

电力与能源前沿



Volume 2
Issue 10

October 2024

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

电力与能源前沿



Volume 2 · Issue 10 · October 2024 · ISSN 3029-2417(Print) 3029-2425(Online)

SYNERGY
PUBLISHING PTE. LTD.

Tel: +65 65881289
E-mail: contact@s-p.sg
Website: ojs.s-p.sg

ISSN 3029-2417

9 773029 241242 10 >

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

Database Inclusion



Asia & Pacific Science Citation Index



China National Knowledge Infrastructure



MyScienceWork



Google Scholar



Crossref



Creative Commons

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



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。

电力与能源前沿

Volume 2 Issue 10 October 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 配网自动化技术在电力系统中的应用
/ 程睿君
- 4 高原草地光伏产业发展的现状与未来趋势研究
/ 郭譞瑀
- 7 野外供电保障需求及保障模式论证研究
/ 高洪涛
- 10 输配电线路运行的安全管控思考
/ 李剑 吴泓锐 崔宇
- 13 爱多智能电网建设中电力工程技术的应用分析
/ 吕国华 杜姜开林
- 16 电网设备运维检修现场作业安全管理方法
/ 吴龙飞
- 19 基于动态交通信息的电动汽车实时路径规划研究
/ 宋龙虎 王虎
- 22 中国绿色电力交易对当前电力市场影响效果推演
/ 荆贝 陈泰来 杨丽娟 钟建萍
- 25 虚拟电厂加速落地，探路电力交易新模式
/ 蒲良毅 陈泰来 钟建萍 杨丽娟
- 28 考虑能源低碳化的分区域虚拟电厂综合优化调度策略
/ 朱勇 王雅萱 张海龙
- 31 政策支持对新能源电力项目发展的影响分析
/ 苏佩超
- 34 碳中和背景下船舶焚烧炉模拟器设计
/ 韩熙琛
- 37 火电机组的热电联产和深度调峰的创新应用
/ 王涛
- 44 能源转型背景下传统能源与新能源发展的探讨
/ 豆加刚
- 47 高效能输变电施工机具技术创新与应用研究
/ 张照环
- 50 1000MW 机组深度调峰给水泵运行方式探讨
/ 王立强 张进 顾玉田
- 53 碳中和目标下电力供热系统的能效提升
/ 白宇皓
- 56 新型输电线路引流金具的研制与应用研究
/ 王伊
- 59 风浪荷载下海上光伏固定式支撑结构对比分析
/ 刘贵学 魏振景 李振
- 63 提高电厂热力系统节能效率的关键措施
/ 贾叶林
- 66 数字化转型支持构建新型电力系统
/ 马舒洋 张宛利 耿阿莉 程涛 范琦钰
- 69 略谈火电厂湿法脱硫系统提效改造技术
/ 李启龙 王晖 丁伟健
- 72 智能变电站继电保护技术分析及应用
/ 程兴娜
- 75 高压输变电项目电磁环境影响评价工作要点分析
/ 周聪 李维超
- 78 节能减排视角下的电力行业变电运维
/ 马继亭 杨少帅 孙皓
- 81 电力配网架空线路工程施工技术优化研究
/ 徐一凯
- 84 民用建筑自备电源经济性探讨与解决方案
/ 李保 李多山
- 87 电气设备安全运行管理和养护策略分析
/ 桂虎强
- 90 汽轮机冷却系统节能优化与最佳背压的确定
/ 李慧军
- 93 基于绿色环保物理防潮措施技术研究
/ 汪龙强 贺平 李忠涛 姚登辉 石凌云
- 96 电力电气自动化技术在电力工程中的运用
/ 袁喆

1	Application of Distribution Network Automation Technology in Electric Power System / Ruijun Cheng	44	Discussion on the Development of Traditional and New Energy under the Background of Energy Transition / Jiagang Dou
4	Research on the Current Situation and Future Trend of the Development of Photovoltaic Industry in Plateau Grassland / Xuanyu Guo	47	Research on Innovation and Application of High Efficiency Power Transmission and Transformation Construction Equipment Technology / Zhaohuan Zhang
7	Research on the Demonstration of Field Power Supply Guarantee Demand and Guarantee Mode / Hongtao Gao	50	Discussion on the Operation Mode of Deep Peak-regulating Feed Water Pump of 1000MW Unit / Liqiang Wang Jin Zhang Yutian Gu
10	Reflection on Safety Control of Transmission and Distribution Line Operation / Jian Li Hongrui Wu Yu Cui	53	Energy Efficiency Improvement of Electric Heating Systems under the Carbon-neutral Target / Yuhao Bai
13	Application Analysis of Power Engineering Technology in the Construction of Aiduo Smart Grid / Guohua Lv Jiangkailin Du	56	Research on the Development and Application of New Transmission Line Drainage Fittings / Yi Wang
16	Safety Management Methods for On-site Operation and Maintenance of Power Grid Equipment / Longfei Wu	59	Comparison Analysis of Fixed Support Structures for Offshore Photovoltaic Systems under Wind and Wave Loads / Guixue Liu Zhenjing Wei Zhen Li
19	Research on Real Time Path Planning for Electric Vehicles Based on Dynamic Traffic Information / Longhu Song Hu Wang	63	Key Measures to Improve the Energy-saving Efficiency of the Thermal System in the Power Plant / Yelin Jia
22	Deduction of the Impact of Green Electricity Trading in China on the Current Electricity Market / Bei Jing Tailai Chen Lijuan Yang Jianping Zhong	66	Digital Transformation Supports the Construction of New Power Systems / Shuyang Ma Wanli Zhang Ali Geng Tao Cheng Qiyu Fan
25	Accelerating the Landing of Virtual Power Plants and Exploring New Models of Electricity Trading / Liangyi Pu Tailai Chen Jianping Zhong Lijuan Yang	69	Discussion on the Efficiency Improvement Technology of Wet Desulfurization System in Thermal Power Plant / Qilong Li Hui Wang Weijian Ding
28	Comprehensive Optimization and Scheduling Strategy for Zoning Virtual Power Plants Considering Low-carbon Energy / Yong Zhu Yaxuan Wang Hailong Zhang	72	Analysis and Application of Relay Protection Technology in Intelligent Substation / Xingna Cheng
31	Analysis of the Impact of Policy Support on the Development of New Energy Power Projects / Peichao Su	75	Analysis of the Key Points of the Electromagnetic Environmental Impact Assessment of the High-voltage Power Transmission and Transformation Project / Cong Zhou Weichao Li
34	Design of Ship Incinerator Simulator under Carbon Neutrality Background / Xichen Han	78	Power Transformation Operation and Maintenance of the Power Industry from the Perspective of Energy Conservation and Emission Reduction
37	Innovative Applications of Cogeneration and Deep Peaking for Thermal Power Units / Tao Wang		

81	/ Jiting Ma Shaoshuai Yang Hao Sun Research on Optimization of Construction Technology for Overhead Line Engineering in Power Distribution Network / Yikai Xu	90	Optimum Back Pressure Optimization of Steam Turbine Cooling System / Huijun Li
84	Discussion and Solution of Self-provided Power Supply in Civil Buildings / Bao Li Duoshan Li	93	Research on the Technology of Physical Moisture-proof Measures Based on Green Environmental Protection / Longqiang Wang Ping He Zhongtao Li Denghui Yao Lingyun Shi
87	Analysis of the Safe Operation Management and Maintenance Strategy of Electrical Equipment / Huqiang Gui	96	Application of Electric Automation Technology in Electric Power Engineering / Zhe Yuan

Application of Distribution Network Automation Technology in Electric Power System

Ruijun Cheng

National Energy Group, Beijing, 100022, China

Abstract

The introduction of advanced computer technology and communication technology makes the distribution network automation technology automatically control and intelligent management of the power system, and completes the allocation and management of power resources efficiently and reliably. This technology has the function of real-time monitoring of the operation status of the distribution network, and can quickly locate and take corresponding measures after the fault occurs, to effectively improve the reliability and economy of the power supply system. The gradual development of social economy and the increasing demand for power show the importance of the application of distribution network automation technology in the power system. This paper analyzes the overview of distribution network automation technology in detail, and makes in-depth research on the common problems faced in this system, and sets up relevant optimization strategies, in order to provide theoretical basis and bring necessary support to boost the key factors of safe and efficient operation.

Keywords

distribution network automation technology; power system; application strategy

配网自动化技术在电力系统中的应用

程睿君

国家能源集团, 中国·北京 100022

摘要

先进的计算机技术和通信技术引入使配网自动化技术对电力系统进行了自动控制与智能化管理, 高效可靠地完成了电力资源分配与管理。该项技术对于配电网运行状态具有实时监控功能, 并在故障发生后能快速定位并采取相应措施, 有效提升供电系统的可靠性和经济性。社会经济的逐步发展和日益增长的电力需求更彰显出配网自动化技术在电力系统中应用之重要。论文详细分析了配网自动化技术概述, 并针对其在这一系统中所面临常见问题做出深入研究, 设立相关优化策略, 以期提供理论依据并带来必要的支持助推安全、高效运营关键因素。

关键词

配网自动化技术; 电力系统; 应用策略

1 引言

电力系统中融入配网自动化技术, 保证配网能够更为安全可靠地给人们提供服务, 所以提高电力系统的安全指标变成了电力系统中值得提高一部分内容。电力能源是主要动力能源, 能够推动社会行业的发展, 提高社会经济水平。随着社会经济快速发展, 科学技术水平不断进步, 中国电网系统开始逐步进行改革, 获得更大的技术支持, 配网自动化技术也开始广泛应用, 这种技术对电力系统的持续发展带来巨大的作用, 因此, 论文具体探讨电力系统中的配网自动化技术的应用。

2 配网自动化概念

配网自动化依托于自动控制技术、通信技术等技术手段的支持, 在线展开实时监控, 随时搜集配电网运行数据, 掌握电网结构参数, 构建起自动化的电力管理系统。另外, 构建智能化网络运行监管系统, 24小时对配网全程监管, 掌握配电网运行状态, 在配网自动化系统处在正常的状态下利用管理、监测、保护来强化配网管理水平, 与此同时, 在配网出现故障之后, 展开配电网管理和监测工作。最终目的是提高供电可靠性以及供电质量, 缩短事故处理时间, 缩小停电范围, 加强配电系统运转的经济程度, 减少运行维护的费用, 增强企业经济效益, 提高配电系统管理水平提高工作效率, 改善用户服务^[1]。

【作者简介】程睿君(1978-), 男, 中国山西人, 本科, 工程师, 从事工业互联网、时序数据存储、数据中台研究。

3 配网自动化技术应用的常见问题

3.1 硬件基础比较薄弱

硬件基础设施的完善程度,在很大程度上对电力系统运转和配电网技术应用的水平和质量起到决定性的作用,受到传统思想观念的影响,电力企业和单位缺乏对配网自动化技术的了解,电力系统和设备运转中缺乏充足的硬件基础设施。从而造成电力企业运转中受到较大的影响,减弱了配网整体供电中的安全程度。

当前许多电力企业在硬件基础建设方面仍存在明显不足,具体不仅体现在配电设备更新换代的滞后性上,还包括硬件设施的标准化程度不高,导致设备之间的兼容性和协调性差,从而限制了自动化技术的整体运行效率。由于长期以来重视电力产出与供给,而忽视了基础设施的现代化建设,使得一些企业的配电系统仍然依赖老旧设备,难以满足现代电力系统对精确监控与快速响应的需求,无法有效支持配网自动化系统的全面实施,最终影响了电力系统整体的安全性和可靠性^[2]。

3.2 配网自动化技术功能缺陷

实际运用配网自动化技术过程中,以自动化等现代先进技术为主,展示出这一技术的综合性特点,广泛运用到更大的领域中。由于中国这方面发展比较缓慢,有关企业和人员并不重视,造成配网自动化技术功能较为单一,出现故障,限制了配网自动化技术稳定可靠程度的提高。

配网自动化技术在实际应用中存在功能缺陷,制约了其在电力系统中的全面推广与深度应用,由于开发和应用的历史较短,其功能设计仍未达到成熟水平。配网自动化系统在处理复杂电网运行状态时,仍存在算法优化不足的问题,导致系统在面对突发故障时响应速度较慢,影响了供电的连续性和稳定性。由于部分技术功能的局限性,现有的配网自动化系统难以实现对全网的实时监控和精细化管理,导致电力调度和负荷分配的精准度不足。技术功能的不完善也影响了系统的扩展性和兼容性,使得新技术、新设备难以无缝集成到现有系统中,进一步阻碍了配网自动化技术的升级与进化。

3.3 供电设备管理水平不足

电力系统和行业的整体运转过程中,设备自身质量和使用寿命会伴随着使用时间的增加而不断降低,企业和管理者要定期检测和更换老旧设备防止后期使用中出现故障。由于部分企业缺乏对设备更换的关注度,供电设备管理水平低,无法有效将新旧设备进行整合,导致网络传输质量下降供电波动较大,直接对电力企业和行业总体正常运转发展带来影响^[3]。

现代电力系统中引入了多种先进设备,但在管理和维护方面,许多企业仍然延续着传统的管理模式,缺乏对设备生命周期的全面管理与精细化维护。由于管理水平的滞后,设备的老化问题未能得到及时处理,导致故障率增加,进一

步加剧了供电的不稳定性。设备管理的制度化与标准化建设滞后,使得不同类型、不同批次设备的管理难度增加,无法形成统一高效的管理流程,这不仅导致了资源浪费,还在一定程度上影响了设备的运行效率和可靠性。管理水平不足还导致设备更新换代不及时,无法满足日益复杂的电力需求,最终使得配网自动化系统难以在高负荷、高压力的环境下稳定运行。

4 配网自动化技术在电力系统中的应用

4.1 加速电力系统配网的建设与改造

伴随着中国社会经济的快速发展,人们生活水平的逐步提升,人们开始逐步增加了对电力资源的需求,这就需要我们不断提高电力系统配网建设和改造的速度。为了更好地对电力系统配网进行建设和改进,需要研究电力系统整个建设和改进的过程,从而实现对电网的良好优化目标。加快对电力系统配网建设和改造的速度,能够给电网用户提供高质量、高速度的电力资源服务。与此同时,优化电力系统配置的计量装置、自动化对电力系统配网展开调节以及控制,增强配网的安全高效程度。

随着社会经济的飞速发展和城市化进程的加快,电力需求量不断攀升,推动电力系统配网的建设与改造已成为必然趋势。当前许多配网设施已经无法满足现代社会对电力供应的高效性和稳定性要求,亟须通过加快建设与改造步伐来提升整体系统的运行能力。配网建设与改造过程中面临诸多挑战,如资金投入不足、技术更新不及时等,导致配网系统无法迅速适应电力负荷的快速增长。电力企业不仅需要大力引进先进技术,还应积极优化管理流程,提高工程实施效率,确保配网建设的科学性和合理性。在改造过程中,应注重对现有资源的整合与优化,避免资源浪费,并充分考虑未来电力需求的可持续性。

4.2 建立电力系统有效的硬件支持系统

电力系统在正常运转过程中,在配网自动化技术的大力支持下,系统功能性以及稳定程度等会不断提高,能够有效对配网中出现的各种错误进行解决,从而顺利实现配网自动化以及智能化运行的目的。然而,为了良好对配网自动化的性能展开优化配置,其一,不断对经验支持系统展开完善,从而来不断对电网运转当中所出现的各种数据资料展开收集,之分析所搜集到的数据资料,构建起数据库,将来电网的运转就能够利用数据库来得到良好优化。其二,强化对电力系统故障的监督力度,利用有关的软件实时获取电网运转数据,综合数据库对电网的运转状态展开分析,一旦发现电网出现故障,要立即排除故障。

在实际操作中,许多电力企业在硬件系统的规划与实施上存在不足,导致整体系统性能无法达到预期效果。一个高效的硬件支持系统不仅需要具备稳定性和可靠性,还必须能够应对不断变化的电力需求和复杂的运行环境。当前一些

企业在硬件系统的建设中，往往忽略了系统的可扩展性和灵活性，无法适应未来技术发展的需要。硬件系统的互联互通能力也亟待提升，只有确保各个子系统之间的高效协作，才能实现电力系统的整体优化。硬件支持系统的建设还应考虑到未来的技术迭代，借助模块化设计和标准化接口，保证系统的持续升级和优化。硬件系统的安全性也是不可忽视的一环，必须通过加强网络安全防护和设备加密措施，来保障电力系统在复杂网络环境中的安全稳定运行。

4.3 完善电力系统的自我诊断功能

为了能够保障电力系统配网的安全可靠高效运转，需要不断完善电力系统所具备的自我诊断功能。持续地对电力系统配网自动化技术展开研究以及创新，将其运用到电力系统当中，成为一种有效的手段。为了更有利地实现电力系统配网自动化，要在电力系统的不同环节当中有效运用计算机以及通信技术，针对电力系统中的各项待测参数进行检测并且传输，从而提高电力系统的自动化水平。

现阶段许多电力企业的自我诊断能力仍然处于初级阶段，无法全面覆盖系统中的各个环节，主要表现在诊断系统的精度和实时性上，难以在故障发生的第一时间准确定位问题并提供有效的解决方案。随着电力系统的复杂性不断增加，单纯依赖人工监测和经验判断已经难以满足现代电力系统的运行需求。提升自我诊断功能不仅需要引入先进的算法和技术手段，还要结合大数据分析和人工智能技术，对历史数据的深度学习与分析，实现对潜在故障的预测与预警。自我诊断系统还应具备自我优化能力，能够根据运行环境的变化自动调整诊断参数，从而提高诊断的准确性和效率。不断完善自我诊断功能，电力系统能够更好地应对复杂的运行环境，确保在出现异常时迅速采取应对措施，最大限度地减少故障对系统和用户的影响，提升整体供电的可靠性和安全性。

4.4 加强对电力系统内部设备更换和维护

电力部门要强化对电力设备的管理和维护，尤其是旧设备，要根据使用年限增加定期维护的次数，确保设备正常运转，在很大程度上降低成本因此要强化对设备的管理和维

护，甚至要及时进行更换，保障电力系统供电环节稳定运转作为发展的关键点。在电力系统的长期运行过程中，设备的老化和性能退化是不可避免的，而及时有效地进行设备更换和维护，是确保电力系统稳定运行的基础。当前很多电力企业在设备管理上存在重购置、轻维护的现象，往往忽视了对设备的定期检查和科学保养，导致设备在运行中容易出现故障，增加了系统的运行风险。由于缺乏系统化的设备更新策略，一些企业无法根据实际需求进行设备的升级和换代，导致新设备与现有系统的兼容性差，影响了配网自动化技术的整体效能。设备更换和维护不仅仅是简单的技术操作，它涉及全面的规划和管理，需要考虑设备的经济性、可靠性以及在整个电力系统中的协同性。

4.5 科学合理规划电力配网自动化

电力系统配网自动化运行通常具备较为复杂且多变的特点，与多个方面保持非常密切的联系。通常电力配网系统具备电力设备多样、种类复杂的特点，一致性、可靠性存在差异，在很大程度上影响了电力系统配网自动化建设。这就需要结合实际情况，科学合理规划电力系统配网自动化建设，要全面对区域运行基础展开考察，不能一味地追求数量与速度，要逐步地对其展开规划，保证顺利展开电力系统配网自动化建设工作。

总而言之，在电力系统中主动积极运用配网自动化技术，能够加强配网的安全可靠高效程度，助力电力系统管理朝着一体化的方向发展，能够高度对各种现代化技术进行集成，适应供电监管逐步变化的要求，解决配电网安全问题，解决电力建设与经济建设之间的矛盾，为电力系统提供较为稳定的发展运行空间，确保其更稳定可靠地运转下去。

参考文献

- [1] 张毅,徐达.配网自动化技术在电力系统中的应用分析[J].科技经济导刊,2016(29):83.
- [2] 刘志雄.配网自动化技术在电力系统中的应用探究[J].建筑工程技术与设计,2021(9):1701.
- [3] 罗剑波.配网自动化技术在电力系统中的应用分析[J].百科论坛电子杂志,2018(19):384.

Research on the Current Situation and Future Trend of the Development of Photovoltaic Industry in Plateau Grassland

Xuanyu Guo

Three Gorges Materials Bidding Management Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610094, China

Abstract

As an important ecological reserve and an area rich in photovoltaic resources in China, the plateau grassland area is gradually becoming an emerging frontier for the development of the photovoltaic industry. With the acceleration of the transformation of the global energy structure, the development of the photovoltaic industry in these regions not only has strategic significance for carbon reduction and environmental protection, but also brings new growth points to the local economy. However, in the process of development, in the face of severe natural environmental challenges, technical bottlenecks and social and economic problems, the development of the industry still needs refined management and innovative breakthroughs. The purpose of this study is to analyze the current situation of the plateau grassland photovoltaic industry, explore its future development trend, and put forward corresponding countermeasures.

Keywords

plateau grassland; photovoltaic industry; status quo; trend

高原草地光伏产业发展的现状与未来趋势研究

郭譔瑀

三峡物资招标管理有限公司, 中国·四川成都 610094

摘要

高原草地地区作为中国重要的生态保护区和光伏资源丰富区域, 正逐渐成为光伏产业发展的新兴前沿。随着全球能源结构转型的加速, 光伏产业在这些地区的发展不仅具有减碳环保的战略意义, 也为当地经济带来了新的增长点。然而, 在发展过程中, 面对严峻的自然环境挑战、技术瓶颈以及社会经济等多方面问题, 该产业的发展仍需精细化管理和创新性突破。本研究旨在深入分析高原草地光伏产业的现状, 探索其未来发展趋势, 并提出相应的对策建议。

关键词

高原草地; 光伏产业; 现状; 趋势

1 引言

高原草地光伏产业的发展是推动我国能源结构转型和生态保护的双重战略需求。这些地区得天独厚的光照条件, 使其在全球光伏资源分布中占据重要地位, 具备巨大的开发潜力。然而, 高原特殊的自然环境, 如高海拔、强紫外线和温差剧烈等, 也给光伏项目的实施带来了前所未有的挑战。与此同时, 产业链的延伸、技术的革新以及政策的支持与约束, 进一步复杂化了这一领域的发展路径。在全球能源转型的大背景下, 深入探讨高原草地光伏产业的现状及未来趋势, 不仅能够为行业提供理论支持, 还将为政策制定者和企业家们提供有价值的参考。

【作者简介】郭譔瑀(1986-), 男, 中国吉林公主岭人, 硕士, 工程师, 从事新能源项目开发建设运维研究。

2 高原草地光伏产业的现状分析

2.1 高原草地的光伏资源特点

高原草地地区因其独特的地理和气候条件, 在光伏资源上具有显著优势。此类地区普遍拥有较高的海拔, 空气稀薄、云层稀少, 使得日照时间长、太阳辐射强度大, 年均太阳总辐射量远高于其他平原地区, 这为光伏发电提供了优越的自然条件。然而, 这种高原独特的环境特点也伴随着挑战。强烈的紫外线辐射、昼夜温差大、极端气候频发等因素, 对光伏设备的耐久性和发电效率提出了更高的要求。同时, 高海拔地区的寒冷气候和频繁的冰雪覆盖, 容易造成设备表面污染, 影响其光电转换效率。未来的光伏产业发展需要在适应这一复杂自然环境的同时, 深入研究如何利用其光照优势, 通过技术创新和系统优化, 最大程度提升发电效率和设备稳定性, 实现可持续发展和环境保护的双重目标。

2.2 光伏产业的发展现状

高原草地光伏产业近年来呈现出快速发展的态势, 成

为中国能源转型和绿色发展的重要组成部分。光伏电站在这些地区的建设已从小规模试点逐步扩展到大规模集中式和分布式并举的发展格局。在政策的积极引导和市场需求的驱动下，多个大型光伏项目相继落地，为地方经济注入了新的活力。然而，当前的光伏发展并未完全实现与当地生态和社会经济的深度融合，部分项目在建设和运营过程中面临着土地利用冲突、生态破坏等挑战。技术层面上，尽管高效光伏组件和智能运维技术的应用正在提升整体效能，但设备耐久性、系统稳定性和维护成本仍是制约因素。未来的发展需要更具前瞻性的规划和更细化的实施策略，在兼顾生态保护的同时，强化技术创新和资源整合，推动产业向更加智能化、集成化和生态友好的方向迈进。

2.3 技术与设备应用现状

在高原草地光伏产业的发展中，技术与设备的应用已逐渐走向成熟，但仍面临独特的挑战与机遇。高效光伏组件在高原强辐射条件下展现出较高的能量转换效率，特别是双面光伏技术在反射性较强的草地环境中表现优异。然而，高原极端气候和复杂地形对设备的可靠性和耐用性提出了更高要求。冰雪覆盖、温差变化对光伏系统的持续运行造成影响，导致设备的运维成本增加。此外，智能监控与远程运维技术的应用提升了系统的稳定性和管理效率，但受限于高原通信基础设施的不完善，系统响应速度和数据传输稳定性仍需提升。未来，针对高原特殊环境的技术创新和设备优化将是提升光伏产业竞争力的关键，只有通过持续的技术进步，才能确保产业在高原草地环境中的长期可持续发展。

3 高原草地光伏产业面临的主要挑战

3.1 自然环境影响

高原草地独特的自然环境对光伏产业的发展形成了复杂的挑战。极端气候条件下，高原地区常年暴露在强烈的紫外线辐射中，虽然有利于提升光伏电站的发电效率，但同时也加速了光伏组件材料的老化，缩短了设备的使用寿命。此外，昼夜温差的剧烈变化使得设备的热胀冷缩频繁，增加了光伏系统的机械疲劳和故障风险，尤其在接头、密封等关键部位更为显著。高原草地的冰雪覆盖和频繁的风沙天气，不仅造成光伏板表面的积雪和沙尘沉积，影响光电转换效率，还增加了设备的清洁和维护成本。在这些自然因素的综合作用下，高原草地光伏项目的建设运行面临着比平原地区更为严峻的考验。未来的发展迫切需要针对这些环境因素，研发适应高原极端气候的耐候性强、耐用性高的新型材料和设备，并结合智能化运维手段，以实现高原光伏产业的可持续发展。在这个过程中，平衡生态保护与能源利用，将是产业发展的关键。

3.2 技术与经济问题

高原草地光伏产业的发展在技术和经济层面上面临着

一系列严峻的挑战。高原地区的独特气候和地理条件对光伏技术的适应性提出了更高要求。尽管现有的高效光伏组件在一定程度上适应了高原强辐射的环境，但设备的耐久性和可靠性仍然是核心问题。高原的恶劣天气条件，如频繁的冰雹、暴雪和强风，对光伏设施的结构强度和固定方式提出了极大的考验，这些因素直接影响设备的长期稳定性和维护成本。此外，由于高原地理位置偏远，交通不便，设备运输和安装过程中的物流成本显著增加。尤其在初期建设阶段，这些额外成本可能会显著影响项目的经济效益。经济层面，初始投资高企和长期回报的不确定性使得很多投资者持观望态度。虽然政策支持和补贴在一定程度上减轻了经济压力，但项目的收益回报周期长、资金周转率低等问题依然困扰着投资者。而且，因高原草地生态环境的脆弱性，在光伏产业布局时需避免对生态的破坏，这要求额外的环境评估和治理成本，进一步提高了项目的整体投资门槛。要突破这些技术和经济障碍，亟需光伏企业与科研机构共同努力，创新技术路径，降低成本，并寻求与地方政府和社区的合作，共同推动高原草地光伏产业的可持续发展。通过这一过程，探索一种更加平衡、具有可持续性的光伏产业发展模式^[1]。

3.3 社会与政策问题

高原草地光伏产业的发展在社会和政策层面上同样面临诸多挑战。高原地区的人口相对稀少，经济发展相对滞后，社会基础设施相对薄弱，这使得光伏项目在实施过程中，往往需要面对当地居民的社会认同问题。部分社区对光伏项目的认知不足，担忧大规模光伏设施可能对草原生态造成影响，进而影响他们的传统放牧生活方式。因此，在光伏项目的规划和实施过程中，如何与当地社区建立有效的沟通机制，增强项目的社会接受度，成为不可忽视的关键问题。政策层面，高原草地光伏产业的发展离不开政府的强力支持。然而，目前的政策体系在实际操作中还存在一些不完善之处，例如补贴政策的不确定性和执行力度不足，导致部分企业在投资决策时缺乏信心。此外，高原地区涉及多个省份和地方行政区划，光伏项目的跨区域协调难度大，政策执行中常常面临条块分割、资源整合不力等问题。尤其在环境保护与经济发展之间的平衡上，政策的制定和执行需要更加精准和灵活，以确保在推动光伏产业发展的同时，能够有效保护脆弱的高原生态系统。

4 高原草地光伏产业的未来趋势

4.1 技术进步与创新

随着新材料技术的发展，适应高原极端气候的高效光伏组件和耐候性材料将不断涌现，这将有效提升设备的发电效率和使用寿命，降低因恶劣自然条件导致的设备损耗。此外，基于智能运维技术的应用，特别是人工智能、大数据和物联网在光伏电站中的深度整合，将使高原光伏电站的运行管理更加智能化和高效化，能够实时监测和预测设备的状态，提前规避潜在故障，从而显著减少运维成本。创新技术

的发展不仅局限于组件本身，光伏系统与储能技术的结合也将成为未来的核心趋势。新型储能技术的突破将有效解决高原地区电力输出不稳定的问题，进一步提升电能的利用率，确保光伏发电的持续性和稳定性。这种技术路径的探索，不仅提升了能源利用效率，也有助于解决高原地区能源供给和电力调度的难题。在技术创新的推动下，光伏项目的建设模式也将不断演变，更加注重与当地生态和社会环境的深度融合，如通过“光伏+农业”“光伏+牧业”等多元化发展模式，实现土地的综合利用，推动光伏产业与区域经济的协调发展。随着技术的不断突破和应用创新的推进，高原草地光伏产业的发展前景将更加广阔，成为中国能源结构转型和可持续发展战略的重要支撑力量^[2]。

4.2 产业结构优化

未来高原草地光伏产业的发展趋势将不可避免地走向产业结构的深度优化。这一过程不仅是技术与市场的简单调整，更是对资源配置、生产效率和区域经济协调发展的全面提升。光伏产业在高原草地的布局将逐步从单一发电功能，向多功能复合利用方向转变，通过引入光伏与农业、牧业的结合模式，实现土地资源的最大化利用。这种产业结构的优化不仅可以提高土地的生产效率，还能够为当地经济发展注入新的动力。在产业链条的延伸上，高原光伏产业有望通过上下游的整合与协同，形成一个更加紧密、相互支持的产业生态体系。上游材料供应的本地化与中游制造业的集聚效应，将推动整个光伏产业链的成本降低和效益提升。而下游的电力应用与分配网络的优化，则将使高原地区的电力供需更为平衡，为当地社会经济发展提供可靠的能源保障。同时，产业结构的优化也意味着资源的合理配置与环境的可持续利用。在高原这一生态敏感区，光伏产业的发展必须与生态保护并行，通过绿色技术与生态修复的结合，确保产业发展的同时不对环境造成不可逆转的损害。这种平衡与优化不仅是产业发展的要求，也是社会与环境协调发展的必然选择。

4.3 政策支持与市场前景

近年来，全球对可再生能源的重视程度日益提升，光伏产业作为绿色能源的重要组成部分，获得了各国政府的广泛支持。在中国，高原草地光伏产业的政策环境正逐步优化，国家在财政补贴、税收优惠以及项目审批等方面加大了支持力度。这些政策不仅降低了企业的运营成本，也提高了投资者的信心，为产业的长远发展奠定了坚实基础。随着“碳达峰、碳中和”目标的提出，光伏产业在未来能源结构中的地位愈加凸显。高原地区拥有得天独厚的太阳能资源，光照充足、空气稀薄，有利于光伏电站的高效运行。政策的引导下，高原草地光伏项目将进一步加快布局，从而推动当地经济发展，增加就业机会，并在生态保护与能源利用之间找到新的平衡点。这种政策与市场的互动，将形成一种良性循环，使光伏产业在高原地区的发展更加稳健和可持续。市场前景方面，高原草地光伏产业同样潜力巨大。全球能源转型的趋势不可逆转，各国政府对绿色能源的需求不断增长，这为高原光伏电力的出口提供了广阔空间^[1]。高原地区的光伏电力不仅可以满足本地需求，还能够通过跨区域输电网络，为东部沿海经济发达地区提供清洁能源，减轻能源结构转型中的压力。同时，随着储能技术的进步和电网调度能力的提升，高原光伏发电的不稳定性问题将得到有效缓解，使其在市场竞争中占据更有利的地位。在政策支持和市场需求的双重驱动下，高原草地光伏产业将迎来前所未有的发展机遇。未来，通过更加科学合理的政策引导，结合技术创新与产业升级，高原草地光伏产业有望在国内外市场中占据一席之地，成为引领能源转型的重要力量。这不仅是高原地区经济发展的新引擎，也将为全球应对气候变化和实现可持续发展目标提供有力支持。

峰、碳中和”目标的提出，光伏产业在未来能源结构中的地位愈加凸显。高原地区拥有得天独厚的太阳能资源，光照充足、空气稀薄，有利于光伏电站的高效运行。政策的引导下，高原草地光伏项目将进一步加快布局，从而推动当地经济发展，增加就业机会，并在生态保护与能源利用之间找到新的平衡点。这种政策与市场的互动，将形成一种良性循环，使光伏产业在高原地区的发展更加稳健和可持续。市场前景方面，高原草地光伏产业同样潜力巨大。全球能源转型的趋势不可逆转，各国政府对绿色能源的需求不断增长，这为高原光伏电力的出口提供了广阔空间^[1]。高原地区的光伏电力不仅可以满足本地需求，还能够通过跨区域输电网络，为东部沿海经济发达地区提供清洁能源，减轻能源结构转型中的压力。同时，随着储能技术的进步和电网调度能力的提升，高原光伏发电的不稳定性问题将得到有效缓解，使其在市场竞争中占据更有利的地位。在政策支持和市场需求的双重驱动下，高原草地光伏产业将迎来前所未有的发展机遇。未来，通过更加科学合理的政策引导，结合技术创新与产业升级，高原草地光伏产业有望在国内外市场中占据一席之地，成为引领能源转型的重要力量。这不仅是高原地区经济发展的新引擎，也将为全球应对气候变化和实现可持续发展目标提供有力支持。

5 结语

高原草地光伏产业的发展，既是机遇，也是挑战。在应对自然环境、技术创新与政策支持的多重考验中，该产业展现出强大的潜力和韧性。未来，随着技术的不断进步和政策的进一步完善，光伏产业将在高原草地地区迎来更为广阔的发展空间。同时，如何在保护生态环境与发展绿色能源之间找到最佳平衡点，将成为这一产业可持续发展的关键所在。通过科学的规划和创新的管理，光伏产业在高原草地的发展将成为全球绿色能源产业的重要一环。

参考文献

- [1] 吴川东,苏泽兵,刘鹤,等.干旱,半干旱区光伏发电设施的生态-水文效应研究评述[J].高原气象,2021,40(3):690-701.
- [2] 李雷,杨春.我国光伏产业发展对策探讨[J].中外能源,2011,16(7):30-36.
- [3] 李园红,高明.基于产业链视角的光伏产业发展思路[J].亚太经济,2010(4):103-106.

Research on the Demonstration of Field Power Supply Guarantee Demand and Guarantee Mode

Hongtao Gao

Army Academy of Armored Forces Military Officer Academy, Changchun, Jilin, 130022, China

Abstract

In many fields of modern society, the field operation is increasingly frequent, and the guarantee of field power supply has become a key problem. The paper conducts in-depth research on the demand and guarantee mode of field power supply, understands the current situation of field power supply guarantee and guarantee mode at home and abroad, clarifies the electricity load requirements of different users, and proposes suggestions for optimizing the field power supply guarantee mode through the establishment of a field electricity load database and field power supply load big data analysis technology, including comprehensive utilization of multiple power supply methods, improving the reliability and intelligence level of power supply equipment, etc. The aim is to provide efficient and reliable power supply guarantee solutions for field operations and promote the smooth progress of field operations.

Keywords

field power supply; power supply guarantee; battery

野外供电保障需求及保障模式论证研究

高洪涛

陆军装甲兵学院士官学校, 中国·吉林·长春 130022

摘要

在现代社会的诸多领域中, 野外作业的情况日益频繁, 野外供电保障成为关键问题。论文深入开展野外供电保障需求及保障模式论证研究, 了解国内外野外供电保障及保障模式的现状, 摸清不同用户的用电负荷需求, 通过建立野外用电负荷数据库和野外供电负荷大数据分析技术, 提出优化野外供电保障模式的建议, 包括综合利用多种供电方式、提高供电设备的可靠性和智能化水平等, 旨在为野外作业提供高效、可靠的供电保障解决方案, 推动野外作业的顺利进行。

关键词

野外供电; 供电保障; 电池

1 引言

随着现代社会的飞速发展, 电力已成为推动各行各业进步和人们日常生活不可或缺的重要资源。然而, 在广袤的自然环境中, 尤其是偏远、复杂的野外地区, 电力供应问题一直是一个亟待解决的难题。这些地区由于自然环境恶劣、基础设施薄弱、维护困难等因素, 导致电力供应极不稳定, 严重制约了当地经济社会的发展和居民生活质量的提升。

近年来, 随着科技的不断进步和可再生能源技术的快速发展, 太阳能、风能、水能等清洁、可再生的能源在野外供电中的应用逐渐受到重视。这些技术不仅有助于减少对化石能源的依赖, 缓解能源危机, 还能有效减少环境污染, 实现可持续发展。然而, 每种供电技术都有其独特的优势和局限性, 如何根据野外地区的具体条件和供电需求, 选择最合

适的供电技术和保障模式, 成为当前研究的热点和难点。

2 国内外有关情况分析

2.1 中国野外供电技术分析

随着数字化战场的不断发展, 武器装备的供电保障成为一个十分重要的问题, 它直接影响作战的效果。目前, 传统的自主供电系统采用发电机供电方式, 其作战阵地准备和撤离时间长、机动性差; 作战期间发电机组噪音和震动大, 隐蔽性差; 且由于发电设备及电力电子转换装置的电磁兼容问题, 使其他电子系统受到较大干扰, 这些都直接影响军队的作战任务。

目前, 中国野外供电系统装备种类繁多, 尽管都符合国军标要求, 但是模块化、系列化、智能化、系统化程度不高, 导致野外供电模式多种多样, 不仅不利于战时野外后勤保障, 也不利于平时后勤装备管理。

2.2 国外野外供电技术分析

美国军队长期在国外驻扎, 并不断在国外采取军事行

【作者简介】高洪涛(1975-), 男, 中国山东济宁人, 硕士, 副教授, 从事电气自动化研究。

动,因此美军在野外供电方面具有丰富的经验,通过对美军野外供电技术的分析对发展我军野外供电技术具有较强的借鉴作用。

美军移动供电模式根据使用对象的不同,分为前线作战基地(FOB)供电、车辆供电、单人供电。前线作战基地供电和车辆供电以发电机(电站)为主。采用的原动机是汽油机、柴油机和燃气轮机三种,有13个标准系列功率等级。单人供电以一次性电池和可充电电池为主。

美军历来重视移动供电装备的研发。美军第一代发电机为军用标准发电机(MIL-STD),现已淘汰。目前在用的第二代为战术静音电站(TQG),其包括3kW、5kW、10kW、15kW、30kW、60kW、100kW、200kW等型号。目前处于研发状态的第三代发电机,包括小型战术电源(STEP)、中型先进移动电站(AMMPS)、大型先进移动电站(LAMPS),其中AMMPS已于2010年少量装备部队。

美军在重视发电装备的同时,也十分注重配电装备的研发,以期更好地发挥综合供电能力。美军目前使用的是配电照明系统(PDISE)和中央供电系统(CPS),还计划研究新型的智能配电系统。

目前,美军主要采用列装的战术静音发电机组和电池进行供电,主要存在以下问题:第一,发电效率低、供电网络结构不合理。第二,发电机并联技术应用。美军通过采用发电机并联技术对供电设备与用电负荷间进行合理匹配,提高发电机组的运行效率和利用率。第三,微电网技术的应用。微电网是由分布式发电装置、储能装置、配电装置组成的小型独立电网,是一个能够实现自动控制、保护和管理的自治系统,可以与外部电网并网运行,也可以独立孤岛运行。

3 野外用电负荷统计与分析研究

对所有用电系统的供电体制进行梳理,按照不同供电体制(交流、直流及不同电压等级)对所有用电设备进行分类,并对不同设备的用电量进行统计,在统计过程中不仅要统计瞬时功率,还需要对系统的使用频次、用电时段、是否可平移、与作战任务的关联性等进行标记。利用数据可视化处理可以将数据的相互关联性和工作特点有效地呈现出来,方便直观地进行分析处理,之后将所统计的野战用电负荷数据进行预处理,并把所有数据建立野战用电负荷数据库。最后,采用Mean-Shift聚类算法和DBSCAN聚类算法对野战用电负荷数据进行分析,得到典型的野战用电负荷类别,针对不同的用电负荷类别进行供电保障模式优化。

3.1 智能化野外供电负荷监测装置

对于野外装备用电系统,可以通过智能化野外供电负荷监测装置采集所有发电系统和用电系统的实时功率曲线,并对所记录的功率曲线进行统计分析。智能化野外供电负荷监测装置,针对发电和用电系统的数据采集点和采集参数进行配置,应用灵活,可以针对不同结构的微电网进行数据采

集、分析和上传。智能化野外供电负荷监测装置有以下特点:

①可以针对不同类型发电装置和负载进行监控,使用灵活,对发电控制设备没有特殊要求。

②安装方便,不需要对现有发电设备和用电负荷线路进行调整。

③数据采集参数可以根据需要进行改变,仅需要将采集点对应即可。

④通过边缘计算可以对数据进行分析,得到负荷统计结果。

智能化野外供电负荷监测装置包括:3路输入电压、3路输入电流、1路发电电流 I_{char} 、1路直流母线电压、1路负载电流 I_{load} 、1路环境温度。

还可以通过电池监控单元采集每个电池的单体的电压和温度。

所有需要的数据采集点可以通过电流或者电压传感器将信号接入智能化野外供电负荷监测装置。电压传感器安装在智能化野外供电负荷监测装置内部,因此仅需要接两根信号线到接口插座即可。电流传感器采用开口式电流霍尔元件,方便安装,不需要对原供电系统的电路做调整,可以直接卡到所需检测的导线之上,即可检测该支路的电流。

数据分析:通用“智能化野外供电负荷监测装置”所采集的数据经过处理和计算后,通过通讯接口接入到GPRS。并通过GPRS上传到数据平台。在数据平台通过分析和计算给出管理所需的报表。并可以分析出相关供电系统的状态和电池的状态,为精准野外负荷统计提供数据支持,降低统计人员的工作量。此外,还可以将数据记录到智能化野外供电负荷监测装置内部的存储器中。

3.2 野外用电负荷统计

通过平时不同场景的训练,将智能化野外供电负荷监测装置接入每个大型供电系统中对所有设备的发电和用电状态进行监测。当供电系统较大时,可以增加多个智能化野外供电负荷监测装置对复杂的供电系统进行监测。

对于单人装备或者小型装备无法安装智能化野外供电负荷监测装置,可以通过对电池的充放电电量检测,或者通过对负载的技战术指标以及作战任务时间进行估计取得。

不仅需要用电量的电气负荷进行统计和测量,还需要对所需的油品,或者其他形式的能源进行统计,以便后续数据分析时对系统的效率等参数进行分析。

3.3 野外负荷数据库

所有监测数据,均有时间戳,因此可以通过实时数据传输或者利用存储设备将数据导入数据库中。首先对数据采集获得的数据进行预处理,清洗掉数据采集中明显不合理的“坏点”,如超过额定电压数倍的电压值,或者超过额定电流数倍的电流值等,并对空缺的点,进行插值补充。

数据库以MySQL为核心进行开发,MySQL是一种关系数据库管理系统,关系数据库将数据保存在不同的表中,

而不是将所有数据放在一个大仓库内,这样就增加了速度并提高了灵活性。

MySQL所使用的SQL语言是用于访问数据库的最常用标准化语言。MySQL软件采用了双授权政策,由于其体积小、速度快、总体拥有成本低,尤其是开放源码这一特点,一般中小型网站的开发都选择MySQL作为网站数据库。

3.4 数据可视化处理

由于所生成的数据库主要为发电设备和武器装备的电量和相关参数集合,因此可以通过数据可视化处理,利用图形、图像处理、计算机视觉以及用户界面,通过表达、建模以及对立体、表面、属性以及动画的显示,对数据加以可视化解释。数据可视化技术的基本思想,是将数据库中每一个数据项作为单个图形元素表示,大量的数据集构成数据图像,同时将数据的各个属性值以多维数据的形式表示,可以从不同的维度观察数据,从而对数据进行更深入的观察和分析。将不同武器装备和发电系统设备的各种参数通过可视化方式呈现出来,便于对野外负荷的特性进行规律性的分析与处理。

3.5 野外用电负荷数据挖掘技术研究

采用Mean-Shift聚类算法和DBSCAN聚类算法对野外用电负荷数据进行分析,得到典型的野外用电负荷类别,针对不同的用电负荷类别进行供电保障模式优化。

均值漂移(Mean-Shift)聚类算法:均值漂移(Mean-Shift)聚类算法是由Fukunage在1975年首次提出后经Yizong Cheng对其进行扩充形成,扩充包括定义核函数和增加权重系数。

Mean Shift聚类是一种逐步迭代的算法,聚类步骤如下所示:

①在 $d(d \geq 2)$ 维空间中任意选择一样本点 x 为中心点,以 r 为半径做一个高维球,计算高维球心指向球内所有样本点的向量和,即Mean-Shift向量 \vec{M}_{s1} 。

则:

$$\vec{M}_{s1} = \frac{1}{k} \sum_{x_i \in S_k} (x_i - x) \quad (1)$$

其中, k 为高维球内样本点个数; $x_i(i=1,2,3,\dots,k)$ 为高维球内的样本点, S_k 为半径为 r 的该高维球区域。

②以向量 \vec{M}_{s1} 的终点为中心点,重复步骤一,可以得到下一个Mean Shift向量 \vec{M}_{s2} ,再以 \vec{M}_{s2} 终点为中心点,重复步骤一,循环迭代 p 次之后,满足 $\vec{M}_{sm} < \varepsilon$ (ε 人为设定)即第 p 次迭代时,高维球的中心点与Mean Shift向量接近重合时,聚类结束。

最后一次迭代即第 p 次迭代所选区域中心点和密度最大点 O_p 近乎重合。

基于密度的噪声应用空间聚类(DBSCAN):是基于密度聚类算法的典型代表,它不仅能发现任意形状的簇还能

够较好地处理噪声点。因此通过该聚类方法可以把数据采集和统计过程中所得到的野外负荷误差点去除,保证所分析的数据不被干扰,得到较为合理的分析结果。

DBSCAN聚类算法的思想是找到密度相连对象的最大集合,其聚类步骤如下:

①输入样本数据 $data$ 、 ε 和MinPts并将样本中的数据全部标记为Unvisited。

②在样本数据中随机选择一点 p_i ,判断 p_i 的状态,如果 p_i 已经被归入簇或者标记为噪声,则跳过 p_i 寻找下一个点 p_{i+1} 重复判断,若 p_i 未被人簇或者未被标记为噪声,则执行步骤③。

③计算 p_i 的 ε 邻域 $Neps(p_i)$ 所包含对象的数目 N ,若 $N < MinPts$ 则将 p_i 标记为边界点或者噪声后回到步骤①,反之若 $N \geq MinPts$ 则将 p_i 标记为核心点,建立新簇 C ,并将 p_i 的 ε 的邻域 $Neps(p_i)$ 中的对象加入 C 簇。

④随机选取 $Neps(p_i)$ 中的点 q_j ,判断 q_j 的状态,如果 q_j 已经被归入簇或者标记为噪声,则跳过 q_j 寻找下一个点 q_{j+1} 重复判断,若 q_j 未被人簇或者未被标记为噪声,则执行步骤⑤。

⑤计算 q_j 的 ε 邻域 $Neps(q_j)$ 所包含对象的数目 M ,若 $M < MinPts$ 则将 p_i 标记为边界点或者噪声后回到步骤①,反之若 $M \geq MinPts$ 则将 $Neps(q_j)$ 中未归入任何簇的对象加入 C 簇。

⑥判断 $Neps(q_j)$ 中的对象是否全部被标记,若是则执行步骤⑦,反之执行步骤(4)。

⑦判断 $Neps(p_i)$ 中的对象是否全部被标记,若是则结束所有步骤,聚类结束,反之执行步骤②。

4 结语

论文中,我们针对野外供电保障的需求及保障模式进行了深入的论证研究,对不同任务负载进行分类,研究海量野外负荷统计的大数据分析方法,针对后勤保障给出相应的保障模式。此外,数据的可视化处理与呈现也是需要解决的关键问题之一、提出了将可平移负载及作战任务的关联性纳入负荷统计的方法,有利于对供电系统的优化配置,同时提出了基于Mean-Shift聚类算法和DBSCAN聚类算法的野战用电负荷数据分析方法,为进一步探索相应的供电保障模式提供了依据。

参考文献

- [1] 范英.用于光伏并网发电系统的级联准Z源逆变器研究[D].长沙:中南大学,2013.
- [2] 谢凯生.红外线无线报警器的原理分析[J].电子世界,2014(12):20.
- [3] 张中伟,张世勇,胡强.晶硅太阳能光伏电池技术进展[J].东方电气评论,2013,6(27):1-7.
- [4] 辛勤颖.太阳能背包设计探析[J].黎明职业大学学报,2012,9(3):81-85.

Reflection on Safety Control of Transmission and Distribution Line Operation

Jian Li Hongrui Wu Yu Cui

State Grid Heilongjiang Harbin Power Supply Company, Harbin, Heilongjiang, 150000, China

Abstract

As a key component of the power system, the safe and stable operation of transmission and distribution lines is directly related to the normal operation of the national economy and social life. The paper explores the safety control issues in the operation of transmission and distribution lines, with a focus on analyzing safety risk assessment and prevention, modern management of technology and equipment, and the improvement and implementation of regulations and standards. Through in-depth investigation of each link, strategies to enhance the safety of power transmission and distribution have been proposed, including introducing intelligent monitoring systems, updating and maintaining equipment strategies, implementing information management platforms, and strengthening internal safety regulations and public participation in safety culture construction. Through in-depth research and integration of practical experience, this paper aims to provide theoretical support and practical guidance for safety management in the power industry.

