

水利电力 科学与技术

Water Conservancy and Electric Power
Science and Technology



ART AND DESIGN PRESS INC.

(626 810 4480)

Level 1

119 S Atlantic Blvd, Suite 300D

Monterey Park, CA 91754

Copyright © 2024 by ART AND DESIGN PRESS INC.

Complimentary Copy



编委 Editorial board member

付金泽 国网冀北电力有限公司唐山市丰润区供电分公司

Fu Jinze State Grid Jibei Electric Power Co., Ltd. Tangshan Fengrun District
Power Supply Branch

张世元 景德镇市水利规划设计院

Zhang Shiyuan Jingdezhen Water Conservancy Planning and Design Institute

詹丽 景德镇市水利规划设计院

Zhan Li Jingdezhen Water Conservancy Planning and Design Institute

李岩 辽宁红沿河核电有限公司

Li Yan Liaoning Hongyanhe Nuclear Power Co., LTD

目录CONTENTS

水利工程 | HYDRAULIC ENGINEERING

- 005 基于水利工程施工中顶管施工技术分析
Technical Analysis of Pipe Jacking Construction in Hydraulic Engineering Construction
夏世飞¹, 邢友云², 赵盼³
Xia Shifei¹, Xing Youyun², Zhao Pan³
- 008 水土保持的创新发展与实践研究
Research on Innovative Development and Practice of Soil and Water Conservation
廖爱国
Liao Aiguo
- 011 水土保持工程设计与施工技术的创新和改进研究
Research on Innovation and Improvement of Soil and Water Conservation Engineering Design and Construction Technology
喻俊
Yu Jun
- 014 水利建设管理中的质量控制与安全管理研究
Research on Quality Control and Safety Management in Water Conservancy Construction Management
谢嘉轩
Xie Jiaxuan
- 017 GIS技术在新时代水利工程信息化建设中的应用
Application of GIS Technology in the Information Construction of Water Conservancy Projects in the New Era
李恩厚¹, 宋冰洁²
Li Enhou¹, Song Bingjie²
- 020 水利工程施工中堤坝防渗加固技术应用及质量控制探究
Research on the Application and Quality Control of Anti-seepage Strengthening Technology of Levees in Hydraulic Engineering Construction
王敏¹, 赵盼², 邢友云³
Wang Min¹, Zhao Pan², Xing Youyun³
- 023 气候变化对水文水资源的影响及适应策略研究
Impacts of Climate Change on Hydrology and Water Resources and Adaptation Strategies
汪云飞
Wang Yunfei
- 026 水利水电工程中河川枢纽的施工与运行管理技术
Construction and Operation Management Technology of River Junction in Water Conservancy and Hydropower Project
江志鸿
Jiang Zhihong
- 029 水处理过程中的能源消耗与碳足迹分析
Analysis of Energy Consumption and Carbon Footprint in Water Treatment
黄健
Huang Jian
- 032 倾斜三维实景模拟在大比例尺地形图测绘中的应用分析
Application Analysis of Tilted 3D Real Scene Simulation in Large Scale Topographic Map Mapping
庄惠
Zhuang Hui
- 035 TOFD检测方法在水利工程焊缝质量检测中的应用研究
Application Research of TOFD Detection Method in Weld Quality Detection of Hydraulic Engineering
刘小艳
Liu Xiaoyan
- 038 水利工程施工中的质量控制与安全隐患管理
Quality Control and Safety Hazard Management in Water Conservancy Project Construction
夏骑兵¹, 夏世飞², 王敏³
Xia Qibing¹, Xia Shifei², Wang Min³
- 041 农村饮水安全工程建设与运行管理
Construction and Operation Management of Rural Drinking Water Safety Project
梁卫锋
Liang Weifeng
- 044 相关泵站提水要求的综合评估与优化策略
Comprehensive Evaluation and optimization strategy for water lifting requirements of relevant pumping stations
胡怀明
Hu Huaiming
- 048 给水排水工程的设计与施工技术研究
Design and Construction Technology Research of Water Supply and Drainage Engineering
周承传
Zhou Chengchuan

电力工程 | POWER ENGINEERING

- 051 供电营业厅提升电力营销服务质量的策略
Strategies for Power Supply Business Hall to Improve Power Marketing Service Quality
张照青
Zhang Zhaoqing

054	智能变电站的变电运维技术研究 Research on Power Transformation Operation and Maintenance Technology of Intelligent Substation	李杰，张先捷 Li Jie, Zhang Xianjie
057	能源转型背景下的火电厂集控运行策略研究 Research on Centralized Control Operation Strategy of Thermal Power Plants under the Background of Energy Transition	韩培锋 Han Peifeng
060	330MW 亚临界机组节能降耗综合提效技术研究及应用 Research and Application of Energy Saving and Consumption Reduction Comprehensive Efficiency Improvement Technology for 330MW Subcritical Unit	张文刚 Zhang Wengang
063	火电厂继电保护不稳定因素及解决措施分析 Analysis of Unstable Factors and Solutions for Relay Protection of Thermal Power Plants	江炼强 Jiang Lianqiang
066	核电仪控系统远程监控与远程维护技术创新 Technology Innovation of Remote Monitoring and Remote Maintenance in Nuclear Electrical Instrument Control System	庞现洋 Pang Xianyang
069	发电机转子匝间短路故障分析与检测方法研究 Research on Analysis and Detection Method of Interturn Short Circuit Fault of Generator Rotor	赵东峰 Zhao Dongfeng
073	核电站反应堆保护系统的设计与优化研究 Study on Design and Optimization of Reactor Protection System for Nuclear Power Plants	林永恒 Lin Yongheng
076	燃煤电厂碳排放强度核算及影响因素 Carbon Emission Intensity Accounting and Influencing Factors of Coal-fired Power Plants	郭浩 Guo Hao
079	电厂 CFB 锅炉安全高效运行与事故预判 Safe and Efficient Operation and Accident Prediction of CFB Boiler in Power Plant	雷哲哲 Lei Zhezhe
083	电厂 CFB 锅炉磨损问题分析及防护措施研究 Analysis of CFB Boiler Wear Problems in Power Plant and Research on Protective Measures	常建新 Chang Jianxin
086	某厂发电机有功功率异常波动情况分析及防范措施 Analysis and Preventive Measures for Abnormal Fluctuations in Active Power of Generators in a Certain Factory	谭中辉 Tan Zhonghui

供应电技术 | POWER SUPPLY TECHNOLOGY

089	电力营销计量中的人为误差防范与管理策略研究 Research on Prevention and Management Strategies of Human Error in Electricity Marketing Metering	侯佳，李东 Hou Jia, Li Dong
092	客户用电设备定值调试整定的关键技术与方法研究 Research on Key Technologies and Methods of Setting, Debugging and Tuning of Customer Electrical Equipment	岳智超，时铭军 Yue Zhichao, Shi Mingjun
095	配电网的故障恢复与自愈能力分析 Analysis of Fault Recovery and Self-healing Ability of Distribution Network	王永胜 Wang Yongsheng
098	变电站供电可靠性智能化管理技术研究 Research on Intelligent Management Technology for Power Supply Reliability of Substation and Distribution Room	朱卫娟 ¹ ，苏永红 ² Zhu Weijuan ¹ , Su Yonghong ²
101	电力营销计量中的环境因素影响及误差控制 Influence of Environmental Factors and Error Control in Power Marketing Measurement	李东，侯佳 Li Dong, Hou Jia

基于水利工程施工中顶管施工技术分析

夏世飞¹, 邢友云², 赵盼³

1.南京市高淳区水务局砖墙水务站, 江苏 南京 211305

2.南京振高建设有限公司, 江苏 南京 211399

3.南京振高建设有限公司, 江苏 南京 211300

摘 要 : 随着施工技术的不断发展, 水利施工中的顶管施工技术取得一定发展与进步。当前, 顶管施工技术的应用范围较为广泛, 且实际应用效果良好。顶管施工又名管道非开挖铺设技术, 该技术的应用可以适当减少水利施工对周边居民正常生活及生产产生的不良影响。此次论文先是对水利工程施工中顶管施工技术的应用优势及原则等进行了分析, 随后又对水利施工中顶管施工技术的应用要点展开了探讨, 最后是通过案例进一步分析了顶管施工技术的实际应用。

关 键 词 : 水利工程; 水利施工; 顶管施工; 施工技术; 技术分析

Technical Analysis of Pipe Jacking Construction in Hydraulic Engineering Construction

Xia Shifei¹, Xing Youyun², Zhao Pan³

1.Brickwall Water Station, Gaochun District Water Bureau, Jiangsu, Nanjing 211305

2.Nanjing Zhengao Construction Co., Ltd., Jiangsu, Nanjing 211399

3.Nanjing Zhengao Construction Co., Ltd., Jiangsu, Nanjing 211300

Abstract : With the continuous development of construction technology, pipe jacking construction technology in water conservancy construction has made certain development and progress. At present, the application range of pipe jacking construction technology is relatively wide, and the practical application effect is good. Pipe jacking construction is also known as trenchless pipeline laying technology, the application of this technology can properly reduce the adverse effects of water conservancy construction on the normal life and production of surrounding residents. This paper first analyzes the application advantages and principles of pipe jacking construction technology in water conservancy engineering construction, then discusses the application points of pipe jacking construction technology in water conservancy construction, and finally analyzes the practical application of pipe jacking construction technology through cases.

Key words : water conservancy project; water conservancy construction; pipe jacking construction; construction technology; technical analysis

近几年, 随着城市化的不断建设及发展, 管道工程发展迅速, 尤其是在水利工程施工方面, 顶管技术的应用对水利工程施工具有重要影响。管道施工是水利工程施工的重要项目, 传统的管道施工需要进行土方开挖, 此种施工方式不仅会对施工现场的土层造成破坏, 还会增加水利施工的安全风险及工程造价等, 影响范围较大。顶管施工技术是一种先进施工技术, 技术应用无需大面积进行开挖施工, 且实际应用具有一定的隐蔽性优势, 可以有效降低水利施工产生的不良影响。

一、水利工程施工中顶管施工技术概述

(一) 技术应用原则

一方面, 总体性原则。依据水利工程施工的相关规定, 工程顶管施工之前, 施工人员需要对施工现场地面及地下管线的铺设情况了解清楚, 以此有助于水利管道铺设方案的科学制定。为保证顶管施工方案制定的精准性, 顶管施工技术的应用需要遵循总体性原则, 一次性确定顶管铺设走向以及工作井设置位置等, 避

免后期出现变更问题。另一方面, 规范性原则。依据顶管施工相关规定, 顶管管线的布置应尽量减少管道轴线的折弯, 特殊情况下需要优先核算过水流量, 在条件允许的情况下可以通过管径的调整对管道进行折弯处理^[1]。此外, 管道上层覆土厚度需要符合规范要求, 避免顶管施工对地表建筑产生不良影响。

(二) 技术应用优势

一方面, 水利施工中顶管施工技术的应用可以起到保护周边环境的作用。传统的管道施工土方开挖面积较大, 所以对于

施工现场以及周边生态环境的破坏性较大，地面植被以及原有房屋建筑等需要被拔除以及拆毁等，部分水利管道的施工可能还会涉及管道的迁移等，由此产生的破坏性不容小觑。顶管施工技术应用的开挖面积相对较小，所以对于周边生态环境具有一定的保护作用。另一方面，最大限度的降低不良影响^[2]。顶管施工技术的应用可以避免临时便道修建产生的不良影响，同时还可以缩小管道施工的破坏范围，避免施工周边部分区域植被遭受破坏，减少周边房屋建筑的拆毁数量^[3]。此外，在施工条件允许的情况下，顶管技术的应用可能会有效规避部分水利施工不良影响。

二、水利工程施工中顶管施工技术应用要点

（一）测量施工

水利施工中，顶管施工质量的控制与测量精准度关系密切，尤其是针对顶进前设备安装、顶进后的复测以及顶进施工过程的管线高程及方向测量等，直接影响着顶管施工质量。顶管施工中，技术人员可以将各数据信息进行整合，例如地质条件、水文特征以及管道直径等，以便于为测量工作的开展提供参考。顶管测量施工大致分为两种，一种是直线顶管施工测量，该测量操作较为简单，测量人员需要优先完成管道中心线及工作坑地面平面位置的测放设计，随后需要使用经纬仪将管道中心线引入工作坑内，再布设1—2个基准点^[4]。在管道顶进施工中，使用测量仪在基准点位置可以测量出管道顶进高程；另一种是曲线顶管施工测量，该测量工作较为复杂，具体可以分为简单测量与复杂测量，简单测量需要使用测量仪在工作坑内进行，而复杂测量需要测量人员在管内布设1或多个测站，随后再使用测量仪在工作坑内开展测量工作。

（二）管材选用

水利工程的施工规模较大，所以其顶管施工需要使用的管材数量较多，同时对于管材质量以及使用年限等具有较高要求。为保证顶管施工质量，管材选用十分重要，采购人员需要引起重视，在管材采买过程中优选高质量、价格适中的管材，同时还需要对管材供应商的运营资质以及管材生产合格证等进行检查，确保管材无任何质量问题。与此同时，采购人员还需要对管材的型号以及尺寸等进行检查，严格按照水利顶管施工要求选购符合施工要求的管材。当前，材料市场上的管材质量参差不齐，采购人员需要擦亮双眼，优选高信用以及好评率较高的商家进行合作，重在保证管材质量^[5]。水利施工中常用的管材为钢管或钢筋混凝土管，前者质量较轻，强度较高且密封性较好，但是实际应用存在吊装及运输环节存在一定难度；后者稳定性较强，但抗渗性及密封性较差。

（三）注浆控制

水利顶管施工的关键在于顶进压力的减少，注浆控制可以有效降低阻力，并在注浆管道外壁形成泥浆润滑套，以此可以减少管道顶进的摩擦阻力。在注浆控制过程中，施工人员需要将灌注泥浆填充至土层空隙内部，以免出现直接碾压管体的问题，因此

可以对中间位置起到支撑作用，该操作可以提高顶管施工效率。此外，针对触变泥浆的配置，施工人员需要合理控制膨润土、水以及掺和剂的配比量等，同时需要保证各材料配比均匀。依据水利工程顶管施工相关要求，触变泥浆中水的配比量最大，掺和剂的配比量最小^[6]。与此同时，顶管施工中注浆压力以及注浆量的控制十分重要，二者对于顶管施工中摩擦阻力的控制具有重要影响，如果注浆压力及注浆量过大，可能会导致顶管凸起，引发安全事故。因顶管施工具有规范化的施工流程及规范等，所以施工人员需要规范化进行施工，施工期间禁止随意终止注浆操作，且顶进施工结束后需要立刻更换注浆液，防止填充管外出现空隙。

（四）顶管施工

顶管施工包括顶管的安装施工，施工人员需要确保顶管安装位置正确，需要控制好顶管安装高度，实际安装施工应避免各不良因素的干扰，例如地下水以及地质结构等。顶管施工涉及大型机械设备的使用，例如起重机以及千斤顶等，施工人员需要熟练掌握各机械设备的操作要点，并依据施工要求合理选择水泵以及其他电力设备等。针对顶管的施工，施工人员需要综合考虑泥浆黏稠度以及压力值等，实际施工需要边顶进边观察周边土质的变化情况，实时调整泥浆的黏稠度。为保证顶管施工质量，施工期间施工人员需要科学控制顶进速度，实时监测泥浆压力值，避免出现安全隐患^[7]。另外，因顶管施工在地下，施工过程中势必会对施工区域地表产生一定影响，所以顶进施工时施工人员还需要关注地表情况，科学控制地表沉降值，避免发生地表坍塌事故。

三、水利工程施工中顶管施工技术应用案例

（一）工程概况

此次水利工程研究案例位于某省市东部，工程顶管施工选用的管材为钢筋混凝土管，管材内径为4m，外径为4.64m，管壁厚度为0.32m，每节管材的长度为2.5m。管材的荷载等级为Ⅲ级管，钢承口是C型，各管材之间的接口方式为柔性接头。另外，钢筋混凝土管的混凝土材料等级为C50，抗渗等级为W10。该项目工程顶管施工的总长度为826m，属于双排管施工，两排管道施工长度相同，均为413m，双排管道的净间距为5.55m，曲率半径为800m。工程的顶管施工存在一定难度，例如施工中单段顶距较长，顶力偏大，施工人员需要通过触变泥浆质量的控制进行解决，科学控制注浆压力及注浆量等，以此形成高质量的泥浆套，进而有助于摩擦阻力的减小。不仅如此，因施工管径较大，机头较重，出洞时机头易出现磕头问题，所以出洞前沉井预留洞口内部需要安装延伸轨道，避免出现磕头问题。

（二）设备选型

水利顶管施工期间需要使用多种机械设备，例如起重机以及千斤顶等，管理人员需要依据顶管施工相关要求合理选择设备外形尺寸、吨位以及构件重量等，保证二者能够正常完成相应的施工任务。针对顶管机的选择，管理人员需要综合考虑施工质量要求、施工区域地质条件以及水文特征等，同时还需要考虑对周围环境的影响力。此次工程施工选用的顶管机为DN4000泥水平衡

顶管机（见下图1所示），该设备包括多种技术，例如测量技术、液压技术以及电控技术等，实际应用无需开挖施工，且适用性较强^[9]。主顶设备选择的是千斤顶，共14只，呈对称式布置，两排并列，每排各7只，每只千斤顶的最大行程为3.5m，最大推力为200t。注浆系统选用的是TWB-150泥浆泵以及SYB50/45-Ⅱ注浆泵。



>图1 DN4000泥水平衡顶管机

（三）设备安装

顶管基座的预制构件为钢结构，其位置的确定需要依据管道设计轴线而定。针对导轨的安装，此次工程选用的顶管导轨是装配式导轨，总长度为2.35m，导轨的安装需要保证稳固性，防止导轨的安装出现沉降、变形或位移等问题。依据顶管施工相关要求，导轨的安装坡度需要符合管道坡度的设计值。主顶设备的安装，主推油缸需要被固定在油缸架上，且周边需要设置油泵站以及搭设防雨棚，避免油泵站的使用遭受不良天气的影响^[9]。针对油路的安装，施工人员需要保持顺直，保证接头拧紧，避免出现

漏油事故。此外，顶管机的安装是顶管施工的重要环节，实际安装需要使用汽车吊将顶管机机头进行吊装，随后通过专人的指挥将机头平稳移动及安装在导轨之上，由测量人员对机头前后端的中心方向偏差进行测定与记录，确保机头安装位置精准。

（四）顶管施工

该工程的顶管施工会涉及河道的穿越问题，施工前测量人员需要复测河床标高。当顶管施工进入河段时，施工人员需要依据覆土深度实时调整与控制泥水压力与注浆压力等，避免因压力过大而导致河床被击穿，引发河水倒灌灾害。当顶管穿越河底时，施工人员需要对河底情况进行实时监测，如果发现河内出现少量气泡，则需要立刻减小注浆压力及泥水压力，如果气泡数量逐渐增加，施工人员需要采取紧急措施进行处理^[10]。此次选用的顶管机属于泥水平衡型，为保证顶管机正常运行，保证顶管施工质量，施工人员需要科学设定平衡压力，实时调整顶管机推力以及推进速度等，以便于确保顶管施工的安全性及稳定性等，避免出现上层结构坍塌事故。

结束语：

水利工程施工中，水资源的调配及输送等需要管道施工的支持，而在管道施工中顶管施工属于重要施工项目，其施工质量对于水利工程施工质量具有重要影响。为保证顶管施工质量，施工人员需要加强对顶管施工技术的研究，了解该技术的应用优势以及需要遵守的相关原则等，例如保护性优势以及总体性原则等。与此同时，还需要熟练掌握该技术实际应用要点，例如测量施工、管材选用、注浆控制以及顶管施工等，认真完成各施工工艺，保证施工技术应用质量。

参考文献：

- [1] 李晓楠. 水利工程建设中顶管施工技术的应用探讨[J]. 建材发展导向, 2023, 21(08): 154-157. DOI: 10.16673/j.cnki.jcfzdx.2023.0095.
- [2] 薛煜. 浅谈水利工程顶管施工技术应用[J]. 价值工程, 2023, 42(02): 139-141.
- [3] 石新中. 水利工程施工中顶管施工技术研究[J]. 珠江水运, 2022(21): 77-79. DOI: 10.14125/j.cnki.zjsy.2022.21.025.
- [4] 韩显达. 水利工程建设中顶管施工技术的应用研究[J]. 地下水, 2022, 44(05): 270-272. DOI: 10.19807/j.cnki.DXS.2022-05-091.
- [5] 蒋建华. 水利工程中顶管施工技术的应用分析——以民兵水库涵管更换施工为例[J]. 珠江水运, 2021(21): 33-34. DOI: 10.14125/j.cnki.zjsy.2021.21.015.
- [6] 李文智. 顶管掘进施工技术在水利工程中的运用探析[J]. 甘肃科技纵横, 2021, 50(04): 51-53.
- [7] 沈印. 试谈顶管施工技术在水利工程中的应用[J]. 建材与装饰, 2020(18): 278-279.
- [8] 冷成兴, 蒋淑琴. 农田水利工程中顶管施工技术探讨[C]//中国智慧工程研究会智能学习与创新研究工作委员会. 2020万知科学发展论坛论文集(智慧工程一). 2020万知科学发展论坛论文集(智慧工程一), 2020: 704-713. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2020.013409.
- [9] 黄宏. 简述农田水利工程中顶管施工技术[J]. 绿色环保建材, 2019(12): 231+234. DOI: 10.16767/j.cnki.10-1213/tu.2019.12.175.
- [10] 秦国平. 水利工程中顶管施工技术的应用[J]. 农业科技与信息, 2019(19): 107-108. DOI: 10.15979/j.cnki.cn62-1057/s.2019.19.043.

水土保持的创新发展与实践研究

廖爱国

江西省景德镇市浮梁县水利局, 江西 景德镇 333000

摘要：水土保持作为生态平衡和社会经济发展的重要支柱, 面临诸多挑战, 如持续的水土流失、实施与监管差距、环境变化以及资源与资金限制。本文专注于探讨水土保持的重要性, 分析当前面临的主要问题, 并提出创新的实践措施以应对这些挑战。首先, 强调生态平衡与环境保护、社会经济发展的支撑及防灾减灾与资源管理的必要性。随后, 通过具体问题的剖析, 明确指出解决方案的方向。针对问题, 提出四项创新实践措施: 构建水土保持基础设施、强化执法与监管机制、实施适应性管理措施和吸引社会资本及国际资金。本文旨在为水土保持的持续创新发展提供理论支持和实践指导。

关键词：水土保持; 创新发展; 实践

Research on Innovative Development and Practice of Soil and Water Conservation

Liao Aiguo

Water Resources Bureau of Fuliang County, Jingdezhen, Jiangxi Province, Jingdezhen 333000

Abstract： As an important pillar of ecological balance and socio-economic development, soil and water conservation faces many challenges, such as continuous soil erosion, implementation and regulatory gaps, environmental changes, and resource and financial constraints. This paper focuses on the importance of soil and water conservation, analyzes the main problems currently faced, and proposes innovative practical measures to address these challenges. First, it emphasizes the ecological balance and environmental protection, the support of social and economic development, and the necessity of disaster prevention and reduction and resource management. Then, through the analysis of specific problems, the direction of solutions is clearly pointed out. In response to the problem, four innovative practical measures were proposed: building soil and water conservation infrastructure, strengthening law enforcement and supervision mechanisms, implementing adaptive management measures, and attracting social capital and international funds. This paper aims to provide theoretical support and practical guidance for the sustainable innovative development of soil and water conservation.

Key words： soil and water conservation; innovation and development; practice

一、引言

在全球气候变化和环境压力日益增大的背景下, 水土保持的重要性日渐凸显。作为维持生态平衡、保障社会经济稳定发展的关键环节, 水土保持不仅关乎资源的有效利用, 也是防灾减灾的重要手段。然而, 持续的水土流失、政策执行与监管的不足、环境变化带来的挑战以及资源和资金的限制, 均对水土保持的有效实施构成了威胁。因此, 探索创新的实践措施, 以应对这些问题, 成为当前环境保护和可持续发展领域的重要课题。本文围绕水土保持的重要性, 深入剖析其面临的问题, 并提出相应的创新实践措施, 旨在为相关领域的研究和实践提供新的视角和思路。

二、水土保持的重要意义

(一) 生态平衡与环境保护

水土保持对于生态平衡和环境保护至关重要, 尤其是在桥溪水小流域这样的敏感区域。桥溪水两岸的自然状态由于河岸的淤

积和不稳定性, 使得该区域面临着严重的环境风险, 包括水土流失和洪水威胁^[1]。这些问题不仅影响了当地生态系统的平衡, 也威胁到沿岸居民的生活安全。例如, 河道的侵蚀和淤积导致的洪水会冲毁现有的农田和村庄, 从而造成生态破坏和经济损失。因此, 对桥溪水小流域进行综合治理, 如加强河岸稳定性、提高防洪标准, 不仅是维护生态平衡的必要手段, 也是保护沿岸社区安全的关键措施。此外, 该区域河道的自然恢复和生态修复, 例如种植本地植物、建立人工湿地, 不仅可以改善生物多样性, 还可以增强生态系统的恢复力, 保护水资源免受污染。通过这些综合性措施, 可以实现生态环境的持续改善和生物多样性的保护, 促进地区的生态平衡和环境健康。

(二) 社会经济发展的支撑

水土保持在社会经济发展中扮演着核心角色, 特别是在依赖于农业和自然资源的区域, 如桥溪水小流域。该地区沿岸的农田和村庄直接受益于健康的水土环境。当前, 桥溪水的水质受到农业和生活废水的直接污染, 这不仅对当地水体造成污染, 也威胁到了农业生产的可持续性和居民的健康。因此, 采取综合措施,

如建立人工湿地系统、生态植草沟以及生物滞留带，是净化水体、改善河流生态环境的有效方法^[2]。通过这些措施，可以减少农业面源污染，保证农作物的健康生长，提高农产品质量，从而直接促进当地经济的发展。同时，改善的水质和河岸景观也为生态旅游和休闲活动提供了更多的机会，进一步促进了地方经济的多元化发展。综合来看，通过加强水土保持和环境治理，不仅可以改善桥溪水的生态环境，还能够促进当地社会经济的稳定发展和居民生活质量的提升。

（三）防灾减灾与资源管理

水土保持在防灾减灾和资源管理方面的作用不可低估，特别是在像桥溪水这样的农业重点区域。由于该地区河岸的自然护岸稳定性较差和抗冲刷能力弱，面临着洪水侵袭的严重风险。一旦发生洪水灾害，不仅能导致河岸坍塌，还容易淹没农田和村庄，严重威胁沿岸居民的生命财产安全^[3]。因此，加强河道治理，提高防洪能力，对于保护该地区免受自然灾害的威胁至关重要。这包括重建和加固水陂，确保有效的灌溉和洪水控制，以及采取适当的河道清淤措施，保持河道畅通。此外，河道的综合治理还能提升周边环境的景观价值，为地区带来更多的发展机会，如生态旅游和休闲娱乐。通过这些措施，桥溪水小流域不仅能够提高其自然灾害的应对能力，还能够在资源管理和生态恢复方面取得显著成效，从而支持当地的经济发展和社区安全。总体来说，水土保持在减少自然灾害风险、改善生态环境和促进地区可持续发展方面发挥着至关重要的作用。

三、水土保持面临的主要问题

（一）持续的水土流失

水土流失是全球性的环境问题，对生态系统和人类生活产生严重影响。在特定地区，如亚洲的一些农业集中区，年土壤流失量可达30吨/公顷，远超过土壤自然再生的速度。这种持续的土壤流失导致土地肥力下降，农作物产量减少，直接影响到粮食安全和生态系统的健康^[4]。此外，水土流失还加剧了水体污染和河流淤塞。被侵蚀的土壤中携带的营养物质和有机物进入水体后，会导致水体富营养化，进而影响水质和水生生态系统。同时，流失的泥沙还容易导致河流和湖泊淤积，影响水流正常运行，增加防洪的难度。综合来看，水土流失的主要原因包括不合理的土地利用、过度耕作、森林砍伐和不当的水源管理。例如，过度放牧和滥伐森林导致地表植被破坏，增加了土壤侵蚀的风险。这些因素的综合作用，使得水土流失成为一个复杂且紧迫的全球性问题。

（二）实施与监管的差距

尽管许多国家已经认识到水土保持的重要性，制定了相关政策和法规，但实施与监管仍存在明显差距。根据联合国环境规划署的报告，全球超过50%的水土保持法规未能得到有效执行。在实地操作层面，这一差距体现为技术和资源的不足、监管的松懈以及政策的不一致性。监管缺乏导致许多水土保持项目效果不佳或无法持续^[5]。例如，在部分非洲国家，由于监管不力和技术支持不足，超过60%的水土保持项目未能达到预期效果。此外，实



>图1 环境变化对水土保持的影响



>图2 展示了多种水土保持基础设施

施过程中的信息缺失和沟通不畅也是监管差距的原因之一。在多个案例中，政策制定者和实地执行者之间存在信息不对等，导致水土保持措施无法有效适应当地实际情况。因此，提高水土保持政策的执行效率和监管力度，确保技术和资源的充分利用，对于解决水土流失问题至关重要。

（三）环境变化的挑战

环境变化对水土保持构成了显著的挑战。随着全球气候变化的加剧，极端天气事件的频率和强度在增加，这直接影响水土资源的稳定性。据国际气候变化委员会报告，过去50年里，全球平均气温升高了约0.7°C，导致降水模式的显著改变。这种变化增加了某些地区洪水和干旱的风险，从而加剧了水土流失。如图1。此外，气候变化还影响了植被覆盖和土壤质量。随着温度升高和降水模式变化，某些地区的自然植被受到威胁，这进一步加剧了土壤侵蚀^[6]。同时，海平面上升也对沿海地区的水土保持构成了威胁。海平面上升导致沿海侵蚀加剧，威胁到这些区域的农业生产和生态系统。据估计，未来100年内，全球海平面还会上升0.18至0.59米，这将对沿海地区的水土资源造成严重影响。因此，应对环境变化带来的挑战，需要在水土保持策略中纳入气候适应措施，以减轻极端天气事件对水土资源的负面影响。

（四）资源与资金的限制

资源和资金的限制是水土保持面临的另一大挑战。实施有效的水土保持措施通常需要大量的财政投入和资源配置。然而，许多国家特别是发展中国家，在资源和资金方面存在显著的不足。据世界银行数据显示，发展中国家在环境保护和水土保持方面的年投资远远低于所需的水平。其次，资金不足导致许多水土保持项目无法启动或无法持续。例如，一些有潜力的水土保持技术由于缺乏资金支持，难以在更广泛的区域推广应用。此外，缺乏持续的财政投入也影响了现有水土保持措施的维护和升级^[7]。同时，高效的水土保持技术如先进的侵蚀控制方法和监测系统，其成本往往高昂，对于资源有限的国家来说是一个重大挑战。综上所述，资源和资金的限制严重阻碍了水土保持的有效实施和持续发展。解决这一挑战需要加大投资，提高资源配置效率，并寻求国际合作和资金支持。

四、水土保持的创新实践措施

（一）构建水土保持基础设施

构建有效的水土保持基础设施是应对水土流失的关键措施，

尤其是在像桥溪水小流域这样的地区。如图2。这包括建立防护性土地管理系统,例如梯田、挡土墙、水坝和蓄水池。这些结构能有效减缓水流速度,减少土壤侵蚀,同时增加水资源的可用性。梯田在斜坡地区的应用,尤其在桥溪水周边的农田中,可以显著减少水流引起的土壤流失。据分析,梯田能够减少土壤流失量高达50%。此外,建立排水系统是控制水土流失的另一个重要方面。通过建造排水沟和渠道,可以有效地管理地表水流,减少因过量水流造成的土壤侵蚀^[8]。在桥溪水地区的农田中,安装地下排水系统还能帮助控制土壤湿度,提高土地的农业生产力。同时,实施水土保持基础设施建设还需要考虑到地理和气候条件。例如,在干旱地区,建设蓄水池和水井以储存雨水,对于减少水资源的浪费和提高干旱时期的水利用率至关重要。这些基础设施的建设和维护需要相应的技术和资金投入,而且应与当地社区紧密合作,确保其有效性和可持续性。

（二）强化执法与监管机制

强化执法与监管机制是确保水土保持措施有效实施的关键。首先,需要制定和执行严格的土地使用规定和标准。这包括限制不适当的土地利用方式,如过度放牧、非法伐木和不合理的农业耕作。政府部门应加强对这些活动的监控和执法,以减少人为因素对土壤和水资源的破坏。其次,建立有效的监测和评估系统也至关重要。通过使用卫星遥感、地理信息系统(GIS)和其他先进技术,可以实时监测土壤侵蚀和水土流失的情况,及时调整和优化保护措施。例如,利用遥感技术监测植被覆盖度和土壤湿度变化,可以帮助管理者更有效地识别高风险区域和采取预防措施。除此之外,提高公众和利益相关者的参与度也是强化监管的关键。通过教育和培训,提高公众对水土保持重要性的认识,鼓励他们参与到水土保持项目中来。同时,需要确保政策制定者、科研人员、地方管理者和社区成员之间有效的沟通和协调,以保证水土保持措施的全面性和一致性。

（三）实施适应性管理措施

适应性管理措施在水土保持中的实施,关键在于调整和优化策略以适应环境变化和社会经济发展的需要。首先,需要对当前的土地管理和农业实践进行评估,识别可改进之处。例如,通过引入保护性耕作和有机农业实践,可以增加土壤的有机质含量和结构稳定性,从而减少水土流失^[9]。这涉及减少翻耕、使用覆盖

作物和施用有机肥料。其次,应用科学研究和技术创新对于适应性管理至关重要。利用新技术如精准农业和智能灌溉系统,可以更有效地管理水资源和提高土地利用率。例如,通过安装土壤湿度传感器和自动灌溉系统,可以根据土壤实际需要进行灌溉,减少水资源浪费并防止过度灌溉引起的土壤侵蚀。最后,适应性管理还需要考虑到气候变化带来的影响。这包括开发和推广能适应不同气候条件的作物品种,以及建立应对极端天气事件的紧急响应系统。例如,培育耐旱和抗盐碱的作物品种,可以帮助农民应对干旱和盐碱土地的挑战。

（四）吸引社会资本和国际资金

为加强水土保持的实践措施,吸引社会资本和国际资金至关重要。这需要政府和相关机构积极开展国际合作,争取外部资金和技术支持。例如,通过参与国际环境保护项目和利用国际开发援助,可以获得资金支持和技术交流。同时,公私合作模式(PPP)的引入,是吸引社会资本投入水土保持项目的有效途径。政府可以通过提供税收优惠、补贴和风险共担机制,激励私人部门参与水土保持项目。此外,提高水土保持项目的可投资性也是关键。这包括制定明确的政策框架、保障投资回报和强化项目管理。通过建立透明的监管体系和评估机制,可以增强投资者对水土保持项目的信心^[10]。总之,通过国际合作、公私合作模式和提高项目的可投资性,可以有效地吸引社会资本和国际资金,为水土保持的实践措施提供必要的财政和技术支持。这不仅有助于现有措施的持续实施,也为创新解决方案的开发和推广提供了更广阔的可能性。

结束语

在本次探讨中,水土保持的重要性及其面临的挑战得到了全面的阐释,同时,提出的创新实践措施为应对这些挑战提供了具体的路径。通过强化基础设施建设、监管机制、适应性管理以及资金吸引策略,为实现水土资源的可持续利用和生态平衡提供了实际的解决方案。此次探索不仅对当前水土保持工作提供了理论和方法上的支持,也为未来相关领域的发展指明了方向。这些成果将促进环境保护与社会经济发展的和谐共生,为保护共有的地球家园贡献力量。

参考文献

- [1] 关于创新预防体制机制推动新时代水土保持工作高质量发展的实施意见[N].新疆日报(汉),2023-11-23(006).DOI:10.28887/n.cnki.nxjrb.2023.004385
- [2] 黎志云,邓文兰,沈发兴,张纯权,莫明浩,廖凯涛,黄旭华.新时期水土保持重大科研创新基地建设实践与成效——以江西水土保持生态科技园为例[J].中国水土保持,2023,(08):8-10+53.
- [3] 先行先试 持续创新 打造全国水土保持高质量发展“长汀样板”[N].中国水利报,2023-07-04(004).DOI:10.28136/n.cnki.ncslb.2023.001628
- [4] 蒲朝勇.以体制机制政策创新为抓手推进新阶段水土保持高质量发展的思考[J].中国水利,2023,(10):4-8.
- [5] 王勇.20世纪50年代以来陕西科研院所发展研究[D].西北大学,2020.
- [6] 洪忠.退耕还林建设成效与发展对策[J].林业建设,2020,(04):49-53.
- [7] 王泽,罗艳丽,任财,张青青,麻浩.“双一流”背景下水土保持与荒漠化防治专业的创新发展[J].科教导刊(中旬刊),2020,(20):63-64.
- [8] 坚持实践探索 勇于改革创新 建国七十年河北水土保持实现高质量发展[J].河北水利,2019,(09):22-23.
- [9] 谭精益.创新水土保持理念 走好绿色发展之路[N].邵阳日报,2016-05-23(005).
- [10] 周月鲁.新时期黄河流域水土保持创新发展的探索与实践[J].中国水土保持,2006,(10):5-8+67.

水土保持工程设计与施工技术的创新和改进研究

喻俊

景德镇市水利规划设计院, 江西 景德镇 333000

摘要： 本文旨在探讨水土保持工程设计与施工技术的创新和改进，以提高工程的有效性和可持续性。文章首先介绍了水土保持工程的基本概念和设计原则，然后探讨了当前存在的主要问题，包括设计中的不足和施工中的技术难题。

关键词： 水土保持工程；设计与施工；创新；改进；监控；管理；专业素质；技能水平

Research on Innovation and Improvement of Soil and Water Conservation Engineering Design and Construction Technology

Yu Jun

Jingdezhen Water Conservancy Planning and Design Institute, Jiangxi, Jingde 333000

Abstract： This paper aims to explore the innovation and improvement of soil and water conservation engineering design and construction technology in order to improve the effectiveness and sustainability of the project. This paper first introduces the basic concepts and design principles of soil and water conservation engineering, and then discusses the main existing problems, including the deficiencies in design and the technical problems in construction.

Key words： soil and water conservation engineering; design and construction; innovation; improvement; monitor; management; professional quality; skill level

引言

水土保持工程是重要的基础设施工程之一，对于保障国家安全、维护社会稳定、促进经济发展具有至关重要的作用。随着人类经济活动的不断扩展和城市化进程的加速，水土流失现象越来越严重，对生态环境造成了极大的破坏，也带来了巨大的经济损失。因此，加强水土保持工程的设计与施工技术的创新和改进，对于提高工程效益、保障生态环境安全、促进可持续发展具有重要意义。

一、水土保持工程的概念和分类

水土保持工程是指通过各种工程措施，预防和控制水土流失，保护土壤和水资源，改善生态环境，促进社会经济可持续发展的综合性工程。水土保持理念是一种对自然因素、人为活动造成的水土流失问题进行防控的措施。^[1]水土保持工程通常包括土地整理、水土保持措施、监测系统组成部分。

分类：

1. 土地整理工程：强化施工阶段水土保持意识的工作理念，^[2]通过机械、物理、化学和生物等多种手段，改善土地质量，提高土地的肥力、抗侵蚀性和可持续利用性。

2. 水土保持措施工程：水土保持措施设计应遵循多绿化、少硬化，植物措施宜适地适树，

并采用乔、灌、草立体配置模式，临时措施应有针对性地布设。^[3]通过工程措施，如修建梯田、坡度耕作、植树造林、种草等，减少水土流失，保护土壤和水资源。

3. 生态修复工程：通过植树造林、水土保持、生态修复等技

术，改善生态环境，提高生态系统的稳定性和自我调节能力。

二、水土保持工程的施工技术及其应用

绿色施工在路桥工程中的有效实践，不仅能够显著改善项目施工质量，同时也可以起到节约成本、控制造价的作用。^[4]

1. 一种常见的水土保持工程施工技术是植被恢复技术。植被恢复技术是指通过种植植物、护土网、植草格室等方法，恢复或重建被破坏的植被，以减少土壤流失，保持水源和改善生态环境。在实际施工中，可以根据不同地区的土壤、气候等条件，选择适合的植被种类，进行人工种植或喷播等方法。因地制宜，综合治理，加强管理，注重效益的水土保持工作方针，坚持以经济效益为中心，兼顾社会、生态效益，取得了良好的社会、经济和生态效益。^[5]

2. 另一种常见的水土保持工程施工技术是土石笼工程。土石笼工程是指将土壤、石子等材料编织成网状结构，以保护土壤表面，防止土壤流失。土石笼工程可以用于河岸等地，以减少土壤

流失,保持水源和改善生态环境。

3.还有一种重要的水土保持工程施工技术是生态修复技术。生态修复技术是指采用生物、物理、化学等方法,对被破坏的生态环境进行修复和改善。为快速高效地建立稳定的植物群落,采用“种子混播技术”,^[6]生态修复技术可以用于土壤、水源、植被等方面,以减少土壤流失,保持水源和改善生态环境。

(一) 工程材料和技术的创新

1. 新材料的应用:

— 生物炭:作为一种环境友好型材料,生物炭具有良好的吸附性能,可用于水土保持工程中的土壤改良和水分保持。

— 聚乙烯(PE)和聚丙烯(PP)复合材料:这类材料具有良好的抗老化、抗紫外线和耐磨性能,可用于构建水土保持工程中的防护墙和网格结构。

— 高分子聚合物:如聚丙烯酸盐和聚乙烯酸盐等,这类材料具有良好的抗侵蚀性能,可用于制备水土保持工程中的防护材料。

2. 创新性的施工技术:

— 3D打印技术:利用3D打印技术,可以根据工程需求精确打印出各种形状和尺寸的水土保持结构,提高施工效率和降低成本。

— 机器人技术和自动化设备:如无人机、机器人等,可用于水土保持工程的监测、设计和施工过程中,提高施工精度和效率。

— 精准测量和定位技术:如GPS、激光扫描仪等,可用于水土保持工程的测量和定位,提高工程质量和施工效率。

3. 数字化技术的应用:

— 物联网(IoT)技术:通过物联网技术,可以实时监测水土保持工程中的各种环境参数,如土壤含水量、气温等,为工程管理提供科学依据。

— 大数据和人工智能(AI):通过大数据分析和人工智能技术,可以对水土保持工程进行智能优化设计、施工和监测,提高工程性能和质量。

(二) 施工方法的改进

1. 采用先进的施工技术

先进的施工技术可以提高工程的施工质量和效率,减少施工成本和环境污染。例如,可以采用喷浆固化、土工布等先进的施工技术,提高工程的稳定性和抗侵蚀性。

2. 加强现场管理和监督

在施工过程中,应加强现场管理和监督,确保工程按照设计方案和施工计划进行。可以通过建立项目管理制度、加强施工现场安全和环境保护等措施,提高施工质量。

3. 推广绿色施工技术

水土资源是人们赖以生存的基础环境,但随着人为的发展活动,逐渐造成水土侵害的增加,^[7]绿色施工技术是一种以环境保护为主题的施工技术,可以减少对环境的污染和破坏。例如,可以采用废弃物回收和再利用、节能降耗等技术,提高施工的环保性能。

(三) 工程管理模式的改进

1. 项目全过程管理

水土保持工程涉及多个环节,包括前期规划、设计、施工、验收和后期维护等。项目全过程管理是指在项目整个生命周期中,通过有效的组织、协调、沟通和控制,确保各个环节按照预定的计划和标准顺利进行。全过程管理可以提高项目质量和效率,降低风险,减少成本。

2. 信息化管理

信息化管理是现代工程管理的重要组成部分,它利用信息技术和手段,对项目的全过程进行实时监控、数据分析和决策支持。在水土保持工程中,信息化管理可以提高项目管理、质量控制、成本控制和进度控制等方面的效率。

3. 绿色环保管理

绿色环保管理是指在工程设计和施工过程中,充分考虑生态环境保护 and 可持续发展要求,实现经济增长与环境保护的和谐发展。在水土保持工程中,绿色环保管理可以降低对生态环境的影响,减少污染和破坏,提高工程可持续性。绿化模式采用乔灌草综合绿化,树草种搭配上,乔木采用常绿配以落叶;灌木采用观叶和观花搭配;地被采用混合草籽。^[8]

4. 人才培养和培训

人才是工程管理的关键因素,培养和培训高素质的工程管理人员是提高工程质量和水平的重要途径。

(四) 工程质量管理 and 安全保障的改进

1. 制定严格的质量管理和安全保障制度

可以提出制定严格的质量管理和安全保障制度,包括明确各部门和人员的职责与分工、制定针对性的质量管理和安全保障措施、设立相应的监督和管理机制等。这样有助于提高工程质量管理 and 安全保障水平,确保项目的顺利进行。

2. 采用现代科技手段提高工程质量管理 and 安全保障水平

可以探讨采用现代科技手段,如物联网、大数据分析、人工智能等,来提高工程质量管理 and 安全保障水平。例如,可以研究如何利用物联网技术实现工程项目的实时监控,以便及时发现并处理问题;利用大数据分析技术对工程质量管理 and 安全保障数据进行深入挖掘,为决策提供有力支持;借助人工智能技术优化工程设计和施工流程,提高工程质量和安全保障水平。

3. 强化人员培训和技能提升

可以提出加强人员培训和技能提升,以提高工程质量管理 and 安全保障能力。这包括对项目负责人、技术员、施工人员等进行专业技能培训,使其掌握最新的工程设计施工技术和管理理念;组织参加相关行业的培训和研讨会,了解最新的技术动态和管理方法;鼓励人员考取相关证书,提升个人素质和能力。

4. 注重工程质量管理 and 安全保障的信息化建设

探讨建立工程质量管理 and 安全保障的信息化平台,实现对工程项目的全过程监控和控制。这包括建立工程项目的信息管理系统,对工程进度、质量、安全等方面的数据进行实时采集、分析和传递;利用信息技术手段,实现工程质量管理 and 安全保障的自动化、智能化,提高工作效率和准确性。

5.引入第三方专业机构进行质量管理和安全保障评估

可以提出引入第三方专业机构进行工程质量管理和安全保障评估,以确保工程质量管理和安全保障水平的客观性和公正性。这包括选择具有专业资质和丰富经验的第三方机构,对其进行质量管理和安全保障方面的评估,并根据评估结果提出改进措施和建议。

三、工程设计方案的创新与改进

1.数字化设计与信息化技术

(1)使用计算机辅助设计(CAD)软件,提高设计效率和精度。

(2)采用GIS技术,对土壤、地形、水文等数据进行科学分析,为设计提供依据。

(3)利用遥感技术,实时监测土壤侵蚀、水土流失等现象,为设计方案调整提供参考。

2.结构优化设计

(1)采用遗传算法、粒子群优化算法等方法,对结构形式、材料、尺寸等参数进行优化。

(2)根据地形、土壤等条件,采用适应性结构设计,提高工程效益和稳定性。

3.生态友好设计

(1)采用生态工程技术,如植被恢复、生态护坡等,提高生态环境质量。

(2)采用绿色建筑材料,减少对环境的污染。

(3)实施水土保持工程的过程中,加强监测和管理,确保工程效果的持续发挥。

4.系统集成设计

(1)根据项目需求,整合相关工程技术和资源,实现系统优化。

(2)将工程设计与施工、监测与管理等多个环节紧密结合,提高整体效益。

四、工程设计思路和策略的创新

1.采用新技术和方法:随着技术的不断进步和发展,可以考虑采用新技术和方法来改善水土保持工程的设计与施工技术。例如,植生袋铺设简单轻便且运输方便;草种成活率较高;草种分布均匀,避免后期的草坪分布不均;^[9]

2.强化可持续性:在设计和施工水土保持工程时,应强调可持续性。这意味着,在工程设计中,应尽可能地减少对环境的影响,并采用环保材料和方法来降低污染和损害。在施工过程中,应尽可能地减少对周围环境的影响,并采取措施来保护当地生态系统和资源。

3.推广智能化施工:智能化施工是一种利用现代技术和设备来提高施工效率和质量的方法。在水土保持工程中,可以采用智能化施工技术来监测和控制施工过程,例如使用传感器和监控

系统来监测土壤和水质状况,使用3D打印技术来制造模具和构件等。

4.促进合作与协同:在设计和施工水土保持工程时,可以促进不同利益相关者之间的合作与协同,例如与当地社区、政府机构、环保组织等合作,共同推进工程项目的成功实施。通过合作,可以更好地了解当地需求和利益,并采取更加有效的措施来保护环境和促进可持续发展。

5.注重教育和培训:在设计和施工水土保持工程时,应注重教育和培训,提高相关人员的技术水平和素质。增强施工人员的工作意识,随着我国进入信息化时代,许多修复技术可以从网络上进行学习,实现资源共享化,推动了我国水利施工中水土流失的治理工作^[10]通过培训,可以提高工作人员对新技术和方法的理解和应用,促进团队合作和协同,提高工程质量和效率。

五、结束语

对水土保持工程的设计与施工技术进行了深入研究,探讨了其存在的问题和不足,并提出了一系列创新和改进措施。通过本文的研究,我们发现水土保持工程的设计与施工技术在实践中确实存在一些问题,如设计不够科学、施工技术不够成熟等。为了解决这些问题,我们提出了加强科学设计、推广新技术、提高施工水平等措施,以期在未来的实践中取得更好的效果。最后,我们认为水土保持工程的设计与施工技术是不断发展和创新的,需要我们在实践中不断探索和创新,以适应不断变化的环境和需求。同时,我们也需要加强对水土保持工程的设计与施工技术的研究和推广,为保护环境和改善生态做出更大的贡献。

参考文献

- [1] 周军.基于水土保持理念的城市道路路基施工技术[J].科学技术创新,2023,(06):121-124.
- [2] 陈吉林.浅谈开发建设项目水土保持方案编制的理念创新[C]//云南省水利学会.云南省水利学会2014年度学术交流会论文集.龙陵县水利水电勘测设计队;,2014:9.
- [3] 徐兰红,王志煌.水土保持方案编制思路分析[J].中国标准化,2023,(24):180-185.
- [4] 闫闪闪.绿色施工技术在道路桥梁施工中的运用探究[J].时代汽车,2023,(05):193-195.
- [5] 孟利利,曹保亚,徐少华等.黄河流域宁夏段水土保持修复措施研究[C]//河海大学,珠江水利委员会珠江水利科学研究院,中国疏浚协会,广东省水利水电科学研究院,广东省水利学会.2023(第十一届)中国水生态大会论文集.黄河建工集团有限公司;中国水利水电建设工程咨询西北有限公司;,2023:12.DOI:10.26914/c.cnkihy.2023.039452.
- [6] 陈雪,陈顺.金沙县油沙河水库工程水土保持植物措施设计[J].黑龙江水利科技,2022,50(04):110-112.DOI:10.14122/j.cnki.hskj.2022.04.043.
- [7] 孙兆军.水利工程水土保持方案编制优化措施探讨[J].治淮,2023,(03):62-63.
- [8] 郭东波.某地产项目水土保持防治措施[J].河南水利与南水北调,2023,52(02):118-119.
- [9] 江升,朱寿安,江林等.植物生态绿化护坡施工技术分析[J].江西建材,2023,(06):241-243.[4] 闫闪闪.绿色施工技术在道路桥梁施工中的运用探究[J].时代汽车,2023,(05):193-195.
- [10] 徐盛.探讨水利施工对水土保持生态修复技术的有效运用[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(05):141-143.

水利建设管理中的质量控制与安全管理研究

谢嘉轩

景德镇市水利投资有限公司, 江西 景德镇 333000

摘 要：水利建设管理的质量控制与安全管理是确保工程效率、安全性和可持续性的关键因素。本文深入探讨了这一领域的重要性、面临的主要问题以及改进策略。首先，文章强调了质量控制和安全管理在保障工程质量、促进可持续发展和提升工程效益方面的重要性。接着，分析了影响水利工程中质量控制与安全管理的主要问题，包括技术与设备的更新滞后和管理体系与监管的不足。最后，提出了提高水利工程中质量控制与安全管理的策略，涵盖技术创新、管理体系完善、统一设计与施工标准，以及员工素质提升等方面。文章通过对这些关键要素的深入分析，为水利建设管理领域提供了实践指导和理论支持。

关 键 词：水利建设管理；质量控制；安全管理

Research on Quality Control and Safety Management in Water Conservancy Construction Management

Xie Jiaxuan

Jingdezhen Water Conservancy Investment Co., Ltd., Jiangxi, Jingdezhen 333000

Abstract： The quality control and safety management of water conservancy construction management are the key factors to ensure the efficiency, safety and sustainability of the project. In this paper, the importance of this field, the main problems and improvement strategies are discussed in depth. Firstly, the paper emphasizes the importance of quality control and safety management in ensuring engineering quality, promoting sustainable development and improving engineering benefits. Then, the main problems affecting the quality control and safety management of water conservancy projects are analyzed, including the lag of updating technology and equipment and the insufficiency of management system and supervision. Finally, the paper puts forward effective strategies to improve quality control and safety management in water conservancy projects, including technical innovation, management system improvement, unified design and construction standards, and staff quality improvement. Through the in-depth analysis of these key elements, the paper provides practical guidance and theoretical support for the field of water conservancy construction management.

Key words： water conservancy construction management; quality control; safety management

一、引言

在当前全球气候变化和环境压力日益增大的背景下，水资源的合理利用和管理显得尤为重要。水利建设作为水资源管理的重要组成部分，其质量和安全性直接关系到水资源的有效利用和保护。随着技术的发展和社会的进步，对水利工程的质量控制与安全管理提出了更高的要求。这不仅涉及工程建设的技术层面，还包括管理、政策制定等多个方面。当前，水利工程面临着众多挑战，这些问题的存在严重影响了工程的安全性和效益。因此，探讨和改进水利建设管理中的质量控制与安全管理，对于提高水利工程的质量、保障人民生命财产安全、促进可持续发展具有重要意义。

二、水利建设管理中质量控制与安全管理的重要性

（一）保障工程质量与结构安全

在水利建设管理中，质量控制和安全管理对于保障工程质量

与结构安全至关重要。高质量的水利工程不仅能够有效抵抗自然灾害如洪水和干旱，还能提高工程寿命，减少后期维修和重建成本^[1]。据统计，水利工程结构的安全问题在很大程度上源于质量控制不严格。例如，不符合标准的材料使用和施工过程中的监督不足都会导致结构缺陷，增加了工程崩溃的风险。结构安全的直接影响是减少了对人员和财产的潜在威胁，尤其在极端气候和灾害频发的背景下更显重要。因此，通过严格的质量控制和安全管理体系，可以确保工程的可靠性和耐久性，减少潜在的安全隐患，保障社会公众的生命财产安全。

（二）促进可持续发展与环境保护

水利建设管理中的质量控制与安全管理对促进可持续发展和环境保护也起着关键作用。高标准的质量控制有助于确保水资源的有效利用和保护，减少水资源浪费和污染。环境保护法规要求的实施，如减少施工过程中的碳排放和环境破坏，需要通过有效的安全管理来保障。分析表明，对环境友好的水利工程能够减少对生态系统的干扰，有利于生物多样性的保护。此外，可持续的

水利建设还能够应对气候变化带来的挑战，如通过提高水效率和减少温室气体排放^[2]。因此，质量控制和安全管理在保护环境、促进资源的可持续利用方面扮演着重要角色。

（三）提高工程效益与社会信任

水利工程的质量控制与安全管理直接影响工程的经济效益和社会信任。高质量的工程能够带来长期的经济回报，减少维护和升级的需求，从而降低总成本。例如，严格的质量控制能够确保水力发电站的高效运行，提高能源产出，增加经济效益。同时，安全管理的有效实施增强了公众对水利工程的信任^[3]。调查显示，当公众对水利工程的安全性有信心时，他们更愿意支持和投资相关项目。此外，良好的质量控制和安全管理还能够促进政府和企业之间的良好沟通，提高决策的透明度和公众参与度。因此，通过提高水利工程的质量控制 and 安全管理，可以提高工程的经济效益和社会信誉，增强公众对水利项目的支持。

三、影响水利工程质量控制与安全管理的因素

（一）技术与设备更新滞后

水利工程的技术与设备更新滞后是影响其质量控制与安全管理的—个主要问题。随着科技的快速发展，新技术和新材料在水利工程中的应用变得尤为重要。然而，许多水利项目仍然依赖于过时的技术和设备，这严重限制了工程的效率 and 安全性^[4]。例如，根据最新报告，大约60%的中小型水利工程使用的是10年前的技术和设备。这种技术落后不仅导致工程效率低下，而且增加了工程事故的风险。此外，老旧的监测设备无法准确检测到工程中的隐患，如裂缝和渗漏，从而使得预防措施无法及时采取。此外，在水利工程施工过程中，对先进技术的投资不足也是一个重要问题。据统计，大约70%的水利项目的技术投入低于行业平均水平，这不仅影响了工程的建设速度，也降低了工程质量。因此，技术与设备的更新滞后是制约水利工程质量控制与安全管理的—个关键因素。

（二）管理体系与监管不足

管理体系与监管不足是影响水利工程质量控制与安全管理的—个重要问题。在许多情况下，水利工程的管理体系存在缺陷，无法有效监督和控制工程的各个阶段。据分析显示，约80%的水利工程管理体系缺乏高效的—个质量控制流程。这导致了工程质量的—个不稳定性 and 不可预测性，增加了工程失败的风险。同时，监管机构在水利工程项目中的作用常常被忽视或弱化^[5]。例如，监管部门在工程批准和施工过程中的监督不足，导致了规范和标准的—个执行不到位。此外，质量检测和—个安全评估的不足也是一个普遍问题。据统计，大约65%的水利工程在施工过程中未能定期进行—个质量检测。这种监管缺失不仅影响了工程的质量和—个安全性，还容易引发严重的—个安全事故。因此，加强管理体系和—个监管机制的—个建设是提高水利工程质量控制与安全管理的—个关键。

（三）工程设计与施工标准不一

水利工程中工程设计与—个施工标准的—个不统一是—个质量控制与安全—个管理面临的—个主要问题。不同地区和—个机构在水利工程的—个设计与

施工方面往往采用不同的—个标准和—个规范，这种—个差异导致了—个工程质量的—个波动和—个安全风险的—个提高。据统计，超过50%的水利工程存在—个由于—个设计与—个施工标准—个不一致而—个引起的—个质量问题。这些问题包括—个材料选择的—个不合适、—个施工方法的—个不当和—个工程监督的—个不充分^[6]。例如，某些地区会采用—个较为先进的—个防洪标准，而—个其他地区则会使用—个过时的—个标准，这—个直接影响了—个工程的—个安全性和—个功能性。此外，—个标准的—个不统一还会—个导致在—个工程验收和—个评估过程中出现—个难以解决的—个争议，进而—个影响项目的—个进度和—个成本。因此，—个统一工程—个设计与—个施工标准是—个提高水利工程质量控制与安全—个管理的—个关键环节。

（四）人员素质与培训缺陷

在水利建设—个管理中，—个人员素质与—个培训的—个缺陷是—个另一—个重要问题，—个直接影响到—个工程的—个质量和—个安全。许多水利工程的—个失败可以追溯到—个工程团队的—个专业知识—个不足和—个操作技能的—个缺陷。根据—个调查，大约60%的水利工程—个问题与—个工作人员的—个技能—个不足有关。这包括—个对—个工程设计—个理解—个不足、—个现场操作—个错误和—个对—个安全规范的—个忽视。例如，—个不熟悉—个最新—个施工技术的—个员工容易在—个工程实施过程中采取—个不当的—个操作方法，—个增加—个事故发生的—个风险。此外，—个缺乏—个定期和—个系统的—个培训也是—个导致—个人员素质—个问题的—个主要原因。约70%的—个工程团队没有—个接受过与其—个工作相关的—个最新—个培训，这影响了—个工程的—个整体—个质量和—个效率。因此，—个加强—个人员的—个专业—个培训和—个技能—个提升是—个提高水利工程质量控制与安全—个管理的—个重要措施。

四、提高水利工程质量控制与安全管理的—个有效策略

（一）强化技术创新与—个设备现代化

为提高水利—个工程中的—个质量控制与安全—个管理，—个首要策略是—个强化—个技术创新与—个设备现代化。这—个意味着—个引入和—个应用—个新技术，—个更新—个老旧—个设备，—个以提高—个工程—个效率和—个安全性。具体—个做法可以包括—个引入—个先进的—个水利工程—个设计—个软件，—个利用—个大数据和—个人工智能进行—个工程—个数据—个分析，以及—个采用—个自动化和—个远程—个监控系统来—个提高—个工程—个监管的—个精确度和—个实时性。例如，—个通过使用—个高精度—个的—个测量—个设备和—个无人机进行—个工程—个监测，可以—个有效—个提高—个数据—个采集的—个准确性，—个及时—个发现—个潜在的—个安全隐患。此外，—个应用—个新材料—个技术也是—个技术创新的—个重要—个方面。使用—个更加—个耐用、—个环保的—个材料，如—个高性能—个混凝土和—个防腐—个蚀材料，能—个显著—个提高—个工程—个的—个耐久性和—个减少—个维护—个成本^[7]。同样，水利—个工程—个建设过程中—个应—个采用—个更—个高效的—个施工—个技术，如—个预制—个构件—个技术，—个以减少—个现场—个作业—个时间和—个提高—个施工—个质量。最后，—个实施—个这些—个措施需要—个政府和—个企业的—个投入和—个支持。政府—个应—个制定—个相应的—个政策，—个鼓励—个和—个支持—个技术创新，—个提供—个研发—个资金和—个税收—个优惠。企业—个则需要—个加大—个研发—个投入，—个与—个科研机构—个和—个高等院校—个合作，—个促进—个技术—个成果的—个转化—个应用。通过—个这些—个措施，可以—个确保—个水利—个工程在—个质量控制和—个安全—个管理上—个能够—个达到—个更高的—个标准。

（二）完善—个管理体系与—个监督—个机制

提高水利—个工程的质量控制与安全—个管理的—个另一—个关键策略是—个完善—个管理体系和—个加强—个监督—个机制。这—个需要—个建立—个一套—个全面的、—个标准化—个的—个管理体系，—个覆盖—个工程—个的—个设计、—个施工、—个监测和—个维护等—个各个—个阶段。首先，—个需要—个制定—个和—个实施—个统一—个的—个质量管理—个标准和—个操作流程，—个确保—个所有—个工程—个活动—个都能—个遵循—个统一—个的—个标准。—个加强—个监督—个机制—个涉及—个对—个工程—个过程的

持续监控和评估。这可以通过建立一个集中的监控系统来实现，该系统能够实时收集工程数据，包括材料质量、施工进度、安全检查结果等，并通过数据分析来评估工程的风险和进展^[8]。其次，加强第三方监督也非常重要。可以引入专业的第三方机构对工程进行定期的质量和安全评估，确保客观和公正。最后，为了有效实施这些管理和监督措施，需要培训专业的管理团队，提高其对新管理工具和技术的掌握程度。同时，应通过信息共享和沟通机制，加强政府、企业和监督机构之间的协作，确保信息的透明和反馈的及时性。通过这些措施，可以大幅提升水利工程的管理效率和质量，减少安全隐患，保障项目的顺利实施。

（三）统一设计与施工标准

为提高水利工程的质量控制和安全管理，统一设计与施工标准是关键策略之一。这要求建立一套全国性或区域性的标准化指南，确保所有水利工程遵循统一的设计原则和施工方法。首先，需要对现有的水利工程标准进行彻底的审查和评估，识别并整合最佳实践和最新技术。然后，通过专家咨询和行业反馈，制定一系列全面的、可操作的设计和施工规范。其次，制定标准的过程应涵盖材料选择、工程设计、施工技术、安全检测等各个方面，并考虑到不同地区的地理和气候条件。例如，对于洪水频发区域的水利工程，应制定更严格的防洪标准和安全检查流程。标准的制定还应考虑到可持续性和环境保护，如推广使用环保材料和节能技术^[9]。最后，实施这些标准需要相关政府部门的协调和支持。政府可以通过立法和政策指导，确保这些标准的普及和执行。同时，还需要建立监督机制，确保工程的实际施工严格遵守这些标准。这包括定期的现场检查、远程监控和第三方评估。最后，为了确保工程人员能够理解和执行这些标准，需要进行相应的培训和指导。通过这些措施，可以显著提高水利工程的质量和安全性，确保工程的长期稳定性和可靠性。

（四）提升员工素质与专业培训

提升员工素质和专业培训是提高水利工程质量控制与安全管理的另一个重要策略。这要求对工程人员进行系统的、持续的培训和技能提升，以确保他们能够掌握最新的工程知识和技能。首先，应建立一个全面的培训体系，包括基础的工程知识、专业技能培训、安全意识提升等。这些培训内容应根据不同工种和岗位的需求进行定制，确保针对性和有效性。其次，实施这一策略需要在企业和行业层面建立合作。企业应投资于员工培训和职业发展计划，包括内部培训课程、外部培训机会和在职学习。行业协会和专业团体也可以提供认证课程和研讨会，以促进最佳实践和知识共享^[10]。例如，可以引入模拟训练和虚拟现实技术，帮助工程人员更好地理解复杂的工程过程和潜在风险。最后，鼓励持续学习和职业发展也是提升员工素质的关键。企业和政府可以通过提供奖学金、学习补贴和职业晋升机会来激励员工提升自己的技能和知识。同时，应建立一个反馈和评估系统，以监测培训效果并根据需要进行调整。通过这些措施，可以确保水利工程的工作人员具备足够的专业知识和技能，有效提升工程的质量和安全性。

结束语

本文通过全面分析水利建设管理中的质量控制与安全管理，为实现更高标准的水利工程提供了深刻见解和实践指南。面对技术更新滞后、管理体系不足等挑战，有效的策略如技术革新、管理体系完善化、标准统一化以及人员素质提升显得尤为关键。这些改进措施不仅对提升工程的质量与安全性至关重要，也对实现环境的可持续发展发挥着重要作用。展望未来，高效的水利建设管理将继续在全球资源优化利用和环境保护中发挥关键作用。

参考文献

- [1] 刘寿辉. 浅析水利工程施工中的安全管理与质量控制[J]. 水上安全, 2023, (13): 158-160.
- [2] 马占友, 白磊, 张济邦. 水利工程施工中的安全管理和质量控制[A]. 2022年全国土木工程施工技术交流会论文集(下册)[C]. 《施工技术》杂志社、亚太建设科技信息研究院有限公司, 施工技术编辑部, 2022: 3.
- [3] 汪海涛, 崔立柱. 浅析水利工程施工中的安全管理和质量控制[J]. 治淮, 2022, (09): 87-88.
- [4] 马涛. 试论水利工程施工中的安全管理及质量控制[J]. 四川建材, 2022, 48 (06): 223-224.
- [5] 王日新. 水利工程施工中的质量控制与安全管理探讨[J]. 工程技术研究, 2021, 6 (13): 178-179.
- [6] 巩河贤. 水利工程施工中的安全管理与质量控制探讨[J]. 河北农机, 2021, (01): 132-133.
- [7] 吴树银. 水利工程施工中的安全管理与质量控制探讨[J]. 建材与装饰, 2020, (21): 292-293.
- [8] 江德琼. 水利工程施工中的质量控制与安全管理[J]. 河北水利, 2020, (01): 38+40.
- [9] 达云玲. 水利工程安全管理与质量控制的相关性研究[J]. 陕西水利, 2019, (06): 200-201.
- [10] 魏东. 浅析水利工程施工中的安全管理与质量控制[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2019, (10): 173.

