负责监管、企业承担主要责任、社会予以监督”共同构成的多元共治的安全管理体系。

4.4 建立持续改进的安全绩效考核体系

安全绩效考核对于推动企业不断地去改进而言,称得上是极为重要的一项抓手。应当着手建立起一套既科学又合理的绩效评价体系,并且要把安全生产指标纳入到企业绩效考核所涵盖的内容当中来。要定期去组织开展安全绩效方面的评估工作,与此同时还要落实好奖惩兑现的相关事宜。考核内容务必要涉及到事故发生率、隐患整改率、员工培训覆盖率以及应急演练次数等诸多关键指标,以此来充分体现出对全员以及全过程实施管理的要求。还要积极推动绩效结果和项目承包情况、人员晋升事宜以及薪酬激励等方面实现有效挂钩,进而不断增强管理所具有的目标性以及实际效果,最终形成一个“安全创造效益”的良性循环状态。

5 结语

建筑施工安全管理属于一项具备系统性以及长期性的工程,需要在制度建设、人员培训、技术手段以及文化建设等诸多方面一同发力。本文通过对当下建筑施工安全管理所存在问题展开分析,进而提出具有切实可行性的改进策略与优化路径,目的是给建筑企业在提升安全管理水平方面给予理论方面的支撑以及实践层面的参考。在未来,伴随科技持续取得进展以及监管体系逐步趋于完善,建筑施工安全管理也会进入到更为智能化且规范化的全新发展阶段,达成施工安全和工程质量同步提升的良好局面。

【参考文献】

- [1]汪炎.建筑工程施工安全管理问题与对策研究[J].现代工程科技,2025,4(7):181-184.
- [2]杨柳清.建筑施工现场管理问题及优化措施[J].居业,2024(9):152-154.
- [3]许红伟.建筑工程中施工安全管理问题和对策解析[J].居业,2024(5):159-161.

作者简介:李勃郦(1997.2—),男,民族汉族,河北省唐山市人,现工作于中国二十二冶集团时代置业公司,助理工程师(暖通专业),研究方向:暖通工程施工、建筑工程施工安全管理。

建筑工程管理和施工质量控制措施解析

范 翔

伊犁建设工程有限责任公司，新疆 伊宁 835000

[摘要]建筑工程管理以及施工质量控制属于建筑项目得以顺利推进的关键环节，其对于确保工程质量、把控施工进度与成本、提高整体管理效能有着不容小觑的重要意义。施工单位身为工程实施的主体所在，在管理与控制进程当中肩负着组织协调、技术执行、质量把关等一系列职责。文章从施工单位的角度出发，全面且细致地探讨了建筑工程管理方面的关键内容以及实际存在的诸多问题，深入剖析了施工质量控制的主要举措，并且还给出了提升管理以及质量控制水准的优化途径，希望能够为提升建筑工程建设水准给予具备可行性的参考依据。

[关键词]建筑工程；工程管理；施工质量；控制措施

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17216

中图分类号: TU2

文献标识码: A

Analysis of Construction Project Management and Construction Quality Control Measures

FAN Xiang

Yili Construction Engineering Co., Ltd., Yining, Xinjiang, 835000, China

Abstract: Construction project management and construction quality control are key links for the smooth progress of construction projects. They have significant importance in ensuring project quality, controlling construction progress and costs, and improving overall management efficiency. As the main body of project implementation, the construction unit shoulders a series of responsibilities such as organizational coordination, technical execution, and quality control in the management and control process. The article comprehensively and meticulously explores the key content and practical problems in construction project management from the perspective of construction units, deeply analyzes the main measures of construction quality control, and also provides optimization ways to improve management and quality control levels, in order to provide feasible reference for improving the construction level of construction projects.

Keywords: construction engineering; engineering management; construction quality; control measures

引言

随着城市化的推进速度不断加快，建筑工程的规模也在持续不断地扩大，施工技术变得日益复杂起来，对于工程质量、安全以及成本控制的要求也变得越来越来高。在这样的大背景之下，强化建筑工程管理以及施工质量控制就显得格外重要了。施工单位作为项目建设当中的核心执行主体，一方面要实现施工计划能够有效地得到落实，另一方面还要对资源加以统筹管理，对进度和成本进行把控，并且要保证工程质量以及施工安全无虞。当下，部分项目在施工阶段依旧存在着管理流程较为混乱、质量控制做得不够到位、制度执行力度比较薄弱等一系列问题，这些问题的存在对项目的整体成效产生了不小的影响。所以说，探寻并构建起一套系统完备、科学合理且具备可操作性的工程管理与质量控制体系，这既是提高施工管理效率的内在需求，同时也是确保项目能够顺利交付完成的必然举措。

1 建筑工程管理及施工质量控制的必要性

工程管理与施工质量控制是建筑工程建设的重要组成部分，也是工程各阶段需要高度重视的工作内容。重视和加强建筑工程管理与施工质量控制，既能为建筑工程项

目安全顺利建设提供基础保障，又能有效规避潜在风险，实现项目投资经济效益最大化。为确保建筑工程管理及施工质量控制相关工作精准落实，应结合工程项目实际情况，根据工程管理目标与质量控制要求，构建完善的工程管理体系与施工质量控制机制，并综合考虑影响工程管理及施工质量的各方面因素，在此基础上制定相应的管控措施，以避免工程建设过程中不必要问题的发生。创新工程管理与施工质量控制的理念、方法、工具，全力推进全员、全要素、全过程的可视化、数字化、智能化新型工程管理与施工质量控制应用，推动建筑工程管理与施工质量控制向专业化、多元化发展。

2 建筑工程管理的核心内容与实践问题

2.1 工程项目的组织管理与流程协调

在建筑工程项目当中，组织管理以及流程协调属于施工管理里面较为基础的环节。施工单位要依据项目的具体特点去制定出合理的组织架构，把各个岗位的职责还有权限都给明确清楚，进而构建起高效能的沟通以及协调方面的机制。借助完善的组织管理体系，能够促使项目团队的执行力得以提升，以此来保证各项任务可以按照既定的顺

序顺利推进下去。与此流程协调这边就要求施工单位针对施工流程展开科学合理的划分以及优化操作,将各个工序之间的衔接逻辑给明确清晰,从而减少资源出现浪费的情况以及时间上产生的冲突。在实际的现实情况里,部分项目存在着组织架构方面有重叠现象、管理层级不够清晰明确、部门之间协作不够顺畅等诸多问题,这些问题的存在使得沟通的效率变得很低下,进而对施工的进度以及工程质量都产生了影响。要想解决这类问题,就需要运用系统工程的那种思维来强化组织制度的建设工作,提高流程精细化管理的水平程度。

2.2 项目进度、成本与安全控制机制

进度、成本以及安全这三项内容构成了建筑工程管理的关键核心目标。施工单位于项目实施进程当中,得制定出科学且合理的施工进度计划,要清晰明确关键路径以及节点目标,并且要对实际进度予以动态的跟踪,一旦发现情况需要及时做出调整与优化处理。在成本控制这个层面上,应当构建起贯穿全过程的成本管控体系,从预算编制开始一直到资金投入,再到材料采购以及施工耗用等各个不同环节,都得严格加以控制,务必要防止出现超支以及浪费等情况。就安全管理而言,则是要严格执行有关安全生产的法律法规规定,积极开展日常的巡检工作以及专项的排查行动,不断强化员工的安全意识,同时也让操作规范得以落实到位。当下,有不少工程项目由于计划执行的力度不够、成本核算不够细致、安全责任界定不清等诸多原因,最终出现了工期被拖延、成本难以把控甚至是发生安全事故等状况,所以迫切需要施工单位切实提升自身的项目三控能力,从而达成工程目标的协调与统一状态。

2.3 工程管理中常见问题及成因分析

在实际开展施工活动的过程中,工程管理环节当中常常会出现一些问题,像计划制定不够严谨细致、人员管理显得较为松散随意、制度执行力度不够强、信息传递存在滞后情况等等。而这些问题形成的原因大概可归结为三个方面:其一,施工单位所秉持的管理理念较为落后,对于工程全过程控制方面的意识有所欠缺,如此一来便缺少了系统性的管理机制;其二,管理人员的综合素质呈现出参差不齐的状况,普遍缺乏应对复杂工程时所需的组织以及协调能力;其三,缺乏先进技术手段作为支撑,比如信息化、数据化工具的应用并不充分,这在很大程度上限制了项目管理所能达到的效率以及精度水平。所以说,要想提升工程管理的水平,那就得从理念方面的革新、人员能力的建设以及技术工具的引入等多个不同方面同时着手推进相关工作。

3 建筑工程施工质量控制的关键措施

3.1 施工质量控制体系的构建与执行

构建起科学且完善的施工质量控制体系,这无疑是在很大程度上确保工程质量能够保持稳定的极为重要的一

项前提条件。施工单位务必要依据所承接项目的具体特点来着手建立起项目级别的质量管理制度,要清晰明确地界定出质量控制方面的目标以及那些至关重要的关键指标,并且还需专门设置质量管理相关的岗位,同时配套建立起相应的监督机制。在实际的执行操作层面来讲,应当针对施工前、施工当中以及施工后这三个不同的阶段来全面实施全过程的控制举措,借助于制定施工方案的审批流程、开展技术交底的相关事宜、落实质量验收的具体工作等一系列程序文件,以此来切实保障各个不同环节的质量都能够处于可控制的状态之下。除此之外,还应当进一步强化对于质量数据的记录以及后续的分析工作,进而建立起一套完整的质量追踪闭环机制。这样一套经过系统化处理并且已经制度化的质量管理体系,能够在施工过程当中极大地提高其规范程度,有效降低出现质量方面风险的可能性,最终促使工程成品率得以提升。

3.2 材料与设备进场质量管理

建筑材料以及施工设备属于影响工程质量极为关键的因素,所以对于它们进场时的质量务必要加以严格把控。施工单位应当着手建立起供应商准入以及考评的相关制度,着重去优先挑选那些资质完备且信誉颇佳的材料与设备供应商。针对进场的各类材料,得严格按照既定的验收流程来执行,要仔细核查产品合格证、检测报告等一系列相关资料,并且还要联合运用现场抽检的方式,以此来保证这些材料能够契合设计方面的要求以及规范所规定的要求。就设备类产品而言,必须要确保其在安装调试环节能够满足施工的实际需求,达到运行稳定且可靠的状况。在现实情况当中,部分工程正是因为存在材料以次充好的现象,还有设备调试不够规范等诸多问题,从而给工程质量埋下了不小的隐患。所以说,从源头上对材料与设备加以把控,这无疑便是保障工程质量的最初一道重要防线。

3.3 施工工序过程中的质量控制方法

施工工序是否规范地执行,是直接影响到建筑成品质量的关键所在。施工单位得依据施工组织设计以及施工图纸方面的要求,去制定出详尽的工序控制要点,并且针对模板、钢筋、混凝土、砌筑、防水这些关键工序务必予以严格把控。在施工开始之前,要积极开展技术交底工作,把作业的具体要求给明确清楚;在施工进行当中,需设立工序质量检查点,同时安排专门人员去进行巡检以及复核操作;等到施工结束之后,还要开展质量评定相关工作,并且做好相应的记录归档事宜。特别是在隐蔽工程这块,更要着重强化从头到尾的全程监督,而且要做好影像资料的留存工作。唯有如此,通过切实强化每一道工序的控制措施,同时将质量责任落到实处,才能够有效地防止出现返工、漏项这类情况,进而促使项目整体的质量水平得以提升。

3.4 检验、验收与质量追踪机制

工程质量最终得以确认,必须要依靠系统完备的检验

以及验收方面的机制。施工单位务必要严格依照国家还有行业所制定的标准来执行验收程序,并且要积极配合监理单位依次展开针对分项工程、分部工程以及单位工程的逐级验收工作。在验收的过程当中,应当着重关注施工所取得的成果和设计方面的要求以及技术规范之间是否保持一致,进而形成一套完整的质量验收记录资料。对于出现的质量问题,需要建立起相应的反馈以及整改机制,以此来保证能够实现闭环式的管理状态。与此还得强化对质量数据的动态跟踪力度,着手建立起项目的质量信息库,从而为后续开展的质量评估工作以及维保管理工作给予相应的依据支撑。科学合理的检验验收以及质量追踪机制,无疑是确保工程交付时质量能够达到标准要求并且责任划分清晰明确的重要保障手段。

4 提高管理与质量控制水平的优化路径

4.1 完善施工管理制度与标准化流程

施工管理规范得以实现的基础在于标准化以及制度化这两个方面。施工单位需要依照国家相关法规、行业所遵循的标准以及自身企业在管理方面的实际需求来着手建立起一套较为完善的项目管理制度体系,这套体系要能够涵盖进度、质量、安全以及成本等诸多不同的方面^[1]。还要去制定出标准化的施工流程、作业指导书、检查表以及评估标准,以此来进一步强化管理过程中的统一性以及可控性。借助于制度所具备的驱动作用以及流程的固化处理,是能够切实有效地提升工程的执行力以及操作的一致性的,如此一来便可以避免出现管理方面的随意性以及执行环节的偏差情况,从而从根源之处提升整个项目的整体管理水平。

4.2 推动信息化与智能化管理工具应用

施工企业借助信息化、智能化方式来提升管理效率以及透明度,这已然成为其发展所呈现出的一种趋势^[2]。施工单位有必要引入像建筑信息模型(BIM)、工程项目管理系统(PM)还有施工进度模拟软件这类信息技术,以此达成在施工计划制定、资源配置安排、质量监管实施以及进度控制等方面环节的数字化管理目的。与此要联合运用传感器、无人机以及移动终端设备等智能工具,进而实现对施工现场进行实时监测、开展远程协作以及呈现数据可视化的效果。信息技术相互间不断融合,一方面使得施工管理的科学性得以提高,另一方面也给精细化管理以及决策分析给予了强有力的支撑。

4.3 强化人员素质培训与岗位责任制度

人员素质乃是管理以及控制水平得以提升的根基所在。施工单位需要构建起完备的人员培训体系,按时组织开展技术培训、安全方面的教育以及质量管理相关的课程,以此来促使一线人员的专业能力得以提高,同时让他们的

规范意识也有所增强。与此还得进一步完善岗位责任制度,清晰界定各级人员各自的职责范畴、工作所要达成的目标以及考核的具体标准,进而将质量以及管理的责任切实落实到具体的人身上^[3]。凭借着打造出高素质且责任明确的施工团队,能够使得整体的执行力以及协作效率都得到提升,从而给项目的顺利推进给予强有力的支撑。

4.4 落实全过程质量控制理念

全过程质量控制着重于对工程建设从设计环节一直到竣工交付整个过程都开展质量管理。施工单位在执行这一过程中,需要主动参与到设计交底以及图纸审查等相关事宜当中,以此来保证施工能够和设计意图保持一致。在采购阶段,施工单位得参与供应商的选定工作,同时也要负责材料的验收事宜。到了施工阶段,就要严格地落实针对各个工序的质量控制举措。而在交付阶段,则要着重强化验收工作以及后续维护管理之间的衔接配合。借助全过程质量控制这种方式,可以达成质量管理所具备的系统性特点以及形成闭环的效果,进而最大程度地减少工程出现的各种缺陷情况,也能降低后期维修方面的成本支出,最终促使项目交付时的品质得以提升。

5 结语

建筑工程管理以及施工质量控制这可是一项复杂的系统工程,它跟工程项目的最终成败还有建设目标能不能实现紧密相关。施工单位在其中充当着执行主体的角色,得不断地去对组织体系予以优化,同时要强化针对流程的管理工作,切实把质量责任给落实到位,并且积极推动技术创新以及人员素质的提高。借助制度化、标准化还有信息化等手段来提升管理方面的效率,秉持全过程控制的理念以此来保障施工的质量,如此便能够为建筑工程实现高质量的建设筑牢稳固的基础。在未来,伴随技术不断发展以及行业标准也在持续提升这样的情况出现,施工单位就需要不断地去探索管理与控制方面的新模式,进而达成建筑工程管理水平和质量保障能力一同实现跃升的目的。

[参考文献]

- [1]蒋成思.提高建筑工程管理及施工质量控制的思考[J].科技与创新,2024(21):109-111.
 - [2]王华.探讨建筑工程管理及施工质量控制的有效策略[J].居业,2024(7):43-45.
 - [3]罗光彩.建筑工程管理及施工质量控制研究[J].低碳世界,2024,14(5):91-93.
- 作者简介:范翔(1991.9—),毕业院校:大连理工大学城市学院,所学专业:工程造价,当前就职的单位名称:伊犁建设工程有限责任公司,就职单位职务:工程管理部副主任,职称级别:工程师。

建筑施工过程中的安全管理方法及价值

田彦民

天津珂宇建筑装饰集团有限公司, 天津 300000

[摘要]建筑施工活动有着复杂性、动态性以及高风险性的特点,所以安全管理在施工进程里有着极为关键的地位。科学且系统的管理方式,一方面可以有效地预防并控制施工现场出现的各种各样的安全事故,另一方面还可以提高施工的效率,提升工程的质量,减少经济方面的损失以及法律方面的风险。围绕安全管理制度、教育培训、技术措施、隐患排查还有应急管理等多个方面来全面探讨建筑施工过程当中的安全管理方法,同时深入剖析它在实际应用当中所具有的多种多样的价值,指出当下存在的一些主要问题并且给出具有针对性的改进意见,从而给达成建筑施工本质安全给予理论层面的参考以及实践层面的指引。

[关键词]建筑施工;安全管理;施工现场

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17209

中图分类号: TU714

文献标识码: A

Safety Management Methods and Value in the Construction Process

TIAN Yanmin

Tianjin Keyu Building Decoration Group Co., Ltd., Tianjin, 300000, China

Abstract: Construction activities have the characteristics of complexity, dynamism, and high risk, so safety management plays a crucial role in the construction process. A scientific and systematic safety management approach can effectively prevent and control various safety accidents on construction sites, while also improving construction efficiency, enhancing project quality, reducing economic losses, and legal risks. We will comprehensively explore the safety management methods in the construction process from multiple aspects such as safety management system, education and training, technical measures, hidden danger investigation, and emergency management. At the same time, we will deeply analyze the various values it has in practical applications, point out some of the main problems that currently exist, and provide targeted improvement suggestions, which will provide theoretical reference and practical guidance for achieving essential safety in construction.

Keywords: construction; safety management; construction site

引言

随着我国城镇化进程快速推进以及基础设施建设规模持续扩大,建筑行业迎来了前所未有的发展机遇,然而也面临着日益严峻的安全管理挑战。建筑施工活动呈现出点多面广的特点,工序较为复杂,这极易引发高处坠落、物体打击、机械伤害等一系列安全事故,对施工人员的生命健康以及项目进度造成严重危害。近些年来,尽管各级政府以及建筑企业不断强化对施工安全的重视程度并加大投入力度,但是安全管理依旧存在着制度不够完善、执行落实不到位等诸多问题。所以深入且细致地探讨建筑施工过程当中行之有效的安全管理方法,对其在保障施工安全、推动高质量发展方面所具有的现实价值展开分析,这对于提升整个行业的管理水平以及实现工程安全可控而言有着极为重要的意义。

1 建筑施工安全管理概述

建筑施工安全管理意义重大,其涵盖施工全过程,致力于保障人员生命安全、工程质量及施工进度顺利推进。建筑施工存在高处坠落、物体打击、坍塌等诸多潜在风险。

实现有效安全管理,首先应建立完备的安全制度与规范,明晰各岗位安全职责。同时,对施工人员进行全面安全培训,提升其安全意识与自我保护能力。在施工现场,需设置醒目安全警示标志,配备必需的安全防护设施。此外,强化对施工设备和机械的检查与维护,保证其正常运行。定期进行安全检查与隐患排查,及时整改问题,做到防患于未然。唯有通过科学、系统的安全管理,方可为建筑施工营造安全、稳定的环境,达成工程建设目标。

2 建筑施工过程中的安全管理方法

2.1 完善安全管理制度体系

建筑施工的安全管理离不开制度的规范与支撑。科学且系统的安全管理制度乃是施工单位开展有效控制的前提条件以及有力保障。要依照国家法律法规以及行业标准,再结合企业自身的管理实际情况,构建起涵盖项目整个周期的安全管理制度体系,清晰明确各个岗位的安全职责以及操作流程,以此来保证安全责任能够逐层落实到位。接着,施工单位应当建立起严格的安全检查、考核还有奖惩机制,进而形成“谁主管、谁负责”的责任链条,从源头

处彻底杜绝管理方面的漏洞。与此制度在制定之时务必要具备可操作性以及现场适应性,要结合工程的具体特性以及施工进度展开动态调整,达成与实际施工环境的无缝对接。借助制度的规范化、系统化以及动态化,便能够形成施工现场安全管理的坚实基础支撑,从而促使各项安全措施切实落地施行,提高施工现场整体的安全水准。

2.2 加强施工人员安全教育与培训

施工人员在安全管理方面属于直接执行者的角色,他们所具备的安全意识以及操作能力,会对现场的安全管理水平产生直接影响。强化针对施工人员展开的安全教育与培训,这无疑是在提高施工安全方面的关键环节之一。企业需要在新员工正式入场之前,着手开展一套较为系统的入场安全教育活动,借此让新员工能够全面且深入地知晓施工现场存在的各类安全风险状况、相关的防护举措以及具体的操作规程内容,从而促使他们的自我保护能力得以切实增强。就那些从事高空作业、电焊作业、起重作业等特种作业的人员而言,务必要为他们实施专业化且具有很强针对性的技术培训,并且要严格按照规定执行持证上岗的相关制度,以此来保证这些人员拥有与之对应的足够安全技能,同时也能具备妥善处理突发状况的能力。除此之外,在施工进程当中,还需依据工程的实际推进情况以及现场的具体情形,定期去组织开展安全技术交底、安全演练以及安全知识的宣讲等活动,借助多种层次、多样形式的培训手段,持续不断地强化施工人员的安全意识,规范他们的操作行为,进而构建起那种“培训常态化、意识常在化”的优良安全氛围。

2.3 优化现场安全技术管理

施工现场的安全技术管理属于控制安全风险的关键环节,其核心要点在于把安全理念切实贯彻至施工组织、技术方案以及作业过程里面。一开始,施工单位需科学合理地去组织施工现场的空间布局,要妥当划分出作业区域、通行通道还有材料堆放区,防止因施工交叉干扰而引发的事故风险出现。接着,对于施工机械设备而言,得严格执行操作规程以及使用规范,要安排专业人员按时去做保养与检测工作,以此保证设备能够处于良好的运行状态。尤其是在像塔吊、升降机这类高危设备的使用进程当中,务必要实施全程的监控举措,避免设备故障所造成的安全隐患。针对施工用电、临时设施、深基坑、高边坡等这些重点环节,应当依据具体工程的特点来采取行之有效的技术保护办法,并且设置清晰醒目的安全警示标志,遵循“技术先行、防范为主”的原则来开展相关工作。通过加强现场安全技术管理,不但可以有效地防止各类事故的发生,而且还有助于提高项目整体运行的规范程度以及工作效率。

2.4 完善隐患排查与风险预控机制

隐患排查以及风险预控属于实现施工安全“防患于未然”的关键环节,建筑施工单位应当建立起常态化的安全

巡查机制,明确巡查的频率、内容以及责任主体,以此来保证隐患能够及时被发现,并且处理起来也较为迅速,对于施工现场所存在的像高空作业、深基坑支护、脚手架搭设这类高风险作业点,需要开展专门的风险识别与评估工作,制定出相对应的控制措施与管理要点,与此要落实隐患排查的“闭环管理”,对于发现的问题要做到责任明确到人、限定时间去整改、复查之后再销项,防止隐患反复出现,施工单位还应当建立安全风险数据库,收集并分析各类安全事件的数据,动态地更新风险清单与管控重点,达成从事后处置转变为事前预控的目的。通过构建起科学、系统、闭环的隐患排查与风险预控机制,可大幅提升施工现场的风险识别能力以及应对水平,为工程建设给予稳固的安全保障。

2.5 健全应急响应与事故处理机制

应急响应机制在施工现场应对突发事件方面有着极为重要的保障作用,其完善与否直接决定了事故发生之时损失能否得到有效控制以及人员救援效率的高低。施工单位需要依据项目的具体特点以及有可能出现的事故类型来制定出切实可行的应急预案,预案要将火灾、高空坠落、机械伤害、触电等突发状况都涵盖进去,并且要清晰明确各类应急响应的具体程序、负责的相关责任人、所采用的通讯方式以及应急物资的配置情况。应当定期组织开展全员都能够参与进来的应急演练活动,以此来检验应急方案是否具备可行性以及执行力如何,进而提升施工人员针对突发事件的反应速度以及协同作战的能力。与此在事故发生之后应当快速启动应急预案,依照预先分工来组织开展救援行动、做好现场保护工作、完成事故上报事宜以及进行善后处理相关事宜。通过不断完善应急响应机制,不但能够最大程度地降低事故所造成的损失,而且还可以进一步强化企业自身的安全责任意识以及风险管理的能力。

3 建筑施工安全管理的价值分析

3.1 提高人员安全保障水平

建筑施工安全管理首要看重的是对人员生命安全以及身体健康予以有效保障。施工现场属于高风险作业的地方,作业人员会面临像高处坠落、坍塌、物体打击等等多种潜在的危险情况。借助科学的安全管理举措,比如制度方面的规范、技术层面的防护以及教育培训等方面的做法,能够在最大程度上降低事故发生的比率,防止出现人员伤亡的事件。与此良好的安全管理所营造出的氛围,能够强化员工内心的安全感与归属感,提升他们工作时的积极性以及执行任务的力度,从而去构建起以人为中心的管理文化。安全保障水平得以提升,这既是企业在履行社会责任方面的重要呈现形式,也为项目的顺利开展以及团队的稳定筑牢了坚实的后盾支持。

3.2 降低安全事故发生概率

经过系统且全程化的安全管理举措,能够对施工环节里的各类安全隐患予以有效辨识、把控乃至消除,进而让

事故发生的几率得以大幅削减。其中,完备的隐患排查相关机制、极为严格的施工操作规范、具备智能化特性的实时监控手段以及定期开展的培训方面制度,共同搭建起了针对事故预防的多层防御体系。秉持着从风险源头着手的预控理念,使得建筑工程领域的安全管理状态发生了转变,从以往的被动响应模式逐渐转变为如今的主动防范模式,如此一来便减少了因管理存在疏漏、操作出现失误以及设备发生故障等诸多因素而引发的各类事故。事故发生率呈现出下降趋势,这既对人员安全给予了有力保障,同时对于维护施工进程的正常推进以及项目所涉及的信誉维护也是颇有帮助的,可以说是建筑工程安全管理所取得成效在诸多方面当中较为直观的一种体现形式之一。

3.3 提升工程项目整体质量与效率

安全管理同工程质量以及施工效率之间存在着紧密关联。在施工进程当中,倘若安全事故频频出现,那么这无疑会造成工期出现延误的情况,返工的次数也会增多,并且人员还会有流动的现象,如此一来便会对施工进度以及工程质量产生影响。当实施具有系统性的安全管理举措时,是能够保持施工现场作业具备有序性和稳定性的,可将因事故干扰所引发的资源浪费情况给减少掉。在此期间,安全管理还推动了标准化作业流程得以顺利执行,使得各个工序之间的衔接变得更加顺畅,作业效率也有了较为明显的提高。而良好的安全管理所营造出来的环境,更是施工技术创新以及精细化管理极为重要的保障所在,其对于企业达成高质量且高效率的建设目标而言是很有帮助。

3.4 减少经济损失与法律风险

建筑施工期间所发生的各类安全事故,往往会牵涉到直接的经济损失以及间接的经济损失,像医疗赔偿方面的情况、出现停工所造成的损失、设备遭到损毁的情形以及在事故处理过程中所产生的各项成本等等,都属于其中范畴。并且要是由于安全管理环节存在缺失,进而引发了重大的安全事故,那么企业极有可能会面临来自行政方面的处罚、民事方面的赔偿,甚至还可能涉及到刑事责任,如此一来便会对企业的信誉以及运营的稳定性产生极为严重的影响。而健全完善的安全管理机制,是能够切实有效地规避上述这些风险的,它可为企业节省管理方面的成本,同时也能减少在运营过程中出现的各类损失^[1]。特别是在当下这个法律法规正日趋严格的形势下,安全管理已然成为企业做到合规经营的一项基本要求,更是实现长期可持续发展的重要保障所在。

4 建筑施工安全管理的现实问题与改进建议

4.1 当前存在的主要安全管理问题

当前建筑行业在安全管理方面取得了一些进展,不过在实际施工期间,依旧普遍存在着不少急需处理的问题。其一,部分施工企业的安全管理制度仅仅停留在表面,既

没有针对性,执行力也欠缺,如此一来,管理责任就变得模糊不清,操作也没有规范可循^[2]。其二,现场的一线管理人员以及工人的安全意识较为薄弱,对于安全规章制度了解不够,违规操作的情况时常出现。其三,施工设备的维护保养工作开展得不够及时,存在诸多机械故障以及使用方面的隐患。其四,在安全投入这块,部分企业呈现出一种重成本控制而轻安全管理的倾向,致使安全设施的配备不够完备,隐患整改的力度也不足。其五,监督检查机制不够完善,信息化程度较低,缺少对管理全过程的动态把控能力。这些情况既让管理效率降低,又对施工安全水平产生了极为不利的影响,应当引起高度的关注。

4.2 针对性改进措施与优化策略

存在安全管理方面的问题,需要从体制、人员素质以及技术手段等方面共同努力,提高管理效果。施工企业要从制度设计开始,构建完善的安全管理制度,强化制度执行和责任追溯,推动制度落实。把安全教育作为企业培训的重要内容,开展多样化的培训活动,提高施工人员风险识别与应对能力。加强设备设施的日常巡检和维护管理,保证其正常运转^[3]。增加安全资金投入,完善现场安全防护设施,推进智慧工地建设,借助信息化手段提高管理效率和覆盖面。建立第三方监督机制与问责体系,强化施工全过程的动态监管与数据分析,形成安全管理的闭环体系。通过这些改进措施的协同实施,能够从根本上提高建筑施工安全管理水平,推动行业朝着规范化、智能化、可持续发展的方向发展。

5 结语

建筑施工安全管理一方面属于保障施工人员生命安全的基本需求,另一方面是推动工程质量提高以及促进行业健康发展的极为重要的一环。构建起科学合理的制度体系,落实多层次的培训机制,强化现场技术方面的管理工作,并且让风险预控以及应急机制得以健全完善,如此便能够对施工风险予以有效把控,防范各类事故的发生。安全管理所呈现出的价值并非仅仅在直接防控事故这一方面有所体现。在建筑行业处于转型升级阶段并且高质量发展进程不断推进的大背景之下,安全管理的战略意义愈发明显,迫切需要各个相关方给予持续不断的关注。

【参考文献】

- [1]杨阿非.建筑施工过程中的安全管理方法及价值[J].城市开发,2024(13):150-151.
 - [2]蒋小军.建筑施工过程中的安全管理策略探讨[J].中国建筑装饰装修,2024(14):137-139.
 - [3]叶永春.建筑工程施工过程中安全管理问题和对策解析[J].中国建筑装饰装修,2023(18):167-169.
- 作者简介:田彦民(1982.9—),女,汉族,毕业院校:河北经贸大学,财务管理专业。

建筑项目管理的进度管理与控制研究

黄一峻

杭州钱塘新区建投投资集团有限公司, 浙江 杭州 310000

[摘要]在建筑项目管理过程中,进度管理与工程项目能否按期完成有直接联系,也会影响项目的成本控制、资源分配及经济效益。通过对进度的科学管理和控制,能够保证项目按照计划进行,不会出现时间资源浪费问题,实现对成本风险的有效控制,促进项目质量的提高。此文章主要围绕建筑项目管理现状,以进度管理与控制为切入点,简要分析管理和控制的意义和原则,并从制度、技术等多个角度出发,提出切实可行的进度管理与控制对策,以提升项目管理有效性。

[关键词]建筑项目管理;进度管理;控制

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17206

中图分类号: TU473

文献标识码: A

Research on Progress Management and Control of Construction Project Management

HUANG Yijun

Hangzhou Qiantang New Area Construction Investment Group Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract: In the process of construction project management, schedule management is directly related to whether the project can be completed on schedule, and it will also affect the cost control, resource allocation, and economic benefits of the project. By scientifically managing and controlling the progress, it is possible to ensure that the project proceeds according to plan, without wasting time and resources, effectively controlling cost risks, and promoting the improvement of project quality. This article mainly focuses on the current situation of construction project management, taking schedule management and control as the starting point, briefly analyzing the significance and principles of management and control, and proposing practical and feasible schedule management and control measures from multiple perspectives such as system and technology to enhance the effectiveness of project management.

Keywords: construction project management; progress management; control

引言

建筑工程项目的长期性、复杂性、资源集中性特点显著,因此对项目管理要求较高。进度管理作为项目管理的重要一环,关系到工程项目能否顺利推进,但在以往进度管理过程中,存在进度滞后、成本超预算等情况,致使工程经济效益无法达到预期。对此,应该加大进度管理与控制力度,积极利用信息化技术,建立完善的管理制度,并注重先进管理工具的融合,从整体角度上促进建筑项目管理水平的提高。

1 建筑项目管理的进度管理与控制意义

1.1 可以保证项目在规定时间内完成

在建筑项目中,业主对项目交付时间有明确要求,通过严格的进度管理与控制,能够让项目在规定时间内完成。建筑项目涉及的单位较多,倘若不能科学地进行进度管理,参与方的工作很容易出现衔接不顺畅的情况,致使整个项目进度延误。而采用合理的方式管控进度,则能明确各参与方的工作任务和时间节点,保证设计、采购、施工等各个环节能紧密配合,不会因为沟通不畅、协调不到位而出现工期延误的情况。

1.2 可以实现资源的优化配置

建筑项目涉及大量人力、物力、财力资源,通过进一

步管理和控制,能够对资源优化配置,保证劳动力资源得到充分使用。在合理的进度管理下,不同阶段的劳动力数量、技能要求能得到灵活安排,施工人员可以在合适的时间和岗位上发挥效能,不会出现人力浪费的情况。并且,在材料和设备资源方面,通过进度管理和控制,可以对材料采购、设备租赁、时间准确安排,保证材料和设备在需要时能及时到位,使用过程中可以高效运转,将项目资源成本降低,促进工程经济性的提升^[1]。

1.3 可以促进项目质量的提升

在建筑项目实施阶段,合理的进度管理和控制,可以促进工程整体质量的提高。通过对施工进度的科学安排,可以为施工过程中的质量控制提供充足时间,保证各环节顺利进行^[2]。在施工期间,施工人员按照质量标准操作,同时将质量检验和整改工作落实到位。进度管理和控制也能让业主使用需求得到满足,帮助企业树立良好的品牌形象,促进企业竞争力的提高。

2 建筑项目管理的进度管理与控制原则

2.1 实时监控原则

为提高建筑项目管理有效性,在进度管理与控制过程中,应该遵循实时监控原则,借助信息化技术,包括大数据、云计算、人工智能等,对工程项目动态化管理,全方

位收集施工过程中产生的进度数据,并对施工过程可视化监控,保证管理人员能随时了解项目进展情况,使后续的调整和优化有可靠依据支撑。

2.2 动态调整原则

以实时获取的施工进展情况、偏差分析结果为依据,对进度计划动态、灵活调整。如果发现实际进度与计划进度存在较大差异,管理人员要采取合理的方式处理,诸如对资源投入适当增大、强化施工流程的完善等,确保项目能按照计划有条不紊地进行^[3]。

2.3 优化决策原则

以实时数据和偏差分析结果为参考,制定切实可行的优化策略,以实现对进度管理的动态化管控。在制定各项决策过程中,应该对项目数据深层次分析,找出影响进度的主要因素,针对性地制定优化办法,确保项目管理的可行性和科学性。

3 建筑项目管理的进度管理与控制对策

3.1 做好进度计划编制工作

在进度管理与控制过程中,应该以建筑项目实际为出发点,根据施工要求和现场情况对进度计划合理编制,保证项目各环节的时间节点能得到清晰界定,让工程进度有序推进^[4]。在进度计划编制过程中,首先要对项目目标和关键节点加以明确,将材料采购、工程验收等重要环节融入里程碑节点中。利用工作分解结构的方式,对项目进行分解和细化,制定明确的任务,保证任务在实施阶段能实现各类资源的合理分配。针对任务的先后排列、依存关联性,应该明确界定,通过前导与滞后关系概念,将任务间的制约性理清,并利用网络图法直观呈现任务的依赖关系,明确具体执行顺序。为确保工程项目能按照计划推进,也要对施工工期、资源需求客观评估,尤其是工期方面,合理分析各类影响因素,具体如图1所示。同时,注重人力投入、物料需求等因素的考量,并以项目特定条件为依据,结合历史数据及实践经验,确定施工期间需要的各类资源。在对进度计划编制过程中,也要拟定初始的进度图表,利用图形工具展现,并根据施工要求优化计划,以便施工工期与资源配比能更为科学。

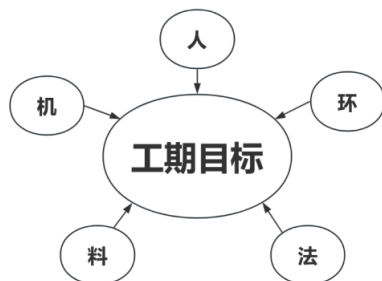


图1 工期目标考虑要素

3.2 注重资源的管理和调配

为提升进度管理和控制有效性,在建筑项目管理过程

中,应该结合工程实际对各类资源科学管理与调配的规律,以便资源能得到充分利用,不会出现浪费、闲置等情况。在实际管理期间,首先要以业进度计划为参考,对项目各阶段的资源需求深层次分析,制定合理的资源需求计划,保证管理人员能在项目落实前,对各类资源合理规划,促进资源利用率的提高,不会因为资源短缺而引发进度延误问题。在资源管理方面,科学的规划与调配能让资源得到充分使用,所以管理人员要针对性地制定资源调配措施,诸如错峰调配资源、强化资源共享等,确保资源成本能得到有效节约,促进整体效益的提升^[5]。为保证突发事件出现时不会发生资源短缺问题,还要建立健全的资源储备制度,储备一定量的重要资源,以便在紧急情况下,管理人员能对资源迅速调配,使项目进度保持连续。

3.3 建立健全的进度管理与控制机制

在进度管理与控制期间,完善的制度可以保证管理工作顺利进行,也能让项目按照计划推进,提高管理效率和水平。基于此,企业应该建立健全的管理机制,诸如以建筑项目实际情况为切入点,建立健全的进度管理机制,将进度计划的编制、执行、监控、调整等多个环节囊括其中,合理划分各环节责任主体,对工作流程适当完善与优化,明确重要时间节点。为保证进度管理工作有明确的指导,使管理工作有序推进,也要建立完善的管理标准,包括进度偏差判定标准、方案调整标准等。为调动团队成员参与进度管理的主动性和积极性,可以采取建立奖惩机制的方式,针对能按照规定和时间将任务完成的团队或个人,给予其表彰、奖金等奖励。针对项目施工过程中存在进度延误的情况,需要对人员以及团队适当惩处,包括扣除奖金、通报批评等,以达到对人员警示的作用,让其认识到问题的严重性,做到类似问题不会再次发生。奖惩机制在实施过程中,应该做到公开、公正、透明,以便人员能够自觉融入进度管理中。此外,对进度管理工作动态监督,采用定期对工作成效考核的办法,使得各项措施得到深入落实。采取建立进度管理考核机制的方式,将进度管理成效与团队、个人绩效考核体系整合,以此作为晋升提拔、评优评先的关键指标。利用定期检查与不定期抽查联合的办法,全方位监督进度管理工作,倘若在监督过程中发现问题,第一时间督促整改并动态跟踪问题整改效果,确保问题能够得到及时处理,促进进度管理效果的提高。

3.4 科学处理进度偏差和变更

在建筑项目实施阶段,进度偏差和变更在所难免,如果出现进度偏长的情况,需要对偏差的原因深入分析。进度偏差通常与外部因素有关,包括政策法规变化、恶劣天气等,也可能因为内部因素导致,诸如质量问题、施工组织不合理等。如果是外部因素导致的偏差,要针对性地采取应对方法,将因素的影响减少,诸如恶劣天气引发的偏差,可以对施工计划灵活调整,优先安排室内作业。内部

因素导致的偏差则要对问题根源深层次分析,倘若因为施工组织不合理引发偏差,可以对施工方案不断优化,根据施工情况对人员进行调整。在对进度变更处理过程中,应该以变更管理流程为依据进行处理。进度变更有业主需求变更、设计变更、施工条件变化等,若业主需求变更,应该与业主积极沟通,分析变更对进度、成本、质量的影响,签订变更协议。若是设计变更,则要由设计单位出具变更文件,施工单位以变更文件为基准,对施工方案进度计划科学调整。在变更实施阶段,需要加大变更部分的进度监督和控制力度,使变更后的任务能在规定时间内完成。此外,对变更产生的费用认真核算,不能出现因为变更而引发成本失控的情况。在对进度偏差以及变更处理期间,也要秉持积极主动的态度,及时对策略进行调整,以保证项目进度能够回归正轨。

3.5 强化进度管理工具的融合

在以往建筑项目进度管理和控制过程中,多采用单一的方法和工具,很难提高进度管理有效性,甚至会出现管理滞后等情况。有效解决此类问题,在实际管理过程中,应该注重进度管理工具的应用,尝试将不同管理工具整合在一起,帮助管理人员直观、动态了解施工进度情况。在展示任务起止以及进度情况方面,甘特图的优势比较多,但是针对业务间的内在关联,通常很难做到直观呈现。在对任务间时间关联描绘过程中,线性图的优势显著,但若面对复杂的任务,清晰度则无法保证。因此,可以尝试将甘特图、线性图、PERT图整合,在各个维度上对项目的进展情况直观展示,诸如在甘特图上将关键的路径标注好,以保证管理人员能对关键任务进度情况充分了解,从而对重要任务进行动态化监控与管理,具体如表1所示。

表1 进度管理工具融合

工具	功能	融合对策
甘特图	展示任务进度	明确关键路径任务,强化进度监管
线性图	展示任务间依赖关系	注重融合,优化任务安排
PERT图	任务时间变动、不确定性评估	强化融合,客观评估风险

3.6 积极应用信息化技术

近年来,建筑工程发展迅速,应用的技术愈发先进,促进了施工质量和效果的提高。基于此背景,为保证项目进度管理与控制工作能顺利推进,也要积极将信息化技术应用其中,针对性地制定管理和控制策略。信息化技术在进度管理控制中的利用,能够对进度偏差动态化监控,及时做出调整。在施工现场,利用物联网、移动设备、云计算等技术,可以将收集的数据信息快速上传到云端,管理人员能实时跟踪和调整工程进度,将人为误差减少,促进进度管理品质的提升。

3.6.1 合理应用 BIM 技术

在进度管理与控制过程中,可以将 BIM 技术应用其中,实现对整个施工环节的动态模拟。具体而言,在项目

规划阶段,利用 BIM 准确模拟各环节的时间节点,以便项目团队能通过模型了解施工进度上潜在的风险和矛盾,针对性地制定解决办法,保证在正式施工时不会出现冲突等情况。同时,将 BIM 技术与成本、质量等系统融合,实现跨领域数据的交流与共享,促进进度管理效能的进一步提高,使管理更为准确和高效。

3.6.2 科学运用进度管理软件

在建筑项目实施阶段,为提高进度管理有效性,应积极利用 Primavera、Microsoft 等软件,实现对进度编制与优化效率提升的目的,对整个进度安排进行合理、动态。软件在使用过程中,能够将项目管理数据信息整合,通过甘特图等展示建筑进展情况,以保证管理人员能对项目进度实时监控,准确识别进度偏差,同时根据实际情况制定解决办法。在软件的辅助下,也能自动生成进度报告,管理人员可以根据报告预测工期,也可以结合历史数据对进度进行精准预测,使进度管理工作正常进行,提高智能化水平。

3.6.3 灵活应用大数据分析技术

建筑项目在实施阶段,将大数据分析技术应用其中,可以实现对各类数据的全方位收集和分析。因此,在进度管理与控制方面,也可以加强对该技术的使用,有效对进度进行控制。在该技术的应用下,对施工数据快速收集、分析以及处理,识别进度管理过程中潜在的疑点、风险点等。通过对历史进度数据的深层次分析,找出影响施工进度的因素,提前制定解决办法,保证项目能顺利进行。同时,利用该技术动态监控现场实时数据,根据情况对进度计划进行调整,以便各类资源能得到科学分配,不会出现工期延误的情况。

4 结束语

综合而言,在建筑项目管理中,强化进度管理与控制,不仅可以促进提升管理效果和水平,还能为项目的顺利推进提供保障,有效减少项目投入。并且,合理的进度管理,能够对施工过程动态监督,根据施工情况对资源灵活分配,节约工程建设成本。因此,为提升工程品质,企业应该认识到进度管理与控制的重要性,结合工程实际制定管控措施。

[参考文献]

- [1]魏锡乔,罗燕军.装配式混凝土建筑项目进度管理优化策略[J].陶瓷,2024(1):200-202.
- [2]杨东升.建筑工程项目施工进度管理要点研究[J].河南建材,2024(1):125-127.
- [3]韩祥祥.浅谈房地产项目施工进度管理影响因素及管控措施[J].管理科学与工程,2023,12(3):276-280.
- [4]姜健东.建筑装饰工程项目管理中的科学进度管理应用研究[J].建筑与装饰,2023(8):134-139.
- [5]张晋华.建筑工程项目施工进度管理要点分析[J].门窗,2023(12):199-201.

作者简介:黄一峻(1998.3—),男,上海应用技术大学,土木工程,杭州钱塘新区建投投资集团有限公司,工作人员。

对建筑工程施工技术及质量控制策略研究

黄晓娟

荆州市住房和城乡建设局, 湖北 荆州 434000

[摘要]建筑物的结构安全、使用功能和使用寿命直接受建筑工程施工技术水平的影响, 由于工程项目变得越来越复杂, 施工时对技术和质量管理的要求也就更高了, 要让施工进度和工程质量协调统一, 有效的施工技术应用以及系统化的质量控制措施就非常重要, 分析当下常见施工技术及其在实践中的应用特点, 结合质量控制的重点环节和管理策略, 探寻提升施工质量和效率的有效途径, 就能推动建筑工程整体水平不断提高。

[关键词]建筑工程; 施工技术; 质量控制; 管理策略; 效率提升

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17203

中图分类号: TU755.2

文献标识码: A

Research on Construction Technology and Quality Control Strategies for Building Engineering

HUANG Xiaojuan

Jingzhou Housing and Urban Renewal Bureau, Jingzhou, Hubei, 434000, China

Abstract: The structural safety, functional use, and service life of buildings are directly affected by the level of construction technology. As engineering projects become increasingly complex, the requirements for technology and quality management during construction are also higher. In order to coordinate and unify construction progress and engineering quality, effective construction technology application and systematic quality control measures are very important. Analyzing common construction technologies and their application characteristics in practice, combined with the key links and management strategies of quality control, and exploring effective ways to improve construction quality and efficiency, can continuously promote the overall level of construction projects.

Keywords: construction engineering; construction technology; quality control; management strategy; efficiency improvement

引言

城市化进程不断加快, 建筑工程规模越来越大, 工程安全与使用价值的保障取决于施工技术和质量控制这一关键因素, 建设环境高标准严要求, 如何科学组织施工、优化技术手段、落实全过程质量管理是行业关注焦点, 深入探讨施工技术与质量控制策略对提升工程效率与品质有用且能为绿色、可持续发展建设目标的实现提供有力支撑, 意义和价值很重要。

1 建筑工程施工技术的发展现状与特点

建筑工程得以支撑主要靠施工技术, 工程质量和建设效率直接受施工技术发展水平影响, 准确把握施工技术的发展现状与特点对推动行业进步意义重大。

1.1 施工技术从传统走向现代化

过去建筑施工大多靠人工和经验, 技术手段单一、机械化水平低, 导致效率和质量控制明显受限, 随着科技进步, 施工技术从传统慢慢转向现代, 现代建筑工程广泛采用钢结构装配、预应力技术、BIM 技术、3D 打印、绿色施工等新技术, 使得施工精度和整体效率大大提高, 并且信息化管理和智能化设备的引入推动施工现场标准化、规范化, 减少人为操作误差, 提高施工质量的一致性, 现代化施工技术的发展既能满足高强度、复杂结构工程建设需求, 又能为可持续发展提供技术支撑, 智能测量、机

器人砌筑、远程监控等技术在大型基础设施和超高层建筑中逐渐普及, 让施工全过程可视、可控, 推动建筑行业走向数字化、智能化新时代, 各类施工技术集成融合, 给工程管理带来更大灵活性和优化空间。

1.2 技术发展带动施工组织变革

施工技术进步使传统施工组织模式有了明显改变, 不再局限于线性流程的施工组织而开始更重视系统协调和各专业协同作业, 引入项目管理体系、再造施工流程后企业可有效整合资源、优化工期、削减成本, 大型工程采取分区分段、多工种交叉作业的组织形式能有效提高工作效率和空间利用率, 现代施工组织重视前期策划与全过程控制并把质量、安全、环保等目标归入施工组织整体布局, 施工现场有智能调度系统、实时监测平台等工具使施工组织的动态调控能力不断增强, 扁平化管理模式和信息共享机制推广开来让各专业间沟通效率显著提高且因信息滞后或失真造成的施工冲突和返工问题有效减少, 施工组织数字化转型让管理者能实时掌握各工序进展、资源配置和质量节点从而实现精准决策、动态优化并使工程项目整体管理效能显著提升。

1.3 技术应用仍面临多重挑战

施工技术虽有显著进展, 但在实际推广应用时仍面临不少挑战, 不同地区和企业对技术的接受与应用水平差距

大导致先进技术难以全面普及,高新技术引进成本高要求也高使得中小型施工单位在技术储备、人员培训和管理配套上很难跟上,有些施工现场不重视技术规范凭经验操作影响施工技术落地和工程质量提升,部分管理人员对新技术观望缺乏主动学习和更新观念意识限制了技术应用,而且行业还没形成统一技术评价体系和激励机制导致技术推广缺乏有效手段,针对这些问题,要加强行业技术标准制定,推动技术培训和经验转化以使技术发展成果广泛应用,还要用政策引导、财政支持等方式提高企业尤其是中小型企业应用新技术的积极性和能力以营造技术创新和普及的好环境。

2 常用施工技术在实际工程中的应用分析

工程建设广泛应用常用施工技术,这是保障项目质量、进度与安全的重要支撑,分析常用施工技术的实际应用情况有助于提升施工管理水平。

2.1 钢筋混凝土施工的广泛应用

在当前建筑工程里,钢筋混凝土施工技术属于最基础常见技术中的一种,各种结构类型几乎都会用到,且其受力性能好,成型适应性强,在高层建筑、桥梁、水利等工程里适用性极高。住宅建设项目中,主体结构超 80%是现浇钢筋混凝土形式,为提高施工效率,现场常用机械振捣、滑模施工这些工艺,蜂窝麻面、露筋等质量问题就被有效解决了,而且商品混凝土集中搅拌和运输系统,也让浇筑质量稳定性与施工进度显著提升,配比优化、坍落度控制等措施,持续保障钢筋混凝土施工质量。

2.2 模板与支撑系统技术创新

在混凝土施工里,模板与支撑系统起决定性作用,近年来,铝合金模板、塑料模板、爬架支撑系统等新材料和新工艺推广应用开来,使得施工现场标准化、机械化水平明显提高,某城市轨道交通工程项目,使用整体铝模板体系,模板周转次数能提到 200 次,材料损耗比传统木模板少 70%,施工周期缩短大概 15%,并且液压自爬式模板技术在高层核心筒结构广泛使用,既省人工成本,作业安全性又显著提高,新型模板系统一应用,传统施工误差大、操作繁琐等问题就有效解决了,这对提高施工精度和效率很重要。

2.3 信息化与智能化技术融合发展

信息技术发展起来后,建筑施工渐渐步入智能化阶段,BIM(建筑信息模型)技术一应用就能让设计、施工和管理高效协同,好比在某个大型商业综合体工程里,用 BIM 建模预演施工工序,发现并解决 70 多处管线碰撞从而避免后期返工,节省 200 多万元成本,与此无人机巡检、传感器监测、可视化施工平台等技术融合应用可实时动态监控施工进度、质量、安全,在施工现场采用智能混凝土养护系统就能自动控制洒水频率和调节温度以保证养护质量,信息化施工既提高了工程透明度又为精细化管理提供数据支撑,正慢慢成为施工现场的主流。

3 建筑工程施工中常见质量问题及成因

建筑物的安全性和使用寿命与施工质量直接相关,了解常见问题及其成因可使工程质量从源头上得以提升,减少后期返工与安全隐患。

3.1 混凝土质量问题频发

建筑工程里混凝土结构是核心部分,整体结构的稳定性与耐久性取决于其施工质量,实际施工时蜂窝麻面、露筋、裂缝、强度不足等问题在混凝土中经常出现,配合比控制不好、振捣不实、模板漏浆、养护措施没做到位等是造成这些现象的主因,像某个住宅项目,现场高温天气却没及时洒水养护,结果大面积结构出现早期收缩裂缝,不但外观受影响,混凝土抗渗性能也被削弱了,并且部分工人操作水平有高低,机械设备没及时维护,这也容易让施工环节失去控制而埋下质量隐患,混凝土施工是“不可逆过程”,有了问题整改又难成本又高,得在原材料、工艺控制、人员培训等方面加强管控才行。

3.2 防水工程质量易被忽视

在建筑工程里,地下室、卫生间、屋面等地方的防水层对防止渗漏和结构腐蚀是关键所在,但实际施工时却常被忽略,卷材搭接不严密、材料老化失去效用、防水层有破损、施工顺序杂乱无章等都是常见的防水质量问题,某写字楼地下车库,由于没按照规范来施工防水卷材,投入使用还不到半年就渗水了,后期返工加固花了 50 万之多,主要原因一是施工单位赶工期,没有严格按照规范施工,二是部分工程用了劣质防水材料,三是质量验收走形式,没及时发现问题并整改,防水层属于隐蔽工程,质量问题往往到后期才暴露出来,造成的损失比较大,必须重视每一道工序的技术控制和验收流程,保证防水系统完整又持久。

3.3 结构偏差与尺寸误差问题普遍

主体施工时,结构构件轴线偏移、标高有误差、预埋件位置不准等现象挺常见的,这对后续施工和使用功能影响很严重,很多时候是测量放线不准、模板安装有偏差、钢筋绑扎不规范、混凝土收缩变形没控制好才出现这些问题的。高层建筑里偏差要是累加起来结构整体就不协调了,有个塔楼工程,基础阶段轴线没严格控制,主体结构一层一层偏移,顶层偏差超了 50 毫米,只能结构调整加固来补救且工期也延误了 15 天,这些问题背后反映的是现场质量管理不行、施工工艺控制松散、技术人员专业能力不够等深层次的事,要防止结构偏差就得强化测量复核制度,用精密测量设备并建立全过程跟踪监督机制。

4 质量控制的核心环节与管理要点

全过程、全方位的质量管理对建筑施工质量的稳定可控而言不可或缺,紧紧围绕关键环节强化管控是确保工程品质、提升企业信誉的根本保障。

4.1 设计阶段的质量控制基础作用

建筑工程质量控制始于设计,后续施工活动的技术标

准和实施路径由设计决定,设计图纸要是有问题,哪怕施工再严谨,高质量目标也难以达成。设计阶段要保证图纸完整、详实、逻辑清晰,不能模糊、矛盾、有遗漏,尤其要重视结构安全、防火、防水、节能等方面的规范要求,并且设计方案要充分结合施工现场实际情况,确保技术可行、经济合理。设计人员要和施工、监理等各方紧密配合,提前找出潜在施工难点,通过会审优化方案以提高可实施性,只有将质量理念前移到设计源头,后续施工环节才有坚实基础。

4.2 施工阶段的过程质量控制

工程质量目标的落实,施工阶段是核心也是质量问题最易暴露的关键时候,这一阶段每一道工序都得贯穿质量控制且每一个细节都要落实,材料进场检验要严格杜绝不合格材料流入现场,工序交接检查要加强且一道工序合格了才能进入下一道工序,还要强化重点部位、关键工艺的专项技术交底与旁站监督以防止操作不当引发质量隐患,施工单位要建立健全质量管理体系、明确岗位职责并严格执行施工技术标准与验收规范,加强施工人员进行培训以增强质量意识与操作技能,这也是确保现场施工质量的重要保障,全过程质量控制既是规范操作的手段也是降低返工风险、确保工程安全的关键。

4.3 质量验收与后续管理衔接机制

工程竣工了,但质量管理不能停止,验收和后续管理也很重要。工程质量成果集中评估在验收阶段,各项规范和标准必须严格执行而不能走过场,建设、施工、设计、监理等多方参与验收工作才能全面、客观、公正地评价。隐蔽工程、关键结构在施工时就要进行节点验收,质量状态要如实记录且能有效追溯,完善质量档案和信息台账有助于后期维修维护工作高效开展。进入使用阶段后要建立工程回访和问题反馈机制,及时发现和处理可能出现的质量缺陷以形成闭环管理,只有验收和后续管理有效衔接才能实现建筑工程质量从施工到运营的全周期保障。

5 优化施工技术与强化质量控制的对策建议

施工难度增加且质量标准提升,这是双重挑战,得从技术创新和管理提升两方面着手构建系统、高效的施工质量保障机制,这很紧迫。

5.1 推进施工技术标准化与智能化

提高工程质量和效率的根本途径是实现施工技术的标准化,应积极推广成熟、高效的标准施工工艺,促使工法模板、构件预制、工序节点等达成统一规范,使施工过程能够被复制、监督、改进。要加快智能化施工技术在工程中的应用,引入 BIM 建模、施工机器人、智能监测系统等手段以提高施工精度与过程控制能力,智能化不但能提高施工效率,还能对质量隐患早发现、早预警、早处理。企业也要建立技术创新机制,鼓励一线技术人员参与优化工艺流程,推动施工技术不断迭代升级,形成具有核心竞

争力的技术体系。

5.2 构建全过程质量控制体系

质量控制不能仅被限制在某一阶段,而要贯穿项目的全生命周期,设计、采购、施工、竣工验收各个阶段都得有明确的质量控制目标与举措。质量管理体系要健全且责任体系得完善,各方在各阶段的职责分工要明确,绝不能让责任含混不清、管理有漏洞。质量控制时要强化各项质量检查和验收程序,尤其要重视关键部位、重点工序的动态监管,并且要加强过程记录与信息留痕,这样问题才能追溯、责任才能追究。施工企业还需和监理、设计、甲方构建联动机制,一起参与质量评估与过程控制,以达成多方共治、协同管理的质量保障局面。

5.3 加强人员培训与质量文化建设

质量管理第一要素是人,要提高工程质量就得从源头上提高施工人员技术素质与质量意识,建立系统化岗位培训机制很有必要,新进员工要接受技术、安全、质量标准等方面岗前培训,关键工种要定期考核与复训以保证人员技术能力和工程需求相匹配,并且管理人员的质量理念培训也得加强,提高他们对质量目标、标准与管控手段的认知能力,企业要积极营造“人人讲质量、事事重质量”文化氛围,质量月、技术比武、典型案例分享等活动可激发员工质量责任感和主人翁意识,让质量追求成为企业共同价值导向。

6 结语

在工程建设里,建筑工程施工技术和质量控制一直都是核心环节,随着工程越来越复杂、质量标准不断提高,施工技术就得不断优化且质量管理也得朝着全过程、系统化、智能化发展,通过分析当下施工技术的发展现状、典型应用、常见质量问题及其成因可知,行业发展的关键在于加强技术创新、完善管理制度、提升人员素质,只有将技术和管理有机融合起来以推动施工工艺标准化、施工过程精细化,工程质量和效率才能双重提升,建筑行业才能高质量、可持续发展。

[参考文献]

- [1]党永兵.建筑工程施工技术质量控制策略研究[J].中国住宅设施,2025(3):170-172.
- [2]吴刚.浅谈建筑工程施工技术质量控制措施[J].居业,2025(6):254-256.
- [3]李健清.建筑工程外墙保温施工技术及其质量控制要点体会[J].居业,2025(6):53-55.
- [4]陈思隆.建筑工程土建施工中桩基础施工技术要点及质量控制[J].建筑机械,2025(7):106-110.
- [5]党永兵.高大模板建筑工程施工技术与质量控制要点研究[J].工程设计与设计,2025(13):228-230.

作者简介:黄晓娟(1980.4—),单位名称:荆州市住房和城乡建设局。

新时代下建筑工程地基基础检测工作研究

张 欢

衡水市建设工程质量检测中心有限责任公司，河北 衡水 053000

[摘要]处在新时代快速发展这样的大背景之下，建筑工程项目所面临的是越来越高的质量以及安全方面的种种要求。要想切实有效地对地基基础施工质量予以保障，那就得针对施工完成以后的地基基础展开全面且系统的质量检测工作，要及时把潜在存在的隐患以及缺陷都给找出来，并且要采取与之相对应的工程处置举措，以此来保证地基基础具备稳固性以及可靠性，进而在整体上提升建筑工程的质量水准以及项目的经济效益。鉴于此，对其重要价值以及关键要点展开了相应分析，随后还提出了具有可操作性的优化路径，希望能够为相关建筑工程项目的建设管理工作以及地基基础质量控制方面提供能够带来帮助的借鉴内容以及参考依据。

[关键词]建筑工程；地基基础；地基检测；检测工作

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17258

中图分类号: TU47

文献标识码: A

Research on Foundation Testing of Building Engineering in the New Era

ZHANG Huan

Hengshui Construction Engineering Quality Testing Center Co., Ltd., Hengshui, Hebei, 053000, China

Abstract: Against the backdrop of rapid development in the new era, construction projects are facing increasingly high quality and safety requirements. In order to effectively guarantee the construction quality of the foundation, comprehensive and systematic quality inspection work must be carried out for the foundation after completion. Potential hidden dangers and defects should be identified in a timely manner, and corresponding engineering disposal measures should be taken to ensure the stability and reliability of the foundation, thereby improving the overall quality level of the construction project and the economic benefits of the project. In view of this, a corresponding analysis was conducted on its important value and key points. Subsequently, an operable optimization path was proposed, hoping to provide helpful reference content and basis for the construction management and foundation quality control of related construction projects.

Keywords: construction engineering; ground foundation; foundation testing; testing work

引言

随着我国城市化推进速度不断加快，基础设施建设规模也在持续扩大，建筑工程的质量以及安全方面的问题越来越受到社会各方面的高度关注。地基基础在建筑结构当中属于根基部分，其稳固性以及安全性会直接影响到整个工程的耐久性以及使用时的安全状况，所以科学且系统的地基基础检测工作已然成为保障建筑工程质量极为关键的一个环节。在新时代这样的大背景之下，建筑技术以及检测手段都在不断发展进步，地基基础检测工作随之面临着更高的技术层面的要求以及管理方面的诸多挑战。怎样将现代信息技术以及智能化设备相互结合起来，以此来优化检测流程，进一步提升检测的精度以及效率，这已然成为推动建筑行业实现高质量发展的一项十分重要的研究课题。与此规范化制定的检测标准以及较为完善的质量管理体系也逐渐呈现出其不可被取代的重要作用。本文着重探讨在新时代背景下建筑工程地基基础检测工作所起到的作用、涉及的主要技术及其具体的应用情况，并且重点剖析当前检测工作当中存在的一些问题以及相应的改进

措施，进而提出系统性的优化路径。凭借科学合理的设计检测方案、大力开展人才培养工作以及积极推进技术升级等举措，推动地基基础检测工作不断创新发展，以此为提升建筑工程的整体质量以及安全水平给予坚实的保障，助推建筑行业达成可持续发展的目标。

1 建筑工程地基基础检测工作的作用

建筑工程地基基础检测在建筑施工进程里有着极为关键的作用，它同工程的安全性、稳定性以及耐久性紧密关联。借助科学且系统的检测手段，能够对地基土质的具体状况以及基础的承载能力有较为详尽的认识，进而能及时察觉到潜在的质量方面的问题以及结构方面的缺陷，如此便能给设计方面的优化以及施工方面的调整给予强有力的支撑，以此来确保工程项目能够契合相关的规范与技术标准。除此之外，地基基础检测还切实有效地减少了因为地基出现沉降情况、发生不均匀变形或者承载力不够等问题所引发的安全事故的风险，防止了因质量问题而产生的数额巨大的经济损失以及负面的社会影响。与此检测工作对于合理地控制工程成本是很有帮助的，能够在一定程

度上削减后期的维护费用以及修复费用,提高建筑物的使用寿命以及其使用价值。通过对地基基础展开精准的评估以及严格的质量把控,这既推动了施工过程朝着规范化管理的方向迈进,也为建筑行业达成可持续发展的目标打下了稳固的基础^[1]。所以,地基基础检测作为保证建筑工程质量安全的一个重要环节,是绝对不可或缺的,它有着不可取代的当下实际意义以及长远的价值。

2 主要检测技术及其应用

建筑工程地基基础检测技术体系包含着多种科学且极为专业的手段,每一种技术都有着自身独特的原理以及特定的应用场景,综合运用这些技术便能够从全方位、多角度来对地基基础的质量与安全性加以评估。荷载试验属于传统且颇具权威性的检测方法,它是直接借助施加静态或者动态荷载的方式,去测量地基或者桩基的承载能力以及沉降变形状况,能够如实反映出结构在实际工况之下的力学响应情况,特别适用于关键基础以及重大工程项目的验收与评估工作,虽说其施工周期比较长且成本也相对较高,然而其结果却有着不可取代的权威性。高应变动力检测技术是通过产生较大的冲击力,进而引发应力波沿着桩体进行传播,利用波形反射与传递时所存在的时差以及幅值变化情况来对桩体完整性、桩长以及可能出现的断桩、裂缝、空洞等缺陷展开分析,这种检测方式速度较快且适用范围较为广泛,已然成为大规模基础检测的首选手段。低应变反射波检测技术是以非破坏性的方式,通过施加小幅度的激振信号,去捕捉波的反射特征,其灵敏度颇高,适合用于早期缺陷的筛查以及表层质量的判定,常常应用于初步质量评估以及定期维护检查当中。声波透视法是利用声波在桩体中的传播速度以及能量衰减的具体情况,去深入探测桩体内部的均匀性以及缺陷分布状况,能够揭示出混凝土结构内部的空洞、裂缝等细微缺陷,尤其适宜在复杂地质条件下对基桩进行检测,并且它属于非破坏性检测技术,极大地提升了检测的精细程度以及可靠性水平。钻芯检测作为一种可直接获取桩体材料的检测方法,是通过钻取混凝土芯样之后再行物理、化学以及力学性能方面的分析,能够精准评估混凝土的质量以及耐久性情况,这是对其他非破坏性检测结果的一种有力验证与有效补充,在异常情况调查以及质量鉴定当中更是发挥着关键的作用。近些年来,随着信息技术以及智能化手段的不断引入,地基基础检测技术正逐步朝着数字化、智能化的方向不断发展,开始采用多技术融合的综合检测模式,借助集成传感器网络、物联网、大数据以及人工智能技术,以此来实现对地基基础状态的实时监测、数据的自动采集以及智能分析,从而大幅提升检测的准确性、效率以及预警的能力。与此激光扫描技术以及地质雷达等先进的设备也被应用到浅层地质结构的探测以及地下管线的识别工作中,进一步丰富了检测的内容以及检测的深度。

3 新时代下建筑工程地基基础检测工作的要点

3.1 规范地基基础检测流程

在新时代这个大背景之下,要提升检测工作的科学性以及准确性,规范地基基础检测流程便成了极为关键的一个环节。规范的检测流程得把从检测前的准备事项、现场实施的具体操作一直到数据分析以及报告编制的整个过程都涵盖进去,务必要保证每一个环节都能够有章可循,而且各项标准也都要十分明确。一开始,在检测正式开始之前,就需要制定出详尽细致的检测方案,把检测的目的、所要用到的方法、相关的技术参数还有相应的安全措施都给明确清楚了,如此一来才能让检测工作具备很强的针对性,同时也更有系统性。到了现场检测这个阶段,那就必须要严格按照技术规范以及操作规程来开展相关工作,这样才能确保仪器设备的校准工作以及使用过程都没有出现任何差错,采集到的数据也都是真实可靠的。与此还得进一步强化现场的管理工作,合理有序地去组织施工事宜,避免因环境方面的因素或者人为操作时出现失误等情况而对检测结果产生影响^[2]。在数据处理这个环节当中,需要运用科学的分析方法,把多种不同检测技术所得到的结果综合起来进行一番判断,以此来确保最终得出的结论既准确又全面。到检测报告一定要编写得完整且详尽,能够清晰明了地反映出地基基础的实际状况,并且还要给出合理的建议以及相应的改进措施。

3.2 完善地基基础检测质量管理体系

首先,建立完善的检测标准和规范是构建质量管理体系的基石。在地基基础检测过程中,所有检测环节必须严格遵循国家及行业相关标准,且应定期对这些标准和规范进行更新和完善,以确保其科学性、适用性和严谨性。其次,提升检测质量的关键在于加强对检测人员的培训以及检测设备的规范管理。检测人员作为检测工作的核心,其专业技能和操作水平直接决定了检测结果的准确性和可靠性。同时,检测设备作为保障检测质量的重要工具,必须建立健全的设备采购、使用、维护和更新管理机制,定期开展设备校准和维护工作,确保设备性能稳定,满足检测工作的实际需求。

4 新时代下建筑工程地基基础检测工作的优化路径

4.1 培训专业人才,提升检测工作水平

在当下这个新时代的大背景之下去看,建筑工程的规模呈现出不断扩大的态势,与此其技术方面的要求也在一天天变得越来越高。如此一来,地基基础检测工作便面临着更为复杂且多样化的种种挑战,而专业人才的培养以及培训环节,已然成为了提升整个检测工作水平极为关键的一个部分。就人才自身而言,他们一方面要掌握传统检测方法所涉及的基本技能,另一方面还得紧随技术发展的脚步,对像高应变法、低应变反射波技术、声波透视法这类

先进检测技术做到深入理解并且能够熟练加以应用,对于信息化、智能化检测设备的操作以及维护也同样如此。所以说,建立起一套系统化且具有持续性的培训机制是很有必要的,这其中既要有针对理论知识方面的学习安排,也要包含现场实践操作以及案例分析等内容,唯有将理论与实践相互结合起来,才能够促使检测人员的综合素养得以提高,也让他们的应变能力得到增强^[3]。再者说,培训内容应当着重于对数据分析与风险评估能力的培育,要强化检测人员对检测数据做出科学解读以及准确判断的能力,以此来提升检测结论所具有的可靠性以及科学性。除此之外,还应当重视对人才安全意识以及职业道德的培养,从而保证检测工作的规范性以及严谨性。在新时代里开展人才培养工作,还需要去开拓多渠道、多层次的发展途径,可以通过高校和企业展开合作、借助专业技术交流平台以及采用线上线下相结合的培训方式,以此推动人才的知识更新以及技能提升。

4.2 把控细节,优化检测工作内容

在当下这个新时代的大背景之下把控住各项细节,并且对检测工作的内容予以优化,这无疑是在提升建筑工程地基基础检测质量以及效率方面极为重要的举措。地基基础检测所涉及到的环节相当繁杂,而且其技术方面的要求也很高,要是出现任何一个细节方面的疏忽,那么就极有可能致使检测数据出现失真的情况,或者把潜在的风险给遗漏掉,如此一来便会对工程的安全产生影响。所以应当从检测方案的制定环节开始,一直到后期的数据分析环节为止,整个过程都要严格地去把控好各项细节。一开始在检测方案设计的阶段当中,得结合着工程实际的具体情况来科学地去选择相应的检测方法以及参数,要将每一步的操作流程都进一步地细化清楚,以此来保证方案具备很强的针对性以及很好的可操作性。接下来在进行现场检测的过程之中,务必要严格按照技术规范来执行各项操作,要确保仪器设备能够得到精准的校准,检测环境也得符合规定的相关要求,操作人员需要遵循标准的操作流程来进行操作,从而避免出现人为方面的误差以及受到外界的干扰等情况。与此还要加强对检测数据的实时监控以及校核工作,要及时地把异常情况给发现出来并且开展补充检测,进而确保数据有着完整的特性以及准确的性质。到了后期进行数据处理与分析的时候,应当采用先进的统计以及模拟技术,把多种检测手段所得到的结果综合起来考虑,最终形成一份科学且较为全面的检测报告。

4.3 科技赋能,加强检测技术更新

在当下这个新时代的大背景之下,科技赋能已然变成了推动建筑工程地基基础检测技术革新进程当中的关键驱动力。伴随著信息技术、人工智能、大数据、物联网以及云计算等一系列先进技术的迅猛发展势头,传统的检

测办法正面临着更新换代方面极为迫切的需求。科技赋能一方面提升了检测设备在智能化以及自动化方面的水准,另一方面也使得检测手段以及数据处理能力都得到了极为丰富的拓展。借助于高精度传感器以及智能监测系统的运用,地基基础的各项物理参数可以达成实时、动态且多维度的采集与监测目的,这在很大程度上有效地提升了检测工作的准确性以及时效性。与此凭借大数据分析以及人工智能算法的运用,海量的检测数据能够得到更为深入细致的挖掘,其中的异常特征也能够被精准地识别出来,如此一来,检测结果所具备的科学性以及可靠性便有了显著的提升。云平台的引入成功实现了检测数据的远程存储以及共享功能,这对于促进跨部门协同开展工作以及技术资源的高效整合起到了积极的作用^[4]。虚拟现实(VR)以及增强现实(AR)技术的应用,更是为检测结果的可视化展示以及现场辅助决策开辟了全新的创新途径,进而大幅度提升了检测工作的直观程度以及操作的便捷程度。科技赋能还推动了检测流程的不断优化,由此形成了一套标准化、数字化且智能化的检测管理体系,进而达成了对检测工作全生命周期的监控以及闭环管理的目标。

5 结语

在新时代这个大背景之下,建筑行业技术水平一直在不断提升,同时工程规模也在不断扩大,在这样的情况下,地基基础检测工作凸显出了极为重要的作用。科学、规范且高效的检测,一方面属于保障建筑工程质量的关键环节,另一方面也是实现工程可持续发展以及提高项目管理水平的重要基础所在。通过进一步完善检测技术体系,强化对人才的培养工作,对检测流程加以优化,并且积极引入先进的科技手段,如此便能够切实提升地基基础检测的精准程度以及可靠性,进而为建筑工程的稳固性给予有力的保障。在未来,地基基础检测工作需要紧密贴合智能化、信息化的发展趋势,推动技术创新和管理创新相互融合,持续提升检测工作的科学性以及实用性,从而为新时代建筑工程实现高质量发展做出扎实有力的贡献。

【参考文献】

- [1]杨靖.建筑工程地基基础检测技术要点及优化对策研究[J].陶瓷,2025(3):169-171.
- [2]唐泽,唐孟雄,刘炳凯,等.基于静力水准仪法、变形测量法、应变测量法的地基基础静载检测技术在建筑工程中的应用研究[J].广州建筑,2023,51(3):25-28.
- [3]谢世林.建筑工程地基基础检测技术应用策略研究[J].现代工程科技,2024,3(19):89-92.
- [4]叶俊廷.新时代下建筑工程地基基础检测工作研究[J].工程技术研究,2024,9(24):148-150.

作者简介:张欢(1991.7—),学历:本科,毕业院校:燕山大学,所学专业:土木工程,目前职称:工程师。

高层建筑沉降监测方法及数据处理优化研究

刘叶兵

合肥工大共达工程检测试验有限公司, 安徽 合肥 230000

[摘要]高层建筑施工和使用时容易出现不均匀沉降,这对结构稳定性和安全性有直接影响,为提高沉降监测精度和响应速度,水准测量、GNSS、倾斜传感、激光雷达等多源监测技术被整合且数据处理模型通过构建融合算法得到优化,沉降趋势预测和误差修正借助卡尔曼滤波与神经网络方法实现,经实际工程数据验证,该方法稳定且具适应性,提出的优化方案有很好的工程推广价值。

[关键词]高层建筑;沉降监测;多源融合;数据处理优化;卡尔曼滤波

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17253

中图分类号: TU43

文献标识码: A

Research on Monitoring Methods and Data Processing Optimization of High-rise Building Settlement

LIU Yebing

HFUT Engineering Test & Inspection Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230000, China

Abstract: Uneven settlement is prone to occur during the construction and use of high-rise buildings, which has a direct impact on structural stability and safety. To improve the accuracy and response speed of settlement monitoring, leveling measurement GNSS, Multi source monitoring technologies such as tilt sensing and LiDAR are integrated, and data processing models are optimized through the construction of fusion algorithms. Settlement trend prediction and error correction are achieved through Kalman filtering and neural network methods. Through practical engineering data verification, this method is stable and adaptable, and the proposed optimization scheme has good engineering promotion value.

Keywords: high-rise buildings; settlement monitoring; multi-source fusion; data processing optimization; Kalman filtering

引言

城市化进程加快,高层建筑数量不断增多,其结构复杂性和地基承载要求也明显提高,沉降问题愈发凸显,轻微的不均匀沉降就可能引发结构裂缝、变形甚至安全事故,严重影响建筑使用寿命,因此工程技术领域急需在高精度、智能化的沉降监测与数据处理方面有所突破,通过技术集成与算法优化可有效提升沉降监测系统的响应能力和预警水平,从而为结构安全提供坚实保障。

1 沉降监测的关键技术分析

1.1 水准测量技术

沉降监测里水准测量是最早应用且最为成熟的传统方法中的一种,测量精度极高一般能到毫米级,在高层建筑初始施工阶段的基准沉降测定中尤其适用,实际操作时设置固定水准基点和沉降观测点,用水准仪和测量标尺进行高差观测就能有效得到建筑物各关键部位的高程变化情况。

该方法操作比较麻烦且天气、地形、人为因素对其影响也不小,但它精度高,在关键阶段的监测任务里有着不可替代的作用。现在有些工程将数字水准仪和数据采集设备弄到一块,实现了现场数据自动采集和后端处理的半自动化流程,测量效率和数据可靠性也进一步提高了。

1.2 GNSS 定位技术

GNSS(全球导航卫星系统)定位技术,尤其 GPS,

有着实时性强、长时间动态监测适用等优势,在高层建筑沉降监测中的应用逐渐广泛,该技术靠接收卫星信号确定监测点在三维空间的精确位置变化,特别适用于大跨度、高风险区域的连续沉降动态追踪。

厘米级甚至亚厘米级精度现代 GNSS 设备已经能够支持,差分技术、网络 RTK 等方式能有效提高定位稳定性,并且部署起来很灵活,监测数据可远程实时传输,适用于城市高层建筑群多点、多维综合沉降监测方案,能有效提升信息化管理水平和预警能力。

1.3 倾斜计与光纤传感技术

建筑结构倾斜角度和方向的变化能被倾斜计技术实时监测,从而间接反映出沉降趋势与不均匀程度,倾斜计设备安装简单且响应快,适合用于结构柱、剪力墙等关键部位的局部变形监测,这对整体沉降信息是很好的补充。

新兴的高灵敏度监测手段段光纤传感技术在高层建筑里已被广泛应用,在建筑关键构件内预埋分布式光纤传感系统的传感光纤可实时采集变形、温度、应力等多维信息以构建高精度三维变形监测模型,和倾斜计一块使用能有效提升局部沉降识别与预警精度。

1.4 无人机航测与激光雷达

高精度摄影测量系统或者激光雷达(LiDAR)被无人机搭载后,就能对建筑周边以及基础设施快速且高效地进

行三维扫描与沉降分析,这一技术在辅助评估大范围区域沉降变化方面尤其适用,像地铁施工、地基开挖导致的周边建筑沉降这种复杂场景就可以用。

激光雷达有穿透植被和复杂表面结构的本事且无人机很灵活机动,二者相结合就能高频率地获取高精度的点云数据,对建立建筑与地形沉降变化的动态模型有辅助作用,这种技术虽然还没法彻底取代接触式高精度传感,但作为一种补充监测手段,其应用价值和推广前景都非常高。

1.5 监测系统集成化发展趋势

信息技术和智能传感技术不断融合,沉降监测向着系统集成化、智能化方向发展,集成化系统一般包含多种传感单元、无线通信模块、数据处理终端和可视化平台,能远程实时监测建筑沉降状态并自动分析数据,工作效率和监测响应速度因此大幅提高。

全天候自动数据记录与传输智能采集终端能将云计算与边缘计算能力结合起来,支持沉降数据的在线处理、异常识别与智能预警,可与 BIM、GIS 等平台协同运行,实现沉降信息在建筑生命周期管理中的深度融合与应用,为高层建筑运行安全提供坚实保障。

2 高层建筑沉降数据特征与误差来源分析

2.1 沉降数据的时间性与空间性特征

高层建筑沉降数据的时间性特征明显,其变化常是渐进、非线性且有阶段性特点,施工初期沉降速度快,结构荷载增大使基底应力集中,到后期便慢慢平稳进入缓慢沉降阶段,得连续采集监测数据以捕捉沉降发展的全过程,从而对不同阶段的行为规律进行建模分析。

在空间性这一方面,高层建筑结构分布广泛且荷载作用于各结构部位不同、土壤压缩特性也不一样,这使得沉降分布不均匀,沉降数据在空间上存在差异会使局部结构或许有较大位移进而形成沉降差异,要多点布设监测网格以掌握各关键构件的沉降状态,进而实现对整体沉降变形的三维立体感知。

2.2 误差来源分类

测量仪器本身的系统误差和稳定性问题是仪器误差的主要方面,就像水准仪,其精度等级、温漂性能以及长时间使用后的标定偏差,都可能对沉降数据的可靠性产生影响,并且仪器要是没按周期校准或者选择不合适,整个监测数据体系就可能出现系统性偏移。

沉降监测中环境误差常见,像材料热胀冷缩被温度变化引起、无人机或设备倾斜由风力干扰导致、测量点瞬时漂移受地面震动带来等情况都属于环境误差,施工现场粉尘、湿度、电磁干扰等因素或许会影响部分电子传感设备正常运行。

人为因素会造成操作误差,像读数存在误差、仪器安放不稳固、观测点不复测、监测点布设不规范等情况都属于人为因素,这种误差有偶然性,而且在工程里要是频繁

观测或者多人轮换测量,它就被容易放大,进而对整体监测系统的一致性和精度产生影响。

2.3 异常值识别与剔除技术

实际沉降监测数据里异常值难免会出现,常见识别异常值的方法有静态阈值法、均值标准差法、滑动平均法以及更复杂的主成分分析(PCA)和孤立森林算法,设定统计上下限或者依据数据趋势找出突变点就能快速把错误数据剔除。

异常值剔除之后得进行数据补偿处理才能让时间序列保持连续,可以用插值法(像线性插值、样条插值)或者拟合预测模型合理补充数据,数据清洗时要求在不破坏整体趋势的情况下最大程度地还原沉降的真实状况以给后续趋势判断和预警模型打基础。

2.4 误差传播分析与控制策略

在沉降监测的时候,各类误差在数据采集、融合处理、模型分析以及结构响应评价等环节会产生累积与放大效应,这就叫误差传播,数据体系一旦有仪器误差、环境干扰和人为操作误差进入,在多源融合或者趋势预测里就可能叠加起来,让沉降趋势判断出现偏差,从而可能触发误报或者漏报,建立误差传播函数,能定量分析各干扰因子的灵敏度以及对最终计算结果的影响程度,给数据处理链路的优化提供理论依据。

多种技术手段和管理机制协同实施包括在有效控制误差传播的策略里,采用多设备交叉验证和冗余布点布局就能容易识别异常读数并提高系统鲁棒性,而在数据处理阶段,将多源数据融合机制和像卡尔曼滤波、小波降噪等滤波算法相结合可使沉降曲线平滑并抑制高频扰动,建立标准化监测流程、操作规范和周期性校验机制能从源头压缩误差范围,从而全面提升沉降数据准确性和工程应用可靠性。

3 数据处理与优化算法研究

3.1 多源数据融合模型构建

高层建筑沉降监测会用到水准仪、GNSS 接收机、倾斜传感器、光纤传感单元等多种类型的监测设备,这些设备输出的数据在精度、响应频率、坐标系统方面存在差异,若要让数据协同利用并且提升精度,则可引入卡尔曼滤波(KalmanFilter)用来做状态估计和多源数据融合,通过状态转移矩阵和观测矩阵,卡尔曼滤波能动态更新沉降状态预测值,在噪声影响下实现最优估计,其基本模型如下:

$$\begin{aligned}\hat{\mathbf{x}}_k &= \hat{\mathbf{x}}_{k-1} + \mathbf{K}_k (\mathbf{z}_k - \mathbf{H}_k \hat{\mathbf{x}}_{k-1}) \\ \mathbf{K}_k &= \frac{\mathbf{P}_{k|k-1} \mathbf{H}_k^T}{\mathbf{H}_k \mathbf{P}_{k|k-1} \mathbf{H}_k^T + \mathbf{R}_k}\end{aligned}\quad (1)$$

其中,估计状态用 $\hat{\mathbf{x}}^k$ 表示,卡尔曼增益为 $\mathbf{K}_k$ 、协方差预测矩阵是 $\mathbf{P}_{k|k-1}$ 、观测噪声协方差矩阵为 $\mathbf{R}_k$ 且

观测矩阵为 Hk 。

在此基础上要是引入 BP (BackPropagation) 神经网络, 就能实现非线性关系的建模与预测, BP 网络通过输入层、隐藏层、输出层构建沉降影响因素和结果之间的多维函数关系, 进而进一步弥补单一算法对复杂沉降模式识别的不足, 用多源数据把神经网络模型训练好之后, 不仅冗余监测点的利用效率显著提升, 而且整体监测系统的鲁棒性也能提高。

3.2 趋势分析与预测方法

沉降过程的时序性和可预测性很明显, 因此用统计建模能有效预测未来趋势, 而最小二乘法这种基础拟合手段, 可以对历史沉降数据做多项式或者指数曲线拟合, 基本目标函数如下:

$$\min \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2 \quad (2)$$

求解最优参数以构建沉降发展趋势曲线, 从而判断异常沉降行为是否存在。

沉降预测模型可通过时间序列分析方法(像 ARIMA, 即自回归积分滑动平均模型)得到进一步细化, 在处理短周期高频监测数据时该方法表现优异, 且动态阈值设定机制能依据统计规律自动调整预警值, 敏感响应不同阶段的沉降速率, 从而提高监测系统对突变沉降的识别能力和预警效率。

3.3 大数据处理与云平台技术应用

高频、多点、长周期监测数据不断积累使沉降监测迈进大数据时代, 而传统本地数据处理方式在存储、响应速度、协同分析上存在瓶颈, 引入云架构数据处理平台能实时接入、存储、清洗与分析大规模沉降数据, 提高系统处理能力和扩展性。

云平台予以支持, 将数据挖掘技术(像聚类分析、相关性分析之类)与深度学习模型相结合, 就能深度挖掘沉降和环境因素、荷载变化等参数间的潜在联系, 且有配套的可视化分析界面, GIS 三维展示系统、动态趋势曲线面板等, 从而增强管理人员对监测结果的理解与判断, 为高层建筑沉降安全管理提供科学决策支持, 促使监测体系迈向从数据采集到智能辅助决策的新阶段。

4 监测系统优化与工程应用建议

4.1 系统建设建议

高层建筑中系统有效性和监测精度的提升关键在于沉降监测点的合理布设, 结构关键节点、荷载突变区域、沉降敏感部位以及基础底板边缘等位置应重点被监测点覆盖且布设密度要综合建筑高度、结构形式和地质条件分析确定, 运用对称布点原则与分层监测策略不但能精准识别各部位沉降趋势还能有效捕捉垂直方向和平面方向的沉降差异以提升数据完整性和代表性。

沉降监测发展的主流方向是多技术融合的系统集成,

构建“多源感知+边缘计算+远程传输+平台分析”一体化技术架构值得推荐, 要把水准测量仪、GNSS 接收机、倾斜计、光纤传感器及激光雷达等多种监测设备统一接入, 利用物联网网关进行数据汇聚与预处理, 再上传到云端或者本地平台, 结合实时可视化系统构建三维多维沉降感知网络, 从而对高层建筑全生命周期沉降进行监控和智能管理。

4.2 监测流程标准化

建筑不同阶段有不同的风险特征, 沉降数据采集周期得据此动态调整, 施工高峰期结构荷载老变, 高频采集模式比较好, 每 2h 采一次, 这样能全掌握沉降发展过程, 建筑运营阶段结构稳了, 采样频率可以适当降到每日或者每周一次, 得构建异常数据触发机制, 监测系统要是识别出沉降突变趋势, 能自动切换成高频采样模式, 从而在关键时段精准追踪及时响应。

数据存储与交互要严格按照统一格式规范进行, 以保证数据标准化和互通性, 统一采用 UTC+8 作为时间戳且测量单位使用国际单位制, 从而提高国际兼容性, 数据格式最好为结构清晰、扩展性强的 JSON 或者 XML 格式, 以便跟 BIM、GIS 等信息平台无缝集成, 配上像 Modbus、OPCUA 这样的标准化通信协议, 使不同品牌、类型的监测设备在系统里实现互联互通, 进而构建起高效智能的沉降监测数据共享与协同分析平台。

4.3 预警机制构建

沉降预警机制的阈值设定是关键, 得把规范限值、历史沉降数据和建筑承载能力综合起来动态调整阈值范围, 设置“正常—关注—预警—报警”四级响应等级, 使沉降速率、差异沉降值、累计沉降深度的变化幅度分别与不同等级相对应。

联动报警系统要与现场施工设备、控制系统联动起来, 沉降达到报警等级时应通过短信、邮件、声光报警器等多种渠道同步推送信息以便管理人员及时介入处理, 这一情况如表 1 所示。

表 1 典型沉降预警等级设定

等级	累计沉降值 (mm)	沉降速率 (mm/d)	响应措施
正常	<10	<0.2	持续监测
关注	10~20	0.2~0.4	加密监测频率
预警	20~30	0.4~0.6	现场复核、技术评估
报警	>30	>0.6	停工检查、结构加固等

4.4 应用推广价值

不同类型大型结构工程都能广泛应用优化后的沉降监测系统, 这系统适应性很强, 在超高层建筑里它能监控塔楼核心筒、裙房结构和地下室沉降协调性, 保障结构整体稳定, 在大型综合体项目中它能有效掌握地基应力分布与场地变形规律, 有助于施工管理和结构安全评估, 在桥梁与隧道工程中它可识别地质变化带来的长期缓慢沉降以及突发变形风险, 为重大基础设施运行提供早期预警支撑。

该系统支持多项目统一接入与远程集中管理,可为智慧工地、智慧城市等复杂工程场景提供服务,可扩展性良好且工程推广前景不错。结合 BIM(建筑信息模型)、CIM(城市信息模型)等平台,能够实现从施工期、运营期到维护期的全生命周期沉降健康管理,推动工程结构安全保障从传统监控向数据驱动、智能决策转型,全面提升建筑安全管理的科学性与现代化水平。

5 结语

高层建筑结构安全保障的核心在于沉降监测,其技术体系和数据处理方法急需持续优化升级,多源监测技术融合、智能化数据分析和标准化系统构建能让监测精度、响应效率和风险预警能力显著提高,构建科学完善的沉降监测系统对实时掌握建筑状态、预防结构隐患有益且工程适应性和推广价值良好,以后要加强智能算法和云平台深度融合促使沉降监测朝着高效、精准、智能发展从而给高层建筑安全运行提供坚实保障。

【参考文献】

- [1]韩亚洲.某超高层建筑结构变形监测方法研究[D].安徽:合肥工业大学,2020.
- [2]王俊瑜.区域性多变量沉降预测模型的构建及应用[D].山东:聊城大学,2023.
- [3]朱成军,韦溪,张美叁.高精度电子水准仪在高层建筑沉降观测中的应用[J].新疆有色金属,2021,44(4):102-104.
- [4]白芷绮.民用建筑沉降监测预报方法研究[J].测绘与空间地理信息,2021,44(3):173-175.
- [5]李久飞,陆永红,梁贞.高层建筑沉降监测技术研究与应用[J].建材与装饰,2019,11(28):230-231.
- [6]李爱国.中软土地区高层建筑物沉降监测及稳定性探析[J].安徽建筑,2022,29(5):142-143.

作者简介:刘叶兵(1987.9—),毕业院校:西安交通大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:合肥工大共达工程检测试验有限公司,职称级别:工程师。

混凝土结构钻芯法强度检测精度影响因素分析

杨 英

芜湖科欣建设工程检测有限责任公司，安徽 芜湖 241100

[摘要]在混凝土结构强度检测里，钻芯法因具有直接性和代表性而被广泛运用，检测精度受芯样尺寸效应、端面平整度、龄期不同、钻芯位置和方向、养护和加载条件等多种因素影响，有些因素会使强度结果变低或者变高进而影响结构安全评估的准确性，通过结合典型案例和实验数据分析各个因素对检测结果的影响程度，进而提出优化检测参数和施工工艺的办法以提高检测精度和评估可靠性，为混凝土工程质量控制提供技术支持。

[关键词]钻芯法；强度检测；精度控制；芯样处理；混凝土结构

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17252

中图分类号: TU755.7

文献标识码: A

Analysis of Factors Affecting the Accuracy of Strength Testing Using Core Drilling Method for Concrete Structures

YANG Ying

Wuhu Kexin Construction Engineering Testing Co., Ltd., Wuhu, Anhui, 241100, China

Abstract: In the strength testing of concrete structures, the core drilling method is widely used due to its directness and representativeness. The detection accuracy is affected by various factors such as the size effect of the core sample, the flatness of the end face, different ages, the position and direction of the core drilling, and the curing and loading conditions. Some factors may cause the strength results to decrease or increase, which affects the accuracy of structural safety assessment. By combining typical cases and experimental data to analyze the impact of various factors on the detection results, methods for optimizing detection parameters and operating processes are proposed to improve detection accuracy and evaluation reliability, providing technical support for quality control of concrete engineering.

Keywords: core drilling method; intensity testing; precision control; core sample processing; concrete structure

引言

结构工程里混凝土是主要材料，建筑物安全与耐久性和其强度直接相关，钻芯法检测结果直观又可靠，现阶段常被用来评估混凝土实际强度，但实际检测时影响精度的因素复杂，操作细节、材料特性常带来误差干扰判断，准确识别控制这些关键影响因素对提高检测有效性和工程评估准确性很关键。

1 钻芯法检测技术概述与误差来源分析

1.1 钻芯法基本原理与流程

钻芯法这种检测手段是通过在混凝土结构构件上钻取圆柱形芯样并对其进行力学试验来评估抗压强度的，能较为直接地反映结构实际受力状态下混凝土的强度水平，其一般流程包含钻芯取样、芯样加工、养护处理和抗压强度测试等环节，且整个过程要在不破坏结构整体承载力的情况下进行以确保芯样有代表性和完整性。

我国现行的《GB/T 50728—2011 混凝土强度现场检测技术规程》在标准化操作方面对钻芯法相关的实施步骤、设备参数、芯样尺寸、高径比、端面处理、加载速率等都有着明确要求，钻芯法里规程规定芯样高径比在 1.0~2.0 之间为宜且芯样端面要平整并将误差控制在 $\pm 0.02\text{mm}$ 以内以保证受力均匀性，芯样直径不能小于 50mm 且强度检

测设备也得确保经校准认证以提高测试结果有效性。

1.2 检测误差来源初步分类

钻芯法检测误差的来源大体能分成样品提取、样品加工养护、加载试验三个环节，在样品提取阶段，芯样的代表性与完整度会被钻芯位置的选择、方向的控制以及操作技术直接影响，钻芯时若芯样有裂缝、空洞或者掉角情况，试样就会失去结构连续性，抗压强度值便会出现偏差。

取出芯样之后得对其进行切割、端面磨平以及标记编号等加工处理，在这个阶段若切割不垂直、端面不平整就可能引发加载不均和局部应力集中从而影响试验结果，并且芯样的养护条件也很重要，若处于干燥或者高温环境中强度容易降低，在高温季节或者干燥的施工现场芯样失水后强度结果常低于真实水平。

在加载测试阶段，试验机的精度、加载速度以及操作人员的经验是误差的主要来源，并且加载速率太快时应力可能突变，导致试样提前被破坏，影响测试结果的准确性，加载中心没对准芯样轴线也会使芯样倾斜破坏或者剪切破坏，从而让实际强度值和标准值不一样。

1.3 误差影响的定性说明

芯样截面形状与面积受切割偏差的影响特别明显，芯样两端面要是不平行或者端面和轴线倾斜，加载的时候心

力轴就会偏移且应力分布不均匀,试样局部先被破坏而强度值也就低了,端面不垂直误差每多1度强度结果可能就下降3%,这是误差的关键来源之一。

钻芯方向与混凝土浇筑方向之间的关系对检测结果有着显著影响,通常芯样垂直于浇筑方向时内部气泡、骨料排列以及施工冷缝的影响小,检测结果更接近真实情况,而沿浇筑方向取芯容易受重力沉积和分层现象影响,造成局部密实度降低,抗压强度数值就可能低于结构实际水平,钻芯方向的选择得结合结构构件浇筑工艺和受力方向进行科学评估。

2 材料因素对检测精度的影响分析

2.1 混凝土龄期

混凝土强度随龄期不断发展,尤其早期28d内增长快之后就趋于缓慢,实际工程中钻芯法检测常是在混凝土结构使用多年后这时候的龄期远远超出实验室标准试验的28天基准龄期,相同配比的混凝土不同龄期检测出的强度值差异较大得结合时间因素修正这是必须的。

混凝土后期强度在不同环境下发展速度差别很大,在潮湿环境里水泥水化能长期进行后期强度可能会不断增长而在干燥或者碳化环境下水化过程会减慢甚至停止芯样强度会出现增长停滞或者下降的情况,检测精度分析时要修正计算芯样当前龄期和原龄期之间的等效强度关系,按《混凝土结构现场检测技术标准》(GB/T50728-2011)推荐的龄期折减系数,龄期超1年的混凝土强度折减可近似参考下表1。

表1 强度折减

龄期(月)	折减系数(f_{28} 为基准)
1~3	1.05~1.10
3~6	1.00~1.05
6~12	0.95~1.00
>12	0.90~0.95

2.2 骨料粒径与分布

在混凝土里,骨料不光起骨架支撑作用,对力学性能和结构密实性也有着决定性影响,芯样的完整性和强度稳定性与骨料粒径大小、颗粒级配以及分布均匀性直接相关,若用粒径大的骨料且芯样直径又小(像 $\phi 50\text{mm}$ 这种),芯样里可能没多少粗骨料,这会使局部结构不均匀且试样力学性能不稳定,尤其是结构非均质区域,若芯样里正好没有典型骨料或者骨料分布偏离中心轴线,抗压强度测试值可能偏高或者偏低,误差波动相当明显。

另一方面,混凝土内部的弱界面常被视作骨料与水泥浆体间的粘结界面,若骨料分布不均、表面光滑或者和浆体结合力不够,受压加载时,界面容易剥离且裂纹容易扩展,这会影响芯样整体承载能力,研究显示,粗骨料体积含量超50%时,由于粒径干扰、界面效应,抗压强度测试误差能到 $\pm 8\%$,实际钻芯检测时,优先选骨料分布均匀、构件应力均衡区域,并且适当加大芯样尺寸,如用 $\phi 75\text{mm}$ 的,以增强样本代表性,让测试数据更稳定、更准确。

2.3 水灰比与添加剂

混凝土的密实度和强度核心由水灰比决定,水灰比低时混凝土致密且强度高,水灰比一高就容易形成毛细孔通道,这会使强度降低并让试样在钻芯取样时产生微裂纹,进而影响检测数据的可靠性。

现代混凝土里各种各样的化学外加剂(如减水剂、缓凝剂、膨胀剂等)被广泛使用,这些成分对水泥水化进程与浆体结构影响很大。高效减水剂可显著提高早期强度,但使用不当或分布不均会使局部结构出现差异并影响芯样强度的一致性。高强混凝土(C50)受化学添加剂的影响更大,强度波动范围可达 ± 5 到10%,高强混凝土检测时要格外留意配合比设计背景和添加剂使用历史,以保证分析结果有技术依据。

3 钻芯操作及试件处理工艺因素影响分析

3.1 钻芯设备与操作精度

芯样质量被钻芯设备的性能决定性地影响着,设备转速快了,芯样周边容易出现热损伤或者微裂纹扩展,而转速慢了,钻芯时间可能会延长,还会有偏斜或者夹渣现象,从而影响芯样完整性。冷却水要是供给不充足,钻头和混凝土剧烈摩擦就会产生高温,使浆体界面被软化,芯样表层组织就疏松了,强度也就降低了,合理的转速和连续的冷却水流得以维持是芯样完整性得以保障的技术前提。

芯样垂直度受操作角度影响很大,钻芯轴线与构件轴线夹角大时得到的芯样会明显偏心,易使芯样一端受压过度,加载时应力集中,从而出现斜裂缝甚至劈裂破坏,严重影响抗压强度数值,标准规定芯样轴线偏斜角度得小于等于 2° ,实际操作要靠导向装置或者激光辅助工具来控制角度。

整个取样过程的规范性与稳定性直接受操作人员技能水平和经验的影响,新手操作人员在钻芯时,常出现偏斜、断裂、打滑之类的情况,使得芯样结构非均质或表面破损,而技术熟练的操作人员能对钻进深度、力度、退出节奏加以控制,确保芯样完整均匀,统计显示,操作误差可让强度测试误差达 $\pm 5\%$,这是影响检测精度的重要因素不容忽视。

3.2 芯样端面处理与养护条件

芯样抗压试验结果受两端面平整度的重要影响,端面要是有明显凹凸或者不垂直,加载时试验机压力就会不均匀分布从而产生偏压破坏,芯样实际强度也会被显著低估,标准规定,端面磨平处理后平整度得控制在0.02mm以内,不然就得用硫磺胶泥或者环氧树脂进行端面修补以提高受压均匀性。

芯样强度的恢复与保持养护条件也很关键,钻取后的芯样长时间处于干燥环境就很容易脱水碳化从而强度会明显降低,反之过度浸泡也会让水泥浆体结构微观发生变化导致强度下降,将芯样放在 $20\pm 2^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $\geq 95\%$ 的标准环境养护能有效稳定其内在力学性能,养护时间一般24~48h且结构龄期和施工环境不一样的话可以适当调整。

实际检测时,不同养护方式造成的强度波动差别不小,同一批芯样在自然通风环境放48h再检测,与标准湿养条

件下的测试结果相比要低 8%，要想测试结果稳定又可比，就得严格按标准统一养护，大体积结构或者高强混凝土工程更是得把每个环节都把控好。

2.3 芯样尺寸效应

芯样尺寸特别是高径比 (L/D) 直接影响强度计算，标准提出混凝土芯样高径比宜在 1.0~2.0 之间且 1.0 或 1.5 为理想值，高径比过低（像 $L/D < 1.0$ 这种情况）时试件两端约束效应增强且破坏模式偏离受压破坏从而强度偏高，高径比过高时芯样中部可能剪切或弯曲失稳进而强度被低估。

在实际工程里，构件厚度或者结构会有所限制，这就导致芯样高度不够或者钻取芯样之后得截短处理，进而高径比很难达到标准，这种时候得按照折减系数对强度进行修正， L/D 为 1.0 的试样测试值要是 35MPa，在 L/D 等于 1.5 的时候就得乘以大概 0.96 的折减系数，算出实际等效强度为 33.6MPa 以去除尺寸效应的干扰。

钻芯操作时，骨料突起、孔隙率和钻头摩擦对小直径芯样（如 $\phi 50\text{mm}$ ）影响更大，会使结构局部微裂或者抗压面不完整进而影响试验结果，而 $\phi 75\text{mm}$ 及尺寸的芯样结构代表性和抗偏差能力要好些，想提升检测结果的准确性，重要的是选择合适尺寸并根据高径比合理换算。

4 结构因素与环境条件对检测结果的干扰作用

4.1 结构构件部位影响

在混凝土结构里，浇筑、振捣以及和模板的接触条件在不同部位存在差异，这使得密实度不一样，进而芯样强度结果也受到影响，边角部位混凝土振捣常很困难，会滞留较多气泡，密实性比较差，强度比核心区域低，而结构核心区的混凝土包围性强，收缩应力小，密实性佳，强度相对较高，钻芯部位要是选得不合适，很容易出现代表性偏差，从而整体评估就会受到影响。

受力与硬化过程中不同构件类型表现有别，梁类构件受自重与荷载产生的弯矩作用，其受拉区和受压区混凝土结构特性不一样，柱构件大多受压，混凝土密实度较高，芯样强度往往略好，板类构件厚度小且受力均匀，其混凝土强度更受浇筑方式与施工顺序影响，得结合构件受力特点和几何布置科学选钻芯部位以提高检测代表性。

结构构件的高度、浇筑层次不一样强度就会有差异，就像高层构件浇筑时混凝土从上往下沉积、离析，下层混凝土密实度比上层高，这种构件要是上部钻芯取样检测值也许会比真实结构平均强度低，那就得调整钻芯位置或者对比不同高度的样本去修正。

4.2 环境暴露条件

在服役期间，混凝土结构常暴露于多变的自然环境里，在温差大、昼夜温度梯度明显的地区，混凝土表层热胀冷缩频繁且微裂纹极易产生，这会影响钻芯试样的完整性与强度，北方寒冷地区尤其如此，冻融循环对表层混凝土的劣化作用显著且表面与内部混凝土性能差异明显。

干湿循环对表层强度有着另一个关键影响，由于混凝土表层长期遭受雨水与风干交替作用，会发生干缩、碱-

骨料反应之类的化学变化，微观结构变得松散，强度降低，钻芯取样深度要是不够，只反映表层混凝土性能的话，检测结果往往会低估整体结构的强度水平。

室内或地下构件（像地下室墙体、楼板）和外露构件（像阳台、屋面板、立柱）相比，环境作用于二者的差异很显著，且老旧结构使用年限长，这种情况下表层混凝土和内部混凝土的强度差异可能会达到 10% 到 15% 甚至更明显，要保证芯样有代表性，钻芯深度得够，还得结合环境暴露情况综合评估才好。

4.3 长期使用后的碳化与腐蚀作用

在混凝土长期服役过程中，混凝土碳化这个物理-化学过程不可避免，水泥水化产物与空气中的二氧化碳发生反应生成碳酸钙会使混凝土碱性降低、结构孔隙率增大，钻芯样本要是大多处在碳化层范围内，结构致密性和抗压强度都会下降、容易误判结构劣化程度，检测之前，得用喷洒酚酞试剂或者别的碳化深度测定方法来评估碳化层厚度以确定合理的钻芯深度。

除了碳化，周围混凝土结构也会被钢筋锈蚀引发的体积膨胀所破坏，当混凝土保护层薄、钢筋腐蚀严重时，周边混凝土会有微裂、剥落现象，导致芯样结构完整性下降且抗压性能减弱，钻芯要是涉及锈蚀钢筋区，常会有局部缺陷或者裂纹，使得测试结果降低。

混凝土长期性能也会受化学腐蚀环境（像氯盐侵蚀、硫酸盐侵蚀这类情况）影响，就拿海工结构来说，氯离子穿透会让钢筋锈蚀且水泥胶结结构也会被破坏，芯样表面因此变得酥松，强度显著下降，构件长期使用后，钻芯检测之前得结合耐久性调查、碳化与腐蚀状况来判定芯样质量，这样才能保证测试结果有实际参考价值。

5 结语

钻芯法是评估混凝土结构实际强度的重要手段，不过材料性质、钻芯操作、试件处理、结构与环境条件等诸多因素会综合影响钻芯法的检测精度，因此要确保检测结果科学且具代表性就得充分识别这些影响因素并合理控制，在实际工程应用时按照相关标准，结合构件特点、服役环境来优化取样方案和试验流程，从而提高检测数据的准确度、可靠性，为混凝土结构安全评估、维修加固提供有力支撑。

【参考文献】

- [1] 孙学龙. 回弹-钻芯法在混凝土抗压强度检测中的应用研究[J]. 北方建筑, 2024, 9(6): 36-40.
 - [2] 王春香, 刘玉宝, 王海东. 混凝土结构强度检测技术在建筑工程中的应用研究[J]. 砖瓦, 2025, 11(1): 103-106.
 - [3] 千明德, 王梓晨, 刘宁. 钻芯法检测混凝土强度中欧标准比较研究[J]. 四川水泥, 2025, 12(4): 61-64.
 - [4] 杨连喜. 基于钻芯法检测水利水电工程混凝土强度的实验研究[J]. 建材发展导向, 2024, 22(8): 70-72.
- 作者简介: 杨英 (1983.6—), 毕业院校: 大连理工大学, 所学专业: 工程管理, 当前就职单位: 芜湖科欣建设工程检测有限责任公司, 职务: 综合室主任, 职称级别: 中级。

建筑工程施工技术及施工管理要点研究

马 涛

内蒙古第三电力建设工程有限责任公司，内蒙古 包头 014030

[摘要]近些年来，建筑工程施工技术不断取得创新成果，这给提升工程质量给予了强有力的保障。这些技术已然突破了不少难题，让施工技术的适应性得以提高，可满足不同地区以及复杂环境下施工的需求。与此现场施工管理对于工程效益以及施工效果有着极为关键的作用，企业业务必要对管理环节予以高度重视，不断地去完善并优化现场管理体系。鉴于此，文中相应地提出了现场施工管理策略以及保障体系，目的是为实际施工工作给予有效的参考与指导。

[关键词]建筑工程；施工技术；施工管理；管理要点

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17250

中图分类号: TU4

文献标识码: A

Research on Construction Technology and Key Points of Construction Management in Building Engineering

MA Tao

Inner Mongolia Third Power Construction Engineering Co., Ltd., Baotou, Inner Mongolia, 014030, China

Abstract: In recent years, innovative achievements have been made in construction technology, which provides strong guarantees for improving project quality. These technologies have already overcome many challenges, improving the adaptability of construction techniques and meeting the needs of construction in different regions and complex environments. The on-site construction management plays a crucial role in the engineering and construction efficiency, and it is necessary for enterprises to attach great importance to the management process and continuously improve and optimize the on-site management system. In view of this, the article proposes corresponding on-site construction management strategies and guarantee systems, with the aim of providing effective reference and guidance for actual construction work.

