

电力与能源前沿



Volume 2
Issue 08

August 2024

ISSN 3029-2417(Print) 3029-2425(Online)

电力与能源前沿

Volume 2 · Issue 8 · August 2024 · ISSN 3029-2417(Print) 3029-2425(Online)



中文刊名：电力与能源前沿

ISSN：3029-2417 （纸质） 3029-2425 （网络）

出版语言：华文

期刊网址：https://ojs.s-p.sg/index.php/dlynyqy

出版社名称：新加坡协同出版社

Serial Title: Power and Energy Frontiers

ISSN: 3029-2417 (Print) 3029-2425 (Online)

Language: Chinese

URL: https://ojs.s-p.sg/index.php/dlynyqy

Publisher: Synergy Publishing Pte. Ltd.

《电力与能源前沿》征稿函

期刊概况：

中文刊名：电力与能源前沿

ISSN：3029–2417 (Print) 3029–2425 (Online)

出版语言：华文

期刊网址：https://ojs.s–p.sg/index.php/dlynyqy

出版社名称：新加坡协同出版社

出版格式要求：

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

出刊及存档：

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

作者权益：

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

评审过程：

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

Database Inclusion



版权声明 /Copyright

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

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

Synergy Publishing Pte. Ltd.

电子邮箱 /E-mail: contact@s-p.sg

官方网址 /Official Website: www.s-p.sg

地址 /Address: 12 Eu Tong Sen Street, #07-169, Singapore 059819



电力与能源前沿

Volume 2 Issue 8 August 2024
ISSN 3029-2417 (Print) 3029-2425 (Online)

主 编

黄 畅

Chang Huang

编 委

李 黎 Li Li

陈俊生 Junsheng Chen

周 欢 Huan Zhou

杨国华 Guohua Yang

李 季 Ji Li

1	电力无线计量仪表在城镇二次供水能耗监控系统中的应用 / 谢海川	59	考虑提升变负荷速率的火电机组优化控制研究 / 武剑 张成
4	基于电力工程的电力施工技术分析 / 章政 郝娜 汪玮	62	探讨太阳能光伏发电现场施工进度管理要点 / 任云鹤
7	高压电缆工程管理中的质量控制与风险评估全面解析 / 杨波 曾勇	65	山地光伏发电建设项目施工管理对策研究 / 徐纪忠
10	电力工程技术问题及施工安全管理研究 / 孔凡斌 孙娟	68	试析新能源光伏发电项目施工管理对策 / 武会蓄
13	分布式光伏接入对电网调控运行的影响与管控研究 / 熊颖杰	71	探讨山地光伏发电项目实施中的绿色保护对策 / 王焕焕
16	光伏并网系统故障穿越关键技术的研究 / 王赛男 柏智	74	光伏发电工程全过程项目管理策略思考 / 郭祯
19	加强水电站运行管理提高发电能力的具体措施研究 / 王兴猛	77	基于大数据分析的高压输变配电设备状态监测与预警系统 / 王娟娟
22	智能化变电站运行维护技术探讨 / 贺建超 蒋碧松	80	风电设备监造常见、多发性质量问题的影响及分析 / 杨麒
25	变电运行维护中的设备安全管理探讨 / 王少博 张钊	83	面向智能电网光伏高低压并网监控自动化水平的策略研究 / 秦燕
28	新能源发电背景下 500kV 变电站变压器的过负荷能力与安全性评估 / 杜伟伟	86	锅炉辅机磨煤机常见故障及处理方法分析 / 李福东 冀晶 刘建宇 张俊杰 朱宝权
31	基于综合能源网络的系统协调运行与优化机制 / 郭磊 张迪	89	探讨变频技术在锅炉机电一体化节能系统中的应用 / 刘建宇 张俊杰 冀晶 杨雷 孙海波
34	储能技术在风力发电系统中的实践应用 / 任文亮	92	生物质发电机组非停原因分析与预防对策 / 王本东
37	电气自动化中无功补偿技术的有效应用 / 王鑫	95	精准高效做好同期线损治理工作 / 周卫宁
40	关于 PLC 在机电一体化生产系统中的应用 / 郭春辉	98	试析电厂燃料输煤系统运行安全对策 / 林涛
43	火力发电厂电气节能降耗技术措施分析 / 杨青泽	101	煤矿机电设备的远程监控与自动化控制技术研究 / 秦敬山
46	电力系统设备状态监测与故障诊断技术分析 / 杨连彪 魏建	104	一种基于退役电池梯次利用的储充系统 / 罗伟
49	碳中和目标下天然气储运行业的绿色转型路径探讨 / 田阳阳	107	基于水箱控制系统的 PID 参数整定方法分析 / 王自然
52	电力系统中大数据分析技术的应用探索 / 闫泳沛	110	基于大数据分析的煤矿机电设备故障诊断研究 / 张忠卫
55	天然气分布式能源政策分析及运维模式探究 / 张永山	113	核电站“华龙一号”建造阶段的质量管理 / 王亮星

1	The Application of Electric Power Wireless Metering Instrument in the Energy Consumption Monitoring System of Urban Secondary Water Supply / Haichuan Xie	43	Analysis of Energy-saving and Consumption Reducing Technical Measures for Electrical Systems in Thermal Power Plants / Qingze Yang
4	Analysis of Electric Power Construction Technology Based on Electric Power Engineering / Zheng Zhang Na Hao Wei Wang	46	Analysis of Status Monitoring and Fault Diagnosis Technology for Power System Equipment / Lianbiao Yang Jian Wei
7	Comprehensive Analysis of Quality Control and Risk Assessment in High Voltage Cable Engineering Management / Bo Yang Yong Zeng	49	Discussion on the Green Transformation Path of Natural Gas Storage and Transportation Industry under the Target of Carbon Neutral Industry / Yangyang Tian
10	Research on Technical Issues and Construction Safety Management in Electric Power Engineering / Fanbin Kong Juan Sun	52	Exploration of the Application of Big Data Analysis Technology in the Power System / Yongpei Yan
13	Research on the Impact and Control of Distributed Photovoltaic Access on Power Grid Regulation and Operation / Yingjie Xiong	55	Analysis of Natural Gas Distributed Energy Policies and Exploration of Operation and Maintenance Models / Yongshan Zhang
16	Research on the Key Technology of Fault Crossing of Photovoltaic Grid-connected System / Sainan Wang Zhi Bai	59	Research on Optimization Control of Thermal Power Units Considering Increasing Variable Load Rate / Jian Wu Cheng Zhang
19	Research on Specific Measures to Strengthen the Operation and Management of Hydropower Stations and Improve Their Power Generation Capacity / Xingmeng Wang	62	Discussion on the Key Points of Construction Progress Management of Solar Photovoltaic Power Generation Site / Yunhe Ren
22	Discussion on Intelligent Substation Operation and Maintenance Technology / Jianchao He Bisong Jiang	65	Research on the Construction Management Countermeasures of Mountain Photovoltaic Power Generation Construction Project / Jizhong Xu
25	Discussion on Equipment Safety Management in Substation Operation and Maintenance / Shaobo Wang Zhao Zhang	68	Analysis of New Energy Photovoltaic Power Generation Project Construction Management Countermeasures / Huiqiang Wu
28	Overload Capacity and Safety Assessment of 500kV Substation Transformers under the Background of New Energy Generation / Weiwei Du	71	Exploration on the Green Protection Countermeasures in the Implementation of Mountain Photovoltaic Power Generation Project / Huanhuan Wang
31	System Coordination and Optimization Mechanism Based on Integrated Energy Network / Lei Guo Di Zhang	74	Reflection on Project Management Strategy of Photovoltaic Power Generation Project / Zhen Guo
34	Practical Application of Energy Storage Technology in Wind Power Generation System / Wenliang Ren	77	Condition Monitoring and Early Warning System for High-voltage Power Transmission and Distribution Equipment Based on Big Data Analysis / Juanjuan Wang
37	Effective Application of Reactive Power Compensation Technology in Electrical Automation / Xin Wang	80	The Impact and Analysis of Common and Frequent Quality Issues in Wind Power Equipment Manufacturing Supervision / Qi Yang
40	Application of PLC in Mechatronics Production System / Chunhui Guo		

83	Research on Automation Level of Smart Grid-based Grid Monitoring	/ Tao Lin
	/ Yan Qin	
86	Analysis of Common Faults and Treatment Methods of Boiler Auxiliary Coal Mill	101 Research on Remote Monitoring and Automatic Control Technology of Mechanical and Electrical Equipment in Coal Mine
	/ Fudong Li Jing Ji Jianyu Liu Junjie Zhang	/ Jingshan Qin
	Baoquan Zhu	
89	Exploration on the Application of Frequency Conversion Technology in Boiler Mechatronics Energy Saving System	104 A Storage and Charging System Based on the Cascade Utilization of Retired Batteries
	/ Jianyu Liu Junjie Zhang Jing Ji Lei Yang Haibo Sun	/ Wei Luo
92	Analysis of Non-shutdown Causes and Preventive Measures for Biomass Generator Sets	107 Analysis of PID Parameter Tuning Method Based on Water Tank Control System
	/ Bendong Wang	/ Ziran Wang
95	Accurate and Efficient Line Loss Control Work in the Same Period	110 Research on Fault Diagnosis of Coal Mine Electromechanical Equipment Based on Big Data Analysis
	/ Weining Zhou	/ Zhongwei Zhang
98	Analysis of Safety Measures for the Operation of Fuel Coal Transportation System in Power Plants	113 Quality Management During the Construction Stage of the “Hualong 1” of the Nuclear Power Plant
		/ Liangxing Wang

The Application of Electric Power Wireless Metering Instrument in the Energy Consumption Monitoring System of Urban Secondary Water Supply

Haichuan Xie

Chongqing Zhongfa Water Supply Co., Ltd., Chongqing, 401120, China

Abstract

In the urban secondary water supply energy consumption monitoring system, the wireless electric power metering instrument plays a central role, specifically designed for low-voltage three-phase active energy metering. It seamlessly interfaces with the data conversion module through the RS485 interface. Leveraging 4G communication technology, this module offers an efficient solution for remote power monitoring, centralized meter reading, and management. This paper focuses on the data conversion module, whose RS485 interface connects to various electricity metering instruments within the pump house, utilizing 4G and Modbus RTU protocols to achieve interconnection and data transmission between other devices and systems. This mechanism ensures smooth data transmission to the intelligent monitoring platform for secondary water supply, providing management personnel with detailed data support, facilitating in-depth analysis and processing, precisely evaluating system operation efficiency and energy utilization status, and optimizing management and energy efficiency.

Keywords

electric metering module; data conversion module; 4G communication; Modbus communication protocol; data acquisition; secondary water supply smart monitoring platform

电力无线计量仪表在城镇二次供水能耗监控系统中的应用

谢海川

重庆中法供水有限公司, 中国 · 重庆 401120

摘 要

在城镇二次供水能耗监控体系中, 电力无线计量仪表是核心, 专为低压三相有功电能计量设计, 通过RS485接口与数据转换模块无缝对接。该模块借助4G通信技术, 提供电力远程监控、集中抄表与管理的高效方案。论文聚焦数据转换模块, 其RS485接口连接泵房内各类用电设备计量仪表, 利用4G与Modbus RTU协议, 实现其他设备和系统的互联互通与数据传输。此机制保障数据传输至二次供水智慧监控平台, 为管理人员提供详尽数据支持, 助力深度分析与处理, 精确评估系统运行效能与能源利用状况, 优化管理与能效。

关键词

电力计量模块; 数据转换模块; 4G通讯; Modbus通信协议; 数据采集; 二供智慧监控平台

1 概述

近年来, 重庆市城镇的二次供水设施已逐步完成改造, 并顺利移交当地供水企业进行统一管理, 实现了抄表到户的服务模式。然而, 对于供水企业而言, 各泵站分布广泛, 数量众多, 遍布城镇的各个区域和角落。目前, 泵站内各设备的用电情况尚未实现细分计量, 仍依赖人工抄读, 数据分析也需要进一步的核算与对比。显然, 在当前的自动化网络时代, 这种传统的人工模式已难以适应大数据的需求。与此同时, 中国能源需求持续增长, 而能源供应相对不足, 这一

矛盾日益凸显, 节能降耗也因此成为供水企业需要长期关注并解决的问题。

为了应对这一挑战, 供水企业开始采用带有 RS485 接口的电力计量仪表, 并将其与无线通讯终端相连接, 利用这种方式, 能够轻松实现二供泵站内各设备电能数据的采集。随后, 这些数据通过 4G 网络被远程传输至供水企业的控制中心服务器, 供 PC 端和手机端下载使用。如此, 各泵站内的无线计量仪表便构成了一个无线网络, 无需进行烦琐的传统网络布线, 从而实现了成本节约和效率提升。管理人员可以利用二供智慧监控平台, 对所有泵站内各设备的用电量使用情况进行数据采集、能耗分析及综合评估。此外, 这种无线计量仪表还具有安装方便、4G 通讯方式灵活等优点, 可

【作者简介】谢海川(1990-), 男, 工程师, 从事城镇二次供水研究。

以随时安装和拆卸，非常适用于窃电、漏电、校对、监测等用电场景的使用。

2 电力无线计量仪表

电力无线计量仪表主要由两部分构成：无线通讯数据转换器和电力计量模块。

2.1 无线通信数据转换器（无线通信终端）

以安科瑞电气公司推出的 AWT100-4G 无线通讯数据转换器为例，该转换器专为辅助配备 RS485 接口的电力计量仪表实现无线组网而设计。它能够轻松实现 RS485 信号与无线信号之间的相互转换，从而使普通的 RS485 设备具备无线通信能力。AWT100-4G 无线通讯转换器的下行接口配备了标准的 RS485 数据接口，可以便捷地连接多个电力计量仪表。只需一次性完成初始化配置，即可实现对 Modbus 设备的数据采集。此外，AWT100-4G 无线通讯终端内置了高性能的微处理芯片，并结合了先进的看门狗技术，确保了其性能的可靠与稳定。

2.1.1 功能特点

设备支持通过串口 MODBUS RTU 协议进行数据采集，并能够连接最多 30 个设备。它利用与平台协议的整合技术，实现了与服务器之间的通信功能。针对每个 MODBUS 设备，该设备支持采集最多 5 个寄存器地址域的数据，并且每个寄存器的地址范围都被限制在 64 个以内。此外，每个 MODBUS 地址范围都具备预设的报警地址和报警值功能，当达到特定条件时，可以触发报警，且每个地址域最多可设置 5 个报警地址。在连接性方面，它兼容固定 IP 和动态域名解析两种方式，使得与数据中心建立稳定的连接成为可能。尤为重要的是，这款无线通讯终端还具备可定制开发的能力，能够根据用户需求进行个性化开发，并通过平台协议与服务器进行通讯，为用户提供更加灵活和个性化的解决方案。

2.1.2 使用介绍

终端配置：使用 AWT100-4G 无线通讯终端配置软件，进行参数配置。该软件由电脑串口参数区、信息显示区域、参数设置区域、参数读取及设置按钮组成。

抄表设置参数：数据区中第一个框表示下行设备的寄存器起始 MODBUS 地址，第二个框表示抄表长度（不超过 64 个），从下行设备地址 1000H 开始抄表，地址长度为 2a（十六进制）。参数区的数据可选择在设备上电时向服务器上传一次，每天上传一次或者数据变化时上传。

报警字设置：可以设置 10 个地址的报警字，设定地址的报警字发生变化就会上传数据。

设备数量：抄表数量设置最多支持 30 个 MODBUS RTU 设备的数据采集；针对每个 MODBUS 设备，所采集的寄存器地址域个数被限制在不超过 5 个。

下行方式：默认 485 总线通信；下行设备地址类型：使用 MODBUS 地址抄表和序列号（14 位）地址抄表。

网络设置参数：连接各服务器的 IP 地址，设备序列编号（14 位），设置数据区的数据上传时间间隔（默认 5min），参数区的参数上传间隔（默认 1440min）。

下行设备状态：点“读”读取下行设备的状态，点“写”写入下行设备的序列号（当使用 MODBUS 地址抄表时无需写入序列号）。在完成 AWT100-4G 无线通讯终端的设置后，需确认下行设备运行状态正常，并确保网关能够与 AWT100-4G 无线通讯终端顺畅通讯。随后，等待无线通讯终端与服务器建立连接，并将设备号发送给服务器，以便区分不同设备。与此同时，无线通信终端会依据预设的查询地址范围，对寄存器地址域进行查询，通过轮询下行设备来检测在线状态，并将轮询到的数据发送给服务器进行上报。

2.2 电力计量模块

以安科瑞电气公司的 ADW300W-CTL 电力计量仪表为例，这款仪表主要用于计量低压网络中的三相有功电能。它配备了 RS485 通讯接口，能够通过 RS485 有线通信接口与 AWT100-4G 无线通信终端相连接，进而实现远程计量的无线传输功能。此外，这款计量仪表还增添了外置互感器的电流采样模式以及磁钢线取电方式，具有体积小、计量精度高、安装便捷以及功能丰富等多重优点。这使得它能够在不同场合下轻松安装使用，并可灵活部署于配电箱内，以满足对不同区域、不同负荷的分项电能计量、运维监管以及电力监控等多样化需求。

测量功能：能够测量全电力参数，涵盖电压 U、电流 I、有功功率 P、无功功率 Q、视在功率 S、功率因数 PF、电压与电流的相位关系、电压不平衡度、电流不平衡度、频率 F，以及 31 次分次谐波、奇偶次总谐波含量和总谐波含量。

计量功能：能够准确计量当前组合有功电能、正向有功电能、反向有功电能，以及组合无功电能、感性无功电能、容性无功电能和四象限无功电能，满足多样化的电能计量需求。

分时功能：三套时段表，一年可以分为 4 个时区，每套时段表可设 14 个日时段，4 个费率（F1、F2、F3、F4 即尖峰平谷）。

3 系统的整体设计

3.1 系统结构

本系统主要由二供智慧监控平台 PC 端和手机端、1 台数据服务器、多台 AWT100-4G 无线通信终端、多台 ADW300W-CTL 电力计量模块、运营商 4G 通讯网络和基站主成，系统结构如图 1 所示。

3.2 系统运行逻辑原理

在各泵站内，安装 1 台 AWT100-4G 无线通信终端，并配备了多台 ADW300W-CTL 用电计量模块，用于分别计量各用电设备的电力能耗数据。这些模块之间通过 RS485 网线进行连接。为了避免无线通讯中的竞争和冲突，系统采用了 Modbus 协议的主从通讯控制方法。这意味着每台 ADW300W-CTL 计量模块都被赋予了唯一的地址码。使用

前,启动无线通信终端的配置软件,提前设置好抄表、网络、协议等相关参数。随后,通信终端根据自身配置,主动轮询并采集各计量模块的数据。这些数据经过处理后,会通过4G网络上传到平台服务器。PC端的二供智慧监控平台与服

务器之间,会根据提前配置好的通信方式、协议和数据格式建立连接。服务器将处理好的数据以约定的格式返回给PC端监控平台。平台接收到数据后,会进行解析并显示到界面上,同时进行数据缓存。

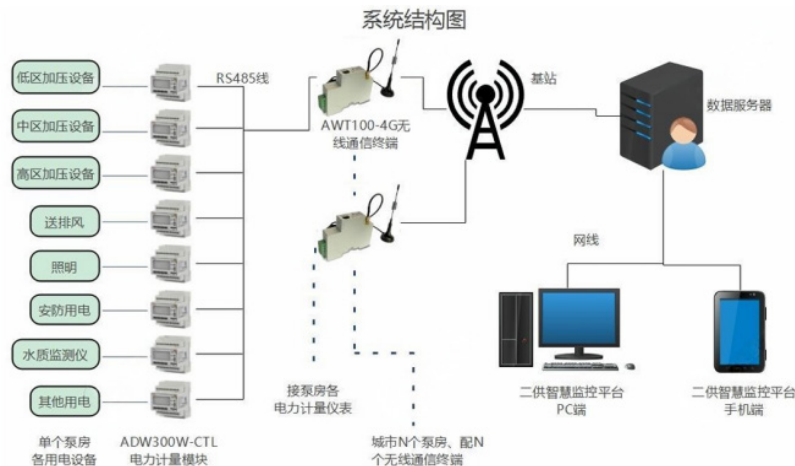


图1 系统结构图

4 系统的硬件设备

本系统所需的硬件设备主要包括无线通信终端和计量模块两部分。其中,无线通信终端选用了安科瑞股份有限公司生产的AWT100-4G无线通信转换器,以实现稳定可靠的无线数据传输。而计量模块则采用了该公司的ADW300W-CTL型号,并配备了运营商提供的4G物联网卡,以便实现远程数据采集和传输。

在监控端,我们对公司现有的二供智慧监控平台进行了扩展,使其能够作为PC端的监控系统,满足用户对电力设备的全面监控和管理需求。为了方便日常操作和管理,操作电脑选用了搭载Windows系统的办公电脑,其稳定的性能和丰富的功能能够满足各种监控任务的需求。

同时,考虑到移动办公和远程监控的需求,手机端我们选用了支持安卓和苹果iOS系统的设备。这样,用户可以随时随地通过手机进行监控和管理操作,提高了工作效率和便捷性。

5 系统软件设计

利用公司现有二供智慧监控平台的扩展能力,创新性地增设了电力监测数据功能模块。该模块不仅实现了电力监测数据的实时显示与历史数据的高效查询,还支持远程监控功能,使用户能够随时随地对电力设备进行监控和管理。同时,模块内置的故障诊断与预警报警功能,进一步提升了系统的安全性和可靠性。此外,强大的数据分析功能也为用户提供了深入的数据洞察和优化建议。

6 电力数据及运行能耗的监控显示

二供智慧监控平台的电力监测数据模块,通过运用专

门编制的统计程序,实现了对数据的系统化归类与整理,并进行直观展示。该模块与平台原有的实时水量数据采集功能相结合,依据预设的计算方法,能够灵活设置不同的时间跨度(如日、月、年),以数字、图表等多种形式,实时展现各泵站的能耗数据。同时,该模块还提供历史数据查询、能耗趋势分析、能耗报表自动生成以及预警报警功能,全面满足用户对能耗数据的监控与管理需求。

此外,为增强系统的灵活性和实用性,平台还配备了两套便携式无线计量仪表。这些仪表能够灵活检测异常电量、电压、电流等情况,为用户提供即时的电力设备运行状态反馈。同时,它们还具备窃电监测功能,有效提升了系统的安全防范能力。

7 结语

电力无线计量仪表在城镇二次供水能耗监控系统中的应用,不仅极大地提升了系统对二次供水电力设备运行状态的实时监控能力,还通过其便携性和无线传输特性,为系统的灵活部署和高效运行提供了有力支持。这一应用不仅有助于及时发现并处理潜在的能耗异常和设备故障,还能为城镇二次供水系统的能耗优化和管理提供精准的数据支持,推动实现更加绿色、高效的供水服务。

参考文献

- [1] 吴玉贤.城市二次供水远程监控系统设计[D].呼和浩特:内蒙古大学,2021.
- [2] 张鑫.电力系统中用电监察的实时数据采集与远程监控方案的研究[Z].国网晋中市太谷区供电公司,2024.
- [3] AWT100数据转换模块使用说明书V1.2[Z].
- [4] ADW300无线计量仪表使用说明书V1.3[Z].

Analysis of Electric Power Construction Technology Based on Electric Power Engineering

Zheng Zhang Na Hao Wei Wang

Wuhan Economic and Technological Development Zones (Hannan District) Power Supply Company, Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract

This paper analyzes the power construction technology based on power engineering. Power Construction Technology is a key link in power engineering, including infrastructure construction, power equipment installation and safety measures and quality control. Electric power construction plays an important role in power engineering and is a critical link in the construction and implementation of power systems, ensuring the safe operation, stable power supply, and sustainable development of the power system. The paper provides an overview of the classification and characteristics of power construction technology, and delves into the technical analysis of transmission line construction, substation construction, equipment installation, safety measures, and quality control.

Keywords

power engineering construction; power system; technology

基于电力工程的电力施工技术分析

章政 郝娜 汪玮

国网湖北省电力有限公司武汉市经济技术开发区(汉南区)供电公司, 中国·湖北 武汉 430000

摘要

论文基于电力工程对电力施工技术进行了分析。电力施工技术是电力工程中至关重要的一环,涵盖了基础设施建设、电力设备安装和安全措施与质量控制等方面。电力施工在电力工程中具有重要的地位和作用,是电力系统建设和电力工程实施的关键环节,确保了电力系统的安全运行、稳定供电和可持续发展。论文通过对电力施工技术的分类和特点进行概述,研究深入探讨了输电线路建设、变电站建设、设备安装以及安全措施和质量控制等方面的技术分析。

关键词

电力工程施工; 电力系统; 技术

1 电力施工的定义和重要性

电力施工是指在电力工程中实施设备安装、线路建设和相关基础设施建设的过程。它涵盖了从规划、设计到实际施工和验收的全过程,确保电力设备和线路的正常运行和可靠供电。电力施工对提高供电能力和质量至关重要,直接影响用户的用电体验和生活质量。良好的电力施工可确保电力设备的正确安装和线路的稳定运行,降低故障率和停电时间^[1]。此外,电力施工还与环境保护和安全生产密切相关,通过合理的施工方案和措施,减少对生态环境的影响,确保施工过程中的安全。

2 电力施工技术分类和特点

电力施工技术是在电力设备和电力工程的建设、安装、

维护和运行过程中所采用的各种施工方法和技术手段。根据不同的施工对象和任务,电力施工技术可以分为四个分类:

①电网建设施工技术:主要包括输配电线路、变电站、电缆敷设等方面的施工技术。这些施工任务要求高度重视安全、稳定和可靠性,并且需要考虑到地理环境、土壤条件、气候因素等诸多因素。②发电厂建设施工技术:涉及电力发电设备的安装和调试,施工过程需要严格遵循工艺流程和安全规范,确保发电设备的正常运行和高效发电。③电力设备安装与调试技术:包括各类电力设备的安装和调试,如变压器、开关设备、电缆附件等。这些施工任务需要掌握精确的测量和安装技术,保证设备的正常运行和安全可靠。④电力设备维护和检修技术:主要针对已经投入使用的电力设备进行例行性的维护和定期的检修^[2]。施工人员需要具备一定的电气知识和技能,以便及时发现并处理设备故障,确保电力系统的稳定运行。不同类型的电力施工技术具有各自的特点。总之,电力施工技术的分类和特点存在一定的差异,但都是为了保证电力系统的安全、稳定和高效运行。

【作者简介】章政(1998-),男,中国湖北武汉人,本科,助理工程师,从事电力工程研究。

3 电力施工技术在电力工程中的应用

电力施工技术在电力工程中的应用非常广泛,涵盖了电网建设、发电厂建设、电力设备安装和调试以及设备的维护和检修等方面。电力施工技术在输配电线路、变电站和电缆敷设等电网建设任务中发挥重要作用。它包括了线路的架设、杆塔的安装、导线的张力控制等工作。施工人员需要具备电力工程知识和技能,熟悉相关的安全规范和施工标准,确保电网的安全性、可靠性和稳定性。电力施工技术在火力发电厂、水电站、风力发电场等发电厂的建设过程中起着至关重要的作用。施工人员需要进行各类设备的安装和调试,确保设备的正常运行和高效发电。同时,他们还要关注供电能力、环保要求和安全风险,并根据实际情况进行相应的处理和调整。电力施工技术应用用于各种电力设备的安装和调试过程中。这包括变压器、开关设备、发电机组、输电线路等设备的安装与调试任务。施工人员需要熟悉设备的安装要求和工艺流程,掌握精确的测量和调试技术,确保设备的正常运行和安全可靠^[3]。电力施工技术在电力设备的维护和检修中起着重要作用。施工人员需要定期对设备进行例行性的维护和定期的检修,以确保设备的长期稳定运行。他们需要具备一定的电气知识和技能,能够及时发现并处理设备故障,提高设备的可靠性和寿命。通过科学合理的施工方法和技术手段,保证了电力系统的安全、稳定和高效运行。

4 电力施工技术分析

4.1 输电线路建设技术分析

输电线路的建设是电力基础设施建设中至关重要的一环。输电线路建设技术涉及线路类型选择、杆塔和绝缘子选用、导线的张力控制以及导线的绝缘和接地等方面。通过科学合理的施工方法和技术手段,可以保证输电线路的安全、稳定和高效运行,为电力系统提供可靠的输电通道。在设计和建设输电线路时,需要考虑到输电距离、负荷需求、地理环境等因素。常见的输电线路类型有架空线路和地下电缆线路。架空线路成本较低、容易维护,但对环境影响较大;地下电缆线路则可以减少环境影响,但成本较高。杆塔和绝缘子是输电线路的重要组成部分。在建设过程中,需要选择合适的杆塔类型和绝缘子材料,以确保线路的安全运行和抗风能力。杆塔的选用要考虑到线路的电压等级、线路长度、地质条件等因素^[4]。导线的张力控制是确保输电线路稳定运行的重要技术之一。过高或过低的导线张力都会对线路的安全性和传输效果产生不良影响。因此,在施工过程中,需要严格控制导线的张力,确保其在额定张力范围内,并采取相应的张力调整措施,采用合适的绝缘材料和接地设施,确保线路的绝缘性能和接地效果。

4.2 变电站建设技术分析

变电站建设技术涉及站址选择和布局设计、设备安装和调试、电气系统的调试和运行管理以及安全管理和环境保

护等方面。通过科学合理的施工方法和技术手段,可以确保变电站的安全、稳定和高效运行,为电力系统提供可靠的电能接收、转换和分配功能。变电站的站址选择至关重要,需要考虑到地理环境、供电范围和交通便利度等因素。同时,变电站的布局设计要合理,考虑到设备的安放、设备间的通风和绝缘等问题,确保变电站的安全运行。在变电站的建设过程中,需要进行各类设备的安装和调试工作。这包括变压器、开关设备、保护装置等设备的运输、安装和连接。安装过程中,需要严格按照施工规范和标准进行操作,保证设备的正常运行和可靠性。完成设备安装后,需要对变电站的电气系统进行调试和运行管理。这包括设备的试运行、参数的校正和操作流程的优化等方面。同时,还需要建立完善的设备运行记录和故障处理机制,确保变电站的稳定运行和应急能力。在变电站建设过程中,安全管理和环境保护是重要的考虑因素。施工人员需要遵守相关的安全规范,采取必要的防护措施,确保施工过程中的人员和设备安全。同时,还需要合理规划施工过程,减少对周围环境的影响。

5 电力设备安装技术分析

5.1 发电机组安装技术分析

发电机组安装是电力设备安装中的重要环节,发电机组的安装位置需要考虑到供电范围、运行稳定性和维护便利等因素。通常情况下,会选择平整且坚固的地基作为发电机组的安装基础。其次是基础构造设计,发电机组的基础构造设计要符合相关的标准和要求。这包括基础的材料、尺寸、加固措施等方面。同时,还需考虑到防震、防倾斜和降低噪声等要求,以保证发电机组在运行过程中的稳定性和可靠性^[5]。根据具体的发电机组类型和规模,可以选择不同的安装方式。常见的有直立式安装、水平式安装和室内安装等。选择合适的安装方式,可以提供更好的操作空间,并方便设备的维护和修理。在发电机组安装过程中,需要进行电气接线以及与输电网的并网。这涉及接线盘的设计和电缆的敷设等工作。施工人员需要熟悉相关的安全规范和施工标准,确保接线的质量和可靠性。

5.2 变压器安装技术分析

变压器的位置选择要考虑到供电范围、运行安全和维护便利等因素。同时,需要对变压器的基础进行设计,选择合适的基础材料和加固措施,确保其稳定运行。变压器通常比较重,需要通过吊装设备进行安装。在吊装过程中,需要严格按照吊装计划和操作规程进行,并确保吊装过程安全可靠。随后,进行变压器的固定和定位,以保证其在运行过程中的稳定性。变压器的冷却系统和油箱连接是安装过程中的重点工作之一。施工人员需要熟悉变压器的冷却方式和原理,并正确安装冷却设备和冷却介质。同时,还需要确保油箱与变压器的连接牢固,以避免漏油和其他安全问题。在变压器的安装过程中,绝缘和接地是关键环节。施工人员需要

选择合适的绝缘材料和绝缘制品，并建立良好的接地系统，以保证变压器的安全运行和人身安全。

5.3 开关设备安装技术分析

电力设备安装技术涉及发电机组、变压器和开关设备等不同类型的安装和调试工作。通过科学合理的施工方法和技术手段，可以保证设备的安装质量和运行可靠性，为电力系统提供可靠稳定的电力供应。开关设备的位置选择要考虑到供电范围、操作便利性和安全距离等因素。同时，需要对基础进行设计，选择合适的基础材料和加固措施，确保设备的稳定安装。在开关设备安装过程中，需要进行导引和固定工作。导引包括导管和配电箱的安装，确保电缆的正确敷设和连接。固定则包括设备的支架和螺栓安装，使设备牢固地固定在位置上。开关设备的安装还涉及接线和调试工作。施工人员需要按照电气图纸进行接线，确保接线的准确性和可靠性。随后，进行设备的调试和运行检测，以确保开关设备的正常运行和安全性能。开关设备的安装过程中需要注意安全管理和维护工作。施工人员需要遵守相关安全规范，采取必要的防护措施，确保施工过程中的安全。此外，还需要建立定期维护机制，保证设备长期稳定运行，并及时处理设备故障和维修需求。

6 安全措施和质量管控技术分析

6.1 安全施工措施分析

在电力施工中，安全施工措施至关重要，在施工前，需要制定详细的安全计划，包括安全责任、安全目标、安全管理组织、安全培训等内容。安全计划应明确每个工作环节的安全要求和安全措施，并制定相应的预防措施和应急预案。施工人员应接受必要的安全培训和教育，了解施工过程中的安全事项、操作规程和应急预案。培训内容可以包括施工场所的安全规范、危险源辨识、安全防护设备的正确使用以及紧急逃生等方面。施工现场应配备必要的安全设备。同时，还需设置明显的安全警示标识、安全隔离带等，提醒人员警惕潜在的危险。在施工过程中，应定期进行安全检查和监督，发现问题及时整改。同时，要建立健全的安全管理体系，包括事故报告、记录和分析，以提高施工现场的安全性和防范能力。

6.2 施工质量管控技术分析

安全施工措施和施工质量管控技术是电力施工过程中不可或缺的环节。通过合理的计划、培训、设备和防护措施，以及质量计划、控制点设立、检测和验收等措施，可以有效提升施工安全性和质量水平。在施工前，制定施工质量计划，需要根据工程要求制定详细的施工质量计划，包括施工标准、工艺要求、质量验收规范等内容。计划应明确每个工作环节的质量要求和相应的检查方法。根据施工质量计划，确定每个施工阶段的关键控制点，对施工过程进行重点控制和检查。这些控制点可以包括工序交接、工艺操作、材料验收等，以确保施工质量的可控性和连续性。在施工过程中，需要进行质量检测和监测，以确保各项质量指标符合要求。包括材料的检测、焊缝的质量控制、设备的校验等方面。检测结果应及时记录，并进行必要的整改和调整。要做好详细的施工记录，包括工作内容、施工时间、质量检验等情况。完成施工后，根据工程要求进行质量验收，确保工程符合相关标准和规范。除了以上措施外，还可以借助信息化技术来提升施工质量管控效果。如引入建筑信息模型（BIM）技术进行设计与施工协同，实现质量数据的可视化管理和分析。

7 结语

掌握并应用适当的电力施工技术对于确保电力工程项目的成功非常重要。通过持续的研究和实践，我们可以不断改进电力施工技术，提高电力系统运行效率和供电质量，为人们提供更可靠、安全的电力供应。

参考文献

- [1] 何婧.基于电力工程的电力施工技术分析[J].模型世界,2023(19):96-98.
- [2] 任灯超.浅析电力工程及其输电线路设计与施工的技术[J].百科论坛电子杂志,2021(9):2678.
- [3] 刘志利.基于电力工程的电力施工技术分析[J].电力设备管理,2022(21):226-227.
- [4] 王明涛,郭姝华.电力工程项目施工建设技术的应用[J].建筑工程技术与设计,2017(14):1764-1764+1757.
- [5] 高延涛.电力工程建设项目施工技术的应用分析[J].工程建设与设计,2023(10):189-191.

Comprehensive Analysis of Quality Control and Risk Assessment in High Voltage Cable Engineering Management

Bo Yang Yong Zeng

State Grid Ningxia Electric Power Company Yinchuan Power Supply Company, Yinchuan, Ningxia, 750010, China

Abstract

High-voltage cable engineering directly affects the line operation safety of the power system. In the installation of high-voltage cable, we must also pay attention to the installation of accessories, especially the quality control, to ensure the smooth and efficient operation of the power grid and construct a safe power ring. Now it mainly focuses on the installation of high voltage cable, expounds how to evaluate the risks and hidden dangers in high voltage cable engineering, and the protective measures to deal with the operation risks of high voltage cable. At present, the social demand for electricity is surging, the scale of power construction is expanding and the projects are increasing. In the power construction and operation and maintenance management, cable installation, on the basis of clarifying its common problems, further discusses the effective methods of quality control and risk assessment.

Keywords

high-voltage cable engineering; quality control; risk assessment

高压电缆工程管理中的质量控制与风险评估全面解析

杨波 曾勇

国网宁夏电力公司银川供电公司, 中国 · 宁夏 银川 750010

摘 要

高压电缆工程直接影响到电力系统的线路运行安全。在高压电缆安装中也必须关注到附件安装问题, 尤其要加强质量控制, 以确保电网的平稳高效运行, 建构安全的用电环境。现主要针对高压电缆安装, 阐述如何对高压电缆工程中的风险隐患进行评估, 及应对高压电缆运行风险的防护措施。当前, 社会用电需求激增, 电力建设规模扩大、项目增多, 而在电力建设与运维管理中, 电缆安装在明确其常见问题的基础上, 进一步探讨质量控制和风险评估的有效方法。

关键词

高压电缆工程; 质量控制; 风险评估

1 引言

在这个由电力驱动的时代, 高压电缆犹如一根根血管向各地送去生命力, 它连接着城市的每一个角落支撑起千千万万户人家的光明和温暖。一根根纵横交织的电缆组成了一张巨大的网承载着千千万万户的幸福。由此可见, 高压电缆工程的质量控制显得极为重要, 随之而来对于风险的评估也必不可少, 论文旨在对高压电缆工程中的质量管理与风险评估方法的全面分析。

2 高压电缆工程管理概述

2.1 工程管理的概念

工程管理涉及规划、组织、协调与控制资源用以完成

相对应的工程项目目标。核心部分在于保证项目在预算时间内准时完成, 并且达到质量要求与客户要求。工程管理主要包括项目规划、组织与团队建设、领导与决策、资源管理、时间管理、成本控制、质量管理、风险管理、变更管理、采购管理、项目监控与控制、项目收尾等部分。合理的工程管理能大大提高项目成功的概率, 并减少成本和时间的浪费, 提升客户对项目的满意度。

2.2 高压电缆工程的特点

高压电缆工程用于对高压电力的输送以及电缆系统的设计、安装及维护工作。高压电缆一般被用于长距离的电力传输和城市电网, 用来连接不同的发电站、变电站还有配电网络。一般的高压电缆工程都具有技术性复杂、安全要求严格、环境适应性、高投资成本、长距离传输、维护难度大、土地使用限制、施工专业性强、可靠性要求高、更新换代周期长、受政策和法规影响等特点。高压电缆工程的成功实施需要综合考虑其工程特点经过精心规划、设计、施工和维护来确保工程的无误。

【作者简介】杨波（1981-），男，中国陕西西安人，本科，助理工程师（技师），从事电缆线路运维、试验、终端头中间头制作、故障查找、环流、高频局放检测研究。

3 质量控制体系构建

3.1 质量控制体系框架设计

高压电缆工程质量控制体系应该覆盖于工程的各个环节,从设计、采购、施工到验收和维护每个阶段都应该符合质量标准和技术规范。一方面,应该明确工程项目的质量方针保证所有工程的参与者都能理解遵循质量方针,编制质量手册,制定作业指导书、操作规程、检查表等文件,并要求工作者遵守相应规则。另一方面,设立质量管理部门明确各级管理人员和员工的质量职责。在采购阶段应选择值得信任的供应商以及合适的材料,对采购的电缆及其附件进行入厂检验。于施工阶段确保各项图纸、技术规范和施工方案得到施工许可,对施工过程进行监控管理。验收时对工程进行全面检查,确认符合设计要求和质量标准,进行通电测试验证高压电缆工程是否符合要求。

3.2 质量标准与检测方法的制定

高压电缆工程质量标准的制定需要确认使用范围选择适用范围,如电压等级、电缆类型,其次需要考虑电缆使用的环境,预期用途等,最后还需要考虑使用的条件确认具体的性能要求。高压电缆工程质量的标准可以参考国际(IEC标准)标准,也可查阅国家(GB标准)更有行业标准(IEEE标准)可供选择查阅。

高压电缆工程质量检测方法的制定则需要考虑材料、尺寸、电气性能、热性能、环境适应性等,相应制定的就有材料检测、尺寸检查、电气性能测试、热性能测试、环境适应性测试,机械性能测试、验收测试和定期检测。

3.3 质量控制流程与责任分配

对于高压电缆工程中的质量控制流程与责任分配大致分布在七个阶段,分别是项目启动阶段、设计和规划阶段、材料采购阶段、施工准备阶段、施工阶段、竣工验收阶段以及运行维护阶段。

4 质量控制实施策略

4.1 材料质量控制

4.1.1 原材料检验与筛选

高压电缆原材料的质量直接影响到电缆的电气性能、机械性能、耐久性以及安全性,常见的高压电缆原材料检验方法有外观检查、尺寸测量、实验室测试、现场测试等。高压电缆原材料的筛选必须符合国家及国际的相关标准和规范,并选择具有良好质量记录和服务的供应商提供原材料,对每一批材料都进行抽样检测,确保原材料质量的稳定性、一致性。

4.1.2 供应商评价与选择

在供应商选择方面可以先建立评价标准体系为后面市

场调研等情况对供应商进行打分评价,量化评价结果。初步筛选时可以从市场调研、资质审查、财务状况三个方面入手。收集市场上高压电缆供应商的信息以及公司规模、历史、声望、产品范围,口碑等获得该公司的基本信息,同时也能检查供应商有没有营业执照生产许可、ISO质量管理体系认证等,然后对其财务稳定性等做出评估是否适合长期合作。

除了上述基本信息条件外还应该对供应商的技术能力、产品质量、交付能力、售后服务等做一定评估,观察供应商是否有能力承担供应一职。最后,可实地考察供应商的生产设施,了解他们的生产水平和管理的的能力,对以上各种情况打分后从中择优选择进行合作。

4.2 施工过程质量控制

高压电缆工程施工过程质量的控制需在施工前开始着手准备,先制定施工方案包括施工方法、顺序、安全措施等,再对使用的材料和设备进行检验,并对参与施工的人员进行技术培训和安全教育,确保施工的人员了解施工要求及操作流程,在施工现场还需设置符合安全警示标志,对施工现场进行一定的场地布置。

在施工过程中严格要求每一道施工工序,完成一道工序便进行自检和互检,详细记录施工工程中的各类数据,及时解决施工现场发生的问题。还应特殊天气的到来做足准备和相应的防护措施,对复杂地形采取针对性方案确保施工的正常进行及设备设施的安全,保证高压电缆工程的质量控制。

5 风险评估与管理

5.1 风险评估流程与方法

高压电缆工程管理对风险的评估可采取德尔菲法、故障模式与效应分析、概率风险评估、敏感性分析、蒙特卡洛模拟等方法评估工程的风险。通过对风险的评估可以有效地建立预防方案,发生实时事件能及时采取相应的措施。

风险评估的一般流程为先进行风险识别,包括对信息的收集、咨询行业专家、识别风险因素、风险分类等;随后对风险展开分析,做出可能性分析,通常可能性可分为高、中、低三个等级,评估该风险会对工程的影响程度;最后作出相应的风险应对方案,可采取一定措施避免风险的发生,也可通过一定手段将风险减轻或转移;在整个工程施工过程中需做好对风险可能发生的监督,以及观察旧的风险,因为旧的风险可能发生变化变为无法预知的灾难。

5.2 潜在风险识别与分析

高压电缆过程潜在的风险主要分布在工程设计阶段、采购阶段、施工阶段、调试与运行维护阶段以及法律与合规风险和自然灾害风险,各个阶段又将产生不同的风险。根据对不同阶段的分析得出表1作为对潜在风险的分析。

表 1 潜在风险分析

工程设计阶段	设计错误或遗漏、设计变更、技术标准不符
采购阶段	材料质量问题、供应延误、成本超支
施工阶段	施工安全事故、施工质量问题、施工进度延误、环境保护问题
调试与运行、维护阶段	系统调试失败、运行故障、维护保养困难
法律与合规风险	法规变更、许可审批问题、合同纠纷
自然灾害风险	极端天气、自然灾害

5.3 风险应对策略

高压电缆在面对各种潜在风险时的一部分应对策略首先可以通过优化设计方案、严格遵守相关法律法规来避免一定的风险；加强材料和对施工质量的控制减少因质量问题导致的风险。其次，对施工人员进行全面的安全教育用以提升他们的安全意识和应急处理能力，并且保证他们在施工时不会因为粗心大意使得工程出现风险。在应对风险时还应该提前制定备用施工方案，在应对极端天气或特殊环境时也能拿出相对应的解决方案。在面对可能来临风险时还可以为工程购买足够的保险，将部分风险转移给保险公司，也可将部分高风险的工程外包给有能力的承包商，更要与有实力有信誉的供应商建立长期的合作关系，减小来自材料的风险。最后，还需要建立风险登记手册，定期审查记录数据，加强团队的沟通工作，保证信息的流通。

6 质量控制与风险评估的关联性分析

高压电缆工程的质量控制和风险测评是相关联的。质量控制的目的在于保证工程满足相对应的标准和要求，风险评估的目的则在于提前识别、分析、评价、预知风险来临的快慢、大小和影响，让我们能快速及时地做出反应和措施。质量控制是风险评估的一部分，风险评估则是指导质量控制

的重点。质量控制措施作为风险缓解的策略，同时风险评估也是促进质量控制流程的优化，质量控制与风险评估共同支持决策。

7 结语

高压电缆工程管理中的质量控制和风险评估就犹如是海上行驶的两艘大船，一起承担着工程是否能符合要求完成的责任。质量控制确保每一寸电缆，每一个接头，每一个环节都符合严格的标准，风险评估则通过细致的审视和深入的分析提前预警，避免意外的发生。同样，我们也应该认识到无论质量控制多么严格，风险评估多么详尽我们也无法完全消除工程中的不确定性。在实际工程中，我们更需要将质量控制与风险评估结合起来最大程度上降低风险带来的影响，保障电缆工程的质量。

参考文献

[1] 徐中悦.简述变电站高压电缆的质量控制[J].华东科技(综合), 2020(12):1.

[2] 黄立,刘文彬,郭希义,等.高压电缆附件安装的质量控制方法探究[J].机电信息,2022(4):69-71.

[3] 何奇.高电压电缆的运行风险与安全措施分析[J].电子技术(上海),2023,52(4):380-381.

Research on Technical Issues and Construction Safety Management in Electric Power Engineering

Fanbin Kong Juan Sun*

Zhejiang Ruineng Holding Engineering Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract

After the widespread application of electrified tools, the efficiency of production and construction operations in society has significantly improved. The operation status of the power supply system directly affects the safety and stability of the power supply. With the continuous improvement of people's livelihood quality, electricity consumers have higher expectations for the service standards of electricity supply. The power grid distribution system shoulders the responsibility of power distribution, and its structure presents a specific complexity. If there are defects in the engineering and technical implementation of the power transmission network, it will inevitably lead to obstacles in the distribution system, thereby affecting its normal power supply. It is evident that ensuring the stable operation of distribution network equipment is a fundamental condition for meeting the electricity demand of end consumers. The paper mainly elaborates on power construction projects, analyzes the technical difficulties in power projects and the safety of the construction process, aiming to share and exchange with industry colleagues.

Keywords

power supply system; technical difficulties; construction protection; energy engineering projects

电力工程技术问题及施工安全管理研究

孔凡斌 孙娟*

浙江睿能控股工程有限公司, 中国·浙江 杭州 310000

摘 要

电气化工具广泛应用之后, 社会的生产和建造作业效能有了明显的增强。供电系统的作业状况直接影响到电力供应的安全与稳固。随着民众生计质量的持续进步, 用电者对电力供应的服务标准有了更高的期待。电网分配系统肩负起电力分配的职责, 其结构呈现出特定的复杂度。若电力传输网络在工程技术实施上出现缺陷, 必然导致配电体系发生障碍, 进而影响其正常的电力供应。显而易见, 确保配电网设备的稳定运作为满足终端消费者电力需求的基础条件。论文主要针对电力建设项目展开阐述, 对电力项目中的技术难题及施工过程的安全性进行了分析, 旨在与业界同仁分享交流。

关键词

供电系统; 技术难题; 施工防护; 能源工程项目

1 引言

科技持续进步的今天, 电力在当下的社会生产与日常生活中扮演了至关重要的角色, 并且赢得了广泛群众的极大关注。工程建设期间, 实施合适的施工技术与安全监管不仅能够有效地促进电力项目的进展, 同时这些措施与日常生活生产息息相关, 并与社会进步紧密相连。现有的电力网络特征呈现出显著的多元化, 这在一定层面上提高了建设施工的复杂度, 并对电力供应的连续稳定造成了影响。为保障工程

建设的流畅进行, 需积极地对现有问题进行调整和完善, 考虑到实际工作状况, 推进先进技术的采纳并顺应电力领域的进步动态, 进而为施工的安全提供坚实的支持与确保。

2 电力工程技术管理的主要内容

电力工程项目施工之前, 技术专家会对该工程进行预先分析, 并根据分析结果拟定相应的项目管理策划, 进行细致的评估, 只有在签订了相应协议之后, 方可启动工程施工工作。在此基础上, 亦需依据项目管理计划及监理要点拟定一套详尽条款, 以期对电力项目的监督及执行产生明确的标准影响。建筑作业发包方有权依据所签合同条款及建设工程的技术规格, 拟定合理的建设方案, 且须核查该建设工程是否达到建筑技术的规范要求。核查完毕, 相应的审查机构需迅速提供书面审议建议, 以便施工单位据此对建设工程做出相应修改。此外, 施工过程需针对项目实际环境定制细致的

【作者简介】孔凡斌(1987-), 男, 中国山东曲阜人, 硕士, 工程师, 从事继电保护研究。

【通讯作者】孙娟(1983-), 女, 中国山东德州人, 硕士, 高级工程师, 从事电力工程管理研究。

技术方案,并参照作业指南,施工前须经过严格的审核与认可程序,确保涉及设计文件签订环节须有关键领导的亲笔确认,并且须确保经过审查肯定的设计资料在实际工程建设中能够得到切实有效的运用。出席评审大会的核心参与者包括设计单位、建筑施工商和指挥机构。如果设计资料因某个因素需要调整,设计单位必须迅速公布修改信息。通知修订明确指出以下关键信息:电力建设项目的图纸变更缘由、调整后的工程预算明细、技术方案调整及相应的预算需求,并须经过指挥中心负责人的签署批准之后,方可启动相关施工活动^[1]。

3 电力工程存在的技术问题

3.1 无功补偿设备的不科学运用

无功补偿也就是无功功率补偿,伴随着科学技术的飞速发展,已经深入电力系统的各个环节。其运用不只减少了输电流程的能量消耗,同时也极大地增强了运行的效益。当企业挑选无功补偿装置的时候,应该考虑到电力系统的真正需求。适当的装置有助于减少能量消耗和提高工作效率,而如果使用过度,则不只会导致能量的浪费,还有可能引发严重的安全问题。目前,中国在使用无功补偿装置方面的技术尚未完全发展。缺乏知识和技术的落后,使得在使用过程中未能考虑到实际的电容状况,这就导致了电力系统受到谐波的影响。例如,当容性功率和感性功率并联时出现了问题,能量转化过程中出现了误差,这些都会影响到整个变压器的正常运行。

3.2 供电线路受外因破损

随着电力消费的压力日益增加,旧有的架空线路无法适应日益增长的生活与发展的需求,因此必须持续优化。目前,许多中国的区域还在使用架空线路,这种做法在大规模的电力输送中可能造成严重的破坏,同样这也将对供电体系产生深远的影响。许多其他的建设项目,都选择了直接与现有的架空线路连接的方法,以此来实现更好的电力保障。这种情况不只是给高空线路带来了巨大的负担,同时也对电力传递线路的性能产生了深远的影响,严重阻碍了该线路的正常操作和全体电力系统的安全运行。当前,电网基础设施普遍偏旧,特别是在很多经济欠发达地区,大体上依旧依赖旧有的基础设施,其中不乏遭遇了多少破坏,这对电力输送线路的正常运转产生了负面影响。上述种种外在因素对供电线路产生了直接冲击,影响面广且程度深。

3.3 电源分配的不合理

分配电力的过程应避免受到供电区划、变配电设施所在地及电气装备的制约。我国目前的供电区域与管道密集地带形成了错综复杂的格局,各区域相互纠缠。这对自然和人类居住环境产生了重大影响。另外,若变电设施远离供电区,相应地,输电距离增加,线路也需相应延长。远程输电不单是增加了输电时间,同时也削弱了电力的传输效率;而且,

长距离输电更容易导致线路的故障发生供电基础依赖于电源设备的充分性,倘若这些设备不足,不仅会导致供电不畅,电力系统也将不能正常运作^[2]。

3.4 电力工程布线问题

通常,当电力部门执行配电网的布线任务,主要采取的是悬挂线路的形式,然而,鉴于各区域的具体需求,电力部门在挑选布线和连接的方法上,必须遵循相关的用电标准。目前,循环法已经在商业产业园的驱动力中被大量使用,并且连接方式也日益普及。电网的运作和电力系统本身都存在一些风险,无法确保其科学性和安全性。另外,配电网络自身也面临着基础设施不足的挑战,这就需要具备高级的技术和专业知识。假如电力部门忽略了电路的重要性,那么循环网络的电路状况将极其糟糕。所以,电力部门必须高度关注这个问题,并且真正地优化配电网的电力系统。

4 电力工程技术和施工安全管理研究

4.1 优化管理措施,实现规范操作

新时期,配电网电力工程注重各运行环节所需的安全管理,在很大程度上优化了措施,使变压器、线路、多塔的管理呈现出很强的规范性。①在塔架设计管理过程中,应优先考虑安装,以确保整体结构的稳定性。因此,在执行操作时,需要考虑到强风的影响和底部暗挖的需求。电力公司需要研究真实的加固准则,计算设备的高度,挑选金属杆,并根据地区特性进行线路布局,以便更科学地满足配电网络系统的需求。在具体的执行过程中,电力公司需要提升现场的管理水平,确保地锚和抱杆的安排得当,并且要高度重视合页的打磨工作,确保地面的组装过程严谨无误。建筑工人需要稳固螺钉,确定悬挂点,并且要立即清扫建筑现场,以确保各个步骤都可以顺利完成,并有效地管理建筑的总体进程。②对于线路连接,应采用架空方式,尤其是在野外作业时。例如,电力部门需要搜集真实的传输状态以及各种影响因素,接着制定针对短路问题的解决策略,以便进行精确的预防。在遭遇由于线路跨越导致的各种困扰时,电力企业能够深入分析设计蓝图,逐步解决建筑中的困扰,并有效管理总体开销。在安装电线的过程中,建筑工作者需要依据潜在的效果或风险评估来调整电线,同时需要添置额外的设备。例如,线路所用的绝缘材料需要具备防雷功能,以减少事故发生的可能性。利用接地设备将雷电产生的高压输送至地面,从而避免电力工程设备受到雷击的破坏,进一步提升了配电网电力工程中安全管理的效率。

4.2 对配电网防污设施加以完善和健全

在电力分配系统的日常运营过程中,经常会遇到电弧放电现象,这不但会妨碍设备正常工作,还可能导致部分区域停电。为预防此类事件,工作人员需深入调查并剖析电弧发生的根本原因,并据此拟定有效的对策。例如,可在隔离装置表面附加防污罩,并安置高效能的除湿装备,以此创造

更稳定的输电环境。此外,为了增强配电系统抵御雷击的能力,应该制订适当的避雷方案,这样做能够防止配电网络受到雷电的负面作用,确保其安全地运作。

4.3 加强现场监督, 落实执行力度

在施工现场,工作人员和监管者需要按照规定的时间、频率进行检查,执行规范的操作和监控。同时,电力部门需要依据施工现场的具体状况,评估安全策略、风险等,掌握施工过程中的弱点,并制定适当的改进方案。此外,电力建设公司也需严格执行“安全优先,预防为主”的策略,坚持以安全施工为首要原则,对施工现场实施规范化管理。实现安全生产和文明施工的电力建设公司必须严格遵守国家设定的技术规则 and 标准进行建设,对于在建设过程中出现的不合规、不合法的行为,一旦被察觉,必须严肃处理,并创建优秀的规章制度,降低建设过程中的不合规行为。通过违法行为,实现了安全施工的目标^[9]。

4.4 严格遵守施工管理要求增强施工人员安全意识

伴随着社区的持续进步,都市化建设步伐亦日益快捷。智慧和功能性已成为住宅的新准则。为了符合此准则并更好地显现现代都市建筑的风貌,电力建设部门需强化对电力项目施工品质的管理,注重标准技术的运用,解决电力项目施工过程中可能出现的安全隐患或其他问题。具体措施包括:在设计阶段,必须严格遵循我国现行的电力行业标准。在施工阶段,应依照设计方案为基础,并结合具体建筑工程情况执行施工作业。在此同时,必须更新和取代那些旧的设备,及时对工作人员的作业情况进行有效的调整和改善,这样做是为了确保电力工程的施工品质得到保障。此外,施工过程中的条件要与各项规则和条例保持一致。例如:管理层需根据工程实际状况、施工现场的具体条件与特性来拟定相应的操作规程和标准。其次,要坚守适应当地情况的策略,在施工活动中注重所在地环境因素,妥善规划与实施以达到资源的合理利用与保护。不仅如此,还需要定时安排电力工程的技术工作人员进行专业培训,不断提升电力部门的技术管理能力。

4.5 对电力工程的技术管理流程进行标准化和优化

在执行电力工程技术管理任务时,电力部门需要强调推动技术管理过程的优化,并以提高电力工程的运营效能为技术管理的最终目标。首先,一旦招标过程结束,并且已经对投标者的资格和技术能力等全面能力进行了评估,那么就

需要将所有文件和信息保留下来。同时,也会向工程技术人员透露招标成绩和项目执行的最新进展。其次,电力部门会在开始施工之前,对施工公司的科技装置以及使用的建筑物资进行评估。再次,电力部门需要在项目执行期间,对所有部门进行适当的配合,以便最大限度地减少复杂的流程,并能够高效且迅速地完成,从而降低时间消耗。最后,电力部门需要对项目的品质实施严密的管理,同时给予必要的技术支持以确保项目能够顺利推进。

4.6 建立健全电力工程技术管理规范

完备且全面的电力工程技术管理规定是实现电力工程技术管理的必要条件。在开始工作之前,电力工程的技术和管理人员需要接受统一且严谨的技术训练,并且在进行建设时,必须仔细审查建设单位的资质。在进行电力工程的建设 and 保养时,必须确立适当的规范,并在项目遇到特定问题时进行详细的解决。优化的项目责任划分体系能够增强管理者的监督观念。加强对所有责任制度的规范性构建,旨在推进电力工程公司责任制度的完善,进一步在公司内部构筑一套适当的、标准的法律法规,使得公司的所有工作流程都能够被标准化。

5 结语

电力工程是保障国家持久安全和社会稳定的关键要素。为确保电力项目的顺利实施,有关职员需要深入研究和理解现阶段出现的电力项目技术难题和建设安全问题,并努力减少它们对电力项目未来发展产生的各种不良效应,同时也在一定程度上威胁到用电者的用电安全和稳定性。对于涉及的职责,电力部门应该积极执行各种有效的策略,来处理电力项目的技术难题和建设的安全性。同时,电力部门还应根据本地的气候和地理环境,制订出恰当的应对策略。这样,电力部门就能够在最短的时间内推动电力项目的优化和稳步发展,从而给广大的用电者带来更加安全和稳定的电力服务,并为中国的电力体系的平稳运营奠定坚实的基础。

参考文献

- [1] 王国辉.配网电力工程的技术问题分析与施工安全措施[J].科学技术创新,2018(33):104-105.
- [2] 朱兴恩.配网电力工程技术问题分析及施工安全探究[J].工程建设与设计,2018(18):83-84.
- [3] 陈肖,潘幼欢.关于配电网电力工程技术问题分析及其施工安全探究[J].科技创新与应用,2018(21):147-148.

Research on the Impact and Control of Distributed Photovoltaic Access on Power Grid Regulation and Operation

Yingjie Xiong

State Grid Jiangxi Electric Power Co., Ltd. Shangrao Power Supply Branch, Shangrao, Jiangxi, 334000, China

Abstract

With the widespread application of network technology, the types and quantities of intelligent power devices have significantly increased, and people's demand for electricity is also increasing day by day. Faced with the dependence of the power industry on non renewable resources, researchers are strengthening their exploration of new energy technologies, among which distributed photovoltaic power generation is highly favored due to its unique environmental characteristics. However, when distributed photovoltaic power generation is connected to the grid on a large scale, there are still a series of characteristics such as randomness and intermittency that may pose challenges to the stable operation of the power grid. For this issue, this paper delves into the specific impact of distributed photovoltaic grid connection on grid regulation and proposes corresponding management strategies.