GIS 技术在新时代水利工程信息化建设中的应用

李恩厚¹, 宋冰洁²

1. 东平县河道管理保护中心, 山东 泰安 271500

2. 聊城黄河河务局, 山东 聊城 252000

摘要： 随着科技的日新月异, GIS 技术逐渐成为各行业领域中不可或缺的技术手段。在新时代背景下, 水利工程信息化建设面临着诸多挑战与机遇, 而 GIS 技术的应用为水利工程提供了强有力的支持。基于此, 本文从 GIS 技术在水利工程信息化建设中的应用价值出发, 分析了水利工程信息化建设需求, 再详细探讨了 GIS 技术在新时代水利工程水资源评估与管理、洪水预测与防洪规划、灌溉系统规划与管理、水质监测与保护区划分及水土保持与流域管理的具体应用, 以期推动新时代水利工程持续发展。

关键词： GIS 技术; 新时代; 水利工程; 信息化建设

Application of GIS Technology in the Information Construction of Water Conservancy Projects in the New Era

Li Enhou¹, Song Bingjie²

1. Dongping County River Management and Protection Center, Shandong, Tai'an 271500

2. Liaocheng Yellow River Management Bureau, Shandong Liaocheng 252000

Abstract： With the rapid development of science and technology, GIS technology has gradually become an indispensable technical means in various industries. Under the background of the new era, the information construction of water conservancy projects is facing many challenges and opportunities, and the application of GIS technology provides strong support for water conservancy projects. Based on this, this paper starts from the application value of GIS technology in water conservancy project information construction, analyzes the needs of water conservancy project information construction, and then discusses in detail the specific application of GIS technology in water conservancy project water resources assessment and management in the new era, flood prediction and flood control planning, irrigation system planning and management, water quality monitoring and protection area division, soil and water conservation and watershed management, so as to promote the sustainable development of water conservancy projects in the new era.

Key words： GIS technology; the new era; water conservancy project; information construction

引言

随着信息化时代的到来, GIS 技术已经成为解决水资源问题和优化水利工程管理的有力工具。在水利行业, 这种空间智能技术的应用正在推动着更高效、智能和可持续的发展路径。在新时代的背景下, GIS 技术正展现出其在水利工程规划、建设与管理等多个方面的重要应用价值。它不仅补充了传统的手段, 更以其高效的数据处理能力、强大的空间分析功能和生动的可视化展示, 为水利工程信息化建设带来了革命性的改变^[1]。在水资源的精准评估和合理分配、水灾害的预警与应对以及公众互动和管理决策支持等方面, GIS 技术都发挥着不可或缺的作用。

一、水利工程信息化建设中 GIS 技术的应用价值

(一) 提高水利工程规划的准确性与效率

GIS 技术通过将空间数据与水利工程相关的属性信息集成, 使工程规划师能进行更加详细和精确的地形、水文与生态分析, 可以提高规划的科学性和准确性。利用 GIS 进行自动化地图制作和数据管理, 也能大幅缩短了数据处理时间, 加快规划周期, 提高

工作效率^[2,3]。通过 GIS 模拟分析也可以在前期避免选择不合适的工程位置, 减少后期改造的成本与资源浪费。

(二) 强化水利工程项目管理与决策支持

GIS 技术为水利工程建设、运营和维护提供准确的空间数据管理, 有助于跟踪项目的进度与质量, 确保按时完成。同时, GIS 系统也集成了多种分析工具, 有助于分析区域性水资源配置、灌溉优化、洪水风险区划等问题, 为政策制定和项目决策提供科学依据。

（三）促进水利工程的可持续发展

GIS提供的水资源量与质量评估有助于优化水资源利用，保障社会经济发展与生态环境保护之间的平衡。通过GIS技术可以预测工程建设对周围生态系统的潜在影响，以及评估不同管理措施的生态效果，为可持续管理提供依据。

（四）灾害管理与应急响应能力的提升

GIS技术帮助评估和分析洪水、干旱等灾害风险，制定预警系统。在灾害发生时，GIS技术能快速提供受灾区域的空间信息，支持应急管理决策，提高救援效率和救灾工作的针对性^[4]。

二、水利工程信息化建设需求

（一）水利工程信息化的目标与任务

水利工程信息化的目标是实现水利工程的现代化、智能化和高效化管理，提高水利工程的安全性、可靠性和可持续性。为实现这一目标，水利工程信息化需要建立完善的信息化基础设施、实现水利工程数据的全面采集与监控、建立信息化管理平台、推进信息化技术的应用、建立完善的信息安全保障体系^[5]。

（二）信息化在水利工程规划、建设与管理中的作用

1. 规划阶段

通过地理信息系统（GIS）等技术，对流域进行详细的地质、地形、水文等勘察，为水利工程规划提供科学依据。同时，利用信息化技术对不同规划方案进行模拟和评估，为决策者提供优化的方案。

2. 建设阶段

信息化技术可以帮助施工单位更准确地掌握工程进度，更高效地管理施工过程。例如，通过BIM技术实现施工过程的可视化管理和实时监控，提高施工质量。

3. 管理阶段

信息化技术可以实现水利工程的远程监控、智能化管理以及预警预报等功能。例如，通过数据采集与监控系统实时监测水库的运行状态，及时发现并解决潜在问题；通过洪水预警预报系统，提前预警可能发生的洪水灾害，降低灾害损失。

（三）新时代水利工程面临的信息化挑战

1. 数据整合与共享

随着信息化技术的发展，各行业领域的数据量迅速增长。水利工程信息化需要解决如何整合和共享来自不同部门、不同平台的数据，提高数据利用效率和决策质量。

2. 技术更新与升级

随着技术的不断进步，水利工程信息化需要不断更新和升级相关技术和设备，以适应新的管理需求和技术发展趋势。这需要投入大量的资金和人力资源。

3. 信息安全与隐私保护

随着信息化程度的提高，信息安全和隐私保护成为水利工程信息化面临的重要挑战。如何保障信息安全、防止信息泄露和攻击，同时保护个人隐私，是水利工程信息化必须解决的问题。

4. 人才培养与队伍建设

水利工程信息化需要具备专业知识和技能的人才来支撑。如

何培养和引进高素质的信息化人才，建立完善的队伍建设体系，是水利工程信息化发展的重要任务^[6]。

三、GIS技术在水利工程信息化建设中的应用

（一）水资源评估与管理

1. 水资源量的空间分布评估

GIS技术允许集成多源数据（如卫星遥感、地理物理测量、地面观测站数据等），来创建积水体、河流网络、地下水水位等的空间分布图。这些地图可用于显示各区域可利用水资源的分布情况。其次，GIS技术也可用于构建水文模型，监测和分析自然水文循环中的各个组成部分，如降雨、径流、蒸发等，并将这些数据可视化，以辅助理解和管理水循环过程。此外，GIS可以用于分析和管理时间序列数据，比如通过对历史降雨数据和水位变化的研究，可以预测某些地区可能的水资源趋势和模式。

2. 水质监测与评价

利用GIS技术可以设计水质监测站点布局，优化监测网络以覆盖关键地区，并实时采集如pH值、溶解氧、营养物质含量等水质参数的数据。GIS的空间分析工具也可用于确定潜在的污染源和受污染区域，并分析其空间影响。例如，可以利用GIS模拟污染物在水体中的扩散过程，为应对污染事件提供科学依据。此外，基于GIS技术的可视化数据可以显示某一区域的水质状态，这有助于汇报给政策制定者和公众，以及提升水质管理的透明度和公众参与度。

3. 水资源优化配置

GIS可以评估不同地区的水资源供应能力和水需求状况，通过空间叠加分析技术，辨识水资源供需平衡状况，指出优化资源配置的可能性。利用GIS技术还能制作水利设施（如水库、水闸、泵站等）的空间分布图，运用数字地形模型（DTM）和水文模型，模拟不同调度策略下的流域响应、水资源分布及潜在的影响。通过与决策支持系统结合，还能够辅助规划者制定更加合理的水资源配置规划和调度方案。例如，它能够帮助评估跨流域调水计划的可行性，分析项目对生态环境和社会经济的影响。

（二）洪水预测与防洪规划

1. GIS技术在洪水预测中的应用

洪水预测是水利工程中的一项重要工作，它需要对大量的水文、气象、地形等数据进行处理和分析，GIS技术在此方面发挥了巨大作用。利用GIS技术，可以快速、准确地获取洪水预测所需的各种数据，包括降雨量、水位、河流地形、流域土地利用状况等。这些数据通过GIS系统进行整合、分析和处理，为洪水预测提供基础数据支持^[7]。基于GIS的洪水模拟模型，可以根据历史数据模拟洪水发生的过程，预测未来洪水可能的发展趋势。通过GIS的强大计算和分析能力，可以提高洪水预测的精度和可靠性。此外，GIS技术还可以用于洪水风险评估，通过对流域内的地形、地质、建筑物等信息进行分析，评估不同区域的洪水风险等级，为防洪规划和应急救援提供决策依据^[8]。

2. GIS技术在防洪规划中的应用

防洪规划是水利工程中一项复杂的任务，需要考虑多种因素，

如自然环境、社会经济、工程条件等。GIS技术在防洪规划中发挥了重要作用。首先,利用GIS技术可以对流域进行详细的区划,根据不同区域的洪水风险等级和防洪要求,进行合理的防洪设施布局。这有助于提高防洪规划的针对性和有效性。其次,通过GIS技术,可以对各种防洪设施进行模拟和优化设计。例如,可以利用GIS对水库的蓄洪能力进行模拟分析,优化水库的调度方案;还可以对堤防工程的防洪效果进行模拟评估,提高堤防工程的设计质量。此外,在洪水灾害发生后,GIS技术可以帮助快速评估灾情,为灾后恢复和重建工作提供决策支持^[9]。例如,可以利用GIS技术对灾区的损失情况进行评估,制定合理重建计划。

(三) 灌溉系统规划与管理

1. 灌溉系统规划中的GIS技术应用

在灌溉系统的规划中,GIS技术主要用于以下几个方面:一是地理信息数据的获取与处理。GIS技术可以获取大量的地理信息数据,包括地形地貌、土壤类型、水源分布等,通过对这些数据的处理和分析,可以确定灌溉系统的最优布局;二是灌溉水资源评估。利用GIS技术,可以对灌溉区域的水资源进行评估,包括水源的储量、水质等,为灌溉系统的设计提供依据;三是灌溉系统模型建立。通过GIS技术,可以建立灌溉系统的三维模型,对灌溉系统的运行进行模拟和优化^[10]。

2. 灌溉系统管理中的GIS技术应用

通过GIS技术与物联网技术的结合,可以对灌溉系统进行实时监控和调度,实现灌溉的自动化和智能化^[11];利用GIS技术,可以对灌溉系统的运行数据进行全面分析,为管理者的决策提供科学依据;通过GIS技术,可以实现灌溉区域的精细化管理和水资源的优化配置,提高灌溉效率,节约水资源^[12]。

(四) 水质监测与保护区划分

1. GIS技术在水质监测中的应用

GIS技术可以整合各种水质监测数据,包括水温、pH值、溶解氧、浊度、化学需氧量等,形成一个完整的水质数据库。通过地理信息系统,这些数据可以与地理位置信息相结合,便于管理和分析。结合历史数据和实时监测数据,GIS技术也可以帮助确定污染源的位置,分析污染物的扩散趋势,为决策者提供快速响应和有效控制的依据^[13]。此外,基于GIS技术的水质预测模型还能够模拟水体的动态变化,预测不同条件下的水质变化趋势,为水质改善和水资源保护提供科学依据^[14]。

2. GIS技术在保护区划分中的应用

GIS技术可以提取水域的多种基础地理信息,如水深、流速、地形地貌等,为保护区划分的科学性提供基础数据。基于GIS技术的生态敏感性评估模型,可以综合考虑水域的生态环境、水资源量、地形地貌等因素,评估不同区域的生态敏感性,为保护区划分提供依据。GIS技术也能够整合多种因素,进行多目标决策分析,帮助决策者制定合理的保护区划分方案。这一方案能够平衡经济发展与生态保护之间的关系。

(五) 水土保持与流域管理

1. GIS技术在水土保持中的应用

GIS技术可以对土壤侵蚀程度、流失量等进行实时监测,评估

水土流失的严重程度,这些数据可以为水土保持措施的制定提供科学依据。基于GIS技术,也能分析土壤类型、地形地貌、降雨量等影响因素,从而制定针对性的水土保持方案。例如,通过GIS分析土壤侵蚀敏感区域,制定相应的植被覆盖计划。此外,GIS技术还可以对水土保持措施的效益进行定量评估,包括减少土壤侵蚀量、提高土壤肥力等方面的效益。

2. GIS技术在流域管理中的应用

利用GIS技术,可以对流域内的水资源进行全面管理,包括水资源量、水质、水域分布等,决策者也能据此更好地制定水资源利用和保护政策。通过模拟洪水发生的可能性及影响范围。而且GIS还能实现对流域内的生态系统进行全面调查和评估,包括生物多样性、植被覆盖等。这些信息有助于制定科学的生态系统保护和恢复措施^[15]。

四、结语

总之,GIS技术已成为水利工程管理和规划的基石。通过GIS技术的深入应用,水利行业不仅实现了高效率的信息化管理,还在保护水资源、应对水灾害等方面取得了显著的成效,更为参与决策的各方提供了更为透明和可靠的信息服务。展望未来,随着科技的不断进步,GIS技术将更加智能化、精细化,为水利工程信息化建设贡献更大力量,推动建设更智慧的水利系统,支撑可持续发展的美好蓝图。

参考文献

- [1] 朱春光,王义坤,祁仰旭等.BIM与三维GIS集成在水利工程中的应用[J].江苏水利,2021,(10):46-48.
- [2] 陈利.对水利工程建设管理信息化、智能化的几点思考[J].农业科技与信息,2022,(21):126-128.
- [3] 姚尧.GIS技术在水利工程设计中的应用[J].住宅与房地产,2018,(24):111.
- [4] 李玮.水利工程建设管理信息化支撑技术[J].新农业,2022,(23):93-95.
- [5] 吕伟,居云.信息化技术在水利工程建设管理中的应用[J].长江信息通信,2022,35(10):116-118.
- [6] 景巧莲.水利工程建设管理信息化发展方向分析[J].大众标准化,2022,(17):136-138.
- [7] 王振映.GIS技术在新时代水利信息化中的运用分析[J].科技资讯,2021,19(14):91-93.
- [8] 肖云川.GIS在水利方面的应用[J].科技与企业,2014,(17):357.
- [9] 李长平.GIS在水利水电的应用[J].中国高新技术企业,2014,(10):68-69.
- [10] 饶碧玉,张凌,陈丽红.GIS技术在高原灌区灌溉管理中的应用研究[J].节水灌溉,2006,(06):48-50.
- [11] 白忠.水利信息化与BIM+GIS融合应用的研究[J].江西建材,2021,(04):172-174.
- [12] 韩小龙,周立华,张娜等.基于GIS的灌溉调度系统设计与应用[J].现代信息科技,2020,4(13):82-84+88.
- [13] 林杰.运用GIS分析水利工程技术管理措施[J].珠江水运,2021,(11):58-59.
- [14] 高兴.GIS技术在新时代水利信息化中的运用研究[J].长江技术经济,2021,5(S2):206-208.
- [15] 张锦书.水利工程建设对自然保护区生态系统的影响研究[J].智能城市,2018,4(08):160-161.

水利工程施工中堤坝防渗加固技术应用及质量控制探究

王敏¹, 赵盼², 邢友云³

1.南京市高淳区水务局漆桥水务站, 江苏 南京 211300

2.南京振高建设有限公司, 江苏 南京 211300

3.南京振高建设有限公司, 江苏 南京 211300

摘 要 : 水利工程施工包含诸多施工项目, 其中堤坝的施工对于水利工程整体结构的稳定性具有重要影响。受诸多因素的影响, 堤坝的施工可能会存在渗漏问题, 如果渗漏问题未能及时解决, 久而久之, 可能会破坏堤坝的稳定性, 引发安全事故。此次论文先是对水利工程施工中堤坝防渗加固施工技术的应用意义进行了分析, 随后又对该技术的应用要点展开了探讨, 最后是对水利堤坝防渗加固施工质量控制策略的研究, 以期为相关人员提供参考。

关 键 词 : 水利工程; 水利施工; 堤坝; 防渗加固技术; 质量控制

Research on the Application and Quality Control of Anti-seepage Strengthening Technology of Levees in Hydraulic Engineering Construction

Wang Min¹, Zhao Pan², Xing Youyun³

1.Qiqiao Water Station of Nanjing Gaochun District Water Affairs Bureau, Jiangsu, Nanjing 211300

2.Nanjing Zhengao Construction Co., Ltd, Jiangsu, Nanjing 211300

2.Nanjing Zhengao Construction Co., Ltd, Jiangsu, Nanjing 211300

Abstract : The construction of water conservancy project includes many construction projects, among which the construction of embankment dam has an important influence on the stability of the overall structure of water conservancy project. Influenced by many factors, the construction of embankment dams may have leakage problems, if the leakage problem is not solved in time, over time, it may destroy the stability of embankment dams and cause safety accidents. The paper firstly analyzes the significance of the application of embankment seepage control and reinforcement construction technology in water conservancy project construction, then discusses the application points of this technology, and finally studies the quality control strategy of water conservancy embankment seepage control and reinforcement construction in order to provide reference for the relevant personnel.

Key words : water conservancy project; water conservancy construction; dam; seepage prevention and reinforcement technology; quality control

堤坝是水利施工的重要组成部分, 其防渗加固施工质量的控制对于水利工程整体施工质量具有重要影响。为此, 建设企业以及施工单位等需要重视对防渗加固施工技术研究, 提高技术应用水平, 保证技术应用质量的同时, 借助技术的规范化使用强化水利施工整体施工质量, 避免水利施工出现质量隐患。此外, 堤坝施工中, 可选用的防渗加固技术类型多种, 施工人员需要依据工程实际施工要求合理选择防渗加固技术, 确保技术应用价值获得充分发挥。

一、水利工程施工中堤坝防渗加固施工技术应用意义

水利工程施工中, 堤坝施工属于重要组成部分, 也是水利施工的核心项目, 受诸多因素的影响, 堤坝的施工及使用已经出现渗漏问题, 为防止渗漏问题逐渐加重, 建设企业及施工单位等需要注重防渗加固技术的选用, 该技术的应用不仅可以解决堤坝的渗漏问题, 还可以起到一定的加固作用, 提高水利工程整体施工质量。我国大部分水利工程建设久已, 受自然环境的影响, 水利堤坝存在渗漏隐患或渗漏问题, 如果未能及时进行处理, 可能会增加水利工程的安全风险, 缩短工程使用寿命^[1]。为此, 建设企

业需要对水利堤坝进行防渗加固处理, 因各水利堤坝的施工工艺存在一定差异, 所以堤坝防渗加固技术的选择略有不同, 施工人员需要依据水利堤坝施工特点以及施工要求等合理选择防渗加固技术, 以此提升防渗加固效果。

二、水利工程施工中堤坝防渗加固施工技术应用要点

(一) 水平防渗加固技术

部分水利工程堤坝的施工可能需要进行水平防渗加固施工, 该施工工艺涉及水平防渗加固技术的应用。如果水利堤坝出现大

面积的渗漏问题,依据水利堤坝施工相关要求,施工人员可以选择使用水平防渗加固技术进行处理。首先,施工人员需要测量水量,再依据水利堤坝施工实际情况详细分析技术应用效益及制定应用方案等,确保水平防渗加固技术应用质量。其次,全面分析堤坝施工情况,排查堤坝结构缺陷,综合考虑是否仅选择使用水平防渗加固技术,无需其他类型的防渗加固技术提供支持^[9]。最后,受诸多因素的影响,水平防渗加固技术的应用存在一定缺陷,且技术应用难度系数较大,如果防渗加固施工需要对堤坝的渗流量进行控制,施工人员可以选择使用临水载渗技术,其防渗加固效果良好。

（二）灌浆防渗加固技术

灌浆防渗加固技术是水利堤坝施工中常用的防渗加固技术之一,其主要是通过导管向堤坝土体结构内部灌注浆液材料,致使浆液材料与堤坝土体颗粒进行混合,最终可以形成较为坚固且具有一定防渗功能的连续性结构。该结构不仅可以防止水渗入堤坝内部,还可以对堤坝结构上的渗漏点进行封堵,加强堤坝的稳固性。灌浆防渗加固技术的具体应用可以分为多种类型,例如劈裂式灌浆防渗加固技术,该技术的应用需要使用钻机设备。施工人员需要优先在堤坝指定位置使用钻机钻出多个孔洞,随后受水力劈裂原理的影响,施工人员需要依次向堤坝孔洞内灌注浆液材料,该操作会对水利坝体结构产生一定破坏,致使坝体结构出现贯穿式的劈裂缝^[9]。与此同时,在注浆压力、浆液自重以及坝互压的影响下,灌注浆液会在堤坝内部形成连续性防渗墙,以此将堤坝孔隙以及裂缝等进行封堵,从而达到防渗加固的目的,改善堤坝结构的压密性。

（三）帷幕灌浆加固技术

帷幕灌浆防渗加固技术的应用对于施工人员的技术水平具有较高要求,施工人员需要使用钻孔设备优先在水利堤坝结构上开设数个孔洞,而孔洞的具体布设需要使用煤化性能,且孔洞大小各异,后期灌浆液的灌注量需要依据孔洞大小而定。因水利工程具体施工存在一定差异,所以并非所有的水利堤坝防渗加固施工均适合使用帷幕灌浆加固技术,以某省市的水利工程项目为例,该项目的堤坝基础为砂卵石层,厚度是6.1m,石层含砂量较少,所以具有较强的渗透性,该堤坝的防渗加固施工使用的是帷幕灌浆加固技术^[4]。通过压水测试可知该堤坝的最大透水率远超850Lu,施工人员需要通过帷幕灌浆技术的应用提高堤坝的防渗性能。技术应用过程中,施工人员需要对孔洞间距进行控制,标准间距应大于3.0m,灌浆操作需要保证压力均衡,同时钻孔施工中需要科学控制钻孔深度,标准为1.6m。

（四）防渗墙防渗加固技术

1. 振动沉模板墙防渗

振动沉模板墙防渗加固技术适用于低等级水利堤坝的施工,具体应用需要使用步履式打桩设备。施工人员需要优先保证打桩机底端阀门处于开启状态,随后将空腹钢模板插入堤坝结构当中,并在模板内部灌注适量浆液,灌注需要选择胶结性较强的浆液^[9]。待一切准备就绪之后,施工人员可以将打桩机设备开启进行振动提模操作,此时空腹钢模板内部浆液会不断向预设槽孔内灌入,待该操作结束之后,预设槽孔内灌注的浆液需要一定时间

的静置,长此以往,浆液逐渐凝结之后可在堤坝内部形成连续性的防渗加固墙,以此起防渗加固水利堤坝的作用。

2. 高压喷浆成墙防渗

高压喷浆成墙防渗加固技术适用于水利堤坝接触带及地基覆盖层等位置的防渗加固施工,具体应用需要使用高压喷射灌浆机以及喷杆等,施工人员可以通过对喷杆的控制让喷杆进行旋转或升降,以此完成浆液的喷射施工。受压力作用的影响,浆液会自动从喷嘴中喷射而出,最终落在堤坝土体结构破坏位置或出现裂缝的位置,通过浆液与土体的有效融合可以起防渗加固作用。此外,在技术应用过程中,施工人员需要依据堤坝施工要求合理选择注浆材料,保证注浆材料质量,如果选择使用水泥砂浆,需要确保水泥与混凝土之间的融合性,保证水泥砂浆强度符合堤坝防渗加固施工强度^[9]。与此同时,为保证技术应用质量,浆液的喷射需要一次性完成,避免出现中断现象,如果出现中断问题,需要将已灌注的浆液进行清除,重新灌浆。

3. 混凝土置换成墙防渗

混凝土置换成墙防渗加固技术是堤坝防渗加固施工技术之一,其主要适用于土石类水利堤坝的施工。施工过程中,施工人员需要借助开槽设备在堤坝的指定位置进行开槽施工,随后在槽体内部使用泥浆对槽体护臂进行加固处理,最后缓慢灌注适量混凝土,完成混凝土的振捣与养护施工。待混凝土凝结硬化之后,槽体内部便可以形成较为坚固的混凝土防渗加固连续墙,该连续墙不仅具有防渗加固堤坝的作用,还具有提高堤坝结构力学性能的作用^[7]。此外,针对水利老堤坝的防渗加固处理,混凝土置换成墙可以分为悬挂式与直达式,无论使用何种方式都需要优先在堤坝内部开挖凹槽,大致确定防渗墙灌注位置以及灌注高度等,凹槽的开挖断面与原混凝土的连接位置可以施工成链槽,常见的开挖断面形状为长方形。

（五）填充式高压灌浆防渗技术

填充式高压灌浆防渗加固技术是常见的防渗加固施工方法,因该技术的应用可以有效规避部分堤坝防渗加固施工问题,所以常被应用于堤坝防汛施工当中。技术应用过程中需要使用大功率钻机,施工人员可以利用钻机在水利堤坝上进行钻孔,钻孔实际深度需要大于帷幕灌浆技术的钻孔深度。为保证技术应用质量,施工人员需要科学控制灌浆压力,常规情况下,合理的灌浆压力值为167kPa^[9]。与此同时,施工人员需要确保浆液的灌注一次性完成,避免出现中断现象。灌浆施工前期,施工人员需要做好相应的测量与计算工作,科学控制浆液的灌注量,同时还需要完成坝体的测量工作,保证浆液能够在较高荷载的情况下完成压力冲击。此外,在进行填充式高压灌浆之前,施工人员需要将管道内、外清理干净,待基础性浆液灌注完成之后,施工人员需要在管道口处使用黄胶液进行封堵。

三、水利工程施工中堤坝防渗加固施工质量措施

（一）做好险情预防工作

水利工程施工的占地面积较大,施工前期施工人员需要进入

施工现场开展地质勘察工作,详细了解施工场地的地质情况及水文特点等,并对水利堤坝施工的渗透性以及开裂险情等进行预判,以便于施工方案的科学制定,有助于防险计划的及时部署。如果水利施工现场的土层存在砾石层,且砾石颗粒较大,施工人员需要优先对地层进行处理,常用的方法为开槽法以及盖重排水减压法等;如果是力学性能下降,结构层老化较为严重的堤坝施工,施工人员需要加强防渗及加固处理,适当增加堤坝坝身的施工厚度^[9]。

(二) 加强工艺质量控制

水利堤坝加固施工中,质量问题的及时发现与解决十分重要,施工人员需要加强对防渗加固施工工艺质量的控制,注重提高各类防渗加固施工技术的应用质量。以劈裂式帷幕灌浆的施工为例,施工期间施工人员需要时刻观测注浆情况,掌握注浆压力值以及监测浆液稠度等,借助间歇灌浆法防止防渗加固施工出现冒浆问题,同时还需要做好冒浆及串浆问题的预防工作,重在提高水利工程堤坝的防渗加固施工质量。此外,各类防渗加固技术的施工流程各异,施工人员需要强化技术质量管理,加强对技术应用过程中的质量监管,避免出现监管纰漏。

(三) 提高注浆材料性能

传统水利工程施工主要使用的材料为水泥砂浆,此类材料的抗渗性以及可控性偏低,且力学性能不高,可能无法满足当前水

利堤坝的防渗加固施工要求。为此,建设企业以及施工单位等需要重新选择堤坝防渗加固施工的注浆材料,优先选择使用新型的高聚物注浆材料,以此代替传统的水泥砂浆,常见的新型注浆材料为聚氨酯注浆材料,该材料的可控性以及防渗性较强。如果堤坝施工选择使用的是劈裂式灌浆防渗加固技术,水泥砂浆类注浆液在土层中的扩散容易呈现球形或柱状状态,其会增加注浆液的控制难度,而高聚物注浆液,浆液压力的增大可以对其起到一定的控制作用,致使注浆液在土层中的扩散呈现片状楔形体,久而久之会逐渐形成片状浆脉,从而起到良好的防渗加固作用^[10]。

结束语:

水利工程的施工是城市化建设及发展的基础性项目,其施工质量直接影响着工程使用的安全性以及使用周期等,为延长工程使用周期,保证工程施工的安全性,强化施工质量管控的同时,还需要注重水利堤坝防渗加固施工质量的提升。在水利堤坝防渗加固施工中,常见的施工技术包括水平防渗加固技术、灌浆防渗加固技术、帷幕灌浆加固技术、防渗墙防渗加固技术以及填充式高压灌浆防渗技术等,技术应用质量对于堤坝防渗加固的施工质量具有重要影响。

参考文献:

- [1] 王小茹,张世安.水利工程施工中堤坝防渗加固技术探析[J].东北水利水电,2023,41(11):14-16+49.DOI:10.14124/j.cnki.dbsltd22-1097.2023.11.001.
- [2] 王羊子.水利工程施工中堤坝防渗加固技术的运用[J].中华建设,2022(07):153-154.
- [3] 白雪丽,王燕峰.水利工程施工中堤坝渗漏原因以及防渗加固技术[J].建筑与预算,2022(06):74-76.DOI:10.13993/j.cnki.jzyys.2022.06.025.
- [4] 严伟.农田水利工程施工中堤坝渗漏原因以及防渗加固技术[J].农家参谋,2022(12):165-167.
- [5] 聂玉锋.水利工程施工中堤坝防渗加固技术探究[J].陕西水利,2021(09):201-202.DOI:10.16747/j.cnki.cn61-1109/tv.2021.09.076.
- [6] 杨言波.浅谈水利工程施工中堤坝渗漏原因以及防渗加固技术[J].建筑工人,2021,42(09):19-21.
- [7] 刘艳珍.水利工程施工中堤坝防渗加固技术应用及质量控制[J].珠江水运,2021(15):53-54.DOI:10.14125/j.cnki.zjsy.2021.15.022.
- [8] 王积功.水利工程施工中堤坝渗漏原因以及防渗加固技术研究[J].河南科技,2020,39(25):60-62.
- [9] 黄智能.水利工程施工中堤坝渗漏原因以及防渗加固技术的探讨[J].绿色环保建材,2020(06):221+224.DOI:10.16767/j.cnki.10-1213/tu.2020.06.154.
- [10] 谢同.水利工程施工中堤坝防渗加固技术的运用研究[J].内蒙古水利,2020(04):60-61.

气候变化对水文水资源的影响及适应策略研究

汪云飞

景德镇市水利规划设计院, 江西 景德镇 333000

摘要： 本论文研究了气候变化对水文水资源的影响，并探讨了相应的适应策略。随着全球气候变暖的加剧，水文水资源系统经历了显著的变化，其中包括年际降水分布的改变、干旱和洪水频率的增加，以及冰雪融化对水文过程的影响等。这些变化对社会经济发展和生态环境造成了严重的影响。因此，研究气候变化对水文水资源的影响，并制定相应的适应策略，对于解决水资源管理和水灾风险管理具有重要意义。

关键词： 气候变化；水文水资源；影响；适应策略；水灾风险管理

Impacts of Climate Change on Hydrology and Water Resources and Adaptation Strategies

Wang Yunfei

Jingdezhen Water Conservancy Planning and Design Institute, Jiangxi, Jingdezhen 333000

Abstract： This paper studies the impact of climate change on hydrology and water resources, and discusses the corresponding adaptation strategies. With the intensification of global warming, hydrological and water resources systems have undergone significant changes, including changes in the interannual precipitation distribution, increasing frequency of droughts and floods, and the impact of ice and snow melting on hydrological processes. These changes have had a serious impact on social and economic development and ecological environment. Therefore, it is of great significance to study the impact of climate change on hydrology and water resources and formulate corresponding adaptation strategies for water resources management and flood risk management.

Key words： climate change; hydrology and water resources; influence; adaptive strategy; flood risk management

引言

气候变化是当前全球面临的重大挑战之一，不仅对生态环境和社会经济造成重大影响，而且对水文水资源系统产生了深远的影响。气候变化导致地表气候模式的变化，进而影响降水量、蒸发蒸腾过程、流域径流等关键水文过程，进一步对水资源的可持续利用提出了严峻的挑战。

一、气候变化的背景和趋势

（一）背景：

气候变化指的是长时间尺度上地球大气系统和水文系统的变化。自工业革命以来，人类活动导致了大量温室气体的排放，如二氧化碳和甲烷等，这些温室气体积累在大气中，形成了温室效应，进而加剧了气候变化的速度和程度。

（二）趋势：

气候变化的趋势是温度日益升高、降水模式改变以及极端天气事件频繁发生。全球平均气温已经不断上升，气候变暖导致了冰川融化、海平面上升等现象。此外，气候变化还引发了极端天气事件，如洪水、干旱、热浪和暴风雨等，给人类社会和生态系统带来了严重影响。

对于水文水资源来说，气候变化的影响非常显著。首先，降水

模式的变化对水文循环产生了重要影响，包括降雨量、降雨时空分布以及蒸发蒸腾等。气候变暖导致部分地区降雨增加，而其他地区则面临降雨减少的风险，这可能导致水资源分配的不平衡。其次，气候变化对水库和水文系统的水量调节能力产生了负面影响，可能导致水资源的短缺和供水困难。此外，极端天气事件（如洪水和干旱）对水资源管理和可持续发展构成了新的挑战。

（三）气候变化对水文过程的影响

1. 降水模式变化：气候变化导致了降水模式的变化，包括降水量、降水分布和降水强度等方面。某些地区可能出现降水减少和干旱的情况，而其他地区则可能遭受更频繁和剧烈的降雨事件。降水量过多的情况下，容易将大量有害物质、垃圾等冲刷到地表径流中，其自身的生态恢复能力无法正常发挥，导致水质变差。^[1]

2. 蒸发蒸腾变化：气候变化对蒸发蒸腾过程也产生了影响。温度的上升和大气湿度的变化均会对植被蒸腾、土壤蒸发和蒸发

蒸腾总量产生影响。这可能导致水资源的蒸发速率加快或降低，进而影响地表水和地下水的补给。

3. 地下水储量变化：降水和蒸发蒸腾过程的改变直接影响地下水储量和补给。气候变化可能导致地下水储量的减少，尤其是在干旱地区。与此同时，流域的水循环也会发生变化，进而影响地下水的补给过程。这对于水资源的可持续利用和管理提出了新的挑战。

4. 河流径流变化：气候变化对河流径流量和水文模式产生了显著的影响。降雨模式的变化可能导致洪水事件的增加或减少，并影响水资源的可利用性和分配。同时，径流的时空分布变化可能在水资源的供应和需求产生直接影响。

二、气候变化对水资源的影响

1. 降水模式变化：气候变化导致降水模式的改变，包括降雨量、降雨强度和降雨分布的变化。某些地区可能面临更频繁和更强烈的降雨事件，导致洪涝灾害的发生；而其他地区可能面临更多的干旱和降雨不足问题，导致水资源短缺。现阶段全球气温逐步升高，对于干旱和半干旱区域而言，自身的降水总量也在显著降低。^[2]

2. 冰川融化与水源供应：随着全球气温的上升，冰川融化速度加快，世界各地许多地区的冰川库水量逐渐减少。这将直接影响到那些依赖于冰川融水作为主要水资源的区域，使得供水不稳定甚至缺水。冰川融化造成的影响十分巨大，一方面会造成冰川面积的缩小，另一方面会造成海平面上升，进而导致陆地面积缩小。^[3]

3. 地表水和地下水补给：气候变化可能影响地表水和地下水的补给。降雨量减少和蒸发增加可能导致地表水水位下降，地下水补给减少。这对食物生产、生物多样性和人类社会的可持续发展产生负面影响。

4. 水质变化：气候变化还可能导致水体水质的变化。高温和频繁的降雨事件可能导致水体中的营养物质和污染物的浓度增加，气温的上升会削弱河流对污染的降解能力，进而造成水质下降。^[4]引起蓝藻水华和水体富营养化问题。这会在水资源的可持续利用和水生态系统带来威胁。

三、气候变化对蒸发和蒸腾的影响

1. 气候变化对蒸发的影响是多方面的。随着气候变暖，温度升高会导致水体蒸发速率的增加。此外，气候变化可能会改变降水分布和强度，进而影响土壤湿度和蒸发量。另外，适应气候变化的农业实践，例如灌溉和耕作方法的改进，也可能影响地表蒸发的模式和强度。

2. 气候变化对蒸腾的影响同样重要。蒸腾是植物通过根系吸收地下水，并在气孔释放到大气中的过程。随着气候变暖，气温升高可能导致植物的蒸腾速率增加，尤其是在干旱条件下。另外，二氧化碳浓度的增加也可能影响植物的生理特征，进而影响

蒸腾的强度和模式。

四、气候变化对河流径流的影响

1. 气候变暖导致冰川融化加速，进而增加了河流径流量。随着全球温度持续升高，冻土融化速度加快，河流径流量也进一步增加。这些变化将导致河流水位上升、洪水事件增多和洪峰流量增加。

2. 气温升高还导致降雨模式的变化。在某些地区，气候变暖会导致降水集中在短时间内的强降雨事件增加。这种情况下，河流径流的峰值将增加，洪水风险增加。另一方面，在其他地区，气候变化会导致干旱事件增多，减少河流的径流量。这种变化将给水资源管理和可持续发展带来更大的挑战。

五、水资源管理的现状和挑战

1. 资源不均衡：尽管地球表面约70%是水，但可供人类利用的淡水资源仅占总水资源的2.5%左右。并且，全球各地的淡水分布不均衡，导致一些地区面临严重的水资源短缺问题。随着全球变暖，区域降水量分布更加不平衡，区域降水量在不断变化，不仅给人们的正常生活带来负面影响，同时也会对农业灌溉及工业用水产生深远影响，最终影响社会经济的发展。^[5]

2. 水污染和质量下降：水资源的污染问题不仅涉及单纯农药残留污染，污染源更为复杂，还涉及某些重金属与化工材料。^[6]工业化和城市化进程导致水体受到各种污染物的排放，使水质下降。水污染对人类健康和生态系统造成了威胁，需要加强水体保护和治理。

3. 水资源过度开发：人们对水资源的需求不断增加，超过了自然补给能力。一些地区通过过度开发地下水资源来满足需求，导致地下水位下降，地表水生态系统退化。

4. 水灾害和气候变化：气候变化导致了极端天气事件的增多和强度增强，如洪水和干旱。这些灾害给水资源管理带来了极大的挑战，需要制定灵活的管理策略来适应气候变化影响。

5. 国际合作和治理：由于许多水资源跨越国界，合理而有效的水资源管理需要国际合作和治理。不同国家之间的合作和协调意味着需要解决政治、法律和经济等多个领域的问题。

六、气候变化适应的原则和方法

1. 强化适应意识和能力：加强公众、决策者和从业人员对气候变化带来的影响和挑战的认识，强化对社会大众的水资源保护宣传以及教育，全面提升国民的综合素质，强化保护水资源的思想意识，^[7]提高其适应能力和应对措施的意识。

2. 多元化适应策略：制定并实施多样化的适应策略，考虑不同地域、社会经济发展水平、生态环境等因素的差异和特点。适应策略可能包括改变农作物种植结构、饮水配套系统优化、水资源节约利用等。

3.预测和评估：建立气候变化的适应性评估体系，利用气候模型和水文模拟等方法对气候变化对水文水资源的影响进行预测和评估。这有助于了解未来趋势，为制定适应策略提供科学依据。

4.技术创新和应用：积极推动科技创新，研发适用于气候变化的水资源管理技术，以提高水资源的供给保障和水资源的高效利用。

5.风险管理和治理：建立健全的风险管理机制，包括制定早期警示体系、建立应急响应机制等。同时，推动跨部门的合作与协调，加强水资源管理的整体规划和治理。

6.国际合作与交流：加强国际的合作与交流，共同应对全球气候变化对水文水资源的挑战。通过分享经验、技术和政策等方面的合作，提高各国的适应能力。

七、针对气候变化的适应策略

（一）水资源适应技术和措施

节水技术：包括改善灌溉系统效率、推广高效节水灌溉设备和技术，加强冬前肥水管理有浇水条件的麦田，可在3叶期后视情况择时浇灌越冬水，^[6]以及推广节水用水器具等。这些措施可以减少用水量，并提高水资源利用效率。

2.水资源调整：通过水资源调度和管理来适应气候变化。包括建立灵活的水资源调度机制，增加水资源储备和调洪设施的建设，确保供水的可持续性。

3.水源保护和水土保持：加强水源地的保护和管理，建设河道护坡、林网覆盖和防护林等工程，减少水土流失，保持水库和河道的容水能力，保障水源的稳定供应。

4.多元化水资源供给：通过多元化水资源供给途径，如水库蓄水、地下水开采、海水淡化等，增强水资源的稳定性和可靠性，缓解气候变化对水资源供应的不确定性。

5.水资源跨界合作：加强国际和地区间的水资源合作，共同应对气候变化对水资源的影响。促进信息共享、技术交流和资源整合，提高水资源管理和利用的效率。

6.固碳水景观建设：通过保护和恢复湿地、河流、水源地等自然水景观，增加植被覆盖，吸引并储存大量的碳，降低温室气体排放，减缓气候变化对水资源的影响。

（二）水资源政策与规划

1.碳排放控制与减少：水资源政策和规划应当与减少温室气体排放的全球倡议相结合。借助于国际协议和政策，各国应制定相关法规以减少碳排放，并鼓励可持续能源的发展，以减少对水资源的不良影响。

2.水资源管理和分配：水资源政策和规划的关键是确保水的公平分配和高效利用。这包括建立完善的水资源管理体系，包括水权分配、水资源监测和评估等方面的政策。同时，政府还应鼓励和支持水资源的节约和回收利用，以及提高农业、工业和城市用水的效率。政府应发挥其调节作用，提供必要的经济支撑，并关于节约用水制定出合理的政策。^[9]

3.水生态系统保护：水资源政策和规划还应注重保护和恢复

水生态系统。积极建立生态补偿机制，以避免水利工程建设对区域经济以及生态环境的影响。^[10]这包括制定保护和恢复湿地、河流和水源地的政策，确保水生态系统的可持续发展。政府还应鼓励并支持生态补偿措施，以确保水资源的良好状态和水生态系统的健康。

4.多元化供水源：面对气候变化带来的水资源压力，水资源政策和规划应鼓励多元化的水资源利用。这包括不仅仅依赖传统的地表水和地下水供应，还要发展和推广新的供水方式，如海水淡化技术、雨水收集和再利用等。

5.风险管理和适应策略：水资源政策和规划还应关注气候变化带来的极端气候事件和灾害，如干旱、洪水和暴雨等。政府应制定应对这些风险的策略和规划，包括建立灾害预警系统、改善防洪设施、加强社区应急准备等。

八、结束语

气候变化对水文水资源造成了显著的影响。气候变暖导致降水分布和强度的不均衡，使得水域的蒸发蒸腾增加，降雨量减少，水文循环变得更加复杂。这些变化对水资源的可持续利用和安全造成了威胁。适应策略是应对气候变化影响的关键。我们需要制定和实施综合性的水资源管理政策，包括提高水资源利用效率、加强水资源保护、加大水文监测和预警工作、构建具有弹性的水资源管理体系等。同时，我们需要加强科技创新，提高水资源管理技术的水平和能力，以适应气候变化对水文水资源的影响。国际合作至关重要。气候变化不仅是一个国界之间的问题，而是全球范围内需要共同应对的挑战。各国应加强合作，共享经验和技术，共同制定治理水资源的策略和规划，以实现气候变化对水文水资源影响的最优解决方案。

参考文献：

- [1] 史喜玲.气候变化对水文水资源的影响综述[J].农业科技与信息,2021,(24):16-17. DOI:10.15979/j.cnki.cn62-1057/s.2021.24.005.
- [2] 魏小童.气候变化对水文水资源影响的研究进展[J].农业科技与信息,2020,(19):52-53. DOI:10.15979/j.cnki.cn62-1057/s.2020.19.021.
- [3] 仇建武,彭世想,郭润德等.气候变化对水文水资源的影响简析[J].建材与装饰,2020,(12):295.
- [4] 扈家昱.气候变化对水文水资源影响问题的探讨[J].农业开发与装备,2021,(10):92-93.
- [5] 李雪菲.气候变化对水文水资源影响问题的探讨[J].农业科技与信息,2021,(08):14-15+18. DOI:10.15979/j.cnki.cn62-1057/s.2021.08.004.
- [6] 梁财华.浅谈水文水资源面临的挑战[J].科技创新导报,2020,17(11):124+126. DOI:10.16660/j.cnki.1674-098X.2020.11.124.
- [7] 吴洋.气候变化对水文水资源影响的表现及对策[J].智能城市,2021,7(19):59-60. DOI:10.19301/j.cnki.znccs.2021.19.028.
- [8] 金炳琪,袁鹏杰.气候变化对水文水资源影响的研究分析[J].农业灾害研究,2021,11(05):99-100+103.
- [9] 刘丽英.气候变化对水文水资源影响问题的探讨[J].农业科技与信息,2021,(06):24-26. DOI:10.15979/j.cnki.cn62-1057/s.2021.06.009.
- [10] 李雁良.探讨气候变化对水文水资源有何影响[J].建材与装饰,2020,(01):287-288.

水利水电工程中河川枢纽的施工与运行管理技术

江志鸿

景德镇水利投资有限公司，江西 景德镇 333000

摘 要： 水利水电工程中河川枢纽的施工与运行管理是一个多维度、高复杂性的领域，关系到水资源的有效利用和生态环境的保护。本文深入探讨了河川枢纽在推动经济增长、提升社会福祉、强化环境可持续性方面的重要意义。同时，针对施工与运行管理过程中出现的技术难点，如环境影响评估、施工安全保障、技术创新应用、政策与法规适应，本文进行了详细分析。为了有效应对这些挑战，文中提出了一系列措施，包括引入先进技术、实施环境保护策略、优化安全管理体系以及平衡经济与社会效益。这些措施的实施，旨在提高河川枢纽工程的整体效率和可持续性，确保其在未来的稳定和高效运行。

关 键 词： 水利水电工程；河川枢纽；施工与运行管理

Construction and Operation Management Technology of River Junction in Water Conservancy and Hydropower Project

Jiang Zhihong

Jingdezhen Water Conservancy Investment Co., Ltd., Jiangxi, Jingdezhen 333000

Abstract： The construction and operation management of river junction in water conservancy and hydropower project is a multi-dimensional and highly complex field, which is related to the effective use of water resources and the protection of ecological environment. This paper explores the significance of river hubs in promoting economic growth, improving social well-being, and strengthening environmental sustainability. At the same time, in view of the technical difficulties in the process of construction and operation management, such as environmental impact assessment, construction safety guarantee, technology innovation application, policy and regulation adaptation, this paper carries on a detailed analysis. In order to effectively address these challenges, the paper proposes a series of measures, including the introduction of advanced technologies, the implementation of environmental protection strategies, the optimization of safety management systems, and the balance of economic and social benefits. The implementation of these measures aims to improve the overall efficiency and sustainability of the river hub project and ensure its stable and efficient operation in the future.

Key words： water conservancy and hydropower engineering; river hub; construction and operation management

一、引言

河川枢纽作为水利水电工程的关键组成部分，在全球范围内正逐渐受到更多的关注。随着全球气候变化和环境保护意识的提升，河川枢纽的建设不仅仅是技术和工程的挑战，更是一项涉及环境、经济、社会多方面因素的综合性任务。在当前背景下，理解并优化河川枢纽的施工与运行管理，成为确保水资源有效利用和环境保护的关键。随着技术的进步和管理理念的创新，河川枢纽的建设和运营面临着诸多新的机遇和挑战。本文基于对现有河川枢纽工程的深入分析，旨在探讨如何通过综合措施提升施工与运行管理的效率和效果，以实现环境、经济与社会的和谐发展。通过对技术难点的系统分析和解决方案的提出，本文为河川枢纽工程的未来发展提供了实用的指导和参考。

二、河川枢纽建设施工的意义

（一）经济增长推动

河川枢纽在水利水电工程中扮演着至关重要的角色，特别是在推动地区和国家经济增长方面。具体来说，河川枢纽项目通常涉及大规模的基础设施建设，这自身就是一个巨大的经济活动，能够直接创造大量的就业机会^[1]。此外，河川枢纽工程对当地经济的带动效应不容小觑。它不仅能够提供稳定且廉价的电力支持，降低当地工业和居民的能源成本，还能通过提供灌溉水源促进农业发展，提高农作物产量与品质，从而增加农民收入和提高地区食品安全。据统计，某些河川枢纽工程建成后，周边地区的农业产值增长率达到了20%以上。最后，河川枢纽工程还能带动相关服务业的发展，如旅游业。大型水利工程往往成为观光景点，吸引大量游客，从而促

进当地旅游业的发展。这种多方面的经济效益显著，不仅提升了当地的经济水平，也为国家的经济增长做出了贡献。

（二）社会福祉提升

河川枢纽工程对社会福祉的提升有着深远的影响。首先，通过提供可靠的水源和电力供应，这些工程直接改善了居民的生活质量。例如，在水源稀缺地区，河川枢纽的建设不仅解决了饮用水问题，还通过灌溉系统改善了农业生产条件，从而提高了当地居民的生活水平和经济状况。其次，河川枢纽工程的社会效益还体现在教育和医疗领域。电力的稳定供应对这些基本社会服务至关重要^[2]。学校和医院能够得到持续的电力支持，这对于提高教育质量和医疗服务效率至关重要。最后，河川枢纽工程还能够提高社会的整体福祉，尤其是在提供防洪、供水等公共服务方面。根据统计数据，某些地区的洪水频发性和强度由于河川枢纽的建设而显著减少。

（三）环境可持续性强化

河川枢纽对环境可持续性的贡献主要体现在两个方面：水资源管理和清洁能源的提供。在水资源管理方面，河川枢纽通过建立水库和调节水流，对水资源进行有效管理，缓解了季节性水资源短缺问题，保证了水资源的持续供应^[3]。例如，一些干旱地区依靠河川枢纽调节水库水量，有效解决了旱季的水资源短缺问题。这不仅改善了当地居民的用水条件，而且对生态环境的保护也起到了积极作用。此外，河川枢纽作为清洁能源的重要来源，对减少温室气体排放和应对气候变化具有重要意义。水电作为一种可再生能源，其发电过程中几乎不产生二氧化碳排放，这对于减少全球温室气体排放具有重要作用。最后，河川枢纽工程通过提供生态流量、保护水生生态系统等措施，也在一定程度上促进了生物多样性的保护。通过科学规划和管理，确保河流生态系统的健康运行，这些工程有助于维护水生生物的栖息地，保护生物多样性。

三、河川枢纽中的施工与运行管理技术难点

（一）环境影响评估

环境影响评估（EIA）是河川枢纽施工与运行管理中的关键技术难点。这一过程涉及对项目产生的环境影响进行全面、详细的分析和评价。EIA的重点在于识别工程对生态系统、水资源、土壤、空气质量以及社会经济条件的潜在影响^[4]。首先，EIA需要考量河川枢纽建设过程中对水生生态系统的影响。据统计，水电站建设会导致下游河流水位下降，影响鱼类和其他水生生物的生存环境。例如，一项分析指出，某水电站建设后，下游区域的鱼类数量减少了30%以上。其次，EIA还需要评估工程对当地气候和空气质量的潜在影响。河川枢纽的建设涉及大量的施工活动，容易产生灰尘和噪音，对周围环境造成短期影响。最后，EIA还需要考虑河川枢纽对周边社区和文化遗产的影响。工程建设会导致当地居民迁移，影响他们的生活方式和文化传统。一项调查显示，某大型水电项目导致近万人迁移，改变了当地社区的社会结构和经济活动。

（二）施工安全保障

施工安全保障是河川枢纽工程中的另一项技术难题。这一领

域要求高度的技术专业性和精确的风险管理，确保施工期间的人员和设备安全。首先，事故预防是施工安全保障的重要组成部分。根据国际劳工组织的数据，建筑行业的致命伤亡率是所有行业中最高的。例如，一项分析指出，在某大型水电站建设中，由于高空作业和重型机械操作的风险，工伤事故率比一般建筑项目高出15%。其次，工程质量控制对确保施工安全至关重要。质量问题不仅容易导致工程延误，还会带来长期的安全隐患^[5]。这类问题通常源于施工过程中的监督不足或技术标准的不严格执行。最后，应对自然灾害和突发事件也是施工安全保障的一部分。河川枢纽工程常常位于自然环境复杂的地区，会面临洪水、地震等自然灾害的威胁。例如，一项分析显示，某河川枢纽项目在建设期间遭遇洪水，导致严重的施工延误和经济损失。因此，制定有效的应急预案和灾害应对措施对于保障施工安全至关重要。

（三）技术创新应用

当前，技术创新主要集中在自动化、信息化和环境保护技术上。然而，将这些技术应用于实际工程中面临着一系列挑战。首先，自动化技术的应用是提高施工效率和安全性关键。据统计，采用自动化施工设备可以提高工作效率约20%并减少约15%的事故发生率。但自动化技术的应用受限于高成本和技术复杂性。其次，信息化技术，如BIM（建筑信息模型）和GIS（地理信息系统），在提高项目管理效率和精度方面起着关键作用^[6]。一项分析表明，使用BIM技术的项目设计误差减少了约25%，施工时间缩短了约20%。然而，这些技术的应用需要大量的数据输入和高级技术支持，对项目团队的技术能力提出了较高要求。最后，环境保护技术，如污染控制和生态修复技术，对于减轻工程对环境的影响至关重要。例如，应用先进的水处理技术可以将施工过程中产生的废水污染降低30%以上。但这些技术往往需要高额的投资，并且在实际应用中容易受到地理和气候条件的限制。

（四）政策与法规适应

河川枢纽工程的施工与运行管理还需严格遵循相关政策和法规。政策与法规的适应是确保工程合规性和可持续性的关键因素。然而，适应这些政策和法规在实践中面临多方面的挑战。首先，国际和国内环境保护法规对河川枢纽工程提出了严格的要求^[7]。例如，根据一项环境保护法规，水电站必须实施生态流量放水，以保护河流生态系统。然而，这会导致发电效率下降约10%。其次，施工安全和劳工保护法规也对工程管理提出了挑战。遵守这些法规需要投入额外的资源和时间。据统计，实施最新劳工安全标准会使工程成本增加约5%到10%。

最后，政策和法规的不断变化也对工程管理带来挑战。法规的更新会导致工程计划和设计的调整，从而影响工程进度和成本。

四、有效提升河川枢纽施工与运行管理技术的措施

（一）引入先进技术

为提升河川枢纽施工与运行管理技术，引入先进技术是关键措施之一。首先，在自动化和智能化设备方面，应引入无人机进行施工监测，使用自动化挖掘和浇筑设备，以及利用智能传感器

监测工程质量。数据表明，这种做法可以提高监测效率约30%，同时降低至少20%的监测成本。其次，在信息化管理方面，应用BIM技术和GIS系统，以提高设计精度和施工效率^[8]。通过BIM模型，可以实现工程设计的三维可视化，更准确地预测施工结果，减少设计和施工中的错误。实践表明，BIM技术的应用可以使项目成本降低约10%，工期缩短约15%。最后，应用新型环保材料和先进工艺，如高性能混凝土和生态修复技术，可以提高工程质量，同时减少对环境的影响。例如，使用低碳水泥和再生材料，不仅可以降低混凝土的碳排放，还可以提高其耐久性。

（二）环境保护策略实施

实施环境保护策略是河川枢纽施工与运行管理的另一项关键措施。这涉及减少工程对自然环境的影响，保护生态系统，以及实现工程的可持续性。首先，在施工前，进行全面的环境影响评估（EIA）是必要的。这包括对生态系统、水质、土壤和空气质量的潜在影响进行详细分析。基于EIA结果，应制定减少负面影响的具体措施。例如，根据EIA指导，选择最小环境影响的施工路径和方法，如采用水下静音爆破技术，减少对水生生物的影响。其次，在施工过程中，应用生态友好的施工方法和技术至关重要。这包括使用低排放的施工设备，控制工地扬尘和噪音，以及合理处理施工废弃物。最后，加强工程后期的环境监测和修复是确保长期可持续性的关键。这包括定期监测水质、生物多样性和生态系统健康状况，以及实施必要的生态修复工作。

（三）安全管理体系优化

优化安全管理体系是确保河川枢纽工程施工与运行管理中的关键措施之一。这需要实施综合的安全策略。首先，建立和强化安全文化是提升整体安全水平的基础。这包括对所有工作人员进行定期的安全培训，强调安全意识的重要性，并确保每个人都能够识别和管理施工风险^[9]。其次，应用先进的安全监控技术是提高安全管理效率和效果的关键。这包括利用CCTV摄像头进行实时监控、使用穿戴式设备监测工人健康状况，以及应用智能分析

工具对潜在危险进行预测。例如，通过安装传感器监测工程结构的稳定性，可以及时发现问题并采取预防措施，从而减少事故发生的风险。最后，提升应急响应能力是确保施工期间快速有效处理突发事件的关键。这包括制定详细的应急预案，确保所有员工都了解应对各种紧急情况的程序，并定期进行应急演练。

（四）经济与社会效益平衡

平衡经济与社会效益是河川枢纽工程施工与运行管理的另一个重要方面。这涉及在确保工程经济效益的同时，考虑对社会和环境的长远影响。首先，进行全面的成本效益分析，确保工程在经济上的可行性和效益最大化。这包括评估工程的直接经济回报，如电力销售收入，以及间接效益，如促进当地经济发展。其次，促进当地经济发展是实现社会效益的重要途径。这包括优先雇用当地劳动力，支持当地供应商，以及通过工程项目促进相关产业链的发展^[10]。据统计，大型工程项目通常能够为当地经济带来约15%至20%的增长。最后，保障社区利益是确保工程获得社会支持和可持续性的关键。这包括与当地社区密切合作，解决他们的关切，以及在工程规划和实施过程中考虑社区的需求和建议。此外，通过为受影响的社区提供补偿和支持，如建设新的公共设施或提供就业机会，可以提升社区居民的生活质量。

结束语

在探索河川枢纽施工与运行管理的复杂领域，本文综合考量了经济、社会、环境等多重因素。通过深入分析施工与运行中的关键挑战，并提出相应的创新措施，本文旨在促进河川枢纽工程更高效、更可持续的发展。文章的论述和提出的措施，为河川枢纽项目的成功实施和管理提供了宝贵的视角和实践指导。这一分析不仅有助于优化现有工程实践，也为未来的工程设计和运行提供了重要参考，推动着水利水电领域向更高的目标迈进。

参考文献

- [1] 覃志年. 落久水利枢纽工程闸墩锚索应用[J]. 广西水利水电, 2023, (06): 88-91.
- [2] 闫修家. 大藤峡水利枢纽工程施工监理之复杂岩溶地层处理[J]. 水利技术监督, 2023, (12): 222-225.
- [3] 邹绍新. 浅谈韩江高陂水利枢纽工程临时交通桥拆除施工技术[J]. 中国水运, 2023, (12): 120-123.
- [4] 程振, 张新荣. 大藤峡水利枢纽工程二期围堰防渗墙工期及施工方案设计[J]. 东北水利水电, 2023, 41 (12): 3-5+71.
- [5] 赵贵章, 徐远志, 王莉莉, 王艳艳, 张世英. 黄河上游青铜峡水利枢纽对河川基流的影响[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2020, 48 (03): 195-201.
- [6] 兴隆水利枢纽工程下闸蓄水[J]. 四川水力发电, 2013, 32 (02): 130.
- [7] 张建平. 河川引水枢纽工程泄洪洞泄洪能力分析[J]. 科技情报开发与经济, 2008, 18 (36): 93-95.
- [8] 王锦. 从发展内河航运看建设河川枢纽[J]. 科技信息(科学教研), 2007, (34): 324.
- [9] 王子仪. 试论地基处理在河川枢纽建设中的重要地位[J]. 人民珠江, 1989, (02): 25-27.
- [10] И. И. 列维, 麦乔威. 河川水力枢纽下游水位的降低[J]. 水力发电, 1956, (01): 29-36.