Keywords: construction engineering; construction technology; construction management; management points

引言

随着我国城市化进程持续推进，建筑工程规模变得越来越大，施工技术以及管理水平的提高，已然成为保障工程质量、控制建设成本、缩短工期以及确保施工安全极为关键的因素。建筑工程施工既涉及复杂的工艺技术，还包含多环节、多部门的协同管理。面对日渐复杂的施工环境以及多样化的工程需求，传统的施工技术与管理模式已经很难满足现代建筑行业发展的要求。所以，深入剖析建筑工程施工技术与施工管理的关键要点，对于推动建筑行业在技术方面取得进展以及在管理层面实现创新有着不容忽视的重要意义。通过对当前施工过程中存在的技术和管理问题加以系统梳理与分析，并且结合先进的施工技术以及科学的管理理念，可为施工企业拿出切实可行的优化策略，提高整体施工效率以及工程质量，推动建筑行业实现健康且可持续的发展。本文会围绕建筑工程施工技术以及施工管理的核心内容，着重探讨其重要性、现状以及优化路径，期望能为相关领域的理论研究以及工程实践给予有益的参考。

1 建筑工程施工技术及施工管理的重要性

建筑工程施工技术以及施工管理在建筑工程项目里有着极为关键的地位。施工技术是否先进会对工程质量、进度还有安全产生直接影响，而合理的且高效的施工管理

是确保施工技术能科学施行的关键环节。随着建筑行业持续向前发展，工程规模变得越来越大，结构复杂的程度也在提高，施工环境和条件更是呈现出多样化的态势，并且情况更为严峻，这便给施工技术提出了更高的要求。施工管理不但涉及对施工过程进行全面的计划、组织、协调以及控制，而且还包含了质量管理、成本控制、安全管理以及人员培训等诸多方面，唯有把各项管理措施有机地结合起来，才能够有效地降低施工风险，提升资源利用的效率，保证工程能够按时完成并且达到预期的质量标准。所以强化建筑工程施工技术和施工管理方面的研究与应用，既是提升建筑企业核心竞争力的必然途径，也是推动建筑行业实现健康且可持续发展的重要保障。

2 目前建筑工程施工技术与建筑工程管理的现状

2.1 管理机制不完善

当前，建筑施工项目普遍存在管理机制不够完善的情况，具体呈现出组织结构不够清晰、职责划分不够明确以及管理流程比较混乱等状况。有些项目在实施期间缺少系统的管理制度作为支撑，使得各个参与方之间的协调出现不顺畅的现象，信息传递也不够及时，这对工程整体的运作效率产生了影响。部分施工企业的管理理念还停留在传统的模式上，缺乏科学化、信息化的管理方式，对于项目

全过程的动态监管能力相对较弱,容易在施工过程中引发质量、安全、进度等方面的问题。

2.2 施工技术管理不到位

当前,在建筑施工进程里,施工技术管理不到位的情况普遍存在,这主要表现在对施工工艺流程了解不够完整、对关键技术环节把控不严格以及技术交底工作做得不够细致等层面。在实际施工环节,有些项目并未依照技术规范和设计要求严格操作,致使施工质量难以得到保障。并且,部分施工单位在技术管理方面缺少系统性与前瞻性,对于新技术、新材料、新工艺的应用也没有有效整合,对施工效率以及工程整体水平产生了影响^[1]。技术管理资料整理不规范、施工记录缺失或者不完整的情况也比较常见,这对后期工程的质量追溯与问题分析不利,也进一步凸显出施工技术管理体系较为薄弱的状况。

2.3 造价控制不严

在建筑工程施工过程中,人员、材料和设备是不可或缺的要素。由于建筑工程周期较长,所涉及的材料种类繁多,加之政策和市场行情不断变化,导致实际施工成本常常与预算存在差异。一些建筑企业在招投标阶段过于关注价格,忽视了施工队伍的专业技术水平,或者合同条款不够明确,导致施工过程中未能严格执行合同规定,进而增加了实际成本。在采购环节,采购人员对市场行情了解不足,忽视工程的真实需求,既增加了费用,也造成了材料浪费。此外,设计人员与承包商之间技术交底不到位,设计图纸与实际施工存在较大偏差,不仅推高了工程费用,还影响了施工进度。

2.4 施工人员能力不足

在当下的建筑施工进程里,施工人员能力有所欠缺这一问题颇为显著,已然变成牵制工程质量以及进度的关键要素之一。其一,处在施工一线的人员整体素质呈现出参差不齐的状况,部分工人缺少系统性的专业培训,技能水平颇为有限,对于施工图纸以及技术规范的理解能力也不尽如人意,很难胜任复杂结构或者新型施工工艺所提出的操作要求。其二,施工现场的管理人员在专业能力方面同样存在不足之处,有一些管理人员缺乏现代工程管理方面的知识,难以有效地对各个施工环节加以协调,进而致使现场管理陷入混乱状态,工作效率也变得极为低下。除此之外,随着建筑工程技术持续不断地更新换代,原有的人员队伍在适应新技术的应用以及使用智能化设备等层面也表现出了明显的滞后情况,无法契合现代化建筑工程对于人才素质所提出的高标准需求。

3 建筑施工技术与建筑工程管理优化策略

3.1 完善工程管理体系

完善工程管理体系对于提升建筑施工项目整体管理水平而言,属于极为关键的一个环节,其和工程建设全过程的有序推动以及资源的高效配置有着紧密联系。在实际

开展工作的过程中,要想建立健全的工程管理体系,那么就需要让其能够涵盖项目立项、设计、施工、验收等诸多阶段,进而构建起横向可以延伸至边缘、纵向能够贯穿到底的管理网络。得清晰明确各部门、各岗位的职责分工情况,另一方面要强化各层级之间相互协作的机制,以此来保证信息能够顺畅流通,各项指令也能够得以切实执行到位。在管理体系当中应当设有标准化且流程化的工作制度,借助这套制度针对工程质量、安全、进度、成本等诸多要素展开全过程的动态把控。与此管理体系还应当与项目的实际情况相互结合起来,依据实际情况灵活地去设置关键控制点以及反馈机制,从而促使自身的应变能力得以提升,决策效率也能得到提高。

3.2 加强建筑施工技术管理工作

强化建筑施工技术管理,这是保证工程质量的关键,能提升施工效率,还能有效控制项目成本,对保障施工安全也极为重要。在实际施工进程中,技术管理一方面是对施工方案、工艺流程以及施工标准加以具体落实,另一方面则是对施工全程里各个技术环节展开系统性的组织安排以及动态化的把控。一开始,得在项目启动阶段就组织专业技术人才针对设计图纸展开细致分析并做好技术交底工作,以此让施工团队能够精准地掌握每一项技术要点以及关键工序。接着,要依照工程的具体特点去制定出科学且合理的施工技术方案,在施工期间严格依照相关规范与标准来执行,对于那些关键节点务必要实施重点的监控以及技术方面的复核^[2]。除此之外,还得强化对新技术、新材料以及新工艺的应用管理,以此推动施工技术不断实现创新与优化。

3.3 图纸会审工作

图纸会审工作属于建筑施工前期准备阶段里极为重要的一环,它对于确保施工能够顺利开展、促使工程质量得以提升以及防止出现返工等情况都有着不容小觑的意义。在实际开展的各类工程当中,施工图纸通常会涉及到多个不同的专业领域,像结构专业、建筑专业、电气专业以及给排水专业等等。所以说,在正式施工开始之前,务必要组织起相关的各个方面的单位,这其中包括设计单位、施工单位、监理单位以及建设单位(甲方)等诸多方面,一道来开展图纸会审工作,要对图纸内容进行全面且细致的梳理,仔细核对设计数据是否准确无误以及是否完整齐备,同时要努力去发现设计当中存在的矛盾之处、不够合理的地方以及各个专业之间相互交叉所形成的问题。图纸会审这项工作一方面能够助力施工单位更为精准地掌握施工技术的具体要求,另一方面也有助于提前去制定出较为合理的施工组织方案以及技术方案,从而避免在施工进程当中因为图纸存在错误或者相关人员对图纸的理解出现偏差而致使返工发生、工期被延误以及成本不断增

3.4 材料管理工作

材料管理在建筑施工管理里属于极为重要的部分,它

跟工程质量、施工进度以及项目成本控制都有着直接关联。建筑材料的种类繁多多样,数量也非常可观,要是管理得不够妥当,那极有可能出现材料被白白浪费掉的情况,而且材料的损耗率还容易变高,甚至因为使用了不符合标准的材料,进而对工程的安全性和质量产生影响。所以说,得把科学且合理的材料管理贯彻到材料从采购开始,经过运输、验收、储存,再到使用以及记录的整个过程之中。一开始,要依据施工进度计划还有施工图纸来制定出详尽的材料需求计划,以此来保证材料供应能够做到及时并且准确无误;在采购这个环节当中,务必要严格遵守招标或者比价的相关制度,去选用那些符合国家标准以及设计方面要求的合格产品。材料进入到现场之后,还得进行严格的验收工作,要把质量检测做仔细,并且把相关的资料都妥善备案起来,以防不合格的材料混进施工现场^[3]。在储存期间,需要结合材料的具体性质来进行分类堆放,同时还要设立相应的标识,强化防护措施,避免因为环境因素或者是管理方面存在疏漏而导致出现损失的情况发生。

3.5 成本管理

成本管理属于建筑工程项目管理里的关键环节,其贯穿于项目整个生命周期,对于提高经济效益以及达成投资控制目标有着决定性的作用。在实际施工进度当中,成本管理并非仅仅是针对资金支出加以控制,还涵盖了对人力、材料、机械、时间等各种资源的科学配置以及有效运用。在项目立项以及设计阶段,需要开展全面的成本预测以及预算编制工作,要清晰明确各项费用的具体构成以及控制标准,以此为后续实施给予依据。进入到施工阶段之后,应当施行动态成本控制机制,实时且细致地去跟踪并记录各项开支情况,借助将实际成本与预算成本相互对比的方式,能够及时察觉到偏差并且采取与之相应的调整举措。与此加强针对材料采购、施工工艺挑选、设备使用、劳动力安排等诸多环节的精细化管理,这是控制成本出现浪费的关键要点所在。还需要构建起完善的成本核算体系以及成本责任制度,明确各个岗位在成本管理方面的职责,从而提升全员的成本意识。

3.6 建筑工程的安全管理工作

建筑工程的安全管理是保障施工人员生命安全、维护工程顺利推进以及达成可持续建设的关键保障。建筑施工现场存在作业环境复杂、高空作业多、施工机械集中等特性,很容易出现各种安全事故,所以务必要构建起系统完备、科学合理的安全管理机制。一开始,施工单位依照工程实际情况去制定详尽的安全管理制度以及操作规程,清晰界定各级管理人员还有作业人员的安全职责,搭建起‘横向到边、纵向到底’的安全责任框架。接着,在施工开始之前得开展安全技术交底工作,针对高危作业、高空作业、深基坑作业等重点环节展开专门的安全培训与演练,以此提高作业人员的安全意识以及应急处置能力^[4]。在施

工进程当中,需严格执行安全检查制度,安排专职安全员对现场实施日常巡查,及时察觉并且清除各类安全隐患,保证施工全程都处于可控制的状态。

3.7 人才的培养

人才的培育乃是提升建筑施工技术水平以及工程管理质量的关键保障,同时亦是驱动建筑行业不断向前发展的核心助力所在。当下建筑工程愈发呈现出复杂化、智能化的态势,在这样的背景之下,对于施工管理人员还有技术人员的专业素养以及综合能力也就提出了更高的要求。不过就目前的情况来看,部分施工单位依旧存在着人才结构不太合理、技能型人才有所欠缺、高素质管理人员数量不足等一系列问题,这些问题的存在着对施工管理水平的提高形成了制约作用。要想契合现代建筑工程的发展所需,那就务必要充分重视人才的系统性培育工作,去构建起一个包含‘基础培训+实践锻炼+持续学习’在内的多层次人才培养体系。一方面需要强化针对新员工开展的岗前培训工作,以此来助力他们能够掌握基本的施工方面的知识内容、相关的安全规范以及必要的操作技能;另一方面还得注重在职人员的继续教育事宜,定期组织开展技术培训活动、管理能力提升方面的课程设置以及行业前沿知识的学习安排,鼓励他们去考取与自身职业相关的资格证书。除此之外,还应当结合项目的实际情况为青年员工搭建起实践的平台,借助岗位轮换的方式、实行导师带教的模式以及让他们参与重大项目建设等途径,进而提升他们的实操方面的经验积累以及综合协调方面的能力水平。

4 结语

建筑施工技术与施工管理乃是确保工程质量以及施工效率的关键保障所在。持续对施工技术加以完善,同时改进管理方法,如此便能够切实提高工程的安全性,并且促使经济效益得以提升。在往后的日子里,伴随技术不断取得进展,管理理念也持续更新换代,建筑施工将会变得更加规范有序、更为高效能,进而为推动整个行业实现可持续发展给予稳固有力的支持。

【参考文献】

- [1] 窦汝萌,史翔宇.建筑工程施工技术管理水平的提升策略[J].住宅与房地产,2025(14):105-107.
 - [2] 郜辰熙.建筑工程施工技术及现场施工管理分析[J].价值工程,2025,44(13):35-38.
 - [3] 刘洋.浅析建筑工程施工技术的控制要点[J].建材发展导向,2025,23(6):91-93.
 - [4] 唐龙天,周海涛.建筑工程施工技术及施工管理要点[J].房地产世界,2025(3):152-154.
- 作者简介: 马涛(1987.10—),毕业院校: 长春工程学院,所学专业: 土木工程,当前就单位: 内蒙古第三电力建设工程有限责任公司,职务: 项目经理,职称级别: 工程师。

建筑电气施工过程中的常见问题与解决对策

刘庆国

丹东市市政建设总公司, 辽宁 丹东 118000

[摘要]随着国家经济持续发展,现代化与城市化进程不断加快,电气设备已然成为人们日常生活里极为重要且不可或缺的一个部分,而建筑电气施工的要求也在不停地提高。合理地安装电气设备,科学地对电缆以及电线的布置加以规划,这无疑成为了保障工程质量以及安全运行极为关键的一个环节。建筑电气施工,其不单单会直接影响到施工成果的质量,还跟整个工程施工过程的安全有着紧密联系,同时也关乎后期使用时的可靠性以及安全性。就当前我国建筑电气施工当中普遍存在着的一些问题而言,这篇文章对其成因展开了分析,同时还深入探讨了那些切实有效并且行之有效的管理措施以及技术对策,希望能够给提升建筑电气施工质量以及安全水平给予一定的参考以及借鉴。

[关键词]建筑电气;电气施工;问题与对策

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17234

中图分类号: TU758

文献标识码: A

Common problems and Solutions in the Process of Building Electrical Construction

LIU Qingguo

Dandong Municipal Construction Corporation, Dandong, Liaoning, 118000, China

Abstract: With the continuous development of the national economy and the acceleration of modernization and urbanization, electrical equipment has become an extremely important and indispensable part of people's daily lives, and the requirements for building electrical construction are constantly increasing. Reasonably installing electrical equipment and scientifically planning the layout of cables and wires has undoubtedly become a crucial link in ensuring project quality and safe operation. Building electrical construction not only directly affects the quality of construction results, but also has a close connection with the safety of the entire construction process, and is also related to the reliability and safety of later use. This article analyzes the causes of some common problems in the current electrical construction of buildings in China, and also explores in depth the practical and effective management measures and technical countermeasures, hoping to provide some reference and guidance for improving the quality and safety level of electrical construction in buildings.

Keywords: building electrical; electrical construction; problems and countermeasures

引言

现代建筑行业快速向前发展,技术水平也在持续提高。建筑电气工程属于建筑施工的关键部分,它的复杂程度以及技术方面的要求一天比一天高起来。建筑电气施工跟配电系统的安装有关,另外像照明、防雷接地、智能化弱电系统等好几个子系统也都包含在其中,施工环节多得数不清,而且专业性很强。在实际施工的时候,因为设计老是变、施工环境复杂、管理又不到位,再加上人员素质不一样,所以经常会出现工程质量问题、安全隐患还有进度推迟等一系列难题。这些问题不但会影响建筑电气系统正常运转,缩短它的使用寿命,而且还可能造成很大的安全风险,情况严重的时候甚至会威胁到人员的生命财产安全。所以说,仔细分析建筑电气施工里存在的那些常见问题,研究出切实可行的解决办法,这对于提高施工质量、保障工程安全、推动建筑电气工程规范管理来说,有着十分重要的实际作用和理论价值。这篇文章会针对建筑电气施工过程中出现的关键问题来开展研究,结合管理的实际经验给出有针对性的优化办法,希望能给相关工程的施工管理给予有力的参考和指导。

1 建筑电气施工管理的重要性

建筑电气施工管理在建筑工程里有着极为关键的地位,它和建筑物功能的达成、运行的安全性以及使用年限紧密相关。伴随建筑技术持续向前发展,建筑电气系统已经不再是单纯的照明以及供电系统了,而是包含了智能化控制、弱电系统、防雷接地、安全监控、应急照明等诸多子系统,其复杂程度以及技术方面的要求一天比一天高。要是施工管理环节出现疏忽,那么不但会对建筑电气系统的稳定运行产生影响,而且有可能引发火灾、触电、设备损坏等一系列严重的安全隐患。所以,强化建筑电气施工管理,可促使施工流程规范且有条不紊、设备安装的质量达标、系统调试运行状况良好,进而推动工程整体质量得到提升。与此科学的施工管理还能够有效地控制施工成本、缩短工期、提高施工效率,达成项目经济效益和社会效益的双重提升。在现代建筑行业追求高质量发展的大背景之下,加强建筑电气施工管理已然成为工程管理的重要任务以及必然的发展趋势。

2 建筑电气工程施工中存在的问题

2.1 工程材料的选择

在建筑电气工程施工期间,工程材料的选择方面的问

题普遍存在,并且是不容被忽视的。部分施工单位在开展材料采购工作的时候,把降低成本当作主要的导向,却忽略了材料自身所具备的性能指标以及其与工程的适配性情况,如此一来便使得所选取的材料出现了诸如质量没有达到标准、规格不够统一、性能无法匹配等一系列的问题。就好比在某些项目当中,就出现了电缆护套的厚度不够、铜芯截面积和设计要求不符、开关设备的绝缘性能相对较差等等状况,这不但对电气系统的安全性和稳定性造成了影响,而且还为后期的运行埋下了一些故障方面的隐患^[1]。除此之外,还有部分施工项目存在着材料进场时缺少严格的检验这一现象,没能依据规范去针对电线电缆、防雷器材、开关插座等这些关键材料展开有效的检测与审核工作,进而致使不合格的产品进入到施工现场,从而使得工程风险进一步有所增加。

2.2 变压器安装问题

在建筑电气工程施工环节当中,变压器的安装事宜着实算得上是颇为突出并且会产生长远影响的一个关键点。部分工程项目在实际开展施工活动的过程里面,存在着对于安装规范的理解不够透彻以及技术方面的落实做得不够到位这样的情形,进而致使变压器的安装情况没办法契合设计方面以及技术层面所提出的要求。其中一些常见的问题像:基础预埋件的位置出现比较大的偏差,这会对变压器实现稳固的安装造成影响;变压器跟地面之间缺少有效的减震举措,如此一来在运行期间就容易滋生出噪音或者出现设备发生位移的状况;进出线的敷设方式不够规范,电缆的排列显得杂乱无章,弯曲半径也不符合相关规定的要求,由此便存在着短路以及漏电的风险隐患;安装现场的接地系统存在不完备的情况或者说接地电阻达不到标准,这对设备的安全运行产生了极为严重的影响。除此之外,还有一部分工程在实施安装操作的时候忽略了环境因素所带来的影响,没有针对变压器安装所在的区域去做防潮、防尘的相关处理工作,最终使得设备运行环境变得极为恶劣,进而让故障发生的概率有所增加。

2.3 施工人员素质

施工过程本身较为复杂,涉及多项技术和施工内容,施工人员必须具备相应的技术能力,才能有效保证施工质量。然而,目前电气施工中普遍存在施工人员素质较低的问题。随着施工技术的发展和施工要求的提高,部分施工人员难以胜任电气施工工作,缺乏必要的培训和技能,导致施工质量难以提升。同时,施工方监督不力,对现场施工情况关注不足,进一步加剧了问题。在管桥施工中,受到外部环境的影响,常见问题包括电缆支架未与桥梁接地,导线和管道的敷设深度未达到相关标准等^[2]。此外,防雷接地作为建筑电气工程中强、弱电系统安全运行的重要环节,也存在诸多问题:一是强弱电系统施工中接地不规范的现象频繁出现;二是部分施工人员未按规定操作,导致接地装置不符合建筑防雷要求。这些问题严重影响了施工质量和安全,亟需引起重视。

3 建筑电气工程施工管理措施

3.1 施工准备

在建筑电气工程施工管理当中,施工准备这项工作属

于整个工程能够顺利向前推进的根基所在。其具备的系统性以及严谨程度,会在很大程度上决定后续各个施工环节所能达到的质量水准以及工作效率高低。一开始的时候,施工准备务必要围绕着充分的技术准备这一核心要点来展开相关事宜。具体而言,施工单位得牵头组织起项目管理人员、设计单位以及监理方等相关各方,共同去开展细致的图纸会审工作,同时还要做好技术交底方面的各项事宜。通过这样的方式,能够让大家对设计意图有一个较为全面且透彻的理解,进而清楚地明确施工技术层面的关键点以及存在的难点所在。并且要针对电气系统里面的供电电子系统、照明子系统、防雷子系统以及弱电子系统等诸多子系统,去形成一条清晰明确的施工技术路径,以此来保证所有的施工人员在思想认识以及技术把握这两个层面上都能够达成统一的状态。与此还需要依据工程实际的规模大小以及施工所涉及的周期长短等情况,去编制出一套科学合理且行之有效的施工组织设计以及进度计划方案。如此一来,便能够明确界定各个不同阶段的工作目标指向,从而合理且妥善地安排好人力、物力以及时间这些关键资源的调度使用事宜,有效防止出现工序相互冲突以及资源无谓浪费的不利情形。在物资准备这个层面,务必要提前着手去采购那些符合国家所规定的质量标准以及设计方面要求的各类电气材料与设备。而且对于所采购进来的材料,必须要严格执行相关的材料验收制度规定,坚决杜绝任何不合格的产品进入到施工现场当中去。特别是针对像电缆、电线、开关、变压器以及接地材料这类处于核心位置的关键部件,更是需要精心组织安排抽检试验工作,唯有如此才能切实确保它们的性能表现是可靠的。除此之外,还得提前把现场施工条件的相关布置工作全部完成到位。这里面就包含了施工用电的接入事宜、临时照明设施的设置安排、安全通道的规划设计、材料堆放区域的划定确定以及消防器材的配备准备等一系列的具体事项。并且要在相应的位置设置醒目的标识标牌,进而建立起施工区域的安全文明施工方面的相关制度规范。在施工人员准备这块儿,得配备那些拥有专业资格认证的电工人员、电气安装作业人员,还有质检以及安全等方面的管理人员。要专门组织安排岗前的培训活动以及技术交底工作,通过这些举措使得施工人员能够充分且完整地掌握施工所遵循的标准规范、操作时需要遵守的规程要求以及施工过程中务必注意的安全事项等等内容。

3.2 施工程序的合理规划

在建筑电气工程施工管理方面,施工程序的合理规划属于极为关键的核心环节,其科学与否直接关乎工程质量、工期控制以及资源配置是否合理。合理的施工程序应当以总体施工组织设计作为指导依据,同时结合建筑结构施工进度、电气系统自身特点以及施工现场实际状况来制定,进而形成符合工程逻辑、前后顺序合理且交叉作业能够协调配合的施工流程。起初需要依据建筑结构完成节点来合理安排电气预埋、管线敷设、设备基础施工等前期工序,

以此确保电气工程和土建工程可以实现良好的衔接,避免出现因不合理安排而产生的返工或者施工冲突等情况。接着,要针对不同电气系统之间的施工时序展开细致规划,像强电、弱电、防雷接地、消防系统等都得依照系统集成要求一步步展开,确保彼此之间不会互相干扰并且具备接口条件。在多工种协作的施工阶段,应当着重强化施工流程的交叉管理,清晰明确各个工种的工作界面以及作业时段,防止出现重复施工或者因为协调不当而引发的质量隐患等问题^[3]。与此施工程序的规划还需综合考量现场材料供应情况、设备进场时间、安全管理要求以及季节、天气等不可控因素所带来的影响,设定合理的工期缓冲时间以及应急预案,以此增强工程进度灵活性以及抗风险的能力。

3.3 施工中的协调

在建筑电气工程施工期间,施工里的协调管理工作是达成工程各个环节高效连接、保证施工品质以及施工进度的重要举措。因为电气工程常常和土建、给排水、暖通、消防、装饰等诸多专业存在高度的交叉情况,施工现场的状况颇为复杂,可作业的范围也比较有限,要是缺少有效的协调安排,那么就特别容易出现工序方面的冲突状况、资源出现浪费情况、返工次数增加等现象,甚至还可能对整个工程的质量以及交付周期产生影响。所以,项目管理方面应当充分发挥出统筹的作用,建立起以施工总进度计划当作基础的多专业联动机制,把各工序、各专业的接口关联以及作业时序都明确清楚,去协调并组织各个参建单位展开交叉作业方面的安排以及资源调配工作,以此来确保各个专业之间能够做到信息相互传递、计划相互对接、采取的措施保持一致。与此在具体的施工环节当中还需要强化技术层面的协调工作,组织各个专业的技术人员定期举办协调会议,去处理诸如图纸存在碰撞情况、预留预埋设置不合理、电气线路和其他管线路径产生冲突等一系列问题,并且要依据实际的具体情况来动态地调整施工的顺序以及工作安排,防止因为局部施工出现的问题而对整体的施工进度造成影响。除此之外,施工单位内部同样需要强化项目管理人员和施工班组、供应商之间的沟通以及联动,从而确保物资、设备、人员的调配都能够及时并且准确地到位。

3.4 做好合同管理工作

在建筑电气工程施工管理环节当中,合同管理工作占据着极为关键的地位,它是确保各个参与方权责得以明确、工程能够顺利向前推进并且项目最终目标可以实现的重要根基所在,其实际的管理水平会对工程的成本控制情况、工期是否能够如期履约以及质量能否达标等方面产生直接的影响作用。建筑电气工程合同并非仅仅涉及施工方和建设单位之间所订立的总承包合同,实际上还包含着与材料供应商、分包单位等等签订的诸多子合同,其内容涉及到工期方面的安排、质量标准的具体规定、工程量清单的详细列出、技术规范的相关要求、付款节点的明确设定以及违约责任的明确规定等一系列核心条款内容,所以在项

目正式启动之前,务必要针对这些合同内容展开系统的梳理工作并进行相应的风险评估操作,以此来保证合同当中的各项条款都能够具备合法性、清晰度以及完整性。在施工正式开展的过程之中,项目的管理人员需要着力去建立健全一套完善的合同履约监督机制,要严格依照合同当中所约定的各项内容来开展施工组织相关事宜、实施进度控制措施以及进行质量检验等工作,要及时且详实地将施工变更的具体情况、追加工程的实际状况以及现场签证等相关实际情况都记录下来,并且要将其整理成规范化的合同履约档案资料,从而能够在后续的结算以及审计阶段都能够有所依据可循^[4]。与此还要进一步强化针对合同风险所开展的动态管控工作,要密切留意法律法规方面出现的变动情况、市场材料价格所发生的波动情形以及工期出现延误等这些有可能会给合同履约带来影响的各种因素,一旦发现问题就要及时启动补充协议的相关程序或者开启争议处理的相应机制,以此来防止纠纷不断升级并且避免出现利益方面的损失情况。

4 结语

建筑电气施工期间存在诸多问题,比如材料选用欠妥当、变压器安装不够规范、施工人员素质参差不齐等,这些问题对工程质量、安全以及施工进度都产生了极为不利的影响。面对这些情况,采取科学且合理的施工管理举措十分必要,要强化施工前期准备工作,对施工流程加以优化,着力加强多方之间的协调配合,并且完善合同管理相关事宜,如此方能有效提升建筑电气工程施工的质量以及安全水准。随着建筑电气技术持续向前发展,施工要求也变得越来越严格,在此情形下,施工管理同样需要不断推陈出新并予以完善,需将技术与管理紧密结合起来,促使施工整个过程能够规范化、精细化地开展。唯有如此,才能够确保建筑电气系统可稳定地运行并安全地投入使用,推动建筑工程整体质量得以提升,达成经济效益与社会效益的双丰收。在未来,建筑电气施工管理应当紧随技术进步的步伐,强化人才的培养工作以及管理机制的建设,以此为建筑行业实现可持续发展给予强有力的支撑。

【参考文献】

- [1]杜嘉伟.建筑电气施工中存在的问题及预防措施[J].四川水泥,2022(6):175-176.
- [2]胡鹏里.建筑电气施工中的质量控制策略分析[J].冶金管理,2021(19):123-124.
- [3]闫沛颖.建筑电气施工技术要点及质量控制策略[J].中国建筑金属结构,2023(3):166-168.
- [4]孙晨宇.建筑电气工程施工过程中的质量问题及防治研究[J].中国住宅设施,2025(3):212-214.

作者简介:刘庆国(1977.2—),毕业院校:大连理工大学,所学专业:电气工程及其自动化,就单位名称:丹东市市政建设总公司,就单位职务:丹东市市政建设总公司辖属基层单位:丹东市市政工程管理处水泥制品厂厂长,职称级别:助理工程师。

浅析现浇结构施工中的质量影响因素及控制

王作柱

北京建工集团有限责任公司, 北京 102607

[摘要]现浇结构在建筑施工里属于颇为重要的一种结构形式,其施工质量的好坏直接与工程的安全性以及使用寿命挂钩。这篇文章就现浇结构施工过程中所存在的质量问题展开探讨,较为系统地剖析了那些主要的影响因素,并且结合实际施工的具体特点,拿出了行之有效的质量控制办法。研究得出的结果显示,一套科学且合理的质量控制体系是能够在很大程度上提升现浇结构施工质量的,进而也能对工程安全以及结构耐久性起到保障作用,可为相关的施工管理工作给予一定的参考以及借鉴。

[关键词]现浇结构;施工质量;影响因素;质量控制

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17228

中图分类号: TU755

文献标识码: A

Brief Analysis of Quality Influencing Factors and Control in Cast-in-place Structure Construction

WANG Zuozhu

Beijing Construction Engineering Group Co., Ltd., Beijing, 102607, China

Abstract: Cast-in-place structure is an important structural form in construction, and its construction quality is directly related to the safety and service life of the project. This article explores the quality issues that exist during the construction process of cast-in-place structures, systematically analyzes the main influencing factors, and proposes effective quality control methods based on the specific characteristics of actual construction. The results of the study show that a scientific and reasonable quality control system can greatly improve the construction quality of cast-in-place structures, and thus play a role in ensuring engineering safety and structural durability. It can provide certain reference and guidance for related construction management work.

Keywords: cast-in-place structure; construction quality; influencing factors; quality control

引言

现浇结构在现代建筑工程里是一种常用的施工方式,它有很好的整体性以及灵活的施工特性,已经变成高层建筑、桥梁还有大型基础设施建设当中一种重要的结构形式。随着建筑规模以及技术要求不断地提升,现浇结构施工质量的重要性日益凸显出来,这直接和建筑物的安全性、耐久性以及使用功能能否实现有关。不过,因为施工工艺比较复杂、施工环境多变并且管理水平也参差不齐等诸多因素的作用,现浇结构施工在进行的过程中常常会碰到许多质量风险和技术难题,使得出现裂缝、蜂窝麻面以及结构变形等质量问题的情况很频繁,这对工程的整体质量以及使用寿命产生了极为严重的影响。所以说,细致分析影响现浇结构施工质量的关键因素,并且有针对性地给出行之有效的质量控制办法,有着很重要的理论方面的意义以及实践方面的价值。

1 现浇结构的特点

现浇结构是建筑施工中常用的一种方式,其主要通过在现场搭建模板、放置钢筋后,直接进行混凝土浇筑并密实成型,以形成具有良好整体性的结构体系。在施工过程中,首先根据建筑设计要求搭建模板,随后在模板内按照规范布置钢筋,构建出结构的骨架部分,最后将混凝土浇筑入模并借助振动设备进行密实处理,以保证混凝土能够均匀填充,消除空隙并达到设计强度。现浇结构具备灵活性强、适应性强的特点,能够根据建筑造型和功能需求进行定制设计;同

时,由于其结构整体性强,钢筋与混凝土结合紧密,因而具有优越的抗震性能,在高层建筑、桥梁、隧道等大型基础设施中得到了广泛应用。然而,现浇结构施工工艺复杂、工序繁多,对质量控制要求极高,需在模板搭设的准确性、钢筋布置的规范性以及混凝土浇筑与振捣的严密性等各个环节进行严格把控,以确保最终成型结构的安全性与耐久性。

2 现浇结构施工质量的主要影响因素

2.1 设计因素的影响

在现浇结构施工环节当中,设计方面的诸多因素对于施工质量而言,发挥着一种基础且关键的作用。设计图纸本就是施工所直接依据的东西,而其是否具备合理性以及完整性这两方面的情况,会直接牵涉到结构的安全状况、耐久程度以及功能能否得以实现等诸多事项。要是设计阶段出现了误差或者存在疏漏,像结构尺寸标注得不清楚、钢筋布置得不合理、节点构造处理不够到位等等这类问题,那么在施工开展的过程之中,就极有可能会执行方面的偏差情况,甚至还可能由此引发出结构方面的隐患问题^[1]。除此之外,设计方面要是没能充分地去考量现场施工的具体条件,比如说模板支撑系统和施工顺序之间的匹配性如何、施工缝位置设定是否合理等情况,那么同样会给施工操作的规范性以及混凝土成型的质量等方面带来不利的影响。

2.2 材料质量的影响

材料质量属于影响现浇结构施工质量的关键要素之

一,其中混凝土、钢筋以及模板材料的性能状况直接影响着结构的安全性以及耐久性。要是所采用的混凝土强度等级没有达到标准要求,含水率也不合理,并且拌合物当中掺杂有杂质,那么就很容易引发结构强度不够、裂缝数量增加等情况,甚至还会出现结构变形这类质量问题。钢筋要是存在锈蚀现象,或者规格不符合要求,又或者是抗拉强度不足等问题,这将会使钢筋与混凝土之间的粘结力变弱,进而使得整体结构的承载能力降低。

2.3 模板支撑系统的影响

模板支撑系统于现浇结构施工环节当中,占据着极为关键的地位,它不仅有着成型的作用,而且还承担着承重方面的重任。其自身所具备的质量以及稳定性状况,会对混凝土结构的外观质量还有尺寸精度产生直接的影响。要是模板拼装的时候不够严密,并且连接处出现松动情况,那么就极有可能致使混凝土在浇筑的过程当中出现漏浆、胀模以及变形等一系列的问题,进而对结构表面的平整度以及构件断面尺寸的准确性都造成不利的影响。与此倘若支撑系统的承载力有所欠缺,或者布置的方式并不合理,那么在混凝土浇筑的过程当中,便有可能出现局部下沉乃至整体失稳这样的情况,而且在严重的情形之下,甚至还可能会引发模板坍塌的事故,如此一来,人员的安全以及工程的进度都将受到威胁。

2.4 钢筋工程的影响

钢筋工程属于现浇结构里构建受力骨架极为重要的一个部分,它的施工质量和结构的承载能力以及整体稳定性有着直接的关联。要是钢筋的规格、数量还有布置方式没有依照设计要求严格去执行,或者出现了漏放、错放以及位移等情况,那么这将会大幅度地削弱结构所具备的抗压、抗拉还有抗震方面的性能^[2]。钢筋连接的质量同样是一个十分关键的环节,倘若焊接或者绑扎得不够牢固,那就容易使得钢筋出现脱落或者错位的现象,进而对构件的整体受力效果产生影响;与此要是钢筋表面存有锈蚀、油污之类情况,那么这也会使钢筋和混凝土之间的粘结力有所降低,从而引发结构出现早期损伤或者是裂缝产生的状况。

2.5 混凝土浇筑与养护的影响

混凝土浇筑以及养护属于现浇结构施工里的极为关键的环节,其质量的好坏会直接影响到结构的密实程度、强度的发展情况以及整体的耐久性能。在浇筑的具体过程之中,要是操作不够规范,例如说混凝土坍落度把控得不恰当、振捣工作做得不到位、浇筑的速度不够均匀或者出现了冷缝这样的现象,那么就会使得混凝土内部存在着空洞、蜂窝、麻面等诸多缺陷,进而使得结构的承载性能以及外观质量都大打折扣。与此养护本是保障混凝土强度能够充分发展的一项十分重要的措施,然而却常常被人们所忽视。倘若没有按照规范来开展保湿养护工作,又或者是养护的时间不够充足,那就很容易引发早期干裂、强度不足等一系列的质量方面的问题。尤其是在高温环境、低温环境或者干燥环境下,混凝土

表面的水分蒸发的速度是比较快的,所以此时就更加需要及时地去做覆盖处理以及洒水处理,以此来防止因为水化反应不够充分而致使结构性能出现劣化的情况发生。

2.6 人员技术与管理水平的影响

人员的技术水平以及管理方面的能力,这二者属于影响现浇结构施工质量的关键要素之一,并且和施工流程的规范程度以及最终成型的质量有着直接的关联。施工人员要是缺少专业知识以及操作技能,在模板搭设、钢筋绑扎、混凝土浇筑这些关键环节就容易出现操作方面的失误,像是钢筋布置不够精准、模板支撑不到位、振捣不彻底等情况,如此一来便可能引发结构尺寸存在偏差、强度不够、出现开裂渗水等一系列的质量问题。与此项目管理人员所具备的组织协调能力以及现场管控水平同样极为重要,倘若管理做得不到位,那么施工计划安排就会混乱不堪,工序衔接也不合理,质量检验仅仅停留在表面形式上,如此便会导致施工现场出现重复返工的情况,还会有安全隐患以及资源的浪费产生。

3 现浇结构施工质量控制措施

3.1 加强设计图纸审核与技术交底

强化设计图纸审核以及技术交底工作,这无疑是确保现浇结构施工质量的关键举措,它与施工的准确性以及能否顺利推进紧密关联。要组织起设计、施工还有监理等相关人员,针对设计图纸展开细致且周全的审核工作,着重去检查结构尺寸、钢筋布置以及模板支撑等这些关键技术参数是否合理妥当,一旦发现设计存在缺陷,就要及时反馈并将之修正,防止因设计出现错误而致使施工产生质量问题。在施工开始之前,应当充分开展技术交底工作,把设计方面的要求、施工的具体工艺、质量所要达到的标准以及需要注意的各项事项详尽地传达给施工团队,保证每一位施工人员都能够清楚自身所承担的任务以及操作时需要遵循的规范。凭借技术交底这一环节,能够统一施工人员的理解,降低因沟通不顺畅而引发的施工偏差以及质量隐患。

3.2 优化材料采购与验收流程

优化材料采购以及验收流程,这在保障现浇结构施工质量方面属于极为重要的一个环节,它直接和结构的性能还有耐久性有着紧密关联。一开始,得去建立起一套较为严格的材料采购方面的制度,要优先去挑选那些能够符合国家标准并且满足设计要求的合格供应商,以此来保证所采购材料的质量是可靠的,并且其来源也是可以追溯得到的。在采购整个过程当中,需要针对供应商的资质展开严格的审查工作,并且还要签订详尽的质量保证协议,把材料的规格、性能指标以及验收标准都给明确清楚^[3]。接着,当材料进入到施工现场之后,务必要依照预先设定好的验收流程来开展全面细致的检查工作,这其中就包含了对材料的外观质量、规格尺寸以及性能检测等方面内容的检查,坚决不能让不合格的材料流入到施工现场当中。在验收这个环节里,应当安排专业的技术人员来进行抽检以及检测操作,要是有必要的话,甚至还可以委托第三方的检测机构来对材料质量进行确认。

3.3 提高模板安装与拆除工艺水平

提高模板安装以及拆除工艺的水准,这属于保障现浇结构施工质量的关键环节,它会对结构的尺寸精度以及表面质量产生直接的影响。在开展模板安装工作的过程当中,务必要严格依照设计图纸还有施工规范来实施操作,要保证模板的尺寸、位置以及垂直度都能够符合相关的要求,要尽力去防范因为安装出现误差而致使结构发生变形或者尺寸存在偏差的情况。与此还需要选用质量合格且强度与刚度均能够满足施工要求的模板材料,并且采用合理的支撑以及加固方面的措施,以此来确保模板系统具备稳定性与安全性。对于模板的拼缝以及接口之处,需要将其密封得极为严密,要防止混凝土出现漏浆以及蜂窝麻面这类现象。在拆除模板的时候,应当依据混凝土强度的发展状况来科学地安排时间,要避免因为过早拆模而引发结构受到损伤或者出现变形等情况,另外还需采取恰当的拆模方法,以防对混凝土表面造成机械方面的损伤。

3.4 强化钢筋施工质量管理

强化钢筋施工质量管理对于保障现浇结构的整体性能以及安全性而言,是一项极为关键的举措。得依照设计图纸还有相关规范要求来开展钢筋的采购工作,要按照规定去验收钢筋,妥善储存钢筋,务必要让钢筋材质能够符合相应的标准,并且不能存在锈蚀、变形这类的质量方面的问题。在钢筋加工以及制作这个过程当中,应当运用专业的设备以及技术,以此来保证钢筋的弯曲程度、切割尺寸都能够十分精准,坚决避免出现规格上存在偏差的情况。与此钢筋的绑扎以及安装操作必须要严格按照设计要求来进行,要确保钢筋所处的位置、相互之间的间距以及保护层的厚度全都符合规范的要求,防止出现钢筋发生错位、出现漏绑或者是变得松散等一系列的问题。除此之外,还应当强化对钢筋连接方式的把控,不论是采取焊接的方式,还是采用机械连接的方式,都务必要保证连接的地方是牢固且可靠的,防止在接头处出现那种薄弱的环节。在施工现场需要建立起严格的质量检查以及验收方面的制度,要安排专业的技术人员针对钢筋施工的整个过程展开监督以及验收工作,以便能够及时地将施工过程中存在的那些不规范的行为给发现出来并且予以纠正。

3.5 规范混凝土浇筑工艺及养护措施

规范混凝土浇筑工艺以及养护措施,这是保证现浇结构质量与耐久性的极为关键的环节所在。在进行混凝土浇筑的时候,得严格把控混凝土的配合比还有坍落度,要让其具备不错的流动性和密实性,如此一来才方便开展浇筑以及振捣相关工作。浇筑期间应当运用分层连续浇筑的方式,务必要避免冷缝以及分层这类情况的出现,并且要合理地安排浇筑的顺序以及速度,从而确保混凝土可以均匀地填充到模板的内部。振捣方面的工作必须要做到充分并且均匀,选用适当规格的振动设备,要及时将混凝土当中的气泡以及空隙给消除掉,防止蜂窝麻面等质量方面的

缺陷产生出来^[4]。浇筑完成之后,养护工作同样是十分重要的,需要依据气候条件以及环境的具体特点,采取覆盖、洒水、保湿等一系列的措施,维持混凝土表面处于湿润的状态,以防早期出现干裂以及强度下降等情况发生。

3.6 完善施工过程监控与技术培训

完善施工过程中的监控以及强化技术培训,这二者对于提升现浇结构施工质量而言,是极为重要的保障举措。在施工进程里,需构建起一套科学且系统的质量监控体系,并且要运用先进的检测设备以及相关技术手段,针对像模板安装、钢筋绑扎、混凝土浇筑还有养护等一系列关键工序环节展开全过程的动态监控,以便能够及时察觉并纠正施工期间出现的质量问题,防止各类隐患不断扩增。与此还应当制订详尽的质量管理制度以及操作规范,清晰界定责任分工情况,以此来保证各个施工环节可以有序地相互衔接并且实现协同配合。在技术培训这个层面上,要依据施工人员各自所承担的岗位职责,去开展专业的技能方面的培训以及相关的安全教育工作,从而促使他们的技术水平得以提高,质量意识也能够得到增强,进而确保施工操作能够遵循规范标准来执行。

4 结语

现浇结构施工质量的保障乃是建筑工程安全以及耐久性的根基所在,这其中涉及到设计是否合理、材料是否合格、施工工艺是否规范、人员技术水平高低以及环境适应性等诸多方面。本文通过对这些影响因素展开系统分析,着重指出了加强设计审核工作、严格把控材料验收环节、对模板与钢筋施工工艺予以优化、规范混凝土浇筑与养护操作,还有完善施工管理以及环境应对举措等方面的重要意义。唯有各方协同配合并且实施科学管理,才能够切实有效地预防并控制施工质量问题,进而提升现浇结构的整体性能以及使用寿命。在未来应当结合现代技术手段,持续不断地去创新和完善质量控制体系,以此为实现高质量的建筑工程给予坚实的保障。

【参考文献】

- [1]沈亚宇,严俊刚,彭俊青,等.现浇箱梁弧形翼板支撑结构施工应用[J].广州建筑,2024,52(1):16-21.
 - [2]王郁琪.高层建筑框架剪力墙结构施工阶段安全性能分析[J].砖瓦,2024(11):149-151.
 - [3]韩一山,李宏斌,栾文君,等.装配式预制构件与现浇结构连接技术探究[Z]//《施工技术(中英文)》杂志社,亚太建设科技信息研究院有限公司.2024年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(下册).中国建筑第二工程局有限公司,2024:37-44.
 - [4]蔡忠亮,曹旭东,余方园,等.外壳预制核心现浇 RC 结构施工工艺[J].黑龙江交通科技,2024,47(3):93-95.
- 作者简介:王作柱(1983.6—),毕业院校:中国石油大学(北京),所学专业:土木工程,当前就职单位:北京昌平某项目(保密工程),职务:质量总监,职称级别:中级。

建筑工程主体结构混凝土强度检测研究

赵 亮

衡水市建设工程质量检测中心有限责任公司, 河北 衡水 053000

[摘要] 本论文旨在深入研究建筑工程主体结构混凝土强度检测技术。通过对回弹法、超声回弹综合法、钻芯法等常用检测方法的原理、操作流程及优缺点进行详细分析, 探讨当前检测工作中存在的问题, 如检测标准不统一、检测人员专业水平参差不齐等。同时, 针对这些问题提出优化措施, 并对混凝土强度检测技术的未来发展趋势进行展望, 以期为提高建筑工程主体结构混凝土强度检测的准确性和可靠性提供参考, 保障建筑工程质量与安全。

[关键词] 建筑工程; 主体结构; 混凝土强度; 检测方法; 优化措施

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17256

中图分类号: TU4

文献标识码: A

Research on Concrete Strength Testing of Main Structure in Construction Projects

ZHAO Liang

Hengshui Construction Engineering Quality Testing Center Co., Ltd., Hengshui, Hebei, 053000, China

Abstract: This paper aims to conduct in-depth research on concrete strength testing technology for the main structure of building engineering. Through a detailed analysis of the principles, operating procedures, advantages and disadvantages of commonly used testing methods such as rebound method, ultrasonic rebound comprehensive method, and core drilling method, this paper explores the problems existing in current testing work, such as inconsistent testing standards and uneven professional levels of testing personnel. At the same time, optimization measures are proposed to address these issues, and the future development trend of concrete strength testing technology is forecasted, in order to provide reference for improving the accuracy and reliability of concrete strength testing for the main structure of building engineering, and ensuring the quality and safety of building engineering.

Keywords: construction engineering; main structure; concrete strength; testing methods; optimization measures

引言

混凝土作为建筑工程中最常用的建筑材料之一, 其强度是衡量建筑工程主体结构质量的关键指标。混凝土强度是否达标直接关系到建筑结构的承载能力、耐久性和安全性。在建筑工程建设过程中, 由于原材料质量波动、施工工艺不当、养护条件不佳等多种因素的影响, 混凝土强度可能无法达到设计要求。因此, 准确检测建筑工程主体结构混凝土强度, 对于及时发现质量隐患、确保建筑工程质量和安全具有重要意义。随着建筑工程行业的不断发展, 对混凝土强度检测技术的要求也越来越高, 传统的检测方法和技术逐渐暴露出一些问题, 亟需对其进行深入研究和改进。

1 建筑工程主体结构混凝土强度常用检测方法

1.1 回弹法

原理: 回弹法是基于混凝土表面硬度与强度之间的相关性来推定混凝土强度。当回弹仪的弹击杆以一定能量撞击混凝土表面时, 混凝土表面会产生弹性变形, 弹击杆回弹, 通过测量回弹值, 并结合混凝土碳化深度等参数, 利用预先建立的测强曲线, 可推算出混凝土的强度。

操作流程: 首先, 选择合适的测试面, 测试面应清洁、平整、干燥, 避免有油污、疏松层等; 然后, 使用回弹仪

垂直于测试面缓慢施压、准确读数并记录回弹值, 每个测区应读取 16 个回弹值; 最后, 测量混凝土碳化深度, 将回弹值和碳化深度值代入测强曲线, 计算混凝土强度推定值。

优缺点: 回弹法具有操作简便、检测速度快、成本低等优点, 适用于对大面积混凝土强度进行快速普查。然而, 该方法受混凝土表面状况、碳化深度、骨料品种、成型工艺等因素影响较大, 检测结果的准确性相对较低, 一般仅适用于强度较低的混凝土强度检测, 且不适用于遭受火灾、冻害、化学侵蚀等损伤混凝土的强度检测。

1.2 超声回弹综合法

原理: 超声回弹综合法综合利用超声声速和回弹值两个参数来推定混凝土强度。超声声速反映了混凝土内部的密实度和弹性模量, 回弹值反映了混凝土表面硬度, 二者结合能更全面地反映混凝土的强度。通过建立超声声速-回弹值-混凝土强度的相关关系曲线, 可准确推算混凝土强度。

操作流程: 在测试面上布置超声测点和回弹测点, 超声测点和回弹测点应布置在同一测区内, 且间距不宜小于 200mm; 分别测量超声声速和回弹值, 计算超声声速; 将超声声速和回弹值代入预先建立的测强曲线, 计算混凝土强度推定值。

优缺点: 超声回弹综合法克服了单一回弹法或超声法的局限性, 减少了表面因素对检测结果的影响, 检测结果比单一方法更准确可靠, 适用于各种条件下的混凝土强度检测。但该方法操作相对复杂, 需要专业的超声检测设备和回弹仪, 且对检测人员的操作技能要求较高, 检测成本也相对较高。

1.3 钻芯法

原理: 钻芯法是直接从混凝土结构中钻取芯样, 通过对芯样进行加工和试验, 测定芯样的抗压强度, 进而推定混凝土结构的实际强度。钻芯法是一种直接检测方法, 其检测结果能直观、准确地反映混凝土的实际强度。

操作流程: 首先, 根据检测要求和混凝土结构状况, 选择合适的钻芯位置; 使用钻芯机钻取芯样, 芯样直径一般不宜小于骨料最大粒径的 3 倍, 且不宜小于 70mm, 芯样高度与直径之比应在 0.95~1.05 之间; 对芯样进行加工, 将芯样两端磨平, 使其平整度和垂直度符合试验要求; 在压力试验机上对芯样进行抗压试验, 记录破坏荷载, 计算芯样的抗压强度; 根据芯样强度和相关修正系数, 推定混凝土结构的强度。

优缺点: 钻芯法检测结果准确可靠, 是混凝土强度检测的仲裁方法, 尤其适用于对其他检测方法结果有争议或对混凝土强度质量有怀疑时的检测。但该方法会对混凝土结构造成局部损伤, 需要对钻芯部位进行修补, 检测效率较低, 成本较高, 且钻芯过程中可能会遇到钢筋等障碍物, 影响检测工作的顺利进行。

2 建筑工程主体结构混凝土强度检测存在的问题

2.1 检测标准不统一

当前, 我国已形成涵盖多领域、多层面的混凝土强度检测标准体系。从国家标准到行业规范, 再到地方技术规范, 数量众多的标准为不同类型工程建设提供了质量检测依据。在检测方法方面, 既有回弹法、超声回弹综合法等非破损快速检测技术, 适用于工程现场的初步筛查; 也有钻芯法、拔出法等半破损检测手段, 能够提供更为精确的强度数据。评定标准上, 各标准依据工程特性设置了差异化要求。对于工业与民用建筑, 国家标准采用统计与非统计相结合的评定方法; 而水利、交通等行业标准, 则根据水工结构、桥梁隧道等特殊工程需求, 在强度保证率、合格判定界限等方面制定了更具针对性的评定规则。在适用范围上, 不同标准明确界定了服务对象: 国家标准通用性强, 适用于常规建筑工程; 铁路、公路等行业标准则紧密结合专业工程特点, 在检测频率、抽样方法等方面提出特殊要求。这些差异既体现了我国工程建设的多样性需求, 也对检测人员的专业能力提出了更高要求。

2.2 检测人员专业水平参差不齐

混凝土强度检测作为建筑工程质量控制的关键环节, 要求检测人员必须具备扎实的专业知识储备与熟练的操

作技能。从理论层面看, 检测人员不仅需要系统掌握混凝土材料特性、力学性能等基础知识, 还应深入理解回弹法、超声回弹综合法、钻芯法等不同检测技术的原理; 在实践操作方面, 无论是仪器设备的精准调试、标准流程的严格执行, 还是数据的科学处理与分析, 都需要检测人员具备过硬的实操能力。然而, 当前检测行业存在明显的人员素质参差不齐现象。部分检测人员由于缺乏系统专业培训, 对现行检测标准和方法理解不透彻, 难以精准把握不同标准在适用范围、评定规则等方面的差异。在实际操作过程中, 这些专业素质不足的检测人员常出现操作不规范的问题, 例如使用回弹仪时未能保持垂直施压、钻芯取样未严格控制芯样尺寸和位置、数据记录和处理存在随意性等。这些不规范行为不仅会导致检测数据失真, 还可能影响工程质量评估的准确性, 为建筑安全埋下隐患。

2.3 检测设备和技术有待提高

虽然混凝土强度检测技术不断发展, 但部分检测设备仍然存在精度不高、稳定性差等问题。例如, 一些回弹仪的弹击能量不稳定, 导致回弹值测量误差较大; 超声检测设备的分辨率较低, 难以准确检测混凝土内部的细微缺陷。此外, 检测技术的自动化和智能化程度较低, 检测数据的处理和分析主要依靠人工操作, 效率低下且容易出现人为误差。

2.4 检测环境和条件复杂

建筑工程施工现场环境复杂, 检测工作往往受到多种因素的干扰。例如, 施工现场的噪音、粉尘、振动等会影响检测设备的正常使用和检测人员的操作; 混凝土结构的形状、尺寸、位置等也会给检测工作带来困难, 如在狭窄空间或高空进行检测时, 检测人员难以保证检测操作的准确性和安全性。复杂的检测环境和条件增加了检测工作的难度, 影响了检测结果的准确性和可靠性。

3 建筑工程主体结构混凝土强度检测的优化措施

3.1 统一检测标准

相关部门应加强对混凝土强度检测标准的整合和修订, 制定统一、规范、科学的检测标准。在制定标准过程中, 充分考虑不同地区、不同行业的实际情况, 建立通用的测强曲线和评定标准, 确保检测结果的可比性和准确性。同时, 加强对检测标准的宣贯和培训, 使检测人员和相关从业人员准确掌握标准要求, 规范检测行为。

3.2 提高检测人员专业素质

加强对检测人员的培训和考核, 建立健全检测人员继续教育制度。培训内容应涵盖检测标准、检测方法、操作技能、数据分析等方面, 通过理论教学与实践操作相结合的方式, 提高检测人员的专业知识和操作能力。定期对检测人员进行考核, 考核合格者方可上岗, 对考核不合格者进行再培训, 直至考核合格。此外, 鼓励检测人员参加学术交流和研讨活动, 了解行业最新动态和技术发展趋

势,不断提升自身专业素质。

3.3 改进检测设备和技术

加大对检测设备研发的投入,推动检测设备的更新换代,提高检测设备的精度、稳定性和自动化程度。例如,研发高精度、智能化的回弹仪,实现回弹值的自动测量和数据处理;改进超声检测设备,提高其分辨率和检测深度。同时,积极引入先进的检测技术,如光纤传感技术、微波检测技术等,探索新的混凝土强度检测方法,提高检测效率和准确性。加强检测技术的信息化建设,建立检测数据管理系统,实现检测数据的自动化采集、存储、分析和共享,提高检测工作的管理水平。

3.4 优化检测环境和条件

在施工现场,合理规划检测区域,采取有效的降噪、防尘、减振措施,为检测工作创造良好的环境条件。针对复杂的混凝土结构,制定科学合理的检测方案,采用合适的检测设备和方法,确保检测工作的顺利进行。例如,对于高空或狭窄空间的混凝土结构检测,可采用小型化、便携式的检测设备,或利用无人机、机器人等辅助设备进行检测。同时,加强对检测人员的安全防护,配备必要的安全防护用品,确保检测人员的人身安全。

4 建筑工程主体结构混凝土强度检测技术的发展趋势

4.1 智能化检测

随着人工智能、物联网、大数据等技术的快速发展,混凝土强度检测技术将向智能化方向发展。未来,智能化检测设备将具备自动识别、自动定位、自动检测、自动分析等功能,能够实现对混凝土结构的全方位、实时监测。例如,利用传感器网络 and 智能终端,可实时采集混凝土结构的各项参数,通过大数据分析和人工智能算法,自动评估混凝土强度和结构健康状况,及时发现质量隐患并预警。

4.2 无损检测技术的创新

在建筑工程质量检测领域,无损检测技术凭借不破坏混凝土结构、检测效率高、可实现大范围快速筛查等显著优势,正成为行业重点发展方向。随着建筑工程规模扩大和质量要求提升,无损检测技术将迎来新一轮创新与突破。

一方面,新型无损检测技术正加速研发并逐步应用。基于太赫兹波的检测技术,利用太赫兹波对物质的穿透性和对不同介质的反射特性,能够有效识别混凝土内部微小裂缝、孔洞等缺陷;而激光超声检测技术,通过激光激发超声波在混凝土中的传播,可实现对深层结构缺陷的精准探测。这些新技术不仅能提高检测精度,还能突破传统方法在检测深度上的限制,为超高层、大跨度等复杂结构的质量检测提供更有力的支持。另一方面,现有的回弹法、超声法等无损检测技术也在持续优化升级。通过多传感器

融合、智能算法应用等手段,实现多种无损检测方法的优势互补。例如,将超声检测的深度探测能力与回弹检测的表面硬度分析相结合,再借助大数据分析和人工智能算法进行数据融合处理,能够更全面地评估混凝土强度和内部质量,显著提升检测结果的可靠性与准确性。未来,无损检测技术的创新发展将为建筑工程质量保障提供更高效、更智能的解决方案。

4.3 检测与监测一体化

传统的混凝土强度检测主要是在施工过程中或施工完成后进行阶段性检测,难以全面反映混凝土结构在整个服役期内的性能变化。未来,混凝土强度检测将与结构健康监测相结合,实现检测与监测一体化。通过在混凝土结构中预埋传感器,对混凝土强度、应力、应变等参数进行长期、连续监测,及时掌握结构性能变化规律,为建筑工程的维护、加固和管理提供科学依据。

4.4 标准化与国际化

随着建筑工程行业的全球化发展,混凝土强度检测技术将逐步实现标准化与国际化。各国将加强在检测标准、检测方法等方面的交流与合作,制定统一的国际标准,促进检测技术的相互认可和应用。这将有助于提高建筑工程质量的国际可比性,推动建筑工程行业的国际化发展。

5 结论

建筑工程主体结构混凝土强度检测是保障建筑工程质量和安全的重要环节。本文通过对常用检测方法的分析,揭示了当前检测工作中存在的检测标准不统一、检测人员专业水平参差不齐、检测设备和技术有待提高以及检测环境和条件复杂等问题,并针对性地提出了统一检测标准、提高检测人员专业素质、改进检测设备和技术、优化检测环境和条件等优化措施。同时,对混凝土强度检测技术的智能化、无损检测技术创新、检测与监测一体化、标准化与国际化等发展趋势进行了展望。未来,随着检测技术的不断发展和完善,建筑工程主体结构混凝土强度检测将更加准确、可靠、高效,为建筑工程行业的高质量发展提供有力保障。

[参考文献]

- [1]董磊.建筑工程主体结构混凝土强度检测探讨[J].中国水泥,2024(6):78-80.
 - [2]张钟钦.建筑工程质量检测中的主体结构检测要点及其思路探究[J].城市建设理论研究(电子版),2024(5):126-128.
 - [3]喻桐根,艾险峰.建筑工程主体结构检测方法及应用[C].2024 精益数字化创新大会平行专场会议:冶金工业专场会议论文集(下册),2024.
- 作者简介:赵亮(1985.6—),男,学历:本科毕业院校:国家开放大学,所学专业:土木工程,目前职称:助理工程师。

建筑工程项目进度与成本双重控制策略研究

管颢帆

温州浙瓯物产管理有限公司, 浙江 温州 325000

[摘要]建筑工程属于资源密集型且组织复杂的项目类别, 其进度以及成本控制情况, 同项目效益还有企业信誉有着紧密关联。文章从影响进度与成本控制的因素着手, 全面且细致地分析了在人力、材料、技术以及管理等诸多不同维度上的作用机制, 同时结合当下的建筑业管理实际状况, 给出了一系列具有可操作性的进度控制以及成本控制策略, 重点突出了 BIM 技术以及信息化平台所具备的辅助方面的重要价值。从组织制度加以优化、管理工具实现集成、构建风险预警机制以及提升人员能力等若干层面, 提出了关于双重控制协同优化的相关建议, 期望能为建筑工程项目管理给予一定的理论支撑以及实践方面的引导。

[关键词]建筑工程; 进度; 成本; 控制策略

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17224

中图分类号: TU7

文献标识码: A

Research on Dual Control Strategy of Construction Project Schedule and Cost

GUAN Haofan

Wenzhou Zheou Property Management Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang, 325000, China

Abstract: Construction engineering belongs to the category of resource intensive and complex organized projects, and its progress and cost control are closely related to project benefits and corporate reputation. The article starts with the factors that affect progress and cost control, comprehensively and meticulously analyzing the mechanisms of action in various dimensions such as manpower, materials, technology, and management. At the same time, combined with the current situation of construction industry management, a series of operable progress control and cost control strategies are proposed, highlighting the important value of BIM technology and information technology platforms in auxiliary aspects. Suggestions on dual control collaborative optimization have been proposed from several aspects, including optimizing organizational systems, integrating management tools, establishing risk warning mechanisms, and enhancing personnel capabilities. It is hoped that these suggestions can provide theoretical support and practical guidance for construction project management.

Keywords: construction engineering; speed of progress; cost; control strategy

引言

在建筑工程项目管理领域当中, 进度控制以及成本控制一直都属于两项极为关键的核心管理任务。恰当合理的进度安排, 一方面能够确保项目可以按时按期地完成交付, 另一方面也能够相当大的程度上促使管理和资源成本得以降低; 而行之有效的成本控制, 则是保障项目能够实现良好的经济效益以及较高的资源利用效率的关键所在。当下建筑行业在具体项目的执行进程之中, 往往会频繁地遭遇诸如工期较为紧张、预算控制起来存在诸多困难等一系列问题。仔细去探究其背后的原因, 不难发现这并非仅仅是单纯的技术层面方面存在的问题, 而是还涉及到人员、材料、工艺以及管理制度等诸多方面的综合因素。所以说, 针对进度与成本展开双重控制策略的相关研究, 有着不容忽视的重要现实意义。本文会紧紧围绕着进度与成本控制之间所存在的内在关联, 从影响它们的诸多因素着手出发, 一步步地去剖析与之相关的策略以及优化路径, 从而去探寻更为高效且更为科学的管理模式。

1 建筑工程项目成本与进度的关系

加快进度可能需要增加人力、物力和设备的投入, 从

而导致成本上升。但如果进度拖延, 也会造成间接成本的增加, 如管理费用、设备租赁费用的增加以及资金占用成本的提高等。合理的进度安排有助于成本的有效控制, 通过优化资源配置和施工流程, 可以在保证进度的同时降低成本。

2 建筑工程项目进度与成本控制的影响因素分析

2.1 人力资源因素

人力资源于建筑工程的顺利开展而言, 可说是根基所在。其数量、质量以及配置效率, 都会对工程的进度把控以及成本控制产生直接的影响。就进度这一方面来讲, 施工人员所具备的技能水平以及组织协调能力, 会决定作业的效率如何, 进而对关键工序的完成速度起到影响作用。从成本层面来看, 人工费用在项目的预算当中, 占据了颇为重要的一部分。而人员出现频繁流动的情况、发生工伤事故, 又或者工作效率低下等情形, 均会导致间接成本有所增加。所以说, 科学合理的人力资源配置、较为合理的工种相互搭配, 再加上持续有效的培训机制, 这些共同构成了实现对进度与成本进行双重控制的关键要素。

2.2 材料与设备因素

建筑材料以及施工设备在项目当中, 一方面属于支出

的主要部分,另一方面还是保障进度的关键支撑所在。倘若材料供应出现不及时的情况,又或者其质量存在不合格的问题,那么这将会直接致使工序出现延误的现象,并且还会引发返工等情况,进而使得项目的总成本不断升高。而设备要是发生故障,或者是选型不够恰当,亦或是维护工作没有做到位,那么同样会对施工进度产生影响,同时也会使得维修或者租赁方面的费用有所增加。除此之外,材料采购时价格的波动情况,也会给成本控制工作带来一定的挑战。所以说,务必要凭借完善的采购计划、供应链方面的协同运作以及设备生命周期的管理举措,来确保材料设备能够实现及时、优质且具备经济性的供给,以此来推动项目进度可以有序地向前推进,同时也能够对成本加以有效的控制。

2.3 技术与施工工艺因素

技术方案以及施工工艺的选择,对于工程质量、施工效率还有经济性而言,有着极为关键的影响。落后的技术方案,一般会跟低效率以及较高的返工率相伴出现,如此一来,进度就很难得到保障了,成本也会一直处在居高不下的态势。要是采用先进的且合理的工艺设计,那么就能够大幅度地缩短工期,有效节省人工以及材料,进而降低整体的成本。与此不同工艺路径彼此之间的协调情况,同样会对施工流程的顺畅与否产生重要影响。所以,在项目刚开始启动的阶段,应当开展多方案的比选工作,要充分结合工程所具有的特点以及资源方面的条件,从中选取最为优秀的技术路径,以此达成对进度与成本的双重优化目标。

2.4 管理制度与组织协调因素

管理制度具备规范性以及较强的执行力,这往往是决定项目能不能够高效地去运行的关键因素所在。要是缺少科学合理的制度,同时组织方面也并不严密的话,那么就很容易会出现信息在沟通环节不顺畅的情况,还会有部门之间相互推诿的现象,施工现场也会陷入一片混乱的状况等等,如此一来,就会导致工期被延误,而且还会使得无效成本有所增加。与之相反,要是有着健全完善的制度安排,同时还存在着良好的组织协调机制,那么这就有助于任务能够做到分工清晰明确,责任也能够切实压实到位,信息可以及时有效地传达出去,进而促使整体协同效率得以提升。所以说,应当在制度设计这个层面着重关注把进度与成本控制节点嵌入进去,并且要强化项目管理团队在沟通协作方面的相关能力,以此来提升整体的运行质量。

3 建筑工程项目进度控制策略分析

3.1 进度计划的制定与分解

进度控制的第一要务在于制定出科学且合理的进度计划,与此同时还要开展具备可操作性的任务分解工作。该计划务必要全面考量项目实际所处的条件、资源的具体配置状况以及外部环境方面的诸多因素,并且要把总工期进一步分解到各个施工阶段、各个关键节点以及各项具体任务当中,以此来达成目标自上而下逐层传导的效果。还得留出一定量的浮动时间,以便用来应对那些存在诸多不

确定性的因素。在实际的实施进程里,进度计划同样需要维持动态的特性,依据施工现场不断出现的各种变化情况去适时做出调整,从而切实保障整体计划具备可行性并能够发挥出实效性作用。

3.2 关键路径法(CPM)与网络计划技术的应用

关键路径法(CPM)属于进度控制领域里的核心技术手段,其可用来识别对总工期产生影响的关键任务路径,进而让项目管理者可以把资源聚焦在关键节点方面,防止出现因非关键作业出现延误情况而错误判断风险的现象。与此要是和网络计划图相结合起来,便能够完整地呈现出各个任务之间存在的逻辑关联以及时间方面的约束条件,以此来增强进度控制所具备的系统特性以及直观程度。借助定期去更新并且分析关键路径这一做法,项目团队就能够实时且精准地掌握进度风险,并且能够迅速地制定出相应的应对策略,达成对进度进行精细化管理的目标。

3.3 施工进度动态管理与调整机制

建筑工程项目自身有着动态性颇为显著以及现场状况时常会发生变化这样的特点,所以说一定要构建起具备灵活性并且高效能的进度动态管理以及调整方面的机制。借助每日、每周还有每月的进度对比展开分析,从中去辨别出存在滞后的任务以及其背后的具体成因,并且要适时地施行纠偏的相关举措。与此还应当建立起一个依靠数据来驱动的监控系统,把进度执行方面的数据和原本的计划做实时的比对待操作,从而能够给项目经理给予决策时所需要的依据。除此之外,在开展调整工作的过程当中,还得兼顾到资源的重新分配以及施工方案的优化事宜,以此来保证调整工作具备可执行的特性并且不会致使出现新的成本方面的压力情况。

3.4 信息化技术在进度控制中的作用(如BIM、项目管理软件)

信息化技术给进度管理带来了翻天覆地的变化。就拿BIM技术来讲,它具备三维可视化、参数化设计以及协同管理等功能,能让施工过程中各个专业的相关工作协调起来变得更加高效,设计变更以及施工冲突也大大减少。再配合像Project、Primavera这类项目管理软件,便能够达成计划编制、任务跟踪还有数据分析的系统化以及自动化,进而提升管理效率与透明度。而且,移动端的进度管理工具也有利于现场实时反馈与调整,让进度控制变得更细致、更灵活。

4 建筑工程项目成本控制策略分析

4.1 成本预算与目标成本管理

成本控制的关键在于合理编制预算以及明确设定目标成本。预算要涵盖直接费用,像人工费、材料费、机械费等,还得充分考量管理费用、不可预见费用以及风险储备金等方面。目标成本管理着重于全过程的动态控制,也就是在施工期间不断比对实际成本和目标成本,找出其中的偏差并且调整施工策略。借助精细的预算模型以及动态成本管理体系,能够达成从源头至末端的成本闭环控制。

4.2 材料、人工与机械费用的控制方法

工程总成本的形成离不开材料、人工以及机械费用这三个核心要素,它们的控制状况会对项目的经济效益产生直接的影响。在材料方面,可通过集中采购的方式、采用标准化选材的办法以及强化对供应商的管理来对采购成本加以控制;就人工方面而言,需要对工时管理予以优化,同时强化绩效激励方面的举措,并且加大技能培训的力度,以此提升人均的工作效率,进而降低用工所面临的风险;而在机械设备方面,应当依据施工所处的不同阶段来精准地调配设备,尽力减少设备出现闲置的情况以及避免重复租赁的现象发生。只有将这三方面协同起来进行管理,才能够实现成本控制处于最优的平衡状态。

4.3 工程变更与合同管理对成本的影响

工程变更属于项目实施过程里较为常见的一种现象,然而要是缺少规范化的管理举措,那么就极有可能引发成本出现失控的状况。应当在合同当中清晰明确地规定好变更审批的具体流程以及费用调整的相关机制,防止因为随意做出变更而致使造价猛然间大幅增长。与此合理的合同条款在设计之时应当涵盖风险分摊方面的安排、奖惩机制的设置以及索赔条件的规定等内容,从而让成本控制能够具备相应的法律层面的保障。强化对合同执行情况的监督工作以及变更记录的归档管理工作,这对于提升项目的透明程度是有帮助的,能够在一定程度上减少纠纷的发生以及额外支出的产生。

4.4 成本核算、分析与动态调整机制

成本核算以及分析在成本管理方面起到信息支撑的作用,借助科学合理地设置成本科目并且有效采集相关数据,便能够达成针对成本展开阶段性评估的目的,同时还能对成本趋势加以预测。动态调整机制需要管理者依照实际执行的具体情况,适时地去修订预算,对资源分配予以优化,并且改进工艺流程,借此来应对市场出现的变化以及现场可能出现的突发因素。运用成本管理软件以及数据分析工具之后,还能够实现从多维度展开成本分析,进而为项目的决策给出量化的依据。

5 建筑工程进度与成本双重控制的优化对策

5.1 制度与组织管理优化建议

制度建设构成达成双控管理目标的制度根基。需构建起一个综合管理体系,这个体系把进度控制、成本控制以及质量管理融合到一起,并且要清晰界定职责分工以及考核指标,以此来促使组织内部的信息流、业务流还有决策流达成高效的协同状态^[1]。就组织结构来讲,应当设立专业的项目管理办公室(PMO),借助它来统一且有序地协调资源配置以及计划执行事宜,进而强化制度的执行力以及组织的应变能力。

5.2 信息化平台与管理工具的集成

信息化平台对于实现进度和成本的协同控制而言,其技术支撑作用不容小觑。把 BIM、ERP、PMS 等系统加以深度融合并集成起来,进而形成一个统一的数据平台,

这样做能够助力打破信息孤岛的局面,促使管理的透明度以及实时性得以提升^[2]。比如说,借助 BIM 来集成成本数据库,便可以在设计阶段达成造价模拟的效果;依靠 ERP 系统对采购与支付的整个过程予以把控,以此确保成本和进度能够同步向前推进,最终构建起一种全新的工程管理模式,该模式具备数字化、可视化以及智能化的特点。

5.3 风险识别与预警机制建设

建筑工程里存在诸多不确定性因素,像天气有变化、政策会调整、材料价格也会波动等,所以得构建起系统的风险识别以及预警机制。要在项目刚开始启动的时候就去风险评估并且实施分类管理,还得制定出相对应的应对预案。到了执行阶段,要依靠对进度还有成本数据的异常识别来触发预警机制,并且启动响应流程^[3]。利用大数据分析以及人工智能技术,还能够达成风险趋势预测,以此提高项目抵御风险的能力。

5.4 提高管理人员综合能力与协作水平

项目管理最终能否落实到位,关键在于人的执行力。所以要重视对项目管理人员综合素质的培养,像计划编制、成本分析、数据运用、沟通协调以及风险管理等方面的能力都得着重去提升。还要积极推动项目管理文化的建设,提高团队之间的信任程度以及协同工作的效率。借助制度化的培训方式、跨部门的轮岗安排以及经验分享机制,打造出一支既专业又高效的管理团队,以此来为进度和成本双控策略的施行给予人力方面的有力保障。

6 结语

建筑工程项目的进度和成本控制属于一项复杂的系统工程,它一方面需要制度、技术以及工具给予支持,另一方面还特别依赖全员共同参与以及协同管理这样的理念。本文从进度和成本二者的关系着手,全面且细致地分析了其中的影响因素、相应的策略方法以及可循的优化路径,并且着重指出了信息化技术、制度保障还有管理能力这三者要融合起来加以应用。在未来,随着建筑产业现代化推进速度不断加快,项目管理也会朝着智能化、精细化的方向发展,在此情形下,对于进度与成本的双重控制将会把更多精力放在系统集成以及全过程优化方面,以此来推动建筑工程达成更高的发展目标。

[参考文献]

- [1]邓捷.房屋建筑工程成本控制策略研究[J].房地产世界,2024(11):101-103.
- [2]赵琦,纪加强.建筑工程施工进度控制与管理策略[J].大众标准化,2024(12):102-104.
- [3]王文蕾.建筑工程施工进度的控制与管理措施[J].中国建筑金属结构,2022(7):101-103.

作者简介:管颢帆(1986.10—),单位名称:温州浙瓯物产管理有限公司,毕业学校:中央广播电视大学,专业:建筑工程管理。

高层建筑管道井火灾智慧防控技术研究——从设计、运维到扑救的系统集成

刘湘辉

东莞市消防救援支队, 广东 东莞 523000

[摘要]文章综述了高层建筑管道井火灾防范与扑救的国内外研究现状,重点探讨了火灾防范技术、火灾扑救技术及应急响应策略。在防范技术方面,研究了防火材料与设计的优化,如耐火水泥、防火涂料等新型材料的应用,以及PVC管道防火措施的改进。同时,分析了通风与排烟系统的效能提升策略,包括通风热阻力的计算与实验研究,以及排烟与通风空调管道共井模式的消防对策。在火灾监测与报警系统方面,探讨了多传感器融合技术及基于图像识别和人工智能的智能监测系统的发展。火灾扑救技术的研究涵盖了灭火剂和灭火系统的优化,如液态CO₂防火管路输送特性分析以及自吸式泡沫发生器的发泡机理与优化设计,同时借助火灾模拟与数值分析技术,如大涡模拟和计算流体动力学方法,对烟气运动和燃气泄漏扩散进行了深入研究。此外,文章还对应急响应与救援策略的设计与实施进行了全面分析,提出了基于智能化应急响应系统和科学救援策略框架的优化建议。

[关键词]高层建筑;管道井;火灾防范;火灾扑救

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17260

中图分类号: TU4

文献标识码: A

Research on Intelligent Fire Prevention and Control Technology for Pipeline Wells in High-rise Buildings —System Integration from Design, Operation and Maintenance to Firefighting

LIU Xianghui

Dongguan Fire Rescue Detachment, Dongguan, Guangdong, 523000, China

Abstract: This article summarizes the current research status of fire prevention and suppression in high-rise building pipeline wells at home and abroad, focusing on fire prevention technology, fire suppression technology, and emergency response strategies. In terms of prevention technology, research has been conducted on the optimization of fire-resistant materials and designs, such as the application of new materials such as refractory cement and fire-resistant coatings, as well as the improvement of fire prevention measures for PVC pipelines. At the same time, the efficiency improvement strategies of ventilation and smoke exhaust systems were analyzed, including the calculation and experimental research of ventilation thermal resistance, as well as the fire protection measures of smoke exhaust and ventilation air conditioning duct co well mode. In terms of fire monitoring and alarm systems, the development of multi-sensor fusion technology and intelligent monitoring systems based on image recognition and artificial intelligence were discussed. The research on fire extinguishing technology covers the optimization of extinguishing agent and extinguishing system, such as the analysis of the transmission characteristics of liquid CO₂ fire prevention and extinguishing pipeline and the foaming mechanism and optimal design of the self-priming foam generator. At the same time, with the help of fire simulation and numerical analysis technology, such as large eddy simulation and computational fluid dynamics, the smoke movement and gas leakage and diffusion were studied in depth. In addition, the article comprehensively analyzes the design and implementation of emergency response and rescue strategies, and proposes optimization suggestions based on intelligent emergency response systems and scientific rescue strategy frameworks.

Keywords: high-rise buildings; pipeline shaft; fire prevention; fire fighting

引言

高层建筑作为现代城市的重要组成部分,其安全性直接关系到人民生命财产的安全和社会的稳定发展。在高层建筑中,管道井作为垂直通道,连接着各个楼层,为建筑提供必要的设施和服务。然而,管道井一旦发生火灾,由于其特殊的结构和功能,火势和烟雾容易迅速蔓延,给人员疏散和火灾扑救带来极大困难。因此,高层建筑管道井的火灾防范与扑救成为了消防安全领域的重要研究课题。

近年来,随着城市化进程的加快和高层建筑数量的增

加,管道井火灾的防范与扑救问题日益受到国内外学者的关注。国内外在高层建筑管道井火灾的研究方面取得了一定的进展,包括火灾机理、防火材料、通风排烟系统、监测报警技术、灭火剂和灭火系统、火灾模拟与数值分析、应急响应与救援策略等多个方面。这些研究成果为高层建筑管道井火灾的防范与扑救提供了理论依据和技术支持。

然而,由于高层建筑管道井火灾的复杂性和多样性,现有的研究成果还不能完全满足实际应用的需求。特别是在火灾机理、防火材料、通风排烟系统、监测报警技术、

灭火剂和灭火系统、火灾模拟与数值分析、应急响应与救援策略等方面,仍有许多问题需要进一步研究和解决。因此,对高层建筑管道井火灾防范与扑救的国内外研究进行综述,总结现有研究成果,分析存在的问题和不足,提出未来的研究方向和建议,对于提高高层建筑管道井火灾的防范与扑救能力具有重要的理论和实际意义。

1 火灾防范系统集成与管理

高层建筑管道井火灾防范的有效性并非单靠某一项技术取得突破就能够实现的,其关键之处在于把防火材料以及设计方面的优化、通风排烟效能的提升、智能监测报警等一系列防范举措当作一个有机的整体来加以深度且系统的集成,让它贯穿在整个建筑的全生命周期当中,从设计环节开始一直到施工阶段再到长期的运维过程,去施行科学并且是动态的管理策略。

1.1 防范系统集成与协同机制

管道井火灾防范属复杂系统工程,关键在防火分隔子系统、通风排烟控制、火灾监测报警系统的集成。物理集成如合理布局防火材料、通风管道等;逻辑集成如火灾监测报警系统与通风排烟系统的联动,借助 AI 提升精准度,构建信息共享平台辅助决策。

1.2 设计阶段的风险评估与防范策略制定

在高层建筑刚开始着手设计的时候,专门针对管道井去做火灾风险评估,这是制定出既科学又有效的防范办法的根本所在。相关的研究主要是围绕一些关键的地方来进行的。其一便是要把风险评估的方法弄得更加细致一些。研究的人努力去探寻怎样能够全面且细致地把建筑具体是用来做什么的、整个有多高、管道井属于哪种类型,像强电井、弱电井、给排水井、通风井等等、里面铺设的管线是什么材料这些情况都考虑进去,特别要留意王元宏等人研究时提到的像 PVC 这类容易燃烧的材料所存在的风险,还有各个楼层预计会有多少人这样的多种复杂情况,进而建立起能量化的模型,以此来精准地评估不同管道井潜在的火灾风险到底是处在哪个等级。李宗翔等人有关矿井火灾巷道通风热阻力的研究成果,能给评估高层建筑管道井在发生真实火灾时候排烟系统的实际效果提供很重要的理论依据。其二是要去推动基于性能的防火设计理念能够真正派上用场。这就得突破那些死板的规定条文所设定的限制,转而去使用火灾动力学模拟工具,比如说孙建军等人运用的大涡模拟技术来分析管道井里烟气是怎么运动的,吴翔飞等人应用的计算流体动力学方法来模拟燃气泄漏后会怎样扩散,同时结合工程方面的分析手段,去评估不同防火分隔等级、排烟量的设计方案、监测点怎么布置等防范设计在实际出现火灾的情况下的真实效果,进而调整设计参数,让其能够达到特定的、可以量化的安全目标。温小伟对于高层建筑消防规范的剖析,也清楚地指出了朝着性能化设计方向优化是很有必要的。最后是要依

据前面所做的风险评估以及模拟分析得出的结果,制定出综合性很强的、专门针对管道井火灾防范的策略包,在设计阶段借助虚拟仿真技术或者去做缩尺模型实验来初步检验一番,保证所提出的策略在实际工程建设当中是行得通的,也是有效的。

1.3 运维管理与检查维护

高层建筑管道井火灾防范系统的长期有效性,很大程度上取决于项目建成之后持续不断、规范有序且细致入微的运维管理工作。相关研究着重聚焦于构建并完善运维管理体系,其中最为关键的是要建立健全一套能够涵盖所有关键系统的检查维护制度。具体而言,需明确规定防火封堵的完整性,尤其像电缆桥架穿越楼板之处、各类管道缝隙这类薄弱环节,要规定好相应的检查方法,比如目视检查、探棒测试等,同时还要设定合理的检查周期,像是季度检查、年度详查。防火门以及防火阀作为极为关键的阻隔设施,其启闭功能的可靠性以及关闭时的密封性,务必要借助定期开展的功能测试,例如联动测试、手动测试,还有严格的密封性检测标准来予以保障,进而形成标准化的测试流程。通风排烟系统的那些核心部件,像是风机、风阀、风道等,需要定期去做运行测试,以此来验证它们的性能状况,并且要实施必要的清洁维护工作,以防积灰对效能产生影响。火灾探测报警系统的每一个环节,从现场的传感器一直到传输线路,再到控制面板,都得进行定期的功能测试与校准操作,以保证其灵敏度以及可靠性。倘若管道井内部或者与其相关的区域设置了像二氧化碳这类固定灭火系统,那么其灭火剂储存装置的关键参数,像是压力、液位等,也必须纳入常规的检查项目当中。与此数字化运维技术是提升工作效率的一个方向。相关研究在探索利用物联网技术,比如部署环境温湿度传感器、设备状态传感器、RFID 标签来实现资产追踪,再结合建筑信息模型平台,达成对设施状态的在线实时监测以及基于数据分析的预测性维护,以此大幅度提高运维工作的效率以及系统整体的可靠性。明确管理责任主体并且建立完善的档案记录体系,这是落实运维工作的一个基础。务必清晰界定各个层级运维管理的责任归属,并且要建立起详尽且可追溯的检查、测试以及维护记录档案,以此确保整个管理过程是透明的、可审计的。

1.4 人员培训与演练

要让高层建筑管道井火灾防范系统顺利运行且发挥出预期效果,关键在于保障所有相关岗位人员都有足够的知识储备以及实操技能。此次研究所涉及的培训对象和内容都具备很强的针对性。就设计与施工人员而言,培训得着重强化他们对管道井火灾风险特殊性的认知,像烟囱效应、隐蔽火源这类情况要让他们有深刻的认识;要仔细解读防火设计规范以及施工验收标准;要明确系统集成针对空间布局、管线敷设、接口处理的具体要求;并且要着重

加强关键施工工艺方面的培训,特别是各类防火封堵,比如防火泥、防火包、防火板的应用与施工要点,得开展标准化操作培训,以此从源头上把控施工质量。而对于物业管理与安保等日常运维人员来讲,培训内容应当围绕实践操作来展开:日常巡查的重点要点,像是防火门是否一直保持关闭状态、防火封堵是否有损坏、管道井内是否违规堆放杂物等等,都要检查到位;得能快速且准确地识别系统报警信号,并且掌握初步的应急处置流程,比如说确认报警的位置、通知相关人员;要理解系统联动控制的基本原理,在自动联动出现故障或者遇到特殊情况的时候,要知道怎么进行手动操作干预;还得掌握在管道井火灾发生时怎样有效地引导人员疏散这类关键技能。定期开展综合性消防演练是检验并提升能力的重要方式。演练必须要设计包含管道井火灾的典型场景,其核心目标是实地去检验整个防范系统,尤其是监测、报警、联动在真实环境下是否有效;要评估各个岗位人员的应急响应速度、决策能力以及操作熟练程度;要验证应急预案是否真正能操作。演练之后,必须要进行细致的复盘分析,依据演练中暴露出来的问题和不足,持续对技术系统加以改进、优化管理流程、更新应急预案,形成一个管理闭环,进而不断提升整体的火灾防范能力。

2 管道井火灾扑救技术

2.1 液态 CO₂ 防灭火管路输送特性影响分析

液态 CO₂ 作为一种高效、清洁的灭火剂,因其灭火速度快、无残留、对环境友好等优点,在高层建筑火灾扑救中得到了广泛应用。然而,液态 CO₂ 在管路中的输送特性受到多种因素的综合影响,这些因素直接决定了灭火系统的效能和可靠性。吴虎等学者通过对液态 CO₂ 防灭火管路输送特性进行深入分析,揭示了管路材质、管径大小、输送压力等关键因素对液态 CO₂ 输送性能的影响机制。

研究表明,管路材质的热导率和弹性模量对液态 CO₂ 的输送稳定性具有显著影响。高热导率的管材能够有效降低管内液态 CO₂ 的温度梯度,减少因温度不均匀导致的相变和压力波动。同时,弹性模量较高的管材能够在高压输送条件下保持良好的结构稳定性,避免因管材变形导致的流量损失和压力下降。此外,管径大小也是影响液态 CO₂ 输送特性的重要因素。较小的管径虽然能够减少管路系统的总体积和成本,但会增加液态 CO₂ 在输送过程中的流动阻力,降低输送效率。而较大的管径虽然能够提高输送效率,但会增加系统的复杂性和成本。因此,合理选择管径是优化液态 CO₂ 输送系统的关键。

输送压力的控制同样至关重要。液态 CO₂ 在高压条件下能够保持较高的密度和灭火效能,但过高的压力可能导致管路系统的安全风险增加。研究表明,存在一个最优的输送压力范围,在此范围内,液态 CO₂ 的输送效率和

灭火效能能够达到最佳平衡。通过实验和理论分析,吴虎等提出了液态 CO₂ 输送系统的优化设计方案,包括合理选择管路材质、优化管径大小以及精确控制输送压力。这些研究成果为液态 CO₂ 灭火系统的设计和应用提供了科学依据,能够有效提高灭火系统的可靠性和灭火效率。

2.2 自吸式泡沫发生器发泡机理及其优化设计

自吸式泡沫发生器作为一种新型的灭火设备,因其高效、便捷的特点在高层建筑火灾扑救中展现出广阔的应用前景。泡沫灭火剂因其良好的覆盖性和冷却效果,能够有效隔绝火源与空气的接触,迅速降低火势。自吸式泡沫发生器通过自动吸入泡沫液和水,混合产生泡沫,无需外部动力源,具有结构简单、操作方便、灭火效率高等优点。宋双林对自吸式泡沫发生器的发泡机理及其优化设计进行了深入研究,揭示了影响泡沫产生效率的关键因素,并提出了相应的优化设计方案。

研究指出,自吸式泡沫发生器的发泡机理主要基于液体的表面张力和气液两相流动的相互作用。泡沫液的表面张力越低,泡沫的稳定性越好,灭火效果越显著。同时,气液两相流动的混合效率直接影响泡沫的产生速度和质量。通过优化泡沫发生器的内部结构设计,可以有效提高气液混合效率,降低泡沫液的表面张力。宋双林的研究提出了优化泡沫发生器内部流道设计的方案,通过增加流道的湍流强度和混合区域的长度,显著提高了泡沫的产生效率。此外,研究还探讨了泡沫液的配方优化,通过添加适量的表面活性剂和稳定剂,能够进一步降低泡沫液的表面张力,提高泡沫的稳定性和灭火效能。

在实际应用中,自吸式泡沫发生器的优化设计需要综合考虑灭火场景的复杂性和多样性。例如,在高层建筑管道井火灾中,泡沫发生器需要能够在有限的空间内快速产生大量泡沫,并且泡沫需要具有良好的覆盖性和持久性。通过优化泡沫发生器的结构设计和泡沫液配方,可以使其在高层建筑火灾扑救中发挥更大的作用。宋双林的研究成果为自吸式泡沫发生器的设计和应用提供了重要的理论支持,能够有效提高泡沫灭火剂的灭火效率,增强高层建筑火灾的扑救能力。

3 结论

本文综述了高层建筑管道井火灾防范与扑救的国内外研究现状,分析了现有研究方法和内容,并从防火材料与设计、通风与排烟系统、监测与报警系统、灭火剂与系统、火灾模拟与数值分析、应急响应与救援策略等多个方面进行了详细探讨。通过文献回顾和案例分析,本文指出高层建筑管道井火灾防范与扑救技术的发展对于提升建筑安全性具有重要意义。研究表明,采用先进的防火材料如 PVC 管道,合理的防火设计,以及有效的通风排烟系统,可以显著提高火灾防范能力。同时,监测与报警系统的设计与应用,灭火剂和灭火系统的优化,以及火灾模拟

与数值分析,为火灾扑救提供了科学依据和技术支持。此外,应急响应与救援策略的研究进展对于提高火灾应对效率至关重要。未来的研究应继续深化这些领域的技术创新,并加强国际合作与交流,以实现高层建筑管道井火灾防范与扑救技术的持续进步。

[参考文献]

- [1]王元宏,唐明黎.高层建筑中 PVC 管道防火措施的研究[J].新型建筑材料,1996(9):4.
- [2]王忠.谈高层民用建筑管道井的防火设计[J].消防科技,1996(2):2.
- [3]尹航,王炯,胡睿.排烟与通风空调管道共井模式的消防对策初探[J].消防科学与技术,2020(08):039.
- [4]孙建军,李烈,路世昌,等.高层建筑管道井内烟气运动大涡模拟[J].中国安全科学学报,2006,16(9):5.
- [5]李宗翔,王双勇,贾进章.矿井火灾巷道通风热阻力计算与实验研究[J].煤炭学报,2013(12):5.
- [6]吴虎,陆伟,李金亮.液态 CO₂ 防灭火管路输送特性影响分析[J].煤矿安全,2022,53(9):5.
- [7]宋双林.自吸式泡沫发生器发泡机理及其优化设计[J].煤炭科学技术,2022(06):050.
- [8]吴翔飞,赵小龙,方炜,等.邻近电力管道的城市埋地燃气管道泄漏扩散数值模拟研究[J].中国安全生产科学技术,2024,20(10):125-131.
- [9]张春华,王继仁,张子明,等.液态二氧化碳防灭火装备及其工程应用[J].科技导报,2013,31(18):5.
- [10]景国勋,乔奎红,王振江,等.瓦斯爆炸中的火球伤害效应[J].工业安全与环保,2009,35(3):2.
- [11]丁天石.高压消防给水管道的的水头计算[J].煤炭工程,1982(6):35-36.
- [12]温小伟.关于高层建筑消防规范的若干探讨[J].中国给水排水,2000(8):12.

作者简介:刘湘辉(1989.9—),单位名称:东莞市消防救援支队,毕业学校:华南理工大学,专业:工程管理硕士(在读)。

智能化技术在建筑工程管理中的应用

田彦民

天津珂宇建筑装饰集团有限公司, 天津 300000

[摘要]信息技术发展快,智能化技术在建筑工程管理里应用多,成为推动行业转型重要力量。文章探讨了建筑工程管理中智能化技术的应用,它能够提升工程效率质量,满足复杂管理需求,分析建筑信息模型、射频识别、物联网、大数据与人工智能等实际应用,最后提出完善制度、融合技术和人才培养的对策,给行业智能化管理发展做理论和实践指导。

[关键词]智能化;工程管理技术;建筑工程;管理

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17208

中图分类号: TU2

文献标识码: A

The Application of Intelligent Technology in Construction Project Management

TIAN Yanmin

Tianjin Keyu Building Decoration Group Co., Ltd., Tianjin, 300000, China

Abstract: With the rapid development of information technology and the widespread application of intelligent technology in construction project management, it has become an important force in promoting industry transformation. The article explores the application of intelligent technology in construction project management, which can improve engineering efficiency and quality, meet complex management needs, analyze practical applications such as building information modeling, radio frequency identification, Internet of Things, big data, and artificial intelligence, and finally propose measures to improve systems, integrate technology, and cultivate talents, providing theoretical and practical guidance for the development of intelligent management in the industry.

