

工程研究前沿

Frontiers of Engineering Research

Volume 1 · Issue 2 · July 2024 3060-9054(Print) 3060-9062(Online)



工程研究前沿

Frontiers of Engineering Research

Volume 1 · Issue 2 · July 2024 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

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。

Database Inclusion



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



工程研究前沿

Frontiers of Engineering Research

Volume 1 Issue 2 July 2024
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	机械设计制造中液压机械传动控制系统的运用实践 / 张蕾	58	公路路面施工质量控制与优化策略研究 / 李胜男
4	工程勘察测绘中的信息化测绘技术应用研究 / 王天送	61	长输管道工程建设中防腐技术的应用策略研究 / 侯艳冲
7	公路桥梁施工中混凝土裂缝的管控方法研究 / 邹俊杰	64	精细化管理在建筑工程管理中的应用 / 何维荣
10	基于气流仿真的洁净室污染源控制方案 / 王妮	67	关于建设项目环境影响后评价的探讨 / 周莹 田雪
13	公服设施运行维护中机电设备故障预测与预防措施分析 / 王渠	70	煤矿采矿工程关键技术与安全管理工作要点研究 / 刘毓文
16	港口航道疏浚工程施工及其质量管理对策思考 / 何凯	73	变电一次设备故障诊断与预防性维护优化 / 刘兴国
19	露天转凹陷式开采矿山的安全风险特征与防范 / 于际军	76	水利水电工程施工安全管理与控制要点的分析 / 韩宇 王圆
22	地理信息系统在煤矿地质测量信息系统中的设计与开发 / 吴瑞	79	坡屋面混凝土浇筑方法施工技术研究 / 韩祝捷
25	浅析绿色节能技术在建筑工程中的应用 / 周维	83	输电线路故障诊断与智能监测技术研究 / 王伟
28	深度集成 BIM 模型与集团项目管理平台 WBS 清单的应用研究与探讨 / 马海平	86	火电机组脱硝控制技术在环保方面的应用研究 / 张彦琦 何旭东 许双斌 章涛 曹敏玥
31	面向物联网的软件设计模式与实践 / 张晓斌	89	框架协议工程物资在高速项目中的应用 / 樊兆杰 杨旭
34	装配式高强混凝土盾构管片预制工艺研究 / 王凤瑶	92	探析采矿工程巷道掘进和支护应用 / 荔朋波
37	现代建筑工程施工技术及其应用研究 / 贾兴岩	95	民用建筑工程施工的质量管理措施思考 / 朱志刚
40	复杂地质条件下地铁隧道施工关键技术及风险控制 / 田立国	98	煤矿井下深孔定向超前钻探技术研究 / 胡永涛 王经纬
43	市政工程施工中的地下管线施工技术分析 / 柴本联 吴曰兴 徐长申	101	机械自动化在数控机床中的应用探讨 / 李楠
46	加强轨道交通建筑装修施工安全生产管理工作 / 齐晓明	104	基于强化学习算法的柔性针穿刺综述 / 余锦涛 王硕 杨婷
49	住宅建筑土木工程精细化管理措施探讨 / 王江	107	绿色开采在采矿工程中的重要应用 / 曹传启
52	自然冻结法处理富水软弱基坑施工技术研究 / 谭敏 孙斌 陆海军 刘荣贤 夏莉 曹之君	110	地质工程技术在基础工程设计与施工中的应用 / 段景军 谭钊
55	新能源电力并网技术及其影响评估 / 雷亚雄	113	煤矿采矿工程巷道掘进与支护技术措施 / 潘小虎
		116	电气自动化技术在煤矿液压支架控制中的应用 / 雷延峰
		119	大型污水处理厂超长大体量混凝土的施工技术

	/ 肖路生 宋志超 杨青		/ 林晓多
122	建筑工程框架剪力墙结构工程施工技术	134	火力发电厂热效率提升策略研究
	/ 赵勇		/ 谢得昌
125	维修电工电气故障排除技术研究	137	机械零部件精密制造加工技术研究与应用
	/ 林忠民		/ 王向东
128	房建工程中 CFG 桩复合地基加固施工技术	140	工程地质勘察中的水文地质问题研究
	/ 朱贺民		/ 汪军平
131	房屋建筑造价动态管理的影响因素分析及解决对策		

- 1 Application Practice of Hydraulic Mechanical Transmission Control System in Mechanical Design and Manufacturing
/ Lei Zhang
- 4 Research on Application of Information Surveying and Mapping Technology in Engineering Survey and Mapping
/ Tiansong Wang
- 7 Research on the Control Method of Concrete Crack in Highway Bridge Construction
/ Junjie Zou
- 10 Clean Room Pollution Source Control Scheme Based on Airflow Simulation
/ Ni Wang
- 13 Failure Prediction and Preventive Measures Analysis of Mechanical and Electrical Equipment in the Operation and Maintenance of Public Service Facilities
/ Qu Wang
- 16 Reflection on the Construction and Quality Management Strategies of Port and Waterway Dredging Projects
/ Kai He
- 19 Safety Risk Characteristics and Prevention of Open-Pit Turn-to-Pit Depression Mining Mine
/ Jijun Yu
- 22 Design and Development of Geographic Information System in Coal Mine Geological Survey Information System
/ Rui Wu
- 25 Analysis on the Application of Green Energy Saving Technology in Building Engineering
/ Wei Zhou
- 28 Research and Discussion on the Application of Deep Integration BIM Mode and WBS List of Group Project Management Platform
/ Haiping Ma
- 31 Software Design Patterns and Practices for the Internet of Things
/ Xiaobin Zhang
- 34 Research on Prefabrication Process of Prefabricated High-strength Concrete Shield Tunnel Segments
/ Fengyao Wang
- 37 Research on the Construction Technology and Its Application of Modern Building Engineering
/ Xingyan Jia
- 40 Key Technologies and Risk Control for Subway Tunnel Construction under Complex Geological Conditions
/ Liguang Tian
- 43 Analysis of Underground Pipeline Construction Technology in Municipal Engineering Construction
/ Benlian Chai Yuexing Wu Changshen Xu
- 46 Strengthen the Management of Safety Production in Rail Transit Building Construction Decoration
/ Xiaoming Qi
- 49 Discussion on the Fine Management Measures of Residential Building Civil Engineering
/ Jiang Wang
- 52 Research on the Construction Technology of Natural Freezing Method for Treating Soft and Rich Water Foundation Pit
/ Min Tan Bin Sun Haijun Lu Rongxian Liu Li Xia Zhijun Cao
- 55 New Energy Grid Connection Technology and Its Impact Assessment
/ Yaxiong Lei
- 58 Research on Quality Control and Optimization Strategies for Highway Pavement Construction
/ Shengnan Li
- 61 Research on the Application Strategy of Anti corrosion Technology in Long Distance Pipeline Engineering Construction
/ Yanchong Hou
- 64 The Application of Refined Management in Construction Project Management
/ Weirong He
- 67 Discussion on the Post-environmental Impact Assessment of Construction Projects
/ Ying Zhou Xue Tian
- 70 Research on the Key Points of Key Technology and Safety Management of Coal Mine Mining Engineering
/ Yuwen Liu
- 73 Fault Diagnosis and Preventive Maintenance Optimization of Primary Substation Equipment
/ Xingguo Liu
- 76 Analysis of Construction Safety Management and Control Points of Water Conservancy and Hydropower Projects
/ Yu Han Yuan Wang
- 79 Research on the Construction Technology of the Concrete Pouring Method of the Slope Roof
/ Zhuojie Han

- 83 Research on Transmission Line Fault Diagnosis and Intelligent Monitoring Technology
/ Wei Wang
- 86 Research on the Application of Denitration Control Technology in Thermal Power Unit in Environmental Protection
/ Yanqi Zhang Xudong He Shuangbin Xu Tao Zhang Minyue Cao
- 89 Application of Framework Protocol Engineering Materials in High Speed Projects
/ Zhaojie Fan Xu Yang
- 92 Exploration on the Application of Roadway Tunneling and Support in Mining Engineering
/ Pengbo Li
- 95 Consideration on the Quality Management Measures of Civil Construction
/ Zhigang Zhu
- 98 Research on Directional Advanced Drilling Technology of Deep Hole in Underground Coal Mine
/ Yongtao Hu Jingwei Wang
- 101 The Application of Mechanical Automation in CNC Machine Tool
/ Nan Li
- 104 Overview of Flexible Needle Puncture Based on Reinforcement Learning Algorithms
/ Jintao Yu Shuo Wang Ting Yang
- 107 Important Application of Green Mining in Mining Engineering
/ Chuanqi Cao
- 110 Application of Geological Engineering Technology in Foundation Engineering Design and Construction
/ Jingjun Duan Zhao Tan
- 113 Technical Measures of Roadway Excavation and Support in Coal Mine Mining Engineering
/ Xiaohu Pan
- 116 Application of Electrical Automation Technology in Coal Mine Hydraulic Support Control
/ Yanfeng Lei
- 119 Construction technology of Super Long Mass Concrete in Large Sewage Treatment Plant
/ Lusheng Xiao Zhichao Song Qing Yang
- 122 Construction Technology of Frame Shear Wall Structure Engineering
/ Yong Zhao
- 125 Research on Electrical Troubleshooting Technology for Maintenance Electrician
/ Zhongmin Lin
- 128 CFG Pile Composite Foundation Reinforcement Construction Technology in Housing Construction Project
/ Hemin Zhu
- 131 Analysis of Influencing Factors of Dynamic Management of Housing Construction Cost
/ Xiaoduo Lin
- 134 Research on Thermal Efficiency Improvement Strategy of Thermal Power Plants
/ Dechang Xie
- 137 Research and Application of Precision Manufacturing and Machining Technology of Mechanical Parts
/ Xiangdong Wang
- 140 Research on Hydrogeological Problems in Engineering Geological Investigation
/ Junping Wang

Application Practice of Hydraulic Mechanical Transmission Control System in Mechanical Design and Manufacturing

Lei Zhang

Jinxi Industrial School, Huludao, Liaoning, 125001, China

Abstract

Hydraulic mechanical transmission control system plays a key role in modern mechanical design and manufacturing, because it can provide efficient, accurate and stable power transmission and control solutions. The hydraulic system uses liquid as the transmission medium, combined with pumps, valves, actuators and other components to form a multi-functional transmission control system, which is widely used in industry, agriculture, architecture, transportation and other fields. Based on this, the paper first analyzes the basic principle of the hydraulic mechanical transmission control system, then expounds the application characteristics of the hydraulic mechanical transmission control system, and finally makes a comprehensive analysis of the specific applications of the system in different aspects, hoping to provide an effective reference for China's mechanical design industry.

Keywords

mechanical design and manufacturing; hydromechanical transmission control system; applied practice

机械设计制造中液压机械传动控制系统的运用实践

张蕾

锦西工业学校, 中国 · 辽宁 葫芦岛 125001

摘 要

液压机械传动控制系统在现代机械设计与制造中扮演着关键角色, 因其能够提供高效、精确且稳定的动力传输和控制解决方案。液压系统通过液体作为传递介质, 结合泵、阀、执行器等组件, 形成一个多功能的传动控制系统, 广泛应用于工业、农业、建筑和交通等领域。基于此, 论文首先对液压机械传动控制系统的基本原理进行了分析, 之后阐述了液压机械传动控制系统的应用特点, 最后对该系统在不同方面的具体应用进行了全面分析, 希望能够为中国机械设计行业提供有效借鉴。

关键词

机械设计制造; 液压机械传动控制系统; 应用实践

1 引言

液压机械传动控制系统在工业自动化和机械制造领域的广泛应用, 使其成为推动现代工业进步的重要技术之一。由于液压系统能够在较小的体积内传递巨大的功率, 并提供精准的控制和灵活的运动模式, 因此在许多需要高功率密度和精确运动控制的场合中得到了广泛应用。传统机械传动往往面临效率低、控制精度不高等局限, 而液压系统以其优异的性能克服了这些障碍, 成为现代机械设计中的重要组成部分。因此, 深入分析液压机械传动控制系统的具体运用具有十分重要的现实意义。

2 液压机械传动系统及控制方案

2.1 液压机械传动系统

液压传动主要是指以液体为工作介质, 实现能量的转换与传递, 达到运动和动力传递的目的, 并且借助工作介质对动力与控制进行调节, 完成对工作机构的控制。因此常见的液压机械传动系统主要包含 5 个部分, 分别是液压动力元件、控制元件、执行元件、辅助元件和工作介质。在液压控制单元中, 流量控制阀以及方向和压力是其重要部分, 其主要作用是在确保机械系统处于正常工作状态的同时实现执行元件的正常工作。而在液压机械传动系统中, 液压泵作为动力元件, 主要是利用液压泵系统向工作介质提供压力^[1]。

2.2 系统操作原理

一个完整的液压系统能够构成不止一个回路, 这些回路的连通需要通过液压元件将其进行组成, 使其能够形成一个完整的通路结构, 以便对液压系统进行控制。而液压系统的控制本质就是通过对液压回路中的元件进行控制, 通过将

【作者简介】张蕾 (1980-), 女, 满族, 中国辽宁锦州人, 硕士, 副高级讲师, 从事机械研究。

回路之间的接口形式进行改变，能够对工作介质的含量以及内部压力和流向进行改变，进而使液压机械传动装置能够实现更好的做功。在当前的时代背景下，信息技术高速发展，液压控制方式也从传统的手动方式变为计算机操控，这也是液压机械传动系统未来研究的重要方向。

3 液压机械传动控制系统的应用特点

目前机械设计中采用的液压机械传动控制系统的应用特点主要包含以下几方面：

①集成化程度较高。液压机械传动系统能够结合不同行业的实际需求，对机械设计方案进行优化，在这个过程中不需要考虑机械方案改动对整体系统性能和工作效率的影响。例如，在大型工程机械如挖掘机的应用中，液压系统通过泵、阀、油缸的组合，实现臂架的精确控制和灵活操作。液压系统的集成化设计，不仅减少了机械零部件的数量，降低了系统的复杂度，还提升了整机的可靠性和维护便捷性。

②高精度、高效率。在工业生产线中液压机械传动控制系统展现出了更高的效率，比如在汽车制造的冲压生产线上，液压冲床以其强大的输出力和快速响应特性，实现了对金属板材的高精度冲压成型。液压系统通过精确控制油压和流量，保证了冲压件的一致性和品质。在某知名汽车制造厂的生产线上，应用液压传动技术的自动化设备大幅缩短了生产周期，提高了生产效率，同时也减少了废品率，优化了生产成本。液压系统的高精度控制能力，不仅提升了产品质量，也促进了工厂的柔性生产能力，使其能够快速响应市场需求变化^[2]。

③轻量化、小型化。在液压机械传动系统高速发展过程中，其应用范围也越来越广，因此人们也十分注重这类系统的小型化研究，使液压机械传动控制系统在保持高性能的同时，减少其体积和重量，这在一些高精密元件开发中得到了广泛应用。在航空航天应用中，液压系统的小型化使得飞机的操控系统能够在有限的机舱空间中实现复杂的操控动作。此外，小型化的液压系统还广泛应用于便携式和移动机械设备中，如液压动力工具和野外施工设备，使得这些设备能够在狭窄空间内高效作业。

④广泛的发展前景。目前中国许多行业都在向智能化和绿色化方向推进。随着工业 4.0 和物联网技术的普及，液压系统与智能传感器、控制器的结合，将实现系统的实时监控与智能调节。例如，在智能制造领域，通过集成物联网技术，液压设备可以实现远程故障诊断和预防性维护，大幅提升设备的可用性和使用寿命。

4 液压机械传动系统在机械制造中的应用

4.1 在机床中的应用

液压机械传动系统在机械设计中的应用中，在机床方面有着广泛的应用。工作人员可以凭借此系统实现对机床动作的精准控制，在设计过程中只需要通过对液压油的压力和

流量进行控制就可以轻松实现。在机床中液压传动系统通常包含液压缸、控制阀、液压泵等元件。其中液压泵需要为控制系统提供有效压力，之后通过液压缸将获得的压力有效转化为机械能，并驱动机床进行精准移动。而控制阀则主要通过对工作介质的流量和流向进行控制，对机床的移动速度和操作力度进行控制。这类系统在实际应用过程中以其出色的负载适应性和高效的动力传输性能被广泛应用，能够使机床在面对复杂工况时依然能够保持稳定和精准的控制精度。同时，由于液压机械传动系统为纯机械结构，其本身具有较高的稳定性，因此也具有较高的抗振性能，这样能够进一步提升机床加工的精准度，减少加工过程中受机械振动导致的误差。这些显著优势使得液压机械传动控制系统已经成为当前机床加工中不可缺少的核心控制系统^[3]。

以当前数控机床中常见的换刀装置为例，该装置主要是为了满足机床在面对不同元件时的加工需求，应用液压控制系统能够将自动化技术以及机械工程进行有效融合，提高数控机床的加工效率。在实际应用过程，换刀装置主要是为了实现机床精准、快速地更换刀具，以提升机床加工精度的装置。其主要包含一个换刀机构和一个刀库。在刀库中通常包含一台机床加工过程中遇到不同情况所需要的刀具，而换刀机构则是负责将刀库中的刀取出之后进行快速替换的装置。而液压机械传动系统在实际应用过程中，液压缸主要负责推动机械结构进行换刀指令，当机床需要进行换刀操作时，数控系统会向液压控制系统下达换刀指令，之后液压泵就会提供压力，驱使液压油推动活塞运动，而活塞则连接刀盘和刀盘轴，因此这两个构件也会进行相应的运动。同时，在这个系统中刀盘主要是连接在液压缸活塞上的构件，能够对刀盘进行旋转。当刀盘活动时，液压缸会推动活塞进行运动，确保刀盘上的刀具活动到指定位置之后，将其进行更换。同时，为了避免在换刀过程中刀盘出现位移的情况，在控制系统中采用了一体结构的液压刀塔，这样就能够确保换刀的整体精度。因此液压机械传动系统在机床中的全面应用，不仅能够提升设备的整体稳定性，还可以有效提升加工速度、加工精度，并且纯机械的系统能够进一步提升数控机床的稳定性。

4.2 在机械行动驱动中的应用

液压机械传动控制系统在机械行动驱动中也有着广泛应用，如闭环式液压驱动系统能够在驱动过程中展现出优秀的调速能力，能够实现对机械设备的快速驱动。同时，液压机械传动控制系统拥有无级调速的特性，能够在快速变速、启动以及行驶模式中进行快速切换，具有较高的系统切换效率。同时，一些闭环式液压系统也会应用在一些需要长时间保持较高输出能力的设备上，如塔吊和高空作业平台。这些设备通过液压系统驱动，能够实现平稳的升降和精确的载荷控制。在建设某大型商业综合体过程中，液压驱动的塔吊提供了高效的物料运输与垂直搬运功能，大幅缩短了施工时间

并提高了施工安全性和效率。

在闭环式液压驱动系统应用过程中，液压机械传动控制系统以其大功率、高输出的特性成为系统伺服机构的理想选择，如在金属冲压行业，液压压力机由于其可控性和强大的冲压力，成为车身制造过程中必不可少的设备。某汽车制造厂引入了新型液压传动的冲压机床，不仅提升了生产的精度和效率，而且降低了设备的噪声和振动，改善了操作环境和工人的工作条件。

由电磁阀控制的直线液压缸运行过程中该系统能够通过实时流量进行调整，进而实现对位置和速度的精准把控，并且能够在设备运行到终点位置时进行准确停止。但是，在系统实际应用过程中如果采用的液压缸直径较大，就会导致设备的体积无法控制，并且材料成本上升，最终导致系统整体开发成本提升。而以液压机械传动系统为核心的驱动系统中，液压阀与液压缸共同组成了系统的核心，其作为主要的执行单元，主要负责将工作介质的液压能转化为系统做功的机械能，并且能够将之前系统中的减速装置取出，使传动过程中的间隙减少，通过这种方式能够有效提升系统的摆动运动和直线往复运动。

在不同的应用场景下，液压机械传动控制系统的驱动也有所不同，其可以分成两类。一种为泵—蓄能器组合驱动一种是液压泵直接驱动。在泵—蓄能器组合驱动结构中，可以采用蓄能器平衡油液需求，这样虽然会提升一部分电力消耗，但是也能够获得更大的动力，因此常常应用在大型机械设备的驱动上。而泵直接驱动则是以液压泵为核心组件，通过向液压缸输送液压油，利用配流阀对调控系统的最大压强进行调配，实现对机械设备的驱动，但是由于无法平衡油液需求，因此其动力相对较弱，通常适合一些中小型机械设备。此外，液压机械传动驱动系统还可以分为并联和串联的方式。其中并联主要是将驱动装置与液压机并联，将功率进行合成，并直接对输出转速进行调节，而串联则是通过变速器和液压马达实现变速，其广泛应用在一些特殊车辆的驱动中。

4.3 在变速器中的应用

在变速器中液压机械传动控制系统也有着广泛应用，其作为变速器的核心系统，能够对变速器的动力比进行合理控制，并实现润滑与冷却、压力调节和故障保护等多种功能。因此，该系统在变速器中的应用不仅保障了变速器的动力

传输，还提升的系统运行的稳定性。在变速器运行过程中，系统的稳定性与整体性能主要体现在变量泵与定量马达上，只有二者进行紧密配合才能确保变速器有高效的动力传输能力。同时，在变速器运行过程中，其内部元件处于独立工作状态，在这个状态下各系统各部分的动力源可以借助离合器将工作介质输送到液压系统，并通过液压系统将其导向太阳轮。在这个过程中差动轮系的应用能够有效提升变速器的整体动力，在差动轮系运行过程中，能够实现对变速器在不同速度之间进行平稳过渡，这就能够有效提升变速器的稳定性。而将液压机械控制系统与差动轮系进行结合，能够通过马达旋转方向的精准调整实现对变速器的动态调整控制。例如，在农业机械拖拉机的变速装置中，液压变速器可以在各种操作条件下提供无级变速能力，这是传统机械变速器难以实现的。液压系统能够在不需要中断动力输出的情况下进行平稳的齿轮转换，使得拖拉机在田间作业时能够快速适应不同的作物条件和土壤状况。此外，在现代社会发展过程中，液压变速系统在电动汽车和混合动力车辆中也有着广泛应用，通过集成电控液压系统，实现了驾驶体验的显著改善和能耗的优化。例如，某电动车厂商通过在其旗舰产品中引入液压电控变速系统，提高了车辆的响应速度和动力转换效率。该技术使得车辆在不同驾驶模式间转换时更加平顺，增加了驾驶的舒适性和车辆的续航能力。

5 结语

综上所述，液压机械传动控制系统作为现代机械设计与制造的重要组成部分，其应用已深入到多个工业领域，展现出强大的实用价值和发展潜力。论文首先对液压机械传动控制系统的基本操作原理和构成进行了分析，对系统运行的基本原理进行了分析，之后探索了液压机械控制系统在机械制造和设计中的具体应用，详细说明了如何利用液压机械传动控制系统提升机械运行效率。希望通过论文的分析能够为开发更高效的液压传动方案提供有效借鉴。

参考文献

- [1] 熊家亮. 液压机械传动控制系统在机械设计及制造中的应用[J]. 现代制造技术与装备, 2024, 60(2): 118-120.
- [2] 郭可令. 液压机械传动控制系统在农业机械设计制造中的应用[J]. 农业开发与装备, 2023(11): 42-44.
- [3] 陈瑞强. 机械设计制造中液压机械传动控制系统的运用研究[J]. 科海故事博览, 2023(1): 13-15.

Research on Application of Information Surveying and Mapping Technology in Engineering Survey and Mapping

Tiansong Wang

Aerospace Planning and Design Group Co., Ltd., Beijing, 100162, China

Abstract

With the acceleration of the urbanization process, the social demand for various engineering construction continues to increase, and the quality of the project needs to be guaranteed by surveying and mapping, which promotes the development and progress of surveying and mapping technology. As an advanced surveying and mapping technology, information surveying and mapping has strong advantages and has become the key to modern surveying and mapping, requiring surveying and mapping personnel to combine the needs of surveying and mapping, reasonable application of information surveying and mapping, to ensure the quality of engineering surveying and mapping while speeding up the efficiency of surveying and mapping. This paper starts with engineering surveying and mapping, analyzes the current situation of surveying and mapping, expounds the advantages and application difficulties of information surveying and mapping, and makes appropriate application strategies on this basis to promote the progress of surveying and mapping technology.

Keywords

engineering survey and mapping; information surveying and mapping; environmental impact

工程勘察测绘中的信息化测绘技术应用研究

王天送

航天规划设计集团有限公司, 中国 · 北京 100162

摘 要

随着城市化进程的加快, 社会对于各种工程建设的需求不断提升, 而工程的质量需要勘察测绘保证, 就推动了测绘技术的发展进步。信息化测绘作为先进的测绘技术, 具有较强的优势, 已经成为现代化测绘的关键, 要求测绘人员结合测绘需要, 合理地进行信息化测绘的应用, 在保证工程勘察测绘质量的同时加快测绘的效率。论文就从工程勘察测绘入手, 分析勘察测绘的现状, 阐述信息化测绘的优势与应用难点, 并且在此基础上制定合适的应用策略, 以推动测绘技术的进步。

关键词

工程勘察测绘; 信息化测绘; 环境影响

1 引言

信息化测绘是在数字化测绘的基础上, 在完全网络化运行环境下, 实时有效地向信息化社会提供地理信息综合服务的测绘方式和功能形态。信息化测绘是中国测绘实现了由传统测绘向数字化测绘转化和跨越之后进入的又一个新的发展阶段, 它代表着中国测绘在进入新世纪后现代化建设总的战略方向。工程勘察测绘需要对工程的各项数据进行测绘, 传统的测绘技术难以满足需要, 信息化测绘就成为行业发展的关键。要求相关人员结合工程发展的需要, 分析信息化测绘技术的必要性 with 难点, 并且综合相关数据制定针对性的解决策略, 充分发挥信息化测绘的功能, 推动工程勘察测绘的发展。

【作者简介】王天送 (1991-), 男, 中国河北唐山人, 本科, 工程师, 从事测绘测量勘察工程研究。

2 工程勘察测绘与信息化测绘概述

工程勘察测绘是建筑和工程项目中不可或缺的一部分, 涉及对地理环境、地形地貌、地下资源和工程场地的详细调查和测量。其中, 工程勘察主要包括对土壤、岩石和地下水的调查。其目的在于提供项目建设的基础数据, 确保设计和施工的安全性与经济性。测绘是获取和表述地面及其特征空间数据的过程, 包括地形测量、工程测量以及数字地形模型 (DTM) 等^[1]。

随着科学技术的发展, 测绘技术也逐渐进步, 信息化测绘逐渐成为行业发展的关键。信息化测绘是将现代信息技术与传统测绘技术相结合, 旨在提高测绘工作的效率、精度和数据管理能力。随着科技的发展, 信息化测绘逐渐成为测绘行业的重要发展趋势。信息化测绘是利用数字技术、网络技术和信息系统进行测量、数据处理、分析和管理的過程。它不仅关注测绘数据的获取, 还强调数据的存储、共享和应

用。现阶段信息化测绘一般包括全球定位系统（GPS）、地理信息系统（GIS）、遥感技术以及激光扫描等。需要相关人员通过数据采集、数据处理、数据分析、数据可视化以及数据管理等步骤进行应用，充分发挥该技术的功能。信息化测绘是现代测绘技术发展的重要方向，通过结合先进的信息技术和测绘方法，不仅提高了工作效率，还为各行业提供了强有力的数据支持。工程勘察测绘如图1所示。

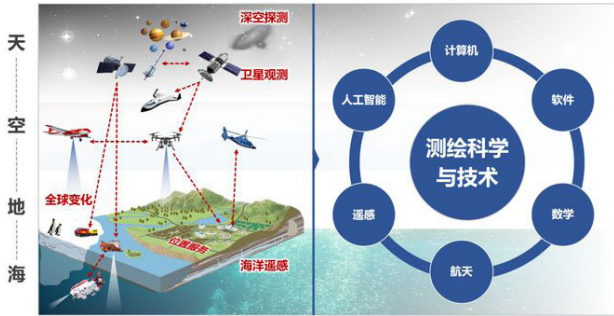


图1 工程勘察测绘

3 工程勘察测绘在作业环节存在的难点

工程勘察测绘环节，实际操作中会遇到各种状况的影响，相关人员在作业环节就会遇到一些问题，需要相关人员进行深入分析。首先，许多地区的地质情况复杂，包括不同类型的土壤、岩石和水文条件。进行有效的地质勘察需要深入分析这些复杂的地质结构。而且地下水位的波动可能会影响土壤的承载能力和稳定性，增加勘察的难度。其次，在某些地区，环保法规可能限制勘察活动的进行，增加了项目的复杂性。天气条件（如降雨、风暴等）可能会影响测量的准确性和勘察的安全性，导致延误或数据不准确。最后，工程测量通常需要高精度的数据，但在复杂地形或恶劣天气条件下，确保测量精度可能非常困难。而且测绘设备和技术不断更新，技术人员需要不断培训以掌握新设备和新技术，增加了人力和成本投入。再加上来自不同源的数据（如GIS、遥感、地面测量等）在格式和精度上可能存在差异，融合这些数据以获得全面的视图具有挑战性。这些难点的存在直接影响勘察测绘作业的开展，制约测绘的精准度，就要求相关人员深入分析这些难点，并且引进先进的技术手段。

4 工程勘察测绘中信息化测绘的优势

工程勘察测绘中，由于测绘环境的复杂性，信息化测绘逐渐成为测绘的发展方向，信息化测绘技术在工程勘察测绘中具有显著的优势，主要体现在以下方面：首先，信息化测绘技术，如无人机测绘和激光扫描，能够在短时间内获取大量高精度数据，极大地提高了数据采集的效率。而且许多信息化测绘工具支持实时数据处理，可以快速反馈测量结果，帮助决策者及时调整方案。其次，现代信息化测绘设备（如全站仪、GNSS）能够提供高达毫米级的测量精度，确保数据的可靠性。而且信息化技术允许不同类型的数据（如

遥感影像、地形图和地质资料）进行有效整合，提高了数据的全面性和一致性；然后，信息化平台允许不同部门和团队之间共享数据和信息，增强协同作业的能力。借助云计算和在线平台，多个团队可以同时访问和编辑测绘数据，提高了工作效率。而且信息化测绘技术的自动化程度高，减少了对人工操作的依赖，降低了人为错误的发生率。最后，信息化测绘技术能够在施工前进行风险评估，提前识别潜在的地质或环境风险，提高工程的安全性。使用无人机等技术，还可以在高风险区域进行远程勘察，确保人员安全。综上，信息化测绘技术在工程勘察测绘中不仅提高了工作效率和数据精度，还增强了协同作业和决策支持能力。随着信息化技术的不断进步，未来的工程勘察测绘将更加高效、智能和可持续。信息化测绘技术如图2所示。



图2 信息化测绘技术

5 工程勘察测绘中的信息化测绘技术应用的策略

5.1 需要制定合适的实施计划

一个全面的实施计划应涵盖目标设定、技术选型、资源配置、培训计划、项目管理等方面，在工程勘察测绘中，制定信息化测绘技术应用的实施计划是确保项目成功的关键，需要相关人员通过以下手段进行设计：首先，要明确项目目标，可以将提高数据采集效率和精度、加强数据的可视化和分析能力、降低人力成本和错误率以及提高协同工作和信息共享能力等作为目标。其次，要确定技术选型，要求相关人员评估现有市场上信息化测绘技术（如无人机、激光扫描、GNSS、GIS等）的适用性，并且分析不同技术的优缺点及其对项目的影响。在此基础上根据项目需求选择合适的测绘技术和设备，考虑设备采购、租赁或合作的方式。再次，要确定资源配置，需要相关人员考虑设备购置或租赁费用、软件购买和维护费用以及人员培训和技术支持费用等。还需要确定项目团队成员及其职责，并且配备专业技术人员和操作员。最后，还需要制定培训计划，要求专业的技术人员对相关人员进行信息化测绘设备和软件的操作培训，并且提供数据处理、分析和可视化的培训课程。还需要建立技术更新机制，定期举办培训和交流活动^[2]。综上所述，通过制定系统化的信息化测绘技术应用实施计划，能够有效提升工程勘

察测绘的效率和准确性,为项目的顺利进行提供有力支持。计划的成功实施还需要持续关注技术更新和团队能力提升,以适应不断变化的市场需求。

5.2 应合理选择技术设备

在工程勘察测绘中,选择合适的信息化测绘技术设备是确保测绘数据精度、效率和安全的关键,常见的技术设备主要包括以下几种:一是无人机测绘,要合理选择无人机平台,如大疆(DJI)M300 RTK、Parrot Anafi USA等,选择具备高精度GPS和长续航能力的无人机。也需要合理选择相机与传感器,包括高分辨率相机(如20MP以上)、多光谱传感器(用于植被和土壤分析)。还需要合理选择数据处理软件,如Pix4D、DroneDeploy等,支持数据后处理和三维建模。该设备可以快速覆盖大面积区域,适合地形复杂或难以到达的区域,并且提供高分辨率的影像和三维点云数据,精度高。二是要合理选择激光扫描技术,应合理选择地面激光扫描仪,如Leica RTC360、FARO Focus等,选择测距精度高、扫描速度快的型号。也需要合理选择移动激光扫描系统,如Leica Pegasus、Riegl VZ-400i等,适用于大范围快速测绘。该技术可以生成高密度的三维点云数据,适用于建筑、桥梁和隧道等工程的精细测绘。对于复杂的结构和环境,也可以提供精确的空间信息。三是要重视全球导航卫星系统(GNSS),应合理选择RTK GNSS接收机,如Trimble R10、Leica GS18等,选择具备实时差分定位功能的接收机。还需要合理选择基站与流动站,配置基站用于提供差分修正数据,提高定位精度。该技术可以提供高精度的定位服务,适合于工程控制测量和地籍测量。也可以实时数据传输,可以快速进行数据更新和共享。四是需要合理选择地理信息系统(GIS)软件,应合理选择桌面GIS软件,如ArcGIS、QGIS等,选择功能全面、用户界面友好的软件。也需要合理选择在线GIS平台,如Google Earth Engine、ArcGIS Online等,支持大规模数据的处理与共享。该技术可以提供强大的空间数据分析和可视化功能,支持决策制定,还方便了数据共享与协作,适合团队协作和项目管理。综上,通过合理的设备选型,不仅能够提高测绘的效率和准确性,还能降低成本,提升项目的整体质量。

5.3 构建集成化的信息平台

在工程勘察测绘中,信息化测绘技术的应用愈发重要,

构建一个集成化信息平台能够有效整合多种测绘数据,提升数据管理和决策支持能力,就需要相关人员通过以下手段进行设计;一是要重视数据采集层的设计,需要通过GNSS、无人机、地面测量仪器、遥感卫星等多种设备采集数据。也需要利用物联网(IoT)技术实现数据的实时传输,确保数据的时效性。二是要重视数据处理层的设计,要求相关人员对采集的数据进行校正、清洗和格式转换,确保数据质量。也需要使用GIS分析工具、统计分析软件等进行数据分析和建模,为后续决策提供支持。三是要重视数据存储层的设计,要求相关人员构建高效的数据库系统(如PostgreSQL、Oracle等),用于存储和管理各类测绘数据。还需要考虑采用云计算平台,提升数据存储的灵活性和可扩展性。四是要重视应用服务层的设计,要求相关单位开发友好的用户界面,提供数据可视化工具,帮助用户直观理解数据。还需要提供开放的API接口,支持不同系统和应用之间的数据交互和集成。五是还需要重视安全与管理层的构建,要求相关人员制定严格的数据安全和隐私保护策略,防止数据泄露和未授权访问。并且根据用户角色设置不同的数据访问权限,确保数据的安全和合规^[1]。综上所述,通过数据的集中管理与高效处理,能够提高工作效率,支持科学决策。随着技术的不断进步,集成化信息平台将在测绘行业中发挥越来越重要的作用,推动整个行业的数字化转型与发展。

6 结语

在工程测量中,各类信息化测量技术得到应用,可以提升测量的精确性,有效地提升工程建设的效率。测绘技术还在不断地发展,因此,在工程测量中应该充分挖掘各类信息化测量新技术,提升测量精确性。

参考文献

- [1] 杨赞.信息化测绘时代工程测绘的发展趋势分析[J].居舍,2022(17):158-161.
- [2] 陈殿波.工程勘察测绘中的信息化测绘技术探讨[J].中国设备工程,2022(2):156-157.
- [3] 龙勇,廖欢.工程测量中的信息化测绘技术研究[C]//北京恒盛博雅国际文化交流中心,2021年9月建筑科技与管理学术交流会议论文集,江西省九龙地质建设工程院,2021.

Research on the Control Method of Concrete Crack in Highway Bridge Construction

Junjie Zou

Anhui Bengbu Road and Bridge Engineering Co., Ltd., Bengbu, Anhui, 233000, China

Abstract

In the construction of highway bridge concrete construction is a very important construction content, for the construction quality of highway bridge and the service life and traffic safety will have a crucial impact, clear the causes of concrete cracks and strengthen technical control is very necessary. The paper also focuses on this, mainly from the causes of concrete cracks in highway and bridge construction and how to prevent concrete cracks in highway and bridge construction and the treatment measures of concrete cracks in highway and bridge construction. It is hoped that through the discussion and analysis of the paper, it can provide reference for relevant construction personnel, optimize and adjust concrete construction, and improve construction quality.

Keywords

concrete construction; construction quality; concrete crack; control measures

公路桥梁施工中混凝土裂缝的管控方法研究

邹俊杰

安徽省蚌埠市路桥工程有限公司, 中国 · 安徽 蚌埠 233000

摘 要

在公路桥梁施工中混凝土施工是十分重要的施工内容, 对于公路桥梁的施工质量以及投入使用之后的使用寿命和交通安全都会产生至关重要的影响, 明确混凝土裂缝的构成原因并加强技术管控是十分必要的。论文也将目光集中于此, 主要从公路桥梁施工中混凝土裂缝的构成原因及公路桥梁施工中如何预防混凝土裂缝和公路桥梁施工中混凝土裂缝的处置措施等多个维度展开论述, 希望通过论文的探讨和分析, 可以为相关施工人员提供参考, 对混凝土施工做出优化和调整, 提高施工质量。

关键词

混凝土施工; 施工质量; 混凝土裂缝; 管控措施

1 引言

经济社会的迅速发展带动了交通事业的发展, 现阶段公路桥梁建设规模越来越大, 数量越来越多, 交通线路也在不断完善, 这为人们的生产生活以及地方经济发展提供了更多的助力, 而保障公路桥梁施工质量则是确保公路桥梁工程功能能够有效发挥的重要基石, 但是就现阶段来看, 混凝土裂缝问题在公路桥梁建设期间是较为常见的, 这会严重影响公路桥梁的施工质量, 同时也会威胁后续的交通安全, 增加公路工程投入使用以后的维修保养成本, 必须加强管控, 而在分析公路桥梁混凝土裂缝的管控措施之前首先则需要了解公路桥梁混凝土裂缝的构成原因。

2 公路桥梁工程混凝土裂缝的构成原因

在公路桥梁施工中引发混凝土裂缝的原因是相对较多的, 具体可以从以下几个方面来展开分析和讨论。

2.1 干缩裂缝

在混凝土施工的过程中水分控制是十分关键的一环, 这对于各材料能否互相融合会起到至关重要的影响, 但是就现阶段来看在混凝土施工中因水分控制不到位引发的混凝土裂缝问题是较为常见的, 在混凝土拌合过程中如果水添加量过多则会导致混凝土内部含水量与空气中的含水量落差相对较大, 进而引发吸热放热以及水化热等相应问题, 这会让混凝土内部水分蒸发过快或出现离析等相应情况, 诱发混凝土裂缝问题, 降低公路桥梁工程的稳定性和施工质量。

2.2 地基裂缝

地基裂缝也是公路桥梁混凝土施工过程中的常见裂缝, 因为在公路桥梁施工中建筑体对于地基的荷载压力是相对较大的, 这很容易会让地基出现不规则沉降, 如果沉降幅度

【作者简介】邹俊杰 (1990-), 男, 中国安徽怀远人, 本科, 工程师, 从事混凝土裂缝研究。

超过了混凝土结构承受力，则会引发混凝土变形裂缝等相应情况。此外，软土地基在公路桥梁施工中也是较为常见的，这类地基的荷载能力更弱，在施工建设的过程中其沉降幅度也更大，在地基沉降过程中对于混凝土内部结构产生的剪应力和拉应力也更大，更容易出现混凝土裂缝问题。

2.3 荷载裂缝

公路桥梁混凝土施工中定荷载和动荷载都可能引发混凝土裂缝，而构成这一问题的主要原因则在于施工设计的过程中所考量的要素不够全面，混凝土结构的实际状态与计算结果不相符合，进而导致了荷载产生的应力超过了混凝土结构的承受力，引发混凝土裂缝。

2.4 温度裂缝

温度裂缝是混凝土裂缝分析过程中的主要分析内容，混凝土在浇筑结束以后会进入到凝结阶段，受混凝土原材料的理化性质影响，凝结中的混凝土会出现水化热的情况，其温度在不断上升，但是混凝土内部和外部与空气的接触面存在着较大的差异，外部应直接接触空气，其散热速度相对较快，内部却无法接触空气因此散热相对较慢，在内外温差相对较大以及热胀冷缩原理影响下，很容易会出现混凝土裂缝问题。

2.5 材料裂缝

公路桥梁工程中混凝土施工的施工质量和施工效果受材料因素的影响是相对较大的，材料作为公路桥梁混凝土施工中的基本单位，混凝土施工中所选用材料质量、性能、型号是否合规合理将会直接影响混凝土的性能质量以及混凝土裂缝出现的概率，必须从水泥、水、粗细集料、外加剂等多个维度来对材料进行分析，同时在材料选择和分析的过程中也需要充分考虑客观环境特点以及工程建设质量验收标准，在此基础上对材料的类型、型号、规格作出适当调整，然而就现阶段来看因材料管控不到位导致混凝土裂缝问题是较为常见的，这也带来了许多不必要的资源输出和成本浪费。

3 公路桥梁施工中混凝土裂缝的预防方法

3.1 优化施工设计

施工设计是施工建设过程中的重要参考性文件，对于施工建设效率、质量、成本、安全都会起到至关重要的影响，想要更好地预防公路桥梁施工中混凝土裂缝问题，优化施工设计是十分必要的，而在施工设计优化的过程中可以紧抓如下几个要点做出优化和调整。

首先，必须做好数据调查和信息调查，落实实地勘测工作，对于拟建区域的地质特点、气候特点以及施工质量验收标准、道路建设等级等相应的信息都有较为全面的认知和了解，在此基础上分析在施工建设过程中可能引发混凝土裂缝的因素，并通过设计方案的优化调整以及施工技术的有效调节最大化地规避混凝土裂缝问题，为施工建设工作提供

更多的指导。为了保障施工设计的科学性有效性和针对性，一方面可以借助 BIM 技术打造数字模型，通过模型分析来更好地明确不同施工方法下的施工效果，从质量、成本、安全、混凝土裂缝问题出现可能性等多个维度展开讨论，对多个施工设计方案进行分析，优中选优，得出最佳施工方案。另一方面，需要加强和技术、质检等相关人员的沟通交流，分析施工设计方案的科学性及可行性，及时发现问题并对其进行有效处理。

其次，在施工设计优化的过程中应当抓住混凝土裂缝构成原因来对施工设计做出精细化调整。例如材料问题是导致混凝土裂缝出现的关键因素，这时在混凝土施工设计的过程中则需要结合该地区的气候特点，分析施工建设过程中所需材料的类别及性能要求，并对不同原材料的配比作出适当调整，为后续施工建设工作的开展提供更多的信息参考与数据支持，确保材料配比科学，进而更好地提高施工质量和施工效果。

最后，在施工设计优化的过程中还需充分考量软土地基问题，结合施工区域的地质特点分析地基强度和扩展能力是否达标，如果该地区地基属于软土地基则需要结合施工成本、质量验收标准等信息分析地基处理，引入粉喷桩等技术方法强化地基，避免后续混凝土裂缝问题的出现。

3.2 加强材料管理

施工材料是公路桥梁施工的基础，尤其是在混凝土施工中，材料管理与混凝土裂缝出现的可能性密切相关，而在材料管理上可以紧抓如下几个要点：

首先，在材料分析之前需做好拟建区域实际情况的分析，结合该地区的实际特点及道路建设等级明确材料要求，在此基础上列制材料采购方案，确定不同材料的采购标准，落实采购工作。

其次，在材料采购期间应当做好市场调查，分析不同供应商的商业信誉、供货能力、所递交的货物报价和货品质量，从多个维度多个角度来展开分析，购买质优价廉的材料并与供应商签订供应合同，明确材料的质量要求、数量要求及进场时间要求等。

再次，需加强材料的运输储存管理，尤其需注意材料运输储存的环境管理，避免材料在运输储存期间出现质量受损、性能下降等相应问题。例如，在钢筋材料运输的过程中则需避免因为环境过于潮湿导致钢筋锈蚀等相应情况的出现，这很容易会降低钢筋的荷载能力，进而导致公路桥梁的承受能力下降，很容易会引起结构变形引发混凝土开裂。

最后，在材料正式进场应用之前还需落实对材料的二次检验，分析材料在运输储存期间其质量性能是否受到影响，及时的剔除不合格材料。

3.3 加强施工技术管理

加强施工技术管理也可以更好地预防公路桥混凝土裂缝问题的出现，而在施工技术管控的过程中需抓住以下几个

要点:

首先,在混凝土拌合期间需严格控制混凝土配合比,根据前期确定的施工设计明确混凝土拌合中不同原材料的配比数据,并通过提前试验的方式来分析混凝土的性能强度是否达标,配比是否科学,还需要通过客观气候条件的分析来对配比作出适当调整,尤其是水灰比调节的过程中必须充分考量客观条件,根据环境湿度及温度来对水灰比作出针对性调节。同时也需要检查集料粒径、砂石级配是否合格,提高混凝土抗裂性能。

其次,需根据施工设计图纸明确混凝土浇筑方法,并观察客观条件是否满足混凝土浇筑需求,一般情况下混凝土浇筑宜在多云天气下施工,且多采用分层浇筑方法,在浇筑的过程中需结合公路工程建设需求明确浇筑层间厚度及不同层间混凝土浇筑的时间间隔^[1]。

最后,需要落实混凝土振捣工作,根据施工设计及施工现场实际情况合理选择振捣仪器,保障混凝土振捣密实均匀,避免因混凝土振捣工作落实不到位进而影响混凝土的质量、性能及强度。

3.4 加强养护管理

养护管理工作的有效落实也是十分必要的,这可以有效预防温度裂缝干缩裂缝相应的混凝土裂缝问题,而在养护工作落实的过程中需抓住如下几个关键点做出优化和调整:首先,在养护工作落实之前必须做好资料调查,了解施工区域的气候特点,尤其需要了解施工区域的湿度及温度特点,实际上结合混凝土强度要求来确定养护周期及具体养护计划,如冬季养护则需要通过草帘或塑料薄膜覆盖的方式来降低混凝土内外温差。在养护期间可以引入监测仪器,随时观测混凝土内部温度及外部温度,更好地掌握混凝土内外温度的变化,有效控制内外温差过大问题的出现。其次,可以通过适当洒水保湿的方式来,避免干缩裂缝等相应问题的出现。最后,需结合混凝土强度要求和混凝土养护期间的强度变化适时调整养护周期,保障养护效果。

4 公路桥梁施工中混凝土裂缝的处置措施

混凝土裂缝不仅会在公路桥梁投入使用以后出现,事实上在公路桥梁施工过程中也很有可能会出现混凝土裂缝问题,在这样的背景下则需要结合裂缝的实际情况来科学选择裂缝修复技术,而就现阶段来看可供借鉴和选择的混凝土裂缝修复技术是相对较多的。

首先,表面修补法。该种修补技术的适配性相对较强,可以处理混凝土表浅裂缝及深层裂缝,工作人员在发现混凝土裂缝以后可以引入水泥浆在混凝土表面涂抹,进而有效解决混凝土裂缝问题,该种修补方法对于混凝土的承载力所产

生的影响是相对较小的,因此得到了广泛应用^[2]。

其次,灌浆修补法。如果在公路桥梁施工过程中发现混凝土裂缝的深度相对较深,已经影响了混凝土的结构强度和完整性,这时如果选用表面修补法将无法保障修补效果,必须通过深层修补的方式来确保混凝土结构的完整性和结构强度,因此需引入灌浆修补法,该种修补技术是将灌浆材料压入到混凝土裂缝,随着时间的推移灌浆材料会从液态转变为固态,进而达到较好的裂缝修补效果,而就现阶段来看,在公路桥梁混凝土裂缝修补过程中较为常用的灌胶材料主要为水泥浆或环氧聚合物。当然这需视具体情况而定对灌浆材料作出适当调整,例如如果裂缝程度较为严重,这时则可以引入甲基丙烯酸酯和聚氨酯来进行灌注达到更好的修补效果。

再次,嵌缝法。该种技术方法是指在发现混凝土裂缝以后施工工作人员可以在裂缝处开槽,并在槽内填充封堵材料,进而达到较好的修补效果,嵌缝法的应用优势在于采用该方法来对混凝土裂缝问题进行解决可以更好地保障修补后表面平整,确保工程的外观质量,同时修补裂缝时保障外面平整也可以更好地避免在公路桥梁工程投入使用以后出现跳车等相应问题。

最后,结构加固法。在公路桥梁混凝土施工的过程中部分混凝土裂缝的出现会严重影响公路桥梁工程的外观及结构性能和结构强度,同时也会大幅缩短公路桥梁工程的使用寿命及使用性能,这时则可以通过预应力加固、支点加固、增加截面面积、混凝土补强加固等多种方式来达到较好的修补效果^[3]。

5 结语

混凝土裂缝问题是公路桥梁施工中较为常见的施工问题,会严重影响公路桥梁施工质量及投入使用以后的交通安全和使用寿命,必须引起关注和重视。相关单位可以从混凝土裂缝预防出发紧抓,通过设计优化、材料管理、技术管理及养护管理等方法避免混凝土裂缝的出现,在此基础上还可以通过表面修补法、灌浆修补法、嵌缝法、结构加固法等相应技术方法的有效应用对已有的混凝土裂缝问题进行解决。

参考文献

- [1] 赵光华.公路桥梁混凝土质量通病成因及防治措施[J].运输经理世界,2020(16):131-132.
- [2] 李征,丁杰,李贝贝.公路桥梁施工混凝土裂缝防治探讨[J].居舍,2021(30):49-50.
- [3] 葛强,刘洋.公路桥梁施工中混凝土裂缝成因与防治措施[J].运输经理世界,2021(22):15-17.

Clean Room Pollution Source Control Scheme Based on Airflow Simulation

Ni Wang

China Electronic System Engineering Third Construction Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610031, China

Abstract

The semiconductor process has high clean requirements for the environment, but in the production of semiconductor glass cover plate, this process may lead to the penetration of ink molecules into the air, causing the pollution of the clean environment, and ultimately affect the yield of the product. Reasonable air flow organization is the key to pollution source control, and the air flow organization in the room is mainly affected by the arrangement of the returning air outlet. Because the air outlet is a FFU efficient filter unit, the air can filter and the pressure source is the pressure difference inside and outside the room. Therefore, the air supply outlet has a greater impact on the room air flow, and the reasonable FFU setting becomes particularly critical. In this paper, the airflow simulation is used to verify the airflow organization in the original design scheme, and the optimized layout scheme of FFU is proposed for the area with relatively poor air flow in the simulation results, and then the airflow simulation is used to verify the airflow of the optimized scheme, and then the control scheme of pollutants is determined, and the feasibility of the scheme is clarified.

Keywords

air flow simulation; clean room air; flow organization; pollution source control; FFU (efficient filtration unit)

基于气流仿真的洁净室污染源控制方案

王妮

中国电子系统工程第三建设有限公司, 中国·四川成都 610031

摘 要

半导体的工艺对环境的洁净要求较高,但在半导体玻璃盖板生产中包含了喷墨工序,该工序可能导致油墨分子渗透到空气中,造成洁净环境的污染,最终对产品的良率造成影响。合理的气流组织是污染源控制的关键,房间的气流组织主要受到送回风口布置的影响。由于送风口为FFU高效过滤单元,可对空气进行过滤并提供动力压头;回风口为压力出流,动力源为房间内外的压差。因此,送风口对房间气流具有更大的影响,合理的FFU设置变得尤为关键。论文利用气流仿真对原设计方案中的气流组织进行仿真验证,并针对仿真结果中气流相对较差的区域提出FFU的优化布置方案,再利用气流仿真对优化方案的气流进行验证,进而确定污染物的控制方案,明确方案的可行性。

关键词

气流仿真; 洁净室; 气流组织; 污染源控制; FFU (高效过滤单元)

1 引言

在半导体行业中,封装技术对确保芯片的性能及寿命至关重要,而半导体玻璃盖板就是其关键的封装材料。半导体封装玻璃盖板在气密、光学和热稳定性等多方面的性质均表现优秀。与此同时,半导体玻璃盖板的制造过程也有很高的要求,其生产制造需在洁净环境中完成,且对空气中分子级污染物均有要求,环境中分子污染物超标可能会导致玻璃盖板的产品良率下降。

洁净室内的污染主要分为内污染源及外污染源。外污

染源在进入房间前会经过空调机组的初中高效多级过滤,并最终经过房间顶部的FFU过滤掉。对于内污染源,一方面需要调整工艺、尽量减少内污染源的产生及扩散,另一方面需利用洁净室的循环风及时将污染物带离房间并经过过滤器过滤掉。

半导体玻璃盖板生产工艺设备中的喷墨机即为污染源之一,喷墨机在生产运行过程中可能导致油墨分子渗透到空气中,造成玻璃盖板生产环境的污染。若油墨分子落在生产产品上,将难以去除,最终影响产品良率。因此,合理利用房间的气流及时将油墨分子带走,是污染源控制的重要手段。

【作者简介】王妮(1992-),女,中国四川成都人,硕士,工程师,从事暖通空调研究。

2 仿真区域的选定及概况

本次研究的区域为某半导体车间 ISO6 级洁净室，仿真区域房间净高 3m，空气经过房间顶部高效送风口 FFU 送入房间，经房间下部的侧墙回风口流出房间并进入回风夹道，回到吊顶上方，再经 FFU 过滤后送入房间，如此循环并达到一定的循环风量以此保证房间的洁净度^[1]。整体气流形式为上送侧回式，详见图 1。房间内设有三台工艺设备，设备前端包含喷墨段，喷墨机位置如图 2 中框选位置所示。

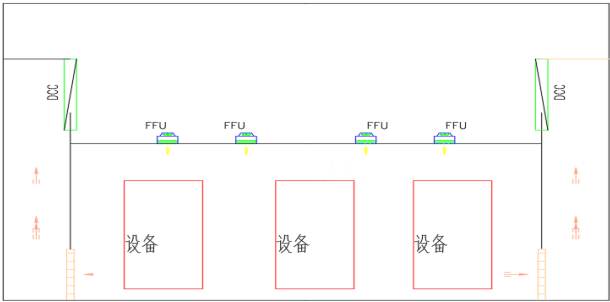


图 1 仿真区域气流组织图



图 2 工艺设备图

由于喷墨机有油墨分子扩散到房间空气中影响洁净度的风险，可能影响产品良率。利用气流仿真软件对该洁净车间的气流进行仿真研究，以寻找较优的气流组织方案从而减少污染源对洁净室的影响。

3 气流仿真的模型建立

3.1 确定气流方案及模型

方案 1：原设计方案房间 FFU 布置形式为 15% 的布置率在吊顶均匀布置，且在房间中部（即房间中结构柱位置）东西方向未设置 FFU，FFU 的尺寸为 1.2m × 1.2m，风速为 0.4m/s。如图 3 所示，该图为房间俯视图。

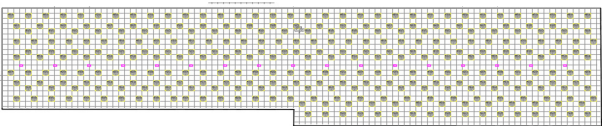


图 3 方案 1 模型图

方案 2：首先对原设计方案进行气流仿真验证，并根据气流仿真结果中的气流情况提出优化方案，再利用气流仿真对优化方案进行仿真验证^[2]，以此得到较优的气流方案 2，即房间整体 FFU 布置率提升至 17%，局部位置（喷墨机及相邻区域）FFU 布置率设置为 25%，如图 4 所示。

仿真区域主要仿真气流在静态下的速度流场，模型包括 FFU、回风口、吊顶、工艺设备及围护结构。

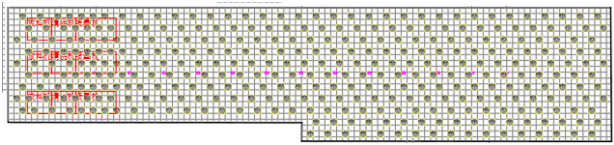


图 4 方案 2 模型图

3.2 边界条件设定

上述计算模型采用的计算边界条件如表 1 所示。

表 1 边界条件设置表

物理模型	边界条件
FFU	速度入口边界（velocity inlet）：0.4m/s
回风夹道（不含风口处）	壁面边界（wall）
基础层及其他墙壁	壁面边界（wall）
回风口	压力出口边界（pressure outlet）

4 仿真结果及结论

4.1 喷墨机位置速度云图对比

图中白色区域为速度近乎为零的区域即房间滞留区，该部分区域会导致污染物颗粒的聚集^[3]。对比图 5 及图 6 可看出，房间 FFU 布置方案调整后，可有效消除房间滞留区，避免房间内局部积尘。

此外，图 5 及图 6 方框区域为喷墨机位置，对比速度云图可以看出，方案 1 喷墨机位置存在滞留区，优化后的方案 2，可保证喷墨机周围无空气滞留区，喷出的油墨可被气流带走，不会在房间内堆积。

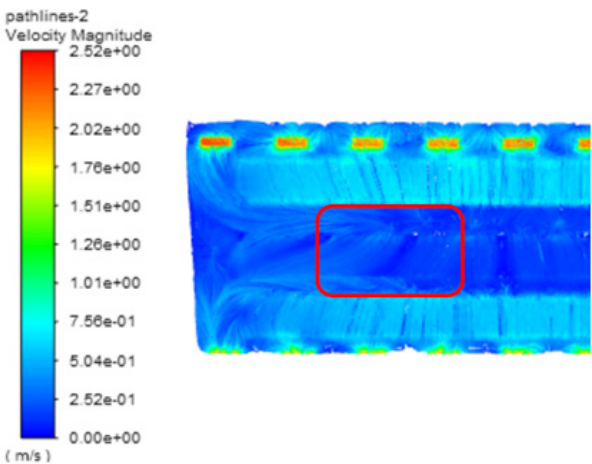


图 5 方案 1 喷墨区速度云图

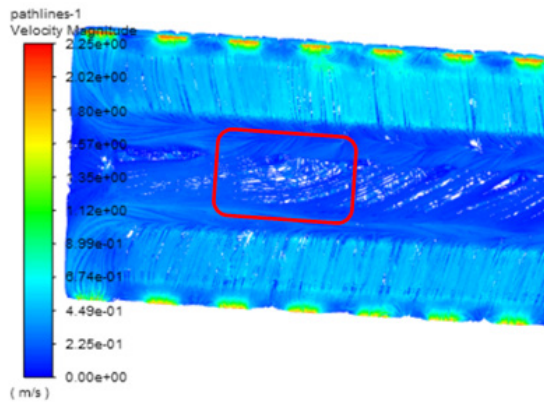


图6 方案2 喷墨区速度云图

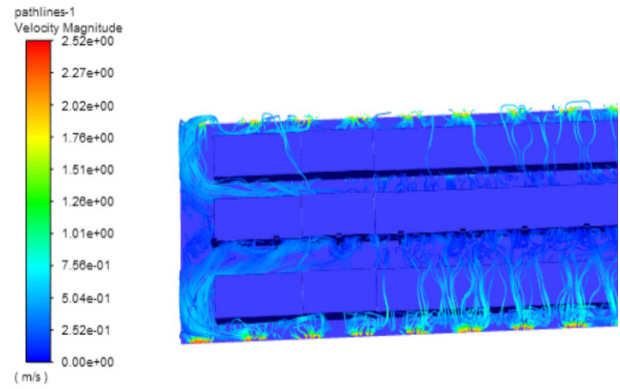


图8 方案2 喷墨区速度流线图

4.2 喷墨机位置流线图对比

图7及图8分别为方案1、2的喷墨区速度流线图,通过对比可看出,方案1喷墨区的气流往四周流动;方案2喷墨区的气流沿着设备上方及房间左侧回流至回风口,不会向房间右侧大空间扩散^[4],油墨分子可得到有效的控制。

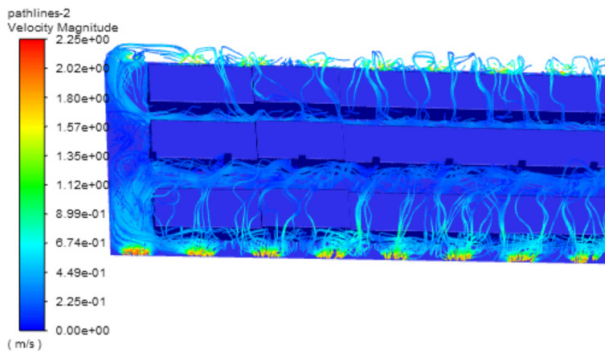


图7 方案1 喷墨区速度流线图

5 结语

洁净室内合理的气流组织是污染源控制的关键,可以通过调整FFU的布置位置及布置率进行房间气流组织的调整,考虑到投资及运行成本,可采用局部加整体的调整方式。通过减少污染源附近的涡流现象、控制污染源附近的气流方向,避免污染物在房间内滞留或扩散,使污染物尽快被气流带离房间,避免污染物的堆积,减少污染源对洁净室的影响。

参考文献

- [1] 王海桥,李锐.空气洁净技术[M].北京:机械工业出版社,2017.
- [2] [美]耿怀玉.半导体集成电路制造手册[M].北京:电子工业出版社,2006.
- [3] GB 50073—2013 洁净厂房设计规范[S].
- [4] GB 50472—2008 电子工业洁净厂房设计规范[S].

Failure Prediction and Preventive Measures Analysis of Mechanical and Electrical Equipment in the Operation and Maintenance of Public Service Facilities

Qu Wang

Jucan Optoelectronics Technology (Suqian) Co., Ltd., Suqian, Jiangsu, 223800, China

Abstract

With the rapid urbanization of China, the rational allocation of public service facilities is crucial to ensure the health, livability and sustainability of cities. With the progress of science and technology, fault prediction and maintenance technology has gradually developed, and has become an important means to ensure the reliability of the operation and maintenance equipment of public service facilities. The traditional maintenance model is mostly reactive, that is, the equipment is repaired after a failure. With the increasing complexity of equipment and the cost of downtime due to failures, predictive maintenance is becoming mainstream. Starting from the characteristics of electromechanical equipment failure prediction in the operation and maintenance of public service facilities, this paper analyzes the preventive measures of electromechanical equipment failure in the operation and maintenance of public service facilities, in order to provide more efficient maintenance solutions for equipment managers.

Keywords

operation and maintenance of public service facilities; failure prediction of electromechanical equipment; precautionary measures

公服设施运行维护中机电设备故障预测与预防措施分析

王渠

聚灿光电科技（宿迁）有限公司，中国·江苏 宿迁 223800

摘 要

随着中国城市化的快速推进，合理配置公共服务设施对于保障城市的健康、宜居性、可持续性至关重要。机电设备作为现代公服设施运行维护工作的核心，其稳定运行关乎城市的可持续发展能力与竞争力，随着科技的进步，故障预测和维护技术逐渐发展，成为保障公服设施运行维护设备可靠性的重要手段。传统的维护模式多为被动式，即在设备发生故障后进行修复。随着设备复杂性的增加以及故障带来的停机损失，预测性维护逐渐成为主流。论文从公服设施运行维护中机电设备故障预测的特点出发，分析公服设施运行维护中机电设备故障预防措施，以期设备管理者提供更高效率的维护方案。

关键词

公服设施运行维护；机电设备故障预测；预防措施

1 引言

机电设备的发展大幅度提高了社会生产效率与质量，极大地推动了社会的发展前进。机电设备在正常运行过程中，除了使用年限长导致零件老化会引发故障以外，一些外部环境影响所导致的设备故障也会影响设备的稳定运行，甚至可能引发机电设备安全事故，不利于公服设施运行维护机电设备的充分利用。所以，需要针对基础机电设备进行有效的故障维修和维护保养，降低机电设备故障发生率，尽力减少因此对公服设施运行维护效率造成的负面影响。

【作者简介】王渠（1987-），男，中国江苏宿迁人，本科，从事半导体生产公司水、电、气、暖、特种气体环保治理研究。

2 公服设施运行维护中机电设备故障预测的特点

2.1 机电设备故障的多样性

公服设施运行维护中机电设备的故障表现出高度的多样性，不仅体现在设备类型和工作环境的差异上，还包括不同故障模式的发生机理和影响范围，设备的机械部分通常受到物理磨损、疲劳破坏等影响，导致部件老化、磨损甚至断裂。电子元器件则会因为电路短路、过载等原因出现功能失效。控制系统的故障往往表现为软件故障、逻辑错误或信号传输延迟，进一步复杂化故障诊断的难度，这些不同类型的故障不仅独立存在，还会相互作用，形成更加复杂的故障链。设备在不同行业中的应用场景也增加了故障的复杂性。重工业中的设备容易遭受环境因素的侵蚀，而精密制造业中

的设备则更易受微小误差的影响，统一的故障预测方法难以适用，不同类型的设备和故障需要专门的分析工具与应对策略。

2.2 故障预测技术的复杂性

故障预测技术的复杂性源自多种变量的交互作用和设备工况的动态变化，机电设备在运行过程中产生大量的状态数据，涉及温度、振动、压力、电流等多种参数，这些数据的采集与分析对预测准确性提出较高要求。传统的故障预测方法多基于时间序列分析或趋势外推，难以应对现代复杂设备的多维度参数需求。随着机器学习和大数据技术的引入，预测模型得以在大量历史数据中识别隐藏模式和相关性，提升预测精度，模型训练的有效性依赖于数据的质量和数量，数据缺失或异常将直接影响预测结果^[1]。

2.3 维护对策的多样性与针对性

维护对策的选择需要结合设备故障的多样性和预测技术的复杂性，维护策略必须具有灵活性和针对性。预防性维护是最早提出的一种维护策略，通常基于设备的历史使用寿命制定定期维护计划。虽然这一策略能够在一定程度上减少故障发生的可能性，但由于未能考虑设备的实时运行状态，会导致过度维护或维护不足。预测性维护则依托故障预测技术，根据设备的实时数据与预测结果，制定更加精准的维护计划。

3 公服设施运行维护中机电设备故障预测方法

3.1 远程信号传输技术

远程信号传输技术是一种利用无线通信技术将机电设备运行数据实时传输到远程诊断中心进行故障诊断的方法。该技术通过安装在机电设备上的传感器收集设备运行数据，并将数据通过无线网络传输到远程诊断中心。在远程诊断中心，专家可以利用专业软件对接收到的数据进行分析 and 处理，从而实现对设备故障的诊断和预测（图 1）。远程信号传输技术具有实时性、远程性和准确性等优点，可以实现对机电设备的实时监控和故障诊断。

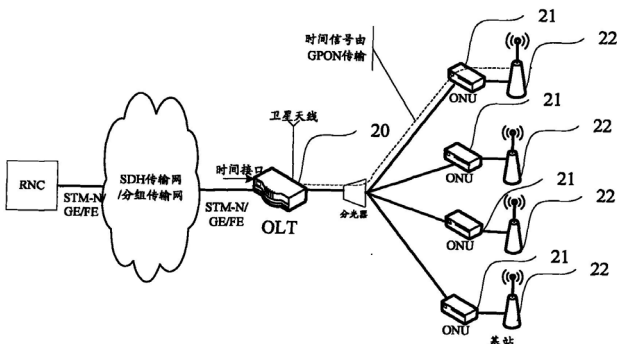


图 1 远程信号传输技术示意图

3.2 精准化故障预测技术

随着物联网（IoT）技术的日益成熟和广泛应用，机电

设备故障诊断与预测维护技术正逐步向网络化转型。物联网技术赋予了机电设备更强的互联互通能力，使得设备之间能够实现信息的实时共享和协同工作。在未来的机电设备管理中，通过网络化技术，设备运行状态数据可以无缝传输至中央监控平台，实现远程监控和实时分析。这种网络化的发展不仅提高了故障诊断的准确性和效率，还使得维护人员能够远程访问和控制设备，快速响应故障。同时，设备之间的信息共享也使得维护人员能够更全面地了解设备的整体运行状态，从而制定更为科学的维护计划。

3.3 传感器故障预测技术

传感器技术在现代工业背景下，尤其是在公服设施运行维护机电设备状态监测领域，展现出了无可替代的重要性。它构成了一个精密的感知网络，通过部署包括但不限于温度传感器、振动传感器、电流传感器等多种类型传感器，实现了对设备运行状态的全方位、全天候监控。温度传感器如同设备的体温计，敏感捕捉任何细微的温度波动，预警过热风险，预防因高温导致的设备损坏或性能下降。振动传感器则是设备健康的振动分析师，能够精准识别出超出正常范围的机械振动，这些振动往往是轴承磨损、不平衡或松动等故障的前兆。电流传感器则聚焦于电气系统的健康监测，监测电流波动、识别电力负荷异常，保障电气设备高效安全运行。这些传感器不间断地收集原始数据，为后续的分析和决策提供了第一手资料，使得维护团队能够基于准确数据做出快速且精准判断，及时介入，防患于未然。传感器故障预测技术如图 2 所示。

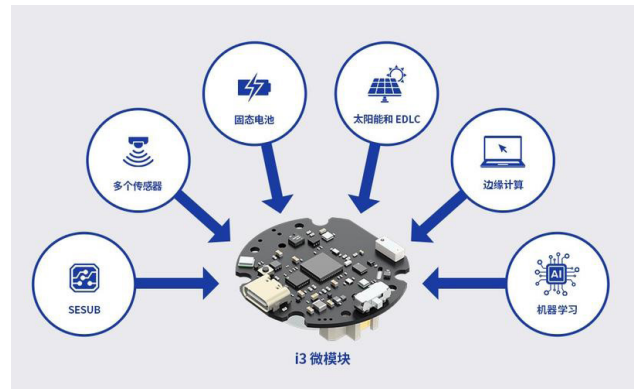


图 2 传感器故障预测技术

3.4 人工检测诊断技术

在对当前公服设施运行维护机电装置故障预测过程中，完全依赖于富有经验的技术人员开展检测诊断处理过程是相当关键的技术手段，虽然这种方法的使用通常能够很好确定机械设备故障种类，精度也往往能够获得较高保证，但也很容易产生冗长的检查时间间隔，造成机械设备故障问题的风险进一步增大，甚至产生严重不良后果。当然，人工的判断手段的使用必然对工程人员产生了很大需求，不但要求有关人员掌握比较全面的基础知识，对各种机电设备比较熟

悉,往往还要求具有大量的实践,能够直接判断机械故障的部位和原理^[2]。

3.5 历史记录诊断技术

公服设施运行维护机电设备机械故障的诊断中,依托历史记录的分析诊断同样也是一个手段,能够根据该机电设备在以往工作中存在的异常情况甚至是其他的信息进行整合分析,以有效帮助专业人员甚至是自动化设备的故障诊断。要改善其技术使用功能,往往就必须逐步建立完备的数据库系统,从而实现较为理想的技术支持平台^[3]。

4 公服设施运行维护中机电设备故障预防措施

4.1 优化成本效益分析模型

在城市化进程不断加快的背景下,城市公共服务设施布局及优化已成为增强城市综合竞争力、提高居民生活品质的重要抓手。公共服务设施既与居民日常生活息息相关,又是城市功能完善、社会进步的一个重要指标。但是,城市公共服务设施的布局却面临着许多困境。因此,对城市公共服务设施布局优化问题进行研究对实现城市可持续发展有着重大的理论意义与实践意义。公服设施运行维护中机电设备故障预防过程中需要优化故障分析模型,需将设备故障引发的停机时间、生产损失以及后续维修成本纳入计算,大数据分析技术在这一过程中发挥着重要作用,通过对设备运行历史数据的深入挖掘,企业能够准确评估不同维护策略下的成本与效益关系。建立设备全生命周期管理模型有助于企业在设备使用的不同阶段采取最优的维护策略,既能减少维护成本,又能确保设备长期运行效益的最大化^[4]。

4.2 实施信息化设备管理模式

公共服务设施在提高城市品质,吸引投资与人才,增进社会公平,提高居民生活质量等方面发挥着至关重要的作用。高质量的教育、医疗、交通、文化等设施可以吸引并保留人才促进科技创新与产业升级。同时推广公共服务设施并实现均等化,有利于缩小城乡差距、增进社会和谐。另外,完善的公共服务设施也可以增强城市吸引力,推动旅游业、商业等产业发展,从而促进经济增长。基于信息技术和计算机技术的广泛的应用,则需要在机电设备维修维护及管理实施信息化管理,将机电设备的安装、养护调试、后期养护维修保养等方面的质量管理服务转为企业的信息化流程管理。企业管理者需要对现代化信息管理技术进行充分的掌握,构建出企业的信息管理数据库,对机电设备各阶段的工作状况进行记录。将机电设备安全故障检测预判管理的技术

合理地引入各类机电设备的生产中,家住机电设备的检测,建立完成的检测系统,实时控制和监测各阶段的机电设备运行情况,如果出现故障可以进行技术发现并进行解决,以此增加了机电设备的使用时间^[5]。

4.3 加强有关人才的培养

城市公共服务设施布局与管理研究是一个持续发展和不断探索的领域。在现代城市化进程中,人们对公共服务设施的需求日益增长,而如何合理规划、高效管理和可持续发展这些设施则成为重要课题。公服设施运行维护机电设备维修维护及管理工作内容复杂且繁琐,需要比较强的专业度,因此,复杂专业维修维护及管理的工作人员,需要对机电设备、机电系统等进行充分的了解。企业则需要定期开展有关的专业培训,并加强机电设备维修及管理的专业技术考核,获得专业性的资格证书后才可以上岗进行各项作业。在开展机电设备的作业中,维修人员需要对各类机电设备的性能、内部结构等进行掌握和熟悉,并且具有一定的故障排除能力,降低机电设备的超负荷运行。利用组织的机械技术培训进行交流,对先进的技术和经验进行探讨和分析,以此建立专业的技术团队,推进公服设施运行维护机电设备维修维护及管理工作的专业度和水平^[6]。

5 结语

公服设施运行维护中机电设备故障预测的核心目的是通过预测和预防措施,减少设备停机时间,提高运行效率,保障生产安全,并降低维修成本。这种方法基于传感器、数据分析算法和人工智能技术,实时监测设备的运行状态,预测可能出现的故障,并及时发出预警,以便采取相应的措施进行预防和维修,从而降低设备故障发生的概率和影响。

参考文献

- [1] 陶学兵.基于信息化和智能化的煤矿机电设备故障诊断与预测[J].信息系统工程,2024(5):59-61.
- [2] 颜雷,陈云龙,仇凯.基于数据分析的煤矿机电设备故障预测与维修优化[J].内蒙古煤炭经济,2024(3):171-173.
- [3] 吕培建,刘鹏杰,王婷.高速公路机电设备故障预测及维修的高效管理研究[J].环境技术,2019,37(5):165-171.
- [4] 熊书驰,吴瀛枫,吴远.基于云加端的机电设备故障维修诊断技术[J].科技创新与应用,2023,13(33):86-89.
- [5] 薛怡,薛燕.机电设备维修中故障诊断技术的应用[J].模具制造,2023,23(9):214-216.
- [6] 孙泽明.机电设备故障诊断原理及实践探讨[J].山西电子技术,2023(4):97-100.

Reflection on the Construction and Quality Management Strategies of Port and Waterway Dredging Projects

Kai He

China Shipping Engineering Construction Administration Co., Ltd., Beijing, 100160, China

Abstract

Port channel dredging refers to the operation of using dredgers or other tools to remove underwater sediment in channels and ports. Port channel dredging is one of the main means of developing channels, increasing and maintaining the scale of port channels. With the development of ocean trade, the importance of ports and waterways continues to increase. In order to ensure the quality of passage, dredging of ports and waterways has become a key factor in the industry's development. Relevant personnel are required to deeply analyze the actual situation of ports and waterways, analyze the blockage of ports and waterways, explain its causes and hazards, and develop dredging strategies based on the actual situation, and carry out quality control operations to ensure the safety of ports and waterways.