Keywords

distributed photovoltaics; power grid; regulation operation

分布式光伏接入对电网调控运行的影响与管控研究

熊颖杰

国网江西省电力有限公司上饶供电分公司, 中国 · 江西 上饶 334000

摘 要

随着网络技术的广泛应用, 智能电力设备的种类与数量显著增加, 人们对于电能的需求也在日益上升。面对电力行业对非可再生资源的依赖, 研究人员正在加强对新能源技术的探索, 其中分布式光伏发电因独特的环保特性而备受青睐。然而, 分布式光伏发电在大规模并网时, 还存在随机性和间歇性等一系列可能会对电网稳定运行构成挑战等特征。对于此问题, 论文深入探讨了分布式光伏并网后对电网调控的具体影响, 并提出了相应的管理策略。

关键词

分布式光伏; 电网; 调控运行

1 引言

分布式光伏发电系统由于接入点分散和接入量有限, 常常会对电网造成影响。这类系统保持独立运行, 接入的电网电压级别较低, 可能对配电网的正常运行带来不利影响。为解决分布式光伏发电与电网之间的潜在冲突, 技术专家需利用光伏系统的主动调压功能, 开发一种双层无功优化控制模式^[1]。基于这种模式, 可以更有效地将光伏电站纳入电网的调控体系中, 从而向用户提供更为安全和稳定的电力供应。

2 光伏发电的特点

光伏发电系统以其独特的发电方式, 即将太阳能转化为电能, 逐渐成为全球能源转型的重要组成部分。以下是光伏发电系统的几个显著特点: ①光伏发电依靠太阳能, 发电过程几乎不产生污染。使用太阳能发电能够提供清洁的电力, 还有助于减少二氧化碳排放, 对抗气候变化。②与传统的火力或水力发电相比, 光伏发电需要的初始投资较低, 即使是家庭和小型企业也能够根据自身需要安装太阳能系统。用户可以利用并网系统将未使用的电力出售给电网, 减少电费支出^[2]。③尽管分布式光伏系统规模较小, 但发电效率高, 与大型集中式发电站相媲美。即便规模较小也可获得可观的收益。④分布式光伏发电系统一般安装在用户附近, 电力传输更加高效、方便。在屋顶安装还能节省空间, 直接供电给建筑, 减少能源损耗。⑤虽然分布式光伏系统有助于减轻对中央电网的依赖, 但波动性可能对电网稳定性造成一定影响, 电网运营商需要采取适当措施来保证电能的质量和供电稳定性。

3 分布式光伏接入对电网调控运行的影响

3.1 对电压的影响

在传统的集中供电系统中, 配电网络一般采用辐射型

【作者简介】熊颖杰(1991-), 女, 中国江西高安人, 硕士, 工程师, 从事负荷管理研究。

结构,电压在馈线沿线通常表现为逐步下降^[3]。然而,当光伏发电系统并入这样的配电网络时,情况会有所变化。具体来说,由于光伏系统在发电高峰期(如中午阳光充足时)会注入额外的电能到网络,导致接入点附近电压升高。例如,标准的配电网电压可能设置为 10kV,而在光伏发电系统接入后,电压可能升至 10.5kV 或更高,这种电压上升不仅与光伏系统的位置直接相关,也与其总发电容量密切相关。

3.2 对电能质量的影响

分布式光伏发电系统可以将太阳能转换为直流电,进而利用并网逆变器将其转换为交流电以供应电网,关系到多个转换阶段的复杂过程。在这一过程中,尤其是在直流至交流的转换阶段,会产生大量的谐波,谐波主要是由逆变器中的开关操作产生的,每次开关导通和关断时都会在电网中注入非线性扰动,导致电能质量问题。

谐波是电流或电压波形的一种失真,主要表现为电网频率的整数倍频率的波形叠加在标准的交流波形上。例如,当标准电网频率为 50Hz 时,谐波可能包括 100Hz、150Hz 等频率成分。根据研究数据显示,未经处理的光伏并网系统可以产生高达 5%~10% 的总谐波失真 (THD),而电网标准通常要求 THD 不得超过 3%~5% (表 1)。谐波失真会导致供电系统热损失增加,降低电气设备的效率,甚至损坏敏感的电子设备。

表 1 分布式光伏发电系统对电能质量的影响

项目	数值范围	电网标准
电网频率	50Hz	—
谐波频率	100Hz、150Hz	—
未经处理的光伏并网 THD	5%~10%	—
电网标准要求 THD	不超过 3%~5%	3%~5%

3.3 对重合闸的影响

当供电线路发生故障时,变电站的侧断路器通常会执行跳闸操作,用于隔离故障,防止损坏。然而,如果在这种情况下进行重合闸操作(即尝试重新连接电路以检查故障是否已被清除),但是分布式光伏电源的隔离时间不足,未能与故障线路完全断开,就可能引起一系列问题。如果光伏系统的解列(即断开连接)时间超过重合闸的操作时间,光伏系统和电网的重合闸可能不同步,这种不同步会在系统中引入非同步电流,导致巨大的冲击电流产生。

冲击电流可能触发继电保护系统误动作,误判为电网再次发生故障,在极端情况下还可能对光伏设备造成损害,影响长期性能。技术数据显示,这种冲击电流的幅度可能在几千安培至几万安培之间,远超光伏系统正常运行时的电流水平。此外,如果光伏电源在重合闸时未能与故障点彻底隔离,即使系统侧断路器已经执行跳闸操作,它依然会向故障点输送电流,这种情况下,故障修复将会变得更加复杂,导致重合闸操作失败,延长电力系统的恢复时间。

3.4 对多重节点特定负荷的影响

在电力系统中,多节点网络架构的运行复杂性体现在电压管理和特定负荷需求上。由于电压在不同时间段和路径上的变化,技术人员在进行节点间的搭配和电源管理时必须充分考虑到每个节点的等值阻抗,必须保证电网在注入功率时能够维持稳定,尤其是当功率从一个节点传输到另一个节点时的电压稳定性。

在电力传输过程中,如果光伏系统的功率注入主要集中在网络的首尾节点之间,配置将导致电压在传输过程中发生显著的跌落,进而影响到整个网络的电压均衡。例如,当电压从一个节点传输到下一个节点时,由于距离和负载特性的不同,电压可能从 120V 降至 110V,进而增加整个系统的线路损耗,引起更广泛的电能质量问题。

3.5 孤岛效应

孤岛效应是一个在电力系统中引起广泛关注的现象,特别是在分布式光伏发电系统中。当主电网由于某种原因突然断电,而并网的光伏系统仍在向本地网络供电时,就会出现所谓的孤岛效应。这种情况下,尽管主电网已经停电,但光伏系统继续为连接的负载供电,从而形成一个“孤岛”。孤岛效应的主要风险在于,它可能危及正在进行电网维护的工作人员的安全,他们可能误以为电网已经完全断电而进行作业,另外它还可能干扰电网的正常保护和开关操作程序。

尽管现代的逆变器通常包括防孤岛功能,能够在电网失电时自动断开光伏系统,但逆变器的性能并不总是可靠的。技术统计数据表明,即使是带有防孤岛功能的逆变器,也存在 0.1%~0.5% 的检测失败概率。此外,由于不同制造商的产品质量参差不齐,完全依赖逆变器的内置防孤岛功能并不是一个可靠的策略,需要引入双重或多重防孤岛保护机制。

4 分布式光伏接入对电网调控运行影响的管控对策

4.1 完善并网运行的管理机制

为了有效减轻分布式光伏发电系统接入配电网可能带来的不利影响,管理部门必须不断优化和完善并网运行的管理规范。首先,管理机制的设计和更新需要针对光伏发电的具体特性,综合考虑从系统设计、建设到日常运营和维护的各个环节,促进光伏并网工作的高效执行,建议以下两个主要方面着手:①对分布式光伏发电系统的验收工作、计量方案及配套设施建设制定明确且全面的技术规范,保证所有接入系统都符合最新的安全和性能标准,制定有力的制度保障,使并网建设和运行合规设立专门的审查团队,对新接入的光伏系统执行严格的质量与性能测试,无缝并安全地融入现有的电网结构。②管理人员需要全面了解光伏发电接入配电网的实际情况,持续监控其运行状态。加强对接入系统设

计的管理,制定科学的并网管理规定,定期培训、更新课程。例如,可定期实施系统检查,评估性能,及时发现、修复潜在的技术或操作问题。

4.2 加强对集中接入系统的分析

在管理分布式光伏发电并网过程中,集中接入系统的深入分析和研究至关重要。管理人员需集中精力在配电网规划设计及运行的分析上,特别是在大规模分布式光伏发电集中接入后,必须详细考察其对配电网的影响,如电压变化、短路电流和电能质量等。这要求进行系统性的仿真和建模,通过这些技术手段,可以预测并网后电网的行为和潜在问题。例如,使用先进的电网分析软件来模拟不同光伏发电量和天气条件下的电网响应,从而评估电压稳定性和短路电流的变化。此外,管理人员还需强化继电保护系统的校核和优化,确保在光伏系统干扰或故障发生时,系统能够准确快速地识别和隔离问题,防止故障扩散。实时监测电能质量也是必要的,这包括持续跟踪和分析电网中的谐波、频率和电压波动,确保所有运行数据符合规定的电网标准,为制定光伏系统的维护和修复策略提供数据支持。通过这些方法,可以确保光伏发电系统在高度集成并网环境中的稳定与安全运行。

4.3 规范调度人员的送电操作

调度人员必须对并网点位置、发电容量、运行模式及联系方式等信息掌握详细,在实际操作中,调度人员应严格遵守调度操作规程,避免电气误操作的风险。在进行电网侧设备的维修或检查时,必须与分布式光伏发电单位进行有效沟通,切断相关电路,所有维修人员都要了解当前的电网状态,保障他们的人身安全。完成维修后,在恢复送电之前,应确认所有安全、技术条件都已满足,随后按照既定顺序逐步恢复光伏系统的并网操作。

4.4 强化设备检修管理工作

管理人员应采用“两票三制”的管理方法(即工作票、操作票和安全制度、操作制度、工作制度),持续规范停送电及检修工作流程。在任何检修活动开始之前,必须进行彻底的预检查,确认是否有分布式光伏电源接入,检查所有停电措施是否已经准备到位,确认作业区域是否已经安全断电。根据现场实际情况和潜在风险制定针对性的安全对策。例如,在分布式光伏电源的联络线上安装光差保护配置,有效识别、隔离因并网运行引起的电压不稳定和电流异常问题。部署具有放电识别功能的电流保护装置,增强系统安全性。操作过程中,技术人员还需保持重合闸操作与系统同步,若发现时间不匹配现象,必须立即停止操作,加以调整,避免引发电力系统故障或是安全事故。

4.5 全面控制电压波动现象

为了全面控制电压波动现象,操作人员需对有载调压器进行精确调整。面对分布式光伏电源引起的电压波动时,调整有载调压器的抽头是常用的技术手段。然而,当电网末端电压频繁出现越限情况时,仅依靠调压器抽头调整可能不足以实现最佳效果,且频繁调整也可能损伤调压器的机械部件。为减少变压器抽头的调节次数,提高整个系统的电压稳定性,技术人员应对实际数据进行系统性分析,制定一套综合的无功优化运行计划。计划中应涵盖合理配置无功电源和动态调节无功输出,均衡整个电网的电压分布,并改善电能质量。还应采用高级电网分析工具和实时监控系统帮助技术人员准确地预测电网负载变化,提前调整设备设置,使电网以最优状态运行。

4.6 做好反孤岛运行安全的防护工作

为了保证分布式光伏发电系统在电网停电期间安全运行,避免孤岛效应,需要制定综合的安全策略。孤岛效应指的是当电网停电时,本地光伏系统仍能独立运行,未能自动断开与主电网的连接,从而造成极大的安全隐患。首先,应设计和实施反孤岛措施,安装专门的反孤岛设备,使光伏系统即使是在电网断电情况下也能够立即与电网隔离。反孤岛技术可以分为两种主要类型:主动式和被动式。主动式孤岛保护可主动检测电网参数(如频率和电压)的变化,从而防止孤岛运行。当检测到电网频率或电压异常时,反孤岛装置会自动断开光伏系统与电网的连接,防止孤岛现象的发生。被动式孤岛保护主要依靠并网逆变器的内置保护机制,过欠频保护机制可利用逆变器软件实现该功能,当电网的运行参数超出设定范围时,逆变器会自动停止向电网输送电能。

5 结语

综上所述,分布式光伏发电与电网的有效并网,优化了能源利用,显著降低了环境污染。随着光伏系统装机容量的持续增加,这种能源的集成将会对电网产生更加深远的影响。因此,技术团队必须根据现实情况不断优化电网的管理和调控策略,加强电网运行的安全性,推动可持续能源解决方案的实施。

参考文献

- [1] 杜力,杨立新,尹成.分布式光伏接入对电网调控运行的影响与管控[J].农村电工,2019,27(1):36.
- [2] 满忠诚,程青青,王磊,等.分布式光伏接入对地市配电网调控运行的影响研究[J].安徽电气工程职业技术学院学报,2022,27(2): 84-89.
- [3] 周新,付姣.分布式光伏接入对电网调控运行的影响[J].光源与照明,2021(12):72-73.

Research on the Key Technology of Fault Crossing of Photovoltaic Grid-connected System

Sainan Wang Zhi Bai

Hunan Electric Vocational and Technical College, Xiangtan, Hunan, 411101, China

Abstract

With the rapid development of photovoltaic power generation technology, the application of photovoltaic grid-connected system in power system has become an inevitable trend. However, because it is prone to various faults (such as short circuit and open circuit) in operation, it seriously affects the safety and stability of the power grid. Therefore, it is very important to carry out the research on the key technology of fault crossing of the photovoltaic grid-connected system. In this paper, we study the key technology of fault crossing in photovoltaic grid-connected system, analyze the importance of fault crossing and the existing problems, discuss the principle and application of related key technologies, and verify it through experiment and simulation, and finally prospect the future development trend for reference.

Keywords

photovoltaic grid-connected system; fault crossing; key technology

光伏并网系统故障穿越关键技术的研究

王赛男 柏智

湖南电气职业技术学院, 中国 · 湖南 湘潭 411101

摘 要

随着光伏发电技术的迅速发展, 光伏并网系统在电力系统中的应用已成为一种必然趋势。但是, 由于其在运行中易发生多种故障(如短路和断路), 严重影响了电网的安全性和稳定性。为此, 开展光伏并网系统的故障穿越关键技术研究至关重要。论文对光伏并网系统故障穿越关键技术进行了研究, 分析了故障穿越的重要性以及当前存在的问题, 探讨了相关关键技术的原理和应用, 并通过实验和仿真进行了验证, 最后对未来的发展趋势进行了展望, 以供参考。

关键词

光伏并网系统; 故障穿越; 关键技术

1 引言

光伏并网系统故障穿越就是在光伏并网系统出现故障后, 通过对其进行局部切除, 从而在最短的时间内将其接入电网。当前, 光伏并网系统中的故障穿越技术还存在着穿越速率较慢、穿越可靠性较低等问题。本项目拟对光伏并网系统中的故障穿越关键技术展开深入研究, 以提高光伏并网系统应对故障的能力, 提升系统的可靠性与安全性。

【课题项目】校级课题: 电网暂态故障状态下光伏并网逆变器多目标协调控制策略研究(项目编号: 2023ZK02)。

【作者简介】王赛男(1980-), 男, 中国湖南永州人, 硕士, 副教授, 从事概率论与数理统计、自动化、信息技术研究。

2 光伏并网系统故障穿越关键技术

2.1 低电压穿越技术

2.1.1 基于控制策略的低电压穿越方法

当电网电压降到一定程度时, 光伏发电系统将发生低压跨区, 从而对系统的稳定运行产生不利影响。针对此问题, 论文提出在电网电压降低至低压跨越点之下时, 采用合适的电压跨越点及相关的控制逻辑, 使其能够在电网电压降低至低压跨越点之下时, 自动切换到逆变电源的低功耗控制方式, 减少对电网的不利影响。通过调节逆变电源的功率因数, 使其具有较好的动态响应能力, 从而保证了系统的稳定性。低压穿越技术, 将显著提升光伏并网系统在低压条件下的安全可靠、稳定运行。

2.1.2 硬件改进措施提高低电压穿越能力

对低压穿越技术进行硬件改造, 是解决低压电网低压穿越问题的一个重要途径。通过对逆变器等重要硬件设施的改造, 使其工作稳定可靠, 使其能够在低压状态下安全可靠

地工作。硬件方面的改善主要是对逆变器进行优化设计,增加输入电压的量程和承受电流的容量,增加电容、电感等器件以增强系统的抗干扰能力,并对保护电路进行优化^[1]。通过本项目的研究,将有效提升低压环境下系统的工作效率与稳定性,减少低压穿越带来的损伤,保证光伏发电系统的安全稳定运行。

2.2 高电压穿越技术

2.2.1 高电压穿越的原理和实现方法

高电压穿越是指当光伏发电系统在正常工作时,因外界电网发生故障或其他因素而引起的系统电压急剧上升。高压通过可能对电网产生不利影响,如损坏逆变器,影响电网的稳定性等。高压穿越技术要求系统能够快速有效地应对电压上升带来的冲击,从而保护系统的设施,保证电网的安全稳定^[2]。其具体实施方案如下:①高速响应:要求系统能够对电压上升进行快速监控,并对其进行快速反应。为了防止电网受到不可逆转的破坏,必须采用高精度的电压监测与反应控制技术。②过电压保护:要求在系统中加装过电压保护,并在电压超过某一临界值时,自动启动保护,使之与电网断开;并在此基础上,对系统中的负载进行了调整,使系统内的负载向后备电源供电,从而避免了过高的电压。③动态调整:在高压跨越过程中,要求系统具有快速的动态调整能力,将巨大的电压波动转换成较小的幅值,从而保证系统的稳定运行。该方法需要用到调压器和电容器等电子元器件,并应针对具体工况对其进行智能化控制。

2.2.2 控制策略和保护措施

系统设置限压保护装置,当侦测到的电压超出设定值时,立刻送出讯号或启动执行机构,以确保系统的平稳运转。在此过程中,通过使用稳压器等装置来调整电压,使其不超出系统所能承受的极限。当测量到电网电压不正常上升时,应及时切断电网线路,避免因电压跨越而引起更大的事故^[3]。另外,通过加装高压降压装置等装置,有效地消除了过电压冲击,并对系统各部件进行了保护。通过以上控制策略和保护措施的实施,可以为解决光伏并网过程中可能发生的高压跨区问题提供新的思路,为保障电网的安全稳定运行提供理论依据。因此,在系统的设计与运行中,必须对系统的电压进行实时监控,以便对出现的问题进行及时的检测,以保证系统的正常、高效地工作。

2.3 频率穿越技术

2.3.1 频率偏移对光伏并网系统的影响

针对光伏并网时的频偏问题,提出了一种基于功率因数补偿的新型光伏发电系统。在电力系统中,一般采用50Hz、60Hz等工频,而其工作频率主要由变流器的设计和工作环境决定。造成频偏的原因有很多,例如电网负荷的变化、设备的启停和电网的故障等。频偏对光伏发电系统的影响包括以下四个方面:一是逆变电源的运行稳定性,当其偏离了逆变电源的设计工况时,会引起逆变电源的性能退化,

甚至发生故障。在设计逆变器时,一般都要根据电网的频率波动幅度进行调整,但是当频率偏差太大时,逆变器很难将其高效地转化为满足电网需求的交流电能。二是对电网的稳定,大范围的频移会对电网的整体稳定产生很大的冲击。为了保证电力设施的安全可靠运转,保证电网的稳定运行,一般需要将各接入电源的频率控制在一个合适的范围。当光伏发电并网时,若输出功率有很大的波动,将对其他设备及用电负荷造成不良影响。三是供电质量,频偏对供电质量有一定的影响,其中包括对其他用电设备的供电质量。高品质供电对频率的稳定性提出了更高的要求,而频偏则会引起电网功率的波动以及设备运行的不正常,进而影响到用户的正常用电。四是对系统的保护与安全性,当频率变化超过某一限度时,将会引发逆变器或光伏发电系统的保护设备,造成系统关闭,或者为避免进一步的损害或电网的不稳定而采取其他安全措施。

2.3.2 频率穿越的控制策略和实现方式

频率穿越的控制方法有两种,一种是以电流为基础的频率跨越,另一种是以功率为基础的频率跨越。基于电流控制的变频调速方法,可以通过调整逆变电源的电压幅值和相位,达到变频调速的目的^[4]。该模式要求逆变电源的电流回路准确控制,并能随电网频率的改变实时调节电流幅值与相位,实现光伏并网系统由独立运行向并网过渡。另一种是采用功率控制技术,通过调整逆变电源的输出功率与负荷之间的匹配,达到频率跨越的目的。该方法要求逆变电源的功率调节回路,并随着电网频率的改变,逆变电源的输出功率也随之改变,从而保证了系统的平稳过渡^[5]。在进行变频调速的同时,还要兼顾电网频率的稳定度以及逆变电源的快速响应。因此,要求所设计的控制器具有较强的鲁棒性与动态特性,以保证在频率跨越时,系统仍能保持稳定性与快速响应。随着光伏并网规模的逐步扩大,针对不同应用场合的频率穿越控制策略与实现方法也将得到进一步改进。

3 光伏并网系统故障穿越技术的仿真与实验研究

3.1 仿真模型的建立

3.1.1 光伏阵列模型

光伏电池的物理模型,考虑光照强度、温度等因素对光伏电池输出特性的影响。采用等效电路模型来描述光伏电池的电学特性,通过串联电阻和并联电阻来模拟实际电池的损耗。构建光伏阵列模型,考虑电池之间的串并联连接方式,以实现不同功率输出的需求。

3.1.2 逆变器模型

选择合适的逆变器拓扑结构,如两电平逆变器或三电平逆变器。建立逆变器的数学模型,包括开关函数、电压电流关系等。考虑逆变器的控制策略,如脉宽调制(PWM)技术,以实现输出电压和电流的精确控制。

3.1.3 电网模型

建立电网的等效模型,包括电源、线路阻抗、负载等。考虑电网的故障情况,如短路故障、电压跌落等,通过设置相应的故障参数来模拟实际电网故障。分析电网在故障情况下的动态特性,以及光伏并网系统对电网故障的响应。

3.2 低电压穿越仿真分析

3.2.1 不同故障程度下的系统响应

在低压跨区模拟过程中,通过设定多个不同等级的故障场景,使之能够更好地理解光伏系统的动态响应特征。对不同电压下降幅值、下降周期的故障进行仿真,并对系统的主要参数进行分析。在电压下降很少的情况下,虽然有一定的上升,但是仍然可以维持一个比较平稳的工作。当电压下降的幅度加大时,电流的脉动就会变得更大,从而引起过电流保护。当发生重大故障时,电压下降幅度大、持续时间长,将极大地影响电力输出,并有可能导致脱网。

3.2.2 控制策略的有效性验证

为了提高光伏并网系统的低电压穿越能力,采用了多种控制策略。通过仿真实验,对这些控制策略的有效性进行了验证。一种常用的控制方式就是以无功支撑为基础。在电压下降过程中,通过迅速提高无功输出来支持电网电压的恢复。试验证明,采用该方法可以降低电压波动对系统的冲击,改善系统的稳定性能。另一种为最大功率跟踪(MPPT)法。此方法可以在电压下降时,对光伏阵列的工作点进行迅速的调节,从而确保了在低压情况下,系统仍然可以正常输出。仿真实验表明,该方法可显著改善低压输电线路的低电压穿越性能,降低输电损耗。

3.3 高电压穿越仿真分析

3.3.1 高电压故障下的系统性能结果

在此模拟实验中,针对不同等级的高电压故障,设定了不同等级的高电压故障。结果表明,在电压上升到额定值120%以后,系统输出功率会发生变化。测试结果显示,在事故开始5s之内,其出力由100kW降低到80kW,10s后逐步回到95kW,20s后几乎保持在98kW。当电压进一步升高至额定电压的130%时,系统的输出功率受到了更为明显的影响。在故障出现的前3s,其功率骤然降低到60kW,8s后又缓慢上升到75kW,15s后又逐步回到85kW,最后30s稳定在90kW左右。

3.3.2 保护措施的效果评估结果

为改善光伏并网系统在高压故障时的稳定运行,提出了一系列的保护措施。当电压达到120%时,过电压保护可快速启动,可有效抑制电压的继续升高,保证了故障时系统电压的波动幅度小于 $\pm 5\%$ 。无功补偿装置也发挥了重要作用,通过快速调节无功功率,提高了系统的电压稳定性。当出现高压故障时,无功补偿器能在2s之内做出反应,使系统功率因数由0.95提高到0.98,降低了无功损失,提高了输电效率。通过对高压穿越模拟的研究,发现高压故障会对

光伏发电系统的性能产生一定的影响;但是,如果采取相应的防护措施,则可以大大改善其运行的稳定性与可靠性,从而保证电网在高压下的安全稳定运行。

3.4 实验平台的搭建与实验结果

3.4.1 实验平台的搭建

为了研究光伏并网系统故障穿越技术,搭建了一个实验平台。该平台主要由光伏阵列模拟器、DC/DC变换器、逆变器、电网模拟器以及测量和控制系统组成。光伏阵列模拟器用于模拟光伏电池的输出特性,DC/DC变换器用于实现光伏阵列的最大功率点跟踪(MPPT),逆变器将直流电转换为交流电并实现并网,电网模拟器用于模拟电网的各种工况,测量和控制系统用于监测和控制整个实验系统的运行。在搭建实验平台时,严格按照相关标准和规范进行设计和安装,确保实验平台的可靠性和安全性。

3.4.2 实验结果

通过对实验平台进行多次实验,得出了如下的试验结果:①故障穿越能力检验:当电网出现故障时,该系统可以迅速发现故障,并根据情况采取适当的控制措施,从而完成故障穿越。试验证明,当电网电压降到20%以下时,该系统能够在不跳闸的情况下继续正常工作,并且在故障恢复后很快就能恢复正常工作。②功率输出性能试验:通过对不同光强、温度等参数的测量,测量了该系统的输出功率。实验表明,该系统可以根据不同的光照、温度等因素,对工作点进行自动调节,以达到最佳的输出效果。③谐波检测:测量光伏并网后的电压、电流、电压、电压、电压、电压、电压等参数。实验证明,该方法对电网无谐波污染,并能满足国家有关规定。

4 结论

开展光伏并网系统故障穿越关键技术的研究,对于促进光伏并网系统的良性发展、确保电网安全、稳定运行,都有着十分重要的现实意义。本项目在前期研究基础上,提出了一种新型智能控制算法,结合快速切出设备,可大幅提升系统的短路穿越速率及可靠性,从而加快系统从故障状态迅速恢复正常工作状态。

参考文献

- [1] 李溶.大规模光伏电站柔直并网系统直流故障穿越策略[D].吉林:东北电力大学,2023.
- [2] 王诗雯,刘飞,刘沁怡,等.不对称故障下两级式光伏并网系统低电压穿越控制[J].电网技术,2023,47(1):91-102.
- [3] 李前宇,辛晓莺,张志伟,等.基于软硬件协调的并网光伏发电系统不对称故障穿越能力提升策略[J].西安理工大学学报,2022,38(3):442-450.
- [4] 梁莹玉,李武林.基于PSCAD/EMTDC的光伏并网系统虚拟实验平台[J].实验技术与管理,2021,38(10):116-123+139.
- [5] 秦继翔,贾科,杨彬,等.风电多端柔性直流并网系统交流送出线故障短路电流解析[J].电力系统自动化,2021,45(14):47-55.

Research on Specific Measures to Strengthen the Operation and Management of Hydropower Stations and Improve Their Power Generation Capacity

Xingmeng Wang

Wenshan Huayi Energy Co., Ltd., Wenshan, Yunnan, 663000, China

Abstract

With the development of social economy, people's demand for electricity is increasing day by day, which promotes the increase of the number of hydropower station construction. Among them, the operation and management level of hydropower stations is closely related to the power generation capacity. We need to combine the actual situation to realize the safe operation of hydropower stations, so as to further improve the power generation capacity. The paper mainly analyzes the hydropower station operation management optimization strategy, realize the safety and reliability of hydropower station, and improve the power generation capacity, for social and economic development, improve the economic benefits of hydropower enterprises, promote the sustainable development of electric power in China, meet people's increasing power demand.

Keywords

hydropower station; operation management; power generation capacity

加强水电站运行管理提高发电能力的具体措施研究

王兴猛

文山华亿能源有限公司, 中国 · 云南 文山 663000

摘要

随着社会经济的发展, 人们的电能需求日益增加, 推动了水电站建设数量的增加。其中水电站运行管理水平与发电能力息息相关, 需要结合实际情况, 优化运行管理策略, 实现水电站安全运行, 才能进一步提高发电能力。论文主要对水电站运行管理优化策略进行分析, 实现水电站的安全可靠性运行, 进而提高发电能力, 为社会经济发展输送更多的电能资源, 提高水电企业的经济效益, 促进中国电力事业的可持续发展, 满足人们日益增长的电能需求。

关键词

水电站; 运行管理; 发电能力

1 引言

电力资源在社会发展中发挥不可替代的重要作用, 与经济发展水平息息相关。其中水电站是发电的主要场所, 需要加大水电站运行管理力度, 实现水电站高效化、安全性运行, 才能加大水电站发电能力, 为社会经济发展提供充足的能源需求。在具体的运行管理工作中, 需要完善管理制度, 提高人员专业素养, 并加大运行监管力度, 完善应急预案, 保障发电量的持续增加, 保障国家经济发展, 推动发电企业经济效益的增加, 为我国电力事业可持续发展创建良好条件。

2 水电站运行管理的重要性

2.1 提高发电能力

随着中国能源结构的逐渐调整, 水电站建设需求日渐增加, 成为电力供应的重要方式之一。因此, 需要采取科学合理的措施, 提高水电站发电能力, 才能满足人们日益增长的电力需求, 并推动经济可持续发展。加大运行管理力度, 才能完善管理制度, 实现水电站建设、运营工作的合理规划, 并对设备设施优化配置, 选择合适的运行方式, 进一步提高设备运行效率, 进一步强化发电能力^[1]。此外, 在运行管理模式, 还能够实现信息化监管, 创新管理模式, 确保水电站的可靠性运行, 强化发电能力。

2.2 确保安全运行

为了提升电力供应能力, 需要保障水电站的正常运行, 减少水电站建设、运营中对生态环境、社会安全的影响。通过高效的水电站运行管理, 能够确保水电站的安全可靠性运

【作者简介】王兴猛(1978-), 男, 中国云南红河人, 工程师, 从事水电站运营及管理研究。

行。在具体管理中,要完善规划制度,强化运行监管,有效规避各类安全隐患,减少违规操作行为的出现^[2]。此外,还可以引进信息化管理模式,实现水电站运行过程的动态监测和预警,第一时间发现可能出现的安全现象,提出针对性的应对措施,实现水电站的安全运行。

2.3 保护生态环境

在水电站施工、运行环节中,往往会影响生态环境安全。因此,需要加大水电站运行管理力度,强化生态环境保护,并建立可行性的规划制度,优化监管机制,保障水电站建设与运营管理的标准性、规范性,最大程度上减少对生态环境的污染和破坏。同时,能够对现代化信息技术进行优化应用,实现水电站运行数据的动态监测,及时发现生态问题,提出针对性的应对措施,强化生态环境保护。

3 水电站运行管理存在的问题

3.1 管理制度不完善

部分微小水电站的管理能力不足,尤其是安全制度、运行制度、人员管理与值班制度等不完善,且落实到位,难以保障水电站运行管理工作的有序性开展,严重降低发电能力,尤其是安全制度的缺失,加大了运行管理隐患,不利于水电站的安全可靠性运行^[3]。

3.2 人才机制不完善

当前,水电行业竞争形势日益加剧,但是部分微小水电站企业的竞争意识不足,认识不到行业竞争的激烈性,缺乏危机意识,导致人才流失,缺乏科学的人才机制,对人才吸引力不足,且留不住现有人才,致使运行管理水平较低,难以提升发电能力,不利于电力企业的长远发展。

3.3 运行监管不到位

完善的监管机制是提升水电站运行管理水平的重要保障,尤其需要对内部人员工作情况、专业管理人员技术能力、物资流通等情况进行全面性监管。但是在实际的运行管理工作中,缺乏完善的监管制度,且现有的监管制度落实不到位,部分管理人员的监管意识不足,认识不到监管工作的重要性,致使水电站监管制度松散,管理混乱,不利于运行管理水平的提高^[4]。

3.4 规划管理不到位

完善的规划方案是提高水电站运行管理水平的重要保障,但是在实际工作中,缺乏科学规划,在工程建设、运行中对自然环境、水环境、社会经济等因素考虑不足,导致水电站建设、运行管理的缺点问题较多,如建设在生态环境敏感区、水资源利用率低等。此外,管理手段较为单一,对人员管理投入不足,容易出现人员管理不当的问题,缺乏浓厚的管理氛围。

4 加强水电站运行管理的对策

4.1 优化科学规划

科学规划是提升水电站运行管理水平的重要保障,能

够为运行管理工作提供依据。在具体规划作业中,要对自然环境、水环境、社会经济等因素进行综合性考虑,进而构建长效化的规划方案,实现运行管理工作的系统化和长远性。在具体的规划作业中,要制定详细的规划指导思想和原则,实现规划可持续性。此外,还需要进行全方位的调研、评估工作,以便对水电站运行情况进行动态了解;制定可行性的规划方案和实施计划,强化规划监督与评估,及时发现潜在问题,保障规划方案的有效落实^[5]。此外,还需要对当地水文气象资料等进行全面分析,根据机组运转特性曲线、电网对上网电量峰谷比的要求,制定可行性的运行调度曲线,以此为依据灵活性调整开停机时间。同时,要加强与当地气象部门的联动合作,实时了解天气变化趋势、雨晴等情况,从而遵循避谷就峰、少弃水、力争不弃水的原则,保障水位稳定性,确保洪水来时提前发、稳定水位正常发、雨季过后控制发的要求,实现优质发电,提高发电能力。

4.2 完善监管机制

为了提高水电站运行管理水平,需要完善监管机制,并层层落实,强化与当地政府的联动合作和相互配合,保障监管工作的有效落实,动态掌握水电站运行管理的最新信息。要加大监管人员、技术、设备方面的投入力度,强化监管工作的专业性;要完善奖惩机制,针对违规操作行为,需要立即制止,并对其进行严肃处罚,保障水电站的可靠性运行。要结合水电站实际情况,采取针对性、细致化的监管制度,实现精细化监管,促进水电站规范化、安全性运行,提高运行效率,强化发电能力^[6]。其中水电站监控系统如图1所示。

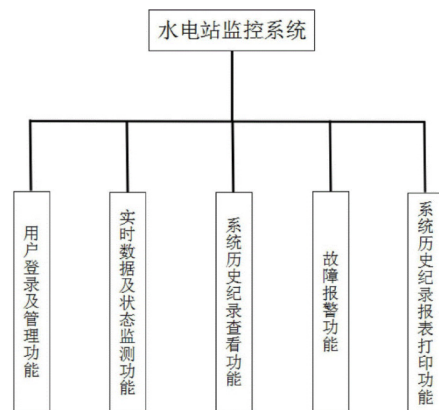


图1 水电站监控系统

4.3 强化信息化管理

在现代化技术支持下,引进信息化管理手段,构建水电站运行管理信息化平台,以便对水电站运行数据进行动态监测和分析,实现水电站精细化运行管理,推动水电站现代化、智能化发展。通过信息化管理手段的应用,能够实现水电站运行情况的实时监测和了解,及时发现异常情况,并优化调整运行管理策略,保障发电能力的提升,强化电力企业经济效益,实现水电站运行管理的科学化发展。其中,水电站智慧运维管理系统如图2所示。



图 2 水电站智慧运维管理系统

4.4 完善设备设施及物资管理

为了提升水电站运行管理水平，需要强化设备设施、物资管理工作。要保障电站设备的完好性，及时更换老化、陈旧、破损设备，并制定科学合理的设备设施维修检测机制。通常情况下，五年时间内就需要更换一次电气设备，并对水库大坝进行加固。此外，要保障常用物资的定量供应，实施“年初计划、定量供应、节余留用、超支自负”原则，避免出现乱用物资、材料的问题，提高物资、设备利用率^[7]。

4.5 注重人才培养

高素质人才队伍是提升水电站运行管理水平的重要保障，因此要加大人才培养力度，制定可行性的人才培养制度，定期组织开展人才培养活动，提升工作人员的知识素养、专业技能和职业素养。同时要结合水电站运行管理特点，制定可行性、针对性的人才培养体制，实现工作人员专业素养、技能的协同提高。要完善激励机制，针对优秀人员，需要提供更多的晋升机会、外出学习计划等，激发员工的工作热情。在具体培训工作中要采取多样化的培训形式，如引进实际案例，对员工进行警示，强化安全意识，严格执行两票三制。此外可以通过外出技术培训、邀请设备厂家技术人员讲课等方式，强化人员综合素养的提升。此外，还可以通过值班人员技术交流平台，组建微信群、QQ 群，增加值班人员的互动性，分享优秀经验，丰富工作经验，强化专业技能水平。

4.6 完善管理制度

完善的运行管理制度是提高水电站运行管理水平的重要保障，能够保障水电站可靠性运行。在具体是失踪，需要在水闸、大坝设置警示牌；公开水电管理人员信息，方便及时联系负责人，保障运行管理问题的高效处理。要完善安全管理制度，确保各项安全管理措施的贯彻执行，要配备齐全的消防器材，做好生产过程检查工作，定期演习训练等^[8]。要加大安全执法力度，对违规操作行为严肃处理，做好安全监管工作，施工单位、管理单位需要联动合作，协同开展安全隐患检查工作，及时排查潜在安全问题，尤其要完善工程巡视检查制度、防汛值班制度等，定期组织开展安全研讨会，分析潜在安全隐患，采取针对性的应对措施，并保障工作人员持证上岗，保障运行管理的规范性。

4.7 落实安全管理责任

要做好责任落实情况调查工作，针对落实不到位的情况，需要做好明确记录，并采取一定的惩罚措施，强化管理人员的安全生产责任意识。同时要保障安全管理工作的有效落实，如对水电站运行中的各项数据进行精准记录，在明显位置张贴安全规划、模拟图等，在保障工程安全运行的基础上，对工程各项参数、指标进行优化设置，从而保障水电站的安全运行。在水电站相应位置悬挂安全警示语、警示牌，配备齐全的安全、消防器材，定期组织工作人员开展安全演习训练工作，做好内部卫生清洁工作，保障水电站的安全有序运行。要求水电站提前制度汛期应对预案，并及时获得上级部门批准，准备好防汛抢险物资，做好水电站监督检查工作，及时发现潜在安全隐患，提出针对性的应对措施，保障水电站可靠运行。

5 结语

综上所述，为了提高水电站发电能力，需要优化运行管理，完善管理制度，加大监管力度，强化人才培养，保障运行管理水平的提升，强化水电站发电率，为社会经济发展提供更多的能源支持。

参考文献

[1] 黄永红.中小型水电站运行管理中的问题及对策[J].新农村,2024(4):37-39.

[2] 李浩权.现代管理手段在水电站管理中的应用[J].新型工业化,2022,12(7):37-40.

[3] 吕云强.浅析中小型水电站运行管理中的问题及对策[J].中国设备工程,2022(6):81-82.

[4] 廖小伟,冉飞甜.水电站运行管理中存在的问题及其措施解决研究[J].现代工业经济和信息化,2021,11(11):203-204.

[5] 王吉予.浅析中小型水电站运行管理中的问题及对策[J].设备管理与维修,2020(12):26-28.

[6] 左敏.加强水电站运行管理提高发电能力[J].科技风,2018(31):170.

[7] 钟林.加强水电站运行管理提高发电能力[J].技术与市场,2018,25(6):206+208.

[8] 王勇征.加强水电站运行管理根本提高发电能力[J].科技风,2017(12):204.

Discussion on Intelligent Substation Operation and Maintenance Technology

Jianchao He Bisong Jiang

State Grid Jibei Electric Power Co., Ltd. Zhangjiakou Power Supply Company, Zhangjiakou, Hebei, 075000, China

Abstract

Under the promotion of the rapid development of modern technology, the level of China's power grid construction and operation has been greatly improved, especially the effective application of automation and intelligent technology in the construction and operation of substations, which makes that the structure and operation of China's power grid continue to develop towards intelligence and modernization. However, in terms of the operation and maintenance of intelligent substation in China, there are still many problems, which have adverse effects on the normal operation of the substation and even the whole power supply system. Based on this, the paper summarizes the characteristics of intelligent substation, analyzes the current intelligent substation operation and maintenance, discusses the practical application of intelligent substation operational technology, put forward the intelligent substation operation maintenance measures, hope to be able to improve the level of intelligent substation operation maintenance to provide useful reference.

Keywords

intelligent substation; fault problem; operation and maintenance technology

智能化变电站运行维护技术探讨

贺建超 蒋碧松

国网冀北电力有限公司张家口供电公司, 中国·河北 张家口 075000

摘 要

在现代化技术快速发展的推动下, 中国的电网建设与运行水平得到了大幅提升, 尤其是自动化、智能化技术在变电站建设与运维中的有效应用, 使得中国的电网结构与运行不断朝着智能化与现代化发展。但是, 就当前中国的智能化变电站运行与维护而言, 仍然存在诸多问题, 对变电站, 乃至整个供电系统的正常运行造成不良影响。基于此, 论文对智能化变电站的特点进行了相关概述, 剖析了当前智能化变电站运行与维护存在的主要问题, 探讨了智能化变电站运维技术的实际应用, 提出了几点加强智能化变电站运行维护的相关措施, 希望能够为提高变电站运行维护的智能化水平提供有益参考。

关键词

智能化变电站; 故障问题; 运行维护技术

1 引言

社会经济快速发展以及人们生活水平不断提升, 对于电力系统的运行提出了更高要求, 唯有加强对供电系统建设运行的不断创新、优化, 才能更好地满足日益增长的用电需求。智能化变电站在电网系统建设运行中的应用, 使得电力系统的运行效益得到了显著提升, 也推动了整个电力系统朝着智能化、自动化方向不断发展。但是, 在实际应用过程中, 人为因素、设备因素、技术因素等, 都会对智能化变电站的运行维护效果产生较大影响, 也因此出现了各种各样的问题, 反而对供电系统的正常运行产生不良影响。因此, 加强对智能化变电站运行维护问题的分析, 以及探讨相关运维技术的深入应用, 对于实现电力系统服务质量进一步提升而言

迫在眉睫。

2 智能化变电站特点分析

智能化变电站的运行与维护, 涉及诸多先进技术的应用, 包括智能技术与网络通信技术等。就本质而言, 智能化变电站的运维具备明显的现代化特征, 运行与控制系统有着较为明显的自动化性质, 能够实现对变电站及相关系统运行信息自动交互的同时, 实现对变电站设备的全面控制, 表现出了明显的智能化特征, 在降低运维成本、节约人力物力等方面发挥积极作用, 也提高了对变电站、供电系统的统一化管理水平, 变电站的运行与故障检修工作效率也得到显著提升^[1]。同时, 智能化变电站的建设与运维还具备低碳、环保的优势, 提高了供电系统运行管理的集成性与可靠性。智能化变电站在数据模型的应用下, 很好地实现了对供电系统运行数据的保护, 在通信、通讯等相关标准的规范下, 变电站系统中各个子系统得到有效集成, 实现信息的高度共享。

【作者简介】贺建超(1990-), 男, 中国河北张家口人, 硕士, 工程师, 从事变电运维研究。

智能化变电站的运行维护对于信息的标准性、规范性有着较高要求,不但需要在设备仪器方面确保较好的兼容性与可靠性,还需要不断完善系统运行功能,尽可能地降低开裂、饱和、谐振等故障概率,确保供电转换、传输的安全、可靠,以及降低电网运行维护成本。

3 智能化变电站运行维护存在的主要问题

3.1 可靠性问题

电子互感器在智能化变电站中的应用十分重要,是自动化控制的重要组成。但是电子互感器及相关电子元件的运行需要相应的电力支撑,不可避免地会对变电站其他设备运行的安全、稳定产生一定影响。同时,受到外界因素的影响一些电子互感器会出现故障问题,也会影响变电站的正常运行。除此之外,智能化变电站中电力互感器的运行还会对电力线路传输和电力磁场产生影响,导致变电器显示信号变形,降低变电站运行的稳定性^[2]。

3.2 保护工作所问题

电子互感器在智能化变电站中的应用十分关键,对于数据信息的传输保护有着较为重要的作用,但是也会使得数据传输变得复杂化。智能化变电站中的电源跳闸控制设置有终端处理器,对于维护变电站设备运行的安全、稳定有着十分重要的作用,但是不利于变电站跳闸响应的效率。智能化变电站的运行需要借助传感器、合并单元等进行数据信息收集,并且需要结合对漏电保护装置、设备终端等的配合才能完成跳闸保护工作,但会对智能化变电站的运行保护产生不良影响。

3.3 安全性问题

网络技术及设备是智能化变电站运行的重要支撑,需要借助网络技术的应用才能实现变电站控制系统等的信息传输与共享。传统的变电站信息传输采用的是点对点的方式,安全性较好。但是智能化变电站的信息通信采用的是对等模式,需要在局域网中处理所有的 IDE 信息,但是当这些信息遭受攻击,也会影响变电站系统的稳定运行。

4 智能化变电站运行维护技术的应用

4.1 一次设备维护技术

在智能化变电站运行过程中,直接影响系统运行的重要设备都属于一次设备,包括电子互感器、GIS 组合电气设备等,这些设备的运行过程中遭受外界因素的不良影响,会削弱系统的运行效能,提高智能化变电站运行安全事故发生概率。一次设备维护技术的应用,要求相关工作人员做好专项维护工作准备,针对一次设备的运维做好定期计划,及时发现和处理设备运行的各种问题。同时以设备故障类型为依据对处理措施进行合理选择,并做好相应的台账记录管理,为维护智能变电站的运行稳定提供保障^[3]。首先,对于智能化变电一次设备的运行维护过程中需要加强对电力技术、计算机技术等先进技术的合理应用与协调,加强做好对继电器

及相关辅助环节自动化控制技术的应用,准确把握一次设备应用要点的控制。其次,需要做好对一次设备电源变化情况的实时监测,结合异常情况准确确定一次设备故障位置,采取针对性措施,维持设备电流的正常,为智能化变电站的安全、稳定运行提供保障。最后,还应重视加强对计算机应用合理性的分析,结合智能化变电站运行需求,充分发挥现代计算机技术的应用优势,提高对系统运行复杂数据处理效率,尤其是需要针对一次设备运行管理的特殊性,构建运行维护管理的标准模式,提高对智能化变电站的运维效率。

4.2 二次设备维护技术

在智能化变电站中,二次设备主要是指系统中的自动保护装置与合并单元,其中二次设备维护技术的应用需要重视做好以下几个要点的把控:首先,要做好对二次设备自动保护装置的管理和维护,对二次设备装置电源、光纤熔接、运行状态、报警信息等实际情况实施全面、全过程的监控。并且在二次设备保护装置运行时,不可进行插销、拨键等带电部位操作,以及需要做好对传动、固化定值等指令的有效限制,同时做好对差流、压板等的定期检查,确保智能化变电站通信系统高效运行,提高二次设备运行的可靠性^[4]。其次,需要重视做好对测控装置、合并单元、智能终端等设备的日常检修与维护,确保智能化操作控制的规范性。尤其是在对合并单元运行进行维护时,需要时刻关注显示屏的信息,做好故障预警,进而采取有效措施,实现高效的故障清除。最后,则是要做好对合并单元采样光纤通道运行情况的深入分析,为通信问题的妥善处理,提高合并单元通信效率提供依据与保障。

4.3 继电器保护校验技术

智能化变电器运行维护过程汇总,继电器保护校验技术的应用需要重视做好以下几个要点的把控:一是重视做好对继电器保护装置中光缆技术应用合理性分析,准确把握数据信息传播过程的要点把控。尤其是在一次设备完成信息采集之后要及时将采集的信息进行数字化处理,充分发挥光缆技术应用优势,实现数据信息的高效转换与快速传输每位测控保护装置和后台监控系统的运行提供依据。二是要加强对现代网络技术的有效应用。借助对现代科技的应用提高变电站电力互感器和电压互感器的应用效率,并实现对开关量信息的数字量转化,加强对智能化操作单元数字信息的及时接收与全面监控,奠定智能化变电站系统继电器保护装置高效运行的基础^[5]。三是严格按照 IEC61850 标准等相关标准,做好继电保护装置数字化的严格测试,合理运用保护测量仪设备和继电保护装置,确保智能化变电站运行安全。

4.4 运行监管分析技术

智能化变电站运行过程中,一次设备和二次设备的正常运行,都会产生一定数量控制信号、开关位置信号,并通过光纤以太网进行传递。同时,在光纤以太网的作用下,智能化变电站系统中的电站层、间隔层、过程层等实现有效连

接,在相关运行维护技术的应用下,实现对相关网络信息的实时的、自动化操作,对智能化变电站的运行状态进行有效检测,更为及时有效地发现和排除系统运行的隐患。对于智能化变电站系统中供电设备故障问题的应对,可以采用设置网络接口的方式进行实时监测,借助数据库技术进行故障信息的记录,为对供电设备的运行状态分析提供依据,同时也有利于故障信息的传输与反馈。在智能化变电站运行维护管理过程中,借助微机技术、传感器技术等的有效应用,实现对变电站设备采集数据的独立检测,同时针对异常信息作出警告提示,进而及时暴露出变电站运行的故障问题,为检修作业提供可靠数据支持。

5 加强智能化变电站运行维护的相关措施

5.1 构建高度专业的运维团队,发挥技术优势

智能化技术与人性化技术的应用是智能化变电站建设与运行的显著优势,这两项技术的应用也是变电站智能化建设的重要基础,提高变电站系统运行效益,更好地满足日益增长的供电需求。相对来说,智能化变电站系统的运维管理对于技术的要求也较高,运维管理人员的专业技术水平会对智能化变电站的运行效益产生直接影响。因此,必须重视加强对专业运维管理队伍建设的高度重视,加强对智能化变电站技术人才的培训、培养力度,确保运维管理人员能够充分掌握自动化控制技术、电力工程技术等智能化变电站系统运行维护所需的技术知识,充分发挥出智能技术在变电站中的应用优势^[6]。

5.2 强化技术应用,提高运维效率

中国在智能化变电站的建设使用方面的时间尚短,在运维技术应用标准方面较为欠缺。面对这样的发展现状,做好智能化变电站运维技术的应用推广至关重要,这也是实现变电站运维效率提升的重要保障。首先,需要明确智能化变电站运维工作重点,对技术的针对性应用进行创新、优化,

不断提升运维技术应用效果,提高智能化变电站的运行效率。其次,针对智能化变电站运行过程中出现的问题,做好建档管理,积极探索有效的应对与预防措施,不断完善运维技术的应用内容,提高智能化变电站的运行适用性。最后,还应结合变电站系统中一次设备、二次设备等的运行实际情况,选择合适的运维技术,并加大对技术应用创新的研发力度,提高运维故障处理的可控性,更好地提高智能化变电站系统运维效率。

6 结语

综上所述,在电力系统中变电站是较为重要的组成部分,确保变电站系统的运行稳定十分关键。智能化变电站在电力系统中的应用有着较为明显的优势,同时受到诸多因素的影响,在实际应用过程中也仍然存在诸多问题。对此,相关部门、单位需要重视加强对运维技术的有效应用,不断探索智能化变电站运行维护的有效措施的技术应用,确保变电站正常运行的同时,充分发挥出智能化变电站的运行优势与效益,提高供电的安全、稳定、高效。

参考文献

- [1] 蒙克勇.110kV智能变电站运行维护问题及解决方式的研究[J].自动化应用,2023,64(6):61-62.
- [2] 祝敏慧.基于物联网技术的智能变电站运维管理措施分析[J].集成电路应用,2023(11):312-313.
- [3] 张欣.智能化变电站的运行维护技术分析[J].集成电路应用,2022,39(12):280-281.
- [4] 温春雷.浅谈智能变电站设备运行维护和检修技术[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(4):4.
- [5] 包江民.智能变电站运维技术及设备故障处理分析[J].装备维修技术,2023(4):50-54.
- [6] 王少创.智能变电站运维的关键技术研究[J].通信电源技术,2023,40(12):183-185.

Discussion on Equipment Safety Management in Substation Operation and Maintenance

Shaobo Wang Zhao Zhang

State Grid Jibei Electric Power Co., Ltd. Zhangjiakou Power Supply Company, Zhangjiakou, Hebei, 075000, China

Abstract

In the current power system, substation as the core node of electric energy conversion and distribution, the safe operation of its equipment is not only related to the reliability of power supply, but also closely related to people's daily life and industrial production. However, with the continuous expansion of the power grid scale and the increasingly complex equipment, the equipment safety management of the substation operation and maintenance is faced with many challenges, such as equipment aging, operation error, environmental impact, etc., and these factors may pose a threat to the safe operation of the power system. Only by responding and processing in the first time can we fundamentally improve the operating efficiency of power equipment and reduce the operating cost. Therefore, this paper discusses the existing problems and coping strategies of the safety management of substation operation and maintenance, and provides useful reference and suggestions for the maintenance of substation operation.

Keywords

substation operation and maintenance; equipment safety; management; research

变电运行维护中的设备安全管理探讨

王少博 张钊

国网冀北电力有限公司张家口供电公司, 中国·河北 张家口 075000

摘要

在当前的电力系统中, 变电站作为电能转换和分配的核心节点, 其设备的安全运行不仅关系到电力供应的可靠性, 更与人们的日常生活和工业生产息息相关。然而, 随着电网规模的不断扩大和设备的日益复杂, 变电运行维护中的设备安全管理面临着诸多挑战, 如设备老化、操作失误、环境影响等, 这些因素都可能对电力系统的安全运行造成威胁。只有在第一时间响应并处理, 才能从根本上提高电力设备运行效率, 降低运营成本。因此, 论文探讨了变电运维安全管理存在的问题及应对策略, 为维稳变电运行提供有益参考与建议。

关键词

变电运行维护; 设备安全; 管理; 研究

1 变电运维安全管理存在问题

1.1 维护管理意识

目前, 仍有一些操作人员对电力系统的工作原理、构成及运行规律认识不充分, 导致运行效率低下, 这些都是不重视设备维护管理工作造成的。主要体现在管理思想滞后, 面对问题仍沿用传统技术手段解决, 殊不知这会为后期电力系统埋下隐患。此外, 技术人员专业水平不足, 会导致维护工作处理不当, 从而引发电力事故。这种失误并非不可避免, 因此应引起高度重视。与此同时, 企业领导应以身作则, 起到引导作用。但在实践过程中, 常常出现问题长期得不到有效解决, 大大制约了领导职能在变电运维管理工作中的作用。

1.2 维护管理手段

在电力系统中, 不同设备的运行特点存在差异, 因此检修管理与维护需要结合实际勘查, 基于调查结果制定针对性计划。但从以往经验来看, 一些电力企业维护管理手段存在延误。体现在日常维护工作不到位, 将重心放在故障检修上。就是当出现异常时才安排检修计划, 忽略定期维护的重要性^[1]。这种缺乏前瞻性的设备运维模式不仅削弱电力系统使用期限, 还加剧了后期维修成本, 对企业持续性发展造成负面影响。此外, 故障形成必然经过一定时间累积, 如果未能及时找到源头和故障位置, 可能会对相邻电力设备造成威胁, 扩大故障范围。

1.3 安全管理机制

在电力系统运维管理工作中, 缺乏一套完整的安全管理机制是普遍存在问题。长此以往, 会导致员工责任心不强、工作懈怠, 这是因为脱离长效机制的约束与指引, 造成工作

【作者简介】王少博(1990-), 男, 中国河北保定人, 硕士, 工程师, 从事变电站运行维护研究。

期间各种问题频发。举个例子，在松散的管理机制下，电力设备运维工作的方向与目标难以得到明确，从而无法保障预期效果。随着时间的推移，也会对管理人员的积极性、自信心造成影响，不利于各项工作标准落到实处。

2 电力系统变电运行安全管理的措施

2.1 完善变电运维安全管理制度

基于变电站涉及设备种类众多，需要依托全面的安全管理制度确保维护工作规范操作。安全管理制度应涵盖作业防护措施、具体维护步骤和设备检查频率等。以下对这一举措进行详细说明：

一方面，根据以往记录，明确检查频率。例如，综合分析维护记录、运行环境、设备用途等斟酌检查周期。确定好优先级，依次进行检查。通常一周一次为关键设备，每月一次为辅助或非关键设备。这里需要明确一点的是，维护步骤不容小觑，预防要从“谨小慎微”抓起^[2]。包括及时更换零部件、清洁设备、断电检查等，细致化管理每一个操作环节。与此同时，防护装备作为保障操作人员安全的基石，在防护方面发挥着重要作用。涉及防护镜、安全帽、绝缘手套等正确应用，需要确保这些装备有效、完好。

另一方面，构建完善的评估机制与考核制度至关重要，这一步骤有助于规范员工操作与增强责任感。通过评价员工的工作表现，给予相应奖励或处罚。基于考核结果，还能够为员工职业发展规划提供建议。举例说明：以季度作为评估周期，评估细则包括问题处理能力、操作规范性、工作态度等。将绩效与评估结果有机结合在一起，对成绩优秀的员工给予奖励，涵盖进修学习、晋升机会、薪资福利等。反之，对于考核不达标人员给予更多培训或调岗降级处理。只有实现全员变电运维安全水平整体提升，才能确保电气设备长期稳定运行。

2.2 提高维护管理人员综合能力

在新时期背景下，人力资源作为一项重要资源，其重要性不言而喻。专项培训计划应具备持续性。

其一，培训周期应根据岗位特点、技术难度等确定，常见培训周期为一周或一个月。培训课程应辐射安全管理规范、设备故障处理以及最新变电运维技术等，可以邀请行业领域学者或专家讲授。在此期间，应强调理论向实践转换。举个例子，在理论基础上，引入现场模拟手段，将关键技能与实践操作融合在一起，有助于维护人员在学习过程中积累实战经验，从而更好地应用到日常工作当中。这样一来，不仅技术原理得到诠释，维稳人员还可以在实践过程中巩固所学知识、强化记忆，进一步提升知识应用能力与解决实际问题的能力。为了便于员工学习，创建多元化学习渠道至关重要^[3]。包括线上课程、视频教程、专题课程等，不仅为员工制定个性化教学，还突破时间、空间上的局限性，赋予培训互动功能与学习资源多样化。值得一提的是，考核是验证培

训成果的重要手段，实操考试、笔试等为常见考核形式，每一次培训结束均应进行考核，以验证学习效果。方便操作人员认识不足与寻找上升空间。

其二，企业想要持续稳定发展，新兴人才引进必不可少。以下对这一策略进行详细说明：人才引进计划的制定。引进渠道包括社会招聘、校园招聘、猎头公司等，通过吸引先进思想、具备高科技文化背景的人才，为企业注入新鲜活力。具体而言，电力企业可以与高校建立合作关系，旨在吸纳优秀毕业生。通过项目培养、建设实习基地等策略，实现互惠互利，即企业为高校提供资金支持，高校利用科研成果为企业孕育高质量人才。想要招聘到对口人才，扩大招聘范围是关键。可以借助平台影响力，如行业论坛、社交媒体以及招聘网站等，最大程度发挥人才引进职能。此外，变电运行维护工作具有一定复杂性。可以采用岗位轮换与导师制度推进技术交流与经验传递，实现新老员工跨部门、各领域全面发展。导师制度、岗位轮换的优势体现在能够及时解决实际遇到的问题，使员工快速掌握关键技能，加快岗位与工作环境磨合。

2.3 变电专业设备维护方法

想要确保变电设备稳定运行，定期巡检发挥着重要作用。巡检过程中，时间表与预定路线应合理，同时辐射到各个环节。可以引入先进性在线监测装置与远程监控系统，为巡检准确率与质量提供保障。基于监控设备的智能化、自动化，可以实时采集动态数据，包括振动、温度、电压、电流等，对洞察异常规律、预测趋势有重要帮助。举个例子，温度分布可以应用热成像仪进行监测，有助于快速捕捉热点，定位热源；对于绝缘异常，可以通过在线局部放电实施监测。除此之外，专业的建议与指导可以通过厂商咨询获得，特别是在巡检时，一旦发现技术难点，应立即与技术专家或设备制造商取得联系，可以通过视频通信、远程协助等解决^[4]。就拿最新技术升级方案与设备维护手册来说，只有与厂商积极沟通，才能第一时间更新升级设备，使变电设备能效最大化。

有效的故障分析能够帮助变电系统快速恢复正常运行。在这一过程中，专业技术团队扮演着重要角色。可以引入科学分析方法，如鱼骨图分析法、故障树分析法（FTA）。其中，FTA的工作原理是以故障为落脚点，从中寻找造成故障的相互关系和初始源头，最终确定影响因素；而鱼骨图分析法是将各个影响因素进行一一剖析，并分类整理每一个因素背后的路径与影响程度，以此找出哪些是次要原因、哪些是主要原因，并制定针对性策略。举个例子，过热现象在电气设备中并不少见，如果发现某个设备过热，极有可能是绝缘老化、电流过大或散热不畅引起，这时可以利用鱼骨图分析法排查，确定过热源^[5]。

此外，技术改造适用于故障频发的设备，旨在改善设备结构与运行效率。这一步骤涉及控制系统更新升级，设计结构优化、更换高性能零部件与组件等。就拿故障率较高的

变压器来说,它与冷却系统的冷却效果紧密相连。为了避免发生故障,可以替换散热材料,进一步确保冷却效果;控制系统的优化,旨在提升其稳定性。运行参数自动调节能够降低人为操作错误,提升系统稳定性,智能控制技术在这方面产生积极影响;安全性与兼容性是技术改造首要考量内容,旨在无缝对接系统与改造后的设备,防止排斥、不兼容现象发生。

2.4 引入先进的智能监控

在现代电力系统中,实时监控设备运行状态是一项前瞻性策略。以下进行详细说明:

第一,强调监测的及时性、快捷性。引入先进智能监控设备可以实现对各种关键设备实时监测,如开关设备、变压器等。这些设备参数能够为决策支持提供重要依据。安装在线监测装置时,应将监测参数设置、安装定位、装置类型等纳入考量范围。就拿电流波动、绕组温度变化来说,不管过高或过低都会对电力系统产生不利影响,可见智能监控仪的重要性。目前,铁芯接地电流、绕组温度在线监测仪、油色谱在线监测仪是常见监测变压器手段。以期对溶解气体在变压器中的浓度与成分变化进行动态监测^[6]。与此同时,机械动作特性与局部放电信号是开关设备监测的核心内容,通过安装开关机械特性在线监测装置,可以从根本上保障开关机性能。

第二,构建响应机制。及时作出反应是响应机制职能,面对异常情况或故障时,会发出预警通知运行中心,并自动生成隐患报告,为处理措施提供有力支持。构建快速响应机制可以从以下几方面入手:首先,高效的传递能力与报警生成是监测系统必备功能。一旦某项参数高于或低于预设阈值,便会引发报警系统,以微信平台、电子邮件、手机短信等方式发送警示信息,为运维人员争取更多应对时间,如调整或补救等。其次,优化处理流程、提高应急预案针对性是重中之重,有助于简化烦琐流程,提高处理效率。例如,油

温异常是变压器常见故障,当监测设备生成报告后,相关人员应立即做出反应,可以从各项参数识别冷却系统中哪些部分异常,缩小检查范围。并利用先进算法一一排除故障。最后,应急演练应纳入培训计划,锻炼运维人员的反应能力、应急能力以及解决问题的能力。使其在紧急情况下能够正确识别风险并采用正确补救措施。

3 结语

在电力系统中,变电设备安全运行管理发挥着不可替代的作用,为电力稳定供应奠定坚实基础。在新形势下,变电运维安全管理工作存在若干问题,包括缺乏维护管理意识、维护管理手段滞后和安全管理机制不完善等。针对这些问题,我们提出一系列改进措施,涵盖完善运维安全管理制度、提高维护管理人员综合能力、采用科学的设备维护方法以及引入先进的智能监控和故障诊断技术,从多维度、全方位有效保障电力系统的持续稳定运作。在未来,伴随先进技术、管理手段不断升级与应用,电力运维管理工作将得到持续改进,以适应电力系统不断发展的需求。进一步促进社会经济效益化,国民生活水平也得到质的飞跃。

参考文献

- [1] 单鹏,单琦琦,陈天昊.电力系统中变电运行的安全管理与设备维护问题分析[J].电子乐园,2022(2).
- [2] 王云杰,王永亮.基于电力系统变电运行安全管理与设备维护的探究[J].中国科技期刊数据库 工业A,2022(9):4.
- [3] 白金建.分析电力系统自动化继电保护和变电运行安全管理与设备[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(1):4.
- [4] 刘现涛,张思怡.电力系统变电运行的现场安全与设备维护方法研究[J].中国高新科技,2023(24):41-43.
- [5] 任宇航.基于“大检修”前提的变电运行维护一体化管理模式创新分析[J].科技创新导报,2022,19(10):3.
- [6] 薛洪龙,李玉龙.PDCA循环方法在电力工程变电运行安全管理中的应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(12):4.

Overload Capacity and Safety Assessment of 500kV Substation Transformers under the Background of New Energy Generation

Weiwei Du

State Grid Jibei Electric Power Co., Ltd. Chengde Power Supply Company, Chengde, Hebei, 067000, China

Abstract

With the profound transformation of energy structure, the large-scale utilization of new energy such as wind power and solar energy has gradually become an irreversible trend. However, the inherent instability of new energy poses a great challenge to the normal operation of the power grid, especially in the environment of new energy transmission. As the core equipment of the power grid, the high load bearing capacity and safety stability of key transformers in 500kV substations are extremely important. The paper aims to elaborate on the impact mechanism of new energy reverse transmission on transformers in 500kV substations, comprehensively evaluate the overload tolerance under different operating conditions, and construct practical and feasible safety measures based on this, providing strong support for the stable operation of the power grid.

