

工程研究前沿

Frontiers of Engineering Research

Volume 2 · Issue 1 · January 2025 3060-9054(Print) 3060-9062(Online)

工程研究前沿

Frontiers of Engineering Research

Volume 2 · Issue 1 · January 2025 3060-9054(Print) 3060-9062(online)

Nanyang Academy of Sciences Pte. Ltd.
Tel.:+65 62233839

E-mail:contact@nassg.org

Add.:12 Eu Tong Sen Street #07-169 Singapore 059819



中文刊名：工程研究前沿

ISSN: 3060-9054 (纸质) 3060-9062 (网络)

出版语言：华文

期刊网址：<http://journals.nassg.org/index.php/foer-cn>

出版社名称：新加坡南洋科学院

Serial Title: Frontiers of Engineering Research

ISSN: 3060-9054 (Print) 3060-9062 (Online)

Language: Chinese

URL: <http://journals.nassg.org/index.php/foer-cn>

Publisher: Nan Yang Academy of Sciences Pte. Ltd.

《工程研究前沿》征稿函

Database Inclusion



Google Scholar



Crossref



China National Knowledge Infrastructure

版权声明/Copyright

南洋科学院出版的电子版和纸质版等文章和其他辅助材料，除另作说明外，作者有权依据Creative Commons国际署名—非商业使用4.0版权对于引用、评价及其他方面的要求，对文章进行公开使用、改编和处理。读者在分享及采用本刊文章时，必须注明原文作者及出处，并标注对本刊文章所进行的修改。关于本刊文章版权的最终解释权归南洋科学院所有。

All articles and any accompanying materials published by NASS Publishing on any media (e.g. online, print etc.), unless otherwise indicated, are licensed by the respective author(s) for public use, adaptation and distribution but subjected to appropriate citation, crediting of the original source and other requirements in accordance with the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) license. In terms of sharing and using the article(s) of this journal, user(s) must mark the author(s) information and attribution, as well as modification of the article(s). NASS Publishing reserves the final interpretation of the copyright of the article(s) in this journal.

Nanyang Academy of Sciences Pte. Ltd.
12 Eu Tong Sen Street #07-169 Singapore 059819

Email: info@nassg.org

Tel: +65-65881289

Website: <http://www.nassg.org>



期刊概况：

中文刊名：工程研究前沿

ISSN: 3060-9054 (Print) 3060-9062 (Online)

出版语言：华文刊

期刊网址：<http://journals.nassg.org/index.php/foer-cn>

出版社名称：新加坡南洋科学院

出版格式要求：

- 稿件格式：Microsoft Word
- 稿件长度：字符数（计空格）4500以上；图表核算200字符
- 测量单位：国际单位
- 论文出版格式：Adobe PDF
- 参考文献：温哥华体例

出刊及存档：

- 电子版出刊（公司期刊网页上）
- 纸质版出刊
- 出版社进行期刊存档
- 新加坡图书馆存档
- 谷歌学术（Google Scholar）等数据库收录
- 文章能够在数据库进行网上检索

作者权益：

- 期刊为 OA 期刊，但作者拥有文章的版权；
- 所发表文章能够被分享、再次使用并免费归档；
- 以开放获取为指导方针，期刊将成为极具影响力的国际期刊；
- 为作者提供即时审稿服务，即在确保文字质量最优的前提下，在最短时间内完成审稿流程。

评审过程：

编辑部和主编根据期刊的收录范围，组织编委团队中同领域的专家评审员对文章进行评审，并选取专业的高质量稿件进行编辑、校对、排版、刊登，提供高效、快捷、专业的出版平台。

工程研究前沿

Frontiers of Engineering Research

Volume 2 Issue 1 January 2025
ISSN 3060-9054 (Print) 3060-9062 (Online)

主 编

虞 斌

Bin Yu

编 委

王振波 zhenbo Wang

赵希强 Xiqiang Zhao

刘永军 Yongjun Liu

张新儒 Xinru Zhang

- 1 电气设备检修过程中的维修技术分析 / 李长澍
/ 龚晓通
- 4 电气工程及其自动化无功补偿技术的应用 / 岳伟伟
/ 刘永辉
- 7 现代建筑设计 BIM 技术的应用探讨 / 吕泓静
/ 刘思琳
- 10 软弱围岩隧道微震监测下台阶法与 CD 法施工对比研究 / 褚柘钧
/ 李小强
- 13 现代幕墙施工技术发展与创新应用分析 / 董华文
- 16 氢气纯度对发电机效率影响及经济性分析 / 赵怡然
/ 于枫
- 19 影响建筑工程造价的因素及工程造价控制策略 / 王智乾
/ 朱群海
- 22 风景园林设计中情感因素的融入与表达 / 黄硕
/ 王焕
- 25 数字化技术在建筑工程管理中的应用与效益分析 / 陈斯
/ 胡月
- 28 矿岩分离爆破技术在露天采矿中的应用要点分析 / 陶嫣红
/ 李诚志
- 31 工程项目管理中的质量管理与监督机制研究 / 王浩 孙其飞 周元浩
/ 李日飞 杨成艳
- 34 云南农村宅基地建筑施工质量监管与不动产登记协同优化研究 / 闻强
/ 董桂鑫
- 37 建筑工程造价预测模型与成本控制方法研究 / 刘莹
/ 王树刚
- 40 现阶段数字化测绘技术在工程测量中的应用 / 刘莹
/ 丁烁奇
- 43 现代风景园林绿化工程的现场施工与管理 / 石倩男
/ 陈俊
- 46 湿陷性黄土路基处理与防治措施探讨 / 张畅
- 49 工业 4.0 时代打造智慧化工厂技术的应用与研究 / 李长澍
- 52 关于建设工程招投标管理存在的问题与对策 / 岳伟伟
- 56 煤矿安全生产中视频监控技术的应用 / 吕泓静
- 59 论企业在排污许可证制度下的合规运营与落实举措 / 褚柘钧
- 62 水利工程调度影响下流量在线监测技术应用研究 / 董华文
- 65 烧结普通砖质量检验关键指标与检测技术探究 / 赵怡然
- 68 测绘地理信息技术在城市土地规划中的应用 / 周治国
- 71 高难度重金属污染土壤地下水一体化修复方案 / 王智乾
- 74 智能视频监控在智慧楼宇中的深度应用研究 / 黄硕
- 77 数字化技术在建筑工程质量检测中的应用研究 / 陈斯
- 80 基于物联网的金矿氰化浸出过程智能监控与优化控制系统开发 / 陶嫣红
- 83 节能导向下建筑工程外墙保温施工技术研究 / 王浩 孙其飞 周元浩
- 86 建筑结构工程中的抗震设计与结构检测技术研究 / 闻强
- 89 非开挖修复技术在市政排水管网修复中的应用方法研究 / 刘莹
- 92 工程质量检测实验室质量管理体系研究 / 石倩男

- 1 Analysis of maintenance technology during electrical equipment maintenance / Xiaotong Gong 43 On site construction and management of modern landscape greening projects / Jun Chen
- 4 Electrical engineering and its automation reactive power compensation technology application / Yonghui Liu 46 Discussion on treatment and prevention measures of collapsible loess subgrade / Changshu Li
- 7 Exploration of the Application of BIM Technology in Modern Architectural Design / Silin Liu 49 Application and research of technology to build smart chemical factory in the era of Industry 4.0 / Weiwei Yue
- 10 Comparative Study of Step Method and CD Method for Microseismic Monitoring of Weak Surrounding Rock Tunnel Construction / Xiaoqiang Li 52 Problems and Countermeasures in Construction Project Bidding Management / Hongjing Lv
- 13 Analysis of the development and innovative application of modern curtain wall construction technology / Huawen Dong 56 Application of video surveillance technology in coal mine safety production / Zhejun Chu
- 16 The effect of hydrogen purity on generator efficiency and economic analysis / Feng Yu 59 This paper discusses the compliance operation and implementation measures of enterprises under the pollutant discharge permit system / Yipaerguli Kadier
- 19 Factors affecting the construction project cost and the construction cost control strategy / Qunhai Zhu 62 Research on the application of online flow monitoring technology under the influence of water conservancy project scheduling / Yiran Zhao
- 22 The Integration and Expression of Emotional Factors in Landscape Architecture Design / Huan Wang 65 Research on the key indicators and detection technology of quality inspection of sintered ordinary bricks / Zhiguo Zhou
- 25 Application and benefit analysis of digital technology in construction project management / Yue Hu 68 Application of geographic information technology in urban land planning / Zhiqian Wang
- 28 Analysis of the application points of mine rock separation and blasting technology in open pit mining / Chengzhi Li 71 Integrated remediation of groundwater contaminated by high difficulty heavy metals / Shuo Huang
- 31 Research on the quality management and supervision mechanism in engineering project management / Rifei Li Chengyan Yang 74 Research on the in-depth application of intelligent video surveillance in smart buildings / Si Chen
- 34 Research on the Collaborative Optimization of Construction Quality Supervision and Real Estate Registration in Rural Homesteads in Yunnan / Guixin Dong 77 Research on the application of digital technology in construction engineering quality testing / Yanhong Tao
- 37 Research on construction cost prediction model and cost control method / Shugang Wang 80 Development of intelligent monitoring and optimization control system for gold cyanide leaching process based on Internet of Things / Hao Wang Qifei Sun Yuanhao Zhou
- 40 At this stage, the application of digital surveying and mapping technology in engineering surveying / Shuoqi Ding 83 Research on Construction Technology of Exterior Wall Insulation in Building Engineering under Energy saving

	Orientation				
	/ Qiang Wen				
86	Research on Seismic Design and Structural Inspection Technology in Building Structure Engineering				
	/ Ying Liu				
89	Study on the application of non-excavation repair tech-				
	nology in municipal drainage pipe network repair				
	/ Qiannan Shi				
		92		Research on the Quality Management System of Engi-	
				neering Quality Inspection Laboratory	
				/ Chang Zhang	

Analysis of maintenance technology during electrical equipment maintenance

Xiaotong Gong

Three Gorges New Energy Linxi County Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 054900, China

Abstract

In today's society, electric power, as the basic energy, plays a decisive role in the improvement of people's life, and the stable operation of electrical equipment is directly related to the reliability of the power system, but due to the long-term operation of electrical equipment, environmental factors and human operation, there will inevitably be various faults. Therefore, the electrical equipment should be repaired and maintained timely and accurately, so as to ensure the normal operation of the power system. This paper expounds the maintenance technology in the process of electrical equipment maintenance, such as appearance inspection technology, instrument detection technology, fault tree analysis technology, state monitoring technology of the application points, and puts forward the measures in the application of maintenance technology, in order to provide reference for relevant personnel.

Keywords

maintenance; equipment maintenance; electrical

电气设备检修过程中的维修技术分析

龚晓通

三峡新能源临西县有限公司, 中国 · 河北 邢台 054900

摘要

当今社会, 电力作为基础能源, 对人民生活的改善起着举足轻重的作用, 而电气设备的稳定运行直接关系到电力系统的可靠性, 但由于电气设备长期运行、环境因素以及人为操作等影响, 不可避免地会出现各种故障。因此, 应及时、准确地对电气设备进行检修和维护, 进而保障电力系统的正常运行。本文阐述了电气设备检修过程中的维修技术, 如外观检查技术、仪器仪表检测技术、故障树分析技术、状态监测技术的应用要点, 并提出了维修技术应用中的措施, 以期为相关人员提供参考。

关键词

维修; 设备检修; 电气

1 引言

随着科技的不断发展, 电气设备的数量和复杂性不断增加, 传统的检修方法已难以满足现代电力系统的需求, 因此需要采用更加先进、科学、有效的检修技术和方法。在具体的检修过程中应做好相应的准备工作, 检修前做好培训工作, 促使检修人员掌握电气设备维修技术的应用特点、原理以及注意事项等, 同时制定详细的检修细化, 准备好相应的工具和材料。企业还应做好检修过程中的细节, 做好部件拆卸与更换、清洁与保养等工作, 同时注意检修后的验收与总结, 进而为电力系统的高效运行提供有力保障。

2 电气设备检修过程中的维修技术

2.1 外观检查技术

电气设备检修过程中, 外观检查技术是一种基础且重要的手段, 检查的内容包括较多, 检查设备外壳是否有变形、破损、裂缝等情况, 对于变压器的外壳, 若出现变形可能会影响其内部的绝缘性能和散热效果; 检查防护门、盖板等是否关闭紧密, 密封胶条是否有老化、损坏现象, 以防止灰尘、水分等进入设备内部引发故障。还应查看各种电气连接点, 如接线端子、母线连接处等是否松动、过热变色, 松动的连接会导致接触电阻增大, 发热严重时甚至会引发火灾; 检查电缆接头是否有鼓包、渗油等异常, 预示着内部绝缘已经受损。此外, 还应确认设备的标识是否清晰完整, 包括设备名称、编号、额定参数等, 以便于操作和维护人员准确识别和操作; 检查指示灯、仪表等是否正常显示, 如指示灯不亮或闪烁异常、仪表读数超出正常范围等都会暗示设备存在故障。对于有操作机构的电气设备, 如开关、断路器等, 检查

【作者简介】龚晓通 (1994-), 男, 中国河北石家庄人, 本科, 工程师, 从事电力运维、电气自动化、工业安全与生产安全研究。

其操作是否灵活,分合闸动作是否正常,有无卡涩或拒动现象,操作机构的故障可能导致设备无法正常投切,影响电力系统的运行。外观检查的方法主要有直接观察、手感检查等,外观检查是检修人员凭借肉眼对设备进行仔细查看。在光线充足的情况下,可以清晰地发现设备表面的缺陷和异常,对于一些高处或不易接近的部位,可以使用望远镜、内窥镜等工具辅助观察。手感检查主要是通过触摸设备表面来感受温度、振动等情况,如用手触摸电机外壳,如果感觉到过热,可能说明电机过载或通风不良;轻轻敲击设备的某些部位,根据声音判断是否有松动或内部空洞等问题。相关人员可以使用对比法,将待检查的设备与同类型、同规格的正常设备进行对比,观察是否存在差异,去比较两个相同型号的接触器,若发现其中一个的触头磨损程度明显大于另一个,应进一步检查该接触器的工作状况^[1]。

2.2 仪器仪表检测技术

仪器仪表检测技术中常用的包括红外热像仪检测、振动分析仪检测、振动分析仪检测等技术,红外热像仪检测主要是利用红外热成像技术,将物体发出的不可见红外能量转变为可见的热图像,通过热成像仪对电气设备的热分布进行扫描,能快速、大面积地检测设备表面温度,从而发现局部过热部位,如电气接头松动、接触不良、过载等引起的发热问题。在电力系统中,可用于检测变压器、电机、电缆终端等设备的热故障。振动分析仪检测主要用于检测电气设备的振动情况,通过对设备振动信号的采集和分析,可以判断设备的运行状态、是否存在机械故障以及故障的严重程度。例如,对于旋转电机,振动分析可以帮助检测轴承磨损、不平衡、轴弯曲等问题,及时发现并处理这些潜在的故障,避免设备进一步损坏。振动分析仪检测主要用于测量电气设备的绝缘电阻值,以评估其绝缘性能。绝缘电阻过低可能导致设备漏电、短路甚至触电事故。该仪器通过施加一定的直流电压,测量流过被测设备的泄漏电流,进而计算出绝缘电阻值,在电气设备检修中,常用于检测电机、变压器、电缆等设备的绝缘状况。局部放电是指设备内部绝缘在高电场作用下出现的局部放电现象,可以检测到电气设备内部的局部放电信号,包括特高频信号、TEV信号等,通过对局部放电信号的检测和分析,可以发现电气设备内部的绝缘缺陷,如气泡、裂纹、杂质等,从而在故障发生前及时进行修复^[2]。

2.3 故障树分析技术

故障树分析主要是通过建立设备故障与基本事件之间的逻辑关系,对设备故障进行定性和定量分析,能够快速准确地找到电气设备的故障点,避免盲目检查和维修,提高维修效率。其原理主要将系统的故障作为顶事件,然后逐步分解为中间事件和基本事件,用逻辑门表示事件之间的因果关系,形成一棵倒置的树状结构,在复杂的电力系统中,通过对故障树的分析,可以迅速确定是某个元件损坏还是线路问题导致了故障。该技术可以对故障的影响范围和严重程度进行评

估,帮助维修人员制定合理的维修策略,优先处理对系统影响较大的故障。该技术可以根据故障树分析的结果,制定更加科学合理的维护计划,有针对性地对易发生故障的部件或环节进行预防性维护,降低设备故障率,延长设备使用寿命。实施中应明确要分析的电气设备故障作为顶事件,从顶事件开始,逐步分解为中间事件和基本事件,使用逻辑门连接各事件,构建故障树,此外对构建好的故障树进行定性分析,确定最小割集,通过求取最小割集,找出所有可能导致顶事件发生的故障组合,为维修人员提供维修方向。在定性分析的基础上,进行定量分析,通过可靠性试验、现场数据统计等方式获取,对系统的可靠性进行评估,确定哪些部件或环节对系统可靠性影响较大,进而采取相应的改进措施^[3]。

2.4 状态监测技术

状态监测技术主要检测电压、电流、无功功率等,通过对这些参数的实时监测,了解设备的运行负荷情况,判断是否存在过载、欠压、过压等异常情况,主要原理是利用科学的分析方法和数据处理手段,对设备的健康状态进行评估和预测的技术。温度检测主要是检测电气设备在运行过程中会产生热量,通过红外热成像仪、温度传感器等设备对设备的关键部位进行温度监测,如变压器的绕组温度、开关柜的触头温度等,可以及时发现过热问题,防止设备因过热而损坏。振动监测主要是对于旋转电机、变压器等设备,通过安装在设备上的振动传感器,采集设备的振动信号,分析振动的幅值、频率、相位等参数,进而判断设备的机械部件是否存在松动、磨损、不平衡等问题。局部放电采用局部放电检测仪等设备,对设备的绝缘系统进行局部放电检测,可以发现绝缘内部的潜在缺陷,如气泡、裂纹等,从而提前采取修复措施,防止绝缘击穿事故的发生。该技术应用中应根据电气设备的重要性、故障率、运行环境等因素,确定需要监测的设备和监测的目标,如设备的可靠性、安全性、性能等,根据监测对象和目标,选择在线监测系统、离线检测仪器等适合的监测方法和设备,确保监测设备的精度和可靠性,以保证监测数据的准确性。相关人员应按照监测设备的安装说明书,正确安装监测设备,并进行调试和校准,确保设备能够正常工作并准确地采集数据,通过监测设备实时采集设备的运行数据,将数据传输到数据分析中心,利用专业的数据分析软件和算法,对采集到的数据进行分析 and 处理,提取设备的状态信息和故障特征,最后根据数据分析的结果,对设备的健康状态进行评估,判断设备是否存在故障或潜在故障风险,结合设备的运行历史和故障模式,对设备的剩余寿命进行预测,为制定合理的检修计划提供依据。

3 电气设备检修过程中维修技术的应用措施

3.1 做好检修前的准备措施

企业应做好检修人员的安全培训和技能培训工作,促使其了解电气设备的基本原理、操作规程、检修方法以及安

全注意事项等，熟悉检修工具的使用方法，并具备相应的电气工程技能，根据检修任务的特点和要求，合理安排检修人员的工作，明确各人员的职责和任务，确保检修工作高效、有序地进行。技术资料准备中应收集设备资料，了解设备的结构、性能、工作原理、维护保养方法等；设备图纸，掌握设备的安装位置、连接方式等，了解设备的检修历史、检修周期、检修项目等，并根据设备资料和现场勘查情况，制定详细的检修方案，确保检修工作有章可循。相关人员还应做好准备所需的各种检修工具，准备足够的备品备件，如继电器、开关、变压器等，对电气设备及其周边环境进行全面的现场勘查，检查设备的外观是否有损坏、变形、磨损等问题，观察设备的运行状态是否正常，检查电气线路、电器元件是否完好，是否存在短路、漏电等问题，检修现场设置明显的安全警示标志，提醒其他人员注意安全，防止误操作。

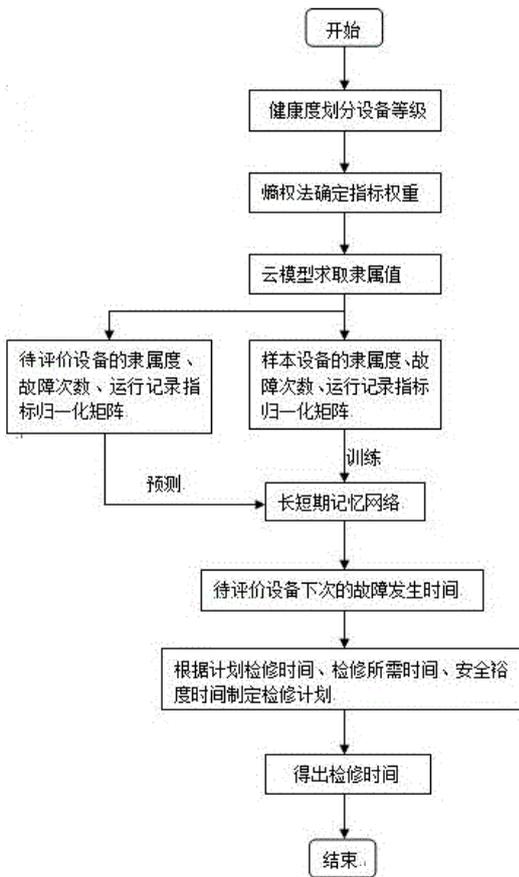


图 1 状态检修的流程

3.2 检修过程的实施措施

检修人员应配备必要的个人防护用品，如安全帽、护目镜等，防止触电、机械伤害等事故的发生，掌握多种检修

技术应用要点，如直观检查、仪器仪表检测、状态监测等，对电气设备进行全面的检查和测试，准确判断故障的部位、原因和性质，对于复杂的故障，可采用故障树分析法、对比分析法等进行分析，找出潜在的问题。在拆卸电气设备的部件时，应按照正确的方法和顺序进行操作，避免对部件造成不必要的损坏，对于损坏严重无法修复的部件，应及时进行更换，并选用质量合格、型号匹配的备件，在安装新部件时，要确保安装牢固、连接可靠，并进行必要的调试和校准。检修过程中应注重电气设备的清洁，去除灰尘、油污、杂物等，保持设备的清洁卫生，防止因污垢积累导致的散热不良、绝缘性能下降等问题。

3.3 检修后的验收与总结措施

检修完成后，应按照检修标准和规范对电气设备进行全面的质量验收，包括外观检查、性能测试、接地电阻测量等，确保设备的各项指标符合要求，能够正常运行，在验收合格后应进行设备的试运行，观察设备在运行过程中的状态，检查是否存在异常声音、振动、发热等情况，以及各项参数是否正常，试运行时间应根据设备的类型和复杂程度确定，一般不少于 2 小时。相关人员还应做好资料整理与归档工作，将检修过程中的各类资料，如检修记录、图纸、备件清单等进行整理和归档，建立完善的设备检修档案，为今后的设备维护和管理提供参考依据，并对本次检修工作进行总结，分析检修过程中存在的问题和不足之处，提出改进措施和建议，不断提高检修技术水平和工作效率。

4 结语

综上，电力系统运行中不可避免会遇到各种故障，为了促使电气设备安全稳定运行，应注重采用维修技术，随着科技的不断进步，企业应积极探索和应用新技术、新方法，如通过状态监测技术实时监测设备的状态，及时发现并解决潜在问题；通过故障树分析技术制定合理的维护计划和预防措施，降低设备故障率。企业还应加强技术培训，提高检修人员素质，加强设备管理，有效提高电气设备的检修效率和质量。

参考文献

- [1] 陈斌. 电气设备安装检修过程中的若干问题与应对措施初探 [J]. 现代经济信息, 2016, (23): 361.
- [2] 宋运隆, 丁圆, 王奎甫. 电气设备检修过程中的常见问题及应对措施探讨 [J]. 中国新通信, 2016, 18 (19): 85-86.
- [3] 侯恩良. 变电站电气设备安装检修过程中遇到的问题与应对措施 [J]. 黑龙江科学, 2014, 5 (05): 60.

Electrical engineering and its automation reactive power compensation technology application

Yonghui Liu

Lingbao Huaxiang Wind Power Development Co., Ltd., Sanmenxia, Henan, 450000, China

Abstract

In the modern power system, the transmission and consumption of reactive power is inevitable. Reactive power compensation technology through the rational configuration of reactive power supply to improve the reactive power distribution of power grid, to improve the power factor of power grid, reduce power loss, in recent years, with the continuous development of power electronics technology, reactive power compensation technology has made great progress, all kinds of new reactive power compensation device, for the development of electrical engineering and automation provides a strong support. This paper mainly expounds the main technical methods of electrical engineering and its automation reactive power compensation, and expounds the application value of the technology, and puts forward the corresponding application points, which provides a reference for the better application of reactive power compensation technology.

Keywords

reactive power compensation; automation; application; electrical engineering

电气工程及其自动化无功补偿技术的应用

刘永辉

灵宝华祥风电开发有限公司, 中国 · 河南 三门峡 450000

摘要

现代电力系统中, 无功功率的传输和消耗是不可避免的。无功补偿技术通过合理配置无功电源来改善电网的无功分布, 从而提高电网的功率因数, 减少电能损耗, 近年来, 随着电力电子技术的不断发展, 无功补偿技术也取得了长足的进步, 各种新型的无功补偿装置不断涌现, 为电气工程及其自动化发展提供了有力的支持。本文主要阐述了电气工程及其自动化无功补偿的主要技术方式, 同时阐述了该技术的应用价值, 并提出了相应的应用要点, 为更好地应用无功补偿技术提供了参考。

关键词

无功补偿; 自动化; 应用; 电气工程

1 引言

随着社会经济的发展, 电气工程及其自动化在各个领域的应用越来越广泛, 无功补偿技术对于提高电网质量、降低电能损耗具有至关重要的作用。无功补偿技术方式各有优缺点, 适用于不同的应用场景, 实际应用中应根据电力系统的具体情况、负荷特性、无功分布等因素综合考虑, 选择合适的无功补偿技术方式或组合方式, 进而实现最佳的无功补偿效果。

2 电气工程及其自动化无功补偿技术的应用价值

2.1 挖掘设备潜力, 提高功率因数

电气工程及其自动化中, 对于一些变压器、电动机等设计容量较大的电气设备, 在轻载运行时往往不能充分发挥其效能, 无功补偿技术的应用可使设备的功率因数接近于 1, 从而在相同的视在功率下, 能够输出更多的有功功率, 从而挖掘了设备的潜力, 减少了设备容量的浪费, 提高设备的利用率, 为企业的生产和发展提供了更有力的支持。此外, 无功补偿技术的应用能够快速响应系统无功功率的变化, 及时提供所需的无功支持, 当功率因数提高后, 对于新建或改建的电力工程项目, 可以减少供电设备和线路的设计容量, 进而降低了设备投资成本。在系统受到冲击负荷或故障等情况时, 无功补偿装置可以迅速调整无功功率输出, 维持电网电压的稳定, 避免系统出现电压崩溃等严重事故, 进而增强电

【作者简介】刘永辉 (1993-), 男, 中国河南鹤壁人, 本科, 工程师, 从事电力工程及运维检修研究。

网的稳定性和抗干扰能力,保障电力系统的安全稳定运行^[1]。

2.2 改善电压质量, 促进节能减排

无功补偿技术的应用可以根据系统无功功率的变化,快速、准确地进行无功功率的补偿,使电网电压保持在稳定的范围内,有效减少电压波动和闪变现象,确保电气设备在额定电压下稳定运行,同时在配电网中,合理配置无功补偿装置可以改善电压分布,提高线路末端的电压水平,减少因电压过低导致的设备无法正常运行或损坏的情况。无功补偿通过减少线路中的无功电流,降低了电流在输电线路电阻上的有功损耗,从而提高了电能传输效率,减少了能源浪费,还可以使电能更有效地从发电端输送到用电端,满足了用户对电能质量和供电可靠性的要求。企业通过无功补偿提高功率因数和电能传输效率,减少了电能在传输和使用过程中的损失,符合国家节能减排的政策要求,同时电能的有效利用减少了对一次能源的消耗,间接降低了因能源开采和发电过程中产生的污染物排放,如二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物等,有利于实现碳达峰、碳中和的目标^[2]。

3 电气工程及其自动化无功补偿的主要技术方式

无功补偿的主要技术方式有集中补偿、分组补偿、就地补偿等,其中集中补偿通常在变电站或大型配电系统中应用,通过安装并联电容器组或同步调相机来补偿无功功率,可以提高整个变电站所辖区域的功率因数和电压稳定性,减少上级电网的无功传输损耗,分组补偿是将电力系统划分为若干个区域或负荷中心,在每个区域或负荷中心的母线上安装无功补偿装置,如静止无功补偿器、无功发生器等,根据各区域的无功需求进行分组补偿,可以更灵活地适应不同区域的无功变化,提高补偿效果。此外,串联补偿是通过在电力系统的输电线路中串联接入电容器或其他形式的阻抗元件,以改变系统的阻抗特性,可以减少输电线路的电抗,减少线路两端的电压降,最常见的设备是电容器,可以提供容性无功功率,帮助抵消输电线路的感性无功功率。混合补偿是将多种无功补偿方式结合起来使用,如在变电站集中补偿的基础上,对部分重要的负荷或线路进行分组补偿或就地补偿,或者将串联补偿与并联补偿相结合,充分发挥各种补偿方式的优势。

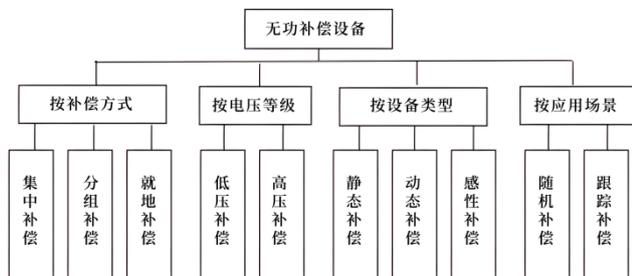


图 1 无功补偿设备的常见类型

4 电气工程及其自动化无功补偿技术的应用要点

4.1 在配电网管理中的应用

配电网管理中,集中补偿适用于中压配电网,通常在变电站的 10kV 或 35kV 母线上进行集中补偿,如某城市的一个区域变电站,通过在 10kV 母线上安装集中补偿装置,有效提高了该区域配电网的整体电能质量,降低了线路损耗。为了准确确定补偿容量,应分析配电网中各种负荷的无功功率需求,对于长期稳定运行的负荷,可根据其额定功率和功率因数来计算所需的无功补偿容量,同时考虑配电网的电压等级、供电半径、线路阻抗等因素对无功传输的影响,计算无功功率在不同位置和电压等级下的损耗情况,还需考虑配电网的未来发展规划和负荷增长趋势,如在新建的工业园区配电网规划中,应充分考虑未来企业入驻和生产设备的增加,预留足够的无功补偿容量扩展空间。无功补偿装置应尽量安装在靠近无功负荷中心的位置,配电网中一般优先考虑在配电变压器低压侧、重要负荷节点或无功功率需求较大的区域进行配置,同时根据配电网的具体情况和应用需求选择合适的无功补偿设备,如在数据中心等对供电可靠性和电能质量要求极高的场所,通常会采用 SVG 等动态无功补偿设备。为保证无功补偿装置的安全可靠运行,应配备完善的保护装置,如过流保护、过压保护、欠压保护等,可以通过安装智能监测终端和控制系统,实时采集电网的电压、电流、功率因数等参数,根据这些参数的变化自动调节无功补偿装置的输出,确保配电网始终保持良好的运行状态^[3,4]。

4.2 在回路电流平衡中的应用

电力系统中,较多用电设备如电动机、变压器等属于感性负载,在运行过程中需要消耗大量的无功功率来建立和维持磁场,无功补偿技术通过在负荷附近或电源端安装无功补偿装置,如电容器组、静止无功补偿器等,产生与感性负载所需的无功功率大小相等、方向相反的无功电流,无功电流可以在本地得到补偿,减少了在输电线路中的传输,有助于实现回路电流平衡,而且当系统无功不足时,电压会下降,导致电流增大且不平衡度增加,适当的无功补偿可以补充系统无功,稳定电压,使各相电流保持在相对平衡的状态。应用无功补偿技术实现回路电流平衡时,应对电力系统的负荷特性、功率因数、电压水平等参数进行详细的测量和分析,确定无功补偿的容量和位置,同时考虑系统的未来发展和负荷变化趋势,确保无功补偿方案具有一定的前瞻性和适应性,并根据不同的应用场合和要求,选择合适的无功补偿装置。例如,对于固定负载且无功需求相对稳定的情况,可以选择固定电容补偿;对于负荷变化较大、无功需求不稳定的情况,可选择动态补偿装置。此外,为了充分发挥无功补偿装置的作用,应采用合理的控制策略来实时监测和调整无功补偿的输出,如根据系统电压、电流、功率因数等参数的变化,自动调节无功补偿装置的投入容量和时间,实现最佳的无功补偿效果,确保回路电流始终保持平衡,同时还可以采

用智能控制算法,如模糊控制、神经网络控制等,提高控制的精度和灵活性。

4.3 在真空断路器中的应用

电气工程及其自动化领域,在真空断路器合闸瞬间,由于电路状态的突然变化,可能会产生较高的电压,为了避免这种情况对系统和设备造成损害,应选择合适参数的电容器进行无功补偿,通过调整真空断路器的合闸速度,可以减缓电路状态的变化速度,从而降低过电压的产生。在真空断路器分断时,为了尽快熄灭电弧,可以利用电容器中储存的能量,当断路器开始分断时,将电容器中的能量快速释放到电弧中,操作中应精确控制电容器的放电时间和放电电流使电弧迅速冷却和收缩,从而达到快速熄灭电弧的目的。与电容器配合使用的电抗器可以在分断过程中起到限制电流变化率的作用,进一步稳定电路中的电流和电压,电抗器的电感值要根据电路的参数和无功补偿的要求进行合理选择,进而实现最佳的电弧抑制效果,同时,电抗器还可以与电容器一起构成滤波器,减少电路中的谐波含量,提高电能质量。在选择用于无功补偿的电容器、电抗器等设备时,考虑其适应的环境条件,对于高温、高湿度、高海拔等恶劣环境,应选择具有相应防护等级和耐受能力的设备,同时在安装设备时注意采取适当的防护措施,如防水、防尘、防腐蚀等,延长设备的使用寿命。安装无功补偿设备时应进行合理的布局和布线,设备之间要保持一定的安全距离,避免相互干扰和电磁兼容问题。布线要整齐、规范,尽量缩短线路长度,减少线路电阻和电感,此外还应考虑到设备的散热问题,确保设备在运行过程中不会因过热而影响性能。无功补偿系统应与真空断路器以及其他电气设备进行良好的协调配合,无功补偿系统可以与电网调度系统进行通信和交互,根据电网的运行状态和需求调整无功补偿的容量和方式,实现整个电力系统的优化运行。

4.4 在故障诊断中的应用

电气工程及其自动化领域,无功补偿技术在故障诊断中发挥着重要作用,通过安装智能监测设备,实时采集电压、电流、无功功率等关键参数,可以建立长期的数据记录机制,将实时监测数据与历史数据进行对比分析。企业应利用电力系统的数学模型和仿真技术,模拟不同故障情况下的无功功率变化特征,当实际监测到的无功功率变化与某种特定故障

模型相符时,可以初步判断故障类型和位置,同时采用先进的信号处理技术,如傅里叶变换、小波分析等,对监测信号进行分析,提取与故障相关的特征信息。电容器是无功补偿装置中的重要组成部分,常见的故障包括电容值下降、电容器击穿等,通过监测电容器的电流、电压、温度等参数,可以及时发现电容器的异常情况,若电容器的电流明显增大,可能是电容值下降或电容器内部短路。电抗器故障主要表现为电感值变化、过热、振动异常等,通过监测电抗器的电流、电压、温度和振动信号等,可以判断电抗器的工作状态,若电抗器的电感值发生变化,会导致无功补偿效果不佳,同时还可能引起电流不平衡等问题。故障预警与预测中应根据历史监测数据,运用时间序列分析、机器学习等方法,对无功功率等参数的变化趋势进行预测,若预测结果显示某一参数将超出正常的运行范围,及时发出预警信号,以便采取相应的措施避免故障的发生。企业应建立无功补偿装置的健康评估模型,综合考虑设备的年龄、运行环境、维护记录等因素,对装置的整体健康状况进行评估。当健康指数低于一定阈值时,提示需要进行维护或更换部件。企业在进行常规的电气试验时,如绝缘电阻测试、介质损耗角正切值测量等,结合无功补偿装置的运行数据,更全面地评估设备的状态。

5 结语

综上所述,电气工程及其自动化无功补偿技术的应用可以挖掘设备潜力、提高功率因数,改善电压质量,促进节能减排。在未来的电气工程建设中,企业应进一步深入研究和应用无功补偿技术,将其应用在回路电流平衡、真空断路器中、故障诊断中,不断优化无功补偿方案,加强对无功补偿技术的管理和监测,进而推动电气工程及其自动化领域的持续发展。

参考文献

- [1] 贾权. 电气自动化中无功补偿技术的应用 [J]. 电子技术与软件工程, 2018, (21): 118.
- [2] 韩文丽,孙路路. 浅谈电气工程及其自动化无功补偿技术的应用 [J]. 山东工业技术, 2018, (17): 159.
- [3] 朱晶晶,曾龙,王善彪. 智能无功补偿技术在电气工程自动化中应用 [J]. 山东工业技术, 2017, (10): 160.
- [4] 齐小亮. 电气自动化节能技术的应用 [J]. 科技创新与应用, 2013, (30): 298.

Exploration of the Application of BIM Technology in Modern Architectural Design

Silin Liu

Yunnan Design Institute Group Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650228, China

Abstract

BIM (Building Information Modeling) has brought about changes in workflow and modes in the construction industry, helping to comprehensively improve construction efficiency. With the help of BIM platform, designers can establish a complete and digital smart building model, and achieve full lifecycle control and collaboration of building projects from planning to operation and maintenance through three-dimensional visualization operation. Therefore, the application of BIM technology in modern architectural design has become a key means to improve project efficiency and quality. In this context, this article outlines the core advantages of BIM technology, considers the application of BIM technology in modern architectural design and its integration with other technologies, analyzes specific cases, and looks forward to future development trends, aiming to provide written reference and inspiration for relevant technical personnel.

Keywords

BIM technology; Modern architectural design; Core advantages

现代建筑设计 BIM 技术的应用探讨

刘思琳

云南省设计院集团有限公司, 中国 · 云南 昆明 650228

摘要

BIM (建筑信息模型) 在建筑业中掀起了工作流程和模式的变革, 助力建设效率的全面提升。在BIM平台的帮助下, 设计人员能够建立一个完整、数字化的智慧建筑模型, 并通过三维可视化的运行方式, 实现建筑项目从规划到运维的全生命周期管控与协同。因此, BIM技术在现代建筑设计中的应用, 已成为提升项目效率与质量的关键手段。在此背景下, 本文概述了BIM技术的核心优势, 思考了BIM技术在现代建筑设计中的应用及与其他技术的融合应用, 对具体案例进行了分析, 并展望了未来发展趋势, 旨在为相关技术人员提供书面参考与借鉴。

关键词

BIM技术; 现代建筑设计; 核心优势

1 引言

随着科学技术的不断进步, 我国的现代建筑设计水平也越来越高, 但是其发展却很慢, 这除了与设计人员自身认知有关外, 更重要的原因是现有技术的推广力度不足。所以, BIM 技术在现代建筑设计中的应用就变得尤为重要。BIM 把整个建设过程中的所有环节联系在一起, 并对其进行整合, 可以有效完成建筑工程中多组织、多阶段、全生命周期内信息资源的信息共享, 最终达到精确设计和精细管理的目的, 提高建筑能源效率, 促进现代建筑设计水平的不断提高。

2 BIM 技术的核心优势

在现代建筑设计中, BIM 技术具有重要的应用价值。

BIM 技术能够实现多维可视化, 通过建立 3D 模型, 使设计人员能够将建筑物的空间布局、外观形态和室内详细情况都展现出来, 使业主与施工人员能够对设计计划有一个更加清楚的了解, 进而减少由于交流不当造成的设计更改与建造失误。BIM 技术在参数化方面表现出了很强的优势, 通过对模型中各参数的修正, 对各种设计方案 (采光、通风、能耗等) 的综合评价与对比, 实现最优设计。同时, BIM 技术也为信息集成与共享提供了可能性。在设计阶段, 建筑、结构、给排水、暖通、电气等各专业的设计师, 能够通过统一的 BIM 模型进行协作, 实现各专业信息的实时共享, 从而能够对各个专业间的矛盾进行分析与处理, 提升设计效率、减少设计失误。BIM 模型中的数据还能够为后续施工、成本管理和运营管理等各个阶段的精确信息提供支撑, 从而达到对建设项目进行全生命周期管理的目的。因此, BIM 在现代建筑设计中的应用, 不但可以有效提升工程的质量与效率

【作者简介】刘思琳 (1993-), 女, 中国云南昆明人, 硕士, 工程师, 从事建筑设计或者BIM研究。

率,而且可以加强各方的交流与合作,为建筑工程的成功开展打下良好的基础^[1]。

3 BIM 技术在现代建筑设计中的应用

3.1 设计前期

场地分析是建筑设计前期的关键环节,BIM 可以提供全面、准确的信息。通过采集地貌信息,BIM 可以建立一个立体的地貌模型,将场地的起伏和坡度等情况显示出来。以一个新城建设工程为实例,在 BIM 技术支持下,设计者可以清楚的看见一个地势较低的地方,容易出现积水。因此,在设计的时候,可以对排水系统进行预先的规划,适当调整建筑物的布局,避免建筑物处于积水风险区域。采用 BIM 技术,综合考虑风向、日照等气象要素,模拟不同季节和不同时段场地的自然光照和空气流通状况。例如,在高温区域,经过模拟,得知该地点在夏天的主风是东南风,设计师便可将该区域的主要入口和通风走廊都设置在东南方,从而提高室内的自然通风效率,减少建筑的能耗。BIM 技术还可以将周围的建筑、道路和公共设施等进行集成,通过对该地块与周围设施的距离、交通的便利性等因素的分析,可以为该地块的最优选址和出入口设置提供依据,从而让该地块更好的与周围的环境相融合,提高整个区域的协调性、功能性。

3.2 方案设计阶段

在方案设计阶段,BIM 可以使设计者具有较强的创新表达和交流合作的能力。通过 BIM 技术,设计者可以迅速建立建筑的初始模型,自由塑造建筑的体量与形态。比如在一个文化艺术中心的设计中,运用 BIM 技术可以很容易地对各种表面模型进行实时渲染,从而打造出一栋既有特色又有艺术性的大楼。基于 BIM 模型,能够实现对建筑物的实时绘制,并产生真实感较强的效果图,使业主和设计团队能够更好地体验到不同光照和材质对建筑物的影响。同时,BIM 技术还可以实现建筑、结构、给排水、电气等多个专业的设计人员,在同一个平台上进行设计。在进行规划方案的修改后,设计人员直观地感受到其对结构系统的作用,并能在最短时间内给出合理的方案,从而减少不同专业之间的矛盾。在规划过程中,参与项目的各个团队都可以通过可视化的方式交流想法,设计师可以根据反馈信息当场修改模型,快速更新设计方案,从而极大地提升项目的设计效率与质量,保证项目设计不仅能够达到预期的效果,而且还具有一定的特色^[2]。

3.3 初步设计阶段

在建设专业的初步设计阶段,借助 BIM 技术,可以对各房间的面积和体积进行准确的测算,合理规划走廊、楼梯等公共空间,保证有效使用和满足标准。比如,在医院的规划设计中,运用 BIM 技术将各部门进行明确的分区,合理安排患者与医护人员的流线,以防止发生交叉感染。结构专业通过 BIM 技术,对结构进行精细化的结构解析,模拟不

同工况下的建筑结构受力情况,精确地确定梁、柱、板等结构部件的尺寸和配筋。给水、排水与电力等专业,通过 BIM 建模精确布局管线,利用碰撞检查等功能,实现管线与结构部件及管线间的撞击检测。例如,在一家大型商场工程中,采用 BIM 技术检查出数百个碰撞点,并对其进行了优化,从而避免了施工时的拆除与改造,节省了成本和时间。在此基础上,通过 BIM 技术实现对建筑施工过程中所需的物料、数量的准确计算,为工程造价的有效控制和初步设计的完备和可行奠定坚实的基础。

3.4 施工图设计阶段

在施工图设计阶段,通过 BIM 模型可以实现各种平面图、立面图、剖面图等多种设计图的快速绘制,并且在图中可以实现对模型的任意更改,从而有效解决传统绘制过程中,由于不能及时进行人工修改而造成的施工图不统一的问题。以一个高层居住工程为实例,在建筑、给排水、电气等专业图上,通过 BIM 对立柱的定位进行修改,相应的建筑、给排水、电气等专业图上的立柱的位置以及相应的管道连接等数据也会随之变化。BIM 技术也可以对整个施工方案进行全方位的审核,不仅可以进行常规的碰撞检查,还能检查图纸标注是否规范、尺寸是否准确、节点大样是否清晰等。通过对复杂节点构造的三维模型,将结构的复杂结构进行直观的显示,便于施工人员理解设计意图,降低工程误差。BIM 可以将施工进度、造价等信息进行整合,建立施工信息库,为开展施工过程中的精细化管理提供依据确保施工过程严格遵循设计意图,从而提升工程的总体质量和施工效率。

4 BIM 技术与其他技术的融合应用

4.1 与人工智能 (AI) 的结合

随着 BIM 和人工智能的融合,在现代建筑设计领域中取得了空前的突破性进展。AI 具有对数据进行处理和分析的功能,可以对 BIM 模型进行深入的研究。比如,对于一个大型的商场,AI 可以根据 BIM 中的空间布局、人流预测等信息,对商铺的布局进行智能化的优化,AI 依据过去的商业案例,准确地确定各种商铺的最优邻近区域,从而提高顾客的购物体验 and 经营收入。在结构设计方面,AI 与 BIM 技术相融合,可以实现结构的快速解析。通过对建筑物的荷载条件、材料属性等进行分析,人工智能可以快速地产生各种不同的构造方案,并对其安全性、经济性和合理性进行评估,帮助设计人员快速选择最佳方案,从而大幅缩短设计周期。此外,AI 还可以通过影像辨识来检查 BIM 模型中的图形,发现其中存在的错误和不规范的标注等情况,从而提升设计结果的精度,减少人为失误,使得建筑设计在数据驱动下更加智能、高效。

4.2 与物联网 (IoT) 的集成

将 BIM 技术与 IoT 相结合,使建筑设计具有更强的实时性和智能化控制功能。在建筑物的设计过程中,各种智能

设备和传感器等信息，可以通过物联网的方式整合进 BIM 模型。以智能办公楼设计为例，通过对室内温湿度、光照等传感器进行模拟部署，结合 IoT 的传输数据，实现对室内各个空间的动态感知。在夏季高温时段，根据传感器反馈到 BIM 模型中的温度信息，对空调系统的运行方式进行实时调节，优化送风口位置与制冷量分配，从而实现精确的节能效果。IoT 设备能够实现对结构健康状态的实时监控，并将结构应力和位移等信息传递到 BIM 模型中。当出现特殊受力情况时，设计人员可以根据 BIM 模型快速找出问题，及时调整设计加固方案，从而保证建筑的长期安全性^[3]。

4.3 与虚拟现实 (VR) 和增强现实 (AR) 技术的结合

将 BIM 技术与 VR、AR 技术相结合，能够显著提升建筑设计的视觉化和互动性。在设计演示阶段，通过 VR，设计者可以实现 BIM 的三维建模到身临其境的虚拟场景，客户和设计团队戴上 VR 设备，在尚未完工的大楼里“漫步”，从各个角度去感受空间的尺度、灯光效果和装饰风格。比如，在高端住房的设计演示中，客户可以通过 VR 在虚拟的环境中任意选择一个单元，亲身感受各个单元的布置和视角，并现场给出改进建议，帮助设计师快速优化设计。AR 技术可以将 BIM 的数据信息与真实的环境相结合，工人们在施工现场可利用 AR 设备扫描建筑实体，实时查看与 BIM 模型相匹配的设计图纸和施工进度计划等资料，直观了解目前施工位置的具体需求，精确把握施工关键点，实现设计与施工的无缝衔接。

5 具体案例分析

以融通中心为例，该项目位于云南省昆明市北京路与鼓楼路口，项目包含地下一层和地上 29 层，总建筑面积 58155 平方米，占地面积 4762 平方米，建筑高度 104.5 米。1995 年按四星级宾馆完成设计，因各方面原因，项目于 1998 年主体结构封顶后停止建设，大楼主体在无任何防护措施情况下闲置至今近 25 年。该项目属于既有建筑改造，主体结构完成，结构长期暴露。项目团队将 BIM 技术作为研究工具，以“五套模型”技术应用体系为核心。利用无人机倾斜摄影技术，实现实体模型到数字模型的转换，同时结合其他纸质版资料，形成第一手三维建筑信息资料，为后续改造提供重要数据。利用 BIM 技术，根据三维建筑信息资料提供的原始数据搭建原始结构模型。根据设计方案搭建结构优化模型、全专业低碳化模型。利用三维手段对模型进行分析，以判断结构加固方案、机电方案设计的可行性。后续结合数字孪生模型及绿色低碳技术，实现既有建筑数字化低碳改造。根据上述工作方式及相关成果，总结出一套“基于 BIM 技术的数字化低碳化建筑改造技术路径”，以适应更

多的改造项目工程。

项目改造目标为低碳、超低能耗建筑，热工性能较原设计提升 40% 以上；光伏装机面积 3816.2 平方米，年发电量约 227.61 千瓦时；建筑本体节能率为 53.89%，可再生能源利用率为 3.41%，达到超低能耗建筑标准要求。原设计建筑运行年碳排放量为 1177 吨，改造后为 475 吨；原设计全生命周期碳排放量为 86886 吨，改造后全生命周期碳排放量为 51322 吨，达到了总量降低超 40%，相当于植树造林 175 公顷的固碳量，实现了低碳建筑预期目标。该项目通过 BIM 技术的应用对既有建筑完成了改造，整合城市资源，具有一定的示范意义^[4]。

6 未来发展趋势展望

展望现代建筑设计中 BIM 技术的未来发展趋势，将会不断地朝着智能化、集成化、跨界融合及全生命周期管理等方向的发展。随着人工智能、大数据、云计算等新兴科技的发展，BIM 技术具有较高的自适应、自寻优功能，可实现对设计过程中存在的问题进行主动发现，并给出最优方案。BIM 技术还可以与项目管理软件、CAD 软件等其他软件进行有机结合，构建一个完备的数字平台，从而达到充分的信息整合与共享。同时，BIM 技术的使用也将从建筑设计、施工管理等方面逐渐扩展到城市规划、基础设施建设、智慧城市、数字孪生等新的方向，并与 GIS、CIM 等技术相融合，作为智慧城市基础设施的标准。将 BIM 技术应用于建设工程的生命周期管理，贯穿规划、设计、施工、运营、拆除等各个环节，实现对其运行状态的实时监测，对存在的问题进行预警，及早制定维护方案，提升建筑工程的可持续发展能力。

7 结语

综上所述，BIM 以其独特的优势，在现代建筑设计中有着举足轻重的地位。BIM 与其他技术的融合应用，拓宽了建筑工程的适用范围，提高了建筑施工的效率与质量。BIM 技术的发展与运用，必然会给建筑领域带来新的变化，相关技术人员应深入探索与实践，为促进我国建筑事业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1] 宗英杰,杨丽.BIM技术在现代建筑工程结构设计中的应用[J].工程技术研究,2024,9(04):225-227.
- [2] 刘威.BIM技术在现代建筑工程结构设计中的应用研究[J].中国建筑装饰装修,2022,(20):68-70.
- [3] 王磊.BIM技术在现代建筑工程结构设计中的应用[J].建筑结构,2021,51(09):160.
- [4] 李一鸣.BIM技术在现代建筑结构设计中的应用分析[J].住宅与房地产,2021,(06):117-118.

Comparative Study of Step Method and CD Method for Microseismic Monitoring of Weak Surrounding Rock Tunnel Construction

Xiaoqiang Li

Yunnan Jiaotou Highway Construction Third Engineering Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650000, China

Abstract

The analysis of weak surrounding rock tunnels involves many technical contents, mainly focusing on the stability of different excavation methods and the changes in tunnel settlement, and the research rules are obvious. In the process of monitoring the microseismic state of weak surrounding rock tunnels, two construction methods can be considered: the step method and the CD method. This article briefly introduces the relevant theoretical content, analyzes the micro vibration monitoring operation of weak surrounding rock tunnels, and the related concepts of stepped method and CD method construction. Then, the specific microseismic monitoring operation of weak surrounding rock tunnels will be compared between the step method and CD method construction, and the control effect of surrounding rock deformation, distribution of surrounding rock stress and plastic zone, construction disturbance characteristics, mechanical behavior, construction efficiency and economy of the two construction methods will be compared and studied. Finally, discuss and provide practical application suggestions for two construction methods.