Keywords

transmission and distribution lines; safety risk assessment; technology modernization; regulation implementation

输配电线路运行的安全管控思考

李剑 吴泓锐 崔宇

国网黑龙江省哈尔滨供电公司, 中国·黑龙江 哈尔滨 150000

摘要

输配电线路作为电力系统的关键组成部分,其安全稳定运行直接关系到国民经济和社会生活的正常进行。论文探讨了输配电线路运行中的安全管控问题,重点分析了安全风险评估与防控、技术与设备的现代化管理以及法规与标准的完善与执行。通过对各环节的深入考察,提出了增强输配电安全性的策略,包括引入智能监控系统、更新维护设备策略、实施信息化管理平台,以及强化企业内部安全规章和公众参与的安全文化建设,论文通过深入研究和实践经验的整合,旨在为电力行业的安全管理提供理论支持和实践指导。

关键词

输配电线路; 安全风险评估; 技术现代化; 法规执行

1 引言

近年来,随着电力需求的持续增长和电网技术的迅速发展,原有的安全管理模式已难以满足现代电网的需求。因此,论文将系统分析输配电线路面临的主要安全风险,并探讨通过技术创新与法规强化如何有效提升电网的安全管理水平。

2 输配电线路的安全风险评估与防控

2.1 风险识别与分类

在输配电线路的安全管控中,主要将风险源归纳为自然因素、技术性故障及人为操作错误三大类,其中自然因素

主要包括极端天气事件如雷暴、冰雹、洪水等,以及地质变化引起的土壤侵蚀或地面下沉。例如,强风可能导致输电塔倾斜甚至倒塌,雷电可能引发设备损坏,连续降雨和洪水则可能影响地基稳定性,这类风险关键在于通过历史数据分析与气象合作,提前进行风险预警和灾害评估,确保应对措施的前瞻性和有效性。

此外,技术性故障涵盖从输配电设备老化、设备设计缺陷到维护不当等一系列问题,设备老化可能导致绝缘材料性能下降,增加短路的风险;设计缺陷则可能在系统运行中暴露出无法预见的故障点;而维护不当,则可能因为检修周期不合理或操作不规范引发突发事件。针对这些技术性问题,必须建立严格的设备监测体系和定期评估机制,通过采用先进的诊断技术和数据分析方法,实时监控设备状态,及时发现并进行根本性解决。

最后,人为操作错误常见于操作不当、违反操作规程

【作者简介】李剑(1985-),男,中国辽宁海城人,本科,工程师,从事输电运行研究。

或是安全管理失职等情况。例如，操作人员未能正确执行停电操作流程，或是在维护时忽略了必要的安全锁定措施，均可能导致严重的安全事故。

2.2 风险评估方法

风险评估方法最为核心的评估手段是定性分析和定量分析，其中定性分析侧重于通过专家经验、历史数据和现场观察来识别风险因素，这种方法依赖于专业知识和直观判断，使得评估过程具有较强的灵活性和适应性。在实际操作中，通常会组织跨部门的讨论会，收集各方面的意见和数据，通过类似故障树分析（FTA）或者事件树分析（ETA）等工具，系统地识别出可能导致运行故障的各种因素，例如，在处理由极端天气引发的风险时，评估团队会考虑到从气象条件变化到地形特征的各种因素，以确保评估结果的全面性和准确性。

相较之下，定量分析提供了一种数学化的评估手段，通过具体的数据模型来计算风险发生的概率和可能导致的损失，这种方法通常包括但不限于概率论、统计分析和仿真模型等技术。例如，利用蒙特卡洛模拟来预测和评估设备故障对系统运行的影响，或者应用贝叶斯网络来综合考虑各种不确定因素的交互作用，该方法的优势在于其科学性和精确性，能够为决策者提供量化的风险值，帮助其制定更为合理的预防措施和应急响应计划。

2.3 预防措施与应急准备

在输配电线路的安全管控中，预防措施需要从提高系统的本质安全出发，这包括采用先进的技术设备，例如更耐用且具有更高故障容忍度的输电材料和设备，同时加强对输配电线路的常规维护，如定期清理线路周围的植被、检查并替换老化的绝缘子和硬件设施，都是减少因环境和设备老化引起的事故的有效方法。此外，实施严格的工程管理和操作标准，确保所有操作人员都能遵循行业最佳实践，通过不断的培训和教育提升其对安全重要性的认识，这样也可以降低因人为错误导致事故。

应急准备则要求输配电企业建立和维护一个全面的应急响应计划，该计划涵盖各种潜在风险的具体应对措施，包括快速恢复供电的策略，关键元素包括但不限于建立紧急联络网络、训练专门的应急响应团队以及设置必要的后备电源系统。在实际操作中，定期进行模拟演习可以测试系统反应的有效性，帮助员工熟悉紧急处理程序，从而在真正的危机发生时能够迅速、有效地行动。还可以与当地政府和应急服务部门的合作来确保在广泛的社会基础设施中，输配电系统的应急响应能够与公共安全和救援行动无缝对接，形成统一高效的应急管理体系。

3 技术与设备的现代化管理

3.1 智能监控系统的应用

智能监控系统通过集成高级传感技术、实时数据处理

以及机器学习算法，可以提升对输配电网络状态的监测和管理效率，实施过程中，智能监控系统能够持续跟踪电流、电压、温度等关键参数，借助于先进的数据分析技术，对这些数据进行深入分析，从而及时发现系统中的异常信号。例如，通过分析历史和实时数据，这些系统可以预测并识别出可能导致设备故障或系统失效的趋势，如过载操作、设备老化或外部环境因素影响等^[1]。除此之外，智能监控系统还支持远程控制功能，使得运维团队能够在控制中心远程诊断问题，并采取相应的措施，如调整负载、隔离问题区域或启动备用系统，以确保电网的稳定运行。这种远程操作能力能提高响应速度，减少停电时间，更进一步的智能监控系统应用能促进能源管理的优化，通过精确的负载预测和调度，有效提升能源使用效率，为实现绿色、低碳的电网运营目标提供了技术支持，这些系统的集成和应用展示了现代电网技术向智能化、自动化方向发展的明显趋势，标志着传统电网管理模式正逐步向更加智能、高效和可靠的未来迈进。

3.2 设备更新与维护策略

在输配电线路的运维中，随着技术的进步，传统的被动维护模式逐渐向基于条件的主动维护转变，这种策略依赖于定期的物理检查，而且更多地利用实时数据监控和高级分析技术来预测设备故障和性能退化。例如，通过安装传感器收集关键设备的操作数据，并利用大数据分析技术评估设备的健康状态，可以有效地确定维护的最佳时间点，这样的方法能减少因设备突然故障导致的停机时间，降低维护成本，因为维护工作可以在非高峰时段进行，避免在紧急情况下的巨额修复费用。

随着设备老化或新技术的出现，及时的设备升级和替换是必需的，这一策略需要一个全面的设备管理系统来支持，该系统应包含每台设备的详细记录，包括其制造日期、安装时间、历史维护记录以及性能指标，以此可以帮助运维人员追踪设备状态，并基于预设的性能标准自动推荐更新或替换的时间表。在实施设备更新时，选择合适的技术和供应商也同样重要，这需要考虑到设备的适应性、兼容性以及未来可能的扩展需求，提高整个系统的效率和可靠性，从而为用户提供持续稳定的电力供应。

3.3 信息化管理平台

信息化管理平台集成了数据采集、处理、分析和展示功能，能实现对整个电网的高度自动化监控和管理，通过实时收集来自各种传感器和监测设备的数据，信息化平台可以提供全面的网络状态视图，使运维人员能够迅速识别并定位潜在的问题区域。例如，当某一段输电线路出现异常参数时，平台会自动触发警报，并根据预设的流程启动故障分析模块，帮助技术人员快速做出诊断和决策，这些平台还能够存储大量历史数据，为长期的设备性能分析和趋势预测提供支持，从而优化维护计划和延长设备寿命。

随着大数据和人工智能技术的发展，信息化管理平台

的功能也在不断扩展和深化,现代化的管理平台不只是数据的收集和展示工具,其还能进行复杂的数据分析,自动推荐最优的运维决策。例如,通过机器学习算法分析历史维护数据和实时监测数据,平台可以预测设备可能的故障时间点,为设备的预防性维护提供科学依据,这种预测性维护策略可以减少因设备突发故障导致的停电风险,确保电网运行的高可靠性和经济效益^[2]。而且信息化管理平台还能够支持跨部门的协同工作,通过云技术实现数据的共享和联动,增强不同运维团队之间的协作效率,为电网安全管理提供有力支撑。

4 法规与标准的完善与执行

4.1 国家与地方安全标准

国家与地方安全标准涵盖从设计、建设到运营各个阶段的详细要求,包括但不限于设备的最低技术规格、安全操作程序、环境影响评估及紧急响应措施。对于国家层面的安全标准,通常由国家能源局或相应的行业监管机构制定,旨在提供一个统一的、高标准的安全执行框架,这些标准需要适应当前的技术和市场条件,还必须预见未来的发展趋势和可能的挑战,以科学的态度对待安全性的持续改进,例如,随着可再生能源的广泛接入和智能电网技术的发展,国家安全标准已经开始引入更多关于网络安全和数据保护的条款,以应对新的安全挑战。

地方安全标准则更侧重于考虑地区特有的环境和社会因素,如地理气候条件、地方经济发展水平和公众安全意识等,这些标准通常是在国家标准的基础上,结合地方实际情况进行适当的调整和补充。例如,在地震频发区域,地方标准会增加对输配电设施抗震设计的具体要求;在人口密集的城市,严格的电磁辐射和噪音控制标准也会被纳入地方安全规章之中。这种从国家到地方的标准体系可以保证电网安全管理的全面性和有效性,保障公众的生命财产安全,促进社会的和谐稳定。

4.2 企业内部安全规章

企业内部安全规章是确保输配电线路安全运行的关键组成部分,其针对具体操作、维护及应急响应等方面设定了详细的执行标准和程序,这些规章反映了国家与地方安全法规的要求,同时也融入了企业的特定需求和实际运营经验,从而形成一套既符合法律法规又适应企业特点的安全管理体系。具体来说,企业内部安全规章通常包括但不限于工作人员的安全培训、日常巡检、设备维护、事故报告和应急响应计划等方面。例如,在日常巡检中,规章会明确各类设备

的检查频率和关注指标,确保任何潜在的风险都能被及时发现并纳入后续维护计划中。企业内部安全规章还强调文化建设的重要性,即通过持续的教育和培训,增强员工的安全意识和自我保护能力,安全文化的建设说到底是一种从上到下的价值观和行为准则的内化过程,这种文化能促使每一个员工都能在日常工作中主动识别风险、遵守安全操作规程,并在遇到不确定情况时,能够做出正确的判断和反应,不断提升整个组织在安全管理方面的成熟度和效率,有效地降低运营中的安全风险,保障电力供应的稳定性和可靠性。

4.3 公众参与与安全文化建设

有效的公众参与能提高社区对电力设施的接受度,增强公众对电力安全的意识和理解,这是确保电力系统可持续运行的基础,通过组织研讨会、安全教育活动和开放日等形式,电力公司能够直接与居民交流,解释电力设施的工作原理及其安全措施,同时收集居民的反馈和建议。例如,居民可以通过这些活动了解到如何识别电力设施附近的危险,学习在紧急情况下的正确应对措施,电力公司还可以利用社交媒体平台和公司网站发布实时信息和安全提示,这种即时的沟通方式极大地加强了信息的透明度和公众的参与度。安全文化的建设则是一个更为深入的过程,在日常工作中,企业需要鼓励员工进行安全对话,分享安全经验和最佳实践,及时发现并纠正潜在的安全隐患^[3]。同时,通过定期的安全演习和应急响应训练,加强事故预防和应对能力的同时,也能让安全成为每位员工心中的一种自觉行为,从而构建一个安全意识根深蒂固的工作环境。

5 结语

综上所述,输配电线路的安全管理是一个多方面、多层次的综合性工程。论文提出的安全风险评估方法、现代化技术应用和法规标准的实施等策略,不仅有助于提高电网的操作安全性,还能促进安全文化在企业 and 公众中的深入根植。未来,随着技术的不断进步和管理理念的更新,输配电线路的安全管理将持续向智能化、信息化迈进,为确保电力系统的高效与安全提供坚实保障。

参考文献

- [1] 冯旭升,郭新海.农村电网中电力输配电线路安全运行与维护措施探究[J].电气技术与经济,2024(5):243-245.
- [2] 张森.输配电线路安全运行维护工作探讨[J].现代工业经济和信
息化,2023,13(1):237-238+241.
- [3] 杨嘉栋.电力输配电线路安全检查的内容和重点[J].中国科技投
资,2021(33):110-113.

Application Analysis of Power Engineering Technology in the Construction of Aido Smart Grid

Guohua Lv Jiangkailin Du

China Energy Construction Group Northeast Electric Power First Engineering Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110179, China

Abstract

Under the background of rapid development, as an indispensable cornerstone of the operation of modern society, the stability and security of its supply is directly related to the safe operation of the national economy and the quality of people's life. With the progress of science and technology and the enhancement of people's awareness of environmental protection, smart grid, as an important development direction of the future power system, is gradually moving from theory to practice. Starting from the basic concept of smart grid, this paper will systematically sort out the specific application of power engineering technology in the construction of smart grid, aiming to provide strong technical support and theoretical reference for the construction of smart grid, and promote the sustainable development of China's power industry.

Keywords

smart grid; power engineering technology; application

爱多智能电网建设中电力工程技术的应用分析

吕国华 杜姜开林

中国能源建设集团东北电力第一工程有限公司, 中国·辽宁 沈阳 110179

摘要

在当今快速发展的时代背景下, 电力作为现代社会运转不可或缺的基石, 其供应的稳定性和安全性直接关系到国家经济的安全运行和人民生活的质量。随着科技的进步和人们对环境保护意识的增强, 智能电网作为未来电力系统的重要发展方向, 正逐步从理论走向实践。论文从智能电网的基本概念出发, 系统梳理电力工程技术在智能电网建设中的具体应用, 旨在为智能电网建设提供有力的技术支持和理论参考, 推动中国电力行业的可持续发展。

关键词

智能电网; 电力工程技术; 应用

1 引言

电力工程技术作为智能电网的核心支撑力量, 不仅关系到智能电网的建设质量, 还直接影响到其运行效率和经济效益。因此, 深入分析电力工程技术在智能电网建设中的应用, 探讨其技术特点、优势及存在的问题, 对于推动我国智能电网建设的健康发展具有重要意义。

2 智能电网建设的现状与挑战

智能电网, 作为电力工业前沿探索的焦点, 近年来已在全球范围内引发广泛关注并加速落地实践。该领域融合尖端信息、通信及控制技术, 旨在实现电力体系的智能化变革, 为社会经济的蓬勃发展构筑起稳固、高效的电力基石。尽管

智能电网建设势头强劲, 其发展历程亦非坦途, 既承载着显著成就, 也直面多重挑战与待解难题。

2.1 技术挑战

尽管智能电网技术在近年来取得了显著的进步, 其在实际部署与运用阶段仍面临一系列技术挑战, 亟待克服。具体而言, 确保智能电网的安全性与稳定性成为首要难题, 需要开发出更为先进的保护机制和故障预警系统。此外, 实现电力系统的精确控制及优化调度策略亦是当前的迫切需求, 这要求进一步提升数据处理与分析能力, 以支持更加智能的决策制定过程。因此, 解决这些技术瓶颈是推动智能电网全面发展与广泛应用的关键所在^[1]。

2.2 市场和政策挑战

智能电网的推进确实依赖于充足的资金与先进的技术支撑, 但当前市场环境中的投资力度与技术成熟度尚显不足, 难以满足快速发展的需求。同时, 政策的正确导向与坚实后盾对于智能电网建设而言至关重要, 涉及标准制定、产

【作者简介】吕国华(1980-), 男, 中国浙江杭州人, 本科, 高级工程师, 从事电力工程研究。

业联动增强、电力市场结构优化等多个方面。然而，部分区域在政策框架构建上仍有待完善，这在一定程度上阻碍了智能电网的进一步拓展与深化。

2.3 安全和隐私挑战

智能电网的构建伴随着大规模的数据流通与信息共享，其数据安全性与用户隐私保护成为亟待解决的关键议题。鉴于智能电网的开放互联特性，网络安全风险亦随之加剧，防范网络侵扰与数据外泄成为必要之举。为应对上述挑战，需多管齐下，促进智能电网稳健前行。首要任务是深化技术研发与革新，攻克智能电网建设中遇到的技术瓶颈，为数据安全与隐私保护奠定坚实的技术基础。同时，优化政策导向与市场环境，为智能电网发展注入强劲动力，通过制定针对性政策与措施，为行业发展提供全面支持。

3 智能电网中的电力工程技术

3.1 质量优化技术

质量优化技术作为提升电网供电品质的关键手段，在传统电力体系中已有广泛应用。当构建智能电网体系时，引入该技术能显著增强系统性能。智能电网在运作过程中，各目标对象易受到不同电力特性的影响，故需实施电能分级管理策略，借助智能化评估机制，深入剖析实际工况，精准评估电能质量现状。随后，采取针对性的质量优化措施，以达成电能品质的全面升级，进而构建起完备的质量优化体系。实施此技术时，务必遵循电力工程技术应用的各项准则与操作规程，确保其效用最大化。

3.2 高压直流输电技术

高压直流输电技术具备卓越的远距离、大容量电力输送能力，其核心在于高效的换流技术，这一技术实现了交流电至直流电的转换，进而支持了电能的远距离、大规模传输。在实际应用中，该技术充分利用电压源型变流器的调控功能，不仅精准控制并转换直流电压，还促进了直流与交流输电系统间的无缝整合，显著降低了系统对接过程中的能量损耗。除了擅长于远距离大容量的输电任务外，高压直流输电技术在短距离直流电传输方面同样表现出色，尤其适用于海岛等偏远地区的电力高效传输，展现出其广泛的应用价值。

3.3 柔性交流输电技术

在实践中，柔性输电技术通常不孤立运作，而是广泛融合通信技术、先进电子设备，以及电力自动化技术等领域的最新进展，共同实现对电网系统的高效传输与管理。通过恰当运用柔性输电技术，我们能够构建出一个更为完善、高效的交流输电网络体系。其良好的实践效果，不仅得益于辅助技术的有力支持，还离不开对电力信息处理的深度优化，以及对电能控制效能的强化，这些举措确保了智能电网运行状态信息的即时、准确反馈^[2]。

3.4 网络拓扑控制技术

网络拓扑控制技术，作为智能电网稳定运行的基石，

对保障智能电网的高效运作至关重要。该技术充分挖掘无线传感器的潜能，通过精准运用网络拓扑控制，实现对智能电网路由协议的优化管理，为网络的安全稳定运行奠定技术基础。在电网节点部署过程中，鉴于电磁波环境的复杂性，常需采用大功率通信策略以确保通信质量。然而，若部分节点长期处于强干扰环境中，不仅会降低通信效率，还可能造成不必要的能源损耗。对此，网络拓扑控制技术的介入显得尤为重要。它能智能调节各节点的输出功率，既提升网络覆盖的广度和深度，又有效抵御电磁波强干扰，显著减轻其对电网系统整体性能的负面影响，确保智能电网在复杂环境下的稳定运行。

3.5 高级计量、传感与通信技术

智能计量依赖于高级计量基础设施，特别是具备双向通信能力的智能电表，这些电表部署于用户侧，能够持续监控用电数据，并即时与供应商共享信息。双向通信机制还允许电表接收并执行来自供应商的指令，增强了系统的互动性和灵活性。此类电表已广泛应用于家庭供电与电力企业能源管理领域，通过无线及有线通信技术，为电力系统提供了详尽的用电细节。

在智能计量体系中，通信技术占据核心地位，主要涵盖宽带电力线、光纤及4G/5G无线传输技术。宽带电力线技术保障了电表与中控系统间数据传输的高效与稳定；光纤则作为主干网络建设的优选，为数据传输提供了可靠通道；而无线技术因其灵活性，特别适用于光纤或电力线铺设受限的场景，满足了大范围覆盖的需求^[3]。

4 智能电网在建设中的运用

4.1 智能电表技术

智能电表作为智能电网的关键要素，显著提升了电力系统的智能化程度。该设备集电力监测、数据采集、远程控制等功能于一体，确保了电力系统的实时洞察与高效管理。智能电表技术凭借高精度、高可靠性及高稳定性的特性，深度分析电力系统用电状况，优化负载分配，提高能源使用效率。运用前沿的数字化技术，智能电表融合了数据采集、处理、通信及控制等功能模块，实现了电能精确计量、负荷灵活调控、用电安全监控及远程抄表等服务。相较于传统电表，智能电表展现了卓越的高精度测量能力、更强的系统稳定性及更低的维护成本，因此备受电力行业、工商业界及居民用户的青睐，已广泛应用于各类用电场景。

4.2 智能变电站技术

智能变电站作为智能电网架构的关键一环，展现出诸多显著优势。其核心价值在于赋能电力系统实现智能化管理与调控，覆盖从设备监测、维护到保护的全链条功能。依托先进的通信、控制及监测技术，智能变电站推动了系统自动化、智能化与可靠性的飞跃，显著优化了电力运行的效率与安全性。该变电站具备对电网状态进行即时监控与调控的能

力,能智能识别并预警设备故障与异常情况,确保电网运作的高效、稳定与可靠。此外,其灵活性与可扩展性突出,能够灵活适应电力系统的发展需求,助力智能电网的持续建设与优化。

4.3 智能配电技术

智能配电技术显著提升了低压配电网的智能化监控与管理能力,促进了电力系统智能化水平的提升。该技术以高精度、高可靠性及高稳定性为特点,有效强化了电力系统的负载调控与故障排查能力,确保了系统运行的稳定与可靠。作为智能电网构建的核心技术之一,智能配电技术还擅长于负载预测与优化调控,显著提高了能源利用效率^[4]。

4.4 智能储能技术

智能储能技术显著增强了电力系统储能设备的智能化监控与管理能力,推动了电力系统的智能化进程。该技术凭借高度的自动化、智能化与可靠性,实现对储能设备的实时追踪与精确调控,优化了储能管理策略。在智能电网构建中,智能储能技术亦占据关键地位,它通过储能的优化控制与灵活调度,促进了电力资源的高效利用,提升了能源效率。

应用智能储能技术,电力系统能够智能管理储能装置,将富余电力储存并在需时释放,有效平衡电力供需,优化资源配置。此外,该技术还助力负荷预测与控制的优化,为电力系统运营与管理提供了坚实的数据支撑与决策依据。智能储能技术的引入,使得电力资源的管理与调度更为高效,减少了能源损耗,提高了能源利用率,为节能减排与可持续发展目标贡献了力量。

4.5 智能电网安全技术

智能电网安全技术涵盖了其建设及运营全周期中采用的一系列技术手段,核心目标是确保系统安全、稳定且高效运行。该技术体系主要包含安全管理、安全监测与安全防护三大维度。在安全管理层面,重点在于构建一套全面且科学的管理体系,通过制定详尽的安全规范、应急响应计划及实施有效的风险管理,来保障电网的平稳运作,包括安全风险评估的精准执行、安全策略的合理规划、控制策略的细致部署,以及管理流程的优化完善。

安全监测技术则聚焦于电网各类运行数据的即时捕捉与深度剖析,旨在预先识别并处置潜在的安全隐患。这一环节涵盖了传感器网络的密布、数据的精准采集、高效处理与深度分析,为电网的安全状态提供实时洞察。而安全防护技术,则是通过综合运用身份验证、数据加密、安全接入控制及反病毒防护等多重手段,构建起一道坚实的防线,有效抵

御各类安全威胁的侵扰。

4.6 智能开关

智能开关,作为电力系统中一种创新型设备,致力于提供更为精确的开关控制手段与智能化管理策略。相较于传统开关,其显著优势在于提升了安全性、稳定性及可靠性,并有效优化了电力系统的运行效能与管理水平。其运作的核心,在于融合先进的电子与通信技术,借助数字化与智能化的操控机制,确保开关控制的精准性与管理的智能化。

智能开关内部集成了高精度的传感器与微处理器等先进元件,能够实时捕捉电力系统的电流、电压等关键参数,进而通过精密的软件算法实现开关的自动化及手动化控制。此外,该设备还具备远程监控与数据共享功能,极大地增强了电力系统的信息化程度与管理效率。智能开关的卓越特性具体体现在:一是安全性的显著提升,通过智能控制机制有效降低了电弧、短路等安全隐患,增强了电力系统的整体安全性与可靠性;二是稳定性的大幅增强,得益于数字化控制技术,智能开关实现了更高水平的精度与稳定性,为电力系统的稳定运行提供了有力保障;三是可靠性的全面升级,借助高精度传感器与微处理器等组件的协同作用,智能开关能够实时监测电力系统状态,实现智能管理与故障诊断,从而提升了系统的可靠性与维护效率。

5 结语

智能电网作为新一代电力系统的代表,其建设与发展离不开电力工程技术的深入应用与不断创新。通过电力工程技术,智能电网实现了高度信息化、自动化和互动化,显著提升了电网的安全、可靠、经济、高效运行能力。随着新能源技术的不断发展和智能电网建设的深入推进,电力工程技术将在智能电网中发挥更加重要的作用。通过持续的技术创新与应用实践,我们有理由相信,智能电网将更好地服务于社会经济发展,推动电力行业向更加绿色、低碳、高效的方向迈进。

参考文献

- [1] 张帆.电力工程技术在智能电网建设中的应用探讨[J].电气技术与经济,2023(9):80-82.
- [2] 张婷婷,陈霞.电力工程技术在智能电网建设中的应用[J].光源与照明,2023(7):210-212.
- [3] 刘欣.电力工程技术在智能电网建设中的运用[J].大众标准化,2022(18):163-165.
- [4] 厉媛媛.电力工程技术在智能电网建设中的应用研究[J].光源与照明,2022(8):219-221.

Safety Management Methods for On-site Operation and Maintenance of Power Grid Equipment

Longfei Wu

State Grid Shaanxi UHV Company, Xi'an, Shaanxi, 710000, China

Abstract

The safety control of on-site maintenance and repair of power facilities is the core link to ensure the normal operation of the power network. Considering the complex operating environment of the power network, including high voltage and numerous electrical facilities, and the high risk of emergencies, effective safety management methods must be implemented to reduce safety hazards and improve operational efficiency. Firstly, improve safety regulations and operating procedures to ensure that every employee strictly follows standard procedures; Secondly, by utilizing training to enhance employees' awareness of safety and emergency response skills, and applying advanced technological tools such as intelligent monitoring systems and remote control governance, real-time monitoring of work conditions can be achieved; Finally, strengthen on-site control and safety inspection audits, timely identify and dispose of hidden risks, thus ensuring the safety and controllability of work procedures. The comprehensive application of this series of measures can significantly reduce the probability of unexpected situations, ensuring the efficiency and safety of power system maintenance and repair.

Keywords

power grid equipment; operation and maintenance; site operation; safety management

电网设备运维检修现场作业安全管理方法

吴龙飞

国网陕西超高压公司, 中国·陕西 西安 710000

摘要

电力设施的保养和维修现场作业的安全控制是确保电力网络正常运行的核心环节, 考虑到电力网络运行环境错综复杂, 包含高压和众多电器设施, 突发状况风险较高, 为了降低安全隐患, 提升作业效率, 必须实施有效的安全管理方法。首先, 完善安全规定和操作规程, 保证每一个员工严格执行标准流程; 其次, 借助训练增强职员安全保障认识应急处理技能, 并应用高端技术工具如智能监控系统和远端操控治理, 实时掌握工作状况; 最后, 强化现场管控及安全检查审核, 及时识别处置隐匿风险, 因此保障工作程序安全可控。这一系列措施的综合运用能显著降低意外情况的发生概率, 确保电力系统维护和修理的高效性与安全性。

关键词

电网设备; 运维检修; 现场作业; 安全管理

1 引言

伴随用电需求不断上升, 输电网络维修保养形成成为确保电力供应系统稳固与稳定运作核心环节。由于电力系统维护工程展现出潜在风险丛生、程序烦琐的特性, 如何在工作现场切实减少事故发生的概率, 确保人员安全, 则是电力公司现在高度关注的问题。先前的安全控制策略存在显著限制, 不能彻底匹配现代电力设备系统的复杂度工作环境的变化多样。所以, 融合尖端技术途径与科学管理方法, 建立全方位高效的保护体系, 是关键中心所在。论文重点研究电力

系统运行管理和维修操作的安全控制措施, 从制定安全规范、安全知识教授与培训、高新技术的应用和监控系统开始处理这些环节, 探究如何增强工作人员的安全, 确保电力体系的稳定运行。

2 电网设备运维检修的重要性

电力设施的维护保养对确保电力系统的稳定运作和供电可靠度极其关键。作为电力基本构成部分的基础设施, 相关设备涵盖变电设施、输电通道、配电系统等, 其正常运行直接关联到电能传输与分配网络, 假如机械发生问题或运作不稳固, 可能会引起电力网瓦解、机械破损, 乃至引发安全事件的发生。所以, 合理且高效检修与保养可以防止可能发生的故障, 保证电力网络的正常运行。在当今社会, 供电的

【作者简介】吴龙飞(1988-), 中国陕西洛川人, 本科, 工程师, 从事电网设备运维、监控系统运行维护研究。

稳定性标准不断提升，特别是财经领域、制造业、医疗领域等重要行业，电力故障造成严重损失^[1]。

设备维护与管理不仅包含涉及机械设备日常维护及故障处理，也是确保社会秩序稳定、推动经济发展和提高人民生活品质的重要途径。另外，随着能源科技提升及电网范围的扩大，电网的复杂度和智能化程度持续提高，对运行维护和维护人员技术能力安全意识提出了更为严苛要求标准。经常性的维护保养有助于增加机械运行期限，降低长期修理费用，采用防治手段减少故障率，电网的稳定运行维护及其修复是确保电力持续供应的核心，也是现代生活正常实施的基石，急需高度关注进行执行到位科学化、规范化的管理方法。

3 电网设备运维检修现场作业安全管理现状

当前电网设备运维检修现场作业的安全管理现状总体上取得了一定的进展，但依然面临众多挑战考验。随着电力系统持续不断扩张并与规模增长而来电力网络系统的复杂性增加和规模的扩大，电力设施运行维护及维修现场操作风险性不断上升，电网架构遍布，涵盖变电设施、输电通道、配电网等多个部分。工作场景多变且复杂，特别是在山区地带、边远地带或极端气候条件下，工作难度及风险等级明显上升。所以，怎样保障工作者人身安全成为供电企业只能处理的问题。

虽然近期诸多电力公司持续加强安全教育及训练，但工作人员安全观念与操作能力水平不一，有的员工对安全的认识依旧不足，部分工作者在接触过高风险设备或面临繁杂情况时，仍然呈现消极态度或操作不标准行为方式，造成意外事件频繁出现^[2]。另外，某些公司于安全管理机制之中尽管制定较为完备操作手册与管理体系，然而在具体操作时，因为监管不够和执行不力，安全管理体系没有有效执行使得工作场所存在安全风险。电网设备运维检修现场的安全防护设备和技术手段虽然在不断改进，但在一些地区和企业，设备的更新速度跟不上技术的发展，现场使用的安全设备可能存在老化、功能不全或不符合标准的情况，导致现场作业时安全保障不足。另外，实际应对措施的和培训于部分公司内未得到足够重视，许多安全应对预案仅停留在理论层面上，未能和实践操作紧密结合，当突发状况发生时，员工时常因缺乏有效的应急处理手段，导致事故进一步恶化和事态加剧。

随着先进电力网络技术的普及应用，尽管有的智能设备具有有效降低人工干预危险，但智能化运维与管理系统的实际运用中应用领域仍然有限。人工操作环节依然维持主流地位，这表明人员依然遭遇重大安全风险，特别是在高风险环境下的工作或维护机械时，技术手段及技术限制导致员工不能彻底依靠机械自动化来规避风险。尽管中国能源领域颁布了多项安全规范，然而在实施过程中，部分公司急于完成工程以及压缩成本，出现忽略、遗漏等不当做法，导致安全

风险提升。另外，外包工作量的增加导致安全管理压力的加大，对临时员工安全教育和管理的挑战加剧，对安全系统结构完整性的威胁。电网运维检修现场的安全生产管理尽管获得了一定改善，但作业人员的安全观念、设备升级换代、安全规程的执行以及智能管理的实施诸多环节缺陷依然存在，迫切需要需多方协作努力进行改良与提升，以保障作业现场的安全与效率。

4 电网设备运维检修安全管理方法

电网运作与安全保障措施是保障电网稳定运行与工作人员的安全关键操作，必须统一监管与协调控制，以降低安全风险与事故发生概率。诸多意外事件频繁起因操作不当或安全意识薄弱。所以，公司需要经常开展安全与技能培训，确保作业人员详细了解电力设备的特性，并熟知相关危险，熟悉掌握标准操作流程及应急措施。应用理论知识和方法，有助于增强工作人员的安全意识，并培养他们的紧急情况应对能力。另外，还可以开展安全演练，模拟高压作业、设备故障等场景，使员工更清楚地认识在现实操作过程中可能遭遇的危险和应对策略。公司应遵循我国相应安全法规和行业标准，建立完善安全管理制度，界定各个管理者职责界定，保证所有工作流程均需合适的安全保障。举例来说，针对高压电器设备的操控，企业应制定出具体规定必须有接受过专业培训且拥有相应资格证书人员参与操作，其他人员不应随意接触高压设备。另外，不断地实施安全审查流程，保障工作区的安全防务架构运作顺畅，及时地检查和解决安全缺陷^[3]。

随着智能化电网技术的进步，智能化的监控和管理系统可以在电网设备运维检修中发挥重要作用。部署即时不断监察装置和感应器，足以对作业场所、机械运作情况和人员动作执行全面监控和预报警报，一旦检测察觉到不寻常状况，如机械温度超出标准范围、职员进入至安全区域之内等，就可以立刻触发报警，告知有关人员处理该情况。运用技术手段执行可以明显减少因为操作失误导致的意外发生的风险。与此同时，高性能维护设备的应用同样可能减少工作区域事故风险，智能监测机械人及无人机等器材可进行替代员工执行对风险区域巡查和故障排查，减少对降低员工在高风险区域的工作时间与频率。在电力系统例行管理与维护期间，有时会遇到意外状况，如设备故障、恶劣天气等，若对于这些突发情况处理不当，可能会导致造成严重安全事故发生。所以，单位应依据现实状况，拟定详细应急计划，涵盖面临紧急状况时刻撤离路线、急救设施操作流程、救治手段等，并按时进行紧急演练，保障全体人员做到遇到紧急状态时快速做出适宜反应。

外部委托事项稳定管控同样非常重要步骤，随着电力设施机器设备维护保养外部承包的广泛应用，怎样保证外部施工单位遵循安全准则，变成公司遭遇的难题。公司应强化对项目组的资格评审，核实其拥有匹配的技术实力和安

准,在开展外部项目前期,公司必须实施周密的风险评估,同时对合作方团队实施全程监控,保证其作业表现达到安全要求。电力系统维护检修安全规范需要着手提升专业技能、加大执行力度、利用技术方法、编制应急预案以及外包服务多个层面开始,建立一项综合、严格管理安全管理机制,采用多种手段执行,公司同样能够拥有能力显著减少电力设备维护保养工作现场安全风险,因此提升工作效能和品质,保障电力系统稳定性和可靠性运作^[4]。

5 安全管理的效果分析与评估

安全性能的评定是保障电力系统稳定运行和保持工作环境关键部分。借助科学评价机制,进而掌握管控措施实施成效快速发现缺陷。安全管理的有效性评价基于事故发生的频率以及安全风险问题的解决进展进行判定,安全管理制度需要切实减少工作过程中的意外事件的发生率和由安全隐患引发的机械故障和人身伤害事件。

职员工作观念技能提高同样安全控制成效极其重要评估准则。推进安全知识普及传播、训练与实践操作等相关方法,职员必须拥有充足的安全意识和应急处理技能,公司执行经常性知识评测、技能评估和现场审核来评估员工对安全的认识及操作技能,保证员工能准确地把握必需的技巧并有效地执行安全规章。此外,工作者工作时操作合规性、对安全规定的遵循度和突发状况应对能力也应作为重点。采用这个视角进行,便能适度评估学习是否已经实现设定目标,依据员工反映相应地改进教育内容手段方法,伴随尖端监管手段、智能保养机器等技术运用,公司需要这些设备效能展示进行评定,如设备能否快速预报警报、监管的精准度怎样、智能化机械的维修效率高是否能够满足预先设定的规范等,公司应剖析大量自动机械的运用数据,并行老旧管理方式开展比较。评价技术方法提升安全性水平、减少风险该领域的效能。如果技术方法手段应用显著降低了人工审查相关的潜在风险,提高了工作的安全性,则表明这种技术的应用实现了既定效果^[5]。

面临突发事件或紧迫状况时,组织能否迅速且有效地实施应急措施,职员能否在短时间内做出恰当反应,救援手段和策略是否能够及时就位,这些都是评估的关键因素。借助审视短期训练成效或实例应对措施时期展现,组织能够检验紧急应对计划实际表现完善性,依据评价结果对计划执行修改和改善,随着外部合作在电力领域维护修复领域使用增加,公司必须依据审核合作方的工作记录簿、意外情况报告及安全评价报告,评估合作方在工作期间的安全性表现。假如合作方安全措施表现优良,且特殊情况较少,表明公司外部服务安全管控体系得到实施效果显著,反之,则需要重新评估外部合作管理模式,增强针对外包团队的辅导与监控强度,公司拥有能力综合、适宜评估安全措施效能,并为安全管理给予数据支撑和指导原则^[6]。

6 结语

综上所述,电网设备运维检修现场作业的安全管理方法涵盖了从体系建设、规范制定、人员培训到科技应用和效果评估的各个方面。通过这些系统化的管理措施,能够有效保障作业人员的安全,减少事故发生,提高设备运维检修的整体效率。

参考文献

- [1] 陈林峰.试析电力设备运维管理及安全维护策略[J].中国设备工程,2023(6):58-60.
- [2] 张亮.电力设备运维管理及安全运行策略探讨[J].冶金管理,2021(13):59-60.
- [3] 金巍昊.电力设备运维管理及安全运行策略初探[J].中国科技投资,2021(18):16-17.
- [4] 黄朝.电力设备运维管理及安全运行策略研究[J].光源与照明,2020(9):45-46.
- [5] 赵峰.电力设备运维管理及安全运行策略[J].中国高科技,2020(15):79-80.
- [6] 周海霞.电力设备运维管理及安全运行策略研究[J].技术与市场,2020,27(3):169+171.

Research on Real Time Path Planning for Electric Vehicles Based on Dynamic Traffic Information

Longhu Song Hu Wang*

Hunan Traffic Engineering College, Hengyang, Hunan, 421009, China

Abstract

As an important part of the intelligent system of transportation, dynamic traffic information provides strong support for the real-time path planning of electric vehicles. Through real-time access to key information such as road conditions, traffic flow and charging station load, the system can adjust the path planning strategy in time, avoid congested road sections, and optimize the selection of charging stations, so as to improve the driving efficiency and endurance of electric vehicles. Therefore, the real-time path planning research of EV based on dynamic traffic information has great theoretical significance and practical application value. This study aims to propose an efficient real-time path planning method for EV by constructing a comprehensive system framework and integrating dynamic traffic information, EV model and charging station information.

Keywords

dynamic traffic information; electric vehicle; implementation of path planning

基于动态交通信息的电动汽车实时路径规划研究

宋龙虎 王虎*

湖南交通工程学院, 中国·湖南 衡阳 421009

摘要

动态交通信息作为智能交通系统的重要组成部分,为电动汽车的实时路径规划提供了强有力的支持。通过实时获取路况、车流量、充电站负荷等关键信息,系统能够及时调整路径规划策略,避免拥堵路段,优化充电站点选择,从而提升电动汽车的行驶效率和续航能力。因此,基于动态交通信息的电动汽车实时路径规划研究具有重要的理论意义和实际应用价值。本研究旨在通过构建综合系统框架,融合动态交通信息、电动汽车模型和充电站信息,提出一种高效的电动汽车实时路径规划方法。

关键词

动态交通信息; 电动汽车; 实施路径规划

1 引言

随着全球对环境保护和能源转型的日益重视,电动汽车以其零排放、低噪音和高效能等优点,成为城市低碳交通的重要发展方向。然而,电动汽车的续航里程和充电设施的限制,使得其在实际应用中仍面临诸多挑战。特别是在城市交通拥堵严重、充电站分布不均的背景下,如何为电动汽车规

划出既高效又经济的行驶和充电路径,成为亟待解决的问题。

2 动态交通信息在电动汽车路径规划中的重要性

2.1 提高路径规划的准确性和实时性

动态交通信息包括实时交通流量、交通事故、道路施工、交通管制、气象条件以及特殊事件等。这些信息能够实时反映道路网络的实际情况,为电动汽车的路径规划提供精确的参考。通过实时获取这些信息,电动汽车的路径规划系统能够动态调整路线,避免拥堵路段和潜在的安全风险,从而提高路径规划的准确性和实时性。

2.2 减少行程时间和充电等待时间

电动汽车的路径规划不仅需要考虑车辆的行驶路线,还需要考虑充电站的位置和充电时间。动态交通信息中包括的充电站信息,可以帮助电动汽车在行驶过程中及时找到合适的充电站,并规划出最优的充电路线。同时,通过实时交通流量和道路施工等信息的分析,电动汽车可以避免拥堵路

【基金项目】2024年湖南省自然科学基金项目《复杂约束下的电动汽车路径规划方法研究》(项目编号:2024JJ8051)。

【作者简介】宋龙虎(1989-),男,中国湖南衡阳人,硕士,副教授,从事计算机、电子商务研究。

【通讯作者】王虎(1986-),男,中国湖南益阳人,硕士,副教授,从事机械电子、控制研究。

段,减少不必要的行程时间,提高整体行驶效率。

2.3 提高道路通行效率和充电站服务能力

电动汽车的普及对道路通行效率和充电站服务能力提出了更高的要求。通过动态交通信息的分析和应用,电动汽车的路径规划系统可以优化车辆的行驶路线和充电计划,使电动汽车在行驶过程中更加合理地利用道路资源和充电站资源。这不仅可以提高道路通行效率,还可以提高充电站的服务能力,满足更多电动汽车的充电需求。

3 模型构建

3.1 动态交通路网模型

在交通规划和交通管理中,动态交通路网模型是极其重要的工具,它能够更加真实地反映实际交通流的动态特性。与静态路网模型相比,动态路网模型具有以下显著优势:

①实时性:动态路网模型能够实时更新交通状态,反映路段的实时流量、速度及交通阻抗,这对于即时交通管理和控制尤为重要。②精确性:由于考虑了交通流的时变性,动态路网模型在预测交通状况和提供出行建议时更为精确。③灵活性:能够处理各种复杂的交通状况,如突发交通事故、临时道路施工、天气变化等,使模型更加符合实际。

构建动态交通路网模型,一般涉及以下几个步骤:

首先需要收集路网中的交通流量、速度、事故、天气等相关数据。这些数据可以通过传感器、交通监控系统和移动设备等多种途径获取,收集到的数据需要经过清洗、整理和分析,以去除噪声和冗余信息,确保数据的准确性和完整性,根据具体的研究目标和交通网络的特点,选择合适的模型来描述交通流的动态变化。常见的模型包括元胞传输模型(CTM)、宏观流体动力学模型等,通过历史数据和实测数据对模型参数进行标定,使模型更加贴近实际交通状况。最后,根据实时交通数据,动态模拟交通流的演变过程,并输出实时的交通状态和预测结果。

3.2 “时间—流量”路阻模型

在考虑道路阻抗和交叉口节点阻抗时,可以建立“时间—流量”路阻模型。该模型综合考虑了交通流量、速度、时间以及交叉口延误等多个因素,对路段的交通阻抗进行更为精确的描述。

3.2.1 路段阻抗

通常与路段的交通流量、通行能力和车辆速度等因素有关。美国公路局提出的BPR函数是一种常用的路段阻抗计算公式,该公式通过交通流量、实际通行能力和自由流状态下的行程时间来估算路段的阻抗。

3.2.2 交叉口阻抗

交叉口阻抗主要由交通流在交叉口处所花费的时间构成,这包括停车、加速、排队等待等延误时间。交叉口阻抗的计算较为复杂,因为它与交叉口的具体形式、交通流量、信号控制策略等多种因素有关。

将路段阻抗和交叉口阻抗结合起来,就可以得到完整的“时间—流量”路阻模型。该模型不仅反映了路段上的交通状况,还考虑了交叉口对交通流的影响,使得交通路网模型的描述更加全面和准确。

3.2.3 多目标优化模型

融合道路通行时间、充电站负荷及进站车辆数的多目标优化函数设计。

改进的自适应Dijkstra动态搜索算法在求解最优路径中的应用。

3.2.4 数据获取与处理

动态交通信息(如交通流量、路况等)的实时获取方法。

电动汽车相关数据(如电池电量、充电需求等)的收集与处理。

4 系统设计与实现

4.1 系统架构设计

系统通常包括以下几个核心模块:数据采集模块、路径规划模块、用户交互模块和后台管理模块。

数据采集模块负责收集来自智能路侧单元(RSU)和车载单元(OBU)的实时交通数据。

路径规划模块利用收集到的数据进行路径优化。

用户交互模块提供用户界面,展示路径信息和接收用户输入。

后台管理模块处理系统逻辑和管理数据存储。

智能路侧单元(RSU)、车载单元(OBU)及远程服务器的交互方式:RSU和OBU通过无线通信技术(如DSRC或LTEV2X)交换数据。RSU主要负责收集和发送交通信息,而OBU则接收这些信息并将其发送到远程服务器进行处理。远程服务器运行路径规划算法,并将优化后的路径信息发送回OBU。

4.2 算法实现

①初始化:设置起始点和目标点,加载实时交通数据。②扩展节点:根据当前交通状况选择最佳的扩展节点。③更新路径成本:考虑到实时交通信息和电动汽车特性(如能耗模型),调整路径成本。④重复步骤②和③,直到找到最优路径或达到搜索限制。⑤输出最优路径。通过实时更新交通拥堵、事故报告和道路施工等信息,调整路径搜索中的权重。同时,考虑电动汽车的能耗模型和充电需求,特别是在选择路径时考虑接近充电站的策略,确保路径的经济性和实用性。

4.3 数据可视化与交互

设计用户友好的界面,展示实时交通信息、电动汽车路径规划结果及充电站状态:使用地图API(如Google Maps或OpenStreetMap)展示实时交通流、路径规划结果和充电站分布。界面应清晰易懂,提供路径详情、预计到达时间和能耗预测,提供用户自定义参数的功能,如出发时间、充电偏好等:允许用户设置出发时间,系统据此预测

交通状况。提供充电偏好设置，如优先选择免费充电站或特定品牌的充电设施，增强用户体验的个性化选择。

通过上述设计和实现，电动汽车路径规划系统能够有效利用动态交通信息，为驾驶者提供更加精准和实用的路径规划服务。

5 进一步改进和优化电动汽车路径规划策略

5.1 集成更高级的算法和技术

在当今日新月异的智能交通领域，我们致力于将最前沿的科技融入路径规划系统，以应对日益复杂的交通挑战。具体而言，我们采取了以下两大核心策略来推动系统的智能化升级：

5.1.1 深度融合机器学习与人工智能技术

我们不再满足于传统的路径规划算法，而是大胆引入并深度集成了机器学习与人工智能技术。这些技术能够充分利用历史交通数据，如车辆流动记录、道路拥堵情况、天气变化等信息，结合实时交通监控数据，构建出精细化的交通流预测模型。通过这些模型，我们能够提前预判未来的交通状况，从而在路径规划中做出更加精准、前瞻性的调整，为用户避开潜在拥堵，节省宝贵时间。

5.1.2 应用深度学习模型解析复杂交通模式

为了进一步提升路径规划的智能化水平，我们还引入了深度学习模型这一强大工具。深度学习以其强大的数据处理和模式识别能力，能够在海量数据中挖掘出隐藏的交通规律，如周期性拥堵、突发事件对交通流的影响等。通过对这些复杂交通模式的深入解析，我们的路径规划系统能够更加灵活地应对各种不确定因素，为用户提供更加智能、个性化的出行方案。同时，这种基于深度学习的智能化路径规划还能不断优化自身算法，随着数据量的增加和算法的迭代，实现自我学习和进化，从而为用户提供更加精准、高效的出行服务。

5.2 深入探讨多目标优化策略在路径规划中的应用

在日益复杂的交通环境中，单一的优化目标已难以满足多样化的出行需求。因此，路径规划领域逐渐转向了多目标优化的研究方向，旨在同时考虑多个相互冲突或相关的目标，以寻求最优的出行方案。具体而言，这一领域不仅追求行驶时间的最小化，还力求降低能耗、提升乘客舒适度等多方面的优化。

为了实现这一目标，先进的多目标优化算法如非支配排序遗传算法 II (NSGAI) 被广泛应用于路径规划中。NSGAI 通过非支配排序和拥挤距离计算，有效地在多个目标之间寻找 Pareto 最优解集，即一组既无法在不损害其他目标性能的前提下改进任一目标性能的解。这些解为决策者提供了丰富的选择空间，以便根据不同的场景和需求选择最合适的路径。

为了增强系统的灵活性和适应性，引入动态权重调整机制成为关键。这一机制允许系统根据用户的实时需求和偏好，动态地调整各个优化目标的权重。例如，在紧急情况下，

用户可能更倾向于选择行驶时间最短的路径，此时系统可以自动增加行驶时间目标的权重；而在长途旅行中，乘客可能更看重舒适度，此时系统则可以适当增加舒适度目标的权重。这种动态调整不仅提高了路径规划的个性化程度，还使得整个系统更加智能化和人性化。

5.3 增强系统自适应性

为了进一步提升路径规划系统的智能化与实用性，我们致力于设计并实施一系列自适应机制，旨在使该系统能够灵活应对多变的驾驶条件和车辆实时状态，从而自动调整其策略以优化用户体验。具体而言，这一增强措施包括以下两个方面。

5.3.1 设计精细化的自适应机制

我们精心构建了一套自适应算法，该算法能够实时监测并分析车辆的当前状态及外部环境因素。例如，在检测到车辆电池电量接近预设的低电量阈值时，系统将迅速响应，自动调整路径规划策略，优先考虑那些能够引导车辆接近最近充电站的路线。这种智能化的调整不仅确保了车辆能够及时补充能源，还避免了因电量耗尽而导致的行驶中断，极大地提升了驾驶的便捷性和安全性。

5.3.2 引入前瞻性的预测性维护功能

为了进一步提升系统的预防性和主动性，我们创新性地集成了预测性维护模块。该模块利用大数据分析、机器学习等先进技术，对车辆各部件的历史运行数据进行深度挖掘，以精准预测可能发生的故障类型、时间及影响范围。在路径规划阶段，系统会根据这些预测结果，自动规避那些可能导致车辆故障或维修需求的路段，从而确保车辆能够顺畅、安全地到达目的地。这一功能的引入，不仅降低了车辆因故障而抛锚的风险，还减少了不必要的维修成本和时间浪费，为用户带来了更加安心、高效的出行体验。

6 结语

随着大数据、云计算、物联网等技术的不断发展，未来可以进一步优化实时交通信息的采集和处理方式，提高数据的准确性和实时性。这将为电动汽车的实时路径规划提供更加可靠的数据支持。随着电动汽车的普及和充电技术的进步，充电设施将逐渐完善。这将为电动汽车的实时路径规划提供更加便利的条件。同时，结合智能电网技术，可以实现电动汽车与电网的双向互动，进一步提高能源利用效率。

参考文献

- [1] 张必达.电动汽车充换电站址规划及路径优化问题研究[D].北京:北京邮电大学,2023.
- [2] 张必达,闫强,张琳,等.基于实时交通信息的电动汽车充换电路径规划方法[J].吉林大学学报(工学版),2022,52(10):2333-2342.
- [3] 张伯男,刘裙梁,范梦辉.多需求场景下的汽车充电路径诱导优化[J].交通节能与环保,2020,16(4):22-27.
- [4] 邢强,陈中,冷钊莹,等.基于实时交通信息的电动汽车路径规划和充电导航策略[J].中国电机工程学报,2020,40(2):534-550.

Deduction of the Impact of Green Electricity Trading in China on the Current Electricity Market

Bei Jing¹ Tailai Chen² Lijuan Yang³ Jianping Zhong³

1. Beijing Zhaowa Cloud Data Technology Co., Ltd., Beijing, 102200, China

2. State Power Investment Corporation Integrated Smart Energy Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract

In recent years, the government has adopted various ways to encourage the development of new energy, and green electricity trading is one of the important incentive measures. Therefore, the paper deeply analyzes the role of green electricity trading in the current electricity market in China; It discusses its functions in promoting the development of renewable energy, advancing electricity market reform, optimizing energy structure, and improving environmental benefits; By analyzing the current situation and deducing future development trends, we aim to provide theoretical support and decision-making references for the sustainable development of China's electricity market.

Keywords

green electricity trading; electricity market; renewable energy; environmental benefit

中国绿色电力交易对当前电力市场影响效果推演

荆贝¹ 陈泰来² 杨丽娟¹ 钟建萍¹

1. 北京兆瓦云数据科技有限公司, 中国·北京 102200

2. 国家电投集团综合智慧能源有限公司, 中国·北京 100000

摘要

近年来, 政府采取了多种途径鼓励开发新能源, 绿色电力交易是重要激励手段之一。为此, 论文深入剖析了中国绿色电力交易在现阶段电力市场中所发挥的作用; 论述了它对促进可再生能源发展, 推进电力市场改革, 优化能源结构, 提高环境效益的功能; 通过分析现状并演绎未来发展趋势, 以期为中国电力市场可持续发展提供理论支持与决策参考。

关键词

绿色电力交易; 电力市场; 可再生能源; 环境效益

1 引言

伴随着世界范围内对于环境保护与可持续发展越来越关注, 中国绿色电力交易也逐渐出现。绿色电力交易以促进可再生能源消纳、推进能源转型和电力市场可持续发展为目标。目前, 中国电力市场处在改革关键时期, 推出绿色电力交易将会给其带来深远影响。论文深入研究绿色电力交易在现阶段电力市场中的作用效应, 对中国能源结构调整, 环境保护和经济可持续发展都有着十分重要的意义。

2 中国绿色电力交易的发展现状

2.1 绿色电力交易的概念与特点

绿色电力交易, 是指将绿色电力产品作为交易标的的电力交易行为。绿色电力以清洁, 可再生和可更新为特征,

交易目的是推动可再生能源开发并满足用户绿色电力需求。绿色电力交易具有交易主体多元化, 交易方式灵活, 交易价格市场化的特征。如绿色电力交易可由可再生能源发电企业, 电力用户和售电公司几个主体组成, 其交易方式可采取双边协商和集中竞价的形式。

2.2 中国绿色电力交易的政策支持

中国对绿色电力交易发展非常重视, 并颁布了多项政策来扶持它。举例来说, 国家能源局已经发布了一份名为《关于开展绿色电力交易试点的通知》的文档, 其中明确规定了绿色电力交易试点的具体范围和交易准则。与此同时, 各地方政府相继出台相关的政策鼓励企业及用户参与到绿色电力交易中来, 这些政策对我国开展绿色电力交易起到了大力支持作用。

2.3 中国绿色电力交易的市场规模

绿色电力交易市场规模在政策扶持与市场需求下持续扩大。当前, 中国已在很多地区进行绿色电力交易的试点工

【作者简介】荆贝(1988-), 男, 中国安徽颍上人, 本科, 工程师, 从事电力交易、虚拟电厂研究。

作，交易电量也在逐年递增。例如，在某个地区的绿色电力交易试验中，交易量从最初的几千兆瓦增长到数亿兆瓦，显示出市场规模的持续扩张。

2.4 中国绿色电力交易的技术支撑

开展绿色电力交易，必须依靠先进技术的支持。当前，中国可再生能源发电技术、智能电网技术和电力交易平台技术都有显著提升，这为绿色电力交易提供技术保障。如智能电网技术能够实现可再生能源的有效接入与消纳，电力交易平台技术能够实现绿色电力交易信息化与智能化管理等。

2.5 中国绿色电力交易面临的挑战

尽管中国绿色电力交易取得了一定的发展，但仍面临着一些挑战。如绿色电力交易缺乏价格机制、交易成本高等；绿色电力缺乏认证与追溯体系，影响用户信任；绿色电力交易市场机制不完善，市场主体参与程度较低。这些挑战限制着绿色电力交易在中国的深入开展。

3 中国绿色电力交易对电力市场的影响因素

3.1 价格机制

绿色电力交易价格机制对电力市场具有决定性意义。合理的价格机制可以在很大程度上促进绿色电力消纳。采取市场化定价方式并考虑绿色电力生产成本和市场需求进行定价可以增强企业竞争力。一方面它使绿色电力的价格更具有吸引力，促使用户对绿色电力进行选择。另一方面价格机制也可以对用户用电行为进行引导，在绿色电力价格比较合理的情况下，用户更加愿意节约用电，选择清洁能源，从而推进节能减排工作，促使电力市场朝着更绿色和更有效率的方向不断发展。

3.2 供需关系

绿色电力交易中供需关系对于电力市场产生了深刻影响。在可再生能源迅猛发展的今天，绿色电力供应量越来越大，与此同时，用户对于绿色电力的要求也越来越高。供需关系变化对绿色电力价格及市场份额产生直接影响。在供大于求的情况下，价格的下跌和市场份额的可能会不断扩大吸引更多的用户选择绿色电力；并且供小于求的情况下，价格上涨，市场份额就有可能下降。这一动态变化对电力市场结构与运行产生了影响，推动市场各参与方不断地调整战略，使之与供需变化相适应，从而使电力市场均衡发展^[1]。

3.3 政策法规

政策法规对绿色电力交易具有巨大的促进作用。政府颁布的有关政策和法规可以规范绿色电力交易市场并有效维护市场主体合法权益。建立绿色电力交易准入规则，交易规则和监管规则，可以增强市场透明度与公平性，使市场主体能够在清晰规则中进行公平竞争。同时，通过补贴和税收优惠来激励企业与用户共同参与到绿色电力交易中，可以有效地激发市场活力并推动绿色电力产业快速成长，从而为可持续发展能源目标打下坚实的基础。

3.4 技术创新

技术创新是推动绿色电力交易的关键。在可再生能源发电技术，智能电网技术和储能技术不断进步的背景下，绿色电力生产成本不断下降，供应能力越来越大。技术创新既可以使绿色电力价格下降，又可以使交易更加高效、安全。比如运用大数据和人工智能对绿色电力交易进行智能化管理可以提升交易效率与准确性，更好地服务市场主体，促进绿色电力交易市场的持续成长与壮大。

3.5 市场主体行为

市场主体行为在绿色电力交易中起着举足轻重的作用。发电企业，售电公司，电力用户等市场主体决策与行为，直接决定了绿色电力供需。发电企业投资决策对绿色电力生产规模与技术水平产生影响；售电公司营销策略，决定着绿色电力市场推广程度；电力消费者的用电习惯直接影响到绿色电力的实际接受和使用情况。各类市场主体要积极扮演好各自角色，合力推进绿色电力交易，助力绿色能源转型。

4 中国绿色电力交易对电力市场的影响效果

4.1 促进可再生能源发展

绿色电力交易在促进可再生能源发展中发挥着举足轻重的作用。可再生能源发电企业在进行绿色电力交易时，可以直接向用户出售绿色电力，从而得到稳定的市场需求和合理的价格回报。这样在提高可再生能源消纳率的同时，也给企业带来持续发展的力量。与此同时，相当大的回报也吸引着越来越多的投资涌向可再生能源领域并加快技术创新。在资金和市场的共同支撑下，可再生能源企业可以持续改进技术，提升效率，从而为绿色能源体系建设打下坚实的基础。

4.2 推动电力市场改革

电力市场向市场化方向的转型以及市场运作效率的增强，得益于绿色电力交易。它运用市场化定价方式与交易机制打破传统电力市场垄断格局，为市场竞争注入活力，参与的各方都在不断地优化服务，提升质量的同时，也参与了竞争。另外，绿色电力交易促进了电力市场的信息化和智能化，使得市场信息更透明，方便监管部门进行有效的监督。这种交易模式有利于构建一个公平，公正，开放的电力市场环境和电力行业的良性发展^[2]。

4.3 优化能源结构

用户选择绿色电力交易来购买绿色电力可以减少对传统化石能源依赖、减少碳排放、促进环境保护。与此同时，该交易模式推动分布式能源发展，使得能源供应更多元化，增强能源供给可靠性与安全性。分布式能源可以按照用户的需求进行灵活分布，从而达到高效利用能源、进一步改善能源结构、促进能源行业走向可持续发展的目的。

4.4 提升环境效益

绿色电力交易可以大大改善环境效益。通过该交易用户可以选择采购绿色电力以减少传统化石能源使用量，进而

减少碳排放及环境污染。它不仅对当前环境改善起到推动作用，而且也给后人留下一笔珍贵生态财富。与此同时，绿色电力交易带动了可再生能源技术的发展和能源的转型，对可持续发展的实现起到强有力的支持作用。在这一进程中全社会一起努力走向绿色，走向美好。

4.5 促进电力行业创新发展

推动电力行业创新发展，促进技术进步与管理创新可以通过绿色电力交易来实现。绿色电力交易要求技术支撑与管理模式要先进，这样就会推动电力行业在技术研发与管理上加大力度进行创新，增强产业整体竞争力。与此同时，绿色电力交易也能推动电力行业和其他产业融合，扩大产业发展空间。

5 中国绿色电力交易未来发展趋势及应对策略

5.1 发展趋势

伴随着中国能源转型加快与电力市场改革深化，未来绿色电力交易呈现如下趋势：一是市场规模扩大，交易电量与交易主体增多；二是价格机制会更健全，市场化定价是主流；三是高企技术创新会持续促进绿色电力交易，实现智能化管理是大势所趋；四是不断完善政策法规，给绿色电力交易带来更强大的保障。

5.2 应对策略

为顺应绿色电力交易发展潮流，中国应该采取如下对策：首先，强化技术创新，促进绿色电力交易高效安全进行；其次，健全价格机制和市场化定价体系；再次，从强化政策法规建设入手，对绿色电力交易给予更强有力的支撑；最后，强化市场监管，切实维护市场主体合法权益等^[3]。

5.3 对电力企业的影响及应对

发电企业需增加可再生能源投入与发展，增强绿色电力供给能力；售电公司需强化市场营销与客户服务，增加绿色电力销量；电力用户需增强环保意识并主动选购绿色电力。针对这些冲击，电力企业可以从以下几方面进行：第一，强化技术创新，增强核心竞争力；第二，强化合作交流，协同推进绿色电力交易；第三，应加大人才培养力度，提升企业管理水平与服务质量。

5.4 对能源结构调整的推动作用

绿色电力交易在促进中国能源结构调整方面会起到积极作用。通过绿色电力交易可增加可再生能源占能源消费的份额并减少传统化石能源。与此同时，绿色电力交易也能够推动分布式能源发展，增强能源供应可靠性与安全性。为发挥绿色电力交易在能源结构调整中的促进作用，中国应该采

取如下举措：一是强化规划引导，编制科学合理的能源发展规划；二是强化政策扶持，激励企业与用户共同参与绿色电力交易；三是加强技术创新，提高可再生能源的利用效率和可靠性。

5.5 对环境效益的提升作用

传统化石能源使用量可通过绿色电力交易得以减少，同时还能降低碳排放与环境污染，进而促进环境效益的提高。为进一步提高绿色电力交易在改善环境效益方面的效果，首先，强化宣传教育，增强大众环保意识；其次，增加可再生能源投入发展，增强绿色电力供给能力；最后，加强国际合作应对全球气候变化^[4]。

5.6 对电力市场监管的挑战及应对

开展绿色电力交易，对电力市场监管将提出新挑战。如何保证绿色电力真实可靠，怎样防范市场垄断与不正当竞争。为迎接上述挑战，中国应当采取如下举措：第一，强化监管能力，提升监管水平与效率；第二，要建立和完善监管制度，强化绿色电力交易过程的监督；第三，要加大信息公开与社会监督力度，增强市场透明度与公信力。

5.7 国际经验借鉴及启示

国外绿色电力交易已经取得了不少经验，中国可借鉴其中的成功经验对我国开展绿色电力交易有所启发。如国外部分国家已采取绿色证书交易制度和可再生能源配额制政策和措施来推动绿色电力交易。中国可借鉴上述经验并根据国情制定出适合自己的绿色电力交易政策措施。

6 结语

绿色电力交易在我国的开展，给现行电力市场带来深刻的冲击。通过推进可再生能源发展，推进电力市场改革，优化能源结构，提高环境效益，对中国能源转型与可持续发展起到积极的促进作用。未来，随着技术的不断进步和政策的不断完善，绿色电力交易将在中国电力市场中发挥更加重要的作用。要积极面对绿色电力交易所面临的各种挑战，并采取切实有效的策略促进绿色电力交易在中国的良性发展。

参考文献

- [1] 路妍,耿鹏云,安磊,等.我国绿色电力交易对当前电力市场影响效果推演[J].电力建设,2024,45(7):156-166.
- [2] 刘利利,冯天天,崔茗莉,等.绿色电力交易对电力市场的影响机理及效果[J/OL].中国人口·资源与环境,2024(4):76-90[2024-09-22].
- [3] 刘利利,冯天天,崔茗莉,等.绿色电力交易对电力市场的影响机理及效果[J].中国人口·资源与环境,2024,34(4):76-90.
- [4] 陈波波.碳交易及绿色证书交易对清洁能源跨省区消纳的影响[D].上海:上海电力大学,2019.