Keywords

new energy; return background; transformer; overload; safety

新能源发电背景下 500kV 变电站变压器的过负荷能力与安全性评估

杜伟伟

国网冀北电力有限公司承德供电公司, 中国 · 河北 承德 067000

摘 要

随着能源结构的深刻转变, 新能源如风力发电和太阳能的大规模利用已经逐渐成为不可逆转的趋势。然而, 新能源固有特性不稳当性对电网的正常运行构成极大挑战, 尤其在新能源送电环境下, 500kV 变电站关键变压器作为电网的核心设备, 其高负荷承受能力和安全稳定性极其重要。论文旨在详尽阐释新能源反送电对 500kV 变电站中变压器影响机制, 综合评估不同运行状况下的过负荷耐受能力, 在此基础上构筑切实可行的安全保障措施, 为电网的稳定运行给予强有力的支撑。

关键词

新能源; 返送背景; 变压器; 过负荷; 安全

1 引言

新能源的大规模并网, 特别是风电和光伏发电的广泛应用, 显著提升了电网的灵活性和可再生能源占比, 为能源结构的转型和可持续发展注入了新的活力。但是, 这种调整进而导致电网调度的复杂性和不确定性增加, 在这个过程中, 新能源返送电现象转变成了一个全新的挑战, 在电网高负载状态下, 分布式能源剩余电量会经由电线逆向回馈电网, 以减轻电网负荷压力。但这一过程对电网中的关键设备, 尤其是 500kV 变电站变压器, 提出了更高要求, 在新能源反向供电场景中, 变压器的承载上限和稳固性面临更为严峻的考验。因此, 深入研究新能源返送电对变压器的影响, 准确评估其过载能力, 并制定配套安全确保措施, 对保障电网

的稳定运行极其重要。

2 新能源反送电对变压器的影响

2.1 变压器电流与温度变化

新能源返送供电时, 电网的工作状态会出现明显变动, 其中一个关键影响就是反向电流会引起变压器母线电位升高, 这种电压等级的升高并非无关紧要, 它进而会引发变压器的电流增加, 对变压器构成严峻挑战, 持续的高电流负荷会导致变压器内部产生更多的热量, 因此导致变压器温度升高, 温度涨幅对变压器来说是负面的影响, 进而引起变压器内部绝缘材料的老化过程加速^[1]。绝缘材料性能衰退提示电气性能与机械性强度同步降低, 这将直接影响变压器的使用寿命和稳定性和准确性, 分析显示, 变压器在过负荷条件下的运行效率受到制约, 长时间过负荷运行会导致明显上升绕组局部温度, 如果超过安全限度, 可能引发对变压器的不可

【作者简介】杜伟伟 (1988-), 女, 中国河南南阳人, 本科, 副高级工程师, 从事超高压输变电设备运行维护研究。

逆转的损害,如在温度 40℃时,变压器在 1.8 倍过负荷状态虽然可以维持半小时以上的运转,但这并不意味着它可以长时间承受这样的过负荷。事实上,持续过负荷工作引起线圈局部温度迅速升高,促进绝缘材料老化,因此导致绝缘材料损坏等多种严重故障,所以,在新能源反向供电条件下,需实时监控变压器的过负荷性能工作状态,利用强化监测、合理优化调度来保障电力系统稳定运行。

2.2 绝缘材料的老化与损坏

在新能源反送电时,反向电流不仅可能导致变压器母线电压上升和电流增大,还可能对变压器的绝缘材料造成局部放电和其他形式的损坏,这类情况在绝缘材料长期使用或受外界环境因素(如湿度、温度变化等)而变化的变压器上特别显著,局部放电是在绝缘材料体内或表层出现非贯穿性放电现象,它虽然不会像完全击穿那样立即导致绝缘失效,但会逐步削弱绝缘材料的电气性能。局部放电引发绝缘材料部分区域分子构型带来变动,进而引起绝缘特性逐步降低,随着时间的推进,逐渐放电的范围或许逐步扩张,放电的次数和力度可能增强。最后,若干局部放电区域或许产生贯穿性通道,引起变压器绝缘材料破坏,绝缘材料破坏对变压器的稳定工作带来严峻挑战,这不仅会提高变压器故障风险,增加危险性,还可能引发更严重的电网故障,比如全面停电等极端情况^[2]。所以,在新能源反向送电环境下,对变压器的绝缘状态,进行定期检查与评定显得尤为非常极其重要,采用定期评估绝缘材料的电气表现、监测是否出现局部放电现象等方法,有利于快速辨识与即时处理可能存在的绝缘弱点,保障变压器稳定运作,这对于维护整个电网的稳定性和可靠性具有重要意义。

2.3 挡位选择与损耗增加

新能源反向送电还可能对变压器的挡位选择引发影响,变压器通常具有多个挡位,以适应不同的电压和负载条件,然而在新能源反向送电情景下,网电压和电流的变化可能更为频繁且剧烈,所以挑选适宜的挡位选择特别重要,如果挡位选择失误,比如设定了不恰当的挡位导致二次电压偏高,或者设定了过低的挡位导致二次电压过低,都会使变压器的损耗上升。损耗的增加不仅会降低变压器的运行效率,还会使其工作温度升高,进一步加速绝缘材料的老化,从而影响变压器的安全性^[3]。举例来说,某个 500kV 变电站在新能源返送电过程中,由于挡位设置不当,导致变压器损耗增加了 20%,温度升高了 10℃,这导致下降了变压器性能,进而导致其绝缘材料老化速度提升了 30%,减少了使用周期。所以,在新能源返送电系统中,需要高度关注变压器的挡位选择,保障其与电网电压和电流的变化相吻合,从而确保变压器的运行效率安全稳定运行。

3 500kV 变电站变压器的过负荷能力评估

3.1 过负荷能力分析

根据现有研究,诸多生产商生产的变压器在过负荷能

力上确实显现明显的差异,这种差异完整表现在变压器所能承受的过负荷倍数上,关乎过负荷的持续时间和不同环境的表现,以重庆 ABB 生产的变压器为例,在当环境温度升至 40℃,该变压器依旧能够在 1.8 倍过负荷条件下平稳运转 30min 以上,这体现了其出色的过负荷能力,但是,变压器的过负荷能力并非只是由制造厂商确定,它同样会遭受诸多外界因素制约。在这一过程中,风冷系统和油泵的工作状况对变压器的过负荷能力起到至关重要的影响,散热通道负责降低变压器运行时的温度,而油泵则确保变压器内部分系统的油流动,以有效散热^[4]。如果冷却系统或油泵发生故障,变压器的散热性能将急剧降低,其过负荷能力也会显著减少。同时,绕组最高温点温度也是影响变压器过负荷能力的关键因素,绕组是变压器关键构件,倘若其最高热点超出临界值,即便过负荷倍数并不是较大,还是可能会引起变压器损坏。所以,衡量变压器的过负荷能力时,需全面考虑诸多要素,涵盖制造厂商的研发水平、风冷和油泵运行状态、绕组的最高耐温等,用来保证对变压器的过负荷能力获得全面且精确的了解。

3.2 过负荷能力计算

变压器过负荷能力的计算需要对众多因素细致分析,需要全面考量其热效率稳定状态、结构稳固性及绝缘稳定性,众多要素交织影响变压器在过负荷条件下稳定运行效能和耐久性,一般情况下,按照 GB/T15164—94《油浸式电力变压器负载导则》,我们可应用变压器工厂试验实测的热特性参数执行推算,来判定其过负荷能力,这些参数包括变压器的热时间常数、绕组热点温度等,它们能够反映变压器在过负荷条件下的温升情况和耐受能力。在进行变压器的过负荷能力计算时,还应思索突然发生的事故性过负荷情况下短暂急救负荷运行时间,通常情况下,这一时长应当短于 0.15h,用以保障变压器在过负荷条件下避免遭受重大损害,通过这样的计算和分析,可以更加准确地评估变压器的过负荷能力,为电网的安全稳定运行提供有力的保障^[5]。

4 安全性保障措施

4.1 加强监测与维护

对 500kV 变电站变压器实施定期监测是确保其稳定运作的核心方法,监测指标包括电流强度、电压、温度参数等关键数据,这些指标能够实时反映变压器的工作状态和性能,采取持续监测,实现迅速识别出变压器运行过程中的潜在问题,如电流异常增大、电压波动、温度过高等,进而立即采取措施解决问题,防止问题加剧带来负面影响,除对核心指标进行监控,也需要强化绝缘油色谱追踪和外观渗漏检查。绝缘油是变压器内部绝缘必要成分,其光谱分析可以应用于评估绝缘油的老化程度和绝缘性能,依靠定期检验绝缘油色谱,能够迅速辨识出绝缘油的异常变化,从而评估变压器的绝缘状态。外观渗漏检查同样重要也至关重要,它能够检测出变压器周边泄漏状况,如油量下降、密封件磨损等,

立刻采取措施,防止漏油对变压器造成损害,运用一系列方法,有助于全方位检测变压器运作状态和绝缘性能,保障其稳定性和可靠性运行。

4.2 优化运行策略

依据预测的新能源发电量和电网负荷需求,精准调控变压器的工作状态以及电力的分配关乎电网安全稳定运行关键因素,举例来说,当预计新能源产出将显著提升时,可以预先调优变压器的运行挡位,让其匹配更高的电压和电流水平,进而防止长期过负荷运行。同时,依据电网负荷需求,优化分配负载,保障变压器预防超负荷运作损坏。在新能源反送电期间,电网调度尤为重要,由于新能源发电的不稳定性,可能引起电网电压差异和电流波动,所以需要优化电网调度,持续监控变压器工作状态,保障其在安全范围内运行。若检测到变压器濒临或超出过负荷能力,必须立刻采取行动,如重新分配负载、增添备用变压器等,以保障电网的稳定性和可靠性,采取多项办法,有效缓解新能源返送电网对变压器副作用,保障电网的稳定可靠性运作。

4.3 提升设备质量

挑选优良的变压器和配套设备是保障电网在复杂条件下可靠运作的核心要素,如在新能源并网和反送电场景中,变压器需要承受更大的电流和电压波动,因此选择具有高过负荷能力和良好散热性能的变压器至关重要。高质量的变压器一般运用高端设计方案和生产技术,进而确保在各种环境下维持稳定且可靠的操作性能。尤其在温度升高与能量耗损方面,生产商必须细致设计和材质选取以减少变压器因热膨胀导致的能量消耗,进而增强其超负荷承受力耐用性。例如,采取耗能减小的硅钢片和效能高的冷却装置,可以有效降低变压器的温度上升和能量消耗,提高其作业效率。挑选优良的变压器和附属设施,并依靠生产商提高设计改良,是保障电网在新能源反向送电等繁复操作场景中稳固运作的关键手段,这项策略有望促进增强电网的稳固性和维护能力,减少运营维护费用,促进新能源的可持续发展。

4.4 安装保护装置

在变压器上设置保护装置应对新能源电力传送中潜在的突发状况,保障变压器稳定运作,这些保护装置在变压器运行过程中发挥着至关重要的作用。保护装置主要用于监测变压器内部电流是否超出额定限制,在新能源返送电网的过程中,由若干原因比如分布式能源反向送电、电网故障等

众多因素引起变压器电流急剧上升,保护装置会即刻激活反应。若监测到电流超出设定好的限定值,防护体系会立刻中断电源或触发警报,借此避免变压器因过电流而受损,此类防护设备对确保变压器避免由超载状态和短路等多种故障情况,引起的损害隐患至关重要,过压保护装置则用来检测变压器内部电压是否超过预定阈值,在新能源反送电场景下,由于分布式能源的接入和电网负荷的快速变化,变压器母线电压可能会出现波动甚至升高。如果电压升至危险高度,过压保护机制将立即启动,断开电源或实施其他防护手段,用来防止变压器因电压过高导致损坏,配置过压保护措施显著减少变压器由电压偏差引起的故障风险,以某 500kV 变电站为例,该变电站配备了尖端的过流和过压保护系统,在一次新能源反向输送电力事件,顾及分布式能源广泛接入引起电网负荷显著调整状况,变压器电流和电压水平都出现了波动。万幸,该变电站的防护系统快速响应,有效切断异常电路并启动报警,防止了变压器受损及避免了电网问题扩大,这个例子明显呈现了防护设备在应对新能源反向送电异常状况发挥关键作用。

5 结论

新能源反向送电对 500kV 变电站变压器的过载承受能力和安全防护能力提出了更高标准要求,采取强化管控与维护、提高设备品质与安全防护一系列措施,切实维护变压器运行安全与稳固性,随着新能源技术的不断进步和电网结构不断改进,变压器过载承受力和安全评析将变得更加关键和复杂。

参考文献

- [1] 程养春,刘向东,问耀文,等.变压器绕组频响电流信号带电检测中工频电流干扰抑制方法[J/OL].中国电机工程学报,1-12[2024-09-12].<https://doi.org/10.13334/j.0258-8013.pcsee.240242>.
- [2] 张晓晴,胡雅洁,潘旭新,等.基于BP神经网络的变压器油色谱分析[J].电气开关,2024,62(3):8-11.
- [3] 李世泽,张云,张亮,等.500kV变压器中压套管故障分析[J].变压器,2023,60(11):64-67.
- [4] 王鑫,鲁永,胡润阁,等.一起500kV变压器内部故障分析与处理[J].变压器,2023,60(7):71-75.
- [5] 明杰,王国松,梅涛.毕节新能源送出电网故障分析及送电能力提高措施分析[J].四川电力技术,2023,46(4):81-84.

System Coordination and Optimization Mechanism Based on Integrated Energy Network

Lei Guo Di Zhang*

Inner Mongolia Electric Power Survey and Design Institute Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia, 010010, China

Abstract

This study focuses on the system coordination operation and optimization mechanism of integrated energy network, aiming to solve a series of challenges in the management of traditional energy system. The paper proposes to adopt strategies such as elastic energy coupling mechanism, demand side management, market mechanism and economic incentives, information fusion and self-healing ability, combined with multi energy complementary intelligent scheduling algorithm, energy trading market mechanism, adaptive control and predictive maintenance optimization design, in order to achieve energy supply and demand balance, improve system flexibility and economy, and reduce greenhouse gas emissions. Empirical analysis shows that the new mechanism outperforms traditional mechanisms in key performance indicators such as energy conversion efficiency, operating costs, and system recovery time, providing valuable references for decision-makers and promoting the development of a more efficient and sustainable integrated energy network.

Keywords

integrated energy; system coordination; system optimization

基于综合能源网络的系统协调运行与优化机制

郭磊 张迪*

内蒙古电力勘测设计院有限责任公司, 中国·内蒙古 呼和浩特 010010

摘 要

本研究聚焦综合能源网络的系统协调运行与优化机制,旨在解决传统能源系统管理中存在的一系列挑战。论文提出采用弹性能源耦合机制、需求侧管理、市场机制与经济激励、信息融合与自愈能力等策略,结合多能互补智能调度算法、能源交易市场机制、自适应控制与预测维护等优化设计,以期达到能源供需平衡,提升系统灵活性与经济性,同时降低温室气体排放。实证分析显示,新机制在能源转换效率、运营成本和系统恢复时间等关键性能指标上优于传统机制,为决策者提供有价值的参考,有利于推动综合能源网络向更高效、更可持续的方向发展。

关键词

综合能源; 系统协调; 系统优化

1 引言

在全球能源转型的浪潮中,综合能源网络作为一种集成电力、热力、燃气等多种能源载体的新型系统正逐渐成为构建高效、清洁、智能能源体系的关键,它不仅促进了能源资源的优化配置,还增强了能源系统的灵活性和韧性,为实现碳中和目标提供了技术路径。然而,随着可再生能源比例

的增加和用户需求的多样化,综合能源网络面临着前所未有的复杂性和不确定性,这要求我们必须探索更加先进的系统协调运行与优化机制以确保整个网络的稳定性和经济性。

2 背景与理论基础

2.1 能源经济学视角下的综合能源网络

在能源经济学的框架下,综合能源网络被视为一种高度集成的能源供给体系,其核心在于实现能源资源的最优配置与利用效率的最大化^[1]。不同于传统单一能源系统,综合能源网络强调多种能源形式的协同与互补,目的是通过智能调度与优化控制应对能源需求波动与供应不确定性。此网络架构的经济效益体现在其能够平抑能源价格波动,减少冗余投资,同时促进可再生能源的消纳,加速能源转型步伐。

2.2 系统工程学中的技术架构剖析

综合能源网络的技术架构由信息层、能源层与服务层

【资金支持】内蒙古电力勘测设计院有限责任公司博士后项目《基于“光火储”耦合的综合能源网络过程集成与协同优化》。

【作者简介】郭磊(1980-),男,中国山西长治人,硕士,高级工程师,从事电力系统、综合能源研究。

【通讯作者】张迪(1990-),女,中国江苏泗阳人,博士,讲师,从事能源系统工程研究。

构成。信息层负责数据采集与处理,实现能源系统的数字化管理;能源层是网络的物理基础,涉及电、气、热等多类型能源的转换与储存^[2];服务层则面向用户,提供定制化的能源服务。整个架构构建了一个开放、灵活、高效的能源生态系统。

2.3 优化机制的现状与挑战

尽管综合能源网络的理论与技术不断发展,但其优化机制仍面临诸多挑战。现有的优化方法往往侧重于单一能源系统的局部优化,难以应对跨能源类型的全局优化问题。举例来讲,电力市场的实时调度机制在面对天然气供应波动或热能需求高峰时可能表现出协调不足。另一项挑战是缺乏有效的激励机制,导致能源用户参与度低,进而限制了需求侧响应能力的发挥。为克服这些局限,需探索更为精细的模型与算法以实现多能互补、多级互动的综合优化。

2.4 研究切入点与创新视角

鉴于上述背景,本研究将重点放在基于综合能源网络的系统协调运行与优化机制的创新上。我们将引入先进的数据分析技术(如机器学习与人工智能)来预测能源需求模式,优化能源调度策略。同时通过建立多目标优化模型平衡能源成本、环保效益与用户满意度,寻求系统性能与社会价值之间的最佳折衷点。在此基础上增强市场机制的设计(如引入碳交易、绿色证书等),为综合能源网络的可持续发展注入新的动力。

3 系统协调运行策略

3.1 弹性能源耦合机制

确保综合能源网络协调运行的核心策略之一是建立一种弹性能源耦合机制,它允许不同能源形式之间的灵活转换与互补。通过集成多种能源载体,如电力、天然气、热能及可再生能源,该机制能够在供应侧形成一个多元且弹性的能源供给体系。例如,在电力需求高峰时段,热电联产装置可在增加电力输出的同时减少热能消耗;而当热能需求激增时,电热泵和储热系统则能迅速响应,减轻天然气锅炉的压力。

3.2 需求侧管理与参与

需求侧管理(Demand Side Management, DSM)是促进综合能源网络协调运行的重要环节。DSM借助激励机制和技术手段引导用户调整用电行为,平抑负荷曲线,避免尖峰需求对电网造成的压力。智能电网与物联网技术的应用使得DSM更加精准有效,动态电价策略可以鼓励消费者在低谷时段使用高耗能电器而智能家居系统则能自动调节家用设备的工作模式,以响应实时电价信号。这种智能化的需求响应不仅有助于削峰填谷,还能提升可再生能源的消纳能力,实现能源供需的动态平衡。

3.3 市场机制与经济激励

市场机制在综合能源网络的协调运行中扮演着至关重要的角色,合理的交易规则和价格机制可以促进能源资源的高效配置并激发各类市场主体的积极性。例如,建立跨区域

能源交易市场,允许电力、天然气和热能等能源商品在更大范围内自由流通,这样既能够促进能源资源的优化分配又能增强整个系统的灵活性和鲁棒性。绿色证书、碳交易和补贴政策等经济激励措施对于推动清洁能源的开发与利用,减少化石能源依赖,同样至关重要。

3.4 能源互联网的信息融合

在综合能源网络中,信息融合是实现系统协调运行的基石,能源互联网整合了来自传感器、智能表计、气象站和用户终端的大量数据,因而能够实时监测能源网络的状态,预测能源需求并优化调度策略。大数据分析 with 人工智能技术的应用使能源管理系统能够从海量数据中挖掘出有价值的信息,为决策提供科学依据,如预测算法可以根据历史数据和天气预报提前规划可再生能源的发电量,减少间歇性电源对电网稳定性的负面影响。

3.5 综合能源微网的自愈能力

增强综合能源网络的自愈能力——即系统在遭受局部故障或外部干扰后能够快速恢复到正常运行状态的能力,是确保其协调运行的关键。这要求在设计阶段就充分考虑冗余度和模块化,让微网能够独立运行,甚至在主网断开时仍能保持对关键负载的供电。凭借先进的监控与控制系统以及分布式能源资源的智能调度,综合能源网络可以在检测到异常情况时立即采取应对措施,最小化影响范围,提高整体的可靠性和安全性。

4 优化机制设计

4.1 多能互补智能调度算法

在综合能源网络的优化机制设计中,核心是开发一种多能互补智能调度算法,该算法综合考虑电力、热力、燃气等能源的特性,通过实时数据分析和预测模型实现能源的智能调配。技术细节包括利用机器学习技术预测能源需求和供应,结合遗传算法优化能源转换设备的运行状态以及运用模糊逻辑处理不确定性因素。实施步骤涉及数据收集、模型训练、实时调度和反馈调整,确保能源网络的动态平衡和高效运行。算法的智能决策能力可通过集成深度强化学习技术来进一步强化,这样一来智能调度算法便能学习并适应复杂多变的能源供需模式,自我优化决策过程,不仅提高了算法的预测精度,还增强了其在处理不确定性和突发事件时的应变能力^[3]。例如,算法能在极端天气条件下自动调整能源储备和分配策略,保证关键基础设施的稳定运行。

4.2 能源交易市场机制

优化机制还包括创新的能源交易市场机制,该机制通过引入灵活的定价策略(如实时电价、需求响应激励和碳交易系统)来促进能源资源的优化配置,鼓励节能减排。市场机制的设计考虑了不同能源载体间的互补性和能源用户的需求偏好,目的是创建一个公平、透明的交易平台,在促进能源资产有效利用的基础上减少能源浪费和成本支出。还可引入区块链技术作为市场机制的底层架构以增强交易的安

全性、透明度和效率，区块链技术的分布式账本特性能够实现能源交易的即时确认和不可篡改记录，降低交易成本并简化结算流程。此外，智能合约的应用使得自动化执行市场规则和协议成为可能，进一步提高了市场机制的自动化水平和用户信任度。

4.3 自适应控制与预测维护

自适应控制可以持续监测能源网络状态，进而动态调整控制参数以适应不断变化的环境条件，提高系统响应速度和稳定性，结合边缘计算技术，自适应控制系统能够在数据处理和决策制定上实现本地化，减少对中央服务器的依赖并加快响应速度。预测性维护则利用数据分析预测设备故障提前进行维护，避免突发故障对能源供应的影响，大幅减少维护成本^[4]。预测维护技术可进一步通过物联网（IoT）设备实时监测能源网络中关键设备的运行状态，利用人工智能分析预测潜在故障，提前安排维护计划，从而大幅降低非计划停机时间，延长设备寿命。

4.4 评估与比较

评估结果显示，新设计的优化机制在提高能源效率和降低成本方面展现出巨大潜力。以某地区综合能源网络为例，实施智能调度算法后，能源转换效率提高了15%且系统运营成本降低了20%。与传统机制相比，新机制能够更好地应对能源需求的波动，同时提升服务质量。特别是在可再生能源渗透率高的情况下，新机制能够更有效地整合间歇性能源并维持系统稳定。另外，我们还评估了新机制的环境影响，发现其在减少温室气体排放方面也发挥了积极作用，新机制通过优化能源使用大幅减少了化石燃料的消耗，降低了碳足迹。与传统机制相比，新机制在提升能源网络的韧性方面也表现突出，在面对自然灾害或人为破坏时能够更快地恢复能源供应，保障社会经济活动的连续性。

图1清楚地表明了优化机制与传统机制在部分关键性能指标（能源转换效率、运营成本和系统恢复时间）上的差异，注意所有的数据都进行了标准化。

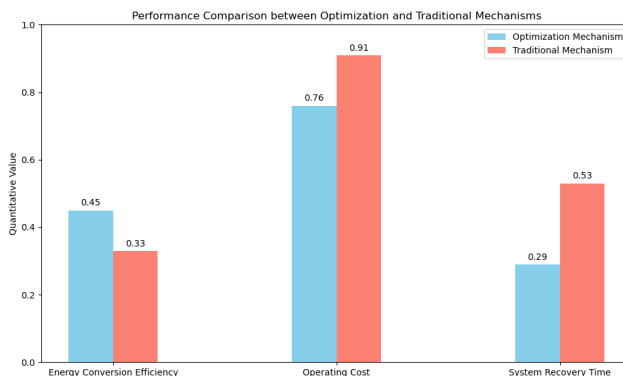


图1 优化机制与传统机制的性能对比

4.5 性能差异分析

性能对比分析显示，新优化机制相较于传统机制，在能源供需匹配、系统灵活性和经济效益方面均有显著提升。具体而言，传统机制往往侧重于单一能源的优化而忽视了不同能源间的互补效应，导致能源利用效率低下。新机制通过智能调度和市场机制的综合应用实现了能源的跨领域优化，提高了整体能源系统的鲁棒性和经济性。新机制还促进了能源市场的竞争，为综合能源网络的可持续发展创造了有利条件。新机制对能源网络参与者（包括能源生产商、消费者和运营商）也产生积极影响。对于能源生产商而言，新机制通过提供更灵活的市场准入机会，既促进了市场竞争又鼓励了技术创新；消费者则受益于更稳定的能源供应和更具竞争力的价格；而对于运营商，新机制简化了管理流程，降低了运营风险，服务质量和客户满意度也随之有了改善。

5 结语

本研究通过构建多能互补智能调度算法、创新能源交易市场机制、实施自适应控制与预测维护技术以及评估优化机制的效能，揭示了提升能源效率、降低成本、增强系统韧性

的有效途径。研究贡献在于提出了一个综合性的优化框架，既优化了能源供需匹配又促进了市场透明度和用户参与度，为构建更加智能、高效、可持续的能源体系奠定了理论与实践基础。然而本研究亦存在局限性，一方面，优化机制的长期效果和大规模应用的可行性还需通过更多实地测试来验证；另一方面，随着新技术的不断涌现，优化算法需持续迭代升级以适应未来能源网络的复杂性。未来，研究方向应着重于深化智能调度算法的学习能力，探索区块链技术在能源交易领域的广泛应用以及提升预测维护技术的准确性，还需构建更加完善的市场机制来促进能源网络的全球化互联互通。

参考文献

- [1] 吕佳伟.考虑多区域协同的城镇综合能源系统规划方法研究[D].上海:上海交通大学,2022.
- [2] 王梦帆.综合能源服务背景下的配电网供电可靠性评估方法研究[D].南京:东南大学,2022.
- [3] 李睿智.计及网络成本的综合能源系统多主体优化调控[D].北京:华北电力大学(北京),2022.
- [4] 鄂霖.考虑静态安全的综合能源系统规划[D].北京:华北电力大学(北京),2022.

Practical Application of Energy Storage Technology in Wind Power Generation System

Wenliang Ren

Huaneng Renewables Corporation Limited Sichuan Branch, Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract

With the continuous development of renewable energy, wind power has become an important clean energy. However, the instability of the wind creates challenges for the power system. As an effective solution, energy storage technology can balance supply and demand, enhance the stability of the power grid, and the application of energy storage technology in the wind power generation system, the practical application of energy storage technology in the wind power generation system has important practical significance for promoting the large-scale development of wind power generation, achieving sustainable energy supply, and promoting the development of renewable energy. This paper will discuss the practical application of energy storage technology in wind power generation systems, and analyze its impact on improving the efficiency and reliability of wind power generation.

Keywords

wind power generation; energy storage technology; grid stability

储能技术在风力发电系统中的实践应用

任文亮

华能新能源股份有限公司四川分公司, 中国 · 四川 成都 610000

摘 要

随着可再生能源的不断发展, 风力发电已成为重要的清洁能源。然而, 风力的不稳定性给电力系统带来了挑战。储能技术作为一种有效的解决方案, 能够平衡供需、增强电网稳定性, 以及风力发电系统中储能技术的应用, 储能技术在风力发电系统中的实践应用, 对于推动风力发电的大规模发展、实现能源的可持续供应、促进可再生能源发展具有重要的现实意义。论文将探讨储能技术在风力发电系统中的实践应用, 并分析其对提高风力发电效率和可靠性的影响。

关键词

风力发电; 储能技术; 电网稳定

1 引言

在全球能源转型的大背景下, 风力发电以其清洁、可再生和丰富的资源优势, 成为能源领域的重要组成部分。然而, 风力的随机性导致其输出功率不稳定, 给电网的可靠运行带来了诸多难题。为了有效应对这一挑战, 储能技术逐渐成为风力发电系统中不可或缺的一部分。储能技术能够实现能量的存储和释放, 平抑风力发电的波动, 提高电能质量, 增强电网对风电的接纳能力。

2 风电并网产生的影响

在飞速发展的风电接入电力系统中, 风能发电功率的波动性问题日益突出, 严重考验着电网的稳定性。风电接入电网的核心难题是其风能产生的间歇性与波动性, 导致电力

输出大幅变动, 对电力系统的稳定运行构成严峻考验。在极限状况中, 将引发系统的不稳定性, 甚至面临全面崩溃的风险。大规模风电接入电网会给电压稳定带来压力, 涉及电压波动、闪烁问题以及功率平衡的复杂难题。随着风电装机量爆发式增长, 限制了调度的灵活性, 限制风电接入, 抑制了风电技术的充分发挥^[1]。

因此, 整合风力发电设施进电力体系是优化风能效益, 扩大规模接入的关键手段。关键策略升级集中在精细调整风力发电机调控方法, 并集成先进的储能系统, 增强风电并网稳定性^[2]。尽管改变风力发电机控制策略的方法极为直观, 但它需要牺牲部分潜在风能, 且受制于发电机效能及多变的风速条件, 实际效能将难以达到预设的目标。在风力发电场内, 储能系统的优势明显, 其作用可以抵消风能产生的波动性, 从而增强电力供应的稳定性。并在这一状况下, 无需调整风电机组基本操作参数, 即可实现长时间稳定输出风电。

【作者简介】任文亮(1992-), 男, 中国山西汾阳人, 本科, 助理工程师, 从事提高风电场运行检修工作质量研究。

3 风力发电系统中常用的储能技术

3.1 蓄电池储能技术

在储能技术领域，铅酸蓄电池是一种传统且成熟的方案，具有重要地位。它的能量密度通常在 $30\sim 50\text{W}\cdot\text{h/kg}$ ，循环寿命一般能达到 $500\sim 1000$ 次。咱们拿一个装机容量为 100MW 的风电场来说，如果风速一直稳定在 6m/s ，每年的发电小时数是 2000h ，那这个风电场一年的总发电量估计能达到 2 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。要是想实现 4h 的储能时长，假设放电效率是 80% ，那需要的铅酸蓄电池容量大概就是 $400\text{MW}\cdot\text{h}$ 。这就意味着可能得用好多串联和并联的铅酸电池组件，所以整个系统需要的空间就比较大。虽说铅酸蓄电池有一些好处，可也有明显的不足。它特别重，这就使得运输和安装都很费劲，成本也跟着上去了，而且在风电场这种空间有限的地方，这就是个大麻烦。另外，铅酸蓄电池自己就会放电，时间长了，存的电就损失不少。

近些年来，锂离子蓄电池发展得特别快，成了先进的储能技术，很受欢迎。这种蓄电池的能量密度比铅酸蓄电池高多了，一般在 $100\sim 265\text{W}\cdot\text{h/kg}$ 。循环寿命也长，能超过 2000 次。要是 100MW 的风电储能项目用锂离子蓄电池来实现 4 小时储能，它的高能量密度能让需要的电池总数和占地空间都变少。像特斯拉的 Powerwall 锂电储能系统就特别厉害，在储能领域很出名。不过，锂离子蓄电池也有个大问题，就是成本比较高，这在一定程度上限制了它在大规模风电储能里的广泛使用。但是随着技术发展和大规模生产，锂离子蓄电池的成本在慢慢降低，在风能发电储能方面的应用潜力也就更大了。

3.2 超级电容器储能技术

超级电容器储能技术在构建风力发电系统的时候发挥着关键作用^[3]。超级电容器有个特别厉害的地方，就是功率密度特别高，能达到好几千瓦/千克，所以能一下子放出很多能量。不过它的能量密度比较低，大概在 $5\sim 10\text{W}\cdot\text{h/kg}$ ，但是循环寿命特别长，能有几十万次。一个 50MW 的风电场，它的电力输出会因为风速变化和风机本身的特点，有很明显的瞬间波动。在这种情况下，用超级电容器来做功率补偿效果特别好，它能在几秒到几分钟内很快做出反应，马上适应。比如说 Maxwell 公司的超级电容器，功率密度能达到 10kW/kg ，瞬间放电能力特别强，能大大提高电力系统的稳定性。通过它能有效控制电压波动，让电力设备运行的时候少受冲击。

超级电容器还有个很大的优点，就是充放电效率几乎能达到 100% ，这就说明在能量存储和释放的过程中几乎没什么损耗。和传统的电池比起来，优势很明显。而且超级电容器很耐用，几乎不用怎么维护，这样长期运行的时候维护成本和运营压力就小多了。

虽说超级电容器优点很多，但是也有个问题，就是能量密度低，所以要是需要长时间、大规模储能，它自己就不

行了。所以在实际的风力发电配置里，超级电容器经常和别的储能技术一起用，互相补充。比如说把超级电容器和蓄电池结合起来，超级电容器能很快处理突然的功率需求，蓄电池能提供稳定持久的能源支持。这样就能把两者的优势都发挥出来，增强储能效果，保证风电场能稳定运行，电能质量也能保持稳定。

3.3 飞轮储能技术

飞轮储能技术在风力发电中的应用越来越重要，好处也越来越明显。飞轮储能系统主要包括高速旋转的飞轮、带动飞轮的电机/发电机，还有负责电能转换的电力电子设备^[3]。

飞轮储能的效果很大程度上取决于它的旋转速度和转动惯量。飞轮转得特别快，能达到每分钟几万转，这样能量密度就能达到 $20\sim 100\text{W}\cdot\text{h/kg}$ 。像 Beacon Power 公司的飞轮储能技术就很厉害，能以 50000r/min 的速度工作，储能和释放能量的效果都很好。一个 30MW 的风电设备，发电会受到风力变化的很大影响，风一会儿大一会儿小，输出功率波动就很明显。飞轮储能技术能很好地应对风力发电产生的瞬间功率波动。通过每 15 分钟一次的储能和放能循环，飞轮高速旋转，实现了动能的存储和高效释放，让风电输出变得更平稳、更稳定。

飞轮储能技术有不少优点。首先反应速度特别快，能在毫秒级的时间里精准应对电力负荷的变化，这对保持电力系统实时的功率平衡特别重要。而且飞轮储能效率很高，通常能超过 90% ，在能量转换的时候耗能少。另外，飞轮储能系统耐用，维护费用也低。

飞轮储能技术也有一些难题。它的成本高，主要是因为要用高性能的原材料，制造工艺也很复杂。而且飞轮储能长期储能的能力不行，满足不了大规模、长时间的储能需求。虽然已经有了一些成绩，但是随着技术不断进步，飞轮储能技术在风力发电领域还是有很大的发展潜力。

3.4 超导储能技术

超导储能技术很有前瞻性，潜力巨大，在风力发电系统中的应用前景很不错^[4]。超导储能系统靠独特的零电阻超导线圈，能高效、无损失地存储能量，很好地解决了风能不稳定、断断续续供电的问题。

超导储能技术的能量密度很出色，一般能达到 $10\sim 100\text{W}\cdot\text{h/kg}$ 的存储量。美国有个超导科技公司研发的储能方案，能量密度能达到 $50\text{W}\cdot\text{h/kg}$ ，效果特别好。在管理一个 80MW 的风电场时，发电会受到风速和风向的直接影响，输出的电会有明显的高频波动和突然变化。在这种情况下，超导储能技术能在毫秒级的时间里快速调控风力发电的功率输出。它能很快响应，把电网里的高频谐波去掉，控制住电压波动，保证电力系统稳定运行，电能质量也好。

超导储能技术有很多优点。一开始，它的实时响应能力就很强，能很快很准确地根据电网的变化来调整。而且超导储能效率超高，几乎能达到 100% ，在能量存储和释放的

时候表现都很棒。它的储能能力也很强，能满足大规模储能设备的需要。虽然超导储能技术很有前途，但是现在实际用的时候还是有一些问题。超导体的生产成本高，这就限制了它大规模的使用和推广。要保持超导的特性得有很精密的低温环境控制，这就让系统变得很复杂，成本也高，操作和维护设备都有技术难题。不过就算超导储能技术还有要改进的地方，还得优化成本效益，但是它在风能领域的未来发展还是很值得期待的。以后风力发电系统的效率很可能会大大提高，能有力地推动可再生能源的大规模应用，同时保证电网稳定运行。

4 风力发电系统中储能技术的应用情况

4.1 应用结构

在风力发电系统中，储能技术的应用结构多样，取决于风电场规模、电网接入要求及储能技术类型等。

小型风电场常见的应用结构是将储能设备与单个或一组风机直接相连。如 5MW 的风电场，可能为每台 1MW 的风机配备 1~2MWh 的蓄电池储能系统，能平滑风机输出功率，减少对电网冲击。

中型风电场（20~50MW）多采用集中式储能结构，将多个风机输出汇集至中央储能系统。以 30MW 风电场为例，中央储能系统容量可能在 10~15MW·h，通过电力电子变换装置与母线连接，可调节和控制整个风电场输出功率，提高稳定性和电能质量。

大型风电场（超过 100MW）常采用分布式与集中式结合的混合储能结构。例如，200MW 的风电场，部分风机配备小型本地储能装置，如飞轮或超级电容器，用于快速响应短期波动；同时在升压站附近设大规模集中式储能电站，如锂离子或液流电池储能系统，容量可达数百兆瓦时，调节长期功率输出平衡。

新型的氢储能结构，将风电多余电能电解水制氢储存，需要时再转化为电能。虽能量转换效率有损失，但储能容量大、时间长，对大规模长时间储能有潜在应用价值。

4.2 应用效果

提高电能质量，能平滑风电输出功率波动，减少电压闪变、谐波等问题。如 50MW 风电场引入 10MW·h 超级电容器储能系统，电压闪变率从 10% 降至 2% 以下，谐波达标，保障用电设备运行。

增强电网稳定性，风电间歇性和随机性挑战电网稳定，

储能技术可快速响应功率需求变化。如 100MW 风电场接入区域电网，无储能装置时，频率波动超 $\pm 0.5\text{Hz}$ ，电压偏差超 $\pm 5\%$ ；配置 20MW·h 蓄电池储能系统后，频率波动控制在 $\pm 0.2\text{Hz}$ 内，电压偏差减小到 $\pm 2\%$ 内。

增加风电消纳能力，使风电输出更平稳可预测，提高电网接纳能力。某地区未采用储能技术时，风电消纳比例约 20%，引入大规模储能系统后提高到 40% 以上，减少弃风，提高风能利用率。

实现能量时移，在低负荷时段储能，高负荷时段释放，提高电力系统运行效率和经济性。

降低运营成本，虽初始投资高，但能减少弃风损失和电网罚款等，如某风电场安装储能系统后运营成本降低约 10%。

促进可再生能源发展，为风力发电等可再生能源大规模发展提供支持，助力能源结构转型和可持续发展。

然而，储能技术应用也面临挑战，如设备成本高、系统寿命和可靠性待提高、标准规范不完善等。但随着技术创新，其在风力发电领域应用前景广阔。

5 结语

在风能发电系统整合中，储能技术的实质性运用堪称核心，其确保了可再生能源的连续供应，对维持电网稳定性至关重要。尽管风能的波动性构成挑战，但借助尖端的储能解决方案，风电系统能确保电力供应的稳定性，从而改善电能品质，并提升电网对频率调整和管理效能。蓄电池、超级电容器以高功率密度在应用中占据核心地位，飞轮储能凭借其高能量密度特性占有一席之地，而超导储能技术则凭借无电阻特性的优势独树一帜。在特定场景和需求中，它们的性能优势皆不可或缺。热切盼望储能科技的未来创新能无缝整合进风力发电系统，驱动可再生能源的持续优化升级，构建一个环保、高效且稳定的能源体系。

参考文献

- [1] 任冬.储能技术在风力发电系统中的应用研究[J].现代工程科技, 2024,3(1):1-4.
- [2] 黄港,杨春啟,胡芳,等.浅谈相变储能技术及其在风力发电系统中的应用[J].水电与新能源,2023,37(7):44-46.
- [3] 苏金龙,吴振东.储能技术在风力发电系统中的应用研究[J].电力设备管理,2023(14):69-71.
- [4] 解龙.储能技术在风力发电系统中的应用[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2023(4):4.

Effective Application of Reactive Power Compensation Technology in Electrical Automation

Xin Wang

Shanxi Kaijia Energy Group Co., Ltd. (Jintang Coal Preparation Company), Jiexiu, Shanxi, 032000, China

Abstract

Electrical automation system as a core component of modern industrial and social infrastructure, its efficient and stable operation is crucial to ensure power supply, improve production efficiency and maintain social order. In this system, reactive power management and optimization play an important role. Reactive power, while not directly translated into useful work, plays a critical role in maintaining the voltage level of the power system and supporting the establishment and maintenance of electromagnetic fields. However, improper management of reactive power can lead to a range of problems, including but not limited to voltage fluctuations, reduced power factor, increased network losses, equipment overload, and reduced system stability, which not only affect power quality, but also increase operating costs and reduce the overall efficiency of the power system. This paper mainly analyzes the effective application of reactive power compensation technology in electrical automation, and provides reference for related industries.

Keywords

electrical automation; reactive power compensation technology; apply

电气自动化中无功补偿技术的有效应用

王鑫

山西凯嘉能源集团有限公司（金堂选煤公司），中国·山西 介休 032000

摘要

电气自动化系统作为现代工业与社会基础设施的核心组成部分，其高效、稳定运行对于保障电力供应，提高生产效率及维护社会秩序至关重要。在这一系统中，无功功率的管理与优化扮演着不可忽视的角色。无功功率，虽然并不直接转化为有用的工作，却在维持电力系统电压水平、支持电磁场建立与维护方面发挥着关键作用。然而，无功功率的不当管理会导致一系列问题，包括但不限于电压波动、功率因数下降、网络损耗增加、设备过载以及系统稳定性降低，这些问题不仅影响电能质量，还会增加运营成本，降低电力系统的整体效率。论文主要分析电气自动化中无功补偿技术的有效应用，为相关行业提供参考。

关键词

电气自动化；无功补偿技术；应用

1 引言

电气自动化作为现代工业体系的核心组成部分，其发展历程见证了从机械化到数字化、智能化的转变。在这一进程中，电气自动化不仅极大地提升了生产效率，降低了人力成本，还促进了资源的合理分配与高效利用。随着物联网（IoT）、大数据、云计算及人工智能（AI）等先进技术的融合，电气自动化正向着更加智能、绿色、安全的方向发展。例如，全球范围内，工厂自动化程度的提升已促使制造业产值每年增长约 2%，而在中国，这一数字更是高达 5% 左右，显示出电气自动化对经济发展的显著推动作用。电气自动化系统在全球工业、商业乃至居民用电中占据核心地位，其高

效运行对于现代社会的各个方面至关重要。然而，随着电力需求的不断增长和电力系统复杂性的增加，无功功率问题成为影响电气自动化系统性能的一大挑战。无功功率，尽管不直接转化为有用的工作，却在电力系统中扮演着支撑电压水平和维持电磁场的关键角色。然而，当无功功率在系统中过剩或不足时，会导致电压波动、电能质量下降、设备过载等问题，进而影响系统稳定性，降低整体效率，并增加运营成本。

2 无功功率概述

在深入探讨无功补偿技术之前，首先需明晰无功功率的概念及其在电力系统中的独特作用。电力系统中，电能传输与分配的过程涉及两种基本类型的功率：有功功率（Active Power）与无功功率（Reactive Power）。有功功率，用 P 表示，是真正用于做功的功率，它在电源与负载之间进行单向

【作者简介】王鑫（1987-），男，中国山西介休人，助理工程师，从事电气自动化研究。

传输,支持了诸如电动机运转、照明、加热等各种实际工作的能量需求。而无功功率,用 Q 表示,不直接转化为有用功,而是在电源与负载之间来回流动,主要作用于建立和维持负载设备(如电动机、变压器等)内部的电磁场,支持这些设备的正常运行。无功功率虽然不直接转化为工作,但对于电力系统的稳定运行至关重要,它影响着电压水平和功率因数,进而关系到电能质量和电力系统的效率。

无功功率(Reactive Power)与有功功率(Active Power)共同构成了电力系统中电能传输的两个基本组成部分。有功功率代表了真正消耗或产生的能量,它在电力系统中完成实际做功的任务,如驱动电动机旋转、加热电阻器等。无功功率,则是用于电路内电场与磁场的交换,不对外做功,而是用于在变压器、电动机等感性负载的设备中建立和维持磁场。无功功率的存在对于电力系统来说是必要的,因为它支撑着系统中电磁场的动态平衡,但过量的无功功率会增加线路和变压器的负担,导致额外的能量损耗,影响系统效率。

3 无功补偿技术

无功补偿技术依据其补偿方式的不同,可以大致划分为并联电容器补偿、同步调相机补偿、静止无功补偿器(SVC)补偿和静止同步补偿器(STATCOM)补偿几大类。并联电容器是最基础且常见的补偿手段,通过并联接入电力系统,提供容性无功,简单有效,成本较低,但缺乏动态调节能力。同步调相机则是一种旋转机械,可以提供连续可调的感性或容性无功,适用于大容量补偿需求,但存在机械磨损和占地面积较大的缺点。相比之下,SVC和STATCOM属于固态补偿装置,具有快速响应、高精度调节的特点,其中SVC通过晶闸管控制的电抗器与固定电容器组合来调节无功输出,而STATCOM则利用大功率逆变器与直流储能元件构成,能够提供双向无功补偿,具有更高的灵活性和控制精度,尤其适用于高压大电流场合,如欧洲某大型风电场通过部署STATCOM,实现了对瞬时无功需求的精确跟踪,显著增强了风电并网的稳定性。

3.1 并联电容器(Shunt Capacitors)

并联电容器是最常见的无功补偿装置之一,它们通过并联接入电力系统,提供容性无功功率。当系统中的无功需求增加时,电容器可以释放存储的电荷,以补偿系统中的感性无功,从而提高功率因数,减少线路中的无功流动,降低电压降和能量损耗。例如,中国国家电网在多条高压输电线路中部署并联电容器组,成功将线路的功率因数从0.7提高到0.9以上,显著减少了线路损耗。

3.2 同步调相机(Synchronous Condenser)

同步调相机本质上是一台没有机械负载的同步电机,它可以运行在发电机或电动机模式,以提供或吸收无功功率。与并联电容器相比,同步调相机能够提供连续可调的无功功率,适用于需要精确控制无功功率的场合。在美国某大

型数据中心,通过部署同步调相机,实现了对瞬时无功需求的快速响应,提高了数据中心的电能质量和运行效率。

3.3 静止无功补偿器(SVC-Static Var Compensator)

SVC是一种基于晶闸管控制的电抗器和电容器组合的无功补偿设备。通过改变晶闸管的导通角,可以调节电抗器的阻抗,从而控制流经电抗器的电流,实现无功功率的动态补偿。SVC响应速度快,能够在短时间内提供或吸收大量无功功率,适用于快速变化的负荷条件。

3.4 静止同步补偿器(STATCOM-Static Synchronous Compensator)

STATCOM是一种基于电压源换流器的无功补偿装置,能够提供双向无功功率,具有快速响应和高精度控制的特点。它通过逆变器连接到电力系统,可以模拟一个虚拟的同步调相机,提供或吸收无功功率,以维持系统电压稳定。STATCOM的响应速度比SVC更快,适用于需要高精度电压控制和快速无功功率调节的场合。

4 高负荷、不稳定电网条件下应用无功补偿技术面临的难题

在现代电力系统中,随着可再生能源比例的增加和负载需求的不断波动,电网面临着前所未有的复杂性和不稳定性。在这样的环境下,无功补偿技术成为维持电网稳定性的关键技术之一。然而,在高负荷、不稳定电网条件下,无功补偿技术的实施面临诸多挑战,包括动态响应速度、谐波抑制等方面。以下是对这些技术挑战的深入分析,旨在探讨无功补偿技术在复杂电网条件下的局限性和应对策略。

4.1 动态响应速度

在高负荷和不稳定电网中,快速变化的功率需求要求无功补偿装置具备极高的动态响应能力。传统无功补偿设备,如电容器组和同步调相机,由于其固有的机械惯性和切换延迟,往往难以满足毫秒级的响应要求。相比之下,静止无功补偿器(SVC)和静止同步补偿器(STATCOM)等基于电力电子技术的设备具有更快的响应速度,但成本较高,并且在极端条件下可能受到过载限制。

4.2 谐波抑制与滤波

电力电子设备的广泛应用引入了大量的非线性负载,增加了电网中的谐波含量。无功补偿装置自身也可能产生谐波,尤其是采用可控硅阀组的SVC。谐波不仅会降低电能质量,还可能与无功补偿设备产生谐振,造成过电压或过电流,威胁电网的安全运行。因此,设计合理的滤波策略,如采用LC滤波器或有源滤波器,成为无功补偿系统设计中不可忽视的一环。

5 无功补偿技术在电气自动化中的有效应用

无功补偿技术在电力系统、工业电气系统以及节能降耗方面的应用,展现了其在提升电力系统效率、降低能耗、改善电能质量等方面的重要作用。以下是对几个典型应用案

例的深入分析,旨在揭示无功补偿技术的实际效益和应用前景。

5.1 线路无功补偿

电力传输线路在输送电能过程中,由于线路本身的电感和电容特性,会产生无功功率的消耗和产生,特别是在长距离、高电压的输电线路中,无功功率的影响更为显著。线路无功补偿的目的是通过在线路两端或沿线关键点部署无功补偿设备,减少线路中的无功流动,降低电压降和电能损耗。常见的线路无功补偿设备包括串联电容器、并联电容器、同步调相机和静止无功补偿器等。例如,加拿大魁北克省的一条高压输电线路采用了串联电容器补偿技术,显著降低了线路的阻抗,提高了传输容量,减少了电能损耗,使得该线路能够更高效地输送电力。

5.2 电动机无功补偿

电动机是工业电气系统中最大的无功功率消费者之一,尤其是感应电动机,其运行时会消耗大量感性无功功率。这种无功功率需求增加了电力系统的负担,导致电压降和能量损耗。电动机无功补偿通常通过并联电容器实现,电容器提供容性无功功率,与电动机的感性无功相抵消,从而提高电动机的功率因数。例如,某钢铁厂在电动机旁安装了电容器组,将电动机的平均功率因数从 0.7 提升至 0.95,减少了约 20% 的电网无功功率需求,显著降低了电费支出。此外,电容器的合理配置还能够降低电动机启动时的电流冲击,延长电动机寿命,提高整个系统的运行效率。

5.3 变压器无功补偿

电气系统中的变压器是连接不同电压等级的关键设备,但同时也是无功功率的重要来源。变压器在运行时,特别是轻载或空载状态下,会消耗无功功率来维持其磁场,这会导致电网中的电压降和能量损耗。变压器无功补偿可以通过在变压器二次侧加装并联电容器来实现,电容器提供的容性无功可以抵消变压器的感性无功需求。例如,某化工厂通过在其配电变压器旁安装电容器组,成功将变压器的无功损耗降低了 30%,显著减少了电网的电能损耗,提高了电能质量。此外,采用可调的无功补偿设备,如静止无功补偿器(SVC)或静止同步补偿器(STATCOM),能够根据系统需求动态调节无功输出,进一步优化变压器的运行效率。

5.4 电炉无功补偿

电弧炉、感应炉等电炉设备在工业生产中广泛使用,它们在熔炼金属、合金制备等过程中消耗大量电力。电炉的

运行特性决定了其对无功功率有较高的需求,尤其是电弧炉,由于其非线性负载特性,会产生谐波,进一步恶化电能质量。电炉无功补偿通常采用动态无功补偿设备,如静止无功补偿器(SVC)或静止同步补偿器(STATCOM),这些设备能够快速响应电炉的无功需求变化,提供稳定的无功支持,减少电压波动和谐波污染。例如,欧洲某钢铁制造企业通过在其电弧炉旁安装 SVC,成功将电压波动降低了 40%,谐波含量减少了 30%,显著提高了电炉的运行稳定性和电能效率。

5.5 根据负载特性选择补偿方式

负载特性是确定无功补偿方式的首要因素。负载可以分为恒定功率因数负载、恒定电流负载和恒定阻抗负载等,不同的负载特性要求不同的无功补偿策略。例如,对于恒定功率因数负载,如大多数工业电动机,通常采用并联电容器进行静态无功补偿,因为这类负载在运行时会产生感性无功,而并联电容器提供的容性无功可以有效地与其抵消,提高功率因数。而在具有快速变化特性的负载情况下,如电弧炉或变频驱动的电动机,应选择动态无功补偿设备,如静止无功补偿器(SVC)或静止同步补偿器(STATCOM),这些设备能够快速响应负载变化,提供所需的无功功率,确保电压稳定。例如,一家钢铁厂的电弧炉在运行过程中会产生急剧的无功功率波动,通过部署 STATCOM,成功维持了电压水平,避免了生产中断。

6 结语

在电力系统中,无功功率补偿是维持电能质量、提高系统效率和稳定性的重要手段。无功补偿设备的选择与设计需要深入理解系统的运行特性、负荷性质以及预期的性能目标。这一过程涉及对多种因素的考量,包括但不限于系统电压等级、负荷类型、网络结构、谐波水平、功率因数要求以及经济性分析。在电力系统中,无功补偿装置的正确安装与精细调试是确保系统稳定运行、提高电能质量和经济效益的关键环节。

参考文献

- [1] 陈超.无功补偿技术在电气自动化中的应用[J].电力系统自动化,2020,44(2):123-132.
- [2] 褚万明.智能无功补偿技术在电力自动化中的应用[J].电网技术,2019,43(8):2345-2353.
- [3] 张强.电气工程及其自动化无功补偿技术的实际应用研究[J].电工技术学报,2021,36(5):558-566.

Application of PLC in Mechatronics Production System

Chunhui Guo

Shanxi Kaijia Energy Group Co., Ltd. (Jintang Coal Preparation Company), Jiexiu, Shanxi, 032000, China

Abstract

As a device designed for control, programming controller relies on computer architecture to achieve efficient management. In the modern industrial progress, its position is increasingly prominent, constantly upgrading and improving, and its contribution to mechatronics is significant. It plays the core function in the system control and greatly promotes the wide application of mechatronics system. This paper explains the concept, working principle and control process of PLC used in mechatronics production system, analyzes the basic function of PLC technology and the technical advantages of mechatronics, explores the application of PLC in mechatronics production system, in order to provide some references for the practice of relevant personnel.

Keywords

PLC; mechatronics; production system; apply

关于 PLC 在机电一体化生产系统中的应用

郭春辉

山西凯嘉能源集团有限公司（金堂选煤公司），中国·山西 介休 032000

摘 要

编程控制器作为专为控制设计的设备，它凭借计算机架构实现高效管理。在现代工业进步中，其地位日益凸显，不断升级改造，对机电一体化的贡献显著。它在系统控制中发挥核心功能，极大地推动了机电一体化系统的广泛应用。论文阐释了 PLC 在机电一体化生产系统中运用的概念、工作原理以及控制过程，分析了 PLC 技术的基本功能和机电一体化的技术优势，探究了 PLC 在机电一体化生产系统中的应用，以期为相关人员的实践提供一些参考。

关键词

PLC；机电一体化；生产系统；应用

1 引言

PLC 在各种苛刻条件下仍能稳定运行，它成功地实现了生产线和单一设备间的无缝协同与精准控制，广泛应用于各行业。PLC 在机电设备实时监控中表现出卓越的稳定性，其灵活性得益于精确的编程控制。在信息技术与高精度元件的迅猛发展中，PLC 控制系统功能日益丰富，能高效地适应各类机电设备的精准控制需求。因此，对 PLC 在机电一体化生产系统中的应用进行深入研究变得至关重要。

2 PLC 在机电一体化生产系统中运用的概述

2.1 概念

当前社会，机电工程行业疾速发展，企业数目持续攀升。行业飞速进步的同时，企业间的竞争日益严峻。在企业发展进程中，必须重视创新，持续优化现有技术和设备。PLC（Programmable Logic Controller）技术代表了现代科技的前

沿，它拥有独特的自主控制核心与体系，类似于计算机硬件结构中的中央处理单元（Central Processing Unit, CPU），实现了高效精准的自动化控制。在将此技术融入实际生产系统时，务必考虑其具体需求，实施定制化的编程以实现有效隔离。PLC 技术的实际运用中能无缝整合进梯形图编程，通过与系统集成显著提升处理复杂程序的能力和效率并为现有技术升级提供了可能。操作人员在研究过程中需遵循低成本高效益和优质设计的准则，PLC 技术在发展中已广泛渗透至各行各业^[1]。PLC 技术在石油和钢铁等传统行业中广泛应用显著提升生产效率，增强生产系统的稳定性和安全性。

2.2 工作原理

PLC 技术在机电行业中实用价值很高，企业应深入研究 PLC 在机电一体化中的具体应用实例并同时剖析其基本应用需求和规范。相关人员在探讨其使用中的问题之前必须先理解 PLC（可编程逻辑控制器）的基本原理和技术运作，PLC（可编程逻辑控制器）技术专为工业制造中的精确流程管理设计，作为高效的中央处理和控制系统，其核心功能在于精良的自动化控制。PLC（Programmable Logic

【作者简介】郭春辉（1989-），男，中国山西孝义人，助理工程师，从事机电自动化研究。

Controller)技术的核心在于持续优化和实时更新控制流程,它能有效监控并实时处理系统内部数据,确保信息的即时更新,并且能无缝融入系统的运作流程中。PLC(可编程逻辑控制器)由多元化的组件构成,包括处理器、电源模块及内存存储设备,配套可编程工具^[2]。其核心功能在于监控并管理系统内部的数据传输,通过分段节点机制接收、存储和处理信息,确保信息的精确性和操作效率。

2.3 控制过程

在实际操作中,PLC(可编程逻辑控制器)技术无缝融入信息技术及系统流程,它作为连续的数据输出和输入节点,驱动整个生产过程的运行。PLC(Programmable Logic Controller)技术的自动化和现代化程序极其先进,它在生产流程中实现持续不间断的自动操作。在这个流程中,操作员需运用现代信息技术,输入数据并运行相应的算法,随之获取结果,进一步进行深入的综合性数据分析。通过系统内置技术对数据进行连续运算和处理,随后输入额外参数,运用算法进行精准计算,这样的循环优化流程显著提升了数据处理效率与准确性。在系统操控中,PLC(可编程逻辑控制器)技术常常被转换为控制器角色。控制器有效整合外部输入的多元信息,能将搜集的各类数据精准存入指定存储器。控制器直接对数据进行实时分析和高效处理,确保其输出能满足各关联单元的信号增长需求^[3]。运用先进的技术实时同步系统内外部数据,确保信息即时更新,满足存储需求的精确匹配。在系统传输过程中,必须考虑系统动态变化的因素。系统化记录各类电路的输出状态,并有效管理输出数据。

3 PLC 技术的基本功能

PLC技术,即可编程逻辑控制器技术,它是一种基于微电子技术的专门用于工业自动化控制的设备,核心功能在于自动化管理通用工业设备的运行流程。

从技术架构层面解析,PLC控制器主要区分于两种基本形式:一是模块化或组合式PLC,其设计允许用户根据需要灵活增减模块,提供了高度的可扩展性和定制性;二是固定式PLC,其结构更为紧凑且功能预设,适合标准化应用,不支持后期扩展。固定式PLC控制器的核心组成部分包括:电源模块、直观的显示面板、高效中央处理单元、内存组件和输入/输出模块。这些部件紧密协作,构建成了一个完整的、一体化的技术体系,不允许随意拆解。在组合式PLC控制器中,核心组成部分有电源单元、结构框架单元、存储单元、CPU模块及I/O模块等。尤其是CPU模块,堪比控制系统的“心脏”与“大脑”,至关重要,不可或缺,它是整个控制器功能实现的灵魂部件。中央处理器(CPU)的核心任务是执行PLC控制器运行时所需程序,负责接收、存储和处理指令。它负责传输和执行特定的应用程序,通过实时扫描工业生产环境,搜集与运行相关的技术数据和状态信息,所有这些数据都被暂存于寄存器单元中。

PLC技术体系中蕴含众多定时器组件,专为时间相关技术参数设定与操控服务,其程序修改和调用过程高效易行。请提供更具体的上下文,以便我能更好地帮助您。“控制条件功能”通常在不同的背景下有不同的含义,比如在编程中可能是指条件语句,控制流程的执行;在设备管理中可能是设定使用规则等。PLC系统支持逻辑运算指令,包括“或”“与”及“非”操作,同时能有效管理继电器组件的连接,如串联、并联和串并联等多种连接策略。“控制步进功能”通常是指在电子产品或编程中的一种操作,涉及逐步执行任务或调整参数^[4]。PLC(Programmable Logic Controller)技术在步进控制中的关键体现的是在执行完一个预设的技术程序后,会自动无缝切换至下一道程序,同时它巧妙运用了移位寄存器技术组件,进行精确而高效的控制。其四,强调网络连接与通信能力。当前,PLC技术在实际应用中展现出稳定的通信性能和强大的远程操控能力,它支持网络分布式控制,兼备集中管理和分散操作的优势,高效执行任务。

4 机电一体化的技术优势

4.1 机电一体化带有智能特征

在新时代背景下,中国科技发展的显著趋势是智能化。尤其在科技形态迈向智能化进程中,最具象征性和代表性的是数控机床技术和机器人技术的广泛应用与日益成熟。

4.2 机电一体化带有网络化属性

自20世纪90年代起,我国计算机网络科技迅猛发展,推动了网络监控与远程操控技术在现代工业生产中的深度和广泛应用。在机电一体化技术框架内,远程控制技术的运用广泛应用于工业生产中的多元设备操控,它有效提升了对各类终端设备的控制能力,从而极大地推动了机电一体化技术系统的网络化功能实现和优化。

4.3 机电一体化具有模块化特性

采用标准化技术单元,能显著提升工业产品研发的效率与周期,推动生产活动的整体规模化实施。在执行生产技术任务时,务必严格契合并满足研发过程中对基础需求的要求。

5 PLC 在机电一体化生产系统中的应用

5.1 运动控制领域

在PLC技术的实施框架中,通过安装定制化的技术模块,能够精确达成各种运动控制技术的需求。在当前综合技术广泛应用的现实中,中国大部分PLC控制器制造商都能生产并销售具有高效稳定运动控制性能的设备。在执行PLC控制器技术组件的生产制造任务时,其速度控制功能在工业领域的应用广泛且深入。特别是在切割机床和机械装配等细分行业中,它展现出了显著的实际价值和广泛应用。

PLC控制器技术凭借卓越的运行速度控制能力和出色的抗干扰性能,应用于磁选机设备中,显著提升了设备的自

动化程度和电气效能。它确保了设备在实际运作中的高效技术安全与稳定表现。

5.2 逻辑控制开关系统

当前 PLC 技术在众多设备中的运用极其普遍,尤其在机床电气系统中已得到广泛应用。在冶金领域,PLC 技术的运用广泛且关键。它能直接操控和管理系统内的电气设备,实现精确的自动化控制,确保整个生产流程的顺畅运行和高效管理。在现代机床生产中,操作人员能直接利用 PLC 技术系统解析并处理系统中的复杂逻辑关系,从而有效解决其中出现的问题。在实际系统运作中,PLC 技术扮演着关键角色,它是数据传输的核心环节,可以说是系统连接流程中的核心组件^[5]。在设备调试流程中,PLC(可编程逻辑控制器)技术展现出极高的实用价值。PLC 技术在农业播种机中的应用广泛,显著提升了农业生产效率,农民在播种作业时能有效集成这种先进技术,提升操作的智能化程度。采用现代化技术后,设备性能得以充分挖掘,同时提升了运行安全性。它能显著提升农民播种作业的效率,并能迅速诊断并处理播种机运行中的故障,确保顺畅进行。

5.3 优化数据处理流程

当前社会发展,科技日新月异,进步显著。在数据研究中,操作人员需细致划分 PLC 技术类别,并有效运用 PLC 技术来管理系统内的各类编程中心控制器。在数据系统管理中,PLC(Programmable Logic Controller)技术的应用能有效提升系统内函数运算的执行效率,包括线性代数在内的复杂计算任务也能精准高效地完成。PLC 技术在学术层面高度发达,专长于精确运算和系统数据管理,能高效地执行数据处理任务。数据运算管理的精确度堪比尖端科技产品,PLC 技术在数据处理中得心应手,能实时归纳分析数据并进行动态调整。所有收集的数据都能无缝整合,并集中存储于中心数据库。对存储中心内的各类数据进行逐一对比后,再进行后续的数据处理操作。通过实际系统运作,PLC 技术有效地利用其内置的通讯功能,实现现有数据的传输与整合,并能将各类数据无缝集成。这些数据为后续任务提供了坚实支持,确保工作的稳定进行^[6]。技术人员严谨对待数据真实性,他们会制作详尽的表格,定期核查数据精确性。

当前中国工业企业的 PLC 装置广泛应用,不仅能执行包括矩阵、函数和逻辑在内的多种运算,有效处理数据信息,还擅长于传输和转换实际操作中的各种数据元素。同时,它能高效执行包括表格查询、排序和进位在内的各种技术操作,全面增强对各类数据资源要素分析、收集和处理的便利性支持。浙江台州一家制造业企业引入这套设备后,能实现实时监控和分析生产设备的运行数据。通过执行多元的数据

处理,包括矩阵、函数及逻辑运算,成功优化了设备机组的技术运行状态管理,从而确保生产流程的平稳运行,为提升生产效率和效果提供了关键技术保障。

5.4 过程控制

过程控制启动后通过扫描机制解析设备状况和收集数据,接收并解析装置信号,然后存储于影像区域,为后续工作奠定基础。系统需从存储器获取程序和数据,接收用户输入的指令,按指令规定运行,处理逻辑与算术运算,并输出结果。最终,持续将输出状态或寄存器的数据传输至相关设备,反复进行,直至程序终止,确保控制流程顺利并有效地执行指令。

5.5 通信及网络

在当前中国,通信技术是工业生产和日常生活中不可或缺的关键技术。其是否高效直接影响着生产效率和社会运作。为了提升工业生产的实际效能,必须确保车间间的无缝通信,能针对不同产品灵活调控与管理。一旦通信遇到问题,依赖先进的通信技术能迅速定位并解决问题,分析原因。借助 PLC(可编程逻辑控制器)技术,能显著优化工业流程中的通信性能,从而保障整个系统的稳定运行^[7]。

6 结语

PLC 技术在机电一体化生产中的应用广泛且成效显著,它负责系统的控制并提升系统的运行效率和产品质量。PLC 控制系统在机电一体化生产流程中扮演了至关重要的角色,所以 PLC 控制系统的当前地位是得到广泛认可并积极推广的。PLC 技术的持续发展必将推动机电一体化领域的深入探究,它将在机电一体化生产系统中带来前所未有的价值增值潜力。

参考文献

- [1] 李青松,林启华.PLC在机电一体化生产系统中的应用分析[J].山东工业技术,2019(8):145.
- [2] 郭润梅.分析PLC在机电一体化生产系统中的应用[J].世界有色金属,2018(22):212+214.
- [3] 马剑.机电一体化生产系统中PLC的应用研究[J].科技风,2019(4):76.
- [4] 贾刘旭.PLC在机电一体化生产系统中的运用研究[J].建材与装饰,2019(29):199-200.
- [5] 何健.PLC技术在机电一体化生产系统中的应用[J].黑龙江科学,2019,10(16):98-99.
- [6] 宋婷,李大燕.分析PLC在机电一体化生产系统中的应用[J].河北农机,2019(8):39.
- [7] 牛利松,田通,焦春来.PLC在机电一体化生产系统中的应用分析[J].数字通信世界,2019(7):169+216.