Keywords

weak surrounding rock tunnel; Microseismic monitoring operation; CD method; Construction Dibi; Mechanical behavior

软弱围岩隧道微震监测下台阶法与 CD 法施工对比研究

李小强

云南交投公路建设第三工程有限公司, 中国·云南昆明 650000

摘要

软弱围岩隧道的分析工作涉及诸多技术内容, 主要针对不同开挖方法稳定性以及隧道沉降度变化展开分析, 研究规律表现明显。在针对软弱围岩隧道微震状态进行监测工作过程中, 可以考虑采用下台阶法与 CD 法两种施工方法。本文中简单介绍了相关理论内容, 分析软弱围岩隧道微震监测作业以及下台阶法、CD 法施工的相关概念。然后就具体的软弱围岩隧道微震监测作业展开台阶法与 CD 法施工对比, 对比研究两种施工的围岩变形控制效果、围岩应力与塑性区分布、施工扰动特征、力学行为、施工效率与经济性。最后, 再讨论给出两种施工方法的实践应用建议。

关键词

软弱围岩隧道; 微震监测作业; CD 法; 施工对比; 力学行为

1 引言

软弱围岩隧道由于围岩隧道强度相对偏低, 所以岩体稳定性表现较差, 导致施工过程中产生各种安全风险问题。在如此不良地质条件下, 围岩的抗压强度表现偏低, 容易发生变形或者坍塌事故。如果从专业角度讲, 软弱围岩的抗压强度普遍在 30MPa 以下, 这种软岩的岩体破碎概率大, 不具备良好稳定性。所以, 软弱围岩隧道的施工技术应用面临巨大挑战, 例如针对工程扰动而言敏感度极高, 在受拉或者受压条件下产生较大塑性区, 围岩支护变形问题旋即发生。

如果在施工中方法运用不得当, 所导致的结果就是初期支护变形或者隧道直接塌方。在具体的施工作业中, 需要采用多种围岩隧道微震监测施工技术方法。

2 理论研究

2.1 微震监测作业的基本概念

微震监测作业所采用核心技术设备为传感器, 通过传感器大量收集软弱岩体或者岩石破裂所发射传导的地震波信号。作业中对地震波的处理分析非常到位, 可以精准定位矿震发生位置, 与此同时对震级大小、能量、地震矩等关键信息进行判断与明确。目前微震监测作业中所适用的便携式软件为传感器, 传感器遵循地震学原理可以实现对围岩的应力应变状态分析与处理, 在判断岩层稳定性方面表现突出。

【作者简介】李小强 (1994-), 男, 中国湖北钟祥人, 本科, 工程师, 从事公路工程研究。

目前,我国矿山的数字化、信息化发展程度普遍较高,微震监测技术的分支技术内容逐渐丰富,例如在冲击地压、岩爆等方面表现比较突出,特别是在深井矿山等方面都装备了微震监测技术系统。伴随水平井技术与压裂技术的全面进步,微震监测作业的实施覆盖范围也逐渐加大。在过去10年,该技术在地球物理学领域得以长足发展,在验证微地震监测过程中,主要在公路隧道、岩石边坡以及水利工程领域展开技术实践应用^[1]。

2.2 台阶法的基本概念

台阶法在隧道施工中比较常见,它所采用的是分步开挖施工技术方法,可以将断面分为上下多个台阶再展开顺次施工,满足同步开挖施工要求。在不同地质条件或者隧道断面尺寸下,台阶法还能分为长台阶法以及短台阶法,另外还有特殊的超短台阶法。台阶法可以被广泛应用于Ⅲ~Ⅵ级围岩隧道工程中,它的技术分类参数参考具体如下:

如果采用长台阶法,台阶长度>50m或者存在5倍洞跨,可以进行上下台阶平行作业。

如果采用短台阶法,台阶长度为5m~50m,通过缩短支护闭合时间或者条件来控制台阶变形情况。

如果采用超短台阶法(微台阶法),台阶长度为3m~5m。适用于不稳定围岩或者大断面隧道,配合超前支护措施展开施工技术操作。

台阶法拥有施工操作灵活性强、适应不同地层条件的特点,可以为施工过程提供较为充足的作业空间,而且施工效率相对偏高。台阶结构增强开挖面稳定性表现水平较高,但是多次开挖可能增加围岩扰动风险,必须通过及时封闭分析未支护段施工情况,避免发生位移突变。如果是单线隧道施工,洞径需要控制在1.5倍范围内;如果是双线隧道,洞径则需要控制在1.0倍范围内^[2]。

2.3 CD法的基本概念

CD法(Center Diaphragm)属于中隔离法,在软弱围岩大跨度隧道施工中主要通过开挖隧道一侧设计中间部位,然后再开挖另一侧展开进一步施工。这种中隔离施工方法也比较适用于某些不稳定岩体,对于地面沉降要求比较严格。如果CD法施工无法满足技术要求,则需要在施工基础上增加临时仰拱,采用CRD(Cross Center Diaphragm)交叉中隔壁法。施工中需要重点考虑时空效应影响,保证开挖施工过程快速推进,有效消除工作面应力过分松懈问题,必要时应当增大沉降值。

上述两种施工方法都能被应用于软弱围岩隧道微震监测作业中,但是两种施工技术方法各有优势,有必要对CD法和台阶法进行各项施工技术对比,了解微震监测数值模拟情况,下文将详细展开研究^[3]。

3 基于软弱围岩隧道微震监测作业的台阶法与CD法施工技术对比

软弱围岩隧道的微震监测作业主要采用上文探讨的台

阶法与CD法两种施工技术,这两种施工技术各有优势,在施工的围岩变形控制效果、围岩应力与塑性区分布、施工扰动特征、力学行为、施工效率与经济性诸多方面都能实现有效对比,下文逐一谈:

3.1 围岩变形控制施工技术效果的对比

如果采台阶法展开围岩变形控制施工,它是存在一定的施工局限性的。具体表现在全断面一次性开挖设置的应力示范范围不断增大。例如在施工中,存在拱顶沉降速率突然变化明显情况,具体表现就是开挖面距离断面为12m左右。目前,在隧道围岩变形控制施工技术实际操作中会考虑使用台阶法,台阶法所提供的是超前支护、上、中、下台阶开挖施工技术内容。在处理某些特殊工况工作时,所呈现的施工技术效果主要包含2点:第一,渗水段处置,可以采用径向注浆方法,配合排水盲管直接进行导流操作。施工中要确保珠江压力不超过地层抗压强度的80%甚至以上;第二,处理局部坍塌情况。主要通过回填分析混凝土喷射封闭掌子面情况。为确保施工效果得到优化,应当考虑架设临时支撑,或者直接采用Φ108尺寸大管进行棚超前支护施工。在施工后,围岩的变形控制效果比较合理^[4]。

相比较而言,如果采用CD法,施工优势则体现在对隧道拱顶沉降的控制上。根据数据显示,采用CD法进行拱顶沉降处理,相比于台阶法可以减少沉降值大约25.2%。经过实际测量了解到,CD法的围岩变形控制指标为17.99mm,台阶法的围岩变形控制指标为19.38mm^[5]。

3.2 围岩应力与塑性区分布施工技术效果的对比

软弱围岩隧道的应力与塑性区分布施工技术也可以采用CD法以及台阶法两种施工方法。施工中,两种施工技术方法存在应力集中差异,CD法的集中应力体现在临时支撑位置,整体表现为拉应力、压应力值均明显低于台阶法。举例来说,如果拱顶所产生的拉应力为2.5MPa,那么台阶法所产生的拱顶拉应力则应该在3.0MPa左右。

在施工中,主要采用软弱围岩隧道中的自上而下2~3部分开挖隧道一侧,初步完成初期支护以及CD法应用隔离,保证所喷射混凝土达到施工图标标示强度要求,确保强度等级控制在70%左右。在另一侧,则需要做好开挖与支护施工工作,形成合理支护洞室施工技术优势。在施工完毕后,则要通过CD法拆除支护,同时有效填充仰拱衬砌部分,提高软弱围岩隧道的综合施工水平。

如果采用台阶法,对比CD法的隧道拱顶拉应力会进一步增大。这一施工技术容易在拱脚上产生集中应力。例如,压应力应该控制在3.25MPa左右。上述两种施工技术方法的塑性区域范围调整也有所不同,如果对比来看,CD法的塑性面积对比于台阶法最大减少20%~40%,施工中可以将两种施工技术的应用中心放在不同位置,例如在拱肩位置采用CD法,拱脚位置采用台阶法。当然,台阶法的扰动范围会不断增大,因此软弱围岩隧道施工中也会出现塑性区域扩展显著问题,导致隧道塌方风险发生率明显增加^[6]。

3.3 施工扰动技术特征的对比如

如果对软弱围岩隧道采用微震监测技术,配合CD法与台阶法需要分别了解两种施工方法所产生的扰动技术特征,并进行特征对比。

如果采用CD法,则扰动技术特征偏向于局部化扰动。简言之微震事件一旦发生,所发生位置就是临时支撑拆除阶段,施工技术全部客观反映在中隔墙的应力转移技术背景下。在CD法局部扰动分析过程中,对锚杆轴力的处理主要将锚杆轴力控制在最大65.0kN,而且轴力分布比较均匀。采用台阶法主要配合拱顶锚杆分析拉应力集中情况。

如果采用台阶法,它的扰动范围更大,可以保证微震活动贯穿于整个开挖施工过程中,在台阶衔接过程中有效解决围岩松弛。在设计地表沉降槽过程中,采用CD法沉降曲线更加平缓,最大沉降差则可以控制在30%左右^[7]。

3.4 施工力学行为的对比

在施工力学行为的对比方面,则主要通过台阶法分析应力开挖变化曲线。这其中,台阶法相比于CD法对拱顶的应力影响相对较小。在开挖过程中如果观测断面为7m,则压应力明显增加。如果压应力趋于稳定,则最大压应力会控制在2.49MPa,拉应力则相比于压应力开挖影响较晚。一般来说,施工力学会随着中下台阶的开挖面变化而变化,断面观测效果表现突出。总体来讲,CD法相比于台阶法的受开挖面影响有限,所以结合开挖过程分析台阶法的压应力会明显增大,但是CD法的拉力影响更大。通过拱脚压力集中范围扩大可以分析塑性区域宽度与深度变化,分别控制为3m和6m,根据软弱围岩的变形以及塑性发展变化分析CD法应用情况。可以借助有限差分软件分析FLAC 3D隧道开挖过程,做好数值模拟计算操作,满足软件安全应用要求,强化知乎设计,确保安全快速开挖隧道。在这一过程中,对于开挖围岩应力位移变化数据的分析必须到位,结合模拟数据获得完整规律,提高技术应用水平^[8]。

4 基于软弱围岩隧道微震监测作业的台阶法与CD法施工技术推荐建议

如果是大断面、超浅埋施工技术场景,可以推荐的施

工方法为CD法,因为CD法在控制地表沉降度方面表现出色,可以动态分析地表沉降最小值;如果是软弱围岩结构而且工期紧迫施工技术场景,则推荐使用改进台阶法,有效增设核心土或者临时仰拱,保证施工平衡效率与安全水平提高。

5 结语

在当前基于微震监测的软弱围岩隧道施工作业中,采用CD法或者台阶法各有技术优势。前者通过分块开挖配合封闭支护控制变形塑性区,非常适用于某些高风险的软弱围岩施工段;后者则通过围岩条件调整提高稳定施工效率,是相当优秀的动态施工方法,非常值得在地质预警技术体系中实践应用。因此在我来的软弱围岩施工作业中还要做到因地制宜、因技术制宜,合理选择两种施工技术方法。

参考文献

- [1] 李壮,徐奴文,孙志强,等.基于微震监测与数值模拟的高应力软岩隧道围岩大变形特征分析[J].岩石力学与工程学报, 2024, 43(11):2725-2737.
- [2] 熊炎林,陈冠甫,刘晓丽.深埋隧道微震事件规律及岩爆前兆微震信息研究[J].地下空间与工程学报, 2024, 20(4):1375-1381.
- [3] 李天斌,许韦豪,马春驰,等.基于深度学习的隧道微震监测及岩爆预警技术与系统研究[J].岩石力学与工程学报, 2024, 43(5):1041-1063.
- [4] 蒙慧林.基于微震监测的隧道开挖全过程安全监测及预警技术[J].建筑工程技术与设计, 2024(17):16-18.
- [5] 黄登侠,周小龙,赵健,等.基于微震监测的TBM掘进工程岩爆预警研究[J].有色金属(矿山部分), 2024, 76(6):105-112.
- [6] 张强,申超飞,李永超,等.基于WOA-LSTM和微震监测的岩爆等级预测模型[J].安徽理工大学学报(自然科学版), 2024, 44(4):50-59.
- [7] 皮锦添,徐奴文,张丰收,等.基于微震监测与DFN模拟的金川水电站尾闸室破坏机制[J].隧道与地下工程灾害防治, 2024, 6(3):60-72.
- [8] 石万波,郭满.复杂环境下微震控制爆破技术在隧道施工中的应用[J].中国水运(下半月), 2024, 24(3):129-131.

Analysis of the development and innovative application of modern curtain wall construction technology

Huawen Dong

Guangdong Xinsen Construction Engineering Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

This paper comprehensively analyzes the development of modern curtain wall construction technology, the current situation and characteristics and innovative application trend. From the perspective of development process, it has experienced many stages from the beginning to gradually mature, and constantly evolved in materials, technology and design concepts. In terms of the current situation, all kinds of curtain wall such as glass curtain wall, stone curtain wall, metal curtain wall has a unique construction technology and technology points, in terms of innovation, material science progress, architectural design concept update, construction technology and equipment innovation and the development of information technology, presents a new material application, parameterization and digital design and construction, prefabricated process promotion and intelligent curtain wall construction trend, it will strongly promote the curtain wall construction technology in the application of the field of construction.

Keywords

modern curtain wall; construction technology; innovative application; development trend

现代幕墙施工技术发展与创新应用分析

董华文

广东鑫森建设工程有限公司, 中国 · 广东 深圳 518000

摘要

本文全面剖析现代幕墙施工技术的发展脉络、现状特点以及创新应用趋向。从发展历程来看,其经历了从起步到逐步成熟的多个阶段,在材料、工艺和设计理念上不断演进。就当前状况而言,各类幕墙如玻璃幕墙、石材幕墙、金属幕墙均有独特的施工工艺与技术要点,在创新应用方面,受材料科学进步、建筑设计理念更新、施工工艺与设备革新以及信息技术发展的推动,呈现出新型材料应用、参数化与数字化设计施工、装配式工艺推广以及智能幕墙构建等趋势,这将有力促进幕墙施工技术在建筑领域的持续提升与拓展应用。

关键词

现代幕墙; 施工技术; 创新应用; 发展趋势

1 引言

幕墙作为现代建筑外立面的关键组成部分,不仅赋予建筑独特的美学外观,还承担着围护结构的重要功能。随着建筑行业的持续发展和科技的迅猛进步,现代幕墙施工技术也在不断革新与演变。深入探究其发展历程、现状挑战以及创新应用方向,对于提升建筑品质、满足功能需求和推动行业进步具有极为关键的意义。

2 现代幕墙施工技术的发展历程

2.1 起步探索阶段

20 世纪初期,随着工业革命带来的材料与技术创新,幕墙开始在一些先锋建筑中崭露头角。早期的幕墙结构较为

简单,主要以铁框架和普通玻璃为主要材料。一些工业厂房和商业建筑为了增大采光面积和营造简洁外观,尝试采用玻璃与金属框架组合而成的幕墙形式。然而,当时的技术水平有限,幕墙的密封性能、抗风性能以及隔热保温性能均较为薄弱,但其开启了幕墙在建筑领域应用的先河,为后续发展奠定了基础^[1]。

2.2 初步发展阶段

20 世纪中叶,建筑风格逐渐多样化,高层建筑不断涌现,对幕墙技术提出了更高要求。在这一时期,铝合金材料开始广泛应用于幕墙框架,取代传统的铁框架,有效减轻幕墙自重并提高了其耐腐蚀性。同时,玻璃制造技术取得进步,钢化玻璃、夹层玻璃等新型玻璃产品相继问世,显著增强了玻璃的强度和安全性。施工工艺方面,密封胶技术的发展使得幕墙的密封性能得到极大改善,能够更好地抵御风雨侵袭。此外,石材幕墙和金属幕墙也开始逐步发展,石材的干挂工

【作者简介】董华文(1976-),男,中国湖南衡阳人,本科,工程师,研究方向:钢结构及幕墙施工与技术。

艺和金属板材的加工安装技术不断改进，为丰富幕墙形式提供可能^[2]。

2.3 快速发展阶段

进入 21 世纪，随着全球经济一体化和科技的飞速发展，现代幕墙施工技术迎来了快速发展期。在材料领域，高性能的隔热保温材料如 Low-E 玻璃、隔热断桥铝型材等被广泛应用，有效降低了建筑能耗。建筑设计理念不断创新，异形曲面幕墙、双层幕墙等新型结构形式大量涌现，对施工技术的精准度和复杂性提出了更高挑战。同时，信息技术开始深度融入幕墙施工，建筑信息模型（BIM）技术在幕墙设计、施工模拟和管理中的应用，极大提高了施工效率和质量控制水平。此外，智能化技术在幕墙中的应用逐渐兴起，使幕墙具备了自动调节采光、通风、遮阳等功能，进一步提升了建筑的舒适性和节能性^[3]。

3 现代幕墙施工技术的主要类型及工艺特点

3.1 玻璃幕墙

3.1.1 明框玻璃幕墙

明框玻璃幕墙的显著特征是金属框架外露，玻璃镶嵌在框架内。其施工工艺相对较为直观，金属框架通过连接件固定在建筑主体结构上，安装过程中需严格控制框架的平整度和垂直度，确保整体结构的稳固性。玻璃安装时，一般采用压条将玻璃固定在框架凹槽内，并在玻璃与框架之间填充密封胶，以实现良好的密封效果，防止雨水渗漏和空气渗透。这种幕墙形式具有施工简单、成本较低、维修方便等优点，广泛应用于各类建筑中^[4]。

3.1.2 隐框玻璃幕墙

隐框玻璃幕墙的外观特点是玻璃直接粘结在金属框架外侧，从外部看不到框架，呈现出简洁、通透的视觉效果。其施工工艺要求极高，金属框架安装后，玻璃与框架的粘结面必须经过严格的清洁处理，以保证结构密封胶能够有效粘结。结构密封胶的质量和施工工艺直接决定了幕墙的安全性和耐久性。在粘结过程中，需精确控制胶缝厚度、宽度以及玻璃的安装位置，确保幕墙在承受各种荷载时，玻璃与框架之间的连接牢固可靠。隐框玻璃幕墙适用于对建筑外观有较高要求、追求简洁现代风格的建筑项目。

3.1.3 全玻璃幕墙

全玻璃幕墙主要由玻璃面板和玻璃肋构成，具有极佳的通透性和视觉美感。施工时，玻璃面板通常采用吊挂式安装方式，通过专用吊挂夹具将玻璃固定在建筑主体结构顶部的钢梁上，玻璃肋则起到支撑玻璃面板的作用。玻璃之间的连接采用结构密封胶密封，密封胶需具备良好的弹性变形能力和耐候性，以适应玻璃在不同环境条件下的伸缩变形。全玻璃幕墙对玻璃的质量和加工精度要求很高，施工过程中需严格控制玻璃的尺寸偏差、平整度以及吊挂夹具的安装位置，以确保幕墙的整体稳定性和美观性。

3.2 石材幕墙

石材幕墙以天然石材为面板材料，其施工工艺主要采用干挂技术。首先，在建筑主体结构上安装横竖龙骨，龙骨材料一般为铝合金或钢材，其安装位置和间距需根据石材面板的尺寸、重量以及设计要求进行精确计算和定位。然后，通过专用挂件将石材面板固定在龙骨上，挂件与石材面板之间的连接方式有开槽式、背栓式等多种形式。开槽式挂件是在石材面板边缘开槽，将挂件嵌入槽内进行固定；背栓式挂件则是通过在石材面板背面钻孔，安装背栓锚固件来固定挂件。石材幕墙施工过程中，石材的选材至关重要，需选择质地均匀、强度符合要求的石材，并对石材进行防水、防污、防风化等防护处理，以延长石材幕墙的使用寿命。同时，要严格控制石材面板之间的缝隙宽度和平整度，保证幕墙整体的美观性和密封性能。

3.3 金属幕墙

金属幕墙常用的金属板材有铝板、不锈钢板、铜板等。金属板材在工厂加工过程中，需进行精确的切割、折弯、冲压等加工操作，以满足设计要求的形状和尺寸。施工安装时，金属板材通过专用连接件固定在建筑主体结构或龙骨上，连接件的设计和安装需确保金属板材的平整度和稳定性。金属幕墙的密封处理一般采用橡胶密封条或密封胶，在板材拼接处进行密封，防止雨水渗漏和空气渗透。金属幕墙的表面处理方式多样，如阳极氧化、氟碳喷涂等，可以根据建筑设计要求呈现出不同的颜色和质感，增强建筑的艺术效果。此外，金属幕墙具有重量轻、强度高、耐腐蚀等优点，适用于各种建筑风格和条件（如图 1）。



图 1 金属幕墙

4 现代幕墙施工技术的创新应用趋势

4.1 材料科学推动创新

材料科学的飞速发展，为现代幕墙施工技术带来了前所未有的创新机遇。新型环保材料如雨后春笋般涌现，在幕墙领域得到广泛应用。例如，气凝胶玻璃以其卓越的隔热性能崭露头角，其极低的导热系数能有效阻挡热量传递，提升幕墙的保温隔热效果，降低建筑能耗。同时，可再生材料的应用也成为新潮流，经特殊处理的竹材和木材用于幕墙装饰

面板，不仅具备环保可再生的特性，还能赋予建筑独特的自然质感，契合可持续发展理念。此外，金属幕墙方面新型合金材料不断研发，铝合金—镁合金复合板兼具高强度与轻量化优势，在增强幕墙结构稳定性的同时减轻自重，为建筑整体结构减负，推动幕墙材料向更优质、高效、环保的方向迈进。

4.2 建筑设计理念引领创新

建筑设计理念的更新换代，正深刻影响着幕墙施工技术的创新走向。参数化设计借助数学模型与参数关系，能迅速生成海量幕墙设计方案，并依据建筑功能需求与环境条件灵活优化。这一设计方法实现了幕墙的个性化与定制化，精准满足各类建筑项目的特殊诉求。与之紧密相连的数字化建造则依托建筑信息模型（BIM）技术，整合幕墙与建筑主体结构模型，在虚拟环境中模拟施工、排查碰撞问题，提前化解设计与施工中的矛盾，优化施工流程。同时，BIM技术助力幕墙施工的材料、进度、质量等管理数字化，全面提升施工效率与质量把控水平。异形曲面幕墙与双层幕墙设计亦是当下热点，异形曲面幕墙凭借独特外观与艺术感染力备受青睐，其借助先进三维建模、数控加工及定位技术，从设计到施工精准衔接，确保复杂造型完美呈现；双层幕墙则以内外层间的空气缓冲层为核心，通过自然或机械通风调节温度与气流，兼顾节能与舒适，施工时需综合考量多方面因素以保障功能有效发挥，这些创新设计理念为幕墙施工技术开辟了崭新路径。

4.3 施工工艺与设备创新

施工工艺与设备的创新，是现代幕墙施工技术发展的关键驱动力。装配式施工工艺在幕墙领域的应用日益广泛，其将部分组件前置到工厂预制加工，再运输至现场组装。工厂化生产确保了组件的高精度加工与质量稳定，显著减少现场施工误差，有效缩短施工周期，提升施工效率，还能降低施工现场的环境污染与噪声干扰。对于复杂幕墙结构，装配式工艺更是大显身手，降低施工难度，提高作业安全性。例如单元式幕墙通过该工艺将多种组件集成单元板块，现场吊运安装便捷高效。同时，先进施工设备的应用如虎添翼，高精度数控加工设备可对幕墙材料进行精细化加工，满足复杂设计要求；自动化玻璃幕墙安装机器人勇挑高空作业重担，降低人工风险与误差；激光测量仪器如全站仪、三维激光扫

描仪等快速精准采集施工数据，为定位安装提供可靠依据，推动幕墙施工向高效、精准、智能化的新高度攀升。

4.4 信息技术助力创新

信息技术的蓬勃发展为现代幕墙施工技术注入了强大活力。智能幕墙系统作为信息技术与幕墙施工融合的结晶应运而生，其内置传感器可敏锐感知外界光照、温度、湿度、风速等环境参数，并依据预设策略自动调控遮阳、通风、采光等功能。如强光下遮阳系统自动伸展，高温时通风系统及时开启，有效提升建筑的智能化运营水平与能源利用效率，为用户营造舒适室内环境。此外，物联网与大数据在幕墙施工管理中发挥着不可替代的作用。物联网技术通过在设备、材料、人员上部署传感器，实现对施工过程的全方位实时监控与管理，设备运行状态与故障信息尽在掌握，便于及时维护保养；材料借助物联网标签实现精准追踪与库存管理，提高管理效能。大数据技术则深度挖掘施工进度、质量、成本等数据，为施工决策提供有力支撑，通过分析进度数据预测工期并调整计划，剖析质量数据排查隐患并制定预防措施，全方位推动幕墙施工技术的智能化革新与管理优化升级。

5 结论

现代幕墙施工技术在建筑行业的发展进程中占据着重要地位，其发展历程见证了从简单到复杂、从传统到现代的转变。在材料科学、建筑设计理念、施工工艺与设备以及信息技术等多方面因素的推动下，创新应用趋势日益显著。新型环保材料的应用、参数化与数字化设计施工、装配式工艺推广以及智能幕墙构建等创新举措，将为现代幕墙施工技术注入新的活力，使其在满足建筑美观性、功能性和可持续性要求方面发挥更为重要的作用，推动建筑幕墙行业迈向更高的发展水平。

参考文献

- [1] 朱莹娜. 现代幕墙施工技术探讨[J]. 文摘版:工程技术(建筑),2016(2):229.
- [2] 李兰鹏. 现代高层建筑幕墙施工关键技术[J]. 石材,2024(5):35-37.
- [3] 游鹤超,王麟,李昂,等. 现代高层建筑中框架式玻璃幕墙施工技术的应用研究[J]. 中国建筑装饰装修,2024(16):178-180.
- [4] 彭海坤. 现代高层建筑玻璃幕墙施工技术关键分析[J]. 建筑与装饰,2023(3):157-159.

The effect of hydrogen purity on generator efficiency and economic analysis

Feng Yu

Qinghuangdao Power Plant Co., Ltd., Qinghuangdao, Hebei, 066003, China

Abstract

Hydrogen has the advantages of high thermal conductivity, strong fluidity, low density, and no combustion support. Controlling the hydrogen quality of operating units is an important prerequisite to ensure the safe and economic operation of hydrogen cooled generators. The main monitoring indicators of hydrogen in the generator are pressure, purity and humidity. This paper focuses on the influence of hydrogen purity on generator efficiency, and points out the importance of improving hydrogen purity in energy saving and consumption reduction.

Keywords

Hydrogen; Efficiency; Wind friction loss

氢气纯度对发电机效率影响及经济性分析

于枫

秦皇岛发电有限责任公司, 中国·河北 秦皇岛 066003

摘要

氢气具有导热性高、流动性强、密度小、不助燃等优点,是目前大型汽轮发电机主要采用的冷却介质。控制好运行机组的氢气品质是确保氢冷发电机安全经济运行的重要前提。发电机内氢气的主要监测指标是压力、纯度和湿度。本文重点论述了氢气纯度对发电机效率的影响,指出了提高氢气纯度在节能降耗方面的重要意义。

关键词

氢气纯度;效率;风摩损耗

1 引言

氢气是一种重要的工业气体,无色、无味、无臭、易燃。由于氢气热容量大,导热性比空气高 7 倍,流动性比空气好,纯氢的密度为空气的 1/14,使得发电机内的通风摩擦损耗大大减小,同时可提高发电机的单机容量和缩小发电机的体积,是目前大型汽轮发电机主要采用的冷却介质,也是发电厂安全生产的一项重要指标。

2 发电机对氢气品质的基本要求

我公司四台发电机均采用定子线圈水内冷、转子线圈氢气内冷、定子铁芯及结构件氢气冷却的水-氢-氢冷却方式。氢气与空气混合占 4%~74% 为爆炸范围。发电机内部氢纯度应在 96% 以上,含氧量小于 1.2%。向发电机内补充的新鲜氢气,纯度不低于 99.5%,氧气和其他气体的含量不得大于 0.5%。当氢气纯度低于 96% 时,应立即进行补氢,

使纯度保持在合格范围。发电机应在额定氢压下运行,氢压应维持在 0.3MPa,运行中如果氢压降低到 0.285MPa 时,必须立即进行补氢。氢气母管压力正常应保持在 0.7~1.0MPa,最低不得低于 0.5MPa。发电机内氢气露点最高 0℃,最低 -25℃。

3 我公司发电机氢气纯度运行情况

我公司 4 台机组 2022 年 6 月至 11 月氢气纯度趋势见图 1。自上而下分别为 1、2、3、4 号机。

4 我公司发电机氢压及排补氢情况

4.1 氢气压力情况及排补氢次数

我公司 4 台机组 2022 年 6 月至 11 月氢气压力趋势见图 2。自上而下分别为 1、2、3、4 号机。

由图 1 可知:1~4 号发电机氢气纯度可提升至 98% 以上运行,当氢气纯度下降至 96% 进行排补氢,但一般每次排补氢操作提高纯度至 97% 左右就不再操作。

由图 2 可知:1、2 号机每次补氢操作时间约 20 分钟,排补氢操作 50 分钟。3、4 号机组每次排补氢操作约 30 分钟。具体排补氢次数详见表 1。

【作者简介】于枫(1986-),女,硕士,工程师,从事电厂化学研究。

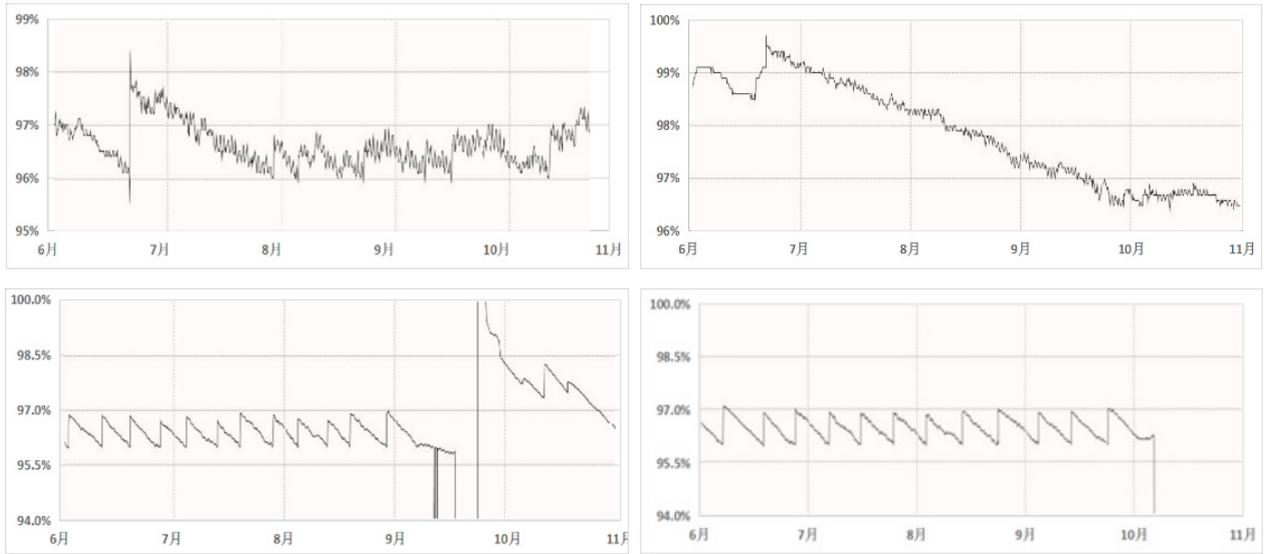


图 1 一 ~ 四号发电机氢气压力趋势图

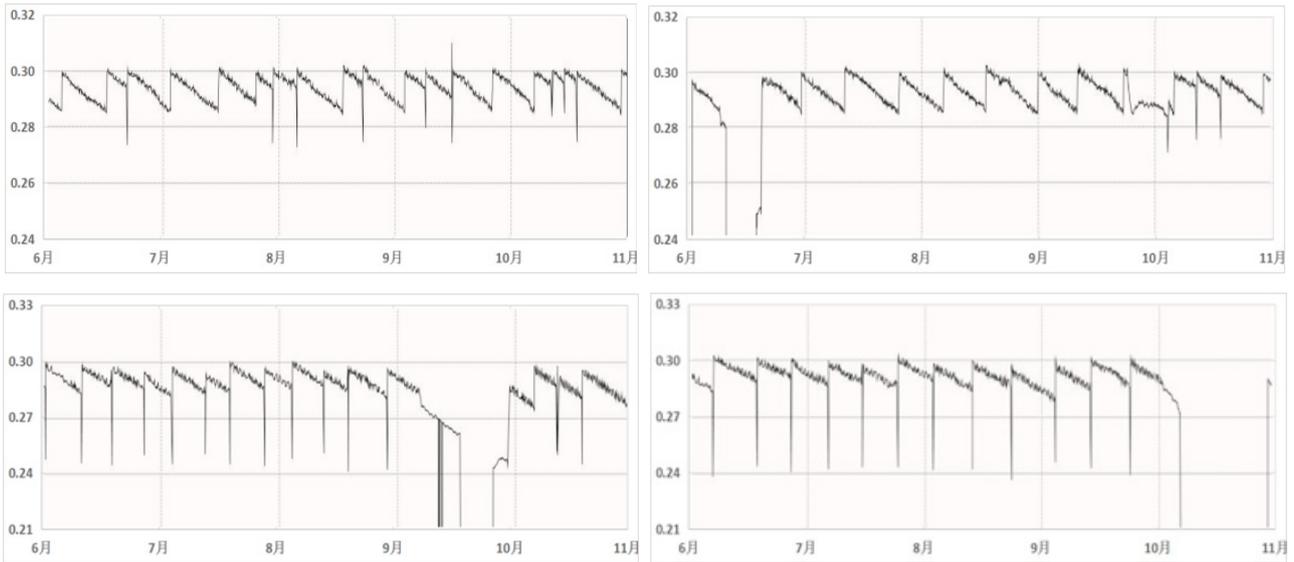


图 2 一 ~ 四号发电机氢气压力趋势图

表 1 一 ~ 四号机排补氢次数统计表

项目	补氢次数	排补氢次数
一号机	10	9
二号机	9	3
三号机	0	14
四号机	0	12

表 2 我公司 2022 年 1—9 月氢气用量统计表

#1 机排补 (m ³)	#1 机补氢 (m ³)	#1 机总补氢 (m ³)
458.12	179.04	637.16
#2 机排补 (m ³)	#2 机补氢 (m ³)	#2 机总补氢 (m ³)
132.86	179.62	312.48
#3 机排补 (m ³)	#3 机补氢 (m ³)	#3 机总补氢 (m ³)
1717.26	0	1717.26
#4 机排补 (m ³)	#4 机补氢 (m ³)	#4 机总补氢 (m ³)
2039.24	22.68	2061.92

4.2 氢气用量统计

2022 年 1 至 9 月我公司氢气用量见表 2。一号机总补氢 637.16 m³，二号机总补氢 312.48 m³，三号机总补氢 1717.26 m³，四号机总补氢 2061.92 m³。三、四号机组总补氢量明显高于一、二号机组。氢气制备成本为 2.5 元 /m³，2022 年 1—9 月制氢总成本约为 1.2 万元，估算全年制氢总成本约为 1.6 万元。

5 发电机氢气纯度低原因分析

发电机运行中氢气纯度下降的主要原因是漏氢和油气混入氢气中：

①氢气系统管道、阀门漏氢；发电机本体端盖、人孔、手孔外漏；发电机测温元件密封不良，造成漏氢。转子导电螺钉处密封不良造成漏氢。

②密封瓦座密封垫老化，氢气漏入油室内；密封瓦间隙过大或轴颈磨损严重以及油氢压差不够，导致氢气沿轴颈泄漏。密封油也可通过密封瓦间隙进入发电机，引起发电机进油，空倾侧微量串油带入空气进入发电机引起氢气纯度下降。

③氢气通过水电连接管和定子线棒漏至定冷水内。

④发电机出线套管自身有砂眼、法兰浇注粘接材料质量差、密封垫未垫好或有裂纹，导致氢气漏入封闭母线箱内。

6 氢气纯度对发电机效率影响

6.1 国外就氢气纯度对发电机影响的量化分析研究实例

2003年美国《电力工程》就氢气纯度对发电机经济性的影响进行了量化分析，其关系曲线如图3所示。

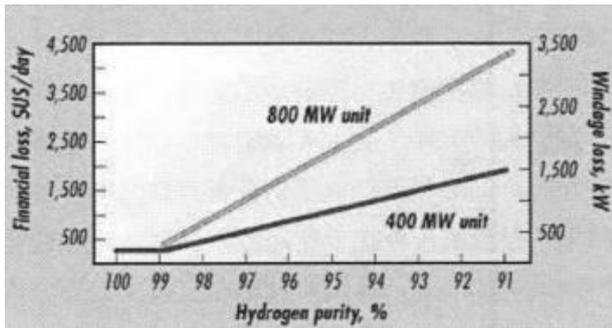


图3 氢气纯度与风摩损耗关系图^[1]

①两条曲线分别是 400MW 和 800MW 发电机。

②横坐标从左向右延伸表示纯度从 100% 下降到 91%，每 1%。

③左纵坐标表示经济损失，单位是美元 / 每天。

④右纵坐标表示发电机风摩损耗，单位是 kW。

⑤在氢气纯度低于 99% 左右时，风摩损耗就开始随纯度降低而呈反比线性增加。

⑥发电机容量越大，风摩损耗随氢气纯度下降而增大的变化斜率越大，即氢气纯度对容量较大的发电机影响更大。

6.2 氢气纯度上节能费用计算

据文献记载：800MW 汽轮发电机纯度在 99% 以下时，每下降 1%，增加风摩损耗 366kW；通过图 3 估算得出 220MW 机组风摩损耗与氢气纯度的关系为纯度下降 1%，损耗增加 90kW。320MW 机组风摩损耗与氢气纯度的关系为纯度下降 1%，损耗增加 120kW。

按我公司一台机组年运行 5000h、上网电价 0.439 元 / kWh 计算，氢气纯度若提高两个百分点，全年 4 台机组节能费用为：

一期：180 × 5000 × 0.439 × 2 = 79.0 (万元)

二期：240 × 5000 × 0.439 × 2 = 105.4 (万元)

合计：79.0 + 105.4 = 184.4 (万元)

投入产出比：1 : (184.4 / 1.6) = 1 : 115 (全年制氢成本约为 1.6 万元)

7 结论

目前，我公司采用间断排补氢方式来提高氢气纯度，但氢纯仅提高至 97%，操作较为频繁。本文从分析氢气纯度降低会增加发电机的风摩损耗，进而降低发电机输出功率着手，估算出氢纯提高至 99% 以上，每年将产生近 200 万经济效益，投入产出比高达 1:115。

为了有效提高氢纯，建议增加运行岗位的小指标奖励，以绩效考核的方式，提高员工在机组实实在在节能降耗的积极性，为我公司扭亏增盈做出贡献，实现多赢。

参考文献

- [1] 王斌. 提高650MW发电机氢气纯度及经济性分析. 2016年(第七届)电力行业化学专业技术交流会.
- [2] 刘勇. 氢气品质对氢冷发电机运行的影响. 能源科技.

Factors affecting the construction project cost and the construction cost control strategy

Qunhai Zhu

Henan Longyu Energy Co., Ltd. Yongcheng City Cheji Coal Mine, Yongcheng, Henan, 476600, China

Abstract

This paper discusses the main factors affecting the cost of construction projects, and puts forward the project cost control strategy. Analyzes the potential impact of design stage, material procurement, construction management, cost control mechanism and contract management on the project cost. Subsequently, five control strategies are expounded: fine design stage management, optimizing material procurement and supply chain management, strengthening cost control in the construction stage, implementing dynamic cost control and audit, and strengthening contract management and claim prevention. These strategies aim to achieve the effective control of the project cost and ensure the economy and feasibility of the project by improving the design efficiency, optimizing the resource allocation, and strengthening the cost monitoring and risk management.

Keywords

construction project cost; cost control; fine design; material procurement

影响建筑工程造价的因素及工程造价控制策略

朱群海

河南龙宇能源股份有限公司永城市车集煤矿，中国·河南永城 476600

摘要

文章探讨了影响建筑工程造价的主要因素，并针对性地提出了工程造价控制策略。分析了设计阶段、材料采购、施工管理、成本控制机制及合同管理等多个环节对工程造价的潜在影响。随后阐述了精细化设计阶段管理、优化材料采购与供应链管理、加强施工阶段的成本控制、实施动态成本控制与审计以及强化合同管理与索赔预防等五项控制策略。这些策略旨在通过提高设计效率、优化资源配置、加强成本监控和风险管理，实现工程造价的有效控制，确保项目的经济性和可行性。

关键词

建筑工程造价；造价控制；精细化设计；材料采购

1 引言

在建筑工程领域，工程造价作为衡量项目经济效益的重要指标，直接关系到项目的投资回报率和企业竞争力。随着建筑市场的竞争日益激烈和建筑技术的不断进步，如何有效控制工程造价，确保项目在预算范围内高效完成，已成为建筑行业普遍关注的焦点。影响建筑工程造价的因素众多，从设计阶段的决策到施工过程中的资源配置，再到后期的运营维护，每一个环节都可能对最终造价产生显著影响。因此，深入剖析这些因素，并据此制定科学合理的工程造价控制策略，对于提升项目管理水平、降低建设成本、增强企业市场竞争力具有重要意义。

2 影响建筑工程造价的主要因素

2.1 工程前期准备阶段

土地作为建筑项目的基础，其获取成本、位置选择、规划限制等都会直接影响工程造价。城市中心地段的土地价格高昂，而偏远地区的土地虽然价格较低，但可能面临交通不便、基础设施不完善等问题，从而增加施工难度和成本。一个合法的建设项目，必须经过严格的立项审批和报建报监程序，这些程序不仅确保了项目的合规性，还为后续的施工和竣工验收提供了法律依据。然而，在实际操作中，一些项目可能因为急于开工而忽略了这些手续，导致在施工过程中遭遇法律障碍，甚至被迫停工，从而大大增加工程造价。勘察工作的深度和准确性直接关系到设计方案的可行性和经济性。如果勘察不充分，设计就可能脱离实际，导致施工过程中的频繁变更，增加工程造价。一个优秀的设计方案，能够在满足功能需求的同时，通过合理的布局、结构选型、材料选择等手段，有效降低施工成本。

【作者简介】朱群海（1974-），男，中国江苏铜山人，本科，高级经济师，从事工程造价研究。

2.2 工程建设实施阶段

科学、合理的施工组织设计，能够充分考虑现场条件、施工工艺、人员配置、材料供应等多种因素，优化资源配置，减少不必要的浪费，从而有效控制工程造价。反之，如果施工组织设计不合理，可能导致施工过程中的窝工、返工等现象，不仅延误工期，还会大幅增加工程成本。材料的选择不仅决定了工程的质量，也直接影响了工程的成本。在材料采购过程中，需要综合考虑材料的价格、质量、供应周期以及运输成本等因素，确保在满足设计要求的前提下，选择性价比最优的材料。在施工过程中，需要加强对施工人员的培训和管理，提高他们的专业技能和安全意识，减少因操作不当或疏忽大意造成的质量问题和安全事故。同时严格的工期管理和质量控制，确保工程按计划顺利进行，避免因工期延误或质量问题导致的成本增加^[1]。

2.3 竣工验收结算阶段

由于建筑工程的复杂性和多样性，工程量的计算往往面临诸多挑战，在竣工验收前，需要组织专业人员进行详细的工程量复核，确保计算结果的准确性和完整性，避免因工程量计算错误而导致的造价偏差。定额是建筑工程造价计算的基础，它反映了在一定生产条件下，完成单位工程量所需消耗的人工、材料、机械等资源数量标准，在竣工验收结算时，需要依据最新的定额标准，结合项目实际情况，合理确定定额套用，确保工程造价的准确性和合理性。在费用计算过程中，需要严格按照国家相关法规、政策以及合同约定，对各项费用进行准确核算，需要考虑设计变更、工程变更、索赔等因素对费用的影响，确保费用计算的全面性和准确性。

在工程建设过程中，由于设计、施工条件、外部环境等多种因素的变化，工程变更往往难以避免。在竣工验收结算时，需要严格审查变更签证的真实性和合理性，确保变更后的工程造价得到准确反映，对于因工程变更、合同违约等原因导致的索赔问题，也需要进行妥善处理，避免因产生的法律纠纷和额外成本。工程质量保修金的预留比例和期限需要根据合同约定和工程实际情况进行合理确定，以确保工程质量得到保障的同时，避免不必要的资金占用^[2]。

3 工程造价控制策略

3.1 精细化设计阶段管理

精细化设计阶段管理的核心在于“精细”二字，这要求设计团队不仅要具备扎实的专业知识和丰富的设计经验，还要拥有敏锐的市场洞察力和成本控制意识。在设计初期，设计团队需深入研究项目的可行性报告、市场需求、建设标准以及施工条件等多方面因素，确保设计方案既满足功能需求，又符合经济性原则。在设计过程中，设计团队需加强与造价工程师的沟通协作，确保设计方案在成本控制方面的可行性。

在初步设计阶段，设计团队应预留一定的设计余量，以便在后续施工过程中根据实际情况进行调整和优化，设计团队还应加强与施工单位的沟通协作，确保设计方案在施工过程中的可行性和经济性。在施工过程中，设计团队应及时响应施工单位的反馈，对设计方案进行必要的调整和优化，以确保项目的顺利实施和成本效益最大化。在精细化设计阶段管理中，BIM（建筑信息模型）等先进技术逐渐被广泛应用于建筑设计中^[3]。BIM技术能够实现设计、施工、运维等多阶段信息的集成和共享，为精细化设计阶段管理提供了有力支持，设计团队可以更加直观地展示设计方案，提高设计的可视化程度；对设计方案进行模拟分析，预测施工过程中可能出现的问题和风险，从而提前制定应对措施。

3.2 材料采购与供应链管理

在成本控制方面，采购团队需对市场进行深入的调研和分析，掌握各类材料的价格动态、供应状况及未来趋势，以此为基础制定科学合理的采购计划，建立严格的材料验收标准和流程，确保采购的材料符合设计要求和质量标准，避免因材料质量问题导致的返工和额外成本。在供应稳定性方面，采购团队需与优质供应商建立长期稳定的合作关系，确保材料供应的及时性和可靠性，避免因材料短缺或供应中断对项目进度造成的影响。一个高效、透明的供应链体系，引入先进的供应链管理信息系统，实现采购、库存、物流等信息的实时共享和监控，提高供应链的透明度和可追溯性^[4]。

在供应链管理中，采购团队需建立一套完善的供应商评估体系，从价格、质量、交货期、服务水平等多个维度对供应商进行全面评估，确保选择的供应商能够满足项目的需求。在合作过程中，通过定期评估、反馈沟通、激励机制等手段，促进供应商持续改进和提升，形成互利共赢的合作关系，建立多元化的供应商库，降低对单一供应商的依赖，提高供应链的灵活性和抗风险能力。在采购过程中，采购团队需密切关注市场动态和政策变化，及时识别潜在的价格波动、供应中断等风险，并制定相应的应对措施。在供应链管理中，注重环保、安全和社会责任等方面的要求，推动供应链向绿色、可持续方向发展，提升企业的社会形象和品牌价值。

3.3 施工阶段的成本控制

精细化管理要求项目管理者在施工过程中，要关注工程质量与进度，更要深入施工细节，实施严格的成本控制措施，同时，建立严格的材料管理制度，从采购、入库、领用、使用到回收，每一个环节都要做到有据可查，确保材料的合理使用和最小化损耗。随着科技的进步，越来越多的新技术、新工艺被应用于建筑施工中，采用预制构件和装配式建筑技术，可以显著缩短施工周期，减少现场湿作业，从而降低人工成本和时间成本。智能化施工设备的应用，如无人机进行现场监测、3D打印技术进行复杂结构件的制造等，都能在保证提高施工精度的同时，减少材料浪费和人工成本。

资源优化配置包括人力资源、材料资源、设备资源等多方面的优化配置。在人力资源方面，确保各工种之间的高效协作，避免因人员闲置或过度使用导致的成本增加。在材料资源方面，根据施工进度和实际需求，合理安排材料采购和库存，避免材料积压和资金占用，推广使用环保、节能的新型建筑材料，有助于降低材料成本，还能提升项目的环保性能和市场竞争力。

3.4 动态成本控制与审计

在项目实施初期，基于详尽的预算分析和风险评估，制定出一套科学合理的成本控制计划。然而，随着项目的推进，市场环境的变化、设计方案的微调、施工条件的不可预见等因素都可能对原定的成本控制计划产生冲击，它要求项目管理者具备高度的敏感性和应变能力，能够迅速捕捉到成本变化的信号，准确评估变化对项目总成本的影响，并据此调整成本控制策略。审计在工程造价控制贯穿于项目实施的各个阶段，从设计概算、施工图预算到结算审计，每一步都离不开审计的监督和指导。审计关注成本控制措施的执行情况，更侧重于揭示成本控制过程中存在的问题和风险，审计还承担着监督职责，确保成本控制措施的合法合规性，防止违规操作和腐败行为的发生^[5]。

在动态成本控制与审计的实践中，建立项目管理信息系统，实现成本数据的实时采集、分析和监控，大大提高了成本控制的精准度和时效性，项目管理团队可以随时随地掌握项目成本动态，及时作出调整决策。审计部门也可以利用信息系统进行远程审计和在线监督，大大提高了审计工作的效率和覆盖面。信息化技术的应用，使得动态成本控制与审计更加智能化、自动化，为项目管理团队提供了强有力的决策支持。在项目实施过程中，成本控制目标的实现往往需要多个部门的协同作战，设计部门、施工部门、采购部门、财务部门等都需要紧密配合，共同为成本控制目标的实现贡献力量。

3.5 合同管理与索赔预防

在合同签订之前，项目管理团队扮演着至关重要的角色。他们需要对合同条款进行全面而严格的审查，确保每一条款都符合法律法规的要求，同时兼具合理性和可操作性。这一步骤至关重要，因为它直接关系到后续施工和管理的顺利进行。项目管理团队必须秉持高度的责任心和专业精神，对合同条款进行细致入微的推敲，确保没有任何遗漏或潜在的风险点。在这个阶段，项目管理团队需要严格按照合同条

款进行管理，确保工程进度、质量和成本都得到有效的控制，对合同条款有深入的理解，并能够根据实际情况灵活应用，以确保项目的顺利进行。为了有效预防索赔事件的发生，项目管理团队需要具备高度的预见性和敏锐性，对项目的每一个环节进行深入的剖析和评估，提前识别出潜在的索赔风险，并采取相应的预防措施。这包括但不限于加强与设计团队的沟通协作，确保设计方案的合理性和可行性；加强对施工队伍的培训 and 监督，提高他们的施工质量和安全意识；以及建立健全的项目管理机制，确保项目的每一个环节都得到有效的管理和控制。

此外，项目管理团队还需要建立完善的变更管理机制。在项目实施过程中，由于各种不可预见因素的出现，变更请求往往难以避免。然而，这并不意味着我们应该对变更请求采取放任自流的态度。相反，项目管理团队需要对每一个变更请求进行严格的审查和控制，确保变更的合理性和必要性。他们需要对变更请求进行全面的评估，以及变更后可能带来的潜在风险。

4 结语

建筑工程造价的管控是一项复杂而系统的任务，它要求我们从设计、采购、施工、审计以及合同管理等多个维度进行全面考量，以有效应对各种可能影响工程造价的因素，确保造价得到合理且有效的控制。随着建筑行业信息化、智能化水平的不断提升，工程造价的管控将更加依赖于数据分析和智能化决策的支持，为建筑行业的持续健康发展注入新的动力。因此，建筑企业应当紧跟行业动态，不断探索和创新工程造价的管控方法，以灵活应对市场的变化，进一步增强自身的核心竞争力。

参考文献

- [1] 苗振宇. 建筑工程招投标阶段造价影响因素及对策[J]. 大众标准化, 2025(01): 64-66.
- [2] 蒋宜彤. 建筑工程造价影响因素与降低工程造价对策探析[J]. 大众标准化, 2024(23): 76-78.
- [3] 卢璐. 建筑工程造价的影响因素及标准化管理探究[J]. 大众标准化, 2024(23): 91-93.
- [4] 易悦. 建筑工程造价影响因素及控制策略探究——以某建筑工程为例[J]. 房地产世界, 2024(21): 107-109.
- [5] 高丽峰. 建筑工程造价关键影响因素与控制策略[J]. 四川建材, 2024, 50(11): 216-218.

The Integration and Expression of Emotional Factors in Landscape Architecture Design

Huan Wang

Xicheng Engineering Design Group Co., Ltd. Xinjiang Branch, Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract

Landscape design is not only a combination of environment and landscape construction, but also a reflection of the harmony between human emotions and nature. In the stage where people's emphasis on environmental experience is constantly increasing, the importance of emotional factors in landscape design is becoming increasingly prominent. Adding emotional elements can not only enhance the artistic quality and attractiveness of design works, but also expand people's sense of participation, belonging, and comfort experience. This article examines the application of emotional factors in landscape design, and proposes practical approaches to emotional design through analysis of spatial layout, material selection, plant combination, and other aspects. Its purpose is to provide landscape architects with a more humane and emotional design approach, promoting a deep integration between people and nature.