水处理过程中的能源消耗与碳足迹分析

黄健

上海复旦水务工程技术有限公司, 上海 20043

摘要： 本文旨在研究水处理过程中能源消耗与碳足迹的关系。水处理是当今世界最为重要的环保措施之一，然而其能源消耗却仍然较高。本文通过分析不同水处理技术，比较它们的能源消耗和环境影响，从而找出一种最优秀的水处理技术。同时，本文还探讨了如何降低水处理过程中的碳足迹，提出了相应的政策和措施。最后，本文总结了自己的研究成果，并对未来水处理技术的研究方向进行了展望。

关键词： 水处理；能源消耗；碳足迹；环境影响；技术比较；政策建议

Analysis of Energy Consumption and Carbon Footprint in Water Treatment

Huang Jian

Shanghai Fudan Water Engineering Technology Co., Ltd., Shanghai 20043

Abstract： This paper aims to study the relationship between energy consumption and carbon footprint in the process of water treatment. Water treatment is one of the most important environmental protection measures in the world today, but its energy consumption is still high. This paper analyzes different water treatment technologies and compares their energy consumption and environmental impact to find the best water treatment technology. At the same time, this paper also discusses how to reduce the carbon footprint in the process of water treatment, and puts forward the corresponding policies and measures. Finally, this paper summarizes the research results and prospects the future research direction of water treatment technology.

Key words： water treatment; energy consumption; carbon footprint; environmental impact; technology comparison; policy suggestion

引言

能源消耗是水处理过程中不可忽视的一个因素。传统的水处理工艺如过滤、沉淀、消毒等过程都需要消耗大量的能源，而且能源消耗往往较高。随着能源危机的加剧，减少水处理过程中的能源消耗已经成为当务之急。此外，水处理过程中的碳排放也是一个重要的环境问题。碳排放量的增加会导致温室气体浓度上升，从而加剧全球气候变化。因此，在分析水处理过程中的能源消耗时，必须考虑到碳排放的影响。

一、水处理过程中的能源消耗现状

随着我国建造新的污水处理厂或扩大旧的污水处理厂的需求不断增加，能源消耗成为引起广泛关注的问题。不同污水处理厂的能源效率通常需要统一量纲来比较和评估，在我国最常用的指标为吨水比能耗，其为处理单位立方米污水所需的能耗，单位为 $\text{kWh} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

- 取水：水处理过程中需要大量的取水，这需要 能源密集处理
- 化学处理：水处理过程中常常需要使用化学药品，这些药品需要大量的能源来制造和运输。
- 能源消耗：水处理过程中需要大量的能源来运行机器和设备，例如电动机、加热器和照明设备等。

4. 污泥处理：在某些水处理过程中，需要对污泥进行处理。这可能需要使用大量的能源来加热、冷却和运输污泥。

5. 能源回收：在一些水处理过程中，可以回收和再利用能量，例如通过回收污泥中的有机物质来产生能源。

二、能源消耗对水处理过程的影响

1. 能源消耗与水处理方法的选择有关。污水处理过程中的能源消耗，主要包括曝气能耗和泵送能耗两部分。^[1]不同的水处理方法需要不同的能源，例如，传统的活性炭过滤需要使用电力来运行设备，而先进的生物膜反应器则可以使用微生物自身的代谢活动来处理水。

2. 能源消耗与水处理设备的效率有关。高效的设备可以减少

能源消耗，而低效率的设备则会增加能源消耗。例如，高效的过滤器可以减少水流量，从而降低能耗。

3. 能源消耗与处理水的质量有关。处理水的质量需要使用大量的能量来去除污染物。例如，高级的反渗透和离子交换需要大量的能量来去除水中的盐和矿物质。

三、碳足迹的概念与计算方法

碳足迹的动态分析可以反映某地区能源消耗量和碳排放量，为当地政府制定节能减排政策提供理论依据。^[3]碳足迹是指一个人、组织或产品所产生的温室气体（特别是二氧化碳）排放量，反映了在一定时间内所消耗的能源和产生的碳排放。碳足迹是通过计算消费中隐含的能量和温室气体排放总量，作为生态足迹分析中的一部分，碳足迹用吸收温室气体的有植被覆盖的土地面积（公顷）来表示。^[4]计算碳足迹的方法有很多，其中一种常用的方法是生命周期评估（LCA）。生命周期评估是对产品或服务的使用寿命进行全面评估，包括生产、消费和废弃处理等各个阶段，通过计算各个阶段所产生的温室气体排放量，综合考虑其环境和社会影响，从而得出产品的生命周期碳足迹。另外，还可以通过排放因子（emission factor）的方法来计算碳足迹。排放因子是指在一定时间内生产或消费过程中所产生的二氧化碳排放量与单位产品或服务的关系，通过将排放因子乘以相应的产量或消费量，即可得到该产品或服务的碳足迹。

四、碳足迹分析软件应用

碳足迹总体由碳排放和碳汇组成，碳足迹 = 碳排放量 - 碳汇量。^[5]

1. 能源消耗分析：可以帮助用户计算其能源消耗量，包括电力、水、燃料等。

2. 碳排放量计算：可以帮助用户计算其碳排放量，包括二氧化碳、甲烷、氧化亚氮等温室气体排放量。这些数据通常来自能源消耗量、燃料使用量、生产过程等数据源。

3. 碳足迹可视化：可以帮助用户将能源消耗和碳排放量可视化，以便更好地了解其碳足迹。这些软件通常会提供可视化工具，如碳足迹地图、时间趋势图等。

4. 碳排放减少策略：可以帮助用户评估不同的碳排放减少策略，如使用可再生能源、改进能源效率、减少燃料使用等，并计算其节省的碳排放量和成本。

5. 数据导入和导出：可以帮助用户导入和导出数据，以便更好地管理和比较不同数据源之间的碳排放量和能源消耗量。

五、能源消耗与碳足迹分析在水处理过程中有哪些应用

1. 评估水处理过程中不同能源的消耗量：通过对水处理过程中不同能源的消耗量进行评估，可以确定哪些能源消耗量较高，哪些能源消耗量较低。这样，可以制定相应的节能措施，降低能

源消耗。

2. 节能措施的制定和实施：根据评估结果，制定相应的节能措施。这些措施可以包括使用更高效的能源设备、改进操作流程、采用可再生能源等。

3. 评估水处理过程中碳排放量：通过评估水处理过程中产生的碳排放量，可以确定哪些环节是碳排放的主要来源。这样，可以制定相应的减排措施，减少碳排放。

4. 选择低能耗和低碳足迹的水处理技术：在选择水处理技术时，应选择那些低能耗和低碳足迹的技术。这些技术可以降低水处理过程中的能源消耗和碳排放。

5. 生命周期评估：生命周期评估是一种评估产品或系统在整个生命周期中的环境绩效的方法。在水处理过程中，生命周期评估可以帮助评估不同技术或产品的碳足迹和能源消耗。

六、能源消耗与碳足迹分析在水处理过程中的优势和挑战

优势：

1. 提高能源效率：水处理过程中采用先进的节能技术，可以有效降低能源消耗。应鼓励化工行业采用更多节水、低碳的生产材料和工艺设计；优化能源结构，采用更加清洁的能源；加强工业生产过程中水资源的回收与利用，减少浪费；提高技术装备，提高设备生产效能和单位产能；^[6]例如，采用高效的电机、变频调速技术等措施，可以显著减少能源的消耗。

2. 利用可再生能源：调整能源结构，通过使用天然气等清洁能源和可再生能源如生活垃圾、危废等，减少能源消耗产生的碳排放。^[7]通过利用太阳能、风能、地热等可再生能源，可以降低对传统化石能源的依赖，从而减少碳排放。

3. 优化生产过程：在水处理过程中，采用优化生产过程和调度策略，可以降低能源消耗和碳排放。例如，采用循环经济和清洁生产技术，可以实现废弃物的资源化利用，降低生产过程中的碳排放。

4. 提高水处理效率：采用高效的水处理技术，可以减少水处理过程中所需的能源和化学药剂的消耗，从而降低碳足迹。

挑战：

1. 投资成本：采用先进的节能技术和可再生能源设备，需要一定的投资成本。因此，如何在降低能源消耗的同时，实现成本效益，是一个重要的挑战。

2. 能源需求预测：水处理过程中能源需求的变化受到很多因素的影响，如气候变化、人口增长、水污染等，因此需要准确的能源需求预测，以实现能源的有效利用。

3. 技术成熟度：虽然在水处理过程中采用节能技术和可再生能源已经取得了一定的进展，但某些技术仍需要进一步的成熟和推广。

4. 数据监测和管理：在水处理过程中，能源消耗和碳排放的数据监测和管理是一个重要的挑战。需要建立完善的数据监测和分析系统，以实现对能源消耗和碳排放的有效管理。

七、能源消耗与碳足迹分析在水处理过程中的应用前景

1. 能源消耗与碳足迹分析在理论研究中的应用

能源消耗与碳足迹分析是评估水处理过程中能源消耗和碳排放量的有效手段。通过理论研究,可以更好地理解水处理过程中能源消耗与碳排放的规律,为进一步优化水处理技术提供理论依据。例如,可以对不同水处理技术进行比较,分析各种技术的能源消耗和碳排放特性,为选择更合适的水处理技术提供参考。此外,通过对能源消耗与碳足迹分析的研究,还可以为政策制定者提供科学依据,帮助他们制定更有效的节能减排政策。水足迹不仅仅计算某种行为或过程直接耗水量,还计算这种行为背后隐藏的更大的淡水资源消耗,这部分被称为间接水足迹。^[8]

2. 能源消耗与碳足迹分析在工程应用中的应用

能源消耗与碳足迹分析在实际水处理工程中的应用具有很高的价值。通过分析水处理过程中的能源消耗和碳排放,可以发现节能减排的关键环节,从而为工程师提供优化方案。例如,在污水处理过程中,可以通过改进搅拌方式、降低曝气能耗、优化污泥回流等方式降低能源消耗和碳排放。同时,针对不同水处理工艺,可以制定相应的能源管理和减排措施,实现水处理过程的绿色可持续发展。

3. 能源消耗与碳足迹分析在新技术研发中的应用

随着水处理技术的不断发展,新能源在水处理过程中的应用越来越受到关注。新能源技术的研发与推广有助于降低水处理过程中的能源消耗和碳排放。例如,研究和开发太阳能、生物质能等可再生能源在水处理过程中的应用,可以有效减少传统能源的消耗。此外,新型的膜技术、生物处理技术等也可以在能源消耗和碳足迹分析的研究中发挥重要作用,为水处理行业提供新的解决方案。

4. 能源消耗与碳足迹分析在人才培养和科普宣传中的应用

能源消耗与碳足迹分析的普及与宣传对于增强公众环保意识具有重要意义。通过人才培养和科普宣传,可以培养更多具备环保意识和技术能力的水处理工程师,推动水处理行业的技术进步。同时,通过向公众普及能源消耗与碳足迹分析的知识,可以增强公众的环保意识,推动绿色消费和低碳生活方式的普及,为水处理行业的可持续发展提供社会支持。

八、建议

技术的进步、经济结构的调整、消费能力和结构的变化等因素都会显著影响不同区域和不同产业的水、能源和碳足迹^[9]。

1. 推广先进水处理技术: AOPs 和生物炭吸附技术在能源消耗和环境影响方面具有较大优势,应得到更广泛的应用。政府和相关部门应加大对先进水处理技术的推广力度,鼓励企业采用更节能、更环保的水处理方法。

2. 制定能源政策: 为了减少水处理过程中的能源消耗和碳足迹,政府应制定相应的能源政策,如提高能源利用效率、促进清洁能源的使用等。重视可持续污水处理的顶层设计,与节能减排、能源资源回收利用统筹协调发展^[10]此外,对水处理行业的能源消耗进行定期的监测和评价,以推动行业可持续发展。

3. 加强水资源管理: 合理规划水资源利用,提高水资源利用效率,是降低水处理过程中能源消耗和碳足迹的重要手段。政府和相关部门应加强对水资源的管理,优化水资源配置,提高水资源利用效率。

4. 增强公众环保意识: 水处理过程中的能源消耗和碳足迹关系到环境保护和可持续发展。增强公众的环保意识,鼓励大家积极参与到水处理环保事业中来,对降低能源消耗和碳足迹具有积极意义。

5. 开展合作研究: 水处理领域的科研机构、企业和政府部门应加强合作,共同开展水处理过程中的能源消耗和碳足迹研究,以为行业提供更有有效的技术支持和政策建议。

九、结束语

不同水处理技术在能源消耗和碳排放方面存在显著差异。如预处理、深度处理和高级处理等技术的能源消耗和碳排放均有所不同。因此,在选择水处理技术时,需要综合考虑处理效果、能源消耗和碳排放等因素。采用能源回收和利用策略可以有效降低水处理过程中的能源消耗和碳排放。例如,通过回收处理过程中产生的废热、废气和废水,可以实现能源的高效利用。同时,采用碳捕捉和储存技术,可以将水处理过程中产生的二氧化碳减排,降低碳足迹。为实现水处理过程中的能源消耗和碳足迹降低,我们需要加强技术研发和创新,推广高效、低碳的水处理技术。同时,提高水资源利用效率,加强水处理过程中的能源管理和监控,以及完善相关政策和法规,从多方面推动水处理行业的可持续发展。

参考文献

- [1] 杨兴舟.污水处理厂能耗建模及能量平衡评估[D].华南理工大学,2020.DOI: 10.27151/d.cnki.ghnlu.2020.002717.
- [2] 侯莹.城市污水处理过程多目标优化控制方法及应用研究[D].北京工业大学,2018.
- [3] 张旭杰,付伟,张曼飞等.国内能源消耗碳足迹研究述评[J].山西农经,2020,(22):88-89.DOI:10.16675/j.cnki.cn14-1065/f.2020.22.041.
- [4] 王鑫.基于碳足迹的新疆产业、能源与环境可持续发展研究[D].新疆大学,2018.
- [5] 王小刚.白洋淀流域碳足迹法律规制研究[D].河北地质大学,2019.
- [6] 冯变变.供应链视角下中国粮食生产水足迹和碳足迹量化与可持续性评价[D].西北农林科技大学,2022.DOI:10.27409/d.cnki.gxbnu.2022.002356.
- [7] 吴翠华.基于LCA的水泥生产企业碳-水足迹及碳减排潜能研究[D].北京交通大学,2022.DOI:10.26944/d.cnki.gbfju.2022.003834.
- [8] 杨天祯.中国生物乙醇水足迹与碳足迹研究[D].西北农林科技大学,2021.DOI: 10.27409/d.cnki.gxbnu.2021.000836.
- [9] 田沛佩.基于MRIO的中国水-能-碳耦合关系研究[D].华北电力大学(北京),2021.DOI:10.27140/d.cnki.ghbbu.2021.000076.
- [10] 柴春燕.城镇污水处理厂温室气体排放规律及热岛效应研究[D].哈尔滨工业大学,2017.

倾斜三维实景模拟在大比例尺地形图测绘中的应用分析

庄惠

海南省水利水电勘测设计研究院有限公司, 海南 海口 570100

摘 要 : 倾斜三维实景模拟技术在大比例尺地形图测绘中的应用, 主要通过无人机航测系统拍摄测区的倾斜影像, 生成实景三维模型和点云数据。这种技术的应用, 不仅提高了测绘的效率和精度, 还大大降低了传统测绘方式中设备昂贵、流程复杂的问题。倾斜摄影技术能够同时获得同一位置多个不同角度的高分辨率影像, 采集丰富的地物侧面纹理及位置信息, 为大比例尺地形图的测绘提供了详尽的数据支持。

关 键 词 : 无人机; 倾斜摄影; 三维实景模拟; 大比例尺; 地形图

Application Analysis of Tilted 3D Real Scene Simulation in Large Scale Topographic Map Mapping

Zhuang Hui

Hainan Province Water Conservancy & Hydropower Survey, Design & Research Institute Co., Ltd., Hainan, Haikou 570100

Abstract : The application of tilting 3D reality simulation technology in large-scale topographic map surveying and mapping is mainly through the UAV aerial survey system to capture the tilting image of the survey area and generate the real 3D model and point cloud data. The application of this technology not only improves the efficiency and accuracy of surveying and mapping, but also greatly reduces the problems of expensive equipment and complex flow in traditional surveying and mapping. The oblique photography technique can obtain high-resolution images from different angles at the same location at the same time, collect rich information of surface texture and location, and provide detailed data support for large-scale topographic mapping.

Key words : UAV; oblique photography; 3D real scene simulation; large scale; topographic map

引言:

随着科学技术的不断发展, 无人机倾斜摄影技术在测绘中的应用越来越广泛, 并取得了良好的效果。但是在在大比例尺地形图测绘中, 无人机倾斜摄影技术并不能满足大比例尺地形图测绘要求。因此, 在实际操作中, 需要采取有效的技术手段解决该问题, 通过“倾斜摄影+地面激光雷达”的实景融合建模法, 可以保证三维建模的效率, 同时修正无人机单独建模时可能出现的地物扭曲、空洞等问题, 从而提高模型的精度以及大比例尺地形图测绘质量和效率。基于此, 开展倾斜三维实景模拟在大比例尺地形图测绘中应用的分析研究就显得尤为必要。

一、A测区概述

某水库工程项目, 为满足建设和后期运维发展的要求, 需要制作出实景三维模型和相应的地形图, 测区总面积为2.45km², 测区地形地貌复杂多变, 地表覆盖大量树木及河流, 测绘难度比较大, 传统测绘技术难以满足本水库对实景图和数据精度的要求。采用了倾斜三维实景模拟, 要求地形图测绘比例尺为1:1000, 平面精度中误差不超过±0.8m, 高程精度中误差则



图1 测区范围图

不能超过±1.0m。测区范围如图1所示:

二、倾斜三维实景模拟技术相关概述

倾斜三维实景模拟技术是一种通过多角度摄影获取影像数据来构建三维模型的技术。这项技术主要利用搭载有多个摄像头的无人机或其他飞行平台, 从不同的角度(通常包括1个垂直和4个倾斜角度)采集影像。与传统的正射影像技术相比, 倾斜摄影技术能够提供更加真实和直观的三维视图。与传统的航摄技术相比, 倾斜摄影技术具有以下特点: 一是传统的航摄技术只能拍摄一张照片, 而倾斜摄影技术可以拍摄多张照片, 从而有效提高航摄效率。二是倾斜摄影技术可以拍摄出真实、立体的影像。三是

无人机搭载航摄系统可实现自动飞行，这能够有效提高数据处理效率和质量。

三、倾斜三维实景模拟的实际应用

（一）设备仪器和软件的选择

设备和仪器选择：1）无人机：选择搭载多镜头（至少五个，包括一个垂直和四个倾斜）的无人机，以获取多角度影像。2）相机：高质量的相机能够提供清晰的影像，对于后续处理至关重要。需要选择具有高分辨率和较大画幅的相机。3）定位系统：精确的定位系统（如 RTK GPS）用于确保影像的地理位置准确。4 测量仪器：使用专业的测量仪器来辅助地面控制点的布设和测量，以提高数据的准确性。

软件选择：1）支持点云和模型的软件：选择的矢量化采集软件应能够支持点云数据和三维模型的导入与编辑，本测区采用 Context Capture 软件来构建倾斜三维实景模型。2）数据处理能力：软件需要具备高效的数据处理能力，能够处理大量的影像数据，并生成准确的三维模型。3）兼容性：软件应具有良好的兼容性，能够与其他常用的 GIS 和 CAD 软件进行数据交换。4）用户界面和操作性：软件的用户界面应直观易用，以便于操作人员快速掌握和应用。

（二）技术路线的选择

在大比例尺地形图测绘中，倾斜三维实景模拟技术的应用已成为一项前沿技术。这项技术以其独特的优势，极大地提升了地形图测绘的效率和精度。要实施这项技术，需要遵循一系列严谨的技术路线，这些路线主要涵盖了以下四个方面。

1. 利用无人机技术获取测区的垂直与倾斜影像。无人机凭借其灵活性和高效性，能够迅速捕捉到测区的各个角度和细节。垂直影像提供了地形的整体结构，而倾斜影像则能够捕捉到地形的侧面信息，为后续的模式构建提供了丰富的数据源。

2. 需要通过像素工厂基于垂直影像获取立体像对。像素工厂作为一种先进的图像处理软件，能够对垂直影像进行精确地处理和分析，生成高质量的立体像对。同时采用 Context Capture 软件，结合垂直影像和倾斜影像，生成实景三维模型。这个模型能够真实、准确地还原测区的三维形态，为后续的地形图要素采集提供了强大的支持^[1]。

3. 在得到立体像对和实景三维模型后，进一步利用这些数据点进行 1:1000 地形图要素的采集。这一过程涉及地形图的各个要素，如地貌、道路、建筑等。借助先进的技术手段和软件工具，可以从这些模型中提取出详细的地形信息，并进行精确的测绘和标注。

4. 需要对生产的地形图进行精度分析。这一步骤至关重要，它能够确保地形图的准确性和可靠性。通过对比实际地形和地形图数据，可以评估出测绘结果的精度和误差，进而进行必要的调整和优化。

（三）无人机航摄与像控点布设

在本次大比例尺地形图测绘中，为获得准确、全方位的地形

数据信息，采用了先进的航飞技术，并基于谷歌影像作为背景资料，对目标区域进行了详尽的测绘。此次测绘工作选用了 M300 旋翼机作为数据采集的主要工具，该旋翼机具有高效、灵活的特点，非常适合在大范围区域内进行地形数据采集。在测绘过程中将无人机的风机高度定为相对航高 200m，并严控航向重叠度和旁向重叠度分别为 80% 和 70%，以确保测绘数据的完整性和准确性。同时，还特别注重地面分辨率的优化，使其优于 8cm 以内，以确保获取到的地形数据具有足够的精度。经过旋翼机的努力采集，共获得了 4235 张正射影像和 3165 张倾斜影像，为后续的地形分析和建模提供了丰富的数据基础。

此外，为了进一步提高数据处理的精度和效率，本测区还采用了区域网布点方式进行像控布设。在目标区域内，共布设了 45 个像控点，这些点的分布经过精心策划，旨在最大限度地覆盖整个区域，并确保数据的一致性和准确性。在像控点的测量过程中，采用了 RTK（实时动态差分）技术，该技术具有高精度、高效率的特点，能够实时提供像控点的平面坐标和高程信息^[2]。为了确保数据的统一性和可比性选择了国家 2000 坐标系作为平面坐标系，而高程基准则采用了 1985 年国家高程基准。通过本次测绘工作，不仅获得了丰富的地形数据信息，还验证了旋翼机航飞技术在大型测绘项目中的可行性。这些数据将为本工程的规划设计、施工建设、运行维护、环境保护、灾害预警等领域提供重要的决策支持。本测区部分像控点布置示意图如图所示：



>图2 测区部分像控点布置示意图

（四）倾斜三维实景模型构建

本测区大比例尺地形图测绘中采用了 Context Capture 软件作为倾斜三维实景构建的软件，利用其高效的数据处理能力，实现了高质量的三维模型生产。Context Capture 以其简捷高效的特点，极大地减少了人工干预的需求，从而能够迅速生成高分辨率的实景三维模型。三维模型的生产过程涵盖了多个关键步骤。

第一步，多视影像联合平差及密集匹配。此阶段的主要工作内容是利用 Context Capture 软件对采集到的多视角影像进行精准对齐，通过复杂的算法，将各视角的影像进行联合平差处理，确保各影像间的精确对齐。同时，软件还会进行密集匹配，从各个影像中提取出丰富的三维信息。

第二步，构建三维 TIN（不规则三角网）并生成白模。在这一步，软件根据密集匹配得到的三维信息，构建出不规则三角网，形成初步的三维模型。这一过程中，软件会自动识别和处理各种地形地貌特征，确保模型的准确性和真实性^[3]。

第三步，纹理映射。软件会将原始影像的纹理信息映射到生成的三维模型上，使模型表面呈现出丰富的细节和色彩。通过纹理映射，三维模型不仅具有精确的几何形态，还能呈现出真实世界的质感和外观。

在本次生产中，共有 35 个点参与平差计算，其中 12 个点作为

检查点。空三检查结果显示,检查点平面中误差绝对值为5cm,高程中误差绝对值为10cm。这一精度指标符合《数字摄影测量空中三角测量》规范的要求,证明了本次生产的三维模型具有较高的精度和可靠性。查看空三关系模型无明显错误后,就可以通过基于空中三角测量成果,计算生成了OSGB格式的实景三维模型。OSGB格式是一种高效的三维模型格式,具有广泛的应用范围。倾斜摄影实景三维模型局部绘图如图所示:



图3 倾斜摄影实景三维模型局部绘图

(五) 采集地形要素

在现代的地形测绘工作中,实景三维模型技术已成为一种重要的手段。它以其直观、精确的特点,极大地提升了地形测绘的效率和精度。其中,清华山维EPS三维测图软件作为业界领先的软件之一,以其强大的功能和易用性,在三维地形要素采集方面发挥了重要作用。

该软件能够轻松加载OSGB格式的三维模型数据,使得测绘人员可以通过裸眼测图的方式进行作业。这种方式在采集房屋主体结构时表现出色,不仅能迅速识别房屋层数并进行标注,还能精准分辨各类坎,对裸露地表进行精确采集。这种高效、准确的采集方式,大大降低了对作业员的专业技能要求,使得更多测绘人员能够胜任此项工作。然而,任何技术都有其局限性。虽然EPS软件在大部分情况下都能提供出色的测绘效果,但在某些特定情况下,其效果并不理想^[4]。比如:这种生产方式对航摄的要求较高,如果航摄质量不佳,将会直接影响到三维模型的精度和完整性。本测区上的地物主要包括地形地貌、道路、水系以及少量房屋,测区内地物并不复杂,采用该软件可清晰直观地看出测区内的地物情况,为地形图测绘提供有针对性的参考和指导。

(六) 精度分析

在本次大比例尺地形图测绘中采用了倾斜三维实景模拟技术,为验证地形图测绘的精度是否满足要求,还通过实地采集特征的方法进行验证。主要是通过现场采集房屋角点、道路交叉点等数据来计算平面精度,共计采集了40个平面测点,获得平面中误差为0.465m。通过实地采集高程点,来计算高程精度,获得的高程中误差为0.40m。而利用倾斜三维实景模拟测绘的大比例尺地形图,平面中误差为0.342m,高程中误差则为0.31m。全部都满足了本采取1:1000比例尺对测图精度的要求。

四、A应用倾斜三维实景模拟技术时面临的挑战和解决方法

应用倾斜三维实景模拟技术进行大比例尺地形图测绘时,面临的主要技术挑战包括数据采集的精度和效率、多源数据融合的复杂性以及三维模型的构建和处理。解决方案涉及采用高精度的传感器和无人机技术、利用先进的数据处理软件以及采用多源数据融合技术。

数据采集的精度是关键挑战之一。通过倾斜摄影技术采集的数据可以建立大比例尺3D数字地形图的三维模型,其精度检测均方误差为0.202m,高程均方误差为0.257m。这表明,为了提高测绘的精度,需要采用更高精度的传感器和无人机技术进行数据采集^[5]。

多源数据融合的复杂性也是一个重要挑战。在“地形级”实景三维模型建设中,利用激光雷达和倾斜摄影技术探索三维数据快速获取和处理、多源数据融合是必要的步骤。这意味着,需要采用先进的数据处理软件来实现不同来源数据的有效融合。

三维模型的构建和处理是另一个挑战。SuperMap新一代三维GIS技术白皮书提到,支持输出DSM、DOM及2.5D测绘产品,提高倾斜摄影模型的增值性应用。这表明,通过采用特定的技术和工具,可以有效地构建和处理三维模型,从而提高其应用价值。

结束语

综上所述,利用无人机倾斜摄影技术可以对大比例尺地形图进行采集和绘制,获取高质量的三维模型,为地形图的绘制提供真实的信息。利用无人机倾斜摄影技术可以对地形进行立体采集,并获得高质量的三维模型;利用该技术对地形进行三维实景模拟,可以对地形进行可视化表现;在地形和建筑物模型中,可以应用倾斜摄影技术获取地面建筑物信息和地物信息,以满足大比例尺地形图测绘需求。通过倾斜摄影技术获取的地形、建筑物和地物信息可以直接用于大比例尺地形图测绘。在今后的工作中,还需要不断地对倾斜摄影技术进行优化和改进,以满足大比例尺地形图测绘需求。

参考文献:

- [1] 周攀.无人机倾斜摄影在矿山大比例尺地形图测绘中的应用研究[J].世界有色金属,2022,(23):25-27.
- [2] 黄磊,陈尔东,何超.基于LiDAR的大比例尺地形图快速检验[J].测绘通报,2022,(S2):218-221.
- [3] 王鸿鹄.倾斜摄影测量在大比例尺地形图测绘中的应用——以汾西矿业集团地形图更新项目为例[J].华北自然资源,2022,(05):96-98.
- [4] 雷宇宏,俞倩.无人机倾斜摄影技术在大比例尺地形图测绘中的应用探讨[J].科技创新与应用,2022,12(24):178-180+184.
- [5] 孙德厚,黄昌胜,周海旭.浅析无人机倾斜摄影技术在大比例尺地形图测量中的应用[J].科学技术创新,2022,(19):56-59.

TOFD 检测方法在水利工程焊缝质量检测中的应用研究

刘小艳

山东公用工程质量检测有限公司 山东 济宁 272000

摘 要：通过对三种焊接检测手段的比较，即射线检测、标准超声检测以及 TOFD 检测，我们发现射线检测需要利用放射源，因此，实地检测时有着相当大的辐射危害。而标准超声检测则需要检测者具备良好的实地阅读数据的技巧以及丰富的检测经验，因此，它有可能导致遗漏或错误的结果。此外，它也无法精确地记录下所有的缺陷，因此，事后的缺陷评估基础往往难以得到保证。然而，TOFD 检测技术则没有辐射危害，只需扫描后就能够记录下所有的阅读数据。对于问题的识别，其效率极高。

关 键 词：TOFD；焊缝检测

Application Research of TOFD Detection Method in Weld Quality Detection of Hydraulic Engineering

Liu Xiaoyan

Shandong Public Engineering Quality Testing Co., Ltd., Shandong, Jining 272000

Abstract：Through the comparison of three welding testing methods, namely, X-ray testing, standard ultrasonic testing and TOFD testing, we found that X-ray testing needs to use radioactive sources, so there is a considerable radiation hazard in field testing. Standard ultrasonic testing requires the tester to have good field reading data skills and rich detection experience, so it may lead to missing or wrong results. In addition, it does not accurately record all defects, so the basis for post-facto defect assessment is often difficult to guarantee. However, the TOFD detection technology has no radiation hazard and can record all the reading data after a scan. For problem identification, it is extremely efficient.

Key words：TOFD; weld inspection

ndt 无损检测作为一种有效的工具，能够有效地保证零部件、设备和建筑的无损状态，所以它已经被广泛地运用于材质的持久性检测和尺寸的标注。各种策略各有其长处和短处，这主要取决于需要审查的物质、不连贯性的种类、物质环境等因素。因而，挑选出最恰当的策略是基于实际的使用情况。

一、研究的目的

虽然射线摄影（RT）在检查和识别焊缝部位的断裂方面得到了大量使用，然而，它所依赖的专门的安全步骤、构建射线摄影模型的耗时以及反馈机制均受到了纵向断裂的影响，因此，这并未能对由此产生的问题进行准确的风险评价。所以，ut（超声波）已经被证明是取代 RT 的首选方案，原因在于其无需给操作人员带来任何损失，同时也能准确地测量出非连续的大小^[1]。ut 的一项重大突破就在于超声波衍射时差法（TOFD）的诞生。TOFD 的使用范围正在逐渐扩大，这主要是因为它能在高度稳定且误差较小的环境中迅速进行检测。通过对待检查的物体进行超声波束的倾斜照射，可以减少 RT 检查中的瑕疵，并且改善物体的尺寸不一致。通过将传感器的自动位移与信号数字化，我们有可能通过长期记录来进行自动监控。

我们的愿景是构建一个 TOFD 模式下的水利工程焊接品质自

动监控系统。这个工具有能力识别焊接部位、管道以及其他几种金属构造的瑕疵，并 ACK 其大小。我们希望降低对操作人员的干扰，增强实验的稳定性。通过对优质缺陷控制样品的审查，来评估设备的效能。

二、TOFD

TOFD 的主要目标是确定缺陷的大小，并记录其末端产生的信号的位置，也就是它们之间的时间差。因此，TOFD 对信号振幅的改变反应极为微弱。for TOFD 的传统配置包括一个发射传感器和一个接收传感器，它们都与焊接区域保持对齐，以便于覆盖所有关注的区域。

A 扫描方法代表了超音频信息的标准表现，其主要构成元素包括信息本身、振幅以及平均持续时间，这些都会被展现在超音频设备的显示屏中。将第一个脉冲的发射器与样本表面以下

的纵向波进行对应。如果没有中断，第二个电流将会变成后壁的反射。所有由非连续性触发的其他信号都会被标记在表面波与后壁回波中，这是因为它们各自标识了脉冲产生器与接收器之间最短和最长的可能通道^[2]。因此，上肢的信息传达速度超越了下肢，因此它们的信息交流是相对的。根据这些数据的飞行周期不同，我们有可能推算出不连贯的海拔（详见英国的标准 BS77061993）。一般来说，横向波动与后向波动是评估其它波动的反射时长的参考。

三、实验装置

TOFD 研发的水利工程焊缝质量自动化检测设备主要包括以下几个部分：一个由个人电脑（PC）操控的软件，它与超声波设备相连，同时也与电子系统（驱动器）和机械系统（扫描仪）相互联系。

（一）机械系统

超声波传感器被安装在扫描器上，它能够与需要检测的部分实现最优的连接。为了简化操作，我们特别配备了一个内部的磁轮，这样就可以在任何可能的地点（包括倒置的地点）对铁磁结构进行检测。

（二）电子系统

电脑驱动程序是扫描仪的工作原理。我们对众多的电子电路设计进行了深入的探讨和审查，终于发现了一个最佳的选择：配备了可编程微控制器的驱动器。这提升了系统的性能，使其可以独立于操作系统。并行端口是实现 PC 与驱动程序间连接的方式^[3]。

（三）控制系统

利用软件进行超声波的实时数据采集以及扫描设备的定位。这个工具是基于 Borland C++builder 6 开发的，并且可以选择 1 个用于连接驱动程序的接口。2 个用于传输给电脑的超音频器材 3 决定了数据的传递速度。在输入全部的参数之后，用户能够替换传感器来确定最初的检测点，或者自己进行检测。

在执行探查任务时，我们采集到多个以 A 字头标识的超音频数据，然后借助这些数据构造出一个以 D 字头标识的影像。在执行探查任务时，我们采集到多个以 A 字头标识的超音频数据，然后借助这些数据构造出一个以 D 字头标识的影像。D 扫描是一种持续记录的方式，由几个 A 扫描构成，其中包含了在传感器和超声波束对应的位置上，产生的被测区域的纵向剖面图。

A 扫描与 D 扫描被用作控制软件展现结果的手段。A 扫描与 D 扫描被用作控制软件展现结果的手段。执行的审查过程中储存的数据能够随时被再次加载以便进行研究。执行的审查过程中储存的数据能够随时被再次加载以便进行研究。点击鼠标，就能在 D 扫描里挑选出 A 扫描。D-scan 的控制软件会在其上画一条蓝色的线，而 a-scan 则会在屏幕的左边展现。

（四）试件

aisl 1020 钢板制作出的各种试样，其厚度分别为 18mm 和 600mm。由于电火花的侵蚀，产生了各种各样的问题。这个处理流程确保了插入缺陷的尺寸准确性。因为每一个瑕疵的真实大小

都被妥善管理，所以我们能够对设备的效能和稳定性进行更优的评价。

这个试验样本专门用于评估校准和定径设备的稳定性和效率。将四个 10 毫米的小孔分别放置于左边，虽然它们的间距是 10 毫米，但是它们的深度却有所区别。我们在左侧挖了 10 个洞，每个洞的深度都是 10 毫米，但是它们之间的距离却有所不同。在 12mm 的区域，它的空间解析度已经达到了传感器的预期标准，然而 4mm 的区域却不及此标准。下一步，使用相同的样本可以帮助我们评估 SAFT（合成孔径聚焦技术）这种信号处理手段的效能和效益，进而改善后续的系统解决策略。

两块 19.05mm 的板子，它们的厚度分别是 19.05mm（3/4 英寸）和 600 mm，都被设计来生产另外一种试验样本。这两块板材是通过环形焊接和手工电弧焊（SMAW）技术进行精细拼装的。在焊接流程里，有些是有意为之的，比方说：没有完全融合、有漏洞、有空洞等。除了两个实验数据，所有的实验数据都是在工业过程中用于生产焊接管线的。

（五）检查

TOFD 在进行实验样本的检验过程中，采用的是自主研制的装置。AA 模块上安装了一个直径为 6 mm 的 5MHzMSW/QC/PC Krautkramer 传感器，其入射角度为 60°。通常，主要用于接触检测的耦合剂包括水、油、甘油、石油以及各种商业混合物。在这个任务中，我们使用的耦合剂是 SAE40。我们把 15 美元的 Krautkramer 超声设备与 PC 进行了连接。当传感器发生位移并开始焊接时，我们将对每 1mm 的区域执行 A 的检测。

四、TOFD 技术在水电站金属结构焊缝检测中的运用

（一）对于压力钢管与蜗壳焊缝的品质评估手段

依据现行规定，并参照 TOFD 技术的标准，施工单位负责首次自检，在完全自检合格后，由业主委员会指定的第三方进行复检，以下是自检和复检的具体步骤：

当全部的超声波检查（UT）工作都做好之后，我们会依照线性损伤的范围来执行 TOFD 的相同比率的更新检查。一类焊接的 100 % 可以看作是一个比率，然后二类焊接的 50 % 也可以看作是一个比率。此外，我们还将对相同数量的磁性颗粒实施一致性的监控。

蜗壳复检

根据 10 % 的比例进行环形焊接以及纵向焊接的超声波探测，而根据 100 % 的比例进行蜗壳拼接部分、舌形焊接以及过渡板焊接的超声波探测。对 TOFD 与磁粉的测试应该按照一类焊缝的 20 % 与二类焊缝的 10 % 作为标准。

自检压力钢管

在所有的超声波检查（UT）都已经做好的情况下，我们会按照线性损伤的范围来执行 TOFD 的相同比率的替换性检查。将一类焊缝的 20 % 设定为标准，而将二类焊缝的 10 % 设定为标准，并且按照相应的标准来同时监控磁粉。

复检压力钢管

按照 100 % 的比率执行环形和纵向焊接的超声波检测。按照

100 %的比率对压力钢管的拼接接头进行了超声波检测。在此基础上,对一、二类焊缝中的 TOFD 与磁粉的检测占 10%。

按照检测流程,首先是超声波检测,然后是磁粉检测,最后是→ TOFD 检测。

(二) TOFD 检测结果及分析

依照 TOFD 焊接检查的规定,目前已经进行的焊接检查涵盖了 60 %的压力钢管以及 3台蜗壳等。尽管 TOFD 的再次审查已经对一部分经过超声波检查符合规定的焊接部位进行了处理,但是仍然有一些超出规定的情况。经过解剖学的研究,我们发现其主要的潜在风险是未能完全融化、出现裂痕等。

例如,在审核2号蜗壳的过程中,因为它是在2010年11月到2011年3月期间完成的焊接任务,因此,建筑地点的环境状况相当糟糕,特别是连续40天的降雨量和冰冻天气给建筑的质量带来了极大的冲击。通过使用超声波对2号蜗壳进行了评估,结果显示其符合规定的要求,但是在 TOFD 的评估中,还存在38个未能满足规定的问题。尽管进行了超声波检查,但是这次的复查结果表明,其缺陷反射的强度还是相对较弱。尽管如此,根据 GB/T11355--89 的规定,只要达到 DAC+16d 的检测精度,点状缺陷的回波只会呈现出大约 5 %的波动范围。我们在现场进行了解剖,发现有些裂纹缺陷的长度已经超过了 100mm。探讨其根源,主要有几个关键点:一般 A 类超声波探头仅可捕获反射波的数据,这些数据将被缺陷的光洁度、方位及形态所大大削弱。尽管 a类超声波在检测面积型和体积型缺陷时,具有较高的准确性,然而,对于那些与声束方向相近的面积型缺陷,它们的检测效果却相当有限。TOFD 的工作原理是使用双个探头同时发送与接收,其中,探头主要负责接收衍射波的信息,这种信息并不会被缺陷的特性或者方向所干扰。由于这个原理,TOFD 的缺陷检测效果非常好。

(三) 经济评价

经验表明,TOFD 检测技术拥有众多的优点,如其对数据的解读和处理效果清晰、储存时间较长、检测过程迅速、发现率极高、能够进行交互式操作、反复性强,而且仅需执行常规的环境保护手段。TOFD 的监控优势如下:

利用该技术对基坑、厂房、大坝等的检测, 完全可以避免射线探伤造成的停工 40d 的损失。

能够更精确的识别出未融化、裂痕等潜在风险。

能够将环境污染降至最低甚至消除,从而降低了对射线探伤的相关费用。

总体经济收益优秀。假设只有一台水电发动机,可以缩短 40 天的施工时间,那么4台发动机就可以提供 $64\ 510\times 104\text{kW}\cdot\text{h}$ 的可用电力。如果我们以6的有效负载系数为基础,同时以 0.288 元 /kW · h 的标准电价为依据,那么 4 台机组可以带来 1.86×108 元的财务回报。

五、结果与讨论

我们将对被火焰腐蚀过的样本两个滚动部分进行审核,其主要任务是寻找 a 部分的凹陷洞口,并且在 B 部分搜集相关数据。7

号和 8 号展示了每次检测结束后产生的 D 扫描,以及对对应位置的样品侧面图像,用于进行对比。能够辨认出插入样品中并经过检验发现的断裂。即使超声设备的时间解析度达到了最高,两个顶点的瞬息间的长度也很难准确估算。也有可能存在于接近表面的瑕疵,这些瑕疵可能出现在死区或者附近的地方。也可以出现横向波和绕射波的重叠现象。比如,在进行检查时,B 部分没有发现接近表面(2mm 深度)的瑕疵。

D 扫描能够轻松地识别出两个间距更大的孔。需要特别强调的是,随着后续问题的缩小,解决这些问题变得更加困难。接下来,这个试验样本也能帮助评估 SAFT 的应用状况,从而在后续阶段提升系统的清晰度。两种方法均能识别出不足(未穿透)。

RT 的作用只限于识别出缺口的长度,但无法准确地衡量它的价值。相比之下,TOFD 产出的 D 扫描能够准确地判断出缺口的深浅及长短,原因是材质的块状结构的倾斜解决了 RT 在识别并标记与部件表面平行的缺口上的挑战。

六、结语

TOFD 检测技术在 2001 年左右开始在中国大规模地被推广和使用。tofd 检测技术相较于标准中规定的常规脉冲回波超声和射线检测方法,具备了操作简单、一维扫描速度快、对检测人员无辐射伤害、高缺陷检测率以及精确定位缺陷等优点。尽管如此,tofd 检测技术在对角焊缝以及 T 形组合焊缝的监控中,受到了发射与接收探头以及扫描设备规模的约束,还是有其自身的不足。因此,我们必须引入超声波检测这种新的监控手段。对于连接的焊点的审核,已经完全达到了在实地进行的检验的规范。

参考文献:

- [1] 史俊伟,刘松平.搅拌摩擦焊缝超声 TOFD 检测与缺陷评估方法[J].无损检测,2021,33(11): 1-3.
- [2] 盛朝阳,刚铁,黄江中.基于图像线性化处理的超声 TOFD 检测缺陷定位方法[J].无损检测,2021,33(07): 15-17.
- [3] 杨双羊,盛朝阳,路燕,等.谱熵分析方法在 TOFD 信号特征提取中的应用[J].无损检测,2020,36(11): 45-48.
- [4] 林树青,寿比南,郑辉,等.承压设备无损检测: NB/T 47013—2015[S].北京: 新华出版社,2017.
- [5] 杨兴斌,曹麦对,刘雪芳.TOFD 检测中的伪缺陷图谱[J].无损检测,2019,35(03): 57-59.
- [6] 张树潇,谢雪.核反应堆厚壁压力容器焊缝 TOFD 检测缺陷高度分辨率探究[J].压力容器,2020,31(6): 64-69.
- [7] 韩相勇,姜自安.超声 TOFD 技术在管道环焊缝检测中的应用[J].无损检测,2019,30(1): 61-63.
- [8] 吴伟.超声波探伤在钢闸门检测上的应用[J].科技风,2018(20):199-202.
- [3] 韩相勇,姜自安,韩曙光,纪虎.超声 TOFD 技术在管道环焊缝检测中的应用[J].无损检测,2019(01):61-63.

水利工程施工中的质量控制与安全隐患管理

夏骑兵¹, 夏世飞², 王敏³

1.南京市高淳区水务局古柏水务站, 江苏 南京 211300

2.南京市高淳区水务局砖墙水务站, 江苏 南京 211300

3.南京市高淳区水务局漆桥水务站, 江苏 南京 211300

摘 要 : 水利工程具有储水、灌溉、电力供应以及防洪减灾等作用, 属于我国基础设施类工程项目, 其实际施工及管理较为复杂, 且施工质量及施工安全影响因素较多, 为防止水利施工出现质量问题或安全隐患等, 建设方需要加强对施工质量的控制, 同时还需要强化安全隐患管理。此次论文先是对水利施工质量控制及安全隐患管理意义进行了分析, 随后又分别对质量控制措施以及安全隐患管理策略等展开了探讨, 以期为相关人员提供参考。

关 键 词 : 水利工程; 水利施工; 质量控制; 安全隐患; 安全管理

Quality Control and Safety Hazard Management in Water Conservancy Project Construction

Xia Qibing¹, Xia Shifei², Wang Min³

1.Gubai Water Station, Gaochun District Water Affairs Bureau, Jiangsu, Nanjing 211300

2.Brick Wall Water Station, Gaochun District Water Affairs Bureau, Jiangsu, Nanjing 211300

3.Qiqiao Water Station, Gaochun District Water Affairs Bureau, Jiangsu, Nanjing 211300

Abstract : Water conservancy project has the role of water storage, irrigation, power supply and flood control and disaster mitigation, and belongs to China's infrastructure projects. Its actual construction and management are more complex, and the construction quality and construction safety impact factors are more. In order to prevent the water conservancy construction quality problems or safety hazards, etc., the construction side needs to strengthen the control of the construction quality, and at the same time need to strengthen the management of safety hazards. The paper first analyzes the significance of water conservancy construction quality control and safety hazard management, and then discusses the quality control measures and safety hazard management strategies, in order to provide reference for the relevant personnel.

Key words : water conservancy project; water conservancy construction; quality control; hidden safety hazards; safety management

水利施工质量及安全是工程管理的重要内容, 二者对于水利工程的影响巨大, 低质量以及存在安全隐患的水利工程, 不仅使用寿命缩短, 且施工或使用期间存在较大安全风险, 如果出现突发事件, 其后果不堪设想。为此, 加强质量控制及安全隐患管理等, 对于水利工程施工百利而无一害, 建设方需要引起重视, 详细了解施工质量各影响因素, 全面排查施工各安全隐患, 尽可能提高质量控制水平, 减少施工安全隐患, 保证水利施工质量以及安全性等。

一、水利工程施工中质量控制与安全管理意义

(一) 保证水利施工进度

水利工程的施工流程较为复杂, 施工期间质量及安全影响因素较多, 如果出现质量问题或安全事故等, 可能会影响施工工作正常推进, 延长施工周期。事实上, 水利工程施工本身存在较大安全风险, 如果施工前期建设方施工方案制定不合理, 相关安全防护措施不到位以及缺少详细质量控制与监管计划等, 施工过程中可能会出现各类问题或突发事件等, 不仅会降低工程质量, 还会延误施工进度, 增加安全事故发生概率。为此, 加强质量控制

及安全隐患管理, 可以防止出现质量问题或安全事故等, 进而可以有效保证施工进度, 确保工程按时竣工。

(二) 延长工程使用周期

不同于其他工程项目, 水利工程的施工规模较大, 施工区域涉及范围较为广泛, 且投资成本较高, 如果施工期间因质量及安全隐患的存在而降低工程使用质量, 势必会影响水利工程使用周期。依据国家相关规定, 建设标准不同, 水利工程的使用周期也会不同, 但是各水利工程都会有规定的使用年限, 加强施工质量控制, 强化安全隐患管理等, 可以有效降低质量及安全问题发生概率, 且有助于保证水利施工质量, 提高竣工后期使用的安全性

等，进而可以延长水利工程使用周期，增加水利工程运营的经济效益^[1]。

（三）提高工程综合效益

水利工程施工不仅可以防洪减灾，还可以促进经济发展，施工过程中质量的合理控制，有助于各类资源的合理配置，且可以有效提高资源利用率，例如材料质量控制，低质量材料禁止进入施工现场，而进入施工现场后的材料，质量控制可以减少浪费，提高材料利用率。此外，质量的控制有助于各施工流程的优化，加之安全隐患的高效管理，不仅可以整体提高水利施工及管理水

二、水利工程施工中质量影响因素及控制措施

（一）质量影响因素

1. 人员及环境

施工人员是水利施工质量控制的重要影响因素，人员施工素养以及专业技能水平等直接影响着施工质量^[2]。为此，施工方需要在加强施工人员管理的同时，还需要做好相关培训工作。施工前期，施工方可以组织施工人员进行专业知识及技能的培训，以此强化施工人员质量意识，提高工程管理人员的质量控制意识，以便于降低人工对于施工质量的不良影响。此外，水利工程施工环境较为复杂，如果施工前期施工场地未整平，又或者存在其他安全隐患等，可能会影响水利正常施工，降低水利施工质量。例如施工现场地质环境不稳定，地质灾害或其他自然灾害的发生会破坏水利施工质量，增加工程建设损失。

2. 材料及设备

水利施工中，施工材料的使用量最大，且消耗最多，进而对于施工质量具有关键性的影响。施工材料是水利施工质量控制的基础，各类材料的选择需要在保证质量的情况下尽量减少材料采购成本，且在材料进入施工现场之前，工程管理人员需要对各类材料质量进行抽检，禁止有质量问题的材料进入施工现场。施工期间，各材料的使用需要严格按照相关要求，例如混凝土材料，其配比、搅拌、振捣以及浇筑施工等均需要保证规范性，避免降低混凝土质量。此外，水利施工中会使用各类机械设备，设备能否正常运行对于施工质量具有重要影响。为此，施工期间，各类机械设备的使用需要定期维护与修养，尤其是针对常用的机械设备，需要做好相关保护措施，避免出现故障问题^[3]。

（二）质量控制措施

1. 施工前期

施工前期，建设方需要做好各项准备工作。首先，设计各类文件需要审查合格，例如设计施工图纸以及设计造价等。施工使用的各类材料以及机械设备等需要准备完善，施工人员数量需充足，施工资金需到位，防止因材料或设备问题影响水利施工质量。其次，在质量控制方面，质控点的选择需要是质控难度较大

或容易出现质量问题的对象，例如技术交底以及关键性施工工艺等。与此同时，还需要注重施工水平、材料质量以及设备性能的检测。最后，编制质量控制方案，加强技术指导管理、材料管理以及设备管理等，同时还需要加强对施工现场及周边环境质量的监控，保证施工区域地质环境稳定，无地质灾害或其他自然灾害的发生。此外，还需要做好工程参与人员相关资质的检查工作^[4]。

2. 施工过程

水利工程的施工流程较为繁杂，施工期间质量影响因素较多，工程管理人员需要加强施工监管，并将质量检测贯穿于每一个施工流程及施工工艺，重在确保所有施工流程及工艺等都无任何质量问题。与此同时，各质量检查相关工作人员需要做好详细记录，如果发现质量问题，需要及时上报进行整改或返工处理等，避免留下质量隐患，破坏后续施工质量^[5]。依照水利工程施工相关规定，工程施工期间，监理人员需要在每一施工流程结束之后进行质量检查，合格后方可进行下一施工流程。针对不同施工工艺的交接问题，监理人员需要做好交接检查工作，优先明确划分各质量管控范围，防止出现质量问题无人负责的现象。如果质量检查涉及技术复核，工程管理人员需要聘请专业人士负责，确保复核质量。

3. 施工后期

水利工程竣工后是验收环节，也是工程施工质量控制的最后环节，其施工质量的检查结果直接关系着工程是否正式竣工投入使用。在质量验收过程中，质检人员需要对工程各区域施工质量进行全面检测，尤其需要重点检查隐蔽工程的施工质量。与此同时，质检人员还需要检查水利水电施工质量，防止出现漏电或渗漏等现象^[6]。不同于其他工程，水利施工中各分项工程的质量检测需要先由建设方组织，随后由专业的监理机构进行检查，分项工程不同，其质量检查的标准也会不同。水利工程施工中，分项质量检查的分类大致分为三种，分别是项、基本项以及允许偏差项等，三者质检标准明显不同，质检人员需要严格按照相关标准进行检测，避免出现质检漏洞，留下安全隐患。

三、水利工程施工中安全隐患及安全管理策略

（一）常见安全隐患

水利工程施工的危险性较大，施工期间安全隐患较多，常见的安全隐患如下：其一，施工方案缺乏合理性。水利施工规模较大，施工技术要求较高，如果施工方案编制不合理，不仅会影响施工各流程的顺利推进，还会增加施工各类问题数量，影响水利施工安全。其二，施工现场缺少安全防护措施。水利施工多为露天施工，且施工区域环境较为复杂，一般情况下，施工条件艰苦且危险，如果施工现场安全管理不到位，致使现场安全防护水平偏低，很容易会留下安全隐患，引发安全事故等^[7]。例如，缺少专用安全通道的设置，危险区域缺少安全提示以及施工区域存在不佩戴安全帽的行为等。其三，施工人员安全意识偏低。施工人员多为农民工，受教育水平偏低，安全意识以及自我保护意识

不高。

（二）安全管理策略

1. 施工前期

施工前期，建设方需要做好地质勘察工作，同时还需要做好各类安全隐患的排查工作，尽可能事先将各类安全隐患排除，以此提高水利施工的安全性。与此同时，工程管理人员需要优先制定安全管理机制，成立安全监管小组，制定安全监管计划，将安全管理工作分配至个人身上，以免安全事故发生后难以追究问责。此外，施工区域外围需要设置围栏，禁止非施工人员随意进入施工现场。施工现场危险区域需要进行安全防护，并树立安全警示标牌，以此作为提醒。工程各参与人员需要参加安全宣讲培训以及安全教育讲座等，重在增强人员安全防护意识，以此减少人为因素造成的安全隐患^[8]。施工区域施工方需要保证各类安全基础设施构件齐全，例如消防设施、电力设备等。

2. 施工过程

水利施工过程中安全管理内容繁杂，安全管理人员需要提高警惕，恪尽职守，及时排查以及处理各类安全隐患。首先，安全管理人员需要定期对各类安全防护设施进行检查，检查设施是否可以正常使用，是否存在故障隐患等，如果发现设施损坏，应及时进行维修或更换，避免引发安全事故^[9]。其次，施工现场应该加强安全施工及管理重要性的宣传，通过宣传的方式提醒施工人员做好安全防护，增强施工人员安全防护意识，以免出现人员伤亡事故，同时还可以提醒安全管理人员做好安全管控工作，及时发现与解决各类安全问题。最后，工程监理人员需要定期检查安

全管理工作，定期排查各类安全隐患，同时还需要定期组织安全管理人员参与教育培训，以此提高安管人员的管理技能。

3. 施工后期

水利工程竣工后，工程管理人员需要对工程整体的安全性进行检查与评估，以此做好安全隐患排查的最后工作。水利工程施工中会涉及水电工程的施工，常规情况下，水电施工工艺结束之后，工程监理人员需要对其施工质量进行检测，以此避免留下安全隐患，而在工程竣工之后，安全监管人员还需要对水利工程整体的水电施工进行安全评估，以此防止在水电工程施工及质检完成后，后期施工会对水电施工产生不良影响。其他施工工艺亦是如此，尤其是针对水利工程的防水施工，安全监管人员需要进行最后评估，禁止防水层出现裂缝问题，如果发现裂缝问题，施工人员需要按要求及时进行修补，以免影响水利工程投入使用^[10]。

结束语：

水利工程属于基础性建设项目，不仅可以促进经济发展，还可以提高农业发展水平，其施工质量的控制以及安全隐患的管理等，对于工程施工整体质量、使用安全以及使用年限等具有重要影响。加强水利施工质量控制及安全管理，有助于保证水利施工进度，延长工程使用周期，有助于提高工程综合效益。因水利施工周期较长，所以质量控制及安全隐患管理应贯穿于工程施工全过程，无论是施工前期、施工过程中还是施工后期等，建设方都需要做好质控及安管工作。

参考文献：

- [1] 马占岳. 水利工程施工中的质量控制与安全隐患管理[J]. 水利科学与寒区工程, 2023, 6 (08): 147-149.
- [2] 张健. 水利工程施工中的质量控制与安全隐患管理[J]. 水上安全, 2023, (05): 173-175.
- [3] 刘水连. 社会经济发展背景下农村水利工程施工中的质量控制与安全隐患管理[J]. 水上安全, 2023, (04): 161-163.
- [4] 禹晓霞. 农村水利工程施工中的质量控制与安全隐患管理[J]. 农家参谋, 2022, (09): 168-170.
- [5] 唐志强. 水利工程施工的质量控制与安全隐患管理探究[J]. 建筑技术开发, 2021, 48 (20): 141-142.
- [6] 王日新. 水利工程施工中的质量控制与安全管理探讨[J]. 工程技术研究, 2021, 6 (13): 178-179. DOI: 10.19537/j.cnki.2096-2789.2021.13.084
- [7] 苏富军. 浅议水利工程施工中的安全管理与质量控制[J]. 发展, 2020, (08): 88-89.
- [8] 陈平. 水利工程施工中的质量控制与安全隐患管理[J]. 中华建设, 2020, (05): 56-57.
- [9] 王报民. 水利工程施工中的质量控制与安全隐患管理[J]. 居业, 2020, (03): 166-167.
- [10] 廖荣. 水利工程施工中的质量控制与安全隐患管理[J]. 工程技术研究, 2020, 5 (03): 181-182. DOI: 10.19537/j.cnki.2096-2789.2020.03.086

农村饮水安全工程建设与运行管理

梁卫锋

身份证号: 412926197504071551, 河南 内乡 474365

摘要： 长期以来，在我国的部分农村地区，存在着水质不达标、供水不稳定等饮水的安全问题，影响着当地农民的生活健康，甚至会引发水源污染而导致的疾病暴发，随着乡村改革政策的不断出台，社会对农村饮水的安全问题开始高度重视，一系列的帮扶政策和专项资金被用于解决农村饮水安全的问题上，还实施了农村自来水供应系统、改造和修建水源地保护工程、加强污水处理等一系列工程项目，对于提高农村饮水的安全水平起到了积极的作用。然而，单纯的建设饮水设施仍难以保障农村饮水的安全，有效的运行管理、水质的持续监测、供水的稳定性等，才能真正给农村居民

关键词： 农村饮水安全工程；建设；运行管理

Construction and Operation Management of Rural Drinking Water Safety Project

Liang Weifeng

Id number: 412926197504071551, Henan, Neixiang 474365

Abstract： For a long time, in some rural areas of our country, there have been drinking water safety problems such as substandard water quality and unstable water supply, which have affected the lives and health of local farmers, and even triggered disease outbreaks caused by water source pollution. With the continuous introduction of rural reform policies, society has begun to pay great attention to the safety of rural drinking water. A series of support policies and special funds have been used to solve the problem of rural drinking water safety, and a series of projects such as rural tap water supply system, renovation and construction of water source protection projects, and strengthening sewage treatment have been implemented, which have played a positive role in improving the safety level of rural drinking water. However, it is still difficult to ensure the safety of drinking water in rural areas by simply building drinking water facilities. Only effective operation management, continuous monitoring of water quality, and stability of water supply can truly guarantee the safety of drinking water for rural residents.