Keywords

port channel dredging; quality control; environmental protection

港口航道疏浚工程施工及其质量管理对策思考

何凯

中海工程建设总局有限公司, 中国 · 北京 100160

摘 要

港口航道疏浚是指用挖泥船或其他工具在航道与港口中清除水下泥沙的作业, 港口航道疏浚是开发航道, 增加和维护港口航道尺度的主要手段之一。随着远洋贸易的发展, 港口与航道的重要性不断提升, 为了保证通行的质量, 港口航道的疏浚就成为行业发展的关键, 要求相关人员深入分析港口航道的实际状况, 对港口航道堵塞状况进行分析, 阐述其成因以及危害, 并且根据实际状况制定疏浚策略, 并且开展质量控制作业, 以保证港口航道的安全性。

关键词

港口航道疏浚; 质量控制; 环境保护

1 引言

远洋贸易发展中, 需要航道以及港口的支持, 但是港口航道使用过程中会随着时间的累积出现堵塞状况, 影响航道港口的功能, 所以港口航道的疏浚一直是海洋运输行业发展的关键。实际作业环节, 需要相关人员加强对港口航道疏浚的重视, 结合港口航道发展的需要以及业务类型, 对堵塞成因进行分析, 并且阐述疏浚的必要性与难点, 在此基础上制定针对性的解决策略, 实现港口航道的疏浚, 保证通行的安全性。

2 港口航道疏浚工程概述

2.1 概念

港口航道疏浚工程是指通过机械或水力手段对港口航

道进行清理和深挖, 以确保船舶的安全通行和提高港口的通航能力。工程目的是确保航道深度和宽度符合大型船舶的通行要求, 减少因潮汐、淤泥等因素导致的航道变浅。并且避免因航道淤积造成的事故, 提高船舶进出港的安全性。还承担优化航道条件, 提升港口的吞吐量, 从而增加港口的经济效益的功能^[1]。疏浚环节, 需要对航道进行详细的水深、底质、流速等勘测, 制定疏浚设计方案。

2.2 施工技术

施工环节, 需要选择合适的疏浚设备, 如挖泥船、抽沙船等, 准备施工所需的材料和人员。还需要根据设计方案进行疏浚作业, 清除航道内的淤泥、砂石等杂物。而且在疏浚完成后, 还需要进行水深测量和验收, 确保航道达到预定的标准。而在技术方面, 可以使用挖泥船等机械设备进行疏浚, 适合大规模、高效率的作业。可以利用水流的动力将泥沙冲刷走, 适合对底质要求较高的区域。在水位较低的情况下, 也可以通过人工或机械手段直接挖掘, 适用于小型航道或特定区域。

【作者简介】何凯(1990-), 男, 中国山东潍坊人, 本科, 工程师, 从事港口与航道研究。

2.3 疏浚施工的必要性

港口航道疏浚工程不仅是保障航运安全、提高港口通航能力的重要措施，而且其质量管理对于工程的长期效果、经济性和安全性至关重要。疏浚的必要性就体现在以下方面：首先，航道淤积会导致航道深度不足，增加船舶搁浅的风险。疏浚工程可以保持航道的适宜深度，确保船舶安全通行；其次，通过疏浚，可以扩大航道的宽度和深度，提高港口的通航能力，尤其是面对大型船舶日益增多的现状，航道的畅通直接影响港口的吞吐量和运营效率，提升了港口的竞争力和经济效益；最后，定期的疏浚可以减少因淤积造成的水体污染，维护航道及周边生态环境的健康。港口航道事故如图1所示。



图1 港口航道事故

3 港口航道疏浚工程的难点

港口航道疏浚工程是一项复杂且技术要求高的工程，涉及多个方面的管理和实施，在这个过程中，质量管理面临诸多难点，主要体现在以下方面：首先，疏浚的施工环境复杂，航道环境受潮汐、流速、风浪等因素影响，这些因素可能导致施工条件的不稳定，从而影响施工的进度和质量。而且不同区域的底质（如淤泥、沙土、石块等）特性差异很大，可能导致施工设备选择和施工方法的变化。其次，疏浚的技术要求高，疏浚设备种类繁多，操作技术要求高。设备的选择需要根据实际情况进行评估，而设备的故障和操作失误可能直接影响工程质量。实际施工环节，需要在确保疏浚深度和宽度的同时，保持对航道底部特性的精确控制，这要求高水平的施工技术和精密的监测手段。最后，施工期间的监测和管理难度较大，在施工过程中，实时监测底部状况和施工效果是保障质量的重要手段，但由于水下作业的特殊性，实时数据的获取和分析存在一定难度。而且施工现场的多方协调（如施工队、监测单位、管理部门等）可能导致信息传递不畅，从而影响决策和调整的及时性^[2]。综上所述，这些难点的存在直接影响疏浚作业的开展，面对这些挑战，需要各方密切合作，加强技术研究与人员培训，建立科学的管理体系，确保疏浚工程的顺利进行和质量保障。港口航道疏浚如图2所示。



图2 港口航道疏浚

4 港口航道疏浚工程施工及其质量管理对策

4.1 重视工程开展前的准备规划

港口航道疏浚工程的前期准备规划是确保工程顺利进行和质量控制的关键环节。有效的前期规划包括多个方面，涉及技术、管理、环境和经济等多个因素，需要相关人员通过以下手段进行设计：一是要进行工程可行性研究，需要相关人员评估航道疏浚对港口吞吐能力和航运效率的影响，确定疏浚的必要性。并且研究现有技术方案，评估不同疏浚方法（如机械疏浚、抽吸疏浚等）的适用性。还需要进行成本收益分析，确定项目的经济可行性。二是要开展环境影响评估，需要评估疏浚对水域生态的潜在影响，包括对水质、生物栖息地和周边环境的影响。并且根据评估结果，制定相应的环境保护措施，确保施工过程中对生态环境的影响降到最低。还要求相关人员了解并遵循当地关于环境保护的法律法规，确保项目合规。三是要进行技术方案设计，要求相关人员根据航道特征和疏浚目标，制定详细的工程设计方案，包括疏浚深度、宽度、方法等。并且根据设计方案，选择合适的疏浚设备和技术，确保满足施工要求。在此基础上制定详细的施工流程，包括各个环节的技术标准和操作规程。四是还需要进行项目管理规划，需要确定项目团队，明确各岗位职责，确保各部门之间的协调。并且制定详细的施工进度计划，包括各阶段的时间节点和目标。还需要合理配置人力、物力和财力资源，确保工程顺利推进。综上所述，港口航道疏浚工程的前期准备规划涉及多个方面的综合考虑，通过全面细致的前期规划，可以有效降低工程实施过程中的风险，确保疏浚工程的质量和顺利完成。

4.2 重视技术提升以及设备管理

港口航道疏浚工程的成功实施依赖于先进的技术提升和有效的设备管理，不仅能提高工程效率，还能确保施工质量，需要相关人员通过以下手段进行设计。

新技术应用环节，首先要采用GIS（地理信息系统）、GPS（全球定位系统）和BIM（建筑信息模型）等技术，提高航道疏浚的精确度和效率。其次，可以利用无人机进行航道勘测和监测，实时获取水域数据，降低人工成本，提高数据准确性。还可以开发基于人工智能和大数据分析的智能疏浚系统，实时监控施工状态，优化作业方案。

新型疏浚技术应用环节,可以使用高效的抽吸船,能够在更深水域中作业,适用于泥沙含量较高的水域。可以引入先进的机械设备,如挖泥船、抓斗船等,能够精确控制疏浚深度和宽度,适应不同类型的土壤。也可以采用水下切削技术、无扰动疏浚技术等,减少对水域生态环境的影响。

设备管理环节,一方面,需要在设备选型之前进行市场调研,了解各类疏浚设备的技术参数、性能和适用范围。评估设备的全生命周期成本,包括采购、运营、维护和报废成本,选择经济且适合的设备。另一方面,应制定设备的定期维护和保养计划,确保设备在良好的运行状态,延长使用寿命。并且建立故障诊断机制,及时发现和处理设备故障,减少停机时间,提高作业效率。还需要引入设备管理信息系统,对设备的使用情况、维护记录、故障信息等进行集中管理和监控。并且利用数据分析技术,对设备使用效率、故障率和维护成本进行分析,优化设备管理策略。综上所述,通过引入先进技术、优化设备管理流程、建立完善的质量管理体系,可以有效提高疏浚工程的施工质量,降低工程成本,确保港口航道的安全和畅通。同时,持续的技术创新和管理改进将为未来的航道疏浚工程提供更坚实的基础。

4.3 重视全面监测管理

港口航道疏浚工程的全面监测管理是确保工程顺利进行、质量达标和环境保护的重要环节,要求相关人员通过以下手段进行设计:首先,要重视施工过程监测,需要相关人员定期记录施工进度,与计划进度进行对比,及时调整施工方案。并且通过水下测量,确保疏浚的深度和宽度符合设计要求。还需要监测水体中的污染物(如浑浊度、油脂、重金属等),确保施工不对水质造成影响。分析疏浚沉积物的成分,评估其对环境的影响。还需要对疏浚过程中使用的材料(如填料、混凝土等)进行质量检测,确保符合规范。内容可以是监测施工过程中的工艺参数,如泥沙抽取速率、排放位置等。其次,要确定监测方法,可以引进遥感技术,使用无人机、卫星图像等获取施工区域的高清影像,进行空间分析和监测。可以设计实时传感器,安装水质传感器、深度传感器等,对水体和施工环境进行实时监测。也可以在施工现场设置监测点,采用激光扫描和地质雷达等技术进行土壤和边坡的监测。最后,要确定监测系统,需要相关人员建立一个集成的监测系统,将各类监测数据汇总到一个平台,提供

实时数据展示和分析功能。并且利用数据分析软件,对监测数据进行处理,生成报告,及时发现潜在问题并发出预警。还需要实现与相关管理部门、工程团队和环保机构的信息共享,定期生成监测报告,确保透明度^[3]。通过科学的监测内容、先进的监测方法、有效的管理流程和技术不断提升,可以确保疏浚工程的施工质量、环境保护和安全性,为航道的安全畅通提供有力保障。

4.4 完善质量管理体系

港口航道疏浚工程的质量管理体系的完善对于确保工程质量、提升施工安全性和减少环境影响具有重要意义,要求疏浚人员通过以下手段进行设计:第一,要明确公司和项目的质量方针,设定具体的质量目标,以指导后续的质量管理工作;第二,要设定明确的组织架构,指明各部门在质量管理中的职责与分工,确保每个人都了解其在质量管理中的角色;第三,要编制质量手册,概述质量管理体系的基本原则、程序及流程,为员工提供指导;第四,要制定详细的程序文件,规定具体的操作流程和质量控制标准,确保所有环节都有据可依;第五,还需要建立记录管理系统,确保所有质量相关记录(如检测报告、审查记录等)能够及时、准确保存和检索^[4]。通过建立全面的质量管理框架、实施有效的质量控制和保证措施、推动持续改进,能够显著提升工程的质量水平和管理效率。同时,结合环境保护和安全管理,将为港口航道的可持续发展提供有力支持。

5 结语

港口航道疏浚工程是一项系统的、复杂的工作,应从多方面进行管理,这是保证航道畅通的关键和根基。管理部门从多方面切实做好治理和防治管理工作、促使港口航道为国民经济的发展提供更好的服务。

参考文献

- [1] 徐诚.探讨提高港口航道施工技术的意义及疏浚工程施工工艺[J].中国水运,2023(12):77-80.
- [2] 龙桂惠.港口与航道疏浚工程中水下炸礁浅点控制技术的应用[J].珠江水运,2023(19):50-52.
- [3] 毛成永.港口航道疏浚工程施工及其质量管理对策分析[J].中国航务周刊,2023(10):53-55.
- [4] 陈凯.环保理念下港口航道疏浚工程措施探究[J].城市建设理论研究(电子版),2023(5):117-119.

Safety Risk Characteristics and Prevention of Open-Pit Turn-to-Pit Depression Mining Mine

Jijun Yu

Jiangsu Mining Engineering Group Co., Ltd., Xuzhou, Jiangsu, 221000, China

Abstract

As a mining method of mineral resources, open-pit sunken mining mine is widely used, but its associated safety risks cannot be ignored. This paper discusses the potential safety hazard in open-pit sunken mining operations, including geological disaster, equipment fault and human error. In mining activities, in order to reduce safety risks and ensure the safety of workers, it is necessary to identify and evaluate various risk factors, and then adopt a series of preventive measures including but not limited to strengthening safety management, improving equipment maintenance quality, implementing safety education, so as to promote the sustainable development of the mine.

Keywords

open pit to sunken mining; safety risk; prevention

露天转凹陷式开采矿山的安全风险特征与防范

于际军

江苏省矿业工程集团有限公司, 中国·江苏 徐州 221000

摘 要

露天转凹陷式开采矿山作为一种矿产资源的开采方法被广泛使用, 然而, 其伴随的安全风险不容忽视。论文对露天凹陷式采矿作业中可能遭遇的安全隐患进行了探讨, 涵盖了地质灾害、设备故障和人为错误等多个方面。在矿山开采活动中, 为减少安全隐患并保障工人生命安全, 需对各类风险因素进行辨识与评价, 随后采纳包括但不限于加强安全管理、提升设备保养质量、实施安全教育等一系列防范措施, 进而促进矿山的持续发展。

关键词

露天转凹陷式开采; 安全风险; 防范

1 引言

随着资源需求的增加, 导致露天转换为凹陷式采矿法在采矿业的实践中变得更为普遍。尽管该开采方法能显著提升资源的回收效率, 但同时也引入了许多安全隐患。识别及规避这些风险对矿工的生命安全至关重要, 同时, 这对提高矿山的环境经济效益同样具有重大意义。露天凹陷式开采所涉及的安全风险及其成因分析, 以及为矿山安全管理提出的防范对策进行详细讨论, 旨在为实践提供借鉴。

2 露天转凹陷式开采的概述

露天转凹陷式开采, 作为一种资源综合利用的矿山开采技术, 在金属和非金属矿产资源的开发中得到了广泛的应用。该方法的基本原理是通过露天开采逐步向下转变为凹陷式开采, 以此来实现矿体资源的完整回收。露天开采过程中,

随着矿体分层逐渐被开发, 资源逐步减少, 矿山转入凹陷式开采, 以深入挖掘深层资源。开采方法优化后, 对矿产资源的利用率显著提升, 同时制造成本有所下降, 这一改进特别适用于那些矿藏较深的矿业作业^[1]。

露天转凹陷式开采也面临诸多挑战, 尤其是安全风险方面的隐患。露天采矿过程中, 作业安全和设备运行可能受到边坡稳定性、地质变迁和自然灾害等导致的地质灾害的威胁, 如滑坡和崩塌事件。随着矿井深入地层, 重型机械的磨损与维护问题增加, 这会大幅提升发生严重安全事故的概率。此外, 人为的错误, 如操作不当、未接受充分的安全教育, 以及管理上的疏忽, 都是造成事故的关键因素, 露天转凹陷式开采, 作为资源开发的一种方式, 虽然带来了显著的经济利益和技术优势, 但其所隐藏的安全风险不容忽视。为了保障矿山资源的持续开发并确保作业人员的生命财产安全, 迫切需要构建一套完整的安全监管体系。此体系应通过执行精确的风险评价与必要的预防手段, 减少潜在的安全威胁, 这样做不仅能够提高矿石开采的效率, 还能在最大程度上确保

【作者简介】于际军(1990-), 男, 中国江苏沛县人, 本科, 工程师, 从事露天矿山开采研究。

作业环境的安全。

3 安全风险特征

在露天转凹陷式开采过程中,安全风险特征的呈现尤为复杂,主要涉及地质、设备和人为三大类风险。地层结构和地质构造的变化,以及水文地质条件的影响,可能引致如滑坡、崩塌等自然灾害,随着开采深度的加大,矿体的稳定性逐渐减弱,土壤与岩石的承重能力受到严峻挑战。尤其在降雨、融雪等自然因素的影响下,矿区发生地质灾害的风险显著增加。地下水水平的波动可能会诱发矿区内的洪水灾害,这无疑在采矿过程中增加了安全威胁^[2]。

在矿山开采活动中,主要面临的风险是由使用的重型机械设备引起的。在高强度与长期运行的环境中,设备故障频发,倘若未予以及时维护,则可能造成设备功能丧失,甚至触发安全事故。不当的设备配置及不规范的操作行为,均可能加重安全风险,从而对矿山作业潜在危害。操作相关人员的安全警觉性及技术能力同样属于风险的范畴,对此不可掉以轻心。事故频发往往与工人操作不当、未接受充分的安全教育以及管理制度缺陷有关,为了科学地进行风险识别与控制,必须对各种风险进行全面的评估,在进行露天转凹陷式采矿作业时,必须深入剖析其特有的安全风险标识,并制订有效的预防策略,以保障作业场所的安全及矿工的生命安全。在矿山开采领域,通过风险管理的系统应用和安全教育的持续开展,能够实质性减少安全隐患,从而提升作业的整体安全性。

4 风险评估方法

在露天转凹陷式开采过程中,风险评估方法扮演了关键角色,它构成了一个识别、分析及管理安全风险的系统性框架。在进行风险的有效评价,一般涵盖了数个中心环节:对潜在威胁进行辨识,对其进行详尽分析,进而评估可能的影响,并实施必要的控制措施。在评估过程中,首先要进行的是对所有可能风险的详尽辨认,这构成了评估的基础。在进行露天转凹陷式采矿活动时,必须顾及地质状况、采矿设备以及人为操作等多重因素的影响,分析矿业地质信息、审视机械运作轨迹、评价作业人员的安全技能,旨在发掘潜在的安全风险^[3]。

风险分析旨在对识别出的风险进行定性和定量的分析。专家依据经验法则和历史数据,对风险的性质及其影响进行描述,这一过程通常被称为定性分析;利用统计学方法和数学模型进行定量评估,旨在计算风险的可能性和影响,借助概率分析技术,对历史事故数据进行详尽统计,以此评估特定风险事件出现的概率。并在此基础上,结合损失评估,推测潜在的经济损失与人员伤亡情况。通过运用故障树分析(FTA)与事件树分析(ETA)等工具,能够有系统地探究设备故障及事故的演变路径,进而深刻把握风险产生的机理。风险分析过程结束后,即展开对其识别及分析结果的全

面评价工作,在这个阶段,一般会利用风险矩阵或风险优先级数(RPN)等手段,对识别出的风险进行等级划分,以确立其处理的优先顺序。通过风险矩阵,管理者可以直观地识别出高风险区域,并合理配置资源,这是一种将风险的发生概率与影响程度进行交叉对比的工具。对于风险管理而言,通过定量分析潜在风险的可能性和潜在影响,以及当前的风险识别与评估能力,可以得出一个综合的风险等级评分,此评分有助于识别并聚焦最为关键的风险要素。

风险评估之后的环节,是风险控制的应用阶段,为了确保安全管理的高效性,必须对识别出的高风险因素制定明确的控制策略。制定应急预案是完善安全管理制度的组成部分,涉及定期组织和进行安全培训及演练活动。例如,采用先进的监控技术,能够对设备运作实施即时监管,利用航空器开展地质侦察活动,有助于尽早识别风险隐患。在实际操作中,对风险的量化分析应当是一个不断演进的系统,它要求定期地进行信息刷新与策略修正,外部环境的变动以及技术水平的提升可能导致开采条件的变迁,进而使得原有的风险评估结果失去效用。为此,必须定期执行风险重评,以保障风险管理措施的时效性与功效性,对矿山进行由表及里的转变,即从露天转变成凹陷式开采,能够通过系统化的风险考量与管理,有效地面对安全挑战,从而确保矿工的人身安全,同时增强矿山的持续发展潜力。实施系统化的风险管理,不仅有助于减少事故发生的可能性,而且有助于塑造优良的安全文化,提高全体工作人员的安全认识,从而建立矿山安全生产的长期有效体系^[4]。

5 安全防范措施

露天转凹陷式开采过程中,有效执行安全预防措施,对确保矿山作业人员的生命安全至关重要。建立稳固的安全管理机制,是预防和减少风险事故的根本途径,矿山企业须构建完善的安全生产管理框架,为各级人员划分明确的安全职责与权限,并制订详尽的安全生产规则,保障全体员工对安全责任具有明确的认识。企业需定期执行安全生产的审查,以便及时发掘并修正可能存在的安全缺陷,从而塑造优良的安全管理环境。为了保障安全管理的高效执行,必须构建一个具备高效率的信息交流架构,这个架构的作用在于保证管理层与操作层之间可以实现信息的即时流通,进而保证安全管理指令能够被迅速且有效地传达到每一个作业人员,并得到实施。为了规避设备潜在的风险,必须提升维护工作的质量,为了保证重型机械设备的工作状态良好,矿山企业需要定期进行全面的检查与维护工作。为了预防安全事故的发生,制定了一套针对设备的维护与保养计划,其中包括定期更换易损部件以及快速响应设备故障。采用现代化监控设备,能够对机械运作情况实行即时跟踪,通过分析数据来预见并防范潜在的机械问题,以此减少设备出错的可能。

对员工进行系统的安全教育,是增强其安全意识与技

巧的重要手段。矿山公司需按期举办安全训练课程，培训内容应包含安全规则、操作程序、紧急事故处理等，以确保员工对潜在风险和预防措施有全面认识。在针对员工的培训过程中，通过具体案例进行深入剖析，以提高其对安全生产的理解，定期举行的模拟练习能显著增强职员面对突发情况时的处理技能。企业应当倡导员工投身于安全管理之中，主动提供创新性的建议，共同构筑健全的安全文化。针对突发性事件，制定周全的应急计划，是确保事故应对的关键环节，针对不同灾害和突发情况，矿山公司需编制特定应急计划，涵盖诸如自然灾害、机械故障及人为失误等多种风险场景，制定应急预案，其中包括明确事故的报告流程、应急响应的具体措施，以及疏散路径和紧急救援计划等关键要素。同时，需定期开展演练活动，以保障员工能够熟练地掌握必要的应急处理技巧。在事故发生时，快速且高效地执行应对策略，这有助于降低损害并保障职员的安全^[9]。

加强与外部机构的合作也是提升安全防范能力的重要途径。专业矿产公司通过与专注于安全的研究机构、科学实验室以及政府相关部门达成伙伴关系，能够利用这些机构的专业技能与知识，从而提高其在安全生产方面的能力。邀请专业人士定期对矿山安全进行细致评定，以此为企业提供专业的建议和技术援助，助力改进其安全管理架构。行业内安全领域的互动交流与协作至关重要，通过吸取其他企业在该领域的成功做法，可共同推动整个行业的安全标准向更高层次发展。在露天转凹陷式矿山开采过程中，通过周密的安全生产管理、精密的设备维护保养、全面的操作人员培训、周详的应急准备计划以及深入的跨界合作交流，可以有效预防潜在的安全隐患，确保作业人员的生命安危，并推动矿山的持续繁荣发展。为了达到矿山开采的安全性、经济性和环境

保护的协同进步，这些安全保护措施必须协同运作，构建起一套系统化的安全管理机制。

6 结语

露天转凹陷式开采矿山作为一种资源获取手段，展现出显著的高效性，然而，这一方法同时伴随着地质、设备及人为等多重风险因素，其安全问题呈现出的复杂性是采矿作业中亟需关注的问题。随着开采深度的加大，地层结构的变动和水文条件的变化成为地质风险的主要来源，这些因素可能会引起滑坡、崩塌等地质灾害，进而对作业人员的安全构成直接威胁。设备风险则与重型机械的故障和磨损密切相关，设备的运行状态不佳可能引发事故，增加安全隐患。加强与外部专业机构的合作，借助外部的专业知识和技术支持，提升安全管理水平，确保在安全风险日益增加的情况下，矿山作业仍能安全、高效地进行。通过综合运用这些防范措施，露天转凹陷式开采矿山能够有效降低安全风险，保障作业人员的生命安全，促进矿山的可持续发展，为实现安全与经济效益的双重目标奠定基础。

参考文献

- [1] 陶耐,盛勇.凹陷开采矿山生态修复工程方案设计——以广德市某灰岩矿为例[J].安徽地质,2022,32(3):239-243.
- [2] 许世龙,何宏伟,卢艺开,等.广东某凹陷式开采的矿山诱发地面塌陷研究[J].世界有色金属,2022(15):37-39.
- [3] 宾斌,肖新华,黄晓倩,等.凹陷式富水岩溶矿山涌水治理方法研究[J].湖南水利水电,2022(4):41-44.
- [4] 杨泽宇,曹世晖,朱晓青,等.某水泥建材石灰岩矿露天凹陷开采主要环境地质问题研究[J].福建建材,2019(11):1-2+57.
- [5] 魏国灵.岩溶区凹陷式开采石灰岩矿坑的水文地质分析方法简析[J].西部探矿工程,2019,31(10):127-130.

Design and Development of Geographic Information System in Coal Mine Geological Survey Information System

Rui Wu

Shanxi Deyuan Engineering Investigation Co., Ltd., Changzhi, Shanxi, 046000, China

Abstract

The increase of coal mining depth and scale requires the accuracy and efficiency of geological survey. The paper is based on geographic information system (GIS) technology and designs and develops a coal mine geological surveying information system. It analyzes the actual needs of coal mine geological surveying, constructs the architecture of the GIS system, and implements data collection, storage, management, and 3D visualization functions. Through practical application verification, the system can effectively improve the data accuracy and data processing efficiency in coal mine geological survey. The research results provide important technical support for solving the hidden disaster-causing factors of coal mines to ensure the safe production and accurate geological guarantee, and have significant application value and promotion prospect.

Keywords

geographic information system; coal mine geology; coal mine survey; hidden disaster factors; spatial data processing; three-dimensional visualization

地理信息系统在煤矿地质测量信息系统中的设计与开发

吴瑞

山西德远工程勘察有限公司, 中国 · 山西 长治 046000

摘 要

煤矿开采深度和规模的增加对地质测量的精度与效率要求愈发严格。论文基于地理信息系统 (GIS) 技术, 设计并开发了一套煤矿地质测量信息系统, 分析煤矿地质测量的实际需求, 构建了地理信息系统的架构并实现了数据采集、存储与管理及三维可视化功能。经实际应用验证, 该系统能够有效提高煤矿地质测量中数据的精度和数据处理效率。研究成果为解决煤矿隐蔽致灾因素保证安全生产和精准地质保障提供了重要的技术支持, 具有显著的应用价值和推广前景。

关键词

地理信息系统; 煤矿地质; 煤矿测量; 隐蔽致灾因素; 空间数据处理; 三维可视化

1 引言

煤矿开采随着深度的增加及安全生产的迫切性、地质保障的高效性, 让传统的测量方法无法满足复杂地质环境下的隐蔽致灾因素精准测量需求, 信息化和智能化技术在煤矿测量中的应用愈发重要。地理信息系统 (GIS) 作为空间信息管理与分析的重要工具, 具备数据采集、空间分析和可视化等强大功能, 需广泛应用于矿山安全管理中。论文针对煤矿地质测量中的实际需求构建了一套高效、准确的煤矿地质测量信息系统, 以提升矿山安全生产管理水平。

2 煤矿地质测量信息系统的需求分析

2.1 煤矿地质测量的现状与挑战

当前煤矿地质测量主要依赖传统人工判断、仪器测量、

填图绘制, 随着矿井开采规模的扩大和开采深度的增加暴露出了诸多局限性。现场操作, 受制于地形、环境和人员能力, 无法实现实时、动态的地质测量信息更新。高效矿井, 传统方法无法有效整合和管理海量的地质数据, 数据的分散性和不连续性也使得后续分析与决策过程变得困难。当前煤矿开采中, 管理者需要实时、准确的地质信息来指导采掘规划、保障安全生产, 同时快速的数据处理与分析能够及时发现隐蔽致灾因素, 从而采取相应措施。煤矿地质测量信息系统要具备高精度的数据采集能力和强大的数据分析处理功能来满足。

2.2 系统功能需求

煤矿地质测量信息系统的设计要满足现代矿山管理对于地质测量精度、数据处理效率以及空间数据分析的多重需求。

在数据采集方面, 采集的数据应能无缝整合至系统的数据管理模块中, 需要具备自动化、实时化的特点。

【作者简介】吴瑞 (1988-), 男, 中国河北定州人, 本科, 工程师, 从事煤矿地质与测量研究。

在数据存储与管理方面,系统应具备大规模数据的存储能力,能够有效管理包括空间数据、属性数据和时间序列数据在内的多维度矿井地质数据。矿井空间数据管理是系统的核心需求,系统需提供灵活的空间数据组织方式,并支持数据的多层次管理和分级存储。系统应集成 GIS 的强大空间分析功能对采集到的数据进行各种复杂的空间分析。数据处理模块需要具备高度的自动化,能够快速生成符合实际应用需求的地质数据和分析结果,提供高效的地质保障。对于矿井安全监控,系统还应具备实时监测与预警功能,对采集到的数据进行分析,提前发现隐蔽致灾因素。

2.3 系统性能需求

系统的响应时间和数据处理速度是衡量煤矿地质测量信息系统有效性的重要指标。煤矿隐蔽致灾因素的复杂性和多变性要求系统能够在短时间内完成大量空间数据的处理和分析,以提供地质保障。系统的煤矿安全监控和灾害预警快速响应能力是决定其能否发挥预警作用的关键。系统采用高性能的计算技术来确保系统在大数据环境下能够迅速响应用户请求,并输出准确的分析结果。

3 煤矿地质测量信息系统的开发与实现

3.1 系统开发环境与技术选型

为保证系统能够高效、稳定地运行,必须对开发环境、GIS 平台、数据库管理系统及编程语言等进行充分考虑。在 GIS 平台的选择上,考虑到其空间数据处理的能力和可扩展性,选用开源的 QGIS 作为主要 GIS 平台,因其具备灵活的插件机制,可以根据实际需求扩展不同的功能模块。在数据库方面,选择了 PostgreSQL 作为系统的主数据库,配合 PostGIS 扩展实现对空间数据的高效存储与处理。PostGIS 具备强大的空间索引功能,能够在处理海量空间数据时显著提升查询效率,并支持多种空间操作,为系统提供了高效的数据存取能力。

开发语言方面,选用了 Python 作为主要编程语言。Python 不仅拥有丰富的 GIS 处理库(如 GDAL、Shapely 等),还能方便地与其他技术栈进行集成,适用于数据处理、分析以及报告生成等任务。Python 具备较好的社区支持和跨平台能力,可以在不同操作系统上部署,满足煤矿管理信息系统的多样化需求。

3.2 系统模块设计与功能实现

煤矿地质测量信息系统的功能实现包括数据采集、数据管理与存储、数据分析与结果生成模块。这些模块共同构成了系统的基础架构,并借助 GIS 平台和数据库的联动,保证系统的高效运行和数据的处理。

在数据采集模块中,系统集成全站仪、RTK、GPS、LiDAR 等设备,结合各项监控系统传感器和各类报告中数据实现对矿井隐蔽致灾因素的高精度采集。

数据管理与存储模块系统使用 PostgreSQL 和 PostGIS

进行数据存储设计。空间数据与属性数据的管理借助两类表实现,空间表用于存储矿井的三维地理信息,属性表则记录与隐蔽致灾因素特征相关的属性数据。空间数据采用 CGCS2000 坐标系进行统一管理,并借助空间索引(R 树索引)来提升查询效率^[1]。为了确保数据的完整性与一致性,系统采用了触发器和约束机制,自动维护数据的引用完整性。

系统借助 GIS 提供的空间分析工具可以实现诸如矿井三维建模、断层分析、陷落柱长短轴预判、老空水量计算、瓦斯赋存量预算等复杂的地质计算。在三维建模方面,系统基于 TIN(三角网)算法生成矿井的三维模型,其核心数学公式为:

$$A = \frac{1}{2} |x_1(y_2 - y_3) + x_2(y_3 - y_1) + x_3(y_1 - y_2)|$$

该公式用于计算三角形的面积,并进一步构建整个三维表面的拓扑结构。在断层分析中,系统使用了基于空间插值的算法,采用克里金插值法来分析地下断层分布,其公式如下:

$$Z(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i)$$

其中, $Z(x_0)$ 为待预测点的属性值; λ_i 为插值系数; $Z(x_i)$ 为已知采样点的属性值,使用该公式,系统能够实现对矿井地质结构的精细预测和分析。

3.3 系统集成与测试

系统采用微服务架构,各模块功能相对独立,API 接口实现数据交互和功能调用。集成的首要任务是保证各模块的数据传输流畅无误,让不同模块在调用彼此功能时能够顺利协作。在集成过程中,数据采集模块、数据管理模块、分析与报告生成模块的协同工作确保了从采集到的原始数据传输到数据库存储、再到空间分析与可视化生成这一流程无缝进行。

集成过程中,系统使用 RESTful API 进行统一数据接口设计,各模块的输入输出均采用标准化的数据格式(如 GeoJSON、WKT 等),确保数据在传输过程中不丢失、不变形。同时,为了保证系统的扩展性,集成方案中预留了对其他外部系统(如矿山安全监控系统、生产调度系统、水害感知系统、矿压观测系统)的接口,以便实现与其他管理系统的无缝对接。系统通过引入消息队列技术,确保在多模块并发处理时,数据不会因为高负载导致丢失或延迟。

系统进行了功能测试验证了每个模块在实际应用中的表现,确保数据从采集到存储、分析、展示整个流程无误。针对不同的测试场景,采用了不同的测试用例,测试空间数据的高精度处理、复杂断层三维建模的准确性以及大数据量环境下的处理效率^[2]。性能测试则重点分析了系统在高负载下的表现。稳定性测试模拟了系统在长时间运行以及突发情况下的表现,确保系统在极端环境下不会发生数据丢失或崩溃。

在空间数据并发查询测试中，系统表现出显著的改进，优化数据库的空间索引和查询（500 条数据）算法，查询响应时间从 6s 缩短至 2s，性能提升了 66.7%。在三维模型生成（断层数据）测试中，经过对算法的优化以及利用 GPU 加速，模型生成时间从 55s 缩短至 30s，性能提升了 45.4%。多传感器数据处理（10 传感器）测试则验证了系统在高并发环境下的稳定性和效率，通过引入流数据处理框架，使数据处理时间从 12s 减少到 4s，性能提升 66.7%。系统长时间运行（连续 72h）测试验证了系统故障率从 1 次 /72h 减少至 0 次 /72h，性能改进 100%。

4 系统应用与性能优化

4.1 煤矿地质测量信息系统的实际应用案例

煤矿地质测量信息系统极大地提升了煤矿生产管理的效率与安全性。在位于山西太原的麦地掌煤矿项目中由于地质构造复杂，存在多层断裂带和隐伏陷落柱，给煤矿的日常生产带来了巨大的安全隐患。传统的测量方式难以有效获取地下断层和塌陷区的详细数据，且由于人工预判误差较大影响了矿山的整体生产规划和安全评估。

在此项目中，煤矿地质测量信息系统使用集成全站仪、RTK、GPS 和 LiDAR 设备，对矿井内外的空间数据进行了高精度采集，在复杂地质条件下，系统可以多次采样和误差修正，生成了极为详细的矿井三维模型。数据采集完成后，系统使用 PostGIS 对大量空间数据进行了存储与管理，并借助 GIS 平台进行空间数据的分析和可视化操作。在三维建模中，该系统重现了矿井地下复杂的断层分布和塌陷区的地质特征。对这些断层和隐伏陷落柱的精确分析，系统极大地提升了矿井管理层对隐蔽致灾因素的认知，从而制定了更加有效的采掘规划和预防措施。

4.2 系统性能优化与扩展

矿井空间数据量的不断增加让系统面临的数据处理压力逐渐加大，在大规模三维建模、断层分析和实时监测等复杂操作中，系统的响应时间和数据处理速度成为影响其有效性的核心问题。为了提升系统的性能，主要从数据存储、处理算法优化以及硬件扩展等多个维度进行了优化。在数据存储层面，系统采用了分布式存储技术，对 PostgreSQL 数据库的集群部署实现了数据的并行处理与存储。此举大幅提升了系统的数据存储与读取速度，特别是在大规模数据并发访问时，系统的响应时间得到了显著缩短^[3]。在空间数据处理方面，针对 GIS 的空间分析模块进行了优化，重点提升了缓冲区分析、插值分析以及三维建模的算法效率。改进三角

形划分规则减少了冗余运算，使得三维模型生成的时间缩短了约 30%。

在硬件层面，系统引入高性能的图形处理单元（GPU）提升了大规模三维可视化渲染的效率。在复杂矿井地质数据可视化过程中，GPU 加速技术有效提升了三维模型渲染的速度，能够实时查看三维结构变化。在系统的扩展性设计方面，系统采用了微服务架构，Docker 容器化技术实现了系统模块的独立部署与升级，方便根据实际需求进行灵活扩展。

为了验证优化后的系统性能，进行了多组压力测试，测试内容包括空间数据并发查询、三维模型生成、实时监测数据处理等。表 1 列出了系统在不同场景下的性能指标，展示了优化前后系统在处理速度和响应时间方面的改进效果。

表 1 系统在不同场景下的性能指标

场景	优化前响应时间	优化后响应时间	性能提升比例
空间数据并发查询（1000 条）	5s	2s	60%
三维模型生成	45s	30s	33%
实时监测数据处理（10 传感器）	10s	3s	70%

借助这些优化，系统在面对复杂地质环境和大规模数据处理时，优化后的系统能够更加高效地完成数据采集、处理与分析任务。

5 结语

论文在地理信息系统（GIS）技术上设计开发了一套煤矿地质测量信息系统，成功解决了传统测量方法精度不足、效率低下等问题。多模块集成与优化，该系统实现了空间数据采集、存储、处理、分析与三维可视化功能，提升了煤矿生产的安全性与管理效率。实际应用表明，该系统能够适应复杂地质环境，并有效提高测量精度与工作效率。未来，该系统在结合更多智能化技术的基础上，将进一步拓展其功能，为煤矿智能化发展提供更有力的技术支持。

参考文献

[1] 张慧丽.煤矿地质测量中数字化测绘技术的应用分析[J].内蒙古煤炭经济,2022(21):160-162.
[2] 赵琛,唐凝,曹其嘉.煤矿测量地理信息系统设计与应用研究[J].能源与环保,2022,44(3):87-92.
[3] 陈汉章.GIS技术在露天煤矿的深化应用研究[J].内蒙古煤炭经济,2020(15):59-60.

Analysis on the Application of Green Energy Saving Technology in Building Engineering

Wei Zhou

Baotou Housing Security Development Center, Baotou, Inner Mongolia, 014010, China

Abstract

This paper discusses the application and development of green energy saving technology in building engineering. With the popularization of environmental protection concepts and the improvement of sustainable development requirements, green energy saving technology has become an important development direction of the construction industry. This paper first expounds the basic concept of green energy saving technology, emphasizing that its aim is to reduce energy consumption, reduce environmental pollution and improve building energy efficiency. Secondly, a detailed analysis was conducted on the application of green and energy-saving technologies in the three stages of building design, construction process, and operation and maintenance, such as the use of energy-saving lighting, green building materials, and insulation technology. In addition, the positive impacts of these technologies on construction costs, environmental impact, and residential comfort were also discussed. Finally, it is pointed out that green buildings have significant economic benefits and social values in energy saving and environmental benefits.

Keywords

green energy saving technology; building engineering; sustainable development; green building

浅析绿色节能技术在建筑工程中的应用

周维

包头市住房保障事业发展中心, 中国·内蒙古 包头 014010

摘要

论文探讨了绿色节能技术在建筑工程中的应用与发展。随着环保理念的普及和可持续发展要求的提高, 绿色节能技术已成为建筑行业的重要发展方向。论文首先阐述了绿色节能技术的基本概念, 强调其旨在降低能耗、减少环境污染、提高建筑能效。其次, 详细分析了绿色节能技术在建筑设计、施工过程以及建筑运营维护三个阶段的应用, 如利用节能照明、绿色建筑材料、保温隔热技术等。此外, 还讨论了这些技术对建筑工程成本、环境影响及居住舒适度的积极影响。最后, 指出绿色建筑在能源节省和环境效益具有显著的经济效益和社会价值。

关键词

绿色节能技术; 建筑工程; 可持续发展; 绿色建筑

1 绿色节能技术概述

1.1 绿色节能技术的定义

绿色节能技术是指在建筑设计、施工和运营过程中, 通过采用环保材料、优化能源利用、减少资源消耗和环境影响, 以实现建筑全生命周期内的高效能源利用和低碳排放的技术。它涵盖了建筑设计、材料选择、能源系统、水资源管理、废物处理等多个方面, 旨在创建健康、舒适且可持续的人类居住和工作环境。随着全球气候变化问题的日益严重, 绿色节能技术已成为建筑工程领域的重要发展方向, 对于降低建筑能耗、减少温室气体排放以及推动可持续发展具有重要意义。

1.2 绿色节能技术的发展历程与现状

建筑工程行业近年来在全球范围内呈现出快速增长的态势, 伴随着城市化进程的加速, 建筑需求持续攀升。然而, 这一发展过程中也暴露出诸多问题, 尤其是能源消耗和环境影响日益严重。据统计, 全球建筑行业占据了大约 40% 的能源消耗和近 30% 的温室气体排放, 这使得建筑领域的绿色转型迫在眉睫。在中国, 随着“绿水青山就是金山银山”理念的深入人心, 政府对绿色建筑的推动力度不断加大, 制定了一系列节能减排的政策和标准, 如绿色建筑评价标准和节能建筑设计规范。

尽管如此, 中国建筑工程行业在绿色节能技术的采纳和实施上仍存在一些挑战。一方面, 传统建筑模式根深蒂固, 许多工程项目仍倾向于采用成本较低但能耗高的建造方法。另一方面, 市场对绿色建筑的认知度不高, 消费者对绿色建筑的额外成本往往持谨慎态度。此外, 现有的绿色建筑项目

【作者简介】周维 (1976-), 男, 中国内蒙古包头人, 本科, 工程师, 从事房地产研究。

在实际操作中，由于技术限制和设计不足，节能效果未能充分发挥。

总体来看，建筑工程行业正处在从传统模式向绿色节能转型的关键时期，面临着既要满足建筑需求，又要实现可持续发展的双重压力。绿色节能技术的应用不仅有助于降低能耗，减少环境污染，还能创造更健康、舒适的居住和工作环境，是行业未来发展的必然趋势。

2 绿色节能技术在建筑工程中的应用原则

2.1 环保法规对建筑工程的要求

在建筑工程领域，政策法规因素对绿色节能技术的应用具有显著影响。政府的立法和政策导向为绿色建筑的发展提供了框架和指导。例如，中国的《绿色建筑行动方案》和《建筑节能条例》等政策文件，明确要求新建建筑必须达到一定的能效标准，并鼓励采用绿色节能技术。这些法规不仅规定了建筑项目的能耗指标，还为绿色建筑项目提供了优惠政策，如税收减免、低息贷款等，以促进绿色节能技术的采纳。

同时，国际上也有类似的规定，如美国的 LEED 认证体系，通过评分系统鼓励建筑项目采用环保和节能措施。在欧洲，欧盟的能源性能指令（EPBD）要求成员国逐步提高建筑的能源效率，推动绿色建筑的普及。

政策法规的执行力度和监管机制也是关键。严格的建筑能效标准和强制性的验收程序确保了绿色节能技术的实际应用。例如，各地的建筑能评、环评备案制度，要求项目在设计、施工和运营阶段都需符合能效要求，违规者将面临项目无法立项的问题。

总的来说，政策法规因素为绿色节能技术在建筑工程中的应用提供了必要的法律支持和激励机制，同时也设定了明确的执行标准和监督体系，推动了行业向绿色、可持续发展方向。

2.2 绿色节能技术的效益

绿色节能技术不仅对环境保护具有显著效益，同时也在经济层面上为企业和整个社会带来了显著的节约。一方面，从建筑施工阶段来看，采用绿色节能技术可以降低建筑材料的消耗，减少废弃物的产生，从而节省了直接的材料成本。例如，预制构件和模块化建筑技术可以提高材料利用率，减少现场浪费。另一方面，绿色建筑设计注重能源效率，如高效的隔热系统、太阳能光伏板和 LED 照明等，可以在建筑物的运营阶段显著降低能源消耗，减少运行成本。据研究表明，一些绿色建筑的能源成本比传统建筑低 20%~30%。

再者，绿色建筑的长期经济效益也不容忽视。由于其优良的室内环境质量和较低的维护成本，绿色建筑能够提高员工生产力，降低医疗保健费用，对于商业物业而言，还可能增加租赁或销售价值。此外，随着社会对可持续发展的重视，绿色建筑的市场价值也在不断提升，对于开发商和投资者来说，投资绿色建筑项目可以带来更高的回报率和资产增

值潜力。

然而，绿色节能技术的初期投入通常高于传统技术，这可能会成为其广泛应用的一个障碍。但通过合理的财务规划和政策支持，如政府补贴、绿色贷款和税收优惠，可以平衡这种短期的高成本，加速绿色建筑的普及。

综上所述，尽管绿色节能技术的初始投资可能较高，但从长远看，它能带来显著的经济效益，包括降低运营成本、提高资产价值和创造更健康的工作生活环境。因此，投资绿色节能技术是符合经济效益的明智选择。

3 绿色节能技术种类及应用

绿色节能技术在建筑工程中扮演着至关重要的角色，旨在提高能源效率，减少环境影响，并创造更健康、舒适的居住和工作空间。以下是一些主要的绿色节能技术。

3.1 节能建筑材料的应用

使用具有节能特性的建筑材料是绿色建筑的关键。例如，绿色混凝土和再生砖石则利用废弃物作为原料，减少资源消耗和环境污染。

3.2 保温隔热技术的应用

低能耗的隔热材料可以减少热量传递，提高建筑的保温性能。

例如，保温隔热材料的使用，可以在北方的冬天提高室内温度，在炎热的南方的夏天，降低室内温度。

3.3 节能照明设备的应用

LED 照明技术因其高能效和长寿命而被广泛应用。智能照明控制系统，如光感应器和运动感应器，可以自动调节灯光亮度，避免无效照明，从而节省能源。

3.4 节能门窗系统的应用

新型材料制作的门窗也越来越多的建筑工程得到使用。例如，有铝合金断桥型材、铝木复合型材、钢塑整体挤出型材以及 UPVC 塑料型材等一些技术含量较高的节能产品。为了解决大面积玻璃造成能量损失过大的问题，将普通玻璃加工成中空玻璃、镀膜玻璃等。

4 绿色节能技术实施案例分析

案例我们选择了碧桂园总部综合体项目——“绿色生态大厦”。该项目位于广东佛山，占地 3 万平方米，22 层主楼和 9 层副楼组成，是当地为推动绿色建筑发展而设立的示范工程，旨在展示绿色节能技术在实际建筑工程中的应用与成效。大厦设计之初便明确了高能效、低排放的目标，以满足绿色建筑评级体系的金级认证标准。

背景方面，随着城市化进程加速，建筑能耗问题日益突出，中国南方地区的气候特点——夏季炎热、冬季温冷，对建筑的空调和保温需求较高，导致能源消耗大。因此，该地区对绿色节能技术的需求尤为迫切。同时，政府出台了一系列鼓励绿色建筑发展的政策，如《绿色建筑行动方案》等，为绿色生态大厦的建设提供了政策支持。此项目旨在探索适

合本地气候条件的绿色建筑解决方案，为同类建筑工程提供参考。

在建筑工程中实施绿色节能技术的过程中，通常包括设计阶段、施工阶段和运营维护阶段。设计阶段注重优化建筑布局，利用自然光和通风，减少能源需求；施工阶段则关注选用环保材料，减少废弃物产生，并确保节能设备的正确安装。该办公楼项目采用了太阳能光伏板和雨水收集系统，在设计时就充分考虑了建筑朝向和倾斜角度，以最大化太阳能的利用。

通过错落有致的绿化阳台，把直射阳光转换成漫射光源，使得室内办公人员获得舒适的光环境；大楼自身还采用了高透光 Low-E 中空玻璃，进一步降低进入室内的热辐射，是隔热、隔音、美观适用、并可降低建筑物自重的新型建筑材料；通过空调 BA 系统对室内温度进行监测和控制，并在空调调控器处张贴温度指引，保持室内温度舒适、环保、节能。全楼采用 LED 节能照明，从能源效率角度看，该楼的电力消耗比同类传统建筑降低了约 30%，显著减少了碳排放。雨水收集系统用于绿化灌溉和冲洗厕所，节约了约 25% 的非饮用水资源。然而，案例实施过程中也暴露出一些问题。例如，初期投资较高，使得部分小型建筑企业望而却步，这提示我们在推广绿色节能技术时，需要综合考虑成本效益，并加强技术人员的培训和指导。

反思本案例，我们认识到绿色节能技术的应用并非一蹴而就，而是需要政策支持、技术创新和市场接受度的共同推动。因此，未来在建筑工程中更广泛地应用绿色节能技术，需要解决上述挑战，同时提高公众对绿色建筑的认知，以形成良好的社会氛围。

5 绿色节能技术对未来建筑工程的影响

5.1 国内外发展趋势对比

在绿色节能技术领域，国内外的的发展趋势显示出不同的特点和速度。在国际上，发达国家如美国、日本等地区，绿色建筑已经成为建筑业的主流，其绿色节能技术的应用已经相当成熟。例如，LEED 认证在美国被广泛采用，推动了绿色建筑的设计和施工。欧洲则强调能源效率和可再生能源的利用，通过严格的建筑能效标准来减少能耗。日本则在建筑材料的环保性和建筑生命周期管理方面取得了显著进步。

相比之下，国内的绿色节能技术发展相对较晚，但近年来增长迅速。中国政府提出了“绿色建筑行动”等政策，鼓励绿色建筑的发展，并实施了一系列强制性的建筑节能标准。例如，绿色建筑评价标准 GB/T 50378 的推出，对新建建筑的能耗提出了明确要求。同时，国内的太阳能光伏、地源热泵等绿色技术在建筑中的应用逐渐增多，尤其是在公共

建筑和住宅项目中。

尽管如此，中国在绿色建筑的普及率、技术创新和经济效益等方面仍有提升空间。与发达国家相比，中国的绿色建筑认证体系尚待完善，公众对绿色建筑的认知度也相对较低。因此，未来应进一步加强国际合作，引进并消化吸收先进的绿色节能技术，同时强化本土技术创新，以推动中国建筑工程行业向更加绿色、节能的方向迈进。

5.2 新技术展望

在绿色节能技术的未来发展中，新技术的探索与应用将成为推动行业进步的重要驱动力。随着科技的不断革新，以下几项技术有望在建筑工程领域中发挥重要作用：

①智能建筑技术：结合物联网、大数据和人工智能，未来的建筑将实现智能化管理，通过自动调节照明、空调和供暖系统，以达到最佳的能源效率。例如，智能窗户能够根据外界光照强度自动调整透光率，减少对人工照明的需求。

②可再生能源集成：太阳能光伏和风能发电技术的进步使得建筑可以成为能量产生者而非单纯的消耗者。例如，屋顶和外墙安装的光伏面板不仅能为建筑供电，还能作为建筑的一部分，提升其美观度。

③建筑材料创新：研发新型环保材料，如生物降解材料和高性能混凝土，可以降低建筑生命周期内的碳排放。此外，一些材料如相变材料，能存储和释放热量，有助于维持室内温度稳定，减少能耗。

④绿色施工技术：采用模块化建造和 3D 打印技术，能减少施工现场的废弃物和能源消耗，同时提高施工效率。例如，3D 打印技术可用于快速制造定制化的节能建筑组件。

⑤生态共生设计：通过模仿自然生态系统，如雨水收集和再利用系统，以及绿色屋顶和墙面，建筑物可以更好地融入环境，减少对自然资源的依赖。

这些新技术的应用不仅将提高建筑的能效，还将带来更健康、舒适的居住和工作环境。然而，技术的广泛应用也需克服成本、法规和公众接受度等挑战，需要各方面的共同努力，以推动绿色节能技术在建筑工程领域的广泛实施。

参考文献

- [1] 张晓明.绿色节能技术在建筑工程中的应用探讨[J].建筑科技, 2016,28(3):56-61.
- [2] 李华,王丽.绿色建筑中的节能技术研究[J].建筑工程,2017,39(4): 85-90.
- [3] 赵志强.绿色节能技术在高层建筑中的应用[J].城市建设理论研究,2018,8(12):15-18.
- [4] 刘芳,孙艳.绿色节能技术在住宅建筑中的实践与思考[J].建筑设计管理,2019,35(6):33-36.

Research and Discussion on the Application of Deep Integration BIM Mode and WBS List of Group Project Management Platform

Haiping Ma

China Communications Construction Group Co., Ltd., Beijing, 100022, China

Abstract

With the wide application of building information modeling (BIM) technology in the construction industry, how to effectively integrate BIM model with the management data of the project management platform, improve the efficiency of cost control and cost management, and avoid the waste of human and material resources has become an urgent problem to be solved. In this paper, a series of challenges in the process of data integration between BIM model and group project management platform are deeply studied, and a set of solutions is proposed. This paper mainly discusses the corresponding relationship between BIM components and WBS list of project management, the hierarchical structure of WBS list of project management, and how to code quickly, and puts forward the corresponding solutions and methods. At the same time, taking Xiamen Egret West Tower project as an example, the implementation process is elaborated in detail, and the feasibility and effectiveness of the scheme is verified.

Keywords

BIM mode; group project management platform; WBS list; component coding; hierarchical structure

深度集成 BIM 模型与集团项目管理平台 WBS 清单的应用研究与探讨

马海平

中交建筑集团有限公司, 中国 · 北京 100022

摘 要

随着建筑信息模型 (BIM) 技术在建筑行业的广泛应用, 如何将BIM模型与项目管理平台的管理数据有效集成, 提高成本控制和造价管理的效率, 同时避免了人力和物力资源的浪费, 成为当前亟待解决的问题。论文针对当前在BIM模型与集团项目管理平台数据集成过程中所面临的一系列挑战进行了深入研究, 并提出了一套解决方案。主要围绕BIM构件和项目管理WBS清单对应关系、项目管理WBS清单层级结构、如何快速编码等问题展开讨论, 并提出了相应的解决思路和方法。同时, 以厦门白鹭西塔项目为例, 详细阐述了实施过程, 并验证了该方案的可行性和有效性。

关键词

BIM模型; 集团项目管理平台; WBS清单; 构件编码; 层级结构

1 引言

随着信息技术的飞速发展, BIM 技术在建筑工程领域的应用日益普及, 在当前实际应用中, 尽管 BIM 技术已经广泛应用于建筑项目管理, 但在 BIM 模型与集团项目管理平台深度融合过程中, 尤其是在 WBS 清单的精细化应用层面上, 暴露出了一系列复杂且亟待解决的难题。其中包括构件与清单对应关系的多元化问题, 即单一构件可能涉及多个清单项, 而原项目管理平台的一对一匹配方式无法满足; 清单层级结构与实际业务流程的契合度不高, 导致项目管理的

透明度和效率受到影响; 编码工具的功能局限, 往往不能适应复杂的编码规则和清单关联需求。为此, 论文致力于探寻一种更为深度、精细的集成方式, 使 BIM 模型与集团项目管理平台在 WBS 清单应用上达到更高水平的协同效果。

2 问题分析与解决措施

2.1 构件与清单对应关系的多元化重构

当前项目管理平台受限于 BIM 构件与 WBS 清单编码的一对一关联模式, 对于同类型多构件共享单个编码 (比如相同尺寸和材质的多个结构柱共用一个编码), 以及单个构件涉及多条编码 (如结构柱对应的包含钢筋、模板、混凝土和措施费在内的多项清单) 的情况, 难以实现有效的 BIM 构件与清单之间的关联挂接。为此, 本研究推出一款创新性

【作者简介】马海平 (1990-), 男, 中国甘肃人, 本科, 工程师, 从事BIM技术应用与产品研发研究。

的插件解决方案,大幅提升了 BIM 构件的参数关联性能,使单个构件能够关联多个编码,并在 BIM 平台上实现了构件的智能化分类、分组显示。当用户选择一组共享相同编码的构件时,系统能自动识别并一次性呈现该组构件关联的所有清单内容,成功实现了从简单的单对单映射向灵活的多对多映射的重大转变。与此同时,我们还对项目管理平台接口进行了全面升级改良,使其具备了处理多构件关联多编码与平台内多条清单之间双向动态匹配的能力,一举打破了原有技术瓶颈,从根本上消除了多对多匹配难题,显著提升了项目管理的效率和准确性。

2.2 WBS 清单层级结构的深度优化与动态调整机制

在传统的 WBS 清单构建中,通常会依据材料类型逐级细分工程量,初期层级多以分部分项工程划分(如一次结构的混凝土部分、钢筋部分等),而具体的楼层信息往往被安排在较深层次。然而,对于项目团队通过 BIM 模型的实际操作需求,基于楼栋和楼层维度进行业务管理和快速定位具体构件(如 1 号楼第二层的结构柱混凝土工程)更为重要。虽然两种应用结构有所不同,但最终涵盖的工程内容大致是一致的,工程量清单与 BIM 模型的工程分解结构的差异性,使得 BIM 构件不能与工程量清单形成一一对应关系,无法直接实现基于 BIM 模型填报和工程计量与计价。因而,需要对工程量清单层级结构进行调整,使其既能符合业务人员使用的需要,又有助于通过 BIM 模型对工程量清单计价的实施。

本研发成果在编码插件中特别引入了一项高度定制化的层级结构调整功能。此功能模块允许项目管理人员根据项目的实施进度和管理诉求,灵活地对 WBS 清单全名称中的各级别进行动态拆解、重组或重新排序。以楼层信息的应用为例,使用者可以轻松操作,将楼层元素提前至第三层级展示,如此一来,重构后的 WBS 结构既保留了内在逻辑的清晰性,又切实贴合了日常管理工作对直观、高效的需求。

2.3 编码工具功能性革新

针对现有编码工具存在的固定格式限制、单一构件对应单一编码以及无法直接关联多个清单项等问题,我们对编码工具进行了全面的功能深度优化升级。升级后的版本赋予了用户自定义各类编码规则的能力,突破了原有的格式桎梏。更进一步,该工具能实现清单全名称参数化,创新性地 将编码规则参数与清单项关联参数无缝整合,在编码启动阶段即运作。具体操作上,首先,根据预先设定好的层级结构逻辑,对清单全名称进行灵活适配;随后,全面搜集并精准归集所有相关构件关联的所有清单全名称信息至相应的清单项内。这一系列改进显著提升了编码工作的灵活性和普适性,使得编码工具能更好地服务于各类复杂的工程项目,有力支撑项目管理者实现精细化管理与控制。

3 项目应用—厦门白鹭西塔项目

厦门白鹭西塔项目是一个建筑面积约为 24 万平方米,

集办公、酒店、商业多功能于一体的大型商业综合体,其中主塔楼高达 266 米。本研究选用该项目作为示范,详细介绍了所提解决方案的具体实施过程,具体步骤如下。

3.1 WBS 分解清单获取与导入

首先在 Revit 环境中利用编码插件对接项目管理系统,获取并导入 WBS 分解清单的数据接口,然后根据需求选择要编码的清单。

3.2 编码规则的定制设置

据项目特点和管理需求,将导入的 WBS 清单编码按照编码插件提供的功能进行层级结构调整,使之更贴近业务人员的操作习惯,便于他们在选择构件进行编码时能直观明确的选到需要的编码(图 1)。

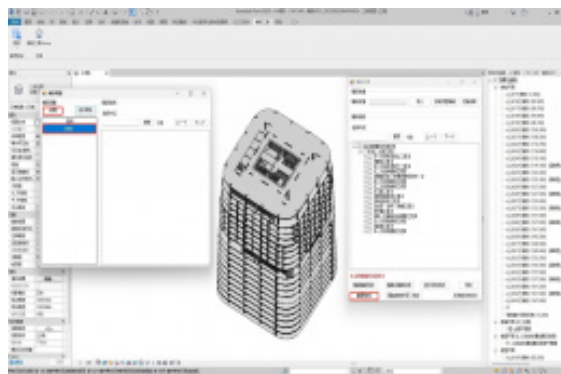


图 1 在 BIM 软件中调整 WBS 清单层级结构

3.3 构件编码的实际操作

参照调整后的层级结构,项目管理人员可以有针对性地为每个构件关联相应的清单项,并进行编码操作(图 2)。

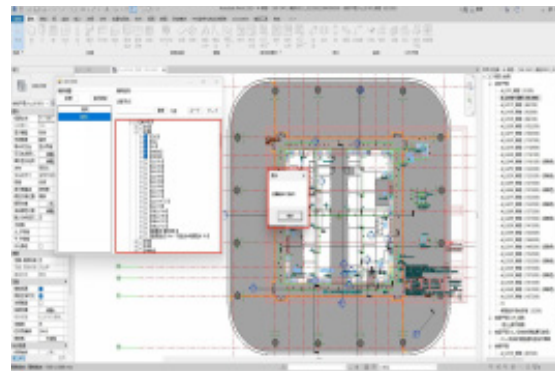


图 2 在 BIM 软件中对模型构件赋予 WBS 清单

3.4 关联清单项的核查与确认

编码完成后,Revit 属性栏中会增加规则和关联清单项字段,清晰列出了各构件关联的所有清单项,方便相关人员随时查阅和核实(图 3)。

3.5 WBS 编码的推送与同步

在完成构件编码后,通过编码插件一键点击“发布到 BIM 平台”,实现模型数据与项目管理平台的实时同步(图 4)。

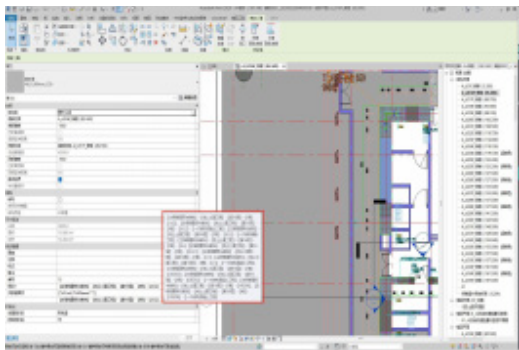


图 3 在 BIM 软件中复核模型构件关联的 WBS 清单

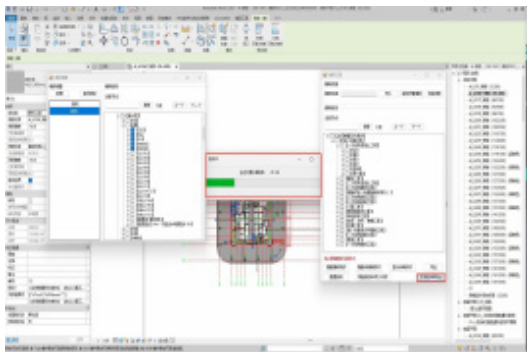


图 4 推送到项目管理平台

3.6 WBS 编码数据在项目管理平台上的可视化呈现

发布成功后，项目管理平台的 BIM 模块下即可查看到已发布的编码信息，便于项目管理人员实时掌握项目进度与成本状态。

3.7 BIM 模型构件与 WBS 清单编码的关联展示

在模型管理界面，管理人员可以直观地看到 BIM 模型构件与 WBS 清单编码之间的准确对应关系。选择构件后，本层同类型的构件都会选中，关联的所有清单也会全部显示。业务人员在填报进度的时候相关联的工程量也会一并显示，BIM 可将数据粒度达到构件级，为快速提供支撑项目各条线管理所需的数据信息奠定基础，通过 BIM 模型填报大大提高了项目人员填报进度和产值的准确性，为项目精细化管理提供了坚实的基础。同时，使项目管理全过程的追溯、统计和优化变得更为便捷、精准，不仅可以减少人员工作量、降低材料计算错误发生率，还可以有效、快速地提出材料计划，加强对各种材料的管理，减少过度消耗，增加盈利。在项目管理平台中查看构件和编码的关联关系如图 5 所示。

4 结语

本研究针对集成 BIM 模型与集团项目管理平台过程中 WBS 清单深度应用遇到的关键问题，提出了切实有效的解决方案，并通过技术创新与团队协作实现了清单与模型的高度一体化管理，实现了 BIM 模型与项目管理平台的深度集成，为项目管理提供了更加高效便捷的工具和方法。这一研

究成果不仅为厦门白鹭西塔项目提供了更为高效、精准的项目管理工具和方法，也在天津市第三中心医院项目中再次得到了验证（图 6），为后续其他项目应用 BIM+ 项目管理平台提供了重要的参考范例。然而，鉴于建筑行业的快速发展和技术迭代的不断推进，依然存在一些尚未完全解决的挑战和问题。未来，我们将持续关注 BIM 技术在项目管理中的前沿应用，持续改进和完善相关工具与方法，以推动建筑行业的持续革新和发展。

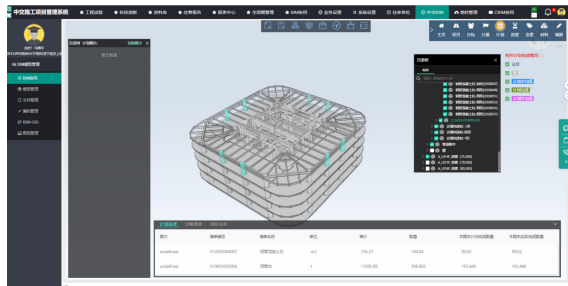


图 5 在项目管理平台中查看构件和编码的关联关系



图 6 天津市第三中心医院项目

参考文献

- [1] 李立.基于BIM技术提升项目管理层次的研究与应用推广[D].青岛:青岛理工大学,2018.
- [2] 陈姣.基于BIM技术的工程项目施工成本控制研究[D].南京:南京航空航天大学,2019.
- [3] 景风,郭婧娟.基于BIM的高铁工程量清单EBS\WBS研究[J].铁道标准设计,2020,64(2):7.
- [4] 李华,王明,赵晓丽.BIM模型与项目管理平台集成关键技术研究[J].建筑科学与工程学报,2022(3).
- [5] 刘强,张悦,杨帆.工程项目WBS清单结构优化设计与应用实例分析[J].施工技术,2021(4).

Software Design Patterns and Practices for the Internet of Things

Xiaobin Zhang

Nanjing Alto Electronic Technology Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210041, China

Abstract

The rapid development of the Internet of Things has changed people's daily lives and industrial applications, and the popularity of IoT devices has driven a lot of innovation and technological changes. However, the design complexity of IoT systems has also brought unprecedented challenges to software development. To address these challenges, software design patterns provide a systematic solution that can effectively manage complexity, enhance system scalability, and security. This article discusses in detail several key design patterns in the Internet of Things, including observer pattern, factory pattern, agent pattern, singleton pattern, strategy pattern, etc., and analyzes their specific application scenarios and practical cases. Through these discussions, this article provides more systematic guidance for IoT developers, aimed at helping students better design, implement, and maintain efficient, scalable, and secure IoT systems.

Keywords

Internet of Things; software design patterns; architecture design; security

面向物联网的软件设计模式与实践

张晓斌

南京奥拓电子科技有限公司, 中国 · 江苏 南京 210041

摘 要

物联网的迅猛发展已经改变了人们的日常生活和工业应用, 物联网设备的普及推动了大量创新和技术变革。然而, 物联网系统的设计复杂性也给软件开发带来了前所未有的挑战。为了应对这些挑战, 软件设计模式提供了一套系统化的解决方案, 能够有效管理复杂性、提升系统的可扩展性和安全性。论文详细探讨了物联网中的几种关键设计模式, 包括观察者模式、工厂模式、代理模式、单例模式、策略模式等, 分析它们的具体应用场景与实践案例。通过这些讨论, 论文为物联网开发者提供了更为系统的指导, 旨在帮助学生更好地设计、实现和维护高效、可扩展、安全的物联网系统。

关键词

物联网; 软件设计模式; 架构设计; 安全性

1 引言

随着物联网技术的迅速普及, 全球物联网设备数量预计在未来几年将持续增长。根据 Gartner 的预测, 到 2030 年, 全球将有超过 500 亿台物联网设备连接到网络上, 覆盖从智能家居到智慧城市、从工业自动化到智能交通的众多领域。如此大规模的设备互联和数据交互对系统的设计提出了严峻的挑战, 传统的软件开发方式难以应对物联网系统中的复杂性、分布式特点和高可扩展性的需求。为了解决这些问题, 软件设计模式作为一种通用的解决方案被引入到物联网系统的开发中。设计模式不仅可以简化开发过程, 还能提高系统的可维护性和可扩展性。尤其是在面对多样化设备、实时数据处理、网络通信延迟以及安全性问题时, 合理应用设计模式显得尤为重要^[1]。

【作者简介】张晓斌(1982-), 男, 中国江苏盐城人, 本科, 工程师, 从事AI视讯技术、物联网、系统集成研究。

2 物联网中的设计模式选择与应用

2.1 观察者模式在数据采集与通知中的应用

观察者模式是一种行为型设计模式, 主要用于定义对象之间的一对多依赖关系, 尤其适合物联网中的数据采集场景。在物联网传感器网络中, 数百甚至数千个传感器需要不断向中央控制系统发送数据。通过应用观察者模式, 传感器(观察者)能够在状态变化时自动通知中央控制系统(被观察者), 实现实时数据采集和处理的解耦。这一模式在智能农业的应用中尤为显著。智能农业系统中, 大量环境传感器用于监测温度、湿度和土壤 pH 值等环境因素。观察者模式可以帮助农业系统开发者建立一个灵活的传感器网络, 当传感器监测到环境变化时, 自动将数据传递给中央系统, 系统据此做出相应调整, 如启动灌溉系统或调节温室温度。通过观察者模式, 系统不仅提升了反应速度, 还增强了扩展性,

使得新传感器的添加或移除变得简单高效。

2.2 工厂模式在设备管理中的使用

工厂模式是一种创建型设计模式，主要用于在无需明确指定具体类的情况下创建不同类型的对象。由于物联网设备的多样性，系统必须能够根据设备的不同类型动态创建实例，而工厂模式能够有效解决这一问题。它允许系统在运行时根据设备类型生成对应的设备对象，从而降低系统的耦合性并提升扩展性。在智能家居设备管理平台中，不同类型的设备（如灯光、安防摄像头、空调等）需要根据用户需求动态创建。通过工厂模式，系统可以自动根据设备的类型创建相应的实例，用户安装新设备（如安防摄像头）时，系统无需修改已有代码，便可通过工厂模式创建新的摄像头对象，并将其注册到控制中心。这种灵活性大大简化了设备管理逻辑的编写，提高了系统的可扩展性和维护性^[2]。

2.3 代理模式与远程设备管理

代理模式是一种结构型设计模式，常用于通过代理控制对象的行为，而不直接操作对象。物联网设备往往分布在不同的地理位置，直接管理远程设备可能受到通信延迟和网络带宽限制的影响。通过代理模式，系统可以在本地创建代理对象来代表远程设备，从而减少通信开销并优化设备管理。在工业物联网中的远程监控系统中，这一模式应用广泛。工厂的远程设备（如传感器和工业机器人）需要通过网络进行实时监控和管理。代理模式允许系统在本地创建这些设备的代理对象，处理设备的状态查询、故障检测等操作，从而减少网络带宽的使用，并提高系统的响应速度和整体效率。

3 物联网软件架构的层次化设计

3.1 感知层的设计：策略模式与设备适配

感知层是物联网系统中直接与物理设备交互的部分，负责采集各种传感器的数据。由于物联网设备的多样性，感知层必须根据不同设备类型制定相应的采集策略。策略模式能够帮助开发者为不同设备定义不同的数据采集策略，从而提高系统的灵活性和适应性。在智能城市的环境监测系统中，传感器用于监测空气质量、噪声水平和交通流量等。通过策略模式，系统可以根据传感器的类型和具体的监测要求，动态调整数据采集频率、数据格式和传输方式。这种灵活性不仅提高了系统的性能，还能够根据实际需求优化资源使用，使环境监测系统在处理多样化数据时更加高效、准确。

3.2 网络层的设计：适配器模式与通信协议兼容

网络层负责物联网设备与服务器之间的数据传输，然而，不同设备可能使用多种通信协议，这对系统的兼容性提出了挑战。适配器模式通过在不修改设备代码的前提下适配多种通信协议，帮助解决设备之间的协议兼容性问题。通过适配器模式，系统可以为每种设备创建对应的适配器，确保不同协议的设备能够顺利通信。在智能物流系统中，供应链节点上的设备可能使用 ZigBee、LoRa 或 Wi-Fi 等不同通信

协议。适配器模式允许系统为这些设备创建相应的适配器，使得各类设备能够无缝协同工作，确保物流信息的顺畅传输和设备之间的高效互操作性^[3]。

3.3 应用层的设计：MVC 模式与数据展示

应用层是物联网系统中用户直接交互的部分，主要负责处理和展示采集到的数据。MVC 模式是一种常见的架构模式，能够将数据展示与业务逻辑分离，从而提升系统的可维护性和扩展性。在智能家居平台中，用户通过应用层查看设备状态并控制设备。通过 MVC 模式，应用层可以根据用户的需求灵活地展示各类设备的状态数据，同时用户可以通过控制界面对设备进行远程操作。这种分离式架构使得系统在面对复杂的用户交互需求时，仍能保持代码的简洁和模块化，便于后续的功能扩展与维护。

4 物联网系统的安全性设计模式

4.1 责任链模式与权限管理

责任链模式是一种行为型设计模式，将多个处理器按照顺序连接起来处理一系列请求，特别适合物联网系统中的权限管理场景。由于物联网设备和用户具有不同的访问权限，责任链模式能够帮助系统逐级检查每个请求的权限等级，确保只有符合条件的用户或设备才能访问特定资源或敏感数据。在智能办公系统中，权限管理是一个关键问题，不同用户对设备和资源的访问权限各不相同，如某些用户可能只能使用基础设备如打印机，而其他用户则可以访问服务器或处理机密信息。通过责任链模式，系统根据用户的身份逐层验证其权限，只有当所有权限检查通过时，用户才能执行相应操作。这种模式的优势在于其灵活性，能够处理不同层次的权限验证，无需为每个用户和设备单独编写权限验证逻辑，大大简化了权限管理的复杂性。此外，当系统中有限权变更、新设备接入或新用户加入时，责任链模式能够自动适应这些变化，确保权限管理流程的有效性和一致性，进一步提高了系统的安全性和可扩展性。

4.2 策略模式与异常处理

在物联网设备的数据传输过程中，网络中断、恶意攻击等异常情况是常见的挑战。策略模式为应对这些不确定性提供了一种灵活且高效的解决方案。该模式允许系统根据不同的异常类型选择相应的处理策略，从而在异常发生时及时响应并将潜在损失降到最低。例如，在网络中断的情况下，系统可以采用策略模式切换到备用网络，或在网络恢复后重新发送缓存的数据，确保数据传输的连续性。而在检测到恶意攻击时，策略模式能够触发安全机制，限制可疑设备的访问权限，保护系统免受进一步的威胁。策略模式的灵活性使得系统能够根据具体的场景动态调整应对方案，从而大大提高了系统的鲁棒性和响应速度。此外，策略模式的可扩展性使得开发者可以随着新威胁或异常类型的出现轻松引入新的应对方法，从而有效应对日益复杂的网络环境和安全威

胁。这种灵活的异常处理机制不仅提升了物联网系统的稳定性和安全性，还简化了开发和维护的复杂性，使系统能够快速适应不断变化的外部条件^[4]。

5 物联网软件开发中的实际案例与应用

5.1 智能家居系统中的设计模式应用

在智能家居系统中，用户通过应用层与家中的各种设备进行交互，控制如灯光、安防摄像头、恒温器等多种智能设备。由于智能家居设备的多样性和用户需求的多变性，设计模式的应用在该场景中显得尤为重要，有助于提升系统的灵活性和可扩展性。例如，工厂模式在设备管理中广泛应用，使系统能够根据用户的具体需求动态创建不同设备的实例，而无需对已有代码进行修改。当用户增加新设备时，工厂模式能够轻松创建相应的对象并注册到系统中，从而确保新设备能够与其他设备无缝集成。同时，观察者模式也常用于监控设备状态，特别是在家中的传感器设备中（如门窗传感器、烟雾探测器等）。当这些设备的状态发生变化时，观察者模式允许它们自动通知中央系统，中央系统则根据收到的通知作出相应的响应，如启动报警或发送通知至用户终端，这实现了设备与系统的松耦合，增强了系统的灵活性。此外，代理模式在智能家居中的远程控制功能方面发挥了关键作用。通过本地代理对象，用户可以远程操控家中的智能设备，无论是调整家中的温度、查看监控摄像头，还是打开或关闭灯光，代理模式都能够有效地降低通信延迟和网络带宽的使用。通过代理对象的管理，系统可以在本地进行设备的状态管理和数据缓存，从而避免因网络问题而导致的用户体验下降。代理模式使用户无需直接与设备进行通信，而是通过代理对象来实现对设备的控制，不仅提升了系统的性能，还增强了用户的操作便捷性。

5.2 工业物联网中的远程监控系统实践

工业物联网系统通常用于监控和管理远程分布的工业设备，如传感器、机器人和工业机器等，这些设备往往位于不同的工厂或生产线上，远程管理的复杂性对网络带宽和通信延迟提出了较高的要求。为了优化这些系统的性能，设计模式在 IoT 系统中发挥了至关重要的作用。代理模式广泛应用于工业物联网中，通过本地代理来代表远程设备进行操作，从而减少实际的通信负荷。例如，代理对象可以在本地处理设备的状态查询、数据缓存等任务，只有在需要时才将结果同步到远程系统，这不仅减轻了网络的压力，还提高了

系统的响应速度，使得设备管理更加高效。与此同时，责任链模式在权限管理中发挥了关键作用。在工业环境中，不同的操作员往往拥有不同的操作权限，责任链模式能够根据操作员的权限逐级检查，确保只有具备相应权限的人员才能对设备进行操作。

5.3 智慧城市交通管理中的优化设计

智慧城市的交通管理系统依赖于大量传感器、摄像头和实时数据，以监控交通流量、优化红绿灯时间、减少交通拥堵等。设计模式在这一复杂系统中有着广泛的应用，尤其是在数据采集和展示方面。MVC 模式通常用于将交通数据的展示与业务逻辑分离，使得系统在进行复杂数据处理时，仍然能够为用户提供清晰直观的可视化界面。策略模式则用于根据交通流量的变化动态调整红绿灯的切换时间，提升城市交通的运行效率。适配器模式可以帮助交通管理系统处理不同设备之间的数据传输协议，使得来自摄像头、传感器等设备的数据能够无缝整合。此外，观察者模式用于实时监控交通流量，确保系统能够及时检测异常情况并进行自动调整。这些设计模式的有效应用，显著提升了智慧城市交通系统的性能和可扩展性，为城市居民提供了更为顺畅和智能化的交通体验^[5]。

6 结语

面向物联网的软件设计模式是应对复杂系统开发挑战的有效工具。通过对观察者模式、工厂模式、代理模式、单例模式等模式的应用分析，论文展示了如何在物联网开发中有效使用设计模式提升系统的可扩展性和安全性。在未来的物联网开发中，设计模式的合理选择和实践将继续推动物联网技术的发展。

参考文献

- [1] 朱亚丽,李扬,曹冬菊.多尺度特征的工业物联网隐性异常检测方法[J].太原学院学报(自然科学版),2024,42(4):56-63.
- [2] 刘洋.基于5G的物联网技术在智慧城市建设中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2024(10):47-49.
- [3] 徐志冰,曲巍.物联网医疗实践中的伦理问题研究[J].锦州医科大学学报(社会科学版),2024,22(5):27-31.
- [4] 王福.基于物联网的水稻生长环境智能监测与控制系统研究[J].北方水稻,2024,54(5):61-63.
- [5] 徐令仪,王娟,王亚琴.基于信息化平台的高值耗材全过程管理模式[J].北京生物医学工程,2024,43(5):513-519.

Research on Prefabrication Process of Prefabricated High-strength Concrete Shield Tunnel Segments

Fengyao Wang

China Railway 15th Bureau Group Construction and Assembly Technology Co. Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210031, China

Abstract

Based on the current application trend of prefabricated components in various construction industries, this paper takes a subway project in the Yangtze River Delta region as the supporting project, fully considering the production problem of C50 high-strength concrete lining segments used in the underground shield section of the project. The paper aims to reveal and analyze the prefabrication process and key points of pipe segments, systematically summarize common quality problems encountered in the production process, and avoid appearance quality defects such as bubbles, honeycomb and rough surfaces, and missing edges and corners in finished pipe segments as much as possible; By using special materials to repair defective tunnel segments, the production quality of shield lining segments can be significantly improved, providing effective practical reference for ensuring the safety of subway construction and operation and the production of shield tunnel segments.

Keywords

assembly; high-strength concrete; shield tube sheet; precasting process

装配式高强混凝土盾构管片预制工艺研究

王凤瑶

中铁十五局集团建筑装配科技有限公司，中国·江苏 南京 210031

摘 要

基于当下装配式预制构件在各建筑行业的应用热潮，论文以长三角地区某地铁工程项目为依托工程，充分考虑该项目地下盾构段所使用的C50高强混凝土衬砌管片生产问题。论文通过揭示分析管片预制工艺及要点，系统总结生产过程中遇到的常见质量通病，旨在尽可能避免成品管片出现气泡、蜂窝麻面及缺棱掉角等外观质量缺陷；采用特殊材料对缺陷管片进行修复，从而大幅提高盾构衬砌管片生产质量，为保证地铁工程施工及运营安全与盾构管片生产提供有效的实践参考。

关键词

装配式；高强混凝土；盾构管片；预制工艺

1 引言

作为新型工业化与城镇化的重要组成部分，装配式建筑的发展已成为国家城乡建设的重要内容^[1]。“十四五”建筑业发展规划提出，装配式建筑占新建建筑的比例应达到30%以上^[2]。装配式建筑具有模块化、工期短、工业生产质量可控、能源利用率高、工程成本低等优点^[3-5]。近年来，长、珠三角及京津冀等发达地区大力推广装配式构件在城市轨道交通中的应用^[6]。如今，盾构法已然成为地铁工程领域普遍采用的地下施工方法，对装配式预制混凝土管片的需求量不断增加、质量要求不断提高。

2 工程概况

长三角地区某地铁项目地下线部分约10.12km，其中盾

构段7.62km。混凝土强度等级C50，抗渗等级不小于P12，钢筋采用HPB300级、HRB400E钢筋。管片的结构安全等级为一级，区间防水等级为二级，结构防火等级为一级，抗震设防烈度为7度。

3 管片预制工艺及要点分析

3.1 预制工艺流程

盾构管片工艺流程及结构如图1所示。C50高强混凝土衬砌管片外径7.9m，内径7.1m，厚0.4m，宽1.6m/环，单块管片最大重量约6t，单环管片包括1块封顶块、2块邻接块和4块标准块。

3.2 预制工艺要点分析

3.2.1 钢筋骨架焊接

钢筋骨架焊接应采用专门制作的钢筋焊接靠模焊接管片的钢筋骨架，钢筋焊接采用CO₂低温保护焊接工艺。钢筋骨架中的钢筋、埋件焊接连通。钢筋焊接将通过“三检制度”防止钢筋焊接时出现咬肉、气孔、假焊、夹渣等现象。

【作者简介】王凤瑶（1995-），女，中国江苏镇江人，硕士，从事建筑工程材料研究。

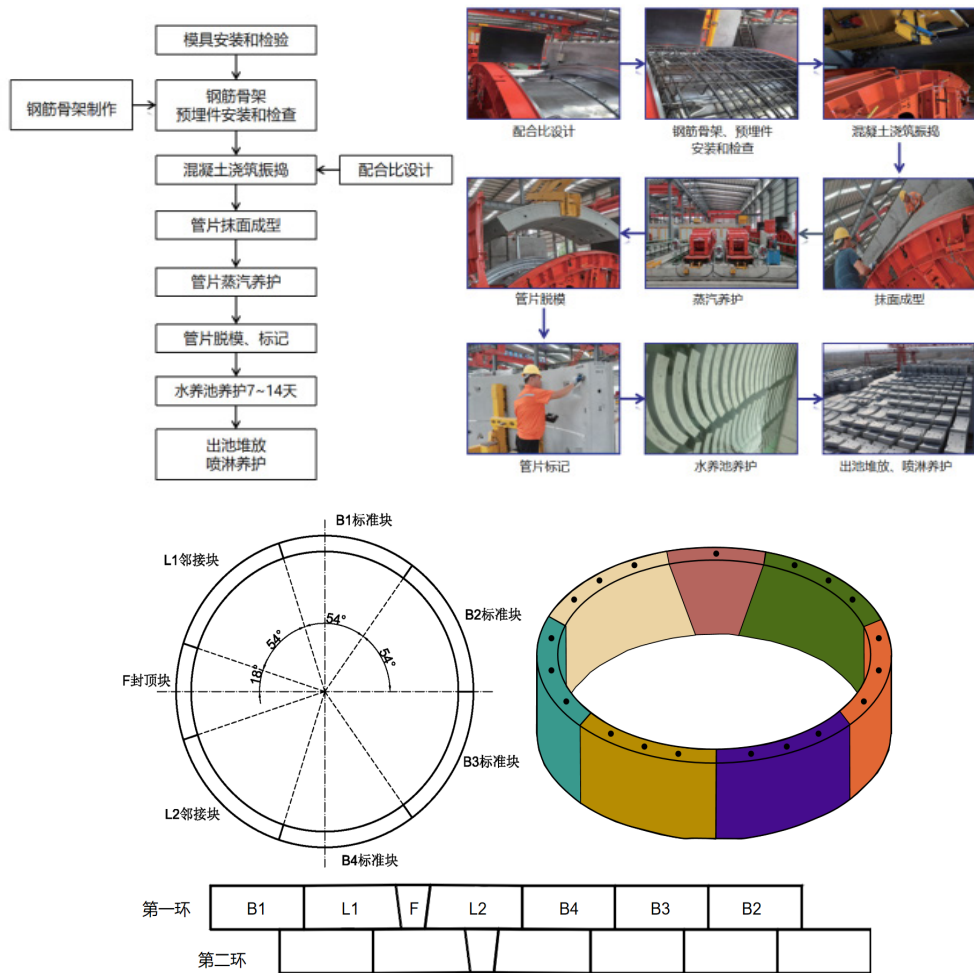


图 1 盾构管片工艺流程及结构

3.2.2 模具组装

每次浇筑前对钢模上的混凝土残渣彻底清理、铲除和吹灰。脱模剂采用喷涂工艺，喷涂均匀不出现积油、流油标准。钢模合拢前对底模与侧模接触处进行清除、吹灰后合模。

3.2.3 混凝土浇筑振捣

当混凝土放到模具容积的 1/2 时开始振捣，当混凝土泛浆不下沉时停止，首次振动时间为 2~3min；然后浇筑剩余部分，二次振动时间为 3~5min，直到混凝土充满、泛浆、不下沉、不冒泡时停止。

3.2.4 抹面成型

管片成型后，先用专用压尺刮去多余混凝土或填补凹陷，并使外表面沿钢模表面平顺；待混凝土收水并开始初凝用灰匙抹光面，使管片表面平整、光滑；在初凝后，最后使用长灰匙精工抹平，使其表面无灰匙痕迹。

3.2.5 养护及脱模

管片入蒸养窑按照静停、升温、恒温 and 降温控制蒸养，待与环境温度相差不大于 20℃后方可出窑。只有在管片成型且满足脱模要求时，方可进行脱模和吊运作业。当管片混凝土的内外温差不超过 20℃时，方可进入养护池覆盖养护 7d。

3.2.6 存储及喷淋

管片在存储区堆放排列整齐，并搁置在柔性材料的垫木上，垫木厚度一致，上下应对齐，且管片内弧面向上平放不得超过 4 层。管片贮存时，设专人管理，防止油类、泥土污损管片。喷淋或洒水养护时，确保混凝土表面充分浸湿，维持其在湿润环境中。根据不同的温度条件，每天进行的喷水次数需要相应调整，喷淋时间不少于 7d。

4 常见质量通病及防治措施总结

管片预制工艺复杂，在生产过程中易受原材料、配合比、生产工序及吊运中转等因素影响，造成管片外观质量缺陷。常见质量通病及其相应防治措施总结详见表 1。

5 外观质量缺陷修补

由于管片在储存、运输过程中有可能碰损，对轻度的，一般性缺陷管片进行修补。对较大缺陷的进行隔离，报批后进行修补。对于涉及露筋、孔洞、局部不密实、贯穿性裂缝等缺陷属于严重缺陷，则进行报废处理。对于一般外观质量缺陷修复材料可以选择聚合物改性的水泥砂浆、环氧树脂砂浆，或者选择比原有结构混凝土强度高一个等级的细石混凝土。在进行修补作业时，彻底移除管片混凝土的破损和空洞部分。

表 1 预制管片常见质量通病及防治措施

缺陷名称	产生原因	防治措施
气泡	①级配不合理，粗级料过多，细级料偏少；②骨料的粒径分布不适宜，其中针状和片状颗粒的比例过高；③用水量较大，导致混凝土中水与水泥的比例偏高；④与所使用的外加剂的化学性质以及水泥本身的化学组成有关；⑤混凝土振捣不充分、不均匀，混凝土的浇筑厚度偏大	①强化配合比的试验和管理，确保混凝土的密实性；②确定恰当的砂率，确保细骨料可充分填充粗骨料留下的空隙；③选用化学成分品质优良的外掺剂和水泥，进行水泥与外加剂的相容性试验；④选用合适的振捣工具，并确定最优的振捣时长、振捣范围及频率
蜂窝麻面	①混凝土搅拌时间短，搅拌不均匀，浇注时造成某些部位石多浆少；②工人在管片收水光面时，没有完全光面到位，以致某些部位出现粗糙	适当增长混凝土搅拌时间，使混凝土搅拌均匀可以大大降低管片成品出现蜂窝麻面的频率，同时亦可加大光面力度
缺棱掉角	①模具清理不干净，造成管片黏模，出现小部位缺口；②生产吊装、运输等过程，操作人员操作不当，管片与机械之间相互碰撞形成管片边角破损；③管片中转过过程过多，也是管片破损的一个重大因素	①清理喷涂脱模剂不允许有积液；②增加机械皮垫部位，减少碰撞面积；③定期调派操作人员学习岗位机械安全守则，增强其操作技术；④减少中转过过程，避免过多的管片与机械设备的碰撞

6 结语

优质的衬砌管片是地铁工程盾构施工和后期安全运营的重要条件。合理选择适配度和可行性俱佳的管片预制工艺，加大信息化智能管理手段的投入，全过程把控衬砌管片的整体质量，为提高工程建设效益及地铁工程盾构施工和后期安全运营保驾护航。

参考文献

[1] 陈肖肖.装配式混凝土建筑项目安全生产管理标准化研究及应用[D].上海:东华大学,2019.

