



科技创新与工程

Technological Innovation and Engineering

Volume 1 · Issue 3 · August 2024 · ISSN 3060-8996(Print) 3060-8988(Online)

科技创新与工程

Technological Innovation and Engineering

Volume 1 Issue 3 August 2024 ISSN 3060-8996(Print) 3060-8988(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：科技创新与工程

ISSN: 3060-8996 (纸质) 3060-8988 (网络)

出版语言：华文

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

出版社名称：新加坡南洋科学院

Serial Title: Technological Innovation and Engineering

ISSN: 3060-8996 (Print) 3060-8988 (Online)

Language: Chinese

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

Publisher: Nan Yang Academy of Sciences Pte. Ltd.

《科技创新与工程》征稿函

Database Inclusion



Google Scholar

版权声明/Copyright

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

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

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

Email: info@nassg.org

Tel: +65-65881289

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



期刊概况:

中文刊名：科技创新与工程

ISSN: 3060-8996 (Print) 3060-8988 (Online)

出版语言：华文刊

期刊网址：<http://journals.nassg.org/index.php/tie-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。

科技创新与工程

Technological Innovation and Engineering

Volume 1 Issue 3 August 2024
ISSN 3060-8996 (Print) 3060-8988 (Online)

主 编

康继军

Jijun Kang

编 委

刘 敏 Min Liu

龚勤林 Qinlin Gong

陈 升 Sheng Chen

包 艳 Yan Bao

1	基于 MFC 的航空仪表测试软件的设计与实现 / 陈懿超	56	浅谈正火温度对低温压力容器钢板组织与力学性能的影响 / 吕宝志
4	建筑物竣工测量技术及质量控制策略分析 / 刘静	59	东锅 W 型锅炉水冷壁壁温差控制技术研究 / 廖润真
7	海上风电工程生态环境影响及防治对策研究 / 顾雯	62	煤矿通风系统稳定性对安全开采的影响及改进 / 赵智
10	软件项目管理现状与对策分析 / 徐庆祯 冯涵	65	磁性石墨烯纳米复合物在农残检测中的作用分析 / 刘嘉辉 李利萍
13	无人机应急测绘联动服务平台的设计与实现 / 姜波	68	提高银阳极板铸铁模具使用寿命生产实践 / 江国龙 夏志薇
16	建筑工程造价超预算的成因与应对措施 / 陈勇	71	基于铁路科技创新平台的可视分析与辅助决策 / 柴英芳
19	计量检定及质量检测在医疗设备中的应用 / 刘冕	74	油田企业安全管理中 QHSE 管理体系的应用 / 卡合尔曼·艾尔肯
22	110kV 变电站备用电源自动投入控制策略探讨 / 车光辉	77	基于有限元分析的输变电塔基结构优化设计 / 杨鹏
25	地铁综合监控系统项目风险管理研究 / 潘胜	80	虚拟声屏障扬声器布放方向和降噪效果研究 / 张晓洁
28	电动载货汽车前轴有限元分析及优化设计 / 刘焕伟 马芸慧	83	建筑工程检测的结果误差成因分析及其控制措施 / 李晨璐
31	建筑工程中 EPC 总承包项目成本控制措施 / 张激潇	86	药品检验结果偏离的原因以及质量控制的对策分析 / 周成惠 张燕
34	基于智能技术的便携式电能表计批量识别装置 / 郭环 孔林	89	电视转播的数字视频处理平台的分析与设计 / 吾兰·海拉提
37	基于 BIM 技术的建筑工程施工管理优化研究 / 丁振学	92	富水岩溶地层盾构磨削既有地下人防结构施工技术 / 刘晓迪
40	供电公司电气安全事故应急响应机制探索 / 李梓维	95	螺杆式空压机振动异常故障分析与解决方案研究 / 王波
43	铁路信号电缆绝缘检测准确性优化方法 / 钱爱民	98	钽铌湿法冶金技术的研究进展 / 黄若辉 吴建波 罗彦舟 周晓灵 刘逸
46	YOLO 模型在植物病害图像识别中的应用与优化研究 / 何校贤	101	白酒与威士忌酿造工艺中原料处理系统的创新设计 / 张杰
49	立式塔磨机在现代矿山的应用及前景 / 赵从宽	104	柯桥区漓渚镇棠棣村和平水镇王化村白蚁综合治理初探 / 黄琼瑶
52	IEMS 能量管理系统在电除尘中的应用 / 傅远峰 胡敦 胡启扬		

- 1 Design and Implementation of Aviation Instrument Testing Software Based on MFC
/ Yichao Chen
- 4 Analysis of Building Completion Measurement Technology and Quality Control Strategy
/ Jing Liu
- 7 Research on the Ecological Environment Impact and Prevention Measures of Offshore Wind Power Engineering
/ Wen Gu
- 10 Analysis of the Current Situation and Countermeasures of Software Project Management
/ Qingyi Xu Han Feng
- 13 Design and Implementation of Unmanned Aerial Vehicle Emergency Mapping Linkage Service Platform
/ Bo Jiang
- 16 The Causes and Countermeasures of Construction Project Cost Exceeding the Budget
/ Yong Chen
- 19 Application of Metrological Verification and Quality Inspection in Medical Equipment
/ Mian Liu
- 22 Exploration of Automatic Control Strategy for Backup Power Supply in 110kV Substation
/ Guanghui Che
- 25 Research on Risk Management of Metro Integrated Monitoring System Project
/ Sheng Pan
- 28 Finite Element Analysis and Optimization Design of Front Axle for Electric Freight Vehicles
/ Huanwei Liu Yunhui Ma
- 31 Cost Control Measures for EPC General Contracting Projects in Construction Projects
/ Lianxiao Zhang
- 34 Portable Electricity Meter Batch Identification Device Based on Intelligent Technology
/ Huan Guo Lin Kong
- 37 Research on Optimization of Construction Management in Building Engineering Based on BIM Technology
/ Zhenxue Ding
- 40 Exploration of Emergency Response Mechanism for Electrical Safety Accidents in Power Supply Companies
/ Ziwei Li
- 43 Optimization Method for Accuracy of Insulation Detection of Railway Signal Cables
/ Aimin Qian
- 46 Application and Optimization Research of YOLO Model in Plant Disease Image Recognition
/ Xiaoxian He
- 49 Application and Prospect of Vertical Tower Grinding Machine in Modern Mines
/ Congkuan Zhao
- 52 Application of IEMS Energy Management System in Electrostatic Precipitator
/ Yuanfeng Fu Dun Hu Qiyang Hu
- 56 Discussion on the Effect of Normalizing Temperature on the Microstructure and Mechanical Properties of Steel Plate of Cryogenic Pressure Vessel
/ Baozhi Lv
- 59 Research on Temperature Difference Control Technology of Water Wall of Pot W Type Boiler
/ Runzhen Liao
- 62 Impact and Improvement of the Stability of Coal Mine Ventilation System on Safe Mining
/ Zhi Zhao
- 65 Analysis of the Role of Magnetic Graphene Nanocomposites in the Detection of Pesticide Residues
/ Jiahui Liu Liping Li
- 68 Discussion on Silver Slag Treatment Technology of Copper anode Slime in China
/ Guolong Jiang Zhiwei Xia
- 71 Visual Analysis and Auxiliary Decision-making Based on Railway Technology Innovation Platform
/ Yingfang Chai
- 74 Application of QHSE Management System in the Safety Management of Oilfield Enterprises
/ Kaheerman Aierken
- 77 Optimization Design of Power Transmission Tower Foundation Structure Based on Finite Element Analysis
/ Peng Yang
- 80 Research on Virtual Sound Barrier Loudspeaker Placement Direction and Noise Reduction Effect
/ Xiaojie Zhang
- 83 Analysis of the Error of Construction Engineering Detection and Its Control Measures
/ Chenlu Li
- 86 Analysis of the Reasons of the Deviation of Drug Test

- Results and the Countermeasures of Quality Control
/ Chenghui Zhou Yan Zhang
- 89 Analysis and Design of the Digital Video Processing Platform for TV Broadcasting
/ Wulan Hailati
- 92 The Construction Technology of the Underground Civil Air Defense Structure
/ Xiaodi Liu
- 95 Research on Abnormal Vibration Fault Analysis and Solution of Screw Air Compressor
/ Bo Wang
- 98 Research Progress of Tantalum-Niobium Hydrometallurgy Technology
/ Ruohui Huang Jianbo Wu Yanzhou Luo
Xiaoling Zhou Yi Liu
- 101 Innovative Design of Raw Material Treatment System in Baijiu and Whisky Brewing Technology
/ Jie Zhang
- 104 Research on Comprehensive Termite Control in Wanghua Village, Heping shui Town, Tangdi Village, Lizhu Town, Keqiao District
/ Qiongyao Huang

Design and Implementation of Aviation Instrument Testing Software Based on MFC

Yichao Chen

Aviation Industry Qingyun, Beijing, 100000, China

Abstract

With the upgrading and replacement of aviation instruments, their functions have become increasingly rich, and the amount of data has also become larger. Ordinary testing software has begun to meet the testing needs of instruments. In order to solve this problem, this paper designs a functionally rich and data cross-linked stable aviation instrument testing software. The development platform is MFC, and the design model is MVC three-layer software architecture. The testing software mainly needs to simulate the function of sending data from the upper computer to the instrument, receive, display and store the output data of instrument maintenance self-test, provide data calibration auxiliary light prompt function, calculate instrument calibration parameters function, and read and write instrument EEPROM calibration parameters function; The testing software needs to achieve efficient data transmission and provide more convenient and efficient auxiliary functions to the testing workers.

Keywords

testing software; aeronautical instrument; MFC; reliable; high-efficient

基于 MFC 的航空仪表测试软件的设计与实现

陈懿超

航空工业青云, 中国·北京 100000

摘要

随着航空仪表的更新换代, 其功能变得越来越丰富, 数据量也越来越庞大, 普通的测试软件已经开始满足不了仪表的测试需求, 为了解决这个问题, 论文设计了一款功能丰富且数据交联稳定的航空仪表测试软件。其开发平台为MFC, 设计模型为MVC三层软件架构, 该测试软件主要需要完成模拟上位机向仪表发数的功能, 接收、显示并存储仪表维修自检的输出数据功能, 数据标定辅助灯提示功能, 计算仪表标定参数功能, 读写仪表EEPROM标定参数功能; 测试软件需要完成高效率的数据传输, 以及提供给试验工人师傅们更加方便、高效的辅助功能。

关键词

测试软件; 航空仪表; MFC; 可靠; 高效

1 引言

普遍的测试软件经常存在, 当 RS-422 串口通信数据传输速度过快且数据量庞大时, 测试软件运行处理数据总是出现数据包间断性的丢失, 导致仪表的输出数据样本有所缺损, 而在本次课题的研究中, 这个问题将会是第一个需要攻克的难点。

产品在进行高低温标定并计算标定参数这一过程通常过于烦琐及复杂, 而通过测试软件来完成这项工作, 将极大提高其可靠性及高效性, 这个问题也需要在本课题中深入研究。

为了提高航空仪表试验的高效性, 设计一套能够减轻仪表测试的繁重工作、缩短仪表试验周期和减少大量不必要

的人工误差的测试软件将是非常有必要的。

2 功能结构设计

航空仪表测试系统功能分为四大模块, 分别为数据发送模块、维修自检数据显示模块、数据标定处理模块以及 EEPROM 处理模块。

数据发送模块, 该模块包含了 ARINC429 数据和 1553B 数据发送模块, 用户可以通过测试软件模拟上位机发送的数据观测仪表的显示情况, 以此测试、分析仪表的运行状态。

维修自检数据显示模块, 该模块需要根据数据总线信号传输帧格式对仪表 RS-422 维修自检的输出数据进行解析并显示, 其目的就是要将仪表详细的数据参数在测试软件上实时显示出来, 以便观测仪表的运行状态。

数据标定处理模块, 该模块包含了加表、陀螺标定辅助管理模块, 在进行加表、陀螺标定时, 测试软件通过信号

【作者简介】陈懿超(1991-), 男, 中国江西抚州人, 本科, 工程师, 从事飞控软件设计研究。

灯的闪烁和不同颜色的显示来提示仪表处于的位置以及存储状态，用以辅助仪表进行标定。标定原始数据导入模块将标定数据导入测试系统，为标定参数计算模块提供标定数据。标定参数计算模块根据标定数据和其对应的逻辑算法自动计算得出相应的标定参数。存储数据模块中分为标定数据存储模块和标定参数数据存储模块，两个模块分别实现了不同类型的数据存储。

EEPROM 处理模块，该模块主要包含了标定参数数据导入模块、读 EEPROM 模块和写 EEPROM 模块。标定参数数据导入模块将标定参数数据文件导入到测试软件中，为写 EEPROM 模块提供需要写入的数据内容。读 EEPROM 模块分为 EEPROM 数据显示模块和 EEPROM 数据存储模块，分别需要完成将存储在 EEPROM 中的标定参数数据读出并显示在测试软件界面上以及将显示在界面上的标定参数数据按一定格式进行存储的功能。写 EEPROM 模块分为标定参数写入模块和标定参数写入校验模块，分别需实现将标定参数写入仪表的 EEPROM 中以及校验标定参数是否成功写入的功能^[1]。

测试软件系统功能结构图如图 1 所示。

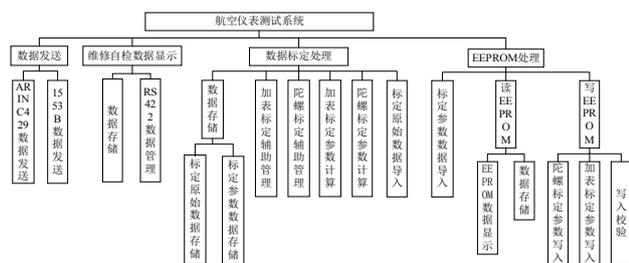


图 1 系统功能结构图

3 详细设计

3.1 数据发送模块详细设计

数据发送模块包含了 1553B 数据发送和 ARINC429 数据发送，设计时将两种不同的数据类型分别用不同的发送界面实现。1553B 数据发送模块启动后，软件进行初始化，初始测试软件发送的数据内容，点击打开板卡按钮进入打开 1553B 数据板卡控制单元，若打开成功，则启动定时器，循环定时执行数据封装与发送单元，其间可以通过下拉列表来选择各组不同的数据并触发发送数据组选择单元进行不同发送数据组的更换，点击关闭板卡则再次触发 1553B 数据板卡控制单元，关闭定时器退出数据封装与发送单元停止发送数据，并关闭 1553B 板卡。若打开失败，则提示打开板卡失败^[2]。

ARINC429 数据发送模块启动后，软件进行初始化，初始测试软件发送的数据内容，通过下拉列表触发通道选择单元进行 ARINC429 发送通道的选择，点击开始发送按钮用以触发数据发送控制单元，然后进行 ARINC429 通道的配置，设置 ARINC429 通道，最后封装消息开始发送，其中任一配置错误都将启动获取消息失败结果函数，提示数据发送失败。

在数据发送期间，可以通过下拉列表来选择各组不同的数据并触发发送数据组选择单元进行不同发送数据组的更换。点击停止发送则再次触发数据发送控制单元，并启动板卡关闭函数进行 ARINC429 板卡的关闭，停止发数^[3,4]。

3.2 维修自检数据显示模块详细设计

维修自检数据显示模块启动后，软件进行初始化，自动搜寻计算机的串口号以及启动线程函数，点击打开串口按钮用以触发串口打开控制单元，若打开成功，则开始执行线程中的捕捉数据包函数，数据接收单元自动被执行，数据接收并显示期间，可以通过点击存储数据按钮来触发数据存储控制单元进行关键数据的 TXT 文件存储，存储完毕后点击停止存储按钮再次触发数据存储控制单元进行存储的停止及 TXT 文件的关闭，通过点击关闭串口按钮触发串口打开控制单元进行停止线程中捕捉数据包函数的执行并关闭串口。若串口打开失败，则提示失败消息。该模块的流程图如图 2 所示^[5]。

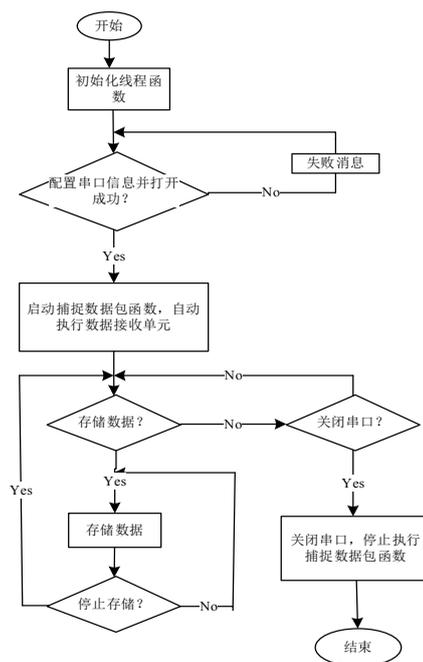


图 2 维修自检数据显示模块流程图

3.3 数据标定处理模块详细设计

数据标定处理模块启动后，软件进行初始化，对标定参数等数据进行初始化，并自动搜寻计算机的串口号以及启动线程函数。点击单选按钮来触发选择的标定的模式以及标定的温度，点击打开串口按钮用以触发串口打开控制单元，若串口打开失败，则提示失败消息。若打开成功，则开始执行线程中的捕捉数据包函数，数据接收单元自动被执行。数据接收并显示期间，通过点击按钮触发标定原始数据存储路径导入单元。确定标定原始数据的存储路径后，点击存储数据按钮进行标定原始数据的 TXT 文件定时存储，或点击停止存储按钮对数据进行手动停止存储并关闭 TXT 文件。所有标定原始数据文件都存储完毕后，点击按钮触发标定原始

数据文件导入单元将标定原始数据文件路径导入系统中，点击标定参数计算按钮对文件中的数据进行读取并根据标定模式进行相应的标定参数计算。计算结果显示后，通过点击标定参数存储按钮触发标定参数存储单元，根据标定模式及温度模式进行标定参数的TXT文件存储。待标定数据均已存储完毕后，点击按钮触发温度拟合路径导入单元，将标定参数文件路径导入系统中，点击开始拟合按钮触发标定参数温度拟合单元，根据标定模式拟合出相对应模式下的其他三个温度点的标定参数文件。当所有标定参数文件均齐备后，点击按钮触发标定参数文件导入单元，将这些文件的路径导入系统中，点击合并按钮将这些标定参数文件合而为一。该模块的流程图如图3所示。

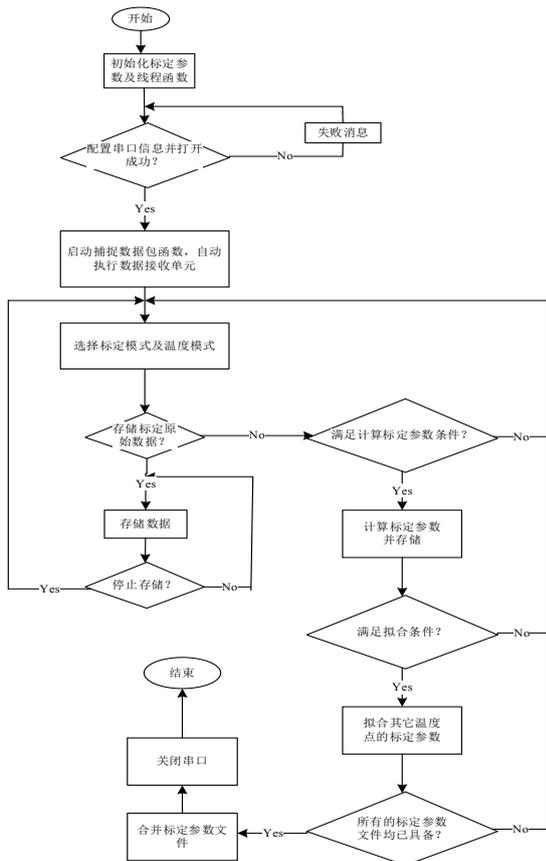


图3 数据标定处理模块流程图

3.4 EEPROM 处理模块详细设计

EEPROM 处理模块启动后，软件进行初始化，初始化标定参数数据，搜寻计算机的串口号和启动线程函数，点击打开串口按钮触发串口打开控制单元，若串口打开失败，则提示失败消息，若打开成功，则标定参数导入按钮被激活。点击标定参数导入按钮触发标定参数文件导入单元，将标定参数数据文件导入系统中并激活所有按键。点击加表标定参数录入和陀螺标定参数录入，开始往仪表中以 RS-422 数据通信的方式写入标定参数，同时开始执行线程中的捕捉数据包函数，消息接收单元自动被执行，并反馈参数录入的结果。标定参数录入完毕后，点击开始校验对刚写入的标定参数进

行数据校验，并反馈校验结果。点击读 EEPROM 按钮对仪表 EEPROM 中的标定参数进行读取并显示。点击存储数据将仪表中读出的 EEPROM 数据写入 TXT 文件中进行数据存储。点击关闭串口按钮停止线程中捕捉数据包函数的执行。该模块的流程图如图4所示^[6]。

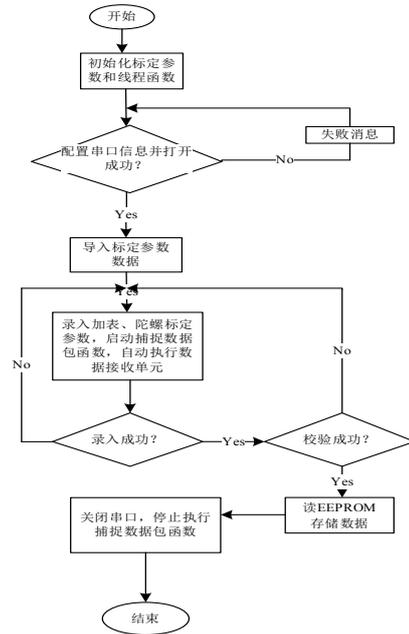


图4 EEPROM 处理模块流程图

4 总结

测试软件的开发平台为 MFC，利用其宏观框架的体系进行可视化系统设计。针对 ARINC429 和 1553B 的数据交联，引用了第三方的设计文件 1553USB DLL.dll、1553USB DLL.lib、rxms.lib、wdapi1010.dll 和 wdapi1010.lib，使测试软件的后台数据通讯程序能够方便地使用已封装好的函数进行 ARINC429 和 1553B 数据通信设计。

在设计过程中，为了解决维修自检数据显示模块丢失数据包的问题，本文采用了显示和存储分离的设计方法，降低 CPU 的处理、运行负担，使数据得以稳定接收，从而解决了丢数的问题。

参考文献

- [1] 吕鑫.VC++就业培训宝典之MFC视频教程[M].北京:机械工业出版社,2014.
- [2] 张又又.MTL-STD-1553B通信系统的软件设计[J].航空计算技术,1994,24(3):45-53.
- [3] 田立强,曾祥辉,苏彦莽,等.基于FPGA的ARINC429接口设计[J].测控技术,2015.
- [4] John E.Swanke.VC++ MFC Extensions by Example[M].北京:机械工业出版社,2000.
- [5] 王俊超,王恒亮.基于FPGA的参数可调RS422接口电路设计实现[J].电子科技,2015,28(2):5.
- [6] JEFF P.MFC Windows程序设计[M].北京:清华大学出版社,2002.

Analysis of Building Completion Measurement Technology and Quality Control Strategy

Jing Liu

Natural Resources Bureau of Shimen County, Changde City, Changde, Hunan, 415300, China

Abstract

Building completion survey is one of the key links in the project construction, which is directly related to the completion acceptance of the construction project and the safety of the subsequent use. With the rapid development of modern building technology, the requirements of accuracy, efficiency and reliability of completion measurement technology are continuously improved. This paper systematically discusses the application of the current completion measurement technology and its development trend in the engineering practice, analyzes the principle and application scope of the commonly used measurement technology, and combined with the engineering practice, puts forward an effective quality control strategy. By establishing a perfect measurement quality management system, strengthening the skill training of surveying personnel and strict implementation of the measurement operation procedures, the accuracy of the completion measurement can be further improved to ensure the reliability of the completion measurement results, so as to provide technical guarantee for the safe use of the building.

Keywords

building; completion measurement technology; quality control strategy; importance

建筑物竣工测量技术及质量控制策略分析

刘静

常德市石门县自然资源局, 中国·湖南 常德 415300

摘要

建筑物竣工测量是工程建设中的关键环节之一,直接关系到建筑工程的竣工验收及后续使用的安全。随着现代建筑技术的快速发展,竣工测量技术在精度、效率和可靠性上的要求不断提高。论文系统探讨了当前竣工测量技术的应用及其在工程实践中的发展趋势,分析了常用测量技术的原理及其适用范围,并结合工程实际,提出了有效的质量控制策略。通过建立完善的测量质量管理体系、加强测量人员的技能培训以及严格执行测量操作规程,可以进一步提升竣工测量的精度,确保竣工测量结果的可靠性,从而为建筑物的安全使用提供技术保障。

关键词

建筑物; 竣工测量技术; 质量控制策略; 重要性

1 引言

竣工测量作为建筑工程的最后一道工序,通常是在建筑物主体结构、内外装饰、设备安装等全部完成后进行的,它不仅是对施工过程中各项工作的检验与总结,也是建筑工程交付使用的前提条件。通过竣工测量,能够准确反映建筑物的空间位置、几何尺寸、垂直度以及平整度等实际状况,从而为竣工验收提供科学依据。

2 建筑物竣工测量的重要性

2.1 确保建筑物质量

建筑工程在施工过程中,难免会受到各种现实条件的

影响,导致质量出现偏差或不符合设计预期。竣工测量就是通过精准的测量手段,检测建筑物的实际尺寸、结构状态以及各部分的细部施工是否达到规范要求,从而确保整体工程的质量得到有效控制。对于建筑物的高度、垂直度、平整度等关键指标,竣工测量可以提供科学的数据支持,帮助施工方发现潜在问题并及时整改。这一过程不仅是质量控制的最后一道防线,也是为业主和后期使用者提供安全保障的重要步骤。

2.2 验证设计方案的实施

在建筑工程的整个生命周期中,设计方案是指导施工的蓝图。然而,实际施工过程中,由于场地条件、材料供应、施工技术等方面的限制,建筑物的实际建造情况可能会与设计发生偏差。竣工测量正是通过对比建筑物的实际数据与设计图纸,来验证施工是否严格按照设计要求进行。通过这一过程,不仅能够检查建筑各部分尺寸是否符合设计,还可以

【作者简介】刘静(1973-),女,中国湖南常德人,助理工程师,从事工程测量研究。

评估建筑物的整体布局、结构形式和功能是否达到了设计预期。

2.3 为后续维护提供依据

建筑物在竣工后进入使用阶段，其维护和管理工作是保障建筑物长期安全、稳定使用的重要环节。竣工测量提供的精确数据不仅对建筑物的当前状态作出全面的评估，还为未来的维护工作提供了详实的资料。建筑物在长期使用中，难免会出现变形、沉降、材料老化等现象，而竣工测量的数据则可以作为基准点，用于后续的监测和检测。通过对比竣工测量数据和建筑物的使用状态，业主和维护单位可以及时发现建筑物的变化，并采取相应的维护措施。

3 建筑物竣工测量技术

3.1 全站仪测量

全站仪测量技术是建筑测量中最常用的方法之一。它结合了光学测量和电子测量的优点，具有高精度和高效率的特点。全站仪可以同时测量水平角、垂直角和距离，计算出测点的三维坐标。通过全站仪，测量人员可以快速获取建筑物的轮廓、标高和位置等信息。这种方法特别适合于大规模的建筑项目，能够有效提升测量的速度和准确性。此外，全站仪的操作相对简单，测量人员经过培训后即可独立完成日常测量任务。尽管全站仪在测量精度和效率上表现出色，但在某些复杂地形或遮挡较多的环境中，测量结果可能受到一定影响。因此，在特殊情况下，结合其他测量技术往往是必要的。

3.2 GPS 测量

全球定位系统（GPS）利用卫星信号进行定位，能够在较大范围内实现高精度测量。尤其在开阔地带，GPS 测量的定位准确性和速度都非常突出。通过设置基准站和移动站，GPS 可以实时获取测点的坐标信息，方便进行后续的数据处理。这种技术不仅适用于建筑物的外部测量，也可以用于大型工地的平面布置和土方工程的定位。需要注意的是，GPS 技术的精度受多种因素的影响，比如卫星数量、信号干扰和气候条件等，因此在使用时需要仔细选择测量时间和地点，以保证测量结果的可靠性。

3.3 三维激光扫描

三维激光扫描技术通过激光束快速扫描周围环境，捕捉到大量的点云数据，从而形成高精度的三维模型。三维激光扫描能够高效获取建筑物的外形、结构和细节，特别适用于复杂建筑和历史遗址的测量。扫描后的点云数据可以通过专业软件进行处理，生成精确的三维模型，便于后续分析和设计。这种技术的优势在于其非接触性，能够避免对建筑物的损伤，同时也适应多种复杂环境。此外，三维激光扫描的自动化程度高，减少了人工测量的时间和误差，使得测量工作更加高效。然而，三维激光扫描设备的成本相对较高，对操作人员的专业素养也有一定的要求，这在一定程度上限制

了其在小型项目中的普及。

3.4 倾斜摄影测量

倾斜摄影测量技术通过搭载在飞机或无人机上的相机，利用倾斜拍摄的方式获取目标区域的影像。通过对这些影像进行处理，可以生成高精度的三维模型和正射影像图。这种技术尤其适用于大范围区域的测量，如城市规划、土地利用和环境监测等。倾斜摄影测量不仅能够快速获取大量数据，还能提供丰富的视觉信息，帮助设计师和工程师更好地理解项目的环境和背景^[1]。不过，由于倾斜摄影测量依赖于图像处理技术，数据处理的复杂性和时间成本也是需要考虑的因素。此外，受天气和光照条件的影响，拍摄质量可能会有所波动，因此在选择测量时间时需谨慎。

3.5 手持式三维扫描仪

手持式三维扫描仪作为一种新兴的测量工具，因其便携性和高精度而受到广泛关注。这种设备通常采用激光扫描技术，可以快速捕捉建筑物的三维数据。操作人员只需将扫描仪手持在不同的角度，对目标区域进行扫描，即可获得高精度的三维模型。这一过程不仅高效，而且大大减少了人工测量的误差。此外，手持式三维扫描仪能够轻松应对复杂的建筑结构，如曲面或高处的细节，确保了测量的全面性。在竣工验收时，生成的三维模型能够为设计师和工程师提供清晰的视觉依据，帮助他们更好地理解建筑的实际情况。

4 建筑物竣工测量质量控制策略

4.1 建立完善的测量质量管理体系

一个科学、系统的质量管理体系能够规范测量工作的各个环节，确保测量任务的有序开展。该体系应当涵盖测量的计划、实施、检查和结果反馈等全过程，确保每个环节都能有据可循、有章可依。在体系的建立过程中，管理者应充分考虑项目的实际情况，包括建筑物的规模、复杂程度、施工环境等因素，制定出符合实际需求的测量标准和规范^[2]。同时，管理体系还须具备一定的灵活性，能够根据项目进展和外部环境的变化进行适时调整，以确保测量工作的持续高效开展。竣工质量控制策略如图 1 所示。

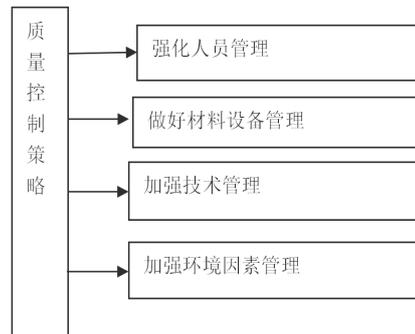


图 1 竣工质量控制策略

4.2 加强测量人员的技能培训

测量工作对专业技术要求较高，不仅需要熟练掌握各

种测量仪器的操作方法，还要能够正确理解施工图纸、掌握建筑规范，甚至对一些特殊的测量情况有应对能力。因此，测量人员的技能水平直接影响到测量工作的最终质量。为了提升测量人员的专业能力，施工单位应定期组织技能培训，内容包括新仪器的使用方法、最新的测量技术以及建筑行业的相关规范和标准。此外，培训还应注重实操能力的提升，结合实际案例，帮助测量人员在实践中掌握解决问题的能力。同时，培训还应包括测量过程中常见问题的预防和处理，使测量人员能够在面对突发情况时从容应对。通过系统的技能培训，测量人员的专业素养和实际操作能力都能得到显著提升，从而为竣工测量的顺利开展提供有力保障。

4.3 严格执行测量操作规程

无论测量仪器如何先进，若操作不当，最终测量结果同样无法达到预期标准。因此，测量人员在工作时必须严格按照操作规程进行，包括仪器的调试、测量点的布置、数据的记录等每一个环节都需规范操作。操作规程的制定应以行业标准为基础，并结合具体项目的实际情况进行细化，对于容易出现误差的环节要特别注明注意事项。例如，在进行高精度测量时，环境因素如温度、湿度、气压等都会对结果产生影响，测量人员要根据现场条件进行必要的调整。严格执行操作规程不仅能减少测量误差，还能有效提高工作效率，确保测量结果的可靠性。

4.4 定期开展测量仪器的检定

测量仪器是竣工测量工作的核心工具，其性能的好坏直接影响到测量数据的精度。在长期使用过程中，仪器会因外界环境的影响或内部机械部件的老化而出现误差，因此，必须定期对仪器进行检定和校准，以确保其测量精度符合要求。施工单位应制定定期检定计划，确保所有仪器在使用前都处于最佳状态，避免因仪器故障或精度不足而影响测量结果。同时，测量人员应熟悉仪器的基本维护方法，在日常工作中做好仪器的保养，及时发现并处理潜在的故障问题。例如，在一些极端环境下，测量仪器可能会受到温度、湿度等外部因素的影响，导致精度下降。此时，测量人员应结合现场条件，判断是否需要临时校准或更换仪器。除此之外，还应当记录每次仪器检定的结果和使用状况，形成详细的仪器档案，确保在测量数据出现异常时有迹可循^[9]。这不仅有助

于及时发现问题并加以纠正，也为后续测量工作提供了可靠的技术支持。通过定期检定仪器和合理的维护措施，能够大大降低因仪器故障导致的数据偏差，确保测量工作的顺利进行。

4.5 加强测量数据的分析和处理

测量数据的准确性不仅仅体现在采集环节，还体现在数据的分析、处理和最终成果的输出过程中。在竣工测量中，所采集的数据量通常较大，数据类型也较为复杂，往往需要经过多次处理才能得出最终结果^[4]。因此，测量人员不仅要具备数据处理的能力，还应掌握必要的分析工具和软件，确保数据处理的高效性和准确性。在数据处理过程中，测量人员应保持严谨的态度，认真核对每一个数据，避免因疏忽大意而导致错误累积。此外，针对一些复杂的测量项目，数据处理还应当结合建筑设计图纸和施工情况，进行多方比对，确保最终成果符合设计要求。对数据的分析还应当包括对测量过程中可能存在误差的评估，以便在最终交付时为业主提供准确、可靠的测量报告。如果在数据分析过程中发现异常，测量人员应当及时回到现场进行复测，确保所有数据都经过验证后才形成最终的成果文件^[5]。

5 结语

总的来说，建筑物竣工测量质量控制策略的有效实施，能够确保建筑工程的顺利验收，同时为建筑物的后续维护和管理提供可靠的技术支持。在未来，随着测量技术的不断进步和信息化手段的广泛应用，建筑竣工测量的精度和效率将进一步提升，质量控制策略也将更加科学化、系统化。

参考文献

- [1] 霍晓龙.现代测绘技术在城市建筑竣工测量中的应用[J].工程建设(维泽科技),2024,7(6):108-110.
- [2] 王晨,李磊.建筑工程规划竣工测量中测绘新技术的应用探索[J].门窗,2024(19):232-234.
- [3] 杨国华.城市建筑工程规划竣工测量质量控制分析[J].中国科技期刊数据库工业A,2023(3):84-87.
- [4] 高学芹.论城市建筑物竣工测量质量控制[J].山西建筑,2009,35(30):355-356.
- [5] 刘华峰.建筑工程竣工测量全过程中的质量管理策略分析[J].科技创新与应用,2023,13(11):152-155.

Research on the Ecological Environment Impact and Prevention Measures of Offshore Wind Power Engineering

Wen Gu

Shanghai Donghai Wind Power Generation Co., Ltd., Shanghai, 200093, China

Abstract

With the continuous growth of global energy demand and the increasingly severe problem of climate change, offshore wind power, as a representative of clean and renewable energy, has gradually become the key direction of energy structure adjustment in various countries. However, in the construction and operation process of offshore wind power projects, it will inevitably have a certain impact on the Marine ecological environment. Therefore, this paper analyzes the possible impacts of offshore wind power engineering on marine ecosystems, explores its impact mechanisms on marine organisms, marine hydrological environment, and marine landscape, and proposes corresponding prevention and control measures. Through the study of these issues, it aims to provide theoretical support and practical guidance for the sustainable development of offshore wind power projects.

Keywords

offshore; wind power engineering; ecological environment impact; prevention and control strategy

海上风电工程生态环境影响及防治对策研究

顾雯

上海东海风力发电有限公司, 中国·上海 200093

摘要

随着全球能源需求的持续增长和气候变化问题的日益严峻,海上风电作为清洁、可再生能源的代表,逐渐成为各国能源结构调整的重点方向。然而,海上风电工程在建设和运营过程中不可避免地对海洋生态环境产生一定的影响。所以,论文通过分析海上风电工程对海洋生态系统的可能影响,探讨其对海洋生物、海洋水文环境以及海洋景观的影响机制,并提出相应的防治对策,以期通过对这些问题的研究,为海上风电项目的可持续发展提供理论支持和实践指导。

关键词

海上; 风电工程; 生态环境影响; 防治策略

1 引言

近年来,随着技术的进步和成本的下降,海上风电产业得到了迅速发展,尤其在中国、欧洲和北美地区,海上风电装机容量逐年增加,已成为能源领域的重要组成部分。然而,海上风电的快速发展也带来了新的环境问题,特别是在项目的选址、施工和运营过程中,可能对海洋生态系统造成不同程度的影响。这些影响不仅涉及海洋生物栖息地的破坏、迁徙路径的干扰,还包括对海洋水文环境的改变、海底地形结构的破坏等。如何在开发海上风电资源的同时,有效减少对海洋生态环境的负面影响,成为当前亟待解决的关键问题。

【作者简介】顾雯,女,中国上海人,本科,助理工程师,从事海上风电项目的开发与建设中海洋环境的影响及应对研究。

2 海上风电工程对生态环境的影响

2.1 对海洋生物的影响

海上风电机组在安装的过程中往往需要进行大规模的海底打桩和基座建设,这会对海底生物栖息地产生直接的物理破坏。而且由于工程施工时的噪声较大,尤其是打桩过程中的噪音传播范围广且强度高,这将对海洋中的鱼类、海洋哺乳动物以及其他听觉敏感的生物可能产生严重干扰^[1]。海洋哺乳动物如鲸类和海豚,依赖声波进行导航和觅食活动,而施工噪音可能导致它们迷失方向,甚至被迫迁移。与此同时,海底电缆的铺设和风机基础的建设还可能影响海底沉积物的稳定性,导致局部水域的浑浊度增加,进而影响底栖生物的生长和繁殖。

2.2 对海洋生态系统的影响

海洋生态系统是一个高度复杂的网络,各个物种和环境因素之间相互作用,形成了稳定的生态平衡。风电工程的建设将会打破这一平衡,如风机基座可能成为某些海洋生物

的人工礁石,吸引鱼类和无脊椎动物聚集,这虽然可能在局部区域增加生物量,但从生态系统的整体角度来看,这种“局部富集效应”可能会改变区域内物种的分布格局,导致生态系统功能的失衡。而且风机叶片的转动也可能对海鸟的飞行构成威胁,尤其是对于那些依赖海洋环境觅食的鸟类,海上风电场的密集布局可能增加鸟类的碰撞风险。施工阶段的海上风电工程如图1所示。



图1 施工阶段的海上风电工程

2.3 对海洋水质的影响

在施工期内,由于风机基座的安装以及海底电缆的铺设,海床会受到扰动,可能导致海底沉积物的再悬浮,进而增加海水的浑浊度。浑浊水体不仅会影响海洋生物,尤其是依赖光合作用的浮游植物和珊瑚礁的生长,还可能影响沿岸生态系统的健康。并且在施工中使用的一些工程材料和设备,如混凝土基座的化学物质泄漏或者船只的燃油泄漏等若是管理不当,可能对海水造成污染。

2.4 对海洋景观的影响

海洋景观作为海洋环境中的重要组成部分,具有自然美学和文化价值,而风电机组的大规模布局无疑会改变原有的海洋景观结构。风机塔架、叶片以及附属设施的建立,往往需要占用广阔的海域,这些高耸的人工设施与自然海洋环境之间形成了强烈的视觉对比,破坏了原有的自然和谐。对于一些以海洋风光为主要吸引力的旅游区域,风电场的存在可能会削弱景观的吸引力,甚至影响到当地的旅游业和相关经济活动。并且夜间风机叶片上的红色警示灯也会对附近居民和海上活动者产生一定的光污染,进一步削弱了海洋景观的原始美感^[2]。

2.5 对航运航道的影响

海洋是全球贸易的重要通道,各国的航运活动高度依赖海洋航道的畅通和安全。海上风电场的建设不仅占用了部分海域,还可能对现有的航道布局产生干扰。风电机组通常具有较大的体积,且分布密集,这些设施的物理存在必然会对航行船只的路径规划、航行安全以及航道管理造成一定的挑战。特别是在大风大浪天气下,风电机组周边海域的通行

条件可能更加复杂。为了保证航运安全,海上风电场附近通常需要设立专门的航行警示标志,甚至重新规划部分航线,这为航运管理部门带来了额外的工作负担。

3 海上风电工程生态环境防治策略

3.1 合理选址与布局

3.1.1 避开生态敏感区

生态敏感区是指那些具有较高生态价值或容易受到外界干扰而导致生态系统功能失衡的区域,如重要的鱼类洄游通道、海洋生物繁殖区、红树林、珊瑚礁等。这些区域往往在维持海洋生物多样性和生态系统稳定性方面起着至关重要的作用。如果风电场选址不当,可能会破坏这些区域的生态功能,导致海洋生物栖息地的丧失,甚至引发局部生态系统的崩溃。所以来说,风电场的规划应当基于详细的生态调查和环境评估,识别出相关的生态敏感区,并在设计阶段避开这些区域,从源头上减少对生态环境的干扰。

3.1.2 优化风电场布局

由于风机之间的距离和排列方式会直接影响周围生态的和谐,所以来说在风电场的设计过程中,施工团队需要针对海洋环境及其生态特点进行合理的布局。通常风机之间应保持适当的间隔,以减轻湍流对周围水域的影响,并尽量减少对海洋生物的干扰。并且布局时还需考虑风机的高度及数量,合理规划风电场的规模,从而减少对鸟类和海洋哺乳动物的影响。

3.2 加强生态环境监测

3.2.1 建立长期监测机制

监测的内容应包括海洋水质、海洋生物多样性、声环境以及海底生态等多个方面。为了实现这一目标,相关部门需联合科研机构 and 高校,组建专业的监测团队,制定详尽的监测计划。通过定期采集和分析数据,不仅可以及时发现生态环境的变化,还能评估风电项目对生态系统的具体影响。

3.2.2 开展生态补偿措施

生态补偿是一种经济手段,旨在弥补因开发和利用自然资源而导致的生态环境损失。可以通过设立生态补偿基金用于修复和保护受影响的生态环境。这些资金能够被用于一系列海洋生态恢复项目,例如人工鱼礁的建设、海草床的修复,以及对海洋生物栖息地的保护等。通过这些措施,不仅有助于提升海洋生态环境的整体质量,还有助于促进当地渔业的可持续发展,从而实现生态与经济的双重收益。

3.3 优化施工方案

3.3.1 采用低影响施工技术

传统的施工方法往往会对海洋生态系统造成一定的干扰,特别是在施工过程中产生的噪声和振动,可能对水中生物特别是鱼类的栖息和繁殖产生不利影响。现代技术的不断进步为我们提供了一些具有较低环境影响的施工方案,如使用静音桩机代替传统的冲击桩机,不仅能够显著降低施工

过程中产生的噪声污染，而且有助于减少对周围生态环境的干扰。与此同时，水下作业机器人被广泛应用于海底作业，这种设备能够在执行任务时有效地减小水体的扰动，不仅保护了水生生物的栖息地，还提高了施工的安全性和作业效率。

3.3.2 合理安排施工时序

由于在海上风电项目的施工过程中涉及多个环节包括基础设施的建设、风机的安装以及后期的维护等各个阶段。所以为了确保施工过程顺利进行，并避免对海洋生态系统带来不必要的影响，制定科学的施工计划变得尤为重要。具体来说，在施工过程中，应尽量避免鱼类的繁殖季节以及海洋生物的迁徙时期，避免大规模施工活动影响海洋生态平衡。最重要的是，合理安排施工时序还需考虑到天气变化的因素，尽量在气候稳定的季节进行高风险作业，以保证施工的安全性并尽可能减少对海洋环境的负面影响^[1]。

3.4 加强环境风险管理

3.4.1 制定应急预案

在海上风电项目的施工和运营过程中，往往会因为自然因素或人为失误引发一些突发事件，如设备故障、油污泄漏，甚至海洋生物的误捕等。这些意外事件不仅会直接威胁到海洋环境的健康，而且还可能对周围的生态系统造成严重影响，所以提前制定一套详细且有效的应急预案，成为确保及时应对这些突发情况的重要措施。举例来说，针对油污泄漏的突发事件，应急预案应当详细规定清理的责任人和具体的清理措施，以确保一旦发生泄漏事件，能够迅速组织处理，最大限度地减少污染对海洋生态的伤害，而且为了确保应急预案在实际操作中的有效性，项目方还需要定期组织应急演练，借此检验预案的可行性，并使所有参与的工作人员熟悉应急响应具体流程。

3.4.2 建立风险防控体系

一个完善的风险防控体系能够有效帮助识别和评估环境风险，在风险发生前采取预防措施，从而不断降低事故发生的概率。在规划阶段，应进行全面的环境影响评估，以识别潜在的环境风险，并在设计中融入防控措施，如选择合适的材料和技术，从源头减少对环境的影响。在施工阶段，施工单位需严格遵循环保法规，落实各类防护措施，实现“源头控制”，尽量减小对周围环境的影响。在运营和维护阶段，需要进行定期检查和维护设备，确保设备正常运转，从而避免设备故障可能引发的环境风险。海上风电场工程建设阶段流程如图2所示。

3.5 推进技术创新

3.5.1 研发生态友好型风机

传统风机在设计和使用材料上往往难以兼顾性能和

环境保护，生态友好型风机则强调在确保发电效率的同时，尽量减少对海洋生态系统的影响。比如说采用可再生材料或环境影响较低的合成材料，不仅可以降低风机的碳足迹，还能减少风机在生产和废弃过程中的环境污染。并且通过优化风机叶片的设计和材料，可以有效降低对鸟类及海洋生物的干扰。这种设计理念不仅有利于保护海洋生态，也能提升公众对海上风电项目的接受度。

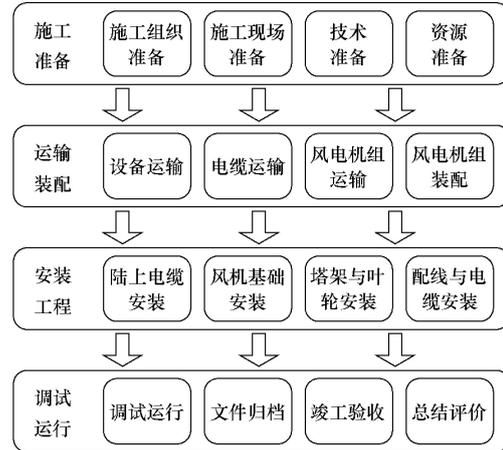


图2 海上风电场工程建设阶段流程图

3.5.2 探索新型防污防腐技术

新型防污防腐技术的研发能够有效延长风机的使用寿命，降低其维护频率，进而减少其对环境的影响，通过采用新型涂料和防腐材料不仅可以使工程具备良好的防腐性能，还能在海洋环境中稳定存在，减少传统材料可能带来的污染风险。并且智能监测技术的引入使得风机在运行过程中能实时监测材料状态，及时发现并处理潜在的防腐问题，以确保风机在整个生命周期内的安全与环保。

4 结语

总之，海上风电工程给生态环境带来的影响是复杂而多样的，然而通过科学的规划、严格的施工管理以及有效的运营监测，能够最大限度地降低其对生态环境的负面影响，为海上风电的可持续发展创造良好的环境基础。

参考文献

- [1] 涂睿, 向往, 郑双燕, 等. 基于直流大母线的大规模海上风电混合多端直流并网系统[J/OL]. 电网技术, 1-12[2025-02-17]. <https://doi.org/10.13335/j.1000-3673.pst.2024.1604>.
- [2] 王佳俊, 靳国旺, 熊新, 等. 顾及相干性与空间分布特征的SAR图像海上风电平台检测方法[J]. 测绘科学技术学报, 2024, 40(5): 484-490.
- [3] 马佳星, 肖石, 朱永飞, 等. 人工智能在海上风电运维中的自主决策与智能化管理研究[J]. 电气技术与经济, 2024(10): 236-237+242.

Analysis of the Current Situation and Countermeasures of Software Project Management

Qingyi Xu Han Feng

Hebei University of Science and Technology, Tangshan, Hebei, 063000, China

Abstract

The paper explores the current situation and countermeasures of software project management in the context of rapid development of information technology. Firstly, the concept and goals of software project management are presented. Then, the impact of current technological trends such as cloud computing, big data, and artificial intelligence on project management is analyzed, and various software management models and their advantages and disadvantages are introduced. Faced with challenges such as frequent demand changes, unreasonable resource allocation, and talent loss, this paper proposes innovative strategies such as design thinking, data-driven decision-making, continuous improvement and feedback loop, and cross-cultural team collaboration, aiming to improve the success rate of software project management and support the continuous innovation and development of the industry.

Keywords

software; project management; countermeasure analysis

软件项目管理现状与对策分析

徐庆祎 冯涵

河北科技学院, 中国·河北唐山 063000

摘要

论文探讨了软件项目管理在信息技术快速发展背景下的现状与对策, 首先给出软件项目管理的概念及其目标, 随后分析了当前技术趋势如云计算、大数据和人工智能对项目管理的影响, 并介绍了多种软件管理模式及其优缺点。面对需求变更频繁、资源分配不合理及人才流失等挑战, 论文提出了设计思维、数据驱动决策、持续改进与反馈循环以及跨文化团队合作等创新对策, 旨在提升软件项目的成功率, 支持行业的持续创新与发展。

关键词

软件; 项目管理; 对策分析

1 引言

随着信息技术的飞速发展, 软件项目管理已经成为企业成功的关键因素之一, 软件行业在过去几十年间经历了从传统的瀑布模型到敏捷开发的重大转变, 既反映了技术进步的要求又体现了市场需求日益多样化和快速变化的特点。然而, 在全球化的今天, 软件项目的复杂性不断增加, 跨国合作变得越来越普遍, 这些都给项目管理者带来了前所未有的挑战, 如何在保证产品质量的同时缩短开发周期, 如何有效应对需求的不断变化以及如何有限的资源条件下实现项目的成功交付, 这些都是当前软件项目管理所面临的实际问题。

2 软件项目管理的概念

2.1 定义与范围

软件项目管理是指在限定的时间、预算内, 通过一系列计划、组织、控制活动确保软件产品的开发、测试、部署与维护等过程高效有序地进行, 涵盖了从需求分析到最终产品发布的整个生命周期^[1]。项目管理活动不仅限于技术层面的任务执行, 还包括人员协调、风险评估与应对、资源配置等多个维度。因此, 在软件项目启动之初, 需要制定详细的项目计划并明确各个阶段的目标与里程碑, 在项目管理过程中需监控进度并及时调整策略以应对突发情况。

2.2 目标与原则

软件项目的核心目标在于平衡质量、时间和成本三者之间的关系以达到最优的产出结果。质量是软件产品的生命线, 必须贯穿开发流程始终; 时间则是衡量项目效率的重要指标, 合理的排期能显著降低延期风险; 成本控制则要求在满足功能需求的前提下尽量减少不必要的开支。为实现

【作者简介】徐庆祎(1987-), 男, 中国河北唐山人, 本科, 高级工程师, 从事软件项目管理研究。

这些目标，项目管理者必须遵循持续改进、客户导向和服务导向等基本原则，实践中，诸如谷歌和微软这样的大型科技公司往往通过建立标准化的工作流程来确保项目管理的一致性和高效性，同时鼓励团队成员积极反馈，以便及时调整策略并保持竞争力。软件项目管理还特别强调灵活性与适应性，项目目标可能会随着业务环境的变化而调整，这就要求项目管理方法具备一定的弹性。透明度也是软件项目管理的一项重要原则，意味着项目进展和任何重大决策都应该对所有相关方公开，以增强信任和合作。

3 软件项目管理现状分析

3.1 技术趋势与项目管理

近年来，云计算、大数据、人工智能等新兴技术的兴起对软件项目管理产生了深远的影响。云计算使得资源分配变得更加灵活，开发团队可以通过云服务提供商获得几乎无限的计算能力和存储空间。从而大大减少了基础设施建设的成本和时间。举例来讲，亚马逊 AWS 提供的弹性计算服务（EC2）允许开发者根据需求动态调整服务器资源，显著提高了项目响应速度和成本效益。大数据技术的应用让项目管理者能够基于海量的历史数据进行预测分析，为决策提供有力支持，通过分析过往项目的数据，项目管理人员可以更准确地估计当前项目的时间表和预算进而降低风险。人工智能则在自动化测试、智能推荐等方面展现了巨大潜力，在减少人工错误的同时提高了软件质量。

3.2 当前实践模式

软件项目管理领域存在几种主流的管理模式，每种模式都有其自身的优点和适用场景。传统瀑布模型以线性顺序推进的方式来开展项目管理，特别适用于需求明确、变化较少的小型项目中。随着市场需求的快速变化，敏捷开发模式凭借灵活性而受到广泛欢迎，敏捷方法强调短周期迭代、持续交付以及团队间的紧密协作，能够在不确定环境下快速响应变化^[2]。Scrum 框架就是敏捷实践的一种典型代表，它通过定期召开冲刺会议（Sprint Planning Meeting）来规划工作并在每个冲刺结束后进行回顾（Sprint Retrospective），以此不断改进流程。尽管如此，敏捷也有局限性，如在大规模项目中协调多个团队时可能会遇到困难，为此，DevOps 理念应运而生，它强调开发与运维的无缝集成，通过持续集成/持续部署（CI/CD）管道实现从代码提交到生产部署的自动化，有助于极大地提升软件交付效率。除了敏捷和 DevOps 之外，混合式项目管理方法也逐渐受到重视，这种模式结合了传统瀑布模型的计划性和敏捷方法的灵活性，适用于那些既有明确需求又有一定不确定性的中大型项目。混合式管理在前期采用较为严格的计划来锁定大部分需求，在后期则转向敏捷迭代，这种方式可有效应对剩余的需求变动，既保证了项目的基础稳定性又不失应对市场变化的能力。

3.3 面临的挑战

尽管软件项目管理方法不断演进，但在实际操作中仍面临不少挑战。需求变更频繁是其中一大难题，在与客户密切合作的定制化软件开发中，客户可能随时提出新的需求或修改原有要求，项目因而范围不断扩大，最终可能导致项目延期甚至失败。例如，某家软件企业在为一家银行开发在线交易平台时，由于银行中途决定增加多项安全特性，最终导致项目超出原定时间表近三个月之久。第二大难题是资源分配不合理，项目初期往往难以准确预估所需的人力和技术资源，一旦出现偏差就会造成资源浪费或者关键任务延期，如何在动态环境中优化资源配置，成为项目管理者亟须解决的问题^[3]。一些创业公司在开发应用时，在初期过度集中资源于前端开发而忽略了后端架构设计，造成后期重构成本高昂，严重影响了项目的整体进度。除了需求变更和资源分配之外，人才流失也是一个不容忽视的问题，软件行业的高流动率导致了项目团队经常处于不稳定状态，关键岗位的人员离职可能会中断项目的正常运作，故项目团队需针对长期项目建立一套有效的人才保留机制，如 Google 通过提供良好的职业发展路径、富有竞争力的薪酬福利以及健康的工作生活平衡来吸引和保留人才。远程工作的普及虽然带来了便利，但也增加了项目协调的难度，分布式团队成员之间缺乏面对面交流，容易导致沟通不畅进而影响团队凝聚力。

4 创新对策探讨

4.1 设计思维与用户体验导向

作为一种以人为本的创新方法论，设计思维近年来被广泛应用于软件项目管理之中，这种方法强调站在用户的角度思考问题，通过同理心地图（Empathy Map）、用户旅程图（User Journey Map）等工具深入了解用户需求。在软件开发过程中，设计思维的应用可以帮助团队快速迭代产品原型并通过不断的用户反馈循环优化设计方案。Facebook 在其产品开发中就广泛应用了设计思维，利用早期的用户测试来验证假设，保证最终产品能够真正满足用户需求，不仅提高了产品的市场接受度，还加速了开发周期，失败风险也随之降低。设计思维在软件开发过程中的作用不只局限于帮助团队理解用户需求，更重要的是它有助于促进团队成员之间的跨职能协作，通过共同参与用户调研、头脑风暴和原型设计等活动，不同背景的专业人士能够跨越部门壁垒，围绕共同目标努力。这种方法还鼓励团队采用最小可行产品（MVP）策略，即在最短时间内开发出可工作的版本供用户测试，在后续软件管理过程中则以快速迭代的方式来不断改进产品。举例来讲，Airbnb 在其网站改版过程中借助设计思维方法迅速推出了多个版本的页面设计并根据用户反馈快速调整，最终实现了用户体验的显著提升。

4.2 数据驱动决策

在大数据时代，利用数据分析来指导软件项目管理已

成为一种趋势。项目管理人员应持续收集项目生命周期中的各种数据（如任务完成时间、缺陷修复率等）来量化评估项目的进展情况^[4]。诸如 Tableau 和 Power BI 的数据可视化工具可以帮助项目经理直观地看到项目的健康状况，及时发现问题所在。机器学习算法的应用使得预测未来趋势成为可能，通过分析历史数据预测未来的资源需求，项目团队可以提前做好准备。许多大型互联网企业在项目管理中采用了大数据分析技术，通过对项目数据的深度挖掘实现了资源的有效配置，同时提高了整体运营效率。数据驱动的项目管理还包括实时监控项目的各项指标，借助实时监控系统，项目团队可以立即响应异常情况，避免问题恶化，如使用 Jira 或 Trello 等项目管理工具来实时查看任务进度、问题状态等信息并据此调整计划。数据驱动还意味着将定量分析与定性分析相结合，不仅依靠数字，还要结合专家意见和用户反馈来做出综合判断。例如，微软会在使用数据分析工具的基础上定期邀请专家进行评估，同时邀请用户参与体验测试，确保产品在满足功能需求的同时也符合用户的实际操作习惯。

4.3 持续改进与反馈循环

持续改进与反馈循环是软件项目管理中不可或缺的一部分，该方法论强调在项目生命周期中的每一个阶段都不断地收集反馈、评估绩效并根据所得信息调整策略。持续改进不单是关于技术上的优化，更是关于组织文化与流程的不断完善。

建立有效的反馈机制是持续改进的前提，包括但不限于定期的项目回顾会议（如敏捷中的 Sprint Retrospective）、客户满意度调查以及内部审计。Netflix 在软件开发过程中实行了“持续学习”的文化，鼓励团队成员在每个迭代结束后进行自我反思并记录下哪些做法有效，哪些需要改进。反馈机制有助于及时发现项目中的不足之处并在下一个迭代中加以改正。持续集成与持续交付（CI/CD）是软件开发中的重要实践，它通过自动化流程确保代码的每次提交都能被及时集成、测试和部署，能够有效确保软件质量。GitHub Actions 和 GitLab CI 是两种广泛使用的 CI/CD 工具，可以帮助团队实现从代码提交到生产环境部署的全流程自动化，团队可以利用这些工具在每次迭代中快速验证新功能，并及时发现并修复问题。为实现持续改进，组织需要培养一种持续学习的文化，即鼓励团队成员不断地学习新技术、新方法

并将其应用到实际工作中。谷歌实行了“20% 时间”政策，允许员工将五分之一的工作时间用于个人感兴趣的项目，以此激发创新思维。定期的技术培训和研讨会也是培养学习型组织的重要手段，通过这些活动，员工可以不断提升自己的技能水平，保持与行业发展的同步。

4.4 跨文化团队合作

随着全球化的加深，越来越多的软件项目涉及跨国团队的合作，对于跨国企业或者跨文化项目团队而言，促进不同文化背景下团队成员之间的有效沟通显得尤为重要。企业或团队可建立多元文化培训计划来增进团队成员的文化敏感性，了解彼此的习惯与期望，在此基础上使用统一的沟通工具和标准工作流程以减少因文化差异带来的误解。华为在开展国际项目时设立了专门的文化融合小组，负责协调不同国家和地区团队的工作风格差异，确保信息传递准确无误。项目团队可定期举行虚拟团队建设活动（如在线研讨会和社交活动）以增强团队成员之间的相互了解和信任感，进而提升项目的整体协作水平，还可以建立一套共同的价值观体系，让来自不同文化背景的人能够找到共鸣点，形成团队认同感。

5 结语

软件项目管理在当今快速变化的技术环境中面临着众多挑战，同时也拥有着巨大的机遇。通过采用设计思维、数据驱动决策、持续改进与反馈循环以及跨文化团队合作等策略，项目管理者能够有效地提升项目的成功率。未来的研究应进一步探索这些方法在不同类型项目中的应用效果，并致力于开发更加适应未来发展趋势的管理工具与框架以支持软件行业的持续创新与发展。

参考文献

- [1] 苏莉.软件项目管理现状与对策分析[J].中国战略新兴产业,2017(48):101.
- [2] 闫晶晶.基于敏捷开发的M公司软件项目管理流程优化研究[D].南京:南京信息工程大学,2024.
- [3] 张东利.JK公司软件项目管理流程优化研究[D].西安:西安理工大学,2024.
- [4] 赵江利.基于Scrum方法的ZY公司软件项目管理流程优化研究[D].重庆:电子科技大学,2024.