Keywords

Landscape architecture design; emotional factors; spatial layout; plant configuration; environmental experience

风景园林设计中情感因素的融入与表达

王焕

西城工程设计集团有限公司新疆分公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘要

风景园林设计不只是环境与景观的组合构建,更是人类情感跟自然和谐相济的体现。在人们对环境体验重视程度不断提升的阶段,情感因素在风景园林设计里的重要性愈发凸显。增添情感成分不仅能提升设计作品的艺术性与吸引力,还可扩充人们的参与感、归属感及舒适体验。本文审视了情感因素在风景园林设计中的应用情形,以对空间布局、材料挑选、植物组合等方面的分析为途径,提出情感化设计的实践途径。其目的在于为风景园林设计师提供一种更人性化、情感化的设计思路,促进人们跟自然的深度结合。

关键词

风景园林设计;情感因素;空间布局;植物配置;环境体验

1 引言

风景园林设计作为突出人的设计活动范畴,试图通过构建与自然和谐相依的空间,优化人们的生活质量与情感体验。伴随现代社会对精神层面需求重视意识增强,情感因素慢慢成为风景园林设计的关键组成内容。情感化设计不单单聚焦视觉效果,还涉及设计怎样引发人们心灵的触动,传递某种情绪或意境。采用合理的设计策略,情感因素会使园林空间的温馨与舒适感凸显,且在使用期间给人们带来强烈的心理感受与情感共鸣。因此,怎样把情感因素融入风景园林设计中,成为目前园林设计领域亟需应对的关键课题。

2 风景园林设计与情感因素的关系

情感因素与风景园林设计的关系紧密而长远,风景园林不仅是自然跟人类活动彼此交融的空间,更是寄托内心情愫的载体。伴随社会的进步,人们对生活环境的需求已不只是功能性与美观性,情感需求日益成为人们关注焦点。情感因素在风景园林设计里的运用,可增强环境对人的吸引感染影响力,增强使用者情感层面的共鸣,进而提升人的心理情绪方面体验。

把情感因素纳入风景园林设计,可提升环境的舒适程度及宜人的感觉。设计师凭借空间布局、植物配置、景观元素搭配等途径,可构建既美观又有情感价值的环境。例如,公园里面铺的小径迂回连绵,不仅凸显了景观的趣味性,还可借助探索性设计唤起人们的好奇心与愉悦感^[1]。在园林空间当中设置座椅和休息区域,让人们得以在饱览园林风光时,得到放松又宁静的感情心得。

【作者简介】王焕(1986-),男,中国新疆霍城人,本科,工程师,从事风景园林设计研究。

风景园林设计中的情感因素可唤起人们的回忆与联想，激起特定的情感反馈。比如，某些特定的植物、雕塑或景观设计能唤起人们的怀旧情愫，激起对某段历史或某种文化的群体认同。例如，在承载纪念功能的公园或文化园林内，雕塑或元素的甄选往往包含特定历史背景与情感寄托，设计师凭借这些元素的表露，引导人们跟历史文化产生情感共鸣。

此外，把情感因素融入能增进人与自然和谐共生。园林设计并非只是对自然景观的重复呈现，更关键的是依靠设计把自然美与人类情感需求联系起来，让人们于自然环境当中达成心理上的获得感。自然景观自身承载着丰富的情感色彩，湖泊、瀑布、山丘等自然元素会给人们带来宁静、沉思、激励等各类情感体验，当人们在这些景观中漫步、稍作停留的时候，情感跟自然的联系便达成了深度共鸣。

3 风景园林设计中情感因素的融入与表达的问题

3.1 情感因素融入设计中的难点

把情感因素纳入风景园林设计，虽说为增强空间吸引力及情感共鸣的主要手段，但同样碰到了一定的难点。情感设计在主观方面表现强，同一景观环境可令不同人群产生不同的情感反应。设计师较难统一顾及所有人的情感需求，因为诸如文化背景、生活经历、性别、年龄等个人因素都会影响他们对空间的情感认知。因此，怎样兼顾各类群体的需求，成为情感化设计方面的一个棘手点。

若想将情感因素融入设计，需跨学科知识与能力。风景园林设计既要考虑美学，又要顾及功能性，还要借助心理学、社会学等学科理论判断环境怎样激发人们的情感反应，这要求设计师不仅要掌握艺术感知能力，还需掌握一定的心理学素养，懂得不同环境里人们的情感需求和行为表现。然而，诸多设计师更关注视觉及功能方面的需求，遗漏了情感需求的吐露，引起情感因素的漏失。

情感设计的落实需要大量实践经验与精细设计考量。情感化设计不只是个别元素的堆砌组合，而是在整个景观空间设计起始阶段就需思考如何在空间布局、景观材料选择、光影效果、色彩搭配等方面传达情感^[2]。这要求设计师从整体过渡到局部、从形式深入到功能做全方位思索。结合情感需求实施设计，情感因素往往呈现出抽象模样，要实现具体量化难，设计者开展创作实践时难免起困惑。

3.2 当前设计中情感化表达的不足

即使情感化设计在风景园林营造中作用显著，但在真正的设计操作里，情感表达依旧存在大量不足。诸多设计作品过度聚焦视觉效果与功能性，未关切情感层面的表达。例如，在某些公园及景区开展设计的时候，往往呈现为绿化、雕塑、建筑等元素的简单堆砌，即便视觉上存在一定吸引力，但没有把人们的情感体验纳入关注范围。该设计不能激起使用者心灵的情感共鸣，反而或许让人有空洞、冰冷之感，缺

少平易之感。

诸多设计缺少对文化内涵的深度呈现，情感设计的层次深度欠佳。在某些景观构建里，景观元素的甄选较为漫不经心，设计师大多根据流行走向或个人爱好实施设计，对地域文化、历史背景和使用者的情感需求未加考量。个别景区也许引入一些外来元素，诸如西式雕塑、现代建筑等事物，却未顾及本土文化的传承与表达。这不仅造成景观缺乏文化方面的归属感，还可能引起使用者情感认同的不足。

3.3 情感因素对设计效果的影响

风景园林设计效果受情感因素影响，这种影响深远又关键。情感因素可切实增强空间的吸引力，若景观设计可以唤起人们的情感，不仅会让环境增添宜人氛围，还可推动使用者与环境之间的互动。采用设计丰富的景观层次与多变的空间形式，可唤起使用者潜在的好奇心与探索欲，给予愉悦及新鲜感。例如，可以放置一些可引起情感共鸣的元素，诸如本土文化象征物、历史纪念门楼等，能让使用者构建起情感认同，进而扩充对景观的归属感。

情感因素可推动园林空间的情感共鸣增强。改善人们心理及情绪情形，人与自身所处自然环境的情感联系可有效降低压力、缓解疲劳、增强幸福体验，把更多的情感元素融入园林空间当中，恰似幽静的湖泊、柔和的光线、贴心的座椅等，能让人们在压力重重的繁忙生活里得以舒缓，得到内心的抚慰。把情感因素融入可极大提高景观空间的功能性，让人们于景观空间中实现心理满足。

4 风景园林设计中情感因素的融入与表达的策略

4.1 空间布局中的情感化设计策略

空间布局是风景园林设计范畴内最直接、最具影响力的部分之一，采用情感化设计策略，能极大程度提升园林空间的情感体验。从空间布局这一维度，可利用分区与流线的设计对人们情感走向进行引导。例如，在实施公园设计期间，可借助设置安静水景区与热闹休闲广场构成鲜明对比，切合不同人群的情感期望。恬然的湖泊及绿树繁茂的区域可给予放松沉思的空间，适合渴望宁静空间的游客，而宽阔的草坪并互动设施可唤起活力与欢快情绪，适合家庭活动与社交交流场合。

情感化设计也需着重考虑空间的开放性与封闭性。开放式空间赋予人自由、广阔的感觉，能唤起人们对探索的渴望；而封闭式空间可带给人安全感与隐私体验，适宜休憩与思索^[3]。因此，在布局设计的操作里，设计师可依靠灵动的空间过渡，既保证空间的开放性，又增添适宜的私密空间感。此种空间变化策略对创造更丰富的情感氛围有作用，使人们在园林里产生多样化的情感体验。

4.2 材料选择与色彩搭配的情感表达

风景园林设计之际，材料的选择跟色彩的搭配是传递

情感的重要途径。不同的材料及色彩不仅给空间的视觉效果带来影响,还能直接激起人们的情感。例如,木材、石材等自然材料可传递体现温暖、自然的情感氛围,赋予人归属感与舒适感。以钢材、玻璃为代表的现代建筑材料更易表达出现代感与冷静感,宜于彰显现代设计风格的景观空间。

从色彩搭配的维度上,多种色彩可激发相异的情感反应。例如,绿色和蓝色是体现自然与宁静的颜色,可使人获得放松与平静的体验;而红色、橙色凸显出活力与热情,适配于公共活动区域,可刺激人的情绪产生波动,推动活动活跃度上扬。应根据景观的功能定位对色彩运用进行选择,让色彩与空间的情感氛围相契合度更高。

色彩的搭配同样要考量季节性变化以及光线影响。在春夏季节可采用清新明亮的色调,诸如浅绿、明黄的色彩,以营造生机满溢的氛围;而进入秋冬季节可选取温暖的色调,诸如棕色、金色等类,给予温暖又宁静的氛围体验。不同时间段和光线呈现差异变化时,景观里的色彩跟材质也需加以变动,进而强化园林空间的情感张力。

4.3 植物配置对情感氛围的营造

作为风景园林设计里最有生命力及表现力的元素之一,对情感氛围的营造意义非凡。植物除了拥有美学价值,还可凭借不同的配置模式激发人们的情感共鸣,常绿植物展现出坚毅与恒定的情感,而花卉植物则可呈现生机的多样变化,为人们带去愉悦的视觉印象。

在情感化设计阶段,要把园林的主题和情感需求纳入植物选择考量。在疗养院、养老院等类似场所,可选取柔和、安静的植物组合,就像薰衣草、雏菊这类花卉,其香气与颜色可舒缓身心,引发宁静且安逸的情感感触。而在诸如儿童游乐场、商业街区的空间,可挑选色彩娇妍、活力四射的植物,好比向日葵、红色花朵之类,它们可刺激活力和正面情绪,展现空间的趣味性。

4.4 提高设计师情感素养的措施

设计师要强化自身艺术修养及审美能力。情感化设计并非只是简单的情感宣泄,更是艺术的表露,设计师需借助大量的艺术积累,逐步加深对自然环境、文化内涵以及人类情感的诠释,造就敏锐的感知力及独特的审美视角^[4]。可以

采用学习艺术理论、参与有关设计的展览、跟其他领域艺术家对话等方式,逐步挖掘设计的艺术深度。设计师应重视跨学科知识的汲取,尤其是心理学、社会学等范畴的知识。情感设计不仅仅属于艺术问题范畴,还关联到人的行为以及情感的反应表现。设计师可凭借学习心理学的基础内容,掌握不同群体在环境里所出现的情感反应,掌握利用环境设计引导及调节人们情绪的方式。

设计师需借助实践经验的积累提升情感素养。情感化设计往往不存在既定的模式或公式,设计师需凭借持续的实践,在项目推进中开展反思归纳^[5]。设计师可凭借参与多种项目,提高对不同场景、不同需求的情感领悟能力,累积多样的设计经验。此外,跟客户、用户开展的沟通,也有助于设计师更好洞察其情感需求,从而在设计项目中更完美地达成情感化表达。设计师理应强化团队合作意识,和项目团队成员一起探讨情感设计的潜在性。风景园林设计牵扯多个领域的知识,设计师应跟心理学家、社会学家、艺术家等专业范畴的人员协作,联袂促进情感化设计的实施。

5 结论

把情感元素融合到风景园林设计,不仅为设计作品内涵添彩增色,亦提升了人们对环境的情感共鸣。采用合理的空间构造、材料筛选、植物组合等方式,设计师可塑造出更具情感张力的园林空间,顺应人们对舒适、宁静、愉悦等多层次情感期盼。因此,在未来风景园林设计工作中,情感化设计应成为不可忽视的核心方向。

参考文献

- [1] 谷康,王雪,陈家宇.新中国成立以来风景园林学科建设回眸与展望[J].高教学刊,2023,9(35):1-6.
- [2] 王贞,万敏.适应与缓解:应对气候变化的21世纪人类世风景园林路径与策略[J].华中农业大学学报,2023,42(4):16-22.
- [3] 濮阳妍妍.风景园林绿化中的水景设计与施工技术研究[J].吉林蔬菜,2024.
- [4] 郝永芳,张桂媛.对节能型技术在风景园林施工中的应用的思考[J].花卉,2024(12):133-135.
- [5] 李珊珊.植物造景与艺术手法在风景园林绿化设计中的运用[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(003).

Application and benefit analysis of digital technology in construction project management

Yue Hu

Jiayan Kaibo Construction Engineering Consulting Co., Ltd., Beijing, 100080, China

Abstract

The implementation of technology is not a smooth road - data silos, system compatibility defects, technical talent gaps and other problems still restrict the release of potential. This change is not only an iteration of tools, but also a reshaping of the thinking logic of the construction industry, and its success or failure is directly related to whether the industry can achieve leapfrog breakthroughs in the three dimensions of quality, efficiency and environmental protection.

Keywords

digital technology; construction project management; Apply; Benefit analysis

数字化技术在建筑工程管理中的应用与效益分析

胡月

建研凯勃建设工程咨询有限公司，中国·北京 100080

摘要

当代建筑行业正经历着数字化转型的深刻变革，传统粗放式管理模式已难以适应复杂工程需求与可持续发展目标。作为颠覆性力量，以BIM、物联网、大数据为核心的数字化技术，正重构建筑项目全生命周期管理范式。设计阶段的三维协同建模突破了二维图纸局限，施工阶段的实时监测系统将安全隐患消灭于萌芽，运维阶段的智能诊断平台更让建筑“学会自我管理”。然而，技术落地并非坦途——数据孤岛、系统兼容性缺陷、技术人才断层等问题仍制约着潜力释放。这场变革不仅是工具迭代，更是对建筑业思维逻辑的重塑，其成败直接关系到行业能否在质量、效率、环保三重维度实现跨越式突破。

关键词

数字化技术；建筑工程管理；应用；效益分析

1 引言

当混凝土遇见代码，建筑工程的基因序列正被数字化技术改写。全球建筑业产值超 12 万亿美元的背后，隐藏着惊人的资源浪费与管理低效：约 30% 的施工成本源于设计误差与返工，每年因安全事故损失高达 2000 亿美元。数字化技术的介入，恰似为行业注入精准化治理的“数字疫苗”。BIM 模型将建筑转化为可计算的数字孪生体，施工机械搭载传感器编织出实时监控网络，云计算平台则让跨地域协作突破时空壁垒。设计阶段的参数化推演使天马行空的创意具备落地可能，施工工地的智能预警系统让“零事故”目标不再遥远，运维阶段的能效优化算法更赋予建筑持续进化的生命力。但技术光环下，数据安全防线面临黑客攻击的严峻考验，老牌建筑企业对技术革新的迟疑态度形成转型阻力，复合型人才缺口更成为制约行业升级的瓶颈。这场静默的

革命，正在重塑每根钢筋的力学参数与每方混凝土的浇筑轨迹。

2 数字化技术在建筑工程管理中的应用

2.1 数字化技术的定义与分类

在建筑工程的数字化转型浪潮中，数字化技术已从辅助工具演变为重构行业生态的核心驱动力，其本质在于将物理世界的建造过程映射为可计算、可预测、可优化的数字镜像系统。这类技术体系以建筑信息模型（BIM）为三维可视化基础平台，物联网传感器构成动态感知神经，大数据分析构建决策支持中枢，人工智能则赋予系统自主演化能力，形成覆盖设计、施工、运维全周期的闭环管理体系。技术分类维度上，既有支撑全流程协同的 BIM+GIS 集成系统，也有聚焦施工现场的智能穿戴设备与无人施工机械，更包含驱动运维阶段能效优化的数字孪生体。各类技术并非孤立存在，BIM 平台承载着结构参数与设备信息的多维数据融合，物联网节点实时捕捉应力应变与环境变量，云端算法不断挖掘数据背后的工程规律，最终通过机器学习模型反哺施工方案

【作者简介】胡月（1995-），女，河北张家口人，本科，助理工程师，从事工程管理、监理研究。

优化。这种技术矩阵的协同效应，使得建筑构件如同被植入数字基因，每个螺栓的紧固扭矩、每立方米混凝土的硬化曲线都在虚拟空间获得精准复现。值得注意的是，边缘计算与云平台的分层架构设计，正在化解海量工程数据传输与处理的矛盾，既保障了施工现场的实时响应需求，又满足后期深度分析的算力要求。技术间的互补性特征愈发显著，如点云扫描技术弥补 BIM 逆向建模的精度缺陷，区块链技术则为多方协同提供可信数据存证，共同编织出立体化的数字建造网络。然而技术融合深度仍受制于异构系统的兼容性挑战，数据标准不统一导致的“数字巴别塔”现象，正成为制约行业级应用的关键瓶颈。

2.2 数字化技术在设计阶段的应用

三维协同建模平台颠覆了传统二维图纸的线性设计逻辑，结构、机电、装饰多专业模型在虚拟空间实时碰撞融合，管线排布冲突与构造节点干涉在方案深化阶段即被智能检测修正。参数化设计工具将建筑美学转化为可量化的数学表达式，曲面形态的拓扑优化不再受制于手工推演的精度局限，东西方建筑语汇在算法驱动下衍生出前所未有的空间原型。AI 辅助方案生成系统基于海量历史项目数据，自动输出符合规范要求的备选设计组合，设计师得以从重复性劳动中解放，专注于价值密度更高的创意迭代。跨地域数字协同平台打破物理隔离，全球顶尖设计团队可同步编辑同一模型文件，版本控制模块精确追踪每个构件的修改轨迹，确保设计变更的可追溯性^[1]。可持续性设计评估模块嵌入方案比选流程，建筑采光、通风、能耗等性能指标在早期设计阶段即被量化模拟，绿色建筑标准从结果验收指标转变为过程控制参数。值得注意的是，深度学习技术正在渗透方案评审环节，合规性审查响应时间缩短为传统人工复核的十分之一，设计缺陷识别率却呈指数级提升。这种技术赋能使设计成果兼具艺术张力与工程理性，以往存在于效果图与施工图间的巨大鸿沟，正被数字连续性悄然弥合。

2.3 数字化技术在施工阶段的应用

智能穿戴设备构建起人员定位与生理监测的双重防线，危险区域电子围栏与震动预警手环形成动态安全屏障，使高空作业风险可视化管控成为可能。无人化施工机械集群依托 5G 网络实现厘米级协同，摊铺机的红外高程扫描与压路机的智能压实度检测形成闭环质量控制链，传统依赖经验的工艺参数被转化为可追溯的数字指令。BIM 模型与物联网感知数据的深度融合，催生出虚实联动的数字孪生工地，塔吊运行轨迹与物料运输路径在虚拟空间预演优化，现实世界的施工偏差被激光点云扫描即时捕捉校正。预制构件嵌入的 RFID 芯片承载着从工厂到安装点的全生命周期数据，装配误差在吊装前即被增强现实技术预先排除。环境监测传感器网络实时感知扬尘、噪声、振动等要素，绿色施工指标从抽象概念转化为可量化的动态热力图。这种技术矩阵的叠加效应，使得施工进度不再是模糊的百分比推进，而是精确到小

时级的四维模拟推演，每个施工段的资源消耗与碳排放都被赋予数字基因。值得注意的是，区块链技术正在重塑多方协作信任机制，监理签证与隐蔽工程验收记录被加密上链，工程质量追溯体系由此获得不可篡改的技术背书。

2.4 数字化技术在运维阶段的应用

基于数字孪生体的全要素映射系统，将混凝土结构的微裂缝扩展与机电管线的老化速率转化为可计算的应力方程，使建筑维护从被动应急转向主动预测。部署于隐蔽部位的光纤传感器阵列，持续捕捉幕墙风压分布与地基沉降幅度，结构健康监测数据流经边缘计算节点预处理后，触发自适应预警阈值调整机制。设备运维知识图谱整合二十年故障案例库，机器学习模型在冷水机组震动频谱中识别出轴承磨损的早期特征，预防性维修工单生成时效较传统周期巡检提升两个数量级。能耗管理数字中枢解析着建筑代谢过程的万千变量，照明系统的色温调节与新风机组的风量控制形成动态节能闭环，空间使用模式通过 Wi-Fi 探针大数据持续优化。区块链赋能的资产数字护照完整记录建材生产溯源与设备维修历史，为建筑全生命周期碳足迹核算提供不可抵赖的信任基石。值得关注的是，增强现实技术正在颠覆传统巡检作业模式，维护人员透过智能眼镜透视墙体内部管线走向，维修方案的三维指引叠加在真实场景之中。这种技术融合催生建筑运维的新范式，使得二十年前的设备参数与当下的实时状态数据，在虚拟空间形成跨越时间的对话。

3 数字化技术带来的效益分析

三维协同设计平台消弭了图纸迭代的版本混沌，设计变更引发的施工返工率呈几何级数下降，项目进度管控从经验驱动转向数据预见。实时采集的施工现场多维信息流，经边缘计算节点清洗后汇入决策中枢，项目经理在虚拟沙盘推演资源配置方案，方案可行性验证周期压缩至传统模式的五分之一。基于机器学习算法的风险预警模型，在数以万计的传感器数据中捕捉塔吊倾覆的早期征兆，使安全隐患排查从人工抽查升级为全天候智能监控^[2]。建筑垃圾追踪系统与再生建材数据库的联动，让拆除阶段的废料转化率突破行业均值，全生命周期碳足迹较同类项目减少三成。数字孪生体与区块链技术的耦合，不仅重塑了五方责任主体的协同机制，更衍生出建筑运维数据的资产化路径，历史沉降数据可作为周边地块开发的决策依据。

4 数字化技术应用的挑战与应对策略

4.1 技术成熟度不足

传感器在极端温湿度交替环境下的性能漂移，导致采集数据与真实工况产生系统性偏差，这种底层感知缺陷直接削弱了上层决策模型的可靠性。异构系统间的协议转换损耗造成信息断层，BIM 平台与进度管理软件的接口兼容性问题，使得设计变更难以实时映射至施工推演系统。机器学习算法在非标构件识别任务中表现出的泛化能力局限，暴露出

训练数据样本对复杂施工场景覆盖不全的固有缺陷。边缘计算节点的部署受制于工地临时供电系统的稳定性，突发的电压波动可能导致局部数据预处理失效^[3]。更为隐蔽的挑战在于数字孪生模型的更新延迟，当现场施工节奏超越云计算资源的响应阈值，虚拟空间的状态再现将滞后于物理世界的进度演变。应对这些技术瓶颈，需要构建产学研用协同攻关机制，在典型工程项目中设立技术验证沙盒，允许迭代算法在受控环境中完成鲁棒性测试。开源架构的推广能缓解不同厂商设备的数据互通难题，而自适应滤波算法的引入可提升传感数据在恶劣工况下的信噪比。

4.2 数据安全与隐私保护

施工现场的人脸识别数据若在分包商环节遭遇权限失控，可能演变为劳务纠纷中的证据漏洞，这种多方参与的数据流转机制暴露出权限颗粒度过粗的先天缺陷。BIM模型中嵌入的构造细节信息，在跨企业协作时面临知识产权界定模糊的困境，设计方案的几何拓扑数据可能被逆向工程手段提取重组。更严峻的挑战源于智能终端采集的工人行为数据，在未建立明确数据权属协议的情况下，轨迹信息可能被用于非预期的绩效评估维度。云端存储的工程验收资料遭遇高级持续性威胁攻击时，数字签名的有效性若未实现区块链存证加固，法律效力将面临司法审查的质疑。应对这些风险，需构筑动态自适应的数据安全防护体系，基于零信任架构重构访问控制机制，使监理单位的审查权限与施工单位的操作权限形成时空双维度隔离。联邦学习技术的引入允许各方在加密数据空间完成机器学习模型训练，既保障原始数据隐私又释放协同智能价值。值得借鉴的是，部分项目正在尝试建立数据主权边界清晰的分层共享模式，将混凝土配比数据与供应商名录信息进行差异化脱敏处理。

4.3 人员培训与技术适应性

资深施工员面对三维建模软件的参数化输入模块时，其积累三十年的图纸解读经验难以转化为数字空间的交互优势，这种能力断层导致BIM协同平台在项目部的实际启用率长期低于预期值。预制构件厂的数控机床操作手册虽然配备增强现实指导系统，但产业工人更依赖师徒制传承的感

官调试经验，人机交互逻辑的认知偏差造成设备潜能释放不足。培训课程设置的标准化倾向与施工现场的离散性特征存在根本冲突，统一的VR安全演练难以覆盖山区项目特有的高空吊装风险场景^[4]。技术供应商忽视的细节在于，传感器维护技能的门槛超出建筑企业机电班组的能力边界，简单的滤网清洁作业往往需要中断数据采集等待外部技术支持。破解这种困境，要求重构建筑产业的人力资本增值路径，在职业资格认证体系中增设数字技能权重，使装配式施工员的证书等级与其BIM构件拆解能力直接挂钩。智慧工地实训基地的建造需模拟真实项目的技术复合场景，让测量员在倾斜摄影建模过程中同步提升点云数据处理能力。

5 结语

数字化技术已不是建筑行业的选修课，而是决定未来竞争力的必修课。当BIM模型精确到每颗螺栓的应力变化，当无人机巡检替代人工攀爬百米脚手架，当建筑运维数据开始自主生成优化方案，我们目睹的不仅是效率提升，更是人类建造文明的范式跃迁。成本降低15%、工期缩短20%、碳排放减少25%的量化效益背后，是无数算法对传统经验的颠覆性重构。但技术狂飙突进时更需冷思考：数据壁垒如何打破？技术冗余怎样避免？人机协同边界何在？答案或许藏在建筑与比特的共生哲学中——技术当为工匠智慧赋能而非取代，数据流动需以安全基因为前提，系统迭代必须匹配组织变革的节奏。未来已来，唯有用好数字化这把双刃剑，方能在钢铁森林里培育出智慧建筑的生态系统，让每栋建筑都成为会呼吸、能思考的数字生命体。

参考文献

- [1] 朱传玺.现代建筑工程项目管理中的数字化技术应用与效益分析[J].智能建筑与工程机械, 2024, 6(2):79-81.
- [2] 郑夏.数字化测绘技术在房地产规划中的应用与效益分析[J].中国厨卫, 2024, 23(5):322-324.
- [3] 周芳,王恩鹏.数字化技术在住宅建筑施工中的应用及其效益分析[J].居舍, 2024(18):158-161.
- [4] 彭小明,陈瑛,管帝.数字化技术在新集水电站建设管理中的应用[J].水利水电快报, 2024, 45(S01):76-78.

Analysis of the application points of mine rock separation and blasting technology in open pit mining

Chengzhi Li

Hongda Blasting Engineering Group Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510623, China

Abstract

This paper analyzes the application points of the technology in open pit mining. Firstly, the basic principle and classification of mine rock separation blasting are introduced, and the advantages of separation blasting in rock crushing, rock fissure control and ore recovery are discussed. Secondly, through case analysis, evaluated the application effect of mine rock separation blasting technology in different mines, including blasting design, blasting parameter selection, and safety control measures. The study shows that the reasonable blasting design and accurate blasting parameter adjustment can effectively reduce the secondary crushing in the separation process of mineral rock, and improve the recovery rate of ore and the production efficiency of the mining area. Finally, this paper summarizes the application prospect of mine rock separation and blasting technology, and puts forward the safety problems and technical difficulties that need to be paid attention to in the practical operation. The research results provide an important reference for the efficient mining and safety management of open-pit mines.

Keywords

mine rock separation blasting; open pit mining; blasting design

矿岩分离爆破技术在露天采矿中的应用要点分析

李诚志

宏大爆破工程集团有限责任公司，中国·广东广州 510623

摘要

本文通过对矿岩分离爆破技术的研究，分析了该技术在露天采矿中的应用要点。首先，介绍了矿岩分离爆破的基本原理及其分类，重点探讨了分离爆破在矿岩破碎、岩石裂隙控制以及矿石回收率等方面的优势。其次，通过案例分析，评估了矿岩分离爆破技术在不同矿山的应用效果，包括爆破设计、爆破参数选择，以及安全控制措施等。研究表明，合理的爆破设计和精确的爆破参数调整能够有效减少矿岩分离过程中的二次破碎，提高矿石的回收率和矿区的生产效率。最后，本文总结了矿岩分离爆破技术的应用前景，并提出了在实际操作中需要关注的安全问题和技术难点。研究成果为露天矿山的高效开采和安全管理提供了重要参考。

关键词

矿岩分离爆破；露天采矿；爆破设计

1 引言

矿岩分离爆破技术是现代露天采矿中的关键技术，广泛应用于提高采矿效率、降低作业风险及优化资源利用。随着矿产资源逐渐枯竭，传统开采方法面临矿石分离难度加大和采矿成本上升等挑战。因此，高效、精准地实现矿岩分离成为亟待解决的重要问题。矿岩分离爆破技术通过利用爆破力定向破碎岩体，精确控制破裂模式，提高矿石回收率，减少二次破碎。尽管已有大量研究探讨了矿岩分离爆破的基本原理、分类及应用，实际应用中仍面临爆破参数选择、岩体破碎效果控制和安全管理等问题。过去的研究主要集中在爆

破设计和技术优化上，提出了多种改进方法，但在复杂矿山环境中如何综合应用这些技术，达到最佳分离效果，仍需进一步探索。本研究旨在分析矿岩分离爆破技术在露天采矿中的应用，评估不同矿山案例中的实际效果，提出技术改进与安全保障措施，为露天矿山开采提供技术支持和理论依据。

2 矿岩分离爆破技术概述

2.1 矿岩分离爆破的基本原理

矿岩分离爆破技术的基本原理基于爆破过程中对岩石的精确控制以实现有效的矿石分离^[1]。其核心在于利用钻孔与装药方式，使炸药爆炸时产生的冲击波对岩体进行选择性的破碎，从而实现矿石与围岩的有效分离^[2]。该技术力图通过优化炸药的药性、布置和爆破参数，使爆炸引发的应力波能够沿着岩体的自然裂隙或弱面扩展，从而实现对矿岩分离的

【作者简介】李诚志（1988-），男，中国河南商城人，本科，工程师，从事非煤矿山爆破研究。

最佳效果。采用矿岩分离爆破技术的过程中，控制爆破时间和施加能量的方向对于减少矿石的损伤和提高矿石纯度起着至关重要的作用。通过研究岩体的物理性质，预测裂纹形成和扩展的模式，可以有效地提高爆破的精确度。与传统爆破方法相比，矿岩分离爆破技术能够在降低能量损耗的同时提高矿石的回收率，减少二次破碎的发生频率，进而提高露天采矿的整体效率和经济效益。这一技术的发展和应用于现代采矿带来了可观的技术优势和经济收益。

2.2 矿岩分离爆破的分类与特点

矿岩分离爆破技术根据其方法和应用特点，可以分为几类^[9]。其中，按爆破目的分类，包括控制爆破、竖井爆破和台阶爆破等。控制爆破侧重于产生光滑的岩壁表面，降低后续处理难度。竖井爆破多用于垂直矿体和隧道开挖中，重点在于准确地引导岩石破裂方向。台阶爆破适用于大的露天矿体，目的是通过分段爆破实现矿岩的大规模分离。

根据爆破材料的使用，矿岩分离爆破又可分为传统炸药爆破和无炸药爆破技术。传统炸药爆破具有能量释放快、适用广等特点，但安全性相对较低。而无炸药爆破如水膨胀剂和气体爆破技术，以安全、环保著称，减少了震动和冲击波对周边环境的影响。矿岩分离爆破技术的特点在于其灵活多样的应用方式，能够根据不同地质条件和开采需求进行调整，以此提高矿石回收率和采矿效率。

2.3 矿岩分离爆破技术的发展趋势

矿岩分离爆破技术的发展趋势表现为向更加智能化与精细化的方向迈进。随着信息技术的发展，智能爆破系统逐渐应用于工程实践，通过实时监测和数据分析优化爆破过程。绿色爆破技术的研发也在推进，以减少爆破对环境的影响，提高资源利用率。持续创新和技术进步将进一步提升矿岩分离爆破技术的应用效果与安全性。

3 矿岩分离爆破技术在露天采矿中的应用

3.1 矿岩分离爆破的作业流程

矿岩分离爆破技术的作业流程在露天采矿中发挥着关键作用。作业流程主要包括爆破设计、钻孔作业、装药与填塞、起爆等环节。通过对矿区地质条件及开采要求进行详细分析，制定合理的爆破设计方案，确定爆破类型、爆破参数和爆破顺序。进行钻孔作业，钻孔布局需考虑矿岩性质和整体爆破效果，确保孔距、孔深、孔径的精确控制。装药与填塞环节需要选择合适的炸药类型和装药结构，确保装药量和填塞工艺能够达到最佳爆破效果，控制矿岩破碎尺寸。起爆环节采用现代化起爆器材和技术，确保起爆过程的安全性和同步性，减少震动和飞石等安全隐患。不仅需要严格执行每个作业步骤，还需根据矿岩实际情况进行参数的微调和优化，确保整体作业的效率与安全，并实现最终的分离爆破目标。在这一过程中，科学合理的作业流程是提高采矿效率和矿石回收率的关键。

3.2 爆破参数与矿岩破碎效果的关系

爆破参数的选择对矿岩破碎效果具有直接影响。参数中的炸药类型、装药量、孔间距和排距等因素对矿岩的破碎形式和粒度分布起着关键作用。炸药类型和装药量决定了爆破能量的释放方式和强度，影响矿岩裂隙的形成及其扩展速度。合适的孔间距和排距设置可确保爆破波的有效传播与能量利用，提高矿岩的解体效率。矿岩破碎效果还受岩性特征、结构面和地质条件的影响，不同矿山需结合实际地质条件进行参数调整。精确的参数设计能减少矿岩过粉碎可能性，提升矿石回收率，降低环境影响和作业风险。爆破技术的应用需结合现场监测与模拟分析，优化参数设置，以达到理想的破碎效果和资源利用率。

3.3 矿石回收率的提高与二次破碎控制

矿石回收率的提高和二次破碎控制在露天采矿中具有重要意义。矿岩分离爆破技术以其精确的爆破参数设计，实现矿岩的有效分离，从而提高矿石回收率。爆破参数的优化，如炸药类型、钻孔深度和间距等，可减少不必要的能量损失，减小矿石损伤程度，从而控制二次破碎的发生。这样既能提高矿石的完整性，又能减少因过度破碎导致的矿石品位下降和资源浪费。有效的二次破碎控制还能够降低后续破碎工序的负担，提高整个采矿流程的效率。加强矿岩分离爆破的精细化管理是提高矿石回收率和实现资源最大化利用的关键。

4 矿岩分离爆破技术实施中的关键要点

4.1 爆破设计与参数优化

爆破设计与参数优化是矿岩分离爆破技术实施中的核心要点。合理的爆破设计直接影响到矿岩的破碎效果和采矿效率。爆破设计应根据矿体的地质特性和开采目的，优化炮孔布置、装药结构和起爆顺序，以最小化震动和飞石。爆破参数的优化是实现矿岩有效分离的关键。爆破参数包括炸药种类、装药量、孔径、孔距和连爆时间等。这些参数需要根据具体矿山条件进行精确调整，以确保获得最佳破碎效果并减少细粒矿物的产生。为提高矿石回收率，应注重控制二次破碎，通过调整装药量和起爆方式来降低大块矿石的产生概率。优化的爆破设计和参数还需兼顾安全和环保要求，通过降低爆破震动和噪音，确保周边环境和人员安全。科学合理的爆破设计与参数优化，是提升露天采矿效率和实现资源高效利用的重要保障。

4.2 安全控制措施与风险管理

在矿岩分离爆破技术实施过程中，安全控制措施与风险管理是关键环节。安全控制的基本目标在于确保人员、设备和环境的安全，避免爆破过程中可能出现的有害影响。高效的风险管理需要全面的危险辨识与评估，以识别潜在的安全隐患，如爆破震动、飞石以及有毒气体排放等。为减小这些风险，应用包括科学的爆破设计、精准的爆破参数优化及严格的作业流程监控。相关安全措施还应包括明确定义危险

区域，并在爆破前后对作业区域进行充分勘查，确保所有人员撤离至安全位置，防止意外伤害。建设完备的应急预案以及对操作人员进行定期的安全培训，可以提高应对突发事件的反应能力。注重技术创新，采用先进的爆破材料与设备，也能有效降低作业风险。这些措施的综合实施，不仅保障了爆破的安全性，还提高了矿山的整体运营效率。

4.3 技术难点与改进方向

矿岩分离爆破技术的实施过程中面临多项技术难点，包括爆破参数的精确选择和控制、岩石性质的复杂性以及爆破后岩体形状的不确定性。这要求深入理解岩石地质特征，优化爆破设计以最大限度减少二次破碎。爆破过程中的安全性和环境影响需高度重视。技术改进方向在于提高爆破设备的精度和灵活性，以及开发先进的监控技术以实时调整爆破方案。探索新材料和技术以提高矿石回收率亦为关键。合理解决这些技术难题，有助于提升矿岩分离爆破技术的整体效率和可控性。

5 矿岩分离爆破技术的前景与挑战

5.1 矿岩分离爆破技术的应用前景

矿岩分离爆破技术在露天采矿中的应用前景十分广阔。随着全球矿产资源的日益匮乏，传统的采矿技术已难以满足高效、经济的开采需求。矿岩分离爆破技术作为一种先进的开采手段，能够在提高矿石回收率、降低生产成本和减少环境影响等方面发挥重要作用。在矿山日渐深部化和复杂化的大背景下，该技术不仅能够有效解决矿体与围岩的复杂分离难题，还能够通过精确的爆破设计优化矿山运营流程，从而提升采矿效率。随着爆破材料和设备的不断进步，矿岩分离爆破技术在绿色矿业和安全管理领域的应用也将得到进一步拓展。伴随数字化和自动化技术的迅猛发展，智能爆破系统的集成应用将为矿岩分离爆破技术开辟新的发展空间。在技术持续成熟和应用经验不断积累的推动下，未来矿岩分离爆破技术将在全球范围内得到更加广泛的应用和推广，为矿业的可持续发展提供坚实的技术支持。

5.2 面临的技术挑战与解决方案

矿岩分离爆破技术在露天采矿中的应用不断扩大，但其面临的技术挑战依然显著。从爆破设备的精密度到材料的环保性，技术障碍限制了其广泛应用。爆破设备需要更高的精确度，以确保对矿岩的有效分离，避免过度粉碎。随着环保法规的日益严格，爆破材料的选择需更加环保，以减少对

环境的影响。在技术解决方案上，通过引入更智能的爆破控制系统，可以提高爆破的精准性和安全性。引入新型环保炸药也是降低作业对环境不良影响的一种方式，通过对爆破后岩石的精细管理，能够有效减少对周边环境的干扰。加强人员培训，提高操作人员对新技术的适应能力，也有助于应对这些技术挑战。如此多管齐下，可以在一定程度上克服当前的技术瓶颈，为矿岩分离爆破技术的推广和应用提供有力支持。

5.3 对露天矿山采矿实践的影响与建议

矿岩分离爆破技术在露天矿山采矿实践中的应用，显著提高了采矿效率与矿石回收率。这项技术的实施需要严格的设计和安全管理，以减少风险和确保稳定的生产环境。技术方面的改进可朝着提高爆破精准度以及降低环境影响的方向发展，采用更多先进的监测与控制技术将有助于优化作业流程。针对不同矿床条件的特异性，调整和优化技术参数，将进一步增强矿岩分离爆破技术的适应性和效能，促进露天矿山的可持续运营。

6 结语

矿岩分离爆破技术在露天采矿中的应用，重点分析了其基本原理、分类及优势，特别是在矿岩破碎、裂隙控制和矿石回收率方面的作用。合理的爆破设计和精准的爆破参数调整能显著提高矿石回收率，减少二次破碎，提升生产效率。文章还强调了安全控制措施和技术难点，特别是在精确控制矿岩分离过程中的风险管理。尽管该技术有优势，但仍面临挑战，如爆破精度受多因素影响，需要进一步优化设计以减少岩石裂隙对效果的影响。同时，不同地质条件下的爆破效果差异较大，未来研究需针对不同矿山特点优化爆破方案。技术推广也受限于操作人员的专业能力和安全管理体系。未来研究可重点加强爆破参数优化、矿山安全管理及智能化爆破技术的应用，以提升精准性和可控性，从而为露天矿山高效开采和安全管理提供技术支持。

参考文献

- [1] 张洪利.控制技术在露天采矿爆破施工的应用[J].电子技术(上海),2020,(04):174-175.
- [2] 梁海明.露天采矿场的控制爆破技术[J].中国金属通报,2020,(22):25-26.
- [3] 郭建新,张波,付明宇.矿岩分离爆破技术在某大型复杂露天铁矿的应用研究[J].现代矿业,2020,36(12):93-95.

Research on the quality management and supervision mechanism in engineering project management

Rifei Li Chengyan Yang

Central University of Finance and Economics, Beijing, 100081, China

Abstract

In modern engineering project management, quality management and supervision mechanism is becoming more and more important. Quality management is not only related to the smooth completion of the project, but also directly affects the economic benefits and social influence of the project. Quality supervision mechanism is an important guarantee to ensure that the project quality meets the predetermined standards, which involves the effective coordination of multiple links and various forces. The study aims to explore the application status and optimization countermeasures of quality management and supervision mechanism in project management. This paper first analyzes the importance of quality management in engineering projects, then sorts out the main problems in the current implementation, and puts forward feasible optimization countermeasures. By improving the quality management and supervision mechanism, the management efficiency and the final result quality of the project can be improved, so as to realize the sustainable development of the project.

Keywords

engineering project management; quality management; supervision mechanism; optimization countermeasures; management efficiency

工程项目管理中的质量管理与监督机制研究

李日飞 杨成艳

中央财经大学, 中国 · 北京 100081

摘要

在现代工程项目管理中, 质量管理与监督机制的作用越来越重要。质量管理不仅关系到项目的顺利完成, 也直接影响到项目的经济效益和社会影响力。质量监督机制是确保工程质量达到预定标准的重要保障, 涉及多个环节和各方力量的有效协调。本研究旨在深入探讨质量管理与监督机制在工程项目管理中的应用现状和优化对策。文章首先分析了质量管理在工程项目中的重要性, 随后对当前实施中的主要问题进行了梳理, 并提出了切实可行的优化对策。通过改进质量管理和监督机制, 能够提升工程项目的管理效率和最终成果质量, 从而实现工程项目的可持续发展。

关键词

工程项目管理; 质量管理; 监督机制; 优化对策; 管理效率

1 引言

在当前全球化竞争日益激烈的背景下, 工程项目管理逐渐成为推动国家基础设施建设和经济发展的关键因素。尤其是在工程项目的质量管理与监督机制方面, 如何保证工程质量的同时, 提高项目的管理效率, 成为各类建设项目成功与否的决定性因素。随着科技的不断进步和管理模式的创新^[1], 质量管理和监督机制的优化成为提升工程项目整体竞争力的核心内容。如何在复杂的项目环境中实现质量控制, 防止质量事故的发生, 已成为业内关注的重点。

2 质量管理与监督机制在工程项目中的重要性

质量管理与监督机制在工程项目中的重要性不可忽视, 它是保证项目顺利完成和高质量交付的核心所在。在工程项目的全生命周期中, 质量管理体系的建立为项目提供了一个系统化、标准化的框架, 确保从设计阶段到施工、验收的每一环节均能达到预定的质量要求。项目的质量管理不仅要求各参与方严格按照质量控制程序执行, 还涉及对工程设计、施工工艺、材料选择等方面的全过程管控。监督机制的有效执行是确保质量管理体系能够落地实施的关键, 它通过对各环节质量的监测与反馈, 及时发现潜在问题并进行纠偏, 避免质量隐患的积累。没有有效的质量管理与监督机制, 工程项目往往会面临设计偏差、施工不规范、材料不达标等问题, 严重时甚至会引发安全事故或导致项目延期。这些质量问题不仅会增加项目的成本, 还会影响工程的可持续性与社会效

【作者简介】李日飞 (1986-), 男, 中国河北邯郸人, 硕士, 高级工程师, 从事工程管理研究。

益。因此，优化质量管理体系，提升监督机制的执行力，是提升工程项目质量的根本途径。通过创新性的管理模式、技术手段和多维度的质量控制方法，可以有效提升项目的综合效益，降低质量风险，确保工程项目按期保质完成，为社会提供安全、可靠的基础设施。

3 当前质量管理与监督机制实施中的主要问题

3.1 质量管理体系缺乏系统性

目前，许多工程项目在质量管理体系方面存在诸多不足^[2]，最为突出的便是缺乏完善的质量管理计划和系统化的质量控制机制。工程项目质量管理通常依赖于细化的计划和科学的质量控制标准，而这些在一些项目中尚未得到有效落实。项目的质量管理计划缺乏系统性和针对性，导致质量控制过程的执行不到位。尤其是在复杂的工程项目中，由于不同环节之间的衔接不紧密，质量控制的难度进一步加大。由于缺乏系统的质量标准和规范，加之各个项目的个体差异，不同项目中对质量的定义和评估方法存在差异，导致质量监督与评估过程中缺乏一致性和可比性。这种状况使得工程项目在实施过程中难以形成有效的质量控制闭环，造成质量管理效果不明显或无法落实，最终影响到项目的整体质量水平和成果。

3.2 监督机制执行不到位

工程项目中的质量监督机制往往存在执行不到位的情况，虽然许多项目设立了监督体系（如监理单位、项目管理单位或者建设单位的审计部门等），但在实际操作中，监督力量的薄弱和执行力度的不足是普遍问题^[3]。首先，部分监督人员缺乏足够的专业知识和实践经验，难以在工程实施过程中发现细微的质量问题。此外，质量监督的执行往往流于形式，未能形成有效的监管机制。监督人员的责任心不强，导致在现场监管时缺乏足够的积极性和主动性，未能及时发现工程质量中的潜在风险和隐患。由于监督过程中缺乏必要的细致审查，项目执行中的质量问题往往得不到及时纠正，甚至在项目完成后才被发现，从而影响了整体质量的控制效果。

3.3 各方协作缺乏有效沟通

在工程项目中，涉及建设单位、设计、施工、监理等多个单位，需要协调各方以确保项目顺利推进。然而，当前许多项目中，各方角色之间的沟通协作并不顺畅，导致项目实施过程中存在诸多协调性问题。建设单位、设计单位、施工单位和监督单位（如监理单位或项目管理单位）之间的信息流转存在滞后，决策过程中缺乏及时反馈，导致在施工过程中未能有效调整和优化设计方案或施工方式。此外，各方对质量要求的理解存在偏差，导致在施工过程中容易产生误解和冲突，影响整体项目质量的控制和执行。缺乏高效的沟通机制和决策协调，导致项目进度与质量的平衡难以维持，直接影响到项目管理的整体效果和质量控制的执行力。

4 提升质量管理与监督机制的对策

4.1 完善质量管理体系

在工程项目管理中，质量管理体系的完善是提高项目整体质量水平的关键所在。要确保项目各环节质量的稳定性与合规性^[4]，必须从项目的初期阶段就系统化、标准化地制定质量管理计划。项目策划阶段不仅应明确质量目标，还应根据项目的具体特点与规模，设计合适的质量管理体系，包括质量控制的工作流程、责任分配、标准要求及检查评估方式等。制定详细的质量管理计划，可以为后续各项工作提供明确的行动指南，确保质量目标的有效实施。

在项目实施过程中，质量管理体系不仅要关注设计阶段的可行性和合规性，还要将施工过程中的质量控制措施贯穿始终，确保施工材料、施工工艺和施工质量的规范性。每一个环节的质量控制都需要设立专门的质量控制点，对项目实施中的每一项工作进行动态监督，特别是在施工过程中，要实时掌握施工现场的质量状态，随时进行调整和优化。项目竣工后的验收环节亦是质量管理体系的核心部分，必须按照国家相关标准和行业规范进行严格验收，确保交付的项目符合设计初衷和质量要求。必要时，可以借助外部专家的力量完善项目的质量管理体系。整个项目生命周期中的质量管理，都应基于系统的工程项目的质量管理体系（如图1），以确保项目各阶段的质量要求得到落实。

工程项目的质量管理体系

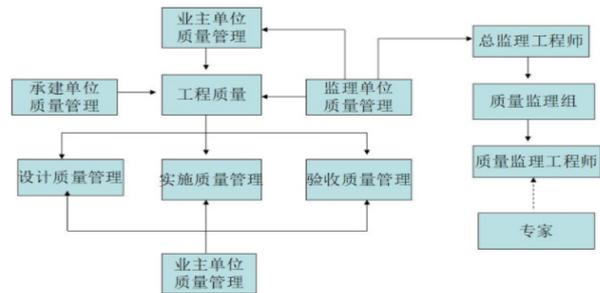


图1 质量管理体系

4.2 强化监督机制的执行力

质量监督机制的执行力直接决定了质量管理的效果和工程项目的整体质量。在当前的工程项目中，质量监督往往存在监督不力、执行不到位的问题，这与监督人员的素质、专业技能和工作态度密切相关。为了提升质量监督机制的执行力，首先需要确保质量监督人员具备扎实的专业知识和丰富的现场经验，这样才能够及时识别工程过程中可能出现的质量问题，并采取有效的措施进行纠正。除人员素质外，还需要建立高效的质量监督体系，通过规范化的操作流程和检查标准，提升监督工作的精确性与系统性。

在施工过程中，质量监督不仅是对质量标准的检查与

评估^[5]，更重要的是在施工中进行动态的质量控制，通过定期和不定期的现场检查、抽查，及时发现施工过程中的质量偏差，避免质量问题的积累和扩大。在监督过程中，质量监督人员不仅要具备较强的专业判断能力，还需拥有较高的责任感，确保施工队伍按照设计方案和质量要求实施施工，任何偏离标准的行为都应及时纠正。定期培训和考核质量监督人员，提升他们的专业水平和执行能力，能够使质量监督机制更为健全和高效。此外，监督机制的有效运行还依赖于信息反馈的及时性和准确性，因此必须加强质量监督人员与参建各单位之间的沟通与协调，确保发现的问题能够及时传达并得到处理，从而提高项目的质量保障能力。

4.3 加强项目管理协同作用

项目管理中的协同作用至关重要，它直接影响到工程项目质量管理的效果。在大多数工程项目中，建设单位、设计单位、施工单位、监理单位之间往往存在沟通不畅、责任划分不明确的情况，这使得质量管理的实施效果大打折扣。为了提高各方协同工作效率，首先需要建立健全的沟通机制，确保项目各方能够在项目实施过程中实时共享信息，及时反馈质量管理过程中的问题。在项目开始阶段，建设单位应组织所有相关方参与质量管理的讨论和策划，明确各方的质量责任和工作流程，以确保各方能够在项目实施中发挥各自的作用。

同时，严格落实工地例会制度，定期召集各方召开质量管理协调会^[6]，对质量管理中出现的问题进行讨论和分析，寻找最佳解决方案。项目各方在协作过程中，除了确保信息流畅，还需在决策上形成合力，对于项目质量的关键节点要做到统一决策、统一实施。通过强化各方的责任意识和协同工作机制，可以减少项目实施过程中的盲点和失误，提高项目质量的整体可控性和稳定性。此外，随着工程管理信息化水平的提高，数字化工具和平台的使用能够进一步提升各方协同的效率，通过项目管理系统实时共享项目进展和质量数据，为各方提供透明的决策依据，确保质量管理工作始终保持高效运行。

4.4 提升科技手段在质量管理中的应用

随着信息技术和数字化技术的飞速发展，现代科技手段在质量管理中的应用愈加重要。工程项目的质量管理已不

仅仅依赖于传统的人工检查和经验判断，信息化和智能化的工具使得质量管理的工作变得更加高效、精准。在项目实施过程中，通过引入先进的监控技术，如无人机、传感器和智能监测系统，可以实时获取项目现场的质量数据，及时监控施工过程中的各项质量指标。使用无人机进行施工现场的全景扫描，能够及时发现施工现场的潜在问题，如结构变形、施工偏差等，减少了传统现场检查的盲点和漏检现象。

此外，数字化管理工具的使用也能提高质量问题的发现和处理效率，通过建立项目质量数据库，实现质量问题的数字化管理与追踪。在项目执行中，各类传感器和监测系统可以实时监测环境变化、基坑边坡变形、材料质量、施工进度等关键数据，为质量监督提供实时反馈和数据支持。通过大数据分析和人工智能技术，质量管理团队可以对数据进行深度挖掘，预测潜在的质量问题，并提出优化建议，从而避免质量问题的发生。技术手段的应用能够显著提高质量管理的效率与准确性，推动质量管理向更高水平发展，确保工程项目的顺利实施和最终质量的达标。

5 结语

质量管理与监督机制是确保工程项目成功的关键因素，科学的质量管理体系和高效的监督机制能够有效提升项目质量，降低工程风险。通过完善管理体系、加强监督执行、提升协同作用以及合理应用科技手段，可以为未来的工程项目提供有力的保障，推动项目质量管理迈向更高水平。

参考文献

- [1] 刘洁,雷锡连. 电力通信工程建设管理的研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (07): 1-3.
- [2] 常利. 建设工程管理中的质量管理分析[J]. 散装水泥, 2024, (01): 172-174.
- [3] 成利强. 施工规划设计在水利水电工程建设管理中的实践探究[J]. 建材发展导向, 2023, 21 (24): 168-170.
- [4] 邹书忠. 市政工程施工中的安全管理与质量控制研究[J]. 中国地名, 2024(1): 0064-0066
- [5] 张小军. 市政工程施工中的安全管理与质量控制探究[J]. 门窗, 2024(4): 160-162
- [6] 张龙. 施工监控与管理在市政工程建筑中的应用研究[J]. 建筑与装饰, 2024(2): 114-116

Research on the Collaborative Optimization of Construction Quality Supervision and Real Estate Registration in Rural Homesteads in Yunnan

Guixin Dong

Dali Real Estate Registration Center, Dali, Yunnan, 671000, China

Abstract

This paper focuses on the construction quality supervision and real estate registration of rural homesteads in Yunnan, and carries out collaborative optimization research. After an in-depth investigation of the current situation, it is clear that there are deficiencies in policy convergence, process implementation, and information interaction, which hinder the efficient promotion of rural homestead management. In order to break this dilemma, this paper systematically analyzes the theoretical basis of collaborative optimization, and analyzes its potential benefits in combination with the practical demands of rural development. Targeted optimization strategies are proposed from three aspects: policy coordination and integration, process simplification and smoothness, and information interconnection. By improving the coordination mechanism, we will improve the management level of rural homesteads, protect the rights and interests of farmers in an all-round way, and lay a solid foundation for the implementation of the rural revitalization strategy.