Keywords: intelligence; project management technology; construction project; management

引言

建筑行业在我国经济中占据着重要地位,当下正遭遇着转型升级方面颇为巨大的压力,同时也存在着相应的机会。传统的建筑工程管理模式已经没办法契合现代复杂项目的管理方面的需求了,而信息化以及智能化技术的引入,这便成为了达成施工过程数字化、信息化以及自动化这一目标的关键途径。智能化技术一方面能够提高施工的安全性以及质量,另一方面还能够对资源配置以及管理效率加以优化,进而推动建筑项目在整个过程里实现精细化管理。伴随着建筑信息模型也就是 BIM、物联网、大数据还有人工智能等一系列技术逐步走向成熟,智能化建筑管理也渐渐达成了从理论层面到实践层面的转变。不过,智能技术的应用至今仍然面临着不少的挑战,像是制度存在不完善的情况以及专业人才较为匮乏等等,迫切需要一套系统的解决办法来确保其能够高效地落实下去。本文会围绕建筑工程管理智能化技术的应用必要性、所涉及的技术体系、具体的应用实践以及相关的保障措施展开较为全面的阐述,从而为行业的发展给予一定的参考。

1 建筑工程管理中智能化技术应用的必要性分析

1.1 适应建筑行业转型升级的需要

在近几年,随着我国城镇化进程的加快,建筑业迎来了快速的增长和发展。新型建筑结构和功能的持续涌现,标志着行业需求和挑战的日益增加。现存的工程管理和生

产模式已不足以应对现代建筑项目的需求,迫使建筑行业必须转型升级,以适应社会的快速发展,特别是向数字化和智能化方向的发展。然而,建筑行业在数字化和智能化的道路上也存在一些问题。原因在于,一些企业仍旧固守旧有的思维模式,对于采纳新技术持保守态度,这成为了推动行业进步的一大障碍。与金融、制造、服务等行业相比,建筑业在智能化和数字化的发展上还有很大的空间。为了实现行业的升级转型,并提升经济效益与施工效益,建筑业急需引入更先进的智能化工程管理技术。这种管理方式可以有效识别并解决施工过程中的安全隐患,确保项目能按期并高质量完成。

1.2 提升工程管理效率与质量

在建筑工程管理领域当中,提高效率以及保证质量这两点,无疑是确保工程项目能够顺利达成其预期目标的关键所在。就传统的管理模式而言,其存在着诸如信息传递往往不够及时、各类数据呈现出较为孤立的状态、人工操作流程也颇为繁琐等一系列问题,这些问题的存在,使得工程的整个周期变得异常漫长,成本方面更是居高不下,并且工程质量也很难得到切实有效的保障。而智能化技术凭借集成化的信息化手段,能够达成施工现场实时数据的精准采集、自动化的严密监控以及智能化的深入分析,如此一来,便在很大程度上提升了管理工作的效率,并且让决策具备了更强的科学依据。借助建筑信息模型也就是

BIM,是可以实现设计环节、施工过程以及运维阶段相关信息的无缝衔接的,这样一来,就能有效减少设计方面的变更情况以及施工环节出现的误差,从而切实保障工程质量。智能监控系统还有物联网设备会持续对施工环境以及设备的运行状况展开监测,一旦发现问题,能够及时察觉并且发出预警信号,以此来有效降低安全事故的发生概率。人工智能技术的应用,通过运用大数据分析的方式,能够对资源调度以及进度安排加以优化,进而实现更为精细化的管理,最终促使施工效率与工程质量同时得以最大限度地提升,从而推动项目能够按时且保质保量地顺利完成。

1.3 满足项目复杂性与精细化管理要求

随着建筑项目规模以及结构日益变得复杂起来,传统的管理手段已经很难去应对那种多维度、多层次的信息交互还有风险控制方面的需求了。复杂项目往往涉及到多方展开协作,其施工流程也比较繁琐,而且对于安全质量监管的要求还更高,所以精细化管理便成了一种必然的发展趋势。智能化技术会通过去构建数字化的管理平台,把各类传感设备以及信息系统都集成到一起,进而实现针对施工现场环境、材料供应、人员作业、机械设备等诸多方面展开全方位的监控以及协同管理。大数据和人工智能技术加以深度应用之后,能够为项目的管理者提供科学的风险评估以及决策支持工具,从而有效地去应对复杂项目当中出现的信息过载以及不确定性方面的问题。精细化管理一方面提高了施工的效率,另一方面也强化了工程的安全性以及质量控制的能力,很好地满足了现代建筑对于高标准、高要求的管理方面的诉求,有力地推动了建筑行业朝着智能化、精益化的方向持续稳定地向前发展。

2 建筑工程管理中常用的智能化技术

2.1 建筑信息模型(BIM)技术

建筑信息模型(BIM)技术属于建筑行业数字化转型的关键核心技术范畴。该技术凭借三维数字化模型,将建筑项目的几何信息、物理性能以及相关数据予以集成,进而构建起项目的虚拟信息空间。BIM技术可对项目从设计阶段一直到施工阶段乃至运维阶段的整个生命周期管理给予有力支撑,达成多专业、多阶段数据的共享与协同,切实提高项目的设计精度以及施工效率。BIM不光能够助力实现冲突检测、进度模拟以及成本控制等方面的工作,而且还能在施工过程中支持动态调整与优化操作,大幅度降低设计变更以及施工风险出现的概率。凭借BIM平台,管理者可以实时且有效地对施工进展以及资源使用情况进行监控,提升信息的透明度以及协同的效率,由此推动建筑工程管理朝着智能化、数字化的方向不断向前发展。

2.2 射频识别(RFID)与物联网(IoT)

射频识别(RFID)技术联合物联网(IoT)平台,已然成为建筑工程现场智能管理的关键途径。RFID借助无线射频信号可达成对物料、设备以及人员的自动识别与追

踪操作,如此一来便能够确保施工物资和设备得以精准管理。而物联网技术会凭借传感器网络来采集施工现场的环境数据还有设备的运行状态,进而实现对相关情况的实时监控以及远程控制功能。当这两者相互结合起来的时候,不但让施工现场的管理自动化程度有了提升,而且还对资源调度以及安全管理起到了优化作用。凭借着智能化的识别与定位手段,物资方面出现的损耗情况有所减少,设备的维护工作也能及时开展,安全隐患也能够得到有效的预防,从而保障施工现场可以高效且安全地运行下去,进一步推动施工管理朝着智能升级的方向迈进。

2.3 大数据与人工智能(AI)技术

大数据技术可为建筑工程管理提供丰富的数据资源以及强大的分析能力。借助对海量施工数据展开采集、存储以及处理等一系列操作,能够助力管理决策朝着科学化、精准化的方向发展。人工智能技术是以大数据作为基础,凭借机器学习、模式识别等途径,达成在施工过程中实现智能预测、风险评估以及自动优化的目的。AI能够在施工计划制定、进度控制以及安全监测等方面给予辅助,以此提高工程管理的自动化程度以及智能化水平。当大数据与AI实现深度融合的时候,管理者便能够从复杂的各类数据当中提炼出关键规律,进而提前对潜在的问题加以识别,并且制定出相应的应对策略,由此让建筑工程的整体管理效能以及安全保障能力都得到大幅度的提升。

3 智能化技术在建筑工程管理各阶段的应用

3.1 项目前期规划与设计阶段

在建筑项目开始着手规划以及设计的时候,智能化技术可对优化设计方案起到有力作用,同时也能让项目可行性得以提升。BIM技术能够构建起三维模型,如此一来便能让设计方案变得可视化起来,还能开展碰撞检测相关工作,进而能够在很大程度上减少设计阶段出现的错误以及返工情况。物联网技术可为现场勘察以及数据采集给予智能化的方式,使得地质环境、气候条件等方面的信息能够被精准地获取到。大数据分析能够助力设计团队依据历史数据以及行业经验做出科学合理的决策,以此来对资源配置以及施工工艺加以优化。借助智能化技术的应用,在设计阶段便达成了信息共享以及协同工作的状态,这无疑提高了设计的效率以及质量,同时也为后续的施工阶段筑牢了稳固的基础。

3.2 施工阶段的智能化控制

施工阶段在建筑工程管理当中属于极为关键的环节,智能化技术借助实时监控、数据分析以及自动化控制等方式,让施工效率以及安全水平都得到了大幅度的提升。物联网设备还有传感器在施工现场有着广泛的运用,能够实时地去采集环境方面的信息、设备运行的具体状态以及人员作业的相关情况,以此来为施工过程的动态调度以及风险预警给予有力的支持。BIM技术跟施工管理系统相互

结合起来之后,可以达成施工进度可视化管理,并且实现资源的优化配置。人工智能所辅助的智能调度以及安全监控,能够在很大程度上防范事故的发生,进而保障施工的安全。智能化控制技术对于促进施工流程的标准化以及精细化管理起到了推动作用,最终提升了项目的整体绩效以及施工的质量。

3.3 竣工验收与运维管理阶段

在建筑工程竣工验收以及后续的运维管理这一阶段,智能化技术依旧起着不可或缺的作用。BIM 模型属于数字资产,其贯穿于整个项目的生命周期之中,能够为竣工验收给予精准的工程相关信息以及质量方面的数据,如此一来便可以简化验收的相关流程,进而提升验收工作的效率。智能监控系统会持续对建筑的运行状态加以跟踪,同时采集环境方面的各项参数以及设备运行时的数据,从而为运维管理提供具有一定科学性的依据。将大数据和人工智能技术运用到运维分析以及故障预测当中,可达成建筑设施的智能维护目标,同时也能够实现节能管理的效果。智能化运维一方面降低了运营的成本,另一方面还提升了建筑在使用方面的性能以及安全性,最终实现了建筑在整个寿命周期内的高效管理。

4 推动智能化技术有效应用的保障措施

4.1 完善制度建设与标准规范

建筑工程管理中推广运用智能化技术,得依靠健全的制度建设以及标准规范来予以保障才行。要是缺少统一的技术标准与规范,那技术应用就容易出现分散的情况,接口也往往不兼容,如此一来,便会影响到系统集成以及信息共享所能够达成的效果。构建起科学合理的技术标准体系,一方面能够对智能化设备还有软件的技术指标加以规范,另一方面也能明确数据格式、接口协议以及安全管理等方面的要求,进而给行业智能化发展筑牢坚实的基础^[1]。除此之外,完善相关的法律法规以及政策方面的支持,强化针对智能技术应用的监管与引导举措,这有利于推动企业在实施智能化管理时做到规范操作,以此保障项目安全以及信息安全,从而促进智能技术实现健康的发展态势。

4.2 加强技术融合与平台集成

建筑工程智能化管理需要多种技术协同配合,单靠某一种技术很难满足复杂工程管理的需要。要将 BIM、物联网、大数据、人工智能以及智能监控等技术深度融合起来,搭建起集成化的智能管理平台,这样才能有效提升管理水平。借助这个平台,能够实现数据的实时采集、共享

以及分析,促使各个管理环节的信息能够互联互通,进而提高管理工作的系统性和科学性^[2]。而且,技术融合还能减少重复投资的情况,避免出现系统孤岛现象,提高智能化技术的应用效率以及实际效果,推动建筑工程管理朝着数字化与智能化高度统一的方向发展。

4.3 注重人才培养与专业团队建设

智能化技术要得以有效运用,高素质的专业人才以及团队给予的有力支撑是不可或缺的。当下,建筑行业里智能化技术人才存在一定程度的匮乏情况,而且技术更新换代的速度比较快,传统管理人员在知识以及技能方面面临着不小的差距。构建起较为完善的人才培养体系,积极推动产学研方面的结合,以此来提升专业技术人员的信息化素养以及智能化操作的能力,这可是推动智能建筑管理向前发展的根基所在^[3]。借助系统化的培训、技能认证以及岗位实践等活动,去打造出复合型的智能化管理团队,进而强化企业在技术应用方面的能力,同时也能激发其创新的动力,最终促使智能技术在建筑工程管理当中能够得到更为深入的应用,并且实现持续不断的发展。

5 结语

智能化技术身为建筑工程管理的关键推力,正慢慢转变传统施工管理的旧模样,达成施工全流程的信息化、自动化以及智能化。借助建筑信息模型、物联网、大数据还有人工智能等技术的运用,工程管理的效率以及质量都得到了明显提高,复杂项目开展精细化管理也有了可能性。虽说智能化技术在使用过程中遭遇标准体系不够完善、技术融合存在较大难度以及人才紧缺等诸多挑战,不过凭借完善制度规范、强化技术集成并重视人才培养等举措,能够有力推动智能化技术的深入应用与广泛普及。未来,伴随技术的持续进展和管理理念的不断革新,智能化技术会在建筑工程管理当中发挥出更加重要的作用,助力建筑行业达成绿色、高效且可持续的发展目标。

【参考文献】

- [1]罗蝶兴.智能化工程管理技术在建筑工程管理中的应用[J].城市建筑,2025,22(4):227-229.
- [2]吴大霞.智能化工程管理技术在建筑工程管理中的应用研究[J].建筑与预算,2024(7):61-63.
- [3]杨明杰.智能化工程管理技术在建筑工程管理中的应用[J].工程建设与设计,2024(10):116-118.

作者简介:田彦民(1982.9—),女,汉族,毕业院校:河北经贸大学,财务管理专业。

智能化检测技术在工程质量监督中的应用效能与标准化研究

汤霞

奇台县公共检验检测中心，新疆昌吉州 831800

[摘要]伴随建筑工程规模持续拓展，以往依赖人工经验的质量监督方法，已难以达成高精度、高产出的监管预期。智能化检测技术凭借数据感知、实时剖析与自动反馈等方式，在增进检测精确性、强化监管实时效能、提高施工公开程度上优势凸显，如红外热成像、激光扫描、BIM 智能比对、无人机巡查等技术，大量应用于基础施工、结构监测、材料验收等众多环节。在某市实施的地铁隧道相关项目里，借助激光雷达完成沉降变形三维建模后，把风险预警响应的时间减少了差不多 42%。在某住宅工程里引入无线传感系统后，混凝土强度偏差率从 4.1%滑落至 0.8%。但当进行技术推广的阶段，依旧要应对标准不统一局面、数据接口分散态势、监管规范滞后等情况。因此，有必要再去探索技术集成优化的路径，建立系统化与标准化兼具的质量监督体制，为智慧建造添砖加瓦。

[关键词]智能化检测；工程质量监督；检测效能；技术应用；监督标准

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17221

中图分类号: TU4

文献标识码: A

Research on the Application Efficiency and Standardization of Intelligent Detection Technology in Engineering Quality Supervision

TANG Xia

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

Abstract: With the continuous expansion of construction projects, the quality supervision methods that relied on manual experience in the past are no longer able to achieve high-precision and high-yield regulatory expectations. Intelligent detection technology, relying on data perception, real-time analysis, and automatic feedback, has prominent advantages in enhancing detection accuracy, strengthening real-time regulatory efficiency, and improving construction transparency. Technologies such as infrared thermal imaging, laser scanning, BIM intelligent comparison, and drone inspection are widely used in various aspects such as foundation construction, structural monitoring, and material acceptance. In a subway tunnel related project implemented in a certain city, the use of laser radar to complete three-dimensional modeling of settlement deformation reduced the response time for risk warning by about 42%. After introducing wireless sensing systems in a residential project, the concrete strength deviation rate dropped from 4.1% to 0.8%. However, during the stage of technology promotion, it is still necessary to deal with situations such as inconsistent standards, scattered data interfaces, and lagging regulatory norms. Therefore, it is necessary to explore the path of technology integration optimization again, establish a quality supervision system that combines systematization and standardization, and contribute to smart construction.

Keywords: intelligent detection; engineering quality supervision; detection efficiency; technology application; supervision standards

引言

此刻建筑行业正走入数字化与智能化融合前行的关键阶段。国家凭借“智慧工地”“数字建造”等相关政策支持，带动工程质量监管从凭经验、抽样式模式向全面覆盖、即时联动转变。面临工程规模日益巨大、施工流程复杂多样等实际挑战，单纯依靠传统人工巡检以及周期性抽检，很难精准发现隐蔽性质量隐患。智能化检测技术借助传感器、数据采集及边缘计算等技术方式，能顺利实现高频率、多维度、可查考的质量掌控与风险查别。因此，审视智能化检测技术在工程质量监督中的应用效果及标准化路径方向，是技术进步演化的现实要求，还是监管体系迈向现代化的关键跨越点。

1 智能化检测技术的核心类型与功能特点

1.1 无人机巡查：空间覆盖与动态监测的突破口

无人机搭载着高清相机及红外热感设备，能针对高空

结构、桥梁缆索、幕墙拼缝等部位实施精细检查。在某大型高速桥梁养护项目当中，让无人机对索塔裂缝实施周期性巡航检测，实现了 2 毫米级别的识别精度，大幅缩减高空作业的风险水平，人工检测时间缩短近 65%。

1.2 激光扫描与三维建模：精准复刻结构状态

激光扫描技术借助高速激光束测距，采集建筑实体的三维点云数据，生成高精度的仿真模型。针对某地下综合管廊项目而言，借助激光扫描与 BIM 设计模型进行叠合比对，达成对毫米级误差的识别，还预先察觉施工偏移隐患 2 处，规避后期返工近 45 万元成本。

1.3 嵌入式无线传感系统：结构监测的数字哨兵

借助嵌入式无线传感技术，可在混凝土内部实时监测诸如温度、应力、湿度等指标。在广州的某个高层项目实施阶段，采用无线式混凝土强度传感器后，把强度数据实

时同步后上传到监管平台,促使结构验收从“事后查验”过渡为“过程管控”^[1]。

2 多维度层面上质量监督水平应用效能提升的分析

2.1 监测数据全面化:突破人工检测的局限

常规的工程质量监督方法多借助人工巡查及抽样检测,暴露出检测效率较差、数据覆盖范围偏窄、隐患易被遗漏等明显问题。人工检测一般呈现出“点样”抽检的特征,尤其是当面对规模庞大、复杂度高的基础设施项目之际,难以达成对关键结构及危险地段的持续管控。智能化检测技术借助物联网、无人机、激光雷达,结合 BIM 模型融合等手段,能实现对工程关键部位“面状”范畴的覆盖监测,不被时间、空间及人为因素所牵绊。

采用珠海某大型跨海大桥项目作为实例,此项目采用一套多维度的智能检测系统,涉及桥塔和索道应力的监控、风速跟海浪实时的感应系统、桥体倾斜角度自动测量的相关设备。系统借助分布式传感网络,每天采集的原始数据超过 2TB 之多,包括结构应力的增减变化、微小位移量、海风扰动的频率等核心参数,实现桥梁运行状态各阶段的监控^[2]。

2.2 预警反馈实时化:实现由“事后干预”到“事前防控”

以传统的工程质量监督模式而言,安全风险一般借助人工评鉴和定时查巡去找出,具备延迟效应与被动属性,当风险实际降临之际,有概率造成事故和相应损失,防控所能起到的作用有限。智能化检测系统含有的嵌入式传感跟自动预警机制,彻底冲破这一消极被动模式,完成工程安全从“事后介入”到“事前预警”的转变。

例如,在西南地区某山地隧道开展工程建设的阶段,鉴于地层结构错综、稳定性不佳,施工期间面临较高坍塌隐患。项目方引入了预安装的振动与位移联合传感体系,安设到拱顶、边墙及掌子面等关键地点,以高频手段监测地层出现的扰动。系统设定起依据历史工程数据的风险阈值模型,当实时数据急剧变化,也或达到预先设定的上限,当即自动把报警信息发送至工程监控中心与施工单位负责人手机终端。

在该系统实际运转阶段,该系统先后提早识别出 3 次地层松动的警示信号,成功预估掌子面岩层脱离和小型塌方走向,提前 24~36h 开启支护加固相关工作,切实阻止了潜在施工伤害的出现。该事例切实凸显了智能预警系统于复杂施工状况下的实用意义,显著加快了针对事故防控的响应节奏,也给工程管理相关人员提供精准决策参考。

2.3 数据可追溯性增强:推动全过程质量监管闭环

在既往的工程质量监督体系格局里,数据集聚凭借人工书写,具有数据遗失、改动、主观臆断性强等现象,造成后续责任追溯陷入困境、管理链路断裂,严重干扰工程

监督的严密有序与实际效果。实现智能化检测系统的引入,有效达成数据标准化采集、自动归档及追溯作用,带动构建封闭式质量管控格局^[3]。

依靠构建一体化的数字化质量监管平台,各类传感器实时获取的数据,可按照时间轴、构件编号、施工阶段等维度自动分类、编号,达成“原始数据至处理数据再到检测报告”全流程链式存档。例如在某地铁盾构隧道施工项目中,管理平台纳入了盾构推进力、刀盘转速、地表沉降、管片拼装角度等近 30 个实时参数,所有数据经区块链做加密处理后上传,无法轻易篡改,保障记录的真实可靠与可回溯性。

在这项项目里,曾有一次盾构推进力出现异常波动,然而未即刻引发安全隐患。凭借数据追溯剖析查明,该异常与 3 天前管片拼装的偏差存在关联,最终带动施工工艺实施修正,该类可追溯机制不光提升了“事中”监管效能水平,更为“事后”问责及整改奠定了可靠基础。

借助数据可追溯性推动责任闭环的形成。例如,在质量欠缺整改的阶段,系统可自主标记问题责任归属的施工段、具体班组及责任人员,提交整改流程的相关记录及后续复核状况,构建起自发现环节,经处置、验收,至复审环节的全过程链条,阻止整改沦为形式之举^[4]。

3 智能化检测标准体系建设的必要性探究与实施路径

3.1 当前面临的主要问题

3.1.1 接口不统一

在现阶段智能检测技术推行应用进程里,设备接口标准未统一,成为系统高效运行的关键阻碍。鉴于各类设备厂商在运营上各自孤立行动,匮乏统一的技术规格与数据传送协议,造成项目往往整合了多个系统,但各个系统彼此没办法进行有效的数据共享与交互作业,造成了极为显著的数据孤立局面。例如,部分项目采用国产传感器,国外数据采集仪器,由于通信协议存在不兼容性,必须额外配置中间件,甚至借助人工操作,极大增加维护开销,增大故障出现几率。此外,倘若工程需开展跨阶段交接,倘若从施工时期转入运维时期,不同平台的数据迁移及接续管理复杂状况凸显。该种系统的割裂情况对风险联动预警机制构建起阻碍作用,对建设全过程智能监测数据库存在阻碍^[5]。

3.1.2 监管规范缺失

尽管智能检测技术在实际运用里逐步展现出高效、精确、即时等长处,然而其大规模推广仍面临制度范畴的掣肘,尤其是在质量审核、监测精准水平、数据可靠状态等方面,缺少统一的行业规范,且无评估的基准标杆。各地区项目单位开展智能检测时多依托企业自定的标准或者第三方的专业指导,导致检测结果在数据的来源之处、采样的次数频率、传感器的摆放形式等方面有较大偏差,无

法实现横向对照与纵向考核,影响质量监管的权威性与实施效果。以桥梁位移监测为例,有项目以 5min 为采样周期,部分项目以 1h 为间隔采样,数据的精度表现与异常判断逻辑存在分歧,让监管单位依照这些情形难以达成科学决策。

3.1.3 人员培训不足

智能检测系统虽呈现出高度的自动化与智能化特性,但该系统的运行表现依靠一线操作人员的正确操作和现场管理人员的科学诠释。在实际施工以及监管进程里,部分项目人员相关技术认知不足以及操作能力欠缺问题较为多见,直接对系统效能的发挥形成阻碍。一线施工人员多过度凭借传统经验,在传感器布设的点位、数据采集参数的设置以及异常数据的甄别等环节,缺少系统培训,甚至错误认知智能检测为“可有可无的辅助方式”,致使设备被搁置一旁、数据失去原本准确性等现象偶有出现。项目管理人员与监理单位在读取系统预警、判定风险等级及调配应对方案上数据素养不足,无法切实达成“数据驱动决策”的既定目标^[6]。

3.2 标准化体系构建路径

3.2.1 制定多维度指标体系

智能化检测技术的顺利开展,得创建一套科学又全面的指标体系,以实现各阶段工程质量监督行为的规范化。应依照各类工程类别及施工的关键节点,恰当规划检测频次。如在基础施工这个阶段,不妨设置每日开展两次混凝土温度监测,主体结构阶段需着重监测钢筋应力及混凝土强度的发展状况。应当统一参数的精度要求,好比结构振动传感器,误差要维持在 $\pm 1\%$ 以下,混凝土回弹值的误差不能超出 $\pm 0.5\text{MPa}$ 界限,实现数据稳定和可对比性。

针对各类智能检测设备上传数据格式不整齐划一的状况,需拟定标准化的数据传输规约,明确字段具体内容、单位换算方式以及采集时间格式要求,避免因格式上的差异引起系统兼容故障。此外,指标体系应纳入数据缺失的容忍情况、传感器校准的周期时长及异常波动响应机制等,巩固数据质量与系统可靠性。依靠构建覆盖检测频率参数、技术精度指标、数据规范规则等多维度要素的指标体系,能为工程智能化检测设立标准化、可切实操作的执行方案,以此增进全过程质量监管科学性与可控能力。

3.2.2 推进平台一体化整合

现今智能化检测技术在实际工程中碰到系统分散、平台断裂状况,引起数据不能及时共享、监测回应滞后。为处理这类“信息孤岛”情形,需积极推动平台一体化整合营建。可依靠行业主管单位引领,聚合现有的施工、监督、检测等系统资源整体,搭建覆盖全流程质量监管的综合性平台,接入时将无线传感器采集数据、现场检测设备上传记录与云端 AI 分析模型统一处理。

凭借接入从混凝土强度智能测温系统、钢筋应力传感

器、沉降监测模块获取的数据,可达成基础至主体施工全阶段的动态监控管理。需构建起一套统一的接口标准,促成多品牌设备跟平台的无缝隙对接,适配 JSON、XML 这类主流的数据格式,维持传输高效程度与系统的兼容水平。

3.2.3 强化培训机制

智能化检测系统的顺畅运行不只是依赖技术本身所具备的先进性,更离不开操作人员对系统熟练把控与科学运用。部分施工及监管人员对智能化设备操作流程、故障辨认、数据研判等环节的理解欠佳,导致系统在操作层面的使用率低、数据在分析层面的利用率差。为此,需打造一套系统化的培训机制,基于岗位实际情形,设置精准靶向的专项培训课程体系。

培训内容应覆盖传感器安置方式、数据收集及处理的程序、平台操作的指南、异常值辨认与处理等主要技术内容,结合实际案例开展授课,让学员掌握从数据采集到智能分析的全步骤。应运用理论传授与现场实操相匹配的形式,筹备设备实训体验、故障模拟推演、实地调试实操,增进参训人员实际操作水平。对于重点岗位人员,可增设分级认证的相关制度,增强培训的专业度与连贯性。例如,质量监管人员要拿到智能平台数据分析认证,施工班组长要做好设备布设及初步数据判断测试等相关事宜。

4 结语

智能化检测技术正逐渐成为工程质量监督体系里的关键部分,其对结构安全预警、施工质量可视化、数据溯源等方面起到不可替代作用。未来,可把构建具备统一、开放、互通特性的标准体系当作着力点,推进技术设备协同跃进、监管制度同步迭代,建成以智能感知为核心根基、数据驱动为衔接纽带的现代化工程质量监督局面。只有打破技术屏障、调整监管逻辑,才可实际达成“能辨别的质量、能把控的风险”。

【参考文献】

- [1]疏刚.智能化建筑工程质量检测技术在施工中的应用研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(14):43-45.
- [2]张毅.智能化技术用于公路工程试验检测的实践[J].大众标准化,2025,20(12):172-174.
- [3]苏丽丽.基于智能化技术的建筑工程电气施工管理方法[J].电气技术与经济,2025,18(5):274-279.
- [4]曲建富.智能化技术在城市轨道交通路基工程质量检测中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2025,55(5):149-151.
- [5]康杰.智能化技术在建筑工程材料检测中的应用[J].新城建科技,2024,33(12):156-158.
- [6]夏春秋.智能化技术在建筑工程材料检测中的应用[J].实验室检测,2024,2(6):5-8.

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

剪力墙结构在高层住宅建筑中的应用

唐华岳

中国建筑科学研究院有限公司, 北京 100013

[摘要]近几十年来为了国家民生需要,在全国各地大中小城市中,高层住宅建筑应用普遍出现,高层建筑具有节约土地资源、高效发挥土地使用空间、在城市核心区方便居民生活、使用便捷等优点;同时剪力墙结构作为一种最适应高层住宅建筑的结构形式,广泛的应用于高层住宅建筑中。

[关键词]高层建筑结构选型;剪力墙开洞;结构优化布置

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17205

中图分类号: TU318

文献标识码: A

Application of Shear Wall Structure in High-rise Residential Buildings

TANG Huayue

China Academy of Building Research Co., Ltd., Beijing, 100013, China

Abstract: In recent decades, in order to meet the needs of the people's livelihood, high-rise residential buildings have been widely used in large, medium, and small cities across the country. high-rise buildings have the advantages of saving land resources, efficiently utilizing land use space, facilitating residents' lives in urban core areas, and being convenient to use; As the most suitable structural form for high-rise residential buildings, shear wall structures are widely used in high-rise residential buildings.

Keywords: selection of high-rise building structures; opening holes in shear walls; structural optimization layout

引言

在全国近几十年的城市住宅建筑发展中,高层建筑本身具有占城市用地面积小,土地空间使用率高等特点,特别是在人口稠密的城市中,发挥着重要作用,解决广大人民居住的空间难题。高层住宅建筑各功能房间开间间距小或者适中,普遍墙体间距区间约为3~5m;各功能房间进深距离适中,普遍墙体间距区间约为4~7m,其中卧室空间布局相对紧凑,起居室布局相对大,有的南北两相邻房间连通。剪力墙结构根据自身的结构特色,具有抗震能力强,抗剪能效高等特点,在剪力墙的布置上,剪力墙同时能完全融进高层住宅建筑的各功能房间分隔墙体当中,可

纵横两方向布置,可选择的布置范围广,不占用房间净使用面积,不影响建筑住宅使用功能,充分满足人居需要。本文以黑龙江省哈尔滨市7度区某住宅小区单体26层高层住宅楼为例,在结构选型、剪力墙布置、剪力墙开洞、标准层结构梁的布置、结构楼板的布置等方面,进行分析总结,为相关类似工程提供经验。

1 工程概况

该新建高层住宅单体塔楼,位于哈尔滨市区内,建筑总高约75.3m, X方向建筑总长约38m, Y方向建筑总长约14.5m。建筑地上总层数为26层,地下两层地下室,屋顶局部有小机房突出屋面,平面布置图如图1所示。

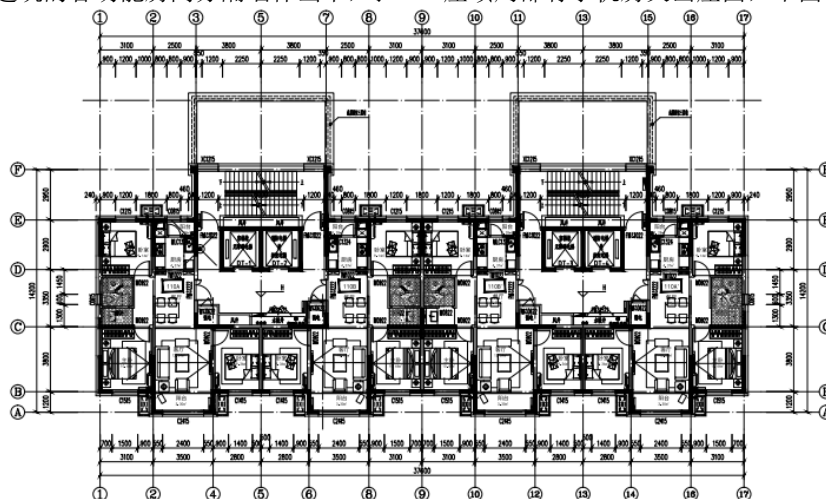


图1 建筑地上部分标准层平面布置图

2 建筑功能布局分析

从该建筑功能布局方面看,该建筑功能以居民日常居住为主,建筑布局分为左右两单元,左右两单元对称双拼布置,建筑地上标准层四梯四户,左右单元两户共用一个电梯前室和一个走道楼梯间,各户内布置有起居室、厨房、卧室、卫生间、生活阳台等房间,能满足各户居民的日常生活需要。左右单元对称轴 9 轴 Y 向墙体为两单元分隔墙,南北贯通,墙体封闭无开洞。

从居住功能采光通风方面看,左右两单元走道楼梯间刚好位于整体建筑的北侧,占据整个建筑的阴面,便于把整个建筑的东侧、西侧、南侧等通风朝阳的有利的空间让给户内起居室、卧室等居民长期居住空间使用,利于居住空间的日常采光,利于人的健康。在该建筑四户平面的南北两个方向的 X 向外墙,均南北对应布置有大开窗,这样就能形成穿堂对流自然风,便于室内居住环境的整体自然通风效果,有利于人的呼吸透气。建筑房间整体这样布局,就能满足居民日常居住的正常自然采光通风的效果。

从建筑人流交通运输方面看:

(1) 水平交通方面,左右两单元一楼北侧设置入户单元门厅,为整个建筑与外界的首个连通口,该左右入户单元门厅同时对应连通一楼左右走道楼梯间、电梯间前室和各户入户房间门厅,一楼平面实现室外与户内的有效连通。地上部分标准层左右两单元两电梯井与电梯间前室刚好位于左右两单元的中间位置,属于该建筑的平面核心位置,便于东西南北四个方向的人流交通的疏散。

(2) 垂直交通方面,一楼左右单元走道楼梯间、电梯间同时能直通地上和地下室。这样的交通布置,便于人行的日常交通疏散,和火灾情况下的消防救援的需要。

从室内各个功能房间分布面积看,南侧起居室的开间墙体间距为 3.5m,进深为 5.0m;南侧卧室的墙体间距为 3.1m,进深为 3.8m;北侧卧室的墙体间距为 3.1m,进深为 6.25m;北侧厨房的墙体间距为 2.5m,进深为 6.25m,户型布局精致。

综上所述,该建筑户型根据居住环境的实际使用需求进行布置,各方面功能合理布置,节约空间,充分发挥户型的最大优化合理配置。

3 结构选型分析

该建筑地上部分左右两单元连在一起,为两单元建筑结构双拼布置,建筑 X 方向总长 L 为 38m, Y 方向总长 Bmax 为 14.5m, Y 向中间部分 B 为 10.25m, Y 地上部分总高 H 约 75.3m。Y 方向北侧楼梯间局部突出长度 l 为 3.05m,楼梯间宽度 b 为 8m。

根据《高规》A 级高度钢筋混凝土高层建筑最大适用高度 7 度区剪力墙结构最大 120m 的限值规定,建筑地上总高 $H=75.3m < 120m$,满足规定。

根据《高规》3.3.2 钢筋混凝土高层建筑结构适用的最大高宽比的规定,建筑高宽比 $H/B=75.3/14.5=5.19 < 6$,

满足 7 度区剪力墙结构最大高宽比的规定。

根据《高规》3.4.1 的结构平面布置的规定,7 度区 $L/B=38/10.25=3.70 < 6$; $l/b=3.05/8=0.38 > 2$; $l/B_{max}=3.05/14.5=0.21 < 0.35$ 有一项结构平面凹凸不规则。

上部标准层房间分隔墙体间距小或者适中,分布在 3~4m 范围内,纵横两个方向每个房间位置均整齐布置有房间分隔墙,非常有利于剪力墙肢的布置,整个建筑标准层的外圈墙体均整齐分布并开有窗洞,也非常有利于剪力墙肢的布置,高度适中,并能充分发挥剪力墙结构的抗震抗剪作用,所以该建筑结构形式选型为剪力墙结构。

经过结构试算,假定将嵌固端设置为正负零层,地下负一层侧向刚度比首层刚度比不满足 2:1 的要求,所以将该建筑嵌固端设置为基础顶,根据《高规》7.1.4 的规定,选择基础顶至四层为底部加强部位,首层至四层高度为 $11.7m > 1/10H=7.53m$,满足规范对底部加强区高度的要求,约束边缘构件范围设置楼层为基础顶至五层。

3.1 结构参数设置

根据《建筑抗震设计规范》《建筑地基基础设计规范》《建筑结构荷载规范》《混凝土结构设计规范》《高层建筑混凝土结构技术规程》《混凝土结构通用规范》《建筑与市政地基基础通用规范》等,本工程抗震设防烈度为 7 度 0.10g,抗震设防地震分组为第一组,场地类别为三类场地,为丙类建筑,剪力墙抗震等级为三级,抗震构造措施抗震等级不改变。该建筑基本风压为 $0.55KN/m^2$,该建筑高度超过 60m,修正后基本风压为 $0.605KN/m^2$ 。经过结构试算,该结构首层嵌固不满足,结构嵌固端选取为基础顶,首层结构板厚度选择为 180mm 厚。

本工程选择 PKPM 结构计算软件进行结构建模计算分析,参数设置及结构模型如图 2~4 所示:

3.2 结构设计布局分析

结合该建筑的功能特点结构设计布局分析如下:

钢筋级别,根据现阶段市场应用需求、该建筑的结构特点与结构模型试算,梁钢筋级别、板钢筋级别、墙柱钢筋级别统一选择为 HRB400 三级钢。

混凝土强度等级,根据现阶段市场实际混凝土的应用情况,结合该建筑结构的实际特点与结构模型试算,选择基础顶至五层墙柱混凝土强度等级为 C50,选择六层至十二层墙柱混凝土强度等级为 C45,选择十三层至十九层墙柱混凝土强度等级为 C40,选择二十层至顶层与机房层墙柱混凝土强度等级为 C30;选择全楼梁混凝土强度等级为 C30,选择全楼板强度等级为 C30。

根据当地地勘资料,经过结构试算,该建筑结构基础形式选择设置为筏板基础,筏板基础厚度设置为 1200mm,筏板顶标高为 -6.370m。基础筏板混凝土强度等级选择 C40 混凝土,抗渗等级选择为 P8,板底混凝土保护层厚度为 50mm。

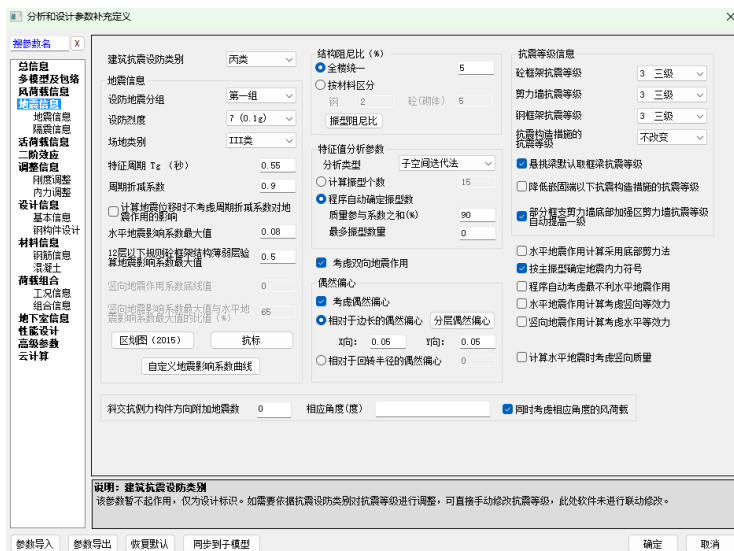


图2 PKPM 结构模型参数设置

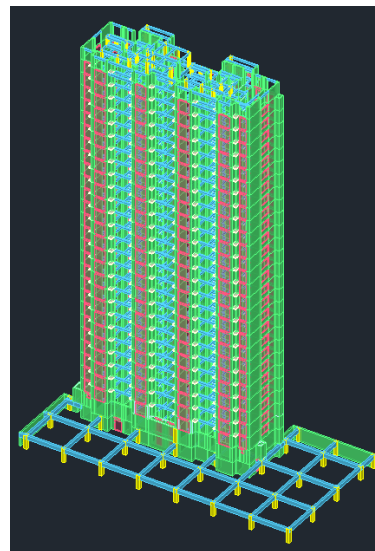


图3 PKPM 结构模型

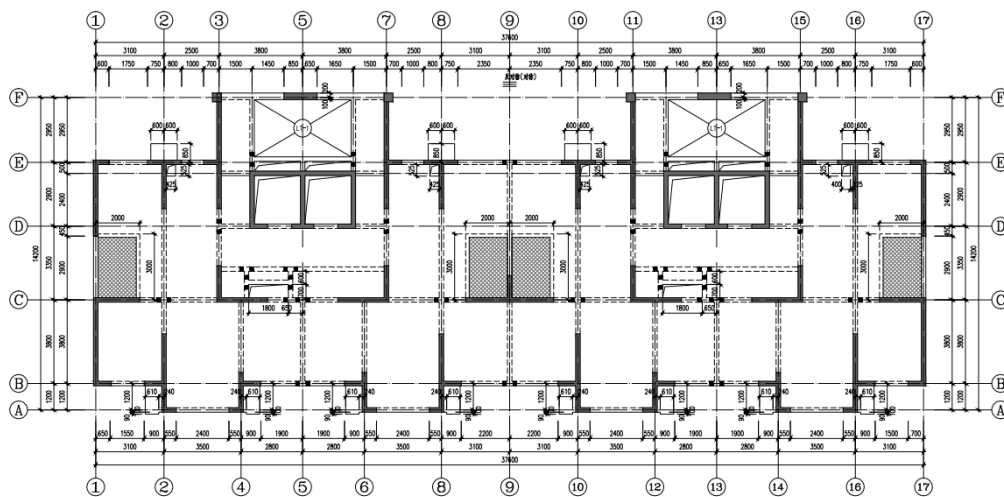


图4 地上部分标准层结构平面布置图

该工程±0.000=143.450m，抗浮设防水位为绝对标高：139.000m。

楼层层高，该建筑地下室负二层层高为 3.020m，地下室负一层层高为 3.250m，首层至二十六层高均为 2.9m，突出屋面小机房局部为 4.25m。

3.3 竖向承重构件的设置：剪力墙、柱

(1) 电梯间属于垂直交通位置，结构安全性非常重要，选择在左右两单元四个电梯间的位置，满布 200mm 厚的剪力墙墙体，每层留出有四个门洞的位置，墙体上下贯通，从地下室基础筏板顶部一直延伸至屋顶，该电梯间整体性的墙体，既保障了电梯间的结构安全牢固性，同时也作为整体建筑的主骨架，对整体结构抗震抗剪也是非常有利的。

(2) 北侧左右楼梯间属于垂直交通、行人上下日常通行的走道，安全性同样非常重要，在遭受火灾影响时，

走道楼梯间属于居民安全紧急疏散的重要逃生通道，同时也是消防救援人员火灾现场救援的重要通道，该走道能直通布置在每层单元内走道隔墙上的消火栓，此处结构应当加强。

在该建筑结构平面布局中，左右楼梯间局部突出整个建筑平面，属于平面凹凸不规则的位置，在抗震方面，此处因为地震力的作用，属于建筑结构薄弱部位，此处结构也应当加强。

所以选择在左右楼梯间的左右两侧临空 Y 向墙体位置，通长满布 200mm 厚长肢剪力墙实墙，此处剪力墙上下不开洞，在此处剪力墙北侧端部设置 400mmx400mm 端柱，同时在此处剪力墙南侧 E 轴 X 向留有部分墙肢，以加强此处剪力墙的整体安全性，此处通长剪力墙、端柱与局部短向墙肢上下连贯贯通成为整体，从地下室底板一直延伸到屋顶，作为整个建筑的主骨架之一，以加强建筑

整体的安全性。在楼梯间的 X 方向外墙位置,因为有人行出入通道的功能需要,导致楼梯间外侧框架梁过长,这对整体结构是不利的,所以在不影响建筑走道疏散的前提下,选择在两楼梯间外侧墙体中部位置,设置局部短肢剪力墙实墙,该剪力墙实墙,从地下室基础筏板顶部一直延伸到屋顶,上下贯通,以分担因为楼梯间外侧框架梁过长的不利影响,同时协调平衡楼梯间位置处的 Y 向墙体与 X 向墙体刚度分配不均匀的问题,对结构安全性与结构整体抗震、抗扭转都是有利的。该处墙为一字墙,所以,在底部加强区的,一直三层,该墙设置为 350mm 厚,在上部的标准层,设置为 200mm 厚。

(3) 在整体建筑结构中,四个角的位置,属于整体建筑结构四个边界 X 向与 Y 向交叉突出的位置,四个角的边界临空,此处受到的地震力作用影响大,同样是结构关键薄弱部位,所以此处的结构布置应当加强。选择结构标准层北侧左右两侧边角处设置 L 形的剪力墙,在北侧左右两侧 Y 向边墙设长肢剪力墙实墙,沿此处墙垂直 X 向窗洞边设置短肢剪力墙实墙, Y 向与 X 向形成沿 Y 向的 L 形剪力墙,避免成为一字墙。该 L 形墙上下贯通,从地下室顶板延伸至屋顶,作为整体建筑结构的主骨架,对结构安全性、结构抗震抗剪均有利。

(4) 在上部结构标准层,外墙窗边墙与中间房间隔墙交接处均匀布置 T 形长肢剪力墙,东西方向均匀布置,南北方向同时布置,南北 Y 向剪力墙墙肢尽量分布在同一轴线上,室内剪力墙之间有效形成对偶的关系,这样传递在剪力墙与剪力墙之间的地震力能连贯,从整体上加强全楼的结构刚度,发挥剪力墙抗震抗剪的最大优势。地上部分室内南北 T 形与 L 形布置 200mm 厚剪力墙,剪力墙从地下室基础筏板底一直延伸至屋顶,上下贯通连续,作为整体建筑的主骨架。

(5) 根据结构计算,和地下室外墙挡土的需要,该建筑结构底部加强区部分局部剪力墙墙厚有变化,其中,左右两侧北部楼梯间中间短肢墙地下负二层至二层为 350mm 厚,三层至屋顶层为 300mm 厚;地下室负二层、地下室负一层外墙均为 300mm 厚,其中北侧楼梯间地下室外墙为 350mm 厚。

地上部结构所有剪力墙厚度均为 200mm 厚,剪力墙位置与墙厚的设置原则,保证剪力墙墙肢相同位置下面楼层墙肢长度与墙厚 $\geq$ 上面楼层墙肢长度与墙厚。

剪力墙开洞,各楼层剪力墙洞口位置应上下对齐。

3.4 水平承重构件的设置:梁

(1) 地上部分外周圈梁截面的设置,根据建筑外周圈窗洞高度的实际尺寸,建筑净高的要求,结合结构计算的实际需要,外周圈梁截面高度选择为 400mm 等截面尺

寸,周圈梁宽同周圈墙宽。

(2) 地上部分标准层室内梁截面的设置,根据该建筑日常使用功能楼层净高的需要,和建筑平面楼板局部开洞的需要,结合结构实际计算的需要,地上部分标准层室内梁截面高度设置为 400mm、500mm 等,梁宽同室内墙宽,基本满足建筑净高的使用要求。

(3) 地上部分墙体连梁的截面设置,根据建筑外周圈门窗洞口的高度需要,结合结构计算的实际需要,连梁高度尺寸有 400mm、700mm 等,基本符合建筑的使用需要。

(4) 地下负一层顶梁、地下负二层顶梁截面尺寸,根据建筑日常使用功能楼层净高的需要,建筑楼板平面局部开洞的需要,梁截面高度设置为 400mm、500mm 等,基本满足建筑的使用功能。

3.5 水平承重构件的设置:板

(1) 地上标准层楼板,根据建筑隔功能房间的实际面积、分隔墙的间距,控制在 3~4m 内,房间内板厚设置为 100mm,局部板设置为 130mm;结合电梯间前室的管线的铺设的需求,同时结合楼层平面内实际情况,电梯井道位置、楼梯间位置属于大开洞,对整层楼板有刚度局部削弱,将电梯间前室楼板设置为 150mm 厚,将临近电梯井、楼梯间的局部板厚设置为 120mm 厚,以满足板承载力计算、挠度计算、裂缝计算与管线架设的实际需要。

(2) 地下室顶板,整层楼板厚度设置为 180mm 厚。

(3) 地下室负一层楼板,因为考虑有库房、机房等的建筑实际功能需求,楼板厚度局部设置为 160mm 厚等。

3.6 楼梯间楼梯板设置

该建筑楼梯间处楼梯板,根据结构计算需要和楼梯走道净高的需要,梯板厚度选择为 150mm 厚。为了结构构造的安全需要,地上部分标准层梯板分布钢筋同时锚固进北侧楼梯间外周短肢墙体内,以达到楼梯间楼梯板与结构墙连接更加稳固的效果。

4 结构计算指标汇总

根据 pkpm 结构建模, satwe 分析计算,各项指标汇总如表 1 所示:

振形分析,其中第一周期为平动,以 Y 向振动为主为 2.1035s;第二周期为平动,以 X 向振动为主,为 1.9646s,第三周期为扭转阵型,为 1.2815s, $T_3/T_1=0.61<0.9$,满足《抗规》3.4.5 的要求。

楼层位移角, X 方向控制在 $1/1536<1/1000$, Y 向控制在 $1/14141<1/1000$,其中地震作用起控制作用。楼层最大位移/平均位移控制在 1.22 以内。

综上所述,其他各项计算指标均满足建筑结构规范的要求。

表 1 PKPM 结构建模分析 SATWE 计算, 各项指标汇总表

计算结果		计算值		规范（规程）限值	判别		备注
结构总质量（t）		28483.74					
质量比		1.31		<1.5	满足		
楼层抗剪承载力与相邻上一层比值的最小值		X	1.00	≥0.8	满足		27 层 1 塔
		Y	0.99		满足		4 层 1 塔
楼层剪力/层间位移刚度比（强刚）	与相邻上一层侧向刚度的 0.7 倍或相邻上三层平均值的 0.8 的比值	X	1.00	≥1.00	满足		29 层 1 塔
		Y	1.00		满足		29 层 1 塔
	考虑层高修正后，与相邻上一层侧向刚度的比值	X	1.00	≥1.00	满足		29 层 1 塔
		Y	1.00	≥1.00	满足		29 层 1 塔
有效质量系数		X	91.54%	>90%	满足		
		Y	90.54%		满足		
地震底部剪重比	调整前	X	2.15%	≥1.60%	满足		3 层 1 塔
		Y	2.26%	≥1.60%	满足		3 层 1 塔
结构自振周期【强刚】（s）		T1	2.1035(Y)	T3/T1=0.61≤0.9	满足		
		T2	1.9646(X)				
		T3	1.2815(T)				
水平力作用下的楼层层间最大位移与层高之比（△u/h）（强刚）	地震	X	1/1536	<1/1000	满足		14 层 1 塔
		Y	1/1411	<1/1000	满足		19 层 1 塔
	风荷载	X	1/5461	<1/1000	满足		14 层 1 塔
		Y	1/1697	<1/1000	满足		17 层 1 塔
地震力作用下（偶然偏心）塔楼扭转参数（强刚）	最大位移/平均位移	X	1.14	<1.5	满足		28 层 1 塔
		Y	1.22	<1.5	满足		3 层 1 塔
	最大层间位移/层间平均位移	X	1.46	<1.5	满足		29 层 1 塔
		Y	1.42	<1.5	满足		29 层 1 塔

[参考文献]

[1]吴德安.《混凝土结构计算手册》(第三版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2002.

[2]国振喜.《高层建筑混凝土结构设计手册》[M].北京:中国建筑工业出版社,2012.

[3]王文栋.《混凝土结构构造手册》(第五版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2003.

作者简介:唐华岳(1988—),男,民族:汉,学历:本科,职称:建筑工程工程师中级,研究方向:结构工程。

浅析建筑工程地基基础检测的重要性和关键技术

李云鹏

衡水市建设工程质量检测中心有限责任公司，河北 衡水 053000

[摘要]随着我国社会经济持续快速发展，建筑工程任务量不断增加，要确保工程质量达标，需严格把控每个施工环节，保障施工全过程安全稳定，地基基础是建筑工程的关键部分，其质量直接影响整体工程稳固性与使用寿命，扎实做好地基基础工作可有效保障后续施工质量与建筑安全，所以加强地基基础检测工作意义重大，科学合理运用相关检测技术十分必要。

[关键词]建筑工程；地基基础；地基检测；重要性；关键技术

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17257

中图分类号: TU4

文献标识码: A

The Importance and Key Technologies of Foundation Testing in Construction Engineering

LI Yunpeng

Hengshui Construction Engineering Quality Testing Center Co., Ltd., Hengshui, Hebei, 053000, China

Abstract: With the sustained and rapid development of Chinese social economy, the workload of construction projects continues to increase. In order to ensure that the engineering quality meets the standards, it is necessary to strictly control each construction link and ensure the safety and stability of the entire construction process. The foundation is a key part of the construction project, and its quality directly affects the overall stability and service life of the project. Solidly doing a good job in foundation work can effectively ensure the quality of subsequent construction and building safety. Therefore, strengthening foundation testing work is of great significance, and it is necessary to scientifically and reasonably apply relevant testing technologies.

Keywords: construction engineering; ground foundation; foundation testing; importance; key technology

引言

随着建筑行业持续快速发展以及工程规模逐步扩大，地基基础作为建筑结构极为关键的承载单元，其安全性与可靠性会直接对整个建筑物的稳定性以及使用寿命产生影响。地基基础存在的质量问题通常较为隐蔽且情况复杂，要是出现异常沉降、裂缝或者遭到破坏等情况，那么极有可能致使结构性能大幅度降低，甚至还可能引发安全事故，进而造成数额巨大的经济损失以及广泛的社会影响。所以，科学且系统地开展地基基础检测工作，精准掌握地基土层的物理力学性质、承载能力还有施工质量状况，已然成为保障建筑工程安全的重要环节所在。随着现代工程技术不断取得进展，传统的检测方法已经很难满足日益变得复杂且多变的工程需求了。像荷载试验、高应变法、低应变反射波检测以及钻芯检测技术等多种先进的检测技术，正逐渐被广泛应用于实际当中并且还在不断地得到优化，这些技术给地基基础检测带来了更为高效、更为精确的技术手段。与此检测技术的综合运用不但提高了检测工作的科学性以及实用性，而且还为设计优化、施工控制以及后期维护等方面给予了扎实的数据支撑。本文将深入剖析建筑工程地基基础检测的重要意义，全面梳理关键检测技术及其所具备的优势，并且还会对提升检测效果的相关举措展开分析，其目的在于为提高建筑工程质量保障的水平以及推动工程安全管理的进步给予理论方面的依据以及技

术层面的指导。

1 建筑工程地基基础检测的重要性

1.1 保障工程项目质量安全

建筑工程地基基础检测有着不容忽视的重要意义，其中最为关键之处就在于能够切实保障工程项目在质量以及安全层面的表现。地基属于建筑物最为基础的承重部位，其具备的承载力以及所呈现的稳定性这两方面情况，会直接影响到整个建筑结构所具有的安全性以及可靠性程度。倘若地基存在着诸如软弱层、空洞、裂隙或者其他表现出不均匀性的各类问题，并且还未能能在施工正式开始之前或者是在施工正在进行的过程当中被及时察觉到并加以妥善处理的话，那么极有可能引发地基出现沉降且不均匀、发生开裂等情况，甚至还会导致地基出现整体倾斜乃至坍塌等一系列极为严重的安全事故。所以说，借助科学且合理的地基基础检测相关技术，针对地基土的物理力学方面的性质、其所具有的承载能力以及结构的完整性等不同维度展开全面且细致的评估工作，这无疑构成了确保建筑物能够在其整个生命周期里都能够安全且稳定地运行的一项基础性保障措施。只有在能够精准掌握地基实际真实状况的前提之下，设计单位才能够提出较为合理的基础设计方案，施工单位也能够依据检测所得的数据来开展施工控制方面的相关工作，进而最终达成对工程质量以及安全实施有效把控的目的。

1.2 降低后期投资风险

地基基础检测于建筑工程而言,其重要性不言而喻,一方面关乎结构安全,另一方面能有效助力降低后期投资风险。要是施工伊始便没有针对地基状况展开科学且全面的检测工作,那么极有可能会因为存在诸如地基承载力不够、土质分布不均或者地下水位出现变动等一系列问题,致使建筑在投入使用之后产生沉降、裂缝以及变形等结构性病害情况^[1]。如此一来,不但会对建筑的使用功能造成影响,而且往往还得耗费大量资金去做修复加固方面的处理事宜。在严重的情形之下,甚至需要部分拆除而后重新建设,进而酿成极为可观的经济损失。除此之外,这类质量问题还有可能诱发法律方面的纠纷以及信誉层面的风险,对投资方以及施工单位的形象及其后续的发展进程都会产生不利的影响。

1.3 延长建筑使用寿命

在建筑工程当中去开展地基基础检测,这可是有着十分重要意义的一项工作,它对于延长建筑物的使用寿命而言极为关键。地基作为承载整个建筑荷载的根基所在,其具体的质量状况会直接对上部结构的稳定性以及耐久性起到决定性的作用。借助系统的地基基础检测手段,便能够较为完整且细致地了解土层的具体分布情况、承载力的实际状况、地下水位的高低变化以及有可能存在的各类隐患,进而为后续的设计环节以及施工过程给予科学且合理的依据,防止因存在地基方面的问题而致使建筑物出现不均匀沉降的情况、结构发生变形的现象以及裂缝等这些会对寿命产生影响的质量缺陷。只有在准确的检测数据作为基础的前提下,才能够实现合理且有效的地基设计与施工,如此一来,便有助于提升建筑的抗震能力以及长期的稳定性,同时还能降低在使用期间的维护频次以及修复所需的成本。

2 建筑工程地基基础检测技术

2.1 荷载试验技术

荷载试验技术算得上是建筑工程地基基础检测领域里运用得极为直接且成效显著的方法之一,它主要用于评定地基或者基础结构处在实际荷载作用之下的承载能力以及变形性能。此技术的操作方式是,在地基或者桩基之上施加那种能模拟实际使用工况的荷载,与此要实时对它的沉降量还有变形响应展开监测,进而凭借这些来判定其是不是符合设计方面的要求以及安全使用的相关标准。荷载试验通常来讲可以划分成静载试验以及动载试验这两种类型,其中,静载试验是通过一步步逐级加载的方式,并且将沉降变化曲线给记录下来,如此一来便能够较为直观地呈现出地基承载力的极限状况以及变形方面的特性;而动载试验则是借助动态激振装置来实现快速加载,这种方法比较适用于那些工程进度比较紧张或者对于效率有着较高要求的项目。这项技术所具备的优点就在于,其试验得出的结果拥有着相当高的真实性和可靠性,可以切实

有效地将地基在实际使用状态之下的受力性能给揭示出来,从而为后续的设计优化工作、施工方面的调整事宜以及质量验收环节都给予科学层面的依据。尤其是在高层建筑、大型厂房以及重要基础设施建设这样的场合当中,荷载试验技术称得上是确保地基稳定性以及工程安全的一项必不可少的关键手段。

2.2 高应变法

高应变法乃是建筑工程里常用的一种针对桩基承载力展开检测的动力测试技术。其具体原理在于借助在桩顶施加极为强烈的冲击力(一般会选用重锤自由落体撞击的方式),以此来促使桩体激发出大幅值的应力波,并且依靠安装于桩顶的应变计以及加速度计同步对桩顶的应力还有加速度响应信号予以采集。接着再运用波动理论以及信号处理相关方法来对所采集到的数据展开分析,进而获取桩基的轴向承载力以及其力学响应特性方面的信息。高应变法有着测试速度较快、对施工的干扰相对较小以及适用范围较为广泛等诸多优点,特别适宜于大批量桩基检测工作以及那些施工进度比较紧张的工程项目。相较于静载试验而言,高应变法显得更为经济且高效,虽说它的精度略微有所欠缺,然而在综合考虑桩身完整性分析以及经验校准等情况的基础之上,依旧能够给出具备可靠性的工程评估依据^[2]。这种方法还能够在施工过程之中针对可疑桩或者异常桩实现快速的筛查与定位操作,从而为及时察觉并妥善处理施工方面出现的质量问题给予相应的技术支撑,称得上是当下建筑地基基础检测环节当中极为重要的一项技术手段。

2.3 低应变反射波检测技术

低应变反射波检测技术属于一种用来评估桩基完整程度以及桩身是否存在缺陷的非破坏性检测办法,在建筑工程地基基础的质量控制以及验收阶段有着广泛的运用。此技术的基本原理在于通过在桩顶给予一个幅度较小的激振信号(比如用轻锤进行敲击),以此引发桩体内部产生纵波的传播现象,而当波碰到桩身缺陷、断面出现变化或者桩端反射面的时候,就会有反射信号产生,凭借安装在桩顶的速度传感器又或者是加速度传感器来接收这些反射波信号,再依靠专用的分析软件针对波形图展开相应的处理以及解释工作,进而对桩身的完整性状况做出判断。低应变反射波技术具备操作较为简便、检测效率颇高、成本相对较低、不会造成损伤等诸多优点,特别适合在施工后期针对大量常规桩基础开展质量筛查相关事宜。虽说该方法对于严重缺陷的识别能力是比较强的,然而其对于深部或者轻微缺陷的检测灵敏度相对来说是存在一定局限性的,所以一般将其当作初步筛查的手段来使用,在有必要的情况下会联合高应变法或者钻芯法进一步加以验证。

2.4 声波透视法

声波透视法具有显著的检测优势,因其检测范围广、

操作简便且能够实现细致且准确的检测,因而被广泛应用于大型建筑工程,尤其是在混凝土施工作业中。该技术的关键在于声测管的埋设是否严格按照规范要求进行,这直接影响到建筑基桩检测数据的准确性。必须确保声测管水平安放且上下部绑扎牢固,只有这样才能保证检测信号的有效接收和传输,从而确保基桩检测结果的可靠性和精确性。

2.5 钻芯检测技术

钻芯检测技术属于一种能够直接获取地基或者桩身内部结构信息的关键方法,在建筑工程地基基础检测领域有着广泛的应用,其主要用途在于评估桩基或者混凝土结构的完整性、强度等级以及缺陷分布的具体情况。此技术借助专用钻机在被检测的对象之上钻取出具有代表性的混凝土芯样,随后针对芯样展开目测方面的分析以及实验室物理力学性能相关的试验,像是抗压强度测试、密实度分析、裂缝观察等等,进而精准地判断出结构内部材料的质量实际状况以及缺陷的具体类型。钻芯法具备直观、准确且可信度较高的诸多优点,是当下被公认为最为可靠的混凝土强度与完整性检测手段之一,特别适合于针对可疑桩、存在质量争议的桩或者是需要进行精确评估的关键部位开展更为细致的检测工作^[3]。不过由于其操作流程带有一定程度的破坏性,施工所花费的周期相对较长,并且成本也相对偏高,所以通常不会用于大面积的普查活动,而是当作其他检测手段(比如低应变法或者声波透视法)发现异常情况之后的验证方式来使用。

3 提高地基基础检测技术效果的相关措施

3.1 制定科学全面的检测方案

制定科学且较为周全的检测方案,这无疑是提升地基基础检测技术实际效果的一项关键举措。一份合理的检测方案,务必要充分考量工程所具有的具体特性、所处的地质状况、采用的施工工艺以及设定的检测目标等方面的情况。要科学地去挑选检测方法及相关技术手段,并且要合理地安排检测的时间以及各个时间节点,以此来保证检测整个过程具备系统性以及较强的针对性。与此该方案还应当清晰明确检测所涉及的范围、具体包含的内容以及相应技术指标等内容,要制定出详尽的操作规范以及数据处理的具体流程,从而切实保障检测数据能够保有准确性以及可靠性。除此之外,在制定方案的时候,需要将现有的技术标准与规范综合起来加以考虑,全面兼顾经济方面的因素以及实际操作的可能性,确保在达成质量安全方面的要求这一前提之下,尽可能充分地提升检测工作的效率以及实际效果。

3.2 加强对检测人员的监管

强化对检测人员的监管,可为提升地基基础检测技术成效给予关键保障。检测人员身为技术施行的主体,其专业素质以及操作规范会直接对检测结果的准确性与可靠性产生影响。所以要构建严格的人员资格审查及培训制度,保证检测人员拥有必备的专业知识与实践经验。施工单位

和监理单位需强化现场管理,规范检测流程,杜绝违规操作与数据造假行为,确保每一步检测工作依照既定方案和技术规范来执行^[4]。借助引入考核机制与责任追究制度,可激励检测人员维持较高的职业操守与责任感。并且能够利用现代信息技术手段,达成检测过程的实时监控与数据追踪,提高监管的透明度与效率。

3.3 做好安全防护

做好安全防护工作,这是保障地基基础检测工作能够顺利推进以及提升检测技术成效的关键环节。在地基检测进程当中,检测人员往往会碰到施工现场那种复杂的环境状况以及存在的潜在安全风险,像高空作业的情况、机械设备的操作环节、深基坑作业的情形还有电气设备的使用等方面,要是安全防护举措没有落实到位,那极有可能会出人身伤害方面的事故,进而对检测工作的进度以及所获取数据的质量都会产生影响。所以,得严格依照相关的安全管理制度来执行,要准备好相应的个人防护装备,像是安全帽、安全带、防护手套这类的,并且要针对检测现场去做风险评估,制定出详尽的安全操作规程以及应急预案。与此还得强化对检测人员的安全培训以及现场的安全监督工作,要保证所有相关人员都清楚知晓安全方面的注意事项以及应急处理的具体流程,坚决防止出现违章作业的行为。

4 结语

地基基础检测于建筑工程而言,有着无可取代的重要意义,其不但是保障工程质量以及安全的关键环节,而且还是降低后续风险、让建筑使用寿命得以延长的重要举措。伴随建筑规模持续扩大,技术要求也在不断提高,在此情形下,运用科学且合理的检测技术,像荷载试验、高应变法、低应变反射波检测还有钻芯检测等等,可切实提高检测的精准度与可靠性。并且,通过制订完备的检测方案,强化对检测人员的管理,同时严格执行各项安全防护措施,能够进一步提升检测工作的整体水准。在未来,随着检测技术不断取得进展,其应用也日益深化,地基基础检测必定会在保障建筑工程安全、提升工程质量以及推动行业实现可持续发展等方面,发挥出更为重要的作用。

【参考文献】

- [1]林广平.建筑工程地基基础检测的重要性和关键技术[J].中华建设,2025(1):171-173.
- [2]崔迪,吴子俊.建筑工程地基基础检测的重要性和关键技术[J].建筑技术开发,2020,47(21):142-143.
- [3]叶剑峰.建筑工程地基基础检测的重要性和关键技术[J].城市建设理论研究(电子版),2023(17):102-104.
- [4]吴庆峰.建筑工程地基基础检测的重要性和关键技术[J].居舍,2019(19):41.

作者简介:李云鹏(1988.8—),男,学历:本科,毕业院校:燕山大学,所学专业:土木工程,目前职称:中级工程师。

建筑材料碳化深度检测技术与耐久性评估关系研究

赵 伟

芜湖科欣建设工程检测有限责任公司, 安徽 芜湖 241100

[摘要]在长期服役期间, 建筑材料容易被二氧化碳侵蚀从而引发碳化反应致使碱度下降、钢筋保护性能被削弱, 进而结构耐久性受到严重影响, 而碳化深度是衡量材料劣化程度的重要指标, 精准检测它对寿命预测和性能评估很关键, 常用技术有酚酞显色法、激光雷达扫描、X 射线衍射和智能图像识别等且各有适用范围与精度优势, 量化碳化扩展规律就能构建基于扩散理论的耐久性预测模型, 给建筑结构安全性监测和维护管理提供数据支撑。

[关键词]建筑材料; 碳化深度; 检测技术; 耐久性评估; 寿命预测

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17251

中图分类号: TU375

文献标识码: A

Research on the Relationship between Carbonization Depth Testing Technology and Durability Evaluation of Building Materials

ZHAO Wei

Wuhu Kexin Construction Engineering Testing Co., Ltd., Wuhu, Anhui, 241100, China

Abstract: During long-term service, building materials are easily corroded by carbon dioxide, leading to carbonization reactions and a decrease in alkalinity, weakening of steel protection performance, and serious impact on structural durability. Carbonization depth is an important indicator to measure the degree of material degradation, and accurate detection is crucial for life prediction and performance evaluation. Common technologies include phenolphthalein colorimetric method, laser radar scanning, X-ray diffraction, and intelligent image recognition, each with its own scope of application and accuracy advantages. Quantifying the expansion law of carbonization can construct a durability prediction model based on diffusion theory, providing data support for building structural safety monitoring and maintenance management.

Keywords: building materials; depth of carbonization; testing technology; durability assessment; prediction

引言

城市建设规模不断扩大使得建筑物服役年限延长, 对材料性能有了更高要求。碳化是影响建筑材料耐久性的关键因素, 常使钢筋锈蚀、结构削弱、制约工程寿命, 是重要隐患, 如何精准掌握碳化发展程度并有效评估其对耐久性的影响, 成了材料性能研究和结构维护的热点课题。多种先进检测手段与碳化深度和寿命预测的关联有望为建筑结构安全管理提供科学支撑。

1 建筑材料碳化机理及影响因素

1.1 碳化反应基本原理

建筑材料使用时暴露在大气环境里, 二氧化碳从空气中慢慢渗进混凝土等材料孔隙并和氢氧化钙起化学反应生成碳酸钙且释放出水分, 这使得材料内部碱性慢慢降低, 钢筋所处环境的钝化膜被破坏而容易锈蚀, 这是建筑结构耐久性下降的根源。

碳化过程不只是化学反应的产物, 物理扩散机制也对其有着很大的支配作用, 二氧化碳以气体扩散的方式进到材料内部并顺着孔隙路径转移, 碳化带形成的速度与范围直接受其渗透深度的影响, 材料孔隙率、水胶比越高, 渗透性就越强, 碳化反应也就越剧烈, 结构紧密性在碳化反

应里起着决定性的作用。

碳化过程中 pH 值的变化会直接影响钢筋腐蚀阈值, 尤其 pH 值降到 9 以下时钢筋表面钝化膜被破坏而加速后续锈蚀过程, 并且碳化深度能反映材料的老化程度并直接决定剩余服役寿命长短。

1.2 碳化影响因素分析

碳化发展受环境因素影响十分明显, 尤其是温度、湿度与 CO₂ 浓度的综合作用。环境湿度处于 50%~70% 之间时碳化速率最快, 材料孔隙里水够多能促进化学反应且又没饱和到妨碍气体扩散。高温且通风好的环境有助于 CO₂ 渗透, 碳化进程也会因此加快。

材料自身特性对碳化行为也有重要影响, 水胶比高时材料孔隙率会增大从而使碳化通道更畅通, 矿物掺合料如粉煤灰、矿渣微粉等的掺入会使水化产物组成和孔结构改变, 这对碳化过程或许有促进作用或许有一定抑制作用, 高性能混凝土的使用能有效提高密实性让碳化进程减缓。

材料早期组织结构的形成被施工和养护质量决定性地影响, 浇筑后养护要是不充分, 表面会快速失水, 微裂纹和毛细孔通道就会形成, 这给二氧化碳早期渗透提供了方便, 而且结构构造里保护层厚度不足的话, 碳化也更容易

易到达钢筋区域,这会让腐蚀风险增大,结构寿命缩短。

2 碳化深度检测技术分类与比较

2.1 物理化学方法

目前,物理化学检测法是碳化深度初级检测手段里应用最广的,酚酞试剂喷洒法操作简单、成本低,因此在实验室和施工现场被广泛运用,检测的时候,把试剂喷在混凝土新鲜断面上,靠颜色变化来判断碳化与未碳化区域的界限,一般来说,紫红色意味着未碳化,失色或者灰白色表明已碳化,直观识别性挺好。

从混凝土构件取样在实验室用标准溶液测定 pH 值的酸碱滴定法能判断碳化区域与非碳化区域界限,它比酚酞喷洒法精度更高,可弥补酚酞喷洒法在识别模糊区域的不足,碳化深度界面有争议时适合用它验证分析,但它操作流程麻烦,包含溶液配制、滴定反应、数值比对等环节,对试剂纯度、环境温度、操作规范要求都高,在施工现场难以大规模推广。

物理化学类检测手段门槛相对低且操作原理简单,但在实际应用时仍有一定局限性,在复杂结构和大体积构件里,滴定法高效检测能力不足且检测结果易受人为判断误差、试剂浓度波动、材料含水率等因素影响从而产生偏差,在实际工程里该方法更多作为参考手段与无损检测或者智能算法辅助技术一起使用,以使碳化深度判断更全面准确。

2.2 无损检测技术

ChatGPT 说:

无损检测技术有着对结构实体无损伤、检测效率高的特性,在役结构碳化监测中逐渐占据重要地位,而超声波法通过分析声波在混凝土里的传播速度和衰减状况,间接推断材料的密实程度与劣化程度,能有效捕捉碳化引发的物理性能变化,适用于大范围初筛和趋势分析。

碳化后的混凝土其孔隙里离子迁移能力下降且电导率发生变化,电阻率测量法就是利用这一特性来推断混凝土的碳化程度,潮湿环境下以及外露构件的检测尤其适用该方法;雷达探测技术靠发射高频电磁波来获取混凝土内部结构层次和界面反射信息,在识别碳化层厚度、裂缝位置以及保护层损伤等方面优势明显,在桥梁、隧道等复杂结构中的表现很突出。

X 射线衍射技术作为高精度检测手段,能深入识别混凝土里碳酸钙的形成状况以及物相演变,给碳化机制分析予以微观数据支撑,但这种技术一般要依靠大型设备和专业操作,检测成本高、周期长,受现场环境约束大,在一般工程项目里难以批量使用,更多是用在实验研究和重要结构检测上。

2.3 图像处理与智能算法辅助检测

人工智能和计算机视觉技术迅猛发展,碳化深度检测里图像处理与智能算法的应用也越来越成熟,高清摄像设备用来获取混凝土断面图像,再结合图像边缘识别、颜色

分割、灰度分析等图像处理技术就能快速区分碳化区域和未碳化区域,深度学习模型(像卷积神经网络 CNN)被引入后,在大数据训练的基础上能自动识别碳化特征,减少了人为干预造成的误差且提升了检测的客观性与一致性。

碳化表面特征不仅能被图像识别系统分类,而且图像识别系统还能结合像素深度信息、灰度分布特征生成碳化深度等值图谱,部分系统支持三维建模,通过结构光或者激光扫描获取构件断面空间形态从而实现碳化区域立体可视化展示,这种方法在大规模结构体的连续监测任务里特别适用,能快速处理大量图像数据,在复杂环境下也能保持较高的识别准确率和检测效率。

在此基础上,图像识别系统要是和无人机、智能机器人等巡检平台集成起来,就能实现高空、狭窄、危险区域的非接触式图像采集与自动判读,而借助边缘计算设备进行现场数据预处理、云端模型推理平台完成识别与诊断,这样就能达成碳化检测流程全过程自动化、智能化、可视化,极大提升建筑结构健康评估的科技含量和实际可操作性。

2.4 各技术适用性评估

在实际工程里要选择碳化检测技术需综合考虑工程规模、结构类型、检测目标、经济条件等因素,若为初步筛查或者教学演示则酚酞试剂喷洒法这种简单方法可用,其成本低效率高能快速得到碳化范围基本信息,而对于对耐久性要求高或者服役年限长的结构要获取详细数据便更多依靠雷达成像、X 射线衍射或者图像识别这种高精度技术了。

物理化学法和部分超声波检测操作复杂度低、技术门槛不高且设备便携,从操作复杂度与适用人群角度看,施工现场的一线检测人员常用这两种方法,而图像识别、X 衍射以及电磁成像类方法存在算法训练、仪器调试、结果分析等情况,需要有专业背景的技术人员来操作,科研单位、检测机构或者对结构安全性要求特别高的重点工程适合用这些方法。

未来,碳化检测会朝着多技术融合与智能集成的方向发展,常规构件能用低成本快速技术周期性初筛而异常数据或关键节点则需用精密仪器进一步复核,物联网、边缘计算和人工智能相结合构建基于实时监测和预测分析能让建筑材料耐久性风险实现动态感知与智能调控的全生命周期碳化管理体系。

3 碳化深度与建筑材料耐久性关系分析

3.1 碳化深度与钢筋锈蚀界限关系

混凝土结构中钢筋的耐久性直接受到碳化深度扩展的威胁,一般来说,钢筋保护层处于碱性环境(pH 值在 12.5)时能形成稳定的钝化膜从而抑制钢筋生锈,要是碳化深度达到或者超过保护层厚度,pH 值降到 9 以下,钝化膜就会被破坏,钢筋暴露在侵蚀环境里,很快发生氧化反应,形成锈蚀层。

钢筋锈蚀会使其截面尺寸被削弱且锈胀作用对混凝土产生劈裂应力,从而引发裂缝扩展、保护层剥落,导致结构承载力和耐久性明显下降。尤其在湿润-干燥交替或者 CO₂ 浓度较高的工业大气环境中,碳化速率提升,钢筋会提前发生腐蚀,如表 1 所示。

表 1 不同碳化深度与保护层厚度的对比关系直接决定结构的安全等级

项目	保护层厚度 /mm	实测碳化深度 /mm	是否达到腐蚀风险
混凝土柱构件 A	25	22	否
混凝土梁构件 B	30	32	是
墙体板块构件 C	20	20	临界

可见,碳化深度一旦逼近甚至超过保护层厚度,构件就会处于高风险锈蚀状态,这需要引起重视且维护干预措施也得跟上。

3.2 材料寿命预测模型构建

在碳化过程的研究里,人们广泛运用 Fick 第一扩散定律来描述 CO₂ 于混凝土中的扩散行为且碳化深度 $X(t)$ 常跟时间 t 的平方根成正比,表达式为:

$$X(t) = K \cdot \sqrt{t}$$

碳化系数为 K ,它和环境、材料密实度、水胶比等因素有着紧密联系,这一模型能用来预测碳化扩展的趋势还能预计到达钢筋的时间。

现场碳化深度监测数据与模型参数拟合一下就能反推出材料的剩余耐久年限,就像结构龄期 10 年时实测碳化深度 15mm,若给定预测碳化速率,大概 16 年时碳化就会穿透 25mm 的保护层,得在这之前安排防护加固或者表面处理。 $K = 5\text{mm}/\sqrt{\text{年}}$ 进一步,结构服役期健康监测系统集成可嵌入该模型以实现动态预测与风险预警功能,利用传感器持续采集的碳化相关环境数据(温湿度、CO₂ 浓度)实时调整碳化速率系数从而实现更精准的寿命估算。

3.3 耐久性评估体系中的碳化指标权重分析

综合耐久性评估体系里,碳化深度这一指标可量化且能直观反映材料老化程度,评估价值较高,和氯离子侵蚀、冻融破坏等其他影响因素比起来,碳化影响更普遍且在城市常态环境下也更易发生。

各类指标可通过构建多因素综合评价模型(像 AHP 法、模糊综合评价法之类的)被赋权分析,就拿典型混凝土结构耐久性指标体系来说,碳化深度、氯离子含量、渗透系数以及冻融损伤指数的权重比可能分别为 0.35、0.30、0.20、0.15,整体评估时碳化深度的主导地位从中得以反映。

结构维护策略制定时,常将碳化指标用作结构巡检优先级排序依据,碳化深度大的区域需优先进行表面阻碳涂层加固、喷洒碳化抑制剂等修复措施,以保证钢筋处于安全的碱性环境、延缓材料性能退化并提升全寿命周期里结构的可靠性和经济性。

4 碳化深度监测在耐久性管理中的实践意义

4.1 在役结构评估中的应用价值

在役建筑结构长期服役时易受环境因素影响,碳化作为最常见的劣化机制之一持续威胁结构性能,定期开展碳化深度检测能及时掌握混凝土保护层碳化扩展状态并明确是否逼近钢筋层,防止钢筋腐蚀导致结构破坏。

检测数据能让维护策略更具针对性,促使维护从“计划式”变为“状态式”,碳化深度没超警戒值时,表面密封、阻碳涂层这类经济型修复措施就能用上以延缓碳化发展,检测结果超保护层厚度了就得马上安排局部修补或者结构加固,防止钢筋锈蚀带来安全隐患。

若把碳化监测归入建筑资产管理系统,工程全生命周期内的经济性就能得到提升,因能精准掌握劣化趋势、合理安排养护周期和投入资源,避免盲目维修和过度干预,提升资源配置效率,使结构安全性与经济性统一起来。

4.2 与耐久性标准的融合路径

当前建筑耐久性设计大多以经验规范作基础而实际环境和服役状态的数据支持却很缺乏,碳化深度监测有力地补足了这一短板,碳化检测结果建议纳入《混凝土结构耐久性设计规范》《建筑结构检测标准》等国家或行业标准中作为强制验收或者定期评估的指标。

碳化允许深度、安全预警限值、加固干预阈值等技术参数被量化界定后结构安全评价就有了可操作性依据,设定不同服役年限阶段的碳化深度控制指标,像服役 10 年碳化深度不超 15mm、服役 20 年不超 22mm 之类的便可当作验收和检测的评价标准。

将碳化监测数据的记录制度化并利用历年检测数据构建数据库,就能对结构健康状况进行长期追踪和趋势分析,从而为政策制定、规范修订和行业标准完善提供支撑以提高建筑耐久性管理的系统性与科学性。

4.3 未来发展方向展望

建筑信息化和智能化水平提高使碳化深度监测向着自动化和数字化方向发展,未来能在关键结构部位设置智能传感器网络以实时监测混凝土湿度、温度、CO₂ 浓度等影响碳化的因子,且边缘计算可及时推算碳化进展从而构建在线预警机制。

碳化监测数据的远程采集与云端管理将通过物联网技术的应用得以实现,大量监测数据上传之后能借助大数据分析挖掘出碳化发展的区域规律、季节性趋势等,从而为不同地区、不同结构形式的碳化控制提供精准模型和决策依据。

多源检测手段的融合建模成为发展重点,将图像识别、X 射线、电阻率和传感器数据相结合构建多模态碳化分析模型以提高预测精度和鲁棒性,利用人工智能技术进行建模训练就能实现个性化、结构级别的碳化寿命预测,这有助于建筑行业迈向更高质量、更长寿命的目标。

5 结语

准确检测建筑材料的碳化深度对评估其耐久性能很重要且是保障建筑结构安全、延长服役寿命的关键,系统梳理碳化机理、分析检测技术、构建寿命预测模型、探讨在实际管理中的应用价值就能早期识别碳化过程并动态控制它,以后将碳化监测技术和智能化手段深度融合、完善标准体系建设,使碳化评估常态化、科学化,为建筑结构全生命周期维护提供有力的技术支撑和理论指导。

[参考文献]

[1] 淦文豪.渗透结晶材料强化再生骨料混凝土性能研究[D].重庆:重庆交通大学,2023.

[2] 顾立龙.青岛地区砖砌体历史建筑粘结修复材料研究[D].山东:青岛理工大学,2024.

[3] 刘皓翔.带缺陷开挖骨料混凝土抗碳化耐久性研究[D].重庆:重庆交通大学,2024.

[4] 薛晓.利用 BIM 进行建筑材料耐久性与稳定性分析的技术[J].佛山陶瓷,2024,34(11):76-78.

[5] 吕秀文.全再生碳化强化粗/细骨料混凝土耐久性研究[D].河南:河南理工大学,2023.

作者简介:赵伟(1986.10—),毕业院校:大连理工大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:芜湖科欣建设工程检测有限责任公司,职务:结构室主任,职称级别:中级。

市政给排水工程施工存在的不足及处理措施

李 成

青海省海东市乐都区住房和城乡建设局, 青海 海东 810700

[摘要]市政给排水工程属于城市基础设施当中极为重要的一部分, 它和城市的运行效率以及居民的生活质量有着直接的关联。当下, 在市政给排水工程的施工进度里存在着不少的欠缺之处, 这些欠缺之处对工程的质量以及后期的维护管理工作都产生了影响。文章针对市政给排水工程施工所存在的安全管理不够到位、施工人员的技术水平呈现出参差不齐的状况、材料质量把控不够严谨以及施工组织与管理机制不够完善等一系列问题展开探讨, 对其产生的根源原因展开剖析, 并且给出了强化安全管理、提高施工人员的技术能力、严格把控材料质量、完善施工管理机制以及加强设计与施工之间的协调等有效的解决办法, 以此来为提升市政给排水工程施工质量给予理论层面的指引以及实践方面的参考, 推动城市实现可持续发展。

[关键词]市政工程; 给排水施工; 不足; 处理措施

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17236

中图分类号: TU99

文献标识码: A

Problems in the Construction of Municipal Water Supply and Drainage Works and Their Treatment Measures

LI Cheng

Qinghai Haidong Ledu Housing and Urban Rural Development Bureau, Haidong, Qinghai, 810700, China

Abstract: Municipal water supply and drainage engineering is an extremely important part of urban infrastructure, which is directly related to the operational efficiency of the city and the quality of life of residents. At present, there are many deficiencies in the construction process of municipal water supply and drainage projects, which have an impact on the quality of the project and the later maintenance and management. This paper discusses a series of problems existing in the construction of municipal water supply and drainage engineering, such as inadequate safety management, uneven technical level of construction personnel, insufficient strict control of material quality and imperfect construction organization and management mechanism, and analyzes the root causes, and effective solutions such as strengthening safety management, improving the technical ability of constructors, strictly controlling the quality of materials, improving the construction management mechanism and strengthening the coordination between design and construction are given, so as to give theoretical guidance and practical reference for improving the construction quality of municipal water supply and drainage projects and promote the sustainable development of cities.

Keywords: municipal engineering; water supply and drainage construction; insufficient; treatment measures

引言

城市化快速推进, 基础设施建设极为重要, 其中给排水工程尤为关键, 出现了不少新难题, 需对其进行分析并找出解决办法。市政给排水工程在城市防涝排涝以及生活供水方面起到基础保障作用, 肩负着保护城市环境、保障居民生活安全的重要责任。当下, 伴随技术水平提升以及施工规模变大, 市政给排水工程施工遭遇新的挑战与问题, 像施工安全隐患、技术人员素质参差不齐、施工材料质量难以保证等问题慢慢浮现出来, 这既影响工程整体质量, 还可能引发严重城市内涝以及基础设施故障。本文针对市政给排水工程施工存在的不足展开系统分析, 结合施工实际情况, 提出切实可行的解决办法, 希望可为相关从业者给予有益的参考与指引。

1 市政给排水工程的作用

1.1 增强城市排水功能

市政给排水系统是城市的重要组成部分, 其功能相当

于城市的血管, 可有效防止城市积水。在城市给水、排水工程中, 必须加强对给水、排水工程的施工技术和管理。为了提高市政排水功能, 技术人员需要加强对城市区域地形地貌、积水情况的全面分析, 前期做好调查与规划设计, 结合实际情况制定施工方案, 进而保证后期工程建设后能够及时将积水排出, 避免发生城市内涝等问题。

1.2 延长道路使用年限

市政给排水系统在建设方面, 其重要性不言而喻, 它一方面关乎城市排水功能能否正常发挥, 另一方面和城市道路的使用寿命紧密相连。排水系统要是能有效运转起来, 那么就能及时把道路上的雨水以及地下水都排出去, 如此一来便能够防止水分长时间去浸泡道路结构, 进而使得路面出现沉降、裂缝以及坑槽等损坏情况有所减少, 让道路的使用年限得以延长。科学合理的给排水设计加上施工, 能够有效地避免由于排水不顺畅而致使路基出现软化以及结构失效的情况发生, 以此来确保道路具备足够的承载

力以及安全性。除此之外,一个排水状况良好的系统还能够一定程度上减少路面上的积水情况,使得交通事故的发生率得以降低,进而保障行车的安全。所以说,市政给排水工程施工的质量好坏,直接决定了城市道路基础设施所具有的耐久性以及使用效果,对于城市交通能够顺畅且安全地运行起到了极为关键的保障作用。完善且完备的给排水系统,无疑是实现城市道路高质量运营并延长其使用寿命的一项极为重要的技术方面的保障。

2 市政给排水工程施工存在的主要不足

2.1 施工安全管理不到位

在市政给排水工程施工期间,安全管理存在诸多不足,这已然成为致使事故频发以及施工效率降低的关键因素。部分施工单位并未构建起完备的安全管理体系,安全责任的落实情况不够明晰,安全制度仿佛形同虚设一般,而且缺少定期开展的安全培训以及风险评估活动,如此一来,施工现场存在的安全隐患便很难被及时察觉并予以消除。现场监督的力度有所欠缺,安全检查往往只是流于表面的形式,无法切实有效地预防设备操作出现错误以及人员出现违规行为的情况。部分施工现场的安全防护设施要么缺失,要么不够完善,安全警示标志的设置也不合理,这就使得施工人员容易遭受伤害。还缺少应急预案以及事故应对机制,一旦发生安全事故,响应速度迟缓,难以把损失降至最低限度。总体而言,施工安全管理的缺失不但危及施工人员的安全,还会对工程进度与质量产生影响,进而成为市政给排水工程建设当中的一大短板所在。

2.2 施工人员技术水平参差不齐

施工人员的技术水平存在明显差异,这是造成市政给排水工程施工质量不够稳定的关键因素之一。部分施工队伍缺少系统的专业培训,人员的操作技能以及工程质量意识都不高,对于施工规范和技术标准的理解也有所欠缺,所以很难精准地执行那些复杂的施工工艺。新进的施工人员经验不足,在设备使用以及现场管理方面都把控得不好,这容易使得在施工过程中出现质量缺陷以及返工等情况。并且,技术人员的流动性比较大,缺乏稳定的技术人员,这不仅削弱了技术力量的稳定性,也在一定程度上制约了施工团队整体水平的提升和工程质量的长期保障。

2.3 材料质量控制不严

材料质量把控构成了保障市政给排水工程施工质量的根基所在,然而当下施工进度中材料质量控制存在着不少欠缺之处。在采购环节当中,缺少严格的针对质量的检测以及筛选方面的标准,有一部分工程为了能够降低自身成本,便选取了品质低劣或者根本就不符合相关规范要求的材料进入到施工现场。在材料存储以及搬运这个过程当中,由于管理方面做得不够妥善,这就容易致使原材料出现受潮乃至变质等情况,进而对施工效果产生影响。除此之外,还缺乏专业的材料检测机构来参与其中进行监督,

如此一来便使得材料质量很难得到有效的保障。材料质量呈现出参差不齐的状况,这直接致使管道出现渗漏、接头发生松动等一系列问题频频出现,进而对给排水系统的使用寿命以及稳定运行都造成了影响,同时也增加了后期维修以及运营方面的成本支出。

2.4 施工组织与管理机制不完善

施工组织以及管理机制方面存在的不足,这无疑是制约市政给排水工程能够顺利向前推进的一个重要因素。部分工程项目在施工计划的制定上欠缺科学且合理的考量,其工序安排呈现出一片混乱的局面,资源配置也极不均衡,如此一来便很难确保施工进度得以顺利推进。就项目管理层而言,其职责划分不够清晰明确,还缺乏行之有效的协调机制与畅通的信息沟通渠道,在这样的情况下,施工现场多个部门想要展开协作着实存在诸多困难,这对整体施工效率产生了不少的影响。管理体系当中缺少标准化且系统化的操作流程,这就使得现场管理工作陷入了一种混乱的状态,对于出现的问题往往反馈不及时,处理起来也是迟缓,进而造成了资源的大量浪费,并且使得工程质量出现了下滑的情况。除此之外,还缺乏针对施工过程的动态监控以及风险预警机制,没办法有效地去应对施工过程中所出现的各类突发状况,这无疑又进一步加大了施工的难度,增加了施工的不确定性。

3 市政给排水工程施工存在问题的原因分析

市政给排水工程施工过程中存在诸多问题,这些问题是由多个方面的原因相互交织而产生的。安全管理存在欠缺,主要是因为与之相关的安全法规以及标准在落实时不够严格,相关人员的安全意识较为淡薄,并且监管机制也不够健全,这就使得安全管理难以到位。施工人员的技术水平呈现出参差不齐的状况,其根本原因在于培训体系不够完善,缺少具有针对性的技术指导以及实操演练,如此一来,施工队伍的整体素质便很难得到提升。在材料质量控制方面不够严格,这反映出在采购环节监督力度不足,供应商的选择以及材料检测都缺乏科学的标准和透明的流程。施工组织与管理机制存在不完善的情况,这是因为管理层缺乏系统的项目管理经验,职责划分得不够清晰,沟通协调机制也有欠缺,没办法有效地整合资源以及应对施工现场复杂多变的情形。设计与施工出现脱节的问题,其产生的主要原因是设计人员与施工团队之间缺乏有效的沟通,在设计阶段又缺少对施工现场实际条件的深入调研,如此一来,设计方案就难以真正落地实施。环境保护与文明施工措施做得不够到位,是因为与之相关的环保政策在执行时力度不够,施工单位的环保意识比较薄弱,还缺乏科学的环保技术以及管理手段。

4 市政给排水工程施工的处理措施

4.1 强化安全管理

保障市政给排水工程施工安全,需构建完善的安全管

理体系,把安全责任落实到每个施工人员及管理层身上。制定合理安全规章,依据实际施工状况,定期开展安全培训与风险评估,提高全员安全意识与应急处置能力。强化现场安全监督,严格实施安全检查与隐患排查,及时清除各类安全隐患。安全防护设施要完备并达标,保证施工人员作业时的生命安全。还要建立快速响应的应急预案与事故处理机制,以便在突发事件发生时能迅速采取有效举措,尽可能减少损失。唯有全方位、多层次的安全管理,才可有效防止安全事故,保障工程顺利开展。

4.2 提升施工人员技术能力

施工人员技术水平高低直连着市政给排水工程施工质量以及效率,所以需要强化对施工人员的技术培训工作,构建起系统化培训体系,把理论学习同现场实践相互结合起来,持续提高施工队伍专业技能以及操作规范程度^[1]。依据不同岗位以及工艺特性,展开有侧重的技能考核,保证人员掌握必需的技术标准以及施工流程,还应当鼓励施工人员参与到新技术、新工艺的学习与应用当中,促使技术创新和现场实践相融合,提高整体施工水准。稳定并且高素质的技术团队可降低施工失误,又能有效处理复杂施工环境里的诸多挑战,给工程质量给予稳固有力的保障。

4.3 严格控制材料质量

材料质量乃是保障市政给排水工程能够稳定运行的关键所在,所以务必要构建起一套科学且严谨的材料质量控制体系。施工单位在采购这个环节务必要严格把控,要挑选那些信誉良好并且符合国家标准的供应商,以此来确保所有进场的材料都能够经过专业检测以及验收环节。对于材料的存储以及运输整个过程同样需要进行规范化的管理,防止因为环境方面的因素致使材料性能出现下降或者遭到损坏的情况。在施工期间应当持续不断地开展材料质量的监督工作,坚决杜绝不合格的材料混入到施工体系当中^[2]。还应当建立起第三方检测的相关机制,以此来保证材料检测具备客观性以及权威性,从最源头的地方去提升工程质量与安全。对材料质量控制予以强化,这对于减少后期的维护成本是有帮助的,同时也有助于提高工程所具有的耐久性以及可靠性。

4.4 完善施工管理机制

完备的施工管理机制对于市政给排水工程能够高效且有序地推进而言极为关键。需要去构建起科学又合理的项目管理体系,清晰界定各级管理人员各自所应承担的职责,对资源配置加以优化,以此来保证施工计划具备科学性并且有较强的执行力。要强化现场管理工作,建立起动态监控系统,以便能及时知晓施工的实际进展以及质量方面的状况,对于在监控过程中发现的各种问题要及时采取纠正举措^[3]。积极推广信息化管理手段的应用,达成施工数据可实时采集并进行分析的目的,进而使得管理决策更

有科学依据且更为准确。加强多部门间的协调与沟通工作,妥善处理施工进度里出现的各类矛盾以及问题,确保施工各个环节能够顺畅地衔接起来。凭借完善的管理机制,切实提升施工的效率,减少施工期间的风险,最终保证工程能够按时且保质地完成。

4.5 加强设计与施工协调

设计以及施工方面的紧密协调,这可是保证市政给排水工程质量的关键所在,应当构建起设计团队和施工团队相互间密切合作的机制,在设计阶段务必要充分考量施工的可行性,要结合现场的实际状况来制定出科学且合理的方案,防止出现设计和施工相脱节的情况。在施工进程当中,要是出现设计变更,那就要快速做出响应并且及时地进行沟通,以此确保信息能够准确地传递以及得以有效执行。借助定期去召开设计施工联席会议的方式,强化双方在技术层面的交流,及时处理施工期间碰到的设计方面的问题,促使设计方案不断进行优化调整。还应当积极推动施工团队提早介入到设计环节之中,让他们充分地发挥出自身所具备的实践经验,进而提升设计方案的科学性以及可操作性。良好的设计与施工协调情况,一方面能够减少返工以及资源的浪费,另一方面也能提高工程的整体质量以及经济效益。

5 结语

市政给排水工程属于城市基础设施里的重要部分,其施工质量和城市运行安全以及居民生活品质紧密关联。当下在施工进程里所呈现出来的安全管理、人员技术、材料质量、管理机制、设计协调还有环保施工等方面存在的诸多不足,已然变成限制工程顺利开展以及长期稳定运转的关键瓶颈。本文经由对问题成因展开细致剖析,拿出了强化安全管理、提升技术能力、严格把控材料、完善管理机制、强化设计协调以及推动绿色文明施工等一系列有针对性的举措,能为相关从业人士和管理者给予有益的参考。往后的日子里,唯有持续完善施工管理体系,强化技术方面的培训,推动绿色施工理念向前发展,才能够确保市政给排水工程实现高质量建设,达成城市可持续发展的目标。

【参考文献】

- [1]杨国磊.市政给排水工程施工存在的不足及处理措施[J].大众标准化,2024(9):105-107.
- [2]陈骥驰.市政给排水工程施工存在的不足及处理措施[J].城市建设理论研究(电子版),2023(4):137-139.
- [3]王梅泰.市政给排水工程施工存在的不足及处理措施研究[J].建材发展导向,2022,20(4):190-192.

作者简介:李成(1985.10—),毕业院校:长安大学,所学专业:给水排水,当前就职单位名称:青海省海东市乐都区住房和城乡建设局,就职单位职务:乐都区住房和城乡建设局 质监站站长,职称级别:中级八级。

市政道路工程检测技术与应用研究

陈承宇

广西创新建筑工程质量检测咨询有限公司, 广西 南宁 530000

[摘要]随着城市化的进程变得越来越快,市政道路属于城市交通体系里极为重要的一部分,它的工程质量跟城市交通是否畅通以及是否安全有着直接关联。科学且行之有效的检测技术,在市政道路工程从设计到施工再到养护的整个过程里面,都起着十分关键的作用。当下在市政道路工程当中应用得比较广泛的检测技术,像地质雷达检测技术、声波检测技术还有红外热成像检测技术等,着重对这些技术在针对道路质量展开检测、对病害进行监测以及开展安全评估等方面的具体应用状况展开了分析。还深入探讨了当前检测工作当中所存在的诸如管理体制不够完善、人员素质存在欠缺以及设备技术方面有短板等一系列问题,并且结合技术的发展趋势给出了完善管理体系、提高专业能力以及推动智能化技术应用等相关策略。研究显示,促使大数据和人工智能技术相互融合并加以应用,能够大幅提升市政道路检测的科学性以及效率,从而为道路工程实现高质量发展给予强有力的保障。

[关键词]市政道路工程;检测技术;应用

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17249

中图分类号: U445

文献标识码: A

Research on Detection Technology and Application of Municipal Road Engineering

CHEN Chengyu

Guangxi Innovation Construction Engineering Quality Inspection Consulting Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract: With the rapid process of urbanization, municipal roads are an extremely important part of the urban transportation system, and their engineering quality is directly related to whether urban traffic is smooth and safe. Scientific and effective detection technology plays a crucial role in the entire process of municipal road engineering, from design to construction and maintenance. The widely used detection technologies in municipal road engineering, such as geological radar detection technology, acoustic detection technology, and infrared thermal imaging detection technology, are analyzed in detail for their specific application in detecting road quality, monitoring diseases, and conducting safety assessments. We also delved into a series of issues in current testing work, such as inadequate management systems, lack of personnel quality, and shortcomings in equipment technology. Based on the development trend of technology, we proposed strategies to improve management systems, enhance professional capabilities, and promote the application of intelligent technology. Research shows that promoting the integration and application of big data and artificial intelligence technologies can significantly improve the scientific and efficient detection of municipal roads, providing strong guarantees for the high-quality development of road engineering.