Analysis of Energy-saving and Consumption Reducing Technical Measures for Electrical Systems in Thermal Power Plants

Qingze Yang

Tongliao Power Plant of China Power Investment Mengdong Energy Group Co., Ltd., Tongliao, Inner Mongolia, 028000, China

Abstract

As one of the main ways of electricity production, the operational efficiency and energy conservation level of thermal power plants will directly affect the country's energy utilization efficiency and environmental protection. After all, with the continuous growth of global energy demand, energy shortage and environmental pollution problems are becoming increasingly severe. Electrical energy conservation and consumption reduction of thermal power plants have become urgent problems that need to be solved. Therefore, starting from the current situation of electrical energy conservation and consumption reduction in thermal power plants, this paper explores the existing problems and corresponding technical measures, and hopes to contribute to improving the operational efficiency and energy conservation and emission reduction of thermal power plants based on this.

Keywords

thermal power plant; electrical energy conservation; consumption reducing technology

火力发电厂电气节能降耗技术措施分析

杨青泽

中电投蒙东能源集团有限责任公司通辽发电总厂，中国·内蒙古 通辽 028000

摘 要

火力发电厂作为电力生产的主要方式之一，其运行效率与节能降耗水平将会直接影响到国家的能源利用效率和环境保护，毕竟如今随着全球能源需求的持续增长，能源短缺和环境污染问题日益严峻，火力发电厂的电气节能降耗已成为急需解决的问题。所以，论文从火力发电厂电气节能降耗的现状出发，探讨其存在的问题及相应的技术措施，并希望据此能够为提高火力发电厂的运行效率和节能减排作出贡献。

关键词

火力发电厂；电气节能；降耗技术

1 引言

如今火力发电厂主要是以燃烧煤、天然气、石油等化石燃料为主，其依旧是利用蒸汽驱动汽轮机发电的传统电力生产方式，虽然现在火力发电在全球电力生产中占有重要地位，但其高能耗、高排放的问题也备受关注。尤其是在当前全球能源紧缺和环境保护压力日益增加的背景下，如何提高火力发电厂的能源利用效率，降低电力生产过程中的能耗和污染物排放，成为急需解决的重要课题。

2 火力发电厂电气节能降耗存在的问题

2.1 电气设备的调节性和操作性问题

在火力发电厂中，静电除尘设备作为清洁烟气、保护

环境的关键设备，其运行状态直接关联到发电厂的环保效益和经济效益，可是由于静电除尘设备在实际运行中，由于设计、安装或维护不当，常出现电场短路等故障，所以便会导致设备在非最佳工况下运行，不仅除尘效果大打折扣，还造成了电能的极大浪费。除此以外，发电厂中的其他电气设备，如电机、变压器等，若未能严格按照操作规程进行运行管理，容易出现过载、欠载等不合理运行状态。长此以往，这些非最优化的运行状态会不断累积电气损耗，增加发电成本，同时也可能对设备本身造成损害，缩短使用寿命^[1]。

2.2 火力发电厂的电能管理制度存在漏洞

电能管理制度是火力发电厂实现高效运行和成本控制的重要基石，可由于当前部分发电厂在电能管理方面存在显著漏洞，这会严重制约节能降耗目标的实现。首先，技术管理人员在日常工作中往往过于关注发电量和设备稳定性，而忽视了用电率的监控与优化，导致不必要的电能浪费。其次，在设备选型与配置过程中，缺乏科学严谨的评估机制，

【作者简介】杨青泽（1995-），男，蒙古族，中国内蒙古霍林郭勒人，本科，助理工程师，从事电气工程及其自动化研究。

有时为了短期内的发电效率提升,盲目选用功率过大的电气设备,这些设备在部分负荷或轻载状态下运行,其效率远低于设计值,造成了大量的电能浪费。最后,对电能使用情况的定期审计和分析不足,也是电能管理制度中亟待完善的一环,它使得发电厂难以及时发现和纠正能源使用中的不合理现象。

2.3 铁磁损耗过多

火力发电厂在电力转换和传输过程中,会大量使用铁制材料,如变压器铁芯、电机定子等,这些铁制材料在交变磁场的作用下,会产生显著的磁滞损耗和涡流损耗,成为发电厂电气损耗的重要来源之一^[2],其中磁滞损耗是由于铁磁材料在磁化过程中,磁畴壁移动和磁畴转向所消耗的能量;涡流损耗则是交变磁场在导体内部产生涡流,进而因焦耳热效应而产生的能量损失,这些损耗不仅会直接增加发电厂的电能消耗,同时还会导致交变磁场线路内部温度升高,从而加速设备绝缘老化,降低了设备运行的可靠性和使用寿命。

2.4 照明损耗过多

照明设备在火力发电厂的生产运营中发挥着至关重要的作用,因为其为工作人员提供了必要的工作环境照明,然而照明损耗过多的问题却不容忽视。首先,由于部分发电厂使用的照明灯具寿命较短,需要频繁更换,这不仅增加了维护成本,还因频繁开关灯具造成了额外的电能消耗。其次,一些发电厂缺乏节能灯具的应用,仍在传统的高能耗照明设备,未能充分利用现代LED等高效节能光源的优势,最后,照明电路与动力负荷电路的共线设计也是导致照明损耗增加的原因之一,动力负荷电路的高电压、大电流环境对照明电路产生干扰,不仅影响了照明质量,还加剧了电能的无谓消耗。

2.5 缺乏节能降耗意识

从发电厂管理层到一线员工,普遍存在着对节能降耗重要性认识不足的问题,这是因为管理层在决策过程中,往往过于关注发电量和经济效益,而忽视了节能降耗对企业长远发展的战略意义,特别是在设备采购和选型时,过分追求高效率和多功能,而忽视了设备的能效比和节能潜力。同时,再加上如今一线员工在日常工作中也缺乏节能降耗的主动性和积极性,对不合理的用电行为习以为常,未能采取有效措施减少能源浪费,这种缺乏节能降耗意识的现状,不仅会导致火力发电厂能源利用效率的低下,还会增加企业的运营成本和环境负担,因此加强节能降耗宣传教育,增强全员节能意识,是推进火力发电厂节能降耗工作的首要任务。

3 火力发电厂电气节能降耗技术措施

3.1 降低铁磁损耗

3.1.1 选用非导磁性材料

在火力发电厂中,铁磁损耗是一个不可忽视的能耗源,因此为有效降低铁磁损耗,首要任务是材料替换,如可以通

过选用合金材料等非导磁性材料来替代传统的铁制材料,从而从根本上减少磁滞损耗和涡流损耗,而且这些非导磁性材料在交变磁场中不会产生显著的磁化现象,因此能够有效避免磁滞和涡流带来的能量损失。所以在实际应用中,应对发电厂的各个关键部件进行全面评估,识别出哪些部件适合采用非导磁性材料替换,并进行逐步更换,以达到最佳的节能效果^[3]。

3.1.2 优化母线 and 钢结构布置

当然除了材料替换外,优化母线和钢结构的布置也是降低铁磁损耗的重要手段,因此在布置母线时,应避免其与钢结构平行或接近,以减少因磁场相互作用而产生的额外损耗。与此同时,钢结构的设计也应考虑到磁场的影响,尽量避免形成闭合回路,特别是使用单相导体支撑钢结构搭建闭合回路的情况应严格禁止,唯有通过科学合理的布置,可以最大限度地减少磁场干扰,降低铁磁损耗。除此以外,定期对母线和钢结构进行检查和维护,确保其处于良好状态,也是降低铁磁损耗的有效措施之一。

3.1.3 加强磁场屏蔽措施

为了进一步降低铁磁损耗,还可以采取磁场屏蔽措施,发电厂在磁场较强的区域可以尝试设置屏蔽层或采用低电阻率材料制作屏蔽环等,以阻隔或减弱磁场对周围设备的影响,因为这些屏蔽措施可以有效降低磁场强度,减少铁磁材料的磁化现象,从而降低磁滞和涡流损耗,此外,在选择屏蔽材料时,还应综合考虑其导电性、导磁性以及经济性等因素,选择最合适的材料进行应用,同时屏蔽措施的设计和施工也需遵循科学规范,确保其能够有效发挥作用。

3.2 降低照明损耗

3.2.1 应用照明调压技术

针对火力发电厂的照明系统电压过高导致的能耗问题,可以运用照明调压技术来降低照明系统电压,如可以通过安装照明调压器,根据实际需要调整照明系统的电压水平,使其在满足照明需求的同时尽可能降低能耗;而照明调压器则可以根据照明负载的变化自动调节输出电压,保持照明灯具在最佳工作状态下运行,从而延长灯具使用寿命并减少能耗;还可以考虑采用智能照明控制系统,通过预设场景模式、定时开关等功能实现对照明系统的精细化管理,进一步提高节能效果^[4]。

3.2.2 推广高效节能灯具

如今随着科技的进步和环保意识的提高,市场上出现了越来越多的高效节能灯具产品,其中这些灯具采用先进的发光技术和材料制成,具有发光效率高、能耗低、寿命长等优点,因此火力发电厂在采购照明设备时,应优先考虑高效节能灯具的应用,并通过对比不同品牌和型号的灯具性能参数及实际使用效果,去选择性价比最高的产品进行采购和使用,同时在使用过程中还应注意灯具的维护和保养工作,确保其保持良好的工作状态和照明效果。

3.2.3 合理布线降低电压损耗

当然除了应用照明调压技术和推广高效节能灯具外,合理布线也是降低照明损耗的重要措施之一,所以在照明系统的设计和施工过程中,发电厂应充分考虑电压损耗问题并采取有效措施进行降低,这样一方面可以通过合理规划线路走向和截面大小来减少线路电阻和电压降^[9];另一方面可以采用分段供电或多点供电等方式来平衡负载分配并减少电压波动。除此以外,还应注意照明系统与动力负荷系统的分离布线问题避免相互干扰和影响确保照明系统的独立性和稳定性从而提高照明效果和节能效果。

3.3 汽轮机节能降耗

3.3.1 优化凝汽器运行策略

凝汽器作为汽轮机系统中的关键组件,其运行效率直接影响到整个机组的能耗水平,因此为了维持凝汽器的最佳真空状态,火力发电厂需采取一系列优化措施,其中清洗冷却面是首要任务,因为定期清除冷却管内壁上的污垢和沉积物,可有效提高热交换效率,减少冷却水用量,从而降低能耗。其次,提升真空系统的严密性同样关键,通过加强密封检查、修复泄漏点等手段,减少不凝气体进入凝汽器,保持真空度的稳定,也是节能降耗的有效途径。最后,还要对凝汽器真空系统进行定期检查,及时发现并处理潜在泄漏点,避免真空度下降带来的额外能耗,是确保凝汽器长期高效运行的重要保障。

3.3.2 精细化汽轮机启停与运行管理

汽轮机的启停和运行过程对能耗的影响不容忽视,因此火电厂需要在启停过程中,通过精确计算和优化参数设置,如控制蒸汽参数、合理调整进汽阀门开度等,可以显著缩短启动时间,减少不必要的预热和排气过程,从而提高启动效率;并且在运行期间,还需要根据负荷变化灵活调整定压调节方式,去保持燃烧稳定和水循环平衡,有助于减少因负荷波动引起的能耗增加,特别在停机时采用滑参数停机方式,不仅可以充分利用锅炉余热进行辅助加热或保温,还能有效降低设备温度,为后续检修工作创造有利条件,间接促进节能降耗。

3.4 电气系统节能优化

3.4.1 变频调速技术的深度应用

变频调速技术在火力发电厂电气系统中的应用日益广泛,且已然成为节能降耗的重要手段之一,其中通过变频调速装置精确控制循环水泵等关键设备的转速,可以根据实际

需求实时调整设备输出功率,避免传统恒速运行中的能源浪费。结合 PLC(可编程逻辑控制器)和 PID(比例—积分—微分)控制技术,构建自动化控制平台,实现对真空循环系统的精准调控,这一集成化控制系统能够实时监测系统运行参数,自动调整变频器的输出频率,确保系统始终运行在最优工况下,从而实现能耗的最小化。此外,变频调速技术的应用还有助于减少机械磨损和振动,延长设备使用寿命,进一步提升整体经济效益。

3.4.2 铁磁损耗的综合治理策略

铁磁损耗作为电气系统中的重要能耗来源之一,其治理策略需从多方面入手,除了前文提到的选用非导磁性材料替代铁制材料外,优化钢结构布置也是降低铁磁损耗的有效途径,其中通过科学设计钢结构布局,避免母线与钢结构平行排列或形成闭合回路以减少涡流产生。同时,引入低电阻率非导磁材料制作屏蔽环等装置覆盖在易产生涡流的区域周围形成有效的磁屏蔽层进一步阻断涡流路径降低铁磁损耗。除此以外,加强对设备周围磁场的监测与分析利用电磁仿真软件模拟磁场分布情况为优化设计方案提供数据支持也是提升治理效果的关键步骤之一,这样通过实施这些综合治理策略火力发电厂可以显著降低电气系统中的铁磁损耗提高能源利用效率为可持续发展贡献力量。

4 结语

总而言之,火力发电厂电气节能降耗技术的实施对于提高能源利用效率、降低生产成本和保护环境具有重要意义,因此其可以通过降低铁磁损耗和照明损耗以及提升节能降耗意识等措施去有效降低火力发电厂的电气能耗,并对汽轮机节能降耗和电气系统节能等技术措施进行优化,从而为火力发电厂的节能降耗提供了有力支持。

参考文献

- [1] 刘顺,张付忠.火力发电厂电气节能降耗技术措施探究[J].科技风,2018(32):190.
- [2] 尤纪超.火力发电厂电气节能降耗技术措施探析[J].山东工业技术,2018(7):175.
- [3] 李鹏.浅析火力发电厂电气节能降耗[J].能源与节能,2017(12):73-74.
- [4] 李诗峰,高静.火力发电厂的电气节能降耗技术应用策略研究[J].工程建设与设计,2017(16):36-37.
- [5] 高纪力.火力发电厂电气节能降耗的问题与技术措施[J].河南科技,2015(18):103-104.

Analysis of Status Monitoring and Fault Diagnosis Technology for Power System Equipment

Lianbiao Yang Jian Wei

State Grid Songyuan Power Supply Company, Songyuan, Jilin, 138000, China

Abstract

In the power system, the stable operation of equipment is the key to ensure the continuity and reliability of power supply, but due to the influence of various internal and external factors, such as aging, wear, environmental changes, etc., it will inevitably appear failure. If these faults cannot be detected and dealt with in a timely manner, they may have a serious impact on the power system, and even cause regional or large-scale power outages, bringing huge economic losses to society. Therefore, conducting research and application of power system equipment status monitoring and fault diagnosis technology is of great significance for improving the safety and stability of the power system. The paper will analyze the status monitoring and fault diagnosis technology of power system equipment, hoping to be helpful to readers.

Keywords

power system; equipment status; monitoring; fault; diagnostic technology

电力系统设备状态监测与故障诊断技术分析

杨连彪 魏建

国网松原供电公司, 中国 · 吉林 松原 138000

摘 要

在电力系统中, 设备的稳定运行是确保电力供应连续性和可靠性的关键, 但是由于设备在运行过程中受到各种内外部因素的影响, 如老化、磨损、环境变化等, 难免会出现故障。这些故障若不能及时发现和处理, 将可能对电力系统造成严重影响, 甚至引发区域性或大规模的停电事故, 给社会带来巨大经济损失, 因此开展电力系统设备状态监测与故障诊断技术的研究和应用, 对于提高电力系统的安全性和稳定性具有重要意义。论文将对电力系统设备状态监测与故障诊断技术进行分析, 希望能够对广大读者有所帮助。

关键词

电力系统; 设备状态; 监测; 故障; 诊断技术

1 引言

电力系统作为现代社会的重要基础设施, 其安全、稳定运行对于社会经济的发展和人民生活质量的提高具有重要意义, 特别是如今随着电力系统规模的不断扩大和结构的日益复杂, 设备的运行状态和健康状况成为保障电力系统安全运行的关键因素, 但因为传统的定期检修和维护方式已难以满足现代电力系统的运行需求。所以, 设备的状态监测与故障诊断技术应运而生, 并逐渐成为电力系统维护管理的重要手段, 因此分析电力系统设备状态监测与故障诊断技术对于社会而言有着重要的意义。

2 电力系统设备状态监测与故障诊断的必要性

2.1 保障电力系统稳定运行

电力系统的稳定运行是现代社会正常运作的基石, 任何微小的故障都可能引发连锁反应, 导致大规模停电, 对社会经济造成严重影响, 因此保障电力系统设备的稳定运行就显得尤为重要, 所以电力企业需要通过实施电力系统设备状态监测与故障诊断技术去实时掌握设备的运行状态, 及时发现潜在的故障隐患。其中, 这些技术主要是利用先进的传感器和数据分析算法, 去对设备的各项运行参数进行持续监测, 一旦发现异常, 便会立即启动预警机制, 通知维护人员进行处理, 这样不仅能够迅速排除故障, 防止其扩大化, 还能确保电力系统的整体稳定性, 避免因设备故障引发的连锁反应, 从而保障电力供应的连续性和可靠性。

2.2 减少经济损失

电力系统设备的故障不仅会影响电力供应, 同时还会给供电企业和用户带来直接的经济损失, 因为设备故障可能

【作者简介】杨连彪 (1985-) , 男, 中国黑龙江佳木斯人, 本科, 工程师, 从事电力系统、电力工程研究。

导致停电，从而影响工业生产和居民生活，进而造成经济损失。此外，设备损坏本身也是一笔不小的开销，而如果可以通过实施状态监测与故障诊断技术，那么电力企业便能够在故障发生前及时发现并处理潜在问题，避免设备损坏和停电事件的发生，这样不仅能够减少因故障导致的直接经济损失，还能避免因停电引发的间接经济损失，如生产线中断、客户投诉等。由此可见，状态监测与故障诊断技术的应用对于降低经济损失具有重要意义。

2.3 提升维护效率

传统的定期检修方式存在诸多弊端，如检修周期长、资源浪费、无效维护等，而状态监测与故障诊断技术则能够实现设备的精细化监测和定期维护，大大提高维护效率，这些技术主要是通过实时监测设备的运行状态和性能参数，去对设备的健康状况进行准确评估，从而制定出科学合理的维护计划，这样不仅能够减少不必要的停机时间，提高设备的利用率，还能避免过度维修和无效维护，降低维护成本；同时通过数据分析和预测模型，电力企业还能够提前预测设备的维护需求，合理安排维护资源，进一步提高维护效率。

3 电力系统设备状态监测技术的应用要点

3.1 在线状态监测

在线状态监测作为电力系统设备维护的核心环节，其重要性不言而喻，因为该技术主要是通过精密布置的传感器网络，去实时捕捉设备运行中的各项关键参数，确保数据的即时性与准确性，特别是在故障诊断阶段，系统会自动从海量数据中提取关键指标，并与预设的阈值或历史健康数据库进行对比，精准识别任何偏离正常范围的异常信号，进而初步判断故障类型与位置，这一过程不仅迅速，而且能够覆盖从轻微磨损到严重故障的各种情况；而监测分析环节则会进一步深化，并通过复杂的数据处理算法，对诊断结果进行交叉验证与趋势预测，为维护决策提供科学依据，最终状态监测持续运行，确保设备状态的实时监控，任何细微变化都难逃其“法眼”，真正实现了设备健康管理的智能化与自动化。

3.2 离线状态监测

离线状态监测其低成本与安装便捷性使得小型电力系统或特定关键设备得以轻松纳入监测范围，在离线监测过程中，技术人员会在设备停机期间，利用便携式检测设备对设备进行全面而深入的检查，这种检查不仅限于表面现象的观测，更深入到设备内部结构，通过专业的测试手段，如超声波检测、红外热成像等，揭示潜在问题。与此同时，离线监测还注重数据的积累与分析，并通过定期比对历史记录，评估设备性能变化趋势，为预防性维护提供有力支持。除此以外，离线监测还强调与在线监测数据的联动分析，形成更为全面的设备健康画像，确保监测结果的科学性与准确性。

3.3 无人检修监测

无人检修监测技术的兴起，标志着电力系统设备监测进入了全新的智能时代，其中该技术主要深度融合了物联

网、大数据、人工智能等前沿科技，实现了对设备的远程、实时、精准监测，并通过遍布设备的智能传感器，使得无人检修监测系统能够不间断地收集设备运行数据，接着再利用先进的算法模型进行即时分析，快速识别潜在故障风险；至于在故障诊断方面，无人检修监测不仅限于单一参数的异常检测，更能通过多源数据融合与深度学习技术，实现复杂故障模式的智能识别与定位；同时系统还能根据诊断结果自动生成维护建议，指导现场人员快速响应。

4 电力设备故障诊断技术的具体应用

4.1 红外诊断技术的深入应用

红外诊断技术在电力设备故障诊断领域的应用日益广泛，其独特的非接触式测量方式使得在不中断设备运行的情况下即可进行故障检测成为可能，其中该技术主要是通过高精度的红外热像仪捕捉设备表面的红外辐射能量，并将其转化为可视化的温度分布图，直观展示了设备的热状态，如在变压器、开关柜等大型电力设备的日常维护中，红外诊断技术能够迅速识别出因电流过载、接触不良等原因导致的局部过热区域，从而提前发现潜在的故障点。除此以外，红外诊断技术还能在不停电的情况下对设备进行全面扫描，大大提高故障诊断的效率和准确性。

4.2 高频局放检测的精准定位

高频局放检测作为电力设备绝缘状态评估的重要手段，其在高压电缆、变压器等关键设备的绝缘故障检测中发挥着不可替代的作用，其中该技术主要通过捕捉设备内部产生的高频局部放电信号，结合先进的信号处理与分析算法，实现了对绝缘缺陷的精准识别与定位，而且高频局放检测具有极高的灵敏度，能够检测到微弱的放电信号，从而提前预警潜在的绝缘故障。与此同时，该技术还能对放电信号进行波形分析，提供关于绝缘缺陷类型、位置及严重程度的详细信息，为后续的维修决策提供了有力支持。

4.3 电流、电压波形分析的直观判断

电流、电压波形分析作为电力设备故障诊断的经典方法之一，其直观性和准确性得到了广泛认可，其中该技术主要是通过采集设备运行过程中的电流和电压波形数据，并利用信号处理技术提取波形特征参数，进而对设备的运行状态和故障情况进行综合评估，如在变压器、发电机等电力设备的故障诊断中，电流、电压波形分析能够准确识别出波形畸变、相位偏移等异常现象，从而判断设备是否存在匝间短路、接地故障等问题；波形分析的直观性使得技术人员能够迅速理解设备状态，为快速定位故障点并采取有效措施提供了有力支持；同时随着数据处理技术的不断进步，电流、电压波形分析将更加智能化、自动化，为电力设备的稳定运行保驾护航。

5 电气设备管理的全面措施

5.1 加强周期维护与检测，筑牢安全防线

为了确保电气设备的长期稳定运行，加强周期性的维

护与检测是至关重要的,因此企业应依据设备特性与运行环境,科学制定维护计划与检测标准,去确保每一项维护工作都能精准到位,并通过定期对设备全面的性能评估与故障排查,去及时发现并解决潜在问题,有效防止小故障演变为大灾难。与此同时,还可以建立完善的维护数据记录与分析体系,并利用大数据手段深入挖掘设备运行规律,为后续的维护策略调整提供有力依据,这样不仅能提升设备可靠性,还能显著降低因故障导致的经济损失。

5.2 健全运维管理机制,明确责任与规范

健全的运维管理机制是保障电气设备高效运行的关键,因此电力企业可以通过明确各级运维人员的职责分工,去确保每项工作都有专人负责,避免责任不清导致的推诿扯皮,同时制定详尽的操作规范与安全标准,引导运维人员按章操作,减少人为失误引发的安全事故。除此以外,电力企业还可以建立健全的奖惩机制,既能激励优秀员工保持工作热情,又能对违规行为形成有效震慑,全面提升运维团队的执行力和凝聚力。

5.3 优化设备使用流程,提升操作效率与安全

优化设备使用流程是减少故障发生、提升操作效率与安全性的的重要途径,因此企业应针对每种设备的特点,制定详细、易懂的操作规程和安全规范,确保操作人员能够迅速掌握并严格执行。同时,加强对操作人员的持续培训与监督,帮助他们不断提升技能水平和安全意识,减少因操作不当导致的设备损坏或安全事故。除此以外,还能够通过引入先进的设备管理系统,去实现设备使用的自动化、智能化调度,从而进一步降低人为因素干扰,提升整体运行效率与安全性。

5.4 强化监督管理,确保设备健康运行

企业应建立完善的监督管理体系,通过定期巡查、专项检查等方式,全面掌握设备运行状态与潜在问题,对于发现的问题,要立即启动应急响应机制,迅速组织力量进行处置,防止问题扩大化。同时,还要加强与设备制造商、专业服务机构等的合作与交流,共同探索更加科学、高效的监督管理方法,这样通过这些努力,企业便能够实现对电气设备的

的全方位、全过程监管,确保其始终处于最佳运行状态。

5.5 改进运维管理技术,引领智能化升级

如今随着科技的飞速发展,新的运维管理技术不断涌现为电气设备的运维管理带来了前所未有的机遇,所以企业应积极引进和应用新技术、新方法,不断提升运维管理的智能化水平,如企业可以利用物联网技术实现设备的远程监控与故障诊断;运用大数据分析技术对设备的运行状态进行精准预测与评估;通过人工智能算法优化维护计划与资源配置等。这些新技术的应用将显著提升运维管理的效率与准确性,降低运维成本,同时为企业创造更多价值。除此以外,企业还应关注行业动态与前沿技术发展趋势,及时调整运维管理策略与技术路线,确保始终走在行业前列。

6 结语

总而言之,电力系统设备的状态监测与故障诊断技术是保障电力系统稳定运行的重要手段之一,通过实施状态监测和故障诊断技术,可以及时发现设备的潜在故障和异常情况,并采取相应的措施进行处理,确保电力系统的安全性和稳定性。同时,加强电气设备的管理和维护工作也是保障设备稳定运行的重要保障,相信未来随着技术的不断进步和发展,电力系统设备的状态监测与故障诊断技术将更加智能化和自动化,为电力系统的稳定运行提供更加有力的支持。

参考文献

- [1] 郑李利.电力系统设备状态监测与故障诊断探讨[J].科技风,2018(20):194.
- [2] 范海峰,李新华.电力系统设备状态监测及故障诊断技术研究[J].橡塑技术与装备,2015,41(20):159-160.
- [3] 邢芝福.电力系统设备状态监测与故障诊断技术分析[J].天津科技,2017,44(7):65-67.
- [4] 王旭.探讨电力系统设备状态监测与故障诊断技术分析[J].经济技术协作信息,2010(33):1.
- [5] 安博,肖辉,张皓.电气设备状态监测与故障诊断技术浅析[J].商情,2018(3).
- [6] 范海峰,李新华.电力系统设备状态监测及故障诊断技术研究[J].橡塑技术与装备,2015(20):2.

Discussion on the Green Transformation Path of Natural Gas Storage and Transportation Industry under the Target of Carbon Neutral Industry

Yangyang Tian

Liaohe Oilfield Gas Group Company, Panjin, Liaoning, 124010, China

Abstract

Driven by the carbon neutral target, the natural gas storage and transportation industry is facing an urgent need for green transformation. Firstly, this study analyzed the current situation of natural gas storage and transportation industry and its carbon emission characteristics in the context of carbon neutrality. The quantitative analysis and case study were used to explore the main carbon sources and their emission reduction potential in the gas storage and transportation. The results show that carbon emissions can be significantly reduced by optimizing storage and transportation technologies, introducing renewable energy sources and improving energy efficiency. In addition, this paper proposes several green transformation paths, including strengthening industry supervision, promoting technological innovation, improving infrastructure construction, and building a diversified energy supply system. The implementation of these paths will not only help to achieve the carbon neutral goal, but also promote the sustainable development of the natural gas storage and transportation industry. The research conclusions provide an important reference for policy makers and industry practitioners.

Keywords

carbon neutral; natural gas storage and transportation; green transformation; emission reduction potential; sustainable development

碳中和目标下天然气储运行业的绿色转型路径探讨

田阳阳

辽河油田燃气集团公司, 中国 · 辽宁 盘锦 124010

摘 要

在碳中和目标的驱动下, 天然气储运行业面临绿色转型的迫切需求。本研究首先分析了碳中和背景下天然气储运行业的现状及其碳排放特征。采用定量分析与案例研究相结合的方法, 探讨了天然气储运过程中的主要碳源及其减排潜力。研究结果表明, 通过优化储运技术、引入可再生能源以及提升能源利用效率, 可以显著降低碳排放。此外, 论文提出了若干绿色转型路径, 包括强化行业监管、推进技术创新、提升基础设施建设以及构建多元能源供应体系。这些路径的实施, 不仅有助于实现碳中和目标, 还将促进天然气储运行业的可持续发展。研究结论为政策制定者和行业从业者提供了重要参考。

关键词

碳中和; 天然气储运; 绿色转型; 减排潜力; 可持续发展

1 引言

在全球气候变化的背景下, 各国都在努力实现碳中和目标。中国计划在 2060 年前实现碳中和。天然气作为一种相对清洁的能源, 在减少碳排放中起重要作用。但是, 天然气的储存和运输过程中会产生碳排放, 为了实现碳中和, 天然气储运行业需要进行绿色转型。研究发现, 通过改进储运技术、使用可再生能源和提高能源效率, 可以减少碳排放。具体方法包括加强行业监管、推进技术创新、提升基础设施

建设和建立多种能源供应体系。这些措施不仅能减少环境污染, 还能促进行业的可持续发展。研究为政策制定者和行业从业者提供了参考, 帮助他们在碳中和背景下实现更高质量的发展。这篇研究的目的是为天然气储运行业的绿色转型提供科学依据和实践方法, 推动行业朝着更环保的方向发展。

2 天然气储运行业的碳排放现状分析

2.1 天然气储运行业概述

天然气储运行业是天然气供应链中的关键环节, 涵盖天然气的储存和运输^[1]。储运过程包括液化、气化、管道输送以及储存设施的建设和维护。天然气储运的主要形式有液化天然气 (LNG) 和压缩天然气 (CNG), 其中液化天然气通过将天然气冷却至 -162°C 液化后便于储存和长距离

【作者简介】田阳阳 (1987-), 女, 中国辽宁铁岭人, 本科, 助理工程师, 从事天然气集输、液化、压缩、储存等研究。

运输，而压缩天然气则通过高压压缩在低温条件下存储和运输。

天然气储运行业对能源安全和市场稳定具有重要意义。通过储存技术的应用，能够在需求高峰期提供稳定的天然气供应，缓解供需矛盾。天然气作为一种清洁能源，其储运技术在能源转型过程中起到关键作用。储运过程中的碳排放问题不容忽视。

天然气储运涉及多个环节，每个环节都会产生不同程度的碳排放。在液化过程中，由于需要大规模制冷，往往消耗大量电力，导致碳排放增加。运输环节，尤其是长距离管道运输和 LNG 船舶运输，由于使用燃料驱动，也会产生相应的碳排放。天然气储存设施的建设和运营同样会产生温室气体排放。

全面了解天然气储运行业的运作模式和碳排放特征，对于制定有效的减排策略至关重要。通过技术优化和管理措施，可以在确保能源供应的实现天然气储运过程的绿色转型，为实现碳中和目标奠定基础^[2]。

2.2 碳排放特征及主要来源

天然气储运行业的碳排放特征主要体现在储存和运输过程中产生的直接和间接排放。直接排放源包括天然气在储存设施中的泄漏和燃烧过程中的二氧化碳、甲烷等温室气体的排放。甲烷作为主要成分，其温室效应远高于二氧化碳，储存设施的老化和维护不善导致泄漏增多。运输过程中，使用燃气轮机或内燃机动力的运输工具，如液化天然气船舶和管道压缩机站，也会产生大量二氧化碳和氮氧化物等排放物。

间接排放则来源于能源消耗，包括电力驱动的压缩机、泵及其他辅助设备的用电需求。电力生产过程中若依赖化石燃料，间接碳排放量相当可观。液化天然气（LNG）生产过程中的液化和电气化环节，因需大量低温冷却技术，能耗较高，进一步增加了碳排放负担。

行业内部设备和技术的落后、管理不规范及能源结构单一等因素，进一步加剧了碳排放问题。这些排放特征及其来源的明确，有助于制定针对性的减排措施，为天然气储运行业的绿色转型提供科学依据。

2.3 碳排放现状及统计数据分析

天然气储运行业的碳排放现状复杂多样，主要包括运输过程中燃料燃烧排放、设备运行排放以及储存过程中可能的泄漏排放。运输环节的碳排放主要来自天然气管道和运输车辆的燃料燃烧，统计数据显示，该环节占总排放量的 40% 以上。设备运行排放则包括压缩机、泵等设备的能源消耗及其伴随的碳排放，占比约为 30%。在储存过程中，因储罐和管道的泄漏可能导致温室气体直接排放，虽然占比相对较小，但仍不可忽视。综合数据分析，天然气储运行业年均碳排放量呈上升趋势，亟需有效的减排措施。

3 天然气储运行业绿色转型的技术路径

3.1 储运技术的优化与改进

天然气储运技术的优化与改进在实现碳中和目标中起着关键作用。当前天然气储运行业面临的主要挑战之一是储运过程中的能量损失和碳排放。为解决这一问题，需通过多方面的技术创新和改进来提高效率、降低排放。

天然气的液化技术优化显得尤为重要。液化天然气（LNG）在储存和运输过程中能量密度高，运输效率高，但液化过程中的能量消耗较大。通过改进液化工艺，如采用更高效的冷却技术和先进的绝缘材料，可以显著降低能耗和碳排放。

压缩天然气（CNG）储运技术的改进也是一个重要方向。传统的 CNG 储运需要高压设备，其制造和维护过程中存在较大的能耗和安全风险。新型材料的应用和储运设备的优化，如碳纤维复合材料的高压气瓶，不仅减轻了设备重量，还提升了储运安全性和效率。

智能化监控与管理技术在天然气储运中的应用也越来越广泛。通过物联网（IoT）和大数据分析技术，可以实时监测储运设备的运行状态，及时发现和解决问题，避免能源浪费和泄漏。智能调度系统的引入，可优化运输路线和方式，提高整体运营效率，减少碳排放。

天然气储运中的能量回收与利用技术是减少碳排放的重要措施。利用储运过程中的压差和温差进行能量回收，如利用膨胀机进行能量回收，不仅提高了能源利用效率，还减少了二氧化碳的排放。

总的来说，通过液化、压缩、智能监控和能量回收等技术的优化与改进，天然气储运行业可以显著降低碳排放，为实现绿色转型提供有力支持^[3]。

3.2 可再生能源在天然气储运中的应用

天然气储运行业绿色转型过程中，可再生能源的应用是实现碳减排的重要途径之一。太阳能和风能作为主要的可再生能源，能够在天然气储运的多个环节中发挥关键作用。例如，太阳能光伏系统可以为天然气储运站提供电力支持，替代传统化石燃料发电，减少碳排放。风能发电系统可通过并网或离网模式，为储运设施提供清洁能源，降低对化石燃料的依赖。

在实际应用中，天然气压缩和液化过程中的能耗问题较为突出。采用太阳能和风能驱动的压缩和液化设备，可以显著减少这些过程中的碳排放。利用可再生能源供电的储运站可以通过智能电网技术实现能源的高效调度与管理，提高整体能源利用效率。

通过引入可再生能源，不仅可以降低天然气储运环节的碳足迹，还能够为行业提供稳定的能源供应，减少因传统能源波动带来的不确定性。这些措施的实施，不仅助力碳中和目标的实现，还推动天然气储运行业的可持续发展。

3.3 提升能源利用效率的策略

提升天然气储运行业的能源利用效率，需采取多方面策略。优化设备和工艺流程，通过采用高效压缩机和先进的液化技术，减少能源消耗。加强管道保温和防腐措施，降低能量损失。引入智能管理系统，实现对储运全过程的实时监控与优化调度，确保能源的合理利用。推动能源回收利用技术，如余热回收，提升整体能源利用率。这些策略的实施将显著提高天然气储运过程中的能源效率，助力绿色转型目标的实现。

4 实现绿色转型的综合措施

4.1 行业监管与政策支持

行业监管与政策支持在天然气储运行业的绿色转型中扮演着至关重要的角色。制定和实施严格的环境法规是减少碳排放的重要手段。监管机构应设立明确的碳排放标准，强制企业遵守这些标准，通过严格的监督和定期检查，确保企业在储运过程中采取必要的减排措施。政府应出台相关政策，鼓励企业进行技术创新和绿色转型。政策支持可以包括税收减免、补贴以及低息贷款等，以降低企业在绿色转型过程中的经济负担，激励其主动进行设备升级和技术改造。

加强国际合作和经验交流也是推进绿色转型的重要措施。通过与先进国家和国际组织的合作，借鉴其在天然气储运减排方面的成功经验，可以为本国行业的绿色转型提供宝贵的参考。

制定长远的行业发展规划也是必不可少的。规划应包括短期和中长期目标，明确各阶段的任务和实现路径，确保绿色转型的有序推进。监管机构需持续跟踪和评估政策的实施效果，根据实际情况进行调整和优化，确保政策的灵活性和有效性。通过上述措施，天然气储运行业将在实现碳中和目标的道路上迈出坚实的步伐。

4.2 技术创新与研发投入

技术创新与研发投入在天然气储运行业绿色转型中具有关键作用。通过持续的研发投入，可以推动关键技术的突破和应用，进而提升行业的环境可持续性和效率。技术创新涵盖了多个方面，包括但不限于新型管道材料的开发、智能监测与控制系统的引入以及碳捕集与储存技术的创新。这些创新不仅能够显著降低碳排放，还能提高能源利用效率，从而减少环境负荷并提升行业的竞争力。研发投入的加强将有助于建立技术创新的长期机制，培育出更多具有市场竞争力的环保技术，推动整个行业向更加可持续的发展方向迈进。

4.3 基础设施建设与多元能源供应体系构建

基础设施建设与多元能源供应体系的构建是天然气储运行业绿色转型的关键环节。现代化的基础设施不仅提高了能源利用效率，也为多元能源供应提供了可能性。为实现绿

色转型，需要对现有基础设施进行全面升级。包括储运设备的更新换代，采用高效节能的技术，减少能源损耗和碳排放。智能化管理系统的引入，通过实时监控和数据分析优化储运过程，提高运营效率和安全性。

构建多元能源供应体系是实现碳中和的重要举措。通过引入可再生能源，如太阳能、风能和生物质能，替代部分传统化石能源，可以显著降低碳排放。能源互补的模式，不仅增强了能源供应的稳定性，还提升了整体能源利用效率。在天然气储运过程中，结合可再生能源的使用，如利用太阳能作为储气设施供电等，都是有效的实践途径。

加强基础设施建设的政策支持和资金投入至关重要。政府应出台相关政策，鼓励企业进行技术改造和设备更新，提供税收优惠和补贴，降低企业绿色转型的成本。通过建立公共资金支持的绿色转型基金，为基础设施建设和技术创新提供长期稳定的资金保障。

国际合作和经验交流也是推进绿色转型的重要手段。借鉴先进国家在绿色基础设施建设和多元能源供应体系方面的成功经验，可以为国内相关企业提供有益的参考。通过跨国合作，共同开发绿色技术，推动天然气储运行业的可持续发展。

基础设施的现代化与多元能源供应体系的构建不仅有助于实现碳中和目标，还将显著提升天然气储运行业的综合竞争力，为行业的长期可持续发展提供坚实基础。

5 结语

这项研究探讨了如何让天然气储运行业变得更环保，目标是实现碳中和。研究分析了目前的状况和碳排放特点，找出了主要的碳排放来源，并评估了减少排放的潜力。研究发现，通过优化储运技术、使用可再生能源和提高能源利用效率，可以有效减少碳排放。还提出了绿色转型的路径，这些对实现碳中和很重要。虽然这些路径在理论上可行，但在实际操作中面临很多挑战，比如技术创新需要很多资金和时间，基础设施的建设也会受到外部因素的影响。此外，加强行业监管需要政策支持和法律保障。未来的研究可以深入分析不同技术的实际效果和成本，评估政策措施对行业转型的具体影响，以及探索国际合作的作用。这些研究将为天然气储运行业的绿色转型提供理论支持和实践指导，帮助实现全球碳中和目标。

参考文献

- [1] 苏建华.基于碳中和目标下天然气产业的发展[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(11):72-73.
- [2] 李军,王建良,刘睿,等.碳中和目标下天然气产业发展的多情景构想[J].天然气工业,2021,41(2):183-192.
- [3] 姚江涛.碳中和目标下信托行业的绿色可持续发展[J].当代金融家,2021(4):90-92.

Exploration of the Application of Big Data Analysis Technology in the Power System

Yongpei Yan

Chang'an University, Xi'an, Shaanxi, 710000, China

Abstract

With the increasing complexity and data volume of the power system, how to effectively utilize big data analysis technology has become a hot research topic. The paper explores the application of big data analysis technology in the power system, including four aspects: data acquisition, data storage, data processing, and data analysis. Using a case study approach, the effectiveness of big data technology in specific applications such as power load forecasting, power grid fault diagnosis, and power market analysis was analyzed. The research results indicate that big data analysis technology can significantly improve the operational efficiency and reliability of the power system, enhance the accuracy of electricity market forecasting, optimize resource allocation, and reduce operating costs. The research in this paper provides a theoretical basis and practical reference for the application of big data in the power system, which is of great significance for the future development of smart grids.

Keywords

big data analysis; electric power system; load forecasting; power grid fault diagnosis; electricity market share

电力系统中大数据分析技术的应用探索

闫泳沛

长安大学, 中国 · 陕西 西安 710000

摘要

随着电力系统的复杂性和数据量的不断增加, 如何有效利用大数据分析技术成为当前研究的热点。论文探讨了大数据分析技术在电力系统中的应用, 包括数据采集、数据存储、数据分析和数据应用四个方面。采用案例研究的方法, 分析了大数据技术在电力负荷预测、电网故障诊断和电力市场分析等具体应用中的效果。研究结果表明, 大数据分析技术能够显著提高电力系统的运行效率和可靠性, 提升电力市场的预测准确性, 并优化资源配置, 降低运营成本。论文的研究为电力系统的大数据应用提供了理论基础和实践参考, 对未来智能电网的发展具有重要意义。

关键词

大数据分析; 电力系统; 负荷预测; 电网故障诊断; 电力市场分析

1 引言

随着社会的快速发展, 电力系统变得越来越复杂, 数据量大增。如何运用大数据分析技术提高电力系统的效率和稳定性变得非常重要。大数据分析技术可以帮助我们更好地预测电力负荷、诊断电网故障、分析电力市场等。这些不仅能提高电力系统的运行效率, 还能优化资源配置、降低运营成本。案例研究证明, 大数据分析在电力系统中有广泛的应用前景。该研究旨在深入探讨如何运用大数据分析技术提高电力系统的效率、可靠性和经济性, 为智能电网发展提供支持。

2 大数据分析技术在电力系统中的应用概述

2.1 大数据分析技术的发展现状

大数据分析技术的发展现状在近年来取得了显著进展, 特别是在处理和分析大量复杂数据方面表现出色^[1]。随着信息技术的迅猛发展, 数据生成速度和数据量呈现指数级增长, 传统的数据处理技术已无法满足现代电力系统的需求。大数据分析技术的出现, 为电力系统提供了新的解决方案, 通过数据挖掘、机器学习和深度学习等先进技术, 实现对海量数据的实时处理和分析。

大数据分析技术的发展主要包括三个方面: 数据采集、数据存储和数据处理。数据采集方面, 智能传感器和物联网设备的普及使得电力系统能够实时获取大量多维数据, 为大数据分析提供了丰富的数据来源^[2]。数据存储方面, 分布式存储技术如 Hadoop 和 NoSQL 数据库的发展, 使得电力系统能够高效存储和管理大规模数据。数据处理方面, 利用并

【作者简介】闫泳沛 (2004-), 男, 中国新疆石河子人, 在读本科生, 从事电气工程及其自动化研究。

行计算和云计算技术,能够快速处理和分析海量数据,为电力系统的各项决策提供支持。

在技术应用方面,大数据分析技术已经广泛应用于各类复杂系统中,积累了丰富的经验。这些技术能够有效应对电力系统中的各类挑战,例如提高电力负荷预测的准确性、实现电网故障的快速诊断和响应、优化电力市场的运营和管理等。通过融合大数据分析技术,电力系统不仅能显著提升运行效率和可靠性,还能实现智能化和自动化管理。

总的来说,大数据分析技术的发展现状展示了其在电力系统中的巨大潜力和广阔前景。未来,随着技术的不断进步和应用的深入,大数据分析技术将在电力系统中发挥更加重要的作用,推动电力系统向智能化、数字化方向发展。

2.2 电力系统的复杂性与数据需求

电力系统具有高度的复杂性,主要体现在其庞大的网络结构和多样的运行状态。其网络结构不仅覆盖广泛的地理区域,还包括发电、输电、配电和用电等多个环节,各环节之间的动态联系使得系统的实时运行状态极其复杂。电力系统的运行环境也极具多变性,电力负荷、天气条件、设备状态等多种因素都会对其稳定和可靠性产生影响。电力系统的数据需求量大且多样化。

这些数据包括但不限于实时监控数据、历史运行数据、设备状态数据和市场交易数据等。为了适应电力系统的复杂性,这些数据需要具备高频率、高精度和高时效性的特点。电力系统的安全和可靠运行依赖于对大量数据的实时分析和处理,以便及时预警和应对可能出现的故障和异常情况。传统的数据处理方法难以满足这种高频海量的数据需求,这就为大数据分析技术在电力系统中的广泛应用提供了契机。

通过利用大数据分析技术,能够在更大范围内对数据进行有效地采集、存储、处理和分析,大幅提升数据利用效率。精确的数据需求和复杂的运行环境对大数据技术提出了新的挑战,也为其在电力系统中的深度应用提供了广阔前景。

2.3 大数据分析技术在电力系统中的应用场景

电力系统中的大数据分析技术应用场景主要包括电力负荷预测、电网故障诊断和电力市场分析等方面。在电力负荷预测中,通过大数据技术能够处理海量历史数据和实时数据,提高预测模型的精度和适应性。在电网故障诊断中,大数据分析技术可以快速准确地识别故障点,优化故障处理流程,减少停电时间和损失^[9]。在电力市场分析中,通过对市场交易数据的深入分析,可以优化电力资源配置,提升市场运行效率,降低运营成本。这些应用场景展示了大数据分析技术在提升电力系统整体性能方面的重要作用。

3 电力系统大数据分析技术的具体应用

3.1 电力负荷预测

在电力负荷预测中,传统方法如时间序列分析和回归模型由于缺乏对多维度数据的处理能力,预测准确率有限。

大数据技术通过整合多源数据,利用机器学习算法,如支持向量机和神经网络,可更全面地捕捉负荷变化规律,实现更高精度的预测。实时数据处理和云计算平台的应用,使得负荷预测更加实时和动态,从而提升了电力系统的管理效率和应对不可预见事件的能力。

传统电力负荷预测方法主要依赖于历史数据和统计模型,如时间序列分析和回归模型。这些方法在数据规模较小、规律较为稳定时效果较好,但面对现代电力系统中海量、多维和复杂的数据时,难以保持高精度和实时性。大数据技术通过机器学习、深度学习等算法,能够从海量数据中提取复杂的非线性关系,提高负荷预测的准确性和响应速度。这种技术还可结合多源数据,实现更加全面和动态地预测,从而显著提升电力系统的运行效率。

3.2 电网故障诊断

电网故障诊断的传统方法主要依赖于人工经验和简单的规则判断,存在响应速度慢、准确性低等局限性。大数据技术在故障诊断中的应用,通过实时采集和分析大量运行数据,实现对电网运行状态的全面监测。采用机器学习和数据挖掘技术,能够快速识别故障类型和定位故障位置,显著提升故障诊断的准确性和效率。大数据技术还可以通过历史数据分析,预测潜在故障,提前进行预防性维护,进一步提高电网的运行可靠性和安全性。

3.2.1 故障诊断的传统方法及其局限性

电力系统故障诊断的传统方法主要包括基于规则的专家系统、模型驱动的诊断方法以及信号处理技术。基于规则的专家系统依赖于专家知识库,通过模式匹配实现故障识别。这种方法对知识库的完整性和准确性要求较高,且难以应对复杂多变的电网状态。模型驱动的诊断方法通过物理模型模拟电力系统运行状态,以检测异常信号。模型的建立和维护工作量大,对应急响应速度较慢。信号处理技术依赖时间序列与频域分析,但难以捕捉高频次和低幅度的故障信号。传统方法仅能处理结构化数据,面对大规模非结构化数据时显得力不从心。实际应用中,不同方法各有局限和不足,无法全面应对日益复杂的电网故障。

3.2.2 大数据技术在故障诊断中的应用

大数据技术在电网故障诊断中的应用显著提升了诊断的准确性和效率。通过对海量历史数据和实时数据的收集与分析,建立故障模型,能够快速识别和定位故障点。机器学习和深度学习算法在大数据平台上对故障数据进行训练和预测,实现了自动化故障识别。数据挖掘技术通过分析电网运行数据,揭示潜在故障模式,帮助运维人员采取预防措施。基于云计算和物联网的综合应用,电网故障诊断系统可以实时监测电网状态,提供故障预警和响应策略,提高电网的整体可靠性和稳定性。

3.3 电力市场分析

大数据分析技术在电力市场预测与优化中发挥着关键

作用。通过对历史数据和实时数据的深入分析,能够更准确地预测电力需求和市场价格变化。机器学习算法,如回归分析、神经网络和支持向量机等,在处理和预测电力市场数据时显示出显著的优势,能够从复杂的数据模式中提取有价值的信息,提高预测的准确性。优化方面,大数据技术可以通过分析市场供需关系,优化发电和输电资源的配置,降低运营成本。基于大数据的市场分析还能帮助识别市场风险和异常,制定更为有效的应对策略,提升市场运行的稳定性和安全性。综合应用大数据分析技术,有助于实现电力市场的智能化和精细化管理,为电力行业的可持续发展提供有力支持。

4 大数据分析技术在电力系统中的应用效果与前景

4.1 提高电力系统运行效率与可靠性

大数据分析技术在电力系统中的应用显著提升了运行效率与可靠性。通过对海量实时数据的采集与分析,可以显著优化电力调度与输配电管理。高效的数据处理架构使得电网能够及时响应负荷变化,减少不必要的电力浪费,减少能耗,并提高整体系统的效率。传统的电力系统依赖于人工调度和经验判断,存在主观性高和响应滞后的问题,难以应对瞬息万变的电力需求和复杂的运行环境。而大数据分析技术结合先进的算法与机器学习模型,可以实现更精准的电力需求预测和负荷调度,从而显著提升系统运行的精准性与灵活性。

综合来看,通过大数据分析技术的应用,电力系统的整体管理水平得到了质的提升。不仅提高了电网的运行效率,降低了能源消耗和运营成本,还提升了系统的安全性与稳定性,为智能电网的实现奠定了坚实的基础。随着技术的不断发展和成熟,未来电力系统在大数据分析技术的支持下,将能实现更加智能化、自动化和高效的运行状态,从而更有效地满足社会对于安全、高效、绿色能源的需求。

4.2 预测准确性的提升与资源优化配置

大数据分析技术在电力系统中的应用不仅提升了预测的准确性,还优化了资源配置。通过运用大数据技术,可以对海量的电力数据进行深入分析,挖掘出潜在的规律和趋势,从而显著提高电力负荷预测的精度。精确的负荷预测能够帮助电力企业更好地制定发电计划,避免因预测误差导致

的电力短缺或浪费。

在资源优化配置方面,大数据分析技术同样发挥了重要作用。通过对电网运行数据的实时监测和分析,可以识别出电网中的瓶颈和故障点,从而及时进行调整和维护,确保电网的稳定运行。大数据技术还可以优化电力资源的分配,合理调度电力资源,降低运营成本。在电力市场中,大数据分析可以对市场走势进行精准预测,帮助企业制定更优的交易策略,提高市场竞争力。

4.3 大数据分析技术在智能电网中的未来发展方向

智能电网的发展方向受到大数据分析技术的深刻影响。大数据分析技术将进一步推动智能电网的自适应能力和实时响应水平,通过深度学习和人工智能等技术手段,实现更为精确的电力需求预测和动态负荷调度。这不仅提高了电网的稳定性和可靠性,也显著降低了能耗和运营成本。物联网技术与大数据分析的结合,使得海量传感器数据能够实时传输和处理,为设备状态监测和预知性维护提供了有力支持。大数据分析技术在电力市场中将发挥更加重要的作用,通过对市场行为和价格波动的预测,为市场参与者提供更为科学的决策支持。随着分布式能源和微电网的普及,大数据分析技术将能够有效整合各类新能源,提高能源利用效率,推动绿色能源的发展。这一系列发展的实现,将为构建更为智能、高效、绿色的电力系统奠定坚实基础。

5 结语

论文研究了大数据在电力系统中的应用,涉及数据收集、存储、处理和分析等方面。大数据在电力负荷预测、电网故障诊断和电力市场等方面有很好的效果,可以提高工作效率、减少成本,但还有些问题需要解决,如数据质量和适用范围。未来研究方向包括提高数据质量,扩展大数据应用范围,以及与其他技术如人工智能、区块链等结合发展。这些研究对智能电网的建设具有重要意义。

参考文献

- [1] 冯鸣娟.电力系统中大数据技术的应用分析[J].数字化用户,2020(8):28-30.
- [2] 周红杰.大数据分析在电力系统故障预测中的应用分析[J].电力设备管理,2022(6):172-174.
- [3] 罗新.电力系统负荷预测中大数据技术的应用[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2023(7):16-18.

Analysis of Natural Gas Distributed Energy Policies and Exploration of Operation and Maintenance Models

Yongshan Zhang

CNOOC Gas & Electric Group Co., Ltd., Beijing, 100028, China

Abstract

In recent years, with the significant increase in public awareness of environmental protection, traditional energy is gradually being replaced by clean energy. As a clean energy source, the development of distributed energy for natural gas is increasingly being valued. The rapid advancement of natural gas distributed energy cannot be separated from the active guidance and support of national policies. This paper explores the diversified business models and thriving development status of natural gas distributed energy projects. Firstly, starting from theory, the basic concept of distributed energy and the definition of this field by national policies are introduced. Then, the investment and financing models of natural gas distributed energy are analyzed in detail, and the engineering models of natural gas distributed energy are discussed. Summarized the current financing channels and engineering models of natural gas distributed energy projects, and proposed a contract energy management model, aiming to provide new ideas and directions for the future development of projects.

Keywords

distributed energy; business mode; BOT; BOO; BOOT

天然气分布式能源政策分析及运维模式探究

张永山

中海石油气电集团有限责任公司, 中国 · 北京 100028

摘 要

近年来, 随着公众环境保护意识的显著提升, 传统能源正逐步被清洁能源所取代。天然气作为一种清洁能源, 其分布式能源的发展日益受到重视。天然气分布式能源的快速推进, 离不开国家政策的积极引导与扶持。论文探讨了天然气分布式能源项目的多样化商业模式及其蓬勃发展现状。首先从理论出发, 介绍了分布式能源的基本概念和国家政策对这一领域的定义, 随后详细分析了天然气分布式能源的投融资模式, 对天然气分布式能源的工程模式进行了论述。总结了目前天然气分布式能源项目的融资渠道和工程模式, 提出了合同能源管理模式, 旨在为项目的未来发展提供了新的思路与方向。

关键词

分布式能源; 商业模式; BOT; BOO; BOOT

1 天然气分布式能源概念介绍

分布式能源(又称分布式发电)是一种布置在用户侧的能源生产和利用方式, 按照用户的需求就地生产并供能, 具有趋近用户侧、清洁低碳、多元互动、灵活高效等特征, 分布式发电是现代能源系统的关键部分, 根据《分布式发电管理暂行办法》(发改能源〔2013〕1381号)的明确规定, 分布式发电指的是在用户所在或其邻近地区建设并安装的发电设施, 这些设施的主要用途是供用户自行发电并优先使用, 当发电量超出用户自身需求时, 允许将多余的电力输送至电网进行并网销售。这些分布式发电设施在配电网中扮演着重要的平衡调节角色, 其中包括了综合梯级利用的多联供

设施。天然气分布式能源作为分布式发电的一个重要分支, 其特点是以天然气作为燃料, 通过高效的冷热电三联供等方式, 实现了能源的多级利用, 从而显著提高了能源的综合利用率, 通常可达到 70% 以上, 天然气分布式能源还强调了在负荷中心附近进行能源供应的就近原则, 进一步提升了能源利用的经济性和环保性。

2 天然气分布式能源政策分析

天然气分布式能源项目有利于保障国家能源安全和实现双碳目标、有利于产业结构优化升级, 有利于保障民生、提升人民群众生活水平, 具有良好经济性和社会效益的天然气利用方向。

为了促进分布式能源的发展, 国家相关部门正致力于探索构建智慧能源与智能微网等系统, 旨在实现多种能源形式的协同互补供应, 以此推动多能互补发展的深入实践, 完

【作者简介】张永山(1978-), 中国山东日照人, 本科, 工程师, 从事城市燃气、分布式能源项目的政策研究。

善能源绿色低碳转型体制机制，强化能源资源项目空间规划布局保障等出台了一系列政策措施。四川省已加强对天然气分布式能源项目管理指导的强化力度，旨在进一步规范该领域项目的建设、运行及监督管理工作，明确并网、电价等事项，完善产业发展配套政策。

2.1 国家层面政策

国家宏观层面开始将燃气分布式能源明确纳入能源领域体制改革重点工作，国务院、国家发改委、国家能源局发布的多个发展战略规划及宏观政策文件中都明确鼓励推动燃气分布式能源的发展。主要具体政策如表 1 所示。

表 1 国家能源发展战略及规划相关政策

发表日期	发布部门	文件名称	(分布式能源相关) 主要内容
2019.10	国家发改委	《产业结构调整指导目录 (2019 年本)》	将天然气调峰发电、天然气分布式能源技术开发与应用、氢能、沼气发电、生物质能清洁供热等列入鼓励类目录
2020.04	国家能源局	《中华人民共和国能源法 (征求意见稿)》	积极合理发展天然气，优化天然气利用结构，提高天然气在一次能源消费中的比重。氢能纳入能源范畴
2021.10	国务院	《国务院关于印发 2030 年前碳达峰行动方案的通知》 (国发〔2021〕23 号)	采取有序措施引导天然气消费，优化利用结构，优先保障民生用气。促进天然气与多种能源融合，因地制宜建设天然气调峰电站。推动清洁电力资源优化配置，构建新能源占比提高的新型电力系统，提升综合调节能力，加快灵活调节电源建设
2024.05	国家发改委	《天然气利用管理办法》	自 2024 年 8 月 1 日起施行，以“规范天然气利用，优化消费结构，提高利用效率，促进节约使用，保障能源安全”为目标，明确天然气利用总体原则、适用范围、管理部门及支持方向，进一步引导天然气市场规范有效发展。第六条明确指出天然气分布式能源项目属于优先发展类

为鼓励、促进燃气分布式能源发展，多个地方政府公布了专项扶持办法，除了政策引导文件外，部分地区对分布式能源项目提出了一定的能源价格补贴，在项目前期设备投资和后期项目运行两方面都给出了相应的经济补贴。

青岛市政府多部门联合在 2019 年 12 月发布了《青岛市加快清洁能源供热发展的若干政策实施细则》(青城管规〔2019〕9 号)，该政策规定新建天然气分布式能源项目验收合格后，可按发电装机容量 1000 元 / 千瓦的标准获得设备投资补贴。项目运行两年后，建设单位需测评年平均能源综合利用效率，出具评定报告，提出设备补贴申请，报市住房和城乡建设主管部门进行能源综合利用效率评定审查，如年平均能源综合利用效率达到 70% 及以上的，再领 1000 元 / 千瓦的补贴。市财政局采取直接拨款的方式，将补助资金划拨至分布式能源建设单位。关于项目补贴金额的具体设定，明确规定每个项目的累计补贴额度不得超过人民币三千万元。此外，针对新建燃气锅炉集中供热项目中涉及居住建筑的部分，以及天然气分布式能源供热项目，政府将按照实际核定的天然气使用量，向清洁能源供热单位提供财政补贴。具体而言，补贴的计算基准为非居民类管道天然气销售价格每立方米人民币 4.45 元 (政府定价) 及居民集中供热价格每平方米 (使用面积) 人民币 30.4 元。针对燃气锅炉集中供热项目中的居住建筑部分，每立方米用气量将享受人民币 2.72 元的补贴政策；同时，对于天然气分布式能源供热项目，每立方米用气量则将获得人民币 1.32 元的补贴支持。

长沙市发展和改革委员会与长沙市财政局 2020 年 4 月共同颁布了《长沙市分布式能源专项资金管理办法》。该办法旨在通过设立专项资金，对长沙市行政区域内实施的分布式能源项目给予财政支持。具体支持范畴涵盖以下五个方面：一是天然气分布式能源站工程，即在本市医院、交通枢纽、学校、宾馆酒店、大型商场及商务中心、大型办公楼及写字楼、工厂等建筑及工业园区、旅游度假区等区域内所建设的天然气分布式能源项目；二是天然气分布式能源产业链的发展，这包括燃气发电机、溴化锂中央空调机组、余热锅炉等核心设备技术及装备的研发，项目运行控制信息系统的研发与推广，以及专业运营的能源管理公司的扶持，还包括项目节能认定的相关工作；三是与天然气分布式能源相关的课题研究，涵盖政策宣传、技术规范的制定、体系建设、评估咨询等多个方面；四是已建成并成功并网发电的分布式光伏发电项目；五是项目管理及清洁能源示范创建等。

2020 年 7 月，上海市发改委颁布《上海市天然气分布式供能系统发展专项扶持办法》。该办法对 2020 年 7 月 1 日至 2022 年 12 月 31 日建成的项目，实施节能补贴政策：①年能源效率 70% 及以上、年利用小时数 2000 小时以上的项目，每千瓦补贴 1500 元；②年能源效率 75% 及以上、年利用小时数 2500 小时以上的项目，给予更高档次补贴。政策旨在促进天然气分布式供能系统高效、可持续发展，推动绿色低碳发展。

2.2 天然气分布式能源指导类文件

除了宏观层面的政策文件外，近年来国家还发布了一

系列专项文件明确鼓励推动天然气分布式能源项目的发展，具体内容如下：

在2017年6月，国家发展和改革委员会正式颁布了发改能源〔2017〕1217号文件，该文件明确指出，将大力推进天然气分布式能源的发展，强调需在大型及中型城市等特定区域内，积极推广天然气分布式能源示范项目，并致力于探索“互联网+”与能源智能微网等前沿创新模式，以实现多类型能源的协同供应及高效梯级利用。此举旨在显著提升能源利用效率，并有效减少环境污染。文件还积极鼓励在天然气管网尚未覆盖的区域内，开展液化天然气（LNG）分布式能源的应用试点工作。

国家能源局综合司在2022年8月正式颁布了《2022年深化“放管服”改革优化营商环境重点任务分工方案》，该方案旨在积极促进分布式发电领域市场化交易的深入实施，强调完善市场交易机制，鼓励就近交易并融入绿色电力体系。明确落实《电网公平开放监管办法》，加强电网接入及互联监管，规范工作流程及时限。要求电网企业公平无歧视，提供优质接入和互联服务，按照要求压缩接网申请受理，方案答复等环节办理时限，提升服务效率与质量。

在有规模热（冷）负荷的工业园区等区域适度建设天然气分布式燃机项目，因地制宜推广用户侧分布式智慧综合能源，夯实供应保障电源基础。同时，我们将积极推进风、光、气多能互补项目试点示范，推动天然气发电与新能源融合发展，加快构建并完善新型电力系统。

3 天然气分布式能源运维模式探究

分布式能源系统集成动力工程、电力输配、电气自动化、制冷工程、热能工程、振动与噪音等学科于一体；涉及燃气输配设备，燃气增压设备，发电机组，制冷机，冷却塔，余热锅炉，压力容器等各种设备；覆盖冷热电的生产，输配和使用全过程，系统的运行维护主要包括系统日常操作、初级保养和维修、高级保养和维修以及故障维修等方面的内容，因此系统运维工作具有专业性强、设备自动化水平高、运行维护技术复杂等特点。我国分布式能源产业正在迅猛发展，在分布式能源项目正式投入运营后，系统的日常维护与保养工作显得尤为关键，它们直接关联到用户能源使用的安全性、可靠性，并进一步影响到用户所能获得的经济效益与社会效益。

目前，中国天然气分布式能源项目的运营维护主要有以下四种模式：①用户自行投资、并自主负责运行维护。②用户自行投资、同时和专业服务提供商合作共同负责运营维护。③业主以全托管形式委托专业运维公司提供全面的运维服务。④合同能源管理模式。

3.1 用户自行投资、并自行负责运行维护模式

国内早期大多数天然气分布式能源项目多为规模较小、系统相对简单的楼宇式项目，系统维护相对简单，运维工作

量也相对较小，因此大多采用业主自行投资并自主运维的操作模式，通常通过对原有的锅炉工、电工、制冷系统管理人员进行一定的技能培训，使其兼管分布式能源系统的运行维护工作。

此模式下运维工作主要包括主要涉及项目生产、管理人员定编，岗位职责说明以及培训、设备管理等内容。

在此种模式下，用户只需进行内部核算，不发生买卖交易，也无需缴纳营业税，因此可以最大程度获取经济收益。但由于天然气分布式能源项目受多项不确定因素影响，对于规模较大、投资成本较高、风险相对较高的天然气分布式能源项目，此模式只适用于经济实力雄厚、用能需求量较大同时抗风险能力较强的企业。

3.2 用户自行投资、专业服务提供商合作运营维护模式

此模式的天然气分布式能源项目由业主投资建设，项目建成后用户仅承担日常操作工作，其他的例行保养和维修和故障维修则由专业运维公司来提供，专业公司保障及时的需求响应。用户仅需对内部人员进行基础的操作和技术培训，使其具备日常操作能力，而专业性更高的运维保养服务工作则由专业服务公司负责响应，解决用户在运营维护过程中遇到的各种问题，以保证天然气分布式能源系统高效、可靠的运行。

此模式下用户需支付服务公司一定的服务费用，产生一定的经济支出，但由于服务公司能够通过其专业性和丰富的经验不断系统运行模式进行优化、提高能源利用率、节约能源成本，反而可以给企业带来更好的经济性。

3.3 用户自行投资、专业服务提供商合作运营维护模式

天然气分布式能源项目建成后，用户将全部的运行维护服务工作以聘请或能源服务形式托管给专业的运维服务公司，确保系统高效、可靠的运行，以保证项目获得最佳的经济效益和社会效益。

随着天然气分布式能源事业的蓬勃发展，其能源利用的高效性及社会效益的示范性受到越来越多企业及投资方的关注，因此预计该模式也会得到越来越广泛的推广和应用，专业的运维公司也会随着天然气分布式能源系统的发展大量涌现。

3.4 合同能源管理模式

合同能源管理模式是由能源服务公司与客户之间签订的正式节能服务协议。根据此协议，能源服务公司负责通过部署分布式能源设备，有效提升客户的能源利用效率，并显著降低其能耗水平。该模式所涵盖的节能服务有：项目规划与设计、项目融资安排、必要设备的采购、施工执行、设备的安装调试等全方位服务。能源服务公司通过实施节能改造后，从客户所实现的节能效益中回收投资成本，并据此获取合理利润。

随着天然气分布式能源项目在数量和规模上的持续扩大,其先进性和优越性愈发凸显。

社会各界均开始不断探索新的运作模式,挖掘市场潜力。合同能源管理模式系基于国外天然气分布式能源发展的成熟经验,逐步在国内推广与应用。尤其是针对大型天然气分布式能源项目,国家电网、南方电网、三大石油公司、地方燃气公司以及各类能源投资公司等中央及地方企业,均展现出了高度的参与热情,积极投身于投资、建设及运营维护等环节。此模式有利于推动发展大规模分布式产业,提高项目配置、运营维护的合理化、高效化,在节约运行成本、节能减排方面效果显著。

参考文献

- [1] 付姣.“双碳”目标下企业新能源投资发展路径浅析[C]//中国电力企业管理创新实践(2022年).中国电力工程顾问集团有限公司,2024.
- [2] 翁爽.转型格局中的虚拟电厂定位及作用——专访中国电力企业联合会常务副理事长、党委书记杨昆[J].中国电力企业管理,2022(28):16-19.
- [3] 张硕.智慧能源系统商业模式探析——以零能耗建筑为例[J].中国电力企业管理,2021(31):84-85.
- [4] 陈元志.合同能源管理的商业模式与运行机制[J].改革与战略,2012,28(3):51-53+165.
- [5] 文波.国内高效环保的综合能源项目开发商业模式研究及建议[J].化工管理,2020(11):60-61.
- [6] 张超,杜强,马丽玲,等.基于价值链的新能源项目商业模式探析[J].现代商贸工业,2018,39(19):32-34.