Keywords

rural Yunnan; homestead management; collaborative optimization; Construction quality supervision

云南农村宅基地建筑施工质量监管与不动产登记协同优化研究

董桂鑫

大理市不动产登记中心, 中国 · 云南 大理 671000

摘要

本文聚焦云南农村宅基地建筑施工质量监管和不动产登记, 开展协同优化研究。在对现状深入调研后, 明确当前在政策衔接、流程执行、信息交互等方面存在不足, 这些短板阻碍了农村宅基地管理的高效推进。为打破这一困局, 文章系统分析协同优化的理论依据, 结合乡村发展的现实诉求, 研判其潜在效益。从政策协同整合、流程简化畅通、信息互联互通三方面, 提出了针对性的优化策略。通过健全协同机制, 提升农村宅基地管理水平, 全方位保障农民权益, 为乡村振兴战略的实施筑牢根基。

关键词

云南农村; 宅基地管理; 协同优化; 施工质量监管

1 引言

随着乡村振兴战略的深入推进, 农村宅基地及其房屋建设成为推动农村经济发展和改善农民生活条件的重要环节。然而, 当前云南农村宅基地建筑施工质量监管与不动产登记工作仍面临诸多挑战。一方面, 建筑施工质量参差不齐, 监管体系不够完善, 导致部分房屋存在安全隐患; 另一方面, 不动产登记手续繁琐、信息不畅, 影响了农民财产权益的有效实现。二者之间缺乏有效协同, 进一步制约了农村土地资

源的合理利用和农村住房市场的健康发展。因此, 研究如何优化云南农村宅基地建筑施工质量监管与不动产登记的协同机制, 对于提升农村住房质量、保障农民权益、促进农村可持续发展具有重要的理论与现实意义^[1]。

2 云南农村宅基地建筑施工质量监管现状

2.1 监管政策与制度

云南农村宅基地建筑施工质量监管的政策与制度在近年来逐步完善, 但仍存在不足。目前, 国家和地方层面出台了一系列关于农村住房建设的政策文件, 明确了宅基地审批、房屋建设规划以及施工质量的基本要求。然而, 这些政策在云南农村地区的落实仍面临挑战。一方面, 部分农村地

【作者简介】董桂鑫(1976-), 女, 中国云南鹤庆人, 本科, 工程师, 从事建筑施工管理、不动产登记研究。

区对政策的理解和执行不到位，导致政策在基层出现“最后一公里”问题。另一方面，针对农村建筑施工质量的具体技术规范 and 标准在云南部分地区尚未细化，难以满足多样化的农村住房建设需求。政策之间的协同性不足，缺乏对施工质量监管全流程的系统性指导，使得监管工作在实际操作中存在漏洞，反映出云南农村宅基地建筑施工质量监管政策与制度仍需进一步优化和完善。

2.2 监管主体与职责

云南农村宅基地建筑施工质量监管涉及多个主体，包括政府部门、村委会以及农民自身。政府部门中，自然资源、住建、农业农村等部门分别承担着宅基地审批、施工质量监督和农村住房建设管理等职责。然而，各部门之间职责划分不够清晰，协同机制不完善，导致监管过程中出现推诿扯皮现象。村委会作为基层自治组织，虽然在宅基地分配和房屋建设中发挥着重要作用，但其监管能力有限，缺乏专业的技术和人员支持。农民自身作为房屋建设的主体，往往缺乏质量意识和施工技术，对施工质量的自我约束不足。多主体参与但职责不明确的监管格局，使得云南农村宅基地建筑施工质量监管难以形成有效合力，亟待明确各方职责并强化协同合作。

2.3 监管实施与问题

在云南农村宅基地建筑施工质量监管的实际实施过程中，问题较为突出。首先，由于农村地区分布广泛且分散，监管力量难以全面覆盖，导致部分地区的施工质量监管存在空白。其次，农村建筑施工队伍多为本地小作坊，施工人员技术水平参差不齐，缺乏系统的培训和资质认证，施工过程中的质量把控难以保证。监管手段相对落后，缺乏现代化的技术支持和信息化平台，难以实现对施工过程的动态监测和实时监管，导致农村宅基地建筑施工质量参差不齐，部分房屋存在结构安全隐患，甚至出现违规建设现象。因此，优化监管实施机制，提升监管能力和技术水平，是解决云南农村宅基地建筑施工质量问题的关键所在^[2]。

3 云南农村宅基地不动产登记现状

3.1 登记政策与流程

近年来，随着国家对农村土地制度改革的推进，云南农村宅基地不动产登记的政策体系逐步完善，为农村宅基地确权登记提供了明确的法律依据和操作指南。根据相关政策，宅基地使用权及其房屋所有权的登记需遵循申请、受理、审核、公示、登簿、发证等基本流程。然而，在实际操作中，云南部分地区仍面临政策执行不到位的问题。一方面，部分农村地区对宅基地面积超标、一户多宅等历史遗留问题的处理缺乏统一标准，导致登记工作进展缓慢。另一方面，登记流程涉及多个部门，手续繁琐且信息共享不足，增加了农民的办事成本和时间成本^[3]。

3.2 登记主体与职责

云南农村宅基地不动产登记工作主要由自然资源部门

牵头负责，乡镇政府、村委会等基层组织协助实施。自然资源部门承担着宅基地登记的审核、发证等核心职责，同时负责政策解读和业务指导。乡镇政府和村委会则在宅基地权属调查、纠纷调解以及登记申请的组织动员等方面发挥重要作用。然而，当前登记主体之间的职责划分不够清晰，协同机制不完善，导致登记工作在基层推进过程中存在诸多困难。例如，乡镇和村级组织缺乏专业人员和专业技术支持，难以准确完成宅基地权属调查和测绘工作；自然资源部门在面对大量登记申请时，人手不足且信息反馈不及时，影响了登记效率。因此，明确各登记主体的职责，加强协同配合，是提升云南农村宅基地不动产登记效率的关键。

3.3 登记实施与问题

在云南农村宅基地不动产登记的实施过程中，尽管取得了一定进展，但仍面临诸多挑战。首先，农村宅基地历史遗留问题复杂多样，如宅基地面积超标、一户多宅、权属纠纷等，这些问题增加了登记工作的难度和复杂性。其次，部分地区农民对不动产登记的政策理解不足，认为登记手续繁琐且无实际意义，导致登记申请率较低。农村地区信息化建设滞后，缺乏统一的不动产登记信息平台，数据采集、整理和共享困难，影响了登记工作的整体效率。登记工作涉及多个部门，协调成本高，且缺乏有效的监督机制，导致部分地区的登记工作推进缓慢，影响了农民的财产权益，制约了农村土地资源的合理流转和有效利用。因此，优化登记实施机制，解决历史遗留问题，提升信息化水平，是推动云南农村宅基地不动产登记工作顺利开展的重要任务。

4 施工质量监督与不动产登记协同优化的必要性

4.1 协同优化的理论基础

协同优化的理论基础源于系统论和协同治理理论。系统论强调各子系统之间的相互关联和协同作用，认为系统的整体功能大于各部分功能之和。在云南农村宅基地管理中，施工质量监督与不动产登记是两个关键子系统，二者相互依存、相互影响。施工质量监督确保房屋安全与合规，为不动产登记提供合法性和安全性基础；不动产登记则通过产权确认，反向激励农民重视施工质量，形成良性循环。协同治理理论进一步指出，多元主体参与和跨部门合作是解决复杂公共事务的有效途径。通过整合政府部门、村委会、农民等多元主体的资源与能力，打破信息壁垒和职责分割，能够实现宅基地管理的高效与科学。因此，从理论层面看，施工质量监督与不动产登记的协同优化是提升农村宅基地管理水平的必然选择^[4]。

4.2 协同优化的现实需求

从现实需求来看，施工质量监督与不动产登记的协同优化是解决当前云南农村宅基地管理痛点的迫切需要。一方面，施工质量监督的不足导致部分房屋存在安全隐患，影响农民生命财产安全，而不动产登记的低效又使得农民财产权

益难以有效实现,制约了农村土地资源的流转与盘活。另一方面,二者之间缺乏信息共享和协同机制,导致重复工作、资源浪费和管理漏洞。例如,施工质量不合格的房屋仍能完成不动产登记,或因登记信息不准确而无法追溯施工质量问题。协同优化能够实现施工质量与产权登记的无缝衔接,确保登记对象的合法性和安全性,通过信息共享和流程整合,提高管理效率,降低行政成本,从根本上解决农村宅基地管理中的现实问题。

4.3 协同优化的潜在效益

协同优化施工质量监督与不动产登记将带来显著的潜在效益。首先,从农民权益角度看,协同优化能够提升农民的财产权益保障水平。高质量的施工确保房屋安全耐用,不动产登记则为房屋赋予合法产权,使农民能够通过抵押、流转等方式实现资产增值,助力乡村振兴。其次,从社会治理角度看,协同优化能够减少纠纷和矛盾。施工质量的提升减少了因房屋质量问题引发的邻里纠纷,不动产登记的清晰化则避免了产权争议,有助于维护农村社会的和谐稳定。最后,从经济发展角度看,协同优化能够激活农村土地市场,促进农村土地资源的合理配置和高效利用,为农村产业发展提供土地要素支持,推动农村经济的可持续发展。

5 协同优化的策略与措施

5.1 政策协同优化

政策协同优化是实现施工质量监督与不动产登记协同的基础。首先,需要整合现行的宅基地管理政策,明确施工质量监督与不动产登记的衔接点,确保政策之间的协调性和一致性。例如,制定统一的宅基地建设标准和质量规范,将其作为不动产登记的前置条件,从源头上保障房屋质量。其次,地方政府应结合云南农村实际情况,出台针对性的实施细则,解决历史遗留问题,如宅基地超标、一户多宅等,为协同优化提供政策依据。建立政策动态调整机制,根据农村经济发展和农民需求变化,及时修订和完善相关政策,确保政策的科学性和时效性。通过政策协同优化,能够为施工质量监督与不动产登记的协同提供坚实的制度保障,推动农村宅基地管理的规范化和高效化。

5.2 流程协同优化

流程协同优化是提升施工质量监督与不动产登记效率的关键。目前,云南农村宅基地管理中,施工质量监督与不动产登记流程分散且复杂,存在重复环节和信息孤岛。为此,应整合两者的业务流程,建立“一站式”服务平台,实现申请、受理、审核、发证等环节的无缝衔接。例如,在施工质量验收合格后,直接启动不动产登记程序,减少农民办事的往返时间和成本。明确各部门在协同流程中的职责分工,避免推诿扯皮现象。引入信息化手段,建立统一的管理系统,

实现数据共享和实时更新,提高流程的透明度和效率。通过流程协同优化,能够有效缩短办理时间,提升农民的满意度,推动农村宅基地管理的精细化和高效化。

5.3 信息协同优化

信息协同优化是施工质量监督与不动产登记协同的技术支撑。当前,云南农村宅基地管理信息化水平较低,施工质量监督与不动产登记信息未能有效共享,导致管理效率低下和决策失误。为此,应加快农村宅基地管理信息化建设,建立统一的数据库和信息平台,整合施工质量监督、不动产登记、宅基地审批等多源数据,实现信息的实时共享和动态更新。例如,通过地理信息系统(GIS)技术,对宅基地的位置、面积、房屋结构等信息进行可视化管理,为施工质量监督和不动产登记提供精准数据支持。利用大数据分析技术,挖掘数据背后的潜在问题和趋势,为政策制定和管理决策提供科学依据。通过信息协同优化,能够打破信息壁垒,提升管理的科学性和精准性,为农村宅基地管理的现代化奠定基础^[5]。

6 结语

总而言之,云南农村宅基地建筑施工质量监督与不动产登记的协同优化,是推动农村土地资源高效利用、保障农民权益和促进乡村振兴的重要举措。通过政策协同优化,能够为农村宅基地管理提供坚实的制度保障;通过流程协同优化,能够提升管理效率和服务水平;通过信息协同优化,能够实现数据共享和科学决策。然而,协同优化的实施仍需克服诸多挑战,如政策落实的“最后一公里”问题、信息化建设的区域差异等。未来,需要进一步加强政策支持、技术投入和基层能力建设,推动协同优化机制的不断完善。只有这样,才能真正实现农村宅基地管理的规范化、高效化和现代化,为农村经济社会的可持续发展提供有力支撑。

参考文献

- [1] 朱迪,张建,吴泽斌,等.中国农村宅基地退出的区域福利转化效率及省际差异分析[J/OL].中国农业资源与区划,1-14[2025-03-15].
<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3513.s.20250313.1425.012.html>.
- [2] 陈卓.河南省农村宅基地改革试点县实践研究[J].现代农业研究,2025,31(03):93-96.
- [3] 刘辉,杨政.基层改革中的全过程人民民主及其实现机制——基于一个农村宅基地制度改革试点村实践的考察[J/OL].广西民族大学学报(哲学社会科学版),1-9[2025-03-15].
<http://kns.cnki.net/kcms/detail/45.1349.C.20250228.1318.006.html>.
- [4] 吴九兴.农村宅基地“三权分置”改革的实现路径[J].农村·农业·农民,2025(02):78-84.
- [5] 赵新华,赵艳霞.盘活用好农村闲置宅基地的若干思考——以河北省迁西县为例[J].农村·农业·农民,2025(02):53-55.

Research on construction cost prediction model and cost control method

Shugang Wang

Hebei Metallurgical Construction Group Co., Ltd. Fifth Engineering Branch, Shijiazhuang, Hebei, 050035, China

Abstract

The scientific prediction and effective control of construction project costs are directly related to the economic benefits and resource allocation efficiency of projects, making them a key research direction in engineering management. Traditional cost management models suffer from issues such as delayed response and low accuracy when faced with complex engineering conditions and market changes. Therefore, building a reasonable cost prediction model and comprehensive cost control methods is crucial for improving project execution efficiency. This study focuses on the construction and classification of construction project cost prediction models, reviews the theoretical foundations and application scenarios of mainstream methods, and delves into the implementation mechanisms of various control measures in practical engineering. The aim is to establish a full-process management system that integrates models and methods, providing systematic support for investment decisions and cost management in construction projects.

Keywords

construction engineering; cost prediction; cost control; model construction; whole process management

建筑工程造价预测模型与成本控制方法研究

王树刚

河北冶金建设集团有限公司第五工程分公司, 中国·河北 石家庄 050035

摘要

建筑工程造价的科学预测与有效控制直接关系到项目经济效益与资源配置效率, 已成为工程管理领域的重要研究方向。传统造价管理模式在面对复杂工程条件和市场变化时存在反应滞后、精度不高等问题, 因此, 构建合理的造价预测模型与完善的成本控制方法成为提高项目执行效率的关键。本研究围绕建筑工程造价预测模型的构建与分类, 梳理主流方法的理论基础与适用场景, 深入分析各类控制手段在工程实践中的实施机制, 旨在建立模型与方法融合的全过程管控体系, 以期为建筑项目的投资决策与成本管理提供系统支持。

关键词

建筑工程; 造价预测; 成本控制; 模型构建; 全过程管理

1 引言

建筑工程作为资金密集型产业, 其造价管理水平直接影响项目的经济效益与建设质量。在工程周期逐渐延长、施工技术不断复杂的背景下, 单一经验判断已无法满足高精度预测需求, 传统成本控制手段也难以应对多维度成本变动因素的挑战。因此, 从数据驱动出发构建适应不同阶段的造价预测模型, 并结合全周期的成本管控体系, 已成为实现精细化管理的核心路径。研究造价预测模型的结构逻辑与成本控制方法的应用机制, 不仅有助于提升资源配置效率, 也有助于推动工程管理理论体系向智能化、系统化方向发展。

2 建筑工程造价预测的理论基础与发展现状

建筑工程造价通常由直接工程费、间接费、利润、税金等构成, 其核心在于反映建设过程中资源耗费与经济支付的总量。直接工程费包括人工费、材料费和机械使用费, 是造价的主体部分, 间接费则涵盖管理费、安全文明施工费等项目运行相关开支。影响造价的因素较为复杂, 包括项目规模、结构形式、地理位置、工期安排、设计方案、施工技术水平及市场供需变动等。在不同阶段, 这些因素对造价形成的贡献度差异显著, 前期设计阶段以技术与功能取向为主, 中后期施工阶段则更受物价与合同管理影响。此外, 政策环境、行业规范、资源可得性也会引发造价的动态波动, 因此对各类构成要素与影响变量的系统性认知, 是构建科学预测模型的基础。有效的预测不仅有助于业主实现成本控制目标, 也为承建单位的合同报价和执行提供参考依据。通过构建理论严谨、数据驱动、阶段适应的预测体系, 工程项目可

【作者简介】王树刚(1981-), 男, 中国河北邯郸人, 本科, 工程师, 从事建筑技术研究。

实现由粗放管理向精细化管理的转变，推动整体管理效能的系统提升^[1]。

3 常用建筑工程造价预测模型分析

3.1 参数估算法与指标估算法的应用特性

参数估算法以工程实体的典型参数为基础，通过建立成本与参数之间的函数关系实现快速估算，常用于设计初期缺乏详实图纸的情景。该方法适用于标准化程度较高的建筑类型，对数据积累和经验判断依赖较强。指标估算法则基于历史工程的单位造价指标，如每平方米建筑面积造价、每立方米土建费用等，进行类比推算，简便性强但精度受历史样本代表性影响较大。在中小型项目及初步可行性研究阶段，两者常被优先采用，用于快速获得投资区间。其精度在±15%至±25%范围内波动，主要受技术参数稳定性与市场价格波动程度制约。两种方法均强调经验数据积累与工程类型匹配性，在缺乏详尽工程量清单的条件下具备较高的实用价值，但难以适应复杂结构和功能多样项目的造价预测需求，图1为建筑项目工程造价的有效控制流程分析图。

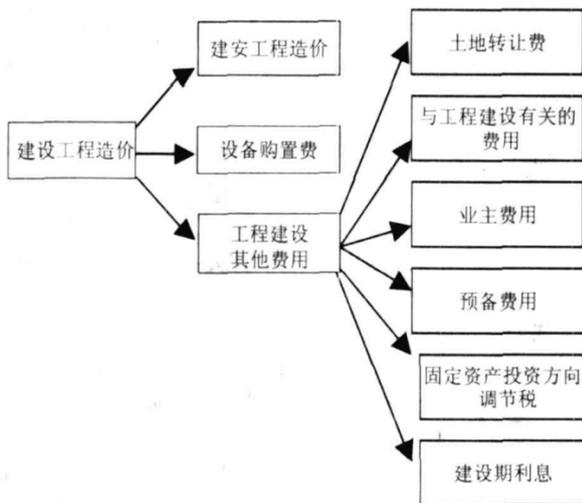


图1 建筑项目工程造价的有效控制流程分析图

3.2 回归分析模型在造价预测中的实践运用

回归分析模型以历史数据为基础，通过建立自变量与造价之间的数学函数关系，实现对未来工程造价的预测。在—项涵盖120个住宅项目的数据研究中，选取建筑面积、层数、结构类型、建设周期等4个自变量，构建多元线性回归模型后，预测结果的平均相对误差控制在±8.6%。回归系数的显著性检验表明建筑面积与层数对造价影响最为显著，模型的决定系数R²达到0.87，显示出较强的拟合度。实践中，该模型适用于设计参数明确、数据结构稳定的工程类型，在商业建筑和标准厂房项目中表现优异。其优势在于计算逻辑清晰、参数可量化，便于管理部门进行投资预判和项目对比分析。但当自变量间存在多重共线性或数据离散性过高时，模型精度将明显下降，因此需结合工程特征进行前期变量筛

选与数据清洗^[2]。

3.3 模糊数学与灰色系统理论在不确定条件下的造价预测

在设计尚未明确、信息不完备的工程初期，模糊数学与灰色系统理论因其对不确定性问题的适应能力而具有重要应用价值。以某省14项公共建筑数据为基础，采用模糊综合评价模型构建预测体系，通过隶属度函数对结构类型、施工技术、市场材料价格等影响因素进行模糊化处理，最终预测误差平均值控制在±9.3%。灰色系统理论则以小样本、不完全数据为前提，通过构建GM(1,1)模型对历史成本序列进行建模与拟合，在某市市政工程中的试验性应用显示，其短期造价预测偏差率不超过±7.8%。两种方法均不依赖完整的统计分布或大量样本，适合早期方案阶段和信息有限场景，能有效弥补传统模型在不确定条件下精度下降的问题。其灵活性与系统性使之成为复杂多变工程环境下的重要辅助工具，尤其在新技术、新材料频繁介入的现代建筑项目中表现出广泛适用性^[3]。

4 建筑工程成本控制的方法体系构建

4.1 成本控制目标的分解与动态管理机制

建筑工程成本控制目标的实现依赖于系统化的分解流程与动态调整机制。在初始阶段，应通过目标成本分解法将总控制指标细化至各施工单元、各时间节点及相关责任部门。依据项目结构WBS(Work Breakdown Structure)开展控制要素层级拆分，形成任务驱动型成本控制矩阵，实现控制标准与执行单元的精确匹配。控制过程需结合动态管理思想构建PDCA(Plan-Do-Check-Act)循环体系，计划环节制定基准预算与资源配置方案，执行环节实时采集进度与成本数据，检查环节实施偏差分析与节点审计，调整环节则通过修正控制策略实现闭环反馈。在管理平台支持下，形成目标分解—动态跟踪—信息反馈—策略修订的闭环机制，保证成本控制始终围绕整体目标运行。此机制强调计划编制与执行协调联动，使成本管控由静态预算向动态适应过渡，有效提升管理效能。

4.2 合同管理与造价控制的协同策略

合同管理作为建筑工程成本控制的关键环节，需通过系统化策略实现条款约束与动态调整的有机融合。在控制机制设计中，应将合同条款与项目阶段造价控制点进行绑定，明确工程量变更、索赔处理、计价方式等内容与成本目标之间的逻辑衔接。通过引入合同风险识别与控制节点，构建变更审批流程与价格核算模型，增强控制执行力与约束力。在实践中构建CCS(Contract-Cost Synergy)协同结构，分别设立合同执行监控模块与成本核算反馈模块，通过信息系统实现数据互通与过程联动，使合同执行情况实时反馈至造价控制平台。在协同机制运行中，动态记录合同履行过程中的关键数据，及时识别偏离项，通过量价联动机制实现成本修

正。该体系不仅提升合同管理的预控能力，也使成本控制具备法务支撑与约束效率，增强整体控制系统的完整性与抗风险能力^[4]。

4.3 成本控制的全过程信息化手段

全过程成本控制的实现需要依托信息化手段构建覆盖设计、采购、施工与竣工各阶段的统一管理平台。在技术路径上，应以 BIM (Building Information Modeling) 为核心，融合 ERP (Enterprise Resource Planning) 与 EPC (Engineering-Procurement-Construction) 系统，建立标准化、集成化的成本数据体系。通过模型驱动的工程量的提取与动态预算编制，实现设计阶段成本快速估算与方案对比。在施工阶段部署项目管理平台，对进度、用工、材料、机械等资源消耗数据实时采集并自动汇总至成本数据库，形成数据驱动的多维度成本分析机制。系统通过设定预警阈值，实现偏差自动识别与异常推送，辅助管理人员进行决策调整。在竣工阶段基于台账与结算数据构建成本闭环回溯模型，完善成本知识库，提升后续项目预测精度。全过程信息化不仅实现成本控制的实时性与可视化，也为建设单位与承包商提供协同共享的管理平台，强化管理过程的透明性与可控性，图 2 为信息化智慧工地成本控制平台流程展示。



图 2 信息化智慧工地成本控制平台流程展示

5 模型与方法融合下的建筑造价管控优化路径

造价预测模型在建筑工程全生命周期中具备阶段适应性与动态集成潜力。在项目立项阶段可采用指标估算法快速

判断投资区间，在设计阶段通过参数模型和回归模型结合实现方案对比与造价优化，在施工准备阶段引入模糊与灰色系统模型应对信息不全问题，实现初步预算与资源匹配的协调规划。随着数据维度的增加与模型结构的演化，预测体系可由单一模型向组合模型过渡，通过集成化平台实现数据传递、模型调用与结果融合，为全过程成本控制提供动态预测支撑。不同类型与规模的工程项目对成本控制方法的适配要求呈现出差异化特征。在高复杂度项目中应以动态控制与过程预警为主，结合合同管控机制实现风险闭环管理。在标准化项目中注重定额体系与责任分解的匹配性，以控制节点刚性约束推动目标达成。控制方法的优化依赖于流程设计、责任归属、数据传导三者之间的高效协同，通过构建以阶段性反馈机制为核心的成本响应网络，将管理策略由静态管控转向动态适应，提升控制效果的敏捷性与精准度^[5]。

6 结语

建筑工程造价预测与成本控制是保障项目经济性与可控性的重要环节。通过构建科学的预测模型与高效的控制方法体系，能够提升管理水平，降低成本风险，实现资源优化配置。随着信息技术与管理理念的不断演进，模型与方法的融合趋势愈发显著，为造价管理注入了更多的智能化与系统化元素。在多因素驱动与不确定环境下，推动模型协同与全过程控制体系的构建，将成为未来工程造价管理的核心方向，助力工程项目在复杂约束中实现效益最大化。

参考文献

- [1] 秦应红.基于改进随机森林算法的建筑工程全过程造价预测研究[J].城市建筑,2025,22(06):224-226.
- [2] 熊红娟,周海军,周国义,费世文,覃辉云.基于多元结构整体线性回归法的建筑工程造价预测模型分析[J].江西建材,2024,(12):462-465.
- [3] 郝亚强.基于CS-SVM算法的BIM建筑工程造价预测模型应用[J].江西建材,2024,(12):466-469.
- [4] 田宇晖.基于BP神经网络的大型建筑工程施工造价预测方法研究[J].中国建筑金属结构,2024,23(10):16-18.
- [5] 张文博.基于深度学习的建筑工程造价预测研究[J].石河子科技,2024,(05):61-62.

At this stage, the application of digital surveying and mapping technology in engineering surveying

Shuoqi Ding

Xingtai Shunxin Construction and Installation Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 054000, China

Abstract

Digital surveying technology integrates modern technological means to achieve automation, high precision, and real-time engineering surveying, significantly improving the efficiency and accuracy of terrain surveying, construction layout, deformation monitoring, and other engineering surveying. This article studies the specific applications in engineering surveying, where unmanned aerial vehicle technology enables rapid collection of large-scale terrain, GNSS-RTK technology optimizes construction control measurement, 3D laser scanning provides sub millimeter level accuracy support for structural health monitoring, and the integration of BIM and GIS promotes the management of the entire life cycle of engineering. These technological advancements not only solve the bottleneck problems of traditional measurement, but also provide data support for engineering quality control and safety management, marking a new stage of digital and intelligent development in engineering measurement.

Keywords

digital surveying and mapping technology; engineering surveying; apply

现阶段数字化测绘技术在工程测量中的应用

丁烁奇

邢台市顺鑫建筑安装有限责任公司, 中国·河北 邢台 054000

摘要

数字化测绘技术通过集成现代技术手段, 实现了工程测量的自动化、高精度化和实时化, 显著提升了地形测绘、施工放样、变形监测等工程测量的效率与精度。本文研究了在工程测量中的具体应用, 无人机技术实现了大范围地形快速采集, GNSS-RTK技术优化了施工控制测量, 三维激光扫描为结构健康监测提供了亚毫米级精度支持, BIM与GIS的融合则推动了工程全生命周期管理。这些技术进步不仅解决了传统测量的瓶颈问题, 更为工程质量控制、安全管理提供了数据支撑, 标志着工程测量进入了数字化、智能化的发展新阶段。

关键词

数字化测绘技术; 工程测量; 应用

1 引言

在工程建设规模扩展、复杂化发展下, 原有测量工作方法已不适用于当代工程建设需求。数字测绘技术是对计算机、空间信息和传感等技术的综合运用, 对工程测量中空间信息的获取和记录情况进行数字化表达。通过数字化测绘技术, 从实际工作进程中的具体数据采集到相关成果的应用均以数据为基础, 可以确保当代工程测量的高度定位、智能记录、全面覆盖, 获得高精度、高效率、高自动化等进步性。笔者对数字化测绘技术的相关内容进行系统梳理, 探讨数字化测绘技术对当前工程测量各部分的运用, 以此对数字化测绘技术在当下工程的测量工作的运用发展提供一定借鉴, 保障我国工程建设的智能高效完成。

【作者简介】丁烁奇(1992-), 男, 中国河北邢台人, 从事测绘工程研究。

2 数字化测绘技术的概述

2.1 定义与特点

数字化测绘技术就是借助于先进的信息化测绘技术方法, 将传统的测绘工作向数字化、信息化的数据采集、数据处理、数据应用方面转化, 在计算机技术的基础上辅之以传感器技术、通信技术及空间信息技术, 实现了全部测绘工作的自动化及信息化。随着数字化测绘技术的出现, 工程测量工作无需人工劳动、不耗时耗力并且还降低了错误率。

数字化测绘技术的主要特点体现在三个方面: 高自动化, 从采集、处理到成果输出均实现自动化操作或较少操作, 可实现测绘工作的精简化; 高精度化, 现有多维数字化测绘设备如全站仪、三维激光扫描仪可实现毫米级、亚毫米级精度测量, 优于光学仪器测量精度; 实时化, 依托于 5G、北斗短报文等的 5G 通信技术, 可实现现场测量数据实时传输至后台软件, 可实现对工程建设的实时决策。

2.2 主要的数字化测绘技术

在全球导航卫星系统 (GNSS) 作为空间位置基础设施的基础上, 其应用从传统的 GPS 到我国的北斗系统已经成熟, 在高原铁路建设中北斗三号系统的短报文, 打破了无人区通信瓶颈, 动态测量 (RTK) 技术将平面定位精度从传统的 $\pm 100\text{mm}$ 提高到 $\pm 8\text{mm}+1\text{ppm}$, 高程精度提高到 $\pm 15\text{mm}+1\text{ppm}$, 实现了作业方式上的全面突破。

全站仪和电子水准的数字化在测量与标定方面表现为数据流的连续性。智能全站仪具有自动捕获目标的功能, 单一棱镜观测只需 0.3s, 测量结果经由蓝牙直接发送至手持设备。电子水准仪使用的是相位条码标尺, 测量每公里往返测高差中误差小于 0.3mm, 数据处理软件还可以进行测量平差实时计算^[1]。

卫星遥感和航天摄影测量技术得以实现飞跃式提高。载有 5 台相机的六旋翼无人机在 200m 高度时地面空间分辨率为 2cm, 单次可飞行 2km² 左右。密度 200 点 / m² 以上时地物分类精度超过 95%。无人机在灾后进行应急测绘可以利用无人机一天拍摄 0.5km² 的正射影像, 为抢险决策提供第一手应急影像。

实现了由数据管理向智能分析转变的 GIS。TB 级海量点云数据存储于空间数据库, 叠加分析算法实现 1 平方公里范围内 10 秒进行地形变化检测。在某智慧城市示范项目中, GIS 系统将 20 年间多时相的测绘数据构建到一个空间框架, 采用时空分析预测了地面沉降演变趋势。

BIM (建筑信息模型) 和测绘成果结合成为工程管理的新技术, 激光扫描的点云数据通过 ICP 算法与 BIM 模型进行配准, 配准精度控制在 3mm 以内, 在某超高层项目, 基于 BIM 的施工放样系统将核心筒钢结构安装精度控制在 $\pm 2\text{mm}$, 比传统方法的精度提高了 60% 以上, 竣工阶段通过模型比对, 可以自动提示超过 5mm 的施工偏差, 提升了验收效率。

3 数字化测绘技术在工程测量中的具体应用

3.1 地形测绘与工程勘测

如今在工程勘测领域中, 对地形测量、工程测量的研究中引入了数字化测绘技术, 利用数字化技术在工程测量领域的应用, 将更加广泛。利用无人机航测具有机动灵活、高效等优势, 在大面积的工程测量中, 无人机航测是适用且主要的方式。在某高速公路选线工程中, 利用大疆 M300RTK 无人机搭载 L1 激光雷达, 在飞行 150m 高度下, 单次飞行可拍摄数据的范围为 12km², 数据点密度为 160 点 / m²。利用集成的 PPK 后处理软件, 可以达到平面成果精度 3cm、高程成果精度 5cm, 满足地形图 1 : 500 的比例尺精度要求。值得注意的是, 利用激光雷达搭载多回波探测技术, 对植被上下的回波都能采集, 大大减少了在植被茂密地方对林下地形的调绘的工作量, 相比传统航测方法, 大大地减少了

70% 外业调绘的工作量。

精确度达 1 米、间隔可达 0.1 米的高精度数字高程模型 (DEM) 制作已完全实现自动化; 使用点云分类提取的地面点比例均超过 98%, 使用 TIN 三角网构架后的 DEM 格网间隔在 0.1 米内。在南方一个丘陵地区的光伏站场选址项目中, 根据 0.2 米分辨率的 DEM 进行坡度评估, 精确地判定了不适合选建的位置, 为场址优化提供量化的参考; 根据精确度在像素点之上的深度学习的自动矢量化技术, 利用 U-Net 神经网络的自动识别地物边界的技术对房屋等目标的自动提取率超过 90%。在某新城规划项目中, 将 20 平方公里、1 : 1000 比例尺的 DLG 图的制作周期从原来的 30 天缩短到了 5 天。

3.2 施工测量与放样

因此, 随着现代化建筑施工生产, 应用数字化测绘技术的施工测量和放样作业的施工方式引起了极大的革命。GNSS-RTK 能够实时输出厘米级定位信息, 成为超大型工程控制测量的常用方法, 新的接收机通过使用多频多系统的解算可以有效应对特殊环境, 且依然可以保证固定解, 平面的定位精度为 8mm+1ppm, 高程定位精度为 15mm+1ppm。例如某超长跨海大桥, 施工企业能够在海上平台架设 GNSS 基准站, 并通过 4G 网络实现 20km 范围内的 RTK 信号播发, 解决实际测量施工中的传统测量船定位困难的问题。另外, 基于云计算平台的 CORS 支持多基站联合解算, 控制网的布设效率提高了 300% 以上, 某工业园区建设中仅用两天的时间完成控制点 20 个的一级控制测量任务。

目前, 全站仪自动测设和 BIM 技术集成是实现自动化施工作业的大趋势。全自动型全站仪装有自动目标识别、伺服驱动等技术, 360° 棱镜可以单人单机作业。在一个超高层工地使用测量机器人, 机器人通过无线局域网, 直接从 BIM 模型读出设计坐标, 自动计算自动放样线路, 从 4 个小时到 1.5 个小时完成标准层的放样作业^[2]。有趣的是, 放样全过程实测自动采集数据通过网络传输至 BIM 平台进行施工偏差热力图统计, 偏差累积超 5mm 自动报警。在某钢结构安装施工项目中, 通过这样的闭环控制体系, 对构件安装质量从合格率 92% 提高到 99.6%。

3.3 变形监测与安全评估

激光三维扫描正成为工程结构健康监测领域新的变形监测参考技术。基于相位式的激光扫描仪, 单台扫描耗时降至 2min, 点间距在 1mm 以内, 变形辨析能力已可接近亚毫米量级。针对某跨江斜拉桥变形监测项目, 在塔与梁的关键监测断面部署 12 个固定激光扫描站, 利用每周一次的数据采集周期开展周期性扫描对比分析, 通过点云配准技术识别出其 0.3mm 级的季节温度变形量级。进一步基于有限元模型反求计算, 通过将多期扫描数据导入有限元模型进行反演, 可同时计算得到结构内力在变形作用下多重分布的数据, 为桥梁的安全监测提供了一些目前激光测量难以为之带

来准确量化的数据信息^[3]。

预警与实时监控的发展：通过部署在工程上的自动化监测网络，例如在某水库大坝上采用了 GNSS、倾角、激光测量等多种监测手段，利用 5G 专网以秒级的数据量传输，自主研发的算法预警平台可基于滑动窗口方差分析法在结构异常变形达到预警指标前 30min 即可发出预警信息，并在最新一次经历台风影响过程中精准预测了泄洪闸支撑结构微变形的发展趋势，从而提前布置支撑加固的行动。另外，新一批监测系统的出现开始采用基于机器学习的方法对历史数据的学习来建立结构响应的预测模型，误报得以控制。

新技术重塑工程安全管理：“基于 BIM 的某地铁隧道天地一体式施工监测研究”应用卫星遥感、光纤应力传感、三维激光扫描等手段，对地铁隧道的沉降变形、围护结构的水平收敛及沉降进行精密化全包围区域和断面的监测，并且对地面的沉降进行全天候监测，在 BIM 的基础上对这些数据进行处理。当监测数据发生指定区域出现每日变形 0.5mm 以上时，会自动预警，指令指定人员进行指定区域的加固，起到了预防事故发生的有效作用。

3.4 地下工程测量

随着信息化测量技术在隧道中应用范围的拓展，除了应用常规的测点布置方式对结构及洞室进行实体测量外，在遮挡空间的测量中通过激光扫描的方式可以将其空间实体完整而清晰地“变现”，使一些隐蔽、受限空间的测量更为直观和精确。在某隧道贯通测量方面，已经发展了一套以陀螺全站仪为测量平台的技术方案，目前使用的是光纤陀螺，测点方位角的误差值可以达到 1.5，能够在 3 公里的长隧道内将横向贯通误差值控制在 20mm 以内。某引水隧洞项目中，测量组将移动激光扫描系统搭载在盾构机上，并利用 SLAM 技术对掘进过程中的实时断面进行扫描分析，测控超挖量值的误差达 $\pm 3\text{cm}$ ，更进一步地建立贯通误差模型，运用最小二乘平差法预测贯通最终误差值，使 5 公里的隧道最后的贯通误差值比设计标准增长了 40%。

在管线探测技术上，从单一的电磁感应发展至多个传感器综合利用的联合探测，新型的探地雷达设备工作频率为 100MHz-2GHz，三维成像软件可探测埋深为 3m、管径为 50mm 以上的各种管线^[4]。某工程地下管廊项目采用电磁法-地质雷达-惯性定位的探测模式，创建地下管网三维管线图并有效标识出 572 条管网，定位精度达到埋深的 5%。特别是利用深度学习研究的识别管线算法能够自动判别给水管、燃气管等不同材质的管线，分类识别率达到 90% 以上。

可视化地下空间建模引领“透明城市”建设。采用车载移动测量系统，集成激光扫描仪、全景相机和惯性导航装置，1h 完成 10km 道路下城市地下空间的数据采集工作。在某智慧城市建设项目中建成的三维地下管网模型精度达

5cm，可实现任意剖面下的开挖分析，城市道路施工中管线事故发生率降低了 60%，极大地提升了地下工程测量的精度与效率，实现了从“看不见”到“看得清”的飞跃，为城市地下空间科学开发与利用提供技术保障。

3.5 竣工测量与工程验收

验收测量、竣工测量是近年来数字化测绘技术加快工程质量监督的全过程环节，在竣工阶段充分用上高分辨率点云，比对 BIM 模型，实现三维激光扫描竣工复测，精度 $\pm 2\text{mm}$ ^[5]。如在某大型体育馆工程扫描了 156 个测站，产生了 8 亿点点云，经点云 ICP 算法配准后，点云自动配准，同时自动生成偏差色谱图，12345 个检测点都在 8 小时内实现了扫描点云与竣工 BIM 模型的自动对比完成测量竣工验收。更重要的是，自主的点云深度学习算法，自动提取点云中的构件对象，例如区别检测螺栓球节点、网架杆件，验收速度提高 5 倍以上。点云精细化验收使得某大型机场航站楼幕墙安装由 $\pm 8\text{mm}$ 强制管理为 $\pm 3\text{mm}$ 以内。

工程数据的管理一体化主要体现在工程数据多源数据的统一管理分析和基于 GIS 的功能操作，例如某轨道交通工程项目的竣工 GIS 数据库能够统一融合 20 公里（共计 532 站）的多源扫描点云数据、1864 个点线控制点测量成果及管线埋深属性信息。依据时空数据库管理系统来实现时序观察、各标段节点工程发展情况的功能，可快速自动导出符合规范要求的 CJJ/T8-2011 竣工测量报告。进一步可以依据 GIS 的空间分析能力得出任意路段净空断面成果，为营运后期的运营维护分析提供可靠的依据。针对某海底隧道项目竣工 300Gb 点云数据在后期营运期间养护，可对各隧道段毫米量级的变形趋势进行分析。

4 结语

现代测绘数据处理技术的全面融入使得工程测量工作的定位与质量水平进一步提升，对于高精度实施与控制、动态监测与实时掌控、三维重建与虚拟模拟、自动化预警与智能分析等技术的要求越来越细。相信随着后续智能化技术、5G 技术等新技术的逐步加入，将来必定会使数字化测量更加智能化、更加人性化。

参考文献

- [1] 毛文亮.智能化发展下工程测量中的数字化测绘技术探析[J].水上安全,2023(14):64-66.
- [2] 陈展朋.数字化测绘技术在建筑工程测量中的应用[J].江西建材,2023(08):134-135.
- [3] 吴金明.数字化测绘技术在工程测量中的运用研究[J].科技资讯,2023,21(06):23-26.
- [4] 吴嫣婷.数字化测绘技术在工程测量中的应用[J].工程技术研究,2023,8(19):84-86.
- [5] 罗娟.浅析数字化测绘技术在工程测量中的应用[J].城市建设理论(电子版),2024(02):169-171.

On site construction and management of modern landscape greening projects

Jun Chen

Anhui Zhongjiang Ecological Technology Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230000, China

Abstract

With the continuous improvement of people's quality of life, people pay more attention to the quality of their living environment. As an important part of urban construction, the on-site construction of modern landscape and greening projects can provide a beautified construction environment, enhance urban ecological construction, improve living environment, and provide more comfort for people's lives. The article provides a detailed analysis of the key points of on-site construction and management in modern landscape greening projects, including plant planting, garden ornaments, etc., including construction quality management, project progress management, etc. It is hoped that this can help improve the level of construction quality and management, and create conditions for creating a good garden landscape.

Keywords

Landscape and Greening Engineering; On site construction; construction management

现代风景园林绿化工程的现场施工与管理

陈俊

安徽中匠生态科技有限公司, 中国 · 安徽 合肥 230000

摘要

随着人们生活质量的不断提升,人们更加注重生活环境的品质,现代风景园林绿化工程的现场施工,作为城市建设的重要内容,能够为城市提供美化的建设环境,增强城市生态建设,改善居住环境,为人们的生活提供更多的舒适性。文章对现代风景园林绿化工程的现场施工的植物种植、园林小品等施工要点、施工管理要点进行了详细的分析,包括工程施工质量管理、工程进度管理等方面,希望能有助于提高工程施工质量水平和管理水平,为营造良好的园林景观创造条件。

关键词

风景园林绿化工程; 现场施工; 施工管理

1 引言

城市发展中,建筑增多、交通变便捷,人们对自然生态的向往愈发强烈,现代风景园林绿化工程肩负起改善生态、丰富居民精神生活的重任,其净化空气、提供休闲空间等价值显著。但目前的工程现场施工管理难度大、交叉施工配合难、材料使用标准不满足、进度常常被打断,质量管理缺乏体系且缺乏安全意识,很大程度上影响了品质的提升。因此,探讨有效策略对推动行业发展、创造宜居环境有重要意义。

2 现代风景园林绿化工程现场施工要点

2.1 地形塑造与土方工程

2.1.1 地形设计与场地规划

地形是骨架结构,园林构造需要通过合理的地形来塑

造无限的景观空间。施工前,要根据园林设计计划,勘察场地,对场地的地形、地势、土质等情况做到心中有数,按照设计意图,设定地形的起伏、坡度、水系走向等。如建造山地,模拟自然山形,坡度要合理,保证山体稳定,同时要考虑到游人行走的安全、便利因素。低洼的地形,可设计成池塘或湿地,既可以收集雨水,又可以增加景观类型。整体的场地规划要考虑到交通组织、场地功能、种植区域等因素,各个分区既要和谐,又要有有机地统筹安排^[1]。

2.1.2 土方施工技术与管理

土方工程是地形塑造中的重要内容,主要内容包括土方的开挖、运土、填筑和压实等。在开挖方面,开挖时需要根据土质和开挖的深度,选择合适的开挖机械设备,如挖掘机、装载机等,保证开挖效率和质量。开挖的土方土层需要进行分类堆放,可用于填筑的优质土方和不能用于填筑的土方应该分开堆放。在运土方面,要防止土方中的粉尘、漏洒等造成环境污染。在填筑方面,需要按照设计方案的内容和指示进行分层填筑,每层不可太厚,一般为 30cm 左右,然

【作者简介】陈俊(1984-),男,中国安徽合肥人,本科,工程师,从事园林、绿化研究。

后进行压实，压实可以使用专用的碾压机，如压路机、打夯机等，保证土方压实密度，符合设计要求。

2.2 植物种植施工

2.2.1 植物品种选择与搭配

植物是风景园林绿化的基本单位，选择适宜的植物种类进行合理搭配，就能够形成具有美感的、舒适的园林景观。选择的植物种类要能够根据当地的实际情况，结合土壤的肥沃程度，以及植物的生长习性和特点进行选择。要选择对当地环境适应性强，抗病虫害能力强，养护容易的植物种类^[2]。例如：在气候干旱地区，要选择耐旱的植物，像仙人球、龙舌兰等。在土壤肥沃程度不高的地区，要选择耐贫瘠的植物，像构树、刺槐等。残损的搭配要注重植物的层次和色彩的变化，搭配时要有高低、大小、颜色丰富的变化。如背景植物以高大的乔木为主，中层搭配灌木，下层种植地被植物，同时选择的花卉要保证三季有花。

2.2.2 种植穴挖掘与苗木栽植

种植穴的挖掘质量的好坏直接影响到苗木的生长，根据苗木根系大小和土球直径，确定种植穴的大小，深度。种植穴一般直径比苗木土球直径大30~40cm，深度比土球高度深20~30cm。挖穴时表层土和底层土分别摆放，以备后用。4 苗木栽植在对苗木进行修剪后，去除枯枝和病枝，去掉过长根系，减少苗木水分蒸发，提高成活率。栽植时将苗木放入种植穴中心位置，扶正苗木，先回填表层土，回填到一半时，用手轻轻提苗，使根系舒展，然后继续回填土，分层踩实，最后浇透水，即“定根水”，使土壤与根系充分接触，部分大型苗木还要设立支撑，防止倒伏^[3]。

2.3 园林小品与设施施工

2.3.1 园林小品的制作与安装

园林小品是园林景观中体量小巧，起到点缀、装饰及其他实用功能的建筑小品，最常见的类型有亭子、假山石、园桥、廊道等。园林小品的设计要注重技法和艺术效果，根据设计风格和要 求，采用恰当的材料和制作工艺。假山可采用太湖石、黄石等，采用垒砌、堆叠、拼接等技艺来模拟自然假山的效果；亭廊要根据设计图纸进行建造，建造中要保证亭廊结构的稳固和外观美观，在连接亭廊的结构时，要确保部品连接紧密，位置合适，在材料上要注意防腐、防生锈等处理。

2.3.2 园林设施的设置与调试

园林设施包括园路、座椅、垃圾桶、照明设施等。为游客提供方便、舒适的游览条件。园路的施工要根据场地的地形、游览路线而定，选择合适的路面材料，如石材、木材、沥青等。路面要平整、防滑，排水要好。座椅、垃圾桶等的设置要合理，既方便游人使用，又要注意与周围环境的协调。亮化设施的设置要对景观效果和照明效果进行考虑，选择合适的灯具、安装位置，为夜晚时间园林景观的

安全、观赏效果提供保障。安装完毕后，要对所有园林设施进行调试，确保所有的设施都正常工作。

3 现代风景园林绿化工程施工管理策略

3.1 质量管理

3.1.1 建立完善的质量管理体系

质量管理体系是提高风景园林绿化工程质量的有效保证。施工单位应成立质量管理机构，设置相关的质量机构和人员，制定质量管理制度的质量操作规范，对施工材料的采购、检验，施工质量控制，工程竣工验收都制定了严格的标准和流程。以施工材料采购为例，首先要货比三家，选择质量信得过、有信誉的供应商，对其采购的材料进行严格的检验检测，确保材料达到设计要求和规定标准。施工过程中要实行“三检”制度，对每道工序完成工作后，先由施工班组进行自检，合格后由施工队进行互检，再由专职质检员进行专检，检验合格后才能进行下一道工序。

3.1.2 加强施工过程质量控制

过程质量控制要对施工的各个环节进行监控，及时发现质量问题，及时整改。地形塑造要对地形的标高与坡度进行定期测量，确保设计要求的达标；植物种植施工中要严格控制苗木质量、种植深度、浇水时间等环节；园林小品、设施的施工中要保证施工工艺的规范性，结构的牢固性。要做好施工现场的巡查工作，对一些违规操作和隐患及时制止与整改。对一些重点部位和重要工序要实行旁站监理^[4]。

3.2 进度管理

3.2.1 制定合理的施工进度计划

施工进度计划的制定是指导工程施工的重要依据，要根据工程规模、特点和合同文件的施工要求制定合理的进度计划。使用网络计划技术，如CPM（关键线路法）、PERT（计划评审技术）法等先进的计划技术，对工程的进度进行合理的规划，明确各个施工阶段的工作任务、持续时间以及先后顺序，查找关键线路和关键工作。例如，某大型风景园林绿化工程，可以将其分为土方、种植、园林小品等工程，每个工程再细分出若干个工作任务，利用网络计划图将各个工作任务的施工逻辑和时间安排清晰地呈现出来^[5]。此外，要考虑天、气候、节假等因素对施工进度的影响，预留出合理的弹性时间。

3.2.2 进度跟踪与调整

在工程施工过程中，要定期对进度进行跟踪和检查，将计划进度和实际进度进行对比，如果进度出现滞后，要及时找出影响进度落后的原因，并对其采取措施。造成进度落后的原因有很多，可能由于施工人员短缺，材料供应不上，施工中 出现技术难题，面对不同的状况要采用不同方法。如增加施工人员，改进施工方案，协调材料供应商等。在进度计划调整过程中，要从合理、可行的角度出发，既要满足进度计划的需要，又要保证对工程质量、成本造成的影响。

3.3 安全管理

3.3.1 强化安全意识与安全教育

安全管理工作是做好风景园林绿化工程施工管理的重要内容,对施工人员的生命安全以及工程的顺利进行都起着至关重要的作用。施工单位需要加强全体施工人员的安全思想教育工作,将安全教育落实在施工的全过程当中,定期对全体施工人员开展安全知识培训,学习安全法规、安全操作规程以及安全事故案例等,增强施工人员的安全意识,提升自我安全保护能力。可以通过安全知识讲座、发放安全手册、设置安全宣传栏等方式,对施工人员宣传安全知识,营造良好的安全文化氛围。

3.3.2 落实安全管理制度与措施

建立健全安全管理制度,并将各级人员的安全职责落实到位,将安全生产责任制落到实处;设立明显的安全标志,施工现场禁止、警示、指令、指示等安全标志,提醒施工人员的安全注意;对施工设备、工具定期检查维修,保证安全性能,对起重机、挖掘机等大型施工设备,要按规定进行定期检测和保养,严禁设备“带病”作业;加强现场安全巡查,及时发现问题,消除隐患,对违反操作规程的操作行为要严肃处理,保障施工现场的安全秩序。

4 现代风景园林绿化工程施工管理中的协调与沟通

4.1 施工单位内部协调

施工单位内部各部门,如工程技术部、质量安全部、物资采购部、财务部等。工程技术部负责施工技术方案的编制与执行,质量安全部负责工程质量与安全的把控,物资采购部负责提供材料设备,财务部负责资金核算。各部门各司其职,各掌其责,通过项目管理软件、微信群等信息共享平台,实时传达工程进度、质量、安全等信息,加强沟通。如工程技术部制定施工方案时需要与物资采购部沟通,确保材料设备及时到场,质量安全部发现问题时需通知整改。

施工班组是工程施工的具体操作者,配合施工的默契度直接影响到施工的进度和质量。各班组在施工过程中要合理安排施工顺序,安排适当的作业时间,避免发生冲突和窝工。如在植物种植施工过程中,土方班组需要先完成地形塑造,从而为植物种植班组施工创造条件,同时植物种植班组需要与灌溉班组进行配合。加强班组管理培训,提高班组施工技术和配合意识,可以定期组织班组经验交流会和技术比武,在组间开展良性竞争和学习。

4.2 施工单位与外部相关方沟通

加强施工单位与建设单位和设计单位的沟通和协调,

是风景园林绿化施工中十分必要的。在工程施工前,施工单位要积极与工程项目的建设单位和设计单位沟通,了解和掌握建设单位的意图及要求,明确对质量、进度和投资控制等方面的要求。在施工过程中要经常向建设单位汇报,对施工过程中遇到的问题进行积极反馈,争取建设单位的积极支持。如建设单位对园林景观设计方案变更,要求施工单位对设计进行修改,此时施工单位应分析该变更对质量、进度和成本的影响,与建设单位共同研究讨论,如果同意,则根据建设单位的意图,组织设计单位进行修改设计,重新核定成本和工期,达成一致后施工。

设计单位进行工程的设计,施工单位在施工前要组织人员学习设计图纸,参加交底会议,了解设计单位的意图和技术要求,及时解决图纸中存在的问题,施工过程中如发现与设计不符的情况,或因条件限制必须对设计进行修改时,应及时与设计单位沟通。如施工单位在施工过程中发现地下水水位高,原设计植物品种不适合时,施工单位及时联系设计单位,设计单位及时修改品种,保证植物的成活率和景观效果。设计单位根据施工单位的反映,及时完善设计,保证设计的可行性、合理性。与建设、设计单位及时沟通,促进风景园林绿化工程的顺利进行。

5 结语

现代风景园林绿化工程现场施工管理是包含了从地形塑造、种植和园林小品的建设等施工要点,同时还有质量管理、进度管理、安全管理等多维度的管理内容,以及施工单位内部各个人员,甚至包含与施工单位外部相关的人员的沟通协调。只有在施工的各个环节都加强了对施工质量的把控,应用科学合理的控制和管理方式,加强各方之间的协调和沟通,才能呈现出高品质、高水平的园林景观,满足人们对于美好生活环境憧憬的同时,为城市构建更优质的生态并推动城市可持续发展。

参考文献

- [1] 郭豪豪.风景园林绿化工程现场施工与管理[J].四川建材,2024,50(11):206-207+213.
- [2] 胡耀东.风景园林绿化工程的现场施工及管理措施[J].四川建材,2024,50(05):125-126+132.
- [3] 宋海涛.风景园林绿化工程现场施工与管理研究[J].工程技术研究,2022,7(04):157-158+163.
- [4] 刘栋睿.风景园林绿化工程的现场施工与管理研究[J].房地产世界,2021,(22):50-52.
- [5] 吴扬.风景园林绿化工程的现场施工与管理研究[J].建材发展导向,2021,19(16):120-121.

Discussion on treatment and prevention measures of collapsible loess subgrade

Changshu Li

Shanghai Municipal Engineering Design and Research Institute (Group) Xinjiang Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract

As a special geological material, collapsible loess is widely distributed in the northwest of China. Its characteristic of softening and collapsing when encountering water poses a severe challenge to transportation infrastructure construction. The unique elevated pore structure and cementitious distribution within this soil cause irreversible compression deformation when the moisture content changes, seriously threatening the long-term stability of subgrade structures. In current engineering practices, single improvement techniques often fail to effectively address collapsibility issues due to neglecting the coupling mechanism of soil-water-hydrology, and lack a comprehensive prevention and control system throughout the entire lifecycle. This paper, based on an interdisciplinary perspective of geotechnical mechanics and materials science, systematically analyzes the microstructural evolution patterns and macro-mechanical response characteristics of collapsible loess. It innovatively integrates physical improvement, chemical stabilization, and hydrological control technologies to develop a comprehensive prevention and control strategy covering design, construction, and operation phases. The aim is to provide theoretical support and technical solutions for subgrade engineering under complex geological conditions.