Keywords: municipal road engineering; testing technology; application

引言

市政道路属于城市极为重要的基础设施范畴,其能够正常投入使用,这与城市的发展进程以及居民日常生活状况皆有着紧密关联。伴随使用频次不断增多以及环境持续发生变化,道路便极易滋生出各式各样的损坏情况,如此一来便会对行车安全以及道路使用寿命产生影响。工程检测技术算得上是确保道路质量以及安全的关键举措,这其中涵盖了针对地基、材料以及路面病害展开的检测工作。近些年来,随着各项技术的不断发展与进步,无损检测方式以及智能设备已然获得了极为广泛的运用,进而促使检测工作的准确性以及效率均得以提升。本文会阐述市政道路检测技术当下的应用实际状况,剖析其中存在的各类问题,同时还会给出相应的改进办法,以此来推动检测技术向前发展,最终促使道路工程质量得以提高。

1 市政道路工程检测技术的应用价值与意义

首先,能够确保工程质量符合设计要求。在勘察阶段,可以利用地质勘探技术对地基土壤的性质和含水量进行检测,为设计提供可靠依据;在施工阶段,可以采用非破坏性检测技术对路基、路面等关键部位进行实时的质量监控,及时发现并纠正其存在的质量问题;在验收阶段,可以利用专业检测设备对工程的各项指标进行全面检测,确保工程质量达到设计标准。其次,有助于提高工程建设的效率 and 安全性。通过对工程各环节的质量进行实时监控与评估,可以及时发现并解决其存在的质量问题,避免因质量问题造成返工或返修,从而大幅提高工程建设效率。同时,检测技术的应用有助于及时发现并消除安全隐患,确保道路使用的安全性。最后,可以为后续的工程维护和管理提供重要依据。通过对工程建设各个环节的检测数据进行分析 and 评估,

不仅可以为工程验收提供依据,还可以为后续的工程维护保养工作提供重要参考。例如,通过对路面状况进行定期检测,可以及时发现路面出现的各种病害,为维修养护工作提供依据;通过对桥梁、隧道等关键设施进行定期检测,可以及时发现并修复安全隐患,确保设施的使用安全。

2 市政道路检测技术

2.1 地质雷达检测技术 (GPR)

地质雷达检测技术 (GPR) 属于高效非破坏性检测方式,它借助高频电磁波穿透路面构造,凭借接收反射波信号来探测道路内部构造的构成状况及实际状态。GPR 技术可详尽地呈现出路基、基层还有面层的厚度分布情况、空洞存在状况、裂缝出现情况以及水分含量相关信息,给工程质量评估以及病害诊断给予了直观且精准的技术助力。其快速检测的特性让大面积道路的现场评估得以实现,检测效率由此得到了明显提升。并且, GPR 检测不会对路面构造造成破坏,避开了传统取样检测所引发的破坏情况以及相关成本问题。虽说 GPR 技术对操作人员的专业素养要求颇高,并且受复杂地质环境因素影响,检测精度会存在一定幅度的波动,不过伴随算法不断优化以及设备持续升级,它在市政道路工程里的应用变得愈发普遍,已然成为道路结构健康监测方面极为重要的技术手段。

2.2 声波检测技术

声波检测技术是借助声波于材料内传播所呈现出的特性,来针对市政道路结构的完整性状况以及材料质量展开检测的一种技术 (见图 1)。其具体做法是发射声波,然后去测量该声波在路面以及基层当中的传播速度、出现的衰减情况还有反射信号等方面的情况,如此一来便可以有效地将内部存在的裂缝、空洞以及层间分离这类病害给识别出来。此技术自身具备非破坏性的特点,而且灵敏度颇高,响应也较为迅速,所以很适宜用于对混凝土路面、沥青路面还有路基实施检测。声波检测不但能够对材料的强度以及密实度展开定量层面的评估,而且还能够在一定程度上辅助对病害形成的具体机理加以诊断,进而为后续开展维修决策给予科学层面的依据。伴随着传感器技术以及信号处理算法持续不断地取得进展,声波检测的应用所能涉及的范围以及其操作的精度都在逐步地得以提升,已然成为市政道路检测体系里极为重要且不可或缺的一种技术手段。



图 1 声波检测技术

2.3 红外热成像检测技术

红外热成像检测技术依靠感知路面表面的温度分布方面的变化情况,达成对道路病害的快速识别目的 (见图 2)。此项技术凭借不同材料以及结构缺陷针对热辐射所呈现出的响应差异,可敏锐地捕捉到温度出现异常的区域,像是空洞、湿陷层、裂缝还有分层等等这类情况。红外热成像有着非接触、速度较快、不会对物体造成损伤的优势,特别契合大面积路面的监测工作以及快速筛查潜在存在的问题。把无人机平台以及自动化分析技术相互结合起来,红外热成像在市政道路检测当中的应用效率得到了显著提升。虽说该技术对于环境温度以及气象条件是比较敏感的,并且针对复杂结构的深层缺陷探测也存在着一定的局限性,不过它那直观的影像表现形式为维护管理工作给予了极为重要的辅助支撑作用。



图 2 红外热成像检测技术

3 市政道路检测技术应用分析

3.1 道路质量检测

道路质量检测在市政道路工程质量控制方面占据着极为关键的地位,其主要作用在于对道路各层结构的物理性能以及施工质量展开评估,以此来确保道路在使用过程中的安全性以及耐久性能够得到充分保障。借助科学且合理的检测手段,便能够及时察觉到诸如路基厚度不够、密实度未达标准、结构出现空洞等一系列问题,进而为施工改进以及后期的养护工作给予相应的指导。以某一具体工程项目为例,该项目运用地质雷达检测技术 (GPR) 针对路基以及基层展开了较为全面的检测操作。凭借着高频电磁波可穿透路面结构这一特性,地质雷达对全长大概约为 4 公里的道路路段进行了快速扫描,检测所得到的结果显示,在部分区域基层厚度相较于设计值而言显得略微偏薄,并且还存在着 3 处相对较大的空洞以及多处较为细小的裂缝。对于检测过程中发现的这些问题,施工单位马上着手组织返工行动,针对那些较为薄弱的路段实施了补填以及加固方面的处理举措。经过复测所获取的数据说明,基层厚度已经恢复到了设计所规定的标准状态,而那些空洞也得到了有效的修复处理。除此之外,该项目还将静态载荷板试验与路面平整度激光扫描结合起来,以此进一步对路面的硬度以及整体的平整度展开评估工作。测试最终

得出的结果显示,经过一系列改进之后的路面硬度完全符合设计方面的要求,平整度指标同样达到了国家所制定的相关规范标准,从而切实有效地提升了道路在行驶时的舒适性以及安全性能。

3.2 道路病害监测

道路病害监测在市政道路维护管理当中属于极为重要的一环,其主要目的在于能够及时察觉到并且对道路结构以及表面所出现的各种各样的病害加以评估(如图3所示),像是裂缝、坑槽、沉降、变形以及老化等情况,并且在此基础之上制定出更为科学合理的养护方案,以此来促使道路的使用寿命得以延长,进而切实保障行车过程当中的安全。就某主干道路病害监测项目来讲,项目团队把声波检测技术以及红外热成像技术相互结合起来,针对该路段展开了较为彻底的病害排查工作。借助声波检测的方式,凭借传感器来发射以及接收声波信号,进而对声波在混凝土路面之中的传播速度以及衰减状况展开测量,最终成功地识别出了多处内部裂缝以及层间剥离的区域。而红外热成像技术则是通过对路面表面温度分布情况进行监测,从而快速地确定了由于空洞以及湿陷层所引发的温度异常区域所在的位置,这在很大程度上有效地弥补了声波检测在对深层病害进行识别方面所存在的不足之处。将这两项技术所获取到的检测数据综合起来之后,项目组便能够对病害的具体位置、所涉及的大小范围以及未来的发展趋势展开较为精准细致的分析,经过分析发现该路段存在着部分老化裂缝已然扩展到了基层部位,而且部分区域的基层水分含量呈现出异常偏高的态势,存在着潜在的软化风险。依据这一实际情况,养护部门制定出了分区维修的相关方案,针对不同的病害情况分别采取诸如裂缝封闭、基层换填以及排水改造等一系列的措施。



图3 道路病害

4 市政道路检测存在的主要问题

4.1 管理制度缺陷

管理制度在保障市政道路检测规范运行方面起着基础作用,其缺陷主要在于检测流程不够标准化以及监管力度不足。当下,部分地区的检测标准和操作规程尚未完善,使得检测工作存在随意性,很难构建起统一的质量保障体系。检测结果的审核与追踪机制不健全,对检测数据的有效管理和利用不足,这影响了检测成果的权威性以及指导

价值。管理制度的缺陷还表现在职责划分不清楚,相关部门间缺乏有效协调,这对检测工作的整体效率与效果产生了影响。完善管理制度,构建科学规范的检测体系,对于提升市政道路检测质量而言是关键之举。

4.2 检测人员专业能力不足

检测人员作为市政道路工程质量保障方面的直接执行者,其专业素质会直接影响检测工作的质量以及效率。当下,部分检测人员缺少系统的专业技术培训以及实践经验,很难熟练掌握先进检测设备的操作及维护事宜,并且在数据解读以及病害诊断方面的能力也较为有限。这样的专业能力不足使得检测数据的准确性以及可靠性有所降低,进而影响后续养护决策的科学性。与之人员流动性较大并且培训体系不够完善,这进一步加剧了人才短缺的问题。强化检测人员的专业培训,构建持续教育以及考核机制,这是提升检测质量以及技术水平的关键保障。

4.3 检测设备和技术短板

随着市政道路检测方面的需求持续不断地提升起来,现有的那些检测设备以及所采用的技术手段,逐渐暴露出了一些不容忽视的短板情况。有一部分检测仪器其性能已经明显落后于当前实际需求了,它们在灵敏度以及分辨率这两个关键指标上都存在欠缺之处,如此一来便很难去充分满足那种较为复杂的道路结构以及多种多样的检测需求。除此之外,当前在智能化以及自动化的水平方面还处于相对较低的状态,并且设备的集成程度也显得不够高,这就致使整个检测工作的开展过程中,效率会比较低下,而且数据处理所需要耗费的时间周期也会变得很长。另外还存在着缺乏先进且完善的信息化管理平台这样一种状况,因为有这样的缺失,所以检测数据就很难能够达成有效的整合目的,也无法开展更为细致全面的分析工作,进而对检测结果所能发挥出的应用价值也形成了很大的限制作用。要想改变这种局面,就需要及时去更新设备以及相关技术,加大在研发方面的投入力度,同时还要积极引进智能检测系统,只有这样才能够切实提升检测能力,从而更好地去满足未来发展的各项需求,这也是必须要走的一条路。

5 市政道路检测技术发展对策与展望

5.1 完善管理与标准体系

科学且完善的管理体系以及严格的标准规范,构成了提升市政道路检测质量的关键基石。需要去制定那些契合实际需求的检测标准与操作规程,要清晰明确检测流程以及责任分工情况,进而构建起规范且统一的管理框架。强化对检测过程的监督与评估工作,建立起针对检测结果的追踪以及反馈机制,以此来确保检测工作能够得以持续改进,促使质量不断提升^[1]。与此积极推进信息化管理平台的建设事宜,达成检测数据的集中管理以及共享目的,从而提升管理的效率以及透明程度。当管理体系与标准体系

得以完善之时,便能够有效地规范检测行为,切实保障检测结果所具有的权威性与可靠性。

5.2 提升人员素质与培训

人员素质对于市政道路检测技术的应用而言,属于极为重要的保障要素。应当着手建立起一套系统化且常态运行的培训机制,这一机制要将设备操作、数据处理以及病害诊断等这些关键技能都涵盖进去。借助引入较为先进的教学资源以及实践平台的方式,促使检测人员的实操能力以及技术水平得以提升。与此还需建立起岗位资格认证以及绩效考核方面的制度,以此来激励技术人员不断地去提升自身的专业能力^[2]。进一步加强和高校以及科研机构展开合作,推动实现产学研的有机结合,进而培养出能够契合行业需求的高素质人才梯队。唯有持续地提升检测人员的专业素养,才能够切实确保检测工作具备科学性以及有效性。

5.3 推进技术创新与智能化应用

技术创新乃是促使市政道路检测水准得以跃进的关键驱动力所在。应当进一步加大针对新型检测技术以及相关设备的研发投入力度,积极去推广并应用地质雷达、声波还有红外热成像等一系列较为先进的检测手段,以此来促使检测所具备的精度以及效率均能够得到切实有效的提升^[3]。与此还需努力推动检测设备朝着智能化的方向进行升级,将自动化、传感器网络以及数据采集系统予以集成起来,进而达成在现场可实现快速检测以及实时监控的目标。把移动互联网以及物联网技术相互结合起来,着手构建起智能检测平台,从而使得数据处理的能力以及决策所给予的支持水平都能够获得一定程度的提高。技术创新和智能化的应用,一方面能够对检测流程加以优化,另一

方面也能够很大程度上降低人力成本,最终促使整体检测质量得以提升。

6 结语

市政道路工程检测技术对于保障道路的质量以及安全而言,属于极为重要的支撑手段。伴随技术不断取得进展以及管理日益得以优化,该检测技术正一步步朝着智能化与科学化的方向迈进。本文着重围绕地质雷达、声波还有红外热成像等这些关键的检测技术展开探讨,对其在道路质量方面、病害监测环节工作当中的实际应用情况予以分析,同时针对当下检测工作里所存在的管理层面、人员因素以及设备方面的种种问题进行了细致剖析。综合考虑技术的发展趋势,提出了完善管理体系的相关举措、提升人员素质的具体办法以及推进智能化技术应用的实际策略。在未来,凭借大数据以及人工智能所具备的强大能力,市政道路检测技术必定能够达成质的突破,切实提高道路工程的安全性以及服务的水平,从而推动城市交通实现可持续发展。

[参考文献]

- [1]高雪娟.刍议市政道路工程检测技术与应用[J].产品可靠性报告,2025(1):60-61.
 - [2]李福连.市政道路工程试验检测常见问题及解决对策探讨[J].居舍,2021(15):55-56.
 - [3]翁向阳.市政道路工程材料检测技术的探讨[J].四川建材,2020,46(8):20-21.
- 作者简介:陈承宇(1992.3—),毕业院校:桂林电子科技大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:广西创新建筑工程质量检测咨询有限公司,职务:工程师组长,职称级别:中级。

基于价值工程的下开堰与旋转堰式智能分流井比较分析

张 磊

长江生态环保集团有限公司, 湖北 武汉 430200

[摘要]下开堰式与旋转堰式两种智能分流井被广泛用于截污改造工程,文中采用价值工程的理论手段,结合某大型湖泊截污改造工程数据,对比分析了上述两种智能分流井的技术经济性。研究表明,尽管旋转堰式在功能指数上稍低于下开堰式,但其成本指数明显更优,价值指数($V=1.2547$)高于下开堰式($V=0.8295$),因此成为城市水环境治理的理想选择。然而,下开堰式在行洪排涝及大口径管道截流方面仍具有独特优势,在特定情境下显示出一定的竞争潜力。通过优化成本控制、分流井结构及其维护性,可进一步提升两种智能分流井的整体效益。

[关键词]智能分流井;价值工程法;技术经济性分析;下开堰式;旋转堰式

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17218

中图分类号: TU246

文献标识码: A

Comparative Analysis of Value Engineering Based Intelligent Diversion Wells with Lower Weir and Rotating Weir Types

ZHANG Lei

Yangtze Ecology and Environment Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430200, China

Abstract: Two types of intelligent diversion wells, namely the lower weir type and the rotating weir type, are widely used in sewage interception and renovation projects. This article uses the theoretical means of value engineering and combines data from a large-scale lake sewage interception and renovation project to compare and analyze the technical and economic feasibility of the two types of intelligent diversion wells. Research has shown that although the rotating weir type has a slightly lower functional index than the lower opening weir type, its cost index is significantly better, and its value index ($V=1.2547$) is higher than the lower opening weir type ($V=0.8295$), making it an ideal choice for urban water environment governance. However, the lower weir type still has unique advantages in flood discharge and large-diameter pipeline interception, demonstrating certain competitive potential in specific situations. By optimizing cost control, diversion well structure, and maintainability, the overall efficiency of the two intelligent diversion wells can be further improved.

Keywords: intelligent diversion well; value engineering method; technical and economic analysis; lower weir type; rotating weir type

随着城市快速扩张,雨污混接导致的排口溢流污染等水环境污染问题逐渐突出。传统截流井因设计缺陷普遍存在以下痛点:一是截流管易淤积,影响过流能力;二是固定堰结构无法适应水量变化,导致旱季污水直排与雨季溢流污染并存;三是单纯依赖水位控制,难以精准截流初期雨水,且易发生自然水体倒灌。这些弊端导致水体治理效果反复,与“精准控污”目标存在显著差距。

智能分流井通过集成水质监测传感器、电动/液压控制装置及智能算法等,实现了对雨污水的动态识别与精准调控。该设施能够将雨水管内错接、混接的工业废水、生活污水和初期雨水截流至市政污水管,进入污水处理厂处理,而较干净的清水则直接排放到市政雨水管或就近的水体^[1]。

本文以某大型湖泊排口截污改造工程的实际案例为依据,结合价值工程的理论方法,对比分析了旋转堰式智能分流井和下开堰式智能分流井的建设成本和功能性,为城市水环境治理提供决策参考。

1 工程概述

1.1 项目背景

某大型湖泊作为亚洲最大的城市内湖,其流域面积达

240.48km²,水域面积为 47.62km²,规划水质目标为 III 类。然而,随着周边建成区的持续扩张,该湖泊水质逐渐恶化,近年来已降至 V 类甚至劣 V 类^[2]。为系统性地控制入湖污染物,确保晴天污水不入湖及雨天初期雨水的精准截流,沿湖 75 处直排或混流排口进行了截污改造工程,共建成 59 座智能分流井,分别为 37 座下开堰式和 22 座旋转堰式智能分流井。

1.2 智能分流井类型简介

下开堰式智能分流井采用液压驱动的下开式堰门作为核心控制部件,堰门垂直向下开启,结构紧凑且不占用上部空间。其工作原理基于多传感器(如超声波液位计、水质检测仪、雨量计)的实时数据联动:晴天时堰门关闭,将污水截流至市政管网;降雨初期根据水位与水质阈值,堰门部分开启实现初期雨水精准截污;当液位超过警戒水位时堰门全开以确保行洪安全^[2]。

旋转堰式智能分流井则通过液动旋转堰门实现动态流量调节。堰门围绕水平轴旋转开启,结合浮动挡板与液动限流闸门协同控制。其核心优势在于多级水位响应机制:低水位时堰门关闭以拦截污染物;中水位时分阶段旋转开

启, 兼顾行洪与污染阻挡; 高水位时全开泄洪。极限保护模式下(如液位接近井盖顶标高), 堰门自动无条件全开防止内涝^[3]。

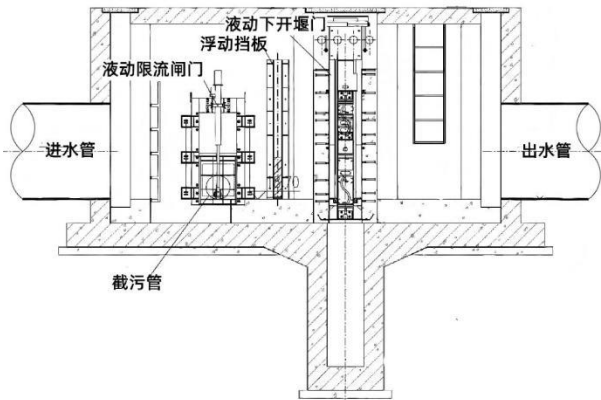


图1 下开堰式智能分流井结构图

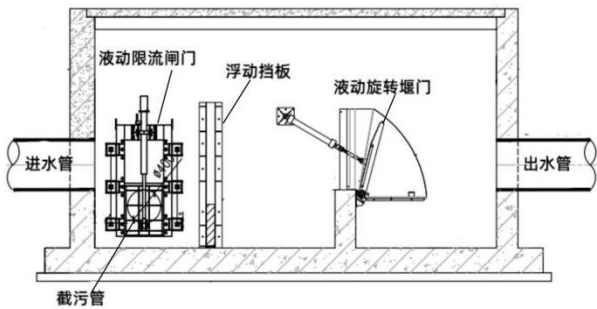


图2 旋转堰式智能分流井结构图

2 技术经济分析

2.1 价值工程

价值工程是一种致力于提升产品(或服务)价值的管理技术, 其核心在于通过功能分析与成本优化, 寻求以最低的全寿命周期成本实现用户的必需功能。其基本表达式为 $V=F/C$ (价值=功能/成本), 价值提升的关键在于优化功能与成本之间的平衡关系, 而非片面追求功能最大化或成本最低化。在智能分流井设计中应用价值工程, 能够实现功能与成本的最优平衡。通过评估下开堰式与旋转堰式的价值表现, 利用功能评分和成本数据计算 V 值, 可指导决策者在满足性能阈值的前提下, 有效规避功能冗余或成本浪费, 最终提升智能分流井的整体价值^[4,5]。

2.2 技术分析

为量化分析智能分流井的技术性能, 结合其实际运维经验, 选取以下功能性指标:

(1) 运行可靠性: 设备在晴天/雨天、低水位/高水位等多工况下稳定运行及模式切换的能力。可靠性越高, 设备越不易发生故障且故障处理效率越高。

(2) 截污能力: 晴天/雨天工况下的最大污水截留能力。截污能力越强, 表明可截留的污水量越大, 污水外溢风险越低。

(3) 行洪能力: 雨天工况下堰门开启响应时间及雨水过流能力。行洪能力越强, 意味着系统排水防涝性能越优。

(4) 智能水平: 通过自主控制算法实现无人值守操作的程度。智能化程度越高, 人工干预需求越少, 多参数自适应调节与工况覆盖能力越强。

(5) 维护便捷性: 设备模块化设计程度及故障检修效率, 直接影响全生命周期运维成本。

采用价值工程法中的 0~4 强制评分法, 对运行可靠性、截污能力、行洪能力、智能化程度、维护便捷性五项指标进行评价打分。各指标权重相同, 通过问卷调查形式, 广泛收集行业内对下开堰式和旋转堰式智能分流井有深入了解的专家意见。基于 11 位专家的评分结果, 计算各项平均分、总分及功能指数(功能指数=单项功能得分/两项功能得分之和), 结果详见表 1。

表1 功能评分表

类型	运行可靠性	截污能力	行洪排放能力	智能化程度	维护便捷性	得分	功能指数
下开堰式	3.45	3.73	3.82	3.64	3.00	17.64	0.5036
旋转堰式	3.25	3.50	3.27	3.73	3.64	17.39	0.4969

2.3 经济分析

在该大型湖泊截污改造工程中, 由于不同排口管径和高程会导致工程费用发生较大差异。为便于进行经济分析, 选择两座周边环境条件相近、排口大小均为 DN800 的下开堰式和旋转堰式智能分流井进行全生命周期经济性对比分析, 运营期按 10 年计算, 结果如表 2 所示。

表2 全生命周期成本对比表(元)

序号	类别	某下开堰式智能分流井	某旋转堰式智能分流井
1	土建费用	495929.85	358503.27
2	设备购置费	2320680.00	1209550.00
3	设备安装费	52109.29	51140.88
4	运营维护费	672219.10	672219.10
合计		3540938.24	2291413.25

按照成本指数=单项成本/两项成本之和, 计算得下开堰式智能分流井成本指数为 0.6071, 旋转堰式智能分流井成本指数为 0.3929。

2.4 价值分析

根据功能指数和成本成本指数的技算结果, 运用价值工程公式 $V=F/C$, 可得出不同类型智能分流井的价值指数。

表3 价格指数计算表

序号	智能分流井类型	功能指数 F	成本指数 C	价格指数 V
1	下开堰式智能分流井	0.5036	0.6071	0.8295
2	旋转堰式智能分流井	0.4969	0.3929	1.2647

根据两类智能分流井价格指数计算结果,旋转堰式智能分流井的价值明显高于下开堰式智能分流井,因此在同等情况下,建议优先选用旋转堰式智能分流井。然而,下开堰式智能分流井的最大特点是能够向下完全打开堰门,从而最大化行洪通道,这在某些应用场景具备一定的优势,例如在需要快速排水或应对高洪峰的情况下。

3 优化改进建议

基于价值工程分析结果,旋转堰式智能分流井在成本效益方面展现出明显优势,但旋转堰与下开堰在部分功能性指标上各有优劣,后续可从以下方面进行优化改进。

(1) 全生命周期成本控制

旋转堰及下开堰设备的购置费用分别占据了智能分流井全生命周期成本的 52.8%和 65.5%,成为降低成本、提升效率的关键环节。通过精细化的采购策略,例如寻找性价比更高的供应商、批量采购以争取更优惠的价格,以及优化设备配置,减少不必要的开支,以有效控制设备的购置成本。同时,加强设备的维护与保养,延长其使用寿命,也是降本增效不可忽视的一环。定期的检查与维修可以防止设备因故障而提前报废,避免不必要的重复购置支出。

(2) 改进分流井结构

旋转堰式在行洪能力指标上的不足,主要源于堰门底部存在混凝土固定堰,在旋转堰完全打开时对行洪产生不利影响。建议后续在设计上降低固定堰高度或者完全取消固定堰,使旋转堰在费用变化不大的情况下,大大提升行洪能力,在暴雨来临时减少城市内涝风险。

(3) 分流井维护性优化

下开堰式在维护便捷性方面的不足,主要源于其堰门与两侧及底部堰槽之间的密封结构较为复杂,从而导致该部位容易损坏。针对这一问题,建议一方面改进的密封材料和技术以提高密封效果,减少磨损和泄漏风险,从而延

长设备的使用寿命,另一方面针对该薄弱部位优化定期维护方式,降低其故障率,确保设备的持续稳定运行。

4 结论

综上所述,通过对下开堰式与旋转堰式智能分流井的技术经济分析,研究表明旋转堰式智能分流井在成本控制与价值创造方面具有突出优势,成为城市水环境治理的更优选择。然而,尽管下开堰式的成本指数更高而且功能指数没有明显优势,但其在行洪排涝及大口径管道截流方面仍具一定竞争力。

未来,通过持续优化改进,如加强全生命周期成本控制、优化分流井结构设计及提升设备维护性,能够进一步提升两类智能分流井的综合效益,为城市水环境治理提供更高效、经济的解决方案。本研究成果不仅为智能分流井选型奠定了科学依据,也为城市水环境治理决策提供了坚实支撑。

[参考文献]

- [1]张宇,艾蛟龙,周少华,等.智能分流井在城市污染水体治理中的应用[J].施工技术,2020,49(4):118-120.
- [2]王彬,高磊,李虹,等.智能截流井在某大型湖泊沿湖排口截污改造工程中的应用[J].净水技术,2021,40(9):139-145.
- [3]严政,向鑫,黄新月.旋转堰式智能截流井在雨污合流系统溢流污染治理中的设计应用[J].智能城市,2025,11(6):124-127.
- [4]温鹿鸣.工程技术经济分析在工程造价控制中的作用研究[J].中国建筑金属结构,2021(6):50-51.
- [5]郭方圆.基于价值工程的数据中心液冷与风冷比较分析[J].数字通信世界,2022(6):100-102.

作者简介:张磊(1987.6—),毕业院校:西华大学,所学专业:机械设计制造及其自动化,当前就职单位:长江生态环保集团有限公司,职务:无,职称级别:工程师。

钢筋混凝土框架结构在公共基础设施建设中的应用

唐华岳

中国建筑科学研究院有限公司, 北京 100013

[摘要]近几十年来, 建筑行业发展迅速, 钢筋混凝土框架结构作为一种非常常见的结构形式, 普遍应用于民用公共基础设施建设等工程项目中。框架结构具有柱距跨度大, 房间开间大、楼层层高等显著特点, 特别适应商业办公、停车车库、体育场等功能性建筑对楼层功能用房有大开间、大进深、高楼层净高等特殊需求, 以满足广大人民群众的生活及出行的需要。发挥钢筋混凝土框架结构的优良性, 广泛应用于公共建筑工程实际建设当中, 是现实的需要。

[关键词]框架抗震等级; 框架梁截面; 框架柱截面

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17202

中图分类号: TU375

文献标识码: A

Application of Reinforced Concrete Frame Structure in Public Infrastructure Construction

TANG Huayue

China Academy of Building Research Co., Ltd., Beijing, 100013, China

Abstract: In recent decades, the construction industry has developed rapidly, and reinforced concrete frame structures, as a very common structural form, are widely used in civil public infrastructure construction and other engineering projects. The frame structure has significant characteristics such as large column spacing span, large room opening, and high floor height. It is particularly suitable for functional buildings such as commercial offices, parking garages, sports venues, etc., which have special requirements for large opening, large depth, and high net height of high-rise functional rooms, in order to meet the public life and travel needs of the general public. It is a practical need to fully utilize the advantages of reinforced concrete frame structures and widely apply them in the actual construction of public building projects.

Keywords: seismic grade of frame; frame beam section; frame column section

引言

随着时代发展, 全国各大中小城市的公共基础设施建设不断完善, 钢筋混凝土框架结构作为一种非常通用的结构形式, 普遍应用于公共基础设施建设中, 正发挥着巨大的作用。钢筋混凝土框架结构, 具有柱网布置灵活, 柱距跨度大, 楼层净高高, 框架柱、框架梁等主要受力构件承载能力强等特点。框架结构在公共基础设施建设中的应用, 特别是在医学综合大楼、办公商业综合大楼、地下车库停车场等公共功能性建筑中发挥着重要作用, 极大地方便了广大人民群众的生活需求。本文以天津某安置住宅小区为例, 介绍钢筋混凝土框架结构在公共基础设施建设中的实际应用, 给相关结构设计工程提供实际参考经验。

1 工程概况

该工程位于天津市境内, 为满足人民群众需求的回迁安置小区, 小区安置居民人数众多, 根据该小区人流量大的特点, 本着节约使用土地资源、充分发挥土地空间使用率的原则, 进行该工程设计。根据该地域特点, 设置负一层地下室与一层架空平台层共两层车库供停车出行使用, 同时为了保障广大人民群众的生命财产安全, 部分负一层地下室兼做人防地下室, 平战结合使用。架空平台层顶部带有覆土, 用于绿化的建设, 以提高小区整体绿化率和人居环境空气质量。架空平台层紧密环绕在小区地上十几栋高层住宅的

周边, 就近满足小区居民日常出行和休闲锻炼的生活需求。

2 建筑功能交通流线布局分析

(1) 停车库层数的设置, 根据统计的该回迁小区的住户居民总人数, 进行车位数量的设计与布置, 因为该小区居民人口总数多, 需要供给停车位数量较大, 同时该地块土地空间有限, 所以设置负一层地下室作为车库停车空间使用, 同时在该负一层地下室的上层, 再延伸设置一层架空层, 分布在该地块各单体高层住宅塔楼周边的剩余空间内, 该架空层同时用做停车库的使用, 两层停车库极大的方便了该小区居民的日常停车与出行。其中负一层地下室层高 3.85m, 一层架空层层高 6.45m。该地下室 X 向总长约 221.4m, 地下室 Y 向总长约 153.70m, 地下室上部一层架空平台层的面积部分超出地下室面积, 架空平台层 X 向总长约 285.6m, Y 向总长约 158.65m。

(2) 室内外的交通连通, 根据该地块的地域交通特点, 该地块四周环绕市政道路, 该负一层地下车库设置西北角和正东位置两个汽车坡道出入口与室外市政道路连通, 两汽车坡道位置连线刚好是西北角与正东方连线, 有效辐射负一层地下车库的停车入库与交通出行。同时在地库范围外增设两个消防坡道, 连通负一层地下室与一层架空平台层, 架空平台层顶与室外有连通口, 这样实现了该工程室内外交通的有效连通。

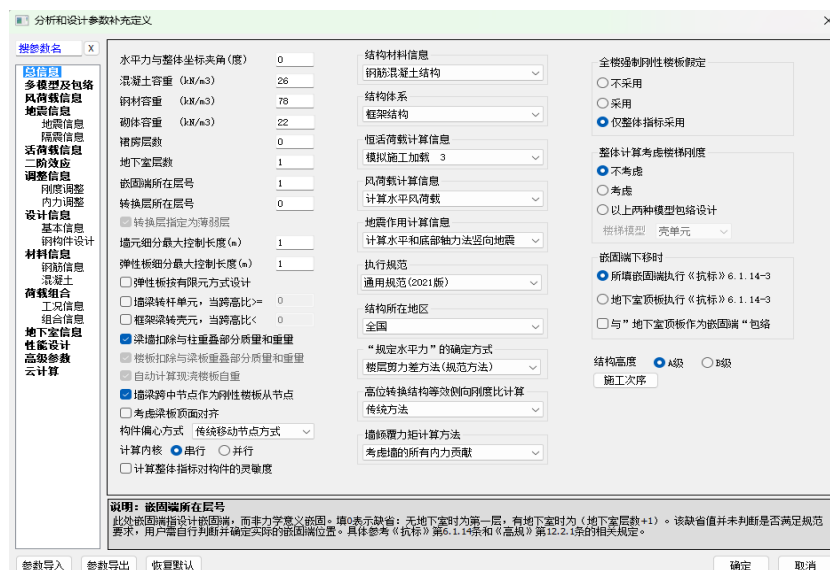


图1 PKPM 结构模型参数设置

(3) 对架空平台层顶部的利用, 该架空平台层顶部设置有 1.0m 厚的覆土层, 用作绿化植树种草的需要, 作为该小区的公共休闲空间和绿化空间, 方便该小区整体居民的日常生活, 提高该小区的人居环境和空气质量。架空平台层顶部同时布置有消防扑救道路与消防扑救面, 方便该小区各高层住宅居民塔楼在遭受火灾时, 消防车辆与消防人员能及时赶到, 参与消防火灾救援工作。

(4) 车位的布置, 根据车位的统计数量, 与车道交通出行的所需宽度, 将负一层地下室主跨柱距设置为 8.4m, 形成主要 8.4m×8.4m 柱网, 其他局部位置 4.0m×8.4m 不等, 这样大空间的柱网, 能满足停车位与车道的同时需要, 方便停车与出行。

(5) 人防区域的设置, 为保障广大人民群众的生命财产安全, 根据该小区人口总数进行规划, 同时辐射周边邻近范围, 将该小区负一层地下室南部设置为人防地下室, 北部设置为非人防地下室, 南北分区, 空间整合, 综合利用, 平战结合使用, 同时满足战时人防的需要。人防地下室, 根据具体功能划分为物资库、人员掩蔽所、平时进风机房、战时排风机房、防毒通道、简易洗消间、扩散室、集气室、排风竖井等。

3 结构选型分析

根据该建筑形式及功能特点, 建筑大柱网布置, 楼面使用功能为停车为主, 该结构选型为钢筋混凝土框架结构。地下室部分基础形式采用筏板基础, 部分架空平台在地库范围外的基础部分采用独立基础。

4 结构参数设置

根据《建筑抗震设防分类标准》《建筑抗震设计规范》、《建筑地基基础设计规范》《建筑结构荷载规范》《混凝土结构设计规范》《混凝土结构通用规范》《建筑与市政地基基础通用规范》等, 本工程抗震设防烈度为 8 度 0.20g,

抗震设防地震分组为第二组, 场地类别为三类场地, 建筑抗震设防类别为乙类, 混凝土框架结构抗震等级为二级, 剪力墙抗震等级为三级, 抗震构造措施抗震等级不改变。修正后该建筑基本风压为 0.50KN/m^2 。经过结构试算, 该结构首层满足嵌固条件, 结构嵌固端选择地下室顶板。本工程选择 PKPM 结构计算软件进行结构建模计算分析, 参数设置及结构模型如图 1~图 3 所示:

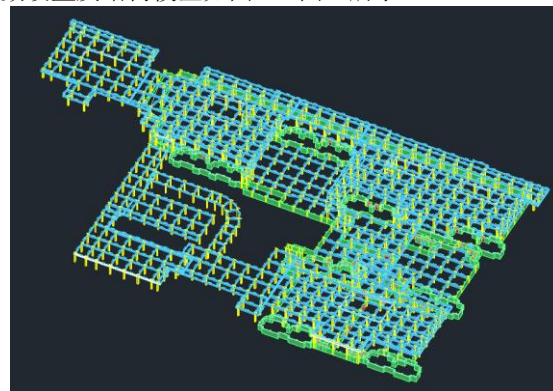


图2 负一层地下车库及地上一层架空平台层结构计算模型

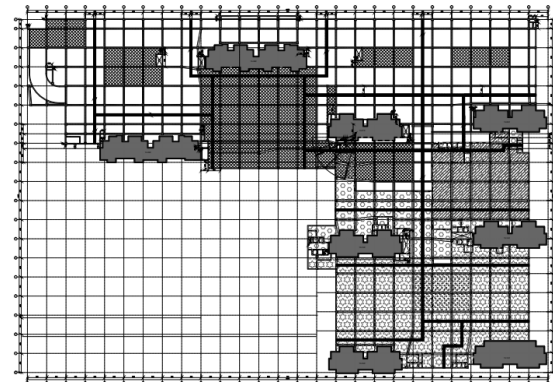


图3 地下室负一层顶结构平面布置图

5 结构设计布局分析

(1) 结构层高的设置, 根据该建筑的功能特色, 地下室筏板基础顶板顶标高为-11.450m, 局部需要降板的位置筏板顶标高为-12.550m, 地下室顶板标高为-7.600m, 架空层平台顶标高为-1.150m。

(2) 混凝土结构强度等级的设置, 该结构地上部分架空平台层框架柱为 C45 混凝土, 框架梁为 C35 混凝土, 架空平台层顶板为 C35 混凝土。负一层地下室部分地下室外墙为 C45 混凝土, 地下室墙柱为 C45 混凝土, 地下室顶板梁为 C35 混凝土, 地下室顶板为 C35 混凝土。

(3) 钢筋级别的设置, 负一层地下室与地上一层架空平台层主要受力构件钢筋均采用三级钢 HRB400 钢筋。

(4) 地上一层架空平台层伸缩缝的设置, 根据《规范》关于结构伸缩缝的构造规定, 本结构为框架结构、现浇式、在土中、伸缩缝最大距离为 55m, 该架空平台层面积大, X 向总长约 285.6m, Y 向总长约 158.65m, 远远大于 55m, 需要按照最大 55m 限值设置结构伸缩缝。根据该建筑结构的轮廓, 与中间各单体住宅塔楼楼的临近关系, 将该整个架空平台层板顶按照缝宽为 100mm 进行设缝, 设缝应该将每个独立的框架结构单体完全分隔开, 将整个架空平台层分隔成为 10 个独立的混凝土框架结构单体, 每个独立的单体同时进行结构计算。

(5) 架空平台层竖向承重构件柱的设置, 在架空平台层区域, 主要荷载为覆土恒荷载、消防车活荷载及地震力作用为主, 主柱跨为 8.4m, 架空平台层主承重柱的截面尺寸选择为 650mm×650mm 至 700mm×700mm 为主。

(6) 架空平台层水平承重构件梁截面尺寸的设置, 根据柱跨 8.4m 进行结构计算, 受荷为覆土荷载、消防车活荷载等, 主梁截面尺寸设置为 500×850mm 等。

(7) 架空平台层顶结构板板厚的设置, 该结构板为 8.4m×8.4m 柱网范围内的柱跨大板, 不设结构次梁, 受荷为覆土荷载、消防车活荷载等, 根据结构计算确定, 板厚主跨范围设置为 300mm 厚, 悬挑梁上板厚为 250mm 厚。

(8) 北侧非人防部分负一层地下室顶层水平受力构件梁截面尺寸的设置, 受荷为室内停车活荷载为主, 同时考虑负一层地下室楼层净高的要求, 北侧部分地下室顶梁截面设置为 600mm×850mm 为主。

(9) 北侧非人防部分, 负一层地下室竖向承重构件柱截面尺寸的设置, 受荷为地下室顶板室内停车活荷载为主, 同时兼承受上部架空平台层柱传力, 经结构计算与考虑建筑实际停车位停车出入的平面空间需要, 柱子截面尺寸设置为 800mm×800mm 为主。

(10) 北侧非人防部分, 地下室负一层地下室顶板板厚的设置, 受荷为室内车辆活荷载为主。主柱网 8.4m×8.4m 大板无次梁, 板厚设置为 350mm。

(11) 南侧核五级人防部分, 负一层地下室顶层水平

受力构件梁截面尺寸的设置, 受荷为室内停车活荷载与人防荷载为主, 经结构计算与考虑建筑地下室净高要求、地下室管线桥架架设高度要求等, 柱网 8.4m 主框架梁截面尺寸设置为 900mm×1000mm。

(12) 南侧核六级人防部分, 负一层地下室顶层水平受力构件梁截面尺寸的设置, 受荷载为室内停车活荷载、人防荷载为主, 经结构计算, 柱网 8.4m 主框架梁截面尺寸设置为 700mm×900mm。

(13) 南侧核五级人防部分, 负一层地下室顶板板厚的设置, 受荷为室内车辆活荷载与五级人防荷载为主。主柱网 8.4m×8.4m 大板无次梁, 板厚设置为 450mm 厚。

(14) 南侧核六级人防部分, 负一层地下室顶板板厚的设置, 受荷为室内车辆活荷载与五级人防荷载为主。主柱网 8.4m×8.4m 大板无次梁, 板厚设置为 400mm 厚。

(15) 南侧核五级人防部分, 负一层地下室竖向承重构件柱截面尺寸的设置, 受荷为地下室顶板室内停车活荷载与五级人防荷载为主, 同时兼承受上部架空平台层柱传力, 柱子截面尺寸设置为 800mm×800mm 为主。

(16) 南侧核六级人防部分, 负一层地下室竖向承重构件柱截面尺寸的设置, 受荷为地下室顶板室内停车活荷载与六级人防荷载为主, 同时兼承受上部架空平台层柱传力, 柱子截面尺寸设置为 800mm×800mm 为主。

6 结构基础形式布置

(1) 该工程±0.000=12.000m, 抗浮水位 6.00m。

(2) 地下车库部分基础的选型, 根据该工程当地岩土勘察报告与结构计算, 该工程地下车库基础选择筏板基础加柱墩的形式布置, 根据具体结构计算确定, 筏板基础厚度选择为 500mm 厚, 下柱墩截面高度分布在 200mm 至 400mm 不等, 基础筏板顶标高为-11.450m, 局部筏板顶标高为-12.550m, -13.550m。

(3) 建筑超出地库范围外的架空层平台柱基础的选型, 该部分柱子基础形式设置为柱下独立基础及柱下条形基础, 独立基础及条形基础除特殊注明外基底标高为-8.60m。柱下独立基础、条形基础、拉梁、筏板均采用 C35 混凝土, 垫层采用 C20 混凝土。

(4) 防水的措施, 底板及挡土墙采用防水混凝土, 抗渗等级 P8。结构计算同时满足抗浮要求。

7 结构计算指标汇总

根据 pkpm 结构建模, satwe 分析计算, 各项指标汇总如下表:

(1) 在所有的分塔周期比计算中, 扭转周期比第一平动周期, 均小于 0.9, 满足《抗规》3.4.5 的要求。

(2) 楼层位移角, X 方向控制在 $1/604 < 1/550$, Y 向控制在 $1/624 < 1/550$, 其中地震作用起控制作用。楼层最大位移/平均位移控制在 1.34 以内。

综上所述, 其他各项计算指标均满足建筑结构规范的要求, 见表 1。

表 1 结构计算模型各项指标汇总表

计算结果		计算值		规范（规程）限值	判别	备注
结构总质量（t）		183355.96				
质量比		1.00		<1.5	满足	
楼层抗剪承载力与相邻上一层比值的最小值		X	1.00	≥0.8	满足	2 层 1 塔
		Y	1.00		满足	2 层 1 塔
楼层剪力/层间位移刚度比（强刚）	与相邻上一层侧向刚度的 0.7 倍或相邻上三层平均值的 0.8 的比值	X	1.00	≥1.00	满足	2 层 1 塔
		Y	1.00		满足	2 层 1 塔
有效质量系数		X	99.69%	>90%	满足	
		Y	100.00%		满足	
地震底部剪重比	调整前	X	13.62%	≥3.20%	满足	2 层 11 塔
		Y	13.86%	≥3.20%	满足	2 层 3 塔
结构自振周期【强刚】（s）		T1	0.5039(X)	T12/T1=0.90≤0.9	满足	
		T4	0.4816(Y)			
		T12	0.4525(T)			
水平力作用下的楼层层间最大位移与层高之比（△u/h）（强刚）	地震	X	1/604	<1/550	满足	2 层 10 塔
		Y	1/624	<1/550	满足	2 层 10 塔
	风荷载	X	1/11550	<1/550	满足	2 层 5 塔
		Y	1/7290	<1/550	满足	2 层 5 塔
地震力作用下（偶然偏心）塔楼扭转参数（强刚）	最大位移/平均位移	X	1.34	<1.5	满足	2 层 11 塔
		Y	1.34		满足	2 层 3 塔
	最大层间位移/层间平均位移	X	1.35	<1.5	满足	2 层 11 塔
		Y	1.34		满足	2 层 3 塔
结构刚重比		X	112.06	>10	满足	不考虑重力二阶效应
		Y	95.06		满足	

【参考文献】

- [1]吴德安.《混凝土结构计算手册》（第三版）[M].北京:中国建筑工业出版社,2002.
[2]国振喜.《高层建筑混凝土结构设计手册》[M].北京:中国建筑工业出版社,2012.

[3]王文栋.《混凝土结构构造手册》（第五版）[M].北京:中国建筑工业出版社,2003.

作者简介:唐华岳（1988—）男,民族:汉,学历:本科,职称:建筑工程工程师中级,研究方向:结构工程。

市政工程管理的影响因素与解决对策

华月玲

青海省海东市乐都区住房和城乡建设局, 青海 海东 810700

[摘要]市政工程的推动现代社会发展的关键基础设施,在设计时需充分考虑人民生活需求以及城市结构合理性。它与一般商业工程项目不同,核心是为公众提供优质公共服务,推动城市规划与发展。当下,市政工程在施工建设中存在不少问题,这些情况在一定程度上干扰了居民的生产生活秩序。本文深入剖析市政工程管理中的影响因素,并给出相应针对性解决办法,期望推动市政工程规范管理及健康发展。

[关键词]市政工程管理;影响因素;解决对策

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17237

中图分类号: TU71

文献标识码: A

The Influencing Factors and Solutions of Municipal Engineering Management

HUA Yueling

Qinghai Haidong Ledu Housing and Urban Rural Development Bureau, Haidong, Qinghai, 810700, China

Abstract: Municipal engineering is a key infrastructure that promotes the development of modern society. When designing, it is necessary to fully consider people's living needs and the rationality of urban structure. It is different from general commercial engineering projects, as its core is to provide high-quality public services to the public and promote urban planning and development. At present, there are many problems in the construction of municipal engineering, which to some extent interfere with the production and living order of residents. This article deeply analyzes the influencing factors in municipal engineering management and provides corresponding targeted solutions, hoping to promote standardized management and healthy development of municipal engineering.

Keywords: municipal engineering management; influencing factors; solutions

引言

城市化推进速度加快,市政工程是城市基础设施建设里重要部分,对于保障城市功能完备、提高居民生活品质、推动经济社会可持续发展,有着无可取代的作用。市政工程包含道路桥梁、给排水、绿化、市政管网等众多内容,其建设质量和管理水平直接关联着城市运行的安全性、便利性以及环保性。不过,伴随工程规模持续扩大、技术要求不断提高,市政工程管理碰到许多挑战并受到诸多复杂因素干扰,像管理机制不够完善、安全监管存在欠缺、施工人员素质差异大以及施工环境复杂且多变等问题,这些都对工程顺利实施和质量保障形成了严重制约。针对上述问题,科学有效的管理举措就显得格外关键。本文从质量监督站的角度出发,全面分析当下市政工程中存在的重要影响因素,并且依据实际状况给出切实可行的解决办法,希望能够促使市政管理水平提高,确保工程安全与质量,推动城市建设朝着健康有序的方向发展。

1 市政工程管理的重要性

市政工程管理在城市建设以及发展进程里占据着极为关键的地位,它同城市基础设施的质量、安全状况以及运行效率有着紧密的关联。伴随城市化进程不断向前推进,市政项目的数量持续增加,其规模以及复杂程度也在逐步提高,如此便对管理的水平提出了更高的标准。科学

且规范的市政工程管理一方面可有效确保工程质量得以保障,防范安全事故的出现,另一方面能够促使资源实现合理的配置以及高效的利用,以此来压低工程成本,提升施工的效率。与此出色的管理还能够保证工程按时完成,从而满足城市发展以及居民生活方面的各类需求,进而提升城市整体的功能以及居民的生活质量。除此之外,市政工程管理还牵涉到环境保护以及社会稳定这两个方面,合理的管理举措能够削减施工过程中给环境带来的负面作用,维护公共的利益以及社会的秩序。所以,强化市政工程管理既是实现工程项目顺利开展的关键条件,也是推动城市可持续发展以及提升城市综合竞争力的重要支撑。

2 当前市政工程管理的影响因素分析

2.1 工程机制不健全

在当下的市政工程管理领域当中,工程机制呈现出健全的健全的状况,而这一情况恰恰是制约管理水平得以提升的关键因素之一。有不少市政工程项目,在规划环节、设计环节、施工环节以及验收环节等诸多方面,都缺少那种系统且完备的管理制度,同时也缺乏规范有序的流程。如此一来,便使得责任分工变得不够清晰明确,管理职能出现了交叉重叠或者干脆缺失的情况,进而对工程管理的科学性以及有效性产生了颇为不利的影响。与此部分项目在决策以及执行的整个过程当中,存在着一定程度的随意性,

而且缺乏一套严格意义上的监督与考核机制,很难构建起完整的闭环管理,这无疑容易致使工程的质量把控以及进度控制出现不到位的情形。除此之外,工程机制的不健全还具体表现在风险管理工作以及应急预案方面存在诸多不完善之处,没办法有效地去应对施工过程中所出现的各种各样的突发问题,由此也使得工程的安全隐患有所增加。

2.2 工程安全管理执行落实较差

当前在市政工程管理方面,安全管理的执行与落实普遍存在着不少欠缺,这已然成为影响整个工程质量和安全水平的关键制约要素。虽说相关的安全管理制度以及规范都已经构建起来了,然而在实际开展施工活动的过程中,各项安全措施却常常只是停留在表面形式上,缺少严谨细致的监督检查,责任追究环节也有所缺失,如此一来便致使安全管理责任无法切实有效地落实到位^[1]。有一部分施工单位以及相关人员的安全意识较为薄弱,对于安全操作规程的执行不够严格,在实际操作中存在着违规作业的情况,而且安全隐患也没有得到及时且彻底的排查。除此之外,安全管理所涉及的组织协调机制并不完善,各个部门之间欠缺有效的信息共享以及相互间的联动协作,这就使得安全管理工作很难凝聚成一股强大的合力。安全教育培训工作做得不够到位,这也导致了一线施工人员对于安全风险的认识存在不足,相应的防范能力也比较薄弱。

2.3 施工人员意识薄弱

施工人员普遍存在安全意识薄弱的问题。由于施工队伍大多由农民工组成,他们的文化水平相对较低,安全意识不足,自我保护能力较弱,面对突发情况时难以及时有效应对,导致工程安全隐患显著增加。同时,施工人员流动性较大,许多施工队伍为临时组建,且工程任务繁重,常常实行昼夜轮班的高强度作业,容易引发人员疲劳,从而进一步加剧安全风险的累积和隐患的出现。

2.4 施工环境比较复杂

当下市政工程施工环境变得愈发复杂,这已然成为影响工程管理成效的关键因素之一。伴随城市规模持续拓展,市政工程常常处于人口众多、交通拥堵的城市中心地带,其施工现场周遭环境复杂且多变,存在着诸多空间方面的限制以及安全隐患。并且,地下管线、电力设施、交通流量等诸多因素相互交织,致使施工过程里的协调以及管理的难度有了大幅度的提升。复杂的自然环境状况,比如地质结构多种多样、水文气象变化频发,同样给施工安全以及质量增添了诸多不确定性^[2]。与此在施工进程当中,还需要顾及环保方面的要求以及周边居民的生活需求,怎样在确保施工进度的前提之下减少对环境以及群众产生的影响,这就变成了一项颇具挑战性的任务。

3 市政工程施工管理的对策探究

3.1 加强对施工人员的安全教育

强化对施工人员展开安全方面的教育,这在提升市政

工程管理所具备的效能以及确保施工安全方面,称得上是极为关键的一个环节,其有着不容小觑的战略层面的重要意义。施工人员身为工程得以实施时身处第一线的主体,他们所具有的安全意识、技能水准以及风险辨识的能力,会直接对施工现场的安全管理的质量以及事故防控的效果产生影响。当下情况是,施工人员的安全素养呈现出参差不齐的状况,有一部分人员缺少系统性的安全培训,他们的安全意识比较淡薄,很难严格依照安全操作规范去执行相关操作,如此一来便致使安全事故频频出现。要强化安全教育,一方面固然需要重视将基础知识传授给相关人员,另一方面更要紧密贴合工程的实际情形来开展具有针对性的培训工作,这里所说的培训内容涵盖施工工艺方面的安全事宜、机械设备操作的相关规范、危险源的辨识以及应急处置能力等多个方面,以此促使人员的综合安全素养得以提升。与此还应当借助多样化的教育方式,比如模拟演练、案例分析、现场指导等等,以此提高培训所具有的实效性以及参与的程度。安全教育还需要构建起常态化的机制,达成从入职培训一直到在岗持续教育这样全周期的覆盖效果,推动安全理念能够真正深入到人们的心中。除此之外,还应当对施工人员的心理健康状况以及职业道德给予更多的关注,进而推动形成一种安全放在首位、责任落实到个人的工作文化氛围,以此激发员工主动去防范风险的那种内在驱动力。

3.2 强化现场环境的安全管理

强化现场环境的安全管理对于保障市政工程施工安全以及提升工程质量而言是一项十分重要的举措,其关键之处就在于要对施工现场的各类安全风险予以系统化的识别并且采取有效的控制措施。施工现场的环境是复杂且多变的,涉及到施工设备、材料堆放、人员流动、临时设施还有周边的交通以及居民生活等诸多方面,任何一个环节在管理上出现疏漏都有可能引发安全事故。科学的现场安全管理需要建立完善的风险评估机制,针对不同施工阶段和环境特点,动态识别潜在危险源,制定针对性的控制措施和应急预案^[3]。同时,应强化施工现场的安全设施配置,如警示标志、安全防护栏、消防设备和临时照明等,确保安全防护到位。

3.3 建立施工企业安全诚信机制

构建施工企业安全诚信机制,这可是提升市政工程施工管理质量以及保障施工安全的关键保障所在,同时也是促使企业主动履行安全责任、打造良好安全文化的重要举措。安全诚信机制着重于企业在安全生产方面的责任意识以及道德自律方面的要求,借助制度化建设把安全行为归入企业的信用评价体系当中,进而达成安全管理与企业信誉有效关联起来的目的。得积极推动安全诚信在企业资质评价、项目招投标还有日常监管等诸多环节里都得以纳入,营造出激励与约束同样重要的管理局面,推动企业充分重

视安全投入以及安全管理措施的实际落实情况。建立起透明的安全信息公开机制,把企业的安全行为、事故记录以及整改状况等都向外界公示出来,接受来自社会以及市场的监督,以此来强化企业安全管理的透明程度以及责任感。除此之外,还要完善安全违规惩戒以及信用修复的相关制度,对于存在安全违法违规行为的企业要采取限制或者处罚的手段,而对于安全表现较为优异的企业则给予政策方面的扶持以及信誉上的加分,以此来激发企业提升安全管理水平的内在动力。

3.4 在企业内部设置安全组织机构

在企业内部设立专门的安全组织机构,这可是保障市政工程施工安全管理制度走向制度化、系统化以及专业化的一项关键举措。安全组织机构身为企业安全管理方面核心的执行单位,肩负着诸如安全政策制定、风险识别、监督检查、培训教育以及应急处置等诸多职责,其运作情况直接对安全管理所取得的效果以及达到的质量产生影响。合理地去设置安全组织机构,一方面能够助力明确安全管理方面的责任,促使这些责任能够一层层地得以落实;另一方面还能够构建起一个将横向协调和纵向监督相互结合起来的网络,进而达成安全管理工作的全覆盖状态,做到不留任何死角。专业的安全机构会配备那些有着丰富经验并且具备专业技能的安全管理人员,他们能够实实在在地深入到现场去开展隐患排查以及风险评估相关工作,如此一来便能及时地发现安全隐患,并且对其进行纠正,从而保证各项安全措施都能够切实落地并得以执行。与此该机构还需进一步建立健全关于安全信息管理以及沟通方面的机制,以此实现安全信息的及时传递与反馈,推动安全管理决策朝着更加科学的方向发展,并且能够依据实际情况做出动态调整。

3.5 质量监督站监督管理机制建设

质量监督站监督管理机制建设对于提升市政工程管理水平以及保障工程质量安全而言,属于极为关键的一个环节。其关键之处在于构建起科学、高效且规范的监督体系,以此达成对施工全过程实施动态监控以及开展风险防控的目标。完善的监督管理机制一方面需要建立起清晰明确的职责分工以及合理的工作流程,从而保证监督工作的有序展开;另一方面还应当重视监督手段的多样化和技术化,借助现代信息技术比如大数据、物联网以及智能监测

设备等,来提高监督的精准程度以及实时特性^[4]。质量监督站要强化自身的风险评估以及隐患排查能力,围绕着重点环节与关键节点去开展专项检查,以便及时察觉并整改质量安全隐患。与此在机制建设方面还需要兼顾制度约束与激励,通过完善健全违规处罚以及奖惩机制,促使施工单位严格遵循质量安全规范,增强安全生产责任方面的意识。还要强化和相关部门的协作联动,形成监督的合力,推动信息的共享以及协同执法,进而提升监管的实际效果。

4 结语

市政工程管理存在着复杂性以及多样性这样的特点,这也就决定了它在工程建设进程当中会面临着不少的挑战。像工程机制不够健全、安全管理在执行层面落实不到位、施工人员的安全意识也比较薄弱,还有施工环境复杂且多变等情况,这些都成为了对市政工程顺利推进以及工程质量予以保障起到制约作用的关键因素。对于这些问题,得从强化施工人员的安全教育培训着手,另外还要强化施工现场环境的安全管理,建立起安全诚信方面的机制,并且要完善企业在内部所设置的安全组织机构等方面来开展工作,以此推动管理体制以及运行机制朝着更加优化的方向去发展。与此质量监督站需要充分发挥出积极的监督以及指导方面的作用,促使市政工程管理能够朝着规范化以及科学化的方向去发展。唯有各方协同合作,采取综合性的措施,才能够切实有效地提升市政工程管理的管理水平,确保工程建设过程中的安全以及质量得以保障,进而推动城市基础设施实现健康且可持续的发展,从而满足人民群众不断增长的对于美好生活的种种需求。

【参考文献】

- [1]方周泉,霍英杰.市政工程管理的影响因素与解决对策[J].佳木斯职业学院学报,2021,37(8):42-43.
- [2]丁峰.市政工程管理的影响因素与对策分析[J].决策探索(中),2020(4):16.
- [3]张云.新形势下工程管理的影响因素与解决对策[J].中国高新技术企业,2017(6):256-257.
- [4]马元银.影响建筑工程管理的因素及解决对策[J].现代物业(中旬刊),2019(3):125.

作者简介:华月玲(1986.9—),毕业院校:九江学院,所学专业:土木工程,就单位名称:乐都区住房和城乡建设局,职务:干部,职称级别:中级八级。

定压差阀在液压系统的应用研究

陈献华

湖南中联重科智能高空作业机械有限公司, 湖南 长沙 410018

[摘要]定压差阀属于液压系统里的核心控制部件,它凭借维持阀口压差处于恒定状态这一点,给系统性能带来了极为重要的影响。本文全面且细致地剖析了它的具体工作原理以及结构方面的特征,并且对其在液压系统当中所发挥出来的诸多核心功能也展开了分析,这些功能包括压力补偿、对流量实现稳定控制、让系统效率得以优化以及达成协同增效等等方面。另外还对一些关键因素作用于阀性能的机制展开了较为深入的探讨,像阀芯结构参数、油液所具有的特性、工作压力和匹配程度以及温度出现的波动等情况都是需要着重关注的。把参数化设计、动态响应优化、抗污染设计以及智能化相融合等前沿技术相互结合起来,进而提出了一些在实际操作层面能够行得通的设计以及应用方面的优化策略。相关研究显示,针对复杂工况去开展智能化且具备高可靠性的定压差阀设计,这将会成为提升现代液压系统整体效能的关键所在。

[关键词]定压差阀; 液压系统; 压力补偿; 流量稳定性

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17204

中图分类号: TH137

文献标识码: A

Research on the Application of Constant Pressure Differential Valve in Hydraulic System

CHEN Xianhua

Hunan Zoomlion Intelligent Access Machinery Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410018, China

Abstract: The constant pressure differential valve is a core control component in hydraulic systems, which has a significant impact on system performance by maintaining a constant pressure differential at the valve port. This article comprehensively and meticulously analyzes its specific working principle and structural characteristics, and also analyzes the many core functions it plays in hydraulic systems, including pressure compensation, stable control of flow, optimization of system efficiency, and achieving synergistic efficiency. In addition, a more in-depth exploration was conducted on the mechanisms by which key factors affect valve performance, such as valve core structural parameters, oil characteristics, working pressure and matching degree, as well as temperature fluctuations, which require special attention. By combining cutting-edge technologies such as parametric design, dynamic response optimization, anti pollution design, and integration with intelligence, some design and application optimization strategies that can be implemented in practical operations have been proposed. Related studies have shown that designing intelligent and highly reliable constant pressure differential valves for complex working conditions will be the key to improving the overall efficiency of modern hydraulic systems.

Keywords: constant pressure differential valve; hydraulic system; pressure compensation; traffic stability

现代液压系统在工程机械、航空航天以及高端制造等领域有着广泛的应用,其控制精度和能量效率逐渐成为核心竞争力所在。定压差阀又叫压力补偿阀,在液压回路里担负着维持关键节点压力差保持恒定的重要任务,可说是系统流量的‘稳定器’以及能耗的‘调节阀’,其性能的好坏直接决定了执行机构运动的平稳性、系统响应的速度以及整体的能耗水平。所以近些年,针对定压差阀设计理论、动态特性以及系统匹配性的研究一直在不断推进,其目的是要满足高精度、高效率、高可靠性系统的相关需求。而本文主要在于系统地梳理定压差阀的应用机理,深入剖析影响其性能的制约要素,并且探讨设计优化以及智能化升级的可行途径。

1 定压差阀的工作原理与结构

定压差阀的主要功能在于可自动对阀口开度加以调节,从而确保其进出口两端的压力差值(ΔP)大致维持在一个恒定的状态。其典型的结构是由阀芯、调压弹簧、阀体以及控制腔等部分构成的。在工作的时候,进口处的

压力 P_1 会作用在阀芯的端面之上,而出口处的压力 P_2 则会反馈到弹簧腔当中。一旦负载出现变化导致 P_2 产生波动的情况发生,阀芯就会在液压力和弹簧力的共同作用之下产生沿轴向的位移,进而改变节流口的通流面积,最终使得 $\Delta P = P_1 - P_2$ 逐步趋向于预先设定的数值。这种依据力平衡原理所形成的闭环调节机制,恰恰构成了定压差功能得以实现的基础所在^[1]。并且需要关注的是,阀芯的结构形式,如滑阀、锥阀或者插装式等不同类型、弹簧的刚度特性以及控制腔的阻尼设计等方面,它们共同决定了该阀所具有的静态精度以及动态响应品质,这些无疑都是设计过程中需要重点去考量的关键点。

2 定压阀在液压系统中的作用

2.1 压力补偿功能

在多执行器系统或者负载出现剧烈变化的情况下,定压差阀在其中起到极为关键的作用,它能够必不可少地给予压力补偿。定压差阀是串联在节流阀或者是比例方向阀

的上游位置的,如此一来便能够确保阀口的压差不会随着负载压力的起伏而发生变化。这样的设计安排让通过节流元件的流量仅仅是由其开口面积来决定的,和下游的负载压力几乎是没有什么关系的。如此一来,系统的速度刚性以及抗负载扰动的能力都得到了显著的提升。在 2024 年的《液压与气动》期刊所报道的内容当中指出,那种集成了高性能定压差阀的挖掘机主控系统,其动臂举升速度的波动率能够降低 40%以上,这一效果可以说是相当明显的。

2.2 流量稳定性控制

流量的稳定性算得上是评价液压系统品质的关键指标当中的一个。定压差阀能够凭借维持节流口压差处于恒定状态这一方式,切实有效地对由于泵源出现脉动情况、油温发生升降变化或者油液黏度有所改变等原因而引发的流量漂移现象加以抑制。特别是在比例阀或者是伺服阀所控制的系统当中,此阀能够确保流量指令和输出流量之间具备良好的线性度以及较高的重复精度^[2]。相关研究已经明确证实,在温度范围从-20°一直 80° 这样极为宽泛的温域工况之下,要是给进油节流调速回路配置上定压差阀,那么其流量变化率就能够被控制在百分之五这样的范围以内。

2.3 系统效率优化

在当下节能需求变得日益紧迫之时,定压差阀对于系统效率所起到的提升作用开始受到人们的关注。传统节流调速方式由于阀口存在很大的压损,使得能量出现较为严重的浪费情况。而将定压差阀和负载敏感泵或者变量泵相互配合起来,进而构成负载敏感系统,如此一来便仅仅会向执行器给予其所需的相应压力以及流量,从而大幅度地降低节流以及溢流方面的损失。从工程实践当中能够看出,当装载机转向液压系统运用了负载敏感技术之后,其平均节能的效果能够达到 20%到 30%这样的程度,由此产生的经济效益以及环境效益都是非常突出的。

2.4 与其他元件的协同作用

定压差阀极少处于孤立工作状态,它的效能发挥程度上依靠和泵、换向阀、执行器等各个元件的协同匹配情况。在负载敏感系统当中,它和变量泵的联动控制能够达成泵输出压力针对负载压力的自适应跟踪效果;要是和比例方向阀相互配合起来,那么便可以实现对流量进行精确且无级的调控操作。要是协同设计出现不当的情况,比如说压差设定值和泵控参数之间不相匹配,那就极易致使系统出现震荡状况或者产生响应迟滞的问题,这一点是设计者务必要予以高度关注的地方。

3 关键性能影响因素分析

3.1 阀芯结构参数的影响

阀芯直径以及阀口的几何特征,这二者构成了对流量控制精度产生影响的两个核心变量。当处于高压且大流量的工作状况之下时,较大直径的阀芯能够呈现出较为出色的通流能力,然而与此其运动惯性以及粘性摩擦阻力也会相应地增大,进而使得阶跃响应的响应时间大约延长了 40%

至 60%左右。阀芯半锥角一旦发生改变,那么液动力的方向以及幅值也会随之出现明显变化。较小的锥角能够在一定程度上降低稳态液动力给阀芯位移带来的干扰,从而提高压力的稳定性;而较大的锥角虽说有助于强化流量增益,可却会让阀芯径向不平衡力引发的卡滞风险变得更加严重。阻尼孔直径哪怕仅仅做出毫米级别的细微调整,都会和控制腔压力建立的速度有着直接的关联。要是把直径减小 20%,那么阀芯响应延迟就有可能增加到原来的 1.5 倍之多^[3]。所以现代的设计通常都会采用多级阻尼的结构,在阀芯的台肩部位设置不同差异的节流槽,以此来兼顾动态响应以及稳定性这两个方面的要求。在 2025 年的时候,北京航空航天大学的团队借助拓扑优化算法重新对非对称导流槽结构加以设计,最终成功地将某航空液压系统的定压差阀的压差波动控制在 2%以内,相较于传统的设计方式,其精度提升了足足 68%之多。

3.2 油液特性的影响

油液黏度指数的差异造成低温启动与高温运行时的控制特性漂移。当油温从-30℃升至 100℃时,ISO VG46 液压油的运动黏度将从约 450mm²/s 骤降至约 10mm²/s,直接导致阀芯运动阻尼系数变化 3 倍以上。这种黏温效应不仅改变阀芯动态响应,更引发内泄漏量的非线性增长,研究证实油温每升高 40℃,典型滑阀式定压差阀的内泄漏量增加 15%~25%。油液弹性模量则深刻影响压力波传播特性:矿物油弹性模量约为 1400MPa~1800MPa,而水-乙二醇溶液仅为 1000MPa~1200MPa,使得后者在高压突变工况下产生更显著的流量超调现象。值得警惕的是,液压油中尺寸大于阀芯配合间隙 30%的硬质颗粒,2023 年中国液压气动密封件行业协会故障案例库统计,单次卡滞事件即可造成阀芯表面永久性划伤,导致压差设定值永久偏移 3%~5%。

3.3 系统工作压力的匹配性

设定压差与系统工作压力的比值需通过严格的能耗分析与动态特性验证确定经验性优化区间。工程实测数据表明,该比值宜控制在 8%~15%范围内才能兼顾调节性能与能耗效率:当比值低于 6%时,阀口有效调节行程不足,难以克服负载阶跃变化引起的流量瞬态波动;比值超过 18%则导致节流损失呈非线性增长,系统压力损失增加 1.5~2 倍。对于 21MPa 级工程机械液压系统,设定压差推荐采用 1.7MPa~3.2MPa;35MPa 级航空系统则需 2.8MPa~5.3MPa 的设定值。在多模式系统中,工作压力的动态切换要求压差设定具备自适应能力,此时应建立压力比-流量特性的三维映射模型,通过实时反馈调整确保不同压力级下的压差比稳定在优化区间。温度变化对材料刚度的影响亦需纳入考量——油温每升高 40℃,弹簧刚度衰减约 0.8%,直接导致设定压差偏移 0.5%~1.2%,这要求设计阶段预留温度补偿余量或采用变刚度补偿机构。

3.4 温度变化对性能的影响

温度波动通过双重物理机制干扰定压差阀性能:材料

热变形效应与油液黏温特性耦合作用。典型铸铁阀体的线膨胀系数约为 $11\mu\text{m}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ ，而合金钢阀芯为 $13\mu\text{m}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ ，当油温从 20°C 升至 120°C 时，两者热膨胀差异导致配合间隙增大 $8\sim 12\mu\text{m}$ ，内泄漏量随之增加 $2.5\sim 4$ 倍。油液黏度变化更为关键：矿物油黏度在 $40^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ 区间通常下降 $80\%\sim 90\%$ ，直接削弱阀芯运动的阻尼效应，使动态响应超调量增加 $15\%\sim 25\%$ 。密封系统受温度影响尤为显著，丁腈橡胶密封件在 -20°C 环境下硬度提升 $12\sim 18$ Shore A，运动摩擦系数增加 $1.8\sim 2.2$ 倍；当温度超过 110°C 时其永久压缩变形率可达 $30\%\sim 35\%$ ，造成密封失效风险。先进设计需集成多级补偿策略：采用温度-压力复合传感器实时监测工况，通过电控单元动态修正弹簧预紧力；或应用双金属热补偿片自动调节阀芯初始位置，在 $-30^{\circ}\text{C}\sim 120^{\circ}\text{C}$ 宽温域内将压差控制精度维持在 $\pm 2.5\%$ 以内，该技术已纳入 2025 版 ISO 10767-1 标准修订草案。

4 设计与应用优化策略

4.1 参数化设计方法

响应面模型 (RSM) 为基础的多目标优化正逐渐发展成为一种新的设计范式。把阀芯位移精度、压力超调量以及能耗系数当作优化目标来构建一个数学模型，这个模型包含了多达 12 个关键参数，像阀芯质量、弹簧刚度、阻尼孔径、锥角角度等这些核心变量都在其中。借助拉丁超立方采样的方式生成了 300 组设计样本，之后再和计算流体动力学 (CFD) 还有多体动力学 (MBD) 联合仿真相结合，以此来获取响应值。最后运用 NSGA-II 遗传算法得到了帕累托前沿解集，从而使得设计迭代的效率相较于传统的试错法提升了足足 20 倍。

4.2 动态响应优化技术

控制腔容积压缩效应构成了制约响应速度的物理方面瓶颈所在之处。一旦控制腔的直径超出 20mm ，并且其长度还大于 30mm 的时候，油液所具有的压缩性就会致使阀芯响应出现延迟的情况，而且延迟的时间会增加 15 毫秒以上。针对这一情况，创新性的方案是把微型蓄能器集成到阀芯内部。博世力士乐在 2025 年所发布的 REXROTHDZ 系列相关产品当中，采用了直径为 3mm 的薄膜式蓄能腔，借此能够有效地对油液压缩量加以补偿，进而使得阶跃响应时间得以缩短，最终可缩短至 20ms 以内。而对于摩擦力所造成的非线性干扰问题，则是依靠材料方面的革新来予以应对。德国贺德克公司所开发出来的类金刚石 (DLC) 涂层阀芯，再配合上聚醚醚酮 (PEEK) 复合材料制成的阀套，成功地将运动摩擦系数降低到了 0.05 以下，同时还将滞环误差减少了 75% 之多。

4.3 抗污染与耐久性设计

表面织构技术开辟了抗污染的新途径。在阀芯表面利用激光加工出深度介于 $5\mu\text{m}$ 到 $10\mu\text{m}$ 之间且直径为 $50\mu\text{m}$ 的微凹坑阵列，如此一来便能够形成稳固的微观流体动压

膜，进而使得颗粒污染物没办法接触到基体表面。清华大学所组成的团队在 2024 年开展的实验已经证实，经过织构化的阀芯在 NAS10 级污染油液当中连续运行长达 1000 小时之后，其磨损量仅仅只有传统阀芯磨损量的 30% 而已。而在流道设计方面，则是引入了生物仿生的理念，具体而言就是模仿鲨鱼皮肤上肋条结构的非光滑流道，这样的设计可有效地对污染物沉积的边界层起到破坏作用，某军工项目在应用该项技术之后，其污染物沉积量足足减少了 60% 之多。

4.4 智能化控制融合趋势

数字孪生技术能够达成阀的寿命周期管理目标，在阀体当中嵌入 MEMS 压力传感器以及温度传感器，每隔 5ms 便采集一次工作参数，借助边缘计算节点提取出特征值，像是压差波动方差、响应时间趋势等，然后将这些数据上传到云端的数字孪生体。徐工集团在 2025 年所搭建的液压阀健康预测平台，通过对 300 台装载机定压差阀的实时数据展开分析，成功达成了剩余寿命预测误差低于 10% 的精度水平。更为前沿的当属自学习控制算法，中航工业某型号飞机液压系统所采用的强化学习控制器，能够在 30 个起降周期以内自主地对压差控制参数加以优化，使得襟翼作动器流量控制精度提高了 40% 。

5 结束语

定压差阀在现代液压系统里充当着极为关键的角色，它既是压力的守护者，又是流量的稳定器。其性能的好坏，会对系统的整体表现产生重大影响。本文系统论述了其核心功能、性能制约因素以及优化策略。研究表明，阀芯结构参数的精细化设计、油液污染与温度效应的有效抑制、以及系统工作压力的精准匹配，是提升其静态与动态性能的基础。面向未来，参数化设计、动态响应优化、高可靠性的设计以及智能化的融合，共同构成了定压差阀技术演进的主要脉络。尤其值得强调的是，在智能制造与绿色发展的双重驱动下，实现高精度、快响应、强鲁棒、低能耗且具备状态感知与智能决策能力的定压差阀，将是学术界与工业界持续攻坚的核心目标。该领域的持续突破，对于推动液压传动技术向高端化、智能化、绿色化转型升级，具有非常重要的意义。

【参考文献】

- [1]张灿罡.恒功率轴向柱塞泵变量机构的研究[D].甘肃:兰州理工大学,2016.
- [2]冯书亮,蔡留金.恒压系统与负载敏感系统的运用对比分析[J].液压气动与密封,2020,40(2):52-56.
- [3]徐霄.轮式挖掘机全轮液动力转向系统研究[D].甘肃:兰州理工大学,2022.
- [4]鞠超,史金钟,罗明泉.负载敏感技术在拖拉机液压系统上的应用[J].拖拉机与农用运输车,2023,50(2):19-24.

作者简介:陈献华(1984.10—),男,学历:本科,毕业院校:湖南工程学院,所学专业:机械设计制造及其自动化,目前职称:机械工程师。

机械电子安全风险预警监测要素确定方法

张丰收

克拉玛依荣康机电设备有限公司, 新疆 克拉玛依 834000

[摘要]随着机械电子系统在各个领域的广泛应用,安全风险预警监测要素的确定方法成为保障系统可靠和安全的关键所在。文章结合风险要素识别方法,结合智能监测要素优选框架,探讨多源信息融合、动态权重分配等技术在风险预警中的应用,并分析不同行业的适配性,构建兼顾实时性与成本效益的监测体系,为机械电子安全风险预警提供系统化的解决方案。

[关键词]机械电子;安全风险;预警监测

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17248

中图分类号:

文献标识码: A

Method for Determining the Elements of Risk Warning and Monitoring for Mechanical and Electronic Safety

ZHANG Fengshou

Karamay Rongkang Electromechanical Equipment Co., Ltd., Karamay, Xinjiang, 834000, China

Abstract: With the widespread application of mechanical and electronic systems in various fields, the determination method of safety risk warning and monitoring elements has become the key to ensuring the reliability and safety of the system. The article combines risk element identification methods and intelligent monitoring element optimization framework to explore the application of multi-source information fusion, dynamic weight allocation and other technologies in risk warning. It also analyzes the adaptability of different industries and constructs a monitoring system that balances real-time and cost-effectiveness, providing a systematic solution for mechanical and electronic safety risk warning.

Keywords: mechanical and electronic; security risks; early warning monitoring

引言

当前产业转型升级持续加速的进程中,机械电子系统安全管理面临的核心困境来源于两个相互交织的层面:技术复杂程度的指数级增长和风险表现形态的本质性变化。零部件疲劳磨损这类传统物理性风险,它们当然继续存在并且需要被关注。但更耗费工程精力的,是软件代码缺陷的隐蔽性、网络非法入侵的突发性、人机协作失误的不可预测性这些非实体化的新型威胁源。数字化工厂内部各子系统之间的关联紧密度,超越了历史上的任何时期的情况。某个不起眼的传感器读数异常情况,经过控制系统的多级算法传递与处理流程,完全可能成为灾难性误操作的触发点。全球产业链布局下不同区域技术规范存在的显著差异,还给风险管理标准化带来现实困扰,跨国企业的运营管理者,他们必须在各地合规性要求和方案通用性目标之间持续寻找平衡点。

1 机械电子安全风险预警监测的重要性

1.1 产业升级中的安全挑战

传统机械设备面临的安全挑战,主要集中于机械结构失效、材料疲劳等物理层面的风险。现代机械电子系统则迥然不同,其需同时应对软件逻辑错误、网络攻击、人机界面设计缺陷等诸多新型威胁。尤其在完成数字化与智能化转型的工厂环境中,设备与系统间数据交互的频度与深

度,均已达到前所未有的水平。单一节点的微小故障,极可能以难以预见的方式,在整个网络中迅速传播并扩大其影响范围。此乃产业升级过程中引入的显著安全困境。传统物理失效机制的分析方法,对理解此类新型复合风险尤显不足。软件层面的脆弱性、网络连接的开放性、人机交互的复杂性,此三者共同构成了现代系统安全防御的薄弱环节。说白了,风险的传播路径和最终影响,现在变得愈发难以捉摸。此外,系统集成度的提升,使得不同模块间的耦合性空前增强。局部故障的连锁反应,其速度和广度远超传统设备。此情此景,对安全风险的前瞻性识别与快速隔离能力,提出了远高于以往的严苛要求。尤甚者,智能决策算法本身可能引入不可预测性,进一步加剧了风险控制的难度。物理世界与信息空间的深度融合,遂使安全保障的边界日渐模糊。

1.2 事故预防的经济社会价值

站在经济学的角度来看,在机械电子系统的整个生命周期里投入用于安全预警监测的资源,其产生的边际效益往往都会高于事后补救的成本,尤其是在医疗设备、航空航天这些高价值的领域中。安全预警监测体系的建设,不仅仅关联着企业的直接经济损失,还紧密联系着品牌信誉、市场竞争力等等一系列无形资产的价值维护,这些要素共同构成了企业可持续发展的基础条件^[1]。社会层面来看,

重大工业事故造成的负面影响，往往远远超出事件本身，可能会引发公众对新技术的信任危机，甚至会影响到整个产业结构和各项政策的调整方向。这种外延效应，是任何理性决策者都必须慎重考量的重要因素。所以说，建立完善的机械电子安全风险预警监测体系，为整个产业生态构筑一道看不见摸不着但是坚实的防护墙是重中之重。

1.3 行业监管与合规性要求

当前，全球主要工业国家都建立起了越来越严格的机械电子安全监管体系。这些法规标准，它们不仅仅规定了产品的基本安全性能指标。企业还必须建立全过程的风险管控机制，这也是法规提出的明确要求。以欧盟的机械指令作为例子，它就明确要求制造商必须进行全面的风险评估并建立相应的防护措施。这种合规性要求，它在客观上形成了一种倒逼机制，迫使企业不得不把安全预警监测作为产品研发的重要组成部分。不同国家和地区的技术标准体系，它们之间存在着显著的差异。跨国企业因此必须建立起具备高度适应性的风险管理框架。满足不同市场准入要求的同时，技术方案的一致性还必须能够得以保持。机械电子安全风险预警监测要素的确定，它已经超越了单纯的技术范畴。企业得国际化战略中不可或缺的一环，它正成为这个要素确定工作的本质属性。

2 风险要素识别方法论

2.1 故障模式基础分析方法

在西部干旱多风沙的特殊环境条件下，传统 FMEA 方法必须进行三个方面的本地化改进。首先，增加环境应力因子分析的维度是必须做的，尤其是要针对强风沙、盐碱腐蚀、剧烈温差等典型的地域环境要素。其次，设备季节性使用的特点也得好好考虑，比如农用机械在非作业期长期封存状态可能出现的那些故障模式。最后，多民族聚居区的实际情况要求纳入民族文化因素，分析多语言操作界面可能带来的那种误操作风险。经过这样改进的分析方法，它能更准确地识别该地区机电系统特有的一些故障模式，像风沙导致传感器堵住、温差大引起接插件松动这类特殊问题。

2.2 多源信息融合技术

西部地方地广人稀，网络基础设施也分布很不均衡，这给多源信息融合带来了特殊的挑战。针对那些偏远地区网络信号覆盖不足的实际情况，应该优先选择带有本地预处理能力的智能传感器节点。然后，开发基于模糊推理的轻量级融合算法。考虑到多民族语言环境这个背景，信息融合系统还需要具备多语言报警信息自动转换的功能^[2]，这样做可以确保风险提示能够被不同民族的操作人员都准确理解。另外，在涉及边境贸易的那些具体场景里面，监测系统还需要能够处理不同制式设备发来的数据。

2.3 动态权重分配模型

不同风险要素的重要性并不是一成不变的，它会随着

系统运行状态的变化而变化，在机械电子系统实际运行的过程中，某些在正常情况下看起来次要的风险因素，到了特定工况下就可能突然变成关键的风险源。基于机器学习的自适应权重调整算法，它能够根据实时监测到的数据自动更新各风险要素的优先级排序。这种能力在应对突发工况变化时显得特别有用。不过，动态权重模型它也有自己的问题，它的可靠性非常依赖训练数据是否完备和是否有代表性，如果训练数据没有覆盖所有可能的运行状态，模型在某些极端边界条件下就可能做出错误的判断。

2.4 人因工程分析方法

机械电子系统安全风险评估中，操作者与机器交互环节占据特殊地位。操作者的认知局限及行为偏差，此乃事故链触发之关键环节。为定量评估不同人机界面设计对操作错误概率之影响，人因工程分析方法构建人的可靠性模型。界面设计缺陷，如指示灯颜色过于近似或操作提示语语义含混，极易诱发操作者状态混淆，正是该方法关注之核心。随着自动化水平提升，操作者角色已由主动控制者转向监督者。角色转变带来新型人因风险，监控过程注意力涣散及情境意识缺失即为其表现。尤为关键的是，文化背景差异导致操作者对同一界面设计产生迥异理解。因此，人因分析必须纳入文化因素考量。坦白说，这增加了分析的维度复杂性。

2.5 环境适应性评估

环境因素对机械电子系统可靠性的作用常被低估。温度、湿度、振动、电磁干扰等环境应力，能够显著改变系统失效模式及速率。环境适应性评估需建立系统性能与环境参数间的映射关系。非线性且具滞后性，是此种关系普遍呈现之特征。运行环境持续变化的移动设备，如工程机械或车载电子系统，其面临的环境应力组合尤为复杂。实验室模拟典型环境剖面乃传统环境试验方法。然而，真实环境中多因素耦合产生的复杂效应，此方法难以有效复现。现代评估更倾向于应用数字孪生技术，通过虚拟仿真预测系统于不同环境条件下的响应。潜力巨大，然而模型精度及计算资源充足与否，依然制约着该方法的准确性。模型精度不足，往往源于资源投入的限制。

3 智能监测要素优选框架

3.1 关键特征提取准则

在多民族聚居且环境特殊的干旱多风沙区域应用中，特征提取工作必须牢牢抓住环境适应性和成本效益比这两个最核心的要素。面对农牧区域电力供应时常不稳定的现实状况，优先选择那些低功耗的特征参数是理所当然的。至于风沙弥漫的严苛环境，则需要重点盯紧与设备防护性能紧密相关的特征指标。特别需要花力气去开发的，是适用于移动畜牧设备的振动特征提取方法。这类设备在草原非铺装路面上的实际工作状态，它和工厂里面那种平稳环境下的表现存在着天壤之别。考虑到当地技术人员的普遍专业结构情况，特征提取最后得到的结果，还得具备足够

好的可解释性才行。

3.2 机器学习辅助决策

机器学习算法,它为监测要素的优选工作提供了非常强大的辅助决策工具。这些工具能够从堆积如山的历史数据中,自动挖掘出人眼根本识别不出来的复杂模式。像随机森林、梯度提升树这类监督学习方法,它们可以用来评估各个特征参数的重要性排序。聚类分析这类的无监督学习方法呢,则擅长于发现特征空间里面隐藏的异常模式^[3]。不过在实际应用过程中,机器学习模型解释性不足这个天生的缺陷,确实是个让人头疼的问题。尤其是在安全关键领域,工程师们必须清清楚楚地知道模型决策的依据到底是什么,心里才能踏实,才能建立起必要的信任。为了解决这个老大难问题,近年来兴起的可解释人工智能技术,比如通过特征重要性热力图这种直观的方式,把各个参数对最终决策的贡献度展示出来。机器学习模型的性能表现,它高度依赖训练数据本身的质量高低。数据集里面如果存在采样偏差或者标注错误这类问题,模型就完全可能学到错误的特征关联关系。

3.3 伦理约束机制

多民族文化交融的特殊背景,要求监测系统设计伊始即须充分尊重各民族独特风俗习惯与宗教信仰。涉及特定宗教信仰的食品加工设备监测过程中,传感器材质选择亟需规避触犯相关教义之可能。多民族聚居区域,监测数据收集行为及使用方式,务必严格遵循当地约定俗成的民俗禁忌。跨境流动数据之处理,监测系统必须构建符合国家边境数据安全强制性要求的特殊协议。核心目的,在于阻止关键技术数据违规传输至境外。发布预警信息时,不同民族对风险等级与性质的理解差异不容忽视。信息表达形式,亟需适配当地文化习惯。尊重,此乃建立有效合作关系的基石。兹事体大,系统设计者须对此保持高度敏感。

3.4 实时性优化策略

实时性作为安全预警系统核心诉求,其表现直接决定了监测要素优选工作的成效。预测价值高但计算耗时的特征参数,往往难以满足实时监测苛刻的时限要求。边缘计算架构的引入,为解决此矛盾提供了新思路。通过在靠近数据源的设备端部署轻量化计算模型,数据传输所致延迟可被有效削减。特征提取算法本身的计算复杂度,构成优化的关键对象。工程师们常常被迫在获取更丰富特征信息与控制计算资源消耗之间,进行艰难抉择。例如,优先选择计算效率高的时域特征,而非精度更优但计算量庞大的频域特征。尤为棘手的,当属需融合多传感器数据的复杂特征。其实时计算过程,严格受限与通信带宽大小与数据同步精度高低。为应对此系列挑战,分层处理策略展现出显著优势。说白了,就是将计算任务依据紧急程度与重要性,分配到云端、边缘端及设备端不同层级执行。如此,既能确保核心预警信号的实时性,又可维系系统整体监测能力的完整性。

3.5 成本效益平衡

成本效益分析,这是监测要素优选过程中绕不开的一个非常现实的考量。理论上设计得再完美的监测方案,如果成本高得吓人,那它在实际工程应用中也就失去了存在的价值。资源条件有限的应用场景里面,工程师们必须非常精心地设计监测要素的组合搭配方式。目标就是用有限的资金投入,撬动最大的安全效益提升幅度。这种微妙的平衡,需要同时考虑传感器本身的采购成本、安装和后续维护的难度、所需计算资源的多少等多个维度的因素。本质上,这又是一个典型的多目标优化问题^[4]。有启发意义的是,某些成本低廉的间接监测参数,如果经过巧妙算法的加工处理,最终达到的效果是有可能和高成本的直接监测差不多的。这种聪明的替代方案,往往能大幅降低整个系统的总拥有成本。更深层次的问题在于,评估成本效益时所选择的时间尺度长短。光看短期的话,投入高成本的精密监测肯定显得不太划算。但如果把眼光放长远,从设备整个生命周期的角度来算总账,这种投入却很可能带来相当可观的综合效益。

4 结束语

机械电子安全风险监测要素的智能优选过程,本质上是个融合技术严谨性与工程实用性的复杂系统工程。本文建立的分层次动态决策框架,它致力于在技术实施可行性、经济成本可控性、实时响应效能及伦理合规约束等多重目标维度间寻找微妙的平衡状态。特定多风沙地域和跨境作业场景的实际运行反馈反复证明,缺乏环境适应能力和文化兼容性的技术方案,再先进也难免遭遇适应性困境。机器学习辅助决策手段虽提供强大分析工具,但模型内在解释性不足和训练数据依赖性强的固有缺陷,它们始终是阻碍实用化的现实障碍。边缘计算架构等轻量化处理路径,它们为解决实时性矛盾开辟新通道,然而传输带宽的物理限制始终客观存在。成本效益的综合权衡过程,则要求工程决策者必须具备既见局部又观全局的系统性视野。最终而言,建设既稳定可靠又符合实际应用场景的风险预警体系,这是对产业可持续发展能力的必要投资。

[参考文献]

- [1]张燕超,陈洪良,明阳.起重机械吊装作业区域安全态势感知技术研究[J].起重运输机械,2024(15):47-52.
- [2]王亚军.LabVIEW 虚拟仪器在煤矿机械设备安全检测系统的应用[J].煤炭技术,2022,41(10):210-213.
- [3]魏定进.基于汽车电子机械式制动系统的主动安全设计[J].电子技术与软件工程,2022(20):121-124.
- [4]马环洲.基于电子皮肤的机械臂主动安全控制系统研究[D].太原:太原理工大学,2023.

作者简介:张丰收(1991.5—),毕业院校:东北大学,所学专业:电气自动化技术,当前单位名称:克拉玛依荣康机电设备有限公司,就单位职务:总经理,职称级别:中级工程师。

电气工程及其自动化认识及未来发展方向探析

刘登伟

中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司, 辽宁 沈阳 110000

[摘要]电气工程及其自动化属于现代工业以及社会发展的极为关键的领域,其涵盖了电能的生产环节、传输环节、分配环节以及自动控制方面的技术。伴随技术不断取得进展以及需求持续提升,该领域当下正处在经历着较为深刻的变革之中。不过在现阶段,其依旧面临着诸如能耗过高的情况、设计存在不合理的状况、质量控制方面有所欠缺以及系统集成度偏低等一系列问题,这些问题对它的发展形成了极为严重的制约作用。文中全面且细致地对上述这些诸多问题展开了分析,同时参照信息技术以及物理科学方面的发展走向,深入探讨智能化、绿色节能、物联网还有大数据等技术相互融合并加以应用的具体情况,并且还提出了有关人才培养的相关策略,希望能够促使电气工程以及自动化达成可持续且高质量的发展目标。

[关键词]电气工程及其自动化;认识;未来发展方向

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17225

中图分类号: TM76

文献标识码: A

Analysis of the Understanding and Future Development Direction of Electrical Engineering and Its Automation

LIU Dengwei

PowerChina Construction Corporation Beijing Engineering Corporation Limited, Shenyang, Liaoning, 110000, China

Abstract: Electrical engineering and its automation are extremely critical fields for modern industry and social development, covering technologies in the production, transmission, distribution, and automatic control of electrical energy. With the continuous progress of technology and the increasing demand, this field is currently undergoing profound changes. However, at present, it still faces a series of problems such as high energy consumption, unreasonable design, inadequate quality control, and low system integration, which have severely constrained its development. The article comprehensively and meticulously analyzes the above-mentioned issues, while referring to the development trends of information technology and physical science, and deeply explores the specific situation of the integration and application of intelligent, green and energy-saving, Internet of Things, and big data technologies. It also proposes relevant strategies for talent cultivation, hoping to promote the sustainable and high-quality development goals of electrical engineering and automation.

Keywords: electrical engineering and automation; acquaintance; future development direction

引言

电气工程及其自动化属于国家基础设施的关键部分,肩负着确保电力供应以及推动工业自动化升级这两项重要任务。伴随社会对能源效率、环境保护还有智能制造方面的要求持续提升,电气工程领域有必要在技术创新以及系统优化层面达成颇为显著的突破成果。与之同步,自动化技术的持续融合给电气系统的智能化以及高效运转打下了稳固的基础。不过,在行业内部依旧存在着不少制约要素,这些要素对整体的发展速度以及质量产生了影响作用。所以,细致剖析当下所面临的那些主要问题以及相关的影响因素,清晰明确未来的方向,这对于引领产业技术向前发展以及人才的培养工作而言,有着不容忽视的重要意义。

1 电气工程及其自动化的含义

首先,从电气工程及其自动化的意义方面来看,电气工程是事关国计民生、经济发展的重大社会工程,简言之:其是生产加工,输出分配和使用电能的过程。自然而然,

做好电气工程的相关研究工作,包括理论与有关人才培养及相关机制体制的建立对其电气工程的进一步可持续发展、创新发展及有关工作人员之实践能力的提升意义重大。其次,在这一产业建设中,需要电气工程开发技术与自动化技术相结合的创新与互动。电气工程及其自动化建设的发展是基于科学技术并将科学技术进一步融入电气工程领域中的互动过程,并且其产业建设要使电气工程自动化的发展过程能够应用于当今社会的工业发展状况。

2 电气工程及其自动化面临的主要问题

2.1 能耗与资源浪费问题

在电气工程及其自动化的相关系统当中,能耗过高的情况以及资源浪费的问题一天比一天更为凸显,这已然变成了限制该行业达成可持续发展这一目标的关键性瓶颈所在。不少传统的电气设备还有系统,在其设计以及实际运行的整个过程里面,并没有全面且细致地去考量能效方面的优化事宜,如此一来便致使能源在经历转换以及传输这些环节的时候出现极为严重的损耗状况,进而产生了数

量颇多的电力方面的浪费情况。除此之外,有一部分工程在项目实施的过程中,缺少那种科学并且合理的节能方面的策略,同时也没有行之有效的管理举措,这就使得电力资源出现了过度的消耗以及大量的浪费现象,不但让企业的运营成本有了颇为显著的增长幅度,而且对于环境保护方面也带来了相当严重的负面作用。这样的高能耗模式一方面加剧了资源所处的紧张状态,另一方面还催生出了碳排放以及环境污染等等一系列与生态环境相关的诸多问题,进而对绿色发展的既定目标形成了阻碍作用。与此资源浪费的情况还具体表现在设备材料以及人力资源的配置不够合理这个层面上,这直接导致了系统整体的经济效益出现了下滑的趋势,对工程项目的成本把控以及效益的提升都产生了影响。所以说,提高能源的利用效率、强化节能技术的应用推广工作,还有对资源管理体系加以优化等方面,成为了当下电气工程领域迫切需要着力去攻克的重要课题,唯有将技术创新和科学管理相互结合起来,才能够切实有效地降低能耗以及资源浪费的程度,从而使行业能够实现高质量且可持续的发展态势。

2.2 设计与质量控制不足

电气工程在设计阶段所做出的种种决策,会在很大程度上直接确定后续系统所呈现出的性能状况以及稳定程度。然而就当下情况来看,相当一部分项目在设计这个环节当中,存在着科学性以及合理性有所欠缺这样的一种问题。在设计整个进程里面,通常会缺少较为系统的优化方案,同时也缺乏具备前瞻性的相关分析。并且还常常会忽略掉对环境适应性以及扩展性方面的考量,如此一来便致使设备的配置出现不合理的情况,甚至还会出现功能存在重复或者缺失的现象,最终对系统整体的运行效果产生了影响。与此质量控制体系到目前为止还没有形成一套完善的标准以及行之有效的监管机制,在施工的过程当中,监督力度不够,并且检测手段也比较滞后,这使得工程质量很难得到切实有效的保障。设计方面以及质量控制方面存在的不足之处,一方面降低了电气系统的安全性以及可靠性,另一方面也加大了后期维护以及升级工作的难度,进而对电气工程朝着高效、智能的方向发展形成了阻碍。

2.3 系统集成与自动化水平低

电气工程及其自动化系统的集成程度以及自动化水平,会对整体运行的智能化程度以及高效性产生直接的影响。当下不少电气自动化项目运用的是相对独立的模块化设计方式,缺少统一的集成平台,使得信息孤岛的情况比较严重,各个子系统之间没办法达成有效的数据共享以及协同控制,致使系统的响应速度以及灵活性都出现了下降。并且自动化技术的应用还存在着分散且不平衡的状况,部分关键环节需要依靠人工来进行干预,自动化水平没有实现全面的提升。这样的集成以及自动化方面的不足,对智能制造以及智慧电网的发展形成了制约,同时也对电气工

程系统的优化升级以及创新应用空间造成了限制,迫切需要强化技术融合以及平台建设。

3 电气工程及其自动化的影响因素分析

3.1 信息技术的发展驱动

信息技术发展快,计算机、通信、智能算法有突破,给电气工程和自动化系统强力支撑。现代信息技术应用让电气系统数据采集、传输、处理能力强,能实时监控、智能决策,提高系统自动化水平和效率。云计算、大数据、人工智能融合推动智能电网、智慧工厂建设,电气工程在智能化、数字化方面快速发展。信息技术发展还促进系统互联互通、资源共享,减少信息孤岛,提高行业技术水平。

3.2 物理科学技术进步

物理科学技术不断取得进展,给电气工程及自动化领域带来了核心硬件以及材料技术方面的创新成果。这其中涵盖了像新型电力电子器件、高效电机技术还有先进的传感器以及检测技术等等。这些技术经过革新之后,使得电气设备在性能以及可靠性方面都得到了明显的提升。伴随着纳米技术、半导体技术以及新材料科学不断发展,电气系统的能效以及耐用性也都获得了较为显著的改善情况,进而推动了绿色节能技术得以广泛地应用起来。物理科学方面所取得的进步,一方面为电气工程奠定了较为坚实的技术根基,另一方面也为处理能耗以及系统集成等关键难题提供了行之有效的办法,推动了电气自动化系统朝着高效且智能的方向不断演进发展。

4 未来发展方向与策略

4.1 智能化与人工智能应用前景

智能化是未来电气工程以及自动化领域发展的主要攻克方向,其依靠着人工智能技术所取得的一系列突破,达成了系统在自主感知、决策还有控制方面的实现。人工智能算法可针对电气系统那海量的运行数据展开深度剖析以及模式识别操作,这使得系统的故障预警能力以及运行优化程度都得到了大幅度的提升。借助引入机器学习、深度学习这类先进技术,电气自动化系统会变得更加灵活且更具自适应性,能够在复杂且多变的环境状况下完成智能调节以及动态优化,进而切实提高系统的稳定性与可靠性。除此之外,智能机器人以及智能传感器的广泛运用,一方面能够提升工业自动化的工作效率,另一方面还能够达成对设备状态的实时监测以及故障诊断,如此一来便可以降低维护方面的成本,同时延长设备的使用寿命。这些技术经过融合与应用之后,将会进一步推动智能电网向前发展,促使电力系统变得更为高效、稳定并且环保,由此全面提升整个产业的智能化水准,助力达成工业现代化以及数字化转型所设定的目标。

4.2 绿色节能与可持续发展

绿色节能已然成为电气工程领域无法逆转的发展趋势,在未来的发展进程中务必要把节能减排同环境保护放

在同等重要的位置来对待。广泛推广那些高效的电力电子器件,采用具有节能特性的电机,并且对系统设计予以优化,这无疑是一条能够达成能源利用最大化目的的有效路径,如此一来,既能够在很大程度上降低能耗,又可提高系统整体的运行效率以及获取不错的经济效益。与此将新能源技术比如太阳能、风能等与电网并网应用结合起来,进而构建起智能化的分布式电网体系,这对于提升系统的稳定性以及环保性能都有很大帮助,也有助于促使传统能源和清洁能源实现有机的融合^[1]。借助科学合理的规划以及智能高效的管理手段,电气工程能够更为出色地服务于可持续发展的目标,积极且有效地响应国家所推行的节能减排相关政策,以此来降低碳排放量,减少各类资源的无谓浪费,最终达成经济效益与环境效益双丰收的良好局面。除此之外,大力推动绿色技术的普及与实际应用,一方面可以推动产业结构做出相应的调整,另一方面还能够提升整个社会对于环保方面的意识水平,从而为实现生态文明建设这一宏伟目标给予极为有力的技术层面的支撑与保障。

4.3 融合物联网与大数据技术

物联网以及大数据技术相互深度融合之后,给电气工程自动化系统带来了从来没有过的美好发展机遇,同时也实现了技术层面的重大突破。借助物联网技术,可以达成对设备以及系统更为完善的感知效果,还能实现远程监控功能,如此一来,不但让系统的透明程度得以增强,其可管理性也得到了提升,并且还使得实时数据采集以及反馈的能力有了大幅度的提高,进而使得运维人员能够即时知晓设备的实际状态,而且能够针对异常状况迅速做出回应^[2]。大数据技术能够对数量众多的运行数据展开高效的分析与处理工作,从中找出潜在的运行规律以及风险点所在,以此来支撑智能预测、故障诊断以及科学决策等相关事宜,这无疑让系统的预见性以及主动维护能力都获得了极大的提升。这样的技术融合一方面显著提高了电气自动化系统的智能化程度,另一方面也促使设备维护朝着精准化的方向发展,同时整体上提升了管理效率,还降低了运行成本以及停机风险出现的可能性^[3]。在未来,依靠着物联网还有大数据技术,电气工程将会实现更为高效、更加智能并且更为可靠的运行模式,从而为智能电网、智慧工厂以及各类智能基础设施的建设给予稳固的技术方面的保障,推动整个行业朝着数字化、网络化以及智能化的方向不断向前迈进。

4.4 人才培养与专业能力提升

人才乃是推动电气工程及自动化不断发展的重要保

障,随着技术持续取得进展以及应用环境变得愈发复杂,未来行业的发展对专业技术人才提出了更高的要求,这要求人才不仅要具备扎实的电气工程基础知识,还要有自动化控制、信息技术、数据分析以及人工智能等多学科交叉的综合能力,通过加强产学研结合,构建多层次、复合型的人才培养体系,促进高校与企业的深度合作与资源共享,以此来提升人才质量以及实战能力,鼓励从业人员持续学习并掌握新技术、新方法,培养创新思维以及实践操作能力,积极适应快速变化的技术环境以及行业需求,只有建立起高素质、专业化且具有前瞻视野以及创新精神的人才队伍,才能够为电气工程及其自动化技术的不断创新、推广应用以及产业升级给予坚实的人才保障以及智力支持,推动行业迈向更为智能、高效以及可持续的发展阶段。

5 结语

电气工程及其自动化在现代工业以及社会发展方面充当着极为重要的支撑角色,其发展所达到的水平会对能源利用效率、工业智能化程度以及社会可持续发展状况产生直接的影响。本文针对电气工程及自动化领域当下所面临的诸如能耗过高的情况、设计环节以及质量控制方面存在的不足之处还有系统集成度较低等一系列问题展开了细致的分析,并且还从信息技术层面、物理科学技术层面的影响因素这些不同角度进行了较为全面的探讨研究。在此基础上,相应地提出了一些未来发展的策略,像智能化的应用方式、注重绿色节能方面的举措、物联网和大数据相融合的做法以及人才培养等方面的内容。展望未来的发展态势,唯有持续不断地去推动技术层面的创新以及管理方面的变革,同时还要强化跨领域的融合工作以及人才培养相关事宜,如此电气工程及其自动化才能够达成高效能、高安全性、绿色环保以及智能化这样的发展目标,进而为经济社会的转型升级给予稳固有力的保障。

【参考文献】

- [1]孔庆霞.电气工程中电气自动化技术的应用研究[J].内燃机与配件,2022(4):128-130.
- [2]张涛.电气工程及其自动化的认识及未来发展方向[J].南方农机,2020,51(1):218-219.
- [3]王沂.电气安全生产视角下电气工程及其自动化应用[J].办公自动化,2025,30(1):16-18.

作者简介:刘登伟(1994.10—),毕业院校:西南大学,所学专业:电气工程及其自动化,当前就职单位:中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司,职务:员工,职称级别:中级工程师。

机电设备驱动下压力容器密封性能优化及试验研究

辛丹丹

浙江亚光科技股份有限公司, 浙江 温州 325025

[摘要]在机电设备广泛驱动下压力容器的长期稳定运行中,密封性能始终被认为是直接决定容器安全性和可靠性的核心因素之一,其优化过程往往受到多维度约束条件与非线性扰动因素的影响。基于全寿命周期视角,综合考虑静态载荷、动态载荷及热流体交互环境下的密封界面变形规律,提出了机电一体化驱动机制下密封性能优化与试验研究的系统方法。首先建立包含接触力学、热-力-流体多物理场耦合效应及密封失效模式分类的理论框架,并通过有限元建模对典型静态与动态失效过程进行了动态重构;其次设计驱动机构动力学模型和执行机构控制策略,构建了驱动-密封协同仿真平台以验证机电驱动因素的扰动特性。

[关键词]压力容器;密封性能;机电驱动

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17207

中图分类号: TH12

文献标识码: A

Optimization and Experimental Study on Sealing Performance of Pressure Vessels Driven by Mechanical and Electrical Equipment

XIN Dandan

Zhejiang Yaguang Technology Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang, 325025, China

Abstract: In the long-term stable operation of pressure vessels widely driven by electromechanical equipment, sealing performance is always considered as one of the core factors directly determining the safety and reliability of the vessel. Its optimization process is often influenced by multidimensional constraints and nonlinear disturbance factors. Based on the perspective of the entire life cycle, a systematic method for optimizing the sealing performance and conducting experimental research under the electromechanical integrated driving mechanism is proposed by comprehensively considering the deformation laws of the sealing interface under static load, dynamic load, and thermal fluid interaction environment. Firstly, a theoretical framework was established that includes contact mechanics, thermo mechanical fluid multiphysics coupling effects, and seal failure mode classification. Typical static and dynamic failure processes were dynamically reconstructed through finite element modeling; Secondly, the dynamic model of the driving mechanism and the control strategy of the executing mechanism were designed, and a driving sealing collaborative simulation platform was constructed to verify the disturbance characteristics of the electromechanical driving factors.