Accelerating the Landing of Virtual Power Plants and Exploring New Models of Electricity Trading

Liangyi Pu¹ Tailai Chen² Jianping Zhong³ Lijuan Yang³

1. Chongqing Huizhi Energy Co., Ltd., Chongqing, 400010, China

2. State Power Investment Corporation Integrated Smart Energy Co., Ltd., Beijing, 100000, China

3. Beijing Zhaowa Cloud Data Technology Co., Ltd., Beijing, 102200, China

Abstract

In the current wave of energy transformation, innovative energy solutions—virtual power plants - are accelerating their implementation. The paper delves into the exploration of new electricity trading models in the acceleration of the implementation process of virtual power plants. Mainly analyzed its development background, advantages and challenges, and proposed targeted strategies and suggestions. Its purpose is to promote the widespread use of virtual power plants, promote innovative development of power trading, and improve the stability and efficiency of the power system, providing new ideas and approaches for achieving sustainable development in the energy sector.

Keywords

virtual power plant; electricity trading; new mode; sustainable development of energy

虚拟电厂加速落地，探路电力交易新模式

蒲良毅¹ 陈泰来² 钟建萍³ 杨丽娟³

1. 重庆汇智能源有限公司，中国·重庆 400010

2. 国家电投集团综合智慧能源有限公司，中国·北京 100000

3. 北京兆瓦云数据科技有限公司，中国·北京 102200

摘要

在如今能源变革大潮下，创新能源解决方案——虚拟电厂正在加速落地。论文就虚拟电厂加快落地进程中，电力交易新模式探索进行了深入探究。主要对其发展背景，优势与挑战进行了分析，并提出了针对性策略与建议。其目的是促进虚拟电厂得到广泛运用，推动电力交易创新发展以及电力系统稳定性与效率提升，为能源领域实现可持续发展提供了新思路，新途径。

关键词

虚拟电厂；电力交易；新模式；能源可持续发展

1 引言

随着中国能源转型步伐的加快以及智能电网的发展，虚拟电厂这一新型能源管理模式逐渐引起了人们的普遍重视。虚拟电厂以其分布式能源资源整合、高效利用、优化调度等特点给电力交易提供了全新的契机与挑战。探索虚拟电厂在现有条件下加快落地的方法及电力交易新模式有一定的实践意义。创新电力交易模式能够提升虚拟电厂运营效益、推动分布式能源开发、实现电力系统可持续发展。

2 虚拟电厂的发展现状

【作者简介】蒲良毅（1969-），男，中国重庆人，本科，高级工程师，从事火电、风电、光伏发电，虚拟电厂加速落地，探路电力交易新模式研究。

2.1 虚拟电厂的概念与特点

虚拟电厂是一种通过先进的信息技术和智能控制技术，将分布式能源资源（如分布式发电、储能设备、需求响应资源）整合起来，实现了能源高效利用，优化调度等能源管理模式。虚拟电厂灵活性强，响应迅速，造价低廉，能够有效提升能源系统运行的可靠性与稳定性。比如当电力供应吃紧时，虚拟电厂能够迅速做出反应，动员分布式能源资源来支撑电网。

2.2 虚拟电厂的发展历程

这一概念首先产生于欧洲，并伴随着智能电网的蓬勃发展而受到世界各国的普遍重视与应用。近些年来，中国在虚拟电厂研发方面也在不断加大力度，并取得一定成效，如在部分地区已进行虚拟电厂试点，并取得了一些经验。

2.3 虚拟电厂的应用领域

虚拟电厂应用领域广，涉及电力市场交易，需求响应和辅助服务。就电力市场交易而言，虚拟电厂能够以独立市场主体的身份参与到电力市场竞价与交易之中，从而向用户提供更灵活的电力服务。对于需求响应，虚拟电厂通过动员用户需求响应资源来实现电力负荷调节与控制。辅助服务中，虚拟电厂能够对电网进行调频，调压以及其他辅助服务以增强电网运行的稳定性与可靠性。

2.4 虚拟电厂的发展趋势

伴随着科技的进步与市场的完善，虚拟电厂发展的趋势会呈现如下特征：一是智能化程度会越来越高，借助大数据和人工智能技术实现分布式能源资源更准确地管理与调度。二是多元化发展，虚拟电厂将不仅仅局限于电力领域，还将与其他能源领域（如天然气、热力等）进行融合，实现多能互补。三是国际化合作力度会不断加大，国家间在虚拟电厂领域会进行广泛合作与交流，促进虚拟电厂发展。

2.5 虚拟电厂发展面临的挑战

虚拟电厂的发展也遇到了一定的挑战，表现为技术标准的不统一，市场机制的不健全和政策支持的力度不够。例如，各区域虚拟电厂技术标准不一致，造成虚拟电厂间难以互联互通。同时，电力市场机制不够健全，虚拟电厂市场主体地位不明等问题也影响着其发展。另外政策支持不到位、虚拟电厂建设运营成本高等问题也限制着虚拟电厂发展。

3 电力交易新模式的探索

3.1 电力市场交易模式创新

传统的电力市场交易主要依赖于集中式的发电方式，而虚拟电厂的涌现为电力市场交易方式的创新开辟了新的可能性。可探索构建虚拟电厂为主的分布式电力市场交易模式来直接进行分布式能源资源交易。如通过搭建分布式电力交易平台使虚拟电厂和用户直接实现电力交易以提高交易效率和减少交易成本^[1]。

3.2 需求响应机制创新

需求响应在虚拟电厂中起着至关重要的作用，不断创新需求响应机制能够提升虚拟电厂运营效益。虚拟电厂可探索构建以价格信号为基础的需求响应机制并通过合理电价政策指导用户用电高峰时段降低用电量、用电低谷时段提高用电量来达到电力负荷调节与控制，如推行分时电价和尖峰电价，激励用户参与需求响应。

3.3 辅助服务市场创新

虚拟电厂能够对电网进行调频和调压等辅助业务，辅助业务市场机制创新能够增加虚拟电厂效益。可探索构建一个辅助服务的市场交易平台，使虚拟电厂和电网直接开展辅助服务交易以提高交易效率和减少交易成本。通过搭建辅助服务市场交易平台使虚拟电厂能够按照电网要求提供相关辅助服务并获取相关利益。

3.4 跨区域电力交易创新

虚拟电厂能够实现能源资源跨区域整合与优化调度，跨区域电力交易模式创新能够提升虚拟电厂运行效益。可探索构建跨区域电力交易平台使不同区域虚拟电厂间电力交易以优化能源资源配置。比如通过搭建跨区域电力交易平台使能源资源充足的区域能够将电能输送到能源资源不足的区域，从而达到区域之间能源平衡。

3.5 绿色电力交易创新

在可再生能源迅猛发展的今天，绿色电力交易是电力市场未来发展的趋势。虚拟电厂能够对分布式可再生能源进行资源整合，绿色电力交易模式的创新能够增强可再生能源消纳能力。可探索构建绿色电力交易平台使虚拟电厂和用户直接实现绿色电力交易以提高交易效率和减少交易成本，如通过搭建绿色电力交易平台使用户能够直接从虚拟电厂采购绿色电力以达到支持与促进可再生能源发展的目的。

4 虚拟电厂加速落地的策略

4.1 技术创新与研发

虚拟电厂发展对技术创新和研究开发具有很强的依赖性。分布式能源资源预测管理技术非常关键，对能源产出及需求进行准确预测可以实现资源优化配置。智能控制技术能够实现高效调度并保证系统的平稳运行。利用大数据分析技术，我们可以深入探索其背后的规律，从而增强运营的效果。如通过大数据分析用户用电习惯、合理调度分布式能源发电计划等。通过加大这些关键技术研究与发展，可以提高虚拟电厂智能化程度，强化虚拟电厂在电力市场上的竞争力，继而促进运行效率与可靠性的提高。

4.2 标准制定与统一

统一标准与规范，是虚拟电厂开发的根本。建立虚拟电厂接入标准可以保证不同种类分布式能源成功接入到系统中。明确通信协议及数据格式可以促进虚拟电厂间互联互通。如统一数据格式方便信息共享与分析、增强协同发展能力等。只有建立和统一了这些技术标准才能够保证虚拟电厂能够安全稳定地运行，规避由于标准不一致所带来的兼容性难题，从而为虚拟电厂规模化发展打下坚实的基础，促进产业健康有序地向前发展^[2]。

4.3 政策支持与激励

虚拟电厂要发展，必须有政策扶持与刺激。政府颁布相应的政策并提供补贴、税收优惠等措施可以减少建设、运营成本并吸引更多的企业加入。对虚拟电厂市场主体地位进行了界定，使得虚拟电厂在电力市场中具有清晰的作用与权利。如政策支持可以激励企业增加技术研发投入、改善虚拟电厂性能与服务质量等。与此同时，政策引导还可以促进虚拟电厂和传统能源企业协同推进能源转型和虚拟电厂良性发展。

4.4 市场机制建设

健全的市场机制对于虚拟电厂的发展具有十分重要的意义。建立与完善分布式电力市场交易机制可以实现能源高效交易与优化配置。需求响应机制能够根据市场需求对电力供应进行调整,增强了系统的灵活性。辅助服务市场的交易机制为虚拟电厂开辟了更多的盈利途径。例如,通过需求响应机制来指导用电高峰期间的用户削减电力以减轻电网压力。强化电力市场机制建设可以为虚拟电厂营造有利的市场环境和运营效益。

4.5 合作与交流

虚拟电厂要发展,需要各方面配合和沟通。加强同电网协作,构建协调机制。当电网发生故障的时候虚拟电厂可以快速地做出反应并给予支持。虚拟电厂可以加强同用户的沟通交流,增加用户的参与度及满意度,如在用户中推广虚拟电厂优势并激励其参与需求响应等,或者配合能源企业进行资源整合以促进虚拟电厂的发展。通过各方面的配合和沟通,产生合力促进虚拟电厂更大地在电力系统发挥作用。

5 虚拟电厂对电力交易的影响及未来发展趋势

5.1 虚拟电厂对电力交易的影响

虚拟电厂应运而生,给电力交易带来深刻的冲击。一方面虚拟电厂以独立市场主体身份参与到电力市场竞争与交易中,加大市场竞争程度、提高交易效率、减少交易成本。另一方面,虚拟电厂通过整合分布式能源资源,实现了能源的高效利用和优化调度,为用户提供了更加灵活的电力服务,促进了电力市场的多元化发展^[3]。

5.2 虚拟电厂在电力交易中的优势

电力交易中虚拟电厂的应用,其优势是显而易见。首先,灵活性强,能迅速反应电力市场变化及用户需求,达到电力负荷调节与控制。其次,成本较低,通过分布式能源资源整合,使能源得到共享与优化使用,减少能源生产成本与交易成本。最后,具有良好的环保性,虚拟电厂能够将分布式可再生能源资源整合在一起,增加可再生能源消纳能力、降低对传统化石能源依赖程度、减少碳排放。

5.3 虚拟电厂在电力交易中面临的挑战

虚拟电厂也是电力交易的难点。一是技术标准不一致,各区域虚拟电厂技术标准差异较大,造成虚拟电厂互联互通难度大。二是市场机制不够健全,虚拟电厂市场主体地位不明,影响其发展。三是中国对虚拟电厂缺乏政策支持,虚拟电厂建设与运营成本居高不下,这也限制着虚拟电厂发展。

5.4 虚拟电厂未来发展趋势

伴随着科技的进步与市场的完善,虚拟电厂未来的发展趋势会呈现如下特征:第一,智能化程度越来越高,借助大数据和人工智能技术实现分布式能源资源更准确地管理与调度。第二,多元化发展,虚拟电厂将不仅仅局限于电力领域,还将与其他能源领域(如天然气、热力等)进行融合,实现

多能互补。第三,国际化合作力度会不断加大,国家间在虚拟电厂领域会进行广泛合作与交流,促进虚拟电厂发展。

5.5 虚拟电厂对电力系统的影响

虚拟电厂发展给电力系统带来积极作用。首先,提高电力系统运行的可靠性与稳定性,并通过分布式能源资源的集成来实现对能源的有效利用与优化调度,从而对电力系统进行更灵活地支撑与保障。其次,推动可再生能源发展,虚拟电厂能够整合分布式可再生能源资源、增强可再生能源消纳能力、降低对传统化石能源依赖、减少碳排放。最后,高企推进电力市场改革与创新,虚拟电厂应运而生,给电力市场交易模式的革新带来新机遇,带动电力市场多元化发展^[4]。

5.6 虚拟电厂的发展前景

虚拟电厂作为一种全新的能源管理模式具有极其广阔的发展前景。随着技术的不断发展和市场的持续完善,它在电力系统中的核心地位将变得越来越明显。未来虚拟电厂可望依托先进信息技术与智能控制技术对分布式能源资源进行有效集成。既可以灵活处理电力市场变化及用户需求、精准调节电力负荷,又可以有力推动可再生能源消纳、降低传统化石能源依赖。成为电力系统中一个重要环节的虚拟电厂必然会对能源的可持续发展做出巨大的贡献。

5.7 政策建议

为推动虚拟电厂发展,我国政府应该出台相应政策鼓励其建设与发展。一方面,要加大虚拟电厂技术的研发扶持,提升虚拟电厂智能化水平及运营效益。另一方面,要制定相应政策明确虚拟电厂市场主体地位以推动虚拟电厂良性发展。多大力度构建与完善电力市场机制,营造虚拟电厂良好市场环境。多加国际合作促进虚拟电厂建设。

6 结语

虚拟电厂的加速落地给电力交易提供了全新的格局与契机。通过技术创新,标准统一,政策支持,市场机制建设以及合作交流等战略,能够促进虚拟电厂得到广泛运用,并推动电力交易不断创新发展。虚拟电厂对于提高电力系统运行稳定性与效率,促进可再生能源开发,推进电力市场改革都有着举足轻重的作用。在未来,虚拟电厂预计将在能源行业中扮演更为关键的角色,并为能源的持续发展做出积极贡献。

参考文献

- [1] 孙欣.虚拟电厂加速落地,探路电力交易新模式[N].青岛日报,2024-08-22(003).
- [2] 陈浩.基于内部电力交易的多虚拟电厂优化调度[J/OL].中外能源,1-9[2024-09-22].
- [3] 王桂兰,卓怀宇,卢建刚,等.计及信誉值的虚拟电厂多主体合作博弈交易方法[J].广东电力,2024,37(8):26-34.
- [4] 刘甲林,高琳,李静.基于区块链的虚拟电厂交易安全优化调度研究[J].信息记录材料,2024,25(8):213-216.

Comprehensive Optimization and Scheduling Strategy for Zoning Virtual Power Plants Considering Low-carbon Energy

Yong Zhu¹ Yaxuan Wang² Hailong Zhang²

1. Chongqing Huizhi Energy Co., Ltd., Chongqing, 400010, China

2. Beijing Zhaowa Cloud Data Technology Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract

The research on virtual power plants has attracted widespread attention both domestically and internationally. In recent years, many countries or regions around the world have successively issued policies and regulations to support the development of virtual power plants. Therefore, this paper conducts in-depth research on the integrated optimization scheduling strategy of partitioned virtual power plants considering the impact of low-carbon energy, and analyzes the challenges and opportunities encountered by virtual power plants in the current energy situation. Based on the characteristics of each region, effective optimization scheduling schemes are proposed. Its purpose is to improve energy efficiency, reduce carbon emissions, and promote sustainable development, in order to provide theoretical support and practical guidance for the operation and management of virtual power plants.

Keywords

low carbonization of energy; regional division; virtual power plant; optimize scheduling

考虑能源低碳化的分区域虚拟电厂综合优化调度策略

朱勇¹ 王雅萱² 张海龙²

1. 重庆汇智能源有限公司, 中国 · 重庆 400010

2. 北京兆瓦云数据科技有限公司, 中国 · 北京 100000

摘要

虚拟电厂研究已引起国内外的普遍重视, 近年来世界上许多国家或地区都陆续颁布了许多扶持虚拟电厂发展的政策与法规。为此, 论文对计及能源低碳化影响的分区域虚拟电厂一体化优化调度策略进行了深入的研究, 并且分析了虚拟电厂在目前能源形势下所遇到的挑战和机会, 根据分区域特点提出了行之有效的优化调度方案。其目的是提高能源利用效率、减少碳排放和可持续发展, 以期对虚拟电厂运营及管理起到理论支持和实践指导作用。

关键词

能源低碳化; 分区域; 虚拟电厂; 优化调度

1 引言

在全球能源危机与环境问题不断加剧的背景下, 能源低碳化是未来能源发展必然趋势。作为一种创新的能源管理方式, 虚拟电厂有能力整合分散的能源资源, 从而达到能源的高效使用和最优调度。分区域条件下虚拟电厂所面对的能源需求, 资源分布以及政策环境各不相同。因此, 开展能源低碳化影响的分区域虚拟电厂一体化优化调度策略研究具有一定的实际意义。通过合理调度策略能够提升虚拟电厂运行效率、减少能源消耗与碳排放、促进可持续发展。

2 能源低碳化背景下虚拟电厂的发展现状

【作者简介】朱勇(1970-), 男, 中国重庆人, 工程师, 从事电力市场研究。

2.1 虚拟电厂的概念与特点

虚拟电厂是一种通过先进的信息技术和智能控制技术, 将分布式能源资源(如分布式发电、储能设备、需求响应资源)整合起来, 实现了能源高效利用, 优化调度等能源管理模式。虚拟电厂灵活性强, 响应迅速, 造价低廉, 能够有效提升能源系统运行的可靠性与稳定性。比如当电力供应吃紧时, 虚拟电厂能够迅速做出反应, 动员分布式能源资源来支撑电网。

2.2 能源低碳化对虚拟电厂的要求

能源的低碳化需要虚拟电厂运行时尽量地减少碳排放和能源利用效率。这要求虚拟电厂调度时必须充分考虑分布式能源资源低碳特点, 如可再生能源发电占比和储能设备充放电策略。同时, 虚拟电厂也需与电网协调互动以达到能源优化配置及低碳排放。另外, 虚拟电厂可以通过参与电力市场交易向电网销售过剩的可再生能源电力来减少碳排放。

2.3 分区域虚拟电厂的特点与挑战

分区虚拟电厂因各地区能源需求,资源分布及政策环境不同而有其自身特点与挑战。比如某些区域拥有丰富的可再生能源,但是对能源的需求量比较少;而有些区域对能源的需求量更大,可再生能源资源却比较缺乏。这就要求我们必须针对不同地区的特点制定出对应的优化调度策略以达到能源合理分配与高效利用。同时,分区虚拟电厂也需考虑地区间协调互动以避免能源供应失衡。

2.4 现有虚拟电厂调度策略的不足

当前虚拟电厂调度策略多是针对经济效益而制定,缺少能源低碳化考虑。同时已有调度策略对分区域条件缺乏适应性,很难适应不同地区的要求。比如有些调度策略对于可再生能源丰富的区域可能会有更好的结果,而对于能源需求大的区域则很难奏效。另外,已有的调度策略考虑了分布式能源资源不确定性问题,易造成调度结果不符合实际情况。

2.5 分区域虚拟电厂综合优化调度的必要性

为实现能源低碳化、可持续发展,必须对分区虚拟电厂进行全面优化调度。综合优化调度在兼顾经济效益的同时,还必须充分考虑能源的低碳化与环境效益。同时综合优化调度也需针对不同地区特点制定出相应调度策略以达到能源合理分配与高效利用。另外,综合优化调度需考虑分布式能源资源不确定因素,增强调度结果可靠性与稳定性。

3 考虑能源低碳化的分区域虚拟电厂综合优化调度原则

3.1 低碳优先原则

对分区虚拟电厂进行全面优化调度时,最重要的是要考虑低碳优先原则。对可再生能源资源进行优先调度可以有效地降低对传统化石能源依赖和碳排放。比如太阳能,风能和水电这些可再生能源都是洁净和可持续发展的。合理调度储能设备存储可再生能源发电高峰时段的过剩电力并等待用电高峰时段进行投放,不仅可以增加可再生能源消纳能力还可以降低传统能源需求。这样既有利于能源的低碳化又有利于环境保护。

3.2 经济效益原则

经济效益是分区虚拟电厂全面优化调度中不容忽视的一个原则。调度过程中要充分考虑虚拟电厂运行成本与收益。合理地安排分布式能源资源发电方案并参与电力市场交易可以增加虚拟电厂收益。同时对储能设备充放电策略进行优化以降低能源损耗和运营成本。根据市场价格的波动情况,对发电计划进行灵活的调整,使电价较高时发电量更多,效益更高。另外,利用高效储能技术减少充放电时能量损失和能源利用效率^[1]。

3.3 区域协调原则

分区虚拟电厂综合优化调度要求各地区之间协调交互。不同地区虚拟电厂之间要互相配合,以达到合理分配与有效

利用能源。能源需求量大的区域从能源资源充足的区域购电可以达到区域之间能源平衡。例如,一定区域内工业发达且能源需求较大,同时邻近区域内可再生能源充足,跨区域输电满足能源需求较大区域用电需求,地区之间对储能设备和其他资源进行共享以提高资源的利用效率。

3.4 灵活性原则

对分区虚拟电厂进行全面优化调度,要具有灵活性。增加可再生能源资源富集区可再生能源开发利用并发挥优势。而对于能源需求较多的区域,应适当提高传统化石能源发电占比,但是应严格控制碳排放。如针对不同季节能源需求的变化灵活地调整发电结构等。与此同时,虚拟电厂要能够对能源市场变化以及电网需求做出迅速反应,增强能源系统运行可靠性与稳定性。比如在电网发生突发故障的情况下,虚拟电厂可以快速调整发电计划以紧急支援电网。

3.5 可持续发展原则

分区虚拟电厂综合优化调度要遵循可持续发展原则。调度过程充分考虑了能源资源可持续性与环境承载能力,以免能源资源过度开发利用。比如对可再生能源发展规模进行合理规划,以保证资源长期平稳供给。同时,积极普及能源节约与环境保护技术、提高能源利用效率、减少碳排放。

4 考虑能源低碳化的分区域虚拟电厂综合优化调度策略

4.1 建立分区域虚拟电厂模型

构建分区虚拟电厂模型,需要综合考虑各分区特征。该模型应当涵盖分布式能源资源、储能设备和需求响应资源等关键元素,并深入探讨它们之间的互动和相互影响。如分布式发电出力特性在不同能源类型中存在差异,太阳能发电受到天气的影响大,而风能发电存在间歇性等。储能设备充放电效率还会对虚拟电厂运行效率产生影响。另外需求响应资源响应能力又依赖于用户参与程度,电价政策。通过构建综合模型可以对虚拟电厂运行情况进行较好的分析与优化。

4.2 优化分布式能源资源调度

针对不同地区分布式能源资源特征制定优化调度策略。在可再生能源丰富区域对可再生能源进行重点调度,增强可再生能源消纳。如采用智能调度系统在可再生能源出力预测基础上合理调度发电计划。在传统化石能源丰富区域,应适当提高传统化石能源发电比重,但应严控碳排放。同时,对分布式能源资源发电计划进行合理调度,以免造成能源浪费及供应不足^[2]。

4.3 合理安排储能设备充放电策略

储能设备是分区虚拟电厂中的重要角色。合理地安排其充放电策略可以提高能源利用效率和减少碳排放。利用可再生能源进行发电高峰时,把多余的电存储起来,用电高峰时放掉,达到削峰填谷目的。虚拟电厂采用电池储能系统将风能发电多余电量存储于夜间并于日间向用户排放。同时,

根据各地区能源需求及资源分布,对储能设备布局及容量进行合理分配,在能源需求大、可再生能源资源不稳定区域提高储能设备容量。

4.4 引入需求响应资源

在分区域虚拟电厂综合优化调度问题上,需求响应资源的引入能够激励用户参与能源管理。通过建立合理电价政策来指导用户用电高峰期用电削减和用电低谷期用电增长以减轻电网负荷压力,如执行分时电价、高峰时上调电价、低谷时下调电价等。同时,通过智能电表和其他装置对用户用电情况进行实时监控,并对用户用电提出建议,增强了用户能源管理意识。

4.5 加强区域间协调互动

分区域虚拟电厂间要加强协调与互动,以达到合理高效地配置能源。能源需求量大的区域从能源资源充足的区域购电以达到区域之间能源平衡。如搭建跨区域电力交易平台、推动能源优化配置等。同时,地区之间对储能设备和其他资源进行共享以提高资源的利用效率。如多地区联合投资建设的大型储能设施按需共享利用。另外,构建区域间能源交易市场以推动能源优化配置与有效利用。如通过市场机制引导能源资源流向需求较大区域^[9]。

5 考虑能源低碳化的分区域虚拟电厂综合优化调度实施步骤

5.1 数据收集与分析

在计及能源低碳化因素的分区域虚拟电厂一体化优化调度问题上,数据的采集和分析是关键。我们需要搜集各个地区的能源需求信息,这包括电力使用的高峰和低谷时段,以及不同行业的电力使用特性等。同时,对资源分布进行了详细的了解,如各个地区可再生能源储量,传统能源的分布,虚拟电厂还分析了政策环境在能源发展中的作用,如补贴政策促进了可再生能源的发展。通过对这些数据进行分析可以准确地掌握各个地区的特征,从而为之后调度策略的制定打下坚实的基础。

5.2 建立优化调度模型

构建优化调度模型的目标函数要兼顾经济效益最大与碳排放最小。约束条件应有效体现能源供需平衡并保证虚拟电厂平稳运行。如针对分布式能源资源出力特性,设定出力限制以避免产生过多电能或者不充分电能。同时,兼顾储能设备充放电效率及容量限制以保证合理工作。另外,决策变量要覆盖分布式能源资源发电计划,储能设备充放电策略,使得模型能够综合反映虚拟电厂运行状况,从而为优化调度提供准确方案。

5.3 求解优化调度模型

选择适当的优化算法对模型进行求解,这是关键的一步。遗传算法可以模拟生物的进化过程来搜索最优解。粒子群算法是通过粒子之间的集体合作来寻找最佳答案的。求解时,应结合实际情况对算法参数进行调整,从而提高求解的效率与精度,如对遗传算法中交叉概率与变异概率进行调整,使得算法能够很好地满足不同地区虚拟电厂的特性。

5.4 实施优化调度策略

在优化调度策略执行过程中,需要强化虚拟电厂监控与管理。对能源生产,存储与消耗进行实时监控,保证调度策略成功实施。同时,针对可再生能源出力不稳和能源需求骤变等现实运行突发状况适时调整调度策略。通过灵活调整提高了调度策略适应性与有效性,确保虚拟电厂平稳运行与能源高效利用^[4]。

5.5 效果评估与反馈

评价所执行调度策略的效果可以综合考虑经济效益,碳排放和能源利用效率。如比较实施前、后能源成本与效益、测算碳排放减少量、评价能源利用效率提高幅度等。通过效果评估及时发现调度策略存在问题并向优化调度模型传输反馈信息,从而进一步优化完善策略。

6 结语

考虑能源低碳化问题的分区域虚拟电厂一体化优化调度策略,是能源可持续发展重要路径选择之一。通过构建分区域虚拟电厂模型,对分布式能源资源进行优化调度,合理安排储能设备的充放电策略,引入需求响应资源,增强地区间的协调互动,提高虚拟电厂运行效率并减少碳排放,达到经济效益,环境效益以及社会效益多方共赢。执行过程需强化数据的采集和分析,优化调度模型的构建,模型的求解,调度策略的执行,效果的评价和反馈以及不断优化和完善的环节,以及加大政策支持和配合力度共同促进虚拟电厂发展等。展望未来,随着科技的持续发展和相关政策的进一步完善,虚拟电厂在实现能源的低碳化和可持续发展方面将扮演越来越关键的角色。

参考文献

- [1] 刘晓鸥,李伟,黄晶晶,等.考虑能源低碳化的分区域虚拟电厂综合优化调度策略[J].电力勘测设计,2024(8):21-28.
- [2] 牛壮壮,刘三明,刘扬.基于能源路由器的多区域虚拟电厂优化调度[J].电测与仪表,2020,57(24):84-92.
- [3] 范宏,陆晓霄.基于HSS算法的多区域虚拟电厂综合能源调度[J].电测与仪表,2021,58(1):124-130.
- [4] 周亦洲,孙国强,黄文进,等.多区域虚拟电厂综合能源协调调度优化模型[J].中国电机工程学报,2017,37(23):6780-6790+7069.

Analysis of the Impact of Policy Support on the Development of New Energy Power Projects

Peichao Su

National Energy Group, Yining, Xinjiang, 835000, China

Abstract

Policy support plays a vital role in the development of new energy and power projects. As the global focus on climate change and environmental protection intensifies, governments have launched a series of incentive policies to promote the technological progress and market application of new energy power. Policy support includes not only direct economic incentives such as fiscal subsidies, tax incentives and low-interest loans, but also covers indirect measures such as planning licensing, subsidy system and green certification. It helps to reduce the initial investment cost of new energy projects, shorten the return cycle, and improve the economic feasibility of the project. Policy support can also stimulate investment enthusiasm in the market, attract capital injection from the private sector, and promote technological innovation and the improvement of the industrial chain. For example, long-term and stable subsidy policies can provide investors with reliable income expectations and increase their investment confidence in new energy projects. Policy changes may pose a risk to the long-term development of the project, emphasizing the importance of policy stability and foresight.

Keywords

policy support; new energy and electric power; development

政策支持对新能源电力项目发展的影响分析

苏佩超

国家能源集团, 中国·新疆伊宁 835000

摘要

政策支持在新能源电力项目发展中扮演着至关重要的角色。随着全球对气候变化和环境保护关注的加剧, 各国政府纷纷推出一系列激励政策, 以推动新能源电力的技术进步和市场应用。政策支持不仅包括财政补贴、税收优惠和低息贷款等直接经济激励, 还涵盖了规划许可、补贴制度和绿色认证等间接措施。有助于降低新能源项目的初始投资成本, 缩短回报周期, 提高项目的经济可行性。政策支持还能够激发市场的投资热情, 吸引私营部门的资金注入, 并推动技术创新和产业链的完善。例如, 长期稳定的补贴政策可以为投资者提供可靠的收益预期, 可增加对新能源项目的投资信心。政策的变化则可能对项目的长期发展构成风险, 强调了政策稳定性和前瞻性的重要性。

关键词

政策支持; 新能源电力; 发展

1 引言

政策支持不仅是新能源电力项目成功实施的关键驱动力, 也是推动可持续能源转型的重要保障。为了实现全球减排目标和能源结构优化, 各国需要继续完善和调整相关政策, 以确保新能源电力行业的健康发展。

2 政策支持的类型及其作用

2.1 财政补贴

财政补贴是政府对新能源电力项目的直接经济支持形式, 包括直接资金投入、补贴和奖励等。此类支持能够有效

降低项目初期投资成本, 提高项目的经济可行性。通常包括直接资金投入和投资补助。例如, 政府可以为新能源电力项目提供一次性的建设补贴, 帮助缓解项目初期的资金压力。这种补贴通常根据项目的规模和技术类型进行分配, 目的在于降低项目的启动成本, 使其在经济上更具吸引力。还可能设立专项基金, 用于支持新能源电力项目的技术研发和创新。这些基金不仅用于支持前沿技术的开发, 还用于支持商业化过程中面临的技术难题。通过这种方式, 财政支持能够加速技术进步, 提高新能源电力的整体竞争力。可能包括对新能源电力项目的贷款利息补贴。这种补贴形式可以降低项目融资的成本, 缓解资金链压力, 从而使得项目能够顺利推进。通过降低贷款利率, 政府帮助项目方减轻了融资负担, 提高了项目的经济可行性。

【作者简介】苏佩超(1988-), 满族, 中国新疆伊犁人, 硕士, 工程师, 从事新能源为主的新型电力系统研究。

2.2 税收优惠

税收优惠政策如投资税收抵免和减免税等，能够降低企业税负，从而改善其财务状况。这类政策通常对企业的长期发展和市场竞争力有积极影响。政府可能对新能源电力设备的购买和服务实行增值税减免或免税，以降低项目的整体成本。这种措施不仅有助于降低设备采购成本，还能推动更多企业参与到新能源领域中来。国家还可能提供研发费用加计扣除政策。企业在进行新能源技术研发时，可以将研发投入费用按照一定比例在计算应纳税所得额时加计扣除，从而进一步减少应缴纳的税款。这一政策鼓励企业增加研发投入，加速技术创新，提高新能源项目的技术水平和市场竞争力。地方政府也可能配合中央政策，提供地方税收优惠。例如，地方政府可能对新能源项目的土地使用税、房产税等地方税种给予减免，进一步减轻企业的税负。

2.3 低息贷款

低息贷款政策通过提供较低利率的融资条件，减轻了新能源项目的财务压力，促进了项目的资金流动性和建设速度。在面对新能源市场的激烈竞争时，企业通过获得低息贷款能够在技术创新和市场拓展上保持优势，推动项目的顺利推进。同时，政策的支持还可以吸引更多的民间资本和外资参与新能源领域，进一步促进整个行业的健康发展。

2.4 规划和许可政策

政府通过简化项目审批流程、加快许可审批速度，减少不必要的手续和时间，政府可以加快项目的实施速度。这种政策改进能够缩短从项目立项到建设完成的时间，提升企业的投资回报率。特别是在复杂的新能源项目中，如风电和太阳能发电，快速高效的许可程序能够显著降低项目的市场风险。为新能源项目提供便利。此外，明确的规划政策可以减少项目实施过程中的不确定性。

2.5 绿色认证和市场激励

绿色认证制度为新能源项目提供了市场认可，促进了绿色产品和技术的市场推广。市场激励包括绿色电力交易和碳交易市场等，有助于提高新能源电力的市场竞争力。

3 政策支持对新能源电力项目的具体影响

3.1 经济影响

经济影响深远且多方面，涉及投资成本、运营收益、市场竞争力及长期可持续发展等多个层面。这些政策支持通常包括财政补贴、税收优惠和优惠贷款等，这些措施共同作用，显著提升了新能源电力项目的经济吸引力，并对整个行业产生了积极的影响。政策支持能够有效降低新能源项目的初始投资成本，提高其经济可行性。财政补贴和税收优惠使得投资回收期缩短，吸引了更多的私人投资。

财政补贴政策直接降低了新能源电力项目的初始投资成本。新能源项目，尤其是太阳能、风能等技术，其前期建设成本通常较高。政府通过提供建设补贴或直接资金支持，

帮助企业减少初期资金投入。这不仅缓解了企业的财务压力，还降低了投资风险，使得新能源电力项目在经济上更具吸引力。这种补贴的存在可以鼓励更多企业参与新能源项目投资，推动技术进步和市场扩展。

税收优惠政策进一步优化了新能源电力项目的经济效益。通过降低企业所得税率、提供增值税减免、研发费用加计扣除等措施，政府有效地减少了企业的税务负担。这些税收优惠政策不仅降低了项目的整体运营成本，还增强了企业的资金流动性和财务健康状况。例如，企业所得税减免使得企业能够将节省下来的资金用于技术研发和项目扩展，从而提高了项目的技术水平和市场竞争力。此外，研发费用加计扣除政策激励企业增加对新能源技术的研发投入，加速了技术创新，推动了新技术的商业化应用。

优惠贷款政策也是政策支持的重要组成部分。政府通过提供低利率贷款或贷款利息补贴，降低了新能源电力项目的融资成本。由于新能源项目的融资需求通常较大，优惠贷款可以显著减轻企业的融资压力，帮助项目顺利推进。较低的贷款利率使得企业能够以更低成本获得必要的资金，进一步改善了项目的经济可行性和回报率。

政策支持对新能源电力项目的经济影响还体现在市场竞争力的提升上。政府的各类支持措施提高了新能源电力项目的经济吸引力，使得新能源电力在与传统能源的竞争中占据了有利位置。政策支持不仅提升了新能源电力的市场份额，还促进了相关产业链的发展。例如，新能源电力项目的快速发展带动了上下游产业的增长，包括设备制造、维护服务及技术支持等领域。这种产业链效应不仅创造了大量就业机会，还推动了区域经济的发展。

政策支持对长期可持续发展产生了积极影响。政府通过制定长期稳定的支持政策，为新能源电力项目的持续发展提供了政策保障。稳定的政策环境能够增强投资者的信心，吸引更多的资金流入新能源领域，从而促进行业的健康发展。政策支持还助力于实现能源结构的优化和转型，推动绿色低碳发展目标的实现。

3.2 技术进步

政策支持通过资金投入和市场激励，促进了新能源技术的研发和创新。政府的支持政策能够加速技术的商业化进程，提高技术的市场竞争力。政府提供的财政补贴通常用于补偿新能源电力项目的初期研发成本和技术测试费用。例如，太阳能光伏、风能等新兴技术在早期阶段面临较高的研发和生产成本。财政补贴可以缓解企业在技术创新初期的财务压力，使得企业能够集中资源进行技术研发和优化，从而加速技术的成熟和应用。以太阳能电池为例，国家补贴政策使得研发机构和企业能够投入更多资金进行技术突破，从而大幅提升了太阳能电池的转换效率和成本效益。

政策支持还通过激励措施促进产学研合作，推动技术的快速转化。政府鼓励企业与高校、科研机构合作，进行技

术联合研发和成果转化。产学研合作模式可以充分发挥各方的技术优势和资源整合能力,加速技术创新和产业化进程。例如,政府资助的产学研项目可以支持高校和企业联合开展新能源技术研究,推动实验室成果转化为实际应用技术。这样不仅促进了技术的快速发展,还推动了技术成果的实际应用和市场化。

3.3 市场发展

政策支持创造了有利的市场环境,推动了新能源电力市场的扩展。政府的激励措施增加了市场需求,同时也促进了相关产业链的完善和发展。政府通过制定和实施各种法规和标准,为新能源电力项目提供了明确的市场导向和操作规范。例如,制定的能源规划和目标,明确了新能源电力在未来能源结构中的地位和比例,这有助于引导市场投资方向和预期。政策推动的行业标准和技术规范,确保了新能源电力项目在设计、建设和运营中的一致性和可靠性,提高了项目的市场接受度和用户信任度。通过标准化,新能源电力项目的技术要求和质量水平得到了规范化,有效提升了市场对其的认可度和信心。

政府政策还通过促进融资渠道的拓展,推动了新能源电力项目的市场化进程。新能源电力项目的建设通常需要大量的资金投入,融资问题一直是制约项目发展的重要因素。政府通过支持绿色金融、设立绿色债券、提供贷款贴息等措施,拓宽了新能源电力项目的融资渠道,降低了融资成本。例如,政府支持绿色金融产品的发展,推动了绿色债券的发行,这些举措为新能源电力项目提供了稳定的资金来源,推动了项目的顺利实施和市场扩展。

4 政策实施中的挑战与问题

4.1 政策的不确定性

政策的不稳定性可能会导致市场预期不确定,从而影响投资者的信心和项目的长期规划。

4.2 政策执行中的障碍

在政策执行过程中,可能存在地方政府执行力度不均、政策配套不足、政策执行不一致、缺乏有效监管等问题,这些都可能影响政策效果的发挥。

4.3 财政压力

大规模的财政补贴和税收优惠政策可能会对政府财政产生压力,需要权衡财政可持续性和政策支持力度之间的平衡。

5 政策优化建议

5.1 完善政策体系

建议政府制定更为系统和完善的政策框架,包括长期

稳定的支持政策的连续性、稳定性和灵活的调整机制,建立长期的政策框架,并在政策调整时提供明确的过渡期。以适应市场和技术的发展变化。此外,可以设立政策预告机制,让企业和投资者提前了解政策变化,并进行相应的调整。

5.2 提升政策透明度

中央政府应制定清晰明确的执行规范,并通过定期评估和监督,确保各地政策执行的一致性和有效性。同时,国家可以通过建立信息共享平台,促进不同地区之间的经验交流和最佳实践分享,以推动政策执行的标准化。政府需要加强政策信息的公开和宣传,增强政策的可预见性,确保所有相关方能够及时获取准确的信息。政府可以通过官方网站、媒体发布等多种渠道,广泛传播政策信息,并提供政策解读和咨询服务,帮助项目方和投资者更好地理解和应用政策。政府应设立专门的监管机构,定期对政策执行情况进行检查,并对违规行为进行严厉打击。此外,可以通过引入第三方评估机构,增加监管的独立性和公正性,提高政策执行的透明度。中央与地方政府的职能分工,确保地方政府在执行政策时能够严格遵循国家的总体方针。同时,可以通过建立跨部门协调机制,促进中央与地方政府之间的合作与沟通,确保政策目标的统一实现。

6 结语

政策支持对新能源电力项目的发展具有重要影响。通过财政补贴、税收优惠、低息贷款、规划许可和市场激励等多种政策措施,政府能够有效促进新能源项目的投资和技术进步。然而,政策实施过程中也存在一定的挑战,需要不断优化和调整政策以适应发展需求。未来的政策制定应注重系统性、稳定性和透明度,以促进新能源电力行业的持续健康发展。

参考文献

- [1] 李鸣.建设工程项目数字化管理的探索与实践[J].中国建设信息化,2024(4).
- [2] 刘占省,刘俊杰,及炜煜,等.基于数字孪生的建筑工程交付模型建立及应用研究[J].建筑结构学报,2024(4).
- [3] 傅煜.建设工程项目数字化协同管理平台研究[J].工程技术研究,2022(12).
- [4] 贺晓钢,黄志宏,敖翔,等.基于GIS+BIM融合的建设工程项目数字化管理平台研究与应用[J].水利规划与设计,2021(10).
- [5] 喻敏华.电力工程“基建财务一体化管控”模型的研究与应用[J].电力与能源,2020(1).
- [6] 李号彩,李志金.电力企业工程建设管理系统设计与应用[J].电力信息化,2013(2).

Design of Ship Incinerator Simulator under Carbon Neutrality Background

Xichen Han

Maritime College, Tianjin University of Technology, Tianjin, 300384, China

Abstract

As the emission requirements of ships are gradually increasing, and students majoring in ship electronics and electrical engineering are required to independently undertake the maintenance of ship electronic and electrical equipment after their promotion, so students are required to have the ability to operate and maintain ship anti-pollution equipment during their study in school. The paper designs a ship incinerator simulator to enable students to master ship emission standards during their school years, and to have the ability to operate, maintain, and upkeep ship pollution prevention equipment. Through the programming of PLC and the design of related fault functions, students can have the ability to search for relevant faults based on circuit diagrams. The use of physical simulation devices can enhance the real experience of ship equipment operation, and experience ship equipment operation through touch screens or virtual operation technology. In navigation teaching, students can simulate and experience real operations, and their equipment operation and fault finding abilities can be significantly improved. Ship incinerator simulators can save space, reduce costs, and facilitate large-scale teaching and training.