Keywords

loess subgrade; collapsibility; treatment and control measures

湿陷性黄土路基处理与防治措施探讨

李长澍

上海市政工程设计研究总院（集团）新疆有限公司，中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘要

湿陷性黄土作为一种特殊地质材料，在我国西北部广泛分布，其遇水软化塌陷的特性对交通基础设施建设构成严峻挑战。该土体内部独特的架空孔隙结构与胶结物分布特征，导致含水率变化时产生不可逆的压缩变形，严重威胁路基结构的长期稳定性。当前工程实践中，单一改良技术常因忽视土-水-力耦合作用机制而难以根治湿陷病害，且缺乏全生命周期的防治体系。本文基于岩土力学与材料科学交叉视角，系统解析湿陷性黄土的微观结构演化规律与宏观力学响应特性，创新性整合物理改良、化学固化和水文控制技术，构建涵盖设计、施工、运维三阶段的综合防治策略，旨在为复杂地质条件下的路基工程提供理论支撑与技术解决方案。

关键词

黄土路基；湿陷性；处理与防治措施

1 引言

湿陷性黄土路基的工程病害防治是交通基础设施建设领域的重大技术难题，其核心矛盾源于土体内部物理化学特性的敏感性与外界环境因素的动态交互作用。传统处理方法多聚焦于局部强度提升，却未能有效阻断水分迁移引发的结构崩解链式反应，更缺乏对季节性气候波动与车载动力载荷的协同考量。本文突破单一学科研究范式，从微观结构重构、多相物质迁移和能量耗散机制三个维度揭示湿陷变形的本

质机理，建立改良材料性能参数与土体稳定性的定量关联模型。通过融合智能监测技术与动态调控方法，形成覆盖路基全生命周期的闭环防治体系，为解决湿陷性黄土地区道路工程的长效稳定问题开辟新的技术路径。

2 湿陷性黄土的工程特性与机理分析

湿陷性黄土的工程特性与机理分析需深入解构其多物理场耦合作用下的结构退化本质，揭示含水率变化引发的土体强度非线性衰减规律。该土体具有典型架空孔隙结构与胶结物非均匀分布特征，水分子侵入导致可溶盐溶解及胶结链断裂，触发颗粒间有效应力重分布与基质吸力骤降，形成湿陷变形的双控机制。微观层面，扫描电镜观测显示遇水后黏

【作者简介】李长澍（1982-），男，中国河南人，本科，高级工程师，从事市政道路桥梁设计研究。

土矿物定向排列破坏引发各向异性渗透系数突变, X 射线衍射证实钙质胶结物淋滤迁移加剧孔隙连通性扩展。宏观力学行为表现为压缩模量随饱和度升高呈现阶梯式下降, 塑性区扩展速率与水力梯度呈正相关。湿陷过程伴随离子迁移 - 结构损伤 - 渗透率升高的正反馈效应, 致使毛细阻滞作用削弱与渗透通道贯通。

3 湿陷性黄土路基处理关键技术

3.1 物理改良技术

物理改良技术需整合多尺度土体结构重组理论与能量场调控机制, 构建基于颗粒接触网络演化的动态强化体系, 将孔隙比梯度控制与骨架应力传递路径优化作为核心调控维度, 形成兼具即时效果与长期稳定性的复合改良范式。振动碾压参数优化依托土体滞回特性与能量耗散阈值的非线性关系, 采用混沌遗传算法逆向推演激振力 - 频率 - 遍数的匹配模式, 其构建的接触面摩擦锁结效应可重构颗粒排列的各向异性分布特征。冲击压实能量场设计引入分形动力学原理, 通过冲击波在土体介质中的能量衰减规律调整锤体几何参数与落距组合, 促使大孔隙结构在应力波叠加效应下发生拓扑重构并形成多级嵌锁体系。动态孔隙水压力消散技术开发基于声波共振原理的微裂隙贯通装置, 利用特定频段机械波激发结合水膜的解离迁移, 加速超静孔隙水压力的定向释放与有效应力重分布进程。智能监控系统集成分布式光纤传感与介电谱分析技术, 其介观尺度探测能力可实时解析碾压层内密度梯度与结构缺陷的能谱特征, 结合李雅普诺夫稳定性理论构建压实度动态补偿模型。长期性能保障体系融合冻融 - 干湿循环耦合损伤机制, 基于断裂力学 J 积分准则建立改良土体疲劳寿命预测方程, 植入自愈合功能层以修复环境扰动诱发的微裂隙扩展^[1]。

3.2 化学固化技术

化学固化技术需深度融合分子设计理论与多相反应动力学, 构建基于纳米尺度界面效应的土体改性体系, 将胶凝相拓扑结构演化与孔隙网络重构纳入非平衡态热力学控制框架, 形成兼具渗透固结与长期稳定性的复合强化机制。硅铝酸盐激发材料研发聚焦火山灰效应与离子交换协同作用, 其纳米团簇自组装特性可定向填充土颗粒间接触面微裂隙, 同时激发黏土矿物表面羟基基团的配位重组能力。酶促矿化技术开发微生物代谢产物调控的方解石晶核定向生长模式, 利用脲酶催化尿素分解产生的碳酸根离子与钙离子形成三维网状胶结结构, 其生物相容性特征可维持土体原生生态平衡。智能缓释型固化剂设计引入分子印迹技术, 通过功能单体与模板分子的特异性识别构建载药微胶囊, 在含水率梯度触发下精准释放活性组分, 确保固化反应进程与土体湿度场变化的动态适配。反应过程监控集成太赫兹时域光谱与介电弛豫分析技术, 其介观尺度探测能力可实时解析胶结产物结晶度与界面过渡区微观缺陷的演化规律。多场耦合耐久性模

型整合化学收缩应变与冻融 - 干湿循环损伤机制, 基于断裂力学能量释放率准则建立胶结相疲劳寿命预测方程。该技术体系创新性植入熵增控制策略, 将固化反应引发的微观结构重组熵变限制在自组织临界状态阈值内, 其构建的化学 - 力学 - 环境多因素协同作用机制为路基长期性能退化提供逆向补偿路径, 形成从被动填充加固到主动调控演变的设计范式跃迁, 奠定湿陷性消除与耐久性提升的跨尺度控制基础。

3.3 水文控制技术

水文控制技术需构建基于非饱和渗流场与土体结构耦合响应的动态调控体系, 将水分迁移路径的拓扑优化与毛细势能梯度重构作为核心控制维度, 形成覆盖地表 - 地下多界面的水分运移阻滞网络。气候响应型毛细阻滞结构采用分形几何原理设计梯度渗透界面, 其层级孔隙分布特性可定向调控水分入渗锋面的扩展速率, 在蒸发 - 入渗动态平衡中建立非饱和区含水率自稳机制。智能排水系统融合电渗水与负压虹吸原理, 通过电极阵列的电位梯度调控与毛细管束的弯液面张力协同作用, 实现重力水与结合水的定向分离导排。仿生防渗层开发基于黏土 - 聚合物互穿网络结构的复合屏障, 其分子链缠结效应与纳米孔隙填充特性可同步抑制液态水渗透与气相水扩散的双重迁移路径。地下水位动态平衡技术植入微生物诱导方解石沉淀的生化调控模块, 利用脲酶催化反应生成胶结物封堵优势渗流通道, 重构非饱和带土体孔隙的曲折度与连通性。多场耦合调控模型整合非饱和土水特征曲线与应力 - 应变本构关系, 建立湿陷变形潜能与水分再分布速率的非线性映射机制, 基于李雅普诺夫稳定性理论优化排水盲沟布局与截水盲廊的几何参数。

4 湿陷性黄土路基防治综合策略

4.1 设计阶段防治措施

设计阶段防治措施需构筑多系统耦合驱动与全要素协同优化的集成防控体系, 将地质势场反演与结构响应链重构纳入非线性演化模型, 形成贯穿勘察 - 设计 - 验证全流程的智能决策中枢。多源地质信息融合技术构建基于微结构组构特征与宏观节理网络的空间变异模型, 其张量分解算法可精准解析湿陷性空间分布的非均质特性, 结合非饱和渗流 - 应力耦合本构关系推导潜在湿陷变形域的能级跃迁阈值。路基本体结构优化植入仿生结构拓扑优化算法, 依据土体接触链网络承载能力梯度分布特征, 设计具备应力重分布能力的蜂窝状支撑骨架, 其多级孔隙结构可耗散水分迁移引发的胶结相劣化能量。复合地基设计融合微生物矿化与电渗排水协同作用机制, 利用生物胶结膜层与电极阵列形成的双向调控界面, 同步提升地基持力层的变形模量与排水时效^[2]。气候响应型截排水系统开发基于分形毛细阻滞原理的智能排水盲沟, 其层级孔隙结构依据土水特征曲线反演参数动态调整, 在蒸发 - 入渗动态平衡中建立非饱和区水分运移的负反

馈机制。全寿命性能保障体系植入自感知光纤阵列与形状记忆聚合物微胶囊,通过分布式应变监测数据驱动修复剂靶向释放,构建结构损伤萌生-扩展-修复的逆向补偿通路。多场耦合数值仿真平台整合离散元-有限元跨尺度建模技术,基于李雅普诺夫指数构建湿陷变形混沌预测模型,其参数敏感性分析模块可优化防渗帷幕埋深与加筋层间距的匹配关系。

4.2 施工阶段质量控制

施工阶段质量控制需构筑多源信息融合驱动与全要素动态适配的协同管控体系,将工艺参数实时反演与材料性能演化跟踪嵌入非线性控制框架,形成覆盖施工链全环节的智能纠偏机制。分布式光纤传感网络部署基于布里渊散射光时域分析技术,其空间连续感知特性可同步捕获碾压层内密度梯度与含水率分布的能谱特征,结合改进型卡尔曼滤波算法构建压实度动态补偿模型。智能配比调控系统集成太赫兹时域光谱与介电弛豫联合检测模块,利用电磁波在介质界面的极化弛豫特性反演固化剂扩散速率与土体离子交换强度,驱动双螺旋混拌装置实时修正掺合料投送比例。振动压实参数优化采用混沌遗传算法解析土体滞回曲线与能量耗散阈值的非线性关系,基于李雅普诺夫指数判定激振力-频率组合的稳定性边界,其构建的接触面摩擦锁结效应可定向调控颗粒接触链网络的重构路径。冲击能量场设计植入分形动力学原理,依据应力波在土体介质中的衰减规律逆向推导锤体几何参数与落距匹配模式,通过波阻抗匹配优化促使大孔隙结构在能量叠加效应下形成多级嵌锁体系。多物理场耦合监控平台整合离散元-有限元跨尺度建模技术,基于断裂力学J积分准则建立施工扰动诱发的微裂隙扩展预测方程,结合形状记忆聚合物微胶囊技术实现损伤区域的自愈合修复。环境响应型工艺调控开发气候适应度评价矩阵,利用深度神经网络解析温度-湿度-风速耦合作用对土体水热迁移的扰动机制,动态调整养护膜渗透系数与蒸发抑制剂的雾化喷洒策略。

4.3 运维阶段监测与维护

运维阶段监测与维护需融合多源异构数据流与智能决策算法,构建基于深度强化学习的全生命周期性能演化模型,将结构损伤萌生机制与环境扰动响应特征嵌入非线性预测框架,形成覆盖路基健康状态感知-评估-干预的闭环管控体系。分布式光纤传感网络采用相位敏感光时域反射技术,其亚毫米级空间分辨率可同步捕获路基内部应变场梯度

与含水率时空演化规律,结合改进型粒子滤波算法构建结构性性能退化轨迹的混沌预测模型。三维激光扫描点云配准技术开发非刚性变换矩阵优化算法,依据曲率特征与法向量分布差异动态修正地表变形场重构精度,其构建的形变速率场拓扑分析模块可识别潜在湿陷滑移面的分形演化趋势。无人机多光谱遥感系统集成高光谱成像与热红外耦合探测模块,利用地物反射谱特征反演路基表层裂隙发育度与植被覆盖抑制效应,结合卷积神经网络建立生态防护层效能评估指标体系。智能预警系统植入微震监测阵列与相控阵超声联合探测技术,通过弹性波走时层析成像解析土体内部胶结相劣化区域的三维空间展布,基于断裂力学扩展有限元法推导损伤带能量释放率的临界阈值。自修复材料开发聚焦微生物诱导碳酸盐沉淀与形状记忆聚合物协同作用机制,其载药微胶囊设计采用分子印迹技术实现裂缝宽度触发的靶向释放,结合电渗离子迁移效应加速愈合产物的定向沉积。决策支持系统整合数字孪生模型与蒙特卡洛模拟技术,依据参数敏感性分析结果优化注浆加固路径与排水盲沟修复时序,其构建的多目标优化函数可平衡工程干预成本与结构剩余寿命的博弈关系^[3]。数据安全传输协议引入区块链智能合约技术,利用非对称加密算法保障监测数据的完整性与可追溯性,结合边缘计算节点实现海量数据的实时预处理与特征提取。

5 结语

湿陷性黄土路基的工程治理需要突破传统技术路径依赖,构建基于多学科协同的创新防治体系。本文通过揭示土体微观结构演化与宏观力学性能的映射规律,为改良技术的优化设计提供理论依据,提出的全周期防治策略有效整合了材料改性、结构强化与环境调控技术。未来研究应重点关注生态友好型固化剂的开发与智能监测系统的迭代升级,同时深化多场耦合作用下路基长期性能的预测模型,推动湿陷性黄土地区基础设施建设的可持续发展。该成果对提升特殊地质条件下的道路工程品质具有重要实践价值,为同类地质问题的解决提供了可借鉴的技术框架。

参考文献

- [1] 封晓平.高速公路湿陷性黄土路基施工技术研究[J].工程建设与设计,2024(24):157-159.
- [2] 王有玉.采用聚乙烯管进行湿陷性地质路基排水的施工技术[J].工程机械与维修,2024(12):103-105.
- [3] 单超.黄土路基冲击压实施工技术研究[J].交通世界,2024(33):48-50.

Application and research of technology to build smart chemical factory in the era of Industry 4.0

Weiwei Yue

Hebei Fengmei Coke Chemical Co., Ltd., Handan, Hebei, 056200, China

Abstract

As the core strategy for the digital transformation of global manufacturing, Industry 4.0 is reshaping the production paradigm of chemical plants through the deep integration of technologies such as the Internet of Things, big data, and artificial intelligence. As a pillar industry of the national economy, the intelligent transformation of chemical plants not only concerns the enhancement of corporate competitiveness but also holds strategic significance for energy security, environmental protection, and industrial chain upgrades. Traditional chemical plants face dilemmas in efficiency optimization, resource integration, and market response speed. By deeply integrating cutting-edge technologies like the Internet of Things, big data computing, artificial intelligence, and industrial internet+, smart factory technologies will construct a production ecosystem with autonomous decision-making capabilities, forming a closed-loop system of "perception-analysis-decision". Currently, the construction of smart factories still faces practical challenges such as unclear technical standards and difficulties in system integration. How to achieve precise alignment between technology application and production needs in a dynamically changing industrial environment has become a critical issue affecting the success of the intelligent transformation of chemical plants.

Keywords

Industry 4.0; smart factory; technology application

工业 4.0 时代打造智慧化工工厂技术的应用与研究

岳伟伟

河北峰煤焦化有限公司, 中国·河北 邯郸 056200

摘要

工业4.0作为全球制造业数字化转型的核心战略,通过物联网、大数据、人工智能等技术的深度融合,正在重塑化工工厂的生产范式。化工工厂作为国民经济的支柱产业,其智能化转型不仅关乎企业自身的竞争力提升,更对能源安全、环境保护和产业链升级具有战略意义。传统化工工厂在效率优化、资源整合以及市场响应速度等方面面临着两难的困境,而通过深度融合物联网、大数据计算、人工智能、工业互联网+等前沿科技的智慧工厂技术,将构建具备自主决策能力的生产生态系统,呈现出“感知-分析-决策”的闭环体系。就当前而言,智慧工厂建设依旧存在技术标准模糊、系统集成困难等现实挑战,在动态变化的产业环境中怎样达成技术应用与生产需求的精准适配,已然成为影响化工工厂智能化转型成功的关键命题。

关键词

工业4.0; 智慧工厂; 技术应用

1 引言

化工工厂的智能化转型正在重构全球产业竞争格局,传统化工工厂突破发展困境的新路径由工业 4.0 框架下的智慧工厂技术所提供。智能化生产系统通过实时数据交互与智能算法决策实现了工艺流程的自我优化与资源调配的动态平衡,而工业生产范式从机械化向认知化的跃迁,正是这种技术演进的本质所在。本文以工业 4.0 的技术特征以及化工工厂的转型痛点作为立足之处,对智慧工厂技术体系的内在

逻辑与应用边界展开系统分析,针对不同技术模块在制造场景中的耦合机制进行探讨,进而构建起具有可操作性的技术实施框架。

2 工业 4.0 与智慧工厂概述

2.1 工业 4.0 的特点

“工业 4.0”概念包含了由集中式控制向分散式增强型控制的基本模式转变,目标是建立一个高度灵活的个性化和数字化的产品与服务的生产模式。在这种模式中,传统的行业界限将消失,并会产生各种新的活动领域和合作形式。创造新价值的过程正在发生改变,产业链分工将被重组。工业 4.0 以生产系统的深度数字化为底层逻辑,将设备、物料

【作者简介】岳伟伟(1983-),男,中国河北邯郸人,硕士,工程师,从事机电管理及自动化应用研究。

与人员置于统一的数字线程中运行，使得车间层到管理层的纵向信息流实时穿透物理隔离，形成层级消融的新型制造架构；横向维度打破企业边界的数据孤岛，供应链上下游通过标准化的接口协议共享生产状态与资源信息，这种双向穿透特性推动制造活动从封闭式运营向生态化协作转型。物理空间与虚拟空间的持续映射构建起虚实联动的闭环控制体系，机器设备在获取云端算法支持的同时保留边缘端的自主决策权限，形成分布式智能与集中式优化的动态平衡。人机协作模式在工业 4.0 框架下发生本质重构，操作人员从机械重复劳动中解放，其经验知识被转化为指导算法优化的数字资产，劳动者角色向系统监督者与策略制定者升级^[1]。

2.2 智慧工厂的目标

智慧工厂是现代工厂信息化发展的新阶段，它是在数字化工厂的基础上，利用物联网的技术和设备监控技术加强信息管理和维护；清楚掌握工艺流程、提高生产过程的可控性、减少生产线上人工的干预、及时正确地采集生产数据，以及合理的生产计划编排与生产进度。智慧工厂致力于构建具备自组织能力的生产系统，使原材料流转、设备运行与质量控制等环节形成端到端的可视化闭环，消除传统制造中工序衔接的盲区与信息传递的滞后性；其核心在于建立设备与订单之间的智能匹配机制，让生产资源配置摆脱人工经验依赖，转而基于实时产能数据与市场需求波动形成动态平衡。生产系统被赋予主动感知环境变化的能力，当工艺参数偏移预设阈值时，设备可自主触发补偿机制而非被动等待人工干预，这种闭环反馈特性大幅降低了质量波动风险。人机交互界面设计趋向自然化，操作人员无需理解底层代码逻辑，即可借助增强现实设备获取设备状态诊断与维护建议，将专业技术知识沉淀为可复用的数字解决方案。生产计划与执行层级的界限逐渐模糊，订单信息在抵达系统的瞬间即触发跨部门协同响应，库存周转周期因供需信息的精准对接得以持续压缩。

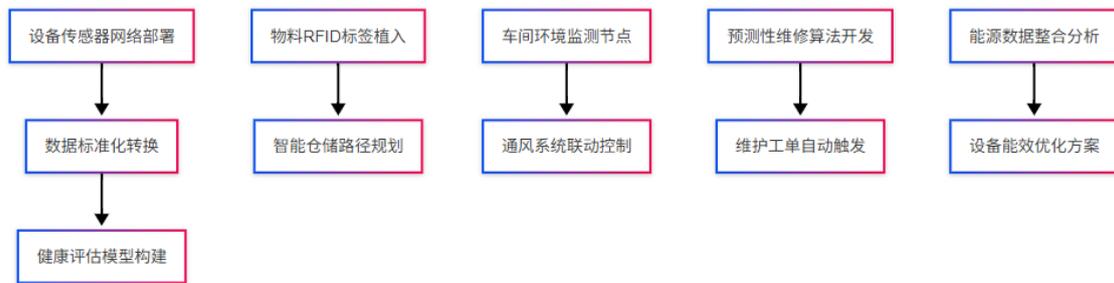


图 1 物联网技术在智慧工厂中的多层级应用架构图

3.2 大数据与数据分析的应用

企业需要构建分布式数据采集架构对设备振动、温度、能耗等多维度参数进行毫秒级抓取，并将异构数据源接入边缘计算节点完成初步清洗与特征提取。工程师团队可依托数据湖技术对历史生产记录与实时工况信息实施分层存储，利用时间序列分析算法识别设备退化趋势，同时结合工艺知识

2.3 工业 4.0 与智慧工厂的关系

工业 4.0 作为化工工厂数字化转型的核心范式，其技术架构与智慧工厂的构建逻辑存在深层次耦合，前者通过物联网、大数据分析和人工智能等底层技术重新定义生产流程的交互模式，后者则将这些技术转化为可操作的工业场景形成动态生产网络。智慧工厂并非单纯的技术堆砌，而是在工业 4.0 框架下将设备感知能力、信息传输效率与决策自主性进行有机整合，使离散的生产单元演变为具备自我优化功能的协同体系，生产系统能够基于实时数据流对资源配置作出精准响应。工业 4.0 提出的纵向集成理念直接推动企业打破传统金字塔式管理结构，智慧工厂通过扁平化信息链路将车间设备、供应链节点与终端用户需求串联，形成覆盖产品全生命周期的价值闭环。两者的互动关系体现在技术标准与落地实践的互补性上，工业 4.0 为智慧工厂提供理论支撑与演进方向，智慧工厂的运营反馈又反向完善工业 4.0 的技术生态。

3 智慧化工工厂技术应用的实践策略

3.1 物联网技术的应用

在化工工厂中，物联网技术从多维度实现智能化管理。生产监控层面，通过在设备、管道、反应釜等关键部位部署温度、压力、流量等传感器，实时采集生产参数，为过程优化提供数据；同时采集设备振动、电流等数据，监测运行状态，实现预测性维护，降低故障与维修成本；安全管理方面，利用定位信标、基站和人员定位标签，实时掌握人员位置，当人员进入危险区域或遇异常时及时报警；部署气体、水质等环境监测设备，超安全阈值即预警，防范污染与事故；在能源管理上，借助智能计量设备采集能耗数据，分析规律找出浪费点，依生产计划优化能源供应与使用，节约成本；供应链管理环节，通过为原材料、半成品和成品加装 RFID 标签或传感器，实时跟踪物料位置、状态和数量，实现精准管理与库存优化，提升供应链效率与可靠性。具体如图 1 所示：

图谱建立质量缺陷与原料属性的关联规则库。机器学习模型在产线控制系统中承担动态优化任务，例如根据原料的温湿度、压力等变化自动调整阀门、变频电机等进行稳定的工艺调节以及能源消耗，或基于产品的市场经济利润重构化工产品产量的生产计划安排。生产管理部门需开发可视化看板整合设备利用率、能耗峰值与异常停机事件，使车间主任能够

快速定位瓶颈工序并触发自适应调度策略，这种数据驱动的决策模式倒逼工厂打破部门间数据孤岛，推动质量检测报告与设备维保日志在统一平台上实现跨系统联调^[2]。

3.3 人工智能与机器学习的应用

技术人员在质量检测环节部署高 AI 智能识别系统，训练深度学习模型辨识产品表面细微划痕与装配错位等缺陷，产线摄像装置实时捕捉产品图像后，算法自动比对标准模板生成质量评估报告，质检人员依据系统标注的异常区域进行复核判定，显著提升缺陷检出效率。生产计划工程师开发动态调度算法，整合订单紧急程度、设备负载率与物料库存等多维度参数，生成分钟级精度的生产排程方案，当突发订单插入或设备故障时，系统基于强化学习模型快速重排工序链条，最小化生产中断影响。设备维护团队构建预测性维护知识图谱，关联设备历史维修记录与实时传感器数据，训练随机森林算法识别电机过热或传动部件老化的特征模式，在故障发生前 72 小时推送维护建议，维修人员根据系统推荐的优先级清单调配备件与人力。能源管理模块引入时间序列分析模型，解析不同生产班次的能耗波动规律，自动调节空压机运行频率与照明系统亮度，在保障产线稳定性的前提下动态匹配能源供给与生产需求。工艺优化专家采用遗传算法迭代仿真，针对复杂零件的加工参数组合进行多维寻优，输出刀具进给速度与主轴转速的最优匹配方案，操作人员依据系统生成的参数包执行加工任务，减少传统试错法导致的材料损耗。

3.4 云计算与边缘计算的应用

在智慧工厂的架构设计中，企业需将云计算平台与边缘计算节点进行梯度式部署，云端承载着跨工厂的产能规划与供应链协同任务，运维团队可借助容器化技术快速部署微服务架构，使 ERP 系统与 MES 系统在虚拟化资源池中实现弹性伸缩。边缘侧部署的智能网关需具备协议转换能力，将 PLC、DCS、SIS 设备的现场总线数据封装为标准 OPC UA 报文，同时运行轻量级推理模型对摄像头采集的视觉数据进行在线缺陷检测，避免高清图像传输对网络带宽的过度消耗。工艺开发部门应建立混合云架构下的数字孪生 workflow，将 CAE 仿真结果与云端存储的模具三维模型进行比对验证，产线调整参数可直接下发至边缘控制器驱动伺服电机执行机构。设备维护组要构建分布式计算资源调度策略，当设备出现振动频谱异常时，边缘节点优先调用本地故障诊断算法库进行初步研判，超出处理能力则触发云端专家系统启

动深度分析，维保人员依据诊断报告提前准备替换件与维修方案。

3.5 数字孪生技术的应用

工程师通过构建与物理实体高度对应的虚拟模型，将化工生产设备、工艺流程、厂区环境等进行数字化映射。仪控人员实时采集设备运行数据如温度、压力、转速等，同步传输至数字孪生体，实现对生产过程的可视化、精准化监控，及时发现异常并预警。例如，对反应釜的模拟可直观展示内部反应进程，提前预测潜在风险；设备维护人员借助数字孪生分析设备运行状态，预测故障发生时间，制定科学维护计划，降低非计划停机概率。同时，利用数字孪生技术进行工艺优化，模拟不同工况下的参数调整，寻找最佳生产方案，提高产品质量和生产效率，助力智慧化工厂的高效、安全运营。能源管理团队利用孪生系统重构车间气电网的三维拓扑结构，分析高负荷时段管道的压降波动与能量损耗热点，制定泵站启停策略与管路冗余配置方案，降低能源传输环节的隐性成本^[3]。

4 结语

智慧工厂技术的深度应用标志着化工工厂正在经历从自动化到智能化的质变过程，其核心价值体现在构建具备环境感知以及自主决策能力的生产体系方面。新型制造范式由技术集群的有机融合所催生，借此让生产过程突破了传统物理空间的限制，进而形成了虚实共生的制造生态系统。当下应重点关注技术标准体系的构建以及跨平台数据交互协议的完善，对边缘计算与云端协同的技术架构设计加以强化，在保障数据安全的条件下，将工业大数据的潜在价值予以释放。未来智慧工厂将向更具弹性的模块化架构演进，人工智能算法与物理系统的深度融合会推动制造系统形成类似生命体的自适应能力。

参考文献

- [1] 王永. 工业4.0时代打造智慧工厂技术的应用与研究[C]// 天津市电子学会. 第三十八届中国(天津)2024'IT、网络、信息技术、电子、仪器仪表创新学术会议论文集. 德中(天津)技术发展股份有限公司, 2024: 288-291.
- [2] 姜山,唐忠友,宋仕斌,等. 5G与工业PON技术在智慧工厂中的应用研究[J]. 自动化博览, 2024, 41(02): 64-67.
- [3] 周华. 智能工厂建设及典型案例[M]. 化学工业出版社: 2023: 10. 376.

Problems and Countermeasures in Construction Project Bidding Management

Hongjing Lv

Puyang Housing and Urban Rural Development Affairs Center, Puyang, Henan, 457000, China

Abstract

This article provides a detailed and in-depth exploration of construction project bidding management. Based on clarifying the value and significance of bidding management in engineering construction, the article systematically sorts out the existing problems and underlying causes in current bidding management, and proposes corresponding response strategies. Research has found that there are currently blind spots in market supervision, insufficient professionalism in bid evaluation, obstacles in digital transformation, and breakpoints in performance supervision in bidding management. The underlying reasons for these problems are mainly due to lagging institutional design, market entities' profit driven violations, unreasonable allocation of regulatory resources, and imperfect credit constraint mechanisms. On this basis, the article proposes measures such as building a detailed and advanced institutional system, innovating intelligent supervision models, improving the entire process supervision chain, and perfecting credit governance mechanisms, aiming to provide reference and assistance for construction project bidding management through this study.

Keywords

construction project; Bidding; Administration; Problem; countermeasure

关于建设工程招标投标管理存在的问题与对策

吕泓静

濮阳市住房和城乡建设事务中心, 中国 · 河南 濮阳 457000

摘要

本文对建设工程招标投标管理进行了细致深入的探讨, 文章在阐明招标投标管理在工程建设中的价值意义的基础上, 对当前招标投标管理中的现存问题、背后成因进行了逐一梳理, 并提出了相应的应对策略。研究发现, 当前招标投标管理存在市场监管盲区、评标专业性不足、数字化转型受阻及履约监管断点等相关问题, 其背后的原因无外乎是制度设计滞后、市场主体逐利驱动违规、监管资源配置不合理及信用约束机制不完善等几个方面。在此基础上, 文章提出了构建详细先进的制度体系、创新智能化监管模式、完善全过程监管链条、健全信用治理机制等对策, 旨通过本文研究为建设工程招标投标管理提供参考与帮助。

关键词

建设工程; 招投标; 管理; 问题; 对策

1 引言

在我国建设行业的蓬勃发展的背景下, 建设工程招标投标作为项目实施的关键环节, 对行业发展、市场秩序维护及工程质量保障意义重大。但在实践过程中, 招标投标管理工作中暴露出诸多问题, 包括市场监管漏洞导致不公平竞争, 评标专业性缺失影响项目质量, 数字化转型困境制约效率提升, 履约监管不足埋下安全隐患等各个方面。这些问题不仅阻碍了建设工程行业的健康发展, 还可能引发廉政风险和社会矛盾。本文深入探究了建设工程招标投标管理存在的问题, 并进一步剖析了问题成因, 提出了针对性的管理对策, 具有

一定的实践意义。

2 招标投标管理在工程建设中的重要性

招标投标管理是建设工程项目工作十分关键的一环, 该项工作对行业的健康发展、市场秩序的维护以及工程质量的保障等方面都发挥重要的作用。

2.1 是维护市场经济秩序的关键环节

招标投标作为工程建设领域资源配置的核心机制, 就好比是市场运行的“指挥棒”, 该工作直接左右着建筑市场的运行效率。在招标投标过程中, 通过规范化、透明化的竞争程序, 精准地筛选出具备实力与信誉的优质供给主体, 将那些企图通过暗箱操作、不正当竞争手段获取项目的不良企业拒之门外。也因此, 招标投标管理对维护市场秩序意义重大。科学高效的招标投标管理, 有助于规范企业竞争行为, 净化市场

【作者简介】吕泓静 (1972-), 女, 中国河南安阳人, 本科, 高级经济师, 从事建筑业产业政策及发展规划研究。

环境，对维护市场的公平、公正与有序运行具有积极作用。

2.2 是工程质量安全的基础保障

招投标绝非等同于简单的项目发包流程，它是对工程质量安全的重要把控环节。在招投标过程中，相关部门通过对施工方案、技术标准的专业审查，为后续工程实施建立了严格的质量基准线。通过对投标单位技术能力、管理体系进行全方位、多维度的评估，能够从源头上控制施工过程中可能出现的各类风险。因此，

招投标管理对工程质量安全的保障作用十分显著。招投标管理通过筛选优质施工单位，确保其具备良好的技术实力与管理水平，从项目起始阶段就为工程质量安全筑牢了防线，招投标管理是保证工程项目的顺利推进与交付使用的关键力量。

2.3 是廉政风险防控的重要抓手

标准化的招投标管理，能够巧妙地将决策权、执行权和监督权进行分离，促进权力的相互制约，从而有力地抵御着廉政风险。随着电子招投标平台的广泛应用，留痕管理使招投标操作过程全程可追溯，让各种不良行为无处遁形，大幅压缩了腐败滋生的空间。智能化、标准化的招投标管理，在廉政风险防控方面表现出了显著的效果

3 建设工程招投标管理实践中的突出问题

3.1 市场监管盲区

在市场准入环节，建设工程资格审查的实际执行效果与预期目标存在较大差距。从当下的实际情况来看，资质申报审查流程看似完备，但在实际操作中，存在较为突出的形式化倾向。部分企业为了获取参与项目竞争的资格，不惜采用弄虚作假的手段，提供的申报材料中的信息与企业真实情况存在较大差异。个别企业甚至还存在“借壳投标”等违规操作，试图绕过严格的审查程序。这种不规范的行为不仅破坏了市场公平竞争的良好秩序，还会给后续工程建设造成不良影响。某市政道路工程项目中，中标单位在投标时所承诺的施工能力十分亮眼，但在实际施工过程中，其表现出的技术水平、人员配备等方面与投标承诺存在显著差异。这直接导致建设项目进度严重滞后，原本计划的工期无法按时完成，在影响城市基础设施的正常建设的同时，还给周边居民的生活和出行造成了诸多不便。由于市场准入监管存在不足，一些不具备相应实力的企业混入市场，给整个行业的正常发展带来诸多不利影响。

3.2 评标环节专业性不足

评标环节是招投标过程中的核心环节，这一环节的专业性和公正性直接关系到相关项目能否选择到最合适的建设单位。然而，当前评标专家库的建设和管理存在明显不足。专家库的更新不及时，与建设行业发展的趋势不一致。现如今，新型施工技术的不断涌现，绿色建筑标准愈发完善。但部分专家对这些新兴专业领域的知识掌握不足，缺乏深入

细致的研究，实践经验不足。这也进一步导致了专家评分和工程实际需求不匹配的现实问题，评标过程中，专家的专业判断与市场发展现状存在严重脱节。因专家对新型技术和标准的不熟悉，最终的评标结果并不能准确反映出投标单位的真实实力，也难以客观分析投标单位和项目的适配性，一些更适合项目建设的单位错失机会，而部分中标单位在后续施工过程中也可能因能力不足而出现各种问题。

3.3 数字化转型受阻

近年来，省级招投标平台大力推进全流程数字化建设，旨在提高招投标工作的效率，提升招投标工作的透明度。但就现阶段实际应用的情况来看，系统兼容性差的问题十分突出，不同地区、不同企业使用的电子系统和软件存在较大差异，导致数据传输和交互受阻。数据共享壁垒严重制约了电子化招投标的发展，各部门、各平台之间的数据无法有效互通，导致一个个“信息孤岛”的产生。在项目招投标过程中，可能遇到电子标书格式不统一的问题，影响投标单位的资格审查。总之，现阶段项目招投标工作数字化转型存在诸多不足，数字化转型效果不佳。

3.4 履约监管存在过程断点

中标后的合同履行监管是确保工程质量和项目顺利推进的重要环节。但目前这一环节尚未形成完善的闭环管理体系。部分项目存在中标后关键岗位人员变更未备案、主要设备品牌擅自替换等情况。这些问题直接影响了工程的质量安全。关键岗位人员的随意变更，可能导致施工过程中的管理和技术指导出现断层。擅自更换主要设备品牌，也可能使设备质量无法满足工程要求。现阶段缺乏有效的监管手段和严格的追责机制，履约偏差现象难以得到及时纠正和处理，给建设工程项目带来较大风险隐患。

4 建设项目招投标管理问题的成因分析

4.1 制度设计落后于市场发展

伴随着我国建设行业的不断创新和发展，EPC 总承包、装配式建筑等新型建筑模式逐渐发展成为主流。然而，现行的《招标投标法实施条例》在面对这些新型模式时，制度设计还不够完善，对相关项目缺乏针对性的规定和指导。在实际项目操作中，由于制度不健全，可能会遇到责任划分不明确、流程不规范等相关问题。以某新型产业园区项目为例，该项目采用了联合体投标的方式。但在合同履行过程中，由于现有制度对联合体各方的责任划分条款不够明确，导致各方在项目实施过程出现了相互推诿责任的行为，引发了合同纠纷。由于制度供给和业态创新发展之间不匹配，诸多新型建设模式在招投标和项目实施过程中面临较大的不确定性。

4.2 市场主体的逐利性驱动违规

现如今建筑市场产能过剩的问题日益严重，行业内企业之间的竞争也更加激烈。在这种环境下，部分投标单位为了获取项目，不惜采取了非常规手段，甚至违反法律法规。

一些企业为了中标，相互勾结，甚至组成了“陪标联盟”，通过轮流坐庄的方式操纵市场，排挤其他竞争对手。一些关联企业通过不正当手段，相互配合，轮流中标，给市场的公平竞争环境造成了严重破坏。这种违规行为的背后是违法成本与收益的严重失衡。对于这些违规企业来说，一旦中标，他们能够获得的巨大经济利益远远超过其可能面临的处罚，这使得他们甘愿冒险违规。市场主体的逐利性驱动了违规行为。

4.3 监管资源配置不合理

基层住建部门在建设工程招投标监管工作中承担着重要职责，但其专业监管能力欠缺。地市级建设事务中心每名监督人员年均需监管多达120个以上项目，

监管任务庞大，而监管力量有限，监管人员难以对每个项目进行全面、细致的监管。在实际工作中，监管人员往往只能对部分重点项目进行抽查，无法实现对所有项目的全过程、全环节的有效监管。这就导致一些违规行为无法及时发现，监管资源配置不合理，监管不到位给工程建设带来潜在风险。

4.4 信用约束机制建设不到位

建立市场信用评价体系在规范市场主体行为、维护市场秩序方面具有重要作用。但目前我国建筑市场信用评价体系存在区域分割、标准不一等问题。不同地区对企业信用评价的标准和方法各不相同，导致信用评价结果缺乏可比性，信用评价的权威性不足。这就导致部分企业在某区域内违规被列入黑名单后，仍能在其他区域顺利投标。这一现象也反映出当前信用惩戒协同机制的缺失，信用评价无法对企业形成有效的约束。此外，现有信用分值与实际履约表现的关联度不够，在实际应用中信用评价体系存在诸多不足，并不能真实、全面地反映企业的真实信用状况和履约能力。

5 建设工程招投标管理问题的应对策略

5.1 打造更为详细、先进的制度体系

首先，相关单位应尽快建立新型建设模式专项评审机制。针对全过程咨询、智能建造等新型建设模式的特点，有关单位应组织行业专家和相关人员，深入研究建设项目在招投标过程中的特殊需求，确定招投标工作存在的难点，制定差异化的评标标准。制定的评标标准，必须充分考虑新型模式对技术创新、管理能力、资源整合等方面的特殊要求，确保最后的评标结果能够准确反映投标单位的综合实力和项目适配性。其次，相关单位还需要完善电子招投标地方标准。应结合本地区实际情况，制定统一的电子招投标文件格式，确定具体的加密规则，以及存证规范。要明确各环节的技术要求和操作流程，确保电子招投标系统兼容，提升数据共享的顺畅性。同时，相关单位还需要加强对电子招投标标准的宣传，并对工作人员进行培训，以此深化企业和监管人员对标准的认知，提高其执行能力。此外，相关单位应加

大力度推行招标文件标准化模板。可以组织专业人员对各类建设项目的招标文件进行梳理和分析，制定统一的标准化模板。在模板中，要明确重大偏差条款的量化判定标准，从而提升招标文件的编制的规范性和严谨性，避免因文件表述不清而引发的争议和纠纷。同时，相关人员还需要根据不同项目类型和特点，对模板进行适当调整和完善，提高其适用性。最后，有关单位需强化绿色低碳与技术创新导向的评标体系建设。随着“双碳”目标的推进，现行评标体系对绿色低碳技术、节能工艺的权重设置普遍不足。建议在评标标准中增设绿色施工方案专项评审模块，将装配式建筑比例、可再生能源应用率、碳排放核算机制等指标纳入评分体系，引导企业重视低碳技术创新。例如，针对政府投资项目，可明确要求投标方案包含全生命周期碳减排规划，并将绿色建材使用比例与评标分值挂钩。同时，建立新技术应用风险评估机制，对采用BIM技术深化设计、智能监测系统集成等创新方案的投标单位，在技术标评审中设置加分项，通过评标导向激发市场主体的技术研发动力，推动建设工程招投标与行业高质量发展需求深度契合。

5.2 创新智能化监管模式

为提升监管力度和监管的有效性，有关部门应牵头建设统一的招投标大数据中心。将企业资质、人员证书、信用记录、项目业绩等各项核心数据整合起来，打造更加全面、准确的招投标数据库。相关单位通过大数据分析技术，对数据进行深度挖掘和分析，为监管决策提供更为科学、可靠的依据。通过打造招投标大数据中心，实现数据的实时更新和共享，突破不同部门之间的数据壁垒，以此达到提高监管效率的目的。相关单位还需要开发智能预警系统。可以利用人工智能和机器学习技术，开发智能预警系统。该预警系统通过对投标报价离散度分析、关联企业图谱构建等技术手段，对招投标过程中的各种异常行为进行实时监测。一旦发现可疑情况，系统可以自动发出预警，提醒监管人员进行重点核查，以便于更及时地发现和制止违规行为。此外，相关单位可以在部分项目中试点应用区块链技术，对招标文件、投标响应、评标记录等关键数据进行不可篡改存证。通过区块链技术的去中心化、可追溯性等特点，以此来保证数据的真实性和可信度，为后续的监管工作和问题纠纷的处理提供更加可靠、充足的依据。

5.3 完善全过程监管链条

相关部门应建立“投标承诺—履约跟踪—后评估”的全周期管理体系。在投标阶段，有关部门要求投标单位明确承诺施工能力、人员配备、设备投入等关键内容。在履约阶段，相关单位应通过信息化手段对项目进度、质量、人员到岗等情况进行实时跟踪。在项目竣工后，还需要开展后评估工作，对项目的整体实施情况进行全面评价，并将评价结果与企业信用挂钩。可以采取项目经理人脸识别考勤的办法，利用现代信息技术，对项目经理等关键岗位人员实行人脸识

别考勤。将人员到岗率与进度款支付挂钩，对到岗率不达标的项目，应按照合同约定暂缓支付进度款，督促企业确保关键岗位人员履职到位。有关部门还应制定详细的标后飞行检查方案，明确检查内容、检查标准，优化检查程序。有关部门还需要强化对重点项目的关键工序的突击检查，以便于更及时地发现和纠正施工过程中的违规行为和质量安全隐患。对于违规行为，有关部门应加大处罚力度，提高企业的违规成本。最后，可以构建第三方专业力量参与的协同监管机制。当前监管资源集中于行政部门，社会专业力量参与度不足，导致复杂技术问题识别效率偏低。可探索引入具备工程咨询、造价审计、质量检测等资质的第三方机构，在评标阶段提供专业技术支持，对施工组织设计中的技术可行性、成本合理性进行独立验算。例如，针对大型复杂项目，要求投标文件需通过第三方机构的技术合规性认证，避免因专家个人知识盲区导致的评标偏差。在履约监管环节，委托第三方开展定期质量巡检和进度评估，利用其专业化技术手段及时发现隐蔽工程隐患或合同履约漏洞，形成“行政监管+社会监督”的立体化监管网络。通过购买服务、信用积分奖励等方式引导第三方机构规范执业，提升监管的专业性和公信力，缓解基层监管力量不足的矛盾。

5.4 健全信用治理机制

相关区域应协同起来，由政府牵头，建立区域内信用评价结果互认机制。加强与相关省市住建部门的合作，打造更为高效的信用评价结果互认机制。要统一信用评价标准和方法，以此实现信用信息的共享和互通。对在区域内任何一个省市被列入黑名单或存在不良信用记录的企业，在其他省市招投标活动均需要实施联合惩戒，通过区域协同监管，提升信用评价的有效性和权威性。同时，有关部门还应实施信用修复制度。应制定企业信用修复的标准化流程，明确信用修复的条件、申请材料和审核程序。对于已经整改到位、符合信用修复条件的企业，有关部门要允许其申请信用修复，

给予相关企业改正错误、重新获得市场信任的机会。在此过程中，相关部门需要加强对企业信用修复过程的监督，确保信用修复工作的公平、公正、公开。可以将信用评价与保证金比例、资质升级等挂钩。有关部门可以根据企业的信用评价结果，实行分级分类监管。对于信用等级高的企业，可以适当降低保证金比例，优先考虑其资质升级申请。而对信用等级低的企业，相关部门应当适当提高保证金比例，强化监管力度，限制这类企业参与部分项目的投标。通过这种方式，倒逼企业重视自身信用建设，从而有效规范市场行为。

6 结语

综上所述，建设工程招投标管理问题较多，需相关部门多管齐下、系统推进。本文提出通过完善制度体系、创新监管模式、强化过程监管和健全信用机制的举措，旨在促进招投标市场秩序规范，提升工程质量安全水平，为相关部门改进管理工作提供一定的理论参考。招投标管理工作是一个动态发展的过程，伴随着我国建筑行业不断创新，以及市场环境的发展与变化，新的问题可能不断涌现。因此，相关部门还需要持续关注行业发展趋势，不断优化管理策略，进一步提高招投标管理的科学性与有效性，为建设工程行业的高质量发展保驾护航。

参考文献

- [1] 王炜. BIM技术在公路工程招投标管理中的应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2025(03): 94-96.
- [2] 王麟. 高速公路招投标管理的突出问题及改进措施[J]. 汽车画刊, 2025(02): 185-187.
- [3] 肖培武. 电子招投标合同管理中的风险识别与控制策略[J]. 内蒙古科技与经济, 2025(03): 42-45.
- [4] 张志超. 新时期下建筑工程招投标管理信息化建设研究[J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24(02): 156-158.
- [5] 赵惠敏. 建筑施工企业招投标与合同管理效能提升指南[J]. 中国商人, 2025(01): 40-41.

Application of video surveillance technology in coal mine safety production

Zhejun Chu

Kuqa Kexing Coal Industry Co., Ltd., Aksu, Xinjiang, 842000, China

Abstract

Coal mines are a crucial foundation for China's energy production. The safety of coal mine operations is vital not only for people's lives and property but also for social stability. However, due to the harsh working environment in coal mines, production activities are fraught with numerous safety hazards. Therefore, it is essential to ensure the safety of coal mine operations. With the advancement of science and technology, video surveillance has been widely adopted as a modern management tool in coal mine safety. This paper introduces the specific applications of video surveillance technology in coal mine safety management, analyzes its advantages, and focuses on the significant role of video surveillance technology in coal mine safety management, particularly in real-time monitoring, accident warning, personnel management, and video-based command and control. Through an introduction to the specific applications of video surveillance technology in coal mine safety management, this paper aims to provide guidance for further improving the level of coal mine safety management, effectively preventing accidents, and ensuring the safety and stability of the coal mining process.

Keywords

coal mine safety; video surveillance; safety management

煤矿安全生产中视频监控技术的应用

褚柘钧

库车市科兴煤炭实业有限责任公司，中国·新疆阿克苏 842000

摘要

煤矿是中国能源生产的重要基础，煤矿的安全生产不仅关系到人们的生命财产和社会的稳定。但是由于煤矿作业的环境比较恶劣，生产活动充满了大量的安全生产隐患，所以，要做好煤矿安全生产工作。伴随着科学技术的进步，视频监控作为现代化的管理手段广泛应用于煤矿安全生产工作中。本文介绍了视频监控技术在煤矿安全管理上的具体应用，分析了视频监控技术的优势，重点介绍了视频监控技术在煤矿的安全管理上发挥的优势，尤其在实时监控、事故预警、人员管理和指挥指挥视频化等方面的作用。通过视频监控技术在煤矿安全管理的具体应用的介绍，为进一步提高煤矿生产安全管理水平、有效杜绝安全事故的发生、保障煤矿生产过程的安全和稳定具有指导意义。

关键词

煤矿安全；视频监控；安全管理

1 引言

煤矿企业是中国的能源产业支柱，受作业环境特殊及生产活动危险等影响，煤矿安全生产一直是社会的重点关注领域。近些年来，伴随着信息化技术的不断发展，视频监控技术也随之逐渐引入煤矿安全生产管理的领域当中，作为保障煤矿安全生产的重要安全措施之一，可通过实时监控、数据记录等方式，对煤矿安全生产的生产活动进行有效监控与管理，同时及时发现存在的安全隐患问题，进一步为矿井安全生产起到良好的支撑作用。

2 视频监控技术的优势

2.1 提高安全性

由于煤矿生产环境的特殊性，在井下工作区域有着比较大的不确定性和危险性，例如矿井下负压高、温度高、湿度过大等。如果进行人工巡视，往往很难对矿井所有的区域都进行巡视，做到不漏检、不迟检、不错检，增加了井下工作区域的安全风险。此外，在采煤作业中，由于现场人工巡视常常有限时作业的情况，所以人员可能无法时时观察到井下区域所有作业环境的安全情况。在实际井下采煤区域中，视频监控的设备能够有效避免现场操作人员的一些不负责的主观行为，例如因为人员麻痹造成忽视，从而引起漏检，造成事故处理的失控。另外，由于煤矿作业主要在地下区域进行，视频监控系统在实施监测的同时，能够快速发现一些不良因素，如不按规定进行井下作业、人员进入井下作业不

【作者简介】褚柘钧（1974-），男，中国河南睢县人，工程师，从事计算机、网络、信息化在煤矿应用研究。

按规定佩戴安全帽、井下车辆行驶不安全等不安全的操作行为,井下矿井的通风情况,井下工人出现安全事故时及时发现等。

2.2 提升管理效率

对于煤矿的生产而言,其具有大型、大面积、复杂且分散等特点,因此在传统管理中,管理人员若要开展日常管理,则必须深入现场进行管理。这种做法往往需要耗费管理人员相当大一部分的时间,如果遇到一些天气因素,则很有可能会忽略一些重要事项,不能实时管理煤矿生产安全情况。但视频监控系统可通过远程监控平台,帮助管理人员实时了解煤矿生产现场,并将其设备运行状态、工作人员作业行为情况进行直观展示,管理人员无需多次下井勘察,只需登陆视频监控平台就能对该矿井内部进行全景式管理,有效节约巡查工作时间及人力。

2.3 减少成本

煤矿安全管理模式传统上对井下现场检查、事故应急需要投入大量的人力和物力,视频监控技术的运用,可将巡检检查人员较多的工作化为数字电子、自动化检查巡检工作,大幅降低人工检查巡检的力度和人力的成本投入,以及现场应急救援中对于井下设备状态监控、事故分析提供实时准确数据等技术手段,大大降低了安全事故应急处理的难度^[1]。

2.4 增强应急响应能力

突发事故在煤矿生产中经常发生,如瓦斯煤尘爆炸、火灾事故、透水事故等,同时事故一旦产生,其是否被及时响应和处理则往往决定了事故的结果。视频监控技术能够将这一行为发挥至极致。视频监控系统可以在整个救援过程中24小时不间断地监控事故发生苗头,及时将视频信号传输到地面指挥部,可以使地面指挥部的指挥员第一时间看到事故真实场景,并启动相应预案对事故进行应急处理。特别是在井下火区、瓦斯或煤尘爆炸区域以及有毒有害气体涌出等地,在进行及时、快速的水视频监控系统的安装的情况下,可以使得应急处理队伍第一时间掌握事故现场情况,对灾害发生范围和影响进行准确判断,从而规划出最有效的应急措施。

3 视频监控系统在煤矿安全生产中的应用

3.1 纠正员工的违规操作行为

煤矿生产具有复杂性和危险性,稍有不慎就会造成人身安全事故。煤矿井下作业人员都要按照行业标准和安全生产操作规程开展各项工作,但在煤矿实际的生产过程中,由于生产任务大、工作环境复杂、作业人员不足等原因,也导致井下作业人员时常出现操作违章的情况,比如说,有时下矿人员不进行安全检查就进入到危险作业环境中;不进行安全操作就违章作业造成设备事故或人身伤害事故。煤矿日常安全管理采取传统的方式,只有安全管理人员进行巡视,不能将个人工作情况完全有效地逐一了解和检查,特别是井下作业人员多、空间大的情况下,难以保证巡视工作的全面和

及时,因此,无法及时发现并制止作业人员的操作不当行为,严重影响和危害安全生产。

视频监控技术的应用很好地补充了这一不足。例如,管理人员可以根据岗位的分布,在煤矿井下的重要环节安装高清的摄像设备,通过视频对各个井下工人在生产过程中动作进行观测,可以实现24小时对下井工人的动作进行不间断的监控和观测。可以及时查看人员的违规行为,一旦通过视频发现井下作业人员存在不按标准操作钻机等现象,或者人员擅闯到禁区的行为,系统会给予记录,并且给予相应的提醒,管理人员通过视频能够查看下井作业人员的行为状态,然后判断是否存在问题,是否是违规,管理人员一旦发现警报,立刻可以查看视频中井下作业人员的行为,查明相关的违规行为,并且查看此行为是否可以造成一系列的安全风险,并且在发现不可控的结果之前采取相关的办法进行纠正,最终避免作业过程出现安全问题。视频监控系统的技术特点不仅仅在于视频的实时监控,经过长期的视频监控数据还可以实现对作业人员工作习惯的统计,进而通过对这些数据的统计分析,给予管理者分析各个作业人员的工作状态、工作习惯是否规范的结论,例如作业人员对相关安全工作的态度、对相关安全规章制度的重视程度、是否存在相关作业操作习惯等,这些都是视频监控系统长期监控后对管理人员提供检查结果。这对强化整个矿区的安全文化起到了良好的作用。在高压、复杂环境中工作的职工,会随着知道自身的行为会被记录,并且得到及时纠正,自己的行为和操作就更加规范,违规现象也会得到改善^[2,3]。

3.2 规范打钻现场施工

煤矿开采过程中打钻作业是基础又主要的工序,钻孔的位置与深度直接决定了煤矿开采效率与安全程度。但是由于打钻作业具有施工技术要求高、施工环境复杂、施工安全风险大等特点,因此打钻作业的规范与标准管理更显得尤为重要。打钻作业中的不规范作业如钻孔超深与偏斜、打钻设备操作不当、打钻工作人员的不规范作业等,均会增加打钻作业的安全风险,甚至发生生产安全事故。

传统的人工巡查一般借助巡查记录及作业现场巡检来进行监控,但由于煤矿施工场地危险、工人分散的作业环境,难以实现作业现场的全过程监控。尤其人工巡查只能是点到为止,针对时间或作业区域而言,无法实现对打钻施工全过程的动态监控。视频监控技术的应用,对现场作业过程实现了全方位、全过程监控。具体措施为,在打钻现场安装高清摄像头,将打钻作业现场的图像实时回传视频监控系统,该系统能及时监控到打钻作业的每个细节。例如,通过对钻机运行状态的视频图像分析,系统能实时判断出钻机运行是否存在设备超负荷运转、钻机抖动、钻机倾斜等问题。与此同时视频图像能实时监测出打钻作业人员是否按照规定作业,如穿戴工作安全劳保、使用钻机等,及时发现现场作业人员不规范的操作。当视频监控系统发现异常点时,系统立即给

出警示并通知现场负责人，最大程度减少安全事故的发生。视频监控系统既能对打钻作业人员的作业规范化程度进行监控，也能对作业环境的安全性进行监控，如在打钻作业过程中，作业环境现场可燃气体是否泄漏、地面是否松软或是否发生滑坡情况等问题，视频监控系统利用与传感器系统的结合能实时监测现场安全状况。这样，管理层人员就可以实时了解到现场施工的第一手情况，不需要人工巡检即可了解到打钻的实况，这样就大大提高了打钻的安全作业环境以及打钻的环境稳定程度。

3.3 为煤矿事故救援提供指导

煤矿事故来得往往都是那么突然，在煤矿井下随时可能引发的火灾、瓦斯爆炸、设备事故等极易给煤矿开采带来严重的损失。事故的发生之后，要进行有效的抢险救灾，有效地对事发现场信息进行及时、准确的分析，制定出正确的应急方案是事故抢救的关键。传统的应急措施是按照事发现场救援人员的经验和对井下状况的判断经验进行，但是由于井下环境的复杂性及信息的延时性很难有效保证事故发生后的应急救援。视频监控技术在煤矿事故抢救中的应用，可在发生事故后为指挥中心提供实时的图像信息，帮助指挥员作出准确的分析决策，为第一时间的抢救行动提供有效的信息支持。事故发生之后，可利用视频监控系统获取的事发现场的的第一手资料，监控系统可根据事故发生时视频画面的图像、文字信息等资料，给出准确的信息决策支持。如果是在煤矿井下发生火灾事故，可利用图像技术判断火灾事故的火势程度及扩散方向，具体火势所处区域，井下逃生人员的逃

生路线等。指挥员也可通过视频监控系统监测到井下事故发生的点位和火势发展程度，制定出正确的灭火、救援方案等，从而大大降低事故发生的损失程度。

3.4 监控设备运行过程中的安全隐患

煤矿的设备设施种类十分繁杂，有提升机、通风机、钻机是关键设备。煤矿设备故障是造成矿难发生的原因之一，设备在运转当中可能会产生设备老化、操作不当时、维护不到位等问题，哪怕一个小小的设备故障也有可能引发安全事故的发生。传统设备管理都是依靠人工巡检及定期检查的形式进行，但由于设备种类繁多、分布广泛，人工巡查无法进行全方位、全过程的监视，安全漏洞容易被忽视。

视频监控技术应用于煤矿设备管理中，可以实现不间断无盲点的监控，实时掌握设备的运行情况，图1为监控信息平台图。比如对煤矿中主提升设备、通风机等重要设备加设摄像头，在视频监控系统中管理人员能够实现随时监测设备运转的状态。一旦设备发生异常运转现象，包括设备异常振动、运行异常和故障预警等等，视频监控系统能够及时监测到，并能够发出提示警报信息通知维护人员，予以检查和检修，避免设备故障发生事故^[4]。

4 结语

随着煤矿行业对安全生产要求的提升，将视频监控技术应用到煤矿安全生产过程中已经成为了现代煤矿管理的“工具”。通过实施视频监控不仅可以保证煤矿的安全性、提升管理效益、降低成本、提升应急预案能力，更能整体提升煤矿安全管理的能力。

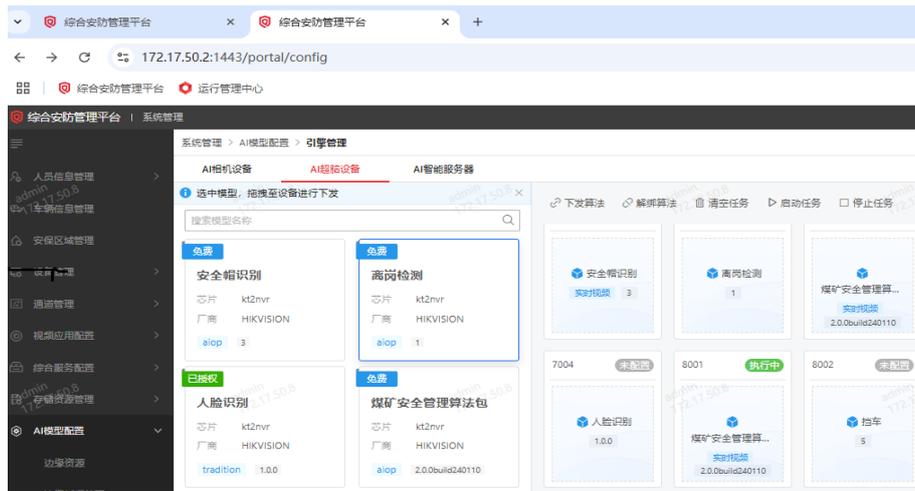


图1 煤矿监控信息平台 AI 智能识别算法类型

参考文献

- [1] 张帆. 智能视频监控技术在海上平台安全生产中的应用研究 [J]. 电视技术, 2024, 48 (03): 8-10.
- [2] 袁红. 数字视频监控技术在煤矿安全生产中的应用 [J]. 能源与节能, 2022, (06): 208-210.
- [3] 王明敏. 煤矿安全生产中视频监控技术的应用 [J]. 能源与节能, 2020, (12): 159-160+192.
- [4] 辛雷雷, 崔磊. 监测监控技术在煤矿安全生产中的应用 [J]. 石化技术, 2020, 27 (02): 213+224.