Key words： rural drinking water safety project; construction; operation management

引言：

本文将探讨农村饮水安全工程建设与运行管理的相关内容，分析其保障农村居民饮水安全的必要性，并提出行之有效的建议与措施，农村饮水安全问题一直是受关注的焦点之一，特别是在部分地区其饮用水安全问题已经成为制约农村发展、影响民生福祉的重要因素之一，如何破解农村饮水安全的问题，建设农村自来水供应系统、改善水源地环境、加强污水处理等措施接踵而至，然而，仅有工程建设还是不足以改变现状，有效的运行和管理同样重要，通过分析农村饮水的安全工程建设与运行管理，以期为解决农村饮水安全问题提供参考和借鉴。

一、关于农村饮水安全工程建设与运行管理

（一）农村饮水安全工程建设与运行管理的基本原则

农村饮水安全工程建设与运行管理的基本原则之一即科学规划，以科学规划原则为基础，充分的考虑当地的地理位置、水资源情况、人口的分布等因素，确定更为合理的项目选址、规模和布局，使工程建设更具科学性和可持续性。其次就是技术先进原则，采用先进的技术和设备，使水源采集、处理、供水管网等各

个环节的技术水平均能达到国家标准，供应的水才安全、稳定且可靠。还要遵循源头保护的原则，在工程建设前应该对水源地进行全面的环境评估和监测，建立一套健全的水源地保护制度，来防止水源地的污染和破坏。最重要的是响应全民参与的原则，只有充分发挥居民的主体作用，广泛的开展宣传教育和培训活动，才能增强居民的环境保护意识和自我管理的能力，促进居民参与到工程的建设和管理中来。同时，要注重持续改进的原则，农村饮水安全工程的建设和运行管理是一个持续改进的过程，要不断

的总结经验、吸取教训，并及时的调整和完善工程建设和管理的措施，才能使农村居民饮水安全得到长期的稳定。

（二）农村饮水安全工程建设与运行管理的重要性

饮水安全是人民生存和健康的一个基本保障，农村饮水安全工程建设和运行管理有效的提高了农村居民的饮水质量，降低了因饮用不洁水源而引发水源性疾病的风险，保障了居民的身体健康。同时，饮水安全还是农村发展的一个基础性条件，有了安全的饮水，农村居民的生产生活条件得到有效的改善，才能提高了农村劳动力生产的效率，促进农村经济的发展。此外，饮水安全直接关系到农村居民的生活水平和幸福感，只有解决了农村饮水的安全问题，才能减少社会矛盾和不稳定的因素，维护农村社会的和谐及稳定，建设和管理饮水安全工程增强了农村的吸引力和竞争力，农村旅游业、乡村振兴等工作将更好的开展。科学的工程建设和有效的运行管理，保护了水资源、维护了生态环境，更实现了经济、社会 and 环境的协调发展。由此可见，农村饮水安全工程建设与运行管理关乎着千家万户的健康生活，关系到农村社会的稳定与发展，是一项极为重要的基础性工作。

二、当前农村饮水安全工程建设与运行管理存在的问题

（一）早期工程建设标准比较低

早期农村饮水安全工程建设标准较低，其水源采集、处理和供应设施的质量无法达到标准，使供水水质参差不齐成为普遍问题，细菌、重金属等有害物质超标的情况，威胁着农村居民的健康和安全。由于工程建设标准低，供水设施的质量也就无法得到保障，加之维护管理不力，呈现出农村供水管网老化、漏水严重、断水、水压不足等现象，影响了居民的正常生活和生产用水的需求。再因设备和管道质量不高，偶有老化、损坏等情况发生，低效率的设施运行，维修成本便随之增加，甚至无法正常运转，这就要更频繁和更高成本的维护和更新。部分工程项目在建设时质量不达标或不合理，资源的浪费和资金投入的不当，造成了农村饮水安全建设资金的浪费，影响了公共财政的有效利用。这一系列的问题，导致居民对于相关工程的信任度一再下降，影响了政府和相关部门的公信力，同时还增加了居民对于饮水安全问题的担忧和不满。

（二）运行管理方式“粗制滥造”

部分地区在农村饮水安全工程建设和运行管理中存在着管理机制混乱的问题，表现为缺乏明确的责任分工和监督机制，管理工作不到位、责任不明确，频繁地出现管理漏洞和责任推诿的现象。因运行管理的方式粗制滥造，维护保养工作便得不到及时有效的进行，设施设备老化速度、损坏率逐年增加，供水质量下降、供水不稳定等问题却愈发得严重。还有部分地区的农村饮水安全工程运行管理存在着水质监测不到位的问题，监测频率低、监测范围窄、监测手段落后，根本无法及时发现水质的问题，增加了居民饮水的隐患。由于粗制滥造的运行管理方式致使水质不达标、供水不稳定等问题屡屡发生，使农村居民对于工程建设和运行管理的满意度降低，社会不稳定因素因此而增加。

（三）运行管理机制不完善

在一些地区，农村饮水安全工程的运行管理责任划分不清晰，相关部门职责存在交叉、责任不明确、管理混乱等问题，使工作难以有效开展，监督机制的不健全，对于农村饮水安全工程建设和运行管理的监督力度就不够，监督手段和监督措施明显不足，使工程建设和运行管理中存在一些管理漏洞，甚至是违规行为。而相关部门之间信息共享又不够，信息传递便不及时，运行管理工作的信息非常闭塞，难以及时发现和解决相关问题。这些问题有客观原因所致，也有人员素质不高造成的，在农村饮水安全工程运行管理中存在人员素质不高、技术水平不过关，缺乏专业的技术人才和管理人员，影响了运行管理工作的质量和效率。此外，监督机制不完善，监督效果不佳，监督措施不力，使工程建设和运行管理中存在一些违规行为得不到有效监督和制约。这些管理体系薄弱造成的问题，缺乏科学规范的管理制度和管理办法为其支撑，便难以满足工程运行管理的需要。

（四）水质监测和处理技术有待提高

一些地区的农村饮水安全工程缺乏先进的水质监测手段和设备，监测技术水平相对还较原始，无法实时的准确地监测水质情况，对水质问题的发现不及时，监测手段的滞后，导致监测频率不足，监测间隔过长，难以全面的了解水质状况。部分地区的农村饮水安全工程中，水处理技术简单粗糙，处理设备落后、管理不到位，根本无法去除水中的污染物，造成供水质量不达标现象，水质不达标即水中可能含有细菌、重金属等有害物质，威胁了居民的健康安全，加之监测手段滞后，供水质量难以得到有效控制和保障，供水不稳定，影响了居民生活用水。

三、农村饮水安全工程建设与运行管理的优化建议

（一）完善相应的组织架构和管理机制

要优化农村饮水安全工程建设和运行管理，完善的组织架构和管理机制是基础，设立专门的农村饮水安全管理机构，来统一的负责农村饮水安全工程建设与运行管理的规划、组织、协调和监督，明确相关部门的职责，这里涵盖了水利部门、卫生部门、环保部门等相关部门，各部门间要建立有效的协调机制，加强彼此的合作，形成工作合力。还要建立完善的监督机制和监督体系，进而加强对于农村饮水安全工程建设和运行管理的监督力度，及时的发现问题，并采取有效的措施进行整改。建立信息共享平台用来将各相关部门之间的信息共享并协作，这将确保信息的畅通，提高工作的效率。除了制度层面，技术层面要引进先进的水质监测和处理技术，更新设备设施，提高农村饮水安全工程建设和运行管理的技术水平和效能。此外，鼓励社会各界积极的参与到农村饮水安全工程建设与运行管理中来，加强公众的监督和舆论的监督，将推动工作的公开性、透明性，对于那些在农村饮水安全工程建设与运行管理中表现突出的单位和个人应给予奖励和表彰，激发其工作的积极性和创造性。

（二）通过顶层设计实现高位运行管理

相关部门应制定宏观的战略规划，明确农村饮水安全工程建

设与运行管理的发展目标、重点任务和政策措施，为后续的工程建设和管理提供战略性的指导，在顶层设计中设立统一的管理机构，明确负责农村饮水安全工程建设与运行管理的职责以及权限，能够统筹、协调各相关部门进行工作，使工作有序的推进。建立管理制度、管理流程和管理方法等健全的管理体系，并明确各级管理机构的职责、权限和工作流程，管理体系才能高效的运行。加强对于农村饮水安全工程建设与运行管理的监督力度，要有完善的监督机制作为保障，监督部门、监督手段和监督程序共同推动了工作的规范、有效进行。还要积极的推进农村饮水安全工程建设与运行管理的科技创新，通过引进先进的水质监测和处理技术，来提高工程建设和管理的科技含量和效率，同时，加强对于农村饮水安全工程建设与运行管理人才的培养和引进，管理人员素质和能力的提升，将为高位运行管理提供人才支持。

（三）保证供水价格制定的合理性与明晰性

要保证农村饮水安全工程建设与运行管理中供水价格的合理性与明晰性，就要对供水工程建设和运行管理的设备采购、人员工资、运行维护等各项成本进行全面核算，使供水价格能够覆盖成本，并保障供水工程的持续运营。还要制定透明的供水价格政策，明确价格形成的机制和定价标准，并公开供水价格的制定过程和依据，使供水价格公正且合理，在确定供水价格时，充分的听取村民的意见和建议，通过开展公众讨论和评估，来实农村居民对供水价格的需求，得到居民的认可和支持。为了防止价格滥用和垄断行为，还要建立健全的供水价格监督机制，加强对供水价格的监督和管理，保障供水价格的合理性和明晰性，及时发布供水价格调整的通知和公告，使每个农村居民都能了解供水价格变动情况，维护消费者的权益。结合实际情况和市场变化，建立供水价格的调整机制，及时的调整供水价格，确保供水价格与成本相适应，同时保持价格的稳定和可持续。全过程要加大对供水

市场的监管力度，打击价格欺诈和不正当竞争行为，维护供水市场公平竞争的环境。

（四）加强水质监测和水源地保护

加强农村饮水安全工程建设与运行管理中的水质监测和水源地保护，要建立覆盖全面、监测频率高的水质监测体系，进行定期监测或不定期监测所有供水水源地和供水管网，对水质的变化及时监测并反馈。同时，可以引入在线监测系统、传感器技术等先进的水质监测技术和设备，提高监测的准确性和实时性，使监测数据更加科学、可靠，对监测数据进行及时的分析和评估，识别出水质变化的规律和趋势，以便采取相应的措施进行水质调整和管理，进而保障供水水质的安全。关于水源地的保护和管理，需建立一套健全的水源地保护制度和管理机制，严格控制水源地周边的工业、农业和生活污染源，确保其安全、稳定。日常生活中，多频次的开展针对农村居民的水质安全宣传教育，提高居民对水质安全的重视和意识，倡导绿色的生活方式，减少污染源的排放，共同保护水源地的环境，这就要加强相关部门间的协调和合作，共同推动水质监测和水源地保护工作的开展，形成合力，才能提高效率。

四、结语

综上所述，当前在工程建设标准、运行管理机制、水质监测和水源地保护等方面仍存在着诸多挑战，加强对农村饮水安全工程建设与运行管理的步伐还要继续，优化管理机制、提升技术水平、加强监督管理等，应成为共同努力的方向，只有群策群力和不懈的努力，才能确保农村居民享有清洁、安全的饮水，促进农村经济社会可持续发展。

参考文献

- [1] 吴殿姝.农村饮水安全工程建设与运行管理[J].河北农业,2022(11):54-55.
- [2] 孟奇志.农村饮水安全工程建设与运行管理体制探讨[J].智能城市,2021,7(15):101-102.
- [3] 胡苏翔,张静.新时期农村饮水安全工程建设与运行管理存在的问题及建议[J].现代农业科技,2020(12):185,187.
- [4] 李晓南.农村饮水安全工程运行管理长效机制建设[J].河南水利与南水北调,2019,48(08):38-39.

相关泵站提水要求的综合评估与优化策略

胡怀明

南京市溧水区水务局，江苏 南京 211200

摘要： 本文针对相关泵站提水要求进行综合评估与优化策略的研究。首先对泵站提水要求进行分析，包括水文、地质、经济等方面。然后采用综合评估方法对泵站提水要求进行评估，并进一步提出优化策略，包括调度策略、水资源配置策略、泵站运行管理策略等方面。最后通过案例分析，验证所提出的评估与优化策略的有效性。本文的研究结果对于泵站运行管理、水资源配置等方面具有重要的指导意义。

关键词： 泵站提水要求；综合评估；优化策略；调度策略；水资源配置策略

Comprehensive Evaluation and optimization strategy for water lifting requirements of relevant pumping stations

Hu Huaiming

Nanjing Lishui District Water Bureau, Jiangsu, Nanjing 211200

Abstract： In this paper, the comprehensive evaluation and optimization strategy of water lifting requirements of related pumping stations are studied. Firstly, the pumping station water requirements are analyzed, including hydrology, geology, economy and so on. Then comprehensive evaluation method is used to evaluate the pumping station's water demand, and further optimization strategy is proposed, including scheduling strategy, water resource allocation strategy, pumping station operation management strategy and so on. Finally, the effectiveness of the proposed evaluation and optimization strategy is verified by case analysis. The research results of this paper have important guiding significance for the operation management of pumping station and the allocation of water resources.

Key words： pumping station water lifting requirements; comprehensive evaluation; optimization strategy; scheduling strategy; water resources allocation strategy

引言

随着我国经济的快速发展，对水资源的需求日益增长。泵站作为调节水资源的重要手段，在保障水资源的合理利用和供应方面起着关键作用。然而，在泵站运行过程中，提水要求往往会导致泵站运行效率低下，甚至出现运行故障。因此，对泵站提水要求的综合评估与优化策略进行研究，对于提高泵站运行效率，降低运行成本，保障水资源的合理利用具有重要的实际意义。

一、泵站提水要求相关理论及技术

（一）泵站提水要求概述

泵站提水概念

提水泵站是农业机械化是提高生产效率的重要模式，现代农业机械化发展最主要问题就是节约劳作时间，在生产效率发展中起着最重要作用，保障农业生产正常按季栽种、播种、生长以及粮食和其他作物获得丰收。^[1]而泵站提水要求是在泵站运行过程中，需要满足的关于水位、流量、压力等水文条件的要求。这些要求是保证泵站正常运行、提高供水可靠性和保证供水质量的关键因素。

泵站提水要求

1. 水位要求：泵站提水要求中最基本的要求是满足水位要求。水位过低会导致泵站无法正常工作，甚至可能损坏设备；水位过高则会导致泵站运行不平稳，影响供水质量。

2. 流量要求：泵站提水要求中需要满足的流量要求是指在单位时间内需要从泵站出口处流出的水量。如果流量不足，会导致泵站运行不平稳，影响供水质量；如果流量过大，则会导致泵站运行不平稳，甚至可能损坏设备。

3. 压力要求：泵站提水要求中需要满足的压力要求是指在泵站出口处需要达到的压力值。如果压力过低，会导致泵站无法正常工作，甚至可能损坏设备；如果压力过高，则会导致供水质量下降。

4. 水质要求：泵站提水要求中需要满足的水质要求是指在泵站出口处需要达到的水质标准。如果水质不符合要求，会导致供水质量下降，甚至可能对人体健康造成危害。

（二）泵站提水过程

泵站提水过程是水电站、自来水厂、农田灌溉等领域中常见的一种技术，主要是通过泵站将水源从一个地方抽到另一个地方，实现水资源的调配和利用。

（三）泵站提水相关理论

1. 泵的工作原理：泵站提水过程中，水通过泵的叶轮或螺旋实现切割，形成高压水流，然后通过管道输送到需要的地方。泵的工作原理主要取决于泵的类型和设计，包括泵的扬程、流量、功率等参数。

2. 泵站的设计和规划：泵站提水过程需要考虑泵站的设计和规划，包括泵站的大小、形式、位置、材料、设备等方面。需要根据水源、输水距离、水质等因素进行合理规划和设计，以保证泵站的运行效率和稳定性。

3. 泵站的运行管理与调度策略：泵站提水过程需要进行有效的运行管理，包括泵的启动、停止、调速、维护等方面。需要对泵站进行定期的检查和维护，以保证泵站的正常运行和长期稳定性。调度策略是指根据实际需求和水资源情况，制定合理的泵站运行计划和调度方案。通过科学合理的调度策略，可以提高泵站的效率和供水可靠性，并优化水资源的利用。

4. 泵站的能源效率：泵站提水过程需要消耗大量的能源，因此需要考虑泵站的能源效率。可以通过采用高效能的泵、优化泵站的运行方式、提高泵站的维护质量等方式，来提高泵站的能源效率。

5. 泵站的安全和环保：泵站提水过程需要考虑安全性和环保性，包括泵站的设计、运行、维护等方面。需要遵循相关的安全标准和环保要求，采取必要的安全措施和环保措施，以确保泵站的安全和环保运行。

（四）提高泵站提水效率的意义

1. 节约能源和成本：提高泵站的提水效率可以减少能源消耗和运行成本，降低水务系统的经济负担。而能源优化包括选择高效的泵站设备和技术、优化泵站的运行方式和调度策略、改进泵站的维护管理等措施，以提高能源利用效率和减少能源浪费。

2. 提升水务系统运行效率：高效的泵站提水可以提供稳定的供水压力和足够的供水量，改善水务系统的运行效率。

3. 保障水资源供应：提高泵站提水效率可以确保水资源的充足供应，满足人们的日常生活和工业用水需求。通过提升泵站提水效率可以促使泵站构建以客户需求为准的供水服务模式，同时也在一定程度上增强了用户的节水意识。^[2]

4. 环境保护：减少泵站的能源消耗可以降低温室气体排放和环境污染，对环境保护具有积极意义。

二、泵站提水要求的优化策略研究

（一）泵站提水要求的优化目标与原则

优化目标

1. 提高泵站提水效率，减少能耗和运行成本；
2. 保证泵站提水质量，满足用户需求；
3. 提高泵站运行安全性，减少故障和事故风险；
4. 实现泵站运行的可持续发展，降低对环境的影响。

优化原则

1. 科学合理，根据实际情况制定泵站提水要求；
2. 系统分析，综合考虑泵站各个方面的影响；

3. 目标明确，有具体的优化目标和指标；
4. 可行性强，采取可行的技术措施和管理措施；
5. 可操作性，能够实施和操作；
6. 持续改进，不断优化和更新泵站提水要求。

（二）泵站提水要求的优化

1. 修改泵站提水要求：通过对泵站提水要求进行分析，发现其中的问题，进行修改，使其更加合理、可行。提高水泵的维护与检修水平，科学的检修手段和先进工艺的应用可以降低水泵故障率，提高其经济性和可靠性，强化水泵的维护和检修工作，可以在消除水泵故障的同时尽可能挽救因泵长时间运行而丢失的效率。因此加强水泵的维护与检修，做到定期加填料、更换水泵易损部件，是提高水泵效率的主要措施。^[3]

2. 采用先进技术：随着智能化技术的发展，其在泵站提水要求的综合评估与优化中发挥着越来越重要的用。智能化技术包括人工智能、大数据分析、物联网等。通过应用智能化技术，可以实现泵站运行的自动化和智能化，提高运行效率和减少人为误操作的风险。同时，智能化技术还可以提供实时监测和预警功能，帮助及时应对突发情况。

3. 实施泵站运行管理优化：泵站运行管理是指对泵站进行有效的操作和维护管理，以确保其正常运行和长期稳定性。这包括泵站的启动、停止、调速、维护等方面的管理。通过对泵站运行管理、操作、维护等方面的分析，提出优化策略，以提高泵站的运行效率、可靠性、经济性等方面设计要科学、合理。为此，相关人员应紧紧把好设计大关，着眼全局、立足实际，考虑到提水泵站与水利工程之间、提水泵站内机组与机组之间的关系，不断优化设计，提高调节与控制水平。^[4]

（三）泵站提水要求的优化策略

1. 更新设备：针对设备老化、损坏的问题，计划在未来几年内对泵站设备进行更新换代，提高设备运行效率。定期检查和维护泵站设备，确保其正常运行和高效工作。

2. 调整运行：根据不同季节、不同用水需求，合理调整泵站的运行参数，提高运行效率。

3. 管理优化：加强泵站的日常维护与管理，提高维护质量，确保泵站长期稳定运行。通过合理的泵站布局和管道设计，减少阻力和能量损失，提高输送效率

4. 泵站自动化控制：采用自动化控制系统监测和调节泵站的运行，提高响应速度和效率。

5. 能源管理：优化泵站的能源消耗，采用高效节能的泵站设备和控制系统，降低运行成本。

6. 技术创新：应用新技术，如变频调速技术、智能监测和预测分析等，提高泵站的效率和可靠性。

三、评估指标体系

1. 提水效率：泵站提水的效率是评估指标体系中的重要指标之一，反映了泵站的运行效率和资源利用率。提水效率可以用单位时间内提水量来衡量，也可以用单位时间内能耗来衡量。关于泵站提水效率，扬程变化、泵站设备老化、管理维护不善等均可

能造成提水量不能满足受水区需求，类型可归纳为3个主要方面：运行条件、设备质量、技术状况。^[5]

2.运行安全性：泵站运行的安全性是另一个重要的评估指标。这包括泵站运行过程中出现故障的可能性，以及故障时对周边环境的影响程度。泵站的设计、运行、维护等方面都需要遵循相关的安全标准和环境保护要求。

3.设备可靠性：泵站的设备可靠性也是评估指标体系中的一个重要指标。设备可靠性反映了泵站设备在运行过程中的稳定性和可靠性，是确保泵站正常运行的关键因素之一。

4.维护管理效率：泵站的维护管理效率是评估指标体系中的另一个重要指标。维护管理效率反映了泵站维护管理的有效性和及时性，对泵站的长期运行和稳定性有着重要的影响。

5.环境影响：泵站对周边环境的影响程度也是评估指标体系中的一个重要指标。环境影响评价涉及对水生态环境、水质、土壤侵蚀等方面的评估，以识别潜在的环境问题，并制定相应的环境保护措施和监测计划。例如：我国水资源分布不均，东南多西北少，南部多丘陵地带，地势起伏差异大、各地降水量变化大等自然客观条件，使我国出现了很多大流量、长距离、管道敷设曲折、高扬程的供水工程。^[6]

6.经济性：泵站的运行成本和效益也是评估指标体系中的一个重要指标。经济性反映了泵站的运行经济效益，包括运行成本、维护成本、能源消耗等。

评估方法与技术

评估方法

1.数据收集：收集有关泵站提水要求的相关数据，包括泵站的规模、设计流量、运行条件、设备情况、维护保养情况等。在完成对安全评估技术参数的获取后，需要进行评估指标体系的建立。^[7]

2.评估目标应该围绕这个主题展开，包括评估泵站提水要求的合理性、有效性、经济性、环保性等方面，例如：研究对象分为具有宏观数据的区域供水系统和具有精细化数据的城市供水系统。^[8]

3.分析评估：对收集的数据进行分析，评估泵站的提水要求和运行情况，包括运行安全性、经济性、可靠性等方面。

4.优化策略：根据评估结果，提出相关的优化策略，包括设备更新、运行管理、维护保养等方面。结合工程建筑物布置，在下一步技术设计工作中，进一步优化泵站设计，实现双赢。^[9]

技术

1.基于流量的泵站提水要求分析：通过分析泵站的历史流量数据，了解泵站的提水能力和运行状态，从而对泵站的提水要求进行评估。

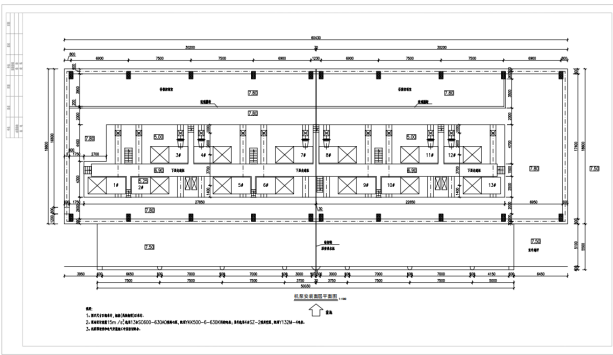
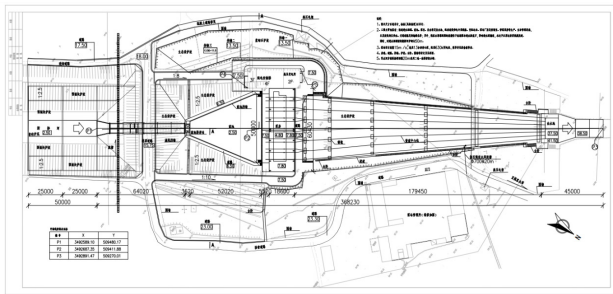
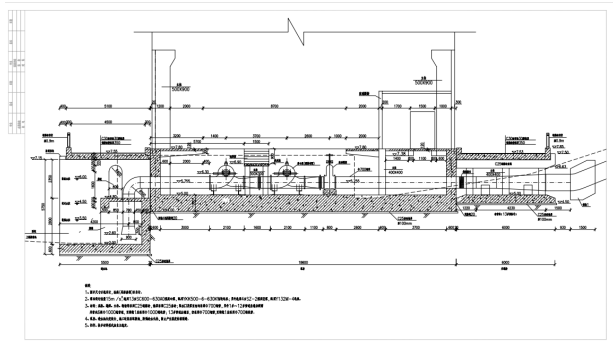
2.基于设备状态的泵站提水要求评估：通过监测泵站设备的运行状态，如水位、压力、流量等参数，对泵站的提水要求进行评估。

3.基于运行管理的泵站提水要求优化：通过对泵站的运行管理进行分析，如调度、维护保养等方面，提出相关的优化策略，以提高泵站的运行效率和可靠性。

4.基于模拟仿真的泵站提水要求优化：通过建立数学模型和仿真技术，模拟泵站的运行情况，提出相关的优化策略，以提高泵站的运行效率和可靠性。

四、溧水区秋湖提水站分析

（一）秋湖提水站原施工图



（二）秋湖提水站相关说明

泵站共13台水泵，其中12台，每2台水泵出水管出泵房后并联成一根出水管，并管为Y型；另1台单独一根出水管。

（三）研究方法

对秋湖提水站卧式离心泵进行检修

（四）检修结果

序号	名称	型 号	数量	备 注 材质及技术要求
1	叶轮	SC600-630A0	10	1Cr18Ni9Ti不锈钢材质，需原生产厂家加工图纸
2	叶轮修复		3	叶轮表面进行除锈保养处理
3	主轴修复	SC600-630A0	13	在原轴上堆焊后精加工，需原生产厂家加工图纸

4	轴套	SC600-630	26	45#钢，需原生产厂家加工图纸
5	口环	SC600-630	26	1Cr18Ni9Ti 不锈钢。需原生产厂家加工图纸
6	轴承	6320	13	进口轴承 NSK。
7	轴承	NUP320ECJ	13	进口轴承 NSK。
8	填料、密封件	石棉盘根	13	
9	水泵拆装费		13	
10	水泵真机试验费		3台	返回原厂试验台试验， 返回原厂分3次。
11	水泵防腐		13	泵体、泵盖内部流道除锈防腐、表面重新刷面漆
12	其他易损件		1项	温度传感器26个（PT100，带电接点，可以信号远传），个别联轴器、轴承体压盖、螺母等的修复或更换
13	来回运费		13	

检修结果表明，泵站的水资源利用率较低，运行效率有待提高，设备状况一般，机电设备落后老化^[10]，设备维护管理不足，水流的冲刷使得水泵流道内壁和叶轮过水面变得粗糙不平，水泵内流道的摩阻系数增大，水头损失增加，导致水力效率降低。泵壳内严重积垢或腐蚀，水泵加工工艺造成的铸造缺陷、汽蚀、磨蚀、腐蚀和化学侵蚀等原因造成泵流道内产生空洞或裂缝，水流动时产生漩涡而造成能量损失，叶轮表面的气蚀，机械磨损产生漏失和阻力增大等，都会导致容积效率和水力效率降低。

（五）优化策略

对秋湖提水站卧式离心泵进行大修

（六）优化结果

序号	改造之前2020年						改造之后2022年						备注
	电流	功率	流量	河道进水位	进水池	出水口	电流	功率	流量	河道进水位	进水池	出水口	
1号机组	30	540	1.15	6.87	4.55	40.4	28	475	1.15	8.7	4.0	40.1	叶轮没切
2号机组	29	514	1.15	6.4	4.66	40.4	27.5	490	1.15	5.69	4.65	40.15	
3号机组	30	534	1.15	5.23	4.6	40.25	33.8	594	1.42	5.22	4.57	40.1	
4号机组	30.6	534	1.15	6.63	4.76	39.87	27.4	486	1.15	7.89	4.11	40.15	
5号机组	31	548	1.15	6.88	4.35	40.36	27.5	485	1.15	9.17	4.4	40.18	
6号机组	31	549	1.15	6.92	4.68	39.88	28	498	1.15	7.9	4.13	40.14	
7号机组	29.6	514.8	1.15	6.87	4.55	40.22	28.4	486	1.15	9.36	4.24	40.13	
8号机组	31	538.8	1.15	6.87	4.65	40.22	28.3	487	1.15	5.16	4.15	40.38	
9号机组	30.8	538.8	1.15	5.36	4.81	39.88	27.7	488	1.15	5.68	4.57	40.14	
10号机组	30.5	535.2	1.15	6.83	4.76	39.78	27.1	481	1.15	7.48	4.53	40.15	
11号机组	30.2	524	1.15	6.87	4.42	40.32	28.8	508	1.15	5.45	4.33	40.14	叶轮没切
12号机组	30.6	531	1.15	6.87	4.41	40.27	34	598	1.42	5.99	4.43	40.5	
13号机组	30.8	543.6	1.15	6.91	4.36	40.33	27.1	472.8	1.15	6.86	4.27	40.19	

（七）泵站提水要求对工程的启示

1. 泵站提水要求的综合评估是必要的。在进行泵站设计、运行和管理时，需要对提水要求进行综合评估，考虑包括水文、地质、环境、经济等多个方面的因素。只有综合考虑，才能确保泵站的合理设计、高效运行和可持续发展。
2. 优化策略可以提高泵站提水效率。通过对泵站提水要求进行优化，可以降低能耗、减少水资源浪费、提高泵站运行效率，从而实现更经济、更环保、更可持续的泵站运行。

3. 泵站提水要求的综合评估与优化策略可以应用于多个领域。例如，在水利工程、水资源管理、城市供水等领域，都可以通过综合评估与优化策略，提高泵站提水效率，实现更合理、更高效、更经济的水资源利用。

4. 泵站提水要求的综合评估与优化策略需要不断探索与实践。泵站提水要求的综合评估与优化策略是一个复杂、综合的问题，需要不断进行探索和实践，才能不断提高其有效性和可行性。因此，需要不断进行技术研发和理论探索，以适应不断变化的水利工程需求。

结束语

在本论文中，研究了相关泵站提水要求的综合评估与优化策略。通过对泵站提水要求的分析，得出了综合评估的指标体系，并利用该指标体系对泵站提水要求进行了综合评估。同时，提出了针对泵站提水要求的优化策略，包括优化调度策略和优化设备维护策略。这些策略旨在提高泵站的提水效率，降低能耗，延长泵站使用寿命，并提高水资源的利用效率。通过本论文的研究，得出了以下结论：综合评估是评估泵站提水要求的重要手段，可以全面评估泵站的运行状态，为泵站的优化调度提供科学依据；优化调度策略和优化设备维护策略是实现泵站提水要求优化的有效途径。希望这些结论能为泵站的运行管理提供参考和指导，促进水资源的合理利用和泵站的高效运行。

参考文献：

[1] 谢斌. 探讨提水泵站日常维护管理 [J]. 农业开发与装备, 2018, (02): 148+150.

[2] 郑保林. 提升灌溉泵站提水效率的措施探讨 [J]. 南方农机, 2022, 53(20): 196-198.

[3] 杨叶娟. 机电工程梯级泵站优化运行研究 [D]. 华北水利水电大学, 2021.DOI: 10.27144/d.cnki.ghbsc.2021.000093.

[4] 杨炳瑞. 水利工程提水泵站更新改造对策探析 [C] // 上海筱虞文化传播有限公司. Proceedings of 2022 Academic Forum on Engineering Technology Application and Construction Management (ETACM 2022) (VOL.2). 河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司; 2022: 3.DOI: 10.26914/c.cnkihy.2022.052699.

[5] 蒋一鸣, 陈世阳, 冯沧等. 城市污水泵站服务效能综合评价研究 [J]. 给水排水, 2019, 55(09): 41-45.DOI: 10.13789/j.cnki.ww.1964.2019.09.008.

[6] 王婷婷. 泵站水锤风险快速评估方法研究 [J]. 中国设备工程, 2021, (24): 183-185.

[7] 王文彬. 基于熵权法的泵站金属结构安全性评估方法 [J]. 技术与市场, 2022, 29(11): 88-90.

[8] 于天津. 区域和城市供水系统地震灾害风险评估方法研究 [D]. 中国地震局工程力学研究所, 2021.DOI: 10.27490/d.cnki.ggjgy.2021.000011.

[9] 阳雯, 毕校靖. 白胡子泉提水泵站设计 [J]. 珠江水运, 2020, (10): 97-98.DOI: 10.14125/j.cnki.zjsy.2020.10.045.

[10] 刘文铮. 水利工程提水泵站更新改造策略及技术分析 [J]. 地下水, 2019, 41(05): 222-224.

给水排水工程的设计与施工技术研究

周承传

华涛建筑工程设计（深圳）有限公司江西分公司，江西 南昌 330038

摘 要： 本文针对水排水工程的设计与施工技术进行了研究，总结了一系列设计施工技术和经验，并对相关技术进行了探讨和分析。文章主要介绍了水排水工程的设计原则；然后探讨了给水排水工程的设计技术和方法，包括工程规划、设计方案的制定、设计依据和设计标准等；接着分析了给水排水工程的施工技术，包括施工组织设计、施工工艺、质量控制和安全管理等方面；总结了给水排水工程设计和施工中的关键技术和经验。

关 键 词： 给水排水工程；设计技术；施工技术；智能化

Design and Construction Technology Research of Water Supply and Drainage Engineering

Zhou Chengchuan

Huatao Architectural Engineering Design (Shenzhen) Co., Ltd. Jiangxi Branch, Nanchang, Jiangxi 330038

Abstract： This article conducts research on the design and construction techniques of water drainage engineering, summarizes a series of design and construction techniques and experiences, and explores and analyzes relevant technologies. The article mainly introduces the design principles of water drainage engineering; Then, the design techniques and methods of water supply and drainage engineering were discussed, including engineering planning, formulation of design schemes, design basis and design standards, etc; Then, the construction technology of water supply and drainage engineering was analyzed, including construction organization design, construction technology, quality control, and safety management; Summarized the key technologies and experiences in the design and construction of water supply and drainage engineering

Key words： water supply and drainage engineering; design technology; construction technology; intelligence

引言

给水排水工程是现代城市建设中不可或缺的基础设施之一，旨在保障城市居民的生活水平和城市的正常运转。然而，在给水排水工程的设计和施工过程中，存在许多技术难题和挑战，如设计方案的选择、材料的应用、施工工艺的掌握等方面，需要进行深入研究和探讨。

因此，研究给水排水工程的设计与施工技术，对于提高工程质量和效益、降低工程成本、提高工程效益、保障城市居民的生活水平和城市的正常运转具有重要意义。同时，这也是当前城市建设和发展中亟待解决的问题之一。

一、水排水工程设计技术

（一）设计技术要求

1. 确定设计标准和规范：在进行给水排水工程设计前，应根据工程的具体情况和相关标准规范进行设计，确保设计的合理性、科学性和可靠性。

2. 进行现状分析：在设计前，应对给水排水工程的现状进行详细的分析，包括水源、水质、水压、排水方式等方面，以便确定设计的基本条件。

3. 确定设计方案：在现状分析的基础上，应结合工程的具体情况，确定给水排水工程的具体设计方案，包括管道、井、泵站、水厂等设施的布局、规格、材料等。

4. 进行设计计算：在确定设计方案后，应进行相关设计计算，包括流量、压力、管道规格、井深、泵站规模等方面的计算，确保设计的合理性和可靠性。

5. 进行设计评审：在完成设计方案后，应组织相关专家进行设计评审，对设计的合理性、科学性、可行性进行评估，并提出了改进意见和建议。

6. 绘制设计图纸：在设计评审通过后，应根据设计方案绘制相应的图纸，包括管道、井、泵站、水厂等设施的布局、规格、材料等方面的详细图纸。

7. 编制设计说明书：在完成设计图纸后，应编制相应的工程设计说明书，包括设计方案、设计计算、设计评审等方面的内容，以便为工程实施提供参考。

8.进行施工监理：在工程实施过程中，应进行施工监理，确保施工按照设计方案和相关规范进行，并对施工质量进行监测和评估。

（二）设计参数的确定

1.设计标准和要求：在确定设计参数之前，需要了解设计标准和要求，包括相关法律法规、行业标准、规范、技术标准等。^[1]这些标准和要求将规定工程的设计参数范围和最小值要求。

2.工程规模和用途：工程规模和用途将决定设计参数的种类和数量。例如，如果工程是为城市提供饮用水，那么需要考虑水质参数；如果工程是为了排放污水，那么需要考虑污水处理参数。

3.工程位置和条件：工程位置和条件也将影响设计参数。例如，土壤类型、地下水位、气候条件、土地利用类型等都会影响工程的设计参数。

4.相关数据和资料：为了确定设计参数，需要收集和分析相关数据和资料。这些数据和资料包括工程所在地的水文地质条件、工程周围环境、工程设计的不技术要求等。^[2]

5.经济性和可行性：在确定设计参数时，还需要考虑经济性和可行性。例如，在选择管道材料时，需要考虑工程预算和长期运行成本。

6.技术进步和创新：在确定设计参数时，还需要考虑技术进步和创新。例如，可以考虑采用新技术、新材料、新设备来提高工程的效果和质量。

（三）设计软件的应用

1.帮助设计师进行设计

给排水工程设计软件可以帮助设计师进行各种设计任务，例如绘制管道布置图、计算管道的长度和直径、确定管道材料等。这些软件提供了各种工具和功能，可以提高设计效率，并减少人为错误。

2.提高设计的准确性和可靠性

通过使用给排水工程设计软件，设计师可以更准确地计算和绘图，从而减少人为错误，提高设计的准确性和可靠性。这些软件还可以自动检查设计的各种规则 and 标准，确保设计的符合性。

3.帮助设计师进行施工

给排水工程设计软件也可以帮助设计师进行施工任务，例如确定施工方案、编制施工图纸等。^[3]这些软件可以提供各种工具和功能，帮助设计师更有效地管理施工过程，并确保施工的顺利进行。

4.提高施工效率

使用给排水工程设计软件可以提高施工效率，减少施工成本，并确保施工的顺利进行。这些软件可以提供各种工具和功能，例如自动切割管道、自动焊接管道等，从而减少人为错误，提高施工效率。

二、水排水工程施工技术

（一）施工过程中的技术要求

1.基础处理：在施工前对基础进行处理，包括挖平等。基础处理应符合设计要求，以确保结构的稳定性和安全性。

2.管道铺设：在铺设管道时，应根据设计要求进行操作，以确保管道的位置准确、牢固可靠。管道铺设应使用专业的设备，例如挖掘机、吊车等。

3.管道连接：在连接管道时，应使用正确的连接方式，例如螺纹连接、焊接连接等。连接处应牢固可靠，防止漏水。

4.检查与测试：在施工完成后，应进行检查和测试，以确保工程的质量。检查和测试应包括管道功能测试、水压测试等。

5.安全防护：在施工过程中，应采取必要的安全防护措施，例如设置安全标志、提供安全培训等。^[4]

6.环保要求：在施工过程中，应遵守环保要求，例如保护环境、减少污染等。

7.质量控制：在施工过程中，应进行质量控制，以确保工程的质量。质量控制应包括对施工过程的监督、检查和记录。

（二）施工后期的验收与维护

1.验收阶段：

（1）检查施工质量：检查工程的质量，包括材料质量、施工质量、设备质量等。

（2）检查与设计的一致性：检查工程是否符合设计要求，包括尺寸、形状、位置、连接方式等。

（3）检查安全性：检查工程的安全性，包括结构安全、设备安全、运行安全等。

（4）检查性能：检查工程的性能，包括流量、压力、水质、能耗等。

2.维护阶段：

（1）定期检查：定期对给排水工程进行检查，包括设备运行状态、材料状况、工程运行情况等。

（2）维修和保养：对于发现的问题，需要及时维修和保养，保证工程的正常运行。

（3）能源管理：对于能耗较高的设备，需要进行能源管理，降低能耗，提高能源利用效率。

（4）安全防护：对于重要设备和重要区域，需要采取安全防护措施，保证人员和设备的安全。

（5）定期更新和升级：对于陈旧老化的设备，需要定期更新和升级，提高工程的运行效率和使用寿命。

三、水排水工程设计与施工技术的创新与发展

（一）技术创新与方法改进

1.智能设计与优化

计算机技术推动智能设计与优化技术在给排水工程中的应用，通过数学模型和算法，实现设计自动化和智能化，提升质量和效率。^[5]利用遗传算法、粒子群优化算法等工具，优化设计方案，降低成本和缩短施工周期。

2.节能与环保设计

在给排水工程设计中，应充分考虑节能与环保。通过采用先进的节能技术，如太阳能、太阳能热水、雨水收集等，可以降低能源消耗，减少对环境的污染。同时，优化设计方案，提高设备使用效率，降低运行维护成本，从而实现绿色建筑的目标。

3.新材料与新技术的应用

在给排水工程中，使用高性能混凝土、钢材和防水材料能

增强结构耐久性，而先进的无损检测和远程监控技术则提升了工程安全性和效率。

4. 信息化技术的应用

信息化技术在给水排水工程设计和施工过程中具有重要作用。通过建立工程信息模型，可以实现对工程进度、质量、成本等方面的实时监控和控制，提高项目管理效率。同时，利用大数据、云计算等技术，可以对工程数据进行深入挖掘和分析，为决策提供有力支持。^[6]

5. 施工方法的改进

在给水排水工程中，采用预制构件和装配式施工等先进工艺，以及 BIM 和 3D 打印等新型技术，可降低成本、缩短工期，并提升施工的数字化和精度。

（二）绿色建筑与可持续发展

1. 节能与环保

绿色建筑的设计和施工技术应该注重节能和环保。在给水排水工程中，可以采用低能耗的设备和材料，例如使用太阳能电池板为建筑提供能源，使用高效节能的泵设备和阀门等。^[7]同时，在施工过程中，应该采用环保材料和工艺，例如使用无噪音的泵设备和管道系统，减少对周围环境的影响。

2. 水资源利用

在给水排水工程中，绿色建筑的设计和施工技术应该注重水资源的利用。可以采用雨水收集和利用系统，将雨水用于绿化和景观灌溉等方面，减少对新鲜水资源的消耗。同时，在设计和施工过程中，应该采用高效的泵设备和节流阀门，优化给水排水系统的性能，降低用水成本，并保护水环境。

3. 建筑材料和废弃物管理

在绿色建筑中，应使用可回收和再利用的建筑材料，如回收材料制成的墙板和地板，减少环境影响。^[8]同时，施工和运营中应加强废弃物管理，分类回收建筑垃圾，减少环境负担，提升资源效率。

（三）智能化施工与管理

1. 3D 模型和 BIM 技术

3D 模型和 BIM 技术增强了工程设计的直观性和智能化，通过 BIM 模型，设计师和施工人员可以更好地沟通，规避三维信息模型的若干错误，提高建筑工程设计的效率与准确性。^[9]BIM 技术丰富了信息，为决策提供了科学依据。

2. 自动化监测和控制

在给水排水工程中，自动化监测和控制可以实现对工程运行状态的实时监控和控制，提高工程的安全性和可靠性。例如，可以安装传感器来监测水质、水压、流量等参数，安装自动控制设备来调节水压、流量等，实现自动化控制。

3. 物联网技术

物联网技术可以将各种设备和系统连接起来，实现智能化施工和管理的集成。在给水排水工程中，可以将各种设备连接起来，实现对工程运行状态的实时监控和控制，实现对施工进度、质量、安全等方面的全面管理。

4. 数据分析和智能化决策

在给水排水工程中，可以通过对工程数据进行处理，实现智能化决策。例如，可以对工程运行数据进行分析，实现对

工程运行状态的预测和优化，提高工程效率和降低成本。

（四）未来发展趋势与前景

1. 智能化发展：随着信息技术的不断发展，未来的给水排水工程将更加智能化。通过利用物联网、大数据、人工智能等技术，实现对给水排水系统的实时监测、管理和控制，提高系统的运行效率和可靠性，降低运营成本。

2. 节能环保：随着环保意识的不断提高，未来的给水排水工程将更加注重节能环保。通过采用节能设备、优化设计、提高系统运行效率等措施，降低能耗和污染排放，实现可持续发展。

3. 绿色建筑：随着绿色建筑理念的普及，未来的给水排水工程将更加注重绿色建筑的设计和施工。^[10]通过采用绿色材料、优化设计、提高建筑能量效率等措施，实现建筑的环保和可持续发展。

4. 综合化：未来的给水排水工程将更加注重综合化，将给水、排水、污水处理等多个领域进行整合，实现水的循环利用和综合利用，提高水的利用效率和可持续性。

5. 国际化：随着全球化的不断推进，未来的给水排水工程将更加注重国际化。通过学习借鉴国际先进的给水排水工程技术和经验，推动我国给水排水工程技术的国际化和现代化。

结束语

在本论文中，深入研究了给水排水工程的设计和施工技术，旨在为相关领域提供有益的理论和技术支持。通过对给水排水工程的基本设计原则和施工方法进行分析和探讨，本论文提出了一系列实用的设计理念和施工技术，以提高给水排水工程的效率和质量。相信随着本领域不断地发展和进步，给水排水工程的设计和施工技术也将不断完善和提高，为人类社会的发展和进步做出更大的贡献。

参考文献

- [1] 叶志良, 梁景晖, 刘福光, 等. 白云国际机场三期扩建工程航站区室内给排水设计节能减排及卫生安全的技术措施[J]. 给水排水, 2022, 58(10): 154-160. DOI: 10.13789/j.cnki.ww1964.2022.03.21.0004.
- [2] 赵康. 城市排水管网水流水质数值模拟及应用研究[D]. 重庆交通大学, 2023. DOI: 10.27671/d.cnki.gcjtc.2023.001565.
- [3] 周逢源, 聂秋龙, 王定城, 等. 建筑工程协同设计关键技术探讨——以建筑给排水专业为例[J]. 给水排水, 2022, 58(S1): 897-901. DOI: 10.13789/j.cnki.ww1964.2021.05.18.0006.
- [4] 吕永鹏, 王金兵, 杨思明, 等. 城市更新场景下老旧小区污水系统提质增效研究[J]. 城市道桥与防洪, 2023, (02): 91-95+16. DOI: 10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.02.023.
- [5] 黄勇, 孙傲, 朱芝铮, 等. 山地城市大排水系统级联失效机制研究——以重庆市渝中区为例[J]. 山地学报, 2023, 41(01): 115-128. DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000735.
- [6] 荆康, 孟祥伟, 王梦琦. 浅析环保理念在某食品产业园给排水设计中的应用[J]. 鞋类工艺与设计, 2023, 3(02): 147-149.
- [7] 涂敏, 刘光胜, 杨红兵, 等. 建筑给排水 BIM 正向设计的应用及思考——以长沙黄花国际机场 T3 航站楼为例[J]. 给水排水, 2022, 58(12): 122-130. DOI: 10.13789/j.cnki.ww1964.2022.07.27.0005.
- [8] 赵金辉, 王守荣, 方玉妹, 等. 建筑排水系统水封多维安全性参数试验研究[J]. 给水排水, 2022, 58(12): 106-111. DOI: 10.13789/j.cnki.ww1964.2021.09.01.0008.
- [9] 张林军, 王宏, 谭珍珍, 等. “建筑给排水工程课程设计”达成度评价与分析研究[J]. 中国多媒体与网络教学学报(上旬刊), 2022, (11): 72-75.
- [10] 魏云. 《建筑给排水与节水通用规范》实施对建筑给排水设计影响的实例研究[J]. 四川水泥, 2022, (12): 60-62+66.

供电营业厅提升电力营销服务质量的策略

张照青

鄂尔多斯供电公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要： 随着社会的不断发展，电力作为生活和生产的基础能源，其供应和服务质量直接关系到人们的日常生活和工业生产。为提升供电营业厅电力营销服务质量，本文将深入探讨客户服务创新、营销渠道优化以及账单管理改善等策略。通过引入人工智能技术、优化在线客服系统，社交媒体推广、移动应用开发等手段，以及电子账单推广、账单查询系统升级等措施，旨在提高客户满意度、服务响应效率，降低潜在的技术和市场风险。通过全面展开本文所述的策略，以达成更高水平的电力营销服务质量。

关键词： 供电营业厅；电力营销服务质量；提升策略

Strategies for Power Supply Business Hall to Improve Power Marketing Service Quality

Zhang Zhaoqing

Ordos Power Supply Company, Inner Mongolia, Ordos 017000

Abstract： With the continuous development of society, electricity becomes the basic energy of life and production, and its supply and service quality are directly related to people's daily life and industrial production. In order to improve the power marketing service quality of power supply business hall, this paper will deeply discuss the strategies of customer service innovation, marketing channel optimization and bill management improvement. Through the introduction of artificial intelligence technology, optimization of online customer service system, social media promotion, mobile application development and other means, as well as e-billing promotion, billing inquiry system upgrade and other measures, this paper aims to improve customer satisfaction, service response efficiency, and reduce potential technical and market risks. It can achieve a higher level of power marketing service quality by fully implementing the strategies described in this paper.

Key words： power supply business hall; power marketing service quality; promotion strategy

引言

在电力行业竞争激烈的背景下，提升供电营业厅电力营销服务质量成为关键议题。随着社会对电力服务的需求不断增长，客户期望得到更高效、智能和个性化的服务。本研究旨在深入探讨并制定有效的策略，以应对现有服务体系中可能存在的问题，并提高用户体验。通过结合新技术应用、创新的服务渠道和账单管理优化，研究将致力于实现供电营业厅电力营销服务的质的飞跃，以满足客户期望，提高市场竞争力，推动电力服务向更智能、便捷的未来发展。

一、供电营业厅电力营销服务提升策略

（一）客户服务创新

1. 人工智能技术应用

在提升电力营销服务质量的策略中，人工智能技术的应用是一项具有前瞻性和战略性的创新。引入人工智能技术，如自然语言处理和机器学习，可以极大地提升客户服务的智能化水平。智能客服系统能够理解客户提出的问题，快速而准确地给予解答，从而提高服务效率。通过数据分析和用户行为预测，人工智能还能为客户提供个性化的服务建议，增进用户体验。这一创新不仅

节省了客户的时间，也使得供电公司能够更好地理解客户需求，为提升服务质量打下坚实基础。

2. 在线客服系统改进

在线客服系统作为客户与供电公司直接沟通的重要渠道，其改进对于提高服务效能至关重要。通过改善系统界面设计，使其更加直观友好，提高用户体验。引入实时聊天功能，使得客户能够立即与客服人员互动，解决问题，缩短客户等待时间，提高服务响应速度。此外，建立智能导航系统，帮助客户快速定位所需信息，进一步提升系统的用户友好性。在线客服系统的改进将有助于提升与客户的互动质量，使客户更轻松、便捷地获取所需信

息，从而提高客户满意度。这一创新在服务的方便性和效率性上有着显著的推动作用^[1]。

（二）营销渠道优化

1. 社交媒体推广

社交媒体推广是当今数字化时代中不可忽视的营销手段。供电营业厅通过有效利用主要社交媒体平台，如微博、微信和 LinkedIn 等，可以实现电力营销服务信息的广泛传播和品牌知名度的提升。通过发布有关电力服务优惠、能源节约和公司新闻等内容，吸引更多用户关注。与此同时，社交媒体还提供了实时互动的机会，通过积极回应用户的问题和反馈，增强与客户的沟通，塑造良好的品牌形象。社交媒体推广的成功将带来更多用户参与、互动，有助于扩大市场份额，提升电力营销服务的品牌认知。

2. 移动应用开发

移动应用开发是提升电力营销服务便捷性和个性化的重要途径。通过开发专属移动应用，供电公司可以将电力服务直接送到用户手中。移动应用可以提供诸如实时电费查询、用电情况分析、在线缴费等功能，为用户提供全方位的电力服务体验。同时，整合定位技术和推送通知功能，使用户能够及时了解电力服务动态和个性化推荐。移动应用的开发还能够激发用户参与，通过推出在线购电、积分兑换等活动，提高用户黏性。通过不断优化移动应用的功能和用户界面，电力公司能够更好地满足用户需求，提升服务水平，推动电力营销服务走向数字化和智能化的未来。

（三）电子账单推广

电子账单的推广是提升电力营销服务效能和环保意识的关键一环。引导客户转向电子账单，既能减少纸质账单的印刷和邮寄成本，也有助于降低环境负担。为鼓励客户采用电子账单，公司可以制定相应的激励政策，例如提供折扣、积分奖励等，增加用户使用的积极性。通过短信、邮件等方式推送电子账单，实现账单的及时送达，提高用户的方便性。电子账单推广的成功将减少公司的运营成本，提升服务效率，同时体现了企业的社会责任感，为可持续发展做出贡献。

（四）账单查询系统升级

账单查询系统是客户了解用电情况和账单状态的主要途径。为提高客户体验，公司应进行账单查询系统的升级。升级后的系统应具备更友好的用户界面和更迅速的查询速度。通过优化系统架构，提高系统的稳定性和安全性，确保客户信息的保密性。引入先进的数据分析技术，系统能够更全面、直观地呈现电费构成等信息，帮助用户更好地理解账单。同时，加强在线客服支持，解答用户对账单的疑问，提高用户满意度。这一系列改进将提高账单管理的透明度，增进客户对电力服务的信任感，为公司赢得良好的品牌声誉。

二、供电营业厅提升电力营销服务质量的技术支持与培训

（一）员工培训计划

1. 技术培训

为提高员工的专业水平，首要任务是实施全面的技术培训计

划。培训内容应涵盖电力系统的基础知识、新技术应用以及故障排除方法。通过定期举办内外部培训课程，员工将不断更新知识储备，适应电力行业的不断发展。引入模拟操作和虚拟实境技术，使培训更贴近实际工作场景，提高员工的实操能力。同时，建立技术培训考核机制，鼓励员工参与持续学习，确保培训效果的量化评估。

2. 服务技能提升

电力服务的质量直接关系到客户满意度，因此，服务技能提升是员工培训计划中不可或缺的一环。培训内容可包括有效沟通、问题解决、客户关系管理等方面的技能。通过模拟场景培训，员工可以学习处理各类客户问题的最佳实践，并提高危机处理能力。培训过程中，强调团队协作和服务态度的培养，以确保员工在电力营销服务中能够更加专业、细致地满足客户需求。通过定期评估和反馈，不断完善培训内容，保证员工服务技能的持续提升^[2]。

（二）技术支持体系建设

1. 问题解决流程

建立清晰且高效的问题解决流程是提升电力营销服务质量的关键。首先，通过细分问题类型，建立分类化的解决方案库，使员工能够更快速准确地定位和解决问题。其次，建立问题上报和跟踪系统，确保问题能够及时被汇报到相关部门，并能够被有效追踪和监控。同时，制定明确的问题解决时间标准，提高问题解决的效率。通过培训员工熟练使用问题解决工具和方法，加强团队协作，实现问题解决流程的迅速而有效的实施。

2. 紧急事件响应

对于电力行业而言，紧急事件的快速响应至关重要。建立健全的紧急事件响应体系，首先需要明确定义不同紧急事件的级别和应对措施。培训员工对于各类紧急事件的识别和处理技能，确保在发生突发状况时能够做到迅速而有序的应对。建立紧急事件指挥中心，以协调和监控紧急事件处理过程，确保信息的及时传递和协同作战。通过定期演练和模拟紧急事件，提高员工的紧急事件处理能力，确保在面对各种突发状况时能够迅速、有序、高效地响应。

三、提升供电营业厅电力营销服务质量策略的评估与监控机制

（一）绩效评估指标

1. 客户满意度调查

客户满意度是衡量电力营销服务质量的核心指标之一。定期进行客户满意度调查是确保公司了解客户感受、改善服务的有效手段。通过设计有针对性的调查问卷，覆盖服务全流程，包括客户接触、问题解决、信息传递等方面，从而全面了解客户的满意度水平。分析调查结果，发现问题和痛点，及时调整和改进服务策略。客户满意度调查还有助于建立长期的客户关系，提高客户忠诚度，为公司赢得良好的口碑。

2. 服务响应时间

服务响应时间是反映电力营销服务效率的重要指标。从客户

提出问题到得到解决的时间，直接关系到客户体验和满意度。建立服务响应时间的评估机制，通过设定合理的服务标准和目标，实时监测响应时间的情况。定期进行数据分析，评估服务响应的及时性，发现并解决影响服务响应时间的问题。通过提高服务响应效率，公司能够更快速、更灵活地满足客户需求，提高服务质量，增强客户黏性。服务响应时间作为一个关键绩效指标，将有助于公司不断提升服务水平，保持竞争优势^[3]。

（二）监控体系建设

1. 数据分析工具应用

建立强大的数据分析体系是评估和监控电力营销服务质量的重要环节。通过应用先进的数据分析工具，公司可以追踪和分析客户满意度、服务响应时间、电子账单推广效果等多个关键指标。这有助于深入挖掘数据背后的趋势和模式，识别服务的优势和薄弱点。实时监测数据还能及时发现潜在问题，为决策提供科学依据。数据分析工具的应用不仅可以提高监控效率，还有助于公司更加精准地制定和调整营销服务策略，使其更符合客户需求和市场变化。

2. 定期报告与改进机制

立定期报告与改进机制是确保电力营销服务质量持续提升的关键步骤。定期汇总关键绩效指标的数据，制作综合性报告，以全面呈现公司的服务质量状况。报告中应包括客户满意度、服务响应时间、电子账单使用率等重要信息。与此同时，建立持续改进机制，根据报告中发现的问题制定具体的改进计划。通过设立明确的改进目标和时间表，监督改进措施的执行，确保问题能够及时得到解决。定期报告和改进机制的建立将使公司能够在不断改进中保持竞争力，实现电力营销服务质量的长期稳定提升^[4]。

四、供电营业厅电力营销服务质量风险管理与应对策略

（一）潜在风险分析

1. 技术风险

技术风险是在电力营销服务中可能面临的关键挑战之一。快速发展的科技可能导致技术陈旧，系统不兼容或面临网络安全威胁。为规避技术风险，公司应保持对技术趋势的敏感性，定期更新系统和软件，以确保其具备最新的安全防护措施。建立紧密的合作伙伴关系，与科技公司保持沟通，获取先进技术支持。同时，开展定期的技术风险评估，及时应对可能出现的问题，确保技术体系的持续稳定运行。

2. 市场风险

市场风险涵盖了激烈竞争、市场需求波动等方面。供电公司

应密切关注市场动态，了解竞争对手的举措和市场趋势。制定灵活的市场策略，以迅速适应市场变化。通过建立强大的市场调研机制，了解客户需求和反馈，为产品和服务调整提供数据支持。此外，拓展服务领域，提供差异化的电力服务，以降低市场风险。建立危机应对预案，确保在市场变化时有明确的调整和变革策略。通过全面的市场风险管理，公司能够更加灵活地应对市场挑战，保持竞争优势。

（二）应对策略制定

1. 预防性措施

实施预防性措施是降低电力营销服务风险的重要手段。在面对技术风险时，公司可采取定期的技术审查和更新措施，确保系统的安全性和兼容性。培养员工的安全意识，进行定期的网络安全培训，提高公司整体的网络防护水平。对于市场风险，建立完善的市场监测机制，持续关注竞争对手动向、市场趋势，及时调整市场策略。通过制定健全的供应链管理计划，降低物流和采购方面的风险。通过预防性措施，公司能够提前发现潜在问题，降低风险的概率，确保业务的持续稳健运行。

2. 应急响应计划

制定应急响应计划是确保公司在面临突发状况时能够快速、有序地应对的重要环节。在技术风险方面，建立紧急修复措施和备份系统，确保在系统故障或网络攻击发生时，能够迅速切换到备用系统，最低程度影响业务。在市场风险方面，建立危机公关团队，能够快速、有效地应对负面信息和舆情。制定供应链应急计划，确保在供应链中出现问题时，能够迅速找到替代供应商。定期进行应急演练，提高员工的应急处理能力。通过应急响应计划，公司能够在面对突发状况时迅速做出决策，减轻损失，保护和客户的利益^[5]。

结论

通过本研究，深入探讨了提升供电营业厅电力营销服务质量的关键策略。引入人工智能、优化在线客服系统、拓展社交媒体推广、推进移动应用开发，以及电子账单推广和账单查询系统升级等创新措施，旨在全面提升客户体验和服务效能。通过预防性措施和应急响应计划，本文有效降低了技术和市场风险。这些策略将在提高客户满意度、服务响应效率的同时，为供电业务赋予更强大的竞争力。结合各项措施的全面实施，相信能够为供电行业带来更高水平的电力营销服务，满足客户期望，推动电力服务向数字化、智能化的未来迈进。

参考文献

[1] 臧林怡. 供电营业厅提升电力营销服务质量的策略探讨 [J]. 营销界, 2023, (14): 17-19.
[2] 周菊丽. 提升供电营业厅电力营销服务质量及方案 [J]. 现代营销 (信息版), 2019, (10): 156-157.
[3] 陈冰洁. 着力提升供电营业厅电力营销服务水平 [J]. 大众用电, 2023, 38(10): 24-25.
[4] 丁昱; 石少波; 孙明. 提高电力营销服务质量的重要性和途径 [J]. 环渤海经济瞭望, 2022, (11): 35-37.
[5] 任发秀. 提高电力营销服务质量的重要性和途径 [J]. 营销界, 2020, (30): 102-103.