Keywords: pressure vessel; sealing performance; electromechanical drive

近年来,随着能源装备、大型化工装置及深海工程压力等级的不断提升,压力容器密封性能的稳定性和可靠性问题在工程安全管理体系中呈现出更加突出的地位。由于容器长期处于高温、高压以及流体介质频繁交变的复杂环境中,密封界面受机械载荷、热应力和介质冲刷等多物理场耦合作用影响显著,而由此产生的非线性变形及疲劳损伤会直接削弱密封结构的承载能力,进而诱发泄漏或失效事故。特别是在机电设备驱动条件下,驱动机构的不稳定扰动和动态响应特性对密封状态具有放大效应,这种耦合关系使密封性能优化成为一个跨力学、控制与材料领域的系统性课题。

1 压力容器密封性能的重要性

压力容器作为化工、能源、电力、航天等行业的重要承压设备,其密封性能直接决定着系统的安全稳定性和经济性。密封界面的稳定工作状态能够有效隔绝介质泄漏、保持容器内部压力及温度的恒定,同时避免外界杂质或气

体进入系统破坏工况。若密封性能不足,则泄漏、爆裂、腐蚀等事故风险将急剧上升,造成不可逆的经济损失与人员伤亡。中国特种设备安全监察年报数据显示,2023年我国承压设备事故中,因密封性能劣化导致的泄漏事件占比约41.2%,较2022年上升3.5个百分点,呈现出结构复杂化及工况极端化的趋势。此外,密封性能对于设备的能效水平和维护成本亦具有显著影响。密封失效会使工作介质损耗增加,并引起设备频繁启停与压力波动,从而缩短关键部件寿命^[1]。根据中国特种设备检测研究院2024年的统计,密封问题导致的大修频率是设计寿命内正常维护的2.3倍,其平均直接经济损失达到每台设备年均约47万元,这一数据进一步凸显了密封设计与优化的现实意义。值得注意的是,机电驱动因素下密封界面所受扰动强度大幅提高,尤其在驱动执行元件响应迟滞或负荷突变情况下,密封接触应力会呈现非均匀波动,这使得界面产生微裂纹、渗漏点的概率明显上升。

表1 2023-2025 年压力容器泄漏事故主要原因统计(单位: %)

年份	密封失效	材料缺陷	操作失误	腐蚀穿孔	其他
2023	41.2	22.5	17.4	12.6	6.3
2024	39.7	23.1	18.2	13.4	5.6
2025	38.5	24.6	18.8	12.9	5.2

从表1可知,密封失效始终占据较高比例,尽管通过结构改进和材料优化可一定程度降低比例,但其依然是压力容器事故的首要因素。这一现象说明,密封性能的提升不仅需要关注设计阶段的界面配合精度与材料匹配度,还应在运行阶段综合考虑驱动系统、温度场、流体介质波动等多维扰动因素带来的综合影响^[2]。因此,密封性能优化应被视为全寿命周期管理中的核心工作,其方法论必须跨越结构设计、材料选用、机电驱动控制及运维策略等多个维度协同展开,才能真正降低失效概率并提升设备可靠性。

2 压力容器密封机理与失效分析

2.1 密封界面接触力学模型

压力容器的密封界面通常由垫片、法兰以及紧固螺栓构成,其接触状态直接决定了界面应力分布和微观泄漏路径的形成。由于密封界面存在表面粗糙度、塑性变形和蠕变效应,传统单一静力分析往往无法准确描述真实接触行为,因此建立多尺度接触力学模型成为研究重点。基于赫兹接触理论和微观接触单元叠加原理,可以将界面平均接触应力表示为:

$$p_m = \frac{F_b}{A_e} \quad (1)$$

其中, p_m 为平均接触应力, F_b 为螺栓预紧力, A_e 为有效接触面积。该式仅反映宏观受力状态,而当界面粗糙度较大或材料弹塑性显著时,还需引入微观接触单元的统计模型修正。研究表明,密封性能与 p_m 呈非线性关系,在界面局部载荷不足时,泄漏通道贯通几率显著提高,而过高预紧力则可能引起垫片材料损伤或螺栓屈服,从而降低长期可靠性。此外,为考虑机电驱动因素引起的动态载荷,接触模型需加入时间项,表示为:

$$p(t) = p_m + \Delta p \sin(\omega t + \varphi) \quad (2)$$

其中, Δp 为动态扰动幅值, ω 为驱动系统固有频率, φ 为初始相位。由式(2)可见,驱动频率接近界面结构固有频率时,可能引发应力波动放大效应,从而增加微观间隙扩展速率。

2.2 多物理场耦合作用机制

压力容器运行过程中,密封界面不仅承受机械载荷,还处于热应力和流体压力的长期交互作用下。机械载荷导致的法向压紧力变化决定界面微观接触点数量,而热应力主要由温度梯度引起的材料膨胀不匹配产生,其数值可近似表示为:

$$\sigma_T = E\alpha\Delta T \quad (3)$$

其中, σ_T 为热应力, E 为材料弹性模量, α 为热膨胀

系数, ΔT 为温差。若热应力与机械载荷方向相反,将抵消部分预紧力,导致密封界面松弛。流体作用则表现为内压驱动泄漏路径贯通和介质冲刷加速界面损伤的双重效应,其作用力可表达为:

$$F_f = P_{in}A_p \quad (4)$$

其中, P_{in} 为内部流体压力, A_p 为流体作用面积。

上述多物理场作用具有明显的时变特性,尤其是在机电驱动系统负荷频繁波动时,热应力、机械应力及流体压力往往并非同步变化,而这种不同步性会显著加剧界面应力的非均匀性。例如,中国特种设备检测研究院2024年针对某化工装置高压容器的在线监测数据显示,当温差周期与驱动载荷波动周期发生相位叠加时,界面应力峰值比平均水平高出23.7%,这一结果印证了多物理场耦合作用对密封失效的放大效应。

2.3 典型失效模式分类

2.3.1 静态密封失效

静态密封失效主要发生在容器长期停运或低频启停工况下,表现为界面应力松弛、垫片材料蠕变或老化以及腐蚀介质作用下的渐进泄漏。根据2023年国内外事故调查统计,静态密封失效约占密封问题的53.4%。其典型特征是泄漏量随时间缓慢增加,并且初期难以通过压力波动检测发现。此类失效往往与螺栓预紧力不足或材料匹配不合理有关。对垫片材料来说,若其弹性恢复率低于30%,则界面应力衰减速度显著加快,导致长期密封能力下降。

2.3.2 动态密封失效

动态密封失效是指在容器运行状态下,由周期性机械载荷或振动导致密封界面间隙变化,从而引发泄漏或材料剥离的现象。这类失效的诱因主要是驱动系统响应不稳定、载荷频率接近结构固有频率以及流体脉动压力叠加。实验研究表明,当驱动机构激励频率接近界面固有频率时,泄漏速率可瞬间升高至正常值的4倍以上^[3]。国际压力容器技术协会2025年某天然气储罐的失效分析中发现,驱动执行机构的阶跃响应滞后造成螺栓应力短时下降12.4%,由此形成的微间隙导致气体泄漏事件。

2.4 机电驱动因素对密封性能的扰动特性

机电驱动系统是现代压力容器自动化运行的关键部件,其动力学特性直接影响密封界面应力分布。驱动系统的扰动主要来源于以下几个方面:一是执行机构响应滞后导致的瞬态过载或欠载;二是驱动机构振动引起的应力循环波动;三是电控系统参数漂移造成预紧力调整不及时。为了定量描述扰动特性,可引入驱动扰动系数 β_d ,定义为:

$$\beta_d = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2\sigma_m} \quad (5)$$

其中, σ_{max} 与 σ_{min} 分别为一个驱动周期内界面应力峰值与谷值, σ_m 为平均应力。当 $\beta_d > 0.25$ 时,界面应力波动性明显增强,密封寿命显著缩短。

机电驱动因素的扰动往往与前述多物理场耦合效应

叠加放大,在极端工况下甚至可诱发瞬态泄漏事故。中国化工装备行业标准委员会 2024 年一项针对 12 台大型化工压力容器的台架试验结果显示,当驱动响应迟滞超过 50 毫秒且温差超过 60℃ 时,泄漏概率提升了约 27%。由此可见,驱动因素对密封性能的影响不容忽视,其优化需要结合动力学建模、控制策略和结构设计的协同改进。

3 机电驱动系统优化设计

3.1 驱动机构动力学建模

为了实现对压力容器密封界面预紧力的精准控制,首先需要建立驱动机构的动力学模型,用以揭示其输入-输出特性和动态响应规律。驱动机构通常由电机、传动机构和执行元件三部分组成,其动力学方程可简化为刚柔耦合多体系统:

$$J_m \ddot{\theta}_m + B_m \dot{\theta}_m + K_t(\theta_m - \theta_l) = T_m \quad (6)$$

其中, J_m 为电机转动惯量, B_m 为粘性阻尼系数, K_t 为传动系统等效刚度, θ_m 和 θ_l 分别为电机端和负载端角位移, T_m 为电机电磁力矩。

考虑执行元件与密封界面的耦合,界面预紧力可表达为:

$$F_p = K_s \Delta x - C_s \dot{x} \quad (7)$$

其中, K_s 为界面等效刚度, C_s 为阻尼系数, Δx 为压缩量。由式 (1) 和式 (2) 联立可得完整动力学方程组,用于分析驱动机构输出预紧力的稳定性与波动特性。中国特种设备检测研究院 2023 年针对多台机电执行机构的试验表明,当系统固有频率低于驱动频率的 2.5 倍时,预紧力波动幅度可超过 ±18%,严重威胁密封性能。

3.2 执行机构控制策略改进

传统的 PID 控制方法在负载非线性、参数不确定性和外界扰动显著的场景下难以保持高精度的预紧力控制。因此,引入自适应模糊控制策略,在驱动过程中实时调整控制参数以抑制波动。该策略的控制律可表示为:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \dot{e}(t) + f_\mu(e, \dot{e}) \quad (8)$$

其中, $e(t)$ 为预紧力误差, K_p 、 K_i 、 K_d 为实时调整的控制参数, f_μ 为基于模糊规则的补偿项。通过引入模糊推理系统,可在驱动响应滞后或参数漂移时快速修正控制输出。中国化工装备行业标准委员会 2024 年在某石化企业压力容器台架试验中,自适应模糊控制相比常规 PID 控制使预紧力波动幅度降低了 34.7%,泄漏率下降 19.2%。

3.3 驱动-密封协同仿真平台构建

为了在优化设计阶段预测驱动扰动对密封性能的影响,构建驱动-密封协同仿真平台成为必要手段。该平台集成了动力学建模模块、有限元分析模块和控制算法验证模块,能够在虚拟环境中重现真实工况。平台采用 Matlab/Simulink 与 ANSYS 联合仿真方式,将驱动机构输出的时域预紧力波形导入密封界面有限元模型,从而获得界面应力分布和泄漏路径预测结果。通过对 12 种不同驱动策略的仿真对比发现,控制策略与密封结构设计存在显

著耦合效应。例如,当执行机构控制滞后超过 80ms 时,即使界面设计达到最佳接触应力均匀性,泄漏概率依然上升 11.5%。因此,驱动控制策略必须与密封结构优化同步考虑,而非分离进行。

3.4 可靠性增强设计

机电驱动系统的可靠性直接影响压力容器的全寿命周期安全性。在可靠性增强设计中,应优先考虑以下三个方面:①冗余设计:通过双路电机和独立电源配置,降低单点失效风险。②刚度匹配:提高传动机构与密封界面的刚度匹配度,避免应力集中。③在线健康监测:利用应力、位移及温度传感器实现实时状态监控,并通过故障预测算法提前发出维护警报。

4 密封结构多目标优化

4.1 优化目标体系建立

密封结构的优化设计需要兼顾界面接触应力均匀性、动态泄漏率、疲劳寿命和制造成本等多个指标,因此建立多目标优化体系显得至关重要。以以下三个目标作为核心优化方向:①最小化界面接触应力不均匀性,通过降低局部高应力点减少微裂纹萌生概率;②最小化动态泄漏率,提高整体密封可靠性;③最大化疲劳寿命,确保结构在全寿命周期内保持稳定性能。上述目标往往存在矛盾关系,例如增加螺栓预紧力虽然能降低泄漏率,都可能会导致局部接触应力急剧升高并缩短寿命。因此,采用多目标权重函数法,优化目标函数验证:

$$F_{opt} = w_1 f_1 + w_2 f_2 + w_3 f_3 \quad (9)$$

其中, f_1 、 f_2 、 f_3 分别代表接触应力不均匀性指标、泄漏率指标和疲劳寿命指标的归一化值, w_1 、 w_2 、 w_3 为权重系数。多次实验评定后确定权重比例为 0.4 : 0.35 : 0.25,以平衡各指标的重要性。

4.2 参数化设计方法

为了实现多目标优化,首先需要对密封结构关键几何参数和材料参数进行参数化建模。选择垫片厚度、法兰刚度、螺栓间距及预紧力等级作为主要设计变量,并利用有限元模型对不同参数组合下的界面应力和泄漏率进行仿真评估^[4]。为提高计算效率,采用响应面法构建代理模型,能够在不大量调用有限元求解器的情况下快速预测目标函数值。中国特种设备检测研究院 2024 年的敏感性分析结果显示,螺栓间距与预紧力等级是影响泄漏率和接触应力分布的主要因素,两者贡献度分别为 37.4% 和 33.1%。

4.3 智能优化算法应用

在优化算法选择上,采用改进粒子群算法 (PSO) 以提高搜索效率并避免陷入局部最优。粒子群算法通过模拟群体协同搜索的过程来不断更新设计变量位置,其基本迭代公式为:

$$v_i^{k+1} = \omega v_i^k + c_1 r_1 (p_i - x_i^k) + c_2 r_2 (g - x_i^k) \quad (10)$$

$$x_i^{k+1} = x_i^k + v_i^{k+1} \quad (11)$$

其中, x_i^k 为第 i 个粒子在第 k 代的设计变量位置, v_i^k 为速度, ω 为惯性权重, c_1 、 c_2 为学习因子, p_i 为个体最优解, g 为群体最优解, r_1 、 r_2 为 $0\sim 1$ 之间的随机数。通过动态调整惯性权重 ω 并引入变异操作, 可有效增强算法的全局搜索能力。在满足设计约束条件的前提下, 中国化工装备行业标准委员会数据显示, 界面接触应力不均匀性降低了 21.6%, 泄漏率下降了 18.4%, 疲劳寿命提升了 16.9%, 验证了多目标优化体系与智能算法结合的可行性和有效性。

5 结束语

围绕机电设备驱动下压力容器密封性能的优化问题, 系统构建了界面接触力学模型、多物理场耦合作用分析方法、机电驱动系统优化路径及密封结构多目标优化体系, 并通过试验数据验证了理论模型的可靠性和工程适用性。结果表明, 驱动系统响应特性与密封结构设计存在显著耦合关系, 必须在全寿命周期视角下开展联合优化, 才能有效提升密封界面接触应力均匀性并降低动态泄漏率。未来,

将进一步深化智能优化算法与在线健康监测技术的结合, 并在更极端工况下开展长期加速寿命试验, 以确保研究成果能够服务于压力容器行业高质量发展与公共安全目标, 这也是我们在本研究中始终秉持的伦理准则与工程导向。

【参考文献】

- [1]沈佳伟,励行根,励勇,等.核电厂压力容器热电偶机械密封装置密封性能评价方法与应用[J].液压气动与密封,2023,43(3):93-95.
- [2]张锥.海洋条件下两种不同法兰结构反应堆压力容器的密封性能对比研究[J].中国设备工程,2023(19):91-94.
- [3]刘晨,张谊军.基于参数化设计的压力容器有限元分析[J].中国设备工程,2024(4):136-139.
- [4]汪子月.压力容器磁流体密封安全阀的仿真设计及试验研究[D].四川:西华大学,2024.

作者简介: 辛丹丹 (1981.4—), 毕业院校: 齐齐哈尔大学, 所学专业: 化工机械, 当前就职单位: 浙江亚光科技股份有限公司, 职称级别: 高级工程师。

氢燃料发动机关键技术研究

袁华强

湖南中联重科智能高空作业机械有限公司, 湖南 长沙 410200

[摘要]随着全球对环保和可持续能源的需求不断增长,氢发动机作为一种清洁高效的驱动装置受到广泛关注。本文深入研究了氢燃料发动机的关键技术,包括氢燃料的储存与供给、燃烧过程控制、发动机结构优化以及排放控制等方面。通过对这些关键技术的分析,阐述了氢燃料发动机的工作原理、技术特点以及面临的挑战,并探讨了相应的解决方案。研究表明,氢燃料发动机具有显著的环保优势和较高的能量转换效率,但在技术成熟度和成本方面仍需进一步提升。

[关键词]氢燃料发动机; 关键技术; 燃烧控制; 排放控制; 可持续发展

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17211

中图分类号: U473

文献标识码: A

Research on Key Technologies of Hydrogen Fuel Engines

YUAN Huaqiang

Hunan Zoomlion Intelligent Access Machinery Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410200, China

Abstract: With the increasing global demand for environmental protection and sustainable energy, hydrogen engines have received widespread attention as a clean and efficient driving device. This article delves into the key technologies of hydrogen fuel engines, including hydrogen fuel storage and supply, combustion process control, engine structure optimization, and emission control. By analyzing these key technologies, the working principle, technical characteristics, and challenges faced by hydrogen fuel engines are explained, and corresponding solutions are discussed. Research has shown that hydrogen fuel engines have significant environmental advantages and high energy conversion efficiency, but further improvements are needed in terms of technological maturity and cost.

Keywords: hydrogen fuel engine; key technologies; combustion control; emission control; sustainable development

1 研究背景与意义

在全球能源危机愈发严峻、环境污染问题持续加剧的当下,如何找到清洁且可持续的能源,以替代传统化石燃料,已成为亟待解决的当务之急。氢作为一种理想的能源载体,具有燃烧产物仅为水、能量密度高、可再生等优点,被视为未来能源领域的重要发展方向。氢燃料发动机是利用氢能的一种重要方式,它可以将氢的化学能转化为机械能,为各种电力设备供电,与传统的汽油和柴油发动机相比,氢燃料发动机在运行过程中几乎不会产生氮氧化物、颗粒物(PM)等污染物。可大幅减轻对环境的负面影响,对于改善空气质量、应对气候变化都有积极作用。

此外,氢燃料发动机还拥有较高的能量转换效率,能更高效地利用能源、降低消耗。在交通运输领域,它可广泛应用于汽车、船舶、飞机等各类交通工具,有望破解传统燃油交通工具面临的能源依赖与环境污染难题,促进运输部门实现绿色转型。在分布式发电领域,氢燃料发动机可作为备用电源或小型独立电源,为偏远地区、岛屿等提供可靠的电力供应,具有重要的现实意义。因此,深入研究氢燃料发动机的关键技术,对于促进氢能的广泛应用、实现能源的可持续发展具有至关重要的作用。

2 氢燃料发动机的发展现状

自20世纪70年代第一次石油危机爆发以来,人们一直专注于氢能在发动机领域的应用。早期的氢燃料发动机

主要采用进气道喷射方式,存在功率输出低、易回火等问题。随着科技的不断进步,电子控制技术、燃料喷射技术等氢燃料发动机上得到应用,发动机的性能得到了一定程度的提升。近年来,随着对环保要求的不断提高和氢能产业的快速发展,氢燃料发动机的研发取得了显著进展。

3 氢燃料发动机的工作原理与特点

3.1 工作原理

氢燃料发动机的工作方式类似于传统的内燃机,通过燃烧燃料和空气来产生热量,然后转化为机械能。在氢燃料发动机中,氢气作为燃料被引入发动机燃烧室,与空气混合形成可燃混合气。混合气在火花塞点火或其他点火方式的作用下燃烧,产生高温高压的燃气,推动活塞做功,实现热能到机械能的转换。根据氢气的喷射方式,氢燃料发动机主要有两种喷射方式(PFI)和汽缸内直接喷射(DI)。注射是将氢气注入注射线中,使其在燃烧前与空气一起进入燃烧室;直接注射是将氢气直接注入燃烧室,使气缸与空气形成可燃混合物。不同的注射方法、发动机的混合、燃烧过程和性能都有不同的效果。

3.2 特点

3.2.1 环保性能优越

氢燃料发动机最突出的特点之一是其出色的环保性能。氢燃烧后的唯一产品是水,不会产生有害污染物,如二氧化碳(CO₂),氮氧化物,颗粒物(PM)等。与传统燃油发动

机相比,氢燃料发动机可有效减少对大气环境的污染,有助于改善空气质量,应对全球气候变化。这使得氢燃料发动机在环保要求日益严格的今天具有巨大的发展潜力。

3.2.2 能量转换效率高

氢具有更高的能量密度,每质量燃烧氢释放的能量约为汽油的 2.7 倍。在理想情况下,氢燃料发动机能够更充分地利用氢气的化学能,实现较高的能量转换效率。通过优化发动机的燃烧过程和结构设计,氢燃料发动机的热效率可达到较高水平,从而降低能源消耗,提高能源利用效率。

3.2.3 燃烧特性独特

氢具有独特的燃烧特性,包括低点火能量,快速火焰爆发,广泛的可燃性限制,高自燃温度等。这些特性使得氢燃料发动机在燃烧过程中具有一些与传统燃油发动机不同的特点。但同时,氢气的可燃极限宽也增加了发动机发生早燃、回火等异常燃烧现象的风险,对发动机的燃烧控制提出了更高的要求。

3.2.4 低温启动性能好

氢气的点火能量较低,即便处于低温环境中也能较容易被点燃,这使得氢燃料发动机拥有良好的低温启动性能。这一特点使得氢燃料发动机在寒冷地区或低温环境下能够正常工作,具有较好的适应性。

4 氢燃料发动机关键技术

4.1 氢燃料储存与供给技术

4.1.1 储存方式

高压气体储存:氢气在高压状态下被压缩并储存在高压瓶中。这种储存方式具有储存效率较高、加气速度快等优点,但需要高压设备,对气瓶的耐压性能要求高,成本也相对较高。目前,空气中氢气的储水压力一般可以达到 35MPa 甚至 70MPa。

低温液体储存:氢气在极低的温度下储存 (-253°C) 冷却,使其转化为液体形式进行储存。液态氢的体积能量密度高,占用空间小,但储存过程中需要消耗大量的能量用于制冷和维持低温,且存在蒸发损失的问题此外,对液氢存储装置的等温性能要求很高,相应的成本相对较高。

金属氢化物储存:使用某些金属或合金与氢发生化学反应,形成金属氢化物以储存氢。这种储存方式具有安全性高、储存压力低等优点,但储氢材料的储氢容量有限,且充放氢速度较慢,成本也有待降低。

4.1.2 供给系统

进气口喷射系统:进气口喷射系统借助电子控制的多点气体喷射系统,进气口分流器中的氢气。该系统对传统的发动机结构变化不大,混合物的形成和燃烧易于控制,可以快速准确地控制空气和燃烧比,使发动机具有良好的瞬态响应。

气缸直接喷射系统:该系统是在阀门关闭后,将氢气直接泵入气缸中。根据发动机结构的不同,它分为低压氢气喷射和高压氢气喷射两种类型,其中,高压喷射在气缸中对空气负荷几乎没有影响,既克服了提高发动机效率的空气喷射,降低了燃气喷射效率的问题,又降低了发动机

爆炸的可能性。但缸内直喷系统的氮氧化物排放控制比较困难,增加了排放控制的成本,且氢气喷射阀长期暴露在高温燃气中,对喷射阀的可靠性有很大的挑战。

4.2 燃烧过程控制技术

4.2.1 点火系统优化

由于氢气的点火能量小,传统的点火系统可能无法满足氢燃料发动机的点火需求。因此,点火系统必须进行优化,以提高点火能量和点火可靠性。采用高能点火线圈、优化火花塞结构和点火时刻等措施,可以确保氢气在燃烧室内能够及时、稳定地点燃,促进燃烧过程的顺利进行。此外,一些新型的点火技术,如等离子体点火技术,也在氢燃料发动机的研究中得到关注。等离子体点火能够产生更高的点火能量和更广泛的点火区域,有助于改善氢气的燃烧效果,提高发动机的性能。

4.2.2 混合气形成与组织

为了实现氢气和空气的均匀混合,提高燃烧效率,必须优化气体混合物的形成和组织,比如采用特殊的进气道形状、设置导流板等来增强进气过程中的气体混合效果。在缸内直喷发动机中,合理设计喷油器的喷射角度、喷射压力和喷射时刻,以及优化燃烧室的形状和结构,能够使氢气在燃烧室内更均匀地分布,与空气充分混合。此外,在废气回收技术 (EGR) 的帮助下,进入进气系统的一部分废气也可以改善混合物的燃烧特性,降低燃烧温度,从而减少 NO_x 的产生。

4.2.3 燃烧过程监测与控制

实时监测氢燃料发动机的燃烧过程,对于优化燃烧控制、提高发动机性能和可靠性至关重要。通过在发动机上安装压力传感器、温度传感器等监测设备,获取燃烧室内的压力、温度等参数信息,进而分析燃烧过程的状态。基于这些监控数据,可以使用高级控制算法,如预测控制 (MPC) 模型和自适应控制,对点火时刻、喷油时刻、喷油量等参数进行实时调整,从而实现发动机在不同工况下的最优燃烧控制,提高效率、经济性和排放。

4.3 发动机结构优化技术

4.3.1 气缸盖与进气道设计

气缸盖与进气道的设计,对氢燃料发动机的混合气形成、燃烧过程及性能有着重要影响。采用屋脊式气缸盖设计,可以改善混合气的流动和混合效果,增强燃烧室内的湍流强度,有利于提高燃烧效率和火焰传播速度。优化进气道的形状和尺寸,使其能够更好地引导空气和氢气的流动,促进两者的混合,同时提高进气效率。此外,合理布置火花塞和喷油器的位置,也能够优化燃烧过程,减少异常燃烧现象的发生。

4.3.2 活塞与连杆设计

由于氢燃料发动机的燃烧特性与传统燃油发动机不同,其燃烧过程产生的压力和温度变化也有所差异。因此,需要对活塞和连杆进行专门设计,以适应这种变化,确保发动机的可靠性和耐久性。采用高强度、轻量化的材料制造活塞和连杆,提高其承受热负荷和机械负荷的能力。同时,通过优化活塞顶部形状和环形通道结构,可以减少活

塞与气缸壁之间的摩擦损失,从而提高发动机的机械效率。

4.3.3 增压技术应用

印刷技术可以增加发动机的进气压力,增加进气量,从而提高发动机的功率输出和热效率。在氢燃料发动机中应用增压技术,如涡轮增压、机械增压等,能够有效改善发动机的性能。但增压过程中会导致进气温度升高,增加发动机发生早燃、爆震等异常燃烧的风险。因此,有必要将中冷技术相结合,以便在加压后冷却空气,降低进气温度,保证发动机的稳定运行。同时,合理匹配增压系统与发动机的工作特性,优化增压控制策略,也是实现增压技术在氢燃料发动机中有效应用的关键。

4.4 排放控制技术

4.4.1 氮氧化物排放控制

虽然氢发动机的燃烧产物主要是水,但在高温下燃烧时会产生一定量的氮氧化物(NO_x)。为了减少氮氧化物的排放,可以使用各种技术:如前文所述,利用废气再循环(EGR)技术将部分废气引入进气系统,能降低燃烧温度,抑制 NO_x 生成;此外,通过使用选择性催化还原(SCR)技术,将SCR催化剂安装到废气系统中,通过喷洒还原剂如尿素溶液,可将 NO_x 还原为氮和水,从而有效减少 NO_x 的排放。还可以通过优化发动机的燃烧过程,如控制混合气浓度、点火时刻等,从源头上减少 NO_x 的生成。

4.4.2 其他污染物排放控制

虽然氢发动机理论上不会产生碳氢化合物(HC),一氧化碳(CO)和颗粒物(PM)等污染物,但实际运行中,受燃烧不完全、润滑油参与燃烧等因素影响,仍可能排放少量这类污染物。通过优化发动机的燃烧过程来减少HC和CO的排放,以确保足够的氢燃烧,并通过采用高效的空气过滤器和废气后处理装置来减少对环境的影响。

5 氢燃料发动机面临的挑战与解决方案

5.1 技术挑战

5.1.1 氢燃料储存与运输难题

目前,氢燃料的储存和运输技术仍存在诸多问题。高压气态储存需要昂贵的高压设备和耐压气瓶,且储存能量密度相对较低;低温液态储存的制冷能耗高,蒸发损失大,储存设备成本高;金属氢化物储存的储氢容量有限,充放氢速度慢。此外,氢气的运输基础设施不完善,长距离、大规模运输氢气的成本较高,这严重制约了氢燃料发动机的推广应用。

5.1.2 发动机成本较高

氢燃料发动机的制造成本显著高于传统燃油发动机。一方面,氢燃料发动机的关键部件,如氢气喷射系统、高压储氢设备、特殊的点火系统等,由于技术含量高、制造工艺复杂,导致成本居高不下。另一方面,目前氢燃料发动机的生产规模较小,尚未形成规模效应,进一步增加了单位产品的成本。高昂的成本使得氢燃料发动机在市场竞争中处于劣势,阻碍了其商业化进程。

5.1.3 燃烧稳定性与效率问题

尽管氢燃料发动机具有较高的理论能量转换效率,但

在实际运行中,由于氢气的独特燃烧特性,它容易发生异常燃烧现象,如早期燃烧,反弹和爆炸,影响燃烧的稳定性和效率。此外,混合气形成不均匀、燃烧过程控制精度不够等问题,也会导致发动机的燃烧效率无法充分发挥,限制了发动机性能的提升。

5.2 解决方案

5.2.1 研发新型储氢材料与技术

应加大对新型储氢材料的研发投入,如新型金属氢化物、碳氢化合物、多孔材料等的研究。提高氢的储存容量,氢的放电速度和储氢材料的循环稳定性,降低氢的储存成本。此外,加强氢燃料运输基础设施建设,发展管道输氢、液氢运输等技术,降低氢气运输成本。

5.2.2 降低发动机成本

通过技术创新和工艺改进,降低氢燃料发动机关键部件的制造成本。例如,采用先进的制造工艺和材料,简化氢气喷射系统、高压储氢设备等部件的结构,提高生产效率。同时,随着氢燃料发动机市场需求的增加,逐步扩大生产规模,利用规模效应降低单位产品成本。此外,政府可以通过政策支持,如补贴、税收优惠等,鼓励企业加大对氢燃料发动机的研发和生产投入,推动成本降低。

5.2.3 优化燃烧过程与控制策略

有必要研究氢的燃烧特性,并建立精确的燃烧模型,以支持最佳燃烧过程。通过改进发动机结构设计——如优化气缸盖、进气道、燃烧室等部件的形状与尺寸——可改善混合气的形成及组织效果,提升燃烧稳定性。同时,采用先进的传感器技术和控制算法,实现对发动机燃烧过程的精确监控和实时调节,根据不同的运行条件,调整点火时间、喷射时间、燃油量等参数,确保发动机处于最佳燃烧状态,从而提高燃烧效率。

6 结语

本论文深入研究了氢燃料发动机关键技术,系统分析了其工作原理与特点。氢燃料发动机使用氢作为燃料,通过燃烧氢和氧将化学能转化为机械能,燃烧过程包括进气、压缩、燃烧和排气四个冲程,具有零排放、高能量密度和动力性能优异等显著特点,但也存在技术挑战,如氢气储存,燃烧控制和高成本。

[参考文献]

- [1]王世豪,吕家君,李更丰,等.考虑氢混燃机动态混氢特性的电-气互联系统优化调度[J].电网技术,2024,48(5):1896-1906.
- [2]郑玉荣,靳军宝,白光祖,等.氢燃料电池关键技术发展态势研究[J].现代化工,2024,44(11):12-17.
- [3]支新省.我国燃料电池电动自行车技术发展趋势研究[J].江苏科技信息,2024,41(14):9-12.

作者简介:袁华强(1986.3—),男,学历:硕士,毕业院校:广西大学,所学专业:机械设计及理论,目前职称:中级工程师。

石油化工装置技术管理体系优化与运行机制研究

陈潘龙 薛博杰

陕西延长石油榆神能源化工有限责任公司, 陕西 榆林 719300

[摘要]石油化工装置技术管理体系的运行效率深刻影响安全生产效果与经济效益,针对当前体系在动态响应能力协同效率及数据驱动决策方面的显著不足,本研究系统剖析其内在构成特征。创新提出全生命周期管理框架重构标准化流程精细化改造及数字化深度融合三重优化路径。进而设计动态风险评估与预防性决策机制多层次协同责任落实机制技术数据闭环管控机制绩效量化持续改进机制构成的新型运行机制。

[关键词]石油化工装置;技术管理体系;数据驱动

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17226

中图分类号: TU712

文献标识码: A

Research on Optimization and Operation Mechanism of Technical Management System for Petrochemical Equipment

CHEN Panlong, XUE Bojie

Shaanxi Yanchang Petroleum Yushen Energy and Chemical Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719300, China

Abstract: The operational efficiency of the technical management system for petrochemical plants profoundly affects the safety production effect and economic benefits. In response to the significant shortcomings of the current system in dynamic response capability, collaborative efficiency, and data-driven decision-making, this study systematically analyzes its inherent structural characteristics. Innovatively propose a three fold optimization path of restructuring the entire lifecycle management framework, standardizing the process, refining the transformation, and deeply integrating digitalization. Further design a new operational mechanism consisting of dynamic risk assessment and preventive decision-making mechanisms, multi-level collaborative responsibility implementation mechanisms, technical data closed-loop control mechanisms, performance quantification and continuous improvement mechanisms.

Keywords: petrochemical equipment; technical management system; data driven

石油化学工业作为国民经济支柱产业,其生产装置高温高压易燃易爆的鲜明特点使得技术管理复杂性远超一般工业设施。一套科学高效的技术管理体系是确保装置安全稳定运行的根本前提,更是实现资源高效利用与企业效益最大化的关键基石。然而当前普遍应用的技术管理体系存在全生命周期管理割裂流程标准化不足数字化潜力未释放风险预警欠缺跨部门协同壁垒等突出问题。因此深入剖析现有体系特点,系统性设计优化路径创新构建运行保障机制,对推动管理向智能化高效化方向跃迁具有重大现实意义。

1 现行石油化工装置技术管理体系的构成与特点

现阶段石油化工装置技术管理体系主要依托设备完整性管理、工艺过程管理、安全风险管理及检维修管理四大支柱构建,正如《中国石化设备管理年度报告(2023)》所指出的,形成了“计划性检修主导+符合性检查+事后处置”的传统范式。该体系存在五大显著特点:首先,管理框架过度偏重运行维护阶段,根据能源装备全生命周期白皮书统计,78%的企业未建立规划设计与报废拆除的系统管理机制,导致生命周期断层;其次,流程标准化不足

且协同效率低下,如某石化论坛用户反馈的,跨部门工单审批平均耗时较国际标准高出 40%;第三,风险管理依赖定期静态评估,中国化工安全网明确指出“缺乏实时数据驱动的动态预警机制是事故主因”^[1];第四,技术决策受信息孤岛制约,典型如某集团内部调研显示的,生产设备安全部门数据共享率不足 35%;最后,绩效评价侧重装置可用率故障率等滞后指标,全球能源管理联盟(GEMC)强调,90%企业未建立管理过程效能量化体系,亟待动态优化调整。

2 石油化工装置技术管理体系优化路径设计

2.1 基于全生命周期的管理框架重构

必须突破传统管理思维过度聚焦于运行维护阶段的固有定式,将技术管理的视野范围与责任触角系统性地向前延伸至装置前期的规划选址论证工艺技术路线选择与详细工程设计阶段,同步向后有效覆盖到装置运行中后期的技术改造升级能耗物耗降低与减排目标达成直至最终的停用封存报废鉴定与绿色环保拆除的全过程,努力构建一个完整覆盖规划构思详细设计设备采购现场建造投产运行维护保养技术改造报废处置完整链条的无缝衔接的

一体化技术管理总框架。在此框架的坚实基础上,需要清晰界定装置在其整个生命旅程的每一个关键节点所必须严格遵守的技术性能标准与具体管理要求,并着力打通各阶段之间技术参数信息与管理责任归属的有效传递通道,确保那些关键的设计输入参数重要材料的选择依据说明制造过程与现场安装的质量检验原始记录运行期间暴露的设备缺陷现象与最终处理方案历次检修作业的详细技术报告以及重大技术改造更新的论证文档等宝贵数据资产,能够真正实现跨越不同生命周期的有效流转持续积累与充分复用,从而为装置后续任何阶段的技术决策活动提供坚实可靠的历史数据支撑和全景式视图,最终实现真正意义上的全周期贯通式管理模式。

2.2 标准化与流程精细化优化策略

需要对装置技术管理所涉及的那些关键业务流程,例如设备日常巡检在线状态监测设备润滑管理预防性维修计划执行设备故障根本原因诊断分析检修作业规程制定备品备件库存管理以及变更管理申请审批等核心操作环节,进行全面的梳理盘点问题诊断与深度的优化再造工作^[2]。制定并强制推行覆盖各类动静设备适应各种复杂工况条件的极其详细且具备很强可操作性的标准化作业程序文件,具体规定每一项操作任务的标准动作要领关键安全控制要点最终质量验收合格标准以及允许执行的时间窗口要求。积极推动检修策略从原有的粗放式经验型决策模式,向基于设备关键性等级分析以可靠性为中心的维修精准决策模型进行根本性转变,严格依据设备失效模式与影响分析的科学结论,合理制定差异化个性化的预防性维修策略与详细计划安排。

2.3 数字化技术与管理体系的融合路径

需要积极部署并深度应用物联网智能感知技术,在装置的关键运转设备与重要工艺管线上大规模布设高精度耐高温高压腐蚀等恶劣环境条件的振动监测温度监测压力监测腐蚀速率监测以及声发射监测等智能传感器网络,实现对设备实时运行状态参数与关键工艺控制指标的连续全方位立体化数据采集目标。基于此强大的数据采集基础,努力构建覆盖全生产厂的统一集中集成的设备设施数字化孪生模型平台,该模型平台需要深度融合装置原始设计图纸资料详细设备档案信息长期历史运行数据库实时监测采集数据流以及领域专家经验知识库等多元信息源。灵活运用大数据分析挖掘技术先进的人工智能算法模型例如机器学习深度学习神经网络对采集的海量运行数据进行深度价值挖掘与智能关联分析,最终实现设备实时性能状态的客观评估潜在故障的早期智能预警设备剩余使用寿命的科学预测以及实际维修需求的精准预判目标。

3 石油化工装置技术管理体系运行机制创新设计

3.1 动态风险评估与预防性决策机制

有必要建立一套整合实时运行监控数据例如关键工

艺参数异常波动值设备在线状态监测诊断指标周边环境参数变化定期检验检测原始结果例如压力容器壁厚定点测量值无损检测缺陷报告安全阀定期校验记录历史故障事件案例库同行业典型失效事故案例以及资深专家经验知识的动态风险评估量化模型平台。该模型平台能够自动计算并持续动态更新装置不同工艺单元单台关键运转设备甚至具体潜在失效模式当前的风险等级评分结果^[3]。基于动态风险评估模型输出的量化结果,自动触发分级预警信息发布与差异化的预防性决策指令执行流程:对于那些识别出的高风险点位置或设备,必须立即启动专项检查方案增强在线监测布点密度调整相关工艺操作参数或安排计划外应急检修;对于评估为中风险等级的点位或设备,则优先优化其原有的预防性维修计划内容,适当增加状态监测的数据采集频次;对于判定为低风险等级的点位或设备,继续执行基于可靠性统计数据的常规维护保养计划即可。

3.2 多层级协同管理责任机制

清晰界定并严格落实从公司级战略管理层核心职责聚焦于战略规划制定资源统筹保障重要制度审批与重大风险决策拍板到分厂或车间级执行管理层核心职责聚焦于本区域日常管理协调计划任务分解执行现场作业监督巡查与一般性问题协调解决直至基层班组与一线操作维护人员核心职责聚焦于日常巡检任务执行标准化操作规程遵守设备状态如实记录与初级常见问题及时处理的纵向技术管理责任链条与问责体系。着力打破生产调度部门设备管理部门工艺技术部门安全环保部门技术研发部门采购供应部门等横向职能部门之间长期存在的传统沟通壁垒,在那些关键的业务流程执行环节例如重大变更管理流程装置大修准备工作流程复杂故障根本原因分析流程综合性应急预案演练流程中建立强制性的跨部门联席会审制度与常态化的联合工作专班机制。明确各协同节点的具体工作内容信息共享清单目录处理时效硬性要求与共同责任归属划分,充分利用企业共享的统一数字业务平台实现跨部门工作流协同调度与过程信息透明化展示,确保上级管理指令能够顺畅传达至基层现场暴露问题能够及时反馈至管理层跨部门协同决策能够高效执行落地,切实解决铁路警察各管一段的管理痼疾。

3.3 技术数据驱动的闭环管控机制

必须确立覆盖装置全生命周期贯穿所有相关业务领域的技术数据采集基本标准传输规范与系统接口协议,确保各类技术数据的唯一性准确性及时性与完整可追溯性^[4]。构建企业级统一的设备设施完整性管理核心数据库或专业管理平台,作为整个技术管理活动的核心数据枢纽与信息交换中心。基于此强大的平台支撑,建立严格的技术管理计划制定任务执行效果检查持续改进循环运作机制:在计划阶段初期,依据历史数据分析结论和动态风险评估结果

科学制定管理策略与年度计划;在执行阶段过程中,详细记录工单实际执行详情具体操作日志与实时监测采集的数据集;在检查阶段末期,基于执行过程反馈数据监测分析诊断结果全面评估原定计划的实际有效性当前风险控制真实状况及预设管理目标的最终达成度;在改进提升阶段,根据评估分析得出的客观结论,针对性优化管理策略方向动态调整后续维护计划安排及时修订过时标准操作规程或启动设备升级改造项目。

3.4 绩效量化评价与持续改进机制

精心设计一套融合了安全性维度例如可记录安全事故发生率高危作业许可合规率隐患排查整改完成率可靠性维度例如关键设备故障发生频次装置非计划停车次数与累计时长装置实际运行负荷率经济性维度例如单位产品维修成本占比备件库存资金周转率关键能耗物耗指标达成率管理效能维度例如预防性维修计划按时完成率数字化工具功能使用率标准流程步骤符合度检查得分以及持续改进能力维度例如合理化建议有效采纳数量管理优化项目实施后效果评估得分等多维度的可量化计算可严格考核的综合性绩效指标体系。建立定期的例如月度跟踪季度分析年度总评绩效评价审核会议制度与流程,将最终评价审核结果与被评价管理团队及相关责任个人的绩效奖金分配岗位晋升发展机会直接紧密挂钩。基于绩效评价过程发现的明显管理短板与体系审核中发现的管理体系运行不符合项清单,及时启动根因分析流程,制定针对性的纠正措施与预防措施实施方案,并持续追踪验证各项措施落地的实际效果,将行之有效的改进成果及时固化更新到相应的管理制度文件标准操作流程手册或数字化管理系统配置之中,确保持续改进机制能够有效运转并真正落地生根产生实效。

4 石油化工装置技术管理体系实施保障策略

4.1 组织架构与人才梯队优化

必须根据优化后的新型管理体系与运行机制的实际要求,全面审视并合理调整现有的技术管理组织架构设置方案,认真考虑设立专职负责的具备足够管理权威的设备完整性管理中心部门或资产可靠性管理办公室,由其统筹协调全生命周期各阶段的技术管理活动执行与监督工作。清晰界定公司各管理层级各专业技术岗位在新技术管理体系中的具体职责清单工作权限边界与核心能力资质要求。构建系统化的技术人才培养培训与职业发展体系,培训内容需要全面覆盖新管理理念内涵优化后的业务流程与标准规范数字化工具平台操作应用高级故障诊断分析技术风险管理实用方法及应急处置实战技能等核心知识领域。

4.2 管理制度与标准体系完善

对现行执行的设备管理程序文件安全操作规程手册检修作业规程技术档案管理标准变更管理控制程序等

规章制度进行全面的合规性审查技术性修订内容增补与体系化整合工作,确保其与前述优化路径核心思想和运行机制创新要求保持高度一致性与现场可操作性。重点完善基于风险评估结果的设备分级分类管理实施细则预防性维修策略制定逻辑与动态调整触发规则数字化平台数据录入规范与使用权限管理规定多部门协同管理的工作程序接口与联合考核办法技术管理绩效考核评分实施细则等关键制度条款。积极推动企业内部技术执行标准例如设备检修后质量验收标准在线状态监测报警值设定标准设备报废技术状态判定标准的细化统一工作与整体水平提升,主动采用并消化吸收国际国内先进标准规范要求例如资产管理体系标准族相关设备维护标准,最终形成一套层次清晰分明覆盖全面完整要求明确具体技术先进适用的管理制度与标准规范体系,为所有管理活动的开展提供刚性的制度依据和执行标准。

4.3 完整性管理技术应用深化

必须将资产完整性管理的核心理念与关键技术更深入更广泛地融入到装置日常技术管理的骨髓之中。系统性地推广应用基于风险的检验技术方法,科学确定压力容器压力管道等承压设备的检验策略优先级最优检验方法选择重点检验部位确定及合理检验周期设定,有效优化检验资源的整体分配效率。全面推行以可靠性为中心的维修系统分析流程,科学指导关键设备预防性维修策略的制定工作与动态优化调整。深化腐蚀回路分析技术与在线腐蚀监测系统的实际应用覆盖范围,精准识别工艺介质成分波动外部环境条件变化对设备造成的腐蚀风险类型与速率。

4.4 应急响应与风险防控能力强化

必须基于动态风险评估模型识别出的那些重大潜在风险情景类型,定期组织审查及时修订并按实战化要求演练装置各级应急预案体系,特别是针对关键设备突发严重故障危险化学品意外泄漏火灾爆炸事故初期处置公用工程突然中断等重大事故情景的专项应急处置执行程序。强化应急预案体系与日常技术管理活动之间的有效衔接关系,例如在变更管理评估流程中必须同步评估变更内容对现有应急响应程序的影响程度,在预防性维修工单执行时必须检查相关应急设备的完好备用状态^[5]。切实加大在智能化应急指挥决策支持系统先进的事事故泄漏监测与快速定位技术装备高效应急堵漏专用工具个人高级防护装备以及应急抢修资源储备等方面的资金投入与物资配置力度,确保应急响应准备度达到行业标准的 90 分位水平。建立常态化的全员应急技能培训课程体系与严格的操作考核认证机制,重点提升一线操作人员第一时间正确处置初起突发事件的能力素质以及各级应急指挥人员的现场决策指挥水平。

5 结束语

石化装置技术管理体系转型需构建融合全生命周期

视角流程标准化精髓数字化基因风险防控思维协同效能的全方位系统工程。本研究优化路径着力破解管理框架业务流程数字技术等结构性瓶颈;创新机制通过风险感知驱动决策打破组织壁垒实现协同利用数据闭环精准管理;保障策略从组织人才制度标准完整性技术应急防线构筑实施堡垒。唯有推动理念革新促进技术管理融合夯实保障措施,方能驾驭装置复杂性实现安全绿色高效运行。

[参考文献]

[1]谭红星,蒋白桦,陈浩,等.基于AI驱动的数字孪生技术在石油化工智能装置中的应用研究[J].人工智

能,2025(2):35-42.

[2]袁凯,薄典奇,徐路.石油化工生产装置火灾消防处置策略研究[J].山东化工,2025,54(10):190-191.

[3]王化锦.石油化工装置埋地污水管道防渗膜施工要求及注意事项[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(11):109-111.

[4]丁小见.浅谈石油化工装置设备基础大体积混凝土综合保温养护技术[J].价值工程,2025,44(19):8-10.

作者简介:陈潘龙(1988.9—),男,汉族,本科,毕业院校:太原理工大学,专业:化学工程与工艺。

石油化工过程优化与节能减排技术管理实践研究

薛博杰 陈潘龙

陕西延长石油榆神能源化工有限责任公司, 陕西 榆林 719300

[摘要]石油化工工业身为全球规模颇为可观的化工领域之一,在其生产进程当中,面临着工艺控制以及运营方面诸多复杂的状况与挑战。若想提升生产工作的效率、所产产品的质量,并且推动可持续发展水平的提高,那么先进控制技术以及实时优化技术已然变成了石油化工生产过程当中极为关键的工具。文章针对先进控制与实时优化技术的应用展开探讨,目的就在于给实现石油化工生产安全且高效的运行给予稳固可靠的技术方面的有力保障。

[关键词]石油化工过程优化;节能减排技术;技术管理;实践

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17227

中图分类号: TK261

文献标识码: A

Research on Process Optimization and Energy Conservation and Emission Reduction Technology Management Practice in Petrochemical Industry

XUE Bojie, CHEN Panlong

Shaanxi Yanchang Petroleum Yushen Energy and Chemical Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719300, China

Abstract: As one of the considerable chemical industries in the world, the petrochemical industry faces many complex situations and challenges in terms of process control and operation in its production process. If we want to improve the efficiency of production work, the quality of products produced, and promote the improvement of sustainable development level, advanced control technology and real-time optimization technology have become extremely critical tools in the petrochemical production process. The article explores the application of advanced control and real-time optimization technologies, with the aim of providing strong and reliable technical support for the safe and efficient operation of petrochemical production.

Keywords: petrochemical process optimization; energy-saving and emission reduction technologies; technical management; practice

引言

随着全球能源需求持续不断地增长,环境保护方面的压力也一天比一天大,在这样的背景下,石油化工行业作为极为重要的能源以及化工基础产业,正面临着要提高生产效率、得降低能耗并且还要减少污染排放这样两方面的严峻挑战。在传统的石油化工生产过程当中,普遍存在能耗比较高的情况,资源利用的效率也比较低,并且对环境产生的影响也不小,这些情况严重制约了整个行业朝着可持续发展的方向迈进。为了能够应对当前这种形势,针对过程优化以及节能减排技术展开的相关研究与具体应用,就成为了推动石油化工企业实现转型升级、达成绿色低碳发展目标的一条极为关键的途径。过程优化依靠科学合理的工艺设计以及有效的运行管理,可促使生产过程能够高效、稳定而且安全地运转起来,而节能减排技术其主要目标在于尽可能多地减少能源的消耗以及污染物的排放,以此来提升自身的环境友好程度。与此构建起完善的技术管理体系,这能为节能减排技术的广泛推广以及顺利实施给予相应的制度方面的保障以及组织层面的支持,它是确保技术所能产生的效益能够达到最大化的极为重要的一项保障措施。本文把石油化工过程优化以及节能减排技术管理当作重点对象展开较为系统的相关研究,同时结合实际的

所面临的种种问题以及相应的管理策略,希望能够为行业在节能降耗以及绿色发展方面给予一定的理论层面的支持以及实践操作层面的指导,进而推动石油化工产业达成可持续发展的目标并促使环境保护的相关目标得以实现。

1 石油化工生产过程的特点

根据石油化工生产过程的特点:处理量大、连续生产、多变量互相关联影响、动态响应特性复杂、具有多重变时滞,许多重要变量的变化情况不能实时测量得到,尤其是在市场经济条件下,原料量及其性质,产品品种及其质量指标,均随市场环境变化,生产过程的特性也随之变化,要维持生产过程处于优化,单靠人工经验实现是很困难的。所以一般先进控制和实时优化系统采用数学模型,通过以过去的过程行为检测为基础的动态过程运用多变量先进控制技术来预测未来的过程行为。通过这个模块使控制器能够计算出最适宜的操作变量运作,受物理约束影响,最小化实际和想要的过程行为的差值,进一步,通过这个模块计算出最适宜的操作点,把生产过程放到这个点上,达到优化。

2 石油化工过程优化技术

2.1 过程模拟与优化方法

过程模拟以及优化方法在石油化工过程优化技术里属于相当重要并且较为基础的环节,其主要目的在于借助构建较为精准的数学模型并运用先进的计算仿真技术,充

分揭示复杂生产工艺系统所具有的内在机理以及动态行为,进而达成生产过程能够高效、安全且经济地运行这一目的^[1]。过程模拟包含了针对物料平衡、能量传递、反应动力学、传质过程还有设备运行状态的完整描述,可反映出各个工艺单元彼此之间存在的相互耦合情况以及动态响应状况,能为工艺设计、参数调节以及故障诊断给予科学方面的依据。在过程模拟的基础上,优化方法会去建立多目标优化模型,同时考虑产量、能耗、成本以及环境排放等诸多目标,在结合生产工艺实际存在的约束条件之后,运用像线性规划、非线性规划、遗传算法、粒子群优化、模拟退火等多种优化算法,达成对关键工艺参数实施智能调控以及动态调整的效果。这类方法不但提升了工艺方案设计的合理性以及精确度,还降低了试验以及调试的成本,并且在实际生产当中能够实现实时在线优化,对生产过程的智能控制以及快速响应予以支持,使得系统的运行稳定性以及经济效益都得到了较为明显的提升。

2.2 先进控制在过程优化中的应用

先进控制技术于石油化工过程优化而言,占据着极为关键的地位。凭借引入现代控制理论以及智能算法这两方面内容,进而达成对那些复杂程度颇高、存在多个变量、呈现出非线性特点并且还会随时间发生变化的工艺系统展开高效的管理与优化操作。传统 PID 控制方法在应对石油化工过程中所存在的强耦合特性、时滞情况以及诸多不确定性因素的时候,通常很难去契合高精度以及动态响应方面的相关要求。然而像模型预测控制(MPC)、模糊控制、神经网络控制、自适应控制还有鲁棒控制等这类先进控制技术,却可突破这些限制,达成对过程变量予以精确调节以及实现多目标优化的目的。模型预测控制会构建起过程动态模型,并且将未来时域的预测信息同优化算法相结合起来,实时地去调整控制输入,以此来实现最小化偏差、节约能耗以及降低排放这样的效果,同时也具备处理多变量约束以及非线性特性的能力,这使得控制系统的稳定性以及灵活性都得到了极大的提升。模糊控制以及神经网络控制则是借助人工智能的方法来处理复杂的不确定性以及非线性问题,以此提高系统的自学习以及适应能力,特别适合应用于那些难以建立起精确数学模型的工艺环节当中。除此之外,自适应控制技术能够依据过程状态所发生的各种变化自动地去调整控制参数,从而确保控制效果可以持续保持在优良的状态。先进控制技术一方面提升了生产过程的自动化程度,另一方面通过与过程优化、故障诊断以及安全保护系统展开深度的集成操作,达成了生产管理的智能化以及绿色化的发展目标。

2.3 设备改造与工艺优化

设备改造以及工艺优化属于石油化工过程优化技术里极为关键的部分,其目的在于借助技术层面的升级以及工艺方面的改进来提升生产方面的效率,降低能耗,同时也让环境污染得以减少。伴随石油化工工艺持续向前发展,

传统设备还有工艺在能效、操作灵活性以及环保性能这些方面碰到了不少限制,这对企业的绿色转型以及可持续发展形成了制约作用。设备改造一般包含引入高效节能类型的设备、对换热系统设计予以优化、升级反应器的结构以及提升自动化与智能化的程度,如此一来,既能提升设备在运行时的稳定性与可靠性,又能大幅度降低能源的消耗以及维护的成本。比如,通过更换高效的换热器以及余热回收装置,可以达成对废热资源的有效利用,进而减少对外部能源的需求;对反应器设计加以优化,同时在催化剂的选择上多下功夫,能够提升反应的速率以及选择性,减少副产物的生成,提高产品的质量以及收率^[2]。工艺优化着重于对操作参数做出调整、将工艺流程进行精简以及集成先进的分离技术,综合运用过程模拟以及实验数据,科学地制定出最优的工艺条件,以此达成节能减排以及生产效益这两重目标。并且,工艺优化着重强调流程的整体协同以及集成,推动能源和物料实现高效循环利用,减少资源的浪费以及环境的负荷。除此之外,设备改造与工艺优化还需要与完善的监测以及控制系统相互配合,实现对过程的实时调整以及动态管理,保证生产系统处于最佳的状态之下运行。

2.4 余热回收与综合利用技术

余热回收以及综合利用技术在石油化工过程的优化方面有着不容忽视的重要意义,其主要目的在于能够有效地捕捉并充分利用生产过程当中所产生的废热资源,以此来提高能源的利用效率,减少能源的消耗,减轻环境方面的负担。在石油化工生产的进程当中,数量众多的热能是以废热的形式白白散失掉的,就好比反应器出现放热情况、有蒸汽排放出来、热交换器存在尾气等等这些状况,要是不对这些废热加以回收处理的话,那么既会造成资源的极大浪费,还会使得生产成本有所增加,并且还会让温室气体排放量增多。借助采用高效的换热器、余热锅炉、热泵技术还有余热发电系统等一系列的手段,是能够把低品位的余热转变成为有用的热能或者电能的,进而将其应用于加热环节、蒸汽生成环节、发电环节或者其他工艺环节当中的能量供应方面,从而达到能量的循环利用这一目的,促使系统整体的能效得以提升。除此之外,再结合工艺流程的热集成设计,去合理地对热源与热汇进行匹配,以此来最大程度地削减外部能源的输入量,对能源流动的路径予以优化。

3 节能减排技术管理体系建设

3.1 技术管理制度与标准建设

技术管理制度以及标准建设在节能减排技术管理体系当中占据着基础且核心的地位,其主要意图在于借助规范化的制度方面的设计以及标准层面的制定,以此来对节能减排技术的科学应用加以保障,并且促使节能减排技术能够实现持续不断的优化。要着手建立起较为完善的管理制度,将节能减排技术从开发开始一直到推广、应用直至评估的整个流程都予以明确清晰地界定,同时还要明确规定各级管理部门以及各个责任人各自所应当承担的职责,

进而构建起自上而下完整连贯的责任体系,从而切实有效地确保节能减排目标得以顺利落实。需要制定出契合行业自身特点以及国家相关政策要求的技术标准,这里面就涵盖了节能设备性能方面的标准、工艺操作环节的规范、能耗以及排放限值等相关内容,以便为技术的实际应用给予明确无误的技术依据以及可靠的质量保障。与此要把国际上先进的经验同本地的实际状况相互结合起来,推动标准不断地进行动态更新与逐步完善,从而能够与技术发展的实际情况以及环境方面的要求所发生的变化相适应。除此之外,还应当进一步强化标准的执行力度以及监督检查工作,建立起技术评审、验收以及考核等一系列的机制,以此来保证各项节能减排措施都能够实实在在地落地并取得预期的效果。

3.2 节能减排绩效考核与激励机制

节能减排绩效考核以及激励机制在推动节能减排技术得以有效施行并实现持续改进方面,起到了十分关键的保障作用。借助科学且合理的考核体系,再加上相应的激励举措,能够充分调动企业以及员工参与节能减排工作时的积极性与创造性。绩效考核需要构建起一个多元化的评价体系,这个体系要涵盖能源消耗、排放指标、技术应用效果以及经济效益等多个不同维度,并且要把定量指标和定性分析相互结合起来,以此来全方位地反映出节能减排工作所取得的实际成效。考核得出的结果应当和企业管理层还有相关责任部门的绩效紧密关联起来,如此一来便能促使责任得以切实落实,也让目标能够顺利达成。与此还要着力构建起多层次、多形式的激励机制,这其中就包含了经济奖励、荣誉表彰、技术创新方面的支持以及培训晋升的机会等等,依靠这些来激励技术人员以及管理团队不断地去优化节能减排技术以及管理模式^[3]。除此之外,还得进一步强化考核数据的透明程度以及公正性,借助信息化的手段来达成数据的实时监测以及动态反馈,从而保证考核整个过程都能够做到科学、公开并且规范。

3.3 管理信息化平台建设

管理信息化平台的建设对于节能减排技术管理体系朝着现代化以及智能化方向发展而言,有着极为重要的支撑作用。通过将信息技术和节能减排管理方面的需求加以整合,可达成数据的实时采集、监测、分析以及决策支持等目的,进而促使管理效率得以提升,同时使科学决策水平获得提高。这一平台需要包含能源消耗监测、排放指标管理、设备运行状态、技术改造进展以及绩效考核等诸多模块,以此来形成一个统一的信息共享以及业务协同的环境。凭借物联网、云计算、大数据以及人工智能等技术,平台能够实现对生产整个过程中的能耗与排放数据展开精准采集以及实时分析,能够在出现异常情况时及时予以发现并且发出预警,从而支持动态地去调整节能策略以及优化运行方案。除此之外,管理信息化平台还应当具备较为强大的数据可视化功能,以便于管理人员可以直观地知晓节能减排所取得的成效以及存在的瓶颈问题,推动跨部

门之间的协作以及信息的透明化。

3.4 培训与队伍建设

培训以及队伍建设在节能减排技术管理体系里属于极为关键且必不可少的构成部分,其主要目的在于促使员工的专业技能得以提升,让他们的管理能力也获得提高,进而确保节能减排技术能够顺利有效地得以实施,并且还能够后续持续不断地实现创新^[4]。一开始,需要着手去建立起一套系统化且具有持续性的培训机制,依据不同岗位以及不同层级的具体情况来设计出存在差异的培训内容,像节能减排技术原理、设备操作维护方面的知识、节能管理制度相关内容以及最新的政策法规等等,以此来强化员工对于节能减排重要性的认知程度,让他们对相关技术也能更好地掌握。要重视引进以及培育那种复合型且富有创新精神的人才,这些人既要具备工程技术方面的能力,还得拥有管理方面的意识以及环保方面的意识,从而形成一个由多学科交叉融合而成的专业团队。与此应当鼓励技术人员积极投身到行业交流当中去,参与到学术研讨活动里来,还要让他们加入到技术创新的各项活动中,借此提升自身的技术水平,增强自身的创新能力。除此之外,通过构建起激励机制以及职业发展的通道,以此来激发出人才的积极性,唤起他们的创造力,推动人才实现稳定的状态并不断成长壮大。

4 结语

石油化工过程优化及节能减排技术管理有效施行,对提高企业生产效率、降低能耗、减少环境污染意义重大。借助系统过程模拟与优化、运用先进控制技术、设备改造与工艺优化、余热回收等技术手段,石油化工企业可达成资源高效利用、环境影响明显降低。构建完善的节能减排技术管理体系,像技术管理制度、绩效考核与激励机制、信息化平台建设、人才培养等,是确保节能减排技术持续推行、取得实际成效的重要保障。当下虽存在技术应用难题、管理机制欠缺等挑战,不过伴随技术创新、管理水平不断提高,石油化工行业有希望完成绿色低碳转型,推动可持续发展目标达成。未来需强化技术研发、管理创新,深化节能减排实践,推动产业链上下游协同开展,为构建清洁、高效、环保的石油化工产业体系贡献自身力量。

[参考文献]

- [1]靳智渠.石油化工过程先进控制和实时优化技术[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(6):175-177.
- [2]刘晓飞,门文超.过程安全管理在石油化工生产中的应用研究[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(12):74-76.
- [3]马进进.石油化工炼油过程中的节能降耗技术研究[J].石化技术,2025,32(1):19-21.
- [4]陈燕霞.石油化工过程安全技术的实践分析[J].化工设计通讯,2023,49(4):4-6.

作者简介:薛博杰(1989.6—),汉族,男,本科,毕业院校:中国石油大学(北京),专业:石油工程。

露天采矿工程中的采矿技术与施工安全

王应明

新疆天业（集团）有限公司精河县晶昇矿业有限公司，新疆 博尔塔拉蒙古自治州 833300

[摘要] 采矿技术的实践应用及施工安全管理是金属非金属露天采矿工程日常管理的核心工作。在行业发展的新形势下，亟需提升采矿技术应用水平与施工安全管理标准，以保障作业安全，提高开采效率。本文探讨了金属非金属露天采矿工程中采矿技术与施工安全面临的挑战，强调通过科技应用和合理规划降低风险、提升效率，利用高级计算机技术优化采矿流程与保障安全。

[关键词] 金属非金属露天采矿工程；采矿技术；实践应用；施工安全管理

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17261

中图分类号: TD8

文献标识码: A

Mining Technology and construction Safety in Open-pit Mining Engineering

WANG Yingming

Jinghe County Jingyi Mining Co., Ltd. of Xinjiang Tianye (Group) Co., Ltd., Bortala Mongolian Autonomous Prefecture, Xinjiang, 833300, China

Abstract: The practical application of mining technology and construction safety management are the core tasks of daily management in metal and non-metal open-pit mining projects. In the new situation of industry development, it is urgent to improve the application level of mining technology and construction safety management standards to ensure operational safety and improve mining efficiency. This article explores the challenges faced by mining technology and construction safety in metal and non-metal open-pit mining projects, emphasizing the use of technology applications and rational planning to reduce risks, improve efficiency, and optimize mining processes and ensure safety through advanced computer technology.

Keywords: metal and non-metal open-pit mining engineering; mining technology; practical application; construction safety management

引言

进入 21 世纪，我国金属非金属矿产资源开采行业迎来新的发展阶段。随着各类采矿技术的不断实践应用，即便整体采矿难度持续增加，行业仍实现了产能的稳步增长。露天采矿作为重要的开采方式，对我国经济建设意义重大。但在开采过程中，面临资源合理利用、生态环境保护等诸多问题。因此，借鉴先进技术，改进和优化开采工艺，加强施工安全管理，成为推动金属非金属露天采矿行业可持续发展的关键。

1 露天采矿技术发展概述

早期的露天采矿技术受限于设备和工艺，存在开采效率低、成本高的问题。随着技术的进步，采矿设备不断更新换代，自动化和智能化水平逐步提升。如今，露天采矿技术朝着高效、环保、安全的方向发展，多种先进工艺在实际生产中得到广泛应用，显著提高了金属非金属矿产资源的开采效率和质量。

2 金属非金属露天采矿工程中的采矿技术

2.1 露天采矿技术原理与优势

露天开采是一种通过剥离或崩落覆盖在金属非金属矿产表面岩石层，使矿产暴露于地表的开采方式。该工艺遵循自上而下的开采顺序，借助大型穿孔设备（如牙轮钻机）完成炮孔钻进，配合液压挖掘机、自卸卡车等机械设

备实现矿石的高效采装与运输。相较于地下开采，露天开采在作业初期便能通过精确的储量估算与开采设计，将资源损耗率控制在 10% 以内；地表作业环境使得安全监控系统部署更为便捷，人员可借助可视化监测设备实时掌握边坡稳定性、爆破震动等安全指标，显著降低了因井下通风不畅、顶板坍塌等引发的安全风险。据行业统计，露天开采单位产量的人力成本较地下开采可减少 30%~50%，同时大幅削减了通风、支护等安全防护设施投入，有效降低综合开采成本。

值得注意的是，矿体埋深对开采效益影响显著：浅部矿体（埋深 < 100m）可采用全境界开采模式，配合高台阶、陡帮开采技术提升效率；而中深部矿体（100~300m）则需引入分期开采理念，通过优化运输系统布局，平衡开采强度与剥采比。此外，针对复杂地质条件下的矿体，需结合三维地质建模技术，制定动态开采方案，确保在维持经济效益的同时，实现资源回收率最大化。

2.2 拉斗铲无运输倒堆工艺

拉斗铲无运输倒堆工艺是当前金属非金属露天采矿的先进技术之一。该工艺通过将排土、运输、采掘三大核心环节进行创新性整合，突破了传统采矿模式的局限性。具体而言，其利用拉斗铲设备的长臂优势和强大抓取能力，在采矿作业的空闲区域直接完成剥离物的倒堆工作，形成

“采-运-排”一体化的高效作业流程。

从技术性能来看,该工艺具备显著的生产优势:其一,设备单机生产能力可 2000~4000m³/h,能够支撑千万吨级的年开采规模;其二,通过取消中间运输环节,直接将剥离物倾倒入排土场,相比传统卡车运输工艺可降低约30%~50%的生产成本;其三,作业效率大幅提升,在标准工况下,单台拉斗铲每日可完成超10万m³的采掘排土任务。此外,该工艺设备配置精简,仅需1~2台大型拉斗铲即可覆盖数百米的作业面,显著降低了设备维护和现场管理的复杂度。

在应用适应性方面,拉斗铲无运输倒堆工艺展现出良好的环境兼容性。该工艺对降雨、大风等恶劣天气具有较强耐受能力,在-30℃~45℃的极端温度条件下仍能稳定运行。同时,其对剥离物的岩性要求较为宽泛,无论是松散砂土还是中等硬度的岩层均可高效处理。该工艺尤其适用于地形坡度小于15°、矿体水平分布连续性好的露天矿山,在内蒙古白云鄂博稀土矿、澳大利亚卡尔古利金矿等大型矿区的成功应用,充分验证了其在规模化开采中的显著效能。

2.3 靠帮开采工艺

在金属非金属露天采矿工程中应用靠帮开采工艺时,需通过适当提高帮坡角优化开采效能。该工艺在矿山工程设计与生产阶段呈现差异化应用特征:

设计阶段:采用“上缩下稳”模式,上部境界由外向内缩进以减少初期剥离量、降低边坡高度,下部境界保持设计标高不变以保障矿体开采空间完整性,同时无需在端帮设置运输道路,可减少边坡暴露面积与支护成本。

生产阶段:遵循“下推上稳”逻辑,下部境界由内向水平分层推进以提升开采效率,上部境界维持设计形态不变,通过动态监测边坡稳定性确保作业安全。

实际应用中,取消端帮运输道路可减少边坡压覆矿量,使矿石回收率提升约5%~8%,开采量相应增加,同时降低运输系统对边坡的扰动,助力企业降低成本、提高经济效益。

2.4 带式输送机半连续开采工艺

带式输送机半连续开采工艺凭借较强的机动性和适应性,在金属非金属露天采矿中得到广泛应用。该工艺通过将间断式开采环节与连续运输系统有机结合,突破了传统运输方式的局限性。在地形复杂的山区矿山,可利用带式输送机沿等高线布置,实现矿岩的“接力式”运输,有效规避陡峭地形对运输效率的制约;在气候恶劣的高寒矿区,封闭式带式输送系统能避免物料冻结、撒落等问题,保障运输作业的连续性。通过模块化设计,带式输送系统可根据开采进度灵活调整线路走向和输送能力,显著简化穿孔爆破、铲装运输等作业环节。

3.1 穿孔作业安全管理

穿孔作业作为露天采矿极为关键的前期环节,其安全

管理工作的重要性不容小觑。在露天矿场的日常运作中,穿孔设备的操作人员必须经历系统且严格的专业培训,确保他们对设备的操作流程烂熟于心,对各类安全规范了如指掌。每一次设备启动之前,操作人员都要遵循一套严谨的检查流程,对设备展开全面细致的检查。钻机的稳定性关乎整个作业过程的平稳,一旦出现晃动或位移,极有可能引发严重事故;钻杆的完整性更是重中之重,任何细微的裂缝或磨损都可能导致钻杆在作业时突然断裂;而各仪表及控制系统的准确性,直接关系到操作人员能否精准把控设备运行状态。进入作业过程后,安全防护措施必须落实到位,设备周围严禁人员逗留。在实际作业中,钻杆断裂、飞石溅射等意外时有发生,这些都可能对周围人员造成致命伤害。同时,穿孔参数的合理选择至关重要。

3.2 爆破作业安全管理

爆破是露天采矿中极为常用却也极度危险的关键环节。爆破技术人员务必持有相关专业资质证书,这是保障爆破作业安全的基础前提,且在整个作业过程中,必须一丝不苟地严格按照爆破安全规程开展各项操作。在爆破准备阶段,计算装药量的工作不容有失,需综合考量诸多因素,例如不同岩石所具备的独特特性,像硬度、韧性、节理裂隙发育程度等,以及爆破区域复杂多变的地形地貌,包括坡度、高差、周边环境等,从而合理且精准地设计爆破方案。药包加工过程更是质量把控的重点,操作人员要全神贯注,仔细检查每一个环节,全力防止出现药包受潮影响爆炸威力、雷管连接不当致使起爆异常等严重问题。爆破前,针对爆破区域展开的安全检查工作必须做到全面且严格,运用专业的检测设备与手段,对每一处可能存在安全风险的地方进行排查,确保无关人员和设备均已安全撤离到规定的安全距离之外。同时,在周边显著位置设置清晰醒目的警示标志,严禁在夜间光线昏暗、雷雨天气易引发雷击、黄昏视线不佳等不利于安全的时段进行爆破作业。爆破结束后,应即刻安排专业人员进行全面检查,借助专业工具与经验,确认是否存在盲炮等安全隐患。一旦发现,必须严格依照规定的处理方法,小心谨慎、有条不紊地进行妥善处理,杜绝任何潜在危险转化为实际安全事故。

3.3 采装作业安全管理

采装工作是采矿的核心环节之一。挖掘机、装载机等采装设备的警报器和喇叭必须完好,在设备移动、工作等操作前,应提前发出信号,提醒周围人员。设备作业时,严禁人员在铲斗和悬臂下面以及工作面活动范围内停留。装载过程中,要避免向运输设备装载过满或装载不均,防止运输车辆因重心不稳导致翻车等事故。同时,装卸货物时,汽车司机不得在设备活动范围内无故停留。此外,要定期对采装设备进行维护保养,确保设备的机械性能、制动系统等处于良好状态,减少因设备故障引发的安全事故。

3.4 运输作业安全管理

露天采矿中的运输作业涵盖矿岩的场内运输与场外运输两大关键板块。场内运输道路的状况直接关乎运输安全与效率,务必时刻保持平整、坚实,依据运输车辆的实际规格与性能,科学合理地设置坡度和转弯半径,以充分满足运输车辆平稳行驶的严苛要求。运输车辆作为运输作业的核心载体,需定期开展全面且细致的安全检查,涵盖刹车系统的灵敏度、轮胎的磨损程度、灯光的完整性等关键部件与功能,只有全方位确保车辆性能处于良好状态,才能为安全运输筑牢根基。驾驶员作为运输作业的直接执行者,必须持有合法有效的驾驶证件方能上岗,在作业过程中,要一丝不苟地严格遵守交通规则以及矿山运输所特有的规定,坚决杜绝超速、超载、疲劳驾驶等极易引发安全事故的违规行为。对于场外运输而言,与相关交通管理部门展开积极且深入的协调沟通至关重要,精准规划好运输路线,合理安排运输时间,以此全力保障运输过程安全无虞且顺畅无阻。同时,高效的运输车辆调度不可或缺,通过合理调配车辆,避免出现车辆拥堵的混乱局面,从而显著提升整体运输效率,让露天采矿工程的运输环节得以有条不紊地高效运转。

3.5 边坡管理与安全

边坡的稳定性在露天采矿作业里占据着举足轻重的地位,其状况直接左右着整个露天采矿活动的安全性。在开展采矿作业时,必须严格遵循“采剥并举,剥离先行”这一基本原则,对开采顺序进行科学合理的规划与安排。日常作业过程中,需定期针对边坡开展全面监测工作。借助先进的测量仪器与技术手段,密切关注边坡的位移变化,哪怕是极其细微的位移数据变动都不可忽视;仔细观测边坡的变形情况,判断是否存在异常的隆起或凹陷;认真排查边坡表面是否出现裂缝以及裂缝的发展态势等。通过这些细致入微的监测工作,能够及时察觉潜在的安全隐患,为后续采取针对性措施争取宝贵时间。对于易坍塌的大块浮石、松石等不稳定岩体,要及时予以处理。处理方式可依据实际情况灵活选择,当浮石、松石所处位置较为安全

且便于操作时,可采用人工清理的方式,安排经验丰富的工人,利用合适的工具,小心谨慎地将其移除;若浮石、松石规模较大、位置危险,人工清理难以实施,则可考虑采用爆破方式,但爆破作业务必严格遵循相关安全规程,由专业爆破人员操作,确保爆破效果的同时,最大程度降低对周边环境及设施的影响。在雨季,由于雨水的冲刷与渗透作用,会极大地增加采场边坡失稳的风险,因此必须加强对采场边坡的巡查力度。在爆破作业后,要立即对边坡稳定性进行检查,评估爆破震动对边坡的影响程度;在大雨过后,更要仔细核实边坡的实际状况,查看是否因雨水浸泡出现滑坡迹象、土体软化等问题。同时,为维护边坡的持续稳定,还需对边坡进行适当的修整和加固。可根据边坡的地质条件、坡度等因素,合理设置挡土墙,利用挡土墙的阻挡作用,有效防止边坡土体下滑;精心构建排水系统,通过设置排水沟、排水孔等设施,及时将边坡表面及内部的积水排出,降低雨水对边坡稳定性的不利影响。

4 结语

在金属非金属露天采矿工程中,采矿技术的科学选择与应用、施工安全管理的有效实施至关重要。未来,需持续关注采矿技术创新和安全管理优化,通过改进技术、加强管理,确保露天采矿工程高效、安全运行,为我国金属非金属矿产资源开发和经济发展提供坚实保障,同时注重生态环境保护,实现行业的可持续发展。

[参考文献]

- [1]陈冲.采矿工程中的采矿技术与施工安全探析[J].中国金属通报,2024(5):37-39.
- [2]高鹏.采矿工程中的采矿技术与施工质量安全研究[J].中国科技期刊数据库工业 A,2024(3):01.
- [3]刘利平.露天采矿工程中的采矿技术与施工安全[J].Engineering Management & Technology Discussion,2024,6(3).

作者简介:王应明(1987.6—),男,学历:本科,毕业院校:新疆工程学院,所学专业:采矿工程,目前职称:采选工程、二级建造师矿业工程。

井中地球物理方法在矿体定位中的联合应用研究

高树林

新疆维吾尔自治区地质局乌鲁木齐地质大队, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]井中地球物理方法作为深部矿产资源勘查中的重要技术手段由于其存在分辨能力高、精度程度强、穿透距离深等优势特性, 已对矿体精准定位和边界的有效识别发挥了关键功能。全面剖析了井中地球物理技术(涵盖井中电法、井中地震、井中磁法等)于矿体定位里的联合应用情形, 归纳其数据互补和信息融合的长处, 也点明目前在数据解释连贯性、参数匹配适宜性以及技术集成完备性方面面临的瓶颈障碍。针对上述问题, 提出聚焦“多方法协同+多源数据融合+智能反演算法”的联合应用策略, 集成化采用井中地球物理方法, 显著增强了矿体边界刻画精准度与三维建模可信度, 对深部复杂地质状况下资源勘查形成有力支撑。

[关键词]井体地球物理探索; 深部勘查井中地球物理; 矿体定位; 联合应用; 数据融合; 反演技术; 深部勘查

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17240

中图分类号: P622

文献标识码: A

Research on the Joint Application of Geophysical Methods in Ore Body Localization in Wells

GAO Shulin

Urumqi Geological Brigade, Geological Bureau, Xinjiang Uyghur Autonomous Region, Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Well geophysical methods, as an important technical means in deep mineral resource exploration, have played a key role in accurate positioning of ore bodies and effective identification of boundaries due to their advantages such as high resolution, strong accuracy, and deep penetration distance. A comprehensive analysis was conducted on the joint application of downhole geophysical techniques (including downhole electrical methods, downhole seismic methods, downhole magnetic methods, etc.) in ore body positioning. The advantages of data complementarity and information fusion were summarized, and the bottleneck obstacles currently faced in terms of data interpretation coherence, parameter matching suitability, and technical integration completeness were also pointed out. In response to the above issues, a joint application strategy focusing on "multi method collaboration+multi-source data fusion+intelligent inversion algorithm" is proposed. The integrated use of wellbore geophysical methods significantly enhances the accuracy of ore body boundary delineation and the credibility of 3D modeling, providing strong support for resource exploration in deep and complex geological conditions.

Keywords: well body geophysical exploration; geophysics in deep exploration wells; ore body positioning; joint application; data fusion; inversion technique; deep exploration

引言

当浅部资源愈发枯竭, 对于当下而言, 深部找矿成为矿产资源勘查的关键方向。置身复杂地质条件里, 传统地表物探手段在分辨率跟勘查深度方面有诸多限制。井中地球物理方法借由“自井内察地层”的独到长处, 渐成深部找矿核心技术。借助在钻孔之中布置传感器与信号采集装置, 井中方法能精准采集矿体附近介质的物性参数, 弥补地面物探精度的差错。单一井中方法在分辨实力、响应模式及适配地质环境上, 依旧存在着局限, 联合运用多种井中物探技术, 实现优势互补及信息汇拢, 成为提升矿体定位精准度以及工作成效的有效路数。本文着力去探究井中地球物理方法联合运用的机制与优化方案, 为复杂地质局面里的矿体定位给出理论凭证与实践途径。

1 井中地球物理方法在矿体定位中的应用概述

所谓井中地球物理方法, 就是在钻孔、井筒内部设置测量装置, 可获取地层物性参数、识别异常情况并辅助实

现矿体定位的一类物探方法, 呈现出分辨率优越、探测深度可观、抗干扰能力出众等长处^[1]。在传统地表物探精度遭限制、信息模糊的这般背景下, 井中方法经贴近目标层位采集一手数据, 现已成为深部矿产资源勘查核心技术依托。普遍使用的井中地球物理方法有井中电法(电阻率、激电), 如井中地震法、井中磁法、井中电磁法等。各方法针对不同类型矿体呈现出良好响应特性, 利用井中电法可识别具备强导电性的金属矿体, 井中地震法可实现地层结构与矿体边界的探查。对于探查含铁磁性矿体而言, 井中磁法是恰当的方法。当实施实际勘查的时候, 多将这些方法联合起来采用, 达成信息互补 增进识别精度。

2 当前井中联合勘查中存在的主要问题

2.1 数据采集技术差异大, 信息融合难度高

在井中地球物理诸方法联合运用进程里, 关键挑战在于, 各类技术手段在数据采集方式、响应参数范畴、空间分布特性等方面差异十分显著, 对后期数据融合形成显著

阻碍。例如,井中电法聚焦测点开展,采用点状方式布设电极以获取地下电性参数,得到的数据往往呈一维、二维分布,反映出导电性的更迭;井中地震法围绕波场记录这一基础进行,依靠面波或者反射波完成成像操作,呈现面状及按时间序列排布的数据特征,有更高的分辨率,不过数据体量急剧增大。该分布方式同采样密度的差距,导致不同方法在空间维度对齐、数据单位统一及精度匹配方面遭遇困难。不同种类方法对地质体响应的敏感程度存在区分,在目标体位置、形态以及界面变化等方面所反映的结果也不一致。

2.2 联合反演技术不成熟,易产生模型偏差

井中地球物理方法其核心价值体现在数据解释跟反演方面。然而,现当下多方法联合付诸应用期间,反演技术成熟度欠佳,大多采用“分步处理、后期对比”的办法,表明先对各项物探数据分别独立进行反演处理,再尝试进行空间重叠与解释的整合操作。这种“解耦式”流程未作参数之间耦合性方面的考量,造成反演结果之间呈现出统一甚至抵触现象,鉴于各类物探方法在目标函数、分辨能力与噪声类型方面不同,独立反演模型不能体现不同物理参数间的约束牵连。由此联合建模过程存在显著主观性。现阶段统一联合反演平台尚付阙如,反演算法开发进度滞后不前,参数更新协同实施面临难题,致使模型不确定性及解释误差提升。在复杂构造的地带或者非均质矿体的环境里,该问题显著程度进一步提升,往往造成模型边界不清、体积估计偏差等难题。因此,有引入联合反演框架的迫切需求,经由多物理场耦合反演、正则化治理以及人工智能方案,提高模型契合程度与地质匹配水准^[2]。

2.3 对井网设计与多井协同缺乏系统规划

现阶段多数井中地球物理勘查项目仍把单井当作作业单元,井网设计缺失整体连贯性与协同性,不能契合三维矿体成像跟空间结构识别的实际状况。在矿体形态繁杂、延伸性佳或受构造变形作用明显的地段,单一钻孔取得的数据往往存在局部与片面特性,难以构建连贯的地质模型。欠缺成体系的多井协同举措,造成相邻钻孔之间的数据无法相互比对校正,引起解释误差的提升。某些区域布井的距离间隔太大,导致井中数据无法实现有效的空间插值与约束作用,引发矿体边界含混;而在其他区域则可能布井过密,导致资源的无谓浪费与作业功效降低。合理的井网设计,需根据矿体空间状况、地质构造走向及勘查阶段精度规定进行优化,同时结合井中方法特性(如信号传播的方位特性与有效探测距离)来开展布点模拟与方案预演。此外,有必要搭建基于GIS平台的动态井网调整体系,达成借助实时数据进行的布井优化,改善勘查效率与模型的完整水平^[3]。

2.4 仪器适应性与地质适配性有限

井中物探仪器长期在高温、高压、高湿等复杂地质情

形下开展作业,对其性能跟稳定性提出较高规格要求。然而,现今部分井中仪器在复杂井下环境里适应本领仍显薄弱,成为妨碍勘查效果呈现的关键制约因素。例如,电法电极于泥浆孔、裂隙井里,易受电解侵蚀,信号大幅衰减;高硬度岩体中地震检波器耦合效果欠佳,让波形质量变差;磁法传感器在电磁干扰强盛区域,易滋生噪声。

因不同地质介质影响信号传播,仪器响应精度出现下降,强导电层会对井中激电信号起到遮蔽作用,地震波能量的散射由碎裂带所引发,降低成像明晰度。此外,高精度探头投入使用,离不开稳定电源、耐高压传输电缆及精准井深控制系统,若某一环节性能出现缺陷,整体数据质量会急剧下滑。因此,亟待推进仪器朝“智能化、微型化、抗环境干扰”方向发展,改善设备整体环境适配性及稳定性;着重加强现场测试机制以及质量控制体系,让数据获取切实可靠,给联合应用打造坚实支撑^[4]。

3 井中物探联合应用的优化策略

3.1 构建多源数据融合平台,提升信息集成能力

为了充分发挥井中电法、地震法、磁法等多种地球物理方法于矿体定位时的互补作用,需主动打造一个统一的多源数据融合载体。该平台可凭借GIS地理信息系统与三维地质建模技术去达成目标,聚合各类数据的收集、前期处理、标准化变换、空间坐标对位和三维可视化效能,达成从“多类数据”迈向“多维说明”的飞跃。从数据处理视角而言,应当创建统一的数据接口标准蓝本,达成不同仪器输出数据格式的兼容、坐标系的一致,杜绝信息走向碎片化。

联合深度学习、卷积神经网络(CNN)等人工智能算法进行融合,能对地球物理数据做特征抽取、特征权重衡量及异常判定,提升融合结果的智能量级。例如,电阻率异常区域与地震速度低区域的叠合之处可作为重点靶区标定的凭据,优化矿体鉴别精准度与实际效率。经由该平台得以,也能达成不同井数据实时地相互联动、综合性渲染和三维展示,增添解释直观力度,为多学科联合分析及快速决断给予支撑。

3.2 发展约束联合反演技术,增强模型可靠性

实际操作中,井中地球物理方法普遍面临独立反演、成果脱节的难题,迫切需要搭建具备物理耦合功能的约束联合反演技术架构。联合反演不但可突破单一物探方法在分辨能力上的限制,更可借助参数彼此的协同优化提升,强化模型稳定度与逼真度。当进入具体操作阶段,得搭建起“物理属性相关性矩阵”,就像运用地震波速反演的结果对电阻率模型做结构性的约束,可采用磁异常高值区对密度或电导率模型边界划定加以引导^[5]。

尝试将全波形反演(Full Waveform Inversion, FWI)与电法有限元反演(FEM)相结合,充分利用全波场信息和空间分布特征,提升对复杂地质构造及矿体界面的刻画

能力。引入贝叶斯推理、马尔可夫链蒙特卡洛(MCMC)等统计反演算法,也有助于量化模型不确定性,提高反演结果的可信度。最终通过融合建模,实现“一体化参数解释”,为矿体空间分布、形态识别与资源量估算提供科学依据。

3.3 优化井网布局,实现多井协同探测

适宜的井网排布是保障井中地球物理勘查成效的关键要素。要按照地质构造的走向态势、矿体的分布状况及目标深度值,恰当规划井的布局位置及布井密度,杜绝施工盲目开展及资源的无效浪费。依托传统“十字形”或“矩形”布井模式,可着手探索“Y形布井”“螺旋式布井”等别样的井网模式,提高井间信息覆盖水平与三维成像本领。

在倾斜情形或断裂带所涉及区域,依靠螺旋布井能提高剖面重建的连贯情况与分析能力;在大型矿体外围的地段,运用对称式Y形布井方式能助力迅速划定矿体边界。为再度强化多井协同探测效果,也可研制实时井间互参体系,凭借无线传感技术加上井间信号共享体系,实现多个钻孔信息互补、协同反演。同时,需构建依托地质建模与物探模拟的布井方案预演体系,作业着手前借助数值模拟事先评估最优井位布局与探测成效,优化现场勘查靶向精准性与经济效果。

3.4 加强设备适应性与智能化水平

应对变化多端的井下地质情形,增进井中地球物理装置의适应性及智能水平,成为保障矿体定位准确无误与勘查高效的核心要点。传统井中物探仪器碰到深井、高压情形、强导电性情况、高湿度场景、复杂结构等条件,往往遭遇探测精度减弱、信号干扰加剧、设备易出故障等问题,极大抑制了数据稳定取得与高效剖析。针对这一实际情形,得从设备设计、技术耦合以及操作系统智能化等诸多维度,全面激发井中设备技术革新活力^[6]。

就设备结构设计而言,应达成小型化与模块化,实现环境耐受性提高。借助小型化,设备在狭窄井径中运行的灵活与适应能力得以提升,模块化让各类传感单元与处理单元的快速装配、更替及维护更便利,降低现场操作的难度层级。在耐环境性能方面,需着力强化抗高温、高压以及抵抗腐蚀的本领,促使设备在高温地层、盐碱含水地带以及深部矿体环境里长期稳定地运行。要针对高电导率地层,优化电极材料及其摆放布置方式,防止信号出现短路或显著衰减现象,使井中电法、激电法等技术正常发挥相应能力。

从数据采集系统角度看,要增强仪器抵御干扰能力,提升通信模块远程控制功用。井下电磁环境错综,尤其是在工业干扰源众多且复杂、井下金属管线极为密集的区域,仪器极易受外部电磁场的搅扰,造成数据的振荡与差错。

因此,应采用高灵敏度、低噪声的信号处理芯片,且辅以滤波、屏蔽等形式的硬件举措,加大信号对噪声的比率。对于通信模块而言,应支持井口跟井下设备远程数据传送及参数的调控操作,利于地面技术人员实时把控作业状况、更改采样方案,优化系统的稳靠性与回应速率。

应当把自适应控制算法以及智能布点技术添加到设备中,这类算法可按照井下实时反馈的相关数据(像电阻率的改变、波速的异常表现、地质界面的特征情形等)自动对采样间距、测量频率以及传感通道组合加以调整,构建实时可变的调节机制,实现测量方案的极致合理化。同时,智能布点系统可依据实时模型预测与地质目标变动,实施对井中作业策略的动态优化操作,增进设备探测功效及资源利用效益。

4 结语

井中地球物理方法作为深部找矿的重要手段,具有高分辨率与穿透深的技术优势。将多种井中物探方法进行联合应用,能够实现矿体空间结构的多维信息获取,大幅提升定位精度与解释可靠性。然而,当前在数据融合、反演算法、设备适应性与井网规划等方面仍存在诸多挑战。未来应着力于构建多源协同的技术平台、发展高性能反演算法、优化井位设计与推进设备智能化升级,推动井中物探从“技术叠加”向“系统融合”转型。

【参考文献】

- [1]王亚龙.甘肃省肃北县斜沟铁多金属矿地球物理化学特征分析[J].中国金属通报,2025(4):118-120.
- [2]冯章林,莫水凤,何文璐,等.新疆若羌县喀腊达坂铅锌矿地球物理特征及其找矿意义[J].矿产与地质,2025,39(2):263-275.
- [3]成建功.基于地球物理方法的金属矿物勘探技术研究与应用[J].中国金属通报,2025(3):142-144.
- [4]李梦婵.综合地质、地球物理及地球化学信息在庐江矾母山地区矿产勘查中的应用[J].安徽地质,2025,35(1):28-32.
- [5]李志勋,郑玉生.深部金属矿产资源地球物理勘查与应用[J].世界有色金属,2025(4):140-142.
- [6]孟银生,杨立强,张瑞忠,等.第四系覆盖区深部热液脉型矿体综合地球物理方法定位预测——内蒙古维拉斯托矿区北侧隐伏矿体勘查例析[J].地球学报,2016,37(6):745-755.

作者简介:高树林(1974.9—),毕业院校:云南昆明地质学校,所学专业:矿床开采与安全技术,当前就职单位名称:新疆维吾尔自治区地质局乌鲁木齐地质大队,职称级别:助理工程师。

探究矿山地质环境现状与生态修复技术的应用

林有全

广西壮族自治区地质环境监测站, 广西 南宁 530000

[摘要]随着矿产资源开发强度持续加大,矿山地质环境问题变得日益严峻起来,其对于生态系统所造成的扰动以及破坏,已然成为制约区域实现可持续发展的一个重要因素。文中在对矿山地质环境破坏特征加以梳理的基础之上,较为系统地分析了矿山开发给土地、水资源、土壤还有生物多样性等诸多生态要素带来的影响,并且从物理、化学、生物以及生态工程这四个不同的维度,去探讨当下生态修复技术的各类情况以及它们各自的适用条件。与此结合不同类型矿区所具有的不同特征,还提出了具备一定针对性的生态修复路径以及综合治理的相关策略,希望能够为矿山生态环境的恢复给予相应的技术支撑以及理论方面的参考。

[关键词]矿山地质环境;生态修复技术;应用

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17230

中图分类号: TD2

文献标识码: A

Exploration on the Current Status of Mining Geological Environment and the Application of Ecological Restoration Technology

LIN Youquan

Guangxi Geological Environment Monitoring Station, Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract: With the continuous increase in the intensity of mineral resource development, geological and environmental problems in mines have become increasingly severe. The disturbance and damage it causes to the ecosystem have become an important factor restricting the achievement of sustainable development in the region. On the basis of sorting out the characteristics of geological environmental damage in mines, this article systematically analyzes the impact of mining development on many ecological elements such as land, water resources, soil, and biodiversity. From the four different dimensions of physics, chemistry, biology, and ecological engineering, it explores the various situations of current ecological restoration technologies and their respective applicable conditions. Based on the different characteristics of different types of mining areas, targeted ecological restoration paths and comprehensive management strategies have been proposed, hoping to provide corresponding technical support and theoretical references for the restoration of mining ecological environment.

Keywords: mining geological environment; ecological restoration technology; application

引言

矿山资源在我国工业化发展进程里属于极为重要的支撑基础。其在开发之时,一方面推动了经济不断增长,另一方面却致使地质环境遭到严重破坏,生态出现明显退化情况。传统的那种粗放式开采方式,使得地表的植被遭到破坏,水土流失的情况十分严重,地貌呈现出紊乱的状态,而且地下水系统也失去了平衡。这些问题的存在,既让土地利用效率有所降低,又给人类的居住环境带来了威胁。伴随生态文明理念持续向前推进,矿山生态修复作为一种涉及诸多方面的系统工程,正一天天受到社会各界越来越多的关注。本文从当前生态破坏的实际状况着手,深入探讨适合的修复技术以及具体路径,进而为达成绿色矿山的建设目标以及区域的可持续发展给予科学层面的依据。

1 矿山地质环境现状分析

矿山开采活动对地质环境的破坏是多方面的,包括对地表植被的破坏、土壤结构的改变、地下水位的降低及水质的污染等。这些破坏不仅影响了矿区周边的生态系统,

还对人类社会的可持续发展构成了严重威胁。①矿山开采导致的土地退化问题尤为严重,开采过程中大量的植被被清除,土壤层受到破坏,导致土壤侵蚀加剧,生态系统的自我恢复能力大幅下降。②矿山开采过程中产生的废水和固体废物如果处理不当,会污染周边的水体和土壤,对生态环境和人类健康造成长期影响。地下水位的降低主要是由于矿山开采中的排水操作,这不仅减少了地下水资源,还可能导致地面沉降,进一步破坏地质结构的稳定性。③矿山开采区的地质环境往往表现出较高的风险性和不稳定性,如不进行有效治理,极易引发地质灾害,如泥石流、山体滑坡等。这些灾害不仅对矿山开采区造成进一步破坏,还可能对人类居住区造成严重威胁。

2 矿山开发对生态环境的危害影响

2.1 土地资源破坏与地貌变迁

在矿山开发期间,数量众多的剥离以及挖掘作业径直对原有的地貌形态予以改变,致使地表结构变得松散,地形出现破碎状况,土地资源由此遭受严重退化。特别是在

露天开采以及露天排土环节当中,有大量的土地丧失了其原有的生态功能,进而形成了诸如矿坑、排土场、废弃地之类的二次地貌。这些情况不但占用了原本可以用于耕作的耕地以及林地,而且由于地形呈现出剧烈的起伏态势,还阻断了原先存在的水土循环系统,使得水土流失的程度进一步加剧。地貌发生如此剧烈的变迁之后,土地的利用价值有所降低,生态系统的各项服务功能也受到了削弱,生态空间格局呈现出明显的破碎化特点,这无疑对区域生态安全产生了直接的影响。

2.2 水资源污染与水文系统扰动

矿山开采活动对水资源会产生一定影响,其影响主要体现在两个方面,一是水体污染,二是水文系统的扰动。在矿石洗选的过程当中,会生成高浓度的酸性废水,要是这种废水没有经过相应的处理就直接排放出去,那么就会使矿区以及其周边的河流、湖泊的水质出现明显下降的情况,如此一来便会影响到农业灌溉、居民用水以及水生态系统的健康状况。与此大量抽取地下水用于矿井降水,这使得地下水位不断下降,进而引发了地面沉降、水源枯竭等一系列次生灾害。除此之外,开采活动对原有水文结构造成了扰动与破坏,改变了地表径流的路径,形成了新的汇流区以及积水点,进一步加剧了洪涝的风险,对区域水循环的稳定性也产生了破坏作用。

2.3 土壤退化与重金属污染

土壤系统属于地表生态系统的关键构成部分,在矿山开发进程当中,其物理结构以及化学性质均遭到了颇为严重的扰动情况。有大量地表处于裸露状态,直接暴露于风雨侵蚀之下,如此一来,便致使土壤层近乎全部流失掉,土壤肥力也出现了大幅度的减少。而且更加严重的是,矿区所排放出来的尾矿、废渣当中,含有像铅、汞、镉这类重金属元素,这些元素在雨水淋溶以及地表径流的作用影响下进入到土壤系统里,进而引发土壤出现重金属超标的状况。这种污染情况一方面会抑制植物的正常生长,另一方面也会使得生物多样性有所降低,甚至还能够借助食物链给人类健康带来影响,从而形成长期存在的生态风险。矿区土壤退化问题具备隐蔽性较强、修复所需周期较长等诸多特点,这无疑成为了当前生态修复工作当中的重点且棘手的难题之一。

2.4 植被破坏与生物多样性下降

在矿山开采正式开始之前,通常都会开展清场作业,而这项作业往往会伴随着数量众多的植被被砍伐,还有覆盖物被清除的情况出现,如此一来,原本就存在的自然生态系统便会遭受破坏。当生态位被剥夺之后,地表生态环境就会呈现出一种趋于单一的状态,原本的原生植被群落也无法实现再生,进而使得生态系统的稳定性出现大幅度的下降情况。除此之外,尾矿堆积以及地表重构的过程同样对植物自然更新以及动物栖息空间的恢复造成了极大

的阻碍,导致区域生物多样性急剧减少。特有物种的消失以及生态链条的断裂更是让生态系统的脆弱性进一步加剧,使得矿山区域在面临自然扰动或者极端气候条件的时候,恢复起来会更加困难。

3 生态修复技术的类型与应用分析

3.1 物理修复技术

物理修复技术主要是借助物理方面的手段来针对受损的生态环境展开干预以及进行重构处理。该技术的操作相对简单,见效也较为迅速,其在土地表层污染控制这一领域以及地貌重塑相关领域都有着广泛的运用。像土壤置换技术就属于典型的物理方法之一,它是把受到污染或者出现严重退化的表层土壤挖掘出来并清除掉,然后再换上从外部引入的优质土壤,以此来恢复土壤原本的理化性质以及生态功能。隔离与覆盖技术会使用诸如黏土层、土工布这类阻隔材料,把污染物和外界环境在物理层面予以隔离,进而阻止污染物进一步向外扩散。热解吸技术则适合应用在有机污染比较严重的区域,它是通过对土壤进行加热,促使其中的污染物得以挥发,最终达成去除污染物的目的。这些物理修复技术在具体的操作过程当中,必须要充分结合矿区的实际地形情况、水文状况以及污染的具体特征等因素,如此才能够实现预期的修复效果。

3.2 化学修复技术

化学修复技术借助化学反应来改变污染物的形态或者活性,以此降低其给环境带来的危害性,这种技术主要可应用于重金属污染以及酸性土壤的改良方面。固化/稳定化技术是把稳定剂和污染土壤进行混合,促使重金属离子形成难溶复合物,进而减少其迁移的能力。土壤淋洗法是通过浸提液去溶解土壤当中的污染物,之后再将其收集起来并加以处理,这种方法常常用在浅层污染的治理工作当中。电动力学修复则是利用在电场驱动之下所产生的迁移作用,让污染物朝着电极的方向移动并且被抽提出来,它比较适合用来处理低渗透性土壤里面的重金属。上述这些技术对于土壤的化学环境有着较高的要求,在实际的应用过程中需要对药剂的用量以及反应条件加以控制,防止引入新的环境方面的风险。

3.3 生物修复技术

生物修复技术乃是借助微生物或者植物的代谢功能来对污染物加以降解、吸收又或者是转化,进而实现净化环境这一目标。其中,微生物修复主要是凭借微生物去分解有机污染物,或者是还原重金属离子,往往会和接种技术以及原位修复方法一同施行,在维持土壤活性期间还能提升它的生态功能。而植物修复则是依靠植物根系来吸附、富集污染物,又或者借助植物蒸腾作用促使污染物发生迁移,它适用于重金属以及养分退化土壤的修复工作。植物修复有着景观美化以及生态重建这两种功能,不过受到植物生长周期还有耐污能力的限制,所以需要挑选适应性较

强的本地物种，并且合理安排种植结构以及时序。

4 矿山地质环境综合治理与生态修复路径

4.1 修复工作的基本原则

矿山生态修复务必要遵循“因地制宜、分类施策、系统治理、协同推进”这样的基本原则。所谓因地制宜，就是要充分考量矿区的自然地理状况、资源所具备的禀赋以及出现的破坏类型等方面的情况，进而去制定出具有差异化的修复方案。分类施策，是依据污染的程度、地貌的类型等诸多因素来开展分区域的治理工作，以此来提高资源配置方面的效率^[1]。系统治理着重于从生态系统的结构层面、功能层面以及服务层面这三个不同的层面去整体推动相关工作，同时要兼顾地质的稳定性、水土得以保持的状态以及生物多样性的恢复等多重目标。协同推进，则需要政府、企业、科研机构还有公众等多方主体共同参与其中，进而构建起一个共建共治共享的治理格局，以此来增强修复成效在社会层面所能够获得的支撑力量。

4.2 不同类型矿区的治理模式

4.2.1 露天矿山修复路径

露天矿区因其开采范围颇为广泛，且地形遭受的破坏极为剧烈，所以其修复工作的重点主要放在边坡的稳定方面、地貌的重塑工作以及生态的重建事宜上。就修复路径而言，其中包含了削坡减载这一操作、防护挡墙的建设举措以及边坡植被相关工程，以此来保障工程地质能够保持稳定的状态。借助人工填埋的方式以及平台整治的相关措施，可使土地的利用功能得以恢复^[2]。在此之后，再把团粒喷播这一方法和乡土植被引种这项工作结合起来，如此便能够推动植被的恢复进程以及景观的重建工作顺利开展。还应当去构建雨水集蓄方面的系统以及截排水相关的设施，从而有效防止出现水土流失的情况以及次生灾害的发生。

4.2.2 地下矿山塌陷治理策略

地下矿山出现因采空而引发的地表塌陷这一问题，其治理策略应当综合地质勘察以及塌陷机理来细致规划。常用的治理办法有充填采空区、实施注浆加固还有开展塌陷地形整治工程，以此阻止地面持续沉降，并且恢复地表的稳定状态。针对已经形成的低洼积水区域，可以凭借构建湿地生态系统达成“以水养地”的目的，进而将其转变为生态景观区；倘若塌陷区的面积较为广阔且土壤结构的稳定性较差，那么可将地貌重构和植被种植相结合，从而实现土地再利用以及生态恢复这两重目标。

4.3 综合治理的工程技术集成

综合治理绝非单纯地将各类技术简单堆砌起来，它实际上是多学科相互交叉以及系统思维的一种具体展现形

式。在实际的操作运用过程当中，要把物理方面的相关技术、化学领域所涉及的技术、生物层面的技术以及生态工程方面的技术有机地整合到一起，进而打造出一种能够依据不同地域情况灵活变通的、多元且协同作用的修复模式^[3]。就好比说，在那些重金属污染状况较为严重的区域范围之内，一开始可以先借助化学稳定化的相关手段来促使毒性的程度得以降低，之后再进一步引入植物修复的方式方法，以此来促使生物多样性的水平得到提升。又比如说，在边坡所在的区域，起初可以通过实施物理整治方面的举措，从而实现让其趋于稳定的局面，接着再和团粒喷播的相关操作相互配合起来，进而达成快速实现绿化的良好效果。除此之外，还应当引入像遥感监测这类技术、智能感知等属于现代信息范畴内的技术，以便能够实时且精准地去掌握修复工作的具体进程以及最终所取得的效果，进而构建起一套具有动态管理功能的体系架构。通过这样的工程集成方式，不但使得修复工作的效率得到了切实有效的提升，而且也开展绿色矿山的建设工作给出了可供参照借鉴的、具备可复制性的技术路径方案。

5 结语

矿山地质环境修复在实现资源开发和生态保护达成协调统一这一点上，属于极为关键的一个环节。本文全面且细致地分析了矿山开发所引发的各类生态破坏情形，由此清晰地指出了土地、水体、土壤以及生物多样性等诸多生态要素当下所处的危机状态。在对这些情况有了明确了解之后，进一步就物理修复技术、化学修复技术、生物修复技术以及生态工程技术等多种不同修复技术各自的适用范畴以及实际的工程应用情况展开深入探讨，并且还给出了露天矿与地下矿区各自不同的治理办法。在未来开展矿山生态修复工作的时候，需要把更多的关注点放在技术融合、系统协同以及长期监测等方面，促使修复方式从单纯的“被动修复”逐步转变为积极主动的“主动构建”，进而为营造人与自然能够和谐共处的矿区生态环境格局筑牢稳固的根基。

【参考文献】

- [1]令狐文霜.探究矿山地质环境现状与生态修复新技术[J].世界有色金属,2024(19):124-126.
 - [2]王军忠.探究矿山地质环境现状与生态修复技术的应用[J].世界有色金属,2023(12):191-193.
 - [3]张世荣.探究矿山地质环境现状与生态修复技术的应用[J].流体测量与控制,2024,5(4):66-69.
- 作者简介：林有全（1971.4—），毕业于长安大学勘查技术与工程，当前就职于：广西壮族自治区地质环境监测站，职务：防城港分站站长，职称级别：水工环地质高级工程师。

水液压技术在煤矿支护装备中的应用及展望

张东辉

陕西彬长孟村矿业有限公司, 陕西 咸阳 713600

[摘要]在煤矿领域,通过运用煤矿支护装备,能够对煤矿自身结构起到较强的保护效果。在此情况下,相关工作人员通过合理运用水液压技术不仅可以充分保证设备运行的安全性,还可以尽最大限度提升该支护装备在使用过程中的环保性,为降低对环境的影响程度提供有力的支持。基于此,文章深入分析了煤矿支护装备中,水液压技术的应用及其展望。

[关键词]水液压技术;煤矿;支护装备

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17210

中图分类号: TH137

文献标识码: A

Application and Prospect of Water Hydraulic Technology in Coal Mine Support Equipment

ZHANG Donghui

Shaanxi Binchang Mengcun Mining Co., Ltd., Xianyang, Shaanxi, 713600, China

Abstract: In the field of coal mining, the use of coal mine support equipment can have a strong protective effect on the structure of the coal mine itself. In this situation, the relevant personnel can not only ensure the safety of equipment operation through the reasonable use of hydraulic technology, but also maximize the environmental protection of the supporting equipment during use, providing strong support for reducing the impact on the environment. Based on this, the article deeply analyzes the application and prospects of hydraulic technology in coal mine support equipment.