This paper discusses the compliance operation and implementation measures of enterprises under the pollutant discharge permit system

Yipaerguli Kadier

Kashgar Regional Environmental Protection Bureau, Kashgar, Xinjiang, 844000, China

Abstract

China's environmental regulatory model has entered a new phase of "one-permit" management, marked by the full implementation of the discharge permit system. This requires companies to reassess the compatibility between traditional environmental management methods and current legal requirements. In practice, it has been found that although some companies have completed the permit application process, they still face practical challenges such as compliance management being superficial and insufficient environmental risk prevention capabilities during actual operations. This paper, from the perspective of corporate compliance operations, systematically analyzes the management elements and implementation difficulties under the framework of the discharge permit system, focusing on how companies can enhance environmental management efficiency through systematic construction and technological innovation. The purpose of this research is to provide theoretical support for building a scientific environmental governance system for enterprises, promoting the effective implementation of the discharge permit system at the micro level, and achieving a positive interaction between government supervision and corporate self-discipline.

Keywords

enterprise; pollutant discharge permit; compliance operation; implementation measures

论企业在排污许可证制度下的合规运营与落实举措

依帕尔姑丽·卡地尔

喀什地区生态环境局, 中国·新疆喀什 844000

摘要

中国环境监管模式进入“一证式”管理新阶段,其标志在于排污许可证制度的全面实施,这使得企业务必对传统环境管理方式同现行法规要求的适配性予以重新审视。在实践环节中发现,部分企业尽管已完成许可证申领程序,但是在实际运营过程中依旧面临着合规性管理呈现出流于形式以及环境风险防控能力不足等现实困境。本文立足于企业合规运营的视角上,针对排污许可证制度框架下的管理要素以及实施难点展开系统分析,重点对企业怎样借助体系化建设与技术革新达成环境管理效能提升进行探讨。文章研究目的在于给企业构建科学的环境治理体系提供理论方面的支撑,推动排污许可制度在微观层面实现有效落地,达成政府监管和企业自律之间的良性互动。

关键词

企业; 排污许可证; 合规运营; 落实举措

1 引言

排污许可证制度作为中国环境治理体系的核心制度,其于规范企业排污行为上发挥着基础性作用。当前部分企业在执行层面存在着认知方面的偏差以及能力上的短板情况,具体表现为污染物排放数据真实性受到质疑、环境管理措施呈现碎片化状态、风险防控机制不够健全等诸多问题。这种现存状况一方面是因为传统粗放管理模式产生的惯性作用,另一方面则反映出企业环境治理体系和许可证制度在衔接

方面存在不畅的深层次矛盾。本文从制度认知重构、管理机制创新、技术支撑强化等多维度切入,以此推动企业在环境治理方面从被动应对的状态朝着主动预防的方向转变,进而达成环境保护与生产运营协同发展的目标。

2 排污许可概述

排污许可是具有法律意义的行政许可,是环境保护管理的八项制度之一,是以许可证为载体的,是对排污单位的排污权利进行约束的一种制度。排污许可要求企业将污染物种类浓度总量及排放方式等关键信息纳入统一规范框架,本质在于搭建起连接环境质量目标与污染源管控的桥梁。排污单位在获得许可证书后需严格按照载明的排放限值组织生

【作者简介】依帕尔姑丽·卡地尔(1991-),女,维吾尔族,中国新疆喀什人,本科,工程师,从事环保咨询研究。

产活动,这种刚性约束促使企业主动优化工艺流程并投入资源升级治污设施,管理部门则依托许可证载明的排放数据建立动态监管网络。法律层面明确要求企业不得在未取得许可或超出许可范围排放污染物,日常经营中必须配备符合规范的监测设备并定期校准维护,原始监测数据与生产日志需完整保存备查以便追溯异常排放源头。企业在开展环境监测时需要覆盖全部排放口并涵盖许可证书列出的污染因子,监测频次与方法不得低于国家技术规范要求,异常数据需在限定时间内向监管部门提交书面说明材料。与监测数据形成补充的台账记录应完整记载原辅材料消耗、污染治理设施运行参数及危险废物转移联单等环境管理信息,记录保存期限通常覆盖企业整个生产周期。整套制度设计将传统被动监管模式转变为排污者主动守法的治理格局,推动企业从“要我守法”向“我要守法”深度转变,这种治理逻辑的转变实质上重构了环境保护责任体系,使排污者真正成为环境治理的责任主体而非旁观者^[1]。

3 企业在排污许可证制度下的合规运营现状

2016年11月,为进一步推动环境治理基础制度改革,改善环境质量,国务院根据《中华人民共和国环境保护法》和《生态文明体制改革总体方案》等,制定并发布了《控制污染物排放许可制实施方案》,作为中国实施排污许可制的纲领性文件。当前各类企业在执行排污许可证制度过程中普遍形成了一套基于文件规范的日常管理流程,多数主体已按照许可要求完成基础环保设施的配置与运行台账的建立,生产环节中污染物排放因子的监测频率与记录方式基本能够匹配监管框架的技术标准。部分规模以上企业开始尝试将排污数据纳入内部信息化系统,通过电子化存档手段提升环境管理效率,但不同行业间因生产工艺差异导致监测点位设置与自行监测方案存在明显分化,例如化工类企业重点关注挥发性有机物无组织排放的管控措施,而金属加工企业则侧重重金属污染因子的在线监控设施运维。尽管环保部门通过线上平台简化了许可证变更与延续的申报程序,仍有企业在突发工况调整时面临污染物排放量核算与实际监测数据匹配度不足的情况,少数案例显示生产设备技改项目与环境影响登记表的衔接流程尚存操作盲区。

4 企业在排污许可证制度下的合规运营策略

4.1 加强环境管理体系建设(建立健全环境管理制度,台账记录制度(包括设备运行、治理措施运行、自行监测等))

环保部门需要系统梳理生产流程中的排污节点并匹配对应的控制标准,将许可证载明的排放限值分解到具体车间或设备单元形成可操作的执行清单。设备管理部门应当建立覆盖全生命周期的电子台账系统,实时记录污染防治设施的运行参数与维护状态,结合排污许可证载明的自行监测要求制定标准化巡检规程,定期对在线监测设备进行交叉校验。

技术团队应当根据生产工艺特点开发排污总量核算模型,将原辅材料投入、能源消耗与污染物产生量建立动态关联,针对异常排放数据启动溯源分析机制。人力资源部门应当设计分岗位的环境责任考核指标,将排污许可证的合规要求嵌入生产操作手册与应急预案文本,组织一线员工参与许可证执行要点的情景模拟培训。

4.2 提升环境监测与数据管理

由专职环保人员按月制定巡检计划,重点核查废气废水处理设施的传感器灵敏度与采样管路密封性,车间班组长配合记录设备运行日志并标记异常工况时段。环保部门组织的在线监控联网专项培训倒逼企业调整自行监测台账的记录格式,操作人员需在每季度末对照许可证副本核对排放限值与实际监测项是否对应。生产调度部门与环保科室建立微信群聊共享实时工况,遇到设备突发故障时维修组优先处理涉及污染物排放的关键部件。企业管理人员将排污许可执行情况纳入部门绩效考核,对未按时上传自行监测数据的责任人采取内部通报措施,法律顾问每半年梳理环境行政处罚案例库并更新风险提示清单。第三方运维公司驻场期间需提交设备校准报告与故障处理记录,企业档案管理员按年度整理监测报告与原始数据并存档备查^[2]。

4.3 强化内部培训与能力建设

企业强化内部培训应当以排污许可证载明的技术规范为蓝本,人力资源部门需要结合岗位特性设计分层级的环境管理课程,将污染物排放标准与设备操作规程转化为车间员工可理解的图文手册。管理层需要将环境合规知识测试结果纳入员工季度绩效考核体系,对于涉及危废处置与在线监测的关键岗位设置年度复训机制,当生产工艺调整或环保设施升级时同步更新培训内容。环保部门应当定期组织许可证管理要求的沙盘推演活动,模拟突发环境事件中排污数据报送与应急措施启动流程,让不同部门人员在协作演练中掌握跨岗位的环保责任衔接要点。企业还应建立内部环境管理知识共享平台,鼓励员工上传日常工作中遇到的许可证执行难点与解决方案,形成持续改进的学习型组织氛围。

4.4 推动技术创新与节能减排

企业在生产工艺优化环节通常由研发团队牵头梳理各工序能耗节点,车间主任依据排污许可证载明的产污系数调整原料配比与反应温度控制范围,设备管理科针对老旧生产线加装变频调速装置以降低空载运行时长。采购部门在供应商评估清单中增加环保材料占比权重,优先选用低挥发性溶剂替代传统化工助剂,操作工定期清理热交换器表面结焦物质维持热传导效率。能源管理小组按月汇总蒸汽与电力消耗曲线,比对同行业标杆值后向生产部门推送节能警示信息,工会协同人力资源部开展岗位技能竞赛鼓励员工提出设备节水改造方案。技术部门联合设备厂商开发定制化清灰程序减少布袋除尘器压差波动,维修工在检修计划中增加脱硫循环泵叶轮腐蚀检查项目,仓储科建立废包装袋分类回收台

账并与有资质的再生企业签订处置协议。

5 企业在排污许可证制度下的落实举措

5.1 制定详细的合规计划与时间表建立规章制度、落实台账记录要求

企业在制定合规计划时需要将排污许可证载明的排放限值与生产周期紧密关联，项目负责人需要对照许可证要求编制污染防治设施升级改造的进度甘特图，明确各阶段需取得的检测报告与验收文件清单，定期与属地生态环境局沟通许可证变更的技术参数调整范围。采购部门应当建立供应商环境合规档案，在签订原料采购合同时附加排污许可相关的质量保证条款，要求上游企业提供符合区域污染物总量控制要求的证明材料。企业应当参与行业协会组织的许可证执行经验交流会，学习同行业企业在危废转运联单管理、自行监测方案优化方面的有效做法，结合自身工艺特点制定可量化的改进时间表。环境管理人员需要每季度核查实际排污数据与计划的偏差幅度，针对超出预期的排放波动及时组织技术团队开展成因分析，将调整后的控制措施纳入下一阶段工作计划。

5.2 加强与环保部门的沟通与合作落实排污单位主体责任

企业在日常环保管理工作中指定环保专员定期参加属地环保局组织的许可证管理座谈会，及时掌握监管重点调整方向与执法口径变化趋势。生产调度部门向环境监测站报送在线监控数据时同步抄送工况说明材料，便于监管人员结合生产负荷波动分析排放浓度异常值。企业管理人员主动邀请监察人员开展许可证执行情况预查，针对污染防治设施运行记录与自行监测方案匹配度进行逐项核对，对存疑条款当场申请政策解释。环保科室建立与生态环境部门的信息共享群组，在突发性设备检修前上传临时管控方案并获取技术指导，法律顾问定期检索环境处罚公示信息对照企业现状排查风险点。安环部门每季度向审批部门报送排污口位置变更的证明材料，在年度执行报告中附注污染防治设施升级改造的影像资料，设备科留存主要耗材采购发票备查。

5.3 加强环保部门及内部积极行业交流与合作

企业在行业交流中应当主动建立跨企业的环境治理协作网络，行业协会需要搭建排污许可管理信息共享平台，组织成员单位定期上传环境台账记录模板与突发环境事件处置案例，形成可参照的行业性操作指南。企业应当与上下游供应商建立环境合规联动机制，在原材料采购合同中约定符合排污许可要求的质量控制指标，协同物流企业完善危险废物跨区域转运的电子联单核验流程。环保工程师需要参加由科研机构举办的许可证管理技术沙龙，了解最新污染治理技术对排污总量控制的增效潜力，将可行性较高的技术路径纳入企业年度改造计划备选库。企业法务人员应当关注行业协会发布的排污许可典型案例解析报告，及时掌握许可证变更申请的审查要点变化趋势，在制定环境管理制度时预留与行业标准对接的弹性空间。

5.4 配合监督检查

在配合监督检查过程中，企业需要主动建立内部环境管理检查机制并形成常态化流程（详见图 1），针对排污许可证载明的要求逐项梳理可能存在的风险点，安排专人定期核查污染物排放数据与台账记录是否完整准确。环保部门开展现场检查时，企业负责人应全程陪同并提供真实完整的监测报告、运行日志等原始材料，对于检查人员提出的疑问需当场予以清晰解答，若发现设备运行异常或数据偏差需立即说明原因并提交整改计划。日常管理中应指定熟悉环保法规的技术人员对接监管部门，定期参加排污许可政策培训以掌握最新动态，遇到突发情况或生产调整可能影响排放指标时，提前向环保部门提交书面说明并协商解决方案。员工操作层面需加强岗位责任意识培养，保证每个环节的操作规范与排污许可证内容保持同步更新，避免因人为疏忽导致监测数据失真或台账信息缺漏，检查结束后针对反馈意见迅速组织内部复盘会议，将整改措施细化到具体岗位并纳入绩效考核体系形成闭环管理^[3]。

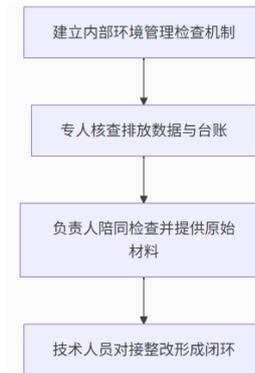


图 1 排污许可监督检查流程示意图

6 结语

企业环境治理能力面临着排污许可证制度深化实施所带来的全新挑战，同时也迎来了借此实现转型升级的战略机遇。借助对环境管理要素的整合以及技术革新手段的运用，企业可把排污许可要求转化成能促使自身提质增效的内生动力。企业宜将排污许可证当作管理中枢，以构建起动态优化的环境风险防控网络，凭借技术创新达成降低环境合规成本的目标。在政府监管和市场机制的双重推动之下，企业的环境管理会逐步从满足合规达标迈向实现卓越绩效的跨越式发展阶段，进而为生态文明建设给予坚实有力的支撑。

参考文献

- [1] 李晓龙,李鑫,李思东. 我国未来排污许可证制度的展望 [J]. 黑龙江环境通报, 2023, 36 (08): 139-141.
- [2] 李红,孔凡华. 试论排污许可证制度在环境管理制度体系的新定位 [J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4 (13): 187-189.
- [3] 张芮. 排污许可证制度建立、进展及面临的问题 [J]. 黑龙江环境通报, 2023, 36 (01): 123-125.

Research on the application of online flow monitoring technology under the influence of water conservancy project scheduling

Yiran Zhao

Development Center for Yellow River High Lift Irrigation at Luanjingtan, Alxa, Inner Mongolia, 750312, China

Abstract

Against the backdrop of increasingly scarce water resources and rapid development of water conservancy projects, the requirements for precision and real-time scheduling of water conservancy projects are gradually increasing. As a key parameter in water conservancy project scheduling, the accuracy of flow monitoring has a significant impact on ensuring the rational allocation of water resources, flood control and disaster reduction, and the efficient operation of water conservancy projects. Based on this, this study will first provide an overview of the flow online monitoring system and its principles. Based on practical cases, the application of H-ADCP flow online monitoring technology under the influence of water conservancy project scheduling will be explored in depth. It will clarify whether the multiple regression model and representative flow velocity method can meet the relevant standard requirements and provide necessary guarantees for improving the effectiveness of flow monitoring.

Keywords

water conservancy project scheduling; Traffic; on-line monitoring

水利工程调度影响下流量在线监测技术应用研究

赵怡然

李井滩黄河高扬程灌溉事业发展中心, 中国·内蒙古 阿拉善 750312

摘要

在当前水资源日益紧张和水利工程快速发展背景下, 对水利工程调度精确性和实时性要求逐渐提高。流量作为水利工程调度中关键参数, 其监测精准性对保障水资源合理分配、防洪减灾以及水利工程的高效运行具有重要影响。基于此, 本文研究中将首先对流量在线监测系统及其原理进行概述, 在此基础上结合实际案例, 深入探究H-ADCP流量在线监测技术在水利工程调度影响下的应用情况, 明确多元回归模型以及代表流速法能否满足相关标准要求, 为提升流量监测成效提供必要保障。

关键词

水利工程调度; 流量; 在线监测技术

1 引言

水资源是人类生存和社会发展重要基础, 随着人口和工农业生产规模持续增长, 水资源合理利用和管理的重要作用也逐渐显现。水利工程作为调节和控制水资源重要手段, 其调度科学性和合理性直接对水资源高效利用和防灾减灾能力造成影响。流量作为水利工程调度核心参数, 其监测精准性和实时性在保障水利工程安全、高效运行方面发挥重要作用。传统流量监测方法主要基于人工测量实现, 存在数据采集频率低、响应时间长、误差较大等问题, 难以满足现代水利工程调度对流量监测的高要求。随着传感器技术、通信

技术、数据处理技术的快速发展, 流量在线监测技术应运而生, 为水利工程调度提供了新的解决方案。在线监测技术能够实现流量数据的实时采集、传输和处理, 为水利工程调度提供准确、及时的决策支持, 由此对该技术在水利工程调度影响下的应用进行探究具有重要现实意义^[1]。

2 流量在线监测系统概述

流量在线监测系统主要由 H-ADCP 信息采集模块与数据传输模块构成。此两个功能模块可依托动态流量数据库实现互联, 共同完成流量数据的实时测量、传输、接收、解析及存储等操作。其中, H-ADCP 信息采集模块所承担核心职能为, 执行流量数据自动化采集与智能处理工作^[2]。H-ADCP 传感器所获取原始监测数据在经过专用算法进行解析运算与加工处理后, 将被存储至动态流量数据库, 为后续

【作者简介】赵怡然(1997-), 女, 中国内蒙古阿拉善人, 本科, 助理工程师, 从事水利调度研究。

数据传输模块提供可调用的数据资源。而数据传输模块则主要承担从预设的动态流量数据库中调取数据,通过优化选择的通信通道,将处理后的流量信息实时传送至区域水情监控中心,以此实现流域流量持续监测与自动化报讯功能。

H-ADCP 设备在实际应用中主要用于获取水平测量区域内的特征流速数据。其实际运行中会首先构建断面平均流速与特征流速之间的数学关联模型,随后通过 H-ADCP 换能器实时监测水平测量区段的特征流速,依据已建立的数学模型推算出断面平均流速值。最终将计算所得的断面平均流速与实时水位对应的断面面积相乘,即可获得瞬时流量数据。

3 案例概况及研究方法

为深入探究 H-ADCP 在流量在线监测中的应用要点,本文中选取内蒙古自治区阿拉善盟某水文站为例进行详细阐述。案例水文站上游 2.2km 处建有水力发电设施,其排水口距站点仅 100m,自右岸汇入主河道。站点下游 2km 处设有滚水坝,对案例站水位观测产生壅水效应。该站点选址于河道弯道末端,中高水位时呈现扩散型断面特征,水流状态为非恒定流,水位流量关系曲线拟合度较高。枯水季节主河道向右偏移,水面宽度维持在 50m 左右。本文中主要选取代表流速法以及多元回归法进行深入探究^[3]。

依据《河流流量测量误差分析与实践》专著中的定义,代表流速即是通过仪器直接测得特定位置流速值。在实际操作中主要存在单点流速测量、垂线平均流速测量、水平层平均流速测量三类具有代表性的局部流速测量方式。H-ADCP 测量中特征流速特指特定水层中某水平线段范围内的流速均值。该方法主要通过筛选部分网格流速数据求取平均值,并与同步实测的断面整体流速构建关联模型。特征流速技术作为流量在线监测的通用方案,具备原理清晰、准确度较高等优势,但需要预先开展人工比测标定工作。

回归分析本质为用于探究多个变量间数量依存关系的统计研究方法。该方法在实际应用中具有广泛的使用价值。根据变量数量的不同,回归分析可分为单变量回归与多变量回归两种类型;若以线性关系为基准,又可细分为基础回归与复合回归两类;而依据变量间关联特征,则能划分为线性回归与非线性回归两种形式。当研究仅涉及单个解释变量与被解释变量,且二者呈现近似直线关系时,这种分析被称为单变量线性回归。若研究包含多个解释变量,且与被解释变量保持线性关联,则属于多变量线性回归范畴。本研究采用 H-ADCP 测得的流速数据结合探头入水深度构建双变量回归方程,并运用最小平方估计法计算模型参数。

4 检测结果分析

4.1 数据采集与处理流程

案例梅铺水文观测点配备 RDI 公司生产的 H-ADCP 设

备^[4],该设备采用双探头系统,工作频率设定为 1200kHz。流量测量工作主要依托 RDI 公司所开发的 WinH-ADCP 软件实现,通过专用接口程序实现计算机与测量设备的实时通信和数据存储功能。案例水文站结合当地水文特征,将 H-ADCP 安装于右岸 154.50m 高程处,采用水平信号发射方式,数据采集周期与水位记录仪均设置为 5min。为切实降低流速波动干扰,技术人员将采样平均时长设定为 30s,同时在综合考虑河道宽度与设备特性基础上,将单元间距设定为 0.5m,共设置 90 个测量单元。

技术人员在实际工作中基于 6 月至 10 月所采集的 H-ADCP 运行数据进行分析,结果显示断面特征流速呈现均匀分布特征,与移动式 ADCP 所获取流速分布规律相符。在 1m~20m 测量范围内,回波信号强度处于正常水平。

设定实际测量得到的断面平均流速作为因变量,各单元序列特征流速作为自变量,可构建出如式(1)所示多元回归方程组,以对各单元特征流速与断面平均流速的关联程度进行求解。

$$\rho_{xy} = \frac{\sum x_i y_i - \frac{1}{n} \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{\left[\sum x_i^2 - \frac{1}{n} (\sum x_i)^2 \right] \left[\sum y_i^2 - \frac{1}{n} (\sum y_i)^2 \right]}} \quad (1)$$

考虑到 2023 年案例水文站整体水文条件较为干旱,导致难以获取完整的中游流量实测数据。在详细研究 2022 年实测流量数据后,发现部分测量点与 2023 年度水位流量关系曲线具备较好的匹配性,因此技术人员选取具备代表性的流量测次作为率定样本,样本时段选取 2023 年度出现类似水文条件的时刻,最终确定 5 组有效样本数据。

4.2 精度评估结果

采用代表流速法对 21 组实测样本进行分析,建立断面平均流速与 9~32 号单元格区域指标流速之间的数学关系,经误差分析表明,该关系曲线存在 1.6% 的系统偏差,随机误差为 16.0%,其中最大单次测量偏差达到 21.18%,主要原因是断面平均流速值过小,仅为 0.061m/s。

多元回归分析模型在计算过程中引入了探头浸没深度和特征流速两个关键参数,采用最小二乘拟合算法确定各变量权重系数,最终建立式(2):

$$V = 0.24537V_x + 0.56219h - 0.50068 \quad (2)$$

其中, V_x 表示 9~32 号网格单元的特征流速值; h 表示 H-ADCP 设备的探头入水深度,其数值由实测水位值减去基准高程 154.50m 获得。

由表 1 所示模型验证结果可知,系统偏差为 -0.17%,随机误差为 13.03%,单次测量最大相对误差达到 -15.53%。相关精度指标充分满足《声学多普勒流量测验规范》(T/CHES 61-2021) 行业标准对特征流速关系线的技术要求,且

从误差层面分析结果可知，其测量精度明显优于传统的特征流速计算方法^[5]。

5 总结

综上所述，本文所研究两种流量推算方法均满足《声学多普勒流量测验规范》(T/CHES 61-2021)要求，且表现出

相似的规律，在大流量工况下计算结果偏差较小，而低枯水期则误差相对较大。具体表现为，当上游电站发电导致下游滚水坝壅水效应减弱时，河道断面流量特征接近自然畅流状态，此时相关关系保持较好的稳定性；而在平枯水期，滚水坝对小流量顶托作用开始显现，此情况极易导致水体往复波动现象，使得流态复杂性提升。

表 1 多元回归模型精度统计结果

测次	流量	断面平均流速 / (m/s)	9~32 单元格流速 / (m/s)	探头入水深度 /m	计算流速 / (m/s)	相对偏差
3	4.63	0.06	0.073	0.97	0.06	4.25%
5	8.13	0.103	0.113	1.02	0.10	-2.45%
6	6.15	0.079	0.111	0.99	0.08	5.21%
7	5.48	0.071	0.086	0.97	0.07	-7.41%
8	5.16	0.067	0.087	0.98	0.07	6.87%
9	4.98	0.064	0.086	0.98	0.07	11.50%
10	5.29	0.068	0.081	0.98	0.07	3.14%
11	26.1	0.289	0.358	1.26	0.30	2.25%
12	63.9	0.586	0.714	1.64	0.60	1.79%
13	64.4	0.591	0.699	1.64	0.59	0.31%
14	4.57	0.06	0.065	0.96	0.05	-8.39%
15	4.42	0.058	0.078	0.96	0.06	0.27%
16	4.69	0.061	0.051	0.96	0.05	-15.53%
17	4.16	0.054	0.06	0.96	0.05	-0.49%
18	4.11	0.054	0.063	0.96	0.05	0.88%
19	4.19	0.055	0.048	0.96	0.05	-7.65%
20	20.9	0.239	0.338	1.2	0.26	7.48%
21	42	0.433	0.549	1.4	0.42	-2.75%
22	37.7	0.396	0.474	1.36	0.38	-3.99%
23	36	0.382	0.457	1.34	0.36	-4.51%
24	21.4	0.244	0.341	1.2	0.26	558%

参考文献

[1] 刘润泽.HADCP在线测流系统在界首水文站的应用分析[J].陕西水利,2024(1):40-42.

[2] 郭笑千,梁达.非接触式流量在线监测技术在中小型河流的应用[C]//2024(第十二届)中国水利信息化技术论坛.黄河水利委员会三门峡库区水文水资源局,2024.

[3] 吴剑,孙建民.复杂水势影响下的流量在线监测技术应用研究[C]//2024中国水利学术大会论文集(第一分册).2024.

[4] 王巧丽,袁正颖,李然.基于H-ADCP流量在线监测系统集成与应用[J].水资源研究,2021,10(3):6.

[5] 曹春燕,任凤仪.流量在线监测实用性分析及实现技术研究[J].人民黄河,2020(S02):3.

Research on the key indicators and detection technology of quality inspection of sintered ordinary bricks

Zhiguo Zhou

Wenshan Zhuang and Miao Autonomous Prefecture Institute of Inspection, Testing and Certification, Wenshan, Yunnan, 663000, China

Abstract

In the context of the continuous development of the construction industry, sintered ordinary bricks, as a traditional wall material, are still widely used in various construction projects, and their quality is directly related to the safety and durability of building structures. With the advancement of green building concepts and the improvement of building standards, traditional brick quality testing is facing new challenges. In this paper, the key quality indicators such as compressive strength, weathering resistance and appearance quality of sintered ordinary bricks are systematically analyzed, and the key detection technologies such as size deviation, frost and lime bursting are discussed.

Keywords

sintered ordinary bricks; quality inspection; key indicators; detection technology; Construction

烧结普通砖质量检验关键指标与检测技术探究

周治国

文山壮族苗族自治州检验检测认证院, 中国·云南文山 663000

摘要

在建筑行业持续发展的背景下, 烧结普通砖作为传统墙体材料仍广泛应用于各类建筑工程, 其质量直接关系到建筑结构安全与耐久性。随着绿色建筑理念的推进及建筑标准的提升, 传统砖体质量检测面临新挑战。本文系统分析烧结普通砖的抗压强度、抗风化性能、外观质量等关键质量指标, 探讨尺寸偏差、泛霜、石灰爆裂等检测技术要点, 并结合数字化检测手段, 提出优化质量检验体系的路径, 旨在提升烧结普通砖质量把控水平, 为建筑工程质量保障提供技术支持。

关键词

烧结普通砖; 质量检验; 关键指标; 检测技术; 建筑工程

1 引言

烧结普通砖是以粘土、页岩、煤矸石或粉煤灰为主要材料, 经成型、焙烧而成的实心或孔洞率不大于规定要求, 外形尺寸达到规定的砖, 广泛应用于我国已有数千年的历史。砖的发展受建筑技术进步的影响, 新型墙砖材料不断出现, 但烧结普通砖因其原料来源广泛, 生产制作工艺相对成熟、成本低廉, 在中小型建筑工程、农村自建房以及其他部分维修工程中应用广泛。然而, 长期以来, 砖体质量欠佳的问题也一直存在, 部分砖厂生产工艺落后、质量把控不到位, 造成砖体强度欠佳、耐久性不强, 对建筑结构安全存在较大安全隐患。近几年, 国家重视建筑工程质量安全问题, 颁布了《烧结普通砖》(GB/T5101-2017) 建筑标准, 对砖体质量提出了更加严格的要求。另外, 随着绿色建筑、装配式建

筑的发展, 传统砖检测存在的效率低下、检测精度不够、检测智能化水平不高等问题逐渐显现。因此, 系统研究烧结普通砖质量检验判定指标及检测方法对促进行业生产、保证产品质量具有重要意义。

2 烧结普通砖质量检验的关键指标分析

2.1 力学性能指标

2.1.1 抗压强度

抗压强度是衡量烧结普通砖承载能力的核心指标, 直接影响墙体结构稳定性。根据 GB/T5101-2017 标准, 砖体的强度等级是 MU30、MU25、MU20、MU15、MU10, 其对应的实际抗压强度不低于 30.0MPa、25.0MPa、20.0MPa、15.0MPa、10.0MPa。砖体强度还受原料、焙烧温度、成型压力等影响因素: 粘土含杂物太多, 原料可塑性差, 会造成砖体内部结构疏松; 焙烧温度过低或者温度不均匀, 会使砖体没有充分烧结, 导致强度降低; 成型压力太大, 则会导致砖体分层、龟裂。

【作者简介】周治国(1977-), 男, 壮族, 中国云南富宁人, 本科, 高级工程师, 从事工业产品的检验管理研究。

2.1.2 抗折强度

抗折强度是砖体能够承受弯曲荷载的强度，抗压强度和抗折强度都是砖体强度的重要指标。墙体受水平荷载作用，如风力、地震力等应具备足够强度的抗折强度，以防止墙体开裂。不同强度等级砖体的抗折强度应满足各自最低抗折强度要求，如 MU10 砖体抗折强度单块最小值不低于 2.3MPa。抗折强度检测结果与砖体尺寸和荷载载体方式、支点间距等有关，检测条件应严格控制^[1]。

2.2 耐久性指标

2.2.1 抗风化性能

抗风化性能是指砖体抵抗干湿、温度、冻融等自然因素破坏的能力，直接影响建筑使用寿命。我国按风化区分为严重风化区、非严重风化区，不同区域对砖体抗风化性能要求不同：严重风化区需进行冻融试验，经 15 次冻融循环后，砖体质量损失不超过 2%，裂纹长度不超过规定值；非严重风化区可采用吸水率和饱和系数间接评定。原料中黏土矿物成分、焙烧程度及孔隙率是影响抗风化性能的关键因素，例如，过高的吸水率会导致砖体在冻融过程中因水结冰膨胀而开裂。

2.2.2 泛霜与石灰爆裂

泛霜是指在砖体表面析出盐霜，主要是由原料中可溶性盐类（如硫酸钠、硫酸镁等）蒸发结晶析出所致，泛霜严重会影响到墙体表面美观和耐久性。石灰爆裂是指由于砖中夹杂生石灰块使用过程中吸水熟化膨胀，爆裂剥落砖表面。国家砖检标准规定，优等品砖不允许有泛霜，一等品砖最大允许泛霜面积不超过 50mm²；砌体允许有爆裂，但是最大允许爆裂尺寸为 2mm < K15mm，优等品砖不允许，一等品每组砖样允许有不超过 15 处。

2.3 外观质量指标

2.3.1 尺寸偏差

砖体尺寸上的较大偏差直接影响到砌筑的质量和墙体的平整度。标准规定，烧结普通砖公称尺寸为 240mm×115mm×53mm，其尺寸偏差应控制在长度 ±2mm、宽度 ±1mm、高度 ±1mm 的范围之内。如果超差，则会导致砖体灰缝厚度不均匀，影响到砌墙的受力均匀性。但如果尺寸偏差过小，也会导致砌筑难度大，影响到施工效率。在实际生产中，造成砖体尺寸偏差的主要原因有模具磨损、成型机压坯时压力波动等。

2.3.2 外观缺陷

外观质量指砖体的裂纹、缺棱掉角、弯曲等缺陷，影响砖体的外观质量和使用性能，如裂纹长度超过规定限值（大面上宽度方向裂纹长度不超过 30mm）会降低砖体强度；缺棱掉角深度超过规定限值（大于 15mm）会影响砖体砌筑时的咬合力。外观缺陷的产生与原材料的处理和成型工艺、焙烧期的温度应力有关，需通过调整和改进生产工艺来避免^[2]。

3 烧结普通砖质量检测技术现状与问题

3.1 传统检测技术分析

3.1.1 抗压强度检测

传统抗压强度检测采用压力试验机，将砖体加工成规定尺寸的试件（通常为 10 块），以均匀速率施加荷载直至破坏，通过计算破坏荷载与受压面积得出强度值。该方法操作简单、结果直观，但存在试件制备耗时、人工操作误差大等问题。例如，试件切割过程中可能产生微裂纹，影响测试结果；加载速率控制不当会导致强度数据偏离真实值。

3.1.2 抗风化性能检测

冻融试验需模拟自然环境中的冻融循环，将砖体浸泡吸水后置于 -15℃ ~ -20℃ 低温箱冷冻，再在 5℃ ~ 20℃ 水中融化，重复 15 次后观察砖体外观与质量变化。此方法耗时较长（单次循环约 24 小时），且设备占用空间大。吸水率与饱和系数检测则通过称量砖体吸水前后质量计算，受称量精度、浸泡时间等因素影响较大^[3]。

3.1.3 外观质量检测

外观质量检查用人工目视检查或卡尺实测，检查人员按标准逐一检查，鉴定砖体尺寸、裂纹、缺棱掉角等缺陷。该法效率低，主观性大，检查人员对缺陷程度主观评判不一样，不易发现微小裂纹或内部缺陷。

3.2 检测技术存在的问题

3.2.1 检测效率低

传统检测手段大多是离线抽检，样品从制备到报告结果需要几天甚至一周时间，不能满足快速生产和施工的要求。如抗风化性能检测所要求的冻融试验周期为 15d，导致砖体质量反馈不及时，不能实现对生产过程实时监控。

3.2.2 检测精度不足

人工操作与传统仪器的局限性导致检测结果误差较大。以抗压强度检测为例，试件加工精度、加载速率控制及压力机传感器精度均会影响数据准确性；外观检测中，人工测量难以精确量化微小尺寸偏差与裂纹长度。

3.2.3 智能化程度低

现有检测技术缺乏数据自动采集与分析功能，无法形成质量追溯体系。多数砖厂仍采用人工记录检测数据，易出现数据丢失、篡改等问题，且难以通过大数据分析挖掘质量波动规律，无法为生产工艺优化提供有效支持。

4 烧结普通砖质量检测技术的优化路径

4.1 检测技术创新

4.1.1 自动化力学性能检测

传统力学性能检测依赖人工操作压力试验机，试件制备、加载控制及数据记录全程受人因素干扰，导致检测结果离散度高、误差大。自动化力学性能检测通过引入全自动压力试验机实现流程智能化升级。设备内置智能控制系统，可依据砖体强度等级预设加载程序，自动调节加载速率与荷

载峰值,避免人工操作导致的速率波动与荷载突变。同时,高精度传感器实时采集荷载与位移数据,经算法自动计算抗压、抗折强度,减少人工计算误差。试验结束后,系统自动生成检测报告,完整记录全过程数据,检测效率提升30%以上,数据重复性与准确性显著提高。

4.1.2 无损检测技术应用

传统检测需破坏样品,难以满足生产实时监控需求。无损检测技术的引入突破这一局限。超声检测利用超声波在砖体内部遇孔洞、裂纹产生反射、散射与衰减的特性,通过分析传播时间、波幅等参数,精准识别缺陷位置与尺寸;红外热成像技术基于热传导原理,捕捉砖体表面因内部缺陷导致的温度场异常,直观呈现缺陷分布。两种技术无需破坏样品,可对生产线上砖体进行连续批量检测,有效解决传统检测效率低、无法实时监控的问题,为生产过程质量控制提供即时数据支持。

4.1.3 智能化外观检测

基于机器视觉与深度学习的智能化外观检测系统,彻底改变了传统人工目视检测的模式。系统通过多台高清工业相机对砖体进行多角度图像采集,获取包含尺寸、裂纹、缺棱掉角等信息的完整图像数据。运用卷积神经网络(CNN)算法对图像进行特征提取与模式识别,可自动识别并量化砖体的外观缺陷。该系统检测精度达0.1mm,检测速度超过每分钟100块,能够24小时不间断运行。相比人工检测,智能化外观检测不仅大幅提升检测效率,还消除了人为判断的主观性,确保检测结果的一致性与准确性^[4]。

4.2 检测流程优化

4.2.1 建立在线检测体系

在线检测体系能够对整个烧结普通砖的生产过程进行全方位质量监控,在线检测体系在原料、成型、焙烧等关键点均设置传感器或检测仪,自动对生产过程中主要参数进行测量,如原料配比、成型压力、焙烧温度等,以及对砖体尺寸、密度等质量数据进行采集。通过物联网技术将数据发送至中控系统,通过大数据与机器学习对数据进行实时分析,当某项指标或参数超出设定值时,系统及时预警并自动调整生产设备参数,将质量问题及早化解在萌芽状态,降低不良品率。

4.2.2 完善抽样检测标准

合理的抽样比例是取得满意的检测结果的关键。在改进的抽样方案设计中,兼顾分层抽样方案和随机抽样方案,对于生产稳定、生产质量相对稳定的砖厂,减小抽样比例,提高抽样效率,而对于新转建或者质量不稳定的企业,增加抽检频率,加强质量监控。以动态的眼光看待抽样比例,在满足抽样检测要求的前提下,提高抽样效率,减少浪费。

4.2.3 构建质量追溯系统

基于区块链搭建的质量溯源平台,为每块烧结普通砖建立了终身质量档案,记录了从原料采购、生产、检测检验的全过程信息,所有信息都以“上链”的形式记录,形成不可篡改的质量信息数据链条。施工单位扫码即可追溯砖体的原料、生产工艺、检测结果等一系列质量信息,实现产品质

量可溯源向“可正向追溯”。同时也提高了质量责任的可追溯性,倒逼企业强化质量责任意识,确保产品质量^[5]。

4.3 检测标准与管理强化

4.3.1 推动标准更新

针对检测技术的进步,对相关的检测标准应该加以修订和补充,针对全新的自动化、无损检测等技术,补充相关使用方法与判定方法;对于机械性能检测中,对全自动压力机的试验方法和数据处理进行完善;对于外观检测中,明确视觉检测的合格标准,降低误差等。以便为新技术的检测提供依据,提供权威的检测结果。

4.3.2 加强检测人员培训

专业的人员是检测质量的关键。要通过系统培训检测人员,定期开展理论知识和技能培训,包括检测标准的解读、自动化设备使用方法、数据统计分析方法等。探索推行检测人员持证上岗,通过严格的理论和技能考核,确保检测人员具备相应的持证上岗资质。通过培训考试,不断培养和打造一支技术过硬、能力过硬的检测队伍,保障检测质量需要。

4.3.3 完善监管机制

健全的监管体系可以维护检测市场的良好秩序。推出第三方检测机构信誉记录评价制度,从检测质量、数据诚信、服务效益等方面进行评价,对于违规操作、数据造假的检测机构,依法予以处罚,形成检测市场的威慑力。引导企业开展内部质量认证,对于通过ISO9001等质量体系认证的企业,减少检查频次,激发企业加强质量管理的热情。检测市场“企业自律+政府监管+社会监督”三足鼎立,营造良好的质量检测氛围^[6]。

5 结语

普通砖体质量是决定建筑物的质量安全的重要因素,同时也是质量检验的基础。文章从力学性能、耐久性、外观质量等方面对传统砖体检测存在的弊端进行分析,提出要以自动化、无损化、智能化为目标对砖体质量检验进行优化。可以预见未来的检验水平必定向着高效、精准、智慧的方向发展,同时,鼓励新技术在上业范围内的应用,加强产学研之间的结合。砌烧普通砖体质量检验是建筑行业高质量发展的重要保障,要真正达到质量检验的“控产用效”。

参考文献

- [1] 贾隆基.钻芯法检测烧结普通砖抗压强度研究[D].沈阳建筑大学,2023.
- [2] 崔文松.高温后烧结普通砖砌体抗剪性能试验研究[D].青岛理工大学,2021.
- [3] 洪梅.烧结普通砖检测试验中的结果分析[J].科技资讯,2017,15(04):97-98.
- [4] 周健,冷炯,刘虹虹.浅谈烧结普通砖质量问题的原因[J].生物技术世界,2015,(07):204.
- [5] 刘红伟.烧结砖生产技术与检测方法研究[J].科技风,2016(12):1.
- [6] 邱忠萍.浅析影响烧结砖质量原因及检验不合格复检问题[J].建筑工程技术与设计,2018(21).

Application of geographic information technology in urban land planning

Zhiqian Wang

Hebei Coalfield Geological Bureau, Geophysical and geological Team, Xingtai, Hebei, 054000, China

Abstract

With the continuous development of urbanization in our country, the utilization of land resources in cities has gained attention. The application of surveying and mapping geographic information technology can play a crucial role in current urban land planning. This paper focuses on the connection between surveying and mapping geographic information technology and urban land planning, the principles of applying this technology in urban land planning, and the content of its application. By exploring the advantages of surveying and mapping geographic information technology, it examines how it facilitates and ensures the accuracy, operational efficiency, and scientific rigor of urban land planning work. Subsequently, the necessity of applying surveying and mapping geographic information technology in urban construction is analyzed, providing a guarantee for the sustainable use and development of urban land resources in our country.

Keywords

surveying and mapping geographic information technology; urban land planning; geographic information database

测绘地理信息技术在城市土地规划中的应用

王智乾

河北省煤田地质局物测地质队, 中国·河北 邢台 054000

摘要

随着我国城市化的不断发展,城市的土地资源利用情况得到了重视,测绘地理信息技术的应用在现阶段城市土地规划中能够发挥关键作用。本文重点介绍了测绘地理信息技术与城市土地规划之间的联系、测绘地理信息技术的城市土地规划应用原则和测绘地理信息技术的城市土地规划应用内容。通过探究测绘地理信息技术的优势内容,探究其如何为提升城市土地规划工作的精确程度、操作效率、科学程度等提供了便利与保障,在这之后分析了测绘地理信息技术应用于城市建设工作的必要性,使其为我国城市土地资源的可持续利用与发展提供了保障。

关键词

测绘地理信息技术;城市土地规划;地理信息数据库

1 引言

城市化程度加快、经济社会发展迅猛,需要大量的城市土地资源,在一定程度上加大了城市土地规划的难度。人工勘测、纸质地图、手工数据采集的人工化、纸质化土地规划方式效率较低,已经不能够满足现代化城市土地资源的高效利用和科学化管理需要。然而,测绘地理信息技术的发展给城市土地规划带来了契机。测绘地理信息技术能够根据卫星遥感技术、地面测绘技术、空间数据处理技术,将城市土地的及时、精确数据用遥感技术捕捉到,并运用于决策需要方面。

2 测绘地理信息技术在城市土地规划中的重要意义

2.1 提升城市土地规划的准确性

在传统的城市土地规划过程中,收集信息多是通过人工测量和使用传统地图进行测量,不仅容易测量出现误差,而且也无法进行实时更新。测绘地理信息技术通过应用卫星遥感、无人机、激光雷达等技术采集城市土地各方面数据,全面、快速、准确地收集城市土地的空间数据,并以此为基础建立城市土地的地理信息数据库,对城市土地资源的调查、现状分析和未来预估都具有较高的准确性,从而更加精准地进行土地规划。

2.2 提高土地规划的工作效率

传统城市土地规划工作程序繁琐、工作量大,需要消耗大量的测量人力和工作时间,工作效率不高。测绘地理信息技术自动测量与数据处理,提高了城市土地规划工作的

【作者简介】王智乾(1989-),男,中国河北邢台人,本科,工程师,从事煤田地质/测绘技术研究。

工作效率。城市范围内大规模的土地利用情况,可利用遥感技术进行全面监测,在短时间内快速获取土地利用情况、土地利用变化等信息。利用地理信息系统(GIS)对空间数据进行信息管理、地理数据的信息分析,在短时间内快速生成土地利用规划方案,大大节省了大量工作时间和人力。测绘地理信息技术数字化存储方式大大减少了测绘数据的存储量及工作难度,规划人员随时可以通过该方式调取和分析历史数据。

2.3 增强土地利用规划的科学性

科学性是城市土地利用规划最基本的要求,尤其是对于复杂的城市土地利用规划,需要根据科学的数据和模型,利用测绘地理信息技术可对土地进行空间分析、建立地形模型和模拟土地三维景观等手段,从科学合理性和决策正确性方面为土地利用规划提供科学依据和基础;在城市中建立完善的地理信息数据库可以清楚地反映土地利用情况,在空间分布和动态变化的基础上,做好城市的土地利用配置;同时可采用空间分析的土地适宜性评价、风险预测等方法,使城市规划的精度更高,规划方案的科学性更强^[1]。

2.4 确保土地利用规划数据的精确性

土地利用规划的数据是最基本也是最关键的,在数据精准的基础上才能最终实施科学合理的规划。测绘地理信息技术采用多种方式对数据的精准性提供保障,比如遥感技术能够实时采集大面积的土地数据,并依托数据校正、融合多源数据技术,消除误差、保证精准性;或者通过激光雷达技术,来更精准地获取地面高程,为土地利用规划的地形分析提供基础依据;利用地理信息系统,可以将不同时段、不同区域的数据进行综合、比对,进一步提高精准程度,因此测绘地理信息技术能够为土地利用规划提供精准的空间数据保障,从而做到科学合理地完成土地利用规划工作的组织实施。

3 测绘地理信息技术在城市土地利用规划中的应用原则

3.1 满足城市土地利用规划需求的原则

城市土地利用规划主要是指合理地有限土地资源进行分配,以便实现高效利用土地以及促进城市可持续发展。为此,在利用测绘地理信息技术中,需要严格按照城市土地利用的实际需求,对土地信息进行采集,这样才能发挥该技术在城市土地利用规划中充分利用有限土地的功能。其中,城市土地利用规划人员需要对土地资源当前状态、使用状态、发展潜能等各方面的信息有详细的掌握,这就意味着测绘地理信息技术必须要能够提供满足以上详细信息要求的精确定位和广泛区域的空间信息支持,以便能对大范围城市用地资源进行采集。其中,利用遥感影像技术、无人机等技术,采集城市大面积土地利用类型、建筑物等分布情况、交通分布等情况,以此掌握当前城市土地利用状况,并通过GIS技术对土地资源的收集、提取数据进行分析判断,并找到合适的

土地资源利用方案,为城市土地利用规划者提供开发潜力和发展趋势,使城市土地利用规划更加符合城市发展需要。

3.2 以土地资源保护为核心的原则

城市化不断发展,土地资源作为城市发展的重要载体,实现城市土地资源的可持续利用是城市建设中需要重视和思考的重要问题。测绘地理信息技术的城市土地开发需要注重保护性原则,合理开发土地,保证土地开发和自然地理环境之间保持和谐互动状态。测绘地理信息技术借助空间分析手段可以清晰明确不同区域土地适宜度、生态以及自然环境的空间状况。遥感技术可以直观地分析土地生态环境变化情况和土地自然承载力水平,可以分辨出不同敏感性地区的生态保护区域,GIS技术对土地的开发生态强度进行分析,可以保障城市土地资源开发项目规避过度开发利用、过重的环境承载性,实现对生态环境的保护。

3.3 确保测绘地理信息质量的原则

测绘地理信息技术的应用需要良好的数据质量做支撑,也是城市土地利用规划得以科学、有效运用的前提。土地利用规划应用中所使用的地理数据必须具有较高的精度、可靠性和时效性,所以保证数据质量是测绘地理信息技术应用必须坚持遵循的基本原则。对此,测绘地理信息技术应用应当遵循规范化的数据采集处理流程,使得数据来源可靠,数据处理过程规范。例如,遥感影像数据采集技术应用中,采集平台、采集设备必须要先进,保证数据采集的准确性;在数据处理过程中,多源数据融合处理,数据校正,消除数据误差和偏差,保障数据的真实性有效性。

4 测绘地理信息技术在城市土地利用规划中的应用领域

4.1 建立城市地理信息数据库

第一,采用遥感技术、激光技术、无人机影像技术等对城市地理信息数据进行采集,对城市中土地利用类型数据、地形地貌数据、建筑物数据、交通道路数据、公共设施分布数据、生态环境数据等空间数据信息进行采集,并在地理信息系统(GIS)中进行融合,建立动态更新的城市地理空间信息数据库系统,满足城市各个层面、各个系统的需求。在数据信息收集的过程中,遥感影像提供城市大规模的陆地覆盖信息,使规划管理者全面掌握城市中的土地覆盖、格局演化等情况,激光雷达与无人机技术可为城市三维空间构建提供高精度地形数据,有利于对城市进行精细化的规划。数据库的建立,不仅对于空间数据信息进行收集,同时也是对其进行整合和管理。

第二,地表数据资料库的建立需考虑数据共享性及互通性的问题。城市规划绝非仅靠某一个单位单方面就可完成的,在其过程中将需要许多职能部门单位的共同参与,因此创建良好的数据共享平台,使数据能起到双向交换数据的作用,促进各部门的合作。数据共享提高了数据的流通速度,

同时也使得城市土地空间规划人员从不同部门角度对土地进行分析,环保人员可以根据土地利用数据库对生态保护敏感区域进行保护,交通管理部门人员可以根据土地资料数据库进行城市交通路网设计。如用单一数据平台,将提高城市土地规划的科学合理性和实用性^[2]。

4.2 开展地形测量与三维空间模拟

第一,激光探测测距技术。激光扫描技术能够对地面对象进行精确测量,获取建筑物高度、地形高程、植被密度等数据。激光探测测距技术可将点云数据转换成3D模型,可以为土地规划建设工作者提供丰富的地形信息。而这些信息对于城市土地建设开发以及道路设施建设尤为重要,尤其是针对地形复杂的区域,如山区和丘陵地貌等,激光探测测距技术可提供远高于传统测量方式的准确地形数据,避免因地形复杂的区域使得城市建设开发困难或者导致开发资源浪费,可利用准确的地形数据来综合地判断某一个地区的是否可以进行建设,如土地的倾斜性、地质性质、水文状况等,为后期的土地开发利用建设提供支撑。

第二,无人机技术的应用,扩大了地形测量的方式方法。利用无人机携带高分辨率摄像机或激光雷达,对局部城市范围地面地形进行快速、精确测绘。由于无人机的运用,大大优于地面传统的测绘方式,不仅覆盖面积广大,而且可以在不破坏环境的情况下收集更多更准确的数据。测量数据进入三维建模软件程序,输出详细且逼真的三维地形模型,对于城市规划人员来说,拥有城市高精细且直观详尽的城市地形图,通过对三维模型的分析,规划人员能够分析城市的高差,分析建筑高度分布、绿地大小、道路网络布局等,指导后期城市建设和布局。

4.3 进行土地利用类型分类与变化监测

城市土地利用类型分类与变化监测是城市土地规划的重要工作之一,通过开展城市土地利用类型分类与变化监测,以使得城市土地规划工作者能够清楚掌握城市土地资源的布局以及土地利用类型的变化情况,为土地开发管理的合理化提供依据。因此,运用遥感技术、GIS技术、空间分析等测绘地理信息技术手段来实施城市土地利用类型的实时监测与分类评价等,成为了土地规划所不可或缺的工具。遥感技术通过卫星、航空等手段实施遥感,能够在短时间内、高精度地获得大范围、全区域的,适用于土地利用情况监测的土地利用数据以及土地利用现状的,相关图片、影像资料。例如,通过遥感手段获取的遥感影像所表现出的图示地形、地貌,会呈现出大范围的,有关土地覆盖种类、规模的信息,

这样通过遥感影像,就可以直接对各类土地利用类型进行自动分类,并与地理事物要素分布数据库资料等进行对比与分析处理,从而能够在很短的时间内、快速地生成土地利用类型分布图。通过GIS平台,能够通过数据的收集处理、图形与属性信息的管理、以及空间分析等来对土地利用状况进行评价,也可以实施多角度的空间数据的计算分析和绘图,从而使得规划管理工作人员能够全面掌握与熟悉城市内部的土地分布的空间情况,而且通过数据分析,可以全面掌握和了解某一城市的土地潜力开发情况与适宜性情况^[3]。

4.4 提供空间分析与决策支持

空间分析是城市土地规划中的重要环节,通过对地理空间数据的综合分析为城市土地规划研究提供尽可能准确和科学的技术支撑,解析城市土地的开发潜力、空间适宜性和土地规划的环境影响。在城市土地规划中,土地开发适宜性分析是最主要的应用类型之一,通过对城市土地的多样性空间分析,能够对某一小块土地进行开发潜力的评价,例如要建设的某住宅小区,首先根据地形图的地形数据和坡度数据信息分析,同时分析其在空间信息层中经纬度数据所处的开发区域的土质、降雨量、降雪量等,再结合城市整体土地土地规划中交通规划和综合配套设施周边的土地人口密度和资源环境承载力来对整体区域内某一小块区域的土地进行适宜性分析。可以比较通过空间数据对地形地貌、流域、水量、空气质量、降水量、绿化覆盖率等等在地形空间各因素的计算后所得出适宜住宅小区开发的地形及天气空间适宜性分析,为以后土地的开发提供科学依据。

5 结语

城市发展下合理规划城市土地资源和进行土地利用就成为一种比较重要的趋势,测绘地理信息技术利用其准确的数据收集和分析功能,对于城市土地规划起到了比较重要的帮助作用。测绘地理信息技术能够提升土地规划的准确度、效益化以及科学化。在未来发展过程中,测绘地理信息技术在城市土地规划中的应用效果将会更上一层楼,能够对于城市土地资源进行合理的土地规划。

参考文献

- [1] 王章永,张瑜. 一体化测绘技术在城市基础地理信息数据更新中的应用[J]. 中国信息界, 2025, (03): 34-36.
- [2] 张雪,李晓菲. 测绘技术与地理信息系统在工程测量中的应用研究[J]. 工程建设与设计, 2025, (06): 96-98.
- [3] 公艳茹,黄林林,韩晓亮. 新城建测绘技术体系构建与地理信息数据管理研究[J]. 新城建科技, 2025, 34 (02): 86-88.

Integrated remediation of groundwater contaminated by high difficulty heavy metals

Shuo Huang

Chongqing Derun Xinbang Environmental Restoration Co., Ltd., Chongqing, 400084, China

Abstract

Heavy metal pollution has become a global environmental issue, with complex behaviors of multivalent heavy metals such as chromium, lead, and cadmium in soil-groundwater systems posing unique governance challenges. These pollutants have the characteristic of easily transforming their forms under varying hydrogeological conditions, often exceeding the boundaries of conventional remediation techniques. They can form persistent environmental risks in deep aquifers and fractured rock formations. For high-difficulty scenarios involving cross-media migration, multiple form transformations, and cumulative pollution effects, traditional remediation methods suffer from limitations such as rapid degradation of remediation efficiency and high risks of secondary activation. The proposal of an integrated soil-groundwater remediation concept marks a shift in pollution control from single-medium treatment to systematic ecological regulation, thus opening up new avenues for addressing technical bottlenecks such as deep pollution spread and fracture medium permeation.