Design and Implementation of Unmanned Aerial Vehicle Emergency Mapping Linkage Service Platform

Bo Jiang

Shandong Province Land Surveying and Mapping Institute, Jinan, Shandong, 250010, China

Abstract

In recent years, natural disasters and emergencies occur frequently, and the need for rapid and accurate emergency mapping is becoming more and more urgent. Because of its high flexibility, fast response speed and high data acquisition accuracy, UAV has become an important technical means in the field of emergency mapping. However, at present, most of the emergency mapping still relies on the traditional manual or single platform operation, which is inefficient and difficult to achieve linkage service. This paper proposes and designs a platform, aiming to improve the automation level and service efficiency of emergency mapping. The platform integrates data collection, processing, transmission and real-time decision support functions to provide efficient and accurate surveying and mapping support for all kinds of emergencies. This paper discusses in detail the platform architecture design, data processing process, linkage mechanism and its application value in different emergency scenarios.

Keywords

UAV; emergency mapping; linkage service; data processing; platform design

无人机应急测绘联动服务平台的设计与实现

姜波

山东省国土测绘院, 中国·山东 济南 250010

摘要

近年来, 自然灾害、突发事件频发, 对快速、准确的应急测绘需求愈加迫切。无人机因其灵活性高、响应速度快、数据获取精度高等特点, 成为应急测绘领域的重要技术手段。然而, 目前大部分应急测绘依然依赖于传统人工或单一平台操作, 效率低下, 难以实现联动服务。论文提出并设计了一种基于无人机的应急测绘联动服务平台, 旨在提高应急测绘的自动化水平和服务效率。该平台集成了数据采集、处理、传输和实时决策支持功能, 为各类突发事件提供高效、精准的测绘支撑。论文详细探讨了平台的架构设计、数据处理流程、联动机制及其在不同应急场景中的应用价值。

关键词

无人机; 应急测绘; 联动服务; 数据处理; 平台设计

1 引言

目前无人机在应急测绘中的应用已取得显著成效, 然而无人机测绘系统多为独立操作, 缺乏有效的联动服务和多平台协作机制, 导致数据整合困难, 难以实现实时信息共享和多方决策支持。因此, 设计并实现一个无人机应急测绘联动服务平台, 能够将数据采集、处理和共享进行高度集成, 不仅提高应急响应的时效性, 还能为应急管理提供强有力的决策支持。

2 平台设计概述

无人机应急测绘联动服务平台的设计旨在解决当前应急测绘中独立操作、数据分散和共享不足的问题。该平台通

过多无人机系统、多终端实时数据共享和智能分析, 实现了对多种突发事件的快速响应和支持。平台主要包括利用无人机搭载多种传感器(如摄像头、LiDAR、红外等), 根据不同应急场景进行适应性数据采集; 对采集到的原始数据进行处理, 快速生成测绘成果, 包括影像图、3D模型、灾害预测模型等; 建立可靠的数据传输链路, 将处理后的数据上传至平台, 以实现多终端实时共享; 通过对数据的智能分析和动态模拟, 为决策者提供实时的辅助信息。平台采用模块化设计, 具备良好的扩展性和兼容性, 以满足不同应急需求和环境变化。与此同时, 平台具备高效的数据处理和传输能力, 可在复杂的应急场景中实现快速响应。

3 系统架构设计

3.1 感知层

感知层是平台的基础层, 用于无人机数据的采集和传感器管理。此层主要包括无人机、传感器设备以及现场采集

【作者简介】姜波(1982-), 男, 中国山东济南人, 硕士, 高级工程师, 从事工程测量和土地卫片执法研究。

终端。无人机通过搭载高清摄像头、LiDAR 激光雷达、热成像仪等设备，根据灾害类型和现场环境收集多种形式的信息。例如，在洪水或火灾场景中，可以利用无人机采集实时影像、热成像数据，用于灾害范围的实时定位和监测。在地震或滑坡场景中，LiDAR 数据可以生成地形模型，帮助分析地表变化情况。感知层的核心任务是保证数据采集的精准性和全面性，为后续的数据处理提供高质量的基础数据。

3.2 网络传输层

网络传输层主要负责将感知层采集到的数据安全、快速地传输到数据处理层，并实现多终端的联动共享。由于应急场景中可能出现网络信号不稳定的情况，因此本平台采用了多源数据传输方式，如 4G/5G 网络、卫星通信以及局域网。传输层还具备数据压缩、加密和断点续传功能，以保障数据的完整性和实时性。

在实际应用中，传输层需根据现场条件智能切换数据传输路径。例如，在信号较弱的山区灾害现场，平台可以优先使用卫星通信进行数据传输；在城市地区或信号充足的环境中，平台则可以利用 5G 网络传输，以确保数据实时回传。此外，传输层通过动态调节带宽利用率和优化传输协议，有效减少了数据传输的延迟，提升了平台的响应效率。

3.3 数据处理层

数据处理层是平台的核心，用于对感知层传输的数据进行实时分析和处理，以生成直观的测绘成果和灾害预测模型。处理层包括数据清洗、融合、建模和可视化等功能模块，数据清洗模块负责去除采集数据中的噪声和冗余信息，提升数据的质量和一致性。数据融合模块将不同传感器采集的数据进行集成，以生成多维度的灾害信息图；三维建模模块能够根据 LiDAR、影像数据生成地形、建筑物的三维模型，用于灾害前后对比分析。预测模块通过机器学习模型对灾害的扩展范围、影响程度进行预测，辅助救援决策；系统设有实时监控模块，能够对灾害区域进行 24 小时监控，一旦发现异常情况立即通过告警模块通知相关部门，以便及时响应。

3.4 应用层

应用层是无人机应急测绘联动服务平台面向用户的核心部分，主要负责将数据处理层生成的测绘成果和实时分析结果直观地展示给用户，并提供决策支持和多部门协作功能。通过 2D/3D 地图展示、实时影像、热成像、动态数据叠加等可视化手段，平台使应急人员能够全方位掌握灾害情况。决策支持模块利用灾害预测、智能路径规划和资源分配建议，为救援行动提供科学依据；多部门协作功能则通过信息共享、实时通讯和协同任务管理，实现跨部门联动响应，提高整体应急效率。同时，事件跟踪管理模块记录和分析应急过程中的各项数据，支持灾后评估和优化策略，为未来的应急响应提供宝贵的经验积累。

4 联动机制设计

4.1 多级响应机制

在应急测绘平台中，多级响应机制的设计是保障灾害发生后迅速响应的重要环节。根据突发事件的不同严重程度和影响范围，平台将响应机制划分为三个等级：初级响应、中级响应和高级响应。初级响应主要适用于小规模灾害，例如单栋建筑的火灾或小面积的滑坡，此时平台会安排一架无人机前往现场进行监测。中级响应适用于较大规模的灾害，如山体滑坡或洪水扩散等，平台会调动多架无人机并协同其他应急部门联合行动。高级响应适用于重大灾害，例如地震、特大洪水等，平台会调用全系统资源，同时与救援指挥中心实现信息对接，进行全方位、多部门联动。

4.2 任务分配与协调机制

在无人机应急测绘过程中，任务的合理分配与协调是保障测绘工作高效、精准的关键。平台利用自动化的任务分配算法，根据无人机的可用性、续航能力、任务类型、地理位置等因素，对任务进行智能分配。例如，在洪水灾害中，系统会优先分配续航能力长的无人机前往灾害中心采集数据，而将监控区域边界的任务分配给续航较短的无人机。同时，平台还具备多无人机协同作业功能，可以实现对任务的动态调整，一旦某架无人机出现故障或电量不足，其他无人机将立即接替其任务，确保测绘工作的连续性和稳定性。

4.3 动态信息共享机制

在突发事件的应急响应中，信息共享的时效性和准确性至关重要。为此，平台通过动态信息共享机制，将无人机采集的实时影像、数据处理结果和预测模型等内容及时传送到指挥中心和相关部门。该机制基于云端数据存储和推送技术，能够将测绘成果自动更新至联动终端，使不同部门的用户能够通过 PC 端、移动端等方式实时查看灾害区域的状况，进而作出及时的救援决策。动态信息共享机制的应用大幅缩短了各部门之间的信息传递时间，提升了整体应急救援效率。

5 关键技术及实现

5.1 无人机自主飞行技术

无人机自主飞行技术是确保平台实现快速响应的基础。该技术不仅提高了无人机的任务执行效率，还显著降低了人工操作的负担，确保无人机在突发情况下能够快速进入作业状态。平台采用了基于 GPS 定位与路径规划的无人机自主飞行系统，能够根据灾害现场的地理信息自动规划飞行路线，减少人工干预，提高无人机的反应速度和覆盖效率。为增强在复杂地形中的适应性，平台还具备障碍物检测与避障功能，通过传感器实时监测周围环境并自动调整航线，确保无人机在复杂地形中安全飞行。为了实现多无人机的协同作业，平台开发了群体控制算法，使无人机能够在灾害现场合理分布，从而避免重复采集、遗漏采集等问题，实现数据收

集的全面性和高效性。

5.2 多传感器数据融合技术

为提高测绘精度，平台采用多传感器数据融合技术，结合光学摄像头、LiDAR、热成像仪等多种传感器获取的数据，生成精确的灾害场景。这一融合技术通过整合多种数据源的优势，克服了单一传感器可能带来的数据缺失和失真问题，确保灾害现场信息的全面性。平台使用的融合算法能够处理不同传感器采集的数据，以减少噪声和冗余，提高数据的可靠性，从而提供更加真实和清晰的地形模型。例如，通过融合 LiDAR 和光学影像数据，可以在测绘图像上精确显示灾害区域的地形起伏信息，有助于决策者更好地理解灾害的实际影响，提升应急响应的决策质量。此外，热成像仪的数据为灾害现场的温度分布提供了参考，进一步帮助判断灾害性质和救援需求。

5.3 数据分析与建模技术

数据分析与建模是实现灾害预测和决策支持的核心技术之一。平台采用基于机器学习的建模技术，通过对历史数据的训练和分析，生成灾害扩散模型，预测灾害发展趋势，这一过程能够识别潜在的高风险区域，有助于实现对灾害影响范围的提前掌控。同时，平台的数据分析模块还可以基于无人机实时采集的数据进行动态调整，以提升模型的精确度，确保灾害预测的准确性和时效性。例如，在山体滑坡的预测中，平台通过分析地形模型、历史降雨数据和地质特征等信息，预测可能发生滑坡的区域范围，并标记高风险区域，为指挥中心提供精准的预警支持，使救援人员能够有针对性地进行资源调配。

5.4 网络通信技术

网络通信是确保平台多部门联动和实时信息传输的基础。通过高效的信息传输，平台能够保障各部门的实时信息共享，缩短信息反馈周期，提升应急响应的协同效率。平台采用了多模通信技术，结合 5G 网络、卫星通信和局域网技术，以保障数据的快速、安全传输。尤其是在偏远地区或灾后通信设施损毁的情况下，卫星通信技术能够确保无人机数据的稳定回传，从而维持信息的实时性和完整性。此外，平台还支持边缘计算，在灾害现场无人机数据可以通过边缘节点进行初步处理，以减少数据传输的带宽需求，加快数据回传速度，使应急指挥中心能够获得更为及时的现场情况，为决策提供依据。

6 应用场景与效果分析

6.1 地震灾害应急测绘

地震发生后，传统的人工救援往往难以在短时间内深入到震中，导致救援延迟，增加了受灾人员的风险和损失。无人机应急测绘平台在地震发生后可以迅速部署，通过多架无人机协同飞行，获取震区的高清影像和地形变化数据，为救援指挥提供第一手的信息支持。平台通过 3D 建模技术构

建震区立体图像，帮助决策者准确了解灾害破坏程度和区域分布，进而有效部署救援资源。此外，平台还能够实时更新灾区信息，为救援团队的行动路线规划提供动态支持，确保救援工作更加安全高效。

6.2 洪涝灾害监测

在洪涝灾害发生时，水位上升、河道泛滥等情况时常变化快速，传统测绘手段难以及时追踪水位变化趋势，无法满足防灾减灾的需求。无人机应急测绘平台通过实时影像和传感数据，可以持续监测水位及流速的变化，为洪水的预警和排水方案提供科学依据，有效支持防洪工作。此外，平台的动态信息共享功能，使相关部门能够实时掌握洪水蔓延的情况，从而组织有效的疏散和救援措施，确保群众安全转移和资源的合理调配。平台的快速响应能力还支持洪水后的灾后恢复工作，为灾区环境重建提供全面的数据支撑。

6.3 山体滑坡预警

山体滑坡具有隐蔽性和突然性，传统的监测手段往往无法对高危区域进行实时预警，导致灾害防控存在滞后性。无人机应急测绘平台通过多传感器数据融合，能够识别滑坡区域的地质特征，并在发生滑坡前对高危地带进行实时监测。一旦平台检测到滑坡征兆，便立即发出预警信息，通知附近居民和救援队伍提前撤离。这一功能不仅提高了灾害监测的精准度，还有效降低了人员伤亡风险，为山体滑坡的防灾减灾提供了重要的技术保障。同时，平台可在灾后快速评估滑坡影响范围，帮助灾后资源的有效分配和救援工作的有序开展。

7 结语

无人机应急测绘联动服务平台在灾害应急管理中展现了显著的优势，通过自主飞行、多传感器数据融合、实时数据分析和高效通信技术，实现了对灾害现场的精准监测和快速响应。该平台不仅克服了传统测绘手段的局限性，还极大提高了救援效率，为决策者提供了科学可靠的数据支持。随着技术的不断完善和推广，该平台将在更多场景中发挥重要作用，推动灾害应急管理朝着智能化和高效化方向发展，为社会提供更为坚实的安全保障。

参考文献

- [1] 卢有助. 倾斜摄影测量技术在积石山地震应急测绘保障中的应用[J]. 科技创新与应用, 2024, 14(25): 185-188.
- [2] 全昌文, 盘贻峰, 唐长增, 等. 无人机应急测绘联动服务平台的设计与实现[J]. 测绘与空间地理信息, 2024, 47(8): 76-79.
- [3] 欧盛华. 展青春风采扬先锋旗帜——记全国工人先锋号广东省国土资源测绘院无人机应急组[J]. 中国测绘, 2024(5): 61-62.
- [4] 李国强. 无人机航测技术在地质灾害应急测绘中的应用[J]. 石材, 2024(3): 141-143.
- [5] 王俊红, 徐红. 无人机测绘技术在应急测绘中的应用[J]. 中国高新科技, 2023(3): 124-126.

The Causes and Countermeasures of Construction Project Cost Exceeding the Budget

Yong Chen

Bazhong Wenchang Construction Co., Ltd., Bazhong, Sichuan, 635600, China

Abstract

With the rapid development of China's economy and the accelerating process of urbanization, construction projects emerge like bamboo shoots after a spring rain. However, in the actual engineering practice, the phenomenon of the project cost over the budget is common, which not only increases the economic burden of the construction unit, but also affects the smooth progress of the project. The reasons for the budget of construction cost are complex and diverse. It is of great significance to study the causes of the budget of construction cost for the development of construction industry, the reasonable allocation of social resources and the improvement of investment efficiency. This paper aims to explore the causes of the construction project cost over-budget, and puts forward the corresponding countermeasures to improve the economic benefit and management level of the construction project.

Keywords

construction engineering; cost over budget; causes; countermeasures

建筑工程造价超预算的成因与应对措施

陈勇

巴中市文昌建设有限公司, 中国·四川巴中 635600

摘要

随着中国经济的快速发展,城市化进程不断加快,建筑工程项目如雨后春笋般涌现。然而,在实际工程实践中,工程造价超预算现象屡见不鲜,这不仅增加了建设单位的经济负担,也影响了工程项目的顺利进行。建筑工程造价超预算的原因复杂多样,研究建筑工程造价超预算的成因与应对措施对于建筑行业的发展、社会资源的合理配置以及提高投资效益具有重要意义。论文旨在探讨建筑工程造价超预算的成因,并提出相应的应对措施,以提高建筑工程项目的经济效益和管理水平。

关键词

建筑工程; 造价超预算; 成因; 应对措施

1 引言

掌握造价超预算的应对措施,有助于建筑企业在激烈的市场竞争中保持优势,提高市场竞争力。通过深入研究造价超预算的原因,可以更合理地配置资源,提高资金使用效率,避免资源浪费,促进建筑行业的可持续发展。论文深入研究了建筑工程造价超预算的成因及应对措施,以供参考。

2 建筑工程造价超预算的成因

2.1 预算编制不合理

2.1.1 缺乏详细的工程调研

在预算编制过程中,若未能对工程进行详细的调研,包括地质条件、材料供应、施工工艺等,可能导致预算编制过程中遗漏关键因素,从而影响预算的准确性。此外,对工

程实际情况的了解不足,也会导致预算编制时对工程量的计算偏差较大,进而影响造价控制。

2.1.2 预算编制人员专业素质不足

预算编制人员专业素质不足是导致造价超预算的重要原因之一。预算编制人员若缺乏必要的专业知识和实践经验,可能导致预算编制过程中出现错误,如材料价格选用错误、人工费计算不准确等,进而影响整个工程的造价。

2.1.3 对市场价格波动估计不足

在预算编制时,若未能充分考虑市场价格波动因素,如材料价格、人工费等,可能导致预算编制时低估了实际成本。在市场价格上涨时,预算将无法满足实际需求,从而导致造价超预算。

2.2 工程变更频繁

2.2.1 设计变更

设计变更是指在工程实施过程中,因设计单位或业主方对设计方案不满意,或者由于现场实际情况与原设计方案不符,需要对原有设计方案进行调整。设计变更导致设计师

【作者简介】陈勇(1981-),男,中国四川巴中人,本科,高级工程师,从事项目管理研究。

对设计方案的理解偏差,导致实际施工过程中出现不必要的修改;设计变更涉及的材料、施工方法与原方案不同,导致造价增加;设计变更频繁,增加了施工难度和成本。

2.2.2 业主需求变更

业主需求变更主要是指业主方在工程实施过程中,根据自身需求对设计方案进行调整。这种变更导致业主对工程效果不满意,要求对设计方案进行修改;业主发现原设计方案存在安全隐患,要求进行加固或改进;业主为了提高工程质量或缩短工期,对设计方案进行调整。

2.2.3 施工条件变化

施工条件变化是指在工程实施过程中,由于现场实际情况发生变化,需要对设计方案进行调整。这种变更导致地质条件发生变化,导致原设计方案无法实施;施工过程中遇到不可预见的困难,需要采取新的施工方法;施工过程中,由于周边环境、交通等因素的影响,需要对设计方案进行调整。

2.3 施工管理不善

2.3.1 施工进度延误

施工进度延误会导致工程延期,进而引发一系列连锁反应。延期会导致工程款支付延迟,增加财务成本。延期还会影响后续工程进度,可能导致其他工序和材料的浪费,增加工程总成本。此外,延期还可能使工程面临罚款风险,进一步加大成本负担。

2.3.2 施工质量问题导致的返工

施工过程中,若存在质量问题,如地基基础不牢固、墙体裂缝、漏水等问题,将导致返工。返工不仅浪费人力、物力,还会增加工程成本。此外,返工可能影响工程进度,进而增加延期成本。

2.3.3 材料和设备管理不完善

材料和设备是建筑工程的重要组成部分。若在管理和使用过程中存在浪费、损坏等问题,将导致成本上升。具体表现为施工现场材料堆放不规范、使用过程中浪费等现象会导致材料成本增加。施工现场设备使用不当、维护保养不及时等问题会导致设备损坏,增加维修和更换成本。施工现场设备使用效率低下,导致设备闲置,增加租赁成本。

2.4 不可预见因素

2.4.1 自然灾害

自然灾害,如地震、洪水、台风等,往往具有突发性和破坏性。在建筑工程的施工过程中,一旦遭遇这些自然灾害,不仅会直接损坏建筑物和施工设备,还会导致工程进度延误,增加修复和重建成本。例如,地震可能引发建筑物倒塌,洪水可能导致施工区域被淹没,这些情况都可能导致工程造价大幅增加。

2.4.2 政策法规变化

政策法规的变动也是导致工程造价超预算的一个不可预见因素。在项目设计、审批和施工期间,国家和地方政府

可能会出台新的政策法规,对建筑工程的规划、设计、施工和验收等方面提出新的要求。这些变化可能包括土地使用政策的调整、环保要求的提高、建筑规范的更新等。如果项目在实施过程中遇到此类政策法规的变动,施工单位需按照新要求设计调整或增加新的施工措施,这无疑会增加工程造价。

3 建筑工程造价超预算的应对措施

3.1 提高预算编制的准确性

3.1.1 加强工程调研和资料收集

为了提高预算编制的准确性,需要对工程项目进行深入的调研,全面了解工程规模、技术要求、材料供应等情况。此外,收集国内外相关工程项目的造价资料,对比分析,确保预算编制有据可依。

3.1.2 提高预算编制人员的专业水平

预算编制人员的专业素质直接影响到预算的准确性。因此,企业应加强对预算编制人员的培训,提高其业务水平。同时,可以引进或培养具有丰富经验和专业知识的预算编制人才,确保预算编制的质量^[1]。

3.1.3 合理预测市场价格波动

市场价格的波动是影响工程造价的重要因素。预算编制人员应密切关注市场动态,对建筑材料、设备、人工等成本进行合理预测。在编制预算时,应充分考虑市场价格波动的风险,确保预算具有一定的灵活性和适应性。

3.2 加强工程变更管理

3.2.1 严格控制设计变更

设计变更对工程造价的影响较大,因此,应严格控制设计变更。在项目设计阶段,要充分考虑各种因素,确保设计方案的合理性和可行性。在施工过程中,若确实需要变更设计,应经过相关部门的审批,并严格按照变更审批流程进行。

3.2.2 建立变更审批流程

为规范设计变更管理,应建立完善的变更审批流程。由施工单位或设计单位提出变更申请,说明变更原因、内容、涉及范围等。组织相关技术人员对变更申请进行技术评审,评估变更对工程质量、进度和造价的影响^[2]。根据技术评审意见,由项目管理部门或相关领导审批变更申请。按照审批通过的变更方案,组织施工人员进行变更施工。对变更后的工程进行验收,确保变更质量符合要求。

3.2.3 合理评估变更对造价的影响

在变更审批过程中,要充分考虑变更对工程造价的影响。分析变更原因,判断变更是否必要,以及变更对工程造价的影响程度。根据变更设计图纸,重新计算变更工程量,并与原设计工程量进行对比,分析工程量增减对造价的影响。分析变更对材料、人工、机械等成本的影响,评估变更对工程造价的总体影响。根据变更工程量和成本分析,制定

变更预算,确保变更后工程造价的合理性。

3.3 加强施工管理

3.3.1 制定合理的施工进度计划并严格执行

在项目开工前,应根据工程特点、资源配置、合同要求等因素,详细制定施工进度计划。进度计划应包括各个阶段的起止时间、关键节点、工作量、人员安排等内容。在施工过程中,要密切关注工程进度,根据实际情况对进度计划进行动态调整,确保工程按计划推进^[1]。加强施工现场管理,确保各工序、各环节按计划进行,避免因管理不善导致的工期延误。

3.3.2 加强施工质量控制,减少返工

对进入施工现场的材料进行严格检验,确保材料质量符合设计要求,从源头上减少质量问题。在施工过程中,加强对各个工序的检查、验收,发现问题及时整改,避免返工。加强施工人员的技术培训,提高其业务水平,确保施工质量。建立健全施工质量管理体系,明确各级责任,确保施工质量得到有效保证。通过以上措施,可以有效降低建筑工程造价超预算的风险,确保工程按期、按质、按预算完成。

3.3.3 加强材料和设备的采购和管理

针对建筑工程造价超预算的应对措施,加强施工管理是关键环节之一。选择信誉良好、价格合理、质量可靠的供应商,通过招投标等方式确保材料、设备的采购过程公开、公正、透明。在确保质量的前提下,对不同供应商提供的同类材料和设备进行价格比较,选择性价比最高的供应商,以降低采购成本。根据工程进度和施工需求,科学合理地制定采购计划,避免因材料积压或缺乏导致的额外成本。在签订采购合同时,要严格审查合同条款,确保合同条款中的价格、质量、交付期限等符合实际需求。建立采购过程监控机制,对采购流程进行全程跟踪,确保采购过程规范、有序^[4]。对材料和设备进行分类管理,定期盘点,避免因库存过剩或不足造成的浪费。采用标准化、模块化的材料和设备,减少定制化造成的额外成本。建立设备维护保养制度,定期对设备进行检查和保养,延长设备使用寿命,降低维修成本。在施工过程中,对材料损耗进行严格控制,采取措施减少材料浪费。提高施工人员对材料使用的技能和意识,减少因操作不当导致的材料损耗。

3.4 应对不可预见因素

3.4.1 购买工程保险

购买工程保险是应对不可预见因素的有效手段。工程保险能够为施工单位提供风险保障,降低因不可预见因素导

致的工程造价超预算风险。根据工程特点和需求,选择适合的保险产品,如建筑工程一切险、意外伤害险等。确保保险金额能够覆盖工程成本,包括直接成本和间接成本。与保险公司签订正式的保险合同,明确保险责任、赔偿范围和理赔流程。关注保险条款的变化,确保保险保障与工程需求相匹配。

3.4.2 关注政策法规变化,及时调整造价预算

政策法规的变化对工程造价具有重要影响。为了应对此类不可预见的因素,施工单位应关注以下方面:密切关注国家及地方政策法规动态,了解政策调整对工程造价的影响。建立完善的造价预算调整机制,根据政策法规变化及时调整造价预算^[5]。加强与政府部门、行业协会的沟通,争取政策支持,降低政策变化带来的风险。加强对项目管理的监督,确保项目实施过程中符合政策法规要求。通过以上两种应对措施,施工单位可以有效降低不可预见因素对工程造价的影响,确保项目顺利实施。

4 结论

建筑工程造价超预算的原因复杂多样,主要包括设计变更导致预算调整、材料市场价格波动、预算编制不合理、管理制度不完善等。为了有效控制工程造价,保障工程项目的顺利进行,应加强设计阶段的沟通与协调,提高设计质量,减少设计变更。在施工过程中,严格遵循设计方案,避免不必要的变更。加强市场调研,合理预测材料价格走势,提高材料采购的准确性。采用多元化采购渠道,降低材料采购成本。提高预算编制人员的专业素质,加强预算编制的准确性。建立健全预算管理制度,规范预算编制流程。完善工程造价管理制度,明确各方责任。加强工程项目的监督与检查,确保工程造价的合理控制。通过以上应对措施,可以有效降低建筑工程造价超预算的风险,确保工程项目的顺利实施。

参考文献

- [1] 彭江江.这样做让建筑工程造价超预算不再是难题[J].中国商人,2023(11):220-221.
- [2] 邱小春.影响建筑工程造价超预算的因素及控制策略[J].中国招标,2023(10):138-140.
- [3] 朱莉.建筑工程造价超预算的成因及解决对策[J].大众标准化,2023(16):75-77.
- [4] 康慧.建筑工程造价超预算的原因与控制措施探讨——以某建筑项目为例[J].房地产世界,2023(5):121-123.
- [5] 赵敏.建筑工程造价超预算的成因与应对措施研究[J].北方建筑,2023,8(1):81-85.

Application of Metrological Verification and Quality Inspection in Medical Equipment

Mian Liu

Liangxiang Hospital, Fangshan District, Beijing, Beijing, 102400, China

Abstract

The paper is based on the practice of various medical institutions promoting the metrological verification and quality testing of medical equipment, and refers to the relevant provisions of institutional documents such as the *Metrology Law of the People's Republic of China*, *Supervision and Management Measures for Statutory Metrological Verification Institutions*, and *Management Measures for Quality Inspection of Medical Devices*. It outlines the value and significance of metrological verification and quality testing of medical equipment, analyzes the problems of metrological verification and quality testing of medical equipment, and explores strategies to strengthen the metrological verification and quality testing of medical equipment. The paper argues that currently strengthening the metrological verification and quality testing of medical equipment requires targeted thinking to stimulate the awareness of these institutions in verification and testing, further optimize institutional documents such as the *Metrology Law of the People's Republic of China*, explore the process control of strengthening metrological verification and quality testing, and keep pace with the times to improve the metrological identification process and quality testing supervision mechanism.

Keywords

medical equipment; metrological verification; quality testing

计量检定及质量检测在医疗设备中的应用

刘冕

北京市房山区良乡医院, 中国·北京 102400

摘要

论文以各种医疗机构推进医疗设备的计量检定及质量检测工作实践为基础, 参考《中华人民共和国计量法》《法定计量检定机构监督管理办法》《医疗器械质量抽查检验管理办法》等制度文件的相关规定, 概述医疗设备计量检定及质量检测的价值和意义, 分析医疗设备计量检定及质量检测的问题, 探索强化医疗设备计量检定及质量检测工作的策略。论文认为, 目前强化医疗设备计量检定及质量检测工作需要有针对性地思考激发提高这些机构的检定检测意识, 进一步优化《中华人民共和国计量法》等制度文件, 探索强化计量检定及质量检测的过程控制工作, 与时俱进地完善计量鉴定过程及质量检测监督机制。

关键词

医用设备; 计量检定; 质量检测

1 引言

随着科技的不断发展, 各种医疗设备在向患者提供医疗服务过程中所起到的作用日益重要, 其中医用计量器具的作用更为关键。在这种情况下, 医院等医疗机构的医疗服务对各种医疗设备的依赖度也不断提高, 所以需要确保各种医疗设备始终精准而有效, 避免因医疗设备计量不准确问题导致误诊或漏诊现象。有鉴于此, 论文深入研究计量检定及质量检测在医疗设备中的应用问题。

2 医疗设备计量检定及质量检测的价值和意义

2.1 计量检定及其价值

医疗设备计量检定是在对属于计量器具的医疗设备进行分析的基础上评价确定该设备是否符合标准要求, 进而判断能否为相关功能提供支撑的行为。在医院等医疗机构中, 需要计量检定的设备有两种类型, 一是强检计量器, 以体温计、血压计、听力监测仪、心电图机、血氧监护仪、验光仪等为代表; 国家市场监督管理总局官网列示的强制检定目录显示共有 40 个用于医疗卫生的条目。二是非强检计量器具, 以婴儿辐射保暖台、呼吸机、高频电刀及婴儿培养箱等为代表。《中华人民共和国计量法》规定“县级以上人民政府计量行政部门”对包括医疗卫生等方面“列入强制检定目录的工作计量器具, 实行强制检定”。《法定计量检定机构监督

【作者简介】刘冕(1989-), 男, 中国北京人, 本科, 工程师, 从事医疗计量检定研究。

管理办法》规定：“县级以上地方市场监督管理部门对本行政区域内的法定计量检定机构实施监督管理。”

县级以上地方市场监管局对各地各级医疗集中的医用计量器依法开展计量检定工作，有以下几方面的价值：首先，可对医用计量器的性能形成客观的评价，进而可确保这些设备的质量。其次，可确保医用计量器的准确性，有助于避免发生计量误差现象，以为医疗诊断、手术治疗及用药等提供更为精准的支持，进而可有效规避医疗事故风险问题。特别是在能确保心电图机等设备的精准度的基础上，可为相关疾病的诊断提供可信的科学依据。否则，容易导致误诊及漏诊现象。最后，因为大部分医用计量器属于需要强制检定的设备，均有其背后的法律依据，均需要依法规范推进。而且，在推进医用计量器具计量检定的同时，还致力于“加强应用计量技术研究”。所以，从逻辑上说，对医用计量器具进行计量检定可为这些设备的精准应用提供非常坚实的支撑^[1]。

2.2 质量检测及其意义

医疗设备质量检测是对医疗设备的性能等方面情况进行全面检测以确保能安全使用、并能为相关治疗行为提供精准支撑的行为。医疗设备质量检测的重点内容主要有三个，一是功能性检测，确保相关设备能正常使用，并满足治疗、诊断或相关检查的需要；二是安全性检测，确保医疗设备、使用程序、环境及具体应用过程中符合安全标准，均能有效规避安全风险事件；三是量值检测，确定医疗设备在使用过程中呈现出的数据符合预设参数，借此确保医疗设备功能使用的精准度。在医疗设备生命周期中，需要进行的质量检测主要包括四种情况，一是验收质量检测，是医疗设备出厂后或特定医疗机构采购进入后、正式启用前进行的质量检测，确保设备性能和预设规格参数相符；对于进口医疗设备，普遍需要依法商检。二是状态检测，是由使用机构定期开展的一种常规检测，重点评估医疗设备的使用状态，对比出厂时预设参数、验收检测及历次状态检测结果，预估未来的状态情况，决定未来检测的周期或处置措施，以在确保设备正常使用的同时，最大化地挖掘其残值。三是稳定性检测，是由使用机构推进的以设备性能稳定情况为检测重点的一种常规检测，检测内容不一而足，检测频率普遍高于状态检测。四是抽查检验，根据《医疗器械质量抽查检验管理办法》等相关文件规定，药品监督管理部门每年均应组织本行政区域内的省级医疗器械质量抽查检验工作。以安全风险较高的医疗设备、使用范围广泛的医疗设备、投诉举报较多的医疗设备及容易因为运输条件而导致质量问题的医疗设备等为质量抽查检验的重点^[2]。

3 医疗设备计量检定及质量检测的问题

3.1 缺乏足够的重视程度

首先，部分医疗机构的工作人员对需要每年系统开展一次的强制检定工作存在逆反心理，部分人员将该工作视为劳民伤财之举，认为缺乏必要性。因此，在非强检计量器具

计量检定方面的工作安排非常松散，部分机构的部分设备甚至出现三年未曾检定一次的现象。其次，在质量检测方面，部分医疗机构的工作人员过于盲信厂家的质量把控及商检机构进行的进口商品质量检测结果，在采购进入及使用部分设备之前没有开展专门的验收质量检测工作。部分医疗机构在开展医疗设备质量检验工作期间，混淆了稳定性检验及状态检验，或将二者简单地合二为一，导致质量检验频率出现了大幅度降低。最后，市场监管部门对医疗设备的质量检测也存在着重视力度不足的问题。

3.2 制度设计存在漏洞

在计量检定方面，《中华人民共和国计量法》及《法定计量检定机构监督管理办法》等制度的规定仅限于强制检定设备方面，对于非强制检定的设备的检定工作则缺乏具体的规定说明，或者说存在着操作弹性过大问题。在大多数医院或其他医疗机构中，非强制检定的设备的数量和种类均远多于强制性检定设备。例如，玉林市妇女儿童医院有近千件计量器具，其中属于强检类型的只有 205 件，仅占总数的五分之一强。在质量检测方面，《医疗器械质量抽查检验管理办法》虽然强调了重点检测的设备，做到了重点突出；但是没有规定抽检的比例，每年抽检的覆盖面非常低，对于相当一部分设备而言不具备任何价值和意义。对于医疗机构内部进行的质量检测工作，虽然目前已经发布了《中华人民共和国卫生行业标准》系列的标准文件，如《医用质子重离子放射治疗设备质量控制检测标准》等，为各种医疗设备的质量检测工作提供了参考。不过，其中的大部分内容只是推荐性条款，强制性条款所占比重较低。而且，对于状态检测、稳定性检测等的具体范围及频率，目前缺乏统一的规定，只是以各医疗机构制定的内部规程的相关规定为依据^[3]。

3.3 检测或检定过程流于形式

因为计量检定及质量检测的费用普遍偏高，对于医疗机构而言意味着较大的压力。所以，部分医疗机构对于计量期间计量检定及质量检测工作的态度比较消极，容易出现规避检测、减少检测或检定频率等现象。而大部分计量器具被纳入非强制性检定设备范围内的规定，给医疗机构形成一种部分设备无需进行质量检测的印象，所以他们对质量检测的重视程度会出现进一步下降。因为医疗机构或设备使用方的影响，部分检测机构在检测过程中也出现了严谨度不足的现象。因为承担医疗设备计量检定及质量检测业务的机构均是通过了相关专业认证、具备相关资质的、参与市场竞争的主体。在检定费用及测验费存在议价空间的情况下，基于市场竞争确保足够客户源的考虑，部分第三方检测机构容易出现牺牲检定及检测质量而进行市场营销的现象。在这种情况下，部分医疗计量器具存在问题或瑕疵的医疗机构，如果能通过谈判接触给第三方机构较高的费用或承诺未来的检测或检定订单，第三方机构可能会对该医疗机构的所有设备均给出合格证明，对于部分设备甚至出现没有推进实质性检定

程序的现象。

3.4 检测或检定监督部分缺位

在包括医院在内的医疗机构缺乏推进计量器具计量检定及质量检测,以及第三方检测机构基于市场竞争的需要容易出现违规营销的情况下,有序推进并确保定量检定及质量检测工作实效,需要对医疗机构、第三方检测机构及具体的检定行业等进行全方位地监督。对此,《中华人民共和国计量法》规定“计量监督员”,《医疗器械质量抽查检验管理办法》规定对医疗设备进行抽检。不过,在很长时间内一直没有形成系统性、全面化的监督机制。正因为如此,国家监管总局在2024年9月颁发《法定计量检定机构监督管理办法》,拟于2025年1月1日生效。即便如此,在医疗设备质量检测方面的监督管理工作依旧残缺,仍然存在着严重缺失问题。

4 强化医疗设备计量检定及质量检测工作的策略

4.1 激发提升医疗机构的检定检测意识

面对医疗机构对计量器具的计量检定及质量检测的重视程度偏低的问题,需要有针对性地思考激发提高这些机构的检定检测意识,借此推动他们形成主动检定积极安排质量检测的态势。首先,对于和计量器具检定及质量检测相关的工作人员,均将计量检定及质量检测工作的推进纳入年度考核指标中,设置最低标准,对于超标完成的员工进行特殊奖励,借助绩效奖惩机制激发他们形成检定及检测意识。其次,根据推进计量检定及质量检测工作的需要,优化医疗机构新进人员、在岗人员的培训管理工作,将相关内容融入培训体系中,确保相关从业人员在就职初期就形成了重视该项工作的自觉意识。最后,在任命医院院长、副院长等管理人员时,在他们上任之前对他们训诫时注意强化计量器具计量检定等方面的内容,引导他们在任期间对该项工作形成足够的重视力度。

4.2 完善检定及检测制度体系

在计量检定方面,应进一步完善《中华人民共和国计量法》等制度文件,补充非强制检定的设备的计量检定工作规程或配套的细则文件,明确非强制检定的计量器具需要进行检定及检测的最低条件、最小频率等,以形成推动相关工作的托底机制。在质量检测方面,应进一步完善《医疗器械质量抽查检验管理办法》,在明确重点抽检范围的同时,明确最低的抽检比例,确保所有器具在几年内或在使用周期内均有被抽检的机会,在提高抽检覆盖面的基础上提高抽检工作的威慑力。应结合具体的研究工,进一步完善《中华人民共和国卫生行业标准》中的相关内容,适当提高强制性条款的内容占比,结合状态检测及稳定性检测等具体工作推进需要进一步细化相关内容,借此提高相对于质量检测实践而言的指导价值。

4.3 强化计量检定及质量检测的过程控制

对于上述的医用计量器具的计量检定及质量检测过程

容易出现流于形式的现象,需要探索强化计量检定及质量检测的过程控制工作。其一,在进一步明确检定及检测费用的同时,探索优化医疗机构及第三方检测机构的交易机制,确定三阶段付款机制,在确定检定或检测订单后支付定金、检测完成后支付中期款项,在检定及检测完成3~6个月期间,尾款的支付额根据检测或检定后计量器具在日常使用期间的表现情况为依据,在确定表现合格的情况支付全款,在出现问题的情况下对第三方机构酌情问责。其二,第三方机构在推进检定及检测工作之后,在交付合格证明的同时需要同时交付证明过程推进曾经发生的视频或图文,借此强化过程控制工作。

4.4 完善计量鉴定过程及质量检测监督机制

一方面,参考新颁发的《法定计量检定机构监督管理办法》,就医用设备的质量检测监督问题思考制定并颁发专门的监督管理规程,借此形成系统的监管管理机制。对于已颁发的《法定计量检定机构监督管理办法》,需要结合具体的监督实践推进需要,探索形成配套的细则文件。另一方面,充分借力不断发展的科技之东风,探索践行智慧监督。对此,可考虑构建计量检定及质量检测溯源机制,包括医院在内的医疗机构在购进某计量器具时,在器具中方便的位置设置专门的二维码,和设备管理信息系统连接打造独属的数据库,每次进行计量检定及质量检测均将检测或检定时间、过程视频、结果等相关信息同步更新数据库。根据计量检定及质量检测的相关制度规程的要求,在信息管理系统中设置提醒模块,在需要进行检定或检测前后会在线向负责人员提醒。医疗机构在逐渐完善计量器具检定及检测溯源机制的同时,需要向监督机关及时共享,以便监督机关随时均能充分了解相关信息,进而实现真正意义上的全程监督^[4]。

5 结语

总之,相对于为患者提供优质医疗服务而言,包括医院在内的医疗机构推进医用计量器具的计量检定及质量检测工作的意义和价值至关重要。不过,在医疗设备计量检定及质量检测工作推进期间,出现了多方面问题。面对这种情况,需要有针对性地思考激发提高这些机构的检定检测意识,进一步优化《中华人民共和国计量法》等制度文件,探索强化计量检定及质量检测的过程控制工作,与时俱进地完善计量鉴定过程及质量检测监督机制。

参考文献

- [1] 尹训军.计量检定及质量检测在医疗计量器具中的应用[J].品牌与标准化,2024(6):212-214.
- [2] 李开祥,郝培颖.加强医疗设备计量检定及质量检测效果的措施[J].中国设备工程,2024(13):187-189.
- [3] 李开祥,郝培颖.计量检定及质量检测在医疗设备中的应用[J].产品可靠性报告,2023(12):83-85.
- [4] 蒋长江.计量检定与质量检测在医疗设备中的应用研究[J].现代制造技术与装备,2021,57(11):202-204.

Exploration of Automatic Control Strategy for Backup Power Supply in 110kV Substation

Guanghai Che

Hefei Kangerxin Power System Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230000, China

Abstract

Under the background of the continuous improvement of the intelligence and automation level of the power grid, the control strategy optimization of the automatic input device of the substation standby power supply has become an important topic to ensure the safe and stable operation of the power system. This paper for the 110kV substation backup power automatic input device analyzes the problems in the actual operation, through the corresponding optimization strategy, including the optimization of the device and the line reclose, strengthen the bus failure of locking measures, reasonable setting conditions and improve adaptive function, etc. The research shows that these optimization strategies can significantly improve the reliability and adaptability of the automatic backup power supply, and provide an important guarantee for the safe and stable operation of the substation.

Keywords

110kV substation; standby power supply; automatic input; control strategy

110kV 变电站备用电源自动投入控制策略探讨

车光辉

合肥康尔信电力系统有限公司, 中国·安徽 合肥 230000

摘要

在电网智能化和自动化水平不断提升的背景下, 变电站备用电源自动投入装置的控制策略优化成为保障电力系统安全稳定运行的重要课题。论文针对110kV变电站备用电源自动投入装置在实际运行中存在的问题进行深入分析, 通过研究提出相应的优化策略, 包括优化备自投装置与线路重合闸的配合方式、加强母线故障时的闭锁措施、合理设置动作条件以及提升自适应功能等方面。研究表明, 采用这些优化策略可以显著提高备用电源自动投入的可靠性和适应性, 为变电站安全稳定运行提供重要保障。

关键词

110kV 变电站; 备用电源; 自动投入; 控制策略

1 引言

随着电力系统规模不断扩大和用电需求持续增长, 变电站运行的可靠性要求越来越高。备用电源自动投入装置作为保障变电站供电可靠性的重要设备, 在实际运行中仍存在诸多问题需要解决。通过分析现有备用电源自动投入装置的运行特点和存在的问题, 研究并提出相应的优化策略, 对提高变电站运行可靠性具有重要意义。论文针对 110kV 变电站备用电源自动投入装置的控制策略进行深入探讨, 旨在为提升备自投装置的运行效能提供参考。

2 110kV 变电站备用电源自动投入装置概述

备用电源自动投入装置(简称备自投装置)是变电站

中确保供电可靠性的关键二次设备, 其核心功能是在运行电源发生故障时, 能够快速、可靠地将负荷转移到备用电源上, 确保重要负荷的持续供电。该装置通常由检测单元、判断单元、控制单元和执行单元四个功能模块组成。检测单元负责实时监测运行电源的电压、电流、频率等电气参数; 判断单元依据预设的逻辑判据分析故障性质并确定是否需要投入备用电源; 控制单元根据判断结果制定切换策略并发出控制指令; 执行单元完成断路器、隔离开关等一次设备的操作, 实现电源转换。

从工作原理上看, 备自投装置通过持续监测母线电压和进线电流的变化来判断系统运行状态。当检测到工作电源故障时, 装置首先判断故障性质和备用电源状态, 在确认满足切换条件后, 按照预设的控制逻辑顺序断开故障电源、校验同期条件并投入备用电源。整个过程需要在较短的时间内完成, 以降低重要负荷的供电中断时间。

在实际应用中, 备自投装置需要与变电站内的其他保

【作者简介】车光辉(1984-), 男, 中国安徽合肥人, 本科, 助理工程师, 从事备用电源和柴油发电机研究。

护装置协调配合。这包括与线路保护装置的时序配合、与母线保护的闭锁关系、与低压侧保护的相互协调等。同时,装置还应具备完善的安全闭锁功能,防止在不具备切换条件时误动作,并能在系统发生重大故障时及时闭锁,避免造成更大范围的停电事故。

3 110kV 变电站备用电源自动投入面临的问题

3.1 备自投装置与线路重合闸配合异常

在实际运行中,备自投装置与线路重合闸之间的配合问题较为突出。当线路发生暂时性故障时,重合闸装置应首先动作尝试恢复供电,而备自投装置需要在重合闸失败后才能动作。然而,由于两种装置的动作机理不同,常常出现时序配合不当的问题。首先,重合闸装置需要准确判断故障性质并完成相应的时间延迟,而备自投装置则主要依据电压判据进行动作决策,两者的判断逻辑存在差异。其次,在复杂故障工况下,例如瞬时性故障与永久性故障的转换过程中,可能出现备自投装置提前动作,导致重合闸无法正常完成。最后,受设备制造商差异、保护定值配置不当等因素影响,两个装置的动作时间设置可能存在重叠区间,造成保护配合紊乱。这些问题不仅影响系统恢复的最优路径,还可能导致设备误动作或拒动,降低供电可靠性。

3.2 母线故障时备自投装置误动作

当变电站母线发生故障时,备自投装置可能产生误动作,这是一个需要解决的技术难题。母线故障通常表现为母线电压快速降低,与电源侧故障导致的电压特性相似,这给故障性质的准确判断带来困难。传统的备自投装置主要依靠电压和电流判据进行故障识别,缺乏对故障性质的深入分析能力。在母线故障初期,由于电压崩溃速度快,装置可能误判为电源故障并启动切换流程。同时,母线故障往往会引起相关保护装置的联跳,造成系统状态快速变化,这种动态过程也增加故障判断的难度。更严重的是,如果备自投装置在母线故障时误动作,将备用电源接入故障母线,不仅无法解决供电问题,还可能导致故障扩大,造成备用电源设备损坏,甚至引发连锁故障。

3.3 备自投装置动作条件设置不合理

动作条件设置不合理的问题涉及多个技术层面。首先,电压判据设置过于简单,通常仅考虑电压幅值的绝对门槛值,忽视电压变化的动态特性和系统阻抗特性,这导致装置难以准确识别复杂故障情况。其次,时间延迟参数设置存在优化空间,当前普遍采用固定的时间延迟,未能充分考虑不同故障类型和系统恢复特性的差异,可能造成切换时机不当。再次,负荷条件判断不够全面,主要表现在未能有效评估切换过程中的冲击负荷和备用电源的承载能力,容易在过负荷情况下发生误动作。最后,装置的启动条件和返回条件设置也存在不足,如电压返回值设置不当可能导致频繁切换,或者在系统扰动时产生误动作。这些问题的存在严重影响

响备自投装置的可靠运行。

3.4 备自投装置缺乏自适应功能

传统备自投装置普遍采用固定的动作参数和控制逻辑,缺乏对系统运行状态的自适应能力,这一问题在现代电力系统中日益突出。首先,装置无法根据电网结构变化自动调整控制策略,当系统运行方式发生改变时,预设的保护定值可能不再适用,影响装置的正确动作。其次,对于负荷特性的变化缺乏响应能力,不同类型负荷在电源切换过程中表现出不同的动态特性,固定的控制策略难以满足多样化负荷的需求。再次,装置在面对新型故障时缺乏学习和适应能力,难以根据历史运行经验优化控制策略。最后,现有装置还缺乏与智能电网技术的深度融合,无法充分利用先进的数据分析和决策技术来提高控制效果。这种固化的控制方式已经难以适应现代电力系统日益复杂的运行需求。

4 110kV 变电站备用电源自动投入优化策略

4.1 优化备自投装置与线路重合闸的配合

针对备自投装置与线路重合闸配合异常的问题,需要从系统层面构建协调的控制策略。其一,应建立基于故障性质识别的时序配合机制,通过引入智能故障分析算法,准确区分暂时性故障和永久性故障,为重合闸和备自投装置的动作决策提供可靠依据。其二,采用分级延时策略,根据故障的严重程度动态调整备自投装置的动作时间,确保重合闸具有充分的动作时间窗口^[1]。在此基础上,增装置间的信息交互通道,实现实时状态共享和控制协调。

具体措施包括:建立基于 IEC61850 规约的设备间通信机制,实现故障信息和动作状态的实时传输;设计分层次的控制策略,将重合闸动作结果作为备自投装置的重要启动条件之一;优化装置的启动和闭锁逻辑,通过增加故障电流判据、方向判据等多重校验条件,避免不必要的动作干扰。同时,考虑到不同厂家设备的兼容性问题,建议制定统一的时序配合标准,规范装置的动作特性和通信接口,为设备间的协调配合提供技术保障。此外,还应建立完善的在线监测系统,实时跟踪装置的动作状态,及时发现并处理配合异常问题。通过以上措施的综合实施,可以显著提升备自投装置与重合闸的配合可靠性,有效避免误动作和拒动现象的发生,为变电站安全运行奠定坚实基础。

4.2 加强母线故障时的备自投装置闭锁

为解决母线故障时备自投装置的误动作问题,需要构建多层次的故障识别和闭锁机制。首要任务是完善故障识别算法,通过采集母线两侧的电压、电流波形,结合故障分量分析方法,建立准确的母线故障特征模型。在此基础上,设计多重闭锁判据,从电压变化率、电流分布特性、功率流向等多个维度进行综合分析,提高故障判断的准确性^[2]。

具体实施方案包括:建立基于暂态特征的故障识别方法,通过分析故障发生初期的电压崩溃特性和电流分布情

况,快速判断故障性质;引入基于阻抗测量的故障定位技术,准确识别故障是发生在母线区域还是外部系统;设计快速闭锁通道,确保在确认母线故障后能够及时阻止备自投装置动作。同时,加强与母线保护装置的配合,将母线保护的启动信号和动作信号作为备自投装置的重要闭锁条件。此外,还应考虑母线分段运行工况下的特殊情况,针对性设计闭锁策略,防止故障扩大。为提高系统可靠性,建议增设备用判据和自诊断功能,定期检查闭锁回路的完整性,确保闭锁功能在需要时能够可靠动作。

4.3 合理设置备自投装置的动作条件

动作条件的合理设置是确保备自投装置可靠运行的基础,需要从多个方面进行优化。首先,完善电压判据体系,除考虑传统的电压幅值判据外,还应引入电压变化率、相序关系等动态特征,建立更全面的电压评估模型。其中,电压判据应考虑系统运行方式变化的影响,可采用自适应阈值技术,根据系统运行状态动态调整判据参数。其次,优化时间延迟参数,建立与系统恢复特性相适应的延时策略。这包括:设计基于故障性质的分级延时方案,针对不同类型的故障采用差异化的延时参数;考虑负荷特性对延时设置的影响,重要负荷区域可适当缩短延时时间。再次,增强负荷监测功能,通过实时采集负荷功率、电流等参数,建立准确的负荷模型,防止在过负荷条件下误动作^[3]。具体措施包括:设置多级负荷限值,建立分级投入策略;考虑负荷冲击影响,增加动态负荷评估功能;加入负荷特性分析,针对不同类型负荷制定差异化的切换策略。最后,还应优化装置的启动和返回条件,通过设置合理的滞后值和确认时间,避免因系统扰动导致的频繁动作。通过上述电压判据优化、时间延迟策略完善和负荷监测能力提升等多维度的动作条件优化设置,可使备自投装置在不同运行工况下都能做出准确判断,实现可靠、灵活的电源切换控制。

4.4 提升备自投装置的自适应功能

提升备自投装置的自适应能力是适应现代电力系统需求的必然趋势。首先,应引入智能判断算法,通过采用人工智能和机器学习技术,提升装置对系统运行状态的感知和分

析能力。这包括建立基于神经网络的故障识别模型,通过对历史运行数据的学习,提高故障类型判断的准确性;采用模糊逻辑算法处理不确定性因素,增强装置在复杂工况下的决策能力。其次,实现动态参数整定,根据系统运行方式和负荷特性的变化,自动调整保护定值和控制参数。具体措施包括:建立参数自适应调整机制,定期评估参数的适用性;设计在线参数优化算法,根据系统运行状态实时更新控制参数;增加参数调整的安全校验功能,确保参数变更的合理性。此外,增强运行方式识别能力,通过实时采集系统拓扑信息和运行参数,建立准确的系统状态评估模型^[4]。最后,还应完善自诊断功能,通过定期进行装置状态检查和性能评估,及时发现并处理潜在问题,确保装置始终处于最佳工作状态。为支持这些功能的实现,建议采用先进的硬件平台和标准化的软件架构,为功能扩展和升级优化预留接口。

5 结语

通过对110kV变电站备用电源自动投入控制策略的深入研究,得出以下结论:优化备自投装置与线路重合闸的配合是提高系统可靠性的关键;加强母线故障时的闭锁措施可有效防止装置误动作;合理设置动作条件能够显著提升装置的适应性;提高自适应功能是适应现代电力系统需求的必然趋势。展望未来,随着人工智能技术的快速发展和智能电网建设的深入推进,备用电源自动投入装置将向着更智能、更可靠的方向发展。建议在后续研究中重点关注基于深度学习的故障识别技术、智能自适应控制策略等新技术的应用,进一步提升装置的智能化水平。

参考文献

- [1] 韩益斌.110kV智能变电站建设技术要点及质量控制措施[J].大众标准化,2024(19):24-27.
- [2] 张宇.110kV变电站运行中的故障与检修策略分析[J].集成电路应用,2024,41(9):304-305.
- [3] 李政.110kV变电站的数字化改造技术分析[J].集成电路应用,2023,40(12):184-185.
- [4] 李新海,肖星,罗海鑫,等.自适应10kV母线运行方式的分段备自投方法研究[J].广西电力,2022,45(4):57-63.

Research on Risk Management of Metro Integrated Monitoring System Project

Sheng Pan

Beijing Metro Operation Co., Ltd., Beijing, 100082, China

Abstract

In the process of urban rail transit operation, the integrated monitoring system, as an important supporting weak current system plays an irreplaceable important value. With the continuous development of urban rail transit construction projects in China, the subway integrated monitoring system also has many problems, such as large investment cost, numerous cross-professional interfaces and high technical density, which also makes a lot of uncertainty problems in the operation of the integrated monitoring system project. Therefore, how to take the perspective of project risk management as the entry point to strengthen the identification and control of risk problems has become the key to ensure the stable operation of rail transit. This paper mainly analyzes the risk identification method of the subway integrated monitoring system project, and explores the risk coping strategy of the integrated monitoring system project, hoping to provide reference for the stable operation of the rail transit integrated monitoring system project.