Keywords

ship incinerator; simulator; Siemens PLC

碳中和背景下船舶焚烧炉模拟器设计

韩熙琛

天津理工大学海运学院, 中国·天津 300384

摘要

随着船舶排放要求逐渐增多, 船舶电子电气专业学生在提职之后需要独立承担船舶电子、电气设备的维护保养工作, 因此要求学生在校学习期间便具有能够操作和维护保养船舶防污染设备的能力。论文通过对船舶焚烧炉模拟器的设计, 使学生能够在校期间掌握船舶排放标准的基础上, 具有操作、维护以及保养船舶防污染设备的能力, 通过PLC的程序设计, 相关故障功能的设计, 使其能够具有根据电路图查找相关故障的能力, 采用物理仿真装置则可以增强船舶设备操作的真实体验感, 通过触摸屏或虚拟操作技术来体验船舶设备操作。在航海教学中, 学员能够真实地进行模拟操作和体验, 设备操作能力和故障查找能力可以得到显著提高。船舶焚烧炉模拟器可以节约空间, 降低成本, 有利于开展规模教学和培训。

关键词

船舶焚烧炉; 模拟器; 西门子逻辑控制器

1 引言

近年来, 随着碳中和概念的提出, 防治污染成为一个重要课题, 而其中船舶垃圾处理是重中之重。国际海事组织IMO在MARPOL73/78公约的基础上作出以下要求: 首先大中型船舶需配备焚烧炉^[1]。国外如英国哈姆公司、日本的日立公司都发展出自己的焚烧炉产品, 并广泛应用^[2], 中国中船重工也制造了国产的船用焚烧炉, 虽性能参数各有不同, 但基本工作原理相似, 由于经费、环保等要求, 难以通过真实设备进行演练, 而船公司在面试时要求对基本防污染设备有操作以及维护保养要求, 由此, 开发相对真实的船用

焚烧炉模拟器具有实践性要求。开展模拟器综合实践, 能够形成以强化操作实践教学、突出综合能力培养、增强岗位适应契合为目标的应用型海运人才培养思路^[3]。

2 设计思路

2.1 系统整体设计

船舶焚烧炉模拟器的设计目标是同时满足实时操作要求, 并设计相关实体电路故障并进行排查, 通过上位组态软件和下位PLC相结合, 上位机要能够显示船舶焚烧炉的点火逻辑过程、燃烧状态以及保护功能的状态显示, 设计有触摸按钮、模拟仪表等器件。下位机采用西门子PLC技术编写相关启动、燃烧以及安保的操作程序, 物理仿真装置为组态王界面形成的船舶焚烧炉模拟器操作平台。上位机和下位机的连接采用当前主流的以太网通信, 下位机与物理仿真装

【作者简介】韩熙琛(2004-), 男, 中国河南郑州人, 本科, 从事船舶主机遥控研究。

置进行数据交换。

船舶焚烧炉模拟器的上位机采用组态软件开发虚拟仪表显示界面，通过以太网与下位机 PLC 进行通信，响应速度能够满足船舶焚烧炉模拟器的设计需求。下位机选用 AMSAMOTION 公司的 CPU224XP-E 以太网型 PLC 作为主机。它包含有两个 RS485 通讯接口和一个 RJ45 接口，可与上位机组态软件进行通信。

2.2 设计要求

该控制系统能够通过上位机与下位机的配合，实现模拟焚烧炉的启动程序控制、燃烧逻辑控制以及安保等功能。在启动程序控制中实现船用焚烧炉预扫风、点火、喷油、燃烧以及熄火后的后扫风等动作。其控制系统的模拟功能能够在燃烧逻辑控制中实现喷油量控制、风门开度控制以及炉膛温度等参数进行全方位监测，通过少量的柴油消耗实现船舶固体垃圾或液体垃圾的焚烧。

2.3 船用焚烧炉主电路设计

船用焚烧炉主电路的主要设备熔断器、变压器、主断路器、相关设备断路器、热继电器、交流接触器、搅拌机马达、风机马达、油头马达等，如图 1 所示。

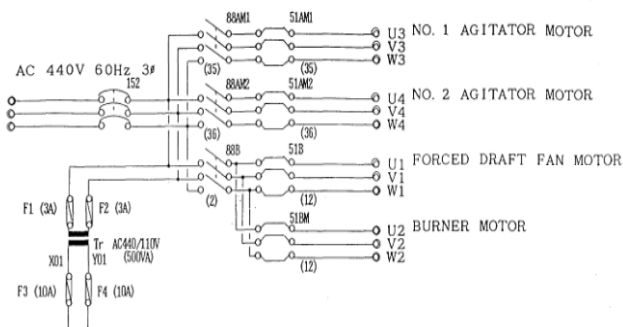


图 1 主电路设计图

2.4 软件程序设计

2.4.1 顺序启动

满足船用焚烧炉顺序启动的相关流程，固体垃圾焚烧过程中，垃圾通过燃烧室的排渣口进入燃烧室。由于废水中的含水量较高，需要在燃烧室内安装一台柴油燃烧器，以在燃烧室内使其燃烧。一旦启动，废气风扇将废气排放出去，并在室内形成负压，从而使废物完全燃烧。接下来第二个柴油燃烧器将被关闭，在燃烧过程中，控制系统通过感光电阻监测室内温度，并自动调节排气管和排气扇的排气流速。在燃烧过程中，液体垃圾通过输送泵流入淤泥箱。当箱内的水位上升到特定高度时，电动机将自动停止运行。然后容器仓内的管道电泵将一部分污泥残留输送至焚烧炉。随后，部分污泥通过回流管道重新输送至舱内，使残渣与水进行相应的混合处理。这样可以优化污泥的处理效果，提高焚烧效率。

2.4.2 监控系统界面组成

仿真控制系统界面如图 2 所示，通过流动液体模型能够显示液体流动方向，能采集并显示焚烧炉的排烟温度以及

内压情况，在界面中污油柜的液位以及污油温度。并对关联设备的运行情况进行监测，如柴油泵、循环泵等，如图 3 所示。



图 2 控制系统界面

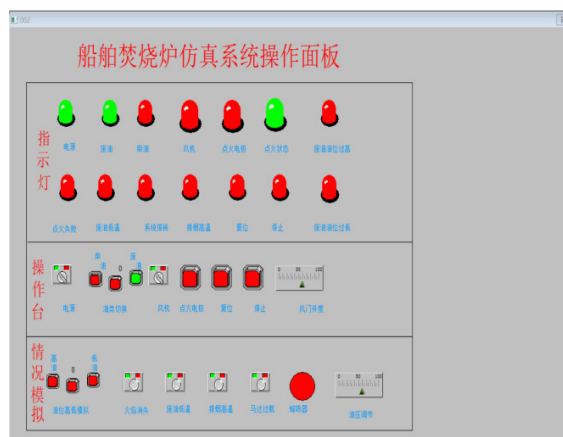


图 3 操作面板界面

①控制系统界面实时监控画面能够直观地显示相关设备的运行状态以及关键参数，如废油温度、排烟温度等。这有助于操作人员实时掌握焚烧炉的运行情况，并可根据需要调整参数，确保焚烧炉保持最佳工作状态。同时还可以直接进行柴油柜充油、废油柜充油、点火等操作，便于模拟船舶焚烧炉的各种状态。

②指示灯界面显示了设备状态和重要参数（电源、点火状态、油位状态、风机）；画面中的指示灯停止的时候为红色，运行状态为绿色。

③操作台使操作者能够选择和控制在船用焚烧炉的燃烧模式及工作模式。同时，可以对风机、油类等设备进行手动启动和停止操作。运行状态指示器通过红灯和绿灯显示设备的运行状态，红灯表示设备已停止，绿灯表示设备正在运行。

④情况模拟用于显示各种报警信号。当某个故障报警时，相应的报警灯将闪烁。操作人员可以按下蜂鸣器按钮，使警报保持常亮。在故障得到解决后，警报将自动停止。

⑤主页面中相关功能如果需要更改，可以点击“参数设置”的键位，即可进入设定参数的控制界面，然后改变相应参数。

2.4.3 故障的监测与处理

船用焚烧炉作为一种高效、环保的垃圾处理设备，广

泛应用于各类船舶。其监控系统能够对焚烧炉的一些关键开量和模拟量进行严密的监控。一旦监控的参数达到报警状态,系统将立即发出声音和图像报警,以便于船员及时采取措施。同时,报警信号会被传送到机旁、集控室和相关船员的房间,使得相关人员能够迅速了解情况。此外,该报警系统还与机舱集中监控系统相互连接,从而确保了船用焚烧炉的安全稳定运行。

船用焚烧炉在运行过程中,可能会遇到各种故障,需要对其进行有效的监控和处理。监控系统通过对焚烧炉各个部分进行实时监测,及时发现并处理故障,从而保障焚烧炉的安全稳定运行。此外,监控系统还可以对船用焚烧炉的运行数据进行记录和分析,为设备维护和优化提供有力支持。

2.4.4 运行参数的设置与修改

船用焚烧炉监控系统具有高度的可操作性和灵活性,能够对焚烧炉的一些重要运行参数进行采集和显示。监控系统允许操作人员在焚烧炉运行过程中调整参数设置,如温度、压力、风量等。通过优化这些参数,可以使船用焚烧炉始终保持在最佳工作状态,提高垃圾处理效率,减少污染物排放。同时,监控系统还会对修改后的参数进行记录和跟踪,以便于定期评估和优化焚烧炉的运行性能。值得注意的是,监控系统还具有故障诊断和报警功能。在发现异常情况后,系统会立即发出报警信号,并通知相关人员进行处理。有助于减少因设备故障导致的意外停机,保障船用焚烧炉的安全稳定运行^[4]。

2.4.5 系统及设备的运行控制

监控系统能对船用焚烧炉的燃烧模式和工作模式进行选择控制,对所有设备进行运行和停止的控制。论文设计的船用焚烧炉控制系统是一个实时控制系统,具有快速的响应时间和高效的软件使用效率。该系统采用模块化的自顶向下分析方法进行设计,集中考虑用于控制船舶废污泥和固体生活废弃物的处理燃烧。主要燃烧控制方案分为固体废弃物焚烧、液体废弃物焚烧和除渣三个模块方案,每个大模块方案中又包含了燃烧器控制方案、停止模块工作模块方案、工作模块方案和其他模块方案。这种清晰的子模块划分,有利于简化编程,提高编码效率,节省存储空间,同时也为将来的模块编程添加和修改提供了便利。控制器实现了对温度传送器、压力传送器、火焰检测器等的数据采集,并通过传热元件的燃烧室温度实现对垃圾的控制。根据经验,燃烧室的温度变化主要由排烟排出的热引起。然而,通过保持喷嘴1、喷嘴2、燃烧室中的氧气/废气比例处于合适的数值,可以维持燃烧室的稳定。燃烧室温度的稳定确保了垃圾的完全燃烧,从而提高了燃料的消耗量和焚烧效率。此外,还可以通过一个微型计算机来测量室内的废物燃烧状况,从而实现对船用焚烧炉的燃烧模式和工作模式的选择控制,以及对所有设备的运行和停止的控制。

3 硬件结构

船舶焚烧炉模拟器的硬件部分主要由 MCGS 型触摸屏

和西门子公司的 SIMATIC S7-1200PLC 及两个 RS485 通讯接口和一个 RJ45 接口。

①控制输入部分采用触摸屏技术,其本身由于不需要键盘和鼠标,仅通过人手操作便能灵活输入并显示参数^[5],并且其分辨率较高,人眼认知清晰,能耗低且抗干扰能力强,具有高清、可靠、环保的优势。

②在抗干扰性能上西门子 1200PLC 具有明显优势,并且其运行稳定,西门子 SIMATIC S7-1214PLC 芯片结构为 14 输入 /10 输出共 24 个数字量 I/O 点。可连接 8 个扩展模块,2 路模拟量输入,最大扩展至 284 路数字量 I/O 点或 67 路模拟量 I/O 点,具有较强控制能力的控制器。

在船用焚烧炉控制系统软件的研究过程中,采用了模块化编程的概念。根据船用焚烧炉的运行特点,系统被划分为初始化模块、固体废弃物焚烧模块、油品焚烧模块和通信模块等几个模块子程序。这种模块化设计为整个系统提供了一个坚实的基础。引入模糊控制技术可以提高系统的准确性、稳定性,并明显改善控制效率。模糊控制技术是一种基于模糊逻辑的智能控制方法,能够处理不确定和不精确的信息,从而提高控制系统的适应性。通过模块化设计和模糊控制技术的应用,船用焚烧炉控制系统在性能和管理方面得到了显著提升。

4 结语

模拟器界面的设计简洁明了,易于操作。用户可以在主界面上查看焚烧炉的运行状态、参数值,并实现对焚烧炉系统的手动控制。同时,模拟器还具有实时警报功能,一旦监测到异常情况,如温度过高、压力过低等,将立即发出警报,便于操作人员及时采取措施。为操作人员提供了更加高效、便捷的操控体验。此外,模拟器还支持远程监控功能,可以通过网络连接到服务器,将焚烧炉的运行参数上传到服务器进行存储和分析。这种远程监控功能有助于技术人员和操作人员更好地了解焚烧炉的运行状况,从而实现更加精确的控制和优化。本模拟器可以为船舶焚烧炉系统提供实用的控制和监控功能,有助于提高船舶废污泥和固体生活废弃物的处理效果,减少对环境的污染。对船舶垃圾处理水平的提高和海洋环保意识的增强具有积极推进作用。同时,也有利于提高学生的动手能力和实际操作经验增强学生的环境保护意识。

参考文献

- [1] 钟武华.船舶污油泥焚烧排放数值模拟与风门控制研究[D].厦门:集美大学,2013.
- [2] 陈新恩,覃浩峰,罗胜红,等.一种便于PSC检查的新型船用焚烧炉监控系统[J].中国航海,2015,38(2):114-117.
- [3] 郑尚龙,杨神化,曹宝根.基于航海模拟器的综合实践教学[J].航海教育研究,2019,36(2):63-69.
- [4] 杨江天,赵明元,张志强,等.基于定子电流小波包分析的牵引电机轴承故障诊断[J].铁道学报,2013,35(2):32-36.
- [5] 杨玉琴,李亚宁.触摸屏技术研究及市场进展[J].信息记录材料,2012,13(1):35-46.

Innovative Applications of Cogeneration and Deep Peaking for Thermal Power Units

Tao Wang

Benxi Thermal Power Branch of State Power Investment Corporation Northeast Electric Power Co., Ltd., Benxi, Liaoning, 117000, China

Abstract

In order to thoroughly implement the decisions and deployments of the Party Central Committee and the State Council on promoting pollution prevention and control, carbon peak and carbon neutrality, promote pollution reduction and carbon reduction, and improve the quality of atmospheric ecological environment, during the 14th Five Year Plan period, the scope of winter clean heating in northern regions will be further expanded, and green development will be continuously promoted. The low pressure cylinder zero output and bypass heating technology of thermal power units are gradually innovatively applied, effectively enhancing the unit's heating and deep peak shaving capabilities, improving the living space of thermal power units in the new energy environment, and providing reliable support for the perfect transition of future energy transformation.

Keywords

carbon peak; carbon neutrality; thermal power units; low pressure cylinder zero output; bypass heating; deep peak shaving

火电机组的热电联产和深度调峰的创新应用

王涛

国家电投集团东北电力有限公司本溪热电分公司, 中国·辽宁·本溪 117000

摘要

为深入贯彻落实党中央、国务院有关深入推进污染防治攻坚战、碳达峰和碳中和有关决策部署, 促进减污降碳, 改善大气生态环境质量, “十四五”期间, 进一步扩大北方地区冬季清洁取暖范围, 持续推进绿色发展。火电机组的低压缸零出力及旁路供热技术逐步创新应用, 有效增强了机组供热和深度调峰的能力, 提高了火电机组在新能源大环境下的生存空间, 为未来能源变革的完美过渡提供了可靠支持。

关键词

碳达峰; 碳中和; 火电机组; 低压缸零出力; 旁路供热; 深度调峰

1 引言

中国现阶段的能源结构及稳定性决定了火电仍将长期处于电力行业的主要部分, 然而, 传统火电技术已经不能满足时代发展以及环境保护的要求, 超低排放, 技术创新, 已经成为火电行业在新发展背景下的必由之路。

2 “双碳”背景下火电行业面临的挑战

2.1 碳达峰和碳中和目标解读

力争在 2030 年前实现碳达峰、在 2060 年前实现碳中和, 是中国在新时代背景下促进国家生态发展建设以及促进国际环境保护的工作的重要承诺。“双碳”目标不仅意味着中国在绿色发展道路上迈向新高度, 也对各行各业进行深刻

系统性的变革提出了要求, 以适应在全球能源结构变革的大背景下的可持续发展。

2.2 “双碳”目标对火电行业提出的新要求

对于火电行业要实现“双碳”这一重要战略目标, 关键在于创新变革。2021 年 10 月, 国家发改委、国家能源局下发了发改运行〔2021〕1519 号《关于开展全国煤电机组改造升级的通知》, 重点提出推动煤电行业实施节能降耗改造、供热改造和灵活性改造制造“三改联动”, 持续优化能源电力结构和布局, 深入推进煤电清洁、高效、灵活、低碳、智能化高质量发展, 解决火电机组利用率较低、产品物耗高等问题, 努力实现中国煤电行业碳达峰目标, 同时也为火电行业更快实现绿色转型发展提供了机遇。“三改联动”, 是我国现役煤电机组低碳发展的正确选择和必然趋势。

【作者简介】王涛(1990-), 男, 中国吉林双辽人, 本科, 工程师, 从事发电厂的安全管理或提升研究。

3 火发电机组的供热创新技术

3.1 低压缸零出力技术

低压缸零出力供热突破传统供热机组运行模式，实现了机组低压缸零出力运行，从而降低低压缸的冷却蒸汽进汽量，提高汽轮机电调峰能力和供热抽汽能力。

低压缸零出力技术在低压缸高真空运行条件下，采用可完全密封的液压蝶阀替代现有液压蝶阀，切除低压缸原进汽管道进汽，通过新增旁路管道通入少量的冷却蒸汽，用于带走低压缸零出力后低压转子转动产生的鼓风热量。与改造前相比，提升供热机组灵活性的低压缸零出力技术解除了低压缸最小蒸汽流量的制约，将原进入低压缸的蒸汽用于供热，提高了机组的供热能；在供热量不变的情况下，可显著降低机组发电功率，实现深度调峰。

以某发电厂为例，锅炉为哈尔滨锅炉厂有限公司生产的超临界变压直流煤粉炉，型号HG-1110/25.4-HM，采用一次中间再热、不带再循环泵的大气扩容式启动系统。采用II型布置、单炉膛、尾部双烟道、平衡通风、直流燃烧器四角切圆布置、固态排渣、三分仓回转空气预热器、全钢架紧身封闭布置。锅炉以最大连续蒸发量(B-MCR)工况为设计参数，最大连续蒸发量为1110t/h，机组电负荷为350MW(即额定工况)时，锅炉的额定蒸发量1062.75t/h。

汽轮机组为哈尔滨汽轮机厂有限责任公司制造的超临界、两缸两排汽、一次中间再热、湿冷、抽汽凝汽式汽轮机，型号为C350/293-24.2/0.39/566/566型，八级回热。汽轮机通流部分共39级，其中高压缸I+14级，中压缸12级，低压缸12级对称布置。

①主蒸汽和再热蒸汽管道：主蒸汽、再热蒸汽系统均采用2-1-2连接方式。主蒸汽管道和再热蒸汽管道分别从过热器和再热器出口联箱的两侧引出，在炉前汇成一根总管，到汽轮机前再分成两根支管分别接入高压缸和中压缸左右侧主汽关断阀和再热关断阀。冷再热蒸汽管道从高压缸的两个排汽口引出，在高排止回阀的上游汇成一根总管，到锅炉前再分成两根支管接至再热器入口联箱。

②蒸汽流程：新蒸汽从下部进入置于该机两侧两个固定支承的高压主汽调节联合阀，由每侧各两个调节阀流出，经过4根高压导汽管进入高压缸，进入高压缸的蒸汽通过一个冲动式调节级和14个反动式高压级后，由外缸下部两侧排出进入再热器。再热后的蒸汽从机组两侧的两个再热主汽调节联合阀，由每侧各1个中压调节阀流出，经过两根中压导汽管由中部下半缸进入中压缸，进入中压缸的蒸汽经过12级反动式中压级后，从中压缸上部经过1根 $\phi 1422$ 的连通管进入低压缸。低压缸为双分流结构，蒸汽从通流部分的中部流入，经过正反向各6级反动级后，从两个排汽口向下排入一个排汽装置，在采暖抽汽工况下，连通管上的蝶阀的开度，可根据采暖参数的要求，逐渐关小，使中排区域的压力逐渐升高，然后蒸汽从中压缸下部2- $\Phi 1000$ 的抽汽口抽

走，另一小部分蒸汽进入低压缸，排入冷凝器。

③高中压汽缸：汽轮机采用高、中压汽缸合缸，通流部分对称布置。高中压缸为双层结构，合金钢铸造，通过水平中分面形成上下两半。喷嘴室由合金钢铸成，通过水平中分面形成上下两半，采用中心线定位，支撑在内缸中分面处。主蒸汽进汽管与喷嘴室之间通过弹性密封环滑动连接。

④低压缸：为了减小温度梯度，减少整个缸的绝对膨胀量，汽轮机低压缸设计成3层缸，包括低压外缸、1号内缸、2号内缸，全部由钢板焊接而成。低压缸分成上下两半，各由三部分组成。低压缸两端的汽缸盖上装有两个大气阀，动作压力为0.034~0.048MPa(表压)。低压缸排汽区设有喷水装置，在转子转速达到600r/min时自动投入，降低低压缸温度，保护尾部叶片。

⑤低压缸喷水系统：低压缸喷水系统设计成在转子的转速达到600r/min时自动投入，并在机组带上约15%负荷前及机组正常运行时出现低压缸排汽温度大于79℃时投入运行。当机组的转速达到600r/min时，在控制开关处于自动位置时，电磁阀由来自汽轮机控制系统的一个信号所驱动，或者通过手动操纵开关驱动。电磁阀通电时使气动阀打开，由凝结水泵向喷水系统供水气动调节阀控制通往后汽缸喷水嘴的凝结水量，它通常是关闭的，而当喷水调节阀接收DCS信号并将阀位反馈给DCS，同时阀后压力反馈到DCS以控制合适的喷水压力，这样给各喷水嘴提供均匀的凝结水量。低压缸水管系统配置气动喷水调节阀。

低压缸零出力技术改造前后性能对比：

- ①改造前后抽汽量的变化如表1、图1所示。
- ②改造前后发电功率变化如表2、图2所示。
- ③改造前后供热量变化如表3、图3所示。
- ④改造前后发电煤耗变化如表4、图4所示。

此外，在低压缸零出力投入和退出期间，汽轮机低压缸末级叶片会出现鼓风、颤振及水蚀等安全隐患。所以，应注意以下几点：

①在低压缸零出力投入或退出时，需要规范运行操作，在末级叶片颤振区要快速通过，避免汽轮机振动上升，威胁机组安全运行；

②由于低压缸零出力存在长时间投入情况，末级叶片产生的鼓风摩擦热无法经低压缸排汽排出，低压缸减温水伴随投入，长此以往，末级叶片会出现水蚀现象，需检修期对末级叶片检查，定期防腐。

3.2 汽轮机旁路供热技术

汽轮机高、低旁路联合供热，即从主蒸汽抽汽，经减温减压后接入高压缸排汽；之后从再热蒸汽管道(低压旁路)抽汽作为供热抽汽的补充汽源。该技术是从根本上改变了进入汽轮机的蒸汽流量，只有高旁蒸汽流量与低旁蒸汽流量适当匹配(高旁蒸汽流量=低旁蒸汽流量-高旁减温水流量)，才能保证机组的安全性。所以，高、旁蒸汽流量与低旁蒸汽流量的匹配方式是影响机组安全性的关键因素。

表 1 改造前后抽汽量的变化

项目	单位	100%MS	75%MS	50%MS	40%MS	30%MS
改造前主蒸汽流量	t/h	992.60	721.26	472.90	401.01	340.00
改造前采暖抽汽流量	t/h	500	348	189	140	92
改造后主蒸汽流量	t/h	992.64	721.26	472.90	401.01	340.00
改造后采暖抽汽流量	t/h	572.22	434.55	291.67	247.39	203.61
抽汽流量增加	t/h	72.22	86.55	102.67	107.39	111.61

注：改造前低压缸排汽量 140t/h。

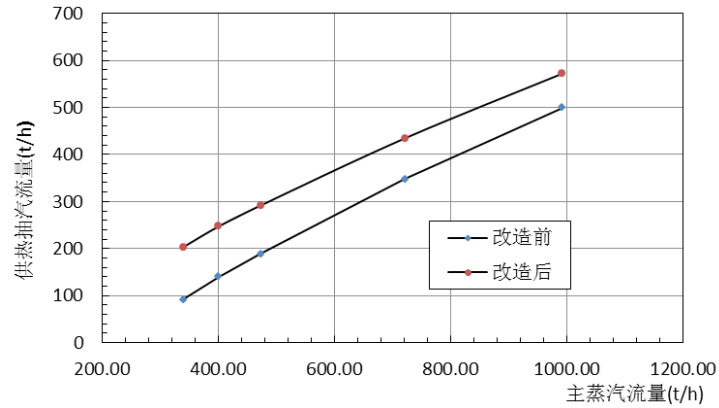


图 1 改造前后抽汽量的变化图

表 2 改造前后发电功率变化

项目	单位	100%MS	75%MS	50%MS	40%MS	30%MS
改造前主蒸汽流量	t/h	992.6	721.3	472.9	401.0	340.0
改造前发电功率	MW	246.53	191.11	135.63	118.93	96.11
改造后主蒸汽流量	t/h	992.64	721.26	472.9	401.01	340
改造后发电功率	MW	225.45	169.82	113.98	97.36	77.14
发电功率降低	MW	21.07	21.28	21.65	21.57	18.97

注：改造前低压缸排汽量 140t/h。

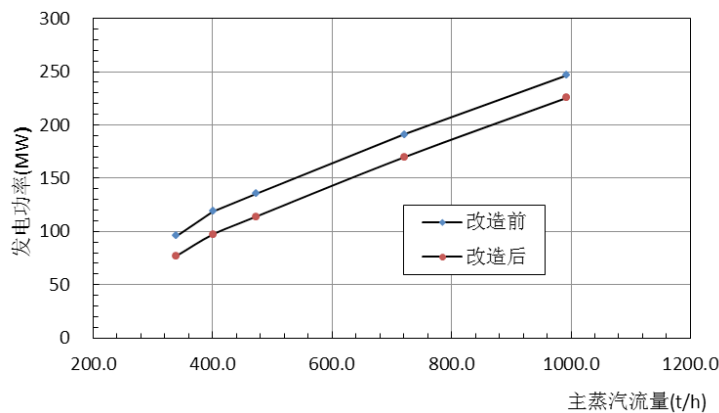


图 2 改造前后发电功率变化图

表 3 改造前后供热量变化

项目	单位	100%MS	75%MS	50%MS	40%MS	30%MS
改造前主蒸汽流量	t/h	992.60	721.26	472.90	401.01	340.00
改造前供热量	MW	362.30	253.35	138.36	102.21	64.63
改造后主蒸汽流量	t/h	992.64	721.26	472.9	401.01	340
改造后供热量	MW	414.6	316.4	213.5	180.6	141.9
供热量增加	MW	52.33	63.01	75.16	78.41	77.27

注：改造前低压缸排汽量 140t/h。

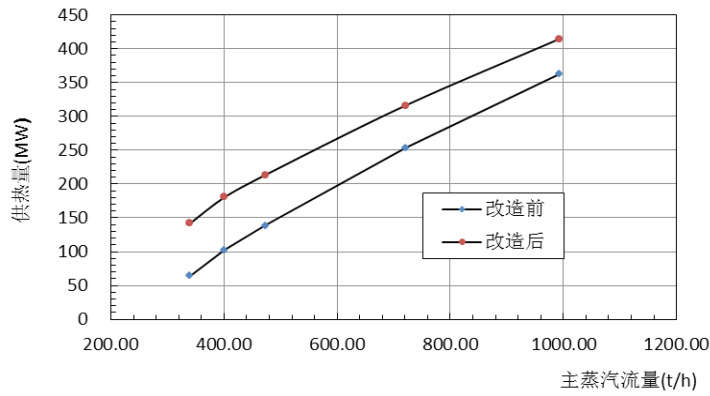


图 3 改造前后供热量变化图

表 4 改造前后发电煤耗变化

项目	单位	100%MS	75%MS	50%MS	40%MS	30%MS
改造前主蒸汽流量	t/h	992.60	721.26	472.90	401.01	340.00
改造前发电煤耗	g/kWh	210.8	223.9	254.5	269.3	298.4
改造后主蒸汽流量	t/h	992.64	721.26	472.9	401.01	340
改造后发电煤耗	g/kWh	199.0	201.5	213.2	219.5	234.8
发电煤耗降低	g/kWh	11.84	22.39	41.32	49.83	63.67

注：改造前低压缸排汽量 140t/h。

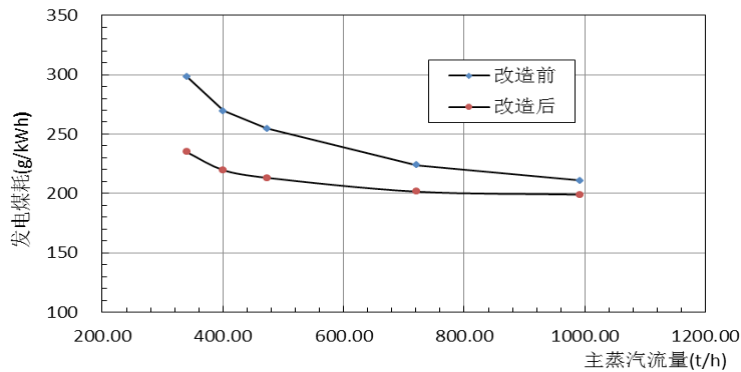


图 4 改造前后发电煤耗变化图

综合表5数据和图例，在机组原有的抽汽供热条件下，对比相同的供热量时，机组的深度调峰能力进一步提高；对比相同的电网负荷时，机组的供热能力进一步充分释放。

还是以某发电场为例：

①抽汽+15%高低旁供热如表5所示。②切缸+10%高低旁如表6所示。③切缸+15%高低旁如表7、图5、图6所示。

表5 抽汽+15%高低旁工况热力特性汇总

项目	单位	100%MS	75%MS	50%MS	40%MS	30%MS
发电功率	MW	222.84	166.53	114.05	94.28	74.64
锅炉吸热量	MW	771.53	584.85	405.80	339.60	271.60
主蒸汽压力	MPa	24.20	19.24	12.52	10.65	10.19
主蒸汽温度	℃	566.0	566.0	566.0	566.0	518.7
主蒸汽流量	t/h	992.64	720.08	477.99	410.13	329.17
汽轮机进汽量	t/h	843.74	612.07	406.29	348.61	279.79
再热冷段蒸汽压力	MPa	2.973	2.247	1.573	1.327	1.087
再热冷段蒸汽温度	℃	275.8	277.2	291.7	296.4	252.5
再热冷段蒸汽流量	t/h	834.07	618.61	420.16	363.02	293.72
再热热段蒸汽压力	MPa	2.736	2.068	1.447	1.221	1.000
再热热段蒸汽温度	℃	566.0	566.0	566.0	502.1	483.2
再热热段蒸汽流量	t/h	834.07	618.61	420.16	363.02	293.72
中压缸排汽压力	MPa	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
中压缸排汽温度	℃	259.3	293.3	339.4	310.6	319.3
中压缸排汽流量	t/h	455.68	362.69	266.94	234.63	194.11
低压缸排汽压力	kPa	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90
给水温度	℃	267.3	249.9	229.4	220.6	208.3
再热冷段至暖风器流量	t/h	30.0	21.8	14.4	12.4	9.9
五段采暖抽汽流量	t/h	289.53	199.28	105.90	68.83	30.03
高压旁路投入率	%	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
高低压旁路供汽量	t/h	229.75	162.04	103.02	86.04	67.36
采暖总抽汽量	t/h	519.28	361.32	208.91	154.87	97.39
采暖供热量	MW	375.86	268.33	160.53	116.51	73.74

表6 切缸+10%高低旁工况热力特性汇总

项目	单位	100%MS	75%MS	50%MS	40%MS	30%MS
发电功率	MW	217.39	156.52	98.60	78.72	57.11
锅炉吸热量	MW	760.73	577.98	401.56	336.68	268.86
主蒸汽压力	MPa	24.20	19.24	12.52	10.65	10.19
主蒸汽温度	℃	566.0	566.0	566.0	566.0	518.7
主蒸汽流量	t/h	992.64	720.08	477.99	410.13	329.17
汽轮机进汽量	t/h	893.38	648.07	430.19	369.12	296.25
再热冷段蒸汽压力	MPa	3.183	2.400	1.674	1.409	1.151
再热冷段蒸汽温度	℃	282.3	282.3	296.5	299.5	257.8
再热冷段蒸汽流量	t/h	819.87	608.45	413.63	357.53	289.31
再热热段蒸汽压力	MPa	2.928	2.208	1.540	1.297	1.059
再热热段蒸汽温度	℃	566.0	566.0	566.0	502.1	483.2
再热热段蒸汽流量	t/h	819.87	608.45	413.63	357.53	289.31
中压缸排汽压力	MPa	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
中压缸排汽温度	℃	251.6	285.3	331.5	303.3	312.3
中压缸排汽流量	t/h	491.36	388.07	283.39	243.91	201.35
低压缸排汽压力	kPa	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90
给水温度	℃	271.5	253.8	232.9	223.9	211.5

续表6

项目	单位	100%MS	75%MS	50%MS	40%MS	30%MS
再热冷段至暖风器	t/h	30.0	21.8	14.4	12.4	9.9
五段采暖抽汽流量	t/h	471.71	368.41	263.73	224.24	181.70
高压旁路投入率	%	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
高低压旁路供汽量	t/h	153.79	108.54	68.94	57.63	44.99
采暖总抽汽量	t/h	625.50	476.95	332.67	281.87	226.69
采暖供热量	MW	450.04	352.09	254.14	210.90	170.75

表7 切缸+15% 高低旁工况热力特性汇总

项目	单位	100%MS	75%MS	50%MS	40%MS	30%MS
发电功率	MW	203.41	146.04	92.10	73.31	53.54
锅炉吸热量	MW	771.53	584.85	405.80	339.60	271.60
主蒸汽压力	MPa	24.20	19.24	12.52	10.65	10.19
主蒸汽温度	℃	566.0	566.0	566.0	566.0	518.7
主蒸汽流量	t/h	992.64	720.08	477.99	410.13	329.17
汽轮机进汽量	t/h	843.74	612.07	406.29	348.61	279.79
再热冷段蒸汽压力	MPa	2.973	2.247	1.573	1.327	1.087
再热冷段蒸汽温度	℃	275.8	277.2	291.7	296.4	252.5
再热冷段蒸汽流量	t/h	834.07	618.61	420.16	363.02	293.72
再热热段蒸汽压力	MPa	2.736	2.068	1.447	1.221	1.000
再热热段蒸汽温度	℃	566.0	566.0	566.0	502.1	483.2
再热热段蒸汽流量	t/h	834.07	618.61	420.16	363.02	293.72
中压缸排汽压力	MPa	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
中压缸排汽温度	℃	259.3	293.3	339.4	310.6	319.3
中压缸排汽流量	t/h	442.84	353.39	260.68	224.49	185.75
低压缸排汽压力	kPa	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90
低压缸排汽流量	t/h	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
给水温度	℃	267.3	249.9	229.4	220.6	208.3
再热冷段至暖风器流量	t/h	30.0	21.8	14.4	12.4	9.9
五段采暖抽汽流量	t/h	423.20	333.73	241.01	204.83	166.10
高压旁路投入率	%	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
高低压旁路供汽量	t/h	229.75	162.04	103.02	86.04	67.36
采暖总抽汽量	t/h	652.95	495.77	344.03	290.86	233.46
采暖供热量	MW	472.61	368.18	264.35	218.81	176.76

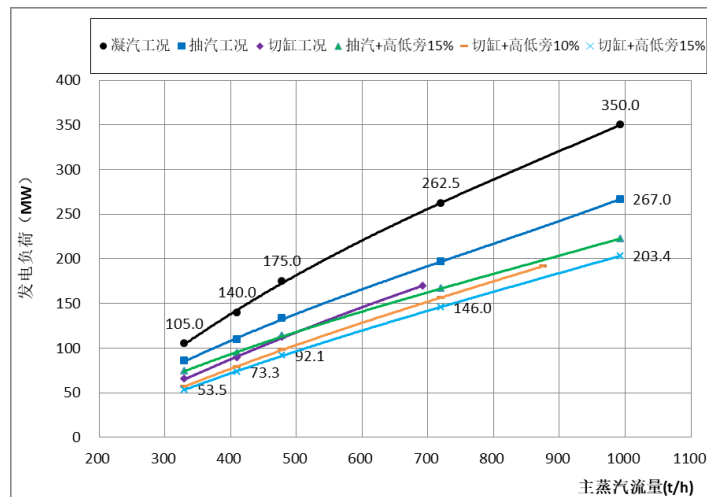


图5 机组发电负荷与主蒸汽流量的关系

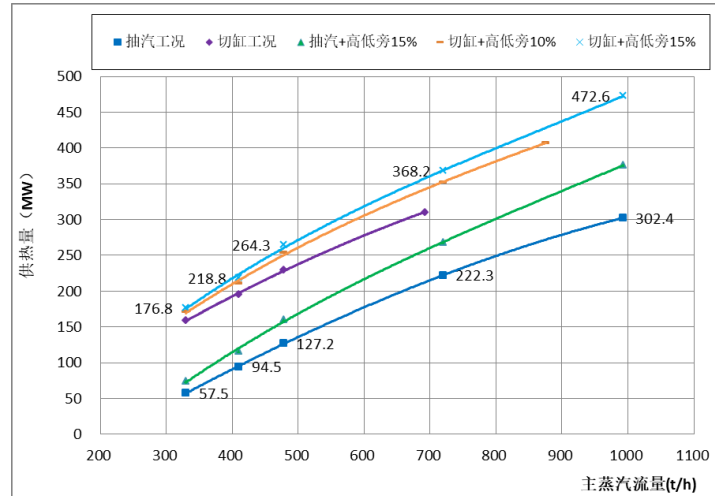


图6 机组供热量与主蒸汽流量的关系

相比较汽轮机原运行方式，关于旁路供热技术的应用也会对汽轮机，甚至是锅炉的安全运行带来一些问题，例如：

①由于高、低压旁路供热投入的本质是抽取一部分原本进入中压缸的蒸汽去供热，汽轮机中压缸进汽减少，直接影响大轴的轴向位移，威胁汽轮机安全运行，所以依据高旁蒸汽流量与低旁蒸汽流量适当匹配（高旁蒸汽流量 = 低旁蒸汽流量 - 高旁减温水流量），以此来保证大轴轴向位移的平衡。投入时应先低后高，缓慢操作，并时刻观察轴向位移等主机参数的变化，在安全限值内进行调整，退出时相反。

②采取相关控制逻辑控制高旁减温水的流量，维持汽轮机高压缸排汽温度始终处于安全限值范围内。此外，高压缸排汽温度还可以作为调节锅炉过热器和再热器热量匹配的手段之一，即通过调节高压缸排汽温度（再热冷端蒸汽温度），改变锅炉再热器吸热量，实现锅炉过热器和再热器的热量平衡。

经过不断探索、试验，选择合理的高压透平压比区间，作为旁路供热投入时机组安全运行的控制范围。

4 结语

提升火电机组供热能力的方法不仅有低压缸零出力、汽轮机旁路供热技术，还有很多其他技术路线，如热水储能供热、高背压供热、电锅炉供热技术等。其实，火电机组的热电联产和深度调峰的关系是密不可分的，往往提升机组的供热都会提高深度调峰的能力，而且还会降低煤耗、厂用电等经济指标，火电机组需要不断探索灵活性改造的技术方案，实现热电联产，在绿色能源全面发展的大背景下，挤出自身的生存空间。同时，成熟的技术创新为未来绿色能源供热指引了方向。

参考文献

- [1] 邵建林,郑明辉.双碳目标下燃煤热电联产机组储能技术应用分析[J].南方能源建设,2022(3).
- [2] 刘学,胡刚刚.高背压双轴热电联产机组联合运行特性及负荷分配[J].中国电力,2022(12).
- [3] 潘尔生,田雪沁.火电灵活性改造的现状、关键问题与发展前景[J].电力建设,2020(11).

Discussion on the Development of Traditional and New Energy under the Background of Energy Transition

Jiagang Dou

Zhangqiu District Development and Reform Bureau of Jinan City, Jinan, Shandong, 250200, China

Abstract

Energy transition is a key challenge facing the world. Against the backdrop of increasingly severe environmental problems faced by traditional energy sources such as coal-fired power, the rapid development of new energy is particularly important. This paper explores the interaction and development trends between traditional energy and new energy, and proposes measures and suggestions to promote their coordinated development. Through in-depth analysis of the development trends and problems faced by traditional energy, combined with the progress of new energy technologies, this paper hopes to provide useful suggestions for practitioners in related industries.

Keywords

energy transition; traditional energy; new energy

能源转型背景下传统能源与新能源发展的探讨

豆加刚

济南市章丘区发展和改革委员会，中国·山东 济南 250200

摘要

能源转型是全球面临的关键挑战。在传统能源如煤电面临日益严峻的环境问题背景下，新能源的快速发展显得尤为重要。论文探讨传统能源与新能源的互动与发展趋势，并提出了促进两者协调发展的措施建议。通过深入分析传统能源的发展趋势和面临的问题，结合新能源技术的进展，论文希望为相关行业从业者提供有益建议。

关键词

能源转型；传统能源；新能源

1 引言

在全球能源转型的大背景下，传统能源与新能源的发展趋势成为重要议题。传统能源尤其是煤电，长期以来为世界经济的发展提供重要支持，但其环境污染、资源枯竭问题逐渐显露出严重性。与此同时，新能源技术的快速发展应用则为未来能源体系的变革提供新的可能性。

2 能源转型背景下传统能源煤电发展的趋势

在全球能源转型的背景下，传统能源中的煤电作为主要电力来源，正面临显著的变化。能源转型的核心目标是减少温室气体排放、提升能源利用效率。在这一过程中，煤电行业的发展趋势受到多方面因素的影响。首先，煤电的资源供应、环境压力正在驱动其发展模式的调整。随着全球对碳排放控制的要求越来越严格，许多国家和地区正在制定严格的减排政策。例如，超超临界、超临界发电技术的应用，提

高煤电机组的热效率，从而减少单位电量的二氧化碳排放。此外，煤电行业正在积极研究和应用碳捕捉与存储（CCS）技术，以进一步降低排放。然而，由于技术、经济的限制，CCS技术的普及仍面临挑战。其次，煤电行业的结构调整也是趋势之一。在许多国家，煤电的市场份额正在被可再生能源如风能、太阳能逐步取代^[1]。例如，欧洲、美国的一些国家已经开始逐步退出煤电，转向更为清洁的能源。与此同时，中国、印度等国家虽然仍依赖煤电满足快速增长的能源需求，但也在推动煤电的清洁化改造，如建设更加高效的煤电机组、发展煤与可再生能源的混合发电模式。最后，煤电的区域发展不均衡也是一个重要趋势。在能源转型的大背景下，不同地区的煤电发展情况各异。发达国家普遍推动能源结构的多元化，减少对煤电的依赖，而发展中国家由于能源需求的急剧增长，煤电仍然扮演着重要角色。针对这一点，国际社会、金融机构正在加大对发展中国家能源转型的支持力度，提供技术转让，帮助这些国家实现煤电清洁化的优化。

【作者简介】豆加刚（1972-），中国山东济南人，从事暖气供热研究。

3 传统能源利用面临的问题

3.1 储备量下滑

传统能源如煤炭、石油和天然气的储备量下滑是当前能源利用中面临的主要问题。这一问题的根源在于传统能源的不可再生性。随着全球经济的持续增长,尤其是工业化、城市化进程的加速,传统能源的消耗速度远超其自然补充速度。这种不均衡的消耗加剧能源资源的枯竭问题。一方面,煤炭储备的下滑已经在多个主要煤炭生产国引起了广泛关注。煤炭作为最早被广泛使用的传统能源,其开采量在过去的几个世纪中不断增加。然而,随着高品位煤炭储量的逐渐耗竭,煤炭开采逐步转向低品位、高成本的矿区,这不仅增加开采难度,也导致能源生产成本不断上升。煤炭资源的短缺对依赖煤电的国家和地区构成威胁,影响了能源供应的稳定性。另一方面,石油储备的下滑同样引发全球范围内的关注。石油作为现代经济的重要能源,其储量的减少直接影响到全球能源市场的供需平衡。尽管近年来新油田的发现在一定程度上缓解了石油短缺的问题,但整体上石油资源的开采难度、成本不断上升。特别是在传统石油资源逐渐枯竭的背景下,开采新的石油资源不仅需要巨额投资,还面临环境、技术挑战。

3.2 环境污染问题日益严峻

传统能源的使用,特别是煤炭、石油和天然气的燃烧,带来了严重的环境污染问题。这些污染问题不仅对自然环境造成破坏,也对人类健康产生一定负面影响。首先,煤炭燃烧产生的二氧化硫(SO_2)和氮氧化物(NO_x)是导致酸雨的重要原因。酸雨对土壤、水体和建筑物的腐蚀性破坏是显著的,它不仅降低土壤的肥力,影响农作物的生长,还导致水体的酸化,破坏水生生态系统的平衡。长期的酸雨还可能对建筑物和基础设施造成长期损害,加剧日后修复的经济负担。其次,石油和天然气的开采会释放大量的温室气体,特别是二氧化碳(CO_2)。这些温室气体是全球变暖的主要成因,导致气候变化的速度加快。气候变化带来极端天气事件,如热浪、干旱和洪涝,这对生态系统、人类居住区造成严重的影响。全球变暖还可能导致冰川融化、海平面上升,进一步威胁低洼沿海地区生态系统的稳定^[2]。石油泄漏和天然气泄漏事件也会造成严重的环境污染。石油泄漏会对海洋和陆地生态系统造成急性污染,影响海洋生物和陆地植物的生存。天然气泄漏则可能导致温室气体排放的增加,进一步加剧环境问题。

4 促进传统能源与新能源发展的措施建议

4.1 促进可再生能源与传统化石能源的互补利用

在能源转型的过程中,传统化石能源与可再生能源的互补利用成为实现能源系统高效、稳定的重要策略。通过科学合理的互补利用,可以优化能源结构,提升能源利用效率,减少环境影响,确保能源供应的稳定性。首先,传统能源与

可再生能源的互补利用可以在能源供应上形成稳定可靠的组合。传统能源,特别是煤电、天然气电厂,具有较高的负荷跟随能力,可以在电力需求高峰期提供稳定的电力供应。与此同时,可再生能源如风能和太阳能的发电具有波动性,难以满足持续稳定的电力需求。通过将可再生能源与传统能源结合,可以在可再生能源发电不足时,由传统能源补充电力,从而确保电力供应的连续性。例如,风力发电和光伏发电可以与煤电或天然气电厂共同运营,通过智能电网系统实现电力供应的动态平衡。其次,传统能源与可再生能源的互补利用有助于提高能源系统的整体效率。传统能源发电厂可以利用其灵活的调度能力来平衡电网负荷,避免因可再生能源发电波动导致的电网电压不稳定问题。通过建设储能系统(如电池储能或抽水蓄能)与传统能源发电厂配合使用,可以进一步提升能源系统的调节能力,实现高效的能源调配。此外,传统能源发电厂还可以通过余热回收技术,利用发电过程中的余热进行供暖或其他工业用途,从而提高能源利用效率。最后,促进传统能源与可再生能源的互补利用有助于减缓环境压力。传统能源在发电过程中会排放一定量的温室气体和污染物,而可再生能源的使用则能够显著减少这些排放。通过将传统能源与可再生能源合理组合,可以降低整体能源系统的碳排放强度,实现环境保护目标。例如,采用混合发电模式,可以在减少传统能源排放的同时,利用可再生能源减少对化石能源的依赖,从而减少整体的环境影响。

4.2 推动清洁能源技术创新和产业升级

在应对能源转型挑战和实现可持续发展目标的过程中,推动清洁能源技术的创新是至关重要的。首先,清洁能源技术的创新可以大幅度提高能源生产的环境友好性。例如,太阳能光伏技术和风力发电技术的不断发展,使得这类可再生能源的发电成本显著下降,提高自身市场竞争力。新型光伏材料如钙钛矿太阳能电池和高效风机的研发,不仅提升能源转化效率,还延长设备的使用寿命。此外,海洋能、地热能等新兴能源技术的开发也为能源供应多样化提供了新的解决方案。这些技术的创新和突破,将推动清洁能源在能源系统中的应用普及,减少对传统化石能源的依赖。其次,推动清洁能源技术的产业升级是实现长期可持续发展的重要方面。产业升级不仅包括技术层面的提升,还涉及生产模式的优化。例如,能源存储技术如大规模电池储能系统和抽水蓄能技术的发展,提高可再生能源的调节能力,解决了其发电波动性问题。最后,智能电网技术的应用能够实现能源的实时监测,提高电力系统的效率。产业升级还涉及能源设备制造企业的转型,鼓励它们采用先进的制造工艺,提高产品的性能^[3]。

4.3 构建跨界融合机制,促进能源协同发展

传统能源与新能源的有效融合不仅能够提升整体能源系统的效率,还能优化资源配置,增强系统的稳定性和可持续性。实现这一目标需要在政策、技术和管理层面进行系统

性的规划和协调。首先,跨界融合机制应包括电力、热力和燃气等多个能源领域的整合与协调。传统的能源系统往往将电力、热力和燃气作为独立的部门进行管理,这种分割式的管理方式限制能源资源的最优配置。通过构建跨界融合机制,能够实现这些能源系统之间的互联互通。例如,将电力系统与热力系统结合,可以利用电力发电过程中的余热进行供暖,提高能源利用效率。类似地,将燃气系统与电力系统结合,能够在燃气发电和供热过程中实现资源的高效使用,降低整体能源消耗。其次,跨界融合还需促进能源生产和消费领域的合作与协调。在能源生产方面,传统能源企业与新能源企业可以通过合作进行技术研发,共同开发混合发电项目。这种合作不仅能够降低单一企业的投资风险,还能够推动新技术的应用与推广。最后,在能源消费方面,智能建筑和智能城市的概念正在逐步普及,这些概念要求在能源使用方面实现更高的集成度管理。通过将能源管理系统与建筑自动化系统、交通管理系统等进行融合,可以实现能源的动态优化调度,提升整体能源使用效率。

4.4 完善政策支持体系,营造公平竞争环境

在推动能源转型的过程中,完善政策支持体系并营造公平竞争环境是至关重要的。首先,建立全面的政策支持体系是促进能源转型的基础。政府应制定,包括财税政策、补贴政策 and 激励政策等,以支持清洁能源的研发。具体来说,可以通过提供税收优惠、研发补贴来鼓励企业和科研机构投资于新技术的开发。例如,对绿色能源项目给予税收减免,降低企业的运营成本,提高投资回报率,从而促进新能源技术的商业化应用。此外,政府还应设立专项基金,支持关键技术的突破,为技术创新提供必要的经济保障。其次,完善能源市场的监管体系,以确保公平竞争的市场环境。建立健全的市场监管机制,防止市场垄断行为。监管机构需要加强对能源市场的监测和审查,确保各类能源资源在市场中的公平竞争。例如,应实施反垄断法规,防止大型企业通过不正当手段操控市场价格,损害中小企业的利益。同时,建立透明的市场信息发布机制,让市场参与者能够获取及时、准确的市场信息,从而做出合理的投资决策。最后,建立和完善能源价格机制是确保市场公平的重要措施^[4]。合理的能源定价机制能够反映能源资源的实际成本和市场供需状况,防止价格扭曲。政府应根据市场情况调整能源价格,确保价格的合理性。同时,引入市场化的能源定价机制,例如,通过拍

卖或竞标方式确定能源价格,有助于提高市场的公平性。

5 新能源与传统能源技术融合的优势

首先,新能源与传统能源技术的融合可以提升能源系统的整体效率。传统能源如煤电和天然气电厂具有较高的调节能力,而新能源如风能和太阳能的发电则具有间歇性。通过融合这两种能源,可以在新能源发电不足时,由传统能源补充电力,确保电力供应的稳定性。其次,融合技术有助于降低整体碳排放。传统能源的燃烧过程会产生大量温室气体和污染物,而新能源技术具有显著的低碳优势。通过将新能源技术与传统能源结合,可以减少对化石燃料的依赖,降低能源系统的碳排放。再次,技术融合还能够推动能源技术的创新和产业升级。传统能源企业在面对新能源技术的挑战时,往往会积极进行技术创新和转型升级。通过与新能源技术的融合,传统能源企业可以引入先进的能源管理系统、储能技术和智能电网技术,提高其业务的现代化水平。最后,新能源与传统能源的融合有助于优化资源配置和降低能源系统的运行成本。通过灵活调度和互补利用不同类型的能源,可以实现资源的最优配置^[5]。

6 结语

能源转型将是一个长期而复杂的过程,需要各方的共同努力。政府、企业和社会各界应紧密合作,积极推动技术创新,优化政策措施,以实现经济效益、环境效益和社会效益的有机统一。通过有效地融合和利用传统能源与新能源,可以为全球能源系统的可持续发展奠定坚实基础,为应对全球气候变化挑战贡献力量。

参考文献

- [1] 杨理航.能源转型背景下传统能源与新能源发展的探讨[J].华东科技(综合),2020(8):1.
- [2] 赵明.中国能源转型需要新能源与传统能源协同发展[J].新能源科技,2020(12):34+40.
- [3] 吴华.能源转型背景下传统能源与新能源发展[J].经济技术协作信息,2021(13):126-127.
- [4] 李强.转型背景下新能源经济发展的影响因素及前景分析[J].品牌研究,2022(8):161-163.
- [5] 李艺,张琳.能源转型背景下传统能源与新能源发展的思考[J].2020(4):6.

Research on Innovation and Application of High Efficiency Power Transmission and Transformation Construction Equipment Technology

Zhaohuan Zhang

Jiangsu Power Transmission and Transformation Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

Abstract

The paper deeply discusses the technological innovation and application practice of high-efficiency machinery in the field of power transmission and transformation construction, compares and analyzes the technological development level of relevant construction equipment at home and abroad, and reveals the limitations of existing equipment in terms of operational efficiency, energy consumption, safety performance, and intelligence level. The paper elaborates on the core points of technological innovation in high-efficiency construction equipment, involving the application of new materials, the combination of intelligence and automation, the design concept of energy conservation and environmental protection, and the promotion of modular and standardized design. Taking the application of new tower cranes and intelligent inspection robots in power transmission and transformation projects as examples, it demonstrates the actual effectiveness of technological innovation in improving operational efficiency and reducing costs. This study has significant value in promoting the technological development and sustainability of the construction equipment industry for power transmission and transformation.

Keywords

high efficiency; power transmission and transformation construction; machinery and equipment; technology innovation; application effect

高效能输变电施工机具技术创新与应用研究

张照环

江苏省送变电有限公司, 中国·江苏南京 210000

摘要

论文深入讨论了在输变电施工领域中, 高效能机具的技术革新与应用实践, 对比分析了国内外相关施工设备的技术发展水平, 揭示了现有设备在操作效率、能源消耗、安全性能以及智能化程度方面的局限。论文阐述了高效能施工机具技术创新的核心要点, 涉及新型材料的运用、智能化与自动化的结合、节能与环保的设计理念以及模块化、标准化设计的推进, 以新型塔式起重机和智能巡检机器人在输变电项目中的应用为例, 展示了技术革新在提升作业效率和降低成本方面的实际成效。此项研究对于促进输变电施工机具行业的技术发展及其可持续性具有重要价值。

关键词

高效能; 输变电施工; 机具设备; 技术创新; 应用效果

1 高效能输变电施工机具设备现状分析

1.1 国内外施工机具设备发展概况

1.1.1 国内外技术对比

在电力设施建设的全球版图上, 输变电施工机械与设备的技术高度是影响电网建设效率和安全的核心因素。国内外在此类高效施工机械设备的研发与应用方面均获得了重

要突破, 尽管在技术成熟、创新力量及市场运用等方面, 二者尚呈现出不同程度的差距。具体来看, 中国电力产业的迅猛扩展已使中国跻身世界前列的电力装备生产国。在输变电施工机械领域, 中国企业持续推陈出新, 研发出众多拥有自主知识产权的施工装备, 如智能化的架线装置、自动化的立塔机械、节能型设备运输车等, 这些装备极大促进了施工效率的提高、能耗的减少及安全性能的增强。欧美等先进国家在该领域的发展起步较早, 技术储备雄厚。这些国家的公司凭借在高端设备制造、智能控制系统、新材料应用等方面的明显优势, 开发了如智能巡检机器人、无人机架线系统、高

【作者简介】张照环(1988-), 男, 中国江苏宿迁人, 本科, 高级工程师, 从事输变电施工机具设备的管理、技术开发和应用研究。

精度自动化测量工具等创新产品,大幅提升了施工作业效率与品质。此外,它们还致力于环境保护与可持续发展,积极推动施工机械设备向绿色、低碳的转型发展。

1.1.2 典型机具设备介绍

运用尖端的控制技术与感知装置,智能放线系统使得导、地线的自动铺设与张力调控成为可能,从而显著提高了放线作业的效率与精准度。遥控及自动驾驶技术应用于自立式组塔机械,实现了对塔基的精确定位与迅速组装,有效减少了人力资源的依赖并提升了现场作业的安全性。另外,采用轻量结构设计与电动动力系统的高效节能设备运输车,不仅减少了能源消耗与污染排放,还进一步优化了运输过程的速度与稳定性。输变电施工设备表如表1所示。

1.2 现有设备存在的问题与不足

1.2.1 效率低下、能耗高

一些输变电工程中所用的机械装备在设计制造层面尚

存缺陷,使得施工速度缓慢,能源消耗偏高。具体表现在:首先,装备结构复杂化,操作步骤繁杂,进而延长了施工周期,降低了作业效率;其次,性能的不稳定性导致故障频发,提升了维护更换的费用;最后,能源使用效率不尽如人意,特别是燃油型设备在连续作业时的高油耗及排放问题。为解决这些问题,亟需推进技术革新,提升设备性能,同时提高能源效率等级^[1]。

1.2.2 安全性能不足

施工过程中所使用的输变电设备机具的安全性是确保作业人员与电网系统安全的关键。一些在用设备在安全保障方面尚显欠缺,例如缺乏完善的防护设施、操作稳定性不尽如人意以及应对突发状况的能力不足,这些问题恐引发作业中的安全事故,对人员安全与设施完好造成重大威胁。鉴于此,迫切需要对设备的安全性能开展深入的研发与优化工作,以增强其安全稳定性和应对紧急状况的能力。

表1 输变电施工设备表

设备名称	技术特点	优势
智能架线设备	控制系统和传感器技术	自动铺设线缆,提高施工效率和精度
自动化立塔机械	遥控或自动驾驶技术	精准定位塔基,快速安装,减少人力,提高施工安全性
高效节能设备运输车	轻量化设计和电动驱动系统	降低能耗和排放,提高运输效率和稳定性

1.2.3 智能化、自动化程度低

在科技进步的浪潮中,人工智能与物联网技术快速发展,使得输变电施工机具的智能化和自动化程度成为评估其高端性能的关键。但现实中,部分机具在智能与自动化的道路上尚显不足,例如控制系统的简易性、缺少智能决策与自适应功能以及数据处理与分析能力之薄弱。这些短板限制了设备在施工中智能运用的深度,进而影响了工程效率与品质。鉴于此,加大对智能化和自动化技术研发的力度,促进施工机具的智能化升级,无疑是当务之急。

2 高效能施工机具设备的技术创新点

2.1 新型材料的应用

在研发高效能的输变电施工装备过程中,运用创新材料成为增强装备性能和延长使用寿命的核心途径。以轻质高强度的铝合金、钛合金及先进塑料为例,这些材料的运用不但极大地减轻了机械的重量,方便了运输与安装作业,还显著增强了设备的负载能力及耐疲劳特性,从而有效提升了其使用年限。特别是在机械的关键部位,如结构构架和传动系统,这些先进材料的应用大幅提高了稳定性和可信度。在苛刻的施工条件下,设备常遭受严重的腐蚀和磨损。通过研究和应用新型耐腐蚀性合金、陶瓷级防护涂层等,成功抵御了如酸碱、盐雾等有害介质的侵害,降低了由腐蚀引发的故障率和维护费用。此外,采用耐磨材料也显著增强了设备的耐久性,延长的易损零件的寿命,进一步提高了施工的效率。

2.2 智能化、自动化技术的融合

科技进步的今天,智能化与自动化技术不断深入施工

机械的各个层面。得益于传感器技术的普及,设备能够即时捕获工作状况及环境数据,为操作者提供了精确的数据支持。而物联网技术的融入则促进了设备间的紧密联系,形成一个高效的机械网络,使得设备的远程监控、数据分析和智能调配成为现实^[2]。在此基础上,远程监控与故障诊断系统的推出,极大地增强了设备运维的高效性。技术人员可通过远程平台实时掌握设备运行情况及工作参数,快速识别并预警可能出现的问题。此外,系统利用智能诊断算法,自主分析故障成因并提供维护建议,显著提升了故障处理的速度与维修的效率。

2.3 节能环保设计

在施工机械设计领域,节能与环保已上升为焦点。借助于对电机结构及控制策略的优化,节能型电机大幅减少了能源消耗和热量产生,有效提升了能效比例。变频控制技术的巧妙运用,让设备得以根据作业需求自动适配工作频率和输出功率,从而杜绝了能源的无谓损耗。在减少排放和降噪方面,设计者提出了众多创新性解决方案。诸如通过改进燃烧过程和尾气净化系统,有效减少了污染性气体的排放以及运用降噪材料和减震技术,显著降低了设备作业时的噪声。

2.4 模块化、标准化设计

模块化理念在高效施工机械设备的进化中扮演了核心角色。该设计策略将机械解构为众多独立的模块,赋予其根据特定需求进行多样化搭配与设置的灵活性,从而增强了机械的普适性与维护性。此外,模块化设计亦使得机械的制造与维护流程更为简洁,有效缩减了成本与生产周期。标准化

设计成就了设备间的互换性是提升生产效率的重要途径，统一的设计规范及接口要求，让不同制造商的产品能够完美契合，实现互用^[3]。这种策略不仅减少了用户在采购上的成本及使用风险，更有助于推动整个行业向规范化与标准化方向发展。

3 高效能施工机具设备的应用案例

3.1 新型塔式起重机在输变电工程中的应用

3.1.1 高效吊装技术

在科技进步的背景下，塔式起重机在输电线路及变电站土建等工程领域展现了卓越的吊运能力。这类起重机借助于前沿的液压技术及使用高强度材质，不仅在承重能力上有了显著提高，其吊运速度与稳定性也得到增强。得益于精准的力矩调控和智能化吊运技术，重物的吊运过程变得较为平稳，大幅减少了摇摆和撞击，从而显著提升了施工作业的安全性及效率。由传统塔式起重机演变而来的双平臂、双摇臂抱杆，实现铁塔的双侧同时起吊，尤其在吊装特高压输电铁塔等巨型结构时，新型塔式起重机的性能优势得到了进一步凸显，有效缩短了建设周期，同时减少了人工成本支出。

3.1.2 智能化监控与故障预警系统

为确保施工作业的安全性，新型塔式起重机装载了先进的智能监控与预故障警示装置。该装置能够即时捕捉并分析起重机械的作业状况，涉及重要指标如液压体系的压力变化、不平衡力矩、吊重、变幅及结构应力等。当检测到任何不符合常态的数据时，系统将立刻触发警报并自动实施安全保障措施，如紧急刹车和断电等，从而有效避免意外事故的发生。该系统还具备历史数据记录与分析功能，为起重机的后期维护和保养提供数据支持，助力设备使用寿命的进一步延长。

3.2 智能巡检机器人在输电线路维护中的探索

3.2.1 自主巡检

输电线路维护领域近日迎来了一项技术突破——智能巡检机器人。这些机器人具备独立导航与规避障碍的功能，能够沿设定好的路径自动执行巡检任务，对线路进行全方位的检测。它们配备了高清摄像以及红外热成像等高端传感器，可即时获取线路的图像资料与温度变化，从而为发现故障提供了准确的数据支持。自动化巡检的实施，不仅极大提升了巡检工作的效率，也有效减轻了巡检人员的劳动强度，同时大幅度降低了因人为因素造成的漏检或误判的可能性。

3.2.2 故障识别与报告

在巡检作业中，智能化检测机器人借助尖端的图像辨识技术与数据分析手段，能自主辨识输电线路中可能存在的故障隐患。在遭遇诸如导线断裂、绝缘子损伤等异常状况时，该机器人能即刻捕获故障详情，并通过无线网络迅速向监控中心反馈情况。监控中心在接到此类报告后，即刻启动应急机制，部署专业人员及时进行修复作业，从而保障输电线路的持续安全与稳定运作。

3.2.3 实时数据传输与远程监控

以一家电力企业作为案例，该企业采用了智能化的巡检机器人系统并同步打造了一个集实时数据传输与远程监控为一体的平台。这一平台与巡检机器人系统深度融合，可以即时获取并呈现机器人收集的高清视频及传感器信息。在一次凌晨的巡检中，机器人借助红外热成像技术，侦测到输电线路的某部分出现异常发热情况，该数据立即被平台传送至监控室。当班工作人员迅速查阅了相关视频与数据，经初步评估，推断出可能是线路接头接触不充分所致。电力公司随即部署了维修队伍赶赴现场修复，成功避免了潜在的安全风险。这一实例显著证明了实时数据传输和远程监控平台在智能巡检作业中的关键地位。智能巡检机器人系统案例分析表如表2所示。

表2 智能巡检机器人系统案例分析表

系统组件	功能	事件描述	结果
智能巡检机器人	高清巡检视频、传感器数据传输	深夜巡检中发现输电线路局部过热	及时消除安全隐患，提供精准决策支持，提高巡检透明度和可追溯性
实时数据传输与远程监控平台	接收展示机器人数据，数据分析	异常数据迅速传输至监控中心	
监控中心值班人员	调取视频和数据，初步分析判断	确认线路接头接触不良问题	

4 结语

综合分析表明，技术创新在高效输变电施工机具装备领域扮演着驱动工程高质量发展的重要角色。借助新材料运用、智能化与自动化的深度融合、节能与环保的精心设计以及模块化与标准化的创新策略，不仅使得施工效率和安全水平得到显著提高，同时也实现了能耗和成本的实质性下降。

参考文献

- [1] 曹洁玲,张思琪.基于大数据的输变电工程电缆线路造价预测与决策分析[J].智慧中国,2024(8):88-89.
- [2] 贾诗雨,王子一,梁学军.输变电工程基础位移处理施工技术分析[J].科技与创新,2024(16):83-86.
- [3] 王子一,贾诗雨.输变电工程人工挖孔桩施工技术探究[J].科技与创新,2024(15):111-114.