Keywords

heavy metal pollution; soil remediation; groundwater remediation; integrated remediation

高难度重金属污染土壤地下水一体化修复方案

黄硕

重庆德润新邦环境修复有限公司, 中国 · 重庆 400084

摘要

重金属污染已成为全球性环境问题, 其中铬、铅、镉等多价态重金属在土壤-地下水系统中的复杂行为构成特殊治理挑战, 此类污染物有着易随水文地质条件改变而发生形态转化的特性, 其迁移范围往往会突破常规修复技术作用的边界, 在深层含水层、裂隙岩脉等场景中形成持续性的环境风险。对于污染物跨介质迁移、多形态转化以及复合污染叠加效应等高难度场景, 传统治理方法存在诸如修复效率衰减快、二次活化风险高的局限性。而土壤地下水一体化修复理念的提出, 标志着污染治理的方向从单一介质处理开始转变为系统生态调控, 如此就为破解深层污染扩散、裂隙介质渗透等技术瓶颈开辟了新的思路。

关键词

重金属污染; 土壤修复; 地下水修复; 一体化修复

1 引言

多价态重金属在氧化还原交替环境下呈现动态赋存状态, 其迁移转化过程把溶解吸附、络合沉淀等多重界面反应涉及其中, 使得传统固化稳定化技术难以实现长效控制。深层地下水污染以及裂隙岩层扩散场景的出现, 更是让污染物突破了常规阻隔屏障, 形成了具有隐蔽性的污染通道。现有修复体系存在技术模块衔接薄弱、动态响应能力不足等缺陷, 在应对污染物跨介质迁移的时空差异性显得颇为吃力。本文聚焦于重金属污染物的形态调控机制以及迁移阻断策略上, 构建起一个完整的技术框架, 此框架包含了靶向修复

材料开发、多技术联用优化、智能监测反馈等内容。通过对污染物在固-液界面的动态转化规律进行解析, 提出基于污染物迁移路径逆向干预的系统治理方案, 从而为解决深层污染扩散、裂隙介质渗透等现实难题提供相应的理论支撑和技术路径。

2 重金属污染特性与修复挑战

2.1 污染特征

重金属污染指由重金属或其化合物造成的环境污染, 主要由采矿、废气排放、污水灌溉和使用重金属超标制品等人为因素所致。因人类活动导致环境中的重金属含量增加, 超出正常范围, 直接危害人体健康, 并导致环境质量恶化。2011年4月初, 中国首个“十二五”专项规划——《重金属污染综合防治“十二五”规划》获得国务院正式批复, 防

【作者简介】黄硕 (1989-), 男, 中国山东菏泽人, 本科, 工程师, 从事污染土壤和地下水修复研究。

治规划力求控制5种重金属。以六价铬为例，其在氧化环境下形成可溶性铬酸盐阴离子，随地下水径流形成条带状污染羽，而在还原区域则转化为难迁移的三价铬氢氧化物沉淀，这种价态驱动的形态转变导致污染空间分布呈现显著异质性。铅离子易与土壤有机质及铁锰氧化物发生特异性吸附，形成表层富集现象，但在酸性淋溶作用下部分结合态铅可能解吸进入液相，引发垂向渗透风险。镉的生物有效性与可交换态含量呈正相关，其离子半径与钙元素相近的特性促使镉通过竞争吸附在黏土矿物界面发生离子交换，同时羧酸类溶解性有机物可显著提升镉的络合迁移能力。不同重金属在固液界面的分配系数受控于矿物类型和腐殖酸含量，而地下水水位波动引发的干湿交替过程会加速铁氧化物胶体的胶溶作用，进而改变重金属的载体传输模式^[1]。

2.2 高难度场景

高难度重金属污染场景的复杂性源于污染物赋存介质与地质条件的深度耦合，深层地下水系统中重金属受含水层交替氧化还原环境影响呈现多形态动态转化，其垂向迁移受地层结构非均质性制约形成隐蔽扩散通道，常规监测手段难以精准捕捉污染锋面运移轨迹。裂隙岩层内重金属污染物沿结构面快速渗透时易与围岩矿物发生离子交换反应，溶解态重金属在裂隙网络内反复经历吸附解吸过程，导致污染范围随地下水季节性波动呈现三维不规则扩展。复合污染叠加场景下多价态重金属之间发生氧化还原电位竞争，异质重金属离子在固液界面形成竞争吸附位点，不同金属的络合溶解特性差异引发修复药剂选择性失活现象，污染物归趋路径的不可预测性显著增加修复策略制定难度。地下环境封闭性导致污染过程缺乏有效缓冲机制，岩土孔隙内重金属的物理化学行为与地表暴露环境存在显著差异，传统阻隔技术难以适应深层介质中水力梯度的剧烈变化，污染物跨介质迁移过程产生的次生界面反应进一步加剧污染羽空间异质性。

2.3 修复瓶颈

固化稳定化技术常因土壤矿物组分动态变化导致封存结构逐渐瓦解，胶结剂与重金属离子的结合位点在长期水岩作用下发生解离，使得部分被固定的污染物重新释放至环境中。化学淋洗过程虽能快速去除可交换态重金属，但强酸强碱试剂的引入往往破坏土壤团聚结构，造成次生盐渍化与养分流失，修复后的土地难以恢复原有生态功能。电动修复技术受制于地层渗透性差异与离子迁移速率限制，在低渗透黏土层中易形成电流屏蔽效应，致使修复效率随处理时间延长呈指数级衰减。植物提取技术面临超富集植物生物量低、根系穿透深度有限等现实制约，且收割后的植物体处置可能引发二次污染风险^[2]。物理换土法尽管能彻底清除污染介质，但挖掘运输过程产生的扬尘与渗滤液极易扩大污染范围，工程成本随修复深度增加呈现非线性增长。多数技术对复合污染体系中多金属竞争吸附行为缺乏针对性调控，修复后土壤中残留的重金属在干湿交替或冻融循环作用下可能发生形

态转化，导致污染物活性反弹。

3 高难度重金属污染土壤地下水一体化修复技术体系

3.1 靶向材料研发

靶向材料的分子结构设计需综合考虑污染物赋存形态与地质介质的相互作用特性，基于重金属离子外层电子轨道排布规律开发的配位基团可定向捕获特定价态金属元素。多孔载体表面功能化处理赋予材料选择性吸附能力，其孔径分布范围需匹配地下水中胶体颗粒的流体动力学直径，防止孔隙堵塞导致渗透效率下降。污染物在固液界面的动态络合行为要求材料表面活性位点具备氧化还原电位响应特性，在含水层环境波动时维持吸附容量稳定性。复合污染场景下不同重金属离子的竞争吸附效应促使材料研发转向多官能团协同作用方向，通过调控功能基团空间排布方式平衡吸附选择性与反应动力学之间的矛盾。地下环境中溶解性有机质的存在可能遮蔽材料表面活性位点，材料改性过程中引入的疏水涂层可有效阻隔腐殖酸类大分子的干扰。裂隙岩层修复需控制材料胶体颗粒的 Zeta 电位值，利用岩体表面电荷异质性实现修复剂在裂隙网络中的定向富集^[3]。

3.2 多技术协同应用

在场修复实施过程中，缓释型氧化还原调节材料可依据地下水流速梯度逐步释放电子供体，在非均质含水层中建立连续还原屏障，促使六价铬沿污染羽迁移路径发生原位价态转化。功能菌群定向激活技术结合生物刺激与生物强化策略，在含铅污染区域形成优势菌落空间定殖，利用微生物代谢产物改变重金属结合形态。植物-微生物联合修复体系通过根系分泌物调控根际微域环境酸碱度，驱动镉离子从残渣态向可溶态转化并完成跨膜运输，同时菌丝网络延伸增强污染物的立体截获能力。渗透反应屏障系统采用多层介质耦合设计，在含水层关键通道交替布置离子交换树脂与吸附材料，针对不同价态重金属的迁移特性实施动态拦截。地下水循环井装置整合了水力控制与化学氧化功能，在污染晕外围形成环状对流场，迫使游离态重金属向预设反应区定向富集。电动-植物协同修复模式利用电场力驱动深层土壤中的铅离子向浅层根区迁移，借助植物蒸腾作用产生的负压梯度提升重金属的纵向迁移通量。

3.3 智能调控与监测

智能调控系统依托原位传感器网络实时捕捉土壤孔隙水重金属离子浓度波动，其布设密度需匹配地层渗透系数的空间变异特征以避免监测盲区。地下水循环路径的三维重构技术结合示踪剂迁移数据动态修正水力传导模型，为修复剂注入速率优化提供流体力学依据。多参数融合分析平台整合氧化还原电位、溶解氧含量及微生物群落结构变化趋势，生成污染界面迁移预测图谱指导修复策略动态调整。自适应控制阀组根据污染物浓度梯度变化自动调节化学氧化剂投加

比例,在维持修复效率的同时避免药剂过量引发的二次污染风险。地下环境修复进程的可视化展示模块将电导率异常区与重金属吸附热区进行空间叠合分析,辅助判断污染羽扩展边界与修复盲点分布特征。云端数据库持续积累不同地质条件下修复剂扩散速率与污染物去除效率的关联性数据,为后续工程参数优化提供机器学习样本^[4]。

4 高难度场景下的技术突破

4.1 深层污染治理

高压注射系统利用定制化注浆管阵列将胶凝固化剂以脉冲式注入裂隙发育带,修复浆液在地层孔隙内形成三维网状结构,有效填充基岩裂隙与沉积层间的优势渗流通道。垂直阻隔屏障采用改性膨润土与纳米硅酸盐复合基材分层夯筑,其遇水膨胀特性促使屏障界面与周围岩土体产生自愈合式紧密接触,层间穿插的热塑性树脂薄膜在温度梯度下形成连续抗渗膜结构。修复浆液配方整合了缓释氧化剂与螯合载体,在高压驱动下沿含水层走向形成多级反应带,其中微米级铁粉在浆液固化后仍保持长期活性,可响应地下水中溶解氧浓度变化持续释放电子。阻隔屏障底部锚固段嵌入螺旋式钢绞线骨架,通过预应力张拉抵消土体侧向位移造成的结构变形,顶部衔接的虹吸排水槽主动导排层间滞水以降低静水压力。注射作业与屏障构筑实行错位时序施工,前者产生的液压劈裂效应为后者创造致密化的地层接合面,两者协同作用抑制了污染物沿构造软弱面的侧向绕渗。

4.2 裂隙岩层修复

胶体材料的粒径分布调控需匹配裂缝开度变化特征,通过表面电荷改性使胶体颗粒与岩壁形成可控吸附效应,防止材料过早沉积导致裂隙通道堵塞。地下水流速脉动特征驱动注入工艺采用脉冲式加压模式,利用压力波震荡作用促进胶体悬浮液在分支裂隙中的均匀渗透,克服毛细管力对细颗粒运移的阻滞效应。裂隙网络中优先流路径的识别依赖示踪剂运移轨迹的三维重构技术,据此优化注浆孔排布方式形成多级拦截屏障,胶体材料在运移过程中逐步释放活性组分实现污染物的原位稳定化。岩体应力场变化引起的裂缝扩展风险促使胶体悬浮液黏度具备剪切变稀特性,在高压注入阶段维持流动性,进入低流速区域后恢复凝胶状态锁定污染物。修复过程中实时监测注浆压力与地层响应信号的关联性,动态调节胶体浓度梯度避免岩层渗透率骤降引发的液压劈裂现象。胶体颗粒表面修饰的疏水基团可降低腐殖酸吸附概率,在裂隙水离子强度波动时保持胶体分散稳定性,延长材料在地下水环境中的有效作用周期。

4.3 长期稳定性保障

在修复后场地维护阶段,长效稳定剂通过周期性施加与土壤矿物相形成共生结构,其表面羟基位点与重金属离子产生特异性络合作用,促使铬铅镉等元素逐步转化为类质同象矿物相。生态风险预警系统整合了生物有效性监测模块与地电法传感器阵列,依据地下水中溶解态重金属浓度波动趋势构建三维迁移模型,当根际微域氧化还原电位突破临界阈值时触发分级预警信号。钝化材料再生技术采用梯度式pH-Eh调控策略,在雨季来临前向表层土壤注入缓冲溶液以中和酸性淋溶产生的氢离子冲击,同时向深层包气带扩散缓释氧阻隔剂抑制铁锰氧化物还原溶解。生物屏障构建选用本地适生植被与菌根真菌组合,其发达根系网络在土体裂隙处形成生物毡层,利用菌丝分泌物竞争吸附孔隙水中的游离态重金属。智能响应型修复体搭载光敏触发装置,在太阳辐射强度达到预设值时自动释放腐殖酸前驱体,通过光催化反应生成具有持久螯合能力的小分子有机酸。污染反弹抑制体系建立多介质协同监控机制,将土壤溶液离子强度变化与地下水微生物群落代谢活性进行耦合分析,动态调整钝化剂投加频次与生物刺激方案^[5]。

5 结语

环境治理进入系统调控新阶,这一进程由重金属污染土壤地下水一体化修复技术的突破而标志,深层污染扩散与裂隙介质渗透难题的有效破解,得益于基于污染物迁移路径逆向干预的协同治理体系;修复过程可控性的显著提升,则是靶向材料与智能调控技术融合带来的结果。在工程实践方面,建议对污染场地的原位转化能力监测加以强化,建立基于生态风险预警的动态修复机制。未来研究要着重解决复杂地质条件下修复材料的长效稳定性问题,探索污染物形态转化与微生物群落的耦合作用机制。

参考文献

- [1] 赵陈龙,周世跃,陶燕蓝. 某铜尾矿堆渣场重金属污染特征与风险评估[J]. 有色金属(冶炼部分), 2025, (05): 181-193.
- [2] 詹明晔,孙言秋,周涛,等. 填埋场周边土壤重金属时空分布及污染评价[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2025, 47 (04): 167-179.
- [3] 秦维,曾维军,牟桂婷,等. 废弃矿区土壤重金属污染特征及健康风险评估[J/OL]. 环境保护科学, 1-13[2025-05-06].
- [4] 韩俊斌. 重金属污染土壤的防治技术研究[J]. 山西化工, 2025, 45 (03): 261-263.
- [5] 张鹏,崔金英. 重金属污染土壤与地下水修复工程环境监测策略[J]. 中国资源综合利用, 2025, 43 (03): 175-177.

Research on the in-depth application of intelligent video surveillance in smart buildings

Si Chen

National Radio and Television Administration, Beijing, 100010, China

Abstract

Modern building management faces multiple demands, including refined safety prevention and control, intelligent resource scheduling, and humanized service experience. Traditional video surveillance systems, due to their passive recording method and reliance on manual analysis, struggle to meet the needs of dynamic scenarios. Intelligent video surveillance technology, by integrating deep learning algorithms and multidimensional perception modules, has established a closed-loop system from data collection to behavior analysis, providing technical support for proactive management in smart buildings. In various fields such as real-time anomaly alerts, personnel trajectory tracking, and dynamic energy optimization, intelligent video surveillance technology is deeply applied, driving the transformation of architectural spaces from single-function carriers into intelligent ecosystems. It is precisely this dual drive of technological iteration and scenario demand that has made intelligent monitoring systems a core component in the process of building intelligence upgrades.

Keywords

intelligent video surveillance; smart building; dynamic capture

智能视频监控在智慧楼宇中的深度应用研究

陈斯

国家广播电视总局, 中国 · 北京 100010

摘要

现代楼宇管理面临的是安全防控精细化、资源调度智能化、服务体验人性化等多方面的需求, 而传统视频监控系统因其记录方式为被动式且依赖人工分析, 难以对动态化场景需求予以满足。智能视频监控技术通过嵌入深度学习算法和多维感知模块, 构建了从数据采集到行为解析的闭环体系, 使其成为智慧楼宇达成主动式管理的技术支撑。在实时异常预警、人员轨迹追踪、能耗动态优化等诸多领域当中, 智能视频监控技术得以深度应用, 这一应用推动着建筑空间实现从单一功能载体朝着智慧生态体的转型。正是技术迭代以及场景需求两者的双向驱动, 促使智能监控系统渐渐变成了楼宇智慧化升级进程里的核心设施。

关键词

智能视频监控; 智慧楼宇; 动态捕捉

1 引言

智慧楼宇的运营效率与服务能力直接关联建筑空间的可持续价值, 传统安防体系主要依赖人力巡查以及事后追溯, 存在诸如响应滞后、资源浪费等诸多瓶颈问题。不过, 智能视频监控技术迎来了突破性的发展, 它针对楼宇管理而提供的解决方案实现了实时感知与智能决策的融合。本文重聚焦视频分析算法和建筑管理场景之间的深度耦合机制, 探讨技术架构怎样去适应在复杂空间下对于行为识别的需求, 解析动态数据流在安全预警、能耗调控等维度的价值转化路径。文章目的在于构建技术应用和场景需求之间的映射模

型, 揭示智能监控系统在优化楼宇资源分配、重构人机协同模式中的潜在效能, 最终为智慧建筑生态的迭代升级给予理论支撑。

2 智能视频监控技术概述

2.1 智能视频监控的原理

智能视频监控是利用计算机视觉技术对视频信号进行处理、分析和理解, 在不需要人为干预的情况下, 通过对序列图像自动分析对监控场景中的变化进行定位、识别和跟踪, 并在此基础上分析和判断目标的行为, 能在异常情况发生时及时发出警报或提供有用信息, 有效地协助安全人员处理危机, 并最大限度地降低误报和漏报现象。智能视频监控系统的运行机制基于多层级信息处理框架, 前端设备持续捕获视频流并执行初步降噪与增强操作, 原始数据经过编解码压

【作者简介】陈斯(1981-), 男, 中国北京人, 本科, 工程师, 从事AI智能应用研究。

缩后传输至计算单元。核心算法层采用卷积神经网络提取目标物体的时空特征，结合循环神经网络对连续帧序列中的行为模式进行动态建模，通过多层感知机实现异常行为分类。目标检测模块运用改进的锚框机制精确定位监控画面中的运动实体，特征金字塔结构有效处理不同尺度的目标识别问题；数据融合阶段整合红外传感、深度信息等多模态输入，构建三维场景理解模型消除传统二维视觉的透视误差；系统在边缘计算节点部署轻量化推理引擎，利用知识蒸馏技术平衡检测精度与实时性需求，形成闭环反馈机制持续优化识别阈值^[1]。

2.2 智能视频监控技术的发展现状

计算机视觉领域对三维空间建模的深入研究推动了多摄像头数据融合能力的提升，动态场景下遮挡目标的轨迹预测误差率显著降低，非结构化数据向结构化特征的转化效率直接影响行为分析系统的实用性。芯片厂商针对视频解析任务定制化开发的低功耗加速模块，为密集人流场景下的并行计算提供硬件支撑，异构计算架构的普及进一步平衡了能耗与响应速度之间的矛盾。行业标准体系在数据标注规范与算法评估指标层面形成初步共识，跨平台接口协议的兼容性优化降低了不同厂商设备间的协同成本，开源社区贡献的预训练模型库加速了中小规模应用场景的技术渗透。隐私计算技术的引入使得原始视频数据无需离开本地即可完成特征提取，部分区域开始在公共安防领域试点去中心化存储方案，技术演进方向逐渐向合规性与效能并重的双轨模式倾斜。

3 智能视频监控在智慧楼宇中的应用场景

3.1 安全防范与入侵检测

智能视频监控系统在楼宇周界部署多光谱传感设备，结合建筑结构特征动态调整监测盲区补位策略，将红外热成像与可见光视频流的时间戳对齐以消除环境干扰引发的误报。管理平台根据人员通行权限预设电子围栏触发阈值，当移动目标跨越预设边界时自动激活邻近摄像头协同追踪，同步向安保终端推送目标运动轨迹与面部特征增强图像。设备网络内置的天气适应算法能够区分雨雪天气的物理干扰与真实入侵行为，针对翻越、破坏、滞留等不同风险模式匹配差异化响应预案，夜间低照度环境下自动切换至灰度成像模式并提升移动侦测帧率。系统定期调用历史告警数据训练误判过滤模型，对高频误触发区域的地理围栏灵敏度进行自适应降噪调节，同时集成门禁控制器实现入侵报警与物理屏障联动的闭环处置^[2]。

3.2 人员行为分析与异常预警

管理平台整合门禁刷卡记录与电梯使用数据，建立基于时间序列的个体行为基线模型，自动标注频繁偏离常规路径的可疑对象，其中的分析模块针对特定场景开发差异化预警规则，办公区域侧重识别长时间滞留或非工位徘徊行为，公共走廊则关注物品遗留与异常聚集现象。安防控制台接收

实时报警后触发多级响应机制，低风险事件推送至物业移动端核查，高风险状况同步激活声光警示装置并锁定关联区域出入口。系统在访客管理场景中嵌入人脸比对功能，未登记人员进入受控区域时自动调取最近三十分钟轨迹视频供安保人员研判。设备间等重点部位启用闯入检测策略，非授权人员接近敏感设施即刻触发电子围栏报警，同步截取闯入者体貌特征存档。高空抛物监测单元结合抛物线轨迹反推与窗户开合状态检测，精确追溯抛物源头楼层并生成三维事件重构模型。

3.3 车辆管理与交通监控

智能视频监控系统依托车牌识别模块对进出车辆进行实时特征绑定，基于地磁感应装置捕获的车速与方向信息生成三维运动轨迹，当检测到逆向行驶或超速行为时自动联动道闸控制系统实施拦截。调度算法根据停车场各区域摄像头反馈的空位坐标动态更新电子导引屏的路径规划，通过分析车辆停留时长与高频往返规律优化车位周转策略，对长期占位车辆启动自动计费提醒机制。交通流量监控模块在早晚高峰时段调取历史通行数据预测拥堵节点，调整出入口摄像头的帧率配置以增强连续跟车场景下的车牌捕捉精度，同步协调电梯等候区与车库坡道的通行权限分配规则。系统定期对车辆外观数据库识别未授权改装或违规载货行为，对遮挡号牌等异常状况触发多角度视频取证流程，结合访客预约记录自动修正临时车辆的导航路线与停放区域，分流货运车辆至指定装卸区减少对人员动线的干扰。

3.4 环境监测与能源管理

能源管理平台依据办公区域实时人流量动态调整通风量，当会议室红外热成像显示人员聚集超容时自动增强新风循环速率，同步降低无人办公区的制冷功率输出。照明控制系统结合视频流分析识别自然光通量变化，配合窗帘电机实现日光追踪式遮阳调节，在保障采光舒适度的同时减少人工照明能耗。电力监控单元关联视频画面中的设备运行状态，识别到下班后未关闭的电子屏幕或实验仪器时触发远程断电指令，异常耗电情况自动生成设备维护工单派发至后勤部门。地下车库安装CO浓度视觉化监测装置，当视频分析识别车辆怠速超时导致尾气积聚，立即联动排风机组启动增压模式并推送警示信息至车主手机。屋顶光伏板清洁预警模块定期扫描板面积尘分布，结合雨量预测数据智能规划清洗作业周期，避免灰尘遮挡影响发电效率^[3]。

4 智能视频监控在智慧楼宇中的技术实现

4.1 视频采集与传输技术

视频采集模块通常部署多光谱感知摄像头与全景鱼眼设备，前者利用高分辨率图像传感器捕获可见光及近红外波段数据，后者通过球机联动算法消除传统枪机监控盲区，形成全天候无死角覆盖。网络传输层普遍采用基于ONVIF协议的设备互操作架构，支持RTSP实时流媒体传输与GB/T

28181 国际级联协议,配合 H.265 编码技术将原始视频流压缩至原有码率的 40% 以下,有效降低光纤专网或 5G 无线回传的带宽压力。数据存储环节采用分布式边缘计算节点与中心云平台协同架构,在楼宇弱电间部署具备 AI 预处理能力的 NVR 设备,对运动目标检测、人脸 ROI 区域等关键信息进行本地化缓存,同时将结构化元数据上传至云端进行长期归档,这种分层存储机制既满足实时调阅需求又避免海量视频数据对主干网络的冲击。部分新型系统开始尝试将采集端的光场相机与传输层的 TSN 时间敏感网络结合,通过微秒级时钟同步技术消除多摄像头拼接时的帧间抖动,但此类方案受限于硬件改造成本尚未大规模商用。

4.2 视频分析与处理算法

视频分析引擎采用混合高斯模型构建动态背景模板,对监控画面中的前景目标实施像素级分离,有效消除光照突变或枝叶晃动引发的误检干扰。数据处理单元在目标跟踪阶段融合卡尔曼滤波与外观特征匹配算法,针对电梯间和走廊等狭窄空间设计轨迹预测补偿机制,解决人员密集场景下的目标丢失问题。特征提取模块基于改进的 OpenPose 框架解析人体骨骼关节点,结合步态周期分析建立个体运动特征库,为跨摄像头连续追踪提供时空关联依据。智能降噪算法根据不同时段的环境噪声频谱自适应调整滤波参数,夜间模式自动增强低照度视频的局部对比度而不产生光晕伪影。拥挤度监测子系统运用密度估计网络实时计算重点区域的人员分布热力图,当检测到逃生通道滞留人数超过安全阈值时触发分级报警策略。系统在数据融合层建立多摄像头协同工作机制,利用视域重叠区域的坐标映射关系消除盲区目标跳变,通过时空校准确保行为分析的连续性。

4.3 动态捕捉技术

动态捕捉算法通常基于改进的 YOLOv5 架构,结合混合高斯背景建模与帧间差分法,对楼宇内的人员位移轨迹进行连续追踪,有效区分正常行走与异常奔跑等行为模式。多模态传感器阵列整合毫米波雷达点云数据与可见光视频流,利用卡尔曼滤波算法消除玻璃幕墙反光或阴影变化造成的虚警,提升复杂光照条件下运动目标的检测精度。边缘计算框架部署在楼宇各层的智能分析盒内,采用 TensorRT 加速引擎对动态特征向量进行实时提取,将人体骨架关节点坐标与运动速度参数传输至上层管理平台,供后续行为模式分析模块调用^[4]。部分系统尝试引入轻量化的光流分析模型,在摄像头本地完成运动趋势预测,减少对中心服务器的计算资源依赖,但受限于嵌入式芯片的运算能力,目前主要应用于

走廊、电梯厅等关键区域。传感器融合机制在动态捕捉过程中持续优化多源数据的时间戳对齐精度,避免因传输延迟导致的目标轨迹断裂问题,确保跨摄像头接力追踪的连贯性。

4.4 数据存储与管理技术

视频数据存储架构普遍采用分布式对象存储系统,借助 Ceph 或 HDFS 技术将视频流按时间切片存储至边缘节点与中心云端的混合存储池,支持按需调用三个月内的热数据与历史冷数据分层管理策略。数据管理系统内置智能元数据标签引擎,自动提取视频流中的人员服饰特征、移动方向及停留时长等信息,结合楼宇平面图的坐标映射关系生成时空索引,使安防人员能够以电梯间编号或会议室名称为检索条件快速定位目标片段。视频流在写入存储前经过自适应码率调整模块处理,根据预设的存储周期智能选择 H.265 或 M-JPEG 编码格式,同时对静止画面段启用背景帧丢弃算法,节省约三成存储空间消耗。数据生命周期管理模块依据《网络安全法》等法规设定自动归档规则,对超过法定保存期限的视频执行逻辑删除操作,并在物理擦除前进行三重哈希校验防止误删关键证据。部分高端项目引入区块链存证技术,将视频文件的特征值连同摄像头操作日志打包上链,利用非对称加密算法提升数据防篡改能力,但由于私有链部署成本较高,目前多应用于金融类楼宇的核心区域监管。

5 结语

楼宇管理跨越从机械化控制迈向认知决策阶段的进程,此进程以智能视频监控技术的场景化部署为标志,安防预警精准度直接受算法模型对空间行为模式解构能力的影响,而多源数据的融合分析为能耗优化提供了动态基准。行业在技术研发方面应强化隐私保护机制,构建数据脱敏与权限分级并行的伦理框架。跨领域知识图谱的引入将推动监控系统从事件响应向趋势预测进阶,最终形成具备自学习能力的楼宇智慧神经中枢,为建筑空间的可持续运营注入全新动能。

参考文献

- [1] 向星成. 视频监控与图像分析大数据在公安实战中的智能分析与应用研究 [J]. 中国军转民, 2025, (07): 63-64.
- [2] 金焕章. 基于 ZigBee 技术的智能楼宇视频监控设备自动化控制系统 [J]. 电子设计工程, 2025, 33 (06): 192-196.
- [3] 杨佳,李畅,曾莉. 基于嵌入式技术的智能远程视频监控系统设计研究 [J]. 中国新技术新产品, 2025, (05): 7-10.
- [4] 王涵,费立蜀,陈维. 基于目标检测技术的智能视频分析方案研究 [J]. 中国口岸科学技术, 2025, 7 (02): 15-20.

Research on the application of digital technology in construction engineering quality testing

Yanhong Tao

National Inspection Test Holding Group Yunnan Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650000, China

Abstract

Quality issues in construction projects are particularly critical. By employing inspection techniques, it is ensured that these issues meet the required standards. However, various factors can influence specific quality inspections, leading to some degree of error in the results. Currently, in concrete engineering projects, digital technologies such as big data, the Internet of Things, and artificial intelligence are often applied. These advanced technologies help establish a full lifecycle management system, enabling process monitoring and quality analysis, thereby effectively enhancing the accuracy of quality inspections. Therefore, this research primarily explores the advantages of digital technology applications, proposes several measures for integrating digital technology with quality inspection techniques, analyzes influencing factors, and suggests improvement strategies for reference by relevant projects and personnel.

Keywords

digital technology; construction engineering; quality testing; accuracy

数字化技术在建筑工程质量检测中的应用研究

陶嫣红

国检测试控股集团云南有限公司，中国·云南昆明 650000

摘要

建筑工程质量问题尤为关键，通过采用检测技术，确保其符合要求。不过在具体的质量检测中会受到诸多因素影响，导致结果存在一定的误差。现阶段在具体的工程项目中，通常将数字化技术应用其中，例如大数据、物联网、人工智能等各种先进技术，构建全生命周期管理体系，开展过程监测和质量分析，从而有效提升质量检测的精准度。因此，本文研究工作主要探究数字化技术的应用优势，提出几点数字化技术与质量检测技术结合应用的措施，分析影响因素，提出提升对策，以供相关项目和人员参考。

关键词

数字化技术；建筑工程；质量检测；准确度

1 引言

数字化技术快速发展的背景下，在各行各业中的应用广泛，并且效果显著。而将其应用于建筑工程质量检测工作中，可以实现行业的转型升级。充分发挥物联网、大数据、人工智能等各种先进技术的应用，与检测技术结合，可以构建更为完善的工作体系，开展全过程管控，优化流程，从而实现质量检测的智能化和精准化。

2 数字化技术在建筑工程质量检测中的应用优势

2.1 提高检测精度

建筑工程质量检测工作中，将人工智能、物联网、大

数据等各种技术进行有效整合，可以突破传统技术的限制，提高检测的精度。可以将 BIM 模型与现场实测数据相融合，精确到施工偏差的毫米级定位，避免人工目测的主观误差^[1]。而且，数字化自动化的应用代替人力劳动，例如无人机、巡检机器人等，快速覆盖高空、复杂环境开展检测工作，可以提高检测效率。大数据平台整合传感器数据、检测报告等多源数据信息，借助于机器学习模型，开展实施评估工作，可以替代传统人工分析的相关流程，大大提高了工作效率。

2.2 有效控制风险

开展建筑工程质量检测工作，可以及时发现其中的隐患因素有效解决，避免引发风险隐患。而数字化技术的应用使得风险的管控更加精准，效率更高。将基于深度学习的图像识别技术应用于检测工作中，可以自动识别裂缝等一些细微缺陷，提高缺陷检测定位的精准度。利用物联网传感器实时采集结构位移、温度等一系列参数，开展全天候监测工作，

【作者简介】陶嫣红（1982-），女，中国甘肃人，本科，高级工程师，从事工程检测技术研究。

可以及时发现存在的异常风险因素,将质量问题遏制在摇篮中。通过整合建筑工程的数据信息,构建基于历史数据训练的AI模型,可以预测结构的健康状态,提前制定维护方案,采用预测性维护措施,及时发现风险,减少隐患,降低运维成本^[2]。

3 建筑工程中质量检测与数字化技术的融合分析

3.1 物联网与互联网的应用

数据集成应用,助力于建筑工程质量检测工作的转型升级,从而有效提升整体的精准度。可以应用物联网与智能传感器,实现全面覆盖,搭建实时监测网络。在建筑结构关键节点部署高精度的传感器,可以实时地采集位移、温度等关键数据信息。监测设备的运行状态以及环境参数,有效预防其中的安全隐患。引入智能设备实现有效集成。例如将巡检机器人、无人机、智能安全帽等相关设备有效整合和智能互联,可以开展全过程自动检测工作。在材料检测方面可以应用嵌入式传感器,监测混凝土养护的过程,实时传输数据,确保材料性能达标,符合建筑要求。例如,在混凝土浇筑过程中,利用传感器监测混凝土的内部温度变化,防止出现温度裂缝。

移动互联网技术应用于建筑工程质量检测工作中,实现信息化管控。工作人员在施工现场可以借助智能手机、平板电脑等移动设备,快速采集数据、上传报告、查询信息等,形成项目的完善档案,为检测工作提供重要支撑,从而提高检测工作的效率和便捷性。例如,搭建智慧工地,使用移动APP进行现场检测数据的录入和拍照记录,实时同步到后台管理系统。构建设备数字化管理系统。物围绕仪器设备的全生命周期进行监控和管理,物联网和互联网集成作用,加强全流程管控,包括设备的采购、验收、校定校准、使用、维修、报废等环节,提高设备的利用率和管理水平。

3.2 人工智能和大数据

应用人工智能和大数据分析,开展精准检测工作。人工智能方面可以应用基于深度学习算法的图像识别技术,自动识别裂缝等缺陷。在检测工作中,相机采集图像深度学习算法,识别其中的病害,会自动标注位置并评估严重等级,可以有效规避人工漏判错判的情况,工作效率大大提升^[3]。例如,利用数字化技术对结构健康监测数据进行处理,判断结构的损伤程度和发展趋势。应用大数据技术,可以对大量的工程质量检测数据进行收集、存储、分析和挖掘,提取有价值的信息,为质量决策提供支持。在检测工作中,面对大跨度结构可以使用无人机倾斜摄影建模技术,结合点云数据自动分析构件尺寸的偏差、表面缺陷等情况,形成完整的质量检测报告,可以大大提升检测效率。例如,混凝土检测工作中,可以实现传统技术与数字化技术的有效结合。可以使用履带式机器人搭载超声仪、回弹仪等设备,按照预设的路径完成混凝土强度的检测工作。

3.3 全生命周期管理建设

基于数字化技术,建筑工程项目可以搭建全生命周期管理平台,用于支持质量检测工作的顺利开展。首先建设质量数据中心。要先统一数据源规范,结合地方政府出台的相关标准体系,用于明确数据规范,解决跨层级数据孤岛问题。通过为建筑单体赋予唯一编码,并与项目编码/空间位置信息相关联,可以实现全生命周期数据可追溯。例如,二维码与RFID技术的应用。通过为建筑材料、构配件和检测样品等赋予唯一的二维码或RFID标签,实现对其身份识别、信息追溯和流程跟踪。比如,在建筑材料上粘贴二维码标签,检测人员通过扫描二维码可以获取材料的生产厂家、规格型号、第样品信息。其次,明确工作流程确保顺利推进。要先采集相关数据,可以通过电子表单、无纸化报建等方法规范数据录入,减少人工干预的错误,并对数据进行动态清洗和补充,完善数据的采集治理。同时考虑到数据的安全与合规情况,引入隐私计算、可信数据空间等技术保障隐私。通过区块链技术的应用,确保信用数据不可篡改^[4]。第三,构建动态质量评价体系。将全生命周期过程中的数据整合在一起,通过深度剖析动态评价,为质量检测提供重要依据,可以应用数字孪生技术搭建虚拟质量监控中心,实现实体工程与数字模型的实时映射。也可以应用机器学习算法,综合环境参数和工艺数据,自动生成质量指数。全生命周期的支持下,实现了原有项目单点检测到全流程追溯的转型升级。可以形成完善的数字档案,实现问题快速追溯,避免质量责任纠纷,也能为后期维护改造提供精准依据。例如,工程质量智慧检测系统集成检测业务受理、数据采集、信息上传、报告出具、档案管理等功能,实现了工程质量检测全流程的信息化管理,提高了检测机构的工作效率和管理水平。

通过数字化技术的有效集成,可以实现精准检测智能分析和全过程管控,不仅有效提升检测的精度,也能控制整体的工作效率,及时发现问题解决隐患,保障建筑工程的整体质量。



图1 数字化技术的集成

4 基于数字化的建筑工程质量检测精准度面临的挑战

4.1 数据标准化问题

在具体的工程项目中,应用数字化技术与传统检测技术结合应用,开展质量检测工作,但会涉及多维数据。检测

设备多为传统硬件数据，不同系统间的数据格式与接口不统一，导致信息孤岛现象。各类检测软件与监管平台接口差异大，导致数据清洗成本高。多源数据难以统一格式碎片化，影响到统一管理和分析处理，阻碍了数据的进一步应用。时空基准不统一，指的是检测数据的空间坐标和各类检测软件的坐标系存在转换误差，会影响数据的关联分析。

4.2 人员素质参差不齐

数字化技术的应用，对现阶段的检测人员提出了更高的要求。检测人员数字化能力断层，无法应对各项挑战。传统的检测人员数字操作能力不足，并未掌握多项技术和软件的应用，缺乏复合型人才。再加上相关的培训机制不完善，影响到工作队伍建设和标准化专业化发展，最终影响到工作质量。

5 基于数字化技术的建筑工程质量检测精准度提升策略

5.1 建立协同机制

建设工程质量检测工作中，可以应用数字化技术打造协同机制，实现多主体、多技术、多环节的高效联动。不仅可以促进技术融合，也能实现数据共享和流程再造，打破传统检测技术存在的弊端，提高质量检测的精准度。首先，建立多方参与的立体化协作网络。政府相关部门主导完善协同体系的建设，要明确建设单位、检测机构、技术供应商、施工企业等多个主体的具体责任，吸引他们参与其中，完善一体化建设^[5]。例如，江西省搭建了数字住建平台，结合工程审批、质量验收、检测机构管理等多个系统，实现了跨部门数据互通，整合多方数据实时反馈结果，监管部门远程核验，提高审批效率。与此同时，也要注重第三方服务的介入，可以引入独立的数据中台服务商，负责数据清洗、存储与安全管理。其次，实现技术上的协同，可以打造多技术融合的检测生态。促进技术上的有效协同，根据工作需求引进 BIM 技术、AI 区块链等各种先进技术，实现协同作业，提高检测的精准性。第三，实现数据协同可以建立标准化可信化的数据体系，统一数据标准，实现数据共享。为了确保数据的安全性，还需要采用权限管理的方式，分级授权共享。第四，实现流程协同，重塑检测业务的全链条。前期工作建设单位在 BIM 平台预设检测点位，自动生成检测任务清单。中期工作是由检测人员扫读任务开展现场采集数据的工作，实时同步至云端。后期工作系统结合检测结果生成整改，建议推送给施工单位及时整改，实现有效闭环。打造完善的协同机

制，助力于数字化技术的应用，提高检测工作的精度。



图2 数据中台的构成

5.2 加强人员管理

数字化的应用涉及多环节多个方面和多项技术，建筑工程项目要结合自身情况，优化选择完善整体建设，从而有效提升质量检测的精准度，而在这一过程中离不开保障机制的支持。通过加强人才培养，建设工作队伍，有效应对各种问题。基于数字化技术的应用，完善培训课程的建设，指导相关人员加强学习，能够掌握各类软件与检测技术结合的相关技能，学会利用各种先进软件技术，进行数据分析。同时推行检测工程师数字化能力认证体系，规范人员培养，要求技术人员持证上岗，可以减少人为因素的影响^[6]。

6 结语

综上所述，数字化技术与质量检测技术有效融合，推动传统智能检测工作的转型升级。可以有效突破单一技术维度，实现各方协同技术融合，共享共建。因此，在建筑工程项目中，可以将物联网、大数据、人工智能、BIM 技术等集成建设综合应用，同时也要分析具体工作中的问题，打造协同机制，关注人才培养，从而有效提升质量检测的精准度。

参考文献

- [1] 赵超. 建筑工程中智能化检测技术的运用[J]. 信息技术时代,2024(15):98-100.
- [2] 王安江. 建筑工程主体结构现场检测的必要性及策略[J]. 建筑·建材·装饰,2025(4):166-168.
- [3] 田长超,宋兰平,庄孝敏. 提高建筑工程混凝土强度回弹法检测精确度的方法[J]. 建筑与装饰,2022(13):141-143.
- [4] 左登锋. 建筑工程质量检测中的混凝土检测技术探讨[J]. 居业,2023(7):79-81.
- [5] 邓毅,蒋辉,张伟威. 建筑工程质量检测行业的数字化转型展望[J]. 城市情报,2024(12):122-123.
- [6] 王海渊,袁扬,李健民,等. 建设工程质量检测监测数字化应用体系研究[J]. 信息技术与标准化,2024(12):76-82.

Development of intelligent monitoring and optimization control system for gold cyanide leaching process based on Internet of Things

Hao Wang Qifei Sun Yuanhao Zhou

Shandong Zhaojin Group Co., Ltd., Zhaoyuan, Shandong, 654000, China

Abstract

The cyanidation leaching process in gold mining is the core technology for extracting metallic gold from gold ores. The reaction conditions, leaching efficiency, and environmental safety during this process significantly impact the comprehensive utilization of mineral resources and environmental protection levels. Traditional monitoring and control methods for the cyanidation leaching process rely on human experience and data collection from conventional sensors, leading to issues such as delayed data updates, poor control accuracy, and high energy consumption. With the development of Internet of Things (IoT) technology, the development of intelligent monitoring and optimization control systems based on IoT has become an important approach to addressing these problems. This paper analyzes the key parameters and control requirements of the cyanidation leaching process in gold mining and proposes an intelligent monitoring and optimization control system architecture based on IoT technology. By integrating sensor networks, data collection, real-time monitoring, and adaptive optimization control algorithms, the system achieves precise monitoring and dynamic adjustment of the cyanidation leaching process. Practical application cases have verified that this system significantly enhances the automation and intelligence levels of the cyanidation leaching process in gold mining, optimizes resource utilization efficiency, and effectively reduces environmental risks and energy consumption.

Keywords

Internet of Things, gold mine, cyanide leaching, intelligent monitoring, optimal control

基于物联网的金矿氰化浸出过程智能监控与优化控制系统开发

王浩 孙其飞 周元浩

山东招金集团有限公司, 中国 · 山东 招远 654000

摘要

金矿氰化浸出过程是提取金矿中的金属金的核心工艺, 其过程中的反应条件、浸出效率及环境安全性等均对矿产资源的综合利用及环保水平有重要影响。传统的金矿氰化浸出过程监控和控制方法, 依赖于人工经验和传统传感器的数据采集, 存在着数据更新滞后、控制精度差以及能耗高等问题。随着物联网 (IoT) 技术的发展, 基于物联网的金矿氰化浸出过程智能监控与优化控制系统的开发成为解决这一问题的重要途径。本文通过分析金矿氰化浸出工艺的关键参数和控制需求, 提出了一种基于物联网技术的智能监控与优化控制系统架构, 结合传感器网络、数据采集、实时监控和自适应优化控制算法, 实现了对氰化浸出过程的精确监控与动态调整。通过实际应用案例验证, 该系统显著提升了金矿氰化浸出过程的自动化、智能化水平, 优化了资源利用效率, 并有效降低了环境风险和能耗。

关键词

物联网、金矿、氰化浸出、智能监控、优化控制

1 引言

金矿资源作为全球重要的金属矿产之一, 在现代社会

【课题项目】典型稀贵金属资源协同利用关键技术研究 and 装备应用 (项目编号: 2023CXGC010903)。

【作者简介】王浩 (1988-), 男, 中国山东宁阳人, 硕士, 工程师, 从事黄金选冶研究。

经济中发挥着重要作用。金矿的开采和金的提取主要依赖于氰化浸出法, 这是一种通过氰化物溶解金矿中金属金的提取技术。然而, 氰化浸出过程对多种因素高度敏感, 温度、溶液浓度、pH 值、氧气供应等因素都会直接影响金的提取效率和浸出过程的稳定性。同时, 氰化过程中产生的废气、废水以及有毒气体如氰化物, 会对环境造成严重污染, 要求金矿企业在保证产出效率的同时, 加强环境管理和控制。

传统的金矿氰化浸出过程监控依赖人工和传统设备进

行数据采集,往往存在响应速度慢、数据传输时间长、控制精度低等问题。因此,提高金矿氰化浸出过程的自动化和智能化水平,成为了提升矿产资源利用效率、降低环境风险和优化生产流程的关键。

随着物联网技术的不断发展和成熟,通过构建一个基于物联网的智能监控与优化控制系统,能够实现对金矿氰化浸出过程的实时监控、数据采集与分析、自动调节和智能优化。本文旨在设计并开发一个基于物联网的金矿氰化浸出过程智能监控与优化控制系统,旨在提高氰化浸出过程的控制精度、反应效率以及环保水平,为金矿行业提供新的技术手段。

2 金矿氰化浸出工艺及其关键参数分析

2.1 金矿氰化浸出工艺概述

金矿氰化浸出是金提取过程中的一种重要化学方法,广泛应用于低品位金矿的开采中。其核心原理是利用氰化物与金反应,形成可溶解的金氰络合物,从而将金从矿石中提取出来。氰化浸出法的基础是金与氰化物在溶液中的化学反应,常使用氰化钠溶液进行反应,这是一种高效且经济的金提取方法。该工艺通常包括以下几个主要步骤:

矿石预处理: 矿石预处理是氰化浸出工艺中非常重要的一步。由于矿石中金的分布和形态各异,金矿的物理性质对浸出效率有很大的影响,因此需要对矿石进行预处理。这包括粉碎、筛分和磨矿等过程,目的是使矿石的粒度细化,增大金矿物与氰化剂接触的表面积,以确保矿石中金能够充分与氰化物溶液反应。

氰化浸出: 在氰化浸出阶段,处理后的矿石与氰化钠溶液(通常含有 0.03-0.05 mol/L 的氰化钠)在一定的温度、pH 值和溶解氧的条件下反应,金矿中的金与氰化物形成可溶性的金氰络合物。这一过程通常需要一定的时间,金与氰化物的反应速率和金的溶解度受温度、pH、氰化剂浓度等因素的影响。

金的回收: 在金与氰化物反应生成金氰络合物后,金的回收阶段是整个氰化浸出过程的关键。通常采用两种方法进行金的回收:一是使用活性炭吸附金氰络合物;二是采用电解法通过电解反应将金从溶液中析出。活性炭吸附法广泛应用于现代金矿提取中,其优点是操作简便且成本较低。电解法则适用于氰化浸出过程中产生的金氰络合物浓度较高的情况。

废水处理与环保: 氰化废水的处理是氰化浸出工艺中不可忽视的环节。氰化废水含有大量的氰化物、重金属等污染物,未经处理直接排放会严重污染环境。因此,在氰化浸出过程后,必须进行废水处理,常见的处理方法包括氰化物的化学还原、氧化法和生物降解法等。这些方法不仅要求处理效率高,还要考虑环境友好性和经济性。

2.2 金矿氰化浸出过程中的关键参数

金矿氰化浸出过程受多种因素的影响,优化这些参数对于提高金的回收率和降低生产成本至关重要。以下是一些

对氰化浸出过程具有重大影响的关键参数:

温度: 温度对氰化反应速率和金的溶解速度有显著影响。较高的温度可以加速氰化反应,提高金的回收率。然而,过高的温度可能导致氰化物的挥发或分解,从而降低氰化反应的效率和氰化剂的稳定性。因此,在氰化浸出过程中,必须控制温度在一个合理的范围内,一般建议控制在 20° C 到 30° C 之间。

pH 值: pH 值对氰化物的稳定性和氰化反应的速率有重要影响。在氰化浸出过程中,通常需要维持弱碱性环境。pH 值过低可能导致氰化物分解,而过高的 pH 值可能会降低金的溶解度,影响金的回收率。常规的氰化浸出工艺控制 pH 值在 9 至 11 之间。

氰化钠浓度: 氰化钠的浓度是影响金溶解度的关键因素之一。氰化钠浓度过低时,金矿中的金不能充分溶解,导致回收率较低。氰化钠浓度过高时,不仅会增加氰化剂的使用成本,还可能带来环境污染。因此,需要根据金矿的品位和浸出要求,合理选择氰化钠浓度,一般控制在 0.03 至 0.05 mol/L。

氧气供应: 氧气是金浸出反应的催化剂,在氰化浸出过程中起着至关重要的作用。氧气能够促进氰化物与金的反应,氧气供应不足将导致反应速率下降,进而降低金的溶解效率。因此,在氰化浸出过程中,必须保证足够的氧气供应,通常通过通入空气或纯氧来增加氧气浓度。

浸出时间: 浸出时间直接影响金的溶解程度。浸出时间过短会导致金的溶解不完全,回收率低;而浸出时间过长则会增加能量消耗和生产成本,且可能引发不必要的副反应。因此,选择适当的浸出时间十分关键,通常根据矿石的品位、氰化剂浓度和其他操作条件来确定最佳时间。

2.3 金矿氰化浸出过程中的挑战

尽管金矿氰化浸出工艺在金提取中具有较高的回收率和较低的成本,但在实际应用中,仍然面临诸多挑战:

环境污染: 氰化浸出过程中产生的废水和废气是影响环境的重要因素。氰化废水通常含有氰化物、重金属、氨氮等污染物,若未经处理直接排放,会严重污染土壤和水源。虽然目前已经有多种废水处理技术,但氰化废水的处理依然是一项复杂且高成本的工作。如何有效减少氰化废水的排放,并将其转化为无害物质,是当前金矿氰化浸出工艺中的一大挑战。

过程控制复杂: 金矿氰化浸出过程涉及多个因素,如温度、pH、氰化钠浓度、氧气供应等,这些因素相互作用,影响氰化反应的速率和金的回收率。由于反应复杂且变量多,如何精确控制各个参数,优化浸出过程,提高金的回收率,并降低能耗,是一个技术难题。需要依靠先进的过程监测和控制系统,以实现精细化操作。

能耗高: 氰化浸出过程需要维持一定的温度、搅拌和泵送等操作,这些过程往往消耗大量的能量。如何降低能耗,优化工艺流程,提高浸出效率,是另一个亟待解决的问题。

例如,通过热能回收、节能设备或改进浸出方式(如采用微波辅助或超声波辅助等新技术)来降低能耗,可能是未来氰化浸出技术发展的方向。

总结来说,尽管金矿氰化浸出工艺在金的回收中具有显著的优势,但其仍面临环境污染、过程控制复杂和能耗高等挑战。未来,随着新技术的发展和环保标准的提升,金矿氰化浸出工艺将朝着更加环保、高效和经济的方向发展。

3 基于物联网的金矿氰化浸出过程智能监控与优化控制系统设计

为了应对上述挑战,基于物联网技术的金矿氰化浸出过程智能监控与优化控制系统应运而生。该系统通过传感器网络和数据采集技术实时监测氰化浸出过程中的关键参数,并通过智能算法对其进行优化控制,确保系统的高效、安全运行。

3.1 物联网技术在氰化浸出过程中的应用

物联网技术能够通过传感器、无线通信和数据处理等技术手段,实现对氰化浸出过程的全面监控。传感器通过对温度、pH值、氰化物浓度、氧气浓度等数据的实时采集,将数据传输到控制平台,系统自动分析数据并进行相应的调整,从而优化氰化反应条件。

温度与pH值传感器:通过温度和pH值传感器,实时监测浸出液的温度和酸碱度,确保它们处于最佳反应区间。

氰化物浓度传感器:用于实时监测氰化钠溶液的浓度,确保浓度保持在适宜范围内。

氧气传感器:监测氰化反应所需的氧气浓度,确保足够的氧气供应,提高反应效率。

3.2 智能控制与优化算法

物联网技术在金矿氰化浸出工艺中的应用,不仅能够实时监测关键参数,还能够通过智能控制系统进行精确的优化调整,从而显著提高金回收率和降低能耗。这些技术为氰化浸出过程提供了更高效的管理和控制手段。

首先,自适应控制系统是物联网技术在氰化浸出工艺中应用的重要方式之一。通过实时采集温度、pH值、氰化剂浓度等参数,系统可以根据这些数据的波动自动调整加热、搅拌、泵送等操作条件,确保反应环境的稳定性。这样一来,不仅避免了人为操作的误差,也能实时应对各种工艺变化,保持氰化反应的最佳状态。

其次,预测控制算法利用历史数据和实时监测数据,能够预测氰化浸出过程中可能发生的变化,提前做出响应调整。例如,根据气温变化、矿石的粒度变化等因素,预测氰化反应的进程,并及时调整浸出时间、温度或氰化剂浓度,以避免不良反应的发生,提升反应效率。

此外,数据融合与分析技术能够将多个传感器的数据进行整合,利用模式识别方法实时分析氰化过程中的动态变化。通过对这些多维数据的综合分析,系统能够评估浸出过程的整体效率,进一步优化反应时间和资源使用,确保金矿

的高效提取与环保要求。

3.3 系统集成与平台设计

该系统的核心是数据采集、传输和处理平台。所有传感器采集的数据通过无线通信模块传输至中央处理系统。平台内集成了数据存储、计算分析和决策支持模块,能够实时显示浸出过程的运行状态,提供智能化的决策支持。平台还能够进行历史数据分析与趋势预测,为未来的生产决策提供科学依据。

4 基于物联网的金矿氰化浸出过程智能监控与优化控制系统的应用效果

通过多个实际工程案例的验证,基于物联网的金矿氰化浸出过程智能监控与优化控制系统展现出显著的优势。

4.1 提高金回收率和反应效率

通过实时监测和智能优化控制,能够精确控制浸出过程中的温度、pH值、氰化钠浓度和氧气浓度,从而提高反应效率和金的回收率。实验数据表明,采用该系统后,金回收率提高了约10%,浸出过程的时间缩短了20%。

4.2 降低环境污染

通过实时监控废气和废水中的氰化物浓度,及时调整浸出过程的操作条件,减少氰化物的排放,显著降低了环境污染的风险。此外,系统还能够优化废水处理过程,确保处理效果符合环保标准。

4.3 节能降耗

通过优化加热、搅拌和泵送等过程参数,能够有效降低能耗。实际应用中,系统节能效果达到15%左右,显著降低了运营成本。

5 结语

基于物联网技术的金矿氰化浸出过程智能监控与优化控制系统为金矿行业提供了一种新的自动化控制方案。通过智能化的实时监控和优化控制,可以大幅提高金矿氰化浸出过程的效率和金回收率,减少能耗和环境污染,具有较高的实际应用价值。未来,随着技术的不断发展和完善,基于物联网的智能监控与优化控制系统将在金矿行业中得到更广泛的应用,为行业的可持续发展提供强有力的技术支持。

参考文献

- [1] 李永绣,祝文才,章立志,等.稀土冶金与环境保护[M].化学工业出版社:202409.423.
- [2] 都董,董亚超.化工智能制造概论[M].化学工业出版社:2024.
- [3] 张红军.面向带钢热轧的工业过程监测与故障诊断方法研究[D].北京科技大学,2024.
- [4] 中国无机盐工业协会,中国石油和化学工业联合会化工新材料专业委员会.中国新能源材料产业发展报告[M].化学工业出版社:202405.362.
- [5] 张臻悦,杨静,郭文达,等.矿物加工过程管控系统应用现状分析[J/OL].矿产综合利用,1-9[2025-05-20].