[2] 吴东平,杨志宇,李成玉.新型钢节点装配式混凝土梁力学性能及破坏机制研究[J].混凝土与水泥制品,2024(3):43-48+52.

[3] 黄小坤,田春雨,万墨林,等.我国装配式混凝土结构的研究与实践[J].建筑科学,2018,34(9):50-55.

[4] 陈子康,周云,张季超,等.装配式混凝土框架结构的研究与应用[J].工程抗震与加固改造,2012,34(4):1-11.

[5] 张津荣.浅谈建筑装配化发展历程及思考[J].江西建材,2021(5):11-12.

[6] 杨志.基于轨道质量指数的地铁预制板道床动态精调施工技术研究[J].施工技术(中英文),2024,53(10):63-66+124.

Research on the Construction Technology and Its Application of Modern Building Engineering

Xingyan Jia

Hebei Electric Power Engineering Supervision Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract

This study focuses on the construction technology of modern building engineering, and discusses its development trend, the optimization of new building materials and construction technology, and its impact on sustainable development. Information construction takes BIM as the core to improve the efficiency of design, construction and management; green construction promotes the green transformation of the construction industry through energy conservation and emission reduction technologies; intelligent construction technology improves the construction efficiency and safety. The application of new building materials and construction technology optimization to improve engineering performance, shorten the construction cycle and enhance safety. Modern construction technology plays an important role in the improvement of engineering quality, cost control and environmental protection, and has multiple effects on sustainable development. In the future, technology application research should be deepened to promote the innovative development of the construction industry.

Keywords

modern construction engineering; construction technology; building information mode

现代建筑工程施工技术及其应用研究

贾兴岩

河北电力工程监理有限公司, 中国·河北 石家庄 050000

摘 要

本研究聚焦现代建筑工程施工技术, 探讨了其发展趋势、新型建筑材料与施工工艺优化以及对可持续发展的影响。信息化建造以BIM为核心, 提升设计、施工和管理效率; 绿色施工通过节能减排等技术推动建筑行业绿色转型; 智能化施工技术提高施工效率与安全性。新型建筑材料的运用和施工工艺优化改善工程性能、缩短施工周期、增强安全性。现代施工技术从工程质量提升、成本控制和环境保护等多方面发挥重要作用, 对可持续发展具有多重效应。未来应深化技术应用研究, 推动建筑行业创新发展。

关键词

现代建筑工程; 施工技术; 建筑信息模型

1 引言

随着科技的飞速发展和社会的不断进步, 现代建筑工程施工技术正经历着深刻的变革。在当今时代, 人们对建筑的要求不仅仅局限于基本的居住和使用功能, 更注重建筑的质量、效率、环保性以及可持续发展能力。信息化建造、绿色施工、智能化施工技术等的出现, 为建筑行业带来了新的机遇和挑战。探索现代建筑工程施工技术的发展趋势, 深入研究其在工程质量提升、成本控制、环境保护和可持续发展等方面的作用, 具有重要的现实意义。这不仅有助于推动建筑行业的创新发展, 提高建筑工程的整体水平, 还能为构建更加美好、可持续的人居环境贡献力量。本研究旨在全面分

析现代建筑工程施工技术的各个方面, 揭示其发展现状、价值和未来方向, 为建筑领域的从业者、研究者以及相关政策制定者提供有益的参考和借鉴。

2 现代建筑工程施工技术的发展趋势

2.1 信息化建造的发展及应用

信息化建造近年来获得了广泛关注, 其发展与应用深刻影响着现代建筑工程施工技术^[1]。建筑信息模型(BIM)是信息化建造的核心, 通过三维数字模型为建筑工程提供全面的数据支持, 提升了设计、施工和运营管理的效率^[2]。在设计阶段, BIM技术实现了多专业协同设计, 减少设计冲突, 提高设计精度。在施工过程中, BIM凭借信息的可视化和集成性, 优化施工方案, 精确监控施工进度, 有效控制工程质量。基于BIM的虚拟施工技术可提前预测施工难点与风险, 为现场管理提供有效决策支持。BIM结合物联网、云

【作者简介】贾兴岩(1996-), 男, 中国河南焦作人, 本科, 工程师, 从事建筑工程施工研究。

计算等技术，实现了施工现场的信息实时更新与远程监控，提高了施工的响应能力和管理水平。信息化建造不仅提升了工程质量和效率，还有助于减少材料浪费，降低施工成本，推动了建筑行业的可持续发展。信息化技术在现代建筑工程中的深入应用，成为提升行业竞争力的重要手段。

2.2 绿色施工的发展及应用

绿色施工是现代建筑工程施工技术中的重要组成部分，其发展与应用对于实现建筑行业的可持续发展具有关键意义。绿色施工旨在通过优化施工过程，降低资源消耗和环境污染，提高资源利用效率，保障人体健康与环境安全。其核心技术包括节能减排、废弃物管理、材料循环利用等。近年来，绿色施工技术得到了广泛应用，如在水资源管理方面，利用雨水收集系统和废水回用技术，提高水资源利用率；在能源消耗方面，推广使用太阳能光伏系统和地源热泵技术，以减少传统能源的使用。在材料选择上，推广应用可再生建筑材料和高性能保温材料，提升建筑物的能源效率。绿色施工还注重在施工过程中对环境的保护，通过采取降尘、降噪和固废处理等措施，减少施工对周边环境的负面影响。绿色施工的发展及应用为建筑工程的环保与节约提供了新途径，推动了建筑业的绿色转型和可持续发展。

2.3 智能化施工技术的发展及应用

智能化施工技术在现代建筑工程中得到了广泛应用，包括无人驾驶设备、智能监控系统和机器人等。无人驾驶设备通过精准的定位和操作提高了施工效率和安全性，智能监控系统则通过实时数据采集和分析确保施工质量和进度。机器人在复杂和高危险性的工作中显现了其独特优势，不仅提高了工作效率，还减少了人工成本和安全风险。这些技术的融合应用极大地优化了施工流程，推动了建筑行业的转型升级。

3 新型建筑材料与施工工艺的优化

3.1 新型建筑材料的运用

新型建筑材料的运用在现代建筑工程中具有显著意义，它不仅改善了工程性能，还对环境保护产生了积极影响。自愈混凝土是一种广泛应用的新型材料，其通过特殊成分在裂缝出现时自动修复，有效提升建筑结构的耐久性。纳米技术在建材领域的应用，也促进了材料性能的优化，如纳米涂层可增强材料的防腐和耐磨性。再生材料的使用在减轻建筑垃圾对环境的影响方面表现卓越。再生混凝土与钢材的运用，不仅减少了对自然资源的依赖，还降低了材料成本。轻质高强材料如高性能纤维增强复合材料在建筑中的应用，极大地提升了结构的强度和稳定性，并且在运输和施工中节省了能源。在实际应用中，这些新型材料与现代施工技术紧密结合，促进了施工过程的安全性和效率。新型建筑材料的运用不仅推动了建筑工程技术的进步，也为实现建筑行业的可持续发展提供了有效路径。

3.2 施工工艺的优化

施工工艺的优化在现代建筑工程中扮演着重要角色，通过对传统施工流程的重新评估和改良，实现了效率和质量的双提升。智能化设备和数字化平台的引入，如 3D 打印和自动化机械，极大地减少了施工过程中的人为误差，提高了精度和一致性^[3]。模块化建造方法得到广泛应用，通过在工厂内预制构件来缩短建筑周期，并减少现场施工的不确定性。精益施工管理技术的采用，通过精细化的计划和资源调度，最大限度地减少了浪费，提高了施工效率。施工工艺的优化还注重工人的技能提升和安全培训，使工人在适应新技术的同时确保施工安全。这种系统化和集成化的优化措施，不仅提升了整体工程质量，也在成本控制和环境保护中发挥了积极作用。

3.3 对工程安全性和施工周期的影响

新型建筑材料与施工工艺的优化对工程安全性和施工周期具有显著影响。通过使用具有防火、防震特性的创新材料，建筑结构的整体安全性得到增强，减少了事故发生的风险。这些材料通常具备轻质、高强度的特性，使得施工过程中运输和安装更加便捷，从而进一步提高了施工安全。优化的施工工艺，如预制装配式建造技术，极大缩短了施工周期。这不仅提高了工期的可预测性和管理效率，还能降低恶劣天气对施工进度的干扰。更高效的施工流程和技术创新，不仅确保了建筑质量，也为工程的准时交付创造了条件。通过整合新材料与先进工艺，现代建筑行业朝着更安全、更快速的施工目标不断迈进。

4 现代建筑工程施工技术的实践效益与可操作性

4.1 对工程质量的提升

现代建筑工程施工技术在提高工程质量方面发挥了重要作用。信息化建造技术通过 BIM（建筑信息模型）的广泛应用，实现施工全过程的数字化管理，使设计方案更为准确，施工规划与实施更加科学。可视化的设计和施工方案优化，有效降低了设计错误率，提高了施工精准度。绿色施工技术的实施，通过减少污染物排放和节能降耗，确保施工现场环境的安全和可持续性。智能化施工技术引入自动化设备和智能监控系统，加强了现场施工的质量控制，实时检测并反馈工程质量问题，快速响应施工中出现的偏差，保障工程质量的稳定性。新型建筑材料的选用，如自愈混凝土和高性能复合材料，在增强建筑结构强度和耐久性的也提升了整体工程质量。施工工艺的创新，通过精细化管理和模块化施工，提高了工艺流程的一致性和可靠性，为建筑工程的高品质交付提供了坚实基础。这些技术与创新的应用显著提升了工程质量，满足现代建筑的高标准要求。

4.2 工程成本控制的角度

在现代建筑工程中，施工技术的创新在工程成本控制

方面发挥着至关重要的作用。信息化建造技术通过优化资源配置和减少人工浪费,有效降低了施工全过程中的直接和间接成本。绿色施工技术通过减少材料浪费和节能减排,从根本上降低了长期运营和维护成本。而智能化施工技术由于其在监控与管理上的精准性,降低了因人为错误导致的财务损失。尤其是 BIM 技术辅助下的精确预算与优化设计方案,大幅度提高了成本预测的准确性,减少了超支风险。现代施工技术通过数据驱动和流程优化,在不影响工程质量的前提下,实现了成本的有效管控,为建设单位提供了显著的经济效益。现代施工技术的综合应用,成为推动建筑行业实现高质量和低成本发展的重要力量。

4.3 对环境保护的贡献

现代建筑工程施工技术在环境保护方面的贡献主要体现在减少资源消耗和降低环境污染。信息化建造技术通过优化设计和施工过程,减少了材料浪费和能耗。绿色施工技术采用低碳环保的材料和工艺,减少了对自然资源的依赖和温室气体排放。智能化施工技术的应用实现了对施工现场的实时监控和管理,有效减少了施工过程中的环境污染。新型环保材料的应用和施工工艺的改进,不仅提高了建筑物的耐久性和节能效率,也减少了建筑废弃物的产生,促进了建筑工程的可持续发展。

5 现代建筑工程施工技术对可持续发展的影响

5.1 对可持续发展的理解

可持续发展是一种既满足当前需求又不对后代满足其需求的能力造成危害的发展方式。在建筑工程领域,可持续发展强调资源的合理利用、环境保护和社会经济效益的平衡。现代建筑工程施工技术在实现这些目标中扮演着关键角色。在资源利用方面,现代施工技术如信息化建造和智能化施工不断促进资源的高效使用。通过 BIM 技术,可以实现建筑项目的全生命周期管理,从规划设计到施工运营的各个阶段都得到优化,这大大减少了资源浪费和重复建设。例如,通过精准施工以及材料的优化配置,可以减少建筑材料的浪费,提高资源的利用率。在环境保护方面,绿色施工技术的应用具有重要意义。绿色施工不仅通过优化施工过程减少对环境的污染,还通过采用环保材料和节能设备来降低施工对生态环境的负面影响。诸如太阳能板、低能耗设备的使用,不仅降低了施工中的能源消耗,也为项目在运营阶段的环保性能提供了保障。施工过程中对废弃物的管理和处理也更加精细化,确保废弃物的再利用和无害化处理。社会效益同样也是可持续发展的重要组成部分。现代施工技术的创新提

高了工程的效率和质量,缩短了施工周期,降低了成本,从而使得更多的项目能够在更短的时间内完成并投入使用。通过优化施工流程,减少了工期延误的风险,提升了项目的经济效益。

现代建筑工程施工技术在促进可持续发展方面具有多重效应。它不仅提高了资源的利用效率,减少了环境污染,还提升了建筑项目的整体经济效益,为建筑行业的发展提供了更可持续的路径。

5.2 现代建筑工程施工技术的应用现状

现代建筑工程施工技术的应用现状显示,信息化、绿色化和智能化技术在建筑项目中得到了广泛采用。信息化建造通过 BIM 等技术的运用,实现了设计、施工和管理环节的数据互联,提升了整体项目管理效率。绿色施工技术的应用则减少了施工过程中的资源消耗和环境影响,促进了可再生能源的使用。智能化施工技术通过自动化设备和物联网技术,优化施工流程,提高了施工的精准性和安全性。在新型建筑材料方面,轻质高强材料和环保材料的采用,不仅确保了建筑物的质量和耐久性,也降低了施工的碳足迹。这些技术的综合应用对现代建筑工程的可持续发展具有深远影响,为行业树立了新的标准和方向。

6 结语

本研究围绕现代建筑工程施工技术的应用及其前沿发展趋势进行了深入探讨。明确了信息化建造、绿色施工、智能化施工技术及 BIM 技术等提升施工效率和质量、减少资源消耗和环境污染、提升工程管理水平以及优化设计方案等方面的重要价值。它们的广泛应用不仅对提升工程质量具有显著影响,也对工程成本控制和环境保护起到了积极作用。本研究也存在一些局限,如在新技术应用的广度和深度、技术推广的困难、技术成本和效益等方面还有待进一步研究。建议未来的研究工作还应进一步深化当前技术在各类工程项目中的实际运用,特别是在复杂环境下的应用效益,以更全面的视角和更深入的理解推动现代建筑工程施工技术的发展。同时,对于那些尚未广泛应用或者潜力巨大的新技术、新材料,应鼓励进行细致深入的探讨和实践。

参考文献

- [1] 刘帅.现代建筑工程施工技术探讨[J].名城绘,2020(6):438.
- [2] 周海亮.建筑工程施工技术应用研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2023(10):51-54.
- [3] 达传军.现代建筑工程基础施工技术应用[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2019(1).

Key Technologies and Risk Control for Subway Tunnel Construction under Complex Geological Conditions

Liguo Tian

China Railway 11th Bureau Group Urban Rail Engineering Co., Ltd., Dongguan, Guangdong, 523867, China

Abstract

In the construction process of subway tunnels, facing severe challenges posed by complex geological conditions, especially in soft soil layers in the East China region, their characteristics are characterized by loose structure, weak bearing capacity, and high compressibility, which directly leads to many problems such as deformation, subsidence, and infiltration of the tunnel. Therefore, adopting a series of core technologies has become inevitable, including advanced geological prediction, shield tunneling technology, and geological reinforcement technology, aimed at overcoming such geological difficulties. At the same time, strict risk control and scientific management in the construction process are indispensable. More careful and targeted strategies need to be implemented in civil engineering, track layout, and tunnel structure durability to ensure smooth construction and long-term stability and safety of the project. This study explores the core technical means and risk control strategies for subway tunnel construction in complex geological environments through multidimensional analysis, aiming to propose efficient response plans to geological challenges and contribute theoretical support and practical guidance to subway tunnel construction practice.

Keywords

complex geological conditions; subway tunnel; key technologies; risk management

复杂地质条件下地铁隧道施工关键技术及风险控制

田立国

中铁十一局集团城市轨道交通工程有限公司, 中国·广东 东莞 523867

摘 要

在地铁隧道的建设进程中, 面对复杂地质状况构成的严峻考验, 尤其在华东区域的软土层地层, 其特性表现为地层结构疏松、强度低, 且压缩性较高, 直接导致隧道易发生形变、下沉与渗透等诸多问题。因此, 应用一系列核心技术成为必然, 涵盖超前地质预测、盾构掘进工艺及地层强化技术等, 旨在克服此类地质难点。同时, 施工环节中风险的严格管控与科学管理不可或缺, 需在构建筑物、轨道布局及隧道结构耐久性等方面实施更为周密且具有针对性的策略, 确保施工流畅性与项目长期稳固安全。本研究通过多维度分析, 探讨了在复杂地质环境下地铁隧道建造的核心技术手段与风险调控策略, 旨在提出应对地质风险的高效解决方案, 为地铁隧道建设实践贡献理论支撑与实操导向。

关键词

复杂地质条件; 地铁隧道; 关键技术; 风险控制

1 引言

地铁隧道建设作为城市基础设施的关键要素, 尤其在华东区域显得尤为重要, 该地区的地质环境复杂多变, 软土层的普遍存在给隧道修建带来了重大的技术挑战。因此, 探索并实施有效的策略以确保在如此复杂的地质条件下隧道施工进程的顺畅, 成为当前亟须应对的课题。施工实体需在技术革新与风险管理上双管齐下, 不仅要强化内部管理, 还要勇于创新, 以此来确保地铁隧道建设的安全性 with 工程质量能够达标。

【作者简介】田立国(1989-), 男, 中国湖北潜江人, 本科, 工程师, 从事城市轨道交通、地下工程研究。

2 隧道施工经常出现的地质情况

2.1 软土地层的松散性和高强度压缩性

华东地区的软土地带主要集中于长江三角洲区域, 土体构成主要为淤泥质土、黏土、砂层, 其基本特性体现为土质疏松、孔隙度高及水分饱和。在这样的地质环境下, 土体承受力极为有限, 施工环节中易发生地层形变甚至地面下沉情况, 尤其在隧道挖掘施工期间。采用盾构法施工时, 软弱的土体易在压力作用下发生坍塌, 从而影响隧道周围土体的稳定性。另外, 软土地层的高强度压缩性进一步增加了地面沉降的风险, 这一问题在地下水状态受到干扰时更为严峻, 对隧道建设的安全稳定构成了重大考验^[1]。

2.2 软土层中的地下水丰富

华东地区的软土地带蕴含了丰富的地下水资源, 尤其

是在沿海区域及河网密布地带，地下水位表现得尤为突出。这一地质特点不仅加剧了隧道挖掘过程中水分渗透的风险，还致使土体强度的减损，施工挑战显著增加。当软土层达到饱和状态，土体颗粒间的黏聚力下降，导致隧道周边的土体更易发生形变乃至塌陷。因此，隧道施工对于防水性能的要求被提升到了新的高度，要求隧道衬砌材料必须具有卓越的防水特性。另外，地下水的渗入还可能诱发电化学腐蚀、土体软化等一系列问题，施工环节中必须强化排水及防水策略，以应对这些潜在威胁。

2.3 土体流动性和不均匀沉降

华东地区的软土层表现出较高的流变特性，尤其是在地下水充沛的环境下，外力作用易于诱发土层的位移乃至流动现象。隧道挖掘工序中，这种土体质地的流动性问题可触发地表不平衡沉降，使得隧道构造承受非均匀压力分布，进而可能引发衬砌结构的裂纹生成或形态变化。此外，地表构筑物及邻近的地铁线路系统也有可能因基础沉降而遭受损害，表现出裂缝生成、倾斜、沉降甚至塌方等不良后果，此外，还可能导致管线破裂、地基不均匀沉降引发的设备损坏、墙体脱落，以及地下设施渗水等问题^[2]。

3 复杂地质条件下地铁隧道施工关键技术

3.1 超前地质预报技术

地质超前预测技术是地铁隧道施工安全不可或缺的工具，尤其在地质构成复杂的环境中，其重要性更为显著。该技术能够在隧道挖掘作业前实现对即将面临的地质状况的精细勘探，预判诸如软土地层的不稳定性、高水位地带及潜在空腔或断层等风险因素，为施工策略的制定提供坚实的科学基础。通过运用此技术，可以大幅度减少突发地质灾害事件的发生概率，强化施工环节的安全保障与可操作性，同时指导施工技法的选择与工程项目设计。

3.2 盾构施工技术

在复杂地质环境下，隧道挖掘的关键技术之一便是盾构施工技术，它在诸如软土地质的地铁隧道建设中展现出极高的适应性。该技术依托于盾构机（图1）的精密操作，保障了隧道开挖过程的持续稳定状态，同时大幅度降低了周边地层的干扰程度，有效抑制了地层坍塌及不平衡沉降现象的发生风险。盾构机械的前进机制与其支撑体系协同作业，确保了隧道内部与外界压力的均衡，防止土体结构变动及地面沉降问题。此外，该技术还表现出优越的防水特性，即使在渗水环境下也能保证施工的连贯性，并减轻水分侵入对隧道建构的不良影响，从而在软土地质应用中显著增强了隧道建设的安全等级与作业效率^[3]。

3.3 地层加固技术

在进行地铁隧道施工穿越软土地层的情况下，实施地层加固措施是确保施工安全性与隧道结构稳定性的关键策略。该技术致力于提升地层数承载性能，加固土体以稳固其

结构，同时削减地层流动可能性与地面沉降的潜在风险。针对软土地层特有的疏松度高与高压缩性问题，加固技术能大幅度改善土体强度特性，有预防隧道挖掘期间发生土体崩塌或形态变异的效用。此外，它不仅巩固了隧道的结构稳定性，还显著延长了隧道的服务寿命，缩减了未来维修及修复所需的开支。



图1 盾构机——挖掘地铁隧道的“铁蚯蚓”

3.4 隧道衬砌技术

在复杂地质环境下，地铁隧道建设中的隧道衬砌技术扮演着不可或缺的角色。通过精心设计的衬砌结构与严谨的施工工艺，能有效抵挡地层挤压所导致的外部应力，确保隧道挖掘期间及后期运营免受形变困扰。此技术不仅赋予隧道必要的支撑力，还显著提升了其防水效能，尤其在诸如软土层或富含地下水的地质条件下更为关键。选用高水准的衬砌技术，旨在加强隧道结构的稳固性和长久性，缩减渗漏风险^[4]。

4 复杂地质条件下地铁隧道施工的风险控制策略

4.1 地质勘探与评估的精准化

在复杂地质环境下，实现地质勘查与评估的高精度是地铁隧道建设中风险管理的首要步骤。以华东区域为例，其特有的软土层展现出多样化的土质构成与水文特性，因而，在施工筹备阶段，综合运用多种尖端勘查技术，包括钻探、物探、声纳探测及地下水位监控等手段，来收集全面的地质数据显得尤为重要。这些技术手段助力工程师系统分析土体的物理特性和力学行为，辨别土层结构及可能存在的弱点。同时，构建一个地质信息动态更新系统，在施工期间持续监视现场地质状况的变化，保证施工策略能及时调整与完善，显得尤为关键。通过上述高精度的勘查与评估流程，工程团队能预先察觉地质风险，如地面沉降、地下水渗入或土体移位等，为制定既科学又具备可操作性的施工规划奠定基础。这种侧重于风险预控的管理模式极大降低了施工期间的不可预见性，并容许在施工前期采取精确的加固措施，保障隧道建设项目平稳推进与安全运维^[5]。

4.2 施工过程中的监控量测

强化即时监控与测量工作致力于实时捕获地层变动及隧道构造的动态信息，为有效实施风险管控提供坚实的数据

支撑。以华东区域的软土地质施工为例,常规采用的监控方法涵盖了沉降观测、隧道内部应力监测及地表形变监测等。通过设置沉降观测点并周期性测定地面高度的微小变化,沉降观测能迅速识别由土体压缩或地下水位波动导致的下沉现象。隧道内部应力监测则可直观反映出隧道结构实际承受的压力负荷,确保结构的稳固性。至于地表形变监测,则运用激光测距仪、全站仪等先进工具,严密监视地表的任何畸变迹象,尽早预警潜在安全隐患。这些第一手监控资料为工程团队提供了宝贵的反馈,使他们在施工作业中得以灵活调整施工参数,优化施工作业流程,从而预先排除地质灾害的突发可能。另外,加大对监控数据分析力度与归纳总结,有助于辨识趋势与规律,进一步细化施工操作的精确度与安全性。同步实施定期地质风险复审,并结合现场监控的实时反馈,可全方位把握施工地带的地质面貌,为施工安全再添一层保障。

4.3 土体加固

在华东区域内的软土地质环境中,提升土体稳定性和管理地下水排放是确保地铁隧道建设安全的关键风险管控策略。这类软土地层通常表现出高孔隙度及高压缩性的特征,由此引发的承载力不足问题易导致地表沉降及坍塌等安全隐患。通过实施注浆加固技术、使用搅拌桩等方式,可以显著增强土体的承载能力。这些加固措施可以在施工前或施工过程中进行,旨在改良土体的物理属性,从而降低由于土体流动性带来的施工风险。在盾构法掘进作业中,土体加固至关重要,能够有效提升土层的稳定性,防止地下水及其他外部因素对土体结构的侵蚀。此外,采用多种加固技术的组合应用,能够进一步提升土体的抗压和抗剪强度,为地铁隧道的施工提供更为坚实的基础。针对不同的土体条件,合理选择加固方案,并进行动态评估与调整,是确保土体加固效果的关键。

4.4 应急预案与安全管理

针对华东区域地铁隧道建造中遭遇的软土层特性及其带来的复杂与不确定性挑战,彻底规避风险实属不易,故此,制定周密的应急计划显得极为关键。该计划需全面涵盖各类可能突发险情,涉及地面下陷、隧道渗透、机械故障及人员伤亡等。透过全面性的风险评估程序,可精准辨识出潜在高发风险类别,并依据风险特质,规划相匹配的紧急应对策略。预案内容应融入快速疏散指引、应急救援程序及资源配置蓝图,确保在不测事件突发之际能迅速且高效地做出响应。此外,应该确保应急救援队人员接受严格的安全教育、培训,使队员熟练掌握安全操作规范及应急流程。定期执行安全演习活动,旨在提升工人的应急反应速度,为实战中的应急处置积累宝贵经验(图2)。同时,施工设备的维护与监管一

样重要,定期实施检查与保养作业,确保持久稳定的机械性能,从而降低因器械故障而触发安全事故的概率。最后,现场管理层需建立健全信息反馈系统,即刻搜集并剖析施工进程中的安全信息,定期复审与更新应急方案,以适配不断变化的施工环境^[6-8]。



图2 应急演练——地铁隧道施工涌水涌砂应急实战

5 结语

面对复杂地质环境下的建设难题,地铁隧道工程在华东区域软土层中遭遇了多重挑战,亟须采取精确有效的技术策略及风险管控办法。通过科学化的施工工艺与前沿技术、工具的融合,并实施严格的安全生产管理体系,可以保障地铁隧道建造的平稳推进与长期安全运维,从而增强城市轨道交通系统的稳固性与信赖度。此举不仅能够有效缓解城市交通的拥堵状况,还促进了区域经济的蓬勃增长。

参考文献

- [1] 王震.西安地铁地裂缝段隧道结构及防水技术研究[J].西北大学学报:自然科学版,2011,41(3):4.
- [2] 门玉明,张结红,刘洪佳,等.西安地铁隧道穿越地裂缝带的计算模型探讨[J].地球科学与环境学报,2011,33(1):6.
- [3] 韩日美,王彦臻.西安地铁二号线降水技术总结与探讨[J].陕西建筑,2008(12):5.
- [4] 洪辉.城市民用建筑岩土工程勘察技术的应用[J].广西质量监督导报,2008(6):2.
- [5] 董天军,赵蓓蕾.深圳地铁某区间暗挖隧道渗漏水治理[J].低温建筑技术,2011(4):2.
- [6] 赵鹏程,周奇林.国内深基坑支护设计中常遇到的问题与解决措施[J].广州中山大学学报,2018(6).
- [7] 侯俊玉,卢海娜.不断创新企业内部会计控制以提高会计信息质量[J].经济技术协作信息,2010(24):1.
- [8] 陈磊.地质勘查单位会计信息质量对资本市场的影响分析[J].财会通讯:综合(中),2019(6).

Analysis of Underground Pipeline Construction Technology in Municipal Engineering Construction

Benlian Chai Yuexing Wu Changshen Xu

Shandong Datong Construction Group Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250000, China

Abstract

With the acceleration of the urbanization process, the scale of municipal engineering construction continues to expand, underground pipeline as an important part of urban infrastructure, its construction quality is directly related to the stability of urban operation and the quality of life of residents. However, there are many technical problems in the process of underground pipeline construction, such as complicated geological conditions, many kinds of pipelines, and bad construction environment. Research on underground pipeline construction technology in municipal engineering construction is of great significance for improving construction quality and ensuring safe operation of city. This paper aims to discuss the construction technology of underground pipeline in municipal engineering construction, analyze its importance, existing problems and corresponding solutions, so as to improve the quality and safety of underground pipeline construction.

Keywords

municipal engineering; underground pipeline; construction technique

市政工程施工中的地下管线施工技术分析

柴本联 吴曰兴 徐长申

山东省大通建设集团有限公司, 中国 · 山东 济南 250000

摘 要

随着城市化进程的加快, 市政工程建设规模不断扩大, 地下管线作为城市基础设施的重要组成部分, 其施工质量直接关系到城市运行的稳定性和居民生活质量。然而, 地下管线施工过程中面临着诸多技术难题, 如地质条件复杂、管线种类繁多、施工环境恶劣等。对市政工程施工中的地下管线施工技术进行研究, 对于提高施工质量、保障城市安全运行具有重要意义。论文旨在探讨市政工程施工中地下管线施工技术, 分析其重要性、存在的问题及相应的解决措施, 以提高地下管线施工的质量和安全性。

关键词

市政工程; 地下管线; 施工技术

1 引言

对地下管线施工技术的深入研究, 可以优化施工方案, 提高施工效率, 降低施工成本, 确保地下管线施工质量。论文针对市政工程施工中的地下管线施工技术进行分析, 旨在探讨地下管线施工过程中的关键技术要点, 为实际施工提供理论依据。

2 市政工程施工中地下管线施工技术分析

2.1 地下管线施工前的准备工作

2.1.1 管线调查和探测

收集项目所在区域的地下管线资料, 包括管线类型、走向、埋深、管径、材质、权属单位等信息。对项目现场进

行实地勘察, 了解地下管线分布情况, 确认管线位置、走向、埋深等。使用管线探测仪器, 如管线探测仪、雷达探测仪等, 对地下管线进行探测, 确保探测结果的准确性^[1]。

2.1.2 施工方案设计

根据管线调查和探测结果, 结合施工现场实际情况, 编制施工方案, 明确施工工艺、施工顺序、施工方法等。明确施工组织架构、人员配备、施工进度、质量保证措施等。制定施工安全措施, 确保施工过程中人员、设备、环境的安全。

2.1.3 现场布置和准备

根据施工方案, 合理布置施工现场, 确保施工顺利进行。提前准备施工所需的设备, 如挖掘机、吊车、运输车辆等。提前准备施工所需的材料, 如管道、管件、防腐材料等。对施工人员进行技术培训和安全教育, 提高施工人员的综合素质。

【作者简介】柴本联, 男, 中国山东济南人, 本科, 高级工程师, 从事市政道路、园林景观工程施工研究。

2.2 地下管线的开挖和支护技术

2.2.1 开挖方法的选择

根据地下管线施工的具体情况,选择合适的开挖方法。常见的开挖方法有明挖法、暗挖法、顶管法、盾构法等。明挖法适用于浅层地下管线施工,施工速度快,成本低,但易影响周边环境。暗挖法适用于深层地下管线施工,对周边环境影响较小,但施工难度大,成本较高^[2]。顶管法适用于地下管线穿越障碍物或需要保护既有设施的情况,施工速度快,对周边环境影响小。盾构法适用于大直径、长距离的地下管线施工,施工速度快,对周边环境影响小,但设备投资大。

2.2.2 支护结构的设计和施工

支护结构的设计应考虑地下管线施工的地质条件、开挖深度、地下水位等因素。常见的支护结构有土钉墙、锚杆支护、喷射混凝土支护、钢支撑支护等。土钉墙适用于浅层地下管线施工,施工速度快,成本低。锚杆支护适用于深层地下管线施工,对围岩的加固效果较好。喷射混凝土支护适用于围岩稳定性较差的地下管线施工,施工速度快,成本较低。钢支撑支护适用于围岩稳定性较差、开挖深度较大的地下管线施工,施工速度快,成本较高。

2.2.3 地下水的处理

地下水的处理方法有排水法、降水法、截水法等。排水法适用于地下水位较高、排水条件较好的地下管线施工。降水法适用于地下水位较高、排水条件较差的地下管线施工,如井点降水、深井降水等。截水法适用于地下水位较高、需要保护既有设施或周边环境的地下管线施工^[3]。在地下管线施工过程中,应根据实际情况选择合适的地下水处理方法,确保施工安全和工程质量。

2.3 地下管线的铺设和连接技术

2.3.1 管线的铺设方法

挖沟法是最常见的管线铺设方法,适用于地下管线较浅的情况。根据设计图纸确定管线走向,进行现场测量。按照测量结果开挖沟槽,确保沟槽深度符合设计要求。在沟槽底部铺设垫层,保证管线稳定。将管线按照设计要求铺设在垫层上。回填沟槽,并进行压实。钻孔法适用于地下管线较深或地形复杂的情况。根据设计图纸确定管线走向,进行现场测量。选择合适的钻孔设备,按照测量结果进行钻孔。将管线按照设计要求铺设在钻孔内。对钻孔进行封堵,确保管线安全。水平定向钻法适用于地下管线穿越河流、道路等复杂地形的情况。根据设计图纸确定管线走向,进行现场测量。选择合适的水平定向钻设备,按照测量结果进行钻孔。将管线按照设计要求铺设在钻孔内。对钻孔进行封堵,确保管线安全。

2.3.2 管线的连接方式

焊接连接适用于金属管线的连接,具有连接强度高、密封性好等特点。对管线进行清洗、除锈,将管线加热至焊接温度,使用焊接设备进行焊接,对焊接部位进行冷却、检查。法兰连接适用于不同材质管线的连接,具有安装方便、

拆卸快捷等特点。将法兰安装在管线上,将另一根管线与法兰连接,使用螺栓紧固法兰,确保连接牢固^[4]。热熔连接适用于塑料管线的连接,具有连接强度高、密封性好等特点。将管线加热至熔融状态,将熔融的管线插入另一根管线,等待管线冷却固化。

2.3.3 接口的处理和密封

在管线连接前,应对接口进行处理,确保连接质量。对管线接口进行清洗、除锈,检查接口尺寸是否符合要求,对接口进行打磨、抛光。为确保管线连接的密封性,使用密封胶、密封垫等材料,对连接部位进行涂抹、填充,检查密封效果,确保无泄漏。

2.4 地下管线的回填和压实技术

2.4.1 回填材料的选择

回填材料应选择符合国家相关标准和规定的材料,如砂、碎石、砾石等。回填材料应具有良好的透水性、稳定性和耐久性,以确保地下管线的安全运行。回填材料应经过筛分,去除杂质和石块,确保回填材料的均匀性。回填材料应具有一定的压实度,以满足地下管线的承载要求。

2.4.2 回填的方法和要求

回填前,应对地下管线进行检查,确保管线无损坏、变形等问题。回填材料应分层回填,每层厚度不宜超过30cm。回填过程中,应采用人工或机械方式进行压实,确保回填材料的密实度。回填材料应均匀分布,避免出现局部压实度过高或过低的情况。回填完成后,应对回填材料进行检测,确保压实度达到设计要求。

2.4.3 压实的标准和方法

回填材料的压实度应达到设计要求的85%以上。人工压实采用人力或小型机械进行回填材料的压实,适用于小面积回填。机械压实采用压路机、振动压路机等大型机械进行回填材料的压实,适用于大面积回填。振动压实采用振动压路机等设备进行回填材料的压实,适用于对压实度要求较高的场合。压实速度不宜过快,以免影响回填材料的密实度^[5]。压实过程中,应保持回填材料的均匀性,避免出现局部压实度过高或过低的情况。压实完成后,应对回填材料进行检测,确保压实度达到设计要求。

3 市政工程施工中地下管线施工的质量控制

3.1 质量控制的要点和标准

管线的位置和高程控制方面,严格按照设计图纸要求,准确确定管线位置,确保管线在施工过程中不偏离设计位置。对管线高程进行精确测量,确保管线高程符合设计要求,避免因高程误差导致管线功能受限或损坏。管线的材质和规格控制方面,选用符合国家标准 of 的管线材料,确保管线质量。根据设计要求,选用合适的管线规格,确保管线在施工和使用过程中满足承载能力和使用寿命。管线的连接质量控制方面,严格按照施工规范和工艺要求,进行管线连接作业。确保连接部位密封性良好,防止泄漏和渗水。对连接部位进行

严格检查,确保连接牢固、可靠。回填和压实质量控制方面,回填材料应选用符合要求的土质,确保回填质量。回填过程中,严格控制回填厚度,确保管线周围回填均匀。采用合适的压实设备和方法,对回填土进行压实,确保压实度达到设计要求。

3.2 质量检测的方法和手段

3.2.1 外观检查

外观检查是地下管线施工质量检测的基础环节。检查管材、管件等原材料的外观质量,确保无裂纹、变形、锈蚀等现象。检查管道接口的连接质量,确保接口严密、牢固。检查管道的埋设深度、坡度、走向等是否符合设计要求。检查管道周围土方的回填质量,确保回填土密实、平整。

3.2.2 无损检测

无损检测是利用物理、化学、生物等方法,对地下管线进行非破坏性检测的一种手段。超声波检测通过超声波在管道中的传播速度和衰减情况,判断管道内部缺陷;射线检测利用X射线、 γ 射线等射线源,对管道进行透视,观察管道内部缺陷;磁粉检测利用磁粉在管道表面吸附,观察管道表面缺陷;渗透检测利用渗透液在管道表面渗透,观察管道表面缺陷。

3.2.3 压力及闭水试验

水压试验将管道充满水,施加一定压力,观察管道是否有泄漏、变形等现象;气压试验将管道充满压缩空气,施加一定压力,观察管道是否有泄漏、变形等现象。闭水试验将管道两端封闭,向管道内充水,观察管道是否有渗漏现象;闭气试验将管道两端封闭,向管道内充气,观察管道是否有泄漏现象。

4 市政工程施工中地下管线施工的安全管理

4.1 安全风险分析和评估

4.1.1 施工过程中的危险因素识别

地下管线施工前,需对地质条件进行详细勘察,了解地层结构、地下水情况等,以识别可能存在的地质风险。施工现场环境复杂,存在高空作业、深基坑、有限空间作业等高风险作业,需识别相关危险因素。施工设备存在机械伤害、电气伤害等风险,需对设备进行检查和维护,确保其安全运行。施工材料存在火灾、爆炸等风险,需对材料进行分类存放,并采取相应的防火、防爆措施。地下管线施工可能对周边环境造成影响,如地下水污染、土壤污染等,需识别相关风险。

4.1.2 风险评估和等级划分

根据危险因素的识别结果,对施工过程中的风险进行评估,包括风险发生的可能性、风险发生的严重程度、风险暴露时间等因素。根据风险评估结果,将风险划分为四个等级,高风险发生的可能性高,风险发生的严重程度大,风险暴露时间长。中风险发生的可能性较高,风险发生的严重程度较大,风险暴露时间较长。低风险发生的可能性较低,风险发生的严重程度较小,风险暴露时间较短。可忽略风险发生的可能性极低,风险发生的严重程度极小,风险暴露时间极短。

4.2 安全管理措施和应急预案

4.2.1 建立和完善安全管理制度

制定地下管线施工安全管理制度,明确各级人员的安全责任和权限。建立安全检查制度,定期对施工现场进行安全检查,确保各项安全措施落实到位。建立安全事故报告和处理制度,对发生的安全事故进行及时报告、调查和处理。制定安全操作规程,规范施工人员操作行为,降低安全事故发生率。

4.2.2 安全教育和培训

对施工人员进行安全教育和培训,提高其安全意识和自我保护能力。定期组织安全知识竞赛、安全演讲等活动,增强施工人员的安全意识。对新入职的施工人员进行岗前安全培训,确保其具备必要的安全知识和技能。

4.2.3 落实安全防护措施

施工现场设置安全警示标志,提醒施工人员注意安全。对施工现场进行围挡,防止无关人员进入施工区域。对施工设备进行定期检查、维护,确保设备安全运行。对施工人员进行安全防护用品的发放和检查,确保其正确佩戴和使用。

4.2.4 应急预案制定和演练

制定地下管线施工安全事故应急预案,明确事故发生时的应急响应程序和措施。定期组织应急演练,提高施工人员应对突发事件的能力。建立应急物资储备库,确保应急物资充足。与周边单位建立应急联动机制,共同应对突发事件。

5 结论

地下管线施工前的准备工作至关重要,应充分了解地质条件,制定合理的施工方案,确保施工顺利进行。地下管线施工过程中的关键技术是保证施工质量的关键。在土方开挖、沟槽支撑、管道安装等环节,应严格按照规范要求进行操作,确保施工质量。地下管线施工中的质量控制与安全管理是保障施工顺利进行的重要环节。应加强施工现场管理,严格执行安全操作规程,确保施工安全。地下管线施工后的验收与维护是确保管线长期稳定运行的关键。应严格按照验收标准进行验收,对发现的问题及时整改,加强管线维护,延长管线使用寿命。通过对市政工程施工中的地下管线施工技术进行分析,可以为实际施工提供有益指导,提高施工质量,保障城市安全运行。

参考文献

- [1] 刘旭晨,朱亚飞,盛晓冬,等.市政工程施工中地下管线施工技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023(29):128-130.
- [2] 林淇.浅谈如何做好市政工程施工中地下管线网络的保护[J].建筑与预算,2023(9):80-82.
- [3] 冉瑞尧.市政工程施工中的地下管线施工技术[J].城市建设理论研究(电子版),2023(21):128-130.
- [4] 郝玉龙.市政工程施工中地下管线施工技术的应用分析[J].科技资讯,2023,21(7):78-81.
- [5] 孙达.市政施工中地下管线施工技术[J].四川建材,2023,49(1):93-94.

Strengthen the Management of Safety Production in Rail Transit Building Construction Decoration

Xiaoming Qi

Jinan Rail Transit Group Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250100, China

Abstract

With the acceleration of urbanization and the rapid development of rail transit construction, the quality of building decoration construction is very important. The paper focuses on the construction and decoration of rail transit buildings, analyzing safety risks such as high-altitude operations, electrical safety, cross operation, environmental factors, and confined space operations; This paper elaborates on the significant importance of strengthening safety production management, including ensuring the safety of construction personnel, guaranteeing project quality and progress, cultivating employees' safety awareness and sense of responsibility, enhancing urban image and quality, and promoting industry technological progress; A plan has been proposed to clarify safety production management objectives, improve organizational systems and responsibilities, establish safety production management systems, and adopt safety management measures, providing reference for the safety management of rail transit building decoration construction.

Keywords

rail transit; building and decoration; safety production management

加强轨道交通建筑装饰施工安全生产管理工作

齐晓明

济南轨道交通集团有限公司，中国·山东 济南 250100

摘 要

随着城市化进程加速，轨道交通建设迅速发展，其建筑装饰施工质量至关重要。论文针对轨道交通建筑装饰施工，分析了高空作业、用电安全、交叉作业、环境因素及有限空间作业等安全风险；阐述了加强安全生产管理工作的重大意义，包括保障施工人员生命安全、确保工程质量和进度、培养员工安全意识和责任感、提升城市形象和品质以及推动行业技术进步；提出了明确安全生产管理目标、完善组织体系与职责、建立安全生产管理制度和采取安全管理措施等方案，为轨道交通建筑装饰施工的安全管理提供参考。

关键词

轨道交通；建筑装饰；安全生产管理

1 引言

随着城市化进程的加速，轨道交通建设作为城市的重要基础设施，得以迅速发展，其建筑装饰的施工质量不仅关系到城市的形象，也直接影响着乘客的安全感和舒适性。轨道交通装修工程对于提高轨道交通的运营效率有着积极的作用，良好的导向标识和功能分区可以帮助乘客迅速便捷地完成换乘、进出站等流程，减少拥堵和混乱，以便轨道交通系统更加高效有序地运行，进而为城市的交通发展和经济建设发挥出重要的支撑作用。在实际情况中，由于轨道交通建筑装饰的施工环境具有施工周期长、涉及专业多、施工环境复杂等特点，其安全管理面临着诸多挑战。因此，探索加强轨道交通建筑装饰施工安全生产管理的有效措施，可以降低施

工过程中的安全风险，保障施工人员的生命安全和身体健康，也可以为中国轨道交通建筑装饰工程行业提供有力的保障。

2 轨道交通建筑装饰施工安全风险分析

2.1 高空作业风险

施工人员在轨道交通车站空间里进行吊顶安装、墙面装饰等作业时，不可避免的，长期要在高处开展工作。据统计，在轨道交通建筑装饰施工中，高空作业事故约占总安全事故的 30% 左右，一旦发生坠落事故，将对施工人员造成严重的伤害，甚至会危及生命。例如，脚手架的搭建可能存在扣件松动的情况，稍有晃动就会使施工人员失去平衡，又或者安全带、安全绳等防护设备出现磨损、毁坏、老化，无法有效发挥保护作用。这些情况都会导致施工过程中安全问题的发生，不仅会对施工人员自身的安全带来极大威胁，同时还会影响整个轨道交通工程的施工进度和质量，并引发一系列的后续问题^[1]。

【作者简介】齐晓明（1981-），男，中国山东济南人，本科，高级工程师，从事建筑、轨道交通工程研究。

2.2 用电安全风险

在轨道交通建筑装修施工中，部分施工人员为了方便作业，往往不按照规范进行电线连接，极易出现私拉乱接电线的现象，这不仅容易导致电线破损、电路短路，还可能引发火灾事故。另外，电气设备的老化和损坏也是可能存在的重要安全隐患，有的施工单位为了降低成本使用老旧的电气设备，陈旧设备可能存在绝缘性能下降或者漏电等问题，就会对施工人员的生命安全构成隐形威胁。违规用电还可能导致施工现场的照明度不足，进而影响施工人员的视线亮度，使发生意外事故的潜在风险增加。同时，不规范的用电行为还可能干扰到施工现场的其他设备正常运行，从而影响施工的进度和质量。

2.3 交叉作业风险

由于轨道交通建筑装修施工通常涉及多个专业领域和施工队伍的共同参与，施工现场往往存在大量的交叉作业情况。施工人员、施工材料和机械设备在有限的空间内频繁交互，形成了复杂的作业环境，使得施工人员可能面临高处坠物和物体打击等直接威胁人身安全的隐患。同时，不同施工队伍之间作业界限模糊，若缺乏有效的沟通和协调，就容易出现施工冲突和误解，进一步加剧安全风险，也会导致施工质量的波动。因此，对交叉作业风险的管控和防范是轨道交通，建筑物装修施工中不可忽视的重要课题。

2.4 环境因素风险

轨道交通建筑装修施工通常在地下或封闭的空间内进行，施工环境较为恶劣，施工现场易产生大量粉尘，若未采取有效的防尘措施，长期吸入粉尘会对施工人员的呼吸系统造成严重的损害。施工过程中还会产生大量的噪声，如果不加以控制并采取防护手段，将会对施工人员的听力健康及精神状态造成损伤。此外，一些装修材料还会释放有害气体，通风不良会使施工人员面临中毒危险。有些地下施工还可能遭遇到地下水涌和塌方等灾害，若未能在施工前充分对地质情况进行勘察并采取相应的支护和加固措施，一旦发生灾害，后果将不堪设想^[2]。

2.5 有限空间作业风险

轨道交通建筑装修施工的作业空间往往较为狭小密闭，施工人员进行装修作业时，身体活动受到极大限制，容易引发身体疲劳并导致操作失误，增加事故发生的概率。其次，由于空间有限，内部照明也不够完善、通讯设备信号不够良好，若施工人员在作业过程中发生意外，难以与外界及时取得联系并获得救援。此外，这类空间还容易发生坍塌、物体打击等事故，有限空间的特殊环境会使得救援难度增大，给遭遇意外的施工人员生命安全带来巨大威胁。

3 加强轨道交通建筑装修施工安全生产管理工作的重大意义

3.1 保障施工人员生命安全

轨道交通建筑事故中高空作业、电气作业和有限空间

作业等危险的工作环节极易发生安全事故。在高空作业时，一旦安全防护措施出现疏漏，施工人员面临着极高的坠落风险；电气作业中，由于涉及高压电和复杂的电力系统，如果出现违规操作，容易引发触电事故，对施工人员的生命安全构成严重威胁；而在有限的空间内施工作业时，若不能进行气体检测和通风，可能使工作人员面临中毒、窒息等极端危险。因此，加强安全生产管理可以通过完善安全制度、规范操作流程以及提供充足的安全防护设备，为施工人员创建一个可靠的工作环境，切实保障他们的生命安全。

3.2 确保工程质量和进度

一方面，安全生产管理工作的加强，有助于规范轨道交通建筑装修施工的工作流程，提高施工质量。在严格的监管下，施工人员能够按照既定的标准和规范进行操作，从而更加注重细节，减少因操作不当或疏忽大意造成的质量问题。另一方面，安全事故会直接损坏施工材料设备，对已完成的装修工程内容造成破坏，影响工程的质量。同时，安全事故的发生必然导致停工整顿，调查事故原因、修复受损区域等都需要耗费大量的时间，从而严重拖延工程的进度、增加施工成本。因此，通过加强安全生产管理，能有效减少安全事故发生，保证施工过程的顺利进行和工程质量达标。

3.3 培养员工安全意识和责任感

加强安全生产管理，需要对施工人员进行持续的安全教育培训，增强他们的安全意识和对安全操作规程的认知与理解。员工在接受培训的过程中，能够深入理解施工中可能遇到的各种风险和应对措施，了解安全法规，掌握安全操作方法，从而增强自身的保护能力和防范能力。安全生产管理要求员工在施工过程中严格遵守安全规定，这会使得员工逐渐意识到自己的每一个行为都与施工安全息息相关，使他们认识到安全生产不仅是企业的要求，更是对自己 and 他人生命负责的体现，从而更加珍视自己的职责，有助于培养员工的道德使命感和职业责任感。

3.4 提升城市形象和品质

在城市化进程日益加速的今天，作为城市交通的主动脉，轨道交通建筑装修施工的质量和安全性不仅关乎乘客的出行体验，更直接反映了一个城市的形象与品质。加强安全生产管理意味着对轨道交通建筑装修施工的每一个环节都进行严格的监管和控制，这不仅能够有效避免施工事故的发生，还能够提升轨道交通建筑的整体美观度和舒适度，为市民提供更加优质的出行环境和出行体验。同时，一个安全、舒适、美观的轨道交通系统，不仅能够提升城市的整体形象，增强城市的吸引力和竞争力，还能够促进城市经济的着重发展和社会进步。因此，确保装修施工过程的规范和安全，能够提高装修工程的质量，为城市打造出高品质的轨道交通设施，展现城市的现代化风貌和人文关怀。

3.5 推动行业技术进步

在安全生产管理的大背景下，轨道交通建筑装修施工行业不得不面对和解决一系列技术难题，这在一定程度上促

进了行业技术的革新与进步。一方面,安全生产管理要求施工企业不断优化施工工艺,采用更加先进、更加安全的施工技术和设备。这种需求推动了施工企业对技术研发的投入增加,促进了新技术、新工艺的研发与应用。例如,施工企业需要采用智能监测系统实时监控施工现场的安全状况,使用新型的安全防护材料和设备,以提高施工的安全性和效率。另一方面,安全生产管理也能够促进企业之间的技术交流和与合作,在共同应对安全挑战的过程中,施工企业可以相互借鉴和学习先进的安全管理经验和方法,从而推动整个行业的技术水平进步^[3]。

4 加强轨道交通建筑装饰施工安全生产管理工作方案

4.1 明确安全生产管理目标

轨道交通建筑装饰施工应确立清晰的目标,如杜绝重大伤亡事故、将一般事故发生率严格控制在行业标准以下。确保施工现场安全防护设施完备且设置到位率达到百分百,让施工人员的个人防护用品配备齐全。同时,大力开展安全教育培训,实现培训覆盖率百分百,提升施工人员安全意识与操作技能。并且,应当建立健全安全生产管理体系,保证安全生产管理制度的执行率达到百分百,为施工安全提供坚实保障。

4.2 组织体系与职责

其一,要成立安全生产领导小组作为整个安全生产管理工作的领导核心。该小组应当由企业高层管理人员亲自挂帅,成员应当涵盖工程技术、安全质量等多个关键部门的负责人,通过制定安全生产方针、目标和决策,分析研究安全生产形势,协调解决安全生产中面临的重大问题,统筹安排安全生产工作。

其二,明确各部门安全管理职责,对于工程技术部门应当负责施工过程的组织设计和专项施工方案,并对施工人员进行技术交底,确保符合安全规范;对安全管理部门应该负责安全管理制度的制定、执行与监督,定期组织安全教育和开展安全检查,及时发现与消除安全隐患;对于物资设备部门负责采购和供应符合安全标准的施工材料、机械设备和防护用品,并定期对施工设备进行维护保养与维修检查,确保设备正常运行。

4.3 安全生产管理制度

制定一系列安全生产管理制度,是确保轨道交通建筑装饰施工顺利进行的关键举措。在安全生产教育培训方面,新入场的施工人员必须接受三级安全教育培训,考核优秀后方可参与工作,同时,定期组织施工人员参加安全知识的更新和专项技能的培训,特种作业人员则必须持证上岗;在安全技术指导方面,工程技术部门在编制施工方案时,需要制定安全技术措施,并向施工人员进行书面交底,在施工前,施工负责人还需向班组人群和作业人员做出详细交底,以确

保每位施工人员都了解施工过程中的安全风险及应对措施;在安全检查方面,项目部要每周都对工程进度进行全面检查,施工班组每天采取班前、班中、班后随时抽查的方法,一旦发现存在安全隐患,就及时下达整改通知并闭环管理;在产品管理方面,应当建立安全防护用品和机械设备采购、验收、使用管理做详尽记录,定期对其使用情况进行维护保养与检查,对损坏或损毁的用品及时更换,对存在安全隐患的设备及时维修或报废处理;在消防安全方面,制定施工现场消防安全管理制度,合理配置消防器材,严格执行动火审批制度,定期组织消防培训和演练。

4.4 安全生产管理措施

4.4.1 施工现场与过程的安全管理

施工单位要合理规划施工现场,对施工现场的高处作业、临边作业、孔洞作业等危险部位,必须设置明显的安全警示标志和防护设施,如安全带、安全网、防护栏杆等,对施工现场的物料应当分类堆放整齐不得超高超重,防止坍塌事故的发生,对易燃易爆物品,则应单独存放并设置专人负责管理,采取防火防爆的措施。

在施工过程中,要严格按照施工组织设计和专项施工方案进行,不得擅自变更施工方案。也要加强对施工工艺和施工流程的监督,确保施工过程严格按照相关专业标准和安全规范进行操作,保证施工的质量与安全。

4.4.2 应急管理

施工单位应当制定完善的安全生产应急预案,包括火灾事故应急预案、触电事故应急预案、坍塌事故应急预案等,并明确应急组织机构、应急救援器材和设备、应急救援人员、救援程序和救援措施等内容。另外,要建立应急救援物资储备制度,保证足够的救援物资和设备,还要对这些设备进行定期的检查与维护,确保设备处于良好状态,以便在需要的时候能够及时发挥出应有的作用。

5 结语

加强轨道交通建筑装饰施工安全生产管理,是保障施工人员生命安全、确保工程质量和进度、培养员工安全意识与责任感、提升城市形象和品质以及推动行业技术进步的重要举措。通过明确管理目标、构建组织体系、完善管理制度和落实管理措施,可以有效降低施工风险,为轨道交通建筑装饰施工提供坚实的安全保障,促进轨道交通事业的可持续发展。

参考文献

- [1] 孟帅.城市轨道交通车站建筑人性化设计要点研究[J].建筑技术开发,2023,50(10):32-34.
- [2] 王冠清.广州市轨道交通地铁车站建筑装饰设计技术[J].建筑技术开发,2021,48(24):11-12.
- [3] 刘鑫华.加强轨道交通建筑装饰施工安全生产管理工作[J].建材与装饰,2016(51):270-271.

Discussion on the Fine Management Measures of Residential Building Civil Engineering

Jiang Wang

Xinjiang Hongxing Construction Engineering (Group) Co., Ltd., Hami, Xinjiang, 839000, China

Abstract

At present, with the rapid development of residential construction industry, the management system and methods of civil engineering need to keep pace with The Times to meet the needs of improving engineering quality and efficiency. Based on the in-depth analysis of residential building civil engineering, this study found that fine management plays an important role in improving the engineering efficiency and quality. The method of case analysis and questionnaire survey used the field investigation of different types and scales of residential civil engineering, discussed various problems in the project in detail, and put forward corresponding fine management measures. The research results show that the fine management of the engineering process can effectively improve the work efficiency, reduce the error, and so as to improve the quality of the overall engineering. Such as optimizing resource allocation, strict construction operation, strengthening environmental and safety management and other aspects. In addition, the adaptable fine management mode, suitable for different types and scale of engineering, has a wide range of applications.

Keywords

residential building; civil engineering; fine management; efficiency improvement; resource allocation

住宅建筑土木工程精细化管理措施探讨

王江

新疆红星建设工程（集团）有限公司，中国·新疆 哈密 839000

摘 要

当前，随着住宅建筑行业的高速发展，土木工程的管理体系和方法需要与时俱进，以满足提高工程质量和效率的需求。本研究基于对住宅建筑土木工程的深入分析，发现精细化管理对提升工程效率和品质有着重要的作用。研究采用案例分析和问卷调查的方法，对不同类型和规模的住宅土木工程进行了实地考察，细致入微地探讨工程中的各项问题，并提出相应的精细化管理措施。研究结果表明，通过对工程流程的精细化管理，能有效提升工作效率，降低误差，从而提升整体工程的品质。如优化资源配置、严格施工操作、加强环境和安全管理等方面。此外，适应性强的精细化管理方式，适用于不同的类型和规模的工程，具有广泛的应用。

关键词

住宅建筑；土木工程；精细化管理；效率提升；资源配置

1 引言

住宅建筑是社会发展的指标，随着社会经济的快速发展和科技的进步，人们对住宅建筑的需求和期待也在不断提高。然而，在住宅建筑的施工过程中，如何有效提高土木工程管理的效率和质量，保证住宅建筑的安全和稳定，是当前工程管理领域亟须解决的问题。而对于这一问题的解决，往往需要对工程管理进行精细化地研究和探讨，以提高工程效率，提升工程品质。本研究即是在这一背景下开展的，我们通过对不同类型和规模的住宅土木工程的实地考察和案例分析，深入研究和探讨了精细化工程管理的必要性和重

要性，同时也提出了一系列具有针对性的管理措施。这些研究成果既对完善土木工程管理体系、提高管理效率具有深远的理论意义，也对住宅施工现场的实际管理提供了可行的操作建议。

2 住宅建筑土木工程的管理现状

2.1 住宅建筑土木工程的发展背景

近年来，住宅建筑土木工程在全球范围内得到了迅速发展^[1]。其背景主要源于城市化进程的加快和人民生活水平的提升，对高质量住宅的需求不断增加。尤其是在人口密集的地区，住宅建筑的数量和规模显著扩张，复杂多样的建筑形式和新的施工技术不断涌现。这一形势对土木工程管理提出了更高的要求。

随着科技进步和建筑材料的更新换代，住宅土木工程

【作者简介】王江（1980-），男，中国四川南充人，助理工程师，从事工程管理研究。

逐渐从传统的施工方法转向现代化、科技化的施工方式。先进的工程设计软件和建筑信息模型（BIM）的应用，使得工程设计与施工的精度得到了极大提升。智能建造技术如无人机勘测、3D 打印建筑构件等也日益广泛应用于住宅建筑工程中。这些技术的应用不仅提高了工程效率和质量，还对管理模式提出了新的要求。

经济全球化和市场需求的多样化驱动了土木工程的国际化发展^[2]。国内外建筑企业在技术交流合作日益密切的背景下，项目管理模式和标准逐渐趋同，国际先进管理理念的引进使得土木工程管理朝着更加规范化、系统化和精细化的方向发展。与此政府政策的引导和支持，如绿色建筑、智能建筑相关法规 and 政策的出台，也极大地推动了住宅建筑土木工程的发展。

住宅建筑土木工程的发展背景不仅反映了行业的进步与变革，也揭示了需要迎接的挑战和应对策略。这一背景下，对管理方法和模式的探索和创新显得尤为重要，为进一步推动住宅建筑土木工程健康、可持续发展奠定了坚实基础。

2.2 当前土木工程管理方法及问题

当前土木工程管理方法仍然具有一定的局限性和挑战^[3]。传统管理方法常依赖经验和人工判断，缺乏系统性和精细化，导致资源配置不合理，施工进度难以控制，施工质量难以保证。这些问题不仅给工程带来额外经济负担，也影响了工期和效益。

管理方法中较为常见的问题之一是资源配置的不合理。大量人力、物力和财力无法得到高效利用，导致资源浪费和项目成本增加。施工过程中由于管理制度不健全，现场监督不到位，容易造成施工质量不达标的问题。例如，施工操作流程缺乏标准化和规范化，施工人员缺乏必要的培训和监督，导致施工错误的频发。

工程进度管理也是当前土木工程管理中的难题。由于缺乏科学的进度计划和实时监控机制，项目进度往往无法按计划实施，导致工期延误，项目交付时间不确定。施工现场动态性强，不可控因素多，进一步加剧了进度管理的难度。

当前土木工程管理方法中的问题，严重制约了工程的质量和效率。需引入更为先进、科学、系统的精细化管理方法，以应对这些挑战，提高整体工程管理水平。

2.3 精细化管理的重要性

精细化管理在住宅建筑土木工程中具有重大的重要性。其关键在于能够系统性和全面性地掌控工程的各个环节，从而有效提高工程质量和效率。精细化管理不仅仅是对资源的优化配置，还涉及施工操作的严格规范，这对于避免因操作失误而导致的工程质量问题有重要意义。精细化管理在环境和安全管理方面也发挥了重要作用，通过制定详细的管理措施和标准，可以有效降低环境影响和安全事故的发生概率^[4]。

研究表明，精细化管理能够显著提升工程效率，减少施工过程中的资源浪费和工时损失，有助于在相同的时间和

预算内完成更多的工作。通过细化每一个环节的管理措施，可以减少误差和返工，提高整体工程的品质。精细化管理不仅能够带来直接的经济效益，还能增强企业的竞争力和社会责任感，符合现代化住宅建筑工程对高质量、环保和安全的多重要求。总结来看，精细化管理是提升住宅建筑土木工程管理水平的不可或缺的手段和方法。

3 精细化管理在住宅建筑土木工程中的应用

3.1 精细化管理方法的提出与实现

精细化管理方法的提出与实现是提升住宅建筑土木工程管理水平的重要步骤。精细化管理起源于制造业，其核心思想是通过精密的管理手段，最大化利用资源，减少浪费，提升效率。这一管理理念在住宅建筑土木工程中得到了广泛的应用，尤其是在工程流程复杂、涉及多方协作的情况下，尤为重要。

在提出精细化管理方法时，需要结合住宅建筑土木工程的具体特点。精确计划和制定详细的施工方案是精细化管理的关键。包括从项目启动到竣工交付的全流程节点的把控，力求每一个环节都做到有据可依，步骤清晰。通过建立规范化的管理流程，能够显著减少由于计划不周和操作失误而导致的工程问题。

实现精细化管理需要依托先进的技术工具和系统。建筑信息模型（BIM）技术就是一种有效的工具，能够在工程的设计和施工阶段实现精细化管理。BIM 通过三维建模，提供了详尽的工程信息，使得工程各方可以在同一平台上进行协作，减少了信息的误差和沟通成本。通过大数据分析和物联网技术，能够实时监控工程进度和施工质量，及时发现并解决潜在问题。

规范化的施工操作和严格的质量标准是精细化管理落地的重要保障。在施工过程中，每一个操作步骤和质量检查都需要有具体的标准和要求^[5]。通过引入现代化的质量控制手段和检测设备，可以实现对施工质量的动态监控和精确评估。对施工人员进行系统的专业培训，增强其精细施工的意识能力，从而确保管理措施的有效落实。

精细化管理方法的提出与实现，是一个系统化工程，需要从计划、技术、操作、反馈等多方面进行综合考虑。通过将精细化管理理念融入住宅建筑土木工程的每一个环节和细节中，能够显著提升工程的管理效率和整体质量，满足现代住宅建筑行业对高效、高质量工程的需求。

3.2 不同类型和规模工程下的精细化管理策略

不同类型和规模的住宅建筑土木工程中，精细化管理策略需依据具体情况做出相应调整，以确保管理措施的有效性和适应性。在大型住宅项目中，项目复杂性和规模的增大使得精细化管理需要更加全面和系统。通过构建详细的项目计划，包括各阶段的时间节点和资源分配，确保每一环节的顺利推进。应用信息化管理工具，如建筑信息模型（BIM）

技术,不仅能够改进施工图纸的准确性,还能在施工过程中进行实时监控和调整,提升整体协调性。

在中型住宅项目中,施工质量和成本控制是精细化管理的重点。严格的施工规范和详尽的质量检查制度,能够有效减少施工误差和返工率,保证工程按时按质完成。实施精细化的成本管理,通过细致的预算控制和成本核算,最大限度地减少资源浪费,实现经济效益的最优化。

通过针对不同类型和规模的住宅土木工程制定不同的精细化管理策略,能够有效提高工程管理的针对性和实效性,从而提升整体工程品质和效率。

3.3 精细化管理对工程效率和品质的影响

精细化管理在提升住宅建筑土木工程效率和品质方面具有显著效果。通过细致的工程流程管理,各操作环节的误差得以大幅降低,工序间衔接更加紧密,提高了施工效率。资源配置的优化使得材料和人力资源得到合理分配,避免浪费,降低成本。严格的施工操作规范确保了工程每一环节的质量,减少了返工和修补的次数。环境和安全管理措施的强化,不仅提升了工作的安全性,还改善了施工现场的环境质量,整体工程品质得以显著提升。

4 精细化管理措施的提出及其效益

4.1 优化资源配置的精细化管理

优化资源配置是精细化管理在住宅建筑土木工程中的重要措施之一。资源配置不仅包含人力资源的合理调度,还涉及材料、机械设备以及时间的科学安排。通过精细化管理,可以最大化地利用有限的资源,从而提高工程施工的效率和质量。

在优化人力资源配置方面,针对不同工种和工序的需求,通过细致的工作安排和合理的人员调度,确保每一个工序都能得到最适合的工人操作,从而减少人为失误和资源浪费。此举不仅有助于提高工作效率,还能确保施工质量的稳定性。工人根据各自的专业技能被合理分配,避免了因为人员不当导致的施工滞后或质量问题。

机械设备的利用和维护也是资源配置优化的重要内容。合理安排机械设备的使用时间和维护计划,确保机械设备在最佳状态下工作,可以提高施工效率,减少设备故障和停工时间。精确的设备使用记录和维护日志有助于预测潜在问题,及时预防设备故障,从而保障施工的顺利进行。

4.2 严格施工操作的精细化管理

在施工过程中,加强对施工设备和材料的管理,确保其质量和性能符合规范要求。通过定期检查和维护,避免因

设备故障和材料问题导致的施工延误和质量问题。实行严格的质量检查和验收制度,对每一个施工环节进行详细记录和评估。这样不仅提升了施工质量,还能为后续工程管理提供重要的参考依据。

精细化管理在施工操作层面的严格执行,不仅提升了工程的整体质量和安全性,还显著缩短了工期,提高了资源利用效率,减少了不必要的资金浪费,从而实现了更高的经济效益和社会效益。

4.3 环境与安全管理精细化实践

在住宅建筑土木工程中,环境与安全的精细化管理至关重要。严格控制施工现场的扬尘和噪声,通过实时监测和规范操作,减少对周边居民生活的干扰。施工废弃物的分类与再利用,提高资源利用效率,避免环境污染。针对施工人员的安全培训和应急演练,通过建立健全的安全管理体系,减少安全事故的发生。采用智能化监控设备,实时掌握施工现场情况,及时应对潜在风险。这些精细化管理措施,不仅保证了工程的顺利进行,更为实现可持续发展提供了保障。

5 结语

论文基于对住宅建筑土木工程的深入分析,从优化资源配置、严格施工操作、加强环境和安全管理等方面进行精细化管理,并对其效度进行了实证检验,最终揭示了精细化管理的重要性及其在提升工作效率、品质和降低误差中的实质作用。同时,适应性强的精细化管理方式,适用于不同的类型和规模的工程,具有广泛的应用前景。尽管当前研究取得了显著的成果,但在工程管理实践中,仍需要针对不同的具体场景,根据具体情况灵活应对。同时,虽然本研究在住宅建筑土木工程中取得了显著进步,但是还存在一定的局限性,如在更具挑战性的大型工程和跨区域工程中的应用效果尚待进一步验证。

参考文献

- [1] 林泽昱.土木工程施工精细化管理研究[J].电脑乐园,2021(6): 416-417.
- [2] 张猛.试论土木工程精细化管理措施[J].幸福生活指南,2023(28): 103-105.
- [3] 吴庆洲.探讨土木工程项目的精细化管理[J].建材发展导向(上),2020,18(11):311-312.
- [4] 孙鹏.土木工程施工的精细化管理探析[J].建筑·建材·装饰, 2020(10):17-18.
- [5] 胡翔宇.关于土木工程中施工精细化管理的探究[J].幸福生活指南,2019(50):239.

Research on the Construction Technology of Natural Freezing Method for Treating Soft and Rich Water Foundation Pit

Min Tan Bin Sun Haijun Lu Rongxian Liu Li Xia Zhijun Cao

Xinjiang Yurong Construction Engineering Co., Ltd., Karamay, Xinjiang, 834000, China

Abstract

The paper analyzes and discusses the advantages and disadvantages of the natural freezing method for treating weak foundation pits with rich water, as well as the technical key and difficult points. It provides a practical, feasible, safe and economical construction method for weak foundation pits with rich water in cold regions. Natural freezing method of rich water soft foundation pit technology has the advantages of good water closure, high strength, safety and environmental protection, strong adaptability, low cost and short construction period. Through the publication of this paper, the professionals in the field of construction and construction involving foundation pit treatment can further study and discuss, and further explore its potential economic and social effects.

Keywords

natural freezing method; rich in water and weak geology; foundation pit construction technology

自然冻结法处理富水软弱基坑施工技术研究

谭敏 孙斌 陆海军 刘荣贤 夏莉 曹之君

新疆禹荣建设工程股份有限公司, 中国·新疆 克拉玛依 834000

摘 要

论文通过自然冻结法处理富水软弱基坑施工技术原理, 分析探讨该方法优缺点, 以及技术关键及难点分析, 为严寒地区富水软弱基坑施工提供了一条切实可行并且安全经济的施工方法。自然冻结法处理富水软弱基坑技术具有闭水性好、强度高、安全环保、适应性强、成本低、工期短等优点。通过论文发表从而引起涉及基坑处理的建设、施工领域的专业人士更进一步研究、探讨, 深入挖掘其潜在经济和社会效应。

关键词

自然冻结法; 富水软弱地质; 基坑施工技术

1 引言

随着中国社会主义现代化进程进一步加快和新型城镇化飞速发展, 城市开发涉及的土地资源愈来愈变得日益紧张和炙手可热。由此产生的“富水软弱基坑施工技术”也自然而然地成为摆在每一位建设者在投资决策中重点考虑因素之一。

2 富水软弱地质概述

富水软弱地质通常是指含水量丰富且岩土体强度低、压缩性高、稳定性差的地质条件。富水软弱地质对基坑施工的危害影响主要包括以下方面:

①坍塌: 岩土体强度低, 在工程施工或自然作用下容易发生坍塌, 威胁人员和工程安全。②滑坡: 丰富的地下水可能降低岩土体的抗剪强度, 增加滑坡的风险。③地基沉降:

软弱地质容易产生较大的地基沉降, 影响建筑物或基础设施的稳定性和正常使用。④涌水突泥: 施工过程中, 可能会突然出现大量地下水涌出以及泥沙混入, 造成施工困难和安全事故。⑤影响边坡稳定性: 使边坡容易失稳, 发生滑坡等灾害。⑥降低工程耐久性: 长期处于富水软弱地质条件下, 工程结构容易受到侵蚀和损坏, 降低其耐久性和使用寿命^[1]。

3 冬季施工的挑战与机遇

根据 JGJ/T 104—2011《建筑工程冬期施工规程》规定, 冬期施工是指当室外日平均气温连续 5d 稳定低于 5℃的天气气候施工。

3.1 冬季施工面临的挑战

①低温影响: 气温降低会导致混凝土、砂浆等建筑材料的凝结和硬化速度变慢, 影响施工进度和质量。低温还可能使建筑材料发生冻害, 降低其强度和耐久性。②施工条件恶劣: 寒冷的天气使得工人操作不便, 工作效率降低, 同时也增加了工人患病和受伤的风险。③冰雪天气: 降雪、结冰等天气状况会影响施工现场的交通和运输, 增加施工安全风险。

【作者简介】谭敏 (1976—), 男, 中国湖南湘乡人, 本科, 高级工程师, 注册一级建造师, 从事建筑、市政、水利、公路研究。

险。④能源消耗增加：为了保持施工环境的温度，需要消耗更多的能源来加热和保暖，增加了施工成本^[2]。⑤土方施工困难：冻土增加了土方挖掘和回填的难度，可能需要采取特殊的解冻措施。⑥材料存储和保护：冬季需要特别注意建筑材料的存储和保护，防止材料受潮、受冻和损坏。

3.2 冬季施工面临的机遇

①地下水位明显降低，导致地下排水成本降低。中国严寒地区一般进入冬季后，城市河流也随即进入枯水期，绿化灌溉等用水量也大幅降低；并且进入冬季后，降雨量相对较少，地表水对地下水的补给量随之减少，最终导致地下水位随之明显降低。②人力资源竞争减少：由于冬季施工条件艰苦，一些竞争对手可能会减少施工活动，从而为您的项目在人力招聘和调配方面提供更多机会。③缩短总工期：对于一些工期紧张的项目，冬季施工可以增加有效施工时间，有助于提前完成项目，尽早交付使用。④材料价格优势：在冬季，建筑材料的需求相对减少，市场价格会有一定的下浮，有助于降低材料成本。

4 自然冻结法施工技术原理、优点及适用性分析

自然冻结法源于天然冻结现象。1880年德国工程师F.H.Poetch首先提出了人工冻结法原理，并于1883在德国阿尔巴里煤矿成功地采用冻结法建造井筒。从此，这项地层加固特殊技术被广泛地应运到世界许多国家的矿井、隧道、基坑及其他岩土工程建设中，成为岩土工程，尤其是地下工程施工的重要方法之一。论文主要探讨自然冻结法在基坑处理上的应用^[3]。

4.1 自然冻结法施工基本原理

利用冬季自然冷冻的方法，把待开挖地下空间周围土体中水冻结为冰，并与土体胶结在一起，增加其强度和稳定性，隔绝地下水，以便在基坑四周形成一个按设计轮廓的冻土挡墙或密闭的冻土体；用以抵抗土体侧压力，隔绝地下水，并在冻土墙的保护下，进行基坑施工。它是土层的物理加固方法，是一种临时基坑护坡加固技术。当遇到富水软弱土层较难处理时，充分利用严寒地区冬季气候自然条件使基坑冻土壁具有可靠强度；当工程施工完成后，再利用春季气温自然回升后，又可使其解冻、融化恢复土层原状。

4.2 自然冻结法施工优点及适用性分析

4.2.1 优点

①闭水性好：在自由水充足情况下冻结成冻土墙，可以阻隔、封闭地下水侵入，形成干燥的施工环境。②强度高：冻土是一种黏弹塑性材料，其强度同土质、容重、含水率、含盐量及温度等因素有关，一般可达2~10MPa，远大于恒温状态土强度，从而起到结构支撑墙的作用。③安全环保性好：可以安全有效地隔绝地下水影响，保证边坡稳定，不污染大气及周边环境，无有害物质排放，不会地下水污染。在环保要求高的工程中，其优越性尤其明显。④适应性强：适用于严寒地区冬季任何含有一定水量的松散岩土层以及复杂水文地质，包括如软土、含水量不稳定土层、流砂、高水

压地层等。⑤复原性强：施工结束、气温回升解冻后，土体恢复原状，对土层破坏性较小。这是其他施工方法无法比拟的。⑥经济性好：无边坡支撑、无固定拉锚，可进行室外敞开式施工，不需要进行基坑排水，可避免因抽水引起的地基沉降造成对周围建筑物的不利影响。经工程应用案例实际测算，并对比基坑喷锚支护、排桩支护、地下连续墙等常规基坑处理方法：可有效降低基坑处理总费用50%~80%的经济效应指标。⑦工期短：充分利用严寒地区冬歇期进行施工，不占用常温施工状态下的合理有效工期。

4.2.2 适用范围及适用时间

①适用地区及范围有限：适用于东北、内蒙古和新疆北部、西藏北部、青海等（累年最冷月平均温度 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ 或日平均 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的天数，一般在145天以上）严寒地区，且基坑周边具有自然放坡条件、地质为富水软弱的严寒地区。②施工时间特殊：施工时间一般在冬季12月下旬至次年3月上旬、室外平均气温已稳定处于 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ 的时间段。

5 技术关键和难点分析

①掌握气温变化对土壤水分的动态影响，合理安排基坑施工计划。

采用冬季自然解冻法施工，首先应掌握冻土的变化与冬春两季的气温变化的密切关系，该冻土与气温变化内容大致可分为两个阶段：

冻结期。严寒地区一般从当年11月上旬到次年的3月下旬土壤水分由表层逐渐向深层冻结实验区最大冻深在1.60m左右，此时的土壤冻结速度与累积负气温有关。图1为冻结深度与累计负气温曲线图。

解冻期。由春季气温转正开始土壤水分即开始解冻一般从3月下旬到5月上旬。解冻分上下两层同时进行，上层从土壤表层向下解冻，下层由土壤冻层底部向上解冻。上层解冻速度快于下层解冻速度，且与累积正气温有关。图2为解冻深度与累计正气温曲线图。

综上所述，严寒地区采用冬季自然冻结法处理富水软弱地质条件下的基坑施工计划时，一是利用冬季严寒天气，在当年的12月下旬至次年3月上旬完成冻土结壁和土方开挖；二是春季自然气温回升，在满足混凝土浇筑气温，利用地基冻土解冻较晚的时间差（不超过20~30天为宜），在3月下旬前完成地下水位深度以下的建筑垫层及基础施工，以避免气温回升、冻土解冻后不利影响，最终保证其基坑后续施工内容的正常进行。

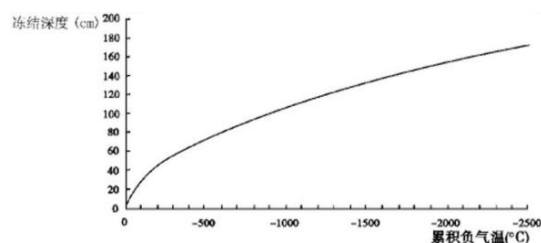


图1 冻结深度与累计负气温曲线图

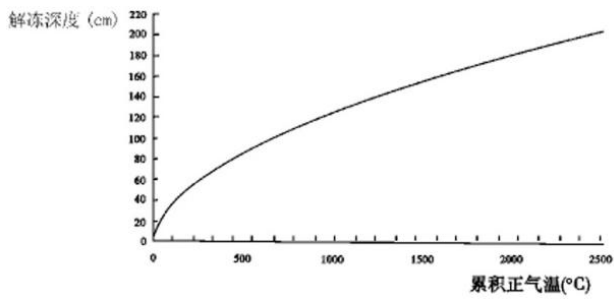


图2 解冻深度与累计负气温曲线图

②依据图1,获得对基坑施工有用的参考数据。

当冻土厚度达到100cm,需要累计负气温-1000℃。假设按日平均气温-20℃测算,需要50天方能实现累计负气温-1000℃。计算结果:当冻土厚度达到100cm,需要日平均气温-20℃连续50天方能实现。

当冻土厚度达到160cm,需要累计负气温-2000℃。假设按日平均气温-20℃测算,需要100天以上方能实现累计负气温-1000℃。计算结果:当冻土厚度达到160cm,需要日平均气温-20℃连续100天以上方能实现。

③根据土壤冻结速度—累积负气温关系曲线图中获得的数据,结合基坑现场实际情况,制定基坑处理施工方法。

第一,严寒地区采用冬季自然冻结法处理富水软弱地质条件下的基坑施工工艺流程:施工准备→测量定位→冬季土层自然冷冻→冻土深度检测→基坑土方开挖→基坑降排水处理→基础工程施工→春季土层自然解冻→土方回填→验收检测→施工结束。

第二,采用自然冻结法,依据《建筑施工手册》第五版第二分册8.2.2.2第一节的规定,基坑开挖放坡要求如下:

当挖土深度在1m以内时,无需考虑放坡。

当挖土深度在1.01~2.00m时,按照1:0.5的坡度进

行放坡。

当挖土深度在2.01~4.00m时,按照1:0.7的坡度进行放坡。

当挖土深度在4.01~5.00m时,按照1:1的坡度进行放坡。

当挖土深度超过5m时,需要根据土体稳定理论计算后的边坡进行放坡。

当场地放坡宽度不满足周围建筑安全距离及施工红线限制要求时,应采用水平分台逐层开挖施工法。每一台开挖深度≤1.50m,按照1:0.5的坡度进行放坡;每台开挖完成后,坡脚设置≥1.2m马道。开挖第一台后,需待第二台地层自然冷冻深度满足设计深度要求后,再开挖第二台……依次分台开挖至设计深度。自然冻结法基坑处理断面如图3所示。

第三,自然冻结法处理富水软弱基坑施工时,需要特别注意的事项:

基坑开挖前应注意实测现场冻土层厚度,并根据JGJ 120—2012《建筑基坑支护技术规程》第3.3.6条验算边坡的滑动稳定性。

为防止建筑地基冻胀,应在气温解除冬施前,基底应保证预留足够的覆土深度,剩余土方则应在气温解除冬歇后一次开挖完成。

为防止基坑冻土壁在施工时因外界原因导致气温回升较快产生裂缝、滑坡、塌方等安全隐患及事故,基坑四周冻土壁应设置温度监测点并做好监测记录。如冻土壁温度回升至-5℃及以上时,应停止基坑施工、撤出人员,并根据周围环境及施工条件,重新修订和审批基坑施工方案。

为保证春季冻土解冻后,不致影响基坑施工的正常进行,应在开挖最后一层冻土时,在基坑四周同步布设明沟+集水坑排水。

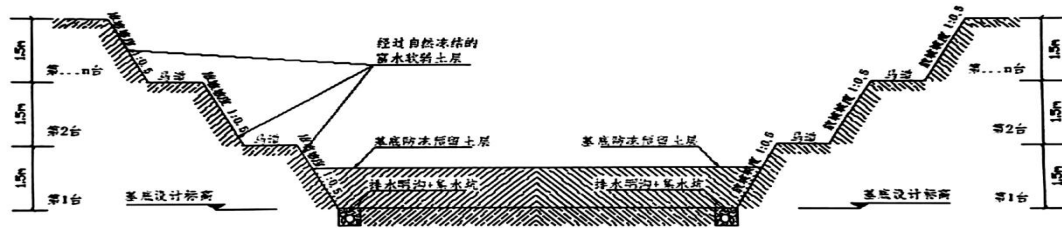


图3 自然冻结法基坑处理断面示意图

6 结语

自然冻结法处理富水软弱基坑施工技术,是充分利用严寒地区特有的气候条件,针对富水软弱特殊地质,通过自然冷冻使富水软弱土层形成冻土挡墙,最终实现降低成本和基坑支护效果的施工方法。

当前,创新驱动是新时代、新时期的主旋律。依托现有资源、自然条件,制定出科学合理、行之有效的创新方法又是工程建设领域产业升级的主要方向。相信通过广大建设

行业有识之士的不懈努力下,在严寒地区冬季采用自然冻结法处理富水软弱基坑方面,能有更进一步的探索和提高。

参考文献

- [1] 刘海昆,黄树祥,王慧.论冻土对土壤水分动态的影响[J].黑龙江水利科技,2002(3):87.
- [2] 腾凯,柳宝田,李益新,等.季节性冻土区地下水的变化规律及开发利用[J].地下水,1996(1):35-37.
- [3] 郭会.季节性冻土冻结深度的估算方法[J].农家科技旬刊,2014(2):277+322.