Research on Optimization Control of Thermal Power Units Considering Increasing Variable Load Rate

Jian Wu Cheng Zhang

State Power Investment Corporation of China, Xiexin Binhai Power Generation Co., Ltd., Yancheng, Jiangsu, 226000, China

Abstract

The paper deeply explores the application of multi-objective genetic algorithm optimization of artificial intelligence PID control strategy in the field of thermal power unit control. In response to the increasing demand for flexibility and fast response capability in the current power system, an innovative control method is proposed. This method aims at improving the variable load rate of thermal power units by fine tuning PID control parameters and combining with the global optimization ability of multi-objective genetic algorithm, to ensure its rapid and stable response to load changes in complex power grid environment. The simulation experiment fully verifies the effectiveness of the method, which not only greatly improves the variable load capacity of the unit, but also ensures the stable operation of the unit in the optimization process, it provides strong support for improving the overall flexibility and reliability of power system.

Keywords

variable load rate; fossil-fuel power station; optimal control; Joint FM

考虑提升变负荷速率的火电机组优化控制研究

武剑 张成

国家电投集团协鑫滨海发电有限公司, 中国 · 江苏 盐城 226000

摘 要

论文深入探讨了利用多目标遗传算法优化仿人工智能PID控制策略在火电机组控制领域的应用, 针对当前电力系统对灵活性和快速响应能力日益增长的需求, 提出了一种创新的控制方法。该方法旨在通过精细调整PID控制参数, 并结合多目标遗传算法的全局寻优能力, 显著提升火电机组的变负荷速率, 确保其在复杂电网环境下能够快速、稳定地响应负荷变动。仿真实验充分验证了该方法的有效性, 不仅大幅提高了机组的变负荷能力, 还保证了机组在优化过程中的稳定运行, 为提升电力系统整体灵活性和可靠性提供了有力支持。

关键词

变负荷速率; 火力发电机组; 优化控制; 联合调频

1 引言

火电机组作为电力系统的主要供电设备, 其运行效率和稳定性直接影响到整个电网的可靠性。论文充分考虑变负荷频率的问题, 提出了一种新的优化控制方法, 该方法对提升其变负荷速率, 对提高机组运行效率、优化电力系统运行具有重要意义。

2 控制系统与智能 PID 算法设计

2.1 协调控制模型搭建

火电机组作为一个复杂多变的系统, 具有强大的耦合性、参数时变以及迟延的特征。并且, 机组作为电网供电的核心, 其质量好坏对电网的安全稳定运行有着直接的影

响。因此, 在研究火电机组优化控制方法时, 论文选择采用 1000MW 燃煤机组控制系统模型为主, 该模型的输入和输出之间存在耦合关系, 能够更好地对火电机组的优化控制及变负荷调速研究提供帮助。

2.2 基于仿人智能的 PID 控制算法

2.2.1 控制模态集

针对火电机组控制系统运行的特征, 在选择优化控制方法方面需要依据特征模型。尤其是在仿人智能控制当中, 被调量的偏差以及偏差变化率和运算关系形成了特征模型的特征基元, 从而反映出系统运行状态的所有特征信息; 然后共同搭建出系统特征模型。

同时, 仿人智能控制系统的控制策略会随着对象的变化而发生变化, 简单来说控制对象和要求之间存在不同或者控制对象在不同的工况下进行工作, 那么其控制策略也不相同。因此, 仿人智能控制系统就是根据被控制对象的实时特

【作者简介】武剑 (1995-), 男, 中国江苏盐城人, 硕士, 工程师, 从事电厂热控维护研究。

征实现对控制策略的切换,从而达到改控制器输出的目的。而控制模态作为一种控制规律,主要表示控制器的输入信号与输出信号两者之间的映射关系,能够实现一个被控制目标的多级控制模态。

2.2.2 仿人智能 PID 设计

仿人智能 PID 技术设计需要考虑火电机组的特性。火电机组是一个复杂的系统,其运行状态受到多种因素的影响,如负荷变化、燃料质量、环境温度等。因此,仿人智能 PID 控制器需要能够实时感知这些变化,并做出相应的调整。同样,仿人智能 PID 控制器也能够根据火电机组的实际运行情况,自动调整 PID 参数,以达到最佳的控制效果。具体实现上,仿人智能 PID 技术设计可以采用模糊控制规则函数化的方法。通过定义一系列的模糊控制规则,将火电机组的运行状态划分为不同的区间,并根据每个区间的特点,设定相应的 PID 参数。这样,当火电机组的运行状态发生变化时,控制器就能够根据当前的运行区间,自动选择适合的 PID 参数进行控制^[1]。

3 火电机组优化控制方法研究

3.1 火电机组负荷一次调频特征提取

火电机组负荷的一次调频特性是其在运行过程中展现出的重要动态属性,它紧密关联于机组负荷频率的波动。在实际操作中,当火电机组的负荷频率超出预设的合理范围时,需要进行及时调整,这通常涉及增加或减少机组的功率输出,以便实现新的负荷平衡状态。值得注意的是,火电机组的负荷频率往往处于不断变化的环境中,因此,需要重点关注如何减小频率偏差,以确保一次调频的频率能够得到有效的控制。从而确保机组能够稳定、高效地运行。

3.2 火电机组负荷频率优化控制模型设计

考虑提高变负荷速率对火电机组控制进行优化时,首先需要正确认识火电机组中存在的复杂负荷频率控制问题,因此论文在仿人智能 PID 控制中引入多目标遗传算法,实现机组优化控制模型设计,以达到对火电机组负荷频率的控制^[2]。在设计时选择将火电机组在发电过程中存在发电损失问题和经济投入问题作为约束条件,完成了对火电机组中汽轮机输出功率阶跃响应速度的优化,实现了对火电机组变负荷速率的控制。具体汽轮机蒸汽容积变化的情况见图 1。

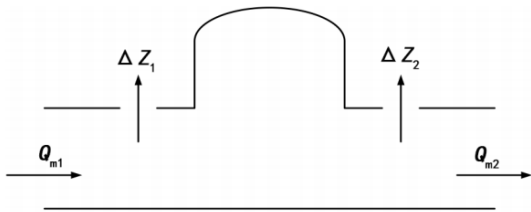


图 1 蒸汽容积具体变化情况示意图

结合图 1 蒸汽容积变化情况,火电机组的阀门开度分别由 ΔZ_1 和 ΔZ_2 ; 而蒸汽途径两个阀门的流量则分别

用来表示 Q_{m1} 和 Q_{m2} , 且两个流量的函数可以用公式 (1) 来表示:

$$\begin{cases} f(Q_{m1}) = Q_{m1}(Z_1, P) \\ f(Q_{m2}) = Q_{m2}(Z_2, P) \end{cases} \quad (1)$$

式中, 阀门、火电机组内容器压强等分别由 Z_1 、 Z_2 和 P 来表示。这样一来, 当火电机组的负荷不再受扰动条件影响时, 机组的负荷变化情况见表 1 所示。

表 1 火电机组负荷变化幅度限制情况表

火电机组容量	最低负荷限制	最高协调负荷限幅
300MW	180MW	额定负荷 $\pm 6\%$
330~350MW	200MW	额定负荷 $\pm 8\%$
$\geq 500MW$	额定负荷的 50%	额定负荷 $\pm 8\%$

根据表 1, 可以将火电机组负荷变化的最低、最高值当作约束条件, 将蒸汽途径两个阀门的流量则分别用来表示 Q_{m1} 和 Q_{m2} 当作负荷频率控制的目标, 利用多目标遗传算法通过多个目标角度对负荷频率进行优化, 并使得负荷频率控制达到最优。具体火电机组负荷频率的控制模型目标函数为:

$$\text{Min} : f_1 = f_1(X), \dots, \text{Max} : f_n = f_n(x) \quad (2)$$

式中, 火电机组的负荷频率设计变量由 X 来表示; 第 1、第 N 个目标函数则由 f_1 和 f_n 来表示。因此, 当设负荷频率设计变量为 X 的初始种群规模数值为 100 时, 并将其最大迭代次数同样设置为 100, 那么独立个体的交叉概率则为 0.9, 并将其他参数设为默认值。这样一来, 当个体扬程和效率的数值, 均大于初始值时, 火电机组负荷频率的控制效果最优。

3.3 火电机组协调负荷频率控制分配设计

由于火电机组每次的负荷频率控制幅度保持在 10~20MW 范围之内, 且机组的前馈负荷速率变化幅度在调频区域当中, 所以无法充分确保机组负荷频率控制的效果。因此, 在无法影响火电机组负荷变化率的情况下, 可以对机组前馈变负荷速率进行有效调节, 以达到对负荷频率偏差优化、修正的目的。具体负荷振荡区间中控制变量的分配因子为:

$$c_j^i(t) = \begin{cases} \lambda_j^i & t \leq t_0 \\ \mu_j^i(t) & t_0 < t < t_x \\ \gamma_j^i & t \geq t_x \end{cases} \quad (3)$$

式中, 第 t 时刻时, 第 i 个分配因子在第 j 个火电机组的变化量、振荡区间对分配因子的约束、分配因子所受到的阶跃变化影响在, 在第 j 个火电机组当中所显示出阿里的频率振荡值分别有 $c_j^i(t)$ 和 λ_j^i 、 γ_j^i 来表示; 而 $[t_0, t_x]$ 区间中第 j 个火电机组的变化量则由 $\mu_j^i(t)$ 来表示。同时, 结合第 t 时刻时, 第 i 个分配因子在第 j 个火电机组当中变化情况, 实现了对机组负荷频率的协调控制。因此, 需要针对不同类型

的火电机组容量来选择不同的负荷限制条件，再结合多机互补协调机制，实现对火电机组功率因子的有效分配和协调控制，这样一来就能够充分满足火电机组的负荷频率均衡。

4 仿真测试

为了验证所提优化控制策略的有效性，论文在某实际火电机组上进行了实验验证。本次实验选择 1000MW 火电机组和 II 型布置，这样不仅可以确保火电机组通风环境，还

能够保障火电机组的固态废渣排放。当火电机组正常工作时，结合不同发电环境对机组中低压缸、高压缸的启动情况进行调整，从而为火电厂的机组控制提供一体化调节系统。同时，火电机组的蒸汽压力上升时，其机组功率也会增加，转速也会发生变化。根据上述测试条件，选择 -10%+10% 和 -20%+20% 两组时间为，时间常数；选择和其他火电机组负荷频率控制方法两者之间进行对比分析，以此来判断本文提出优化方法的可行性^[3]，具体实验结果如表 2 所示。

表 2 实验结果

方法	时间常数的相对基准值变化范围	火电机组负荷频率控制指标 /Hz		
		负荷频率实际值	负荷频率标准值	控制频率偏差
传统火电机组负荷频率控制方法	-20/%	158.59	150.52	8.07
	0/%	248.40	243.25	5.15
	+20/%	150.37	145.30	5.07
本文控制方法	-10/%	120.43	120.12	0.31
	0/%	132.25	132.03	0.22
	+10/%	120.34	120.15	0.19

实验结果表明，通过实施优化控制策略，火电机组的变负荷速率得到了显著提升，同时机组的稳定性和能效也得到了改善。实验验证进一步证实了仿真结果的正确性，证明了所提优化控制策略的可行性和实用性。

5 结语

综上所述，论文研究了如何提升火电机组的变负荷速率，通过将仿人智能控制方法与传统 PID 算法相结合，提出并设计了一种能够应用在火电机组协调控制系统当中的智能 PID 控制设备，以此实现对主气压的控制。并且，为了能够更好地提高火电机组的变负荷速率，引入多目标遗传算法用于对智能 PID 控制设备的参数进行调整，确保机组的高效、稳定运行。仿真分析和实验验证结果表明，所提优

化控制策略能够显著提高机组的变负荷速率和调节精度，对于提高机组运行效率、优化电力系统运行具有重要意义。同时，火电机组优化控制仍面临诸多挑战，如多目标优化问题、复杂运行环境下的控制策略调整等。未来研究可进一步探索更加先进的控制算法和智能优化方法，以推动火电机组控制技术的持续发展。

参考文献

[1] 丁乙崙,邵程安,顾海英,等.基于AGC指令状态判断的火电机组变速率负荷控制策略研究[J].能源工程,2023,43(1):1-5.

[2] 朱波,王峥,朱溯寒,等.新型电网结构下火电机组深度调峰控制策略的研究与应用[J].电工技术,2023(11):50-55.

[3] 杜鸣.火电机组灵活运行下的负荷频率控制优化研究[D].北京:华北电力大学(北京),2021.

Discussion on the Key Points of Construction Progress Management of Solar Photovoltaic Power Generation Site

Yunhe Ren

China Green Development Investment Group Jiangsu Guangheng New Energy Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210018, China

Abstract

With the development of new energy, the construction of solar photovoltaic power plant has been strengthened, and higher requirements have been put forward for the construction quality, progress and safety management. In order to ensure the construction benefits of the photovoltaic power plant project, it is necessary to optimize the site construction schedule management, improve the construction schedule management plan, strengthen the progress management guarantee measures, and promote the smooth progress of the project construction. Based on this, the paper first expounds the necessity of the construction schedule management of solar photovoltaic power generation site, and then mainly analyzes the key points of the construction progress management of solar photovoltaic power generation site, so as to further improve the level of project schedule management, optimize the quality management, and ensure the function of solar photovoltaic power generation project.

Keywords

solar photovoltaic power generation; site construction; schedule management

探讨太阳能光伏发电现场施工进度管理要点

任云鹤

中国绿发投资集团江苏广恒新能源有限公司, 中国·江苏 南京 210018

摘 要

随着新能源事业的发展, 太阳能光伏发电场建设力度加大, 同时对工程施工质量、进度、安全管理提出了更高的要求。为了保障光伏发电场工程建设效益, 需要优化现场施工进度管理, 完善施工进度管理计划, 强化进度管理保证措施, 促进工程建设的顺利进行。基于此, 阐述了太阳能光伏发电现场施工进度管理工作的必要性, 主要对太阳能光伏发电现场施工进度管理要点进行分析, 从而进一步提高工程进度管理水平, 优化质量管理, 确保太阳能光伏发电工程的功能作用。

关键词

太阳能光伏发电; 现场施工; 进度管理

1 引言

太阳能光伏发电项目的建设实施, 能够提高清洁能源、可再生能源的利用率, 并替代传统燃料, 减少能源紧张、污染排放等现象, 有效改善环境质量。基于此, 要加大对太阳能光伏发电项目工程建设的重视程度, 优化现场施工进度管理, 进一步提高整体工程施工质量和安全, 真正促进绿色能源的可持续发展。

2 太阳能光伏发电现场施工进度管理的重要性

太阳能不仅是清洁能源, 同时也是可再生能源, 在使用过程中不会造成环境污染, 且费用较低。中国太阳能资源丰富, 为发展太阳能光伏发电项目创建了良好的条件。太阳能资源的开发利用, 能够实现绿色能源的可持续发展, 缓解

全球能源危机, 减少环境污染, 并调节能源结构, 促进太阳能光伏发电项目的综合效益的提升。强化太阳能光伏发电项目现场施工进度管理, 能够保障施工进度计划的贯彻落实, 进一步提高项目施工质量与安全, 减少资源浪费, 防止出现超预算问题, 真正提高整体项目经济效益, 为绿色能源长远健康发展创建良好条件^[1]。在项目进度管理基础上, 需要引进现代化的施工进度管理系统, 并对各个施工环节进行动态监控, 以便结合实际情况, 灵活性调整施工进度计划, 保障工程项目按时按质完成, 增加工程项目的经济效益。强化施工进度管理, 能够提高项目工程施工质量, 优化施工流程, 完善施工工艺, 促进整体工程质量的提高。优化施工进度挂钩, 能够优化各类资源配置和协调, 提高资源利用率, 实现各方的沟通协调, 进一步提高进度、质量管理水平。在具体的进度管理中, 需要引进科学合理的进度管理工具, 如关键路径法, 明确项目施工中的关键路径和重点任务, 明确不同环节需要的最短完成时间, 从而优化调整进度计划, 保障施

【作者简介】任云鹤(1989-), 男, 中国山东滨州人, 本科, 工程师, 从事电力、新能源开发建设研究。

工目标的顺利完成。在进度管理基础上还能够结合实际进度需求,灵活配给和供应施工材料和设备,避免出现延误工期的问题。

3 太阳能光伏发电现场施工进度管理原则

在现场施工进度管理中,需要结合光伏电站项目特点和需求,并分析具体的经济条件,对施工进度进行优化安排,保障施工进度计划的贯彻落实,从而保障施工工序、设备采购等工作的针对性开展,并明确工程施工组织设计方案的编制方向^[2]。在具体的施工进度管理工作中,需要始终坚持以人为本的原则,在编制施工进度计划前,需要安排专业人员深入施工现场进行实地考察工作,了解现场基本情况,进而优化办公场所、生产设施建设工作,进而为现场工作人员提供良好的办公、生活环境,解决员工的后顾之忧,才能最大程度上调动员工的工作积极性和主动性,提升整体工作效率,并控制人员管理成本,为进度管理水平的提升奠定良好的基础。此外,还需要优化安排各个环节的施工工序,当前太阳能光伏发电项目建设工程规模较大,光伏组件数量较多,往往需要分批到货,且设备安装调试时间较短。基于此,为尽可能地缩短整体项目工期,需要优化安排各个配套工程的施工顺序,保障各个光伏组件安装完成后就能立即开展设备调试工作,实现各个工程环节的连续性,确保工程项目能够尽早产生经济效益。此外还需要同步建设仓库、临时辅助建筑、混凝土基础等工程,实现平行建设,从而提高整体项目施工效率,有效提升施工进度。在现场施工进度控制中,需要围绕项目目标规范性推进,同时要坚持系统性原则,统筹全局,全方位考虑各个环节,实现彼此之间的相互协调;要结合工程施工实际情况,灵活性、动态化调整施工进度计划,进一步提高施工进度管理水平。当前,常见的进度控制方法有甘特图、关键路径法等工具,此外还可以引进“日清日结”方法,有效提升工作效率,防止进度滞后;完善奖惩机制,一旦出现进度滞后的问题,需要严厉处罚^[3]。

4 太阳能光伏发电现场施工进度管理策略

4.1 编制施工进度计划

在项目施工前,需要结合工程方案特点,编制可行性的施工进度计划,为后续各个施工环节的有序开展提供科学指导,保障工程项目按时按质交付。在具体实施中,要明确项目总体目标,同时编制阶段性目标,制定初步的施工进度计划;与此同时,还需要通过甘特图、网络图等工具,对不同环节的关键任务进行形象化、直观化展示^[4]。在编制进度计划环节中,需要对施工环境、技术特点、资源需求等因素进行综合考虑,保障进度计划的可行性与合理性,并提出针对性的应对措施,实现施工方案的优化性和完善性。此外要对关键路径法进行优化应用,精准识别关键路径,并灵活性调整任务顺序,对资源投入针对性调整,从而缩短关键路径长度,强化整体工程进度。要做好进度计划的动态监控工作,

实时关注实际进度与进度计划的偏差,并提出可行性的应对措施,避免延误工期。

4.2 工期保证措施

为了保障施工进度计划的贯彻落实,不仅要明确进度管理目标,同时还需要提出可行性、合理性的保证措施,进一步提高施工效果。在施工前,要确保施工单位、设计单位、监理单位等提前沟通和交流,确保对施工方案进行详细了解,并精准掌握工程施工计划安排情况,在此基础上要优化施工组织设计方案,以便对施工场地的材料、人员、设备等资源进行优化分配,防止干扰项目施工的正常进行^[5]。此外,要结合光伏发电项目工程特点,编制可行性、合理性的施工组织设计网络计划,统筹全局,明确关键路线,确保各个施工环节都能按照网络计划具体实施,在此过程中要统筹兼顾施工现场潜在的工期影响因素,并结合实际情况,及时采取针对性的补救措施,防止引起工期延误问题。为了实现施工进度有序推进,需要安排具备丰富工作经验的专业人员开展现场管理工作,确保各个施工工序的有序推进;结合总网络计划的要求,编制可行性的月、周、日等施工计划,同时要对实际进度情况与进度计划比较分析,一旦发现进度偏差现象,需要第一时间采取针对性的调整措施,实现进度计划的动态化、灵活性管理。结合项目工程施工需求和进度计划特点,科学性配备机械设备,保障机械设备功率、效率与整体施工进度需求的协调性,进一步提升施工技术水平,为施工进度计划的有效落实创建良好条件;要结合施工进度计划的要求,针对性编制材料需求计划,并实现各类材料的分类管理,如超前预定紧缺材料,结合施工计划及时采购下一环节施工中所需的施工材料,同时要保障库存的充足性,满足施工进度需求,避免施工材料供应不及时影响施工工期。为了保障施工安全和进度,尽可能地避开冬季施工。施工单位要对施工场地的自然条件进行详细调查和了解,如果需要的冬季、雨季施工,需要结合实际情况,采取针对性的技术防护措施,并制定完善的材料物资供应计划,这样才能保障施工进度计划的顺利进行,为施工质量、安全的提升提供保证。要对气象部门保持良好沟通,及时了解气象预报情况,确保详细掌握天气变化情况,并第一时间采取可靠的防雨措施,为施工安全、质量、进度提供保障。

4.3 施工进度管理措施

为了提升工期管理水平,要结合工程特点,制定可行性、完善性的岗位责任制,明确月、周、日等施工计划,对进度计划落实效果进行定期检查。其中,总体、阶段、月工程进度计划审批流程如图1所示。要完善落实工地计划会制度,每天都要做好工地现场调度工作,以便对各个工种的工作内容进行优化布置,确保当天计划的有效落实,以此为依据明确第二天的工作计划,及时发现潜在风险,并向项目经理进行汇报;项目经理要充分发挥自身的带头作用,每周定期组织开展进度计划会,对每周生产计划的落实效果进行全

方位检查，同时讨论和明确第二周的工作计划；每半个月开展一次大检查活动，对实际进度情况与进度计划进行对比分析，这样可以及时发现进度计划执行过程中的问题，第一时间发现进度偏差，提出针对性的处理措施，保障施工进度计划的灵活性调整和优化性落实。要严格落实跟班作业制度，其中包含管理干部、工程技术人员等，通过这种方式，能够充分发挥各个工种人员的专业优势，才能及时发现进度计划执行过程中的异常情况，并优化管理措施，防止出现窝工、停工、返工等问题的出现。针对工程进度影响因素，需要施工单位、设计单位、监理单位协同探讨和研究，对各方面的潜在优势进行充分挖掘和开发，做好预案，加大人员、材料、设备等方面的投入力度，强化生产效率，为施工进度目标的实现提供保障。根据施工进度要求，要提前进行并网柜停电接驳的行政审批手续，防止行政审批滞后等问题影响正常工期推进。

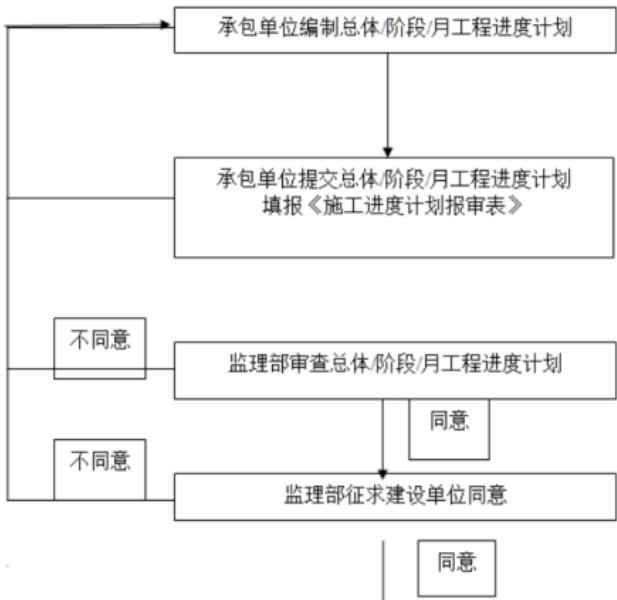


图1 总体、阶段、月工程进度计划审批流程

4.4 进度分析偏差

在施工进度控制管理工作中，需要做好现场数据收集和分析工作，对现代化的项目管理软件进行优化应用，以便

对现场人员出勤率、设备利用率、材料消耗等指标进行动态跟踪和实时收集，从而详细了解现场施工进度情况，为后续进度偏差分析和处理提供依据。如一旦发现材料供应不足引起工期延误问题，要结合数据分析结果灵活性调整材料采购、分配计划，加大临时存储设施建设力度。此外还需要完善进度报告制度，现场施工队伍需要定期提交进度报告，并强化供应商与施工单位的沟通交流，实施严格的激励奖惩机制，对表现优异的队伍进行奖励，进一步强化施工进度控制效率。在光伏发电项目建设实施中，往往会因为天气、人为等因素影响，引起施工进度偏差问题，甚至引起延误工期、造成经济损失等问题。基于此，要做好进度偏差分析工作，如利用关键路径法全面评估项目进度，明确新的关键路径和任务；要做好现场沟通工作，确保现场信息即时共享，避免延误工期；要利用数据分析模式，实时监控和预测施工进度，及时挖掘潜在的进度风险，优化应对策略，保障进度管理水平的提高，优化项目决策。

5 结语

综上所述，为了充分发挥太阳能光伏发电项目的功能作用，为社会经济发展提供更多清洁、可再生能源，需要加大项目施工现场的进度管理力度，完善进度管理计划，优化管理策略，明确管理原则，进一步提高进度管理水平，优化进度偏差分析，提出针对性的应对措施，为中国绿色能源事业长远发展创建良好条件。

参考文献

[1] 朱崩波,白映波,李宾,等.超高海拔地区光伏电站智慧化施工进度管理系统的研发与应用[J].太阳能,2023(6):24-30.

[2] 郑佳磊.DI公司智慧公路施工进度管理研究[D].兰州:兰州大学,2022.

[3] 王莎莎.W光伏发电项目建设期投资成本控制研究[D].西安:西安理工大学,2020.

[4] 贺才伟.EPC光伏电站工程建设过程的项目管理分析[J].低碳世界,2017(4):114-115.

[5] 黎锡棠.实例探讨太阳能光伏发电现场施工进度管理的要点[J].建筑工程技术与设计,2017(8):1126.

Research on the Construction Management Countermeasures of Mountain Photovoltaic Power Generation Construction Project

Jizhong Xu

China Green Development Investment Group Jiangsu Guangheng New Energy Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210018, China

Abstract

Photovoltaic power generation is an important part of the development of the new energy field. In the process of the implementation of the construction work, the factors affecting the construction quality, construction efficiency and construction safety are relatively many. In such a background, only by strengthening the construction management can we guarantee the construction quality of the mountain photovoltaic power generation construction projects. This paper will also focus on this, mainly from the mountain photovoltaic construction project construction management difficulties and the implementation points of multiple dimensions, hope that through this paper discussion and analysis can provide more reference and reference for related units, effectively implement the mountain photovoltaic construction project construction management, improve the construction management efficiency and quality.

Keywords

mountain photovoltaic power station; construction management; difficult problems; implementation path

山地光伏发电建设项目施工管理对策研究

徐纪忠

中国绿发投资集团江苏广恒新能源有限公司，中国·江苏·南京 210018

摘 要

光伏发电是新能源领域发展的重要内容。山地光伏发电项目在建设落实的过程中影响其施工质量、施工效率以及施工安全的因素是相对较多的，在这样的背景下只有加强施工管理，才能保障山地光伏发电建设项目的施工质量。论文也将目光集中于此，主要从山地光伏发电建设项目施工管理的难点及施工管理落实要点等多个维度展开论述，希望通过论文的探讨和分析可以为相关单位提供更多的参考与借鉴，有效落实山地光伏发电建设项目施工管理工作，提高施工管理效能和质量。

关键词

山地光伏电站；施工管理；难点问题；落实路径

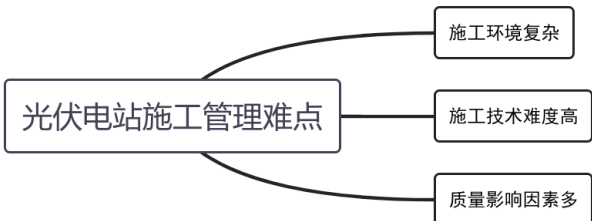
1 引言

经济社会的迅速发展以及人们素质的不断提升让现阶段人们对于环境保护问题给予的关注和重视变得越来越高，电能作为我们生产生活中重要的驱动性能源，社会对其需求量是相对较高的，在这样的背景下如何兼顾人们的电能应用需求并且更好的保护生态环境则成为了社会关注的焦点问题，而山地光伏电站则可以通过太阳能电池板将清洁能源——光能转化为电能，更好地解决电能应用需求满足及环境保护之间的矛盾，因此现阶段山地光伏电站建设规模越来越大、数量越来越多，而在山顶光伏电站建设过程中加强施工管理是十分必要的，但是就现阶段来看山地光伏电站项

目施工管理在实践落实的过程中仍旧面临着较多的困境和问题。

2 山地光伏电站项目施工管理难点

就现阶段来看山地光伏电站建设项目在施工管理工作落实的过程中面临的困境和问题是相对较多的，具体体现为如下几点，如图 1 所示。



【作者简介】徐纪忠（1976-），男，中国山东枣庄人，本科，工程师，从事电力、新能源开发建设研究。

图1 山地光伏电站项目施工管理难点

2.1 施工环境复杂

施工环境复杂,是山地光伏建设施工较为鲜明的特质,为了更好的将光能转化为电能,满足人们电能应用需求,一般情况下,山地光伏电站多建设在偏远地区,地形高低起伏较大、坡向差异较大,这就导致了在施工建设的过程中施工难度显著增加,且因为施工区域较为偏远空旷,在施工建设的过程中气候因素对于施工质量、效率及安全所产生的影响也是相对较大的。如在施工建设期间遇到强降雨天气则很容易会影响正常施工,甚至会埋下较多的安全隐患,又如低温、高温天气出现时也很容易会影响工作人员的工作状态以及施工材料的性能强度,这就导致了在施工管理工作落实的过程中管理难度更大。

2.2 施工技术性强

技术性相对较强也是山地光伏电站建设项目的显著特征之一。因为山地光伏电站施工规模相对较大,所涉及到的施工内容相对较多,因此其技术要点也相对较多,在这样的背景下加强技术控制和技术管理则显得十分必要。例如,支架和组件安装、支架基础施工、逆变器安装等等都会影响山地光伏电站施工质量、效率和安全,在这样的背景下,施工管理工作人员不仅需要具备较强的管理能力,同时对于施工技术也需要有一定的了解,确保施工的规范性,否则则很容易会影响施工建设工作的正常开展。

2.3 影响质量因素多

一般情况下在大型施工项目中施工管理工作所需要考量的要素是相对较多的,如果要素协调不当则很容易会影响施工的质量、成本、安全和进度,而山地光伏电站因为施工环境较为特殊,影响其施工质量的因素更多,要素协调难度更大,管理工作人员必须从人、机、料、法、环等多个维度来对施工管理做出有效优化和调整,只有这样才可以确保山地光伏电站建设施工能够顺利开展、有序推进,然而就现阶段来看,施工管理考量要素不全面、出现要素遗漏的情况是较为常见的,这也很容易会影响施工建设工作的正常开展,带来较大的损失,甚至会引发人员伤亡。

3 山地光伏电站项目施工管理策略

想要更好的提高山地光伏电站施工水平,施工管理工作在实践落实的过程中就必须紧抓人、机、料、法、环五大关键点,对施工管理策略做出有效优化和调整,如图2所示。

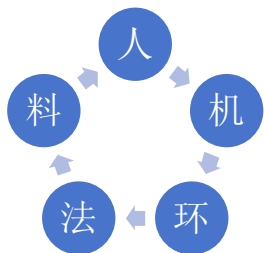


图2 山地光伏电站项目施工管理要素

3.1 加强人员管理

工作人员的素养能力对于山地光伏电站施工管理效能及施工建设质量水平会产生极大的影响,加强人员管理是十分必要的,可以紧抓以下几个要点做出优化和调整。

第一,需要加强文化建设和氛围建设,充分利用宣传栏、公告栏、员工内部群等多种渠道加强宣传引导,让各部门、各岗位工作人员在实践工作落实的过程中都能够树立质量意识、安全意识、成本意识和效率意识,为施工管理工作的顺利推进以及施工建设工作的高质量开展提供更多的助力和保障。

第二,必须紧抓施工技术这一关键点,加强人员培训,让相关工作人员更好地明确不同施工环节需要注意的施工问题。例如,在光伏支架基础施工的过程中必须结合客观环境的实际情况,明确采用预制桩还是灌注桩施工技术,在此基础上分析预制桩桩头是否需要安装钢桩帽,再例如光伏支架和组件安装的过程中如何规避组件相互遮挡、相互影响、如何控制布板密度等^[1]。

3.2 加强设备管理

设施设备是山地光伏电站施工建设过程中的重要物质基础,对于施工效率、质量和安全也会产生较大的影响,而在设备管理上需要抓住以下几个要点:

首先,需要结合山地光伏电站施工建设图纸明确在施工建设过程中对于设施设备的性质、性能要求,在此基础上加大资源投入,更购入更多先进仪器设备,更好地发挥先进设备的设备优势,提高施工质量和施工效率。

其次,需要落实设施设备的维修保养工作,可以成立专业的设施设备维修保养部门,安排维修保养工作人员展开设施设备维修保养工作。在这个过程中维修保养工作人员则需要充分考量和分析不同设施设备的常出故障、常见磨损以及在设施设备运行期间容易出现哪些性能问题,抓住维修保养的重点与核心。在此基础上,分析不同仪器设备维修保养周期,调节维修保养计划^[2]。

最后,维修保养工作人员必须紧抓环境和人员两大关键点加强管理,从环境上需要充分考量山地光伏电站建设环境的特殊性,加强设备环境管理,并且在维修保养的过程中考量环境因素对于设备性能产生的影响,调节维修重点,而从人员上则需要通过加强培训的方式,让各部门工作人员更好的掌握设施设备的操作要点和操作标准,避免因操作不规范进而导致设施设备磨损加剧影响设施设备的正常使用,甚至埋下安全隐患。

3.3 加强材料管理

材料同样是山地光伏电站施工建设的重要物质基础,而在材料管理的过程中需要关注以下几点问题:

首先,需要合理采购原材料,可以通过BIM技术的应用分析在山地光伏电站建设的过程中对于不同材料的性能

要求及数量要求,对采购计划做出科学调整,在此基础上则需要做好市场考察和商家调查,通过背书调查了解不同材料供应商所提供的材料质量性能及供应商的商业信誉和供应商提出的报价,购买质优价廉的材料。

其次,需要加强材料运输的控制与管理,因为山地光伏电站建设环境特殊,因此在材料运输的过程中面临的问题和困境也是相对较多的,受山地交通条件影响,一般大型运输车辆很难直达施工现场,这时为了更好地应对较为复杂的运输环境和运输地形则可以引入履带式运输机,这不仅可以保障运输量,同时也可以更好地减少在材料运输过程中所需要投入的成本和资源^[3]。

再次,需要加强环境管理,材料的质量性能很有可能会受储存环境的影响进而导致其无法满足施工建设需求,为此相关单位则需要做好空间规划,明确不同材料的储存空间,将材料分门别类的存储,同时安排专业工作人员定期做好仓库巡查,在盘点材料数量的同时分析储藏环境中的温度湿度是否适宜,是否会影响材料的质量性能,及时转移材料的储存地点,优化储存环境。

最后,在施工建设之前同样需要再一次落实材料检测工作,查缺补漏,分析材料在运输及储存过程中是否存在形变性能下降等相关问题,及时做出优化和调整,剔除不合格材料^[4]。

3.4 加强制度建设

加强制度建设是施工管理的重要手段,也是规章制度也是施工管理的重要依据,而在制度建设的过程中应当抓住以下几个要点:

首先,必须加强责任机制的建设与完善,这就需要结合施工设计图纸明确施工顺序、施工流程以及不同单位负责的施工内容,在此基础上利用责任机制要求相关施工单位履行其施工责任,通过责任追溯倒逼施工单位规范施工行为。

其次,需要建立现场管理机制,从施工技术应用的规范性以及施工安全等多个维度落实现场督察工作,分析施工建设工作人员是否配备了安全器具、在施工建设过程中其施工是否规范等等,确保施工建设工作能够顺利推进、安全落实。

最后,还有在规章制度建设的过程中可以通过质量验收机制的优化加强质量把控,即在每一道施工工序结束之前需要先后由施工团队、专业质检人员及监理方三方落实质检工作,从多个维度分析是否存在质量问题,及时发现质量问

题并对其做出有效的处理和解决。通过这种方式,确保每一道工序的施工质量都能够达到质量验收标准和施工合同标准,进而更好的提高整体施工质量。

3.5 加强环境管理

在上文中也有所提及,山地光伏电站施工环境相对而言较为复杂,很容易会影响施工建设工作的正常开展,因此加强环境管理是十分必要的,可以紧抓以下几个要点:

首先,需要建立风险应急预案,就高温、强风、低温、强降雨等相应恶劣天气展开分析,明确不同恶劣天气对于施工建设工作所产生的影响及应对措施,例如如果在施工期间出现强降雨问题,这时则需要结合该地区的地形地貌条件来优化排水系统。再例如在恶劣天气需要坚决杜绝高危施工作业内容等。

其次,还需要从施工建设工作对于生态环境的影响出发优化施工管理,这就需要分析在施工建设过程中对于地层的扰动、对于环境的影响和破坏等等。在此基础之上紧抓废弃物管理、施工技术管理等相应的关键要点,最大化的降低在山地光伏电站建设施工期间对于环境的影响和破坏,将绿色施工、文明施工贯彻于山地光伏电站施工建设的全过程。

最后,需要紧抓施工安全这一关键要点,通过传感器技术的有效应用加强对施工环境的监测和分析,更好的分析判断在施工建设过程中存在的安全隐患及相应的解决方法,对施工设计做出有效优化和调整,以此为中心,确保施工建设工作能够顺利推进,有序开展。

4 结语

施工管理工作有效落实可以更好的保障山地光伏电站施工质量效率达标,同时也有助于控制施工成本,保障施工安全,必须引起关注和重视,相关工作人员必须充分考量山地光伏电站施工技术难度高、客观环境复杂的特点,在此基础上紧抓人、机、料、法、环等关键要素对施工管理要点做出有效优化和调整,提高施工管理效能。

参考文献

- [1] 周锐.浅谈山地光伏EPC项目设计与施工的现场管理[J].水电站设计,2024,40(1):18-22+62.
- [2] 赵建生,金理,李亚纯,等.山地光伏发电建设项目施工管理对策研究[J].云南水力发电,2024,40(1):194-196.
- [3] 马利杰.新能源光伏发电项目建设施工管理措施探究[J].城市建设理论研究(电子版),2023(30):124-126.
- [4] 王西平.100MW山地光伏发电项目施工工艺技术与质量管理——以湖北能源宜城东湾为例[J].光源与照明,2023(7):111-113.

Analysis of New Energy Photovoltaic Power Generation Project Construction Management Countermeasures

Huiqiang Wu

Xinjiang Dabancheng Guangheng New Energy Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830001, China

Abstract

With the increasingly severe problem of global climate change, the development and utilization of renewable energy has become the focus of common attention of all governments and all sectors of society. In this context, new energy photovoltaic power generation projects have developed rapidly in the world with their advantages of clean, renewable and wide distribution. However, with the continuous expansion of the scale of photovoltaic projects, the project construction management is also facing many challenges. How to ensure the efficient, safe and economical completion of the project has become a common concern both inside and outside the industry. This paper analyzes the construction characteristics of new energy photovoltaic power generation projects, and puts forward several effective construction management strategies, in order to promote the sustainable development of photovoltaic power generation projects.

Keywords

new energy; photovoltaic power generation project; importance; construction management

试析新能源光伏发电项目施工管理对策

武会蔷

新疆达坂城广恒新能源有限公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830001

摘 要

随着全球气候变化问题日益严峻, 可再生能源的开发与利用已成为各国政府及社会各界共同关注的焦点。在此背景下, 新能源光伏发电项目凭借其清洁、可再生、分布广泛等优势, 在全球范围内得到了迅猛的发展。然而, 随着光伏项目规模的不断扩大, 项目施工管理也面临着诸多挑战, 如何确保项目高效、安全、经济地完成, 成为行业内外普遍关注的问题。论文通过深入研究分析了新能源光伏发电项目施工的特点, 提出了几点有效的施工管理策略, 以期能够促进光伏发电项目的可持续发展。

关键词

新能源; 光伏发电项目; 重要性; 施工管理

1 引言

光伏发电是利用半导体界面的光生伏特效应将光能直接转变为电能的一种技术。当光线照射在太阳能电池上时, 光子在 P 型硅和 N 型硅中将电子从共价键中激发, 产生电子-空穴对。这些电子和空穴在复合之前, 将通过空间电荷的电场作用被相互分离, 从而在 P 区和 N 区之间产生电压。通过外接电路, 即可实现电能的输出。

2 新能源光伏发电项目施工管理的重要性

2.1 保证光伏发电项目建设质量的关键

光伏发电系统由太阳能电池板、逆变器、支架等多个部件组成, 每个环节都需要精细化管理^[1]。以太阳能电池板

安装为例, 需要考虑安装角度、朝向、间距等多个因素, 任何细微的偏差都可能导致发电效率的显著下降。此外, 光伏组件的质量直接关系到整个系统的使用寿命和发电效率, 因此在采购、运输、存储等环节都需要严格把控。通过科学的施工管理, 可以有效降低质量隐患, 确保系统长期稳定运行。

2.2 能够有效控制项目成本

光伏发电项目投资金额较大, 其经济效益很大程度上取决于初始投资成本的控制。在施工过程中, 材料采购、人工调配、设备使用等都会对成本产生重大影响。通过精细化的施工管理, 可以优化资源配置, 减少浪费, 提高施工效率, 从而降低整体建设成本。

2.3 确保项目按期完工的重要保障

光伏发电项目往往面临着严格的并网时间要求, 如果无法按期完工, 不仅会影响项目的经济效益, 还可能面临违约风险。通过制定详细的施工计划, 合理安排各个施工环节

【作者简介】武会蔷(1973-), 男, 中国陕西千阳人, 本科, 工程师, 从事新能源开发建设研究。

的衔接,可以有效提高施工效率,避免工期延误。同时,施工管理还需要考虑天气、地形等外部因素的影响,制定应急预案,以确保项目在复杂多变的环境中顺利推进。

3 新能源光伏发电项目施工特点

3.1 施工场地要求高

光伏电站通常选址在日照条件好、地形开阔的地区,如荒漠、戈壁、草原等,这些地区往往远离城市和交通干线,施工条件十分艰苦。施工单位需要在项目开工前对施工场地进行详细勘察,了解当地的地形地貌、水文地质、气候特点等,合理规划施工布局,并提前做好施工道路、临时设施、水电供应等方面的准备工作。此外,光伏电站占地面积大,对场地的平整度要求高,施工单位需要投入大量的人力、机械对场地进行清理、平整,为后续的设备安装创造条件。

3.2 设备安装精度要求高

光伏组件的发电效率与其接收太阳辐射的角度密切相关,因此在安装过程中需要精确控制每块组件的倾角和方位角。对于跟踪系统,还需要确保跟踪机构的精准运动^[2]。支架系统的安装同样要求高度精确,以保证整个阵列的平整度和稳定性。逆变器、汇流箱等电气设备的安装和连接也需要严格遵循规范,确保系统的安全性和效率。

3.3 施工环境复杂多变

与常规工程不同,光伏项目往往分布在偏远地区或特殊场所,如荒漠、山地、水面甚至是建筑屋顶。这些非常规的施工环境给项目实施带来了诸多困难。例如,在荒漠地区进行光伏电站建设,需要克服高温、沙尘、缺水等恶劣自然条件,同时还要解决材料运输、人员住宿等后勤问题。山地光伏项目则面临地形复杂、施工空间受限等挑战,可能需要采用特殊的施工技术和设备。水面光伏项目更是需要考虑水上作业的安全性和防腐要求。

4 新能源光伏发电项目施工管理策略

4.1 完善施工管理体系

4.1.1 建立完善的组织管理架构

在光伏发电项目中,由于涉及的专业领域广泛,施工过程复杂,因此需要建立一个科学的组织架构,明确各部门和岗位的职责分工。项目经理作为施工管理的总负责人,应该具备丰富的光伏工程经验和出色的组织协调能力。在其领导下,设立技术部、质量部、安全部、材料部等专业部门,并配备相应的专业人才。各部门之间要建立畅通的沟通机制,定期召开协调会议,及时解决施工过程中出现的各种问题。

4.1.2 建立科学的施工计划体系

光伏发电项目施工涉及场地平整、支架安装、组件铺设、电气安装等多个环节,需要制定详细的施工计划。首先是总体施工计划,明确项目的总体目标、主要里程碑节点和关键

路径;然后是各专业施工计划,如土建、机电、安装等,确定各专业的施工顺序和衔接关系;最后是月度、周度等短期计划,细化施工任务,落实到具体的施工班组^[3]。通过建立多层次的计划体系,既能保证项目整体进度,又能灵活应对施工过程中的各种变化。

4.2 提高施工人员专业水平

4.2.1 加强施工人员培训

光伏发电项目涉及电气、机械、土建等多个专业领域,技术要求高,施工难度大。针对这一特点,项目管理者应当制定系统的培训计划,涵盖理论知识和实操技能两个方面。在理论培训方面,可以邀请行业专家或经验丰富的工程师进行授课,讲解光伏发电的原理、系统构成、设备特性等基础知识,以及最新的技术标准和规范。在实操培训方面,可以采用模拟训练、现场演示等方式,让施工人员熟悉各类设备的安装调试流程,掌握关键工序的操作要点和质量控制措施。

4.2.2 完善施工人员考核机制

科学合理的考核制度能够激发施工人员的学习积极性,促使其不断提升自身能力。项目管理者可以建立多维度的考核体系,包括理论知识测试、操作技能考核、工作表现评估等方面。理论知识测试可以采用定期笔试或在线答题的形式,考察施工人员对光伏发电基础知识和技术规范的掌握程度。操作技能考核则可以通过实际操作或模拟演练来进行,重点评估施工人员在设备安装、调试、故障排查等关键环节的实际能力。工作表现评估则需要结合日常施工情况,从工作态度、团队协作、创新能力等方面进行综合评价。考核结果应与薪酬待遇、晋升机会等挂钩,形成激励机制,鼓励施工人员不断学习进步。

4.2.3 吸引优秀施工人才

首先,可以与高等院校和职业技术学校建立合作关系,开设光伏发电相关专业或课程,为企业培养后备人才。其次,可以通过提供有竞争力的薪酬待遇、良好的职业发展路径和完善的福利保障来吸引行业内的优秀人才。例如,设立技术等级评定制度,为表现突出的施工人员提供晋升机会;建立内部培训师制度,鼓励经验丰富的员工承担培训工作,既能传播技术知识,又能提升个人价值。最后,还可以创造良好的工作环境,如改善施工现场的生活条件,提供必要的文化娱乐设施,增强员工的归属感和幸福感。

4.3 加强施工质量控制

4.3.1 制定完善的质量管理制度

项目管理团队应根据国家相关标准和规范,结合项目实际情况,制定涵盖设计、采购、施工、调试等全过程的质量管理制度。该制度应明确各环节的质量要求、检验标准、责任主体等,为项目质量控制提供制度保障。同时,质量管理制度还应包括质量目标设定、质量计划编制、质量检查方法、质量问题处理流程等内容,形成闭环管理。

4.3.2 加强关键工序质量检查

项目管理团队需要识别出影响工程质量的关键工序,如光伏组件安装、电气设备安装、线缆敷设等,并针对这些工序制定详细的检查计划。检查计划应包括检查频次、检查方法、检查标准等内容^[4]。在具体实施中,可采用巡检、抽检、专项检查等多种方式,确保关键工序的每个环节都得到有效监控。对于检查中发现的问题,要及时反馈并跟踪整改,直至符合要求。

4.3.3 建立质量问责机制

项目管理团队应构建覆盖全员、全过程的质量责任体系,明确各岗位的质量职责和权限。可以采用质量责任书的形式,将质量目标和要求层层分解落实到具体岗位和人员。同时,建立激励与惩戒并重的考核机制,对于在质量管理中表现突出的单位和个人给予奖励,对于出现质量问题的责任主体进行处罚。

4.4 落实施工安全管理

4.4.1 加强施工现场的安全管理

光伏发电项目施工现场往往地形复杂,作业环境多变,存在诸多潜在安全隐患。因此,必须建立健全现场安全管理制度,明确各方安全责任,落实安全生产责任制。项目部应当设立专职安全管理人员,负责日常安全检查和监督工作。同时还要做好现场文明施工管理,保持施工区域整洁有序,消除各类安全隐患。

4.4.2 重视安全技术交底工作

项目管理人员要根据施工方案和现场实际情况,编制详细的安全技术交底文件。交底内容应当包括工程概况、施工工艺、安全注意事项、应急处置措施等。在交底过程中,要采用通俗易懂的语言,结合图文并茂的形式,确保施工人员充分理解掌握。对于关键工序和危险性较大的作业,还应当进行针对性的专项安全交底。

4.4.3 做好应急预案和演练工作

光伏发电项目施工过程中可能面临各种突发情况,如触电事故、高空坠落、火灾等。为此,必须制定完善的应急预案,明确各类突发事件的处置流程和应对措施。预案的编制要基于项目实际,充分考虑可能发生的各种情况,并明确各方职责分工。同时,要定期组织应急演练,检验预案的可操作性,提高施工人员的应急处置能力。通过演练,及时发现预案中存在的问题和不足,并加以完善。

4.5 优化施工进度控制

4.5.1 制定科学合理的施工进度计划

在项目启动之初,项目管理团队应当深入分析项目特点、施工环境、资源配置等因素,结合业主要求和合同工期,编制详细的施工进度计划。这个计划不应是简单的时间表,而应是一个全面的工作指导文件。它需要明确各个施工阶段的工作内容、时间节点、资源需求和质量要求。在制定计划

时,要充分考虑可能影响进度的各种因素,如气候条件、材料供应、设备到位情况等,预留适当的缓冲时间。

2021—2035年中国光伏发电装机容量发展目标见表1。

表1 2021—2035年中国光伏发电装机容量发展目标
(单位:亿千瓦)

指标	2021E	2025E	2035E
运行装机容量	2.23	—	—
新增装机容量	1.2	—	—
合计	3.5	风电、太阳能发电总装机容量 12 亿千瓦	12

4.5.2 建立健全的进度控制体系

进度控制体系应包括进度信息收集、分析、反馈和调整等环节。在日常施工中,要设置专门的进度控制人员,负责实时监控施工进度,及时收集各个工序的完成情况。可以利用信息化手段,如移动应用程序或者物联网技术,实现进度数据的实时采集和传输。对于收集到的数据,要进行系统的分析和评估,比较实际进度与计划进度的差异,找出影响进度的关键因素。基于分析结果,及时调整施工计划,优化资源配置,确保整体进度按计划推进。

4.5.3 加强现场管理和协调

光伏发电项目施工涉及多个专业,工序繁多,各工种之间的配合至关重要。项目管理团队要加强对施工现场的组织和协调,确保各个工序之间的衔接顺畅。可以采用工序交接单制度,明确各工序的交接标准和验收要求,避免因工序交接不当造成的进度延误^[5]。同时,对于一些关键工序或者工期紧张的环节,可以采取倒排工期的方式,从目标完工日期倒推各个节点的完成时间,确保重点控制。

5 结语

总之,新能源光伏发电项目施工管理是一项系统性工程,需要全方位、全过程的科学管理。只有采取有力的管理对策,才能确保项目顺利实施,发挥光伏发电的优势,为能源转型和可持续发展做出应有贡献。相信随着管理水平的不断提高,我国的光伏发电事业必将迎来更加广阔的发展前景。

参考文献

- [1] 王洪林.新能源光伏发电项目施工管理措施分析[J].中国科技期刊数据库工业A,2024(6):109-112.
- [2] 王亚兰,江增涛,张开伦.新能源光伏发电项目施工管理措施探究[J].人民黄河,2023,45(S1):152-153.
- [3] 过东凯,陈勇,张佳,等.玉门油田集中式光伏发电项目建设与运行管理[J].石油科技论坛,2024,43(1):109-114.
- [4] 汤磊.光伏发电EPC总承包项目综合设计与施工管理分析[J].电力设备管理,2023(13):142-144.
- [5] 蒋桦.新能源光伏发电项目施工进度控制方法[J].自动化应用,2023,64(17):79-81.

Exploration on the Green Protection Countermeasures in the Implementation of Mountain Photovoltaic Power Generation Project

Huanhuan Wang

China Green Development Investment Group Jiangsu Guangheng New Energy Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210018, China

Abstract

Mountain photovoltaic power generation projects are an important source of renewable energy, and the development and implementation play an important role in promoting the energy structure transformation and coping with climate change. However, in the actual implementation process, complex natural environment and ecological challenges are often faced, so the formulation and implementation of green protection countermeasures are very important. This paper focuses on the green protection of mountain photovoltaic power generation projects, systematically analyzes the potential impact of the construction and operation stage on the environment, and puts forward comprehensive green protection countermeasures including policy and regulation guidance, engineering measures, plant measures, ecological monitoring and evaluation, and training and awareness improvement. Through the implementation of green protection countermeasures, the negative impact of the project on the environment can be minimized, and the harmonious coexistence of photovoltaic power generation and the ecological environment can be realized.

Keywords

mountain; photovoltaic power generation project; green protection countermeasures

探讨山地光伏发电项目实施中的绿色保护对策

王焕焕

中国绿发投资集团江苏广恒新能源有限公司, 中国·江苏 南京 210088

摘 要

山地光伏发电项目是可再生能源的重要来源, 开发实施对促进能源结构转型和应对气候变化具有重要作用。但是, 在实际实施过程中往往面临复杂的自然环境和生态挑战, 因此绿色保护对策的制定与执行非常重要。论文围绕山地光伏发电项目的绿色保护, 系统分析施工和运营阶段对环境的潜在影响, 并提出了包括政策法规引领、工程措施、植物措施、生态监测与评估以及培训与意识提升在内的综合绿色保护对策。通过实施绿色保护对策, 可最小化项目对环境的负面影响, 实现光伏发电与生态环境的和谐共生。

关键词

山地; 光伏发电项目; 绿色保护对策

1 引言

随着全球能源需求的不断增长和环境保护意识的增强, 人们对清洁能源的重视度增加。山地光伏发电项目是清洁、可再生的能源形式, 正逐渐成为能源发展的重要方向^[1]。但是, 山地环境的复杂性和敏感性给光伏发电项目的实施带来了许多困难, 尤其是在绿色保护方面。通过实施绿色保护对策, 有利于保证项目顺利推进, 有效减少对山地生态环境的干扰和破坏。通过深入分析项目施工和运营阶段可能面临的环境问题, 提出切实可行的绿色保护措施, 促进光伏发电与

生态环境的和谐共生, 实现经济效益与生态效益的双赢。

2 山地光伏发电项目对环境的潜在影响

2.1 施工阶段影响

山地光伏发电项目在施工阶段对环境的潜在影响较多, 主要包括地表破坏以及水土流失, 生物多样性影响, 噪声与扬尘污染等。在光伏电站的建设过程中, 需要对场地进行平整、开挖等作业, 会破坏原有的地表植被和土壤结构, 导致地表裸露, 增加水土流失的风险^[2]。山地地形复杂, 土壤侵蚀力较强, 施工过程中的扰动容易引发水土流失, 特别是雨季时, 雨水冲刷裸露的地表, 会加剧水土流失现象。施工过程中的场地平整、开挖等作业会直接破坏施工区域内的植被, 导致生物栖息地的丧失, 对生物多样性造成影响。光伏

【作者简介】王焕焕(1991-), 女, 中国山东临沂人, 本科, 工程师, 从事电力、新能源开发建设研究。

阵列的布置可能会阻断野生动物的自然迁徙通道，影响它们的生存和繁衍。施工机械如挖掘机、装载机等在作业过程中会产生较大的噪声，对周边居民和野生动物造成干扰。施工过程中的物料搬运、土方开挖等作业会产生扬尘，对空气质量造成影响，特别是在干旱、无雨的季节，扬尘问题更为突出。施工废水如冲洗废水等如果未经处理直接排放，可能会对周边水体造成污染。施工过程中产生的建筑垃圾、生活垃圾等如果处理不当，可能会对环境造成污染。

山地光伏建设对环境的影响及具体表现见表 1。

表 1 山地光伏建设对环境的影响及具体表现

山地光伏项目建设对环境的影响	具体表现
地表破坏	工程建设中对场地进行平整、开挖等作业，会破坏原有的地表植被和土壤结构，导致地表裸露
水土流失	山地地形复杂，土壤侵蚀力较强，施工过程中的扰动容易引发水土流失
影响生物多样性	工程建设会破坏生物栖息地，光伏阵列的布置可能会阻断野生动物的自然迁徙通道，影响它们的生存和繁衍
噪声、扬尘污染	施工中的大型机械会产生噪声，搬运、土方开挖等作业会产生扬尘

2.2 运营阶段影响

山地光伏发电项目在运营阶段对环境的潜在影响较多。光伏电池板在阳光照射下会反射光线，如果设计或布局不当，会产生光污染，影响周边居民和野生动植物的正常生活。特别是在山地地区，由于地形复杂，光线的反射和折射会加剧光污染问题^[3]。光伏电池板在吸收太阳能转化为电能的过程中，会产生一定的热量。虽然这种热量相对较小，但在大规模光伏阵列中，累计的热效应可能会对局部气候和生态系统产生影响，如改变地表温度分布等。光伏阵列的布置会占用一定的土地面积，减少植被覆盖，影响植物的光合作用和生长。同时，光伏板下的阴影区域会影响地被植物的生长和分布。光伏阵列的围栏和布局可能会改变动物的迁徙路线和活动空间，对动物的生存和繁衍造成影响。

3 山地光伏发电项目实施中的绿色保护对策

3.1 政策法规与规划引领

在山地光伏发电项目实施中，政策法规与规划引领是保证绿色保护目标得以实现的重要前提。项目必须严格遵守《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国土地管理法》等国家法律，以及地方政府出台的相关环保政策和规定。项目在规划、建设及运营过程中，需依法办理环境影响评价审批、土地审批等手续，保证所有活动均在合法合规的框架内进行。在施工过程中需结合山地地形的特殊性，制定详细的绿色施工方案，明确施工过程中的环保措施和责任分工，保证施工活动对环境的影响最小化^[4]。在项目初期，编制全面的环保规划，包括生态保护措施、水土保持方案、生态修

复计划等，为项目全周期的绿色保护提供指导。利用国家及地方政府的政策激励措施，如税收优惠、补贴政策等，鼓励项目采用先进的环保技术和设备，提高资源利用效率，减少污染排放。积极争取绿色金融支持，如绿色信贷、绿色债券等，为项目的绿色保护提供资金保障。

3.2 工程措施

在山地光伏发电项目实施中，工程措施是绿色保护对策的重要组成部分，从施工源头上减少对环境的破坏。根据山地地形特点，合理规划光伏阵列的布局，尽量减少对自然坡度和植被的破坏。利用山地自然坡度布置光伏板，减少土地平整工程量，降低水土流失风险。在场地设计阶段，通过现场勘查和生态评估，避让生态敏感区、水源保护区等重要生态区域，保证项目活动不对这些区域造成不可逆的影响。施工前对表层土壤进行剥离并妥善保存，施工结束后将表土回覆至原处，以恢复土壤结构和肥力，促进植被恢复^[5]。对于开挖形成的边坡，采取工程措施（如挡土墙、护坡网等）和植物措施（如种草、植树等）相结合的方式防护与治理，防止水土流失和滑坡等地质灾害的发生。制定详细的生态修复计划，包括植被恢复、土壤改良等措施，保证项目结束后能够迅速恢复山地生态环境。使用先进的施工工艺和设备，减少施工过程中的机械扰动和振动，降低对周边生态环境的影响。施工现场设置洒水降尘设施，对易产生扬尘的作业区域进行封闭或遮挡，保证扬尘控制在合理范围内。施工产生的废弃物进行分类收集和处理，可回收的废弃物进行回收利用，不可回收的废弃物送至指定地点进行无害化处理。

3.3 植物措施

在山地光伏发电项目实施中，植物措施是绿色保护对策的关键环节，通过植被恢复和生态绿化来减轻项目对山地环境的影响。在项目启动前，进行全面的生态评估，了解项目区域的植被分布、物种多样性及生态系统功能。基于评估结果，制定详细的植被恢复与绿化规划，明确恢复目标、植被种类及布局。在光伏阵列布置时，尽可能保留原有的优势树种和灌丛，减少对原生植被的破坏。对必须移除的植被，需进行合理的移植或异地保护。选择适应当地气候、土壤条件的本地物种进行种植，物种具有较强的生命力和适应性，有利于生态系统的快速恢复。结合山地地形，采用多层次绿化模式，如乔木、灌木、草本植物的合理配置，形成丰富的生态层次结构，提高生态系统的稳定性和多样性。对种植的植物进行定期浇水、施肥、修剪等养护工作，保证植物健康生长。对病虫害问题，及时采取防治措施，防止病情扩散。建立生态监测系统，定期对植被恢复效果进行评估。根据监测结果，及时调整养护管理措施，保证植被恢复目标的顺利实现。对于光伏阵列周边的边坡区域，采用护坡绿化措施，如铺设草皮、种植藤蔓植物等，防止水土流失和滑坡等地质灾害的发生。在不影响光伏板发电效率的前提下，可以在光伏板下种植低矮的草本植物或地被植物，提高土地利用率和

生态景观效果。

3.4 生态监测与评估

在山地光伏发电项目实施中，需加强生态监测与评估是绿色保护对策，有利于及时了解项目对生态环境的影响，并采取相应的保护措施。根据山地光伏发电项目的特点，设定合理的生态监测指标，包括但不限于土壤质量、水质、空气质量、生物多样性、植被覆盖度等。在项目区域及周边合理布局监测点位，保证监测数据的代表性和全面性。监测点位应覆盖光伏阵列区、施工生产生活区、道路工程区等不同功能区。采用先进的监测设备和技术手段，如遥感监测、无人机巡查、自动监测站等，提高监测的精度和效率。按照既定的监测计划，定期对项目区域的生态环境进行监测，记录并分析监测数据。监测频率可根据项目进展和生态环境变化情况进行调整。对监测数据进行统计分析，评估项目对生态环境的影响程度和趋势。采用科学方法分析数据，保证评估结果的准确性和可靠性。根据监测和分析结果，编制生态评估报告，明确项目对生态环境的影响及存在的问题，提出相应的保护措施和建议。将监测和评估中发现的问题及时反馈给项目管理部门和施工单位，督促其采取相应的整改措施。根据项目进展和生态环境变化情况，适时调整保护措施和管理方案，保证项目对生态环境的影响得到有效控制。加强公众参与和信息公开，及时公布监测和评估结果，接受社会监督，提高项目的透明度和公信力。

3.5 培训与意识提升

在山地光伏发电项目实施中，培训与意识提升是绿色保护对策的重要组成部分，可增强项目参与者的环保意识和专业技能，保证项目在环保理念指导下顺利推进。组织项目团队成员、施工人员及相关利益方参加环保意识培训，培训内容涵盖生态环境保护的重要性、光伏发电项目的环保要求、相关法律法规以及绿色施工理念等。采用专家讲座、案例分析、现场教学等多种方式，保证培训内容生动、具体，易于理解和接受。通过问卷调查、知识测试等方式，对培训

效果进行评估，保证参训人员真正掌握环保知识和技能。针对施工人员，开展绿色施工技术培训，包括节能降耗技术、环保材料使用、生态修复技术等，提升施工过程中的环保水平。加强项目团队对突发环境事件的应急处理能力培训，保证在发生环境污染事件时能够迅速、有效地采取措施，减轻对生态环境的影响。对在项目实施过程中表现突出的环保个人和团队进行表彰和奖励，树立环保典型，激发全体参与者的环保积极性。将环保表现纳入项目团队成员的绩效考核体系，作为评优评先、职务晋升的重要依据，强化环保责任意识。建立健全项目内部沟通机制，保证环保理念和要求能够及时传达给每一位项目参与者，形成上下一心、共同推进环保工作的良好氛围。通过媒体宣传、社区交流等方式，向公众展示光伏发电项目的环保成果和绿色施工理念，增强社会认同感和支持度。

4 结语

山地光伏发电项目的实施，可推动可再生能源发展，但是也会对环境造成不良影响。围绕绿色保护对策进行了深入研究，从政策法规引领、工程措施、植物措施、生态监测与评估以及培训与意识提升等多个方面提出了绿色保护对策，最小化项目对山地生态环境的负面影响，实现光伏发电与生态环境的和谐共生。

参考文献

- [1] 李欣,黄绍票,卢彤彰.山地光伏发电项目实施中的绿色保护措施[J].中国高新科技,2023(20):90-92.
- [2] 任龙.山地光伏电站项目施工管理对策研究[J].中小企业管理与科技,2022(8):47-49.
- [3] 王荣祥.露天采矿回填区光伏发电项目的水土流失综合治理方案[J].太阳能,2022(9):56-64.
- [4] 孙贤德.电气自动化在太阳能光伏发电中的应用和关键技术分析[J].光源与照明,2024(1):131-133.
- [5] 黄进,程刚齐,邓毅,等.《废弃光伏发电设备拆除及循环利用环境管理规范》标准研究探析[J].标准科学,2023(8):62-69.