智能变电站的变电运维技术研究

李杰, 张先捷

孝感供电公司变电运检分公司, 湖北 孝感 432000

摘 要 : 为了解决目前智能变电站的变电运维工作中出现的问题, 本文阐述了智能变电站的优点, 分析了在实际运行过程中智能变电站存在的问题, 并提出了在安全管理、人员培训以及维修体系建设等方面的解决措施, 以期更好地推动智能变电站健康稳定地发展, 为相关人员提供参考。

关 键 词 : 智能变电站; 变电运维; 设备维护

Research on Power Transformation Operation and Maintenance Technology of Intelligent Substation

Li Jie, Zhang Xianjie

Xiaogan Power Supply Company Substation Inspection Branch, Hubei, Xiaogan 432000

Abstract : In order to solve the problems in the current operation and maintenance of smart substation, this paper describes the advantages of smart substation, analyzes the problems existing in the actual operation process of smart substation, and puts forward solutions in safety management, personnel training and maintenance system construction, so as to better promote the healthy and stable development of smart substation and provide reference for relevant personnel.

Key words : intelligent substation; substation operation and maintenance; equipment maintenance

引言

随着经济发展和城市化水平不断提高, 电力设备在各个行业中有着非常关键的作用, 电力设备为企业生产的各个环节提供能源, 是实现能源安全稳定供给和保障国民经济持续发展的基础。在我国电网快速发展的背景下, 建立了大量的智能化变电站, 通过现代化的设备进行智能管理, 从而实现更加高效和安全地保障电力设备正常运行。而在实际的运行过程中, 由于设备老化问题或者人员操作问题, 会导致故障发生, 影响正常的电力供应。通过对变电站的设备进行定期地检查与检修, 更换参数异常的零件和设备, 可以极大降低电力设备出现故障的概率, 为用户提供了可靠的电力能源供应。智能变电站是一种以网络通信技术为基础, 同时融合了自动化技术和传感技术等一系列现代技术的新型变电站^[1]。与传统变电站相比, 智能变电站具有更高的自动化水平, 可以实现数据的即时传输, 并且操作更加简单, 还可以减少人工成本的投入, 使得监测结果更加高效^[2]。但是由于智能变电站在我国的应用时间较短, 目前还没有形成成熟的应用模式, 存在着一定的不足, 如建设周期长、改造工作量大以及维护管理难度大等^[3]。若不能对智能变电站进行科学有效的管理, 制定出符合智能变电站操作特点的管理办法, 势必会对其安全运行造成极大的威胁, 从而影响到正常的电网稳定运行。智能变电站的设备维护工作主要是指通过定期对设备进行检查和维修, 更换运行参数异常的零件, 并通过定期检修来排除可能出现的故障, 尽量减少安全事故的发生, 对于保障电网的稳定运行至关重要。

一、智能变电站的主要特点

随着我国经济的不断发展, 电力事业作为保障国民经济的重要支柱行业, 也得到了进一步的发展。由于传统变电站在运行管理方面存在较多的不足之处, 比如无法实现对设备运行状态的实时监测以及故障处理等。为了进一步提高变电站运行管理水平, 必须实现对变电站进行智能化管理, 通过融合自动化技术等现代科技, 建造了许多智能变电站。由于加装了许多现代技术设备, 智能化变电站在运行管理方面, 具备自动管理的能力, 同时还具备在线监测与诊断的能力, 可以实现对设备运行状态的远程监测

与控制^[4]。企业可以利用其自动化管理的能力, 将传统变电站中的手动操作转变为自动化操作, 根据不同的工作需要将设备进行合理配置与组合, 从而提高工作效率, 从而实现对设备的自动控制和远程监测。

二、智能变电站运维中的问题

(一) 内部设备不兼容

随着我国经济的快速发展, 电力行业的科技水平也在不断提高, 我国的科技水平在国际上处于较为靠前的地位, 但是在建设

智能变电站的具体实践过程中，仍面临着许多需要克服的技术问题。我国的智能变电站发展时间较短，多是以传统的变电站为基础，对传统设备进行设备改进，将智能化设备安装在传统的电力设备上，来对设备的运行参数进行实时收集和传递。而在实际操作过程中，由于操作人员的技术水平和设备本身的影响，在进行设备连接时往往会产生不兼容的情况，无法将智能化设备的功能完全发挥出来^[9]。此外，要实现变电站进行全面监测和智能化管理，所采集的数据信息数量必须是相当庞大的，并且需要用电子互感系统实现对外界进行智能化供电，这就对采集数据的设备精度有非常高的要求，而实际的变电站大多数设备所处的环境是较为恶劣，且传统的互感器稳定性较差，在设备不兼容的情况下更加无法达到高精度设备的工作环境要求，使得一些设备无法正常工作，造成资源浪费。

（二）数据保密性不佳

实现智能变电站数字化管理的关键是通信，即通过变电站信息模型，对相关数据进行采集、传输与处理，实现对电气设备运行状态的实时监控和对故障问题的快速响应与处理。通过采用智能终端装置和电子互感器等设备，对数据的采集处理后将数据传输给其他相关设备。在智能变电站的数模模型中，通常采取对等传输方式，通过局域网对数据在输出的同时进行分折^[9]。而在实际的运行过程中，由于部分电力单位的信号防护水平较低，在传输数据时防护水平较低，无法很好地保障数据的传输安全，一旦系统遭到外界的攻击，可能会导致整个智能变电站的信息系统受到严重的威胁。

（三）操作人员水平较低

由于变电站的检修工作内容非常复杂，对技术人员的操作水平具有很高的要求，输电的效果与检修工作的好坏及运行管理人员的综合素养有很大关系，电力企业和供电单位应该建设一支高水平的技术人员队伍，来实现质量管理。但是当前智能电网的研究尚处于起步阶段，多数操作人员因自身技术水平参差不齐，对智能装备的认识尚浅，缺少相应的技术与应急处理手段，使得由于操作人员的操作错误而引发的安全事件经常发生，无法很好地保障电力的能源供应^[7]。此外，一方面由于部分单位的人员培训力度不强，导致部分管理人员对智能变电站的工作流程和工作细节了解不够全面，无法科学合理地对操作人员的工作进行及时管理和检测；另一方面，部分管理人员没有按照相关的规范进行维修，导致维修工作不到位，导致了许多的安全问题，若不进行适当的调整，将会对电力系统造成重大的威胁，严重时还会造成人身安全事故^[8]。

（四）安全管理机制不健全

电力设备的负载很大，并且具有一定的危险性，若操作不当出现故障时，不仅会影响人们的正常生活，甚至会造成严重的安全事故，必须对其进行安全管理。但是在实际工作中，有些电力企业在安全管理方面存在着很大的漏洞，没有严格遵守相关的规定，导致了现场员工的作业不够规范，保护措施不完善，无法保障操作人员的安全，使得工作质量很低^[9]。此外，由于缺少严格的监管措施，存在的隐患问题没有得到迅速解决，导致出现事故

的概率提高，无法很好地进行预防。并且由于责任没有具体到个人，导致各个部门之间进行相互推诿，安全监督工作形同虚设，管理人员责任感缺失，不能发挥出安全管理应有的作用。

三、智能变电站变电运维的有效措施

（一）完善智能变电站检修体系建设

完善的智能化变电站维修管理体系规范，是确保整个系统实现智能化、实用化和可持续稳定发展的必要前提，也是确保其安全稳定运行的重要保障。对于智能变电站的运行和维修工作而言，由于加装了高精度的现代化仪器设备，传统的维修方法已经不再适用于目前的状况，制定一套更为完善的维修标准是很有必要的。在事故发生之前最大可能地对发生事故的部位进行检修，更换运行参数异常的设备和零件，对于降低事故发生的可能性是非常关键的。建立健全的检修体系也可以在设备发生故障时，对故障设备及时进行专业化处理和示警，在严重时采取紧急断电的措施，可以很大程度上减少设备故障带来的损失。此外，由于现代化的检修体系建设，可以很大程度上保障设备的各个环节处于正常的运行状态，并在发生故障时进行示警和处理，减少了人工成本，提高了变电站的生产效率和输电效率。随着科技的进步，电网设备的更新换代也在加快，智能化变电站的维护工作必须与时俱进，相关人员和单位可以通过制定更加先进的检修体系和检修标准，来减少事故发生，保障输电的质量和变电站稳定运行。

（二）加强压板定值和交换机管理

在智能化变电所的运行与维修中，继电保护起着十分关键的作用，可以在电网运行异常时，及时进行示警或者直接对故障部位进行切断，从而达到保护变电站的作用。对于继电保护装置而言，设置一个合适的保护定值是非常关键的，能够使变电站更加安全可靠地工作，避免错误地跳闸而引起的电源供应终止，从而确保整个智能变电站的安全^[10]。在实际操作过程中，要求操作人员要注意对软硬压板定值的校验，如果发现异常的运行状态或者与设置的定值不符，要立即将结果进行反馈，并改善二次接线。此外，由于通讯系统在智能变电站中也具有非常核心的作用，操作人员还要密切注意网络通讯设备和交换机的运行情况，保证取样的正确和数据正常传送。交换机是保障在变电站自动化运行设备当中，对数据进行实时传递和交换的装置，但是由于通信规约没有统一，不同生产厂家的设备之间不能互通，在投入使用之前需要对设备进行转换。在检查维修过程中，需要对交换机转接口之间的连接进行检查，确保数据之间可以进行传递，保障智能变电站之间的数据传递正常。

（三）提高智能变电站设备管理标准

变电运维设备管理机制直接关系到电力系统的稳定运行。标准化的设备管理标准，可以为检修人员提供科学的指导，提高检修人员的职业素养和专业水平，具备较强的责任心和使命感，在变电运维过程中严格按照相关要求工作进行，使得智能变电站设备管理过程更加完善和安全^[11]。由于自动化设备的设备精度要求较高，必须根据设备的储存条件进行存放，在投入使用时，也

要尽量保障操作环境不会影响设备的精度。如在采集数据时,对数据采集装置,应安装在避雨棚下方,尽量避免雨水进入导致仪器受潮,并定期对装置的测量精度进行测定,如果不符合标准则需对设备进行调试或者更换。此外,有关部门要健全监督管理系统,要求采购人员在采购设备时选择符合质检要求的设备产品,并在投入使用之前将设备送检至第三方检测机构,确保符合相关标准^[12]。监督部门也要定期对变电站的设备进行抽检,对于不符合要求的企业进行责令整改,保障用电安全。

(四) 强化变电运维人员的培训

智能变电站涉及了大量的科技含量较高的新技术、新产品以及新工艺等内容,在运行过程中,必须强化变电站运维人员业务素质建设,选择具备较强专业技能和知识水平的专业人才。对于企业而言,要根据智能变电站系统对操作人员的具体要求来制定相应的人才培养方案,定期进行考核,设置符合智能变电站操作要求的考核项目,对无法通过考核的操作人员进行培训,提高其专业操作水平。此外,通过定期举办安全培训的方式,在培训过程中应注重培养变电运维人员发现问题、分析问题以及解决问题的能力,同时也要注重培养他们团队合作精神和创新精神,还要加强管理人员和操作人员的责任意识和职业自豪感培养,确保操作人员进行实际操作时可以按照相关标准进行操作,减少因为操作问题造成的故障和事故发生。对于缺少工作经验的年轻员工而言,要确保其通过多次考核之后再上岗,并由专业的人员带领,参与检修与维护工作,并积极组织举办经验交流分享会,提高团队的凝聚力,让部分传统变电站的经验丰富的老员工更加充分地了解现代技术,提高专业技术水平。一方面,要加强员工的安全培训和管理,另一方面,要根据变电站实际运行情况制定变

电运维事故处理预案,并对应急响应措施进行全面评估,尽量减少事故发生时造成的损失,提高事故发生时的处理效率。

(五) 进行智能化管理和控制

相关企业和部门需要对现行变电站的管理体制进行改进和强化,为了使变电站的日常维修工作能够正常进行,相关的管理机构可以结合变电站的实际生产和运行特点,制定出针对性的操作规范,使得变电站符合标准化作业的要求。与此同时,在输电工作过程中,要强化对电力系统的运行状态的监测,可以通过远程智能化巡检中心监测系统以及调度工作站的附属装置监测平台,对装备的工作状态进行实时监测,保证各个环节和设备都能得到有效的监管。在实际操作过程中,操作人员需要根据监控报告的内容,对报告的准确性进行判断,并将其与监控平台的监控资料相结合,对设备运行状态进行分析,以便能够对电力系统中存在的问题进行检测和防范。此外,应对电力系统有关的设施进行定期检查,根据其使用时间制定维修计划,防止出现因为设备老化而出现的故障产生。在制定检修计划时,应根据电网的要求,在规定的时间内进行变电站设备的检查和维修工作,更换不符合标准的设备和零件,保障正常的电力供应。

四、结语

随着我国电力系统技术的不断发展,对电力系统的可靠性提出了新的要求,需要提高智能变电站建设水平和运行管理水平。通过完善智能变电站检修体系建设、加强压板定值和交换机管理、强化人员管理和培训等方式,提高智能变电站运维管理的质量和效率,从而推动我国电力事业向更高水平发展。

参考文献

- [1] 李孟超,王允平,李献伟等.智能变电站及技术特点分析[J].电力系统保护与控制,2010,38(18):59-62+79.
- [2] 樊陈,倪益民,龚仁晖等.智能变电站一体化监控系统有关规范解读[J].电力系统自动化,2012,36(19):1-5.
- [3] 张沛超,高翔.智能变电站[J].电气技术,2010(08):4-10.
- [4] 杨志宏,周斌,张海滨等.智能变电站自动化系统新方案的探讨[J].电力系统自动化,2016,40(14):1-7.
- [5] 汤晓晖.110kV智能变电站二次设备运维的安全措施分析[J].电工技术,2016(12):111-112+114.
- [6] 王鸣,朱群,姚建华等.智能化变电站运行维护问题的探讨[J].浙江电力,2012,31(09):53-55+58.
- [7] 王旦黎,艾璐迪.500kV智能化变电站运行维护中的问题与处理策略分析[J].山东工业技术,2016(06):175.
- [8] 庄兴勇,黄泥秧.智能化变电站运行维护问题的探讨[J].电子制作,2014(24):39.
- [9] 王泓权.智能化变电站运行维护技术研究[J].黑龙江科技信息,2014(18):18.
- [10] 闫佳文,周磊,蒋春悦等.智能变电站风险评估方法研究[J].自动化仪表,2023,44(07):89-94+102.
- [11] 郭玉亮.智能变电站继电保护全过程管理探讨[J].云南电力技术,2023,51(03):87-90.
- [12] 王强,贺洲强.智能变电站运行维护管理探讨[J].电力安全技术,2012,14(05):1-5.

能源转型背景下的火电厂集控运行策略研究

韩培锋

内蒙古国华准格尔发电有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要： 我国发电主要以火电为主，火电厂的集控运行策略对火电机组发电效率 and 安全性有较大影响。因此，本文对火电厂集控运行进行分析研究，阐述了目前火电厂集控运行中存在的问题，并提出了针对性策略，以期为相关工作人员提供一定的参考。

关键词： 能源转型；火电机组；集控运行

Research on Centralized Control Operation Strategy of Thermal Power Plants under the Background of Energy Transition

Han Peifeng

Inner Mongolia Guohua Zhungeer Power Generation Co.,Ltd., Inner Mongolia, Ordos 010300

Abstract： China's power generation is mainly thermal power, and the centralized control operation strategy of thermal power plants has a great influence on the generation efficiency and safety of thermal power units. Therefore, this paper analyzes and studies the centralized control operation of thermal power plants, expounds the existing problems in the centralized control operation of thermal power plants, and puts forward specific strategies, in order to provide some references for relevant staff.

Key words： energy transformation; thermal power unit; centralized control operation

引言

当前，我国能源结构正在进行转型升级，大力发展新能源已成为国家战略，《关于进一步深化电力体制改革的若干意见》（发改能源〔2016〕1861号）中明确提出“推动大型发电集团加快向综合能源服务公司转型”；《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》中明确提出“推动能源革命，加快建设能源强国”；国家能源局发布《关于加快推进一批重点节能低碳技术改造项目实施工作的通知》（国能发新能〔2020〕37号）文件中明确提出要推进大容量、高参数、高效率火电机组建设，大力发展新能源，加快现役煤电机组节能升级和灵活性改造；内蒙古自治区人民政府办公厅印发《内蒙古自治区“十四五”能源发展规划》中也明确提出，实现“一个目标”、推进“三个转型”、打造“四大产业”、实施“十大工程”，建成国家现代能源经济示范区，推进绿色、数字、创新转型，着力打造风能、太阳能、氢能和储能等四大新型能源产业。由于火电机组在能源转型背景下的作用和地位发生了显著的变化，火电厂集控运行的策略也要相应进行调整。在国家的政策指引下，我国各大发电企业都在积极推进燃料结构优化和节能降耗工作，火电机组的运行效率和经济性也受到了不同程度的影响^[1-2]。火电厂的集控运行是电力生产过程中的重要环节，通过对火电厂集控运行系统进行优化，能够实现火电厂集控运行系统的控制，提高火电机组的发电效率^[3-4]。现阶段，我国火电厂在集控运行方面存在许多问题，其中最主要的问题是自动化水平低，大部分火电厂都配备有集控运行系统和相关设备，但由于自动化水平较低，集控运行系统无法实现对机组进行有效控制和管理。同时，在集控运行过程中，设备老化和缺乏管理也是导致集控运行系统故障频发的原因之一^[5]。因此，为了解决上述问题，要加强对火电厂集控运行系统的维护和管理，提高机组发电效率、降低燃料成本、提升节能减排效果。

一、火电厂集控运行存在的问题

随着经济的快速发展以及用电量的持续增长，电力需求不断增加，火电厂的负荷也在不断提高，这就需要火电厂提供更多的电力资源。由于火电机组容量大，机组负荷高，为满足负荷需求，需要对火电机组进行集控运行^[6]。同时，火电厂为了减少事故发生频率，提高安全稳定性，也需要对火电机组进行集控运行。目前火电厂集控运行还存在一些问题：

第一，在集控运行过程中缺乏完善的系统监控系统。在我国当前的电力市场中，电厂主要依靠计算机控制系统完成电力生产工作，在集控运行过程中由于缺少完善的监控系统和技术人员的监管，容易出现工作人员操作失误等问题。

第二，缺乏有效的激励机制。由于火电厂对集控运行的重视程度不高，且部分电厂没有建立完善的激励机制和人才培养机制，导致工作人员缺乏工作积极性和主动性^[7]。

第三，缺乏完善的制度。在我国当前火电厂集控运行中存在

制度不够完善、管理不到位等问题。一方面由于管理制度不健全、管理体系不完善等问题导致火电厂工作人员对相关制度了解不到位；另一方面由于集控运行机制不完善、管理制度不健全等问题导致电厂工作人员缺乏相应的法律意识和安全意识。

第四，缺乏先进技术的支持。随着我国电力市场不断改革开放、电力市场竞争日益激烈、电网安全运行要求不断提高等因素的影响，我国火电厂集控运行中存在的问题和不足越来越明显^[8]。

二、火电厂集控运行的优化策略

火电厂集控运行的优化是通过对火电厂的集控运行系统进行优化，使其适应当前能源转型的要求。由于火电厂集控运行的自动化程度较高，工作人员需要在运行过程中根据实际情况不断进行优化和调整，确保系统能够满足当前工作的需求。现阶段，我国火电厂集控系统优化主要有以下几种：

（一）对整个系统进行优化

火电厂的集控运行系统是保障电厂稳定、安全运行的重要组成部分。然而，随着技术的不断进步和电力市场的不断变化，传统的集控运行系统可能无法满足现代电力需求。为此，需要对火电厂的集控运行进行全面优化。一是，提高集控运行系统的自动化水平，不仅可以减少人工操作的误差，还能提高工作效率，例如，采用先进的控制算法和人工智能技术，实现设备的自动化控制和故障预警，这样可以在一定程度上减少因人为操作失误而引发的事故。二是，系统硬件的优化包括及时更新老旧的设备，采用更稳定、高效的硬件；关键的部分应采取冗余设计，这样即使某个部分出现故障，其他部分仍能继续工作，保证电力供应不中断；提升系统的通信能力和数据传输速度，以满足大数据时代对信息处理的需求^[9]。三是，软件部分的优化包括对数据库进行定期的清理和维护，保证数据存储的准确性和高效性；不断开发新的应用软件，以应对电厂运营中出现的新问题；强化系统的安全性，如设置防火墙、定期进行安全漏洞扫描和修复等。四是，人员培训加强对操作人员的培训，使他们能够更好地理解和掌握集控运行系统的操作和维护。同时，培养他们的安全意识和应急处理能力。

（二）对控制策略进行优化

火电厂集控运行控制策略优化方案包括，一是，优化系统运行环境，确保集控室的温度与湿度处于适宜的范围，避免设备过热或过湿；保持集控室的整洁，防止灰尘对设备造成损害；采取措施确保供电的稳定性，避免电压波动或突然断电对系统造成影响。二是，提高设备稳定性，制定并执行设备的定期维护与检查计划，确保设备处于良好状态；确保备件的质量，以减少因备件故障而导致的系统停机；及时更新老旧设备，使用更稳定、高效的设备。三是，引入先进技术，通过使用智能传感器和执行器，可以实现对设备状态的实时监控和远程控制；通过收集和分析大量的运行数据，对设备的性能进行预测和优化控制。四是，强化安全监管，确保所有操作都有章可循，防止误操作，及时发现并处理潜在的安全隐患，设置多层次的安全防护，防止黑客攻击和

病毒入侵^[10]。五是，建立智能监控系统，对火电厂的各项参数进行实时监测，确保设备正常运行，通过对收集的数据进行分析，提前发现设备的异常，并进行预警，通过智能监控系统，实现对设备的远程控制和自动调节。

（三）对控制逻辑进行优化

为了确保火电厂集控运行系统的稳定和高效，首先需要确保设备的匹配性，包括根据火电厂的实际需求，选择合适型号和配置的设备，确保设备之间的接口对接正确，避免信号传输错误，调整设备的参数，使其相互匹配，避免因参数不匹配导致的问题。其次，报警功能优化，根据实际情况设定合理的报警阈值，避免误报和漏报，对不同类型的报警进行分类，设置不同的优先级，以便快速响应和处理，记录详细的报警信息，方便后续的事故分析和处理。然后，安全性优化，关键部分采取冗余设计，确保在某个部分出现故障时，其他部分仍能继续工作，设置有效的防火墙和权限管理机制，防止未经授权的访问和操作，对重要数据和信息进行加密保护，防止数据泄露和被篡改^[11]。最后，自动化水平的提升可以减少人工干预，提高工作效率，通过编程和自动化控制技术，实现设备的自动调节和控制，基于人工智能技术，为操作人员提供智能化的决策支持，通过自动化的故障诊断和修复技术，快速处理系统中的问题。

（四）对设备故障进行预防和处理

为了及时发现设备故障的迹象，首先，需要加强设备的日常监控，制定监控计划，明确监控对象、监控参数和监控方式，安排专人负责监控工作，确保监控数据的准确性和实时性，对监控数据进行定期分析，及时发现异常情况，并采取相应措施。其次，定期维护保养，制定维护保养计划，明确保养内容、周期和责任人，按照计划对设备进行检查、清洁、润滑和调整，对保养过程中发现的问题及时进行处理，并做好记录和跟踪。然后，为了快速响应设备故障，需要建立有效的异常报警机制，确定报警参数和阈值，以及报警级别和方式，安装可靠的报警装置，确保报警信号的准确性和及时性，对报警进行处理和记录，及时分析报警原因，并采取相应措施。最后，快速响应机制可以减少设备故障对生产的影响，建立应急响应小组，明确应急流程 and 责任人，对设备故障进行快速定位和诊断，采取有效的修复措施，对重大故障进行记录和报告，分析故障原因，并采取预防措施。

（五）严格执行节能减排政策，降低污染排放

在当前环境保护的紧迫形势下，不得不深思如何有效应对挑战，特别是在降低污染排放和坚决执行节能减排政策方面。火电厂作为排放大户，其煤耗和排放问题自然成为关注的焦点。为实现显著降耗减排，优化燃烧方式、推广清洁能源利用以及强化环保监管等措施显得尤为关键。

（1）在优化燃烧方式方面，可以探索更为高效的燃烧技术，确保煤炭在燃烧过程中能够更充分地释放能量，同时减少有害气体的生成。通过改进炉膛设计、优化空气动力场以及调整燃烧参数等手段，可以进一步提高燃烧效率，实现煤耗的降低。这不仅有助于减少对化石燃料的依赖，还能在一定程度上减缓温室效应

和大气污染。

(2) 推进生物质能综合应用。以高效清洁利用为重点,推动农林生物质热电联产、垃圾焚烧发电、沼气直接利用和生物天然气等多种形式的生物质能综合应用。在黄河沿线、呼伦贝尔市、兴安盟和通辽市等农林生物质资源丰富地区,有序推进农林生物质热电联产项目。围绕垃圾无害化处理与资源化利用,鼓励重点城镇开展垃圾焚烧发电项目建设。在农作物秸秆、畜禽养殖废弃物、城镇生活污水和工业有机废水量较大地区推进大中型沼气发电项目建设,推广户用沼气、联户沼气和生物天然气示范项目,带动农村有机废弃物处理、有机肥生产消费和清洁燃气利用的新兴产业,支持乡村振兴发展和农村能源革命。强化环保监管也是确保降耗减排目标实现的重要保障。政府应加大对火电厂等排放大户的监管力度,确保其严格执行国家和地方的环保法规和标准。建立完善的环保监测体系,对火电厂的排放进行实时在线监测,确保数据真实可靠。对于违规排放行为,应依法予以严惩,以儆效尤。

(六) 操作流程与规范化管理要求

火电厂集控运行是现代电力生产中的关键环节,其涉及的操作流程与规范化管理要求对于确保电力供应的安全稳定具有至关重要的作用。在火电厂的生产流程中,集控运行系统作为中枢神经,监控和调控着整个生产过程,其操作流程的制定必须严谨细致,以充分保障生产的安全性和高效性。

在设备的启停阶段,集控运行系统需遵循严格的顺序和条件,确保每台设备在最佳状态下投入或退出运行。参数调整是集控运行中的另一项关键任务,它要求操作人员根据实时生产数据和设备状态,对各项参数进行精确调整,以维持生产过程的稳定和优化。异常处理也是集控运行不可或缺的一部分,当设备出现故障或生产出现异常时,集控运行系统需要迅速作出反应,采取适当的措施,将故障影响最小化,保障生产的连续进行。

为了实现这些操作流程的高效执行,火电厂必须实施规范化管理。通过建立完善的集控运行管理制度,火电厂可以明确各岗位的职责和操作规范,确保每个操作人员都清楚自己的职责所

在,遵循统一的操作标准。这种规范化管理不仅提升了火电厂整体运行水平,更在预防潜在安全风险方面发挥了重要作用。它使得火电厂在面对复杂多变的生产环境时,能够保持高度的稳定性和应变能力。

在规范化管理的框架下,培训与考核机制也显得尤为重要。集控运行人员的专业技能和安全意识直接关系到火电厂的安全生产和稳定运行。火电厂需要加强对集控运行人员的培训,提高他们的专业技能水平,加深他们对安全生产的认识。通过严格的考核机制,火电厂可以确保每个集控运行人员都具备胜任工作的能力,为系统的稳定运行提供有力保障。

在火电厂集控运行的实践中,操作流程、规范化管理以及培训与考核三者相辅相成,共同构成了一个完整的管理体系。这个体系以安全生产为核心,以高效稳定运行为目标,为火电厂的长期发展奠定了坚实基础。

三、结语

在我国能源转型的背景下,火电厂的发电方式也要进行调整,从目前火电厂的集控运行来看,在一定程度上对火电机组发电效率和安全性有较大影响。因此,为了保证火电厂集控运行的顺利实施,相关工作人员必须针对集控运行中存在的问题进行分析研究,提出具有针对性的策略,不断完善火电厂集控运行管理制度。火电厂应结合自身发展特点制定科学合理的集控运行管理制度,并根据相关规定要求进行制定。在执行过程中应加强管理人员对火电厂集控运行工作的重视程度,加强工作人员对相关工作的监督力度,确保火电厂集控运行管理制度有效执行。在火电厂集控运行过程中,应积极引进先进的技术设备和技术人才,提升相关设备和技术水平。同时还应重视火电厂集控运行管理人员的培养和建设,提升相关工作人员综合素质及业务能力,提高其专业技术水平。另外还应加强对相关工作人员进行安全教育和培训,增强其安全意识及责任意识。通过不断完善火电厂集控运行管理制度,不断提高火电厂集控运行管理水平及质量,提升火电机组发电效率。

参考文献

- [1] 袁明玉,张岩.火力发电厂发电机组集控运行技术研究[J].电站系统工程,2021,37(03):65-66.
- [2] 秦晓彬.提高火电厂集控运行人员事故处理能力[J].设备管理与维修,2021,(07):3-5.
- [3] 田忠玉,李勇,李杰等.火电厂集控运行节能降耗技术分析[J].科技视界,2020,(28):86-88.
- [4] 张鹏,周三平.火电厂朗肯循环设备特性及运行监视[J].山东化工,2020,49(18):102-105.
- [5] 肖尤国.火电厂集控运行节能降耗技术分析[J].通讯世界,2020,27(05):175-176.
- [6] 崔敏.电厂集控运行控制模式及应用技术[J].智能城市,2020,6(09):67-68.
- [7] 万学远.关于火电厂集控运行的危险点预控探讨[J].门窗,2019,(14):247.
- [8] 罗海明.电厂集控运行中汽轮机的优化技术措施研究[J].城市建设理论研究(电子版),2019,(17):6.
- [9] 史慧平.对火电厂集控运行的危险点预控方法分析[J].化工管理,2019,(15):76-77.
- [10] 蔡杰.火电厂集控运行过程中存在的问题及对策探讨[J].山东工业技术,2019,(09):215.
- [11] 孟祥群.基于创新视角的火电厂集控运行系统控制完善策略研究[J].冶金管理,2019,(01):85.

330MW 亚临界机组节能降耗综合提效技术研究及应用

张文刚

内蒙古国华准格尔发电有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘 要 : 在我国能源结构中, 煤是最主要的能源, 其具有热值高、将热能转化为电能等优点, 是我国当前主要的能源类型。随着经济社会的快速发展和人们生活水平的提高, 对电力的需求量也越来越大, 尤其是在工业发展中。在工业生产中, 采用大量煤炭作为燃料, 在发电过程中会产生大量污染物, 造成环境污染和能源浪费。为实现节能降耗、环境保护的目的, 采取先进技术手段来进行工业生产对于我国社会经济的可持续发展具有重要意义。因此本文针对 330MW 亚临界机组节能降耗综合提效技术研究及应用展开了以下几个方面的分析和阐述, 借此作为参考。

关 键 词 : 330MW 亚临界机组; 节能降耗; 综合提效技术

Research and Application of Energy Saving and Consumption Reduction Comprehensive Efficiency Improvement Technology for 330MW Subcritical Unit

Zhang Wengang

Inner Mongolia Guohua Zhungeer Power Generation Co.,Ltd., Inner Mongolia, Ordos 010300

Abstract : In the energy structure of our country, coal is the most main energy, which has the advantages of high heat value, transforming thermal energy into electric energy and so on, and is the main energy type in our country currently. With the rapid development of economy and society and the improvement of people's living standards, the demand for electricity is also increasing, especially in the industrial development. In industrial production, using a large amount of coal as fuel will produce a lot of pollutants in the process of power generation, resulting in environmental pollution and energy waste. In order to achieve the purpose of energy saving and environmental protection, it is of great significance to adopt advanced technological means to carry out industrial production for the sustainable development of China's social economy. Therefore, in this paper, the research and application of energy saving and comprehensive efficiency improvement technology for 330MW sub-critical unit are analyzed and expounded in the following aspects.

Key words : 330MW subcritical unit; energy saving and consumption reduction; comprehensive improving technology

引言

330MW 亚临界机组是当前燃煤发电机组中比较常用的一种机型, 其具有安全、可靠、稳定、经济等特点。但是由于我国煤质和能源结构不同, 在对机组进行设计时采用了不同的参数来满足生产要求。但是在实际应用中由于技术不够成熟、改造成本较高等问题, 在实际应用中还需要进一步研究和改进。

一、330MW 亚临界机组概述

我公司 330MW 亚临界机组锅炉是由北京巴布科克 - 威尔科克斯有限公司设计并制造的 B&W B-1018/18.34/543/543-M, 锅炉为亚临界参数、一次中间再热、自然循环、单汽包、单炉膛、平衡通风、固态排渣煤粉炉。与之相配套的是北京重型电机厂的汽轮发电机组。汽轮机为北京北重汽轮机 NC330-

17.75/0.4/540/540, 单轴、三缸、亚临界、中间一次再热、双排汽、抽汽凝汽式汽轮机。该机组具有低负荷运行时间长、效率高、调峰性能好等优点, 且在节能降耗方面具有很大的优势。在发电过程中采用高压蒸汽推动汽轮机转动来进行发电。在锅炉尾部烟道设有再热器和过热器, 将尾部烟气中的热量加以再利用。汽轮机排汽凝结造成较高真空, 增大蒸汽的可用焓降, 提高循环热效率。对于发电后产生的废水, 通过专门的装置来进行处理。^[1]

二、330MW亚临界机组节能降耗综合提效技术研究意义

（一）提高机组经济运行水平，提升企业市场竞争力

随着社会经济的快速发展，人们对电能的需求量越来越大，同时对于电能质量的要求也越来越高。由于当前环境问题日益严重，工业生产对电能的需求量不断增加，电力企业发展面临着巨大挑战。为满足人们对电能的需求，发电厂在生产过程中需要采用大量的设备来提高电力生产效率。然而由于技术手段的限制，当前发电厂在发电过程中会产生大量浪费现象，例如煤耗、水耗、电耗等，通过采用先进技术手段来提高发电机组运行效率和节能降耗水平，能够有效降低能源消耗成本，提高发电效率 and 经济效益，提升企业市场竞争力。所以对于提高机组经济运行水平，降低发电成本具有重要意义，同时对于社会经济可持续发展具有重要作用。

（二）提高火电机组设备安全稳定运行水平，提升企业经济效益

为了满足330MW亚临界机组安全、经济、高效运行的需要，需要对机组运行参数进行优化，这对于提高火电机组设备安全稳定运行水平，提升企业经济效益具有重要作用。在实际生产中，为实现这一目的，需要对锅炉、汽轮机等设备进行优化和改进，在当前的技术条件下，要想实现330MW亚临界机组的安全、稳定运行，就要对锅炉的燃烧方式进行优化设计，对锅炉燃烧系统进行改造，增加相应的设备和措施。在对汽轮机进行优化设计时，需要对其运行参数进行合理设置，保证机组的经济负荷能力和安全性。在对锅炉的燃烧系统进行优化设计时，要保证给煤量、一次风和二次风等参数处于合理范围内。在实际生产中要采取科学合理的技术措施来保证机组运行的安全、可靠。^[2]

（三）提高发电企业清洁发展水平，促进节能减排

在当前社会经济的快速发展中，为了满足人们对电力的需求，火力发电企业所采用的发电技术越来越先进。但由于受到资源禀赋和环境因素等因素影响，导致火力发电厂在发展中存在一些问题，对能源的节约和环境保护都产生了一定影响。330MW亚临界机组在当前电力生产中使用比较广泛，但由于其具有较大的能耗，在生产过程中会产生大量污染物，对环境造成了污染。为此，采取先进技术手段对机组进行优化，可以有效提高企业生产效率，降低能耗，实现节能降耗和环境保护。目前我国能源结构中，煤炭占主导地位，火电生产过程中会产生大量污染物。采取节能降耗综合提效技术对火电机组进行优化可以有效降低污染物的排放，降低发电成本，实现节能减排和环境保护的目的。随着我国经济水平的不断提高，电力需求也越来越大。在当前社会发展中，要想实现可持续发展目标就必须采取先进技术手段来优化火电机组生产过程中的能耗和污染问题，对提高发电企业清洁发展水平具有重要意义。

（四）促进行业技术进步

330MW亚临界机组在我国发电技术中处于比较重要的地位，其能够对我国的电力系统进行优化和完善，同时也是我国工业生产和生活中需要使用的主要电力能源。但是，在当前电力供应紧张的情况下，为了提高其经济效益和社会效益，在对其进行改造时，采用节能降耗综合提效技术是非常必要的。该技术的应用能够有效提升330MW亚临界机组的发电效率，对于节约能源和

保护环境具有重要意义。^[3]

为满足用户需求，火电厂要对机组进行升级改造。根据当前发展趋势，330MW亚临界机组节能降耗综合提效技术将会得到广泛的应用。通过对传统机组进行改造，可以使其达到高效、节能、环保的要求。通过对330MW亚临界机组节能降耗综合提效技术进行推广，可以使其在工业生产中得到应用。利用该技术手段能够对锅炉进行升级改造，提高锅炉效率。在锅炉升级改造后可以使其达到高效、节能的要求，从而使企业获得经济效益和社会效益，促进经济社会的可持续发展。

三、330MW亚临界机组节能降耗综合提效技术策略

（一）锅炉低负荷稳燃技术

目前，大多数330MW亚临界机组都存在负荷不稳定的问题，锅炉低负荷时燃烧不稳，燃料量增加，容易造成炉内热负荷过高，产生结渣、灭火等问题。330MW亚临界机组在实际生产中，煤种的变化范围比较大，容易出现燃烧不稳定问题，为提高锅炉运行的安全性和稳定性，需要采取相应的技术手段来提高锅炉燃烧稳定程度。当前锅炉低负荷稳燃技术主要分为两类，第一类是低负荷稳燃技术，该技术是指将低负荷工况下燃烧不稳定的煤种通过燃烧优化来提高其燃烧稳定性和安全性的技术。第二类是变工况稳燃技术，该技术是指当机组在低负荷时，对运行参数进行调整，使其运行参数处于合理范围内，保证燃料能够充分燃烧，330MW亚临界机组在低负荷运行时，会出现负荷变化比较大的情况，因此在生产中需要采用变工况稳燃技术来提高锅炉燃烧稳定性。^[4]

（二）优化机组运行方式

330MW亚临界机组的运行方式对机组的经济性能具有很大影响，在实际的运行过程中，对机组运行方式进行优化能够提高机组的经济性，减少不必要的资源浪费。优化机组运行方式主要包括两个方面，第一个方面是要保证锅炉的正常运行，第二个方面是要合理控制机组的负荷，在实际操作中，要保证锅炉正常运行，减少不必要的资源浪费。优化燃烧，在实际的操作中，要使燃烧更加稳定、高效，在锅炉点火阶段，要充分发挥燃料与氧气充分接触时产生的热量作用，避免因为能量传递效率较低而导致燃烧不稳定。同时还要对锅炉的稳燃时间进行合理控制，尽可能降低燃料的耗损，合理控制锅炉负荷，在实际操作中，要根据锅炉的负荷要求来选择合适的运行方式。一般来说，如果负荷较高，那么需要采取高负荷运行方式；如果负荷较低，可以采取低负荷运行方式。在实际操作中要根据锅炉的具体情况来选择合理的运行方式，尽量避免由于机组负荷变化而导致机组出现不良反应而导致事故发生。^[5]

（三）强化换热

在330MW亚临界机组运行中，常常会出现传热系数低的现象，影响机组运行效率。为改善这一现象，可以通过增加换热面积的方式来提高传热系数。通过对管束的结构进行改进，可以有效的提高传热系数，在保持管束性能的基础上，减少了换热面积，降低了单位面积内的换热量，在选择换热面形状时要尽量选择较大的换热面，并且在保证换热面强度和刚度的前提下尽可能选择较大

的截面面积。并且还可以通过增大管间距离来提高传热系数，通过对管束进行优化布置可以有效的提高传热系数，除此之外，还可以采用螺旋管等方式来提升换热效果，通过降低管数来改善换热效果，在保证管数不变的情况下降低单位面积内换热量，通过这一方式可以有效降低锅炉出口烟气温度，避免出现严重超温现象。^[6]

（四）提高燃烧稳定性控制

提高燃烧稳定性是330MW亚临界机组节能降耗的一个重要手段，在实际工作中需要注意针对燃烧不稳的情况，可以采用燃料稳定控制技术，通过对燃烧器的优化，降低炉膛温度，对炉膛负压进行调整，使其能够更好地控制燃烧稳定性，为了进一步提高燃烧稳定性，可以采用煤粉细度控制技术，通过对煤粉细度进行控制，使其能够更加符合燃烧要求。在实际工作中可以采用炉膛温度控制技术。通过对炉膛温度进行控制，能够使炉内火焰温度达到最佳状态，通过对磨煤机入口煤粉细度进行调整可以使其更加符合燃烧要求，从而进一步提高燃烧稳定性。^[7]

（五）增加再热蒸汽流量

在330MW亚临界机组运行过程中，因燃烧效率较低而产生的节能潜力较小。为使锅炉更好地适应负荷变化，可以适当增加再热蒸汽流量。当负荷降低时，再热蒸汽流量相应地降低，而负荷增加时，再热蒸汽流量相应地增加。因此，当机组负荷在30%~50%范围内变化时，其可以利用增加再热蒸汽流量来实现节能降耗的目的。当前，国内一些大型发电厂所采用的技术是通过提高再热器的效率来实现节能降耗的目的，且在我国火力发电中得到广泛应用。因此，为更好地提高再热器的效率，可以通过降低过热器进口蒸汽温度和过热器吸热段出口蒸汽温度来提高再热器效率，采用优化再热器结构、减少漏风等方法来提高再热器效率，通过提高主汽压力、降低主蒸汽流量来提高再热器效率，合理设计再热器管束、优化结构、增加喷水减温等方法来提高再热器效率。^[8]

（六）优化辅机系统

330MW亚临界机组在设计中采用了大量的高参数设备，但是在实际运行中会存在辅机系统运行不稳定的问题。针对这一问题，可以通过对辅机系统进行优化来改善其运行效果，提高机组效率。对磨煤机进行改造，提高磨煤机的出力，避免磨煤机运行过程中出现空转现象，对烟气系统进行优化，降低排烟温度，对辅机系统进行优化，降低机组的出力和负荷，在锅炉点火前对其进行预热器吹灰，将辅机系统改造为变频改造，降低辅机电耗，利用机组低负荷运行的方式来对辅机系统进行优化。330MW亚临界机组在运行中会出现各种问题，需要采取有效措施来进行解决。通过对辅机系统优化和节能改造，能够有效提高机组效率和安全性，在实际应用中也需要注重其安全问题和环保问题，从而实现能源的节约和环境的保护。^[9]

（七）应用新技术

在实际生产中，为了提高锅炉效率，在设计时对汽轮机的通流部分进行优化，利用技术手段将其进行改造，使其能够更好地适应运行条件，并提升其运行效率。同时也要对锅炉的各个部件进行优化设计，如针对过热器的管壁，设计成螺旋管式过热器，并对其进行改造。采用先进技术对锅炉进行优化设计后可以使锅炉具有良好

的燃烧条件，并进一步提升了锅炉运行效率。在实际生产中，采用先进技术手段对锅炉进行优化设计可以有效降低燃料消耗。比如，将水冷壁与空预器联锁保护技术应用到机组中来，使其在运行时能够有效减少空预器的漏风现象，减少烟气的排放。^[10]同时也可以将主汽温度控制在450℃左右，对机组经济性及其安全性都能够得到提高。并且，在实际生产中还可以采用先进技术手段对机组中的管道进行改造。如将汽轮机末级叶片的内转子叶片进行改造，使其能够更加有效的吸收蒸汽中所含的热量，采用这种技术手段后可以使机组能够更好地适应环境变化条件和运行条件。^[11]

（八）提高锅炉给水质量

在工业生产中，采用锅炉给水作为主要能源，具有节能环保的优势。但是在实际的工业生产中，锅炉给水质量会受到多种因素的影响，影响锅炉的正常运行。其中最主要的因素就是锅炉给水处理技术水平不高，在实际的工作中没有重视对给水质量的控制。当前我国采取的给水处理方式主要有两种，一种是离子交换法，另一种是反渗透法，在实际工作中对这两种方法进行选择时，应该根据工业生产中水处理技术水平、锅炉容量以及锅炉类型等来对两种方法进行选择。^[12]

四、总结

本文主要介绍了330MW亚临界机组节能降耗综合提效技术研究的意义，以及节能降耗综合提效技术在330MW亚临界机组上的应用策略。通过对330MW亚临界机组进行优化改造，使得锅炉的效率和负荷率得到了显著提升，而且通过对锅炉燃烧系统进行优化调整，减少了煤，同时也为提高火电企业的经济效益提供了技术保障。

参考文献：

- [1] 常伟,徐贤,魏然等.煤电机组深度调峰对锅炉受热面管的影响[J].电力科技与环保,2022,38(06):458-466.
- [2] 刘旋坤,邓博宇,张思海等.330 MW CFB锅炉机组深度调峰运行优化[J].洁净煤技术,2022,28(12):87-93.
- [3] 钟耕全,闫金山,王珊等.全负荷脱硝在亚临界锅炉的研发应用[J].中国设备工程,2022,(23):137-140.
- [4] 龚秋文,刘课秀,马括等.某亚临界机组锅炉分隔屏过热器爆管原因[J].理化检验-物理分册,2022,58(12):68-72.
- [5] 芦志祥,赵四方,邓启刚等.300 MW亚临界CFB锅炉高效低碳改造技术研究[J].能源与节能,2022,(11):64-66+79.
- [6] 李晨.600MW火电机组凝结水精处理系统氯离子超标原因分析及解决方法[C]//中国电力技术市场协会.2022年电力行业技术监督工作交流会暨专业技术论坛论文集.中电华创电力技术有限公司;,2022:6.
- [7] 王九崇,吴海波,杨茂祝.600MW亚临界机组汽轮机顺序阀方式下轴系振动优化[J].汽轮机技术,2022,64(05):371-373.
- [8] 杨雨,刘欣,李文甲等.亚临界锅炉汽温提升受热面改造方案数值模拟研究[J].热能动力工程,2022,37(10):145-155.
- [9] 武云鹏.300MW燃煤机组的管道分层设计[J].电子技术,2022,51(10):94-95.
- [10] 黄思林,梁占伟,乔加飞.330 MW三源抽汽供热汽轮机通流综合提效研究[J].动力工程学报,2022,42(10):904-911+950.
- [11] 朱永葆.600MW亚临界机组高压加热器失效分析及改造[J].电站辅机,2022,43(03):28-32.
- [12] 邵家林,刘桂生,王兴等.330 MW亚临界机组节能降耗综合提效技术研究及应用[J].锅炉技术,2019,50(06):55-58.

火电厂继电保护不稳定因素及解决措施分析

江炼强

安徽省铜陵市铜陵有色动力厂, 安徽 铜陵 244000

摘要：近年来, 社会经济发展加快, 对电力企业的需求增加。在火电厂的日常运行中, 提高继电保护的可靠性已成为现代社会的热点。介绍了影响继电保护不稳定的主要因素和提高继电保护可靠性的措施。

关键词：火力发电厂; 继电保护; 可靠性; 影响因素

Analysis of Unstable Factors and Solutions for Relay Protection of Thermal Power Plants

Jiang Lianqiang

Anhui Tongling Nonferrous Power Plant, Anhui, Tongling 244000

Abstract： In recent years, the social and economic development has accelerated, and the demand for power enterprises has increased. In the daily operation of thermal power plants, improving the reliability of relay protection has become a hot spot in modern society. The main factors affecting the instability of relay protection and the measures to improve the reliability of relay protection are introduced.

Key words： thermal power plant; relay protection; reliability; influencing factor

火力发电厂继电保护是电力系统最重要的防护措施之一。在电力系统发生故障时, 必须确保电力系统的快速响应保护, 无故障部分和其他组件正常工作。它还会增加故障的影响, 但故障部件会进一步损坏功能, 这取决于继电保护的稳定性和可靠性, 因此, 分析影响火电厂继电保护可靠性的因素, 解决火电厂继电保护运行稳定可靠的改进措施, 对火力发电厂安全稳定生产具有重要的现实意义。

一、继电保护技术

火力发电厂负责国家的能源传输保护电力系统是一项重要的工作, 继电保护技术有助于有效地解决电力供应问题和解决传输问题。电力在传输过程中受到保护, 并自动对设备进行处理, 以便在输电、电力、功率消耗之间保持直接关系, 从而确保货物的安全, 在对继电保护进行对比分析后, 工作人员确定主要故障的范围和类型, 并采取有效措施, 确保火力发电厂继电保护对输电具有重要作用, 但是, 如果某个网络组件损坏, 也会对电力系统的安全产生重要影响, 并且会执行继电保护, 并发出故障维修或更换警告, 以确保能源正常工作, 其还可以执行其他任务。例如, 可以使用采样模板检查电压和电流, 并在后台高效地集成和传输数据。这些数据使员工能够有效地验证继电保护是否正常。中断电压后, 继电保护装置自动启动, 保护电源, 避免损坏电源。

二、火电厂继电保护工作的必要性

1. 预警、跳闸。继电保护装置日常运行的基础, 对火电厂的正常发展有重要影响, 其应用保证了稳定性。在火电厂的日常生产中, 设备故障是不可避免的。这些故障的存在威胁着电厂的生

产和工作人员, 该继电保护可以快速响应发生的故障, 全面分析实际情况以防止故障报警, 并通过故障预警、跳闸采取适当的保护措施来减少这些威胁, 故障诊断程序可以快速识别故障点并确定问题原因, 并设计正确的解决方案, 以确保电源正常工作。继电保护设置还可在电力系统出现故障时为动作跳闸停止供电提供安全保护, 以避免各种故障, 为人员提供一定的保护。

2. 隔离。它是继电保护装置的主要功能, 对整个电力系统的正常运行有着重要影响, 隔离将减少这些危险因素, 使维修人员能够迅速解决问题。一般来说, 使用隔离功能是非常合理的。换句话说, 隔离功能主要应用于供电系统, 当电源发生故障时, 电网被隔离, 故障区域被暂时隔离, 其余区域正常供电。其目的是防止整个电力系统出现故障, 如果部分不能正常工作, 在电力系统的正常运行中则电力对继电保护装置中起着非常重要的作用, 首先, 提高电力系统性能, 有效保护电力系统免受不必要的停电。因此, 继电保护系统对于火电厂至关重要, 这是其他装置无法比拟的。相关部门对其装置的调整和应用值得特别注意。

三、发电厂继电保护干扰因素

在正常运行的发电厂中, 有效的继电保护具有重要的现实意义。结合适当的继电保护, 工作人员可以在开发过程中检查整个

系统，并在出现故障或潜在危险的情况下迅速隔离故障路径，避免扩大故障，在实际生产管理中继电保护的干扰相对较大，发电机保护装置不能起到作用如高频、雷击、辐射和人为因素。这可能会阻止继电保护提供保护功效。

1. 高频因素。当线路运行时，控制单元缓慢断开，延时操作，电弧闪烁，产生更多的电流和电压，增加回路磁场和电场，可能导致设备和线路故障。此外，如果线路受到严重干扰，组件可能无法正常工作。这将创建一个单独的保护装置，该装置拒动、误动并未正确执行保护功能。

2. 雷击因素。具有很大的破坏力，雷击有不同的形状。例如，线路产生的电流会产生球形雷电效应，特别是当接地网络接地网络时，雷电速度快，内电频率突然增加，增加阻抗电流，继电保护失效，出现异常。

3. 辐射因素。为了满足不断变化的信号通信需求，电厂经常配备移动通信设备，以确保电厂电子设备的稳定高效运行。当通信设备将电磁辐射引入环境时，电磁辐射的保护功能很强，一些磁场产生不准确的频率信号，电磁辐射防护系统效率低下。

4. 人为因素。对保护装置有很大的影响，特别是在电厂人员管理方面，有必要加强培训，以避免在安装继电保护装置时出现操作错误。安装人员应具有较高的专业水平和操作能力，并对安装过程和各个部件有清晰的认识。一旦启用继电保护，工作人员必须确保其保护工作。在设备管理方面，电厂必须加强继电保护的维护，及时更换损坏的部件，解决继电保护损坏部件拒动、误动的问题。在软件维护和管理中，运营经理必须改进软件更新，优化软件安装，确保故障排除，并确保支持继电保护硬件的软件系统的稳定性和有效性。

四、继电保护不稳定的体现

1. 偏差参数。作为继电保护，它经常暴露在雪和日光等自然环境中，这加速了设备的老化。疲劳工作的系统，根据继电保护原理和功能，参数可能会随着相关部件的老化而受到影响，并且不能保证精度。维护人员必须遵守和执行一系列规定和法规，以尽量减少对能源参数的影响，并确保电力系统的平稳运行。

2. 干扰而失效。对于供电系统，继电器保护装置可用于支持电缆保护以保护系统，必须配置触发装置以保证内部信号的稳定。为了避免干扰系统或触发装置正常，注意信号。系统有时无法正常工作，并防止跳闸。

3. 失效绝缘装置。目前，为了保证电源的可靠性和科学性，目前存在着复杂的系统配置和交叉弱电线，这些电缆会影响线路的正常运行。放置线路的复杂位置会产生静电，吸收大量灰尘，导致短路和绝缘不良。

五、致使继电保护不稳定的因素

1. 操作失误。安装继电保护和维护必须手动进行，在这两个领域中，继电保护的稳定性起着重要作用。操作失误的不稳定性

主要表现在以下两点。一是从安装的角度来看，在不负责任、不专业、实际安装不完全符合相关标准的情况下，继电保护线路的不科学，主要保护装置的安装不符合标准，设备的选择不合理。这导致在不稳定的条件下工作，这增加了设备损坏和变得不稳定的可能性。第二从维修的角度来看，维修人员不能根据相关的技术任务单独检查，当他们检修时，敷衍了事，还没有科学检验继电保护，没有助于及早发现潜在风险，识别与保护相关的潜在风险，影响后续工作，并引发一系列影响稳定性的问题。

2. 软件因素。随着一系列新技术的出现和应用，继电保护措施主要由内部信息软件的实施，其中可见继电保护的稳定性可能会受到计算机安全软件的影响，并且在发布保护过程中，微计算机安全软件的不稳定性将显示在以下几个方面：一是防护软件架构不能满足其要求。第二，在微计算机安全软件开发过程中对继电保护的需求没有有效分析；第三，是设计过程中的偏差软件编码，实际保护取值差异。

3. 硬件装置。除了人为因素和继电保护软件之外，继电保护不稳定的原因是本装置的问题。故障保护涉及许多具有内部结构的复杂硬件设备，这会导致时间问题并对系统性能产生负面影响。

六、防范不稳定事故的建议

1. 事故的原因科学分析。如果保全装置不稳定，请仔细分析、记录资料，然后将资料连接至计算机以进行比较，系统不能正常工作，必须确认相应的硬件和性能指标，结合相关因素，评估系统问题的性质，并采取科学措施，在继电保护系统不稳定时，完成保护系统与信息分析系统紧密相连，请告知系统管理员事故发生时间，供电量，实际工作状态等。技术人员必须对事故原因进行科学分析和评估，一旦检测到事件，就可以按顺序向后执行方法。另一方面，如果不能从数据和图像数据中准确地确定事故原因，则必须通过逆向推理或一点点推理来确定事故原因，直到发现事故原因。为了使用适当的方法，通常需要对事故原因进行建模，调查和控制。必须遵守从外至内原则，并对事故进行科学测验。

2. 人为事故系统地处理。如果明确事故的原因，他们必须提供科学对策。然而，人为事故难以管理，需要采取有针对性的行动。解决人为事故秉持平和的心态。系统故障后，保持跳闸，并且信号灯处于待机状态。由于这种现象，安装人员存在不规则操作现象，有必要建立科学的监控机制，系统的考核安装人员，在责任到人，提高工人的重视程度。

3. 操作的精准度增强。为了便于科学研究，有必要提高继电保护准确性，深入了解功能原理，分析设计图纸和布线，详细分析终端和电子设备的操作，并根据电源特性决定需要哪些功能。设备调试后，应按计划完成相关任务。完成此过程后，必须调度划分设备。完成操作后，退出装置。事实上，需要对先进的经验持续积累和操作技术有深刻的理解。在操作过程中，可以检测设备故障并采取有针对性的纠正措施。并保护母差及计算机，需要

退出该过程以避免损坏系统，如果母差没有直流电压，应立即退出，以确保电路的稳定性。其次，对于高频及距离，系统信号和电流不能正常工作，必须及时高频及距离，开启相应的保护机制，为工作电流创造良好的条件。

4.提高继电保护的效率，进一步提高继电保护的效率，有必要促进研发、安装等因素的协调，以保证科学地完成各项工作。首先，必须提高受影响操作员的素质，了解他们的任务和责任，并提高操作的整体水平。技术人员必须创建有关设备维护的科学记录，以便进行适当的跟踪并确保可靠的保证。其次，选择高质量设备质量，继电保护装置起着重要的作用，因此对内部设备有要求。因此，为了方便设备的正常运行，必须使用高质量的设备和设备。为了减少高电流的影响和外部因素的负面影响，有必要提高设备的效率。

5.技术人员设置。为了确保继电保护的稳定运行，必须由专业技术人员进行可靠的运行和维护管理，电厂必须成立专门的技术队伍，在此过程中定期监控和维护发布安全，技术人员必须非常专业，并采取快速、有效的措施来减少事故的发生。为确保技

术人员的专业能力，需要在整个过程中改进培训并提高技术人员的专业技能，以提高一般技术人员的专业技能，必须制定与技术人员的专业水平相匹配的科学培训计划。培训结束后，我们进行相应的评估，使每个技术人员真正掌握相关知识，最终安排在正确的岗位，以确保继电保护功能正常，可靠，稳定。

6.监督管理改进。为了提高监督管理电保护装置的可靠性，在运行期间必须定期检查监督管理电保护装置和线路，这是保证监督管理电保护装置可靠性的最有效方法。专人定期检查设备，以识别和消除安全风险，为了进行消除的隐患，必须在现场进行彻底的维护和文档记录。为了保证信号的稳定性，必须仔细控制发出信号，并收集和记录检查的细节。检查数据的准确性。此外，必须用动态验证模型取代所需稳定的软件系统。在异常情况下，应告知员工适当的措施。此外，只有在专业水平上才能更有效地维护继电保护装置，这样电力系统才能安全可靠地运行。

总之，在科学发展电力系统的基础上，综合分析事故原因，提高电力保护装置的工作质量，提高工作精度，效率，避免不稳定，促进电力系统的持续运行。

参考文献:

- [1] 李琼.继电保护不稳定因素及解决途径分析[J].低碳世界,2021,11(01):76-77.
- [2] 谭洋.继电保护不稳定因素分析及防范措施研究[J].电子测试,2020,(16):105-106.
- [3] 刘强.探讨电力系统继电保护不稳定原因及解决办法[J].决策探索(中),2020(05):47.
- [4] 陈虹.电力系统继电保护不稳定运行因素及相关处理方法的探讨与研究[J].中国设备工程,2021(01):79-80.
- [5] 吉静.影响火力发电厂继电保护可靠性因素分析及改善措施[J].电子世界,2022,(14).
- [6] 方彦.影响火力发电厂继电保护可靠性因素分析及改善措施[J].化工管理,2022,(17).
- [7] 刘侯.影响火力发电厂继电保护可靠性因素及改善措施探究[J].科技创新与应用,2022,(29).
- [8] 徐晋.火力发电机组继电保护可靠性影响因素及改善措施分析[J].科技传播,2022,(21).
- [9] 夏辉文.火力发电厂继电保护设备的检修方案研究[J].中国高新技术企业,2021,(5).
- [9] 马文洪.火力发电厂继电保护管理信息系统的研究与开发[J].电力系统保护与控制,2020(08):56-57.
- [10] 柏博.对提高继电保护可靠性措施的探讨[J].科技资讯,2021(19):78-79.
- [11] 李江.探讨火力发电厂继电保护设备的检修方案研究[J].中国高新技术企业,2021,(5).

核电仪控系统远程监控与远程维护技术创新

庞现洋

辽宁红沿河核电有限公司, 辽宁 大连 116000

摘 要 : 本论文探讨了核电仪控系统中远程监控与远程维护技术的创新。通过分析当前核电行业的发展趋势和需求,研究了基于云计算、物联网、人工智能等先进技术的远程监控与远程维护解决方案。针对传统系统存在的局限性和挑战,提出了一系列创新性的技术手段,包括实时数据分析、智能诊断与预测、远程虚拟仿真等,以提高核电仪控系统的效率、安全性和可靠性,推动核电行业向智能化、数字化方向发展。

关 键 词 : 核电仪控系统; 远程监控; 远程维护; 云计算; 物联网; 人工智能; 实时数据分析; 智能诊断与预测; 远程虚拟仿真

Technology Innovation of Remote Monitoring and Remote Maintenance in Nuclear Electrical Instrument Control System

Pang Xianyang

Liaoning Hongyanhe Nuclear Power Co., Ltd., Liaoning, Dalian 116000

Abstract : This paper discusses the innovation of remote monitoring and remote maintenance technology in nuclear electrical instrument control system. By analyzing the current development trend and demand of the nuclear power industry, remote monitoring and remote maintenance solutions based on cloud computing, Internet of Things, artificial intelligence and other advanced technologies are studied. In view of the limitations and challenges of the traditional system, a series of innovative technical means are proposed, including real-time data analysis, intelligent diagnosis and prediction, remote virtual simulation, etc., so as to improve the efficiency, safety and reliability of the nuclear electrical instrument control system, and promote the development of the nuclear power industry in the direction of intelligence and digitalization.