Keywords

subway; integrated monitoring system; project risk; management scheme

地铁综合监控系统项目风险管理研究

潘胜

北京市地铁运营有限公司, 中国·北京 100082

摘要

在城市轨道交通运营的过程中,综合监控系统作为其中重要的配套弱电系统扮演着不可取代的重要价值。随着中国城市轨道交通建设项目的持续发展,地铁综合监控系统也存在着项目投资成本较大、跨专业接口众多、技术密度较高等多方面的问题,这也让综合监控系统项目在运转的过程中存在着大量的不确定性问题。因此,如何能够以项目风险管理的角度作为切入点,强化对于风险问题的识别和控制,更成为确保轨道交通稳定运行的关键。论文主要是分析了地铁综合监控系统项目的风险识别方法,并且就综合监控系统项目风险的应对策略进行了探究,希望能够为保障轨道交通综合监控系统项目的稳定运转提供参考意见。

关键词

地铁;综合监控系统;项目风险;管理方案

1 引言

综合监控系统是地铁工程在建设过程中最关键的配套弱电系统项目,具有前期成本较大、设计专业众多等多方面的特征。目前,在地铁运行框架中,综合监控系统主要涉及的常见领域包括通信领域、自动售检票、门禁功能、火灾报警、乘客信息查询、机电设备等多个方面。而在地铁工程涉及的多方面专业施工环节中,综合监控系统属于最后的末尾环节,考虑到其跨专业接口较多,涉及的设备端口、关键单位十分复杂,因此,在施工以及后续的应用过程中存在着大量的不确定性因素。但综合监控系统关系到轨道交通运行权限的设备运转,是控制设备最核心的系统,综合监控系统

项目的运行与所涉管理接口是否正常运转、高效协调之间存在着密不可分的内在关联,更是保障整个车站内部环境安全和灾害预警的重要系统项目。因此,通过有效的风险识别和管理方式,快速排查其中存在的项目管理问题,尽可能减少风险对于项目运行所带来的影响,才是推进综合监控系统项目安全运作的关键。

2 地铁综合监控系统涉及的主要功能

第一,人机界面交互功能。人机界面交互功能简单地说是要根据监控对象目前的情况下发相应的指令。比如,针对地铁车站空间内的通风系统、空调系统、给排水系统、照明系统进行智能化的调节,具有指令反馈、信息表达等功能。第二,用户的权限管理。综合监控系统可以对系统的具体使用人员进行分组分类管理,管理的内容主要包含了对于使用人员的排班管理、操作权限管理,可以配合轨道交通业

【作者简介】潘胜(1974-),男,中国北京人,本科,高级工程师,从事轨道交通供电及电力系统调度指挥研究。

务的具体运行以及人资管理部门的具体需求,实现权限的转移、权限下放、权限回收、权限实时控制管理等多方面的功能。第三,警报功能。警报功能可通过现场的场景与风险情况进行分级分类警报,分级警报的警报灯颜色、警报声音有所差异,可通过报警类型的排序、过滤、确认等功能,发出相应的报警信息^[1]。第四,遥感通信功能。遥感通信功能能够实时针对现场的具体情况对事件进行记录,比如在车站以及维护工作站中,就可通过快速记录实现数据信息的实时传递。第五,模拟量监视功能。模拟量监视功能主要是针对列车在运行过程中相关场所的温湿度变化情况进行反馈。第六,检修挂摘牌功能。检修挂摘牌工人是确保检修人员操作安全并给予其相关控制权限的重要功能。第七,时间表功能。时间表功能可以通过一般模式与融合应用的,在特殊时间以及常规时间两种运行状态下,分别实现自动管理的运行以及停止功能。以上描述都属于地铁综合监控系统的重要功能,除上文描述的七种类型之外,地铁综合监控系统的功能还包含了遥控顺控功能、对时功能、联动功能、保护功能、设备控制功能、模式监控功能等17种主要功能。

3 地铁综合监控系统项目风险的类型与风险识别方式

3.1 地铁综合监控系统的项目风险类型

第一,自然风险问题。所谓自然风险问题,属于一种客观因素所导致的风险问题,主要是指由于气候与外界环境的变化,因恶劣天气或极端环境而导致的设备损坏、人员伤亡的现象。例如,在地铁运行的过程中,突发性出现局部地震、洪涝灾害淹没等情况导致的设备损害,从而引发了系统联动被切断、系统运作效率低下等问题,还有可能会由于外部环境过于潮湿而导致设备内部的金属出现锈蚀情况。第二,社会风险问题。考虑到在一些大型的轨道交通项目中,地铁综合监控系统的设备在车站内部的安装密度相对较小,存在安装位置距离较远、监控分散的情况。例如,在一些大型的轨道交通项目中,监控系统的设备分别在站台、站厅中央、轨道区域、电力配电区域都有安装,在这种情况下,现场对于设备的保护工作难度较大。一旦出现现场设备遭到恶意为破坏、盗窃等问题,无法第一时间追寻。除此之外,由于施工技术人员在施工过程中没有秉持认真严谨的工作态度,也可能会导致出现设备之间串联、人员触电等风险事故。第三,经济风险问题。经济风险问题主要可以分为三种类型。首先,综合监控系统在配置过程中不科学,就会导致系统在投入运行之后的监控效果不佳,投资效益甚微。其次,在大规模的地铁项目中,综合监控系统如果投入成本过高,也会超出地铁建设预算,加大了投资方面的风险成本^[2]。最后,考虑到综合监控系统项目中涉及的设备和线缆类型众多,大量设备采用的是国外进口设备,受到国际汇率的变动也有可能在购买时出现成本费用超支的情况。第四,政策

风险问题。政策风险问题一方面指向于国家或当地政策变化造成的地铁项目周期较长、地铁项目停建等风险问题。另一方面,则指向由于项目投资主体的投资金额变动、地方投资下放缓慢引发的项目停工风险。第五,技术风险问题。考虑到综合监控系统项目中涉及的专业类型多达几十种以上,不同专业之间在施工、设计过程中的复杂性、兼容性有所差异,因此,在项目设计联动、项目后续调试、功能验收方面均存在技术上的风险。第六,管理风险问题。考虑到地铁综合监控系统涉及的施工方、专业类型种类繁多,因此,在项目管理过程中也存在无法统一集中、管理专业跨度较大、管理信息不一致等多方面的问题。

3.2 综合监控系统项目的风险识别

通过上文描述可知,地铁综合监控系统的项目风险种类繁多,因此,论文采用了工作分解结构方式针对风险问题进行识别。最终对风险问题采用故障树分析法,找到了其中存在的风险点,并将不同的风险问题分明了结构与层次。结合地铁综合监控项目的实践经验,根据层次分析的方式,可以将地铁综合监控系统的项目风险识别分为14个类型。

4 地铁综合监控系统项目风险的应对思路

地铁综合监控系统所涉及的施工类型种类繁多,在项目风险应对的过程中,应当把握一个核心思维,必须明确项目现有的寄存风险,但同时也要针对未知的风险进行预判,这样才能够识别风险发生的可能性,预估风险发生之后,可能会造成的损失。在此基础上,根据项目自身风险应对的条件,尽最大的能力降低风险发生的可能性,减小风险带来的损失和影响范围,根据此来选择不同的风险应对策略与方案。从风险应对的主体上来看,地铁综合监控系统的风险管控人员应当通过积极尝试,利用全面瓦解、系统性风险控制的方式,对其中存在的不确定性因素进行预判,从而降低风险因素在地铁综合监控系统中对于项目所带来的影响,从根源上消除风险对于项目计划、项目成本经济、项目施工进度、项目安全与协调方面所带来的威胁^[3]。而从主观能动性上来看,风险的应对能动性是决定风险应对结果最关键的因素之一。作为地铁综合监控系统项目的风险应对主体,应当在风险控制的过程中由被动地接受风险和消极逃避风险转向为主动应对风险并预判风险,在风险控制的思路,也应当从全局和前瞻的视角出发,以更多维度的战略战术对待风险。

总的来说,考虑到地铁综合监控系统的项目规模巨大,其中所涉及的不确定因素种类繁多,而在风险控制过程中,如何能够掌握有效的风险控制资源、提升风险控制效率就是风险控制主体面临的重大问题。其中,首先要针对风险的情况严重性进行判断,对于严重性较高的风险控制投入比例所投入的风控资源也应当保持优先级,这更是风险应对过程中的基本要义。而针对地铁综合监控系统项目的风险,应对思路来看,大致可以从以下三个方面着手:第一,影响风险导

致后果的性质；第二，最大程度地让风险发生的概率有所降低；第三，减轻风险发生之后所带来的损失。

5 地铁综合监控系统项目风险应对的有效策略

5.1 风险规避

地铁综合监控系统项目在风险的规避中，可以由项目的风控管理团队针对一些可预知的风险问题，通过调动风险控制资源消除威胁，避免风险问题影响到项目的顺利开展。在管理过程中，风险控制项目经理以及管理团队可通过灵活地调节项目的具体施工计划、办公施工方案等方式，将项目的最终目标与风险事项之间相互分离，或针对已受到风险威胁的施工部分进行调节，从而达到规避风险威胁的目的。例如，针对一些政策性的风险，可以通过提前修改项目计划、改变项目施工的具体范围等方式进行规避。而针对一些经济方面的风险问题，则可通过加大资源投入适当延长施工周期等方式规避风险。除此之外，在风险排查环节中，也应当注重早期对于风险的预测，可以通过信息搜集，拓宽沟通渠道、采用高端数据信息分析技术等方式，达到规避风险的目的。通常情况下，风险规避的策略与手段大多应用在项目风险发生的初期阶段，但规避风险过程中支付的成本是极为高昂的^[4]。

5.2 风险转移

风险转移主要是指针对地铁综合监控系统项目在运行过程中存在的风险问题实现部分性的转移或全部转移，将风险问题转移到其他方面，通俗地来说也可称为共同风险承担。这种风险转移需要依照合同签订或一些其他的履约条件，将风险事件最终所造成的损失承担部分进行转移，但风险转移的方案并不能够降低风险发生的可能性，也不能缩减风险带来的损失。事实上，这种风险转移的方式，就是将项目的风险部分或全部所带来的威胁和影响的负责权力转移至与项目有关的多方，但转移风险的过程中也需要向承担风险的个人或其他组织支付相应的风险转移费用。

5.3 减轻风险

减轻风险主要是指已经综合掌握了关于地铁综合监控系统项目风险问题的有效信息，通过采用一系列的风险控制手段，将风险带来的结果和损失降到最低，从而降低风险发生的可能性、缩小风险影响的范围、减轻风险带来的影响后果，这种风险应对策略属于风险管理过程中一种非常主动和积极的应对策略。例如，在地铁综合监控系统的项目施工过程中，就可以通过提前采用技术交底、安全培训、技术考核

等方式，提升施工人员的安全意识和个人能力水平，从而最大限度地降低在施工过程中发生安全事故的概率，这就属于一种典型的积极介入风险防控手段。需要注意的是，减轻风险策略的最基础要求，就是让不同的风险事件综合指标降低到风险控制方可承受的水平以内，从而让总体的项目风险有所降低。

5.4 接受风险

接受风险可以被分为主动接受风险和被动接受风险两大类型。其中，主动接受风险需要提前做好相应的风险承担准备。比如，当已经预判到发生资金上的风险时，就需要拓宽筹资渠道等方式，接受风险造成的后果。对于地铁综合监控系统项目来说，可通过在施工时间、资金投入、施工人力方面加强储备，从而有计划、有选择性地接受风险。而被动的风险接受则不需要做任何提前准备，当风险发生时，只能接受风险所带来的影响和后果。这种被动接受风险的情况，就代表着项目风险的管理团队已经无从下手，无法找到相应的应对措施，或前期的投入资源与成本已经远远地超过了风险所带来的影响，不必要为了应对风险而调整整个项目的施工或管理计划。在地铁综合监控的项目风险应对中，接受风险的应对手段通常情况下应用于一些损失并不大、完全在风险控制方可接受水平的风险事故中^[5]。

6 结语

地铁综合监控系统项目跨专业较多、施工过程中所涉及的风险问题更是复杂多变。因此，在项目管理的过程中，应当针对不同类型的风险问题进行识别，通过有针对性地选择采用风险转移、风险规避、风险减轻和接受风险的风险控制手段，能够在确保风险控制合理、经济性和高效性的前提下，灵活地应对风险，从而确保地铁综合监控系统项目在不同阶段的风险控制成效。

参考文献

- [1] 朱晨,檀静龙.地铁综合监控系统关键技术的应用[J].今日制造与升级,2023(11):114-116.
- [2] 姜冰.智能UPS巡检在地铁综合监控系统中的实现[J].设备管理与维修,2023(12):90-93.
- [3] 谭宸.A运营线综合监控系统改造项目风险管理研究[D].北京:北京交通大学,2023.
- [4] 杨郑曦,黄剑平,魏霄怡.地铁综合监控系统安全研究与设计[J].网络安全技术与应用,2023(6):120-123.
- [5] 赵兴.地铁综合监控系统项目风险管理研究[D].石家庄:石家庄铁道大学,2019.

Finite Element Analysis and Optimization Design of Front Axle for Electric Freight Vehicles

Huanwei Liu Yunhui Ma

Taishan University of Science and Technology, Tai'an, Shandong, 217000, China

Abstract

With the continuous improvement of environmental protection awareness and the booming rise of the new energy vehicle market, electric truck, as an environmentally friendly and efficient means of transportation, is increasingly widely concerned. This paper focuses on an in-depth finite element analysis of the front axle of electric trucks. In this paper, we elaborate the 3D model of the front axle and accurately determine the mechanical property parameters of the materials used. The analysis results show that the optimized front axle achieves significant lightweight in structure, while maintaining excellent strength and stiffness, perfectly meeting the strict requirements of electric trucks in practical application. This result not only highlights the effectiveness of the optimized design, but also provides strong support for the lightweight and performance improvement of electric trucks.

Keywords

optimization design; finite element; truck

电动载货汽车前轴有限元分析及优化设计

刘焕伟 马芸慧

泰山科技学院, 中国·山东 泰安 217000

摘要

随着环境保护意识的不断提升和新能源汽车市场的蓬勃兴起, 电动载货汽车作为环保且高效的交通运输工具, 正日益受到广泛关注。论文专注于对电动载货汽车前轴进行深入的有限元分析, 利用先进的有限元方法, 精心构建了前轴的三维模型, 并精确测定了所用材料的力学性能参数。分析结果显示, 优化后的前轴在结构上实现了显著的轻量化, 同时保持了卓越的强度和刚度, 完美满足了电动载货汽车在实际应用中的严苛要求。这一成果不仅彰显了优化设计的有效性, 更为电动载货汽车的轻量化与性能提升提供了有力支持。

关键词

优化设计; 有限元; 载货汽车

1 引言

随着全球经济的蓬勃跃进与物流行业的日新月异, 电动载货汽车如同一股清新的绿色旋风, 以其高效环保的特性, 在全球舞台上大放异彩, 成为货运领域一颗璀璨的明星。因此, 面对电动载货汽车的广阔前景与潜在挑战, 我们亟须聚焦其关键部件的性能提升与设计优化, 以科技创新为引擎, 推动整个行业破浪前行, 共创绿色、高效、智能的物流新时代。

Shwetank Avikal 指出前轴是车辆非常重要的部件, 由于发动机振动、路面颠簸等各种因素, 它承受疲劳载荷, 因此设计和分析车轴的疲劳寿命变得非常重要^[1]。前轴作为电

动载货汽车的关键承载和传动部件, 承担着车辆行驶过程中的主要载荷和传递驱动力的重要任务。

国内研究更侧重于前轴的性能分析和仿真模拟, 通过有限元分析等手段, 研究前轴在不同工况下的受力情况和振动特性, 周智等人^[2]指出前轴是汽车簧下的主要承重件之一, 在汽车的底盘系统中占有很大一部分质量。陈长波等人^[3]采用有限元的方法, 对前轴进行了静力学分析及轻量化设计。因此, 有限元的设计方法在前轴优化设计中是一种可行的方法。在电动载货汽车前轴的设计中, 有限元分析的应用具有显著的优势。通过有限元分析, 在设计阶段预测前轴在各种工况下的性能表现, 从而及时发现并改进潜在的结构问题。通过有限元分析结果指导优化设计, 可以提升前轴结构的强度和刚度, 提高车辆的燃油经济性和行驶性能。

本研究旨在通过有限元分析, 确定优化设计的目标和约束条件, 选择合适的优化方法, 对前轴进行结构优化。优化设计的目标是提高前轴的结构强度, 减少应力集中现象,

【基金项目】泰山科技学院 2024 年度校级一流本科课程《机械原理》。

【作者简介】刘焕伟 (1986-), 男, 中国山东泰安人, 硕士, 讲师, 从事机械工程研究。

增强前轴的承载能力和使用寿命，从而提升整车的安全性和稳定性。

2 前轴建模

在进行有限元分析之前，应针对前轴几何模型进行适当的模型简化工作，这种简化的核心目的在于剔除那些对最终分析结果产生较小影响的细节部分，从而大幅度地提升计算的效率。本研究还会合并或简化那些相邻且尺寸较小的特征。这样做不仅可以降低模型的复杂度，使得分析过程更为流畅，同时还能减少计算所需的资源，进一步提高分析的效率^[4]。在整个简化过程中，需要始终确保模型的主要承载结构和关键的力学特性不受影响。因此在本文建模过程中，忽略了小孔和圆角。

常用的网格类型有四面体、楔形和六面体等，在本文中选择了四面体网格。

尽管六面体网格的计算误差小、计算量小，但是几何结构必须是映射体。而前轴的形状复杂，理论上可以切割成映射体，但是切割起来很复杂，现有软件四面体网格的计算精度能达到要求，故本文选取的是四面体网格。主销孔以及板簧安装孔处的节点分别用 RBE2 刚性单元连接到一个节点上，以便施加边界条件，最后生成 75215 个节点、297185 个单元，网格质量检查合格，网格划分好之后的有限元模型如图 1 所示。



图 1 前轴有限元模型

3 有限元分析

有限元方法，简称 FEM，是工程和科学领域中广泛采用的一种高效数值分析技术。为了提高整车的安全性，论文选取了两种边界条件来模拟典型行驶工况即紧急制动和侧滑工况下车辆前轴的受力情况。

当车辆紧急制动时，其减速的突然性使得车内的人员和货物由于惯性作用会向前方猛烈冲击。这种冲击会大幅增加前轴所承受的载荷，而这种载荷并非单一方向，而是包括垂直向下的重力、向前冲的拉力以及因制动时轮胎与地面摩擦产生的扭矩。在钢板弹簧座处，同时施加了三种不同类型的力：垂直方向的压力，模拟车重和车内人员、货物的重力；前后方向的拉力，模拟因惯性造成的冲击；以及因制动而产生的扭矩^[5]。特别是扭矩的模拟，通过在钢板弹簧座的四个螺栓孔中心施加方向相反的集中力来实现，这种方法可以更加逼真地反映出扭矩对前轴的实际影响。在进行这些力的施加的同时，充分考虑到了模型的稳定性。

当汽车处于紧急制动工况时，前轴的应力与变形量的有限元仿真结果如图 2 所示。该工况下，因前轴的弯脖与拳部过渡部分壁厚较小，故应力最大，最大值为 633MPa，工字梁与板簧座部分较厚，故应力较小。最大变形量发生在工字梁的中间，最大值为 7.03mm，拳部被主销约束，故变形量最小。应力与位移呈左右对称分布。

当汽车处于侧滑工况时，前轴的应力与变形量的仿真分析结果如图 3 所示。该工况下汽车有向左侧翻的趋势，前轴左右载荷不对称，故应力分布也不对称，左侧应力与变形量大于右侧，最大应力发生在弯脖与拳部过渡的上方，最大值为 417MPa，最大变形量发生在左侧板簧座与工字梁过渡处，最大值为 1.75mm。

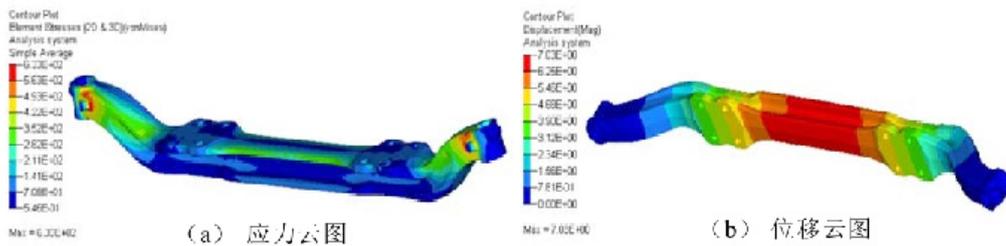


图 2 紧急制动工况前轴应力云图

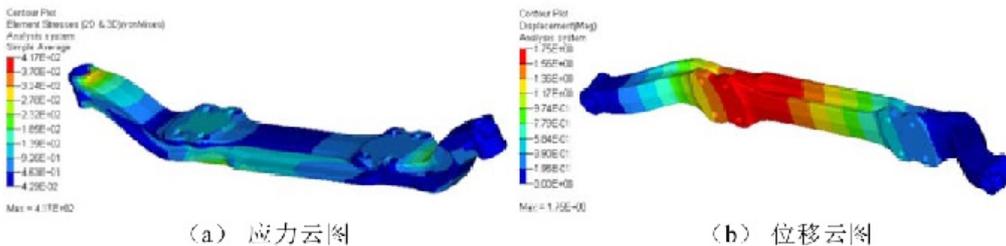


图 3 侧滑工况前轴应力云图 (a) 与位移云图 (b)

根据对前轴在两种危险工况下的有限元分析结果可知,前轴在紧急制动工况下受到的应力和位移最大,最大应力为 663MPa,最大位移为 7.03mm,前轴材料的屈服极限为 930MPa,最大应力远远小于其材料的许用应力,材料没有充分发挥其承载作用,说明该前轴具有很大的轻量化潜力,为了提高前轴的轻量化水平,需要对其进行轻量化设计。

4 优化设计

在电动载货汽车前轴的优化设计中,减小最大应力值是设计的中中之重。当车辆在极端工况下行驶时,前轴所承受的应力会大幅增加,这可能导致疲劳断裂或塑性变形等严重问题。为了避免这些潜在的安全隐患,必须降低这些关键区域的最大应力值。在紧急制动和侧滑等情况下,前轴的变形可能会影响车轮的定位精度,进而影响到整车的操控性。因此,论文的设计需要确保在这些特定工况下,前轴的变形量能够被有效地控制在一定范围内。除了提高前轴的机械性能外,重量优化也是不可忽视的一个方面。在满足强度和刚度要求的基础上,应尽可能地减轻前轴的重量。

针对电动载货汽车前轴优化设计的目标和约束条件,本文针对紧急制动和侧滑等关键工况进行了有限元模拟和分析。通过这些模拟,得到了前轴在各种工况下的应力分布和变形数据。根据分析结果,针对应力集中的区域,本文考虑改变截面形状或增加加强筋来分散应力;对于变形较大的区域,则通过调整材料分布或增加支撑结构来提高刚度。然后,在有限元模型中逐一实施了这些优化方案,并进行了多次迭代计算。

通过实验数据的对比和分析,验证了优化设计的有效性,也为后续的产品开发和改进提供了有力的数据支持。优化结果如图 4 所示。

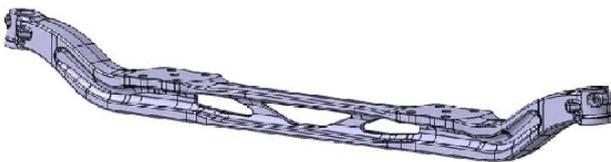


图 4 优化后前轴 3 维模型

相比轻量化前,轻量化后前轴各个工况下应力水平都有提高,材料得到更合理地利用,轻量化后应力分布更均匀,最大应力发生在紧急制动工况下,为 663MPa,并未超出材料的屈服极限,静强度设计满足要求。轻量化前、后前轴在各工况下应力与变形量结果统计如表 1 所示。相比轻量化前,应力变化量最大为 126MPa,发生在侧滑工况下,变形量最大量为 1.26mm,发生在紧急制动工况下,变化不大,满足

前轴刚度设计要求。

表 1 优化前后前轴各工况下应力与位移对比

工况	优化前最大应力 (MPa)	优化后最大应力 (MPa)	优化前最大位移 (mm)	优化后最大位移 (mm)
紧急制动	633	663	7.03	8.29
侧滑	417	543	1.75	2.23

经过精心优化设计后,在相同的运行条件下,前轴的变形量实现了显著缩减,这一改进极大地增强了车辆在行驶途中的稳定性,并使其操控性能跃升至新高度。尤为值得一提的是,前轴的重量得到了有效减轻。在确保满足必要的强度和刚度标准的基础上,通过细致的结构调整与精选材料的应用,我们成功地实现了前轴的重量优化。这一变革不仅直接促进了车辆能耗的降低,显著提升了燃油效率,还进一步挖掘了车辆的动力潜能。轻量化后的前轴,使得车辆在加速、减速及转向操作中展现出更为敏捷的反应,为驾驶者带来了更为流畅与愉悦的驾驶体验。对比优化前后的前轴性能指标,优化设计的卓越成效一目了然,充分彰显了技术创新带来的深远影响。

5 结论

本研究对象是电动载货汽车前轴。为了实现电动载货汽车前轴的优化设计,综合运用了有限元分析和结构优化技术。通过建立精确的有限元模型,能够模拟前轴在垂直弯曲、紧急制动、侧滑等多种极端工况下的应力分布和变形情况。

通过对比分析优化前后的关键性能指标,发现优化后的前轴在最大应力值、最大变形量和重量等方面均取得了显著的改进。这些结果充分验证了本文的优化设计思路和方法的有效性和可行性,为电动载货汽车的整体性能提升提供了有力的技术支持。

参考文献

- [1] Avikal S, Bisht A, Sharma D, et al. Design and fatigue analysis of front axle beam of a heavy duty truck using ansys[J]. Materials Today: Proceedings, 2020.
- [2] 周智,秦训鹏,詹军.重型汽车前轴多工况结构轻量化设计研究[J].工程机械,2020(5):44-51.
- [3] 陈长波,冯美波,高洋,等.基于静载荷下应变数据的汽车前轴轻量化设计[J].农业装备与车辆工程,2022,60(8):162-165.
- [4] 孔德利,冯美波,陈长波,等.某汽车前轴轻量化及有限元分析[J].农业装备与车辆工程,2020,58(3):135-137.
- [5] 郭小龙,夏华,朱雄.重载汽车前轴成形数值模拟分析[J].模具制造,2013,13(9):21-24.

Cost Control Measures for EPC General Contracting Projects in Construction Projects

Lianxiao Zhang

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

Abstract

In the field of construction engineering, EPC (engineering, procurement, construction) general contracting mode is a widely accepted way of project contracting. However, in the EPC general contracting project, the project cost control is an important task in the management process. By collecting and analyzing the data of a batch of EPC general contracting projects, this study proposes a set of targeted cost control measures. Specifically, the measures include optimizing the design scheme, rationally purchasing materials, standardizing the construction process and management, and improving the skills of workers. Moreover, it is necessary to adopt advanced project management software for cost tracking and control. The study found that these measures can effectively control the project cost in practice, significantly reduce the proportion of over-cost projects, thus improving the economic benefit of the project.

Keywords

EPC general contracting; construction engineering; project cost control; project management software; project economic benefits

建筑工程中 EPC 总承包项目成本控制措施

张潋潇

山西梁晟建设工程有限公司, 中国·山西太原 030000

摘要

在建筑工程领域, EPC (工程、采购、施工) 总承包模式是一种被广泛接受的工程承包方式。但在 EPC 总承包项目中, 项目成本控制是管理过程中的一项重要任务。通过采集和分析一批 EPC 总承包项目的数据, 本研究提出了一套针对性的成本控制措施。具体来说, 该措施包括优化设计方案、合理采购物资、规范施工过程与管理、提升工人技能等方面。此外, 采用先进的项目管理软件进行成本跟踪和控制也是必要的。研究发现, 这些措施在实践中能够有效地控制项目成本, 显著降低超成本项目的比例, 从而提高项目经济效益。

关键词

EPC 总承包; 建筑工程; 项目成本控制; 项目管理软件; 项目经济效益

1 引言

随着工程项目日益复杂化和规模化, EPC (工程、采购、施工) 总承包模式应运而生, 并在建筑工程领域得到了广泛的应用。这种模式把设计、采购、施工整合在一起, 为建设方提供了一站式服务, 极大地节省了协调各方资源的时间和精力。然而, 正因为项目的全过程都要由总承包商负责, 如何有效控制项目成本, 提升项目的经济效益, 成为管理者们关注的重点问题。历来, 面对这一问题, 许多研究者和实践者都提出了众多的管理措施和方法, 但是, 哪些措施真正有效, 能在实践中得到有效验证, 仍然是一个值得讨论的问题。因此, 本研究旨在通过对一批 EPC 总承包项目的实证分析, 提出一套具有针对性的成本控制措施, 并对这些措施在实践

中的效果进行了实证验证。

2 EPC 总承包模式与项目成本控制

2.1 EPC 总承包模式的定义与特征

EPC 总承包模式, 即工程总承包模式, 是一种集工程设计、设备采购与施工建设为一体的承包方式^[1]。这种模式以其项目管理的集成化和系统化特征而备受关注。作为一种集成承包模式, EPC 总承包的定义主要体现在整体性和一体化方面, 它通常由一个总承包商全面负责整个项目的设计、采购和施工任务。该模式具有多个显著特征。

EPC 模式强调单一责任制。总承包商承担项目全过程的设计、采购、施工及试运行中的全部责任, 项目业主只需与总承包商签订一个合同, 从而简化合同管理。这有助于减少项目中的风险和不确定性, 提高项目的整体协调效率^[2]。

EPC 模式具有高度的灵活性和快速响应能力。在项目实施过程中, EPC 总承包商能够基于项目的实际需求进行

【作者简介】张潋潇 (1983-), 男, 中国山西太原人, 工程师, 从事建筑工程研究。

灵活调整,以应对项目设计变更或市场环境的变化。这种灵活性对于项目的顺利实施和风险控制至关重要。

该模式注重工程进度和质量的同步协调。由于EPC总承包商能够统筹安排设计、采购和施工各环节,可以有效减少各阶段之间的沟通和协调成本,从而确保项目按时、保质交付。

2.2 项目成本控制的重要性

在EPC总承包项目中,项目成本控制发挥着关键作用。成本控制不仅直接影响项目的经济效益,还关系到项目的成功实施及企业的竞争力。有效的成本控制有助于避免预算超支,确保项目在预定资金范围内完成。随着建筑市场竞争的加剧,合理的成本支出成为企业提升利润和市场占有率的重要途径。成本控制的不当可能导致项目亏损,甚至影响企业的声誉与后续业务发展。

EPC总承包模式整合了设计、采购和施工三个阶段,具有高度的集成性和复杂性,这加大了成本控制的难度。在此模式下,任何一个阶段的成本失控都可能对整体项目产生影响。各阶段都必须建立严格的成本控制机制,并确保不同阶段之间的协调与配合,才能实现整体成本的有效管理^[3]。良好的成本控制策略能够显著降低项目的财务风险,提高资源利用效率,为企业在激烈的市场竞争中赢得先机。

2.3 EPC总承包模式下的项目成本问题

在EPC总承包模式下,项目成本控制面对多重挑战。该模式集设计、采购、施工于一体,由于跨阶段的整合特性,容易出现责任不明确、资源配置不当等问题,从而导致成本超支。设计阶段的反复修改和决策延误可以增加后续的施工和采购成本。采购环节中,市场价格波动和供应链的不确定性使得成本预测困难,带来额外支出。施工过程中,工期延误、材料浪费以及现场管理不力等问题都会进一步增加项目成本。另外,EPC模式强调快速交付,这种紧迫性可能导致成本控制的松散管理。缺乏有效的全生命周期成本管理工具和流程也增加了成本控制的难度。必须采取针对性的措施加以控制。

3 EPC总承包项目的成本控制措施

3.1 设计阶段的成本控制优化设计方案

设计阶段的成本控制在EPC总承包项目中扮演着关键角色,是优化整体项目成本的重要环节。有效的设计优化不仅能够预见并减少后续实施阶段的变更需求,还可以降低材料和施工的浪费,从而显著控制项目成本。在设计方案的制定过程中,应充分考虑项目的经济性和功能性,通过先进的设计工具和软件进行多方案比较,评估每个设计方案的成本效益。集成建筑信息建模(BIM)技术能够在设计阶段提供全方位的可视化方案,避免了传统设计中可能出现的冲突和误差。设计者应加强与工程、采购人员的沟通,确保设计方案的可施工性,减少不必要的返工和材料浪费。

使用标准化设计和模块化设计方法,可以减少设计阶段的复杂性和不确定性,降低材料和工时成本。这种方法不仅有助于实现设计的快速迭代,还能在施工阶段极大地降低标准化组件的生产和安装成本,增加设计的灵活性并缩短工期。项目管理团队应对全生命周期成本进行分析,将目标成本分解到各个设计阶段,加快设计进度保证质量不受影响。引入价值工程方法,将设计阶段的成本优化和项目整体目标成本进行综合比对,确保方案的经济性达到最优水平。通过全面、细致的设计阶段成本控制措施,EPC总承包项目能够有效地降低设计过度、随意变更等引发的额外成本压力,提升项目经济效益。

3.2 采购阶段的成本控制合理选择与采购物资

在EPC总承包项目中,采购阶段的成本控制对于整体项目的经济效益至关重要。合理选择和采购物资可以显著减少不必要的开支,避免因材料选择不当造成的成本超支。选择供应商时,应全面评价其资质和过往业绩,确保供应商具备稳定的供货能力和合格的产品质量。与多个供应商建立合作关系,有助于通过市场竞争获取最佳价格和优质材料。采购过程中,需严格执行预算管理,并对采购计划进行细致分析,以确保采购的物资与项目需求精确匹配,避免过量采购造成的库存积压和资金流动性问题。加强对采购合同的管理,明确交货时间、付款条件及违约责任,以降低潜在的合同风险。在施工周期中,应根据项目进展合理控制仓储量,以减少储存成本和物资耗损。通过动态跟踪市场价格波动,并根据实时数据调整采购策略,是优化采购成本的重要措施。采用科学的采购管理方法不仅能够有效控制成本,还能保障项目顺利执行及最终的经济效益。

3.3 施工阶段的成本控制规范施工过程与管理

在EPC总承包项目中,施工阶段的成本控制是确保项目整体预算可控的关键步骤。规范施工过程与管理可以显著降低不必要的资源浪费和成本超支。必须制定详细的施工计划,包括任务的分配和进度安排,以确保各工序的合理衔接和资源的高效配置。监控施工过程中的各项资源使用情况,及时发现和纠正偏差,有助于避免因材料浪费和人员闲置而导致的成本增加。加强施工现场的安全管理,不仅能提高工作效率,还能减少因安全事故导致的经济损失。鼓励使用标准化和模块化施工技术,可以提高施工效率并降低人工和材料成本。有效的沟通机制和责任制也必须到位,以确保各方对成本控制目标的理解和执行。

4 提高工人技能及应用项目管理软件的角色

4.1 提升工人技能对成本控制的影响

在EPC总承包项目中,工人的技能水平对项目成本的影响是不可忽视的。工人技能的提升不仅直接影响工程质量和效率,还在成本控制中扮演着关键角色。高技能工人在施工中能够更有效地解决复杂问题,减少因错误而导致的返工

成本。熟练的工人能够高效利用材料，降低浪费，从而进一步控制成本。

工人的技能提升需要通过培训和经验的积累来实现。在项目初期，针对项目的特定需求进行有针对性的培训，可以确保工人具备必要的技能去高效、安全地完成工作。通过对工人进行持续的技能考评和反馈，能够及时发现技能短板，提供进一步培训的机会。通过这种模式，不仅能提高工人的业务能力，还能激励工人通过技能提升个人价值，而这种激励机制也能长期稳定项目的人力资源。

技术的更新换代也要求工人不断适应新的施工技术和工具。掌握现代化的施工技术可以提高施工的速度和精度，减少因技术落后而导致的施工延迟或错误。例如，熟练操作新型机械设备的工人可以更好地发挥设备的高效性能，提升施工速度，缩短工期，进而控制项目成本。

在项目的实施过程中，管理层应注重技能的优化配置，确保高技能工人能够在最合适的岗位上发挥作用。这不仅能最大程度发挥工人的技能优势，也能通过合理的人力资源配置，尽可能减少人工成本的浪费。也需要鼓励经验丰富的工人和新进人员共同合作，这种师带徒的方式能够为项目培养更多合格的技术工人，从长期来看，能形成技术积累效应，为后续项目提供有力的人才保障。

高水平的工人带来的施工质量提升，减少了质量问题而导致的后续修复工作，这在无形中削减了不必要的开支。综合来看，提高工人技能是成本控制措施的一项重要内容，其不仅能直接影响项目的成本构成，还能在整体上提升项目的经济效益和竞争力。

4.2 项目管理软件在成本控制中的应用

项目管理软件在 EPC 总承包项目的成本控制中扮演着至关重要的角色。这些软件能够通过实时数据收集与分析，为管理者提供准确的项目状态信息，从而辅助决策制定。借助这些工具，项目团队可以实现对成本的动态跟踪，识别潜在的预算超支风险并及时采取纠正措施。

项目管理软件可以在预算编制和执行中起到重要作用。通过历史项目数据的综合分析，软件能够为相似项目提供预

算参考，提高预算编制的准确性。在项目进行过程中，这些工具还能够通过持续监测实际费用与预算的偏差，帮助施工企业保持在成本控制的轨道上。软件提供的多种报表功能，使项目管理者可以对成本进行细致的审计，从而更好地掌握成本的使用情况。

这些软件还促进了各部门之间的协同，确保信息畅通无阻，减少因信息滞后或不对称导致的成本控制困难。通过先进的数据可视化技术，软件能够以简洁明了的方式呈现复杂的项目数据，提升管理层对项目成本现状的洞察能力。这种洞察能力为决策提供了坚实的基础，使项目得以在复杂的市场环境中更加高效地运行。

5 结语

论文主要聚焦于建筑工程中 EPC 总承包项目的成本控制措施，通过大量数据的收集与分析，我们不仅提出了针对性的成本控制措施，还进一步证明了这些措施能够有效地控制项目成本，显著降低超成本项目的比例，并提高项目经济效益。这一研究结果期望为实践中的建筑工程项目提供有利的成本控制参考。然而，值得注意的是，虽然本研究的结果已经具有一定的实践参考价值，但地域差异、工程性质、项目管理团队等多种不可忽视的因素可能会影响成本控制措施的实施效果，因此在具体实施时需要因地制宜，合理调整。未来的研究方向，我们建议进一步调研不同地域、不同工程性质的 EPC 总承包项目，以丰富和完善成本控制措施，并探索更多适应不同情况的成本控制手段。同时，对于新兴的项目管理技术和工具，如人工智能、大数据等在项目成本控制中的应用也值得进一步研究。

参考文献

- [1] 陈军. EPC工程总承包项目成本控制[J]. 城市建筑空间, 2021(S1): 317-318.
- [2] 宋瑞祥. EPC工程总承包项目成本控制措施[J]. 四川水泥, 2021(1): 212-213.
- [3] 王志鹏. 浅析EPC工程总承包项目成本控制[J]. 中国外资, 2020, No.461(14).

Portable Electricity Meter Batch Identification Device Based on Intelligent Technology

Huan Guo Lin Kong

State Grid Xinjiang Electric Power Co., Ltd. Kashgar Power Supply Company, Kashgar, Xinjiang, 844000, China

Abstract

At present, most of the state grid metering warehouses still use the traditional ordinary shelves and manual scanning of the electronic labels one by one, with low efficiency, which seriously affects the intelligent and lean management level of the whole metering assets. In addition, some large warehouses use the secondary table library using batch identification RF frequency door to quickly put in and out of storage, which can identify 240 electricity meters at one time, and realize fast batch identification of storage in and out. However, the batch identification RFID RF door device is large, and expensive, and for some small warehouses, the electricity meter output is not large from time to time, if the use of RFID RF door, the input cost is large, the utilization rate of equipment is not high.

Keywords

RFID signal; soft magnet; label information

基于智能技术的便携式电能表计批量识别装置

郭环 孔林

国网新疆电力有限公司喀什供电公司, 中国·新疆 喀什 844000

摘要

目前, 国网计量库房大部分仍使用传统的普通货架、人工扫描电能表计的电子标签一个一个输入, 效率低, 严重影响了整个计量资产智能化、精益化管理水平。另外, 一些大库房采用二级表库使用批量识别RFID射频门进行快速出入库, 可一次性识别240块电能表的RFID表码, 实现批量快速出入库识别。然而, 批量识别RFID射频门装置大, 且价格昂贵, 并对一些小的库房来说电能表计的出入库量并不是很大, 如果采用RFID射频门, 投入成本大, 装备的利用率不高。

关键词

RFID信号; 软磁铁; 标签信息

1 用于电能表计的便携式批量识别系统设计

1.1 用于电能表计的便携式批量识别系统整体设计方案

一种用于电能表计的便携式批量识别装置, 包括底板, 所述底板的下方转动设置有四个车轮, 底板的上方设有顶板, 顶板通过四个立柱与底板固定, 底板和顶板上均固定有第一屏蔽布, 顶板和底板之间设有第二屏蔽布, 第二屏蔽布的上端固定在顶板上, 第二屏蔽布的下端固定有磁铁, 磁铁与底板相吸, 第一屏蔽布和第二屏蔽布围合形成一个密封腔, 立柱设于密封腔内, 密封腔内设有 RFID 信号读取器。

第二屏蔽布的上端通过双面胶固定在顶板的侧边, 第二屏蔽布设于密封腔的四侧, 磁铁为软磁铁, 软磁铁呈框型分布, 软磁铁与底板的侧边相吸。

两个第二屏蔽布均固定在立柱上, 且分布在顶板的两

侧; 剩下的两个第二屏蔽布为两个第三屏蔽布, 第三屏蔽布的上端固定在顶板上, 第三屏蔽布的下端通过软磁铁吸附在底板上, 第三屏蔽布的两侧覆盖在第二屏蔽布上并通过软磁铁固定^[1-3]。

1.2 设计原则: 实用性和便利性

批量识别装置由底板、立柱、顶板、屏蔽布、车轮和 RFID 信号读取器构成, 整体结构简单, 制作成本低, 通过车轮能快速移动到需要去的地方, 灵活性好。打开第二屏蔽布放入电能表计然后通过磁铁密封住第二屏蔽布完成隔离, RFID 信号读取器批量读取密封腔内的电能表计上的标签信息, 最后打开第二屏蔽布取出电能表计, 整个过程简单快速, 计量效率高, 利于提高中小库房计量资产智能化、精益化管理水平^[4]。

2 用于电能表计的便携式批量识别技术的实现

2.1 用于电能表计的便携式批量识别装置具体实施方案

如图 1 和图 2 所示, 一种用于电能表计的便携式批量

【作者简介】郭环(1997-), 男, 中国山西忻州人, 本科, 助理工程师, 从事营销服务研究。

识别装置,包括底板1,底板1的下方转动设置有四个车轮2,底板1的上方设有顶板3,顶板3通过四个立柱4与底板1固定,底板1和顶板3上均固定有第一屏蔽布5,一个第一屏蔽布5固定在顶板3的底部,另一个第一屏蔽布5固定在底板1的上端面。顶板3和底板1之间设有第二屏蔽布6,第二屏蔽布6的上端固定在顶板3上,第二屏蔽布6的下端固定有磁铁13,磁铁13与底板1相吸,该固定方式方便打开第二屏蔽布6以便快速放入和取出电能表计,第一屏蔽布5和第二屏蔽布6围合形成一个密封腔100,立柱4设于密封腔100内,密封腔100内设有RFID信号读取器8。本发明提供的批量识别装置由底板1、立柱4、顶板3、屏蔽布、车轮2和RFID信号读取器8构成,整体结构简单,制作成本低,通过车轮2能快速移动到需要去的地方,满足不同场景需要,灵活性好。当需要计量电能表计时,将第二屏蔽布6下端拉至顶板3上,然后将多个电能表计放在底板1上,放完后将第二屏蔽布6放下来并通过磁铁13固定在底板1上,然后RFID信号读取器8读取密封腔100内的电能表计上的信息标签^[5]。读取完后打开第二屏蔽布6取出电能表计。整个放入、读取和取出过程简单,电能表计计量效率高。其中,电能表计上粘贴有RFID标签^[6]。

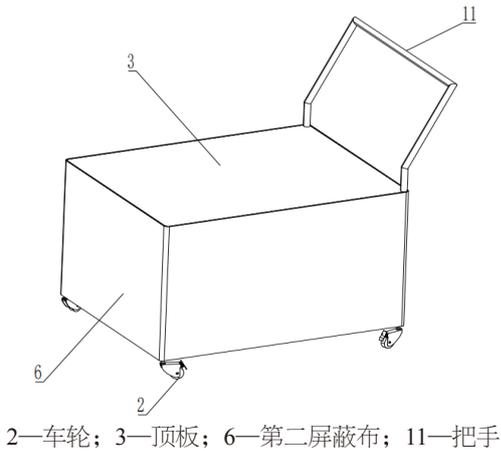
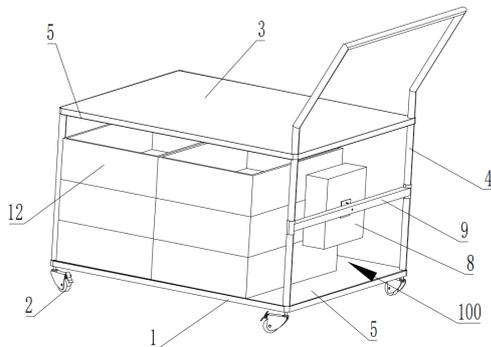


图1



1—底板; 2—车轮; 3—顶板; 4—立柱; 5—第一屏蔽布; 9—横板; 10—脚刹; 12—表计框; 100—密封腔

图2

RFID信号读取原理为:本发明计量产品的识别采用超高频RFID是电磁反向散射的识别系统,采用雷达原理模型,发射出去的电磁波碰到目标后反射,同时携带目标的信息返回。微波RFID的工作波长较短,电子标签基本处于读写器天线的远区,电子标签获得的是读写器的辐射信号和辐射能量。微波电子标签分为有源标签与无源标签两类,电子标签接收读写器天线的辐射场,RFID读写器天线的辐射场为无源电子标签提供射频能量。或将有源电子标签唤醒,RFID超高频系统的阅读距离一般大于1m,典型情况为4~7m。由于RFID信号读取器8的阅读距离较大,为了不会读取其他设备,需要采取必要的隔离措施,不会读取到其他含有RFID标签的设备^[7]。

第二屏蔽布6的上端通过双面胶固定在顶板3的侧边,第二屏蔽布6围在密封腔100的四侧,整体呈矩形框。磁铁13为软磁铁,软磁铁呈框型分布,软磁铁与底板1的侧边相吸。当需要计量电能表计时,从底板1上拉开软磁铁,将第二屏蔽布6的下端整体往上拉并通过软磁铁固定在顶板3上,然后将多个电能表计放在底板1上,放完后将第二屏蔽布6拉下来并通过软磁铁固定在底板1上,然后RFID信号读取器8读取密封腔100内的电能表计。通过该结构设计构成的密封腔100,其隔离效果好^[8]。

表计框12,密封腔100内设有放置6个表计框12的空间。每个表计框12放12个电能表计,RFID信号读取器8单次最多读取72个电能表计的标签信息。当需要计量的电能表计比较多时,通过表计框12能在密封腔100中快速取放电能表计,能有效提高电能表计的计量效率。具体的,密封腔100的高度为750mm,密封腔100的宽度为600mm,密封腔100的长度为900mm。

两个第二屏蔽布6均固定在立柱4上,且分布在密封腔100的两侧;剩下的两个第二屏蔽布6为两个第三屏蔽布7,第三屏蔽布7的上端固定在顶板3上,第三屏蔽布7的下端通过软磁铁吸附在底板1上,第三屏蔽布7的两侧覆盖在第二屏蔽布6上并通过软磁铁固定。当需要计量电能表计时,从下往上拉开一个第三屏蔽布7并通过软磁铁固定在顶板3上,然后将多个电能表计放在底板1上,放完后将第三屏蔽布7放下来并通过软磁铁固定在第二屏蔽布6上以及底板1上,然后RFID信号读取器8读取密封腔100内的电能表计上的标签信息。读取完后打开第三屏蔽布7取出电能表计。通过该结构设计,打开第三屏蔽布7的方式更简单,放入和取出电能表计的效率更高^[9]。

2.2 用于电能表计的便携式批量识别装置的优点

①批量识别装置由底板、立柱、顶板、屏蔽布、车轮和RFID信号读取器构成,整体结构简单,制作成本低。

②便携式批量识别装置通过车轮能快速移动到需要去的地方,灵活性好,能够批量读取电能表计的标签信息,计量效率高。

③计量效率高,有利于提高中小库房计量资产智能化、精益化管理水平。

3 用于电能表计的便携式批量识别装置具体使用方式与作用

当需要计量电能表计时,从底板1上拉开软磁铁,将第二屏蔽布6的下端整体往上拉并通过软磁铁固定在顶板3上,然后将多个电能表计放在底板1上,放完后将第二屏蔽布6拉下来并通过软磁铁固定在底板1上,然后RFID信号读取器8读取密封腔100内的电能表计。还有另外一种方式,从下往上拉开一个第三屏蔽布并通过软磁铁固定在顶板上,然后将多个电能表计放在底板上,放完后将第三屏蔽布放下来并通过软磁铁固定在第二屏蔽布上以及底板上,然后RFID信号读取器读取密封腔内的电能表计上的标签信息。读取完后打开第三屏蔽布取出电能表计。通过该结构设计构成的密封腔,其隔离效果好^[10]。

4 结语

论文说明了一种用于电能表计的便携式批量识别装置,包括底板,底板的下方转动设置有四个车轮,底板的上方设有顶板,顶板通过四个立柱与底板固定,底板和顶板上均固定有第一屏蔽布,批量识别装置由底板、立柱、顶板、屏蔽布、车轮和RFID信号读取器构成,整体结构简单,制作成本低,

通过车轮能快速移动到需要去的地方,灵活性好,能够批量读取电能表计的标签信息,计量效率高。

参考文献

- [1] 李竟.单相电能表在线检测与用户识别装置设计研究[J].建筑工程技术与设计,2021(8):1608.
- [2] 罗昭通,陈凯伦,陈琼,等.单相电能表在线检测与用户识别装置设计[J].电子设计工程,2020,28(19):138-141+147.
- [3] 李泽,刘晓泽,贾铭箴,等.电能表校验用气动屏蔽装置设计与分析[J].仪器仪表标准化与计量,2021(4):39-41.
- [4] 蔡仕柱.电能表检定装置异常状态识别方法[J].大众用电,2023,38(8):44-45.
- [5] 邓家成,黄艳玲.电秒表检定仪检定用辅助电路装置设计[J].品牌与标准化,2024(4):233-235.
- [6] 郑克刚,袁安荣,雷乾,等.基于樽海鞘群优化网络模型的计量装置状态识别方法[J].智能计算机与应用,2023,13(11):215-219.
- [7] 邓颖.基于Logistic算法的电能计量装置异常数据识别方法[J].通信电源技术,2023,40(20):17-19.
- [8] 青志明,傅望,伍明佳,等.基于电表数据的户变关系与计量异常识别装置研制及应用[J].科技创新与应用,2019(3):153-154.
- [9] 潘明明,田世明,吴博,等.基于智能电表数据的台区识别与窃电检测方法研究[J].智慧电力,2017,45(12):80-84.
- [10] 王磊.基于电表数据的户变关系与计量异常识别装置研制及应用[J].电子乐园,2019(19):434.

Research on Optimization of Construction Management in Building Engineering Based on BIM Technology

Zhenxue Ding

Guangxi Beitou Construction Engineering Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract

With the continuous progress of social science and technology, BIM technology is becoming more and more widely used in construction engineering. In order to improve the efficiency of engineering construction management and reduce the engineering cost, this research uses BIM technology to optimize the construction engineering construction management. Firstly, the 3 D visualization characteristics of BIM technology are used to plan the construction progress and resource allocation in detail, so as to improve the prediction accuracy of engineering construction. Secondly, through BIM technology, each engineering unit can effectively share information, avoid information errors, and improve the efficiency of collaborative work. Thirdly, BIM technology is used to simulate and warn the problems in the actual construction process, to effectively control the engineering risks, and to avoid the recurrence of errors. Finally, the lean management concept of BIM technology is used to realize the fine management of the construction process and ensure the quality of the project.

Keywords

BIM technology; construction engineering; construction management; project cost; collaborative work efficiency

基于 BIM 技术的建筑工程施工管理优化研究

丁振学

广西北投建筑工程有限公司, 中国·广西南宁 530000

摘要

随着社会科技的不断进步, BIM技术在建筑工程中的应用越来越广泛。为了提高工程施工管理效率, 降低工程成本, 该研究采用BIM技术对建筑工程施工管理进行优化。首先, 利用BIM技术的三维可视化特性, 详细规划施工进度和资源分配, 提高工程施工的预测精度。其次, 通过BIM技术使各个工程单位能有效共享信息, 避免信息误差, 提升协同工作效率。再次, 通过BIM技术对实际施工过程中的问题进行模拟和预警, 有效控制工程风险, 避免错误重复发生。最后, 利用BIM技术的精益管理理念, 实现施工过程的精细化管理, 确保工程质量。

关键词

BIM技术; 建筑工程; 施工管理; 工程成本; 协同工作效率

1 引言

随着社会科技的发展, 新兴的 BIM 技术, 已逐渐在建筑工程中发挥着越来越大的作用。BIM 技术是一种信息模型技术, 键入建筑信息模型, 全程应用在工程施工过程中, 提供了一种新颖的工程管理方式, 可以优化施工方案, 提高工程管理效率, 降低整体工程成本。但是, 对于 BIM 技术的有效应用, 仍然面临着诸多难题, 尤其是如何处理 BIM 技术中的信息共享和协同工作。因此, 本研究采用 BIM 技术对建筑工程施工管理进行了深入研究, 并在实际施工中进行了有效试验。本研究的目的是通过优化工程施工操作流程和方案, 提高施工质量和工作效率, 降低施工成本, 从而改

善整体工程投资回报。通过本研究, 我们希望能够为建筑工程领域提供一种基于 BIM 技术的施工管理优化方法, 为工程项目的执行、管理和决策提供支持与依据。

2 BIM 技术在建筑工程中的应用概述

2.1 BIM 技术的基本概念

BIM 技术, 全称为建筑信息建模 (Building Information Modeling), 是一种涵盖建筑工程全生命周期管理的数字化技术^[1]。其核心在于创建并利用数字化的建筑模型, 以支持项目各方在设计、施工及运营等阶段的协同工作。BIM 技术通过高度集成的三维模型, 实现对建筑物物理与功能特性的精确模拟与管理。它不仅提供视觉化的三维建筑设计, 还嵌入了丰富的数据信息, 包括建筑几何、空间关系、地理信息及其他建筑部件的属性数据。

BIM 的应用打破了传统二维图纸的信息壁垒, 使项目

【作者简介】丁振学 (1989-), 男, 中国广西来宾人, 本科, 工程师, 从事建筑工程研究。

参与者能够在同一平台上共享信息和资源，提高项目各阶段的协调效率和准确性。BIM 技术还支持对施工过程的动态监控与管理，通过模拟未来的不确定性和风险，提前做出预警与调整。通过这些功能，BIM 不但提升了建筑项目管理效率，还为工程质量控制和成本优化提供了有力支撑，代表了建筑行业技术进步的重要方向。

2.2 BIM 技术在建筑工程中的应用现状

BIM 技术在建筑工程中的应用现状表现出多方面的广泛实践^[2]。现代建筑工程中，BIM 技术通过其三维可视化能力，支持项目从设计阶段到施工全周期的精确管理。这一技术已被广泛应用于施工图纸的制作和优化，为建筑师和工程师提供更为直观的设计和分析工具，帮助提高总体规划的准确性。BIM 技术的应用促进了不同工程单位之间的信息共享与协同，使得项目参与者能够在统一平台上进行数据交换，减少信息偏差和误解。为了应对日益复杂的工程需求，BIM 在项目中扮演着信息集成和数据管理的核心角色，提升了施工过程中的决策效率和管理水平。成效显著的 BIM 技术在实施过程中也面临一些技术和管理方面的挑战，如成本投入、技术标准化和人员培训等问题^[3]。

2.3 BIM 技术的优势及挑战

BIM 技术在建筑工程中展现出显著的优势，包括提高设计的精确性和一致性，增强项目各参与方的信息共享与沟通，减少施工过程中的误差与返工，并提升整体项目管理效率及效益。BIM 技术的广泛应用仍面临诸多挑战，如技术标准尚未完全统一，不同软件平台间的兼容性问题，以及专业人员对新技术的适应周期较长。初期部署 BIM 通常需要较高的资金和培训投入，这也限制了其在一些中小型项目中的普及。BIM 技术的全面推广需要克服这些障碍以实现其潜力。

3 BIM 技术优化建筑工程施工管理的途径

3.1 利用 BIM 技术的三维可视化特性优化施工进度与资源分配

BIM 技术的三维可视化特性在优化建筑工程施工管理中的作用显著。在施工进度管理方面，BIM 技术通过构建三维模型，使得施工过程中的时间节点得以更直观地展示。各项施工任务、不可预见事件和潜在延误的可视化在三维环境中得到展现，使得项目管理者能够更准确地进行工期安排和调整，提高项目的时间控制能力。在资源分配方面，BIM 的三维可视化模型提供了对人力、材料和设备需求的精确分析。通过对施工现场多维度数据的综合分析，项目管理可对资源的调配进行精确计划，优化资源利用效率和减少浪费。这一过程不仅提高了施工现场的运作效率，还降低了施工过程中的冲突和错误发生的可能性。BIM 模型的动态更新功能支持实时监测施工进度和资源使用，确保施工过程的计划与实际执行保持一致。这些特点使得 BIM 技术成为提升施工进度管理和资源分配科学性 and 准确性的重要工具。

3.2 BIM 技术在工程单位间信息共享的应用

BIM 技术在建筑工程施工管理中的信息共享应用，显著提升了不同工程单位间的协同效率与信息准确性。传统施工管理中，各单位间的信息传递通常依赖于纸质文件和口头交流，容易导致信息误差和沟通不畅。BIM 技术通过其数字化平台和数据库功能，提供了一个统一的信息管理和共享平台。参与施工的各个单位可以通过 BIM 平台实时获取相关的数据信息，包括设计图纸、施工进度、材料清单等，这种实时信息共享不仅消除了信息孤岛现象，还有效减少了因信息不对称导致的施工延误与成本增加。BIM 技术还允许不同单位在虚拟环境中对工程变更进行即时更新和反馈，从而确保整个施工过程中的信息一致性和准确性。这一信息共享机制不仅加快了施工进度控制的灵活性，也在降低返工率地提升了整体施工管理效率。

3.3 BIM 技术在施工问题模拟预警和精细化管理的作用

BIM 技术在施工问题的模拟预警和精细化管理中具有重要作用。通过 BIM 的仿真功能，可以提前识别和分析施工过程中可能出现的问题，提供预警信息，帮助管理者采取相应措施，降低施工风险。这种预警机制提升了施工决策的科学性，减少错误发生的概率。BIM 技术支持精细化管理，通过详细的数据记录和分析，实现施工过程的实时监控和管理，确保资源配置合理和工程质量的提升，为施工管理的优化提供了有力支持。

4 基于 BIM 技术的建筑工程施工管理的效益分析

随着 BIM 技术在建筑行业的普及，其在施工管理中的巨大潜在效益逐渐显现。通过对施工全过程的管理优化，BIM 技术不仅提升了工程效率，还在工程质量、成本控制和风险管理方面表现出了显著的优势。

BIM 技术在提升施工效率方面的表现尤为突出。施工管理过程中，工期往往受到现场条件、资源配置、人为因素等多种不确定因素影响。通过三维可视化技术，BIM 能够在施工前阶段进行全面的模拟和规划，将施工方案直观地呈现给所有参与方。这种可视化的管理方式，使得施工单位能够清晰理解施工方案，减少因误解或信息不对称导致的工作延误。通过动态过程的模拟，施工单位能够及时发现可能的冲突点，提前进行调整，以达到工程进度和作业范围的最优协调。

在提升工程质量方面，BIM 技术同样具有重要作用。基于 BIM 的施工技术能够提供准确的工程设计细节，以及材料使用规范和施工标准，通过细节化的显示和预演减少设计与施工之间的差异。通过多专业协同工作，BIM 模型整合了结构、机电、给排水等专业信息，有效提升了工程各专业间交互信息的完整性与准确性。在此过程中，任何设计返工或施工变更均可基于模型直接实施修改，确保施工质量的

完善和提高。

在成本控制的层面上，BIM技术的应用也展现了强大的能力。施工阶段的成本超支通常与计划不周、方案更改和不必要的重复工作相关。BIM通过准确的模型模拟和详尽的资源分析，可以优化资源分配和采购计划，减少资源浪费，从而有效降低成本。另外，通过精确的数量计算和成本估算，可以更好地进行预算控制和成本预测，降低费用风险。

风险管理方面，BIM技术提供了更为全面的支持。利用BIM进行提前风险识别和模拟，使得施工过程中的潜在问题能够被快速识别和解决。BIM技术通过对施工现场条件的动态监控，能够预警施工中的潜在风险如结构冲突、安全隐患等，并提出相应的修正方案。这种主动的风险管理能力，能够有效避免事故发生，提高项目的整体安全性，并减少因事故造成的停工损失。

BIM技术的协同能力和信息化管理功能，使得多方参与的施工管理变得更加高效和顺畅。在施工管理中，多项工作需要施工单位、设计院及其他合作方的紧密协同，BIM技术统一的信息平台确保了各方数据实时共享和更新，从而降低了信息断层的可能性，减少了沟通成本，并加快了决策速度。

5 基于BIM技术的建筑工程施工管理优化的实践与前景

5.1 基于BIM技术的建筑工程施工管理优化实践

BIM技术在建筑工程施工管理优化实践中已经展现了显著的优势和成效。在施工进度管理中，BIM的三维可视化能力使施工计划更加直观和易于理解，通过精确的模型演示和动态模拟，可以预见并解决潜在的施工冲突，提高了施工计划的可行性与准确性。在资源管理方面，BIM技术实现了施工资源的精细化调配，减少了资源浪费和闲置，降低了工程成本。在信息管理领域，BIM的协同平台使各参与方能够实时共享和更新项目信息，确保了信息的准确性和一致性，从而提升了决策效率。在质量控制与风险管理实践中，通过BIM模型的模拟与分析，能够及早识别施工中的风险因素，进行有效的预警和应对，减少了工程变更和返工。在这些具体实践中，BIM技术不仅优化了施工管理流程，还改善了工程的整体绩效，推动了建筑行业的信息化和智能化进程。

5.2 BIM技术在建筑工程施工管理未来发展的前景分析

BIM技术在建筑工程施工管理的未来发展中具有广阔

的前景。随着建筑行业对于信息化和数字化需求的不断提升，BIM技术的应用已成为建筑工程各环节的重要支撑。未来，通过与物联网、人工智能和大数据等先进技术的深度融合，BIM技术能够进一步提升工程施工管理的自动化和智能化水平。这种结合将使施工现场的数据采集和分析更加及时精准，助力于优化施工决策。BIM技术在建筑全生命周期管理中的作用将更加突出，推动从设计、施工到运营维护的全面协同，提高资源利用效率和建筑全生命周期的价值。在政策层面，随着政府对绿色建筑和智慧城市建设的重视，BIM技术在建筑工程施工管理中将获得更多政策支持和行业规范引导，促进其更广泛地推广应用。为确保BIM技术的可持续发展，行业还需在标准化建设、人才培养、跨领域协同等方面不断探索和完善。

5.3 BIM技术应用面临的挑战与对策

BIM技术在建筑工程施工管理中的应用尽管展现出诸多优势，但也面临一些挑战。技术应用需要高水平的技术人员，而目前行业内复合型人才短缺。初期的技术和设备投入较高，可能导致成本增加。建筑单位间的标准不统一，也影响信息共享的效率和准确性。为应对这些挑战，需加强专业人才的培养，建立统一的BIM标准，保证数据的互联互通，并且通过实施合理的投资方案减少企业的初期成本负担。

6 结语

本研究通过将BIM技术融入建筑工程施工管理中，有效地提高了施工管理的效率和工作质量，同时降低了工程成本。具体来说，BIM技术的三维可视化特性增强了施工进度和资源分配的预测精度；信息共享功能提升了项目协同工作效率；模拟和预警功能对控制工程风险做出了积极贡献；借鉴精益管理理念，实现施工过程的精细化管理，提高了工程质量。然而，虽然在本研究中，BIM技术在建筑工程施工管理中表现出了巨大的潜力和优势，其在实际工程应用中，还需要更多的案例进行验证和改进。未来，更进一步的研究将对BIM技术在不同类型和规模的建筑工程中的应用效果进行深入探讨和分析，寻求其在实际施工管理中的最佳实践方法。

参考文献

- [1] 张耘旭.基于BIM技术建筑工程施工安全管理研究[J].名城绘, 2019(1):438.
- [2] 王盛男.基于BIM技术的建筑工程施工安全管理[J].城市建设理论研究:电子版,2020(1):14.
- [3] 宋尚龙.基于BIM的建筑工程施工管理[J].你好成都(中英文), 2023(21):163-165.