Reflection on Project Management Strategy of Photovoltaic Power Generation Project

Zhen Guo

China Green Development Investment Group Jiangsu Guangheng New Energy Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210018, China

Abstract

Photovoltaic power generation project is based on the principle of photovoltaic effect, using solar cells to directly convert solar energy into electric energy. Compared with traditional technologies, photovoltaic power generation is highly dependent on the sun, so the management of the project is more difficult, which needs to be designed by enterprise managers. The whole process management, as the management of the whole construction process of the project, can study all the construction steps, analyze the possible difficulties, and formulate targeted solution strategies to ensure the function of the photovoltaic power station. This paper starts with the photovoltaic power station, analyzes the difficulties existing in its construction, and then analyzes the necessity of the whole process management, and controls the construction process.

Keywords

photovoltaic power generation; whole-process project management; quality control

光伏发电工程全过程项目管理策略思考

郭祯

中国绿发投资集团江苏广恒新能源有限公司, 中国 · 江苏 南京 210018

摘 要

光伏发电工程是根据光伏效应原理, 利用太阳能电池将太阳光能直接转化为电能的工程设施。相较于传统的技术而言, 光伏发电对于太阳的依赖较强, 所以工程的管理难度就较大, 需要企业管理者进行设计。全过程管理作为对工程整个施工流程进行管理的作业, 可以对全部施工步骤进行研究, 分析可能存在的难点, 并且制定针对性地解决策略, 保证光伏电站的功能。论文就从光伏电站入手, 分析其施工存在的难点, 然后分析全过程管理的必要性, 对施工流程进行管控。

关键词

光伏发电; 全过程项目管理; 质量管控

1 引言

光伏电站作为常见的电力生产设施, 具有技术性较强而且规模较大的特点, 实际施工环节就存在一些难点, 影响电站功能的发挥, 甚至造成安全隐患。此背景下, 对电站的管理就成为行业发展的关键, 而且为了全面保证工程质量, 全过程项目管理逐渐成为电站管理的关键。全过程项目管理可以对光伏电站的整个施工流程以及运作流程进行管控, 及时发现可能存在的人员技术问题、设备问题以及外界环境问题。全过程项目管理还能够对这些难点的成因进行分析, 帮助电站管理人员提前进行预防, 从而保证工程质量。所以光伏发电工程中, 全过程管理就成为行业发展的关键, 需要相关人员合理应用全过程管理, 保证光伏发电工程的质量。

2 光伏发电工程概述

光伏发电工程是指利用光伏技术(即光电转换技术)将太阳能转化为电能的过程和设施。这种技术通过太阳能电池板将太阳光转化为直流电, 再经过逆变器转换为交流电, 供电网或用于独立电力系统中的工程。作业环节, 光伏发电是一种清洁能源, 不会产生污染物和温室气体, 对环境友好。光伏发电系统可以灵活布置, 可以作为分布式发电系统在城市、乡村甚至是单个建筑物上使用, 减少了电力输送损耗^[1]。而且随着技术的进步和成本的降低, 光伏发电正成为全球能源结构中重要的一部分, 有助于实现能源的可持续发展目标。

3 光伏发电工程全过程项目管理的必要性

光伏发电工程全过程项目管理(Project Management)是确保项目从规划阶段到实施和运行阶段顺利进行的关键, 主要优势有以下几种。

【作者简介】郭祯(1988-), 男, 中国山东烟台人, 硕士, 工程师, 从事电力、新能源开发建设研究。

3.1 保证了规范和效率

全过程项目管理确保在项目启动阶段进行充分的规划和预测,包括目标设定、资源分配、进度计划等。这些步骤有助于确保项目在后续阶段的高效运行。通过项目管理方法,可以明确每个阶段的任务和责任,并建立有效地沟通和反馈机制,从而提高团队的工作效率和整体执行力。

3.2 可以对风险进行管理

项目管理通过系统性的风险评估和管理计划,可以及早识别和应对各类风险,如技术风险、供应链问题、天气变化等,减少对项目进度和成本的不利影响。光伏发电项目可能会面临需求变更或技术调整,项目管理的灵活变更管理流程可以帮助项目团队快速做出反应,减少延误和额外成本。

3.3 质量保障

项目管理确保在每个关键步骤都有适当的质量控制措施,包括设备选型、施工质量检查、运行测试等,以确保项目交付的产品和服务符合预期质量标准。

3.4 资源优化

光伏发电工程涉及多种资源,包括人力、物资、设备等。项目管理通过资源规划和优化,确保资源的合理利用,从而最大化项目的效益和成本效率。

4 光伏发电工程全过程项目管理策略

4.1 合理设计管理目标

光伏发电工程全过程项目管理的目标制定是确保项目在整个生命周期内达到预期目标,并最大化项目的成功和效益,常见目标可以有以下几种:一是时间目标,应确保项目在预定的时间范围内完成,包括明确的里程碑和阶段性目标。这涉及详细的项目计划,包括施工进度、设备采购和安装、测试调试等关键时间节点的管理。二是成本目标,应确保项目在预算范围内完成,包括费用预测、资金安排和成本管理。项目管理应该定期审查预算,并采取措施防止超出预算。三是质量目标,需要确保光伏发电系统的各个组件和工程质量符合相关标准和要求。这包括设备选择、施工质量控制、运行测试和性能验证等方面的管理。第四是技术目标,应确保光伏发电系统的技术实施和性能达到设计要求和预期目标。这涵盖了太阳能电池板的效率、逆变器的性能、系统的可靠性和稳定性等方面。五是安全目标,需要确保施工过程和运营期间的安全性,包括工作场所安全、设备安全、人员安全培训和遵守相关法规标准等方面的管理^[2]。通过设定清晰的目标,项目管理团队可以更有效地规划、实施和控制项目,确保光伏发电工程顺利完成并达到预期的经济、环境和社会效益。风险管理流程,如图1所示。

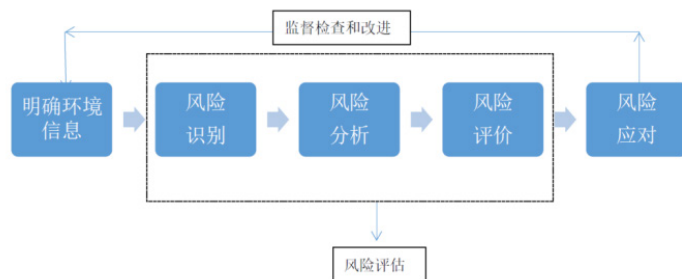


图1 风险管理流程

4.2 重视风险管理

光伏发电工程在全过程项目管理中,有效的风险管理是确保项目成功的关键之一。以下是光伏发电工程全过程项目管理中常见的风险及其管理方法:一是技术风险,包括技术选择不当、设备性能不符合预期、系统集成问题等。治理环节,需要在项目早期,进行充分的技术评估和可行性研究,确保选择的光伏技术和设备符合项目需求和环境条件。实施严格的技术审查和测试,以确保设备和系统在安装和运行时的性能和可靠性。二是市场风险,市场波动、供应链中断、材料价格变化等可能影响项目成本和进度。需要建立灵活的供应链管理策略,与多个供应商建立稳固的合作关系,以便在市场变化时能够快速调整。制定风险分析和应对计划,定期监控市场情况和材料价格,采取必要的措施以减轻不利影响。三是政策和法律风险,政策变更、法律法规变更、许可证和环评问题可能会影响项目的合法性和进度。需要相关人

员及早了解和遵守当地政府的政策和法规要求,确保项目规划和实施符合法律要求。与政府部门和监管机构保持密切沟通,确保及时获取任何关键许可证和批准。制定应对政策变化的应急计划,以减少不确定性对项目的影响。四是环境和社会风险,可能涉及的土地使用问题、社区反对、环境影响评估不足等。需要进行全面的环境影响评估(EIA),并遵守当地环境保护法规。与当地社区建立积极的沟通和合作关系,理解和解决他们的关切。制定社会责任计划,确保项目对周围社区有积极地影响。综上所述,光伏发电工程全过程项目管理的风险管理需要综合考虑技术、市场、法律、环境、财务和运营等多个方面的风险。通过制定详细的风险管理策略和应对计划,项目团队可以有效地降低风险并提升项目成功的可能性。

4.3 重视质量控制

在光伏发电工程的全过程项目管理中,质量控制是确

保项目成功和可靠运行的关键因素,需要相关人员通过以下手段进行设计:第一,应重视设计阶段的质量控制,需要确保光伏系统的设计符合技术要求和客户需求,避免后续施工或运行阶段的问题。还可以通过多人审查或专家审查,识别和纠正设计中的潜在问题。第二,需要重视材料和设备的选择与控制,应选择可靠的供应商和合格的材料,确保材料的质量和性能符合规范要求。还需要在使用之前对所有材料和设备进行必要的测试和审查,确保其符合标准和规范。第三,施工和安装阶段的质量控制,应确保施工过程按照设计和规范进行,包括正确的设备安装、接线和测试。并且采用实时记录和质量检查表格,记录施工过程中的关键步骤和结果,及时发现和解决问题。第四要重视安全标准和操作程序的遵守,需要确保施工人员和现场工作人员遵守安全操作规程,减少事故和损坏的风险。还需要为操作人员提供充分的培训和指导,确保他们能够按照操作手册和标准程序操作设备和系统。第五,应进行定期的质量检查和评估,识别潜在的改进点和问题,并及时采取措施进行修正。并且从项目中汲取经验教训,制定标准操作程序(SOP),确保类似的问题不会重复发生^[3]。通过以上措施,可以在光伏发电工程全过程中强化质量控制,确保项目的安全性、可靠性和长期运行效率,达到预期的经济和环境效益。

4.4 合理进行资源管理

光伏发电工程的全过程项目管理涉及多方面的资源管理,包括人力资源、物资和设备资源、时间资源以及财务资源等。

人力资源管理环节,应根据项目需求,招募具备相关技能和经验的团队成员,并建立有效的团队组织结构。并且为团队成员提供必要的技能培训和机会,以提升他们在项目中的表现和贡献。还需要设立明确的绩效评估标准和机制,对团队成员进行定期评估,激励优秀表现并及时调整不足之处。

物资和设备资源管理环节,应选择可靠的供应商,并建立长期稳定的供货关系,确保物资和设备的及时供应。开展有效管理物资和设备的库存,避免因库存过多或不足而导致项目进度延误或额外成本。还需要建立设备维护计划,定期对使用中的设备进行检修和保养,延长设备使用寿命并确保项目顺利进行。

时间资源管理环节,应制定详细的项目计划和进度安排,确保项目各阶段按时完成。并且设立关键的里程碑,监控项目进度并及时调整资源分配和任务优先级,以确保项目的整体进展符合预期。

财务资源管理环节,需要制定详细的项目预算,包括各项成本和支出的估算,监控实际支出与预算的偏差,并采

取必要的措施控制项目成本。还应有效管理项目资金流动,确保项目运作所需的资金及时到位,避免因资金不足而影响项目正常进行。

通过有效的资源管理,光伏发电工程能够更加高效地进行,确保项目质量和进度的同时,最大限度地利用各类资源,实现项目的长期可持续发展和经济效益。

4.5 重视监测评估

在光伏发电工程的全过程项目管理中,持续监测与评估是确保项目顺利完成和达成目标的重要实践,需要相关人员通过以下手段进行落实:第一,要重视项目进度监控,应确保项目进度计划是最新的,并与实际进展进行比较。还需要监控和评估关键里程碑的完成情况,确保项目按计划推进。第二,应重视成本管理,需要将持续监控项目成本与预算进行比较,并识别超支或潜在的预算问题。还需要评估任何成本变更的原因和影响,及时调整预算或采取控制措施。第三,应积极开展质量保证与控制,应制定持续监测项目的质量标准和要求,确保符合设计规范和行业标准。并且记录 and 解决出现的质量问题,以确保项目交付的质量和可靠性。第四,需要开展风险管理,应持续评估项目面临的风险,包括技术、供应链、市场和环境风险,并实施相应的缓解措施。还需要根据风险的变化,更新和完善应急计划,以便在需要时迅速应对突发情况。第五,要重视利益相关者沟通和满意度,应定期评估项目沟通策略的效果和满意度,根据反馈和结果进行调整和改进。并且定期收集和分析利益相关者的反馈意见,确保项目的活动和决策符合他们的期望和需求。第六,应重视项目绩效评估,需要定期评估项目的整体绩效,包括进度、成本、质量和风险管理方面的表现^[4]。

5 结语

综上所述,同其他工程建设相对比来看,光伏电站工程建设具有一定的复杂性,在实际的工作中需要添加全新的技术、设备和工艺。通过全过程管理工作,对工程建设的进度和成本进行有效地管控,对工程建设质量和效率的提升做出可靠的保证。管理人员要强化学习、吸取教训、总结经验,加大管理力度,促进光伏电站建设的发展。

参考文献

- [1] 徐海龙.全过程项目管理在光伏发电工程中的应用[J].光源与照明,2022(8):72-74.
- [2] 彭孝艳.光伏发电工程全过程项目管理路径分析[J].工程技术研究,2019,4(23):151-152.
- [3] 陈向东.光伏发电工程全过程项目管理应用研究[J].工程设计与设计,2019(21):283-285.
- [4] 鲁金平.光伏发电工程全过程项目管理应用研究[J].城市建设理论(电子版),2018(4):3.

Condition Monitoring and Early Warning System for High-voltage Power Transmission and Distribution Equipment Based on Big Data Analysis

Juanjuan Wang

Ningxia Hui Autonomous Region Electric Power Design Institute Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750000, China

Abstract

With the intellectualization and complexity of the power system, it is particularly important to build a condition monitoring and early warning system for high-voltage transmission and distribution equipment based on big data analysis. The system integrates real-time data collection, information processing, and intelligent fault prediction functions of equipment to ensure continuous tracking and prediction of operating conditions. The study points out that the monitoring and early warning mechanism based on big data analysis not only improves the intelligence of equipment management, but also ensures the stable operation of the power system. With the increase in global power demand and the continuous expansion of power systems, high-voltage transmission and distribution equipment plays a vital role in power transmission and distribution.

Keywords

big data analysis; high voltage transmission and distribution; status monitoring; early warning system; equipment management

基于大数据分析的高压输变配电设备状态监测与预警系统

王娟娟

宁夏回族自治区电力设计院有限公司, 中国 · 宁夏 银川 750000

摘 要

随着电力系统规模的智能化和复杂化, 构建一套依托大数据分析的高压输变配电设备状态监测与预警体系变得尤为重要。该系统整合了设备的实时数据收集、信息处理以及智能故障预测功能, 确保对运行状况进行连续跟踪与预判。研究指出, 依托大数据分析, 构建的监测预警机制, 不但提高了设备管理的智能化程度, 而且确保了电力系统的稳定运作。随着全球电力需求的增加和电力系统的不断扩展, 高压输变配电设备在电力传输和分配中发挥着至关重要的作用。

关键词

大数据分析; 高压输变配电; 状态监测; 预警系统; 设备管理

1 引言

电力系统的稳定性可能因设备的运行环境复杂及负荷变化而受到影响, 从而易于引发故障。在现代电力系统中, 传统的依赖定期审查和经验推断的设备维护及故障诊断方法, 已难以达到对实时性能和精确度的高标准需求。本研究致力于分析高压输变配电设备状态监测与预警系统的设计与实现, 该系统以大数据分析为基础, 并对其在实际应用中的表现进行评估。

2 大数据分析在设备状态监测中的应用

设备状态监测领域借助大数据分析技术, 实现了对海量数据即时处理与深度解析, 从而为设备健康管理及故障提前预警提供了创新性的助力。在现代电力系统中, 传统依赖定期检查及人工判定的设备状态监测手段, 已不能满足对监测数据实时性和精确度的高标准需求。引入大数据技术后, 设备状态的监测工作得以实现向智能化与效率的提升转型, 集成传感器技术、数据采集系统及数据处理平台, 可以对设备运行状况进行全面监控。设备的运行情况, 如温度、电流、压力、振动、油位、噪声等信息, 被传感器持续地收集起来, 通过高频次的数据搜集, 该系统能够全面了解设备的详细工作状况。这些数据随后通过高速网络传输至中央处理系统, 在那里经过数据清洗、整合和存储。

采用大数据分析技术, 尤其是机器学习和数据挖掘算法, 可以从大量数据中提炼出有价值的信息, 通过分析得出的数据, 可以洞察机器设备可能隐藏的缺陷和频繁出现的故障类型, 进而实现对潜在故障的提前预防和警示^[1]。利用大

【作者简介】王娟娟 (1985-), 女, 回族, 中国宁夏吴忠人, 本科, 助理工程师, 从事高压输变配电设施建设及设备运维研究。

数据分析方法，可以构建设备历史运行数据的模型，进而对设备当前状态与历史数据的差异进行比较，并预测出设备未来的运行走势。

3 系统设计与架构

3.1 数据采集模块

设备状态监测系统的关键环节是数据采集模块，其职能是实时搜集设备运行各阶段的各类数据，构建全面且精确的数据基础。模块内含有众多传感器和数据采集设备，其功能是监测设备运行的各项指标，包括电流、电压、温度、压力、振动等。高精度及低延迟的传感器普遍安装于现代装置之中，这样的配置是为了保障数据捕获的精确性与时效性，物理量通过传感器被转化为电信号，随后，这些信号经过信号转换器处理，最终由数据采集设备完成数据的读取和初步加工。设备用于实时追踪、保存及传递所收集的数据，保障了数据在时间和内容上的连贯性与完整性，模块负责数据的收集，应能配合多种传感器，并处理各类数据格式，以满足设备多样化的需求^[1]。在数据处理与分析阶段之前，必须重视数据采集模块的设计，其间的传感器选择、布局及数据抓取频率等要素，对所获取数据的完整性及真实性起着决定性作用。原始数据的高效收集与传递至处理中心，是此系统设计中不可或缺的一环，需确保数据在传输过程中不发生丢失，并减少延时，设备状态监测系统的根基在于数据采集模块^[2]。该模块通过实时、精确的数据搜集，为数据处理和故障预兆分析提供了可靠的数据基础，是系统运转无误及设备管理效率提升的核心环节。

3.2 数据传输与存储

在依赖大数据分析的设备状态监控体系中，数据传输与储存承担着不可或缺的职责，其核心使命在于，保障从数据采集单元接收的信息能够被有效地、安全地送达数据处理中心，并实现长期稳定地存储，以供将来分析之用。实时数据的传输涉及大量信息从现场迁移至中央数据库，此过程对网络通信技术提出了高带宽、低延迟及高可靠性的要求。数据传输方式通常分为有线（例如光纤、以太网）和无线（例如 Wi-Fi、4G/5G 网络）两种，具体选择何者，需视乎实际应用的需求、数据的大小和传输的距离等条件而定，为确保信息在传输环节不被篡改或遗失，必须采用加密手段与完整性验证机制。

在现代，存储系统一般由分布式数据库和云存储解决方案构成，这些系统能够保证高可用性和可扩展性，有效地应对数据量的持续增长。数据存储系统应提供数据备份与恢复机制，以保障系统故障或数据丢失时，能迅速恢复信息。存储系统应具备高效的数据管理功能，如数据压缩、归档及清理，目的是优化存储空间，提升数据存取效率，确保数据在传输与保存过程中的准确无误和防护安全是至关重要的，这为后续的高品质数据分析提供了坚实的信息支撑^[3]。

3.3 数据分析与处理

在设备状态监测系统中，数据分析与处理扮演着关键角色，其工作原理是从众多原始数据中筛选出关键信息，并对其进行详尽分析，从而为决策制定与故障预兆提供数据支撑。在数据分析环节，数据清洗扮演着关键角色，它涉及消除噪声、填充或删除缺失数据、处置异常数据，以此来保障数据的准确性与统一性。在此阶段中，对数据执行必要的转换操作，纠正其中存在的错误，并补全缺失部分，以确保后续分析工作的顺利进行，并获得准确可靠的数据支持。随后，通过汇总及融合来自不同传感器和数据源的信息，构建起涵盖广泛的数据综合视角。在执行此流程时，必须对结构不一且重复的数据进行加工，以保障各类数据间的协调性与相互间的可度量性。

借助数学模型和算法，可以辨识设备的正常运作状态及其可能出现的故障模式，进而执行风险评估和预测分析。利用时间序列分析和回归模型对设备运行状态的发展趋势进行预测，以便及时识别潜在的故障隐患。利用图形化的方式呈现数据，能够使用户迅速辨认出数据中的异常点、趋势的变迁以及重要的性能指标，进而实施必要的行动。通过精准的数据分析与处理技术，不仅可以提高设备状态监测的准确性，而且能够实现实时故障诊断与预警，有效缩短停电时间，并显著降低维护成本。系统化的数据清洗、整合、建模和可视化过程，为设备运行状态的监控提供了科学且精确的决策支持，这对于确保设备运行的高效性与安全性至关重要。

3.4 预警机制设计

在依赖大数据分析的设备状态监测系统中，预警机制的设计至关重要，它的作用是在设备出现潜在问题之初便及时发出警报，目的是降低设备故障发生的可能性，并提高设备运行的可靠性与安全性。预警机制的设计涵盖了制定规则、配置警报系统以及执行预警响应等多个关键环节，制定预警规则是构建预警机制的基础，此过程涉及分析设备运行数据、历史故障记录及行业标准，从而确立一系列触发预警的条件和阈值。规则涵盖了从数据中提取的统计属性，例如温度、压力等参数的显著变化，同样也涉及由机器学习模型所产生的预测数据，深入分析数据，鉴定指标变动，预测设备故障，设定预警阈值，为实现设备运行状态的实时监控及故障预兆的准确判定。

相关人员能够在第一时间接收到预警信息，得益于警报系统的及时准确设置。例如，为了在各种不同的状况下都能够传递出警示信息，现代警报体系融合了多种传讯手段，这些手段包含短信、电子邮件、电话语音以及实时的监控面板等，灵活的配置功能是警报系统的一个必要特性，它使得系统能够针对不同的预警级别和类型。在接收到预警信息之后，迅速而有效地采取相应措施，这是预警响应的关键所在，制定周密的应急措施，如现场勘查、参数调整以及设备维护，

旨在最大限度减少生产过程中可能出现的设备故障。实施预警响应,须建立在明晰的工作流程和高效的沟通机制之上,旨在保障各部门在接收到预警信号时,能快速进行协调与合作,进而执行有效的应对策略。设计精准的预警机制,通过确立合理的预警准则、构建多元的警报体系以及采取高效的应对手段,极大地增强了对于设备运行状态监控的支持,从而显著提高了设备的运行稳定性与安全性。

4 实施与应用

4.1 系统部署与配置

在构建基于大数据分析的设备状态监测与预警系统过程中,关键步骤包括对系统硬件和软件的选择、安装、配置,以及网络环境的调整优化等。在进行系统部署的过程中,关键在于挑选适宜的硬件和软件平台,在构建系统中,精选具备高效处理能力的硬件组件,旨在支持大规模实时数据处理与持久化存储需求。在软件领域,涉及的关键要素包括安装在各类设备上的操作系统、负责处理海量数据的分析平台、存储重要信息的数据库系统,以及用于实时监控设备状态并提前发出警报的应用程序。为了保障系统的运行效率,这些部件必须具备优秀的兼容性和高度的稳定性,对硬件与软件的参数进行配置,是实现设备状态监测需求的关键环节。服务器硬件的组合包括对处理性能、数据存储空间及网络传输速率的设定,这些硬件的综合搭配旨在满足预计的数据处理需求。

软件的设置工作涉及构建包含多个集群节点的数据分析平台、优化数据库的运行效率、确定数据采集的周期以及定义分析的算法等环节,必须对预警系统的触发条件和报警阈值等参数进行细致设定,保障系统准确识别并响应可能出现的故障情况。系统部署过程中,网络环境的优化是关键环节之一,为了确保从终端设备到监控系统的数据传输过程中既不失真也不滞后,必须构建一个带宽宽、延迟低且稳定的网络环境。在保障信息安全领域,须着重规划防火墙、入侵检测系统等安全措施,以抵御数据外泄及网络攻击的风险。在系统部署与配置过程中,须预先规划和设计其未来的可扩展性与可维护性,确保当系统规模扩大或技术迭代时,能够无缝适应变化。

4.2 系统性能评估

为了保障依赖大数据分析的设备状态监测与预警系统

的顺畅运作,必须对其系统性能进行全面深入的评估,系统性能评价着重考量处理数据的能力,这包括数据处理的速度以及响应时间的长短。为了验证系统在真实环境下的数据处理能力,必须进行大规模实时数据流的处理测试,以保证系统能及时分析数据,且不出现显著延迟现象。系统处理数据的能力,通常以单位时间内处理数据量来衡量,此为评估其性能的关键指标之一。在系统性能评价中,高吞吐量是指单位时间内数据处理能力的量度,提升此性能直接促进了设备状态监测的精准与迅速。在系统性能评价中,稳定性和可靠性是两个至关重要的考量指标,通过模拟不同负载和压力情境下系统的运行状况,稳定性测试旨在评价系统在高负荷下的稳定性,以验证系统在长时间运行中能否保持稳定,防止崩溃或故障的发生。对系统长期运行的稳定性进行评估,涉及故障发生概率及系统恢复的能力,系统若具备高可靠性,则其在遭遇故障时,能够迅速恢复运作,从而缩短停机时长,确保设备监测活动不间断。在性能评价过程中,系统的安全性是一个不容忽视的关键要素。评估系统安全时,需考察其对外来侵袭的抵御机制、对数据的防护效果,以及管控用户接入的级别,通过构建多样的安全威胁和攻击场景,对系统的防护能力进行评估,以确保在真实应用场景中,系统能够有效地对敏感数据进行保护,并阻止非法入侵。

5 结语

针对高压输变配电设备,构建了一套基于大数据分析的状态监测与预警系统。通过对数据的系统化采集、处理和分析,有效支持了电力系统的运行,该技术的应用,不仅增强了电力设备的监控效能和故障预测精确度,还提升了维护管理的效率,促进了电力系统向智能化方向的进步。运用此系统,预计将大幅增进电力设备的运行效率及稳定性,从而为电力行业的持续发展贡献力量。

参考文献

- [1] 王元峰,王林波,王冕,等.基于大数据的配电设备运行状态监控与故障预警系统设计[J].自动化与仪器仪表,2021(6).
- [2] 董兴海,姚笛,夏永章,等.基于物联网的免维护配网漏电监测警示装置的研究[J].电力系统装备,2021(5):12-13.
- [3] 许可.基于大数据与机器学习的配电网电压质量异常预测技术研究[D].扬州:扬州大学,2021.

The Impact and Analysis of Common and Frequent Quality Issues in Wind Power Equipment Manufacturing Supervision

Qi Yang

Electric Energy (Beijing) Engineering Supervision Co., Ltd., Beijing, 100080, China

Abstract

Wind energy, as a clean and renewable energy source, has become increasingly prominent in China's energy structure in recent years. With the continuous maturity of wind power equipment technology and the rapid expansion of the market, the wind power equipment manufacturing industry has also ushered in unprecedented development opportunities. However, behind the rapid development, various quality problems that frequently occur in the supervision process of wind power equipment have gradually been exposed, and these problems have become important factors restricting the healthy development of the industry. Therefore, this paper will analyze their causes and impacts from the perspective of common and frequent quality problems, and propose corresponding solutions, hoping to provide useful reference for wind power equipment supervision work.

Keywords

wind power equipment; supervision; multiple occurrence; quality problem

风电设备监造常见、多发性质量问题的影响及分析

杨麒

电能（北京）工程监理有限公司，中国·北京 100080

摘 要

风能作为一种清洁、可再生的能源，近年来在中国能源结构中的地位日益凸显，而且随着风电装备技术的不断成熟和市场的快速扩张，风电设备制造业也因此迎来了前所未有的发展机遇，可是在快速发展的背后，风电设备监造过程中频繁出现的各类质量问题也逐渐暴露出来，这些问题逐渐成为了制约行业健康发展的重要因素，因此论文从常见、多发性质量问题的角度出发，深入分析其成因、影响，并提出相应的解决对策，希望能够为风电设备监造工作提供有益参考。

关键词

风电设备；监造；多发性；质量问题

1 引言

随着全球对可再生能源需求的增加，风电作为一种清洁能源，其已经慢慢的得到广泛应用，而且由于风电设备的质量好坏直接影响风电场的发电效率和运行安全，因此风电设备的监造质量显得尤为重要，但是由于在再监造过程中，常见的质量问题包括材料缺陷、制造工艺不良和装配误差等，这些问题不仅会影响设备的性能，还可能带来严重的安全隐患，所以研究分析风电设备监造常见、多发性质量问题的影响，对于广大风电行业的工作者而言十分重要。

2 风电设备监造现状与质量问题的普遍性

2.1 风电设备监造的重要性

风电设备监造工作，作为风电项目建设不可或缺的一环，其重要性就不言而喻了，其中风电场作为绿色能源的重要组成部分，它的高效稳定运行将会直接关系到国家能源结构的优化与可持续发展目标的实现，所以在这一过程中，风电设备的质量便因此成为了决定性因素，其中监造工作主要是通过通过对设备制造全过程的监督与管理，去确保设备从原材料采购、生产加工到最终组装调试的每一个环节都符合既定的质量标准 and 设计要求。具体而言，风电设备监造不仅可以及时发现并纠正生产过程中的偏差与不足，还可以防止低质量产品流入市场，更能够保障设备在恶劣自然环境下的长期稳定运行，这对于提升风电项目的整体性能，延长设备使用寿命，降低运维成本具有重要意义；与此同时，高质量的风电设备也是企业品牌形象与市场竞争力的重要体现，其对于吸引投资、拓展市场具有积极作用。所以，风电设备监造工

【作者简介】杨麒（1994-），女，回族，中国湖北人，硕士，工程师，从事风电设备监造（主修专业：电气工程及其自动化）研究。

作是风电产业链中不可或缺的一环，其重要性不容忽视。

2.2 质量问题的普遍性

在风电设备监造过程中，质量问题的普遍性是一个不容忽视的现象，这些质量问题虽然看似琐碎，但往往会积少成多，对风电项目的整体运行产生深远影响，其中从常见的外观损伤来看，运输、装卸过程中的不当操作往往导致设备表面出现划痕、凹陷等缺陷，这不仅会严重影响设备的美观度，还可能会进一步的引发腐蚀、锈蚀等问题，缩短设备使用寿命；至于装配错误则是另一个普遍存在的质量问题，由于风电设备结构复杂，部件众多，装配过程中稍有不慎便可能导致部件错装、漏装等问题，这些错误不仅会影响设备的正常运行，还可能引发安全隐患，对风电场的安全生产构成威胁。除此以外，标识混乱也是风电设备监造中常见的问题之一，因为这些标识不清、资料不全的问题往往会导致安装、调试过程中信息缺失，从而增加操作难度与出错概率。

3 常见与多发性质量问题的具体表现及影响

3.1 外观损伤与涂层缺陷

在风电设备的制造与运输过程中，外观损伤与涂层缺陷是最常见的问题，其中这些损伤的由来往往源于运输和装卸过程中的不当操作，如粗暴搬运、堆放不合理等，所导致的设备表面出现划痕、凹陷甚至破损，尽管这些外观上的瑕疵并不直接影响设备的基本功能，但它们却显著降低了产品的整体美观度，给客户留下不专业的印象。同时，涂层缺陷如剥落、起泡等不仅影响外观，还可能加速设备的腐蚀过程，缩短其使用寿命，这种早期磨损不仅增加了设备的维护成本，也降低了客户的满意度和忠诚度，对企业品牌形象造成负面影响。

3.2 装配错误与工艺执行不严

装配错误作为风电设备制造过程中的另一大隐患，这主要是由于风电设备结构复杂，部件众多，装配过程需要极高的精确性和规范性，但是在实际操作中，由于操作人员的疏忽大意或技能不足，常出现部件错装、漏装等问题，这些错误不仅会导致设备无法正常运行，还可能引发严重的安全事故，例如关键部件的错装可能导致设备性能下降，甚至无法启动；而漏装安全保护装置则可能使设备在异常情况下无法及时停机，对人员和财产构成威胁；除此以外工艺执行不严也会引发一系列质量问题，如紧固件的扭矩不足、焊接缺陷等，这些问题的出现都将会严重影响设备的稳定性和可靠性。

3.3 标识混乱与资料管理不善

标识混乱与资料管理不善是风电设备制造与项目管理中的其他问题，之所以会这样是由于标识作为设备识别、安装和调试的重要依据，如果标识不清或缺失，那么将会导致操作人员在安装和调试过程中无法准确识别部件和位置，从而增加操作难度和出错概率；同时资料管理不善也将给项

目带来诸多不便，例如图纸、说明书等关键资料的缺失或错误将导致安装和调试工作无法顺利进行；而历史数据的丢失则使得项目团队无法对设备性能进行准确评估和优化，这些问题的出现不仅会严重增加项目的时间成本和人力成本，同时还可能因信息不准确而导致决策失误，进一步放大项目的风险。

3.4 对项目进度与成本的影响

风电设备制造过程中频繁出现的质量问题会对项目进度和成本产生了深远影响，一方面质量问题的出现往往导致设备制造周期延长，所以为了修复这些问题，制造商需要投入额外的时间和资源来进行返工和修复工作，这不仅使得设备交付时间推迟，还可能打乱整个项目的进度安排；另一方面，质量问题的返工和修复也会增加项目的成本，除了直接的修复费用外，还需要考虑因延误导致的间接成本，如人员闲置费用、设备租赁费用等；更为严重的是，如果质量问题导致设备无法正常运行或需要频繁维修，那么将会极大地降低项目的投资回报率，甚至可能使项目陷入亏损状态。

4 质量问题产生原因的多维度剖析

4.1 管理层面的缺失

在风电设备制造业中，管理层面的缺失是质量问题频发的一个深层次原因，其中由于企业内部管理体系的不完善，往往体现在规章制度不健全、流程设计不合理等方面，而且当管理体系存在漏洞时，责任划分不明确时，往往会导致在质量问题出现时难以迅速定位责任人并采取有效措施；此外监督考核机制的缺失也是管理层面的一大问题，因为缺乏有效的监督，那么就意味着生产过程中可能存在的问题无法被及时发现和纠正；而考核机制的不健全，则可能使得员工对于质量问题的重视程度不足，缺乏提升产品质量的内在动力，这种管理上的松懈，为质量问题的滋生提供了温床，从而使得企业在激烈的市场竞争中处于不利地位。

4.2 操作人员技能与意识不足

操作人员作为风电设备制造过程中的直接执行者，其技能水平和质量意识对于产品质量具有决定性影响，然而在实际生产中，由于操作人员技能水平参差不齐、质量意识淡薄的问题普遍存在，特别是部分操作人员由于缺乏专业培训和实践经验，所以难以熟练掌握先进的制造工艺和设备操作技巧，从而导致在生产过程中频繁出现人为失误；同时由于部分操作人员对质量标准的理解不透彻，它们对工艺规程的执行不够严格，而且往往为了赶工而忽视质量细节，这些问题都会进一步加剧了质量问题的发生。

4.3 供应链管理的薄弱

当前许多企业在供应链管理方面存在明显薄弱点，这也是导致质量问题频发的一个重要原因，其中原材料与零部件供应商的质量把控不严是导致产品不合格风险增加的直接原因，当供应商提供的原材料或零部件存在质量问题时，

将直接影响风电设备的整体性能和使用寿命；企业内部对供应链的管理也存在诸多漏洞，如对供应商的选择和评价机制不完善，导致部分低质量供应商混入供应链体系；对供应商的生产过程和质量控制缺乏有效的监督和指导，使得供应链整体质量水平难以保障。除此以外，由于供应链各环节之间的信息共享不畅、协同能力不足等问题也会进一步加剧了质量管理的难度。

5 应对策略与改进建议

5.1 强化管理体系建设

为了从根本上解决风电设备监造过程中的质量问题，企业必须致力于建立健全质量管理体系，其中要包括明确各级责任分工，确保每个环节都有明确的责任人和清晰的工作流程；同时加大监督考核力度，通过定期检查、不定期抽查等方式，确保各项规章制度得到有效执行。除此以外，企业还应不断优化管理流程，引入先进的管理理念和方法，如精益生产、六西格玛等，以提升整体管理水平和效率，这样通过强化管理体系建设，企业可以形成一套科学、规范、高效的质量管理机制，为风电设备的高质量生产提供坚实保障。

5.2 提升操作人员技能与意识

操作人员的技能水平和质量意识直接关系到风电设备的生产质量，因此企业需要重视操作人员的培训和技能提升工作，并通过定期组织专业培训、技能竞赛等活动，去提升操作人员的专业技能水平，从而激发出他们的工作热情和创造力；当然企业还可以建立健全激励机制，对表现优异的员工给予物质和精神上的奖励，以激发其积极性和责任心。

5.3 加强供应链管理

供应链作为风电设备生产的重要组成部分，其质量稳定性将会直接影响到最终产品的品质，因此企业必须加强对供应链的管理和控制，如企业可以对供应商进行严格筛选与评估，选择那些具有良好信誉、稳定质量和优质服务的供应商作为合作伙伴。其次还可以与供应商建立长期稳定的合作关系，并通过信息共享、技术交流等方式加强沟通与协作，去共同提升产品质量水平。除此以外，企业还可以对供应链中的关键环节进行重点监控和管理，去确保原材料和零部件的质量符合生产要求，这样通过加强供应链管理，企业便可以构建一个高效、稳定、可靠的供应链体系，为风电设备的高质量生产提供有力支持。

5.4 引入先进技术与设备

随着科技的不断发展，先进技术和设备的应用已经成

为提升风电设备生产质量的重要手段，因此企业可以积极引入自动化、智能化等先进技术手段，去提高生产过程的精度与效率，如企业可以采用机器人焊接、激光切割等自动化生产方式可以显著减少人为误差和劳动强度；利用物联网、大数据等信息技术可以实现生产过程的实时监控和数据分析，为质量改进提供有力支持；同时企业还应定期对生产设备进行维护与保养，确保其正常运行和使用，这样。通过引入先进技术与设备，企业便可以大幅提升生产效率和产品质量水平，增强市场竞争力。

5.5 加强监造过程中的沟通与协作

风电设备监造作为一个涉及多方参与、环节众多的复杂过程，企业为了确保监造工作的顺利进行和高质量完成，那么就必须加强各方之间的沟通与协作，所以企业可以通过建立多方协作机制，去明确各方职责和协作方式，最终确保监造过程中信息的及时传递与共享；又或者企业可以通过加强与业主、设计方、施工方等各方面的沟通与协作，去共同解决监造过程中遇到的问题与挑战，如定期召开协调会议、开展现场交流等方式可以促进各方之间的了解和信任；通过共同制定解决方案和措施可以形成合力推动问题解决；除此以外，企业还应积极引入第三方专业机构参与监造工作，利用其专业技术和经验为监造工作提供有力支持。通过加强沟通与协作，企业可以构建一个和谐、高效、协同的监造工作环境，为风电设备的高质量生产提供坚实保障。

6 结语

总而言之，风电设备监造过程中的常见与多发性质量问题不容忽视，因此论文通过深入分析其产生的原因与影响，并针对性地提出应对策略与改进建议，希望能够为提升风电设备监造质量提供有力支持。

参考文献

- [1] 修世伟.风电设备监造过程中的质量控制对策探析[J].中国设备工程,2024(5):215-217.
- [2] 朱丁丁,郑银龙.风电设备监造工作要点分析[J].中国设备工程,2020(24):235-237.
- [3] 田华.风电监造工作的实践与思考[J].设备监理,2019(8):19-21.
- [4] 侯新文.浅析风电安全管理[J].中国新技术新产品,2016(6):145-146.
- [5] 宁智鹏.风电设备驻厂监造实践及控制要点[J].设备监理,2014(4):54-57.
- [6] 赵建民,张心,田晓.风电设备监造常见、多发性质量问题的影响及分析[J].设备监理,2013(5):46-49.

Research on Automation Level of Smart Grid-based Grid Monitoring

Yan Qin

MCC South (Wuhan) Automation Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430080, China

Abstract

With the deepening of energy transformation and development, photovoltaic power generation has gradually become an important part of the power system, and the photovoltaic grid-connected technology and its dispatching control have received more and more attention. This study is based on optimizing the grid-connected operation strategy in the smart grid environment, hoping to improve the grid-connected conditions of photovoltaic power grid, improve the power generation of photovoltaic power stations, and maximize the grid absorption capacity of photovoltaic power generation. On the basis of summarizing the existing grid-connected monitoring automation technology, the real-time monitoring, intelligent control and analysis and judgment functions of photovoltaic high and low voltage grid connection in smart grid are deeply discussed and automated. With the help of big data, artificial intelligence and other technologies, an adaptive dispatching strategy is proposed, and the simulation experiment is verified that it has significant effects in improving the grid connection stability of photovoltaic grid and improving the absorption capacity of power grid. This strategy research will provide valuable reference and practical basis for the planning and operation of smart grid.

Keywords

smart grid; photovoltaic grid connection; automatic monitoring; power grid absorption capacity; adaptive dispatching strategy

面向智能电网光伏高低压并网监控自动化水平的策略研究

秦燕

中冶南方（武汉）自动化有限公司，中国·湖北 武汉 430080

摘 要

随着能源转型发展的深入，光伏发电逐渐成为电力系统的重要组成部分，而光伏并网技术及其调度控制越来越受到重视。本研究基于在智能电网环境下，提出优化光伏高低压并网运行策略，期望通过改善电网并网条件，提高光伏电站发电量，最大化光伏发电的电网吸纳能力。在总结现有并网监控自动化技术的基础上，深入探讨并自动化实现了智能电网中光伏高低压并网的实时监控、智能控制和分析判断功能。借助大数据、人工智能等技术，提出一种自适应调度策略，并通过仿真实验验证其在提高光伏电网并网稳定性和提高电网吸纳能力等方面具有显著效果。这一策略研究将为智能电网的规划和运行提供有价值的参考和实践依据。

关键词

智能电网；光伏并网；自动化监控；电网吸纳能力；自适应调度策略

1 引言

在过去的时间内，人们越来越关心能源的问题，特别是我们可以重新使用的光伏能源。光伏能源不仅可以产生能源，而且还对环境有益。但是，我们需要使用一种特殊的技术和策略，才能最好地使用光伏能源。我们需要通过电网把光伏能源传输出去，这样才能供应到更多地方。但是，目前的技术和策略还有很多问题需要解决。现在人们正在研究如何利用大数据和人工智能等技术来改进这些问题，希望能使光伏能源在电网中的传输更加稳定，同时提高电网对光伏能

源的利用效率。论文的主要目标就是提出一种新的策略，来实现以上的目标。在实践和模拟中，这种策略取得了良好的效果。这些成果对电网的规划和运营有重要的意义。

2 智能电网下光伏并网运行现状与挑战

2.1 能源转型下电力系统发展概述

能源转型背景下的电力系统正在经历深刻的变革和重构^[1]。传统的化石能源逐步被风能、太阳能等可再生能源所替代，这不仅是对环境友好的响应，也是全球能源战略发展的重要方向。光伏发电作为可再生能源的重要组成部分，在过去的几十年中取得了长足的发展^[2]。随着技术的进步和成本的降低，光伏电站逐渐普及，其占全球总发电量的比例不断提高。

【作者简介】秦燕（1986-），女，中国湖北人，硕士，高级工程师，从事电气自动化研究。

光伏发电具有间歇性和波动性的特点，对电力系统的稳定性和调度灵活性提出了新的挑战。传统电力系统大多是基于集中式发电和单向输电的模式，而在可再生能源，特别是光伏发电的大量接入后，电力系统需要向更加分散化和双向互动的方向发展。

智能电网的引入为应对这些挑战提供了新的解决方案。智能电网通过应用大数据分析、人工智能、物联网等先进技术，实现了电力系统的高度自动化和智能化，能够更好地协调和整合各种分布式能源资源。特别是在光伏并网方面，智能电网能够实时监控并动态调整光伏电站的运行状态，从而优化电力分配，提高系统稳定性。

现阶段，智能电网在光伏并网中的应用尚处于探索和试验阶段，但已经展示了显著的潜力。例如，通过实时数据分析和智能决策，智能电网可以有效预测和平衡光伏发电的波动，减少并网对电网稳定性的负面影响。与此基于区块链技术的能源交易平台也在发展中，为光伏发电提供了更多的市场化机会。

能源转型和电力系统的发展为提高光伏并网的自动化水平和智控能力提供了必要条件。通过不断完善技术路线和优化并网策略，将进一步促进光伏发电在未来电力系统中的广泛应用和深度融合。

2.2 光伏并网技术与调度控制现状

目前，光伏并网技术和调度控制的研究已取得显著进展。光伏发电系统主要通过逆变器将直流电转换为交流电，并与电网连接。逆变器技术的发展，包括多电平逆变器、自适应控制等，极大地提高了并网的灵活性和稳定性。在调度控制方面，集中式和分布式调度模式发挥作用。集中式调度通过集中的控制系统进行实时监控和调度，适用于大规模光伏电站；分布式调度则依赖于各个光伏系统的自适应能力，适用于分布式光伏发电系统。为应对光伏发电的不确定性和波动性，预测技术逐渐成熟，例如基于大数据和人工智能的负荷预测和发电量预测，提高了调度计划的精准度。实时监控和预警系统进一步增强了光伏系统的运行安全性，减少因并网不稳定引发的问题。光伏并网技术和调度控制的发展不仅提升了光伏发电的经济效益，也为智能电网的高效运行提供了技术支持。

2.3 智能电网环境下光伏并网面临的挑战与问题

在智能电网环境下，光伏并网面临多重挑战。光伏发电的不稳定性和间歇性对电网的稳定运行提出了严峻考验，容易引发电力质量问题，如电压波动和频率偏移。现有并网技术在应对大规模光伏接入时，往往难以快速响应负荷变化，导致电网调度效率低下。智能电网对数据采集与分析的高要求，加大了监控系统的复杂性和实现难度。光伏电站的分布性和多样性使得统一协调和管理更加困难，这些问题亟须通过先进技术和优化策略予以解决。

3 光伏高低压并网监控自动化实现策略

3.1 并网监控自动化技术综述

并网监控自动化技术作为现代智能电网的重要组成部分，通过综合运用传感技术、通信技术和计算机技术，提高了电网的运行效率和可靠性。并网监控的目的是实时监测、控制和优化电力系统中各类能源的接入和输出，确保电网的稳定运行。

在光伏发电高低压并网的监控中，传感技术起到了关键作用。传感器分布在电网的各个节点，实时采集电压、电流、功率等参数。这些数据通过高速通信网络传输至控制中心，为智能控制和优化调度提供基础。基于采集的数据，通过先进的算法对电网运行状态进行分析，预测可能出现的问题，并及时调整运行策略。

通信技术在并网监控中扮演了关键角色。通过采用5G、光纤和其他现代通信手段，实现了数据的高速传输和低延时处理，确保了监控系统的实时性和可靠性。从而，可以快速响应电网运行中的异常情况，进行即时调度和控制^[1]。

计算机技术则是并网监控自动化的核心。通过对海量数据的处理和分析，实现了电网运行状态的智能化监控和决策。大数据处理技术和云计算技术的应用，进一步提升了系统的处理能力和数据存储能力，支持了复杂能源调度和优化策略的实施。人工智能技术则通过学习历史运行数据，建立模型，能够对未来运行状态进行预测，并提出优化建议。

以上技术的综合应用，使得光伏发电在智能电网环境下的高低压并网监控更加高效和可靠，不仅提高了光伏电站的发电效率，也增强了电网的吸纳能力和运行稳定性。这为实现绿色能源的广泛应用提供了有力支持。

3.2 智能电网中光伏高低压并网的实时监控策略

在智能电网环境中，光伏高低压并网的实时监控是确保电网稳定与光伏发电高效利用的关键。采用基于物联网的监控系统，通过在电网关键节点及光伏电站安装高精度传感器，实现对电压、电流、功率等参数的实时采集。这些传感器可以自动上传数据至中央监控平台，确保信息的及时获取和处理。通过大数据技术，对海量监控数据进行分析 and 挖掘，识别电网运行状态中的异常情况。

人工智能算法在监控策略中起到了核心作用。利用机器学习模型，对历史运行数据进行训练，建立光伏高低压并网的运行模式，能够提前预判并网过程中的潜在问题。采用云计算技术，实时处理并分析海量的传感器数据，以实现电网状态的动态监控。

为了提高实际应用的可靠性，提出了一种自适应的监控策略。该策略能够根据实时运行数据和历史数据的对比，自动调整监控参数和阈值，从而提高监控的准确性和响应速度。该策略的实施，为智能电网环境下光伏高低压并网的稳定运行提供了坚实的技术保障。

3.3 智能电网中光伏高低压并网的智能控制与分析判断策略

光伏高低压并网的智能控制与分析判断在智能电网中具有重要作用。智能控制通过预测光伏发电量和负载需求,调整并网点的电压和频率,确保电能质量的稳定。分析判断策略利用大数据和机器学习算法,对历史数据进行分析,识别潜在的故障和瓶颈,优化电能分配,提高系统效率。通过实时监测和自适应调整,并网系统具备了动态响应能力,能够快速应对突发事件和环境变化,确保电网的可靠运行和光伏资源的最大化利用。

4 自适应调度策略和并网性能优化

4.1 基于大数据人工智能的自适应调度策略研究

在智能电网光伏并网过程中,自适应调度策略的研究具有重要意义。结合大数据和人工智能技术,可以实现对光伏电站的动态监控和智能调控,从而提升电网的整体运行效率与稳定性。光伏电站的数据量庞大且复杂,通过大数据技术,可以从中提取出有用的信息,捕捉电网运行状态以及光伏发电状态的规律,生成可操作性的调度策略。

人工智能,特别是机器学习和深度学习算法,可以对光伏发电的历史数据进行训练,形成预测模型。这些模型可以预测短期内光伏发电量、负荷需求以及电网的稳定状态,从而为调度策略的制定提供精准的参考依据。例如,可以通过时间序列分析和回归分析预测光伏发电量,利用聚类分析和分类算法识别并网过程中的异常情况。

在此基础上,基于强化学习的调度算法能够不断调整自身策略,通过反馈学习来优化决策效果。自适应调度策略不仅能根据实时数据进行调整,还能利用历史数据进行优化,做到预防性的调控。在面临天气变化、设备故障等不确定性因素时,自适应调度系统可以迅速反应,将影响降到最低,保障电网的稳定运行。

通过仿真实验验证,基于大数据和人工智能的自适应调度策略在提高光伏并网稳定性、电网吸纳能力以及减少并网故障等方面表现出明显的优势。这不仅提升了光伏电站的运营效率,也为智能电网的进一步发展奠定了坚实的技术基础。

4.2 自适应调度策略的仿真实验与结果分析

在自适应调度策略的仿真实验中,采用了典型的智能电网仿真平台,模拟了光伏高低压并网的多种运行场景。实验中的数据来源于实际电网运行数据,并经过预处理,确保数据的准确性和可靠性。仿真实验分为两部分:第一部分是应用传统调度策略的模拟,以此作为基准;第二部分是应用自适应调度策略的模拟。

实验结果表明,自适应调度策略在各项性能指标上均优于传统调度策略。在光伏发电量的电网吸纳方面,自适应调度策略显著提高了吸纳率,有效减少了弃光现象,提升了光伏发电的利用率。自适应调度策略在电网稳定性方面表现突出,通过实时调整光伏输入,减少了电网频率波动和电压异常,保证了电网的安全运行。仿真实验还显示,在不同的气象条件和负荷变化下,自适应调度策略均能快速响应,保持高效的电力调度能力。

综合实验结果,自适应调度策略展示了其在光伏高低压并网应用中的优越性,验证了其在提高电网稳定性和优化并网性能上的显著效果,亦为智能电网提供了宝贵的技术支持。

4.3 自适应调度策略对提高光伏电网并网稳定性和电网吸纳能力的影响

自适应调度策略在光伏电网中的应用能够显著提高并网稳定性和电网吸纳能力。通过实时数据采集和分析,该策略能够动态调整光伏发电的输出,与电网的需求和供电条件实现高度协调。基于大数据和人工智能技术,策略能预测电网负荷变化和光伏发电的波动,从而主动调节发电功率,避免电网过载或频率失调等问题。仿真实验结果显示,自适应调度策略有效提升了系统响应速度,降低了电网波动,增加了光伏发电的利用率,确保了大规模光伏电力的稳定并入电网,有助于实现高效率的新能源管理。

5 结语

这项研究提出了一种新方法,用于监控和控制智能电网中的太阳能电池板的电力输入和输出。我们分析了现有的技术,再利用大数据和人工智能技术做出改进,开创了一种新的调整策略。实验结果表明,这个策略能帮助电网更稳定地运行,能更好地利用太阳能。但是,我们的方法还有一些局限性,例如没有详细考虑未知的突发事件和可能的误差,也需要更精确地运用大数据和人工智能。我们希望在未来的研究中不断改进我们的方法,提高智能电网的运行效率和稳定性,也希望有更多的人来一起研究智能电网。总的来说,我们的研究成果将为智能电网的规划和运行提供有价值的理论和参考。

参考文献

- [1] 朱昊.光伏并网对电网自动化控制系统的影响[J].通信电源技术,2022,39(11):129-130.
- [2] 王万斌,龙邦燎,谭森林.光伏并网对电网自动化控制系统的影响分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(10):96-97.
- [3] 宋明曙,朱清,田晓煜,等.电网调度自动化系统中的智能监控分析[J].电子技术(上海),2023,52(5):360-361.

Analysis of Common Faults and Treatment Methods of Boiler Auxiliary Coal Mill

Fudong Li¹ Jing Ji¹ Jianyu Liu² Junjie Zhang³ Baoquan Zhu⁴

1. Tonghua Iron & Steel Co., Ltd., Tonghua, Jilin, 134000, China

2. Tonghua Land Port Industrial Development Co., Ltd., Tonghua, Jilin, 134000, China

3. Jilin Tongsteel Automation Information Technology Co., Ltd., Tonghua, Jilin, 134000, China

4. Tonghua Jitong Pharmaceutical Co., Ltd., Tonghua, Jilin, 134000, China

Abstract

In recent years, with the wide application of large capacity boilers, the direct blowing pulverizing system with medium speed coal mill has become a common choice. This system is equipped with almost all boilers, and is a positive pressure straight blowing pulverizing system. As an important auxiliary machine of boiler, coal mill has high requirements for operation reliability because of the harsh field environment. In order to ensure the normal operation of the coal mill, the predictive maintenance has become an important method. Through predictive maintenance, the hidden dangers can be found in the first time, and then targeted preventive measures can be formulated. This maintenance method can repair and replace the equipment in advance, so as to avoid the occurrence of equipment failure. However, because some potential hidden dangers can not be found and eliminated in the first time, the occurrence of equipment failure still exists.