New Energy Grid Connection Technology and Its Impact Assessment

Yaxiong Lei

PowerChina Hebei Electric Power Engineering Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050031, China

Abstract

This paper explores the basic principles, common methods, and development trends of new energy power grid connection technology, analyzes the key elements of grid connection technology, including equipment selection and configuration, process control and monitoring, and safety and stability considerations. At the same time, the impact of new energy grid connected technology on the power system, environment, and economy was evaluated. Wind energy grid connection technology can be divided into two types: constant speed constant frequency and variable speed constant frequency. The former uses mechanical transmission, while the latter uses power electronic converters for energy conversion. These grid connected methods not only improve the utilization rate of new energy, but also contribute to the stability and optimization of the power system, which is of great significance for promoting global energy transformation and achieving sustainable development.

Keywords

new energy electricity; grid connected technology; impact assessment; power system; environment; economics

新能源电力并网技术及其影响评估

雷亚雄

中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司, 中国 · 河北 石家庄 050031

摘要

论文探讨了新能源电力并网技术的基本原理、常见方式及发展趋势, 分析了并网技术的关键要素, 包括设备选择与配置、过程控制与监测、安全与稳定性考量。同时, 评估了新能源电力并网技术对电力系统、环境及经济的影响。风能并网技术可分为恒速恒频和变速恒频两种, 前者采用机械传动方式, 后者则采用电力电子变换器进行电能转换。这些并网方式不仅提高了新能源的利用率, 还有助于电力系统的稳定和优化, 对于推动全球能源转型和实现可持续发展具有重要意义。

关键词

新能源电力; 并网技术; 影响评估; 电力系统; 环境; 经济

1 引言

随着全球能源结构的转型与可持续发展需求的日益增长, 新能源电力并网技术成为推动能源革命的关键一环。该技术旨在有效整合风能、太阳能等可再生能源, 实现其高效、稳定地接入电力系统。然而, 新能源并网过程中带来的电压波动、频率稳定性及电网调度等挑战不容忽视。因此, 深入探究新能源电力并网技术及其影响评估, 对于优化能源配置、保障电网安全稳定运行及促进经济社会可持续发展具有重要意义。论文从技术原理、实施策略及影响评估等方面展开系统研究。

2 新能源电力并网技术概述

2.1 并网技术的基本原理

新能源电力并网技术的基本原理, 涉及多个学科和技术的交叉融合。其核心在于通过一系列复杂的转换和控制机制, 实现新能源发电设备与现有电网之间的有效连接和互动。这一过程中, 电力电子技术起到了至关重要的作用。它利用先进的电力电子变换器, 如并网逆变器, 将新能源发电设备产生的直流电转换为交流电, 并确保输出的交流电与电网的频率和相位保持同步。这一过程不仅要求转换效率高, 还需要保证电能质量稳定, 避免对电网造成不必要的干扰。同时, 控制技术也是并网技术的关键一环。它通过对新能源发电设备的实时监测和精确控制, 实现对并网功率的灵活调节。这种调节能力对于应对新能源发电的间歇性和波动性至关重要, 有助于保持电网的稳定运行。此外, 通信技术也在并网技术中发挥着重要作用。它实现了新能源发电设备与电网调度中心之间的信息交换和远程监控, 为新能源的高效利

【作者简介】雷亚雄(1990-), 男, 中国河北石家庄人, 硕士, 高级工程师, 从事电力工程设计、数字化设计研究。

用和电网的智能化管理提供了有力支持^[1]。

新能源电力并网技术的基本原理是通过电力电子技术、控制技术和通信技术的综合运用，实现新能源发电设备与电网之间的有效连接和互动，为新能源的广泛开发和利用提供了重要保障。

2.2 常见的新能源电力并网方式

新能源电力并网技术是指将新能源发电系统与电力系统相连接，实现电力互补与互动。常见的新能源电力并网方式多种多样，每种方式都有其独特的适用场景和技术特点。光伏并网技术是一种常见的并网方式，它将光伏发电系统产生的电能接入电力系统，实现电力互补。根据并网方式的不同，光伏并网技术又可分为集中式和分布式两种。集中式光伏并网技术通常将光伏发电系统集中连接到一个升压站，通过变压器升压后与电力系统连接，适用于大规模电力供应。而分布式光伏并网技术则将光伏发电系统分散地连接到电力系统中，实现小规模的电力供应，更加灵活。风能并网技术也是重要的新能源并网方式。它将风力发电系统产生的电能接入电力系统，实现电力互补^[2]。

2.3 并网技术的发展趋势

新能源电力并网技术的发展趋势呈现出多元化与高效化的特征。随着全球能源结构的转型和对环境保护的日益重视，新能源电力并网技术正逐步成为能源行业的重要发展方向。一方面，直流并网技术以其高效、简洁的特点，成为未来大规模新能源组网的主要发展方向。相较于传统的交流并网方式，直流并网技术可以显著简化电能变换环节，提高设备功率密度和传输效率。然而，直流并网系统在整体架构、升压变换、运行控制等方面仍面临诸多挑战，需要持续的技术创新和突破。另一方面，随着新能源渗透率的不断提高，分布式新能源并网技术也呈现出快速发展的态势。分布式新能源通常建设于用户负荷周边，所发电能与本地负荷在配网层面实现消纳与平衡。采用先进的并网技术，可以有效解决分布式新能源接入带来的谐波污染、谐振问题以及中间功率变换环节的增加等问题，显著提升系统对分布式电源的承载与消纳能力^[3]。

新能源电力并网技术的发展趋势将更加注重技术的多元化与高效化，以适应未来大规模新能源并网的需求，推动能源结构的优化和环境保护的实现。

3 新能源电力并网技术的关键要素

3.1 并网设备的选择与配置

在新能源电力并网技术的关键要素中，并网设备的选择与配置是至关重要的一环。新能源发电，如风能和太阳能，具有随机性和波动性，这对并网设备提出了特殊要求。首先，并网设备需要具备良好的适应性，以应对新能源发电的不稳定性。例如，逆变器、变压器等关键设备需要具有高转换效率和低谐波含量，以确保并网电能的质量和稳定性。其次，

这些设备还需具备智能并网技术，以实现自动投切和功率优化分配，提高能源利用效率。在设备配置时，需要考虑新能源发电系统的规模和特性。根据项目的实际需求，合理配置逆变器和变压器的容量和数量，以确保设备能够满足电网的电压等级和额定功率要求。最后，还需考虑设备的可扩展性和可维护性，以降低后期运营和维护成本^[4]。在并网设备的选择过程中，应优先选择技术成熟、性能稳定的品牌和型号，确保设备的质量和可靠性。同时，还需了解国家和地方的并网政策及相关法规，确保所选设备符合标准，具备相应的质量认证和入网许可。

并网设备的选择与配置是新能源电力并网技术中的关键环节，需综合考虑设备性能、项目需求、政策法规等多方面因素。

3.2 并网过程的控制与监测

在新能源电力并网过程中，控制与监测环节起着至关重要的作用。新能源如太阳能和风能，由于其间歇性和波动性，发电过程易受自然因素影响，导致输出功率不稳定，对电网的电能质量和稳定运行带来挑战。因此，并网过程需通过先进的控制技术，如安装电能质量实时监控装置，对电压波动、电压偏差及谐波变化进行即时监测。这些装置能够精确捕捉系统中的异常情况，及时发出预警，从而有效防止电能质量问题的发生。同时，为了减少谐波对电网的负面影响，新能源并网过程中还需采取减少谐波影响的措施。例如，在风力发电厂，可以采用不同的风机混合装置，避免单独风速变化引起的电力系统不稳定。此外，有源电压滤波器和无功功率补偿器等设备的应用，也有助于稳定发电量，提升发电质量，确保新能源并网的安全性和可靠性。在整个并网过程中，还需通过电力逆变器和负荷跟踪器等辅助设备，快速响应电网波动，产生相应的激励以抵消波动，进一步保障电网的稳定运行。通过这些控制措施和实时监测手段，新能源电力并网技术得以不断优化，为新能源的规模化发展和应用奠定了坚实基础^[5]。

3.3 并网安全与稳定性考量

新能源电力并网技术的关键要素中的并网安全与稳定性考量是至关重要的。新能源发电，如风能、太阳能等，具有间歇性和波动性，这使得电力输出在不同时段存在较大的差异，容易对电网的稳定运行构成挑战。因此，在并网过程中，必须严格确保电网的安全性和稳定性。为实现这一目标，需要采取一系列技术手段。一方面，通过安装电能质量实时监控装置，对电网中的电压波动、电压偏差以及谐波变化进行及时的监督管理，以应对新能源发电的不稳定性。通过采用有源电压滤波器和无功功率补偿器等设备，可以有效稳定发电量，提升发电质量，确保新能源并网能够发挥有效的作用。另一方面，新能源并网对电网频率、电压以及潮流分布的稳定性都有显著影响。当新能源发电突然减少或增加时，会引起电网频率、电压的快速变化，造成电网稳定性下降。

因此,必须深入分析新能源并网对电网稳定性的影响,制定合理的调控策略,以保障电网的安全稳定运行。

并网安全与稳定性考量是新能源电力并网技术中的核心要素,需要通过一系列技术手段和调控策略,确保电网在新能源并网过程中的安全稳定运行。

4 新能源电力并网技术的影响评估

4.1 对电力系统的影响

新能源电力并网技术对电力系统的影响深远且复杂。首先,新能源如风电和光伏发电具有间歇性和波动性,其并网后显著影响电力系统的稳定运行。由于新能源发电设备易受天气条件影响,导致出力具有不确定性,进而增加了系统调频和调压的难度。随着新能源并网比例的不断提升,系统转动惯量减小,频率调节能力降低,功率扰动可能引发更大的频率波动问题。新能源并网还会对电力系统的电能质量产生影响。新能源发电设备在启动和关闭过程中会产生谐波分量,若处理不当,可能导致谐波污染,影响电网和用户设备的正常运行。其次,新能源发电设备的低抗扰性和弱支撑性,可能导致电网局部电压越限问题突出,增加了电网运行的潜在风险。新能源并网对电力系统的规划、调度和运行管理提出了更高要求。为确保新能源的有效消纳和电网的安全稳定运行,需要不断提升电力系统的智能化水平,优化调度策略,提高系统的灵活性和适应性。最后,还需加强储能技术的研发和应用,以平抑新能源出力的波动性,促进新能源的充分利用。

4.2 对环境的影响

新能源电力并网技术对环境的影响是深远且积极的。传统燃煤发电及石油、天然气等化石燃料的利用会产生大量的二氧化碳等温室气体,对环境造成显著污染和气候变化。相比之下,新能源发电具有零排放或低排放的特点,其并网运行显著减少了温室气体的排放,对改善空气质量和减缓气候变化起到了重要作用。太阳能、风能等新能源的开发和利用,无需开采或运输成本,对环境无害。例如,太阳能发电利用过程中不产生污染,风能设施多为立体化设施,可以保护陆地生态,环保性十分优越。这些新能源的广泛应用和并网运行,有助于减少对传统燃煤发电的依赖,降低能源依存度,提高能源供应的安全性,并推动清洁能源产业的发展。然而,新能源电力并网也对电网的管理和运营提出了新的挑战。由于新能源发电的波动性和间歇性,电网需要具备快速调度能力,以适应能源的变化。此外,新能源发电的分布性带来了电网结构的改造和升级需求,包括建设新的输电线路、改造变电站等。这些举措虽然增加了初期投资,但长期来看,对环境的积极影响是显而易见的。

4.3 对经济的影响

新能源电力并网技术对经济的影响是深远且复杂的。一方面,新能源的接入显著改变了电力系统的结构,大规模的风电、光伏发电等新能源发电具有随机性和波动性,这增加了电力系统的运行难度和复杂性,对电力系统的安全稳定运行带来挑战,从而影响了电力系统的运行经济性。由于新能源设备涉网性能标准偏低,其频率、电压耐受能力较差,易引发脱网问题,这进一步加大了电力系统的经济负担。另一方面,新能源电力并网技术也带来了经济效益。随着新能源技术的不断发展和成本的逐渐降低,新能源电力在市场上的竞争力日益增强。新能源的接入可以减少对传统能源的依赖,降低能源成本,促进能源结构的优化。同时,新能源电力并网技术的发展也推动了相关产业的发展,如储能技术、电力气象技术等,这些新兴产业的发展为经济增长提供了新的动力。然而,新能源电力并网技术也带来了一些经济挑战,如新能源发电出力不稳、随机波动给电网规划建设、运行管理带来了巨大的压力,需要投入更多的资金和技术进行解决。

新能源电力并网技术对经济的影响是多方面的,需要全面考虑并采取相应的措施来应对。

5 结语

论文系统探讨了新能源电力并网技术的核心内容与影响,首先概述了新能源电力并网的基本原理、常见方式及发展趋势,随后深入分析了并网技术的关键要素,包括设备选择、过程控制及安全稳定性考量。进一步地,论文从电力系统、环境及经济三个维度全面评估了新能源并网技术的影响,总结了研究成果与贡献,并指出了当前存在的问题与未来研究方向,为新能源电力的可持续发展提供了有益参考。

参考文献

- [1] 李艳,张磊.新能源并网对电力系统电能质量的影响及应对策略[J].光源与照明,2024(1):234-236.
- [2] 李子秀,陈宁,李建华,等.输电网故障时新能源并网点电压跌落及影响范围计算方法[J].高电压技术,2024,50(3):1122-1130.
- [3] 任豪.电气工程中新能源并网技术与电网适应性研究[J].2024.
- [4] 张勇.风力发电技术及其并网影响[M].赤峰:内蒙古科学技术出版社,2010.
- [5] 马燕峰,李金媛,王子建,等.基于量测数据的新能源电力系统区域等效惯量评估方法[J].电工技术学报,2024,39(17):5406-5421.

Research on Quality Control and Optimization Strategies for Highway Pavement Construction

Shengnan Li

Anhui Bengbu Road and Bridge Engineering Co., Ltd., Bengbu, Anhui, 233000, China

Abstract

This study takes the quality control and optimization strategy of highway pavement construction as the theme, and discusses how to improve the overall level of highway construction through scientific quality management and optimization means. The improvement of highway construction quality can not only help to extend the service life of the road, but also reduce the later maintenance costs and improve traffic safety. This paper expounds the quality control measures, the application of optimization strategy and the specific numerical analysis, and proposes a variety of effective methods to solve the common problems in construction. By analyzing the challenges of current highway construction quality and the practical application effect of various optimization measures, this paper provides theoretical guidance and practical reference for the improvement of highway construction quality. It is hoped that the research in this paper can provide some reference and reference value for highway construction engineering.

Keywords

highway construction; quality control; optimization strategy; pavement management; construction technology

公路路面施工质量控制与优化策略研究

李胜男

安徽省蚌埠市路桥工程有限公司, 中国 · 安徽 蚌埠 233000

摘 要

本研究以公路路面施工质量控制与优化策略为主题, 探讨了如何通过科学的质量管理与优化手段提升公路施工的整体水平。公路施工质量的提升不仅有助于延长道路使用寿命, 还能减少后期维护费用, 提升交通安全性。论文从质量控制措施、优化策略的应用以及具体数值分析等方面进行详细阐述, 提出了多种行之有效的方法来解决施工中常见的问题。通过分析当前公路施工质量面临的挑战以及各类优化措施的实际应用效果, 论文对公路施工质量提升提供了理论指导和实践参考。希望论文的研究可以为公路施工工程提供一定的借鉴和参考价值。

关键词

公路施工; 质量控制; 优化策略; 路面管理; 施工技术

1 引言

公路路面施工的质量直接关系到道路的使用寿命、交通安全以及整体的经济效益。近年来, 随着交通需求的不断增长, 公路施工质量控制面临着前所未有的挑战。如何在施工过程中严格把控质量、有效优化施工工艺, 成为施工企业和管理部門普遍关注的问题。有效的施工质量控制与优化策略不仅能够提升公路的使用效率, 还能够降低长期维护成本, 为社会经济的发展提供重要保障。因此, 论文将从公路施工质量控制的关键环节出发, 探讨不同的优化策略及其在实际工程中的应用, 旨在为公路路面施工质量的提高提供科学的理论支撑。

2 公路路面施工质量控制策略

2.1 施工材料的选择与检测

公路路面施工中, 施工材料的选择和检测是影响整体质量的重要环节。高质量的材料能够确保路面的抗压性能和耐久性。在施工过程中, 材料的选择要严格依据相关的规范和标准, 如沥青材料的粘结性、集料的粒径分布等, 均需满足施工设计要求。同时, 在材料进场后, 还需要进行严格的质量检测, 以确保各项指标达到标准。通过实验室和现场检测的结合, 能够有效识别和排除劣质材料, 从而为施工质量提供保障。根据最新数据, 实施严格材料检测的项目, 其施工质量平均提升了 15% 以上, 体现了材料选择与检测的重要性。具体而言, 沥青的软化点应保持在 45℃ ~55℃ 之间, 而集料的压碎值应控制在 25% 以下, 以确保材料的高质量应用。

【作者简介】李胜男 (1988-), 女, 中国安徽寿县人, 本科, 工程师, 从事道路与桥梁工程研究。

2.2 施工过程的精细化管理

施工过程的精细化管理是确保公路路面施工质量的另一重要手段。施工现场管理需要涵盖从施工人员的培训到施工设备的使用等多个方面。首先,施工人员的技能培训对于保证施工质量至关重要,特别是对沥青混合料的摊铺与碾压工艺,操作人员必须具备熟练的技能。其次,施工设备的精度控制也是影响施工质量的关键因素之一,如摊铺机和碾压机的性能和状态,均会直接影响最终的路面质量。数据表明,采用精细化管理的施工项目,其施工缺陷率降低了20%以上。最后,通过对施工现场每日的检测记录,发现精细化管理能够使得每日摊铺的平整度合格率由原来的85%提高至95%,显著改善了施工质量。

2.3 施工质量检测与控制技术

施工质量的检测与控制是确保施工达到设计标准的必要步骤。在施工的每个阶段,均应进行质量检测,以确保施工符合标准要求。对于路面厚度、平整度和密实度等指标,施工中应采用先进的检测仪器进行检测。例如,激光平整度检测仪和核子密度仪等设备能够实时监测施工质量,确保每一道工序均符合设计要求。在施工质量控制中,信息化手段的应用也显得尤为重要。通过引入建筑信息模型(BIM)技术,可以实现施工全过程的数据采集和分析,从而对施工质量进行动态监控。例如,在某公路项目中,采用BIM技术实现了对施工过程的全程监控,其施工质量合格率由原来的92%提升至98%。同时,通过数据分析平台对施工过程中收集的数据进行处理,可以快速发现质量缺陷并及时进行整改,有效降低了因质量问题导致的返工率。

3 路面施工优化技术的应用

3.1 施工工艺的优化

施工工艺的优化是提升公路路面质量的重要措施。通过引入新型的施工工艺,如热再生技术、冷再生技术等,可以在不影响原有路面结构的情况下,提高施工质量。热再生技术通过加热原有的沥青路面,使其恢复塑性,从而进行再加工,再加铺新材料。该工艺的优势在于减少了施工成本和对原有材料的浪费。冷再生技术则适用于环境温度较低的地区,能够实现材料的循环利用。研究数据显示,采用再生技术的路面施工项目,整体施工成本降低了约18%,同时路面质量得到了显著提升。具体分析中,热再生技术使得路面的抗压强度提升了约25%,而冷再生技术则使得施工的碳排放量减少了30%以上,该技术特别适用于车流量大且表面磨损较为严重的路段,能够在较短时间内完成施工,减少对交通的影响。

3.2 新型材料的应用

新型材料的应用在公路路面施工中也起到了重要作用。例如,高性能纤维增强沥青混合料的应用,可以显著提升路面的抗裂性能和抗疲劳能力。该类材料通过在沥青中掺加特

种纤维,形成复合材料,使得路面具备更好的延展性和稳定性。此外,透水沥青的应用也大大改善了路面的排水性能,尤其适用于降雨量较大的地区。相关数据表明,采用高性能材料的路面,其开裂率下降了25%,使用寿命延长了5年以上。为了进一步验证材料的性能,对比了50个施工项目的数据,发现采用纤维增强材料的路面,其在高温条件下的变形量减少了约40%,显著优于传统材料,采用橡胶改性沥青的路面,其抗疲劳寿命增加了30%,且整体维护成本降低了15%。这种新型材料的应用,不仅提高了路面质量,还促进了资源的循环利用,为绿色公路建设提供了新的思路。

3.3 施工环境的适应性优化

施工环境的变化对公路路面施工质量有着显著影响。在施工过程中,需要根据实际环境条件调整施工方案。例如,在高温天气中,沥青混合料的温度控制尤为重要,过高的温度会导致沥青老化,影响其粘结性能。而在寒冷气候条件下,施工时间需要避开低温时段,以避免沥青的脆裂现象。通过对环境因素的科学评估与应对,能够显著提升施工质量。据统计,科学调整施工时间和工艺的项目,其施工质量合格率达到98%以上。为了适应不同的施工环境,施工单位还应制定详细的应急预案,以应对突发的气候变化。

4 施工质量数值分析与案例分析

4.1 路面平整度与密实度的数值分析

路面平整度与密实度是衡量公路施工质量的重要指标。根据相关规范,路面的平整度应控制在规定的公差范围内,以确保车辆行驶的舒适性。数据表明,路面平整度不合格率主要集中在摊铺和碾压环节。通过对100个公路施工项目的数据分析发现,采用激光平整度控制技术的项目,其不合格率仅为3%,而未采用该技术的项目不合格率高达12%。此外,路面密实度的控制同样关键,通过核子密度仪进行检测的项目,其密实度达到标准的比率为95%以上。通过分析200段不同路面的施工数据,发现密实度在97%以上的路面,其使用寿命普遍延长了3~5年,这一结果表明,优化施工技术能够有效提升路面的平整性和均匀性,从而提高行车的舒适度和安全性。

4.2 施工设备利用率的数据对比

施工设备的利用率直接影响到公路施工的效率和质量。通过对多个施工项目的设备利用数据进行对比,发现合理的设备配置和科学的调度能够显著提高施工效率。例如,在某大型公路施工项目中,通过引入自动化施工设备,设备的利用率从原来的65%提升至85%,整体施工周期缩短了20%。这一结果表明,科学的设备管理和利用对于优化施工质量和进度具有重要意义。同时,在设备调度方面,采用先进的调度管理系统能够使设备的闲置时间减少40%,显著提高了设备的使用效率,对比了采用传统调度方法和采用

智能调度系统的施工项目,发现智能调度系统能够将设备的利用率提高至 90% 以上,显著减少了设备闲置时间和能源消耗。

4.3 施工工艺对质量的影响分析

不同的施工工艺对公路路面质量的影响各不相同。通过对采用热再生技术、冷再生技术和传统摊铺工艺的施工项目进行对比分析发现,采用再生技术的项目,其施工质量更为稳定,路面厚度的均匀性也显著提升。在 50 个对比项目中,采用热再生技术的项目,其路面厚度误差控制在 $\pm 2\text{mm}$ 以内,而传统工艺的项目误差范围在 $\pm 5\text{mm}$ 以上。这表明,先进施工工艺的应用能够显著提高施工质量的一致性。进一步的数据分析显示,再生技术在节约材料成本方面也具有显著优势,每公里路面节约成本约为 5 万元。在施工速度和质量方面,热再生技术和冷再生技术也表现出明显的优势。

5 施工管理与质量提升的实践措施

5.1 施工人员的管理与培训

施工人员的管理与培训是确保施工质量的重要措施之一。高素质的施工人员能够有效执行施工工艺,避免施工过程中的失误。通过对施工人员进行定期培训,尤其是在新技术和新工艺方面的培训,能够显著提高施工质量。据统计,接受过系统培训的施工团队,其施工质量不合格率降低了 15%。此外,通过合理的激励机制,也能提高施工人员的工作积极性,从而保障施工质量的稳定性。进一步研究表明,培训后的施工人员在操作设备时的失误率降低了 30%,显著提升了施工的整体质量水平。为了确保培训的效果,应采用理论与实践相结合的培训方式。例如,在某公路项目中,通过设置现场实操培训课程,使得施工人员能够更好地理解新工艺的具体操作流程和技术要点。培训后对施工人员的技能考核数据显示,参与培训的人员操作技能合格率由原来的 70% 提升至 90%,显著提高了整体施工团队的技能水平。

5.2 施工技术的监督与管理

施工技术的监督与管理是确保施工过程符合标准的关键环节。在施工过程中,技术监督人员应对各个环节进行严格把控,及时发现并解决施工中存在的问题。例如,采用实时监控系統可以对施工现场的设备运行状态和施工工艺进行监控,确保每一道工序符合设计要求。数据表明,实施实时技术监督的项目,其施工缺陷率降低了 10%,这充分证明了施工技术监督的有效性。同时,实时监控系统的引入,使得施工中的停工等待时间减少了 15%,大幅提升了施工效率。同时,通过引入无人机巡检技术,可以实现对施工现

场的全方位监控,尤其是在一些难以到达的区域,能够通过无人机进行快速检查,发现潜在的质量问题。数据显示,采用无人机巡检的项目,其施工现场的隐患排查效率提高了 40%,有效保障了施工的安全性和质量稳定性。

5.3 质量管理体系的建立与完善

建立完善的质量管理体系是确保公路施工质量的长期措施。通过引入 ISO 质量管理体系,能够在施工过程中建立标准化的质量控制流程,从而确保施工的每一个环节均符合设计标准。根据相关数据,采用标准化质量管理体系的施工项目,其整体质量合格率提高了 12%。此外,质量管理体系的建立还能够提高施工单位的管理水平,降低施工中的人为失误率。数据分析显示,采用 ISO 质量管理体系的施工单位,其材料浪费率降低了 20%,施工效率提高了 15%,显著改善了整体施工效果。为了确保质量管理体系的有效实施,还应进行定期的内部审核和外部审核。例如,在某大型公路施工项目中,通过每季度进行一次内部审核和年度外部审核,确保了质量管理体系的持续改进和有效性。审核数据显示,经过持续改进,项目的施工缺陷率由最初的 8% 降低至 4%,显著提升了施工质量的稳定性。

6 结语

公路路面施工质量的控制与优化是保障公路使用寿命和交通安全的关键所在。通过合理选择施工材料、精细化管理施工过程、优化施工工艺以及科学管理施工人员等措施,能够有效提升公路施工的整体质量。论文从材料、工艺、环境适应性以及管理等多个方面进行了详细的探讨,提出了相应的优化策略,并结合具体数据进行了分析验证。希望论文的研究能够为相关从业人员提供参考,进一步推动公路施工质量的提升和管理水平的优化。未来,随着施工技术和管理手段的不断进步,公路施工质量将会得到进一步提升,为交通运输的可持续发展提供更为坚实的基础。

参考文献

- [1] 魏光远,孙庆和.公路施工质量管理的研究与应用[J].建筑技术,2023,47(4):66-70.
- [2] 杜月山,宋志宁.沥青路面材料性能分析及应用[J].交通工程,2024,52(1):23-29.
- [3] 钱志鹏,高振宇.路面再生技术在公路养护中的应用效果[J].道路工程,2022,39(3):45-51.
- [4] 刘敬阳,陈若凡.公路施工设备利用率的管理策略研究[J].交通科技,2023,56(2):34-39.
- [5] 龚子豪,侯振声.基于ISO体系的公路施工质量控制方法探讨[J].工程管理,2024,61(5):78-84.

Research on the Application Strategy of Anti corrosion Technology in Long Distance Pipeline Engineering Construction

Yanchong Hou

National Pipeline Network Group Engineering Quality Supervision and Inspection Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510710, China

Abstract

As an important facility for the transportation of oil, natural gas and other resources in China, the anti-corrosion technology status of the long-distance pipeline project directly affects the durability and safety of the pipeline. Therefore, it is necessary to study the anti-corrosion technology of long pipeline. This paper first analyzes the corrosion mechanism of long distance pipeline, and then on this basis, discusses various pipeline anticorrosion technology, such as cathodic protection, coating protection, material selection, and compares their advantages and disadvantages. On this basis, according to the different geological environment and construction conditions, a series of practical anticorrosion application strategies are proposed. The results show that the reasonable anti-corrosion technology strategy can not only significantly improve the corrosion resistance of the long distance pipeline, but also effectively reduce the maintenance cost and ensure the safe and stable operation of the pipeline. This provides an important practical reference for the anti-corrosion design of long-distance pipeline engineering.

Keywords

anti-corrosion; corrosion mechanism; corrosion technology; geological environment; maintenance cost

长输管道工程建设中防腐技术的应用策略研究

侯艳冲

国家管网集团工程质量监督检验有限公司, 中国·广东 广州 510710

摘 要

长输管道工程作为中国石油、天然气等资源输送的重要设施,其防腐技术状态直接影响了管道的耐久性和安全性。因此,立足于对长输管道防腐技术的深入研究是非常必要的。论文首先分析了长输管道的腐蚀机理,然后在此基础上,详细讨论了多种管道防腐技术,如阴极保护、涂层保护、材料选择等,并对其优缺点进行比较。在此基础上,根据不同的地质环境和施工条件,提出了一系列实用的防腐应用策略。研究结果表明,采用合理的防腐技术策略,不仅可以显著提高长输管道的耐蚀性能,而且能够有效降低维护成本,确保管道的安全稳定运行,这为长输管道工程的防腐设计提供了重要的实践参考。

关键词

长输管道防腐; 腐蚀机理; 防腐技术; 地质环境; 维护成本

1 引言

长输管道是连接石油、天然气生产地和消费者之间的重要通道,是保障中国能源安全的重要设施。然而,由于其运行环境复杂多变,管道的防腐问题一直是工程设计与施工中的关键技术问题之一。各类腐蚀因素使得管道在使用过程中,可能在不同程度上发生损坏,从而引发泄漏等管道运行问题。因此,如何提高长输管道的耐腐蚀性能,保证其在各种环境条件下的稳定运行,已经成为科研工作者和工程技术人员亟待解决的问题。论文针对长输管道的腐蚀机理进行了深入分析,探讨了多种防腐技术,在此基础上,根据地质

环境和施工条件的不同,提出了一套实用的防腐应用策略,期望为工程技术人员在管道防腐设计中提供实践参考。

2 长输管道的腐蚀机理

2.1 概述

长输管道作为重要的能源输送通道,其在运行过程中会面临各种复杂的腐蚀问题,直接影响了管道的使用寿命和安全性能^[1]。长输管道腐蚀问题的复杂性来源于其所处的多变环境和长时间的暴露条件^[2],对长输管道的腐蚀机理进行深入研究具有重要的意义。

长输管道的腐蚀可以分为外部腐蚀和内部腐蚀两大类。内部腐蚀主要由输送介质与管道内壁接触而产生,包括流动性腐蚀和化学腐蚀。流动性腐蚀是由于输送介质的高速流动造成管道内壁的逐渐磨损,而化学腐蚀主要是由输送介质中

【作者简介】侯艳冲(1987-),男,中国河南洛阳人,本科,工程师,从事长输管道工程建设期避免管道腐蚀研究。

的化学成分与管道材质发生化学反应所引起。外部腐蚀则与管道所处的外部环境条件密切相关,如地质条件、气候条件、土壤成分和水分含量等因素。其中,湿气进入土壤并与管道外壁接触是导致外部腐蚀的主要原因。

腐蚀的发生与电化学过程密切相关。在电化学腐蚀过程中,管道金属作为阳极,不断失去电子并在电解质溶液中形成金属离子,最终导致金属被腐蚀。土壤电阻率、含氧量、pH值、含盐量等环境因素也会加速这一过程的进行。高含盐量和低pH值的土壤环境会显著提升腐蚀速率,而潮湿环境下的水分子与氧气在腐蚀过程中也起到了至关重要的作用。

长输管道的腐蚀是由多种因素共同作用的结果,了解长输管道的腐蚀机理对于制定有效的防腐策略至关重要。这为后续防腐技术的应用提供了理论基础和参考依据。

2.2 长输管道腐蚀类型

长输管道在运行过程中可能遭受多种类型的腐蚀,主要包括均匀腐蚀、点蚀、应力腐蚀和缝隙腐蚀。

均匀腐蚀指管道表面大面积均匀发生的腐蚀现象,这种腐蚀往往降低管道整体强度和厚度,影响其使用寿命。点蚀则是在管道表面形成局部腐蚀坑,尽管这种腐蚀的受影响面积较小,但由于腐蚀深度较深,易导致管壁穿孔,对管道的结构完整性产生严重威胁。

应力腐蚀是指在拉应力和腐蚀介质共同作用下,管道发生裂纹和断裂。尤其在一些应力集中部位,这种腐蚀类型更加显著。应力源可能来自内部压力、温度变化或者机械负荷等因素。缝隙腐蚀发生在管道局部的缝隙内,因缝隙区域的氧含量和化学物质浓度不同于外部环境,导致局部腐蚀加速,常见于法兰连接和焊接接头处。

分析不同类型的腐蚀及其发生机制,有助于深入理解长输管道面临的腐蚀挑战,为有效选择和实施防腐技术提供科学依据。

2.3 长输管道腐蚀的环境因素

长输管道的腐蚀环境因素主要包括土壤特性、水分含量、温度变化、氧气含量以及化学成分等。土壤特性对腐蚀过程有直接影响,尤其是土壤的电导率和含盐量。高含盐量的土壤会增加电化学腐蚀的速度^[3];水分含量则通过影响土壤的导电性和氧气扩散性来间接影响管道腐蚀;温度的变化可以改变腐蚀反应的速率,通常温度越高,腐蚀速率越快;氧气含量则通过影响管道金属表面的氧化还原反应来发挥作用。不同化学成分的土壤和水体会产生不同的腐蚀介质,从而影响腐蚀类型和速率。

3 常用防腐技术分析

3.1 阴极保护防腐方法

阴极保护防腐方法是一种通过电化学手段抑制金属腐蚀的技术,其优点包括有效降低管道腐蚀速率,适用于各种

土壤环境,特别适合长期埋地管道;这种方法的实施需要较高的初期投入与技术支持。对策包括合理设计电极配置,定期监测系统电位变化,确保其持久发挥保护作用。适合在腐蚀性较强的环境中采用,以延长管道使用寿命和减少维护成本。

3.1.1 优点与适用场景

阴极保护防腐方法的优点在于其能够长期有效地抑制金属管道的电化学腐蚀,通过外加电流或牺牲阳极技术,保护管道材料不被腐蚀。适用于土壤电阻率较低、腐蚀性较强的环境,常用于长输管道沿线复杂地质区域。该方法维护管理相对简单,是确保管道安全、延长使用寿命的有效选择。

3.1.2 缺点与对策

阴极保护方法的缺点包括需要定期监控和维护、初始投资较高以及可能产生过度保护问题。为应对这些缺点,应采取有效的监控措施,合理设计电流分布,并对系统进行定期检查和维护。

3.2 涂层保护防腐方法

涂层保护是一种常用的长输管道防腐技术,优点在于其能够有效隔绝腐蚀介质与管道表面的直接接触,适用于多种腐蚀环境。常见涂层包括环氧涂层、聚乙烯涂层等。缺点在于施工过程中对涂层完整性的要求较高,如有破损易导致局部腐蚀。为解决此类问题,应加强施工质量管理,可结合其他防腐措施提高整体防护效果。

3.2.1 优点与适用场景

涂层保护具有卓越的防腐性能,适用于化学腐蚀环境强、地下水位高及海洋管道系统。

3.2.2 缺点与对策

涂层易损坏,需定期检测和维护;环境温度变化会影响涂层效果,需优化材料。

3.3 材料选择与防腐

材料选择对于管道的防腐至关重要。高抗腐蚀能力的合金和复合材料在抵御化学腐蚀和物理磨损方面表现优良。选择耐高温、耐压的材料有助于增强管道在复杂环境下的稳固性。材料成本较高且加工难度较大,需要综合考虑经济及施工条件,以优化材料的应用效果,为管道的长久使用提供保障。

3.3.1 优点与适用场景

材料选择优点包括良好的耐腐蚀性、高强度以及适应特定环境^[4]。适用于恶劣化学环境及高压输送条件。

3.3.2 缺点与对策

材料选择的防腐方法虽然可以显著提高管道的耐腐蚀性能,但其成本相对较高,且在某些极端环境下可能不完全有效。另外,不同材料之间的相容性问题可能导致复杂的维护要求。对策包括优化材料组合,采用先进的防腐材料技术,定期检测材料性能,并根据具体环境调整材料选择策略,以确保防腐效果的持久性和经济性。

4 防腐技术的应用策略优化

4.1 根据地质环境选择防腐技术

在长输管道的防腐技术应用中,根据地质环境选择合适的防腐技术至关重要。不同地质环境下,管道所处的腐蚀介质、腐蚀速度及腐蚀形式均有所不同,因而防腐技术的应用策略需结合具体地质条件进行优化。

对于腐蚀性强的土壤环境,如存在高含盐量或高酸性条件的地区,常规防腐措施可能无法提供足够保护。此类环境中应优先考虑双层或多层复合涂层保护技术,涂层需具备优异的防水性、耐酸性和耐碱性^[9]。配合阴极保护技术,通过外加电流方式提供额外的电化学保护,防止电化学腐蚀发生。

在湿地或含水量高的地质环境,涂层保护和阴极保护的结合使用仍然有效。涂层应为高附着力、耐水浸的类型,可以选用环氧树脂或聚乙烯材料。优质的阴极保护系统可通过设计合理的阳极布置,确保整个管道得到一致和有效的保护,防止电蚀或局部腐蚀。

对于气候干燥、腐蚀介质较少的区域,防腐策略可以相对简化。单层高性能防腐涂层便能满足防腐需求,选用抗紫外线涂层以提高其耐候性。阴极保护设备的需求则相对较低,可根据实际检测结果进行调整,以降低不必要的投入和维护成本。

在地质活动频繁或存在地震风险的区域,防腐设计不仅要考虑腐蚀因素,还需兼顾抗震性能。可采用弹性涂层增加管道的韧性与抗震能力,并结合高强度、耐腐蚀材料制造的管道。在管道铺设中还应考虑应力分布,避免集中应力点,降低裂纹产生的概率。

根据不同地质环境选择防腐技术,有针对性地优化防护策略,能够显著提升长输管道在多种复杂环境中的耐久性及安全性,确保其长期稳定运行。

4.2 考虑维护成本的防腐策略

在长输管道防腐技术的应用中,维护成本是一个重要考量因素。合理选择防腐材料和技术,可以大幅度降低维护费用。阴极保护技术在大多数地质条件下具有较高的性价比,能够有效延长管道寿命,减少长期维护开支。涂层保护作为基础防腐手段,可通过选择新型高性能材料降低翻修频率,进而降低总成本。材料选择应结合腐蚀环境,采用耐腐蚀性能优异且价格合理的合金或复合材料,减少因材料腐蚀导致的维修和更换需求。针对不同施工条件,合理配置防腐

策略,以确保技术应用的持续性和有效性。科学评估和优化防腐方案,不仅可以在初期投入中节省成本,还能通过降低故障和事故发生率进一步控制长期维护费用。

4.3 防腐技术策略的实施步骤和监控

在防腐技术策略的实施步骤中,需进行现场环境评估,确定腐蚀类型和程度。根据评估结果选择合适的防腐技术,如阴极保护或涂层保护。在规划阶段,制定详细的施工方案,明确材料需求与施工规范。在施工期间,需严格监控施工质量,确保防腐层均匀涂覆并符合设计标准。施工完成后,开展全面检测,确保防腐系统无缺陷。为了保持长效防腐效果,需建立定期监测和维护机制,及时发现并修复潜在问题,保障管道的长期稳定运行和安全性。

5 结语

论文围绕长输管道工程建设的防腐技术应用策略,进行了深入细致的研究和探讨。本研究首先梳理了长输管道的主要腐蚀机理,然后详细分析了当前主流的几种防腐技术——阴极保护、涂层保护、材料选择等,并对其优点与局限性进行了深入剖析。基于对上述内容的理解和掌握,论文进一步提出了一套实用的防腐应用策略,为长输管道的施工工程提供了实质性的参考。然而,管道防腐技术仍是一个需要不断研究和探索的领域。后续的研究可进一步对各种防腐技术进行深入的机理研究和实际应用验证,找出最佳的防腐技术组合,增强管道的耐蚀能力,降低管道的维护成本,从而保证长输管道工程的安全、稳定,更为经济的运营。总体而言,本研究对长输管道工程防腐技术的应用策略进行了全面翔实的分析,为长输管道工程的防腐设计提供了重要的理论支持和实践参考,对今后进一步研究和具有积极的推动作用。

参考文献

- [1] 张俊华.基于石油长输管道探讨防腐技术[J].名城绘,2019(7):142.
- [2] 杜洪滨.防腐技术在长输管道中的应用[J].全面腐蚀控制,2020,34(5):94-95.
- [3] 燕涛.长输管道防腐及保护技术分析[J].中国化工贸易,2020,12(22):8-9.
- [4] 刘成军.长输管道防腐保温技术探讨[J].百科论坛电子杂志,2019(13):425-425.
- [5] 代超奇.超稠油长输管道腐蚀机理与防腐技术研究[J].百科论坛电子杂志,2020(15):80.

The Application of Refined Management in Construction Project Management

Weirong He

Shenzhen Construction Engineering Management Center, Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

The paper analyzes the current situation and challenges faced by construction project management through the study of implementing fine management in construction project management. It elaborates on the construction and implementation strategies, and evaluates their effectiveness and improvement methods, aiming to provide new ideas and methods for construction project management. In this context, refined management will pay more attention to the control of details and the concept of continuous optimization. By continuously improving management processes and enhancing resource allocation efficiency, it will respond to the fierce challenges of market competition in a more flexible and efficient way, injecting strong impetus into the sustainable development of the construction industry. The core idea of refined management has important application value in construction project management. It can help managers achieve comprehensive control and refined management of engineering projects, thereby improving the quality and efficiency of engineering projects.

Keywords

refined management; construction project management; application strategy; impact assessment

精细化管理在建筑工程管理中的应用

何维荣

深圳市建筑工务署工程管理中心, 中国 · 广东 深圳 518000

摘 要

论文通过对建设项目管理中实施精细管理的研究, 对当前建设项目管理的现状和面临的挑战进行了分析, 并对其进行了阐述, 构建与实施策略, 并评价了其效果与改进方法, 旨在为建筑工程管理提供新的思路和方法。在此背景下, 精细化管理将更加注重细节的把控和持续优化的理念, 通过不断完善管理流程、提升资源配置效率, 以更加灵活、高效的方式应对市场竞争的激烈挑战, 为建筑行业的可持续发展注入强劲动力。精细化管理的核心思想在建筑工程管理中具有重要的应用价值, 它可以帮助管理者实现对工程项目的全面把控和精细化管理, 从而提高工程项目的质量和效益。

关键词

精细化管理; 建筑工程管理; 应用策略; 效果评价

1 引言

随着建筑业的迅速发展, 项目管理工作也变得越来越大, 越来越具有挑战性。通过对工程项目进行精细化管理, 提高工程质量, 降低造价, 加快进度, 是一种行之有效的方法。论文对如何在建设项目中实施精细化管理进行了探讨, 分析其如何通过优化资源配置、强化过程控制、提升管理效率等手段, 实现工程项目的精细化、标准化管理。通过深入研究, 论文期望为建筑工程管理提供新的思路和方法, 推动建筑行业向更加高效、可持续发展的方向发展。

2 精细化管理理论基础

2.1 精细化管理的起源与发展

精细化管理的起源与发展是一个不断深入和完善的过程。最早, 泰勒 (Science Management 之父) 的《科学管理原理》(The Science Management Theory) 就提出了这个概念。泰勒于 20 世纪 80 年代通过对作业人员的作业动作进行研究, 排除不需要的作业, 纠正错误的作业, 制定合理的作业方式, 选用适当的工具, 使工作效率得到了很大的提高。《科学管理原理》是中国最早提出的一种“精细管理”理念, 它是“精细管理”理念的萌芽。第二次世界大战以后, 由于企业规模越来越大, 制造工艺越来越复杂, 产品更新速度越来越快, 因此需要更多的合作。

2.2 精细化管理的核心思想

精细化管理的核心思想在于“精、准、细、严”, 这

【作者简介】何维荣 (1978-), 男, 中国广东梅州人, 本科, 高级工程师, 从事建筑工程研究。

一理念在建筑工程管理中尤为重要。精细化管理倡导科学合理的管理理念,强调将以往粗放的管理方式转变为精细化、流程化的治理方式。在建筑工程领域,这意味着对每一个施工环节进行严格的把控,确保施工质量和安全。精细化管理要求管理者将管理责任具体化、明确化,落实到每一个细节。在建筑工程管理中,这意味着从项目规划、设计、施工到验收的每一个环节,都需要有明确的责任人和具体的管理措施。通过精细化管理,可以实现对工程进度、成本、质量、安全等多方面的有效控制,从而提高整个工程项目的效率和效益。此外,精细化管理还强调借助信息技术的优势,实现管理过程的信息化和智能化。在建筑工程管理中,可以利用先进的信息化手段,如BIM技术、物联网技术等,实现对工程项目的实时监控和数据分析,为管理者提供更加准确、及时的决策支持^[1]。

2.3 精细化管理的基本原则

精细化管理强调对工程项目的全方位、深层次把控,要求管理者具备高度的数据敏感性和系统思维能力。这一原则体现在对建筑工程质量、进度、成本等多个维度的精确计量与严格监控上,确保每一项工作都能按照既定目标高效推进。为了实现精细化管理,必须在项目初期就建立详尽的规划与标准体系,为后续的施工过程提供明确的指导。同时,注重信息的实时采集与分析,利用现代信息技术手段如BIM(建筑信息模型)等,实现工程数据的可视化与动态管理,从而及时发现并纠正偏差。这一原则不仅提升了工程项目的整体效率与质量,也为建筑行业的可持续发展奠定了坚实基础^[2]。

3 建筑工程管理现状及挑战

3.1 建筑工程管理概述

建筑工程管理作为确保工程项目顺利实施和高质量完成的关键环节,涵盖了从项目策划、设计、施工到竣工验收的全过程。它不仅要求管理者具备扎实的专业知识,如工程造价、施工技术、质量控制等,还需具备高效的组织协调能力和应对复杂的工程环境和多变的市场需求。在实际操作中,建筑工程管理涉及多方面的内容,包括进度管理、成本管理、质量管理、安全管理以及合同管理等。每一项管理活动都紧密相连,共同构成了一个完整的管理体系。例如,进度管理需紧密结合施工计划和实际情况,确保工程按时完成;成本管理则需严格控制各项开支,以实现经济效益最大化。随着建筑行业的快速发展和市场竞争的加剧,建筑工程管理面临着越来越多的挑战^[3]。

3.2 当前建筑工程管理存在的问题

当前建筑工程管理领域所面临的挑战颇为严峻,一方面在于对建设项目管理的重视程度明显不足。在中国,建设项目的管理水平普遍偏低,这不仅源于管理人员专业素养的欠缺,更在于缺乏有效的监督机制。现有的监督体系往往存

在诸多漏洞,难以确保工程质量的稳步提升。加之新进管理人员的入职门槛设置过低,导致整体员工素质参差不齐,项目质量问题因此频发,建设团队的业务能力提升已成为当务之急。另一方面,建筑工人的技能水平同样令人担忧。许多工人未经专业训练便直接上岗,施工过程中错误频出,严重损害了工程质量。在面临突发事件时,这些工人往往缺乏应对能力,给生命和财产安全带来巨大威胁。建筑工程管理的信息化水平滞后也是一大痛点。众多工程项目仍依赖传统的人工记录和纸质文档管理方式,效率低下且错误率居高不下。信息化建设的不足使得数据的实时采集、分析和处理成为空谈,严重制约了管理效率的提升^[4]。

3.3 面临的主要挑战与发展趋势

随着建筑行业的蓬勃发展和工程项目规模的持续扩张,传统的管理方式已逐渐显现出其局限性,难以满足现代工程管理的严苛要求。当前,建筑工程管理正面临着一系列严峻挑战,其中信息化程度不足、管理体系不完善以及专业人才短缺等问题尤为突出。众多项目仍固守着人工记录、纸质文档管理等陈旧方式,不仅管理效率低下,且错误频发,严重影响了项目的顺利推进。同时,信息沟通机制的缺失导致项目各方信息传递滞后、失真,进一步加剧了管理难度。然而,在挑战之中也孕育着新的发展机遇。精细化管理作为未来工程管理的重要趋势,正逐渐崭露头角。

4 精细化管理在建筑工程管理中的应用策略

4.1 精细化管理理念的深入融合与全面推广

精细化管理理念的引入,是建筑工程管理迈向现代化的关键一步。这一理念不仅强调对项目全周期的详尽规划与严格把控,更要求管理者具备高度的前瞻性和执行力,以确保工程质量、安全及整体效益的最大化。为了实现精细化管理理念的深度融入,项目启动初期就应进行全员、全方位的培训。通过组织专题讲座、案例分析会、模拟演练等多种形式,让项目管理人员及一线施工人员深刻理解精细化管理的精髓与核心要义。同时,将精细化管理原则融入项目管理的每一个环节,从项目策划、设计、施工到验收,都需要遵循精细化管理的指导原则。在此基础上,构建信息化管理系统是精细化管理理念实施的重要支撑。借助大数据、云计算、物联网等先进技术,实现项目数据的实时采集、分析与反馈,为管理者提供精准、全面的决策依据^[5]。

4.2 精细化管理体系的科学构建与高效实施

构建精细化管理体系是建筑工程管理精细化的核心任务。首先,需制定一套全面、细致的管理标准与规范,明确工程项目的质量、进度、成本及安全等关键控制要素,并将其量化为可衡量、可追踪的具体指标。通过引入BIM(建筑信息模型)技术,实现工程数据的集成化、可视化管理,提升决策效率与准确性,为精细化管理提供强有力的技术支撑。在管理体系框架的构建上,应注重多层次、多维度的设

计，确保项目管理的每一个环节都能得到精细化的关注与控制。

4.3 精细化管理效果的全面评价与持续改进

为确保精细化管理能够持续发挥其效能，必须建立一套科学、全面的评价机制。该机制应涵盖工程质量、施工进度、成本控制、安全管理等多个维度，通过量化指标与定性分析相结合的方式，客观、准确地反映精细化管理的实际效果。在具体实施过程中，可采用多种评价手段相结合的方式，如定期检查、专项检查、随机抽查以及第三方评估等，对建筑工程管理的各个环节进行全方位、多角度的考察与评价。

5 精细化管理在建筑工程管理中的案例分析

5.1 案例选择与背景介绍

本案例选取的是某大型商业综合体建设项目，该项目总建筑面积达 20 万平方米，包括购物中心、办公楼及配套设施。项目位于城市中心地带，周边交通繁忙，施工环境复杂。由于项目规模庞大、工期紧张且质量要求高，传统的粗放型管理方式难以满足需求，因此决定采用精细化管理模式。

5.2 精细化管理在案例中的具体应用

精细化管理在案例中的具体应用如表 1 所示。

表 1 精细化管理在案例中的具体应用

应用领域	具体措施
项目策划	通过市场调研，精准定位目标客户群体，制定差异化竞争策略。制定详细的项目计划，明确各阶段目标和时间节点，确保项目有序推进
设计阶段	采用 BIM 技术进行三维建模，提高设计精度和效率。组织专家对设计方案进行多轮评审，确保方案的科学性和可行性
施工阶段	实施严格的施工计划管理，每日召开进度协调会，及时调整施工计划。建立质量管理体系，对每道工序进行质量检验，确保施工质量。引入智能化监控系统，实时监测施工现场安全状况，预防安全事故发生
成本管理	制定详细的成本预算，明确各项费用支出。实行严格的成本控制措施，定期进行成本核算和分析，及时调整成本计划
合同管理	对合同条款进行精细化审查，确保合同条款的合法性和合理性。建立合同履约跟踪机制，定期检查合同履行情况，及时解决合同纠纷

5.3 案例实施效果与经验总结

通过实施精细化管理，该项目在工期、质量、成本等方面均取得了显著成效。项目提前 3 个月完成，质量达到了预期目标，成本控制在预算范围内，实现了良好的经济效益和社会效益。

经验总结如下：

明确目标：精细化管理要求明确项目目标和各阶段任务，确保项目有序推进。

技术创新：利用 BIM 等先进技术提高设计精度和施工效率，降低成本。

严格管理：对施工质量、安全、成本等方面实行严格管理，确保项目顺利进行。

团队协作：加强各部门之间的沟通与协作，形成合力，共同推动项目进展。

本案例的成功实施证明了精细化管理在建筑工程管理中的有效性和可行性，为类似项目提供了有益的借鉴和参考。

6 结语

论文引言部分明确了研究背景、意义、目的和方法；精细化管理理论基础部分详细阐述了其起源、核心思想和基本原则。论文还分析了建筑工程管理的现状、问题、挑战及发展趋势，并重点探讨了精细化管理在建筑工程管理中的应用策略，包括理念引入、体系构建、效果评价等。总结了研究成果，并对未来研究方向提出了展望与建议。该目录为论文写作提供了清晰的结构指导。

参考文献

[1] 蔡东华.精细化管理模式在建筑工程管理中的应用研究[J].房地产世界,2024(9).

[2] 李朝富.精细化管理在建筑工程管理中的应用[J].2024(2):76-78.

[3] 蒲建军.精细化管理在建筑工程管理中的应用[J].中国科技期刊数据库工业A,2024(3).

[4] 路通.精细化管理在建筑工程管理中的有效应用[J].建材与装饰,2024,20(4):79-81.

[5] 王舒展.精细化管理模式在建筑工程管理中的应用[J].2024.

Discussion on the Post-environmental Impact Assessment of Construction Projects

Ying Zhou Xue Tian

Wuhan Zhonglianheda Environmental Technology Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract

The post evaluation of the environmental impact of construction projects is a key link at the intersection of ecological protection and economic development. Through a systematic review of environmental changes after project implementation, it reveals the long-term impact of the project on environmental factors such as atmosphere, water, and soil, providing a scientific basis for future governance and adjustment. The paper provides an overview of the definition, significance, and importance of post environmental impact assessment, summarizes the content and methods of post environmental impact assessment, and explores the effective application of post environmental impact assessment in construction projects, mainly covering pollution control, resource utilization efficiency improvement, project sustainable development, risk warning, and emergency management. By gradually correcting and optimizing the shortcomings in project implementation, construction projects can achieve the maximization of economic and ecological benefits.

Keywords

construction projects; post-environmental impact assessment; application discussion

关于建设项目环境影响后评价的探讨

周莹 田雪

武汉众联合达环境技术有限公司，中国·湖北 武汉 430000

摘 要

建设项目环境影响后评价是生态保护与经济发展交汇的关键环节，它通过对项目实施后环境变化的系统性回顾，揭示了项目对大气、水、土壤等环境要素的长期影响，为未来的治理和调整提供了科学依据。论文概述了环境影响后评价的定义、意义与重要性，总结了环境影响后评价的内容与方法，探讨了建设项目环境影响后评价的有效应用，主要涵盖污染控制、资源利用效率提升、项目可持续发展、风险预警与应急管理等方面。通过逐步修正和优化项目实施中的不足，建设项目可以实现经济效益与生态效益的最大化。

关键词

建设项目；环境影响后评价；应用探讨

1 引言

建设项目的实施促进了经济的持续增长，也产生了一定的环境影响。如何在环境承载力的限度内实现可持续的经济繁荣，最大程度地减少环境的负面影响，提升建设项目的社会价值，成为项目管理所面临的关键问题。在这一背景下，建设项目环境影响后评价应运而生。它不仅是一种技术手段，更是一种道德责任，是对环境和未来世代的承诺。论文将对建设项目环境影响后评价展开全面的分析，以充分揭示建设项目环境影响后评价的实际应用价值，为未来的项目规划和工程建设提供参考。

2 建设项目环境影响后评价的概述

2.1 环境影响后评价的定义

环境影响后评价，顾名思义，是在项目实施一段时间后，对其环境影响进行的系统性回顾与分析。不同于建设前的预测性评价，后评价更注重事实依据，基于实际监测数据和现场勘查结果。这一评价过程不仅停留在环境质量的测量上，更涉及对原有规划及措施的再审视^[1]。从广义上看，环境影响后评价是一个修正、调整的工具，是对当初设计合理性和实际效果的对比分析。它的目标并非简单地评估损害，而是推动建设项目的持续优化，探索在既定环境下如何最大限度地降低负面影响。它提醒我们，项目的影响不是一时的，更不是静态的，它们会随着时间的推移而产生深远的、复杂的生态效应。

2.2 环境影响后评价的意义与重要性

环境影响后评价的意义深远，它不仅关乎单个项目的

【作者简介】周莹（1997-），女，中国湖北荆州人，本科，工程师，从事环境影响评价、环境咨询研究。

成败，还影响整个生态系统的健康。通过这一评价，环境中的变化被量化、问题被揭示，项目执行过程中的疏漏得以弥补。后评价赋予了我们一个重新审视发展路径的机会，让项目在初步实施后根据实际情况进行调整，减少对环境的长久性破坏。这一过程的重要性还体现在其预警功能上，能够帮助我们发现潜在的风险，提前采取应对措施，避免灾难性后果，真正实现人与自然的和谐共生。

3 建设项目环境影响后评价的内容与方法

3.1 评价内容的主要类别

环境影响后评价的核心内容是对多个环境要素的详细分析，其中大气、水、土壤作为三大主要类别，占据了评价的关键位置。大气层中的污染物积累、水资源的污染扩散、土壤的退化，这些都可能在项目实施中慢慢浮现。这些要素不仅彼此关联，还对当地的生物多样性和人类健康构成威胁。通过对大气中二氧化碳、颗粒物和温室气体的监测，我们能够洞察工业和城市项目对空气质量的长期影响；水质监测则侧重于评估废水排放是否超标，污染物是否扩散至饮用水源；土壤监测则有助于评估土地污染和退化对农业与生态的潜在危害。这些分类不仅涵盖了物理环境，也反映了项目对整个生态系统的隐性影响。

3.2 环境影响的监测与评估方法

环境影响监测与评估的方法体系，决定了后评价结果的准确性与深度。在实践中，监测方法涉及定期采样、现场测量、遥感技术等多种手段，而评估方法则借助于数理模型和实验室分析的支持。通过时间序列数据，我们可以发现环境参数的波动趋势，探讨项目对环境质量的长期影响。尤其在面对动态环境时，监测的频率与精度就显得尤为重要。评估方法不仅是简单的数值分析，它更强调从复杂数据中提炼有用信息，剖析项目产生的深层次影响。这些方法在技术层面的创新，使得环境问题可以被及早发现和应对，从而避免不可逆的生态破坏。每一种方法的选择，都承载着对环境责任的认知，也体现了对科学严谨性的追求。

3.3 环境影响数据的收集与处理

数据是评价的基础，而数据的收集与处理过程决定了后评价的可信度和可操作性。在现代环境评价中，大量的数据来源于自动化监测设备、远程感应技术以及人工采样，这些数据往往呈现出海量且复杂的特性。因此，如何有效地将这些数据转化为有价值的信息，成为评价中的关键环节。数据处理不仅要求精确的统计分析，还需要结合项目的具体特点，进行综合归纳与推断^[2]。数据并非简单的数字，它们背后隐藏着环境变化的故事，需要我们敏锐地解读。这些数据处理的结果，不仅提供了环境质量的量化指标，还为未来的管理措施和决策优化提供了坚实的依据。数据的处理过程，既是对信息的梳理，也是对未来行动的指导。

3.4 评价指标体系的设计与应用

评价指标体系是环境影响后评价的核心工具，它引导评价的重点和方向。一个科学、合理的指标体系应当能够全面覆盖评价所需的各个环境要素，同时具有灵活性和适应性。不同类型的项目，不同的生态系统背景，要求设计出不同的评价指标。大气污染、水体污染、生物多样性变化、资源利用效率，这些都是常见的评价指标。设计这些指标的关键在于找到合适的衡量标准，既要能够反映出环境质量的变化，也要具备可操作性。在实际应用中，评价指标体系不仅是评估工具，更是管理和决策的重要参考依据。通过指标体系的跟踪和反馈，评价者能够动态调整项目的环境保护策略，实现对环境的长期保护。这一体系的有效运行，意味着我们对复杂环境问题有了更具系统性的解决思路。

4 建设项目环境影响后评价的有效应用

4.1 环境影响后评价在污染控制中的应用

污染控制是建设项目环境影响后评价最直观、最关键的应用领域。通过后评价，我们能够深入了解项目对大气、水源、土壤等环境要素的影响程度，并且找到治理污染的关键节点。过去的污染控制往往依赖于事前预测和事中监测，而后评价的介入，使得我们可以在项目实施之后，更加准确地定位污染源，评估其长期影响。这意味着我们不仅是在处理已知的污染问题，还能通过历史数据的积累和分析，发现潜在的污染风险，进一步优化污染控制的方案和技术^[3]。这种应用，能够推动环境管理从被动治理向主动预防转变，减少未来可能出现的环境危机。环境影响后评价在污染控制中的成功实施，依赖于精准的数据收集和科学的评估方法。无论是通过环境监测站的数据反馈，还是通过卫星遥感技术的应用，后评价为我们提供了全面的污染数据。这些数据能够揭示出污染物的扩散路径、浓度变化以及对生物和人类健康的潜在威胁。通过后评价，我们能够设计出更具针对性的污染控制措施。例如，某工业项目在后评价中发现其废气排放在大气层中形成了区域性污染，后续的控制措施可以集中在提升废气处理技术，并加强对排放标准的监管。后评价的结果不仅有助于改善现有的治理技术，还可以为其他类似项目提供经验参考。更重要的是，后评价为污染控制的长期性和持续性提供了保障。污染并非一朝一夕能够解决的问题，它常常是长期累积的结果。而后评价的作用正是在项目实施后，持续追踪其污染源及污染物在环境中的表现。通过周期性的后评价，环境管理者能够及时掌握污染控制的成效，必要时调整治理措施，从而避免环境质量的进一步恶化。这种持续的反馈机制，极大地提升了污染控制的有效性和科学性，也推动了环境治理从短期效应转向长期效应的目标。

4.2 环境影响后评价在资源利用效率提升中的应用

资源利用效率的提升，是项目可持续发展的重要衡量

标准,而环境影响后评价为这一目标提供了有效的工具和方法。建设项目在资源利用方面,往往会面临大量的浪费和低效使用,而通过后评价,我们可以更加细致地审视项目在资源使用过程中的问题,寻找提高效率的空间。后评价不仅关注资源的数量问题,更深入研究其质量、可再生性以及利用方式。它为资源的优化管理提供了关键的反馈信息,使得项目能够在资源有限的前提下,实现更高效、更可持续的生产和运营。环境影响后评价通过对资源消耗的监测,能够精准定位资源浪费的环节。例如,一个大型基础设施项目,在后评价中可能发现其施工阶段耗水量远超预期,通过这一评价结果,项目管理方可以重新审视施工工艺,改进水资源的管理和利用方式。这样的反馈不仅能够节约项目运行成本,还能够减少对自然资源的过度消耗,进而减少对环境的负面影响。后评价的这种介入,促使项目在资源管理上更加精细化,减少盲目使用和浪费现象。与此同时,后评价的另一大贡献在于推动了资源循环利用体系的建设。通过对项目全过程的资源使用情况进行分析,后评价能够发现哪些资源可以重复利用,哪些废弃物可以通过技术手段转化为有用的产品。这样的评估结果,为建设项目引入循环经济理念提供了有力依据。资源的高效利用和循环再生,不仅降低了资源的消耗,还减少了废物排放和环境污染。后评价在资源管理中的成功应用,意味着我们对项目的资源配置方式有了更深入的理解,并能够通过科学的评估手段,推动资源管理水平的全面提升。

4.3 环境影响后评价在项目可持续发展中的应用

可持续发展,作为建设项目的重要目标,依赖于对环境、经济和社会效益的综合考虑。环境影响后评价为项目的发展路径提供了所需的实证依据,使得可持续发展的理念不再停留在理论层面,而是通过数据、监测和评估,成为每个项目的实际执行方针。后评价在可持续发展中的应用,通过长期的环境监测和数据积累,能够发现项目在资源使用和环境影响方面存在的不足。例如,一个新建的工业园区,通过后评价发现其能源消耗过高,并对周边生态环境造成了明显压力。基于这一评价结果,项目方可以调整能源使用结构,引入清洁能源,减少对环境的依赖,实现可持续发展的目标。后评价还为项目的社会效益提供了全面的评估。可持续发展不仅关乎生态和经济,也包括对当地社会的贡献。通过对项目在社会层面的影响进行评估,后评价可以帮助我们更好地理解项目在社会公平、就业机会以及社区发展方面的表现。

例如,一座水电站项目,通过后评价发现其对周边社区的影响复杂多样,既带来了经济收益,但也产生了移民和生态破坏的问题。后评价结果使得决策者能够在后续规划中更加平衡地考虑项目的社会影响,从而更好地实现可持续发展。

4.4 环境影响后评价在风险预警与应急管理中的应用

项目实施过程中,环境风险是无法完全避免的,而环境影响后评价为风险预警和应急管理提供了可靠的技术支持。通过对项目长期运行数据的积累,后评价可以发现潜在的环境风险,为风险的提前预警提供依据。例如,某个化工厂在后评价中,发现其废水排放在特定季节出现异常波动,通过这一发现,项目管理方可以提前采取措施,防止环境污染的进一步扩大。后评价的预警功能,使得我们在面对环境突发事件时,不再陷入被动,而是能够主动出击,减少环境灾害的发生概率。环境影响后评价在风险管理中的应用,还包括对突发环境事件的应急管理。通过后评价提供的长期数据积累和对项目运行的深入分析,项目方能够更好地应对突发性环境事件。例如,某大型矿业项目在后评价中,发现其排放的废水中含有高浓度有毒物质,虽然短期内未对环境造成严重污染,但长期积累可能引发水体生态危机。基于这一风险发现,项目方可以提前制定应急预案,在污染发生前采取有效措施,防止环境灾害的发生。后评价的应用,不仅提升了项目的环境应急管理能力,也为整个环境管理体系的优化提供了重要的技术支持。

5 结语

总而言之,环境影响后评价在建设项目管理中不可或缺的一部分,其价值在于监督、反馈、指导和优化,使项目的每一个环节都能按计划完成,能够产生最小的环境影响,从而顺利达到项目建设与环境保护的双赢目标。未来,建设项目的环境影响后评价应继续丰富评价内容,创新评价方式,进行广泛推广,在更多项目中发挥其重要作用,产生积极而深远的影响。

参考文献

- [1] 贾萍.污染影响型建设项目环境影响评价技术评估工作方法及注意事项研究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(17):191-192+195.
- [2] 段磊.陆地天然气开发建设项目环境影响评价[J].中国资源综合利用,2024,42(8):195-197.
- [3] 杨盼盼.建设项目环境影响评价风险因素及预防策略分析[J].皮革制作与环保科技,2024,5(8):163-165.

Research on the Key Points of Key Technology and Safety Management of Coal Mine Mining Engineering

Yuwen Liu

Shanxi Lvliang Lishi Jinhui Rongtai Coal Industry Co., Ltd., Lvliang, Shanxi, 033000, China

Abstract

At present, the coal industry is facing severe challenges. Although coal mining enterprises actively introduce new technologies and strive to improve the professional quality of technical personnel, the overall level of mining engineering technology still needs to be improved, and it is difficult to realize the efficient and safe operation of coal mines. The management and technical personnel of coal mine shoulder the important responsibility of coal mine safety production and play a vital role. This paper focuses on analyzing the key technology in the mining engineering, and discusses the safety influencing factors in the mining process and the corresponding countermeasures. At the same time, combined with the core points of the safety production management, the idea of improving the safety production management is put forward, in order to provide a useful reference for the safety production of the coal mine.

Keywords

mining engineering; key technology; safety management

煤矿采矿工程关键技术与安全管理工作要点研究

刘毓文

山西吕梁离石金晖荣泰煤业有限公司, 中国 · 山西 吕梁 033000

摘 要

当前, 煤炭行业正面临着严峻的挑战, 尽管煤矿企业积极引进新技术并努力提升技术人员的专业素养, 但采矿工程技术的整体水平仍然有待提高, 难以实现煤矿的高效与安全运营。煤矿的管理和技术人员肩负着煤矿安全生产的重任, 扮演着至关重要的角色。论文重点对采矿工程中的关键技术进行深入剖析, 并探讨采矿过程中的安全影响因素及相应对策。同时, 结合安全生产管理的核心要点, 提出改进安全生产管理的思路, 以期煤矿的安全生产提供有益的参考。

关键词

采矿工程; 关键技术; 安全管理

1 引言

随着社会经济的快速发展, 人民的购买力越来越强, 对各种矿物资源的需求也越来越大。煤炭是一种重要的生产和生活能源, 其消耗呈逐年上升趋势。为保证煤炭市场的供求关系, 应加强矿井的采掘工作, 并对矿井的采掘工艺进行适当的选择。但是, 在目前的情况下, 表层的煤都被挖空了, 这就说明在以后的煤矿开采中, 将会变得更加困难, 并且会出现更多的安全隐患, 所以, 必须强化施工的安全管理。在对煤矿工程建设的安全管理战略进行分析之前, 必须先弄清楚煤矿生产中常用的开采技术。

2 现代煤矿开采的关键技术

2.1 硬顶板与硬顶煤开采

针对坚硬顶板处理技术, 其核心在于在复杂地质环境下, 针对具有方向性孔压裂缝特点的顶板实施专业开采, 并结合垮落法进行综合运用。该技术旨在确保开采作业安全的同时, 能够迅速解决工作面破顶、片帮等挑战, 从而为煤矿顶板的安全管理提供坚实的技术保障。

硬顶煤开采是煤炭产业中的一个关键领域, 其核心目标是实现顶煤的高效回收。当这项技术投入实际应用时, 能够产生显著的效益。而高压注水致裂技术, 是在对煤体进行压裂的基础上, 利用高压设备向煤体注水。

相较于深孔技术, 高压注水压裂在矿井应用中展现出更高的实用价值。其操作流程更为灵活便捷, 对于提升矿井的安全性及效率具有重要意义。在硬顶煤开采实践中, 尽管存在诸多难题与高风险, 但引入坚硬顶板技术能够从根本上保障矿山生产的安全, 维持煤层结构的稳定。同时, 该技术

【作者简介】刘毓文(1987-), 男, 中国山西孝义人, 本科, 中级注册安全工程师, 从事采矿工程研究。

使得回采范围得以缩小,工艺更加简单灵活,有效预防了顶板事故的发生。

相较于其他开采技术,硬顶煤开采技术具有显著优势。但要充分发挥硬顶煤开采技术的实际效用,还需我们持续进行深入研究与探索^[1]。

一种开采顶板初次来压支架支护阻力的确定方法见图1。

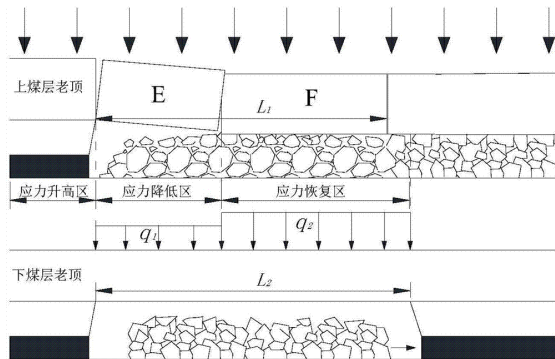


图1 一种开采顶板初次来压支架支护阻力的确定方法

2.2 缓倾斜的薄煤层开采

对缓倾斜薄煤层进行合理的开采,不但可以提高生产效率,而且可以改善工人的劳动条件。但是,由于受到诸多因素的制约,该方法在煤矿开采中的应用还存在一些问题。刨煤机已被广泛应用于矿井,但其工艺还不够成熟,导致其设计、制作还不能完全适应矿井生产需要,严重制约了其生产效率。为提高缓倾斜薄煤层开采效率,应从如下几个方面进行改进:首先,要综合提高刨煤机的设计、制造质量,保证其平稳可靠地生产;其次,结合生产实际,对刨煤机工艺进行了深入的研究与创新,使刨煤机的综合性能持续提高;最后,在此基础上,进一步完善相关工艺,促进矿井高效、安全的不断提高。

2.3 深层煤井开采

深部矿井开采是目前煤炭行业比较关注的课题,它的复杂性是多方面的。因此,在开展深部煤层采煤工艺的研究工作中,必须综合考虑矿井的各个方面的具体情况,才能选取最佳的工艺方法。

首先,深部矿井的矿压治理是矿井安全生产中的一个重点。高压地压地层结构给矿山开采带来很多难题,因此,在正式开展矿山开采前,必须对矿山的埋深、岩层结构等进行综合分析研究,并根据已有的资料,制订一套完整的矿山压力控制方案。此外,借助专门的地压监控与预警设备,能够更好地预测地压事故。

其次,对于深部矿井的开采,瓦斯治理工作有着很大的实际意义。当煤矿中存在大量的瓦斯时,不仅会影响到煤矿的正常生产,而且还可能引起重大的安全事故。因此,气体的控制与排放是非常重要的,两者的有机结合,可以切实提高煤矿生产的稳定性与高效性。

最后,深层煤井往往置身于复杂多变的地质环境中,

任何微小的疏忽都可能对生产人员的生命安全构成严重威胁。为确保采矿作业的安全性,必须精心挑选符合实际生产需求的采煤机械设备,同时,不断加强员工的业务能力训练。在实施深部矿井开采过程中,要采取切实可行的措施,保证生产的安全性,并对所搜集的资料进行全面的分析,从而制订出一套完善的开采技术计划。矿井深部采矿是一个涉及到多个专业的综合系统工程,所以,在进行煤矿井下作业时,要特别注意其安全管理^[2]。

2.4 填充开采

填充采矿技术旨在通过向采空区填充材料,以控制采场地压、支撑围岩、减少或延缓采后空区围岩的破坏和移动作用,并在形成的充填体上或在其保护下进行回采作业的采矿方法。根据矿体开采技术条件和所采用的回采方案的不同,充填料可以分次或一次充入采空区。分次充填称为分层充填,一次充填则称为嗣后充填或事后充填。充填采矿法通过充填材料对采空区进行支撑,可以有效控制围岩的移动和破坏,降低地压活动的风险。

同时,在地下开采过程中,采空区的形成往往会导致地表沉陷和地物破坏。充填采矿法通过回填采空区,可以减少地表沉陷的风险,保护地表建筑物、道路和农田等地物不受破坏,充填采矿法形成的充填体可以作为继续回采的工作平台,为采矿作业提供稳定的基础。在矿山开采实践中,存在多种填充开采方式,但具体应用时,必须依据不同的地质条件和开采需求,对填充方法进行综合考量,以确保达到最佳的填充效果。最后,填充工作不仅涵盖填充材料的储存和运输,还涉及填充速度和填充压力的精准调控。

2.5 智能开采

在现代化的矿井生产中,信息技术是基于信息技术的,能够随着国家科学技术的进步而不断提升,而这种技术又是当前煤炭生产工作的一种重要发展方向。虽然目前,矿井智能化技术的应用尚不成熟,仍处于发展的初级阶段,但将信息技术、自动化技术、遥感技术等技术应用于矿井,将会对煤矿生产产生巨大的推动作用。

3 提升煤矿开采施工过程安全性的重要举措

3.1 加强培训,提升工程作业人员的安全意识

近年来,我国中西部出现了一批黑煤窑,矿难频发,造成了巨大的经济损失。通过对已发生的几起事故进行了深入的剖析,得出了造成这类事故的根本原因,是由于煤矿项目主管和施工人员对安全生产的不重视。从企业经营的角度来看,这些企业没有任何法定的经营许可证,这是经营者法律观念薄弱的直接体现。他们无视法律,企图利用法律漏洞来逃避监管,最终导致了严重的后果。施工人员明知这些煤矿是非法的,却因追求高薪而甘愿冒险作业。这些现象无不揭示了相关人员安全意识的匮乏。他们为了个人利益,忽略了安全规范的烦琐步骤,却也因此失去了安全保障,严重威胁到个人的生命安全。

所以,要想提高工作水平,首先要做的就是加强训练,针对管理者及建筑工人,制定一系列的安全训练计划,目的是使工作人员对煤矿项目的风险等级,可能遇到的危险种类和基本的预防方法有更深层次的认识。这不但可以提高工作人员对安全的认识,而且可以充实工作人员对安全的认识。在遇到突发情况时,可以利用所学到的知识,提升自己的自保能力。

在培训过程中要注意多样化。要做到这一点,就必须积极地深入到基层、深入到矿井中去。通过印制生动有趣的小册子,悬挂醒目的宣传口号,对工作人员进行针对性的培训。只有通过这样的措施,煤矿建筑工人和管理人员的安全意识才能得到真正的提升,才能在根本上解决安全隐患,减少安全事故的发生,让人们的合法权利和生命安全得到更好的保护^[3]。

3.2 加大安全监管力度

确保矿井生产过程中的安全,既需要企业的积极投入,也离不开全社会的共同努力。在此过程中,监管机构扮演着至关重要的角色。针对当前发生的安全隐患事故,相关部门应高度重视,组建专业团队进行深入调查和反思,细致剖析事故原因,并据此制定针对性的治理措施,进而构建并推广一套系统的工作模式。唯有如此,方能更有效地开展安全核查,制定行之有效的安检标准。

监管部门应持续加大安全巡查力度,一旦发现存在安全隐患的矿山项目,应立即责令整改,并依法依规予以处罚,将隐患扼杀于萌芽状态。对于违法行为,必须坚决打击,绝不姑息,确保各项规定得到严格执行。

在安全监察工作中,可构建一套系统的运行模型。一方面,安排行政管理人员进行现场监督;另一方面,将矿井安全监测系统与安全网络相连,指派专人进行远程监控。通过这种常态化、即时的监测方式,能够加强对矿山施工的有效监管,确保安全隐患得以根除,降低煤矿工程的风险,切实保障人民群众的生命安全。对于在工作中勇于与违法行为斗争、坚持公正执法的工作人员,应给予表彰,并广泛宣传他们的先进事迹,激励更多人秉持公正执法、为人民服务的宗旨。

3.3 完善健全煤矿工程安管体系

在煤矿工程施工队伍中,构建并不断完善一个健全的安管体系是至关重要的。为此,应当设立专门的安全监测小组,该小组需由具备专业知识和丰富经验的人员组成,负责对煤矿工程进行全面的安全监督和指导。这一举措旨在确保施工过程中的每一个环节都符合安全标准,从而有效预防事故的发生。

为了确保安全监测小组的工作效果,需要建立一支专业的人才队伍。这支队伍不仅要具备扎实的专业知识,还要具备高度的责任心和敬业精神。他们将对工作规则和工作规范进行进一步的细化和完善,确保每一个细节都符合安全要求。同时,他们还将负责进行自我检查和自我监督,通过定期和不定期的安全检查,及时发现并处理潜在的安全隐患。

实施这一安管体系的优势在于,它能够通过自我监

控的方式,对煤矿工程中存在的安全隐患进行有效的检测和预防。一旦发现潜在的安全问题,可以立即采取措施进行处理,将风险控制在萌芽状态,从而避免事故的发生。这种自我监控的方式不仅能够提高煤矿工程的安全性,还能预防安全隐患事故的进一步发展,减少可能造成的经济损失和人员伤亡。

此外,还需要结合执法机关的执法检查,形成双重保护与双重监督的机制。执法机关的执法检查是对我们自我监控的一种有效补充,它能够确保安管体系更加完善、更加有效。通过执法检查,可以及时发现并纠正存在的问题,进一步提高煤矿工程的安全性^[4]。

3.4 引入和创新先进的安全技术水平

矿井施工环境非常复杂,钻探工作处于较大的深部,其所处的工作环境也比较恶劣。受此制约,矿山开采工程技术的创新和发展很难,严重制约了矿山安全生产与管理水平的提高。在这种情况下,更应引入高素质的计算机及自动化专业人才,以进一步优化、创新有关领域的基本层次。特别是在进行此项工作时,应从以下两点着手:

其一,应当强化对人力资源的吸纳与结构优化工作。当前,在我国煤矿建设项目中,人力资源占据较大比重,然而技术人才与管理人才的占比却相对较低。但实际上,在生产流程中,技术人员与管理人才发挥着至关重要的作用。他们凭借卓越的技术能力与管理水平,能够显著减少人工操作的频次与强度,进而大幅提升工作效率。其二,我们应着重对安全技术进行优化与创新。随着智能化、自动化等技术的不断进步,矿井智能化水平也实现了质的飞跃。通过将更多监测设备引入并结合传统开采工艺,该方法为矿井的安全、高效及稳定生产等多个方面提供了坚实的保障。

4 结语

煤矿因其自身的特点,导致其在生产中存在许多安全隐患。在这种情况下,必须对煤矿生产工艺进行合理的选择,并有效地实施施工安全管理。在此基础上,结合矿井的实际,采集完备的资料,确定不同的矿井开采工艺特征和适用范围,进行科学的采煤工艺的选取,同时,按照采煤工艺和施工方案,对施工中存在的安全风险进行分析,对安全管理的内容、规则、方向、重点和目标进行优化,确保安全管理的系统性、针对性、科学性和有效性,从而提升安全管理的效率,提升矿井的生产质量。

参考文献

- [1] 陈晓龙.煤矿工程采矿技术与施工安全管理分析[J].能源与节能,2022(6):55-56+59.
- [2] 靳成青.关于煤矿工程采矿技术与施工安全管理的研究[J].当代化工研究,2022(5):27-29.
- [3] 冯江兵.浅析煤矿工程采矿技术与施工安全管理中存在的问题[J].矿业装备,2021(6):162-163.
- [4] 常健.煤矿工程采矿技术与施工安全管理探究[J].内蒙古煤炭经济,2021(20):96-98.