Exploration of Emergency Response Mechanism for Electrical Safety Accidents in Power Supply Companies

Ziwei Li

State Grid Chengde County Power Supply Company, Chengde, Hebei, 067000, China

Abstract

This paper explores the construction and implementation of emergency response mechanisms for electrical safety accidents in power supply companies, analyzes the causes and hazards of electrical safety accidents, and the shortcomings of current emergency response mechanisms. It proposes an emergency response organizational system, process design, and optimization plan, and studies the formulation of emergency response plans, resource guarantee, and allocation strategies. Finally, the effectiveness of emergency response is evaluated and continuous improvement paths are explored. The aging, malfunction, and improper maintenance of electrical equipment are also major hidden dangers in the electrical safety management of power supply companies. Some power supply companies have an empirical tendency in equipment maintenance, lacking scientific and systematic maintenance strategies, resulting in high equipment failure rates and putting enormous pressure on electrical safety management.

Keywords

power supply company; electrical safety accidents; emergency response mechanism; effect evaluation

供电公司电气安全事故应急响应机制探索

李梓维

国网承德县供电公司, 中国·河北承德 067000

摘要

论文探讨了供电公司电气安全事故应急响应机制的构建与实施,分析了电气安全事故的成因、危害及当前应急响应机制的不足,提出了应急响应组织体系、流程设计与优化方案,并研究了应急响应预案的制定、资源保障与调配策略,最后评估了应急响应效果并探讨了持续改进路径。电气设备的老化、故障以及维护不当也是供电公司电气安全管理中的一大隐患。一些供电公司在设备维护方面存在经验主义倾向,缺乏科学、系统的维护策略,导致设备故障率居高不下,给电气安全管理带来了巨大压力。

关键词

供电公司; 电气安全事故; 应急响应机制; 效果评估

1 引言

随着电力行业的快速发展,供电公司在保障能源供应的同时,也面临着电气安全事故的严峻挑战。电气安全事故不仅影响供电系统的稳定运行,还可能对人员生命财产安全构成严重威胁。因此,建立健全的电气安全事故应急响应机制显得尤为重要。论文旨在深入探讨供电公司电气安全事故应急响应机制的构建与优化,分析现有机制的不足,并提出针对性的改进建议,以期提升供电公司的安全应急能力和事故处理效率提供理论参考和实践指导。

2 电气安全事故概述

2.1 电气安全事故的定义与分类

电气安全事故是指由于电能失去控制或异常作用于人体及电气系统,所导致的人身伤害、设备损坏或功能障碍等意外事件。这类事故往往伴随着能量的失控传递或异常释放,对人员安全和设备完整性构成严重威胁。从定义出发,电气安全事故的分类多种多样。一方面,按电能的形态和作用方式,可以分为触电事故、静电事故、雷电灾害、电磁场危害以及电路故障等。触电事故涉及电流对人体的直接作用,可能导致电击和电伤;静电事故则是由生产工艺或操作过程中的电荷积累引发,可能产生静电火花并引发火灾或爆炸;雷电灾害由大气电荷放电所致,具有极大的破坏力;电磁场危害表现为人体在高频电磁场中的辐射伤害;电路故障则涵盖断线、短路、漏电等电能传递失控现象。另一方面,电气安全事故还可根据事故的具体后果进行划分,如火灾和

【作者简介】李梓维(1992-),男,满族,中国河北承德人,本科,工程师,从事电气工程研究。

爆炸事故、机械伤害事故、电气设备损坏事故以及电气安全装置失效事故等。这些分类有助于全面理解和应对电气安全领域的各种风险和挑战^[1]。

2.2 电气安全事故的成因及危害

电气安全事故的成因及危害是一个复杂而严峻的话题。其成因错综复杂，既包含自然因素，又有人为因素的影响。从自然因素来看，雷电、静电等自然现象可能导致电气设备损坏，引发安全事故。雷电放电具有电流大、电压高等特点，其能量释放出来可能产生极大的破坏力。静电则可能在生产工艺过程和工作人员操作过程中积累，产生静电火花，成为火灾和爆炸的危险因素。人为因素同样是电气安全事故不可忽视的成因。例如，电气设备质量不高、操作者安全意识不强、电气设备和电气线路安装使用不当、保养不良等，都可能成为引发事故的原因。特别是电气施工安装人员素质参差不齐，部分人员对国家电气施工规程一无所知，导致电气火灾事故的隐患大量存在。电气安全事故的危害巨大，不仅可能导致人员伤亡和设备损坏，还可能引发火灾和爆炸等严重后果。电气设备和导线大多使用可燃材料，一旦超负载运行或发生短路，就会迅速转换为热能，引发火灾^[2]。

3 应急响应机制理论基础

3.1 应急响应机制的概念

应急响应机制是由政府及企业针对各种突发公共事件或特定领域安全事故（如供电公司电气安全事故）而设立的一系列紧急应对方案。这一机制旨在通过迅速有效的措施，将事故损失降至最低，保障社会稳定和人民生命财产安全。在供电公司的电气安全事故应急响应机制中，该机制涵盖预防、准备、响应和恢复等多个阶段，每个阶段都需明确目标和任务。预防阶段注重风险评估、监测预警和安全防范，力求减少事故的发生。准备阶段则涉及应急预案的制定、应急资源的储备以及应急能力的提升，确保在事故发生时能够迅速响应。响应阶段是整个机制的核心，要求在事故发生后立即启动应急预案，采取隔离、修复等紧急措施，控制事态发展，避免造成更大的损失和影响^[3]。

3.2 应急响应机制的构建原则

供电公司电气安全事故应急响应机制的构建原则，需围绕高效、有序、协同和安全等核心理念展开。首先，要强调统一指挥的重要性，确保在事故发生时能够迅速、有效地进行组织、协调和决策，提高响应效率，避免资源浪费和冲突，同时增强公众对政府应急能力的信心。需注重预防为主，将应急管理工作融入日常工作中，通过加强隐患排查和风险评估，减少电气安全事故的发生。其次，建立健全快速反应机制，确保在事故发生后能够迅速启动应急响应，降低事故对供电系统的影响。再次，构建应急响应机制还需关注协同应对，加强各部门之间的信息共享和沟通，形成合力应对电气安全事故的良好机制。通过明确各部门职责，加强跨部门

的信息共享和资源整合，提高应急响应的效率和效果。应急响应机制的构建还需体现以人为本的原则，在事故应对中始终把保障人民群众生命安全放在首位，确保受灾群众的基本生活需求得到满足。最后，加强应急培训和演练，提高应急人员的专业素质和应对能力，为电气安全事故的应急响应提供有力保障^[4]。

4 供电公司电气安全事故应急响应现状

4.1 供电公司电气安全管理现状

供电公司电气安全管理现状呈现出一定的复杂性和挑战性。随着电力电子技术、数字技术和储能技术的快速发展，电力系统正逐步向数字化、清洁化和智能化演进，这无疑对电气安全管理提出了更高要求。然而，当前供电公司在电气安全管理方面仍面临一些亟待解决的问题。一方面，尽管供电公司已经制定了相对完善的电气安全管理制度，但在实际执行过程中，仍存在制度落实不到位的情况。例如，一些基层员工对安全规程的理解和执行存在偏差，导致安全管理制度未能充分发挥其应有的作用。另一方面，供电公司在电气安全监管方面也存在一定的不足。随着外包团队和劳务人员在一线工作中的参与度增加，安全监管的难度也随之加大。部分供电公司未能实现对这些人员的有效监管，导致电气安全事故时有发生^[5]。

4.2 现有应急响应机制的不足

供电公司电气安全事故应急响应机制在现阶段虽已取得一定进展，但仍存在若干不足之处。首先，预警机制尚不完善，特别是在一些偏远地区，预警系统的建设尚未起步，即便有限的预警系统也缺乏高端技术和设备的支持，导致大量事故难以及时被预测和发现，增加了事故的影响范围和损失程度。监测工作存在疏忽，导致对电流系统、设备、线路等的检查不到位，忽视了隐蔽环节的检修，为安全隐患埋下伏笔。其次，应急指挥中心的建设也亟须加强，特别是在一些县级供电公司及其下属供电所，应急指挥系统往往形同虚设，软硬件设备缺失，严重影响了应急救援工作的顺利开展。最后，应急预案体系不够健全，部分电力单位在制定应急预案时缺乏针对性和可操作性，预案内容未与实际情况紧密结合，导致在事故发生时难以迅速有效地展开救援。同时，应急救援队伍的专业性和救援能力也有待提高，一些工作人员在日常巡检和维护工作中不够深入，增加了设备的安全隐患。

5 供电公司电气安全事故应急响应机制的构建

5.1 应急响应组织体系的建立

在构建供电公司电气安全事故应急响应机制时，应急响应组织体系的建立是至关重要的。该体系旨在确保在电气安全事故发生时，能够迅速、有序地调动各方力量，实施有效的应急处置。首先，应急响应组织体系需要明确各级指挥部门的职责和权限，确保在紧急情况下，能够迅速形成统一

指挥、分级负责的应急响应格局。其次，还需建立指挥调度机构和协调联络机构，以保障信息的及时传递和资源的有效调配。应急响应组织体系应涵盖应急管理部门、生产部门、技术支持部门等多个方面，形成跨部门协作的应急响应网络。各部门需根据自身职责，制定详细的应急预案，并在日常工作中加强应急演练，提高应急处置能力。最后，应急响应组织体系还需注重人员培训和技术支持。通过定期开展应急培训和演练，提高员工的应急处置能力和团队协作水平。同时，加强对应急技术和装备的研发和应用，提高应急响应的效率和准确性。

5.2 应急响应流程的设计与优化

首先，应急响应流程需要确保在电气安全事故发生后，能够迅速启动并有效运行。这要求流程设计之初，就需明确各级应急响应组织的职责和权限，确保信息能够迅速传递，指令能够准确无误地传达。在事故发生后，现场人员需立即采取紧急措施，确保自身安全，并迅速向应急响应指挥中心报告事故情况。指挥中心在接到报告后，应立即组织专家对事故进行评估，确定事故级别和影响范围，同时启动相应的应急响应预案。其次，应急响应队伍需迅速前往事故现场，开展现场应急处置工作。这包括封锁事故区域、疏散人员、抢修设备等，力求在最短时间内控制事态发展，减少损失。在此过程中，应急响应技术支持团队需提供必要的技术支持，如事故现场的监测、事故原因的分析以及事故处理的建议等。当事故得到初步控制后，需立即开展事故恢复工作，包括设备维修、系统调整以及电力供应恢复等。最后，还需对事故原因进行深入分析，总结经验教训，以便后续优化应急预案和应急响应流程，提高应急响应的效率和效果。

6 应急响应机制的实施与保障

6.1 应急预案的制定与执行

在应急响应机制的实施与保障中，应急预案的制定与执行是核心环节。预案的制定需基于全面的风险评估与供电系统特性分析，确保覆盖各类可能的电气安全事故，如短路、过载、设备故障及自然灾害引发的供电中断等。通过整合历史事故数据与专业应急知识，制定详尽的应急操作流程，明确各级人员职责与协作方式，以及必要的应急物资与技术装备配置。预案的执行强调快速响应与高效协同。一旦发生电气安全事故，应立即启动预案，按照既定流程迅速组织现场处置，包括隔离故障区域、恢复供电、人员疏散与伤员救治等。同时，建立信息报告与沟通机制，确保事故信息

准确、及时传递至相关部门与人员，便于快速决策与资源调配。通过定期演练与培训，提升全员应急意识与实战能力，确保预案在紧急情况下能够迅速、有效执行，最大限度减少事故损失，保障供电安全与稳定。

6.2 应急资源保障与调配策略

应急资源保障是确保在电气安全事故发生时，能够迅速、有效地调动所需资源的关键。这包括人力、物资、技术、信息等各方面的资源。供电公司需要建立完善的应急资源储备体系，明确各类资源的储备标准和数量，以确保在紧急情况下能够迅速响应，满足应急处置的需求。在调配策略上，供电公司需要建立科学的应急资源调配模型。通过结合系统平台相关数据，分析应急物资需求，明确物资储备点和突发情况地点的位置及数量，确保实际需求量与供应量相匹配。同时，按照省、市、县三级调配的逻辑，实现各个仓储点物资的实物共享，以保障应急物资调度的及时性和有效性。此外，供电公司还需加强与相关单位的合作机制，建立定期联合演练和培训机制，提高应急部门和工作人员的应急响应能力和处理电气安全事故的水平。通过不断优化应急资源保障与调配策略，供电公司可以更加高效、有序地应对电气安全事故，确保电网的安全稳定运行。

7 结语

论文旨在探讨供电公司电气安全事故应急响应机制的构建与实施，首先概述了电气安全事故的定义、分类、成因及危害，进而分析了应急响应机制的理论基础。接着，论文深入剖析了供电公司电气安全管理的现状及现有应急响应机制的不足，并提出了构建应急响应机制的具体方案，包括组织体系建立、流程设计与优化等。论文讨论了应急响应机制的实施与保障、效果评估与改进方法，并总结了研究成果，对未来研究方向提出了展望与建议。

参考文献

- [1] 黄子涵.基于大数据分析的工程建设安全事故预警与应急响应机制[J].城市建设理论研究(电子版),2024(19):47-49.
- [2] 李莹玉,孙健刚.油气储运工程中的泄漏事故预防与应急响应机制[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(10):1-3.
- [3] 胡缤幻.协同治理视角下A市电力应急管理研究[D].浙江师范大学,2023.
- [4] 陈正刚.浅析电化学储能电站火灾事故应急响应与处置[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2022(5):4.
- [5] 宋富美,李季,宋爽.机械制造企业安全生产应急管理机制探索[J].科技和产业,2021(4):319-323.

Optimization Method for Accuracy of Insulation Detection of Railway Signal Cables

Aimin Qian

Nanjing Railway Technical College, Nanjing, Jiangsu, 210031, China

Abstract

With the rapid development of railway transportation in our country, the railway signal cable is an important component of railway signal system, and the stability and reliability of its insulation performance are directly related to the safety and efficiency of railway transportation. However, in the actual operation process, the insulation performance of railway signal cables is susceptible to many factors, such as temperature, humidity, mechanical stress, etc., resulting in decreased insulation performance and even insulation breakdown failure. The aim of this paper is to discuss the optimization method to improve the accuracy of railway signal cable insulation detection. Based on the analysis of existing detection technology and practical application requirements, a series of improvement measures are put forward to improve the accuracy and reliability of insulation detection and ensure the safe operation of railway signal system.

Keywords

railway signal; cable insulation testing; accuracy optimization

铁路信号电缆绝缘检测准确性优化方法

钱爱民

南京铁道职业技术学院, 中国·江苏南京 210031

摘要

随着中国铁路运输事业的快速发展,铁路信号电缆作为铁路信号系统的重要组成部分,其绝缘性能的稳定性和可靠性直接关系到铁路运输的安全和效率。然而,在实际运行过程中,铁路信号电缆绝缘性能容易受到多种因素的影响,如温度、湿度、机械应力等,导致绝缘性能下降,甚至发生绝缘击穿故障。论文旨在探讨提高铁路信号电缆绝缘检测准确性的优化方法。通过对现有检测技术的分析,结合实际应用需求,提出了一系列改进措施,以提高绝缘检测的准确性和可靠性,确保铁路信号系统的安全运行。

关键词

铁路信号; 电缆绝缘检测; 准确性优化

1 引言

为了提高铁路信号电缆绝缘检测的准确性,本研究针对现有检测方法的不足,提出了一种基于新型检测技术的铁路信号电缆绝缘检测方法。该方法结合了多种检测技术,如温度检测、电容检测、电阻检测等,通过多参数综合分析,实现对铁路信号电缆绝缘性能的准确评估。论文旨在通过以下研究,为铁路信号电缆绝缘检测提供一种高效、准确的检测方法。

2 铁路信号电缆绝缘检测的基本原理

2.1 绝缘电阻检测原理

绝缘电阻检测是评估电缆绝缘性能的重要手段。其基本原理是通过施加一定的电压,测量绝缘材料在电场作用下

的电阻值。将电缆绝缘层与地之间施加直流电压,利用绝缘电阻测试仪测量绝缘层与地之间的电阻值^[1]。根据测量结果,判断电缆绝缘层的质量。

2.2 泄漏电流检测原理

泄漏电流检测是检测电缆绝缘层是否存在缺陷的一种方法。其基本原理是测量绝缘层在电场作用下的泄漏电流。将电缆绝缘层与地之间施加直流电压,利用泄漏电流测试仪测量绝缘层与地之间的泄漏电流。根据泄漏电流的大小,判断电缆绝缘层是否存在缺陷。

2.3 介质损耗因数检测原理

介质损耗因数检测是评估电缆绝缘材料损耗性能的一种方法。其基本原理是测量绝缘材料在交流电场作用下的损耗角正切值。将电缆绝缘层与地之间施加交流电压,利用介质损耗因数测试仪测量绝缘层在交流电场作用下的损耗角正切值。根据损耗角正切值的大小,判断电缆绝缘材料的损耗性能。

【作者简介】钱爱民(1971-),男,中国江苏扬州人,本科,高级实验师,从事铁道信号自动控制研究。

3 影响铁路信号电缆绝缘检测准确性的因素

3.1 环境因素的影响

3.1.1 温度

温度的升高或降低会导致电缆绝缘材料的性能发生变化。例如,在高温环境下,绝缘材料的介电常数和介质损耗可能会增加,从而影响电缆的绝缘性能。相反,低温可能会使绝缘材料变得更加脆弱,降低其机械强度。温度对绝缘电阻有直接影响。通常情况下,随着温度的升高,绝缘电阻会降低,这是因为温度升高使得绝缘材料中的离子活动加剧,导致泄漏电流增加。因此,在高温条件下进行的绝缘电阻测试可能会得出偏低的测试结果。温度变化会影响电缆绝缘层的局部放电行为^[2]。在高温下,局部放电可能变得更加活跃,而在低温下,局部放电可能减弱。这种变化会影响对电缆绝缘老化程度的评估。温度变化还会导致电缆结构发生变化,如电缆的伸缩、变形等,这些变化可能会影响电缆的绝缘层与导体之间的接触质量,进而影响绝缘检测的准确性。温度变化也可能影响测试设备的性能,如温度变化可能导致测试设备的电阻率测量不准确,从而影响绝缘检测结果的准确性。

3.1.2 湿度

铁路信号电缆的绝缘材料通常为聚乙烯、聚氯乙烯等高分子材料,这些材料在潮湿环境下容易吸水,导致绝缘性能下降。当绝缘材料吸水后,其绝缘电阻会降低,从而影响检测结果的准确性。绝缘检测设备在潮湿环境下容易受潮,导致设备内部电路短路、接触不良等问题,进而影响检测结果的准确性。在潮湿环境中进行绝缘检测,环境湿度较高,容易导致绝缘材料表面形成水膜,影响绝缘材料的绝缘性能。此外,潮湿环境还可能导致测试人员操作失误,进一步影响检测结果的准确性^[3]。由于湿度对绝缘材料的影响,检测出的绝缘电阻值可能低于实际值。在潮湿环境下,绝缘材料的绝缘电阻会随着湿度的增加而降低,导致检测出的绝缘电阻值偏小。

3.1.3 电磁场干扰

铁路信号电缆在传输信号过程中,若受到电磁场干扰,会导致信号波形发生畸变,从而影响绝缘检测的准确性。这种失真现象在检测过程中不易被发现,容易导致误判。检测设备在检测过程中,若受到电磁场干扰,其性能会受到影响,如灵敏度降低、响应时间延长等^[4]。这些因素都会降低检测结果的准确性。铁路信号电缆的绝缘材料在受到电磁场干扰时,其性能可能会发生变化,如绝缘电阻降低、介质损耗增加等。这些变化会影响绝缘检测的准确性。铁路信号电缆的检测环境若存在较强的电磁场干扰,会导致检测数据不稳定,从而影响检测结果的准确性。

3.2 检测设备的精度和稳定性

检测设备的精度直接决定了测量结果的准确性。若设备精度不足,会导致检测数据存在较大偏差,从而影响绝缘检测的准确性。随着使用时间的增长,检测设备可能会出现老化现象,如传感器灵敏度下降、电路板性能降低等,从而影响检测结果的稳定性^[5]。检测设备的定期维护保养对保证

其稳定性至关重要。若设备长时间未进行维护,可能导致检测数据波动较大,影响绝缘检测的准确性。

3.3 电缆本身的特性

3.3.1 电缆长度

电缆长度的增加会导致信号在传输过程中损耗增大,从而影响绝缘检测的准确性。长距离电缆在信号传输过程中,由于电缆本身的电阻、电容和电感等参数的影响,信号会逐渐衰减,导致检测到的信号强度降低,从而影响绝缘检测的准确性。

3.3.2 电缆老化程度

电缆在使用过程中,由于长期受到温度、湿度、机械应力等因素的影响,会导致电缆绝缘材料的老化。老化程度越严重,电缆绝缘性能越差,检测到的绝缘电阻值会降低,从而影响绝缘检测的准确性。

3.3.3 电缆敷设方式

敷设方式对电缆绝缘层的影响:直埋敷设方式简单,成本较低,但容易受到土壤湿度、温度变化等因素的影响,导致电缆绝缘层受潮、老化,影响绝缘性能。架空敷设方式便于维护和检修,但电缆长期暴露在空气中,容易受到紫外线、氧气、水分等环境因素的影响,加速绝缘老化。隧道敷设方式有利于保护电缆,减少外界环境对电缆的影响,但隧道内湿度、温度等环境因素难以控制,可能对电缆绝缘性能产生不利影响。

敷设方式对电缆电气性能的影响:直埋敷设方式容易产生接地电阻,影响电缆的电气性能。架空敷设方式容易受到雷电、风等自然因素的影响,导致电缆电气性能不稳定。隧道内电缆密集,容易产生电磁干扰,影响电缆的电气性能。

敷设方式对绝缘检测准确性的影响:直埋敷设方式容易受到土壤湿度、温度等因素的影响,导致绝缘检测数据不准确。架空敷设方式容易受到雷电、风等自然因素的影响,导致绝缘检测数据波动较大。隧道内电缆密集,容易产生电磁干扰,导致绝缘检测数据受到干扰,影响准确性。

4 铁路信号电缆绝缘检测准确性优化方法

4.1 绝缘测试系统的组成及工作原理

为提高铁路信号电缆绝缘检测准确性,论文提出一种新的优化模型,该信号电缆绝缘检测模型由一个控制单元、与之相连的M套绝缘检测单元、M套电缆选择单元以及内置的控制单元中的互斥电缆选择矩阵单元所组成。本模型采用多套绝缘检测单元对需检验的信号电缆进行同步测试,并通过配置互斥电缆选择矩阵单元或非测试矩阵单元,识别并暂时或直接排除那些无法同时进行绝缘测试的电缆,以便对可同步测试的电缆进行检测。

4.2 绝缘测试系统的应用

4.2.1 优化绝缘测试模块

绝缘测试模块负责对电缆绝缘进行测试,根据控制模块的指令,设置测试参数,如测试电压、测试时间等。对电缆绝缘施加测试电压,监测绝缘电阻变化。记录测试数据,

如绝缘电阻、泄漏电流等，将测试数据传输给控制模块。

4.2.2 优化选缆模块

选缆模块负责根据测试任务选择合适的电缆进行测试，接收控制模块的指令，了解测试任务要求，根据电缆类型、规格等信息，从电缆库中筛选出符合条件的电缆，将筛选出的电缆信息传输给互斥选缆矩阵模块。

4.2.3 优化互斥选缆矩阵模块

互斥选缆矩阵模块负责协调选缆模块的工作，确保测试任务所需的电缆被正确选取，接收选缆模块传输的电缆信息，根据测试任务要求，对电缆信息进行筛选和排序，将筛选后的电缆信息传输给选缆模块，供其选择。

5 实验与结果分析

5.1 实验设计

5.1.1 实验环境搭建

选取一个稳定的实验室环境，确保实验过程中的温度、湿度等环境因素对实验结果的影响降至最低。安装并调试铁路信号电缆绝缘测试系统，包括控制模块、绝缘测试模块、选缆模块和互斥选缆矩阵模块。连接实验设备，确保各个模块之间通信稳定，数据传输流畅。

5.1.2 实验样本选择

根据实验需求，选择具有代表性的铁路信号电缆绝缘测试样本，样本数量不少于30根。样本应涵盖不同绝缘材料、不同规格、不同使用年限的电缆，以确保实验结果的普适性。将选定的样本分为两组，一组用于实验验证，另一组作为参考标准。

5.1.3 实验步骤

对实验样本进行编号，确保实验过程中样本信息的一致性。利用铁路信号电缆绝缘测试系统对实验样本进行绝缘性能检测，记录检测结果。将检测结果与参考标准进行对比，分析实验结果的准确性。根据实验结果，对铁路信号电缆绝缘检测系统进行优化，提高检测准确性。

5.1.4 数据处理与分析

对实验数据进行统计分析，包括平均值、标准差、置信区间等。对实验结果进行图表展示，直观反映铁路信号电缆绝缘检测系统的性能。分析实验结果，找出影响检测准确性的因素，并提出相应的优化措施。

5.2 实验结果

5.2.1 准确性

为了验证优化后的绝缘检测系统在准确性方面的提升，将其与传统的绝缘检测方法进行了对比。结果如表1所示，优化后的绝缘检测系统在准确性方面相较于传统方法有了显著提升。

表1 准确性对比结果

测试方法	准确率(%)
优化方法	98.5
传统方法	95.2

5.2.2 可靠性

为了进一步验证优化后的绝缘检测系统的可靠性，对系统进行了长期运行测试。结果如表2所示，优化后的绝缘检测系统在重复性、稳定性和抗干扰性方面均表现出良好的性能，证明了系统的可靠性。

表2 可靠性分析结果

测试项目	测试结果
重复性	0.95
稳定性	0.99
抗干扰性	0.98

5.3 结果讨论

5.3.1 优化方法的有效性

通过并行设置多组绝缘测试模块，实现了对电缆绝缘状态的快速检测，大幅缩短了检测时间，提高了检测效率。优化后的测试系统在保证检测速度的同时，通过精确的互斥选缆矩阵模块，确保了测试过程中电缆的准确选择，从而提高了检测结果的准确性。优化后的系统可以根据实际需求，灵活配置不同数量的绝缘测试模块和选缆模块，以满足不同场景下的检测需求。

5.3.2 对实际应用的意义

通过对电缆绝缘状态的准确检测，可以及时发现并排除潜在的故障隐患，确保铁路信号系统的稳定运行。优化后的检测方法提高了检测效率，减少了人工干预，降低了维护成本。优化方法适用于不同型号和规格的铁路信号电缆，具有良好的通用性和适应性。本研究的优化方法为铁路信号电缆绝缘检测领域的技术创新提供了新的思路，有助于推动相关技术的发展。

6 结论

本研究提出的铁路信号电缆绝缘检测方法为提高铁路信号电缆绝缘检测的准确性提供了新的思路和方法，对保障铁路运输安全具有重要意义。采用多参数综合分析方法，提高了铁路信号电缆绝缘检测的准确性。通过温度检测、电容检测、电阻检测等多种检测手段，实现了对铁路信号电缆绝缘性能的全面评估。优化后的检测方法在实际应用中表现出良好的稳定性和可靠性，为铁路信号电缆绝缘性能维护和故障排除提供了有力支持。

参考文献

- 刘胜涛,张锐,王俊.铁路信号电缆绝缘检测准确性优化方法[J].兵工自动化,2023,42(9):64-65.
- 周彬,刘峰,万园园.铁路信号电缆低压快速在线测试装置研究[J].铁路通信信号工程技术,2023,20(6):98-101.
- 高武东.铁路信号25Hz相敏轨道电路故障分析[J].运输经理世界,2021(25):4-6.
- 张宏杰,张波,姚雅晴.影响铁路信号类电缆K1值的因素[J].现代传输,2020(4):67-69.
- 曹磊.高速铁路信号电缆受强电影响的检测分析[J].电子元器件与信息技术,2020,4(3):59-60+63.

Application and Optimization Research of YOLO Model in Plant Disease Image Recognition

Xiaoxian He

South China Business College Guangdong University of Foreign Studies, Guangzhou, Guangdong, 510420, China

Abstract

This paper studies the application and optimization strategy of YOLO (You Only Look Once) model in image recognition of plant diseases, analyzes the technical requirements of image recognition of plant diseases and the characteristics and applicability of YOLO model, combines the basic structure and working principle of the model, and discusses its application design and implementation path in disease target detection. For the deficiencies in the practical application of the model, the optimization strategies of network structure optimization, data set expansion and loss function improvement are proposed to improve the detection accuracy and robustness of the model. The optimized YOLO model achieves high accuracy and real-time in the plant disease detection task, and opens the technical route of intelligent identification of agricultural diseases. In terms of precision agricultural disease monitoring and management, this paper provides effective theoretical basis and technical answers.

Keywords

YOLO model; plant disease; target detection

YOLO 模型在植物病害图像识别中的应用与优化研究

何校贤

广东外语外贸大学南国商学院, 中国·广东 广州 510420

摘要

论文研究了YOLO (You Only Look Once) 模型在植物病害图像识别中的应用与优化策略, 分析了植物病害图像识别的技术需求与YOLO模型的特点与适用性, 结合了模型的基本结构与工作原理, 探讨了其在病害目标检测中的应用设计与实现路径。对于模型实际应用中的不足, 提出了网络结构优化、数据集扩充及损失函数改进等优化策略, 以提升模型的检测精度与鲁棒性。经优化的YOLO模型在植物病害检测任务中, 实现了较高准确率和实时性, 开启农业病害智能化识别技术路线。对精准农业病害监测与管理方面, 论文研究提供了有效理论依据与技术解答。

关键词

YOLO模型; 植物病害; 目标检测

1 引言

全球农业生产安全受到植物病害的巨大威胁。对农作物健康的保障和农业生产效率的提升, 都需要快速准确的病害检测与识别。传统上, 植物病害诊断主要依赖于人工检验, 这种方式既费时又消耗劳力, 而且其准确性还被约束在专业能力之内。然而近些年以计算机视觉为基础的图像识别技术, 在农业领域已经得到了广泛应用, 尤其引入了深度学习模型后, 自动检测与识别病害图像有了行之有效的解决方案。以YOLO (You Only Look Once) 模型为主, 其高效的单阶段目标检测框架、实时性与精度兼备, 在复杂背景下的目标检测中有显著优势。论文探讨了YOLO模型在植物病害检测中的适用性与优化策略, 为解决问题提出了理论支持

与技术实践。

2 YOLO 模型的理论基础与适用性分析

2.1 YOLO 模型的基本结构与工作原理

YOLO (You Only Look Once) 模型是一种单阶段目标检测算法, 它将目标检测问题转化为一个回归问题, 直接在图像中预测目标的类别和边界框位置。这一设计显著提升了检测速度, 并降低了多阶段检测框架中可能引入的误差。YOLO模型的基本结构由输入层、特征提取网络、预测网络和检测输出模块组成。

输入层负责对原始图像进行处理, 将其调整为统一的大小 (如 416×416 或 608×608), 以适应模型的计算需求。在YOLO v1中, 使用了19层卷积和5层池化组成的架构; YOLO v3和v4进一步引入了更深层次的网络 (如Darknet-53), 并通过加入残差块 (Residual Block) 提升了特征表达能力。

【作者简介】何校贤 (2003-), 男, 中国广东广州人, 本科, 从事计算机技术在植物保护领域中的应用研究。

预测网络负责将特征映射到目标检测结果。YOLO 模型将输入图像划分为 $S \times S$ 的网格，每个网格负责预测一个或多个目标的边界框及其置信度。预测结果包括边界框中心点坐标 (x, y) 、宽高 (w, h) 和每个类别的置信度分布。通过单次前向传播，YOLO 能够同时完成目标的定位和分类。检测输出模块则采用非极大值抑制 (Non-Maximum Suppression, NMS) 去除重叠的边界框，只保留最高置信度的框。

2.2 YOLO 模型在植物病害图像识别中的适用性

植物病害图像识别是一项极具挑战性的任务，其特点是病害区域往往微小且分布不均，并伴随复杂的背景干扰，如叶片纹理、光照强度以及土壤或杂物的遮挡。YOLO 模型的全局检测策略和单阶段检测机制使其特别适合于植物病害图像识别。在植物病害识别中，YOLO 的端到端检测框架能够快速定位病害区域，并同时输出病害类型信息，YOLO 模型可以用于检测多种病害类型，如叶锈病、霉斑病和细菌性斑点病等。相比传统基于手工特征病害检测方法，YOLO 不依赖复杂的特征设计，具有更高的检测效率和泛化能力，扩充数据集并针对特定场景进行优化，模型的适应性可进一步提升。

2.3 模型关键公式与技术分析

YOLO 模型的核心在于目标检测的回归框架，其中包含边界框回归、置信度预测和类别分类三个关键环节。为实现这些目标，YOLO 模型定义了一组核心公式，并通过损失函数对各部分进行优化。边界框的位置参数通过以下公式计算：

$$t_x = \sigma(x) + c_x, \quad t_y = \sigma(y) + c_y,$$

$$t_w = p_w \cdot e^w, \quad t_h = p_h \cdot e^h$$

其中， (x, y) 为边界框中心点在网格中的相对位置； (w, h) 为边界框的宽高； σ 为 sigmoid 函数； c_x, c_y 为网格的左上角坐标； p_w, p_h 为锚框的宽高。目标检测的评价标准之一是交并比 (Intersection over Union, IoU)，用于衡量预测框与真实框的重叠程度，其公式为：

$$IoU = \frac{Area(B_{pred} \cap B_{true})}{Area(B_{pred} \cup B_{true})}$$

B_{pred} 、 B_{true} 分别表示预测框和真实框的边界。

某病害检测任务，假设预测框为 $[50, 50, 100, 100]$ (左上角和右下角坐标)，真实框为 $[60, 60, 120, 120]$ 。二者的交集面积为 $40 \times 40 = 1600$ ，并集面积为 $50 \times 50 + 60 \times 60 - 1600 = 3400$ 。代入公式得：

$$IoU = \frac{1600}{3400} \approx 0.47$$

该指标直观反映了预测结果的质量，较高的 IoU 表明预测框与真实框更加接近。

YOLO 模型的损失函数综合了边界框位置误差、置信

度误差和分类误差，定义如下：

$$Loss = \lambda_{coord} \sum_{i=0}^S \sum_{j=0}^B 1_{ij}^{dij} [(x_i - \hat{x}_i)^2 + (y_i - \hat{y}_i)^2] + \lambda_{coord} \sum_{i=0}^S \sum_{j=0}^B 1_{ij}^{dij} (c_i - \hat{y}_i)^2 + \lambda_{coord} \sum_{i=0}^S \sum_{j=1}^C 1_{ij}^{dij} (p_i - \hat{y}_i)^2$$

其中， 1_{ij}^{dij} 是指示函数，表示第 j 网格中的第 i 边界框是否包含目标。

3 YOLO 模型在植物病害图像识别中的应用设计

3.1 数据预处理与增强方法

数据预处理和增强直接影响 YOLO 模型的性能。针对植物病害图像数据，数据预处理主要包括图像的归一化、尺寸调整和目标标注。归一化操作将图像的像素值映射到 $[0, 1]$ 范围，以适应模型的输入要求；尺寸调整通常将图像重采样到 YOLO 标准输入大小 (如 416×416)，以保持输入数据的统一性。目标标注需要为每张图像创建包含病害目标的边界框和类别信息的标注文件，常用的格式如 PASCAL VOC 或 COCO 格式。数据增强技术是提高模型鲁棒性的重要手段，随机裁剪、水平翻转、亮度调整和添加噪声这些操作可以模拟病害目标在不同光照条件、不同角度和复杂背景下的分布特性，从而增加训练数据的多样性。

3.2 YOLO 模型训练与参数设置

YOLO 模型的训练过程针对植物病害识别任务，常用的训练数据集可以包括公开的植物病害数据集 (如 Plant Village) 和自建的病害图像数据集。在训练过程中，模型使用的损失函数综合考虑了边界框位置误差、置信度误差和分类误差，并通过余弦退火或学习率调度策略进一步优化模型性能。

3.3 模型测试与识别流程设计

模型测试阶段使用与训练数据不同的测试集，对模型的检测性能进行全面评估，包括准确率 (Precision)、召回率 (Recall)、平均精度 (mAP) 等指标。测试流程通常包含数据输入、模型推理和结果输出三部分。在实际应用中，为了提高检测效率，可以采用批量推理方法，进一步降低测试时间开销。植物病害图像的识别流程设计从图像输入开始，包括图像预处理、模型推理和结果可视化。输入的图像经过归一化和尺寸调整后，送入训练好的 YOLO 模型进行推理，模型输出病害目标的边界框坐标、类别标签和置信度。

4 YOLO 模型的优化策略

4.1 网络结构优化与轻量化设计

YOLO 模型在植物病害图像识别任务中，针对大规模数据处理需求和实际部署限制，对模型进行轻量化设计可以通过引入深度可分离卷积 (Depthwise Separable Convolution) 替代传统卷积层，有效减少参数数量和计算量，同时保持特征提取能力。使用剪枝 (Pruning) 技术移除

冗余参数，也能够降低模型复杂度。网络结构优化方面，CSPNet (Cross Stage Partial Network) 的引入可以通过分离渐进特征流和梯度流，减少计算冗余，同时提高特征学习效率。在 YOLO v5 中，结构优化包括引入多尺度特征融合模块 (如 FPN+PAN)，进一步增强模型对小目标和复杂背景的检测能力。

4.2 数据集扩充与模型鲁棒性提升

植物病害检测任务中，数据集的规模和多样性直接影响模型的鲁棒性和泛化能力。为了增强模型的适应性，可以通过数据集扩充策略丰富训练数据的特征分布。扩充方式包括数据增强技术 (如随机裁剪、翻转、旋转、亮度调整等) 以及生成式对抗网络 (GAN) 生成的新样本。

4.3 损失函数优化与模型精度提升策略

原始 YOLO 模型中，损失函数由位置误差、置信度误差和分类误差组成，但其对不同误差的权重分配可能导致精度下降问题。在植物病害图像识别中，病害目标往往尺寸较小，对边界框位置的精确性要求较高，因此需要对损失函数进行优化。常用的方法是引入改进的 IoU 指标，如 Generalized IoU (GIoU) 或 Complete IoU (CIoU)。考虑了边界框之间的几何关系，能够更有效地处理重叠度较低的情况，而进一步结合了距离和形状信息，对小目标的定位更为精准。优化后的损失函数公式如下：

$$L_{CIoU} = 1 - IoU + \frac{\rho^2(b, b^{gt})}{c^2} + \alpha v$$

其中， $\rho^2(b, b^{gt})$ 为预测框与真实框中心点的欧几里得

距离； c 为两个框外接矩形的对角线长度； α 为权重调整系数； v 为边界框宽高比的一致性度量。为了进一步平衡检测任务中的分类与定位权重，可以引入焦点损失 (Focal Loss) 优化分类损失部分，其公式为：

$$L_{focal} = -\alpha(1 - p_t)^\gamma \log(p_t)$$

其中， p_t 为正确类别的预测概率； α 和 γ 为调整因子。

5 结论

论文对关于 YOLO 模型在植物病害图像识别中的应用与优化策略进行了系统性的深入探讨，包括模型结构、数据处理以及损失函数优化，对其在复杂场景下的适用性和提升路径做出全面分析。研究表明，唯有借助高效单阶段检测框架才能实现 YOLO 模型快速准确地定位和分类植物病害目标，并满足农业实际应用中的即时需求。得益于网络结构轻量化设计及特征增强手段，计算效率与检测精度之间达成了良好平衡。数据集扩充与增强策略有效提升了模型对多样化病害场景的鲁棒性，优化后的损失函数进一步改善了小目标检测性能与分类精度。

参考文献

- [1] 邵明月. 自然条件下棉花病害检测与识别方法研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2023.
- [2] 赵绪东. 基于深度学习的食用玫瑰病害检测方法与系统实现[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2023.
- [3] 陈清源. 基于卷积神经网络的西甜瓜叶部病虫害识别方法研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2023.

Application and Prospect of Vertical Tower Grinding Machine in Modern Mines

Congkuan Zhao

Datun Tin Mine, Yunnan Tin Industry Co., Ltd., Honghe Prefecture, Yunnan, 661100, China

Abstract

As a kind of high-efficiency and energy-saving ore grinding equipment, vertical tower mill has been widely used in modern mine production. This paper discusses the definition, working principle, application field and future development prospect of vertical tower mill. Its unique working principle and structural design make it show significant advantages in ore fine grinding, mineral recovery and tailings reprocessing. Through the integration with other mineral processing equipment, the vertical column mill not only improves the ore processing capacity, but also shows strong application potential in terms of energy saving and emission reduction, improving mineral recovery and grade. With the advancement of automation and intelligent technology, vertical tower mills will promote the development of the mining industry in an efficient and sustainable direction.

Keywords

vertical tower mill; modern mines; apply; foreground

立式塔磨机在现代矿山的应用及前景

赵从宽

云南锡业股份有限公司大屯锡矿, 中国·云南红河州 661100

摘要

立式塔磨机作为一种高效、节能的矿石磨矿设备,已广泛应用于现代矿山生产中。论文从立式塔磨机的定义、工作原理、应用领域及未来发展前景等方面进行探讨。其独特的工作原理和结构设计,使其在矿石细磨、矿物回收和尾矿再处理方面展现出显著优势。通过与其他选矿设备的整合,立式塔磨机不仅提升了矿石处理能力,还在节能减排、提高矿物回收率和品位等方面展现了强大的应用潜力。随着自动化、智能化技术的进步,立式塔磨机将推动矿山行业朝着高效、可持续的方向发展。

关键词

立式塔磨机; 现代矿山; 应用; 前景

1 引言

随着矿产资源的日益紧张和环境保护的要求日益严格,传统的磨矿技术逐渐无法满足现代矿山对高效、环保生产的需求。立式塔磨机凭借其高效的磨矿能力和节能特性,成为矿山行业的重要设备。其在矿石细磨、矿物回收、尾矿处理等方面的应用,满足了矿山生产过程中对精细化、绿色化的要求。论文将深入探讨立式塔磨机在现代矿山中的应用及其发展前景,旨在为矿山行业提供技术参考和解决方案。

2 立式塔磨机的概述

立式塔磨机是一种高效的矿石细磨设备,广泛应用于矿山选矿、冶金、化工等行业。与传统的水平球磨机不同,

立式塔磨机采用垂直结构,研磨介质在高速旋转的磨盘和矿石之间相互碰撞、摩擦,从而实现矿石的细化。其工作原理基于离心力和重力的结合作用,矿石进入磨机后,矿粒在磨盘与研磨介质的作用下逐渐破碎,达到所需的细度。由于设备内部的旋转运动强度较大,矿石与介质的接触时间较短,这使得立式塔磨机在磨矿过程中具有较高的能效^[1]。

立式塔磨机凭借其优势,已成为现代矿山细磨工艺中不可或缺的重要设备。立式塔磨机的核心优势之一是其高效能,由于设备内部的介质在较短的时间内进行高频次的碰撞与摩擦,矿石能迅速被细磨至微米级甚至纳米级的粒度,尤其适用于需要细化处理的矿石,如金属矿、非金属矿等。立式塔磨机较传统球磨机能有效降低能源消耗,由于其高效的磨矿机制,单位矿石的磨矿时间缩短,减少了电能消耗。同时,设备的高效能也减少了不必要的热量和碳排放,有助于矿山实现绿色环保生产。与传统的磨矿设备相比,立式塔磨机的垂直设计大大节省了占地面积,其紧凑的结构适合空间

【作者简介】赵从宽(1989-),男,彝族,中国云南大理人,本科,助理工程师,从事选矿机械设备管理及技术研究。

较为紧张的矿山环境，可以在有限的厂房内实现更高的生产能力。另外，立式塔磨机不仅适用于单一矿种的细磨，而是能够处理多种矿石，具有较强的适应性，在矿石类型变化较大的情况下，能够根据不同的磨矿要求进行调节，保持较高的处理效率。

3 立式塔磨机在现代矿山的应用研究

3.1 多种矿石的磨矿应用

立式塔磨机凭借其优越的磨矿性能，成为许多矿山选矿工艺中的重要组成部分，特别是在处理多种矿石类型和复杂矿石时，展现出独特的优势。具体应用包括：①矿石细磨。在矿石的初步破碎后，通常需要进一步将矿石研磨成更细的粒度，以便在后续的选矿过程中提高矿物回收率。传统的球磨机虽然广泛应用于磨矿，但由于其能效较低、磨矿时间长，处理效率不高。而立式塔磨机通过其高速旋转的磨盘和密集的研磨介质，能在较短的时间内将矿石细磨至更小的粒度，特别适合要求细度较高的矿石处理，如金矿、铜矿、铅锌矿等。例如，在铜矿的磨矿过程中，铜矿石往往含有较多的杂质矿物，传统的球磨机处理后，难以将铜矿和杂质矿物有效分离。而立式塔磨机可以通过其强烈的研磨作用，有效细化矿石，改善矿物的粒度分布，使得后续浮选、重力分选等选矿工艺更加高效，铜矿的回收率大大提高。②矿石研磨和矿物分选。矿物分选是矿山选矿的重要环节，矿物的细度、粒度分布和表面性质对分选效果有着直接影响。立式塔磨机能够提供均匀的矿石细度和良好的粒度分布，保证后续选矿环节中不同矿物的分离效果。在某些复杂矿石的处理过程中，如含有较多铁矿、硫矿或其他有害杂质的矿石，立式塔磨机通过其优越的磨矿精度，能够有效降低有害矿物的粒度，从而提高矿物分选的精度。由于立式塔磨机的细磨效果较好，能够减少矿石中的粗颗粒，使得浮选过程更加顺利，矿物的回收率得以提升。总的来说，立式塔磨机在现代矿山中的应用，展现了其极高的磨矿效率和适应性，随着矿山开采深度的增加和矿石品位的下降，其应用将更加广泛^[2]。

3.2 矿山尾矿的再处理与资源回收

矿山尾矿是矿石开采过程中不可避免产生的废弃物，通常含有大量的细粒矿物和微细的有价值矿物。由于矿山资源的开采深度加深和矿石品位的降低，传统的选矿方法往往不能充分回收尾矿中的有用成分。因此，矿山尾矿的再处理与资源回收，已成为当前矿业行业面临的重要课题。立式塔磨机凭借其优异的细磨能力和高效能，成为尾矿再处理和资源回收中不可或缺的重要设备。具体应用体现在：①尾矿再处理。尾矿中的有价值矿物由于粒度较细，传统的磨矿设备往往无法有效地进一步细化，导致大量有用矿物无法回收。然而，立式塔磨机以其独特的研磨原理和高效能，能够有效地对尾矿进行再处理。通过立式塔磨机的高频次、强烈的研磨作用，尾矿中的矿物颗粒能够被进一步细磨，帮助提取出

更多的有用成分。立式塔磨机的磨矿效果，显著提高了尾矿的细度，使得尾矿中的有价值矿物得以更高效地回收。例如，在金矿、铜矿等金属矿山的尾矿处理中，立式塔磨机能够有效地将细粒矿物细磨，提高金属矿物的表面积，为后续的浮选、重力分选等选矿过程提供更好的细度和粒度分布，从而实现更高的矿物回收率。在一些矿种的尾矿中，甚至能够通过立式塔磨机的进一步细化处理，成功回收原本被认为“无用”的矿物资源，如贵金属、稀有金属等^[3]。②立式塔磨机在尾矿资源回收中的优势，还体现在节能和高效能。尾矿再处理通常需要大量的能源，而立式塔磨机的设计使得单位矿石的磨矿时间显著缩短，能有效减少能源消耗。相比传统的球磨机，立式塔磨机具有更高的能效比，这对于矿山企业降低生产成本、提升资源利用率至关重要。由于其较高的处理效率，尾矿的再处理不仅可以在更短的时间内完成，还能够通过减少尾矿的堆积量，降低环境污染。在环保和可持续发展的背景下，矿山尾矿的再利用和资源回收对行业意义重大。通过立式塔磨机对尾矿的精细处理，矿山企业可以有效提升资源的综合利用率，减少尾矿堆存对环境的负面影响，进一步推动绿色矿业的发展。随着矿产资源的不断消耗，立式塔磨机的高效尾矿再处理技术，将成为矿山可持续发展战略中的重要环节。

3.3 立式塔磨机的实践应用优势

实践中发现，立式塔磨机凭借独特应用优势，使其成为现代矿山生产中的重要设备，为矿山行业提供了更高效、更环保、更经济的解决方案。主要体现在：①高效能与高产能。立式塔磨机的设计与工作原理，使其在矿石处理中的效率远超传统的磨矿设备。其垂直结构与高频次的研磨作用，使得矿石与研磨介质的接触时间更短，能在更高的处理能力下实现优异的磨矿效果。相比于传统球磨机，立式塔磨机能够在单位时间内处理更多的矿石，特别适合高负荷、高产量的矿山生产需求。其高效的研磨机制不仅提升了处理能力，还能在保持较高产量的同时，优化磨矿细度，满足更精细的选矿要求。②提高矿物回收率与品位。在矿石的选矿过程中，矿物的细度分布直接影响回收率与品位。传统磨矿设备无法有效控制矿物的细度，导致矿石中的有用矿物未能充分释放，影响后续的分选效果。而立式塔磨机凭借其均匀的粒度分布和高精度的细磨能力，能够将矿石研磨至更细小的颗粒，提高矿物的释放度和分离效果。这种优化的粒度分布，确保了后续浮选、重力选矿等工艺的高效进行，显著提升了矿物的回收率和品位。尤其在处理难磨矿石时，能够显著提高回收率并减少损失。③减少能源消耗和碳排放。立式塔磨机的独特工作原理，使得能量传递更加高效，单位矿石处理所需的能量大大低于传统球磨机，由于其高效的磨矿机制，减少了磨矿时间，能降低设备的运行功率和能耗，从而有效减少碳排放。

4 立式塔磨机的应用发展前景

4.1 技术创新与进步

随着矿业行业对生产效率和环保要求的提升，立式塔磨机的技术也在不断创新和进步，正在逐步实现更高水平的自动化、智能化，推动矿山生产进入更加高效、精准和环保的新时代。①自动化控制。立式塔磨机的自动化控制技术已经得到了广泛应用，传统的磨矿设备往往依赖人工操作进行磨矿参数调整，而自动化控制系统能够实时监控磨机的运行状态，根据矿石的变化和处理需求，自动调节转速、料流量、介质分布等关键参数，这一过程的自动化提高了设备的操作精度，减少了人为因素对生产效率和产品质量的影响，从而能提高磨矿过程的稳定性和可靠性。自动化系统还可以通过远程控制和数据采集技术，实现对设备状态的实时监控和故障诊断。当设备出现异常时，系统能够及时发出警报，帮助操作人员快速定位问题并采取措施，减少停机时间，提升生产效率。②智能化发展。随着人工智能和大数据技术的发展，立式塔磨机的智能化水平也在不断提高。智能化系统可以通过采集和分析设备运行过程中的大量数据，进行深度学习和预测分析，从而实现对设备性能和矿石特性变化的提前预判。例如，智能化系统可以根据矿石的种类、粒度、硬度等特性，自动优化磨矿参数，实现最佳的磨矿效果。通过大数据分析，系统还可以为矿山企业提供精确的生产调度、维护建议和能效优化方案，进一步降低生产成本和能耗。在未来，立式塔磨机还会结合先进的物联网技术，将设备的各个部分进行联动，形成一个智能化、互联互通的生产体系，这将提升矿山的生产效率，还能在一定程度上实现无人化生产，为矿山的现代化发展提供有力支持。

4.2 在绿色矿业中的应用前景

绿色矿业倡导通过高效、低污染的方式实现资源的可持续利用，减少矿山生产对环境的负面影响。随着环保法规日益严格，能源消耗和废弃物处理，成为矿业领域亟待解决的问题。立式塔磨机的高效能和节能特性，使其成为绿色矿业的重要工具。与传统球磨机相比，立式塔磨机能够在更短的时间内将矿石磨细，显著降低单位矿石处理过程中的能源消耗，这一特点帮助矿山减少了电力消耗，并降低了生产过程中的碳排放，有助于符合对矿业行业绿色发展的要求。另

外，立式塔磨机还能够有效回收矿山尾矿中的有用矿物，降低尾矿的堆积量。通过精细磨矿，可以进一步提高尾矿中的资源回收率，减少废弃物对环境的污染，促进资源的再利用，这不仅有助于矿山节约资源，也降低了尾矿堆存带来的环境风险，符合绿色矿业对环境保护的高标准。

4.3 与其他设备的整合与优化

随着矿山开采深度的增加和矿石类型的多样化，矿山生产对设备的适应性和综合性能提出了更高要求。立式塔磨机作为一种高效的磨矿设备，与其他选矿设备的整合与优化，将是其适应多样化矿种需求的重要发展方向。立式塔磨机可以与浮选机、重力选矿机等设备紧密配合，优化矿石的整体处理流程。在矿石的细磨过程中，立式塔磨机能够提供均匀的粒度分布和细度控制，帮助提高后续选矿环节的效率。例如，在浮选工艺中，立式塔磨机能够将矿石细磨至更小的粒度，使得矿物的表面更加适合与浮选药剂结合，从而提高矿物的回收率和品位。另外，立式塔磨机的磨矿参数，可以根据不同矿种的特性进行调整，以满足不同矿石的处理需求。无论是金属矿、非金属矿，还是复杂的多金属矿石，立式塔磨机都能够通过优化磨矿介质的选择、转速、物料进料等参数，实现对多种矿石的高效处理。根据矿石成分和硬度的差异，立式塔磨机的适应性不断增强，能够为矿山提供更加灵活、高效的解决方案。

5 结语

总之，立式塔磨机在现代矿山中的应用，展现了其强大的技术优势，特别是在矿石处理效率、资源回收和环保方面的突出表现。随着自动化、智能化技术的不断进步，立式塔磨机的应用前景愈加广阔，尤其在绿色矿业和尾矿再处理领域的优势愈发明显。未来，立式塔磨机将与其他选矿设备更加紧密地整合，适应多样化矿种需求，为矿山行业的可持续发展提供强有力的支持。

参考文献

- [1] 沈俊萍.塔磨机技术综述[J].矿产综合利用,2021(1):39-44+22.
- [2] 赵福刚,徐海阳,杨书春,等.塔磨机在我国金属矿磨矿中的应用[J].现代矿业,2022,38(6):1-6.
- [3] 马超,韩呈,徐海阳.塔磨机制备超细颗粒混合材料的探索试验[J].现代矿业,2022,38(10):145-148.

Application of IEMS Energy Management System in Electrostatic Precipitator

Yuanfeng Fu¹ Dun Hu² Qiyang Hu²

1. Zhejiang Dawei High Tech Co., Ltd., Jinhua, Zhejiang, 321000, China

2. Chun'an Shun'an Elevator Engineering Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 311700, China

Abstract

The energy management system for electrostatic precipitator (IEMS) is a new type of power electronic device that dynamically compensates for reactive power and eliminates harmonics through IGBT devices and inverter circuits, thereby greatly improving the quality of the power grid and saving energy and consumption. At the same time, it realizes automatic optimization of the electrostatic precipitator system and unmanned operation. This paper explains the principle of the IEMS system, and through an application example in a power plant, demonstrates the effectiveness of the IEMS system in improving power factor, harmonic control, and optimizing control while ensuring system safety, stability, and ultra-low smoke emissions. At present, the operation of most power plant electrostatic precipitators is carried out by operators based on experience, and the difference in experience level leads to significant differences in the operating effect of electrostatic precipitators. Many power plants have not adopted scientific methods to determine the reasonable operating parameters of high-voltage equipment for electrostatic precipitators, and some power plants even operate only at their equipment rated values, resulting in great energy waste. After installing the IEMS system on Unit 2 of the power plant, the problem was effectively solved.