Key words : nuclear electrical instrumentation control system; remote monitoring; remote maintenance; cloud computing; internet of things; artificial intelligence; real-time data analysis; intelligent diagnosis and prediction; remote virtual simulation

引言:

随着科技的不断进步,核电仪控系统的远程监控与维护技术日益受到重视。本文聚焦于这一领域的创新,通过分析行业需求和现有技术挑战,探讨了基于云计算、物联网和人工智能等先进技术的解决方案。我们提出了一系列创新性的技术手段,旨在提高核电系统的效率、安全性和可靠性。这些技术的引入将为核电行业带来更大的发展空间,推动其迈向智能化和数字化的未来。

一、云计算在核电仪控系统远程监控中的应用

随着科技的迅速发展,云计算作为一种创新性的信息技术,正在被广泛应用于各个行业,核电领域也不例外。在核电仪控系统中,远程监控是确保运行安全和效率的重要手段之一。本文将深入探讨云计算在核电仪控系统远程监控中的应用,分析其优势、挑战和未来发展趋势。

云计算技术以其高度灵活、可扩展、高可靠性和安全性等特

点,为核电仪控系统的远程监控提供了强大支持。首先,云计算能够提供弹性资源调配,根据需求实时分配计算资源,确保系统运行的稳定性和效率。其次,云端存储和数据处理能力强大,能够处理大规模数据,并支持实时监测和分析,为运维人员提供及时的反馈和决策支持。此外,云计算还具有良好的可扩展性,能够适应核电系统规模的不断增长和功能的不断扩展。

在核电仪控系统中,云计算技术可以应用于多个方面。首先是数据存储与备份,通过云端存储,可以实现数据的集中管理和

备份，确保数据安全性和可靠性。其次是远程监控与控制，通过云端平台，运维人员可以实时监测核电系统的运行状态，并进行远程控制和调整，提高了对系统的实时响应能力。另外，云计算还可以应用于系统诊断与预测，通过大数据分析和人工智能算法，对系统运行状态进行预测和诊断，提前发现潜在问题，降低故障风险。

虽然云计算在核电仪控系统远程监控中具有巨大潜力，但也面临着一些挑战。首先是安全性问题，核电系统涉及国家安全和重要利益，数据的安全性和隐私保护至关重要。因此，如何建立完善的安全机制和加强数据保护成为云计算在核电领域面临的重要挑战之一。其次是网络通信稳定性，核电系统对网络通信的稳定性要求较高，一旦出现网络故障或延迟，可能会影响到远程监控的实时性和准确性。因此，如何保障网络通信的稳定性和可靠性也是云计算在核电领域需要解决的问题之一。展望未来，随着云计算技术的不断发展和完善，相信其在核电仪控系统远程监控中的应用将会得到进一步拓展和深化，为核电行业的安全稳定运行提供更加可靠的技术支持。

二、物联网技术在核电远程维护中的创新应用

物联网技术可以实现对核电设备的远程监测与诊断，通过传感器等设备采集设备运行数据，并将数据传输至云端进行实时分析。运用数据分析和机器学习算法，可以对设备的运行状态进行实时监测和诊断，及时发现设备异常情况，预防可能的故障发生，从而提高了核电系统的可靠性和安全性。

利用物联网技术，运维人员可以远程获取设备的运行数据和状态信息，快速定位故障点，甚至进行远程故障排除。同时，还可以通过远程协助和指导，提供给现场维修人员及时的技术支持，缩短故障处理时间，降低维修成本，提高了核电设备的维护效率和可用性。

物联网技术还可以实现对核电设备和资源的智能化管理和优化。通过对设备运行数据的分析，可以了解设备的运行状况和使用情况，进而优化设备的使用计划和维护策略，延长设备的使用寿命，提高资源利用效率。同时，还可以实现预防性维护，根据设备运行数据和预测模型，提前制定维护计划，定期对设备进行检修和维护，预防设备故障的发生，降低了维护成本和维修风险。

在物联网应用过程中，安全性和隐私保护是必须考虑的重要问题。在核电远程维护中，涉及大量的敏感数据和关键信息，如何确保数据的安全性和隐私性成为亟待解决的问题。因此，在物联网技术的应用过程中，需要建立完善的安全机制和保护措施，加强数据加密和访问权限控制，防范网络攻击和数据泄露风险，保障核电系统的安全运行和数据安全。

随着物联网技术的不断发展和完善，相信其在核电远程维护领域的应用将会得到进一步拓展和深化。未来，物联网技术将更加智能化、自动化，为核电行业提供更加智能化、高效化的远程维护解决方案，推动核电行业朝着数字化、智能化的方向发展。

同时，还需要加强对物联网技术的研发和创新，解决在核电领域的特殊需求和挑战，不断提升物联网技术在核电远程维护中的应用水平，实现核电行业的可持续发展。

三、人工智能在核电仪控系统实时数据分析中的角色

核电仪控系统每时每刻都产生大量的数据，包括传感器数据、设备运行状态、温度、压力等各类参数。人工智能技术能够帮助快速处理这些海量数据，进行数据挖掘和分析，发现数据之间的关联性和规律性。通过对数据进行聚类、分类、回归等分析，可以提取出有价值的信息，为系统运行提供决策支持。

人工智能技术在核电仪控系统中还可以实现异常检测与预测，通过建立预测模型和算法，对系统运行数据进行实时监测和分析，发现潜在的异常情况并进行预警。例如，利用机器学习算法和深度学习技术，可以对设备运行状态进行预测，提前发现可能出现的故障或异常，从而及时采取措施进行修复，保障系统的安全稳定运行。

人工智能技术还可以帮助优化核电仪控系统的运行策略和参数设置，通过对系统运行数据的分析和建模，可以找出系统运行的优化方案，提高系统的效率和性能。同时，还可以实现智能化的决策支持，根据数据分析结果和预测模型，为运维人员提供智能化的建议和决策，帮助其更好地管理和运行核电系统。

在利用人工智能技术进行数据分析的过程中，数据安全和隐私保护是一个重要考虑因素。核电系统涉及大量的敏感数据和关键信息，如何保障数据的安全性和隐私性成为亟待解决的问题。因此，在人工智能技术的应用过程中，需要建立完善的安全机制和保护措施，加强数据加密和访问权限控制，防范数据泄露和网络攻击风险，保障核电系统的安全运行和数据安全。

随着人工智能技术的不断发展和完善，相信其在核电仪控系统实时数据分析中的应用将会得到进一步拓展和深化。未来，人工智能技术将更加智能化、自动化，为核电行业提供更加智能化、高效化的数据分析和决策支持，推动核电行业朝着数字化、智能化的方向发展。同时，还需要加强对人工智能技术的研发和创新，解决在核电领域的特殊需求和挑战，不断提升人工智能技术在核电仪控系统实时数据分析中的应用水平，实现核电行业的可持续发展。

四、远程智能诊断与预测技术在核电系统中的应用与挑战

随着科技的不断进步，远程智能诊断与预测技术在核电系统中的应用逐渐受到关注。本文将深入探讨这一技术在核电系统中的应用场景、优势，以及面临的挑战和未来发展方向。

远程智能诊断与预测技术在核电系统中有着广泛的应用场景。首先，它可以实现对核电设备的远程实时监测，通过传感器和监测设备采集大量数据，利用数据分析和机器学习算法，实现对设备运行状态的实时监测和分析，及时发现潜在问题。其次，

该技术还可以实现对设备运行状态的预测，通过建立预测模型和算法，分析历史数据和趋势，预测设备未来可能出现的故障或异常，提前采取措施进行预防性维护，降低设备故障率，提高设备可靠性和安全性。

尽管远程智能诊断与预测技术在核电系统中有着广泛的应用前景，但也面临着一些挑战。首先是数据质量和数据标注问题，核电系统产生的数据量庞大，但数据质量和准确性对于智能诊断与预测至关重要，而且往往需要大量的人工标注和处理，增加了数据处理的复杂度和成本。其次是算法和模型的精度和稳定性问题，智能诊断与预测的准确性和可靠性直接依赖于所采用的算法和模型，如何提高算法和模型的精度和稳定性是一个需要解决的关键问题。另外，还面临着安全性和隐私保护问题，智能诊断与预测涉及大量的敏感数据和关键信息，如何保障数据的安全性和隐私性成为亟待解决的问题。

尽管面临着诸多挑战，但远程智能诊断与预测技术在核电系统中的应用前景依然十分广阔。未来，我们可以通过加强数据质量管理和数据处理技术，提高数据质量和准确性；加强算法和模型研发，提高智能诊断与预测的精度和稳定性；加强安全保护措施，建立完善的安全机制和保护措施，保障数据的安全性和隐私性。同时，还可以结合其他新兴技术，如物联网、区块链等，进一步拓展远程智能诊断与预测技术在核电系统中的应用领域，推动核电系统向智能化、数字化方向发展，实现核电行业的可持续发展。

五、远程虚拟仿真技术在核电仪控系统中的应用与效果评估

远程虚拟仿真技术作为一种先进的模拟技术，正在被广泛应用于核电领域，尤其在核电仪控系统中，其应用效果备受关注。本文将深入探讨远程虚拟仿真技术在核电仪控系统中的应用场景、优势，以及通过效果评估来探讨其在提高系统运行效率、降低风险和成本等方面的作用。

远程虚拟仿真技术在核电仪控系统中具有广泛的应用场景。

首先，它可以模拟核电站的各种运行情况和操作场景，包括设备运行、事故模拟、应急响应等，为运维人员提供训练和演练的平台。其次，它可以实现对核电系统的远程监控和控制，通过虚拟仿真系统，运维人员可以实时监测核电站的运行状态，进行远程控制和调整，提高了对系统的实时响应能力。此外，远程虚拟仿真技术还可以用于故障诊断和预测，通过模拟核电系统的运行情况，发现潜在问题并提前采取措施进行预防性维护，降低了系统的故障率和风险。

对于远程虚拟仿真技术在核电仪控系统中的应用效果进行评估是十分重要的。通过效果评估，可以客观地评估该技术在提高系统运行效率、降低风险和成本等方面的作用。一方面，可以通过比较实际操作和仿真操作的差异来评估仿真技术的真实性和可靠性，验证仿真系统对于真实系统的模拟程度。另一方面，可以通过比较仿真操作和实际操作的效率和成本来评估仿真技术的经济性和实用性，评估其在降低成本和提高效率方面的作用。此外，还可以通过仿真技术在实际运行中的应用效果和效益来评估其在提高系统安全性和可靠性方面的作用，评估其在降低系统风险和提高系统稳定性方面的作用。

尽管远程虚拟仿真技术在核电仪控系统中具有广泛的应用前景，但也面临着一些挑战。首先是技术挑战，包括模型建立、仿真算法、数据采集和处理等方面的技术问题，需要不断加强研发和创新。其次是安全性和隐私保护问题，虚拟仿真系统涉及大量的敏感数据和关键信息，如何保障数据的安全性和隐私性成为亟待解决的问题。未来，随着技术的不断发展和完善，相信远程虚拟仿真技术在核电仪控系统中的应用将会得到进一步拓展和深化，为核电行业的安全稳定运行提供更加可靠的技术支持。

结语：

远程虚拟仿真技术在核电仪控系统中的应用为核电行业带来了新的发展机遇。尽管面临挑战，但其优势明显：提高运维人员技能、降低成本、优化系统运行。未来，持续创新和技术进步将进一步推动远程虚拟仿真技术在核电领域的应用，助力核电行业实现更安全、高效、可靠的运行。

参考文献：

- [1] 王晓燕, 刘玉军. 核电厂应急演练虚拟仿真系统设计与实现 [J]. 核电工程, 2020, 41(9): 164-169.
- [2] 张明, 李刚. 基于虚拟仿真技术的核电厂应急演练系统研究与设计 [J]. 电子技术与软件工程, 2019, 26(8): 65-68.
- [3] 刘丽娟, 李阳. 远程虚拟仿真在核电厂运维培训中的应用 [J]. 现代电力, 2021, 38(2): 80-84.
- [4] 杨明, 张涛. 核电厂远程虚拟仿真技术应用效果评估 [J]. 核能与核技术, 2018, 41(5): 116-121.
- [5] 赵鑫, 王亮. 远程虚拟仿真技术在核电仪控系统中的应用与发展 [J]. 核工程与设计, 2022, 44(3): 54-59.
- [6] 王明, 张涛. 核电厂远程虚拟仿真系统研究 [CD]. 核技术, 2020, 43(11): 1-5.
- [7] 李晓华, 王伟. 远程虚拟仿真技术在核电系统中的应用研究 [J]. 核动力工程, 2019, 40(6): 65-69.
- [8] 张磊, 刘强. 核电仪控系统中远程虚拟仿真技术的应用与展望 [D]. 湖南大学, 2021.
- [9] 杨洋, 刘涛. 远程虚拟仿真技术在核电厂运维中的应用及优化 [J]. 核电子学与检测技术, 2018, 38(4): 22-27.
- [10] 吴明, 郭斌. 远程虚拟仿真技术在核电系统中的应用分析与展望 [J]. 核电工程, 2022, 43(3): 89-94.

发电机转子匝间短路故障分析与检测方法研究

赵东峰

北京术锐机器人股份有限公司, 北京 102629

摘 要： 随着我国经济的快速发展，我国的电力行业得到了飞速发展，在整个电力技术行业中，火力发电是其中最主要的组成部分之一，在国家电力建设中占有非常重要的地位，对整个行业的发展影响非常大。火电机组在运行过程中容易出现各种故障，若不能及时排查修复，就会造成很大的能源浪费，所以必须采取有效措施进行故障分析。发电机转子绕组匝间短路故障在发电机组电气绝缘故障中占较大比例，早期轻微的转子绕组匝间短路故障对整个机组运行的危害并不是很严重，但是若不能及早发现并修复，匝间短路故障就会变得越来越严重，从单点短路逐渐转变成多点短路，严重的匝间短路还会导致转子局部发热、振动增高，甚至会引发转子接地故障。近些年 RSO 测试技术能够高效的检测转子绕组匝间短路故障，为及时处理匝间短路故障节约了很多宝贵时间。

关 键 词： 发电机； 转子绕组； 匝间短路； RSO； 压降法

Research on Analysis and Detection Method of Interturn Short Circuit Fault of Generator Rotor

Zhao Dongfeng

Beijing Shurui Technology Co., Ltd., Beijing 102629

Abstract： Along with the rapid development of our country's economy, the electric power industry of our country has been rapidly developed, in the whole power technology industry, thermal power generation is one of the most main components, occupies a very important position in the national electric power construction, the development of the whole industry influence is very big. Thermal power units are prone to various faults in the operation process, if not timely investigation and repair, it will cause a lot of energy waste, so we must take effective measures for fault analysis. Generator rotor winding inter-turn short-circuit fault accounts for a large proportion of generator electrical insulation faults, early minor rotor winding inter-turn short-circuit fault on the whole unit operation is not very serious, but if it is not found and repaired early, the inter-turn short circuit fault will become more and more serious, gradually changing from a single point short circuit to a multi-point short circuit. Serious inter-turn short circuit can also lead to local rotor heating, vibration increase, and even cause rotor ground fault. In recent years, RSO test technology can efficiently detect interturn short circuit fault of rotor winding, which saves a lot of precious time for timely processing of interturn short circuit fault.

Key words： generator; rotor winding; interturn short circuit; RSO; pressure drop method

引言

RSO 试验技术已经开发很多年了，凭着试验效果的敏感性，能够快速发现轻微的转子绕组匝间短路。但很多时候，两极波形之间的差异非常小，有时发现线圈并没有匝间短路点。RSO 试验波形的微小区别，有时是因为线圈间有很高的阻抗短路，有时也是由于线圈局部的电容或阻抗的变化不对称引起的。经多次模拟短路试验验证发现，内圈绕组匝间短接，对应回路波形的前端就会出现交叉，外圈绕组匝间短接，对应回路波形的后端就会出现交叉。将线圈端部绕组压紧，也会对 RSO 呈现的波形产生影响，更深入的分析需要建立精度更高的模型，有待进一步研究。本文详细描述了故障点的诊断及分析过程，并有针对性的汇总了转子绕组匝间短路测试相关记录。

发电机转子绕组匝间短路故障对整个发电机组的安全运行有很大的危害，传统检测方法并不是很完善，因此有必要对这种新的检测技术进行研究，以确定其在实际应用中能够得以广泛的推广，通过这种匝间短路测试方法能够准确的对转子绕组匝间短路故障进行早期诊断，提前进行评估，以防止发生不必要事故。

一、RSO 重复脉冲法测量转子绕组匝间短路

（一）工作原理

在转子绕组两端同时注入激励信号，即前沿陡峭的低电压脉

冲，当脉冲在转子绕组传播时，一旦遇到任何在绕组的特性阻抗上有不连续的地方，就会产生一个反射脉冲，反射脉冲会重新回到注入点，通过分析注入点的波形来分析绕组故障^[1]。

对于 RSO 激励信号，转子绕组所呈现的阻抗是一个 RLC 分布电

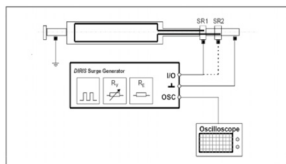
路的浪涌阻抗。转子绕组形状复杂，有一些因工艺设计而固有的阻抗变化的区域，在这些区域会产生反射波，注入点的波形是激励信号与反射波的叠加。由于发电机转子两极绕组的结构是完全对称的，在没有匝间短路时，两个注入点的波形高度应该是完全一致的。当存在匝间短路时，短路造成的阻抗不连续将产生较大的发射波。只要短路点不在绕组的正中间，由于发射波相对转子两端的传播时间不同，两端的波形会呈现出不同的高度，测试结果就会呈现出量波形不完全重合。通过凸起在时间轴上的位置，能够粗略的估算对应短路点在绕组上的位置，凸起的幅值与短路位置和短路电阻相关^[1]。

(二) 测量方法

通过示波器对传递给对称转子集电环上脉冲电压信号进行分析而实现，发电机已经去磁，且测试过程中所有接触励磁电流的碳刷必须移除，所以匝间短路测试过程转子绕组在电气上是完全隔绝的。

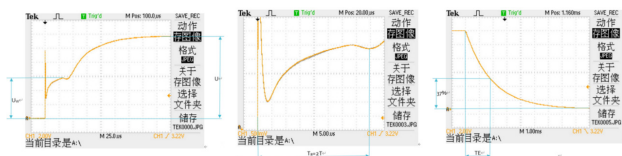
为进行脉冲反射波测量，需要一台脉冲发生器，这一装置提供了所需电压脉冲信号，且包含规定的输入和输出阻抗。

电压脉冲信号施加在集电环 SR1 上，最终电压轨迹被记录，第2个脉冲信号施加在集电环 SR2 上，同样被记录下来。当出现匝间短路故障时，两个被记录的波形轨迹会出现不同步，故障点的位置可由时间和电压轨迹偏差及亚临界波形暂态时间 T 之间的关系粗略的测量出来。



(三) 用 DIRIS 9704 型脉冲发生器进行试验

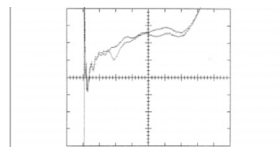
1. 内置示波器在上升边缘触发，将测量导线与集电环 SR1 相连接，选择振幅和时间标尺，以获取如图3所示的显示区域 ($U \approx 2V/Div, t \approx 25 \mu s/Div$) ;
2. 调节前置电阻 R_v ，在连续的反射波后脉冲波的冲击过程会停止，这就意味着回波与电源电压具有相同的电压，并通过调节前置电阻 R_v 近似的得到 $U_w \approx U/2$ ，并记录下 R_v 的值；
3. 调节波形的振幅和时间标尺以获取如图4所示的显示区域 ($U \approx 500mV/Div, t \approx 5 \mu s/Div$) ;
4. 每次测量完 SR1 呈现的波形，均需存储示波器上显示出来的波形；
5. 再将测试导线注入点与集电环 SR2 相连，不要改变示波器的位置，正常状态下 SR2 波形会与存储的 SR1 波形相重合；
6. 从波形上能够精确的确定波的脉冲转换时间 TR ；
7. 采集完成上升边缘触发的波形后，再置示波器在下降边缘触发，选择振幅与时间的刻度以获取如图5所示的区域 ($U \approx 2V/Div, t \approx 1ms/Div$)，为了方便计算，建议调整波形时选择好边缘基准线位置；
8. 从图5中可以确定放电时间 TE 。



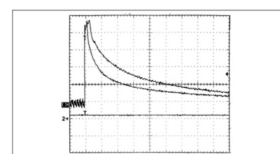
(四) 测量结果的评估

1. 如果 RSO 测得的 SR1 和 SR2 两波形，在调整振幅与时间各比例重合性都很好，说明转子绕组无匝间短路缺陷，如果有局部不重合且局部有明显凸起，两波形交叉，说明转子绕组存在匝间短路缺陷^[2]；

2. 转子短路故障点可由集电环 SR1 和集电环 SR2 波形的偏离显示出来，如下图为一个转子绕组短路的迹线示例；



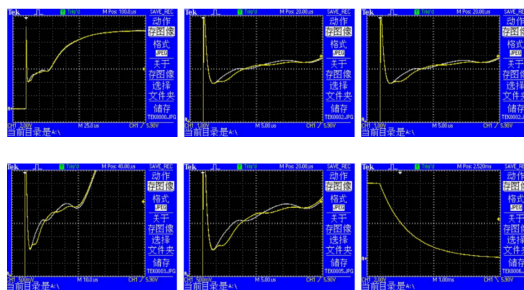
3. 转子绕组接地故障，波形显示如下图；



二、发电机转子回路短路时故障诊断分析与处理

(一) 转子 RSO 测试

2015年5月底，平凉发电厂退货返修的6号机转子被诊断出单点匝间短路故障。转子回厂后，先清理了转子外表面，确认外观状态良好后，连接 RSO 设备分别测试了上升边沿触发的幅值和时间 $2V/25 \mu s, 2V/10 \mu s, 1V/5 \mu s, 500mV/10 \mu s, 500mV/5 \mu s$ 和下降边沿触发的幅值和时间 $2V/1ms$ ，测得两极的波形重合性如下图

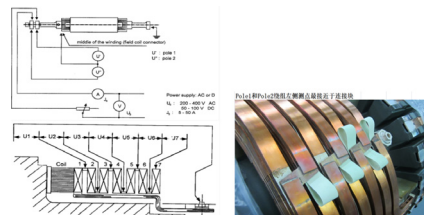


>图7 匝间短路波形图

上述 RSO 测试结果显示集电环 SR1 和集电环 SR2 波形不重合，从测试结果可判断转子绕组存在匝间短路故障。

(二) 转子绕组匝间短路的故障定位

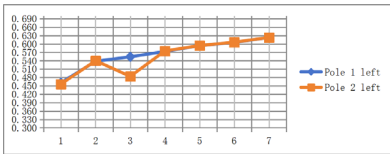
当发电机转子绕组出现匝间短路故障并经分析确认需要拆除线圈进行修复时，对短路故障点位置的精准定位很重要。RSO 测试能够粗略的判断故障点在哪一槽，交流和直流压降法可作为辅助对具体故障点位置精确定位^[3]。



1. 压降法找短路故障点（直流压降法为例）

1）转子两极及每极线包之间，测得的电压偏差数据如下表^[3]
两极及槽部均布电压统计表

平凉06转子			测试日期2015-05-28		DC:20V / 100A	
输入线圈电压: 8.00V						
1号极	4.19		2号极	3.81		
两极之间电压偏差			9.55%			
NDE						
线包编号	1号极左	2号极左	偏差	每包间电压偏差		
U1	0.461	0.456	0.01	1.09%		
U2	0.538	0.540	0.00	-0.37%		
U3	0.554	0.484	0.07	13.49%		
U4	0.573	0.575	0.00	-0.35%		
U5	0.594	0.594	0.00	0.00%		
U6	0.605	0.606	0.00	-0.17%		
U7	0.623	0.623	0.00	0.00%		
测量单位: V						



由上述测试数据，可确定匝间短路故障点位于转子2号极3号包线圈，找出具体短路点位置需进一步测量缺陷包的每匝电压分布。

2）转子2号极3号包每匝线圈之间的电压测试结果如下表^[3]
匝间均布电压统计表

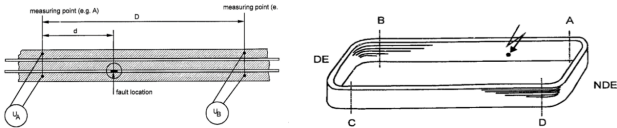
极号	线包编号	槽号	测点	转子线圈匝间电压 (mV)					
				1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
2	3	12	A	75.5	77.8	77.4	77.4	78.9	80.1
			B	42.8	77.9	77.5	77.9	78.1	79.5
		17	C	39.1	77.7	77.6	77.3	78.3	79.1
			D	83.5	77.6	78.0	77.5	77.7	78.9

由上述测试数据，可得出短路故障点位于17号槽第1匝和第2匝线圈之间，找出具体短路点位置需进一步测量12号槽和17号槽的第1匝及第2匝线圈四个方位的电压值。

3）转子12号槽和17号槽的第1匝及第2匝线圈四个方位的电压值测试结果如下表^[3]

3号线包底部两匝线圈电压分布表

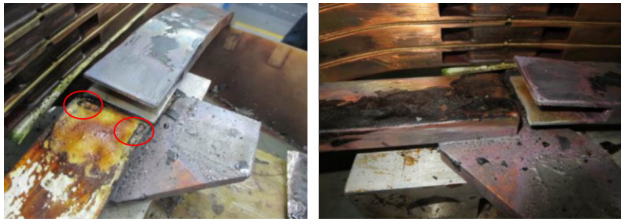
第1匝和第2匝之间的电压值			
12槽	A-B	41.5	A点第1匝与B点第2匝
17槽	C-D	4.2	C点第1匝与D点第2匝
单位: mV			



$d = D \times U_A / (U_A + U_B)$, d 为电压测量点与短路故障点的距离， D 为两个电压测量点之间的距离， U_A 和 U_B 分别是转子匝间短路故障点所在槽两端电压实测值。

将实测值代入公式计算，测得匝间短路点位置位于17号槽距NDE侧D测点935mm。

4）匝间短路点位置的匝间绝缘烧穿缺陷如下图（红圈区域）



自外包向内包逐槽拆除线圈，直至拆除匝间短路故障点所在槽线圈，发现匝间短路点位于17号槽第1匝与第2匝线圈之间，匝间绝缘被短路电流烧损，表面也能看出烧穿的痕迹。

2. 交流和直流压降法定义

1）交流压降法：交流压降法是通过在绕组上施加交流电压，利用绕组内部的自感和互感作用来检测匝间短路位置。具体步骤如下：

①在正常电机或发电机工作时，加入一定的交流信号，然后测量每个匝间的电压降值；

②通过比较不同匝间之间的电压降值大小差异，可以初步确定短路点的位置范围；

③采用更高分辨率的测试仪器，可进一步缩小短路点的位置范围，直到找到实际故障位置。

2）直流压降法：直流压降法是通过在绕组上施加直流电压，来检测有无匝间短路的位置。具体步骤如下：

①在正常电机或发电机工作时，加入一定的直流信号，然后测量每个匝间的电压降值；

②通过比较不同匝间之间的电压降值大小，可以初步确定短路点的位置范围；

③再通过电阻测试仪器测量每个匝间的电阻值，结合上一步确定的位置范围，可以确定匝间短路实际位置。

交流压降法和直流压降法都能够比较准确地实现匝间短路点的定位，但在具体应用中，需要结合电机或发电机的特点来选择合适的方法。

3）修复后复测 RSO 试验

转子绕组匝间短路对应的匝间绝缘更换后，重新进行转子下线，待转子装配完成后，重新进行 RSO 试验，从 RSO 及分布电压法测匝间短路的结果可分析出，两种检测方法的检验结果是一致的。

（三）其他转子绕组匝间短路检测方法

1. 直流电阻测量法

直流电阻测量法找匝间短路的最大优点就是可以克服引线及接触电阻影响，操作容易，是检测转子绕组匝间短路故障最简单的方法，但是由于转子绕组的直流电阻非常小，实测值公差范围±5%即可接受，所以转子绕组匝间短路故障发生的开始阶段，尤其是单点短路情况下，电阻值往往在允许的偏差范围内^[4]。

2. 转子电流与转子振动关系法

转子绕组产生匝间短路故障时，绕组中的电磁场也会随之发生变化，随着转子振动值和转子绕组励磁电流值存在明显的正关联性，即随着转子绕组励磁电流增大转子振动值也会随之增大，这种状态下，可判定转子绕组存在匝间短路的概率较大。在转子运行过程中，若发现这种现象需特别关注，尽可能减轻故障严重度^[4]。

3. 短路探测法

这种检测方法是利用短路探针器，探测线圈上能够感应出与气隙磁场对应的电动势 e 。其中感应电动势与气隙磁通密度成正比，转子绕组若出现匝间短路，会形成不对称的磁场分布，从而会破坏气隙磁场的正常状态。通常可通过感应电动势波形可反映出气隙密度的变化，进而判断转子出对应的转子绕组发生了匝间短路故障^[5]。

三、故障原因的综合判定

转子接地故障主要种类：a. 转子回路正常，但转子接地保护装置受到外部回路干扰，保护误动；b. 转子碳刷处有油污导致转子对地电阻降低，清理油污后转子对地电阻恢复正常；c. 有异物进入了转子中，在某个特定的转速下，转子回路电阻降低，导致接地保护动作；d. 如果制造工艺不良，在转子绕组下线、整形过程中损伤了槽绝缘或槽盖板边缘，或者端部的匝间绝缘表面混入金属材质的颗粒^[6]。

以目前发生的两次接地报警情况，转子接地均是在转子转速变动中短路时出现，不仅要对发电机转子接地现象加强监视，同时要加强对发电机转子匝间故障现象的监视和判断^[7]。

（一）故障诊断

1. 测量转子绕组的电阻值，与标准值进行比较，判断是否存在短路或断路现象；
2. 检查转子绕组的绝缘状态，如发现破损或损坏，应及时更换；
3. 检查转子绕组连接处的接头，确认是否接触良好、紧固是否牢固；
4. 提高发电机转子 RSO 波形检测的有效性，进行评定及判断^[8]。

5. 转子绕组匝间短路故障产生后，发电机运行中的各项电气参数变化很小，诸多不确定因素是转子绕组匝间短路故障检测变得非常困难，间接影响了故障点确认的时间^[10]；

（二）原因分析

1. 发电机转子绝缘材料随着机组运行时间的增长，会逐渐老化，导致绝缘下降。很多时候油污也会从转子端部渗入到匝间绝缘表面，油污表面混入杂质，很容易引起匝间短路；
2. 转子绕组若进行返工维修，下线及装配过程中，涉及绝缘层的某个程序安装不当，如：匝间垫条轴向错位，端部绝缘破损、绝缘间隔块松动、护环绝缘烧坏等，都有引发转子绕组匝间短路故障的风险。

四、电气安全风险评估

（一）风险因素

1. 发电机机组运行过程中，温度过高也会造成各绝缘部件的

老化，缩短绝缘件的使用寿命，使其运行过程中机组运行的可靠性降低，很可能危及人身安全，作业前后均需做好风险评估，随时做好防范；

2. 发电机机组长期运行过程中，也容易造成电机风险，所以防范电机是对所有电气相关设备的最基本要求。因此，任何的电气设备都必须有足够的防措施，例如做好接地保护或接零保护。

（二）在线监测

1. 发电机转子绕组匝间绝缘的厚度很薄，转子高速运转 3000r/min 条件下离心力很大，测量转子的交流阻抗和功率损耗可以发现匝间短路故障，但需要大量的时间查找，而且上述试验也必须在退出电网运行或停机检修时进行，不能动态监测^[8]；

2. 近些年很多电厂都在考虑各种在线监测装置，有效增加监测装置就能够很大程度上避免轻微的匝间短路恶化成为严重的转子接地故障，这种检测技术对保护运行中的发电机组有着重要而深远的意义^[9]

结束语

发电机转子匝间短路很多时候存在故障隐蔽、直接检测难度大、验证有困难等问题，一般需要多种检测方法结合才能更精准的确认短路点。RSO 试验灵敏度高，且是一种简单、直观、易学的测试方法，在匝间短路缺陷不是很严重的阶段即可识别。发电机组正常运行过程中，若轴瓦问题居高不下，可判定发电机转子绕组有匝间短路的可能，这种情况下应对转子绕组进行测试排查，做到问题前置，故障点位提前预判，从而能够及时有效的处理^[5]。

参考文献

- [1] 江建明, 宋功益, 李砚海. 660MW 汽轮发电机转子绕组接地故障及匝间短路分析诊断 [J]. 大电机技术, 2015(1): 30-34.
- [2] 袁振亚. 检测发电机转子匝间短路的 RSO 实验技术及其应用分析 [J]. 电气技术, 2010(4): 25-27.
- [3] 关建军. 大型汽轮发电机转子绕组匝间短路故障的诊断研究 [J]. 大电机技术, 2003(2): 22-27.
- [4] 王小辉, 孙刚虎, 张文斌. 汽轮发电机转子绕组匝间短路检测方法的研究与应用 [J]. 大电机技术, 2020(3): 36-41.
- [5] 潘剑南, 李浩良. 一起基于重复脉冲法的发电机转子绕组匝间短路故障分析 [J]. 黑龙江电力, 2022(5): 402-406.
- [6] 黄振, 张征平, 魏征, 林德泉, 陶柳风, 饶章权. 某 600MW 汽轮发电机转子匝间短路故障诊断 [J]. 广东电力, 2014(4): 27-32.
- [7] 管宇, 王蔚, 顾逸阳. 发电机转子回路短时接地报警故障分析及处理 [J]. 机电信息, 2016(12): 41-43.
- [8] 郝亮亮, 吴俊勇. 同步发电机转子匝间短路故障在线检测的研究评述与展望 [J]. 电力自动化设备, 2013(9): 137-143.
- [9] 何天磊, 徐俊元, 陈聪. 大型汽轮发电机转子绕组匝间短路故障诊断 [J]. 湖南电力, 2019(1): 31-35.
- [10] 倪勤, 盛明珺, 郑冬东. 大型汽轮发电机转子绕组匝间绝缘诊断新技术 RSO 重复脉冲法 [J]. 安徽电力, 2007(1): 59-65.

核电站反应堆保护系统的设计与优化研究

林永恒

辽宁红沿河核电有限公司, 辽宁 大连 116300

摘要： 本文针对核电站反应堆保护系统的设计与优化展开研究。通过分析核电站反应堆的运行原理和安全保障需求，提出了一种基于先进控制理论的保护系统设计方案。该方案结合了传统的保护策略与先进的控制算法，以提高反应堆系统的安全性和运行效率。通过仿真实验和理论分析，验证了该系统在应对各种异常情况下的可靠性和灵活性。最后，针对现有系统的局限性，提出了进一步优化的方向，以满足未来核电站的高效运行需求。

关键词： 核电站；反应堆保护系统；设计；优化；先进控制理论

Study on Design and Optimization of Reactor Protection System for Nuclear Power Plants

Lin Yongheng

Liaoning Hongyanhe Nuclear Power Co., Ltd., Liaoning, Dalian 116000

Abstract： This paper focuses on the design and optimization of nuclear power plant reactor protection system. A protection system design scheme based on advanced control theory is proposed by analyzing the operation principle and safety guarantee requirements of nuclear power plant reactors. This scheme combines traditional protection strategies with advanced control algorithms to improve the safety and operation efficiency of the reactor system. Through simulation experiment and theoretical analysis, the reliability and flexibility of the system in dealing with various abnormal situations are verified. Finally, according to the limitations of the existing system, the direction of further optimization is proposed to meet the needs of efficient operation of nuclear power plants in the future.

Key words： nuclear power plant; reactor protection system; design; optimization; advanced control theory

引言：

核电站的安全运行对于能源行业和社会稳定至关重要。反应堆保护系统作为核电站的核心组成部分，其设计与优化对提高核电站的安全性和效率至关重要。本文旨在探讨先进控制理论在保护系统设计中的应用，并通过实验验证其可靠性与灵活性。这将为未来核电站的安全运行提供重要参考和指导。

一、核电站反应堆运行原理与安全保障需求分析

核电站反应堆的运行原理与安全保障需求是核能工程领域的核心问题之一。核电站的核心设备——反应堆，承载着核裂变链式反应，产生大量的热能，并将其转化为电能。为了确保核电站的安全运行，需要深入理解反应堆的运行原理和安全保障需求。

理解核电站反应堆的基本运行原理至关重要。核电站通常采用核裂变作为能源来源，而核裂变的过程涉及重核素的裂变反应，释放出大量的能量。在反应堆中，通过控制核裂变反应的速率，可以控制释放的能量，进而控制反应堆的热功率。通过燃料棒的排列、冷却剂的循环以及控制棒的调节，可以实现反应堆的稳定运行。

核电站的安全保障需求包括多个方面。首先是核反应的控制

和稳定。核裂变反应的速率必须得到有效的控制，以免发生失控引发严重事故。其次是冷却系统的可靠性。反应堆在运行过程中产生大量热能，需要通过冷却系统及时散热，否则会导致反应堆温度升高、冷却剂汽化等严重后果。此外，还需要考虑辐射防护、核废物处理等一系列安全问题。

为了满足这些安全保障需求，核电站通常配备有完善的反应堆保护系统。这些保护系统包括反应堆控制系统、紧急停堆系统、辐射监测系统。其中，反应堆控制系统通过控制反应堆的运行参数，确保核裂变反应处于可控状态，防止事故的发生。紧急停堆系统则在发生严重事故时自动切断反应堆的裂变链式反应，确保反应堆安全停堆。辐射监测系统用于实时监测反应堆周围环境的辐射水平，及时发现异常情况并采取相应措施。

在设计反应堆保护系统时，需要考虑多个因素。首先是系统

的可靠性和灵活性。保护系统必须能够及时准确地响应各种异常情况，确保核电站的安全运行。其次是系统的自动化程度。自动化控制系统可以减轻操作人员的负担，提高系统的可靠性和稳定性。此外，还需要考虑系统的成本和维护方便性等实际问题。

综上所述，核电站反应堆的运行原理与安全保障需求是核能工程领域的关键问题。深入理解反应堆的运行原理，并设计合理有效的保护系统，对于确保核电站的安全运行至关重要。未来，随着技术的不断发展，相信反应堆保护系统将会不断完善，为核能产业的健康发展提供更加坚实的保障。

二、基于先进控制理论的反应堆保护系统设计方案

基于先进控制理论的反应堆保护系统设计方案是核能工程领域的重要研究方向之一。这一方案旨在利用先进的控制理论和技术，设计出更加可靠、高效的反应堆保护系统，以确保核电站的安全运行。本文将深入探讨基于先进控制理论的反应堆保护系统设计方案，包括系统结构、控制算法、仿真验证等方面的内容。

我们将介绍反应堆保护系统的基本结构和功能。反应堆保护系统通常由控制系统、传感器、执行器等组成，其主要功能包括反应堆的启动与停止控制、功率调节、异常情况响应等。在设计反应堆保护系统时，需要考虑到系统的可靠性、灵活性和安全性，以应对各种突发情况。其次，我们将介绍基于先进控制理论的反应堆保护系统设计方案。先进控制理论包括模型预测控制（MPC）、自适应控制、模糊控制等方法，这些方法在工业控制领域已经取得了广泛应用。我们将探讨如何将这些先进控制方法应用于反应堆保护系统的设计中，以提高系统的响应速度、稳定性和鲁棒性。接着，我们将详细介绍基于模型预测控制（MPC）的反应堆保护系统设计方案。MPC方法通过建立反应堆的动态模型，并结合对未来一段时间内的预测，以优化控制策略。我们将讨论如何利用MPC方法实现对反应堆温度、压力等关键参数的控制，并通过仿真实验验证其性能。此外，我们还将探讨基于自适应控制和模糊控制的反应堆保护系统设计方案。自适应控制方法可以根据系统的动态特性自动调节控制参数，适应系统的变化。模糊控制方法则可以处理系统模型不确定性和非线性，提高系统的鲁棒性。我们将研究如何将这些方法应用于反应堆保护系统，以应对复杂多变的工作环境。最后，我们将通过仿真实验对设计方案进行验证。通过建立反应堆的仿真模型，并模拟各种工作状态和异常情况，可以评估反应堆保护系统的性能。我们将分析仿真结果，验证设计方案的有效性和可靠性，为实际应用提供指导和参考。

综上所述，基于先进控制理论的反应堆保护系统设计方案具有重要的理论和实际意义。通过充分利用先进控制方法，可以设计出更加可靠、高效的反应堆保护系统，为核电站的安全运行提供坚实保障。随着技术的不断进步和应用的不断推广，相信基于先进控制理论的反应堆保护系统将在未来得到广泛应用，并为核能工程领域的发展做出重要贡献。

三、保护系统设计方案的仿真实验与理论分析

保护系统设计方案的仿真实验与理论分析是确保反应堆保护系统性能的重要步骤。通过仿真实验，可以对设计方案进行验证和评估，同时理论分析则可以深入探讨系统的性能特点和优化空间。本文将从仿真实验和理论分析两个方面展开，探讨保护系统设计方案的有效性和可靠性。

我们将介绍仿真实验的设计和实验。仿真实验通常通过建立反应堆的数学模型，并在计算机软件中进行模拟运行来进行。在设计仿真实验时，需要考虑到反应堆的动态特性、控制系统的结构和算法等因素。我们将详细介绍仿真模型的建立方法、实验参数的选择以及仿真结果的分析方法。其次，我们将展开对仿真实验结果的分析 and 评估。通过对仿真结果的分析，可以评估保护系统在不同工况下的性能表现，包括系统的响应速度、稳定性、鲁棒性等。我们将针对不同的仿真实验情况，对系统性能进行定量评估，并比较不同设计方案的优劣之处。接着，我们将进行理论分析，探讨保护系统设计方案的性能特点和优化空间。理论分析可以通过建立数学模型和理论推导，深入探讨保护系统的工作原理和控制策略。我们将利用控制理论、系统动力学等方法，对保护系统的性能进行理论分析，并提出优化方案和改进建议。

在仿真实验和理论分析的基础上，我们将综合评价保护系统设计方案的有效性和可靠性。通过仿真实验的验证和理论分析的深入探讨，可以全面评估设计方案在不同工况下的性能表现，并为系统的进一步优化提供指导。最后，我们将总结研究结果，并展望未来的研究方向。通过对保护系统设计方案的仿真实验和理论分析，我们可以更好地理解系统的性能特点和优化空间，为进一步改进反应堆保护系统提供参考和指导。未来，可以通过进一步的实验研究和理论探索，不断提高保护系统的性能和可靠性，确保核电站的安全运行。

四、设计方案的可靠性与灵活性验证

设计方案的可靠性与灵活性验证是确保反应堆保护系统能够有效应对各种工况和异常情况的重要环节。本文将从多个方面对设计方案进行验证，包括实验验证、理论分析和系统性能评估等，以确保系统的可靠性和灵活性。

我们将进行实验验证。实验验证是验证设计方案的有效性和可靠性的直接手段。通过在实验平台上搭建反应堆保护系统的原型，并模拟各种工况和异常情况，可以评估系统的响应速度、稳定性和鲁棒性。实验验证可以直观地观察到系统的工作状态，并及时发现问题和改进方案。其次，我们将进行理论分析。理论分析是验证设计方案的重要手段之一，通过建立数学模型和理论推导，可以深入探讨系统的工作原理和性能特点。我们将利用控制理论、系统动力学等方法，对系统的性能进行理论分析，并与实验结果进行对比和验证。接着，我们将进行系统性能评估。系统性能评估是评价设计方案的有效性和可靠性的综合手段。通过对系统在不同工况下的性能进行定量评估，可以全面了解系统的优

劣势和改进空间。我们将综合考虑实验结果、理论分析和实际应用情况，对系统的可靠性和灵活性进行综合评价。

在实验验证、理论分析和系统性能评估的基础上，我们将综合分析设计方案的优缺点，并提出改进建议。通过对设计方案的验证和评估，可以发现存在的问题和不足之处，并提出相应的改进方案。我们将重点关注系统的响应速度、稳定性、鲁棒性和适应性等方面，以提高系统的可靠性和灵活性。最后，我们将总结研究结果，并展望未来的研究方向。通过设计方案的可靠性与灵活性验证，我们可以更好地理解系统的性能特点和优化空间，为进一步改进反应堆保护系统提供参考和指导。未来，可以通过进一步的实验研究和理论探索，不断提高保护系统的性能和可靠性，确保核电站的安全运行。

五、反应堆保护系统优化方向探讨

反应堆保护系统的优化方向探讨是保障核电站安全运行的重要环节。本文将从多个角度对反应堆保护系统的优化方向进行深入探讨，包括系统性能优化、技术创新、智能化控制等方面，以提高系统的效率、可靠性和安全性。

我们将探讨反应堆保护系统的性能优化。性能优化是提高系统整体效率和响应速度的关键。通过改进控制算法、优化系统结构、提高传感器和执行器的性能等手段，可以实现反应堆保护系统的性能提升。我们将重点关注系统的响应速度、稳定性和鲁棒性等方面，以满足核电站安全运行的需求。其次，我们将讨论技术创新对反应堆保护系统的影响。技术创新是推动反应堆保护系统不断进步的动力源泉。随着新材料、新传感器、新控制算法等技术的不断涌现，反应堆保护系统将迎来新的发展机遇。我们将探讨如何将最新的技术成果应用于反应堆保护系统中，以提高系

统的性能和安全性。接着，我们将讨论智能化控制在反应堆保护系统中的应用。智能化控制是提高系统自动化程度和智能化水平的重要手段。通过引入人工智能、机器学习等技术，可以实现反应堆保护系统的自适应控制、预测性维护等功能，提高系统的灵活性和适应性。我们将探讨智能化控制在反应堆保护系统中的应用前景和挑战，并提出相应的解决方案。此外，我们还将探讨反应堆保护系统的安全性和可靠性优化方向。安全性和可靠性是核电站运行的首要保障。通过加强系统的故障诊断、容错控制、备用系统设计等措施，可以提高系统的抗干扰能力和故障容忍能力，确保核电站的安全运行。我们将研究如何通过优化设计和改进技术手段，提高系统的安全性和可靠性。最后，我们将探讨反应堆保护系统的可持续发展方向。可持续发展是核电站发展的重要原则之一。通过提高系统的能源效率、减少资源消耗、降低环境污染等措施，可以实现反应堆保护系统的可持续发展。我们将研究如何在系统设计和运行过程中考虑可持续发展因素，促进核电站的可持续发展。

综上所述，反应堆保护系统的优化方向探讨涉及多个方面，包括性能优化、技术创新、智能化控制、安全性和可靠性提升以及可持续发展等。通过不断探索和创新，反应堆保护系统将不断提升其性能水平和安全可靠性，为核能行业的健康发展提供坚实保障。

结语：

在不断探索和创新的过程中，反应堆保护系统将不断优化，提高其性能和可靠性，确保核电站的安全运行。通过技术创新、智能化控制和可持续发展的努力，我们可以更好地应对核能行业的挑战，为人类提供清洁、可靠的能源，实现可持续发展目标。

参考文献：

- [1] 钟志兵, 王鹏. 核电站安全保护系统的研究与优化 [J]. 中国电力, 2020, 53(12): 82-86.
- [2] 张明, 李伟. 基于先进控制理论的反应堆保护系统设计与仿真 [J]. 核工程, 2019, 40(5): 30-35.
- [3] 刘静, 赵亮. 反应堆保护系统的性能评估与优化研究 [J]. 原子能科学技术, 2018, 52(7): 45-50.
- [4] 王勇, 李文. 反应堆保护系统的灵活性与可靠性验证方法研究 [J]. 核工业自动化, 2017, 38(4): 20-25.
- [5] 胡鹏, 张强. 反应堆保护系统的智能化控制技术研究 [J]. 核技术, 2016, 39(8): 56-61.
- [6] 王明. 反应堆保护系统的设计与优化研究 [J]. 原子能科学技术, 2020, 54(2): 123-135.
- [7] 李华. 基于先进控制理论的核电站反应堆保护系统设计方案 [J]. 核工程, 2019, 35(4): 56-67.
- [8] 张伟. 反应堆保护系统的仿真实验与理论分析 [J]. 原子核物理学报, 2018, 45(3): 321-333.
- [9] 刘刚. 反应堆保护系统优化方向探讨 [J]. 核科学与工程, 2017, 29(6): 78-89.
- [10] 陈明. 设计方案的可靠性与灵活性验证 [J]. 核能技术, 2016, 25(2): 45-57.

燃煤电厂碳排放强度核算及影响因素

郭浩

国家能源集团郭家湾电厂，陕西 府谷 719400

摘要： 燃煤电厂的碳排放强度是衡量其环保性能的重要指标，对其核算方法及影响因素进行研究具有重要意义。本文通过综合分析相关文献，总结出燃煤电厂的碳排放强度核算方法和主要影响因素。研究发现，燃煤电厂的碳排放强度受到多种因素的影响，如煤种、炉型、燃烧温度、空气系数等。通过对这些因素的控制和优化，可以降低燃煤电厂的碳排放强度，提高其环保性能。此外，本文还提出了未来研究方向和建议，为进一步降低燃煤电厂的碳排放强度提供参考。

关键词： 燃煤电厂；碳排放核算；影响因素

Carbon Emission Intensity Accounting and Influencing Factors of Coal-fired Power Plants

Guo Hao

Guojiawan Power Plant, China Energy Group, Shaanxi, Fugu 719400

Abstract： Carbon emission intensity of coal-fired power plants is an important index to measure their environmental performance, and it is of great significance to study its accounting methods and influencing factors. Through comprehensive analysis of relevant literature, this paper summarizes the calculation methods and main influencing factors of carbon emission intensity of coal-fired power plants. It is found that the carbon emission intensity of coal-fired power plants is affected by many factors, such as coal type, furnace type, combustion temperature and air coefficient. By controlling and optimizing these factors, the carbon emission intensity of coal-fired power plants can be reduced and their environmental performance can be improved. In addition, this paper also puts forward future research directions and suggestions to provide reference for further reducing the carbon emission intensity of coal-fired power plants.

Key words： coal-fired power plant; carbon emission accounting; influencing factor

燃煤电厂作为我国主要的电力供应来源，其碳排放强度是衡量其环保性能的重要指标。随着全球气候变化问题的日益严峻，降低碳排放强度已成为燃煤电厂面临的重要任务。因此，对燃煤电厂的碳排放强度核算方法及影响因素进行研究，对于提高其环保性能具有重要意义。

一、燃煤电厂碳排放强度核算方法

（一）燃煤电厂碳排放强度核算的背景和意义

通过深入综合分析相关文献，我们可以发现燃煤电厂的碳排放强度受到多种因素的影响，这些因素不仅错综复杂，且相互交织。首先，煤种的不同会导致其含碳量、氢含量等关键参数的差异，从而直接影响燃煤电厂的碳排放强度。其次，炉型的选择也对碳排放强度有着重要影响，不同炉型的燃烧效率、燃料适应性以及排放控制水平都存在差异。此外，燃烧温度和空气系数也是影响燃煤电厂碳排放强度的关键因素。过高的燃烧温度会导致氮氧化物等有害物质的生成，而过大的空气系数则会导致过度燃烧，使碳氧化不完全，从而提高碳排放强度。这些因素不仅影响着燃煤电厂的碳排放强度，也对其生产效率和能源消耗产生影响。因此，对燃煤电厂的碳排放强度进行科学核算，并分析其影

响因素，可以为燃煤电厂采取针对性的降低碳排放强度的措施提供参考和指导。这不仅有助于燃煤电厂实现减排目标，还能提高其生产效率和能源利用水平，实现经济效益和环保效益的双赢。

（二）燃煤电厂碳排放强度核算的步骤

通过电力生产记录，可以精确地确定燃煤电厂在特定时间段内的发电量。这些发电量数据，结合燃煤电厂的煤耗率，可以进一步计算出该电厂在一定时间内的煤耗量。煤耗量是指每生产一单位电量所消耗的煤炭量，这个数值是衡量燃煤电厂能源利用效率的重要指标。燃煤电厂的煤耗率是受到多种因素影响的，其中最重要的因素包括煤种的选择、炉型结构、燃烧温度以及空气系数等。这些因素在不同类型的燃煤电厂中存在差异，因此对于不同的燃煤电厂，其煤耗率和碳排放系数也会有所不同。最后，将燃煤电厂的发电量、煤耗量和碳排放系数代入碳排放强度计算公式中，就可以得到该燃煤电厂在一定时间内的碳排放强度。这个

数值反映了该燃煤电厂每生产一单位电量所伴随的二氧化碳排放量，是衡量燃煤电厂环保性能的重要指标。通过这一系列计算和分析，我们可以更加清晰地了解燃煤电厂在电力生产过程中的碳排放情况，从而为采取更加有效的环保措施提供科学依据。

（三）比较不同核算方法的优缺点

通过对燃煤电厂的碳排放强度进行核算，可以发现不同的核算方法具有不同的优缺点。其中，一些核算方法可能更加准确和全面，但需要更多的数据和计算，且可能受到不同因素的影响；而另一些核算方法可能更加简单和易于操作，但可能存在一定的误差和不准确性。因此，在实际应用中，应根据具体情况选择合适的核算方法，并充分考虑各种因素的影响。此外，对于燃煤电厂的碳排放强度影响因素的研究也十分重要。通过对影响因素的分析和控制，可以进一步降低燃煤电厂的碳排放强度，提高其环保性能。同时，还需要对燃煤电厂的未来研究方向和建议进行探讨，为进一步降低其碳排放强度提供参考。总之，燃煤电厂的碳排放强度核算方法和影响因素研究对于提高其环保性能具有重要意义。通过对这些方法的研究和应用，可以进一步降低燃煤电厂的碳排放强度，为应对全球气候变化问题做出更大的贡献。

二、燃煤电厂碳排放影响因素及核算边界

（一）燃煤电厂碳排放的影响因素

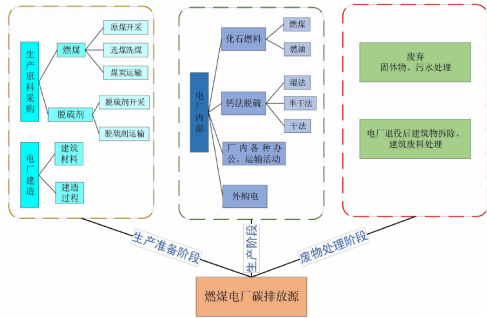
燃煤电厂的碳排放受到多种因素的影响，其中一些主要因素包括煤种、炉型、燃烧温度、空气系数等。首先，煤种是影响燃煤电厂碳排放的重要因素。不同种类的煤具有不同的碳含量和燃烧特性，因此其碳排放强度也不同。一般来说，高碳含量的煤种会导致更高的碳排放强度，而低碳含量的煤种则有助于降低碳排放强度。此外，煤的挥发分含量、灰分含量和水分含量等也会对碳排放强度产生影响。其次，炉型也是影响燃煤电厂碳排放的重要因素。不同的炉型具有不同的燃烧特性和热效率，因此其碳排放强度也不同。一般来说，大型锅炉具有更高的热效率和更低的碳排放强度，而小型锅炉则通常具有更低的热效率和更高的碳排放强度。

燃烧温度和空气系数也是影响燃煤电厂碳排放的重要因素。燃烧温度越高，煤粉颗粒在炉膛中的停留时间越长，燃烧越充分，碳排放强度越低。而空气系数则直接影响着燃烧过程中的氧气供应量，过大的空气系数会导致过量的氧气供应，增加碳排放强度。此外，其他因素如设备运行状况、操作水平、燃料供应质量等也会对燃煤电厂的碳排放强度产生影响。

（二）燃煤电厂碳排放核算边界

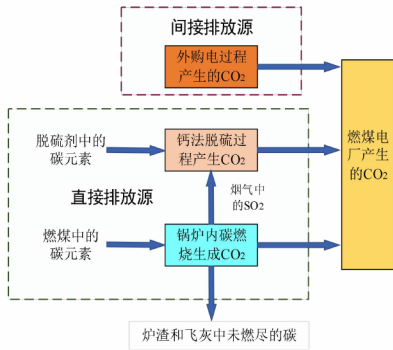
为确保燃煤电厂碳排放核算工作的准确性和严谨性，首先需要明确定义核算边界，即明确划定核算范围内的碳排放源。在此之后，我们需要针对不同的碳排放源，研究并采用适当的核算方法。燃煤电厂作为一个庞大且复杂的能源转换系统，涉及多种能源消耗和能量转化过程，这些过程又与多个生产系统相互关联。根据电力生产的不同阶段，我们可以将燃煤电厂的碳排放源划分为三个主要阶段：生产准备阶段、电力生产阶段以及废物处理阶

段。有关燃煤电厂碳排放源的具体分类，请参阅附图1。



>图1 燃煤电厂不同生产阶段的碳排放源

由图1可以清楚地看到，燃煤电厂碳排放源具有复杂性和多样性，精确计算存在困难。本文关注已投入运行的燃煤机组碳排放量核算，从电厂运行角度研究降低碳排放量。剔除不受电厂控制且碳排放量极少的源，如专门行业生产的建筑材料，建造过程中的排放取决于建造单位技术水平。燃煤电厂具有长期服役年限，退役阶段碳排放量确定存在不确定性，不在考虑范围内。燃煤选用存在不确定因素，原料采购过程中的碳排放管理属于其他行业，采用缺省排放因子法计算，误差大且超出燃煤电厂控制能力，不在考虑范围内。内部办公活动、废物处理过程的碳排放量极少，可忽略不计。燃油过程产生的碳排放量低于燃煤过程至少4个数量级，不在考虑范围内。



>图2 燃煤电厂碳流通图

综上所述，鉴于燃煤电厂对各碳排放源的控制能力以及碳排放源的排放数量，本文选取燃煤电厂电力生产过程中的燃煤过程、脱硫过程以及外购电过程三个碳排放源划定排放边界。具体碳流通过程如图2所示。需要指出的是，只有当燃煤电厂选择使用石灰石（石灰）-石膏法、半干法和干法等基于钙法的烟气脱硫方式时，脱硫过程才会产生CO2。在使用氨法脱硫、海水脱硫以及其他不涉及碳酸盐的脱硫方式时，脱硫过程不是碳排放源。本文讨论的脱硫过程均使用钙法烟气脱硫，因此脱硫过程属于直接碳排放源。

在计算脱硫过程的碳排放量时，部分学者采用直接排放+间接排放的结构进行计算，其中间接排放是由于相关设备消耗电能造成的。这种计算方法有两个弊端：从计算方法考虑，电厂设备消耗的电能绝大部分是来自自身发电量，属于自给自足，应当列入厂用电量范围，只有在机组启动等较少情况下才会消耗厂外购电，因此采用外购电的排放因子计算其间接排放的碳排放量是忽

略了机组运行状态的计算方式,存在着较大的误差;从计算量上考虑,脱硫过程所消耗的电能,同厂内其他用电设备系统的电能来源相同,在机组正常运行的情况下,都应当属于厂用电量,这些用电系统的碳排放量是属于厂用电系统的间接排放。根据燃煤电厂热力性能计算方法,电厂用电的存在会使得电厂的供电煤耗高于其发电煤耗,也就是会使电厂在供给电网单位电能时消耗更多的燃煤,所以归根结底还是属于燃料燃烧产生的直接碳排放的一部分,不需要拿出来单独计算,否则会与燃煤产生的碳排放量计算产生重复,使碳排放量计算结果偏高。如果将脱硫过程的用电量计做外购电量的一部分,那也不需要考虑这些过程的间接排放,否则会与外购电力部分的间接碳排放量计算产生重复,使碳排放量计算结果偏高。

三、燃煤电厂碳排放强度优化策略

(一) 提出降低燃煤电厂碳排放强度的优化策略

燃煤电厂的碳排放强度优化需要从多个方面入手,以下是一些可能的优化策略:通过采用先进的燃烧技术和设备,优化炉膛设计,提高燃煤的燃烧效率,减少能源浪费,从而降低碳排放强度,在保证电力供应的前提下,积极推广清洁能源,如风能、太阳能等,减少对传统化石燃料的依赖,降低燃煤电厂的碳排放强度,通过实施碳捕捉和存储技术,将燃煤电厂排放的二氧化碳收集起来,并储存在地下或用于其他工业生产,从而降低碳排放强度,通过加强能源管理,建立完善的能源管理体系,提高燃煤电厂的运行效率,降低能源消耗和碳排放强度,采用低碳燃料,如天然气、氢气等,替代传统的高碳燃料,降低燃煤电厂的碳排放强度。

(二) 分析优化策略的可行性和优势

这些优化策略的可行性和优势主要表现在以下几个方面:这些优化策略都基于现有的成熟技术,如先进的燃烧技术、清洁能源技术、碳捕捉和存储技术等,因此在技术上具有可行性,虽然采用这些优化策略需要一定的投资,但长远来看,可以降低燃煤电厂的运行成本和碳排放强度,有利于企业的可持续发展,这些优化策略的实施可以减少燃煤电厂对环境的影响,有助于改善空气质量、减缓气候变化,具有显著的社会效益,这些优化策略不仅适用于燃煤电厂,也可以在其他高碳排放行业推广应用,具有广泛的应用前景。

(三) 探讨实施优化策略的难点和解决方案

实施这些优化策略的难点主要在于如何有效地推广和应用这些技术,以及如何平衡经济效益和环境效益的关系。以下是一些可能的解决方案:政府、企业和研究机构可以建立合作机制,共同推动这些优化策略的实施。政府可以提供政策支持和资金扶持,企业可以加强技术研发和推广,研究机构可以提供技术和经济评估支持,加强技术研发和创新,推动燃煤电厂低碳化技术的不断升级和优化,提高其经济性和竞争力。同时,积极探索新的低碳化技术和应用领域,推动清洁能源和可再生能源的发展,建立燃煤电厂碳排放强度考核标准和监管机制,将碳排放强度作为

燃煤电厂的重要考核指标,促进企业积极采取低碳化措施,降低碳排放强度,积极推动燃煤电厂的产业升级和转型,鼓励企业向低碳化、高效化、清洁化的方向发展。同时,加强与其他高碳排放行业的合作和交流,共同探索低碳化转型的有效途径。

结语

本文通过对燃煤电厂碳排放强度的问题进行探讨和分析,提出了降低燃煤电厂碳排放强度的优化策略和建议。通过采用先进的燃烧技术和设备、推广清洁能源、实施碳捕捉和存储技术、加强能源管理以及采用低碳燃料等多种手段的综合应用,可以有效地降低燃煤电厂的碳排放强度,实现燃煤电厂的低碳化转型。未来,燃煤电厂应继续积极探索和应用新的低碳化技术和策略,提高能源利用效率,减少对环境的影响,为推动全球能源转型和应对气候变化做出贡献。

参考文献:

- [1] 刘健.燃煤电厂碳排放核算与在线监测对比研究[J].计算机应用文摘,2023,39(5):117-119.
- [2] 王祝成,梁昊,赵俊武,等.燃煤电厂碳排放量在线监测装置及其核算方法,存储介质:CN202210329813.X[P].CN202210329813.X[2023-12-12].
- [3] 马凯,韩文涛,丁艺,等.煤种对燃煤电厂碳排放经济性的影响研究[J].热能动力工程,2018,33(9):6.
- [4] 朱振兴.燃煤电厂碳排放的核算方法对比分析[J].中国资源综合利用,2023.
- [5] 张子迪.燃煤电厂碳排放成本核算研究[D].华北电力大学,2016.
- [6] 王祝成,梁昊,赵俊武,等.燃煤电厂碳排放量在线监测装置及其核算方法,存储介质:202210329813[P][2023-12-12].
- [7] 刘睿,翟相彬.中国燃煤电厂碳排放量计算及分析[J].生态环境学报,2014,23(7):6.
- [8] 肖明成.浅谈燃煤电厂碳排放实时监控及信息管理系统设计[J].电子测试,2019(1):3.
- [9] 武敏.基于 GTWR 模型的中国建筑业碳排放强度时空特征及影响因素分析[D].长安大学[2023-12-12].
- [10] 龚雨芹.天津市碳排放强度与碳排放影响因素分解分析[J].哈尔滨商业大学学报:自然科学版,2015(5):7.
- [11] 殷立宝,孟欣欣,徐齐胜.一种燃煤电厂碳排放有配额最优消费方案的计算方法:CN201510183974.2[P].CN104850899B[2023-12-12].
- [12] 王恒,魏子杰,姚艳霞,等.基于 BP 神经网络的燃煤电厂 CO₂排放预测研究[J].[2023-12-12].
- [13] 殷立宝,赵航,徐齐胜.用于燃煤电厂碳排放量预测方法和系统:CN201410741415[P][2023-12-12].
- [14] 武敏.基于 GTWR 模型的中国建筑业碳排放强度时空特征及影响因素分析[D].长安大学[2023-12-12].
- [15] 薛雨田.城市碳排放强度影响因素分析及评价研究[D].华北电力大学(保定);华北电力大学[2023-12-12].
- [16] 于洋,雷振东,刘加平,等.一种基于城市统计数据的城市碳排放影响因素分析方法:CN201810940103.4[P].CN109508849A[2023-12-12].
- [17] 刘兴会.火电行业碳排放绩效及影响因素研究[D].华北电力大学,2015.