Keywords

boiler auxiliary machine; coal mill; fault; treatment method

锅炉辅机磨煤机常见故障及处理方法分析

李福东¹ 冀晶¹ 刘建宇² 张俊杰³ 朱宝权⁴

1. 通化钢铁股份有限公司, 中国·吉林 通化 134000

2. 通化陆港产业发展有限公司, 中国·吉林 通化 134000

3. 吉林通钢自动化信息技术有限责任公司, 中国·吉林 通化 134000

4. 通化吉通药业有限公司设备技术部, 中国·吉林 通化 134000

摘 要

近年来, 随着大容量锅炉的广泛应用, 配置中速磨煤机的直吹式制粉系统已经成为常见的选择。这种系统几乎所有锅炉都配备, 并且都是正压直吹式制粉系统。磨煤机作为锅炉的重要辅机, 因为现场的环境比较恶劣, 所以对运行可靠性的要求很高。为了确保磨煤机的正常运行, 预知性检修成为一种重要的方法。通过预知性检修, 可以第一时间发现其中存在的隐患, 然后制定出针对性的预防措施。这种检修方式可以提前进行设备维修和更换, 从而避免了设备故障的发生。然而, 因为一些潜在的隐患没办法第一时间发现和消除, 导致设备故障发生的情况依然存在。

关键词

锅炉辅机; 磨煤机; 故障; 处理方法

1 引言

锅炉关键的辅机设备是磨煤机, 该设备直接影响着整个机组运行的安全性以及稳定性。如果磨煤机出现了一系列的性能以及质量问题, 会对其正常运行造成影响。所以, 要强化锅炉辅机磨煤机常见故障问题的分析以及探讨, 同时针对这些故障发生原因采取针对性的措施进行处理, 在这样的情况下, 既能够确保磨煤机运行的稳定性, 还能为安全性带

来一定的提升。

2 锅炉辅机磨煤机的工作原理

在大部分情况下, 锅炉辅机磨煤机速度都是中速, 在内部配置相应的固定磨辊, 同时磨辊转动工作处于同一旋转圆形磨盘。在这样的情况下, 会受到高温的影响使之迅速干燥。当热空气通过风环喷嘴有效输送到磨盘四周以后, 会被磨碎的煤粉颗粒可以被快速烘干, 然后输送到磨煤机顶端安装的动态分离器, 这样能够落实分离的目的。那些符合标准的细粉, 能够经过磨煤机的出口管道进入锅炉内充分燃烧, 针对粒度不符合规范的粗粉, 要在自身重力影响下进入磨盘

【作者简介】李福东（1970—），男，中国吉林通化人，本科，高级工程师，从事工程管理研究。

进行碾磨。

3 锅炉辅机磨煤机常见的故障问题

3.1 振动异响大

磨煤机在运行的过程中难免会出现振动现象，以此导致出现噪音污染问题。导致出现该问题的原因有以下两点：第一，没有合理设置液压加载系统的受力。在大部分情况下，进行磨煤机性能检测的过程中，要严格按照所设计的煤种进行，以此为检测的准确性带来保障。另外，在进行煤燃烧的过程中，磨煤机在启停过程中难免会出现声响。第二，煤的可磨性系数具有较高的变化性。进入磨煤机的煤质比较软，可磨性系数较大，同时和设计煤种有较大的偏差，在这样的情况下，很有可能会出现明显振动，尤其是磨煤机内部存在异物的时候，噪声就会增大。

3.2 风环磨损严重

锅炉磨煤机在运行的过程中，如果原喷嘴材料不具备较高的耐磨性，那么经过长时间的运行，很有可能会影响空气环，不仅会导致出现静环磨损的现象，还会影响导向装置的性能。随着风环的破坏越来越严重，后续会出现更大的流动面积，既会造成煤颗粒数量增加，还很有可能会引发煤粉问题。

3.3 液压加载杆断裂

在磨煤机运行的过程中，一旦出现液压加载杆断裂的现象，会严重影响设备的正常运行，以此影响生产工作的进度。引发故障出现的主要原因是发生在刀具回缩槽处的加载杆末端。通过分析断裂的原因，主要和刀具回缩槽处应力较为集中有一定的关系。另外，很有可能会受到高应力的影响，加载杆在该位置很有可能会出现质量问题，以此对性能造成影响。

3.4 磨辊轴承温度异常

如果磨辊轴承润滑效果不好，主要的原因是因为温度在逐渐升高。在磨辊轴承运行的过程中，有很多的因素会对轴承的润滑效果造成影响，比如没有添加充足的润滑油，没有第一时间更换轴承，最后对轴承的性能造成影响。当磨辊油封损坏的时候，很有可能会涌入其内部，导致轴承磨损问题越来越严重，最后对轴承的性能造成影响。

3.5 液压油系统漏油

在大部分情况下，磨煤机液压油系统的油管接头位置出现漏油现象的几率比较大。主要的原因是因为液压油系统中的压力比较高，加载杆传递振动力很有可能会引发质量问题，比如漏油问题，不仅如此，还会对磨煤机运行的效率以及安全性造成影响。想要对以上问题进行解决，要采取针对性的措施减轻加载杆的振动现象。

4 磨煤机运行故障快速诊断模型

在大部分情况下，很多的工作人员会把煤炭磨成粉末

再进行使用，主要的原因是因为现阶段中国的煤炭资源比较紧缺，通过以上方式可以在一定程度上减少煤炭的使用量。论文主要按照磨煤机运行故障特点采集不同场景的故障数据，然后通过大数据的方式进行查找，在这样的情况下，可以防止出现误差现象，为数据的准确性带来保障。

$$H=f[W_1(x)+b_1] \quad (1)$$

其中， W_1 为大数据分析层的诊断权重； b_1 为偏置参数。

把大数据查找出的隐藏抽象特征提取出来，然后输入到大数据分析层进行重置，则输出的 z 为：

$$z=g[W_2(h)+b_2] \quad (2)$$

其中， W_2 为通过 g 得到的大数据分析层诊断数据的重构权重； b_2 为偏置参数； f 、 g 取最小值时，则诊断模型重构误差最小，具体公式为：

$$z(f,g)=\arg \min_{f,g} L(x,z) \quad (3)$$

其中， $z(f,g)$ 为重构误差最小的条件下，大数据分析层输出的诊断数据； L 为大数据分析深度。由于 $z(f,g)$ 越小， L 越小，故障诊断模型可以迅速分析的基础上，最后为诊断的准确性带来提升。

一旦磨煤机出现故障，不同的运行状态很有可能会出现相似性，最后对诊断的准确性造成影响。所以，要对没有诊断的数据信息进行深入的分析，求取数据特征的相似度，在这样的情况下，可以在一定程度上减少误差现象的出现。两个运行特征的相似度残差修正公式为

$$I=\delta(x_d,x_z)=\frac{W_1\langle x_d,x_z \rangle}{W_2\|x_d\|x_z\|}\cdot A \quad (4)$$

其中， δ 为残差修正因子。根据权重 W_1 、 W_2 ，对 x_d 、 x_z 进行加权平均，结合 δ ，对 x_d 、 x_z 进行修正，得到的 $\delta(x_d,x_z)$ ，获得了修正了相似度残差的磨煤机故障运行数据 I 。将 $\delta(x_d,x_z)$ 作为诊断模型的输入向量，重新进行故障诊断，以此为诊断的准确性带来提升。

5 磨煤机检修范围

磨煤机是煤炭及其他物料磨碎过程中所用的关键设备。为了确保其正常运转和高效工作，需要对磨煤机进行定期维护和检查。以下是对磨煤机进行维护和检查时的关键点：对机组的情况进行复查。这包括测量联轴器节轮毂间距，并检查联轴器柱销和螺栓是否存在磨损情况。检查进出料端主轴轴颈的高度差。如果发现高度差较大，需要进行调整和修正，以确保主轴的正常运转。对滚筒轴瓦压板间隙进行检查和调整。这是为了确保滚筒的正常运转和磨碎效果。测定大齿轮和小齿轮的齿厚、齿顶间隙和齿侧间距。这是为了确保齿轮的配合精度和传动效率。拆下气动离合器轮毂及星轮，拆下电机及减速机联轴器。这是为了方便对离合器和电机进行维护和检修。调整小齿轮、气动离合器、减速机及主电机的位置对中。这是为了确保它们之间的配合和传动的正常运行。

6 锅炉辅机磨煤机故障问题处理技术

6.1 辊架孔处理

第一,在进行辊架孔处理的准备阶段,要对表面进行清理,然后才可以进行后续的工作。第二,把辊架孔结合面加热到温度符合规范以后进行除油,然后等到冷却以后再行第二次加热除油,确保可以把辊架孔结合面渗入的油渍完全清理干净,为后续的工作奠定基础。第三,在进行辊架孔打磨抛光的过程中,为了确保该工作的效果,在该过程中要使用砂纸。第四,运用低温冷焊的方法对辊架孔进行堆焊,同时根据实际情况对焊条进行合理选择,不仅如此,要合理使用焊接工艺,严格把控焊接长度,在进行焊接的过程中,要对温度进行严格把控,如果温度升过快要第一时间停止焊接,等到温度降至规定范围以后再进行焊接,轴孔工作面的堆焊要确保焊接的稳固性,避免出现变形等现象^[1]。

6.2 风环磨损严重故障处理

如果锅炉辅机磨煤机出现了比较严重的风环磨损问题,那么在进行处理的过程中,要在合适的位置进行风速模拟,同时按照数据信息对风环进行优化,以此确保可以符合磨煤机的规范。另外,为了在一定程度上提升风速的作用,要对风环喉口数量状态和叶片流线形状进行优化。不仅如此,还要强化静环和动环,同时把注意力放在壁厚状况上,确保能够符合相应的质量规范。

6.3 液压加载杆断裂故障处理

在锅炉辅机磨煤机运行的过程中一旦出现断裂类型的故障,要根据实际情况使用针对性的运行方式。不仅如此,还要优化液压油压和煤量之间的曲线,这样可以避免以上故障的再次出现。另外,为了确保磨煤机的正常运行,要分配专业的工作人员定期进行检查维护,不仅要确保三脚架不会出现质量问题,还要对液压加载杆进行优化,以此在一定程度上延长加载杆的使用年限。

6.4 车削

第一,沿圆周同一截面多点测量辊架孔内径与辊轴外径,分别取最大值作为车削量参考。第二,对辊架孔内径和辊轴外径分别车削,这样可以确保二者之间的配合尺寸能够符合相应的标准。第三,对加工面进行无损检测,避免其中存在质量问题。第四,要对辊架、辊轴尺寸进行第二次检测,务必要等到符合规范以后才可以进行安装。

6.5 积极引进先进设备

在锅炉机组运行的过程中,磨煤机可以发挥关键的作用,直接影响着生产工作的效果。想要在一定程度上避免磨煤机出现故障,要跟随时展发展的脚步,积极引入先进的设备,这样可以满足各项发展需求。现阶段,在大部分情况下,中国使用的磨煤机都是中速磨煤机。想要确保所选的磨煤机能够满足锅炉设备运行的以及生产的各项需求,要对各个类型的磨煤机进行深入的分析,在这样的情况下,可以掌握一系列的数据信息,为后续安装的效果带来保障。综上所述,

不仅可以提升磨煤机的性能,还能在一定程度上减少故障出现的概率,为锅炉机组运行的稳定性带来保障。

6.6 定期检查和维护

想要减少锅炉辅助磨煤机故障出现的概率,要把定期检查工作落实到位,这样可以掌握磨煤机的运行状态,同时还可以第一时间发现其中的故障,然后采取针对性的措施进行处理。在进行实践过程中,要根据实际情况构建机械设备的定期检查和维修制度,为工作的顺利进行带来保障。从磨煤机的主要部件和工作原理入手,要构建完善的磨煤机检修工作标准。除此之外,要跟随时展发展的脚步运用先进的信息技术,这样可以对辅助磨煤机的实际运行情况进行实时监测和分析。不仅如此,还可以对异常的参数情况第一时间发出警告,准确定位故障的具体位置,这样可以为后续的工作带来一定的便捷^[2]。

6.7 磨煤机堵煤的处理

在发生堵磨故障时,采取一系列的应对措施来解决问题。首先,我们需迅速退 AGC,将负荷减至目标 450MW。为了保证安全,调整降负荷速率为 20MW/min。这样可以有效控制负荷的下降速度,避免过快导致其他磨煤机超负荷出力,进一步加重堵磨问题。针对故障磨煤机,切除自动出力,并适当减少煤的供给量。然而,需要注意的是,减煤的速度不能过快,以免引发其他磨煤机的超负荷出力,从而加重堵磨的情况。当待机组负荷低于 500MW 时,我们可以采取一些快速的措施来解决堵磨问题。这包括迅速降低故障磨煤机的出力,并增加进口风量,以提高一次风压。这样可以有效地吹通磨煤机的内部或管道中的煤粉。在吹扫的过程中,需要密切关注磨煤机出口风压的变化。如果风压仍然较低,我们可以停运给煤机继续进行吹扫,直到吹通为止。如果发现堵磨问题发生时间较久、较晚,并且出口一次风压一直为 0,同时,磨煤机发出闷响声,或者出口阀处或其他部件有粉尘跑出的情况,那么我们应该紧急停止该故障磨煤机的运行^[3]。

7 结论

综上所述,随着中国社会经济的迅速发展,电力事业也在随之发展,现阶段人们越来越重视锅炉辅机磨煤机运检工作。磨煤机一旦发生故障,就会影响锅炉机组的正常运行,所以要故障问题进行深入的分析,采用针对性的技术方法进行解决。除此之外,还要重视日常的检查故障,使用先进的技术对磨煤机的运行情况进行监测,为故障处理的效率带来提升。

参考文献

- [1] 冯成凯,王浩南,周明.磨煤机风环部优化改造分析[J].机电信息,2022(12):56-58.
- [2] 李必成,刘洋,何淦标,等.基于RCM的超临界汽轮机电动液压油系统维修决策模型优化[J].电力建设,2011(11):69-71.
- [3] 贾春梅.中速磨煤机下架体泄漏分析及改造[J].科技与企业,2013(17):276-277.

Exploration on the Application of Frequency Conversion Technology in Boiler Mechatronics Energy Saving System

Jianyu Liu¹ Junjie Zhang² Jing Ji³ Lei Yang³ Haibo Sun³

1. Tonghua Land Port Industrial Development Co., Ltd., Tonghua, Jilin, 134000, China

2. Jilin Tongsteel Automation Information Technology Co., Ltd., Tonghua, Jilin, 134000, China

3. Tonghua Iron & Steel Co., Ltd., Tonghua, Jilin, 134000, China

Abstract

In the modern industrial production, the boiler is a very important equipment, which is used to generate heat energy and provide heating, power generation and other functions. However, how to improve the use efficiency of the boiler and make full use of the heat has become a problem that engineers need to solve. The data show that the display in the device needs to accurately and specifically adjust the oxygen content to ensure adequate combustion and energy conservation. By adjusting the display screen according to the specific oxygen content requirements, the best state of the boiler operation can be achieved and the combustion efficiency can be improved. Therefore, the accurate adjustment of the display screen is very important for the boiler operation.

Keywords

frequency conversion technology; boiler electromechanical integration; energy saving system; application

探讨变频技术在锅炉机电一体化节能系统中的应用

刘建宇¹ 张俊杰² 冀晶³ 杨雷³ 孙海波³

1. 通化陆港产业发展有限公司, 中国·吉林 通化 134000

2. 吉林通钢自动化信息技术有限责任公司, 中国·吉林 通化 134000

3. 通化钢铁股份有限公司, 中国·吉林 通化 134000

摘 要

在现代工业生产中, 锅炉是一种非常重要的设备, 用于产生热能并提供供暖、发电等功能。然而, 如何提高锅炉的使用效率, 充分利用热量成为了工程技术人员需要解决的问题。研究数据显示, 装置中的显示屏需要准确、具体地调节氧气含量, 以确保燃烧的充分和节约能源。通过根据具体氧气含量要求调整显示屏, 可以达到锅炉运行的最佳状态, 提高燃烧效率。因此, 显示屏的准确调节对于锅炉运行至关重要。

关键词

变频技术; 锅炉机电一体化; 节能系统; 应用

1 锅炉变频系统概述

智能锅炉是一种特殊的锅炉, 它采用计算机自动编程锅炉控制器对锅炉进行编程和控制。这意味着锅炉不再需要人工介入, 而是通过先进的编程技术自动运行。首先, 锅炉控制器能够对连续产生的锅炉故障信号进行编程计算。它会根据这些信号生成水信号, 并通过这些信号来控制整个锅炉的进水、燃烧和输出热量。这种智能的编程控制方式, 大大提高了锅炉的运行效率和稳定性。然而, 如果锅炉出现故障信号, 控制器会自动停止程序运算, 并发出报警。这是为了保证锅炉运行的安全性。在这种情况下, 锅炉必须安排人员

排除故障后重新启动。此外, 如果锅炉控制器或系统设备出现故障, 电脑编程会自动报警并采取相应的安全保护措施。这种智能的报警系统能够快速识别问题, 并采取必要的措施来确保锅炉的正常运行。通过及时的报警和保护措施, 可以有效避免潜在的安全风险。最后, 控制器屏幕上显示锅炉的正常工作状态。这让用户能够实时监测锅炉的运行情况。如果出现异常, 用户可以及时采取措施, 以避免进一步的损坏或故障。

2 锅炉控制系统的组成

2.1 蒸汽压力控制系统

在工业生产中, 随着生产量的增加, 用气量也会增加, 这将导致蒸汽压力下降。相反, 当生产量下降时, 用气量减少, 蒸汽压力将上升。为了确保蒸汽压力始终达到标准值,

【作者简介】刘建宇(1980-), 男, 中国黑龙江阿城人, 本科, 高级工程师, 从事电气自动化研究。

蒸汽压力控制系统要对蒸汽压力进行自动调节。想要确保蒸汽压力控制的效果,要运用锅炉机电一体化系统压力传感器对锅筒压力进行检测,以此为检测的准确性带来保障。合理使用该方式能够对蒸汽压力进行控制,以此满足各项需求。因为蒸汽压力控制工作具有一定的繁琐性,会涉及到很多方面的内容,比如鼓风机以及路牌等。为了确保控制工作的有效性,要调动鼓风机的风力控制的参与度。变频技术能够按照需要调整鼓风机的风力和炉排的转速,以此确保蒸汽压力控制的稳定性。采用这种系统可以实现锅炉设备的自动化控制,有效降低了人力的参与程度。通过自动控制,可以确保蒸汽压力始终保持在所需的范围内,提高了工艺生产的稳定性和效率。此外,自动化控制还可以减少人为因素对蒸汽压力控制的影响,提高了控制的准确性和一致性^[1]。

2.2 水位调节系统

锅炉设备是许多工业生产过程中必不可少的设备,而其安全运行离不开水位调节系统的控制。一方面,水位的高低直接影响着锅炉设备的工作效率,因此合理的水位控制是至关重要的。首先,水位过高会导致锅炉加热时间过长,燃料消耗也会增多。同时,水位过高还会降低蒸汽含量,从而影响锅炉的蒸汽产量。因此,合理控制水位有助于提高锅炉设备的工作效率和节约资源。另一方面,水位过低也会导致一系列问题。首先,水位过低会使锅炉过热,压力也会过高,这可能导致锅炉的爆炸危险。其次,水位过低还会导致锅炉的工作不稳定,设备的寿命也会受到影响。因此,水位控制调节对于锅炉的稳定运行非常关键。为了实现水位控制,锅炉的水位调节系统要使用三冲量调控方式。该方式主要是按照传感器检测水和水蒸气流量的比例进行,以蒸汽流量作为前馈信号,这样可以防止出现偏差问题。最后,在三冲量调控方式中,通过信号分析和变频技术控制水泵的运转速度,可以确保水泵的运转与水位的稳定性。严格按照水位的变化,系统可以自动选择加快或降低补水速度,以此为锅炉生产的安全性带来提升。

3 锅炉运行过程中的节能现状分析

3.1 燃料后期燃烧不充分

在发电厂运行的过程中,主要的锅炉燃料是原煤。但是各个类型的原煤质量有一定的差别。如果在使用燃料的过程中,燃料没有经过高温处理,很有可能会造成后续原料燃烧管理过程中的耗能变化。因此,务必要把锅炉实验室能源分析管理工作落实到位,主要的原因是因为如果没有落实管理工作,会导致不必要的能源消耗。锅炉能源消耗量的增加会对大规模发电厂锅炉节能降耗工作目标造成影响。因此,我们需要关注锅炉燃料的选择和处理。不同类型的原煤在燃烧质量上存在差异,这可能会影响到发电厂的能源消耗。由于未经高温加工或热处理的燃料,其燃烧效率可能会降低,导致耗能变化。因此,我们需要确保对原煤进行适当的处理,提高其燃烧质量,以降低能源的消耗量。锅炉实验室能源分

析管理工作的不到位也会导致问题。锅炉实验室负责分析锅炉的能源消耗情况,并提供相应的管理建议。然而,如果这项工作不到位,就无法很好地了解锅炉的能源消耗情况,并不能提出有效的改善方案。这可能会导致锅炉能源实际消耗量的增加,进而影响到大型发电厂锅炉节能降耗工作的目标完成^[2]。

3.2 电厂锅炉整体运行管理控制措施不到位

现阶段,大规模电厂在运行过程中还存在着一系列的缺陷,比如锅炉运行控制措施工作不到位。不完善的措施使得大型电厂的能耗水平不断上升。首先,锅炉是电厂的核心设备,控制其运行是提高能源利用效率和降低能耗的重要因素之一。然而,部分电厂在锅炉运行控制方面存在缺陷,导致了能耗的不断增加。这不仅对电厂经营造成了负面影响,也在一定程度上浪费了能源资源。其次,不完善的措施也导致了大型电厂运行管理效率的低下。一个良好的运行管理系统可以帮助电厂实现高效稳定的运行,但如果措施不完善,管理效率就会下降。缺乏有效的锅炉运行控制措施,会导致电厂运行过程中的管理难题增加,运行效率也会受到影响。这不仅会增加电厂的运行成本,还可能导致一些运行异常,进一步降低电厂的盈利能力。最后,一些电厂由于锅炉运行控制措施的不完善,承担了较高的成本。成本高涨的原因主要是由于能耗的增加以及运行管理效率的低下所导致的。大型电厂需要消耗大量的煤炭等能源资源,并通过锅炉将能源转化为电力。如果措施不完善,会导致部分能源的浪费,进而增加成本。同时,低效的运行管理也会增加电厂的运营成本,进一步加重了电厂的经济负担^[3]。

3.3 其他节能问题

大型电厂在员工锅炉节能运行方面存在一个严重的问题,即员工的节能意识淡薄。而且,电厂对于锅炉节能运行的统计分析非常不足。这些问题导致了电厂的固定能耗大大增加。同时,这些问题也对电厂后期的锅炉节能运行和锅炉节能运行管理的绩效提高造成了负面影响。值得关注的是大型电厂员工的节能意识问题。在大型电厂中,很多员工没有意识到锅炉节能的重要性。他们可能忽视了锅炉在能源消耗中的重要地位,没有养成合理利用能量的习惯。这种淡薄的节能意识使得许多员工在日常工作中并非尽力减少能源消耗。电厂对于锅炉节能运行的统计分析不足。准确的统计分析能够帮助电厂发现存在的能源浪费问题并作出相应的改进。然而,在很多大型电厂中,由于技术水平和和管理水平的限制,很多电厂没有做到及时、准确地对锅炉节能运行进行统计分析。这也导致了一些潜在的节能机会被忽视,造成了额外的能源消耗。

4 变频技术在锅炉机电一体化节能中的应用

4.1 测量检测仪表

测量性能检测仪表是一种高效的设备,能够自动调节和维护大型锅炉机电设备一体化系统。它的控制原理是通过

科学自动调控检测仪表参数,将测量数据实时传送到系统编程器和控制器。这些检测仪表的运用有效地实现了对系统数据采集内容的合理优化调控,以满足锅炉的热能需求。通过正确运用测量和检测仪表,可以实现对整个锅炉机电节能一体化锅炉节能监控系统的实时节能监控,从而确保稳定安全运行。测量性能检测仪表的自动调节和维护功能使得大型锅炉机电设备的运行更加智能化和高效化。通过科学自动调控,仪表可以根据实时测量数据对系统进行优化和调整,从而提高锅炉的工作效率和能耗控制。这些检测仪表还能够实现对系统的数据采集内容的合理优化调控。通过对测量数据的分析和处理,仪表能够实时监测锅炉的热能需求,并将数据传送给系统编程器和控制器,以进一步优化系统的运行。

4.2 可编程控制器

可编程锅炉控制器系统是高压锅炉机电自动一体化控制系统的核心组成部分。作为主要功能之一,它能够实时远程监控锅炉的系统运行状态。这意味着无论何时何地,用户都能随时了解锅炉的运行情况。除了实时监控以外,可编程锅炉控制器系统还能对锅炉运行中的状态信息进行分辨和应急处理。这使得系统能够及时解决潜在的问题,提高逻辑运算的准确性。同时,它还能实现对多个模块信号的实时输入和综合处理,从而稳定管理输出高压标准锅炉的模拟信号。另外,可编程锅炉控制器系统还能实时科学地管理控制高压变频器锅炉的运行速率。这确保了锅炉运行的准确性和稳定性。此外,可编程锅炉控制器技术还被应用于机电设备一体化锅炉节能管理系统中。这一技术具有检测简单、方便应用的优点。与传统的锅炉控制系统相比,可编程锅炉控制器系统具有可编程控制的功能。技术人员可以通过控制面板上的控制器自动编写应用程序并自动存档。这使得操作更加简便,提高了系统的灵活性和适应性。最后,可编程锅炉控制器系统的运算模块包括前馈、基本调节和脉冲技术输出等部分。这些模块相互配合,共同实现系统的控制功能。

4.3 变频变压调速器

在大型锅炉系统中,为了实现对电机工作的调整和对电机转速的控制,变频变压调速器应运而生。变频变压调速器通过合理调节电机转速以及电源输入频率,能够实现对电机工作的灵活调整和高效率控制。同时,它还具备能够改变电流变换方式,调整交直流电源的电流程的功能。液压变频器和变压变频调速器在大型锅炉系统中的应用尤为广泛。它们能够实时控制和自动调整水位、风压力和燃烧运行状态,提高锅炉系统的稳定性和可靠性。通过应用这些调速器,锅炉系统能够实现全面功能的安全控制节能管理服务,从而提升锅炉系统的运行效果,降低能源消耗,避免不必要的成本支出。对于锅炉企业来说,进行对锅炉变频器和调速器的技术研究非常重要。只有不断提升技术水平,才能够更好地利用变频变压调速器的优势,进一步优化锅炉系统的运行效率。通过技术研究,锅炉企业能够发现改进锅炉系统的方法,降

低能源消耗,并避免不必要的成本支出,为企业的长期发展提供有力支持。变频变压调速器如图1所示。



图1 变频变压调速器

4.4 引风机的锅炉变频自动控制功能

引风机是用于排放小型锅炉中产生的可燃浓烟有毒气体的重要设备。然而,如果小型锅炉的起动风量过大,会导致能源的浪费。相反,如果大型锅炉的起动风量过小,会影响排烟气体的控制效果。为了解决这一问题,新技术引入了电压变频系统来自动控制引风机的起动频率和电信号数据。通过电压变频系统,引风机的起动频率和电信号可以根据需要进行自动调节。这样,无论是小型锅炉还是大型锅炉,都可以根据实际情况精确地调节引风机的起动风速。这种技术利用了PID控制算法对风速进行验算,从而确保引风机的起动风速在适合的范围内。为了实现自动控制,需要根据炉膛起动电压、热信号感应信息和锅炉起动风速频率等参数,对引风机的起动频率和电信号进行变频自动控制。通过监测和分析这些数据,系统可以智能地调节引风机的起动频率和电信号,确保其在整个运行过程中能够始终保持最佳状态。除了自动控制引风机的起动风速外,这种新技术还可以应用于其他发电机的起动风速调节。这意味着,通过该技术,不仅可以提高引风机的运行效率,还可以优化整个锅炉系统的能源利用和排烟效果。这对于减少能源浪费并改善环境污染具有重要意义。

5 结语

总之,通过准确调节氧气含量和使用变频技术,可以提高锅炉的使用效率,充分利用热量。然而,要实现联合变频技术的运用,研究人员需要进行详尽的分析处理,并找出相应的解决措施。这将有助于确保变频技术能够安全稳定地应用于锅炉运行,实现良好的发展。

参考文献

- [1] 张倩.锅炉机电一体化节能系统中变频技术的应用[J].湖北农机化,2021(9):12-13.
- [2] 周凯.变频技术在锅炉机电一体化节能系统中的应用[J].锅炉制造,2021(3):26-28.
- [3] 杨晓苗.变频技术在锅炉机电一体化节能系统中的运用[J].世界有色金属,2021(9):194+196.

Analysis of Non-shutdown Causes and Preventive Measures for Biomass Generator Sets

Bendong Wang

Jiangsu Guoxin Binhai Port Liquefied Natural Gas Co., Ltd., Yancheng, Jiangsu, 224050, China

Abstract

The number of non-shutdowns of generator set is an important index in the reliability index management of power plant. The unplanned outage of the unit, the reduction of power generation utilization hours, resulting in power loss, the increase of equipment life loss, and the increase of enterprise maintenance costs, not only cause economic losses, but also bring hidden dangers to the safety of enterprise production. Based on the non-shutdown report data of various biomass power plants in the industry and Jiangsu Xinneng Company over the years, this paper analyzes the common causes of non-shutdown of biomass generator sets and puts forward several countermeasures.

Keywords

biomass power generation; do not stop; counterplan

生物质发电机组非停原因分析与预防对策

王本东

江苏国信滨海港液化天然气有限公司, 中国 · 江苏 盐城 224050

摘 要

发电机组的非停次数是电厂可靠性指标管理中的一个重要指标。机组发生非计划停运, 会造成电量损失, 增加设备寿命损耗, 提高企业检修费用, 不但造成经济上的损失, 也给企业安全生产带来隐患。论文通过行业兄弟单位和江苏新能公司各家生物质电厂历年非停报告资料, 分析生物质发电机组非停的常见原因, 提出几点对策。

关键词

生物质发电; 非停; 对策

1 生物质发电机组非停情况

①通过各家单位 10 年非停信息的统计分析, 生物质发电机组常见非停原因可分为设备因素、人为因素、燃料因素和其他因素。其中设备因素导致非停次数最高, 占到 68%。人为因素次之, 占到 22%。燃料因素占到 7%, 其他因素占到 3%。

②设备因素导致生物质发电机组非停的比例最高。按照电厂专业设备管辖范围划分, 各专业设备因素导致的非停占比分别为: 锅炉专业 53%, 汽机专业 13%, 电气专业 19%, 热控专业 15%。

2 生物质发电机组非停原因分析

下面我们分别从上述四个因素对生物质电厂常见非停

原因进行分析。其中设备因素导致机组非停次数最多, 按照专业划分进行详细分析, 筛选出主要原因, 找出典型、共性的因素, 对其余因素进行重点分析, 对一些企业发生的个别或偶然的因素不做讨论^[1]。

2.1 设备因素导致的非停原因

2.1.1 锅炉四管泄漏引起非停

生物质锅炉“四管”是指水冷壁、过热器、省煤器及联箱, “四管”泄漏导致锅炉非停占比最高, 引起锅炉“四管”泄漏的主要原因有如下几点:

①高温腐蚀、磨损、飞灰冲刷、过热、拉裂是导致生物质“四管”泄漏的主要原因。

②各受热面管子在安装、检修时, 检修工艺不过关, 焊缝质量不合格, 也是锅炉“四管”泄漏的另一重要原因。

③生物质锅炉负荷变化大, 启停频繁, 造成锅炉各管口和焊口金属疲劳, 导致锅炉“四管”泄漏。

④随着运行周期的增加, 各受热面管道出现老化, 已达使用寿命, 发生“四管”泄漏。

2.1.2 锅炉上料系统故障引起非停

①入炉燃料尺寸不符合要求, 有石块、铁块、垃圾等

【作者简介】王本东(1981-), 男, 中国江苏盐城人, 本科, 工程师, 注册安全工程师(化工、其他安全), 从事火电厂生产管理、汽轮机技术管理、液化天然气接收站技术研究。

杂物,引起上料系统卡堵,燃料中断引起非停。

②部分生物质电厂取消了料仓,燃料由大皮带直接输送到给料机,再进入炉膛。大皮带设备出现故障时,断料导致非停。

2.1.3 锅炉重要辅机故障引起非停

锅炉主要辅机系统一般都是单台设备,因辅机故障导致非停的情况也比较常见。

2.1.4 汽机设备因素引起非停

①凝汽器管泄漏,凝结水质恶化,在规定时间内无法达标,须停机查漏。某电厂就出现过凝汽器不锈钢管泄漏,运行中单侧查漏无效,停机压水查漏的事故。

②汽轮机油质恶化,轴瓦温度高或者轴承振动大,导致非停。

③汽机调速汽门故障,影响负荷接带,须停机处理。某电厂出现过两次调门提升杆定位螺栓松动,提升杆高度不一致,无法满负荷运行的故障。

④汽轮机控制油管道活接头长时间振动导致泄漏,EH油及安全油系统O型密封圈老化、质量差或管道长期振动,造成EH油管接头O型密封圈受损漏油等。

⑤母管制系统,如主蒸汽系统、给水系统,长期未检修,生产过程中出现阀门盘根泄漏、法兰垫片损坏等缺陷,必须停机处理。

2.1.5 电气设备因素引起的非停

①配电系统开关柜、电缆绝缘故障。开关、电缆在维护或敷设时,由于受损,造成电缆绝缘能力降低、放电事故,开关动静触头接触不良造成开关烧损。各家电厂均出现过开关长期未进行全面大修,发生动静接头触碰烧损的事故。

②控制系统、UPS电源、保安系统、重要厂用母线、重要辅机设备电源失电引起的非停。

③励磁系统故障导致非停。有刷励磁系统相比无刷励磁系统故障率高,发电机励磁机、碳刷打火,运行中无法处理导致非停。

④变频器故障引起的非停。变频器在各家生物质电厂使用率非常高,一些使用年限较长(超过8年时间)的变频器,由于老化极易误跳导致非停。统计信息中,各家电厂因变频器故障导致非停的事故达10起。

⑤电气保护误动、拒动事故导致机非停。

⑥电控柜、就地端子箱、各种电源板、卡件的故障等造成非停。如端子箱、电控柜接线松动、进水、积灰、小动物进入等。

2.1.6 热控设备因素引起的非停

①执行机构及元件故障导致非停。如执行机构卡涩、误关闭,电磁阀线圈烧坏,执行机构受热、受潮等。

②测量元件或反馈装置故障导致非停。如测速、测温、阀门开关状态反馈故障等。

③通信电缆或信号线故障导致非停。如远程通信或控

制系统内部故障,信号电缆损坏或接触不良,控制电缆磨损、接头断裂等。

④保护误动作,如轴承油温保护、轴振保护、炉膛压力的测点损坏或接触不良,保护线路磨损、晃动等。几家电厂均出现过保护接线松动,导致跳机的事故。

⑤DCS系统运行9~10年,出现控制系统落后、卡件老化故障、缺少程序补丁等现象,导致机组误跳闸发生非停。

2.2 人为因素引起的非停

①生产运行人员技能不足,责任心差,安全生产意识薄弱。运行人员监视、调整、处理不到位、误操作等。

②检修人员技术水平不够、检修工艺不过关、检修误操作等。

③安全生产责任落实不到位,员工违反企业生产管理制度。

2.3 燃料因素引起的非停

①随着生物质发电企业设备不断升级,规模不断扩大,对燃料的需求量不断增加。生物质燃料存在其特殊性,在收购过程中会受到多种因素影响,有着较高的不稳定性,极易发生燃料中断或质量问题导致的非停。

②部分企业在建设初期未充分考虑燃料储存场地需求,储存场地小,在收购淡季和春节期间出现库存燃料不足导致非停。

2.4 其他因素引起的非停

①火灾事故引起的非停。主要原因有燃料自燃、输料系统桥架电缆火灾、大皮带火灾等。某电厂出现过料场着火,涉及机组出线安全,导致两台机组非停的事故。

②恶劣天气导致的非停。主要发生在夏季雷雨季节,出现雷击时发生跳机导致非停。

③电网事故导致的非停。主要是因为外部线路故障或跳闸,全厂失电导致非停。

3 生物质发电机组非停预防对策

目前生物质机组发电利用小时达到6500h才能达到盈亏平衡,企业想要取得更高的经济效益,只有实现长周期运行,提高发电利用小时。因此在生产过程中,实现生物质发电机组“零非停”,是一个有效途径。

3.1 控制设备因素引起的非停

①企业要成立以生产副总为组长的“防非停”组织机构,明确分工,各司其职,充分发挥好技术保证体系和安全监督体系的作用,严抓技术措施落实和监督考核,定期召开“防非停”工作会议,汇报“防非停”工作开展情况,全力实现“零非停”的目标。

②企业要组织编制《四管泄漏预防管理办法》《设备可靠性管理办法》《机组非计划停运奖惩管理办法》等制度,加大宣传力度,激发广大职工参与的热情,通过正面奖励和负面惩处来保证“零非停”目标实现。江苏新能公司在

2015年组织制定《新能源公司生物质锅炉“四管”泄漏预防管理办法》，从组织机构建立、运行管理、检修管理、技术管理、奖惩管理方面制定了详细要求，各企业通过自查、互查等方式，大大降低了“四管”泄漏造成的非停。

③生产部门各专业要制定“防非停”技术措施，要保证技术措施落实到位。同专业间要广泛开展交流，及时吸取本单位和兄弟单位的经验教训，定期召开技术监督会议，不断完善“防非停”技术措施。加强设备隐患排查，全面做好预防措施，发现问题要及时制定方案进行处理。

④目前大多数生物质发电企业临检周期在90天左右，一台机组每年需临检4~5次。经常性的检修，专业管理人员思想上容易麻痹，重视程度会降低，检修工艺、质量、验收等环节都容易出现问題，增加了非停的概率。因此在设备检修管理方面，要重视预防，加强监督。要合理及时安排设备维护、检修，遵循“应修必修、修必修好”的原则，做到“大修要全面、小修有重点，临检有方向”。要严格执行国家、行业有关标准及公司相关管理制度，加强检修质量过程控制，严把检修质量关，确保修后设备能安全、稳定、高效运行。

⑤企业要参照《燃煤火电发电企业设备检修导则》《火力发电厂设备检修管理导则》，结合企业生产实际情况，科学合理制定机组检修周期、检修等级和检修范围，标准化开展检修工作。有些电厂领导认为每年有多次临检，设备没有什么大问题，机组大修周期一再延期，造成机组本体、公共系统等不能进行全面、深度检修，表面上看增加了年度发电利用小时，节省了检修费用，实际在生产过程中一旦公共系统出现故障，就需双停处理，会造成了更大的经济损失。

⑥日常要加强设备隐患的排查，不留死角，认真执行锅炉“四管”防磨管理制度和技术措施，加强入炉燃料的质量管理。加强汽机设备的巡视与定期维护、切换工作。加强电气设备定期测绝缘工作，及时消除设备缺陷，重视电气、热工专业一般隐患，优化报警设置，提高防护水平。

3.2 控制人为因素引起的非停

①在生产管理过程中，严格执行《两票管理制度》和《重大操作管理规定》，加强组织协调，现场重大操作管理人员要到岗进行监督，加强危险点分析，严防误操作事故发生。

②加强运行人员培训管理，全面提升人员安全意识和责任心，不断提高运行人员心理素质、技能水平和应急处置能力。加强检修人员技能培训，切实增强检修人员安全意识和技能水平，避免检修人员误操作事故发生。

③严格执行《运行管理标准》，明确各级值班员监视、巡查、操作范围。重点加强新进学员的管理，明确岗位职责和工作范围，严防越权操作导致非停事故。

3.3 控制燃料因素引起的非停

①新建企业在可研阶段，要充分调研机组容量与燃料

消耗量关系，若有供热，还需考虑供热的燃料需求。调研周边是否有同类型发电企业，是否有造纸、养殖行业，对燃料品种、燃料供应量、库存场地、燃料淡旺季收购情况做详细分析和评估，避免投产后因燃料原因导致的非停。在设计阶段，企业要充分优化设计燃料库存场地，既要避免场地投入的浪费，也要保证燃料库存场地需求；既要保证燃料周转的方便，还要保证燃料库存消防安全。

②企业要成立燃料收购领导小组和质量监督小组。成员要包含生产、燃料采购、纪检监督等相关人员，在收购量和质量保障方面满足机组生产需求。要随时关注燃料市场信息，避开地域劣势，强化区域联合收购机制，要重视收购淡季前燃料的库存，提前做好预案，制定“防非停”燃料收购保障措施，防止出现无料停机现象。

③加强现场燃料质量验收。重视非成品燃料中的大石块、铁件、建筑垃圾的分拣，加强成品燃料破碎质量的监督管理。合理进行燃料掺配，做好燃料的防雨保护工作，及时做好燃料翻晒，控制好入炉水分。

3.4 控制其他因素引起的非停

①加强料场巡检、测温管理，发现燃料堆垛温度异常升高时，及时开垛检查，避免燃料碳化自燃。加强料场管理，严格按照“分区堆放、先进先用、烧旧存新、合理掺配”的管理举措，杜绝燃料火灾事故。

②加强上料系统、电缆桥架、电机、变频器小室、发电机小室、开关室等积灰清理和孔洞的封堵工作，运行中严格控制炉膛负压，防止积尘着火和设备过热引起火灾^[2]。

③在夏季雷雨季节前，要进行一次全面排查，消除隐患。加强值班值守，运行中加强异常参数分析，要及时发现异常并进行处理。针对夏季易发生异常和事故，制定专项事故预案，组织运行人员进行全厂停电反事故演习，在保证设备安全的前提下，探索研究孤岛运行方式。

④重视线路的巡查和运维工作。企业要建立外部线路检查维护制度，成立线路巡查队伍，定期对线路进行巡查，及时发现线路故障并进行处理。生产过程中，在有条件的情况下运行6~8年对线路进行一次全面的检查维护，避免线路故障引起非停。

4 结语

生物质发电机组存在一定的特殊性，在生产过程中导致机组非停的因素多且复杂。论文根据部分企业历年非停信息统计结果，分析了生物质发电机组非停的常见原因，结合多年生产管理经验，从管理方面提出建议措施，供同类型企业参考。生物质发电企业应从初步设计、设备选型、基建管理、运行管理、检修管理、燃料管理等方面全面统筹谋划，超前管理和防范，在生产过程中努力实现机组“零非停”目标。

参考文献

- [1] 于跃辉.浅谈“控制机组非停”的几点措施[J].电力设备,2019(20).
- [2] 江苏新能生物质电厂非停报告[R].2010—2021.

Accurate and Efficient Line Loss Control Work in the Same Period

Weining Zhou

State Grid Shaanxi Electric Power Co., Ltd. Xi'an Jingwei New City Power Supply Branch, Xi'an, Shaanxi, 710000, China

Abstract

The concurrent line loss management is a part of the daily management of power supply enterprises must be involved, so it should be paid more attention to, and then through scientific and rigorous management measures to ensure the efficiency of management. In daily work, more scientific and detailed line loss control measures should be developed on the premise of focusing on solving existing problems, so as to ensure the actual effect of line loss control work in the same period and improve the transmission and utilization efficiency of electric energy. In the following, the author summarizes the relevant content by starting from the causes of the line loss problem in the same period, and puts forward the control measures of the line loss in the same period, hoping to provide some new ideas and new enlightenment for promoting the innovation and reform of the relevant work.

Keywords

concurrent line loss; governance; existing problems; improvement measure

精准高效做好同期线损治理工作

周卫宁

国网陕西省电力有限公司西安市泾渭新城供电分公司, 中国·陕西 西安 710000

摘 要

同期线损管理是供电企业日常工作中必须涉及到的一部分内容, 因此应当提高关注度, 进而通过科学严谨的管理措施保障治理效率。具体到日常工作中, 应当以集中精力解决现存问题为前提制定更加科学、细致的线损治理措施, 进而保障同期线损治理工作的实际效果, 提升电能的传输及利用效率。下文中笔者由同期线损问题的产生原因切入针对有关内容进行了总结梳理, 提出了同期线损治理措施, 希望能够为推进相关工作的改革创新提供些许新思路、新启示。

关键词

同期线损; 治理; 现存问题; 改进措施

1 引言

电能资源的生产、使用可能涉及输电、变电以及配电多个环节, 并且这一系列的过程均会涉及电能在多个电力设备之间的转换、传输。在此基础上, 电能传输过程中会因为输电线路、电力设备阻抗以及热能消散等因素而产生电能资源的损失, 即“线损”问题。由此所造成的后果便是电能资源的利用效率难有提升。同期线损属于线损问题中较为特殊的类型, 因此需要提高对同期线损问题治理工作的关注度。笔者立足于实际工作经验针对相关内容进行了分析论证, 重点针对同期线损问题的治理工作提出了对应的改进措施, 希望能够在原有基础上推进有关工作的改革创新。

2 同期线损问题产生原因

2.1 管理降损方面的原因

第一, 采集异常。输配电过程中, 由于会涉及到多种表计设备, 因此极易因为设备运行、安装维护等原因出现采集异常的问题。在此基础上, 采集异常也同样是造成线损问题的主要原因。如果电表当天表底采集失败, 会导致数据无法同步至中台, 进而造成台区电量丢失, 最终造成线路电量损失增加、线损升高的问题^[1]。第二, 各类流程整体趋于异常。在现场表计设备损毁且需要更换的情况下, 如果旧表表底出现填写错误的情况, 便会造成电表计算出现误差的问题。现行的管理流程之下, 换表一般需要经过多轮审批, 并且会有可能出现换表当日数据无法及时归档的问题。此时, 新表信息将无法及时上传至后台一体化管理系统, 会由于新表的电量丢失而拉高线损数值。少部分情况下, 线路切改、变压器在线路中新增后会出现新建档案变压器无法及时在 PMS 系统中更改为投运状态的

【作者简介】周卫宁(1977-), 男, 中国陕西西安人, 本科, 工程师, 从事配电网营销及线损管理研究。

问题^[2]。此时,新增变压器将无法在后台一体化系统中产生全新的台区档案,最终造成电量丢失、线损增加的问题。第三,光伏用户档案资料异常。假定用户安装光伏发电设备的情况下,光伏台区的发电量一般需要通过关口表的反向将未消耗电量计算至线路的供电量中完成具体的线损数值。此时,若光伏台区线变关系出现错误,则不仅会影响到光伏发电系统的发售电量,而且会干扰一体化系统所属线路的供电量,最终拉高线路的线损率。需要强调的是,后台一体化系统中光伏台区还需要通过手动操作的方式完成线路输入电量的配置工作。因此若新增光伏发电台区无法及时完成系统参数配置,则必然会出现线路供电量减少、线损增加的问题。第四,窃电管理。虽说得益于相关技术的发展完善,窃电事件的发生率得到了一定程度的遏制。但需要明确的是,无表用电、对电表或接线方式进行私改的行为同样会直接造成线损率的增高。第五,用户谐波的影响。用电需求多样化的情况下,部分高压用户会在用电过程中涉及到中频炉等工业设备,由此而产生的谐波同样会干扰到计量设备的正常运行。同时,用户还极易出现无功补偿不足的问题,最终造成功率因数不达标的问题、影响到用电量的统计计算^[3]。

2.2 技术降损方面的原因

第一,输配电线路的负荷状况。如果输配电线路存在线路线径小、负荷在线路末端、线路负荷过大以及长时间未进行改造升级等问题,便会在无形中抬高线路输配电负载,造成电流增加、线损量增加的问题。第二,变压器的运行状况。虽说近几年各地电力单位正在积极推进输配电线路的革新升级,但部分地区仍旧存在变压器与实际用电需求不匹配的问题。在重度用电需求的情况下,长时间的“小马拉大车”或“大马拉小车”不可避免地会增加设备损耗,进而抬高线损^[4]。

3 同期线损治理工作现存问题汇总

3.1 系统台账不完善,数据不一致

正常工作状态下,系统台账始终是线损管理的基础,并且其准确性、完整性均会影响到线损数值计算的准确性以及后续干预治理措施的有效性。就实际工作现状分析,当前部分电力单位的台账管理、信息更新仍旧存在滞后、混乱、不及时的问题。例如,在设备更新或完成线路改造后,由于各类现实问题的影响无法及时将更新后的信息录入系统,便会导致台账数据与输配电线路运行脱节的问题,最终对后续的同期线损管理造成干扰。再者,由于台账所涉及到的数据来源并不统一、录入标准也不一致,因此不同系统间的数据共享整合仍旧存在障碍。这方面的问题不仅会增加数据汇总处理的工作量,而且还会对后续的干预管理实践造成干扰,最终影响到同期线损治理工作的有效性。

3.2 采集成功率低

实际同期线损治理过程中,采集成功率过低也同样是

影响治理效果的重要因素。虽说智能电表、终端设备的综合利用之下已经摆脱了旧有的人工采集模式,但这类设备的运转及采集过程却容易受到设备质量、通信环境以及天气条件的影响^[5]。例如在偏远地区或天气恶劣的时间点内,智能电表或终端设备的采集信号便极易受到干扰,最终容易造成数据缺失或错误的问题。这方面的问题不仅需要人工进行额外抄补作业,而且还会干扰线损分析的时效性及准确性。

3.3 窃电行为未被根治,手段逐渐多元化

对于难以得知彻底监管根治的窃电行为来说,不仅会增加线网的直接损耗,而且还会扰乱电力市场的基本工作秩序,进而对同期线损问题的治理工作造成严重干扰。新形势下,各类设备正逐渐推陈出新,致使窃电手段也在逐渐多元化、隐秘化,进而在无形中增加了这类行为的治理难度^[6]。后期工作中,想要基于同期线损治理的目标加强窃电行为的监督管理,必须进一步革新工作方法、创新工作模式。

3.4 设备精度不一,农网的计量合格率有待提高

立足于同期线损治理工作现状发现,部分农村电网中,由于设备老化、更新不及时等原因,计量装置的精度参差不齐,导致农网的计量合格率整体偏低。这不仅影响了线损计算的准确性,也限制了农网降损提效的潜力。一些老旧的计量装置由于技术落后、维护不善等原因,其测量精度和稳定性难以满足现代电网管理的要求。如前文所述,这方面的问题是造成同期线损的主要原因,并且是影响同期线损治理效果的主要困境^[7]。

3.5 功率因数较低,无功补偿不足

功率因数低是电网运行中常见的问题之一,它会导致无功电流在电网中流动,增加线路和变压器的损耗。无功补偿是提高功率因数、降低线路损耗的有效手段之一。然而,在实际运行中,部分电网存在无功补偿不足的问题,导致功率因数偏低,影响了输配电线路运行的稳定性及可靠性。

3.6 环网供电的复杂性及其对计量点配置的挑战

在环网供电系统中,电力流动的路径呈现出高度的动态性和复杂性。这种复杂性不仅体现在供电路径的多变上,还涉及到电流在不同回路、不同电压等级之间的频繁切换。传统的计量点配置往往基于固定的网络结构和负荷分布,难以适应环网供电中这种快速变化的特点。因此,在负荷转移频繁的区域,计量点的布局显得尤为关键。然而,现有的计量点配置往往存在不足,无法全面覆盖所有关键节点和路径,导致在进行线损计算时,无法准确捕捉到所有能量流动的细节,从而产生了较大的误差。此外,环网供电还带来了计量技术上的挑战。由于电流流向的不确定性,传统的单向计量方式可能无法准确反映实际情况,需要采用更为先进的双向或多向计量技术。然而,这些技术的应用不仅需要投入大量的资金和技术力量,还需要对现有计量体系进行大规模的改造和升级,这无疑增加了线损治理的难度和成本。

4 同期线损治理措施研究

4.1 完善系统台账，是提升线损管理的基础

同期线损问题治理涉及的系统较多，并且数据量整体较大，其中的对应关系也较为复杂。由此分析，想要在原有基础上提升线损治理工作的有效性，必须建立一套准确、安全、可靠的基础台账制度。细节方面，需要注意明确数据的录入、审核、更新以及共享流程，进而逐步利用大数据、云计算等现代化的技术模式构建多源头数据自动采集、整合以及校验的工作机制，进而保障台账数据的完整性及可靠性。在此基础上，还需要注意提升台账管理人员培训工作的重视程度，提升其数据意识及分析素养，进而保障台账数据分析的准确性及时效性。

4.2 提升采集成功率，是线损治理的重要手段

实际工作中，可以尝试从以下措施着手提升采集成功率：一是提高设备质量，选用性能稳定、抗干扰能力强的智能电表和终端设备。此环节改革实践需要在原有基础上更新设备，因此需要涉及一定的资金投入，但从长远来看还是应当提高关注度。二是优化通信环境，采用多种通信相结合的方式，提高数据采集的可靠性和稳定性。通信环境的优化调整需要由专业技术人员完成，用于保证实际效果。三是加强设备维护和管理，定期对设备进行巡检和维修，确保设备处于良好运行状态。需要注意提升设备运维人员的责任意识、专业技能，引导其恪守本职工作、严格履行工作职责。四是引入先进的采集技术和算法，如自适应采集、数据预测等，提高数据采集的效率和准确性。

4.3 以反窃电为抓手，提质降损

为了有效遏制窃电行为，需要采取多种措施：一是加强法律法规宣传和教育，提高公众对窃电行为的认识和警惕性；二是加大执法力度，对窃电行为进行严厉打击和处罚；三是引入先进的防窃电技术和设备，如智能防窃电电表、远程监控系统等，实现对窃电行为的实时监测和预警；四是加强与公安、司法等部门的合作，形成打击窃电行为的合力。

4.4 统一精度标准，提高农台合格率

为了提高农网合格率，需要采取以下措施：一是加大对农村电网的投资力度，加快老旧设备的更新换代；二是加强对计量装置的校验和维护工作，确保其测量精度和稳定性；三是引入先进的计量技术和设备，如高精度电子式电能表等，提高计量装置的精度和可靠性；四是建立健全的计量管理体系，加强对计量工作的监督和管理，确保计量数据的

准确性和可靠性。

4.5 提高功率因数，降低线路损耗

为了解决这个问题，需要采取以下措施：一是加强无功补偿设备的配置和管理，确保无功补偿设备的容量和位置合理；二是优化无功补偿策略，根据电网的实际运行情况和负荷特性，制定合理的无功补偿方案；三是加强对无功补偿设备的监测和维护工作，确保其正常运行和有效补偿；四是推广使用先进的无功补偿技术和设备，如静止无功补偿器（SVC）、静止同步补偿器（STATCOM）等，提高无功补偿的效率和效果。同时，还需要加强对用户的宣传和教育，引导用户合理使用电力资源，减少无功负荷的产生。

4.6 新增计量点，应对环网供电

新形势下，针对不同输配电环网计量点单一、数量有限的问题，需要注意根据实际供电需要实时更新、新增计量点，用于改变由于计量点数量有限所造成的线损居高不下的问题。此环节改革调整需要技术人员能够针对输配电线路的实际情况建立起系统全面的了解，进而找准计量点的新增位置。

5 结语

同期线损管理是输配电过程中必然要涉及的问题，并且需要在新形势下提高关注度。前文中笔者主要立足于实际工作经验针对这方面的问题进行了分析论证，希望能够进一步推进各环节细节工作的创新改革。

参考文献

- [1] 江志初,朱博,黄家辉,等.提升线损管理穿透力办法的探讨[J].大众用电,2024,39(5):69-71.
- [2] 亓立博,白泽洋,兰丹阳,等.同期线损管理诊断模型的构建与应用[J].农电管理,2024(3):69-70.
- [3] 杨旖天.基于同期线损的网格化管理新模式应用[J].集成电路应用,2023,40(11):68-69.
- [4] 卢克利.供电企业线损管理及降损措施分析[J].现代企业文化,2023(30):33-36.
- [5] 王冬.监测治理闭环在10kV同期线损管理中的应用[J].农村电工,2023,31(9):49.
- [6] 吴建林.加强10千伏同期线损综合治理措施的探讨[J].大众用电,2023,38(8):15-16.
- [7] 朱传孟,徐龙,高重.台区同期线损治理经验浅谈[J].农村电工,2023,31(7):50.

Analysis of Safety Measures for the Operation of Fuel Coal Transportation System in Power Plants

Tao Lin

Huaneng (Fujian) Energy Development Co., Ltd. Fuzhou Branch, Fuzhou, Fujian, 350200, China

Abstract

In the development process of power plants, coal and other fuels are needed as power generation sources to achieve electricity production. Therefore, the stability of the coal transportation system directly affects the efficiency and safety of power generation, and power plant managers need to strengthen their attention to it. In the actual operation process, the power plant needs to conduct a comprehensive inspection of the fuel coal transportation system, analyze the entire operation process, explain the difficulties in the operation process, and develop safety measures based on this. This paper starts with the fuel transportation system of power plants, analyzes the difficulties in the operation of the fuel transportation system, and combines these data to develop targeted prevention strategies to ensure the operation of the system.

Keywords

power plant; fuel coal transportation system; operational malfunction; security guarantee

试析电厂燃料输煤系统运行安全对策

林涛

华能（福建）能源开发有限公司福州分公司，中国·福建 福州 350200

摘 要

电厂发展环节，需要煤炭等燃料作为发电动力，实现电力的生产，所以输煤系统的稳定性就直接影响发电效率以及安全性，需要电厂管理者加强对其的重视。实际运行环节，需要电厂对燃料输煤系统进行全面检查，分析运行的整个流程，阐述运行环节存在的难点，并且在此基础上制定安全保障措施。论文就从电厂燃料输煤系统入手，分析燃料运输系统运行环节存在的难点，并且结合这些数据制定针对性地防范策略，保证系统的运行。

关键词

电厂；燃料输煤系统；运行故障；安全保障

1 引言

电厂燃料运输环节，需要对煤炭进行运输，保证电力生产的连续性，所以输煤系统运行的流畅性就成为电厂管理者关注的要点。而实际运行环节，电厂对于燃煤的需求较高，输煤系统在运行环节还会受到外界环境以及自身材质的影响，输煤系统的运行就还存在一些难点，影响电厂的发展。这就要求电厂的管理人员加强对输煤系统的研究，对其整个输送流程进行分析，阐述运行可能存在的难点，并且在此基础上制定安全运行的对策，保证系统的功能。

2 电厂燃料输煤系统概述

2.1 概念

电厂燃料输煤系统主要涉及将煤从储存区输送到锅炉的过程。这包括煤的卸载、储存、运输、破碎、筛分和送入

锅炉的各个环节。系统通常包括输送带、链条输送机、提升机等设备，目的是确保煤的稳定供应和高效燃烧，以支持电厂的正常运作^[1]。

2.2 特点

电厂燃料输煤系统具有多样化的特点，需要相关人员结合实际进行分析。首先，现代电厂燃料输煤系统通常具有高度自动化的控制系统，包括煤的装卸、输送、破碎和筛分等环节，减少了人工操作，提高了系统的效率和稳定性；其次，系统设计一般支持连续输送煤，以确保锅炉能够获得稳定的燃料供应。输煤过程中的任何中断或故障都可能影响电厂的发电能力。其次，输煤系统需要能够处理不同规格和品质的煤，适应各种燃料需求。例如，系统设计要考虑煤的粒度、湿度以及不同来源的煤种。最后，煤的输送和处理过程中可能会产生粉尘，现代系统会配备除尘设备和封闭输送带，以减少对环境的污染。这些特点共同确保了电厂燃料输煤系统能够高效、稳定、安全地提供燃料支持，确保电厂的正常运行。

【作者简介】林涛（1991-），男，中国福建福州人，本科，助理工程师，从事火电厂燃料输煤系统项目研究。

3 电厂燃料输煤系统运行环节存在的隐患

电厂燃料输煤系统在运行过程中会受到外界环境以及技术设备等多种因素的影响,实际运行环节,就可能出现一些隐患,需要相关人员进行分析。一是粉尘爆炸,煤粉在输送过程中可能产生粉尘,若遇到火花或高温,可能引发爆炸;二是机械故障,输送带、破碎机、链条等机械部件的故障可能导致停机,影响煤的连续供应;三是堵塞与积煤,煤料在输送过程中可能发生堵塞或积煤现象,影响输送效率;四是安全隐患,输煤系统的高温 and 机械运动增加了火灾、设备损坏等安全风险;五是环境污染,不充分的除尘措施可能导致煤尘泄漏,污染环境;六是系统老化,设备长时间使用可能导致老化,增加故障率和维护难度。这些难点的存在直接影响输煤系统的运行,甚至会造成安全隐患,所以实际作业环节,就需要电厂管理者加强对输煤系统的重视,结合这些隐患,制定安全保证策略,保证输煤系统的功能。

4 电厂燃料输煤系统运行安全对策

4.1 重视电厂燃料输煤系统的设备维护与检查

电厂燃料输煤系统的安全运行依赖于设备维护和检修,可以及时发现设备存在的难点,方便后续的解决。作业环节,需要相关人员对输送带、破碎机、链条等关键设备进行定期检查,发现并处理磨损或损坏问题;其次要定期清理煤尘,保持系统清洁,防止积煤和粉尘引发安全隐患;之后要对机械部件进行定期润滑,以减少摩擦和延长设备使用寿命;然后,还需要定期检查和更换磨损部件,如输送带和链条,确保设备正常运行;此外还需要使用监测设备和诊断工具,实时监控运行状态,及时发现并解决潜在问题^[2]。通过这些维护检修措施,可以有效预防设备故障,确保输煤系统的安全、稳定运行。

4.2 重视粉尘控制

电厂燃料输煤系统的粉尘是影响系统运行的关键,还可能造成粉尘爆炸,就需要电厂管理者加强对粉尘的控制。第一,应安装高效的除尘器,如布袋除尘器或静电除尘器,减少粉尘排放;第二,要使用封闭的输送带和管道,防止煤尘外泄;第三,要在煤料处理过程中使用喷雾装置,降低煤尘的飞扬;第四,要定期清理系统内部和周围的积尘,减少粉尘积累;第五,还需要安装粉尘监测仪器,实时检测和控制粉尘浓度,确保符合环保标准。这些措施能有效降低粉尘对设备、环境和人员的影响,提高系统的安全性。

4.3 重视火灾与爆炸的防控

电厂燃料输煤系统的火灾和爆炸预防是确保安全运行的关键,安全防护环节,就需要相关人员加强对爆炸与火灾的控制。首先,要设计火灾检测与报警系统,需要安装烟雾探测器和火焰探测器,还需要定期检查和维护火灾报警系统,确保其正常工作。其次,设计自动灭火系统,需要在高风险区域安装自动灭火系统,如喷淋系统或气体灭火系统。

还需要定期测试灭火系统的有效性,确保其在紧急情况下能够迅速响应;然后要重视机械设备维护,应定期检查和维护输送带、破碎机等设备,确保其正常运转,避免由于设备故障引发火灾。还需要确保机械设备的润滑系统良好,减少摩擦和过热风险。再次,要重视防火隔离,可以在输煤系统的关键部位设置防火隔离设施,如防火墙和防火门,确保煤料存储区与设备区之间有适当的隔离。最后,还需要控制高温源,要确保电气设备和机械设备的温度在安全范围内,避免过热,并且定期检查设备的温度,及时发现和处理异常情况。通过这些措施,可以有效预防电厂燃料输煤系统中的火灾和爆炸风险,确保系统的安全稳定运行。

4.4 重视规范设计以及人员培训

电厂燃料输煤系统的安全运行依赖于操作规范的严格执行和人员培训的高效实施,就需要电厂管理者结合实际进行设计。

规范设计环节:第一,要合理设计操作程序,需要按照标准操作程序(SOP)启动和停止输煤系统,确保操作流程一致。还需要在煤料输送和处理过程中,保持负荷在设计范围内,避免超载。并且实时监控各项参数,如温度、压力和粉尘浓度,确保设备正常运行。第二,进行安全检查,需要在操作前对设备进行检查,确保其正常运行,并排除潜在故障。并且检查火灾报警和灭火系统是否有效,确保其随时能够投入使用。第三,要设计应急操作,在设备出现异常时,按预定程序迅速采取应急措施,避免事故扩大。熟悉紧急停机操作流程,在发生危机时能够迅速停机,保障人员安全。第四,还需要详细记录设备的运行状态和维护情况,便于追踪和分析。还需要记录并报告操作过程中出现的异常情况和安全隐患,及时处理并改进。

人员培训环节:一是要培训员工了解煤料输送系统的安全操作规程和常见风险。还需要教授正确的设备操作方法,确保操作人员掌握启动、运行、停机等操作步骤。二是要培训员工如何处理火灾、爆炸、设备故障等紧急情况,提升应急响应能力。并且培训员工如何进行设备和系统的安全检查,及时发现并处理潜在的安全隐患。三是应定期对员工进行操作技能的提升培训,确保他们熟练掌握设备使用和故障处理。还需要培训员工掌握最新的技术和工具,确保他们能够适应技术进步和系统升级。四是要定期进行应急演练,模拟火灾、设备故障等紧急情况,检验和提高员工的应急处置能力。还需要定期对员工的操作技能和安全知识进行考核,确保其符合岗位要求。通过严格执行操作规范和加强人员培训,可以显著提高电厂燃料输煤系统的安全性和运行效率。

4.5 实时监测与调整

电厂燃料输煤系统的安全运行需要实时监控和调整,以确保系统的高效和安全。一是应重视监控系统建设,应在关键设备和系统部件上安装传感器,实时监测温度、压力、

流量、振动、煤尘浓度等参数。并且设置数据采集和分析中心,集中处理从各个传感器传来的数据,并进行实时监控。二是要设计远程监控,可以使用监督控制和数据采集(SCADA)系统实现远程监控,可以在控制中心实时查看和管理输煤系统的运行状态。并且配置自动报警系统,及时发出异常情况的警报,确保快速响应。三是要开展状态监测,应监测设备的运行状态,包括电机、输送带、破碎机等,确保其正常运作。还需要监控煤尘浓度,以防止过高的粉尘水平引发安全隐患。四是管理人员需要根据实时数据调整输煤系统的负荷,保持设备在安全运行范围内,避免超载。还需要调整煤料的输送流量,以适应需求变化和系统负荷。并且实时调整冷却系统的运行状态,以控制设备温度,避免过热。还应调整压力控制装置,确保系统在安全压力范围内运行。五是应启用过载保护机制,防止设备因负荷过大而损坏。并且在设备出现故障时,通过自动化系统迅速隔离故障部件,防止故障扩散。六是应根据数据分析结果,优化系统参数设置,提升系统运行效率和稳定性。然后根据设备运行数据和故障记录,调整维护计划和频率,提高维护的针对性和有效性^[1]。通过实时监控和调整,可以及时发现和处理问题,确保电厂燃料输煤系统的安全、稳定、高效运行。

4.6 建立完善的管理制度

为了确保电厂燃料输煤系统的安全运行,需要建立和完善一套系统化的管理制度。这些制度不仅要涵盖操作流程,还要包括安全管理、培训与评估等方面。实际作业环节,要求相关人员合理设计安全管理制度、设备管理制度、操作人员管理制度、应急管理制度、环境保护与合规制度、信息管理制度以及持续改进制度等。通过以上措施,可以系统地完善电厂燃料输煤系统的安全运行管理制度,提高系统的安全性和可靠性,保障电厂的平稳运营。

4.7 重视安全文化建设

在电厂燃料输煤系统的安全运行中,安全文化建设至关重要。它不仅涉及安全制度和操作规程的建立,还包括在

组织中培育一种重视安全的文化氛围。首先,高层领导应主动参与安全文化建设,明确表达对安全的承诺和重视。领导要亲自参与安全检查和会议,树立安全为首的榜样。还需要确保安全文化建设有足够的资源支持,包括资金、设备和人员。其次,要建立安全愿景和价值观,应制定并传播清晰的安全愿景,确保每一位员工了解并认同企业对安全的长期目标。并且确立安全的核心价值观,融入企业文化,成为员工日常行为和决策的指导原则。再次,要培养员工安全意识,需要定期进行安全培训,包括操作规程、安全知识、应急处理和心理健康等方面。并且使用案例分析和模拟演练等方式提高员工的实际操作能力和应急反应能力。最后,还需要构建安全行为习惯,应制定并推广安全行为规范和操作标准,确保员工在日常工作中自觉遵守。并且通过标准化操作流程减少人为错误,提高操作安全性。还需要定期进行行为观察和评估,识别不安全行为并进行纠正。通过以上措施,可以在电厂燃料输煤系统中建立起强有力的安全文化,促进员工的安全意识和行为习惯的提升,从而有效降低安全风险,确保系统的安全运行。

5 结语

输煤系统安全运行与各方面息息相关,在设备方面要定期检查以及维护,在人员方面要提高工作人员的专业素养和加强安全意识,做好安全防范工作。在实际工作上要对煤源要做完善的处理,确保煤源本身不会出现安全问题。无论什么样的安全问题,只要做好预防工作,都能够有效控制。

参考文献

- [1] 曹依琼.试论电厂燃料输煤系统运行安全管理[J].技术与市场,2022,29(3):193-194.
- [2] 赵海峰.火力发电厂输煤系统运行的安全探讨[J].设备管理与维修,2020(4):37-38.
- [3] 倪喜军.电厂燃料输煤系统运行安全问题与相关措施探讨[J].中外企业家,2019(6):200.

Research on Remote Monitoring and Automatic Control Technology of Mechanical and Electrical Equipment in Coal Mine

Jingshan Qin

Bailu Coal Mine, Yuyang District, Yulin City, Yulin, Shaanxi, 719099, China

Abstract

With the rapid development of information technology, the application of intelligent automation technology in coal mine mechanical and electrical equipment is increasingly popular. This research is based on remote monitoring and automatic control technology, hoping to improve the operation efficiency and safety performance of coal mine mechanical and electrical equipment. By using various kinds of sensors and monitoring systems, we set up the real-time data monitoring and analysis model of coal mine electromechanical equipment, and carry out automatic control of the equipment through optimization algorithm. The research results show that the model can effectively monitor the running state of coal mine equipment in real time, and self-adjust according to the equipment data, prevent equipment overload or failure, and improve the operating efficiency of the equipment. At the same time, once the equipment is found to have problems or abnormal data, the remote monitoring system can timely feedback the information to the operator, effectively reducing the probability of coal mine safety accidents. This study reveals the important application of information technology in intelligent automation technology of coal mine, which will have a positive impact on coal mine equipment management and coal mine safety operation.