Keywords

IEMS system; power factor; Harmonic control; optimize control

IEMS 能量管理系统在电除尘中的应用

傅远峰¹ 胡敦² 胡启扬²

1. 浙江大维高新技术股份有限公司, 中国·浙江 金华 321000

2. 淳安顺安电梯工程有限公司, 中国·浙江 杭州 311700

摘要

电除尘能量管理系统(以下简称IEMS系统)是一种新型电力电子装置,它通过IGBT器件和逆变电路来动态补偿无功功率、消除谐波,从而大幅提高电网质量并节能降耗,同时实现电除尘系统自动优化,无人值守。论文阐述了IEMS系统的原理,以及通过在某电厂的应用实例,说明IEMS系统在保证系统安全稳定和烟尘超低排放的前提下提高功率因素、治理谐波、优化控制方面的效果。目前,大多数电厂电除尘器的运行都是由运行人员基于经验进行工作,经验水平的差异使得电除尘器的运行效果差异较大,很多电厂没有采用科学的方法确定电除尘器高压设备的合理运行参数,部分电厂甚至仅仅以其设备额定值运行,造成了极大的能耗浪费。电厂2号炉安装IEMS系统后,有效解决了问题。

关键词

IEMS系统; 功率因素; 谐波治理; 优化控制

1 引言

高压电源是电除尘系统的用电大户,高压电源的用电量可占电除尘系统总用电量的一半以上。为满足日益提高的大气污染物排放标准,中国电除尘器越做越大,对于高压电源的容量要求也越来越高,高压电源的用电量的占比也越来越高。

高压电源普遍采用整流、滤波等半导体技术^[1],造成

静电除尘系统的电力功率因数低、电压电流波形畸变大,影响电网的质量,降低了变压器的实际输出,容易造成设备运行不稳定。同时为了达到节能要求,高压电源通常采用脉冲供电方式或运行在二次参数较低的状态。当电源的二次输出小于额定值时,其实际功率因素是小于额定功率因素的。

2 工程概况

2.1 项目现状

某电厂2号炉于2015年投产,每台炉共2台双室5电场除尘器,每个电场均为小分区供电,每台炉共40台高频电源。设计时,电除尘厂用电为0.147%,投产后,电除尘

【作者简介】傅远峰(1976-),男,中国浙江金华人,本科,工程师,从事高压电源、PLC控制系统研究。

月平均厂用电 $\geq 0.270\%$ 。为了降低能耗、提高功率因素^[2]、治理电能质量,某电厂拟安装一套 IEMS 系统。

2.2 改造要求

本项目增设 IEMS 系统,通过能量治理后,2号炉电除尘器在保证脱硫浆液品质的前提下,六个月的电除尘厂用电指标平均值在2019年的基础上下降0.03%(计算方法:2号炉三台电除尘变全月高压侧电度表计量总耗电量除以全月总发电量),同时高压电源运行参数在任何工况下均需保证 ≥ 0.9 。

2.3 无功功率分析

从原理上讲,高频电源运行在额定值时^[3],功率因数接近0.93。但一般来讲,日常运行时高压电源的输出功率都小于其额定值。具体到某电厂2号炉电除尘器,其部分电场运行参数适中,约为额定值的60%~70%,输出电压在40~60kV。由电除尘器的运行参数可知,其相应的功率因数预计为0.8~0.85左右。考虑现场情况,以一、二、三电场运行参数800mA/60kV,四、五电场600mA/50kV作为计算基准来计算补偿的无功功率,2号除尘器的无功功率合计783kVA。以目标功率因数0.90计算,需要补偿的无功功率约为360kVA。

2.4 高次谐波补偿分析

电除尘器高压电源属于整流逆变设备^[4],在运行过程中会产生大量的高次谐波。根据以往的工程经验,高频电源运行过程中产生的谐波电流分量约为30%~90%,谐波电压分量约为2.5%~8%,高次谐波补偿所需的补偿容量接近于无功补偿的量,即360kVA。经过补偿,总体上谐波电压分量可以控制在4%左右,小于国标要求的5%。

2.5 无功功率及谐波的补偿方案

根据前述,2号炉电除尘器若要将功率因数补偿到0.90左右,需要的无功补偿容量为360kV。谐波治理所需的补偿容量接近无功补偿量。考虑到一定的冗余量,最终选择补偿容量为800kVA。包括4台能量管理控制柜和1台电除尘优化控制柜,每台能量管理控制柜容量为200kVA。

3 IEMS 系统介绍

3.1 IEMS 系统的组成

IEMS 系统由能量管理控制柜和电除尘优化控制柜组成。能量管理控制柜包含 APF 有源滤波器,实现无功补偿及谐波治理的功能^[5];电除尘优化控制柜包含嵌入式主机,实现自动优化控制、无人值守的功能。其中能量管理控制柜含有控制器,可独立运行。

3.2 无功补偿及谐波治理原理

控制器由指令电流运算电路和补偿电流发生电路两个主要部分组成。通过外部互感器实时检测电网中无功含量,得到其指令电流,指令电流运算电路实时监控线路中的电流,并将模拟电流信号转换为数字信号,送入高速数字信号处理器(DSP)对信号进行处理,将谐波与基波分离,并以

脉宽调制(PWM)信号形式向补偿电流发生电路送出驱动脉冲,驱动 IGBT 或 IPM 功率模块来控制逆变器产生满足要求的无功电流,达到无功补偿的目的。同理,通过 IGBT 逆变器,提供与系统中谐波大小相等相位相反的补偿电流,反向注入供配电系统中,将相应谐波电流抵消掉。电网中只留有纯粹的基波电流,从而实现滤波的功能。

3.3 电除尘优化运行原理

IEMS 系统依据电除尘器的反馈条件形成闭环控制,反馈条件可以是时间、负荷大小、排放浓度、设备运行情况等各种参数以及它们的逻辑组合。然后按照排放目标自动调节各个电场的输出功率及工作方式,在保证排放达标的情况下大幅降低能耗。用户可以自行设定排放目标及各个电场的输出功率的调节范围,根据情况投入或禁用该功能,或使其在特定的时间段内工作。IEMS 系统运行时不断地判断策略条件是否成立,如果成立则执行相应的动作。因此,IEMS 专家系统可以替代人工执行自动化的任务,从而减轻运行人员的负担,同时也保证了运行效果的一致性。

4 改造效果

4.1 厂用电率指标

IEMS 系统投入运行前,2019年6月1日至2019年6月30日期间电除尘器厂用电率指标平均值为0.256%。IEMS 系统投入运行后,2020年6月1日至2020年6月30日期间电除尘器厂用电率平均值为0.23%,如表1所示。

由表1可见,6月份2#机组电除尘厂用电率由2019年的0.256%下降到2020年的0.230%,同比下降0.026%,同比降幅达10.2%。2号机组电除尘投入 IEMS 智慧能量管理系统,进行闭环控制优化之后,在保证脱硫浆液品质的前提下,2号机组电除尘器厂用电率已降至0.230%。若按照未投入 IEMS 智慧能量管理系统之前2号机组电除尘器厂电率为0.270%核算,投入 IEMS 智慧能量管理系统之后,节能达到了14.8%。

4.2 电能质量和电功率参数指标

2号机组在负荷550MW工况下,2020年7月30日10时50分至2020年7月30日11时40分时间段,PQ31985电能质量分析仪测得2号机组除尘器配电A段 IEMS 投入前的数据如表2所示(注:表中数值为每间隔10分钟仪表测得数据的平均值)。

从表2数据统计可见,2号机组在550MW负荷工况下,IEMS 系统投入前,功率因数为0.90,电压谐波分量平均值为8.38%,电流谐波分量平均值为31.89%。

2号机组在负荷550MW工况下,2020年7月30日11时45分至2020年7月30日12时35分时间段,PQ31985电能质量分析仪测得2号机组除尘器配电A段 IEMS 投入后的数据如表3所示(注:表中数值为每间隔10分钟仪表测得数据的平均值)。

从表3数据统计可见,2号机组在550MW负荷工况下,IEMS系统投入后,功率因数为0.96,电压谐波分量平均值为5.02%,电流谐波分量平均值为27.01%。

2号机组在负荷450MW工况下,2020年7月30日14时30分至2020年7月30日15时20分时间段,PQ31985电能质量分析仪测得2号机组除尘器配电A段IEMS投入前的数据如表4所示(注:表中数值为每间隔10分钟仪表测得数据的平均值)。

从表4数据统计可见,2号机组在450MW负荷工况下,

IEMS系统投入前,功率因数为0.9028,电压谐波分量平均值为7.354%,电流谐波分量平均值为35.72%。

2号机组在负荷450MW工况下,2020年7月30日15时20分至2020年7月30日16时05分时间段,PQ31985电能质量分析仪测得2号机组除尘器配电A段IEMS投入后的数据为每间隔10分钟仪表测得数据的平均值。

从数据统计可见,2号机组在450MW负荷工况下,IEMS系统投入后,功率因数为0.9602,电压谐波分量平均值为5.06%,电流谐波分量平均值为26.794%。

表1 厂用电率指标

2019年		2# 机组		2020年		2# 机组	
日期	日发电量(万 kWh)	厂用电(%)	日期	日发电量(万 kWh)	厂用电(%)	日期	日发电量(万 kWh)
6月1日	1103.33	0.264	6月1日	970.99	0.237		
6月3日	1096.13	0.263	6月3日	1148.56	0.231		
6月5日	998.49	0.261	6月5日	1122.56	0.224		
6月7日	832.84	0.268	6月7日	1124.92	0.230		
6月7日	832.84	0.268	6月7日	1124.92	0.230		
6月9日	1179.71	0.255	6月9日	1273.49	0.227		
6月11日	1220.74	0.250	6月11日	1262.42	0.227		
6月13日	954.98	0.245	6月13日	1216.34	0.227		
6月15日	925.23	0.248	6月15日	1365.01	0.228		
6月17日	952.62	0.258	6月17日	1258.45	0.229		
6月20日	1011.48	0.259	6月20日	1038.99	0.233		
6月22日	929.41	0.257	6月22日	1160.26	0.230		
6月24日	996.12	0.260	6月24日	1192.17	0.226		
6月26日	1090.33	0.258	6月26日	749.48	0.250		
6月28日	1285.30	0.252	6月28日	1048.76	0.231		
6月30日	1111.60	0.257	6月30日	1256.94	0.229		
平均		0.256	平均		0.230		

表2 2号机组除尘器配电A段IEMS投入前的数据

记录时间		10:50:00—11:00:00	11:00:00—11:10:00	11:10:00—11:20:00	11:20:00—11:30:00	11:30:00—11:40:00
550MW 负荷工况						
有功功率	∑(kW)	693.4	695.2	756	863.1	840.6
无功功率	∑(kvar)	323	321.8	322.5	358.3	340.6
视在功率	∑(kVA)	764.9	766.1	821.9	934.5	907.3
功率因素	∑	0.9064	0.9074	0.9198	0.9235	0.9267
谐波电压分量	U _{AB} 相	7.96%	7.96%	8.52%	9.18%	8.85%
	U _{BC} 相	7.90%	7.88%	8.43%	9.09%	8.78%
	U _{AC} 相	7.72%	7.72%	8.25%	8.88%	8.58%
谐波电流分量	I _A	32.74%	32.89%	30.62%	29.21%	28.79%
	I _B	35.52%	35.38%	33.02%	31.34%	30.72%
	I _C	34.12%	33.73%	31.45%	29.80%	29.16%

表 3 2 号机组除尘器配电 A 段 IEMS 投入后的数据

记录时间		11:45:00—11:55:00	11:55:00—12:05:00	12:05:00—12:15:00	12:15:00—12:25:00	12:25:00—12:35:00
550MW 负荷工况						
有功功率	Σ (kW)	479.5	491.2	488.2	503.7	496.9
无功功率	Σ (kvar)	154.3	140.5	135.2	150.2	142.5
视在功率	Σ (kVA)	503.9	511	506.6	525.6	517.0
功率因素	Σ	0.9517	0.9614	0.9637	0.9583	0.9612
谐波电压分量	U _{AB} 相	4.93%	5.02%	5.03%	5.06%	5.06%
	U _{BC} 相	4.96%	5.05%	5.06%	5.09%	5.07%
	U _{AC} 相	4.92%	5.00%	5.01%	5.04%	5.05%
谐波电流分量	I _A	26.75%	26.09%	25.60%	27.86%	25.94%
	I _B	28.78%	27.62%	27.13%	27.68%	27.36%
	I _C	27.73%	26.63%	26.30%	26.99%	26.64%

表 4 2 号机组除尘器配电 A 段 IEMS 投入前的数据

记录时间		14:30:00—14:40:00	14:40:00—14:50:00	14:50:00—15:00:00	15:00:00—15:10:00	15:10:00—15:20:00
450MW 负荷工况						
有功功率	Σ (kW)	599.7	597.8	594.6	599.1	599.5
无功功率	Σ (kvar)	281.5	286.5	286.5	286.9	281.6
视在功率	Σ (kVA)	662.5	662.9	660	664.4	663.2
功率因素	Σ	0.9052	0.9017	0.9008	0.9019	0.9044
谐波电压分量	U _{AB} 相	7.50%	7.52%	7.49%	7.46%	7.29%
	U _{BC} 相	7.41%	7.45%	7.43%	7.38%	7.23%
	U _{AC} 相	7.27%	7.30%	7.28%	7.23%	7.07%
谐波电流分量	I _A	34.10%	34.64%	34.86%	36.39%	34.01%
	I _B	36.49%	37.44%	37.76%	36.64%	36.51%
	I _C	34.89%	35.86%	36.18%	35.03%	35.10%

4.3 优化控制指标

电除尘优化控制柜已投入使用，各电场及振动、加热参数由电除尘优化控制柜自动调整至最能满足排放要求下的最低参数，无需人工值守，便可达到比人工调整参数更优的效果。

5 结论

5.1 节能降耗

投入 IEMS 系统后，厂用电率降低至 0.23%，对比 2019 年同期节能 10.2%，对比 2 号机组未投入 IEMS 系统前平均节能 14.8%。

5.2 功率因素

投入 IEMS 系统后，电除尘器配电 A 段电功率因素均提高至 0.96。

5.3 谐波治理

投入 IEMS 系统后，电除尘器配电 A 段电压谐波分量

减少至 5.06%，电压谐波分量减少至 27%。

综上所述，IEMS 系统无论是对于节能降耗还是提高功率因素，治理电能质量都有很好的效果，同时可实现电除尘系统自动运行，无人值守，运行的参数时刻保持在最优状态。

参考文献

- [1] 中国环境保护产业协会电除尘委员会.电除尘器选型设计指导书[M].北京:中国电力出版社.
- [2] 郦建国,刘云.中国煤种成分对电除尘器性能影响及电除尘器适应性评价[J].科技导报,2010(7):104-109.
- [3] 陈国渠.适应新排放标准的火电厂除尘技术[J].科技导报,2010(3):90-95.
- [4] 朱宝山.燃煤锅炉大气污染物净化技术手册[M].中国电力出版社,2006.
- [5] 浙江大维高新技术股份有限公司燃煤电厂烟气超低排放技术[Z].2016.

Discussion on the Effect of Normalizing Temperature on the Microstructure and Mechanical Properties of Steel Plate of Cryogenic Pressure Vessel

Baozhi Lv

Jinxi Industrial School, Huludao, Liaoning, 125000, China

Abstract

Low temperature pressure vessels are widely used in important industrial fields such as petroleum, chemical, and natural gas, and require stable operation at extremely low temperatures. The performance of such containers is closely related to the microstructure and mechanical properties of the material, among which the normalizing temperature is an important factor affecting the performance of the steel plate. In-depth study of the influence of normalizing temperature change on the microstructure and mechanical properties of materials is helpful to deepen the understanding of the low-temperature behavior of materials, which can not only optimize the heat treatment process, obtain more ideal microstructure and performance, but also significantly improve the performance of pressure vessels. More importantly, the precise control of normalizing temperature is the fundamental guarantee to ensure the safe and stable operation of cryogenic pressure vessels, therefore, in-depth study of the influence of normalizing temperature on the performance of pressure vessels is an important way to promote the technological progress of cryogenic pressure vessels.

Keywords

normalizing temperature; steel plate structure of cryogenic pressure vessel; mechanical properties

浅谈正火温度对低温压力容器钢板组织与力学性能的影响

吕宝志

锦西工业学校, 中国·辽宁 葫芦岛 125000

摘要

低温压力容器广泛应用于石油、化工和天然气等重要工业领域,需要在极低温度下稳定运行。这类容器的性能与材料的微观结构和力学性能密切相关,其中,正火温度是影响钢板性能的重要因素。深入研究正火温度变化对材料微观组织和力学性能的影响规律,有助于加深对材料低温行为的认识,不仅可以优化热处理工艺,获得更理想的组织状态与性能,而且可以显著提高压力容器的使用性能。更重要的是,正火温度的精确控制是保证低温压力容器安全稳定运行的根本保证,因此,深入研究正火温度对压力容器性能的影响规律,是促进低温压力容器技术进步的重要途径。

关键词

正火温度;低温压力容器钢板组织;力学性能

1 引言

近几年来,随着低温压力容器技术的发展,对钢板的低温韧性及强度提出了更高的要求。然而,传统的热处理方法很难同时满足这两方面的需求,因此,开展正火温度对钢板组织及力学性能的影响规律研究,可为开发新型热处理工艺提供理论基础与技术支持,故而浅谈正火温度对低温压力容器钢板组织与力学性能的影响具有重要意义。

2 正火温度对低温压力容器钢板组织与力学性能的影响

【作者简介】吕宝志(1973-),男,中国辽宁连山人,本科,实验师,从事机械设计及材料性能研究。

2.1 组织变化的影响

正火温度的选取直接影响到钢板的组织演化。在合适的正火温度范围内,可以有效地促进钢中晶粒的细化和均匀分布。在高温条件下,原子扩散加速,使晶界迁移更加活跃,有利于破坏原本粗大的晶粒结构,形成更加致密的晶向。这一微观结构的细化,既可提高材料致密度,又可显著改善组织均匀性,为后续性能的提高奠定基础。正火温度越高,相变行为越明显,奥氏相在合适的温度范围内转变为铁素体、珠光体,对消除残余应力和提高组织均匀性具有重要意义。但是,过高的正火温度会引起晶粒异常长大,形成过粗的组织,从而降低钢板的强度,同时也降低了钢板的韧塑性^[1]。而正火温度过低,则不能充分激发相变过程,导致过热组织残留,进而影响钢板综合性能。

2.2 力学性能的改变

正火温度是影响低温压力容器钢板力学性能的重要因素,通过对正火温度的精确控制,可实现钢板的强度、硬度、塑性和韧性等性能的精确调控。适当的正火温度可以使钢板内部晶粒细化和组织均匀化,从而显著提高钢板的强度,通过细化晶粒,增加晶界,抑制裂纹扩展,可提高材料的抗拉强度及屈服强度。同时,正火处理也可以改善材料的硬度分布,正火温度适宜时,可减小钢板与心部硬度之差,使全断面硬度更均匀,这种硬度均匀化对提高钢板的耐磨、抗疲劳性能有重要作用。

2.3 冲击韧性的优化

冲击韧度是衡量材料低温抗冲击性能的一个重要指标,正火条件下,通过对温度的精确控制,可使钢板的冲击韧性得到明显的优化。正火温度控制在合适的范围内,可以细化钢中的晶粒,并使组织更均匀。通过对材料微观结构的优化,可有效分散并吸收冲击载荷下的冲击能,避免裂纹快速扩展及脆性断裂。此外,正火法还能改善钢中夹杂物的分布及形貌,通过合理的控温,可使夹杂物更细、更均匀地分布,从而降低应力集中,进一步提高材料的冲击韧性。且正火温度对冲击韧度的影响不是单调递增的,也不是递减的,火温度过高会引起晶粒的粗化,使其冲击韧性下降;但正火温度过低,又不能充分激发相变过程,导致有害组织残留,影响冲击韧性,因此,为获得最佳冲击韧性,需要对正火温度范围进行试验研究。

2.4 工艺控制与实际应用

正火温度是低温压力容器钢板热处理工艺的重要参数,其精确控制是保证钢板性能稳定可靠的关键。在生产过程控制中,必须使用先进的温度检测与控制系统,对正火温度进行实时监控与调整,保证正火温度在最优范围内。在此基础上,可通过控制正火时间、冷却模式等工艺参数,实现钢板组织与性能的精确调控。且正火温度的优化是改善低温压力容器钢板综合性能的关键,通过对正火温度的精确控制,使其在强、硬、塑、韧四个维度上获得最优的平衡,以满足复杂应力状态及苛刻工作环境下的应用需求。

3 基于低温压力容器钢板组织与力学性能影响的正火温度工艺研究

3.1 精确控制正火温度范围

正火是低温压力容器钢板生产过程中的一个重要工艺环节,直接影响着钢板的组织结构及力学性能,其中正火温度的选取是保证钢板综合性能优良的一个重要因素。如P355NL2钢板为例,正火温度为880℃~910℃之间,可获得最佳的力学性能;在此温度区间内,铁素体晶粒细化、带状组织明显改善,可显著提高钢板的低温冲击性能。其中正火温度对铁素体晶粒的影响尤为明显,在880℃~910℃温度区间,铁素体晶内原子扩散加速,有利于晶界迁移,有利

于细化晶粒。同时,正火温度对带状组织的改善也是一个重要的影响因素,带状组织是钢板中普遍存在的组织缺陷,严重影响其强韧性。通过对正火温度的精确控制,可有效地消除或缓解带状组织,改善板材综合性能^[2]。但是,正火的温度并不一定是最佳的,在910℃以上,铁素体晶粒逐渐变粗,并向等轴化方向发展。由于晶粒粗大,晶粒尺寸较大,导致其低温冲击性能下降。反之,若正火温度过低(如880℃以下),则不能完全消除钢板内部魏氏组织等过热组织,而这类组织也会对钢板力学性能产生不利影响。因此,正火温度范围必须严格控制,要达到这一目的,就必须借助先进的温控设备与技术,如使用高精度的温控仪表、红外测温仪等。同时,要根据不同材料、不同厚度的钢板,适当调整正火温度,保证钢板具有最好的组织及力学性能。

3.2 合理控制正火保温时间

正火温度对钢板的组织结构及力学性能有较大影响,热处理时间与板材内部组织转变完成程度、晶粒尺寸及形貌直接相关,因此,正火保温时间的合理控制对保证钢板力学性能的稳定性至关重要。以16MnDR钢板为例,正火保温时间的确定,应从钢板厚度及材料特点等方面综合考虑,920℃热处理40min后,16MnDR钢的力学性能可达到国家标准规定的要求。在此保温时间内,钢中的组织转变得以充分进行,铁素体晶粒细化,并有效地改善带状组织。如果保温时间过短,材料的微观结构发生了不完全的转变,对其力学性能有很大的影响。如果保温时间过短,部分奥氏体不能完全转变成铁素体、珠光体等平衡组织,而留有残余奥氏体,这些残余奥氏体可在较低温度下向马氏体转变,从而提高钢的脆性,降低其低温冲击性能。而热处理时间过长,晶粒长大,也会降低钢板的低温韧性,晶界迁移阻力(如晶界能)则随保温时间的增加而降低,所以,在一定时间内,晶粒长大将不再受到约束,晶粒变粗,晶粒粗大材料韧性下降,极易发生低温脆断。因此,在实际生产中,正火的保温时间要根据具体的材料、厚度和正火温度来确定。这往往需要大量的试验与数据分析才能确定最佳保温时间,并在生产中严格控制,应重点研究保温过程中温度波动及保温均匀性,以保证钢板获得均匀、稳定的组织结构及力学性能。

3.3 优化正火冷却方式

正火的冷却方式对钢板的组织结构及力学性能有重要影响,冷却模式的选择,不仅与板材内部组织的转变过程有关,也与板材的最终性能密切相关,因此,对正火冷却模式进行优化是提高钢板韧性的一个重要途径。空冷是正火冷却方式中应用最为广泛的一种,该方法操作简便,成本低,能够满足生产需要。但是,对于一些特殊材料和性能要求的钢板,空气冷却未必是最好的选择。如一些对高韧性要求较高的低温压力容器钢板,空冷会使其冷却速率过快,从而产生较大的组织应力,从而影响其韧性。为优化正火冷却模式,可考虑采用炉冷风冷等其他冷却方式,炉冷指用正火温度对

钢板进行一定时间的保温,然后随着炉子慢慢冷却到室温的过程。该冷却模式可有效避免因快速冷却而引起的组织应力过大,从而获得更细的组织,提高韧性。而风冷是介于风冷与炉冷之间的一种制冷方式,该系统通过控制送风速度、送风速度,实现对钢板冷却过程的精确控制。风冷法可避免空冷引起的组织应力过大,提高生产效率,是一种比较理想的正火冷却方法。在选择正火冷却模式时,除要考虑钢板材料的性能要求,还要注意冷却速率的控制。过快的冷却速度会造成过高的组织应力,甚至出现裂纹;但如果冷却速率过慢,则会产生粗化,从而降低钢板的韧性。因此,在实际生产中,需对正火冷却模式及冷却速率范围进行试验与数据分析,并对其进行严格控制。如对某一特定材料的低温压力容器钢板进行了试验研究,发现风冷后以一定速度冷却到室温可以获得最好的韧性。因此,在实际生产过程中,应对冷却速度、冷却时间等参数进行严格控制,保证钢板获得最好的组织与力学性能。

3.4 严格控制正火前处理工艺

正火预处理技术是低温压力容器钢板生产工艺中必不可少的一个环节,对保证钢板质量起着重要作用。正火前的热处理、除锈、清洁等工艺,不仅对正火效果有重要的影响,而且对钢板的使用寿命也有很大的影响,因此,对正火前处理工艺进行严格控制,是保证低温压力容器钢板质量的基础。加热是正火预处理可为保证钢板内部温度分布均匀,为后续正火打下良好的基础,要达到这一目的,通常要使用感应加热、电阻加热等先进的加热设备与技术,这三种加热方式加热速率快,控温精度高,能有效防止局部过热或过冷^[1]。在正火预处理过程中,除锈、清洁也是必不可少的,钢板在生产、运输过程中不可避免地会沾染上油垢、铁锈等杂质,如果不及时清除,不仅会影响正火效果,还会造成钢板开裂、夹渣等缺陷,因此,钢板在正火前必须进行除锈、清洁,目前常用的除锈方法有机械除锈和化学除锈等。正火前处理除加热、除锈、清洁外,还应采取预热和保温等辅助措施,预处理可降低钢板加热时的温度梯度,减少产生热应力的可能;保温可保证正火前钢板的温度分布均匀,有利于获得更细的组织,提高其性能。正火前处理工艺的严格控制,离不开先进的设备与技术支撑,如采用自动生产线及智能化控制系统,可实现对加热、除锈、清洗等各个环节的自动、准确控制;利用先进的检测设备,实现正火前处理过程中的温度、表面质量等参数的实时监控与反馈,保证了正火前处理过程的稳定可靠。在正火前处理过程中,必须建立健全的质量控

制体系,加强正火前处理过程的监督检查。通过制订详细的操作规程及质量标准,对操作人员进行培训与评估,保证各道工序符合要求,保证低温压力容器钢板的质量与安全性。

3.5 采用先进的热处理设备和技术

随着科学技术的进步,热处理设备与工艺水平的不断提高,对低温压力容器钢板的性能提出了新的要求。采用先进的热处理设备与工艺,不仅可提高正火效果的稳定性与可靠性,而且可进一步优化其组织与力学性能,以适应日趋苛刻的服役环境与性能需求。真空热处理炉具有加热均匀,控温准确,无污染等优点,是目前世界上最先进的热处理设备之一。采用真空正火处理,可有效防止钢板在加热过程中与氧、氮等气体发生化学反应,减少氧化、脱碳现象。正火后正火效果更加稳定、可靠,同时,它还具有快速升温、降温的功能,可缩短正火时间,提高生产效率。而气氛热处理炉是又一先进的热处理设备。该技术通过在炉中填充特定气氛(如惰性气体、还原性气体)来实现对钢板加热冷却过程的精确控制。采用气氛热处理炉,既可避免钢板受热时发生氧化脱碳现象,又可通过调节气氛组成及流速,实现对钢板冷却速率与冷却模式的调控,进而获得更理想的组织与力学性能。如在特定条件下,正火处理可使铁素体晶粒细化,提高低温冲击性能。

除了先进的热处理设备之外,计算机仿真与数据分析技术也成为促进低温压力容器钢板性能提高的主要动力。

4 结语

综上所述,探究正火温度对低温压力容器钢板组织与力学性能的影响,不仅可以加深人们对热处理过程中组织结构及力学性能变化规律的认识,而且可以为热处理工艺的优化和性能的提高提供重要的理论基础和技术支撑,随着低温压力容器技术的进步,对其性能提出了更高的要求。未来,今后需进一步加强正火温度及其它热处理工艺的研究,探索更高效、环境友好的热处理工艺,以满足我国低温压力容器行业对高性能钢板的需求,以促进相关产业的发展,推动科技进步,促进经济的发展。

参考文献

- [1] 谢章龙,陈家辉,张丙军,等.正火温度对低温压力容器钢板组织与力学性能的影响[J].金属热处理,2023,48(9):110-115.
- [2] 郭潇,王智聪,陈建超.低温压力容器用SA537 CL2钢板的开发[J].轧钢,2021,38(4):108-111.
- [3] 王健,田洪根,展西国.浅谈低温压力容器制造监督检验问题[J].低温与特气,2018,36(5):47-50.

Research on Temperature Difference Control Technology of Water Wall of Pot W Type Boiler

Runzhen Liao

State Energy Yongfu Sent to Co., Ltd., Guilin, Guangxi, 541805, China

Abstract

As the core component of the heat exchange system, the boiler water wall plays an important role in the process of the boiler operation. The temperature difference of the water cooling wall directly affects the thermal efficiency, safety and service life of the boiler. As a common type of boiler, the temperature difference of water wall is particularly prominent, especially in the case of uneven combustion process, unreasonable air distribution and uneven cooling water flow, the temperature difference will be more obvious. This paper analyzes the mechanism of the temperature difference of water wall, discusses the main factors affecting the temperature difference, and puts forward the corresponding control technology. By optimizing the combustion process, improving the cooling system design, and introducing the temperature monitoring and feedback control technology, the temperature difference of the water cooling wall can be effectively reduced, and the thermal efficiency and safety of the boiler can be improved. This paper verifies the feasibility and effectiveness of the proposed technical measures through practical application cases, and aims to provide theoretical basis and practical guidance for the development of boiler water wall temperature difference control technology.

Keywords

pot W boiler; water wall; temperature difference control; combustion optimization; cooling system

东锅 W 型锅炉水冷壁温差控制技术研究

廖润真

国能永福发到有限公司, 中国·广西 桂林 541805

摘要

锅炉水冷壁作为热交换系统的核心部件, 在锅炉运行过程中扮演着重要角色。水冷壁的温差问题直接影响锅炉的热效率、安全性以及使用寿命。东锅W型锅炉作为一种常见的锅炉类型, 其水冷壁温差问题尤为突出, 特别是在燃烧过程不均匀、气流分布不合理以及冷却水流量不均的情况下, 温差现象会更加明显。论文分析了东锅W型锅炉水冷壁温差的产生机理, 探讨了影响水冷壁温差的主要因素, 并提出了相应的控制技术。通过优化燃烧过程、改进冷却系统设计以及引入温度监控与反馈控制技术, 可以有效降低水冷壁的温差, 提高锅炉的热效率和安全性。通过实际应用案例验证了所提出的技术措施的可行性和有效性, 旨在为锅炉水冷壁温差控制技术的发展提供理论依据和实践指导。

关键词

东锅W型锅炉; 水冷壁; 温差控制; 燃烧优化; 冷却系统

1 引言

随着全球能源需求增长和环保要求提升, 锅炉作为核心热能设备, 在各行各业中发挥着重要作用。锅炉的高效运行不仅影响能源利用效率, 还关系到生产效益和环境保护。然而, 水冷壁温差问题一直是制约锅炉稳定性和热效率的关键因素。过大的温差可能导致局部过热、热损失增加及设备寿命缩短, 甚至引发安全事故。

东锅 W 型锅炉广泛应用于工业和电力系统, 但其水冷

壁温差问题较为突出。由于锅炉结构与运行条件的特殊性, 水冷壁在不同负荷和燃烧强度下, 温差波动较大, 传统控制方法难以有效解决。因此, 研究并应用新的控制技术, 对水冷壁温差进行优化, 提升锅炉热效率和安全性, 具有重要意义。

论文将分析水冷壁温差的产生机制, 探讨影响因素, 并提出针对东锅 W 型锅炉的温差控制技术, 优化燃烧过程、改进冷却系统和引入温度监控与反馈控制, 降低温差, 提高锅炉效率, 为其他锅炉提供参考。

2 锅炉水冷壁温差的产生机理及影响因素

锅炉水冷壁温差的产生与锅炉内部的燃烧过程、气流分布以及水冷壁的冷却系统设计密切相关。温差的产生机制

【作者简介】廖润真(1989-), 男, 中国广西南宁人, 本科, 助理工程师, 从事东锅W型锅炉水冷壁温差控制技术研究。

是理解并解决锅炉水冷壁温差问题的基础，只有深入分析这些因素，才能为控制技术的制定提供科学依据。

2.1 燃烧过程的均匀性

锅炉的燃烧过程直接影响炉膛内的温度分布，进而决定了水冷壁的温差。如果燃烧器的布置不合理，或者燃料与空气的混合不充分，会导致气流分布不均匀，从而形成局部过热区域，进而加剧水冷壁的温差。在锅炉负荷较大的情况下，气流的分布会更加不均，导致某些区域的温度过高，水冷壁的温差随之增大。例如，在低负荷运行时，部分区域的燃烧温度可能过高，而其他区域则温度较低，导致水冷壁的温差加剧。此外，燃烧温度过高还可能引发水冷壁管道过热，增加设备磨损，缩短锅炉使用寿命。因此，优化燃烧器布置、改进燃料与空气的混合方式以及保持合理的燃烧温度分布，是减小水冷壁温差的重要途径。

2.2 气流分布的均匀性

锅炉内部气流的分布状况对水冷壁温差的形成具有至关重要的影响。气流的非均匀分布会使得部分区域的热量传递不足，冷却水流速较低，从而导致局部水冷壁温度升高，增加水冷壁的温差。锅炉炉膛内的气流分布不均匀往往会导致局部区域的过热现象，进而影响锅炉的整体热效率。当气流经过水冷壁区域时，局部热量传递不充分时，冷却水流速可能会减少，导致热交换不完全，温差随之增大。因此，确保锅炉内部气流分布的均匀性非常重要。这不仅能提高燃烧效率，还能确保冷却水能够有效地带走热量，避免温差过大的现象。此外，气流分布的优化设计可有效提升锅炉的热效率，减少局部过热水冷壁温差的产生。

2.3 水冷壁冷却系统设计

水冷壁的冷却系统设计对水冷壁温差的分布有着决定性的影响。冷却水流量过小或流动不畅会直接影响水冷壁的散热效果，从而导致局部区域温度过高，最终增大温差。冷却系统的设计需要确保冷却水能够均匀分布到水冷壁的各个区域，避免出现局部冷却不足的情况。此外，水冷壁管道的布局、管道材料的选择以及水流速度等因素，都会对水冷壁温差产生显著影响。合理设计冷却系统时，需要考虑水流速度与水冷壁表面接触的热交换效率，确保每一部分水冷壁都能得到足够的冷却，避免因冷却不足而导致的局部温差增大。冷却水的均匀分配对于水冷壁温度分布的均匀性至关重要，必须避免存在死角和流动不畅的区域。此外，管道设计与材料选择也需要综合考虑，确保长时间运行下冷却系统的稳定性与散热效果。

3 东锅 W 型锅炉水冷壁温差控制技术

针对东锅 W 型锅炉水冷壁温差问题，论文提出了一系列优化控制技术，旨在通过合理设计和智能调节，实现水冷壁温差的有效控制。通过系统地优化锅炉的各个关键环节，可以有效改善水冷壁的温度分布，从而提升锅炉的运行效率

和安全性。

3.1 燃烧优化与控制技术

优化燃烧过程是减少水冷壁温差的关键措施之一。通过合理调整燃烧器的布置、改善燃料与空气的混合方式、优化燃烧温度的控制，能够显著提高锅炉燃烧的均匀性，避免炉膛内出现局部过热现象。具体来说，采用低 NO_x 燃烧技术和空气预热器不仅能减少有害气体的排放，还能有效降低燃烧过程中的热量浪费，提高整体热效率。同时，燃烧器的调节系统应根据锅炉负荷和运行状态实时调整燃烧参数，以确保锅炉在不同工况下均能保持较为均匀的燃烧效果。进一步优化燃烧过程，不仅有助于提高水冷壁的热交换效率，还能够有效减少局部温差，延长设备的使用寿命。

3.2 冷却系统优化设计

为了有效减少水冷壁的温差，需要对冷却系统进行优化设计。冷却水流量的合理分配是控制水冷壁温差的基础。通过精确计算冷却水的流速和流量，确保冷却水在各个水冷壁区域内均匀分布，从而避免局部过热现象的发生，降低温差。此外，水冷壁的管道布局应合理规划，避免存在死角和流动不畅的区域，这些区域容易导致冷却水流动不足，影响散热效果。因此，应优先采用流动分布均匀的管道布局方案，确保水冷壁的整体散热效果。此外，冷却水系统还应定期维护，保持水流通畅，避免因管道结垢或水流不足导致温差不均。通过优化冷却系统，不仅能够改善水冷壁的温差分布，还能提高锅炉的热效率和运行稳定性。

3.3 温度监控与反馈控制技术

温度监控和反馈控制技术为水冷壁温差的控制提供了实时调整的能力。通过在水冷壁的关键位置安装温度传感器，能够实时监测水冷壁的温度变化，并通过自动化控制系统对冷却水流量和燃烧参数进行调整，从而实现水冷壁温度的动态调节。通过这种方式，可以确保锅炉在不同负荷下仍能维持均匀的温差分布，避免过高的温差对锅炉安全性的影响。反馈控制系统能够根据实时温度数据自动优化锅炉的运行状态，及时调整燃烧和冷却系统的工作模式，避免温差过大现象的发生。此外，结合先进的人工智能算法，还可以预测锅炉负荷波动对水冷壁温差的影响，进而进一步优化控制策略。智能化的温度监控与反馈控制不仅能显著提高锅炉的运行稳定性，还能降低人为操作的误差，提升系统的自动化水平。

4 案例分析与技术验证

为了验证上述控制技术的效果，论文结合实际运行中的东锅 W 型锅炉案例进行了技术验证。通过对锅炉运行过程中水冷壁温差变化的监测与数据分析，评估了不同控制措施的实施效果。

4.1 燃烧优化技术的应用

在实际案例中，通过对燃烧器的优化布置和燃烧过程

的调节,实现了锅炉燃烧过程的均匀性提升。优化后的锅炉在不同负荷下,水冷壁的温差得到了显著降低,热效率也有所提升。特别是在低负荷运行时,锅炉的温差分布更为均匀,避免了因局部过热造成的温差波动。

4.2 冷却系统设计优化效果

优化后的冷却系统在水冷壁温差控制中发挥了重要作用。通过调整冷却水的流量分配和管道布局,水冷壁的整体散热效果得到了有效改善。经过调节后,水冷壁的温差减少了约10%~15%,大大提高了锅炉的热效率和运行安全性。

4.3 温度监控与反馈控制的作用

引入温度监控与反馈控制技术后,锅炉的运行状态得到了实时监控和自动调节。通过系统的温度反馈控制,水冷壁温度能够根据实际情况进行动态调整,从而有效避免了由于燃烧不均或冷却系统不匹配所造成的温差过大问题。实践证明,这一技术措施能够大幅提升锅炉的稳定性和热效率。

5 优化方案与技术展望

针对东锅W型锅炉水冷壁温差控制技术的研究结果,提出了进一步优化的方案,并对未来发展方向进行了展望。随着技术的不断进步,锅炉水冷壁温差控制的手段也将日趋先进和智能化,从而提高锅炉运行效率与安全性。

5.1 智能化控制系统的应用

随着人工智能和大数据技术的不断发展,未来锅炉水冷壁温差的控制将越来越依赖智能化控制系统。通过机器学习和数据分析技术,可以实时监测并预测锅炉运行过程中温差的变化,从而对燃烧过程和冷却系统的各项参数进行智能化调节。智能控制系统能够根据锅炉负荷、燃烧状态、冷却水流量等多维度数据进行综合分析,优化各项运行参数,实现温差的精准和高效控制。这不仅能提高锅炉的热效率,还能够减少人为操作误差,提升系统的自动化水平。随着人工智能技术的进一步成熟,智能化控制系统将有望显著提高锅炉的运行安全性和可靠性,为锅炉运行提供更为精细的调控手段。

5.2 基于多物理场耦合的优化设计

为了进一步提升水冷壁温差控制技术的效果,未来的研究可考虑采用基于多物理场耦合的优化设计方法。通过对锅炉内燃烧过程、流体力学、传热过程及材料性能等多个物理场进行耦合分析,可以更精确地模拟锅炉内部的温度分布,揭示各环节的相互影响和温差产生的根本原因。这种多物理场耦合方法不仅能提供更加精准的锅炉运行模型,还能作为冷却系统与燃烧系统的优化设计提供理论依据。通过精细化设计,能够有效减少温差产生的根源,提升锅炉整体运

行效率。未来,随着计算流体动力学(CFD)模拟技术的发展,基于多物理场耦合的优化设计方法将成为锅炉设计和改进的重要手段,从而实现更高效、更稳定的温差控制。

5.3 新型材料与冷却技术的应用

随着材料科学的持续进步,越来越多的新型高导热、高耐高温材料被应用于锅炉设计中。这些新材料能够显著提高水冷壁的散热性能,有效减少局部过热现象,进一步减小水冷壁的温差。例如,先进的高导热合金材料、陶瓷复合材料等,在高温、高压环境下的热稳定性和耐久性更为突出,能够提供更好的热交换效果。与此同时,先进的冷却技术也将为锅炉水冷壁的温差控制带来革命性改变。喷雾冷却技术、微通道冷却技术等新型冷却手段,能够显著提高冷却效率,避免水冷壁局部过热,并改善水冷壁的温差分布。这些新技术的应用将从根本上提升锅炉的热交换效率,为锅炉的安全稳定运行提供更加可靠的技术支持。

6 结语

锅炉水冷壁温差问题直接影响锅炉的运行效率和安全性,尤其是在东锅W型锅炉等大规模锅炉的运行中,温差过大会导致设备损坏、热效率降低等一系列问题。通过对水冷壁温差产生机理的分析,论文探讨了影响温差的主要因素,并提出了一系列有效的控制技术,包括燃烧过程优化、冷却系统设计改进和温度监控与反馈控制技术。通过实际应用案例的验证,证明了这些技术措施在提高锅炉热效率、减少温差方面的有效性。

未来,随着智能控制技术、材料科学以及新型冷却技术的发展,锅炉水冷壁温差的控制将更加精确和高效。智能化、自动化的控制系统将在锅炉运行中扮演越来越重要的角色,而基于多物理场耦合的优化设计、新型材料和冷却技术的应用将为水冷壁温差控制提供更多的可能性。总之,水冷壁温差控制技术的不断优化不仅能够提升锅炉的运行安全性和热效率,也为锅炉行业的可持续发展提供了强有力的技术支持。

参考文献

- [1] 汪宁.东锅600MW超临界W火焰锅炉水冷壁热偏差及控制措施[J].电力大数据,2017,20(12):46-48.
- [2] 徐金苗,李伟科,吴阿峰,等.600MW超临界W火焰锅炉水冷壁裂纹研究[J].南方能源建设,2017,4(1):49-52.
- [3] 盛佳眉,冉桑铭,莫春鸿,等.1000MW超超临界W火焰锅炉关键技术研究及方案开发[J].热能动力工程,2020,35(12):101-107.
- [4] 李晓光.超临界W火焰锅炉多次引射分级燃烧及壁温特性研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2022.

Impact and Improvement of the Stability of Coal Mine Ventilation System on Safe Mining

Zhi Zhao

Jinneng Holding Coal Industry Group Co., Ltd. Safety Supervision Department, Datong, Shanxi, 037001, China

Abstract

Coal mine is an important source of energy in China, and its safe mining problem is very important. This paper focuses on the influence of the stability of coal mine ventilation system on mine safety mining, and improves the existing problems. By studying the specific mine ventilation system, the influencing factors of the stability of the ventilation system and the mutual relationship between the various factors are revealed. The results show that the stability of the ventilation system directly affects the mining safety of the mine. If there are problems in the ventilation system, it may lead to combustible gas, explosion dust, setbacks, fire source and other mine emergencies, and threaten the life safety of the mine staff. Therefore, the improvement measures are proposed, including optimizing the selection and layout of ventilation equipment, increasing the diameter of ventilation pipe, reasonable allocation of air volume, implementation of scientific ventilation organization, and adjusting the mining sequence and production scale according to the actual situation.

Keywords

coal mine ventilation system; safe mining; stability impact; combustible gas; mine emergency

煤矿通风系统稳定性对安全开采的影响及改进

赵智

晋能控股煤业集团有限公司安全监察部, 中国·山西大同 037001

摘要

煤矿是中国能源重要来源, 其安全开采问题至关重要。论文着重研究了煤矿通风系统稳定性对矿井安全开采的影响, 并针对当前存在的问题进行改进。通过研究特定的矿井通风系统, 揭示了通风系统稳定性的影响因素以及各因素之间的相互关系。结果显示, 通风系统的稳定性直接影响矿井的开采安全, 若通风系统出现问题, 可能会导致可燃气体、爆炸粉尘、顿挫、火源等矿井突发事件, 威胁矿井工作人员的生命安全。因此, 提出了改进措施, 包括优化通风设备的选择和布局, 增大通风管道的直径, 合理配置风量, 实施科学的通风组织, 以及结合实际情况调整开采顺序和生产规模。

关键词

煤矿通风系统; 安全开采; 稳定性影响; 可燃气体; 矿井突发事件

1 引言

中国是最大的煤炭生产和消费国, 煤矿作为我们的主要能源储备, 其安全开采问题直接关系到工业生产的稳定运行和国民经济的健康发展。然而, 矿井安全问题却一直是制约我国煤炭产业持久健康发展的一大瓶颈, 一直以来“多发、大害、高频”是中国矿难与世界矿难的主要区别。因此, 煤矿通风系统的稳定性在其中扮演着至关重要的角色。稳定而充足的矿井通风, 不仅能保证工人的生命安全, 减少事故发生, 还会提升矿井的工作效率, 增加煤炭的开采量。但是, 在实际运行中, 通风系统往往因各种原因而出现的稳定性问题, 这对矿井的安全开采产生了严重影响。

【作者简介】赵智(1986-), 男, 中国山西大同人, 本科, 助理工程师, 从事通风与安全研究。

2 煤矿通风系统对安全开采的关键性

2.1 煤矿通风系统的作用和重要性

煤矿通风系统在煤矿安全开采中扮演着至关重要的角色, 它不仅影响矿井的开采效率, 还直接关系到工作人员的生命安全^[1]。煤矿的开采过程中, 通常会产生大量的有害气体, 如甲烷、一氧化碳等, 这些气体的积累若得不到及时排除, 将可能引发中毒或爆炸等严重事故。有效的通风系统能够实现矿井内空气的持续流通, 将有害气体稀释并排出矿井, 保持工作环境的安全。

煤矿通风系统对于维持井下温度和湿度的平衡也极为重要。适宜的温湿度条件不仅有利于设备的正常运转, 还能有效提升工人的工作效率和舒适度, 使得矿井作业更加顺利。通风系统的稳定性直接影响到及时为井下提供新鲜空气的能力, 从而防止因高温、高湿或缺氧环境引发的工人身体

不适或中暑等健康问题。

通风系统还在防治粉尘方面发挥着关键作用。采矿作业产生的煤尘如果不能被有效管理,将导致空气质量的显著下降,并可能引发尘肺病等职业病。而一个设计合理、运行良好的通风系统能够有效控制和减少粉尘的浓度,确保工人的健康安全。

在整个煤矿开采过程中,通风系统不仅是一项辅助设施,更是保障安全生产的生命线。通过科学设计和精细管理,能够显著提高矿山的整体安全系数,为煤矿的可持续发展提供坚实的基础。

2.2 煤矿通风系统稳定性对矿井安全的影响

煤矿通风系统的稳定性在矿井安全中扮演着至关重要的角色。通风系统的核心作用在于及时排除井下积聚的有害气体、控制温度和湿度,从而为矿工提供安全的工作环境。当通风系统不稳定时,矿井安全便可能受到严重威胁。通风效率的降低可能导致有毒气体如一氧化碳、甲烷等浓度上升,这些气体的不当积累可能引发矿井中的急性中毒事件。通风不当也可能无法有效清除采矿过程中产生的粉尘,增加粉尘爆炸的风险。煤矿井下的通风不稳定,还会带来温度和湿度的异常波动,影响矿工的操作效率并可能引发设备故障。尤其是在高瓦斯矿井中,稳定的通风系统更是至关重要,否则将大大增加瓦斯爆炸的概率^[2]。通风不足还可能导致火源无法及时控制,进而酿成火灾。确保通风系统的稳定性不仅关系到井下工作人员的生命安全,也对矿井的整体运营和生产效率起到了关键的保障作用。

2.3 通风系统出现问题导致的矿井突发事件

通风系统在煤矿开采中至关重要,其不稳定性可能导致多种矿井突发事件。若通风系统失效或不完善,可导致可燃气体如甲烷的积聚,这些气体一旦达到爆炸浓度,遇火源便可能引发爆炸。通风不畅会导致爆炸性粉尘的积累,这些粉尘也能成为严重的爆炸隐患。通风不良亦可导致矿井内氧气不足,会引发煤矿工人的窒息风险。若通过通风无法有效散热,高温环境可能引发火源,从而导致矿井火灾。通风系统的不稳定还可能引起顿挫现象,这种现象会导致通风系统的突然变化,致使矿井内的环境条件瞬间恶化,增加事故发生的概率。这些突发事件不仅威胁工人的生命安全,也使得矿井的日常运营面临巨大的不确定性。保持通风系统的稳定对于保障煤矿井下作业的安全性具有决定性意义。

3 煤矿通风系统存在问题的分析

3.1 通风设备选择和布局的问题

通风设备的选择和布局是煤矿通风系统设计中的关键环节,其合理性直接关系到矿井的安全开采和生产效率。现有的矿井通风系统中,通风设备选择不当和布局不合理的问题比较突出。传统的通风设备的选择往往缺乏对矿井具体地质条件和生产实际的全面考量,可能会导致设备与实际需求不匹配。若设备风压、风量与矿井通风需求不符,则无法有

效排除瓦斯、粉尘等有害气体,增加矿难风险。

布局失衡是另一问题。设备布局不合理往往导致某些区域的通风效率降低,导致部分巷道通风不畅,产生危险区域,而设备过度集中又可能导致资源浪费^[3]。若风机的设置位置不当或风道布局不佳,可能导致通风死角,甚者引发局部瓦斯积聚,带来安全隐患。

常见的错误布局还包括过分依赖主要通风设施而忽视局部辅助设备的支撑作用。局部通风机如果不能与主通风机系统相配合,可能导致局部地区漏风量,通风效果欠佳。设备老化、维护不力也对通风系统的稳定性产生不利影响。由于设备选型不科学和布局不合理,许多矿井被迫频繁调整通风方案,致使通风系统稳定性降低。在矿井的安全生产中,科学合理地选择和布局通风设备至关重要,否则将直接影响矿井的安全运作和人民生命安全。

3.2 通风管道直径和风量配置的问题

在煤矿通风系统中,通风管道的直径和风量配置是确保矿井通风效率和稳定性的重要因素。通风管道直径不足会导致通风阻力增大,从而影响气流的顺畅性,无法有效地排除矿井内的有害气体,如甲烷和二氧化碳,这可能导致矿井作业环境恶化,威胁工人的生命安全。若风量配置不当,即使在通风管道直径合理的情况下,也无法达到通风系统的最佳性能。过小的风量可能无法满足矿井所需的换气要求,而过大的风量则会增加能源消耗和设备磨损,导致资源浪费。

通风管道直径和风量配置不当还可能导致通风网络不平衡,使得某些区域的通风过量而其他区域通风不足,这种不均衡将增加矿井局部积聚有害气体和粉尘的风险。通风路径的复杂性和矿井内部地形的多变性可能导致某些区域难以准确配置所需的通风量,进一步加剧了通风不均衡的问题。在设计和维护煤矿通风系统时,需要特别注意通风管道直径和风量的合理配置,以确保矿井内部能够实现均匀有效的通风,从而保障矿工的安全和煤矿的生产效率。

3.3 采矿顺序和生产规模调节的问题

煤矿的采矿顺序和生产规模是影响通风系统稳定性的关键因素。采矿顺序的不当安排可能会导致局部通风不良,使得有害气体和粉尘浓度增高,增加矿井突发事件的风险。生产规模过大可能超出通风系统的负荷能力,导致通风效率下降。若生产规模与通风能力不匹配,极易引发通风失衡,导致危险气体的积聚,从而威胁矿井安全。在采矿规划中,合理调整采矿顺序和严格控制生产规模,使其与通风系统的实际承载能力相协调,是保证通风稳定性和矿井安全的重要措施。有效的管理能够显著提高通风系统效率,降低事故发生风险。

4 改进煤矿通风系统稳定性的措施

4.1 优化通风设备的选择和布局

在煤矿通风系统中,优化通风设备的选择和布局是提高系统稳定性的重要措施之一。合理选择通风设备需要综合

考虑矿井的具体情况，包括井下的几何结构、通风需求以及环境条件。通风设备的性能指标，如风机的风量、风压以及能耗等，应当与矿井的具体参数相匹配，以确保能够提供足够的通风量，满足安全生产的需要。设备的耐用性和维修便捷性也是选择过程中的重要考量因素，以减少系统故障率和维护成本。

设备布局同样对通风系统的效率和稳定性产生显著影响。合理的布局应最大化地利用已有空间，减少空气流动的阻碍，对于大型设备，应尽量避免在气流主干道上设置，以免影响通风效率。布局设计时需考虑设备的易接近性和维护便利性，以确保设备在运行过程中的稳定性和安全性。重视设备间的联动效应，通过智能化控制系统实现对不同设备的统一管理和协调，也是提高整个通风系统稳定性的重要手段。

通过对设备选择和布局的科学规划，可以有效提升煤矿通风系统的性能和稳定性，从而增强矿井安全性。需定期对设备进行检查和评估，及时进行调整和更新，以适应矿井生产条件的变化，确保系统长效稳定运行。此举不仅有助于降低事故发生率，还将提升矿井的整体运营效率。

4.2 增大通风管道直径和合理配置风量

在煤矿通风系统中，增大通风管道的直径和合理配置风量是提高系统稳定性的重要措施。通过增大通风管道的直径，可以有效减少通风阻力，这样可以降低风机的能耗，提高通风效率。较大的管道断面能够容纳更多的空气流量，从而满足矿井内不同工作区域的通风需求，保持矿井内的空气清新和安全。

在配置风量时，应考虑矿井的开采规模和布局，确保各工作面尤其是关键区域能够获得足够的风量，避免因通风不足而导致危险气体聚集或粉尘浓度过高。合理的风量配置不仅能提升矿井内的空气质量，也有助于温度和湿度的控制，改善工作环境。应根据矿井作业特点和开采计划，针对每个工作面的实际需要，动态调整风量分配方案。

在实施过程中，需通过精确的测量和监控，确定最佳的管道直径和风量设置，以适应矿井的动态变化和长期发展。这些步骤大幅提升了通风系统的响应能力和可靠性，进而保障矿井安全开采。

4.3 调整采矿顺序和生产规模的科学方法

在煤矿通风系统的改进中，调整采矿顺序和生产规模是提高通风稳定性的重要策略。合理的采矿顺序有助于控制矿井的通风负荷，避免因局部采掘导致的风量不足和气流紊乱。采用分区开采和阶段性推进方式，可以在保证原有开采效率的基础上，优化通风线路，提高通风效率。在生产规模上，结合通风系统的承载能力，合理规划每日或每季度的采掘量，确保通风系统在可控范围内运行。通过实时监测矿井内的气体浓度及压力变化，及时调整生产节奏，以应对不可预测的通风变动。应用智能化监控系统，以数据为基础，动态调整开采活动，从整体上确保开采活动与通风能力的协调一致。这种科学方法的实施能够显著降低矿井事故的发生概率，保障矿工的安全与健康。

5 结语

论文对煤矿通风系统稳定性的影响因素进行了深入研究，解析了其与矿井安全开采之间的密切关系，并以此为出发点，专门针对存在的问题提出了一系列改进措施。然而，由于矿井实际情况的复杂性和特殊性，研究结果在应用过程中可能存在局限性，推广应用时需要与具体矿井情况相结合，实地验证其效果。同时，论文提出的改进策略并未涉及所有可能的问题，如矿井内部的温度、湿度等环境因素，以及工人的工作习惯、安全意识等，这些因素都可能对矿井安全开采产生影响，需要后续研究中继续深入探讨。此外，本研究的改进策略亟需与其他矿山安全措施相结合，实现全方位的矿山安全防范。这是对煤矿通风系统稳定性影响的进一步研究方向，旨在构建更为完善矿井通风系统，为矿山安全开采提供更可靠的保障，提高其开采效率，致力于实现零事故的矿山安全生产。

参考文献

- [1] 张亚龙.煤矿通风系统风流稳定性影响因素分析[J].机械管理开发,2021,36(8):318-319.
- [2] 孟兆阳.煤矿通风系统安全问题及稳定性[J].中国石油和化工标准与质量,2020(9):103-104.
- [3] 鹿矿伟.煤矿矿井通风系统稳定性因素研究[J].科学与财富,2019(24):126.

Analysis of the Role of Magnetic Graphene Nanocomposites in the Detection of Pesticide Residues

Jiahui Liu Liping Li

Shandong Vocational College of Economics and Trade, Weifang, Shandong, 261000, China

Abstract

Magnetic graphene nanocomposites have shown a wide range of application prospects in the detection of pesticide residues due to their excellent physicochemical properties. Magnetic graphene nanocomposites combine graphene's high surface area, good electrical conductivity, and recyclability of magnetic materials to make them an ideal material for the rapid and sensitive detection of pesticide residues in water, soil, and food. In the field of pesticide residue detection, this paper focuses on the analysis of the synthesis pathway, structural characteristics and functional modification of magnetic graphene nanocomposites, aiming to evaluate their effects in the field of pesticide residue detection. Magnetic graphene nanocomposites, which have significantly improved detection sensitivity and selectivity, have demonstrated excellent recovery ability, resulting in lower costs in multiple uses, and showing broad application prospects.