Research on Construction Technology of Exterior Wall Insulation in Building Engineering under Energy saving Orientation

Qiang Wen

Tianjin Construction Engineering Supervision Company, Tianjin, 300220, China

Abstract

Under the guidance of high-quality development in the construction industry, optimizing the application form of external wall insulation construction technology and improving the energy-saving and consumption reducing effects of engineering project construction and operation are inevitable requirements of the times. The rapid development of external wall insulation construction technology in the new era requires the selection of technical application forms based on the actual situation of engineering projects, and the optimization of application at the overall level in order to fully leverage the advantages of technical application. This study takes a certain construction project as an example to illustrate the specific application forms of external wall insulation construction technology, summarize the key points of energy-saving construction technology application, and provide reference for similar construction projects. It plays a positive role in promoting the green, low-carbon, circular and high-quality development of the construction industry.

Keywords

construction engineering; Energy conservation and consumption reduction; External wall insulation; construction technique

节能导向下建筑工程外墙保温施工技术研究

闻强

天津市建设工程监理公司, 中国·天津 300220

摘要

建筑产业高质量发展导向下, 优化外墙保温施工技术应用形式, 提升工程项目建设及运行节能降耗成效, 是时代发展必然要求。新时期外墙保温施工技术快速发展, 结合工程项目实际选择技术应用形式, 从整体层面做好应用优化, 才能够将技术应用优势充分发挥出来。本研究以某建筑工程项目为例, 说明外墙保温施工技术具体应用形式, 总结节能施工技术应用要点, 以此为同类工程项目施工作业提供参考, 为促进建筑产业绿色低碳循环高质量发展起到积极促进作用。

关键词

建筑工程; 节能降耗; 外墙保温; 施工技术

1 引言

建筑工程施工中, 外墙保温施工技术及材料的合理选用, 能够有效阻隔室内外热量传递, 显著降低冬季室内热能散失和外部热能侵入, 以此达到良好的保温效果, 减少建筑物实际运行中供暖及制冷需求, 降低能源消耗。建筑产业高质量发展导向下, 要求技术人员能够从整体上把握外墙保温技术应用形式及要求, 明确技术应用要点, 确保施工流程有序推进, 以此才能够技术应用优势充分发挥出来, 真正体现节能降耗建设和发展要求。

【作者简介】闻强(1972-), 男, 中国天津人, 本科, 高级工程师, 从事土木工程建造以及建筑施工技术的创新和应用研究。

2 工程概况

某综合性建筑工程二期项目, 占地面积 63808.39 m², 地上建筑面积 176410.64 m², 其中住宅建筑面积 155359.64 m², 商业建筑面积: 17919 m²; 配套公建建筑面积: 3132 m²; 地下建筑面积 83650 m², 总建筑面积 254103.64 m²。项目包括 14 栋高层住宅、5 座配套建筑及地下车库。建筑物最高高度 78.9 米, 最高层数 27 层, 地下 2 层, 结构类型为剪力墙、框架结构。高层住宅楼均无裙楼, 配建 10、11 为商业, 无裙楼。施工方案中, 建筑保温材料类型分别为岩棉 A 型和石墨 B1 型。采用主要保温材料: 外墙为岩棉板、模塑石墨聚苯板; 屋面为挤塑聚苯板; 防火隔离带为岩棉带、岩棉板。外窗类型: 断桥金属窗、玻璃 5mm 透明 +12Ar+5mm 透明 +12Ar+5mmLow-E。

3 外墙保温施工技术的具体应用

3.1 外墙包围材料性能参数分析

建筑工程项目建设中,要确保外墙保温施工技术应用成效充分显现出来,就必须严格依照设计方案选择符合国

家和地方标准的保温材料,依照标准做好各种类型材料性能检测,深入做好材料性能参数分析,为施工组织提供坚实依据。以本工程项目为例,主要外墙保温材料所需检测性能项目如表1所示。

表1 建筑工程外墙保温材料性能检测项目

材料	检测项目
岩棉外墙外保温系统	耐候性、吸水量、抗冲击性、水蒸气透过湿流密度、耐冻融、抹面层不透水性(2h)、抗风荷载性能
石墨聚苯板外保温系统	耐候性、抗冲击性、抗风压性、吸水量、耐冻融
石墨聚苯板	导热系数、表观密度、垂直于板面方向的抗拉强度、尺寸稳定性、弯曲变形、弯曲断裂力、水蒸气渗透系数、吸水率、燃烧性能等级、氧指数、压缩强度、玻璃化转变温度、受热残重、复合板面层厚度、复合板面层与芯材拉伸粘结强度
岩棉板(条)	密度、酸度系数、纤维平均直径、渣球含量、尺寸稳定性、质量吸湿率、吸水量、体积吸水率、导热系数、垂直于表面的抗拉强度、压缩强度、燃烧性能等级、氧化钾和氧化钠含量之和、剪切强度、剪切模量、湿热条件下垂直于表面的抗拉强度保留率
界面剂	容器中状态、冻融稳定性、储存稳定性、不挥发物含量、最低成膜温度
胶粘剂	拉伸粘结强度(与水泥砂浆、岩棉板、岩棉条)、可操作时间、聚合物有效成分含量
抹面胶浆	拉伸粘结强度(与岩棉板、岩棉条)、可操作时间、压折比、抗冲击性、吸水量、不透水性、保水率、聚合物有效成分含量
玻纤网	单位面积质量、拉伸断裂强力、断裂伸长率、耐碱拉伸断裂强力保留率、可燃物含量、氧化锆和氧化钛含量
锚栓主要性能	抗拉承载力标准值、塑料圆盘直径、碰撞套管直径、圆盘抗拔力标准值、锚盘刚度
保温砂浆	干密度、抗压强度、导热系数、拉伸粘结强度、线收缩率、压剪粘结强度、燃烧性能

3.2 保温砂浆施工

保温砂浆是建筑外墙最为基础保温层,在施工中先要做好墙面清理和检测工具等准备。基本营造方法为5mm抗裂砂浆找平层和5mm干粉类聚合物水泥防水砂浆,中间压入一层耐碱玻璃纤维网布。施工时先将保温砂浆搅拌均匀,稠度控制在50mm左右,变搅拌边使用,确保完成搅拌的材料在3h以内使用完毕^[1]。依照设计厚度制作灰饼、冲筋,在强度达标后方可粉刷保温砂浆、找平层涂刷并压实后,用竹丝拉毛、洒水养护,间隔一日后,开始施工防水砂浆层。

3.3 岩棉板施工

岩棉板施工作业前,需先将混凝土基层墙体清理干净,用1:3水泥砂浆找平,不得有脱层、空鼓及裂缝问题,检查垂直度、表面平整度及阴阳角垂直度等偏差是否符合规定。外窗安装需做好窗框与墙体之间的缝隙处理,做好窗框与砌体之间连接。在做好放线后,开始安装托架。托架需保持水平,两根托架之间保留3mm缝隙,水平方向宽度小于岩棉厚度。粘贴岩棉带时,需由专人配置胶粘剂,参照说明书倒入合适比例的洁净水,充分搅拌5~7min,以达到均匀、稠度适中为止,再放置5min熟化^[2]。聚合物改性胶粘剂搅拌时不能加入其他添料,在1h用完,工作完毕后需及时清洗工具。采用耐碱玻纤网实施粘贴翻包,作业时需做好墙体的细部处理。岩棉板粘接前做好表面检查,双面均匀涂抹专用界面剂,但四周不涂刷,采用自下而上,沿水平方向铺设粘贴,在竖缝部位逐行错缝1/2板长,墙角部位交错互锁,保证墙角垂直度。

在涂抹胶粘剂后,将岩棉板下端与基层墙体墙面粘贴,自下而上均匀挤压、滑动到位,作业时随时用靠尺和脱线板

检查平整度和垂直度。如有粘贴时及时将板边溢出的胶粘剂清理干净,侧边不得有胶粘剂,相邻岩棉板(条)对接紧密,板缝不得大于2mm,使用聚氨酯发泡填充抹平,板件高差控制在1mm以内。门窗洞口四角处或局部不规则处岩棉板需使用整块岩棉板切割成型,接缝离开角部200mm,切割面与板面保持垂直^[3]。抹面胶浆作业时,需合理控制加水量,搅拌均匀,使用前再搅拌一下,保持合适粘度,调制好的砂浆在2h内用完。第一遍抹面胶浆抹面并内置耐碱玻纤网格布作业完成后24h后,安装锚固件,再进行第二遍抹面胶浆抹面并内置耐碱玻纤网格布和第三遍抹面胶浆抹面。整体作业完成后,检查前面是否有不规则处或受损区域,采用刷平方式进行修补。

3.4 模塑石墨聚苯板外墙保温施工

模塑石墨聚苯板外墙保温施工作业前,需做好墙面混凝土基层清理,修补破损部位,再依照建筑立面设计尺寸和外保温技术要求做好放线。首层外墙保温均为岩棉板,作业方式同2.3内容,在处理到位后,进行防火隔离带施工。防火隔离带与泡沫塑料板粘贴同步施工,宽度≥300mm,采取每层交圈方式处理,涂刷界面剂时,需严格依照说明书配置,在涂刷1.5~2h后,方可进行下一步施工。楼层超过7层时,应在大面墙设置铝合金托架,7~18层隔层设置,18层以上每层设置。依照设计要求配置胶粘剂、粘贴翻包网,再布置保温板并进行粘贴作业。本工程项目施工中,保温板采用全面积粘法作业,注意做好墙面排版,先在聚苯板大面的其中一面,满涂10~12mm厚度的粘结砂浆胶粘剂,用专用刮板将部分砂浆刮除,确保表面平整,立即粘贴在墙上。粘贴时做好垂直平整度检查,及时将挤出的粘接剂挤出,使用2m

靠尺敲打、挤压板面。板缝宽度控制在2mm以下，碰头接缝部位不得涂抹胶粘剂，如宽度控制不到位，需使用聚苯板填充，或是在整体作业完成后，使用聚氨酯发泡剂一次填塞。

在施工完成24h并经过验收后，即可进行锚栓锚固施工，合理布置锚栓位置，间距不得大于600mm，距离保温板端部不应小于100mm，每块板上锚栓数量不得少于1个^[4]。锚固到位后，进行抹面层砂浆复合耐碱网格布施工和饰面层施工，在施工中注意做好平整度和养护时间控制，避免对施工质量产生影响。凸窗、阳台、门窗侧边、女儿墙、空调搁板、阳台等节点部位，分别依照对应要求施工，重点做好缝隙部位处理和防水处理。如必须在已完工的保温系统上打洞安装设施的构件，需进行防水密封修复。

3.5 饰面层施工

3.5.1 外墙涂料施工

外墙涂料施工作业前，需做好基底处理和施工准备，优化施工现场组织，确保外墙保温效果达到设计要求。在外墙腻子调配时，需遵循随用随搅、及时使用原则，使用电动搅拌机合理配置。配置好的材料应避免太阳直射，在2h内用完。施工前先用滚水润滑基面，使用合适工具刮涂，在干燥后及时打磨并用水养护，将整体平整度控制在 $\leq 3\text{mm}/2\text{m}$ 以下^[5]。最后做好底漆和面漆施工。

3.5.2 仿石漆施工

仿石漆施工环节，腻子施工与2.5.1要求一致，在腻子层干燥并做好检查后，使用滚筒均匀滚涂德爱威封固底漆一遍，要求涂层均匀、无漏刷、无流坠，但需注意不能涂刷过厚，避免底漆渗透至墙体内部。之后依照设计要求做好整幢建筑物外饰面的探底处理，依照“横下竖右”顺序，粘贴胶带将划线区和分格条处遮盖。用滚筒均匀滚涂德爱威仿石主色漆2遍，要求涂层饱满、均匀、花纹一致、无漏刷、无流坠，无明显接痕。在喷涂仿石涂料时，需确保喷枪及喷嘴口径都符合施工要求，结合现场情况调整喷枪气压、出气量和喷幅等，通常情形下气源压力控制在0.6~0.8Mpa；料罐压力控制在0.1~0.15Mpa为宜。以点喷法施工，确保枪口垂直墙面，距离40~70cm之间，以均匀速度来回十字走枪，确保均匀满喷。喷涂干燥后，修补花纹密度稀疏处，在罩光之前做好防雨保护，避免大雨冲刷。最后将分格条胶带撕揭，完成罩面漆施工。

3.5.3 水性氟碳金属漆施工

水性氟碳金属漆施工前期流程与2.5.1要求一致，进行腻子施工完成并抛光。在腻子层干燥后，使用进行底漆施工，滚筒均匀滚涂德爱威封固底漆（浓缩）一遍，要求涂层均匀、无漏刷、无流坠。在底色施工时，喷涂德爱威纯丙外墙漆2遍，先弹分色线，再粘贴胶带，最后进行仿铝塑板喷涂施工。

4 节能施工技术应用要点

4.1 选择合适的节能材料

以节能理念为导向优化建筑工程外墙保温施工技术，

首先要注重材料性能参数的科学匹配，以本工程项目为例，以岩棉板和模塑石墨聚苯板为主体保温材料，能够显著降低热桥效应，减少建筑物运行中供暖与制冷消耗。其次是要注重防火与节能并重，通过分层设置防火隔离带并与保温同步施工，确保防火隔离带与基层墙体全面积粘贴，在满足防火要求基础上，降低热传导系数，有效提升整体节能效果。最后是注重界面剂与辅材的协同作用，确保保温耐久性，为建筑运维奠定良好基础。

4.2 注重精细化操作

在外墙保温施工的各个环节，都需要做好基层处理，保持良好的平整度和清洁度，避免对保温层粘贴质量产生影响。在锚固作业环节，合理布置锚栓密度和深度，提升保温系统抗风荷载能力，在抹面胶浆施工中，每层均压入耐碱玻纤网，确保保护层养护时间 $\geq 7\text{d}$ ，提升保温层抗裂性能。饰面层施工前需做好腻子层的抛光和防水处理，减少不必要的热损失。对于热桥易发部位和节点，需采用增加防水涂料、做好防水层搭接、做好嵌缝处理等方式，强化节能效果。

4.3 注重质量和安全管理

在施工组织过程中，所有保温材料进场前均需提供检测报告，并进行复验，确保各项指标符合设计和相关规范要求。在施工作业中，深入细致做好各项参数检测，确保施工质量达到验收标准。针对高空作业、吊篮施工等高风险环节，应制定专项应急预案，做好脚手架、用电设备绝缘性等巡查，及时消除施工安全隐患。在工程施工完成后，需严格依照规范要求做好系统验收。在后期运维中，定期做好保温层开裂、锚栓松动等问题检查和修复，有效提升保温系统使用寿命，达到良好的节能成效。

5 结语

节能导向下优化建筑工程外墙保温施工技术应用形式，是实现节能降耗目标，推动建筑产业高质量发展的必然要求。在未来发展中，随着被动式低能耗建筑技术的推广，外墙保温施工技术将会朝向高性能、集成化方向发展，为建筑产业高质量发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 姜自动. 绿色建筑节能背景下的外墙保温材料应用[J]. 居舍, 2025, (14): 65-67.
- [2] 阎昶充. 复合保温材料在节能建筑外墙保温中的应用研究[J]. 合成材料老化与应用, 2025, 54 (02): 67-69.
- [3] 张心圆,李广军. 新型建筑外墙保温防水砂浆研制[J]. 广东建材, 2025, 41 (04): 33-35.
- [4] 刘超,张萌萌. 住宅建筑外墙保温一体化施工技术及其耐久性分析[J]. 居舍, 2025, (11): 61-64.
- [5] 李明京,郑秋格,张梅荣. 建筑外墙有机保温材料及保温系统防火性能研究[J]. 砖瓦, 2025, (04): 39-41+45.

Research on Seismic Design and Structural Inspection Technology in Building Structure Engineering

Ying Liu

Jiayan Research Institute Testing Center, Co., Ltd., Beijing, 100013, China

Abstract

This paper takes building structure engineering as the core and discusses seismic design and structural inspection technology. Firstly, analyze the basic principles and method specifications of seismic design, as well as the mechanical characteristics of common structural systems of frame structures; Then, the classification and practical application of detection technologies such as static load tests and dynamic tests are studied, and at the same time, the development trends of emerging detection technologies such as optical fiber sensing are analyzed. On this basis, the intrinsic connection between seismic design and structural inspection technology is revealed, and how to optimize seismic performance and apply it collaboratively based on inspection data is explored. Finally, the intelligent development direction integrating artificial intelligence and Internet of Things technology is proposed, aiming to enhance the seismic resistance capacity and safety of building structures and provide theoretical references and practical guidance for related fields.

Keywords

structural engineering; seismic design; structural detection technology; collaborative optimization

建筑结构工程中的抗震设计与结构检测技术研究

刘莹

建研院检测中心有限公司, 中国·北京 100013

摘要

本文以建筑结构工程为核心, 围绕抗震设计和结构检测技术展开探讨。首先剖析抗震设计的基本原理、方法规范, 以及框架结构常见结构体系的力学特性; 接着研究静载试验、动力测试等检测技术的分类和实际应用, 同时分析光纤传感等新兴检测技术的发展趋势。在此基础上, 揭示抗震设计与结构检测技术之间的内在联系, 探索如何基于检测数据进行抗震性能优化和协同应用, 最后提出融合人工智能、物联网技术的智能化发展方向, 旨在提升建筑结构的抗震能力和安全性, 为相关领域提供理论参考和实践指导。

关键词

建筑结构工程; 抗震设计; 结构检测技术; 协同优化

1 引言

地震灾害对人类生命财产安全造成巨大威胁, 建筑结构的抗震性能因此备受关注。抗震设计是保障建筑在地震中安全的关键, 和结构检测技术相互配合。结构检测技术能准确评估建筑结构现状, 为抗震设计提供数据。抗震设计依据检测结果优化结构, 提升建筑抗震能力。不过, 目前二者在协同应用和技术发展上存在不少问题。所以, 深入研究建筑结构工程中的抗震设计与结构检测技术及其协同关系, 对提升建筑安全性和耐久性有重要现实意义。

2 建筑结构抗震设计技术研究

2.1 抗震设计的基本原理

建筑结构抗震设计基于地震动力学和结构动力学原理, 目的是通过合理设计让建筑在地震作用下保持结构完整和使用功能。其核心是利用结构自身的延性和耗能能力, 把地震能量转化为结构的变形能。地震发生时, 结构经过弹性变形阶段、弹塑性变形阶段逐步消耗地震能量, 避免因能量集中使结构瞬间破坏。同时, 通过控制结构的刚度和质量分布, 让结构在地震作用下的反应更均匀, 减少薄弱部位, 提高整体抗震性能。

2.2 抗震设计方法与规范体系

目前, 常见的抗震设计方法主要有底部剪力法、振型分解反应谱法和时程分析法。底部剪力法适用于高度不超过40m、质量和刚度沿高度分布比较均匀的结构。振型分解反

【作者简介】刘莹(1989-), 女, 中国北京人, 本科, 中级工程师, 从事结构检测研究。

应谱法适用于大多数建筑结构。时程分析法能更真实地模拟地震作用，常用于复杂或重要建筑结构的抗震设计。我国已建立较完善的抗震设计规范体系，比如《建筑抗震设计规范》等，该规范对不同类型、不同地区建筑的抗震设防要求、设计方法和构造措施等作了详细规定，为建筑抗震设计提供明确标准和依据。

2.3 抗震结构体系与关键技术

抗震结构体系包括框架结构体系、框架-剪力墙结构体系、剪力墙结构体系等。框架结构体系平面布置灵活，但侧向刚度相对较小。框架-剪力墙结构体系结合框架和剪力墙的优点，既保证平面布置灵活，又有较大侧向刚度。剪力墙结构体系抗侧移能力好，适用于高层建筑。抗震结构体系的关键技术包括结构构件的延性设计、耗能装置的应用以及结构的隔震和消能减震技术。延性设计通过合理设计构件的配筋和构造，提高构件在地震作用下的变形能力。耗能装置能在地震中吸收和消耗能量，降低结构的地震反应。隔震和消能减震技术通过设置隔震层或消能减震装置，改变结构的动力特性，减少地震能量向上部结构传递。

3 建筑结构检测技术研究

3.1 结构检测技术的分类与特点

建筑结构检测技术主要分为无损检测技术和局部破损检测技术。无损检测技术包括超声检测、回弹检测、雷达检测等，特点是不破坏结构构件，能快速、便捷地对结构进行大面积检测，获取结构表面和内部缺陷信息。比如，超声检测可用于检测混凝土内部的空洞、裂缝等缺陷。回弹检测通过测量混凝土表面的回弹值，推算混凝土的强度。局部破损检测技术如钻芯法、拔出法等，需要对结构构件进行局部破坏，但检测结果更准确可靠，常用于验证无损检测结果和对重要部位进行精确检测。

3.2 结构检测技术在抗震性能评估中的应用

结构检测技术在建筑结构抗震性能评估中作用重要。通过检测结构构件的强度、刚度、缺陷等信息，能判断结构在地震作用下的承载能力和变形能力。例如，利用超声-回弹综合法检测混凝土强度，结合钢筋探测仪检测钢筋配置情况，可全面评估混凝土结构的抗震性能。对于钢结构，通过磁粉检测和渗透检测发现焊缝缺陷，评估钢结构的连接可靠性，进而判断其抗震性能。此外，结构动力检测技术通过测量结构的自振频率、振型等动力特性参数，能评估结构的整体刚度和损伤程度，为抗震性能评估提供重要依据^[1]。

3.3 新型检测技术的研究进展

近年来，新型检测技术不断出现。光纤传感技术利用光纤的光学特性，能实时、精确地监测结构的应变、温度等物理量变化，实现对结构健康状态的长期、在线监测。比如，在桥梁结构中铺设光纤传感器，可实时监测桥梁在车辆荷载和环境作用下的应力变化，及时发现结构损伤。无人机检测

技术利用无人机搭载高清摄像头和检测设备，对高层建筑、大跨度结构等难以到达的部位进行快速检测，大幅提高检测效率和安全性。

3.4 检测技术的标准化与规范化

为保证检测结果准确可靠，检测技术的标准化与规范化很重要。我国已制定一系列建筑结构检测标准和规范，如《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》《建筑结构检测技术标准》等，对检测方法、检测设备、检测人员资质以及检测报告编制等方面作了详细规定。同时，加强检测机构的资质管理和检测人员的培训考核，确保检测工作符合相关标准和规范要求。此外，积极参与国际检测标准的制定和交流，推动我国检测技术与国际接轨，提高我国建筑结构检测技术的国际影响力。

3.5 结构检测技术的发展挑战

尽管结构检测技术取得显著进展，但仍面临很多挑战。一方面，随着建筑结构形式越来越复杂，对检测技术的精度和适应性要求更高。比如，对于超高层、大跨度空间结构，传统检测技术难以满足其复杂结构的检测需求。另一方面，检测设备的智能化和自动化水平需要进一步提高，以降低检测人员的劳动强度和人为误差。此外，检测数据的处理和分析也面临挑战，如何从大量检测数据中提取有效信息，实现检测结果的快速、准确评估，是当前急需解决的问题^[2]。

4 抗震设计与结构检测技术的协同研究

4.1 抗震设计与检测技术的内在联系

抗震设计与结构检测技术相互依赖、相互促进。抗震设计为结构检测提供理论依据和设计目标，检测技术为抗震设计提供实际结构的性能参数和状态信息。通过结构检测，能发现实际结构与设计模型的差异，为抗震设计优化提供数据支持。而抗震设计的改进能指导结构检测工作开展，明确检测重点和关键部位。例如，在既有建筑的抗震加固设计中，首先要通过结构检测了解建筑现状和抗震薄弱环节，然后根据检测结果进行针对性的抗震设计，设计完成后还需通过检测验证加固效果，确保结构达到预期的抗震性能。

4.2 基于检测数据的抗震性能优化

基于结构检测数据，能对建筑结构的抗震性能进行优化。通过分析检测数据，找出结构的薄弱部位和潜在风险，采用加强构件、增设耗能装置等措施进行优化设计。比如，当检测发现混凝土结构某些部位强度不足时，可以采用增大截面法、粘贴碳纤维布等加固方法提高构件的承载能力。对于钢结构连接节点存在缺陷的情况，可以通过补焊、更换螺栓等方式进行修复和加强。

4.3 协同技术在复杂工程中的应用

在复杂工程中，抗震设计与结构检测技术的协同应用意义重大。例如，在大型桥梁、超高层建筑等工程中，由于结构形式复杂、施工难度大，需要在设计阶段充分考虑检

测需求,预留检测通道和传感器安装位置。在施工过程中,通过实时检测监测结构的受力和变形情况,及时调整施工方案,确保结构施工安全。在工程竣工后,利用先进的检测技术对结构进行全面检测评估,验证抗震设计的合理性和结构的实际抗震性能。此外,在既有建筑的改造和加固工程中,协同技术能准确评估建筑现状,制定合理的抗震加固方案,提高建筑的抗震能力^[3]。

4.4 协同技术的标准化与推广路径

为推动抗震设计与结构检测技术的协同应用,需要建立相应的标准化体系。制定协同技术的应用规范和标准,明确二者在不同阶段的工作流程、技术要求和数据交互方式。加强相关技术人员的培训,提高其对协同技术的认识和应用能力。同时,通过典型工程案例的示范推广,展示协同技术的优势和应用效果,引导行业内更多项目采用协同技术。

4.5 协同技术面临的挑战与对策

协同技术在应用过程中面临很多挑战。首先,抗震设计与结构检测技术涉及多个专业领域,各专业之间存在信息交流不畅、技术标准不统一等问题,影响协同工作的效率和质量。其次,检测数据的准确性和可靠性对协同技术的应用效果至关重要,但目前检测技术仍存在一定误差,数据处理和分析方法也有待完善。针对这些挑战,应加强各专业之间的沟通与协作,建立统一的信息共享平台,实现数据的高效传递和共享。加大对检测技术研发的投入,提高检测设备的精度和自动化水平,完善数据处理和分析方法。同时,建立健全质量监督机制,确保协同工作的质量和安全^[4]。

5 抗震设计与结构检测技术的优化方向

5.1 抗震设计技术的优化路径

抗震设计技术的优化应从理论研究、设计方法和材料应用等方面着手。加强地震工程学、结构动力学等基础理论研究,深入了解地震作用下结构的破坏机理和响应规律,为抗震设计提供更坚实的理论基础。进一步完善设计方法,开发更精确、高效的计算分析软件,提高抗震设计的准确性和效率。在材料应用方面,积极研发新型高性能建筑材料,提高结构的抗震性能和耐久性。

5.2 结构检测技术的创新方向

结构检测技术的创新应朝着智能化、多元化和微型化方向发展。利用物联网、大数据、人工智能等技术,实现检测设备的智能化,使检测设备能自动采集、分析和传输数据,提高检测工作的自动化程度和效率。开发多元化的检测技术,综合运用多种检测手段,实现对结构全方位、多角度的检测评估。例如,将无损检测技术与局部破损检测技术相结合,充分发挥各自优势,提高检测结果的准确性和可靠性。

5.3 协同技术的智能化发展

随着信息技术快速发展,抗震设计与结构检测技术的

协同将向智能化方向发展。构建基于大数据和人工智能的协同平台,实现检测数据的自动分析和抗震设计方案的智能生成。通过对大量检测数据和设计案例的学习和分析,平台能自动识别结构的薄弱环节,推荐合适的抗震设计优化方案,并对方案的可行性和效果进行评估。同时,利用虚拟现实和增强现实技术,实现抗震设计与检测过程的可视化展示,方便设计人员和检测人员之间的沟通与协作,提高协同工作的效率和质量^[5]。

5.4 政策与标准的支持作用

政策与标准在抗震设计与结构检测技术的发展中起重要的引导和规范作用。政府应出台相关政策,鼓励企业加大对新技术、新产品的研发投入,对采用先进抗震设计和检测技术的项目给予资金补贴和税收优惠。同时,加快相关标准的修订和完善,及时将新技术、新成果纳入标准体系,确保标准的先进性和适用性。加强对政策和标准执行情况的监督检查,建立健全质量追溯和责任追究制度,保障建筑结构的安全和质量。

5.5 社会效益与可持续发展

抗震设计与结构检测技术的发展对社会效益和可持续发展意义重大。通过提高建筑结构的抗震性能,能有效减少地震灾害造成的人员伤亡和财产损失,保障人民群众的生命财产安全,维护社会稳定。同时,采用绿色环保的抗震设计和检测技术,能降低建筑在全生命周期内的能源消耗和环境污染,促进建筑行业的可持续发展。此外,相关技术的发展还能带动建筑材料、检测设备等相关产业的发展,创造更多就业机会,推动经济增长。

6 结语

综上所述,建筑结构工程中的抗震设计与结构检测技术是保障建筑安全的重要环节。本文系统研究了二者的技术原理、应用现状和发展趋势,深入探讨了二者的协同关系与优化方向。抗震设计通过合理的结构体系、材料选择和构造措施提高建筑抗震能力,结构检测技术则为抗震设计提供数据支持和性能评估依据。二者的协同应用能够实现建筑结构性能的优化和提升。

参考文献

- [1] 邢栋.结构抗震设计理论及其在建筑工程中的应用研究[J].居舍,2023,(36):103-106.
- [2] 王红艳.建筑结构工程在抗震设计中的探索及工程造价概预算[J].大众标准化,2023,(14):84-86.
- [3] 李涛.高层建筑工程结构抗震设计及其大震弹性分析[J].四川水泥,2022,(12):79-81+84.
- [4] 孙杰,王飞.建筑工程中钢结构的抗震设计要点研究[J].房地产世界,2022,(22):70-72.
- [5] 金旭,汲鹏,张值源,等.我国建筑工程结构抗震设计探讨[J].居舍,2022,(12):147-149.

Study on the application of non-excavation repair technology in municipal drainage pipe network repair

Qiannan Shi

Hebei Jiuhua Surveying and Mapping Co., Ltd., Baoding, Hebei, 071000, China

Abstract

The municipal drainage network is a vital component of urban infrastructure, and its repair work is particularly critical. However, traditional repair methods are labor-intensive, have significant environmental impacts, and are costly. As a result, the application of trenchless repair technology has become increasingly prevalent, making it the preferred solution for repairing municipal drainage networks. This study provides a brief overview of trenchless repair technology, explores its specific application methods in municipal drainage network repairs, analyzes the issues, and proposes several optimization measures, aiming to offer valuable references and assistance to municipal engineering projects.

Keywords

trenchless repair technology; municipal drainage pipe network; repair method

非开挖修复技术在市政排水管网修复中的应用方法研究

石倩男

河北九华勘查测绘有限责任公司, 中国 · 河北 保定 071000

摘要

市政排水管网是城市基础设施的重要组成部分, 修复工作尤为关键, 但传统修复方法工程量大、对环境影响大、成本高, 因此非开挖修复技术的应用越来越广泛, 成为市政排水管网修复的首选方案。在本文的研究工作中, 简单概述非开挖修复技术, 探究该技术在市政排水管网修复中的具体应用方法, 分析问题, 提出几点优化措施, 以期对市政工程提供参考和帮助。

关键词

非开挖修复技术; 市政排水管网; 修复方法

1 引言

市政排水管网是一项十分复杂的工程, 包含了错综复杂的地下管网系统, 出现问题需要及时修复, 因此对修复工作提出了更高的要求。目前来说, 非开挖修复技术应用广泛, 具有效率高、周期短、对环境友好、综合成本低等一系列优势。在具体应用中, 修复人员充分把握技术优势, 开展修复工作, 解决各类问题, 确保市政排水管网稳定运行。

2 非开挖修复技术的概述

非开挖修复技术是针对许多类型地下排水管网的修复工作需求应运而生的。目前来说, 我国现有的地下管网非开挖技术已经开发出了管道的整体和局部修复两大类, 包含了原位固化法、树脂固化修复等多种修补方法。非开挖修复技术的应用, 可以将待修补部分管线整体修复加固处理, 从而完成整个管道的防腐、防渗漏和强化结构的修复要求^[1]。非

开挖修复技术是一项综合成本比较低的技术, 一定程度上可以节约劳动力成本和施工成本。相关技术主要在地面上完成工作, 配备的施工人员比较少, 而且在这一阶段会减少对周边环境的损害, 减少项目的额外投入, 从而有效控制整体的成本。非开挖修复技术的钻孔技术速度快, 工期短, 可以快速修复, 提高修复效率, 对周围居民的影响比较小。

3 非开挖修复技术在市政排水管网修复中的应用方法

3.1 软管内衬法修复技术

软管内衬法修复技术又名原始热凝固技术, 是在现有管道内壁上衬一层液态的热固性树脂, 再通过紫外线、热气等相关方法, 使软衬层和老管道紧密结合在一起^[2]。有效修复旧管道中存在的损伤情况, 达到良好的修复效果。该技术可以应用于铁管、型钢和水泥管等各种材料地下管道的修复工作中。应用前, 施工单位需要对管道进行评估, 确定损害程度和修复要求, 由专业人员仔细清理管道内的污物和杂质, 根据管道材质和损坏情况选择合适的内衬材料。结合管

【作者简介】石倩男(1988-), 男, 中国河北定州人, 本科, 工程师, 从事市政给排水研究。

道的尺寸形状制备内衬材料,包括剪裁、弯曲和连接的方式,确保其可以完全套入管道内。然后施工人员将准备好的内衬材料输入管道内,使用专业的工具将其展开,使其与管道内壁完全切合,在材料安装完成以后,对其进行固定和密封防止脱落。软管内衬法修复技术应用中,进一步明确应用细节,加强管控工作,实现有效修复。

软管内衬法修复技术包括翻转浸渍树脂软管内衬法和 CIPP 拉入树脂内衬法。前者主要采用了玻璃纤维作为衬砌结构材料。利用高压气或者水压,将完全进入术者的材料内层翻至外部,与管内壁进行有效连接^[3]。树脂内部快速凝固与老旧管壁紧密贴合,达到良好的防渗效果和耐腐蚀能力。后者主要采用了具有防渗透薄膜的制动软管。树脂充分浸泡后,进入旧管在气压或者水压下充分硬化,软管生成一条完整的管,起到修复老化破损旧管的目的。

3.2 点状原位固化修复

点状原位固化修复技术是非开挖修复技术中的一种常用方法,主要是通过管道内部涂抹特殊的固化材料,使受损部位得到修复和加固的一种方法。例如可以选择不锈钢双胀环法,该方法采用不锈钢压条和特制的止水橡胶条作为主要的材料。该方法进行局部修复,有着良好的止水效果,管道错位和脱落等缺陷并不影响修复效果。不过该方法仅适用于大口径管道,无结构强度限制要求。施工单位要根据前期管道 CCTV 检测的数据资料确定所需要修复的管道管径,根据尺寸制作相关材料,然后开展材料安装作业完成修复,再用管道 CCTV 进行检测施工完成验收。

3.3 内衬 HDPE 管修复

内衬 HDPE 管修复法又称为紧密结合内衬技术,应用该技术可以使其与老旧管道紧密配合,构成一种同时具有防腐功能、排水功能的全新复合管道结构^[4]。HDPE 管与原管道之间间隙可以通过注浆填充或者自然紧固的方式,形成整体受力结构,有效修复裂缝、腐蚀、渗漏等一系列缺陷。可以采用拖拉法、牵引法或者插入法的方法,将 HDPE 管材嵌入原管道的内部,具体的参数如表 1 所示。将内衬 HDPE 管代替原有的管道承担着输送功能。在具体应用中,需要根据原管道直径输送介质以及压力需求选择合适的 HDPE 管材。施工中先在地面操作,使用热熔连接或者电熔连接的方式,将 HDPE 管焊接成连续的长管,然后接入管道中。该方法适合混凝土管、钢筋混凝土管、钢管。

表 1 内衬 HDPE 管修复施工方法特点

项目	拖拉法	缩径法 (U-HDPE)	螺旋缠绕法
最小曲率半径	≥15D	≥8D	≥2D
内衬厚度	3 ~ 12mm	2 ~ 8mm	5 ~ 20mm
施工速度	20 ~ 50m/天	30 ~ 80m/天	50 ~ 100m/天
接口数量	少(长管焊接)	少	无(连续缠绕)

3.4 涂敷法内衬修复

涂敷法主要是用作管道衬片上或者进行防腐使用,水泥管、钢管内的混凝土灰泥涂层使用了该种技术。具体应用前,组织人员做好管道内部的表面清洁工作,彻底去除其中的锈迹、腐蚀、沉积物等各类污垢,确保内衬可以牢固地黏附在管道壁上。然后制备所需的金属结构衬片通过切割、加工,使尺寸和形状符合要求使用,涂敷工艺将内衬材料均匀地涂抹在管道内壁上,使其紧密贴合。

4 非开挖修复技术在市政排水管网修复中的应用问题

4.1 技术适用性问题

不同的非开挖修复技术有着特定的适用范围和条件。在市政排水管网修复工作中,若选择的技术不当,不适合现阶段管道特点,会影响到最终的修复效果。例如,有的技术适合修复直线管道,在弯曲管道的应用效果不佳。而且环境中也存在诸多不定因素,会影响到技术的适用性,例如地下水水位、管道材质等,如果并未开展详细调研,盲目选择非开挖修复技术,会影响到整体的修复效果^[5]。

4.2 材料质量问题

市政排水管网修复中,应用非开挖修复技术涉及各种特殊的修复材料,例如玻璃纤维、树脂等材料的质量会直接关系到修复的最终情况。现阶段市场上的材料种类繁多,质量参差不齐,若在选择材料时质量把控不严,混入一些以次充好的修复材料,随着时间的推移,可能这些材料会出现老化脱落、开裂的情况,依旧会影响到管道的正常使用。

4.3 施工质量问题

非开挖修复技术中包含了多种方法,这些方法适用情况不同,要点不同,因此对施工也提出了较高的要求。在具体的工程项目中,由于缺乏关注相关的管理建设机制不健全,会影响到现场施工的管控工作。因此一些修复技术的要点落实不足,规范性把控不严格,会影响到最后的修复效果。例如,在前期工作中要对管道进行彻底地清理并做好预处理,然而该环节如果落实不恰当,会影响后续修复材料的粘接强度。施工过程中也需要加强安全隐患,但相关培训不到位,施工人员的安全意识不足,埋下隐患也会影响管道修复工作的顺利推进。

5 非开挖修复技术在市政排水管网修复中应用的优化措施

5.1 做好技术选择与适用性评估

非开挖修复技术已经开发出了多种修复方法,适用的情况各有不同,因此市政排水管网和修复工作中,施工单位要综合考虑各种因素,加强现场调研,了解修复的具体情况,对各种技术开展适应性评估工作,择优选择,有效消除技术方面存在的影响因素。首先,全面勘察管道情况。包括管

径的大小、管道弯曲程度以及损坏类型。如果管径比较小，损坏比较轻，可以考虑局部修补技术而针对大管径或复杂管道，采用整体修复技术。其次要考虑到地质条件和地下水情况分析。现场环境如果地质条件复杂，地下水位较高，则需要选择对环境具有较强适应性的修复技术^[6]。第三，还需要分析管道材质和技术的匹配度，根据管道材质情况选择合适的修复技术，便于达到良好的修复效果。

5.2 加强材料质量管理

在市政排水管网修复工作中，施工单位应用非开挖修复技术还需要加强对材料质量的把控工作，便于实现预期目标。明确材料的各项标准，包括材料的物理和化学性能。物理性的方面主要包括材料的强度、硬度、韧性等各项指标，确保其在使用能够满足内外部环境的影响^[7]。同时还要考虑材料的耐腐蚀性和抗老化性，可以确保材料得到长久使用。通过前期的质量管控工作，加强质量检验，排除其中一些不合格的材料，可以为后续的修复工作奠定良好基础。

5.3 加强施工质量管理

加强施工质量管理，发挥非开挖修复技术优势，达到良好的修复效果。施工单位需要建立严格的质量控制流程，涉及施工前、施工中和施工后的全过程阶段。首先施工前考虑到技术的选择和方案的设计，要合理安排人员进行技术交底，确保施工人员明确各项要点，同时还要加强材料质量、现场环境检查等一系列工作，排除各类隐患因素。而在施工过程中要严格执行各项技术的操作标准。施工步骤从管道清理预处理到修复材料的注入、固化等各个环节进一步规范管理，可以确保施工过程的有序进行^[8]。避免因为操作不当影响到最终的修复效果。施工后采用恰当的方法进行验收管理。对修复效果进行全面的评估工作，确保其能够达到预期标准，若发现问题要及时返工处理。此外做好对施工人员的

培训工作，确保施工人员提高自身的素养，明确执行标准和安全隐患，提高他们的专业技能水平，更好地应对各种复杂情况时刻保持警惕，从而提升修复质量。

6 结语

综上所述，市政排水管网是市政工程中的重要组成部分，可以保障居民日常生活质量。为了确保系统能够安全稳定运行，要关注排水管网的修复治理。可以采用非开挖修复技术，根据排水管网的具体情况，合理选择技术类型方法。在施工过程中要做好评估工作，优化技术选择，加强材料和施工过程的质量控制，可以发挥技术优势，达到良好的修复效果。有效解决排水管网开裂、渗漏、脱落、腐蚀等一系列病害因素，提高排水管网的使用寿命，保障整体系统安全，稳定运行。

参考文献

- [1] 杜倩. 浅谈非开挖修复技术在市政排水管网修复中的应用[J]. 工程管理与技术探讨,2024,6(15).
- [2] 武绍云. 浅谈非开挖修复技术在市政排水管网修复中的应用[J]. 建筑工程技术与设计,2024,12(6):133-135.
- [3] 林龙慧. 非开挖修复技术在市政排水管网修复中的应用[J]. 工程管理与技术探讨,2023,5(3).
- [4] 王勇,崔平晋,张旭. 浅谈非开挖修复技术在市政排水管网修复中的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版),2023(10):131-133.
- [5] 覃晓明. 非开挖检测修复技术在市政给排水管网设计中的应用[J]. 数字化用户,2025(15):148-150.
- [6] 李吉明. 非开挖检测修复在市政给排水管网维护中的应用[J]. 工程技术研究,2023,8(23):43-45.
- [7] 王永刚. 市政排水管网非开挖修复技术应用[J]. 工程技术创新与发展,2025,3(1).
- [8] 范森,檀新流,翟树达. 非开挖修复技术在排水管道工程中的应用[J]. 绿色建筑与智能建筑,2023,(10):25-29.

Research on the Quality Management System of Engineering Quality Inspection Laboratory

Chang Zhang

Inner Mongolia Autonomous Region Institute of Quality and Standardization, Hohhot, Inner Mongolia, 010000, China

Abstract

As the core technical carrier for quality control in engineering construction, the scientific nature of the quality management system of the engineering quality inspection laboratory directly affects the accuracy of the inspection results and the credibility of the industry. This paper, in combination with the characteristics of engineering construction in Inner Mongolia region, systematically analyzes the core elements of the laboratory quality management system in aspects such as organizational structure, resource allocation, and process control, and deeply explores the common problems existing in the current system in aspects such as standardization adaptation, information application, and risk prevention and control. The optimization paths are proposed from the dimensions of management mechanism innovation, technical capability improvement, and supervision system perfection, aiming to provide theoretical references and practical guidance for constructing a laboratory quality management system that meets the requirements of engineering quality supervision in the new era.

Keywords

Engineering Quality inspection Laboratory Quality Management System Standardization Risk prevention and control

工程质量检测实验室质量管理体系研究

张畅

内蒙古自治区质量和标准化研究院, 中国·内蒙古 呼和浩特 010000

摘要

工程质量检测实验室作为工程建设质量控制的核心技术载体,其质量管理体系的科学性直接影响检测结果的准确性与行业公信力。本文结合内蒙古地区工程建设特点,系统分析实验室质量管理体系在组织结构、资源配置、过程控制等环节的核心要素,深入探讨现行体系在标准化适配、信息化应用、风险防控等方面存在的共性问题,并从管理机制创新、技术能力提升、监督体系完善等维度提出优化路径,旨在为构建适应新时代工程质量监管需求的实验室质量管理体系提供理论参考与实践指导。

关键词

工程质量检测; 实验室; 质量管理体系; 标准化; 风险防控

1 引言

工程质量检测乃是保障建筑、交通、市政等领域工程安全的关键部分,贯穿于项目自规划、经施工建设至竣工验收的全生命周期,以国家“质量强国”战略与内蒙古自治区“十四五”基础设施建设规划为背景,着力强化实验室质量管理体系建设,成为提升区域工程质量监管效能的有力抓手,伴随新型建材应用与绿色建筑技术的迅猛发展,在新兴检测需求面前,传统质量管理体系逐渐显露出适应性不足的弊病,怎样凭借体系优化让检测工作在规范、准确和时效上更上一层楼,成为急需化解的关键课题。

2 工程质量检测实验室质量管理体系的核心要素

2.1 组织结构与管理职责

实验室质量管理体系有效运行,离不开组织结构的清晰与职责分工的明确,管理层要对技术负责人和质量负责人的协同机制进行统筹,保证技术标准执行与质量监督相互独立,质量监督小组得独立开展流程合规性检查职责,依照周期开展内部审核与管理评判。从制度建设角度而言,应以《质量手册》《程序文件》作为核心支撑,打造涉及人员管理、设备校准、报告审核等全流程的制度体系,需结合行业标准的更新动态对文件内容加以修订,人员管理需增进专业背景跟岗位需求的契合状况,依靠定期的培训及考核机制,提高检测人员的技术水平与质量观念^[1]。

【作者简介】张畅(1988-),男,中国山东寿光人,本科,工程师,从事标准化研究。

2.2 资源配置与技术能力

资源配置是否合理，直接关乎检测工作的准确性与效率，设备管理需构建一套全生命周期管理机制，涉及设备的采购、安装调试、定时校准和维护报废等阶段，保障检测设备精度契合标准要求，在环境控制范畴，要针对内蒙古地区昼夜温差大、沙尘天气不断等地域属性，提升实验室温湿度调控、粉尘过滤等设施的配置水平，减轻环境因素对检测结果造成的干扰，应在标准物质管理中强化溯源性控制，采用规范的采购渠道与存放环境，保证标准样品量值传递既准确又可靠。

2.3 检测过程控制

检测过程控制乃是质量管理体系核心环节，应全程贯穿样品接收、检测进行、报告出具这一流程，样品管理应落实唯一性标识的制度，采用标准化制备流程保证样品的代表性及可追溯性，检测方法的挑选需优先依照国家标准、行业标准与地方标准，面对新型检测方面的需求，要采用方法验证保障其科学性跟适用性，若想保证结果质量，需结合内部质量控制，打造多层次的质量保障格局^[2]。

3 现行质量管理体系存在的主要问题

3.1 标准化建设滞后

部分实验室对国家标准更新的响应速度欠佳，存在检测方法跟现行规范不匹配的问题，地方标准体系在寒地建筑材料检测、可再生能源工程评估这类领域存在空白，使得检测结果无法充分契合区域工程建设要求，标准实施过程中缺失动态评估机制，未及时察觉并修正与实际操作间的偏差。

3.2 信息化管理水平不足

检测业务系统（LIMS）跟质量控制模块的集成关联度较低，数据孤岛问题造成质量追溯效率受限，人工去录入检测数据的方式易致误差，实时数据采集的自动化设备功能未充分施展，限制了检测流程实现智能化升级的步伐，因信息化管理滞后，实验室难以快速应对大规模检测数据统计分析及风险预警的需求。

3.3 风险防控机制薄弱

对样品真实性的核查手段太单一了，缺失有效的防伪溯源举措，或许会造成虚假检测的风险，检测时对异常数据的识别能力欠佳，未能形成完善的风险预警模型体系，就检测结果产生的争议而言，缺少可快速作出响应的仲裁机制及技术储备，损害了实验室的权威性与公信力。

3.4 人员能力与培训体系短板

复合型人才数量短缺，具备技术研发及质量管理双本领的高端人才短缺，拖慢了体系创新升级的步伐，目前的培训多聚焦基础操作技能，欠缺对新兴技术（像智能检测、绿色建筑评估这类）的前瞻性课程设置，难以跟上行业技术迭代步伐。

4 质量管理体系优化路径

4.1 强化标准化与规范化建设

实验室质量管理依赖标准化这个基础，应构建以“国家-行业-地方-内部”为主的四级标准协同体系，保障检测工作全进程有规可循，构建标准跟踪评估团体，按季度收集如GB系列之类国家标准、如JGJ系列之类行业标准的更新内容，同时就其对现有检测业务的影响进行评估，就《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB50204）的修订而言，应即刻调整钢筋保护层厚度检测、混凝土强度评定方面的操作细则，依靠内部研讨会及专项培训保障标准得以落地^[3]。

结合内蒙古寒冷地带的气候属性，突出推进以下领域地方标准的编订：针对像冻土、耐低温混凝土等特殊材料实施寒地建筑材料检测，拟定《寒区建筑材料抗冻融性能检测办法》，界定低温环境中样品制备、试验条件及评价尺度；就太阳能光伏建筑、地热能利用等项目开展绿色建筑工程评估工作，拟定《可再生能源建筑应用检测规范》，对能效数据采集及系统运行效果评估等流程进行规范；针对区域性工程质量验收，颁布《内蒙古市政道路路基检测技术规程》，把戈壁、草原等特殊地貌下路基压实度与弯沉值检测要求细化。

采用流程图工具（例如Visio）绘制出包含20个关键节点的可视化流程图，这些关键节点涉及样品管理（接收、标识、存储）、检测实施（环境控制、设备操作）、报告审核（数据复核、结论判定）等，对各环节的操作规范进行标注，像样品制备误差要控制在 $\pm 2\%$ 、原始记录修改需双人签字确认，再嵌入类似“检测环境不达标时勿开展试验”的风险提示，采用信息化系统强制流程执行落地，降低人为操作的肆意性。

4.2 推进信息化与智能化升级

提升管理效率与数据可靠性，信息化是核心手段，要构建“数据互联、智能分析、风险预警”三位一体的数字化生态，以实验室信息管理系统（LIMS）为核心开展一体化管理平台建设，打通设备管理模块，该模块可实时采集设备运行状态和校准周期；打通文件管理模块，其能实现电子档案自动归档和版本控制；打通客户管理模块，支持委托单在线提交和报告查询，达成检测业务从“申请—受理—检测—报告”全流程的线上化运作，预期把业务处理时效提升40%以上；

设立统一的数据采集格式与编码规矩，就像检测结果保留位数、单位符号等都要与《数值修约规则与极限数值的表示和判定》（GB/T8170）相符，依靠系统自动校验作用拦截不规范数据，把人工录入误差率由5%降至1%以下水平；采用CA认证技术，达成检测报告与原始记录的电子签名及区块链存证，使数据具备不可篡改特性，加强法律层面效力。

在实验室关键区域摆放温湿度传感器、粉尘监测仪,实时采集环境数据,进而与检测设备形成联动,减少环境因素对实验结果的不良干扰;在诸如钢筋锈蚀检测、混凝土裂缝观测的场景里引入高清摄像头和图像分析算法,依靠AI模型自动辨认缺陷特征且生成检测报告,代替传统人工的观测途径,组建历史检测数据仓库群,采用统计过程控制(SPC)工具对数据趋势(像不同季节混凝土强度离散性特点)进行分析,为检测方法优化、设备的选型供应数据支撑^[4]。

4.3 完善风险防控与监督体系

要把风险防控贯穿检测各环节,创建“预防-监控-处置”的闭合循环机制,且进一步强化多元监督以增进公信力,在样品接收阶段实行“双验证”机制,委托方要提供带有时间、地点水印的样品采集影像资料,实验室运用二维码防伪标签对样品进行物理性的唯一标识,杜绝诸如“替样”“换样”的造假现象;规定检测数据异常的触发条件,倘若连续3组数据偏离均值5%以及设备运行参数超出校准范围,系统自动触发红色预警,迅速锁定检测流程,即刻强制启动复检程序;建立检测方法适用评估清单,对像无人机结构检测的新型检测技术,实施包含技术验证、试运行和正式应用的三阶段管控,降低技术不成熟产生的潜在风险;构建由行业专家、法律人士所组成的争议处理小组,建立《检测报告异议处理实施规程》,允诺于72小时内响应仲裁申请,依靠盲样复检、专家论证等途径给出权威性的论断,抬高检测结果的公信水平。

每年委托CNAS认可的第三方机构开展针对质量管理体系的专项审核,聚焦检查流程合规与否、数据真实与否,把审核结果呈交行业主管部门备案;按季度在社会监督公开环节发布《质量白皮书》,披露检测业务涉及范围、以材料类别和工程类型为依据的不合格项统计、投诉处理结果等信息,接纳公众的查询与监督之举;跟区域内检测机构联合成立质量管理联盟,确立超出国标范畴的团体标准,进行交叉抽检与技术切磋,驱动行业整体质量的上扬。

4.4 加强人才培养与技术创新

体系优化靠人才这一核心驱动力,要构建一套“引进-培养-研发”三位一体的能力提升体系,实行“管理岗跟技术岗双向轮换”制度,筛选具备5年以上检测经验的技术骨干参与质量管理方面的培训,期望3年内培养50名掌握检测技术且熟悉体系运行机制的复合型人才;搭建分层级培训体系框架,针对新入职人员开展侧重基础操作与质量意识的培训,中级技术人员着重进行新标准解读以及方法创新,管理层投身于像全国工程质量检测技术年会这样的行业前沿论坛,更新管理意识;

跟内蒙古工业大学、内蒙古建筑职业技术学院一起建

设实习基地,开展以“订单式”为模式的人才培养,定向输送兼具检测技术与质量管理两方面能力的毕业生,借助内蒙古自治区质量和标准化研究院搭建的科研平台,进行三大方向的科研探索,开展便携式冻土含水率快速检测仪的研发,应对传统烘干法耗时持久的困境;建立建筑碳排放检测相关指标体系,探索把碳足迹核算列入工程质量评估范畴;联合科技企业开发借助北斗定位的路基沉降监测系统,实现检测数据快速传递与形变预警;构建“科研项目一标准制定一应用推行”体系,就将寒地混凝土抗冻检测技术研究成果转化为地方标准而言,以行业培训会、技术白皮书等形式展开推广运用;主办“寒地工程质量检测技术前沿研讨会”,约请国内外专家共话前沿技术,助力区域检测水平与国际标准看齐^[5]。

4.5 保障措施

主动与内蒙古自治区市场监管局、住建厅等部门开展对接工作,尝试将实验室信息化升级、地方标准制定等添加到行业发展规划里,争取专项科研经费的扶持;实现预算分配的合理优化,把年度经费的20%投入到设备智能化改造、人才培训和相关科研项目,建立资金运用效果评估办法;采用质量月活动、优秀检测案例评选等做法,创建“全员介入、全程监督”的质量文化情境,增进员工对体系的认可及执行主动性。

5 结论

工程质量检测实验室质量管理体系的优化乃系统工程,应协同推进标准化、信息化、人才建设等多个维度的工作,凭借完善体系构造、强化过程管理、创新技术采用,能够明显提升实验室检测能力跟质量层级,为内蒙古自治区工程建设打造可靠的技术支撑体系。未来,随着“新基建”与“双碳”目标的深入实施,需进一步加强智能检测技术研发、区域标准体系完善及跨区域质量互认机制建设,推动实验室质量管理体系向更高水平发展。

参考文献

- [1] 冯勇,张瑞国,白富朋,等.浅谈如何提高建筑工程质量检测实验室管理水平[J].居业,2024,(08):242-244.
- [2] 马缓.建筑工程检测实验室规范化管理问题分析[J].大众标准化,2021,(22):46-48.
- [3] 林向宇.论工程检测设备在实验室管理体系中的作用[J].中国建筑金属结构,2021,(11):72-73.
- [4] 麦燕华.浅谈建筑工程检测实验室质量管理[J].广东建材,2021,37(06):50-52.
- [5] 高磊,高明军,张振雷,等.岩土工程专业类实验室管理探索[J].科技管理研究,2020,40(21):109-112.