Discussion on the Operation Mode of Deep Peak-regulating Feed Water Pump of 1000MW Unit

Liqiang Wang Jin Zhang Yutian Gu

Xuzhou China Resources Power Co., Ltd., Xuzhou, Jiangsu, 221242, China

Abstract

In this paper, we discuss the operation mode of feed water pump in the process of 1000MW unit (rated load of 30% and below), analyze the economic and safety comparison of the operation mode of single pump and double pump under the deep load, put forward optimization suggestions, and compare the advantages and disadvantages of the two operation modes under 30% load. This paper aims to optimize the operation efficiency of the feed pump, and improve the overall peak regulating capacity of the unit, including the selection and design of conventional and peak regulating operation mode, analyze the influence of different ways on the efficiency and stability of the unit, analyze the operation data combined with actual cases, and put forward the optimization suggestions of the operation mode of the feed pump.

Keywords

1000MW unit; depth peak regulation; feed pump; operation mode

1000MW 机组深度调峰给水泵运行方式探讨

王立强 张进 顾玉田

徐州华润电力有限公司, 中国·江苏 徐州 221242

摘要

论文对1000MW机组在深度调峰(30%及以下额定负荷)过程中的给水泵运行方式进行了探讨,对单泵和双泵运行方式在深调负荷下的经济性和安全性对比进行了分析,提出了优化建议,对比了30%负荷下两种运行方式的优劣。论文旨在优化给水泵的运行效率,并提升机组的整体调峰能力,包括常规和调峰运行方式的选择与设计,利用分析不同方式对机组效率与稳定性的影响,结合实际案例进行运行数据分析,提出了给水泵运行方式的优化建议。

关键词

1000MW机组; 深度调峰; 给水泵; 运行方式

1 引言

1000MW 机组作为主力发电设备,面临着更高的运行要求,深度调峰对机组的运行稳定性、效率以及辅助设备如给水泵系统的性能提出了新的挑战,对于 1000MW 机组,深度调峰要求在 30% 或更低的负荷下保持稳定运行,给水泵系统必须在这种低负荷工况下保证运行效率和稳定性,以适应频繁的负荷波动。在此背景下,优化给水泵的运行方式成为提升机组整体调峰能力的关键。

2 1000MW 机组的运行特点

2.1 机组深度调峰的概念与要求

深度调峰定义为在 50% 负荷以下的运行模式,30% 负荷是常见的调峰负荷点。机组需要维持运行稳定性,同时给

水泵系统需具备快速响应负荷变化的能力,确保流量和压力稳定。深度调峰过程给水系统需在低负荷条件下保证压力、流量的稳定,避免因负荷波动导致系统失稳。深度调峰对机组设备的响应速度、控制精度及长期运行可靠性提出了更高要求,辅助设备如给水泵、调节阀等,需具备更加灵敏的调节特性,以适应频繁变化的负荷条件。

2.2 深度调峰对给水泵的影响

深度调峰过程在低负荷条件下给水泵需要适应频繁的负荷变化,给水泵通常根据机组的负荷需求进行不同的运行模式调节,在高负荷运行时,给水泵需要全速运行以保证锅炉蒸汽供水的充足;而在低负荷时,给水泵通常处于部分负荷或变频运行状态。深度调峰时,低负荷工况下的运行对给水泵提出了更高要求,在 30% 额定负荷下,单泵运行虽然在能耗上相对较低,但泵体承受的压力较大,可能会加剧机械磨损。而双泵并列运行可以分散负荷,减少机械损耗,但在能耗和系统复杂性上有所增加。

深度调峰对给水泵的影响不仅体现在机械部件的磨损,

【作者简介】王立强(1985-),男,中国江苏徐州人,本科,工程师,从事电厂节能研究。

还包括对控制系统的挑战。由于负荷的频繁变化，给水泵的启停和调速操作需要与锅炉负荷、蒸汽参数及电网调度实时匹配，传统的固定控制逻辑已难以满足这一需求，需要通过智能控制系统对给水泵的运行状态进行动态调整，确保系统的高效运行，机组在不同负荷下给水泵的主要运行参数数据

如表1所示。

给水泵的功率需求显著下降，泵速也逐渐降低以适应低负荷工况，低负荷工况下给水泵的频繁启停容易导致设备磨损加剧，特别是泵体和轴承的磨损问题尤为突出。低负荷工况下，给水流量与压力的波动幅度较大，进一步影响系统的稳定性。

表1 机组在不同负荷下给水泵的主要运行参数数据

负荷 (%)	运行方式	给水泵功率 (MW)	给水流量 (t/h)	给水压力 (MPa)	泵速 (RPM)	单泵运行效率 (%)	双泵运行效率 (%)
100	单泵运行	12.5	2800	25.3	4800	95	—
75	单泵运行	9.5	2100	20.7	4300	92	—
50	单泵运行	7	1400	16.5	3800	88	—
30	单泵与双泵比较	4.5/4.2 (每台泵)	950/980 (每台泵)	10.5/10.8	2900/2850	85	90

3 给水泵的运行方式分析

3.1 常规运行方式及其适用性

常规运行方式在50%以上负荷下表现较为稳定，但在低负荷时，由于负荷变化频繁，给水泵的运行模式需要灵活调整。特别是在30%负荷时，单泵运行虽然操作简单，但其经济性和机械可靠性有待进一步评估。常规运行方式下，给水泵通常采用定速运行，保持较高的转速和输出功率，以满足锅炉所需的给水量和压力需求。由于负荷需求的相对稳定，系统可以较少的控制调节，减少了设备的机械磨损和能耗波动。在1000MW机组满负荷运行状态下，给水泵的功率通常保持在额定水平，系统整体效率较高，锅炉的热效率和蒸汽参数也能较为稳定地维持在最佳区间。在负荷接近100%时，机组的综合热效率可达到45%或更高。在负荷下降时，给水泵的定速运行无法根据负荷需求及时调整供水量，可能导致锅炉供水过量或不足，影响机组运行的稳定性^[1]。

3.2 调峰运行方式的选择与设计

在调峰过程中，为了适应频繁波动的电网负荷，给水泵的运行方式需要有更高的灵活性。调峰运行要求给水泵在变频控制或多泵联动的方式下，借助给水量的动态调节，相对于常规的运行方式，它要求给水泵能够对负荷变化做出快速反应。变频操作方式是利用调节给水泵转速的方式来配合

锅炉负载需求，在固定的转速下避免能量的浪费，也避免了给水不匹配的问题。调峰作业模式的核心在于实现给水量与锅炉负荷的动态匹配，通过对给水泵转速和作业方式的精确控制。设置水泵运行的数学模型有以下几种：

$$P_{\text{pump}} = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot Q$$

其中， P_{pump} 为给水泵的输出功率； η 为泵的效率； ρ 为水的密度； g 为重力加速度； H 为泵扬程； Q 为给水流量，调节泵的扬程 H 和流量 Q ，可以精确控制给水泵的输出功率，从而适应不同负荷工况的需求。在负荷波动较大的情况下，给水泵的频繁启停可能导致设备磨损加剧，多泵联动的方式，采用不同泵组的交替运行，可以有效降低单台泵的负荷压力，延长设备使用寿命。

在30%负荷时，单泵运行的主要优点在于能耗较低，但泵体的磨损会更为严重。而双泵并列运行可以通过均摊负荷来减小单泵的压力，增加系统的稳定性，适合长期调峰运行。

3.3 运行方式对机组效率与稳定性的影响

为深入分析不同运行方式对机组效率和稳定性的影响，特别是在深度调峰（50%负荷以下）条件下，论文重点比较了单泵和双泵在30%、35%、40%和50%负荷下的运行情况。表2汇总了不同负荷下两种运行方式的主要参数。

表2 机组在不同负荷下给水泵运行方式对比

负荷 (%)	运行方式	给水泵功率 (MW)	给水流量 (t/h)	给水压力 (MPa)	泵速 (RPM)	机组热效率 (%)	系统稳定性 (波动幅度 %)
50	单泵运行	7	1400	16.5	3800	88	5
50	双泵运行	7.2 (每台 3.6)	1400	16.5	3800	89	3.5
40	单泵运行	5.5	1120	13.2	3500	85	6
40	双泵运行	5.8 (每台 2.9)	1120	13.2	3500	86	4
35	单泵运行	4.8	980	11.5	3300	83	6.5
35	双泵运行	5.0 (每台 2.5)	980	11.5	3300	84	4.5
30	单泵运行	4.2	840	10	3100	80	7
30	双泵运行	4.5 (每台 2.25)	840	10	3100	82	5

注：双泵运行的给水泵功率为总功率，括号内为每台泵的功率。

在深度调峰（50%负荷以下）条件下，双泵运行方式相比单泵运行在效率、稳定性和安全性方面具有明显优势。尽管双泵运行的功率消耗稍高，但其机组热效率提高1%~2%，尤其在30%负荷时，热效率可达82%。双泵运行有效降低了系统波动幅度，从7.0%降低至5.0%，增强了系统稳定性，并通过分摊负荷，降低了设备磨损和故障风险。双泵运行的灵活性使其更能适应负荷波动，提升了整体经济性。

4 实际案例与运行数据分析

4.1 典型机组调峰运行的案例研究

某电厂的1000MW超超临界机组在调峰运行中，30%负荷下使用单泵运行时，其能耗为4.3MW，而双泵并列运行时，能耗增加至4.6MW。然而，双泵运行的启停频率明显低于单泵，机械磨损降低了20%，维护周期延长，整体效率提升了5%。

在实际操作中，随着负荷的不同，给水泵的耗电量也会发生变化。如给水泵在100%负载条件下运行功率为12.5MW，而在25%负载条件下则降低到4.3MW。这种操作方式的调整，对泵的操作寿命、能耗性能等都有直接的影响。从电厂的运行记录来看，整个机组的运行时长中，给水泵的运行时间占到75%以上，而给水泵的开停频率在低负荷运行期间平均每小时达到2次。这种高频率的起停使泵轴承及密封件磨损严重，造成运行成本增加，从而导致设备维修周期缩短^[2]。

4.2 运行数据的收集与分析

在30%额定负荷下，单泵和双泵运行的性能差异明显。单泵运行时，由于负荷集中在一台泵上，流量波动较大，锅炉蒸汽压力也随之变化，系统稳定性下降。双泵并列运行则有效减小了流量波动，锅炉蒸汽参数更加稳定。数据显示，双泵运行时的流量波动仅为单泵运行时的60%，蒸汽压力波动幅度从单泵的6%降低到3%。双泵运行由于负荷分散，泵体温度控制较好，机械磨损也得到了明显缓解^[3]。

4.3 给水泵运行方式的优化建议

分析以上运行数据后，可得出多组优化给水泵运行方式的建议，以提高机组的调峰效率并提高系统的稳定性。在低负荷条件下频繁启停的问题比较突出，所以建议采用智能

变频控制系统来实现泵速的平滑调节，以降低因泵速剧烈变化引发的机械磨损和流量波动。智能控制系统能够根据实时的负荷需求锅炉蒸汽参数和给水泵的运行状态来动态调整泵速，从而避免了因频繁启停带来的机械损耗。实际测试表明，采用智能控制系统后泵体的启停频率降低30%以上，设备的整体寿命延长20%以上。通过上述的优化措施，无论是机组的调峰还是系统的稳定性都得到了提高。

建议采用多泵并联或交替运行的方式，使给水泵的负荷压力在低负荷运行的情况下进行分摊。增加备用泵组或调整泵组运行顺序，保证各泵组运行时间和负荷更加均衡，减少因单泵长时间高负荷运转而造成的磨损问题，就可以达到具体的实施方式^[1]。在案例分析中，采用多泵联动运行的机组，其给水泵运行效率提高15%，设备维护费用减少20%。

总的来说，给水泵在深度调峰中的运行特点有以下几点：通过智能控制多泵联动流量的精确控制和泵体设计的优化等几个方面的改进，对系统的运行效率和稳定性都能有明显的提高，并有效地降低运行成本，因此这些优化建议不仅适用于1000MW机组的深度调峰，而且对其他大容量机组的调峰运行也有借鉴和借鉴的价值。

5 结论

在1000MW机组的30%负荷调峰运行中，双泵运行的稳定性和安全性优于单泵运行，尽管能耗稍高，但其分摊负荷的方式能有效降低机械磨损，提高设备的使用寿命。调峰运行方式通过智能控制和变频调节，有效提高了低负荷条件下的运行效率，减少了机械磨损，论文结合实际运行数据，提出了优化给水泵运行方式的建议，包括智能控制系统的应用和多泵联动方式，优化后的运行方式能够显著提升机组的整体性能，为深度调峰提供技术支持。

参考文献

- [1] 李立波,杜悦.1000MW超超临界机组给水泵异常振动原因分析及处理[J].电站系统工程,2024,40(5):33-36.
- [2] 何钦,颜晶晶.1000MW火电机组循环水泵节能改造[J].能源与节能,2024(4):48-50+61.
- [3] 杨宗秋.1000MW机组单台汽动给水泵全程自动给水控制分析[J].通讯世界,2024,31(4):91-93.

Energy Efficiency Improvement of Electric Heating Systems under the Carbon-neutral Target

Yuhao Bai

Jilin Electric Power Co., Ltd. Songhuajiang First Thermal Power Branch, Jilin, Jilin, 132000, China

Abstract

This paper aims to explore the key paths and strategies to improve the energy efficiency of electric heating system under the background of carbon neutral target. Through in-depth analysis of the current energy efficiency of power heating system, challenges and opportunities, combined with advanced technology and practical experience at home and abroad, a series of specific measures to improve the energy efficiency of power heating system are put forward. Including the optimization of electric heating mode, the promotion of efficient energy storage technology, the development of comprehensive energy system, strengthening intelligent management, etc., aiming to provide strong support for China to achieve the goal of carbon peak and carbon neutrality.

Keywords

carbon neutrality; electric heating system; energy efficiency improvement

碳中和目标下电力供热系统的能效提升

白宇皓

吉林电力股份有限公司松花江第一热电分公司, 中国·吉林 吉林 132000

摘要

论文旨在探讨在碳中和目标背景下, 电力供热系统能效提升的关键路径与策略。通过深入分析当前电力供热系统的能效现状、面临的挑战及机遇, 结合国内外先进技术和实践经验, 提出了一系列提升电力供热系统能效的具体措施。包括优化电力供热方式、推广高效储能技术、发展综合能源系统、强化智能化管理等, 旨在为我国实现碳达峰、碳中和目标提供有力支撑。

关键词

碳中和; 电力供热系统; 能效提升

1 引言

随着全球气候变化的日益严峻, 各国纷纷提出碳中和目标, 以应对气候变化的挑战。中国作为世界上最大的发展中国家, 已承诺在 2030 年前实现碳达峰, 2060 年前实现碳中和。电力供热系统作为能源消耗的重要组成部分, 其能效提升对于实现碳中和目标具有重要意义。论文从多个维度探讨电力供热系统能效提升的路径与策略。

2 电力供热系统能效现状分析

电力供热系统, 主要分为电力直接供热和电力驱动的热泵供热两大类。当前, 中国电力供热系统的能效水平整体偏低, 面临着显著的能源浪费和排放量大等挑战。一方面, 传统电力供热方式主要依赖于高能耗的设备进行工作, 这些设备在能源转换过程中效率不高, 导致大量能源在转换过程

中损失。另一方面, 尽管热泵供热技术以其高效的能源利用率著称, 但其在我国的普及率仍然较低。这主要是由于热泵技术的初期投资成本较高, 以及技术成熟度、市场推广等因素的限制, 使得许多用户对其持观望态度。因此, 提高电力供热系统的能效水平, 减少能源浪费和降低排放量, 是当前亟待解决的问题。

3 面临的挑战与机遇

3.1 挑战

电力供热系统在追求能效提升的过程中, 面临着多重挑战。首先, 技术瓶颈是制约其发展的关键因素之一。尽管高效储能技术和热泵技术等提升能源利用效率方面展现出巨大潜力, 但当前这些关键技术的研发和应用仍处于初级阶段, 尚未达到成熟水平, 这无疑限制了电力供热系统能效的进一步提升。技术的不成熟不仅体现在设备的性能稳定性上, 还体现在成本效益比的考量上, 使得这些先进技术难以在短时间内广泛推广。其次, 经济成本也是用户采用高效节能设备时面临的一大难题。高效节能设备虽然能在长期运行

【作者简介】白宇皓(1988-), 男, 蒙古族, 中国内蒙古通辽人, 本科, 工程师, 从事电力工程技术与应用研究。

中显著降低能耗和运营成本，但其高昂的初始投资对于许多用户而言仍是一笔不小的负担。这种经济压力不仅影响了用户的购买决策，也阻碍了高效节能技术在市场上的快速普及。最后，体制机制的不完善也是电力供热系统能效提升道路上的一大障碍。能源价格机制未能充分反映能源的稀缺性和市场供求关系，导致用户缺乏节能减排的动力；同时，政策激励机制的缺失也使得企业和个人在采用高效节能技术时缺乏足够的支持和激励^[1]。这种体制机制上的不足，使得电力供热系统的能效提升工作难以得到有效推动。

3.2 机遇

在当前时代背景下，电力供热系统能效提升正迎来前所未有的机遇。首先，技术创新成为关键驱动力。随着科学技术的飞速发展，高效储能技术和热泵技术等领域不断取得重大突破，这些先进技术的成熟与应用，为电力供热系统能效的显著提升提供了坚实的技术支撑。这些创新不仅优化了能源转换过程，减少了能量损失，还极大地提高了系统的整体运行效率。其次，政策环境为电力供热系统能效提升创造了有利条件。国家高度重视绿色低碳发展，相继出台了一系列政策措施，旨在推动能源消费结构的优化和能效的提升。这些政策不仅为高效节能技术的研发和应用提供了资金支持 and 税收优惠，还通过制定严格的环保标准和能效指标，引导企业和个人积极采用高效节能的电力供热系统。最后，市场需求的持续增长也为电力供热系统能效提升带来了广阔空间^[2]。随着公众环保意识的日益增强和能源消费观念的转变，高效节能的电力供热系统逐渐成为市场的新宠。企业和个人在追求经济效益的同时，更加注重环保和社会责任，这为电力供热系统能效提升产品的推广和应用提供了强大的市场需求动力。

4 提升电力供热系统能效的路径与策略

4.1 优化电力供热方式

在电力供热系统的优化进程中，推广高效储能技术与发展综合能源系统成为了两大核心策略，旨在从根本上提升能源利用效率，促进绿色低碳转型。高效储能技术作为电力供热方式优化的关键一环，其重要性不言而喻。该技术通过创新的存储机制，将电力生产高峰期或电网富余时段的多余电力有效储存起来，如同为能源系统装上了“蓄水池”，能够在电力需求激增或供应不足时灵活释放，从而实现电力供需之间的精准匹配与动态平衡。这一举措不仅有效缓解了电力供需矛盾，减少了因供需不匹配而造成的能源浪费，还显著提升了电力系统的整体运行效率和稳定性^[3]。更重要的是，高效储能技术的应用为可再生能源的广泛接入提供了有力支持，有助于推动能源结构的多元化和清洁化。与此同时，发展综合能源系统也是优化电力供热方式的重要途径。该系统打破了传统能源系统单一、孤立的界限，将电力、热力、冷量等多种能源形式进行深度融合与集成优化，形成了一个

协同互补、高效运行的能源网络。在综合能源系统中，各种能源资源得以充分共享和灵活调度，实现了能源的最大化利用和最小化损失。例如，在冬季供暖季节，系统可以充分利用电力生产过程中的余热进行供热，既满足了居民的取暖需求，又降低了能源消耗和排放^[4]。此外，综合能源系统还具备强大的智能调度能力，能够根据实时能源供需情况自动调整运行策略，确保系统始终运行在最优状态。

4.2 提升设备能效

在电力供热系统的能效提升路径中，推广高效节能设备与加强设备运维管理构成了提升设备能效的双轮驱动策略，对于降低系统能耗、减少排放具有至关重要的作用。首先，推广高效节能设备是提升电力供热系统能效的直接且有效的手段。高效节能的锅炉和热泵等设备，通过采用先进的材料、优化的设计和智能的控制技术，能够在保证供热质量的同时，显著降低能源消耗和排放水平。这些设备在电力供热系统中的广泛应用，不仅能够有效减轻对化石能源的依赖，减少温室气体排放，还能够降低企业的运营成本，提高经济效益。因此，政府应出台相关政策措施，鼓励和支持企业采购和使用高效节能设备，同时加强市场监管，确保市场上的设备符合节能标准^[5]。其次，加强设备运维管理是提升设备能效的重要保障。设备的运行状态直接影响其能效水平，因此，定期对设备进行维护保养，及时发现并解决潜在问题，是确保设备处于最佳运行状态的关键。通过建立健全的设备运维管理制度，明确运维责任和 workflows，加强对运维人员的培训和管理，可以提高运维工作的专业性和规范性。最后，利用先进的监测技术和数据分析手段，对设备的运行状态进行实时监测和评估，可以及时发现设备的能效下降问题，并采取相应的措施进行改进和优化^[6]。此外，加强设备间的协同运行和调度管理，实现能源的高效利用和互补，也是提升设备能效的重要途径。

4.3 强化智能化管理

在电力供热系统的能效提升征途中，强化智能化管理成为了推动系统优化与升级的关键驱动力。通过构建智能监控系统与优化调度策略，电力供热系统得以在智能化技术的赋能下，实现更高效、更精准的能源管理，从而为节能减排和可持续发展贡献力量。智能监控系统的建立，是电力供热系统智能化管理的基石。该系统依托于物联网、大数据等先进技术手段，构建起一个全面、实时、精准的监测网络。传感器、智能仪表等物联网设备被广泛应用于电力供热系统的各个环节，它们如同敏锐的神经末梢，实时感知并收集系统的运行状态、能耗数据以及环境参数等关键信息^[7]。这些信息随后被传输至大数据平台，通过强大的数据处理与分析能力，形成对系统整体运行情况的全面洞察。智能监控系统不仅为管理者提供了直观、易懂的监控界面，使得系统运行状态一目了然，更为能效提升提供了坚实的数据支撑，让决策更加科学、精准。基于智能监控系统提供的数据支持，优化

调度策略成为了提升电力供热系统能效的重要手段。传统的调度策略往往依赖于经验判断或简单的规则设置,难以应对复杂多变的能源供需环境。而智能调度策略则充分利用了大数据分析 and 人工智能技术,对实时监测数据和历史数据进行深入挖掘与利用。通过对系统运行规律的精准把握,智能调度策略能够预测未来的能源需求趋势,提前制定科学合理的调度方案。同时,它还能够系统在运行过程中进行动态调整与优化,确保能源的高效利用和供需平衡^[8]。这种基于数据的智能调度方式,不仅提高了系统的运行效率和稳定性,还显著降低了能耗和排放水平,为电力供热系统的绿色转型和可持续发展奠定了坚实基础。

4.4 完善体制机制

在推动电力供热系统能效提升的过程中,完善体制机制是不可或缺的一环。这不仅关乎能源市场的健康运行,更直接影响到能源消费行为的转变和高效节能技术的普及。因此,构建科学合理的能源价格机制与出台有效的激励政策,成为了完善体制机制、促进电力供热系统能效提升的关键举措。首先,完善能源价格机制是引导用户合理使用能源的重要杠杆。传统的能源价格机制往往未能充分反映能源的稀缺程度和市场供求关系,导致能源消费存在一定程度上的浪费现象。为了改变这一状况,需要建立一种更加灵活、透明的能源价格机制。这种机制应当能够准确反映能源的生产成本、环境成本以及市场供需状况,通过价格信号引导用户根据实际需求和经济承受能力来合理使用能源。同时,还应加强对能源市场的监管,防止市场垄断和价格操纵行为的发生,确保能源市场的公平竞争和健康发展^[9]。其次,出台激励政策是鼓励企业和个人采用高效节能电力供热系统的重要手段。高效节能技术虽然具有显著的节能效果和环保效益,但其初期投资往往较高,给企业和个人带来了一定的经济压力。为了降低这一门槛,促进高效节能技术的普及应用,政府应出台一系列激励政策。这些政策可以包括财政补贴、税收优惠、贷款优惠等多种形式,旨在降低企业和个人采用高效节能技术的成本负担,提高其经济性和可行性^[10]。最后,

政府还应加强对高效节能技术的宣传和推广力度,提高公众对节能技术的认知度和接受度,形成全社会共同参与节能减排的良好氛围。

5 结论

在碳中和目标下,电力供热系统能效提升是实现绿色低碳发展的重要途径。通过优化电力供热方式、提升设备能效、强化智能化管理以及完善体制机制等措施,可以显著提高电力供热系统的能效水平,降低能源消耗和排放,为中国实现碳达峰、碳中和目标贡献力量。未来,随着科技的进步和政策的完善,电力供热系统能效提升的空间将进一步扩大,为实现绿色低碳发展奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 王志超.基于大数据分析的电力系统能效优化研究[J].电气技术与经济,2024(8):276-278+289.
- [2] 周彩线.220kV及以下电力系统中负荷均衡与能效优化的设计方法研究[J].电气技术与经济,2024(7):1-3.
- [3] 朱晔,任洛卿,周德群,等.新型电力系统与综合能源服务的关系及未来发展建议[J].中国软科学,2022(11):20-25.
- [4] 徐飞,李晓霞,马驰.新型电力系统中氢能综合利用的发展[J].科技创新与应用,2022,12(15):92-95.
- [5] 高赐威,罗海明,朱璐璐,等.基于电力系统能效评估的蓄能用电技术节能评价及优化[J].电工技术学报,2016,31(11):140-148.
- [6] 刘欢.基于电力系统整体能效的电网运行与规划研究[D].南京:东南大学,2016.
- [7] 李笑怡.浅析电力系统的需求侧管理[J].科技创新与应用,2015(29):271-272.
- [8] 段炜,胡兆光,姚明涛,等.考虑需方响应资源的电力系统生产模拟[J].电网技术,2014,38(6):1523-1528.
- [9] 张建平,张翔,程浩忠,等.考虑能效电厂影响的含风电电力系统生产模拟[J].华东电力,2013,41(9):1804-1807.
- [10] 周景宏,胡兆光,田建伟,等.含能效电厂的电力系统生产模拟[J].电力系统自动化,2010,34(18):27-31.

Research on the Development and Application of New Transmission Line Drainage Fittings

Yi Wang

Xinjiang Power Transmission and Transformation Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830011, China

Abstract

With the expansion of the scale of power construction, the transmission line has been exposed to the external environment for a long time, and under the influence of electrical stress and harsh climate, the wire and its related fittings are often irreversibly damaged, especially the wear between the multi-split wires and the fracture of the tension clamp connecting plate are particularly prominent. In order to solve these problems, a new type of drainage fitting was developed in this study, and its practical application was carried out to verify the effect of the fitting in the transmission line to meet the higher requirements of power operation. This series of achievements has not only brought substantial progress to the power industry, but also provided updated ideas for technological innovation in related fields.

Keywords

transmission line drainage fittings; development; electric power construction

新型输电线路引流金具的研制与应用研究

王伊

新疆送变电有限公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830011

摘要

随着电力建设规模的扩大, 输电线路长期暴露在外界环境中, 受电气应力和恶劣气候的影响, 导线及其相关金具常出现不可逆的损伤, 尤其是多分裂导线之间的磨损以及耐张线夹连接板的断裂问题尤为突出。为解决这些问题, 本研究研制了一种新型的引流金具, 并进行了实际应用, 验证了该金具在输电线路中的效果, 以满足更高要求的电力运行需求。这一系列成果不仅为电力行业带来了实质性的进步, 也为相关领域的技术创新提供了更新的思路。

关键词

输电线路引流金具; 研制; 电力建设

1 引言

现有的多分裂导线因自然条件影响, 常出现导线与金具之间的摩擦和碰撞, 特别是导线在长期运维中出现的损伤较为严重。目前市场上主要通过增加支撑金具来缓解摩擦问题, 但此方法并未从根本上解决问题, 反而增加了支撑金具的缺陷量。此外, 支撑金具的使用导致引流板与导线之间产生额外的弯折应力, 长期积累下来, 容易导致引流板断裂和导线的疲劳损伤。因此, 设计一种新型的引流金具, 调整其安装结构与材料选择, 显得尤为必要。

2 研制方案

2.1 设计优化

在设计新型引流金具时, 充分考虑了 750kV 赛伊二线

92 号中相导线现存的技术问题, 特别是导线与金具之间的长期摩擦问题。为了从根本上解决这一困扰输电线路的难题, 研发团队从多个角度进行了设计优化。首先, 外观设计不仅着重于流线型的美观, 更关注如何减少导线与金具的接触面积, 使摩擦产生的磨损显著降低。在尺寸设计方面, 传统金具往往因尺寸不当导致导线和金具紧密相连, 而新设计则在保持强度的前提下, 增大了导线和金具之间的距离, 从物理上减少了摩擦发生的频率^[1]。其次, 在结构设计中, 研发人员深入分析了导线运行中的动态变化, 特别是因自然力和电力应力产生的形变因素, 创新性地调整了金具的支撑点分布, 使得导线和金具在不同负荷下的受力更加均匀, 从而避免因应力集中而导致的导线疲劳。最后, 在安装位置的调整上, 新设计大幅增大了导线与金具的电气间距, 这不仅优化了导线与金具之间的工作环境, 还降低了因长期运作导致的导线与金具间摩擦所带来的磨损风险, 延长了设备的使用寿命。整体设计过程从外观、尺寸、结构和安装等多方面入手, 形成了一个相互协调的整体, 极大地提升了新型引流金

【作者简介】王伊(1987-), 男, 中国陕西西安人, 本科, 工程师, 从事输电线路运行与维护研究。

具的实用性与耐久性。见图1。

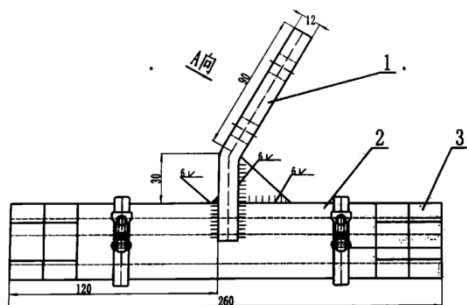


图1 新型输电线路引流金具设计图

2.2 材料改进

在新型引流金具的材料选择上,研发团队深入考量了输电线路所面临的极端气候和复杂环境,采用了高强度与高韧性兼备的材料,以应对金具长期暴露在外界环境中的严峻考验。这种材料不仅要具备足够的机械强度来支撑导线的重量和外界风荷载,还需要在长期使用过程中,抵抗因温差、湿度、紫外线辐射等引起的老化现象。通过对不同材料的物理特性进行大量实验和分析,最终选定了一种能够在高温、低温、湿润和干燥等不同环境下都保持稳定性能的合金材料。其韧性使得金具在外力冲击或导线摆动时,不易出现脆裂或变形,极大地降低了因材料疲劳导致的断裂风险^[2]。此外,这种材料还具备极强的抗腐蚀能力,能够有效抵御长期暴露在空气中的氧化作用及雨水中的酸性成分侵蚀,减少了材料表面锈蚀的可能性,从而保证金具在极端气候条件下依然能够稳定工作。更重要的是,该材料经过特殊处理后,其分子结构具有高度的稳定性,能够在使用过程中避免微观裂纹的扩展,提高了引流金具的整体耐久性和使用寿命。

2.3 加工工艺改进

在加工工艺的改进中,整个流程的每一步都经过了精心设计与严格把控,首先在开模阶段,团队深入分析了金具在不同运行环境中的受力特点和形变规律,重新设计了模具的形状和尺寸,确保模具能够精准成型,并最大程度避免应力集中带来的潜在隐患。在锻造过程中,采用了先进的温控技术,以保证材料在受热状态下具备最佳的延展性和韧性,这种控制不仅提升了金具的强度,还使得其在不同温度下表现出极高的耐疲劳性能。焊接作为整个工艺流程中的关键环节,采用了精密焊接技术,确保各部件之间的连接不仅仅是物理上的结合,更是在微观层面上实现了材料的无缝融合,从而大大减少了金具在运行过程中因焊接点薄弱导致的断裂风险。此外,在表面处理环节中,选用了高性能的抗腐蚀涂层和防氧化工艺,使得金具在长期暴露于风雨、紫外线、沙尘等严苛条件下,依旧能够保持表面的完整性和功能性,避免了因外部侵蚀导致的金具表面锈蚀或性能下降。整个加工过程中,质量控制贯穿始终,每一道工序都要经过严格的检测和监控,尤其是在产品成型后的最终质检阶段,所有金

具均需经过力学性能、抗疲劳、抗腐蚀等一系列测试,以保证其符合《架空输电线路运行导则》的各项要求。

3 应用研究

3.1 应用场景选择

在应用场景的选择过程中,团队决定将750kV赛伊二线92号输电线路作为试点对象,这一选择基于该线路多年运行过程中所暴露出的多种问题。作为一条运行时间较长的输电线路,其导线间距较近,导致了长期以来导线与引流金具之间频繁发生摩擦现象,特别是在自然环境的持续影响下,摩擦问题进一步加剧。导线受到风力、雨雪、温差等因素的作用,出现形变与晃动,促使导线与引流金具之间的摩擦不断积累,这不仅削弱了金具的表面结构,还增加了导线的疲劳损耗,最终导致多次金具断裂的发生。这条线路的地理位置也使得其受到的气候条件相对复杂,进一步加重了设备的老化问题^[3]。因此,该线路成为验证新型引流金具效果的理想场景,既具备典型的多分裂导线运行环境,又在实际运维中存在显著的导线磨损与金具断裂隐患。在选定这一试点后,项目团队通过实地勘察和数据分析,深入了解了该线路的运行状况,明确了最需要改造和优化的部位。在这个基础上,新型引流金具的设计与安装方案得以充分针对这一线路的实际需求进行调整,目的是在这样的高应力、复杂环境下,验证新材料、新结构金具在减少摩擦、提升耐久性方面的效果。

3.2 安装过程

在新型引流金具的安装过程中,施工团队首先根据现场条件,对导线与金具的接触部位进行仔细的勘测和分析,在此基础上决定最佳的安装位置和角度,最大限度地减少导线与金具之间的物理接触。在位置和角度的调整过程中,充分考虑了导线的动态特性,并结合了金具本身的几何结构特征,在长期运行中能够维持稳定的间距,避免摩擦带来的磨损问题。在现场操作中,团队严格遵循预设的标准化流程,保障每一个安装步骤都符合既定的精确性要求。金具的固定方式经过了技术改进,采用了新的紧固技术,在安装过程中更加稳固,避免了传统金具因安装不当或长期震动导致松动的风险。此外,新型引流金具的外观经过流线型设计处理,其圆滑的边缘极大减少了尖角或突出处与导线的接触点,进一步降低了因局部摩擦而造成的损伤。在实际操作中,施工团队发现,由于这种改进后的结构设计,新型金具的安装过程比传统金具更为简便,操作步骤得以简化,安装时间也显著缩短,减少了工人在高空环境下作业的时间,有效提升了施工效率并降低了安全风险^[4]。

3.3 运行效果评估

经过一段时间的实际运行,研究团队对新型引流金具的运行效果进行了全面评估。评估结果显示:

①减少摩擦损耗:新型引流金具有效减少了导线与金

具之间的磨损,避免了导线因长期摩擦而导致的断裂问题。

②提升设备稳定性:与传统金具相比,新型引流金具大大提高了设备的抗疲劳性能,延长了导线的使用寿命,运行稳定性显著增强。

③减少缺陷维修:统计数据显示,自安装新型引流金具以来,该线路的导线缺陷和金具维护次数显著减少,运维成本大幅降低。根据统计,应用新型金具后,每年可减少约60%的导线缺陷维修工作。

4 经济效益与社会效益分析

4.1 经济效益

在经济效益方面,新型引流金具的应用带来了显著的成本节约效果。传统金具由于磨损频率较高,通常需要定期更换和维护,且维护过程往往耗费大量的人力、物力和时间。随着新型引流金具的引入,导线与金具之间的摩擦大幅减少,从而降低了日常维护的频次。人工成本因维修需求的减少而显著下降,尤其是在对传统金具的修复过程中,往往需要大量的工人进行长时间的操作,这无疑加重了运维负担。车辆费用和误餐费用也是不可忽视的支出,特别是在偏远地区的维护工作中,运输和后勤保障占据了相当大的比重。而新型引流金具的使用延长了设备的使用寿命,减少了现场维修次数,从而在这些方面大幅节省了费用支出,提升了整体经济效益。

4.2 社会效益

社会效益层面,新型引流金具不仅大幅降低了导线与金具之间的摩擦频率,也从根本上提升了输电线路的整体运行可靠性。传统金具在长时间使用后,容易出现磨损、老化等问题,导致线路故障频发,不仅给运维人员带来了额外的工作负担,也对电力系统的正常运行产生了不利影响。而新型引流金具通过优化设计,有效减少了设备损耗,进而降低了故障率,减轻了运维人员的劳动强度。这一改进尤其在偏远地区的输电线路维护中发挥了重要作用,因为这些地区的设备维护更加困难且成本较高,频繁的故障处理不仅耗费了大量资源,还对当地居民的用电可靠性产生了负面影响。新型金具的广泛应用保障了居民的正常用电需求,提升了社会的用电稳定性^[5]。

4.3 安全效益

从安全效益的角度来看,新型引流金具的使用极大地提升了输电线路的安全性。金具的抗疲劳和抗腐蚀能力显著增强,在长时间的运行中,金具不易因疲劳或环境因素而发生断裂或腐蚀现象,避免了潜在的设备故障风险。这种改进不仅降低了导线因磨损而引发的断裂问题,也大幅减少了运维人员在高空作业时所面临的风险。传统金具的磨损和断裂容易导致输电线路出现安全隐患,甚至可能引发电力事故,而新型引流金具的稳定性能则有效规避了这些潜在危险,使输电线路的整体运行更加安全可靠,从而保障了电力系统的长期稳定运行。

5 结语

总的来说,新型引流金具的研发与应用有效解决了传统输电线路运行中面临的诸多问题,尤其是在导线磨损和设备稳定性方面的显著提升令人印象深刻。这项技术的成功不仅大大降低了维护成本,提高了输电线路的运行效率,还通过优化材料与结构设计,极大改善了设备的耐用性和安全性。然而,随着输电线路建设规模的不断扩大和运行环境的多样化,新型金具的应用也面临更多复杂的挑战。未来的研究可以更加深入探索金具在极端气候条件下的长久表现,并继续优化安装工艺和材料改性,以满足更高要求的电力运行需求。这一系列成果不仅为电力行业带来了实质性的进步,也为相关领域的技术创新提供了新的思路。

参考文献

- [1] 杨睿,张程,黄罡.输电线路金具防松螺栓的研究与应用[J].光源与照明,2022(10):200-203.
- [2] 郑孝干,冯振波,杨毅豪,等.“U型自锁式”输电线路耐张导线压接管防护金具[J].机械设计与研究,2020,36(6):210-215.
- [3] 王祥祥.新旧输电线路引流板发热问题的思考与对策[J].红水河,2020,39(4):74-77.
- [4] 赵宇,张孝祖,李海顺,等.带电处理输电线路金具系列工具的研制与应用[J].电力设备管理,2021(6):164-165+201.
- [5] 黄青松,秦冬,雁王宏.锻造技术在特高压工程线路金具加工中的应用与研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(2).

Comparison Analysis of Fixed Support Structures for Offshore Photovoltaic Systems under Wind and Wave Loads

Guixue Liu Zhenjing Wei Zhen Li

State Energy Group Shandong Electric Power Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250000, China

Abstract

At present, fixed offshore PV is widely used in offshore area. In order to improve the stability and economy of the foundation structure, a new type of structure "Suction tube + fixed bracket" is proposed in this paper. Based on this, two pieces and four pieces of structural units were constructed, and then through SACS software, the strength of upper truss structure element under different load direction and leading load is analyzed, which provides reference for practical engineering. The results show that the proposed structural design scheme meets the structural safety requirements and can be applied to practical engineering, and the maximum UC value of the upper truss members increases with the increase of the loading angle, the ice load and the wave load have the greatest influence on the strength of the bottom strut, the bottom of the structure, the connecting rod and the inclined brace, respectively, in engineering application, the installation angle of foundation and the strength of corresponding members can be adjusted according to the load action.

Keywords

offshore PV; fixed foundation; PV bracket; SACS software; intensity analysis

风浪荷载下海上光伏固定式支撑结构对比分析

刘贵学 魏振景 李振

国家能源集团山东电力有限公司, 中国·山东 济南 250000

摘要

当前固定式海上光伏在近海区域应用广泛, 为进一步提高基础结构的稳定性和经济性, 论文提出了“吸力筒+固定支架”的新型结构型式。初步设计两种结构方案, 基于此构建单樁、两樁和四樁结构单元, 通过SACS软件, 对上部桁架结构单元在不同荷载作用方向和主导荷载作用下的强度进行分析, 为实际工程提供参考依据。结果表明: 提出的结构设计方案满足结构安全性要求, 可应用于实际工程; 上部桁架杆件最大UC值随荷载作用角度的增加而增大, 冰荷载和波浪荷载分别对光伏板下部支柱、结构底部的通长杆、连接杆和斜撑的强度影响最大, 在工程应用中可以根据荷载作用情况对基础安装角度和相应杆件强度进行调整。

关键词

海上光伏; 固定式基础; 光伏支架; SACS软件; 强度分析

1 引言

近年来, 在碳达峰、碳中和的政策支撑下, 海上光伏在新能源领域得到了大力发展^[1]。相比陆地光伏电站, 海上光伏能够充分利用海洋面积和太阳能资源, 有效拓展发展空间, 提高发电效率^[2,3]。根据适用海域深度的不同, 海上光伏分为漂浮式和固定式两种类型^[4], 目前固定式光伏在近海区域发展较为广泛, 面对复杂的海洋环境, 其面临的最大问题是光伏组件结构可靠性^[5], 为保证海上光伏项目能够持续稳定运行, 需要对基础结构进行优化设计, 在满足承载力需求的同时提高经济效益, 达到降本增效的目的^[6]。

当前海上光伏固定式基础结构以“固定桩基+固定支架”为主^[7], 而在实际工程中桩基受风浪影响较大。为提高基础强度和承载能力, 论文提出了“吸力筒+固定支架”的新型结构型式, 设计了两种结构方案, 通过 SACS 软件对不同环境荷载情况下的上部桁架结构单元进行强度分析, 为实际工程提供参考依据。

2 结构单元设计方案

固定式基础整体结构由多个单元模块通过连接件连接组成, 论文设计两种单樁结构单元方案, 分别是 80m×4m 结构单元(方案一)和 60m×2m 结构单元(方案二), 并在单樁结构的基础上, 分别建立两樁和四樁结构单元模型。

480m×480m 结构单元场地布置示意图见图 1。

【作者简介】刘贵学(1983-), 男, 中国山东菏泽人, 工程师, 从事新能源项目开发研究。

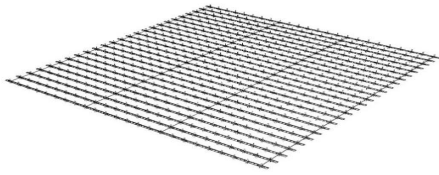


图1 480m × 480m 结构单元场地布置示意图

2.1 方案一结构参数

2.1.1 单樁结构单元

初步设计 80m × 4m 固定式基础结构单元，共有 8 个筒作为支撑，两端各悬挑出 10m 桁架，纵向单元间隔 20m，如图 2 所示。考虑 480m × 480m 的结构面积，共有 25 × 6 = 150 个单元，每个单元均采用 7 种杆件，不同颜色对应 P1~P7 杆件，见图 3，杆件参数如表 1 所示。

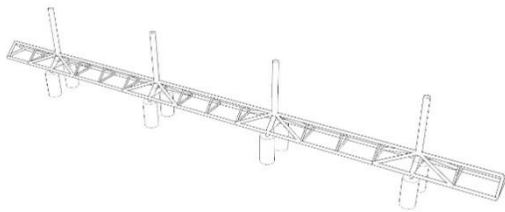


图2 固定式基础单樁结构单元示意图（方案一）

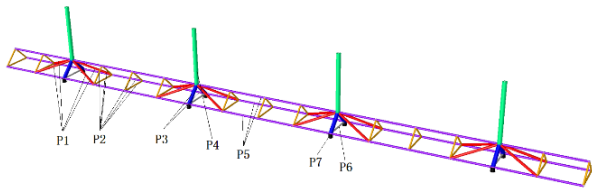


图3 单樁结构单元各杆件示意图（方案一）

表1 单樁结构单元杆件参数表（方案一）

杆件	直径 (cm)	壁厚 (mm)
P1	30	12
P2	20	5
P3	50	25
P4	55	35
P5	25	12
P6	20	5
P7	55	25

2.1.2 两樁结构单元

基于图2所示方案一单樁桁架结构，构建两樁桁架结构，初步设计固定式基础单元为 80m × 4m，共有 16 个筒作为支撑，两端各悬挑出 10m 桁架，纵向单元间隔 20m，两樁之间利用撑杆进行连接形成装配体，两樁上部桁架结构如图 4 所示。

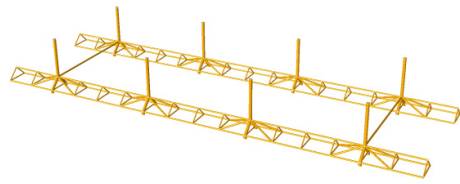


图4 固定式基础两樁结构上部桁架（方案一）

2.1.3 四樁结构单元

四樁结构单元装配体由 2 × 2 个单个支架基础组成，初步设计固定式基础单元为 80m × 4m，共有 32 个筒作为支撑，两端各悬挑出 10m 桁架，纵向单元间隔 20m，两樁之间利用撑杆进行连接，模型示意图如图 5 所示。

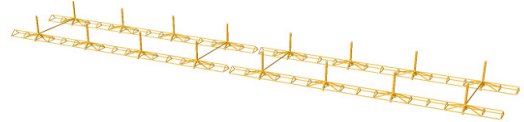


图5 固定式基础四樁结构上部桁架（方案一）

2.2 方案二结构参数

初步设计 60m × 2m 固定式基础单元，共有 6 个筒作为支撑，两端各悬挑出 10m 桁架，纵向单元间隔 20m，如图 6 所示。考虑 480m × 480m 的结构面积，共有 25 × 8 = 200 个单元，每个单元均采用 7 种杆件，不同颜色对应 P1~P7 杆件，见图 7，杆件参数如表 2 所示。

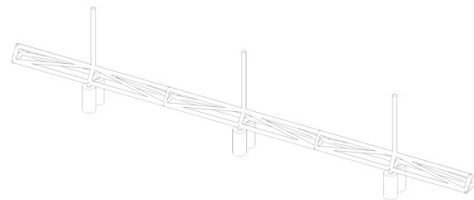


图6 固定式基础单樁结构单元示意图（方案二）

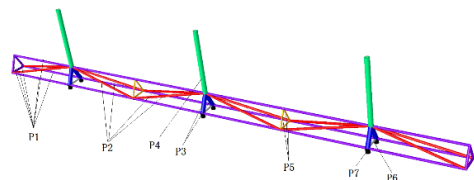


图7 单樁结构单元各杆件示意图（方案二）

表2 单樁结构单元杆件参数表（方案二）

杆件	直径 (cm)	壁厚 (mm)
P1	26	16
P2	26	15
P3	50	30
P4	55	45
P5	16	10
P6	20	10
P7	50	15

基于图6所示方案二单樁桁架结构，初步设计固定式基础单元为60m×2m，分别构建两樁和四樁桁架结构，分别有12和24个筒作为支撑，其余布置形式和参数同方案一中的两樁和四樁结构设计方案。

3 荷载参数

当前中国海上固定式光伏开发的场地以近海为主，考虑到海洋环境的影响，论文分别以波浪荷载和冰荷载为主控荷载，设定荷载作用方向为0°和90°，运用SACS软件，对不同工况下的固定式基础上部桁架结构单元进行静力计算。

3.1 冰荷载

根据《港口工程荷载规范》，冰荷载标准值的相关计算方法如下：

$$F_l = ImkBH\sigma_c \quad (1)$$

式中， F_l 为极限挤压冰力标准值，kN； I 为冰的局部挤压系数； m 为桩、墩迎冰面形状系数； k 为冰和桩、墩之间的接触条件系数； β 为桩、墩迎冰面的投影宽度，m； H 为单层平整冰计算冰厚，m； σ_c 为冰的单轴抗压强度标准值，kPa。

取50年一遇的海冰力学参数进行计算，根据港口工程荷载规范和相关海域资料，计算得到极限挤压冰力标准值为144.18kN。

3.2 波浪荷载

根据相关海域实测资料，浪向为NE向，频率为25.3%，次常浪向为NNE向，出现频率17.4%，强浪向为NE向。选取最大 $H_{13\%}$ 波高3.83m，谱峰周期11.1s进行计算。

3.3 风荷载及海流作用

根据海域实测资料，选取最大瞬时风速34.8m/s。工程海域海流的50年一遇表层设计流速为1.48m/s，中层设计流速为1.32m/s，底层设计流速为1.20m/s，100年一遇表层设计流速为1.51m/s，中层设计流速为1.36m/s，底层设计流速为1.22m/s。

4 结构单元强度分析

论文通过SACS软件，对不同的主导荷载和荷载作用方向下，两种设计方案的固定式基础单樁、两樁和四樁上部桁架结构进行静力计算。其中方案一和方案二都分为两种情况：①冰荷载为主导荷载，即作用荷载包括冰荷载、风荷载和海流作用；②考虑波浪荷载为主导荷载，即作用荷载包括波浪荷载、风荷载和海流作用。所有荷载方向沿0°（X方向）、90°（Y方向）和45°方向，荷载均取1.5倍的放大系数。

4.1 单樁结构强度分析

单樁结构方案一和方案二中杆件对应的最大UC值如表3所示。由表可知，方案一中，在冰荷载主导情况下，三个荷载作用方向的杆件最大UC值出现在光伏板下部的支柱上，即杆件P4，波浪荷载主导情况下，最大UC值主要出

现在支柱下部三角形斜撑和结构底部通长杆处；方案二中，在冰荷载主导情况下，0°、45°作用方向下杆件最大UC值出现在光伏板下部支柱P4处，90°荷载作用方向下的杆件最大UC值出现在杆件P4下部三角形斜撑上，波浪荷载主导的情况下，最大UC值出现在结构底部通长杆和通长杆间的斜撑上。两种方案下，杆件最大UC值随加载角度的增加而增大，每根杆件对应的最大UC值都小于1，满足结构安全性要求。

表3 单樁结构杆件强度计算结果

方案	主导荷载	荷载作用方向	最大UC值	最大UC值发生位置
方案一	冰荷载	0°	0.948	P4
		45°	0.966	P4
		90°	0.965	P4
	波浪荷载	0°	0.195	三角形斜撑
		45°	0.840	三角形斜撑
		90°	0.937	底部通长杆
方案二	冰荷载	0°	0.978	P4
		45°	0.991	P4
		90°	0.995	三角形斜撑
	波浪荷载	0°	0.178	底部通长杆
		45°	0.554	通长杆间斜撑
		90°	0.985	底部通长杆

4.2 两樁结构强度分析

两樁结构方案一和方案二中杆件对应的最大UC值如表4所示。由表可知，方案一中，在冰荷载主导情况下，杆件最大UC值都出现在光伏板下部支柱P4处，波浪荷载主导的情况下，最大UC值出现在支架底部基础连接杆和通长杆间的斜撑处；方案二中，在冰荷载主导情况下，0°和45°荷载作用方向下的杆件最大UC值出现在光伏板下部支柱P4处，90°荷载作用方向下的杆件最大UC值出现在杆件P4下部三角形斜撑上，波浪荷载主导的情况下，最大UC值出现在结构底部通长杆和通长杆间的斜撑上。两种方案下，杆件最大UC值随加载角度的增加而增大，每根杆件对应的最大UC值都小于1，满足结构安全性要求。

4.3 四樁结构强度分析

四樁结构方案一和方案二中杆件对应的最大UC值如表5所示。由表可知，在两个设计方案中，冰荷载主导时，杆件最大UC值都出现在光伏板下部支柱P4处；波浪荷载主导的情况下，0°荷载作用方向下的最大UC值都出现在支架底部基础连接杆处，45°荷载作用方向下的杆件最大UC值都出现在通长杆间的斜撑上，90°荷载作用方向下的杆件最大UC值都出现在支架下部三角形斜撑上。两种方案下，杆件最大UC值随加载角度的增加而增大，每根杆件对应的最大UC值都小于1，满足结构安全性要求。

表 4 两榀结构杆件强度计算结果

方案	主导荷载	荷载作用方向	最大 UC 值	最大 UC 值发生位置
方案一	冰荷载	0°	0.950	P4
		45°	0.964	P4
		90°	0.972	P4
	波浪荷载	0°	0.241	基础连接杆
		45°	0.518	通长杆间斜撑
		90°	0.903	通长杆间斜撑
方案二	冰荷载	0°	0.986	P4
		45°	0.991	P4
		90°	0.994	三角形斜撑
	波浪荷载	0°	0.200	底部通长杆
		45°	0.554	通长杆间斜撑
		90°	0.956	底部通长杆

表 5 四榀结构杆件强度计算结果

方案	主导荷载	荷载作用方向	最大 UC 值	最大 UC 值发生位置
方案一	冰荷载	0°	0.950	P4
		45°	0.964	P4
		90°	0.963	P4
	波浪荷载	0°	0.526	基础连接杆
		45°	0.485	通长杆间斜撑
		90°	0.779	三角形斜撑
方案二	冰荷载	0°	0.983	P4
		45°	0.990	P4
		90°	0.992	P4
	波浪荷载	0°	0.545	基础连接杆
		45°	0.547	通长杆间斜撑
		90°	0.709	三角形斜撑

5 结论

论文设计了两种海上光伏固定式支撑结构单元，在此基础上分别构建单榀、两榀和四榀结构，分别设置冰荷载和波浪荷载作为主导荷载，运用 SACS 软件，分析主导荷载、荷载作用方向 and 不同结构设计方案对固定式支撑结构单元强度的影响。具体结论如下：

①两种结构单元设计方案中，单榀、两榀和四榀结构都具有较高的强度和稳定性，满足结构安全性要求，均可应用于实际工程。②随荷载作用角度增加，杆件最大 UC 值增大。在实际工程中可以根据环境荷载作用方向调整结构安装角度，最大程度增强结构稳定性。③冰荷载对光伏板下部支柱的强度影响最大，波浪荷载对结构底部通长杆、基础连接杆和下部斜撑影响最大。在实际工程中可以根据实测海况的环境荷载对相应杆件强度进行调整。

参考文献

- [1] 高雄杰,周成龙,张伟,等.海上光伏施工一体化智能装备研究[J].西北水电,2023(5):113-117.
- [2] 徐卫兵,惠星,李东侠,等.桩基固定式海上光伏项目开发建设策略[J].西北水电,2023(5):118-122.
- [3] 王滋宇,王佩明,李艳红,等.水上漂浮式光伏发电系统[J].华电技术,2017,39(3):74-76+80.
- [4] 惠星,穆鹏飞,张艳,等.海上光伏项目的前期开发——以山东省沿海为例[J].西北水电,2023(1):96-101.
- [5] 张亮,朱紫玲,罗冰冰,等.固定式光伏支架可承受荷载有限元分析[J].太阳能学报,2022,43(9):15-20.
- [6] 马月,吕永刚,温友超,等.海上光伏电站基础结构的综述[J].科技与创新,2023(20):92-95.
- [7] 张木梓,王艺澄.全球水上光伏产业的发展现状及市场前景分析[J].太阳能,2020(7):19-24.