Keywords

magnetic graphene; nanocomposites; pesticide residue detection; function

磁性石墨烯纳米复合物在农残检测中的作用分析

刘嘉辉 李利萍

山东经贸职业学院, 中国·山东 潍坊 261000

摘要

磁性石墨烯纳米复合物因其优异的物理化学特性,在农药残留检测中表现出了广泛的应用前景。磁性石墨烯纳米复合物结合了石墨烯的高表面积、良好的导电性和磁性材料的可回收性,成为一种理想的材料,用于快速、灵敏地检测水体、土壤和食品中的农药残留物。在农药残留检测领域,论文重点分析了磁性石墨烯纳米复合物的合成途径、结构特性以及功能化改性,旨在评估其在农残检测领域的效果。检测灵敏度与选择性得到显著提升的磁性石墨烯纳米复合物,展现了出色的回收能力,使其在多次使用中成本降低,展现出广阔的应用前景。

关键词

磁性石墨烯; 纳米复合物; 农药残留检测; 作用

1 引言

农药在现代农业生产中广泛应用,然而,过量使用农药会导致残留物对环境和人类健康造成潜在威胁。环境保护与食品安全领域,农药残留的监测问题日益凸显,成为至关重要的议题。色谱分析、电化学法等农残检测手段虽精确度高,却往往操作烦琐、耗时且设备成本高昂。在当今科学研究的领域中,研发一种既高效又灵敏且操作简便的农产品残留检测技术,已成为关键任务。在分离与提取领域,磁性纳米复合材料凭借其卓越性能,正日益受到科研界的高度重视。农药在现代农业生产中广泛应用,然而,过量使用农药会导致残留物对环境和人类健康造成潜在威胁。对农药残留检测而言,本研究深入剖析了磁性石墨烯纳米复合物的合成

与功能化过程,旨在为其提供精确的检测性能评价,从而为理论依据与技术支持构建奠定坚实基础。

2 磁性石墨烯纳米复合物的合成及功能化

磁性石墨烯纳米复合物结合了石墨烯的优异特性和磁性材料的可操作性,成为一种理想的材料,广泛应用于环境监测、药物传递、催化反应和农残检测等领域。石墨烯的制备、磁性纳米粒子的负载以及二者的复合化,构成了该过程的主体。单层结构的二维材料石墨烯,以其高比表面积、卓越的导电性能及化学稳定性,为磁性纳米复合材料提供了理想的载体。实施化学修饰、氧化或功能化改性后,石墨烯表面得以引入多样的官能团,从而显著提升其与其他材料的相互关联,为复合过程的顺利进行奠定坚实基础^[1]。在磁性材料领域,铁氧体(例如 Fe_3O_4)及磁性氧化铁等磁性纳米粒子被广泛应用,因其具备优异的磁性性能、低毒性特征以及良好的生物相容性。引入磁性纳米粒子至石墨烯表层,从而

【作者简介】刘嘉辉(2005-),男,中国山东潍坊人,从事太赫兹石墨烯融合技术在农残检测中的创新应用研究。

促成磁性石墨烯纳米复合体的构建。

功能化改性是提高磁性石墨烯纳米复合物性能的关键。在特定环境下,通过功能化处理技术,对复合材料进行亲水性、疏水性或生物相容性赋予,显著提升了其适用性能。氨基、羧基、硫基等官能团的引入,显著增强了其在水相中的分散性,进而提升了与农残分子的吸附效能。对磁性石墨烯复合材料实施功能化处理后,其稳定性得到显著提升,能在多次使用过程中抵抗污染,维持较长的使用效能。在农药残留检测领域,对磁性石墨烯纳米复合物进行合成与功能化处理,显著提升了材料的基本性能,同时亦拓展了其应用前景。

3 磁性石墨烯纳米复合物在农残检测中的应用

3.1 磁性石墨烯在农残检测中的工作原理

磁性石墨烯纳米复合物因其独特的物理化学性质,在农残检测中展现了显著的优势。其工作原理主要依赖于石墨烯的高比表面积、优异的吸附能力与磁性材料的可操控性。石墨烯作为一种二维材料,具有丰富的功能化修饰位点,可以通过物理吸附或化学结合的方式吸附农残分子。

检测农业残留物时,初始阶段需将磁性石墨烯复合材料与待测样本相融合,农药成分由此通过静电吸引、范德华作用力或氢键等机制,附着于石墨烯材料表面。在磁性纳米粒子的参与下,复合物吸附了农残,外部磁场便能有效将其分离,此过程简化了传统检测方法的样品预处理步骤,显著提升了分析效率。通过磁场作用,复合物能从样品中精准提取含农残的目标分子,随后借助光谱分析、电化学分析等检测手段,对目标分子进行定量检测。在农残检测领域,具备卓越高分辨率与高效分离性能的磁性石墨烯,展现出显著优势,可迅速、精准地检出微量的农药残留^[2]。

3.2 检测灵敏度与选择性的提升

农残检测领域得益于磁性石墨烯纳米复合物的应用,其检测灵敏度和选择性得到显著提高,其卓越的吸附性能与高效的分离效能,是这一提升的关键所在。高比表面积的石墨烯,凭借其众多吸附位点,有效扩展了农药分子与材料间的接触面,大幅提升了农残吸附效能。在石墨烯表面引入特定官能团进行功能化修饰后,其对于特定农药分子的吸附选择性得到显著增强。

通过优化合成方法和调节石墨烯的表面性质(如羧基、氨基等官能团的引入),磁性石墨烯复合物可以与不同类型的农残分子进行特异性结合。例如,对某些特定农药,通过加入含硫基团的修饰手段,能够有效提升其吸附程度与选择性能。此外,检测环节中,具有显著磁性的石墨烯材料能借助外部磁场迅速实现分离,有效规避了传统检测方法因杂质含量高而引起的灵敏度降低问题。此方法下的磁性石墨烯纳米复合物,不仅显著提升了农药残留检测的灵敏度,而且能在样品复杂的情况下精确锁定目标物质,实现了检测的高选择性。

3.3 检测精度与可靠性分析

磁性石墨烯纳米复合物在农残检测中的精度与可靠性是其广泛应用的关键指标。为了提高检测精度,研究者通过优化复合物的合成与功能化修饰,确保其具有稳定的吸附性能和强大的磁性分离能力。磁性石墨烯复合物的稳定性是决定其长期使用可靠性的关键。通过选择适当的磁性材料与石墨烯的复合方式,能够确保其在不同条件下不发生分解或性能衰退,保证检测过程的可重复性和稳定性。

检测的精度受制于复合物的表面性质及其吸附能力。采用适当的功能化基团对磁性石墨烯复合物进行构建,能够对特定农业残留物实施高效吸附,进而显著提升检测数据的确切性。运用表面增强拉曼光谱、荧光传感器等现代传感技术,磁性石墨烯复合物能在短时间内对农产品残留进行精确检测,保障低量级农药检测的准确性。在检测技术领域,相较于传统手段,磁性石墨烯复合材料展现出卓越的检测精度,其能够精准识别出微量的农药残留,从而显著提升了其在环境监测与食品安全领域的发展潜力^[3]。

磁性石墨烯复合物的可靠性还体现在其对外部环境的适应性上。例如,磁性石墨烯纳米复合物能够在复杂的水样或土壤样品中保持较好的分离效果,不受干扰物质的影响。因此,其在农残检测中的可靠性较高,能够在复杂的样品矩阵中保持高精度和高稳定性。

4 农残检测方法的优化与实验设计

农残检测方法的优化与实验设计是确保检测结果准确性与可靠性的关键环节。农业生产领域化学农药用量持续攀升,对农残检测的灵敏、准确及高效性能提出了迫切需求。在提升农产品残留检测质量与成效方面,过往采用诸如气相色谱、液相色谱以及酶联免疫等手段,其操作繁复、耗时较长、成本高昂的弊端逐渐显现。近年来,为应对相关问题,农残检测方法在提升检测的灵敏度、选择性和实验设计的便捷性方面进行了优化。

运用磁性石墨烯纳米复合材料作为吸附媒介,显著提高了农业残留物检测技术的敏感性与筛选能力。具备高比表面积及卓越磁性特性的磁性石墨烯,能迅速吸附并浓缩农残分子。在农残检测领域展现出显著成效,在实验方案中,我们优先采用功能化修饰手段,对磁性石墨烯的表界面进行优化处理,以增强其与特定农药分子的亲和力,进而显著提升检测的敏感度和选择性。例如,引入氨基、羧基等亲水性官能团至磁性石墨烯表面,显著提升了其吸附水溶性农药的效能,并增强了石墨烯与目标分子间的相互作用^[4]。

优化实验设计时,要注重样品前处理步骤的简化与提高准确性。常规的农产品残留检测手段,常常伴随着复杂的样品提取、浓缩及分离过程,这不仅延长了实验周期,而且极易引入测量误差。磁性石墨烯纳米复合物的引入简化了样品预处理过程,显著提升了检测的整体效能。借助磁性石墨

烯的吸附效能,农残在短时间内即可实现浓缩与分拣,显著优化了实验步骤。实验的重复性和可靠性显著增强,得益于磁性材料在磁性分离能力方面的显著提升。对实验方案进行优化,不仅提升了农药残留检测的效能,而且显著减少了操作难度及检测费用。

优化后的农残检测方法应结合高灵敏度的检测手段,如电化学传感器、光谱技术等。实时快速高精度结果,由这些检测方法提供,将适宜的传感技术与磁性石墨烯纳米复合材料巧妙融合,有望在现实应用中拓宽农残检测的覆盖范围,从而有力保障食品安全与生态环境的保护。在此基础上,还可以通过标准化与自动化流程,进一步提升检测方法的普适性和高通量能力,为大规模农业生产和环境监测提供有力支持。

5 磁性石墨烯纳米复合物的回收与再利用

石墨烯纳米复合物的回收与再利用是其在农残检测及其他环境监测领域应用的关键优势之一。磁性石墨烯纳米复合物以其卓越的磁性属性与高比表面积,在样品处理中,借助外部磁场轻松实现分离与回收,此特性显著提升了实验效率,并赋予其在应用领域更优的经济效益与环保价值。外部磁场通常在磁性石墨烯纳米复合物的回收过程中扮演关键角色。在执行农残检测活动时,施加外部磁场能促使磁性复合物与目标分子迅速结合并实现沉降,从而便于从溶液中进行有效分离。相较于传统固相萃取材料,采用磁性石墨烯纳米复合物技术显著提升了回收效果。采用磁力技术从反应体系内有效分离出复合物,此举摒弃了传统过滤、离心等烦琐流程,显著简化了回收流程,大幅降低了时间及操作费用。在经过回收处理后的磁性石墨烯复合材料,依然维持着其优异的吸附性能;经过适当的清洗与再生步骤,该材料能够被多次循环利用,从而显著提升了其经济价值^[5]。

磁性石墨烯纳米复合物再利用不仅体现在其物理回收的方便性,还在于复合物表面功能化修饰的可逆性。使用过程中,复合物表面对农残分子实施化学吸附或配位作用,实现结合。通过调节溶液的pH值或引入特定溶剂,能有效破解吸附机制,进而实现吸附于其上的农业残留分子的解吸,恢复复合物的吸附性能。磁性石墨烯纳米复合材料展现出卓

越的吸附性能,即便历经多个检测周期,其效能依旧显著,从而有效降低材料消耗,显著增强其持续使用的经济价值^[6]。

对磁性石墨烯纳米复合材料进行周期性的清洗与再生,旨在显著提升其回收及再利用的品质。在再生过程中,普遍采用酸碱溶液、溶剂萃取及高温热处理等手段,旨在通过削弱复合物表面与目标分子间的相互作用力以实现再生。研究人员在石墨烯表面引入功能性分子等手段实施表面修饰,旨在提升复合物的稳定性和再利用性能,以适应其多次循环使用的要求。实施对磁性石墨烯纳米复合物的回收与再利用策略,不仅显著提升了农药残留检测的经济效益,亦助力推动了绿色、可持续材料使用新模式的构建。通过优化回收和再利用过程,磁性石墨烯纳米复合物可以在多个循环中保持其卓越的性能,进一步提升了其在环境监测和食品安全领域的应用潜力^[7]。

6 结语

磁性石墨烯纳米复合物在农残检测中的应用,不仅提升了检测的灵敏度和准确性,还增强了检测的经济性与可持续性,是一种具有广阔前景的创新材料。随着科技的不断发展与研究的深入,其在农残检测及其他环境监测中的应用将更加广泛,为食品安全、环境保护及公共健康提供强有力的技术支持。

参考文献

- [1] 林宇婧.农残速测技术应用于农产品质量安全检测的途径探讨[J].农业开发与装备,2024(10):103-105.
- [2] 刘紫洋.磁性氧化石墨烯基材料在食品中多环芳烃和农残检测中的应用[D].保定:河北大学,2024.
- [3] 吴慧香.农残速测技术在基层农产品品质安全检测中的应用及发展[J].新农民,2024(7):76-78.
- [4] 黄晨晨.还原氧化石墨烯/四氧化三铁磁性纳米复合物在农兽药残留检测中的应用研究[D].华中农业大学,2016.
- [5] 邱霞琴,岳都盛.磁性石墨烯纳米复合物在菊酯类农残检测中的应用研究[J].食品工业科技,2016,37(12):76-79+93.
- [6] 周书威,傅红,杨方.磁性碳材料的制备及其在食品农药残留检测中的应用[J].分析测试学报,2023,42(2):241-250.
- [7] 王明雨,苏丽清,张少君,等.Fe₃O₄磁性石墨烯分散固相萃取水中的有机氯污染物[J].山东大学学报(工学版),2017(4):47.

Discussion on Silver Slag Treatment Technology of Copperanode Slime in China

Guolong Jiang Zhiwei Xia

Guixi Smelter, Jiangxi Copper Corporation, Guixi, Jiangxi, 335424, China

Abstract

Silver electrolytic refining has high quality requirements for silver anode plates. According to the production practice of silver anode plates, the quality of the casting mold is crucial during the casting process, which not only affects the quality of silver anode plates, but also has a close relationship with the production cost of silver anode plates. Therefore, choosing a suitable silver anode plate mold is of great significance for product quality and production costs in the actual production process. Through practical analysis, the paper points out the main factors affecting the quality of silver anode plates, anode plate casting molds, and service life of the intermediate frequency furnace in workshop one of Guixi Smelter, Jiangxi Copper Group. Specific methods to improve mold quality and service life are discussed, and continuous optimization is carried out, achieving good results.

Keywords

medium frequency furnace; anode plate; silver anode plate casting; casting temperature; life span; reduce costs

提高银阳极板铸铁模具使用寿命生产实践

江国龙 夏志薇

江西铜业集团股份有限公司贵溪冶炼厂, 中国·江西 贵溪 335424

摘要

银电解精炼对银阳极板的质量要求较高, 根据银阳极板生产实践情况, 银阳极板浇铸过程中, 浇铸模具的质量至关重要, 不仅影响着银阳极板质量, 其使用寿命也与银阳极板生产成本息息相关。因此, 选择适合的银阳极板模具对实际生产过程中产品质量以及生产成本都具有重要的意义。论文通过实践分析, 指出了影响江西铜业集团贵溪冶炼厂一车间中频炉银阳极板质量、阳极板浇铸模具质量、使用寿命的主要因素, 探讨了提高模具质量、使用寿命的具体方法, 并且进行了持续的优化, 取得了良好的效果。

关键词

中频炉; 阳极板; 银阳极板浇铸; 浇铸温度; 寿命; 降低成本

1 引言

贵溪冶炼厂中频炉银阳极板浇铸属火法冶炼工艺, 浇铸采用圆盘浇铸机全自动浇铸银阳极板, 浇铸模具为自主设计的铸铁模具, 银阳极板浇铸工艺中模具的使用寿命是影响浇铸成本的主要因素之一。如果模具使用寿命短, 需要经常性地更换模具, 导致生产成本的提高, 劳动强度的增大。目前, 银阳极板浇铸模具通常采用铸铁模、铜模、高纯石墨模和钢模, 其中高纯石墨模、铜模性能稳定, 抗腐蚀性耐蚀性高, 但成本较高。贵冶银阳极板浇铸采用自主设计的铸铁模具, 成本相对较低, 但使用寿命较短, 现场工艺人员通过技术创新, 延长铸铁模具使用寿命, 降低生产成本(见图1)。



图1 铸铁模具

2 中频炉银阳极板浇铸工艺

中频炉银阳极板浇铸工艺以粗银粉为原料, 粗银粉加入中频炉内进行高频感应电流加热, 经过高温熔化、氧化造渣、去氧后得到合格银液。待银液达到所需温度后, 进行浇铸作业。银液通过浇铸机溜槽进入中间浇铸包, 中间浇铸包

【作者简介】江国龙(1984-), 男, 中国江西贵溪人, 助理工程师, 从事冶金研究。

内的银液达到一定量后,自动向铸铁模具中浇铸银液。浇铸好的银阳极板自然凝固后,模具底部顶杆会利用气缸作用顶起银阳极板,机器人抓取阳极板自动码垛至托盘上。待托盘堆满后对其进行水喷淋冷却,送至银电解精炼工序。实际生产发现,银阳极板质量的好坏直接影响电解工序的生产。为了保证银阳极板的质量,必须确保银阳极板模具质量,如出现问题,需要及时更换(图2)。

中频炉银阳极板浇铸系统工艺流程:粗银粉—中频熔炼—圆盘浇铸—银阳极板。



图2 中频炉银阳极板浇铸系统

3 银阳极板模具寿命相关概念

①银阳极板模具寿命:模具经过安装试模后,能够生产出合格的模具产品的过程称为模具服役。在模具失效前生产出的合格产品的数目叫做模具寿命。模具第一次维修之前生产出的合格产品的数量叫首次寿命。模具第一次修复后到第二次修复前所生产出的合格产品的数量叫修模寿命。而首次寿命和各次修模寿命的总数量就是模具寿命。

②模具失效:模具在使用过程中通常会因为结构变形、尺寸变化、表面粗糙、生锈、开裂与性能发生变化失去原有的功能,则为模具失效。

4 影响银阳极板铸铁模具使用寿命的原因

4.1 银阳极板模具预热时间短,温度控制不当

在银阳极板高温浇铸过程中,铸铁模具变形是模具报废的原因之一。浇铸过程中,当模具预热时间短或天气气温较低时,高温银液注入至模具中造成温度的剧烈变化,模具内会产生很大的内应力,长期出现此类情况将导致铸铁模具变形。

4.2 银阳极板浇铸过程银液浇铸温度偏高

在中频炉出银液时,银液温度通常应控制在 1100°C 。浇铸过程中,银液需要经过溜槽、中间包中转,然后进行浇铸,过长的流程会导致热量发生损耗。因此,有时为了顺利浇铸,浇铸温度会提高到 1200°C ,过高的温度容易造成铸铁模具被高温腐蚀。

4.3 银阳极板铸铁模具腐蚀生锈

一车间银阳极板浇铸原料主要来自于湿法工段粗银粉,湿法银通过还原酸洗后,pH值通常呈酸性,容易加剧模具的腐蚀。

4.4 银阳极板模具外形结构设计不合理

模具外形结构是影响模具抵抗变形强度的重要因素之一。在高温条件下,模具会发生热膨胀效应。模具的底部、侧面是直接受热面,如果没有足够的抗变形强度,模具底部会出现断裂、变形或是出现缺口。

4.5 银阳极板模具冷却部位和冷却强度不够

模具在浇铸一块银阳极板后的温度较高,需要进行冷却。模具的冷却部位和冷却强度决定了冷却效果。由于铸铁模具的导热性能较差,抗急冷急热性能相对较差。目前,银阳极板浇铸后,模具通过自然冷却降温,冷却效果远远达不到模具使用要求。模具温度过高,模面热量得不到有效释放,模具过度热膨胀,极易导致模具抗熔体冲刷能力降低,大大影响了模具使用寿命。

4.6 银阳极板模具喷涂装置不完善

银阳极板浇铸过程中,发现缺陷通常出现在两侧及耳部区域。因为目前模具脱模剂喷涂装置不完善,喷涂过程中无法全覆盖模具,耳部及两侧不易喷涂,就容易出现裂痕、变形现象,影响银阳极板外观质量。

4.7 银阳极板修复使用率低

实际生产中,模具出现裂痕、变形等问题后,即使对模具进行了修复,也无法保证浇铸后的产品质量。因此无法通过修复重复使用。

5 提高银阳极板铸铁模具使用寿命措施

5.1 优化模具结构设计及浇铸工艺

为防止模具在浇铸过程中产生高温蠕变和强度下降的问题,总结浇铸过程中银液流向及温度变化规律,自主与厂家进行技术交流。由厂家对模具使用材料、浇铸工艺过程等方面进行优化,确保银阳极板模具更适应于目前工况,延长使用寿命。

高温浇铸过程中,银阳极板容易出现粘结现象,造成耳部变形和断裂问题。通过将银阳极板耳部转角设计成圆弧形,同时将耳部圆弧半径由 8mm 增大至 15mm ,可以增大耳部强度,减少浇铸过程中的应力集中。

5.2 优化模具脱模剂喷涂装置

脱模剂主要作用是防止粘膜和隔热。为了确保银阳极板外观质量和模具的使用寿命,寻找到一种“特殊E试剂”作为脱模剂,通过调控脱模剂比例,提高喷涂效果。同时设计一种雾化喷嘴,实现喷涂过程中,脱模剂呈雾状形式均匀全覆盖到模具中。通过上述两种方法提高了脱模效果,同时保证了模具的使用寿命。

5.3 模具均匀预热

模具在浇铸过程中，为了防止模具经受急冷急热后开裂。在浇铸前通过天然气喷枪对模具均匀预热 15min，保证模具预热温度，延长模具使用寿命。

5.4 优化银阳极板浇铸工艺

为了降低高温银液对模具的高温腐蚀与冲刷，对银阳极板浇铸温度进行技术攻关。通过对溜槽进行前期加温预热，在中间包增设天然气烘烤保温装置，在保证银阳极板外观质量的情况下，银液温度由原来的 1200℃降低至 1100℃，有效减少了模具表面的高温损耗，一定程度延长了模具使用寿命。

6 结语

影响模具使用寿命的原因有多个方面，根据生产情况，主要为模具浇注质量、模具温度、喷涂、浇注温度、模具结构设计等多个因素，通过优化模具结构设计及浇铸工艺、模具脱模剂喷涂装置、浇注确保模具均匀预热、优化银阳极板

浇铸工艺等措施后，模具浇铸银阳极板寿命由原来的 1 吨/块提高到目前的 5 吨/块，取得良好的效果。

参考文献

- [1] 李林山,赵宇娟,金泽志,等.铸模工艺及浇铸控制对铜模使用寿命的影响[J].世界有色金属,2020(3):4-5.
- [2] 张江龙,张定乾.延长铜阳极板浇铸模具使用寿命的实践[J].有色冶金节能,2018,34(3):38-40.
- [3] 后洁琼,卢卫宁,臧佳克,等.阳极板生产过程中如何提高模具使用寿命[J].化工管理,2020(11):186-187.
- [4] 李王强,郎立杰,何军,等.浅析铜冶炼用铜模的使用寿命提升措施[J].中国金属通报,2023(6):1-3.
- [5] 张芳萍,曹宇,向征,等.铜阳极板应力场对挂耳断裂问题的影响[J].重型机械,2020(5):57-64.
- [6] 张文进,赵银旭,唐玉荣.阳极炉浇铸铜模铸造模具的研究与优化改造[J].世界有色金属,2017(23):10.
- [7] 黄智超,陈雯,沈强华,等.延长铜阳极板圆盘浇注机模具的使用寿命[J].中国铸造装备与技术,2014(4):34-37.

Visual Analysis and Auxiliary Decision-making Based on Railway Technology Innovation Platform

Yingfang Chai

Houma Depot of Daqin Railway Co., Ltd., Houma, Shanxi, 043000, China

Abstract

The railway science and technology innovation platform fully integrates big data, artificial intelligence and other technologies, and applies them to the research of railway science and technology innovation. Visual analysis of railway science and technology innovation platform is of positive significance to give full play to the advantages of railway science and technology innovation platform. Based on the actual situation, the visual requirements of the railway technology innovation platform are analyzed, and the visual analysis characteristics are clear, including intuitiveness, space-time, relevance and interaction. Clarify the types of visual analysis techniques, and select the appropriate visualization technology according to the actual situation, including BI and agile BI tools, and visual programming related drawing standards. Including scientific research level and output, talent reserve and training, platform management construction, so as to give full play to the advantages of railway science and technology innovation platform visual analysis and auxiliary decision-making.

Keywords

railway; science and technology innovation platform; visual analysis; auxiliary decision-making

基于铁路科技创新平台的可视分析与辅助决策

柴英芳

大秦铁路股份有限公司侯马车务段, 中国·山西 侯马 043000

摘要

铁路科技创新平台将大数据、人工智能等技术充分融合,并应用到铁路科技创新研究中。可视化分析铁路科技创新平台对于充分发挥铁路科技创新平台的优势具有积极意义。从实际情况出发对铁路科技创新平台的可视化需求进行分析,明确可视化分析特征,包括直观性、时空性、关联性、交互性。明确可视化分析技术的类型,并结合实际情况选择合适的可视化技术,包括BI与敏捷BI工具、可视化编程相关绘图标准。包括科研水平与产出、人才储备与培养、平台管理建设,以此充分发挥铁路科技创新平台可视分析与辅助决策的优势。

关键词

铁路; 科技创新平台; 可视分析; 辅助决策

1 引言

大数据、人工智能等技术凭借获取信息量大、高效等优势被广泛应用于多个领域中,为各行业领域生产效率提升提供技术支持。可视化分析是大数据、人工智能经过不断发展获得的产物,能够将数据当中潜在的规律、价值等信息更加直观且生动地体现出来。对铁路科技创新平台进行可视分析,能够直观地对铁路科技创新平台进行研究,在此基础上开展辅助决策,为铁路科技创新平台健康、良性发展提供支持。

2 可视化需求分析

以铁路科技创新平台不同的用户群体为依据,根据实时性的差异对可视化需求进行划分,得到实时数据、非实时数据,而铁路科技创新平台的可视分析需求需要以实时数据、非实时数据为依据进行明确。

监测用户对数据的需求偏向实时性,根据这种数据明确科技创新在实际应用过程中的状态,并在此基础上分析问题;分析研判用户对数据的需求偏向非实时性,对科技创新平台数据中潜在的规律、内在的关系进行分析;决策指挥用户对数据的需求偏向综合性,在JavaScript图形库的支持下从多个维度出发对科技创新平台数据进行可视分析,并根据分析结果形成数据库。

3 可视化分析特征

信息技术赋予铁路科技创新平台空间性、时间性、多

【作者简介】柴英芳(1973-),女,中国山西运城人,本科,工程师,从事铁路科技创新管理研究。

专业性、高维性等特征，对铁路科技创新平台进行可视分析，展现出直观性、时空性、关联性、交互性、艺术性的特征。

3.1 直观性

因为铁路科技创新平台具有专业性强、内容复杂等特点，所以要求用户在科技创新过程中应当精准发现异常。对铁路科技创新平台进行可视分析过程中，在计算机图形学、数据挖掘、人机交互等技术的支持下向平台用户更加直观地呈现数据，使用户在进行科技创新或运用创新技术的过程中，能够更加精准地发现其中存在的异常现象^[1]。

3.2 时空性

铁路科技创新平台伴随铁路网覆盖全国各地，而不同地区的地理空间存在差异，相应地对铁路科技创新平台空间分布特征提出要求。在可视化分析的支持下，铁路科技创新平台能够展现出空间分布特征，同时能够对各区域铁路科技创新平台信息进行 24h 不间断可视分析，使铁路科技创新平台可视分析展现出时空性。

3.3 关联性

在可视分析的支持下，不同的铁路专业技师通过科技创新平台构建关联，并且能够在这种关联的支持下，将铁路科技创新平台当中数据的关联程度更加直观地展现出来。

3.4 交互性

铁路科技创新平台可视分析为用户进行交互操作创造条件，同时为用户筛选目标需求维度提供支持，以此使用户需求得到满足。用户通过铁路科技创新平台可视分析开展交互操作的过程中，深入分析铁路科技创新平台数据信息的价值。

4 可视化技术类型

铁路科技创新平台可视化技术的应用场景、实现方式、定制化程度存在差异，相应的可视化技术被划分为不同类别，包括智能（BI）与敏捷 BI 工具、可视化编程相关绘图标准。

4.1 BI 与敏捷 BI 工具

BI 与敏捷 BI 工具可与多种数据源接口对接，操作即可展现数据，同时能够为用户在铁路科技创新平台上根据实际场景进行快速建模、自助分析、数据可视化，对用户的编程能力水平无特定要求。

4.2 可视化编程相关绘图标准

用户对铁路科技创新平台中复杂化的数据信息进行定制化分析时，可运用可视化编程相关绘图标准。可视化编程相关绘图标准要求用户具备一定的编程能力。图 1 所示为可视化绘图标准及图形库分类。

以 CSS3、JavaScript、HTML5 作为原生开发方式，在 HTML5Canvas、SVG、WebGL 基础库分支当中不同工具库的支持下达到可视化效果。不同的基础库具有不同的适应场景：HTML5 Canvas 在 2D 平面绘图应用场景中适用；SVG 基于矢量图能够在改变图像尺寸的同时保持其清晰度，适用

于展现大数据量可视化；WebGL 适用于展现交互式 3D 可视化，使铁路科技创新进行个性化、专业化、动态化展示。



图 1 可视化绘图标准及图形库分类

5 铁路科技创新平台可视化技术应用架构

铁路科技创新平台可视化技术应用架构构成部分包括数据感知层、数据处理层、应用支撑层。

5.1 数据感知层

数据感知层能够感知铁路、车辆、所在区域自然环境等信息，短程通信、视频监控等是感知层常用的数据采集形式，收费数据、车辆运行数据等是采集主要对象^[2]。在铁路科技创新平台的支持下对采集信息进行处理，为开展铁路科技创新提供支持。

5.2 数据处理层

数据处理层对铁路科技创新实际应用过程中产生的数据进行采集，并对采集的数据进行预处理清洗脱敏、整合配置、稽核统计，为数据信息分级管理、信息可视化展示、多维度预测分析提供支持。

5.3 应用支撑层

应用支撑层根据铁路科技创新平台当中的多源数据，在预测分析模型、在线仿真推演的支持下，对信息实时共享、平台功能更新、科技创新分析提供支撑。

6 数据可视化展示

柱图、饼图、折线图、气泡图、树图等均是常用的铁路科技创新平台可视化方式。对铁路科技创新平台可视化分析目标进行划分，包括比较、分布、组合、关系，以不同类别数量、相关变量、关注重点等为依据展现数据。因为铁路科技创新平台数据集、项目存在一定差异，所以可视化展现步骤存在差异。尽管铁路科技创新平台不同的数据集、项目可视化展示步骤存在差异，但是可视化展示的基本组件一致，包括视觉暗示、坐标系、标尺、背景信息^[3]。

6.1 视觉暗示

通过视觉编码将数据映射成可视化元素的方式即视觉暗示,点、方形、圆形、扇形等均是主要的可视化元素。尺度映射、颜色映射、位置映射、地理投影等均是常见的映射方式。铁路科技创新平台中的数据类别不同,相应的所使用的映射方式效果存在差异,而视觉暗示效果与数据展示的生动性、有效性之间成正比关系,即视觉暗示效果越强,相应的数据展示生动性、有效性越强。

6.2 坐标系

数据进行映射编码期间,应当处于结构化空间内部,以此构成数据展现视角,直角坐标系、极坐标系、地理坐标系均是常用的坐标系类型^[4]。使用地理坐标系对铁路科技创新平台数据进行可视化的过程中,应当将地理坐标转换成二维屏幕坐标,墨卡托投影、阿尔勃斯投影、方位角投影均是常用的投影算法。

6.3 标尺

在坐标系的支持下定义可视化空间、维度,通过标尺将指定空间维度当中数据映射的空间反映出来,可结合实际情况选择数字、分类、时间标尺。铁路科技创新平台可视化标尺选定,应当以需求为导向,以此重点说明相关的数据信息。

6.4 背景信息

铁路科技创新平台用户在背景信息的支持下能够更加深入地理解数据相关信息,为用户提供正确引导的同时,能够提升可视化数据的清晰度。部分背景信息需要,另一部分背景信息隐含在视觉暗示、坐标系、标尺中。

7 铁路科技创新平台辅助决策

7.1 科研水平与产出

7.1.1 科研水平

铁路科技创新平台将科研水平与产出作为一级指标中最高权重,科研水平是二级指标中最高权重。铁路科技创新平台能够为科研人员营造浓厚的工作氛围提供支持,在此基础上构建固定结合流动、结构合理的科研队伍。通过桑基图可视化将专利授权划分为发明、实用新型、外观设计,在此基础上将其与不同的铁路科技创新平台实验室相对应。

7.1.2 科研产出

成果转化、行业影响、直接经济效益、主持或参与制定国家行业标准等是衡量科研产出绩效的评定标准,通过气泡图对主持或参与制定国家行业标准进行可视化分析,发现不同实验室将主持作为标准制定工作主要类型^[5]。

7.2 人才储备与培养

人才储备与培养工作不仅对铁路科技创新平台相关人员专业技能、学历学位、技术职称等予以关注,还应当对铁路科技创新平台当中每个工作人员参加科研、检验等活动的时间、频次予以关注,在此基础上发掘每个工作人员的特点,对出色的科研人员予以吸纳、重点培养,打造创新能力强、

结构合理的人才队伍。将科研人员的画像引入,对科研工作开展可视化分析,为人才储备、培养工作的顺利开展提供支持

7.3 平台管理建设

仪器设备是平台建设管理的硬件保障,在国家重点实验室年度报告中,将价格超过30万元人民币的设备平均机时率纳入重点指标范围的做法。铁路科技创新平台当中的仪器设备利用率相比其他指标明显降低,后期经过改善后效果显著。

本次研究中选取二级指标基础设施建设中的三级指标仪器设备利用率进行分析,已知每台设备标准机时为1800h/年,将实验室中每台仪器每年使用时长记作总机时,将一年内非实验室人员使用仪器设备的时长记作服务工作总机时,则有:机时率=工作总机时+服务工作总机时/1800。

研究中从三维视角出发,将设备共享状态与项目间所构成的关系可视化呈现出来,进行WebGL渲染并通过三角函数变换获得圆周,不同的圆周对应不同的半径,在此基础上得到三维立体弦图。移动鼠标后,视图角度会发生变化,可点击查看正在使用的设备状态,点击任意设备即可获得其被使用的科研活动信息。通过设备共享关联可视化、可视分析,能够对铁路科技创新平台设备使用情况进行分析,在此基础上针对性开展设备及时率、共享率管理。部分设备对机时率提出严格的要求,在位置变化登记的支持下,以WebGL为基础在空间中对设备开展三维可视化展示。设备流转路径三维可视化展示图。通过分析发现,机时率较高的关键设备流转路径,每24h更新一次路径数据。在可视化的支持下,提升对设备的关注程度,为及时查找、定位设备提供支持,提升设备利用率

8 结语

铁路科技创新平台数据可视化分析,以数据的特性为依据,在此基础上寻找适宜的可视化方式,以此将数据更加直观地展现出来,将有价值的铁路科技创新数据信息从海量的数据中提取出来,以此为依据开展辅助决策,为建设高质量铁路科技创新平台提供支持。

参考文献

- [1] 郑淦元,何越磊,万乐山.基于数字孪生的特大跨径铁路桥梁健康监测数据可视化及预警研究[J].土木工程信息技术,2024,16(4):65-69.
- [2] 戚小玉.面向铁路数据应用的可视化交互设计系统[J].制造业自动化,2024,46(1):105-110.
- [3] 王涛,王斌.高速铁路重点地段沉降监测数据分析可视化设计与实现[J].测绘与空间地理信息,2023,46(S1):258-261.
- [4] 孙逊,李润泽,赵宏宇,等.基于ECharts的铁路物流数据可视化效果的实现[J].电脑知识与技术,2021,17(32):22-26.
- [5] 乐建伟,孙远运,宋燕蓉,等.基于Three.js的铁路数据中心运维数据可视化系统设计[J].铁路计算机应用,2021,30(6):63-67.

Application of QHSE Management System in the Safety Management of Oilfield Enterprises

Kaheerman Aierken

Xinjiang Oil Field Company Heavy Oil Development Company, Karamay, Xinjiang, 834000, China

Abstract

Oilfield enterprises play a key role in resource extraction and utilization. In recent years, the safety management of oilfield enterprises has received widespread attention. If there are management errors in the work, the subsequent mining process may have adverse effects on the staff, the enterprise, and the environment, infringe on personnel safety, affect the economic development of the enterprise, and cause environmental damage and pollution. In this regard, this paper takes the QHSE management system as the guide and explores in depth the construction and application of the QHSE management system in the safety management of oilfield enterprises. It analyzes and elaborates on the key points of system construction and application from two perspectives: the initial review stage and the implementation stage, aiming to enhance the effectiveness of safety management in oilfield enterprises. Elaborate on the construction of QHSE safety management system in oilfield enterprises, hoping to improve the overall quality of safety management work in oilfield enterprises through this study.

Keywords

oil field; enterprise; safety management; QHSE

油田企业安全管理中 QHSE 管理体系的应用

卡合尔曼·艾尔肯

新疆油田公司重油开发公司, 中国·新疆 克拉玛依 834000

摘要

油田企业是资源开采利用中的关键角色, 近几年, 油田企业安全管理工作得到广泛关注。如果在工作管理中出现管理失误, 后续开采环节可能会给工作人员、企业、环境造成不利影响, 侵害人员安全, 影响企业经济发展, 造成环境破坏和污染。对此, 论文以QHSE管理体系为引领, 深入探讨油田企业安全管理中QHSE管理体系的建设与应用, 从初审阶段、实施阶段两个角度分析阐述体系建设与应用要点, 旨在提升油田企业安全管理的有效性。对油田企业QHSE安全管理体系建设展开详细论述, 希望通过本文研究, 改善油田企业安全管理工作的整体质量。

关键词

油田; 企业; 安全管理; QHSE

1 引言

我国工业发展离不开石油资源, 近几年, 国内石油需求量增多, 油田企业作为其中的关键角色, 必须重视安全管理工作, 在保障生产效率、质量的同时, 强化对人员、环境的有效保护。QHSE管理模式契合当下油田企业发展需要, 也因此被许多企业应用于管理工作之中。

2 QHSE 管理体系

QHSE管理, 包含四项指标维度, 即 Quality (质量)、Health (健康)、Safety (安全)、Environmental (环境), 上述四项要素于一体, 构建起一个完整的综合管理体系。

QHSE管理体系致力于打造一个全方位、多层次、科学且标准化的企业信息化架构, 实现对企业各项内容、各个维度的全面覆盖。该体系最为核心特征体现在其整体性、层次分明的结构、持久的有效性以及高度的适应性上, 它坚持预防为主的基本原则, 鼓励全员参与。在此基础上, 实现了管理活动贯穿于企业的每一个环节和过程。在QHSE管理体系的建设过程中, 基层单位扮演着至关重要的执行角色, 基层单位被要求严格遵循QHSE制度要求, 还要做到自然融入。在这其中, 基层领导者的领导作用不可或缺, 他们需积极推动和鼓励全员参与配合, 通过适当手段强化内部成员的QHSE意识, 以QHSE意识规范员工行为, 提升安全性, 而实现对过程风险的精准控制, 将事故风险降到最低。该体系追求的终极目标是在保障员工人身安全的前提下, 在满足顾客的多样化需求的同时, 还能够协调保护周边的自然环境, 它所追求的是达到无事故、无伤害、无损失的理想境界。值

【作者简介】卡合尔曼·艾尔肯(1989-), 男, 维吾尔族, 中国新疆人, 本科, 助理工程师, 从事安全管理研究。

值得注意的是, QHSE 管理体系并非一个固化不变的结构体系, 而是一个充满活力且不断演进着的系统, 由此可以看出该体系的先进性。对石油企业而言, 在实际践行时, 需企业先搭建出一个宏观框架, 然后在此基础上逐步细化并丰富具体内容, 保证最终构建的体系架构完善且协调。同时, 企业还需密切关注生产进度和实际情况的变化, 对 QHSE 管理体系进行适时的调整和优化, 以确保其始终保持有效性和高度的适应性^[1]。

3 石油企业安全管理应用 QHSE 管理体系的价值作用

石油企业在安全管理过程中以 QHSE 管理体系为依托, 能够为自身生产活动创造强大的安全保障。合理利用 QHSE 管理体系, 将有利于促进石油企业管理水平的整体提升, 给石油企业的可持续发展、核心竞争力的提高带来积极影响。

3.1 有效突破了传统管理模式的束缚

相较于传统管理模式中单纯强调生产效率与质量的狭隘视野, QHSE 管理体系从根本上消除了职业病对员工身心健康的潜在危害, 体现了对员工职业安全健康的深切关注, 人本主义精神在 QHSE 管理体系中得到了充分体现。该体系所关注的核心问题在于生产工作的安全性, 以及工作人员和工作环境的安全健康。此体系在确保石油工业各项活动顺利推进的同时, 亦将员工的职业健康与安全保障置于重要位置, 实现了生产效率与员工福祉的双重保障。相较于传统管理体系, QHSE 模式实现了对传统管理思维的突破, 对改善企业文化和增强企业竞争力具有积极意义, 还为整个行业指明了向更加人性化、可持续方向发展的道路。

3.2 有利于提升管理制度的规范性与系统性

QHSE 管理体系相较于传统模式, 具有高度的规范性。该管理核心在于采用一体化管理框架, 将生产流程中的关键要素无缝衔接, 实现了对生产活动全链条的精细监控与高效调度。QHSE 体系通过实施精密的生产责任分配机制, 确保各项职责能够精确到人, 实现了权责关系的清晰界定。该体系构建了一套全面且科学的激励与约束机制, 在激发员工工作热情、积极性, 提升员工投入度, 规范员工工作行为, 端正员工工作态度等方面具有显著作用^[2]。这些综合性的管理策略, 营造了一种正向、进取的企业文化环境, 为石油企业的安全管理提供了坚实的制度支撑。

3.3 有利于提高风险防控机制运行效果

从 QHSE 管理体系的要素构成中, 不难看出该体系聚焦于质量、健康、安全、环境四大关键领域, 细化、明晰的导向目标, 对风险缓解具有显著优势。该体系成功实现了管理范式从“被动响应”向“主动预防”的转型, 提升了风险识别与排查工作的精细化水平和整体效率, 同时确保了安全保障措施及应急响应预案的完备性和可操作性。在此基础上, 体系还着重于风险应对机制的动态优化, 倡导依据实时情境灵活调整策略并鼓励创新。这些综合措施不仅有效

降低了潜在风险水平, 减少了潜在损失, 还促进了生产成本的合理控制, 为企业在激烈的市场竞争中构筑了明显的竞争优势。

4 分析当前石油企业践行实施 QHSE 管理体系时遇到的问题

4.1 安全管理意识薄弱

在油田行业的现行运营模式中, 安全管理意识的深层渗透成为一项亟待攻克的关键难题。尽管各部门普遍重视员工安全, 但从当前所开展的安全教育工作情况来看, 员工整体的安全意识的实际提升效果并不理想, 给后续管理埋下隐患, 甚至在工程执行阶段安全问题的频发。长期受传统管理思维和管理模式的影响, 管理层、基层工作人员对既定工作模式形成了固化依赖, 导致其在后续践行应用 QHSE 体系时, 存在落实不到位的问题, 给 QHSE 管理体系的顺畅运行形成了显著制约。

4.2 安全监察与责任追究体系还需完善

管理单位需要在项目开展中, 以项目实际状况为准, 设置专门的安全检查管理部门, 实现对工程质量的跟踪监测, 同时还需要对员工工作状态的实时监督, 并在发现潜在问题时迅速采取整改措施, 从而降低安全事故的发生概率。然而, 从目前管理者、监督人员工作的实际表现来分析, 发现部分人员对其岗位职责的重视程度明显不足, 进而造成监察责任落实不力, 监督人员、管理者难以及时发现并上报工程中的风险隐患, 也难以及时发现操作违规行为并加以纠正。除此之外, 企业当前的监管部门职权划分方面存在明显, 监督职权与责任界限模糊, 在后续工作中, 相关部门遇到问题可能会相互推诿责任, 责任监管工作的实际效果大打折扣, 并不能十分明确、清晰、及时地落实安全责任, 后续追责工作也难以展开。

5 QHSE 管理体系在油田安全管理中的应用策略

5.1 初审阶段工作要点

初审阶段是 QHSE 体系下的安全管理工作的首要阶段, 即明确 QHSE 管理现状的起步阶段。在这一阶段, 需要开展以下几方面工作:

第一, 结合企业现状, 开展现状调查。首先, 应明确法律规范要求, 有根据地开展调查工作。对是否需要搭建正式的管理体系, 以及管理体系建设的必要性、可行性, 该体系的建设原则的合理性、科学性等各方面展开调查。除上述内容之外, 还应当对工作环境、职业健康等几个方面展开调查。

第二, 有序开展过程识别控制。为提升体系的运行效果, 需要在搭建管理体系时, 认真开展过程识别工作。优化控制每一个过程, 能够帮助企业提升体系运行实施的效果。因此, 有必要构建过程管理体系, 制定完善的过程管理机制, 在此

基础上优化控制各个过程,并展开科学评价。涉及到的过程类型包括管理过程、作业过程等,要求管理人员结合各过程的特征和工作要求,选择恰当方法优化过程。比如说,对于管理过程的优化,要求先开展过程识别,再选定最为适宜的管理方法。对于作业过程的优化,一般需要工作人员优化生产装置,以此来进行过程识别。强化过程管理,旨在科学分析过程的可行性,发现其中存在的不足和问题,如是否有具体可行的规定要求、职责划分是否清晰明确等^[3]。

第三,重点开展危险识别工作和风险评估工作。危险识别与风险评估是健康与安全管理的核心所在。它要求精确辨识并评估潜在危险,该工作构成了生产现场安全性的坚实防线。在识别危险因素的过程中,必须全面考虑多种影响因素,包括人员专业能力、场地规模等,以确保对活动或服务进行彻底且细致的危险识别。在构建QHSE管理体系的过程中,识别并界定关键危害因素占据着举足轻重的地位,因为这些因素往往与其他体系要素紧密相连,它们彼此之间形成了相互依存的关系。一旦这些危害因素得以明确,接下来的风险评估工作便显得尤为关键。系统须具备预判潜在风险的能力,要预先识别相关危险性事件,同时还需要对其可能造成的后果进行深度评估。通过风险预测分析,进一步揭示危害的潜在影响,从而准确判断风险可能带来的破坏范围。此外,为确保QHSE管理体系的有效性和完整性,还需以正式文件的形式详尽记录所有活动或服务中潜在的风险,包括风险的等级划分以及相应的防控措施。这一步骤对于体系的持续运行和不断优化具有至关重要的作用。

第四,环境因素的辨识及其影响评估是QHSE体系建设必不可少的一环。其核心在于精确识别并有效应对生产现场的各种环境挑战,这一过程不仅涉及环境因素的详尽辨识、科学评估,还囊括了环境目标的合理设定以及环境管理策略的精心规划与实施。值得注意的是,环境因素的考察视野需超越组织内部的活动、产品及服务范畴,广泛涵盖所有相关方的行为影响,确保在初步辨识阶段即能全面而精准地纳入所有重要的环境考量。企业的环境政策与目标设定应当紧密围绕那些对其产生显著影响的关键环境因素,以此作为展现企业对重大环境挑战积极应对态度的基石。为实现这一目标,建立一套统一、规范且具备高度可操作性的环境评价机制显得尤为重要,它有助于确保评价过程的客观性、准确性与公正性。为此,可以组建一支专业的环境因素评价团队,该团队将依据事故的严重程度及其潜在影响后果,开展全面而深入的环境评价工作^[4]。

5.2 实施阶段工作要点

首先,应聚焦于构建运行体制的完备性,在体系文件

编纂竣工后,随即展开正式文件的登记、分发及针对性的培训,确保执行层人员成为培训的主体,通过吸纳前沿管理理念,并历经实践的检验,以验证体系的实际效能。在体系初步运行阶段后,需依据反馈的问题对体系实施必要的调整与优化。其次,需明确QHSE体系与既有企业管理架构之间的衔接性,厘清彼此的相互关系。在推行QHSE管理体系时,需与原有企业管理系统进行深度融合,既要传承并强化原有管理的优势,又要揭示并解决其潜在的问题。基础管理效果关系到企业的核心竞争力,还直接关系到企业的持续发展与员工的切身利益。因此,QHSE管理体系应聚焦于企业的基础层面,在总结既有经验的基础上,严格执行QHSE管理体系的各项要求,特别是在关键业务领域,通过规范岗位操作以降低安全风险。最后,QHSE管理体系的审核工作需受到高度重视。在体系运行过程中,需不断进行专业知识考核,并随即相应地加以调整改进。同时,为保证QHSE体系能够高效运作,有必要打造保障体系。可以推行一套结构化项目例会制度,该制度涵盖“周度信息交互会议”“月度进展剖析会议”等,为项目组内部沟通提供充足的机会,确保项目管理活动遵循既定规范稳步前行。还应借助数字化信息技术工具,打造集网络平台、微信社群及即时通讯工具于一体的多元化信息交流生态系统,旨在促进机关基层干部员工高效汲取、内化并应用QHSE管理的先进知识与实践,进而培育出一种高效的学习与交流文化。还应通过深度调研与科学设计,明确QHSE管理的考核评价标准与指标体系,并将其有机融入年度绩效评估与月度责任成效考核框架内,从而建立起一套持续有效的考核评价机制。

6 结语

QHSE管理体系对于保障油田企业开采生产的安全性,保护员工人身安全和企业财产安全,保障环境安全等相关方面具有明显优势。对此,相关单位必须强化对该体系的重视,采取有效手段实现对该体系的创造性应用。希望论文所阐述的应用要点,能够给相关单位一定的工作启发。

参考文献

- [1] 杨欢军,徐子胜,王国柱,等.QHSE管理体系在油田基层站队的应用[J].国企管理,2024(9):125.
- [2] 代成璐,郭璐.行为安全促进企业QHSE管理提升的对策探究[J].劳动保护,2024(9):84-87.
- [3] 代成璐,郭璐,徐宝伟.扁平化管理驱动QHSE管理提升的路径探索与实践[J].油气田环境保护,2024,34(4):66-69+73.
- [4] 王功峰,张磊,李立博.油田企业QHSE监督工作的阶段性特点及做法[J].化工安全与环境,2024,37(9):99-101.

Optimization Design of Power Transmission Tower Foundation Structure Based on Finite Element Analysis

Peng Yang

Concord New Energy Group, Beijing, 100048, China

Abstract

With the rapid development of China's economy, the demand for electricity is increasing year by year, and the importance of power grid construction as an important part of national infrastructure is becoming increasingly prominent. As a key component of the power grid system, the power transmission and transformation tower foundation undertakes the important task of supporting the transmission line and ensuring the stability of power transmission. However, there are certain limitations in the current design of power transmission towers. Therefore, how to use modern design methods to optimize the foundation structure of power transmission and transformation towers and improve its performance and economy has become the focus of attention in the field of power engineering. In this paper, the finite element model of the power transmission tower foundation is established, the optimization results are analyzed, and then the optimization design method of the power transmission tower foundation structure based on finite element analysis is discussed in combination with some cases, in order to provide new ideas for the design of the power transmission tower foundation.

Keywords

finite element analysis; power transmission towers; base structure optimization

基于有限元分析的输变电塔基结构优化设计

杨鹏

协合新能源集团, 中国·北京 100048

摘要

随着中国经济的快速发展, 电力需求逐年攀升, 电网建设作为国家基础设施的重要组成部分, 其重要性日益凸显。输变电塔基作为电网系统的关键构件, 承担着支撑输电线路、保障电力传输稳定性的重任。然而, 在当前输变电塔基设计中, 存在一定的局限。因此, 如何利用现代设计方法对输变电塔基结构进行优化, 提高其性能与经济性, 成为电力工程领域关注的焦点。论文通过输变电塔基有限元模型建立, 并对优化结果进行分析, 再结合一定案例, 探讨基于有限元分析的输变电塔基结构优化设计方法, 以为输变电塔基设计提供新思路。

关键词

有限元分析; 输变电塔; 基结构优化

1 引言

随着我国经济的快速发展, 电力需求不断增长, 电网建设规模日益扩大。输变电塔作为电网的重要组成部分, 其稳定性直接关系到整个电网的安全运行。输变电塔基结构的设计合理性对提高塔架的稳定性和降低工程造价具有重要意义。然而, 传统的塔基结构设计方法往往依赖于经验公式和简化计算, 难以充分考虑复杂地质条件和外部环境因素对塔架性能的影响, 导致设计结果存在一定局限性。

2 研究目的与意义

有限元分析是一种基于数值分析的方法, 通过对连续体进行离散化, 将复杂问题转化为可求解的线性或非线性方程组, 从而对结构进行应力、应变、温度等物理量的分析。近年来, 随着计算机技术的飞速发展, 有限元分析在结构优化设计中的应用越来越广泛。通过有限元分析, 可以更精确地模拟实际工况, 为结构优化设计提供依据。

本研究旨在利用有限元分析方法, 对输变电塔基结构进行优化设计, 提高塔架的稳定性和经济性。探讨输变电塔基结构的特点, 为优化设计提供理论依据; 提出基于有限元分析的输变电塔基结构优化设计方法, 实现设计参数的合理配置; 本研究对于提高输变电塔基结构的设计水平, 降低工程成本, 保障电网安全运行具有重要意义。同时, 本研究也为相关领域的研究提供了有益的借鉴和参考。

【作者简介】杨鹏(1987-), 男, 中国江苏南京人, 本科, 从事国际电力及新能源项目全过程管理研究。

3 有限元分析方法概述

3.1 有限元分析的基本原理

有限元分析是一种通过将连续体分割为有限数量的子区域（即元素），在这些子区域上以特定的数学方法近似求解偏微分方程的数值技术。这种方法的基本原理是将复杂的结构问题转化为易于处理的数学问题，进而通过求解线性或非线性方程组，获得结构的应力、应变、位移等物理量的分布。在输变电塔基结构优化设计中，有限元分析可以充分考虑结构的非线性、材料特性、几何形状以及复杂的边界条件，为结构优化提供精确的依据。

3.2 结构优化设计的数学模型

结构优化设计的数学模型主要包括目标函数、设计变量和约束条件三个部分。目标函数反映了优化设计的目标，如结构质量最小、应力分布最均匀等；设计变量是影响目标函数的参数，通过建立合理的数学模型，结构优化设计旨在寻找一组最优的设计变量，使得目标函数达到最优值，同时满足所有的约束条件。

3.3 有限元分析软件介绍

目前，市面上有许多优秀的有限元分析软件，如 ANSYS、ABAQUS、MSC.NASTRAN 等。这些软件具有较高的计算精度、强大的求解功能和友好的用户界面，为工程技术人员提供了极大的便利。在输变电塔基结构优化设计中，可以根据实际需求选择合适的有限元分析软件。例如，ANSYS 软件在结构线性与非线性分析、热分析等方面具有优势；ABAQUS 则在接触分析、材料非线性分析等方面表现突出。利用这些软件，可以快速、高效地完成输变电塔基结构的有限元建模、求解和优化设计。

4 输变电塔基结构优化设计理论

4.1 输变电塔基结构特点

输变电塔基作为输电线路的关键部分，其结构特点主要体现在以下几个方面：首先，输变电塔基承受的荷载复杂，包括自重、风荷载、冰荷载、温度荷载等，这些荷载往往具有随机性和动态性；其次，输变电塔基结构高度较大，且存在多阶模态，容易受到地震、风振等动力作用的影响；最后，输变电塔基的杆件和节点数量众多，结构形式多样，为优化设计带来了挑战^[1]。输变电塔基结构如图 1 所示。



图 1 输变电塔基结构

4.2 结构优化设计目标

针对输变电塔基的结构特点，优化设计目标主要包括：降低结构自重，减小材料消耗，降低成本；提高结构的稳定性、安全性和耐久性；增强结构的抗风、抗震性能；简化施工工艺，提高施工效率。通过优化设计，旨在实现输变电塔基结构在满足功能需求的同时，达到经济效益和技术性能的最优化。

4.3 设计变量与约束条件

在进行输变电塔基结构优化设计时，设计变量主要包括：杆件截面尺寸、材料属性、节点形式等。这些设计变量直接影响着结构的受力性能、稳定性和经济性。约束条件主要包括：结构强度、稳定性和刚度等力学性能要求；构造要求，如节点连接、杆件长度等；工程实际情况，如材料供应、施工条件等。在优化过程中，需要合理设置设计变量和约束条件，以确保优化结果的可行性和有效性^[2]。

5 输变电塔基有限元模型建立

5.1 模型简化与假设

在进行输变电塔基有限元模型建立时，为了降低计算复杂度，提高计算效率，需要对实际结构进行合理的简化和假设。本研究中，首先将输变电塔基结构简化为二维模型，忽略结构的小尺寸部件和次要影响因素。同时，假设输变电塔基结构材料为各向同性、线弹性，且在受力过程中无初始缺陷和损伤。此外，考虑到实际工程中输变电塔基结构的连接方式，将螺栓连接简化为刚性连接，以简化计算。

5.2 单元类型选择与网格划分

在有限元分析中，单元类型的选择对计算精度和效率具有重要影响。本研究选用四节点四边形等参单元进行网格划分，该单元具有计算精度高、适用性强等特点。在网格划分过程中，采用映射网格划分技术，保证网格质量，避免出现畸变网格。同时，对输变电塔基结构的细部进行局部加密，以提高计算精度。

5.3 边界条件与荷载施加

为使有限元模型能够准确地反映实际输变电塔基结构的受力状态，合理设置边界条件和施加荷载至关重要。在本研究中，对输变电塔基底部采用固定支座约束，以模拟实际基础与地面的连接；对输变电塔顶部采用简支约束，以模拟实际塔顶的受力状态。在荷载施加方面考虑输变电塔基结构的自重、风荷载、冰荷载、温度荷载等，分别施加到有限元模型上。同时，根据实际工程情况，对荷载进行组合，以得到最不利工况下的结构响应^[3]。

6 优化设计结果与分析

6.1 优化过程与结果

在输变电塔基结构优化设计中，我们采用了遗传算法与有限元分析相结合的方法。优化过程中，首先根据设计要

在全局范围内进行搜索，寻求最优解。经过多次迭代计算，最终得到了满足预定性能要求的优化设计方案。优化结果表明，输变电塔基结构的重量减轻了约15%，同时各项性能指标均满足规范要求。图2为一种输电塔基结构的制作方法。

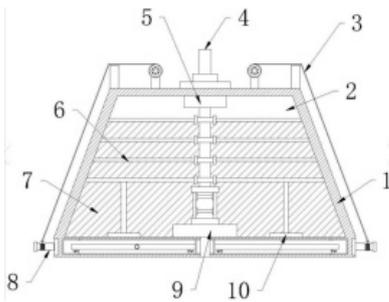


图2 一种输电塔基结构的制作方法

6.2 结构响应与性能指标分析

通过对优化前后的输变电塔基结构进行有限元分析，得到了结构在荷载作用下的响应。主要分析了结构的位移、应力、应变等性能指标。优化后的结构在荷载作用下，位移、应力、应变等性能指标均有所降低，说明优化设计有效地提高了结构的性能。

6.3 优化方案对比与评价

为了验证所提出的优化设计方法的有效性，我们将优化方案与原设计方案进行了对比。在相同的荷载条件下，优化方案具有更优的性能，且重量更轻。此外，我们还对优化方案进行了经济效益分析，结果表明，优化方案在降低材料成本、提高施工效率等方面具有显著优势。总体来说，基于有限元分析的输变电塔基结构优化设计方法具有较高的实用价值和推广意义。

7 实例验证与应用

为了验证所提出的输变电塔基结构优化设计方法的有效性，本节选取了一实际输变电塔基工程为研究对象。通过对该塔基结构进行有限元分析，根据优化设计方法对其进行优化。优化设计实例中，以塔基结构自重、材料成本、施工难度等因素为约束条件，以结构整体刚度和抗弯承载力为目标函数，采用遗传算法进行优化求解。

优化前后，对输变电塔基结构进行性能对比。结果表明，优化后的塔基结构在自重、材料成本和施工难度等方面均有

所降低。表明优化设计方法能够有效提高输变电塔基结构的性能。

经济效益方面，通过对优化前后的塔基结构进行成本分析，发现优化后的结构在材料成本和施工成本上均有较大幅度降低，从而降低了整个输变电工程的建设成本。此外，优化后的结构在长期运行中，由于性能提升，其维护成本也相对较低。在社会价值方面，优化设计有助于提高输变电工程的安全性和可靠性，减少停电事故，为我国电力事业的发展提供了有力保障。

8 未来展望与总结

随着大数据和人工智能技术的飞速发展，这些技术将在输变电塔基结构优化设计中发挥重要作用。通过收集和析大量的结构设计数据，结合机器学习算法，可以实现对输变电塔基结构优化设计的智能辅助，提高设计的创新性和实用性。

新型材料和先进工艺的应用是提升输变电塔基结构性能的另一重要途径。未来，通过有限元分析，可以针对不同材料特性和工艺特点进行更精细的优化设计，如使用高强度钢、复合材料等，以及采用3D打印等先进制造技术，实现结构轻量化、性能提升和成本降低。

本文基于有限元分析方法，对输变电塔基结构进行了优化设计。首先，阐述了输变电塔基结构优化设计的重要性和必要性，以及有限元分析在结构优化设计中的应用概述。其次，详细介绍了有限元分析方法的基本原理、数学模型和常用软件。

通过建立输变电塔基结构的有限元模型，对优化设计方法进行了验证。优化过程与结果表明，采用本文提出的方法能够有效提高输变电塔基结构的性能，降低工程成本。同时，对优化前后的结构性能进行了详细分析，验证了优化方案的经济效益和社会价值。

参考文献

- [1] 李鹏飞.地震作用下输变电塔结构模型振动的自抗扰控制研究[D].西安:西安建筑科技大学,2015.
- [2] 郝涛.基于压电摩擦阻尼器的输变电塔模型结构振动台试验研究[D].西安:西安建筑科技大学,2014.
- [3] 陈科.高耸变截面输变电塔架结构振动分析[J].广西电力,2013, 36(4):84-86.

Research on Virtual Sound Barrier Loudspeaker Placement Direction and Noise Reduction Effect

Xiaojie Zhang

Shanghai Jianke Environmental Technology Co., Ltd., Shanghai, 200032, China

Abstract

Sound barriers are an important means of managing transportation road noise, and they have good sound absorption and sound insulation effects on middle and high frequency band noise. In order to further improve the noise reduction effect of sound barriers in the middle and low frequency bands, this paper investigates the virtual sound barrier technology that combines the active noise reduction technology with the traditional sound barrier by means of experimental validation, and uses the multi-channel FxLMS algorithm to compare the control effect of the sounding directions of the speakers on the top of the virtual barrier at 0°, 90° and 180°. The experimental results show that the virtual sound barrier has obvious noise reduction effect on low-frequency noise, and when the sounding direction of the loudspeaker is 0°, the virtual sound barrier can achieve better acoustic effect.