Keywords: water hydraulic technology; coal mines; supporting equipment

近年来,在社会经济高速发展下,社会各界对于环境问题、安全生产等多个方面提高了一定关注程度,相关部门也针对各项法律法规实施了进一步优化,以此为推动社会经济的可持续发展提供有力支持。在此情况下,煤矿行业所使用的乳化液水液压技术也需要及时进行创新、优化,以此充分适应时代的变化。相较于其他材料,水不仅成本较低,对环境的影响程度也相对较小,这也是替换乳化液的主要方向。但在运用纯水的情况下极易产生多种问题,进而对此项技术的进一步发展带来了较大的影响。在此情况下,为推动煤矿行业的进一步发展,有必要针对此类不良现象展开深入分析。

1 煤矿支护装备中乳化液水液压技术的主要应用

在开展煤矿地下开采工作时,该区域的围岩、顶板部分大多存在不稳定的力学结构,地质灾害的发生概率相对较高,这使得整个开采活动的开展必须在拥有支护设备的情况下,在规定的空间范围内完成生产活动,并且在实施开采工作时还要将实时支护进行全面落实,所使用的支护装备要能够严格依据开采情况进行合理的调整,以此充分保证各项开采工作的有序开展^[1]。在此情况下,支护装备的各项功能则对整个开采工作带来了较大的影响,只有做好对设备各项功能的提升,才能够在保证员工安全的情况下不断提升生产效率。

1.1 井下液压支架支护

液压支护拥有安全、效率高等多种优点,是煤矿行业

开展机械化建设的重要部分,对于各项生产工作的开展都有着关键作用。此类支架能够稳定地对地面、顶板进行支撑,充分保证采矿作业的有序开展,并且在后续开采过程中还能够在机械化设备的帮助下不断向前深入,以此有效提升采矿作业的安全性、稳定性。此类液压支架有着承载、初撑等工作模式,在实际开展生产作业时相关施工人员需要依据工作进行合理的调整,以此充分保证开采工作的安全性。在使用液压支架开展各项生产作业时,需要在相关设备的支持下为其提供充足的乳化液,并联合运用相关控制阀,以此实现对功能的调整,从而充分满足煤矿开采的各项生产需求。

1.2 单体液压支柱支护

此类设备主要运用在薄煤层、中厚度煤层的生产作业,能够起到较为显著的支护效果。该设备在实际使用时拥有灵活、操作方便等多种优点,不仅能够运用在机械化煤矿开采流程,还可以运用在临时性支护作业。此类设备在进行支护动作时,需要使用相应的阀进行合理的管控,有着多个操作阶段。①升柱:相关设备需要和单向阀实施紧密连接,运用相应材料使其在短时间内完成一定程度的上升,在支柱与顶板发生接触时,阻力水平将会进一步增大,此时升起速度将会大幅度降低,内部压力不断提升,由此则取得较强的初撑力。②溢流:在该阶段期间,支柱将承受多方面的工作阻力,此时内部压力将会快速上升,相关阀门打开,使得工作液发生向外溢出的现象,支柱会向内部

收缩,整体压力水平大幅度降低。在相关压力水平降低至标准压力的过程中,向内部收缩现象将会停止,相关阀门也会直接关闭,以此达到较强的支撑作用。③卸载:该阶段需要运用相关操作设备完成对阀门的开启,以此将内部的乳化液完全排出,在此阶段支柱会在多方面因素的影响下自动实现向回收缩的作用,以此成功实现卸载操作。

1.3 煤矿井下其他支柱装备

现阶段,在科技的高速发展下,支护技术在各个方面也取得了突破,除了以往常用的支架类型,在实际开展各项生产作业时为了充分满足部分特殊场景下的开采需求,也为其制定了其他支护装备,比如三软支架、过渡支架等,在使用过程中依然需要运用乳化液材料,以确保设备的稳定运行。此类支架大多是在以往的支柱装备上的进一步拓展,在结构、运行原理等多个方面都存在一定的相似性。

2 乳化液水液压技术的主要问题

与其他材料相比,乳化液拥有价格较低、阻燃效果较强等优势之处,但是此类材料依然存在较多的乳化液,而该材料内部又存在大量的化学物质,在实际使用过程中极易对环境带来污染现象。有研究指出,每年由此类材料所出现的泄漏、外排现象已经达到万吨左右^[2]。由于煤矿开采作业大多在井下完成,在应用此类材料时,地下水环境将会直接受到影响,而在地下水的持续流动下又会对河流带来不良影响,进而导致污染面积不断扩大,实际治理难度也就不断提升。并且,由于此类材料缺乏一定的稳定性,在使用过程中极易产生细菌,这在一定程度上又会对工作人员的身心健康带来不良影响。另外,此类设备在使用过程中需要定期规划一段时间做好对功能的检查、零件的清洗处理,所以在使用过程中会消耗大量的成本,这对经济效益的提升也造成了极大的影响。

3 应用乳化液水液压技术的优化策略

3.1 材料与润滑性能改进

因为纯水本身的润滑性能是比较差的,并且还特别容易致使液压元件出现磨损情况,所以务必要依靠技术创新来促使水液压系统的可靠性得以提升。相关研究已经表明,在纯水当中加入环保型的润滑剂或者抗磨剂,是可以在很大程度上对润滑性能加以改善的。不过这里有一个前提条件,那就是这些添加剂都得满足无毒以及可降解的要求,唯有如此才能够避免造成二次污染。与此要是采用微弧氧化或者是激光表面强化这类技术来对液压元件的表面展开处理操作,那么就能够让其耐磨性以及抗腐蚀性都获得大幅度的增强。华中科技大学水液压技术研究团队经过实际的实验操作,已然证实了微造型技术所形成的那种细小凹坑结构,是能够有效地将颗粒杂质给存储起来的,而且还能使得润滑效果得到提高^[3]。这项技术在轴承以及硬盘领域已经取得了成功的应用成果,而未来则有着希望在经过进一步的优化之后,能够将其推广至煤矿支护设备当中去。

3.2 过滤与污染控制

煤矿井下环境极为复杂,在这种环境下,粉尘以及颗粒物特别容易侵入液压系统。这就需要建立起更为完善的污染防控体系。多级高精度的过滤系统被引入进来之后,能够实时地将水中的各类杂质清除掉,以此来确保液压介质的清洁程度。与此密封技术不断升级,重点在于优化液压系统的密封结构,从而防止外部污染物进入到系统当中。某煤矿所进行的实测数据表明,采用了新型组合式的密封方式之后,泄漏率降低了百分之六十二。鉴于井下作业存在着特殊性,所以还需要定期去更换过滤器滤芯,并且要强化对管路的维护工作。唯有形成一个全方位的防护网络,才能够切实有效地解决因污染而引发的系统堵塞以及元件磨损等一系列问题。

3.3 系统设计与智能化治理

模块化设计理念的引入,让液压系统的关键部件得以实现快速更换,如此一来,设备维护的停机时间大幅降低,开采效率也得到了提升。更令人期待的是,智能化监测技术的应用,通过在系统里部署压力传感器以及温度探头,可实时采集数据,并且借助物联网平台展开分析预测。研究人员察觉到,当液压支架的工作阻力超出阈值的时候,智能系统能够自动对供液压力做出调整,这样的自适应调节功能,既保障了支护的稳定性,又延长了设备的使用寿命。未来随着5G技术的不断普及,远程诊断以及自动化控制将会成为煤矿液压系统的标准配置。

3.4 环保与资源循环利用

要达成真正的绿色开采,就得构建起井下水的闭环管理系统。把用过的水介质先经过沉淀池处理,再通过物理过滤装置一番操作之后,再将其重新注入到液压管网当中。经过相关测试能够发现,这样的循环方式能够让水资源的利用率提升到85%以上。对于可能会残留下来的微量污染物,可以运用生物降解技术来展开深度处理工作。就好比吴夏团队在开展支架防腐方面的研究时所提出的那样,选用环境友好型材料,这是从源头上减少污染极为关键的一环。并且每年那万吨级别的乳化液泄漏问题,在水液压技术得以推广之后,也将会获得根本性的解决办法。

4 水液压技术在煤矿支护装备中的展望

4.1 纯水液压技术的普及

材料科学迅猛发展,持续推动着水液压技术应用极限向前推进。新型工程陶瓷材料于液压泵关键摩擦副处得以应用,其使用寿命已然突破了10000小时这一关口,几乎达到了传统油压系统的水准。表面工程技术方面的新进展着实让人振奋不已,类金刚石碳膜涂层技术可让不锈钢表面的摩擦系数降至0.1以下,并且耐腐蚀性能提升幅度超过10倍。郭潇恬团队所取得的研究成果说明,在工程机械范畴内,水液压技术已成功运用于注塑机以及压力机等相关设备上,这些成功的实例给煤矿领域的应用给予了极

为重要的参照。从成本效益层面来分析,虽说水液压系统的初始投资相较于传统系统要高出 15%~20%,不过因为不必花费乳化液采购与处理方面的费用,所以只需 2~3 年便能够把投资差额收回来。伴随环保法规变得日益严格起来,水液压技术所具有的经济优势将会愈发凸显出来,预估到 2025 年的时候,煤矿行业水液压设备的市场渗透比率将会达到 30%以上。

4.2 智能化与自动化融合

人工智能技术在液压支护领域不断向前发展,其深度学习算法可借助分析历史数据构建顶板来压预测模型,且准确度超过 85%,石卫国团队针对液压支架腐蚀机理展开研究,为传感器选型给予关键依据,其研发的采用 MEMS 技术的微型传感器能直接嵌入液压缸内壁,对介质污染度以及金属离子浓度展开实时监测,5G 网络具备低延时特性,这使得远程实时控制变为可能,中国联通在某煤矿开展的测试所获数据说明,基于 5G 的液压系统远程控制响应时间能够控制在 30ms 以内。引入数字孪生技术开创了液压设备管理新模式,借助建立虚拟仿真模型可达成故障预警及维修方案优化,某示范项目应用效果表明,该技术让设备故障率降低了 40%,维修效率提高了 50%。

4.3 绿色开采的推动

国家“双碳”战略的推行,为水液压技术的推广营造了不错的政策氛围,《煤矿安全生产“十四五”规划》也清楚说明要推广环保型液压介质。万磊教授于行业论坛所发表的言论提到,相较于传统乳化液,水液压系统每年能够使中型煤矿的碳排放减少 3000~5000t。碳交易市场日渐完善,给环保技术带来了全新的经济激励,初步估算表明,采用水液压技术的煤矿每年能获取 20~30 万元的碳减排收益。绿色金融政策同样在起到正面作用,部分商业银行已经推出了专门用于支持绿色矿山建设的低息贷款,水液压技术改造项目能够享受到利率下调 20%的优惠政策。从国际发展态势来看,欧盟已然把某些液压油纳入限制物质清单,这意味着水液压技术将会成为参与国际竞争的必要条件。

4.4 跨领域技术协同

跨行业技术交流正给水液压技术的发展增添新的动力,航空航天领域所开发出来的超高压水射流技术,使得系统工作压力能够突破 70MPa 的情况有了实现的可能性。邢彤团队参考海洋工程方面的经验去开发海水液压系统

时,运用了特殊的耐蚀合金以及密封材料,而这些创新成果同样能够在煤矿井下的环境中适用。医疗设备领域所拥有的精密液压控制技术,为提升系统的动态性能带来了全新的思路,当引入某些伺服控制算法之后,液压支架的响应速度竟然提高了整整一倍。材料科学在不同领域的交叉应用更是让人感到十分振奋,在液压缸上对石墨烯增强复合材料进行试用,其表现出的耐磨性能非常出色,从初步的测试数据来看,磨损量仅仅只有传统材料的 1/5 而已。这样的跨领域的技术融合,一方面解决了不少工程方面的难题,另一方面也孕育出了一批拥有自主知识产权的创新成果,比如那种获得了国家发明专利的三用阀结构,它的性能指标已然达到了国际领先的水准。

5 结束语

综上所述,在开展煤矿开采作业时,乳化液材料的运用虽然能够充分保障整项生产作业的有序开展,但在实际应用过程中由于自身存在较多的化学物质,不仅会对地下环境带来不良影响,还会威胁工作人员的健康,并且在开采过程中有着较高的成本支出。对此,在水液压技术的应用下,则能够有效改善此类不良现象。在煤矿开采过程中,地下存在大量的水资源,这不仅能够有效降低成本支出,还可以减少对环境的影响程度,帮助工作人员改善地下工作环境。因此,以水为主要工作介质的水液压操作技术将是该行业的必然发展趋势。在科学技术持续发展的今天,水液压技术的发展也越来越完善,为煤矿支护装备的运用提供了更为可靠的保障。同时,在智能化、自动化技术的加持下,整体支护效率也得到了显著的提升,水液压技术也将会得到更为全面的创新,由此为煤矿支护作业的高效开展奠定坚实基础。

【参考文献】

- [1]刘亚,吴夏,石卫国,等.某煤矿井下液压支架结构件腐蚀机理研究[J].涂层与防护,2021,42(9):1-7.
- [2]万磊.将水液压技术推向更广阔的应用空间——访华中科技大学机械科学与工程学院水液压技术研究团队[J].液压气动与密封,2020,40(7):98-102.
- [3]郭潇恬,邢彤,阮健.水液压技术的工程应用及最新进展[J].高技术通讯,2020,30(6):644-654.

作者简介:张东辉(1984.2—),男,学历:本科,毕业院校:西安科技大学,专业:机械电子工程,目前职称:助理工程师。

山区公路路线设计思路及选线方法研究

田永强

西藏交通勘察设计院有限公司, 西藏 拉萨 850000

[摘要]山区公路路线设计需充分考虑地形起伏大、地质条件复杂、生态环境脆弱等特殊情况,实施时面临路线选线难、工程建设成本高、安全风险大等现实问题,系统分析地形地貌特征、水文气候条件、土地利用现状,将交通工程设计技术和生态保护原则有机结合起来,就能形成因地制宜的路线布局方案,有效提高公路通行的安全性和经济性,这项研究要在保护生态环境的基础上使交通效能达到最大,为山区公路工程设计提供科学的理论指导和技术支撑。

[关键词]山区公路;路线设计;选线方法;地形分析;生态保护

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17246

中图分类号: U491.5

文献标识码: A

Research on Route Design Ideas and Selection Methods for Mountainous Highways

TIAN Yongqiang

Xizang Communications Survey Design and Research Institute Co., Ltd., Lasa, Xizang, 850000, China

Abstract: The design of mountainous highway routes needs to fully consider special situations such as large terrain undulations, complex geological conditions, and fragile ecological environment. During implementation, it faces practical problems such as difficult route selection, high construction costs, and high safety risks. By systematically analyzing the terrain and landform characteristics, hydrological and climatic conditions, and land use status, and organically combining transportation engineering design technology with ecological protection principles, a tailored route layout plan can be formed, effectively improving the safety and economy of highway traffic. This research aims to maximize transportation efficiency on the basis of protecting the ecological environment, and provide scientific theoretical guidance and technical support for the design of mountainous highway projects.

Keywords: mountain roads; route design; line selection method; terrain analysis; ecological protection

引言

山区交通网络是连接城乡、推动资源开发、促进区域协调发展的关键基础设施,其建设水平直接影响山区经济发展质量和居民生活福祉,山区地形地貌复杂多变且生态环境敏感度高,公路路线设计在工程可行性论证、施工安全保障、生态环境保护等方面起决定性作用,当前国内外在山区公路选线方法、技术应用等领域有了一定研究成果,但存在对复杂地形适应性不足、生态协调性设计欠缺等问题,梳理典型工程案例与技术路径并结合山区公路建设实践经验来探索科学的路线设计思路与选线方法,对提升山区公路建设质量、优化区域交通效能很有现实意义。

1 山区公路路线设计的基本原则

山区复杂的自然环境和严苛的工程条件约束着公路路线设计的开展,而路线方案是否合理、工程实施是否可行、运营阶段是否安全高效都直接与设计原则的确立是否科学有关,合理的设计既要满足基本交通功能,又要在安全保障、经济投入和生态保护间寻求动态平衡以推动山区交通系统可持续发展,下面从三个维度深入探讨山区公路路线设计的核心原则。

1.1 安全优先原则

山区特殊的地形地貌使通行风险显著,有急弯陡坡、

悬崖峭壁和复杂地质结构且滑坡、落石、泥石流等地质灾害常发生,严重威胁行车安全,路线设计应把行车安全放在首位。线形设计时要严格控制道路纵坡和曲线半径,规避长大纵坡和连续急弯并保证充足的行车视距,这样能减少驾驶疲劳和事故隐患。在地质灾害高发区优先采用路线避让策略,若避不开则用抗滑桩、挡土墙等工程防护措施系统地降低灾害风险。

1.2 经济适用原则

山区地形复杂,山区公路建设往往会有桥梁、隧道、高填深挖这些成本很高的工程,在要满足通行需求和安全标准的情况下,路线设计得综合考虑工程量、建设周期和运维成本以精确平衡造价和效益,一方面地形选线优化能让工程避开深谷切割带、宽域河流这些难点从而缩小大型桥隧的建设规模且降低施工难度和资金投入,另一方面结合区域交通流量预测和远期发展规划来科学确定道路等级和技术指标可避免因过度设计造成资源浪费,经济适用原则注重全生命周期成本管控。

1.3 生态环境保护原则

山区是生态系统的关键载体,森林资源、水源涵养地、生物栖息地等重要生态功能往往由山区承载,公路选线若缺乏生态考量就极易出现山体破坏、水源污染、生物通道

阻断等问题,设计全程得贯穿生态保护,选线时要严格避让自然保护区、水源地等生态红线区域,设计中遵循“最小干预”理念、减少高填深挖并采用顺应地形的布线方案,对于无法绕行的生态敏感区则用隧道穿越、生态廊道架设等技术手段把生态影响降到最低限度,设计方案要纳入水土保持、噪音控制、废弃物资源化利用等环保措施让工程建设和生态保护协同推进,生态环境保护原则既是政策法规的硬性要求也是山区公路可持续发展的必然选择。

2 山区公路路线设计中的关键影响因素

山区公路路线设计是个复杂的系统工程,自然环境和人文条件在其中相互作用,选线时得统筹地形地貌、气候水文、生态环境以及土地利用等多个维度的要素并精准识别关键影响因子,才能保障路线方案科学、工程可行、运营安全,下面从地形地貌、气候水文、土地利用与生态敏感区这三个维度深入分析。

2.1 地形地貌特征分析

山区地形起伏大、坡度陡、地貌类型多样,这对公路路线方案有着决定性的影响,一方面山体坡度与道路纵坡设计、工程实施难度以及行车安全直接相关,在陡坡处强行规划路线,容易产生大规模的高填深挖工程,甚至得架桥或者开凿隧道,这会大大增加建设成本,另一方面河谷常被当作天然的选线通道,可它存在河流改道、洪水冲刷等潜在风险,得通过水动力分析来科学规划线路走向,还有断层、破碎带、滑坡体等特殊地质构造,不但威胁施工安全,而且影响道路运营的稳定性,在设计之前,要结合地质勘查数据,优先避开不良地质区域,或者采取加固措施消除隐患,保证线路长期稳定。

2.2 气候与水文条件

山区气候复杂多变,强降雨、冻融循环、浓雾等极端气象频繁出现,这对公路的通行性能与耐久性影响显著,其中强降雨引发的滑坡、泥石流等地质灾害严重威胁路线安全,选线时得系统评估年降水量、暴雨强度、雨季周期等气候数据,避开高风险区域或者设置排水系统、涵洞、抗滑支挡结构以降低灾害影响,在水文设计上要构建完善的排水体系,保证路面、路基和边坡排水顺畅,避免积水渗透破坏结构,沿河路段更要根据洪水位科学确定净空高度,配备防护设施,增强道路抵御水毁的能力,延长其使用寿命。

2.3 土地利用与生态敏感区分布

山区的路线规划直接受到土地利用格局的约束,像林地、耕地、居民区等用地类型关乎生态保护、民生保障以及征地补偿需谨慎对待,选线时要严格避让国家级保护林地且尽量减少高产耕地的占用以减少社会矛盾、降低建设阻力,而对于自然保护区、湿地、水源涵养区等生态敏感区域,按照法规要求要么避让要么采用生态友好型设计,借助 GIS 空间分析技术精准识别敏感区分布来动态优化

选线方案以保护生物迁徙通道和生态廊道的完整性提升项目的生态可持续性。

3 山区公路线形设计思路探讨

山区公路要实现安全高效通行,线形设计是关键环节,需遵循“因地制宜、系统协调”原则,在符合规范的条件充分利用自然条件、优化路线走向与断面结构以提高交通适应性与工程可行性,具体从下面三方面开展设计优化工作。

3.1 综合利用地形优势

山地环境里,路线设计充分契合自然地形走势,能让工程建设难度和成本显著降低且施工效率和道路运行稳定性得以提升,具体得秉持“依山就势、顺势而为”理念,优先沿山脊线、山腰线或者自然坡脚规划线路而别穿越地势险峻的高陡山体和深切山谷以减少大规模高填深挖工程,而且借助自然山谷、支沟、台地等天然地貌条件来布设路线,可有效利用已有地形通道和缓坡资源以减轻车辆爬坡难度并最大程度减少对周边生态环境的扰动,保障路线连贯性时,要结合实际地形特征,灵活用迂回、错位等调整策略,让技术标准、建设成本和生态保护达成有机平衡,真正做到因地制宜,在不影响道路功能的基础上实现降本增效。

3.2 优化纵横断面设计

山区公路纵断面设计直接关系到道路爬坡性能、车辆运行效率和能耗状况,长大纵坡段的设计把控相当关键,设计时要合理确定纵坡坡度与坡长,严格按规范来,尽量避免出现连续大纵坡路段,实在避免不了就得科学设置爬坡车道、停车带或者缓坡过渡段以保证车辆安全通行。横断面设计重点要保证排水系统顺畅和路面防滑性能,在曲线段、交叉口和高填路基等特殊路段,路拱、边坡和加宽部分要精细设计以满足排水和通行的双重需求。桥隧工程要精准规划纵断线走向,减少桥隧交替频率,有效降低工程建设成本和后期维护压力。

3.3 提升交通适应性设计

要提升山区公路交通的适应性需从道路线形的细节设计入手以全面兼顾行车舒适性、安全性和视距要求,弯道设计时要根据设计车速、路段功能、交通流量等因素合理确定弯道半径并用平缓曲线过渡来防止急弯影响车辆操作稳定性,曲线路段的超高值和超高过渡段要科学设计以提高车辆转弯时的侧向稳定性,视距设计上在急弯、坡道交汇等关键路段要给不同类型车辆提供足够的停车视距和超车视距以满足紧急情况下反应和制动的需要。

4 山区公路选线方法及技术路径

山区公路设计的核心是路线选择,它直接决定工程规模、投资成本、生态效应和运营效能,且选线方法是否科学更是项目成败的关键,山区地形地貌复杂且自然条件多

变,因此要综合运用多种技术手段和评估方法以保证路线方案全面且可行,下面从多方案比选、空间信息技术辅助、现场踏勘与专家评审这三个方面深入剖析。

4.1 多方案比选法

山区公路选线时,多方案比选是常用且基础的决策手段,制定多个可行的路线走向方案后,需从工程投资、技术难度、环境保护、交通服务水平、社会影响等多维度对其进行系统评估以筛选出综合效益最优的路线。具体做的时候,先根据地形条件、交通需求和规划要求初步拟定一些路线方案,再构建包含路线长度、桥隧比、占地面积、工程造价、穿越敏感区数量等指标且给各指标赋予权重的评价体系,接着用综合评分法、层次分析法或者模糊评价法把各方案量化分析,依据评价结果确定推荐方案,该方法关键在于全面考量和数据支撑,能有效防止因决策片面使路线选择不符合实际需求的情况发生。

4.2 GIS 与遥感辅助选线

信息技术飞速发展,GIS(地理信息系统)和遥感技术在山区公路选线里的应用日益增多,GIS可集成地形图、土地利用图、水文分布图、生态敏感区图等多源空间数据,经多层信息叠加分析后能为路线方案初筛提供直观的空间可视化依据,遥感技术凭借高分辨率影像可快速获取区域地貌形态、植被覆盖、居民点分布等信息从而在初步选线阶段显著提升工作效率,二者一起使用在宏观上能够快速锁定合适的路线走廊以缩小现场踏勘范围进而节省选线周期和人力成本。

4.3 现场踏勘与专家评审法

信息化技术在路线选线中作用虽大,但现场踏勘也必不可少,山区地貌复杂且隐蔽性强,遥感影像或地图难以识别部分不良地质体、滑坡体、水源点等,必须实地走访、地质调查、环境监测才能拿到一手数据,组建公路、地质、环保等领域专家的评审团队,综合评估路线方案的技术可行性、环境协调性、施工安全性,专家评审从专业角度能发现方案潜在问题,且依据区域经验给出优化建议和防范措施,这种方法重实践验证和专业判断,是保证路线设计质量和科学性的关键,对地形复杂、敏感区域多的山区公路项目尤其适用。

5 典型山区公路案例分析与经验总结

5.1 案例介绍:贵州省江口至玉屏(大龙)高速公路项目

贵州省江口至玉屏(大龙)高速公路是《贵州省高速公路网规划(加密规划)》中的新增重要组成部分,也是“十三五”期间贵州省综合交通布局中承担衔接城市群高速网络、助推县域交通均衡发展重点工程。该项目路线总长约61.78公里,起于江口县怒溪镇,止于玉屏县大龙镇,穿越黔东南武陵山余脉地区,地形复杂、生态敏感、地质条件多变,兼具通道功能与扶贫开发作用,是连接黔东南

北向出省通道的重要组成段。

本项目途经多个少数民族聚居区和生态红线区域,路线选线中必须统筹安全稳定与生态保护。在路线方案确定过程中,设计单位首次全面引入“山区域高速公路数字化集成设计技术”与“公路三维虚拟仿真与分析技术”,实现了从三维地形建模、遥感数据解译、生态敏感区避让,到仿真动态飞行校核的全过程技术应用,为选线避险和生态友好提供了技术保障。

5.2 路线设计过程解析

在前期勘察设计阶段,该项目面临穿越高差起伏大、地质灾害隐患多(如滑坡、崩塌)、桥隧比高等典型山区公路难题。设计团队以多方案比选为基础,结合地形地貌条件、交通衔接需求与环境保护目标,提出“桥隧结合、分段优化、生态避让”的综合设计思路。

为确保设计科学性与可实施性,技术人员采用无人机航测+数字地形模型(DTM)+地质雷达扫描等多源数据技术进行高精度地形分析,并结合公路三维仿真平台进行动态可视化校核,识别多个高填深挖、特殊地基与高边坡敏感段落,合理布设桥梁和隧道组合段,全线共设置桥梁55座、隧道7座,桥隧比接近80%。重点控制性工程包括大桥(最长桥梁超过500m)、特长隧道、互通立交等结构,部分段落采用抗滑桩、锚杆挡墙与复合边坡绿化协同支护,实现工程稳定性与环境协调共建。

5.3 经验教训与启示

江口至玉屏(大龙)高速公路的规划与设计实践为今后类似山区复杂地貌条件下的高速公路工程提供了诸多有益启示:

一是融合三维数字化设计技术、虚拟仿真评估体系等新型手段,可有效提高路线选线科学性和可视化沟通效率,显著提升路线方案的精准避让与生态协调能力。

二是桥隧结构的组合应用依旧是高原山地交通的重要策略,在合理设置中长隧道和高架桥基础上,优先选择“避让+跨越”的方式,比“剥山填谷”更具生态效益与施工经济性。

三是全生命周期的勘察-设计-运维思路逐步显现价值,前期勘测设计过程中虽然投入较大、人力物力集中,但为工程后续施工便捷性、环境保护与后期运营成本降低提供了可靠保障。

四是智能化测绘与交叉学科融合趋势凸显,如公路与遥感、GIS、地质、生态、水文等领域的技术交汇,为山区公路建设提供更强科技支撑。

不过该项目也暴露出类似问题,如:勘察工期长、数字化系统对设备与人才依赖性高、部分特长隧道后期运维需定制化方案等。这提示未来山区高速公路建设应同步推动数字孪生管理平台、智能监测系统与全生命周期资产管理理念落地,以提升公路运行的长期安全性和经

济效益。

6 结语

山区公路路线设计是个融合自然环境特性和多元技术要素的系统工程,科学选线在项目全生命周期都有体现且对工程投资控制、安全运营保障和生态环境保护起着决定性作用,确立安全优先、经济适用、生态保护的设计原则,精准识别地形地貌、气候水文、生态敏感区等关键影响因素,灵活运用多方案比选、空间信息技术辅助等技术手段并充分借鉴典型工程案例经验能让路线设计更科学、工程更好实施,山区交通建设不断推进需进一步深化 GIS、遥感等信息技术的集成应用,强化实地勘察和专家论证的协同并完善多方案比选评价体系,促使山区公路选线工作朝着精细化、智能化发展从而为山区交通基础设施建设的可持续发展提供坚实保障。

[参考文献]

- [1]王文国.公路路线设计思路及选线方法研究[J].黑龙江交通科技,2021,44(8):44-45.
- [2]王天龙.公路路线设计思路及选线方法研究[J].运输经理世界,2022(30):13-15.
- [3]孙策.山区公路路线设计思路及选线方法研究[J].交通世界,2023(11):80-82.
- [4]莫延红.高速公路路线设计的基本思路及选线方法分析[J].工程建设与设计,2025(4):52-54.
- [5]林小程.山区公路路线设计思路及选线方法研究[J].重庆市大数据和人工智能产业协会,2025(1):701-705.

作者简介:田永强(1991.10—),男,毕业院校:兰州理工大学;所学专业:土木工程,当前就职单位:西藏交通勘察设计研究院有限公司,工程师。

公路路基压实度试验检测方法对比与实践

卫敏婷

陕西省咸阳路桥工程公司, 陕西 咸阳 712000

[摘要]公路路基的压实度属于决定道路工程质量的一项关键指标,其检测所得到的结果会对道路的耐久性以及安全性产生直接的影响。文章在对影响压实度的诸多主要因素加以分析的基础之上,较为细致地总结了当下常用的四种压实度检测方法,这四种方法分别是灌砂法、环刀法、核子密度仪法以及动态载荷试验法,并且从检测原理、精度效率以及适用性等方面综合地对其展开了全面的对比分析。提出了在实际工程当中推广应用合理检测方法的具体方向,并且探讨了提升各个环节试验质量的相关实施策略。

[关键词]公路路基; 压实度; 试验检测

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17233

中图分类号: U416

文献标识码: A

Comparison and Practice of Testing Methods for Compaction Degree of Highway Roadbeds

WEI Minting

Shaanxi Xianyang Road and Bridge Engineering Company, Xianyang, Shaanxi, 712000, China

Abstract: The compaction degree of highway subgrade is a key indicator that determines the quality of road engineering. The results obtained from its detection will have a direct impact on the durability and safety of the road. On the basis of analyzing the many main factors affecting compaction degree, the article summarizes in detail four commonly used compaction degree detection methods, namely sand filling method, ring knife method, nuclear density meter method, and dynamic load test method. A comprehensive comparative analysis is carried out from the aspects of detection principle, accuracy efficiency, and applicability. Specific directions for promoting the application of reasonable detection methods in practical engineering were proposed, and relevant implementation strategies for improving the quality of various stages of testing were discussed.

Keywords: highway subgrade; compaction degree; experimental testing

引言

公路路基压实度在路基工程质量控制方面属于核心指标范畴,它在很大程度上决定着道路在运行期间能否保持完整且稳定的状况,以及能不能经受住重车经过后所留下的重重损伤。压实度检测作为工程实现高质量工艺的关键环节之一,其精准程度以及精细化水平会对后续工程的推进速度与最终成效产生直接影响。部分现场检测工作存在着方法选取没有定准、操作规范性欠佳、数据出现故障的频次较高等诸多问题,这些问题也使得人们对检测工艺给予了格外的关注。所以,有必要针对常用的检测技术展开系统的对比分析,以此为实际工程挑选合适的方法给予相应的理论支撑与技术方面的助力。

1 影响公路路基压实度的主要因素

1.1 基层含水量

在对公路路基进行压实过程中,主要是通过对路面碾压所产生的黏结力和内阻力促使其产生相对位移,以此来提升结构黏结力的作用。随着土层压实度的提升,土层材料的黏结力也会不断增长。当土层含水量增大时,会给予土层颗粒一种润滑的作用,降低土层内部的阻力,促使材料之间的间隙不断增大,从而减少整个路基结构的压实度。

1.2 压实厚度

压实条件相同,土层压实度一般会随着深度变化呈现递减趋势,压实度最高的部分,一般都在土层 5cm 深处。至于压实厚度,一般较为固定,控制在 20cm 以内。这个厚度受夯实设备影响,如果利用 12~15T 的压路机进行实际操作,厚度应控制在 25cm 以内;如果选择夯机器作为碾压设备,厚度应控制在 50cm 以内,进而保障整个土层的实际压实情况,提升路基的压实效果。

1.3 压实机械与工艺参数

选取与之相适配的压实机械,并且合理地去设置工艺参数,这无疑是确保路基压实效果的关键举措。就压实设备而言,其中囊括了挤压车、挤刀机以及挤挨机等多种类型。而这些设备所具备的压强能力、挤平能力,还有其具体的挤动方式,无一例外都会对压实效果产生直接的影响。不同的设备类型,它们适用的土壤类型也是不一样的,所以得依据实际的环境条件来精准地做出选择。与此在进行压实操作的时候,像经过路数、速度、挤压路径以及挤压进步方式等等这些工艺参数,也都需要结合实际的效果来进行相应的优化设计。在路基的构造环节当中,唯有将压实机械的各项性能以及工艺参数相互之间精准地配合起

来,才能够切实保证压实层的各项性能指标都能够符合规范所提出的要求。

2 公路路基压实度试验检测方法综述

2.1 灌砂法

灌砂法算得上是当下运用颇为广泛的一种用来检测压实度的办法。它的具体做法主要是通过测定土体在被挖出之后所形成的孔穴的体积,并且要结合原本所在位置的质量来对干密度加以计算,进而凭借这样得出的结果去判断其压实度是不是已经达到了规定的标准。这种方法的操作原理相对来说是比较直观的:借助标准砂以及砂瓶这样的装置,通过精准控制砂流量来实现对试坑的精确填充,以此方式来测定试坑的体积,最终由此获取土壤的密度信息。灌砂法有着设备较为简单、操作方法已经相当成熟的优点,它可以适用于大多数属于粘性以及非粘性的各类土质情况。不过,它所存在的劣势同样是很突出的:在测试开展的过程中,对于操作人员的技术水平有着比较高的要求,而且很容易受到风力因素、地表平整程度以及含水量变化等方面的影响。除此之外,这种方法并不适合用于粗粒土、碎石类土体以及水位处于较高状态的现场环境,在实际操作当中还容易出现诸如砂漏、孔隙处有残留等误差情况。所以说,在运用灌砂法的时候务必要严格依照规范的流程来进行操作,唯有如此才能保证试坑的几何稳定性以及试验数据具备重复性。

2.2 环刀法

环刀法属于一种传统方法,常常用在现场对土壤原位密度展开测定工作上,这种方法对于细粒土以及部分粘性土所在的地区尤为适用。其基本原理在于借助有着固定体积的环刀,在试验区域将其垂直地插入到土层当中,接着依靠所提取出来的土样,直接去测定它的湿重还有含水率,再依据这些数据计算出干密度,进而对压实的程度做出判断。环刀法具备操作起来较为简单、设备本身比较轻便以及成本相对低廉等诸多优点,特别适合在那些没办法使用核子设备或者灌砂设备的边远地区或者是受到一定限制的区域运用。不过,该方法确实存在一些局限性,比如说在土壤较为密实或者含有砾石的情况下,环刀插入会比较困难,而且容易致使样品出现扰动的情况,这会对测量的精度产生影响。除此之外,试验得出的结果是比较容易受到人为因素干扰的,这就要求试验人员不但要具备娴熟的操作技巧,而且还要严格依照施工规范来加以控制。若想提高其测定的准确性,就需要确保环刀在插入的过程中保持平稳的状态,同时要保证切面是完整的,防止试样出现松散或者破碎的现象。

2.3 核子密度仪法

核子密度仪法乃是借助放射性同位素源所发出的 γ 射线以及中子束,凭借对土体当中辐射衰减程度加以测量的方式,进而实现快速且不会对土体造成破坏的获取土壤

密度还有含水率的现场检测手段。此方法依靠仪器内设的探测器去接收穿透土体之后的辐射信号,并依据预先设定好的标准曲线将其转化为土体密度以及含水率的具体数值,如此便大幅度提升了检测工作的速度以及准确程度。核子密度仪有着操作起来较为简单、测量速度快、重复性表现良好并且可以达成实时检测等颇为突出的优势,特别适宜于大面积路基压实度的监测工作以及施工进度当中的连续质量把控事宜。不过,这种方法同样存在着放射性安全管理方面的要求颇高、设备购置以及维护所需的成本偏大、对于环境条件比较敏感(像土壤密度的均匀性状况、含水率的变化情况等)等局限之处。而且,核子密度仪的测量所能达到的深度是有限的,一般而言只适用于对表层土体展开检测,针对较厚层土体的深层密度检测方面的能力是比较薄弱的。即便如此,它在现代公路施工质量控制环节当中已然成为了一种标准化且高效化的关键性技术手段,被广泛运用到施工现场当中,尤其是在那些需要快速反馈信息并且要持续进行监测的工程项目里表现得极为出色。

2.4 动态载荷试验法(落锤夯实仪)

动态载荷试验法一般会采用落锤夯实仪来实施。这种方法是凭借施加特定质量和高度的落锤给土体带来冲击载荷,然后通过测量土体对于这种冲击所做出的反应,进而推断出土体的压实度以及承载能力,它属于一种现场检测手段。此技术是以土体在冲击载荷作用之下的反弹程度还有沉降特性作为依据,再结合传感器所获取的数据分析,达成对土层密实度与刚度的快速评定。落锤夯实仪法的操作流程比较简单,检测的速度也快,并且不需要对土壤样本进行开挖,特别适宜在那些不宜遭到破坏的施工现场展开连续性的监测工作。该方法的适用范围颇为广泛,涵盖了各式各样的路基以及填土,不过它的检测结果会很大程度上受到土体含水率、压实状态以及加载频率等诸多因素的影响,而且所反映出来的也只是土体的动力响应特性,并非直接的密度值,所以得要结合现场的实际状况以及其他检测方法一道来进行综合性的判断。动态载荷试验法在技术人员的培训以及仪器的校准方面有着较高的要求,以此来保证测试数据具备可靠性与一致性。伴随现代传感技术不断发展,该方法在公路路基施工质量控制当中的应用也在一步步地扩大,已然成为了辅助密实度检测的一件重要工具。

3 不同检测方法的对比分析

3.1 检测原理与技术特点对比

公路路基压实度的检测方法包含物理取样测量以及非破坏性快速检测这两种技术类别。灌砂法还有环刀法都属于传统的物理取样方法,是凭借对现场土样的直接测量来获取密度数据的,其中灌砂法是借助砂填充孔洞体积来换算密度,环刀法则是通过环刀提取土样来计算含水率以及干密度。这两者相同的特性在于原理较为直观且技术比较成熟,然而操作起来相对繁琐,而且对操作环境的要求

也比较高。与之相比,核子密度仪法以及动态载荷试验法属于非破坏性快速检测技术,前者依靠放射性同位素的辐射衰减原理,后者是以土体动力响应分析为基础,均能够在现场迅速获取密实度信息。核子密度仪法有较高的测量精度以及连续监测的能力,动态载荷试验法则可反映出土体的动力特性以及承载能力,不过在密度测量的直接性方面稍微差一些。这些技术的特点促使不同的检测方法在具体工程应用当中各有各的侧重点,合理地将多种方法结合起来能够达成压实度检测的全面性与准确性。

3.2 精度、效率与操作复杂度对比

就测量精度而言,核子密度仪法一般比传统的灌砂法以及环刀法更具优势,它可以达成快速并且重复性良好的检测成效,并且受人为误差的影响比较小。灌砂法尽管在特定条件之下精度颇高,然而操作流程较为繁杂,受到环境因素的影响也比较大,而且工作效率不高。环刀法的操作相对简单一些,不过容易因样品扰动而使精度受到影响,而且对于密实土体的适应性存在局限。动态载荷试验法在效率方面比较高,可迅速反馈出土体的承载特性,不过其测量结果带有一定程度的间接性,在解释的时候需要结合经验来进行判断^[1]。从操作复杂度来讲,灌砂法和环刀法对操作人员的技能要求比较高,且测试过程耗费的时间较多;核子密度仪法虽说设备价格昂贵,但是操作起来相对较为简便,经过规范培训之后操作误差会比较小;动态载荷试验法操作较为灵活,可是对仪器校准以及数据处理的要求比较高。综合来看,核子密度仪法和动态载荷试验法在现代施工质量控制当中更受欢迎,特别适合那种需要快速高效检测的工况。

4 压实度检测的实践应用与质量保障措施

4.1 检测方法在实际工程中的应用

在实际开展公路路基施工的时候,压实度检测方法的应用一般会依据具体工程的特点以及所处的施工阶段来合理地进行配置安排。通常来讲,在施工刚开始的时候以及在一些关键控制段落,往往会采用灌砂法还有环刀法来初步确认质量状况,以此来保证基础土层处于较为密实状态。随着施工不断向前推进,并且对施工质量的要求也在不断提升,就会逐步引入核子密度仪法,借助这种方法可以实现对大面积路基展开高效的连续检测,从而确保施工质量能够符合设计时所规定的标准^[2]。动态载荷试验法大多时候是用于评估施工完成之后的承载性能以及结构刚度情况,进而辅助去判断路基整体的稳定性如何。合理地安排检测的频次以及检测方法的组合方式,对于快速发现施工当中存在的密实度不足的问题并且加以纠正有着重要作用,能够有效保障路基工程施工的质量以及后续道路的使用寿命。通过将多种检测方法互补起来进行应用,是可以实现对施工质量进行较为全面的监控以及动态的

管理工作的。

4.2 检测流程标准化与数据质量控制

要想让公路路基压实度检测的准确性以及可靠性得以切实保障,那就必须一丝不苟地去执行经过规范设定的检测流程。这里面涉及的诸多环节,像是检测点要怎样合理地布置、样品采集以及处理的方法该是怎样的、仪器设备得按时校准并且精心维护、数据记录以及报告编写又该如何操作等等,所有这些环节都务必要纳入到标准化的管理范畴当中来。还应当建立起一套较为完善的质量控制体系,把各个环节的责任给明确界定清楚,如此一来便能够有效防止人为操作时出现误差,也能避免环境方面的因素对检测造成干扰^[3]。除此之外,推行数据审核以及复核的相关机制也是很有必要的,借助统计分析的方法来对检测所得到的结果做出合理的评估,进而将那些异常值给排除掉,以此提升数据所具有的代表性以及准确性。数据质量控制一方面能够确保检测结果具备科学性,另一方面也为工程质量的验收以及后续的维护工作给予了颇为坚实的数据方面的支撑。通过实施流程的标准化操作以及开展质量控制相关工作,能够在很大程度上提升检测工作所呈现出的规范性以及工作效率,从而有力地推动公路路基建设质量实现持续不断的改进。

5 结语

公路路基压实度的精准检测,于保障道路工程质量以及延长其使用寿命而言,实属关键环节所在。此篇文章将灌砂法、环刀法、核子密度仪法还有动态载荷试验法这四种常用的检测技术展开系统对比,对各个方法的原理、所具备的优势、存在的局限以及适用范围做了详尽剖析,清晰阐明了在不同工况情形下合理选用检测技术的重要意义。在实际操作当中,把多种检测方法加以互补运用起来,同时配合上严谨的质量控制流程以及相应的技术管理举措,切实提高了检测的效率,并且也使得数据的准确性得以提升。往后的日子,伴随检测技术以及设备不断地向前发展进步,需要进一步强化针对人员的培训工作以及设备的管理工作,促使检测方法朝着标准化以及智能化应用的方向去推进,持续对公路路基压实质量管理体系予以优化完善,以此来保障道路建设能够实现高质量的发展态势。

[参考文献]

- [1]王景南.公路路基压实度现场密度试验检测方法实践[J].智能城市,2021,7(3):67-68.
- [2]恰小会.公路路基压实度现场检测方法实践[J].四川水泥,2022(7):258-260.
- [3]封立群.公路路基工程的试验检测方法分析[J].黑龙江交通科技,2023,46(4):169-171.

作者简介:卫敏婷(1987.5—),女,汉族,本科,毕业院校:大连理工大学,专业:土木工程。

公路工程中软土路基换填施工技术研究

郑伟波

新疆高佳工程项目管理有限公司，新疆 乌鲁木齐 830017

[摘要]软土路基因其物理力学性质特殊，在公路工程建设里常出现沉降过大的情况，稳定性也差，这对公路的安全性以及使用寿命影响很大。针对软土路基承载力低且容易变形等缺点，换填施工技术作为一种有效处理地基的方法，在软土地基改良方面得到广泛应用。文中结合软土路基的危害以及特征，全面探讨了软土路基换填施工的工艺流程和技术要点，还分析了施工期间常见质量问题及解决办法，以此来提升软土路基的工程性能和施工质量，给出理论与实践方面的指导。研究说明，合理清理地基、分层填筑并压实、采取有效排水固结举措以及开展科学施工监控，这些都是保证换填施工成功的要点。

[关键词]公路工程；软土路基；换填施工技术

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17231

中图分类号: U416

文献标识码: A

Research on the Construction Technology of Soft Soil Roadbed Replacement in Highway Engineering

ZHENG Weibo

Xinjiang Gaojia Engineering Project Management Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830017, China

Abstract: Soft soil road genes have special physical and mechanical properties, and often experience excessive settlement and poor stability in highway engineering construction, which greatly affects the safety and service life of highways. In response to the disadvantages of low bearing capacity and easy deformation of soft soil subgrade, replacement construction technology, as an effective method for treating the foundation, has been widely used in the improvement of soft soil foundation. The article comprehensively discusses the hazards and characteristics of soft soil subgrade, and explores the process and technical points of soft soil subgrade replacement construction. It also analyzes common quality problems and solutions during construction to improve the engineering performance and construction quality of soft soil subgrade, and provides theoretical and practical guidance. Research shows that reasonable cleaning of the foundation, layered filling and compaction, effective drainage and consolidation measures, and scientific construction monitoring are all key points to ensure the success of replacement construction.

Keywords: highway engineering; soft soil subgrade; replacement construction technology

引言

公路工程属于国民经济发展范畴内的关键基础设施，其建设质量同交通运输的安全性以及效率紧密关联。在软土地区开展公路建设工作时，软土路基有着承载力不够、压缩性较强以及容易受到水文变化影响等特性，这给施工带来了相当大的挑战。传统针对软土的处理技术很难契合现代公路高标准建设方面的需求，而换填施工技术由于能够对地基承载力予以有效改善，并且还能减少沉降变形情况，所以渐渐成为了处理软土地基的一项重要手段。本文围绕软土路基换填施工技术来展开相关研究，综合软土的工程特性，较为详尽地阐述换填施工的具体工艺以及采取的技术措施，同时剖析施工过程中所存在的各类问题以及相应的解决对策，目的在于为软土地基工程给予科学且合理的施工方面的指导以及技术支持，进而促使公路工程质量得以提升。

1 软土路基的危害和特征

1.1 软土路基的危害

软土路基在公路工程中具有许多危害特征。首先，软

土路基的承载能力较低，由于其土层结构疏松、孔隙度高以及土粒间接触面积小，导致其无法承受较大的荷载。这使得软土路基容易发生变形和沉降，给公路的使用带来了极大的不稳定性 and 安全隐患。其次，软土路基的水分含量较高，这会造成土体的液化和流动性增加，进一步降低了其承载能力。再次，软土路基还具有较大的压缩性，即在外界荷载的作用下，土体容易发生较大的沉降和形变。这种压缩性的特征使得软土路基对荷载的响应较为敏感，需要特殊的处理和加固措施。最后，由于软土的抗剪强度较低，易于发生滑坡和坍塌现象，给施工和使用过程带来了严重的安全隐患。由此可见，软土路基的危害主要表现为承载能力低、易于产生变形和沉降、易于发生滑坡等特征，这些问题对公路工程的安全和可靠运行造成了严重威胁。因此，在软土路基的施工中，需要采取合理的换填施工技术来克服这些问题，提高路基的稳定性和承载能力。

1.2 软土路基的特征

软土路基有着一系列独特的物理以及力学方面的特性，而这些特性会直接对公路工程的设计与施工产生影响。

软土的含水率通常都比较高,其土体结构较为松散,并且孔隙率也很大,如此一来便致使它的密度偏低,压缩性的特点也比较突出。当软土受到外荷载的作用时,是很容易出现幅度较大的沉降情况的,并且这种沉降所延续的时间还比较长,呈现出一种长期且缓慢沉降的态势,这无疑给路基的稳定性以及均匀性带来了诸多挑战。软土的抗剪强度相对而言是比较低的,在受到剪切力的作用时,特别容易产生破坏的情况,这就导致软土路基在施工过程中很容易受到扰动的影响而发生滑移或者塌陷的现象,尤其是在遇到降雨或者是地下水位发生变化的时候,这种情况会表现得更为明显。除此之外,软土的固结特性还体现在其固结的速度比较慢,即便是在固结完成之后,其残余变形依旧会比较大,这样的情况使得软土路基在长期荷载的作用之下还会持续不断地发生形变,进而加大了路基维护工作的难度。软土所处的水文地质条件是比较复杂的,其中地下水的含量较为丰富,并且流动性也很强,水体对于土体结构有着明显的润滑以及弱化的作用,所以当软土路基承受交通荷载的时候,就更容易出现不均匀沉降以及稳定性方面的问题。

2 软土路基换填施工工艺与技术措施

2.1 地基清理与预处理技术

软土路基换填施工最先得把地基清理干净并做预处理,这一步做得好不好,直接影响换填层稳不稳以及整个工程质量。开工前,地基表面的有机质、淤泥、垃圾还有松散软土层都得彻底清掉,要让换填层能紧紧贴着下面坚实的土。清理时一般用机械挖配合人工修,让地基表面平平整整,没啥扰动留下的东西。而且依据软土特性以及工地水文状况,还得给地基采取一些预处理办法,像排水降水、置换挤密还有土体固结这些。排水降水是靠设排水管网或者井点系统,把地下水位降下去,让软土没那么湿,这样土体的承重能力和稳定性就上去了。要是地基特别松软,就用机械夯实或者振动密实这类物理手段来改进土体结构,减少日后沉降变形。有些工程还会加上化学预处理,就是往土里加固化剂,提高地基强度和耐久性。总体来说,地基清理和预处理科学开展,是保证换填施工顺利进行以及软土路基长期稳定的关键,得按现场实际情况合理设计并严格把控施工。

2.2 换填施工工艺流程

软土路基换填施工工艺流程包含了从地准备一直到换填材料填筑、压实以及养护的整个过程。一开始,等把地基清理以及预处理都完成了之后,得依据设计方面的要求来划分施工的具体区域,同时要清晰明确换填层所应具备的厚度还有分层的具体策略。换填材料往往会选择那种粒径较为均匀且含水率也适中的砂砾石或者碎石土,以此来保障其有不错的排水性以及良好的力学性能。换填施工大多时候会采用分层填筑的方法,也就是把换填材料分

成好几层,而且每层的厚度都要控制在一个特定的范围之内,这样做的目的主要是为了让其能够均匀地得到压实,同时也可防止出现内部出现空洞的情况。在整个填筑的过程当中,施工机械会通过均匀地撒布材料,然后再配合着压实设备一块儿来进行压实操作,务必要让每层换填土体的密实度都能够达到设计所规定的指标。等到所有的换填层填筑工作全都完成了以后,还需要去做表面的整平工作以及必要的养护方面的处理,如此才能避免被雨水冲刷以及风化所造成的破坏。在施工期间,还得配合着排水设施的相应布置,从而推动换填层实现排水固结的效果,进而提升地基的承载能力。整个这个工艺流程都必须严格依照施工规范以及技术标准来切实执行,唯有如此才能够确保施工的质量以及工程的安全。

2.3 分层填筑与压实技术

分层填筑以及压实技术在软土路基换填施工里属于极为关键的核心工艺,其会对换填层的密实程度以及承载性能产生直接影响。在实际的操作流程当中,把换填材料划分成若干个厚度较为适中的层次,然后按照分层的方式去开展填筑工作,如此一来便能够有效地防止因大厚度填筑而引发的内部出现空隙以及不均匀沉降等相关问题。每一层完成填筑之后,都应当即刻选用与土质情况以及施工现场具体条件相匹配的压实机械来展开充分的压实作业,常用的设备类型涵盖了轮式压路机、振动压路机还有夯实机等等。压实所要达成的目标是要让其能够符合设计方面所规定的要求,也就是要达到相应的干密度以及含水率所处的范围,唯有如此才能够切实保障换填层具备结构致密的特点以及强度保持稳定的状态。在整个施工进程之中,需要借助试验的方式来确定最为适宜的填筑厚度以及压实遍数,并且要合理地设置压实的顺序,从而避免出现局部出现松散或者因为过度压实而致使结构遭到破坏的情况。除此之外,压实技术还必须结合现场的实际环境状况来进行考量,像是天气的具体状况以及地形的相关条件等等,都要依据实际情况灵活地对施工方案做出调整,以此来保证换填层拥有均匀性并且能够实现长期的稳定性。合理的分层填筑与压实技术一方面提升了软土路基的承载能力,另一方面也大幅度地降低了后期可能出现的沉降情况以及后续的维护成本。

2.4 排水与固结加速措施

排水以及固结加速方面的措施,在改善软土路基相关性能以及缩短施工周期方面,属于颇为重要的技术手段。软土自身含水量颇高,并且其排水性能较差,这就使得固结的速度变得较为缓慢,经过换填操作之后,地基的沉降所持续的时间也会比较长,进而对道路的稳定使用产生了影响。为了促使地基能够加速完成固结,常常会采用预排水系统,像排水板、排水管还有立管这类设施,借助构建起的人工排水通道,推动孔隙水可以顺利排出,从而让地

基孔隙压力得以降低。除此之外,还会辅助采用真空预压技术或者反复进行夯实操作,以此来有效地提升土体的密度以及强度,加快土体固结的整个进程。在某些工程当中,甚至还会利用化学固结剂注入到土体内部,凭借化学反应来强化土壤粒子之间的粘结力,进一步提升地基的承载能力。这些排水与固结加速的相关措施相互之间相互配合起来,一方面解决了软土因高含水率而产生的结构上的弱点问题,另一方面也大幅缩减了施工所花费的时间,提升了换填层的稳定性,进而为后续开展的路面施工筑牢了坚实的基础。

2.5 施工质量控制与安全管理

软土路基换填施工的质量把控贯穿于整个施工流程之中,其属于能够保障工程安全以及使用寿命的重要环节所在。在正式施工之前,应当制定出详尽的质量控制方案,要清晰明确各个阶段的质量标准以及验收方面的要求^[1]。在施工进程当中,得严格依照设计方案来进行操作,着重对地基清理情况、换填材料的物理性质状况、填筑厚度的具体情况以及压实度等这些关键参数加以监控。并且要定期开展现场检测工作,像土壤密实度测试、含水率测定以及换填层沉降观测这类检测都得做,以此来保证施工质量能够契合规范所定的标准。与之施工安全管理绝不能被忽视掉,需要制定出完善的安全操作规程,强化针对施工人员的培训以及管理工作,避免因为软土地基自身特性而引发的滑坡、塌方等此类事故的发生。施工现场应当设置警示标志,严格限定非施工人员不得进入危险区域,另外还要配备必要的安全防护设施。借助科学的质量控制举措以及严格的施工安全管理措施,来保障软土路基换填施工能够顺利推进,进而确保工程的质量以及人员的安全无虞。

3 软土路基换填施工中的常见问题及解决措施

3.1 换填材料沉降及沉降差异控制

在换填施工环节当中,材料所出现的沉降情况以及由此产生的沉降差异,这无疑是对软土路基稳定性以及其使用寿命起着关键作用的重要问题。换填材料由于其颗粒级配方面存在不同,压实密度有所区别,而且含水率也各不相同,所以在整个施工过程之中以及后续阶段,极有可能会出现不均匀的沉降状况,进而致使路基表面产生裂缝,出现局部下沉的情况,甚至造成结构方面的破坏。这样的沉降差异不但会对路面的平整度造成影响,而且还可能引发应力集中这一现象,使得路基的承载力有所降低^[2]。对于这一问题而言,首先应当严格把控换填材料的质量,要确保其颗粒级配处于合理的状态,防止出现含水率过高或者过低的状况,以此来保证材料具备良好的压实特性。需采用分层填筑以及充分压实的技术手段,通过这种方式来减少材料之间存在的空隙率,避免在填筑操作过程中形成疏松层。在施工期间,还需要开展沉降预测以及监测相关工作,对于那些预期沉降程度比较大的区域,可以采取加厚换填层或者配合运用排水固结等措施,从而促使沉降差

异得以缩小。凭借合理的规划设计以及科学的施工管理工作,能够有效地对换填材料的沉降加以控制,进而确保软土路基整体的稳定性和持久的性能表现。

3.2 施工过程中的监测技术与管理

施工监测技术在软土路基换填工程施工期间,对工程质量以及施工安全起到极为重要的保障作用^[3]。借助系统的监测方式,能够实时且准确地知晓路基沉降、变形以及孔隙水压力等一系列关键指标的情况,进而能够及时察觉到潜在可能出现的问题,并且采取相应的应对措施,防止工程风险进一步扩大。常使用的监测手段包含了水准测量、利用倾斜仪进行监测、运用孔隙水压力计以及采用地质雷达开展探测等多种方法。这些技术可给出精准的数据方面的支持,助力工程师剖析换填的实际效果以及地基的承载具体状态。信息化管理平台的应用让监测数据的采集工作、传输流程以及分析环节都变得更加高效而且便捷,达成了对施工整个过程的动态化监管目标。施工单位需要构建起完善的监测计划,清晰界定监测的频率、具体的地点以及各项指标的要求,并且要配备专业的人员来负责数据的管理工作以及异常情况的预警事宜。凭借科学的监测技术以及健全的管理体系,确保软土路基换填施工过程具备安全性以及稳定性,从而为工程质量给予强有力的支撑。

4 结语

软土路基换填施工技术是处理软土地区公路路基出现沉降以及稳定性方面问题的有效办法,有着明显的工程应用价值。借助合理的地基清理工作、科学的换填工艺流程、行之有效的排水固结举措以及严格的质量安全管理措施,能够大幅提升软土路基的承载能力以及使用寿命。当下,虽说该项技术已经获得了不少进展,可在换填施工期间依旧面临着材料沉降以及施工监测等诸多挑战。在后续的发展进程中,需要强化对新型环保材料的开发与推广应用,同时结合智能监测技术,达成软土路基换填施工朝着绿色化与智能化方向发展的目标。充分综合运用多种学科的技术手段,对于进一步提高软土路基工程质量是有帮助的,也有助于保障公路交通能够安全、顺畅地运行,并且实现可持续发展。

【参考文献】

- [1]金延飞,石林煜.公路工程中软土路基换填施工技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024(8):109-111.
- [2]李宏宝.公路工程中软土路基换填施工技术研究[J].科学技术创新,2023(12):174-177.
- [3]王益锋.软土路基施工技术在公路工程中的应用[J].工程技术研究,2021,6(13):51-52.

作者简介:郑伟波(1991.11—),毕业院校:黄河水利职业技术学院,所学专业:水利水电工程造价管理,当前就职单位:新疆高佳工程项目管理有限公司,职称级别:助理工程师。

BIM 技术在桥梁工程设计与施工中的应用

刘海龙

中南勘察设计院集团有限公司, 湖北 武汉 430070

[摘要]建筑行业科技发展快, BIM 技术成现代桥梁工程设计施工重要工具。能提升设计精度和施工效率, 优化资源配置、降低成本, 控制工程风险。探讨 BIM 在桥梁设计施工应用, 如三维建模、参数化设计、施工进度控制, 分析其提高工程质量、缩短工期、优化成本控制优势。重点是 BIM 在各阶段应用成效, 还讨论其未来前景。

[关键词]BIM 技术; 桥梁工程; 设计; 施工; 应用

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17222

中图分类号: TU7

文献标识码: A

The Application of BIM Technology in Bridge Engineering Design and Construction

LIU Hailong

Zhongnan Engineering Corporation Limited, Wuhan, Hubei, 430070, China

Abstract: With the rapid development of technology in the construction industry, BIM technology has become an important tool for modern bridge engineering design and construction. It can improve design accuracy and construction efficiency, optimize resource allocation, reduce costs, and control engineering risks. Explore the application of BIM in bridge design and construction, such as 3D modeling, parametric design, and construction schedule control, and analyze its advantages in improving project quality, shortening construction period, and optimizing cost control. The focus is on the effectiveness of BIM application in various stages, and its future prospects are also discussed.

Keywords: BIM technology; bridge engineering; design; construction; application

引言

在传统的桥梁工程开展设计以及施工相关工作的过程当中, 设计师还有工程师往往会依靠像 AutoCAD 这类的二维绘图软件来完成相应的工作任务。这些传统所采用的技术虽说在一定程度方面是能够满足基本的设计方面的相关需求的, 然而对于那些较为复杂的桥梁工程项目来讲, 二维图纸所具有的局限性一天比一天更加明显地显现出来, 特别是在要呈现出复杂的几何结构以及涉及到跨部门展开协作的时候, 经常会存在着信息出现遗漏的情况以及产生误解的现象。而 BIM 技术的问世, 成功地突破了这些原有的限制, 进而为相关工作提供了一个更为直观、更具协同性并且效率更高的解决办法。BIM 技术借助于创建三维建筑信息模型的方式, 促使设计阶段、施工阶段以及运营阶段各自所涉及的信息能够实现更加一体化的融合状态。它在桥梁工程当中的具体应用, 给工程带来了更加精准的设计成果、更为高效的施工流程以及更加完备的资源管理举措。通过将各类工程相关的数据加以集成处理, BIM 能够在很大程度上推动跨专业的协作以及跨部门的协作, 有效降低设计环节出现冲突的可能性以及施工环节存在的风险, 最终促使工程的整体质量得以提升并且加快工程的推进进度。本文将会针对 BIM 技术在桥梁设计阶段以及施工阶段的具体应用情况展开深入细致的探讨, 并且会展示出其在实际工程实施过程中所取得的应用

效果, 进一步去剖析其在桥梁工程当中所产生的具有变革性的重大影响。

1 BIM 技术在桥梁工程中应用的可行性分析

传统桥梁工程设计过程中, 设计师主要采用 AutoCAD 二维建模技术, CAD 虽然具有绘图作用, 但难以直观呈现桥梁工程现场信息。尤其是复杂性的桥梁项目, 传统建模技术增加信息量和算法选择, 不利于高效开展工程设计工作。随着科学技术的发展, BIM 技术可以帮助设计师构建三维建筑信息模型, 提高桥梁结构以及外观设计的有效性, 同时, 也能够采用多元化设计思路, 减轻人员设计压力, 完善桥梁工程设计方案细节。应用 BIM 技术构建三维数字模型, 能够还原桥梁工程施工现状, 找出潜在施工隐患, 及时优化设计内容, 提高桥梁工程施工效率与质量, 帮助企业控制施工成本。此外, 由于各地区桥梁工程施工面积扩大, 造成工程量与成本增加, 为准确计算施工全过程所需成本与施工材料使用量, 设计师可以利用 BIM 模型得出成本与用料等相关结果, 便于制定采购计划, 提高成本估算准确性, 促使桥梁工程建设单位经济利益持续提升。

2 BIM 技术在桥梁设计阶段的应用

2.1 桥梁三维信息模型的建立

在传统桥梁设计流程当中, 二维图纸仅仅能够给出桥梁各个构件的平面以及立面相关信息, 设计人员往往要依

靠他们自身的经验来开展空间方面的推测活动。不过,伴随着 BIM 技术的引入,桥梁的三维信息模型也就是 3D BIM,能够用更为直观且更为精确的方式呈现出设计内容。三维信息模型不但展现了桥梁的几何结构情况,而且还能将所有的相关工程信息予以集成起来,像是材料规格、荷载分析、结构强度等方面的信息内容。借助于建立三维信息模型,设计人员能够在虚拟环境里面去查看桥梁的各个部分,并且了解它们彼此之间的相互关联情况,进而识别出潜在存在的设计冲突,以此来保证设计具备全面性以及一致性特点。除此之外,三维模型在施工阶段,可以通过和现场实际状况加以对比的方式,助力施工团队更为精准地领会设计意图,降低出现误差以及设计偏差的可能性。BIM 模型并非只是一个静态的三维展示形式,它实际上还是一个集成了诸多工程数据的动态平台。比如说在桥梁设计环节里,设计师可以把结构分析、施工工艺、时间进度以及成本等相关信息嵌入到模型当中,从而生成一个完整的并且能够实时更新的数字建筑文件。如此一来,既提升了设计的精度水平,又方便了团队协作事宜,还确保了不同部门之间信息的一致性程度。

2.2 参数化设计与构件库管理

在 BIM 技术的助力之下,桥梁设计的参数化设计获得了极为广泛的运用。参数化设计能够让设计人员凭借输入的一组参数,自动形成桥梁各类构件,并且依据设计方面的需求灵活地去调整这些构件的尺寸、形状以及配置情况。这样的设计方式能够快速地对设计需求的变化做出反应,助力设计师在较短的时间内达成多种设计方案的比照与挑选。借助构建起统一的构件库,设计人员得以快速调用标准化的构件模块,如此一来便能削减重复开展的工作,同时确保各个构件的规格保持一致。这不但提升了设计工作的效率,而且强化了对设计质量的把控,有益于桥梁设计方案朝着标准化以及模块化的方向发展。构件库的管理工作对于大规模的桥梁工程而言格外关键,特别是在有多个项目同步展开并行设计的时候,能够达成资源的共享以及协同配合,进而提升设计的整体效能。

2.3 碰撞检测与方案优化

在传统的桥梁设计流程当中,设计方案所存在的碰撞方面的问题通常是依靠人工去检查,又或者要等到后期施工的时候才会被察觉到。如此一来,不但白白耗费了时间,而且还极有可能致使施工出现延误的情况,甚至还会让成本有所增加。然而借助 BIM 技术所具备的碰撞检测功能,便可以在设计阶段达成针对各个构件之间是否存在干涉以及碰撞情况的自动检测效果,进而能够及时将设计里面的冲突以及不合理的地方都找出来。凭借这样的提前预警的相关机制,设计师在着手修改设计方案之际,就能够马上瞧见所有潜在的冲突方面的问题,如此也就避开了在后期施工阶段会冒出那些难以预料的问题。除此之外, BIM

技术还能够针对桥梁设计展开多方案的优化操作。设计人员能够在三维模型里面迅速地去修改设计参数,接着再通过模拟不同方案实际所产生的效果,来对各个设计方案各自所具有的优势以及存在的不足加以评估,最终达成选出最优设计方案的目的。

2.4 工程量自动提取与设计成本控制

BIM 技术在设计质量层面给予了有力支撑,同时于工程量计算以及成本控制领域同样能起到关键作用。借助三维模型, BIM 技术可自动从设计当中提取出工程量相关数据,像是桥梁的钢筋使用量、混凝土所占体积等等。这些数据能够直接运用于成本方面的计算工作,进而为后续的施工阶段给予精确的资源需求以及预算方面的依据。与传统的手工计算方式或者依靠二维图纸来估算相比, BIM 技术能够给出更加精准且实时的数据助力,助力设计师在设计阶段便做好较为完备的成本规划事宜。除此之外, BIM 技术还能够协助设计师对设计方案的成本效益加以评估,并且在设计阶段凭借各类不同的优化举措,削减掉那些不必要的支出开销。通过对不同设计方案的成本进行对比分析,设计人员便能够挑选出最具性价比的那个方案,由此实现对桥梁工程整体成本的有效把控。

2.5 图纸自动生成与可视化表达

BIM 技术能够借助三维模型来自动形成各类施工图纸,而且依据设计方面的变更情况还能实现动态更新。如此一来,传统手工绘制图纸所耗费的大量时间以及诸多精力便得以大幅节省,同时也消除了图纸之间出现版本不一致的状况。设计师仅仅需要在三维模型上做出修改, BIM 系统就会自动依照修改内容更新相关图纸的相关内容。 BIM 模型所具有的可视化表达方式,还给设计人员以及施工团队提供了一种更为直观的沟通手段。在项目的初始阶段,设计人员可凭借虚拟现实(VR)或者增强现实(AR)技术把设计方案以可视化的形式展示出来,助力各方更为透彻地理解设计思路以及施工要求,推动跨部门之间的协作与沟通。

3 BIM 技术在桥梁施工阶段的应用

3.1 施工模拟与流程优化

施工模拟属于 BIM 技术于施工阶段的一项关键应用。借助 BIM 模型,施工团队能够针对桥梁工程的各项施工环节展开数字化模拟操作,以此提前预估可能出现的施工方面的问题并加以优化处理。施工模拟一方面有益于识别潜在存在的风险,另一方面可助力施工团队在实际施工开始之前开展详尽的预演工作,从而保证施工流程能够顺畅推进。比如在桥梁实施拆除以及后续重建这个过程当中,凭借对不同施工方案予以模拟的方式,团队便能够评定出最为安全且最为经济的那种施工方法。除此之外,施工模拟还能帮施工人员去安排施工资源,像设备、材料以及人员等这些方面,进而确保在施工进程当中各项资源能够实现合理的调度以及高效的利用。

3.2 施工进度控制与动态调整 (4D BIM)

施工进度控制在桥梁建设里始终是难点所在,特别是在存在多个施工环节以及需要调配大量资源的情形下更是如此。传统施工进度控制大多依靠二维图纸以及靠手动去更新的进度表,如此一来,其效率不高,而且极易出现进度滞后、资源被浪费以及施工现场一片混乱等状况^[1]。4D BIM 技术把时间维度同三维模型相结合,给施工进度的可视化呈现、实时的监控以及动态的调整给予了强有力的支持。4D BIM 技术通过把时间数据和 BIM 模型加以集成,构建起一个可动态展现施工进度度的虚拟场景。施工团队能够凭借这个模型实时查看各个施工阶段的具体推进情况,弄清楚各个环节之间的依赖关系,察觉到潜在的进度冲突情况。比如说,要是某一部分施工出现了延误,那么 4D 模型会即时将这一情况反映出来,管理人员可以依据实时的实际情况来调整施工计划,重新对资源进行分配,如此便能够避免陷入进度滞后的恶性循环当中。借助 4D BIM,项目经理能够在虚拟环境里面针对不同的施工方案展开模拟操作,以此来评估出最为理想的施工顺序以及进度安排方案。此项技术还能助力施工人员在进场之前充分理解施工流程,清晰明确每一个环节的具体任务以及时间节点,从而保证现场施工能够高效地开展起来。

3.3 成本管理与资金预测 (5D BIM)

成本控制在桥梁工程里极为关键,预算稍有偏差便可能致使工程项目成本超出预期,对整个项目能否顺利实施产生影响。5D BIM 技术的诞生给成本管理以及资金预测带来了全新的解决办法。把成本数据和三维模型相结合,5D BIM 可实时给出精准的成本估算、资金预测以及资源分配相关信息。5D BIM 把成本同 BIM 模型的每一个构件以及各个施工阶段紧密关联起来,使得项目管理人员能够实时追踪材料、劳动力、设备以及施工时间等成本方面的因素。比如在设计阶段,设计师能够借助 5D BIM 技术精确计算出所需材料的具体数量以及相关费用,同时针对不同材料的选用展开成本效益分析,进而做出最为经济合理的决策。在施工阶段,随着项目的不断推进,5D 模型能够实时更新实际施工过程中成本的消耗情况,助力项目经理及时察觉到预算出现的偏差,并依据最新的状况做出相应的调整^[2]。5D BIM 还能够对项目开展资金预测,生成动态的资金流动图表。通过持续对项目资金消耗情况进行跟踪,管理层能够更为清晰地知晓项目的资金状况,并且预见到未来可能出现的资金方面压力,从而及时采取相应措施,像是调整资金投入或者优化资源调配,以此确保项

目能够按时并且按照预算顺利完成。

3.4 技术交底与施工指导可视化

BIM 技术于技术交底以及施工指导层面的应用,能够切实提升施工现场的工作效率。在往常的传统施工流程当中,施工队员们大多依靠手工图纸来开展相关操作,不过这些图纸时常会出现一定程度的解释偏差情况。而 BIM 模型则给出了更为详尽的三维可视化相关信息,这便让施工队员们可以清晰明了地瞧见每一个施工环节以及相应的要求^[3]。施工人员能够凭借 BIM 模型来对照实际的施工状况,从而确认各项技术细节,如此一来便降低了施工过程中出现错误以及需要返工的几率。除此之外,技术交底采用可视化的表达方式,还进一步强化了施工人员和项目经理彼此之间的沟通效率。

3.5 施工现场信息集成与智能管理

BIM 技术可把施工现场各类信息加以集成,像施工进度、质量、安全、环境等方面的数据均包含在内。借助 BIM 平台,项目管理人员能够实时对现场状况予以监控,清楚知晓各个环节具体的进展情况。智能化管理系统能凭借传感器以及物联网技术实时收集施工现场的数据,并且自动把这些数据反馈至 BIM 平台展开处理与分析。依据这些数据,项目管理人员便能适时调整施工策略,保障施工安全与质量,同时降低潜在的风险。

4 结语

随着 BIM 技术在桥梁工程设计与施工环节不断推进,工程效率、工程质量以及安全性能均有了明显提高。凭借三维建模、参数化设计、进度把控以及成本控制等诸多功能,BIM 技术于优化桥梁项目管理、提高资源配置效率以及确保施工质量等方面起到了极为关键的作用。往后,伴随技术持续发展,BIM 技术在桥梁工程里将会发挥出更为重要的作用,促使行业朝着更高效、更环保、更智能的发展方向迈进。

【参考文献】

- [1]汪丽萍.BIM 技术在桥梁工程设计与施工中的应用分析[J].智能建筑与智慧城市,2024(12):82-84.
- [2]陈长俊,孙晓博.BIM 技术在桥梁工程设计与施工中的应用[J].四川水泥,2024(3):206-208.
- [3]张晓光,刘冲,李乐,等.BIM 技术在桥梁工程施工中的应用[J].科技与创新,2022(13):166-168.

作者简介:刘海龙(1991.2—),汉族,硕士研究生学历,毕业院校为长沙理工大学。现就职中南勘察设计院集团有限公司。

路桥工程施工对交通流影响分析及管控措施

仝孟园

河北省交通规划设计研究院有限公司交建分公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]路桥工程施工的时候交通流特性被明显干扰,导致通行能力降低、延误时间增多、交通拥堵频繁出现等问题,应深入分析施工区域交通流变化规律,从交通流量、速度、密度等多个指标入手探讨周边道路运行状况在不同施工阶段受影响的机制,再结合实际工程案例提出像优化施工组织方案、实行交通分流、强化交通诱导与信息发布等科学合理的交通管控措施,从而减少施工给道路运行秩序带来的负面效应,提高通行效率和交通安全水平。

[关键词]路桥工程施工;交通流特性;交通影响分析;管控措施;交通优化

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17214

中图分类号: U418

文献标识码: A

Analysis of the Impact of Road and Bridge Construction on Traffic Flow and Control Measures

TONG Mengyuan

Communications Construction Branch of Hebei Provincial Communications Planning, Design and Research Institute Co., Ltd.,
Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: During the construction of road and bridge projects, the characteristics of traffic flow are significantly disrupted, resulting in reduced traffic capacity, increased delay time, and frequent traffic congestion. It is necessary to deeply analyze the changes in traffic flow in the construction area, and explore the mechanisms by which the operation of surrounding roads is affected at different stages of construction from multiple indicators such as traffic flow, speed, and density. Based on actual engineering cases, scientific and reasonable traffic control measures such as optimizing construction organization plans, implementing traffic diversion, strengthening traffic guidance and information release should be proposed to reduce the negative effects of construction on road operation order, improve traffic efficiency and safety level.

Keywords: road and bridge engineering construction; traffic flow characteristics; traffic impact analysis; control measures; traffic optimization

引言

城市化进程加快且交通基础设施建设需求不断增长,这使得路桥工程施工在城市道路系统里成为常态,但施工时道路通行能力降低、交通流组织混乱、拥堵和安全事故频发等问题愈发凸显,市民出行体验和城市运行效率受到严重影响,要缓解施工的不利影响关键在于科学有效的交通影响分析与管控措施,深入探究施工对交通流变化特性能给后续交通管理决策提供理论依据和实践指导,使交通运行有序畅通。

1 路桥工程施工对交通流特性的影响机理

路桥工程施工深刻影响着交通流特性并与道路运行效率、交通安全水平直接相关,深入分析其影响机理有助于科学制定有效的交通管理措施。

1.1 通行能力的阶段性下降

在路桥施工过程中,道路可用断面显著减少,导致通行能力呈阶段性下降。施工期间出现的封闭区域、车道变窄、转向受限等情况直接压缩了可通行空间,使单位时间内通过车辆的数量减少。尤其在交通高峰期,交通流需求往往远超剩余通行能力,极易形成排队拥堵与瓶颈效应。

不同施工阶段对通行能力的影响程度存在差异。前期阶段主要受围挡设置与交通导行调整影响,通行效率骤降;中期阶段则因施工区域内车道容量持续下降,交通运行效

率受限;后期阶段在进行施工清理、设备撤场等作业时,交通波动性增强,短时间内可能出现新的干扰。

1.2 交通流速与延误时间变化

施工影响交通,交通流速普遍下降,车辆运行状态从自由流动慢慢变成受阻流动,由于车道宽度变窄、路面条件变差、交通组织改变,驾驶员减速、停车等待、频繁变道等行为变多,整体流速就降低了,施工区段前方容易交通排队,尾部延伸恢复时间长,很容易拥堵,平均通行延误时间显著增加,多路段多方向施工重叠时,延误更严重,而延误既影响车辆运行效率,又可能驾驶员焦躁情绪带来交通安全风险。

1.3 交通流密度与安全风险提升

路桥施工区内交通流密度显著增大且车距普遍变小,导致车辆运行的安全裕度随之降低,高密度交通流时驾驶员操作空间受限,使紧急制动、跟车距离不足这类安全隐患增多,施工区域道路标线不清、交通标志有欠缺或者信息诱导不及时进一步加重了交通安全风险,而且施工机械频繁出入、施工人员与交通流交错等因素让行车环境更复杂,致使事故概率大幅上升,由于具有高密度和高风险这两个特性,施工期间就得加强交通安全管理和风险防控措施以保证施工区段交通运行安全有序。

系统分析通行能力、交通流速与延误、交通密度与安

全风险等方面,从而使后续交通影响评估与管控措施制定有科学依据。

2 施工阶段交通流变化规律分析

路桥工程施工一般分好些个阶段,且交通流特性受每个阶段的影响程度不同,深入探究各阶段交通流的变化规律,能助力针对性交通管控措施的科学制定。

2.1 前期准备阶段变化特征

前期准备阶段,围挡搭建、交通导行设施布设、交通标志设置等是主要施工活动,这一阶段对交通流直接干扰不大,但施工区域空间布局初步改变,交通流向、通行路径、车道数量可能局部调整,部分路段交通压力会骤增,而且新交通组织让部分驾驶员不熟悉,他们短时间内适应性混乱,车速不稳定、变道频繁、短时交通拥堵,施工准备时大型机械设备进出、运输车辆短暂停留,也让局部交通流波动加剧,此阶段是驾驶员认知与行为调整的过渡期,交通管理部门要加强信息发布与诱导,多渠道如广播、电子显示屏、导航系统及时通告施工动态,提前引导交通流合理分布,减少突发性拥堵和交通事故风险。

2.2 施工阶段流量变化

进入施工阶段,道路核心区域开展主要施工活动,施工范围广且持续时间长,道路通行能力遭受最大冲击,可用车道数量大幅减少,部分路段甚至完全封闭,在施工区域限制下交通流量急剧下降,交通运行状态从常态流变为拥堵流,高峰期交通需求和有限通行能力矛盾突出,队列长度、车辆延误时间不断增加,这一阶段排队现象常延伸到施工区外,影响范围扩展至周边道路网,引发区域性交通拥堵,与此交通冲突点变多,变道、加减速频繁,交通运行安全风险也同步上升。

2.3 收尾恢复阶段流动特点

施工进入收尾恢复阶段后,施工设备会逐步撤去且封闭的车道也逐步开放,道路通行能力开始恢复,交通流从拥堵慢慢向正常恢复,不过短时间内流速波动大、排队慢慢消散等现象还会存在,部分驾驶员不熟悉道路新布局易错误操作产生交通冲突,而且施工区域留下的临时设施、模糊的标线或者路面损伤等可能还会影响交通流,这一阶段管理重点是加强交通诱导和安全提示、清晰划设交通标线、恢复交通标志标识,让交通流平稳过渡到常态运行水平。深入分析施工不同阶段交通流的变化规律,就能为交通组织优化、施工安排调整以及应急管理预案制定提供科学支撑。

3 路桥施工对周边道路运行效能的影响评估

路桥工程施工的影响不单单局限于施工路段自身,还会使周边道路运行效能受其连锁反应影响,科学评估这些影响对优化区域交通组织、提高道路运行效率相当重要。

3.1 路网通行能力变化评估

施工期间施工路段通行能力明显降低,周边道路就得承担分流交通压力这是不可避免的,交通流在空间重新分布时周边路网通行能力就动态变化了,部分替代路线交通量猛增使得原有运行裕度很快被消耗光,结果这些路段通

行能力快饱和甚至超负荷运行,这是一方面情况;另一方面交通流向一变新的交通瓶颈点就出现了,有些交叉口、匝道或者支路承载能力不够,通行效率大大降低,若对车流量、车速、通行时间等多维数据进行动态监测分析,施工对路网通行能力阶段性影响特征就能准确量化,给后续交通疏导和管理优化提供参考依据。

3.2 行程时间与延误水平评估

周边道路用户的出行体验被路桥施工直接影响,主要体现在行程时间延长、延误水平上升两方面,施工时因通行能力降低、交通流调整、排队拥堵导致通行时间普遍增加,高峰时段更明显,实际调研数据表明施工区域周边主要道路早晚高峰行程时间能延长30%~70%,部分关键节点平均车速降到20公里/小时以下。同时,动态交通流控制、信号配时调整及施工交通管控措施导致延误水平波动频繁,出行时间更具不确定性。采用行程时间调查、浮动车数据采集及延误建模等方法,能够客观评估不同道路路段和时段的延误情况,为交通信号优化与出行信息发布提供数据支撑。

3.3 路段交通安全风险评估

施工期间周边道路交通安全形势面临更大挑战,车流量突然增加使得交叉口、转弯道、合流区等位置交通冲突点增多,事故风险明显上升,而且施工引发交通拥堵时部分驾驶员会有急加速、抢行、违规变道等不良驾驶行为,增加追尾、侧碰等事故发生概率,统计显示部分施工影响区域交通事故率较施工前上升20%~50%,轻微刮擦和追尾事故增加显著,综合分析事故数据、交通流特性和道路环境变化等因素能识别交通安全风险高发点,进而提出像设置临时减速带、加强警示标志、增加交通诱导人员等针对性风险防控措施以有效降低施工期间事故发生率。

对周边道路运行效能受施工影响进行综合评估,这利于制定更为科学合理的交通疏导和安全保障方案以最大程度减轻施工给城市交通系统造成的不利影响。

4 施工期间交通流优化与管控策略

为有效缓解路桥施工对交通运行秩序和通行效率带来的负面影响,必须制定科学、系统且具有前瞻性的交通流优化与综合管控策略。新形势下,交通管控应注重多维数据融合、技术平台支撑与协同响应机制建设,实施更为精细化、智能化的管理手段,以实现施工扰动的主动调控和动态适应。

4.1 基于施工影响评估的精准组织策略

施工组织优化应以交通影响评估为基础,通过仿真建模与动态预测合理安排施工时段与施工工序。利用交通仿真软件(如VISSIM、TransModeler)模拟不同施工阶段的交通流演化趋势,有助于提前发现潜在瓶颈点,优化施工排布与围挡设置。在空间组织方面,应探索模块化、预制化作业技术,减少现场施工时间与扰动程度;在时间安排上,推行“非高峰+快速作业窗口”施工方式,避免高峰期作业冲击主干交通流。同时,设立施工期阶段性评估机制,根据实际运行数据动态调整施工组织方案。

4.2 构建智能化交通分流与诱导体系

传统的静态交通分流已难以适应快速变化的交通环境,需构建“多源感知—智能决策—精准诱导”一体化交通分流体系。首先,应基于大数据平台实时监测区域路网流量、速度、饱和度等关键指标,识别可能发生拥堵的热点区域;其次,依托 GIS 与交通仿真技术,智能规划可行的分流路径与过载疏解策略;最后,通过可变信息板(VMS)、车载导航、App 推送、短消息等渠道向驾驶员精准推送绕行建议和通行方案,实现个性化、实时性诱导,避免交通流集中向施工点汇聚。

4.3 引入自适应信号控制与区域协同调度

施工区域及其周边道路的交通信号系统应具备动态响应能力。传统固定周期信号配时方案已难以应对交通波动,应采用自适应信号控制系统(如 SCOOT、SCATS 或国产 SCMIS 等),基于流量检测与延误反馈动态优化信号时长与相序。此外,在施工影响范围较广的情形下,应通过区域交通协同控制平台联动多个关键节点,实现跨交叉口的绿波协调,缓解分流路线的二次拥堵。必要时,可采用“潮汐车道”与“智能限流”手段提升路网通行效率。

4.4 强化“人-机-系统”一体化交通管理机制

在施工管理过程中,交通运行的稳定性还需依靠“人-机-系统”的高效协同。一方面,要加强现场交通秩序维护,配备受过培训的交通管理人员、应急处置小组,并在交通冲突点设置便携式监控、预警系统;另一方面,应构建以云平台为核心的智能监控系统,集成摄像头、地磁、雷达等设备,实现交通流状态的高频采集与异常识别;此外,建立施工交通应急响应机制,与公安、城管、公交等部门建立联动通道,实现快速信息共享与统一处置。

5 实际案例分析与综合对策建议

真实路桥施工项目交通影响实例分析能让我们更直观地知晓不同管理措施的实施效果从而给往后类似工程提供科学有效的交通管控与优化建议。

5.1 案例背景与交通现状

就拿北京市西三环莲花桥立交桥加固工程来说,这一工程处在北京市重要交通干道西三环主路,每天的交通流量平均超过 15 万辆次,在施工之前,莲花桥这个路段是区域交通的关键枢纽,肩负着连接南北方向主要通行的重任,施工的时候为了保证施工安全,项目对双向车道实行了部分封闭,这使得通行的车道数量从原来的六个减少到了四个,周围的丽泽桥、广安门桥等道路也跟着面临巨大的分流压力,刚施工的时候,早晚高峰拥堵严重,排队长度不断增长,通行时间大大延长,交通运行效率和通行安全都受到了极大影响。

5.2 管控措施与实施效果

北京市交通管理部门和施工单位联合起来,针对施工带来的交通影响制定了一系列管控措施,施工前期,多渠道提前发布施工信息,包括广播、网络平台、手机导航 APP 等,引导市民选公共交通或者避开施工区域出行,并且交通导向标志和临时车道指引设置得很科学,保证了

车辆按新交通组织路线顺畅通行,还增设临时信号灯、优化路口信号配时,有效提高了关键节点通行能力,在重要交叉口和易拥堵路段,高峰时段安排专职交通疏导人员现场指挥,施工期间,利用智能交通监控系统对交通管理措施进行实时调度和调整,在多维度管控下,莲花桥施工区域交通流运行状况越来越好,平均通行延误下降大概 30%,事故发生率跟施工初期比降低近 40%。

5.3 综合对策与经验总结

从该项目实施经验来看,“提前预判、科学组织、动态调整”这三大核心原则对路桥施工交通管控的有效性至关重要,施工前期要开展详尽的交通影响评估、模拟不同施工阶段对周边交通的具体影响并制定多套应急预案,要强化多部门协同联动机制,施工单位、交通管理部门和交警部门实时沟通以共同应对突发交通状况,交通诱导和信息发布渠道应多样化,覆盖广播、电视、网络和导航软件等,以便公众能及时了解施工动态,要重视施工期间的动态交通管理,依据实际交通流的变化灵活调整交通管控措施,做到“有堵必疏,有需必调”,不可忽视施工区段的交通安全保障,多布设警示标志、设置好物理隔离设施以避免交通事故发生,若综合对策有效实施,施工期间交通拥堵能得到缓解,区域道路交通系统的韧性和应对突发状况的能力也能得到提升。

分析真实案例并总结综合策略,今后类似路桥工程施工就有了交通管理与优化的切实可行参考,从而使施工期间道路运行效能和交通安全水平能有效提升。

6 结语

路桥工程施工在多方面影响着交通流特性、道路运行效能和交通安全,深入分析施工各阶段交通流变化规律并结合实际案例经验就能总结出科学合理的交通管控与优化对策,有效实施施工组织优化、交通分流引导、动态交通管理等多维措施既能缓解施工期间的交通拥堵和运行风险又能为后续类似工程提供可借鉴的实践经验,以后要进一步加强施工交通影响预测技术的应用并完善智能化交通管理手段,让施工和交通运行协调统一以有力保障城市交通持续畅通。

【参考文献】

- [1]吴永欣.城市路桥工程施工期间交通组织探讨——以李家花园隧道拓宽改造工程为例[J].交通与运输(学术版),2015(1):100-104.
- [2]张增建.路桥交通工程预算造价影响因素分析[J].交通世界,2020(8):171-172.
- [3]刘斌.公路改扩建期间交通流组织优化设计研究[J].福建建材,2021(11):62-64.
- [4]张灵通.信息时代下网络技术在道路桥梁工程中的运用[J].新型工业化,2022,12(7):257-260.
- [5]王宗琦.浅析智能交通在道路桥梁工程中的应用[J].汽车周刊,2025(1):48-49.

作者简介:仝孟园(1993.4—),女,汉族,毕业学校:河北经贸大学,现工作单位:河北省交通规划设计研究院有限公司交建分公司。

基于 BWO-SVM 的地下水水位预测

王颖慧¹ 李佳丽² 刘弋琿¹

1. 河南省地质局地质灾害防治中心, 河南 郑州 450000

2. 安阳市建设工程质量安全和消防技术中心, 河南 安阳 455000

[摘要]地下水是全球水循环的重要组成部分, 为掌握地下水水位动态变化, 文章应用白鲸优化算法 (Beluga Whale Optimization, BWO) 对支持向量机 (Support Vector Machines, SVM) 进行参数优化, 并利用支持向量机 (SVM) 的非线性拟合能力对未来 5 个月的地下水水位变化进行预测。以美国东北部某地下水水位观测井及其周边气象站数据为例, 建立标准 SVM 模型以及 BWO-SVM 模型对地下水水位数据进行拟合并预测, 对比验证了利用 BWO-SVM 模型方法对地下水水位动态变化进行预测的可行性。

[关键词]地下水水位变化; 预测; 白鲸优化算法; 支持向量机

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17239

中图分类号: P641

文献标识码: A

Groundwater Level Prediction Based on BWO-SVM

WANG Yinghui¹, LI Jiali², LIU Yiyue¹

1. The Prevention and Control Center for the Geological Disaster of He'nan Geological Bureau, Zhengzhou, Hen'an, 450000, China

2. Anyang Construction Engineering Quality and Safety and Fire Protection Technology Center, Anyang, He'nan, 455000, China

Abstract: Groundwater is an important component of the global water cycle. In order to understand the dynamic changes of groundwater level, this article applies the Beluga Whale Optimization (BWO) algorithm to optimize the parameters of Support Vector Machines (SVM), and uses the nonlinear fitting ability of SVM to predict the groundwater level changes in the next five months. Taking a groundwater level observation well and its surrounding meteorological station data in the northeastern United States as an example, a standard SVM model and a BWO-SVM model were established to fit and predict groundwater level data. The feasibility of using the BWO-SVM model method to predict dynamic changes in groundwater level was compared and verified.

Keywords: changes in groundwater level; forecast; white whale optimization algorithm; support vector machine

1 概述

作为最大的淡水资源, 地下水资源在水循环中起到了至关重要的作用^[1]。近年来, 随着人口增长和气候环境的变化使得地下水需求量也随之增加^[2], 因此对地下水水资源进行预测有利于进一步对其进行合理调配^[3]。当前研究方法主要包括基于物理的数值模拟和基于数据驱动的机器学习^[4]。物理模型虽概念明确, 却依赖大量难以精确获取的水文地质参数。相比之下, 如人工神经网络^[5]、小波分析^[6]、主成分-时间序列模型^[7]、支持向量机 (Support Vector Machines, SVM) ^[8-10]等机器学习方法则无需物理参数, 已广泛应用于地下水水位预测。

为此, 本文利用白鲸优化算法^[11] (Beluga Whale Optimization, BWO), 利用 BWO 具有求解精度高、收敛速度快的特点^[12-13]优化 SVM 参数, 构建基于 BWO-SVM 的地下水水位预测模型。

2 基于白鲸优化算法优化支持向量机

2.1 支持向量机 (SVM)

假设 $\{(x_1, y_1), \dots, (x_i, y_i)\}$, $(x_i, y_i) \in (R^n \times R)$ 为训练样本。对于地下水监测数据来说, 样本中 y_i 为地下水水位, x_i 为

影响地下水水位的因素, 支持向量机需要输入训练样本来得到最优的函数关系 $y = f(x)$, 再通过这个函数关系来拟合影响地下水水位的因素和地下水水位之间的关系, 公式为:

$$f(x) = \omega \cdot \varphi(x) + b \quad (1)$$

式中: $\varphi(x)$ 为非线性映射, ω 为权向量, b 为偏差。

根据结构风险最小化原理, 上述函数回归问题等价于最小化代价泛函:

$$\min_{\omega, b, \xi, \xi^*} \frac{1}{2} \|\omega\|^2 + C \sum_{i=1}^N (\xi_i + \xi_i^*) \quad (2)$$

$$\text{s.t.} \quad \begin{aligned} \omega^T \varphi(x_i) + b - y_i &\leq \varepsilon + \xi_i \\ y_i - \omega^T \varphi(x_i) - b &\leq \varepsilon + \xi_i^* \end{aligned} \quad i = 1, \dots, N \quad (3)$$

式中: C 为惩罚参数, $C > 0$; ξ 、 ξ^* 为松弛变量, $\xi, \xi^* \geq 0$ 。

用拉格朗日求解, 得到非线性模型:

$$f(x) = \sum_{i=1}^N (-\alpha_i + \alpha_i^*) k(x_i, x_j) + b \quad (4)$$

式中: α_i 、 α_i^* 为 Lagrange 算子; $k(x_i, x_j)$ 为核函数, 这里采用 RBF 核函数:

$$k(x_i, x_j) = \exp\left(-\frac{\|x_i - x_j\|^2}{2\sigma^2}\right) \quad (5)$$

2.2 白鲸算法 (BWO)

白鲸算法 (BWO) 是一种元启发式优化算法, 通过模拟白鲸群体的游泳行为、捕食行为、鲸落等行为进行目标优化。该算法具有设计简单、需要调节的参数少且收敛速度快等优点, 通过多个基准函数测试且已经在许多领域得到了应用。本文采用白鲸算法对支持向量机的惩罚系数 C 和核函数参数 σ 进行寻优并建立模型:

$$X = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} \\ x_{2,1} & x_{2,2} \\ \dots & \dots \\ x_{n,1} & x_{n,2} \end{bmatrix} \quad (6)$$

式中: x 为白鲸种群; n 为白鲸种群内个体的个数; 每个白鲸个体都代表一组 C 和 σ , 变量维度为 2, $x_{n,1}$ 为第 n 个白鲸所储存的 C 值, $x_{n,2}$ 为第 n 个白鲸所储存的 σ 值。

白鲸种群将进行游泳行为和捕食行为, 其中游泳行为所代表的阶段为勘探阶段, 捕食行为所代表的阶段为开发阶段。白鲸种群选择何种行为取决于平衡因子 B_f , 当 $B_f > 0.5$ 时白鲸种群进入勘探阶段, 当 $B_f < 0.5$ 时白鲸种群进入开发阶段。平衡因子 B_f 计算公式为:

$$B_f = B_0 \left(1 - \frac{T}{T_{\max}}\right) \quad (7)$$

式中: B_f 为平衡因子; B_0 为 (0, 1) 范围内的随机数; T 为迭代次数; $T_{\max}$ 为最大迭代次数。

当白鲸种群进行游泳行为即进入勘探阶段时, 两条白鲸会进行成对游泳, 位置变换公式如下:

$$\begin{cases} X_{i,j}^{T+1} = X_{i,P_j}^T + (X_{r,P_1}^T - X_{r,P_2}^T)(1 + r_1)\sin(2\pi r_2), j = \text{偶数} \\ X_{i,j}^{T+1} = X_{i,P_j}^T + (X_{r,P_1}^T - X_{r,P_2}^T)(1 + r_1)\cos(2\pi r_2), j = \text{奇数} \end{cases} \quad (8)$$

式中: $X_{i,j}^{T+1}$ 为第 i 个白鲸在 j 维上的新位置 (维度为 2); X_{i,P_j}^T 为 (0, 1) 范围内的随机数; T 为迭代次数; $T_{\max}$ 为最大迭代次数。

当白鲸种群进行捕食行为即进入开发阶段时, 白鲸会通过共享位置来进行合作捕食。在此阶段引入 Levy 游走策略来增强算法收敛性, 位置变换公式如下:

$$X_i^{T+1} = r_3 X_{\text{best}}^T - r_4 X_i^T + C_1 \cdot L_F(X_r^T - X_i^T) \quad (9)$$

式中: X_i^T 为第 i 个白鲸的当前位置; X_r^{T+1} 为第 i 个白鲸的更新位置; 在 X_r^T 为随机白鲸的当前位置; X_r^{T+1} 为该随机白鲸的更新位置; T 为迭代次数; r_3 、 r_4 为 (0, 1) 范围内的随机数; C_1 为用于衡量 Levy 游走强度的随机跳跃度, 公式为:

$$C_1 = 2 \cdot r_4 \cdot (1 - T/T_{\max}) \quad (10)$$

L_F 为 Levy 游走函数, 公式为:

$$L_F = 0.05 \cdot \frac{u \cdot \sigma}{|v|^{1/\beta}} \quad (11)$$

$$\sigma = \left(\frac{\Gamma(1+\beta) \cdot \sin(\pi\beta/2)}{\Gamma((1+\beta)/2) \cdot \beta \cdot 2^{(\beta-1)/2}} \right)^{1/\beta} \quad (12)$$

式中: β 为值为 1.5 的常数; u 、 v 为服从正态分布的随机数。

白鲸死去后沉入海底的现象为鲸落现象, 判断是否有鲸落现象用如下公式:

$$W_f = 0.1 - 0.05T/T_{\max} \quad (13)$$

式中: w_f 为白鲸鲸落概率, 随迭代次数增加而降低, 初始值为 0.1。

当白鲸种群有个体鲸落时, 种群感受到威胁会进行位置变换, 位置变换公式如下:

$$X_i^{T+1} = r_5 X_i^T - r_6 X_r^T + r_7 X_{\text{step}} \quad (14)$$

$$X_{\text{step}} = (u_b - l_b) \exp(-C_2 T/T_{\max}) \quad (15)$$

式中: X_{step} 为鲸落步长; r_5 、 r_6 、 r_7 为 (0, 1) 范围内的随机数; u_b 为变量上限; l_b 为变量下限; C_2 为阶跃因子, 与白鲸鲸落概率和种群内个体个数相关, 公式为:

$$C_2 = 2W_f \cdot n \quad (16)$$

2.3 BWO-SVM 组合模型建模步骤

本文的组合模型通过输入数据进行训练, 通过白鲸优化算法进行惩罚系数 C 和核函数参数 σ 这两个支持向量机参数寻优, 得到最优参数后再利用支持向量机进行计算, 并最终输出其预测结果。图 1 为组合模型建模流程图。

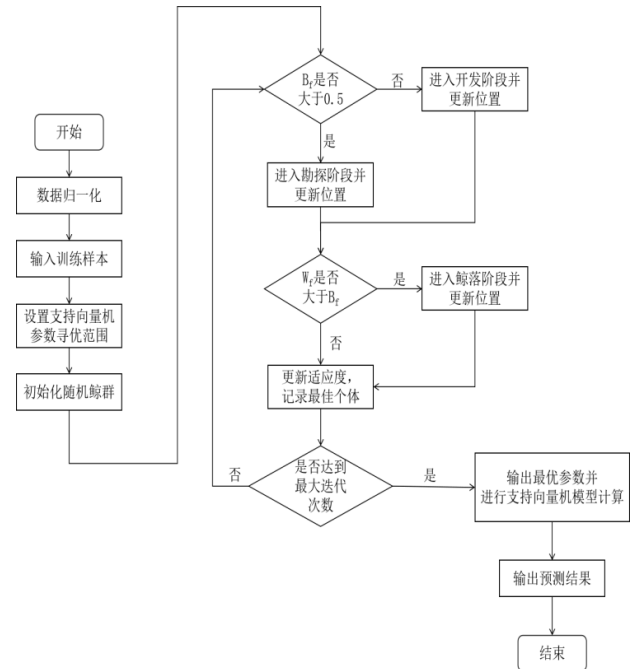


图 1 BWO-SVM 组合模型建模流程图

3 工程实例

本文选择美国东北部并深为 204.83m 的 394037075191501 号地下水水位观测井 (<https://waterdata.usgs.gov/nwis/gw>) 2020 年 1 月至 2024 年 4 月的月平均地下水水位观测数据, 选择该水位监测井周边的 PA_Avondale_2_N 气象站点 (<https://www.ncdc.noaa.gov/cm/qcdatasets.html>) 的月平均气温、月降水总量、月平均太阳辐射、月平均地表温度建立 BWO-SVM 模型。去除掉噪点数据后共得到 2020 年 1 月至 2024 年 4 月的 48 组数据, 选取前 43 组用于拟合, 后 5 组用于预测。

表 1 观测站位置

站点	经度	纬度
394037075191501	75.32° E	39.68° N
PA_Avondale_2_N	75.79° E	39.86° N

输入模型的参变量共 6 个: $\theta - \theta_0$ 、 $\ln \theta - \ln \theta_0$ 、 T 、 P 、 SR 、 GT 。其中: θ_0 为第一个监测日到始测日的天数除以 100, 本次 θ_0 取值为 0; θ 为第一个监测日到始测日的天数除以 100; T 为月平均气温; P 为月降水总量; SR 为月平均太阳辐射; GT 为月平均地表温度。

对训练样本进行标准化, 公式如下:

$$X' = 0.8 \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} + 0.1 \quad (17)$$

式中: $X_{\min}$ 为每组样本数据的最小值; $X_{\max}$ 为每组样本数据最大值。

白鲸个体数量取 60, 最大迭代次数取 150, 计算得到 SVM 的最佳参数值 $C = 81.5589$ 、 $\sigma^2 = 7.6618$ 。利用复相关系数评价拟合精度, BWO-SVM 组合模型复相关系数

为 0.9916, 拟合精度高于 SVM 模型的 0.9900, 可以看出 BWO-SVM 组合模型的拟合效果较好。

表 2 模型复相关系数对比表

计算方法	SVM	BWO-SVM
复相关系数	0.9900	0.9916

利用训练好的模型对 5 组数据进行预测, 预测结果如表 3、图 3 所示。

表 3 地下水水位实测值和预测值对比表

日期	地下水水位/m	SVM		BWO-SVM	
		预测值/m	相对误差/%	预测值/m	相对误差/%
2023-11	94.35	91.26	-3.28	91.73	-2.78
2023-12	92.93	91.09	-1.98	91.74	-1.29
2024-1	91.85	91.79	-0.07	92.41	0.61
2024-2	91.14	89.82	-1.45	90.79	-0.37
2024-3	90.78	90.77	-0.01	92.12	1.47
平均值			-1.37		-0.49

本文引入均方误差 (MSE)、平均绝对误差 (MAE)、平均绝对百分比误差 (MAPE) 三个误差指标, 公式如下:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (18)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (19)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \quad (20)$$

式中: y 为实测值; $\hat{y}$ 为模型预测值; n 为样本数。

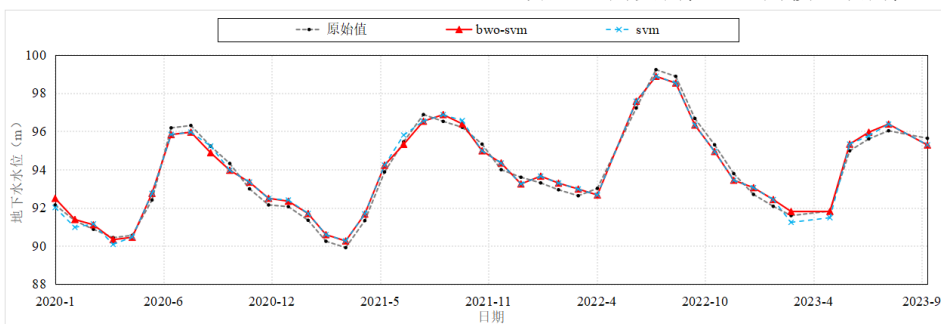


图 2 模型拟合图

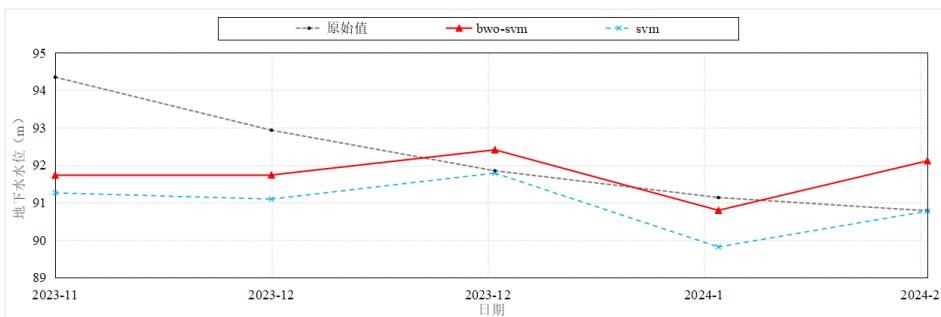


图 3 地下水水位实测值与预测值

表 4 模型误差指标

计算方法	SVM		BWO-SVM	
	拟合	预测	拟合	预测
MSE	0.1107	2.9359	0.1024	2.0997
MAE	0.3240	1.2639	0.3071	1.2101
MAPE	0.0035	0.0136	0.0033	0.0130

由表 4 可以看出 BWO-SVM 模型的拟合、预测的各个误差指标均小于传统 SVM 模型,说明本模型拟合、预测结果较为精确,证明了 BWO-SVM 模型应用于地下水水位预测的可行性。

4 结语

本文建立了支持向量机与白鲸优化算法相结合的地下水水位预测模型,在使用支持向量机的基础上引入白鲸优化算法对支持向量机的参数进行寻优,简化了寻参的过程。在实例中,GWO-SVM 模型与 SVM 模型相比拟合和预测精度较高,证明了其在地下水水位预测的可行性。

参考文献

- [1]SHIKLOMANOV I A,RODDA J C.World Water Resources at the Beginning of the 21st Century[M].Cambridge:Cambridge University Press,2003.
- [2]WADA Y,VANBEEK L,VIVIROLI D,et al.Global monthly water stress:2. Water demand and severity of water stress[J].Water Resources Research,2011(47):68-69.
- [3]陈飞,徐翔宇,羊艳,等.中国地下水资源演变趋势及影响因素分析[J].水科学进展,2020,31(6):811-819.
- [4]王光生,杨建青,于钊,等.地下水动态预测的探讨[J].水文,2013,33(3):25-28.
- [5]JEONG J,PARK E,CHEN H,et al.Estimation of groundwater level based on the robust training of recurrent neural networks using corrupted data[J].Journal of Hydrology,2020(582):124512.