Fault Diagnosis and Preventive Maintenance Optimization of Primary Substation Equipment

Xingguo Liu

CPC Electric Power Supply Company of Daqing Oilfield Co., Ltd., Daqing, Heilongjiang, 163000, China

Abstract

The primary transformer equipment mainly involves transformer, circuit breaker, disconnecting switch, current transformer and voltage transformer and other key elements, which plays an irreplaceable role in the power system. However, in the long-term operation process, these devices are inevitably affected by many factors, such as continuous mechanical stress, harsh environment, and equipment aging. Therefore, it is particularly important and urgent to deeply discuss the fault diagnosis and preventive maintenance of primary substation equipment. This paper aims to use advanced technical means to realize the real-time monitoring and intelligent analysis of the operating state of these devices, so as to conduct early fault diagnosis and early warning, to prevent the occurrence or further deterioration of faults.

Keywords

primary substation equipment; fault diagnosis; preventive maintenance

变电一次设备故障诊断与预防性维护优化

刘兴国

大庆油田有限责任公司中油电能供电公司, 中国·黑龙江 大庆 163000

摘 要

变电一次设备主要涉及变压器、断路器、隔离开关、电流互感器及电压互感器等关键元素, 在电力系统中发挥着不可替代的作用。然而, 在长期运作过程中, 这些设备不可避免地受到多种因素的影响, 例如持续的机械应力、恶劣环境以及设备老化等。因此, 深入探讨变电一次设备的故障诊断及预防性维护显得尤为重要且紧迫。论文旨在运用先进的技术手段, 实现对这些设备运行状态的实时监测与智能分析, 以便及早进行故障诊断及预警, 防止故障的发生或进一步恶化。

关键词

变电一次设备; 故障诊断; 预防性维护

1 引言

在当今的电力系统发展中, 高电压变电站的数量持续增加, 这些变电站的正常运作, 需要借助多种类型的一级设备。然而, 这些设备在市场上的售价较高, 其运行状态也直接影响着整个电力系统的运行质量。因此, 对这类设备进行故障诊断显得极其重要。其中, 带电测试故障诊断技术的运用, 可以准确识别设备中的安全隐患, 以便检修人员及时处理这些潜在的问题, 显著提升了故障诊断的效率, 保证诊断结果的准确性, 是维修电力系统的稳定运作的关键技术保障。

2 变电一次设备故障诊断技术要点

在针对变电一次设备运行故障进行相应预测工作之前,

【作者简介】刘兴国(1974-), 男, 中国安徽霍邱人, 本科, 技师, 从事变电运行、变电站值班、新能源光伏研究。

确保预测工作的准确性达到最佳水平, 首要任务便是对设备的运营状态数据进行全面整合分析。在此过程中, 借助多重有效的数据整合工具非常关键, 下面详细地产生诊断技术应用的要点。

2.1 设备数据的整合分析

在众多的变电一次设备中, 像变压器、断路器、隔离开关等重要设备, 均需要配备相应的辅助仪表, 用以实时监控反馈其运行状态。这些辅助仪表包含压力表、密度继电器、油温计等设备, 其所记录的信息, 是判断设备运行故障的重要依据。第一, 相关专业技术人员, 在进行一次设备数据整合时, 需要重点关注这些辅助性设备的各项参数指标。通过这些参数切实反映出设备的当前运营状况, 进而预测未来可能出现故障的关键指示。第二, 在具体的操作环节中, 相关的技术人员还需要定期采集辅助仪表上所记录的数据信息, 其中, 应重点记录显示异常或超出正常范围的参数值, 因为这些数值可能反映的是设备在一定时间内的异常表现, 是需要重点监管的部分。一旦发现异常数据, 技术人员应立刻向

上级有关部门汇报这一信息。同时，所记录的实时掌握设备信息，还可以用于后续设备故障预测。第三，为了最大限度地保证所整合的数据信息具有准确性，相关的技术人员还需运用先进的数据处理算法，将收集到的数据进行深入挖掘，并对比历史数据，分析出设备运行过程中故障所形成的潜在规律，为故障预测提供科学的依据。此外，技术人员也需要不断学习更为先进的数据分析工具用法，以应对设备在复杂的运行环境下所呈现出来的特殊变化。

2.2 在线监测故障诊断

其一，终端层建设层负责编集及收集变电一次设备的实际运行数据，并进行初步处理。智能巡检机器人、GPS定位系统以及各类传感器会被集中在关键部位上，用于捕捉设备运行的相关参数。其二，数据预处理层的主要功能是对终端层所获得的数据进行存储、加工及分析。其中，数据处理中心主要负责整合及验证收集的数据，去除噪声及干扰，提高数据的准确性。其三，命令层功能层的作用在于将数据层的分析结果转化为实际操作指令，包含三个核心模块：报警模块、控制模块及通信模块。当报警系统检测到异常时，会立即触发警报，以提醒维护人员采取必要的措施。同时，控制模块根据数据分析结果自动调整设备的运行参数以避免故障发生，而通信模块则保证分析结果，并将结果传递到相关管理系统中，以便进行后续处理。

2.3 人工智能诊断技术

基于人工智能的故障诊断系统在变电一次设备的运维中，主要涉及四个关键环节的运用，具体包含，数据采集、特征提取、故障识别及诊断决策。第一，在数据采集集中，系统通过安装传感器实时监测及收集设备的关键运行参数，如电流、电压、温度及振动等信息。第二，在特征提取阶段，系统对收集的原始数据进行进一步分析，以获取可以准确反映设备运行状况的特征参数。现代人工智能技术，可以帮助相关的技术人员，从大规模数据中提取有代表性的特征，用于提高处理系统的准确性。第三，在故障识别环节，人工智能算法可以广泛应用在，支持向量机、神经网络及决策树等诸多领域，它们通过学习历史故障数据，建立设备故障与特征参数之间的关联，从而实现故障类型的准确识别。尤其是神经网络，以其多层次的非线性映射能力，适合用于复杂故障模式的识别。第四，在诊断决策阶段，系统可以根据故障识别分析故障特征，结合设备的运行状况，为用户提供针对性地诊断结果，并给出相应的处理建议。

2.4 红外监测技术

红外监测技术作为一种先进的高科技手段，在变电一次设备的运维管理中发挥着举足轻重的作用。由于变电一次设备是电力系统的核心部分，通常会在极其苛刻的环境中工作，承受着高电压、大电流的巨大挑战。一旦设备出现异常故障，内部的元件线路就可能因过载等问题出现持续的温度升高。如果这种现象不能及时发现，并采取相应的措施进行

处理，必定会严重影响整个输变电系统的稳定运行。而红外监测技术的出现，恰好成为解决这一难题的有效工具。该技术运用红外线的热辐射原理，可以实时直观地监测变电一次设备在运行过程中的温度变化。同时，这种技术的操作灵活简便，而且覆盖范围也比较广，能更好地触及设备的各个部分，这样可以不遗漏的覆盖到任何潜在的故障点。然后将红外监测技术与设备的运行状况相结合，为技术人员提出完整的设备的运行信息，为其进行后续的维护保养工作，提供可靠的数据支持。在实际运用中，为了最大限度地提升红外监测技术的可靠性，相关的电力企业，需要制定一系列严格的规范标准。具体定义红外监测技术在变电一次设备的运行中的数据处理流程。通过严格遵循这些规定，最终技术人员所获取的数据也将更为真实可靠。

3 变电一次设备故障预防性维护优化系统设计措施

3.1 系统架构

在变电站智能化运维的背景下，数据采集被作为整个流程的核心基础，可以实时监控电流、电压、温度及振动等多种运行参数，为运维管理提供必需的数据支持。

第一，数据顺利传输到数据处理单元后，进入预处理阶段。它将执行数据清洗、归一化以及异常值检测等一系列关键操作，以保障后续处理的数据质量。数据经过这些加工后，会集中存储在高性能数据库中，为后续的故障预测决策提供强有力的支持。而故障预测层是该智能运维系统的核心部分，可以运用机器学习算法，结合大数据分析技术，为研究人员综合历史数据处理提供便利条件，同时，也能用于进行设备运行状态的深入分析，以构建可靠的故障预测模型^[1]。

第二，在开展系统优化维护过程中，需要考虑到各种设备的当前运行状态、历史故障记录及可用维护资源。有效提高工作效率，同时保证运维管理的科学性。此外，系统所提供的可视化工具，可以帮助运维人员更好地掌握设备运行健康状况，以便做出更为明智的决策。在系统监控层面，建立一个综合的监控机制，可以实时追踪数据采集、传输、处理、故障预测及维护决策等各个环节。当检测到异常情况时，系统可以迅速发出警报并启动应急预案，保证整个系统的连续性。

3.2 故障预测算法

在实施故障预测时，准确提取数据特征，涉及对电流、电压、温度及振动等多种传感器数据进行深入分析，可以有效反映设备健康状态的关键特征。例如，可以从设备的振动信号中提取频谱特征，再通过频域分析其中潜在的故障模式。同时，也可以通过时域分析，分析系统点电压的瞬时值及其随时间变化的趋势。其中，在选择合适的预测模型时，技术人员需要全面考虑不同机器学习算法的特性。时间序列数据，因其可以有效捕捉时间依赖性的深度学习模

型 LSTM, 得到了非常广泛的运用。而对于多维特征数据处理, 传统机器学习算法中随机森林的可解释性可以发挥出切实的作用^[2]。此外, 在模型训练阶段, 合理的数据划分对提高模型性能也会产生一定的影响。相关的技术人员们可以将数据分为训练集、验证集及测试集。训练集用于模型的初步学习, 验证集用于模型参数的调整, 方便选择出表现最佳的模型。测试集可以评估模型的最终预测能力, 增强模型的泛化能力。

3.3 隔离开关故障

隔离开关在变电一次设备中的功能性发挥非常关键。作为电源隔离和倒闸操作的关键设备, 隔离开关主要负责连接和断开小电流电路, 因此也被称为是变电系统的重要“保护者”。然而, 和所有精密机械一样, 隔离开关在实际的运行中, 也面临着接触不良、接地故障、机械故障、绝缘失效以及过热等多项问题的困扰。因此, 为了能更好地定位诊断并且处理这些故障, 相关技术人员需采取一系列可靠的技术方式。

关于隔离开关的过热问题处理, 需要格外谨慎。在变电隔离开关的工作过程中, 其内部热量的积累与散热空间的设计密切相关。一些变电系统内的隔离开关, 由于设计限制等因素的干扰, 散热空间较为狭窄, 这很容易导致其开关闭合部位的散热不畅。一旦散热故障出现, 就会严重威胁到隔离开关自身的正常运作, 并对整个变配电系统造成不利影响。为解决上述问题, 在开展检修工作过程中, 技术人员必须先观察接线座、触头等关键部件的状态。一旦发现问题, 比如压紧弹簧松动或者紧固螺栓出现锈蚀等现象, 需要立即采取纠正措施, 对出现问题的组件进行维修。例如, 可以考虑将压紧弹簧和紧固螺栓的材料升级为不锈钢, 这样设备整体的耐腐蚀性就会随之增加; 再比如可以定期清理开关载流接触面, 消除附着在其上的污垢, 这样可以增强设备的热传导性能; 也可以采取优化设计的方式, 增加适于隔离开关的散热空间, 以此最大化地减少过热现象的发生。此外, 检修人员需实时监测变电系统中隔离开关的运行温度。例如, 可以采用安装温度传感器, 以及设定温度报警阈值等方式, 对隔离开关运行温度的实时监控。一旦温度超过设定的阈值, 系统将自动发出报警信号, 提示检修人员迅速应对, 以有效防止因过热造成的隔离开关故障。

第二, 在处理隔离开关故障的过程中, 接触不良问题是一个亟需重视的重要环节。许多隔离开关在长时间承受恶劣工作条件的情况下, 若未及时进行有效的维护保养, 其表面就会出现非常严重的锈蚀现象。它会直接影响触点的正常接触, 还可能导致传动轴因锈蚀而变得笨重, 从而引发开关

运行异常, 并对整个电力系统的稳定性造成潜在威胁。在解决此类问题的过程中, 检修人员必须将重点放在关键部件上, 并应用高性能的防锈涂料对开关表面进行涂覆, 以切断空气和水分的接触, 防止锈蚀扩展, 还需要对传动轴等易生锈部位进行相应的润滑处理, 这样整个系统的运行过程就会变得更加的顺畅。对于那些长期在恶劣环境下工作的开关, 技术人员还需考虑对其结构进行必要的优化。改善其设计结构, 进而增强开关的防锈性能, 可以有效延长其使用寿命。并且也要保持轴承和关键元件之间活动自如, 这也是提升开关运行稳定的关键因素。

3.4 优化策略

在维护策略的制定过程中, 系统综合考虑多个影响因素, 包括设备的当前运行状况、历史故障记录以及维护资源的实时可用性。此外, 优化维护资源的配置也是决策过程中的重要环节, 这包括合理调配维护人员及保证备件的充分准备。利用优化算法, 系统可以高效地安排维护任务, 以便在最短时间内完成必要的检修, 从而显著提高整体维护工作的效率。维护计划的生成并非维护流程的终点, 而是执行的第一步。在计划生成后, 具体的执行才是关键。在实施过程中, 必须进行详细的监控与记录。系统会实时跟踪维护任务的进展, 并详细记录维护的结果与反馈信息, 以便持续改进维护策略^[3]。

4 结语

综上所述, 对变电一次设备运行状态进行全面整合分析, 是保证故障预测具有针对性的重要基础。技术人员可以充分利用辅助仪表所提供的信息资源, 并结合先进的数据处理算法, 更好地预测设备可能发生的故障, 提高电力系统的整体可靠性, 还能为企业带来显著的经济效益。同时, 面对快速发展的电力行业, 数据驱动的管理方式越来越成为优化运行的重要手段。因此, 建立一套系统化的数据整合分析流程, 也能很好地提升变电站运维人员的故障预测能力。例如, 技术人员应充分利用物联网、大数据分析、云计算等现代技术手段, 提高对设备状态的实时监控能力, 以确保在故障发生前采取有效措施。

参考文献

- [1] 邵琨. 变电一次设备故障诊断与预防性维护优化研究[J]. 光源与照明, 2024(6): 87-89.
- [2] 孙文选. 变电一次设备故障检测及检修的探讨[J]. 科技创新与应用, 2021, 11(26): 67-69.
- [3] 项茂阳. 变电设备故障诊断系统研究及应用[D]. 济南: 山东大学, 2021.

Analysis of Construction Safety Management and Control Points of Water Conservancy and Hydropower Projects

Yu Han¹ Yuan Wang²

1. Changjiang Water Resources and Hydropower Development Group (Hubei) Co., Ltd. Changjiang Engineering Project Management Co., Ltd. (Wuhan), Wuhan, Hubei, 430010, China

2. Changjiang Water Resources and Hydropower Development Group (Hubei) Co., Ltd. Changjiang Project Management Branch, Wuhan, Hubei, 430010, China

Abstract

Safety management is the key point of the construction management of water conservancy and hydropower projects. Different from ordinary engineering projects, water conservancy and hydropower projects not only have a huge project, long construction period and large amount, construction procedures are very complex and details are also very tedious, and they have their own special attributes, and are greatly affected by various factors in the construction process. Firstly, this paper summarizes the connotation and significance of construction safety management of water conservancy and hydropower projects, and then discusses the key points of construction safety control of water conservancy and hydropower projects from the three stages of construction preparation stage, construction process and construction later stage, and analyzes the key technologies of construction safety management of water conservancy and hydropower projects, which has reference significance for construction safety management of water conservancy and hydropower projects.

Keywords

water conservancy and hydropower engineering; construction safety management; control point

水利水电工程施工安全管理与控制要点的分析

韩宇¹ 王圆²

1. 长江水利水电开发集团（湖北）有限公司长江工程项目管理有限公司（武汉），中国·湖北 武汉 430010

2. 长江水利水电开发集团（湖北）有限公司长江工程项目管理分公司，中国·湖北 武汉 430010

摘 要

安全管理是水利水电工程施工管理的要点，水利水电工程与普通的工程项目不同，不仅工程庞大，施工周期长且量大，施工程序非常复杂，细节也很烦琐，具有其自身的特殊属性，施工过程中受各种因素影响较大，论文概述了水利水电工程施工安全管理的内涵、意义，继而从施工准备阶段、施工过程、施工后期三个阶段，探讨了水利水电工程施工安全控制的要点，并剖析了水利水电工程施工安全管理关键技术，对水利水电工程施工安全管理具有参考意义。

关键词

水利水电工程；施工安全管理；控制要点

1 引言

水利水电工程作为重要的基础设施工程，是国家重点支持的工程。中国有着世界上最多的水利水电工程，并且，新的工程项目不断增加。水利水电工程施工中存在着大量的安全风险，根据水利部门印发的《水利工程建设重大质量与安全事故应急预案》，水利水电工程施工中有 22 种隐患、36 大危险、20 类事故^[1]。因此，应高度重视水利水电工程施工安全管理与控制。

2 水利水电工程施工安全管理概述

水利水电工程施工安全管理指将安全管理的理念、要求、方法等，应用于水利水电工程施工管理中，其具有多重意义。水利水电工程施工中存在着大量的安全风险，安全管理能够有效控制各类安全风险，将安全风险的发生概率以及危害降至最低，从而保证水利水电工程施工的安全性。安全管理的深入开展，能够保障水利工程施工质量、控制施工成本，并确保工程按时完工^[2]。

3 水利水电工程施工控制要点

3.1 施工准备阶段的安全控制

3.1.1 施工图纸审查与安全交底

施工图纸作为水利水电工程施工的凭据，对施工安全

【作者简介】韩宇（1985-），女，中国河南南阳人，本科，工程师，从事水利水电工程研究。

有着重要的影响。应加强施工图纸审查工作,组织设计人员、安全管理人员、技术人员以及一线作业人员,联合开展施工图纸审查,同时,构建施工图纸二审制度,以细致、严格的审查工作,确保施工图纸合乎安全管理的要求,从源头上降低施工安全风险^[3]。安全交底是水利水电工程施工安全管理与控制至关重要的一环,应进一步加强安全交底工作,全面梳理施工中的安全风险点,责成技术部门负责人以及技术人员,面向一线施工人员开展安全交底,对安全风险较高的施工环节,更应反复交底。为提升安全交底的效果,应创新安全交底的方式,协同发挥好演示法、案例分析法、视频呈现法等安全交底中的作用。

3.1.2 施工设备与材料的安全检查

水利水电工程施工中需要采用大量的设备、材料,如混凝土生产设备、清淤设备、护坡设备、泵站设备、钢筋、水泥等,其中,设备、材料具有一定的安全风险,如特种设备、易燃易爆材料。应从以下三个方面加强施工设备与材料的安全检查:一是做好设备、材料的入场检查。施工设备及材料入场前,应组织专人开展检查,确保入场设备、材料,没有质量瑕疵,设备各项性能、参数正常,不存在损坏现象。二是做好设备、材料的使用检查。在设备、材料的使用前,应严格按照相关标准,责成技术人员、施工人员开展检查工作。三是构建常态化的检查机制。以材料为例,材料保管不当,既会影响材料质量,也会增加安全风险。应构建常态化的检查机制,真正做到防患于未然。

3.2 施工过程中的安全控制

3.2.1 作业人员的安全操作规范

“没有规矩,不成方圆”,安全操作规范是作业人员安全作业的指南,在提升水利水电工程施工安全水平中发挥着不可或缺的作用。应从以下三个方面加强安全操作规范建设:一是根据前期梳理的施工安全风险点,编制系统、完备的安全操作规范,以明白、晓畅的语言,配合图片,来展示安全操作规范,确保作业人员能够理解安全操作规范^[4]。二是在正式施工前,组织作业人员开展安全操作规范集中学习,并责成技术人员、安全管理人员,参与到集中学习中,由技术人员、安全管理人员解答作业人员安全操作规范学习中的问题、难点,提高安全作业规范的学习效果。三是构建安全作业规范实施监督机制,通过现场巡查,来检查作业人员有无违反安全作业规范的情形。

3.2.2 高空作业与临边防护

水利水电工程施工中存在大量高空作业、临边作业的情形,而高空作业、临边作业也是水利水电工程施工最为主要的风险点。应加强高空作业、临边作业的安全防护,从高空作业的角度而言,高空作业多见于大坝坝顶、引水隧洞顶部、桥梁上部结构等部位的作业,作业人员应严格按照作业规程以及相关的安全管理规定,佩戴完善的安全防护设施,如安全带、安全帽^[5]。同时,要做好作业平台的检查,确保

作业平台牢固可靠,没有晃动、变形等情况。高空作业要考虑天气因素,尽可能避免在恶劣天气条件下作业。从临边作业的角度而言,临边作业指在工作面的边沿没有围护设施或围护设施的高度低于800mm时的作业,存在较高的安全风险。应在临边作业处,设置严密、牢固的防护栏杆,同时,在栏杆的下部设置高度不低于180mm的挡脚板。

3.2.3 施工用电与防火防爆

用电安全是水利水电工程施工安全管理的重点,应具备高度的施工用电安全意识,并从多个方面,采取有效的措施,降低施工用电安全风险。电缆铺设中,应根据工程现场情况,科学设计电缆铺设方案,不得将电缆简单地埋在地下或浸泡在水中。特殊地段的电缆铺设,更应在电缆上架设防护套管,以保证电缆安全。

3.2.4 特种设备与危险作业管理

水利水电工程施工现场有大量的特种设备,如起重机械、压力容器、电梯等。与其他设备相比,特种设备的安全风险系数更高,更易出现安全事故。应从设备登记与检验、日常维护与保养、操作人员管理等多个方面,加强特种设备的安全管理。比如,操作特种设备的作业人员,必须持有特种设备作业证,严厉禁止无证操作现象。又如,建立健全特种设备常态化保养、维护机制,及时发现特种设备问题。除高空作业、临边作业外,水利水电施工中还存在着其他许多危险作业,如爆破作业、大型吊装作业^[6]。应加强危险作业管理,构建作业审批制度,同时,做好危险作业的现场安全管理以及应急救援机制建设。

3.3 施工后期的安全控制

3.3.1 工程验收与安全评估

将安全评估作为工程验收的重点内容,围绕工程自身安全、人员操作安全、运行安全、环境安全等多个方面,开展好安全评估工作。以工程自身安全为例,工程自身安全的评估要点主要包括工程的安全性、稳定性、抗震性等。应多维创新工程安全评估的方法,一方面,依托现场检查、资料分析、专家访谈等方法,对工程安全情况形成基本的了解,梳理工程中可能的安全风险;另一方面,借助专业化的评估工具,如层次分析法、模糊综合评级法等,对安全风险进行评价,遴选出最为主要的安全风险,为安全防控措施的采用提供依据。

3.3.2 安全隐患排查与整改

水利水电工程肩负着重要的责任,一旦出现安全事故,不仅会造成巨大的经济损失,更严重威胁人民群众的生命安全。应将安全隐患排查作为工程竣工投入运营的前置程序,组织技术人员、水利水电工程领域以及安全管理领域的专家,围绕强度不够、刚度不够、稳定性差、密封不良、应力集中、外形缺陷、外露运动件、制动器缺陷、设备设施其他缺陷等对工程安全隐患进行全面排查,并根据排查结果,做好整改工作^[7]。

4 水利水电工程施工安全管理关键技术

4.1 信息化安全管理技术

4.1.1 安全监测系统的建立与应用

当前,人类社会已经步入数字时代,水利水电工程施工也向着数字化转型的方向发展。数字技术在水利水电工程施工安全管理中有着巨大的应用价值,应构建高质量的安全监测系统,将安全监测系统作为数字时代施工安全管理的基础设施,同时,多维应用好安全监测系统。例如,借助安全监测系统,动态把握施工现场情况;利用安全监测系统,分析、诊断施工现场问题。

4.1.2 远程监控与预警机制

应在施工现场配置视频监控系统,同时,加装各种类型的传感器,全面采集施工现场信息。大数据技术、人工智能技术等的发展,为水利水电工程施工安全预警机制的构建提供了良好的技术支持。应在远程监控以及信息采集的基础上,依托大数据技术、人工智能技术构建安全风险预警模型,一旦监测到安全风险超过临界时,预警模型便会发出警报。

4.2 应急救援与事故处理

4.2.1 应急预案的制定与演练

“凡事预则立,不预则废。”应急预案对于水利水电工程施工中突发性安全事件的处理具有重要的作用。应结合近年来水利水电工程施工中常见的安全问题,如分门别类制定应急预案;带电部位裸露、漏电、雷电、静电、电火花等用电安全应急预案;固体抛射物、液体飞溅物、反弹物、岩土滑动等运动物伤害应急预案。同时,加强应急预案的演练工作,组织作业人员在闲暇时期,开展专项安全事故应急预案演练,增强全体人员的应急管理意识以及应急处置能力。

4.2.2 事故报告与调查处理流程

安全事故发生后,应第一时期启动调查处理机制,根据安全事故的类型、等级,组织调查队伍,深入施工现场开展调查工作,分析、研判安全事故的原因,确定安全事故的责任主体,并对事故的受害人,予以补偿。调查处理完后,应撰写完备的事故报告,细致阐明事故的发生原因,并提出建设性的解决方案,强化事故的调查处理与施工安全管理与控制的衔接性。要做好安全事故的档案管理,将事故报告入档,发挥好事故报告在后续事故防范中的作用。

4.2.3 应急救援队伍的建设与管理

高品质的应急救援队伍,对于水利水电工程施工安全管理与控制尤为必要。应从施工单位内部,遴选有救援经验、技能的人员作为应急救援队伍的主体力量,同时,加强与专业应急救援队伍的合作,聘请专业应急救援队伍,如抢险、医疗、消防等领域的人才,充当应急救援队伍的外部力量。加大应急救援的投入,为应急救援队伍配置完善的设备,如医疗救护设备、紧急通信设备、抢险设备等,使应急救援队伍的建设成为安全管理与控制的可靠力量。

4.3 安全文化建设

4.3.1 安全理念的树立与传播

文化具有感染人、浸润人的作用,是推进水利水电工程施工安全管理与控制的有效方式。应树立安全理念,并将安全理念融入施工现场文化建设中,同时,借助线下、线上相结合的方式,促进安全理念的传播,增强施工现场人员的安全意识。比如,在施工现场张贴“安全重于泰山”“安全高于一切”等标语,又如,利用当前人们感兴趣的抖音等平台,以有趣、生动的短视频故事,开展安全理念的传播工作。

4.3.2 安全绩效的考核与激励

对水利水电工程施工而言,安全绩效考核不仅可以反映各部门、各岗位在安全管理与控制中的表现,也能分析、诊断安全管理与控制的问题。应根据岗位、部门在安全管理与控制中的职责,设计对应的考核指标体系。考核结果的应用,是发挥安全绩效考核作用的必由之路,而激励机制,则是安全绩效考核结果应用的主要领域。薪酬激励是最为基本的激励形式,也是对作业人员履职表现影响最大的激励形式。应将安全绩效考核结果作为确定薪酬重要依据,适度提高在施工安全管理与控制中表现突出的作业人员的薪酬,从而在作业人员中形成良好的竞争效应。当物质激励达到一定的临界点后,对作业人员的激励效应便会显著下降。应深刻认识到精神激励的作用,对在安全绩效考核中表现突出的作业人员,予以精神激励,如授予“安全标兵”的荣誉称号。

5 结语

水利水电工程施工中面临着大量的安全风险,而安全风险一旦发生,则会导致重大经济损失,乃至产生人员伤亡。因此,要高度重视水利水电工程施工安全管理与控制,并从安全规程制定、信息技术应用、安全文化建设等多个方面采取好措施。

参考文献

- [1] 陈秀芸,李云飞.水利工程施工质量与安全管理措施研究[J].门窗,2019(13):164-165.
- [2] 彭树超.公路工程施工安全管理工作研究[J].黑龙江交通科技,2018,41(11):184-185.
- [3] 张青.关于电力工程施工安全质量管理与控制探讨[J].科技风,2014(1):234-238.
- [4] 王臣国.浅谈水利工程的安全隐患及应对措施[J].黑龙江科技信息,2012(4):258-260.
- [5] 魏玉涛.水利工程施工现场危险源辨识与风险评价[J].海河水利,2021(1):50-53.
- [6] 冯金超.新形势下水利水电工程施工安全管理与控制探究[J].智能建筑与智慧城市,2019(7):69-70.
- [7] 尹建部,李振卿,赵香玲,等.浅析BIM技术在水利水电工程施工安全管理中的实践应用[J].中国设备工程,2022(5):88-90.

Research on the Construction Technology of the Concrete Pouring Method of the Slope Roof

Zhuji Han

Shanxi Wujian Group Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi, 030013, China

Abstract

With the continuous innovation and development of architectural design, the application of slope roof is more and more widely used in modern buildings. Slope roof not only has good drainage performance, but also slope roof is widely used in buildings because of its unique shape, but it also brings some challenges to concrete pouring. This paper mainly on the slope roof concrete pouring method construction technology, through the difficulty of slope roof concrete pouring analysis, put forward the corresponding construction technical measures, including template engineering, steel engineering, the concrete mix design, pouring process and maintenance, to ensure the quality of slope roof concrete construction, however, slope roof concrete pouring construction is more complex than flat roof, construction is difficult. Therefore, it is of great practical significance to study the construction technology of slope roof concrete pouring method.

Keywords

slope roof; concrete pouring; slope roof concrete elevation control; flatness control

坡屋面混凝土浇筑方法施工技术研究

韩祝捷

山西五建集团有限公司, 中国 · 山西 太原 030013

摘 要

随着建筑设计的不断创新和发展,坡屋面在现代建筑中的应用越来越广泛。坡屋面不仅具有良好的排水性能,坡屋面因其独特的造型在建筑中被广泛应用,但同时也给混凝土浇筑带来了一定的挑战。论文主要对坡屋面混凝土浇筑方法施工技术进行了深入研究,通过对坡屋面混凝土浇筑的难点分析,提出了相应的施工技术措施,包括模板工程、钢筋工程、混凝土配合比设计、浇筑工艺及养护等方面,以确保坡屋面混凝土的施工质量,然而,坡屋面的混凝土浇筑施工相较于平屋面来说更为复杂,施工难度较大。因此,论文研究坡屋面混凝土浇筑方法施工技术具有重要的现实意义。

关键词

坡屋面; 混凝土浇筑; 坡屋面混凝土标高控制; 平整度控制

1 引言

近年来,随着中国建筑行业的技术水平和施工质量的提高,在建筑设计中许许多多新颖别致、多彩纷呈的坡屋面结构出现在了住宅结构或是公共建筑中,使得这些建筑从使用功能及外观造型都增加了不同的色彩,但同时也给屋面施工质量带来了一定的影响和隐患。

现浇混凝土坡屋面在施工过程中难度大,整体施工质量难以控制,施工难点多容易发生质量问题。这些难点主要存在于混凝土的标高控制、平整度、密实度及振捣过程。在清楚了这些施工技术难点后,工程人员经过不断地总结和探索提出了一系列的应对措施。

2 坡屋面混凝土浇筑的特点与难点

2.1 特点

坡度较大,混凝土在浇筑过程中容易产生下滑现象,影响混凝土的密实度和成型质量。

坡屋面的模板支撑体系需要承受较大的侧向压力,对模板的强度和稳定性要求较高。

为保证排水顺畅,坡屋面的形状通常较为复杂,给混凝土的浇筑和振捣带来一定的困难。

2.2 难点

①模板支撑难度大。

②坡屋面的坡度较大,模板的安装和固定较为困难,容易出现模板变形、移位等问题,影响混凝土的成型质量。

③模板支撑体系的稳定性。由于坡屋面的坡度较大,模板支撑体系需要承受较大的侧向压力,如何确保模板支撑体系的稳定性是施工的难点之一。

【作者简介】韩祝捷(1986-),男,中国山西河津人,本科,高级工程师,从事建筑工程施工管理研究。

④混凝土下滑。在浇筑过程中,混凝土在重力作用下容易向下滑动,导致混凝土厚度不均匀,甚至出现局部空洞等质量问题。

⑤振捣困难。由于坡屋面的特殊形状,振捣棒难以深入混凝土内部进行充分振捣,容易出现混凝土不密实的情况,如何保证混凝土的密实度是施工的关键问题。

2.3 坡屋面混凝土标高及平整度控制

坡屋面混凝土的标高比平屋面的控制起来难度要大很多,施工不当易使坡面混凝土上薄下厚,为保证屋面标高,可以在屋脊及檐沟每2m焊接一个直径12mm的钢筋头,上刷红漆,采用结构的标高点进行混凝土的标高控制。

2.4 坡屋面混凝土密实度及振捣过程控制

现浇混凝土坡屋面板底横向钢筋印迹往往清晰可见,同时横向钢筋接近上部比较密实,而接近下部混凝土相对松散。一般坡屋面混凝土采用点振法施工,点振法就是用振捣棒垂直于模板面对屋面混凝土进行振捣的一种方法,振捣面积小,进一步振捣到位,提高混凝土的密实度;振捣所需时间短,减少了混凝土的流淌,混凝土振捣完毕,用大刮刮平,根据板顶标高控制线,用抹子搓至板顶标高。

2.5 施工技术路线与原理

2.5.1 坡屋面截流钢丝网及支撑装置的设计施工

坡屋面截流钢丝网及支撑装置包括屋脊线两侧的坡屋面,每面坡屋面上均设置有顶板模板,顶板模板上均设置有多个混凝土垫块,混凝土垫块上设置有板底钢筋,板底钢筋上方设置有板面钢筋;每面坡屋面的板底钢筋和板面钢筋之间设置有多排沿坡屋面横向设置的钢丝网支撑杆,每排钢丝网支撑杆包括多个均匀间隔设置的钢丝网支撑杆,每个钢丝网支撑杆的底端与板底钢筋固定连接、上端与板面钢筋绑扎连接、顶端贯穿板面钢筋向上延设并且延设段上设置有连接螺纹,每个钢丝网支撑杆位于板底钢筋和板面钢筋之间的杆段后端铰接连接有沿坡屋面纵向设置的后支撑杆,后支撑杆的底端与板底钢筋固定连接,后支撑杆的中部设置有花篮调节螺母;每排钢丝网支撑杆的顶端共同安装有一根位于板面钢筋上方且沿坡屋面横向设置的板面标高控制横梁,板面标高控制横梁插装在钢丝网支撑杆的延设段上,钢丝网支撑杆的延设段上螺纹连接有两个分置于板面标高控制横梁上、下方的调节螺母,两个调节螺母将板面标高控制横梁夹紧固定;板面标高控制横梁的底面或前侧面上固定连接有沿坡屋面纵向设置的前拉杆,前拉杆的前端与板面钢筋固定连接,前拉杆的中部设置有花篮调节螺母;每面坡屋面的板底钢筋和板面钢筋之间设置有多道平行且沿坡屋面横向设置的截流钢丝网,每道截流钢丝网支撑在每排钢丝网支撑杆上,截流钢丝网的下端和上端分别与板底钢筋和板面钢筋绑扎固定,截流钢丝网与坡屋面板底模板垂直设置。

2.5.2 坡屋面混凝土浇筑工艺

①浇筑顺序。从坡屋面的低处向高处进行浇筑,也就

是采用料斗进行浇筑混凝土,从屋檐处开始向屋脊线方向依次对每块浇筑带进行浇筑,并以屋脊线为对称轴,两侧坡屋面对称浇筑混凝土;在每条浇筑带作业面内按照“s”型路线推进浇筑。使混凝土在重力作用下自然流淌,减少混凝土的下滑。

对于面积较大的坡屋面,可以采用分段浇筑的方法,逐段进行混凝土的浇筑。

②浇筑方法。采用分层浇筑的方法,每层厚度不宜超过300mm。在浇筑过程中,应注意控制混凝土的浇筑速度,避免混凝土堆积过高。

对于坡度较大的部位,可以采用斜向分层浇筑的方法,即从坡屋面的低处向高处斜向分层进行浇筑。

③振捣方法。采用插入式振捣棒进行振捣,振捣棒的插入深度应控制在下层混凝土50~100mm之间,振捣时间不宜过长,以混凝土表面不再出现气泡和泛浆为准。

对于坡度较大的部位,可以采用人工振捣的方法,加强混凝土的振捣效果。在振捣过程中,应注意避免振捣棒与模板和钢筋的碰撞。

④混凝土收面。采用插入式振捣器和平板振捣器随浇筑振捣,振捣完成采用刮尺沿板面标高控制横梁底部收面找平,控制混凝土面高程,直至浇筑施工完成。

2.5.3 技术路线

顶板模板体系设计及验算制作→安放混凝土垫块→利用红外仪器槽壁测量放控制线→安装板底钢筋→钢丝网支撑杆安装→调节板面标高控制横梁→安装调节螺母→安装前拉杆→安装后支撑杆→安装花篮调节螺母→安装截流钢丝网→浇筑坡屋面

2.5.4 操作要点

①钢丝网支撑杆制作。

第一,每排钢丝网支撑杆中,相邻的两个钢丝网支撑杆的间距为800mm,钢丝网支撑杆采用 $\phi 16\text{mm}$ 的圆钢制作而成,且顶部设置有连接螺纹。

第二,相邻两道截流钢丝网的间距为1.5m,截流钢丝网采用网孔为 $15\times 15\text{mm}$ 的钢丝网制作而成。

板面钢筋通过马凳筋支架固定在板底钢筋上。

前拉杆的前端端部设置 90° 弯钩与板面钢筋拉结固定。

后支撑杆的底端端部焊接有 135° 弯起钢筋与板底钢筋卡扣固定。

料斗采用带引导管的料斗。

在一次收面找平完成后,用铁抹子压第二遍,要求密实不漏压,终凝前进行第三遍压光。

采用钢丝网截流支撑装置控制板面标高的措施可以保证屋面成型质量及混凝土内部的密实度,避免返工及二次找平,节约了工期、材料费、人工费,降低了施工难度,避免了屋面渗水的现象发生,不对业主造成损失。本发明方法加强了对混凝土板面标高的控制,提高了现浇混凝土坡屋面平

整度、密实度,保证了屋面厚度及防止裂缝,以质量保证工期,且可重复利用,为其他同类型项目施工提供良好借鉴和依据。

②坡屋面截流钢丝网及支撑装置的设计施工。

如图1~图3所示,坡屋面13截流钢丝网11及支撑装置包括屋脊线12两侧的坡屋面13,每面坡屋面13上均设置有顶板模板1,顶板模板1上均布设置有多个混凝土垫块2,混凝土垫块2上设置有板底钢筋3,板底钢筋3上方设置有板面钢筋4,板面钢筋4通过马凳筋支架固定在板底钢筋3上;每面坡屋面13的板底钢筋3和板面钢筋4之间均布间隔设置有多排沿坡屋面13横向设置的钢丝网支撑杆5,每排钢丝网支撑杆5包括多个均布间隔设置的钢丝网支撑杆5,相邻的两个钢丝网支撑杆5的间距为800mm,钢丝网支撑杆5采用 $\phi 16\text{mm}$ 的圆钢制作而成;每个钢丝网支撑杆5的底端与板底钢筋3固定连接、上端与板面钢筋4绑扎连接、顶端贯穿板面钢筋4向上延设并且延设段上设置有连接螺纹;每个钢丝网支撑杆5位于板底钢筋3和板面钢筋4之间的杆段后端铰接连接有沿坡屋面13纵向设置的后支撑杆9,铰接连接的话可根据板底钢筋3间距变化调节后支撑杆9角度,后支撑杆9的底端端部焊接有 135° 弯起钢筋与板底钢筋3卡扣固定,后支撑杆9的中部设置有花篮调节螺母10,可根据板底钢筋3间距变化调节后支撑杆9的长度;每排钢丝网支撑杆5的顶端共同安装有一根位于板面钢筋4

上方且沿坡屋面13横向设置的板面标高控制横梁6,板面标高控制横梁6采用镀锌方管制制作而成,板面标高控制横梁6插装在钢丝网支撑杆5的延设段上,钢丝网支撑杆5的延设段上螺纹连接有两个分置于板面标高控制横梁6上、下方的调节螺母7,两个调节螺母7将板面标高控制横梁6夹紧固定,通过调节螺母7调节板面标高控制横梁6,板面标高控制横梁6的底标高即为混凝土土面的标高,板面标高控制横梁6的底表面与顶板模板1之间的距离即为混凝土厚度,板面标高控制横梁6通过调节螺母7调整板厚及板面标高,从而控制混凝土表面的平整度;板面标高控制横梁6的底面或前侧面上固定连接有沿坡屋面13纵向设置的前拉杆8,前拉杆8的前端端部设置 90° 弯钩并与板面钢筋4拉结固定,前拉杆8的中部设置有花篮调节螺母10,可以根据板面钢筋4间距的变化调节前拉杆8的长度;每面坡屋面13的板底钢筋3和板面钢筋4之间设置有多道平行且沿坡屋面13横向设置的截流钢丝网11,相邻两道截流钢丝网11的间距为1.5m,截流钢丝网11采用网孔为 $15*15\text{mm}$ 的钢丝网制作而成;每道截流钢丝网11支撑在每排钢丝网支撑杆5上,截流钢丝网11的下端和上端分别与板底钢筋3和板面钢筋4绑扎固定,截流钢丝网11与坡屋面13顶板模板1垂直设置;多道截流钢丝网11将对应坡屋面13的顶板模板1划分为多条浇筑带14。

③坡屋面13混凝土浇筑。

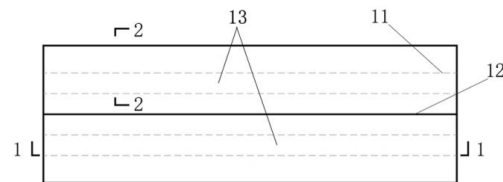


图1 坡屋面的俯视平面示意图

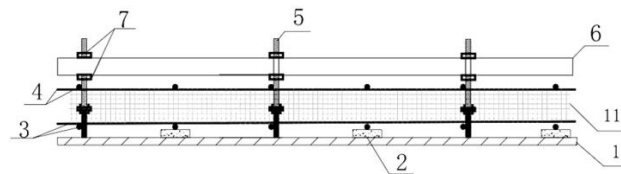


图2 图1中的1-1剖视图

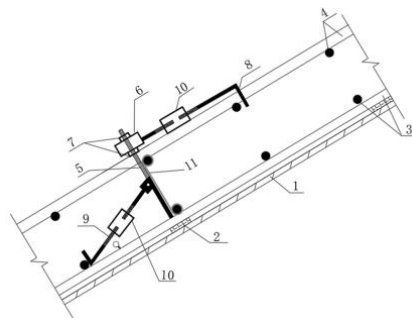


图3 图1中的2-2剖视图

采用带引导管的料斗进行浇筑混凝土，从屋檐处开始向屋脊线 12 方向依次对每块浇筑带 14 进行浇筑，并以屋脊线 12 为对称轴，两侧坡屋面 13 对称浇筑混凝土；在每条浇筑带 14 作业面内按照“s”型路线推进浇筑，如图 4 所示，箭头方向表示浇筑行进方向。

采用带引导管的料斗进行浇筑，可避免压力泵送混凝土直接输送至坡屋顶，供料速度过快，在泵送压力及钢筋网的筛分下，骨料分离，坡脚边粗骨料严重集中，不易分散且很难振捣密实；加引导管能有效降低混凝土自由降落的速度，控制作业面确保“s”型顺序推进浇筑的实现；每块浇筑带 14 横向宽度不超过 6m，按“s”型顺序由下至上向屋脊推进。

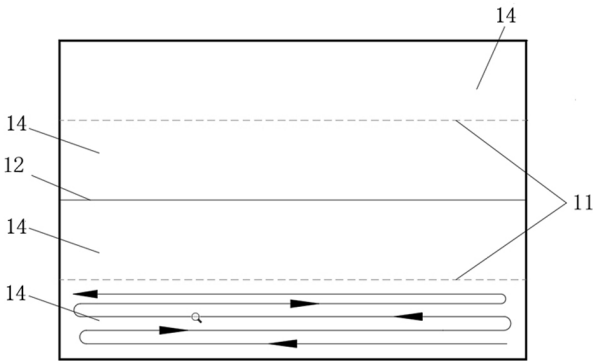


图 4 在坡屋面上的多道浇筑带内按照“s”型路线推进浇筑的俯视平面示意图

④混凝土收面。

采用插入式振捣器和平板振捣器随浇筑振捣，振捣完

成采用刮尺沿板面标高控制横梁 6 底部收面找平，控制混凝土面高程，直至浇筑施工完成。

为保证混凝土浇筑质量与密实度，配置 4 台插入式振捣器，2 台平板振捣器，随浇筑振捣，振捣完成用 3m 刮尺沿板面标高控制横梁 6 的底表面收面，收面时混凝土具有自稳能力后可边收面边拆除钢丝网支撑装置。

在一次收面找平完成后，用铁抹子压第二遍，要求密实不漏压，终凝前进行第三遍压光；一次收面完成后，混凝土凝结至可以上人但不下陷时，即可用铁抹子压第二遍，要求密实，不漏压；终凝前进行第三遍压光。

3 结语

坡屋面混凝土浇筑施工技术是一项复杂而关键的技术，通过合理的模板支撑体系设计、混凝土配合比优化、浇筑顺序与方法选择以及施工质量控制措施，可以有效地提高坡屋面混凝土的施工质量。在实际工程中，应根据具体情况选择合适的施工方法和技术要点，不断总结经验，为类似工程提供参考。

参考文献

[1] GB 50300—2011 建筑工程施工质量验收统一标准[S].
[2] 王辉.坡屋面混凝土施工技术探讨[J].建筑技术开发,2023,50(16): 77-79.
[3] 李晓明.坡屋面混凝土浇筑质量控制措施研究[J].工程建设与设计,2022(22).
[4] 张志强.坡屋面混凝土浇筑施工技术要点分析[J].建材与装饰, 2021(32):31-32.

Research on Transmission Line Fault Diagnosis and Intelligent Monitoring Technology

Wei Wang

Gansu State Grid Longnan Power Supply Company transmission and Transportation Inspection Center, Longnan, Gansu, 742500, China

Abstract

With the continuous development and expansion of the power system, the safe and stable operation of the transmission lines has become very important. This paper deeply studies the transmission line fault diagnosis and intelligent monitoring technology, analyzes the common fault types and their characteristics, discusses a variety of intelligent monitoring methods and technical principles, introduces the relevant data processing and analysis means, and verifies the effectiveness and practicability of these technologies through examples. It aims to improve the accuracy and timeliness of transmission line fault diagnosis and ensure the reliable operation of power system. As an important part of the power grid, the monitoring and fault diagnosis of transmission lines are crucial to ensure the safety, stability and economic operation of the power system.

Keywords

transmission line; UAV; signal processing; intelligent detection

输电线路故障诊断与智能监测技术研究

王伟

国网陇南供电公司输电运检中心, 中国·甘肃 陇南 742500

摘 要

随着电力系统的不断发展和扩大, 输电线路的安全稳定运行变得至关重要。论文深入研究了输电线路故障诊断与智能监测技术, 分析了常见故障类型及其特征, 探讨了多种智能监测方法和技术原理, 介绍了相关的数据处理与分析手段, 并通过实例验证了这些技术的有效性和实用性。旨在提高输电线路故障诊断的准确性和及时性, 保障电力系统的可靠运行。输电线路作为电网中的重要组成部分, 其运行状态的监测与故障诊断对于确保电力系统安全、稳定和经济运行至关重要。

关键词

输电线路; 无人机; 信号处理; 智能检测

1 引言

输电线路作为电力系统的重要组成部分, 其运行状态直接影响着电力的供应质量和可靠性。由于输电线路分布广泛, 所处环境复杂, 容易受到自然因素(如雷击、覆冰、风灾等)和人为因素(如外力破坏、施工误操作等)的影响, 导致故障的发生。因此, 研究有效的输电线路故障诊断与智能监测技术具有重要的现实意义。

2 输电线路常见故障类型及特征

2.1 雷击故障

雷电过电压可能使绝缘子闪络、烧伤或炸裂, 导线出现断股、断线等情况。故障点通常伴有明显的放电痕迹, 如

烧蚀坑、树枝状放电通道等。雷击故障发生后, 线路的绝缘电阻会显著下降, 甚至可能出现接地短路现象。

2.2 覆冰故障

故障特征: 导线覆冰会导致线路重量增加, 弧垂增大, 可能引起导线相间短路、对地放电。严重覆冰时, 导线可能因承受过大的张力而断裂, 杆塔也可能因受力不均而倾斜、倒塌。覆冰融化过程中, 冰层脱落可能造成线路跳跃, 引发线路故障。

2.3 外力破坏故障

故障特征: 常见的外力破坏包括施工机械碰撞杆塔、车辆撞断导线、树木倒压线路等。故障点具有明显的外力冲击痕迹, 如杆塔变形、导线断裂处不规则等。外力破坏故障往往具有突发性, 且故障发生地点较为随机。

2.4 线路污闪故障

故障特征: 绝缘子表面污秽积累, 在潮湿天气下容易发生污闪, 导致线路跳闸。污闪故障发生时, 通常会出现大

【作者简介】王伟(1983-), 男, 中国甘肃秦安人, 本科, 工程师、高级技师, 从事输电线路运维及检修研究。

面积的绝缘子闪络，伴有强烈的电弧放电现象。故障后，绝缘子表面可能有烧伤痕迹，污秽物质可能被电弧烧焦。

3 智能监测技术

3.1 传感器技术

3.1.1 光纤传感器

原理：利用光纤的光弹效应、热光效应等特性，通过测量光纤中光的波长、相位、强度等参数的变化来感知输电线路的温度、应变、振动等物理量。

应用：用于监测导线的温度分布，及时发现过热部位；测量导线的应力变化，评估线路的承载能力；检测杆塔的振动情况，判断是否受到外力干扰。

3.1.2 电流传感器

原理：基于电磁感应原理或罗氏线圈原理，非接触式地测量输电线路中的电流。

应用：监测线路电流的大小和变化趋势，判断是否存在过载、短路等故障；通过分析电流的谐波分量，检测线路中的设备故障或异常运行状态。

3.1.3 电压传感器

原理：采用电容分压原理或电阻分压原理，将输电线路的高电压转换为可测量的低电压信号。

应用：测量线路的电压幅值、相位等参数，监测电压波动情况，保障电力系统的电压稳定性。

3.2 无人机巡检技术

3.2.1 技术优势

灵活性高：可以快速到达输电线路的任何位置，不受地形和环境的限制。

检测效率高：搭载高清摄像头、红外热成像仪等设备，能够快速获取线路的图像和热成像数据，实现对线路设备的全面检测。

安全性好：避免了人工巡检时的高空作业风险，减少了对线路运行的干扰。

3.2.2 巡检内容与方法

外观检查：通过高清摄像头拍摄线路设备的外观图像，检查绝缘子是否破损、导线是否断股、金具是否松动等。

红外热成像检测：利用红外热成像仪检测线路设备的发热情况，识别过热故障点，如接头松动、接触不良等。

激光雷达扫描：通过激光雷达对输电线路和周边环境进行三维扫描，获取线路的空间位置信息和地形地貌数据，为线路的运维管理提供基础数据。

3.3 机器人巡检技术

3.3.1 工作原理与功能

机器人巡检技术主要包括行走机构、检测系统和控制系统等部分。行走机构使机器人能够在输电线路上行走，检测系统搭载各种传感器，用于采集线路设备的状态信息，控制系统则负责机器人的运动控制和数据处理。

机器人可以实现对线路设备的近距离检测，如绝缘子

的憎水性检测、导线磨损检测等；同时，还具备自主导航、避障功能，能够在复杂的线路环境中安全运行。

3.3.2 应用案例与效果

某地区电力公司采用机器人巡检技术对一条重要的输电线路进行定期巡检。通过机器人采集的数据，及时发现多处绝缘子老化和导线轻微磨损的问题，并采取了相应的维护措施，有效避免了故障的发生，提高了线路的可靠性和运行寿命。

3.4 分布式监测技术

3.4.1 系统组成与原理

分布式监测技术由多个监测终端、通信网络和数据处理中心组成。监测终端分布式地安装在输电线路路上，实时采集线路的各种参数，如电流、电压、行波等，并通过通信网络将数据传输到数据处理中心。

数据处理中心对采集到的数据进行分析 and 处理，利用行波测距原理、故障特征识别算法等技术，实现对故障的定位和诊断。

3.4.2 行波测距技术在故障定位中的应用

当输电线路发生故障时，故障点会产生向线路两端传播的行波。分布式监测终端通过测量行波到达的时间差，可以准确计算出故障点到监测终端的距离，从而实现故障的精确定位。

与传统的故障定位方法相比，行波测距技术具有定位精度高、不受线路参数变化和过渡电阻影响等优点，能够大大提高故障抢修的效率。

4 数据处理与分析方法

4.1 信号处理技术

4.1.1 滤波与去噪

采用数字滤波器对采集到的传感器信号进行滤波处理，去除信号中的噪声干扰，提高信号的质量和可靠性。例如，采用中值滤波器去除信号中的脉冲噪声，采用低通滤波器去除高频噪声。

4.1.2 特征提取

通过信号处理算法提取故障信号的特征参数，如幅值、频率、相位、小波变换系数等。这些特征参数可以反映故障的类型和严重程度，为故障诊断提供依据。

例如，对于雷击故障信号，可以提取其高频分量和冲击特征；对于覆冰故障信号，可以分析其低频振动特征和温度变化特征。

4.2 机器学习与人工智能算法

4.2.1 故障诊断模型建立

利用机器学习算法，如支持向量机（SVM）、决策树、神经网络等，建立输电线路故障诊断模型。首先，对大量的历史故障数据和正常运行数据进行预处理和特征提取，然后将这些数据作为训练样本输入到机器学习模型中进行训练。

通过训练，模型学习到故障特征与故障类型之间的映

射关系,从而能够对新采集到的数据进行故障诊断和分类。

4.2.2 模型优化与评估

为了提高故障诊断模型的准确性和泛化能力,需要对模型进行优化和评估。常用的优化方法包括参数调整、特征选择、模型融合等。

采用交叉验证、准确率、召回率、F1 值等指标对模型进行评估,选择性能最优的模型作为最终的故障诊断模型。

4.3 大数据分析技术

4.3.1 数据存储与管理

随着智能监测系统的广泛应用,积累了大量的输电线路监测数据。采用大数据存储技术,如分布式文件系统(HDFS)、NoSQL 数据库等,对这些数据进行存储和管理。

建立数据仓库,对多源异构的数据进行整合和清洗,为数据分析提供高质量的数据基础。

4.3.2 数据分析与挖掘

利用大数据分析技术,如数据挖掘算法、关联分析、聚类分析等,挖掘输电线路监测数据中的潜在信息和规律。

例如,通过分析历史故障数据与气象数据、地理信息等关联关系,找出故障的高发区域、季节和时间规律,为制定预防性维护策略提供依据;通过聚类分析对线路设备的运行状态进行分类,识别潜在的故障风险。

5 实例分析

5.1 案例背景

某地区一条 220kV 输电线路在运行过程中频繁发生故障,严重影响了当地的电力供应。为了提高线路的运行可靠性,该地区电力公司采用了输电线路故障诊断与智能监测技术,对该线路进行全面的监测和分析。

5.2 监测系统部署

①在输电线路路上安装了光纤传感器、电流传感器、电压传感器等多种传感器,实时监测线路的温度、应变、电流、电压等参数。

②部署了无人机巡检系统和机器人巡检系统,定期对线路进行巡检,获取线路设备的外观图像和热成像数据。

③采用分布式监测技术,在线路上安装了多个行波监测终端,实现对故障的精确定位。

5.3 数据处理与分析

①对采集到的传感器信号进行滤波、去噪和特征提取处理,提取了故障信号的特征参数。

②利用建立的 SVM 故障诊断模型对特征参数进行分析和诊断,成功识别出了雷击故障、覆冰故障和外力破坏故障等多种类型的故障。

③通过行波测距技术,准确确定了故障点的位置,为故障抢修提供了有力支持。

5.4 效果评估

①采用该技术后,输电线路的故障发生率显著降低,

从原来的每年 [X] 次降低到了每年 [X] 次,提高了线路的运行可靠性。

②故障诊断的准确性达到了 [X]% 以上,故障定位精度在 [X] 米以内,大幅缩短了故障抢修时间,减少了停电损失。

③通过对监测数据的分析和挖掘,发现了线路存在的一些潜在问题,并及时采取了相应的维护措施,延长了线路的使用寿命。

6 结论与展望

6.1 研究成果总结

①论文对输电线路故障诊断与智能监测技术进行了全面深入的研究,分析了常见故障类型及其特征,探讨了多种智能监测方法和技术原理,介绍了相关的数据处理与分析手段。

②通过实例分析,验证了这些技术在实际应用中的有效性和实用性,能够显著提高输电线路故障诊断的准确性和及时性,保障电力系统的安全稳定运行。

6.2 技术发展前景

①传感器技术的发展:未来传感器将朝着小型化、智能化、多功能化方向发展,提高传感器的性能和可靠性,降低成本。同时,新型传感器的研发将为输电线路监测提供更多的参数和信息。

②人工智能与大数据技术的应用:随着人工智能和大数据技术的不断发展,其在输电线路故障诊断与智能监测中的应用将更加深入和广泛。未来将开发更加智能化的故障诊断模型和数据分析算法,提高故障诊断的准确性和预测能力。

③多源信息融合与协同监测:将多种监测技术和信息源进行融合,实现对输电线路的全方位、多角度监测。同时,加强不同监测系统之间的协同工作,提高监测效率和故障处理能力。

④无线通信技术的提升:无线通信技术的发展将为输电线路智能监测系统的数据传输提供更加可靠、高效的解决方案。未来将研究和应用 5G、物联网等新兴通信技术,实现监测数据的实时传输和远程控制。

综上所述,输电线路故障诊断与智能监测技术是保障电力系统安全稳定运行的重要手段。随着技术的不断进步和创新,这些技术将在电力系统中发挥越来越重要的作用,为实现智能电网的建设和发展提供有力支持。

参考文献

- [1] 李兴植.输电线路故障分析技术发展综述[J].电工文摘,2016(2):72-74.
- [2] 王敏学,李黎,周达明,等.分布式光纤传感技术在输电线路在线监测中的应用研究综述[J].电网技术,2021,45(9):3591-3600.
- [3] 王敏学.分布式光纤传感技术在架空输电线路安全监测中的应用研究[D].武汉:华中科技大学,2022.
- [4] 王敏学,李黎,周达明,等.分布式光纤传感技术在输电线路在线监测中的应用研究综述[J].电网技术,2021,45(9):3591-3600.
- [5] 国家电网公司.架空输电线路运维管理规定[S].

Research on the Application of Denitration Control Technology in Thermal Power Unit in Environmental Protection

Yanqi Zhang Xudong He Shuangbin Xu Tao Zhang Minyue Cao

Shanghai Waigaoqiao Power Generation Co., Ltd., Shanghai, 200000, China

Abstract

In China's thermal power plants, denitration device is an important facility to control nitrogen oxide emissions. This paper mainly focuses on the application of denitration control technology in thermal power units, and explores its effectiveness in environmental protection. It is found that the low nitrogen combustion technology and the selection of suitable denitrification catalyst can effectively reduce the emission of nitrogen oxides. In particular, the combination strategy of urea selective non-catalytic reduction (SNCR) and ammonia selective catalytic reduction (SCR) can achieve the ideal denitration effect. At the same time, it is found that through the dynamic control of the operation state of the thermal power units, the operation efficiency of the denitration unit can be optimized, so as to provide a strong guarantee for the flue gas denitration process. This paper provides scientific and effective denitration control technology and strategy for thermal power enterprises, which plays a positive role in promoting the environmental protection and sustainable development of China's thermal power industry.

Keywords

thermal power unit; denitration control technology; environmental protection application; nitrogen oxide emissions; dynamic control

火电机组脱硝控制在环保方面的应用研究

张彦琦 何旭东 许双斌 章涛 曹敏玥

上海外高桥发电有限责任公司, 中国·上海 200000

摘 要

在中国火力发电厂中, 脱硝装置是控制氮氧化物排放的重要设施。论文主要围绕火电机组脱硝控制技术的应用, 并探究其在环保方面的成效。发现采用低氮燃烧技术和选择合适的脱硝催化剂, 可以有效减少氮氧化物的排放。尤其是采用尿素选择性非催化还原 (SNCR) 和氨选择性催化还原 (SCR) 的组合策略, 更能达到理想的脱硝效果。同时发现通过对火电机组运行状态的动态控制, 可以优化脱硝装置的运行效率, 从而为烟气脱硝过程提供有力保障。论文为火电企业提供了科学有效的脱硝控制技术和策略, 对于实现中国火电行业环保和可持续发展具有积极的推动作用。

关键词

火电机组; 脱硝控制技术; 环保应用; 氮氧化物排放; 动态控制

1 引言

在火力发电行业, 脱硝装置是控制氮氧化物排放的重要设施, 其科学角色和应用效果与中国环保目标的实现关系至关重要。据《中国电力企业联合会报告》显示, 中国火电产业的氮氧化物排放每年约为 5.9 千万吨, 约占全球氮氧化物总排放量的 23%。由此可见, 探索和研究火电机组脱硝控制在环保方面的适应性和效果, 以及如何最大程度地提高其效能, 是推动中国火电行业环保和可持续发展的重要途径。通过深入实地调研和理论分析, 论文试图解决这个关键技术问题。

2 火电机组的氮氧化物排放情况

2.1 火电机组产生氮氧化物的过程和机理

火电机组在燃烧化石燃料时会产生氮氧化物 (NO_x), 其生成过程主要包括热力氮氧化物、快速氮氧化物和燃料氮氧化物三种机理^[1]。热力氮氧化物是在高温条件下, 由空气中的氮气 (N₂) 与氧气 (O₂) 发生化学反应生成。通常, 当燃烧温度超过 1300℃时, 氮气开始与氧气反应形成 NO_x, 这一过程受到温度和停留时间的显著影响。在火电机组的燃烧过程中, 燃烧器设计和操作条件对 NO_x 的生成亦有直接影响。

快速氮氧化物的形成主要发生在燃烧过程中, 亦称为 Zeldovich 机制, 涉及氮分子与碳氢化合物自由基之间的反应。这类氮氧化物通常在燃烧初级阶段短暂的高温条件下生成, 快速氮氧化物的总产量相对较少。燃料氮氧化物则是在

【作者简介】张彦琦 (1975-), 男, 中国辽宁法库人, 硕士, 高级工程师, 从事火电机组脱硫/脱硝环保研究。

燃料本身含有的氮化物直接氧化而成，这与燃料的种类和成分密切相关，煤炭和重油等高氮含量燃料通常会导致较高的燃料氮氧化物排放。

上述三种机理在火电机组实际运行中可能存在，并相互影响。了解氮氧化物的生成过程和机理，对于采取有效的脱硝措施，降低氮氧化物排放具有重要意义。通过掌握这些机理，可以指导优化燃烧条件，从源头上减少 NO_x 的生成，为后续的脱硝控制技术应用提供理论支持。

2.2 火力发电站氮氧化物排放的主要影响因素

火力发电站氮氧化物排放的主要影响因素与多种复杂的因素密切相关。燃料的种类和质量是影响排放量的重要因素。使用高硫、高氮含量的燃料会导致更多的氮氧化物生成。燃料成分的选择和优化是控制排放的首要环节。

燃烧的温度和方式对氮氧化物的产生有直接影响。在高温条件下，空气中的氮气和氧气的反应会生成大量的氮氧化物。燃烧技术的改良，如低氮燃烧技术，通过降低燃烧温度可以有效减少氮氧化物的生成。空气过量系数也影响氮氧化物的排放。过多的氧气供应将促进氮氧化物的形成，而通过精确控制空气与燃料的比例可以限制多余氧的存在，从而降低排放量。

锅炉设计和运行参数也在很大程度上决定氮氧化物的排放水平。锅炉的结构、气流分布以及烟道设计等都会影响燃料的燃烧效率和氮氧化物的生成。优化锅炉的热力设计和改进运行参数能够在源头上控制氮氧化物的排放。通过上述因素的综合调控，火力发电站可以在运行过程中有效减少氮氧化物的排放，进而降低对环境的污染。

2.3 火电机组氮氧化物排放对环境的影响

火电机组排放的氮氧化物对环境产生显著影响。它们是大氣中形成酸雨的主要前体物之一。当氮氧化物进入大气后，与水蒸气、氧气和其他化学物质反应，生成硝酸，随降水落入地表，对土壤和水体造成酸化。氮氧化物还是生成光化学烟雾的关键成分，对城市空气质量产生负面影响，导致能见度下降，对人类健康构成威胁。氮氧化物的存在也加速了二次颗粒物的形成，增加 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度，对生态系统的稳定性产生长期潜在风险。控制火电机组氮氧化物排放具有重要的环保意义^[2]。

3 脱硝技术的研究和应用

3.1 燃烧控制和低氮燃烧技术的应用

在火电机组的氮氧化物排放的控制中，燃烧控制和低氮燃烧技术是重要的手段之一。燃烧过程是氮氧化物产生的源头，优化燃烧技术具有直接减少氮氧化物生成的作用。低氮燃烧技术的核心在于改变燃烧反应的条件，以降低氮氧化物的生成量。具体而言，低氮燃烧技术通过分级燃烧、空气分级和再循环烟气等方法，来实现燃烧过程中的低温条件和

氧浓度的梯度分布。这种分级燃烧减少了燃烧区域的温度峰值，抑制了热力型氮氧化物的生成，控制了燃料型氮氧化物的形成。

空气分级技术在燃烧初期减少氧气的供给，从而在初始阶段限制了氮氧化物的生成。在燃料分级中，部分燃料在氧气不足的情况下燃烧，使得生成的氮氧化物被已经形成的还原性气氛还原。再循环烟气技术将部分烟气再导入燃烧器中，以降低燃烧温度和氧浓度，进一步减少氮氧化物的生成。通过这些技术的合理组合与应用，可以显著提高燃烧效率，有效降低氮氧化物的排放，是实现清洁发电的重要路径。

低氮燃烧技术不仅提高了燃煤的燃烧效率，且对延长后续脱硝催化剂的使用寿命有积极作用。这些技术的实施对于火电厂的节能减排、提高经济效益以及达到更高的环保标准，均发挥了关键的作用。

3.2 脱硝催化剂的选择和应用

脱硝催化剂的选择对于火电机组脱硝效率至关重要。有效的催化剂不仅能提高氮氧化物的转化率，还能影响整个脱硝过程的经济性和可持续性。催化剂的选择需综合考虑其活性、耐久性、成本及环境影响等因素。

在选择合适的催化剂时，通常应重视其对不同温度和氧含量的适应能力。常见的催化剂材料包括钒基、钛基、锰基等。钒基催化剂因其高活性和较低的操作温度而被广泛应用，但其在高温条件下可能造成钒的流失和二次污染问题。相比之下，锰基催化剂能够在较宽的温度范围内保持较高的活性，并且具有较好的耐硫性能。

在催化剂应用过程中，关键在于定期监测催化剂的活性和状态。通过在线监测系统检测催化剂的性能变化，可以及时进行催化剂的更换或再生处理，以保证脱硝装置的高效运行。催化剂的应用还需结合具体的烟气特性进行优化调整，确保在实际应用中达到最佳脱硝效果。

有效的催化剂选择和应用能够显著提升脱硝装置的整体性能，是实现火电机组氮氧化物减排的重要保障。

3.3 尿素选择性非催化还原 (SNCR) 和氨选择性催化还原 (SCR) 的应用

尿素选择性非催化还原 (SNCR) 和氨选择性催化还原 (SCR) 是当前火电机组脱硝技术中应用最广泛的组合策略之一。SNCR 技术主要在高温区域通过向炉膛喷射尿素溶液，使之与氮氧化物发生化学反应，从而减少其排放。该方法具有投资成本低、操作简单等优点，但对温度窗口要求较严格^[3]。SCR 技术则是在较低温度下，由催化剂的参与将氨与氮氧化物发生反应，其脱硝效率通常较 SNCR 更高。SCR 的核心是催化剂的选择和优化，可根据具体工况调整催化剂的种类和使用量，以达到最佳效果。将 SNCR 与 SCR 结合使用，可以有效克服单一技术的局限性，在整个温度区间内实现高效脱硝，有助于满足更加严格的环保排放标准。

4 火电机组运行状态的动态控制

4.1 火电机组运行状态的监测和调整

火电机组的运行状态直接影响脱硝装置的效率和氮氧化物的排放量。为优化脱硝效果，必须对机组的运行状态进行精准监测与实时调整。精确的监测系统是保障机组运行状态的关键，它通过采集多维度的数据，如温度、压力、氧含量和排放浓度等，提供实时状态信息。借助先进的传感器与数据分析技术，可以实现对机组运行的动态监测，及时发现潜在的异常情况，并迅速进行调整，以确保最佳的脱硝效率。

调整火电机组的运行状态需要综合考虑多种因素。这包括对燃料成分的分析、燃烧过程的控制及空气流量的精确调节等，采取自动化控制系统，通过智能算法对监测数据进行分析与处理，从而实现运行参数的最优设定。这不仅提高了脱硝装置的效率，也减少了机组运行中的能耗和资源浪费。

现代化的控制系统能够根据机组的不同工况，采取相应的动态调整措施，如负荷变化时的燃烧器切换与调整。这样的动态控制策略，使得火电机组能够在不同的运行条件下，始终保持高效的脱硝状态，实现污染物的最低排放。有效的监测与调整机制，为保障脱硝装置的长效高效运行提供了技术支持，对推动火电行业的环保与节能目标具有重要的意义。

4.2 动态控制在脱硝装置运行优化中的应用

动态控制在火电机组脱硝装置的运行优化中具有至关重要的作用。有效的动态控制策略不仅能够提升脱硝装置的效率，还能最大程度减少氮氧化物的排放，实现环保目标。动态控制利用传感器和自动化系统实时监测火电机组的运行状态，收集包括温度、压力和烟气成分等参数。通过对这些数据的分析，可以及时调整脱硝装置的运行参数，确保其在最佳状态下工作。

动态控制系统可实现对 SNCR 和 SCR 装置的反应条件进行精确调节。例如，在 SNCR 系统中，尿素的喷射量和反应温度需保持在特定范围内，以确保还原反应的高效进行，减少氨逃逸和副产物的生成。在 SCR 系统中，通过动态调整氨气的流量和催化剂床层温度，能够有效提高氮氧化物的转化效率。

动态控制还可以通过预测模型和反馈机制，提前应对电负荷波动、燃料成分变化等因素对脱硝效果的影响，从而维持排放稳定性。这种主动的调整能力，不仅提高了脱硝装

置的响应速度，也延长了其使用寿命。通过上述优化措施，火电机组在保持高效能的亦能满足严苛的环保标准，为可持续发展提供保障。

4.3 火电机组脱硝控制策略的实施与效果评估

火电机组脱硝控制策略的实施需要精确调整多种操作参数，以确保氮氧化物排放达到环保标准。动态控制策略的应用使火电机组能够根据负荷变化和燃料特性，自适应调整脱硝装置的运行条件。在效果评估中，通过比较实施前后的氮氧化物浓度数据，验证了控制策略的有效性。数据显示，动态调整运行参数显著降低了氮氧化物排放，并提高了脱硝系统的效率和经济性。反馈机制的引入进一步优化了运行状态，减少了不必要的催化剂消耗，为火电机组的绿色运行提供了保障。

5 结语

通过论文的研究，我们得以进一步理解并掌握火力发电机组脱硝控制技术的应用方面，特别是其在环保方面的重要作用。本研究提出采用低氮燃烧技术和选择合适的脱硝催化剂，结合尿素选择性非催化还原（SNCR）和氨选择性催化还原（SCR）的组合策略，可以有效地减少氮氧化物的排放。同时，通过对机组运行状态的动态控制，能优化脱硝装置的运行效率，继而为烟气脱硝过程提供有力保障。然而，我们还需要进一步解决火力发电机组脱硝过程中可能存在的问题，包括催化剂的选择，脱硝效率的优化，以及可能产生的副产品对环境的影响等等。同时，脱硝技术及其装置在火电企业中的推广应用也需要进一步的研究和实践。综上所述，论文的研究成果对中国火电行业环保和经济发展具有重要的推动作用，它为火电企业提供了全新的科学有效的脱硝控制技术和策略，并为中国的环境保护做出了积极的贡献。未来，我们将在此基础上对脱硝控制技术进行更深入的研究，不断提高其实际应用效果，以实现中国火电行业的环保和可持续发展。

参考文献

- [1] 高泽明,杨慎敏,于晨杰.智能控制在火电机组脱硝系统中的应用[J].自动化应用,2020(11):86-87.
- [2] 陈石明,孙波.火电机组脱硝优化控制研究[J].工业控制计算机,2021,34(10):31-32.
- [3] 杨建栋,乔乔.火电机组SCR脱硝优化控制研究[J].工业控制计算机,2020,33(7):4-5.

Application of Framework Protocol Engineering Materials in High Speed Projects

Zhaojie Fan Xu Yang

CCCC First Highway Engineering Co., Ltd. Seventh Engineering Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 451450, China

Abstract

The application of framework protocols in highway projects has gradually become an efficient material procurement model. By improving procurement efficiency, reducing costs, and standardizing supply chain management, the framework agreement effectively ensures the smooth progress of the project. This paper will delve into the importance and application strategies of framework protocols in high-speed projects, and analyze their multiple impacts on management efficiency. By reasonably planning material demand, dynamically monitoring material management, and optimizing contract management, this framework agreement provides flexibility and stability for material supply in high-speed projects, ultimately promoting the establishment of long-term cooperative relationships. By locking in supplier relationships in advance and optimizing management processes, it has achieved the goal of improving procurement efficiency and reducing costs within the project cycle, while also improving the flexibility and timeliness of material supply.