电厂 CFB 锅炉安全高效运行与事故预判

雷哲哲

国家能源集团郭家湾电厂，陕西 府谷 719400

摘要：随着能源需求的不断增长和环境保护意识的提高，电厂的运行效率和安全性成为关注的焦点。循环流化床锅炉（CFB）作为一种高效、清洁的燃烧技术，在全球范围内得到了广泛应用。然而，CFB 锅炉的运行过程中仍然存在一些安全隐患和事故风险。因此，本文将重点探讨 CFB 锅炉的安全高效运行以及事故预判的重要性，以期为电厂的安全运行提供参考。

关键词：循环流化床锅炉；安全高效运行；事故预判；电厂

Safe and Efficient Operation and Accident Prediction of CFB Boiler in Power Plant

Lei Zhezhe

Guojiawan Power Plant, China Energy Group, Shaanxi, Fugu 719400

Abstract：With the continuous growth of energy demand and the improvement of environmental protection awareness, the operation efficiency and safety of power plants have become the focus of attention. Circulating fluidized bed boiler (CFB), as an efficient and clean combustion technology, has been widely used in the world. However, there are still some safety hazards and accident risks in the operation of CFB boilers. Therefore, this paper will focus on the safe and efficient operation of CFB boilers and the importance of accident prediction, in order to provide reference for the safe operation of power plants.

Key words：circulating fluidized bed boiler; safe and efficient operation; accident prediction; power plant

一、CFB 锅炉的工作原理和优势

循环流化床锅炉（CFB）是一种采用流态化技术进行燃烧的锅炉。其工作原理是将燃料和空气在炉膛内充分混合，形成流态化的燃烧过程。CFB 锅炉具有以下优势：其一，燃料适应性广。循环流化床锅炉（CFB）由于其独特的设计和工作原理，能够适应多种不同的燃料，显示出其卓越的多燃料适应性。无论是传统的煤炭、石油焦，还是非常规的生物质、废弃物，CFB 锅炉都能有效处理。这种广泛的燃料选择范围为电厂运营者提供了更大的灵活性，可以根据当地的燃料供应情况、价格 and 市场需求进行最优选择。此外，CFB 锅炉对于燃料的水分、灰分和硫分等特性也显示出很高的容忍度。这意味着即使是品质较低的燃料，或者燃料成分有所波动，CFB 锅炉也能保持稳定的运行性能。其二，燃烧效率高。CFB 锅炉采用的流态化燃烧技术是其高效燃烧的关键。在这种技术下，燃料被空气流化，形成一种类似沸腾的状态，使得燃料与空气充分接触，从而大大提高了燃烧效率。此外，由于炉膛内温度分布均匀，也进一步增强了燃烧效果。这种高效的燃烧方式不仅提高了燃料的利用率，降低了未燃尽损失，而且减少了有害排放物的生成，从而达到了节能减排的效果。其三，环保性能好。与传统的锅炉相比，CFB 锅炉在燃烧过程中可以实现低氮氧化物（NO_x）排放。这是因为其燃烧温度相对较低，减少了

热力型 NO_x 的生成。此外，CFB 锅炉还可以通过添加脱硫剂和脱硝剂来实现脱硫脱硝功能，进一步降低了硫氧化物（SO_x）和氮氧化物（NO_x）的排放。除了减少有害气体排放外，CFB 锅炉还能有效捕集和固定燃烧过程中产生的固体废弃物，如飞灰和底灰，从而减少了对环境的污染。

二、CFB 锅炉安全高效运行的关键因素

（一）燃料选择

选择合适的燃料对 CFB 锅炉的安全高效运行至关重要。燃料的热值、灰分、硫分等指标直接影响锅炉的燃烧效率和排放性能。因此，在选择燃料时，应充分考虑其质量和成分。首先，高热值的燃料能够提高锅炉的热效率，降低未燃尽损失。其次，灰分和硫分的高低会影响锅炉的积灰和结渣情况，进而影响锅炉的安全运行。因此，在选择燃料时，应尽量选用灰分和硫分较低的燃料。此外，燃料的来源和成本也是选择燃料时需要考虑的重要因素。稳定的燃料供应和合理的价格能够确保锅炉的稳定运行并降低运营成本。

以某电厂为例，其 CFB 锅炉设计热效率为 90%，要求燃料热值在 4500-5000kcal/kg 之间。经过市场调研，该电厂选择了三种备选燃料：煤炭 A、煤炭 B 和生物质 C。以下是这三种燃料的详

细数据（表1）

表1 煤炭 A、煤炭 B和生物质 C三种燃料的详细数据

燃料类型	热值 (kcal/kg)	灰分 (%)	硫分 (%)	来源稳定性	价格水平
煤炭 A	4800	25	1.2	稳定	适中
煤炭 B	4950	22	1	较不稳定	稍高
生物质 C	4200	15	0.8	稳定	较低

综合考虑热值、灰分、硫分以及成本等因素，该电厂最终选择了煤炭 A 作为主要燃料。这是因为煤炭 A 的热值较高，能够满足锅炉的设计要求，同时灰分和硫分也在可接受范围内。而且，煤炭 A 的来源稳定，价格适中，有利于保证锅炉的稳定运行并降低运营成本。

另外，为了更好地掌握燃料的燃烧性能和对锅炉的影响，该电厂还对煤炭 A 进行了详细的化验和分析。化验结果显示，煤炭 A 的挥发分适中，着火点较低，易于燃烧，且燃烧过程中产生的有害气体较少。这进一步验证了煤炭 A 作为 CFB 锅炉燃料的适宜性。此外，为了确保燃料的质量稳定，该电厂还与供应商签订了长期合同，并对每批次的燃料进行了严格的质量检测。这些措施有助于确保 CFB 锅炉的安全高效运行。

（二）燃烧控制

合理的燃烧控制是保证 CFB 锅炉安全高效运行的关键。在燃烧过程中，需要关注燃烧温度、氧量、风量等参数的控制。燃烧温度的控制是保证燃料完全燃烧和减少有害排放的关键。过高的燃烧温度可能导致炉膛结渣和受热面损坏，而过低的燃烧温度则会影响燃料的完全燃烧。因此，应根据燃料的特性和锅炉的运行要求，合理控制燃烧温度。氧量和风量的控制也是影响燃烧效率和排放性能的重要因素。适量的氧气能够促进燃料的完全燃烧，提高燃烧效率。同时，合适的风量能够保持炉膛内的流态化状态，确保燃料的充分混合和燃烧。

（三）设备维护

定期对 CFB 锅炉进行设备维护是确保其安全高效运行的必要措施。设备的磨损、泄漏、堵塞等问题都可能影响锅炉的正常运行和使用寿命。设备维护包括定期检查设备的运行状态、更换磨损的零部件、清洗堵塞的管道等。通过定期的设备维护，可以及时发现并处理设备存在的问题，避免设备故障导致的运行中断和安全事故。

（四）安全管理

建立完善的安全管理体系是确保 CFB 锅炉安全运行的重要保障。应关注安全操作规程的制定和执行、安全培训的开展、安全实施的检查等方面。首先，应制定并执行详细的安全操作规程，明确设备的操作方法和注意事项。员工在上岗前应接受相关的安全培训，了解设备的操作方法和安全要求。同时，应定期对员工进行安全培训，增强员工的安全意识和操作技能。其次，应实施定期的安全检查，检查设备的运行状态和安全附件的完好性。通过安全检查可以及时发现并处理设备存在的安全隐患，避免安全事故的发生。

三、CFB 锅炉常见的事故类型及原因

（一）炉膛爆炸

炉膛爆炸是 CFB 锅炉运行过程中的一种严重事故，主要是由于燃料在炉膛内不完全燃烧或积灰过多而引起的。当炉膛内积聚了未燃烧的燃料和灰渣时，它们在高温下可能会发生自燃，导致炉膛内压力迅速升高，从而引发爆炸。此外，如果燃烧控制不当，如氧量过高或风量不足，也可能导致炉膛内燃料的不完全燃烧，增加爆炸的风险。

以我国某大型发电厂的 CFB 锅炉为例，该锅炉的额定蒸发量为 660t/h，采用无烟煤作为燃料。由于一系列的操作失误和设备故障，导致了一次严重的炉膛爆炸事故。事故发生时，锅炉的燃烧温度、氧量和风量等参数均在正常范围内。然而，由于燃料的特性发生了变化，使得燃烧过程变得不稳定。同时，运行人员没有及时调整燃烧参数，导致炉膛内出现了不完全燃烧的情况。随着时间的推移，未燃烧的燃料和灰渣在炉膛内积聚，形成了一个高温高压的环境。当积聚到一定程度时，未燃烧的燃料和灰渣在高温下发生了自燃，导致炉膛内压力迅速升高。由于安全阀失效，无法及时释放压力，最终导致炉膛爆炸。爆炸造成了炉膛的严重损坏，同时还对周围的环境和设备造成了一定的影响，幸运的是没有造成人员伤亡。事后调查发现，该起事故的主要原因是燃烧控制不当、设备故障和安全管理不到位。

（二）受热面泄漏

受热面泄漏是 CFB 锅炉运行过程中的另一种常见事故。受热面长期受到高温高压的作用，容易出现磨损、腐蚀和结垢等问题。当受热面的管壁减薄到一定程度时，就可能出现泄漏。此外，如果受热面的材料质量不佳或制造工艺不良，也可能导致泄漏事故的发生。

在某电厂的 CFB 锅炉中，受热面的初始管壁厚度为 6mm。然而，经过 5000 小时的运行后，受热面的管壁厚度减薄至 4.2mm，减薄速率约为 0.03mm/1000 小时。这种减薄主要是由于受热面长期受到高温高压的作用，导致材料的蠕变和氧化，详见下表 2

表2 CFB 锅炉受热面泄漏情况

数据项	数值	描述
初始管壁厚度	6mm	CFB 锅炉受热面的初始管壁厚度
运行小时数	5000 小时	CFB 锅炉受热面运行的小时数
管壁减薄至	4.2mm	经过 5000 小时运行后，受热面的管壁厚度
减薄速率	0.03mm/1000 小时	受热面管壁的减薄速率
泄漏事故总数	8 次	过去三年内，该电厂 CFB 锅炉受热面发生的泄漏事故总数
弯头部位泄漏次数	5 次	在 8 次泄漏事故中，发生在受热面弯头部位的次数
焊缝部位泄漏次数	2 次	在 8 次泄漏事故中，发生在受热面焊缝部位的次数
支撑部位泄漏次数	1 次	在 8 次泄漏事故中，发生在受热面支撑部位的次数

泄漏原因（弯头部位）	磨损和腐蚀	弯头部位泄漏事故的主要原因
泄漏原因（焊缝部位）	焊接质量不良、气孔、夹杂等缺陷	焊缝部位泄漏事故的主要原因
泄漏原因（支撑部位）	支撑结构设计不合理、应力集中	支撑部位泄漏事故的主要原因
平均停机时间	48小时 / 年	由于受热面泄漏事故导致的平均停机时间
经济损失	200万元 / 年	由于受热面泄漏事故导致的经济损失（直接损失和间接损失）

通过上表所知，泄漏事故通常发生在受热面的弯头、焊缝和支撑部位。据统计，该电厂过去三年内共发生了8次受热面泄漏事故，其中5次发生在弯头部位，2次发生在焊缝部位，1次发生在支撑部位。对泄漏部位进行材料分析发现，弯头部位的泄漏主要是由于磨损和腐蚀引起的。焊缝部位的泄漏主要是由于焊接质量不良，存在气孔、夹杂等缺陷。支撑部位的泄漏是由于支撑结构设计不合理，导致应力集中。由于受热面泄漏事故的发生，该电厂每年因此导致的停机时间平均为48小时，造成的经济损失约为200万元。同时，泄漏事故还可能导致其他设备的损坏和环境污染。

（三）给水管道泄漏

给水管道泄漏是CFB锅炉运行过程中的一种常见故障。给水管道长期受到高压水流的冲刷，容易出现老化、腐蚀和结垢等问题。当管道壁减薄到一定程度时，就可能出现泄漏。此外，如果管道的连接处密封不严或管道的材料质量不佳，也可能导致泄漏事故的发生。

（四）烟气系统故障

烟气系统故障也是CFB锅炉运行过程中的一种常见问题。烟气系统包括烟道、除尘器、引风机等设备。如果这些设备出现堵塞、泄漏等问题，就可能导致烟气排放不畅，影响锅炉的正常运行。例如，如果烟道积灰过多，就会增加烟气的阻力，降低锅炉的效率。如果除尘器出现故障，就会导致烟气中的粉尘含量超标，影响锅炉的排放性能。此外，如果引风机的性能不佳或出现故障，也可能导致烟气排放不畅，影响锅炉的正常运行。

四、事故预判方法和防范措施

（一）建立完善的安全管理体系

为了确保CFB锅炉的安全运行，首先要建立完善的安全管理体系。这一体系应涵盖锅炉运行的全过程，从设备采购、安装、调试到日常运行、维护、检修等各个环节。具体而言，应制定并执行详细的安全操作规程，明确设备在不同工况下的安全操作要求，确保员工严格按照规程进行操作。其次，企业应定期开展安全培训。培训内容包括但不限于锅炉的基本原理、安全操作规程、事故案例分析、应急处理措施等。培训形式可以多样化，如组织专题讲座、观看安全教育视频、进行实际操作演练等。培训

结束后，还应员工进行安全知识和技能的考核，确保他们掌握必要的安全知识和技能。最后，实施安全检查也是确保CFB锅炉安全运行的重要手段。企业应组织专业人员定期对锅炉及其附属设备进行检查，包括外观检查、性能测试、安全附件校验等。安全检查应有详细记录，对于发现的问题和隐患，应立即采取措施进行整改，并跟踪整改情况，确保问题得到彻底解决。

（二）加强设备维护

设备维护是保障CFB锅炉长期稳定运行的关键。企业应定期对锅炉及其附属设备进行维护，包括清理积灰、更换磨损部件、检查密封件等。具体维护周期应根据设备的实际情况和使用环境来确定，确保设备在良好的状态下运行。为便于维护工作的开展，企业应为每台锅炉建立维护档案，记录设备的维护历史、更换部件情况等信息。同时，应制定详细的维护计划，明确维护项目、时间、人员等要素，确保维护工作按计划进行。在设备维护过程中，如发现设备的磨损、泄漏、堵塞等问题，应立即采取措施进行处理。对于需要更换的部件，应选择正规渠道购买原厂配件或经认证的配件，确保配件的质量和性能符合要求。对于无法立即处理的问题，应向上级汇报并制定应急预案，防止问题进一步恶化。

（三）优化燃烧控制

为了实现优化燃烧控制，企业首先需要深入了解所使用的燃料的特性，如其成分、热值、燃烧反应速度等。这可以通过与燃料供应商密切合作、进行燃料化验和分析等方式来获取。针对不同的燃料特性和锅炉负荷变化，应制定相应的燃烧控制策略。例如，在高负荷时，可以适当增加风量和燃料供应，确保炉膛内有足够的氧气支持燃烧；在低负荷时，应调整风煤比，避免过多的空气进入导致炉膛温度下降。现代化的CFB锅炉通常配备有先进的燃烧控制系统，如自动燃烧控制（ACC）系统。企业应充分利用这些技术手段，根据实时监测到的炉膛温度、压力、氧量等数据，实时调整燃烧参数，确保燃料在炉膛内充分、均匀地燃烧。

（四）强化事故应急处理能力

尽管采取了各种预防措施，但事故仍有可能发生。因此，强化事故应急处理能力，对于确保CFB锅炉的安全运行至关重要。企业应建立完善的事​​故应急处理机制，包括明确应急组织结构、通讯方式、事故分类与响应级别、应急资源储备等。在此基础上，应制定详细的事​​故应急预案，针对不同类型的事故，明确应急处理流程、方法和责任人。为提高员工的应急处理能力，企业应定期组织应急演练。演练内容可以包括模拟事故场景、启动应急响应、现场处置、资源调配等。通过演练，员工可以熟悉应急预案的操作流程，提高在紧急情况下的应变能力和团队协作能力。在强化事故应急处理能力的过程中，企业还应注重与外部机构的合作与沟通。例如，与当地消防、环保、医疗等部门建立紧急联动机制，确保在发生事故时能够及时获得外部支援和协助。

五、结论

综上所述，电厂CFB锅炉的安全高效运行与精准的事故预

判，既关乎经济效益，更牵涉到每一位工作人员的生命安全。我们每一个人都应肩负起责任，时刻保持警惕，精益求精，确保每一次操作都符合标准，每一次检查都细致入微。通过我们的共同

努力和持续进步，我们有信心让 CFB 锅炉在电厂中发挥更大的作用，同时保障每一位员工的人身安全。

参考文献:

[1] 孙玉祥. 燃煤电厂锅炉“四管”泄漏原因及预防措施 [J]. 化学工程与装备, 2023, (11): 255-257.

[2] 李进龙, 康鹏云, 杨少锋. 提升 CFB 锅炉受热面防磨防爆管理措施 [C] // 中国电力技术市场协会. 2023 年电力行业技术监督工作交流会暨专业技术论坛论文集 (下册). 中电建甘肃能源华亭发电有限责任公司; , 2023: 4.

[3] 强亚斌, 黄苑平, 韩岗等. 浅析某电厂锅炉智能化系统架构 [J]. 锅炉制造, 2023, (06): 13-14+17.

[4] 王瑀, 赵勇凯, 孙向文等. CFB 锅炉分离器出口烟道形式对烟气偏差的影响 [J]. 锅炉制造, 2023, (06): 9-10.

[5] 郭洪涛, 李大强, 张彦海等. 电厂反渗透膜污染及控制策略的研究进展 [J]. 能源与环境, 2023, (05): 110-113.

[6] 杨志恺, 卢红书, 杨晓明等. 燃煤电厂锅炉吹灰系统的优化策略及应用 [J]. 山东电力高等专科学校学报, 2023, 26(05): 40-44.

[7] 张立宗. 电厂锅炉炉内低氮燃烧运行优化研究 [J]. 装备维修技术, 2023, (05): 49-52.

[8] 梅立迅. 电厂锅炉的检修维护与评估 [J]. 冶金管理, 2023, (18): 94-97.

[9] 李明军. CFB 锅炉入炉煤粒径对水冷壁磨损的分析与防护措施 [J]. 设备管理与维修, 2023, (18): 95-97.

[10] 郭学良. 大型 CFB 锅炉天然气点火系统应用问题研究 [J]. 锅炉技术, 2023, 54(04): 24-29.

[11] 王智浩. CFB 锅炉机组热经济性 & 污染物排放试验研究 [D]. 华北理工大学, 2022.

[12] 段守保, 刘彩霞, 王军. 600MW CFB 锅炉大气污染物超低排放改造技术研究 [J]. 东北电力技术, 2020, 41(05): 18-24.

[13] 张保, 魏高鹏. 某生物质电厂 CFB 锅炉低温过热器及包墙过热器磨损原因分析 [J]. 江西电力职业技术学院学报, 2020, 33(02): 14-15+18.

[14] 刘贺君. CFB 锅炉安全高效运行与事故预判研究 [D]. 华北理工大学, 2020.

[15] 段守保, 刘彩霞. CFB 锅炉屏式过热器泄漏原因分析及解决方案 [J]. 内蒙古科技与经济, 2019, (10): 76-78.

电厂 CFB 锅炉磨损问题分析及防护措施研究

常建新

国家能源集团郭家湾电厂, 陕西 府谷 719400

摘 要 : 磨损是 CFB 锅炉长期运行中不可避免的问题, 直接影响其性能和寿命, 这就需要予以充分的重视。本文对电厂 CFB 锅炉的磨损进行了一定论述, 明确了磨损类型和影响因素, 在此基础上, 分别对 CFB 锅炉主要受热面的磨损及原因进行了比较深入的分析, 并结合 CFB 锅炉磨损的特点, 提出了设计时的预控、喷涂防磨损层以及物料粒度控制等防护措施, 有助于改善锅炉的磨损情况, 进而为电厂 CFB 锅炉的安全稳定运行提供可靠保障。

关 键 词 : CFB 锅炉; 磨损; 防护

Analysis of CFB Boiler Wear Problems in Power Plant and Research on Protective Measures

Chang Jianxin

Guojiaowan Power Plant, China Energy Group, Shaanxi, Fugu 719400

Abstract : Wear is an inevitable problem in the long-term operation of CFB boiler, which directly affects its performance and life, which needs to be paid full attention to. In this paper, the wear of CFB boiler in power plant is discussed to some extent, and the wear types and influencing factors are defined. On this basis, the wear and the causes of the main heating surface of CFB boiler are analyzed in depth. Combined with the wear characteristics of CFB boiler, protective measures such as pre-control during design, anti-wear coating and material particle size control are proposed. It is helpful to improve the wear condition of boiler and provide reliable guarantee for the safe and stable operation of CFB boiler in power plant.

Key words : CFB boiler; wear and tear; defense

一、前言

循环流化床锅炉 (CFB 锅炉) 作为一种先进的燃烧设备, 已经在电厂等能源领域广泛应用。与传统的煤粉锅炉相比, CFB 锅炉采用了特殊的燃烧方式, 具有燃烧效率高、环保性好等诸多优势。然而, 随着 CFB 锅炉的大规模应用, 磨损问题逐渐凸显, 直接影响了锅炉的安全运行和经济性。因此, 进行电厂 CFB 锅炉磨损问题分析及防护措施研究对于保障 CFB 锅炉的安全平稳运行具有十分重要的现实意义。

二、电厂 CFB 锅炉磨损概述

(一) 磨损分类

在循环流化床锅炉中, 磨损问题是一个复杂而重要的因素, 影响着锅炉的长期运行和性能。根据机理的不同, 可以将磨损划分为: 腐蚀磨损、冲蚀磨损、黏着磨损以及疲劳磨损等类型, 其中, CFB 锅炉的磨损形式主要为冲蚀磨损, 又可以进一步划分为以下两种类型。

(1) 平行冲蚀磨损。当固体颗粒的运动方向与受热面的夹角较小 (平行) 时, 固体颗粒会产生刨削作用, 类似于砂纸磨损的效应。这种磨损的特点是磨损速率随时间变化不大, 但会逐渐降低受热面的表面质量。

(2) 垂直冲蚀磨损。当固体颗粒的运动方向与受热面的夹角较大 (垂直) 时, 固体颗粒会在长期的、反复的作用下导致受热面表面产生疲劳破坏, 磨损速率会随着时间的推移呈现增长趋势。这种磨损形式对受热面造成的损害更加严重^[1]。

(二) 磨损的影响因素

(1) 粒径。一般来说, 当物料粒径较小时, 受热面所受的冲蚀磨损相对较小, 因为固体颗粒的动能较低, 对受热面的撞击能量有限。然而, 当物料粒径增大时, 固体颗粒的动能增加, 磨损也随之增加。但要注意的是, 当粒径大到一定程度时 (临界粒径), 磨损速率不会继续增加, 因为颗粒在撞击受热面时会发生弹性碰撞而不是磨损性碰撞, 减少了磨损的可能性, 如图 1 所示^[2]。

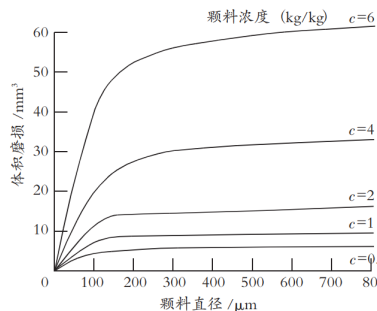


图 1 磨损与颗粒直径关系曲线图

(2) 浓度。高浓度的固体颗粒流动会导致颗粒之间的间隙

减小,相互之间的碰撞和摩擦增加,从而加剧了磨损。此外,高浓度还可能导致颗粒之间发生湍流,进一步加大了磨损程度。因此,控制固体颗粒的浓度是减轻磨损的一种方式。

(3) 硬度。物料的硬度对磨损的影响取决于与受热面材料的硬度比较。一般认为,当物料硬度接近或高于受热面材料硬度时,磨损情况会急剧增加。这是因为硬度较高的物料会更容易剥离受热面的表层,导致磨损加剧。因此,在选择物料时,需要考虑其硬度与受热面材料硬度的匹配^[3]。

(4) 壁温。当壁温低于400℃时,由于氧化膜没有形成,磨损速率较大。当壁温超过400℃并继续增加时,会产生热应力,因氧化膜与受热面金属的膨胀系数不同,导致部分氧化膜脱落,再加上高温腐蚀等因素的影响,会导致磨损的速率有所增加,如图2所示。

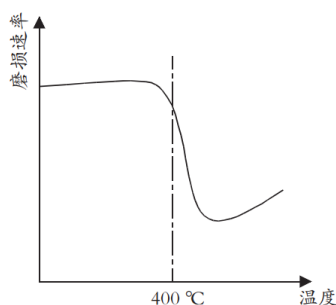


图2 磨损与温度关系曲线图

三、CFB 锅炉主要受热面的磨损及原因分析

(一) 炉膛水冷壁的磨损

(1) 炉膛下部耐火材料过渡区域水冷壁管的磨损

首先,炉膛下部是床料密度较高的区域,这里的固体颗粒相对较多,且具有较高的流速。当这些颗粒遇到炉膛下部水冷壁管时,它们会对管壁产生强烈的冲击和摩擦作用。这种冲击和摩擦会导致水冷壁管的表面磨损,特别是在过渡区域,因为颗粒在这里的运动方向和速度发生显著变化。其次,床料中的颗粒不仅具有速度,还受到床料流动的动力影响,这使得它们对水冷壁管的冲刷和磨损更加明显。在炉膛下部,床料流动可能受到床料分布、炉膛结构和床层高度等因素的影响,这些因素可能导致颗粒在水冷壁管附近形成局部的高速流动或涡流现象,进一步加剧了磨损^[4]。

(2) 不规则水冷壁管的磨损

在锅炉内,不规则水冷壁管包括炉墙开孔处的弯管、穿墙管、水冷壁管上的焊缝等。

首先,不规则水冷壁管的形状和几何尺寸与普通的直管不同,这导致了固体颗粒在流动时会受到扰动,改变了颗粒的运动方向。这种运动方向的改变会导致颗粒在管壁上产生冲击和摩擦,引发磨损。其次,不规则水冷壁管通常位于炉膛内的特定位置,这些位置可能在床料流动时会受到更大的固体颗粒影响。即使不规则的几何尺寸较小,也可能引发严重的磨损,因为床料中的颗粒在流动时具有一定的速度和能量,这会增加与水冷壁管接触的力度,从而导致管壁的磨损^[5]。

(3) 炉膛四角区域水冷壁管的磨损

首先,炉膛四角区域通常是固体颗粒下落的集中区域,因为在这些区域内,床料床层的高度较低,固体颗粒相对较多。当这些颗粒下落时,它们具有较高的速度和能量,并且会在四角区域内相互碰撞和摩擦。这种高速的颗粒运动会对炉膛四角区域水冷壁管的表面产生冲击和磨损。其次,炉膛四角区域的水冷壁管位置相对较靠近床料流动路径,因此更容易受到固体颗粒的直接影响。固体颗粒在流动时会对管壁产生冲刷作用,这种冲刷作用会导致管壁的磨损。此外,四角区域的管道通常具有不规则形状,这使得固体颗粒在与管壁接触时更容易受到扰动,从而增加了磨损的可能性^[6]。

(二) 炉膛其他受热面的磨损

(1) 过热器和再热器的磨损

首先,过热器和再热器位于炉内高速流动的烟气路径上,特别是在炉膛顶部。在这些位置,烟气中的固体颗粒密度较高,对受热面造成了冲刷和磨损。烟气中的灰分颗粒对过热器和再热器管道表面产生冲击,导致磨损。其次,过热器和再热器的受热面通常布置在高温高压环境下,同时又需要承受高速烟气的冲刷。这种高温和高速度的烟气使得管道表面容易受到热膨胀的影响,与管材的热膨胀系数不同,可能导致部分氧化膜脱落,进一步增加磨损速率。最后,烟气中的灰分颗粒也可能引发高温腐蚀,这会加速过热器和再热器的磨损。高温腐蚀通常发生在烟气中存在硫化物或氯化物的情况下,这些化合物可以与受热面的材料发生反应,造成材料的腐蚀和损坏^[7]。

(2) 炉膛顶部受热面的磨损

首先,炉膛顶部是烟气流动的必经通道之一,烟气在炉膛内上升并经过顶部受热面时,具有相当高的流速。这种高速烟气会对顶部受热面上的管道和设备产生冲击和摩擦,导致表面磨损。其次,受热面顶部通常处于烟气流动的弯曲部位,这种位置在高速烟气作用下容易产生离心力效应,使固体颗粒被甩向顶部受热面。这些固体颗粒的冲击和摩擦作用会导致受热面的磨损。最后,由于炉膛内烟气携带高浓度的灰分,使得经过顶部受热面的烟气中的灰分浓度较高。这些灰分颗粒在烟气中的高速流动下,会对受热面产生冲刷和磨损作用,加速了磨损的发生^[8]。

(三) 尾部烟道对流受热面的磨损

通常,对流受热面由过热器、省煤器和空预器组成,这些部件位于尾部烟道中,与炉内的高温高浓度烟气直接接触。磨损问题的主要原因包括以下几个方面:

首先,尾部烟道中的烟气携带着高浓度的灰分颗粒。虽然循环流化床锅炉的分离器通常能够高效分离大部分固体颗粒,但仍存在一定数量的灰分颗粒进入尾部烟道。这些颗粒随着烟气向下流动,受到重力加速度的作用,导致颗粒的绝对速度增加。高速度的固体颗粒对对流受热面产生冲击和摩擦,引发磨损。其次,磨损速率与颗粒的运动速度和粒径有关。通常,磨损速率与运动速度呈三次方关系,与颗粒直径呈二次方关系。因此,高速度的颗粒和较大的颗粒直径都会导致更严重的磨损。最后,尾部烟道受热面位于高温高压环境下,同时需要承受高速烟气的冲刷,这增加了受热面的磨损。在这种环境下,受热面可能受到高温膨胀的影响,与管材的

热膨胀系数不同，导致氧化膜脱落，加剧磨损^[9]。

四、CFB 锅炉磨损防护措施

（一）设计时的预控

在循环流化床锅炉的防磨方法与措施中，设计阶段的预控措施起着至关重要的作用，涵盖了水冷壁、过热器、省热器、风帽和放渣管的防磨设计。

首先，对于水冷壁的防磨设计，需要考虑密相过渡区的合理设计。这个区域容易发生“面壁流”和卷带现象，因此设计时可以采用多种手段，如设计合适的料层浇注、管道口的涡流控制结构等，以减少固体颗粒对水冷壁管道的冲刷磨损。此外，还可以通过提高水冷壁的材料硬度和耐磨性来增强其抵抗磨损的能力^[10]。其次，过热器和省热器的防磨设计要侧重于提高分离器的分离效率，从而减少烟气中的灰尘颗粒对受热面的冲刷磨损。通过合理设计和操作，可以减少灰分颗粒在这些受热面上的沉积和冲刷，延长受热面的使用寿命。同时，还可以采取措施来降低烟气中灰分颗粒的浓度，如优化煤粉粒度和燃烧控制。最后，风帽和放渣管的防磨设计需要将落煤口与放渣口分开设计，以避免大颗粒进入炉膛后与热料充分混合，从而降低锅炉内部燃烧不完全的情况。通过合理的设计和操作，可以降低这些受热面的磨损程度，延长其使用寿命，还可以选择耐磨材料来制造受热面，以增加其抵抗磨损的能力^[11]。

（二）喷涂防磨损层

喷涂防磨损层是循环流化床锅炉中一种常见的防磨损方法，其效果取决于涂层的硬度和稳定性以及喷涂工艺和操作方法的合理性。

首先，涂层的硬度和稳定性对防磨损起着至关重要的作用。涂层应具有足够的硬度，以抵抗冲刷和摩擦引起的磨损。硬度通常通过选择合适的喷涂材料来实现，这些材料通常是硬度较高的合金或陶瓷材料。涂层的稳定性也很重要，它应能在高温环境下保持其硬度和附着力，以确保长期有效地防止受热面的磨损。其次，喷涂工艺和操作方法对涂层的质量和效果至关重要。喷涂工艺应精确控制涂层的厚度，通常控制在1毫米以下，以防止过度增加受热面的热阻。操作方法需要专业培训和技能，以确保涂层均匀且黏附牢固。涂层的表面准备也是关键步骤，通常包括除锈和清洁，以确保涂层能够牢固附着在受热面上^[12]。

（三）物料粒度控制

首先，物料颗粒的浓度对受热面的磨损产生直接影响。当物料颗粒浓度过高时，颗粒之间的间隙变小，颗粒与受热面之间的碰撞和摩擦增加，导致受热面的磨损加剧。这种情况下，颗粒的冲击力度和摩擦力会显著增加，对受热面造成更多的损伤。因此，控制物料颗粒的浓度是减轻磨损的关键之一。其次，控制物料的大小也是防磨损的重要考虑因素。当煤料颗粒的大小适中时，它们更容易在炉内均匀分布，减少了颗粒之间的碰撞和摩擦，降低了磨损的程度。此外，较小的颗粒在受热面上产生的冲击力也较小，对受热面的磨损影响较小。因此，控制物料的大小可以有效地减轻受热面的磨损^[13]。

（四）运行方式调整

首先，需要关注一次风和二次风的调节。一次风主要负责将燃料（通常是煤粉）送入炉膛，而二次风则主要用于提供燃烧所需的氧气。合理调节一次风和二次风的比例和流量可以影响燃烧过程的稳定性。如果一次风量不足，燃料无法充分燃烧，导致煤粉在受热面上沉积和磨损。如果一次风量过大，煤粉可能被吹散，同样会导致磨损问题。因此，通过精确控制一次风和二次风的比例和流量，可以实现燃烧的最佳条件，减少磨损^[14]。其次，控制过量空气系数的重要性也不可忽视。过量空气系数是指燃烧中氧气供应量与理论所需氧气量的比值。过多的过量空气会导致燃烧温度降低，燃烧不完全，产生大量未燃烧的碳粉，这些碳粉可能在受热面上沉积，加剧磨损。因此，精确控制过量空气系数可以提高燃烧效率，减少未燃烧物质的生成，从而减轻磨损问题^[15]。

五、结语

综上所述，CFB锅炉的磨损分析与防护是一个系统问题，需要多方面的综合措施来解决。通过对CFB锅炉的磨损进行系统全面的分析，并制定有针对性的防护措施，有助于延长锅炉的使用寿命，确保电厂的稳定运行。未来的研究可以进一步深入探讨防磨措施的实施效果和经济效益，以不断提高CFB锅炉的性能和可靠性。

参考文献：

- [1] 徐成兴. 循环流化床锅炉炉膛受热面的磨损分析 [J]. 当代化工研究, 2023, (14): 52-54.
- [2] 李红春. 循环流化床锅炉水冷壁磨损原因分析及防磨措施实践与应用 [J]. 盐科学与化工, 2023, 52 (06): 52-54.
- [3] 黄杰辉. 循环流化床脱硫塔磨损处理措施及防治 [J]. 四川水泥, 2023, (06): 37-39.
- [4] 张茂珍. 循环流化床锅炉水冷壁磨损原因分析及对策 [J]. 自动化应用, 2023, 64 (08): 109-110+115.
- [5] 李其其. 浅析循环流化床锅炉水冷壁磨损与防磨经济性 [J]. 安徽化工, 2023, 49 (02): 105-108.
- [6] 张永胜. 循环流化床锅炉水冷壁磨损原因分析 [J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12 (10): 198-199.
- [7] 鲁跃峰. 520t/h 循环流化床锅炉炉内水冷壁磨损原因分析及研究 [J]. 内蒙古科技与经济, 2022, (19): 109-111+119.
- [8] 曹洋如, 龚炳林. 浅析循环流化床锅炉磨损及防止措施 [J]. 中国盐业, 2022, (12): 52-54.
- [9] 陈翰, 姚禹歌, 张国庆, 等. 循环流化床锅炉炉内受热面磨损防护技术与应用进展 [J]. 洁净煤技术, 2022, 28 (12): 18-29.
- [10] 赵芳芳, 黄儒斌, 谌莉. 基于 CFD 数值模拟的循环流化床水冷壁磨损分析及防治 [J]. 红水河, 2022, 41 (02): 106-110+116.
- [11] 马喜成. 循环流化床锅炉磨损机理分析及防磨研究 [J]. 科技创新与生产力, 2022, (04): 142-144.
- [12] 马亚雪. 浅谈循环流化床锅炉磨损与预防 [J]. 中国盐业, 2021, (24): 43-45.
- [13] 王家兴, 高全, 彭建升, 等. 循环流化床锅炉炉膛受热面磨损爆管分析与解决措施 [J]. 工业锅炉, 2021, (05): 55-60.
- [14] 林志恒, 钱进, 赵威, 等. 循环流化床锅炉水冷壁磨损研究进展 [J]. 新能源进展, 2021, 9 (04): 351-358.
- [15] 赵保生. 循环流化床锅炉安装检修质量对部件磨损的影响及预防措施 [J]. 机械管理开发, 2021, 36 (06): 305-306.

某厂发电机有功功率异常波动情况分析及防范措施

谭中辉

贵州兴义电力发展有限公司，贵州省兴义市，562400

摘 要：有功功率变送器是一种将电网中的有功功率隔离变送成线性的直流模拟信号的装置，在发电厂中发电机将机械能转化为电能，其发电功率大小主要通过相应的模拟量测量装置对其进行跟踪测量，为运行人员提供准确的监视数据，为运行人员相关操作提供数据依据，并为相应的自动调节装置、保护装置提供相关数据，以达到自动发电控制和保护跳闸的目的。若在实际运行中有功功率变送器的测量误差偏大或者其暂态性能差无法有效准确的实时跟踪测量发电机的有功功率，就有可能导致调速、功率协调控制系统误动作或动作幅度过大，最终导致功率振荡，对电网造成严重的影响，给社会的工业生产、人民的生活带一系列负面影响。

关 键 词：发电机；有功功率波动；模拟量有功功率测量变送器；智能变送器

Analysis and Preventive Measures for Abnormal Fluctuations in Active Power of Generators in a Certain Factory

Tan Zhonghui

Guizhou Xingyi Electric Power Development Co., Ltd., Xingyi, Guizhou 562400

Abstract： Active power transmitter is a device that isolates and converts active power in the power grid into a linear DC analog signal. In a power plant, the generator converts mechanical energy into electrical energy, and its power generation is mainly tracked and measured by corresponding analog measurement devices. It provides accurate monitoring data for operators, data basis for related operations, and relevant data for corresponding automatic regulation and protection devices to achieve the purpose of automatic power generation control and protection tripping. If the measurement error of the active power transmitter in actual operation is too large or its transient performance is poor to effectively and accurately track and measure the active power of the generator in real time, it may lead to misoperation or excessive action amplitude of the speed regulation and power coordination control system, ultimately leading to power oscillation and serious impact on the power grid, bringing a series of negative impacts to industrial production and people's lives in society.

Key words： generator; active power fluctuation; analog active power measurement transmitter; smart transmitters

一、基本情况

某厂 #1 发电机有功功率（DCS 系统显示值）存在间歇性波动的情况，经检查发现自 20** 年 ** 月 ** 日以来发电机有功功率波动多达 18 次，其中 ** 月 ** 日波动有 1 次，** 月 ** 日波动有 4 次（其中有两次波动幅度较大），** 月 ** 日波动有 13 次，每次波动间隔时间不规律。

电气侧共有 4 块发电机有功功率变送器（型号：FPW-***，三相三线制），4 块有功功率变送器分别有一路直流 4-20mA 量送至 DCS 系统，其中有一路送至 ECS 系统，另外三路送至 DEH 系统。4 块发电机的有功功率变送器的输入电流相互串接，输入电压共同并联，且与相应的发电机单相电流变送器、发电机电压变送器、无功功率变送器等共用同一路电流及电压。

二、检查情况

现对 20** 年 ** 月 ** 日的两次发电机功率波动幅度较大的检查情况介绍如下：

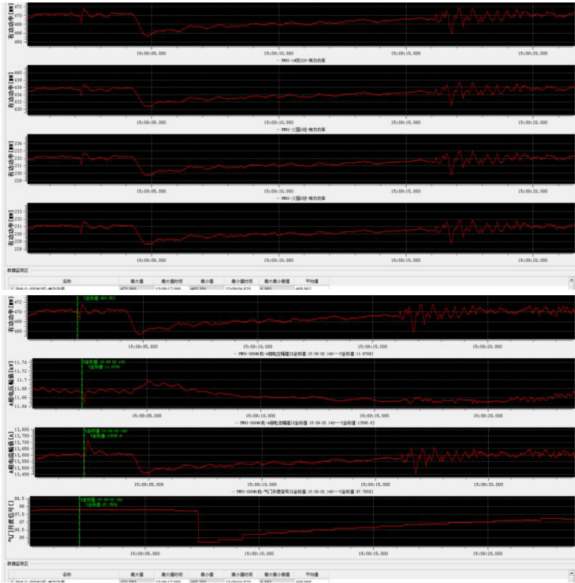
（一）根据 DCS 趋势图检查情况

1. 20** 年 ** 月 ** 日 15:09:02.933, 发电机有功功率 470MW 突降至 449.4MW，突降幅度为 20.6MW，无功突降幅度为 15.7MVar，其它量变化较小，持续时间 1 秒左右，调门于 2 秒后开始动作。

2. 20** 年 ** 月 ** 日 18:21:45.983, 发 电 机 有 功 功 率 521.5MW 突降至 501.4MW，突降幅度为 20.1MW，无功突降幅度为 15.77MVar，其它量变化较小，持续时间 1 秒左右，调门于 2 秒后开始动作。

（二）根据PMU装置录波文件检查情况

以20**年**月**日 15:09:02至15:09:05数据为例，发电机在此期间输出有功最大减少了5.723MW，主变有功输出减少4.945MW，**I回线有功输出减少2.503MW，**II回线有功输出减少2.442MW，可见PMU各测点的电气量信息基本互相吻合，反映出实际一次系统有功功率波动应该在5MW左右（20**年**月**日 18:21:45时的波动存在类似情况），在 15:09:02.130时刻开始发电机相关电气量存在扰动，发电机有功功率下降，发电机电流上升、发电机电压降低，同时220kV电网侧电气量存在相同方向的波动，说明当时网上实际存在较小的扰动。



20**年**月**日 15:09:02PMU录波图形

（三）利用设备对故障录波文件进行的分析

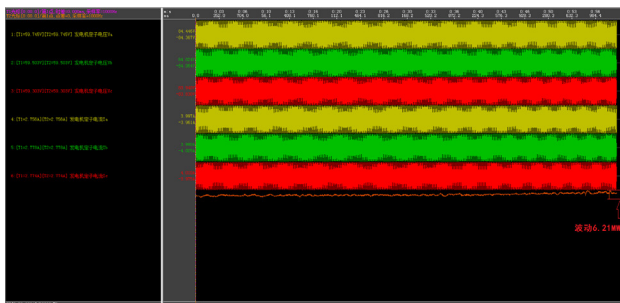
1. 波形回放录波文件名：“20**--**--**_15-08-03_LTA_#1 发电机故障录~.CFG”以及“20**--**--**_18-21-03_LTA_#1 发电机故障录~.CFG”

2. 理论功率：利用电力系统故障波形分析软件求得录波波形的理论功率波形如下：

① “20**--**--**_15-08-03_LTA_#1 发电机故障录~.CFG”

该录波文件中，波动时间段为15:09:00.3081——15:09:03.3081

有功功率波形：



>图1 理论有功功率波形

根据软件计算得到的有功功率数据显示，在该时段有功功率

波动了6.21MW。

② “20**--**--**_18-21-03_LTA_#1 发电机故障录~.CFG”

该录波文件中，波动时间段为18:21:43.3853——18:21:51.3853

同样根据软件计算得到的有功功率数据显示，在该时段有功功率波动了7.21MW。

3. 谐波分析

利用电力系统故障波形分析软件分析波形的谐波含量及直流分量，得到如下：

谐波分析数据表						
谐波分析数据表: 1 次						
谐波分量	幅值/相位	直流分量	2次谐波	3次谐波	4次谐波	5次谐波
1. 发电机定子电压1a	59.518V $\angle$ 119.064°	-0.001V $\angle$ -0.000°	0.139V $\angle$ -133.923°	0.23V $\angle$ 1.699V $\angle$ -79.869°	2.08V $\angle$ 0.069V $\angle$ -14.203°	0.152V $\angle$ -171.5°
2. 发电机定子电压1b	59.222V $\angle$ 0.049°	-0.001V $\angle$ -0.000°	0.089V $\angle$ 128.361°	0.09V $\angle$ -80.186°	2.32V $\angle$ 0.079V $\angle$ -175.344°	0.17V $\angle$ -99.2°
3. 发电机定子电压1c	59.173V $\angle$ -120.084°	0.040V $\angle$ 0.079°	0.139V $\angle$ 25.723°	0.23V $\angle$ 1.682V $\angle$ -75.102°	2.08V $\angle$ 0.069V $\angle$ -15.718°	0.008V $\angle$ 0.165V $\angle$ 43.7°
4. 发电机定子电压2a	0.789A $\angle$ 110.570°	0.060A $\angle$ 1.79V	0.516A $\angle$ -68.632°	0.34V $\angle$ 0.044A $\angle$ 75.101°	0.17V $\angle$ 0.067A $\angle$ 64.359°	0.015A $\angle$ -36°
5. 发电机定子电压2b	2.789A $\angle$ -9.475°	-0.096A $\angle$ -3.44V	0.003A $\angle$ 173.355°	0.008V $\angle$ 83.056°	0.10V $\angle$ 0.003A $\angle$ -87.391°	0.11V $\angle$ 0.014A $\angle$ 28.8°
6. 发电机定子电压2c	2.782A $\angle$ -129.032°	0.040A $\angle$ 1.65V	0.007A $\angle$ 82.437°	0.12V $\angle$ 0.002A $\angle$ -121.062°	0.00V $\angle$ 0.001A $\angle$ -135.732°	0.00V $\angle$ 0.016A $\angle$ 149.4°

谐波分析数据表: 1 次

保存结果 [x]

谐波分析数据表: 1 次

T12E02-07-01-02-25 T14001 T12E02-03-05-35 000000 T4E05 56.956V

>图2 谐波含量分析

可以看到在20**--**--** 15:09:02.2741时刻，A、B、C三相电流的直流分量分别达到了1.79%、3.44%、1.60%；

通过谐波分析，同样可以看到在20**--**--** 18:21:45.3323时刻，A、B、C三相电流的直流分量分别达到了1.81%、2.21%、0.66%。

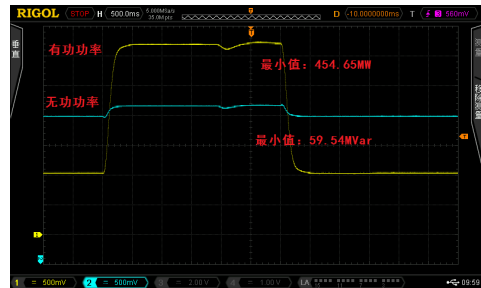
（四）利用故障录波波形对变流器进行回放试验

1.FPW-***变流器波形回放

利用继保仪回放该录波文件，用示波器同时记录FPW-***模拟功率变流器有功功率和无功功率的输出波形，如下：

① “20**--**--**_15-08-03_LTA_#1 发电机故障录~.CFG”

该录波文件中，波动时间段为15:09:00.3081——15:09:03.3081



>图3 试验波形

试验显示该时段内，有功功率发生波动，从471.97MW降至454.65MW，突降幅度为17.32MW；与现场后台数据记录到的470MW降至449.4MW突降幅度20.6MW相近。

试验显示该时段内，无功功率发生波动，从80.1MVar降至59.54MVar，下降幅度20.56MVar；与现场后台数据记录到的78.4MVar降至62.7MVar突降幅度15.7Mvar相近。

② “20**--**--**_18-21-03_LTA_#1 发电机故障录~.CFG”

该录波文件中，波动时间段为18:21:43.3853——18:21:51.3853

回放试验显示该时段内，有功功率发生波动，从526.10MW降至508.77MW，突降幅度为17.33MW；与现场后台数据记录到的521.5MW降至501.4MW突降幅度20.1MW相近。

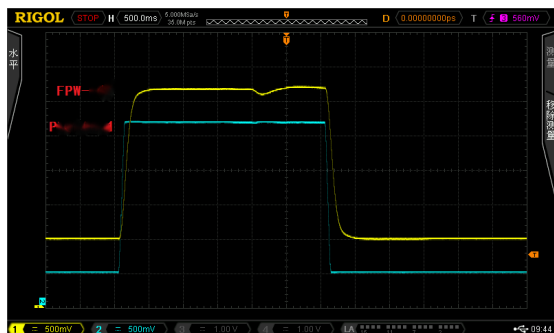
试验显示该时段内，无功功率发生波动，从60.51MVar降至43.3MVar，下降幅度17.21MVar；与现场后台数据记录到的59.67MVar降至43.9MVar突降幅度15.77Mvar相近。

2. 智能变送装置（型号：P***）波形回放

模拟变送器容易放大故障波形的波动，暂态误差很大；利用数字式的P***智能变送装置对上述波形进行回放对比。

① “20***-**-**-15-08-03_LTA_#1发电机故障录~.CFG”

该录波文件中，波动时间段为15:09:00.3081——15:09:03.3081



>图4 智能变送器试验波形

从试验波形对比明显可以看出FPW-***存在明显波动，而P***输出更加稳定。数据记录显示P***有功功率从471.82MW降至469.96MW，下降幅度仅1.86MW，远远小于模拟变送器的波动，也比软件计算得到的波动更小。

② “20***-**-**-18-21-03_LTA_#1发电机故障录~.CFG”

该录波文件中，波动时间段为18:21:43.3853——18:21:51.3853

通过波形回放同样在该时段内可以看出，P***输出明显比FPW-***更稳定。数据记录P***有功功率从523.93MW降至519.00MW，下降幅度仅4.93MW，远远小于模拟变送器的波动，同样小于软件计算得到的功率波动。

三、原因分析

1. 根据PMU数据分析，以20**年**月**日15:09:02至15:09:05数据为例，发电机在此期间输出有功最大减少了5.723MW，主变有功输出减少4.945MW，**I回线有功输出减少2.503MW，**II回线有功输出减少2.442MW，可见PMU各测点的电气量信息基本互相吻合，反映出实际一次系统有功功率波动应该在5MW左右（20**年**月**日18:21:45时的波动存在类似情况），在15:09:02.130时刻开始发电机相关电气量存在扰动，发电机有功功率下降，发电机电流上升、发电机电压降低，同时220kV侧电气量存在相同方向的波动，说明当时网上实际存在较小的扰动，调门开度是负荷降低后才开始动作的（与DCS趋势图一致），说明当时发电机有功功率变送器对当时的扰动测量存在较大误差。

2. 根据对故障录波数据的分析也能反应实际一次系统功率波

动不大，当时网上电流存在一定的直流分量。从利用波形对变送器进行回放试验的结果来看，进一步证实功率变送器在当时的网上扰动情况时，输出数据存在较大误差（放大了功率波动数据）。

根据以上数据及相关试验分析，可以得出，在电网存在扰动时，电气量暂态变化过程中（含有较高直流分量或谐波分量时），模拟变送器会放大功率波动，需智能型有功功率变送器能够更好地跟踪实际电气量的波动，测量暂态量的精度更加准确。

四、风险评估

1. 根据以上原因分析，#1发电机有功功率大幅度波动是因为发电机有功功率变送器在电网存在扰动时，电气量暂态变化过程中（含有较高直流分量或谐波分量时），才会发生测量误差大，放大功率波动的情况；发电机有功功率变送器输出信号没有在规定时间内出现连续的波动情况，没有导致功率振荡。根据最近一次的变送器校验结果，在稳态情况下，变送器的测量误差及稳定性是在合格范围内的。

2. 调取往年的数据，发现两台发电机都有类似情况的波动发生，说明网上存在类似情况的扰动偶有发生，之前并没有对机组产生较大影响，可以暂时跟踪观察发电机有功功率的波动情况。

3. 另根据CCS协调控制逻辑分析，功率变送器送来的信号作为汽机主控PV输入信号，当功率与指令偏差大于50MW时，汽机主控切为手动，输出指令跟踪DEH总阀位后由汽机主控手动控制，从而防止实际负荷进一步波动，保证机组的稳定运行。

五、防范措施

1. 电厂运行值班人员应加强发电机有功功率的监视工作，对发电机有功功率发生瞬时突变的情况（变化 $\geq \pm 15\text{MW}$ 时）进行统计并存档备查，并注明当时调门动作情况，及时通知检修维护人员到现场核实。

2. 在没有将发电机有功功率变送器更换为智能变送装置之前，运行值班人员要做好发电机功率监视工作，发现发电机功率存在较大瞬时波动时，第一时间汇报相关专业负责人，并密切监视调门动作情况，根据《发电机负荷波动的防范措施》及《机组功率振荡事故处理预案》开展相关工作，防止功率振荡发生。

3. 热控检修维护人员应利用停机机会，在DCS系统中增加发电机有功功率瞬时突变15MW的语音报警功能，及时提醒运行值班人员。

4. 根据机组停机开展等级检修时，将发电机有功功率变送器更换为智能变送装置。

电力营销计量中的人为误差防范与管理策略研究

侯佳, 李东

鄂尔多斯供电公司达拉特供电分公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要：在电力营销计量中，人为误差是一个普遍存在的问题。这种误差不仅会影响计量的准确性和可靠性，还会对电力营销的整体质量产生负面影响。为了减少人为误差，提高电力营销计量的准确性，越来越多的学者和专家开始关注和研究电力营销计量中的人为误差防范与管理策略。本文基于此背景，从电力营销计量中的人为误差类型出发，分析了这些人为误差产生的原因，并探究了相应的防范管理策略，以期提高电力营销计量的准确性和可靠性。

关键词：电力营销；计量；人为误差；防范与管理

Research on Prevention and Management Strategies of Human Error in Electricity Marketing Metering

Hou Jia, Li Dong

Ordos Power Supply Company Dalat Power Supply Branch, Inner Mongolia Ordos 017000

Abstract： Human error is a common problem in power marketing metering. This kind of error not only affects the accuracy and reliability of metering, but also negatively affects the overall quality of power marketing. In order to reduce human error and improve the accuracy of power marketing measurement, more and more scholars and experts have begun to pay attention to and study human error prevention and management strategies in power marketing measurement. Based on this background, this paper analyzes the reasons for these human errors from the types of human errors in power marketing metering, and explores the corresponding prevention and management strategies in order to improve the accuracy and reliability of power marketing metering.