[6]WU C,ZHANG X,WANG W,et al .Groundwater level modeling framework by combining the wavelet transform with a long short-term memory data-driven model[J].Science of the Total Environment,2021(783):146948.

[7]张展羽,梁振华,冯宝平,等.基于主成分-时间序列模型的地下水位预测[J].水科学进展,2017,28(3):415-420.

[8]YOON H,JUN S-C,HYUN Y,et al .A comparative study of artificial neural networks and support vector machines for predicting groundwater levels in a coastal aquifer[J].Journal of Hydrology,2011(396):128-138.

[9]陈海洋,滕彦国,王金生.基于 GA 参数优选的 ε -SVR 地下水位预测方法[J].水资源保护,2011,27(4):15-18.

[10]刘娣,余钟波,吕海深,等.基于 SVM-EnKF 双向数据同化的地下水水位变化预测[J].水文,2023,43(6):58-65.

[11]Changting Z,Gang L,Zeng M.Beluga whale optimization: A novel nature-inspired metaheuristic algorithm[J].Knowledge-Based Systems,2022(251):55-56.

[12]王亚辉,张虎晨,王学兵,等.基于混沌反向学习和水波算法改进的白鲸优化算法 [J]. 计算机应用研究,2024,41(3):729-735.

[13]陈心怡,张孟健,王德光.基于 Fuch 映射的改进白鲸优化算法及应用 [J]. 计算机工程与科学,2024,46(8):1482-1492.

作者简介:王颖慧(1996.1—),毕业院校:河海大学,所学专业:水工结构工程,当前就职单位名称:河南省地质局地质灾害防治中心,职称级别:助理工程师;李佳丽(1996.6—),毕业院校:湖南大学,所学专业:给排水科学与工程,当前就职单位名称:安阳市建设工程质量安全和消防技术中心,职称级别:助理工程师;刘弋琿(1995.5—),毕业院校:中国地质大学(武汉),所学专业:地质工程,当前就职单位名称:河南省地质局地质灾害防治中心,就职单位职务:助理工程师。

基于遥感监测的退化林地更新造林成效动态评估方法研究

王力鹏

阜新市林业发展服务中心, 辽宁 阜新 123000

[摘要]为了有效监测与预警林地退化问题,保障林地生态系统的健康与功能,采用多源遥感数据与地面调查相结合的方法,将目光聚焦在我国中高纬度地区那些典型的林区之上,针对退化林地识别以及更新造林成效的动态评估,对其关键技术体系展开了一番细致的研究。在此过程中,构建起了一套退化林地识别指标体系,该体系把多时相光谱特征、纹理信息还有物候参数融合到了一起。还进一步发展出了一个造林成效量化评估模型,此模型是基于时间序列分解以及趋势检验来开展相关工作的。还对生态恢复过程所呈现出的时空异质性及其背后的驱动机制展开了系统的分析。通过这些研究,为提升林地生态恢复工程在精准管理方面的水平给予了相应的科学依据,并且也为其提供了有力的技术支撑。

[关键词]多源遥感数据;退化林地识别;动态监测;生态恢复力

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17217

中图分类号: S718

文献标识码: A

Research on the Dynamic Evaluation Method of Afforestation Effectiveness in Degraded Forest Land Based on Remote Sensing Monitoring

WANG Lipeng

Fuxin Forestry Development Service Center, Fuxin, Liaoning, 123000, China

Abstract: In order to effectively monitor and warn of forest degradation issues, ensure the health and function of forest ecosystems, a combination of multi-source remote sensing data and ground surveys was adopted, focusing on typical forest areas in China's mid to high latitudes. A detailed study was conducted on the key technical system for identifying degraded forest land and dynamically evaluating the effectiveness of afforestation. During this process, a set of identification indicators for degraded forest land was constructed, which integrates multi temporal spectral features, texture information, and phenological parameters together. A quantitative evaluation model for afforestation effectiveness has been further developed, which is based on time series decomposition and trend testing to carry out related work. A systematic analysis was also conducted on the spatiotemporal heterogeneity and driving mechanisms behind the ecological restoration process. Through these studies, corresponding scientific basis has been provided to improve the level of precise management in forest ecological restoration projects, and strong technical support has also been provided.

Keywords: multi source remote sensing data; identification of degraded forest land; dynamic monitoring; ecological resilience

引言

森林生态系统作为陆地生态系统的重要组成部分,承担着碳汇、水土保持和生物多样性保护等功能。然而,全球气候变化与人类活动导致林地退化问题日益严峻,亟需构建科学化、动态化的监测预警体系。林地退化这一现象正呈现出范围逐渐扩大的趋势,其退化程度也在不断加剧,此种情况已然形成了十分严峻的态势,给区域以及全球的生态平衡带来了持续存在的潜在威胁。当下急需去构建起一套技术体系,该体系要具备科学性、时效性以及可操作性,能够针对林地退化展开动态监测,同时对更新造林的成效予以精准评估,以此达成对退化状态实现早期识别的目标,做到对恢复进程实施实时跟踪,并且能够让管理策略达成动态优化的效果。

1 数据与方法

1.1 多源遥感数据选择与预处理

研究运用了时间跨度涵盖 2023 年至 2025 年的 Landsat9OLI-2、Sentinel-2MSI 以及高分六号卫星所获取的光学影像数据,这些数据出自美国地质调查局 USGS

地球探索者平台、欧洲航天局哥白尼开放访问中心以及中国资源卫星应用中心。所有的影像都经历了严谨的辐射定标处理,把原始的数字量化值转变为有明确物理意义的大气顶层表观反射率,随后运用 FLAASH 模型开展精准的大气校正,有效地消除了气溶胶散射以及水汽吸收等大气干扰因素给地表真实反射率信息还原带来的系统性偏差。对于不同空间分辨率的影像数据,采用了 Gram-Schmidt 光谱锐化方法来实施影像融合处理,成功创建了同时具备高空间分辨率和多光谱信息优势的融合数据集,为后续在精细尺度上开展地物识别与参数反演筑牢了影像数据的基础。尤其值得一提的是 2024 年推出的 Landsat9Level-2 级产品极大地提高了辐射定标的精度。

1.2 退化林地识别指标体系

构建起了一套多维度且多尺度的退化林地识别综合指标体系。在光谱方面,着重对归一化差异植被指数 NDVI、增强型植被指数 EVI 这类对植被光合作用活性以及叶绿素含量变化极为敏感的植被指数展开了重点计

算,而这些指数恰恰能够作为反映植被生长状况出现退化的直接光谱依据。从空间结构维度来讲,针对影像的灰度共生矩阵纹理特征进行了细致挖掘,像同质性、对比度、熵等这些特征,对于树冠结构呈现出破碎化的情况、林下植被覆盖度有所降低等退化表现有着独特的时间刻画能力^[1]。就时间维度而言,全面提取了关键物候参数,比如生长季开始日期 SOS、生长季结束日期 EOS、生长季长度 LOS 还有生长季内最大 NDVI 值等等,物候特征出现的异常偏移情况乃是识别林地生理功能出现衰退的关键时序信号。依据上述所提及的多维特征集合,运用了随机森林这种具备较强鲁棒性并且分类精度颇高的机器学习算法,在 GoogleEarthEngine 云平台成功实现了大范围退化林地的自动识别以及空间制图工作。

1.3 地面验证与样本设计

依照空间分层抽样的原则并力求实现典型退化类型全覆盖,在所划定的研究区域里系统性地设置了 245 个有着明确地理坐标的固定验证样地,且每个样地的面积都严格把控在 30m×30m,以此来与中等分辨率卫星影像的像元尺度相匹配。在 2023 年至 2025 年这连续三个生长季的峰值时段,有序组织开展了一致性的地面详查活动,其调查内容包含了样地当中优势树种的具体组成情况、乔木层的郁闭度状况、灌木层以及草本层的盖度情况、枯落物的实际厚度,还有那些肉眼能够清晰辨别的退化表现,像是林木出现枯梢的情况、病虫害的相关症状、土壤遭受侵蚀的程度等等。与此还借助差分 GPS 设备精准测定出样地中心点的坐标,以此保证地面调查所获取的数据和同一时期经过该区域上空的卫星影像在空间位置方面能够达成亚像元级别的精确匹配,进而为遥感分类得出的结果以及参数反演模型给出的结论提供具备极高可靠性的地面真值验证数据。

2 动态评估模型构建

2.1 造林成效评价框架

确立了以生态恢复力作为核心导向的造林成效综合评价框架。该框架挑选了植被覆盖度 FVC、地上生物量 AGB、叶面积指数 LAI 以及景观连通性指数等关键生态参数当作核心量化指标,这些指标从植被覆盖程度、物质积累能力、光合作用效率以及生境空间格局等方面来综合呈现退化林地经过人工干预之后生态系统结构与功能的恢复状况。在时间方面,创新性地引入了变化检测技术 ChangeDetection,尤其是基于密集时间序列影像的 LandTrendr 算法,此算法可以有效地对时间序列进行分割,检测出造林干预事件发生的具体时间点,并且量化干预前后各个生态参数在短期也就是 1 至 3 年以及中长期即 5 年以上的恢复轨迹与速率,达成恢复成效的动态追踪与量化评定^[2]。同时,该评价框架还注重考虑社会经济因素,如造林成本、当地居民参与度以及政策执行情况等,这些因素虽难以直接通过遥感手段获取,但对于全面评估造林成效同样是至关重要的。为了将这些非遥感因素纳入到评

价体系中,研究团队设计了问卷调查与访谈相结合的地面调查方案,收集造林项目在实施过程中的社会经济数据,进而与遥感监测结果相结合,共同构成造林成效综合评价的数据基础。在遥感监测与地面调查的基础上,生态学、林学、经济学等多领域专家共同参与,从不同角度对造林成效进行深入剖析,确保评价结果的全面性和准确性。通过跨学科合作,不仅可以深化对造林成效的理解,还能为制定科学合理的生态恢复策略提供有力支持。

2.2 多时相数据分析模型

就长时间序列的生态参数数据集展开分析,像年际最大 NDVI 序列这类数据,运用稳健的时序分解办法来细致剖析。使用季节性-趋势分解方法 STL,把原始的时间序列数据拆解成趋势项、季节项以及剩余项这三个部分,清楚地将由造林措施推动的长期恢复趋势信号剥离出来。接着,采用 BFAST 监测方法去检测时间序列里的突变点,这些突变点一般与重要的营林活动或者自然干扰事件相对应。对于提取出来的长期趋势项,运用非参数的 Mann-Kendall 趋势检验法对其变化趋势的统计显著性加以评估,并且计算 Theil-Sen 斜率来量化趋势变化的幅度大小,进而科学地判定造林后生态系统恢复的稳定性以及持续性。

2.3 不确定性分析与精度验证

为了对模型精度以及结果可靠性展开全面评估,系统地推进了不确定性分析相关工作。凭借独立验证样本集,着手构建起混淆矩阵,并且依照此矩阵来计算总体精度 OA、生产者精度 PA、用户精度 UA 以及 Kappa 系数等一系列经典的精度评价指标。着重对分类误差以及参数反演误差在空间分布方面所呈现出的特征展开分析,同时深入探讨误差来源,像是不同传感器之间存在的辐射一致性方面的差异、混合像元所产生的效应、物候期匹配出现的偏差等等,还要考量这些因素有可能给最终评估结论带来的影响^[3]。另外还专门针对空间尺度效应对于结果产生的影响予以评估,也就是在分析评估单元从像元尺度到小班尺度再到景观尺度进行转换之际,去考察评估结论的稳定性以及是否具备可外推的特性。所有的精度评价结果都得借助地面独立验证数据来加以严格的校验。

3 结果与讨论

3.1 退化林地空间分布特征

依据 2025 年最新的识别情况来分析,在研究的这片区域当中,那些呈现出中度及以上的退化程度的林地,其总面积经过估算大约为 1850 平方公里,这一面积大概占到该区域森林总面积的 7.8%,而且这个数据和同期省级林业部门所公布的公报数据基本上是相吻合的。从空间分布的格局方面来看,退化林地所形成的斑块有着十分显著的空间聚集特性,主要集中在区域的西南部低山丘陵地带,还有就是中东部靠近主要交通干线的森林边缘区域,在这些区域往往面临着更为频繁的人为干扰方面的压力,像是择伐、林下采集、旅游活动等情况,或者更容易受到周期

性干旱这类自然胁迫所产生的影响。借助高分辨率影像进行目视解译之后能够进一步发现,退化斑块的内部常常会出现树冠覆盖变得稀疏、林下植被趋于单一化甚至地表出现裸露化等典型的退化景观方面的特征。国家林草局在2024年发布的监测报告显示,和此区域类似的地区,其退化率存在着年均0.3%的波动情况。

3.2 造林成效动态变化规律

对2015年至2025年期间实施更新造林的区域展开动态评估可发现,造林之后生态系统所呈现出的响应有着颇为明显的阶段性特点。在造林完成后的短期响应阶段,也就是造林后1至3年这个时间段里,大概有72.5%的造林地块,其植被覆盖度FVC以及NDVI值都呈现出一种快速上升的积极趋向,平均每年的增长率分别能够达到8.3%和0.05,这无疑反映出在植被重建刚开始的时候,冠层得以迅速恢复的那种良好成效。不过,当进入到长期稳定性评估阶段,也就是造林后5年及以上的这个阶段时,不同地块所取得的成效便开始出现较为显著的分化情况:只有大约58.1%的地块能够保持稳定或者持续朝着更好的方向去改善,而这些地块通常都位于那些立地条件相对不错,并且后期管护措施比较到位的区域,像是补植、抚育、防火防虫等措施执行得力的地方;与此还有大约26.4%的地块则出现了恢复进程停滞不前,甚至指标值还出现回落的迹象,在土壤较为贫瘠、水分条件较差的阳坡中上坡位,以及遭受了后续干扰,比如放牧、火灾等情况的地块,这种表现就显得格外突出。

3.3 驱动因素分析

造林成效的时空分异是由复杂多样的自然因素以及人为因素共同推动形成的。从自然因素层面来讲,年际降水量存在波动情况,尤其是生长季的关键时段,在5月至7月期间出现的干旱事件,经证实是限制造林成效、甚至致使恢复进程发生逆转的关键气候胁迫要素,2023年夏季出现的极端干旱状况使得研究区域西南部大约15%的新造林地幼苗成活率出现了明显下滑的情况;局部地区爆发的松毛虫害同样给部分人工纯林的健康状况带来了极为严重的威胁。就人为因素而言,造林工作完成之后,持续开展管护工作的投入力度以及所采取管理措施的科学合理性显得尤为重要,相关数据表明,那些实施了封山育林并结合定期抚育的地块,其长期恢复稳定性指数相较于仅仅采取简单造林却未跟进管护的地块要高出大概35.7%;与此周边社区活动所带来的干扰强度,像过度放牧、采集非木质林产品等行为,也对新生林分的恢复进程产生了颇为明显的负面作用。

3.4 方法局限性及改进方向

本研究构建起的方法体系虽说具备一定的创新性,然而却存在着一些局限性。当下所依赖的光学遥感数据很容易受到云雨天气的干扰,如此一来便使得在获取关键物候期的高质量影像数据方面出现了缺口,进而对时序分析的

连续性产生了影响。就林下植被恢复状况以及土壤有机质变化等这些属于地下或者微观层面的生态过程而言,现有的遥感技术手段在对其加以表征的时候,其能力依旧有所欠缺。除此之外,该模型在刻画高度异质化的景观当中退化与恢复过程所呈现出的非线性响应以及阈值效应等方面,表现得还比较薄弱^[4]。在未来针对这一情况的改进方向应当着重于:将多平台、多源的数据加以深度融合,比如像激光雷达LiDAR、高光谱还有哨兵雷达数据等等,以此来提升对森林三维结构以及生理生化参数的反演能力;去发展那种能够将过程机理模型耦合起来的模型,像是把生态过程模型和数据驱动模型融合形成的混合评估框架,从而增强对生态系统复杂响应的模拟与预测能力;进一步深化对社会-生态系统耦合的研究,把人为管理决策行为及其背后的社会经济驱动因素更为系统地纳入到评估框架当中。

4 结束语

此次研究构建起一套评估体系,该体系以天地协同为基础,借助多时相分析来对退化林地更新造林成效展开动态评估。通过实证分析,本文得以揭示出造林成效在时空方面的动态规律,同时也将其背后所存在的自然驱动机制以及人为驱动机制都呈现了出来。这一研究成果一方面给科学评估区域生态恢复工程的效果带来了可以实际操作的技术工具,另一方面还为优化造林规划设计以及后期的适应性管理给予了极为关键的决策依据。不过要清楚,森林生态系统的恢复实在是一个相当漫长的过程,并且这个过程还充满了诸多不确定性,它无疑是一个复杂的系统工程。那么针对其成效评估而言,那就必须得秉持着动态的、多维度的以及长期的观点去开展相关工作。在未来,持续不断地推进遥感定量反演技术方面的发展,将多学科的知识加以融合,同时进一步强化长期定位监测网络所起到的支撑作用,这将会是提高退化生态系统恢复成效评估的精度、进一步加深对恢复生态学的认知并且最终能够服务于生态文明建设实践的一条必经之路。

【参考文献】

- [1]王珍香,肖海,全思湘,等.长株潭绿心中央公园核心区林地生态系统碳储量估算与分析[J].测绘通报,2025(5):15-20.
- [2]郑妍,徐增燕.遥感技术在森林资源调查中的运用分析[J].林业科技情报,2024,56(4):92-95.
- [3]余昌财.无人机遥感技术在林地确权调处中的创新应用与探讨[J].农业科技创新,2025(3):57-59.
- [4]王晓红,辛守英,张薇,等.基于主成分分析下贝叶斯优化卷积神经网络模型人工林树种识别的研究[J].森林工程,2025,41(2):298-311.

作者简介:王力鹏(1992.5—),毕业院校:上饶师范学院,所学专业:园林,当前就职单位名称:阜新市林业发展服务中心,就职单位职务:专技十一级。

计量检测中压力表的误差分析与修正技术

张 军

保定市计量测试所, 河北 保定 071000

[摘要]压力表对计量检测起到不可忽视的作用,系统误差、随机误差以及结构误差等属于常见误差,直接关乎测量精度以及设备运行的安全性,经过分析误差出现的物理与环境要素,归集通用的检测及修正举措,诸如静态校准法、动态检测法、软件算法修正法和硬件补偿技术,以实际应用案例为依托,归纳各行业可采用的误差控制方法,为改善压力测量的精准度与稳定性、规范计量检测流程提供了可靠的技术手段和参考范例。

[关键词]压力表; 计量检测; 误差分析; 修正技术; 智能化校准

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17215

中图分类号: TB935

文献标识码: A

Error Analysis and Correction Technology of Pressure Gauge in Measurement and Testing

ZHANG Jun

Baoding Metrology and Testing Institute, Baoding, Hebei, 071000, China

Abstract: Pressure gauges play an indispensable role in measurement and testing. System errors, random errors, and structural errors are common errors that directly affect measurement accuracy and equipment operation safety. After analyzing the physical and environmental factors that cause errors, general detection and correction measures such as static calibration, dynamic detection, software algorithm correction, and hardware compensation techniques are collected. Based on practical application cases, error control methods that can be adopted in various industries are summarized, providing reliable technical means and reference examples for improving the accuracy and stability of pressure measurement and standardizing the measurement and testing process.

Keywords: pressure gauge; measurement and testing; error analysis; correction technology; intelligent calibration

引言

作为工业领域惯用的测量仪表,普遍应用于生产过程监督、设备安全运转和能效管理等相关环节,测量的准确性直接与系统稳定性及操作安全相联系,但在实际的应用场景里,受环境的改变、结构设计及操作因素所扰,压力表容易出现各式各样的误差,国内外学者针对误差识别及修正技术开展深入研究,建立起多种理论模型与应用途径,围绕误差类型的分析、检测途径及修正工艺,实施系统性的探讨,推动压力计量水平向上迈进。

1 压力表误差的分类与成因分析

1.1 系统误差

系统误差是因外部环境以及仪表自身稳定特性,在压力表测量过程中产生的可预测的重复性误差。在实际测量环境中温度所导致的影响十分普遍,温度的变动可引起弹性元件膨胀或收缩,造成零点漂移以及灵敏度起变化,由此影响压力值的测量,材料的弹性滞后也是一大影响因素,弹簧管等弹性元件长期投入使用,会出现力学性能衰退,表现为回弹出现延迟、形变有残留,引发输出与实际压力之间出现系统性偏差,零点漂移亦是普遍存在的问题,长时间工作、频繁启动再加上静压加载后,压力表指针难以回归零位处,导致全程测量数据出现了偏移,影响数据解析与系统判识。

1.2 随机误差

随机误差呈现为无法预判、毫无规律的小幅度波动,

一般和人为因素及当下环境的即时变化有关联,读数误差是最直显的体现情形,特别是在采用机械指针的压力表里,观察角度若有偏差便会造成视差,令读数脱离真实值范畴,操作人员实施的不规范动作,诸如施加压力时速率过快、读数时刻没统一等,同样会引入一些误差,特定的工况下,系统出现了较大的瞬时压力波动,诸如泵开启关闭、阀门开启等的瞬态环节,压力表不能马上对全部变化作出响应,记录下来的数据跟实际瞬时压力值出现了偏差。

1.3 固有误差

首当其冲的是传动机构出现磨损,长期运转让压力表内部的齿轮啮合松动、连杆磨损导致指针抖动或回差,引起传动精度降低,引发量程的偏移或是灵敏度的下降,弹簧管设计出现不合理现象,若形状弯曲半径设计过小,抑或管壁厚度不均一,会引起弹性元件线性度不够,由此影响到整体的测量精度,若压力表安装位置未达水平要求,或者其所处环境存在诸如强振动、磁场干扰等外部状况,也会对仪表内部传动结构形成影响,由此产生结构性误差,通常要采用检修或更换硬件的方法来减小此类误差。

2 误差检测方法与技术手段

2.1 静态校准方法

压力表检测常用的方法就是静态校准,一般于标准实验室环境中开展,采用标准器示值与被检压力表示值直接比较的方法,审视其指示误差情形,经由设定多个标准压

力点完成多点校验,可全面知悉压力表于整个量程区间的性能表现,诸如线性度状况、灵敏度状况与重复性误差。在检测活动开展阶段,按点依次施加压力,记录压力表指针读数以及数显读数,继而跟标准标准器示值进行对比,整理出误差数据表,接着采用校准数据开展曲线研判,把测量误差点拟合成函数曲线,借此判断误差分布的走势,为误差的修正给出依据,该方法适用于要周期性检定和初次投入使用的压力表,可助力维持仪器长久稳定性与测量可靠性。

2.2 动态检测方法

虽说静态校准可反映基本测量特性,但无法对压力表在实际运行里面临的快速变化与复杂波动进行模拟,动态检测方法渐受重视,依托实时监测及记录系统,可对压力表于实际工况下的输出数据进行持续采集,跟标准传感器信号进行对照分析,检验其在波动压力情形里的响应能力与误差数值。压力响应测试采用施加特定频率及幅值的变化压力方式,留意仪表反应所呈现的滞后、振荡或过冲现象,以此评定其动态性能,采纳时间域误差分析相关技术,从时间分布方面审视压力变化过程和仪表响应存在的差异,分辨短时干扰与响应滞后的误差特性表现,该类方法常应用于高频动态系统,也用于对响应速度要求较高的场景,就如液压系统和燃气管网监测工作里。

2.3 实验室环境控制技术

为提升误差检测的精准度与稳定性,良好把控实验室环境是误差检测的基础保障,显著影响压力表结构材料与弹性元件性能的是温湿度的变化,误差检测的重要前提是温湿度调控,在检定室里设置恒温恒湿装置,可有效消除环境变化造成的附加误差。电磁干扰同样是影响检测精准度的关键要素,尤其是针对电子式的压力表,得采取电磁屏蔽相关措施,降低外部电场与磁场的干扰,实验室墙体及检定设备应加装金属屏蔽层,信号线路应具备抗干扰滤波及接地保护功能。诸如地面震动和仪器晃动等机械干扰,也有影响测量稳定性的可能,应采用防震台加上软连接装置,要让仪表安装牢固且达到水平要求。

3 压力表误差修正技术研究

3.1 软件修正算法

伴随测量技术数字化不断发展,应用于误差修正的软件算法愈发普遍,成为提升压力表精准度的关键方法之一,最常见的方法里有多项式拟合修正,收集校准环节里的误差数据,借助最小二乘法拟合出误差变动的数学模型,后续测量之际用该模型对原始数据实施修正,有效提升测量的准确水平。除了采用传统拟合方法以外,基于人工智能的神经网络模型应用呈渐增趋势,神经网络可借助学习大量的历史误差数据,自主抓取影响因素之间的非线性关联,实现高复杂度误差特征的自适应修正补偿,能应用在动态变化工况的精密测量里。实时测量过程采用了数据插值与滤波处理技术,借助移动平均、卡尔曼滤波等算法消除高

频杂音与即刻起伏,实现输出曲线的稳定,增进压力值的平滑效果与可靠度,软件修正算法的灵活性十分显著,可迅速适应不同类别的压力表与多变的测量环境,成为数字压力表的主要功能模块。

3.2 硬件补偿技术

除软件方法这一途径外,硬件层面的补偿设计,对增强压力表稳定性及精度同样有关键意义,自动调零电路设计可成功解决零点漂移问题,在仪表启动以及周期性运行进程里自动调整基准电位,保证零点始终处于无误的位置,提高长期工作的稳定性。就温度影响引发的误差情形,多采用温度补偿部件,诸如热敏电阻、热电偶之类,实时监测温度的动态变化并与压力信号相联动,维持不同温度条件下压力读数的一致性,压力传感器模块集成技术渐入成熟阶段,把高精度压力传感器、温度补偿芯片以及信号处理单元封装成整体,合成智能模块,拥有诸如自校准、自诊断的功能,大幅增强系统整体的抗干扰与修正本领。

3.3 修正技术应用案例

已有多个行业实际应用了误差修正技术,也取得了良好成效,就化工领域而言,压力表可对高温高压环境中的反应釜及管道系统开展监测工作,以软件拟合修正与温度补偿模块结合之法,有效化解腐蚀、热膨胀等引发的测量方面误差,守护生产安全以及产品质量。航空测试系统对压力测量精度的要求高到极致,某型号飞机发动机测试平台引入了动态滤波技术以及神经网络算法,达成对细微压力波动的高敏感度捕捉与精准校正,增进了飞行器动力系统测试的准确水平,在工业锅炉压力的监控事宜里,由于运行环境错综、振动剧烈,传统压力表误差大得明显,借助将压力传感器与抗震支架集成、引入具备自动调零功能的数字表头,极大增强了监测系统可靠性及响应速度。实际计量检测中,带有自动调零功能的数字压力表也已经广泛应用,自动调零功能通过智能化补偿机制,解决了传统压力表在零点稳定性、操作效率和环境适应性上的痛点,特别适合高精度、高频次或复杂环境下的计量检测需求。这一技术不仅提升了数据的可信度,还为数字化、自动化检测系统提供了基础支持。

4 压力表计量检定规范与标准要求

4.1 国家与行业相关标准

为保障压力表在工业使用时测量的一致性及可靠性,行业和国家颁布了多项技术标准及检定规程,作为当下应用最普遍的国家计量技术规范,《JJG 52—2013〈一般压力表、压力真空表、真空表〉检定规程》规定了压力表检定周期、检定条件、误差允许范围以及相应处理方式,可对制造、使用以及维修各阶段实施技术控制。该标准针对压力表按最大允许误差划分精度等级,如0.4级、1.0级、1.6级、2.5级等,且详细说明了不同等级的压力表的适用场景以及检定要求。行业标准和地方规范对特殊工况里的

压力表有更细致要求,诸如高温高压、易燃易爆等情况下,应保证压力测量的安全及适应特性。

4.2 检定流程规范

压力表计量检定应严格按照按标检定规程进行,由设备筹备到误差核定,各步骤都要严格落实操作规范,在设备准备、预热的阶段,要对压力表的外观、标识以及连接接口的完整性展开检查,保证仪器不存在故障,通电预热直至达到稳定工作状态,检定流程为外观检查、零位误差检定、示值误差检定、回程误差检定、轻敲位移检定以及指针偏转平稳性检查,同时需把各压力点示值与标准压力值进行对比核验,且把所有原始数据依照规定格式写入检定记录,保证数据的真实性、完整性和可追溯性,按照规程所规定的最大允许误差界限,对各测量点结果进行判定,只要任一项超出允许误差,即判定为不合格,同步出具检定的结果证书。

4.3 检定周期与管理制

应综合使用频率、工况复杂程度和测量精度等级,为压力表设置检定周期,正常情形里,一般压力表检定周期一般不超过 6 个月,精密压力表检定周期一般不超过 1 年,若在关键测量点以及恶劣环境下,建议把周期缩短到 3~6 个月,构建完备的历史数据管理体系,对追溯测量性能的变化、发掘潜在故障意义重大。应把每台压力表的检定数据录入计量管理系统,造就完整化的电子档案,涉及校准时间、误差曲线及使用单位等相关信息,伴随信息技术的进步,计量管理正朝着数字化、信息化领域不断拓展,不少单位采用自动提醒、远程数据上传、电子标签识别等相关技术,做到压力表全生命周期的管理。

5 技术挑战与发展方向

5.1 当前技术面临的难点

虽说压力表误差检测及修正技术进展明显,然而在实际运用当中依旧面临不少挑战,微小误差的识别难度极大,尤其是处于高精度场景当中,微小误差或许会引发控制系统响应失常,对安全性与产品质量产生消极后果,动态工况里压力测量也较为繁杂,显著影响数据稳定性的有压力的频繁波动、响应滞后以及干扰信号,传统的静态校准手段无法胜任工作,高精度压力测量往往得借助先进的标准设备,好比高端压力控制器跟高精度传感器,这类设备采购成本不菲,维护要求苛刻,对中小企业应用普及形成制约。

5.2 技术创新趋势

为处理上述相关难题,现今压力测量技术正朝着智能化与系统化方向推进,智能计量系统借助集成高性能传感

器、嵌入式处理器及通信模块,做到压力数据的实时采集、智能修订与远程监控,大幅增进测量的效率及可靠性,多参数联动的修正模型同样成了研究焦点,结合温度、湿度、振动等环境因子对压力数据开展动态修正,可极大提高复杂工况下测量精准程度,依托云平台的远程校准技术正蓬勃兴起,利用物联网技术对分布式压力设备开展集中管控、在线检测与远程校准,或许可实现计量工作自动化、数字化的转型。

5.3 后续研究方向建议

后续应进一步改进压力表相关标准体系,尤其要制定针对智能压力表、动态测量场景以及特殊行业应用的相关规范,大力开展多源误差融合模型探究,将统计学、人工智能跟传感技术融合为一体,构筑统一连贯的误差补偿格局,有望突破复杂环境下误差类型繁杂、相互叠加的困局,针对高温、高压、强腐蚀这类极端工作环境,倡导强化特种压力测量技术研发工作,助力新型材料、新结构跟新算法的融合践行,为高端装备制造、安全监测等领域达成更高水平的压力计量保障目标。

6 结束语

作为工业计量里关键仪表的压力表,其误差类型呈现多样性与复杂性,严重状态下将对设备运行安全与产品质量构成影响,凭借静态校准、动态检测以及环境控制等手段,可达成对误差的有效鉴别与评定,把软件修正算法跟硬件补偿技术相融合,可极大提升测量精准水平。检定规程与国家标准为误差管理提供制度后盾,信息化管理推动计量效率逐步提升,智能化、多参数修正与远程校准悄然兴起,标准及极端工况相关研究持续开展,带动计量检测水准提高。

[参考文献]

- [1]伍开宇.机械指针式压力表的智能检测系统研究[D].无锡:江南大学,2022.
- [2]杨凤玲.压力表的计量检测问题和解决措施探究[J].品牌与标准化,2024(3):167-169.
- [3]程波.压力表计量准确性的影响因素与对策分析[J].品牌与标准化,2024(6):240-242.
- [4]宏伟.压力表的计量检定与不确定度评定方式分析[C].广西:广西网络安全和信息化联合会,2025.
- [5]刘明夏.自动化仪表中的计量检测技术分析[J].流体测量与控制,2025,6(1):32-34.

作者简介:张军(1976.8—),男,河北省保定人,汉族,大学专科,工程师,工作单位为保定市计量测试所,从事计量管理工作。

房产测绘在不动产登记中的应用与探索

张昶

定州市不动产登记中心, 河北 保定 073000

[摘要]随着社会经济的持续发展,房地产行业已然迎来了一系列的变革以及不少的机遇。住宅和房地产属于关系到民众基本生活需求的关键领域,所以其发展状况一直受到社会的高度关注。房产测绘是实现不动产统一登记的一项极为重要的技术手段,它所起到的作用以及实际应用情况也日益受到各个方面的重视。基于此,文章围绕房产测绘在不动产统一登记中的具体应用及未来发展前景进行了深入探讨。

[关键词]房产测绘; 不动产登记; 应用与探索

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17229

中图分类号: TU198

文献标识码: A

Application and Exploration on Real Estate Surveying and Mapping in Real Estate Registration

ZHANG Chang

Dingzhou Real Estate Registration Center, Baoding, Hebei, 073000, China

Abstract: With the continuous development of the social economy, the real estate industry has ushered in a series of changes and many opportunities. Residential and real estate are key areas related to the basic living needs of the people, so their development status has always been highly concerned by society. Real estate surveying and mapping is an extremely important technical means to achieve unified registration of real estate, and its role and practical application are increasingly valued by various parties. Based on this, the article explores in depth the specific application and future development prospects of real estate surveying and mapping in the unified registration of real estate.

Keywords: real estate surveying and mapping; real estate registration; application and exploration

引言

随着我国城市化进程的不断加快和土地资源管理需求的日益增强,不动产统一登记作为规范土地和房产权属管理、保障交易安全和促进资源合理配置的重要制度,其建设和完善显得尤为关键。在这一背景下,房产测绘作为不动产登记工作的基础技术手段,不仅承担着精确界定房屋及土地权属范围的重任,更在保障登记数据的准确性、完整性和法律效力方面发挥着不可替代的作用。传统的测绘方法已难以满足现代不动产登记对数据精度、效率和信息化水平的高要求,随着测绘技术的不断创新与数字化转型,包括高精度定位、三维激光扫描、无人机航测及信息系统集成等先进技术的应用,为不动产测绘带来了革命性的变革。本文围绕房产测绘在不动产登记中的应用现状、存在问题及未来发展趋势展开系统探讨,旨在通过对测绘技术与不动产登记实践的深度融合分析,探索提升测绘服务质量和促进登记信息共享的有效路径,为推动我国不动产统一登记制度的科学实施提供理论支持和技术参考。

1 不动产登记中房产测绘的主要内容

房产测绘在不动产登记里,主要内容有对房产权属和文档资料的核查,也有现场控制与要素的精准测量、数据处理与比对分析,还有最终成果的规范化交付。具体来讲,要先做资料准备与权属核验,查看权属证明、历史测绘资

料与规划图纸,明确测量任务与精度等级。现场工作得建立测量控制网,用 GNSS、全站仪、激光扫描、室内测量以及无人机摄影测量等办法获取建筑物外廓、界址线、附属构筑物、房屋分间和平面布置等空间要素,依据需求采集高程、竖向分层信息来支撑楼层与分层登记。数据处理环节涉及坐标转换、点云滤波与配准、正射纠正、要素提取与矢量化、面积与体积计算以及测量不确定度与误差评估。对比分析是把测绘成果和登记簿、规划批文及历史档案一项项核对,找出并标注面积差异、界址冲突或权属重叠等异常情况,给出处置建议或者辅助界址协商。质量控制贯穿始终,得符合国家与地方测绘规范,生成带有完整元数据与证据链的技术报告、房屋平面图、界址图与面积清单,并且以可导入登记系统的 GIS/数据库格式(含必要的电子档案与三维模型/BIM 数据)交付使用。

2 房产测绘行业的现存问题

2.1 工作强度很大

在房产测绘行业当中,工作的强度是颇为可观的,其主要呈现出诸如测绘任务量颇为庞大、作业周期显得极为紧张、外业环境较为复杂以及数据处理工作十分繁琐等情况。测绘人员一方面要在有限的时间内完成数量众多的实地测量工作,另一方面还时常会碰到要进行长时间户外作业的情形,特别是在像高温、严寒、降雨或者强风这类恶

劣天气状况下开展外业测量工作的时候,就更是容易致使体力以及精力出现较大幅度的消耗了。与此测绘工作的区域分布范围比较广泛,现场环境有可能涵盖城区里那种高密度的建筑群、乡村中复杂的地形状况以及施工期间并不稳定的场地等,如此一来便使得作业的难度有所增加,而且安全方面的风险也相应提高了^[1]。除了外业作业之外,像大量的内业数据处理工作、坐标转换操作、图件绘制任务以及成果校核环节等等,也都需要耗费较长的时间并且投入高度集中的精力,以此来保证数据能够具备应有的精度以及规范性。这样一种外业与内业相互交替且强度颇高的工作模式,使得测绘人员长时间都处于一种高负荷的运转状态之中。

2.2 存在市场垄断的现象

在房产测绘这一行业当中,存在着市场被垄断的情况,其主要呈现为数量不多且具备资质优势以及资源方面优势的那些大型测绘机构,在项目的招投标环节以及业务承接方面,牢牢占据着主导的地位,进而致使行业出现集中度过高的状况。这些机构通常依靠自身雄厚的资金方面的实力、较为先进的测绘设备、颇为丰富的项目操作经验,再加上和相关部门所维持的较为稳定的合作关系,往往能够在绝大多数业务展开的竞争之中获取到优先的权利,如此一来便使得中小型的测绘企业很难有机会去争取到市场的份额。长期以来,这样的一种垄断的格局,一方面压缩了中小机构赖以存续的空间,另一方面也使得行业内部的资源配置呈现出趋向于固化的态势,使得业务的流动性以及市场的活跃程度都显得颇为不足。除此之外,部分区域因为受到政策方面的影响、资质门槛的限制或者行政审批环节等诸多因素的作用,更是进一步地加剧了市场的集中化程度,形成了业务几乎被固定的某些单位长期所占据的局面,最终导致整个行业在技术创新领域、服务模式方面以及人才培养层面等等方面的发展受到了一定程度的限制。

2.3 房产测量技术不够成熟

由于我国房产测量科技化起步较晚,相关技术尚处于不断发展和完善的阶段,导致在面对复杂商业地产及特殊建筑结构时,测量精度和数据的完整性仍存在一定不足。此外,不动产统一登记信息管理平台在数据处理和集成方面尚不够完善,信息更新的及时性和准确性受到一定影响,制约了测绘成果在实际应用中的发挥。尽管如此,随着测绘仪器设备的不断升级、三维激光扫描、无人机航测等先进技术的广泛应用,以及大数据、人工智能等信息技术的深度融合,房产测绘的技术水平和服务能力将得到显著提升。

2.4 法律法规与标准体系不健全

房产测绘行业在法律法规与标准体系方面仍存在诸多不足,主要表现在相关政策法规的制定滞后,缺乏针对现代测绘技术和不动产登记需求的具体指导和约束,导致

行业规范性和统一性不足。同时,测绘技术标准和质量控制体系尚未完全完善,不同地区和机构在测绘方法、数据格式、精度要求等方面存在差异,影响了测绘成果的可比性和权威性^[2]。此外,测绘成果的法律效力认定和责任追究机制尚不明确,难以有效保障测绘数据的真实性和可靠性,进而影响不动产登记的公信力和司法适用。

3 房产测绘在不动产统一登记中的应用

3.1 法律上的应用

在不动产统一登记体系当中,房产测绘有着把抽象的权属关系转变为可识别且可检验的空间证据这样的关键法律功能,其成果直接决定了权属界址的法律效力以及登记信息的准确性。借助坐标化的界址确定方式、规范化的平面图以及面积计算手段,还有带有完整元数据和测量方法说明的技术报告,测绘为登记簿以及不动产权证提供了可追溯的空间基准,进而于行政审批、抵押登记、交易过户以及司法审查等方面起到证据支撑的作用。在出现权属纠纷以及界址争议的时候,由具备相应资质的测绘机构出具并且加盖了技术签章的测绘成果常常会被法院与仲裁机构当作采信的重要事实依据。与此测绘工作需要严格遵循国家以及地方的测绘规范与精度标准,测绘人员对于测量结果要承担法定责任,如此既能确保登记信息的法律可信度,又能为第三方交易安全以及土地市场秩序给予保障。随着三维登记以及 BIM、GIS 技术的引入,测绘还能够把建筑物的竖向层次、附属权利(例如地役权、地下空间使用权)等等以法律可识别的三维要素纳入到登记当中,推动权利表述从文字化朝着空间化、结构化转变,从而在法律适用、行政监管以及司法执行等方面达成更高的精确性与可操作性。

3.2 财政经济上的应用

房产测绘于不动产统一登记里有着极为广泛的财政经济应用,其基础性也很强。精确的地籍以及房屋平面数据形成了财税征管的空间根基,能为房地产税、契税、土地增值税等税基核定给出客观的面积与界址依据,这直接对税款计算的公正性产生影响。准确的测绘成果还能够为市场价值评估、抵押物估值以及按揭贷款审批提供可靠的空间与面积数据,如此便能降低金融机构的信用风险,推动不动产金融市场的健康发展。测绘生成的标准化且可导入 GIS 的土地与房产数据库能够助力地方政府开展资产负债管理与财政预测,方便进行统计口径一致的资产清查与盘活存量资产,像国有房产、地下空间这类资产。它还能对土地出让、城市更新以及基础设施融资给予科学的价值参考^[3]。通过和税务、登记、规划与国土资源等部门数据实现互通,测绘数据可提升税收征管效率,压缩逃漏税空间,优化财政收入分配机制,而且能为土地增值收益分配、征收补偿标准化以及公共服务供给的财政可持续性提供技术方面的支撑。

3.3 在社会服务上的应用

房产测绘在不动产统一登记方面的社会服务应用,充分彰显了测绘技术给公共管理以及社会治理带来的重大影响。其一,精确的测绘数据能够为城市规划、土地利用以及基础设施建设给予科学依据,助力政府合理安排公共资源并优化空间结构,进而提升城市功能以及居民生活质量。其二,测绘成果属于公共信息的关键部分,借助公开且透明的登记信息服务于社会公众,达成不动产信息的便捷查询以及权属核实,强化公众对于产权的认知与信任,降低因信息不对称所引发的纠纷与风险。在社会保障方面,测绘数据可辅助保障房、公租房的分配管理以及历史遗留问题的清理,推动住房公平与社会稳定。测绘技术还在灾害应急管理 with 风险评估领域有着广泛的应用,依靠空间数据支撑灾害监测、应急救援路径规划以及受损评估,提高城市应对自然灾害的能力。并且,结合智慧城市建设,测绘数据融入 GIS 平台和大数据系统,为公共服务提供动态更新的空间信息基础,推动社区管理、环境保护以及公共安全的智能化发展。

3.4 在测绘服务上的应用

房产测绘在不动产统一登记里的测绘服务应用,重点在于给登记系统给予专业且技术先进的测绘成果方面的有力支撑。其服务范围包含了房屋以及土地的基础测量还有数据采集工作,同时也涉及测绘数据的处理环节、质量把控方面、成果图件的制作流程以及电子化数据的集成事宜,以此来保证测绘信息具备准确性与一致性。借助像 GNSS 定位、全站仪、激光扫描以及无人机遥感这类先进的测量设备和技术手段,测绘服务可高效地完成复杂地形以及多样建筑形态所涉及的测绘任务。并且,测绘服务提供者得严格遵循国家测绘标准以及不动产登记相关法规,确保测绘成果能够满足法定精度以及规范方面的要求。测绘服务还包含对测绘成果展开空间数据格式的转换操作、数据库的构建工作以及与不动产登记信息系统达成无缝对接,进而实现测绘数据的动态更新以及信息共享,最终为不动产登记、权属确认、交易管理以及规划决策等方面给予稳固的空间数据方面的有力支撑。

4 房产测绘在不动产统一登记中的前景展望

房产测绘在不动产统一登记方面的前景,主要在技术方面不断取得进步、数据能够实现融合以及应用得以进一步深化这三个层面有所体现。随着测绘仪器以及测绘方法持续不断地进行创新,像高精度 GNSS 定位技术、激光三

维扫描技术、无人机航测手段还有人工智能以及大数据分析这些技术得到广泛运用,那么房产测绘所具有的精度、工作效率以及自动化程度将会得到大幅度提升,进而能够为不动产登记给予更为精确、更为完整并且是处于动态之中的空间信息方面的有力支撑^[4]。与此测绘数据会达成和地理信息系统也就是 GIS、建筑信息模型即 BIM、城市三维模型等多种不同来源且结构各异的数据深度融合,推动登记数据朝着三维、四维乃至时空维度的方向去拓展,从而实现对权属关系、使用权利以及空间变化进行全面且细致的表达与有效管理。伴随数字政府以及智慧城市建设不断向前推进,房产测绘所取得的成果将会变得更加开放,也更加易于共享,以此来支持公众参与到相关事务中、对权属纠纷予以调解以及接受社会的监督,进而增强不动产登记所具备的透明程度以及公信力。在未来,要是结合区块链等信息技术加以运用,那么测绘数据所具有的不可篡改特性以及可追溯的属性将进一步确保登记信息的安全性与可信度,推动不动产登记制度朝着规范化以及法制化的方向不断发展。

5 结语

房产测绘属于不动产统一登记当中的基础性技术环节,其能够为权属界址的精准确定以及登记信息的规范管理给予稳固的保障,并且还在法律效力、财政经济以及社会服务等诸多方面起到颇为重要的作用。当下,这个行业在技术水平、市场结构以及工作强度等方面依旧面临着一定的困难与挑战。不过伴随测绘技术持续向前发展,同时信息化手段也得以进一步广泛运用,房产测绘在未来将会在提升不动产登记的精确度与工作效率、促使资源达成合理配置以及推动土地管理走向现代化的进程当中释放出更大的潜能。

[参考文献]

- [1]王晴.房产测绘在不动产统一登记中的应用[J].科技创新导报,2021,18(21):18-20.
- [2]崔宝宝.基于不动产登记的房产测绘技术研究[J].居业,2025(1):210-212.
- [3]郑小珠.浅析房产测绘在不动产登记工作中的作用[J].中国住宅设施,2022(11):52-54.
- [4]王晴.房产测绘在不动产统一登记中的应用[J].科技创新导报,2021,18(21):18-20.

作者简介:张昶(1979.6—),当前就职单位名称:定州市不动产登记中心,职称级别:工程师。

基于 BIM 技术的施工质量与安全协同管理研究

卓庆¹ 付新民² 卓彬²

1.中南林业科技大学, 湖南 长沙 410000

2.湖南湖大建设监理有限公司, 湖南 长沙 410000

[摘要] BIM 技术让施工质量与安全协同管理能全面控制和优化施工全过程, 将 BIM 技术与质量安全协同管理以及实时监控系統相结合可确保精确执行项目质量标准并及时排查安全隐患, BIM 平台在项目初期可建立全面的质量与安全管理框架且能凭借数据共享和风险预警功能实时追踪施工进度、质量状况以及安全风险以提高管理效率、减少事故并提升施工质量, 这一管理模式高效协同了信息流、物资流和人员流从而推动施工项目数字化转型和精细化管理。

[关键词] BIM 技术; 质量安全协同管理; 风险预警; 信息集成; 施工全过程管控

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17220

中图分类号: U445

文献标识码: A

Research on Collaborative Management of Construction Quality and Safety Based on BIM Technology

ZHUO Qing¹, FU Xinmin², ZHUO Bin²

1. Central South University of Forestry & Technology, Changsha, Hunan, 410000, China

2. Hunan Huda Construction Supervision Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410000, China

Abstract: BIM technology enables comprehensive control and optimization of the entire construction process through collaborative management of construction quality and safety. Combining BIM technology with collaborative management of quality and safety, as well as real-time monitoring systems, can ensure accurate implementation of project quality standards and timely investigation of safety hazards. BIM platforms can establish a comprehensive quality and safety management framework in the early stages of the project, and can track construction progress, quality status, and safety risks in real time through data sharing and risk warning functions to improve management efficiency, reduce accidents, and enhance construction quality. This management model efficiently coordinates information flow, material flow, and personnel flow to promote digital transformation and refined management of construction projects.

Keywords: BIM technology; collaborative management of quality and safety; risk warning; information integration; control of the whole construction process

引言

建筑行业对智能化和信息化管理的需求持续增加, BIM 技术作为创新的数字化工具在施工质量与安全管理方面潜力巨大, 施工全过程经数字化建模与信息集成, BIM 技术能精准把控质量标准、及时发现安全隐患并预警, 从而大大提高施工管理效率与安全性。传统施工管理方式信息易成孤岛、沟通常滞后, 而 BIM 技术通过信息共享和实时监控有效突破这些瓶颈, 进而给项目管理提供更精准、灵活的方案。BIM 技术广泛应用使施工质量与安全协同管理进入新阶段, 成为提升建筑工程整体效能的重要工具。

1 质量管理体系与 BIM 技术的结合

1.1 质量管理体系建设

在施工项目管理里, 质量管理目标和 BIM 技术协同作用这一环节很重要, 传统质量管理体系常靠纸质文件、手动检查以及单一信息流通方式, 导致管理效率低且信息传递延迟, 而 BIM 技术能建数字化模型, 给项目各阶段、各工序提供可视化质量控制目标, 这种可视化既能直观呈

现施工中的质量偏差, 又能实时监控各环节质量执行情况, 质量管理目标与 BIM 技术协同就能实时调整, 还能靠数字化手段保证实施。

要建立科学的质量管理体系就得把 BIM 技术纳入项目全生命周期管理, 项目从规划到设计、施工再到后期维护 BIM 可全面管理各个阶段的质量管理且每个阶段的质量控制 BIM 系统都能给予实时数据支持以实现全过程、全方位的质量管控, 这既能在施工前预估潜在问题又能在施工时及时调整优化从而保证项目质量一直符合预期标准。

1.2 质量管理制度与流程

传统施工管理里, 质量管理制度和流程常比较僵化且人员主观因素会限制执行效果, 引入 BIM 技术后质量管理体系能靠数字化手段动态调整优化, 在 BIM 平台上项目管理者能明确每个施工环节的质量标准和技术要求且能对照工程进度和质量状况实时检查调整, BIM 技术把质量管理标准和流程嵌进项目的数字化模型从而使质量管理制度的精准执行有了保障。

质量管理标准可由 BIM 平台制定, 可能存在的质量

隐患也能凭借其模拟和仿真技术提前被识别且相应预防措施随之得以制定，BIM 使质量控制方法和技术手段得到有效扩展，就像它能助力制定全面检测标准并为验证施工质量合规性提供数据支持一样，BIM 模型可实时监控施工现场各个细节以保证项目每一步严格按预定标准执行。

1.3 质量控制计划与 BIM 协同

施工管理里，保证工程质量关键得制定有效的质量控制计划，而传统质量控制计划常靠人工检测和记录，效率低且易出错。BIM 技术能提供实时、动态的数据信息，可使质量控制计划制定得更科学合理，项目管理团队借助 BIM 模型，能精准找出潜在质量问题并及时拿出解决方案，这数字化的质量控制计划在施工过程中不但让质量管理更准确，还能对发生的质量问题及时反馈。

BIM 技术其优势在于能将质量管理流程数字化、自动化从而大大提高工作效率，在 BIM 平台施工各环节的数据可实时更新、跟踪进而精准落实每个阶段的质量控制，自动化质量检测和实时数据分析能让项目管理者马上发现质量偏差并立马采取纠正措施从而有效避免传统方法中的延迟问题，而且 BIM 的协同性使不同部门和团队能共享质量数据进而提升整个项目团队的协作效率。

2 基于 BIM 的施工安全协同管理

2.1 安全目标设定与 BIM 辅助

施工项目管理中，工程要顺利进行就得先设定明确的安全目标，但传统安全目标设定的数据信息支持往往不精准，安全措施可能就有疏漏或不足，而 BIM 技术数据分析能力强，能给安全目标设定提供更科学全面的依据，建立详细数字化建筑模型后，BIM 可模拟施工各环节潜在风险，助项目管理者从宏观微观两方面分析安全问题。如图 1 所示。

施工现场的每个细节都能被 BIM 技术精确模拟且安

全目标也能根据施工进度被其实时调整，将安全管理标准嵌入 BIM 模型后项目管理人员就能对不同阶段、不同工作面动态设定安全目标从而确保施工各环节的安全，BIM 平台实时更新数据使安全目标与施工进度同步进而保证项目安全管理的实时性和精准性。

2.2 安全风险分析与评估

施工现场的项目能否顺利完成，安全风险一直是重要影响因素，及时发现并有效管理这些风险非常关键，施工安全管理在引入 BIM 技术后便有了强有力的支持，BIM 技术对施工现场数据进行实时采集与分析就能精准找出潜在安全隐患，将各类传感器数据、人员行为数据和环境数据集成起来便可全面监控施工现场安全状况并自动检测评估可能的风险源，BIM 模型能实时识别施工区域拥堵、设备摆放不当等隐患，从而给项目团队提供有效的安全应对措施以降低事故发生概率。

先进的安全风险预测模型可借由 BIM 技术建立，整合历史数据与实时监控数据后，BIM 能精准预测未来的安全风险，且这些风险预测模型会依据施工进展动态调整，及时识别新风险点，使项目管理团队得以提前制定应急预案，在实时的数据分析和风险预警下，BIM 技术实现对施工现场的全程监控，有效管控潜在风险，从而大幅降低施工过程中的安全事故率。

2.3 安全管理标准与 BIM 技术应用

传统施工管理在设定和执行安全管理标准时常滞后且不一致，难以保障各施工环节的统一，而 BIM 技术则不同，能在项目数字化模型里精准设定和执行安全管理标准，其平台可把安全管理要求直接嵌进每个施工节点，让施工人员严格遵守安全规定，BIM 模型能设定施工现场安全通道、消防设备配置、安全警示标志等，还能实时监控以保证按标准执行。

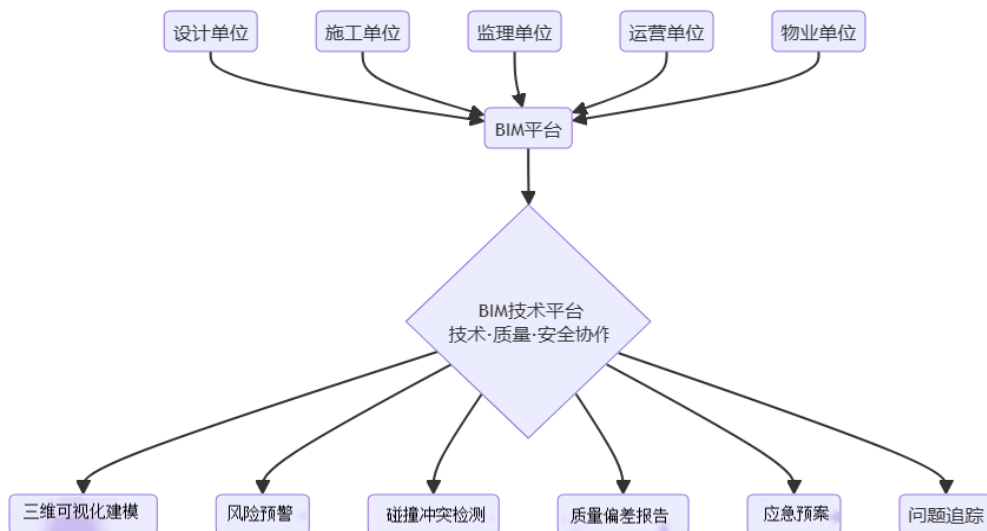


图 1 BIM 质量安全协同管理框架图

保证施工安全可控的另一重要因素是跨部门信息共享,借助 BIM 平台,安全管理数据能被设计、施工、监理等各方实时共享且安全问题可协同解决,BIM 模型里的信息能即时更新以使最新安全状况可被所有相关部门及时获取,各部门能在统一平台进行数据对接与分析以避免因信息不对称或延误引发的安全问题,这种协同管理下,BIM 技术既优化安全管理流程,又增强施工现场安全保障。

3 质量与安全数据的实时监控与反馈

3.1 施工质量监控系统

BIM 技术有着强大的数据采集与分析能力,能对施工质量予以实时监控,而传统质量控制方式常依托人工检查和报告,不能实时掌握施工进度与质量状况,BIM 技术却可集成各类传感器和设备数据,对施工中的每项工作进行实时监控,BIM 模型里的传感器能实时获取材料质量、施工工艺、设备运转状态等信息,让各项指标一直符合设计与质量要求,数据采集和实时反馈机制,大大提高了施工质量的可控性与可视性。

BIM 技术有效实现了施工质量的即时反馈机制,BIM 系统实时监测施工质量数据后会及时把监控结果及时反馈给相关人员并自动生成数据报告,质量有偏差时系统马上警报且施工人员会被提醒及时调整施工方法或者修正质量问题,靠这种即时反馈机制施工质量问题能被快速发现和处理且延误和成本浪费能被有效避免,而且 BIM 的反馈机制能帮项目管理团队精确调整施工计划从而让施工质量更稳定。

BIM 技术的实时质量监控不仅能发现问题,还能为施工管理人员提供质量问题的详细数据分析,施工过程中产生的各类数据经 BIM 整合分析后有助于找出质量问题的根源从而为解决问题提供依据,某环节高频次质量问题,BIM 系统可分析是否为设备故障、施工工艺不当或者环境因素等造成的以便团队采取针对性的解决方案,这一机制让质量控制更高效精准。

3.2 安全监控与预警机制

施工现场的安全状况能被 BIM 集成监控系统实时监控从而有效保障施工安全,传统施工现场管理中的安全监控多靠现场人员巡视和定期检查而这两种方式往往有滞后性和盲区,BIM 技术与传感器、监控设备深度融合后提供了全方位、实时的数据监控平台,施工设备运作状况、工人位置、环境变化、潜在安全隐患都能被 BIM 系统精准监测记录,实时采集数据既能提高施工安全管理效率又能大幅减少人工失误造成的安全隐患。

施工安全被 BIM 的安全预警功能强有力地保障着,当系统监测到施工现场有潜在安全风险时,BIM 平台马上警报响起通知相关负责人及时处理,就像传感器检测到某个区域危险气体浓度超标,BIM 系统会自动警告并指示该区域紧急通风或者撤离,在安全预警机制下,项目管

理人员能在安全风险发生前采取必要防范措施,事故发生概率因此大大降低。

事故处理能得到 BIM 安全监控和预警机制提供的精准数据支持,BIM 系统在事故或安全隐患发生时能提供现场实时数据,如事故位置、周围环境状况、设备状态等信息,管理团队借此可快速评估事故影响并制定应急处理方案,BIM 靠这一机制在施工中能预防安全风险,事故发生后能提供精准应急处理数据支持以有助于快速恢复施工秩序。

4 BIM 技术对施工质量与安全管理的优化效果

4.1 工程实践与优化效果评估

在施工质量和安全管理方面,BIM 技术发挥着综合优化的作用,借助数字化建模,施工过程中的每个细节都能被 BIM 技术模拟分析,从而发现潜在的质量问题和安全隐患。在施工质量管理中,它能提前识别可能出现的质量缺陷,根据模拟结果及时调整施工方案或者改进工艺,以保证项目最终交付符合预期质量标准,并且 BIM 技术对施工现场数据进行实时监控,使施工质量控制更精准透明,大大提升项目管理的效率和准确性。

BIM 技术在安全管理上也有独特优势,建立全面施工安全管理系统后,它既能实时监控施工现场安全状况,又能靠数据分析预测安全风险,还能在问题发生前预警,可整合施工现场环境、设备、人员等信息,及时察觉潜在安全隐患,进而减少事故发生率,降低安全管理风险,BIM 技术的应用提升了施工质量与安全管理数字化水平,也有效削减了管理成本与风险,如表 1 所示。

表 1 工程实践与优化效果评估

管理领域	优化效果	管理成本变化	风险控制
质量管理	精准控制施工质量	成本下降 15%	质量问题减少 30%
安全管理	实时监控安全隐患	成本下降 10%	安全事故减少 40%

4.2 未来发展与挑战

BIM 技术在施工质量与安全管理方面成效显著,但在广泛应用时仍面临不少挑战,高成本和技术门槛对一些小型施工企业尤其是在初期投资和人员培训阶段可能是阻碍,这些企业应用 BIM 技术资金压力较大,需要政府给予更多支持或者行业加以引导,BIM 技术的标准化问题有待解决,虽然已有部分行业标准和规范,但因项目、企业不同标准不统一,数据共享和协同工作时可能产生障碍,行业要逐步推动 BIM 标准统一以保证技术应用的普遍性和一致性。

BIM 技术在施工质量与安全管理中的应用未来前景依然广阔,随着人工智能、物联网等技术持续发展,BIM 系统会更智能化,可依据实时数据自动优化施工方案与安全措施,并且 BIM 技术进一步发展也许会与大数据、云计算等技术融合,构建出更高效的协同工作平台,2025 年预计 BIM 技术在建筑行业全面普及,变成施工管理的

核心工具,随着技术不断成熟,其应用范围会进一步扩大,不仅施工阶段,在设计、运营和维护等全生命周期都将发挥更大作用。

5 结语

施工质量与安全管理应用 BIM 技术使项目管理的效率和精度显著提升, BIM 靠数字化建模、实时数据采集和分析全面监控施工过程,能及时识别并解决质量与安全问题,从而降低管理成本和风险并推动施工管理的数字化转型。虽然技术应用时仍面临高成本、标准化不足等挑战,但随着技术发展、行业标准完善, BIM 在未来施工管理中的作用会更重要,既能提升项目管理整体水平,又能有力支持建筑行业可持续发展,以后 BIM 技术在提高施工质量、保障安全管理、降低成本等方面会继续发挥不可替代的作用,推动建筑行业走向更智能化、精细化的管理模式。

[参考文献]

[1]谢正涛,张磊,陶自强,等.BIM 技术在施工质量安全管

理中的应用[C].北京:中国图学会建筑信息模型(BIM)专业委员会.第七届全国 BIM 学术会议论文集.中国建筑第八工程局有限公司,2021.

[2]陈祁宇,王伟伟.基于 BIM 技术的土木工程施工质量与安全管理措施分析[J].中国建筑装饰装修,2023(3):56-58.

[3]韩伟伟,张坤荣,孙珂,等.基于 BIM 技术的施工现场质量安全管理探究及应用[J].城市住宅,2020,27(12):115-118.

[4]李珉.基于 BIM 技术的施工现场质量安全探究及应用[J].大众标准化,2021(12):10-12.

[5]李旺红.融合 BIM 技术的土木工程施工质量与安全管理措施研究[J].房地产世界,2022(9):131-133.

作者简介:卓庆(2006.9—),单位名称:中南林业科技大学,学校和专业:中南林业科技大学 土木工程;付新民(1981.1—),单位名称:湖南湖大建设监理有限公司,毕业学校和专业:湖南城市学院;卓彬(1975.10—),单位名称:湖南湖大建设监理有限公司,毕业学校和专业:华中科技大学,土木工程。

复杂结构建筑施工中模板支撑系统的设计与安全分析

赵 言

中国二十二冶集团有限公司, 河北 唐山 063000

[摘要]在现代建筑行业当中,复杂结构建筑出现得越来越多,这使得对模板支撑系统的要求变得越来越高。模板支撑系统属于混凝土结构成型时极为关键的临时性结构,它的设计是否科学以及施工过程是否安全,这两者和施工的质量以及现场作业的安全状况有着直接的关联。文章针对复杂结构建筑模板支撑系统的设计所遵循的原则以及具体的方法展开深入探讨,全面且细致地分析了常见的那些安全方面的风险以及引发事故的种种诱因,并且在此基础上进一步给出了关于全过程安全管理以及应急预案的相关策略,希望能够给存在高风险以及技术难度较高的建筑施工提供一定的理论方面的支撑以及实践当中的参考。

[关键词]复杂结构建筑;模板支撑系统;设计;安全分析

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17213

中图分类号: TU3

文献标识码: A

Design and Safety Analysis of Template Support System in Complex Structure Construction

ZHAO Yan

China MCC22 Group Corporation Ltd., Tangshan, Hebei, 063000, China

Abstract: In the modern construction industry, complex structural buildings are becoming increasingly common, which makes the requirements for formwork support systems higher and higher. The formwork support system is a crucial temporary structure during the formation of concrete structures. The scientific design and safety of the construction process are directly related to the quality of construction and the safety of on-site operations. The article delves into the principles and specific methods followed in the design of complex structural building formwork support systems, comprehensively and meticulously analyzing common safety risks and various causes of accidents. Based on this, it further provides relevant strategies for whole process safety management and emergency plans, hoping to provide theoretical support and practical references for construction projects with high risks and technical difficulties.

Keywords: complex structural buildings; template support system; design; safety analysis

引言

随着城市建设持续朝着高层化、大跨度以及异形化方向推进,复杂结构建筑如雨后春笋般大量出现,其结构类型多种多样,构造节点也极为复杂,这给模板支撑系统的稳定性和适应性带来了相当大的挑战。模板支撑系统不但要满足结构成型时的几何精度以及承载力方面的要求,而且要在施工进程当中切实保障作业人员的人身安全,防止因为设计环节存在缺陷或者操作过程中出现失误而致使系统出现失稳的情况,甚至引发坍塌事故。特别是在高大模板、大跨度异形结构等相关工程当中,支撑系统所承受的施工荷载以及其传力路径都变得更加复杂,只要稍有疏忽就极有可能引发安全方面的风险。所以,针对模板支撑系统展开深入探讨,对其设计原则、计算方法以及施工管理措施加以研究,显得尤为重要。

1 复杂结构建筑模板支撑系统设计原则

1.1 安全性原则

在复杂结构建筑当中,模板支撑系统得把安全性放在首位。这个系统一般处在要承受大量混凝土自身重量、钢筋重量以及施工人员荷载这样的工作状况下,所以务必要保证它在整个施工周期里的结构稳定性和抗倾覆的能力。

在设计的时候,应当依据实际的荷载来精准地去做计算,还要充分考虑到施工过程中动态荷载的变化情况,并且要合理安排立杆、横杆、剪刀撑等这些关键的构件,以防局部出现失稳的情况进而向整体坍塌的方向蔓延开来。与此还得严格依照国家以及行业相关的规范,针对材料强度、连接件的可靠性以及支架构造节点等方面展开细致的设计工作,尽可能地把风险系数给降下来。

1.2 经济性原则

模板支撑系统在设计之时,还得把经济性原则纳入考量范围。也就是说,在确保结构能够安全无虞的基础之上,要尽力达成材料利用率的最髙程度以及施工成本的最低限度。借助对立杆间距加以优化、对模板类型精心挑选以及对布置方式予以合理安排等一系列举措,以此来削减那些本不该出现的资源浪费情况,并且妥善安排好周转次数,进而促使施工材料成本得以降低。与此对于系统构件而言,应当着重关注其标准化以及模数化方面的设计工作,通过这样的方式,能够使得模板体系具备更高的通用性以及更强的可重复使用率,最终实现施工效率与经济效益的双提升。经济性这一概念,不仅仅体现在对直接成本进行节约这方面,它同样会在施工进度、人工配置以及机械调配

等诸多间接成本的把控方面有所呈现。

1.3 施工便捷性原则

施工便捷性在模板支撑系统的相关设计里,属于不容被忽视的重要因素。就支撑体系的结构布置而言,其务必要做到简洁且清晰明了,如此一来,才可方便施工人员能够较为快速地完成安装、调整以及拆除等一系列操作,进而使得高空作业的强度得以减少,作业所花费的时间也能相应缩短。与此模板支撑得具备不错的可调节性能,只有这样,才能较好地适应地形出现的起伏状况以及结构尺寸方面的各种变化,防止因为存在局部较为复杂的节点,而致使施工的难度大幅度地提升起来。而合理的设计施工便捷性,一方面可以提升施工的效率,另一方面也能够有效地将因操作失误而产生的安全隐患给降下去。

1.4 适应结构复杂性的设计要求

在复杂结构建筑里,异形梁、弯曲板、斜柱这类非标准构件频频出现,模板支撑系统得有很强的适应性与灵活性才行。设计时要仔细分析结构构件的几何特点、荷载传递路径以及施工顺序,依据不同情况来布置模板支架体系,既要契合结构形态需求,又要有足够的承载力和稳定性,切实做到紧贴结构轮廓、承担施工荷载。特别是在结构有转角、夹角,且高差变化大的地方,一定要采取专门的支撑加固办法,用加密布置、局部刚性连接、附加支撑等手段,有效阻止因局部支撑变形、脱空或者错位而引发的结构轮廓偏差或整体系统失稳。在复杂结构施工过程中,模板支撑体系常要和脚手架、施工平台、钢筋绑扎平台等设施相互配合作业,要是设计没提前考虑各系统间的施工干扰和空间冲突,很容易造成现场混乱或出现安全隐患。所以,在模板支撑系统设计环节,借助三维建模、施工模拟等方式来预测关键部位的冲突与配合需求,合理安排支撑体系搭建节奏与空间布局,以此提高整体施工组织协调性与现场作业的安全效率。

2 模板支撑系统设计方法

2.1 结构力学分析

模板支撑系统设计需依据结构力学分析,综合考量支撑构件受力特性及力传递路径,构建力学模型。针对高大支模系统,要着重剖析其在自重、混凝土浇筑荷载以及施工活荷载共同影响下所呈现出的稳定性和强度状况,防止出现整体失稳或者局部屈曲情况。在分析阶段,可以运用静力平衡法、刚度矩阵法或者有限元法等多种方式,精准测算立杆、水平杆还有连接节点的受力情况,借助力学模拟预估系统的变形走向与薄弱之处,从而为后续构造优化以及安全防护给予理论支撑。

2.2 荷载计算与安全系数

荷载计算属于模板支撑系统设计里的关键环节,这里面涉及到永久荷载,像模板自身的重量、钢筋混凝土的重量这类,还有在施工进程当中存在的可变荷载,比如施工

人员的活动情况、振捣设备所产生的作用等等。在设计的时候,得依照相关规范来对各类荷载做出合理的组合安排,要充分考量在最不利荷载工况之下支撑所呈现出的受力状况,从而保证该系统即便处于极端情形之下,依旧拥有足够的承载能力。安全系数的设定需要把荷载的不确定性因素、施工环节可能出现的误差以及材料性能方面存在的波动等情况都考虑进去,其一般所取的数值范围是在 1.3 到 1.6 之间,以此来确保支撑系统能够稳定地运行,并且保障人员的人身安全。

2.3 支撑体系方案设计

支撑体系方案的设计工作要充分满足结构力学方面的要求,并且要综合考虑工程实际的具体情况来展开整体的规划安排。其设计内容应当涵盖模板布置图、支撑平面图、立面图以及节点详图等等,要清晰明确各个构件的布设具体位置、相关的尺寸参数还有连接的具体方式。在高大支模体系当中,依据构件的跨度以及高度情况,还需要去设置必要的水平拉结系统以及剪刀撑,通过这样的方式来提升整个体系的整体稳定性。对于那些特殊部位,像是异形结构或者节点转换的地方,得单独去做加强方面的设计处理,从而保证整个体系能够在空间层面形成一个封闭且稳定的受力结构状态。

2.4 关键节点设计与施工工艺结合

在模板支撑系统的架构当中,节点无疑属于极为关键的部位,其在力的传递以及构造连接方面都发挥着不容小觑的作用。所以在着手设计之时,务必要着重去考量节点在传力方面的稳定程度、构造层面的可靠程度以及安装环节的便捷程度。就常见的节点来讲,像当前广泛采用的盘扣式脚手架中立杆与横杆之间的盘扣连接方式、以及模板拼缝处的搭接情况等等,都需要细致周全地加以设计,唯有如此,才能够切实有效地防止出现因节点出现松动或者脱落等情况而致使整体结构陷入失稳的窘境。与此节点的设计工作还应当与具体的施工工艺紧密结合起来,要充分考虑到施工现场的空间状况、各项作业开展的先后顺序以及工具使用的相关条件等诸多因素,如此一来便能够避免因设计和施工之间出现脱节的现象而导致在安装过程中遭遇重重困难,亦或是使得实际所达成的强度根本无法满足预期的要求。

3 模板支撑系统安全风险分析

3.1 施工方案设计缺陷

方案编制人员没有按照规范要求设计,编制的方案过于简单,因此缺少模板支撑布置平面图、立面图、剖面图和节点构造图。因为不同的工程实体,模板支设的跨度、高度、承载能力不同,所以需要工程构件进行分别验算,才能保证模板支撑系统能够承受施工所需的荷载。此外,设计未对施工场地地基承载能力进行验算,或脚手架地基软弱,存在回填的虚土、被水浸泡和无垫板等情况。

最后,在编制高大模板工程方案时,同时应明确混凝土浇筑要求。

3.2 施工现场管理问题

模板支撑系统的安全状况一方面依靠设计是否科学合理,另一方面还很大程度上依靠施工现场的管理水平。要是没有有效的技术交底以及良好的施工组织安排,那么施工人员往往会因为对图纸理解不够清晰或者自身操作经验不足等原因,致使支架搭建出错,像出现漏设构件、连接部位不牢固或者是间距不符合要求等等这类问题,情况严重的时候甚至还可能让支撑系统整体失去稳定状态。与此如果现场巡查制度在执行的时候不够严格,没办法及时察觉到材料堆放不符合规范、立杆出现松动或者剪刀撑被随意拆除等这些隐患情况,那么同样也很容易引发安全事故。所以,强化现场施工管理工作,完善技术交底、施工监督、验收评定以及隐患排查等一系列管理流程,这无疑是从源头上降低模板支撑事故发生的必要举措。

3.3 材料质量与支撑搭设规范

模板支撑系统所用材料的质量状况和结构承载力以及稳定性有着极为紧密的关联。要是采用报废的钢管、发生变形的模板或者强度未达标的扣件,那么在荷载的作用之下,特别容易出现局部出现断裂或者是连接处失效的情况,进而引发系统发生坍塌。与此支撑搭设的时候务必要严格依照规范要求来操作,对立杆间距、横杆间距还有层间高度加以控制,以此来保证系统的几何稳定状态。在搭设的过程当中,倘若图纸不够清晰明确或者是施工图有所缺失,就容易出现节点出现错位、支撑出现倾斜等一系列的问题,从而留下十分严重的安全隐患。所以说,在材料采购环节、进场检验环节、施工搭设环节以及成品验收环节当中,都应当严格遵守质量标准并且按照搭设规范来进行操作。

4 模板支撑系统安全管理与应急措施

4.1 施工方案编制与审核

模板支撑系统的专项施工方案在安全施工方面占据着极为关键的地位,它是整个施工过程的核心依据所在^[1]。此方案的编制工作务必要结合结构所具有的特点、实际的施工环境以及具体的设计要求等各个方面来综合加以制定。方案当中所涉及的内容应当包含模板支架布置图、构造节点详图、具体的施工流程、材料的相关规格、施工荷载的详细验算情况以及各类安全技术措施等方面,并且要做到既要有图又有文字说明,让技术要点清晰呈现出来。与此该方案还必须经过单位技术负责人、监理单位以及相关安全管理机构等多个层级展开细致审核,以此来切实保证方案具备良好的可操作性以及较强的针对性,彻底杜绝出现仅仅停留在纸面上而无法落实到实际行动中的那种“纸上谈兵”的不良现象。

4.2 施工过程质量控制

在模板支撑系统的施工进度当中,务必要构建起覆盖全过程的质量控制机制。一开始得组织班前的技术交底工作,要清晰明确地阐明搭设的具体方式、节点的处理办法以及需要注意的各项事项。接着应当安排专人针对施工的整个过程展开质量方面的监督,着重去检查支撑结构的布设是不是契合图纸所提出的要求、连接节点是否足够牢固、所用材料是否达标^[2]。在完成支模之后还应当组织专项的验收工作,只有确认该系统的稳定性以及施工的精度都没有问题之后,才能够进入到后续的工序当中。在混凝土浇筑期间,必须指派专人对浇筑的速率以及振捣的方法予以监控,浇筑按由远至近、由低至高、分层分段、对称均衡的顺序进行,以防出现因加载速度过快或者振捣过于激烈而致使模板系统出现失稳的情况。

4.3 应急预案制定与演练

模板支撑系统有可能会出现局部失稳、整体坍塌或者混凝土浇筑异常这类突发事件,所以应当制定出科学且完善的应急预案^[3]。预案要清楚地规定事故发生之后的响应流程、组织架构、通信联络方式、人员疏散安排、医疗救护措施以及事故上报机制,以此来保证事故发生后各个环节能够快速作出反应并且协调得当。定期开展应急演练,一方面可以检验预案是否可行,另一方面还能强化施工人员的应急意识并提高他们的处置能力,进而提升整个施工现场在安全防范方面的能力。

5 结语

复杂结构建筑施工期间,模板支撑系统设计以及安全管理工作和工程质量、作业人员生命安全紧密相关。本文围绕设计原则、结构分析、施工风险还有安全管理等方面展开了较为系统的阐述,着重指出了理论设计要和现场实施密切结合起来,并且还给出了具有可操作性的安全管理以及应急处置办法。往后,伴随建筑技术不断向前发展,模板支撑系统朝着智能化、标准化以及系统化方向去发展会成为一种趋势,所以很有必要进一步强化理论研究同工程实践的相互融合,从而达成模板支撑系统在安全、高效以及可持续这些层面都能够获得全面提升的目标。

[参考文献]

- [1]贾广庆,刘忠辉.厚大型建筑复杂拱形结构模板支撑施工技术[J].工程质量,2023,41(1):47-50.
 - [2]胡文涛.桁架式模板支撑系统在超高层建筑施工中的应用[J].佛山陶瓷,2023,33(10):93-95.
 - [3]陈俊,冯峰,李振兴,等.桁架式模板支撑系统在超高层建筑施工中的应用[J].城市建筑空间,2022,29(11):223-225.
- 作者简介:赵言(1989.2—),单位名称:中国二十二冶集团有限公司,毕业学校和专业:河北联合大学轻工学院,土木工程。

建筑工程施工技术质量的控制措施分析

李中平

蓝月生态建设有限公司, 安徽 合肥 230000

[摘要]建筑行业快速发展的当下, 施工技术质量控制的重要性愈发凸显。合理的质量控制举措, 既能保障施工安全, 又能提高工程质量, 降低工程成本, 还能促使工程管理效率得以提升。着重对建筑工程施工技术质量控制的意义、现存问题以及主要控制措施展开分析, 希望能给施工单位提供行之有效的技术质量保障方案, 推动建筑施工水平不断提升。

[关键词]建筑工程; 施工技术; 质量控制; 措施

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17212

中图分类号: TU712

文献标识码: A

Analysis of Control Measures for Construction Technology Quality in Building Engineering

LI Zhongping

Blue Moon Ecological Construction Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230000, China

Abstract: With the rapid development of the construction industry, the importance of construction technology quality control has become increasingly prominent. Reasonable quality control measures can not only ensure construction safety, but also improve project quality, reduce project costs, and promote the improvement of project management efficiency. Emphasis is placed on analyzing the significance, existing problems, and main control measures of quality control in construction technology, hoping to provide effective technical quality assurance solutions for construction units and promote the continuous improvement of construction level.

Keywords: construction engineering; construction technology; quality control; measures

引言

建筑工程施工属于一个极为复杂的系统过程, 其包含了设计环节、材料采购环节、施工实施环节以及验收环节等诸多环节在内。施工技术所呈现出的质量状况, 与工程的安全性、使用寿命以及经济效益之间存在着直接的关联。伴随技术不断取得进展以及市场竞争日益激烈, 施工企业所面临的质量标准以及管理方面的要求也变得越来越高。深入探讨怎样强化施工技术的质量控制工作, 精准识别出其中存在的各类问题, 并且提出具备切实可行性的有效举措, 这对于确保工程项目能够顺利地完

关键工序环节予以严格的把控操作, 一方面能够确保工程质量具备稳定性与可靠性, 另一方面也能够降低返工以及维修的频次, 进而提升建筑物的整体性能以及使用寿命长度。除此之外, 质量的提升还具体表现在对诸多细节的细致管理方面, 像是施工缝的处理状况、表面的平整程度以及节点连接的严密程度等, 这些因素都会对最终工程的视觉呈现效果以及功能实际表现产生直接的影响作用。所以说, 提高施工质量水准既能够满足安全与耐久性方面的需求, 又能够满足现代建筑对于美观以及舒适性所提出的更高层次的要求。

1 建筑工程施工技术质量控制的意义

1.1 确保施工安全

施工技术质量控制的重要目标之一是确保施工的安全。通过严格按照施工规范和要求进行施工, 合理选择和使用材料和设备, 遵循正确的施工工艺和操作规程, 可以预防施工过程中的事故和安全风险。

1.2 提高工程质量水平

提升工程质量水准乃是建筑施工技术质量控制的关键目标之一。凭借科学且合理的施工技术以及严谨的质量管理手段, 能够促使各个施工环节依照设计要求与规范标准来切实实施, 如此一来便能够防止出现结构方面的缺陷、材料的无端浪费以及施工环节中的各类错误情况。在施工进程当中, 针对像混凝土浇筑、钢筋绑扎、防水施工这类

1.3 降低施工成本

施工技术质量控制对于降低工程成本有着积极的作用。制定科学合理的施工方案, 可有效防止因技术问题出现的材料浪费以及工期延误等情况, 进而削减不必要的支出。严格的质量控制能减少返工与修复工作, 降低人力物力的重复投入。高质量的施工技术降低了因质量问题产生的隐性维修成本, 保障了工程的长远使用效益。合理的施工工艺设计以及先进设备的应用, 可提高作业效率, 缩短施工周期, 减少机械设备的闲置时间, 降低能源消耗和管理费用。借助全面系统的质量控制, 既提升了资源利用效率, 也为企业创造了明显的经济效益, 增强了其市场竞争力。

1.4 提升工程管理效率

施工技术质量控制对于提升工程管理效率有着颇为显著的影响。完备的质量管理体系借助明确的责任分工、

标准化的操作流程以及科学的检查验收机制,推动各个施工环节紧密关联起来,缩减管理盲区以及漏洞的存在。规范的技术交底以及培训制度确保了施工人员技能的统一性与规范性,降低了人为失误出现的风险。借助信息化手段以及现代化管理工具的应用,达成了施工现场的实时监控以及数据采集,能够及时察觉并处理质量隐患,提高了管理的透明程度以及响应的速度。高效的质量控制流程不但提升了施工进度可控性,而且强化了项目的协调与沟通,优化了资源的配置,最终推动整个施工项目达成有序且高效的运行状态,为工程按时且高质量完成给予了有力的保障。

2 建筑工程施工技术质量控制存在的问题

2.1 施工方案不科学

在实际施工进度当中,施工方案的科学性在很大程度上决定了工程质量的基础状况。不过,部分施工项目因为在设计阶段和施工实际之间存在脱节的情况,使得施工方案制定的时候缺乏相应的针对性以及合理性。部分方案没有充分去考量现场环境、资源配置还有技术要求等方面,这就使得施工工序的安排变得混乱不堪,技术细节也不够清晰明确,无法有效地对施工操作起到指导作用。一些施工方案过于简单化,忽视了复杂工序所涉及的技术要点以及风险控制方面的问题,如此一来,在施工过程中一旦出现技术难题,就很难及时且有效地去应对,最终对工程的整体质量产生了影响。方案还缺乏创新以及优化,没有结合先进的施工工艺以及设备技术,所以难以满足现代建筑对于质量和效率这两方面的双重要求。施工方案的不科学情况,一方面增加了施工的难度,另一方面也埋下了一些质量隐患,进而成为了施工质量控制当中的薄弱环节。

2.2 施工人员技能不足

施工人员的专业技能水平在施工技术质量控制方面起着十分重要的保障作用。当下,部分建筑企业存在着施工人员专业培训不够到位、技能水平呈现出参差不齐状况的情况。有一部分施工人员对于施工规范以及标准缺乏较为深入的理解,在实际操作的过程中容易出现技术方面的偏差以及失误,进而很难确保施工质量能够保持稳定的态势。技能方面的欠缺不但会影响具体施工操作所达到的精准程度,而且还可能引发安全隐患的出现。与此新技术、新工艺的应用是需要与之相对应的技术培训以及实践积累作为支撑的,然而部分施工队伍对于新技术的掌握速度较为缓慢,这也在一定程度上影响到了质量控制所能够取得的效果。人才流动性的状况比较大、技术传承的渠道不够顺畅等诸多因素,更是使得专业技能很难有效地进行积累和提升,从而对施工质量水平整体上的提升形成了制约作用。

2.3 施工设备老化或落后

施工设备的先进程度以及其性能状况,同施工技术的

实施成效以及施工质量存在着紧密联系。部分施工单位由于受到资金方面的限制,又或者管理举措落实不到位,使得施工设备出现陈旧老化的现象,设备性能颇为低下,已然无法契合高质量施工所提出的各项需求。设备故障频繁发生,这不但会对施工进度产生影响,而且还有可能致使施工工艺没办法规范地去执行,最终对工程质量造成不利影响。落后的设备技术水平对施工工艺的优化以及创新形成了限制,很难跟上现代建筑对于施工精度以及效率所提出的要求。设备管理方面缺少科学合理的维护保养体系,如此一来,设备的使用寿命变短,维修成本也随之不断升高。设备与技术的滞后情况,已然成为制约施工质量得以提升的一个关键瓶颈所在。

2.4 现场质量监督不到位

施工现场的质量监督对于保障施工技术质量而言极为关键。然而在实际情形下,部分施工项目存在着监督机制不够完善以及责任落实不到位等状况。监督人员在数量方面有所欠缺,或者其专业能力欠佳,如此一来便很难针对施工全过程开展有效的质量检查以及技术指导工作。现场监督工作仅仅停留在形式层面,缺少具有针对性的抽查举措以及动态化管理手段,这就使得质量隐患没办法被及时地发现并且加以纠正。质量监督和施工现场的实际状况出现脱节情况,信息反馈也不够及时,进而对问题解决的效率产生了影响。监督方面的缺失甚至有可能致使施工违规操作以及偷工减料的现象发生,对工程质量安全造成了严重的威胁。现场质量监督存在的薄弱之处已然成为当前施工质量管理急需攻克的难点所在。

3 建筑工程施工技术质量控制的主要措施

3.1 完善质量控制管理体系

构建起完善的质量控制管理体系,这无疑是确保建筑工程施工技术质量的关键所在,同时也是促使工程整体水平得以提升的重要根基。一开始,施工企业需清晰明确质量控制方面的组织架构以及职责分工,进而建立起那种层级清晰分明、责任明确清楚的管理体系,务必要保证每一个管理层级以及各个岗位的职责都能够具体落实到相应的人身上,如此一来便可以防止出现管理上的盲区以及职责方面的相互重叠情况^[1]。应当去制定并且不断完善标准化的质量管理流程以及操作规范,其要涵盖从施工方案的审核环节、材料验收环节一直到关键工序的质量检查环节以及最后的质量评定环节等诸多环节,以此来确保在整个施工过程之中都有相应的规章制度可以遵循,进而形成一种闭环式的管理机制。通过借助现代的信息化管理平台,能够实现对施工现场质量数据的实时采集、实时监控以及实时分析,这样一来,不但提升了质量管理所具有的科学性以及透明度,而且还极大地增强了管理人员对于现场实际状况的把控能力。与此要建立并完善健全的奖惩制度,针对那些质量责任落实得比较到位的团队或者个人给予

一定的激励,而对于那些质量问题频频出现的环节要及时予以纠正并且给予相应的处罚,从而有效地推动质量管理工作的不断改进以及不断提升。科学且规范的质量控制体系,一方面能够对施工行为起到规范的作用,另一方面还能够防范质量方面存在的风险,并且还能够营造出良好的质量文化氛围,进而为建筑工程施工质量实现长期且稳定的提升给予稳固的保障以及有力的支撑。

3.2 加强施工人员培训与技术交底

对于施工人员技能存在不足这一情况,应当制定出较为系统的培训计划,以此来促使他们的专业水平以及技术能力得以提升。培训所涉及的内容需要包含施工规范、安全操作方面的知识,还有先进工艺的相关内容以及质量控制的重点方面,要保证施工人员能够对施工技术的要求较为熟悉并且切实掌握。要着力强化现场的技术交底相关工作,施工管理人员需详尽地对施工方案以及技术难点加以讲解,清晰明确质量标准以及需要注意的各项事项,从而确保技术要求可以精准地传达到每一个施工岗位之上^[2]。运用将理论与实践相互融合起来的培训方式,以此提高培训所能取得的效果。定期去组织开展技能考核以及评估活动,推动技能水平能够不断地得到提升。强化针对技术人员展开的职业素养方面的教育工作,培育他们具备责任意识以及质量意识,从根本之处提升施工技术整体所处的水平状况。

3.3 严格材料采购与检验

材料质量在施工技术质量方面起着极为关键的保障作用,所以应当着力构建起一套较为完善的材料采购以及检验方面的相关制度。在采购这个环节当中,务必要去精心挑选那些信誉状况良好且资质条件完备的供应商,以此来切实保证所采购的材料能够完全符合设计方面的要求以及相关的规范规定。与此还需建立起一套行之有效的材料进场检验机制,并且要专门安排从事检测工作的人员,借助科学仪器针对材料展开抽样检测工作,从而有效避免不合格的材料进入到施工现场当中。对于材料的储存以及保管事宜,同样需要严格遵循规范所提出的要求来进行操作,务必防止出现受潮、遭受污染或者发生变质等情况,进而充分确保在实际使用的时候材料的各项性能都能够保持稳定状态^[3]。特别是像钢筋、水泥、混凝土这类属于关键材料的情况,更是要建立起相对完整的质量档案,以此来切实保证材料的来源可以清晰地追溯。只有通过这样严格的材料采购以及检验流程,才能够真正有效地确保施工过程中所使用的各种材料的质量都能够达到相应

的标准要求,从而为整个工程的质量构筑起牢固扎实的基础支撑。

3.4 强化现场质量监督与检查

现场质量监督作为质量控制最后的防线,需加大其力度且提高专业程度。要安排具备专业资质并拥有丰富经验的质量监督人员,开展全过程以及全方位的质量检查工作。制定合理的监督计划,着重关注关键工序以及容易出现质量问题的环节,采用随机抽查与定期检查相结合的方式,保证监督能够覆盖到各个方面。借助现代信息技术,像无人机巡检、电子质量管理平台等,提高监督的效率与精准度。发现问题要及时记录下来,反馈给相关部门,并督促其进行整改,确保不合格的环节不会被忽视。加强施工现场的文明施工管理,营造出良好的施工环境,有效预防质量隐患的发生。强化监督机制一方面能够保障施工质量,另一方面也有助于施工团队形成良好的质量意识以及自我约束的能力。

4 结语

建筑工程施工技术质量控制属于极为关键的环节,其对于保障工程的安全性、工程质量以及获取良好的经济效益均有着重要作用。仔细分析当下施工技术质量控制所存在的各类问题,然后从完善管理体系着手,同时强化人员培训工作,严格把控材料管理,并且进一步强化施工现场的监督管理等方面来采取一系列举措,如此便可以切实有效地提升施工的质量水准,降低相关成本支出,提高管理工作的效率。在未来的发展进程中,伴随建筑技术的不断向前发展以及信息化手段在其中得到更为广泛的运用,施工质量控制将会朝着更加智能化以及更加精准化的方向去演进。施工企业应当不断地强化自身的技术创新力度以及管理方面的提升工作,以此推动建筑施工技术质量控制迈向更高的水平,进而为建筑行业实现健康有序的发展以及社会各项建设事业贡献出更多的力量。

【参考文献】

- [1]雷丽春.建筑工程施工技术质量控制措施分析[J].建材发展导向,2025,23(10):4-6.
- [2]刘晶.浅谈建筑工程施工技术质量控制措施[J].城市建设理论研究(电子版),2024(17):52-54.
- [3]魏世颖.浅谈建筑工程施工技术质量控制措施[J].科技与创新,2022(8):135-137.

作者简介:李中平(1976.10—),男,毕业院校:大连理工大学,所学专业:工程管理,当前就职单位:蓝月生态建设有限公司,职务:项目经理,职称级别:高级工程师。

X 加氢装置 A335P22 裂纹返修

王海凤

中石化第十建设有限公司, 山东 青岛 226000

[摘要]X 加氢装置规格 $\Phi 406.4 \times 40.49\text{mm}$ 的 A335 P22 高压管道, 在输送高温氢介质的法兰-弯头焊缝处运行三年后产生 66mm 纵向裂纹。经系统性分析, 裂纹源于法兰颈部内壁约 0.2mm 深的锻造褶皱缺陷, 在高温高压氢环境与循环应力耦合作用下引发氢致应力腐蚀开裂。裂纹穿透法兰壁后, 因焊缝热影响区淬硬组织的韧性显著低于锻件本体, 转向沿焊缝扩展, 形成“内壁起裂-法兰穿透-焊缝贯穿”的失效路径。返修采用整体更换法兰方案, 通过管道双重机械固定将热位移量控制在 0.2mm 内, 采用 350MPa 超高压水射流切割实现切口偏差 $\leq 0.5\text{mm}$, 并执行消氢处理、窄道焊与分段控温热处理的严格焊接工艺。该方案在消除 385MPa 残余应力集中风险的同时, 避免了 120 万元的二次停车损失。

[关键词]A335; P22; 高压; 裂纹; 返修; 热处理

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17245

中图分类号: TG47

文献标识码: A

Repair of Crack in X Hydrogenation Unit A335P22

WANG Haifeng

Sinopec Tenth Construction Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 226000, China

Abstract: The A335 P22 high-pressure pipeline with a specification of $\Phi 406.4 \times 40.49\text{mm}$ in the X hydrogenation unit developed a 66mm longitudinal crack after three years of operation at the flange elbow weld for transporting high-temperature hydrogen medium. Through systematic analysis, the crack originated from a forging wrinkle defect about 0.2mm deep on the inner wall of the flange neck, which caused hydrogen induced stress corrosion cracking under the coupling effect of high temperature and high pressure hydrogen environment and cyclic stress. After the crack penetrates the flange wall, the toughness of the quenched microstructure in the heat affected zone of the weld is significantly lower than that of the forging body, and it turns to propagate along the weld, forming a failure path of "inner wall cracking flange penetration weld penetration". The repair adopts a whole replacement flange scheme, and the thermal displacement is controlled within 0.2mm through dual mechanical fixation of the pipeline. 350MPa ultra-high pressure water jet cutting is used to achieve a cutting deviation of $\leq 0.5\text{mm}$, and strict welding processes such as hydrogen elimination treatment, narrow channel welding, and segmented temperature control heat treatment are carried out. This scheme eliminates the risk of residual stress concentration at 385MPa while avoiding a secondary parking loss of 1.2 million yuan.