Keywords

framework agreement; high speed projects; material procurement; supply chain management; long-term cooperation

框架协议工程物资在高速项目中的应用

樊兆杰 杨旭

中交一公局第七工程有限公司，中国·河南 郑州 451450

摘 要

框架协议在高速公路项目中的应用已逐渐成为一种高效的物资采购模式。通过提升采购效率、降低成本、规范供应链管理，框架协议有效保障了项目的顺利推进。论文深入探讨框架协议在高速项目中的重要性与应用策略，并分析其对管理效益的多重影响。通过合理规划物资需求、动态监控物资管理和优化合同管理，此框架协议为高速项目的物资供应提供了灵活性和稳定性，最终推动了长期合作关系的建立。其通过提前锁定供应商关系和优化管理流程，实现了在项目周期内提升采购效率和降低成本的目标，同时提高了物资供应的灵活性和及时性。

关键词

框架协议；高速项目；物资采购；供应链管理；长期合作

1 引言

高速公路建设项目中，物资供应链管理的复杂性与不确定性是影响工程进度的关键因素之一。传统的采购模式在应对突发物资需求和保证供应稳定性方面存在诸多不足。为应对这些挑战，框架协议作为一种集采购、管理与监控于一体的长期合作机制，逐渐在高速项目中得到广泛应用。

2 框架协议在高速公路工程物资采购中的重要性

2.1 提升采购效率，确保项目进度

框架协议通过预先明确物资种类、供应商、价格及交

付时间，形成一个稳定的供应框架，减少了采购过程中的变量。这种提前确定的供应链大幅缩短了应急采购时的响应时间，避免了在物资需求爆发时陷入“供不应求”的困境。尤其是在物资紧缺或价格波动的市场环境中，框架协议无疑成为项目推进的“安全阀”，确保施工现场不会因物资延误而停滞。在项目进行的关键节点，供应商按照协议中明确的交货时间，能够在较短时间内完成物资的调配和运输，减少了等待时间，从而使得施工方可以将更多精力集中在项目的核心管理上，而非处理突发的供应问题。

在工程施工中，物资需求变化多端，特别是在施工进度加快、气候条件变化或其他外部因素影响时，物资需求可能出现临时的急剧增减，传统采购方式在遇到这种情况时，往往需要临时重新招标或寻找新的供应商，耗时耗力。而框架协议则通过事先与供应商商定的供货量调整条款，允许根据项目实际需求对物资数量进行灵活调整，这种灵活性确保

【作者简介】樊兆杰（1980-），男，中国山东菏泽人，本科，从事工程物资研究。

了无论是预期内还是预期外的需求变化，都能得到快速响应，最大限度地减少了由于物资短缺或过量采购带来的项目进度风险。从整体来看，框架协议在高速项目中的作用体现在物资供应的稳定性上，更关键的是其为项目进度的顺利推进提供了一个可靠的制度保障。

2.2 降低物资采购成本

在常规采购模式下，项目方往往不得不面对市场价格的剧烈波动，这种波动在长周期的高速项目中尤其明显，框架协议的提前锁定功能，能够使项目方与供应商在项目启动前就达成长期合作协议，在价格谈判中获得更大的议价空间。基于大批量、长期合作的采购协议，供应商通常愿意提供更为优惠的价格，而非单次采购中所遭遇的临时涨价。框架协议的优势还在于它能够有效规避市场中因供需变化引发的价格波动风险，传统的采购方式容易因市场波动导致项目成本超出预算，尤其在高速公路这样的大型基础设施项目中，物资需求量庞大且持续时间长，市场供应的任何不确定性都会对采购价格产生直接影响。框架协议的长期锁定条款可以稳定物资价格，还通过合同条款细化了价格调整的边界，使得供应商在价格上涨的情况下，仍需履行原定的供货义务。

另外，框架协议通过减少多次采购中的重复谈判与合同签订环节，进一步降低了管理成本，重复采购涉及的招标、评估、合同执行等程序，常常是造成管理费用增加的重要原因，而框架协议一次性的谈判和长期执行的特点，则从根本上减少了这些过程中的烦琐步骤。项目方可以将更多的资源和精力投入项目本身的施工和质量控制中，而不是浪费在人力成本高昂的采购管理中。

2.3 提升供应链管理的规范性与透明度

框架协议的实施有效规范了供应链的各个层级和环节，在此模式下，供应商的选择、物资的采购、交付的流程，以及后续的服务支持，都必须依据预先设定的条款进行执行。不同于临时的、一次性的采购安排，框架协议在签订时即规定了包括物资质量、交货时间、服务响应等在内的详细标准，这些条款不仅提供了操作依据，更使得执行中的每一步都具备了可衡量的标准。这种统一化的管理模式，消除了随意性和个别化的操作，确保了供应链运行的规范性。

在高速公路项目中，物资供应涉及的环节繁多，层级复杂，任何信息不对称或操作上的不透明，都有可能带来巨大的风险。框架协议将这些可能的隐患降至最低。通过协议中明确的信息披露和定期的履行检查机制，项目管理方可以实时掌握供应商的物资供应情况、质量检验结果、物流运输状态等关键信息，这些信息会对项目管理方公开，也使供应商的运作处于监督之下，保证双方信息的对称性与透明度。在遇到供应问题时，框架协议也规定了明确的责任归属和处理机制，避免了因信息不透明而导致的争议和拖延。

3 框架协议在高速项目物资管理中的应用策略

3.1 合理规划物资需求，提升框架协议的灵活性

框架协议的灵活性体现在对物资需求波动的快速响应能力上，为实现这一点，项目管理方必须首先对项目整体需求进行细致的分解，明确每个施工阶段的物资需求量、时间节点及优先顺序。通过这种精准的规划，项目方可以与供应商在框架协议中预留充足的供货调整空间，确保在需求发生变化时，供应商能够及时响应。与此不同，传统的采购模式往往缺乏这种前瞻性，物资需求的临时变化会导致供应链断裂，从而影响整个项目的进度。而框架协议则通过事先约定的调整条款，使得项目方可以根据现场情况灵活调整物资数量和供应时间。

框架协议的灵活性还允许项目方在长期规划中逐步优化供应链管理，通过不断积累的数据，管理方可以对物资需求进行更加精确的预测，从而在未来的采购中进一步优化供应协议。例如，通过对前期施工阶段的物资消耗进行分析，项目方可以调整后续阶段的物资供应节奏，避免出现供过于求或供不应求的情况^[1]。而且框架协议中针对紧急情况所设计的应急供应机制，进一步提升了其灵活性。无论是由于施工进度加速带来的物资需求增加，还是不可控因素导致的供货延迟，框架协议中的灵活条款都为项目方提供了充分的应对空间，使得物资管理始终处于可控的范围内。

3.2 建立物资管理的动态监控机制

在高速公路项目中，物资管理的动态监控机制必须具备对项目全周期的覆盖能力，这意味着在项目初期，物资需求的预测应结合前期的设计、规划和施工进度预估进行科学的量化；而随着项目的推进，需求的变化和供应链的波动则需要通过实时监控来进行动态调整。通过在每个节点采集物资使用情况、库存量及运输进度等数据，项目方可以及时发现物资供应链上的潜在问题，比如，若某类关键物资的库存出现低于安全线的情况，系统能够及时发出预警，促使项目方采取补救措施，提前调配或调整供应链上的优先级，确保物资的连续供应不被中断。而且在动态监控的基础上，项目管理方可以对供应商的履约情况、交货周期、物资质量等进行系统化评估，这种全透明的数据链条使得供应商之间形成无形的竞争压力，促使其提高供货效率，优化自身的生产及运输流程。同时，通过对历史数据的分析，项目方能够逐步优化物资采购的决策过程，识别出供应链中易出现问题的环节，并通过框架协议中的条款对这些环节进行调整和强化，例如，对于高风险、高延迟的物资，可以增加备选供应商或采用分阶段供货的方式，降低因单一供应商失效而导致的项目停滞风险。

3.3 优化合同管理，减少供应风险

为了减少供应中的不确定性，框架协议必须明确规定物资交付的具体标准，包括交付时间、物资质量、验收标准、

违约责任等。这种条款设置不仅是对供应商的约束，也是对项目方权益的保护，在实际操作中，通过设定不同的履约标准与分阶段的交付机制，合同管理能够灵活应对突发情况，减少物资供应中断的风险，如在面对市场波动或供应链上游生产问题时，合同中若预留应急供应条款，允许项目方在供应商出现问题时，快速转向其他预备供应渠道，便能够在保证施工进度的前提下，灵活应对突发状况。合同管理的优化还在于通过合同条款明确供应商的责任与义务，从而强化供应商对项目需求的响应度。通过框架协议的长期合作模式，合同中的条款可以规定供应商必须对物资短缺、质量不合格、交货延误等问题承担相应责任，甚至通过罚款或赔偿机制来约束其行为。这种明确的风险分担机制，不仅促使供应商在履约过程中更为严谨，也为项目方提供了在紧急情况下快速处理问题的法律依据。此外，通过合同中的履约评估机制，项目方能够对供应商进行持续的评估与反馈，及时发现潜在问题，提前做好应对方案，降低供应中断或物资质量下降的可能性。

4 框架协议在高速公路项目中的管理效益

4.1 提高物资供应的灵活性和及时性

物资供应的灵活性依赖于框架协议中预设的灵活供货条款，这种条款可以对供应量进行动态调整，还允许供应商根据项目方的实际需求及时调整供货计划，从而应对施工过程中的变化。这种灵活的供应模式，通过减少对固定供货时间表的依赖，使得项目方在施工过程中，能够根据实时需求灵活调整物资数量。在施工进度突然加快的情况下，传统采购模式往往会因为招标、审批等流程导致供应延迟，而框架协议允许在供需双方已达成长期合作的基础上，快速调度物资，避免了中断供应的风险^[2]。与此同时，框架协议还通过优化物流管理和信息共享机制，显著提高了物资供应的及时性，在高速项目中，物资的分布与现场的调度决定了施工进度顺利与否。框架协议所带来的好处之一，便是通过信息化管理平台，实现供应链各个环节的可视化和数据化，从供应商的发货到现场的接收，都可以通过实时数据进行监控。这种透明化的管理机制，确保了物资供应链的每一个节点都处于监控之下，减少了物资供应过程中的时间消耗。例如，通过物流追踪系统，项目方可以随时了解物资运输的实时情况，提前应对潜在的延迟，从而在时间紧迫的施工中快速做出调整。

4.2 减少物资管理的人力和时间成本

传统的物资采购管理模式往往依赖于每一次需求发生时重新进行供应商筛选、合同谈判和物资交付流程，这需要投入大量人力处理各类文件、审批程序，还占用了宝贵的时间，延缓了物资的实际交付。而框架协议通过事先签订长期合作合同，减少了多次招标和合同谈判的需求。物资采购变得更加自动化和标准化，采购人员的工作负担也随之降低。

此外，信息化和系统化的管理工具结合框架协议的使用，进一步减少了人工管理的冗余，框架协议的核心优势之一在于能够集成现代化的管理系统，采用物联网、供应链管理技术等，实现对物资从需求发起到最后交付的全程监控，通过这样的系统，项目方能够实时掌握物资库存、运输和使用情况，减少了传统管理模式下的手工记录和人工调度。这样的系统化工具不仅提高了物资流转的透明度，还通过智能分析和自动化流程，减少了人工的干预。例如，系统可以自动生成物资需求计划，自动对接供应商发货安排，极大降低了人工在每个环节的介入。

4.3 推动长期合作关系的建立

在传统的采购模式中，供应商往往只关注单次合同履行，缺乏与项目方进行深入合作的动力，而框架协议通过明确长期合作的条款，使供应商能够预见到未来的合作机会^[3]。这种长远的合作前景促使供应商投入更多的资源和精力来提升供货质量和效率，从而逐渐建立起一种信任关系。供应商在交付过程中更加注重契约精神，项目方则能够更为放心地依赖供应商的物资保障能力。

5 结语

综上所述，框架协议不仅改变了高速公路项目物资采购的传统运作模式，更通过其独特的机制创新，提升了供应链的透明度与管理效率。合理规划需求、动态监控物资流动、优化合同条款，构成了这一模式的核心优势。在推动长期合作关系的过程中，框架协议不仅保障了物资的持续供应，也为项目管理提供了高度的灵活性和战略性支持。

参考文献

- [1] 姚刚. 中直机关框架协议智能化采购经验与思考[J]. 中国政府采购, 2024(9): 9-11.
- [2] 常玲. 政府采购框架协议的实践探索与优化路径[J]. 中国政府采购, 2024(8): 46-48.
- [3] 马彦根. 工程物资框架协议采购管理的探究与实践[J]. 建筑经济, 2019, 40(7): 81-86.

Exploration on the Application of Roadway Tunneling and Support in Mining Engineering

Pengbo Li

Zhongneng Coal Field Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719000, China

Abstract

The safety of mining engineering and the stability of roadway depends on roadway excavation and support technology, this paper deeply analyzes the mining engineering in roadway excavation and support link, the excavation technology and the support technology details, roadway excavation is one of the key link of mining engineering, excavation methods, mechanical excavation, blasting excavation and manual excavation, support technology is crucial after excavation, common methods include anchor spray support, reinforced mesh brick support and spiral steel pipe support. Reasonable use of excavation and support technology, to ensure the smooth progress of mining engineering and the safety of staff.

Keywords

mining engineering; roadway excavation; roadway support

探析采矿工程巷道掘进和支护应用

荔朋波

中能煤田有限公司, 中国·陕西 榆林 719000

摘 要

采矿工程的安全与巷道的稳定性均依赖于巷道掘进及支护技术, 论文深入剖析了采矿工程在巷道开挖与支护环节中, 掘进技术和支护技术的运用细节, 巷道开挖是采矿工程的关键环节之一, 开挖方式涵盖机械开挖、爆破开挖与手工开挖, 支护技术在开挖后至至关重要, 常见的方法包括锚喷支护、加筋网砖支护和螺旋钢管支护。合理运用掘进与支护技术, 保障了采矿工程的顺畅进行以及工作人员的安全。

关键词

采矿工程; 巷道掘进; 巷道支护

1 引言

采矿工程, 作为人类从地下获取矿产资源的关键方式, 拥有悠久的历史, 可追溯至远古时代, 然而, 社会的不断发展和科技的进步使得采矿工程所遭遇的挑战变得越来越复杂, 从最初的简单手工采矿方式, 发展到现代化机械化的大规模采矿, 巷道开挖与支撑技术一直是采矿工程的关键, 巷道掘进对于不仅是为了获得矿石而开凿的通道, 而且还是确保采矿设备能够在一个安全的环境下运作的核心, 其关键性显而易见, 支护技术的优劣直接影响巷道的稳定性, 对于预防事故和保障作业人员的安全起着至关重要的作用。

早期采矿作业中, 技术和设备的局限性导致巷道开挖与支护工作主要依靠人工和基础工具完成, 这不仅效率低下, 同时也伴随着极高的安全风险, 随着工业革命的兴起, 机械化设备开始在采矿领域得到广泛应用, 巷道开挖与支护

技术也实现了显著发展, 现代开挖技术, 包含掘进机和炸药爆破工具等, 极大促进了开挖作业的效率; 各种支护技术, 例如锚喷法、加筋网砖法、螺旋钢管法等, 有效提高了巷道的稳定性。深入研究采矿工程巷道的开挖与支护技术运用, 对提升采矿效率、确保工作人员安全、促进采矿工程的持续发展具有关键作用。

2 采矿工程巷道掘进技术

2.1 巷道快速掘进概述与重要性

巷道快速掘进是当代矿山工程的核心活动, 旨在高效构建必要的通道与空间, 以支撑现代化的采矿流程。从手工挖掘的原始阶段, 演进至当前高度机械化和智能化的作业模式, 巷道掘进技术已实现了质的飞跃^[1]。技术革新不仅极大提升了采矿效率, 更为工作人员营造了更加安全的工作环境。在矿石运输、通风及整体采矿作业空间布局上, 巷道快速掘进均扮演着举足轻重的角色。

【作者简介】荔朋波(1986-), 男, 中国陕西渭南人, 本科, 工程师, 从事采煤掘进研究。

2.2 快速掘进方式的详细分类与特点

2.2.1 高效机械掘进

高效机械开挖已成为现代采矿作业的标配，其核心在于先进的掘进机。这些设备利用高速旋转的切割刀具，精准高效地切割岩石。相较于传统手工方式，机械掘进在施工速度和效率上展现出压倒性优势，显著增强了矿山生产的整体效能^[2]。通过连续作业和高度自动化，机械掘进不仅大幅缩短了项目周期，还能适应多种矿山类型和复杂地质条件。借助智能感应与精密调控系统，现代掘进机能够实现实时监控与精准控制，确保作业安全的同时，也提升了操作的智能化水平。

2.2.2 精准爆破掘进

精准爆破掘进技术利用炸药爆炸释放的巨大能量，有效破碎坚硬岩层，尤其适用于大规模、高效率的采矿作业。通过精确控制爆破参数，如炸药类型、用量及引爆方式，该技术能在确保安全的前提下，迅速清除大量岩石，满足矿山快速生产的迫切需求^[3]。然而，爆破作业的安全管理至关重要，必须严格执行风险评估与环境影响分析，同时采取有效措施减轻爆炸产生的震动、噪声等负面影响。

2.2.3 灵活手工掘进

尽管机械化与智能化是巷道掘进的主流趋势，但在小规模矿井或地质结构极为复杂的区域，手工掘进仍凭借其高度的灵活性和适应性发挥着不可替代的作用。手工掘进依赖于人工操作和简易工具，能够灵活应对非标准化岩层，满足多样化的开采需求。在设备难以到达或空间受限的环境下，手工掘进展现出其独特的优势。操作人员能够根据现场实际情况灵活调整策略，确保掘进作业的安全与效率，成为特定条件下不可或缺的选择。

2.3 掘进技术应用的关键注意事项

在巷道开挖过程中，关键在于掌握开挖速度、进行地质调查以及确保通风除尘，以保障作业的安全与高效率，掘进速度过快或过慢都会带来不良影响，速度过快可能会引起巷道结构的稳定性问题，而速度过慢则会降低采矿的效率，因此，应依据地质状况及设备性能，合理调整开挖速度，同时，通过彻底的地质勘查，能够为开挖提供必需的资料，以便选取恰当的开挖手段和支护策略^[4]。良好的通风除尘措施能有效降低掘进作业中产生的粉尘和有害气体，从而保障工作人员的健康。

3 采矿工程巷道支护技术

3.1 巷道支护的重要性与原则

巷道稳定性维护是矿业作业中不可或缺的一环，它关系到巷道的结构安全以及工作人员的生命安全，巷道在掘进后，地应力作用可能导致壁面松动、开裂甚至坍塌，这会对人员安全和采矿作业造成威胁，因此支护技术的使用具有特别的重要性，支护技术的优化可以显著增强巷道稳定性，确保采矿作业的安全，在挑选支护技术时，需遵循经济、适用、安全和可持续四大原则，这不仅能保障支护效果，还能降低

成本，提升采矿工程的经济收益。

3.2 常用支护技术的详细解析

3.2.1 锚喷法

锚喷支护技术是将锚杆和喷混凝土两种方法融合为一体的加固手段，通过在巷道壁面钻孔并安装锚杆，然后喷射混凝土将锚杆与巷道壁面紧密结合，形成一个整体的支护结构，锚喷法以其高支护强度、快速施工和较低成本而具备显著优势，广泛适用于不同地质状况的巷道支护，锚喷法能显著优化巷道受力情况，增强其整体稳固性。

3.2.2 加筋网砖法

加筋网砖技术是利用加筋网与砖块共同进行支护的方法，通过在巷道墙壁上铺设加固网格，并用砖块和混凝土将其牢固地嵌入墙体中，构建起一道稳固的支撑结构，加筋网砖技术以其优良的支护功能、出色的耐久性以及便捷的施工过程而受到青睐，它特别适用于那些地质状况复杂、巷道壁稳定性差的环境，然而，采用加筋网砖法的施工进度通常较为缓慢，并且这一方法对所用材料有较为严格的标准。

3.2.3 螺旋钢管法

螺旋钢管法是一种新兴的巷道支护方法，通过采用螺旋钢管对巷道壁面进行加固，构建了一个稳固的支护体系，螺旋钢管法以其快速施工、低成本和高度适应性而著称，尤其适合软岩巷道及高应力环境下的支护作业。此外，采用螺旋钢管法能够有效降低巷道壁面的变形与位移，增强巷道的稳定性，然而，螺旋钢管法的支护强度相对较低，可能不适应某些特殊地质条件下的支护要求。

3.3 支护技术应用的关键注意事项

在应用支护技术时，关键在于选取适宜的支护方法，监控支护质量，并确保临时支护的可靠性。首先，支护技术的选择应综合考虑地质条件、岩石特性和巷道断面等因素；其次，在支护工程施工过程中，必须严格监督支护材料的品质，同时准确控制支护结构的尺寸和形态，以保证支护效果达到设计标准，同时应定期对支护结构进行审查和保养，以便及时识别和解决可能存在的安全问题，在进行巷道开挖时，鉴于巷道结构尚处于不稳定状态，需实施临时支护措施，以保障工作人员的安全，巷道掘进时，为保证其稳定性，可使用木质或液压支柱进行临时支护。

合理选择与应用支护技术，能显著提高巷道稳定性，确保采矿作业安全及顺利进行，随着科技进步和采矿工程的推进，支护技术将持续创新和完善，从而为采矿工程带来更安全、高效和经济实惠的支护解决方案。

4 采矿工程巷道掘进和支护的综合应用

4.1 掘进和支护的协调配合

巷道掘进与支护作为采矿作业中紧紧相连的两大环节，其协同作业对采矿工程的效率及安全性起着决定性作用，在开挖过程中，应依据地质状况和岩石特性来挑选适宜的开挖手段和支持技术，以保障巷道的稳定性及工作人员的安全。

掘进作业在采矿工程中扮演着开拓道路的关键角色，这为以后的采矿活动奠定了基础，掘进作业会打破岩体的原始平衡状态，进而导致巷道周围岩体的应力重新分配，如果钻探速度太快，而支持措施未能同步，可能会引起巷道不稳定，甚至引发坍塌事件。因此，在开挖过程中，需要及时开展支护作业，用以控制巷道周边岩体的变化和移动，确保稳固性^[5]。

同时，支护技术的选用及其应用需依据掘进方式和地质状况进行相应的调整。例如，针对软岩巷道，可以运用锚喷工艺或加固网砖技术等维护手段，目的是提升巷道的整体结构稳定性；在硬岩巷道中，可以采用螺旋钢管法等支护技术，以应对高地应力和岩石破碎的情况。

掘进与支护工作的协同进行，还应注重控制施工节奏，掘进与支护工作应协调进行，防止掘进速度超出支护能力，或支护作业延迟影响掘进效率，通过有效地组织施工流程和周密的计划安排，掘进与支护作业可以实现高效配合，从而提升采矿工程的整体效率。

4.2 掘进和支护的施工管理

掘进与支护的施工管理对于确保采矿工程的顺利开展至关重要，在施工期间，需制定完备的施工方案及计划，具体规定开挖与支护的工序、施工规范及质量准则。

首先，施工之前必须完成地质勘探和现场勘查工作，以掌握巷道所面临的地质状况、岩层特征和水文情况等关键信息，确保掘进与支护作业能够基于精确的数据进行。

其次，施工期间必须强化现场的监督与管理，以保障工程质量和工人安全，实时监控和记录掘进和支护作业的过程，定期检查和评估施工质量，以及为施工人员提供技术培训和安全教育。

最后，还需完善施工管理与操作流程，明晰管理层职责和权限，以保障施工阶段的信息流畅与决策的时效性，科学化的施工管理及组织对掘进与支护作业的顺利进行至关重要，它能显著提升采矿工程的综合效益。

4.3 掘进和支护的安全管理

掘进与支护作业的安全风险不可忽视，强化安全管理

势在必行，以保障工作人员的人身安全。

首先，须拟定周全的安全方案及应急计划，具体规定各种紧急状况下的处理步骤和相关责任分配，识别和评估掘进及支护作业中的风险因素，制定针对性的风险管理策略和应急响应计划，以及定期开展应急演练活动。

其次，强化作业人员的安全培训和教育，增强其安全观念及应对突发情况的能力，作业人员应熟练掌握掘进与支护作业的安全规章制度及注意事项，具备准确的操作技术和应急处理能力^[6]。

最后，强化对开挖及支护作业现场的安全巡查与监管，以便及时识别并解决可能存在的安全风险，通过定期实施安全审查、潜在风险排查以及采取相应的纠正措施，可以有效地去除潜在的安全隐患，从而减少事故发生的可能性。

5 结语

采矿工程的巷道开挖与支护技术是该领域不可缺少的技术环节，合理采用掘进与支护技术，保障了采矿工程的顺畅进行以及工作人员的生命安全，在未来的发展中，随着科技的持续升级和掘进设备的迭代更新，掘进与支护技术预计将朝着效率更高、安全性更强、更加环保的方向发展，同时，综合技术的应用也将成为采矿工程发展的重要趋势。持续追求创新与探索，将助力矿产资源开采行业的持续发展。

参考文献

- [1] 刘树杰.采矿工程巷道掘进与支护技术分析[J].能源与节能,2024(10):228-230.
- [2] 赖家志.充填体内掘巷对矿柱稳定性的影响分析[J].采矿技术,2024,24(4):226-231.
- [3] 杨静.采矿工程中巷道掘进和支护技术研究[J].世界有色金属,2024(14):229-231.
- [4] 赵连欢.煤炭采矿工程巷道掘进和支护技术的应用分析[J].内蒙古煤炭经济,2024(12):136-138.
- [5] 张大宁,李传国.煤矿采矿工程中巷道掘进和支护技术应用研究[J].内蒙古煤炭经济,2024(12):157-159.
- [6] 李德均,董岩,孙计云,等.煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术措施研究[J].矿业装备,2022(5):57-59.

Consideration on the Quality Management Measures of Civil Construction

Zhigang Zhu

Mile City Urban Housing Demolition Coordination Center, Mile, Yunnan, 652399, China

Abstract

With the rapid development of China's economy, civil construction projects are increasing, the construction engineering quality is directly related to people's life and property safety and social stability. However, in the actual construction process, due to poor management, backward technology, personnel quality is not high reasons, construction project quality problems often occur, to the society has caused a bad impact. This paper aims to discuss the importance of quality management in civil building engineering construction and related measures, through the analysis of each link in the construction process, put forward effective quality management methods to improve the quality and safety of civil building engineering.

Keywords

civil building; engineering construction; quality control

民用建筑工程施工的质量管理措施思考

朱志刚

弥勒市城市房屋拆迁协调中心, 中国 · 云南 弥勒 652399

摘 要

随着中国经济的快速发展, 民用建筑工程项目日益增多, 建筑工程质量直接关系到人民群众的生命财产安全和社会稳定。然而, 在实际施工过程中, 由于管理不善、技术落后、人员素质不高等原因, 建筑工程质量问题时有发生, 给社会造成了不良影响。论文旨在探讨民用建筑工程施工中质量管理的重要性及相关措施, 通过对施工过程中的各个环节进行分析, 提出有效的质量管理方法, 以提高民用建筑工程的质量和安全性。

关键词

民用建筑; 工程施工; 质量管理

1 引言

加强民用建筑工程施工的质量管理, 提高工程质量, 已成为当前建筑工程行业亟待解决的问题。论文针对民用建筑工程施工的质量管理措施进行研究, 旨在分析当前民用建筑工程施工中存在的问题, 探讨有效的质量管理措施, 为提高工程质量提供理论依据。通过对民用建筑工程施工质量管理的现状、问题及对策进行深入研究, 以期提高中国民用建筑工程施工质量, 保障人民群众的生命财产安全。

2 民用建筑工程施工质量管理的影响因素

2.1 材料因素

材料是建筑工程的基础, 其质量直接关系到工程的安全性和耐久性。在施工过程中, 必须确保所使用的材料符合国家相关标准和规范, 包括原材料、半成品、成品等。不合

格的材料可能导致工程质量问题, 甚至引发安全事故。在材料采购环节, 应严格审查供应商资质, 确保材料来源可靠、价格合理。同时, 对采购的材料进行抽样检测, 确保其性能和质量符合要求^[1]。材料在储存过程中, 应避免受潮、受腐蚀、变质等问题。合理规划材料储存区域, 确保材料在施工过程中能够及时供应。在施工过程中, 应按照设计要求和使用说明进行材料的使用, 避免因操作不当导致材料性能下降或工程质量问题。

2.2 机械设备因素

施工过程中使用的机械设备应具备良好的性能和可靠性, 确保施工质量和进度。对机械设备进行定期检查、维护和保养, 确保其处于良好状态。根据工程特点和施工需求, 合理配置各类机械设备。避免因设备不足或配置不合理导致施工进度延误或质量下降。施工人员应具备相应的操作技能和经验, 确保机械设备在施工过程中的正确使用^[2]。对操作人员进行培训, 增强其安全意识和操作水平。对机械设备进行定期检查、保养和维修, 确保其正常运行。对易损件进行

【作者简介】朱志刚(1975-), 男, 彝族, 中国云南弥勒人, 本科, 高级工程师, 从事工程管理研究。

及时更换,避免因设备故障影响施工进度和质量。

2.3 施工方法因素

施工方法是确保工程质量的关键环节,它直接关系到施工过程的质量控制效果。施工技术方案是指导施工过程的技术文件,它包括施工工艺、施工顺序、施工流程等。合理的施工技术方案能够有效提高施工效率,确保施工质量。施工工艺是指施工过程中采用的具体操作方法和技术措施。合理的施工工艺能够保证施工质量,减少施工过程中的质量问题。施工工法是指在施工过程中采用的具体施工方法和技术手段^[3]。合理的施工工法能够提高施工质量,降低施工成本。

2.4 环境因素

环境因素对民用建筑工程施工质量管理具有重要影响,现场自然环境因素包括工程地质、水文、气象条件以及周边建筑、地下障碍物等。这些因素对施工质量的影响具有复杂性和不确定性。施工质量管理环境因素包括施工单位质量保证体系、质量管理体系以及各参建方之间的协调等。良好的施工质量管理环境有助于提高施工质量^[4]。施工作业环境因素包括施工现场给排水条件、能源介质供应、施工通风、照明、安全防护设施、施工场地条件、通道及交通运输条件等。施工作业环境对施工质量有直接影响。

3 民用建筑工程施工质量管理的流程

3.1 施工前的准备工作

3.1.1 施工图纸的会审

在施工前,组织相关人员对施工图纸进行会审,确保图纸的完整性和准确性。会审内容包括图纸的合理性、施工可行性、材料选用、施工工艺等。通过会审,及时发现并解决图纸中的问题,为后续施工提供依据。

3.1.2 施工组织设计的编制

根据施工图纸和现场实际情况,编制施工组织设计。施工组织设计应包括施工方案、施工进度计划、施工资源配置、施工质量控制措施等内容。编制施工组织设计有助于提高施工效率,确保施工质量。

3.1.3 施工材料和设备的准备

在施工前,对所需材料和设备进行采购、检验和验收。确保材料和设备符合设计要求和质量标准。根据施工图纸和施工组织设计,确定所需材料种类、规格、数量,进行采购。对采购的材料进行质量检验,确保材料符合设计要求和质量标准。对施工所需的设备进行验收,确保设备性能良好、运行稳定。

3.2 施工过程中的质量控制

3.2.1 施工工序的质量控制

在施工前,应进行施工图纸的审查,确保施工图纸的准确性和可行性。同时,对施工材料、设备进行检查,确保其符合设计要求和质量标准。在施工过程中,应严格按照施工图纸和施工规范进行操作,对施工工序进行严格控制。对施工人员进行技术交底,确保施工人员了解施工要求和质量

标准。对施工过程中的关键工序进行监控,确保施工质量。对施工过程中的原材料、半成品、成品进行检验,确保其质量符合要求^[5]。对施工过程中的变更进行审批,确保变更后的施工质量。

3.2.2 施工质量的检验与评定

在施工过程中,应定期对施工质量进行检验,检验内容包括原材料、半成品、成品的检验,施工过程中的关键工序检验,施工质量的综合评定。根据检验结果,对施工质量进行评定,评定标准包括质量标准符合性、施工过程规范性、施工质量稳定性。

3.2.3 施工质量问题的处理

在施工过程中,如发现质量问题,应立即停止施工,并报告相关部门。对发现的质量问题进行分析,找出原因,制定整改措施。根据分析结果,对质量问题进行整改,确保整改措施的有效性。整改完成后,对整改效果进行复查,确保质量问题得到彻底解决。对施工过程中发现的质量问题进行总结,为今后的施工提供借鉴和改进方向。

3.3 竣工验收阶段的质量管理

3.3.1 竣工资料的整理与归档

收集整理施工过程中的各类技术文件、施工记录、检验报告、验收记录等资料。对收集到的资料进行分类、编号、归档,确保资料完整、准确、规范。按照国家相关法律法规和行业标准,对竣工资料进行审核、验收,确保资料符合要求。将审核合格的竣工资料报送相关部门备案,并妥善保管。

3.3.2 工程质量的验收与评定

确定验收标准,依据国家相关法律法规、设计文件、施工图纸、合同约定等。组织验收小组,明确验收人员职责,确保验收过程公正、公平。对工程实体进行现场检查,包括地基基础、主体结构、装饰装修、设备安装等。对工程质量进行评定,包括合格、不合格、整改等。对不合格项目提出整改要求,督促施工单位整改到位。

3.3.3 工程交付后的质量回访与保修

建立工程质量回访制度,定期对工程交付后的使用情况进行跟踪调查。对回访中发现的质量问题,及时与施工单位沟通,督促其整改。对保修期内出现的质量问题,按照合同约定进行保修,确保工程质量。对保修期满后的工程质量,继续关注,确保工程质量长期稳定。

4 民用建筑工程施工质量管理的措施

4.1 建立质量管理体系

4.1.1 质量管理组织机构的设置

根据工程项目的规模 and 特点,设立相应的质量管理组织机构,如质量管理部、质量监督小组等。明确各组织机构及岗位的职责,确保质量管理工作的有序进行。加强各部门之间的沟通与协作,确保信息畅通,提高工作效率。

4.1.2 质量管理责任制的落实

将质量管理责任落实到具体部门和个人,确保责任到

人。对各部门和个人进行定期考核,确保质量管理责任制的落实。对在质量管理工作中表现突出的部门和个人给予奖励,对违反质量管理规定的行为进行处罚。

4.1.3 质量管理规章制度的制定

根据国家相关法律法规和行业标准,结合工程实际情况,制定完善的质量管理规章制度。对全体员工进行质量管理规章制度培训,增强员工的质量意识。严格执行质量管理规章制度,对违反规定的行为进行严肃处理,确保制度落实到位。

4.2 严格材料和设备的质量管理

4.2.1 材料的采购与检验

采购前,需对材料供应商进行严格审查,确保其具备合法资质和良好的信誉。采购过程中,应严格按照设计要求和国家标准选择材料,确保材料质量符合工程需求。材料进场后,应进行严格的质量检验,包括外观检查、尺寸测量、性能测试等,确保材料质量合格。对不合格材料,应立即退回供应商,并追究相关责任。

4.2.2 材料的储存与保管

建立健全材料管理制度,明确材料储存、保管、使用等环节的责任人。根据材料特性,选择合适的储存场所,确保材料不受潮、不受损。对易燃、易爆、有毒等危险材料,应采取特殊措施进行储存,确保安全。定期检查材料储存情况,发现问题及时处理。

4.2.3 设备的选型与调配

根据工程需求,选择性能稳定、质量可靠的设备。设备选型应充分考虑设备的适用性、可靠性、经济性等因素。设备调配应合理,确保各工种、各环节的设备需求得到满足。对新设备,应进行试运行,确保其性能符合要求。

4.2.4 设备的维护与保养

建立设备维护保养制度,明确设备维护保养的责任人。定期对设备进行清洁、润滑、紧固等保养工作,确保设备正常运行。对设备故障,应及时进行维修,确保工程进度不受影响。对关键设备,应制定应急预案,确保在紧急情况下能够迅速恢复生产。

4.3 优化施工方法和工艺

4.3.1 施工方案的制定与优化

针对工程特点,结合现场实际情况,制定科学合理的施工方案,确保施工质量。对施工方案进行优化,充分考虑施工过程中的风险因素,提高施工方案的可行性和安全性。加强施工方案的审核,确保方案符合国家相关标准和规范要求。定期对施工方案进行评估和调整,以适应施工过程中出现的新情况。

4.3.2 施工工艺的改进与创新

鼓励施工人员学习先进施工工艺,提高施工技术水平。对现有施工工艺进行改进,提高施工效率和质量。鼓励技术创新,开展新技术、新工艺的试验和应用。加强施工工艺的培训,提高施工人员对新工艺的掌握和应用能力。

4.3.3 新技术、新工艺的应用与推广

积极引进国内外先进的新技术、新工艺,提高施工质量。对新技术、新工艺进行试点应用,验证其可行性和有效性。加强新技术、新工艺的推广,提高整个施工行业的整体技术水平。建立新技术、新工艺的交流平台,促进施工行业的技术进步。

4.4 加强施工现场的环境管理

4.4.1 施工现场的环境保护

建立健全施工现场环境保护制度,明确环境保护责任人和具体措施。加强施工现场的垃圾处理,设置垃圾分类收集点,确保垃圾得到妥善处理。严格控制施工现场的粉尘、噪声、废水等污染物的排放,采取有效措施降低对周边环境的影响。加强施工现场的绿化工作,合理规划绿化区域,提高绿化覆盖率。定期对施工现场进行环境监测,确保各项环保指标符合国家标准。

4.4.2 施工现场的安全管理

建立健全施工现场安全管理制度,明确安全责任人和具体措施。加强施工现场的安全教育培训,增强施工人员的安全意识和自我保护能力。定期对施工现场进行安全检查,及时发现和消除安全隐患。严格执行施工现场的安全操作规程,确保施工过程中的安全。加强施工现场的应急救援工作,制定应急预案,提高应对突发事件的能力。

4.4.3 施工现场的文明施工

建立健全施工现场文明施工制度,明确文明施工责任人和具体措施。加强施工现场的文明施工宣传教育,增强施工人员的文明施工意识。严格执行施工现场的文明施工规范,保持施工现场整洁有序。加强施工现场的文明施工管理,对违反文明施工规定的行为进行严肃处理。定期开展文明施工评比活动,激发施工现场的文明施工积极性。

5 结论

民用建筑工程施工质量管理应加强施工企业质量管理意识,提高工程质量重视程度。严格控制材料、设备、工艺等质量,确保施工质量。加强施工现场管理,消除安全隐患。规范工程质量验收,确保工程质量达标。通过以上措施,可以有效提高民用建筑工程施工质量,保障人民群众的生命财产安全,促进我国建筑工程行业的健康发展。

参考文献

- [1] 张智丽,陈伟峰,邓霞.民用住宅楼施工阶段质量控制研究[J].工程技术研究,2023,8(24):148-150.
- [2] 薛育荣.民用建筑装饰工程施工质量管理研究[J].中国建筑装饰装修,2023(17):162-164.
- [3] 潘诗仲.浅谈民用建筑工程房屋施工质量管理[J].中国建筑装饰装修,2023(7):116-118.
- [4] 吴立新.浅论民用建筑工程施工管理措施及其质量控制[J].城市建设理论研究(电子版),2023(6):25-27.
- [5] 郭锡强.民用建筑工程施工现场精细化管理分析[J].石材,2022(11):58-60.

Research on Directional Advanced Drilling Technology of Deep Hole in Underground Coal Mine

Yongtao Hu Jingwei Wang

Kuqa Kexin Coal Industry Co., Ltd., Kuqa, Xinjiang, 842000, China

Abstract

Coal mine deep hole directional advanced drilling technology is a kind of in the process of mine excavation, through long distance, high precision drilling detection, discover and evaluate the geological conditions of important means, the technology combines the advanced directional drilling technology and drilling measurement technology, can realize the long distance, high precision geological structure detection, effectively improve the level of mine safety production. This paper discusses the application significance of underground deep hole directional advanced drilling technology, and puts forward the relevant application strategies to promote the sustainable development of coal mining industry. In the application of directional drilling technology, enterprises should adopt advanced directional drilling technology to improve the precise control ability and hole formation rate of the drilling trajectory, and integrate automation, information and intelligent technology into the drilling equipment, so as to improve the drilling efficiency and precision.

Keywords

coal mine; drilling technology; directional lead

煤矿井下深孔定向超前钻探技术研究

胡永涛 王经纬

库车市科兴煤炭实业有限责任公司, 中国·新疆 库车 842000

摘 要

煤矿井下深孔定向超前钻探技术是一种在矿井掘进过程中, 通过长距离、高精度的钻孔探测, 提前发现并评估前方地质条件的重要手段, 该技术结合了先进的定向钻进技术和随钻测量技术, 能够实现远距离、高精度的地质构造探测, 有效提高矿井安全生产水平。论文探讨了煤矿井下深孔定向超前钻探技术的应用意义, 并提出了相关应用策略, 推动煤矿行业的可持续发展。定向钻进技术应用中, 企业应采用先进的定向钻进工艺, 提高钻孔轨迹的精确控制能力和成孔率, 并将自动化、信息化和智能化技术融入钻探设备中, 进而提高钻探效率和精度。

关键词

煤矿; 钻探技术; 定向超前

1 引言

随着煤矿开采深度和规模的增加, 煤矿安全生产面临越来越多的挑战, 尤其是复杂的地质构造如断层、溶洞和含水层等对矿井安全构成严重威胁, 传统的钻探方法由于探测距离短、精度低, 无法满足现代矿井高效掘进的需求, 因此研究和开发煤矿井下深孔定向超前钻探技术具有重要意义。

2 煤矿井下深孔定向超前钻探技术的应用意义

2.1 提高勘探效率

煤矿井下深孔定向超前钻探技术的应用, 能够实现钻孔轨迹的精确控制, 使钻头沿指定的方向到达预计目标处,

不仅能够提高了勘探的准确性, 还减少了无效钻孔的数量, 从而降低了勘探成本, 而且该技术的应用可以在钻探过程中能够实时获取钻孔的位置、倾角等关键参数, 并根据实际情况进行动态调整, 这种实时性和灵活性大大提高了勘探效率, 使得钻探工作能够更加高效地进行。分支孔探测技术是定向钻探技术的一大亮点, 能够在主孔的基础上向不同方向延伸出多个分支孔, 从而实现对更大区域的覆盖和探测, 使得原本需要多次钻孔才能完成任务现在通过一次或少数几次钻孔就能实现。随着自动化和智能化技术的发展, 定向钻进技术也在不断进步, 自动化定向钻机集成了自动控制技术、传感器技术、导向钻进技术等多种先进技术, 实现了自动装卸钻杆、自动钻进等功能, 这些技术的应用不仅减轻了工人的劳动强度, 还提高了钻孔施工的效率和质量。定向钻进技术在复杂地质条件下仍能保持较高的成孔率和钻进能力, 如在复杂顶板岩层中, 通过研发和应用新型工艺和技术

【作者简介】胡永涛(1987-), 男, 中国河南许昌人, 本科, 工程师, 从事煤矿安全生产、防治水研究。

装备,可以有效解决定向钻进成孔率低的难题,这种适应性使得定向钻进技术能够在更多场景下发挥作用,进一步提高勘探效率。此外,定向钻进技术具备超长孔钻进施工能力,能够实现更远距离的高精度中靶,使得在勘探过程中能够覆盖更广的区域,获取更多的地质信息,从而提高勘探效率,为煤矿安全生产提供有力保障。

2.2 促进资源利用

煤矿井下深孔定向超前钻探技术的应用,可以实现钻孔轨迹的精确控制,使得瓦斯抽采更加高效,而且顺煤层超深定向钻孔技术能够显著增加瓦斯抽采量,从而提高资源的利用率,同时高效的瓦斯抽采不仅减少了瓦斯对矿井安全的威胁,还提高了瓦斯作为能源的利用效率。定向钻探技术能够在煤矿井下实现区域精准的地质勘探,提前发现潜在的地质灾害,为资源开发提供科学依据,该技术能够适应复杂顶板岩层中的定向钻进成孔率问题,扩大了勘探范围,而且该技术装备具有良好的地层适应性,能够在多种地质条件下作业。定向钻进技术在复杂地质条件下仍能保持较高的成孔率和钻进能力,采用高效的钻进系统和远程监控技术,提升了施工速度减轻了工人的劳动强度,而且通过减少无效钻孔的数量和提高钻孔的准确性,定向钻探技术能够显著降低勘探成本,这对于煤矿企业来说具有重要的经济效益。

3 煤矿井下深孔定向超前钻探技术的应用策略

3.1 精确控制钻孔轨迹

精确控制钻孔轨迹是煤矿井下深孔定向超前钻探技术的核心,对于提高勘探效率、确保施工安全具有重要意义,企业应通过随钻测量和导向钻进技术,实现钻孔轨迹的实时监测和动态调整,进而在钻孔过程中实时获取钻孔的位置、倾角等关键参数,并根据实际情况进行精确控制,还可以引入惯性导航技术,如基于光纤陀螺或 MEMS 陀螺的随钻测量装置,以提高测量的精准度和适应性,这些装置能够克服传统测量方法中依赖地磁场的局限性,特别适用于金属矿山等复杂环境。企业应注重多分支孔探测技术的应用,在主孔的基础上向不同方向延伸出多个分支孔,实现对更大区域的覆盖和探测,针对复杂顶板岩层中的定向钻进成孔率问题,研发新型工艺和技术装备,如长距离水害超前探测技术,以适应更复杂的地质条件,并采用基于机器学习和深度学习 AI 算法的数据反演和定位方法,有效识别异常体的空间方位,提高异常体定位精度^[1]。

3.2 优化定向钻进工艺

煤矿井下深孔定向超前钻探技术应用中,企业应积极优化定向钻进工艺,可以根据具体地质条件和施工需求,采用由钻头、稳定器和短钻杆按照不同组合形式连接而成的稳定组合钻具,该钻具结构简单,对冲洗液性能没有特殊要求,且成本低,可操作性强,易于维护使用。此外,还可以采用螺杆马达钻进,该工具是一种以高压冲洗液作为

传递动力介质的孔底动力钻具,其具有倾角、方位角控制调节能力强的特点,能够实时精确地随钻测量,定向精度高、效果好,但应注意其特点,螺杆马达及配套钻杆结构和能力的限制使得其对冲洗液的净化要求高,可施工的钻孔直径较小,地层适应性较弱。企业可以灵活采用滑动定向钻进和复合定向钻进技术,滑动定向钻进适用于中短距离的水平井段钻进,而复合定向钻进则适用于长距离的水平井段钻进,研制更大功率的定向钻机,以满足超深孔钻进的需求。例如,ZDY15000LD 型定向钻机已成功应用于顺煤层超深定向钻孔施工,此外还可以开发高效的传输与通讯技术,确保井下钻探数据的实时传输和监控,为钻进过程的精确控制提供技术支持。企业应通过自动化控制技术与电液比例控制技术、传感器检测技术、可视化监测技术、防爆控制设计技术的深度融合和高效集成,实现井下自动装卸钻杆、自动钻进、自主调节、远程控制等功能,同时针对复杂地质条件和作业环境,研发多参数随钻测量系统,提高导向精度和效率,并加强井下高速稳定通讯技术的研发,确保数据传输的实时性和准确性。

深孔定向钻孔设计平面图见图 1。

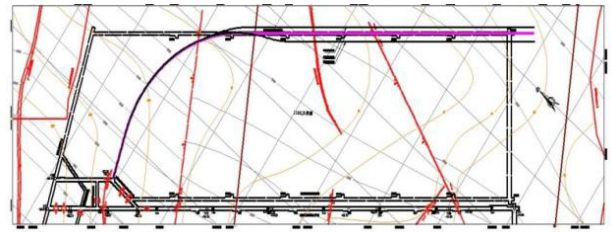


图 1 深孔定向钻孔设计平面图

3.3 引入现代信息技术

当前科学技术迅速发展,煤矿井下深孔定向超前钻探技术应用中应引入现代信息技术,通过安装高精度传感器和监测设备,实时采集钻孔过程中的各类数据,如钻孔深度、角度、地质条件等。这些数据可以通过无线网络传输到地面监控中心,实现对钻孔过程的实时监控和数据分析,同时利用大数据分析和人工智能技术,对采集到的数据进行深度挖掘和分析,预测钻孔前方的地质情况,为钻孔操作提供科学依据和决策支持。例如,通过分析历史钻孔数据和地质资料,可以预测钻孔前方的瓦斯含量、水文情况等,从而提前采取相应的预防措施。企业可以引入自动化控制技术和远程操作系统,实现钻孔过程的自动化和智能化控制。操作人员可以在地面监控中心通过远程控制系统对钻孔设备进行精确操控,减少井下作业人员的数量和劳动强度,提高钻孔效率和安全性,还可以利用三维可视化技术和模拟仿真技术,将钻孔过程和地质条件以三维图像的形式直观展示出来,促使操作人员更准确地了解钻孔情况和地质构造,优化钻孔方案和施工流程。此外,企业应建立信息化管理平台,实现钻孔数据的集中存储、管理和共享,通过信息化平台,可以实现不

同部门之间的协同作业和信息共享,提高整体工作效率和管理水平。例如,地质部门、工程部门和安全部门可以共同查看和分析钻孔数据,制定更合理的施工方案和安全措施,并基于实时监控数据和智能分析结果,建立预警系统和应急响应机制,当钻孔过程中出现异常情况或潜在安全隐患时,系统能够自动发出预警信号并启动应急响应程序,确保及时采取措施避免事故的发生,降低事故发生率^[2]。

3.4 实现勘探与掘进一体化

为了提高煤矿安全生产效率,企业应采用先进的定向钻探技术,如西安研究院自主研制的YCSZ煤矿井下钻孔瞬变电磁技术与装备,实现长距离(如810m)超前探测。这种技术能够克服传统“短掘短探”模式的局限,为巷道快速掘进提供地质保障,通过定向长钻孔和孔中物探技术的结合,形成以定向长钻孔为圆心、半径30m、深度近1000m的探测范围,满足巷道快速掘进的长距离探测需求。企业应采用,探钻一体与探掘并行,通过在快速掘进巷道的后方或邻近巷道预设钻场,避免钻探作业与快速掘进在施工时间和空间上的矛盾,利用煤矿井下定向钻探技术实现长距离超前钻探,同时开展钻孔径向富水区、地质构造的超前探测工作,形成高精度的预想地质剖面,为掘进工作面的优化设计提供依据。企业应积极探索“长掘长探”模式,该模式指单日掘进距离长、单次探测距离长的巷道掘进超前探测工作新模式,通过采用“定向长钻孔+钻孔物探”,克服了传统“短掘短探”工艺中的不足,实现了物探、钻探的同时、同地点探测(探钻一体)和超前探测、快速掘进的并行作业(探掘并行),提高了巷道快速掘进地质超前的探测效率和成果精度,企业可以利用煤矿井下定向钻进技术施工近1000m的定向长钻孔,为孔中物探提供空间条件,同时,采用“一孔多分支”技术有效控制煤层顶底板、煤层厚度以及小构造等地质变化^[3]。

3.5 加强人员培训工作

针对煤矿井下深孔定向超前钻探技术的特殊性,企业应做好培训工作,培训应侧重于提升操作人员的专业技能,包括钻孔轨迹测量、定向钻进工艺、设备操作与维护等,同时安全是煤矿生产的首要任务,培训中必须强调安全操作规程,增强员工的安全意识和应急处理能力,此外随着技术的不断进步,培训内容应与时俱进,及时纳入新技术、新工艺、

新材料和新标准,确保员工的知识体系保持最新状态。企业应根据员工的岗位和技能水平,制定分层次的培训计划。对于新入职员工,进行基础技能培训;对于在职员工,则注重提升和深造,培训过程中,既要注重理论知识的传授,也要注重实践操作的训练,通过模拟演练、实操练习等方式,提高员工的实际操作能力,此外为确保培训效果,应定期对员工进行复训和考核,通过考核检验员工的学习成果,并根据考核结果调整培训计划。为激发员工的学习积极性,企业可以设立奖学金、晋升机会等激励措施,同时,对于在培训中表现优秀的员工给予表彰和奖励,建立有效的反馈机制,鼓励员工提出培训需求和建议,通过收集员工的反馈意见,不断优化培训内容和方式,提高培训的针对性和实效性。企业应从内部选拔具有丰富实践经验和教学能力的专家担任培训教师,确保培训质量,积极引进外部优质教育资源,邀请行业专家、学者进行授课和交流,拓宽员工的视野和知识面,并建立在线教育平台,提供丰富的学习资源供员工自主学习,通过视频教程、在线测试等方式,方便员工随时随地进行学习,还可以利用虚拟现实技术模拟真实的煤矿井下环境,进行定向钻探技术的模拟训练,提高员工的实际操作能力和应急处理能力。

4 结语

综上,煤矿井下深孔定向超前钻探技术的研究与应用为煤矿安全生产提供了强有力的技术支撑,通过不断优化钻进工艺、提高测量精度和数据处理能力,该技术已经在断层探测、水害防治等方面取得了显著成效。未来,随着技术的进一步发展和完善,煤矿井下深孔定向超前钻探技术将在更多的矿山地质保障任务中发挥更重要的作用,为实现矿井的安全高效生产作出更大贡献。同时,企业应继续加强人员培训和技术创新,推动该技术的广泛应用和持续改进。

参考文献

- [1] 马小敏.煤矿井下深孔定向钻进瓦斯抽采技术及应用[J].工矿自动化,2019,45(8):83-87+108.
- [2] 徐保龙,姚宁平,王力.煤矿井下定向深孔复合钻进减阻规律研究[J].煤矿安全,2018,49(2):92-95.
- [3] 苗葳,丁荣飞.煤矿井下深孔定向超前钻探技术研究与应用[J].中国高新技术企业,2017(10):216-217.

The Application of Mechanical Automation in CNC Machine Tool

Nan Li

General Technology Group Machine Tool Engineering Research Institute Co., Ltd. Shenyang Branch, Shenyang, Liaoning, 110023, China

Abstract

The application of mechanical automation technology in the field of CNC machine tools is deepening, and has become a key factor to improve processing efficiency and product quality. This paper systematically analyzes the application status of automatic transformation of CNC machine tools, automatic loading and unloading system, online detection and adaptive control, and focuses on the intelligent development trend of remote monitoring, intelligent scheduling and predictive maintenance based on cloud platform. At the same time, the system composition, control architecture, data analysis and human-machine collaboration and other key technologies of the flexible automatic production line are deeply studied, which provides reference and reference for manufacturing enterprises to realize intelligent transformation.

Keywords

CNC machine tool; mechanical automation; on-line testing; adaptive control; flexible production line

机械自动化在数控机床中的应用探讨

李楠

通用技术集团机床工程研究院有限公司沈阳分公司, 中国 · 辽宁 沈阳 110023

摘 要

机械自动化技术在数控机床领域的应用不断深化, 已成为提升加工效率和产品质量的关键因素。论文系统分析了数控机床自动化改造、自动上下料系统、在线检测与自适应控制等技术的应用现状, 重点探讨了基于云平台的远程监控、智能调度和预测性维护等智能化发展趋势。同时, 深入研究了柔性自动化生产线的系统构成、控制架构、数据分析和人机协作等关键技术, 为制造企业实现智能化转型提供参考和借鉴。

关键词

数控机床; 机械自动化; 在线检测; 自适应控制; 柔性生产线

1 引言

《中国制造 2025》明确提出要加快推进制造业数字化、网络化、智能化发展。作为先进制造业的重要装备, 数控机床的自动化水平直接影响着产品质量和生产效率。近年来, 随着传感技术、控制技术和网络技术的快速发展, 机械自动化在数控机床领域的应用不断创新, 从单机自动化向系统集成化、智能化方向演进。

2 机械自动化在数控机床中的应用

2.1 数控机床自动化改造

数控机床的自动化改造是实现机械加工智能化、高效化的重要途径。通过在数控系统中集成先进的传感技术、伺

服驱动技术和智能算法, 可以显著提升机床的加工性能和自动化水平。例如, 应用高分辨率编码器和直线度反馈装置, 实现机床进给轴的纳米级定位和闭环控制, 提高机床定位精度和重复定位精度; 使用谐波减速器和力矩电机直接驱动技术, 大幅提升主轴转速和加工效率; 引入多轴联动控制算法、样条曲线插补算法等, 优化刀具路径, 削减非切削时间, 缩短产品的加工周期^[1]。同时, 数控机床的自动化改造还体现在对加工过程的智能监控与自适应控制。通过振动传感器实时监测主轴和刀具的振动频谱特征, 判断切削状态的稳定性; 利用机器视觉和激光雷达等方法动态跟踪刀具磨损, 自适应调整切削参数, 避免因刀具磨损过度导致的工件报废; 通过嵌入知识库和专家系统, 实现工艺参数的智能优化, 减少对操作者经验和技能的依赖。

2.2 机床自动上下料系统

2.2.1 串联式

串联式机床自动上下料系统通过将多台数控机床串联

【作者简介】李楠(1984-), 女, 满族, 中国辽宁抚顺人, 本科, 工程师, 从事机械工程及自动化研究。

连接, 配备可沿轨道移动的物料台车, 实现工件在各加工单元间的自动流转。上料站将毛坯料装夹到托盘上, 再由物料车将托盘顺次送入各加工单元。数控机床通过机械手或上下料机构将工件从物料车上取下, 完成加工后再将其放回。全部加工完成后, 下料站将成品从托盘上卸下并转移至下道工序^[2]。该系统结构简单, 设备投入相对较低, 但缺乏灵活性, 适用于中小批量、加工工序较为固定的场合。当需要调整产品型号时, 整个生产线需停机换线, 设备利用率有待进一步提高。

2.2.2 并联式

并联式机床自动上下料系统采用中央物料库与多台数控机床并行连接的布局方式, 通过 AGV 小车或轨道式机器人实现工件的柔性配送。系统配备立体料库用于存储不同规格的毛坯和成品, 料库与各机床工作站之间设有缓存工位。当机床发出上料请求时, 系统根据加工任务和工序要求, 从料库中调取相应毛坯, 经由物流通道送至目标机床。同时, 机床完成加工后的工件可独立下料并运送至下一工序或成品库, 互不干扰。这种并行作业模式显著提高了设备利用率, 且可根据订单需求灵活调配加工资源, 实现多品种、小批量的柔性生产。系统通过配置可编程控制器和调度软件, 对物料运输、机床状态、加工进度等实施统一管理, 确保生产高效稳定运行。

2.2.3 工件库

工件库是数控机床自动化生产的核心缓存单元, 主要由立体货架、堆垛机和出入库输送系统构成。货架采用模块化设计, 可根据工件种类灵活配置不同规格的托盘位。堆垛机采用高精度伺服驱动, 配备防碰撞和定位校准装置, 确保工件安全、准确存取。系统设置双向缓存区, 实现工件入库预处理和出库分拣, 有效解决生产节拍与物流配送不匹配的问题。工件库通过实时监控各存储单元状态, 动态优化存取路径, 缩短响应时间^[3]。同时, 系统建立工件信息管理数据库, 记录每件产品的加工历程、质检数据和库存信息, 为生产计划制定和产能评估提供数据支撑, 是打造智能制造单元的重要支撑设施。

2.3 在线检测与自适应控制

2.3.1 动态测量

动态测量技术通过在数控机床上集成多类型传感装置, 实现加工过程关键参数的实时监测。主轴单元配备测温传感器和振动加速度计, 监控轴承温升和振动特性; 进给轴安装高精度光栅尺和角度编码器, 实现位移和速度的闭环反馈。刀具状态监测采用声发射传感器和电流检测, 捕捉切削力变化和功率波动。工件尺寸测量则利用接触式测头和激光扫描仪, 获取加工表面轮廓数据。这些测量数据经过滤波处理和特征提取后, 输入控制系统进行分析比对。当测量参数偏离设定范围时, 系统根据内置的补偿模型自动调整加工参数, 如进给速度、主轴转速等, 确保加工精度和表面质量始终处

于最佳状态^[4]。

2.3.2 刀具磨损检测

刀具磨损检测采用多源信息融合方案, 通过整合光学、力学和电学信号实现刀具状态评估。系统在刀具架上布置高速 CCD 相机, 捕捉刀具前后刀面的微观磨损形貌; 在刀柄处安装三向测力仪, 监测切削力的动态变化规律; 主轴电机的功率信号则反映切削负载水平。这些检测信号经过噪声抑制和数据同步后, 输入评估模型进行特征融合。系统建立刀具寿命数据库, 记录不同材料、不同工艺条件下的磨损演变过程, 用于预测剩余使用寿命。当检测到刀具磨损超过阈值时, 系统自动发出预警信号, 并根据加工任务紧急程度决定是否进行刀具更换, 有效避免因刀具过度磨损造成的工件质量波动。

2.3.3 自适应切削参数优化

自适应切削参数优化基于多目标决策原理, 通过建立加工效率、表面质量和刀具寿命的综合评价模型, 实现切削参数的动态调整。系统采集主轴电流、切削力、振动等过程信号, 结合工件材料特性和加工质量要求, 构建切削参数与加工性能的映射关系。在粗加工阶段, 系统以最大材料去除率为目标, 通过调节每齿进给量和切削深度, 在保证加工稳定性的前提下提高加工效率。精加工过程则重点优化表面粗糙度, 系统根据振动信号特征动态调整主轴转速, 避开加工系统的固有频率, 抑制切削颤振。同时, 采用自学习算法不断更新工艺参数库, 积累优化经验, 提升参数调整的准确性。

2.4 智能化与网络化

2.4.1 基于云平台的远程监控

基于云平台的远程监控系统构建了数控机床运行状态的实时感知与分析体系。各机床工作站通过以太网接入监控平台, 上传设备运行参数、加工状态和报警信息。云平台设置多级数据缓存机制, 确保海量设备数据的高速读写。系统采用分布式计算架构, 对生产数据进行实时分析和可视化展示, 包括设备开动率、故障分布、能耗水平等关键指标。操作人员可通过移动终端远程查看机床运行状况, 及时处理异常情况。平台还建立了设备健康评估模型, 通过分析历史运行数据预测潜在故障, 制定预防性维护计划, 有效降低设备非计划停机时间, 提升产线稼动率, 如图 1 所示。



图 1 基于云平台的远程监控

2.4.2 智能化调度与排产

智能化调度与排产系统基于约束满足理论,结合订单交期、设备产能和工艺要求建立多维度优化模型。系统按照产品族对订单进行分类,评估各工序加工时间和设备负荷状况,生成初始排产方案。在实际生产过程中,系统通过实时采集工序进度和设备状态信息,动态调整作业计划。当出现紧急插单、设备故障等扰动因素时,系统根据任务优先级和工艺路线灵活性,快速重构生产计划,确保关键订单按期交付。同时,系统对历史排产数据进行挖掘分析,总结不同产品组合的最优调度策略,不断提升计划执行效率,实现生产资源的均衡利用和产能的最大限度发挥。

2.4.3 机床预测性维护

预测性维护系统通过分析机床关键部件的性能退化规律,实现故障预警和维护决策。主轴系统采集温度、振动和电流信号,构建轴承寿命预测模型;进给系统监测丝杠副和导轨的位置误差和背隙变化,评估机械传动精度;冷却系统记录油温、压力和流量数据,判断润滑效果。系统建立各部件的健康指标体系,设定预警阈值,当性能指标出现异常趋势时提前发出预警。维护计划根据部件状态和生产任务制定,在保证设备可靠性的同时降低维护成本。通过积累维护经验和故障案例,系统不断完善预测模型的准确性,提升维护效率和设备使用寿命。

3 机械自动化在自动化生产线中的应用

3.1 柔性自动化生产线构成

柔性自动化生产线由加工单元、物流系统、质检站和中央控制系统有机组成。加工单元包含多台数控机床,配备工件快换系统和刀具管理系统,可根据产品需求灵活切换工艺。物流系统采用AGV小车和机器人组成的混合传输网络,实现原料、半成品和成品的定向配送。质检站配置三坐标测量仪和轮廓检测仪,对关键工序实施全检或抽检。中央控制系统负责协调各单元运行,处理工艺数据和质量信息,动态调整生产节拍。系统设置缓存工位和备用设备,能够快速响应工艺变更和设备故障,保证生产线连续稳定运行。

3.2 生产线自动化控制系统

生产线控制系统采用分层分布式架构,实现从现场设备到管理层的纵向集成。底层控制网络通过现场总线连接各执行机构和传感器,实时采集工艺参数和设备状态。中间层设置多台工业控制器,负责单元级的运动控制和工艺协调,执行加工程序和物料调度。管理层部署生产执行系统,对接企业资源规划平台,完成订单分解和资源调配。系统采用冗

余设计确保关键控制节点的可靠性,配置工业防火墙保障网络安全。通过建立统一的数据交换标准,实现不同厂家设备的互联互通,支持生产线的横向扩展和产能提升。

3.3 产线数据采集与分析

产线数据采集与分析系统通过部署多层次数据采集节点,构建生产过程的完整数据链。现场层采用高速数据采集模块,捕获设备运行参数、工艺数据和质量信息。系统建立统一的数据模型,对原始数据进行清洗、分类和标准化处理,形成结构化数据库。分析引擎从设备效率、质量控制、能源消耗等维度展开深度分析,生成各类统计报表和趋势图表。通过关联分析发现工艺参数、设备状态与产品质量之间的内在关系,为工艺优化提供依据。系统还建立产线运行效率评价体系,识别产能瓶颈,指导产线改进和升级方向。

3.4 人机协作与交互

人机协作系统通过融合视觉定位、力反馈控制等技术,实现操作人员与自动化设备的安全高效配合。系统在关键工位设置协作机器人,配备多模态传感器和安全防护装置,能够感知人员位置和动作意图。操作界面采用分级授权机制,为不同岗位人员提供相应的操作和管理功能。通过直观的图形化界面展示设备状态和工艺参数,支持手势和语音等自然交互方式。在复杂工序和异常处理时,系统可根据现场情况切换手动或自动模式,由操作人员介入处理。同时建立标准作业指导书数据库,为操作人员提供实时指导,确保工艺规范执行。

4 结语

机械自动化技术的深入应用为数控机床和自动化生产线带来了显著提升。通过自动上下料系统提高了设备利用率,在线检测与自适应控制确保了加工质量,智能化与网络化则实现了生产过程的高效协同。未来,随着新一代信息技术的发展,机械自动化将向更高层次演进,推动制造业向数字化、网络化、智能化方向转型升级。

参考文献

- [1] 廖丰政.机械自动化的技术要点与数控技术应用[J].时代汽车,2023(23):19-21.
- [2] 李鸿源.机械自动化在数控机床中的应用[J].黑龙江科学,2022,13(8):162-164.
- [3] 吕甜甜.人工智能在机械自动化领域的应用分析[J].中国设备工程,2021(23):22-23.
- [4] 杨啟鑫.数控铣床金属构件加工工艺机械自动化控制技术研究[J].内燃机与配件,2021(18):117-118.

Overview of Flexible Needle Puncture Based on Reinforcement Learning Algorithms

Jintao Yu Shuo Wang Ting Yang*

School of Medical Information and Engineering, Xuzhou Medical University, Xuzhou, Jiangsu, 221004, China

Abstract

With the emphasis of puncture therapy in the field of medical therapy and sports science, how to implement puncture therapy efficiently and safely has become an important research topic. Reinforcement learning algorithms provide effective ways to solve this challenge. This paper reviews the research progress of QL reinforcement learning algorithms such as DQN, PG and AC suitable for flexible needle puncture path planning, analyzes their respective advantages and disadvantages, and points out that flexible needle puncture through reinforcement learning model can effectively improve the efficiency and safety of puncture therapy.

Keywords

flexible needle; reinforcement learning; deep reinforcement learning

基于强化学习算法的柔性针穿刺综述

余锦涛 王硕 杨婷*

徐州医科大学医学信息与工程学院, 中国 · 江苏 徐州 221004

摘 要

随着医学治疗和运动科学领域对穿刺治疗的重视, 如何高效且安全地实施穿刺治疗已成为一个重要的研究课题。强化学习算法为解决这一挑战提供了有效的方法。论文回顾了适用于柔性针穿刺路径规划的QL、DQN、PG、AC等强化学习算法的研究进展, 分析了它们各自的优缺点, 并指出通过强化学习模型进行路径规划的柔性针穿刺, 能够有效提升穿刺治疗的效率和安全性。

关键词

柔性针; 强化学习; 深度强化学习

1 引言

柔性针穿刺是一种在微创介入手术中广泛应用的技术, 相比传统刚性针, 柔性针具有更好的灵活性和适应性, 能够在软组织中以曲线路径前进, 从而避开重要血管、骨骼和器官, 减少对患者的损伤。然而, 柔性针穿刺也面临控制精度、路径矫正能力和实时信息感知等挑战, 这增加了临床手术的难度, 通常需要医生投入大量时间训练, 并依赖医疗影像设备进行引导。而应用强化学习算法的机器人操作柔性针穿刺能够避免缺点。适用于柔性针穿刺路径规划的强化学习算法主要包括: 适合离线学习和小状态空间的QL、能处理高维输入和动态环境的DQN、可以直接优化策略, 适应性强的PG和结合了价值评估与策略优化的AC。

【作者简介】余锦涛(2005-), 男, 中国江苏徐州人, 本科, 从事医学信息工程研究。

【通讯作者】杨婷(1986-), 女, 博士, 从事路径规划算法、平台设计与搭建研究。

2 柔性针

2.1 柔性针介绍

柔性针在微创介入手术中广泛应用, 相比传统刚性针, 其具备显著优势。由于柔韧性, 柔性针能够避开障碍物并纠正路径偏离, 实现深度目标插入, 特别适合在肋骨、血管和神经等重要组织间进行复杂穿刺。机器人辅助系统被广泛用于操控柔性针, 以实现精准穿刺, 这些系统结合了机器人的灵巧操作与柔性针的变形控制能力, 能够实时精确控制进针位置、姿态、穿刺轨迹和目标靶点。

2.2 柔性针的特性

①弯曲变形能力: 柔性针在穿刺过程中能弯曲, 避开血管和神经, 实现靶向穿刺, 这使其在微创手术中具有明显优势, 能够到达传统刚性针无法到达的区域。

②力学特性: 柔性针的力学建模和受力分析是研究的重要部分, 例如优化针尖角度和针体设计, 提高穿刺效率和安全性。

③操控性和路径规划: 通过控制进给和旋转运动可调整针尖位姿, 达到预测穿刺路径。

2.3 柔性针穿刺的难点

柔性针穿刺手术在临床应用中面临多个技术难点，主要包括：

①路径规划的复杂性：需要避开重要血管和神经^[1]，一般直线或曲线路径无法满足要求，需采用复杂的曲线路径，同时考虑针体姿态的优化和多种路径组合。②针—组织相互作用的建模^[2]：柔性针与软组织的相互作用复杂，难以建立精确模型，涉及针体形态和针尖位姿的实时追踪，以及针与组织之间的力和摩擦建模。③实时反馈和控制：仅依靠路径规划无法实现柔性针的实时状态反馈，需要结合复合控制技术以实现更精确控制。

3 强化学习算法

3.1 强化学习算法简介

强化学习^[3]是一种通过与环境交互学习最优策略的方法。其核心思想是智能体通过试错和探索与利用的方式，最大化累积奖励。基本框架包括状态(S)、动作(A)、奖励(R)和策略(P)。智能体选择动作影响环境状态，并根据反馈调整策略，以实现最优决策。

适用于柔性针穿刺的常见强化学习算法包括QL、DQN、PG和AC。强化学习能够在复杂环境中学习有效的决策策略，并且随着深度学习技术的发展，其应用前景愈发广阔。

3.2 强化学习算法原理

强化学习通过与环境交互、试错学习和探索与利用策略，逐步优化智能体行为以最大化累积奖励，其核心要素包括以下几个方面：

①马尔可夫决策过程(MDP)：描述智能体在不同状态下采取动作并获得奖励的过程，包含状态空间、动作空间、转移概率、奖励函数和折扣因子，目标是最大化长期累积奖励。②状态、动作、奖励和策略：智能体通过与环境交互尝试不同动作，改变环境状态并获得奖励。策略是智能体在给定状态下选择动作的规则。③价值函数：用于评估状态或状态-动作对的好坏，包括状态值函数和动作值函数。④策略优化：通过不断更新策略来提升智能体表现，常见方法包括基于值函数的QL和SARSA等。⑤深度强化学习：结合深度神经网络和强化学习，处理更复杂的状态和动作空间，常见算法有DQN、DDPG和PPO。

3.3 适用于柔性针穿刺路径规划的强化学习算法实例

3.3.1 Q-learning (QL) 算法

①基本概念：QL是一种无模型的强化学习算法，旨在通过学习行动-价值函数(Q函数)优化智能体策略。它通过与环境交互获取经验，并用这些经验更新Q值，从而使智能体在给定状态下选择最佳行动。Q值表示在某一状态下采取某一行动的预期收益。

②工作原理：QL的核心是Q值的更新。智能体在每个时间步中根据当前状态选择一个行动，并从环境中获得奖励和下一个状态。然后，使用以下Q值更新公式：

其中：

$$Q(s, a) \leftarrow Q(s, a) + \alpha(r + \gamma \max_{a'} Q(s', a') - Q(s, a))$$

$Q(s, a)$ 是当前状态s下行动a的Q值。

式中： α ——学习率。

r ——当前奖励。

γ ——折扣因子。

s' ——执行行动后的新状态。

通过不断更新Q值，智能体能够逐渐学习到最优策略。

③算法步骤：

初始化：创建Q值表，通常初始化为零或随机值。

选择动作：在每个时间步，使用策略选择行动，即以的概率随机选择行动，以的概率选择当前Q值最高的行动。

执行行动：将选择的行动应用于环境，获取奖励和下一个状态。

更新Q值：根据奖励和下一个状态更新Q值。

重复：重复步骤2到4，直到满足终止条件。

④优点：

简单易懂：QL的理论基础简单，易于实现。

无模型特性：不需要环境的模型信息，适用于各种动态环境。

⑤缺点：

收敛速度慢：在复杂环境中，收敛所需的样本数量可能非常大。

高维状态空间问题：状态或动作空间较大时，Q表会变得庞大，导致计算和存储开销增大。

3.3.2 Deep Q-Network (DQN) 算法

①基本概念：

DQN是将深度学习与QL结合的强化学习算法。它通过深度神经网络(DNN)来近似Q值函数，允许智能体在高维状态空间中进行学习。

②工作原理：

DQN的核心思想是使用一个深度神经网络来表示Q值函数。具体来说，网络输入是当前状态，输出是各个可能行动的Q值。DQN通过与环境的交互，使用经验回放(ER)和目标网络(TN)来稳定训练过程。

③算法步骤：

初始化：创建主Q网络和目标Q网络，初始化参数，并建立经验回放池。

选择动作：在每个时间步，使用策略选择行动，随机选择或选择当前Q值最高的行动。

执行行动：在环境中执行所选行动，获取奖励和下一个状态，并将经验存储到经验池中。

抽样训练：先从经验池随机抽取一批样本再，使用目标Q网络计算目标Q值，随后更新主Q网络的参数，最小化Q值的均方误差，最后更新目标网络：按照预定时间间隔，将主Q网络的参数复制到目标Q网络。

重复：重复步骤2到5，直到满足终止条件。

④优点:

处理高维状态空间: DQN 能有效处理复杂输入, 扩展了强化学习应用场景。

经验回放: 随机抽样训练数据, 减少相关性, 提高学习效率 and 稳定性。

⑤缺点:

超参数调整复杂: DQN 涉及多个超参数, 调整需要经验。

非最优收敛: 在复杂策略空间中, DQN 可能收敛到次优解。

3.3.3 Policy Gradient (PG) 算法

①基本概念。

策略梯度是一类强化学习算法, 直接优化策略函数。策略梯度不需要构建价值函数, 而是通过梯度上升优化策略参数, 提高行动的期望回报。策略可以是确定性的或随机的, 通常使用神经网络表示。

②工作原理。

策略梯度的核心思想是计算策略相对于预期回报的梯度, 以优化策略。算法通过采样智能体的行为并计算其回报, 然后利用这些回报更新策略。策略梯度定理提供了计算梯度的基础, 公式如下:

$$\nabla J(\theta) = E_{\tau \sim \pi_{\theta}}[t = 0 \sum \nabla \log \pi_{\theta}(a_t | s_t) R(\tau)]$$

式中: $J(\theta)$ ——期望回报的目标函数。

$\pi_{\theta}(a_t | s_t)$ ——在状态下采取行动的策略。

$R(\tau)$ ——完整轨迹的回报。

③算法步骤。

初始化: 初始化策略参数 θ 和学习率 α 。

采样: 从当前策略中生成一系列的状态 - 动作轨迹。

计算回报: 对于每个轨迹, 计算回报。

估计梯度: 使用上述策略梯度公式估计梯度。

更新参数: 通过梯度上升更新策略参数:

$$\theta \leftarrow \theta + \alpha \nabla J(\theta)$$

重复: 重复步骤 2 到 5, 直到满足终止条件。

④优点:

处理高维和连续动作空间: 策略梯度方法可直接处理高维和连续动作空间, 适用性广。

收敛性: 策略梯度方法能够收敛到局部最优解。

⑤缺点:

方差大: 策略梯度的估计通常具有较高方差, 可能导致学习过程不稳定。

样本效率低: 策略梯度通常需要比值函数方法更多样本来实现相同学习效果。

局部最优: 基于局部信息优化可能导致陷入局部最优解。

3.3.4 Actor-Critic (AC) 算法

①基本概念:

AC 结合了策略梯度 Actor (A) 和价值函数 Critic (C)。

A 负责生成和更新策略, C 评估策略表现并提供反馈, 从而提高学习的稳定性和效率。

②工作原理:

AC 的核心思想是利用 C 评估 A 所选择的动作, 并通过反馈更新策略。A 根据当前策略选择行动, C 计算状态或状态 - 动作对的价值, 并提供基于优势信号给 A, 以优化策略。具体来说, C 通过估计价值函数或 Q 值函数来评估价值, A 则使用策略梯度方法调整策略参数, 以最大化预期回报。

③算法步骤:

初始化: 初始化 A 和 C 的参数。

采样: 在当前策略下与环境交互, 生成一系列状态 - 动作对和奖励。

计算优势: 使用 C 计算当前状态的价值或状态 - 动作的 Q 值, 并根据实际获得的奖励计算优势:

$$A(s, a) = r + \gamma V(s') - V(s)$$

更新 C: 通过最小化 TD 误差更新 C 的参数:

$$L(\theta_c) = (r + \gamma V(s') - V(s))^2$$

更新 A: 使用优势信号更新 A 的参数, 通常通过策略梯度方法:

$$\nabla J(\theta_a) \approx A(s, a) \nabla \log \pi_{\theta}(a | s)$$

重复: 重复步骤 2 到 5, 直到满足终止条件。

④优点:

稳定性: AC 方法通过将策略评估与更新分开, 比纯策略梯度方法更稳定。

灵活性: 同时学习策略和价值函数, 适用于多种环境和问题设置。

⑤缺点:

算法复杂性: 实现和调试相对复杂, 因为需要训练和更新两个网络。

需要调参: 不同环境和问题可能需要不同超参数设置, 增加调参难度。

4 结语

柔性针刺是一种在微创介入手术中广泛应用的技术, 其相对于传统刚性针有很大的优势, 包括弯曲变形能力、力学特性、操控性和路径规划等方面。但同时也面临着许多难点, 如路径规划复杂性、针 - 组织相互作用建模等问题。适用于柔性针刺路径规划的强化学习算法包括 QL、DQN、PG 和 AC 等, 结合这些算法可以提高动态环境适应能力、高维空间处理能力、目标导向性和多目标优化能力等。

参考文献

- [1] 高德东, 赵广伟, 王珊, 等. 针刺软组织变形预测模型研究[J]. 生物医学工程学杂志, 2016, 33(3): 442-447.
- [2] 高德东. 柔性针刺软组织变形机理及动态轨迹规划方法研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2017.
- [3] 褚建华. Q-learning 强化学习算法改进及其应用研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2009.

Important Application of Green Mining in Mining Engineering

Chuanqi Cao

Zhengzhou Coal Industry (Group) Zhengxin Coal Industry Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 452370, China

Abstract

In this paper by analyzing the influence of mining engineering on all aspects of the environment, clear the value and significance of mining technology, discusses the application of green mining technology in mining engineering, such as water mining, filling mining, gas and gas mining technology principle and practical effect, further discuss the feasibility of green mining technology, combined with the national sustainable development strategy, aims to boost mining engineering towards green mining transformation, provide theoretical basis and for the subsequent transformation of practical guidance of mining.