Keywords

coal mine mechanical and electrical equipment; remote monitoring; intelligent automation technology; real-time data monitoring; equipment safety management

煤矿机电设备的远程监控与自动化控制技术研究

秦敬山

榆林市榆阳区白鹭煤矿，中国·陕西 榆林 719099

摘 要

随着信息技术的快速发展，智能化自动化技术在煤矿机电设备中的应用日益普及。基于远程监控和自动化控制技术，希望提高煤矿机电设备的运行效率和安全性能。利用各类传感器和监控系统，我们建立了煤矿机电设备的实时数据监测分析模型，并通过优化算法对设备进行自动控制。研究结果显示，该模型能有效实时监控煤矿设备的运行状态，并可根据设备数据进行自我调整，防止设备过载或故障，提高了设备的运行效率。同时，一旦发现有设备出现问题或异常数据，远程监控系统能够及时将信息反馈给操作人员，有效降低了煤矿安全事故的发生概率。本研究启示了信息技术在煤矿智能化自动化技术中的重要应用，对煤矿设备管理和煤矿安全操作会产生积极影响。

关键词

煤矿机电设备；远程监控；智能化自动化技术；实时数据监测；设备安全管理

1 引言

为了让煤矿的工作更安全高效，有人用了一种特别的方法来照看煤矿里的机器。这个方法通过在机器上装一些能感知机器状态的小工具，然后把这些信息通过互联网发送到远处的电脑上。在电脑上，工人们可以看到这些机器是否正常工作，如果有什么问题，他们可以迅速处理，防止故障或者危险事故。这样，煤矿里的机器就可以更好地工作，

也更容易出现问题，煤矿的工作也变得更安全了。这种使用新科技的方法让煤矿的工作变得更好，也帮助煤矿更好地发展。

2 煤矿机电设备远程监控与自动化控制技术框架

2.1 远程监控系统结构与组成

远程监控系统是煤矿机电设备智能化管理的重要组成部分^[1]。在该系统中，结构与组成要素主要包括监测终端设备、通信网络、数据处理中心和用户界面四个部分。

监测终端设备是远程监控系统的基础。各种类型的传

【作者简介】秦敬山（1986-），男，中国山东成武人，本科，注册安全工程师，从事煤矿机电智能化研究。

感器,如温度传感器、压力传感器、振动传感器和电流传感器,分别安装在煤矿机电设备的关键部位。这些传感器实时采集设备的运行状态参数,将其转化为可传输的电信号。传感器的选型和安装位置直接影响监测精度和覆盖范围,需要根据不同设备的特性进行认真评估和选定^[2]。

通信网络是数据传输的通道,确保监测终端设备和数据处理中心之间的信息流通。典型的通信网络形式包括有线通信(如工业以太网)和无线通信(如Wi-Fi、4G/5G网络)。为了应对煤矿井下复杂的环境条件,通信网络需具备高可靠性和强抗干扰能力,以确保数据实时、准确传输。

数据处理中心是系统的“大脑”,通过强大的计算能力对监测数据进行处理和分析。处理中心的主要设备包括服务器、数据库和各种实时数据处理软件。数据进入数据库进行存储,通过先进的算法和模型进行分析,以判断设备的运行状态,并预测可能的故障。这一过程需要高效的处理能力和先进的数据挖掘技术。

用户界面是展示监测结果和操作的窗口,可以是计算机屏幕、移动应用或专用显示设备。界面设计需简洁明了,方便操作人员快速理解设备的运行状态,并做出相应的决策和操作。一旦系统检测到设备异常,用户界面会及时发出预警,并通过多种方式(如短信、邮件)通知相关人员。

远程监控系统的结构与组成及其各部分的相互配合,形成了一个高效、可靠的煤矿机电设备智能监控平台,为煤矿的安全生产和高效运行提供了有力保障。

2.2 自动化控制系统的核心技术

自动化控制系统在煤矿机电设备的应用中,主要依赖于先进的控制算法、智能化传感器和通信技术。先进的控制算法是系统的核心,通过对设备运行数据的实时分析,进行预测性维护和自适应调节,从而优化设备的运行状态。智能化传感器是自动化控制的基石,这些传感器能够实时收集设备的各项运行参数,保证数据的准确性和实时性。数据通信技术则确保了监控系统与设备之间的高效数据传输,避免信息滞后。故障诊断技术通过实时监测和大数据分析,能够及时发现设备潜在问题,提高系统的响应速度和维修效率。自动化控制系统通过整合先进的控制算法、传感器及通信技术,显著提升了煤矿机电设备的安全性和运行效率。

2.3 系统集成与数据通信机制

系统集成和数据通信机制在煤矿机电设备远程监控与自动化控制技术中起到至关重要的作用。系统集成主要包括监控系统、自动控制系统、传感器网络和数据处理单元的无缝对接。其目标是确保不同子系统之间协同工作,从而实现高效的数据采集、传输和处理。数据通信机制则涉及使用可靠的通信协议和数据传输技术,保证设备状态信息和控制指令的实时、高效传递。通过采用工业以太网、无线通信和总线技术等手段,建立稳定、快速的数据传输通道,确保系统的灵敏性和可靠性。

3 煤矿机电设备实时数据监测与分析

3.1 设备监测传感器选型与部署

在煤矿机电设备的远程监控与自动化控制系统中,传感器的选型与部署是确保实时数据监测与分析的关键环节。选择合适的传感器类型和合理的部署位置,能够精确捕捉设备的运行状态和环境参数,进而为后端分析提供可靠的数据支持。

煤矿机电设备种类繁多,其监测需求包括温度、压力、振动、流量、电流等方面。温度传感器通常用于监测电机、变压器等设备的工作温度,避免设备因过热而故障。压力传感器则主要应用于液压系统及气动装置中,确保系统工作在安全的压力范围内。振动传感器对旋转机械如泵、风机等的运行状态进行监测,可早期发现设备的不平衡或部件松动问题。流量传感器广泛应用于液体和气体传输管道,以确保流量符合工艺要求。电流传感器用于监测电机、发电机等电气设备的运行状态,防止电流过载对设备造成损害。

为实现高效监测,传感器的部署策略必须经过仔细规划。要根据设备的工作环境选择适应性强的传感器,如防爆型传感器适用于易燃易爆环境,防尘防水性能好的传感器适用于潮湿和多尘的工况。传感器应该尽量靠近测量点,以提高数据的准确性和实时性。传感器的安装还需考虑维护和校准的便利性,避免因布线复杂或位置难以触及而增加运维成本。

数据传输方面,为减少延时和干扰,可以采用有线传输如以太网或光纤线路,确保数据传输的稳定性和可靠性。在特殊环境中,若无法布线,可选用无线传感器,并综合评估无线信号覆盖、频段干扰等因素。

通过科学的传感器选型与合理的部署策略,能够为煤矿机电设备的实时数据监测奠定坚实基础,为后续的分析与控制提供高质量的数据支撑,进而提高设备的运行效率和安全性能。

3.2 数据收集与传输技术

数据收集与传输是煤矿机电设备远程监控与自动化控制的核心环节。传感器是数据收集的主要工具,选用高精度、耐用性能良好的传感器以保证数据的可靠性。常用的传感器包括温度传感器、压力传感器、振动传感器和气体传感器等,这些传感器可实时监测设备的各种运行参数。

数据收集后,通过网络将数据传输至中央控制系统。采用无线传感网络(WSN)、工业以太网和5G等多种数据传输技术,以保证数据的高效、稳定和低延迟传输。为了增强传输数据的安全性和完整性,应用数据加密技术和冗余传输机制。

数据传输过程中,利用边缘计算技术对部分初步数据进行处理,减轻中央控制系统的负担,提高系统响应速度。利用云平台储存和分析大量历史数据,为设备故障预测和运行优化提供数据支持。这些技术手段的综合应用,实现了煤

矿机电设备数据的高效收集与传输,为设备的实时监控和自动化控制奠定了基础。

3.3 实时数据分析与故障预测

实时数据分析与故障预测利用各类传感器采集设备运行状态数据,通过数据收集与传输技术构建实时数据监测平台^[1]。采用机器学习与深度学习算法综合分析数据特征,对设备运行状况进行精确建模,实时识别潜在故障点。故障预测模型能够提前预警设备异常,提供精准维护建议,减少非计划停机时间,提高设备运行效率与安全性。通过不断优化算法与模型,系统能及时适应设备运行环境变化,进一步提升预测准确率和可靠性。

4 自动化控制与设备安全管理

4.1 控制算法优化与实施

控制算法是煤矿机电设备自动化控制系统的核心,通过优化控制算法,可以显著提升设备的运行效率和安全性能。常用的控制算法包括PID控制算法、模糊控制算法和神经网络算法等。不同算法适用于不同的控制需求,具体选择应根据设备类型和工况条件进行。

PID控制算法在工业控制领域应用广泛,其原理基于比例、积分和微分调节量的组合,可以实现对系统误差的精准调节。为提高PID算法的控制精度,可通过自适应调节和参数整定技术对其进行优化,以适应不同的工作环境。

模糊控制算法通过建立模糊规则和模糊推理机制,适应了复杂工况条件下的不确定性和非线性特征,更加适用于煤矿机电设备的多变量控制。优化模糊控制算法的关键在于构建高效、合理的模糊规则库,并借助专家系统和人工智能技术不断完善规则集。

神经网络算法凭借其自学习和自适应能力,在处理高度复杂和非线性关系上具有突出优势。采用神经网络算法可以实现对设备状态的实时学习和预测,提高控制系统的响应速度和准确性。优化神经网络算法的核心在于网络结构的设计和训练算法的改进,以增强其泛化能力和实时性。

在控制算法的实施过程中,需结合煤矿机电设备的实际工况,通过建模和仿真技术对控制方案进行验证和调整。采用分布式计算和大数据分析技术,实时获取和处理设备运行数据,进一步优化控制算法的性能。通过以上措施,可以有效提升煤矿机电设备的自动化控制水平,保障其安全稳定运行。

4.2 设备运行效率提升策略

设备运行效率的提升对于煤矿机电设备的远程监控与自动化控制非常关键,通过优化控制算法、改进设备管理以及合理配置资源来实现。利用先进的智能控制算法,根据实

时数据动态调整设备运行参数,从而达到优化性能和能源利用效率的目的。智能算法能识别设备运行中的非最佳状态并进行调整,确保设备在最佳工况下运行。

设备管理方面,实时监控和状态评估系统能够确保设备的各项参数在安全范围内,预防可能的过载和故障。利用预测维护策略,通过数据分析和预警机制,能够提前识别潜在问题,及时进行维护和修复,有效减少设备非计划停机时间。

合理配置资源也是提升效率的重要方法,通过对设备资源和任务的科学分配,使各类设备协同工作,最大化利用资源避免资源浪费。利用负荷均衡技术,能够根据不同设备的实际情况和需求,动态分配负载,避免个别设备超负荷运行,延长设备使用寿命并提升整体运行效率。

通过上述策略的综合应用,煤矿机电设备的运行效率得到了显著提升,进一步保障了煤矿生产的安全与稳定。

4.3 安全风险评估与预防措施

煤矿机电设备的安全风险评估包括设备运行状态的实时监控、故障预测和风险分析。通过传感器数据采集系统,监控设备的温度、振动、电流等参数,分析其运行趋势。利用机器学习和数据挖掘技术,建立设备故障预测模型,提前预判潜在故障点。预防措施包括定期维护和检修,确保设备在最佳状态下运行。远程监控系统实时报警,及时通知操作人员采取应急措施,减少事故发生的概率,提高煤矿安全水平。

5 结语

这项研究主要是研究煤矿机器的自动控制和远程监控技术。我们成功搭建了一个系统,可以实时监测设备运行情况,提高设备运作效率,也能防止设备过度使用和出现故障。这个系统不仅能降低事故发生率,还能做到快速反馈信息,可在更长时间内保持监控。但我们的研究仍有一些不足,如对极端环境下的设备稳定性、大规模使用时各个设备间的协调以及在复杂环境下的数据分析等问题,我们还需要进行深入的研究。我们的目标是通过优化算法,发展智能化监控,提高系统在复杂煤矿环境下的应用和故障预警的准确性,期望能提高煤矿设备的水平,保障矿工的安全。我们希望这项研究能够推动煤矿自动化技术的发展,对保证矿工安全产生积极的影响。

参考文献

- [1] 陈淑云.煤矿机电设备自动化技术应用[J].内蒙古煤炭经济,2021(7):140-141.
- [2] 张仲元.煤矿机电设备自动化应用[J].今日自动化,2019(4):211-212.
- [3] 周建军.煤矿机电设备自动化集中控制技术[J].矿业装备,2020(6):148-149.

A Storage and Charging System Based on the Cascade Utilization of Retired Batteries

Wei Luo

Guangdong Yingtong Zhilian Digital Technology Co., Ltd., Foshan, Guangdong, 528000, China

Abstract

This paper expounds a method of echelon utilization and the system can be compatible with different types, different brands and different capacity configuration of retired battery packs, and all battery packs can be connected to the unified energy storage system to accept unified scheduling, but also can realize the mixing of old and new battery packs. The system can also solve the problem of low pile utilization rate due to insufficient distribution capacity of charging piles in the existing technology. The system adopts the common DC bus scheme, the photovoltaic system, energy storage system and charging system common DC bus, all the power supply conversion from the original two-stage conversion to unipolar conversion, the energy conversion efficiency is higher, the whole station system cost is lower, and the electrical loss is smaller.

Keywords

energy storage, BMS, light storage and charging; echelon utilization

一种基于退役电池梯次利用的储充系统

罗伟

广东盈通智联数字技术有限公司, 中国 · 广东 佛山 528000

摘 要

论文阐述了一种退役电池整包梯次利用的方法及储充系统, 该系统可以兼容不同种类、不同品牌、不同容量配置的退役电池包, 并且所有电池包都可以接入到统一的储能系统里接受统一调度, 还可以实现新旧电池包混用。该系统还可以解决现有技术中充电桩因配电容量不足而导致桩利用率较低的问题。该系统采用共直流母线方案, 光伏系统、储能系统和充电系统共直流母线, 所有功率电源变换由原来的两级变换变为单级变换, 能量转换效率更高, 整站系统成本更低, 电损更小。

关键词

储能; BMS; 光储充; 梯次利用

1 背景

可再生能源及电化学储能市场规模不断扩大, 储能电池的退役潮即将来临。如何延长储能电池使用寿命, 降低退役电池回收成本并提高回收残值成为亟须解决的关键问题。储能电池的全生命周期再生技术包括服役阶段的修复再生延寿技术和退役电池回收再生技术, 对于储能电池的全生命周期成本降低和可持续利用至关重要^[1]。

为贯彻落实可持续发展战略、绿色发展理念, 促使社会主义生态文明与依法治国的有机结合, 必须完善电动汽车动力电池回收法律法规, 明确在整个动力电池生命周期内的各主体的回收义务, 以促进废旧动力电池的回收利用^[2]。

目前, 中国新能源汽车动力蓄电池回收机制立法基本形成、回收体系也初步建立, 但存在生产者责任延伸制度的

追责机制欠缺、消费者回收意识薄弱、回收强制技术标准阙如、回收网络不健全、回收市场混乱等问题。因此, 中国应当进一步完善生产者责任延伸制度的追责机制的建立, 构建激励消费者参与回收的制度, 出台强制回收技术标准, 创新回收模式, 加强市场监管, 从而建立健全新能源汽车动力蓄电池的回收闭环^[3]。

2 目前存在的问题

目前, 退役电池梯次利用的主要技术路线有两条: 一是全包利用; 二是拆卸、筛选和重组。这两种方法各有优缺点, 全包利用是欧盟梯次利用项目的核心技术。直接整包利用优点: 不需要考虑不同制造商的各种电池的一致性。这是一项轻资产投资, 甚至不需要特殊设备和存储区域。缺点: 需要了解原 BMS 的通信接口协议。出于竞争或知识产权的考虑, 许多电池制造商不想向第三方开放接口, 导致开发难度增加。

由于动力电池的寿命一般是 5~8 年左右, 根据国家规

【作者简介】罗伟 (1988—), 男, 中国湖南人, 硕士, 工程师, 从事新能源设备、充电储能研究。

定,动力电池容量衰减至额定容量的80%以下,就要面临退役、被强制回收。(不再符合汽车使用标准)有些电池退役时还具有充放电能力,该能力越强,卖的价钱就越高,这部分退役电池被企业应用到储能系统,充分利用其价值。目前市面上的退役电池梯次利用方案更偏向统一的电池型号与品牌。

3 解决方案

论文提出了一种退役电池整包梯次利用的方法及储充系统,具体拓扑图见图1。

整个系统由AC/DC双向变换模块、DC/DC双向变换模块、退役电池包、光伏组件、DC/DC充电桩以及EMS等组成。

AC/DC双向变换模块将三相交流电转换为输出电压为1000V的直流母线,通过直流母线将电能传输给DC/DC充电桩。DC/DC充电桩将1000V直流电转换为200V~1000V输出的直流电,宽范围电压输出,满足不同充电车的电压等级需求。当市电配电容量不够的情况下,退役电池包通过DC/DC模块进行放电,将不同等级的直流电压转换为1000V的直流电传输给直流母线,从而满足DC/DC充电桩的充电需求。此处的DC/DC模块也为双向模块,同DC/DC充电桩的充电模块一样,输入电压200VDC~1000VDC,输出电压1000VDC,双向变换,模块颗粒度为30kW,可并联输出不同功率等级的PCS或者V2G充电桩。因为每个电池包是单独配置的DC/DC模块,互不干扰,因此电池包的种类、品牌、容量大小都不受限制。当晚上谷期电价时,可以通过DC/DC模块将电池包充满电。若其中有电池包有故障,可以直接退出,不影响其他电池包工作。同样白天光伏组件发电后通过DC/DC模块将直流电压转换为1000V的直

流电传输给直流母线,从而满足DC/DC充电桩的充电需求。

本方案可以实现能量双向传输,DC/DC充电桩可以轻松实现V2G功能。在白天用电高峰期的时候,退役电池包可以进入放电模式,将放出的电上传到直流母线上,通过AC/DC双向变换模块将直流电逆变成三相交流电传输到电网中,另外充电车辆也可以通过V2G DC/DC充电桩将充电车辆的电能上传到直流母线上然后通过AC/DC双向变换模块将直流电逆变成三相交流电传输到电网中。同样白天光伏组件发电后通过DC/DC模块将直流电压转换为1000V的直流电传输给直流母线,通过AC/DC双向变换模块将直流电逆变成三相交流电传输到电网中,这样可以保证电网高峰期间的稳定性。

图2为交流母线方案与直流母线方案的对比,通过拓扑图发现直流母线在共直流母线的光储充一体化系统中,光伏系统、储能系统和充电系统的功率电源变换由原来的两级变换变为单级变换,能量转换效率更高。

本方案用于在用电需求低的时候储存电力,然后在需求增加的时候提供,提高能源效率。在接入光伏系统或者风电系统时,该方案可以增加可再生能源的消纳,有助于平衡太阳能和风能等可再生能源的间接性波动。

该系统采用直流输入充电桩,充电桩效率高达98%,充电站系统效率提升1.5%以上。PFC整流和DC/DC充电模块分离,可以实现非等容量配置,充电站利用率不高时,PFC整流与DC/DC充电模块可按需配比,容易实现高效的光储充一体化共直流母线方案。充电、储能与光伏发电可以共用并网双向变流器,减少了投资成本。

整个系统的充放策略由EMS来控制,EMS由主控板、人机交互、云平台、热管理系统、计量计费、BMS等组成,拓扑图见图3。

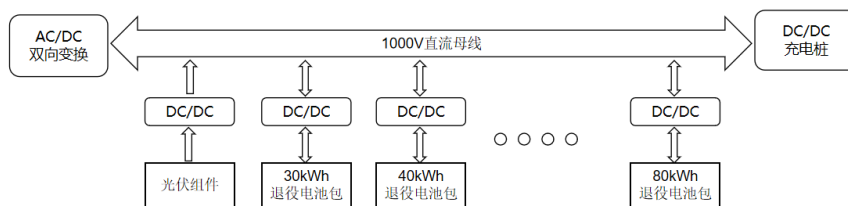


图1 退役电池整包梯次利用的方法及储充系统拓扑图

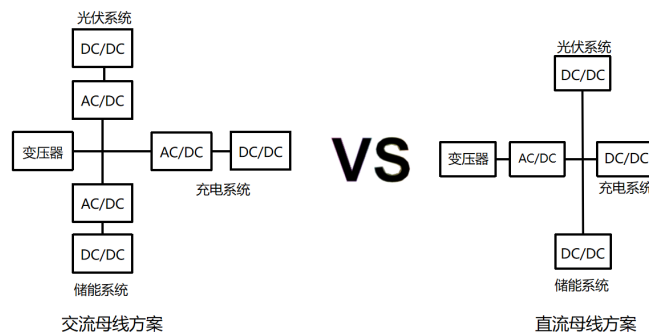


图2 交流母线方案与直流母线方案的对比

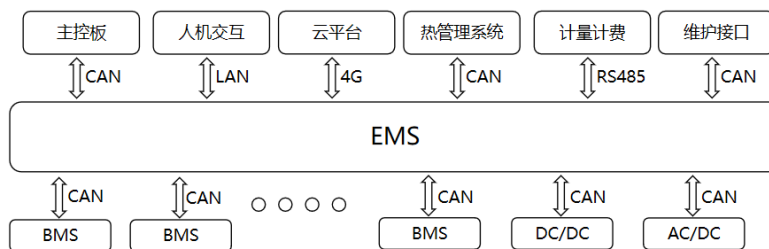


图3 EMS 拓扑图

主控板：为DC/DC充电桩的控制系统，实现控制充放电过程的同时，可以将数据（实时电流，电压，电量等）发送到云端，实现预约，寻桩，缴费，远程管理等等。它与EMS通过CAN通讯，通过EMS实现V2G功能。

人机交互：触摸屏，本装置中作为储能系统的状态、故障信息显示和操作的界面，控制电池包能量输出，SOC等信息。同时管理员可通过管理员密码进入管理员界面进行装置参数的设置等。

云平台：EMS通过4G网络与云平台进行连接，接收云平台后台信息，发送装置信息至云平台。

热管理系统：本系统中热管理系统为电池包和功率转换模块进行温度管控。通过CAN通信与EMS进行实时数据交互。实时温度监控，自动进行制冷、加热和自循环模式的切换。为功率模块和储能电池包提供最佳的工作温度环境。

计量计费：通过RS485与EMS通讯，将直流母线上电池包逆变到电网的电能进行计量与计费，同时将充电桩逆变到电网的电能数据上传给充电桩主控板，然后再进行计量计费。

维护接口：调试人员可通过连接该接口对装置进行软件调试故障诊断等。

LAN：局域网通信。

EMS：能量管理系统。

BMS：退役电池包电池管理系统，实时监测电芯温度、电压等数据。

DC/DC：功率模块、充电模块，是本装置中重要的功率和电源转换模块，在本方案中用于储能变流器（PCS）用和充电桩充电模块用。功率颗粒度为30kW，根据不同需求可组合成不同功率输出。

AC/DC：功率模块，是本装置中重要的功率和电源转换模块，用于给储能电池包充电，也用于电动汽车充电，还可以逆变成三相交流电供电网使用。功率颗粒度为60kW，双向变换。

EMS通过集成各种传感器、控制器和软件，实现对能源数据的实时采集、分析和处理。根据采集的数据，EMS能够预测能源需求，优化能源分配，并自动调整设备运行状态。旨在提高能源效率、降低能源消耗和减少环境污染。

本方案采用的30kW DC/DC双向变流器作为储能变换单元，非常便于退役电池的梯次利用。电动汽车上退役下来

的不同容量配置的电池包通过合适的DC/DC双向变流器直接接入直流母线，不同的DC/DC双向变流器进行独立控制，不同种类、不同品牌、不同容量配置的退役电池包都可以接入统一储能系统，还可以实现新旧电池包混用，这大大提高了退役梯次电池直接利用的方便性，大大提高了退役梯次电池利用的经济性。

4 结论

通过以上对退役电池梯次利用方案的剖析与描述，总结出以下三点优势：

本方案兼容性好：可以兼容不同种类、不同品牌、不同容量配置的退役电池包都可以接入统一储能系统，还可以实现新旧电池包混用，这大大提高了退役梯次电池直接利用的方便性，也大大提高了退役梯次电池利用的经济性。

本方案配置灵活性：直流母线式方案，可以配置风光储充，且功率变换由原来的两级变换转为一级变换，电源转换效率高。

本方案应用场景广：很多老旧小区因为配电容量原因，导致配置的充电桩数量有限，本方案对配电容量的要求低，且更具经济性。

近年来，随着世界各国致力于发展低碳经济，新能源汽车作为降低能源消耗以及环境污染的有效手段得以迅猛发展^[4]，政府要鼓励动力蓄电池制造企业、第三方企业等建立回收服务中心，为其提供技术支持和技术性人才培养方案^[5]，深入分析了梯次利用目前在成本控制、技术研发应用以及商业模式探索等方面存在的问题、产生原因，并提出对策^[6]。

参考文献

- [1] 姜景栋,陈永翀,刘昊,等.储能电池全生命周期再生技术研究进展[J].电源技术,2023(3).
- [2] 尹晓鹏.电动汽车动力电池回收义务主体研究[D].海口:海南大学,2022.
- [3] 闫海,李洪锐.新能源汽车动力蓄电池回收机制的问题及建议[J].交通运输部管理干部学院学报,2021(2).
- [4] 林凤莹.退役动力蓄电池的回收与再制造策略研究[D].福州:福州大学,2021.
- [5] 侯治国.新能源汽车废旧动力蓄电池回收利用企业利润和效益优化研究[D].北京:中国矿业大学,2020.
- [6] 吴蒙.退役动力蓄电池梯次利用现状、问题及对策[J].资源再生,2019(10).

Analysis of PID Parameter Tuning Method Based on Water Tank Control System

Ziran Wang

State Power Investment Group Northeast Power Co., Ltd. Fushun Thermal Power Branch, Fushun, Liaoning, 113000, China

Abstract

The attenuation curve method for PID parameter tuning is widely used in industrial process control. However, this method requires continuous adjustment of the proportional coefficient and repeated set point disturbance tests, which results in high workload and low efficiency. Therefore, an improved attenuation curve method for PID parameter tuning is proposed. This paper also introduces and explores other PID tuning methods. And an empirical method was proposed for PID parameter tuning under the water tank model, which can effectively reduce the workload of PID parameter tuning.

Keywords

attenuation curve method; PID controller; PID parameter tuning; cascade system; steady-state curve

基于水箱控制系统的 PID 参数整定方法分析

王自然

国家电力投资集团东北电力有限公司抚顺热电分公司, 中国·辽宁 抚顺 113000

摘要

衰减曲线法PID参数整定在工业过程控制中的应用较多,但该方法需要不断调节比例系数、反复进行设定值扰动试验,工作量大、效率偏低,为此,提出了一种改进的衰减曲线法PID参数整定取值方法。论文对PID的其他整定方法也进行了介绍与探讨。并针对水箱模型下的PID参数整定提出了经验方法可以有效降低PID参数整定的工作量。

关键词

衰减曲线法; PID控制器; PID参数整定; 串级系统; 稳态曲线

1 引言

PID 控制器产生并发展于 1915—1940 年间,虽然在之后又出现了最优控制、自适应控制、预测控制等多种先进控制算法,但 PID 控制器具有结构简单、使用方便、鲁棒性好、可靠性高等诸多优点,因此目前在工业过程控制中仍然广泛应用。PID 控制器有三个可调参数,分别为比例系数 K_p 、积分时间 T_i 和微分时间 T_d ,这三个参数组合决定了闭环系统的动态和稳态性能。PID 参数整定是通过调整这三个可调参数的大小,使控制系统满足期望的性能指标。参数整定需要技术人员具备较高的理论知识和实践经验,因此 PID 参数整定一直是研究热点。PID 参数整定分为基于模型的整定和基于试验的整定两大类。前者针对已知模型的被控对象,采用寻优或理论算法,确定满足一定性能指标的 PID 参数。后者针对未知模型的被控对象,在闭环试验的基础上,基于经验公式确定 PID 参数,有衰减曲线法、临界比例度法等。

论文针对衰减曲线法整定 PID 参数时需要不断调整比例系数进行扰动试验的问题,提出了一种改进的衰减曲线法,该方法通过新的经验公式更快地得到稳态曲线,可以显著提高整定效率。

2 基本理论

2.1 PID 基础介绍

2.1.1 比例运算 (P)

比例控制是建立与设定值 (SV) 相关的一种运算,并根据偏差在求得运算值(控制输出量)。如果当前值(PV)小,运算值为 100%。如果当前值在比例带内,运算值根据偏差比例求得并逐渐减小直到 SV 和 PV 匹配(即直到偏差为 0),此时运算值回复到先前值(前馈运算)。若出现静差(残余偏差),可用减小 P 方法减小残余偏差。如果 P 太小,反而会出现振荡。

2.1.2 积分运算 (I)

将积分与比例运算相结合,随着调节时间延续可减小静差。积分强度用积分时间表示,积分时间相当于积分运算值到比例运算值在阶跃偏差响应下达到的作用所需要的时间。

【作者简介】王自然(1996—),男,中国辽宁阜新人,本科,助理工程师,从事热工程控保护研究。

间。积分时间越小，积分运算的校正时间越强。但如果积分时间值太小，校正作用太强会出现振荡。

2.1.3 微分运算 (D)

比例和积分运算都校正控制结果，所以不可避免地会产生响应延时现象。微分运算可弥补这些缺陷。在一个突发的干扰响应中，微分运算提供了一个很大的运算值，以恢复原始状态。微分运算采用一个正比于偏差变化率（微分数）的运算值校正控制。微分运算的强度由微分时间表示，微分时间相当于微分运算值达到比例运算值在阶跃偏差响应下达到的作用所需的时间。微分时间值越大，微分运算的校正强度越强。

2.2 PID 算法原理

由被控对象和 PID 控制器组成的闭环控制系统的基本结构如图 1 所示，其中 $r(t)$ 、 $y(t)$ 和 $u(t)$ 分别为设定值、被控量和控制量，设定值与被控量之间的差值 $e(t)$ 称为偏差量，有式 (1) $e(t) = r(t) - y(t)$ 。

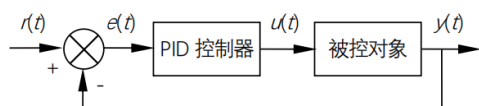


图 1 PID 控制系统的基本结构

PID 控制器由比例、积分和微分三个环节组成，根据偏差量 $e(t)$ 计算控制量 $u(t)$ ，连续时间的 PID 算法可表示为式 (1) 或 (2)：

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (1)$$

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2)$$

其中， K_p 为比例系数； T_i 为积分时间； T_d 为微分时间； $K_i = K_p/T_i$ 称为积分系数， $K_d = K_p T_d$ 称为微分系数。

当积分时间 T_i 为无穷、 T_d 微分时间为 0 时，PID 控制器转变为简单的纯比例控制器，其算法简化为：

$$u(t) = K_p e(t) \quad (3)$$

在部分分散控制系统中，经拉式变换，PID 计算原理常为：

$$Y(s) = \left(K_p + \frac{1}{T_i * S} + \frac{K_d * T_d * S}{T_d * S + 1} \right) E(s) + FF(s) \quad (4)$$

2.3 经典衰减曲线法原理

衰减曲线法基于被控对象和纯比例控制器组成的闭环

系统的衰减特性来整定控制器参数，即在纯比例控制作用下，利用闭环系统衰减比为 4 : 1（或 10 : 1）的试验数据确定 PID 参数，其整定经验公式如表 1 所示。

2.3.1 操作细节

①先把积分时间放至最大，微分时间放至零，使控制系统运行，比例度放至较大的适当值，“纯 P 降低比例度”，就是使控制系统按纯比例作用的方式投入运行。然后慢慢地减少比例度，观察调节器的输出及控制过程的波动情况，直到找出 4 : 1 的衰减过程为止。这一过程就是“找到衰减 4 : 1”。

②对有些控制对象，用 4 : 1 的衰减比感觉振荡过强时，这时可采用 10 : 1 的衰减比。但这时要测量衰减周期是很困难的，可采取测量第一个波峰的上升时间 T_r ，其操作步骤同上。

③根据衰减比例度 s 和衰减周期 T_s 、 T_r 按表 1 进行计算，求出各参数值。

④先将比例度放在一个比计算值大的数值上，然后加上积分时间 T_i ，再慢慢加上微分时间 T_d 。操作时一定要按“PID 序加参数”，即先 P 次 I 最后 D，不要破坏了这个次序。

⑤把比例度降到计算值上，通过观察曲线，再做适当的调整和参数。即“观看运行细调整”，直到找出最佳值。

2.3.2 注意事项

①要得到衰减的过渡过程，只有在系统平稳时，再加上给定干扰，才有可能找出 $n : 1$ 的衰减过渡过程。否则，可能会有外界干扰，而影响到比例度和衰减周期数值的正确性。

②是加正干扰还是加负干扰，最好与工艺联系来商定，因为是要根据工艺生产条件来确定的。给定干扰的幅值，通常是取满量程的 2%~3%，在工艺允许的情况下，可以适当加大。

③本方法对于变化较快的压力、流量、小容量的液位控制系统，在曲线上读出衰减比有一定难度。

利用衰减曲线法整定 PID 参数时，首先将积分时间 T_i 设为无穷，微分时间 T_d 设为 0，PID 控制器按纯比例控制投入运行。然后逐渐减小纯比例控制器的比例度 δ （比例系数的倒数），直至被控量出现 4 : 1（或 10 : 1）的衰减振荡，记录对应的比例度 δ_s 和振荡周期 T_s 。最后按表 1 给出的经验公式确定 PID 参数。

表 1 衰减曲线法经验公式

衰减比	控制器类型	比例系数	积分时间	微分时间
4:1	P	$1/\delta_s$	∞	0
	PI	$0.83/\delta_s$	$0.5T_s$	0
	PID	$1.25/\delta_s$	$0.3T_s$	$0.1T_s$
10:1	P	$1/\delta_s$	∞	0
	PI	$0.83/\delta_s$	$2T_r$	0
	PID	$1.25/\delta_s$	$1.2T_r$	$0.4T_r$

3 PID 的参数整定

3.1 PID 参数整定

PID 控制器参数整定的方法概括起来有两大类：一是理论计算整定法。它主要是依据系统的数学模型，经过理论计算确定控制器参数。二是工程整定方法，它主要依赖工程经验，直接在控制系统的试验中进行，且方法简单、易于掌握，在工程实际中被广泛采用。利用临界比例法进行 PID 控制器参数的整定步骤如下：

- ①首先预选择一个足够短的采样周期让系统工作；
- ②仅加入比例控制环节，直到系统对输入的阶跃响应出现临界振荡，记下这时的比例放大系数和临界振荡周期；
- ③在一定的控制度下通过公式计算得到 PID 控制器的参数。

PID 参数的设定：是靠经验及工艺的熟悉，参考测量值跟踪与设定值曲线，从而调整 PID 的大小。

3.2 串级控制 PID 参数的调整

串级控制 PID 参数的调整的基本方法如下：

3.2.1 方法一

先仅投副环，按单回路完成整定后关掉微分，将积分时间延长一倍；然后投入串级，在主回路按单回路完成整定。

3.2.2 方法二

在串级条件下，将副环比例带按照最大经验值设置，再在主回路按单回路完成整定。

3.3 经验试凑法

这种方法的基本程序是先根据运行经验，确定一组调

节器参数，并将系统投入闭环运行，然后人为地加入阶跃扰动（如改变调节器的给定值），观察被调量或调节器输出的阶跃响应曲线。若认为控制质量不满意，则根据各整定参数对控制过程的影响改变调节器参数。这样反复试验，直到满意为止。

经验法简单可靠，但需要有一定现场运行经验，整定时易带有主观片面性。当采用 PID 调节器时，有多个整定参数，反复试验的次数增多，不易得到最佳整定参数。

3.4 衰减曲线法的经验公式探索

基于经典衰减曲线法得到的经验公式，在基于衰减率 0.75 计算得到的 K_d 与 T_i 一般是无法直接应用在实际当中的，基于此类参数往往还需要操作者基于自身经验进行一定的微调，在反复实验后才能得到目标参数，得到稳态曲线。笔者在大量水箱实验的过程中，发现了一些相关规律，即当以纯比例方式调整，在出现近似 4 : 1（即衰减率为 0.75）的振荡曲线时，记录该组数据，得到 K_p 与 T_i ，并将此时 $K_p \times 0.5$ ， $T_i \times 1.0$ ，即可得到最终曲线相差很小的 K_p 与 T_i ，再稍加调整 K_p ，即可得到稳态曲线。

参考文献

- [1] Mohamed K, Gaber M, Mohamed E, et al. A robust PID controller based on linear quadratic gaussian approach for improving frequency stability of power systems considering renewables[J]. ISA Transactions, 2021(117):118-138.
- [2] 王伟,张晶涛,柴天佑.PID参数先进整定方法综述[J].自动化学报, 2000, 26(3):347-355.

Research on Fault Diagnosis of Coal Mine Electromechanical Equipment Based on Big Data Analysis

Zhongwei Zhang

Shaanxi Zhongkui Construction Co., Ltd., Yuncheng, Shaanxi, 713699, China

Abstract

With the continuous development of big data technology, its application in the fault diagnosis of coal mine mechanical and electrical equipment is increasingly widespread. This paper aims to explore the application effect of big data analysis technology in fault diagnosis of mechanical and electrical equipment in coal mines. Big data analysis method is adopted to collect and process the operation data of mechanical and electrical equipment in coal mine, and to realize the rapid identification and early warning of the potential faults of equipment through the establishment of equipment fault diagnosis model. The results show that the fault diagnosis model based on big data can effectively improve the accuracy and efficiency of fault diagnosis and reduce the misdiagnosis rate. The application value of the model in fault diagnosis of mechanical and electrical equipment in coal mine is verified by case analysis, which provides strong technical support for coal mine safety production. This research not only enriches the application of big data in the field of fault diagnosis of mechanical and electrical equipment in coal mine, but also provides a reference for the equipment fault diagnosis in other industries.

Keywords

big data analysis; mechanical and electrical equipment; fault diagnosis; coal mine safety; early warning system

基于大数据分析的煤矿机电设备故障诊断研究

张忠卫

陕西中魁建筑有限公司, 中国 · 山西 运城 713699

摘 要

随着大数据技术的不断发展,其在煤矿机电设备故障诊断中的应用日益广泛。论文旨在探究大数据分析技术在煤矿机电设备故障诊断中的应用效果。采用大数据分析技术,收集并处理煤矿机电设备运行数据,通过建立设备故障诊断模型,实现对设备潜在故障的快速识别与预警。研究结果表明,基于大数据的故障诊断模型能够有效提升故障诊断的准确率和效率,降低误诊率。通过实际案例分析,验证了模型在煤矿机电设备故障诊断中的应用价值,为煤矿安全生产提供了有力的技术支持。研究还探讨了大数据技术在故障诊断中的应用前景,此研究不仅丰富了大数据在煤矿机电设备故障诊断领域的应用,而且为其他行业的设备故障诊断提供了参考。

关键词

大数据分析; 机电设备; 故障诊断; 煤矿安全; 预警系统

1 引言

论文的主要内容是讲述了在煤矿里,机器设备出问题会影响安全和煤矿工作。过去,找出设备的问题依靠专家的知识或者简单的检查方法,但现在有了更好的技术——大数据,可以更快更准确地发现问题。论文里,研究人员用大数据技术收集了很多有关机器运行的数据,并建立了一个新模型来诊断设备的故障,这个方法比老方法更好,能够更快地发现问题,减少错误判断。研究结果显示,用大数据技术来判断机器问题,能帮助煤矿更安全地工作,而且这种方法不

仅煤矿能用,在其他行业也很有用。论文认为,随着大数据技术发展,未来在找机器故障和维护设备上会有很大的进步。

2 大数据技术在煤矿机电设备故障诊断中的应用现状

2.1 煤矿机电设备故障诊断的重要性

煤矿机电设备在煤矿生产中占据着极其重要的地位,其运行的稳定性直接关系到煤矿的安全生产和经济效益^[1]。由于煤矿作业环境复杂,机电设备在长时间、高强度运行下,极易发生故障。这些故障不仅会导致生产中断,还可能引发严重的安全事故,造成不可估量的损失。及时、准确地诊断煤矿机电设备故障显得尤为重要。

煤矿机电设备故障诊断的重要性体现在保障生产安全

【作者简介】张忠卫(1986-),男,本科,高级电工,机电工程师,机电工程一级建造师,煤矿注册安全工程师,从事煤矿机电设备故障诊断研究。

方面。煤矿作业环境恶劣，井下设备一旦发生故障，维修难度大且风险高。例如，通风设备的故障可能导致瓦斯积聚，增加爆炸风险；提升设备的故障可能导致矿井塌方或人员受困。通过有效的故障诊断，可以提前发现并排除潜在问题，减少设备突发故障的概率，保障生产的连续性和安全性。

在提高经济效益方面，煤矿机电设备故障诊断也发挥着关键作用。设备故障不仅会造成生产中断，还会导致设备损坏，增加维修和更换成本。有效的故障诊断能够延长设备的使用寿命，减少维护成本。通过对设备运行状态的实时监控和数据分析，可以在故障初期阶段进行干预，避免因小问题演变成大故障，降低维护费用，提升设备的利用率和生产效率。

随着煤矿企业信息化、智能化的发展，对煤矿机电设备的故障诊断也提出了更高的要求。传统的故障诊断方法依赖于经验和定期检修，存在误诊率高、诊断效率低的问题。而大数据技术的应用，为煤矿机电设备故障诊断提供了新的解决方案。通过大数据技术，可以收集、存储和分析大量设备运行数据，发现设备运行中的异常模式和故障特征，实现精准诊断和预警。这不仅提高了故障诊断的准确性和效率，也推动了煤矿生产管理的智能化进程。

煤矿机电设备故障诊断的重要性不仅体现在保障安全生产、提高经济效益方面，还在于推动煤矿企业向信息化、智能化方向发展。有效的故障诊断不仅是煤矿安全生产的基础，更是提升煤矿企业核心竞争力的重要手段。随着大数据技术的不断发展和应用，煤矿机电设备故障诊断将迎来更多机遇和挑战，发挥更大的作用。

2.2 大数据技术的基本概念与应用场景

大数据技术是一种通过对大量、多样、快速生成的数据进行高效处理和分析的方法，其基本概念包括数据采集、存储、分析与可视化等多个环节。在数据采集方面，大数据技术依赖于传感器、互联网等多种手段实时获取设备运行状态、操作参数、环境条件等多维度数据。这些数据通过互联网或无线通信网络传输到数据中心进行存储与处理^[2]。

数据存储是大数据技术的核心环节，采用分布式数据库、云存储等技术，能够实现海量数据的高效存储与管理。Hadoop、Spark 等大数据处理平台，提供了高效的数据处理能力，能够对海量数据进行实时分析与处理。通过机器学习、深度学习等算法，对数据进行特征提取、模式识别与预测分析，挖掘数据中的潜在信息与知识。

大数据技术在煤矿机电设备故障诊断中的应用场景包括设备健康监测、故障预警、故障诊断等多个方面。在设备健康监测方面，通过对设备运行数据的实时采集与分析，能够及时捕捉设备的异常状态，提高设备运行的可靠性。故障预警方面，通过建立故障预警模型，能够对设备潜在故障进行预测与预警，减少突发故障的发生率。在故障诊断方面，依据数据分析结果，应用专家系统等方法对故障原因进行定

位与分析，提高故障诊断的准确性与效率。

大数据技术在煤矿机电设备故障诊断中的应用场景，不仅限于故障预警与诊断，还包括设备性能优化、维护策略制定等方面。通过大数据分析，能够为设备的运行维护提供科学依据，提高设备管理的精细化水平。大数据技术在煤矿领域的广泛应用，正在不断推进煤矿机电设备故障诊断向智能化、自动化方向发展。

2.3 大数据技术在煤矿机电设备故障诊断中的应用现状与问题

近年来，煤矿机电设备故障诊断在煤矿生产中具有重要意义。大数据技术通过海量数据的采集、存储、处理和分析，显著提升了故障诊断的准确性和效率。目前，大数据技术在煤矿机电设备故障诊断中的应用已取得了一定进展。通过实时监控数据及历史数据的综合分析，可实现设备运行状态的实时监测和故障预警。在实际应用过程中也面临若干问题。一方面，数据质量参差不齐，噪声和异常数据的存在增加了分析难度。另一方面，现有的大数据处理技术和故障诊断算法在处理巨量数据时性能有待提高。数据隐私和安全性问题仍然是一个亟待解决的挑战。有效解决这些问题，有助于进一步提升大数据在煤矿机电设备故障诊断中的应用水平，为煤矿安全生产提供更为可靠的技术支持。

3 大数据分析技术在煤矿机电设备故障诊断中的实际应用与效果验证

3.1 实际案例的验证与分析

大数据分析技术在煤矿机电设备故障诊断中的实际应用，通过具体案例加以验证。在某大型煤矿企业的机电设备中，抽取一台关键设备作为研究对象，该设备历经多年的运转，具备丰富的数据样本。通过传感器及检测装置，实时收集设备的运行参数数据，包括振动、温度、电流、电压等。在数据收集后，采用数据清洗、标准化等预处理方法，将各类数据整理成易于分析的形式。

在数据分析阶段，应用机器学习算法进行异常检测与分类。采用随机森林算法、支持向量机（SVM）及深度学习等多种方法，建立故障诊断模型。分析中的关键步骤是一致性检查，通过比较历史故障数据和当前运行数据的差异，识别异常信号。当检测到异常信号后，故障诊断模型基于训练数据进行预测，判断故障类型及可能的故障部位。

在实际应用中，当某一关键设备出现振动值突然增高的情况，分析系统通过快速处理海量数据，并与历史正常数据进行对比，诊断出此设备可能存在轴承损坏的风险。进一步通过多层次模型分析，该系统精确定位问题，提供了维保建议，包括更换轴承和检查润滑系统。经过实际检修，发现轴承确实已磨损严重，预警信息十分准确，避免了更大的设备损坏及停机损失^[3]。

类似的案例还包括电机过载运行、温度异常升高等不

同类型的故障诊断。每种故障的诊断过程依赖于大量数据的精确分析和模型的高效运行,普通传统方法难以实现同等效果。电机过载的案例中,大数据分析系统通过检测电流的异常波动,迅速判断设备过载,并提供快速处置建议,保障了生产的连续性。

研究结果显示,大数据分析技术显著提升了故障诊断的准确率和效率。通过对大量历史故障数据的学习和实时数据的监测,系统能够快速响应设备异常情况,相比传统的故障诊断方法,误诊率显著降低。

以上实际案例验证,大数据分析技术在煤矿机电设备故障诊断中具有明显的优势,其高效的处理能力和精确的预测能力,为煤矿安全生产提供了强有力的技术保障。这不仅提升了设备管理的科学性,也显著降低了维护成本。大数据分析技术的应用前景广阔,对于其他行业的设备故障诊断也具有参考价值。未来,随着技术的进一步发展,大数据分析技术在故障诊断中的应用必将更加深入和广泛,为各行业的设备管理和维护提供新的解决方案。

3.2 对大数据在煤矿机电设备故障诊断中的应用前景的探讨

随着大数据技术的迅猛发展,其在煤矿机电设备故障诊断中的应用前景广阔。未来,煤矿机电设备故障诊断将呈现出更加智能化和精细化的趋势,通过大数据技术的深度应用,可以进一步提升故障诊断的效率与准确率,并降低潜在的安全风险。

大数据技术在煤矿机电设备故障诊断中的应用,不仅在于数据的收集和存储,还在于对这些数据的有效分析和深度挖掘。未来将通过更加先进的机器学习算法和人工智能技术,将数据分析能力推向新高度。数据挖掘技术将从海量的传感器数据、操作记录、维护历史等多源数据中迅速提取关键故障特征,提高故障诊断的时效性与准确性。

实时监控系统的优化也是大数据技术应用的重要发展方向。未来将依托物联网技术,实现对煤矿机电设备运行状态的实时监控和数据传输,这些数据通过高效的网络传输到云端进行存储和分析。通过大数据平台,能够对海量数据进行快速处理和故障诊断,并实时反馈给现场操作人员,从而实现对设备故障的及时响应与处理。

基于大数据的故障诊断系统还将与智能维护系统紧密

结合。未来的维护策略将从传统的周期性维护转变为基于预测的主动维护。通过大数据分析,可以预测设备零部件的剩余寿命,制定更加科学合理的维护计划。这不仅能够降低设备的维护成本,还能保证设备的长期稳定运行。

大数据技术在故障诊断中的应用不仅适用于煤矿机电设备,还具备跨行业的应用潜力。未来,这些技术和方法将能够推广至制造业、交通运输、能源电力等各个领域,推动各行业设备管理和维护的智能化升级,从而全面提升各行业的生产效率和安全水平。

总的来说,大数据分析技术为煤矿机电设备故障诊断带来了前所未有的机遇。随着相关技术的进一步成熟和广泛应用,煤矿机电设备的安全性、稳定性和效率将显著提升,为煤矿安全生产提供更加坚实的技术保障。

4 结语

本研究围绕大数据技术在煤矿机电设备故障诊断中的应用进行了深入探索与分析。通过有效地收集和处理设备的运行数据,并建立精确的故障诊断模型,研究成果显示出显著的故障预警能力和准确性,极大地提高了故障诊断的效率与准确率,降低了误诊风险。实际案例分析进一步验证了大数据故障诊断模型在实际工作中的价值,为煤矿行业的安全生产提供了切实可行的技术支撑。尽管本研究取得了积极成果,但未来研究仍需面对和解决的挑战不容小觑。例如,如何进一步提高数据处理的实时性、如何增强模型对复杂故障模式的识别能力,以及如何确保故障诊断系统在极端环境下的稳定性等问题,仍待深入探讨。未来的研究可围绕上述问题展开,同时探讨将大数据技术与其他先进技术如人工智能算法相结合,以期打造出更加智能、高效的故障诊断系统。此外,推广模型应用至其他行业,将进一步拓展大数据分析在工业设备故障诊断方面的应用范围和深度。通过不断的技术革新与方法研究,我们期待为设备故障诊断领域带来更广阔的发展前景。

参考文献

- [1] 刘阳光.基于大数据分析的机电设备故障预警系统研究[J].你好成都(中英文),2023(29):52-54.
- [2] 唐秀芳.基于大数据分析的机电设备运行故障预测及诊断[J].中国新技术新产品,2021(3):36-38.
- [3] 姜雪.煤矿机电设备故障诊断系统[J].智能矿山,2022,3(9):52-53.

Quality Management During the Construction Stage of the “Hualong 1” of the Nuclear Power Plant

Liangxing Wang

Hainan Changjiang County Huitianbang Energy Engineering Technology (Suzhou) Co., Ltd., Changjiang, Hainan, 572700, China

Abstract

China's independently developed million kW pressurized water reactor “Hualong 1” adopts the third generation nuclear power technology, adopts active and passive safety system, double-layer protective containment, and the safety level reaches the world's highest standard. With the background of “Hualong No.3 and 4 of Hainan Changjiang Nuclear Power Phase II Expansion Project”, explain the QA by supervising the process of quality management system, such as personnel qualification, equipment status, testing capability, job responsibilities, process control, and management activities, to confirm the importance of QA quality management for the construction of nuclear power plant quality management; in order to provide reference for the quality management in the stage of nuclear power plant construction.

Keywords

nuclear power plant, Hualong 1, quality management

核电站“华龙一号”建造阶段的质量管理

王亮星

海南省昌江县汇添邦能源工程技术（苏州）有限公司，中国·海南 昌江 572700

摘 要

中国自主研发的百万kW级压水堆“华龙一号”采用第三代核电技术，采用能动与非能动安全系统，双层防护安全壳，安全等级达到世界最高标准。以“海南昌江核电二期扩建工程华龙一号3、4号机组”为背景，阐述QA通过监督质量管理体系的各个过程。例如，对人员资格、设备状态、检测能力、岗位职责、工艺过程控制、管理活动等情况，来证实QA质量管理对核电站建造确保核安全的重要性，以案例为导向分析QA质量管理思路与方法；以期为核电站建造阶段质量管理提供参考。

关键词

核电站；华龙一号；质量管理

1 引言

中国核能行业协会发布的《中国核能发展报告 2024》蓝皮书显示，截至目前中国在建核电机组 26 台（不含港澳台）总装机容量 3030 万千瓦，领先世界第一。在运、在建及已核准总装机规模超过 1 亿 kW，强核报国迎来历史新机遇。回顾核电历史进程方知核电未来发展部署，解密华龙一号核设计理念消除公众谈核色变，以建造华龙一号施工现场质量管理，论证如何确保核安全，期待今后商业投产利国利民。

2 核电技术发展史

① 1954 年全球第一座核电站—澳布灵斯克核电厂诞生，标志着第一代核电技术开启了新纪元。在能源、工业、航天

等领域示范运用，证明了核能发电的技术可行。

② 20 世纪 60—90 年代，以浓缩铀为燃料、海水作冷却剂的第二代核电技术，在全球大量投产运行，创造了经济价值。由于缺乏对堆芯熔化这类严重事故的防范，以至于三哩岛核事故、切尔诺贝利核事故引发公众恐慌。

③ 于是 1985—1992 年美国与欧洲，先后出台的《先进轻水堆用户要求文件》（URD）和《欧洲用户对轻水堆核电厂的要求》（EUR）将预防和缓解堆芯熔化作为下代核电技术必备要求。满足这两份文件之一的核电机组被称为第三代核电技术，中国自主研发的华龙一号、国和一号、玲珑一号是第三代核电技术的代表。

④ 2024 年 3 月 27 日中国山东省荣成市华能石岛湾高温气冷堆示范工程并网运行，标志着中国第四代核电技术来临。第四代核电技术拥有更高的经济效益产出，安全性能全面提升，核废物产量少等优点。重点无需厂外应急，自身具备防止核扩散能力，是未来核电技术发展趋势。

【作者简介】王亮星（1989—），男，中国湖北武汉人，本科，助理工程师，从事核电质量管理研究。

3 “华龙一号”设计阶段的安全质量概况

① 2013年4月25日国家能源局牵头,中广核与中核集团联手在ACPR1000+和ACP1000的基础上进一步研发,推出具有自主知识产权百万KW级压水堆华龙一号。2014年8月22日,华龙一号总体设计方案,经国家能源局、国家核安全局评审,专家组一致认为符合第三代核电技术要求。

② 想要建造一个安全的核电站并没有想象得那么简单,首先要解决就是给核电站选一个稳固的地基,同时还要靠近水源,因为核反应堆是需要大量水来进行冷却。因此,中国的核电站大多都会建在沿海城市,同时为了让核电站地基更加稳固,工程师们通过地质勘探找到一块坚硬且完整的岩石作为核电站的地基,有了稳固的地基之后才可以放心地在地基上面浇筑核电站的主体结构。

③ 为了让核电站能够抵御大飞机的撞击,同时还能在核电站发生事故时确保放射性气体不会扩散到周围环境中,设计师为华龙一号设计了双层安全壳,外壳厚1.8m,内壳厚1.3m,同时还有一层6mm厚的钢板作为内衬,可抵御9级地震,240分钟高温。不仅如此,双层安全壳之间的环形区域压力低于大气压,即使发生事故也是外部空气进入安全壳。并且整个核电站均采用高强度混凝土进行浇筑,所采用的钢筋直径为 $\phi 40$ 是民用钢筋的两倍,仅安全壳就用了四层这样的钢筋,总用量更是达到了11000t,也正是在这么密集的钢筋笼的保护下,才使得华龙一号核电站坚不可摧。

④ 但想要确保核电站不会发生切尔诺贝利及福岛核事故那样的灾难,这还远远不够。要知道福岛核事故是因为地震引发巨大的海啸,从而淹没了福岛核电站的反应堆厂房等设施,电源被迫中断,单一的供水系统无法为反应堆降温,致使堆芯温度升至2000℃,造成堆芯融化,压力容器被融穿,并且会产生氢气最终引发大爆炸。大量放射性物质被释放到周围环境中,导致周围核辐射量超标了6000多倍。

⑤ 为此中国核电科研人员从此次核事故中吸取了经验教训,为华龙一号设计了能动和非能动安全系统,能动系统为三列独立的供水系统,他们分别被安装在三个独立的安全厂房内,每个安全厂房都有坚固的墙体隔离,即使其中一个安全厂房发生故障,另外两个仍然可以保证反应堆安全停堆。但为了防止海啸造成的外部电源全部中断,华龙一号还配备了五台应急柴油发电机,以及大容量蓄电池和移动式应急发电机。为了保证绝对的安全,设计师又给华龙一号增加了一套非能动安全系统,包括3个巨大的水箱,总装水量达到3000t,万一依赖电力驱动的安全系统被切断,水箱的水就会在重力的作用下流入换热装置,来持续地为堆芯降温,以防止压力容器被击穿。同时为了防止氢气爆炸,华龙一号还设置了几十台通过催化剂限制氢气浓度的非能动氢气复合器,以及防止安全壳超压的过滤排放系统和喷淋系统作为保障。华龙一号每年可发电100亿kW时,可解决100万人

口一年用电需求量,将直接减少标准煤消耗312万吨,二氧化碳排放816万吨。当然对于任何一个核电站来说,有了这些安全保障固然很重要。但维持核电站安全运行最重要的还是人,只有工作人员认真负责守护好每个岗位,才能保证核电站的安全运行。

4 “华龙一号”建造阶段的质量管理

4.1 建立质量管理体系

以实现总体质量目标为前提,强化管理人员对质量的控制,质量管理体系的建立包括:

① 制定组织的政策、目标和规划;② 制定管理大纲、规章制度和程序等管理体系文件;③ 明确组织机构、职责分工及每个岗位的权利、义务和责任;④ 对质量管理体系的运行情况进行评价和改进;⑤ 培育和建设核安全文化;⑥ 确定和策划工作过程,并明确控制要求;⑦ 制定与相关方的沟通策划、计划和要求;⑧ 为开展的各项工作的实现质量目标提供保障。

4.2 实施质量计划

将施工全过程进行分解、逐层检查、验证是质量控制的一种方法,主要流程:

① 首先由施工单位根据物项质保等级编制“通用质量计划、一般质保计划、特殊质量计划”,由施工单位、总包单位、监理单位、营运单位联合参与选点质控;② 然后质量计划开启→各单位根据职责权限,选取见证点W、报告点R、停工待检点H;③ 施工单位选点比例QA1、QA2、QA3、QNC $\geq 100\%$,监理单位选点比例需满足GB/T50522—2019《核电厂建设工程监理标准》6.2.1.7条规定^[1],EPC总包需对“特殊工艺”选点比率 $\geq 10\%$;营运单位根据需要选取停工待检点H;④ 最后质量计划实施→操作者自检→QC1、QC2复检→监理单位复验/EPC总包和营运单位见证;⑤ 每一级合格方可签字放行进行下一步流程,严禁越点;⑥ 最后关闭质量计划→工艺全部实施完毕,记录完整。

5 质量问题案例分析

本人承诺问题独立发现,涉事单位已整改完毕,不涉嫌抄袭、侵权、名誉损害。

5.1 质量问题案例一

监督人员:王亮星。

时间:2023.03.13。

子项:8YA。

问题描述:

2023年03月03日,监理人员在8YA除盐水泵房现场巡检过程中发现:8YA 3-8轴交B轴现浇混凝土女儿墙外观上存在竖向(已贯穿墙体厚度方向)裂缝9条,长度1.10m,裂缝间隔2~4m不等;8YA3-8轴交E轴现浇混凝土女儿墙外观上存在竖向(已贯穿墙体厚度方向)裂缝20条,长度1.10m,裂缝间隔1.5~3m不等;经监督人员进一步核查发

现以下问题:

① 8YA3-8 轴女儿墙伸缩缝图纸设计间距为 42m, 未采纳 GB50010—2010《混凝土结构设计规范》8.1.1“钢筋混凝土结构伸缩缝最大间距/剪力墙结构/现浇式/露天/30m^[2]”的要求。②《混凝土质量缺陷修补工作程序 D 版》7.“操作详细指南……混凝土质量有影响结构使用和安全功能的严重缺陷, 应当按照相关程序开启不符合项”, 本程序 7.2.2 外观缺陷的判断表中罗列了外观缺陷的判断条件, 但缺少“裂缝的一般缺陷和严重缺陷”的判定依据。③ 8YA 女儿墙裂缝产生后, 未进行观测, 不满足《混凝土质量缺陷修补工作程序 D 版》7.2.1“最终结构面的裂缝, 采用专用仪器观测裂缝深度和宽度, 观测以间隔 5 天为限, 观察次数不少于 3 次, 或连续观测至裂缝观测值稳定或裂缝趋于愈合为止”的要求。④ 8YA 女儿墙产生的裂缝, 施工单位直接按 C 类裂缝表面修补法进行修补, 而程序中缺少 C 类裂缝的判定数据, 且整个修复过程未留下施工记录。

主要原因: 女儿墙体整体变形引起裂缝产生。

根本原因: ①审图阶段未有效识别出设计缺陷; ②程序中缺失对裂缝严重程度判定依据和相对应的处理方法; ③修复过程中未严格按程序执行。

纠正行动: ①请施工单位在《混凝土质量缺陷修补工作程序》中增加对混凝土裂缝关于一般缺陷和严重缺陷的判定依据, 明确“混凝土质量有影响结构使用和安全功能的严重缺陷, 应当按照相关程序开启不符合项”补充不符合项开启的判定依据; ②请施工单位组织技术、质检、工长、班组学习《混凝土质量缺陷修补工作程序》; ③请施工单位对涉及施工缝留设事宜发起澄清单, 报设计审查确认; ④请 EPC 总包组织施工单位对于 8YA 女儿墙的裂缝未按照程序要求进行观测、记录数据、判断和处理, 导致 8YA 女儿墙的质量不可确定的问题开启不符合项, 并进行质量评估和采取纠正措施, 并将质量评估报告作为该不符合项的附件报各家审批; ⑤请 EPC 总包组织施工单位对该问题进行深入全面的经验反馈, 召开警示教育大会, 邀请营运单位参加。

检查思路: ①设计控制→②文件控制→③工艺过程控制→④检查试验→⑤记录。

管理目的:

当质量缺陷已产生, QA 需关注程序完整性, 验证整个修复过程合规性, 预防此类情况频发。

5.2 质量问题案例二

监督人员: 王亮星。

时间: 2024.04.10。

子项: 4RX。

问题描述:

①检查《关于核岛厂房国产抗飞机撞击套筒外露螺纹的澄清》发现“设计答复: 同意国产抗飞机撞击套筒外露螺纹大于 2P”未给出答复意见支撑依据, 不符合《现场变更

申请管理细则》6.3.3.2“答复意见……给出意见的相关依据, 要有明确的出处, 如按照某标准、技术要求、计算结论等”的要求。②检查《4RX 外壳 35.75m~38.45m 水平筋加工计划》, 发现加工计划中“缺少钢筋丝头加工技术要求”内容, 不满足《海南昌江核电站 3、4 号机组工程材料计划、加工计划的编制与管理》5.2.2.1“加工图尺寸齐全准确……并注明……技术要求”的规定。③检查《分部分项工程施工技术交底》, 发现交底中缺少“力矩扳手”的投入, 且 4RX 外壳 38.45m 钢筋绑扎作业当天未投入“力矩扳手”。④检查《分部分项工程施工技术交底》5.2“钢筋采用机械连接时, 完成连接的套筒每段外露的完整丝扣不宜超过 2p”, 发现 4RX 外壳钢筋机械连接分别采用了标准型直螺纹套筒连接与锁母式套筒连接, 施工现场工艺与技术交底要求不符。

主要原因: 施工现场直螺纹套筒连接采用不同工艺。

根本原因: ①设计变更缺乏支撑依据; ②直螺纹套筒的加工计划编制、制作、安装的技术要求未统一。

纠正行动: ①请 EPC 总包组织责任部门开展经验反馈, 避免此类情况发生; ②请施工单位组织责任部门质检员、技术员开展加工计划编制、技术交底、编制培训; ③请施工单位梳理《4RB 外层安全壳筒体外挂水箱结构施工方案》补充完善不同钢筋工艺检查验收标准; ④请施工单位根据施工现场需要, 及时投入所需器具或计量器具。

检查思路: ①设计控制→②文件控制→③工艺过程控制。

管理目的: 工艺过程控制重点是确保物项的加工、制作、安装、验收与设计要求一致, 其中任何一个环节偏离规定要求需及时纠正, 消除潜在隐患。

6 结语

核电站的建设是一项规模庞大, 工艺复杂的综合性工程。需建立质量保证相关程序, 明确停复工、不符合项目管理等要求, 作为质量管理的指导依据。任何与安全和质量有关的活动, 必须做到“四个凡事”, 确保所有影响安全和质量的活动必须由合格的人员, 按照批准的程序和计划, 遵循认可的规范和标准, 使用合格的设备, 在规定的条件下完成。从事质量检验的人员应对检验结果负责, 严禁弄虚作假, 并将记录作为客观证据妥善保存, 以证实达到预期的质量要求^[1]。从事验证质量的人员应保持独立性, 发现危及质量、安全的事实和行为时, 有权制止进一步的工作开展。在不危及安全的情况下共同实现组织的目标, 满足监管部门、社会公众及其他相关方的需求和期望。

参考文献

- [1] GB/T 50522—2019 核电站建设工程监理标准[S].
- [2] GB 50628—2010 混凝土结构设计标准[S].
- [3] 国家核安全局. 中华人民共和国核安全法规汇编[S].