Keywords

traffic noise; sound barrier; active noise reduction; low frequency noise; virtual sound barrier

虚拟声屏障扬声器布放方向和降噪效果研究

张晓洁

上海建科环境技术有限公司, 中国·上海 220032

摘要

声屏障是治理交通道路噪声的重要手段, 对中高频段噪声具有较好的吸声和隔声作用。为了进一步提升声屏障在中低频段的降噪效果, 通过试验验证的方法, 研究了将有源降噪技术与传统声屏障结合的虚拟声屏障技术, 并采用多通道FxLMS算法, 比较了虚拟屏障顶部扬声器0°、90°和180°发声方向的控制效果。试验结果表明: 虚拟声屏障对低频噪声具有明显的降噪效果, 当扬声器的发声方向为0°时, 虚拟声屏障可以取得更优的声学效果。

关键词

交通噪声; 声屏障; 有源降噪; 低频噪声; 虚拟声屏障

1 引言

声屏障作为交通噪声控制工作中的重要措施^[1], 可以阻挡交通道路上车辆等产生的直达声, 并使绕射声音衰减。声屏障的基本原理是基于惠更斯-菲涅尔的波动理论, 在声源与受声点之间, 插入一个有足够密度的障碍物, 声波必须通过绕射才能到达受声点, 随着声传播距离增加, 噪声得到进一步衰减。声屏障的形式有多种, 按照结构可以分为直立、弯折、半封闭、全封闭等, 上述结构形式的屏障称为传统声屏障或者被动式声屏障, 只对中高频段噪声有效, 对于低频噪声的控制效果有限^[2]。基于有源降噪技术的虚拟声屏障 (Virtual sound barrier, VSB) 可以实现低频噪声的有效控制, 目前相关研究工作主要集中在电力、高铁等领域, 用于降低变压器、列车等产生的低频辐射噪声^[3-6]。

设计虚拟声屏障需要考虑有源降噪系统扬声器的布放策略。本文针对虚拟声屏障中扬声器的布放方向开展了试验研究工作, 通过比较扬声器不同发声角度下的降噪效果, 为虚拟声屏障的应用提供技术支撑。

2 有源降噪技术

2.1 有源降噪技术原理

有源降噪技术, 又称主动降噪 (Active noise control, ANC), 是通过声波间的相位干涉效应实现目标区域的噪声控制。有源降噪系统通常包括参考麦克风、误差麦克风、控制器、功率放大器和次级声源, 其中功率放大器可集成在控制器中, 次级声源可以选用扬声器。

2.2 有源降噪算法

有源降噪系统需要采集原始噪声得到参考信号 $x(n)$ 。参考信号经过控制器进行相关处理后, 产生控制信号 $y(n)$, 通过功率放大器驱动次级声源产生声波并与原始噪声干涉叠加, 叠加后的声波信号通过误差麦克风进行采集得到误差信

【作者简介】张晓洁 (1987-), 女, 中国河南焦作人, 硕士, 工程师, 从事环境声学研究。

号 $e(n)$ ，控制算法根据 $x(n)$ 和 $e(n)$ 迭代更新控制信号 $y(n)$ ，实现误差麦克风位置处的声压最小。如图 1 所示，为有源降噪算法中经典的滤波 -x LMS (Filtered-x least mean square, FxLMS) 算法原理框图。

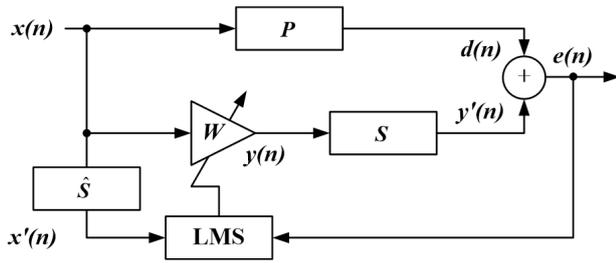


图 1 FxLMS 算法原理框图

图中， P 为噪声源到误差麦克风的初级路径， S 为次级声源到误差麦克风的次级路径， \hat{s} 为估计的次级路径， W 为控制系统权系数。

控制器权系数的迭代公式为：

$$W(n+1) = W(n) + 2\mu e(n) X(n) * \hat{S}(n) \quad (1)$$

式中， n 为时域采样点的编号， μ 为迭代步长。

对于多通道主动降噪系统，设有 I 个参考麦克风， J 个次级声源， K 个误差麦克风，得到控制器的权系数迭代公式为：

$$W(n+1) = W(n) + 2\mu e(n) H_s(n) * x(n) \quad (2)$$

式中， $H_s(n)$ 为 $K \times J$ 阶次级路径矩阵。

3 虚拟声屏障原理

在道路声屏障的顶部布放扬声器和误差传感器阵列，由控制器输出信号至扬声器发声，发出的声波与车辆等声源辐射的噪声发生相消干涉，使得误差传感器监测位置处的声压最小，降低通过声屏障顶部绕射过去的低频噪声。

若扬声器和误差传感器的数量均为 M ，控制后的误差信号为^[7]：

$$e = p + ZQ_c \quad (3)$$

式中， P 为交通声源产生的初级声场声压； Z 为扬声器到误差传感器的次级通路组成的矩阵 $M \times M$ ； Q_c 为扬声器的发声强度。

对于多通道耦合的虚拟声屏障，有源降噪系统的目标函数为：

$$J = e^H e + \beta Q_c^H Q_c \quad (4)$$

式中， β 为有源控制系统约束扬声器发声强度的权系数。

多通道耦合有源降噪系统中每一个扬声器的强度与所有误差传感器拾取的信号均相关，具体为^[8]：

$$Q_c(\infty) = -[Z^H Z + \beta I]^{-1} Z^H P \quad (5)$$

式中， I 为单位对角矩阵。当权系数取 0 时，扬声器的发声强度 $Q_c(\infty) = -Z^{-1} P$ 。

在实际应用时，扬声器的发声强度可以通过时域迭代

得到：

$$\begin{aligned} [Q_c(n+1) - Q_c(\infty)] = \\ [I - 2\mu(Z^H Z + \beta)] \times [Q_c(n) - Q_c(\infty)] \end{aligned} \quad (6)$$

为了保证虚拟声屏障在迭代过程中的收敛性，公式 (6) 等号右侧第一项所有特征值的模均要求小于 1。对于多通道耦合控制系统， $Z^H Z$ 为正的对称矩阵，只要步长足够小， $I - 2\mu(Z^H Z + \beta)$ 小于 1，则有源降噪系统的时域迭代可以实现收敛。

4 虚拟声屏障试验

4.1 试验台架设计

为获得多通道虚拟声屏障不同扬声器角度对降噪效果的影响，设计了一个 T 形声屏障，声屏障的长度为 6m，高度为 2.5m。在声屏障顶部放置 8 组扬声器，扬声器的间距为 0.2m，每组扬声器对应 1 个误差麦克风。在声屏障靠近声源侧放置 1 个参考麦克风，用于拾取噪声源信号。

4.2 噪声源设计

噪声源是试验设计的一项重要内容。为了评估对交通噪声中低频噪声的控制效果。试验中，在声屏障前端放置了一个 10 寸音响，用于模拟噪声源。采用 100Hz、300Hz 频率噪声作为典型低频噪声进行声源激励。

4.3 试验工况设计

试验中，一共设计 3 种工况，对应扬声器的发声方向分别为 0° 、 90° 和 180° ， 0° 表示扬声器发声方向与噪声源传播方向同向； 90° 表示扬声器发声方向与噪声源传播方向正交； 180° 表示扬声器发声方向与噪声源传播方向反向。

4.4 监测点设计

在声屏障降噪效果区域设置了一系列监测点，用于监测有源降噪前后的声压变化情况，如图 2 所示，为声压监测点示意图。

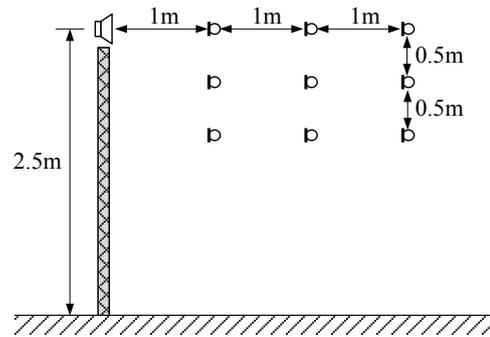


图 2 虚拟声屏障声压监测点示意图

5 试验结果

使用 10 寸音响分别回放 100Hz、300Hz 噪声，记录多通道有源降噪系统开启前后，距离声屏障 1m、2m 和 3m 的各测点声压数据，100Hz、300Hz 频率下扬声器不同发声方向的降噪效果，如图 3 至图 5 所示。

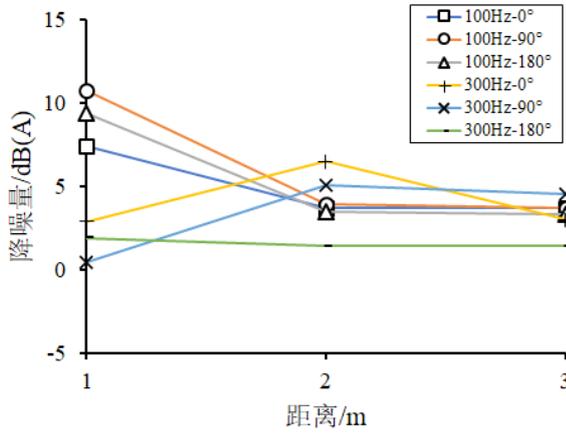


图3 监测点 2.5m 高度降噪效果

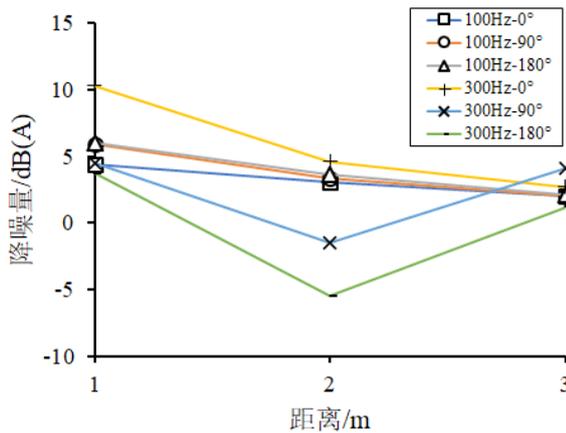


图4 监测点 2m 高度降噪效果

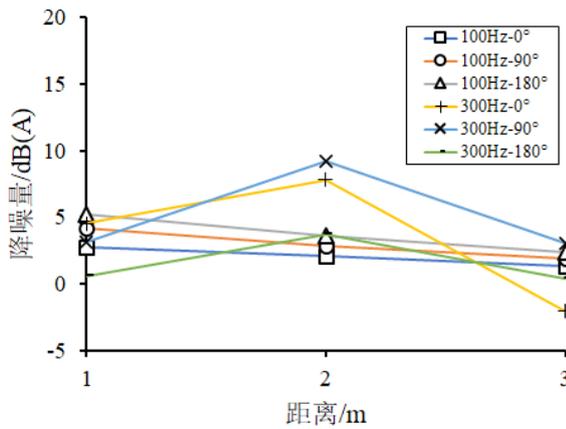


图5 监测点 1.5m 高度降噪效果

分析对比 100Hz、300Hz 噪声下的降噪量可知：

① 2.5m 高度，100Hz 的控制效果优于 300Hz。对于 100Hz 噪声，扬声器 3 个发声角度的控制效果相近；对于 300Hz 噪声，扬声器 0° 发声方向的控制效果更优；

② 2m 高度，100Hz 的控制效果总体相近，并在大部分角度上优于 300Hz。对于 100Hz 噪声，扬声器 3 个发声角度的控制效果相近；对于 300Hz 噪声，扬声器 0° 发声方向的控制效果更优；

③ 1.5m 高度，300Hz 的控制效果优于 100Hz。对于 100Hz 噪声，扬声器 3 个发声角度的控制效果总体上相近，180° 方向的控制效果较好，90° 方向次之；对于 300Hz 噪声，扬声器 90° 发声方向的控制效果更优。

6 结论

本文研究了多通道虚拟声屏障中扬声器不同发声角度对降噪效果的影响，并开展了有源降噪试验研究。试验结果表明，将虚拟声屏障安装在噪声传递路径上，对于低频噪声具有较好的控制效果；扬声器的发声方向会影响声屏障后方降噪区域的大小和降噪深度；扬声器发声角度为 0° 时，即扬声器的发声方向与噪声源传播方向同向时，整体的降噪效果较优。现有的试验可以显示虚拟声屏障技术对于低频控制效果的提升作用，后续研究工作可以考虑对交通道路中移动噪声源进行有源控制策略，进一步支撑虚拟声屏障技术在工程上应用。

参考文献

- [1] 杨洁,刘强,康钟绪.高架道路声屏障方案降噪效果预测分析[C]//中国环境保护产业协会.第十七届全国噪声与振动控制学术会议暨中国环境保护产业协会噪声与振动控制专业委员会第六届委员大会论文集,2023:5.
- [2] 陈克安.有源噪声控制[M].北京:国防工业出版社,2014.
- [3] 李志强.高速铁路主动降噪声屏障次级声源位置研究[J].铁路节能环保与安全卫生,2019,9(2):5-11.
- [4] 陶建成,王淑萍,薛金佩,等.虚拟声屏障在电力变压器降噪中的应用[C]//中国声学学会.2016年全国声学学术会议论文集,2016:4.
- [5] 陆昕,周雄.桂林市叠彩区110kV变电站虚拟声屏障有源降噪实验[J].中国电机(技术版),2015(10):86-90.
- [6] 叶婷.虚拟声屏障在电力变压器低频降噪中的应用研究[D].华南理工大学,2015.
- [7] Nelson P A, Elliott S J. Active control of sound[M], Elsevier Limited, 1991.
- [8] Tao J C, Wang S P, Qiu X J, Pan J. Performance of an independent planar virtual sound barrier at the opening of a rectangular enclosure. Applied Acoustics,2016,105:215-223.

Analysis of the Error of Construction Engineering Detection and Its Control Measures

Chenlu Li

Wuhan Huazhong University of Science and Technology Testing Technology Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430200, China

Abstract

Effective construction inspection plays an important role in ensuring the quality and safety of construction projects. However, under the adverse effects of various factors, result errors are prone to occur in construction project inspections. An analysis was conducted on the causes of errors in construction project inspection results, mainly including systematic errors, human errors, random errors, etc. The reasons for the errors were also analyzed, such as lack of precision in equipment, lack of standardization in operation, insufficient professional skills of personnel, and unforeseeable environmental factors. Corresponding error control measures were proposed for various reasons to promote the improvement of the accuracy of construction project inspection and provide important guarantees for the quality and safety of engineering construction.

Keywords

construction engineering detection; cause of result error; control measures

建筑工程检测的结果误差成因分析及其控制措施

李晨璐

武汉华中科大检测科技有限公司, 中国·湖北 武汉 430200

摘要

在建筑工程施工工程当中, 通过开展有效的建筑工程检测, 对于保障工程建设质量与安全性有着重要的作用。然而, 在多种因素的不利影响之下, 建筑工程检测中极容易出现结果误差。针对建筑工程检测结果误差的成因进行分析, 主要包括系统误差、人为误差、随机性误差等, 并分析了误差产生的原因, 如设备缺乏精度、操作缺乏规范性、人员专业技能水平不足以及不可预见的环境因素等影响, 针对各种原因提出了相应的误差控制措施, 从而促进建筑工程检测准确性的提高, 为工程建设的质量与安全提供重要保障。

关键词

建筑工程检测; 结果误差成因; 控制措施

1 引言

在建筑工程施工中, 强化建筑工程检测, 不仅关乎工程建设的质量与安全, 同时关乎人民群众的生命财产安全。然而, 在多种因素的不利影响下, 实际检测的结果通常会存在一定的误差, 既给工程质量的准确评估带来不利影响, 还会影响后续施工的安全性和使用。因此, 对检测结果误差成因进行深入的分析, 并采取行之有效的控制措施, 对于提升检测的结果的可靠性与准确性有着重要的意义。

2 建筑工程检测结果误差的常见类型

2.1 系统性误差

在试验条件相对来说固定的情况之下, 对某个特定物

理量开展测量时所产生的误差可以称之为系统性误差。系统性误差的值相对来说比较固定, 检测结果呈现出规律性, 通过提高原材料的质量, 可以有效地减少系统性误差。在开展某项检测实验过程当中, 由于试验人员操作不当, 极易产生系统性误差^[1]。

2.2 人为误差

人为性误差也可以将其称之为操作失误误差, 这主要是由试验人员在操作过程当中所出现的错误而导致的。这种误差主要由主观性因素引发, 在消除人为误差过程当中, 关键在于提高操作人员的责任感, 规范操作的各项流程, 或者是加强对检测软件和硬件设施的升级。

2.3 随机性误差

随机性误差又可以将其称之为非确定性误差或者是偶然误差, 这种误差主要是由各类不可预见和不可控因素所造成的, 由于无法准确预测和量化各种不可抗力因素, 很大程度上无法避免随机性误差的产生。随机性误差的特点主要包

【作者简介】李晨璐(1992-), 女, 中国湖北武汉人, 本科, 工程师, 从事建筑工程研究。

括以下几点：第一，随机性误差本身具有对称性，也就是说在开展多次实验过程当中，误差极有可能在各个方向上出现。第二，随机性误差的数值不大，通常来说比较小。第三，为了降低随机性误差对检测结果的负面影响，需要开展多次的试验，并取其平均值。

3 建筑工程检测的结果误差成因

3.1 设备因素

在开展建筑工程检测过程当中，设备因素是造成结果误差的主要原因之一，无论是设备的精度、稳定性，还是检测设备是否经过定期校准，均会对检测结果最终的准确性产生重要影响。在实际开展建筑工程检测过程当中，一旦设备存在制造缺陷或者是出现老化、磨损等方面问题，将会给测量数据的准确性带来不利影响。除此之外，不同厂商所生产的设备的加工环境有所不同，造成虽然采用同一款设备也难以保障测量数据的统一性。因此，在实际开展建筑工程检测工作当中，关键点在于选择具有良好的稳定性和精度高的检测设备，并定期地开展设备的校准与维护工作，从而为检测结果的精确度和准确性提供重要保障^[2]。

3.2 人为因素的影响

建筑工程检测的准确性还会受到人为因素的影响，具体可以从以下几个方面分析：第一，检测人员的专业水平较低，在实际开展检测工作中，未能够严格地按照规范流程进行操作，或所采用的检测设备不正确，由此产生了检测误差；第二，检测人员存在主观臆断的行为，将部分数据武断地认为是错误数据而剔除，由此产生了误差。第三，检测人员本身的专业水平较高，但是由于缺乏良好的责任意识，严重忽略了检测的细节而产生了检测结果误差。

3.3 环境因素

在建筑工程检测工作当中，环境因素是影响检测结果准确性的重要原因。在建筑工程检测过程当中，各种自然环境因素如温度、湿度、气压等均会影响检测的最终结果。比如，在环境温度偏高或者偏低的情况之下，很大程度上会对材料的性能产生不利影响，由此无法保障检测结果的准确性。此外，在其他方面的环境因素的影响之下，诸如大气辐射或者是建筑遮挡视线等问题，同时也会很大程度上影响检测的最终结果。因此，为了保障建筑工程检测结果的准确性，工作人员必须对环境因素加以充分的考虑，并在此基础上采取有效措施，以实现对环境因素的调整与控制，以免检测结果受到不利影响。

3.4 样品因素

在建筑工程检测过程当中，样品的处理和选用是影响检测最终结果的主要因素之一，具体表现为以下几点内容：第一，样品出现污染、损坏以及变形等多种问题，很容易给检测数据造成影响。第二，在开展检测工作中，工作人员所选用的样品缺乏代表性，或者是样品数量不够，也会影响检

测结果的准确性。针对这些情况，在开展检测工作中，工作人员应当采取有效的措施，并根据规定和要求，科学合理地处理与选取样品，保证样品具有代表性和真实性。与此同时，针对所选用的样品，应当对其进行有效的保存与管理，以免样品在保存中发生损坏与变质等情况^[3]。

3.5 测量方法因素

测量方式是影响建筑工程检测结果的重要原因，工作人员在建筑工程检测过程当中，应当根据相关的要求，并且结合工程检测的实际情况，选用合适的测量方式。如若检测方式不符合建筑工程检测的要求，也就无法保证检测结果的准确性。比如，在检测混凝土强度过程当中，工作人员应当根据检测的要求选择合适的检测方式，并按照规定进行规范化的操作，否则将会影响检测结果的准确性。为了破解这些问题，工作人员在开展实际检测工作当中，必须结合具体情况选择恰当的检测方式，并严格地按照规范流程进行各项操作。与此同时，工作人员必须定期地评估与改进测量方式，全面保障工程检测的准确性和精度。

4 建筑工程检测的结果误差控制措施

4.1 强化设备管理与维护

在开展建筑工程检测过程当中，为了实现对结果误差的有效控制，施工单位的首要任务是加强对设备的管理与维护，以此保证检测设备的精度与稳定性，从而为检测结果的准确性提供重要保障。具体而言，可以从以下几个方面入手：第一，施工单位应当制定科学合理的设备校准和维护计划，定期由专业工作人员对各项设备展开全面的专业校准，确保能够及时地发现设备中存在的各种故障，并采取有效的排除措施，确保设备能够始终处于良好的运行状态。第二，施工单位应当建立健全设备管理制度，做好设备使用的登记工作，并制定设备的日常保养指南，明确设备的维修流程以及制定设备报废标准等。通过多项措施的使用，确保每台设备能够得到有效的维护与使用。第三，针对各类关键的和高精度的设备，必须由专人实行管理，明确工作人员的责任归属，实现对设备的严格的管理与监控，确保能够为设备的安全性和可靠性提供重要保障。

4.2 提升检测人员技能与素质

在开展建筑工程检测工作过程当中，检测人员作为工作的实施主体，其专业水平和综合素质的高低将会对结果的准确性和精度产生重要影响。因此，施工单位应当强化对检测人员的教育与培训，从而建设一支高素质的检测人员队伍。具体而言可以从以下几个方面入手：第一，针对检测人员而言，应当对其定期地开展专业化与系统化的教育与培训活动，不断地提高检测人员的专业技能水平和整体素质。在开展培训活动过程当中，除了要向检测人员传授检测理论知识、操作技能等方面的知识，更要向其传授各种高级技能，包括数据处理能力和误差分析方式。第二，施工单位应当构

建起完善的考核机制和奖惩制度，对检测人员的业绩和技能展开定期的考核与评估，并对工作中表现优秀的检测人员，提供物质上和精神上的奖励，从而调动检测人员工作的热情和积极性，激励工作人员不断地学习与进步。第三，施工单位可以组织检测人员积极地参加技术研讨和学术交流等多种形式的活动，这样不仅可以帮助拓宽检测人员的知识视野，同时强化检测人员对行业发展最新动态的了解，促进检测人员专业水平和技能的全面提高，使其能够更好地满足新时期建筑工程检测工作的需要。

4.3 优化检测环境与条件

在建筑工程检测过程当中，检测结果还会受到检测环境和条件的重要影响。为了全面保障检测结果的准确性和精度，关键一检在于实现对检测环境和条件的优化，以免检测结果受到外界干扰因素的影响。具体而言，可以从以下几个方面入手：第一，施工单位应当对检测室的各项参数进行严格控制，包括温度、湿度和气压等，确保各项参数能够在合理范围内波动，以免检测结果受到外界环境因素的不利影响。第二，在开展检测工作之前，应当制定合适的检测时间与地点，避免在恶劣的天气状况下进行检测工作，同时避免各种不利因素如建筑遮挡等对检测产生干扰。第三，针对高精度测量的项目，有必要采取相关的隔离和隔音措施，从而为监测工作创造出稳定性和准确性高的测量环境。第四，施工单位应当建立健全环境监控体系，对环境的变化情况展开实时的监测和记录，确保能够及时地采取有效应对措施。

4.4 严格样品管理与质量控制

在开展建筑工程检测过程当中，检测的最终结果准确性会受到样品质量的重要影响，对样品进行严格的管理和质量控制是必不可少的环节。具体而言，可以从以下几个方面入手：第一，对于样品的采集环节而言，工作人员应当根据检测的要求选择具有代表性和真实性的各项样品。第二，对于样品的保存和运输环节而言，工作人员应当通过相关措施的应用，避免样品出现损坏、变形、污染等问题，保障样品的质量不受到影响。第三，施工单位要构建起样品管理制度和质量控制体系，通过现代化技术的应用，展开对样品采集环节、处理环节、保存环节和检测环节的全过程监控。第四，工作人员应当定期地展开对样品的复检和对比分析，从而为样品的稳定性和质量提供重要保障。第五，针对各类易挥发、易氧化以及对环境因素敏感的各种特殊性质的样品，

施工单位应当对其采取特殊化的保存方式，通过惰性气体保护、避光保护以及低温冷藏等方式，确保样品在保存期间性质不会发生变化。第六，工作人员必须对样品进行及时的检测，以免样品长期存放而出现成分损失和性质改变等问题。同时，在构建样品管理体系过程当中，要制定完善的样品追溯机制，确保能够对每个样品采集至检测完毕的各个步骤进行有效追溯，以便在发现问题时能够快速定位原因。通过多项措施的应用，为样品的质量提供重要保障，从而为促进工程检测结果准确性和可靠性的提升奠定重要基础。

4.5 引入先进检测技术与方法

在科学技术发展水平不断提高的形势之下，市场上不断地涌现出了各种现代化的检测新技术和新方法。在开展建筑工程检测过程当中，为了能够实现对检测结果误差的严格控制，有必要加强对现代化检测技术与方法的引入。比如，在开展实际检测工作中，通过现代化高精度测量仪器和先进的传感器的有效应用，可以显著地提升测量的效率和精度。除此之外，通过大数据技术和人工智能技术的充分利用，可以展开对建筑工程检测过程的实时分析和准确预测，尽可能地将人为误差和不确定因素对工程检测的负面影响降至最低。总之，在工程检测过程当中，通过各种新技术、新方法的有效利用，既可以促进检测效率和精度的大幅度提升，还能够实现将检测成本和时间成本降至最低的目标。

5 结语

在开展建筑工程施工的过程当中，强化建筑工程检测是至关重要的环节，其检测结果的准确性不仅对工程建设质量与安全性有着重要影响，同时对建筑的使用寿命和稳定性有着重要的影响。然而，在多种复杂化因素的影响之下，建筑工程检测结果往往会存在结果误差，通过对各种误差形成的原因进行分析，相应的采取有效的控制措施，能够为检测结果的准确性和可靠性提供重要保障，从而提升建筑工程建设的质量与安全，推进整个建筑行业的健康长远发展。

参考文献

- [1] 周鑫.建筑工程检测结果的误差成因及对策分析[J].中华建设,2024(5):25-27.
- [2] 刘秀红.建筑工程检测结果的误差成因及控制措施[J].工程技术研究,2023,8(14):122-124.
- [3] 杨潇.建筑工程检测结果出现误差的原因及其控制措施[J].房地产世界,2022(17):101-103.

Analysis of the Reasons of the Deviation of Drug Test Results and the Countermeasures of Quality Control

Chenghui Zhou Yan Zhang

Institute for Drug Control in Aksu Region, Xinjiang Uygur Autonomous Region, Aksu, Xinjiang, 843000, China

Abstract

With the rapid development of pharmaceutical industry, pharmaceutical enterprises are facing more and higher pressure and must ensure the safety and effectiveness of drugs. The quality of drugs is directly related to their efficacy and the life and health of patients. In the production and circulation of drugs, quality detection and monitoring are very important. However, in the actual drug testing work, we often find the deviation of the test results. This not only brings trouble to the operation of pharmaceutical companies, but also may lead to negative health consequences or public opinion effects. Therefore, we need to analyze the causes of the test results and further discuss how this can be improved by effective quality management programs.

Keywords

drug test; result deviation; reason; quality control; countermeasure analysis

药品检验结果偏离的原因以及质量控制的对策分析

周成惠 张燕

新疆维吾尔自治区阿克苏地区药品检验所, 中国·新疆阿克苏 843000

摘要

随着医药工业的迅速发展, 制药企业正面临越来越高的压力, 必须确保药物的安全性和有效性。药品的质量直接关系到其疗效和患者的生命健康, 在药物的生产和流通各个环节中, 质量检测和监控显得至关重要。然而, 在实际的药品检测工作中, 我们经常会发现检验结果出现偏离的现象。这不仅给药企的运营带来困扰, 也可能导致负面的健康后果或公众舆论效应。因此, 我们需要着手分析检验结果偏离的原因, 并进一步讨论如何通过有效的质量管理方案来改善这种情况。

关键词

药品检验; 结果偏离; 原因; 质量控制; 对策分析

1 引言

药品检验是确保药品质量和安全性的关键环节, 对于保障公众健康具有重要意义。然而, 在实际检验过程中, 由于各种原因, 药品检验结果可能会出现偏离。本文将对药品检验结果偏离的原因进行分析, 并提出相应的质量控制对策。

2 药品检验结果偏离的原因

2.1 样品问题

样品的真实性与代表性是药品检验的重要基石, 直接影响最终结果的精确性。在药物分析的过程中, 若样品存在缺陷, 则可能导致检验结论失真。常见的样品问题主要有样品污染、样品失效及样品存储不当等。样品污染主要来自外部环境各类杂质, 或者是在采集和存储过程中产生的交叉

污染。这类污染物可能显著干扰药物成分的定性定量分析, 从而产生误导性的测试结果。样品如果受到环境中的灰尘、油脂或微生物污染, 则可能会引起药效评价失准。样品失效是指因保存不善或化学变质, 使得样品原有的物理或化学特性发生改变的现象。对于一些具有特定有效期和储存条件要求的样品来说, 其效力可能会随时间迅速衰减。样品一旦失去效能, 就失去了其作为测试标本的意义。因此, 确保样品的时效性和活性显得尤为关键, 这通常需要严格的温控管理和避光等措施加以维护。另外, 不当存储方法导致样品特性被破坏甚至变质^[1]。

综上所述, 为确保检测工作的科学严谨, 应严格按照规定对样品进行采集和管理, 确保其真实性和代表性。唯有如此才能提供可靠且精确的实验依据, 进而提升整体药品质量管理标准, 并为后续临床应用或研究提供强有力支持。这一过程的每个步骤都至关重要, 不容小觑, 必须严格遵守专业规范, 以避免样品相关问题对药品检测工作产生不必要的负面影响。

【作者简介】周成惠(1986-), 女, 中国四川人, 硕士, 高级实验师, 从事药品检验及质量控制研究。

2.2 检验设备和方法问题

检验设备和方法是药品检验过程中不可或缺的环节，它们的质量直接关系到最终的检验结果与药品安全性。设备的故障，校准的不精确，乃至方法选择上的偏差，任何一处疏忽都有可能致使检测结论偏离实际情况。因此，确保检验设备的准确性和有效性，选择最恰当的检验方法，对于保证药品安全性和可靠性至关重要。检验过程的每一个步骤均需细致考量，包括但不限于设备的采购、使用及维护，检测人员的资质与专业技能，检验环境条件以及检验数据处理方式等等。先进的设备是实现高精度检测的前提条件，但设备若未能及时校准或日常维护不当，则无法达到理想的效果，反而可能导致误差积累。为了保证检验结果的有效性，应按照规定流程对仪器设备实施周期性的校验，并定期检查维护以减少误差的发生。与此同时，选取科学严谨、适用性强且符合国家或国际标准的操作方法，同样重要。药品的种类繁多，各种药品在化学性质、生物作用、毒副反应等方面各有差异，因而需要采取不同检测手段和步骤进行综合判断。例如某些特定类型的抗生素需要通过高效液相色谱法进行分析，而另一些药物则可能需要用到质谱仪进行成分检定。不同的药品具有不同的特性和要求，需要选用相应的标准或指南作为检测方法的参考，才能确保结果的准确度和可信度^[1]。

2.3 人员因素

在药品检验的过程中，人员扮演着至关重要的角色。这一角色不仅仅在于实施具体的检测步骤，更关键的是涉及各个环节中的操作者。操作者的能力水平、操作规范性以及对细节的关注度，都是决定药品质量检验效果的重要因素。高水平的操作技能，能帮助技术人员更准确地掌握各种复杂分析方法，从根源上确保检验数据的真实与可靠。与此同时，规范性的操作程序同样必不可少。每一位检验人员都必须严格遵守相应的操作规程和实验标准，从样品的采集到试剂的配制、仪器设备使用再到检验报告撰写，每一步都需要做到精准无误。这些步骤上的小差异都可能导致最后的检验结果失之毫厘谬以千里，因而严格的执行标准成为确保结果准确的前提条件。此外，操作人员的工作态度同样不容忽视。对待工作的积极主动以及高度的责任心不仅能够显著提高工作效率和工作质量，更能在遇到问题时迅速有效地采取补救措施。面对药品安全的重大挑战时，每一位参与检验的工作人员都须具备专业的精神，这关系到最终产品是否符合各项法规及健康要求。

2.4 环境因素

药品检验是一个严格且高度依赖环境控制的过程，因为微小的变化就能导致显著的影响。理想的检验环境应是温湿度可控的实验室，通常需要设定在室温 20℃~25℃，并保持 45%~65% 的相对湿度范围，这样可有效确保药品质量不受外界因素干扰。除此之外，大气压力也是需要考虑的因素之一，标准的大气压能够保障实验过程中空气中的尘埃颗

粒数保持稳定，从而避免杂质混入样本，导致检验数据失真。为了精确记录并监控上述各项参数的动态变化，实验室必须配备相应的检测仪器，包括温度、湿度以及气压测量装置，并设置有效的校正及校验机制以保证这些设备长期稳定可靠地运行。环境条件的细微变化可能引起某些药品成分的降解或变质，尤其是在那些对于储存条件有明确规定的特殊药品中，比如抗生素、胰岛素和多种生物制品等。一旦环境参数超出允许范围，药品的有效性和安全性将受到不可预测的影响，最终使得实验结果产生偏差甚至失效。因此，对检验条件实施有效的监控与调整不仅必要而且极其重要，能够最大程度减少误差，从而提供准确可靠的数据支撑药物研究开发以及质量控制工作的高效推进。为了应对环境波动带来的潜在风险，研究人员还需不断学习最新的管理方法和技术规范，以便随时调整策略应对挑战，从而确保每一步操作都在最佳条件下完成^[1]。

3 质量控制对策分析

3.1 加强样品管理

药品检验作为制药领域中的关键步骤，直接决定了药品的安全性和有效性。为了确保检测的准确性和可重复性，严格的环境控制是必不可少的环节。例如，在进行药品质量检验时，理想的实验室内环境应该保持在规定的恒温范围内，因为温度波动可能会对化学物质的稳定性和物理特性产生显著影响，进而干扰实验结果。同时，湿度也是一大需要考虑的因素。湿度过高会增加样本污染风险，而过低则可能引起物料中某些成分蒸发或者脱水变性。这两种情况都会干扰药品分析数据的真实准确性。此外，尽管人们日常关注较少，气压的影响也不容忽视。不同的气压水平会间接引起空气密度的变化，从而改变光谱测试结果或气体浓度测量值。除上述指标之外，保持实验室通风系统的良好运转也是维持室内微环境稳定的关键环节之一，它可以有效地降低环境中尘埃和其他微粒污染物带来的干扰作用。此外，还需要控制室内照度，并选择对药物检测没有光敏效应的灯具。避免光对敏感药品的损害，并保持光源稳定，不闪烁，避免引入额外变量影响测量精度。为了避免外部因素对室内环境造成冲击，比如温度的剧烈变化或突然降雨引起室内相对湿度上升等问题，通常还会使用各种自动化系统进行连续监测，并自动调节至预设最佳数值范围内，确保环境始终保持在适宜状态。这样的控制机制能够为药品的质量检验创造最优条件，保证最终结果的精确和可靠，促进药品行业的健康发展与安全用药需求得到充分满足。

3.2 提升检验设备和方法的可靠性

检验设备和方法是保证药品检验结果可靠性与准确性的核心基础。因此，确保这些工具处于最佳性能状态至关重要。为此，必须严格执行定期的维护和校准计划，通过专业的技术手段检测仪器偏差并及时纠正。这包括但不限于清洁

部件、调整参数、替换耗材等操作。定期的技术评估有助于发现潜在问题并进行针对性维修,从而延长仪器寿命、提升检测效果并降低误差率。与此同时,选用适合实际需求的检测方法同样重要。在实际工作中,检验项目的复杂性差异很大,适用范围各有特点,如液相色谱技术擅长分离检测低沸点易挥发组分;而紫外分光光度法则能提供快速直观的结果输出。每种方法都有自己的优势及应用边界,需要结合具体药品性质、生产批次及检验目标等方面进行仔细考量。此外,在选择检验方法时还需兼顾效率性和经济性的原则,选择成本可控又能保障检验精确性的检测方式;对于涉及复杂分子结构或存在特殊性质药品的分析,甚至需考虑多方法联用,综合利用各自长处实现全面评估。只有确保采用科学合理的检验程序,并配以精准无误的仪器使用,才有可能生成客观可靠的数据支持,并推动整体检测水平迈上新台阶。这样不仅提高了制药工艺的整体质量和信任度,还促进了科研与产业的发展同步,为市场提供更高品质产品做出贡献。

3.3 加强人员培训和管理

人员的专业技能和严谨操作直接决定了最终检验数据的质量。为确保检测结果的准确性与一致性,必须高度重视人员技能培训与规范管理工作,这是提升团队素质的核心要素。在专业技能培训方面,不仅涵盖理论知识传授,还包含实际操作演练和常见问题处理训练,以此确保每一位实验员都具备足够的专业知识储备与应对能力。此外,实验室还需制定和完善一系列标准化的操作规程和管理制度,要求全体人员严格遵守,确保从取样准备到结果分析各环节的操作都遵循严格的科学规范。例如,样品接收应有记录追踪体系,实验过程应详细登记并保留原始数据资料;再如定期召开业务交流会、经验分享例会来增强团队成员之间的互动沟通以及知识分享,从而共同促进整体技术水准提升。另外,强化个人的责任感也是提高效率 and 避免差错的重要途径。每位技术人员都要认识到自身工作的重要性 and 影响力,积极主动地承担工作任务。管理者需要采取有效激励措施,鼓励员工追求卓越,保持严谨认真的工作态度。建立考核评价机制,并与职业晋升挂钩,形成正向循环。这样一来不仅能激发职工积极性,还可以显著减少因人为因素带来的检测结果偏差现象,确保各项工作的顺利完成。

综上所述,加强人员技能培训与日常规范管理既是提升检测质量的关键举措之一,也是企业长期发展的根本保

障。这不仅关乎具体操作执行层面的问题解决,更涉及文化塑造和技术培养的长远战略考量。通过全面提升技术水平与责任心素养,可使实验室工作步入更系统化、精细化的发展道路,助力行业健康发展。

3.4 改善和优化检验环境

为减小环境条件对检验结果的影响,需要综合运用多方面措施改善和优化检验环境,从而确保其符合检测标准。首先,应该详细评估和记录检验现场的各项环境指标,包括温度、湿度、光照和噪声水平,这能为后续监测提供准确的基准。其次,建立科学严格的环境条件管理体系,通过定期检查与不定期抽测相结合的方式,确保各项指标处于最佳状态。这有助于在长时间跨度和不同批次的检测中,始终保证检验环境的高度稳定与可控。除此之外,还应积极引入先进的检测设备和技术,如智能温湿度监控系统和自动噪音控制设施。这类技术可以有效减轻人员因素造成的干扰,提高工作效率并降低人为误差的可能性,确保每项检测都基于一致的基础进行,进一步提升数据的准确性与可比性。再者,加强专业培训,增强工作人员的环境保护意识与技术水平,使之具备判断和处理各类突发事件的能力,以维持实验室内的最优工作条件。最后,制定应对突发状况的应急预案,并组织必要的演练,保障在发生不利事件的情况下仍能迅速有效地调整或恢复工作,避免因意外因素引发环境变动导致的结果失真。

4 结语

药品检验结果偏离的原因多种多样,包括样品问题、检验设备和方法问题、人员因素和环境因素等。为确保药品检验结果的准确性,应加强对样品的管理,提升检验设备和方法的可靠性,加强人员培训和管理,改善和优化检验环境。只有这样,才能确保药品检验质量,保障公众健康。

参考文献

- [1] 孙晓琳.药品检验结果偏离原因及质量控制分析[J].大众标准化,2022(12):184-186.
- [2] 方蓉蓉,陈立萍,王美英,等.药品检验中结果偏离的原因与质量控制分析[J].人人健康,2020(10):288-289.
- [3] 赵晓荣,刘一杰.药品检验中结果偏离的原因与质量控制要点分析[J].临床医药文献电子杂志,2019,6(92):182.

Analysis and Design of the Digital Video Processing Platform for TV Broadcasting

Wulan Hailati

Xinjiang Radio and Television Station, Urumqi, Xinjiang, 830001, China

Abstract

In order to meet the needs of modern television broadcasting, this paper designs an innovative television broadcasting platform through in-depth analysis of existing digital video processing technologies. Starting from user needs, define the performance indicators of the system, and propose a new system architecture design scheme based on this, in order to significantly improve the quality and efficiency of television broadcasting, while reducing operating costs and enhancing user experience.

Keywords

TV broadcast; digital video processing; platform design

电视转播的数字视频处理平台的分析与设计

吾兰·海拉提

新疆广播电视台, 中国·新疆 乌鲁木齐 830001

摘要

为满足现代电视转播的需求, 论文通过对现有数字视频处理技术的深入分析设计了一种创新的电视转播平台。从用户需求出发, 定义系统的性能指标, 并在此基础上提出一种新型的系统架构设计方案, 以期显著提升电视转播的质量和效率, 同时降低运营成本, 增强用户体验。

关键词

电视转播; 数字视频处理; 平台设计

1 引言

随着信息技术的迅猛发展, 电视转播行业正经历着前所未有的变革, 从传统的模拟信号传输到现在的数字视频处理, 技术的进步不仅提高了电视节目的质量和传输效率, 还为观众带来了更加丰富和多元化的观看体验。然而, 当前数字化转型的大背景下电视转播面临着新的机遇和挑战。一方面, 高清、超高清视频的普及对视频处理技术提出了更高的要求; 另一方面, 互联网和移动通信技术的发展使得电视转播不再局限于传统的广播模式, 而是向多平台、多终端的方向发展。由此观之, 如何利用先进的数字视频处理技术设计出高效、灵活的电视转播平台, 成为当前研究的重要课题。

2 数字视频处理技术概述

2.1 数字视频处理

数字视频处理主要包括视频压缩、编码和解码等关键技术。视频压缩的目的是减少数据冗余, 使视频文件体积

大幅减小, 从而便于存储和传输。常见的视频压缩标准有 MPEG-2、H.264/AVC 和 H.265/HEVC, 相比 H.264/AVC, H.265/HEVC 在相同视频质量下可节省约 50% 的带宽。编码技术将原始视频数据转换成适合传输和存储的格式, 常用的编码器包括 x264、x265 等。解码技术则是将编码后的视频数据还原成可播放的格式, 解码器通常集成在播放器或接收设备中^[1]。

2.2 技术发展趋势

目前, 数字视频处理技术正朝着更高分辨率、更低延迟和更智能化的方向发展, 4K 和 8K 超高清视频逐渐成为主流。8K 视频的分辨率高达 7680 × 4320 像素, 数据量巨大, 因而需要高效的压缩和传输技术才能实现实时播放。AI 辅助视频处理技术的应用日益广泛, 深度学习算法可以在视频编码过程中自动识别和优化关键帧, 提高压缩效率, 例如, Google 的 DeepMind 团队开发了一种基于神经网络的视频压缩算法, 能够在保持高质量的同时显著降低数据量。这些技术的发展为电视转播提供了更多可能性, 使得高清、低延迟的视频传输成为现实。

【作者简介】吾兰·海拉提 (1989-), 男, 哈萨克族, 中国新疆人, 本科, 工程师, 从事电视技术研究。

3 电视转播需求分析

3.1 用户需求调研

为了深入了解观众对电视转播服务的需求特点，本研究进行了广泛的市场研究，结果显示，观众对电视转播服务的关注点主要集中在画质、互动性和个性化体验三个方面。

画质要求是观众最为关注的因素之一，随着 4K 和 8K 超高清视频的普及，观众对画面清晰度和色彩还原度提出了更高的要求，对于体育赛事和自然纪录片等类型的节目，观众希望看到更加细腻的画面细节和真实的色彩表现。低延迟也是影响观看体验的重要因素，在直播节目中观众希望能够真正实现实时观看，避免因延迟导致的信息滞后。观众的互动性需求日益增强，现代观众不再满足于被动接受信息，他们希望参与到节目中来进而享受更加丰富的互动体验，比如通过社交媒体平台发表评论、参与投票和抽奖活动等，这种互动既增加了观众的参与感又提升了节目的吸引力和收视率。个性化体验成为观众的新需求，不同年龄段和兴趣爱好的观众对内容的需求存在差异，年轻观众可能更喜欢娱乐和科技类节目而中老年观众则可能更关注新闻和健康类节目，因此电视转播平台需要提供个性化的推荐服务，通过用户行为分析和偏好设置为每位观众推荐符合其兴趣的内容。

3.2 性能指标

基于用户需求和业务流程的分析，我们定义了数字视频处理平台的若干关键性能指标以确保系统的高效运行和优质服务。

①画质指标。系统应支持 4K 甚至 8K 超高清视频的传输和播放，确保画面清晰度和色彩还原度，视频分辨率应不低于 3840×2160 像素，帧率不低于 60fps，色彩深度不低于 10 位。系统应具备低延迟特性以保证直播节目中的实时互动需求。

②稳定性指标。系统应具备高可用性和容错能力，确保长时间稳定运行。系统应支持多路并发传输且最大并发数不少于 1000 路，同时系统应具备自动故障检测和恢复功能，在出现异常时能够迅速恢复正常运行，若直播过程中某一节点出现故障，系统应自动切换到备用节点。

③互动性指标。对于一些直播类节目，系统应提供丰富的互动功能，支持观众通过多种途径参与节目。系统应支持实时评论、投票和抽奖等功能，观众可以通过社交媒体平台或专门的应用程序参与互动，在此基础上还需具备数据收集和分析能力，通过记录用户的互动行为来优化互动体验。

④个性化指标。系统应提供个性化的推荐服务，根据用户的观看历史和偏好推荐符合其兴趣的内容。具体而言，系统应具备用户行为分析功能，通过机器学习算法识别用户的兴趣点和观看习惯，比如根据用户观看的节目类型和时间推送相似或相关的节目，提升用户的观看体验。

4 数字视频处理平台的创新设计思路

4.1 总体架构设计

为实现从内容采集到最终播放的全流程管理，数字视频处理平台由多个模块组成，包括内容管理、直播流控制、用户界面设计、数据分析与优化、安全性和可靠性设计等，这些模块通过高效的数据流设计和先进的技术选型提供高质量的电视转播服务。内容管理模块负责视频内容的采集、编辑和审核。直播流控制模块负责视频流的传输、码率调整和多终端适配。用户界面设计模块负责前端用户界面和后台管理系统的开发，提供直观易用的交互体验。数据分析与优化模块负责用户行为分析和系统性能监控，优化推荐算法和服务质量^[2]。安全性和可靠性设计模块负责数据加密、冗余备份、访问控制和灾难恢复。

数据流设计是确保系统高效运行的关键，从内容采集开始，视频数据经过编辑和审核后通过流媒体服务器传输到各个终端设备。其一，通过摄像机、网络流等多种输入源采集原始视频数据，随后使用专业的视频编辑工具对原始素材进行剪辑、调色和特效添加，同时利用自动化审核机制来保证内容的合规性和安全性。其二，将编辑完成的内容通过流媒体服务器传输到终端设备，终端设备则接收视频流并进行解码和播放。

4.2 关键技术选型

视频编解码技术是数字视频处理的核心。本设计选择 H.265/HEVC 作为主要的视频编解码标准，该标准特别适用于 4K 和 8K 超高清视频的传输，H.265/HEVC 还支持更高的分辨率和帧率，能够提供更加细腻的画面细节和真实的色彩表现。网络传输协议的选择对视频传输的效率和稳定性至关重要，这里采用 RTMP、HLS 和 DASH 等高效的网络传输协议。RTMP 协议适用于低延迟的实时直播场景，但对网络环境要求较高；HLS 协议支持自适应码率调整，可以根据网络状况动态调整视频码率；DASH 协议同样支持自适应码率调整并且兼容多种终端设备，可用于多平台、多终端的传输需求。存储技术的选择直接影响到系统的性能和可靠性，本设计采用分布式存储和云存储相结合的方式以确保数据的安全性和高可用性。分布式存储将数据分散存储在多个节点上，因而能够提高系统的容错能力和负载均衡能力，云存储提供了弹性扩展和高可用性的存储服务，可以根据实际需求动态调整存储容量。举例来讲，大型体育赛事的录像存储需要大量的存储空间，分布式存储和云存储的结合可以有效应对大规模数据存储的需求。

4.3 核心功能模块设计

内容管理模块负责视频内容的采集、编辑和审核。内容采集支持多种输入源，如摄像机、网络流等；内容编辑提供强大的视频编辑工具，支持剪辑、调色和特效添加等功能，帮助制作人员高效地制作高质量的视频内容；内容审核则通

过自动化审核机制确保内容的合规性和安全性。

直播流控制模块负责视频流的传输、码率调整和多终端适配。为了确保视频流的稳定性和低延迟，流媒体服务器采用高性能的服务器集群，支持多路并发传输。动态码率调整功能可以根据网络状况动态调整视频码率，让播放更加流畅。多终端适配功能支持多种终端设备（如PC、手机、智能电视等），提供一致的观看体验。

用户界面设计模块负责前端用户界面和后台管理系统的开发。前端界面设计注重用户体验，提供直观易用的操作界面并支持实时评论、投票和抽奖等交互功能。后台管理系统提供方便的内容管理和用户管理功能，帮助管理员高效地管理视频内容和用户信息，借助后台管理系统，管理员可以轻松发布新的视频内容，在管理用户权限的同时监控系统运行状态。

数据分析与优化模块负责用户行为分析和系统性能监控。用户行为分析通过收集和分析用户观看数据了解用户的观看习惯和偏好，提供个性化的观看体验。系统性能监控通过实时监控系统的运行状态及时发现并解决问题，全方位确保系统的稳定性和高效性。

4.4 安全性和可靠性设计

数据加密技术能够有效确保数据的传输安全，本设计结合AES（一种对称加密算法）和RSA（一种非对称加密算法）来保护传输数据的安全。ES主要用于数据的加密和解密，这种对称加密方法不仅速度快，而且能够高效处理大量数据，非常适合实时视频流的加密需求。RSA主要用于密钥的管理和交换，即使密钥在传输过程中被截获，攻击者也无法解密数据，因为没有私钥无法解密RSA加密的密钥。冗余备份机制是确保系统高可用性和容错能力的重要手段，主备切换和数据复制技术是常见冗余备份机制之一，能够确保系统的高可用性和数据的安全性。主备切换技术在主节点发生故障时自动切换到备用节点，数据复制技术能够在多个节点上复制数据，提高数据的可靠性和恢复能力^[1]。访问控制机制也是系统安全必不可少的手段，平台应实现细粒度的访问控制，确保只有授权用户可以访问特定内容。访问控制

机制具备用户身份验证和权限管理两大功能，每一位用户只能访问其权限范围内的内容，管理员可以设置不同用户的访问权限。灾难恢复计划是应对系统故障和突发事件的重要措施，平台需制定详细的灾难恢复计划，确保在发生故障时能够快速恢复服务。灾难恢复计划包括数据备份、故障检测和恢复流程等内容，在系统发生故障时，灾难恢复计划可以迅速恢复系统服务，最大限度减少损失和影响。

4.5 平台的优势

本文提出的设计方案具有多重优势。自适应码率调整技术的应用解决了网络环境变化带来的问题，视频播放的流畅性得到提升，通过动态调整视频码率，系统可以在不同网络条件下提供一致的观看体验。在性能优势方面，本设计能够实现低延迟和高稳定性。低延迟技术的应用使得直播节目中的实时互动成为可能，观众可以实时参与评论和投票等活动，高稳定性技术的应用可有效确保系统的长期稳定运行，避免因故障导致的服务中断。用户体验提升是本设计的重要目标之一。通过优化用户界面设计和提供丰富的交互功能，系统提升了用户的观看体验，借助个性化的推荐算法，系统可以根据用户的观看历史和偏好推荐符合其兴趣的内容，提高用户的满意度和观看时长。最后，多终端适配技术使得用户可在不同的设备上获得一致的观看体验，使用的便捷性和灵活性得到显著提升。

5 结语

本研究通过对数字视频处理技术的深入分析设计了一种创新的电视转播平台，该平台采用先进的视频编解码、网络传输和存储技术来实现从内容采集到最终播放的全流程管理。未来可以进一步优化视频处理算法，探索新的网络传输协议以及加强数据安全和隐私保护。

参考文献

- [1] 张威.电视转播的数字视频处理平台的分析与设计探讨[J].科技经济导刊,2020,724(26):29+62.
- [2] 郭员子.电视转播的数字视频处理平台的分析与设计[J].2015.
- [3] 王娜,蔡鸥,刘一清.一种多输入多输出的多格式数字视频处理实验平台:CN201911015295.9[P].CN110677609A[2024-11-16].

The Construction Technology of the Underground Civil Air Defense Structure

Xiaodi Liu

The Fourth Engineering Co., Ltd. of China Railway Ninth Bureau Group, Shenyang, Liaoning, 110000, China

Abstract

Combined with Dalian metro line 505 standard fish bay station-well station interval shield construction through both civil air defense engineering of reinforced concrete structure engineering practice, for rich water karst formation shield cutting reinforced concrete structure shield construction difficulties, considering the groundwater, both underground air defense structure, study the shield construction technology. The adaptability of shield tunneling to crossing complex karst formation and cutting reinforced concrete structures is analyzed.

Keywords

shield construction; karst formation; technical measures

富水岩溶地层盾构磨削既有地下人防结构施工技术

刘晓迪

中铁九局集团第四工程有限公司, 中国·辽宁 沈阳 110000

摘要

结合大连地铁5号线05标梭鱼湾站-甘井子站区间盾构施工穿越富水岩溶地层既有工程钢筋混凝土结构物的工程实践, 针对富水岩溶地层盾构切削钢筋混凝土结构物盾构施工难点, 考虑地下水、既有地下人防结构等因素影响, 对盾构施工工艺进行研究。分析盾构对穿越复杂岩溶地层和切削钢筋混凝土结构物的适应性。

关键词

盾构施工; 岩溶地层; 技术措施

1 引言

在城市地铁盾构隧道施工过程中, 难免会遇到盾构正穿既有地下构筑物情况, 而在正穿的同时盾构又需穿越复杂地层, 给地表沉降控制带来严峻挑战, 对施工技术水平提出了更高要求。陈庆章等^[1]介绍了广州地铁上软下硬地层中盾构下穿基础薄弱平房群的施工关键技术。郭森华^[2]等分析了并联式双模盾构并辅以浓泥浆取土等综合技术在富水岩溶地层应用技术。但对于土压平衡盾构既要穿越富水岩溶地层, 又要正穿地下人防结构的案例非常少, 相应的盾构施工技术措施还不够完善^[3]。如何采取何种恰当的盾构技术措施和安全保障措施并控制地表沉降, 都需进一步分析研究。

2 工程概况

大连地铁5号线05标段梭鱼湾站-甘井子站盾构区间右线以本区间小里程梭鱼湾站为起点, 左线以本区间小里程停车线明挖段为起点, 由南向北沿梭鱼湾商务区22号路敷

设, 跨过工兴路后, 下穿南甘线铁路线、老甘井子住宅区后, 到达甘井子站。区间右线全长1054.78m; 区间左线全长733.935m。覆土厚度9.4~18.1m, 线间距12.0~18.0m, 平面最小曲线半径330m。纵向坡度呈V字坡。盾构区间主要穿越素填土、中风化白云岩(属较硬-坚硬岩、饱和单轴抗压强度46.3MPa)。

3 工程难点

左线始发井口距离人防洞支线107.8m, 右线始发井口距离人防洞支线429.6m; 左线始发井口距离人防洞主线228m, 右线始发井口距离人防洞主线553.4m; 左线接收井口距离人防洞主线505.9m, 右线接收井口距离人防洞主线501.3m。其中主线与两条隧道均有交叉, 人防洞主线与左、右线交叉处: 人防底板埋深19m, 顶板埋深17m, 地铁隧道埋深18.39m, 人防洞侵入区间左、右线主体结构0.61m, 盾构机刀盘侵入人防洞0.4m地板, 0.73m空间。

下穿段隧道洞身为中风化白云岩, 岩体较破碎-较完整, 节理裂隙较发育, 溶蚀微发育本段地下水为第四系孔隙水和岩溶水, 第四系孔隙水赋存于素填土层中, 水量丰富, 岩溶水赋存于基岩节理、裂隙及溶隙中, 贯通性好, 水量中等~丰富。

【作者简介】刘晓迪(1984-), 男, 蒙古族, 中国辽宁朝阳人, 本科, 高级工程师, 从事地下工程研究。

4 施工工艺流程及盾构施工技术

4.1 施工工艺流程

预先采用 1 台潜孔钻（正远 500C）进行地面钻孔施工，首先施工梭鱼湾站~甘井子站区间右线与人防交叉位置，再施工左线。待混凝土达到强度后再进行盾构机施工。为避免盾构在下穿人防过程中停机维修或更换刀具，在盾构刀盘到人防前 450 环处对盾构机以及各项配套设备进行全面检修保养，检查更换刀具。盾构穿越段定为刀盘到达人防结构至盾尾通过人防结构。下穿过程中保证匀速连续通过，如图 1 所示。

4.2 穿越前人防内部处理

根据现场实际情况，人防内部有大量积水，在施工之前需要抽水处理，准备 4 台 22kW，120m³/h 的水泵进行抽水。

抽完水之后在人防施工位置进行淤泥清理。

人防内部存在两根大连石化管线，与隧道交叉的管线截断取出放置在不影响施工的位置，另一根管线开口作为汇水通道使用，供搅拌站后期使用，对影响范围内的管线进行切割处理。

4.3 模拟确定人防最佳加固范围

盾构机磨削人防隧道，需要对已有结构进行加固，如果对人防结构进行混凝土填充加固，将大大增加施工的成本费用。采用 Plaxis 3D 岩土有限元计算软件进行盾构工程磨削人防隧道的模拟施工（见图 2），通过地层建模、结构建模、参数输入、工序排序、划分网格、分析计算，得出人防隧道的影响范围，扩大 1.2 倍系数后确定人防加固范围为单条线 8.44m（见图 3）。

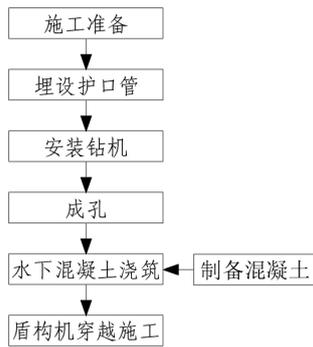


图 1 施工工艺流程图

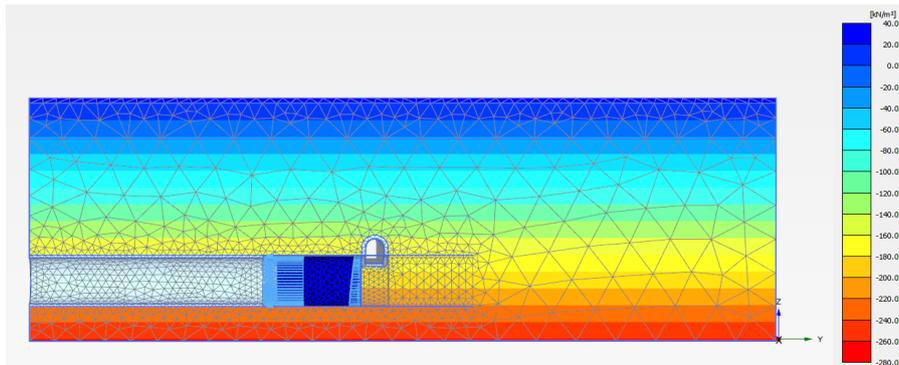


图 2 盾构磨削人防施工模拟图



图 3 盾构掘进在人防隧道影响范围图

4.4 盾构施工技术及措施

在下穿人防前，需要对盾构机进行关键部件和系统的检查维修^[4]。主要项目如下：

①开仓检查刀具的磨损情况，磨损严重的刀具应及时进行更换。同时彻底清理已经附着在刀盘、刀具上的渣土，避免其在下穿期间的较高土压推进模式下结成泥饼。

②检查盾尾密封。对经常漏浆的地方的盾尾刷进行更换，避免下穿期间漏浆，导致上层覆土沉降，发生透水事故。

③检查螺旋机密封。螺旋机闸门是易损件，经常出现关闭不严、无法闭合等情况发生，导致螺旋机闸门漏气、漏水、漏渣，土仓压力无法保证。所以在下穿前，对螺旋机闸门进行仔细检查，发现有磨损严重的，及时进行更换。

④保障渣土改良系统中6条管路的畅通^[5]。其中4条用来注入泡沫、空气及水混合物，进行渣土改良、润滑刀具，1条管路注入膨润土，1条管路视情况注入泡沫或膨润土，以改善渣土流塑性及降低土仓温度。螺旋机处的泡沫注入管路改装成加注高分子聚合物管路，螺旋机喷涌时，注入高分子聚合物，加强渣土流塑性。

⑤其他气压设备按照3bar压力进行保压试验，对气压设备的气密性进行全面检查。检查铰接密封、盾尾密封，保证各部位具有良好的密封性能。螺旋输送机闸门，从土仓到螺旋输送机出土口闸门检查与保养。

盾构机穿越人防期间的主要技术措施如下：

①适当增加掘进土仓压力（考虑目前水面高度距离人防底12m土仓压力设定为理论值的1.2~1.4），并在掘进中不断调整优化^[6]。

②掘进时应采取碴土改良措施增加碴土的流动性和止水性，密切观察螺旋输送机的土塞和出土情况以调整添加剂的掺量。

③推进速度控制在5~10mm/min，并根据监测结果和排土情况调整。螺旋机转速跟推进速度相匹配。

④施工中严抓渣土管理，管片每环出土量控制在49m³左右，重量在98t左右。及时分析填挖数据，将地层损失率严格控制在3%以内。盾构轴线控制偏离设计轴线不大于±20mm，严禁在穿越时超量纠偏、蛇形摆动。

⑤增加盾尾密封油脂的注入量，适当提高同步注浆压

力和注浆量。

⑥通过控制螺旋输送机出土速度和出土口的开口度，在出土口形成土塞，起到良好的密封、保压以及防喷的作用。停止推进时关闭闸门，紧急情况下，应立即关闭螺旋输送机出土口闸门。

试掘进段通过监测，研究地面沉降与推进参数的关系，最终确定穿越人防的施工参数，见表1。同时在施工中，强化监控量测，对于参数不断优化调整。

表1 盾构穿越人防试掘进参数汇总表

推力 (t)	推进速度 (mm/min)	刀盘转速 (r/min)	上部土舱压力 (bar)	出土量 (m ³)
1500~1800	5~10	1.3~1.5	1.2~1.4	48~50

5 结语

①大连地铁5号线05标段梭鱼湾站-甘井子站盾构左右线成功穿越既有地下人防结构的工程实践，为今后类似富水岩溶地层磨削既有结构盾构隧道的设计及施工提供了借鉴和参考，证明了采用土压平衡盾构机的可行性和安全性。

②本工程使用先进工艺、信息化控制、理论实际相融合等技术措施，避免了地表注浆加固，减少地面污染。采用混凝土回填的方式，符合绿色施工规范要求，做到了节能减排，可作为环保示范工程案例，以供同行参考。

参考文献

[1] 陈庆章.广州地铁复杂地层盾构下穿平房群施工关键技术[J].施工技术,2018,47(24):18-23+96.