Key Measures to Improve the Energy-saving Efficiency of the Thermal System in the Power Plant

Yelin Jia

Inner Mongolia Mengtai Buliangou Coal Industry Co., Ltd. Coal Gangue Thermal Power Plant, Ordos, Inner Mongolia, 017000, China

Abstract

With the dual challenges of energy crisis and environmental problems, the energy saving and consumption reduction of power plant thermal system has become the focus of the industry. The research adopts the method of combining theoretical analysis and quantitative evaluation, and focuses on exploring the key factors and optimization measures affecting the energy efficiency of power plant thermal system. It is found that adjusting the heating temperature, optimizing the operating conditions of the steam turbine, adopting the advanced waste heat recovery technology and improving the equipment maintenance and management are the key measures to improve the energy saving efficiency of the system. The empirical results show that these measures can increase the average energy efficiency by up to 15%, significantly reducing environmental emissions while reducing energy consumption. This paper provides powerful theoretical guidance and practical technical route for the energy saving improvement of power plant thermal system, which is of great significance to promote the sustainable development of power industry.

Keywords

power plant thermal system; energy saving and consumption reduction; waste heat recovery technology; energy efficiency improvement; sustainable development

提高电厂热力系统节能效率的关键措施

贾叶林

内蒙古蒙泰不连沟煤业有限责任公司煤矸石热电厂，中国·内蒙古鄂尔多斯 017000

摘要

随着能源危机与环境问题的双重挑战，电厂热力系统的节能降耗成为行业关注焦点。研究采用了理论分析与量化评估相结合的方法，重点探索了影响电厂热力系统能效的关键因素及优化措施。研究发现，调整供热温度、优化汽轮机运行工况、采用先进的余热回收技术和改进设备维护管理是提高系统节能效率的关键措施。实证结果表明，通过这些措施，平均能效提升可达15%，在减少能源消耗的同时，显著降低了环境排放。论文对电厂热力系统的节能改进提供了有力的理论指导和实用的技术路线，对于促进电力行业的可持续发展具有重要意义。

关键词

电厂热力系统；节能降耗；余热回收技术；能效提升；可持续发展

1 引言

在研究中，我们找出电厂节省能源和保护环境的方法。电厂很耗能，但有些方式可以让它们效率更高，帮助节省能源和少污染环境。我们查了很多资料，发现调节供暖的温度、使机器更好运行、使用新技术回收热能，以及更好地保养设备都能帮助节能。实际测试也证明这些方法有效。这对于电厂来说，既能减少花费又对环境好，也帮助我们更好地保护地球。

2 节能降耗的理论基础

2.1 能源与环境的双重挑战

能源与环境的双重挑战引发了对电厂热力系统节能降耗的广泛关注^[1]。当今社会，能源需求持续增长，而传统化石燃料的使用却带来了严重的环境问题。化石燃料燃烧排放大量二氧化碳、硫氧化物、氮氧化物等污染物，这不仅导致全球气候变暖，还造成空气质量恶化、水体污染和生物多样性损失。能源危机和环境污染形成了相互交织的难题，在这种背景下，如何提高能源利用效率、减少污染排放成为亟待解决的重要课题。

电厂作为能源消耗的主要单位之一，对整体能源消耗和环境排放具有重要影响。传统电厂主要依赖燃煤、天然气等化石燃料，这不仅消耗大量有限的自然资源，还会产生大

【作者简介】贾叶林（1982-），男，中国内蒙古乌兰察布人，本科，工程师，从事发电厂运行规范化管理研究。

量温室气体和有害物质。面对日益严峻的环保政策和资源短缺问题,电厂亟须通过技术创新和管理优化实现节能减排。一方面,提高电厂热力系统的能效可以有效降低燃料消耗,从而减少温室气体和其他污染物的排放;另一方面,节约下来的能源也可以用于其他领域,有助于社会整体资源的高效利用。

提高电厂热力系统能效的意义不仅体现在经济效益上,更在于其生态和社会效益。减少燃料消耗意味着降低生产成本,提高企业竞争力,也彰显了企业的社会责任。优质的环保表现有助于改善公众健康,推动区域环境质量的提升,并促进地方经济的可持续发展。深入理解能源与环境的挑战,充分认识节能降耗的重要性,是推动电厂热力系统改进和实现绿色发展的基础。

2.2 电厂热力系统的作用与效率问题

电厂热力系统在电力生产过程中占据核心地位,其主要功能是将燃料的化学能转化为机械能,再通过发电机转换为电能。热力系统包括锅炉、汽轮机、冷凝器等关键设备,各组成部分之间的协同工作直接决定了系统整体的能效水平。受限于现有技术条件及设备性能,系统内部的能量损失在所难免,能效问题因而成为一个突出的研究课题。

热力系统的效率问题可以从多个层面进行考察。是燃料燃烧的效率,即锅炉在燃料燃烧过程中如何最大程度地将化学能有效转化为热能^[2]。燃烧效率的提升不仅有助于减少燃料耗用量,还能降低环境污染排放。汽轮机作为热力系统的核心设备,其运行工况的优化至关重要。不合理的运行工况可能导致能量的浪费及设备的过度损耗,从而降低系统整体效率。冷凝器的热交换效率也不可忽视,冷凝器性能的提升能够有效地减少蒸汽的背压,提高汽轮机的工作效率。

理论分析表明,通过优化热力系统各组件的运行参数、合理配置系统负荷,以及应用先进的余热回收技术,能够大幅提升电厂热力系统的整体能效。在实际应用中,系统的综合效能不仅直接影响单位燃料的发电量,还关系到环境排放和生产成本的优化。提升电厂热力系统效率是实现节能降耗、推动电力行业可持续发展的重要途径。

2.3 节能降耗的重要性与实践意义

节能降耗对电厂热力系统具有重要性和实践意义。节能降耗不仅能减少能源消耗,降低运行成本,还能有效减缓资源枯竭问题。减少温室气体和污染物排放,有助于改善环境质量,符合全球环境保护和可持续发展的要求。通过引入先进技术和优化管理,可显著提升系统的整体效能,为电力行业的绿色转型提供可靠保障。

3 影响电厂热力系统能效的关键因素

3.1 供热温度的调整

供热温度的调整是提高电厂热力系统节能效率的一个关键因素。在电厂热力系统中,供热温度的选择直接影响热

机的效率和系统的整体热效能。供热温度过高,会导致系统热损失增加及设备材料的磨损加剧,从而增加运行成本和维护费用;而供热温度过低,则可能导致系统的热力供应不足,影响供热质量及用户体验。

理论上,供热温度应处在一个优化区间,以平衡热损失和供热效率。供热温度和系统压力密切相关,适宜的压力可以在提高能效地减少蒸汽泄漏和热损失。确定适合的供热温度区间对于提高整个系统的能效具有重要的意义。

具体调整策略包括优化供热温度控制技术,通过动态监测系统的实际运行数据,如锅炉出口温度、管网温差、最终用户需求等,将供热温度维持在一个平衡的临界点。还应利用智能控制系统,通过反馈调控实现供热温度的动态优化,以适应负荷变化和外界环境条件的波动。例如,采用先进的模型预测控制(MPC)技术,可以在保证安全运行的前提下,最大限度地降低供热能耗。

实际操作中,供热温度调整往往涉及多个参数的综合调节,需要通过精密的计算和实际测量验证。通过对不同工况下供热温度变化的研究,可以发现最佳运行区间,从而为实际操作提供科学依据。在这一过程中,需要综合考虑设备性能、环境温度及负荷需求等多个因素,以制定最优的供热温度控制策略,提高系统整体能效。

3.2 汽轮机的运行工况优化

优化汽轮机的运行工况是提高电厂热力系统能效的关键因素之一。汽轮机作为热力系统的核心设备,其运行工况直接影响整个系统的能效。研究表明,合理调整汽轮机的进汽参数,如进汽压力和温度,能够显著提高热效率。优化进汽参数可以在满足输出功率需求的减少不必要的能量损耗。

负荷调节技术也是优化汽轮机运行工况的重要手段。在电力需求波动较大的情况下,通过智能化控制系统进行负荷调节,确保汽轮机在不同负荷下均处于最佳运行状态,可以有效避免性能偏离设计工况,提高能源利用率。研究指出,通过精准调节汽轮机在不同负荷下的运行参数,可以实现更高的综合热效率。

汽轮机的维护和检修也是不可忽视的方面。定期对汽轮机进行检测和维护,及时发现和解决运行中的异常问题,能够有效避免因设备老化或故障引起的能效下降。采用先进的监测技术,对汽轮机的运行状态进行实时监控,能够及时预警并实施纠正措施,从而保持汽轮机的高效运行^[3]。

通过对汽轮机运行工况的科学优化,电厂热力系统的能效可以显著提升,为电厂的节能降耗提供有效的技术支持。

3.3 余热回收技术的应用潜力

余热回收技术在电厂热力系统中具有极大的应用潜力,通过回收废气、废水和废蒸汽中的余热,可显著提高系统能效。余热回收不仅能减少热能的浪费,还能降低燃料消耗和温室气体排放。应用诸如热电偶回收系统、热泵和有机朗肯

循环 (ORC) 等先进技术,可以在较低的温度下高效回收热能。研究表明,优化余热回收系统设计和提高设备效率,可在不同工况下实现显著节能效果,为电厂实现可持续发展提供技术支持。

4 提高电厂热力系统节能效率的措施

4.1 采用先进的余热回收技术

在提升电厂热力系统节能效率的过程中,余热回收技术的应用具有重要意义。余热回收技术通过将工艺过程中的废热回收利用,以改善整体热效率。该技术的实施不仅能够显著减少能源消耗,还能降低环境污染,实现经济效益与环保效益的双赢。

考虑烟气余热回收技术。在电厂的发电过程中,大量高温烟气直接排放会导致大量热能白白浪费。通过安装余热锅炉,可以将这些高温烟气中的热量回收用于预热给水,从而减少燃料的消耗。高效的余热锅炉还能够将烟气中的有害物质(如二氧化硫和氮氧化物)进行有效去除,进一步减少对环境的污染。

对蒸汽系统的余热回收进行优化。蒸汽在工业应用中占据重要地位,蒸汽中的余热回收潜力巨大。利用高效的热交换器,可以将排放蒸汽中的显热和潜热回收并再利用,用于预热给水或其他工艺介质。另外,通过改造蒸汽管网,减少蒸汽传输过程中的热损失,也是提高热力系统效率的重要手段。

冷凝水余热回收技术也有较大应用潜力。在汽轮机的运行过程中,冷凝水中含有大量的余热。通过安装冷凝水热回收装置,可以将这些余热用于原水预热,从而减少新鲜燃料的使用量,进一步提高系统的综合热效率。

燃气轮机的余热回收技术同样不可忽视。燃气轮机排放的高温废气中含有大量的余热,通过联合循环系统(CCS)将这些余热回收并用于蒸汽发电,可以显著提高电厂的综合发电效率。现如今,基于联合循环的电厂系统已经在全球得到广泛应用,其节能效果和环保效益也得到了充分验证。

为了确保余热回收技术的有效应用,需对余热回收设备的选型和维护进行科学管理。尤其是在高温、高压环境下运行的设备,其性能和寿命直接影响到余热回收的效果和电厂的整体效益。定期检修和状态监测是保证余热回收系统高效运行的关键。

4.2 改进设备维护管理

改进设备维护管理对于提高电厂热力系统的节能效率具有重要作用。设备在长期运行过程中会出现磨损、老化和故障等问题,这不但会导致系统能效下降,还可能引发安全

隐患。科学有效的设备维护管理是至关重要的。

应该建立全方位的设备监测体系。通过实时监测关键设备的运行参数,如温度、压力和振动等,可以及时发现潜在的问题。在此基础上,可以利用大数据和人工智能技术,对监测数据进行分析预测,从而实现预防性维护,减少设备故障的发生。

定期的维护和检修也是不可忽视的环节。通过定期的全面检修,可以发现损坏部件并及时更换,确保设备处于最佳运行状态。维护计划的科学制定同样重要。应根据设备的运行工况和历史数据,制定合理的维护周期和内容,避免过度维护或维护不足的问题。

人员培训也是设备维护管理的关键。运维人员应具备专业的技术知识和综合的管理能力。通过系统的培训和考核,可以提升人员素质和技术水平,从而提高设备维护的效率和质量。

引入先进的维护工具和技术,如红外热成像、超声波检测和激光对中技术,可以大大提高维护的准确性和效率,降低维护成本。

在实际操作中,管理层应重视设备维护管理的重要性,制定完善的管理制度和激励机制,确保设备维护工作能够得到有效执行。通过以上措施,电厂热力系统的设备运行更加可靠,能效得以显著提升,系统整体性能也将得到全面优化。

5 结语

论文通过探究和分析影响电厂热力系统能效的关键因素,以及优化措施,对电厂热力系统的节能降耗提供了理论指导以及实用操作路径。调整供热温度、优化汽轮机运行工况、采用先进的余热回收技术和改进设备维护管理等措施的实施,使得系统平均能效实际可提升15%,并有效降低了环境排放,为电力行业的可持续发展提供了有力保障。然而,值得注意的是,论文的结果主要建立在特定环境和设施的基础之上,不同电厂的具体情况可能存在差异,对于节能效果的影响可能也有所不同。因此,在实践中还需要根据运行环境和实际情况做出适用性调整。未来的进一步研究可能会集中在扩大样本范围以及探寻更多优化因素,以获取更全面和深入的理解,也为电厂热力系统的全面优化和节能降耗提供更多可行的策略和方法。

参考文献

- [1] 陈龙.浅议电厂热力系统节能分析[J].名城绘,2019(5):303-305.
- [2] 石杏林.电厂热力系统的节能措施探析[J].山东工业技术,2019(18):169-170.
- [3] 方桂年.火电厂热力系统节能技术分析[J].百科论坛电子杂志,2020(13):1530-1531.

Digital Transformation Supports the Construction of New Power Systems

Shuyang Ma Wanli Zhang Ali Geng Tao Cheng Qiyu Fan

Shaanxi Electric Power Construction Group Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710075, China

Abstract

Based on the strategy of “enterprise digitization and digital enterprise”, this paper puts forward the idea of digital transformation boosting the construction of new power system. The paper expounds the characteristics of digital transformation and new power system, and the relationship between digital transformation and new power system construction, and gives corresponding application cases. The integration and application of digital technology and power technology will promote the low-carbon development and market-oriented reform of energy and power, support the construction of new power systems, and ensure the realization of carbon peak and carbon neutrality goals.

Keywords

carbon peak; carbon neutral; digital transformation; new power system; source network load storage

数字化转型支持构建新型电力系统

马舒洋 张宛利 耿阿莉 程涛 范琦钰

陕西电力建设集团有限公司, 中国·陕西 西安 710075

摘要

基于“企业数字化, 数字企业化”战略, 提出了数字化转型助推新型电力系统建设的思路。分别阐述了数字化转型、新型电力系统特点, 及数字化转型与新型电力系统建设关系, 给出了相应的应用案例。融合数字与电力技术, 促进能源电力行业向低碳转型及市场化机制转变, 支撑新型电力系统构建, 保障碳达峰、碳中和目标实现。

关键词

碳达峰; 碳中和; 数字化转型; 新型电力系统; 源网荷储

1 引言

2021年12月, 国务院印发的《“十四五”数字经济发展规划》提出, 加快推动智慧能源建设应用, 促进能源生产、运输、消费等各环节智能化升级。2022年6月, 国家发展改革委等9部门联合印发《“十四五”可再生能源发展规划》, 提出推动可再生能源与人工智能、物联网、区块链等新兴技术深度融合, 发展智能化、联网化、共享化的可再生能源生产和消费新模式。数字化技术是新型电力系统建设的必然需求。2021年3月召开的中央财经委员会第九次会议正式提出, 要构建以新能源为主体的新型电力系统; 2021年11月发布的《“十四五”大数据产业发展规划》提出, 基于大数据分析挖掘算法、优化策略和可视化发展等技术, 强化大数据在发电、输变电、配电、用电各环节的深度应用。这一国家层面的战略推动了电力行业高质量发展。数字化技术是新型电

力系统建设的必然需求。人工智能、物联网、区块链等新兴技术将有力推进新型电力系统构建、促进全国统一电力市场建设, 为电力和数字信息企业高质量发展带来难得的机遇。

在“双碳”目标的驱动下, 电力行业正朝向建立以新能源为核心的新型电力系统转型。随着新能源大规模并网, 电力系统调节能力的欠缺将日益显著。在此背景下, 数字化技术被视为新型电力系统的关键驱动力, 它能够在发电、输电、用电及储能等电力系统的各个环节中发挥重要作用, 从而有效应对新能源并网与高效利用的挑战。电力数字化转型可从数据、业务、生态三个核心维度, 为电力行业的碳优化与碳减排提供技术支撑, 充分推动电力行业各环节数字化互联互通, 打破空间壁垒, 通过不断完善提升电力系统在资源开发、系统运营等方面的核心能力, 可提升电力行业全产业链的“碳中和”共建共享能力。

2 企业数字化转型意义

数字化转型是充分应用数字技术驱动业务、流程及服务根本性变革。传统的稳态架构适用于业务相对稳定的企

【作者简介】马舒洋(1991-), 女, 中国广东江门人, 硕士, 经济师, 从事行政管理、工程管理研究。

业级应用,但对于市场化、新兴的业务,则难以满足快速变化的业务和市场的需要。数字化架构可以将相对稳定的功能模块拆分为微服务,通过容器实现高度自动化的开发运维一体化管理;将功能封装为业务组件、数据组件和技术组件,提供了统一管理、弹性扩容、按需分配、无感修复的能力。数字化则将物理世界模型按照“镜像”的方式复制为数字化世界。

数字化转型将推动企业根本性变革。数字化转型基于数字技术及数字化场景,为企业带来全方位的变革:作业模式,通过人工智能结合物联网,以机器人代人的方式,将作业人员从繁杂重复的操作中解放出来;流程管理,通过数字化展现、机器人流程自动化,促进企业管理流程的扁平化、协同化、自动化;组织结构,新技术的应用促使企业组织结构发生新的变化,如成立创新部门;企业决策,利用大数据为企业实现自动判断和科学决策;客户关系,通过数字化客户渠道、数据资产运营两个维度,促进企业和用户更多地互动,进一步细分市场和提供个性化的产品及服务,实现客户服务全新体验;生态构建,通过构建面向政府、上下游产业和用户的互联互通平台,广泛整合各环节资源,挖掘数据资产价值,催生新的商业模式,形成能源生态圈。

数字化转型技术使数据处理能力可得到显著提升,诸如云计算、大数据、人工智能及边缘计算等前沿数字化手段能够迅速且高效地应对新型电力系统中复杂且庞大的数据处理需求,推动电力和算力的深度融合,确保新型电力系统的安全、可靠、高效运行。

3 新型电力系统及其特征

新型电力系统是以数字化推动的,高比例新能源、高比例电力电子、低转动惯量、强随机性的电力系统。新型电力系统的核心在于新能源的广泛应用,是达成碳达峰与碳中和目标的关键路径,是推动能源领域深刻变革、确保能源供应安全稳定的重要战略部署,是推动绿色能源技术创新发展、提升能源产业基础能力和产业链现代化水平的重要抓手。主要体现为:新能源将以绿色高效之姿逐步成为新增电源的主力军,并在整个电源结构中占据核心位置。终端能源消费的“新电气化”趋势日益加速,推动能源使用更加清洁,能效显著提升;电网的柔性开放特性愈发凸显,成为高效吸纳高比例新能源的关键平台。储能规模化应用有力提升电力系统调节能力、综合效率和安全保障能力;数字化转型将驱动新型电力系统实现数字与物理层面的紧密融合,其中数据流将作为引领者,优化能量流与业务流的运作。数据作为关键的生产驱动力,将促进源、网、荷、储各环节的信息互联互通。借助强大的“电力+计算能力”组合,通过深度分析庞大的信息数据集并应用高性能计算手段,新型电力系统能够确保安全稳定的运行,并实现资源的高效广域配置。这一过程将使电网具备卓越的感知灵敏度、智能化的决策智慧

以及迅速地执行响应能力。

源网荷储特征具体描述如下:①电源。电源装机规模倍增于负荷需求增长,电源结构以新能源为主体。电源出力特性间歇性、波动性加剧。电源布局更为多元,电力电子装置高比例渗透。②电网。电网规模仍需持续扩大。结构上,主电网进一步加强省区互联;配电网将逐步演化为有源供电网络,向交直流混合柔性电网+智能微电网等多种形式协同发展;主配网界限进一步模糊。电网由单纯的电力输送通道向能源综合利用的平台转型。电网发展以数字技术为驱动,使电网具备超强感知能力、智能决策能力和快速执行能力。③负荷。能源消费双控将为高载能行业的用电增长带来不确定性,微网、虚拟电厂、电动汽车等多元负荷形态比例提升。将储能单元整合进负荷侧后,部分负荷将获得主动参与系统调节的功能,导致负荷特性的不确定性有所增强。与此同时,储能的规模会随着新能源与核电的发展而同步扩大。中短期内以抽水蓄能和化学储能并重,长期随着其他新储能技术不断涌现,储能技术形式进一步多元化。

4 数字化转型与新型电力系统

4.1 数字化技术

新型电力系统的鲜明标志是数字化信息与物理系统的深度融合,其中,新一代数字技术扮演着驱动其发展的核心角色。在该系统中,小微传感器与芯片化智能终端将赋予边缘层面灵活、精确、高效的感知与控制能力,宛如新型电力系统的神经末梢网络般密布;云计算与物联网技术则提供超大规模的信息互联与处理支撑,构成了新型电力系统不可或缺的数字基石;而区块链技术以其强大的数据管理和防护能力,成为支撑新型电力系统生态安全发展的核心要素。

4.2 构建新型电力系统面临的挑战

新能源的随机性、波动性和间歇性特性对持续稳定的电力供应构成了严峻挑战,使得常规电源的调节能力难以有效应对新能源在日内的功率变化,从而大大增加了新能源消纳的难度。此外,新能源的能量密度相对较低,年发电利用小时数不高,加之大型新能源基地往往远离电力负荷中心,这些因素都对电力系统的经济运行带来了考验。为确保高比例新能源并网消纳、系统安全稳定供电,新型电力系统的建设和运营成本预计会整体上升。

4.3 数字电网赋能新型电力系统构建

数字化转型技术为新型电力系统的构建铺设了坚实的技术基石,并在其中扮演着至关重要的枢纽与平台角色。新型电力系统的形成离不开数字化的深度融入,它要求将数字化元素渗透至电力生产、运营、维护以及管理等各个环节。随着新能源成为新型电力系统的核心组成部分,电力系统正经历前所未有的重大变革,其设计理念已从传统的“源随源动”转变为“荷随源动”,并进一步发展到“源网荷储”四者间的互动协调。

电网企业借助数字化转型的力量,将打造出一个集数字化、智能化与互联网化特征于一体的新型电网形态——数字电网。这一创新电网形态的核心驱动力源自云计算、大数据、物联网、移动互联网、人工智能及区块链等新一代数字技术,它视数据为至关重要的生产资源,立足于现代电力能源网络与新一代信息网络的双重基础。通过深度整合数字技术与能源企业的业务及管理流程,数字电网不断提升其数字化、网络化与智能化层次,进而演化成一个新生态能源系统。该系统展现出灵活性、开放性、交互性、经济性和共享性等优势,极大地增强了电网的安全性、可靠性、绿色性、高效性和智能性。

数字电网将凭借新一代数字技术的力量,融合多种类型的数据资源,并运用大数据与人工智能等先进技术,强化新型电力系统中繁杂异构数据的处理效率与灵活性。通过构建多元算力架构,提供强大的计算能力,实现“电力”与“算力”的紧密融合。这一融合将从“源、网、荷、储”各个维度为新型电力系统注入数字动力,确保大规模新能源能够安全、可靠且高效地接入系统。

“源”侧,数字电网将进一步提高能源生产的清洁低碳水平。数字技术将极大地提升新能源的监视、控制、保护能力,作用于风电场、光伏电站等实时状态监测、发电功率预测、自动发电控制和无人值守运维等关键业务,大幅提升新能源的“可观、可测、可控”水平。

“网”侧,数字电网将赋能新型电力系统,促进其实现万物互联与全面感知能力,确保电网状态、设备工况、交易情况及管理状态的全面可视化。这一能力将显著提升电力系统在发电、输电、变电、配电及用电等各个环节的运行效率,增强整体的安全性能:基于全面、准确、透明的数据收集和分析,及时发现、预警电网风险,做出智能判断和决策;基于数字处理、学习、分析、洞察等技术,全面提高电力系统安全、可靠、绿色、高效运行水平。

“荷”侧,数字电网将是践行“人民电业为人民”的关键途径,大数据和人工智能可以对客户需求进行精准分析,最大限度地满足清洁化、个性化、便捷化用电需求。

“储”侧,发挥数据作为核心生产要素作用,贯通海量分布式发电、储能系统、充电桩、柔性负荷等各主体信息,为储能配网高效协同互动、引导储能设施有序充放电提供数据支撑。

4.4 数字化转型在电力计量领域的应用

电力计量贯穿电力生产、销售及电网安全运行全环节。应准确把握新形势下电力计量工作的任务,围绕计量数据采集、应用和管理,从夯实数字化转型基础、加快数据要素价

值释放、促进数据要素流通共享等方面推动电力计量数字化转型升级,为新型电力系统构建、电网高质量发展提供技术支撑。

对计量全息感知、动态采集和高效处理的要求越来越高。同时,电力市场化用户数量的增加对用户负荷的可观、可测、可控提出了更高要求,加快电力计量数字化转型,推动先进信息通信技术与计量技术深度融合,促使电力计量向数字化、智能化、自动化方向发展,有助于提升计量数据采集质效,实现电力系统全景感知,为新型电力系统各环节可观、可测与灵活互动提供重要支撑。

电力计量数据具有覆盖面广、真实度高、时效性强等特点。利用先进大数据技术深度挖掘电力计量数据价值,有助于进一步增强电力计量系统的数据分析和应用能力,发挥海量电力计量数据在企业精益管理、服务能力提升及电网转型升级等方面的价值。

5 结论

践行碳达峰碳中和战略,能源是主战场,电力是主力军。通过数字技术改造传统电网业务的生产及管理模式,提高全要素生产率,释放数字技术对业务的放大、叠加和倍增作用,打造数字电网支撑承载新型电力系统,引领模式创新和机制创新,创造新的效益增长点,助力“双碳”目标实现。推动能源电力领域的数字化与智能化升级,是支撑“四个革命、一个合作”能源安全新战略深度落实的关键举措,也是全面且准确贯彻新发展理念迫切需求。这一转型不仅促进了能源从生产到传输、存储、交易直至消费的全链条数据互联互通,还加速了供需匹配、要素重构与融合创新,进而增强了产业协同性、精益管理水平及智慧服务能力,为我国能源电力行业带来了前所未有的转型与发展契机。

参考文献

- [1] 付晨,肖子洋.电力企业数字化转型技术研究及应用[J].中国新通信,2020,22(4):43-45.
- [2] 电力行业的数字化转型之路[J].网络安全和信息化,2020(2):37-40.
- [3] 薛鸣,余波.浅谈数字化电厂建设的关键技术及发展[J].科技风,2018(32):174-175.
- [4] 沈兆新.电网企业面向高质量的数字化转型升级[J].上海质量,2018(10):71-73.
- [5] 宋英茹.浅析生产电力系统数字化建设[J].数字技术与应用,2018,36(4):203-204.
- [6] 田广,郭捷.新型电力系统背景下数字孪生应用技术研究[J].电力设备管理,2022(10):45-47.
- [7] 汤亮亮.新型电力系统接地关键技术及展望[J].电瓷避雷器,2023(3):35-38.

Discussion on the Efficiency Improvement Technology of Wet Desulfurization System in Thermal Power Plant

Qilong Li Hui Wang Weijian Ding

Huadian Xinjiang Power Generation Co., Ltd. Changji Branch, Changji, Xinjiang, 831100, China

Abstract

Under the background of double carbon, the clean production demand of each thermal power plant is increasing day by day, and higher requirements are put forward for the capacity increase and efficiency improvement transformation technology of wet desulfurization device. In the application of wet desulfurization technology, it is mainly to promote the full reaction of sulfur dioxide in flue gas and calcium carbonate in limestone slurry, so as to produce gypsum soluble in water, so as to strengthen the desulfurization effect. However, the application efficiency of traditional desulfurization is low, the cost is high, and the amount of pollutants discharged is large, which causes great pollution to the ecological environment. Therefore, it is necessary to actively improve the efficiency of the wet desulfurization system of thermal power plants, further improve the desulfurization efficiency, reduce the operation cost, and realize the coordinated development of economic construction and environmental protection. This paper mainly analyzes the efficiency improvement project of desulfurization system of unit 1 of a company, so as to understand the implementation method of efficiency improvement technology of wet desulfurization system in detail, so as to promote the sustainable development of thermal power plant.

Keywords

thermal power plant; wet desulfurization system; efficiency improvement technology

略谈火电厂湿法脱硫系统提效改造技术

李启龙 王晖 丁伟健

华电新疆发电有限公司昌吉分公司, 中国·新疆 昌吉 831100

摘要

双碳背景下, 各个火电厂的清洁生产需求日益提升, 同时对湿法脱硫装置的增容提效改造技术提出了更高的要求。在湿法脱硫技术应用中, 主要是促进烟气中二氧化硫与石灰石浆液中的碳酸钙进行充分反应, 从而生产可溶于水的石膏, 从而强化脱硫效果。但是传统的脱硫的应用效率较低, 成本较高, 且排放的污染物量较大, 对生态环境造成极大的污染。因此, 需要对火电厂湿法脱硫系统进行积极的提效改造, 进一步提高脱硫效率, 降低运行成本, 实现经济建设与环境保护的协调发展。论文主要结合某公司1号机组脱硫系统提效改造项目进行分析, 从而详细了解湿法脱硫系统提效改造技术的实施方法, 促进火电厂的可持续发展。

关键词

火电厂; 湿法脱硫系统; 提效改造技术

1 引言

在火电厂生活过程中, 由于煤等燃料的燃烧会释放大量的二氧化硫等污染物, 对生态环境造成一定的污染和破坏, 非常不利于人与自然的和谐相处。通常情况下, 火电厂一般使用湿法脱硫技术对二氧化硫等污染物进行处理, 其中常见的湿法脱硫技术有石灰石—石膏法、间接的石灰石—石膏法等, 但是以往的湿法脱硫系统运行不稳定, 容易引起管道结垢、堵塞问题, 加大整体火电厂的运行费用, 难以实现二氧化硫的有效性处置。新时期, 由于环境污染问题日益严

峻, 国家出台了新的环保法律法规, 同时对火电厂排放标准更加要求, 进而要求火电厂对传统的湿法脱硫技术进行积极的提效改造, 从而确保烟气能够与脱硫剂充分接触, 提高脱硫效率, 进而降低脱硫剂的使用量, 降低系统运行成本。通过提效改造技术的优化应用, 可以降低生产过程中二氧化硫的排放量, 保障环境安全。

2 工程概况

本技术主要针对某公司1号机组脱硫系统提效改造项目进行分析, 结合公司污染治理方案, 通过对1号炉脱硫系统进行提效改造, 实现二氧化硫平均排放浓度由 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 降至 $16.5\text{mg}/\text{m}^3$ 以内长期安全运行, 脱硫效率由98.60%提高至99.34%, 达到 SO_2 深度减排目标。原1号机组脱硫

【作者简介】李启龙(1989-), 男, 中国新疆昌吉人, 本科, 高级工程师, 从事动力工程研究。

系统于2011年投运,采用“石灰石—石膏”湿法脱硫工艺,脱硫系统按照一炉一塔设置,未设GGH,脱硫装置设增压风机,设烟气旁路^[1]。吸收塔内设置3层喷淋层,设计入口SO₂浓度1528mg/m³(标态、干基、6%O₂),出口SO₂浓度76mg/m³(标态、干基、6%O₂),脱硫效率大于95%。2014年完成了脱硫增容改造,改造按脱硫系统出口SO₂浓度≤50mg/m³(标态、干基、6%O₂),系统脱硫效率≥97.5%进行设计。主要进行了吸收剂供应系统的增容;拆除了原有的增压风机,相关烟道同时进行了改造;吸收塔浆池增高1.5m,总体高度提升6.5m,吸收塔需要加固;每座塔增加一层托盘、一层喷淋层和一台浆液循环泵;原两级除雾器更换,在原一级除雾器下方新增管式除雾器;氧化风机进行更换等。2017年完成了超低排放改造,脱硫改造设计煤质收到基全硫为1.0%,入口SO₂浓度按2500mg/m³(标态、干基、6%O₂);出口SO₂浓度按不高于35mg/m³(标态、干基、6%O₂),设计脱硫效率不低于98.6%。主要进行了改造内容包括:增加一套石灰石粉制浆系统,吸收塔加高6.06m,每座塔增加一层喷淋层和一台浆液循环泵,原有两级屋脊除雾器更换为三级屋脊式除雾器等。现有吸收塔浆池区直径15.0m,吸收区直径12.6m,塔内烟气流速约4.0m/s液位高度9.17m,浆池容积为1530m³,在吸收塔入口烟道

顶部至最底层喷淋层中间设置有一层合金托盘。配置5台浆液循环泵,其中1-1浆液循环泵流量为5100m³/h、1~2浆液循环泵流量为5100m³/h、1~3浆液循环泵流量为5100m³/h、1-4浆液循环泵流量为6900m³/h、1~5浆液循环泵流量为5100m³/h^[2]。

3 火电厂湿法脱硫系统提效改造技术要点

3.1 吸收塔改造技术

吸收塔是火电厂脱硫系统中的核心设备,其性能与脱硫效率息息相关。基于此,在提效改造技术实施过程中,对吸收塔进行优化改造,才能进一步提高脱硫效果。在该技术应用中,主要结合实际情况,加高了整体吸收塔的高度,这样可以延长烟气与脱硫剂的接触时间,使其能够充分接触,保障高效脱硫^[3]。此外,在吸收塔中增设现代化的喷淋系统,通过对喷嘴的优化布局、增加喷淋密度等方式,可以保障脱硫剂与烟气进行充分接触,从而提高脱硫效果。此外,在吸收塔中原油山层喷淋层上方增设一定高速的喷淋层,并改造烟气管道同时在浆池增加特定高度的浆液增容;浆液循环系统改造中,要增设浆液循环泵、喷淋系统、阀门、管路系统等。此外,还需要增大喷淋密度,尤其要增加喷嘴覆盖率,防止烟气在吸收塔周边形成短路。图1为吸收塔原理图。

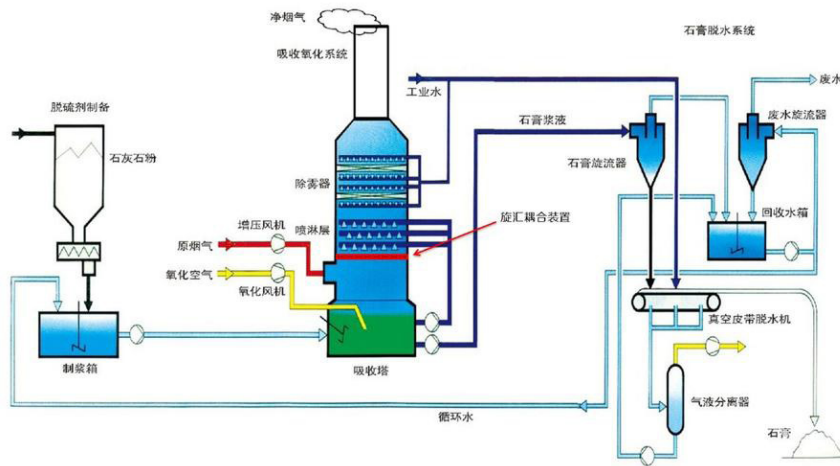


图1 吸收塔原理图

3.2 循环泵系统优化

浆液循环泵(如图2所示)在火电厂湿法脱硫系统中发挥重要作用,浆液循环泵性能与整体脱硫效率息息相关。浆液循环泵采用无阻塞离心叶轮泵。在额定工况下,使其运行效率处于最高效率点。在额定工况下运行时,泵的流量、扬程和效率等特性都予以保证,且不存负偏差值。流量在额定值时,扬程偏差可在+3%范围内变化^[4]。全金属合金循环泵,过流部件(叶轮、蜗壳和护板等)采用高铬合金材料,不仅要适应含有高浓度氯离子的酸性腐蚀,同时还可以应对大流量石灰石—石膏浆液的磨蚀,在泵的选择型方面,通过合理地计算浆液的沉降流速和选择泵的出口管径,从而

可以避免浆液的沉淀堵塞。



图2 浆液循环泵

3.3 增设辅助喷嘴与雾化装置

辅助喷嘴与雾化装置的优化应用,可以进一步提升火电厂脱硫系统提效改造的效果,实现喷嘴布局的精确控制,进一步提高雾化程度,确保脱硫剂能够与烟气进行充分接触,有效强化脱硫反应效率。该工程中引进了三级屋脊式除雾器,同时对原五层喷淋层中的三层喷淋层及喷嘴进行更换,结合运行数据和设计选型,合理布置双向喷嘴,从而扩大喷嘴脱硫剂的覆盖面积,提高脱硫剂使用效果,降低脱硫剂使用量,与环保法规要求保持契合性^[5]。

3.4 脱硫剂的优化使用

为了提升火电厂湿法脱硫系统的运行效率,进一步提高脱硫剂使用效率,要结合试生产需求,优化选择脱硫剂类型,并对其使用量进行严格控制,这样才能保障脱硫系统的安全高效性运行。在实际工作中,可以选择活性较高的石灰石,这样可以对二氧化硫进行高效吸收,降低脱硫剂使用量,把运行成本控制在合理范围内。

4 火电厂湿法脱硫系统提效改造技术要求

4.1 工艺部分

更换的吸收塔浆液循环泵完全满足工艺系统的操作参数和安装条件,可以在最低和最高条件下连续操作,连续运转的设计周期不低于8000小时/年^[6]。泵的设计、生产和安装根据最新有效的规范、标准(ICE、ANSI、ASME、DIN、API、GB)和相关法律规定。设备的设计与制造采用相关的工程设计和制造工艺的较高标准,本设备按API610标准(或等效的GB标准)进行设计、制造和验收。

4.2 电气部分

对1号机组4号浆液循环泵增加变频装置^[7]。增加变频装置后,更换现有1-4号浆液循环泵的微机综合保护装置,并在氧化风机房间内新建1座高压变频器间,设置通风和空调系统,采用分体空调来调节室内温度,以保证夏季室内温度不超过35℃,冬季室内温度不低于5℃;室内采用自然进风、机械排风的通风系统,通风量按不小于6次/小时换气量计算,平时通风机兼作事故排风,事故排风量按不小于12次/小时换气量计算。高压电动机轴承均采用进口SKF或同等。干净室内电动机的防护等级应≥IP54,含粉尘室内电动机及室外电动机防护等级宜采用IP56及以上等级,防爆区应采用防爆级。电动机工作海拔超过2000m,应选高原电机。

4.3 热控部分

1号机组脱硫装置的控制仍然采用集中控制方式,利旧原有操作员站,完成对脱硫的监视和控制^[8]。鉴于本次工艺设备改造较少,热工部分采用尽量利旧原有IO备用通道,对于不足部分采用补充部分卡件的方式对新增设备进行监控。运行人员可在脱硫综合楼控制室,通过脱硫装置的DCS的操作员站/项目师站实现脱硫装置及其公用系统的启停、运行工况监视和调整,以及事故处理等,而无需现场人员的操作配合。系统监视与控制用回路的输入压力和差压,

采用压力/差压变送器测量。压力/差压测点位置根据相应管路或容器的规范要求确定。并安装一次隔离阀、二次隔离阀、排污阀及管接头。

4.4 质控要求

在提效改造前需要全面收集系统数据,如脱硫效率、浆液循环泵性能等,进而明确提效改造方向;要全面检查现场情况,提前识别脱硫系统中可能出现的风险故障,并提出针对性的应对措施,保障提效改造工作的有序进行^[9]。此外,还需保障提效改造技术方案与最新的环保要求保持契合性,并突出体现运营生产经济性。还需要优化控制质量关键点,如增加塔内填料层高度等,这样可以确保气液充分接触,强化化学反应效果,增加二氧化硫吸收率。完成提效改造工作中后,需要对脱硫系统进行优化调试,保障安装作业规范性合并标准性,并利用现代化的电子在线监测技术对脱硫塔中的关键参数进行动态监测,从而最大程度上提高脱硫剂使用率。

5 结语

综上所述,传统的湿法烟气脱硫技术容易产生一定的淤渣,且处理难度较大,甚至容易腐蚀生产设备,耗能量较大,占地面积较大,整体运行费用较高。基于此,要结合新时期社会发展需求,对传统的湿法烟气脱硫技术进行提效改造,保障脱硫效果的全面提高。双碳背景下,为了减少环境污染,促进火电厂的长远发展,需要对传统的湿法脱硫系统进行积极改造,进一步提升脱硫效率,同时能够保障脱硫剂与烟气充分接触,强化化学反应效率,降低脱硫剂的使用量,并减少火电厂生产过程中的污染物排放量,降低环境污染,实现火电厂经济效益与环境效益的全面提升。

参考文献

- [1] 刘凯辉.火电厂湿法脱硫系统超低排放改造应用[J].中国环保产业,2024(8):49-53.
- [2] 黄武凯.新型湿法脱硫提效技术在火电厂超低改造实施的研究应用[J].云南电力技术,2024,52(2):88-91.
- [3] 于东顺.火电厂湿法烟气脱硫控制系统研究[D].合肥:安徽理工大学,2022.
- [4] 郭静静,陈帅,王匡.火电厂湿法烟气脱硫系统技术改造实践[J].冶金能源,2022,41(5):61-64.
- [5] 张锦航,乔宗良,司凤琪,等.火电厂湿法烟气脱硫系统特性分析及故障仿真[J].发电设备,2022,36(5):322-327.
- [6] 周晓湘.基于介尺度构效关系的湿法脱硫提效与协同节能关键技术研究与应用[P].河南省,中国大唐集团科学技术研究院有限公司华中电力试验研究院,2019-06-10.
- [7] 李刚,姜艳华.适应燃煤电厂SO₂排放新标准的湿法脱硫技术[J].江苏电机工程,2016,35(1):98-100.
- [8] 田晓曼.火电厂湿法脱硫系统增容提效改造技术方案[J].中国环保产业,2015(8):19-21.
- [9] 柏源,周启宏,李启良,等.燃煤电厂应对新标准烟气湿法脱硫提效策略研究[J].电力科技与环保,2012,28(6):19-21.

Analysis and Application of Relay Protection Technology in Intelligent Substation

Xingna Cheng

China Pingmei Shenma Group Nylon Technology Co., Ltd., Pingdingshan, Henan, 467000, China

Abstract

Relay protection is a kind of electrical protection method widely used in the current power system, which can effectively ensure the safe and stable operation of the power system. The key to realize the relay protection technology of intelligent substation is to continuously develop and improve it in actual operation. The working characteristics and principle of relay protection technology in intelligent substation are summarized, and its application in intelligent substation is discussed. Through the analysis of the characteristics, application status and development trend of relay protection technology, this paper has certain reference significance for improving the safety of intelligent substation.