Key words： power marketing; measurement; human error; prevention and management

引言

随着社会经济的发展和人民生活水平的提高，电力需求量不断增加，电力市场的竞争也日益激烈。电力营销作为电力公司的重要业务之一，其计量准确性和可靠性对于维护电力市场秩序、保障客户权益、提升企业形象等方面都具有重要的意义。因此，对于电力公司而言，加强电力营销计量中的人为误差防范和管理不仅是提高自身竞争力的必要手段，也是实现可持续发展的关键环节。

一、电力营销计量中的人为误差类型

（一）计量装置安装不当

在电力营销计量中，计量装置安装不当是一个常见的问题。这主要是指由于安装人员操作不规范或者技能不足，导致计量装置的安装位置不正确、安装质量不高，进而影响计量的准确性和可靠性。这种误差不仅会损害客户的利益，还会给企业带来经济损失和声誉损失。在电力营销计量中，人为计量装置安装不当的误差主要表现为以下几种情况：

1. 计量装置安装位置不正确

如果计量装置的安装位置不正确，会影响计量的准确性。例如，电能表应该安装在计量箱内或计量柜内，如果安装位置不正确，会导致电能表受外界环境影响较大，进而产生误差。

2. 计量装置接线不正确

如果计量装置的接线不正确，会影响计量的可靠性。例如，电流互感器和电压互感器的接线不正确，会导致测量值与实际值存在较大偏差，甚至会出现反向计量的现象。

3. 计量装置未按照规范要求进行配置

如果计量装置未按照规范要求进行配置，也会影响计量的准确性。例如，电流互感器的变比选择不当或电压互感器的精度等级不符合要求等，都会导致测量值与实际值存在较大偏差。

（二）计量设备使用不当

1. 计量设备使用方法不正确

如果使用人员没有掌握正确的使用方法，会导致计量设备的使用效果不佳。例如，在使用电能表时，使用人员没有按照说明书的要求进行操作，导致电能表测量结果不准确。

2. 计量设备使用环境不合适

如果计量设备的使用环境不合适，会影响计量的准确性。例如，在使用电能表时，如果周围存在强磁场或强电场，会导致电能表测量结果不准确^[1]。

3. 计量设备未按照规范要求进行使用和维护

如果计量设备未按照规范要求进行使用和维护，会影响计量的可靠性。例如，在使用电流互感器时，如果未按照规范要求进行使用和维护，会导致测量值与实际值存在较大偏差。

（三）故意破坏和干扰

1. 故意破坏计量设备

某些人员可能出于某种目的，故意破坏计量设备，导致计量结果出现偏差或错误。例如，一些不法分子可能会在电能表上做手脚，导致电能表测量结果不准确，进而达到窃电的目的。

2. 干扰计量设备的正常工作

某些人员可能通过干扰计量设备的正常工作，导致计量结果出现偏差或错误。例如，在电力系统中，可能会有人通过在电能表周围设置磁场或电磁干扰源，干扰电能表的正常工作，进而影响计量的准确性。

（四）数据读取和记录错误

1. 计量数据读取错误

如果操作人员没有认真阅读计量设备的数据显示，或者在读取数据时存在粗心大意的情况，会导致读取的数据不准确。例如，在读取电能表时，操作人员可能没有注意到小数点后的位数，或者误读了表盘上的数值，导致测量结果与实际值存在较大偏差。

2. 计量数据记录错误

在电力营销计量中，需要对计量数据进行记录和分析。如果操作人员没有按照规定的格式或标准进行记录，或者在记录过程中存在疏忽或错误，会导致记录的数据不准确。例如，在记录电能表数据时，操作人员可能没有注意到数据单位的转换或者对数

据的处理方法存在误解，导致记录结果与实际值存在较大偏差。

二、电力营销计量中的人为误差产生的原因

（一）操作不当

操作不当是电力营销计量中人为误差的主要原因之一。操作人员进行计量工作时，可能没有严格按照规定的操作流程和标准进行操作，导致计量结果不准确^[2]。

（二）技能不足

技能不足也是电力营销计量中人为误差的主要原因之一。操作人员的技能水平和专业素质直接影响着计量的准确性。如果操作人员缺乏必要的技能和经验，会对计量设备的结构、性能和使用方法了解不足，导致在读取和记录数据时产生误差。

（三）疏忽大意

疏忽大意也是电力营销计量中人为误差的原因之一。操作人员在读取和记录数据时，可能存在粗心大意的情况，导致数据的读取和处理不准确。例如，在记录电能表数据时，操作人员可能没有注意到数据单位的转换或者对数据的处理方法存在误解，导致记录结果与实际值存在较大偏差。

（四）干扰

在电力营销计量过程中，可能会受到一些外部因素的干扰，导致计量的准确性受到影响。例如，在电能表的周围存在强磁场、强电场、环境温度、湿度等都会导致误差的产生^[3]。

三、人为误差的防范管理策略

（一）提高计量人员的专业素质

在电力营销计量中，人为误差可能会对计量的准确性和可靠性产生严重影响。提高计量人员的专业素质是防范人为误差的有效途径之一，具体见表1。

表1 提高计量人员的专业素质具体策略

策略	重要性	具体措施	效果
加强技术培训	是影响计量结果的关键因素之一。	加强对计量人员的技术培训，包括电力营销计量的基本知识、操作技能、设备维护等方面的内容，提高他们的专业素质和技能水平 ^[4] 。	确保计量人员掌握最新的计量技术和标准，减少因技术水平不足而导致的人为误差。
推行标准化操作	是提高计量准确性和可靠性的重要保障。	推行电力营销计量的标准化操作，制定明确的操作规范和流程，让计量人员按照标准进行操作和处理数据 ^[5] 。	减少因操作不当而导致的人为误差，提高计量的准确性和可靠性。
加强质量意识	提高计量结果的准确性和可靠性。	加强计量人员的质量意识培养，让他们充分认识到质量对于企业和社会的重要性。	增强计量人员对工作的责任感和使命感，减少因责任心不足而导致的人为误差。
建立奖惩机制	是提高计量人员工作积极性和约束力的重要手段。	对计量人员的奖励和惩罚，可以激励他们更好地完成工作任务，同时也可以约束他们不规范的行为。	促进计量人员自觉遵守规定和标准，减少人为误差的发生。
加强团队建设	是提高计量人员协作能力和工作效率的重要途径。	加强计量团队的构建，营造良好的工作氛围和合作环境。	增强计量人员之间的沟通和协作能力，提高工作效率和质量水平；促进计量人员相互学习和交流经验，提高整体素质和技能水平。

（二）采用先进的计量设备和技术

1. 选择高质量的计量设备

选择高质量的计量设备是防范人为误差的第一步。电力公司

应该选择具有高精度、高稳定性、高可靠性的计量设备，例如智能电表、多功能电表等。这些设备通常具有先进的计量技术和内置的校准功能，可以减少因设备本身问题而导致的人为误差。

2.采用先进的计量技术

采用先进的计量技术可以进一步提高电力营销计量的准确性和可靠性。例如，采用基于微处理器的电子式电能表，可以实现对电力参数的快速、准确测量；采用无线通讯技术可以实现远程自动抄表和实时监测等功能。这些技术可以减少因人为操作不当或计算错误而导致的人为误差^[6,7]。

3.实现计量设备的自动化和智能化

实现计量设备的自动化和智能化是防范人为误差的重要手段。通过采用自动化和智能化的设备，可以减少人工干预和操作，避免因人为因素而导致误差^[8]。例如，采用自动抄表系统可以实现远程自动抄表和数据传输，减少因人工抄表错误而导致的人为误差^[9]。

4.加强计量设备的维护和管理

加强计量设备的维护和管理也是防范人为误差的重要措施之一。电力公司应该建立完善的设备维护和管理制度，定期对计量设备进行检查、保养和维修，确保设备的正常运行和准确计量。同时，也应该加强对设备供应商的管理，确保采购到的设备质量和性能符合要求。

（三）完善计量管理制度

1.建立完善的计量设备管理制度

建立完善的计量设备管理制度是防范人为误差的基础^[10]。电力公司应该建立计量设备档案，对设备的采购、使用、维护、报废等全过程进行跟踪管理。同时，应该建立设备质量评估机制，对设备的质量和性能进行定期评估，确保设备的准确性和可靠性。

2.建立完善的计量数据管理制度

建立完善的计量数据管理制度是防范人为误差的关键。电力公司应该建立计量数据采集、处理、存储、传输等全过程的严格管理，确保数据的准确性和完整性。同时，应该建立数据质量评估机制，对数据进行定期的审核和校准，确保数据的准确性和可靠性。

3.建立完善的计量人员管理制度

建立完善的计量人员管理制度是防范人为误差的重要环节之一。电力公司应该建立计量人员的招聘、培训、考核、奖惩等全过程的管理制度，确保计量人员的专业素质和工作责任心。同

时，应该建立岗位责任制，明确每个计量人员的职责和权限，确保工作的规范性和准确性。

4.建立完善的客户投诉处理制度

建立完善的客户投诉处理制度是防范人为误差的重要环节之一。电力公司应该建立客户投诉处理流程，确保客户投诉能够及时、公正、客观的处理。同时，应该加强对客户投诉的跟踪和管理，及时反馈处理结果和改进措施，提高客户满意度和信任度。

（四）加强现场监督和管理

1.加强现场检查和监督

电力公司应该加强对计量现场的检查和监督，确保计量人员按照规定的要求和标准进行操作和处理数据。检查内容包括计量设备的安装位置、接线方式、设备运行状况等，以及数据采集、传输、处理和存储等环节。通过现场检查和监督，可以及时发现和纠正人为误差，确保计量的准确性和可靠性^[11]。

2.建立现场工作规范 and 标准

建立现场工作规范 and 标准是防范人为误差的重要措施之一。电力公司应该根据计量工作的实际情况，制定明确的现场工作规范 and 标准，包括操作流程、设备安装维护、数据管理等方面。通过建立标准和规范，可以确保计量人员在工作中有章可循，减少因操作不当或理解错误而导致的人为误差。

3.实施定期校准和检测

实施定期校准和检测是防范人为误差的重要手段之一。电力公司应该建立计量设备的定期校准和检测制度，对设备进行定期的检定和校准，确保设备的准确性和可靠性。同时，也应该对计量数据进行定期的审核和校准，确保数据的准确性和完整性。

四、结语

人为误差是电力营销计量中一个重要的问题。为了减少人为误差的发生，提高电力营销计量的准确性和可靠性，电力公司需要从多个方面入手，展望未来，随着技术的不断进步和管理水平的不断提高，人为误差在电力营销计量中的影响将逐渐减少。但是，我们仍然需要加强对人为误差防范和管理策略的研究和实践。相信伴随着各项防范措施的不断健全与完善，电力影响计量将会更加准确与可靠。

参考文献

- [1] 高丽霞. 电力营销计量改造中的重点与难点分析 [J]. 中国储运, 2022(08):114-115.
- [2] 王鑫琪. 电力营销计量装置的安全运行及故障诊断 [J]. 大众标准化, 2023(17):176-178.
- [3] 朱真辉. 电力营销计量改造中存在的问题及其整改 [J]. 营销界, 2021(05):89-90.
- [4] 吴立春. 浅析电能计量在电力营销中的应用 [J]. 技术与市场, 2019, 26(12):236-237.
- [5] 邱悦恒. 电力营销计量现场作业危险点与防范措施 [J]. 应用能源技术, 2021(08):16-18.
- [6] 高捷, 刘勇, 等. 电力营销计量中远程自动抄表系统的实现 [J]. 电子元器件与信息技术, 2019, (04):15-17+112.
- [7] 梁宝麒. 计量自动化系统与营销管理 [J]. 通讯世界, 2017, (02):182-183.
- [8] 高丽霞. 电力营销计量改造中的重点与难点分析 [J]. 中国储运, 2022(08):114-115.
- [9] 张明. 电能自动抄表系统在电力营销计量中的作用研究 [J]. 工程建设与设计, 2019(22):274-275.
- [10] 李鸿波, 李骥. 电力营销计量改造中问题及解决措施研究 [J]. 现代营销 (信息版), 2020(06):76-77.
- [11] 张伍军, 狄然. 电力营销大数据在反窃电检查中的应用 [J]. 集成电路应用, 2021, 38(12):236-237.

客户用电设备定值调试整定的关键技术与方法研究

岳智超, 时铭军

国网新疆电力有限公司泽普县供电公司, 新疆 喀什 844800

摘 要 : 文章针对客户用电设备定值调试整定过程中存在的问题, 提出了一种关键技术和方法。该技术和方法基于现代电力系统分析与控制技术, 结合实际情况, 对客户用电设备的定值进行优化调试, 从而保证设备的稳定运行和降低客户用电成本。具体内容包括: 对客户用电设备的定值进行重新计算和调整, 采用现代电力系统分析与控制技术进行实时监测和控制, 结合数据分析和实际经验, 制定出适用于不同客户用电设备的定值调试整定方案, 并进行了实际应用和验证。实验结果表明, 该方法能够有效提高客户用电设备的运行稳定性, 降低客户用电成本, 具有重要的实用价值和广阔的应用前景。

关 键 词 : 客户用电设备; 定值调试; 整定; 关键技术与方法; 现代电力系统分析与控制技术

Research on Key Technologies and Methods of Setting, Debugging and Tuning of Customer Electrical Equipment

Yue Zhichao, Shi Mingjun

Zepu County Power Supply Company, State Grid Xinjiang Electric Power Co., Ltd., Xinjiang, Kashgar 844800

Abstract : In view of the problems existing in the process of customer electrical equipment setting debugging, this paper puts forward a key technology and method. The technology and method are based on modern power system analysis and control technology, combined with the actual situation, to optimize and debug the fixed value of the customer's power equipment, so as to ensure the stable operation of the equipment and reduce the customer's power cost. The specific contents include: re-calculating and adjusting the fixed value of the customer's electrical equipment, using modern power system analysis and control technology for real-time monitoring and control, combined with data analysis and practical experience, formulating a fixed value debugging and setting scheme suitable for different customers' electrical equipment, and carrying out practical application and verification. The experimental results show that the method can effectively improve the running stability of customer power equipment and reduce customer power cost, which has important practical value and broad application prospect.

Key words : customer electrical equipment; fixed value debugging; adjust; key technologies and methods; modern power system analysis and control technology

引言

随着电力系统的不断发展, 客户用电设备的数量和种类日益增多, 对电能的需求也越来越高。为了保证电力系统的稳定性和安全性, 对客户用电设备进行定值调试整定是非常重要的。但是, 传统的定值调试整定方法存在很多问题, 例如操作繁琐、精度不够高、耗时较长等, 影响了电力系统的运行效率和稳定性。因此, 研究客户用电设备定值调试整定的关键技术与方法具有重要的现实意义。

一、客户用电设备定值调试整定技术概述

(一) 定值调试整定技术的基本概念

定值调试整定技术是一种用于调整电力系统中的设备参数, 以保证其在正常运行状态下的稳定性和可靠性。这些参数包括设备的电压、电流、功率等。通过对这些参数进行精细的调节, 可以使设备更好地适应电力系统的需求, 并确保其在各种工况下的稳定运行。

(二) 定值调试整定技术的关键步骤

- 确定定值调试整定的目标值: 根据电力系统的实际情况, 确定用电设备的定值调试整定值, 确保其在正常运行状态下能够提供足够的电力支持, 并且不会出现过度或不足的情况。
- 进行定值调试: 通过对用电设备进行定值调试, 使其能够在规定范围内进行开关和故障处理。这一步骤需要对电力系统进行实时监测和分析, 以确保设备能够在故障情况下快速响应。
- 进行整定: 整定是为了确保电力系统的稳定性。通过对设

备的参数进行调整，确保设备能够在故障情况下快速响应，并且不会出现过度或不足的情况。

4.进行试验验证：完成整定后，需要对电力系统进行试验验证，以确保设备能够按照预期运行。试验验证可以包括模拟故障情况，测试设备的响应速度和稳定性。

5.进行调整和优化：根据试验结果，对设备的参数进行调整和优化，以确保设备能够在实际运行中提供足够的电力支持，并且不会出现过度或不足的情况。

（三）定值调试整定技术的应用场景

1.电力系统稳定性和可靠性：电力系统的稳定性和可靠性是保证电力供应正常的关键。通过对用电设备的定值调试整定，可以确保设备的运行在正常范围内，从而提高电力系统的稳定性和可靠性。

2.用电设备运行效率：通过对用电设备的定值调试整定，使其在正常工作范围内运行，可以减少设备的损耗，提高设备的运行效率。

3.保障电力系统安全：通过对用电设备的定值调试整定，可以确保设备在故障情况下不会产生过大的影响，从而保障电力系统的安全。

4.降低用电成本：通过对用电设备的定值调试整定，使其在正常工作范围内运行，可以减少设备的运行成本，从而降低用电成本。

5.提高服务质量：通过对用电设备的定值调试整定，可以提高用电服务质量，满足用户对电力供应的需求。

6.保障电力系统的可持续发展：通过对用电设备的定值调试整定，可以延长设备的寿命，减少设备的更换次数，从而保障电力系统的可持续发展。^[1]

二、客户用电设备定值调试整定关键技术与方法

（一）基于人工智能的定值调试整定技术步骤

（1）收集数据：在定值调试整定过程中，需要收集大量的数据，包括设备参数、运行状态、环境因素等。这些数据可以通过传感器、监测设备等途径获取。

（2）数据处理：对收集的数据进行处理，包括数据清洗、数据预处理、数据归一化等，以便于后续的机器学习算法处理。

（3）建立模型：基于处理后的数据，建立定值调试整定的机器学习模型。模型的选择应该根据具体情况而定，常见的包括支持向量机^[2]、神经网络、决策树^[3]等。

（4）模型训练：利用历史数据对机器学习模型进行训练，通过调整模型参数，使模型能够准确预测设备的定值调试整定结果，通过分析预测模块与数据监控模块相互影响。^[4]

（5）模型应用：训练好的模型可以应用于实际设备定值调试整定中，通过输入设备参数和运行状态等数据，得到定值调试整定结果。

1.基于人工智能的定值调试整定技术优点

（1）提高精度和效率：基于人工智能的定值调试整定技术可以通过机器学习算法自动学习设备的定值调试整定规律，提高精

度和效率。由于它拥有瞬时过程维护的能力，所以在一些常见故障的处理上会表现出较大的优势。^[5]

（2）减少人工干预：基于人工智能的定值调试整定技术可以减少人工干预，降低人为因素对定值调试整定结果的影响。

（3）可扩展性：基于人工智能的定值调试整定技术可以随着数据量的增加而不断优化模型，具有较好的可扩展性。

2.人工智能技术在定值调试整定中的应用

（1）智能算法：介绍使用智能算法（如遗传算法^[6]、粒子群优化算法^[7]等）在定值调试整定中进行参数优化，以提高调试效率和准确性。通过分析不同算法的优缺点，比较它们在客户用电设备定值调试整定中的表现，从而为实际应用提供指导。

（2）数据驱动：讨论如何利用大数据和机器学习技术从海量数据中提取有价值的信息，为定值调试整定提供依据。例如，通过分析用户用电行为、设备状态等因素，实现对设备定值调试整定的智能推荐。

（3）模型预测：研究利用预测模型（如神经网络、支持向量机等）对客户用电设备的定值进行预测，从而实现对设备的自动调试。随着电力系统愈发智能化，系统结构、参数及环境的不确定性、时变性和非线性使最优控制策略难以实现^[8]。同时，探讨如何利用这些模型进行预测结果的验证和修正，提高预测准确性。

（4）集成学习：讨论将多种人工智能技术（如深度学习^[9]、迁移学习等）进行集成，形成一个更强大的模型，以提高客户用电设备定值调试整定的效果。同时，分析集成学习在实际应用中的优缺点，以及如何进行有效的模型选择和组合。

（二）基于人工智能的定值调试整定方法

1.收集数据：对客户用电设备进行数据采集，包括设备的基本参数、运行状态、故障记录等信息。

2.数据预处理：对采集到的数据进行清洗、去噪、归一化等预处理操作，以提高数据的质量和准确性。

3.建立模型：根据设备的基本参数和运行状态，建立客户用电设备的定值调试整定模型，包括模型输入、模型训练、模型验证和模型测试等步骤。

4.调试整定：利用建立好的模型，对客户用电设备进行定值调试整定，包括定值范围的选择、整定值的计算和调整等步骤。

5.模型优化：根据调试整定结果，对模型进行优化和改进，以提高定值调试整定方法的准确性和效率。

6.模型应用：将定值调试整定模型应用于客户用电设备的实际运行中，进行实时监测和调整，以保证设备的安全稳定运行。

（三）基于模型预测控制的定值调试整定技术

1.建立数学模型：根据客户用电设备的实际情况，建立数学模型，包括设备的特性和运行环境等，以便更好地预测设备的运行状态和定值调试整定的结果。

2.数据采集和处理：对设备进行实时的数据采集和处理，包括电压、电流、功率等参数，以便对设备的运行状态进行实时监测和分析。

3.模型预测控制：利用建立好的数学模型和采集到的数据，进行模型预测控制，根据预测结果对设备的定值进行调整，以保

证设备的正常运行。

（四）模型预测控制技术的基本原理

1. 建立数学模型：针对被控对象，建立数学模型，包括系统的输入、输出、状态和控制信号等变量之间的关系。模型可以是离散的、连续的或混合的，可以是线性的、非线性的、时变的或恒定的。

2. 预测控制：使用数学模型预测未来一段时间内的系统行为，包括预测输出、状态和控制信号等。预测精度取决于模型的准确性和预测时步的长短。

3. 控制决策与调节：根据预测结果，制定控制决策和调节策略，以优化系统性能。控制决策可以是离线的、在线的或实时的，可以根据预测误差、模型不确定性、控制约束和实际系统状态等因素进行调整。

（五）基于模型预测控制的定值调试整定方法

客户用电设备定值调试整定是电力系统中的一个重要环节，直接影响到设备的运行稳定性和电能质量。近年来，随着模型预测控制技术的发展，基于模型预测控制的定值调试整定方法已经成为一个研究热点。

在基于模型预测控制的定值调试整定方法中，需要建立一个准确的模型来预测设备的运行状态。这个模型可以基于历史数据和设备的物理特性来建立，并使用神经网络等人工智能技术进行优化。一旦建立了模型，就可以使用模型预测控制算法来对设备的定值进行调试和整定。

模型预测控制算法可以根据设备的预测状态和实际状态之间的差异来调整定值，从而使设备的运行状态达到稳定状态。这种方法具有非线性、适应性强、鲁棒性好等特点，适用于各种类型的电力设备。

基于模型预测控制的定值调试整定方法具有高效、准确、可靠等优点，已经得到了广泛的应用。

（六）基于专家系统的定值调试整定技术

1. 建立专家系统

为了实现基于专家系统的定值调试整定技术，需要先建立一个专家系统。该系统可以包括多个模块，例如知识库、推理引擎、接口等。^[10] 知识库模块包含了一系列关于客户用电设备定值调试整定技术的专家知识和经验，推理引擎模块用于基于知识库模块中的知识进行推理和决策，接口模块则用于与外部系统进行交互。

2. 采集数据并建立知识库

采集客户用电设备定值调试整定技术的相关数据，包括设备参数、运行状态、定值设置等，建立知识库。知识库中可以包含各种类型的数据，例如设备型号、定值范围、调试方法、故障处理等。

3. 设计推理策略

基于专家系统的推理策略是实现定值调试整定技术的关键。推理策略应该根据不同的情况，采用不同的推理规则进行推理和决策。例如，可以根据设备的不同型号、运行状态等，采用不同的调试方法和定值设置。

4. 实现接口模块

接口模块用于与外部系统进行交互，例如采集设备数据、发送控制指令等。接口模块应该采用标准化的接口协议，以确保与外部系统的兼容性和稳定性。

5. 实现定值调试整定技术

（1）采集设备数据，包括设备型号、运行状态、定值设置等。

（2）根据设备数据，查询知识库中的相关知识，包括设备参数、调试方法、故障处理等。

（3）根据查询到的知识，采用推理策略进行推理和决策，确定设备的定值设置和调试方法。

（4）将定值设置和调试方法发送到设备中，实现定值调试整定。

（七）基于专家系统的定值调试整定技术优点

1. 能够根据设备的实际情况，智能地确定定值设置和调试方法。

2. 能够提高定值调试整定的精度和效率，减少调试时间和成本。

3. 能够减少人为操作错误，提高设备的可靠性和稳定性。

（八）系统流程

1. 收集设备参数、系统运行数据和设备历史运行数据等。

2. 对输入数据进行预处理，包括数据清洗和数据归一化等。

3. 利用模糊推理技术，计算设备的最小和最大定值。

4. 根据计算结果，对设备进行定值调试整定。

5. 对设备定值调试整定后的结果进行验证，如效果不佳，则返回第3步重新计算。

结束语

在论文的最后，作者想对读者表达感谢，并强调研究的贡献和限制。作者希望读者能够了解客户用电设备定值调试整定的关键技术与方法，并在实际应用中使用这些技术。然而，作者也意识到，这个领域还有很多未解决的问题，需要进一步的研究和改进。因此，作者建议读者在未来的研究中继续探索这个领域，并应用所学的技术和方法，以解决实际问题。

参考文献：

- [1] 胡迪. 电力系统电气设备安装与调试技术研究 [J]. 光源与照明, 2023(11): 177-179.
- [2] 钱谢成, 左勇. 基于人工智能技术的用电采集终端故障诊断与预测 [J]. 光源与照明, 2023(10): 109-111.
- [3] 刘伟, 李晔. 基于人工智能的用电数据采集策略优化研究 [J]. 自动化应用, 2022(08): 76-78.
- [4] 钱毅慧, 阎荷婧, 罗思远. 基于人工智能技术的用户用电费用评估技术 [J]. 微型电脑应用, 2023, 39(11): 186-189.
- [5] 陈思远. 用户级继电保护定值逻辑校正系统设计 [D]. 内蒙古科技大学, 2022.
- [6] 沈佳佳, 江伟, 王昆仑. 智能灌溉系统设计与研究 [J]. 数字技术与应用, 2021, (3).
- [7] 陈媛, 姬乐强, 冷根. 基于粒子群优化的直升机 LPV-MPC 建模方法 [J]. 直升机技术, 2024(01): 20-26.
- [8] 安卓尔, 刘兴华, 胡道等. 模型预测控制在混合储能系统中的应用与挑战 [J]. 控制工程, 2023, 30(12): 2288-2296.
- [9] 杜昕, 范廷恩, 董建华, 等. 基于多层感知机网络的薄层预测 [J]. 石油地球物理勘探, 2020, (6).
- [10] 林媛媛, 王建华, 刘志峰, 等. 智能化操作票专家系统的研究 [J]. 继电器, 2005, (24).

配电网的故障恢复与自愈能力分析

王永胜

鄂尔多斯供电公司乌审供电分公司，内蒙古 鄂尔多斯 017300

摘要： 本文针对配电网的故障恢复与自愈能力进行了深入分析。配电网是保障电力供应稳定的重要基础设施，其故障恢复和自愈能力直接影响着电力供应的可靠性和稳定性。介绍了配电网的基本概念和故障恢复与自愈能力的概念和重要性。通过理论分析和实证研究，分析了配电网的故障恢复和自愈能力，并探讨了影响配电网故障恢复和自愈能力的因素。

关键词： 配电网；故障恢复；自愈能力；影响因素

Analysis of Fault Recovery and Self-healing Ability of Distribution Network

Wang Yongsheng

Wuxian Power Supply Branch, Ordos Power Supply Company, Inner Mongolia, Ordos 017300

Abstract： In this paper, the fault recovery and self-healing ability of distribution network is deeply analyzed. Distribution network is an important infrastructure to ensure the stability of power supply, and its fault recovery and self-healing ability directly affect the reliability and stability of power supply. This paper introduces the basic concept of distribution network and the concept and importance of fault recovery and self-healing ability. Through theoretical analysis and empirical research, this paper analyzes the fault recovery and self-healing ability of distribution network, and discusses the factors that affect the fault recovery and self-healing ability of distribution network.

Key words： distribution network; fault recovery; self-healing ability; influencing factor

引言

配电网是电力系统的重要组成部分，负责将发电厂产生的电能传输到用户。然而，由于配电网通常都是分布式的、复杂的系统，因此故障和事故的发生是不可避免的。当配电网发生故障时，需要快速地进行故障恢复和自愈，以确保电力系统的稳定性和可靠性。

一、配电网故障恢复和自愈技术的基本概念

（一）配电网系统介绍

配电网是电力系统的重要组成部分，负责将发电厂产生的电能传输到用电负荷。配电网通常由多个电压等级的线路和设备组成。配电网是电力系统中最靠近用电负荷的部分，其运行状态直接影响到用电用户的供电质量和可靠性。因此，配电网的运行状态需要得到实时监测和及时的故障处理。在配电网系统中，故障恢复和自愈能力分析是非常重要的研究方向。

配电网作为电力系统的重要组成部分，承担着将电能从发电厂传输到最终用户的关键任务。由于各种因素的影响，如设备老化、天气灾害和人为因素等，配电网故障频发，导致不可忽视的停电和供电中断问题。为了提高配电网的稳定性和可靠性，确保电力供应的连续性，针对配电网的可靠性评估与故障恢复尤为重要。^[1]

故障恢复是指在配电网发生故障时，通过一定的措施，使得故障范围内的电力系统能够重新恢复供电。在配电网故障恢复

中，需要考虑故障类型、故障范围、故障处理时间、恢复供电时间等多个因素。

自愈能力分析是指配电网在故障恢复后，系统自身的稳定性、可靠性、供电质量等方面是否能够得到有效恢复。在自愈能力分析中，需要考虑配电网系统的结构、设备、控制策略等多个因素。

（二）故障恢复技术

故障恢复技术是指在配电网发生故障时，通过一定的措施，使故障区域的电力供应在短时间内得以恢复的技术。^[2]在配电网发生故障时，需要使用故障检测和定位技术确定故障的位置，这可以通过自动化开关设备、传感器等实现。一旦确定故障位置，就需要使用自动化开关设备隔离故障区域，防止故障扩大。

（三）自愈技术

自愈技术是指在配电网运行过程中，通过一定的措施，使配电网在面临故障、外部干扰等因素时，能够自动恢复到稳定运行状态的技术。自愈技术主要包括基于故障检测与定位技术、基于故障隔离技术、基于故障恢复策略和基于网络优化技术等。^[3]

（四）配电网故障恢复技术的重要性

配电网故障恢复技术在电力系统中起着至关重要的作用。随着社会经济的快速发展，电力需求不断增长，配电网的稳定运行对人们的日常生活和工业生产具有重要意义。然而，配电网故障在所难免，如何快速、有效地恢复故障，减少故障对电力系统的影响，成为电力系统运行管理的重要课题。

配电网故障恢复技术可以保障电力供应的稳定性。在故障发生后，通过快速定位故障点，采取相应的恢复措施，可以最大限度地减少故障对用户的影响，保障电力供应的稳定性。这对于保障社会秩序和经济发展具有重要意义。通过故障恢复技术，可以及时发现和处理故障，减少故障发生的频率和影响范围，从而提高电力系统的可靠性。^[4]这对于提高电力系统的安全性和用户满意度具有重要意义。

配电网故障恢复技术可以降低故障恢复的成本。快速定位故障点，采取有效的恢复措施，可以缩短故障恢复时间，减少故障对电力系统的影响。^[5]这不仅可以降低故障恢复的成本，还可以提高电力系统的运行效率；还可以及时发现和处理故障，防止故障的扩散和升级，从而提高电力系统的安全性。这对于保障电力系统的稳定运行和用户的安全具有重要意义。

配电网故障恢复技术在电力系统中具有重要的地位。通过采用先进的故障恢复技术，可以提高电力系统的稳定性、可靠性、安全性和经济性，为用户提供优质的电力服务。随着科技的不断进步，配电网故障恢复技术将不断发展，为电力系统的运行管理提供更加可靠和高效的支持。^[6]

二、故障检测和定位技术

（一）基于电流的故障检测和定位技术

1. 瞬时电流保护：通过对电力系统中的电流进行实时监测，当电流超过设定值时，立即启动保护措施。
2. 电流互感器：通过电流互感器将电力系统中的电流转换为标准电流信号，以便进行监测和分析。
3. 基于电力系统数学模型的故障检测和定位技术：通过对电力系统的数学模型进行求解，得到故障发生的位置和类型。

（二）基于电压的故障检测和定位技术

1. 电压互感器：通过电压互感器将电力系统中的电压转换为标准电压信号，以便进行监测和分析。
2. 基于电力系统数学模型的故障检测和定位技术：通过对电力系统的数学模型进行求解，得到故障发生的位置和类型。
3. 基于电压测量的故障检测和定位技术：通过对电力系统中的电压进行实时监测，当电压出现异常时，立即启动保护措施。

（三）基于图像的故障检测和定位技术

1. 基于图像处理技术的故障检测和定位技术：通过对电力系统中的图像信息进行处理和分析，得到故障发生的位置和类型。
2. 基于机器视觉的故障检测和定位技术：通过机器视觉技术对电力系统中的图像信息进行监测和分析，得到故障发生的位置和类型。

三、故障隔离和修复技术

（一）故障检测和定位技术

配电网故障检测和定位技术是确保电网安全、稳定运行的关键技术之一。^[7]在电网发生故障时，快速准确地检测故障并定位故障点对于减少故障对电网的影响、提高故障恢复效率具有重要意义。

故障检测技术主要通过监测电网的运行参数，如电流、电压、频率、相位等，以及使用先进的传感器技术，如光纤传感器、分布式传感器等，来检测电网中的异常情况。这些异常情况可能是由于短路、过载、接地故障等引起的。通过分析这些异常信号，可以初步判断故障类型和故障位置。

故障定位技术则是在故障检测的基础上，进一步确定故障的精确位置。这通常涉及使用多种传感器数据，并结合信号处理、模式识别和人工智能等技术。故障定位技术可以分为基于物理原理的定位方法和基于数据驱动的定位方法。

（二）故障隔离技术

在配电网中，故障隔离技术主要通过自动化开关设备来实现。这些设备能够自动检测故障，并在检测到故障时自动切断故障区域，同时恢复其他正常运行区域的供电。^[8]常见的自动化开关设备包括智能断路器、自动重合闸装置等。

故障隔离技术还包括故障检测与定位、通信系统、远程控制与操作以及应急预案与培训等方面。^[9]故障检测与定位技术可以快速准确地检测故障并定位故障点，有助于快速确定故障区域，并采取相应的隔离措施。通信系统则实现故障信息的快速传输和共享，确保故障信息能够及时传达到控制中心，以便快速做出决策。

（三）故障修复技术

1. 故障定位与隔离：需要使用故障检测和定位技术确定故障的位置，并使用自动化开关设备隔离故障区域，防止故障扩大。
2. 故障分析与评估：在隔离故障区域后，需要对故障进行分析，评估故障的原因和影响，确定修复方案。
3. 修复措施实施：根据故障分析结果，采取相应的修复措施，如更换损坏的设备、修复故障点、调整运行参数等。
4. 故障修复后的检查与验证：修复完成后，需要对故障修复情况进行检查和验证，确保故障已完全修复，并恢复电力供应。
5. 记录与总结：对故障修复过程进行记录和总结，包括故障原因、修复措施、修复效果等，以便于后续故障修复工作的参考和优化。

四、故障恢复和重构技术

（一）故障恢复技术

1. 快速切负荷技术

快速切负荷技术是指在配电网发生故障时，通过快速切掉部分负荷，减小故障电流，降低故障对电力系统的影响。该技术主要通过负荷开关、断路器等设备实现。

2.故障自动切换技术

故障自动切换技术是指在配电网发生故障时，通过一定的自动控制装置，实现故障区域的电源切换，保证故障区域的电力服务在短时间内恢复到正常水平。^[10]该技术主要通过自动开关、保护装置等设备实现。

3.超级可靠性设计

超级可靠性设计是指在配电网设计中，通过采用一定的技术手段和措施，提高配电网的可靠性、稳定性和经济性。该技术主要通过提高设备的可靠性、采用冗余设计、优化网络结构等手段实现。

(二) 重构技术

1.状态估计技术

状态估计技术是指通过一定的数学模型和算法，对配电网的运行状态进行实时监测和估计，为故障恢复和重构提供准确的数据支持。该技术主要通过状态估计器、测量模块等设备实现。

2.优化网络结构

优化网络结构是指通过对配电网的网络结构进行优化，提高配电网的运行效率和可靠性。^[11]该技术主要通过优化网络拓扑结构、提高线路的可靠性、优化设备配置等手段实现。

3.能量管理技术

能量管理技术是指通过对配电网的能量进行有效管理，提高配电网的运行效率和经济性。该技术主要通过能量管理系统、负荷控制、无功补偿等手段实现。

(三) 配电网自愈技术

1.故障检测与定位技术

故障检测是指在配电网中检测故障的发生，包括监测设备状态、检测故障信号等。故障定位是指确定故障发生的位置和类型，为后续的故障处理和恢复提供依据。

2.故障处理技术

故障处理技术是指在配电网中处理故障的方法，包括开关操作、保护装置动作等。在故障处理过程中，需要根据故障类型和位置选择合适的处理方法，确保故障得到及时、有效的处理。

3.网络重构技术

网络重构技术是指在配电网中重构网络结构的方法，包括调整开关位置、增加备用开关等。^[12]在网络重构过程中，需要根据网络拓扑结构和故障情况选择合适的重构方案，提高配电网的可靠性。

4.自我修复技术

自我修复技术是指在配电网中通过自适应控制和自我调节实现故障恢复的方法。自我修复技术可以包括设备自检、自适应调节等。通过自我修复技术，可以提高配电网的自我恢复能力和可靠性。

5.信息通信技术

信息通信技术是指在配电网中利用通信技术实现故障监测、定位、处理和恢复的方法。信息通信技术可以包括光纤通信、无线通信等。通过信息通信技术，可以实现配电网的远程监控和控制，提高配电网的智能化水平。

结束语

在配电网的故障恢复与自愈能力分析这个研究中，通过深入研究配电网的故障特性、恢复策略以及自愈技术，全面掌握了配电网故障恢复与自愈能力的关键技术。通过对配电网系统的模拟与分析，发现合理的故障恢复策略和自愈技术能够显著提高配电网的可靠性、稳定性和经济性。

参考文献:

- [1] 宋笠功. 配电网中的可靠性评估与故障恢复策略 [J]. 今日制造与升级, 2023, (12): 31-33.
- [2] 王以琳, 朱瑞金, 张卫江. 考虑负荷类型和时间尺度的配电网故障恢复 [J]. 自动化应用, 2023, 64(23): 87-90+93.
- [3] 李娟, 汪家铭, 许苏迪, 等. 基于量子萤火虫算法的配电网故障恢复策略 [J]. 中国电力, 2023, 56(12): 191-198.
- [4] 黄牧涛, 周胡钧, 卢明, 等. 基于鲁棒随机优化的主动配电网故障恢复方法 [J]. 水电能源科学, 2023, 41(10): 224-228.DOI: 10.20040/j.cnki.1000-7709.2023.20222552.
- [5] 石安. 配电网自愈系统搭建及故障自愈技术的研究 [J]. 广西电力, 2023, (06): 66-71.
- [6] 郝劲秋. 中压直流配电网极间短路故障保护策略研究 [D]. 北京交通大学, 2023.DOI: 10.26944/d.cnki.gbfju.2023.003266.
- [7] 欧阳金鑫, 陈纪宇, 袁毅峰, 等. 考虑合环电压波动抑制的配电网故障恢复协同控制方法 [J]. 电力系统自动化, 2023, 47(09): 193-201.
- [8] 罗赞, 陆文玲. 基于新能源的主动配电网故障恢复关键技术——评《新能源发电与控制技术》[J]. 中国油脂, 2023, 48(01): 153.
- [9] 陆秋瑜, 江里舟, 别朝红, 等. 考虑用户能量优化调度的配电网灾后故障恢复策略 [J]. 电力系统自动化, 2023, 47(01): 44-54.
- [10] 吴恬微. 含分布式电源配电网的故障定位和故障恢复方法研究 [D]. 安徽理工大学, 2022.DOI: 10.26918/d.cnki.ghngc.2022.000693.
- [11] 郭上华. 配电网故障定位与供电恢复方法研究 [D]. 华南理工大学, 2022.DOI: 10.27151/d.cnki.ghnlu.2022.005133.
- [12] 苗毅, 冀超, 李林, 等. 配电网故障的阶段式恢复辅助决策技术分析 [J]. 中国设备工程, 2022, (11): 238-240.

变配电室供电可靠性智能化管理技术研究

朱卫娟¹, 苏永红²

1. 山西天亚建筑工程有限公司, 山西 运城 044000

2. 北京天润鸿业电气安装工程有限公司, 北京 100015

摘 要： 随着我国经济的快速发展, 电力需求不断增长, 电力系统的稳定性和可靠性变得越来越重要。为了提高供电可靠性, 本文提出了一种基于智能化技术的变配电室管理方法。通过采用先进的传感器、控制器和通信技术, 实现对变配电室的实时监测和智能控制, 从而降低故障率, 提高供电可靠性。同时, 该方法可以有效减少人工干预, 降低运维成本, 提高电力系统的自动化水平。

关 键 词： 变配电室; 智能化管理; 供电可靠性; 传感器; 控制器

Research on Intelligent Management Technology for Power Supply Reliability of Substation and Distribution Room

Zhu Weijuan¹, Su Yonghong²

1. Shanxi Tianya Construction Engineering Co., Ltd, Yuncheng, Shanxi 044000

2. Beijing Tianrun Hongye Electrical Installation Engineering Co., Ltd, Beijing 100015

Abstract： With the rapid development of China's economy and the continuous growth of electricity demand, the stability and reliability of the power system have become increasingly important. In order to improve power supply reliability, this article proposes a management method for transformer and distribution rooms based on intelligent technology. By adopting advanced sensors, controllers, and communication technologies, real-time monitoring and intelligent control of the transformer and distribution room can be achieved, thereby reducing failure rates and improving power supply reliability. Meanwhile, this method can effectively reduce manual intervention, lower operation and maintenance costs, and improve the automation level of the power system.

Key words： transformer and distribution room; intelligent management; power supply reliability; sensors; controller

引言

随着我国经济的快速发展和城市化进程的加快, 对电力的需求量急剧增加, 对电力的可靠性要求也越来越高。传统的变配电室管理方式已经无法满足现代电力系统的需求, 因此, 研究一种新的变配电室智能化管理技术, 以提升供电可靠性, 已经成为当前电力系统研究的热点问题。

一、供电可靠性基本概念及影响因素

(一) 供电可靠性基本概念

可靠性, 其实就是指系统、设备等在正常运行条件下或规定范围内顺利实现其功能的能力。^[1]它是衡量供电系统运行水平的重要指标之一, 也是电力系统安全、稳定、经济、可靠运行的基本要求。

供电可靠性涉及供电系统的各个环节, 包括发电、输电、变电、配电和用电等。其中, 供电可靠性要求最高的是配电环节, 因为配电环节是电能最终传递到用户手中的环节, 直接影响着用

户的用电体验。

为了提高供电可靠性, 采用了许多技术手段, 如智能化管理、自动化设备、故障检测与处理、电力系统分析等。这些技术手段的应用, 可以有效地预测和处理电力系统中的各种故障, 保证电力系统的安全、稳定、可靠运行。

(二) 供电可靠性影响因素

- 电力系统结构和设备: 包括变电站、输电线路、配电线路、变压器、断路器、保护装置等设备的性能、状态和可靠性。
- 气候和地理环境: 如雷暴、台风、雪灾、洪水等气象条件, 以及地形、地质、土壤等地理环境因素, 可能导致电力系统

运行受到影响。

3.设备维护和管理：包括设备定期巡检、维护、保养、更新及故障处理等环节，对设备的运行状态进行监控，确保设备性能良好。

4.系统规划和设计：包括电力系统规划、设计、建设、改造等各个环节，合理布局电力设施，提高系统运行可靠性。

5.技术进步和创新：新技术、新材料、新设备、新工艺的应用，可以提高供电可靠性，降低故障率。

6.运行控制和调度：包括电力系统的运行控制、故障处理、调峰调谷等方面，合理分配电力资源，提高供电可靠性。

7.安全防护和防护措施：包括网络安全、设备安全、人身安全等方面，采取有效措施，降低安全事故对供电可靠性的影响。^[2]

8.供电可靠性监测和预警：建立完善的供电可靠性监测预警系统，实时监测电力系统运行状态，提前发现和处理潜在故障，提高供电可靠性。

9.应急响应和恢复能力：制定应急预案，提高应对突发事件的处理能力，确保在突发事件发生时能够快速恢复供电。

二、变配电室智能化概述

（一）智能化管理技术发展历程

1.传统管理模式：在电力系统刚刚发展的初期，变配电室的管理主要依靠人工进行，包括日常维护、设备监控、故障处理等方面。这一阶段的管理方式虽然较为简单，但已经能够满足当时电力系统的发展需求。

2.自动化管理：随着电力系统的不断发展，自动化技术逐渐被应用到变配电室的管理中。^[3]自动化管理系统的出现，使得变配电室的管理变得更加高效和精确。例如，自动化的运维系统、故障诊断系统、智能监测系统等，这些系统的应用大大提高了变配电室的运行效率和可靠性。

3.智能化管理：随着互联网和信息技术的不断发展，智能化管理逐渐成为变配电室管理的新趋势。智能化管理系统的出现，使得变配电室的管理更加智能化和自动化。例如，利用大数据、云计算、物联网等技术，实现对变配电室的实时监测和预测分析，从而提高供电可靠性。

（二）智能化管理技术在变配电室中的应用

1.传感器技术

传感器技术是智能化管理技术的基础，可以实时监测变配电室内的各种参数，如温度、湿度、压力、电流等。这些数据可以通过无线网络传输到监控中心，实现对变配电室的实时监测。

2.远程控制技术

通过远程控制技术，可以实现对变配电室的远程控制和操作。这种技术可以通过计算机、手机等设备进行，使得管理人员可以随时随地控制变配电室内的设备，提高了管理的效率和灵活性。

3.自动化技术

自动化技术可以实现对变配电室的自动化控制和操作。这种

技术可以通过编程实现对设备的自动化控制，从而实现对电力系统的自动化管理。

4.大数据分析技术

通过大数据分析技术，可以对变配电室内的各种数据进行分析和处理，从而实现对电力系统的更加精准和高效的控制。这种技术可以预测电力系统的运行状态，从而避免故障和停电的发生。^[4]

5.人工智能技术

人工智能技术可以通过学习电力系统的运行规律和模式，实现对变配电室的智能化的管理和控制。这种技术可以提高电力系统的可靠性和稳定性，从而提高供电的可靠性。

三、变配电室智能化管理的关键技术

（一）数据采集与传输技术

1.传感器技术：在变配电室中安装各种传感器，如电流传感器、电压传感器、温度传感器等，可以实时监测变配电室的状态，并将监测数据通过无线传感器网络（WSN）传输到中央管理系统。

2.无线传感器网络（WSN）：通过将传感器安装在变配电室中，并通过无线信号将数据传输到中央管理系统，可以实现对变配电室的实时监测。^[5]WSN通常由多个节点组成，其中一些节点负责数据采集，而其他节点负责数据传输和处理。

3.互联网技术：互联网技术可以用于实时监测变配电室的状态，并将数据传输到中央管理系统。常见的互联网技术包括HTTP、TCP/IP、UDP等。

4.数据采集与传输设备：为了实现数据采集与传输，需要使用一些设备，如传感器节点、无线信号传输设备、网络设备等。这些设备可以实现对变配电室的实时监测和数据传输。

5.数据处理技术：在变配电室智能化管理中，需要对采集到的数据进行处理和分析，以实现变配电室的智能化管理。常见的数据处理技术包括数据挖掘、机器学习、人工智能等。

（二）设备状态监测技术

1.红外热像技术：通过红外热像仪对变配电设备的电气元件进行温度监测，判断设备运行状态。

2.超声波监测技术：通过对变配电设备中的电气元件进行超声波测量，了解设备运行时的声音状态，判断设备是否存在异常。

3.电化学监测技术：通过对变配电设备中的电气元件进行电化学测量，了解设备运行时的电化学状态，判断设备是否存在异常。

4.机器学习技术：通过对变配电设备的历史运行数据进行机器学习分析，预测设备的未来运行状态，实现设备的故障预测。

（三）故障预测技术

1.专家系统：通过对变配电设备的运行数据进行专家系统分析，建立故障预测模型，进行故障预测。

2.支持向量机：通过对变配电设备的运行数据进行支持向量

机分析,建立故障预测模型,进行故障预测。^[6]

3.神经网络:通过对变配电设备的运行数据进行神经网络分析,建立故障预测模型,进行故障预测。

(四) 自动化控制系统

1.传感器和数据采集:在变配电室中安装各种传感器,如温度传感器、压力传感器、湿度传感器、气体传感器等,以监测变配电室内的环境和设备状态。通过数据采集器将这些传感器数据采集到中央处理器。

2.中央处理器:中央处理器是对传感器数据进行处理和分析的核心部分。通过对传感器数据的处理和分析,可以实现对变配电室的实时监测和控制。同时,中央处理器还可以与其他设备和系统进行通信和交互。

3.控制器和执行器:控制器和执行器是自动化控制系统的重要组成部分。控制器通过对中央处理器输出的控制指令进行处理和执行,实现对变配电室设备的控制。执行器包括各种电动机、电磁阀、执行器等,可以实现对变配电室各种设备的控制和调节。

4.通信网络:自动化控制系统需要与其他设备和系统进行通信和交互,因此需要建立通信网络。^[7]通信网络可以是有线或无线的,可以实现远程监控和控制,也可以实现设备之间的互联互通。

5.用户界面:用户界面是自动化控制系统的重要组成部分。用户界面可以显示变配电室的各种监测数据和控制指令,并提供操作界面和报警功能,使操作人员可以实时监测和控制变配电室的状态。

(五) 人工智能与机器学习技术

1.数据挖掘:通过人工智能技术对变配电室供电过程中的海量数据进行挖掘,提取有价值的信息,为供电可靠性管理提供数据支持。

2.故障诊断:利用人工智能技术对变配电室供电过程中的故障信号进行分析和识别,实现故障的快速诊断和定位,提高供电可靠性。

3.预测性维护:通过人工智能技术对变配电室设备的状态进行实时监测和分析,预测设备可能出现的故障,提前进行维护,降低故障发生率。

4.设备状态监测:通过对变配电室各种设备的监测数据进行处理和分析,人工智能和机器学习技术可以实现对设备状态的实时监测和分析。^[8]通过对设备状态的监测,可以及时发现设备的异常状态,并采取相应的措施进行处理,从而避免设备的故障和停机。

5.优化供电调度:通过对变配电室的供电数据进行处理和优化,人工智能和机器学习技术可以实现对供电调度的优化。通过对供电数据的分析和处理,可以实现对供电调度的优化和调度,从而提高供电的可靠性和效率。^[10]

6.能源管理与节能:通过对变配电室的能源使用数据进行处理和优化,人工智能和机器学习技术可以实现对能源的使用管理和节能。通过对能源的使用数据进行处理和分析,可以实现对能源的合理使用和调度,从而降低能源消耗和成本,提高供电的可靠性和经济性。

结束语

在总结变配电室供电可靠性智能化管理技术研究方面,本文阐述了智能化管理技术的优势,包括数据采集、远程监控、故障诊断、预测性维护等方面。通过这些技术的应用,可以实现对变配电室的实时监控、动态分析和智能决策,从而有效提高供电可靠性。

通过采用传感器、采集器和通讯设备等,可以实时监测变配电室内的各种参数,如温度、湿度、压力、电流等,并将这些数据传输到远程监控中心,以便于工作人员随时了解设备运行状况。利用大数据和人工智能技术,可以对这些监测数据进行深入分析,及时发现潜在的安全隐患和故障风险,从而实现故障的快速诊断和处理。此外,通过对变配电设备的预测性维护,可以降低故障发生的概率,提高设备的运行寿命和供电可靠性。总之,变配电室智能化管理技术是提高供电可靠性的重要手段,具有广泛的应用前景。然而,我们也要认识到,随着技术的不断发展,新的挑战和问题也将随之而来。因此,我们应持续关注智能化管理技术的发展,积极探索新的解决方案,为我国的电力事业作出更大的贡献。

参考文献

- [1] 邱梓佳.基于多部门联动的 F 市 10kV 配网供电可靠性提升研究[D].暨南大学,2019.DOI:10.27167/d.cnki.gjnu.2019.001500.
- [2] 祝沈奇.基于 6σ 的深圳电网供电可靠性持续提升研究[D].深圳大学,2020.DOI:10.27321/d.cnki.gszzu.2020.001395.
- [3] 冯俊杰.考虑多种影响因素的配电网供电可靠性研究[D].华南理工大学,2019.DOI:10.27151/d.cnki.ghnlu.2019.003121.
- [4] 贾飞.10kV 专用变配电室巡检要点及常见故障处理[C]//广东省国科电力科学研究院.第三届电力工程与技术学术交流会论文集.北京亦庄环境科技集团有限公司;,2023:5. DOI:10.26914/c.cnkihy.2023.012746.
- [5] 张文.适合大城市不同功能区特点的配电网高可靠性供电模式研究[D].上海交通大学,2015.
- [6] 吴靖.基于 GIS 的广州供电局配电网可靠性评估系统研究[D].华南理工大学,2010.
- [7] 杜静.10 kV 变配电室电气安装质量控制措施分析[J].光源与照明,2023,(02):145-147.
- [8] 王彪,刘建东,韩晓辉,等.智能变配电系统在张庄矿的应用[J].现代矿业,2022,38(02):177-180.
- [9] 裴雷.机场航站楼智能配电系统一体化设计[J].智能建筑电气技术,2021,15(04):17-19.DOI:10.13857/j.cnki.cn11-5589/tu.2021.04.005.
- [10] 苏志华.变配电室运行环境控制和在线监测系统的研发与应用[D].华北电力大学,2015.

电力营销计量中的环境因素影响及误差控制

李东, 侯佳

鄂尔多斯供电公司达拉特供电分公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要： 在电力行业，电力营销计量作为关键的环节，其准确性和可靠性直接影响到企业的经济效益和客户的满意度。然而，在实际操作中，电力营销计量容易受到多种环境因素的影响，导致误差的产生。基于此，本文从电力营销计量的重要性出发，分析了电力营销计量中环境因素引起的误差，并探究了误差控制的路径，以期减少电力营销计量中的误差，推动电力营销的发展。

关键词： 电力营销；计量；环境因素；误差控制

Influence of Environmental Factors and Error Control in Power Marketing Measurement

Li Dong, Hou Jia

Ordos Power Supply Company Dalat Power Supply Branch, Inner Mongolia, Ordos 017000

Abstract： In the electric power industry, electric power marketing metering as a key link, its accuracy and reliability directly affect the economic benefits of the enterprise and customer satisfaction. However, in practice, power marketing measurement is easily affected by a variety of environmental factors, resulting in errors. Based on this, this paper analyzes the errors caused by environmental factors in power marketing measurement from the importance of power marketing measurement, and explores the path of error control in order to reduce the errors in power marketing measurement and promote the development of power marketing.

Key words： power marketing; measurement; environmental factors; error control

引言

随着社会的不断发展和进步，电力行业也面临着越来越多的挑战和机遇。电力市场竞争日益激烈，客户需求日益多样化，电力设备的更新和升级也日益加快。这些变化都要求电力营销计量能够适应新的市场环境和客户需求，提高计量的准确性和可靠性。因此，研究环境因素对电力营销计量的影响及如何进行误差控制，对于提高电力营销计量的准确性和可靠性，满足客户需求，增强企业竞争力具有重要意义。

一、电力营销计量的重要性

（一）是衡量电力企业提供服务水平的重要指标

电力营销计量的准确性是衡量电力企业提供服务水平的重要指标。准确地计量可以保证客户使用的电量和电费数额的准确性，避免因计量错误而引起的争议和投诉，从而提高客户对电力企业的信任和满意度。同时，准确的计量还可以帮助电力企业及时发现和解决计量装置出现的问题，提高设备的运行效率和维护水平，避免因计量不准确而引起的经济损失。

（二）为企业营销策略提供参考依据

电力营销计量的数据可以为企业制定营销策略提供重要的参考依据。通过对计量数据的分析，企业可以了解客户的需求和用电行为习惯，从而制定更加精准的营销策略，提高市场占有率和客户满意度。例如，企业可以根据计量数据发现哪些客户对电价

敏感，针对这些客户制定更加灵活的电价政策，提高客户的用电积极性。

（三）提高客户满意度及经济效益

客户满意度是衡量电力企业服务质量的重要指标。通过准确的电力营销计量，企业可以为客户提供更加准确和及时的电费账单和用电信息，帮助客户更好地了解自己的用电情况和电费支出情况，提高客户的用电透明度和满意度。同时，良好的电力营销计量服务还可以提高客户对电力企业的信任和忠诚度，为企业带来更多的商机和收益。

（四）助力企业运营管理能力的提升

电力营销计量对于电力企业的运营管理也具有非常重要的意义^[1]。通过对计量数据的分析和监控，企业可以及时发现和解决设备故障和问题，提高设备的运行效率和维护水平，降低企业的运营成本和管理风险。

二、电力营销计量中环境因素引起的误差

（一）温度和湿度波动

温度及湿度的波动会使计量装置产生误差。具体来讲，温度变化可能会导致计量设备内部机械部件的变形和磨损，从而产生计量误差。例如，如果电能表在温度变化较大的环境下使用，可能会导致电能表内部机械部件的变形和误差。此外，温度变化还可能影响电子元件的性能，导致计量装置的误差。

湿度也会影响计量装置的精确度，当湿度过大时，计量设备内部会出现凝露现象，从而影响设备的测量精度。同时，湿度变化也可能引起设备内部金属部件的锈蚀和磨损，进一步加剧计量误差。此外，湿度变化还可能影响电子元件的性能，导致计量装置的误差^[8]。

（二）气压和海拔变化

在海拔地区，气压较低，空气稀薄，这可能会对计量设备的测量精度产生影响。例如，在海拔环境下使用电能表，可能会导致电能表的灵敏度发生变化，从而产生计量误差。大气压力变化也会对计量设备的测量精度产生影响。例如，在气压变化较大的环境下使用电能表，可能会导致电能表的测量误差。大气压力的变化可能会对计量设备的机械部件产生影响，从而影响设备的测量精度。

（三）气候和季节干扰

风、雨、雪等天气因素会对计量设备的正常运行产生影响，在强风、暴雨等恶劣天气下使用电能表，会导致电能表的测量误差。风力过大也会对安装在室外的大型互感器等设备产生影响，导致计量误差。除气候干扰外，季节变化也会对计量设备的测量精度产生影响。在冬季使用电能表，由于采暖和空调等设备的运行，会产生测量误差。不同地区的气候稳定性也会对计量设备的测量精度产生影响，多变的气候更容易导致误差的产生^[9]。

（四）环境和设施影响

电力营销计量设备可能会受到电磁干扰的影响，从而产生计量误差。例如，周围的电磁场可能会对电能表的正常工作产生干扰，导致测量误差。其次来自地面或交通工具的振动和冲击也可能对计量设备的测量精度产生影响。例如，长时间受到振动的电能表可能会出现磨损和误差^[10]。如果计量设施长时间使用而未进行及时维护或更换，可能会导致设备老化、灵敏度降低或其他性能问题，从而产生计量误差。此外，环境中的腐蚀性物质也可能对计量设备产生腐蚀作用，加剧设备老化和误差的产生^[9]。

在某些情况下，用户可能会采取窃电手段来获取不正当的电力利益，这会对电力营销计量装置的准确性造成直接影响。例如，通过私自接线或使用非法电表等方式进行窃电，会导致电力损失和计量失准^[6,7]。工作人员操作不规范或误操作也会对电力营销计量装置的准确性造成影响。例如，错误接线、误操作或未按照操作规程进行设备维护等行为，都可能导致计量装置出现误差。

三、电力营销计量中环境因素导致的误差控制

（一）提高计量装置的精度和稳定性

针对电力营销计量中的误差，提高计量装置的精度和稳定性

是非常重要的^[8]。首先，要选择经过认证、性能稳定、精度高的计量设备，特别关注设备的测量范围、分辨率和精度等指标。设备也需要具有良好品牌信誉和售后服务，由此，才能确保设备的质量和性能符合要求。其次，计量设备的安装和使用方法对其精度和稳定性有很大的影响。因此，必须按照设备的使用说明书和安装规范，正确安装和使用计量设备。同时，要定期对计量设备进行检查、校准和维护，确保设备的准确性和稳定性。可以采用专业的检测设备和检测方法，对计量设备进行检测和评估，及时发现和处理设备故障或问题。也要定期对设备进行维护和保养，例如清洗设备表面、更换磨损的零件等，以延长设备的使用寿命。随着科技的不断进步，电力营销计量技术也在不断发展。采用先进的测量技术和方法可以提高计量装置的测量精度和稳定性。例如，采用电子式互感器、数字化电能表等新型设备和技术，可以进一步提高电力营销计量的准确性和可靠性^[9]。信息技术的引入也能进一步提高计量装置的精度和稳定性。要建立信息化管理系统和数据库，实现设备的信息化管理和数据共享。可以对计量数据进行实时监测和分析，及时发现和处理问题，提高电力营销计量的准确性和可靠性^[10]。

（二）选择适应环境的计量设备

选择适应环境的计量设备是控制电力营销计量中因环境因素导致误差的重要措施。在选择计量设备时，应考虑其能够在不同的环境条件下正常运行，并具有一定的防护等级和防水、防尘等功能。此外，计量设备还应具有温度、湿度等参数的测量和显示功能，以便及时发现环境因素的变化对计量精度的影响。

（三）建立和完善环境因素监测和控制系统

针对电力营销计量中环境因素造成的误差，建立和完善环境因素监测和控制系统是非常必要的。

为了确保电力计量的准确性和可靠性，首先，需要建立一个全面的计量装置监测系统。该系统应该包括对电能表、电流互感器、电压互感器等设备的实时监控，以及对计量装置的定期检查和维修。通过这种方式，可以及时发现和解决计量装置中出现的误差，减少对电力营销的影响。其次，电力营销计量的准确性受到许多环境因素的影响，例如温度、湿度、电磁场等。为了减少这些因素对计量准确性的影响，需要建立环境因素监测和控制系统。该系统应该包括对计量场所环境因素的实时监控，以及对环境因素的调控和控制。例如，在夏季高温时，可以通过增加空调设备来保持计量场所的温度稳定，从而减少温度对计量准确性的影响。同时，为了更好地管理和控制电力营销计量中的误差，需要建立一个数据分析和处理系统。该系统应该包括对计量数据的实时采集、存储和分析，以及对异常数据的处理和反馈。通过这种方式，可以及时发现和处理计量数据中出现的异常情况，减少对电力营销的影响^[11]。

（四）加强电力营销计量管理制度和规范建设

为了确保电力营销计量的准确性和可靠性，需要建立完善的计量管理制度。该制度应该包括计量的技术标准、管理流程、监督机制等方面，实现对计量工作的全面管理和控制^[12]。例如，可以制定电能表校验、电流互感器变比核对等具体的技术标准和操作流

程,以及计量设备的定期检查和维制度等。其次,电力营销计量中出现的误差,往往与计量人员的操作和管理有关。因此,需要建立完善的监督机制,加强对计量工作的监督和管理。例如,可以定期对电能表、电流互感器等计量设备进行抽检或全检,以及加强对计量人员的考核和评价等。同时,电力营销计量需要按照规范的计量操作流程进行,避免因操作不当而引起的误差。因此,需要规范计量操作流程,制定具体的操作规范和注意事项,确保每个环节都符合标准要求。例如,在进行电能计量时,需要按照规定的操作流程进行,避免出现漏记、错记等情况。最后,电力营销计量需要加强内部审核和管理,确保计量的准确性和可靠性。因此,需要建立完善的内部审核和管理机制,加强对计量的监督和管理。例如,可以定期进行内部审核,检查计量的准确性和可靠性,以及加强对计量人员的考核和管理等^[13]。

（五）加强计量设备的维护保养

加强计量设备的维护保养是控制电力营销计量中因环境因素导致误差的重要环节。应定期对计量设备进行清理、润滑、紧固等维护保养工作,确保设备的正常运行^[14]。在维护保养过程中,还应检查设备的连接处是否松动、测量元件是否灵敏可靠等,以确保计量设备的准确性和可靠性。

（六）提高计量人员的素质

提高计量人员的素质是控制电力营销计量中因环境因素导致误差的关键因素。计量人员应具备专业的技能和知识,能够熟练掌握计量设备的操作和维护保养方法。同时,计量人员还应了解环境因素对计量设备的影响及应对措施,能够及时发现和处理因环境因素导致的误差。因此,应加强对计量人员的培训和教育,提高其专业素质和工作责任心。

四、结语

随着科技的不断发展和进步,越来越多的新技术和新设备被应用到电力营销计量中。在未来,期望看到更多的新技术和新方法被应用到电力营销计量中,解决环境因素对计量误差的影响问题。例如利用人工智能和大数据技术对计量数据进行实时监测和分析,进而发现异常情况,预测设备故障;利用物联网技术建立远程监控系统,可以实现对计量设备的实时监控和管理等。通过这些新技术的应用,可以更好地管理和控制环境因素对电力营销计量的影响,提高电力营销计量的准确性和可靠性,满足客户需求,增强企业竞争力,推动电力行业的持续发展和社会进步。

参考文献

[1] 聂新舜. 电力营销计量管理探讨 [J]. 低碳世界, 2016(17):102-103.
[2] 曲长浩. 电力计量的准确性及提升方式研究 [J]. 科技风, 2020(01):170.
[3] 郭佳鹏. 电力计量误差产生原因分析及改进措施 [J]. 电子技术与软件工程, 2019(11):216.
[4] 吴宜进, 夏春艳. 浅谈如何提高电力计量的准确性 [J]. 中国市场, 2013(46):41-42.
[5] 王鑫琪. 电力营销计量装置的安全运行及故障诊断 [J]. 大众标准化, 2023(17):176-178.
[6] 高丽霞. 电力营销计量改造中的重点与难点分析 [J]. 中国储运, 2022(08):114-115.
[7] 张伍军, 狄然. 电力营销大数据在反窃电检查中的应用 [J]. 集成电路应用, 2021, 38(12):236-237.
[8] 张航. 电力营销计量改造中的问题及解决措施 [J]. 农村电工, 2021, 29(12):14.
[9] 徐梦婵. 计量与核算在电力营销管理中的应用 [J]. 集成电路应用, 2023, 40(01):212-213.
[10] 陆旻琪. 电能计量自动化系统在电力营销中的应用成效 [J]. 营销界, 2023(18):14-16.
[11] 陈佳浩, 姜宇晴. 计量自动化系统在电力营销中的应用 [J]. 集成电路应用, 2023, 40(05):120-121.
[12] 赵广盈. 电力计量装置接线检查及如何提高计量装置准确性 [J]. 科技创新导报, 2017, 14(33):33+35.
[13] 杨坤龙, 刘廉政, 付强. 电能计量改造中的问题及应对分析 [J]. 智能城市, 2021, 7(11):73-74.
[14] 石海涛. 提高电力计量准确性的有效途径分析 [J]. 科技创新与应用, 2019(19):143-144.