Keywords: A335; P22; high voltage; crackle; repair; heat treatment

A335 P22 为 ASTM 标准钢种, 主要成分含铬 (Cr) 约 2.25%、钼 (Mo) 约 1%、碳 (C) 约 0.15%; 耐高温、抗腐蚀、良好的强度和韧性、耐压性能优异; 工作温度 350~550℃、最高使用温度可达 600℃, 运行装置的 P22 管道返修必须考虑管道整体状态, 不能只考虑返修部位; P22 材质焊接工序要求严谨, 而投用多年的 P22 管线材质本身往往会存在减薄、硬度低等问题, 所以在焊接前应对母材进行充分的检查评估。

1 裂纹情况简述

在 X 加氢装置运行过程中, 发现法兰与弯头焊缝处有泄露, 决定进行停车修复。

管线编号为 400-P-206003-G3AE11-1、焊口编号 1#、规格 $\Phi 406.4 \times 40.49\text{mm}$, 位置为 2G 固定焊口, 管线介质为 H_2 、设计压力 19.5Mpa、设计温度 400℃。

在外部观察, 裂纹长度约为 66mm, 焊缝部分裂纹长度 46mm、法兰颈部裂纹长度为 20mm, 为沿管道轴线方

向的纵向裂纹 (见图 1~2); 在外表面观察裂纹最宽处为焊缝与母材的结合处^[1]。

发现焊缝裂纹后, 车间操作人员立即向泄露处架设一条蒸汽管线临时管线, 对泄露点进行喷射, 预防事故发生。



图 1 裂纹位置



图 2 裂纹外观

2 原因分析

2.1 分析方法

本次调查采用系统性分析策略, 依次执行外观检查、

材料复验、历史资料核查及切割解体检验。在装置安全停车 11 天并完成系统置换后,首先通过宏观检查记录裂纹形态特征;随后对焊材批次、热处理记录等文件进行溯源;确认基础信息无误后,采用高压水射流技术精准切割含裂纹的法兰-焊缝组件,最大限度保留原始缺陷形貌。切割过程严格遵循防爆规范,避免对弯头母材造成二次损伤,确保后续失效分析的完整性。

2.2 焊接材料检查

追溯焊材采购与领用记录,确认采用伯乐(Bohler) Cr-Mo 合金体系焊材:氩弧焊丝 T Union GT Cr2Mo SC 与焊条 T Phoenix Cr2Mo SC,该匹配方案符合 ASME BPV Code 对 P22 钢的焊接要求。第三方机构通过便携式光谱仪(图 3)验证焊缝金属成分为 Cr: 2.1~2.3%、Mo: 0.9~1.1%,与母材成分相容;硬度检测(图 4)显示热影响区最高值 235HB,焊缝区 210HB,均低于 250HB 的技术上限,且原始热处理曲线与报告一致,排除焊材错用或热处理失控因素。



图 3 焊缝光谱检查



图 4 焊缝硬度检查

2.3 焊接工艺

尽管该焊口为 2G 固定位置施焊,但焊道排布规整、层间熔合良好,表明焊接时环境可控且操作规范。金相复检显示焊道宽度均 $\leq 12\text{mm}$ (约 3 倍焊条直径),层间温度严格控制在 $250\sim 300^{\circ}\text{C}$ 区间,实测线能量 $14\sim 18\text{kJ/cm}$,符合工艺卡要求。这种多层窄道焊技术有效抑制了晶粒粗化,但受结构拘束度影响,厚壁管道环焊缝的轴向收缩应力仍可能成为裂纹诱因。

2.4 资料检查

调取原始试压包档案,确认施工阶段已执行 100% TOFD 检测与磁粉检测(MT),未发现埋藏缺陷;热处理曲线显示以 55°C/h 升温至 715°C 、保温 2.5h 后炉冷,全程热电偶布置符合 NB/T 47016 规范。所有质量文件签署完整,证明该焊缝初始状态合格,裂纹属于服役期新生缺陷。

2.5 法兰切割、内部检查

通过高压水刀(350MPa 压力)精密切割后(图 5~6),断面分析揭示三重特征:内壁溯源:裂纹源于法兰颈部内表面(图 7 箭头处),该区域存在 0.2mm 深的锻造褶皱,在氢环境高温高压下成为应力腐蚀起始点;扩展路径:裂纹沿厚度方向穿透法兰壁后,转向焊缝热影响区(HAZ)延伸,因 HAZ 淬硬组织(马氏体+贝氏体)抗裂性低于

法兰锻件;断口形貌:电子显微镜显示裂纹中段呈解理台阶+二次裂纹(氢脆特征),外缘为韧窝(过载断裂),印证了“氢致开裂 $\rightarrow$ 机械撕裂”的渐进失效机制。



图 5 焊缝内部



图 6 焊肉横切面

2.6 原因综述

2.6.1 产生过程描述

根据上述过程调查,裂纹基本形态如下:

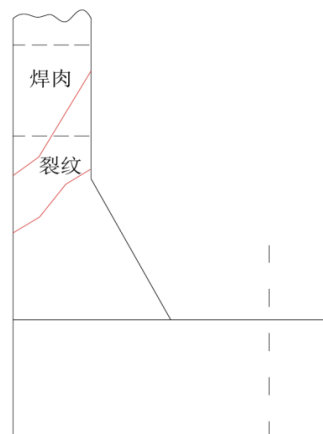


图 7 裂纹基本形态

2.6.2 法兰本身造成裂纹的产生原因的有如下几点

裂纹起源于法兰颈部内壁约 0.2mm 深的锻造褶皱区域,该缺陷在长期高温高压氢环境与循环应力共同作用下成为应力腐蚀裂纹的起始点。初期裂纹沿法兰厚度方向扩展,但由于颈部锻件厚度达 45mm 且其断裂韧性值($\text{CTOD} \approx 0.15\text{mm}$)显著优于 28mm 厚的焊缝热影响区($\text{CTOD} \approx 0.08\text{mm}$),裂纹转向力学性能薄弱的焊缝区域延伸,最终形成“内壁起裂 $\rightarrow$ 穿透法兰 $\rightarrow$ 焊缝贯穿”的典型失效路径。此过程与 P22 材料的冶金特性直接相关:其 2.25% 铬-1% 钼的合金设计虽赋予优异的高温强度,但锻造过程中碳化物在晶界偏聚会降低材料韧性。当锻造温度低于 900°C 时,材料变形抗力激增易引发晶界开裂;而超过 1100°C 则导致奥氏体晶粒粗化至 ASTM 3 级以下,这两种异常工况均会诱发微裂纹。

锻造工艺参数失准会进一步放大风险。例如锻压速率超过 20mm/s 时,动态再结晶不充分会形成带状组织;模具圆角半径不足 10mm 或未补偿 1.5% 热收缩量,会造成局部应力集中系数 $K_t > 3$ 。锻后冷却速率若超过 ASME

SA-182 规定的 $40^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 上限, 将促使贝氏体转变量超 70%, 相变应力与氢扩散叠加导致延迟开裂。更重要的是, 原始钢锭中尺寸大于 $50\mu\text{m}$ 的 Al_2O_3 夹杂或皮下气孔, 在锻造比不足 3:1 时无法有效焊合。金相分析证实裂纹源处存在 $15\mu\text{m}$ 宽的 MnS 夹杂带, 该缺陷在后续服役中成为优先扩展通道, 最终引发贯穿性失效。

3 焊缝返修

3.1 返修方法

有限元应力分析证实, 局部修补法兰缺陷将导致修补区残余应力峰值高达 385MPa, 超过材料屈服强度 70%, 在氢环境高温下会加速应力腐蚀开裂。工业内窥镜检测同时发现法兰非裂纹区存在多处深度达 0.8mm 的微小锻造折叠。基于此, 采用整体更换法兰方案以彻底消除隐患^[2]。该方案虽增加法兰采购成本, 但可避免预计 120 万元的二次停车损失, 并通过预制新法兰-弯头组件将工期压缩至 72h。

3.2 管道固定

管线冷却至 50°C 后实施双重固定: 首先将弹簧支架支耳与平台钢梁采用 E7018 焊条连续焊接, 焊缝高度不低于支耳厚度 80%, 确保承受 12.3t 管道轴向推力; 其次在滑动支架两侧加装 20mm 厚限位挡板, 严格控制挡板与管托间隙 0.5mm 内 (见图 8~9)。经激光测距仪验证, 固定后管道热位移量从设计值 18mm 降至 0.2mm, 彻底杜绝法兰拆卸时的管道窜动风险。



图 8 弹簧支架示意图



图 9 限位支架示意图

3.3 螺栓拆除

针对 $\text{M}36\times 200\text{mm}$ B7 级 400°C 工况螺栓, 实施三级松动工艺: 先喷涂耐受 390°C 高温的 WD-40 Specialist 含二硫化钼渗透剂, 每 2 小时重复喷涂持续 24 小时; 拆除时使用输出 5000Nm 扭矩的液压扳手, 按十字对称顺序分 30%、60%、100% 三次加载。对咬死螺栓采用局部感应加热至 350°C , 利用热膨胀差配合冲击扳手拆除, 全过程记录螺栓断裂力值达设计抗拉强度 85%, 为后续螺栓选型提供依据。

3.4 法兰割除

采用 350MPa 超高压水射流系统, 含 0.8% 石榴石磨料实施切割, 设定进给速度 $0.8\text{mm}/\text{min}$ 以确保切口平直度偏差 $\leq 0.5\text{mm}$ 。切割轨迹严格沿焊缝中心线偏移 2mm 向法兰侧, 既完整保留弯头母材, 切割损耗量仅 3mm, 又为失效分析留存足够裂纹样本。切割全程使用温度传感器监控切口区域 $\leq 120^{\circ}\text{C}$, 避免热影响区扩展。拆除后立

即采用四重碎屑控制: 首先用钛合金刮板人工清理可见碎屑; 其次通过 $\Phi 8\text{mm}$ 内窥镜检查换热器流道; 再用磁力棒吸附铁磁性颗粒; 最后用 0.4MPa 氮气吹扫 15min 钟, 经车间 QA/QC 人员双签确认无残留。

3.5 法兰更换焊接

3.5.1 消氢处理

坡口加工为 $37.5^{\circ}\pm 1^{\circ}$ 的复合型坡口, 内壁 10mm 直边+外壁单 V 型, 组对间隙 3.2mm。消氢处理采用陶瓷加热片包覆坡口两侧 150mm 范围, 以 $85^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 升温至 350°C 后恒温 2 小时, 氢扩散系数从 $2.7\times 10^{-6}\text{cm}^2/\text{s}$ 降至 $0.9\times 10^{-6}\text{cm}^2/\text{s}$, 有效降低冷裂纹风险。

3.5.2 坡口检测、硬度检查

使用磁粉检测与渗透检测双检坡口表面, 发现并打磨消除 0.3mm 深的机加工划痕。硬度检测采用里氏硬度计, 坡口热影响区硬度控制在 180~220HB 范围, 对低于 175HB 区域用火焰局部淬火提升至合格值。

3.5.3 人员、机具准备

选拔 2 名持有 ASME IX 6G 焊工证书且 10 年以上 P22 钢焊接经验的焊工, 上岗前通过 $\Phi 406\text{mm}\times 40\text{mm}$ 管板对接考试。设备选用米勒 Synchrowave 350 焊机, 配备 Ar+2%He 混合气, 气体流量 15L/min 保障根部保护效果。

3.5.4 预热

采用中频感应加热器实施局部预热, 热电偶对称布置 4 点监控。氩弧焊打底预热温度控制于 $200\sim 220^{\circ}\text{C}$, 手工焊填充预热 $220\sim 260^{\circ}\text{C}$, 层间温度严格保持在 $250\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。预热区宽度为壁厚 3 倍, 梯度 $\leq 50^{\circ}\text{C}/100\text{mm}$ 。

3.5.5 氩弧焊打底

通过在实际焊接中发现, 由于母材、焊材的合金元素含量高, 液态金属的流动性较差, 高压管道焊口组焊时, 要适当加大对口间隙 ($3\sim 4\text{mm}$), 对于钨极氩弧焊的焊接质量尤为关键, 同时也保障根部良好的熔合和内壁成型。由于是返修焊接的特殊性, 焊接电弧引燃后, 待钝边坡口形成熔孔, 焊丝要顺着坡口送到熔池部位, 观察电弧熔化焊丝形成热态熔池, 保证打底层内部质量符合要求, 提高焊接速度尽量缩短焊接电弧的高温停留时, 缓慢的向熔池送进焊丝, 焊枪同时做小幅度横向摆动。采用内填丝焊丝在管子的内部填送, 收弧处要填满弧坑, 向坡口一侧缓慢收弧时, 防止产生弧坑裂纹, 氩弧打底焊要封底一层再填一层, 避免焊条电弧焊的填充层击穿和增加焊缝的强度^[3]。在焊接过程中断或者更换焊丝时, 应先将收弧处的焊缝打磨成斜坡状, 当焊接到斜坡端部时焊接电弧稍作停留, 带熔池与斜坡端完全熔化, 立即送丝并且转入正常焊接, 避免产生弧坑及熔合不良。

3.5.6 焊条电弧焊填充及盖面焊接

填充层焊接时, 严格按照制定的焊接工艺措施, 选用 $\Phi 3.2\text{mm}$ 焊条填充一层后, 再采用 $\Phi 4.0\text{mm}$ 焊条焊接, 采

用小电流,快速焊,多层多道焊接,焊道宽度不超过焊条直径的3倍,有利于氢的析出,又能控制晶粒变粗大。由于耐热钢材质焊接收弧时容易产生弧坑裂纹,在焊接收弧时,焊过焊缝始端部位20mm左右收弧,在弧坑部位连续“灭弧”几次,铁水填满弧坑,并使熔池温度缓慢冷却以避免产生热裂纹。为减少焊接应力与变形,采用两名焊工对称焊接,降低焊接应力集中,同时,注意不得两个接头同时在一处重叠,避免局部温度过高导致应力集中和焊接变形,降低焊接接头的综合性能,焊接中应将每层道焊道接头相互错开30~50mm。

3.6 热处理

热处理采用分段控温策略:300℃前自由升温,300℃后严格按128℃/h的速率升温,该速率基于5125mm焊缝总长的热容计算确定,确保厚壁部位温度梯度不超过28℃/100mm。当温度升至720℃时进入恒温阶段,因弯头侧实测硬度已降至170HB接近P22材料下限值165HB,故选取热处理温度下限720℃并缩短保温时间至2h,避免碳化物过度聚集导致硬度进一步衰减。降温阶段以162℃/h的速率冷却,此速率依据6500mm管道长度与40mm壁厚的热传导模型设定,冷却至260℃后自然空冷。保温层采用双层陶瓷纤维毯,总厚度不小于150mm,覆盖范围延伸至坡口边缘300mm外,热电偶对称布置8点,其中法兰侧与弯头侧各4点,实时监测温差控制在±14℃以内。

3.7 注意事项

消磁防电弧偏吹:当法兰侧使用绳式电加热带时,交变磁场会导致焊接电弧偏吹超过8度。可在管道周向焊接四块100×100×10mm Q235 导磁钢板构成磁回路,或采用焊把线缠绕管道10圈后通300A直流电消磁,确保消磁后剩磁小于3Gs。

备件应急管理:提前准备Inconel 718 金属缠绕垫片(DN400 CL2500)及L7级高温螺栓(M36×200mm),对锈蚀螺栓采用液氮冷缩至零下196℃配合液压拉伸器拆除,避免气割损伤法兰密封面。

分层焊接与检测:首层氩弧焊打底厚度达18±2mm后,立即进行350℃、40分钟后热处理,随后执行射线检测并执行ASME B31.3 Class 1验收标准;第二层焊条填充至完成,重复后热处理并采用TOFD检测确保灵敏度

达φ2mm平底孔^[3]。热处理结束24h后执行最终检测组合:相控阵超声覆盖焊缝全厚度、表面磁粉检测按1级合格判定、热影响区硬度检测不超过225HB。

法兰预应力加载:组对后采用液压扭矩扳手对法兰施加30%设计预紧力,对应螺栓应力170MPa,消除焊接变形导致的密封面错位。该预紧力需在热处理后重新校准至100%设计值。

垫片热防护措施:热处理前必须拆除垫片,因聚四氟乙烯内衬在300℃以上会分解失效。对于不可拆卸的金属齿形垫片,需在垫片槽内填充耐温1200℃的高温陶瓷棉隔热辐射,控制垫片实际温度不超过280℃。

4 结语

A335 P22 管道裂纹返修需立足全系统状态实施策略。本次失效本质是法兰锻件原始褶皱缺陷与MnS夹杂带在氢环境中诱发的渐进式应力腐蚀开裂,其扩展方向受焊缝热影响区淬硬组织的低断裂韧性主导。返修实践证实:返修前必须全面评估服役母材状态,尤其关注硬度衰减至170HB等材质弱化现象;整体更换法兰可彻底规避局部修补形成的385MPa级残余应力集中风险;焊接工艺需动态适配材质特性,如扩大坡口间隙至3~4mm改善高合金熔池流动性、采用720℃下限热处理抑制碳化物聚集导致的硬度进一步衰减、通过磁控技术消除交变磁场引发的电弧偏吹;同时需构建层间TOFD检测与相控阵超声覆盖、热影响区硬度≤225HB控制、密封结构预紧力管理的多维质量监控体系。未来对在役Cr-Mo钢管道,应建立融合锻造质量溯源、服役周期硬度图谱与氢暴露监测的综合防护机制。

[参考文献]

- [1]丁增岁,娄金良,韩坤鹏.渣油加氢装置汽提塔顶结盐腐蚀原因分析及对策[J].炼油技术与工程,2025,55(5):57-60.
 - [2]孙磊.蜡油加氢深度对催化裂解装置产品分布影响规律[J].炼油技术与工程,2025,55(6):20-23.
 - [3]刘冬,于洋洋,陈国栋,等.3Mt/a柴油加氢精制装置扩能改造及效果分析[J].中外能源,2025,30(6):76-85.
- 作者简介:王海风(1982.8—),毕业院校:济南铁道职业学院,所学专业:机电一体化,当前就职单位:中石化第十建设有限公司,职称级别:工程师。

43m 跨度钢桁架栈桥的设计

杨 静

中煤科工集团北京华宇工程有限公司西安分公司, 陕西 西安 710000

[摘要]结合甘肃白岩子煤矿一大跨度钢桁架栈桥的设计,探讨钢桁架栈桥的建筑布置及结构设计,特别对结构设计中荷载确定、竖向受荷桁架、水平受荷桁架、端门刚、上下横梁等重要杆件及节点计算进行分析,提出栈桥设计的方法以及指出设计中的关键点,为后续的大跨栈桥设计提供一定的参考和依据。

[关键词]栈桥; 钢桁架; 大跨度; 节点计算

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17244

中图分类号: TU318

文献标识码: A

Design of 43m Span Steel Truss Wharf

YANG Jing

Xi'an Branch of CCTEG Beijing Huayu Engineering Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

Abstract: Based on the design of a large-span steel truss wharf in Baiyanzi Coal Mine, Gansu Province, this paper discusses the architectural layout and structural design of the steel truss wharf, especially analyzing the load determination, vertical load truss, horizontal load truss, end door stiffness, upper and lower crossbeam and other important members and nodes calculation in the structural design. The design method of the wharf is proposed and the key points in the design are pointed out, providing certain reference and basis for the subsequent design of large-span wharf.

Keywords: pier bridge; steel truss; large-span; node calculation

随着社会对能源需求的增长,煤炭作为主要能源发挥的作用不容小觑。煤炭从井下开采到地面运输、处理、转运、存储,整个过程中,栈桥输送扮演着重要角色。

落实到对基础建设的需求,一般地下运输部分布置钢筋混凝土箱体结构的暗道,地面上高度不高的爬地部分布置底部钢筋混凝土框架结合上部门式刚架的栈桥,地上架空部分布置钢桁架的栈桥,配合两柱或四柱的支架交叉布置。架空钢桁架栈桥,由于自重轻,跨度大,便于成品加工且施工工期短,而被广泛得应与于栈桥设计。本文以靖煤集团景泰煤业有限公司白岩子矿井及选煤厂的储运系统设计为背景,对架空栈桥的建筑布置及结构设计进行详细论述,分析设计中的重点难点,为后面类似的设计提供参考。

1 栈桥结构的主要体系

栈桥跨间结构采用钢桁架时,钢桁架可采用型钢板节点体系或钢管空心球体系,目前煤炭行业的输送栈桥桁架,主要采用型钢板节点体系,结构构件主要采用传统的角钢,钢桁架既能承重有能为外围护提供固定骨架,便于布置封闭式栈桥。

栈桥骨架体系分为三个部分,第一为竖向桁架,由上弦杆、下弦杆及斜腹杆组成;第二为水平上下弦桁架,抵抗栈桥侧向风荷载,由弦杆、横梁及水平支撑组成;第三为端门架,通过顶部横梁与竖向桁架两端的型钢竖杆组合竖向及水平桁架,将竖向及水平桁架的荷载最终传递至支

座中,在栈桥设计中发挥着不容小觑的作用。皮带输送机固定在桁架下弦平面上,这样栈桥结构体系实际上是一个由竖向两榀受力桁架和上、下水平弦桁架组成的空间桁架体系,由于在空间桁架内部有使用功能,不能布置支撑杆件,这个三维空间桁架体系非固定,在栈桥桁架的端部及支座位置设置封闭门式刚架,形成稳定体系,防止上、下弦水平桁架受风荷载的影响,产生不稳定。

2 工程概况

由于工艺的优化,单位时间运输效率的提升,场地利用率及布置的要求,栈桥设计的跨度及宽度也在不断的增大,规模与设计情况变的多样、复杂。本次设计根据使用要求与场地限制,需要设计一个架空运煤栈桥,如图一,栈桥总长度 147m,栈桥横跨长度 140m 长的储煤棚,位于储煤棚上方,储煤棚内与上部栈桥同方位位置布置有地下输煤暗道,上部栈桥以下部落煤筒为支腿,落煤筒与暗道位置重合,但不贯通,实现上部栈桥输送至落煤筒转存至储煤场及储煤场通过漏煤斗至地下暗道输送走的上下同时运输功能。栈桥支腿落煤筒的位置根据漏煤斗的位置以及栈桥的经济跨度,基于整体的储运布置,确定最大栈桥的跨度为 43m,栈桥底部紧贴储煤棚下部网架,栈桥楼板为实现转运功能部分位置预留洞口,通过溜槽将一部分煤直接落入下部煤储棚,栈桥从空间上没有条件设置下撑,不能布置带下撑的桁架,只能增加矢高。

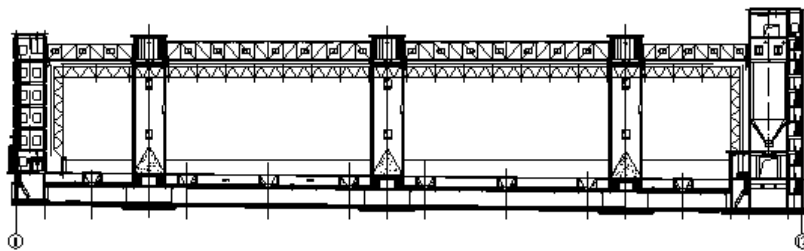


图1 栈桥立面布置图

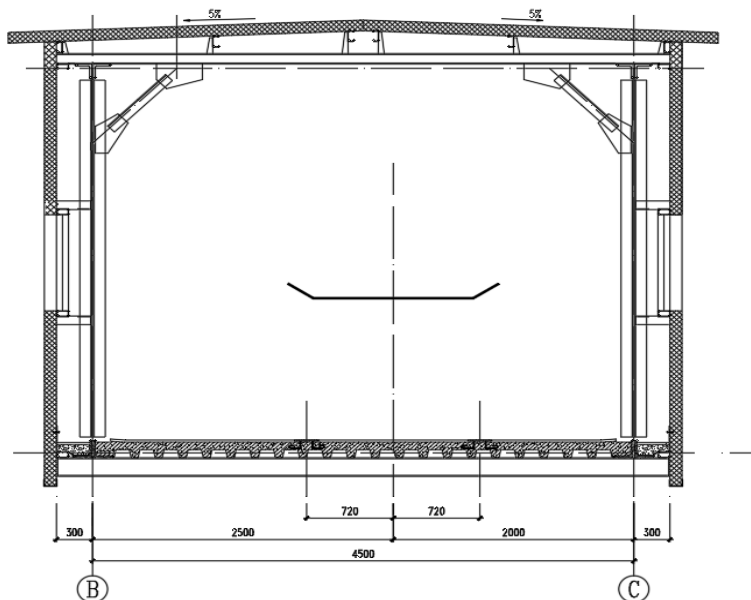


图2 栈桥截面布置图

3 建筑与结构设计

架空栈桥的结构形式多采用钢桁架结构,钢桁架栈桥具有重量轻、受力合理、制作简单以及运输与安装方便的特点,且适合在跨度、高度较大的构筑物之间。栈桥桁架的墙身和屋面通常采用双层压型金属板复合保温板围护,围护自重较小,栈桥的楼面为压型钢板组合楼板,楼板自重较大,楼面负荷输煤皮带机运行荷载。因此竖向桁架的布置通常为平面桁架,桁架腹杆处于受拉状态。竖向桁架的上下弦杆采用双角钢(超长且宽度较大时采用H型钢),腹杆及上下水平支撑杆件采用角钢,钢桁架的跨度一般在24m~36m,桁架的高度可取桁架跨度的1/12~1/8,并应满足工艺使用要求,桁架腹杆之间的间距通常取为2.0m~3.0m,桁架腹杆之间的间距应与桁架高度相协调,两者数值接近,最终保证斜腹杆与上下弦的夹角在 30° ~ 60° 之间,避免节点受力不合理,节点设计困难。

3.1 建筑设计

栈桥的跨度受外在条件影响较大,一般优先满足工艺布置以及使用要求,根据现场情况,最大栈桥跨度43m。根据机制提供资料,栈桥为单皮带,皮带宽度为1.0m,皮带埋件外两侧对应位置布置落煤口连接落煤溜槽,栈桥

宽度应考虑皮带使用以及人行、检修的空间,根据《煤矿工业建筑结构设计标准》(GB 50583—2020)要求栈桥人行通道宽度不小于1.0m,检修通道宽度不小于0.5m,综合栈桥的轴线宽度为4.5m;高度方向,考虑到工艺专业对栈桥的使用高度的要求,不小于2.8m的净空,以及结构方面,43m大跨度栈桥不能设置下撑的限制,对矢高的要求比一般的桁架大,按照各类因素考虑以及以往的经验设计,桁架高度暂按3.6m进行布置试算。如图2。

3.2 结构设计

a 栈桥结构布置

栈桥总长43m,宽度4.5m,桁架主要节间间距取3m,桁架高度3.6m,斜腹杆与上下弦的夹角在 50° 左右,属于合理角度范围,根据建筑布置条件,选择下承式桁架,竖向桁架布置如图3所示。



图3 竖向桁架布置图

b 确定栈桥荷载

白岩子矿井所在地区抗震设防烈度为8度,设计基本地震加速度0.20g,特征周期0.45s,设计地震分组为第三

组;场地类别为Ⅱ类,此地区属于高烈度区,但钢桁架自重小,地震作用下的惯性力也相应减小,大大减轻了地震作用的影响。地震作用不作为桁架设计的主要影响因素。

栈桥屋面恒载主要包括屋面夹芯板、檩条、支撑等,栈桥屋面活荷载按不上人屋面取 0.5kN/m^2 ;墙面恒载包括墙面夹芯板以及檩条自重;楼面恒载包括压型钢板组合楼板、下弦支撑等,根据《煤矿工业建筑结构设计标准》(GB 50583—2020),皮带宽 1.0m ,栈桥楼面活荷载标准值取 3.0kN/m^2 ,组合值系数为 0.9 。

根据《建筑结构荷载规范》附录 E 及《煤矿工业建筑结构设计标准》(GB 50583—2020) 4.5.3 条,风荷载标准值为 0.4kN/m^2 (50 年重现期),风压高度变化系数取 1.31 ,栈桥风荷载体型系数 1.7 ,栈桥下表面风荷载体型系数 -1.0 (不利风荷载),栈桥上表面风荷载体型系数 -0.8 (有利风荷载)。

c 计算上下弦横梁

上弦横梁主要承受横梁节间范围内 (3m 内) 荷载,对上弦横梁进行分析,横梁受屋面传来的恒活均布荷载,以及 3t 的局部吊车点荷载,选取 $\text{HM}194\times150\times6\times9$ (Q345) 型钢杆件按照简支梁计算,杆件平面内强度应力比 0.71 、稳定应力比 0.76 、杆件的挠度为 13.8mm ,杆件的平面外长细比为 63 。

下弦横梁主要承受横梁节间范围内 (3m 内) 楼面的恒活载。对下弦横梁进行分析,选取 $\text{HM}294\times200\times8\times12$ (Q345) 型钢杆件按照简支梁计算,杆件平面内强度应力比 0.35 、稳定应力比 0.36 、杆件的挠度为 4.6mm ,杆件的平面外长细比为 48 。下弦横梁是楼面皮带栈桥荷载转移至竖向桁架的重要中转构件,且下弦横梁是倒挂在竖向桁架节点上,确保下弦横梁杆件以及节点设计的安全性,至关重要。

d 计算单榀竖向桁架

桁架的受力各杆单元均为轴向受拉或轴向受压构件,而没有弯矩和剪力,各杆件只在节点受力,杆件中部不承受外部荷载。

取单榀竖向桁架进行分析,上弦节点承受上弦横梁传来的点荷载、上弦横梁一半的自重以及一半的墙面荷载,下弦节点承受下弦横梁传来的点荷载、下弦横梁一半的自重以及另一半的墙面荷载。

上弦的节点恒荷载为:

$$\left[0.45\text{kN/m}^2 \times \left(\frac{4.5\text{m}}{2} + 0.7\right) + 0.3 \times \left(\frac{3.6\text{m}}{2} + 0.5\right)\right] \times 3 + 0.79 = 6.8\text{kN} \quad (1)$$

上弦的节点活荷载为:

$$0.5\text{kN/m}^2 \times \left(\frac{4.5\text{m}}{2} + 0.7\text{m}\right) \times 3 = 4.4\text{kN} \quad (2)$$

下弦的节点恒荷载为:

$$\left[3.4\text{kN/m}^2 \times \left(\frac{4.5\text{m}}{2} + 0.3\right) + 0.3 \times \left(\frac{3.6\text{m}}{2} + 0.5\text{m}\right)\right] \times 3 + 1.46 = 29.5\text{kN} \quad (3)$$

下弦的节点活荷载为:

$$3\text{kN/m}^2 \times \left(\frac{4.5\text{m}}{2} + 0.3\right) \times 3 = 23\text{kN} \quad (4)$$

建模型,计算竖向桁架,杆件选用双角钢,对杆件进行试算。杆件截面大小不足时,优先增加杆件截面长度,而非增加杆件厚度。桁架杆件主要计算杆件的应力比以及长细比。杆件截面长度增加对杆件回转半径值影响较大,单位钢材的增量对长细比有较大的改观,节约钢材,较为经济。

桁架上下弦杆为主受拉压杆件,截面最大;斜腹杆受力从两端向中间位置逐渐减少,杆件截面渐进取值。

由于跨度较大,桁架的上下弦杆在恒活荷载下有较大挠度,为减少桁架在初始恒活荷载下产生的变形对后续栈桥产生不利影响,桁架制作时可进行预起拱处理,但也要避免过度起拱,引起反向不利。

e 计算上下弦水平支撑

计算水平桁架的上下弦水平支撑,水平支撑体系仅仅承受桁架侧向墙体的风荷载,受荷面小,但桁架节间的间距以及桁架的总跨度对各杆件的应力值影响较大,特别是栈桥两侧约束支座附近支撑。上下弦水平支撑由于栈桥布置倾角的原因,一般两端节间大且处于不利位置,杆件型号比中间位置的大。

本次设计的下弦支撑杆件由于布置溜槽开洞,部分节间取消支撑杆件采用次梁铰接。上下弦支撑布置图如图 4~5 所示。

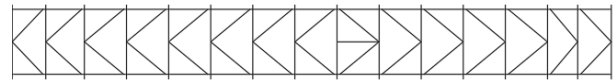


图 4 上弦支撑布置图

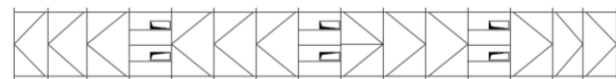


图 5 下弦支撑布置图

f 计算两端门刚

端门刚在建模时除承受竖向桁架传来的竖向力,在端门刚的上下端分别承受上下水平桁架的风荷载,端门刚一般采用工字型钢,门刚梁柱节点刚接,柱脚焊接在下部支座。

风荷载对门刚顶的位移影响较大,设计中重点控制门刚在风荷载作用水平向位移以及控制端门刚梁柱应力比。

g 栈桥的支座设计

栈桥由于竖向变形、温度变化、地震作用等其他偶然作用产生的栈桥桁架沿桁架长向伸缩变形时,应利用滑动支座释放该方向的水平力,减少对门刚柱带来额外的附加弯矩。所以栈桥桁架的两端支座不能设置为固定铰支座,设计为一端铰轴式支座 (可转动,不可移动),一端辊轴支座 (不可转动,可移动),如图六。这时,桁架对下部支承柱的平面外几乎不起约束作用,支承柱的平面外计算长度可按悬臂柱考虑。

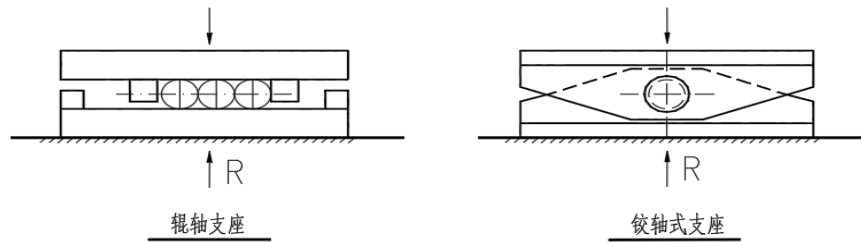


图6 支座结构示意图

栈桥支座除了释放桁架方向的水平力,还承受上部所有桁架、上下弦、支撑杆件自重以及皮带负荷恒、活荷载,辊轴支座的支座反力 R 应满足:

$$R \leq 40nd_1 f^2 / E \quad (5)$$

铰轴式支座的支座反力 R 应满足:

$$R \leq d l_2 f / 2 \quad (6)$$

其中 n 代表辊轴数目, l_1 为辊轴与平板的接触长度, l_2 为轴纵向接触面长度, d 为轴直径, $E=206 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$, f 为钢材的设计用强度指标。

4 结束语

大跨度长距离多皮带的的输送栈桥越来越多,在设计中我们应结合实际情况进行布置,正确的选择栈桥的结构形式,确定合理的几何尺寸,确保方案的最优化。在后续的结构设计中,钢结构的设计工作较混凝土结构来说有更多的节点、杆件等细节需要注意,设计人员需对上下弦、

腹板、横梁、水平支撑、端门刚、支座等各杆件的杆件型号进行确定,同时也对各杆件之间的焊接或螺栓连接进行细节的把控,特大超长型栈桥必要时候还要用空间模型整体计算,对杆件的承载力、稳定性以及变形情况,力求做到最优化最安全的设计。

【参考文献】

- [1] 王佩.大跨度钢桁架栈桥的设计[J].山西建筑,2009,35(13):78-79.
- [2] 宋智斌.大跨度钢桁架带式输送机栈桥的设计要点简析[J].建筑钢结构,2013(2):102.
- [3] 王强.40m 大跨度钢桁架输煤栈桥设计[J].黑龙江科技信息,2016(12):271-271.

作者简介:杨静(1993.1—),女,西安建筑科技大学,结构工程,中煤科工集团北京华宇工程有限公司西安分公司,设计师,中级职称。

不规则高层建筑设计要点研究

隋勇强

新疆花城勘测设计研究有限责任公司, 新疆 伊犁 835000

[摘要]随着城市化的持续推进以及建筑形式变得越来越多样,不规则高层建筑慢慢变成了现代城市景观当中不可或缺的一部分。这类建筑因为在形体、结构布置还有功能使用等方面有着较强的非线性以及复杂性特点,所以给结构设计造成了不少难题。从不规则高层建筑结构的定义开始讲起,全面且细致地对它的类型划分以及判定标准做了梳理,着重对结构设计里涉及到的关键参数、性能目标还有典型的不规则性特征展开分析。通过针对结构方案设计、整体建模与计算分析、抗震性能化设计等诸多方面的深入研究,找出了应对结构不规则性的办法以及设计策略。研究说明,科学且合理的结构布置、严谨的动力分析再加上具有针对性的构造措施,是提高不规则高层建筑结构安全性与可靠性的关键所在。

[关键词]不规则结构;高层建筑;结构设计;要点分析

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17238

中图分类号: TU318

文献标识码: A

Research on the Key Points of Structural Design for Irregular Tall Buildings

SUI Yongqiang

Xinjiang Huacheng Survey, Design and Research Co., Ltd., Yili, Xinjiang, 835000, China

Abstract: With the continuous advancement of urbanization and the increasing diversity of architectural forms, irregular high-rise buildings have gradually become an indispensable part of modern urban landscapes. This type of building has strong nonlinearity and complexity in terms of form, structural layout, and functional use, which poses many challenges to structural design. Starting from the definition of irregular high-rise building structures, this article comprehensively and meticulously sorts out their types and criteria for judgment, with a focus on analyzing the key parameters, performance goals, and typical irregular features involved in structural design. Through in-depth research on various aspects such as structural scheme design, overall modeling and computational analysis, and seismic performance-based design, methods and design strategies have been identified to address structural irregularities. Research has shown that scientific and rational structural layout, rigorous dynamic analysis, and targeted construction measures are key to improving the safety and reliability of irregular high-rise building structures.

Keywords: irregular structure; high-rise building; structural design; key points of analysis

引言

不规则高层建筑属于现代城市建筑的一种重要发展形态,它的结构设计要比常规建筑复杂得多。因其在立面形态、功能分布以及结构体系等方面呈现出非对称性和突变性,常常致使结构受力出现不平衡的情况,传力路径也不够清晰,还有局部构件受力过于集中的问题,这些问题对整体安全性以及抗震性能会产生影响。传统设计方法在面对这些复杂的不规则情况时,通常存在适用性不够的问题,迫切需要从理论和实践层面去进行系统的总结与优化。本文依据当下的高层建筑结构设计规范以及工程实践,围绕不规则结构的分类、识别以及应对策略展开较为细致的研究,目的是给工程设计人员提供清晰且具备可操作性的技术指导,推动建筑安全性、功能性与创新性的融合与发展。

1 不规则高层建筑结构的定义与分类

1.1 不规则结构的概念

不规则高层建筑结构一般是指在平面布置、立面高度、质量或者刚度分布以及楼层构件连续性等方面呈现出明显不均匀性或者突变性的建筑结构。和规则结构相比,不

规则结构在力学响应方面情况更为复杂,往往会出现应力集中、变形不均以及扭转效应较为突出等状况。这些不规则性是源自于建筑功能布局、造型方面的需要、地形方面的限制等多种多样的因素,其存在不但增加了结构分析的困难程度,而且对于抗震设计以及构造措施也提出了更高的要求。所以说,对不规则结构加以识别并采取合理的应对措施,属于高层建筑设计当中的一项核心技术问题。

1.2 不规则性的类型划分

1.2.1 平面不规则

平面不规则包括扭转不规则、凹凸不规则、楼板局部不连续等情况。其中,扭转不规则结构要求在水平力作用下,楼层最大弹性水平位移(或层间位移)超过两端弹性水平位移(或层间位移)均值的 1.2 倍;凹凸不规则结构要求平面凹进尺寸超过投影方向总尺寸的 30%;楼板局部不连续则为楼板尺寸、平面刚度出现急剧变化。

1.2.2 立面不规则

立面不规则指的是建筑在高度方面其结构布置或者构件刚度会出现比较大的突变情况,像高度突变、存在软

弱层、采用跳层结构还有非连续立柱布置等等都属于常见的类型。这种不规则的情况往往是因为建筑造型在美学方面的要求或者功能上的需求而产生的,就好比裙楼和塔楼之间刚度过渡得不合理,又或者是建筑体量在某一个高度突然大幅度地收缩或者扩大。这样的结构在遭遇地震或者受到风荷载的作用时,是比较容易形成薄弱层的,进而导致层间变形集中在某一处,情况严重的甚至有可能成为结构发生破坏的最初位置。为了处理立面不规则的问题,在设计环节就需要着重去保障构件的连续性,要合理地设置结构缝,同时借助加强薄弱层的构造、增加支撑构件等一系列的办法来提高整个结构的抗震性能以及刚度方面的协调性。

2 高层建筑结构不规则性分析

2.1 结构设计参数

高层建筑结构设计参数涵盖结构体型尺寸、构件截面尺寸、层高分布以及结构刚度与质量分布特征等方面,这些参数对建筑在风力、地震等作用下产生的力学响应有着直接的影响,在不规则结构当中,设计参数常常会因为其存在的不对称性以及突变性而呈现出极高的敏感性。要合理地设定设计参数,就需要综合考虑建筑的功能需求、结构的安全性以及施工的可行性,尤其是在楼层刚度出现突变、质量分布不均以及平面布置呈现异形情况之下,更要依靠参数优化来提高结构的整体稳定性,在设计的过程中应当秉持性能化的理念,借助多目标参数控制,达成结构抗震、抗风以及舒适性等多种性能的协同统一。

2.2 不规则特征识别与判定

识别并判定不规则特征属于结构设计初始阶段极为关键的一项工作内容,它和分析模型的构建以及设计路径的选择有着极为紧密的关联。就常见的不规则性识别办法来讲,一般是对平面形状、楼层刚度、构件布置等诸多方面展开规范层面的判别以及凭借经验所做的判定。现行的规范大多会依照楼层位移比、刚度比、质量比等相关指标来设定判断的阈值。比如说,对于扭转不规则结构而言,在水平方向的作用之下,要是楼层的最大侧向位移超出两端平均位移的 1.2 倍,那么就可以判定其为不规则状态。借助结构建模以及初步的分析操作,能够对建筑整体的响应情况做出相应的判断,进而给后续的方案优化以及抗震策略的选择给予一定的技术层面的依据支撑。

2.3 性能目标设定

性能目标的设定在结构设计当中属于极为重要的前提条件,就不规则高层建筑来讲,因其自身存在复杂性以及潜在的薄弱环节,所以要为其设定合理的性能等级。通常情况下,结构性能目标包含了在正常使用状态下、出现轻度损伤时、发生中度损伤情况以及处于极限状态之下的整体安全性方面的要求。在设计进程里,需要依照建筑功能等级、重要性类别还有地震设防烈度,并且结合不同构

件各自的功能定位,去分别给出不一样的受力性能以及变形容许值。将性能目标进行分级设定,这不但能够帮助明确设计的边界以及安全储备情况,而且还能为开展基于性能的抗震设计以及减震措施的实施给予依据,进而提高整体设计的科学性以及工程适用性。

3 不规则高层建筑结构设计要点

3.1 结构方案设计

结构方案设计乃是实现建筑与结构功能有机融合极为关键的一个阶段,对于那些不规则的高层建筑来讲,这一点显得尤为重要。在开展方案设计相关工作的过程当中,得依据建筑所呈现出的几何复杂特点以及荷载路径方面的种种变化情况,去对结构布置的相应策略做出相应的调整,力求能够最大程度地削减不规则性给结构受力所带来的诸多不利影响。就好比说,要是出现扭转位移比过大的这种状况,那么便可以通过对核心筒的位置予以适当调整、将侧构件按照较为均匀的方式进行布置,亦或是引入具备对称性的布局安排等一系列举措,以此来对结构的扭转效应起到一定的削弱作用。与此在构件布置这件事上,务必要充分关注其空间上的协调性,防止出现局部构件发生断裂或者传力路径出现中断这样的情况。除此之外,就基础设计这一方面而言,同样需要高度重视结构的整体性,可以通过设置基础梁、采用桩筏结构或者实施防沉降连接等不同的方式方法,进而促使上下部结构能够更好地协同开展工作。借助方案阶段所进行的精细设计操作,就能够为后续的结构计算以及构造设计等相关工作筑牢稳固的基础。

3.2 结构整体计算分析

3.2.1 建模方法与分析手段

结构整体计算分析乃是保证设计合理以及安全的技术关键所在。就那些不规则的结构而言,得运用精细化的三维建模技术,充分将结构在空间分布方面的不对称特性以及局部的薄弱之处都给反映出来。像 ETABS、SAP2000、MIDAS 这类主流的分析软件,都能够达成基于刚度中心和质量中心所开展的动力特性分析,从而对结构在水平地震作用之下的响应状况予以评估。在进行建模工作的过程当中,要着重关注刚度突变部位还有构件连接节点的模拟精度,务必要确保能够真实地反映出结构的行为特点。从分析手段的角度来讲,需要把静力分析和动力时程分析结合起来,全方位地去评估结构的承载能力、变形能力以及耗能能力,以此来给结构性能的判断以及抗震对策给予定量层面的支持。

3.2.2 动力特性与地震响应分析

不规则高层建筑在地震作用下呈现出复杂的响应特点,往往会出现较为明显的扭转效应、局部集中变形以及周期延长等现象,尤其是在结构平面布置呈现不对称状态、质量或者刚度在高度方向上发生突变的情形下,这些特点

会表现得更为突出。因为不规则性可能会致使楼层之间受力出现失衡状况,且传力路径不够清晰,所以必须要借助系统的动力特性分析来对结构展开细致评估。此项分析着重涉及自振周期、振型特征、模态参与质量比等关键参数的提取工作,借此识别出结构在不同模态之下所具有的主要响应特性以及潜在的震害敏感部位,像是楼层软弱区或者是局部构件延性不足的区域。在地震响应分析方面,需要综合考虑建筑所在地的设防烈度、场地土质类别、地震动特征以及与之相应的设计地震波输入情况,运用反应谱分析、模态分析或者非线性时程分析等方法,针对结构的整体以及局部响应进行精准的模拟与预测,评估其在地震荷载作用之下所具备的变形能力、内力分布状况、应力集中情形以及潜在的破坏模式^[1]。特别是在存在楼层质量突变、刚度不连续或者楼板局部断裂等构造不规则性的区域,应当着重关注层间位移角、结构周期的漂移趋势以及关键构件的延性与能量耗散能力,以此保证整体结构在多遇以及罕遇地震作用之下都能够拥有良好的韧性储备、适应性变形能力以及足够的安全裕度,进而提升其在复杂地震环境当中的稳定性以及抗倒塌能力。

3.3 抗震性能化设计

3.3.1 抗震等级与延性设计

不规则结构在抗震设计方面,一方面要遵循规范所规定的关于整体承载力以及稳定性的相关要求,另一方面还需要着重强化延性设计,并且合理安排耗能机制的布置事宜。依据建筑所具有的重要性、具体的功能需求以及不规则的程度情况,应当合理地去确定结构的抗震设防类别以及构件的抗震等级。像框架梁柱、剪力墙这类有着较高延性要求的构件,可以通过增加钢筋的设置、提升配筋的比例或者运用高性能的材料等途径来提高它们自身的延性以及韧性^[2]。与此对于强柱弱梁、强剪弱弯这样的构造理念,务必要予以足够的重视,防止出现破坏发生在那些不可控的构件所在之处的情况。借助合理的延性设计方式,能够在一定程度上提升结构面对地震作用时的能量耗散能力,进而降低由于局部出现破坏而致使结构整体陷入失稳风险的几率。

3.3.2 消能减震与隔震技术应用

随着抗震技术不断发展起来,消能减震以及隔震装置在不规则的高层建筑当中获得了广泛的应用,已然成为面对复杂地震响应时极为重要的手段。消能技术会通过结构里布置像阻尼器、屈曲约束支撑这类装置的方式,以此来有效地吸收地震所释放出来的能量,进而使得构件所受到的作用力水平得以降低。而隔震技术则是通过在结构的底部去设置隔震支座,让上部的结构和地面的运动实现解耦的效果,如此一来便能够大幅度地减少结构的响应情况^[3]。对于扭转不规则、刚度出现突变等问题而言,适宜采用组合型的消能体系,借助多级的耗能机制来提高结构的韧性

程度。在设计的过程之中,需要依照结构的具体布置情况、荷载所具有的特性还有目标性能方面的需求,去挑选合适的减震构件以及确定恰当的布置方式,以此达成抗震性能和经济效益之间的最优平衡状态。

3.3.3 构造措施与细部设计要点

构造措施属于保障不规则结构性能得以实现的最后一道防线范畴,其包含节点构造、钢筋锚固、连接件设计以及施工细节等诸多方面内容,在节点设计环节当中,需要强化核心区的连接刚度与延性,以此来保证在遭遇强震情况之下不会出现脆性失效的现象,钢筋布置的时候要避免集中区域出现断筋、搭接不妥当等相关问题,倘若有必要的话,可以运用机械连接技术来提升连接性能,针对转折构件、突变层或者连接缝所在部位,应当设置额外的加强钢筋或者是增加横向约束,从而去应对因受力不均而引发的破坏风险,细部构造还需要符合施工的可行性以及维护的便利性要求,进而确保结构在整个寿命周期之内的稳定性和耐久性。

4 结语

不规则高层建筑凭借造型有着较高的自由度以及空间使用较为灵活等诸多优势,已然发展成为城市建筑领域里极为重要的一个趋势走向。不过,它的结构设计存在着相当复杂的特性,并且还带有诸多的不确定性,这就给相关方面带来了不少的技术层面的挑战。通过针对不规则结构展开系统的分类工作以及对其特征加以细致分析,同时结合性能化设计所秉持的理念,本文由此归纳出了从结构方案的确定一直到构造细部处理的全流程当中的关键设计要点。相关研究已经表明,唯有在全面且深入地理解了不规则性究竟会给结构行为带来何种影响这一前提之下,运用科学合理的建模方式以及更为精细的设计策略,才能够切实有效地保障不规则高层建筑在功能性、美观性以及安全性这几个不同维度上达成有机的统一状态。在未来开展设计实践活动的过程中,应当持续推进智能建模技术、参数化设计方法以及多目标优化技术等相关技术不断发展进步,以此来不断地提升不规则建筑设计工作的精度以及工作效率。

【参考文献】

- [1]招云杰.不规则高层建筑结构设计要点分析[J].工程设计与设计,2021(20):4-6.
- [2]王鑫.平面不规则高层建筑结构设计要点分析[J].四川水泥,2023(7):97-99.
- [3]颜剑超.高层建筑结构设计中不规则问题与抗震措施分析[J].砖瓦,2021(10):91-92.

作者简介:隋勇强(1992.2—),毕业院校:新疆农业大学,所学专业:土木工程,就单位名称:新疆花城勘测设计研究有限责任公司,就单位职务:结构设计工程师职称级别:中级工程师。

变频技术在暖通空调系统中的应用与节能效果分析

李 雪

上海诚云建设工程质量检测公司, 上海 201313

[摘要]随着全球能源危机的加剧和“双碳”目标的推进,暖通空调(HVAC)系统作为建筑能耗的主要组成部分,其节能改造与技术升级成为关键。变频技术通过动态调节电机转速以实现负载匹配,显著降低能耗,已成为暖通领域节能降碳的核心技术之一。文章结合行业应用现状与前沿趋势,分析了变频技术在风机、水泵和压缩机以及变频技术在温湿度控制中的应用,并探讨变频技术在暖通系统中的节能作用及其未来发展方向。

[关键词]变频技术;暖通空调系统;技术应用;节能效果

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17264

中图分类号: TU831

文献标识码: A

Application and Energy-saving Effect Analysis of Frequency Conversion Technology in HVAC Systems

LI Xue

Shanghai Chengyun Construction Engineering Quality Inspection Company, Shanghai, 201313, China

Abstract: With the intensification of the global energy crisis and the promotion of the "dual carbon" goal, HVAC systems, as the main component of building energy consumption, have become key to energy-saving transformation and technological upgrading. Variable frequency technology achieves load matching by dynamically adjusting motor speed, significantly reducing energy consumption, and has become one of the core technologies for energy conservation and carbon reduction in the HVAC field. The article analyzes the application status and cutting-edge trends of frequency conversion technology in fans, water pumps, and compressors, as well as in temperature and humidity control. It also explores the energy-saving role and future development direction of frequency conversion technology in HVAC systems.

Keywords: frequency conversion technology; HVAC system; technology application; energy-saving

引言

暖通空调系统,作为现代建筑能耗的核心部分,是双碳目标下重点改造的领域。随着全球能源需求不断增加及环保节能意识逐步提升,建筑行业在确保室内环境舒适的同时,也亟须寻求更高效、节能的空调系统解决方案。为应对能源消耗与环境保护的双重挑战,变频技术逐渐崭露头角,被广泛应用于空调系统中。变频技术可以根据负荷需求的变化灵活调控设备的运行,通过调节风机、泵、压缩机等设备的转速,降低能源消耗、提高系统效率,有助于建筑的节能目标的实现。与传统的定频控制系统相比,变频技术通过精确控制电机的运行频率,从而精准控制暖通设备的输出功率,使得空调系统始终能够保持最优的运行状态,效降低能源的消耗;还能够降低设备运行噪音、减轻磨损,延长设备的使用寿命,在温湿度控制方面,变频技术能够实现更加精确的控制,确保室内温湿度始终处于用户设定的范围内,从而提供更加舒适的用户体验。本研究的目的在于探讨变频技术在暖通空调系统中的应用,重点分析其在节能方面的应用,通过对变频技术的深入研究,期望能够为建筑行业提供更加科学的节能方案,推动绿色建筑的发展,并为节能减排目标的实现提供理论支持。近年来,随着国家“双碳”目标的推进,变频空调因其节能特性被列入

《绿色技术推广目录(2024年版)》,成为重点推广技术。

1 暖通空调的意义

暖通空调系统的旨在实现对室内热湿环境及空气品质的精准调控,确保人们居健康舒适性与工业生产工艺要求优化建筑机电系统能效比,有效降低建筑运行能耗并减少污染物排放。暖通空调的意义远超“温度调节工具”的范畴,它不仅是健康环境的守护者、工业文明的基石、低碳转型的引擎,在应对近年来气候变化频发的热浪、寒潮等极端天气背景下,暖通系统已经成为保障社会正常运行的关键设施。在气候变化、能源危机与城市化加速的背景下,其价值进一步凸显出来。对个人:保障健康、提升生活品质;对社会:支撑经济发展、增强城市韧性;对地球:通过技术创新减少碳排放,推动可持续发展。未来,随着智能化、清洁能源与材料科学的突破,暖通空调系统将从“能耗大户”转型为“智慧能源节点”,成为人类应对环境挑战的核心技术之一。

2 变频技术在暖通空调系统中的应用

2.1 风机和泵的变频调速应用

在暖通空调系统中,风机与泵的运行效率对整个系统的能效及运行成本具有重要影响。传统的风机与泵通常以恒定转速进行工作,无法根据负荷变化进行调整,从而导致能源的浪费。

在暖通空调系统中,风机与泵的运行效率对整个系统的能效及运行成本具有重要影响。传统的风机与泵通常以恒定转速进行工作,无法根据负荷变化进行适应性调整,从而导致能源的浪费。例如,在负荷较低的情况下,风机和泵仍以高转速运行,这不仅增加了电力消耗,还加剧了设备的磨损。通过应用变频调速技术,这一问题得到了有效解决。变频技术通过动态调整风机和泵的转速,能够根据实际负荷需求灵活调节功率,在显著提升系统的能效。根据流体力学原理,风机、泵类设备的轴功率与转速的立方成正比,而流量与转速成正比。当流量需求降低时,转速小幅下降即可显著减少能耗。例如,转速降至额定值的80%,轴功率可降低至51.2%,可节省近50%的能耗。此外,变频技术还可与自动化控制系统相结合,通过实时监控和反馈,调节风机和泵的运行状态,进一步优化能源利用^[1]。在大型建筑和工业厂房等场所,风机与泵的变频调速已得到了广泛应用,显著提升了节能效果和经济效益。

2.2 压缩机变频控制的应用

空调压缩机作为空调制冷系统的核心部件,其性能直接影响系统的整体效率与节能效果。传统的压缩机通常采用恒速驱动方式,这意味着无论系统负荷如何变化,压缩机始终以固定转速运转,这在低负荷时会导致不必要的高能耗,同时压缩机通过频繁启停调节温度,室温波动大且机械损耗严重。变频技术的应用则有效解决了这一问题。通过调整电机转速,变频技术使压缩机能够根据负荷需求灵活调节运行速度,从而优化能源消耗。具体来说,变频控制能够实时响应空调系统负荷的变化,动态调整压缩机转速,使得系统能够根据实际需求精确提供冷气或热气。当室内温度接近设定值时,压缩机的转速会自动降低,减少能耗;而在负荷增加时,转速则会提升,以维持温控的稳定性。这种调节方式不仅提高了能效比,减少了电力消耗,还有效减少了压缩机频繁启动与停止的次数,减轻了机械磨损,延长了设备的使用寿命。此外,变频控制还能够优化运行时间,减少系统内温差波动,确保系统在更加平稳的状态下工作。这种平稳运行对系统的稳定性及舒适性产生了显著的积极影响。与传统的开关控制方式相比,变频控制不仅提升了压缩机的运行效率,还通过精确调节供冷与供热效果,确保空调系统始终处于最优运行状态。变频技术通过精细化控制压缩机运行状态,显著提升了空调系统的能效与舒适性,是推动行业绿色转型的核心动力。

2.3 变频技术在温湿度调节中的应用

变频技术在温湿度调节方面的应用,能够精确控制风机、泵以及压缩机的转速,使暖通空调系统更加灵活地适应室内环境需求的变化,从而提升能效并增强舒适性。传统的空调系统通常依赖单一的开关控制方式,当达到设定温度或湿度时,系统便会停机,这种工作模式容易导致能源浪费和环境舒适度的波动。采用变频技术,风机、冷却水泵及制冷压缩机的转速得以持续调整,系统能够实时响

应负荷需求的变化,动态调节运行,使目标温度和湿度保持在较大幅度内波动,在满足对温度精度要求较高的场景同时,避免了频繁开关机所带来的能量浪费。在温湿度调节中,变频技术的核心优势在于能根据实际负荷条件调整设备运行速度,以适应室内环境的即时变化。例如,当室内温度略高于设定值时,风机和冷水泵的转速会提升,增加制冷量,迅速带走多余热量并降低温度;而当温度接近设定值时,转速会降低,从而减少不必要的能量消耗,避免过度冷却或加热^[2]。湿度控制方面,变频技术同样能够通过调节设备运行速度来控制除湿量,确保湿度维持在理想范围内,避免空气不清新或细菌滋生等问题,并防止过低湿度导致的干燥环境,从而提高舒适度。此外,变频技术还显著提高了空调系统的响应速度与调节精度。与传统恒速系统相比,变频控制能够迅速感知温湿度变化并做出调整,避免了传统系统中温湿度波动带来的滞后感。在温湿度波动较大的环境中,变频控制能够精确调节设备运行,确保室内环境更为稳定、持续。更重要的是,变频控制能够有效减少温湿度波动的幅度,使室内环境始终处于舒适范围内,从而提升居住者的满意度与工作效率。

2.4 变频技术的控制策略

变频技术在暖通空调系统中的控制策略至关重要,直接影响系统在不同工况下的运行效率和稳定性。其主要通过实时监控室内环境的温湿度变化以及负荷变化等关键参数,精确调节设备的运行状态,从而实现高效利用能源的效果。具体应用中,变频技术的控制策略通常基于反馈控制原理,传感器获取的实时数据经过中央控制系统分析后,输出频率会被调整,进而控制风机、压缩机、泵等设备的转速。例如,当室内温度接近设定值时,控制系统会适当降低压缩机与风机的转速,从而减少能源消耗;而在负荷较大或温度波动剧烈的情况下,设备的转速则会自动提高,确保空调系统稳定运行。除此之外,变频控制策略还能够结合预测性控制与模糊控制等先进技术,进一步提升系统的响应速度及节能效果。在日益严格的节能要求下,变频控制策略能够根据实时负荷需求灵活调整设备功率,避免设备过度运行或处于空闲状态,显著减少能源浪费,从而提升空调系统的经济性与环保性。

3 变频技术应用中的问题与挑战

变频技术在暖通空调系统中的应用,尽管在节能效果与提升系统效率方面表现突出,但在实际使用中也面临着多种问题与挑战。一个重要的问题是初期投资较高,尤其对于大型暖通系统来说,变频器、传感器及其他辅助设备的采购和安装成本往往显著高于传统设备,从而增加了系统的整体资本支出。此外,系统的运行与维护对变频技术的要求较为严格。为了确保节能效果,必须进行精确调控与实时监测。不当的设备调节或控制策略设置不合理,可能会导致系统运行不稳定,甚至引发振动、噪音、电力波动等问题,影响长期的可靠性。对电网质量的要求,变频

设备的运行也提出了更高的标准,尤其在负荷高情况下,可能会产生谐波干扰,影响电力系统的稳定性及其他电气设备的正常运转。同时,变频控制算法较为复杂,操作与维护需要具备较高专业技能的技术人员。然而,这也带来了额外的技术培训与管理成本,增加了实施的难度^[3]。另外,由于建筑负荷变化的不确定性,系统可能会出现频繁启停或调节频率,导致压缩机及其他关键设备的磨损加剧,从而影响设备的使用寿命及系统整体性能。

4 未来发展趋势与改进措施

4.1 变频技术的创新方向

变频技术的创新发展,主要体现在提高系统效率、降低能耗、增强智能化水平及与可再生能源系统的融合等方面。随着计算能力的不断提升与人工智能技术的应用,变频技术的控制算法正在变得愈加智能化。通过大数据分析,实时监控设备负荷的变化,变频器能够实现,预测运行需求,并根据这些信息自动调整工作模式,以更加精准地优化能效,减少不必要的能源浪费。未来,变频技术将更加注重与物联网技术的结合,实现设备的远程监控与智能诊断。通过实时获取运行数据,系统能够进行故障预测并优化维护策略,从而提高设备的稳定性与可靠性。随着环保要求的日益严格,变频技术也将与绿色建筑技术及可再生能源系统更加紧密地结合。例如,太阳能、风能等可再生能源与变频系统的协同合作,依据外部环境变化灵活调整运行方式,最大限度地提高能源利用效率,同时减少对传统能源的依赖。此外,变频设备的小型化与模块化将成为未来发展的重要方向。新的半导体材料与先进电力电子技术被采用,使得变频器在提高效率的同时更加紧凑且成本更低,这将推动其在更广泛领域的应用。

4.2 智能控制与变频技术的结合

智能控制与变频技术的结合,已成为未来暖通空调系统发展的关键趋势。随着人工智能、大数据、物联网等技术的不断进步,变频技术与智能控制系统的融合,使得暖通空调系统更加高效、智能与自适应。通过将智能控制应用于变频调速设备,系统能够实时获取并分析来自各类传感器的数据,如温度、湿度、压力与气流等,从而自动调整设备的运行状态,以优化能效,满足环境需求。例如,实时负荷的变化能够使变频器自动调节风机、泵和压缩机的转速,在保持舒适性与性能的同时,最大程度地减少能源浪费^[4]。除此之外,基于历史数据与预测模型,智能控制系统能够学习系统的运行规律,预估未来负荷,并提前调整设备的运行方式。通过物联网技术,变频系统不仅能够实现远程监控,还能够进行智能诊断。设备的运行状态可随时被管理人员查看,从而进行故障预测、调试及优化维护,提升系统的可靠性,并延长设备的使用寿命。

4.3 变频技术在节能方面的前景分析

变频技术在节能方面展现出了广阔的前景。随着全球

能源需求的增加以及环境保护意识的提升,节能已成为各行各业特别是暖通空调领域的重要目标。在暖通应用中,变频技术的未来愿景主要体现在以下几个方面:首先,随着环保和节能意识的增强,变频技术在暖通空调系统中的应用将更加广泛。通过精确控制空调系统的运行,变频技术将有效降低能耗,提高能源利用效率,同时提供更加舒适、稳定的室内环境;其次,变频技术在暖通领域将更加注重智能化和自动化的发展,通过与智能家居系统的集成,未来的暖通空调系统将能够实现更加智能化的控制和管理,用户可以通过手机、平板电脑等智能设备随时随地监控和控制室内温度和湿度,实现个性化的舒适体验;此外,变频技术在暖通领域还将更加注重系统的可靠性和稳定性。随着技术的不断进步和成熟,变频器将更加适应各种复杂的应用场景和需求。通过专门的设计和优化,变频器将能够为暖通空调系统提供更加精准、高效的控制,确保系统的稳定运行和长期使用。在市场竞争方面,随着国产替代力量的不断增强,国产变频器在暖通领域的应用也将持续增长。国内外企业之间的竞争将更加激烈,这也将促进整个变频器行业在暖通领域的进一步发展壮大。同时,随着工业互联网、智能制造等新兴领域的快速发展,变频器在暖通领域的应用也将迎来更多的发展机遇和挑战。

5 结语

变频技术的应用,显著提升了暖通空调系统的节能效果与运行效率。通过灵活调节设备的运行速度,能源消耗得以有效减少,且温湿度控制的精度也得到了增强,从而提升了用户的舒适度。尽管在实施过程中可能会遇到一些挑战,但随着技术的不断进步,变频技术将朝着更加高效、节能、环保的方向发展。在全球对环境保护和能源利用日益关注的背景下,未来的变频技术将更加注重节能环保,通过先进的控制算法和节能技术,将能源利用效率提升至新高度,同时减少能源消耗和环境污染。智能化和数字化也将成为变频技术的重要趋势,与人工智能、物联网、云计算等技术的深度融合,将实现更加智能、高效的控制和管理,为节能减排及环境保护事业作出更加显著的贡献。

【参考文献】

- [1]李嘉音.环保节能技术在暖通空调系统中的应用[J].中国新技术新产品,2012(5):204.
- [2]赵建.环保节能技术在暖通空调系统中的应用[J].居舍,2018(26):77.
- [3]饶长明.节能技术在暖通空调系统设计中的应用分析[J].江西建材,2017(9):54.
- [4]裴雪君,王彤,石心蕊,等.变频空调系统的能效分析与负荷调控技术研究[J].家电维修,2025(1):22-24.

作者简介:李雪(1986.12—),毕业院校:哈尔滨商业大学,所学专业:热能与动力工程,当前就职单位名称:上海诚云建设工程质量检测公司,职称级别:中级暖通工程师。

冷库制冷工艺设计简化和节能的探讨

王婵君 常广勋 王明章

华商国际工程有限公司, 北京 100069

[摘要]随着冷链物流以及食品安全方面需求的快速增长,冷库制冷系统在设计环节面临着更高的性能要求以及能效要求。传统冷库制冷工艺设计一般结构较为复杂,设备种类繁多,使得投资成本以及运行成本一直处在居高不下的态势,并且还难以契合多种食品对于温度所提出的差异化需求。文章着重围绕冷库制冷工艺的简化设计以及节能技术展开细致探讨,剖析当下制冷工艺存在的各类问题,给出在多蒸发温度条件之下的设计简化方案,将双级制冷系统以及智能自动化技术相结合,去探寻节能型制冷设备的选型办法以及优化举措。再者通过送风系统合理的设计以及多温区的综合调控,达成冷库系统能够高效且稳定地运行这一目标。结合库房利用率以及节能效益的相关分析,指出冷库设计在未来的发展方向。研究显示,合理的工艺简化以及节能技术的应用,既能降低系统复杂程度和能耗,又能提升食品储存品质,具备不错的推广应用价值。

[关键词]冷库设计;制冷工艺;工艺简化;节能技术

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17241

中图分类号: TB657

文献标识码: A

Discussion on Simplification and Energy-saving of Cold Storage Refrigeration Process Design

WANG Chanjun, CHANG Guangxun, WANG Mingzhang

Huashang International Engineering Co., Ltd., Beijing, 100069, China

Abstract: With the rapid growth of demand in cold chain logistics and food safety, cold storage refrigeration systems are facing higher performance and energy efficiency requirements in the design process. The traditional cold storage refrigeration process design generally has a complex structure and a variety of equipment types, resulting in high investment and operating costs, and it is also difficult to meet the differentiated temperature requirements of various foods. The article focuses on the detailed exploration of simplified design and energy-saving technologies for cold storage refrigeration processes, analyzes various problems existing in current refrigeration processes, and provides simplified design solutions under multiple evaporation temperature conditions. By combining two-stage refrigeration systems with intelligent automation technology, the article explores the selection methods and optimization measures for energy-saving refrigeration equipment. Furthermore, through the rational design of the air supply system and comprehensive control of multiple temperature zones, the goal of efficient and stable operation of the cold storage system can be achieved. Based on the analysis of warehouse utilization rate and energy-saving benefits, point out the future development direction of cold storage design. Research shows that reasonable process simplification and the application of energy-saving technologies can not only reduce system complexity and energy consumption, but also improve food storage quality, and have good promotion and application value.

Keywords: cold storage design; refrigeration process; process simplification; energy-saving technology

引言

冷库属于现代食品储存以及冷链物流范畴内的关键构成部分,其制冷工艺设计是否合理,会直接对食品的保存质量以及系统的运行效率产生影响。近些年来,食品种类变得多样起来,而且冷链标准也在不断提高,如此一来,冷库制冷系统就得满足不同产品对于温度以及湿度的诸多需求,传统那种单一蒸发温度的设计方案已经很难适应新的情况了。并且,制冷系统设备自身的复杂程度越来越高,能耗问题也日益凸显,这无疑给投资成本以及运行维护增添了很大负担。怎样在能够满足多种蒸发温度食品工艺要求的前提下,借助工艺设计方面的简化来降低系统的复杂度,同时结合节能技术去提高能源利用效率,已然成为冷库设计领域迫切需要去攻克的难题。本文依据现有的

技术状况以及实际应用的情况,全面且细致地梳理冷库制冷工艺当下的现状以及所面临的挑战,深入探讨合理的设计简化策略以及节能方面的措施,希望能够为冷库制冷系统给出一种既具备经济性又拥有高效性的解决办法。

1 冷库制冷工艺现状分析

当下,冷库制冷系统的构建往往依靠多机并联的方式、分区制冷的手段以及颇为复杂的管路控制办法,如此一来便能够契合不同储藏物对于温度所提出的严苛要求。传统工艺一般会选用单级压缩机系统,并且配合多个蒸发器来达到温区的合理分配。伴随库房规模变得越来越大以及食品种类日益多样,这种方法使得设备的数量出现大幅增长的情况,系统自身的复杂程度也随之有了明显的提升,制冷剂的充注量也在不断增加,与此维护工作的难度同样呈

现出同步上扬的态势。除此之外,单级系统还存在着压缩比偏大、能效相对偏低以及排气温度较高的诸多问题。尤其是在那些需要维持较低蒸发温度的冷库当中,系统的能耗会大幅度地增加起来,其运行成本也始终处于居高不下的状态。在制冷工艺里的送风系统设计方面,大多采用的是传统风机以及通风管路,由于风量控制不够精准,这就致使库内的温湿度分布呈现出均匀的状况,进而对食品储藏的品质产生了影响。随着节能减排政策不断得到强化以及绿色建筑理念持续地得以推广,冷库制冷工艺当下的实际状况已然无法与现代化的发展需求相匹配了,迫切需要在确保工艺性能得以维持的基础之上,去达成设计方面的简化以及能耗方面的降低。

2 制冷工艺设计简化策略

2.1 设计简化的必要性

在存在多种蒸发温度需求这样的情形下,冷库制冷系统的复杂程度会对设备投资、安装施工以及后期维护成本产生直接的影响。其复杂的管路以及多级控制情况,一方面增加了设计方面的难度,另一方面也使得系统出现故障的风险有所增大,进而对制冷系统的稳定性和安全性都造成了影响。而且,复杂的系统结构还会致使运行管理的难度上升,加大操作人员的培训负担,最终对运行效率产生影响。设计加以简化,可以通过减少设备的数量并且优化系统的流程,以此来降低初期的投资以及维护成本,提高系统的可靠性以及操作的便捷性。简化设计还有利于节省空间,提高建筑的利用率,对于那些土地资源较为有限或者对扩建有较高要求的场所而言,这一点显得格外重要。所以说,针对多温区以及多食品工艺的需求,合理地开展设计简化工作,是达成冷库制冷系统经济性与实用性的重要途径。

2.2 常见简化设计方法

设计方面的简化工作主要涉及多个层面,像是要减少设备类型以及数量、对系统流程予以优化、使控制策略达成统一等。运用模块化的方式来开展设计,借助标准化的制冷单元达成灵活的配置效果,如此一来便能减少针对专用设备所进行的开发以及采购活动。接着,选用具备多种功能且能够复用的设备,比如说用双级压缩机系统去取代由多台单级机组组合而成的系统,凭借中间冷却器来促使压缩比得以降低,进而提升系统的效率并且让管路连接变得更为简单。除此之外,还需对制冷剂的流向以及管道的布局加以优化,避免出现那些不必要的循环环节以及复杂的分支情况,从根源之处减少管路布置的数量以及控制阀门的数量。在控制系统这块领域,采用统一的智能调控平台,以此实现对多蒸发温度以及湿度的集中化管理,简化传统那种分散控制的操作流程,提高自动化的程度。凭借着这些设计手段,既能够满足工艺方面的需求,又可以大幅度地降低系统的复杂性。

2.3 多蒸发温度工艺的简化方案

在食品工艺方面,因其对于多个蒸发温度有着相应的

需求,传统的做法往往倾向于采用多机多蒸发器这样的配置方式,如此一来,便使得整个系统变得颇为复杂,同时能耗也处于较高的水平。而简化方案主要是针对双级制冷系统来展开相关探讨的,具体是借助高低压两级压缩机加以组合,凭借中间冷却器达成对不同温度区蒸发压力的调节操作,进而能够满足多温区所提出的制冷方面的要求。该系统让高压级去承担起较为重大的制冷负荷,而低压级则负责低温区的制冷事宜,这样就可以有效地将单级压缩机的压缩比降下来,进而提升制冷的效率以及设备所具备的安全性。除此之外,通过设置恒压主阀以及自动调节阀门这两项举措,能够切实保证各个蒸发器在温度以及压力方面都维持在稳定的状态,防止彼此之间出现相互干扰的情况。这一方案一方面减少了单独去配置多台设备的那种需求,另一方面也使得系统的复杂程度得以降低,并且还将运行能耗给降了下来,最终成功实现了多蒸发温度工艺的简化以及节能这两大目标。

3 节能技术与措施

3.1 节能型制冷设备选型

在冷库系统的能源消耗构成方面,制冷主机设备的能效水准处于极为关键的位置,所以说,恰当的设备选型乃是节能设计最为基础的前提条件。相较于传统的活塞式压缩机而言,螺杆式或者离心式压缩机由于拥有更高的能效比、更为稳定的运行特性以及更低的故障发生率,所以渐渐地成为了大型冷库较为优选的对象。特别是在负荷变化幅度相对较大的应用场合当中,变频型压缩机可以依据实际的负荷情况自动地去调整自身的运行频率,如此一来便能够有效地防止能量出现无谓的浪费现象。除此之外,冷凝器以及蒸发器的选择同样不可以被忽视掉,应当优先选用那些具有较高换热效率的板式、壳管式或者是微通道式的换热器,通过这样的方式来降低在热交换过程里所存在的能量损耗情况。对于像循环泵、冷却塔以及风机这类辅助设备来讲,也得依照它们的能效等级、运行时产生的噪音状况以及控制操作的便捷程度等方面来综合地加以考量,从而从最开始的源头处对整个系统的能耗水平予以把控,进而保证制冷系统在达成工艺目标之际,还能够同时兼顾到经济方面的考量以及对环境的友好特性。

3.2 双级制冷系统及变负荷控制

在低温需求比较突出且蒸发温度相对较低的冷库系统当中,单级压缩循环往往会因为压缩比超出合理范围,出现能效降低以及排气温度过高的情况,这不但让能耗有所增加,而且会缩减设备的使用寿命。双级制冷系统凭借设置高低压两级压缩机以及中间冷却器的方式,把压缩过程划分成不同阶段来完成,能够有效地减轻每一级压缩机所承受的负荷,进而提升整个系统的能效比。在系统设计环节,中间冷却器除了有降温的作用之外,还能够回收一部分冷量,将其应用于中间负荷的蒸发器供冷方面,以此

达成冷量的高效分配。与此在冷库系统里引入变负荷控制策略显得极为重要。依靠变频器、电控节流阀以及智能控制器,系统可以实时对负荷变化做出反应,动态地调整压缩机的启停状态、制冷剂的流量以及风机的转速,从而在各种不同的运行工况之下始终维持在接近最优能效点的状态。这样的灵活运行机制,一方面明显降低了设备的启停次数,减少了机械方面的损耗,另一方面也让冷库系统在整个运行周期当中具备更强的能源适应性以及经济性。

3.3 智能控制与自动化节能技术

现代冷库制冷系统节能提升依靠设备能效改进,关键靠智能控制、自动化手段精细管理。传感器、物联网技术成熟,可实时采集温度、湿度、压力、电流、能耗等数据并传到中央控制平台。控制系统依据数据自动分析负荷状态,智能判断制冷设备启停逻辑,动态调整运行参数,减少无效运行时间、能源浪费。自动化系统还有预测性维护功能,可提前发出维护预警,避免设备异常造成能耗突增、运行中断^[1]。自动化节能技术还体现在对库房温湿度的精确调控、分区管理上,通过区域差异化控制实现按需制冷、精准送风,提高冷库运行整体能源利用效率。“感知—分析—响应”智能控制模式,标志着冷库节能进入以数据驱动为核心的新阶段。

4 冷库多温区综合设计

4.1 高低温库房设计方案

在冷库的制冷系统当中,高低温库房的协同设计属于一种重要策略,其能够针对多样化的食品储藏需求予以应对。鉴于像肉类、海鲜、蛋类、水果以及蔬菜这类食品,它们对于存储温度有着不一样的要求,传统的那种单温冷库已经很难去契合市场所提出的灵活性以及复合功能方面的需求了。高低温库房的设计方案一般会采用分区或者独立分室的结构形式,并且在制冷工艺层面会把统一系统和分区调控结合起来,以此来达成温区间相对独立的运行状态。就结构配置来讲,要依照各类食品对于环境所具有的敏感程度来确定库体的保温等级以及隔热分区,与此同时还要布置独立的风道系统,从而避免出现冷热气流相互串扰的情况。在制冷设备配置这块儿,得依据库温的具体需求来设置不同蒸发温度的蒸发器,并且借助恒压阀或者电子膨胀阀来实施精准的控制^[2]。除此之外,该设计方案着重强调库体空间的灵活性,其中部分区域能够依据季节或者经营方面的需求调整成为高温区或者是低温区,这无疑大幅度提高了冷库的综合利用率以及经济方面的效益。凭借高低温库房的一体化设计,不但能够保障食品的品质与安全,而且还能够满足现代化冷链企业对于功能复合型冷库的实际需求。

4.2 温湿度控制与稳定性保障

温湿度是影响食品储藏品质的重要环境因素,其稳定情况与冷库运行效率以及商品保鲜效果息息相关。鉴于冷库有多温区运行的特点,所以温湿度控制系统得有分区调

节的能力,并且还要有快速响应的机制。在设计方面,借助引入独立传感器网络来达成各温区实时数据的采集,再结合智能控制系统对压缩机、风机、加湿器等关键设备展开精细化的调节,以此保证各个库房能保持在最为合适的温湿度区间内^[3]。要强化稳定性,系统还需配备与之对应的反馈机制以及异常响应程序,当受到外部环境出现波动或者内部货物频繁进出等因素的影响时,能够快速恢复到设定的状态。风道的布置方式以及送风的形式也会对温湿度分布的均匀性造成较为明显的影响,运用条缝型微风速送风系统可以有效地降低温差以及局部干耗,提高整体贮藏的均质性。除此之外,库门频繁开启关闭所引发的冷量流失以及湿度波动,需要借助设置气帘、缓冲间以及高效密封材料等办法来加以控制。综合来看,构建以智能调控当作核心、机械结构作为辅助的温湿度稳定保障体系,是达成高质量冷库运行的关键所在^[4]。

5 结语

随着食品冷链物流以及绿色低碳理念不断向前发展,冷库制冷系统在确保食品安全以及提升经济效益方面所发挥的作用变得日益重要起来。传统冷库制冷工艺存在诸多问题,比如系统结构较为复杂、能耗相对较高、效率偏低等,这些问题使得其很难满足现代冷库建设对于高效以及可持续方面的需求。本文着重围绕冷库制冷工艺的简化以及节能优化展开分析,深入剖析了传统工艺所面临的一系列挑战,进而提出了一套以双级制冷系统、多蒸发温度控制、节能设备选型以及智能控制作为核心内容的简化与节能方案,并且结合多温区设计来探讨高低温协同、精准温湿度控制以及空间利用优化的相关策略。研究得出的结论显示,合理的工艺简化不但能够降低相应的成本,而且借助多温区设计以及智能节能技术,还能有效提升能源效率以及设备的可靠性。在未来冷库建设的过程当中,应当持续推进节能技术与智能控制的深度融合,大力推动标准化以及模块化冷库系统的实际应用,以此达成节能、环保以及高效运营的目标,从而为我国冷链基础设施实现高质量发展给予有力的支持。

【参考文献】

- [1] 潘洪准.大型冷库制冷系统能耗范围探讨[J].制冷,2023,42(2):63-66.
- [2] 李重谦.冷库制冷能效管理研究进展[J].冷藏技术,2024,47(4):60-66.
- [3] 钟万华.关于大型冷库制冷系统的能效对比探究[J].今日制造与升级,2024(4):158-161.
- [4] 潘洪准.大型冷库制冷系统能耗范围探讨[J].制冷,2023,42(2):63-66.

作者简介:王婵君(1980.2—),女,民族:汉,籍贯:天津,职称:高级工程师,学历:本科,毕业院校:天津商业大学,研究方向:制冷工艺。

复合外加剂对早强型 ECC 的自收缩调控研究

余志辉¹ 陈泽辛² 刘文化² 夏涛¹ 张勇¹

1.纳思同（江苏）高科技发展有限公司，江苏 无锡 214000

2.江南大学 纤维工程与装备技术学院，江苏 无锡 214000

[摘要]本文针对早强型工程水泥基复合材料（ECC）的自收缩问题，通过正交试验探究了减缩剂（SRA）、膨胀剂（EA）和吸水树脂（SAP）的复合调控效果。结果表明：早强型 ECC 的自收缩呈现早期快速、中期缓慢和后期稳定的三阶段特征。三种外加剂对收缩的抑制效果依次为 SRA>EA>SAP，最优配比为 5%EA+0.15%SAP+4%SRA。内部湿度监测显示该配比可延迟湿度下降起始时间 15 小时，并减少最终降幅。研究为高耐久性早强 ECC 材料的开发提供了有效调控方法，其复合调控方法对修复工程中材料早期开裂防控具有重要实践价值。

[关键词]早强型 ECC；膨胀剂；吸水树脂；减缩剂；自收缩

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17223

中图分类号: TU528

文献标识码: A

Study on Autogenous Shrinkage Regulation of Early-strength ECC by Composite Admixtures

YU Zhihui¹, CHEN Zexin², LIU Wenhua², XIA Tao¹, ZHANG Yong¹

1. Leistung (Jiangsu) High-tech Development Co., Ltd., Wuxi214000, China

2. School of Fiber Engineering and Equipment Technology, Jiangnan university, Wuxi, Jiangsu, 214000, China

Abstract: In this paper, for the problem of autogenous shrinkage regulation of early-strength engineered cementitious composites (ECCs), the effects of composite regulation of shrinkage reducing agent (SRA), expansion agent (EA) and water-absorbent resin (SAP) were investigated through orthogonal experiments. The results showed that the self-shrinkage of early-strengthened ECC presented a three-stage characteristic of early fast, middle slow and late stable. The inhibition effect of the three additives on shrinkage was SRA>EA>SAP, and the optimal ratio was 5%EA+0.15%SAP+4%SRA. Internal humidity monitoring showed that this ratio could delay the onset of humidity drop for 15 hours and reduce the final drop. The study provides an effective control method for the development of highly durable and early-strengthened ECC materials, and the composite control method is of great practical value for the prevention and control of early cracking of materials in restoration projects.

Keywords: early-strength ECC; expansion agent; superabsorbent polymers; shrinkage reducing agent; autogenous shrinkage

引言

随着近年来修复工程需求的日益增长，传统 ECC 因其早期强度发展缓慢的问题逐渐在工程应用中受到制约。为了解决这一问题，学者们开始关注于传统 ECC 的早强化研究。目前，现有研究中主要通过以下 3 种方法提升 ECC 的早期强度：（1）使用硫铝酸盐水泥等特种水泥对普通硅酸盐水泥进行替换或将两者复合使用^[1]；（2）在硫铝酸盐水泥中掺入矿物掺合料^[2-3]；（3）在早强型硅酸盐水泥中使用促凝剂或早强剂^[4-5]。而除 ECC 基体的早强化研究之外，学者们正在逐步开展早强型 ECC 其他性能方面的研究。例如，杨家盛等^[6]系统探究了高早强高延性混凝土中 PE 纤维参数对其单轴拉伸性能的影响规律。研究表明：当纤维体积率为 1% 时，小直径纤维可显著提升试件拉伸应变，而大直径纤维则使极限抗拉强度提高。周书澎等^[7]聚焦纤维混杂技术对硫铝酸盐水泥基复合材料（SAC-ECC）的增强机制，发现聚乙烯醇纤维（PVA）与聚酯纤维（PET）混掺时产生了显著正混杂效应，可进一步提高抗拉强度和抗压强度。

需要注意的是，早强型 ECC 在早期会产生剧烈的自收缩变形^[4]，但目前对早强型 ECC 自收缩性能及调控仍缺乏系统研究。目前，学者们针对水泥基材料自收缩的产生机理，主要通过以下几类方法来控制自收缩^[8]：（1）控制水泥水化反应速度；（2）在基体内部添加刚性约束；（3）降低孔隙溶液的表面张力，如添加减缩剂（Shrinkage-Reducing Admixture, SRA）；（4）生成膨胀产物抵消收缩，如膨胀剂（Expansion Agent, EA）；（5）通过内部养护维持内部相对湿度，如添加吸水树脂（Superabsorbent Polymers, SAP）作为内养剂。其中，延缓水化反应速度和添加内部刚性约束会降低基体的断裂韧性以及削弱纤维与基体界面之间的粘结，不利于 ECC 材料的实现应变硬化。

综上，本文对早强型 ECC 的自收缩性能演化规律进行了探究，并采用正交试验法，在早强型 ECC 材料中复合添加 SRA、EA 和 SAP 进行收缩调控，结合内部相对湿度检测及热重分析，探究了水化进程与自收缩性能的关系，以期

为高耐久性早强 ECC 材料的开发提供理论依据与技术支持。

1 实验

1.1 原材料

试验材料包括：42.5 级普通硅酸盐水泥（无锡天山）和硫铝酸盐水泥（河南登电）；S105 级矿渣（山东蟠龙山）；分析纯无水石膏和甲酸钙（天津大茂）；减水率 27% 的聚羧酸减水剂；40-70 目石英砂（河南郑州）；钙基膨胀剂（EA）、超高分子吸水树脂（SAP）及聚氧乙烯型减缩剂（SRA）。具体配合比见表 1。

表 1 早强型 ECC 配合比（%）

编号	SAC/OPC	矿渣	无水石膏	甲酸钙	减水剂	石英砂
REF.	60/40	10	4	0.3	0.5	60

1.2 试验方案

本文以 EA、SAP、SRA 为试验因素设计了三因素三水平的正交试验。三种因素的因素水平表如表 2 所示。

表 2 正交试验因素水平表（%）

因素	EA	SAP	SRA
水平 1	1	0.1	2
水平 2	3	0.15	3
水平 3	5	0.2	4

根据正交试验设计原理，本试验选用四因素三水平的 $L_9(3^4)$ 正交试验表，其中第四列为空白列，用于进行方差分析和因素显著性检验，各因素的正交试验设计如表 3 所示。

表 3 正交试验设计表

编号	EA（%）	SAP（%）	SRA（%）	空白列
E1P0.1R2	1（1）	1（.1）	1（2）	1
E1P0.15R4	1（1）	2（.15）	3（4）	2
E1P0.2R3	1（1）	3（.2）	2（3）	3
E3P0.1R4	2（3）	1（.1）	3（4）	3
E3P0.15R3	2（3）	2（.15）	2（3）	1
E3P0.2R2	2（3）	3（.2）	1（2）	2
E5P0.1R3	3（5）	1（.1）	2（3）	2
E5P0.15R2	3（5）	2（.15）	1（2）	3
E5P0.2R4	3（5）	3（.2）	3（4）	1

注：E1P0.1R2 代表 1%EA+0.1%SAP+2%SRA，其余组以此类推。

1.3 试验方法

自收缩测试装置如图 1 所示。将新拌 ECC 浆体注入两端密封的波纹管，测量初始长度后固定一端，自由端安装千分表监测变形。数据采集频率：前 24h 每 2h 一次，随后 2d 每 4h 一次，3~7d 每 6h 一次。

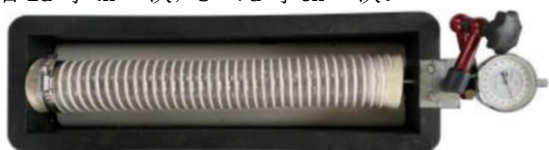


图 1 自收缩测试装置

内部相对湿度（internal relative humidity, IRH）测试试验装置如图 2 所示。将新拌 ECC 浆体注入 100mm 立方体模具，中部插入 50mm 深湿度探针。用塑料薄膜密封后，以 0.1% 精度、1min 间隔监测湿度变化。

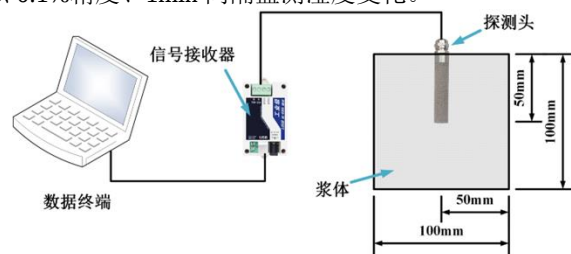


图 2 内部相对湿度试验装置

从自收缩的产生机理出发，自收缩的开始时间应为材料基体内部因水化反应对水的消耗而引起孔隙负压力的时间。这个时间应当在材料的初凝和终凝时间之间。而对于早强型 ECC 来说，由于其快硬早强特性，材料的初凝和终凝时间的间隔极短。因此，本试验以早强型 ECC 的终凝时间作为其自收缩测试的零点。

2 结果与讨论

2.1 早强型 ECC 的自收缩

在 ECC 材料中，由于大掺量胶凝材料的使用以及无法使用粗骨料等限制，导致其早期自收缩发展十分迅速，收缩量远远超过普通混凝土。而对于早强型 ECC 来说，由于基体的快硬早强特性，其在成型后的极短时间内就会发生剧烈的水化反应，且伴随有大量放热，这会显著加剧早期自收缩的发展。因此，有必要对早强型 ECC 的早期自收缩性能的发展规律进行探究。对早强型 ECC 基础配合比进行了早期自收缩性能的测试，测试结果如图 3 所示。

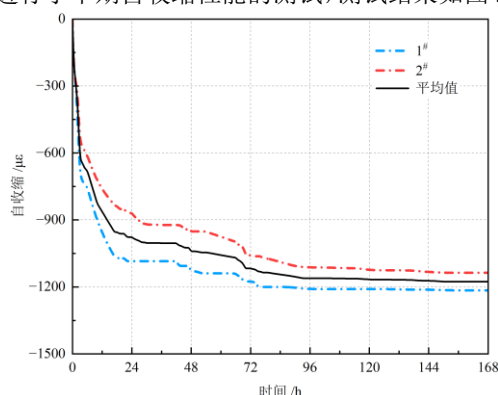


图 3 早强型 ECC 的自收缩

从图 3 中可以发现，由于使用了大掺量的胶凝材料以及缺少粗骨料的约束，早强型 ECC 的自收缩随着龄期的增长不断增大，在 7d 时自收缩达到了 1176 $\mu\epsilon$ 。早强型 ECC 自收缩的发展过程可以分为三个主要阶段：（1）早期的快速发展（0~24h）；（2）中期的缓慢发展（24~72h）；（3）

后期的逐渐稳定(72~168h)。在前24h的快速发展阶段中,可以发现早强型ECC的自收缩快速增加,在24h时自收缩为 $977\mu\text{e}$,达到了总收缩值的83%。自收缩在早期的快速发展主要是由基体材料的早强特性引起的。基体的早强特性使其可以在成型后不久(几个小时内)就开始发生剧烈的水化反应,而水化初期的基体材料的弹性模量水平较低,无法抵消快速产生的收缩应力,从而导致早强型ECC早期自收缩的快速增加。而随着龄期的增长,基体的水化反应速率逐渐放缓,因此,自收缩的发展逐渐减缓,最终逐渐趋于稳定。从以上分析中可以发现,早强型ECC在早期的自收缩发展十分剧烈,在7d内的收缩值接近 $1200\mu\text{e}$,容易引起开裂,不利于材料的耐久性能。因此,有必要对早强型ECC的早期自收缩性能进行调控。

2.2 各因素对自收缩性能的影响

对各组配比的早期自收缩性能进行了测试,试验结果如图4所示。其中,REF为对照组,从图4中可以发现,三种减缩外加剂的掺入有效地降低了各组早强型ECC在7天内的自收缩。其中,E1P0.1R2组别的控缩效果最差,7d自收缩为 $848\mu\text{e}$,随着减缩外加剂掺量的提高,最高掺量的E5P0.2R4组别的控缩效果最优,7d自收缩降低至 $326\mu\text{e}$ 。而从图还可以发现,各种减缩外加剂的掺入还显著降低了前24h内的自收缩增长速率,这可能是因为SRA对毛细孔溶液表面张力的抑制以及由EA产生的膨

胀产物抵消了收缩应力,从而抑制了自收缩的增长,同时SRA还可能会阻碍胶凝材料的水化反应,使得收缩应力产生的速率减缓,进一步放缓自收缩的增长速度。

为了进一步探究各种减缩外加剂对自收缩的影响,对三种减缩外加剂各个水平的平均自收缩响应值进行了计算,得到了各减缩外加剂对早期自收缩的影响趋势图,如图5所示。从图5中可以发现,早期自收缩的平均响应值随EA、SAP及SAR掺量水平的提高均呈现直线下降的趋势,这说明三种减缩外加剂掺量水平的提高均有利于抑制早强型ECC早期自收缩的发展。其中,SRA导致的自收缩的下降幅度最大,表明SRA水平的变化对自收缩的影响最为显著。

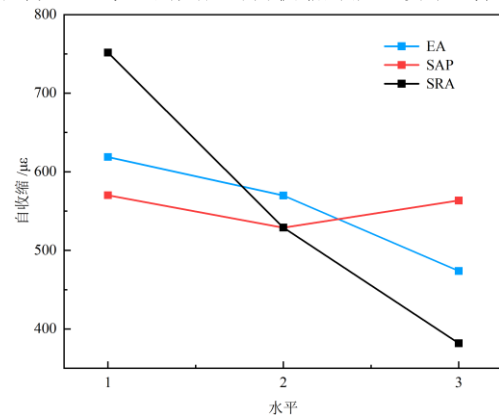
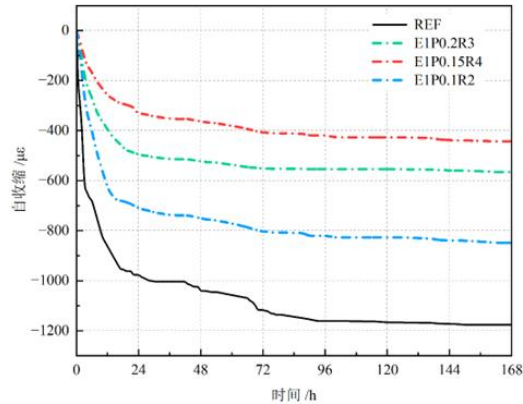
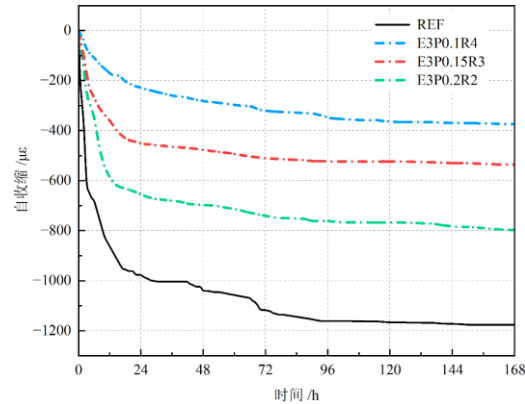


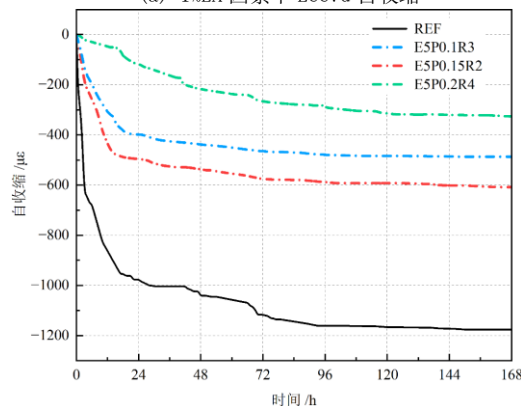
图5 各因素对自收缩的影响趋势



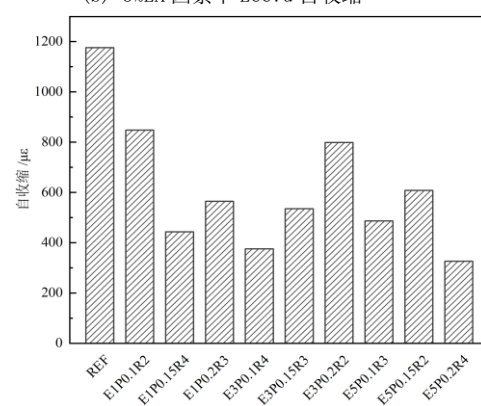
(a) 1%EA因素下ECC7d自收缩



(b) 3%EA因素下ECC7d自收缩



(c) 5%EA因素下ECC7d自收缩



(d) 各组ECC自收缩汇总

图 4 各因素对早强型 ECC 自收缩的影响

2.3 方差分析

为了比较各因素对自收缩影响的显著程度,并确定各因素的最优掺量,对各组配比的自收缩数据进行方差分析,具体的方差分析计算过程及计算结果如表 4 所示。由表 4 可知,EA 及 SRA 掺量的变化均对早期自收缩的发展具有显著影响,SAP 的影响显著程度较低,三种减缩外加剂对自收缩的影响程度排序为: SRA>EA>SAP。根据表 4 中平均响应值 k 还可以发现,对于早期自收缩性能,EA 的最佳掺量为 5%,SAP 的最佳掺量为 0.15%,SRA 的最佳掺量为 4%。

表 4 自收缩方差分析表

编号	EA	SAP	SRA	空白列	自收缩 (με)
1	1	1	1	1	848.17
2	1	2	3	2	443.31
3	1	3	2	3	565.05
4	2	1	3	3	375.54
5	2	2	2	1	535.29
6	2	3	1	2	798.67
7	3	1	2	2	486.59
8	3	2	1	3	608.06
9	3	3	3	1	326.53
K1	1856.53	1710.30	2254.90	1710.00	
K2	1709.49	1586.66	1586.93	1728.57	
K3	1421.18	1690.25	1145.38	1548.65	
k1	618.84	570.10	751.63	570.00	
k2	569.83	528.89	528.98	576.19	
k3	473.73	563.42	381.79	516.22	T
Rj	145.12	41.21	369.84	59.97	4987.21
K1 ²	3446715.60	2925116.61	5084563.28	2924091.45	T 方
K2 ²	2922363.68	2517498.46	2518343.81	2987937.17	24872247.63
K3 ²	2019760.98	2856939.96	1311899.31	2398303.94	P
Q	2796280.09	2766518.34	2971602.13	2770110.85	2763583.07
S	32697.02	2935.27	208019.06	6527.78	
方差来源	离差平方和	自由度	均方	F 值	临界值
EA	32697.02	2	16348.5084	5.0089	F(2,2)
SAP	2935.27	2	1467.6374	0.4497	0.1-9
SRA	208019.06	2	104009.5309	31.8667	0.05-19
误差	6527.78	2	3263.8910		0.01-99
总和	250179.14	8			

2.4 内部相对湿度 (IRH)

分别对收缩调控前后的早强型 ECC 的 7d IRH 进行了持续的监测记录,结果如图 6 所示。从图 6 中可以发现,早强型 ECC 的 IRH 主要可以分为两个发展阶段。

第一个阶段发生在胶凝材料的水化初期,此时基体的内部结构被水分填满,IRH 一直保持在 100%。而随着胶凝材料水化反应的进行,基体内部的水开始被消耗,孔隙内的蒸汽压开始降低,导致基体的 IRH 开始出现下降。此时,早强型 ECC 的 IRH 开始进入第二个发展阶段,即 IRH 的下降阶段。早强型 ECC 的 IRH 在 27h 时开始出现下降。而在掺入减缩外加剂后,IRH 的下降起点出现了延后,在 42h 才开始下降,同时 IRH 的下降量减少。这是由于 SAP 作为内养护剂,在内部水分被消耗时会将其内部的水释放出来补充水分的损失,同时 SRA 也会减少水分的蒸发,两者共同减少了 IRH 的下降。此外,SAP 是以稳定速率释放水分的,因此其无法一直完全抵消水分的消耗,在一段时间后 IRH 还是会发生下降。但由于 SAP 的不断补充,IRH 在下降过程中的斜率明显减小。

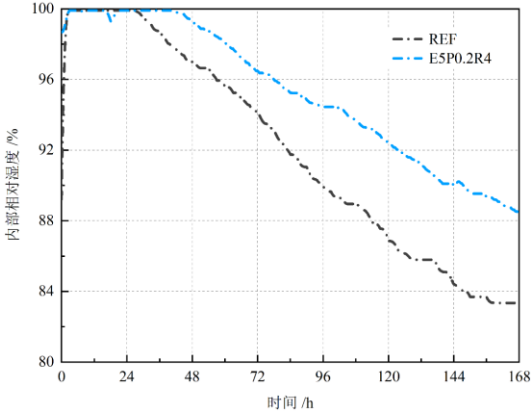


图 6 早强型 ECC 的内部相对湿度

3 结论

本文对早强型 ECC 的自收缩发展规律进行了研究,在此基础上通过三种减缩外加剂的复合使用对早强型 ECC 的自收缩进行了调控,可以得出以下结论:

- (1) 早强型 ECC 在早期的自收缩发展十分剧烈,不利于材料的耐久性能;自收缩的发展过程可以分为三个主要阶段:早期的快速发展,中期的缓慢发展以及后期的逐渐稳定;其中绝大部分的自收缩发生在早期的快速发展阶段。
- (2) 减缩外加剂的复合掺入可以有效控制早强型 ECC 的早期自收缩,三种减缩外加剂对自收缩的影响程度排序为: SRA>EA>SAP。对于 ECC 的自收缩调控最佳组合为,5%EA+0.15%SAP+4%SRA。
- (3) 早强型 ECC 的内部相对湿度在水化初期一直保持在饱和状态,并随着水化反应对水的消耗开始缓慢下降;减缩外加剂可以延迟内部相对湿度开始下降的时间,并减少其下降量。

[参考文献]

- [1]胡浩.喷射超高韧性超早强水泥基材料基本性能研究[D].南京:东南大学,2019.
- [2]Cai X, Yang D, Zhang D, et al. Development of high-early-strength low-carbon engineered cementitious composites with calcium sulfoaluminate cement incorporating high-volume fly ash[J]. Case Studies in Construction Materials,2023(18):01959.
- [3]Deng H, Qian S. Utilization of local ingredients for the production of high-early-strength engineered cementitious composites[J]. Advances in Materials Science and Engineering,2018(2018):1-15.
- [4]Sahmaran M, Al-Emam M, Yıldırım G, et al. High-early-strength ductile cementitious composites with characteristics of low early-age shrinkage for repair of infrastructures[J]. Materials and structures,2015,48(5):1389-1403.
- [5]张志刚,尹志伟,秦凤江.低模量早强型高延性混凝土的力学行为[J].建筑材料学报,2019,22(5):707-713.
- [6]杨家盛,邓明科,张晴晴,等.纤维特征参数对 HES-HDC 单轴拉伸性能的影响及拉伸韧性评价方法[J].湖南大学学报(自然科学版),2024,51(3):130-140.
- [7]周书澎,刘泽平,区庆佑,等.混杂纤维对硫铝酸盐水泥基 ECC 材料性能的影响[J].材料导报,2025,39(5):145-151.
- [8]刘明辉.UHP-ECC 的收缩调控、预测与综合力学性能研究[D].无锡:江南大学,2024.
- 作者简介:余志辉(1998—),男,汉族,江西鹰潭人,硕士,助理工程师,主要从事混凝土和固废资源化利用等方向检测和科研工作。

征 稿

Call for Papers

《工程建设》由新加坡Viser Technology Pte.Ltd. 主办, ISSN: 2717-5375 (印刷)。
本刊长期以来注重质量, 编排规范, 选稿较严格, 学术水平较高, 深受高校教师及
科研院所研究人员青睐。本刊为开源 (Open Access) 期刊, 出刊的所有文章均可在
全球范围内免费下载, 文章被万方数据库、维普网等权威数据库收录。

期刊针对工程项目建设的全过程, 重点报道工程建设过程的科研成果、先进技术、
高效设备、新型材料、工程项目管理经验等, 突出工程领域新技术、新工艺、
新方法, 反映建筑、市政、交通等工程领域新成果、新进展, 促进工程技术行业的
交流与成果展示, 为推动国际工程技术和科学技术发展服务。

《工程建设》期刊的主要栏目有:

工程管理、建筑工程、市政工程、机械工程、石油工程、矿山工程、冶金工
程、路桥交通、勘察测绘、施工技术、建筑设计、节能环保、材料科学等。

鼓励工程建设各领域的专业技术人员和管理干部以及大专院校相关专业的师生
和科研人员来稿, 有关国家科技计划、自然科学基金和各种部门、地方、院所科技
基金资助项目的文章优先发布。

征文格式与要求:

(1) 论文要求: 论点新颖, 论证充分; 设想可行, 结论可靠; 条理分明, 书写
清楚, 用字规范, 上交电子文件 (word格式)。

(2) 论文格式: 题目、作者姓名、工作单位、省份及邮政编码、中英文内容摘
要 (150字符-300字符为宜) 及关键词 (3-5组为宜)、正文、参考文献。(附个人
简介、邮箱、联系方式及详细收件地址, 如: 省、市、区、路)。

(3) 论文篇幅: 字符数要求在5000-8000字符之间。

投稿网址: www.viserdata.com



Viser Technology Pte. Ltd.

公司地址

195 Pearl's Hill Terrace, #02-41, Singapore 168976

官方网站

www.viserdata.com