Keywords

green mining; mining engineering; sustainable development; environmental protection; resource utilization

绿色开采在采矿工程中的重要应用

曹传启

郑州煤炭工业（集团）郑新煤业有限公司，中国·河南 郑州 452370

摘 要

论文通过分析采矿工程对环境各个方面的影响，明确采矿技术提升的价值及意义所在，探讨各种绿色开采技术在采矿工程中的应用，像保水开采、填充开采，煤气与瓦斯共采，减沉开采等技术的原理及实践效果，进一步讨论绿色开采技术的可行性与发展方向，结合国家可持续发展战略，旨在助力采矿工程朝绿色开采转型，为后续转型矿业提供理论依据及实践指导。

关键词

绿色开采；采矿工程；可持续发展；环境保护；资源利用

1 引言

全球工业不断推进，各行业对矿产资源的需求量不断提高。采矿不仅仅意味着获得资源，随之而来的还有像地表塌陷、水资源污染、水资源短缺、瓦斯排放安全事故及矸石堆积造成土地被占和环境污染等问题，这一系列问题都在影响着人类赖以生存的生态环境。对矿产资源的需求不可能一下子减小，能做改变的只能是在开采过程中去减小这些危害，绿色开采便是确保采矿工程和生态环境协调发展的重要手段。通过绿色开采最大限度地降低采矿活动给生态环境带来的负面影响，此外绿色开采能提高资源开发利用率，确保矿产资源开发的可持续发展，绿色开采技术的应用对整个采矿行业及环境都有极为重要的意义。

2 采矿工程对环境的影响

2.1 地表沉陷及水资源破坏

采矿时需要基本在地下作业，采空区上方的岩层没有支撑，会出现岩层移动及垮落的问题导致地表沉陷，地形地貌发生改变；也会破坏采矿所在地下水的地质条件，损坏含水层结构，降低地下水位。地表沉陷的位置影响农耕和城市建设，影响地表现存的建筑物如房屋、桥梁、道路等，而矿区周边的水资源也会出现不同程度的问题，含水层破坏地下水被污染，里面可能会有大量的污染源及矿物质，在渗透进地表水时引发水体感染，周边矿区的水井和水井也无法满足居民生活用水及农业灌溉用水的需要，这些问题一方面给生态环境的长期发展带来不良影响，另一方面还严重威胁着周边居民的生命财产安全及正常生活。

2.2 瓦斯排放及矸石堆积

日常的采矿会释放煤层中大量的瓦斯气体，瓦斯作为温室气体之一加剧着全球气候变暖问题，而矿井中的高浓度瓦斯使得事故频发，像瓦斯爆炸和瓦斯突出等这些都威胁着矿工的生命安全；此外采矿过程中产生的大量矸石堆积在矿

【作者简介】曹传启（1973-），男，中国河南开封人，助理工程师，从事采矿工程研究。

区周边,一方面占用土地资源,破坏土地原有的生态功能,另一方面矸石中的有害物质会通过雨水淋溶渗入土壤和地下水,改变土地的利用类型,造成土壤污染和水污染,这些因素都在制约着矿井的正常生产与可持续发展。

3 绿色开采技术及其应用

3.1 保水开采

保水开采的侧重点在于保护矿区地下含水层,确保含水层结构的稳定性和完整性,先明确采矿大致的破坏范围,然后控制岩层移动,以保证地下水位不会大幅下降或者造成区域性漏斗,确保水生态平衡,矿区水资源不断供。我国陕北神东矿区主要就是利用保水开采的原理进行采矿业,基于该矿区所处的煤层主要在浅埋层以及有水资源存续的特点,先将开采厚度、工作面长度与推进速度等参数进行优化,通过先进的顶板控制技术控制采动覆岩的破坏高度,矿区在实现高效开采煤炭的情况下,地下水位在相对稳定的水平,上部萨拉乌苏的含水层基本没有受煤矿开采的影响,周边河流和湿地资源也在有条不紊的循环,陕北神东矿区的这一应用为干旱半干旱地区的采矿工程与生态文明建设之间的协调发展树立典范。

3.2 充填开采

填充开采主要就是资源的转移与利用,在采矿过程中将矸石、粉煤灰、炉渣等固体废弃物或专门配制的充填材料输送至采空区,将他们作为填充原料代替原来的煤矿和岩石去支撑采空区上方的岩层,防止地表沉陷及岩层移动,这个技术通过再利用废弃资源,减少废弃物排放对环境的压力,提高生产效率。东新汶矿业集团的多个矿业工程均在推广膏体填充开采技术,该技术按照特定比例将煤矸石、粉煤灰、水泥等混合制成膏体状填充材料,将材料通过地面泵送系统充填进采空区,以确保开采后的地面沉陷控制在极小的范围,而各项数据也验证着填充开采的可行性,能有效保护地表的建筑物和耕地。而且固化后的填充膏体具备一定支撑性,在形成人工岩体后能为后续开采提供一定的支撑保障,进一步提高工人在作业过程中的采矿安全性。

3.3 煤与瓦斯共采

煤与瓦斯共采通过将煤层赋存的瓦斯进行运移,在采煤过程中,通过瓦斯抽采工程降低煤层瓦斯含量,减小煤层压力,保证矿井安全生产,通过合理的开采部署将采煤和采瓦斯同时或者先后进行,开采出来的瓦斯可以作为清洁能源转化利用,实现资源利用最大化。中国高瓦斯矿区的安徽淮南矿区就在此方向进行了大量的实践,通过将本煤层预抽,采动区抽采,采空区抽采三者结合的方式,进行瓦斯预处理,确保区内瓦斯平衡,工人安全作业。抽出的瓦斯一部分用于区内发电,另一部分经过处理后作为清洁能源输送至城市,实现瓦斯灾害治理与资源开发利用的有机结合。

3.4 减沉开采

减沉法是指通过对采煤方法和技术进行优化,以减小采煤造成的地面沉陷和沉陷面积。如条带开采、房柱式采煤等局部采煤法,在覆岩中留有一定的煤柱,使覆岩运动的连续性和完整性下降;或者采用协同开采工艺,通过对相邻工作面的回采顺序、回采间隔和回采强度等进行合理的调整,实现对开采过程中采动应力的叠加和补偿,实现对地面下沉的控制。河北开滦矿区在部分地质条件较为复杂的区域就采用了条带开采与协调开采相结合的减沉开采技术。在条带开采中,根据煤层厚度、埋藏深度与上覆岩层性质等因素,科学确定条带煤柱的宽度与采出条带的宽度比例,在保证煤炭资源采出率的前提下,有效控制了地表沉陷。同时,通过协调开采技术,对相邻工作面的开采参数进行优化调整,进一步减小了地表变形的不均匀性,使地表沉陷对地面建(构)筑物与基础设施的影响控制在可接受范围内,为城市周边矿区的安全开采提供了可行方案。

4 绿色开采技术的综合效益

绿色开采技术的应用很大程度减小了采矿工程对生态环境的影响,通过绿色开采减少地表塌陷现象,确保地表保持原有地形地貌,保证土地资源与建筑物不被破坏;有效保护水资源,防止出现水体污染和周边水资源短缺;减少瓦斯气体排放,降低温室效应;减少矸石堆积对土地与土壤环境的污染,绿色开采在保证采矿质量的同时,保障周边生态系统的健康,可持续发展。

同时也保障了矿区居民的生命财产安全,减少因采矿引发的地质灾害与环境污染对居民生活的影响,提高居民生活质量与幸福感,促进矿区与周边地区的社会稳定与和谐发展,绿色开采技术的应用有助于减少矿群矛盾,维护良好的社会秩序,为地区经济社会发展创造有利条件,提升了采矿企业的社会形象与声誉,积极采用绿色开采技术的企业,在履行社会责任方面表现突出,更容易获得社会各界的认可与支持,增强企业的社会公信力与市场竞争力。

此外,还提高了矿产资源回收率。绿色开采技术如充填开采、减沉开采等能够在控制地表沉陷与保护环境的同时,实现对煤炭等矿产资源的更充分回收,延长矿井服务年限,提高企业的资源产出效益。并实现了废弃物资源化利用。例如,煤矸石、粉煤灰等在充填开采、制砖、发电等领域的应用,不仅减少了废弃物处理成本,还创造了新的经济价值,为企业开辟了多元化的盈利渠道。降低了安全事故风险带来的经济损失。煤与瓦斯共采技术有效预防瓦斯事故的发生,减少因安全事故导致的停产整顿、人员伤亡赔偿、设备损坏维修等直接与间接经济损失,保障企业生产经营的连续性与稳定性。

5 绿色开采面临的挑战与应对策略

5.1 面临的挑战

5.1.1 技术研发与创新成本高

绿色开采技术涉及多学科交叉领域,研发难度大,需要投入大量资金用于新技术、新材料、新设备的开发与试验。例如,新型充填材料的研发与生产工艺改进、智能化瓦斯抽采系统的研制等,都需要高额的研发投入,这对于许多采矿企业来说是一项沉重的经济负担,限制了绿色开采技术的大规模推广应用。

5.1.2 技术集成与协同难度大

绿色开采涵盖多种技术手段,每种技术都有其特定的适用条件与技术要求。在实际应用中,如何将保水开采、充填开采、煤与瓦斯共采等技术进行有机集成与协同优化,形成一套适合不同矿区地质条件与资源赋存特征的综合绿色开采技术体系,是当前面临的一大挑战。技术集成不当可能导致各技术之间相互制约,无法发挥最佳综合效益。

5.1.3 政策法规与标准体系不完善

虽然中国已出台了一些关于环境保护与资源综合利用的法律法规,但针对采矿工程绿色开采的专门性、系统性政策法规与技术标准尚不完善。缺乏明确的政策导向与技术规范标准,使得企业在实施绿色开采过程中缺乏依据与指导,同时也难以对企业的绿色开采行为进行有效监督与评估,不利于绿色开采技术的全面推广与持续发展。

5.1.4 专业人才短缺

绿色开采技术的复杂性与创新性要求从业人员具备跨学科的专业知识与技能,包括采矿工程、地质工程、环境科学、材料科学、自动化控制等多个领域。然而,目前中国在绿色开采领域的专业人才培养体系尚不健全,高校相关专业设置与课程体系建设相对滞后,企业内部培训机制不完善,导致绿色开采专业人才供不应求,制约了技术的研发与应用水平提升。

5.2 应对策略

5.2.1 加大政策扶持与资金投入

政府可以通过出台如税收减免、财政补贴、专项基金设立等鼓励绿色开采的优惠政策来降低企业绿色开采技术研发与应用成本。同时,鼓励金融机构加大对绿色开采项目的信贷支持力度,拓宽企业融资渠道,为绿色开采技术的创新与推广提供充足的资金保障。

5.2.2 加强技术研发合作与创新平台建设

同时建立以企业为主体、产学研用相结合的绿色开采技术创新体系。鼓励采矿企业与高校、科研机构开展深度合作,共同攻克绿色开采技术难题。通过建设国家级或省部级

绿色开采技术研发中心、重点实验室等创新平台,整合优势资源,加强技术交流与合作,加速绿色开采技术的研发与成果转化。

5.2.3 完善政策法规与技术标准体系

除此之外,政府还需要加快制定和完善绿色开采相关的法律法规、政策文件与技术标准规范,明确绿色开采的技术要求、评价指标、监督管理机制等重要项目。建立健全绿色开采技术认证与标识制度,为企业实施绿色开采提供明确的行动指南与规范依据,同时加强对企业绿色开采行为的监督检查与执法力度,确保政策法规与技术标准的有效执行。

5.2.4 强化人才培养与队伍建设

高校应加强绿色开采相关专业建设,优化课程设置,注重跨学科知识的融合教学,培养适应绿色开采需求的复合型专业人才。企业应加大对员工的培训投入,定期组织内部培训与外部进修学习活动,提高员工的绿色开采技术水平与业务能力。此外,还应积极引进国内外绿色开采领域的高端人才与专家团队,充实企业技术力量,为绿色开采技术的发展提供人才支撑。

6 结语

绿色开采是实现矿产资源与环境保护协调发展的有效手段,通过实施一系列绿色开采技术:保水开采、充填开采、煤与瓦斯共采、减沉开采等,解决传统采矿工程引起的地表沉陷、水资源破坏、瓦斯排放与矸石堆积等环境问题,结合现代化的开采技术,将其转化能带来环境效益,社会效益和经济效益的利好措施。但是,绿色开采技术在推广及开采过程中仍日面临着很多挑战,这需要联合政府、企业及高校来共同努力,通过加大政策扶持,加强技术研发,完善法规标准与强化人才培养等措施,积极推动绿色开采技术的创新与发展,为中国采矿工程行业的可持续发展奠定坚实基础。在未来的发展中,应持续关注绿色开采技术的新进展与新趋势,不断探索更加高效、环保、智能的绿色开采新模式与新方法,为全球矿业领域的绿色转型与可持续发展贡献中国智慧与力量。

参考文献

- [1] 罗源珍.绿色开采技术在采矿工程中的运用研究[J].能源与节能,2024(9):27-29.
- [2] 王鹏飞.绿色开采在采矿工程中的应用[J].当代化工研究,2022(8):88-90.
- [3] 龚永林.采矿工程中绿色开采技术的应用[J].世界有色金属,2022(17):22-24.
- [4] 刘士虎.绿色开采技术在采矿工程中的应用研究[J].世界有色金属,2022(5):28-30.

Application of Geological Engineering Technology in Foundation Engineering Design and Construction

Jingjun Duan Zhao Tan

Heilongjiang Sixth Geological Exploration Institute, Jiamusi, Heilongjiang, 154002, China

Abstract

With the acceleration of urbanization and the rise of high-rise buildings in our country, more and more attention is paid to the design and construction quality of foundation engineering. As an important part of foundation engineering, geological engineering technology is applied more and more widely. The application of geological engineering technology in foundation engineering design and construction can not only improve the safety and stability of buildings, but also reduce the engineering cost and extend the service life of buildings. However, the application of geological engineering technology also faces many challenges, such as complex geological conditions, difficult construction technology and high construction cost. This paper discusses the important application of geological engineering technology in the design and construction of foundation engineering, and expounds how to improve the safety and stability of foundation engineering through the research of geological investigation, geological analysis and geological treatment.

Keywords

geological engineering technology; foundation engineering design; engineering construction

地质工程技术在基础工程设计与施工中的应用

段景军 谭钊

黑龙江省第六地质勘查院, 中国·黑龙江 佳木斯 154002

摘 要

随着中国城市化进程的加快和高层建筑的兴起, 地基基础工程的设计与施工质量越来越受到重视。地质工程技术作为地基基础工程的重要组成部分, 其应用范围越来越广泛。地质工程技术在基础工程设计与施工中的应用, 不仅可以提高建筑物的安全性、稳定性, 还可以降低工程成本, 延长建筑物的使用寿命。然而, 地质工程技术的应用也面临着许多挑战, 如复杂地质条件、施工技术难度大、施工成本高等。论文探讨了地质工程技术在基础工程设计与施工中的重要应用, 通过对地质勘察、地质分析和地质处理等方面的研究, 阐述了地质工程技术如何提高基础工程的安全性和稳定性。

关键词

地质工程技术; 基础工程设计; 工程施工

1 引言

地基基础工程是建筑物的重要组成部分, 其质量直接影响到建筑物的安全、稳定和寿命。研究地质工程技术在基础工程设计与施工中的应用具有重要的现实意义。本研究旨在探讨地质工程技术在基础工程设计与施工中的应用, 为实际工程提供有益的参考。

2 地质工程技术概述

2.1 地质工程技术的定义和范畴

地质工程技术是指在地质勘探和开发过程中, 运用地质学、力学、材料学、测量学、计算机技术等相关学科知识, 对地质现象、地质构造、矿产分布等进行研究、预测、评价、

设计、施工、监测和保护的工程技术。

2.2 地质工程技术的范畴

地质工程技术涵盖了地质勘探、矿产资源开发、地质灾害防治、环境地质工程、地质工程设计与施工、地质监测与评价等方面。地质勘探包括钻探、坑探、物探、化探、遥感等手段, 对地质体进行勘查、探测, 获取地质信息。矿产资源开发针对已知的矿产资源, 进行开采设计、施工、监测和保护等。地质灾害防治包括研究、预测、评价和防治地质灾害, 如滑坡、泥石流、地面沉降等^[1]。环境地质工程以环境地质学为理论基础, 解决人类活动与地质环境相互作用、影响的问题。地质工程设计与施工根据地质条件、工程要求, 进行工程设计、施工技术研究和施工组织管理。地质监测与评价对地质工程项目的实施过程进行监测, 对地质环境变化进行评价。

【作者简介】段景军(1988-), 男, 中国吉林人, 本科, 工程师, 从事资源勘查工程研究。

2.3 常用的地质工程技术方法

钻探技术通过钻探设备在岩土体中钻孔,获取实物样品,研究地质构造、岩性、水文地质等。坑探技术在岩土体中挖掘坑道,进行地质调查、采样、试验等。物探技术利用地球物理场的变化,如电磁场、重力场、地震波等,探测地质构造、矿产分布等。化探技术通过分析岩石、土壤、水等样品中的元素含量,推断地质构造、矿产分布等。遥感技术利用航空、卫星等遥感平台,获取地表地质信息。地球物理勘探技术利用地球物理场的变化,如电磁场、重力场、地震波等,探测地下地质构造、矿产分布等。地下水探测技术通过钻探、水文观测等方法,研究地下水资源、水文地质条件。地质灾害防治技术针对地质灾害,采取工程措施、生物措施、管理措施等进行防治。环境地质评价技术对环境地质问题进行评价,为环境保护、资源利用提供依据。地质工程设计与施工技术针对地质条件、工程要求,进行工程设计、施工技术研究和施工组织管理。

3 地质工程技术在基础工程设计中的应用

3.1 地质勘察在基础工程设计中的作用

3.1.1 勘察内容和方法

地质勘察是基础工程设计的重要前提,地形地貌调查了解工程所在地的地形地貌特征,为设计提供基础数据。地质构造调查分析地质构造对工程的影响,如断层、褶皱等,为设计提供依据。岩土工程调查分析地基土的性质、分布、承载力等,为设计提供基础资料^[2]。水文地质调查了解地下水、地表水、土壤水等对工程的影响,为设计提供依据。勘察方法主要包括现场调查,通过实地考察,了解工程地质条件。对采集的样品进行室内分析,确定岩土工程性质。利用遥感图像,分析地质条件。通过地质资料,建立地质模型,为设计提供辅助决策。

3.1.2 勘察结果对设计的影响

勘察结果直接影响地基承载力计算,进而影响基础类型和尺寸。勘察结果影响基础埋深,确保基础稳定。勘察结果指导基础形式的选择,如浅基础、深基础等。勘察结果为桩基础设计提供依据,如桩型、桩长、桩径等。勘察结果影响施工难度,为施工方案提供依据。

3.2 地质分析在基础工程设计中的应用

3.2.1 岩土体性质分析

根据地质分析,对基础工程所在区域的岩土体进行分类,如岩石、土、碎石土等,为设计人员提供基础选型依据。分析岩土体的密度、含水率、抗剪强度、压缩模量等物理力学性质,评估基础工程对地基承载力和变形的要求。研究岩土体的分布规律,为地基处理、基础设计提供依据。

3.2.2 地质条件对基础选型的影响

根据地质条件,选择合适的基础类型,如浅基础、深基础、桩基础等。分析地质条件对基础埋深的要求,确保基础工程的安全性。根据地质条件,选择合适的地基处理方法,

提高地基承载力,降低基础变形。分析地质条件对基础施工的影响,确保施工顺利进行。

3.3 地质模型在基础工程设计中的建立

地质模型是基础工程设计中的重要组成部分,其构建方法主要包括地质调查与勘探,通过野外地质调查、物探、钻探、取样等手段,获取地质资料,为地质模型的建立提供基础数据。对获取的地质数据进行整理、分析和解释,提取出地质特征和规律,为模型构建提供依据^[3]。利用地质建模软件,如 Surpac、Gems、Petrel 等,将地质数据转化为三维地质模型。通过对模型的验证,确保其准确性和可靠性;根据实际情况,对模型进行优化调整。例如,某城市地铁项目,需穿越多条断层和溶洞,地质条件复杂。根据地质勘察资料,建立了三维地质模型,对隧道周围地质条件进行详细模拟。通过地质模型,预测了隧道开挖过程中的稳定性,为隧道设计提供了科学依据。设计人员根据模型结果,优化了隧道结构设计和施工方案,降低了施工风险。

4 地质工程技术在基础工程施工中的应用

4.1 地质预处理技术在施工中的应用

4.1.1 软弱地基处理

软弱地基是指地基土质松散、压缩性高、承载能力低的土地,主要包括软土、膨胀土、湿陷性黄土等。软弱地基的特点是地基稳定性差、变形量大、沉降速度快。换填法将软弱地基表层土挖除,用砂、石、混凝土等材料替换,以提高地基的承载能力和稳定性。加固法通过设置排水系统、增加土体的凝聚力等手段,提高地基的承载能力和稳定性。预压法利用预压荷载对软弱地基进行加固,使其提前进入稳定状态。

4.1.2 地下水处理

地基稳定性降低:地下水会使地基土软化、流失,降低地基的承载能力。施工质量下降:地下水会降低混凝土的强度,影响施工质量。施工进度受阻:地下水会使施工设备、材料受潮,影响施工进度。降水法通过设置降水井,降低地下水位,使地基土处于干燥状态,提高地基稳定性。排水法通过设置排水沟、排水管道等设施,将地下水排出场外。隔水法在基础施工前,对地基进行隔水处理,防止地下水进入施工现场。

4.2 施工过程中的地质监测与反馈

4.2.1 监测内容和方法

地质条件监测包括地层岩性、地下水情况、地基承载力、地震活动性等。施工环境监测包括施工场地周边环境、施工过程中的噪声、振动、粉尘等。施工质量监测包括地基处理、桩基础、地下连续墙、深基坑等施工质量。施工安全监测包括施工人员安全、机械设备安全、施工环境安全等。地质调查法通过现场调查、勘察、取样等方式,获取地质资料。地球物理勘探法利用地球物理方法,如地震勘探、电法勘探、磁法勘探等,获取地质信息。监测仪器法利用各类监测仪器,如地震监测仪、应力监测仪、位移监测仪等,实时监测地质

变化。信息化监测法利用信息化手段,如远程监控、数据采集与分析等,提高监测效率。

4.2.2 监测数据的分析与应用

对监测数据进行整理、筛选、统计等,确保数据的准确性、完整性和可靠性。运用统计学、地质学、工程学等理论,对监测数据进行深入分析,揭示地质变化规律。根据监测数据分析结果,预测地质变化趋势,为施工决策提供依据。根据监测数据,调整施工方案,确保施工质量和安全。实时监测施工过程中的地质变化,及时发现问题并采取措施。对施工效果进行评估,为后续工程提供参考。将监测数据应用于地质工程领域的研究,推动地质工程技术的创新发展。

4.3 地质灾害防治在基础工程施工中的措施

4.3.1 常见地质灾害类型

在基础工程施工过程中,常见的地质灾害主要包括地面沉降、地质滑坡、泥石流、地震、地下水涌等。地面沉降由于地下开采、地下水抽取等原因,导致地面发生下沉,对基础工程造成影响。地质滑坡由于地质条件不稳定,如陡峭边坡、陡峭山谷等地,在雨水、地震等因素影响下,可能导致滑坡现象。在陡峭的山谷、河流等地区,由于暴雨、地震等因素,可能导致泥石流的发生。地震是地质灾害中最为严重的类型之一,会对基础工程造成严重影响。地下水涌由于地下水位上升,可能导致地下水涌出,对基础工程造成威胁。

4.3.2 防治措施的实施

预防措施方面,在基础工程施工前,对地质条件进行详细勘察,了解地质结构、地层岩性、地下水位等,为工程设计提供依据。根据地质条件,优化施工方案,确保施工过程中的安全。对施工区域进行实时监测,及时发现异常情况,采取相应措施。治理措施方面,通过合理调配地下水,控制开采量,减少地面沉降。对陡峭边坡进行加固,如设置挡土墙、锚杆等,降低滑坡风险^[4]。在泥石流易发区域设置拦挡工程,如拦砂坝、拦泥坝等,减少泥石流对基础工程的影响。加强地震监测,提高地震预警能力;在设计过程中,考虑地震因素,提高基础工程的抗震性能。对地下水进行合理调配,控制开采量,降低地下水涌风险。

5 地质工程技术应用的案例分析

5.1 基础工程项目概况

某大型商业综合体项目位于城市中心区域,占地面积约5万平方米,总建筑面积约25万平方米,包含地下车库、商业楼、办公楼等。在项目基础工程设计与施工过程中,地质工程技术发挥了重要作用。

5.2 地质工程技术在项目中的应用过程

5.2.1 工程前期地质勘察

在项目前期,采用地质工程技术对场地进行详细勘察,包括钻探、取样、测试等,以获取准确的地质资料。通过分析勘察成果,为后续基础工程设计提供依据。

5.2.2 基础工程设计

根据地质勘察成果,结合工程特点,采用地质工程技术进行基础工程设计。主要包括:①地基处理:针对软土地基,采用桩基础、地基加固等技术,确保基础工程稳定性。②地下水位控制:通过降水、排水等措施,降低地下水位,确保基础工程施工环境。③基础结构设计:根据地质条件、荷载要求等因素,进行基础结构设计,包括桩基、承台、基础梁等。

5.2.3 基础工程施工

在基础工程施工过程中,地质工程技术得到广泛应用。桩基础施工采用旋挖钻机、静压桩等设备,进行桩基础施工,确保桩基质量。地基加固针对软土地基,采用水泥搅拌桩、旋喷桩等技术进行地基加固。基础结构施工根据基础工程设计图纸,进行承台、基础梁等基础结构施工。

5.3 应用效果评估与分析

5.3.1 应用效果

通过地质工程技术,提高了基础工程的稳定性,降低了地基沉降风险。地质工程技术在基础工程设计、施工过程中的应用,提高了施工效率,缩短了施工周期。地质工程技术在基础工程中的应用,降低了工程成本,提高了经济效益。

5.3.2 分析与建议

地质勘察是基础工程设计的重要依据,应充分重视地质勘察工作,确保勘察成果的准确性。基础工程设计应充分考虑地质条件、荷载要求等因素,采用合理的地质工程技术。加强施工过程中的质量控制,确保地质工程技术应用效果^[5]。结合工程实际情况,不断优化地质工程技术,提高基础工程施工质量。

6 结论

通过研究地质工程技术在基础工程设计与施工中的应用,得出以下结论:地质工程技术在基础工程设计与施工中具有重要作用,可以有效提高建筑物的安全、稳定性和使用寿命。地质工程技术应用过程中,需针对不同地质条件选择合适的施工技术,确保施工质量。地质工程技术在应用过程中,需充分考虑施工成本、工期等因素,实现经济效益最大化。加强地质工程技术的研究与创新,提高中国地基基础工程设计与施工水平,对中国建筑事业的发展具有重要意义。

参考文献

- [1] 张涵.基于岩土勘察的地质工程基坑支护设计研究[J].中国住宅设施,2023(2):55-57.
- [2] 岳小飞.基础地质工程与地质勘察应用研究[J].新疆有色金属,2022,45(5):9-11.
- [3] 周国胜.工程地质勘察在矿山基础工程施工中的应用研究[J].世界有色金属,2021(23):151-153.
- [4] 智小军.探究工程地质勘察在基础工程中的应用[J].西部资源,2021(1):129-130+133.
- [5] 杨勇.工程地质勘察在基础工程中应用探讨[J].世界有色金属,2020(8):184-185.

Technical Measures of Roadway Excavation and Support in Coal Mine Mining Engineering

Xiaohu Pan

Shanxi Province Lu'an Chemical Industry Group Guozhuang Coal Industry, Changzhi, Shanxi, 046100, China

Abstract

Nowadays, China's economy is booming, and the demand for resources and energy in various industries continues to rise, which has brought development opportunities for China's energy mining and other industries. In particular, mining engineering, as an important resource mining mode, faces structural stability challenges in the construction process. In order to ensure the safety and stability of the mining engineering in the roadway tunneling stage, it is particularly important to adopt the support technology reasonably. This technology can not only effectively ensure the safety and stability of mining operations, but also help to promote the prosperity of the entire industry.

Keywords

coal mine and mining engineering; roadway excavation; support technology

煤矿采矿工程巷道掘进与支护技术措施

潘小虎

山西省潞安化工集团郭庄煤业，中国·山西 长治 046100

摘 要

现今，中国经济正蓬勃发展，各行业对资源与能源的需求持续攀升，这为中国能源开采等产业带来了发展契机。特别是矿山采矿工程，作为重要的资源开采方式，其施工过程中面临结构稳定性挑战。为了确保巷道掘进阶段采矿工程的安全稳定，合理采用支护技术显得尤为重要。该技术不仅能有效确保采矿作业的安全稳定，还有助于推动整个行业的繁荣发展。

关键词

煤矿采矿工程；巷道掘进；支护技术

1 引言

巷道掘进技术，涉及岩石破碎、运输、通风等多个环节，是煤矿开采中的关键环节之一。随着科技的进步和工程实践的需求，巷道掘进技术也在不断更新换代，从传统的炮掘、机掘，到现代的综掘、盾构掘进等，每一种技术都有其独特的优势和适用范围。然而，无论采用哪种掘进技术，都需要在保证掘进效率的同时，充分考虑地质条件、巷道稳定性、作业环境等多方面的因素，确保掘进作业的安全性和经济性。同时，支护技术的选择和应用还需要考虑成本效益，力求在保证安全的前提下，降低支护成本，提高采矿工程的经济效益。

2 煤矿巷道掘进支护技术的具体应用

2.1 永久性支护技术

鉴于其出色的抗压与耐久特性，高强度材料如混凝土，

能够很好地适应隧道围岩的应力变化及变形需求，因此在巷道支护中得到了广泛应用。实施这一技术时，首要步骤是对巷道围岩进行彻底的清理与预处理，随后在其表面喷射水泥浆或浇筑混凝土，以此构建一个稳固的支护体系。该体系在确保巷道结构稳定的同时，还能有效防止侧壁坍塌，为矿井的安全生产提供坚实保障。

永久支护技术的运用，进一步增强了围岩的防护效能。凭借其坚固耐用的优势，该技术不仅能有效抵御采动压力及地质变动对围岩的侵袭，还能显著降低围岩的受损程度与位移风险，从而减少地质灾害的潜在威胁。此外，它还能延长巷道的使用寿命，并降低后续对支护结构的维护与修缮需求，进而为矿山企业带来更为显著的经济效益。

2.2 锚杆支护技术

锚杆支护技术作为现代煤矿巷道掘进支护中的重要手段，以其高效、经济、适应性强的特点，在煤矿工程中得到了广泛应用。锚杆支护技术主要是利用特定材料（如金属、木质或复合材料等）制成的杆状物，通过钻孔、注浆等安装方式，将其牢固地插入围岩中，与围岩紧密结合，形成一个

【作者简介】潘小虎（1993-），男，中国山西长治人，本科，助理工程师，从事煤矿安全生产研究。

整体承载结构。这种支护方式能够显著提高围岩的整体性，充分利用围岩自身的承载能力，实现主动支护，减少支护材料的消耗，降低支护成本。锚杆支护的作用机理复杂多样，主要包括悬吊作用、组合梁作用、挤压加固作用以及三向应力平衡作用等。这些作用机理共同作用于围岩，形成稳定的支护体系，有效防止围岩变形和破坏，维护巷道的稳定性。

在矿山巷道掘进过程中，锚杆支护技术被广泛应用于巷道顶板、两帮等关键部位的支护。通过合理设计和布置锚杆，形成稳定的承载结构，有效防止巷道顶板冒落和两帮片帮等安全隐患。

2.3 棚式支护技术

棚式支护通常采用的是金属材料作为支撑结构，这一设计旨在确保巷道的稳固与安全。它充分利用了金属材料出色的力学性能和卓越的稳定性，能够有效地抵御巷道围岩因受力而产生的变形，从而有力地维持了巷道的整体完整性和稳定性。棚式支护的这一特性，使得它在应对大面积采煤作业中的巷道高、跨度大等挑战时，展现出了非凡的适应性。其支护效果可靠，能够充分满足高难度采煤作业对巷道稳定性的严格要求，为煤炭资源的安全高效开采提供了坚实的保障。

2.4 全螺纹锚杆支护技术

全螺纹锚杆是一种由钢筋和耐蚀钢管构成的锚固杆，其主要特点是杆体采用热轧全长连续螺纹，生产工艺简单，所需费用较低。相较于传统锚杆，全螺纹锚杆不需要对杆体上的螺纹进行二次加工紧固，从而避免了常规锚杆因受到帮部侧的巨大压力而发生断裂的现象。此外，全螺纹锚杆可根据具体需求截取相应的杆体长度，灵活性较高。

全螺纹锚杆支护技术能够显著提高围岩的整体性和承载能力，形成稳定的支护体系，有效防止围岩变形和破坏。全螺纹锚杆支护技术适用于各种复杂的地质条件，包括软岩、硬岩、断层破碎带等，具有较强的适应性。在煤矿巷道掘进过程中，全螺纹锚杆支护技术被广泛应用于巷道顶板、两帮等关键部位的支护。通过合理设计和布置全螺纹锚杆，可以形成稳定的承载结构，有效防止巷道顶板落和两帮片帮等安全隐患。

3 采矿工程掘进技术的应用要点

3.1 常用掘进技术

目前，中国地下金属矿开采的机械化水平已经明显提高。但是，在开挖过程中，还需要把施工环境和装备密切联系起来，才能保证施工的安全和效率。矿山需要的主要机械设备有供电、输送、钻孔、装岩和支撑设备。所以，在大断面掘进过程中，爆破是非常重要的环节。在工程实践中，应对围岩特征进行综合分析，以提高施工效率和质量。光面爆破在国内得到广泛应用，是一种有效的控制巷道断面形状的方法。本发明采用了一种新的爆破方式，它能使工作面变得

规则化，大大降低了超前掘进的现象，从而降低了震动对巷道围岩的损伤，为巷道的支护提供了更好的条件^[1]。

3.2 掘进水害的预防与治理

在巷道掘进作业中，将水灾的预防与控制作为安全管理的关键环节，其重要性不容忽视，必须给予高度重视。为此，掘进作业启动之前，需深入细致地进行水文地质勘查，并精心策划完备的水灾应急处理预案。为确保掘进作业的安全平稳，一旦发现疑似出水迹象，必须立即启动超前探水程序。在掘进过程中，若遭遇微量渗水情况，则需持续监控涌水量，确保其始终处在安全阈值之内。鉴于矿井水文地质环境的错综复杂性，中国已构建起一套涵盖“查、探、防、堵、截、排”六方面内容的矿井水害综合治理体系。

鉴于矿井水文地质环境的错综复杂性，以及水灾对煤矿安全的严重威胁，我国已构建起一套科学完善的矿井水害综合治理体系。这一体系涵盖了“查、探、防、堵、截、排”六方面内容，旨在通过全面系统的手段，实现对矿井水害的有效防控。其中，“查”指水文地质勘查，“探”指超前探水，“防”指预防措施制定与实施，“堵”指通过注浆等方式封堵出水通道，“截”指设置防水墙等构筑物进行拦截，“排”指通过排水系统将矿井内的积水及时排出。这一体系的建立与实施，为煤矿的安全生产提供了有力保障。

3.3 通风防尘

随着矿井开采深度的增加和地质条件的复杂化，矿井内部温度增高、风路延长、阻力增大，同时伴随有毒有害物质和热湿排除受阻等问题。在采矿过程中，凿岩、装卸矿等工序会产生大量微细粉尘，这些粉尘具有很大的危害性，不仅影响作业人员的身体健康，还可能引发安全事故。因此，通风防尘成为保障采矿工程安全生产的必要措施。

通风防尘要有一定的风速，以排除粉尘。试验观测表明，在巷道中风速达到0.15m/s时，5 μ m以下的悬浮尘粒会随空气运动。在风速增大至1.5~2.0m/s时，作业地点的矿尘浓度会降到最低值，此时的风速即最优排尘风速。风速再增大时会把沉降的积尘扬起，浓度增高。因此，需要合理选择通风方式，确保风速在最优排尘范围内。所以，巷道的通风问题就变得非常重要。同时，在进行矿井通风时，要根据工程实际情况，对风机和风筒的布局进行适当的选择，保证在复杂的环境中，通风系统仍能有效地工作。在制订矿井通风和防治工程的总体计划时，必须从全局出发，以保证矿井的安全和高效。

3.4 选择合理的巷道掘进设备

矿山的开采过程涵盖钻孔、爆破、通风、物料运输、巷道支护等一系列作业。在矿山作业环境中，钻机、凿岩机和潜孔钻机对于煤矿的安全生产至关重要。这些设备通过传动系统驱动钻杆和钻头高速旋转，高效完成钻孔任务。因此，科学、合理地选择凿岩设备，不仅能提升钻探作业的效率，确保钻探质量，还能有效节省建设成本。在隧道施工中，

爆破作业相对简便,但技术性强且风险较高。在矿山环境中,为确保空气流通,通常采用离心式和轴流式通风机。而在开挖作业中,装岩环节耗时最长且最具挑战性。引入先进设备,合理规划作业时间,能够提升采掘效率,缩短生产周期,减轻劳动强度。目前,我国主要使用的装岩设备包括装岩机、装卸机、耙渣机和电耙机等^[2]。

4 煤矿采矿工程巷道掘进和支护应用措施分析

4.1 建立临时支护体系

巷道掘进过程中,由于地质条件复杂多变,巷道围岩可能受到不同程度的破坏,导致巷道稳定性下降。因此,建立临时支护体系可以确保巷道在掘进过程中的安全稳定,为后续的永久支护提供有力保障。临时支护体系的选择应根据巷道的地质条件、掘进方式、支护材料等因素进行综合考虑。常见的临时支护方式包括木方支护、钢架支护、锚杆支护等。在选择临时支护方式时,应充分考虑其支护效果、施工难度、成本等因素。

①明确支护材料:不同的支护材料具有不同的优缺点,应根据实际情况选择合适的支护材料。例如,木支架具有质量轻、安装方便等优点,但防火性能、强度性能较差;金属支架强度高,拆装方便,能重复使用,但成本较高。

②落实支护作业细节:施工人员应严格按照支护工序及要求进行作业,确保支护质量。在支护过程中,应加强对支护材料的检查,禁止使用损坏的支护材料。同时,应做好支护质量的监测和记录工作,以便及时发现并处理支护体系中的安全隐患。

③加强支护体系的稳定性:在建立临时支护体系时,应确保支护体系的稳定性。可以通过增加支护材料的数量、提高支护材料的强度、优化支护结构等方式来增强支护体系的稳定性。

在巷道掘进过程中,应加强对临时支护体系的监测与维护工作。通过定期检查和监测支护体系的变形情况、裂缝情况等指标,及时发现并处理支护体系中的安全隐患。同时,应根据实际情况对支护体系进行必要的加固和修复工作,确保其始终保持良好的支护效果^[3]。

4.2 临时支护措施

在矿山开采作业中,临时支护发挥着举足轻重的作用。对于顶板破碎较为严重的场景,超前支护与机械临时支护则更为适用。前探支架通常由两个长杆组件构成,前后各设置一根梁与一个支柱,以此实现对顶板的有效支承与稳定。机械临时支架则可通过液压或气动方式驱动,根据实际需求调节支撑强度与高度。

在进行临时支护作业前,必须全面、细致地检测与分

析周围岩体的状况,以便合理选择支护方式与参数。同时,在临时支护施工过程中,需确保支架的稳定性与可靠性,从而真正实现对顶板的有效支撑与稳定。

4.3 采用信息反馈法进行支护设计

在以往的支护工作中,主要依靠工程类比、理论分析等方法来确定支护参数,而在实际的施工过程中,往往是按照预先确定的方案来进行。但是,这样的计算方法并没有考虑到工程中的支撑效果。同时,需要加强巷道的支护强度;当变形在规定的范围之内时,不需要调节。采用该技术可以更好地控制巷道的变形状况。

4.4 加强掘进区域地质勘探

在煤矿巷道支护施工中,其支护效果很大程度上受到顶板结构特征的影响。只有在详细的地质勘察基础上,才能明确隧道开挖区的地质情况、围岩特征和地质结构,从而为隧道的施工和支护设计提供可靠的科学依据。为了加强开挖地段的地质勘查工作,可以采取如下对策:

一是要选择合适的方法和手段。根据开挖地段的地质情况和工程需要,选择适合的探测方法和探测工具。在此基础上,利用三维地质建模、数值模拟等方法,对复杂的地质结构、矿体形态等进行深入分析,提高地质勘查的精度与可靠性。

二是要制定出一套科学、合理的勘探方案和施工方案,对勘探方案和实施方案进行细致的设计,确定勘探位置、深度和数量等关键参数,保证勘探成果的完整性和准确性。同时,要考虑到经济和效率,对勘探次序和进度进行科学的安排^[4]。

5 结语

综上,鉴于煤矿开采环境复杂多变且风险较高,巷道掘进与支护技术常被应用于施工过程中。实践中,首要任务是充分准备,随后,需对矿区的地质条件进行详细勘探,并根据勘探结果及现场实际情况,精心设计一套切实可行的实施方案。此方案旨在充分发挥巷道掘进与支护技术的优势,从而有效增强煤矿开采作业的安全性。

参考文献

- [1] 李德均,董岩,孙计云,等.煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术研究[J].矿业装备,2022(5):57-59.
- [2] 郭晓辉.煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术研究[J].当代化工研究,2022(7):108-110.
- [3] 李鹏.煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术的运用分析[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(24):145-146.
- [4] 陆伟田.煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术的应用分析[J].当代化工研究,2021(9):73-74.

Application of Electrical Automation Technology in Coal Mine Hydraulic Support Control

Yanfeng Lei

Xinjiang Yuneng Investment Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830026, China

Abstract

In the process of comprehensive coal mining need to use hydraulic support this equipment, the operation of the hydraulic support is directly related to the mining efficiency, quality and safety, so need to coal mining enterprises attaches great importance to, based on the mining situation and demand, can apply electrical automation technology, through the application of advanced technology to optimize the working environment, realize the automation of the whole mining process. At the same time, under this technology, the whole process of the comprehensive mining surface can be monitored to ensure that it can be automatically diagnosed, automatically alarm, and automatically restore the operation, so as to realize the intelligent development of the coal mine. This paper will focus on the application of electrical automation technology in coal mine hydraulic support control, aiming to realize the automatic control of support hydraulic system and further improve the production safety.

Keywords

electrical automation technology; coal mine hydraulic support; control; application

电气自动化技术在煤矿液压支架控制中的应用

雷延峰

新疆豫能投资集团有限公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830026

摘 要

在综合采煤的过程中需要用到液压支架这个设备, 液压支架的运行情况直接关系着采煤效率、质量和安全, 因此需要煤矿企业高度重视, 基于开采现状和需求, 可以将电气自动化技术应用其中, 通过先进技术的应用优化作业环境, 实现整个开采过程的自动化。同时在该技术下可以对综合掘采面进行全过程监控, 确保其可以自动诊断、自动报警、自动恢复运行, 实现煤矿的智能化发展。论文重点探讨电气自动化技术在煤矿液压支架控制中的应用, 旨在实现支架液压系统的自动化控制, 进一步提升生产安全性。

关键词

电气自动化技术; 煤矿液压支架; 控制; 应用

1 引言

煤矿作为中国非常重要的能源, 是社会经济稳定发展的物质基础。在社会经济的发展下推动了煤矿行业的发展, 随着煤矿资源开采的不断深入, 煤矿开采技术也得到了创新性发展, 从传统的单采技术向着综采技术转变, 有效提高了采煤效率、采煤的安全性和稳定性。此外, 在综合采煤的过程中对机械设备的要求提高, 传统的机械设备已经无法满足要求。因此, 需要将液压支架设备应用其中, 并通过自动化技术的引入全过程监控支架系统的运行情况, 根据具体情况实时控制、监测、预警, 确保其可以安全、稳定运行, 达到

开采要求。

2 电气自动化技术概述和煤矿液压支架的概述

2.1 电气自动化技术概述

电气自动化技术是一种应用了各类新的信息技术实现对电气设备自动化控制的技术。电气自动化技术本身在实施控制的过程中, 由计算机技术负责控制、构建集成式管理系统, 此套系统含有设备故障应急管理功能, 可极大地削减问题发生对电气设备产生的危害。电气自动化技术, 将会是未来综采设备的进步可能。在当前电子技术的发展下, 各种自动化控制设备类型增多, 包括继电器、变频器、控制器、电磁阀等, 其主要用来控制和管理电路、设备等。

2.2 煤矿液压支架概述

液压支架是一种具有液压控制功能的机械设备。它是一个整体结构, 由液压缸、承载结构件、移动装置、控制系统、辅助装置组合而成。其中液压油缸由千斤顶和立柱组成, 在

【作者简介】雷延峰(1988-), 男, 中国河南平顶山人, 本科, 工程师, 从事煤矿安全、矿山机电运输、供输配电、工业自动化研究。

煤矿开采的过程中液压支架有升架、降架、移架三种动作，在升架时会顶板产生支撑力；在降架时会和顶板分离，失去支护作用。人们为了更好地操作和控制液压支架会采用乳化液泵控制的方法，可以向液压支架内注入压力流体，形成支撑顶板，如果液泵中的压力被抽离出来，则会失去支撑作用，因此采煤的控制是非常重要的。

3 液压支架自动化控制原理和实现

3.1 自动化控制原理

液压支架自动化控制主要通过电液控制系统进行的。该系统包括计算机、转换器、控制器、耦合器、电磁换向阀等。其中控制器是液压支架控制系统的核心和关键，其中的传感器类型较多，可以搜集不同的数据信息，搜集后将信息传输到主阀控制器中。电液控制系统在运行过程中主要通过内部装置操作实时调整液压支架，确保液压支架运行过程中与采煤机的同步进行。并通过计算机编辑程序精准控制电液控制阀、控制器、传感器等装置，最终实现全过程的自动化控制。在这一操作下，不需要人员进入现场，可以进行远程控制，自动监测、判断液压支架的运行情况，及时发现各种异常情况，自动诊断和报警。当前液压支架控制系统中的控制信号来自控制台或自动化控制系统，工作人员通过操作按钮或传感器获取相关参数，反馈给电液组合阀进行处理。并根据需求电液组合阀控制液压乳化液的流入和流出，从而实现支架的运动以适应煤矿工作面的顶板压力变化。通过这种原理，煤矿支架电液控制系统能够实现支架的升降、伸缩等动作，保障煤矿工作面的安全性和稳定性^[1]。

3.2 自动化控制实现

采煤自动化控制可以从硬件和软件两个方面来实现，其中硬件组成包括压力传感器、掩护梁传感器、控制器、接收器、电液换向阀等。其中控制器和驱动器直接连接，同时控制器、传感器和主机也连接。在液压支架运行时主要通过计算机编写程序来判断、分析其状态，从而实现工作阻力、高度、倾斜角、行程等参数的控制。为了提高控制的精准度和可靠度，需要在计算机程序中设定标准数值，并在液压支架运行的过程中可以实时对比分析运行参数和标准数值，通过偏差控制实现精准控制目标。其中，控制软件包括程序编写、软件界面、人机界面等，程序编写是关键，主要控制支架的整体动作，及时发现并处理各种故障问题，达到精准控制的目的。

4 电气自动化技术在煤矿液压支架控制中的应用

4.1 液压支架多种形式的控制

在煤矿开采的过程中，工作人员需要根据作业面状态选择不同的液压支架作业形式和控制方式。当前的控制方式主要是单个和多个的协同控制，其中单个控制包括升降、推

移、护帮等；多个控制包括成组推移、护帮或单个带压拉架等，以上控制动作在人工控制上是通过液压支架控制器面板手动控制液压支架的运行状态，在机械控制上主要通过计算机远程控制，具体的控制面板图如图 1 所示。

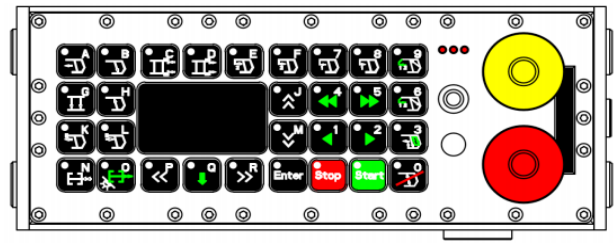


图 1 液压支架控制器面板图

在当前电气自动化技术的发展和应用下，实现了液压支架控制的自动化，提升了液压支架控制的时效性。一般工作人员可以通过控制中心计算机发出指令，通过远程控制的方式驱动液压支架发生动作，如液压支架的推移、护帮、升架、降架等。为了提高煤矿开采效率和质量，需要控制好液压支架和顶板之间的距离，以及煤层顶板距离，确保整体状况良好的情况下多个液压支架进行同步操作、协同控制。同时也可以进行分组控制，在分组时可以采用交错、顺序两种方式，确保每一种方式都符合要求，达到最佳效果。另外，在自动化技术下也可以协同控制多个液压支架，有效控制顶板距离，确保不同运作方式的针对性和有效性^[2]。

4.2 液压支架故障自动报警

受外界因素和人为因素的双重影响，液压支架在运行时常常会出现各种故障问题，比如泄漏、磨损等情况。其中泄漏危害较大，如果不及时处理会影响液压支架运行时的阻力，导致阻力降低，顶板支撑力下降，影响液压支架的正常运行。在回采的过程中多个液压支架共同支护顶板，在这种情况下如果出现了泄漏情况会导致液压支架承受较大的压力和阻力，无法正常运行。对于以上这两种情况想要避免和控制就需要引入自动化控制技术的自动报警技术，通过该技术及时发现泄漏情况，自动报警后及时进行修复和处理，减少损失。液压支架控制系统也可以自动补充油液，并在补充的过程中自动监测和调整初级支撑力、时间、次数等，确保达到相关要求。另外，除了以上两种情况外，在煤矿生产中也会出现液压支架断裂的情况，如果发生了这种情况会引发一系列安全事故。在当前综合开采技术和深部开采、大开采技术的联合应用下，发生的风险更高，在这种情况下就需要引入自动化技术，做好监测、控制、防范、修复工作，防止危险事故的发生。在自动化技术的应用下可以全方位地监测液压支架的运行情况，获取实时运行参数，对比分析参数变化情况，通过曲线图了解异常部位，进一步判断故障类型。通过自动化监测可以尽早发现、自动报警、修复液压支架的断裂风险，确保液压作业面机械设备可以正常运行，不受影响，消除安全隐患，保障系统高效运行。

4.3 液压支架的自动化运行

在自动化技术的应用下使得液压支架的自动化控制已经实现了全过程双向切割煤工艺、全过程深度单向切割煤工艺、半截切割煤工艺的自动化跟机、移动、推溜、收缩、护帮、伸缩量、自动喷雾等多种自动化动作，完善了自动化控制功能，提升了控制效果。其中的全过程单向切割煤工艺自动化是核心，发挥着非常重要的作用，其采用了红外线识别和分析采煤机和液压支架的位置、移动范围，精准判断位置，确保准确、可靠，从而完成切割任务。另外，在自动化控制技术的应用下可以对液压支架进行远程监控，为后期液压支架的智能化发展奠定基础。在未来，人们也可以将微型传感器、监控器安装在液压支架上，实时监测和把握工作面回采过程中的具体情况，为工作人员发布指令、调整参数提供依据。

4.4 液压支架的故障检修

第一，故障分析。当前液压支架运行过程中的故障主要是电气控制系统故障，具体的分析如下所示：液压系统无法正常运行。一般液压支架系统在运行时如果泵站压力降低或者供液管道出现了泄漏问题，则会影响支架运行速率、支撑阻力，导致作业无法正常进行。对于这种情况需要及时处理。运维人员要全面检查系统情况，重点查看逆止阀、闸阀、过滤器、泵站，检查其磨损、老化、裂痕、堵塞出口压力和流量等情况，如果发现及时更换和修复；检查各种密封构件、检查油缸磨损情况和油液浓度，如果发现及时修复和处理，确保系统可以安全运行。电路故障，电路故障是最常见的问题，检修难度大，当前的线路故障主要是有线通信故障，其主要体现在通信传输过程中。检查发现，这种情况一方面是因为线路受潮，另一方面是因为数据流量大导致线路运行受到阻碍，同时电磁干扰也会引发故障。通信障碍。通信障碍是指传感器在运行的过程中出现了探针失效、灵敏度降低、监测信息不准确等问题，对于这种情况就需要运维员加强日常管理，及时检查，可以分析传感器的状态，更换探针^[3]。

第二，故障处理。在液压支架运行中难免会出现各种

故障，因此故障的处理是至关重要的环节。为了提高故障检测精准度，及时检修和处理，就需要将自动化技术应用其中，实现故障的自动识别、诊断、检修、恢复，确保系统可以稳定、顺畅地运行。比如可以通过自动化技术全面、细致的自动检查液压系统、电力系统、通信系统等。特别是在液压系统中，液压缸、管路以及相关元件是故障的多发地带。因此，通过故障自诊断技术，我们能够在自动监测、分析和处理后，迅速生成详细的监测报告，使控制中心能够第一时间了解具体情况，并安排专业人员前往现场进行处理。在电力系统方面，故障主要体现在线路和电流两个方面，属于电气故障的范畴。因此需要从细节入手，全面把握具体情况，深入分析数据信息，从而精准定位故障所在，并第一时间进行处理和消除，确保系统正常运行。此外，借助自动控制技术能够全面采集、分析和估测各个站点的信号，精准识别内部故障和外部故障。

5 结语

在我国制造技术的发展下推动了电气工程行业的发展，使得电气自动化技术更加成熟、先进，被广泛应用到了煤矿资源的开采中。尤其是在液压支架中的应用，提高了液压支架系统的自动化运行、控制、实时监测，以及故障分析和预警，确保支架系统可以安全、稳定运行。为了发挥自动化技术的作用和价值，需要人们深入分析和研究液压支架的组成、自动化控制原理，结合煤矿工作面实际情况，通过科学的应用可以实现自动化控制目标，充分发挥其作用和价值。

参考文献

- [1] 常恩山.电气自动化技术在农业机械控制中的应用[J].石河子科技,2024(5):8-9.
- [2] 王东帅.电气自动化技术在煤矿液压支架控制中的应用[J].内蒙古煤炭经济,2024(15):172-174.
- [3] 李晶.电气自动化技术在煤矿液压支架控制中的应用[J].能源与节能,2023(2):210-212.

Construction technology of Super Long Mass Concrete in Large Sewage Treatment Plant

Lusheng Xiao Zhichao Song Qing Yang

Chongqing Construction Engineering Group Co., Ltd., Chongqing, 404100, China

Abstract

With the rapid development of human civilization, people gradually realize that environmental protection is the basis of maintaining ecological balance, is the premise of protecting human health, and is the key to achieve sustainable development. Advanced sewage treatment facilities are not only an important symbol of the modernization of urban infrastructure, but also a window to reflect the importance of urban managers to ecological environmental protection and social responsibility. Based on this, the paper combined with specific construction case analysis, analysis and discussion of large sewage treatment plant ultra-long and large volume concrete crack resistance, anti-seepage quality control, to ensure that the sewage plant in the whole design life of leakage phenomenon, not to cause pollution to the land has a more important role.

Keywords

large-scale sewage treatment plant; super long and large volume concrete; construction technique

大型污水处理厂超长大体积混凝土的施工技术

肖路生 宋志超 杨青

重庆建工集团股份有限公司, 中国 · 重庆 404100

摘 要

随着人类文明飞速发展,人们逐渐认识到保护环境是维护生态平衡的基础,是保障人类健康的前提,是实现可持续发展的关键。先进的污水处理设施不仅是城市基础设施现代化的重要标志,也是体现城市管理者对生态环境保护重视程度和社会责任担当的窗口。基于此,论文就结合具体的施工案例分析,分析和探讨大型污水处理厂超长大体积混凝土抗裂、防渗质量控制,确保污水厂在整个设计使用年限内不出现渗漏现象,不对国土造成污染具有更加重要的作用。

关键词

大型污水处理厂;超长大体积混凝土;施工技术

1 工程概况

某大型污水处理厂是中央环保督察项目和重庆市城市基础设施建设“十四五”规划排水领域重点项目。项目扩建污水处理能力 40 万吨/日。

2 工程难点

2.1 巨型板状结构多(薄壁、超长、大体积),抗裂防渗的控制难度极大

超长:根据《给水排水工程构筑物结构设计规范》的规定,露天池体,直接坐落于岩基时,最大伸缩缝间距不超过 15m,其他温度区间伸缩缝间距不超过 20m。初沉池、生物池、二沉池、高效沉淀池、V 型滤池和反洗设备间等结构均属于超长结构。其中高效沉淀池最大伸缩缝间距 70.4m,

超过规范限值的 4 倍。薄壁大体积:盛水构筑物的内外池壁厚度在 250~1100mm 之间,高度为 5~10m;水池底板厚度达 1.35m。如何解决超长大体积混凝土结构在施工过程中,因拉应力造成的危害以及干缩和冷缩产生的开裂问题,是一项技术难题,整个池体抗裂、防渗的控制难度极大。

2.2 使用环境恶劣,对混凝土结构及其材料的防腐性能要求极高

本工程面临三方面的腐蚀环境:一是污水池内壁、池底常年受高浓度、多成分的污水侵蚀、固体颗粒的磨蚀、微生物腐蚀以及钢筋混凝土结构自身老化,安装设备的锚固件等因素的影响,容易在施工缝、伸缩缝、锚固件位置处出现裂缝,而发生污水渗漏;二是现场土含磷超标,土壤和地下水均对混凝土结构具有腐蚀性,当钢筋混凝土结构中的钢筋长期浸水时,容易受到腐蚀;三是污水池在运行中,池中污水满荷载和泄荷后,对混凝土结构的受力变化是较大的,加上水池水位变动,干湿交替作用也会对建筑材料的性能和耐久性产生影响,导致钢筋的锈蚀和混凝土材料的劣化。混

【作者简介】肖路生(1982-),男,中国重庆人,本科,副高级工程师,从事市政工程研究。

凝土水池施工缝、支模钢筋头等节点、细部的受力,由于处于频繁变动的不稳定中,容易使这些节点细部发生变形而造成混凝土开裂。

2.3 建设工期紧,高效的物料管理及施工组织非常困难

工程面临建设规模大、工艺复杂、特殊构筑物多、大体积混凝土多、管线错综复杂等不利因素影响,因此在有限工期内,有序组织物料、提高效率、控制成本及保证质量是非常困难的。

3 混凝土原材料控制和配合比设计

3.1 混凝土原材料控制

①从品牌,质量稳定性,工作性,价格,供应能力等方面进行水泥的选择,经过多次混凝土试配、检测及浇筑试验,确认了以红狮水泥为项目大体积泵送混凝土的主供水泥。同时,加强进场水泥强度、安定性、凝结时间、水化热、碱含量、氯离子含量检验和温度测量。

②严格控制进厂骨料的质量,对进场的砂高频率抽检其MB值和与外加剂的适应性(砂浆法)。选用公称粒径为5~25连续级配碎石配制砼,其质量应符合JGJ53—2006《普通砼用碎石或卵石质量标准检验方法》的规定;粗骨料的坚固性指标不应大于8%;含泥量不大于1%;泥块含量不大于0.5%;针片状颗粒含量不大于10%。钢筋混凝土用砂的氯离子含量不应大于0.03%,采用细度模数为2.5~3.2的中粗砂,从而降低混凝土的温升和减少混凝土的收缩,但砂率不宜过大,从而影响混凝土的可泵性。

③该大型盛水构筑物由于大部分结构都属于超长大体积混凝土结构,为了尽量减低单方混凝土的水泥用量,防止出现温度裂缝,改善混凝土的施工性能,增大混凝土的密实度,提高混凝土耐久性,施工过程中掺合料选用Ⅱ级粉煤灰和S95级矿粉。

④为达到防渗抗裂的效果,最大程度的减低混凝土的自身收缩,同时增大混凝土的抗裂选择使用复合纤维抗裂膨胀剂(纤维为聚丙烯纤维)。

⑤要求外加剂进行降粘调整,降低施工过程中工人施工难度,避免现场调整。并且相较于普通混凝土的初凝时间8~12h,考虑到现场的模板和支撑的承受能力,调整大体积混凝土的凝结时间至18~22h(现场实体),以延缓水化放热,降低水化放热峰值,从而减小混凝土的自身放热温差。

3.2 混凝土配合比设计

池体混凝土抗渗等级为P8,膨胀加强带混凝土14d的限制膨胀率为 $(3.5\sim4.5)\times10^{-4}$,一般混凝土14d的限制膨胀率控制在 $(2\sim3)\times10^{-4}$ 。必须做好混凝土配合比设计工作,确保混凝土碱含量低于 3kg/m^3 ,混凝土配合比投入使用前,提供相应混凝土碱含量的评估结果。

各种材料厂家及掺量如下:

水泥:邻水红狮水泥有限公司(P.042.5),用量 191kg/m^3 。

粉煤灰:重庆国浩永固新型建材有限公司,F类Ⅱ级,用量 40kg/m^3 。

矿粉为:重庆钰宏再生资源有限公司,S95,用量 31kg/m^3 。

石灰石粉:重庆拓璞建材有限公司,用量 57kg/m^3 。

机制砂:用量 946kg/m^3 。

碎石:用量 914kg/m^3 。

缓凝高性能减水剂:重庆助扬建材有限公司,用量 6.94kg/m^3 。

复合纤维抗裂膨胀剂:粉剂,青海叁坤建材科技有限公司,用量 29kg/m^3 。

水:用量 160kg/m^3 。

4 大型水池混凝土施工

4.1 混凝土进场坍落度检测

①混凝土浇筑前首先要审核混凝土配合比申请单与送达现场的混凝土运输单上的配合比以及强度等级、所要求的坍落度是否一致,然后再根据配合比单上的坍落度进行检测。

②准备工作:使用一个上口100mm、下口200mm、高300mm喇叭状的坍落度桶。试验前将坍落度筒冲洗干净,并放在不透水的润湿的平板上,踏紧脚板。

③装入混凝土:将需要测试的混凝土分三次装入坍落度筒中,每次装入后用力敲击侧壁,保证内部密实无缝隙。每层用捣棒插捣25次,插捣应沿螺旋方向由外向中心进行。

④拔出坍落度筒:装密实混凝土后将坍落度桶拔出,内部的混凝土会因为自重原因产生自然的塌落现象。

⑤测量坍落度:测量锥筒顶面到混凝土最高处的距离,这就是该混凝土的坍落度。

⑥观察混凝土状态:观察坍落后的混凝土试体的黏聚性及保水性。黏聚性的检查方法是用手握捧在已坍落的混凝土锥体侧面轻轻敲打,此时如果锥体逐渐下沉,则表示黏聚性良好。如果锥体倒塌部分崩裂或出现离析现象,则表示黏聚性不好。保水性以混凝土拌合物稀浆析出的程度来评定,坍落度筒提起后如有较多的稀浆从底部析出,锥体部分的混凝土也因失浆而骨料外露,则表明此混凝土拌合物的保水性能不好。

⑦整个操作过程应在150s内完成,以保证检测结果的准确性。

4.2 混凝土运输

4.2.1 混凝土场外运输

搅拌站距离施工现场15km以内,采用混凝土搅拌运输车,在运输过程中定期对混凝土进行搅拌,确保混凝土中的骨料、水、水泥浆充分混合,避免混凝土产生分层、凝结。

砼用搅拌车运送到现场,运输时间不得超过2h,避免因间隔时间过长而使先、后浇筑的混凝土之间形成冷缝。

4.2.2 混凝土场内运输

混凝土场内运输以混凝土背架泵为主,地泵为辅。由于场地内基坑较多,场地狭窄,而且施工面积较大,混凝土泵主要选用47m/52m长背架泵,其次选用混凝土地泵(型号HBT80)。

4.3 超长大体积混凝土的浇筑

4.3.1 混凝土浇筑方法的选择

采用斜面分层连续浇筑,浇筑时,从一端开始,沿着倾斜面逐渐向上推进,每次浇筑的厚度不超过振动棒有效作业半径的1.25倍。当下层混凝土尚未初凝时,即开始浇筑上层混凝土,如此逐层进行,直至浇筑完毕。

4.3.2 大体积混凝土的浇筑

第一,底板混凝土浇筑。

①底板基础混凝土采用连续浇筑的施工原则,确保混凝土密实无冷缝。浇筑采用分层浇筑、分层捣实的方法。同时对于有连续式膨胀加强带的底板应由膨胀加强带较远端逐步向加强带推进,浇筑至膨胀加强带后使用膨胀加强带的混凝土标号将膨胀加强带浇筑完成,然后逐步向另一侧浇筑,直至整块浇筑完成。

②混凝土浇筑时要准确控制分层厚度。加强混凝土的振捣以提高混凝土的密实性及与钢筋的握裹力,减少混凝土的收缩。使用插入式振捣器,振捣间距为40cm左右梅花状振捣,振捣器垂直于混凝土面插入下层混凝土中5~10cm,使上、下混凝土完全融合。振捣限度以石子下沉,混凝土浆上浮,不出现气泡为原则。

③混凝土浇筑后初步按设计标高用木括尺刮平,在混凝土初凝前用抹光机纵、横碾压数遍,混凝土经收水后,再进行二次抹面。

第二,池壁外墙、导流墙混凝土浇筑。

①池壁外墙随底板一起浇筑高于基础底板900mm的导流墙,导流墙上口设置400×3mm的钢板止水带。

②浇灌池壁混凝土前先填以5~10cm厚与混凝土配合比相同的减石混凝土。浇筑时采用分层下料、分层振捣的方法,每层砼厚度在500mm范围。

③池体下料采取多点下料的方式,池体振捣棒水平移动间距小于40cm,应先振捣低处的砼再振捣高出的砼。池体洞口两侧混凝土高度保持一致,必须同时下料、同时振捣,以防止洞口变形。

④采用小直径30mm振捣棒,振捣钢筋密集处及洞口下方的混凝土,保证混凝土密实度。

第三,设置连续式膨胀加强带和后浇式膨胀加强带。

基础底板、池壁外墙、导流墙等一般混凝土采用补偿收缩混凝土,14d的限制膨胀率应不小于0.02%;膨胀加强

带混凝土14d的限制膨胀率不小于0.035%。

第四,大体积混凝土表面泌水处理措施。

混凝土浇筑过程中,必须清除泌水和浮浆,否则影响混凝土表面强度。

4.4 测温

为了避免混凝土浇筑过程中内外温差过大而出现温度裂缝,在施工过程中,混凝土内部设置了测温点对温差波动情况进行监控。通过测试证明,混凝土初始入模温度在25℃~26℃左右,此时环境温度约为19℃~20℃;混凝土经过31.5h到达最大温度,温峰值为46.7℃,较入模温度基础上上升21℃,对应底板厚度1~1.35m,温升在合理区间;温峰后,混凝土内部温降速率约在2℃~3℃,略微超过大体积混凝土对降温速率的要求,结合蓄水养护或覆盖塑料薄膜养护的方式,降温速率超过2℃属于正常现象,影响不大。从混凝土综合应变值来看,在15d内,混凝土综合应变值始终为正值,说明混凝土内部始终处于微膨胀状态,抵消了混凝土内部的各种收缩,由此可以判断,该混凝土实体结构不会因为混凝土的收缩导致开裂。

4.5 模板拆除

施工现场应延迟混凝土拆模时间和上荷载时间,应根据浇筑时间段和实际的混凝土凝结情况和强度发展情况来确定混凝土拆模时间和上荷载时间,从而避免混凝土拉伤和破坏。竖向模板拆除时,先松螺杆打开一条5~10cm的缝,待混凝土表面温度下降至与大气温度相差20℃(条件允许时,尽可能10℃)内时再拆除模板,拆模后覆盖土工布洒水养护或者蓄水养护,防止混凝土结构表面温度骤降,混凝土因内外温差过大而导致贯穿性裂缝。

4.6 养护

砼浇筑完12h后派专人进行养护,底板覆盖土工布洒水养护或者蓄水养护,池体采用浇水养护。持续养护时间要控制在14d以上,以混凝土表面处于湿润状态为标准。

5 结语

总之,在大型污水处理厂超长大体积混凝土施工过程中,为了保证大体积混凝土的施工质量,必须严格控制混凝土原材料质量,特别是砂石质量和外加剂质量;通过增加钢筋混凝土的保护层厚度,提高混凝土自身的抗裂性和密实性,做好14d的养护工作。论文结合实际工程为例,从材料选择、配合比设计以及混凝土施工等几个方面对大型污水处理厂超长大体积混凝土施工技术进行了分析和探讨,保证了大型水池混凝土的施工质量,没有出现混凝土裂缝,防渗效果良好,值得类似工程借鉴和参考。

参考文献

- [1] 丁晓平.大型水池混凝土的施工技术[J].广东建材,2018(7):15.
- [2] 靳萍.普通混凝土拌合物检测[J].黑龙江科技信息,2010(4):15.
- [3] GB/T50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准[S].

Construction Technology of Frame Shear Wall Structure Engineering

Yong Zhao

Zhongtu Chenglian Engineering Construction Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract

Frame shear wall structure has good seismic performance and stability in construction engineering, and is a common structural form in modern high-rise buildings. This paper focuses on the construction technology of frame shear wall structure, including site preparation, reinforcement layout, concrete placement and maintenance. Firstly, the mechanical characteristics of the frame shear wall structure and the possible technical difficulties in construction are analyzed. Then, the formwork installation, steel bar construction, concrete pouring and later curing technology are introduced in detail. Through the research and analysis of these construction links, the purpose is to provide reference and reference for improving the construction quality and construction efficiency of frame shear wall structure engineering.

Keywords

frame shear wall structure; construction technology; template installation; reinforcement engineering

建筑工程框架剪力墙结构工程施工技术

赵勇

中土城联工程建设有限公司, 中国 · 河北 石家庄 050000

摘 要

框架剪力墙结构在建筑工程中具有良好的抗震性能和稳定性,是现代高层建筑中常用的结构形式。论文重点探讨了框架剪力墙结构的施工技术,包括场地准备、加固布置、混凝土浇筑与养护等关键施工工艺。首先分析了框架剪力墙结构的受力特性及其施工中可能遇到的技术难点。然后,详细介绍了模板安装、钢筋工程施工以及混凝土的浇筑和后期养护技术。通过对这些施工环节的研究与分析,旨在为提高框架剪力墙结构工程的施工质量和施工效率提供参考与借鉴。

关键词

框架剪力墙结构; 施工技术; 模板安装; 钢筋工程

1 引言

随着城市化进程的加速,建筑工程的规模和高度不断增加,框架剪力墙结构因其优异的抗震性和稳定性,成为高层建筑中广泛应用的主要结构形式。然而,框架剪力墙的施工涉及多个环节,如模板安装、钢筋绑扎、混凝土浇筑等,每一环节的质量直接影响工程的安全性和耐久性。因此,研究框架剪力墙结构的施工技术,尤其是在实际施工中遇到的问题与解决方案,对于提升工程质量、确保施工安全具有重要意义。

2 剪力墙结构施工工艺

2.1 场地准备

剪力墙结构施工的第一步是现场勘查。在开工之前,

必须对施工现场进行详细勘查,明确建筑物尤其是剪力墙的精确位置。勘查人员使用高精度的测量设备,标出剪力墙基础的位置,确保其符合设计要求。这一环节不仅能够保证地基位置的准确性,还能评估现场的地质、环境条件,为后续施工提供基础数据。通过勘查,能够有效避免施工过程中因地质问题或位置偏差带来的安全隐患和施工延误。开挖工作是场地准备的第二个关键环节。在完成现场勘查后,使用挖掘机和其他重型机械进行开挖,清除土壤、石块和其他障碍物,为基础浇筑创造合适的沟槽。开挖深度和宽度需要根据设计要求以及土壤条件进行调整,通常需要确保沟槽达到预定的深度和稳定性。特殊土壤条件下,可能需要进行加固处理,以确保土壤的稳定性,避免后续施工中的问题。此外,开挖过程中应特别注意周围环境,避免对周边结构造成影响。地基施工是场地准备的最后阶段。在完成开挖后,下一步是浇筑混凝土基础。清理沟槽底部,确保没有松动土壤或杂物,然后倒入混凝土,为剪力墙提供稳定的承载力。混凝土浇筑过程中,通常会放置钢筋来增强基础的强度和耐

【作者简介】赵勇(1989-),男,中国河北石家庄人,本科,工程师,从事建筑工程施工研究。

久性，这样能够有效地将建筑物的荷载均匀分配到下方土壤上，确保结构的稳定性和长期使用性能^[1]。

2.2 加固布置

在剪力墙结构的施工过程中，加固钢筋的布置至关重要，主要包括垂直钢筋和水平钢筋的合理配置。加固设计的核心目的是确保剪力墙具有足够的抗震性能和承载能力，以应对地震、风荷载以及其他横向作用力的挑战。垂直钢筋通常被称为“箍筋”，是剪力墙结构中不可或缺的部分。这些钢筋垂直设置在剪力墙模板内部，并按照设计要求的间距进行排列。垂直钢筋的主要作用是承受剪力，同时在地震或其他横向荷载作用下，帮助剪力墙维持其结构形态和稳定性。垂直钢筋与墙体之间的配合，不仅可以增强墙体的抗剪性能，还能提高结构的整体强度，防止墙体发生过度的变形或开裂。水平钢筋又被称为“系带钢筋”或“箍”，这些钢筋水平放置并环绕在垂直钢筋的周围。它们起着至关重要的作用，通过与垂直钢筋的相互连接，形成一个密集的钢筋网格，增强了剪力墙的整体稳定性和承载力。水平钢筋通常设置在不同的高度，以适应墙体不同层次的荷载需求，特别是在面临弯曲力和扭转力时，能够有效提升墙体的抗弯、抗扭能力，确保剪力墙在各种外力作用下的安全性^[2]。

2.3 混凝土浇筑和养护

在剪力墙结构施工中，混凝土的浇筑和养护环节至关重要，它直接关系到结构的强度、耐久性以及施工的质量。混凝土浇筑的工艺要求严格。根据工程的荷载计算、建筑设计规范和项目的具体要求，工程师确定所需的混凝土强度等级。剪力墙作为承受重大荷载的结构部件，需要采用高强度混凝土，以确保墙体具备足够的承载能力和结构稳定性。高强度混凝土能够有效提高剪力墙的抗剪、抗弯和抗震性能，从而确保建筑物在长期使用过程中的安全性和耐用性。混凝土的耐久性是影响剪力墙使用寿命的重要因素。根据不同的环境条件和接触介质，工程师会选择适当的添加剂或外加剂，增强混凝土的耐久性。常见的耐久性问题包括腐蚀、硫酸盐侵蚀以及冻融循环等，特别是在湿润或严寒地区，混凝土容易受到外部环境的侵蚀。为此，混凝土中可能加入抗腐蚀剂、抗冻剂以及其他专用外加剂，以提升其对不良环境条件的适应能力，延长剪力墙的使用年限。混凝土的和易性是指混凝土在浇筑过程中的可操作性，主要通过坍落度和稠度来衡量。为了确保混凝土在浇筑过程中能够均匀流动并充填模具，避免出现蜂窝状或孔洞等缺陷，混凝土混合物的设计需要具备适当的和易性。工程师会根据施工现场的具体要求，调整混凝土的配比，确保其既能满足强度要求，又能便于浇筑和压实，从而确保剪力墙的质量。

3 建筑工程中框架剪力墙结构建筑施工

3.1 建筑框架剪力墙结构受力分析

框架剪力墙结构作为一种常见的建筑体系，其主要特

点是框架与剪力墙的紧密合作，共同承受外部荷载。在这种结构中，框架部分主要承担竖向荷载，如建筑物的自重、楼层荷载、家具荷载等，而剪力墙则承担主要的水平荷载和剪切力，尤其在抗震和抗风荷载的作用下，剪力墙发挥着重要的抗力作用。在整个结构中，框架与剪力墙通过节点连接，形成了一个紧密协作的力传递系统。框架梁在竖向荷载的作用下，将荷载传递至框架柱，而框架柱则继续将荷载传递到基础。这一过程中，框架柱承担了竖向荷载的传递和分配功能，确保了建筑物各层荷载的均匀分布。同时，剪力墙通过其卓越的抗剪能力，在水平荷载作用下有效地将横向荷载直接传递给基础，极大地提升了结构的抗水平力能力，减少了框架部分的横向位移和震动。在地震等特殊荷载条件下，剪力墙尤为重要，它能有效减少建筑的横向位移，保持结构的稳定。框架与剪力墙之间的受力传递机制决定了它们的协同工作方式。当外部水平荷载作用时，框架与剪力墙的结合确保了荷载的均衡分配，避免了单一构件的过载问题。梁、柱和剪力墙通过相互作用，将荷载沿着多条路径有效传递至基础，从而保障了整个建筑体系的稳定性和安全性^[3]。

3.2 模板安装施工

模板安装是框架剪力墙结构施工中的关键环节，直接关系到混凝土浇筑质量和施工进度。在进行模板安装之前，首先需要对所有支撑系统进行检查，确保内外支撑牢固可靠。通过手动晃动模板，可以有效判断模板是否会发生移动或弯曲变形等不安全现象。支撑系统不稳定或存在任何松动，都可能导致模板变形或滑移，进而影响混凝土的浇筑效果和结构的整体质量。因此，模板安装前的支撑检查是至关重要的。除了支撑检查外，模板的所有安装部件也必须仔细核对，确保每一个固定螺栓、连接件、螺钉等都已正确安装，并且牢固固定。模板的连接件不仅要确保模板的稳固性，还要具有足够的承载力，避免在施工过程中发生松动或脱落。另外，预埋件的位置也需要精准确认。预埋件是后续施工中不可缺少的部件，如电线管道、支撑件等，位置的偏差可能会造成后期施工的诸多麻烦。因此，检查预埋件的精确定位也是模板安装过程中的关键环节。在实际施工过程中，常见的支模材料为方木，因为方木具有轻便、成本低、刚度较大等优点，便于施工人员操作。然而，方木也存在一些不足之处：一方面，方木的抗冲击力较弱，容易在施工过程中受到损伤，且由于木材的特性，容易受到外力作用下的变形，导致模板无法保持其原有的形状。另一方面，方木无法回收利用，使用后需废弃，且大量使用木材会导致造价较高，给施工带来一定的经济负担。因此，在选择支模材料时，需要综合考虑各类因素，尤其是材料的性价比和耐用性。为了达到节约资源的目的，施工单位可以考虑使用其他更为耐用和环保的材料，如钢制模板或塑料模具，这些材料具有更长的使用寿命，且能够多次重复使用，减少资源浪费。在模板安装过程中，还要考虑到脚手架的安全性。脚手架不仅要具备

足够的稳定性,还需确保其承载力能够满足施工人员和施工设备的需求。

3.3 钢筋工程施工

钢筋工程是建筑施工中的重要环节,其质量直接关系到框架剪力墙结构的安全性与耐久性。钢筋的绑扎施工质量直接影响到后续混凝土浇筑的效果,因此必须对钢筋安装过程进行严格控制,确保每一道工序都能够符合设计要求和施工规范。为确保钢筋工程的顺利进行,采取科学、规范的施工措施至关重要。首先,在进行钢筋绑扎施工之前,必须对所有钢筋进行详细的分类和编号。这一过程可以根据钢筋的不同形状、规格和位置进行划分,确保每根钢筋都能准确地放置到指定的位置,避免施工过程中发生错乱或漏绑现象。所有钢筋材料应按施工要求的型号、尺寸和数量准备,做到物料充足并且质量符合标准。其次,在开始钢筋绑扎工作前,技术人员应根据施工图纸及施工规范编制出详细的钢筋施工方案。这一方案应包括钢筋的规格、数量、位置、绑扎方式、间距等详细内容,作为现场施工人员操作的依据。施工人员需要严格按照施工方案执行,确保钢筋的安装符合设计要求,尤其是对于关键部位的钢筋位置和连接方式要特别重视。在实际施工过程中,对于较为复杂或大面积的钢筋绑扎,传统的人工绑扎方式可能存在一定的误差或效率问题,因此可以考虑采用机械设备进行辅助焊接。这种方式不仅能够提高施工效率,缩短工期,还能避免人工焊接中由于操作不当而带来的误差。机械化的焊接技术能够更精准地控制焊接质量,确保钢筋的连接更加牢固,进一步提高结构的安全性。最后,在钢筋绑扎完成后,现场施工人员应进行严格的检查,确保钢筋的数量、规格、位置及绑扎方式完全符合设计要求,且钢筋表面无锈蚀、弯曲等缺陷。每道工序完成后都应进行质量验收,发现问题及时进行修正^[4]。

3.4 混凝土浇筑与养护

在框架剪力墙结构的施工中,混凝土浇筑与养护是关键环节,直接关系到工程的质量和结构的稳定性。由于剪力墙的墙体厚度较大,施工过程中需要根据实际情况精确设置模板支撑系统,确保墙体在浇筑过程中能够承受混凝土的重量并保持稳定性。特别是在墙体高度超过3.5m时,为了避免模板变形或失稳,必须适当增加墙柱之间的水平支撑杆数量,并且在墙柱的交接处设置剪刀撑或斜撑,以加强墙体的支撑力,防止墙体出现裂缝或变形。此外,在一些高大或特

殊的剪力墙结构中,可能需要安装额外的托梁或加强钢筋,这不仅能提高结构的稳定性,还能在浇筑过程中有效分散混凝土的重量,避免局部过载导致的模板倾斜或倒塌。托梁和钢筋的设置需根据设计要求进行精确布置,并确保其施工质量符合标准。混凝土浇筑完成后,养护工作至关重要,直接影响混凝土的强度和耐久性。浇筑后的混凝土表面必须及时进行处理,以确保水分的保持,避免混凝土表面过快干燥导致裂缝的产生。混凝土表面的温度应保持在10℃以上,且应避免阳光直射,以防温度骤升或骤降对混凝土质量产生不利影响。此外,养护过程中可以使用覆盖物、喷雾或浇水等方式,确保混凝土表面保持湿润状态,延缓水分蒸发,从而提高混凝土的强度和密实度。在寒冷季节施工时,应特别注意温度变化对混凝土的影响。为防止低温导致混凝土凝固迟缓或发生冻裂,可以采取加热措施,如使用保温膜覆盖墙体、在混凝土中加入早强剂或使用电加热设备等,以确保混凝土在适宜的温度下完成固化过程。框架剪力墙结构的混凝土浇筑与养护工作不仅仅是技术操作,更是保证结构长期稳定、安全的必要保障。在施工过程中,模板支撑系统的设置、浇筑后的及时养护,以及对外界环境变化的应对措施,都需要严格控制,确保最终的建筑质量符合设计要求^[5]。

4 结论

通过对框架剪力墙结构施工工艺的分析与研究,可以看出,框架剪力墙在建筑工程中起到了至关重要的作用,尤其是在抗震和承载力方面。施工中的每个环节,如模板安装、钢筋工程、混凝土浇筑与养护等,都必须严格遵循技术标准和施工规范,才能确保结构的稳定性与安全性。通过科学合理的施工管理和精细化操作,不仅能提高工程质量,还能降低施工风险,延长建筑的使用寿命。

参考文献

- [1] 魏代发.建筑工程中框架剪力墙结构建筑施工技术探讨[J].新疆钢铁,2024(3):101-103.
- [2] 马帅.房屋建筑工程中框架剪力墙结构建筑施工技术的应用[J].中国建筑装饰装修,2024(15):167-169.
- [3] 孙翠翠,张凯,薛传生.建筑工程中框架剪力墙结构建筑施工技术的应用[J].中国建筑装饰装修,2024(13):170-172.
- [4] 张国宇.房屋建筑框架剪力墙结构主体工程施工技术研究[J].建材发展导向,2024,22(11):93-95.

Research on Electrical Troubleshooting Technology for Maintenance Electrician

Zhongmin Lin

Distribution Network Business Office of CPC Power Production Guarantee Company, Daqing, Heilongjiang, 163000, China

Abstract

With the rapid development of China's economy, the power system is increasingly widely used in industry, agriculture, residents and other life fields. However, the diversification and complexity of power equipment also brings new challenges. The frequent occurrence of electrical failure not only affects the production efficiency and the quality of life, but also may bring potential safety risks. This paper analyzes the three practical cases of electrical troubleshooting, and discusses the application methods and strategies of troubleshooting technology. The details of fault diagnosis process, common detection tools and techniques, and solutions for different types of faults are detailed. Through the case analysis, the experience and lessons are summarized, which provides a useful reference for the maintenance electricians to eliminate the electrical faults quickly and accurately in the practical work.