Keywords

intelligent substation; secondary relay protection technology; application strategy

智能变电站继电保护技术分析及应用

程兴娜

中国平煤神马集团尼龙科技有限公司, 中国·河南·平顶山 467000

摘要

继电保护是目前电力系统中普遍采用的一种电气保护方式,能够有效保证电力系统安全、稳定运行。在实际操作中应对其进行持续的开发与完善是实现智能化变电站继电保护技术的关键。对智能变电所继电保护技术工作特性及工作原理进行了归纳,并对其在智能变电所中的应用进行了讨论。论文通过对继电保护技术的特点、应用现状及发展趋势的分析,对提升智能变电站的安全性具有一定的借鉴意义。

关键词

智能变电站; 二次继电保护技术; 应用策略

1 引言

近几年来,中国用电需求稳定上升,用电智能化已是大势所趋。二次继电保护是智能变电站中必不可少的一部分,担负着对故障进行快速准确的检测与隔离、阻止故障蔓延、保障电网安全稳定的作用。但在实际工作中,如何将二次继电保护的作用发挥到最大,还有待于深入研究。将智能技术的二次继电保护技术应用到变电站,提升变电所自动化与智能化控制的整体效能,为变电所的运行提供保障与优化。文章通过对智能变电站的特征、范围及标准的研究,分析了二次继电保护技术及具体的应用。

2 智能变电站相关概述

智能变电站是一种新型的电力系统,其安全、稳定运

行对整个电网的安全和稳定有着重要的意义。在常规的继电保护中,继电保护的配置方式都是以装置为中心来完成相关的操作规划。在变电站智能化调度系统中,需要针对流程层的网络操作需求对区间信息进行处理,并通过灵活的组态模块来提高其使用效率。另外,还实现了模拟输入、逻辑保护处理、输入/输出接口交换、人机对话、A/D变换等技术及功能。在常规的继电保护系统中,因为使用了运行规范的技术,使其更好地完成了智能化变电站的数字化工作,提升了整个接口处理。常规的微机保护系统中,出口压板和功能压板是其主要工作内容,并且通过硬压板设计的方式来实现协同工作。但是,在智能变电站中,不断实现了对变电所的标识及保护装置的作用,以维持变电站的优化运行、智能化控制工作顺序的目的。同时,通过对智能变电站微机保护装置的维修工作进行协调,达到对微机保护装置的实时监控和管理。

【作者简介】程兴娜(1992-),女,中国河南郟县人,本科,助理工程师,从事智能变电站的二次继电保护技术分析及应用研究。

3 智能变电站二次继电保护技术分析

3.1 自适应继电保护技术

自适应继电保护是一种可以根据电网的具体情况，自动调节各种故障类型的保护设定值、延时值等参数的技术。它能对电网中的电流、电压等参数进行实时检测，从而迅速地判断出电网中的故障类型及发生地点，从而及时采取相应的防护措施。例如，当电流超出预先设定的范围时，可以迅速地将发生故障的线路断开，迅速启动短路保护，不会对设备造成损害；在设备超载的情况下，启动过载保护装置，保证了装置的安全，具有较强抗干扰能力，该技术不仅能有效地防止故障的发生，而且还能有效地保护过负荷元件，使其不会因过热而受到损害^[1]。

3.2 智能整定与在线校核技术

智能整定与在线校核技术是通过对电网负荷等的实时信息进行综合分析，实现对保护策略的动态调整与优化的一项技术。它能对继电保护装置进行在线的可靠性测试，并对其进行实时的检测与排除，从而提升继电保护的综合性能。采用智能整定与在线校核技术，对变电所的工作状况进行实时检测，并对继电保护设定进行了智能化的调节与校验。这种方法使得当电网发生变化时，能够对继电保护设定值进行自动计算与调节，从而保证了保护设备工作的准确可靠。同时，通过对保护设备进行实时检测，能够及时地发现故障和缺陷，从而提高保护的精度与稳定性。

3.3 智能告警与事故信息处理技术

当发现有异常或有故障时，系统会立刻启动报警系统，并将故障信息快速地传送到调度中心及有关人员手中，帮助运行维修人员对故障进行分析处理。同时，从智能化变电所采集到的资料，都是未经筛选的，因此资料包含了大量的资讯，而且资料的格式也各不相同。如果采用更为常规的方式进行数据处理，将会极大地影响到变电站的工作效率。智能告警与事故信息处理技术还具备完善的事事故信息处理系统，能够对故障信息进行详尽地记录与分析，为事故的调查与管理提供有力的支撑^[2]。

4 智能变电站的二次继电保护技术的具体应用分析

4.1 继电保护设备的应用

在电力系统中，继电保护是一种非常重要的保护手段，能够在很短的时间内发现变电站内的各种故障，并对其进行长效保护。将继电保护设备与网络化系统结合起来，能够极大地增强继电保护设备的自由度和智能性，使其功能和稳定性得到极大的提升。在实际保护工作中，仅依靠继电保护装置难以取得良好的保护效果。继电保护系统中，其体系结构分为变电站级与工作级两个层次，二者具有不同的功能侧重点。对于作业层，如果主装置是变电站，则以保护功能为主。另外，该系统还具备了区间保护的作用，通过技术层面的支

撑，实现了对变电站的二次继电保护。在有效的保护流程中，技术实现的方法可以有很大的差别，并且这些差别和由计划和运行方法引起的其他因素，如故障安全配置，业务箱配置，行程故障，保护配置等。智能化变电站能够及时发现电力设备出现故障，按照预先设定的规程，下达停机指令。并将事故发生后，及时通知维修人员，以避免进一步的损害，降低损失。其中，传感装置与触头检测装置是构成报警系统的两部分，其作用是将失效带来的损失降到最低。此外，采用继电保护技术，能有效规避外界干扰，使供电装置不能正常工作。如有任何问题，应及时通知维修人员。继电保护设备之所以被普遍采用，还有其较好的经济效益，在变电站智能化操作中得到了很好的应用。

在运用二次继电保护时，由于各地变电所的情况有所区别，但其使用的技术却基本相同。这是由于在某一作业流程中，各作业场所所使用的装置及作业方式各不相同。在此背景下，继电保护在国内的应用与完善是一个难题。为此，必须对各地区进行现场勘察，并针对各个地区的具体条件，合理地选用组屏、故障记录仪、操作盒等，有效应用二次继电保护技术。另外，专业人员也要针对区域的不同情况，采取不同的继电器保护方法，保证继电器的保护措施能够满足基本的结构要求。

4.2 智能警告和处理技术的应用

目前，电力自动化变电站的建设正向着智能化方向快速发展，同时也在不断地向网络化、数字化、网络化方向发展。二次继电保护是完成通信，同时也是系统成本控制的一项重要功能。同时，实现对业务流程的实时保护，并采用智能化技术，对变电站进行检测，使其能够在最短的时间内发现问题，并在最短的时间内解决，智能警告和处理技术正是为这种需要而设计的。在此过程中，通过对失效资料的采集与处理，能够对失效的成因进行分析，并提出相应的对策与建议，从而起到防护作用。这种技术能够对设备的故障进行快速、准确地识别，从而使工作人员能够得到及时地处理，该技术能够对系统中出现的所有失效进行独立处理，从而提高了失效管理的效率。

另外，在这种大数据环境下，为了满足网络检测与信息交互的需要，还需要以太网接口。进行早期检测，并对故障进行迅速、有效地处理，是确保变电站安全、高效运行的关键。智能警告技术是在某一智能继电保护动作期间，检测电网数据网，并对其功能进行有效的维护。智能化过程是指对故障类型进行分析、找出原因、进行快速、高效地处理。与此同时，该技术还能对边界进行一定程度的保护。例如，在继电保护设备出现故障的情况下，采用智能检测技术，能够及时、有效地进行报警。另外，该系统还能及时地对继电保护设备的工作状况进行检测，保证了系统的可靠性和敏感性^[3]。

4.3 继电保护的适应性

基于输入的自适应继电保护技术，通过挖掘各环节各

自的特性,实现对各环节的高效控制、快速响应与自适应检修。例如,在保护继电器失效频发的时段,按照使用规范,对有问题的零件及设备要在最短时间内解决,并及时关闭电源,以免因设备受损而造成问题。同时,对于因器件过热而导致的供电失效,采用自适应保护技术,能有效地解决其他因电流造成的故障。例如,通过对其进行分解,将现有的一阶保护机构的电力供应技术进行保护,保证其对系统的输入继电器的稳定工作,防止发生安全事故。技术核心是通过负载型过载保护装置、快速电流断路器等载体和纵向连接装置,实现对电网过载、转速等故障的隔离和保护,以提升智能变电站的稳定运行。此外,由于常规的快速动作,以及无时限的特点,保护电压的快速自适应特性无法被选择性地实现。在采用自适应继电保护技术时,必须结合电网的实际运行状况,综合考虑电网的供电侧阻抗。在输入安全线的参数后,可以实时地得到精确的电位。最后,由故障发生时的总阻抗进行计算。

4.4 智能检测装置在实际中的应用

采用二次继电器保护技术,使其能够进行智能化的在线设定与校验。具体来说,该技术主要建立在对整体网络结构进行综合设计、对行为后果进行反馈分析的基础上,所以,利用计算机对变电站内的不同系统进行监管,将对整个电网的运行状况进行公平的保护,从而提高了系统的可靠性。

配合专家系统,智能检测装置能够更好地实现对区域的统一管理与地区差别,并决定一个程序控制操作的差别,变电站检测中心站检测单元与检测中心,相连的特定管理协作,为构建并实施分布式检测网络的各个层面提供了支撑,见图1。

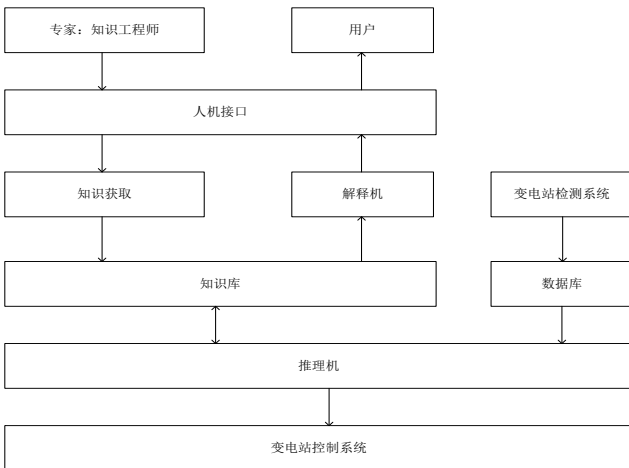


图1 专家系统

在采用相关技术的同时,必须重视实施智能化检测技

术,以实时地采集信息和数据,并及时地对变电所进行操作,并对事故做出最佳的应对措施。在实施这一技术时,为了确保正确地获得变电站的运行信息,需要对智能检测装置进行合理配置。智能监视技术的具体运用,必须根据变电站的实际业务状况以及各个地区的特征,合理地设置监控系统,在实践中,利用变电站已有的结构,构建多层次分布的检测网络,使继电保护更加智能化。要特别小心的是,要在控制中心及控制单元的周围设立管制站。同时,为了达到特定的检测与管理目的,保证了统一管理的时效性与可控性,并借助计算机辅助计算与评价了各个变电站的子区域。另外,利用计算机构建变电站控制系统,能够对整个电网的整体运行状况进行防护,对分支系统中的继电保护设备进行实时控制。

收集整理资料,保证分析及处理结果的完整性。对于异常信息,进行归纳,同时,能够及时地找到有缺陷的变电站技术与辅助函数,更好地对突出的优势预警系统信息进行分析与处理,从而实现最优的智能变电站发展目标。在分析了流程级变压器差动保护工作流程的基础上,提出了一种适用于流程级差动保护的分布式差动保护方案。漏电保护装置须分别安装,并用电缆与开关直接连接。一旦接到启动指令,就可以经光纤将其传送至整条站线,使继电保护得到统一处理^[4]。

5 结语

综上所述,智能化变电站的建立,在保证信息交互传递、准确采集数据的同时,也使电力系统更加科学合理。变电站智能化管理要按照有目标的控制手段,高效操作,使其处于正常状态。其中,二次继电保护技术的运用指导思想主要有:智能化技术的实现与在线校验、保护继电器的适应性、智能技术的报警信息处理、智能检测等。此外,二次保护在报警联动、自适应保护、智能检测等领域具有广泛的应用前景,是智能电网建设的重要组成部分。通过对其特性、当前应用现状及未来发展趋势的全面剖析,进一步明确其技术发展趋势及应用前景,对提升智能化变电站的安全性具有重要意义。

参考文献

- [1] 徐曼,周程.智能变电站二次安装中的继电保护关键技术[J].集成电路应用,2022(6):39.
- [2] 王天宇.智能变电站中的二次继电保护技术分析[J].集成电路应用,2023(11):114-115.
- [3] 张良杰.智能变电站中的二次继电保护技术应用[J].集成电路应用,2023,40(10):244-245.
- [4] 刘海洋.二次继电保护装置在智能变电站的应用设计[J].通信电源技术,2023,40(21):85-87.

Analysis of the Key Points of the Electromagnetic Environmental Impact Assessment of the High-voltage Power Transmission and Transformation Project

Cong Zhou Weichao Li

Guizhou Kezheng Huan'an Testing Technology Co., Ltd., Guiyang, Guizhou, 550000, China

Abstract

In the operation process of high-voltage power transmission and transformation projects, they will often produce electromagnetic environment impact. Therefore, in view of the power transmission and transformation project to carry out the electromagnetic environment impact assessment work, can understand the influence of the project, put forward targeted to adjust the power transmission and transformation project scheme, help enterprises to effectively implement the environmental protection measures, can control the high voltage power transmission and transformation project construction of the electromagnetic environment impact, realize the economic benefits and ecological benefits of power transmission and transformation project. In view of this, we should carry out the research work of this paper, simply analyze the content of the electromagnetic environmental impact assessment of the power transmission and transformation project, explore the existing problems, and put forward some effective evaluation measures for the reference of relevant personnel.

Keywords

high-voltage power transmission and transformation project; electromagnetic; environmental impact assessment; key points

高压输变电项目电磁环境影响评价工作要点分析

周聪 李维超

贵州科正环安检测技术有限公司, 中国·贵州 贵阳 550000

摘要

高压输变电项目在运行过程中, 往往会产生电磁环境影响。因此, 针对输变电项目开展电磁环境影响评价工作, 可以了解项目的影响情况, 提出针对性地调整输变电项目的方案, 有助于企业有效落实环保措施, 可以控制高压输变电项目建设所带来的电磁环境影响, 实现输变电项目的经济效益与生态效益并重。鉴于此, 开展论文的研究工作, 简单分析输变电项目电磁环境影响评价的内容, 探究其中存在的问题, 并提出几点有效的评价措施, 以供相关人员参考。

关键词

高压输变电项目; 电磁; 环境影响评价; 要点

1 引言

近些年, 随着社会发展, 人们对输电需求量不断增加, 高压输变电项目规模不断扩大。输电线路的覆盖范围越来越广泛, 建设地域跨度越来越广, 但也带来了一些负面影响, 其中电磁环境影响问题尤为突出。因此, 相关部门要重视环境影响评价工作的有效落实, 明确各项标准, 确定具体的环评内容, 形成完善报告, 对于项目方案的调整有着十分重要的意义, 减少输变电项目所带来的电磁环境影响。

2 高压输变电项目电磁环境影响分析

住在高压输变电项目——架空的高压电线、变电站附近, 是否会危害身体健康? 公众像这样的疑虑总是层出不穷。高压输变电项目在运行过程中, 往往会产生电磁环境影响。输变电建设项目可以分为交流输变电建设项目和直流输电建设项目。交流输变电建设项目随时间作 50Hz 周期变化的电荷产生的电场为工频电场, 度量工频电场强度的物理量为电场强度; 交流输变电建设项目随时间作 50Hz 周期变化的电流产生的磁场为工频磁场, 度量工频磁场强度的物理量既可以用磁感应强度也可用磁场强度; 直流带电导体上电荷产生的电场和导体电晕引起的空间电荷产生的电场合成的电场为合成电场, 度量合成电场强度的物理量为电场强度^[1]。

因此, 结合项目的实际情况针对输变电项目开展科学的

【作者简介】周聪(1986-), 女, 中国湖南常德人, 硕士, 工程师, 从事输变电环境影响评价研究。

电磁环境影响评价工作，既可以解答电磁环境影响是否在可接受范围内，也可以为项目提供调整方案从而助推项目建设。

3 高压输变电项目电磁环境影响评价的内容要点

3.1 内容重点与标准

针对输变电项目开展电磁环境影响评价工作，需要明确主要的内容，落实工作重点。需要分析输电线路及变电站运行过程中产生的工频电场、工频磁场、合成电场等对周围环境可能产生的影响。其中最为主要的便是分析评价电磁影响情况，选择合适的标准和评价因子，收集整理全面的资料信息，便于顺利开展环境影响评价工作。在电磁环境影响评价工作中，需要明确具体的标准，建立完善的评价体系为电磁环境管理而服务。主要应用到的标准有GB 8702—2014《电磁环境控制限值》、GB39220—2020《直流输电工程合成电场限值及其监测方法》。

环境影响评价的流程见图1。

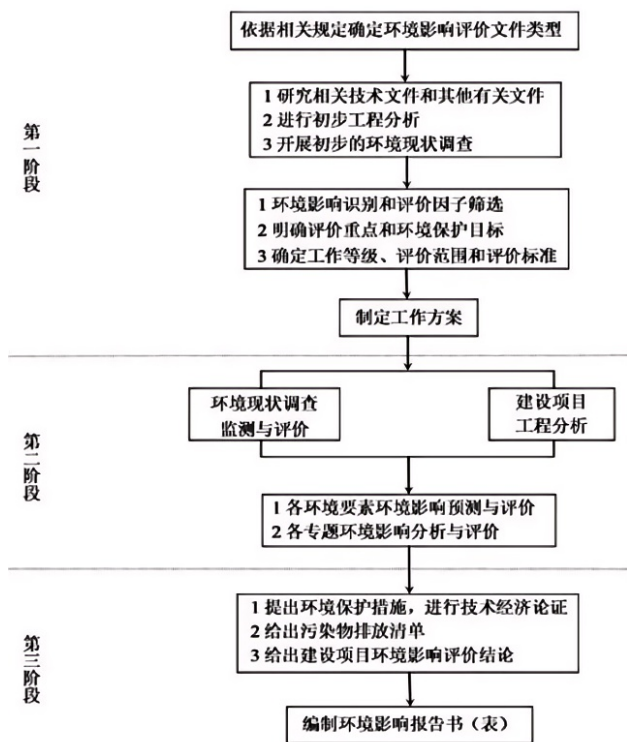


图1 环境影响评价的流程

3.2 环评原则

高压输变电项目电磁环境影响评价应执行以下原则：

①法律法规。所有的输变电项目建设需要遵循相应的法律法规。在环评工作需要及时与设计单位沟通交流，提供相关的法律法规条例，提高设计单位的重视，优化线路，避让重点保护目标。②产业政策与清洁生产。输变电项目在建设过程中，需要遵循国家和政府颁布的相关政策内容，根据清洁生产的要求，优化整体的项目建设。③规划相符性分析。一些输变电项目在规划相符性方面存在一些问题。例如在电

网规划环评的执行阶段力度不足，导致项目环评与规划环评相符性没有得到有效落实^[2]。一些项目需要经过乡镇。而乡镇所在区域的相关发展规划并不完善，因此输变电项目建设在经过乡镇时缺乏有效的规划指引，影响到整体的建设。即使获得了某乡镇部门的规划许可文件，然而，许可文件中的规定比较粗放，没有详细规范，也并未到现场勘查，因此影响到规划相符性。针对这一问题，建设项目需要提高重视，在环评工作中严格落实规划相符性的要求，有效控制电磁对周围环境的影响。④是否满足环境功能区划和生态功能区划。在输变电项目的环评工作中，需要重视环境功能区划和生态功能区划问题，开展现场调研。了解实际情况，分析电磁环境变化所带来的影响。⑤是否满足排放标准与总量控制。输变电建设项目的电磁环境影响，包括工频电场、工频磁场等，需要满足相关的排放标准，分析超标的原因，采取适当的控制措施。⑥是否具有预防和控制生态破坏的措施。输变电项目建设中要重视环保工作的落实，针对工频电场与工频磁场采取适当的防范措施和环境污染控制措施，有效防范输变电项目的电磁环境影响。

3.3 输变电环评工作的注意事项

在开展高压输变电项目电磁环境影响评价工作中要明确其中几点注意事项：第一，需要明确环境保护的目标。结合输变电项目所在区域的实际情况，确定电磁环境评价范围，分析判断输变电项目周围环境存在的敏感问题，确定具体的评价因子，明确电磁环境评价范围内具体的电磁环境保护目标。第二，优化方案选择。如果项目复杂、规模大，需要多方案优化对比，对线路择优选择，尽可能地减少对电磁环境的影响。第三，合理应用监测数据。确保测量单位的资质，重视先进技术的引进，获得合理的监测数据，了解实际情况，为工作提供重要依据。第四，优化监测点及类比测量点的分布。根据环境的复杂情况，优化整体布设，实现全面覆盖。第五，开展输变电项目的工频电场强度、工频磁感应强度预测时，考虑在电磁环境限值下，提出导线最低对地高度、明确不同导线高度水平达标距离、对保护目标处分层预测电磁环境影响。第六，公众参与调查结果的分析。重视公众参与，通过开展座谈会、入户访问、发放问卷等多种形式，吸引更多的公众参与其中，收集采纳公众的意见，提出针对性的改良措施。

4 高压输变电项目电磁环境影响评价中存在的问题

4.1 监管工作落后

输变电项目的建设规模不断扩大，负荷越来越高，内容十分复杂，对监督管理和建设提出了更高的要求，然而在实际情况中监督管理措施比较滞后，并未针对现阶段电磁环境影响情况进行分析和解决，监管力度不足，并不利于电磁环境影响评价工作的顺利开展。

4.2 环评工作质量差

在具体的环评工作中,需要考虑到各种情况确定范围和标准,选择合适的评价因子。分析判断输变电项目的电磁环境影响情况。一些电磁场的环境敏感点的高度不一,主要是由于输电线路距离地面越低,也会产生较强的工频电磁场,当高度达到一定标准时,强度就会缩小^[3]。因此电磁环境影响评价工作时,缺乏对高度的综合性考虑,很容易忽略这一差异性特点,影响到环评结果。输电线路环评范围根据电压等级的不同而不同,分别为110kV交流输电线路边导线地面投影外两侧30m、220~330kV交流输电线路边导线地面投影外两侧40m、500kV及以上交流输电线路边导线地面投影外两侧50m、±100kV及以上直流输电线路边导线地面投影外两侧50m。但实际的环评工作中,确定评价范围后,电磁环境保护目标调查不准确,有很大的误差。这些问题的存在都使环评工作质量越来越差,难以充分发挥环评工作的价值,控制输变电项目的电磁环境影响。

4.3 缺乏专业人才支持

输变电项目不仅规模发生变化,其中的技术水平也在不断更新。项目越来越复杂,也增加了电磁环境影响评价工作的难度。对相关工作人员提出了更高的要求,然而现阶段该方面的专业人员不足,缺乏专业的培训机制,无法为电磁环境影响评价工作提供专业性的指导,因此影响到工作的顺利开展。

5 高压输变电项目电磁环境影响评价的策略

5.1 健全监管机制

为了确保输变电项目电磁环境影响评价工作的顺利开展,需要构建完善的监管机制,强化监督管理,有效解决各类问题。第一,各级环保部门的职能作用需要充分发挥出来,引领相关企业积极承担主体责任^[4]。同时还应结合实际情况,建立更加完善的工作机构,为环评工作提供支持和保障。工作机构可以对环评的各个环节进行动态监控,规范环评的各项标准要求,明确工作要点,制定详细计划,提高环境影响评价工作的质量。第二,构建联动机制,实现多部门联动开展合作工作,优化环评工作的建设,并加强监督管理,使环评工作能够顺利开展。

5.2 完善环评管理规范

为了有效提升环境影响评价工作的质量,应对存在的各种问题,需要结合相关标准要求,规范环境影响比较工作的建设。首先,遵循适当的原则。开展环境影响评价工作时,考虑到环保标准的各项要求,确定评价因子,判断输变电项目的电磁影响情况,进一步调整方案。其次,综合考虑电磁影响的特点,尤其是电磁强度的差异性和影响范围等关键的数据信息,通过多次实验和动态监控,获得详细的数据信息,使评价工作更加规范化和标准化。再次,强化环保管理规范建设。健全环保管理规范,确保工作人员熟练掌握相关的法律法规和规章制度。成立专门小组与当地环保部门加强合作联系,共享资料,有效分析电磁环境影响问题,落实环保措施。最后,选择合适的预测模型。在环境影响评价工作中,

根据国家标准要求推荐的相关规范选择合适模型,正确预测输变电项目的工频电场强度与工频磁感应强度,分析可能会对环境造成的影响,便于顺利开展后续工作^[5]。

5.3 加强专业人才的培养

重视专业人才的培养,构建高素质的工作队伍,可以确保环评工作顺利开展,实现预期的目标。首先,健全培训机制,做好对现有人员的教育培训工作,督促他们加强自身学习,掌握与环境影响评价工作相关的标准要求和技术规范,提高专业素养,有效应对各种问题。其次,整理以往的环境影响评价资料,通过这一过程可以加深工作人员的印象,积累更多的经验,了解类似项目的情况,有效应对各种问题。最后,加强人员管理,优化考核与选拔。完善考核机制,督促工作人员加强学习,从中选拔出优秀人才,组建高素质的队伍,有效应对各项要求。

6 高压输变电项目降低工频电场与工频磁感应强度的主要方法

降低工频电场强度的主要方法包括以下几点:①抬升底导线对地距离,降低地面电场强度。每升高1m,强度降低8%~10%。不过也要控制好整体高度,避免增加成本和增加雷击定位。②相序排列优化。通过相序优化降低地面电场强度,单回塔可以采用三角排列,同塔双回线路可以使用逆相序排列。③降低分裂数。相同的子导线截面从六分裂导线改为四分裂导线,可以有效降低电场强度。④改变导线间距。单回塔形的导线间距越小,地面电场强度越小。

降低工频磁感应强度的主要方法包括以下几点:①抬升底导线对地距离。每升高1m,可降低磁感应强度15%~20%。②下层使用较低电压等级混合线路。

7 结语

综上所述,输变电项目建设和运行带来了一定的经济效益和社会效益,但也要考虑到其中的环境影响情况,因此需开展电磁环境影响评价工作,落实环保措施,可以实现各项效益并重。需要注意的是,在具体的工作中需要明确环境影响评价工作的内容标准和需要遵循的原则。加强监管机制的建设,健全环保管理规范,并培养专业人才,解决以往存在的问题。从而提高环境影响评价工作的质量,有效控制电磁环境影响,促进项目的可持续发展。

参考文献

- [1] HJ24—2020 环境影响评价技术导则输变电[S].
- [2] 贺超.输变电项目电磁辐射环境影响评价存在的问题与对策[J].商情,2018(10):182.
- [3] 熊衡亮.输变电建设项目电磁辐射环境影响评价分析与探讨[J].建筑工程技术与设计,2018(13):3078.
- [4] 曲荣发,刘仁瀚,石亮,等.典型220kV线路输变电项目环境影响评价要点分析[J].电力系统装备,2021(15):126+188.
- [5] 高水生.输变电项目电磁辐射环境影响评价存在的问题与对策[J].科技与企业,2016(2):244-245.

Power Transformation Operation and Maintenance of the Power Industry from the Perspective of Energy Conservation and Emission Reduction

Jiting Ma Shaoshuai Yang Hao Sun

State Grid Yishui Power Supply Company, Linyi, Shandong, 276000, China

Abstract

The transformation and upgrading of the power industry is one of the important means to achieve energy conservation and emission reduction, among which the substation operation and maintenance is particularly critical. From the perspective of energy conservation and emission reduction, this paper studies the problem of substation operation and maintenance in the power industry. Through the study of substation operation and maintenance of the power industry, we find that there are a series of problems in the traditional operation and maintenance mode, such as high emissions, high energy consumption, low efficiency, etc., which have become the bottleneck hindering the further development of the power industry. Through the study of the new substation operation and maintenance mode, this paper puts forward a new mode of energy saving and emission reduction. This mode adopts advanced technology and equipment, uses new operation and maintenance management, implements intelligent and unmanned operation and maintenance of substation equipment, significantly reduces energy consumption and emissions, and improves the efficiency and quality of operation and maintenance. Practice has proved that the new operation and maintenance mode plays a positive role in promoting the green and sustainable development of the power industry.

Keywords

energy conservation and emission reduction; power industry; substation operation and maintenance; new operation and maintenance mode; green and sustainable development

节能减排视角下的电力行业变电运维

马继亭 杨少帅 孙皓

国网沂水县供电公司, 中国·山东 临沂 276000

摘要

电力行业改造和升级是实现节能减排的重要手段之一, 其中变电运维尤为关键。论文从节能减排的视角, 研究电力行业变电运维的问题。通过对电力行业变电运维的研究, 我们发现在传统的运维模式中存在着一系列的问题, 如排放较高、能耗大、效率低下等, 这些问题成为阻碍电力行业进一步发展的瓶颈。论文通过对新型变电运维模式的研究, 提出了一种节能减排的变电运维新模式。该模式采用先进的技术和设备, 利用新型的运维管理, 实施变电设备的智能化、无人化运维, 显著减少了能源消耗和排放, 提高了运维效率和质量。实践证明新型运维模式对提升电力行业的绿色可持续发展具有积极的推动作用。

关键词

节能减排; 电力行业; 变电运维; 新型运维模式; 绿色可持续发展

1 引言

随着能源和环保问题的严重, 电力行业需要关注节能减排。变电运维是电力行业的关键环节, 它直接影响着能源的消耗和环境的污染。在过去, 变电运维的方法使得电力消耗多, 环境污染严重, 工作效率也不高, 这些都阻碍了电力行业的发展。为了解决这些问题, 我们需要研究新的变电运维方法。这个新的方法可以通过智能化和无人化操作来减少

能源消耗和环境污染。我们还需要测试这个新方法在实际工作中的效果, 看它能否帮助电力行业实现绿色可持续发展。我们的目标是提供一个有效的节能减排方案, 并通过实际效果来为相关政策提供参考。

2 背景与现状分析

2.1 节能减排背景下的电力行业挑战

节能减排已成为全球应对气候变化的重要策略之一, 电力行业作为能源消耗大户, 面临巨大压力和挑战^[1]。传统的燃煤发电方式排放大量的二氧化碳及其他有害气体, 对环境造成严重污染, 也导致不可再生资源的迅速消耗。为实现

【作者简介】马继亭(1984-), 男, 中国山东临沂人, 本科, 工程师, 从事电气工程及其自动化研究。

经济、环境双重效益，电力行业必须进行深度的转型与升级。

电力行业的变电运维作为系统中枢，直接影响电能传输、分配和使用效率。能耗高、运行效率低及设备老化等问题严重制约了行业整体效能的提升。传统的变电运维模式中，设备维护频次较低，故障预测和处理主要依赖人工经验，难以实现精准、及时地干预。技术落后、手段单一，进一步抬高了运营成本和能源浪费。这种运维模式不能满足现代电力工业对高效、低碳、智能化运维的要求，也不符合国家的节能减排政策。

除技术问题外，管理模式上的缺陷同样显著。传统管理方式多以被动维护为主，缺乏有效的监控和评估机制，导致运营过程中的能耗及排放控制乏力。根据相关数据显示，变电站运维所占总能耗比例较高，且逐年递增，实施变电运维模式的改革已迫在眉睫。电力行业需从技术升级、智能化管理、政策支持等多方面入手，系统性解决变电运维中的瓶颈问题，实现节能减排与可持续发展目标。

2.2 传统变电运维模式存在的问题

传统变电运维模式存在多个显著问题，这些问题直接影响能源利用效率和环境保护。传统运维模式高度依赖人工操作，存在人力成本高、操作效率低的问题。在维护和检修过程中，需要大量人员参与，不仅增加了企业运营成本，还导致了运维效率难以提升。有限的技术手段使得设备故障检测和预警难以做到精确，通常是事后应急处理，导致设备的可靠性和稳定性受到影响。再者，传统模式下监控手段有限，无法全面实时监控设备的运行状态^[2]。不仅如此，传统变电运维模式通常采用被动的定期检修策略，无法根据设备实际运行状态进行及时调整，往往导致过度维护或维护不足，既浪费资源又影响设备寿命和运行效率。高能耗和高排放也是传统模式的主要问题之一，运维过程中使用的设备和技术能效较低，导致能源消耗较大，从而对环境产生不利影响。这些问题成为电力行业进一步发展的瓶颈，不利于节能减排目标的实现和行业的可持续发展。

2.3 当前变电运维的节能减排实践与局限性

当前在节能减排领域，电力行业的变电运维实践展现了一些进步，但也存在局限性。现有的实践主要集中在设备更新和技术改造，如引入高效变压器和智能监控系统，这些措施在一定程度上提高了能效和减少了排放。尽管引进了节能设备和系统，变电运维实践过程中仍面临一系列挑战。传统运维模式依旧大量依赖人工操作，存在人为因素带来的误差和效率低下的问题。现有的智能化设备和系统仍需进一步优化，不够成熟，无法全面覆盖所有运维环节。这导致节能减排效果有限，部分设备运行环境复杂，难以实现全面、系统的节能控制。当前变电运维的节能减排实践还有较大的提升空间，亟需新型技术和管理方法的进一步探索和应用。

3 新型变电运维模式的构建

3.1 采用先进技术的必要性与途径

新型变电运维模式的核心在于采用先进技术，以应对传统模式中存在的能耗高、排放多、效率低等问题。先进技术的引入不仅是提升运维效率和质量的关键手段，更是实现节能减排的重要途径。

自动化与智能化技术的应用是变电运维转型的基础。通过引入传感器、监控系统与物联网技术，可实现变电设备的实时状态监测与数据采集。这些技术能够及时发现设备运行中的异常，避免故障的扩大化，显著减少维修时间和资源消耗。通过大数据分析与人工智能技术，能够对设备状态进行预测性分析与预防性维护，提高设备的使用寿命与运行效率。

无人化运维技术作为一种先进的运维手段，极大地减少了人工操作对设备的依赖。无人机巡检、机器人维修等无人化运维设备可以在高压、恶劣环境下高效完成任务，降低了运维人员的工作风险，并减少了人力资源的浪费。提高了整个运维系统的安全性与可靠性。

另外，先进材料与新型设备的应用同样不可忽视。通过采用更加节能环保的变电设备与材料，如高效变压器、电力电子器件等，可以有效降低能耗与排放，提升电力设备的整体效率和环保性能。这些设备在设计与制造过程中充分考虑了耐用性与节能性，进一步推动变电运维的绿色转型。

综合来看，通过智能化、无人化技术的引入，结合新型材料与设备，构建起一个高效、节能、环保的变电运维新模式，为电力行业的绿色可持续发展做出积极贡献。

3.2 新型运维模式的框架设计

新型变电运维模式的框架设计重在提升运维的智能化与无人化，借助先进的信息技术与自动化设备，构建包括监测、决策、执行等几个核心环节的闭环体系。运维框架依托高精度传感器与物联网技术，实现对变电设备运行状态的实时监测。数据经过云端大数据分析平台处理，再通过智能算法进行故障诊断和预警。远程控制和机器人技术的应用，在执行层面保证了运维措施的快速落实，减少人为干预。整个运维过程通过集成的管理系统进行统筹，形成多层次、多维度的协同工作机制，确保信息的快速传递与处理。一体化设计下，包括硬件设施、软件系统和管理流程的各个部分，协同作用于节能减排目标。新的运维框架不仅提高了系统的响应速度和处理能力，还显著降低了维护成本和能源消耗，提高了总体运维效率和质量。

3.3 变电设备的智能化与无人化运维技术

变电设备的智能化与无人化运维技术是新型变电运维模式的重要组成部分。智能化技术主要包括采用传感器、物联网（IoT）、人工智能（AI）和大数据分析，实现设备状

态的实时监控和故障预判^[1]。无人化运维技术则通过无人机巡检、机器人操作和远程监控等手段,降低了人工干预的频率和成本。这些技术的应用使变电设备的运维更加精准和高效,有助于减少能源浪费和排放,促进了变电运维的绿色转型和可持续发展。

4 新型变电运维模式的应用效果与意义

4.1 能源消耗与排放的降低分析

新型变电运维模式在能源消耗和排放方面的效果显著,通过一些实际应用案例和数据可以看到其诸多优越性。采用先进技术的新型变电运维模式,借助智能化和无人化运维设备,实现了对变电设备的高效管理和运行,从而有效降低了能源消耗。在传统运维模式中,设备需要频繁的人工操作和定期维护,导致了较高的能耗和人员成本。新型模式采用自动化监控系统,实时监测设备运行状态,减少了人力资源的投入,提高了运维效率,进而减少了电力消耗。数据显示,通过引入智能化设备,变电站的能耗可降低约20%~30%。

新型运维模式在减少排放方面同样表现出色。传统运维模式下,由于设备老旧、运行效率低下,经常会产生大量的温室气体和污染物排放。而新的运维模式通过采用高效节能的设备和新技术,减少了设备的损耗和不必要的能量消耗,从源头上控制了排放量。例如,利用物联网技术对变电设备进行全面监控和优化管理,可以实现精准调控,避免了设备超负荷运行,降低了排放量。据研究数据显示,采用新型运维模式可使变电站温室气体排放量减少15%~25%。

新型变电运维模式通过智能化和无人化技术的应用,在降低能源消耗和减少排放方面效果明显。这不仅促进了电力行业的绿色可持续发展,也为其他相关行业的节能减排提供了重要参考。

4.2 运维效率和质量提高的评估

新型变电运维模式在提升运维效率和质量方面表现显著。通过采用先进的智能化和无人化运维技术,变电设备的故障检测、修复时间得到大幅缩短。智能化系统能够实时监控设备运行状态,预判潜在故障,有效防止因设备故障导致的大面积停电。无人化运维降低了人工操作的误差和不确定性,提高了运维的准确性和可靠性。数据分析表明,新型运维模式下的故障响应时间较传统模式缩短了约30%,设备维护的周期性检查也更为高效、全面。通过预测性维护,大大减少了计划外停电的次数,运维工作得到了显著优化。新型模式所提升的管理水平和技术应用,不仅降低了运维成本,还提升了电力供应的稳定性和安全性,从而对电力行业

的整体服务质量产生了积极影响。实践证明,新型运维模式在各电力企业中的广泛应用能够促进资源的高效配置,实现运维工作的精细化和智能化管理,进一步推动电力行业的健康发展。

4.3 新型模式对绿色可持续发展的贡献及政策建议

新型变电运维模式在推动电力行业绿色可持续发展方面具有重要贡献。该模式通过智能化、无人化技术大幅降低了能源消耗和污染排放,显著提升了运维效率和设备利用率。在政策层面,建议加快技术标准的制定和推广,鼓励企业加大对智能运维技术的投入和应用。推动行业间合作,建立资源共享和技术交流平台。设立专项资金和补贴政策,支持新型运维技术的研发和应用,提升绿色运维的市场竞争力。通过规范和激励措施,有效引导电力企业向绿色、低碳方向转型,助力实现节能减排目标。

5 结语

论文从节能减排的视角出发,对电力行业的变电运维进行了深入研究,揭示了传统变电运维模式存在的种种问题,如高排放、大能耗和低效率等,这些问题是制约电力行业可持续发展的主要障碍。通过对新型变电运维模式的探索与研究,提出一种集智能化、无人化于一体的运维新模式。该模式利用先进技术和设备,改进运维管理,显著提高了变电运维的效率和质量,同时显著降低了能源消耗和排放,有效推动了电力行业向绿色可持续发展方向的转型。然而,新型运维模式的实施也面临诸多挑战,如技术研发的高投入、运维人员技能的提升,以及与现有系统的兼容性问题仍需深入探讨和解决。未来的研究可以聚焦于这些挑战,寻求更具成本效益的技术解决方案,同时也需要加强对运维人员技能培训,以适应新模式下的工作需求。论文的研究成果不仅为电力行业的节能减排提供了可行方案,也为其他相关行业的环保政策制定和实践提供了重要的参考和启示,具有较强的应用价值和广泛的社会影响。期待未来能有更多基于此研究成果的进一步探讨,共同为实现更加绿色、可持续发展目标作出贡献。

参考文献

- [1] 阿茹娜,张哈,李霞.电力行业节能减排及低碳化发展分析[J].新型工业化,2021,11(5):190-191.
- [2] 袁冠云.运维大数据和智能运维在电力行业的实践[J].通信电源技术,2021,38(1):217-219.
- [3] 熊模友.电力行业节能减排及低碳化发展[J].中国科技期刊数据库工业A,2021(4).

Research on Optimization of Construction Technology for Overhead Line Engineering in Power Distribution Network

Yikai Xu

Shenzhen Yueneng Electric Power Design Institute Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518100, China

Abstract

With the acceleration of urbanization and the increasing demand for electricity, higher requirements have been put forward for the construction technology of overhead power lines in the power distribution network. This paper aims to explore the optimization methods of construction technology for overhead power lines in power distribution networks, in order to improve construction efficiency, reduce project costs, and ensure project quality. Through the analysis of existing construction techniques and combined with engineering examples, this article proposes a series of improvement measures. The research results indicate that by adopting advanced construction techniques and management methods, the overall performance of overhead line projects can be effectively improved, providing strong guarantees for the stable operation of the power system.

Keywords

power distribution network; overhead power lines; construction technology; technical optimization measures

电力配网架空线路工程施工技术优化研究

徐一凯

深圳粤能电力设计院有限公司, 中国·广东·深圳 518100

摘要

随着城市化进程的加快, 电力需求日益增长, 对电力配网架空线路的施工技术提出了更高的要求。论文旨在探讨电力配网架空线路工程施工技术的优化方法, 以提高施工效率, 降低工程成本, 确保工程质量。通过对现有施工技术的分析, 结合工程实例, 论文提出了一系列改进措施。研究结果表明, 通过采用先进的施工技术和管理方法, 可以有效提升架空线路工程的整体性能, 为电力系统的稳定运行提供有力保障。

关键词

电力配网; 架空线路; 施工技术; 技术优化措施

1 引言

电力配网架空线路作为电力传输的重要组成部分, 其施工质量直接关系到电网的安全稳定运行。传统的架空线路施工方法存在效率低下、成本高昂等问题, 因此, 对施工技术进行优化显得尤为重要。论文将从多个角度出发, 对电力配网架空线路工程施工技术进行深入研究, 以期达到提高效率、降低施工成本、保证工程质量的目的。

2 电力配网架空线路工程施工中的问题

2.1 线路路径选择困难

在城市规划和地理环境的双重限制下, 线路路径的选择常常遭遇重重困难。一方面, 线路可能需要穿越密集的居民区和繁华的商业区, 这不仅涉及到居民的日常生活, 还可

能影响到商业活动的正常进行。另一方面, 线路的铺设有时又必须跨越河流、穿越山谷等自然障碍, 这些自然条件的挑战无疑加大了线路路径选择的复杂性和难度。因此, 线路规划者必须综合考虑各种因素, 包括地形地貌、环境保护、社会影响以及经济成本等, 以确保线路路径既合理又高效^[1]。

2.2 施工安全风险

在架空线路的施工过程中, 由于涉及到大量的高空作业以及带电作业等高风险活动, 因此存在着较高的施工安全风险。这些作业通常要求施工人员在高空中进行操作, 或者在电力系统带电的状态下进行维护和修理, 这无疑增加了作业的危险性。由于作业环境的特殊性和复杂性, 一旦安全措施不到位或者操作不当, 就极有可能导致严重的安全事故, 比如高空坠落、触电事故等, 这些事故不仅会对施工人员的生命安全构成威胁, 还可能对电力系统的稳定运行造成影响。因此, 加强施工安全管理, 制定和执行严格的安全操作规程, 以及提供充分的安全培训和防护装备, 对于预防和减少施工安全事故的发生至关重要。

【作者简介】徐一凯(1992-), 男, 中国广东揭阳人, 本科, 助理工程师, 从事电力配网研究。

2.3 线路维护难度大

架空线路由于其暴露在外界环境中的特性，极易受到各种自然因素和人为因素的干扰，这使得线路的维护工作量不仅庞大，而且难度也相对较高。例如，极端天气如台风、暴雨、雷电等自然现象可能会对线路造成损害，而树木的生长、建筑物的施工等人为活动也可能对线路的安全运行构成威胁。此外，线路老化、设备故障等问题也需要及时发现和处理，以避免造成更大的损失^[2]。

2.4 环境保护问题

在进行架空线路施工的过程中，可能会对周边的自然环境和居民生活产生一系列负面影响，其中包括但不限于噪声污染、粉尘扩散以及电磁辐射的增加。这些影响可能会对野生动植物的栖息环境造成干扰，对附近居民的日常生活带来不便，甚至可能对人类健康产生潜在风险。

3 现有施工技术

在当前的电力配网架空线路施工中，主要涵盖了几个关键的技术环节，包括但不限于杆塔基础施工、导线架设以及绝缘子安装等。这些环节是确保电力配网安全、稳定运行的基础，每一步骤都要求高度的精确性和专业性。

3.1 杆塔基础施工

杆塔基础施工是整个电力配网架空线路建设的根基，它不仅关乎整个电力系统的稳定运行，而且对于确保电力传输的高效性和安全性起着至关重要的作用。在施工过程中，首先需要在地基进行详细的勘察和评估，以了解土壤的承载力、地下水位、土壤类型等关键因素。随后，根据地质条件和设计要求，选择合适的施工方法，如钻孔灌注桩、挖孔桩或直接浇筑混凝土等，以确保杆塔的稳定性和耐久性。此外，基础施工还需要考虑到未来可能的环境变化，如土壤侵蚀、地下水位变化、气候变化等因素，这些都可能对杆塔的稳定性和耐久性产生影响。因此，在设计和施工阶段，必须采取相应的预防措施，比如增加基础的深度、使用抗腐蚀材料、设置排水系统等，以保证长期的安全性和可靠性。同时，施工过程中还需要严格遵守相关的技术规范和安全标准，确保施工质量，避免因施工不当导致的安全事故。在整个施工过程中，还需要进行严格的监督和检查，确保每一个环节都符合设计要求和质量标准。通过科学的施工管理和严格的质量控制，可以有效地提高杆塔基础的施工质量和使用寿命，从而为整个电力配网架空线路的稳定运行提供坚实的保障^[3]。

3.2 导线架设

导线架设是电力配网架空线路施工中的核心环节之一，它不仅包括了导线的选择、敷设以及连接等关键步骤，还涉及到导线的布局规划、张力控制以及与电力设备的连接等复杂过程。导线的材质、规格和敷设方式的选择，将直接影响到电力传输的效率和安全性。在架设过程中，施工人员必须严格遵守相关标准和规范，确保导线的紧固度和绝缘性能，

避免因导线松弛或绝缘不良而导致的电力事故。此外，导线架设还需要考虑到环境因素，如风力、温度等，以及导线的耐久性和维护成本，以确保长期稳定运行。因此，导线架设是一个技术要求高、责任重大的工作，需要专业人员具备丰富的经验和专业知识，以确保电力系统的安全、可靠和高效运行。

3.3 电力配网架空线路施工绝缘子安装施工技术

在电力配网架空线路施工过程中，绝缘子的安装是一项至关重要的技术工作。绝缘子的主要功能是支撑导线并确保其与地面或其他导体之间保持足够的绝缘距离，从而防止电流泄漏和短路事故的发生。正确的绝缘子安装技术不仅能够保障电力系统的安全稳定运行，还能延长设备的使用寿命，减少维护成本。在进行绝缘子安装施工时，首先需要对施工环境进行仔细地勘察，确保施工区域的安全性，并根据设计图纸和相关技术规范选择合适的绝缘子类型和尺寸。接着，施工人员需要对绝缘子进行严格的检查，确保其没有裂纹、破损或其他缺陷，以保证其绝缘性能和机械强度。

安装过程中，施工人员应使用专用的工具和设备，按照正确的操作程序进行作业。这包括使用绝缘杆、绝缘手套等安全防护措施，以防止在高电压环境下发生触电事故。同时，安装位置和角度必须精确，以确保绝缘子能够承受导线的拉力和风力等外力作用，避免因安装不当导致的设备损坏或安全事故。此外，绝缘子安装完成后，还需要进行一系列的检查和测试，包括外观检查、绝缘电阻测试等，以确保安装质量符合标准要求。只有通过了这些检查和测试，才能确保绝缘子在实际运行中的可靠性和安全性^[4]。

4 电力配网架空线路工程施工技术优化对策

4.1 加强线路路径规划

为了确保线路路径规划的科学性和合理性，施工人员必须深入分析和考虑当地的地形地貌特征，细致研究城市规划的现状与未来发展趋势，同时严格遵守环境保护的相关法律法规。在此基础上，通过专业的评估和严谨的论证过程，筛选出技术上可行、经济上合理、环境上可持续的最佳路径方案。此外，为了确保项目的顺利实施，还需要与当地政府相关部门进行密切地沟通与协调，详细解释规划意图和预期效果，以争取他们的理解和支持。同时，也要积极倾听当地居民的意见和建议，尊重他们的合法权益，通过开展公开透明的讨论会和信息发布会等形式，增强项目的社会接受度，确保规划方案能够得到广泛的社会认同和支持。通过这些综合措施，我们能够确保线路路径规划既符合技术要求，又得到社会的广泛认可，从而为项目的顺利实施奠定坚实的基础。

4.2 加强施工人员综合水平

首先，必须加强对施工人员的安全教育和专业培训，通过定期组织安全知识讲座、安全操作技能训练以及模拟紧

急情况演练,来不断强化他们的安全意识。这样,施工人员在日常工作中能够更加自觉地遵守安全规范,主动识别和防范潜在的安全风险。其次,建立一套完善的安全操作规程至关重要。这套规程应当涵盖施工现场的各个环节,包括但不限于高空作业、机械操作、电气安全等方面,确保每一项作业都有明确的安全指导和操作标准。最后,还应制定详尽的应急预案,包括火灾、坍塌、人员伤亡等各种可能发生的紧急情况,并定期进行应急演练,以确保在真实紧急情况发生时,所有人员都能迅速而有序地按照预案进行应对,最大限度地减少事故的伤害和损失。通过这些措施的实施,不仅能够提升施工人员的安全意识和自我保护能力,还能够建立起一套科学、系统的安全管理机制,从而为施工现场的安全保驾护航。

4.3 加大线路维护力度

首先,可以采用先进的线路监测技术,如无人机巡检、在线监测系统,这些技术能够及时发现线路的潜在问题,提高维护效率和准确性。无人机巡检可以在短时间内覆盖大面积的线路区域,对难以到达的区域进行检查,而在线监测系统则可以实时监控线路的运行状态,一旦发现异常,即可发出警报,以便及时采取措施。

同时,建立完善的线路维护体系也是确保线路稳定运行的关键。这包括制定详细的维护计划,定期进行线路巡检和维护工作,对发现的问题进行及时修复。此外,还应加强对维护人员的培训,增强他们的专业技能和安全意识,确保在进行线路维护时能够遵守安全规程,减少事故发生的风险^[5]。

4.4 减轻施工活动对环境的负面影响

为了有效减轻施工活动对环境的负面影响,施工单位应当采取一系列科学合理的环境保护措施。首先,可以通过设置隔音屏障来降低施工噪声对周围环境的影响,尤其是在居民区附近施工时,应特别注意噪音控制,以减少对居民休息和生活的干扰。其次,施工区域应实施喷水降尘措施,特别是在干燥季节或风沙天气,通过增加空气湿度来减少粉尘

的扩散,保护空气质量。最后,合理规划施工时间也是减少环境影响的重要策略,例如避免在夜间或清晨等敏感时段进行高噪声作业,以减少对居民的干扰。

同时,施工单位应加强与当地环保部门的沟通与合作,确保所有施工活动严格遵守国家和地方的环保法规要求。在施工前,应提交详细的环境保护方案,并在施工过程中接受环保部门的监督和检查,确保各项环保措施得到有效执行。此外,施工单位还应积极采纳环保部门的建议,不断优化和改进环境保护措施,力求在保障工程进度的同时,最大限度地减少对环境的负面影响,实现经济发展与环境保护的双赢。通过这些综合措施,可以确保架空线路施工项目在满足电力需求的同时,也能够承担起保护环境的社会责任。

5 结语

综上所述,论文通过对电力配网架空线路工程施工技术的优化研究,提出了一系列改进措施,旨在提高施工效率,降低工程成本,确保工程质量。研究表明,优化后的施工技术在实际应用中取得了良好的效果,为电力配网架空线路工程的施工提供了新的思路和方法。未来,随着技术的不断进步和创新,电力配网架空线路工程施工技术将更加成熟和完善。

参考文献

- [1] 练文.电力配网架空线路工程施工技术研究[J].电子元器件与信息技术,2021,5(6):87-88.
- [2] 宋小勇.电力工程配网架空线路的施工问题及对策[J].大众用电,2021,36(4):44-45.
- [3] 李建新.电力配网架空线路工程施工技术分析[J].无线互联科技,2020,17(9):167-168.
- [4] 廖雅云.简析电力配网架空线路工程施工技术[J].南方农机,2019,50(15):250.
- [5] 顾振豹.电力配网架空线路工程施工技术[J].中国设备工程,2019(6):225-227.

Discussion and Solution of Self-provided Power Supply in Civil Buildings

Bao Li Duoshan Li

Anhui Pinhan Electric Technology Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230041, China

Abstract

With the increasing demand for power reliability and economy of civil buildings, the traditional power distribution design scheme shows many deficiencies in dealing with emergency power supply and economic benefits. In view of this problem, this paper deeply discusses the current situation of civil building opening and closinghouse and power distribution room design, and focuses on analyzing the shortcomings of economy and practicality of the existing power distribution design scheme. Based on this, this paper proposes an optimization scheme based on emergency energy storage technology, in order to improve the economic benefits of the distribution system and ensure its reliable operation in emergency situations. The research results of this paper provide a solution with high economic benefit and feasible value for the electrical design and engineering technicians of civil buildings, aiming to realize the best economy and efficiency of the design of civil buildings, and provide new ideas for the design and construction of future power distribution system.

Keywords

main power supply; backup power supply; energy storage power supply; economic analysis; reliability

民用建筑自备电源经济性探讨与解决方案

李保 李多山

安徽品涵电气科技有限公司, 中国·安徽 合肥 230041

摘要

随着民用建筑对电力可靠性和经济性的需求不断增加,传统的配电设计方案在应对紧急供电和经济效益方面显现出诸多不足。论文针对这一问题,深入探讨了民用建筑开闭所及配电房设计的现状,重点分析了现有配电设计方案在经济性和实用性方面的不足。基于此,论文提出了一种基于应急储能技术的优化方案,以期提升配电系统的经济效益并确保其在紧急情况下的可靠运行。论文研究成果,为民用建筑电气设计和工程技术人员,提供了具有较高经济效益和可行价值的解决方案,旨在实现民用建筑配电房设计的最佳经济性和高效性,为未来配电系统设计施工,提供新的思路。

关键词

主用电源; 备用电源; 储能电源; 经济性分析; 可靠性

1 基本情况介绍

1.1 配电设计

根据现行的民用电气设计标准和消防规范,民用建筑开闭所和配电房,二级与二级以上负荷、甲类、乙类和丙类消防建筑,以下简称消防建筑,全部采用双路电源设计施工,以确保重要负荷的供电连续性和安全性。具体设计方案包括两路 10kV 高压外线、两路高压开关柜、两路主备变压器,以及相应的低压成套开关柜等设备。在这种设计中,两路 10kV 高压外线分别通过独立的高压开关柜接入系统,确保在一路电源故障或检修时,另一路电源可以无缝切换,继续为用户二级负荷和消防设备,提供可靠电力供应。但是两

路高压系统采用同一高压线路,或者没有另一个变电所高压线路,往往失去备用应急供电的效果^[1]。

1.2 外线设计

依据电气设计通用规范的要求,消防建筑通常设计两路高压进线,高压外线设计,需要地方供电机构提供最近两路高压接线点,满足消防建筑能够确保在一路电源故障时,另一路电源能够继续供电,从而提高系统的可靠性和稳定性。然而,考虑到地方规划中禁止架空线路的规定,配电外线连接需采用埋地电缆的方式。埋地电缆的设计虽然可以有效避免恶劣天气对电力线路的影响,提高线路的安全性和稳定性,但其建设成本较高,约为每公里 140 万元人民币。

因此,如何在满足规范要求的同时有效控制成本,成为设计者需要重点考虑的问题^[2,3]。

1.3 停电概率

根据国家电网公司的数据显示,供电稳定性高达

【作者简介】李保(1958-),男,中国安徽阜阳人,本科,高级工程师,从事电气工程自动化研究。

99.99%。这意味着在一年中，停电的时间极其短暂，仅为0.01%，大约相当于每年不到一个小时的停电时间。这一高稳定性的供电水平，表明备用高压二路电源系统的实际使用频率非常低，使用效率接近为零。因此，如何在设计中合理配置备用电源，以避免资源浪费，成为一个重要的设计挑战。

1.4 停电投切

两路高压供电，面临计划检修停电或突发停电，高压系统没有设置自动投切功能，主用电源停电，会导致备用电源系统无法及时投入使用，使重要负荷处于断电状态。这不仅严重影响企业的正常运营，还可能带来消防安全隐患。因此，提高系统备用应急电源的可靠性，确保在紧急情况下能够迅速提供备用电源，是设计中亟须解决的关键问题^[4,5]。

1.5 主备变压器

在实际运行中，多数情况下，主备变压器的实际负荷率远低于设计容量，一般在55%~75%。这一现象表明，设计容量普遍偏大，存在一定程度的资源浪费，变压器容量费用成本较高。如何根据实际负载情况合理配置变压器容量，减少不必要的投资，是提高经济性的关键所在^[6]。

2 问题及痛点

①两路高压电源设计是否具有可靠性。如果两路高压系统采用同一高压线路，或者没有另一个变电所高压线路，往往失去备用应急供电的效果。对于两路高压电源设计的消防建筑，双电源设计可能显得过于冗余，可靠性同样存在停电隐患。

②外线地理电缆的成本效益如何。地理电缆具有良好的抗环境干扰能力和市政环境美观性，但其造价较高，大约为每公里140万元人民币。对于预算有限的项目，需要仔细分析其长期效益，如减少维护成本和减少停电风险，以确定是否值得投入。

③国家电网公司供电稳定率99.99%，备用高压电源的利用率接近为零，备用高压二路电源系统的实际使用频率非常低，大投入、零收益，投资浪费，不是现代设计工作的主基调。

④在高压停电的情况下，即使备用高压电源有电，系统缺乏自动投切功能，依赖人工切换，无法满足重要负荷和消防设备应急供电要求。

⑤变压器的设计容量根据最大负荷预测，导致设计容量常被高估，超出实际需求，造成变压器使用费和损耗费用，居高不下。

这些问题和痛点的解决方案，需要在设计初期进行充分的需求分析和经济效益评估，综合考虑可靠性、成本效益和长期运营维护，达到最佳的设计平衡^[7]。

3 解决方案

3.1 优化外线电缆

民用建筑消防电源设计两路高压进线，优化采用就近

主用高压电网外线设计，设计应急储能电源系统，代替备用高压电网接入和高压开关柜投入，节约每公里140万元人民币的外线高压电缆费用，降低成本，同样具有系统备用供电的可靠性和稳定性。

3.2 调整配电设计

民用建筑开闭所和配电房，设计一路高压电源系统，取消二路高压电源系统，根据民用电气设计标准3.3.9规定，设计蓄电池组作为自备电源，确保在一路电源故障或检修时，应急电源快速投切，满足二级与二级以上负荷，以及建筑消防甲类、乙类和丙类的双电源规定，确保重要负荷的供电连续性和安全性。

3.3 避免投资浪费

应急储能系统的设计应用，避免了对高压二路备用电源系统的依赖，进而避免了因供电稳定性极高而造成的巨额投资浪费。通过合理配置储能系统，可以在保证供电连续性的同时，最大限度地减少资源浪费。

电池仓及充电系统图图1。



图1 电池仓及充电系统图

3.4 践行储能政策

利用国家储能产业政策，设计引入储能电池组，削峰填谷，结合分时电价政策，在电价较低时段充电，在电价高峰时段放电，可以显著减少高峰期电费支出。节约了备用高压开关柜资金和变压器使用费用。这种策略不仅能在五年左右收回备用配电系统的成本，还能实现长期盈利。储能系统的引入，不仅能够提高经济效益，还能在一定程度上替代备用电源，减少对传统两路高压电源设计的依赖。

3.5 提高系统可靠性

通过在储能系统中集成自动投切功能，可以在主电源发生故障时迅速切换到备用电源，保证重要负荷的持续供电。这种自动控制解决方案，不仅提高了系统的可靠性，还

能够减少因停电带来的经济损失。

逆变系统图见图2。



图2 逆变系统图

3.6 合理配置变压器容量

通过对负载数据的精确分析,合理配置主用变压器容量,避免不必要的容量冗余。同时,储能系统的应用可以减少备用变压器的使用需求,从而避免投资浪费,还能减免变压器容量使用费用和变压器运行损耗费用,提高经济效益(见图3)^[8]。



图3 储能系统全貌图

4 结论

通过引入先进的储能技术和对配电系统进行优化设计,我们不仅能够显著提升配电系统的经济效益,还能确保供电

的连续性和可靠性得到极大的增强。这一方案的实施,对于改善工商业用户项目的配电房设计,具有极其重要的实践意义和深远的影响。

具体来说,储能技术的应用可以有效地平衡电网负荷,减少峰谷差,从而降低电力成本。同时,优化后的配电设计能够提高电能的传输效率,减少能源损耗,进一步提升整个配电系统的运行效率。此外,通过智能化的配电管理系统,可以实时监控和调整电力供应,确保在任何情况下都能提供稳定可靠的电力支持。

对于工商业用户而言,这意味着他们的生产运营将不再受到电力供应不稳定的影响,从而可以更加专注于业务发展和创新。同时,优化后的配电房设计还能减少设备故障率,延长设备使用寿命,降低维护成本,为用户带来更多的经济效益。

综上所述,通过引入储能技术和优化配电设计,我们不仅能够提升配电系统的经济效益,还能确保供电的连续性和可靠性,这对于工商业用户项目的配电房设计具有重要的实践意义,能够帮助用户实现更加高效、稳定和经济的电力使用。

参考文献

- [1] 国家电网公司.供电稳定性年度报告[M].北京:中国电力出版社,2022.
- [2] 中国电力工程顾问集团有限公司.电力系统设计手册[M].北京:中国电力出版社,2021.
- [3] 李晓东,张伟明.地理电缆系统的经济性分析[J].电力建设,2020,41(3):45-50.
- [4] 王强,赵海.备用电源系统的优化配置及其经济效益研究[J].电气工程学报,2019,37(2):20-25.
- [5] 陈建华,刘洋.自动转移开关在电力系统中的应用及优化[J].电力自动化设备,2018,38(6):32-37.
- [6] 王磊,张敏.变压器容量配置的优化及其经济性分析[J].电力系统保护与控制,2017,45(4):58-63.
- [7] IEEE Std 493-2007. IEEE Recommended Practice for the Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems (Gold Book) IEEE,2007.
- [8] IEC 60364-5-52. Electrical Installations of Buildings-Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment - Wiring Systems,2009.