[2] 郭森华,袁守谦,詹建县.富水岩溶复合地层中盾构下穿机场关键施工技术[J].建筑机械化,2023,44(11):45-48.

[3] 蒋磊,钟可,戴勇,等.穿越湘江水下岩溶发育区地铁盾构选型研究与应用[J].都市轨道交通,2019,32(2):85-90+131.

[4] 冯欢欢,陈馈,王助锋,等.大连富水复合地层盾构施工关键技术探讨[J].现代隧道技术,2014,51(1):186-191+198.

[5] 朱军武.南昌地铁区间隧道施工方法的选择及盾构选型[J].铁路采购与物流,2016,11(10):54-56.

[6] 胡梦涛,李大华,张自光.合肥地铁某盾构区间土仓压力理论计算[J].湖南工业大学学报,2021,35(6):17-23.

Research on Abnormal Vibration Fault Analysis and Solution of Screw Air Compressor

Bo Wang

Ningxia Coal Capital Construction Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750000, China

Abstract

This paper proposes a series of solutions, including reasonable adjustment of rotor installation and alignment, optimization of operating conditions, strengthening vibration monitoring and daily maintenance. In terms of fault diagnosis, vibration sensors and spectrum analysis technology are widely used to achieve early fault warning. Through the implementation of these measures, the impact of abnormal vibration on the life and working performance of the equipment can be effectively reduced, and the operation stability and economy of the equipment can be improved.

Keywords

screw air compressor; abnormal vibration; troubleshooting

螺杆式空压机振动异常故障分析与解决方案研究

王波

宁夏煤炭基本建设有限公司, 中国·宁夏 银川 750000

摘要

通过深入分析螺杆式空压机振动异常的常见原因, 结合实际故障案例, 提出了包括合理调整转子安装与对中、优化运行工况、加强振动监测与日常维护等一系列解决方案。在故障诊断方面, 振动传感器与频谱分析技术被广泛应用, 以实现早期故障预警。通过这些措施的实施, 能有效降低振动异常对设备寿命与工作性能的影响, 提高设备的运转稳定性和经济性。

关键词

螺杆式空压机; 振动异常; 故障诊断

1 引言

螺杆式空压机作为工业生产中的关键设备之一, 凭借其稳定的压缩性能和较高的能效比, 已成为各类工厂和企业的标准配置。然而, 在长期使用过程中, 空压机振动异常问题逐渐暴露, 给设备的正常运行带来了隐患。振动异常不仅会加速机械部件的磨损, 导致设备故障频发, 还可能引起生产线停运, 造成巨大的经济损失。因此, 识别并解决螺杆式空压机的振动异常问题, 已成为确保其长期稳定运行的重要课题。

2 螺杆式空压机振动异常的常见原因分析

2.1 螺杆式空压机振动产生的主要原因概述

螺杆式空压机在工业生产中的应用越来越广泛, 但由于其结构复杂和工作环境的苛刻性, 振动异常已成为一种常见的故障表现。振动异常不是由单一因素引起的, 而是多个

因素共同作用的结果。在众多原因中, 螺杆转子的动平衡问题是一个重要的原因。由于螺杆转子在高速旋转过程中对精度要求极高, 任何微小的制造误差或转子内部的不均匀性都可能导致其运行时产生不平衡负载, 进而引发振动。尤其是在长时间运行后, 转子表面可能因磨损或外力作用出现形变或表面不规则, 进一步加剧了不平衡现象。转子的轻微失衡会导致机械振动和噪声, 且这种振动往往会影响到轴承和密封件的寿命, 形成恶性循环。即便是微小的振动也可能随着时间的推移, 逐渐加剧, 最终导致空压机出现严重故障^[1]。

此外, 螺杆式空压机的转子与壳体的间隙设计必须精确而稳定, 因为这一间隙直接影响到气流的流动和压缩效果, 如果间隙过大, 气流的流动性会受到扰动, 导致气体分布不均, 从而使得转子受力不平衡, 产生较大振动。间隙过大的另一种后果是转子和壳体之间的摩擦增大, 这不仅使得机械摩擦力增加, 造成能量浪费, 还可能导致设备的温升过高, 进而影响到设备的稳定运行。当间隙不均匀或设计不当时, 局部的异常磨损会导致进一步的间隙不稳定, 进而加剧振动的幅度。

【作者简介】王波(1986-), 男, 中国宁夏中卫人, 本科, 工程师, 从事机械工程及自动化研究。

2.2 不平衡负载对振动异常的影响

不平衡负载指的是转子在旋转过程中由于质量分布不均或者负载分布不均而引起的失衡现象，螺杆式空压机的运作依赖于高精度的旋转部件，任何细微的不对称或不平衡，都可能引起较大的振动波动。这种不平衡负载的根源常常出现在螺杆转子的制造过程中，尤其是当转子在精度要求极高的情况下，任何微小的制造缺陷或原料的质量差异，都会导致转子旋转时无法维持均衡，产生额外的离心力。这些额外的力会迫使转子与其他部件产生不必要的摩擦或碰撞，从而引起振动。此类振动最初可能表现为轻微的噪音或震动，但如果未得到及时修正，随着时间的推移，振动的幅度和频率会逐渐加剧，最终可能对整个设备的稳定性和寿命产生深远影响。

2.3 螺杆转子与壳体间隙过大导致的振动问题

转子与壳体的间隙设计是保证空压机正常运行的重要因素，任何微小的偏差都可能导致振动异常，间隙过大会导致螺杆转子与壳体之间产生过大的摩擦力，从而引发振动。随着转子运转过程中不对称的空气流动，转子表面受力分布不均，进而形成局部高压区域，这些高压区对转子的扰动将进一步加剧机械部件之间的摩擦。过大的间隙不仅让转子与壳体之间的气流泄漏增加，还会引起转子的动态平衡受到影响。

此外，振动本身就会对轴承、密封件及其他精密部件造成长期的冲击和磨损，加速设备的老化和故障发生。转子与壳体间隙过大会导致气体压力不平衡，气流扰动增加，这直接影响空压机的工作效率，还会使得润滑油分布不均，形成润滑不良的恶性循环。与此同时，振动还会传递到其他部位，可能导致电机的负荷增加，进一步恶化设备的整体稳定性，如果这种问题得不到及时修复，空压机的运行稳定性将严重下降，甚至可能导致设备停机和经济损失^[2]。

3 螺杆式空压机振动故障的诊断方法

3.1 振动传感器的安装与数据采集技术

在螺杆式空压机的振动异常故障诊断中，正确的传感器安装能帮助捕捉到机械设备的微小振动信号，还能实时监测空压机在运行中的振动状态，例如，在转子与壳体、轴承以及电机等关键部位安装振动传感器，可以精确地获取各部件的振动数据，从而为故障定位提供有效支持。然而，振动传感器的选择与安装角度、方式、位置等因素密切相关。若安装位置不当，传感器采集到的数据可能无法反映实际的振动情况，甚至会导致误诊断。特别是在螺杆空压机这样高度集成的设备中，振动源常常比较复杂，可能是多种因素的叠加，若传感器布置不合理，容易漏掉某些细微而关键的振动信号，影响故障的提前预警。

在空压机的运行中，尤其是发生故障时，振动信号通常是非线性和时变的，这就需要数据采集系统具有较高的时

间分辨率和处理能力，采样频率的选择必须根据设备的工作特性和振动频率进行合理设定。过低的采样频率可能导致重要振动信息的丢失，过高的频率则可能增加数据处理的复杂性和存储压力。因此，合适的采样率应根据螺杆空压机的具体运行状态进行调节，确保能够捕捉到关键的频率成分。此外，数据采集后需要通过高效的数据处理算法进行分析，振动信号的频谱分析是常见且有效的手段。

3.2 振动频谱分析在故障诊断中的应用

在螺杆式空压机的振动故障诊断中，通过对振动信号进行频谱分析，可以揭示出设备内部潜在的机械故障类型以及故障的严重程度，例如，正常运行的螺杆式空压机会产生一个相对稳定的振动频谱，其中的频率成分主要反映了转子的旋转频率、工况变化以及偶尔的外部干扰。但当空压机的某个部件出现故障时，频谱会显示出异常的频率成分。比如，若振动信号中出现了与转速倍数相关的频率峰值，则可能表明转子存在不平衡，导致设备出现了明显的振动异常。通过对这些频率成分的分析，能够帮助工程师快速定位故障部位，从而提高故障诊断的准确性和效率。

振动频谱分析的实际应用不仅限于对故障频率的检测，它还可以帮助判断故障的发生时间及其发展趋势，例如，在某些情况下，随着空压机的运行时间增加，机械磨损逐渐加剧，频谱中的高频成分也会逐步增加。此外，频谱分析通过对不同频段的能量分布进行分析，可以进一步分析出故障的具体类型，比如，若频谱中出现了低频和中频的振动峰值，则很可能是由于轴承损坏引起的，若频谱中高频信号异常，则可能与密封件的老化或者润滑不良有关。因此，通过对频谱中各频段信号的综合分析，工程师不仅可以识别故障的具体部位，还可以评估故障的潜在影响，从而采取更有效的维修措施，防止故障进一步扩展，避免严重的停机和经济损失。

4 螺杆式空压机振动异常故障的解决方案

4.1 合理调整螺杆转子的安装与对中

螺杆转子的安装与对中是影响螺杆式空压机运行稳定性的关键因素，即便是微小的偏差，也能导致设备运转中的不平衡，从而引发明显的振动问题。当螺杆转子的对中不当时，转子和壳体之间的间隙分布不均，局部压力的异常增大将对设备的整体性能产生负面影响。特别是在高转速条件下，转子偏离轴心会加剧旋转不稳定性，使得旋转部件与壳体产生强烈的摩擦或撞击，从而导致异常振动。若长期忽视这些细微偏差，逐步积累的振动将加速机械部件的磨损，甚至导致设备的过早故障。因此，对螺杆转子的安装精度要求极为严格，偏差控制在微米级别对于确保空压机长期稳定运行至关重要。通过精准的对中调整，可以使转子在工作过程中保持最佳的平衡状态，避免局部磨损，减少过度热量的积累，从而有效降低振动的产生频率和强度。为了实现螺杆转子精准的安装与对中，合理的安装工艺和先进的测量手段

是不可或缺的,使用高精度的激光对中仪器进行实时监测是目前常见的对中方法之一。激光对中仪能够通过光学测量,精确到微米级别,确保螺杆转子在安装过程中达到最佳对中状态。除此之外,结合空压机的负载和运行环境,定期对安装精度进行检查和校准,是确保长期平稳运行的必要步骤。对中误差不仅仅是简单的机械问题,它与空压机的整体动态性能紧密相关,直接影响其工作效率和使用寿命。在空压机运行过程中,通过数据采集系统对振动信号的实时监控,可以及时发现因转子偏差导致的微小振动变化。若监测到异常振动频率,相关人员应立即进行反向检查,确保螺杆转子对中符合度要求^[1]。

4.2 优化空压机运行工况以减少振动

螺杆式空压机在运行过程中,由于负荷波动、环境变化及操作不当等因素,容易引发过度的振动,优化运行工况是通过控制负载来减轻振动负担,更需要从根源上寻找解决方案,例如,负荷波动是导致空压机振动的常见原因之一,在负荷过高或过低的情况下,螺杆转子的负荷分布不均匀,可能造成其转动的不平衡,从而引发振动。当空压机处于过载状态时,螺杆转子的负荷超出设计范围,不仅增加了机械磨损,还导致空压机在运行过程中产生周期性、强烈的震动。而在低负荷工况下,空压机的转速与压缩效率不匹配,导致气流的不稳定,也会产生一定的振动。此时通过调节负荷和转速的匹配,保持空压机处于最佳工况区间,可以有效减少振动的产生,确保设备在长时间内稳定高效地运转。

此外,螺杆式空压机在高温运行时,内部润滑油的粘度会发生变化,导致润滑效果不佳,增加摩擦和振动,这个时候空压机的各个部件,包括螺杆、轴承和密封环等,承受的负荷也会不均,从而加剧振动问题。因此,优化空压机的温度控制系统,确保其在稳定的温度范围内运行,是减少振动的有效途径之一。合理选择和添加润滑油,确保其在工作温度下保持良好的粘附性和润滑效果,也是控制振动的关键。同时空压机的冷却系统需要定期检查和维修,防止因冷却不良引发的过热现象,从而影响整个系统的平稳运行。这些工况优化措施可以最大程度地减少空压机运行过程中的振动问题,提升设备的稳定性和使用寿命。

4.3 加强日常维护与振动监测体系建设

在螺杆式空压机的运行中,日常维护与振动监测体系的建设成为防止设备故障与延长使用寿命的核心组成部分,

为了有效预防振动异常,必须在空压机的使用过程中加强定期检查和维修工作,维护的核心应注重对振动监测系统的实施与完善,特别是在振动传感器的安装上,合理布置传感器位置和种类,能够提供更加准确的振动数据。通过安装多个传感器覆盖空压机关键部位,可以实现对不同频段振动的实时监控,这对于故障的预判与及时处理至关重要。尤其是螺杆转子、轴承、气体流通部分等关键区域,一旦出现异常波动,及时的数据反馈能够使维护人员迅速定位问题源头,防止小问题迅速扩大,造成更为严重的机械损坏。振动数据的积累和分析,将为未来的维修计划提供科学依据,有效避免了传统依赖人工经验的盲目性和滞后性。

与此同时,振动监测体系不仅是一个实时预警系统,更应融入空压机的全生命周期管理中。具体而言,监测的重点不应仅停留在设备的表面振动分析,更要结合运行工况、负载变化以及设备老化等因素,形成数据驱动的故障预测机制。在设备运行过程中,定期的数据采集与分析可以发现潜在的振动异常趋势,如负载不平衡、传动系统磨损等早期症状,从而提前采取预防措施,避免因过度磨损引发的振动问题。此外,通过对比历史数据,振动监测系统能够识别设备在不同工况下的正常振动模式与异常波动,帮助维修人员精确地制定维护计划和调整方案,最大限度地延长设备的有效使用期。

5 结语

综上所述,螺杆式空压机振动异常故障的有效识别与解决,是保证空压机长期稳定运行的重要环节。通过深入分析振动产生的主要原因,结合振动监测与数据分析技术,可以提前预测并处理潜在故障,从而降低生产中断的风险。针对振动异常的解决方案,合理调整转子安装与对中、优化运行工况以及加强日常维护,均能在不同程度上提高设备的运转效率与使用寿命。

参考文献

- [1] 王鹏飞.螺杆式空压机在煤矿领域应用的要点分析[J].当代化工研究,2022(6):126-128.
- [2] 温超,杨世冬,潘川.螺杆式空压机余热回收在矿区供暖工程中的应用[J].世界有色金属,202(23):174-175.
- [3] 何亚银,高卫丽,梁智鸿.双螺杆空压机壳体结构振动特性研究[J].陕西理工大学学报(自然科学版),2020,36(4):1-6.

Research Progress of Tantalum-Niobium Hydrometallurgy Technology

Ruohui Huang Jianbo Wu* Yanzhou Luo Xiaoling Zhou Yi Liu

Jiangxi Sunshi Nonferrous Materials Co., Ltd., Xinyu, Jiangxi, 338000, China

Abstract

Tantalum and niobium exhibit superior traits of high melting point, strong corrosion resistance and good cold working performance, which can be applied broadly in the fields of steel, electronics, aviation, etc. In recent years, with the rapid development of information industry and microelectronic equipment industry, the demand for tantalum and niobium is increasing. In this paper, the decomposition method of tantalum niobium concentrate and the separation method of tantalum niobium are summarized, and the future development direction of tantalum niobium metallurgy industry is pointed out. The methods of decomposition of low-grade tantalum niobium concentrate, recovery of tantalum-niobium resources and green tantalum niobium metallurgy technology are introduced, which realize the sustainable development of tantalum niobium resources and show a promising prospect.

Keywords

tantalum; niobium; separating; hydro-metallurgy

钽铌湿法冶金技术的研究进展

黄若辉 吴建波* 罗彦舟 周晓灵 刘逸

江西三石有色金属有限公司, 中国·江西 新余 338000

摘要

钽铌因具有高熔点、耐腐蚀性强、冷加工性能好等优势被广泛应用于钢铁、电子、航空等行业。近年来随着信息产业和微电子设备行业的飞速发展,对钽铌金属的需求也日趋增长。本文概述了钽铌精矿的分解方法和钽铌的分离方法,指出了目前钽铌冶金行业未来的发展方向,介绍了分解低品位钽铌精矿、回收钽铌资源和绿色钽铌冶金工艺的方法,实现了钽铌资源的可持续发展,展示出了良好的应用前景。

关键词

钽; 铌; 分离方法; 湿法冶金

1 概况

钽是一种稀有、柔软、灰色和延展性的过渡金属,钽是一种罕见的,坚硬,蓝灰色,有光泽的过渡金属。钽铌具有熔点高、蒸汽压低、冷加工性能好、化学稳定性高、抗液态金属和酸腐蚀能力强、表面氧化膜介电常数大等一系列优异性能;钽的碳化物添加到硬质合金中可使其硬度高、强度大、抗高温变形能力强。钽铌的性能相似,它们在许多领域可以相互替代。但二者性能也有差异,钽多用于电子、冶金、化工、硬质合金等工业领域,钽在化学性质上是惰性的,也用于电容器中作为铂的替代品,全世界 65% 左右的钽用于电容器制造。铌多用于钢铁、陶瓷等工业和超导技术等领域,全世界 87% 左右的铌用于钢铁添加剂,铌也常被用于超导磁体、光学透镜、超导射频腔、电磁辐射探测器,它还被用

于镍、钴和铁基超级合金,这些合金用于喷气发动机组件、火箭组件、耐热和燃烧设备^[1]。

2 技术现状

2.1 钽铌精矿分解方法

钽铌矿物的分解在整个工艺流程中是比较困难的。从钽铌化合物的化学性质可知,钽酸铁和铌酸铁可溶于盐酸(HCl),细晶石可溶于氢氟酸(HF),钽酸铁也可被氢氧化钠(NaOH)、氢氧化钾(KOH)和氯气分解。因此,在工业上常用分解钽铌矿的方法为酸分解法。

由于钽铌具有耐腐蚀性的特点,用廉价的工业无机酸对钽铌矿进行分解是比较困难的。无机酸中能用于分解钽铌精矿的有氢氟酸、硫酸和硝酸,由于硝酸试剂价格昂贵,在工业上无法适用,因此分解钽铌精矿的酸分解法主要有氢氟酸法和硫酸法。硫酸法具体是指浓硫酸在 120℃~200℃的条件下对于易分解的钽铌复合精矿进行反应,可以使复合精矿中的大部分组分转化成可溶性硫酸盐的一种分解方法。

【作者简介】黄若辉(1987-),男,中国江西赣州人,本科,工程师,从事特种能源工程与烟火技术研究。

用硫酸浸出后，过滤除去残渣，用少量水稀释滤液，使碱土金属元素的硫酸盐发生水解从而产生沉淀，对沉淀进行分离后，通过加入氨水来控制溶液不同的 pH 值，可分别沉淀出铈、钽、铌、钽的氢氧化物。硫酸分解法的缺点在于只适用于处理易分解的复合矿和一些低品位铈矿，适用范围窄，操作复杂且得到的产品纯度比较低，消耗硫酸量大，因此在工业上应用较少。

氢氟酸法是目前国外工厂分解铈铌精矿常用的方法，也是世界上生产纯铈的主要冶金基础。具体方法为在 100℃~120℃ 的温度下，采用质量分数为 60%~70% 的氢氟酸分解铈铌精矿，在此过程中除主体金属铈、铌外，伴生矿物中的其他元素如铁、锰、锡、钽、硅、钨等以络合物的形式进入到溶液中，而稀土、碱土金属元素转化成难溶的氟化物和硫酸盐保留在渣中。铈、铌及部分杂质进入溶液后由萃取工艺分离，其能够分离的主要原因是铈、铌络合酸在一定酸度下能被有机溶剂选择性地萃取，从而达到分离的效果。萃取有机相经酸洗段、反铈段、反钽段、水洗段即可得到铈液和铌液，再通入氨水中和得到纯铈、铌氢氧化物，氢氧化物经烘干、煅烧后可得到氧化铈和氧化铌。此方法适合高品位铈铌矿的处理，分解率高，可达 98%~99% 以上，且分解温度低，操作流程简单，但是氢氟酸具有高毒性、易挥发性和强腐蚀性，分解过程中需要消耗大量氢氟酸，产生的含氟三废会对人身体健康和环境造成严重的伤害和污染，且对分解作业的设备材质要求较高，需要具备良好的通风装置和回收系统。

国内铈铌生产厂家采用氢氟酸-硫酸混合酸分解法，在体系中引入硫酸降低了溶液的沸点和氢氟酸的消耗量，减少了氢氟酸的挥发损失，并有利于改善工作环境。此外硫酸的引入加快了反应速率，使不易分解的原料变得容易分解，提高了铈铌精矿分解的完全程度，而且分解时生成稳定的硫酸盐不容易被萃取，也有利于后续萃取分离铈铌与杂质元素。

2.2 铈铌分离方法

铈铌属于伴生元素，在铈铌精矿分解后得到的是铈和铌混合化合物，同时还有部分杂质，为了获得纯的铈、铌合格产品，不但要使铈与铌高效分离，同时还要达到除杂净化的目的。铈铌的分离方法主要有离子交换法、溶剂萃取法、氟化物分步结晶法。

2.2.1 离子交换法

离子交换过程包括两个阶段，第一阶段是吸附，第二阶段是解吸。在第一阶段中，当金属离子溶液流过离子交换树脂时，其中水相会进入到树脂相中，当金属离子溶液负载到离子交换树脂上并饱和时，便进入到第二阶段，往离子交换树脂通入某种淋洗液时，被吸附的金属离子从树脂上洗脱下来并回收用来提取金属，树脂再生后可重复使用。采用离子交换法分离铈和铌时一般是在酸性溶液中进行的，当铈铌精矿经酸性溶液（比如氢氟酸）分解后，铈、铌在酸性介质

中主要以络阴离子形式（ TaF_7^{2-} 和 NbF_7^{2-} ）存在^[2]。因此可以利用吸附能力强的碱性阴离子交换树脂选择性地吸附络阴离子，再用不同浓度的酸对交换树脂进行淋洗，从而使铈、铌分离出来并获得纯产品。离子交换法是一种有效的分离方法，具有生产成本低，操作工艺和设备简单，节约有机溶剂等优势，但其存在的缺点是生产周期长，环境污染严重，而且此方法仅适用于微量铈铌的分离，因为铈铌在酸液淋洗过程易发生水解，因此在工业生产中应用较少。

2.2.2 氟化物分布结晶法

氟化物分布结晶法是 20 世纪 50 年代以前工业上分离铈和铌唯一方法，此方法是基于铈盐（ K_2TaF_7 ）和铌盐（ K_2NbF_5 ）在弱酸溶液（低氢氟酸浓度）中溶解度不同，

通过控制酸度、温度等条件，使 K_2TaF_7 和 K_2NbF_5 先后结晶出来，从而使铈铌得到分离^[3]。氟化物分布结晶法的工艺流程包括：溶解、沉淀结晶和蒸发结晶。此方法的缺点在于操作烦琐，一般可以获得纯的铈产品，铌产品的纯度和质量难以保证，主要是因为铈铌中有伴生元素钽，杂质钽也容易生成钽盐络合物，因此在铈盐析出的同时，钽盐也会随之析出。目前此方法主要用于从铈液中生成氟钽酸钾晶体，用于钽粉的加工和生产。

2.2.3 溶剂萃取法

有机溶剂萃取法是一个被广泛应用于铈铌湿法冶金工业生产中用来分离提纯铈和铌最重要的方法。萃取的基本原理是利用有机溶剂把某种物质从混合溶液中提取出的一种方法，其本质是利用某种物质在两种互不相溶的溶剂中溶解度或分配系数的不同，使溶质物质从一种溶剂转移到另一种溶剂中，由于物质在两种液相中交换，所以也叫液-液萃取法。目前萃取剂种类很多，主要应用较多的是甲基异丁基酮（MIBK）、磷酸三丁酯（TBP）和仲辛醇，表一为它们的优缺点对比^[4]。萃取剂的种类及优缺点如表 1 所示。

表 1 萃取剂的种类及优缺点

名称	优点	缺点
MIBK	选择性高、密度小、粘度小、操作稳定，易于控制	挥发性大、损耗大、价格昂贵
TBP	熔点和闪点高，在水中溶解度较小	比重大、粘度大、流程复杂
仲辛醇	选择性好、水溶性小、成本低	粘度大、操作难以控制

铈铌萃取分离过程包括铈铌与杂质的分离以及铈与铌的分离，其工艺流程主要包括 5 个阶段^[5]：第一阶段为清液萃取（铈铌共萃取），使铈铌富集在有机相中，使铈铌与大部分杂质分离；第二阶段为酸洗段，铈铌进入有机相的过程中也有部分杂质被有机相萃取，用酸把杂质从负载有机相中洗下来，以保证铈铌有较高的回收率；第三阶段为反铈提铈段，含铈铌的有机相与稀硫酸充分混合，使其中的铈重新进入到水相的过程称为反铈，此时也有部分铈也跟着进入到水

相,再用仲辛醇把这部分钽重新萃取到有机相的过程称为提钽。通常采用稀硫酸溶液作为反钽剂,用反钽剂从有机相中反萃取钽,经提钽后使钽铌互相分离;第四阶段反钽段,含钽的有机相再与纯水充分混合,使钽回到水相的过程称为反钽,用纯水作为反钽剂,用反钽剂从有机相中反萃取钽;第五阶段精洗有机段,采用纯水清洗除去有机相中的残余杂质。MIBK 是国内外工业生产中采用最多的萃取剂,但由于我国南方气温较高,不适合用闪点低的萃取剂,因此南方一般采用仲辛醇来进行分离提纯,形成了具有特色的 HF-H₂SO₄-仲辛醇工艺体系。

3 未来发展趋势

3.1 低品位原料、废渣的充分利用

随着科学技术的飞速发展,对钽铌产品的需求也在不断增加,但钽铌属于稀有贵金属,全世界钽铌矿的储量有限,高品位钽铌原料越来越稀少,因此低品位钽铌矿和钽铌废渣的回收利用变得尤为重要。汪加军等人^[6]研究了新型工艺路线:低碱分解-水浸、稀酸预处理、氢氟酸转型浸出,用来从钽铌废渣中回收钽和铌,多次试验确定了最佳的工艺条件,使钽、铌的回收率可达 98.37% 和 99.15%,具有明显的社会效益。王伟等人^[7]研究了低品位钽铌原料的湿法冶金新工艺,用新型分解试剂代替传统的氢氟酸和硫酸来分解低品位钽铌矿,分解率为 99.95%,经一系列工序后即可得到粒径小、高纯度的氧化钽、氧化铌和针状的氟钽酸钾晶体。

3.2 研发新工艺,加强环境保护

钽铌湿法冶金过程中会产生大量的废气、废水和废渣,除此之外还有其他污染源比如氟化物和放射性物质,严重破坏了生态环境,因此如何有效处理三废以及研发新工艺降低三废含量的问题也迫在眉睫。王晓辉等人^[7]依据清洁冶金原理,首次采用新工艺氢氧化钾熔盐法来处理低品位、难分解的钽铌矿,实验结果表明在最佳的条件下,钽和铌的分解率达到 95% 和 93%,此工艺的优势在于用没有毒性的氢氧化钾熔盐替代了高毒性的氢氟酸作为反应介质,从源头上遏制了三废的污染。关于如何有效地处理三废,防治措施以内部循环使用为主,开发新工艺流程,减少污染物的使用与产生,对不得不排放的废弃物应采取针对性措施进行治理,做到达标排放^[8]。综合资源回收和高效循环利用是钽铌湿法冶金行业未来发展的方向之一。

3.3 实现自动化生产

钽铌湿法冶金行业中会接触到大量的酸性和碱性物质

以及放射性物质,这些物质具有强腐蚀性、高毒性等特点,会危及长期在生产一线工作人员的身心健康,因此实现自动化生产是该行业未来的发展趋势。将自动控制技术运用到湿法冶金行业中,通过智能生产系统及相应监控软件平台,实现生产过程中实时监控、生产报表管理、工艺参数、检测信号、操作过程、报警事件数据可储存查询等功能,与此同时能够实时在线采集数据以稳定生产指标、降低成本和提高产品质量。智能化水平大幅度提高,将原本更加复杂烦琐的生产操作变得简单可靠易操作,并在很大程度上减少了工作人员的劳动强度,提高了生产操作的效率。

4 结语

本论文综述了钽铌精矿的分解方法以及钽铌的分离方法,目前酸分解法和有机溶剂萃取法在工业生产中占据主导地位。近年来,随着信息产业和微电子设备行业的快速发展,以及对钢铁制品需求量的日益增长,为 21 世纪钽铌湿法冶金行业的发展提供了良好的机遇,同时也面临着巨大的挑战。目前亟须解决的难题如下:一是设计研究出新型分解方法处理难以分解的低品位钽铌精矿,以及从低品位钽铌原料和废渣中综合回收钽铌资源工艺的研究;二是寻找无氟化的绿色钽铌湿法冶金工艺,开发无污染的化学工艺方法是钽铌冶金方向科研工作者应该努力的目标。

参考文献

- [1] Snehasis D, Pavitra P, Sulekha M, et al. Separation of niobium and tantalum using continuous multistage counter-current solvent extraction with trioctyl amine[J]. *Hydrometallurgy*, 2022, 207: 105773.
- [2] 任卿,张锦柱,赵春红.钽、铌资源现状及其分离方法[J].*湿法冶金*,2006,25(2):65-69.
- [3] 李洪桂.稀有金属冶金学[M].北京:冶金工业出版社,2001.
- [4] 胡根火.钽铌湿法冶金分离方法评述[J].*稀有金属与硬质合金*, 2015(43):29-32.
- [5] 汪加军,王晓辉,张盈,等.含钽铌废渣中钽铌资源的综合回收工艺研究[J].*稀有金属*,2015,39(3):251-261.
- [6] 王伟,李辉,郑培生.低品位钽铌原料的湿法冶金新工艺研究[J].*稀有金属快报*,2008(27):31-36.
- [7] 王晓辉,郑诗礼,徐红彬,等.KOH熔盐法处理低品位难分解钽铌矿的实验研究[J].*中国稀土学报*,2008(26):512-516.
- [8] 薛梅.钽铌湿法冶金中环境污染与治理措施[J].*稀有金属与硬质合金*,2005,33(4):55-59.

Innovative Design of Raw Material Treatment System in Baijiu and Whisky Brewing Technology

Jie Zhang

Zhongji Anruichun Technology Co., Ltd., Nantong, Jiangsu, 226001, China

Abstract

The raw material processing system is the key to the brewing of Baijiu and whisky, which directly affects the product quality and flavor. Baijiu uses grains such as sorghum, wheat, rice, glutinous rice and corn, while whisky relies on barley and corn. Its variety, environment and harvest time affect saccharification and flavor. In pretreatment, the particle size, cooking temperature, and time are used to control the starch gelatinization and fermentation efficiency; The germination and drying of whiskey require precise control to ensure enzyme activity and impart unique flavor. The saccharification process depends on the enzyme system in koji or malt. High quality koji and malt can improve saccharification efficiency and ensure smooth fermentation. Optimizing the raw material processing system can also bring environmental benefits, such as reducing energy consumption and pollution. In the future, technological innovation will further enhance production efficiency and sustainability

Keywords

Baijiu and Whisky; brewing process; raw material; innovate

白酒与威士忌酿造工艺中原料处理系统的创新设计

张杰

中集安瑞醇科技股份有限公司, 中国·江苏 南通 226001

摘要

原料处理系统是白酒和威士忌酿造的关键, 直接影响产品质量和风味。白酒选用高粱、小麦、大米、糯米、玉米等谷物, 威士忌则依赖大麦、玉米等, 其品种、环境和收获时间影响糖化和风味。预处理中, 粉碎粒度、蒸煮温度和时间控制淀粉糊化和发酵效率; 威士忌的发芽和烘干需精确掌握, 以确保酶活性并赋予独特风味。糖化步骤依赖曲药或麦芽中的酶系, 优质曲药和麦芽能提高糖化效率, 保障发酵顺利。优化原料处理系统还能带来环保效益, 如减少能耗和污染。未来, 技术创新将进一步提升生产效率和可持续性。

关键词

白酒和威士忌; 酿造工艺; 原材料; 创新

1 引言

白酒和威士忌作为中西方代表性蒸馏酒, 各自拥有独特的历史、文化和酿造工艺。白酒以高粱、小麦、大米、糯米、玉米等为原料, 分为清香型、浓香型、酱香型等, 酿造过程包括原料处理、发酵、蒸馏和陈酿, 关键在于原料选择和发酵产生的风味物质。威士忌主要以大麦为主, 经过发芽、烘干、粉碎、糖化、发酵和蒸馏, 最终在橡木桶中陈酿, 形成复杂风味。两者都依赖科学的原料处理和精细的工艺, 确保独特的香气和口感。

【作者简介】张杰(1982-), 男, 中国湖北荆门人, 本科, 工程师, 从事威士忌、白酒等酒类原料处理系统的方案研究及设计研究。

2 白酒酿造原料处理现状

2.1 传统原料处理方式

白酒酿造历史悠久, 原料为高粱、小麦、玉米、大米等谷物, 各地根据气候选择。处理过程包括清理、筛选、破碎, 确保纯净均匀。蒸煮使淀粉糊化, 传统用大锅灶或土甑, 工人调整火力。糖化通过曲药将淀粉转为糖, 发酵在地缸或泥窖中进行, 保持温湿度。发酵后蒸馏分离酒精, 工人控制火候和冷凝速度, 多次蒸馏提高浓度但可能损失风味。

2.2 存在的问题与挑战

传统白酒酿造工艺虽历史悠久、文化丰富, 但在现代工业背景下面临诸多挑战。生产效率低下, 手工操作和简单设备难以满足大规模需求, 原料处理依赖人工, 劳动强度大且易出错。能源消耗过高, 传统蒸煮和蒸馏设备多依赖木材或煤炭, 能耗大、污染环境, 能效低, 增加了成本。产品质量不稳定, 依赖工人经验, 缺乏标准化管理, 糖化、发酵控

制不精准，批次差异大，影响品牌竞争力。原料浪费普遍，破碎和发酵利用率低，产生大量残渣。食品安全问题突出，设备清洁难度大，易滋生细菌。为适应市场需求和可持续发展，酒厂需创新原料处理技术，推动酿造工艺现代化和智能化^[1]。

3 威士忌酿造原料处理现状

3.1 麦芽处理工艺

威士忌酿造始于麦芽处理，选用高糖低蛋白的大麦，如皮尔森大麦。大麦在适宜温湿度下发芽4~7天，激活酶系统将淀粉转化为糖分，传统在发芽室进行，现代用自动化设备。发芽后干燥以停止发芽并固定酶活性，苏格兰传统用泥煤火炉赋予香气，现多用电加热或天然气。干燥后的麦芽经粉碎处理，确保颗粒均匀，避免过度粉碎影响口感和清澈度，最终为糖化和发酵做好准备。

3.2 谷物处理与发酵

除了麦芽，玉米、小麦和黑麦等谷物也广泛应用于威士忌酿造。玉米是波旁威士忌的主要原料，经清洗、浸泡、蒸煮后与水与酵母混合发酵，赋予酒体浓郁甜味和醇厚口感。小麦用于调和型和加拿大威士忌，蒸煮时间较短，增加酒体复杂性和柔和度。黑麦是美国黑麦威士忌的主料，外壳坚硬，含纤维素和单宁酸，发酵缓慢，带来辛辣口感和草本香气。发酵是关键步骤，传统在木制或不锈钢罐中进行，现代多用不锈钢罐，时间为3~5天，温度控制至关重要。发酵结束后，酒液称为“啤酒”或“洗酒”，酒精含量6%~8%，常进行预处理如过滤或离心分离，以提高蒸馏效率。不同谷物的特性共同决定了威士忌的独特风味和品质。

4 创新设计理念与方法

4.1 智能化技术的应用

随着科技发展，智能化技术在白酒与威士忌酿造中广泛应用，显著提升生产效率和产品质量。传感器实时监测温度、湿度、pH值等参数，数据传输至中央控制系统，通过大数据分析自动调整设备运行，确保最佳条件。智能温控系统调节麦芽发芽温度，湿度传感器防止原料发霉或干燥。自动化控制系统实现无人化操作，智能粉碎机精准控制颗粒大小。AI预测问题并优化发酵条件和生产计划，物联网技术使设备联网，管理人员可远程监控和控制生产状况。智能化技术还建立了质量追溯系统，赋予每批原料唯一标识码，记录从采购到出厂的全过程信息，增强消费者信任感，提升品牌形象^[2]。

4.2 节能环保与可持续性

在全球气候变化和资源紧缺背景下，白酒和威士忌酿造行业聚焦节能环保与可持续发展。引入热泵、余热回收、变频电机等技术，降低能耗；应用水循环系统和节水设备，减少水资源浪费。废弃物通过生物技术和循环经济转化为资

源，减少污染。采用绿色建筑和光伏发电系统，降低碳排放。选用本地优质原料，推广有机农业，减少运输和化肥使用。企业履行社会责任，参与环保宣传和社区建设，推动行业绿色发展。智能化技术提升生产效率，助力节能减排和资源高效利用。

5 原料处理系统的具体创新设计

5.1 白酒原料精选与预处理系统

现代酿造工艺引入智能化系统，提升白酒品质稳定性。智能化筛选设备通过高精度传感器和图像识别技术，剔除杂质、霉变颗粒及不合格谷物，确保优质原料进入后续工序，并自动调整筛选标准。智能干燥技术结合红外线和微波加热，快速控制原料水分，保留营养和香气。自动化润粮装置精确控制水温和水量，保证粮食均匀吸水，为蒸煮和发酵创造条件。智能化存储系统利用物联网技术实时监控温湿度和通风，防止原料变质，并自动调度原料出入库，降低管理成本。这些技术显著提升了白酒生产的效率和质量稳定性。

5.2 威士忌麦芽高效处理设备

现代威士忌酿造引入高效麦芽处理设备，大幅提升生产效率和品质。传统工艺依赖人工经验，难以保证一致性。新型发芽设备通过自动化控制，精确调节温湿度，确保均匀发芽并实时监测。干燥设备采用低温真空技术，保留天然香气，智能温控系统根据含水量调整参数。粉碎设备可调式粉碎头灵活控制颗粒大小，提高发酵效率，使口感更细腻。现代化设备还具备自动化清洗和故障自检功能，防止污染，减少停机时间，进一步提升产品质量。

5.3 谷物粉碎与均质化技术

谷物粉碎是白酒和威士忌酿造的关键，影响糖化和发酵。传统设备颗粒不均，影响发酵效果。现代智能化粉碎设备采用多级系统，结合高精度传感器和控制系统，自动调整力度和速度，确保颗粒均匀，实时监测参数，保证稳定性。均质化技术通过高压均质机和超声波处理，提升糖化和发酵效率，产品口感更细腻。根据不同风味需求，如酱香型适合较大颗粒，清香型需较小颗粒，满足个性化酿造。现代设备还配备自动化清洗和维护系统，防止污染，具备故障自检功能，减少停机时间，提升生产效率。

5.4 发酵过程优化与控制系统

现代发酵系统通过智能化技术显著提升白酒和威士忌酿造的效率与质量。优化的发酵环境由智能温控、通风设备和实时监测系统自动调节温度、湿度、氧气浓度等参数，确保过程稳定。发酵菌种经过严格筛选和驯化，纯度和活性更高，避免杂菌污染，并能自动调整接种量和时间。生物反应器模拟自然环境，促进充分混合和氧气供应，加快发酵速度，缩短周期。发酵控制系统具备智能化数据分析功能，可预测潜在问题并提前调整，如自动调节pH值，减少人为误差，提升产品质量的稳定性^[3]。

5.5 废弃物资源化利用设计

白酒和威士忌酿造废弃物如酒糟、麦芽渣、谷物残渣，传统处理方式为丢弃或低附加值利用。现代资源化技术通过发酵、生物转化、热解等手段，将其转化为高附加值产品，如生物燃料、有机肥料、功能性食品添加剂、生物质炭、生物油、活性炭、纳米纤维素和生物基化学品，实现经济与环境双赢。智能化管理平台提升处理效率，确保环保合规性和经济价值最大化。废弃物资源化降低处理成本，推动行业绿色转型和可持续发展。

6 创新设计的实施与效果

6.1 工艺流程的改进与优化

白酒与威士忌酿造引入创新原料处理系统，显著提升生产效率和工艺稳定性。智能化技术实现全流程自动化管理，降低人工成本，提高质量可控性。智能筛选系统通过图像识别、重量检测等技术，确保优质原料进入下一工序，减少废品率。预处理阶段优化，系统动态调整浸泡时间和蒸煮温度，避免资源浪费。威士忌麦芽处理采用先进温湿度控制和智能监控，确保最佳发芽和干燥环境。发酵过程利用物联网和大数据分析，实时监测并自动调整温度、pH值、糖分等参数，确保酵母活性和酒精产量最大化，促进酯类和芳香物质生成，赋予产品更丰富的口感和香气。

6.2 生产效率与产品质量的提升

创新原料处理系统显著优化酿造工艺，提升生产效率和产品质量。传统工艺人工操作耗时费力、易出误差，导致周期延长和质量波动。智能化系统使生产高效稳定，缩短周期，降低成本。白酒酿造中，智能筛选和预处理系统提高原料利用率，精准剔除不合格高粱，提升成品酒纯净度和口感；动态调控系统优化浸泡和蒸煮时间，原料利用率提高15%，周期缩短30%。威士忌酿造中，创新麦芽处理系统通过精准温湿度控制，确保麦芽发芽和干燥均匀，提升糖分含量和酶活性，合格率提高20%，周期缩短25%。智能化系统实现精准控制，确保高质量和一致性，生产过程透明可追溯。

6.3 能源消耗与环保效益分析

创新原料处理系统显著提升生产效率和产品质量，降低能耗与碳排放。传统酿造工艺中，原料处理环节能耗高，尤其在预处理和发酵阶段。智能预处理系统通过动态调控优化高粱浸泡和蒸煮时间，减少不必要的加热，并配备热回收装置，使能源消耗降低约20%，碳排放减少约15%。威士忌酿造中，创新麦芽处理系统采用温湿度控制技术和节能设备，如热泵式干燥机和余热回收装置，能源消耗降低约25%，碳排放减少约20%。此外，创新系统引入环保技术，减少废水、废气和固体废弃物排放。智能发酵控制系统实时监测参数，减少废气排放，废水处理设备确保达标排放，麦芽废渣转化为有机肥料或生物质燃料，实现循环利用。该系统有效解决传统工艺中的能源浪费和环境污染问题，推动行业可持续发展。

7 面临的挑战与解决方案

7.1 技术难题与突破

白酒与威士忌酿造中，原料处理系统的创新面临技术难题，影响生产稳定性和效率，关乎产品品质与安全。智能化技术是关键，但酿酒环境复杂，温度、湿度、微生物活性等因素变化大，传感器在高温、高湿和腐蚀性环境中长期稳定运行及精准调整仍是挑战。发酵过程优化依赖大数据和人工智能，通过实时监测和数据分析预测并自动调整参数，但仍需解决数据采集精度不足、模型训练时间长等问题。废弃物资源化利用也是创新方向，酒糟、麦芽渣等可转化为生物燃料、有机肥料或动物饲料，需开发高效低成本的处理技术。跨学科合作涉及化学、生物学、机械工程、自动化控制等多领域，通过交叉融合加速技术创新，提供更全面的解决方案。

7.2 经济可行性与市场推广

尽管原料处理系统的创新设计带来技术突破，经济可行性和市场推广仍是成功关键。企业引入新技术需平衡成本效益，初期投资较高，包括智能化传感器、自动化设备、数据分析平台的采购安装，以及生产线改造、厂房扩建、设备更新和人员培训等额外支出。然而，智能化技术能显著降低长期运营成本，减少人工干预、优化生产周期、提高产能利用率，并通过废弃物资源化创造新的收入来源。市场推广至关重要，企业需通过宣传、教育、定制化解决方案和建立合作伙伴关系推动应用。政府政策支持如税收优惠、财政补贴等也起到重要作用，帮助企业降低创新成本并加快推广。只有技术和经济两方面平衡，并通过有效市场策略，才能实现创新设计的价值，推动白酒和威士忌酿造行业的可持续发展。

8 结语

白酒与威士忌酿造工艺中的原料处理系统创新设计在技术、经济、环境和文化传承方面展现出深远意义。智能化系统提高了生产效率，减少了人为误差，优化了工艺流程，缩短了生产周期，降低了成本。新型系统通过节能技术和环保材料的应用，有效降低能源消耗和碳排放，减少废弃物并转化副产品为资源，推动循环经济。创新设计保留了传统工艺精髓，结合现代科技，保护和传承了古老的酿酒文化。未来，原料处理系统将朝着智能化、绿色化、个性化和全球化发展，实现全流程自动化管理、节能减排、定制需求满足及全球化舞台拓展。这一创新为企业带来多方面共赢，指明了酿造工艺的发展方向。

参考文献

- [1] 唐强.国产威士忌产量首超进口白酒企业竞相跨界[N].证券时报,2024-09-30(A09).
- [2] 袁培欣,敖宗华,刘小刚,等.中式威士忌生产工艺及其口感研究进展[J].酿酒科技,2023(8):90-96.
- [3] 李静.白酒企业争相入局威士忌赛道能否打造第二增长曲线?[N].证券日报,2024-01-22(B02).

Research on Comprehensive Termite Control in Wanghua Village, Heping shui Town, Tangdi Village, Lizhu Town, Keqiao District

Qiongyao Huang

Shaoxing City Keqiao District Real Estate Management Center, Shaoxing, Zhejiang, 312030, China

Abstract

Tangdi Village, Lizhu Town, Keqiao District, Wanghua Village, located in Shaoxing City, Zhejiang Province, is located in the subtropical humid climate zone, with rich natural resources and unique ecological environment. However, the problem of termite harm in this area is increasingly serious, especially in the urban-rural fringe and agricultural production areas. termite activities not only damage the building structure and lead to economic losses, but also pose threats to different degrees of farmland crops. Termite control work urgently needs effective technical means and comprehensive control strategies. This paper aims to explore KeQiao district li zhu town tang di town peace water town village main ant situation analysis, suitable for the termites of the area, the key analysis of various control methods of collaborative application, including liquid medicine, powder medicine kill, bait lure and drug barrier technology, in order to provide practical solutions for local governments and farmers, to improve the sustainability of ecological environment and ensure the safety of agricultural production.

Keywords

termites; comprehensive; treatment; technology

柯桥区漓渚镇棠棣村和平水镇王化村白蚁综合治理初探

黄琼瑶

绍兴市柯桥区房地产管理中心, 中国·浙江 绍兴 312030

摘要

柯桥区漓渚镇棠棣村和平水镇王化村位于浙江省绍兴市境内, 地处亚热带湿润气候区, 具有丰富的自然资源与独特的生态环境。然而, 这一地区的白蚁危害问题日益严重, 尤其是在城乡结合部和农业生产区域, 白蚁的活动不仅破坏了建筑物结构, 导致经济损失, 还对农田作物造成了不同程度的威胁。白蚁的防治工作迫切需要有效的技术手段和综合治理策略。本文旨在探讨柯桥区漓渚镇棠棣村和平水镇王化村的主要蚁情分析, 提出适合该地区的白蚁综合治理措施, 重点分析多种防治方法的协同应用, 包括液剂药杀、粉剂药杀、饵剂诱杀以及药物屏障技术等, 以期为地方政府和农民提供切实可行的防治方案, 为提升生态环境的可持续性和保障农业生产安全贡献力量。

关键词

白蚁; 综合; 治理; 技术

1 项目概况

棠棣村, 位于柯桥区漓渚镇西北部, 是一个以花卉产业闻名的村庄。由三个行政村合并而成, 总面积 2.91 平方公里, 人口 1509 人, 党员 72 名。获得多项国家级和省市区级荣誉。2023 年, 又获得浙江省首批红色根脉强基示范村等称号。王化村位于柯桥区南部山区, 与多个村庄接壤, 依山傍水, 环境优美。总面积 11.39 平方公里, 有丰富的水田、旱地和山林资源。村内有县级文物保护单位 5 处, 拥有精湛的石雕、木雕工艺和保存完好的古建筑群。

【作者简介】黄琼瑶(1985-), 女, 中国江西萍乡人, 硕士, 工程师, 从事白蚁防治研究。

2 柯桥区漓渚镇棠棣村和平水镇王化村主要蚁情分析

通过查阅文献资料以及咨询和调查相关专业人员, 我们已经基本掌握了本项目的白蚁种类、影响范围以及危害程度等关键信息, 这为科学地制定白蚁综合治理方案提供了坚实的基础资料和依据。棠棣村主要由现代建筑构成, 公共绿化区域的植物刚刚种植, 且维护状况良好, 因此白蚁的危害程度相对较轻; 而王化村作为传统村落, 尤其是依山而建的五一村, 遭受的白蚁危害则相当严重。

在本地区, 主要的白蚁种类以黄胸散白蚁为主导, 而台湾乳白蚁则位居其次; 至于区域内的树木绿化方面, 则以黑翅土白蚁为主要的威胁, 散白蚁紧随其后。

第一，黄胸散白蚁虽然体型相对较小，但其造成的危害却相当严重。它们主要对房屋建筑、木构件、树木根部、篱笆以及木船等构成威胁。这些白蚁通常在10月份进行羽化，并在次年的春季开始分飞，以建立新的群体。在这些群体中，补充型生殖蚁的数量众多，品级也相当复杂。第二，台湾乳白蚁是一种典型的土木两栖白蚁，它们拥有极强的扩散和适应环境的能力。它们的群体规模庞大，是所有白蚁中对房屋建筑造成危害最为严重的一种。为了维持生命，它们在生活中必须不断地获取水分，因此它们的蚁巢通常都建立在接近水源的地方，有时甚至会构筑汲水线直接与水源相连。在群体内部，兵蚁的额腺非常发达，头部前段有一个大型的凶门。当受到惊扰时，它们可以通过凶门流出大量的乳白色酸性分泌物，以此来抵御外来的威胁。一般情况下，它们会在5月下旬到6月下旬之间进行分飞。第三，黑翅土白蚁是一种土栖性白蚁，它们在土壤中筑巢，主要对树木、苗木和农作物构成威胁。虽然它们有时也会对房屋建筑造成一定的危害，但它们对江河堤坝和山塘水库的危害才是最为严重的。一般而言，黑翅土白蚁的分飞期是在5月下旬到6月下旬之间。

3 柯桥区漓渚镇棠棣村和平水镇王化村白蚁综合治理措施

3.1 白蚁监测控制

监测控制主要是通过循环“监测诱集—杀灭（控制）—监测”的方式来持续保护目标区域，具体来说其步骤方法主要如下：第一，监测诱集。在白蚁活动区域或潜在的活动区域安装一些特殊的材料或工具等监测装置，以吸引白蚁前来，并且在白蚁接触后能够留下标记。通过这种方式，可以有效地追踪和记录白蚁的活动情况，从而为后续的防治工作提供科学依据。这种监测方法不仅环保，而且能够减少对白蚁栖息地的破坏。第二，杀灭（控制）：一旦发现白蚁活动迹象，我们可以通过施放含有特定活性成分的诱饵或采用喷洒药剂的方法进行治理。白蚁在摄食这些诱饵或接触喷洒的药剂时，会将活性成分带回巢穴。在蚁巢内部，这些带有活性成分的白蚁会通过食物共享和相互间的清洁行为，将药效传播给蚁群中的其他成员。第三，持续监测诱集。将之前监测到的白蚁群体成功根除后，为持续跟踪监测白蚁活动情况，监测装置需重新添加新的诱集材料。通过这种持续性的监测和控制技术，白蚁危害在特定区域内得到有效控制，且维持时间较长。第四，因为所采用的措施在通过监测装置发现一定数量的白蚁后方开展相应的消杀处理，从而大大降低使用化学药物的数量，这样不但可以对白蚁的危害进行有效控制，而且还能降低对环境的潜在污染。

3.2 液剂药杀处理

液剂药物防治是目前普遍采用的白蚁防治法，一般是在需要防治的区域或部位将含有触杀、胃毒和驱避效果的白

蚁专用药剂进行彻底喷洒，形成一道完整的、连续的药物屏障，不仅可以对现有的蚁害进行杀灭，而且可以有效地防止外来白蚁的再次入侵。该技术主要是在白蚁群体及其栖息环境，将特定的化学药剂配制成液态溶液采取浇灌、喷洒等方式进行处理，从而起到灭杀的作用。首先，选择液剂要根据白蚁的种类、危害程度和所处环境的不同，精准搭配。常见的液剂有菊酯类、氯噻吨类等化学物质，它们具有广谱杀虫作用。这些药剂可以通过神经系统或其他生理途径，在与白蚁接触时起到毒性作用，使虫体很快被杀死，让白蚁繁殖、觅食等行为受到抑制。其次，药剂的应用一般有两种：一是浇灌药液；二是喷洒土壤。液剂药物可在蚁巢附近施用于白蚁活动土壤或直接喷施，以保证药剂渗入蚁巢和蚁巢的活动通道。喷洒剂型可在根系周围土壤及植物基部形成保护膜，对白蚁的入侵起到有效的阻止作用。对于蚁巢内部的药水处理，为了能让药水在蚁群活动的区域内快速分布，则需要采取直接注入或高压喷洒的方式进行。另外，在处理时还需要严格控制液剂的浓度和使用量。药剂浓度过高，虽能很快杀死白蚁，但对周围环境及非目标生物可能会造成副作用，甚至对土壤的物理、化学性质都会造成影响。而过低的浓度则可能造成白蚁抗药性不强或对药剂没有明显的灭杀作用。所以，保证预防和治疗效果的关键是要选择合适的药剂浓度和使用量。

3.3 粉剂药杀处理

粉剂药杀处理是一种常用于白蚁防治的有效技术，主要通过将粉末状药剂等直接白蚁的个体体表上，通过白蚁之间的交哺、清洁等行为传递，可以达到整个群体的白蚁中毒死亡。该方法大多用在灭治乳白蚁属、散白蚁属和土白蚁属的种类上。首先，粉剂药剂通常由杀虫成分和助剂组成，杀虫成分一般为有机磷、氨基甲酸酯类等化学物质，能够通过触杀或胃毒作用对白蚁产生致命影响。药剂通过白蚁的体表接触或食物的摄入，进入其体内并影响其生理活动，最终导致白蚁死亡。此法除对成蚁有疗效外，对幼虫、蛹及其卵巢等均有作用，达到全群灭杀的效果。其次，粉剂杀灭处理的应用方法主要有撒布法和局部注入法两种。撒布法一般在防治范围较广的地区使用，在白蚁活动的地面或受感染的木材表面均匀地撒上药剂。这种方式可以借助风力和白蚁的搬运行为，迅速覆盖白蚁活动路径和它们的栖息地，扩大药水的传播范围。局部注射法则适用于通过注射器等工具将药剂精确地注射到巢穴内的白蚁巢穴直接处理，以保证药剂与白蚁群体直接接触。最后，需根据具体的环境条件需要调整粉剂的选择和使用。一般情况下，应选用对白蚁致死性较强，但对非靶标生物作用较小的药物。不同的土壤类型，不同的气候条件，不同的白蚁种类对药剂的反应都是有差异的，对于药效的发挥有重要影响的是粉剂药物的颗粒大小和分布模式。因此，在使用粉剂时，为了保证药剂能覆盖到白蚁的主要活动区域，应优化药剂的粒度分布和流动性。

3.4 饵剂诱杀处理

诱杀处理是利用白蚁对食物趋向性的特点,通过提供给蚁群含有药物的毒饵,蚁群取食毒饵后使药物在蚁群内传播,从而达到杀灭整巢白蚁的灭治方法。饵剂的主要成分通常为白蚁喜食的物质,如木质纤维、糖类、蛋白质及油脂等,同时添加适量的毒性物质,通常是白蚁可以通过消化系统吸收的杀虫成分,如氯噻吨类、苯噻氯类、硼酸盐类等。这些毒性物质通过慢性毒性作用,使白蚁在摄入饵剂后,毒素逐渐在其体内积累,导致白蚁死亡。此过程中,白蚁将毒饵带回巢内并喂养同群体成员,形成毒物的连锁传播,最终导致整个群体的灭绝。

饵剂诱杀法在施用的过程中一般包括两个重点步骤:诱饵布设,并对诱饵布的常规性进行了检验。诱饵布设时,应当在蚁道、巢穴附近或白蚁常见的木材表面等白蚁活跃的区域放置饵剂,以保证其与食物相接触并摄食。诱饵盒的形式可以用来设置这些诱饵剂或放在可能的蚁巢的入口处。这种方式可以最大限度地保证被白蚁发现并很快被摄取。

3.5 药物屏障技术

药物屏障技术是指通过对保护对象或其环境进行白蚁防治药剂处理后形成的防治白蚁侵入的屏障的白蚁防治技术。该技术的核心原理是在土壤、建筑物周围或蚁道入口处施加特定的药剂,从而形成无法渗透的药物屏障。常用的药剂有广谱杀虫剂,如菊酯类、氯噻吨类等,毒性较强,能使白蚁直接接触或间接传播而死亡。建立药物屏障通常需要在白蚁活动过程中,将药剂渗透到白蚁可能经过的区域,以确保在白蚁活动期间,药物能够长期稳定地存在并持续有效地发挥作用。本技术应按照行业标准 JGJ/T245—2011《房屋白蚁防治技术规程》的规定,在有新建房屋或历史传统建筑进行修缮的实施。实施药物阻隔技术主要有两种方式:一种是将药剂注入建筑物地基周围的泥土中,形成保护性阻隔(defense);另一种是在已知的白蚁活动路径和巢穴周围施药,阻止白蚁通过这些通道进入目标区域,目前已知的白蚁活动路径和巢穴周围注射药剂时,一般使用高压注射器或专用设备,将药剂均匀地分布于土壤中,使药剂渗透到白蚁活动的深层土壤或巢穴区域,从而使白蚁的入侵得到有效的阻隔。

药物屏障的有效性受到药剂类型、土壤结构、气候条件等因素的影响。药剂的选择必须符合该区域白蚁种类的生物学特性,并考虑到药剂的持效期和对非靶标生物的安全性。常见的药剂包括长期有效的液态药剂,能够在土壤中保

持较长时间的毒性,并防止白蚁在长时间内接触到无毒区域。此外,药物屏障的稳定性与环境条件密切相关,尤其是湿度、降水量以及土壤的酸碱性等因素,都可能影响药剂的分布和持效期。

4 柯桥区漓渚镇棠棣村和平水镇王化村白蚁综合治理效果

2024年的7月至10月期间成功完成了第一阶段的白蚁综合治理工作。在这一阶段,在棠棣村和王化村范围内共部署了1632套地下型监测装置以及45套地上监测装置,同时使用了180公斤的白蚁防治药剂和2.8公斤的白蚁防治粉剂;此外,还使用了520包诱杀包。这些装置和材料将被用于第二阶段的巡查、维护以及新发现的蚁害点的防治工作。第一阶段的治理工作结束后,采取了电话询问和现场检查相结合的方式,对白蚁灭治效果进行了评估。根据自我评估的结果,蚁害治理效果达到了90%以上,这完全符合了技术要求。

在棠棣村内的公共绿地,设了857套地下监测装置,有效地对村域内的白蚁进行了预防和监测;同时,对王化村的历史建筑、文物建筑以及古树名木进行了全面的综合治理,确保了这些历史建筑、文保建筑和传统建筑得到了必要的保护;在村域内进行了药物处理,大大降低了白蚁的危害程度,并在村域公共绿化区域安装了775套监测装置,实现了对白蚁的监测和预防。这些措施使得辖区内居民生活受白蚁侵扰的现象得到了明显改善,为下一阶段的综合治理工作奠定了坚实的基础。

5 结语

综上所述,柯桥区漓渚镇棠棣村和平水镇王化村的白蚁综合治理工作需要根据当地的生态特点和白蚁种类差异,需要根据本土生态特色及白蚁的类型差异而有的放矢制定防治方略。通过液剂药杀、粉剂类杀、饵类诱杀及药物屏障等各种防治措施的协同应用,可以使白蚁危害有效降低,农业资源和建筑物安全得到保障。

参考文献

- [1] 周维.房屋白蚁综合治理效果观察[J].中华卫生杀虫药械,2023,29(1):76-78.
- [2] 陈孜恺,金勇,周敏荣.白蚁综合治理自动监测技术研究及应用[J].住宅科技,2022,42(2):4.
- [3] 胡金飞.房屋建筑白蚁危害成因及综合治理探讨[J].中华卫生杀虫药械,2023,29(1):83-87.