Keywords

maintenance electrician; electrical fault troubleshooting; technology application

维修电工电气故障排除技术研究

林忠民

中油电能电力生产保障公司配网营业所, 中国·黑龙江 大庆 163000

摘 要

随着中国经济的快速发展, 电力系统在工业、农业、居民生活等各个领域的应用日益广泛。然而, 电力设备的多样化和复杂化也带来了新的挑战。电气故障的频繁发生不仅影响生产效率和生活质量, 还可能带来安全隐患。论文通过对三个维修电工电气故障排除的实际案例进行分析, 探讨了故障排除技术的应用方法和策略。详细阐述了故障诊断的流程、常用的检测工具和技术, 以及针对不同类型故障的解决措施。通过案例分析, 总结了经验教训, 为维修电工在实际工作中快速准确地排除电气故障提供了有益的参考。

关键词

维修电工; 电气故障排除; 技术应用

1 引言

电气故障是电力系统运行过程中不可避免的问题, 它可能由多种因素引起, 如设备老化、安装不当、操作失误、自然灾害等。维修电工在面对电气故障时, 需要具备扎实的理论基础和丰富的实践经验, 才能快速、准确地定位故障并予以排除。然而, 由于电气系统本身的复杂性和多样性, 电气故障的排除并非易事。因此, 对电气故障排除技术的研究具有重要的现实意义。本研究通过对维修电工电气故障排除技术的研究, 结合具体案例分析了电气故障的常见类型及其成因, 探讨了具体故障排除流程, 旨在为维修电工提供一套系统性的故障排除技术方案。

【作者简介】林忠民(1972-), 男, 中国广东中山人, 高级技师, 从事高低压电能计量、充电桩维护研究。

2 电气故障的类型及基本诊断方法

2.1 电气故障的类型和特点

2.1.1 断路故障

断路故障是指电气设备或线路中由于绝缘损坏、过载、短路等原因, 导致电流无法正常流通的故障。断路故障会造成电路中断, 无法供电。还可能产生电弧, 引发火灾, 对设备产生损害, 降低使用寿命。

2.1.2 短路故障

短路故障是指电气设备或线路中, 由于绝缘损坏、接线错误等原因, 导致电流迅速增大, 产生高温、电弧等现象。短路故障时, 电流迅速增大, 引起设备过载; 产生高温、电弧, 引发火灾; 设备损坏严重, 影响供电稳定性。

2.1.3 接地故障

接地故障是指电气设备或线路的带电部分与地之间的绝缘损坏, 导致电流通过接地线流入大地。接地故障导致电

流流入大地，可能造成人身伤害；影响设备正常工作，降低供电质量；还可能引发火灾、爆炸等事故。

2.1.4 其他故障类型

除了上述三种常见故障外，电气故障还包括过载故障、过压故障、欠压故障、漏电故障等类型。过载故障由于负载过大，导致电流超过设备额定电流，损坏设备。过压故障是电压超过设备额定电压，可能损坏设备。欠压故障时电压低于设备额定电压，影响设备正常工作。漏电故障时设备或线路绝缘损坏，导致电流泄漏，可能造成人身伤害。

2.2 故障诊断的基本方法

2.2.1 直观检查法

直观检查法是电气故障诊断中最基本的方法，主要依靠操作人员的经验和技能，通过观察电气设备的外观、运行状态、声音、温度等来判断故障。检查电气设备的绝缘情况，观察是否有裂纹、老化、破损等现象。检查电气设备的连接线，看是否有松动、短路、断路等现象。检查电气设备的运行状态，如振动、噪音、温度等，判断是否存在异常。检查电气设备的操作机构，如按钮、开关、插座等，看是否存在卡死、接触不良等问题。

2.2.2 测量法

测量法是利用各种电气测量仪器，对电气设备进行定量检测，以判断故障的方法。使用电压表、电流表、电阻表等测量电气设备的电压、电流、电阻等参数。使用示波器、万用表等仪器观察电气信号的波形、频率等特性。使用绝缘电阻测试仪、接地电阻测试仪等检测电气设备的绝缘性能。

2.2.3 分析法

分析法是根据电气设备的原理、结构和工作特性，结合现场实际情况，对故障现象进行分析，找出故障原因的方法。分析电气设备的运行原理，找出可能产生故障的环节。分析电气设备的结构特点，找出可能导致故障的部位。分析电气设备的工作环境，找出可能引起故障的外部因素。

2.2.4 试验法

试验法是对电气设备进行功能性试验，以判断故障的一种方法。空载试验观察电气设备在无负载状态下的运行情况。负载试验观察电气设备在负载状态下的运行情况。短路试验检测电气设备的短路电流、短路时间等参数。绝缘试验检测电气设备的绝缘性能。

3 案例分析

3.1 案例一：工厂生产线电机故障

3.1.1 故障现象描述

某工厂生产线上一台电机在运行过程中突然发生剧烈振动，伴随有异常噪音，且电机温度升高，运行效率明显下降。故障发生后，电机无法正常工作，影响了生产线的正常运转。

3.1.2 故障诊断过程

维修电工在接到维修通知后，首先检查电机及连接线缆，发现电机外壳存在明显的变形，且部分螺丝松动。检查连接线缆，发现绝缘层有磨损现象。使用万用表测量电机三

相电流，发现三相电流不平衡，且电流值明显偏高。使用电机测试仪对电机进行测试，发现电机绕组绝缘电阻下降，绕组存在短路现象。

3.1.3 故障原因分析

电机外壳变形，导致电机不平衡，产生剧烈振动和异常噪音。电机连接线缆绝缘层磨损，导致线缆短路，三相电流不平衡。电机绕组绝缘电阻下降，存在短路现象，导致电机温度升高，运行效率下降。

3.1.4 排除故障的措施和方法

修复电机外壳变形，重新紧固螺丝。更换绝缘层磨损的线缆，对电机绕组进行修复或更换，提高绝缘电阻。对电机进行平衡调整，确保电机正常运行。

3.1.5 案例总结与经验教训

应定期对电机及连接线缆进行外观检查，及时发现并处理隐患。加强电机维护保养，提高电机绝缘性能。定期对电机进行测试，确保电机正常运行。针对不同故障原因，采取相应的维修措施，提高维修效率。

3.2 案例二：办公楼照明系统故障

3.2.1 故障现象描述

某办公楼照明系统在夜间突然出现大面积故障，部分灯具不亮，部分灯具闪烁，且故障区域分布不均。

3.2.2 故障诊断过程

对故障区域内的线路进行仔细检查，发现部分线路存在破损、老化现象，部分线路接头松动。对故障灯具进行检测，发现部分灯具存在灯泡烧坏、电路板损坏等问题。对配电箱进行检查，发现部分开关跳闸，且配电箱内线路排列混乱。

3.2.3 故障原因分析

线路破损、老化导致电流泄漏，引起部分灯具不亮或闪烁。灯具本身存在问题，如灯泡烧坏、电路板损坏等。配电箱内线路排列混乱，导致部分开关跳闸，影响照明系统正常运行。

3.2.4 排除故障的措施和方法

对破损、老化的线路进行更换，对松动接头进行紧固。对损坏的灯具进行更换，确保照明系统正常运行。对配电箱内线路进行整理，确保线路排列整齐，避免开关跳闸。

3.2.5 案例总结与经验教训

定期对线路、灯具进行巡检，及时发现并处理潜在隐患。加强对电工维修人员的技术培训，提高维修水平。规范配电箱内线路排列，确保照明系统安全稳定运行。在维修过程中，注意安全操作，避免发生安全事故。

3.3 案例三：小区配电室电气设备故障

3.3.1 故障现象描述

在某小区配电室，近日频繁出现电气设备故障，具体表现为配电箱内部分电气元件突然停止工作，照明和动力设备无法正常运行，且故障发生时伴有明显的火花和异常噪音。该小区配电室电气设备故障处理流程如图 1 所示。

3.3.2 故障诊断过程

经现场检查，发现配电箱内部分电气元件表面有烧毁

痕迹,绝缘层破损,部分接点松动。对故障设备进行电气参数测量,发现电流、电压等参数严重超出正常范围。对配电室的控制系统进行检查,发现部分控制线路存在短路现象。

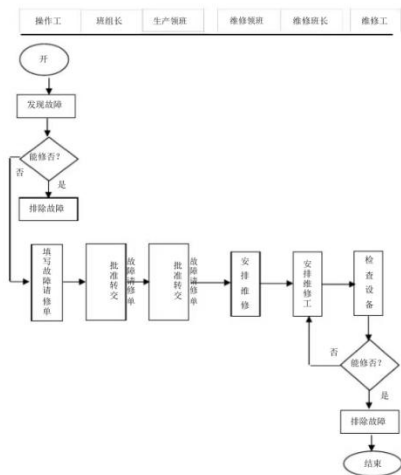


图1 配电室电气设备故障处理流程

3.3.3 故障原因分析

配电箱内部分电气元件使用年限较长,绝缘性能下降,导致短路故障。部分接点由于长期使用,出现松动现象,导致接触不良,引发短路故障。控制线路存在短路现象,导致电气设备无法正常运行。

3.3.4 排除故障的措施和方法

对配电箱内老化严重的电气元件进行更换,提高绝缘性能。对松动接点进行紧固处理,确保接触良好。对控制线路进行排查,找出短路点并进行修复。

3.3.5 案例总结与经验教训

定期对配电室设备进行检修和维护,及时发现并解决潜在故障。加强对电气设备的绝缘性能检查,确保设备安全运行。对配电室人员进行专业培训,提高故障排除能力。建立完善的故障应急预案,确保故障发生时能够迅速处理,降低损失。

4 电气故障排除技术的应用策略

4.1 建立完善的故障诊断流程

对电气设备的故障现象进行详细记录,包括故障发生的时间、地点、原因、影响范围等,为后续故障诊断提供依据。根据故障信息,结合电气设备的运行原理和故障特点,对故障现象进行分析,初步判断故障类型和可能的原因^[1]。针对初步判断的故障原因,通过查阅相关资料、现场观察、仪器检测等方法,进一步排查故障原因。根据故障原因,采取相应的措施进行故障处理,包括更换故障部件、调整设备参数、修复故障等。对故障处理过程进行总结,分析故障原因,提出改进措施,以防止类似故障再次发生。

4.2 加强对电气设备的日常维护和管理

根据电气设备的运行特点和使用环境,制定相应的维护计划,包括日常检查、定期保养、专项检查等。利用先进的监测技术,对电气设备的运行状态进行实时监控,及时发现并处理异常情况^[2]。详细记录设备的维护情况,包括维护

时间、维护内容、维护人员等,以便于后续的故障分析和设备管理。根据实际需求,合理配置电气设备,降低故障发生率。提高电气设备操作人员的安全意识,确保设备在安全、稳定的状态下运行。

4.3 提高维修电工的技术水平

定期组织维修电工进行电气原理、电路分析、故障诊断等方面的培训,提高维修电工的理论基础。通过现场实操、模拟故障排除等方式,锻炼电工的动手能力和故障处理能力。鼓励维修电工参加行业研讨会、技术交流活动,学习先进技术和经验,拓宽视野^[3]。建立技能考核制度,对维修电工进行定期考核,确保其技术水平符合岗位要求。建立师徒传承机制,经验丰富的电工可以担任徒弟的导师,传授技艺,促进技艺传承。

4.4 合理运用检测工具和仪器

根据故障现象和设备特点,选用合适的检测工具,如万用表、示波器、频率计等。维修电工应熟练掌握各种检测工具的使用方法,确保检测结果的准确性。确保检测工具的准确性和稳定性,减少误差^[4]。针对特殊故障,探索新的检测方法,提高检测效率。对检测工具进行分类、编号、登记,确保工具的合理使用和保养。

4.5 推广先进测试设备的应用

关注国内外电气故障排除技术发展趋势,引进先进的测试设备,提高故障诊断和排除能力。对先进测试设备进行宣传和推广,让更多维修电工了解和掌握其使用方法。结合实际工作,合理运用先进测试设备,提高故障排除效率^[5]。通过以上策略,可以有效提升电气故障排除技术应用效率,为中国电气设备的正常运行提供有力保障。

5 结论

电气故障类型多样,包括短路、断路、接地、过载、漏电等。了解故障类型有助于维修电工快速定位问题。电阻测试、电压测试、电流测试和仪器测试等方法在实际操作中具有重要作用,维修电工应根据具体情况灵活运用。为提高故障排除效率,建议建立完善的故障诊断流程、加强对电气设备的日常维护和管理、提高维修电工的技术水平,合理运用检测工具和仪器以及推广先进测试设备的应用。通过对维修电工电气故障排除技术的研究,有助于提高电力系统的运行稳定性和安全性,为中国电力事业的发展提供有力保障。

参考文献

- [1] 雷楠南,刘珂.数控机床电气系统故障诊断与排除方法研究[J].安徽电子信息职业技术学院学报,2023,22(2):7-12.
- [2] 高义君,张婧.电工维修技能中的故障排除技术应用[J].电子元器件与信息技术,2023,7(6):218-221.
- [3] 冯嘉维.机械设备电气维修与故障排除技术研究[J].中国设备工程,2022(4):80-82.
- [4] 李俊勇,侯成杰.机械设备电气维修与故障排除技术及方法探讨[J].清洗世界,2021,37(5):89-90.
- [5] 刘志明.机械设备电气维修与故障排除技术及方法探讨[J].科技创新导报,2020,17(3):82-83.

CFG Pile Composite Foundation Reinforcement Construction Technology in Housing Construction Project

Hemin Zhu

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

Abstract

CFG pile (Cement Fly ash Gravel Pile), also known as cement fly ash gravel pile, is a composite foundation technology widely used for soft soil foundation reinforcement. With the continuous acceleration of urbanization, the construction of high-rise buildings and large-scale infrastructure is increasing, and the requirements for foundation treatment technology are also becoming higher and higher. CFG pile, as an efficient and economical method of foundation reinforcement, has been widely used in building construction due to its simple construction, high bearing capacity, and strong durability. The paper mainly explores the application of CFG piles in building construction projects, and analyzes in detail their reinforcement principles, construction techniques, quality control, as well as possible problems and solutions encountered during construction. As an efficient foundation reinforcement technology, CFG pile composite foundation reinforcement construction technology has broad application prospects in building construction projects.

Keywords

CFG pile; composite foundations; reinforcement technology; construction technology; quality control

房建工程中 CFG 桩复合地基加固施工技术

朱贺民

建研凯勃建设工程咨询有限公司，中国·北京 100080

摘 要

CFG桩（Cement-Fly ash-Gravel Pile），即水泥粉煤灰碎石桩，是一种广泛应用于软土地基加固的复合地基技术。随着城市化进程的不断加快，高层建筑和大型基础设施建设日益增多，对地基处理技术的要求也越来越高。CFG桩作为一种高效、经济的地基加固方法，因其施工简便、承载力高、耐久性强等特点，在房建工程中得到了广泛应用。论文主要探讨了CFG桩在房建工程中的应用，详细分析了其加固原理、施工工艺、质量控制以及施工中可能遇到的问题和解决方法。作为高效的地基加固技术，CFG桩复合地基加固施工技术在房建工程中具有广泛的应用前景。

关键词

CFG桩；复合地基；加固技术；施工工艺；质量控制

1 引言

随着城市化进程的加快，高层建筑和大型基础设施建设日益增多，对地基承载力的要求也越来越高。CFG桩作为一种有效的地基加固方法，因其成本低、承载力高、施工速度快等优点，在房建工程中得到了广泛应用。

2 CFG 桩加固原理

CFG桩加固技术作为高效的地基处理方法，通过将水泥、粉煤灰、碎石和水按照特定比例混合制成桩体，与桩间土体共同作用，形成复合地基，从而显著提高地基的承载力和稳定性。其加固原理首先体现在桩体置换作用上，即CFG桩体本身具有较高的强度和刚度，能够直接承担上部

结构的荷载，尤其是在软土地基条件下，这种置换作用尤为明显。当CFG桩打入地基中时，其不仅取代了部分软弱土体，还通过自身的高强度特征，形成稳定的支承点，有效分散上部荷载，减少地基沉降的可能性^[1]。此外，CFG桩的施工过程往往伴随着强烈的挤密作用，该过程能够显著提高桩周土体的密实度，进而增强地基的整体承载能力。具体来说，CFG桩在打入地基的过程中，会对周围的土体产生挤压效应，使得桩周土体的孔隙率降低，颗粒间的接触更加紧密，从而提高土体的抗剪强度和压缩模量，增强地基的稳定性和承载力。CFG桩加固原理如图1所示。

CFG桩加固原理的另一个重要方面是桩间土体的加固作用以及桩土应力比的调整。桩间土体的加固主要通过CFG桩的挤密作用实现，即在CFG桩施工过程中，桩体对周围土体的挤压使得土体的密实度增加，从而提高了土体的力学性能。这种挤密作用不仅限于桩周土体，还会影响到更

【作者简介】朱贺民（1976），男，中国安徽阜阳人，工程师，从事建筑工程施工研究。

大范围内的土体,使得整个地基的均匀性得到改善,承载力显著提升。同时,通过合理的设计,可以调整 CFG 桩与桩间土体之间的应力分配,使得 CFG 桩承担更多的荷载,而桩间土体的应力得到有效降低。

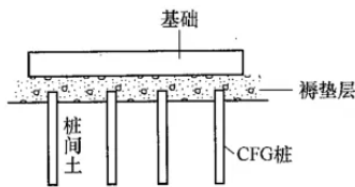


图 1 CFG 桩加固原理示意图

3 施工工艺

3.1 施工准备

施工准备是 CFG 桩施工过程中的关键步骤,它直接影响到后续施工的质量和效率。首先,场地平整是必不可少的一项工作,需要彻底清除施工区域内的一切障碍物,如石头、树根、建筑垃圾等,确保施工现场无障碍物干扰。其次,使用推土机或挖掘机对场地进行平整,使其达到设计要求的平整度,必要时还需进行碾压,以确保地基的稳定性和承载力。场地平整完成后,需要进行详细的测量放线工作,这是确保桩位准确无误的前提。根据设计图纸,使用全站仪或经纬仪等精密仪器,精确测定并标记出每一个桩位的位置,误差应控制在允许范围内,通常不超过 $\pm 50\text{mm}$ 。此外,还需要设立临时基准点,用于后续施工过程中的复核。最后,设备选择也是施工准备的重要环节,应根据工程规模、地质条件和施工环境等因素,选择合适的打桩机和配套设备。常用的打桩机包括长螺旋钻机、振动沉管机等,它们各自具有不同的适用范围和特点。例如,长螺旋钻机适用于干作业成孔,适用于地下水位较低的场地;而振动沉管机则适用于湿作业成孔,适用于地下水位较高的场地。选择合适的设备不仅可以提高施工效率,还能确保施工质量,为后续工序的顺利进行奠定基础。

3.2 桩体材料配比

桩体材料的配比是 CFG 桩施工中的核心技术之一,直接影响到桩体的强度和耐久性。根据地质条件和设计要求,合理确定水泥、粉煤灰、碎石和水的比例是确保桩体性能的关键。一般来说,水泥和粉煤灰是主要的胶凝材料,其全部掺量决定了桩体的强度和耐久性。水泥通常选用普通硅酸盐水泥,粉煤灰则选用 I 级或 II 级粉煤灰,这两种材料的掺量应根据试验结果进行调整。碎石作为骨料,其粒径和级配对桩体的力学性能有着重要影响,常用的碎石粒径范围为 $5\sim 31.5\text{mm}$,级配应连续,以确保混合料的流动性和密实度。水的用量则需要严格控制,过多或过少都会影响混合料的性能。通常情况下,水灰比(水与水泥和粉煤灰总量之比)应在 $0.35\sim 0.5$ 之间,具体数值应通过试验确定。

3.3 桩体施工

桩体施工是 CFG 桩施工的核心环节,需要严格按照设计要求和施工规范进行,确保桩体的质量和性能。第一,桩机就位是施工的第一步,需要将打桩机精确移动至指定桩位,确保桩位的准确性。第二,桩体成孔,常用的成孔方法包括长螺旋钻机成孔和振动沉管成孔。长螺旋钻机成孔适用于地下水位较低的场地,通过旋转钻杆将土体排出孔外,形成孔洞;振动沉管成孔则适用于地下水位较高的场地,通过振动沉管将土体挤向四周,形成孔洞。无论采用哪种方法,都需确保成孔深度和直径符合设计要求,同时避免孔壁坍塌。成孔完成后,进入桩体灌注阶段,将事先配制好的混合料通过钻杆或沉管灌入孔内,边灌注边缓慢拔出钻杆或沉管,确保混合料充分填满孔洞,不留空隙。灌注过程中应保持连续性和均匀性,避免出现断桩或夹层现象^[2]。第三,桩头处理是确保桩顶标高符合设计要求的重要步骤,通常需要在灌注完成后,对桩头进行切割或打磨,去除多余的混合料,确保桩顶平整且标高准确。

3.4 施工注意事项

在 CFG 桩施工过程中,需要注意多个细节,以确保施工质量和安全。第一,确保桩位准确是施工的前提,任何桩位偏差都可能影响到整个地基的稳定性和承载力。因此,在施工前必须进行精确的测量放线,确保桩位误差控制在允许范围内,通常不超过 $\pm 50\text{mm}$ 。此外,桩位标记应清晰可见,便于施工人员识别。第二,控制混合料的配比和灌注质量是确保桩体性能的关键。混合料的配比应严格按照试验结果进行调整,确保水泥、粉煤灰、碎石和水的比例合适,同时需注意混合料的和易性,避免出现离析或泌水现象。灌注过程中,应保持连续性和均匀性,避免出现断桩或夹层现象,确保桩体内部结构致密。第三,还需注意防止塌孔和缩径现象的发生,这是成孔过程中常见的问题。塌孔主要是由于孔壁土体不稳定或钻杆提升速度过快所致,可通过调整钻杆提升速度或在孔壁注入泥浆进行防护。缩径则是由于孔壁土体受到挤压而发生收缩,可通过调整钻杆直径或增加钻杆的旋转速度来解决。施工过程中,还需定期对设备进行检查和维护,确保其正常运行,避免因设备故障导致的施工中断。

4 质量控制

4.1 材料质量控制

材料质量控制是 CFG 桩施工中确保工程质量的基础环节。在施工前,必须对水泥、粉煤灰、碎石等原材料进行严格的质量检验,确保所有材料均符合相关标准和设计要求。水泥作为主要的胶凝材料,应选用符合国家标准 of 普通硅酸盐水泥,出厂前需提供合格证书,并进行进场复检,重点检测其细度、凝结时间和安定性等指标。粉煤灰则应选用 I 级或 II 级粉煤灰,具有良好的活性和细度,能够有效提高桩体的强度和耐久性。粉煤灰同样需要提供合格证书,

并进行进场复检，重点检测其细度、需水量比和烧失量等指标。碎石作为骨料，其质量直接影响到混合料的流动性和密实度，应选用质地坚硬、级配良好的碎石，常用粒径范围为5~31.5mm，进场后需进行筛分试验，确保其级配符合设计要求。

4.2 施工过程控制

施工过程控制是确保 CFG 桩施工质量的关键环节，需要对各个环节进行实时监控和严格管理。第一，桩体成孔深度、灌注量和拔管速度是影响桩体质量的重要参数，必须进行实时监控。成孔深度应严格按照设计要求进行，误差控制在 $\pm 50\text{mm}$ 以内，确保桩体达到预定深度。灌注量需根据孔径和孔深精确计算，确保混合料充分填满孔洞，不留空隙。拔管速度应适中，过快会导致混合料无法充分填充孔洞，过慢则可能引起混合料离析，通常拔管速度控制在 $2\sim 3\text{m/min}$ 。第二，桩体的垂直度和位置偏差也是施工过程控制的重点，桩体的垂直度直接影响到桩体的承载力和稳定性，确保桩体位置准确无误。施工过程中，应定期使用经纬仪或全站仪对桩体的垂直度和位置进行检查，发现问题及时纠正。第三，对完成的桩体进行抽芯检测，评估桩身质量。抽芯检测应在桩体养护期结束后进行，通常养护期为 28 天。通过抽芯检测，可以直观地观察到桩体内部的密实度和均匀性，评估桩体的强度和耐久性。如果发现桩体内部存在空洞、夹层或离析等质量问题，应及时采取补救措施，确保桩体质量符合设计要求。

4.3 成果检验

成果检验是 CFG 桩施工质量控制最后环节，通过科学的方法对复合地基的承载力和稳定性进行评估，确保地基加固效果达到设计要求。常用的检验方法包括静载试验和动力触探等。静载试验是评估复合地基承载力和沉降特性的最直接方法，通过在桩顶施加逐渐增大的荷载，记录桩顶的沉降量，绘制荷载 - 沉降曲线，从而确定复合地基的极限承载力和容许沉降值。静载试验应选择代表性桩位进行，试验前需对桩顶进行适当的处理，确保试验结果的准确性。动力触探则是通过锤击的方式，评估地基土的密实度和承载力，适用于浅层地基的检测。动力触探试验应选择多个点进行，确保检测结果的代表性。

5 施工中常见问题及解决方法

5.1 桩体偏位

桩体偏位是 CFG 桩施工中常见的问题之一，主要原因在于施工机械定位不准确或操作不当。桩体偏位不仅会影响桩体的承载力和稳定性，还可能导致桩间土体的不均匀沉降，影响整个地基的性能。为解决这一问题，首先需要加强施工过程中的监控，确保桩机定位准确。在桩机就位前，应

使用全站仪或经纬仪对桩位进行精确测量和标记，确保桩位误差控制在 $\pm 50\text{mm}$ 以内。桩机就位后，需进行水平和垂直校准，确保钻杆的垂直度误差控制在 $\pm 1^\circ$ 以内。施工过程中，应安排专人负责监控桩机的位置，及时发现并纠正偏位现象。

5.2 桩体强度不足

桩体强度不足是 CFG 桩施工中另一个常见的问题，主要原因在于混合料配比不当或搅拌不均匀。桩体强度不足会严重影响桩体的承载能力和耐久性，可能导致地基加固效果不达标。为解决该问题，首先需要优化混合料的配比，确保水泥、粉煤灰、碎石和水的比例符合设计要求。施工前应进行充分的试验，确定最合适的配比，确保混合料具有良好的流动性和密实度。其次，加强混合料的搅拌质量控制，确保混合料均匀一致。搅拌过程中应保持连续性和均匀性，避免出现离析或泌水现象。搅拌设备应定期进行检查和维护，确保其正常运行。最后，混合料在运输和灌注过程中也需注意防止离析，确保混合料的均匀性。对于已经完成的桩体，可以通过抽芯检测来评估桩体的强度和密实度，如果发现桩体强度不足，可以采取补桩或注浆等补救措施。通过这些措施，可以有效提高桩体的强度和耐久性，确保地基加固效果达到设计要求。

5.3 桩间土体隆起

桩间土体隆起是 CFG 桩施工中常见的另一类问题，主要原因在于桩体施工过程中对土体的挤压作用。桩间土体隆起不仅会影响地基的平整度，还可能导致局部土体的承载力下降，影响整个地基的稳定性。为解决此问题，需要合理安排施工顺序，减少对土体的扰动。施工时应遵循由外向内、逐排推进的原则，避免在同一区域内集中施工，减少土体的重复挤压^[1]。此外，可以采用分段施工的方法，将施工区域划分为若干个小块，逐块进行施工，每完成一个小块后，待土体稳定后再进行下一个区域的施工。

6 结语

CFG 桩复合地基加固技术在房建工程中具有显著的加固效果和经济效益。通过合理的设计、严格的施工工艺和质量控制，可以有效解决软土地基承载力不足的问题，保证建筑物的安全和稳定。

参考文献

- [1] 陈武,梅翰文,蔡诚秀,等.PHC管桩复合地基失稳分析及加固处治设计[J].公路工程,2024,49(3):85-90.
- [2] 庄付岭.房建工程中CFG桩复合地基加固施工技术探讨[J].居业,2024(2):22-24.
- [3] 童伟章.某房建项目CFG桩复合地基加固技术要点分析[J].江西建材,2021(12):287-289.

Analysis of Influencing Factors of Dynamic Management of Housing Construction Cost

Xiaoduo Lin

Zhejiang Zhengjian Construction Engineering Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang, 325200, China

Abstract

In the current development of the construction industry, the construction scale is expanded, especially the housing engineering requirements increase, the investment increases, the housing construction cost changes greatly, affecting the stable development of the housing construction market economy. In this trend, in order to stabilize the market order, meet people's needs, and effectively safeguard people's rights and interests, it is necessary to strengthen the cost control and management, improve the status and role of the cost management in the construction project management, to ensure the smooth completion of the project. However, in the process of housing construction, it will be managed by multiple factors, which requires construction enterprises to start from the whole life cycle. Build the whole process of dynamic cost management system, the use of organization, technology, economy and other key means to strengthen the dynamic cost management, control the influencing factors, formulate systematic control measures, improve the investment efficiency.

Keywords

building; dynamic cost management; marketing factor; solutions

房屋建筑造价动态管理的影响因素分析及解决对策

林晓多

浙江正匠建设工程有限公司，中国·浙江温州 325200

摘 要

在当前建筑行业的发展下使得建筑规模扩大，尤其是房屋工程要求提高、投资增加，房屋建筑造价变化大，影响了房屋建筑市场经济的稳定发展。在这一趋势下为了稳定市场秩序，满足人们的需求，切实维护人们的权益，需要加强造价控制和管理，提升造价管理在建筑工程管理中的地位和作用，确保项目顺利建设完成。但是在房屋建筑建造过程中会受到多个因素的管理，需要建筑企业从全生命周期入手。构建全过程动态化造价管理体系，运用组织、技术、经济等关键性手段加强造价动态管理，把控影响因素，制定系统性的控制措施，提高投资效益。

关键词

房屋建筑；造价动态管理；营销员因素；解决对策

1 引言

房屋建筑造价管理包括多个方面，受施工队伍、设计、施工、市场等多方面因素的影响，导致造价会出现动态变化，影响总投资、总效益、总成本，因此要加强控制。在当前建筑行业的发展下，人们对房屋建筑的要求提高，为了提高效益、降低成本、有效控制房屋建筑总成本，需要加强造价动态化管理。科学分析和评估造价动态管理的影响因素，预测各个阶段的成本变化趋势、特点，可以从细节上入手控制，针对性地管控各个阶段的成本，提高成本管理效果，确保施工企业经济效益和建设效益不受影响，达到预期目标。

2 房屋建筑造价动态管理的作用

在当前建筑行业的发展下，建筑规模扩大、结构复杂，与之而来的也有成本过高、投资增加、效益降低等问题，严重影响了造价控制效果，导致造价水平变化大，因此要加强造价管理。通过动态化管理确保投资更加精准、有效、成本可控、效果最佳。并在项目前期投标报价时更具有竞争力、降低投资风险、降低成本、确保效益最大化，实现甲乙双方的目标。另外，在造价动态管理下可以解决造价管理难题，提升管控效果，科学分析和整理各个单位的造价信息，全面把握单位外部运营环境，根据内部需求和实际情况调整经营模式，形成经济、可行的造价控制方案，确保企业的长远发展^[1]。

3 房屋建筑造价动态管理的影响因素

3.1 工程造价编制影响

在房屋建筑造价动态管理中要做好预算编制的评估和

【作者简介】林晓多（1981-），男，中国浙江温州人，本科，高级工程师，从事建筑管理研究。

分析,但是在实际中单位不重视预算编制,没有认识到预算编制对工程造价的影响,没有根据规范要求编制,导致编制内容不全面、不合理,无法保障工程质量和效益。这是因为编制人员专业能力不高、经验不足、水平低下,没有综合考虑工程实际情况,没有勘察细节内容,编制不全面、不深入,漏洞多,无法准确估算工程投资总额、建设成本、工程量。在实际编制时只注重简单的资料搜集、现场信息搜集,没有深入评估、计算,没有综合考察,技术方案不符合实际情况。同时,编制人员也没有根据要求做好限额设计,影响了造价动态管理工作的进行。

3.2 房屋建筑设计影响

在房屋造价编制后就需要进行设计,通过合理的设计指导后期施工活动的进行,因此设计方案的好坏直接影响造价水平的高低、投资成本的高低。调查发现,在造价动态管理中房屋建筑设计还存在较大的问题,具体表现如下:设计单位没有根据设计规范、行业规范,现场实际情况做好施工组织设计,没有合理规划内容,没有科学配置各项资源和要素,导致资金浪费严重,无法实现资源的高效利用,影响了综合效益的提升。同时设计单位现场勘察不到位,没有合理计算工程量,没有进行市场评估,导致设计图纸和方案经济性、科学性不足,无法为造价管理提供依据。

3.3 房屋建筑施工影响

施工阶段是非常重要的阶段,这一阶段造价管理的好坏直接关系到项目总投入情况,综合效益,但是在实际中单位不重视这一阶段的造价管理,没有根据项目建设情况制定评估施工中的影响因素,没有做好风险评估,现有的管理手段落后、管理制度不完善,不符合实际情况,导致人员、材料、设备等配置不合理,浪费严重,无法满足各个阶段的施工要求。同时施工单位也没有做好各个部门、各个专业、各项作业的协调工作,各个工作存在冲突和矛盾问题,影响了施工活动的有效进行,导致各个阶段存在费用超标、资源浪费、进度停滞不前的问题。在这一情况之下出现了额外费用,影响了造价管理水平的提高^[2]。

3.4 竣工结算验收影响

调查发现,在房屋建筑工程竣工结算阶段还存在工程量计算不准确、工程款结算不准确、结算不及时的问题,相关资料不完善、价格调整审核标准不明确等问题,这些问题的存在导致工程造价水平变化大,无法达到要求,影响了造价管理工作的进行。例如,结算人员没有根据预算目标和结算指标,现场情况进行工程款的统计和分析,工程量的计算,材料价格的分析,导致后期产生了各种不合理费用,存在预算超决算的问题,导致投资成本较高。

3.5 管理人员影响

是在实际中管理人员专业能力和素质低下,动态化管理意识不强、积极性不高,不重视该工作,没有根据规范要求和制度开展工作,没有做好阶段性的评估工作,管理过程

不够深入、有效,导致管理目标和实际情况存在偏差。同时管理人员责任意识不强,道德素养不高,容易受到多方面因素的影响,间接地增加了投资成本,导致管理效果不佳,影响了工程综合效益。

4 房屋建筑造价动态管理影响因素的解决对策

4.1 加强造价编制管理

造价编制是造价管理的第一步,也是房屋建筑造价控制的基础和前提,为了顺利推进工程活动需要科学编制,并根据规范要求、设计方案合理编制,提高编制水平,更好地控制造价成本,达到预算编制要求,具体可以从以下几个方面进行:第一,编制人员要根据市场经济情况、行业现状,项目概况,以及设计规范科学估算投资成本、估算工程量,以及市场材料价格等,确保投资估算准确、可靠,达到预算目标,真实地体现项目总投资、总成本、效益情况。第二,在预算编制时要选择科学的方法,可以采用成本控制法、限额设计等,确保符合实际情况,可以全面分析不同阶段的投资成本、材料耗费情况、人力消耗情况等,实时搜集信息数据,做好全过程的评估和分析,确保数据信息真实、准确,为编制提供依据。第三,编制人员要根据设计需求和要求审核和分析编制内容,确保符合工程建设目标,提高编制水平,为后期造价动态化管理提供依据,提高造价管理水平。

4.2 加强设计造价控制

房屋建筑设计阶段是非常重要的阶段,是造价动态管理的重点,对后期施工阶段的成本估算、成本控制有一定的指导作用,因此需要单位科学设计方案,根据预算目标和要求,现场情况进行限额设计,评估各个阶段的费用投入需求。可以根据工程量、现场情况、建设要求设计图纸,并根据设计方案做好现场评估和对比,可以采用先进技术模拟施工活动,精准计算工程量,确保设计方案科学、合理、经济、可行,达到要求。同时在设计后设计人员需要和预算人员沟通交流,了解实际情况,详细核查工作量,确保成本最低、效益最大,提高建设效果。另外,在设计时要深入调查,了解市场价格变化情况、行业趋势,确保设计概算真实、准确,内容合理,有效控制造价。设计后还需要做好各项交接工作,确保施工人员明确意图,实现各个阶段的层层指导和管控,避免出现限额情况^[3]。

4.3 加强造价动态管控

施工阶段是房屋建筑造价动态管理的重中之重,也是影响因素最多的阶段,如果控制不到位会直接影响造价水平、投资总额的高低,影响最终的效益。因此需要单位从全过程出发综合分析项目总投资、资源总耗费情况,根据项目类型科学分配各项资源和要素,并优化施工组织设计,做好各方面影响因素的评估和分析,确保施工活动顺利进行。同时在施工中单位需要综合考虑各方面因素的影响,比如人员、技术、工艺、材料、设备、进度等,做好统计和分析工

作。并做好市场调研,了解市场价格变化情况,及时根据市场变化调整方案和进度计划,避免出现超支出的情况,有效满足实际需求,在保障工程质量和安全的基础上降低成本。另外,还需要考虑气候环境、设计变更、现场签证、业主需求等几个方面的影响因素,及时根据变化重新评估和计算造价费用,合理计算,将成本控制在标准范围内,减少损失,实现效益目标。

4.4 加强竣工结算管理

在房屋造价动态管理中要重视竣工结算阶段的工作,根据现场实际情况和验收结算标准详细计算工程量、核查相关信息、统计资料,做好工程结算工作,避免影响工程综合效益,实现利益目标。故此在竣工结算阶段需要结算人员根据预算目标、结算指标、现场情况、工程项目性质等综合评估和计算各个阶段的费用情况、工程量,确保详细核算所有的资金项目,加强整体性的监督和管控,确保达到要求,降低风险,具体可以从以下几个方面进行:全面搜集工程文件资料,以及数据信息,根据预算目标和结算指标对比分析项目建设实际花费成本情况。严格审查工程量信息,分析偏差产生的原因和材料差价,及时分析和把握超出预算的原因,根据原因制定解决对策,有效控制结算阶段的造价成本。考虑到结算时期会涉及大量的文件资料和信息,为了提高预算结果的准确性,单位要选择科学的结算方法,严格审查成本支出费用。如果发现存在预算超结算、超概算、工程量不合理的情况要分析原因,及时返工整修,并做好新数据的更新和整理,确保各方面情况达标后才可以结算,按时支付工程款,达到造价管理效果,保证效益目标的实现。

4.5 加强人才队伍建设

在房屋造价动态化管理中对人员的专业能力、综合素质、职业素养要求高,需要管理人员掌握多个领域的知识,以及丰富的经验才可以胜任该工作,达到要求,确保人员根据规范要求完成工作,提高动态化管理水平。因此需要建筑企业重视人才队伍在造价动态管理中的作用和价值,加强人才队伍建设,确保造价动态管理更加规范、专业、合规,达到相关要求,具体可以从以下几个方面进行:第一,完善人才培养机制。建筑企业要根据规范要求和自身实际情况提高人才准入门槛,广纳贤人,引进素质高、经验丰富、专业能

力强、理论基础扎实的造价管理人员,确保人才的各方面能力都达到要求,优化人才队伍结构。第二,完善培训机制。企业要加强人员培训和教育,确保人员持证上岗,强化责任意识、安全意识、法律意识,确保人员积极学习、相互配合、协同工作,充分发挥自身能力。第三,单位要完善奖惩机制和人员晋升机制,做好全过程的追踪和评估,加强绩效考核,做好奖励和惩罚,形成奖罚分明的工作氛围,激励人员不断提升自身能力^[4]。

4.6 引进先进技术

在房屋建筑造价动态管理中可以引进大数据、人工智能技术,创建智能化的造价动态管理平台,可以直接通过线上平台实时搜集、分析、更新、整理工程信息、预算信息、进度信息,确保管理部门全面把握现场实际情况和工程进度。同时也可以通过远程监控设备监测现场情况,获取实时数据,为管理人员提供准确、及时的造价信息,便于管理人员调整方案,采取措施干预和控制。同时,在平台上各个部门、班组、人员可以实时沟通和交流,共享信息和资源,实现各项工作的协同推进,减少阻力,实现资金流、信息流的统一,为造价管理提供依据,提高管理水平。另外,单位也可以引进供应商数据管理系统、造价数据分析系统,实时分析数据信息,挖掘潜在数据信息,综合管控投资成本。

5 结语

在房屋建筑建造过程中会产生一系列经济性问题,这些问题具有多变性、复杂性、不稳定性的特点。因此需要采用动态化管理观念和方法解决经济问题,加强成本控制,制定造价管理方案,纠正造价偏差,确保造价更加稳定,科学配置施工过程中的人力、物力、财力资源,提高管理效果。

参考文献

- [1] 张玮.房屋建筑工程造价的动态管控[J].石材,2023(9):112-113+116.
- [2] 徐茂武.房屋建筑工程造价动态管理与优化策略研究[J].工程与建设,2023,37(2):772-775.
- [3] 林豫华.房屋建筑工程造价的动态管理与控制研究[J].江西建材,2022(11):426-427+432.
- [4] 许扬.房屋建筑造价动态管理的措施[J].中国建筑装饰装修,2022(9):105-107.

Research on Thermal Efficiency Improvement Strategy of Thermal Power Plants

Dechang Xie

Tori State Power Investment Power Generation Co., Ltd., Tacheng, Xinjiang, 834700, China

Abstract

This paper focuses on improving the thermal efficiency of thermal power plants. First, the principle of thermal power generation and the concept of thermal efficiency are analyzed, and it is pointed out that the thermal efficiency is the ratio of output electric energy and input fuel chemical energy. By analyzing the heat loss of combustion, heat transfer, steam turbine and other links, such as incomplete combustion, smoke exhaust heat loss, heat loss of boiler, internal friction and residual speed loss, etc., the key to improving the thermal efficiency is clear. Then, strategies such as improving combustion technology, optimizing steam parameters, improving the efficiency of boiler and steam turbine, strengthening the insulation and optimization of thermal system are put forward, and show its application effect combined with actual cases. In short, the improvement of thermal efficiency is of great significance to the development of the thermal power industry, which needs to be comprehensively considered by multiple factors.

Keywords

coal-fired power plant; thermal efficiency improvement; heat loss; improvement strategy

火力发电厂热效率提升策略研究

谢得昌

托里国电投发电有限责任公司，中国·新疆 塔城 834700

摘 要

论文聚焦火力发电厂热效率提升。首先剖析火力发电原理及热效率概念，指出热效率为输出电能与输入燃料化学能之比。通过分析燃烧、传热、汽轮机内等环节的热损失，如不完全燃烧、排烟热损失、锅炉受热面热损失、汽轮机内部摩擦与余速损失等，明确提升热效率的关键。进而提出改进燃烧技术、优化蒸汽参数、提高锅炉和汽轮机效率、加强热力系统保温与优化等策略，并结合实际案例展示其应用效果。总之，热效率提升对火电行业发展意义重大，需综合考量多因素推进

关键词

火力发电厂；热效率提升；热损失；提升策略

1 引言

火力发电作为全球电力供应的重要组成部分，长期以来在满足能源需求方面发挥了关键作用。然而，传统火力发电过程中存在大量的热损失，导致能源利用效率较低。随着能源资源的日益紧张和环境问题的加剧，提高火力发电厂的热效率成为了行业发展的迫切需求。提升热效率不仅可以降低发电成本、减少能源消耗，还能减少温室气体排放等环境影响，对于实现可持续发展目标具有重要意义。

2 火力发电原理与热效率相关概念

2.1 火力发电基本原理

火力发电是通过燃烧化石燃料（如煤、石油、天然气等）将化学能转化为热能，使水变成高温高压蒸汽，蒸汽推动汽

轮机旋转，进而带动发电机发电。在这个过程中，燃料的化学能经过一系列复杂的能量转换过程最终转化为电能。

2.2 热效率

热效率是指火力发电厂输出的有效电能与输入的燃料化学能之比。其计算公式通常为： $\eta = (\text{电能输出} / \text{燃料化学能输入}) \times 100\%$ 。实际计算中，需要考虑各个环节的能量损失，通过测量燃料消耗量、蒸汽参数、发电功率等参数来准确评估热效率。

3 火力发电厂热损失分析

3.1 燃烧过程热损失

3.1.1 不完全燃烧损失

在燃烧过程中，如果燃料不能充分燃烧，未燃烧的燃料将带走一部分化学能，导致热损失。这可能是由于燃烧设备的设计不合理、燃料质量不佳或燃烧工况不稳定等原因造成的。例如，煤粉锅炉中，当煤粉细度 R90（表示煤粉通过 90 μm 筛子的质量百分数）从 20% 增加到 30% 时，飞灰含

【作者简介】谢得昌（1993-），男，中国青海海东人，本科，工程师，从事火力发电研究。

碳量可从 3% 上升到 6% 左右, 导致不完全燃烧热损失增加约 1%~2% 的燃料输入热量。在某大型火力发电厂实测中, 使用低质量煤炭(收到基低位发热量为 18MJ/kg, 挥发分含量为 25%) 且燃烧器故障时, 未完全燃烧的碳损失占总输入热量的比例可达 5%^[1]。

3.1.2 排烟热损失

燃烧后的烟气温度较高, 含有大量的热能。当烟气排出烟囱时, 这部分热能随之散失。排烟温度越高、烟气流越大, 排烟热损失就越大。影响排烟温度的因素包括受热面的积灰、腐蚀情况, 以及空气预热器的性能等。一般来说, 排烟温度每升高 15℃, 排烟热损失增加约 1%。对于一台 600MW 的火力发电机组, 排烟温度从 130℃ 升高到 145℃(烟气流约为 2000t/h), 排烟热损失可增加约 1200kW, 相当于机组热效率降低约 0.2%^[1]。

3.2 传热过程热损失

3.2.1 锅炉受热面热损失

锅炉内的高温烟气将热量传递给工质(水和蒸汽), 但由于受热面的结垢、积灰等问题, 会降低传热效率。结垢会增加热阻, 使得热量不能有效地从烟气传递到工质中, 导致热损失增加。据统计, 锅炉受热面结垢 1mm 厚时, 燃料消耗会增加 8%~10%。以一台 300MW 的锅炉为例, 若受热面平均结垢厚度达到 0.5mm, 由于传热效率降低, 热损失增加约 4%~5%, 导致锅炉热效率降低相应比例^[2]。

3.2.2 管道散热损失

在蒸汽从锅炉到汽轮机以及在热力系统的其他管道输送过程中, 由于管道的保温不完善或老化等原因, 蒸汽的热量会通过管道壁向周围环境散失。对于保温不良的热力管道, 当管道表面温度比环境温度高 50℃ 时, 每米管道的散热损失可达 200~300W。对于一个总长度为 10km 的热力管道系统, 如果平均每米散热损失为 250W, 总散热损失将达到 2500kW, 约占小型火力发电厂输出功率的 1%~2%^[2]。

3.3 汽轮机内的热损失

3.3.1 汽轮机内部摩擦损失

汽轮机的转子在高速旋转过程中, 与蒸汽之间以及各部件之间存在摩擦, 这会消耗一部分蒸汽的能量, 转化为无用的热能。此外, 叶片表面的粗糙度、汽封的密封性能等也会影响摩擦损失的大小。在汽轮机转速为 3000r/min 的情况下, 转子与轴承、轴封等部件之间的摩擦损失可占汽轮机输入功率的 0.5%~1%。若汽轮机叶片表面粗糙度增加 1μm, 蒸汽流动摩擦损失可增加约 2%~3%, 对于一台 500MW 的汽轮机, 可能导致输出功率降低 10~15MW^[3]。

3.3.2 余速损失

蒸汽在离开汽轮机叶片时仍具有一定的速度, 这部分动能未能在汽轮机内有效转化为机械能, 从而造成热损失。对于冲动式汽轮机, 末级叶片出口蒸汽余速损失约占汽轮机理想焓降的 10%~15%。在一些老式汽轮机设计中, 余速损

失可能更高, 可达 20% 左右, 显著降低了汽轮机的效率^[3]。

4 火力发电厂热效率提升策略

4.1 改进燃烧技术

4.1.1 优化燃烧器设计

采用先进的燃烧器, 如低氮燃烧器, 可以使燃料和空气更好地混合, 实现更充分的燃烧。例如, 旋流燃烧器通过产生旋转气流, 使煤粉和空气在炉膛内形成良好的湍流混合, 提高燃烧效率。同时, 可调节的燃烧器能够根据不同的负荷需求, 灵活调整燃料和空气的供给量, 保证在各种工况下都能达到较好的燃烧效果。某电厂采用新型低氮旋流燃烧器后, 通过现场试验测量, 氮氧化物排放量降低了 30%, 同时燃烧效率提高了 3%~5%。在对燃烧器进行改造后的一个月连续运行监测中, 飞灰含碳量平均降低了 2.5 个百分点, 锅炉热效率提高约 1.8%^[4]。

4.1.2 燃料预处理

对于固体燃料, 如煤炭, 可以进行洗选、破碎和筛分等预处理。洗选煤炭可以去除其中的杂质, 提高煤炭质量, 使燃烧更充分。将煤炭破碎到合适的粒度, 有助于增加煤粉与空气的接触面积, 加速燃烧过程, 减少不完全燃烧损失。煤炭洗选后, 灰分可降低 5%~10%, 硫分降低 30%~50%。例如, 某煤矿的原煤经过洗选后, 灰分从 30% 降到 25%, 用于火力发电时, 燃烧稳定性提高, 不完全燃烧损失减少约 1.5%。将煤炭破碎到合适粒度(如平均粒径从 50μm 降低到 30μm), 在实验室模拟燃烧试验中, 燃烧速度可提高 20%~30%^[4]。

4.2 优化蒸汽参数

4.2.1 提高蒸汽压力和温度

提高蒸汽的初始压力和温度可以增加蒸汽的做功能力。在材料允许的范围内, 适当提高主蒸汽压力和温度, 可显著提高汽轮机的效率。例如, 从亚临界(16.7MPa、538℃)到超临界(24.2MPa、566℃)参数变化, 机组热效率可提高约 2%~3%。超超临界机组(压力大于 25MPa、温度大于 600℃)相比超临界机组, 热效率又可进一步提高 2%~4%。以一台 1000MW 的超超临界机组为例, 与亚临界机组相比, 每年可节约标准煤约 30 万吨^[5]。

4.2.2 采用再热循环

再热循环是将汽轮机高压缸排出的蒸汽再次送回锅炉进行加热, 然后再进入中压缸和低压缸继续做功。这样可以提高蒸汽的干度, 减少汽轮机末级叶片的湿汽损失, 同时提高整个循环的热效率。采用一次中间再热后, 汽轮机的排汽湿度可从无再热时的 15%~20% 降低到 10% 以下, 机组热效率可提高约 4%~5%。对于一台 660MW 的机组, 再热蒸汽温度每提高 10℃, 机组热效率可提高约 0.3%~0.5%^[5]。

4.3 提高锅炉和汽轮机效率

4.3.1 锅炉受热面的优化

定期对锅炉受热面进行清灰和除垢处理, 可提高传热

效率。采用新型的高效传热管,如螺旋肋片管、内螺纹管等,可以增强传热效果。此外,合理布置受热面的结构和面积,根据不同的燃料特性和燃烧工况,优化炉膛、过热器、再热器、省煤器和空气预热器等受热面的参数,使热量能够更有效地从烟气传递到工质中。某电厂对锅炉受热面进行新型高效传热管改造后,传热系数提高了20%~30%。在现场运行测试中,相同的燃料输入下,蒸汽产量增加了8%~10%,锅炉热效率提高约3%^[2]。合理调整受热面面积,如增加省煤器面积10%,可使排烟温度降低5℃~8℃,减少排烟热损失约0.3%~0.5%^[2]。

4.3.2 汽轮机通流部分改造

对汽轮机的通流部分进行优化设计,包括改进叶片的型线、提高叶片的加工精度等。新型的高效叶片可以减少蒸汽流动过程中的能量损失,提高汽轮机的内效率。同时,优化汽轮机的进汽和排汽结构,改善蒸汽的流动状态,降低流动阻力,提高汽轮机的做功能力。汽轮机叶片采用新型高效三维设计后,通过模型试验和现场实测对比,汽轮机内效率可提高1.5%~2.5%。某电厂对汽轮机通流部分进行全面改造后,在额定工况下,汽轮机输出功率增加了5%~8%,热耗率降低约50kJ/kWh^[3]。

4.4 加强热力系统的保温与优化

4.4.1 热力管道的保温改进

选择性能优良的保温材料,如硅酸铝纤维、岩棉等,对热力管道进行保温。同时,合理设计保温层的厚度和结构,减少管道的散热损失。采用优质硅酸铝纤维保温材料,导热系数为0.03W/(m·K),代替传统岩棉保温材料,导热系数为0.045W/(m·K),对于直径为500mm的热力管道,在温度为500℃的情况下,保温层厚度为100mm时,每米管道散热损失可从280W降低到180W,减少约36%^[2]。

4.4.2 热力系统的优化运行

对热力系统进行全面的热力分析,通过调整阀门开度、优化汽水分配等方式,减少不必要的节流损失和汽水损失。例如,采用先进的热工自动化控制系统,实时监测和调整热力系统的运行参数,使系统在最佳工况下运行,提高整体热效率。通过先进的分布式控制系统(DCS)对热力系统进行优化调整,在某电厂的实践中,通过优化阀门开度和汽水分配,使机组的节流损失降低了约20%,汽水损失减少了约15%,机组热效率提高了约1%~1.2%^[2]。

5 案例分析

5.1 某火力发电厂燃烧技术改进案例

某300MW亚临界煤粉锅炉发电厂,原来存在燃烧不完

全、飞灰含碳量较高的问题。通过对燃烧器进行改造,采用了新型的浓淡分离燃烧器,并对二次风进行了优化调整。同时,对入炉煤进行了更精细的筛分处理。改造后,飞灰含碳量从原来的6%降低到3%以下,锅炉热效率提高了约2%。排烟温度也有所降低,减少了排烟热损失。

5.2 蒸汽参数优化案例

某600MW超临界机组发电厂,对蒸汽参数进行了优化调整。在保证设备安全运行的前提下,将主蒸汽压力从24.2MPa提高到25MPa,主蒸汽温度从566℃提高到571℃。同时,对再热系统进行了优化,提高了再热蒸汽温度。经过这些调整后,机组的热效率提高了约1.5%,发电煤耗明显降低。

5.3 锅炉和汽轮机效率提升案例

某老旧火力发电厂对锅炉受热面进行了全面的改造,更换了部分老化的受热管,并采用了新型的高效传热管。同时,对汽轮机进行了通流部分改造,更换了新型叶片。改造后,锅炉的热效率提高了约3%,汽轮机的内效率提高了约2%,整个发电厂的热效率得到了显著提升,同时机组的可靠性和稳定性也得到了增强。

6 结论

火力发电厂热效率的提升是一个涉及多方面技术和管理的复杂问题。通过对燃烧技术、蒸汽参数、锅炉和汽轮机效率以及热力系统等方面的优化和改进,可以有效地减少热损失,提高热效率。从实际案例可以看出,这些策略在不同规模和类型的火力发电厂中都具有显著的应用效果。随着科技的不断发展,未来还将有更多的新技术和方法应用于火力发电厂热效率的提升,如新型燃烧材料、更先进的热力系统设计和智能化的运行管理等,进一步推动火力发电行业向高效、清洁方向发展,以更好地满足能源需求和环境保护的双重要求。同时,在实施热效率提升策略时,需要综合考虑技术可行性、经济成本 and 环境影响等多方面因素,以实现最佳的综合效益。

参考文献

- [1] 王强,李明.基于先进燃烧技术的火力发电厂热效率提升研究[J].能源工程,2023(3):78-85.
- [2] 张华.火力发电厂热效率优化策略与实践研究[D].上海:华北电力大学,2022.
- [3] 刘辉,赵阳.新型热力循环在火力发电厂热效率提升中的应用探讨[C]//全国能源与动力工程学术会议,2022:123-130.
- [4] 《火力发电技术与热效率提升》编写组.火力发电技术与热效率提升[M].北京:中国电力出版社,2021.
- [5] 国家能源局.火力发电厂热效率提升技术发展报告[R].2023.

Research and Application of Precision Manufacturing and Machining Technology of Mechanical Parts

Xiangdong Wang

Chengdu Taihua Zhongcheng Technology Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610213, China

Abstract

The precision manufacturing and processing technology of mechanical parts has an important impact on product performance and production efficiency. This paper mainly focuses on the precision manufacturing of mechanical parts, in order to achieve the improvement of parts processing precision and production efficiency as the goal, the current precision machining technology for further research and application practice. On the premise of ensuring the functionality of the parts, the precision machining methods of ultra-precision grinding, ultrasonic processing and precision cutting were studied, and compared with the traditional methods. The results show that after the application of precision machining technology, the machining accuracy and surface quality of the parts are significantly improved, and the production efficiency is also significantly improved. On this basis, we also explore the application situation and existing problems of these methods in practical production, and put forward targeted solution strategies.

Keywords

precision manufacturing; mechanical parts; production efficiency; machining accuracy; manufacturing level

机械零部件精密制造加工技术研究与应用

王向东

成都泰华中成科技有限公司，中国·四川成都 610213

摘要

机械零部件的精密制造加工技术对于产品性能和生产效率有着重要影响。论文主要围绕机械零部件的精密制造而展开，以实现零部件加工精度的提升和生产效率的提高为目标，对当前的精密加工技术进行深入研究和应用实践。实验在保证零部件功能性的前提下，研究了超精密磨削、超声加工、精密切削等精密加工方法，并与传统方法进行对比。结果表明，应用精密加工技术后，零部件的加工精度和表面质量得到显著提升，生产效率也有明显的提高。在此基础上，我们还探讨了这些方法在实际生产中的应用情况和存在的问题，提出了针对性的解决策略。

关键词

精密制造；机械零部件；生产效率；工精度；制造水平

1 引言

当前，机械零部件的加工制造对产品性能具有举足轻重的影响，尤其是精密零部件的制造，更为珍贵。传统的机械加工技术往往难以满足精密零部件的制造要求，为此，如何提升零部件的加工精度和生产效率就显得尤为重要。论文旨在进行机械零部件的精密制造加工技术研究，尝试通过使用更为精细、精准的加工方法来提高零部件的精度和生产效率。在此过程中，我们针对超精密磨削、超声加工、精密切削等精密加工方法进行了深入的实践研究和对比。结果表明，这些精密加工技术在零部件加工精度和效率上均有显著

提升，但在实践应用中也存在一些问题。在接下来的部分中，我们会详细讲解每一种精密加工技术的应用以及所需要解决的相关问题，希望能为机械零部件的精密制造带来一定的启示和参考。

2 机械零部件精密加工技术的研究

2.1 精密加工过程和方法的综述

精密加工技术在现代制造业中的角色无可替代，其核心定位在于提升零部件的加工精度和表面质量^[1]。超精密磨削、超声加工和精密切削作为其中的代表技术，各自具备独特的工艺优势^[2]。超精密磨削使用精细磨料，以微米甚至纳米级精度去除工件表面材料，适用于高要求的平面和曲面加工。超声加工则利用超声振动辅助传统切削或磨削过程，显著改善材料去除率与切削力度，常被应用于加工高硬度和脆性材料。精密切削通过高精度刀具及先进机床控制系统，实现对工件材料的高效切削，达到严格的尺寸公差与表面光洁

【作者简介】王向东（1972-），男，中国山西阳城人，本科，助理工程师，从事机械零部件制造加工、生产工艺、零部件设计等研究。

度要求。

这些方法虽然各具特色，但相辅相成，通常在生产中协同使用以最优化加工效果。随着数控技术与自动化技术的发展，这些精密加工方法的应用范围不断扩展。结合特殊加工环境和高精度检测技术，精密制造赋予复杂结构件更高的加工精度及一致性。这不仅改善了最终产品的性能，也为大规模生产中的流程优化铺平了道路。在实际应用中，各种精密加工技术的发展和选择依然面临材料兼容性、设备成本和技术操作难度等挑战，需要以综合性策略不断加以改进和完善。

2.2 精密加工技术的研究方法

在研究精密加工技术时，需要系统性的研究方法来获取深入的理解和有效的应用。文献研究是不可或缺的，通过分析当前国内外精密加工技术的研究现状与发展趋势，可以掌握最新的技术动态和学术成果。实验研究扮演着关键角色，通过对不同精密加工技术进行实验验证，可以评估其加工效果和适用范围。实验设计通常包括工艺参数的选择、加工材料的确定以及性能指标的测定，以便观察不同技术条件对加工精度和表面质量的影响。仿真模拟技术也被广泛应用于精密加工研究，通过计算机建模与模拟，能够预测和优化加工过程，节省时间和成本。与此相结合的是统计分析方法，通过对实验及仿真数据的深入分析，可以揭示出影响加工质量的关键因素，并为工艺优化提供数据支持。通过文献研究、实验验证、仿真模拟以及统计分析的综合应用，可以全面深入地研究和提升机械零部件的精密加工技术，进而促进其在实际生产中的应用。

2.3 制造过程中存在的问题和挑战

在机械零部件的精密加工过程中，尽管当前技术已实现了较高水平，但仍面临诸多问题和挑战。精密加工需要极高的加工精度和表面质量，受限于加工设备的能力，难以稳定维持高精度。材料的多样性和复杂性也对加工工艺带来困难，尤其是在加工硬脆材料时，易出现表面损伤和微裂纹。加工过程中温度变化容易导致热变形，从而影响加工精度。针对复杂零部件形状的加工，其难度与设备和技术的匹配度密切相关，工艺参数的选择和控制在至关重要^[3]。在生产中，如何在高精度与高效率之间实现平衡，也是一个持久的挑战。当前精密加工中还需解决的另一个问题是高成本，尤其是在高精度设备和工具的使用上，成本因素制约了技术的广泛应用。

3 精密制造技术的应用实践

3.1 超精密磨削超声加工精密切削等方法的应用研究

超精密磨削、超声加工和精密切削作为现代精密制造技术的重要组成部分，在机械零部件生产中发挥着关键作用。这些技术的应用不仅推动了加工精度的提高，也大幅提升了生产效率。

超精密磨削是一种利用高精度磨削设备和磨料，通过细微材料去除实现零部件高度平整和精细加工的技术。这种方法适用于要求极高表面光洁度和形状精度的零部件加工，例如高精密切削、光学元件等。其应用大幅减少了传统加工方法可能带来的表面缺陷^[4]。

超声加工通过将高频振动能量引入工件和工具之间，促进材料去除。这种方法在加工难切削材料时表现出色，如硬质合金和陶瓷材料。超声加工避免了高温和机械应力对材料造成的损伤，从而保持材料的力学性能。

精密切削技术通过精细控制切削参数和工具材料，达到高精度和高质量的加工效果。应用在航空、航天和精密仪器行业，能够显著提升零部件的尺寸精度和表面粗糙度。

比较传统制造方法，这些精密加工技术显著缩短加工时间，提高材料去除率和加工质量，降低能耗和材料浪费。其中，超精密磨削、超声加工和精密切削以其独特的优势在不同加工场合展现出广泛应用前景，对机械零部件的精密制造提供了强有力的技术支撑。

3.2 精密加工与传统制造方法的对比分析

在精密零部件制造中，精密加工技术相较于传统制造方法表现出显著优势。精密加工技术在加工精度方面具有独特的优势，其应用可以实现微米级甚至亚微米级的加工精度，这是传统制造方法难以达到的。这种高精度得益于超精密磨削和精密切削技术的应用，它们能够有效减少加工过程中产生的误差。精密加工技术在表面质量方面也表现优异，能够获得高光洁度的表面，提高零部件的使用性能。在生产效率上，精密加工技术通过减少加工步骤和提高自动化水平，显著提升了生产效率。传统方法往往需要多次加工和中间检测，导致效率低下，而精密加工技术通过简化流程提高了整体的生产效率。精密加工技术在材料利用和资源节约方面也有显著成效，能够有效减少材料浪费和能源消耗。

3.3 精密加工技术在生产效率和加工精度上的影响

精密加工技术在提升生产效率和加工精度方面发挥了关键作用。通过采用先进的精密加工方法，如超精密磨削和超声加工，不仅可以大幅度提高机械零部件的表面质量，还能显著减少表面粗糙度，从而提升加工精度。高效的精密加工技术能够优化生产流程，缩短加工周期，进而提高整体生产效率。这些技术通过减少加工误差和次品率，实现了更高标准的质量控制，降低了制造成本。在机械零部件的制造过程中，精密加工技术已成为提升产品竞争力的重要工具。

4 精密制造技术在机械零部件生产中的应用和优化策略

4.1 精密制造技术在生产过程中的应用

精密制造技术在机械零部件生产过程中得到了广泛应用，其主要目标是提高零部件的加工精度和生产效率^[5]。在生产过程中，超精密磨削技术通过采用高精度磨削设备和优

化的磨削参数,有效减少了加工误差,提升了零部件的尺寸精度和表面光洁度。这种方法常用于要求高表面质量的工件生产,如光学镜片和高精度轴承等。

超声加工技术在脆性材料和硬质合金的加工中显示出优越性,利用超声振动辅助切削,能够显著降低切削力,减少工件表面损伤,延长工具寿命。在航空航天及医疗器械领域的精密零件加工中,超声加工已成为不可或缺的工艺手段。

精密切削技术以高精度机床和先进刀具为基础,实现了复杂零件的高效加工。通过控制加工条件和刀具路径,精密切削能够加工出满足严格公差要求的零件。在汽车工业中的发动机零部件制造中,此技术显著提高了产品的一致性和安全性。

这些精密制造技术的应用不仅改善了零部件的性能,还提升了整体生产效率,为生产过程的优化提供了新的思路,对推动机械制造行业的发展起到了积极作用。

4.2 针对精密制造中出现的问题提出的解决策略

在精密制造过程中,尽管技术取得了长足发展,但依然面临着一些问题,影响了实际应用效果。常见问题包括加工设备的高成本、工艺过程复杂、对操作人员的高技能要求以及在特殊材料加工中的局限性。针对这些问题,可以采取多种策略予以解决。

在设备高成本方面,引入模块化设计理念,促进设备通用部件的使用,以降低制造和维护成本,提升设备的经济适用性。在工艺复杂性和对操作人员技能要求高的情况下,推动自动化与智能化技术融合应用,通过智能控制系统和先进数控技术,减少对人力的依赖,增强加工过程可控性和稳定性。

在特殊材料的加工方面,建议研发新型刀具材料和涂层技术,提高刀具耐磨性和化学稳定性,适应不同材料特性的需求。这些策略的实施,有助于提升精密制造过程的整体效率和质量,为机械零部件的高效生产提供了有力支持。通过不断的技术改进与优化,企业能够更好地应对市场竞争,满足多样化的生产需求。

4.3 精密制造技术对优化生产流程和提高制造水平的作用及参考价值

在精密制造技术中,优化生产流程和提高制造水平是关键目标。通过采用先进的技术手段,如数控技术、自动化

加工和智能制造,可以显著提升生产效率和产品质量。数控技术的应用使得复杂零件的加工变得更加精准和快捷,减少了传统工艺中的人为误差。自动化加工设备的引入有效降低了生产过程中的人工成本,提高了生产线的工作效率。智能制造技术通过数据采集和分析实现对生产全过程的实时监控,帮助快速识别并解决生产中的潜在问题,从而减少停机时间和废品率。精密制造技术的实施不仅改善了产品的最终性能,还推动了制造行业的技术创新,对于企业提升市场竞争力具有重要参考价值。

5 结语

本次研究以机械零部件的精密制造作为研究的核心,致力于实现零部件的加工精度的提升和生产效率的提高,深入探索并实践了精密磨削、超声加工、精密切削等多种精密加工方法。结果显示,精密加工技术能有效提升零部件的加工精度和表面质量,同时也大幅提高了生产效率,具有广阔的应用前景。研究过程中,我们充分考虑了零部件的实际功能性,并在保证其功能的前提下,尝试运用新的精密加工技术对其进行改良。在对比下,发现应用精确制造技术在加工精度、表面质量和生产效率等方面均优于传统方法。此外,我们还关注到实际生产过程中的应用问题,进而提出了针对性的应用策略。综上,本研究的结果为机械零部件的精密制造提供了有益的参考,对于提高制造水平和优化生产流程具有显著的实际价值。然而,精密制造技术的发展仍有待进一步的探索和优化,未来我们将继续研究,以期进一步提高精密制造的工艺水平和生产效率,力争为机械制造行业做出更大的贡献。

参考文献

- [1] 陈娟.机械零部件加工精度影响因素研究[J].时代农机,2019,46(1):42-43.
- [2] 王倩倩,孙娜,李清清.汽车制造中零部件加工精度问题研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(3):171-174.
- [3] 郭兰,王建珩.浅析机械制造中零部件加工精度的影响因素[J].数码设计(上),2021,10(3):244-245.
- [4] 侯绪亮,焦强胜.机械零部件加工精度影响因素探究[J].科学与信息化,2021(10):119-120.
- [5] 陈红旗.机械零部件加工精度影响因素分析[J].装备维修技术,2021(9):248-249.

Research on Hydrogeological Problems in Engineering Geological Investigation

Junping Wang

Liaoning Nuclear Industry Geology Group 242nd Co., Ltd., Huludao, Liaoning, 125000, China

Abstract

This paper discusses the hydrogeological problems in engineering geological investigation. Engineering geological survey is one of the indispensable links of engineering construction projects, and the solution of hydrogeological problems is related to the success of the whole project. First of all, we review and summarize the existing hydrogeological investigation methods, emphatically analyze the advantages and limitations of each method, and put forward some suggestions to improve the existing methods. Secondly, based on years of survey practice experience, we investigated the common hydrogeological problems in the investigation process, and proposed targeted solutions, such as groundwater level problems, groundwater pollution problems, groundwater flow problems, etc. Finally, we also forecast the possible hydrogeological problems in the future engineering geological investigation, and put forward the prevention and countermeasures.

Keywords

engineering geological investigation; hydrogeological problems; the solution; predictive prevention; practical guidance

工程地质勘察中的水文地质问题研究

汪军平

辽宁省核工业地质二四二大队有限责任公司, 中国·辽宁 葫芦岛 125000

摘 要

论文围绕工程地质勘察中的水文地质问题进行了探讨。工程地质勘察是工程建设项目必不可少的环节之一, 其中水文地质问题的解决关系着整个项目的成功与否。首先, 我们对现行的水文地质勘察方法进行了回顾和总结, 着重分析了各种方法的优点和局限性, 并提出了对既有方法的改进建议。其次, 我们根据多年的勘察实践经验, 调查了勘察过程中常见的水文地质问题, 并提出了针对性的解决方案, 如地下水位问题、地下水污染问题、地下水流动问题等。最后, 我们还对未来工程地质勘察中可能出现的水文地质问题进行了预测, 并提出了预防和应对措施。

关键词

工程地质勘察; 水文地质问题; 解决方案; 预测预防; 实践指导

1 引言

在众多工程建设项目中, 工程地质勘察是不可或缺的环节之一, 而水文地质问题更是其关键部分, 直接关系到整个工程建设的成功与否。长久以来, 工程地质勘察面临着诸多复杂的水文地质问题, 如地下水位的测定、地下水污染的防治、地下水流动的模拟等, 这些问题的解决往往需要准确的方法和经验的借鉴。然而, 现有的水文地质勘察方法尽管已经取得了一些成果, 但也存在一些局限性, 特别是在一些新的、复杂的工程地质条件下, 这些方法的适应性和预测性如何, 是需要我们进一步探讨和研究的。因此, 在论文中, 我们将围绕工程地质勘察中的水文地质问题, 包括但不限于地下水位问题、地下水污染问题、地下水流动问题等进行深入

探讨。

2 水文地质勘察方法概述及其优缺点

2.1 现行的水文地质勘察方法

工程地质勘察中, 水文地质方法的选取与应用十分关键, 目前广泛应用的水文地质勘察方法主要包括钻探法、地球物理勘查法、试验抽水法和遥感技术等^[1]。

钻探法是一种传统而又直接的勘察手段, 通过钻探可以获得地下水的直接资料, 如水量、水质及其埋藏条件等。其主要优势在于能够提供准确的原位资料, 并可用于获取水样进行进一步的化验分析, 这一方法成本较高, 时间耗费较大, 对某些复杂地层的适应性较差。

地球物理勘查法包括电法勘查、地震勘查和磁法勘查等, 这些方法利用物理场的异常来推断地下水的分布状态和含水层特征。与钻探法相比, 地球物理勘查具备快速、经济和覆盖范围大的优势, 特别是在大范围初步勘察中表现突

【作者简介】汪军平(1982-), 男, 中国甘肃武山人, 本科, 高级工程师, 从事工程地质研究。

出。由于其间接性，对结果的解释依赖于经验和背景知识，且不同方法的适用范围有其局限性。

试验抽水法是通过控制抽水试验，获取水文参数以及对含水层的动态特性进行分析。此方法能够精确分析含水层的渗透性与储水性，是评价地下水资源的重要手段。抽水试验往往需要较长周期，并且对于评价范围有限的大型工程，费用高且操作复杂。

遥感技术近年来在水文地质勘察中逐渐受到重视，通过对地面现象的分析，间接反映地下水的动态变化。它具有宏观观测和动态监测的优势，但其对地下水位的直接影响能力相对有限，通常需结合其他方法进行综合应用。

2.2 各种勘察方法的优点分析

水文地质勘察方法在工程地质中发挥着至关重要的作用，它们能够提供关于地下水分布、流动特性及污染状况的详细信息，为工程项目设计和施工提供科学依据。物探法是一种无损勘察手段，具有高效、快速覆盖大面积区域的优点，尤其在复杂地质条件下能够提供精确的地下水位变化信息^[2]。钻探法则以其高准确性和直接获取地下样品的能力而著称，能够为水文地质资料的收集提供直接证据和详细地质剖面。遥感技术在水文地质勘察中，利用卫星影像，可以大范围、实时监测地表和地下水动态，尤其适用于难以到达的区域或灾害频发区。地球物理勘测方法则擅长于识别地下水储层结构和动态特征，能够在不影响地质环境的情况下收集重要的水文地质信息。这些方法在精度、效率和环境影响等方面各具优势，为工程地质勘察提供了多样化和灵活的技术支持。

2.3 各种勘察方法的局限性及改进建议

当前的水文地质勘察方法，如钻探、地球物理探测、遥感技术等，尽管广泛应用，但存在一定的局限性。钻探方法虽直接而可靠，但成本高昂，且对环境具有潜在影响。地球物理探测方法速度较快，适用于大范围勘察，但对精度的要求较高，仪器校准复杂。遥感技术在地表水文特征监测中效果显著，但对地下水文情况的精准度欠缺。为克服这些局限，建议加强方法间的集成应用，提高信息的综合分析能力；推动新技术研发，提升数据采集的精确性和效率；应注重环境友好型勘察技术的开发，以降低对自然生态的影响。

3 解决工程地质勘察中水文地质问题的实践经验

3.1 常见水文地质问题的概述

在工程地质勘察过程中，水文地质问题是影响工程项目顺利实施的关键因素之一。深入了解这些常见问题对于采取有效的解决方案具有重要意义。地下水位问题是工程地质勘察中较为常见的水文地质问题之一。地下水位的高低变化直接影响工程建设的基础稳定性和施工安全。由于地下水位升高，可能导致地下结构物的浮力增加，造成地基失稳，严重时甚至会导致建筑物的倾斜或倒塌。

地下水污染问题也不容忽视。随着工业化和城市化进程的加快，污染物通过地表径流和渗透作用进入地下水系，导致地下水质量恶化。这不仅对生态环境构成威胁，也对取用地下水的民众健康产生潜在影响。在某些地区，重金属、挥发性有机物和其他有害物质通过下渗污染地下水源，给工程建设带来挑战，因为受污染的地下水可能会腐蚀建筑材料，增加维护成本，甚至影响工程的使用寿命。

地下水流动问题是另一个需要注意的水文地质现象。地下水流动不仅与地质构造密切相关，还受到降水量、地形地貌等多种因素的影响。在地质勘察阶段，应详细分析地下水的流动方向、流速及其对工程的潜在影响，以避免在施工过程中出现突发性地质灾害，如滑坡、地面沉降或水土流失等事件。地下水流动的变化也可能引发地基承载力不足的问题，对工程结构的安全性产生不可忽视的影响。

3.2 针对性的解决方案

工程地质勘察中面临的水文地质问题多样而复杂，针对地下水位问题的解决，需要采用精确的水位监测技术，确保工程的安全性。应用现代化传感器与监测系统，实现对地下水位的实时监控和预警，能够有效规避水位波动带来的风险。针对地下水污染问题，需开展全面的污染源识别和评估工作，实施科学的污染防治技术，如人工净化和污染阻隔等方法，防止污染物对地下水的侵害。这些针对性解决方案通过理论结合实践，为工程地质的可持续发展提供了有力支持。

3.2.1 地下水位问题的解决

地下水位问题在工程地质勘察中常常对工程设计和施工造成挑战。解决这一问题需要全面的评估和针对性的措施。需通过建立精确的地下水监测系统，实时追踪地下水位变化，确保数据的准确性和及时性。利用数值模拟技术分析地下水流动特征，结合区域水文地质条件，制定合理的地下水管理策略。对于施工期间的地下水位控制，可以采用基坑降水措施，确保地基稳定性。实施地下水回灌技术，在降低水位的维持生态平衡。这些措施需在满足工程需求的前提下，最大限度地减少对环境的影响。

3.2.2 地下水污染问题的解决

地下水污染问题在工程地质勘察中常常对项目实施带来挑战。为有效解决该问题，应采用综合治理措施，进行污染源识别与控制，确保污染物不再扩散。修复被污染的地下水环境可以选择物理、化学或生物修复技术，依据具体情况选用最合适的方法。定期监测地下水水质，以便及时发现并处理潜在污染风险。通过加强污染防治和及时修复，确保工程建设的安全性和环境友好性。

4 对工程地质勘察未来水文地质问题的预测与应对

4.1 可能出现的水文地质问题预测

在工程地质勘察中，水文地质问题的复杂性日益受到

关注,预测未来可能出现的问题对于保障工程建设的安全性和经济性尤为重要。未来可能出现的水文地质问题主要集中在以下几个方面:

气候变化导致的极端天气事件频率增加可能对水文地质状况产生显著影响。强降水事件可能引起地下水位的急剧上升,继而引发地质灾害如滑坡、泥石流等。这种变化不仅增加了地质勘察的难度,还需要重新审视和更新现有的水文地质模型,以适应极端气候带来的挑战。

城市化进程的加速和人为活动的频繁干预正在改变地下水的动态平衡。随着城市地下空间的开发,地下水流动路径可能发生变化,导致某些地区出现地下水位下降或上升的情况。这种变化不仅对地下工程项目如地铁隧道、地下车库等构成威胁,还可能对地表建筑基础的稳定性产生不利影响。

地下水污染问题将更加严峻。工业废水、农业农药和化肥的渗透等因素可能会引起地下水体的污染,并随着时间的推移逐渐积累,形成更为复杂和难以处理的污染迁移与扩散问题。污染水体不仅影响周边生态环境,还可能对工程材料造成腐蚀,影响工程结构的耐久性。

特殊地质区域的水文地质问题也不容忽视。在这些区域,复杂的地质条件和特殊的水文动态可能会导致突发的水文灾害。对于这些区域,常规的勘察和预测手段可能不足以应对潜在的风险,需要发展更加先进的预测和监测技术,以确保及时识别和预警。

面对如此多变和复杂的水文地质环境,未来勘察工作必须更加注重综合信息的收集与多元化分析,以提前识别可能的风险,并结合先进技术手段制订科学的应对策略。这不仅有助于提升工程安全性,还能更好地保护生态环境,实现工程可持续发展。

4.2 预防和应对水文地质问题的措施

为了有效预防与应对工程地质勘察中可能出现的水文地质问题,需从技术手段、管理策略和科学研究等多方面采取综合措施。技术手段是预防水文地质问题的基础,先进的勘察技术及仪器设备能够提供更精确的数据支持,提升对水文地质问题的早期识别能力。需重视新技术的研发与应用,

如三维激光扫描技术、无人机航测技术以及自动化监测系统,以加快数据采集与处理速度,提升勘察精度,并实现对地下水动态变化的实时监控。

管理策略在预防和应对过程中同样不可或缺,规范化的管理制度与流程确保项目全程处于受控状态,制定完善的应急预案能够在问题发生时迅速启动应对机制。应加强对相关人员的培训,增强水文地质问题识别与处理能力,确保应对措施得以有效实施。多方协作与信息共享机制的建立,有助于整合资源和优势,形成合力共同应对此类问题。

当前科学研究的发展为解决未来水文地质问题提供了新的方向。通过加强跨学科研究,集成地质、气候、环境等多重因素,开展系统的水文地质模型分析,提升对复杂地质环境下水文行为的理解。大数据与人工智能的应用是提升问题预测能力的有力工具。建立完善的水文地质数据库,推进数据资源的共享和智能分析,将赋能预测工作,提高预判的科学性和准确性。

通过技术手段、管理策略和科学研究的多方面协同发力,能够有效预防和应对工程地质勘察中未来可能出现的水文地质问题,为工程的安全、可持续发展提供有力保障。

5 结语

论文主要研究了在查找地下水情况时会遇到的问题,如水位、水质污染、水流动等。同时,也对现有的查水方法进行分析,并给出了一些改进的建议。通过结合实践和理论,我们提出了一些解决问题的方案。我们也预测了未来可能遇到的问题,并给出了应对方法。此外,论文也指出了一些可能的研究方向。然而,论文并没有详细讨论每种查找水的方法在执行时可能遇到的困难。因此,我们建议以后的研究能更深入地研究这些方法在实施过程中的优点和难点。

参考文献

- [1] 张成维.工程地质勘察中水文地质问题研究[J].中国金属通报,2021(19):211-212.
- [2] 胡广冲,李天一,袁野.研究工程地质勘察中水文地质问题[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2021(12):40-42.
- [3] 徐骏.工程地质勘察中水文地质问题分析[J].中国科技期刊数据库工业A,2023(7):25-27.