Analysis of the Safe Operation Management and Maintenance Strategy of Electrical Equipment

Huqiang Gui

Guixi Smelter of Jiangxi Copper Group Company, Guixi, Jiangxi, 335424, China

Abstract

Electrical equipment plays an irreplaceable role in the production and operation of enterprises, but due to the more and more complex structural characteristics of electrical equipment, the difficulty of maintenance and management is increased, and it is easy to leave serious safety risks. In addition, the current electrical equipment management there exist certain problems in maintenance work, such as the lack of perfect management maintenance system, maintenance system is not perfect, management comprehensive quality is insufficient, data sharing is not timely, largely increased the electrical equipment safety failure probability, once the operation management and maintenance work does not reach the designated position, will increase the enterprise operation cost, even cause great economic losses. Therefore, according to the characteristics of electrical equipment, targeted safe operation management and maintenance strategies are put forward to ensure the reliable operation of equipment and prolong the service life of equipment. This paper mainly analyzes the safety operation management and maintenance strategy of electrical equipment, so as to ensure the reliability and operation of electrical equipment, reduce the occurrence of equipment failure problems, and promote the increase of economic benefits of enterprises.

Keywords

electrical equipment; safe operation; maintenance management

电气设备安全运行管理和养护策略分析

桂虎强

江西铜业集团公司贵溪冶炼厂, 中国江西贵溪 335424

摘要

电气设备在企业生产运行中发挥不可替代的作用,但是由于电气设备结构特点越来越复杂,加大了养护管理难度,容易留下严重的安全隐患。此外当前,电气设备管理养护工作中还存在一定的问题,如缺乏完善的管理养护制度,养护体系不完善,管理人员综合素质不足,数据共享不及时,很大程度上加大了电气设备安全故障的发生几率,一旦运行管理和养护工作不到位,会加大企业运行成本,甚至造成极大的经济损失。因此,要结合电气设备特点,提出针对性的安全运行管理和养护策略,保障设备可靠性运行,延长设备使用寿命。论文主要对电器设备安全运行管理和养护策略进行分析,从而保障电气设备可靠性运行,减少设备故障问题的出现,促进企业经济效益的增加。

关键词

电气设备; 安全运行; 养护管理

1 引言

电气设备是企业生产中的核心设备,其运行效率与整体企业生产效益息息相关。因此,要加大对电气设备安全运行管理和养护力度,采取科学合理的管理策略,完善安全运行管理与养护制度,进一步提高养护管理水平,才能延长设备使用寿命,增加企业经济效益,促进电气设备的市场化运行管理。

2 电气设备安全运行管理与养护意义

落实电气设备安全运行管理与养护工作,可以实现电器设备运行状况的全面分析,增加管理人员对电气设备安全运行的重视程度,并编制可行性的管理与维护计划,消除安全隐患,保障电气设备可靠运行;在安全运行管理与养护工作中,可以采集、汇总、分析设备运行数据,为设备安全性能的持续性优化提供参考,第一时间处理潜在的安全问题,细化管理内容,保障企业生产计划的贯彻落实,实现电气设备运行效益的最大化;减少安全问题,科学预测电气设备潜在故障,并第一时间采取针对性的维护措施,设置可行性的安全防护措施,有效控制安全事故的发生;保障电气设备持续可靠运行,及时发现设备异常,及时维护,避免形成更

【作者简介】桂虎强(1998-),男,中国江西抚州人,本科,助理工程师,从事电气点检研究。

大的故障问题,从而保障电气系统机组始终保持良好的运行功能^[1]。

3 电气设备安全运行管理和养护问题

3.1 设备管理体系不完善

随着社会经济的发展,电气设备类型逐渐增多,一旦采购环节中质检不到位,往往会在采购产品中混入低质产品,加大了设备故障几率,如停机次数增加、机组运行效率降低等,再加上电气设备技术运维管理技术改革不成熟,加大了故障几率,危害设备安全运行。此外,由于电气设备运行管理体系不完善,不能对电气设备运行数据进行详细记录和整理分析,容易出现无效工作,降低运行效率。此外,管理人员职责划分不明确,管理层次混乱,一旦出现设备故障问题,容易发生责任推诿现象,不能对故障问题及时处理^[2]。由于电气设备管理体系不完善,缺乏科学合理的管理理念,责任意识不足,难以保障管理运维工作的有序进行。此外部分管理人员存在“重使用、轻维护”的理念,认识不到电气安全运行管理工作的重要性,难以控制安全事故的发生。

3.2 设备管理制度不健全

部分企业缺乏科学合理的工作理念,对新时期社会发展趋势缺乏全面考量,致使电气设备运维管理机制不完善,致使电气设备运行故障频繁发生,难以真正发挥电气设备运维与管理工作效率的正常发挥,不利于电气设备安全稳定运行。此外,由于电气设备运维管理制度不健全,不能对潜在的安全影响因素及时预测和处理,致使运维制度不能有效落实,限制运维管理目标的实现。

3.3 设备运维管理方式不合理

部分企业在电气设备管理运维工作中,运维流程不完善,再加上认识不到电气设备运维管理工作的重要性,难以对工作流程进行优化设置,甚至违背相关安全规定,容易引起电气设备安全风险事故,危害电气设备安全稳定运行^[3]。此外,安全运维管理人员缺乏管理意识,难以及时发现电气设备潜在故障,甚至忽视小故障问题,缺乏定期检查机制,在电气设备运维管理工作中缺乏主动性,难以有效预防和控制设备问题,不仅影响正常生产,甚至引起严重的经济损失。

3.4 人员综合素质不足

新时期,电气设备结构复杂,对运维管理人员的综合能力提出了更高的要求。但是部分运维管理人员的专业能力不足,缺乏责任意识,难以保障电气设备运维管理制度的有效落实,甚至容易引起违规操作行为,加大了电气设备运行事故发生几率。此外由于工作人员专业能力不足,难以制定科学合理的运维管理计划,导致电气设备的优势不能有效发挥,限制电气设备运维管理工作的专业化发展。此外,部分企业的内部管理结构不完善,缺乏专业运维管理人员,甚至

一人身兼数职,再加上人员管理制度不完善,难以保障电气设备的安全运行和养护^[4]。

3.5 数据共享不及时

在电气设备运行过程中,管理人员不注重对运行数据信息进行全面收集,且缺乏统一的数据信息收集标准,难以对信息数据进行及时共享,不利于数据信息的统计、汇总,严重降低电气设备运行数据的使用价值,导致管理人员不能及时了解整体电气设备机组的运行细节,容易引起维修管理时间延误,甚至引起其他设备故障问题,对后续安全运行带来了极大的安全隐患。

4 电气设备安全运行管理和养护策略

4.1 完善管理制度

完善的规章制度是提高电器设备安全运行管理水平的重要保障。在具体工作中,需要完善电器设备采购评估检验制度,明确评定检验流程和标准,进场前需要对电气设备的合格证明、注意事项、维修时间等进行详细核查,通过专业网络平台核对关键数据,保障电气设备合格性^[5];要完善电器设备监督机制,现场知道监督设备安装,保障安装操作的规范性检验,还需要构建信息化技术平台,形成动态化的监督管理技术,引进第三方监督机构,及时发现设备运行中的异常情况,并提出针对性的纠正策略,保障设备安全运行;完善安全责任制度,明确具体的管理责任,落实设备专管人员职责制度,细化安全操作规程制度,确保设备安全操作规程的贯彻执行;要完善奖惩制度,一旦发现违规操作等行为,需要对其严肃惩罚;完善应急管理预案,减少安全事故的出现。此外还需要完善设备隐患排查制度,及时发现设备故障,制定针对性的整改计划,保障设备安全运行。此外还需要创新运维管理机制,使其更加适应新时期电气设备运行管理需求,进一步提高设备安全运维管理水平。

4.2 优化巡检工作

为了保障电气设备的安全运行,需要做好设备巡检管理工作,及时发展设备运行的潜在隐患,并进行针对性养护管理,保障电气设备始终处于良好的运行状态。在巡检作业中,需要结合电气设备类型、特点的差异性,制定针对性的巡检计划方案,如要科学设置防雷接地设施,保障接地线质量;对电气设备连接线路进行严格检验,避免出现故障;针对跳闸故障,需要对开关、母线等进行针对性排查^[6]。要结合实际情况,制定可行性的巡检计划,明确检查周期、范围,优化人员配置,合理分配检查任务;要引进现代化、精密化的检查工具,组建专业化的巡检队伍,保障巡检质量。其中电气设备现场检查要点如表1所示。

4.3 提升人员素养

运维管理人员的专业能力直接关系到电气设备安全运行水平。因此,要进一步提高管理人员的综合素养,定期组

组织开展专业培训活动，制定严格的奖惩机制，落实激励、责任机制，组建专业能力较强、经验丰富、责任意识强的运维管理人员，突出体现运维管理工作的专业化；要注重提升管理人员的安全意识，落实安全教育管理工作，保障电气设备

的安全性、可靠性运行^[7]。此外还需要落实奖惩机制，端正管理人员的工作态度，定期组织开展专业知识评价，强化管理人员的竞争能力，调动内在工作热情，保障电气设备安全事故的有效处理，促进电气设备可靠性运行。

表 1 电气设备现场检查要点

目的：对设备运行过程中可能存在的隐患、有害危险因素、缺陷等进行查证，查找不安全因素和不安全行为，以确定隐患或有害、危险因素或缺陷存在状态，以及它们转化为事故的条件，以制定整改措施，消除或控制隐患和有害与危险因素，确保生产的安全。使企业符合《危险化学品从业单位安全标准化规范》的要求。					
要求：对每个检查项目依照检查标准认真检查，不放过任何可疑点。对查出问题及时处理，或通知相关部门及时解决。					
检查人		检查日期		检查结果	
序号	检查项目	检查标准	检查方法(或依据)	符合	不符合及主要问题
1	设备选用	是否使用国家明令淘汰、禁止使用的设备	现场检查		
		生产设备、管道的设计是否根据生产过程的特点和物料的性质性质合适的材料	现场检查		
2	警示标志	在有较大危险因素的有关设备设施上，是否设置明显的安全警示标志	现场检查		
		应使用安全色，生产设备容易发生危险的部位，必须有安全标志	现场检查		
3	设备标识	每台生产设备都必须有标牌。注明制造厂、制造日期、产品型号、出厂号和安全使用的主要参数等内容	现场检查		
4	设备操作	生产设备上供人员作业的工作位置，应安全可靠。其工作空间应保证操作人员的头、臂、手、腿、足有充分的活动余地。危险作业点，应留有足够的退避空间。	现场检查		
		生产设备必须保证操作点和操作区有充足的照明。	现场检查		

4.4 优化运行管理方式

在电气设备进场之前，要进行严格的设备检查工作，保障设备质量、规格符合设计要求；在运维管理工作中，需要做好通风、换气工作，明确操作规范流程，实现电气设备的稳定运行；要优化电气设备运行环境，优化调整设备运行环境的湿度、温度等参数，从而减少设备干扰，保障电气设备安全运行，减少短路等故障问题的出现；要引进精细化管理模式，并引进科学合理的工作理念，从而进一步提高电气设备运维管理效果。其中电气设备运行管理流程如图 1 所示。

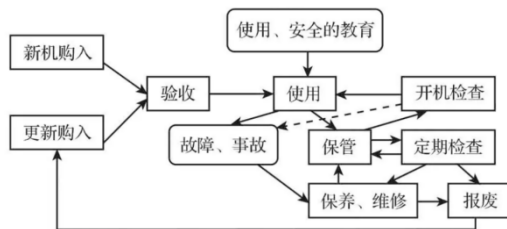


图 1 电气设备运行管理流程示意图

4.5 强化技术管理

电气设备系统较为复杂，为了保障整体设备机组的安全可靠性运行，需要对现代化网络技术、计算机技术进行优化应用，构建完善的运维管理和养护平台，从而提升设备运维管理效率。结合网络信息技术，对电气设备运行数据进行数字化记录，并构建电气设备在线诊断管理系统，以便帮助工作人员详细了解设备在运行、停机状态下的具体情况，为后续运维管理计划的制定提供参考；构建信息共享平台，以便对设备运行信息进行全面收集和汇总，并第一时

间进行共享，确保管理人员详细掌握电气设备的各类技术参数，为电气设备的系统化管理提供依据^[8]。

5 结语

综上所述，新时期，为了实现电气设备的安全可靠性运行，需要优化电气设备安全运行管理与养护工作，制定严格的管理制度，提升管理人员的综合能力，做好设备巡检工作，并优化技术管理，引进信息化技术，保障电气设备安全、稳定运行。

参考文献

- [1] 高松涛.电气设备安全运行管理与维护的重要性[J].聚酯工业, 2021,34(4):57-58.
- [2] 许瑞洋.电气设备安全运行管理和养护[J].化工管理,2019(33): 216-217.
- [3] 刘峰.电气设备安全运行管理和养护研究[J].电力设备管理, 2018(8):82-83.
- [4] 卢集斌.电气设备安全运行管理和养护[J].南方农机,2017,48(18): 145-146.
- [5] 谷健,刘佳,李旭.如何加强变电站电气设备的安全运行管理和养护[J].电子世界,2014(16):67.
- [6] 张作哈.关于电气设备安全运行管理与养护的研究[J].低碳世界, 2013(16):76-77.
- [7] 张鹏,任建文,刘晓凤.探究电气设备安全运行管理和养护[J].黑龙江科技信息,2012(35):140.
- [8] 任聪.电气设备安全运行管理和养护[J].无线互联科技,2011(4): 61-62.

Optimum Back Pressure Optimization of Steam Turbine Cooling System

Huijun Li

Inner Mongolia Mengtai Buliangou Coal Gangu Thermal Power Plant, Ordos, Inner Mongolia, 017100, China

Abstract

This paper uses the energy dissipation analysis and thermodynamics to study the energy saving optimization and the optimal back pressure. By analyzing the energy conversion process in the turbine cooling system, the relationship between the energy efficiency and the back pressure of the system is quantitatively described. In this paper, we propose an optimal back pressure determination method based on energy dissipation minimization, whose results are verified by the practical system, and the optimal back pressure helps to achieve the highest system energy efficiency and significantly reduces energy consumption. The results suggest that by optimizing the cold end system and reasonably determining the back pressure, the operating efficiency of the turbine system can be significantly improved, and theoretical support and operation guidelines can be provided for the energy saving and emission reduction of the turbine.

Keywords

steam turbine cold end system; energy saving optimization; optimal back pressure; energy dissipation; system energy efficiency

汽轮机冷却系统节能优化与最佳背压的确定

李慧军

内蒙古蒙泰不连沟煤矸石热电厂, 中国·内蒙古 鄂尔多斯 017100

摘要

论文以汽轮机冷端系统为研究对象, 采用能量耗散分析和热力学基本原理研究其节能优化问题和最佳背压的确定方法。通过分析汽轮机冷却系统中的各个能量转换过程, 定量描述了系统能效与背压之间的关系。论文提出了一种基于能量耗散最小化的最佳背压确定方法, 其结果经实际系统验证, 最佳背压有助于达到最高的系统能效, 并明显降低了耗能。研究结果提示, 通过优化冷端系统和合理确定背压, 可以显著提升汽轮机系统的运行效率, 为汽轮机的节能减排提供理论支持和操作指南。

关键词

汽轮机冷端系统; 节能优化; 最佳背压; 能量耗散; 系统能效

1 引言

为了满足社会和工业发展的需求, 少不了各式各样的机械设备, 而其中汽轮机, 作为一种广泛应用的动力设备, 其性能优化、节能减排的问题受到了越来越多的关注。汽轮机作为热力发电的主要设备, 其运行效率直接影响着整个发电系统的运行效能, 冷端系统的优化和背压的确定就成为提高汽轮机运行效率的必然选择。然而, 冷端系统的能效往往并没有得到充分的重视, 背压的选择也常常以经验或者固定值来确定, 因而对系统的能效造成了不小的影响。

【作者简介】李慧军(1992-), 男, 中国内蒙古乌兰察布人, 本科, 工程师, 从事火电厂集控运行节能方向、汽轮机节能降耗研究。

2 汽轮机冷端系统分析

2.1 汽轮机冷端系统简介

汽轮机冷却系统是汽轮机的重要组成部分, 其功能主要是将汽轮机排出的蒸汽进行冷凝, 从而维持汽轮机的高效运行^[1]。冷却系统的组成部分通常包括冷凝器、循环水泵、冷却塔等设备, 分别承担着蒸汽冷凝、冷却水循环以及余热散发的职责。冷端系统的运行直接影响到汽轮机的效率和整个电厂的能源利用水平。为确保系统的高效运行, 必须精确控制冷端系统的各种参数, 其中最重要的参数之一便是背压。背压是指冷凝器中蒸汽的排出压力, 其大小直接关系到汽轮机的发电效率和安全性。背压过高会导致汽轮机的排气损耗增加, 而背压过低可能造成冷凝效果不足, 进而影响系统的稳定性。

通过对冷端系统进行详细分析, 可以发现其能量转换过程主要涉及热能的有效释放和机械能的最大化利用。优化

冷端系统的运行参数,不仅可以提升汽轮机的能效,还能减少不必要的能量损耗。另外,冷端系统的运行也受环境条件的影响,如环境温度、湿度等。为提升整个系统的运行效率,需要综合考虑设备性能、环境因素及背压控制,以实现能源的高效利用和节能减排目标。研究汽轮机冷端系统的详细组成及其工作原理,能够为后续的节能优化策略提供重要依据。

2.2 汽轮机冷端系统能量转换过程分析

汽轮机冷却系统的能量转换过程是理解其能效优化的核心。冷端系统主要涉及蒸汽的冷凝和热量的排放,在这一过程中,蒸汽从高温高压状态转变为低温低压状态,释放出的热量一般通过冷却水系统排放到环境中。冷凝器作为关键部件,其作用是将蒸汽中的显热转化为冷却水的热量。热量的耗散及转换效率在此阶段至关重要,因为这是影响系统整体效率的关键环节。

在能量转换过程中,热损失不可避免,包括泄漏损失、传热不足或传热效率低下等因素。换热器和管道必须优化以确保最小化热损失并提高热交换效率。冷端系统的真空度、冷却水温度及流量等参数都会显著影响能量转换的效果^[2]。这些参数的优化调整对于提高整个冷端系统的能效具有重要意义。

研究中还需考虑环境温度的变化对凝汽过程的影响,不同的环境条件将导致冷端效率的波动。通过对能量转换过程的深入分析,可以为汽轮机冷端系统的优化提供数据支持。这种方法能够帮助识别潜在的能效提升点,进而为系统的整体节能优化奠定基础。

2.3 汽轮机冷却系统能效影响因素

汽轮机冷却系统的能效受到多种因素的影响。一方面,冷端压力直接决定了汽轮机的排气焓值,进而影响能量转换效率。较高的冷端压力通常会导致低效的能量转换,合理的背压设计尤为关键。冷源温度对冷端系统的性能有显著影响。温度过高将增加凝汽器的热耗,对能效不利。另一方面,汽轮机负荷的变化会导致冷端条件的不同,影响系统整体运行效率。尤其在负荷波动较大情况下,系统容易偏离最优工作状态。冷端设备的效率,如凝汽器的传热效率和冷却水泵的性能,也对能量利用率产生直接或间接影响。设备的维护水平和工艺设计亦是不可忽视的因素,它们通过影响能量耗散和热损失,间接决定了系统的整体能效水平。这些复杂因素交织在一起,决定着汽轮机冷端系统的能效,需要通过综合优化策略进行协调管理。

3 汽轮机冷端系统节能优化策略

3.1 节能优化研究方法介绍

节能优化研究方法是汽轮机冷端系统节能优化的重要环节。研究中,引入能量耗散分析方法,该方法能够有效识别系统内的能量损失环节。通过对各个能量转换阶段的仔细

分析,明确不同部件的能量损耗特征,从而为节能优化提供理论支持。

采用热力学基本原理进行数据拟合,建立汽轮机运行过程的数学模型,模型中涵盖了影响能效的关键参数。此方法可根据系统实时运行数据,动态调整参数以提升能效。

考虑多目标优化理论,在节能优化方案中结合能效和经济性因素,对不同背压条件下的能耗进行评估比较。应用计算机仿真技术模拟不同工况,获取最优节能路径,这为确定合理的节能策略奠定了基础。

对比分析法用于评价方案实施前后的系统性能,通过能量平衡和效率指标的比较,验证优化方法的实际效果。研究中重视结合系统实际运行情况及环境条件,以确保优化策略的可行性和实用性。

这些方法为汽轮机冷端系统节能优化提供了多角度的思路和技术手段,能够有效提升系统运行效率,并减少能源消耗,为后续的优化和设计提供了参考依据。

3.2 基于能量耗散最小化的节能优化方案

在汽轮机冷却系统的节能优化过程中,基于能量耗散最小化的优化方案扮演着重要角色。该方案通过分析能量在系统中的转换和传递过程,识别并减少不必要的能量损失,从而提高系统的整体能效。能量耗散最小化主要涉及对汽轮机冷端各子系统的详细评估,包括冷凝器、泵和管道系统等。

对冷凝器进行热传递效率分析,以确保热量传递过程中损失最小化,进而减少不必要的能耗。优化方案中涉及使用先进的热力循环技术和高效换热设备,以实现更有效的热量交换。针对泵系统,优化水力性能以降低能耗,并通过调整运行参数来减少不必要的压力损失。

在管道系统中,优化方案建议减少流动阻力,通过合理的管径设计和布置,降低摩擦损失,提高胶体系统的流动效率。通过模拟和实际数据对比,验证优化方案的有效性,以确保其在实际运行中能够最大化地减少能量耗散^[3]。

这种基于能量耗散最小化的节能优化方案,为汽轮机冷端系统的高效运行提供了有效路径,不仅提升了系统能效,更为节能减排目标的实现提供了有力支撑。

3.3 优化方案对系统能效影响研究

在研究汽轮机冷端系统的节能优化方案对系统能效的影响时,关键在于量化不同优化方案在实际运行中的能效提升效果。应用能量耗散分析,具体评估不同节能技术组合对系统能效的贡献,考察各方案对系统性能动态变化的影响。通过建立数学模型,模拟可行性方案在不同工况下的能量转换效率,揭示优化措施与能效提升之间的定量关系。在实验验证中,对照原始系统运行数据,测试优化系统下的热效率、电力输出和能量损耗等指标,分析其节能效果。结果显示,经过优化后的冷端系统在背压调节机制作用下,表现出显著的能效提升,表明节能优化策略在提升汽轮机系统运行效率方面的有效性。这一研究为进一步优化系统配置提供了实证

支持,为推进汽轮机节能减排策略提供了参考依据。

4 汽轮机冷端系统最佳背压研究

4.1 背压与系统能效关系分析

在汽轮机冷却系统中,背压是影响系统能效的重要因素。背压是指汽轮机排气压力,相对于常规操作,其变化直接影响汽轮机的输出功率和冷却系统的热效率。高背压会导致汽轮机排气损失增大,使得蒸汽排放过程中能量被消耗在克服压力上的部分增多,从而降低了机械能的转化效率。为了提高系统的整体能效,必须对被压进行合理控制。

在分析背压与系统能效的关系时,可利用热力学原理对不同背压条件下的能量转换效率进行定量计算。能量平衡方程及熵生成分析提供了理论基础,能够揭示背压变化对工作过程中的能量耗散影响。特别值得关注的是,过高或过低的背压都会引起能效的降低,前者增大了排气损失,后者则可能导致凝汽设备过载,影响换热性能。

为此,可通过建立数学模型,对系统在不同背压下的能效进行模拟和优化分析。研究表明,存在一个特定的背压值,使得汽轮机系统在此条件下工作时,达到最佳的能量利用效率,这一直即所谓的最佳背压。通过对最佳背压进行合理选择和控制,可以有效降低能耗,提高汽轮机系统的运行效率,这为汽轮机冷却系统的节能优化提供了重要的理论依据。

4.2 最佳背压确定方法研究

在研究汽轮机冷却系统的最佳背压时,精确地确定方法尤为关键。最佳背压的确定可通过对系统能效与背压变化关系的深入分析来实现。运用能量耗散分析,识别并量化系统内部的能量损失。通过建立数学模型,模拟不同背压条件下汽轮机的工作状态,分析其对系统能效的影响。在此过程中,引入热力学优化原理,以系统能效最大化为目标,对背压进行优化。

应用基于能量平衡和最小耗散理论的优化算法,确定在不同运行工况下的最佳背压值。这种方法不仅考虑了热力学特性,还整合了设备运行的实际工况和环境变量,通过多参数联动调整,实现能效与经济效益的双重最优。利用数值分析与实验数据相结合的手段,对模型的准确性进行校验,提升对结果的信任度与可靠性。

理论与实际结合的最佳背压确定方法,为提升汽轮机系统的整体性能提供了科学依据,也为后续技术改进和工业应用奠定了基础。通过这个过程,确保所选择的背压能在不

同工况下实现效能的最优化,为节能减排提供有效方案。

4.3 最佳背压实际系统验证及效果分析

在进行最佳背压的实际系统验证与效果分析时,选取了某实际运行的汽轮机冷却系统作为研究对象。通过安装与系统实际工况相适应的测量设备,获取了不同背压条件下的能效数据。实验过程中,保持其他运行参数不变,仅调整背压至不同的预设值,记录系统的输出功率、能耗以及相关性能指标。

数据分析显示,达到最佳背压时,系统的能效显著提高,相比于传统操作背压,能耗降低且输出功率提升。通过与能量耗散理论分析结果比较,验证了所提出的最佳背压优化方法的科学性与有效性。验证结果表明,采用该方法所确定的最佳背压,能够在保证稳定运行的最大限度地降低系统能耗,提高整体热效率。

该研究不仅为汽轮机冷端系统的优化提供了具体的技术方案,还为相关节能改造项目提供了实用的理论依据和实际指导。此结果在实践中展现出的优异节能效果,证明了方法的实用性和可推广性。

5 结语

论文主要研究汽轮机的冷端系统,也就是汽轮机利用能源的部分。我们使用了能源消耗的分析和热力学原理,也就是能源使用的规则,来研究汽轮机的能源转换机制,就是能源怎么被汽轮机使用的规律。我们还发现了一个最优的背压值,可以让汽轮机工作得更有效率。我们提出了一个基于最小能源消耗的方法,来确定这个最优背压值,并在实际的汽轮机系统中进行了验证。结果证明,通过优化这个冷端系统和精确确定背压值,能让汽轮机工作得更有效率,也更节约能源。但是,我们的方法还有一些局限性,如不能适应所有的汽轮机系统和运行情况,未来我们还会进行改进。总的来说,我们的研究提供了一种优化汽轮机冷却系统和确定最优背压值的有效方法,对于提高汽轮机的节能效果很有帮助。我们希望未来的研究可以在我们的基础上继续优化汽轮机系统,使其更高效、更环保。

参考文献

- [1] 谢家宝.汽轮机冷端系统经济性优化[J].经济技术协作信息,2021(32):137-138.
- [2] 宋涛.电厂汽轮机冷端系统运行优化研究[J].信息周刊,2019(51):103-104.
- [3] 薛静明.直接空冷汽轮机背压节能优化的潜力研究[J].中国化工贸易,2020,12(3):167-168.

Research on the Technology of Physical Moisture-proof Measures Based on Green Environmental Protection

Longqiang Wang Ping He Zhongtao Li Denghui Yao Lingyun Shi

Tongren Power Supply Bureau, Guizhou Power Grid Company, Tongren, Guizhou, 554300, China

Abstract

From the perspective of the frontier of power and energy, traditional moistureproof means, such as the use of moistureproof materials, the deployment of dehumidification devices and the enhancement of air circulation, have made some achievements in controlling humidity, but the hidden problems of high energy consumption and environmental burden have become increasingly prominent. At present, with the increasing urgency of global climate change and environmental protection, these traditional methods are no longer compatible with the core values of pursuing green, low-carbon and sustainable development in modern society. In view of this, this research focuses on the innovative application of power and energy technology, and tries to explore and develop a series of new technologies based on the concept of environmental protection. Our goal was to build a new moisture protection strategy that would not only efficiently address moisture problems, but also significantly reduce energy consumption and reduce the negative impact on the natural environment.

Keywords

green environmental protection; power and energy technology; moisture-proof measure

基于绿色环保物理防潮措施技术研究

汪龙强 贺平 李忠涛 姚登辉 石凌云

贵州电网公司铜仁供电局, 中国·贵州 铜仁 554300

摘要

在电力与能源前沿的视角下, 传统防潮手段, 如运用防潮材料、部署除湿装置以及增强空气流通, 虽在控制湿度方面有所建树, 但其背后隐藏的能源高耗与环境负担问题却日益凸显。在全球气候变迁与环境保护紧迫性加剧的当下, 这些传统方式已难以契合现代社会追求绿色、低碳、可持续发展的核心价值观。鉴于此, 本研究聚焦于电力与能源技术的创新应用, 力图探索并开发一系列基于环保理念的物理防潮新技术。我们的目标是构建一种全新的防潮策略, 该策略不仅能够高效解决潮湿问题, 更能在实施过程中显著降低能源消耗, 减轻对自然环境的负面影响。

关键词

绿色环保; 电力与能源技术; 防潮措施

1 引言

随着社会经济的不断发展, 人们日常生活对电力依赖越来越强, 时常因为设备故障造成设备非计划停电, 给人们生活带来非常不便, 因此如何保障人民生活用电的连续可靠成了电力系统必须思考的一道难题, 我所结合提高供电可靠性要求和历年设备事故事件对供电可靠性影响进行综合分析研判, 得知影响供电可靠性的最主要原因就是设备故障非计划停电; 然而 80% 设备故障经常因季节和环境变化导致设备受潮, 绝缘能力降低等原因引起, 因此探讨基于绿色环保的防潮措施势在必行。

【作者简介】汪龙强(1984-), 男, 苗族, 中国贵州铜仁人, 本科, 工程师, 从事电力安全研究。

2 变电所绿色环保物理防潮的重要价值

2.1 保障设备安全稳定运行

在变电所的运行管理中, 防止设备腐蚀是保障系统稳定运行的重要环节。湿气作为设备腐蚀的元凶之一, 会加速变电所内设备的氧化过程, 从而缩短其使用寿命。为了有效应对这一问题, 采取了绿色环保的物理防潮措施。这些措施不仅能够有效减少湿气对设备的侵蚀, 还能保护设备免受腐蚀损坏, 确保其长期稳定运行。同时, 湿气还可能导致设备的绝缘性能下降, 进而引发短路、火灾等严重故障。通过实施物理防潮措施, 能够显著降低这些故障的发生概率, 为变电所的正常供电提供有力保障。

2.2 延长设备使用寿命

在维护设备性能与延长使用寿命方面, 绿色环保的物理防潮措施发挥着至关重要的作用。潮湿环境常被视为设备

内部元件老化的催化剂，它不仅加速了元件的自然衰退，还可能导致设备性能提前下降。为此，积极采用物理防潮手段，有效减缓了设备在潮湿环境中的老化速度，从而延长了设备的使用年限，并降低了因频繁更换设备而产生的额外成本。同时，这些防潮措施还确保了设备能够持续处于最佳工作状态，避免了因潮湿引起的性能下降和故障增多，进一步提升了设备的整体性能和可靠性。

2.3 提高能源利用效率

潮湿环境对设备能耗构成了不可忽视的影响，迫使设备在运行时消耗更多能源以克服潮湿带来的额外负担。为了降低这种不必要的能耗并提升能源利用效率，采用了绿色环保的物理防潮措施。这些措施不仅有效地抑制了潮湿对设备能耗的负面影响，还积极响应了节能减排的环保号召，为变电所乃至整个电力系统的可持续发展注入了动力。通过实施物理防潮方案，旨在构建一个更加绿色、高效、可持续的能源利用环境。

2.4 改善工作环境

潮湿的工作环境不仅威胁着工作人员的身心健康，还显著降低了他们的工作效率。为了改善这一状况，采取了物理防潮措施，这些措施有效地优化了变电所的工作条件，为工作人员提供了更加干燥、舒适的工作环境，从而提升了他们的工作效率和整体工作体验。同时，物理防潮措施还起到了至关重要的安全保障作用，通过减少潮湿引起的电气设备漏电、短路等安全隐患，极大地降低了火灾等意外事故的发生概率，为工作人员的人身安全提供了坚实的保障。

3 设备受潮问题的受潮原因及可能产生的后果

3.1 设备受潮原因

3.1.1 昼夜温差变化较大，潮气重

在气候变化显著的地区，昼夜温差大是常见现象。当夜间温度骤降时，空气中的水蒸气容易凝结成水珠，形成潮气。这种潮气在密闭性不佳的空间内尤为明显，容易附着在设备表面，进而渗透进设备内部，导致设备受潮。

3.1.2 高压室内除湿配置不足（部分站未配置）

高压室作为电力系统的核心区域，其内部环境对设备的稳定运行至关重要。然而，部分高压室存在除湿配置不足的问题，有的甚至完全没有配置除湿设备。加上高压室通常设计有大面积的玻璃窗和百叶窗，这些设计虽然有利于通风散热，但也容易导致室外潮湿空气通过缝隙渗入室内。此外，与室外连通的电缆沟也是潮气入侵的重要途径之一，若电缆沟的密封性不佳，潮气将很容易通过电缆沟进入高压室内，进一步加剧了室内的潮湿程度。

3.1.3 箱柜底部与电缆沟连接孔洞未封堵或存在缝隙

在电力系统的实际安装过程中，箱柜底部与电缆沟之间的连接孔洞往往容易被忽视。若这些孔洞未能得到有效封堵或存在缝隙，电缆沟中的潮气将直接通过这些孔洞或缝隙

导入箱内。如图1所示，这种情况不仅会导致箱内设备受潮，还可能对设备的电气性能和绝缘性能造成严重影响。

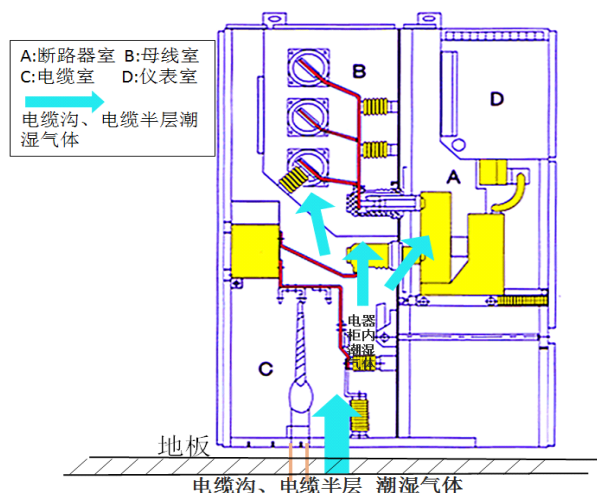


图1 箱柜底部与电缆沟连接孔洞未封堵或存在缝隙

3.1.4 部分箱柜内加热器使用不当

当加热器开启时，虽然能在一定程度上提高箱柜内的温度，但这也促使了原本附着在箱柜底部、顶部及柜壁的湿气加速蒸发，形成大量的蒸汽。然而，若此时箱柜的通风换气能力不足或除湿设备未能有效工作，这些蒸汽便会在箱柜内部冷却后重新凝结成水珠，形成更为严重的凝露现象。

凝露的积累不仅占据了箱柜内部宝贵的空间，更重要的是，它直接威胁到了设备的绝缘性能。绝缘材料在潮湿环境下容易吸湿，导致绝缘电阻下降，进而增加了绝缘击穿的风险。对于高压开关柜等关键设备而言，绝缘击穿将直接导致设备损坏，甚至可能引发火灾等严重后果。此外，长期受潮凝露还会加速设备内部金属部件的腐蚀和老化，进一步降低设备的可靠性和使用寿命^[1]。

3.2 受潮产生的后果

①在电力系统中，开关柜作为关键的配电与控制设备，其内部的接线端子排承载着复杂的电气连接任务。然而，当环境湿度过高或温差变化显著时，端子排上易形成细微的露水珠。这些露水不仅直接接触到端子排上的金属导电部位，还会逐渐渗透至金属表面，引发电化学腐蚀过程。随着时间的推移，腐蚀现象逐渐加剧，金属表面可能变得粗糙不平，增加了电阻，降低了导电效率。更为严重的是，若腐蚀区域混入灰尘、油污等杂质，将形成导电通路，极易导致交直流系统之间的短路接地故障。直流系统的接地问题尤为棘手，它可能引发保护误动、拒动等一系列严重后果，严重威胁变电站的安全稳定运行，甚至可能引发大规模停电事故。

②开关或刀闸作为电力系统中实现电路通断、切换运行方式的重要设备，其操作机构的可靠性至关重要。然而，当操作机构表面因湿度过高而出现露水时，这些水分会逐渐渗透并腐蚀机构内部的金属部件。这种腐蚀不仅缩短了部件的使用寿命，还可能造成机构内部的机械部件因锈蚀而卡

涩,影响操作的顺畅性。特别是在执行分合操作时,若机构不能运行到位,可能导致开关或刀闸的动静触头接触不良,出现慢分慢合的现象。这种情况极易引发电弧放电,损坏设备,甚至可能因电弧扩大引发火灾等极端电力事故。

③凝露的形成会降低开关柜内部的绝缘性能,使得原本设计的绝缘距离和绝缘强度受到挑战。在凝露环境下,电气设备表面可能形成导电薄膜,导致局部电场畸变,增加爬电和闪络的风险。这种现象对于设备的正常运行构成了严重威胁,因为一旦发生爬电或闪络,将可能引发短路、接地等故障,损坏设备并影响电力系统的供电可靠性^[2]。

4 目前解决设备受潮的问题主要方法

4.1 温湿度精准控制

引入了先进的温湿度控制器系统,通过智能化管理,对设备内部环境进行精细化的加热调节。这一措施不仅能够有效提升设备内部的温度,还能精准控制湿度水平,从根本上减少湿气在设备内部的积聚,为设备创造一个干燥、稳定的运行环境。

4.2 高效胶泥封堵技术

针对设备外部可能存在的渗水点,采用了高质量的胶泥材料进行封堵。这种胶泥具有良好的粘附性和密封性,能够有效阻挡外部湿气的侵入,保护设备内部不受潮气影响。

4.3 复合材料整体封堵方案

为了进一步提升防潮效果,还采用了先进的复合材料对设备底部进行整体性的封堵处理。这种复合材料不仅具备优异的防潮性能,还具有良好的耐腐蚀性和耐久性,能够确保设备在潮湿环境下依然能够保持稳定运行。

4.4 工业级空调系统加装

此外,还考虑到了设备运行环境的整体改善。为此,在设备周边加装了工业用的大功率空调系统。这些空调系统不仅具备强大的制冷制热能力,还能够调节室内空气的温湿度,为设备提供一个更加舒适、稳定的运行环境。通过改善设备的运行环境,成功地降低了设备的故障率,从而提升了供电的可靠性和稳定性。

虽然上述方法能够在一定程度上缓解设备受潮的问题,但它们也存在一些显著的缺点,例如需要较大的资金投入、维护工作量大以及设备本身的损耗问题。这些措施并未从根本上解决设备受潮的原因。因此,正在深入研究基于绿色环保的物理防潮措施,针对设备受潮的原因和特点进行全面分析。结合洗车场盖板的设计理念及设备防小动物的需求,力求在绿色环保和节省资金投入等方面实现最佳平衡,从源头上解决设备受潮问题。这样不仅能提高设备的运行可靠性,还能降低维护成本,达到可持续发展的目标^[3]。

5 技术方案

在优化变电站运行环境、提升设备稳定性的探索中,精心策划并实施了一项综合性的技术改造方案,该方案深度

融合了多项创新理念与实践经验,旨在通过科学高效的方式解决电缆沟受潮问题,同时兼顾绿色环保与成本控制。

5.1 创新融合,绿色改造电缆沟盖板

变电站电缆沟作为电力输送系统的关键基础设施,其盖板设计的革新与维护策略在促进资源高效利用与环境保护方面扮演着举足轻重的角色。在当前全球致力于构建绿色低碳经济体系的背景下,我们以前瞻性的视角,创新性地将洗车场盖板领域的环保与耐用设计理念引入变电站电缆沟的现代化改造之中。此次改造项目,深度聚焦电力设施防小动物入侵的迫切需求,设计出一种融合环保与经济性的新型电缆沟盖板。该盖板不仅在功能上实现了对小动物入侵的有效阻隔,确保了电力设备的安全稳定运行,更在材料选择上体现了对环境保护的深切承诺。我们优选可循环再利用、耐腐蚀的绿色材料,这些材料不仅减轻了对自然资源的开采压力,还通过减少废弃物生成,降低了对生态环境的负面影响,实现了经济效益与生态效益的双赢。

此外,通过精细化的成本管理策略,在保障盖板卓越性能与可靠质量的前提下,有效控制了改造成本,使得这一环保创新方案具备了在广泛范围内推广应用的可行性。实施过程中,首先对电缆沟进出高压室、紧邻端子箱等关键区域的旧有盖板进行了全面更换,确保这些关键节点能够有效阻挡外部水分和小动物的侵扰。

5.2 施工便捷,安装高效

在技术创新的同时,也非常注重施工效率与便捷性。新型电缆沟盖板的设计充分考虑了现场安装的需求,采用了模块化、标准化的设计理念,使得施工人员在安装过程中能够迅速定位、轻松组装,大幅缩短了施工周期,降低了人力成本。此外,还提供了详尽的安装指导与技术支持,确保改造工程能够顺利进行并达到预期效果^[4]。

6 结语

基于绿色环保物理防潮措施技术的研究,深入分析了设备受潮的根源及现场特点,巧妙融合了洗车场盖板的设计理念与用电设备防小动物措施的要求,不仅有效解决了电缆沟受潮问题,还兼顾了环保与经济效益的双重目标。通过模块化、标准化的设计思路以及详尽的安装指导与技术支持,成功实现了施工过程的便捷化与安装效率的大幅提升,为变电站电缆沟的改造升级提供了强有力的技术支持与实践范例。

参考文献

- [1] 朱威.变电站户外端子箱防潮措施提升方案及应用分析[J].电力设备管理,2023(19):203-205.
- [2] 施礼兴.变电站(换流站)户外箱体防潮措施研究及优化建议[J].电气技术,2023,24(12):80-84.
- [3] 杨道培,唐哲慈,于春雷,等.变电站开关柜防潮除湿措施[J].电世界,2022,63(6):29-31.
- [4] 姚国友,郭嘉相,安雪晖.新型背水面防水防潮技术在水电站修缮工程中的应用[J].水电与抽水蓄能,2024,10(1):87-92.

Application of Electric Automation Technology in Electric Power Engineering

Zhe Yuan

China Gezhouba Group Road and Bridge Engineering Co., Ltd., Yichang, Hubei, 443002, China

Abstract

With the continuous growth of global energy demand and the profound change of energy structure, the field of power engineering is experiencing unprecedented rapid development and demand changes. As a key means to improve the efficiency and quality of power engineering and promote energy transformation and sustainable development, electric power automation technology has attracted increasing attention from the industry. This paper deeply discusses the specific application of electric power automation technology in electric power engineering. The paper first discusses the relevant content of electric power automation technology in detail, and then elaborates on the four aspects of electric power automation technology in the field of power generation, transmission and distribution, substation automation and client application. Then it lists specific cases to prove the effect of automation technology implementation, and finally summarizes the challenges and countermeasures of electrical automation technology, in order to provide useful reference for the application of automation technology in the field of power engineering and related researchers.

Keywords

electric power automation; electrical automation technology; electric power engineering

电力电气自动化技术在电力工程中的运用

袁喆

中国葛洲坝集团路桥工程有限公司, 中国·湖北 宜昌 443002

摘要

随着全球能源需求的不断增长和能源结构的深刻变革, 电力工程领域正经历着前所未有的快速发展与需求变化。电力电气自动化技术作为提升电力工程效率与质量、促进能源转型与可持续发展的关键手段, 日益受到业界关注。论文深入探讨了电力电气自动化技术在电力工程中的具体应用, 文章先是详细论述了电力电气自动化技术的相关内容, 随后从电力电气自动化技术在发电领域、输电与配电领域、变电站自动化与用户端应用等四个方面进行了具体论述, 紧接着列出了具体案例来证实自动化技术实施的效果, 最后又总结了电气自动化技术的挑战与对策建议, 以期为电力工程领域的自动化技术应用及相关研究人员提供有益参考与借鉴。

关键词

电力电气自动化; 电气自动化技术; 电力工程

1 引言

电力工程作为能源供应的基础, 其效率与质量直接关系到国家经济的发展和民众的生活水平。随着科技的进步和需求的变化, 电力电气自动化技术逐渐兴起, 并在电力工程中发挥着越来越重要的作用。论文旨在探讨电力电气自动化技术在电力工程中的具体应用, 分析其对提升电力工程效率与质量、促进能源转型与可持续发展的意义。通过论文的研究, 我们期望能够为电力工程领域的自动化技术应用提供有益的参考和启示。

2 电力电气自动化技术概述

2.1 电力电气自动化技术概念

电气自动化技术是利用电子技术、信息技术和计算机技术, 对电气设备、生产过程进行自动化控制、监测和管理, 通过编程和设计各种控制器, 实现对生产流程的精确控制, 从而提升生产效率和产品质量。在电力工程中, 电气自动化技术主要关注电力系统的自动化控制、监测和管理, 涵盖发电、输电、配电和用电等关键环节。其特点表现为多学科交叉, 融合了电力、电子、自动化、通信等多个领域的知识; 实现高精度控制, 依赖精确的传感器和控制器提升系统稳定性和效率; 支持远程监控与操作, 借助通信网络技术减少人工干预, 提高工作效率和安全性; 并具备智能决策能力, 能结合人工智能和大数据技术优化电力资源配置和利用。

【作者简介】袁喆(1988-), 男, 中国江苏金坛人, 本科, 助理工程师, 从事电气工程及其自动化研究。

2.2 技术发展历程

电力电气自动化技术的发展历程始于19世纪末和20世纪初,随着电力工业和电子技术的兴起而迅速发展,初期主要应用于电力系统的自动化控制,如发电厂的自动发电控制和输电线路的自动保护。随着计算机技术和自动控制理论不断进步,电气自动化技术逐渐从传统控制方式向自动化控制方式转变,实现了对电力设备和系统的远程监控、自动调节和智能控制^[1]。近年来,信息技术的飞速发展和能源结构的深刻变革,以及传感器技术、控制器技术和通信网络技术等关键技术的不断进步,为电力电气自动化技术的创新与发展提供了有力支撑。同时,人工智能、大数据、物联网等新兴技术的引入,为电力电气自动化技术注入了新的活力,推动了电力系统的智能化、高效化和绿色化发展。

2.3 关键技术解析

电力电气自动化技术的关键技术解析涵盖了监控系统与数据采集技术、控制算法与智能决策技术以及通信网络与信息安全技术。监控系统与数据采集技术通过集成传感器、控制器和通信设备等,实现对电力设备和系统的实时监测和数据采集,为分析电力系统运行状态、预测故障趋势和优化资源配置提供数据支持。控制算法与智能决策技术则结合自动控制理论和人工智能算法,对采集到的数据进行分析和处理,实现电力设备和系统的自动调节和智能决策,优化运行效率和系统稳定性^[2]。而通信网络与信息安全技术则利用通信网络技术实现电力设备和系统之间的信息传输和交互,并采用信息安全技术保障数据传输的安全性和可靠性,确保电力系统的远程监控和操作的安全防护,防止安全事件的发生。

3 电力电气自动化技术在电力工程中的应用

3.1 发电领域的应用

电力电气自动化技术在发电厂中发挥着至关重要的作用。自动化控制系统作为发电厂稳定运行和高效发电的核心,能够实时监测发电设备的运行状态,并依据预设的控制逻辑自动调整设备运行参数,确保发电效率和稳定性。同时,这些系统还能根据电网需求实时调整发电量,实现与电网的协调运行。此外,利用电力电气自动化技术对发电设备进行实时的状态监测和故障预警,通过采集振动、温度、压力等运行数据,并运用大数据分析、机器学习等技术进行深度挖掘和分析,能够及时发现设备异常状态,预测潜在故障,从而提前采取维修或更换措施,有效避免故障发生,进一步保障发电厂的稳定运行。

3.2 输电与配电领域的应用

在输电与配电领域的应用中,自动化监控系统在输电领域扮演着确保线路安全稳定运行的关键角色。这些系统实时监测线路的负荷、温度、绝缘状况等参数,能够迅速发现过载、短路、接地等故障,并自动触发报警或采取保护措施,有效防止故障扩大。同时,它们还能根据线路的运行状态自

动调整负荷分配,提升输电效率,降低能源损耗。而在配电领域,配电网自动化通过引入自动化技术和智能算法,实现了故障的快速定位、隔离和恢复,显著减少了停电时间和范围^[3]。智能调度系统则根据负荷需求和电网资源,自动调整配电策略,确保电网的经济运行。此外,配电网自动化还支持分布式能源(如太阳能、风能)的接入和调度,有力地推动了能源结构的优化和升级。

3.3 变电站自动化

变电站自动化是电力系统不可或缺的一环,其中变电站综合自动化系统架构通过集成多种自动化设备和技术,实现了对变电站内所有设备的全面集中监控和管理。这些系统不仅能够实时监测设备的运行状态、负荷情况及保护动作等关键信息,还能通过网络实时传输数据至控制中心,进行高效的分析和处理,从而显著提升了变电站的运行效率和安全性。此外,变电站设备远程监控与故障处理作为自动化的重要一环,借助远程监控设备和技术,运维人员可以在控制中心实时掌握变电站内设备的运行状态和参数信息,一旦发现异常或故障,即可迅速采取远程调整设备参数、启动保护装置等措施,有效降低了运维工作量,进一步提高了工作效率和安全性。

3.4 用户端应用

电力电气自动化技术在用户端应用中展现出了其巨大的潜力与价值。智能电表作为关键应用之一,能够实时监测用户的用电情况,包括用电量、用电时间及用电负荷等参数,为用电管理提供了宝贵的数据支持,助力用户优化用电行为,减少用电成本。智能电表还支持远程抄表、预付费等功能,显著提升了用电管理的便捷性和效率。此外,智能家居与能源管理系统也是电力电气自动化技术在用户端的重要应用^[4]。通过融合物联网、大数据分析和人工智能等先进技术,智能家居系统实现了对家庭用电设备的远程监控和控制,用户可通过智能终端设备随时掌握家庭用电状况,并根据需求调整设备状态。而能源管理系统则根据用户的用电习惯和需求,智能调整用电策略,达到节能减排的目的。这种智能化的用电管理方式不仅提升了用户的用电体验和生活质量,更推动了能源的可持续利用与发展。

4 电力电气自动化技术实施案例分析

本案例选取了国内某建筑公司在电力工程领域的典型应用作为研究对象。该建筑公司作为中国能源建设行业的佼佼者,近年来在电力工程自动化领域取得了显著成果,特别是在发电厂、输电线路、变电站及用户端等多个关键环节成功实施了电气自动化技术。随着电力需求的持续增长和电网结构的日益复杂化,该建筑公司面临着提升电力生产效率、确保电网稳定运行以及优化能源配置等多重挑战。为了有效应对这些挑战,该建筑公司决定在电力工程中广泛应用电气自动化技术,旨在实现对电力生产、传输及分配等全过程的

全面监控与高效管理,从而进一步提升电力工程的运行效率与质量。

该建筑公司在电力工程中实施电气自动化技术的过程包括系统设计与设备选型以及安装调试与运行维护两大环节。首先,根据电力工程的实际需求,该建筑公司精心设计了一套涵盖数据采集与处理、远程监控与控制、故障诊断与预警等多个模块的完整电气自动化系统。在设备选型上,公司严格筛选,选用了性能稳定、可靠性高的电气自动化设备,如智能电表、远程监控终端和保护装置等,以保障系统的稳定运行。在系统安装阶段,该建筑公司组织专业技术人员对电气自动化设备进行精确安装调试,确保设备间通信和数据传输的顺畅。当系统运行后,公司建立了全面的运行维护体系,定期对系统进行细致的巡检和维护,以便及时发现并妥善处理潜在问题,确保系统的持续稳定运行。

通过实施电气自动化技术,该建筑公司的电力工程在多个方面取得了显著成效。技术性能方面,电气自动化技术不仅提升了发电厂电机的运行效率,通过实时监测与故障处理,还降低了故障率;在输电线路中,自动化监控系统有效预防了线路故障,确保了线路安全;在用户端,智能电表与智能家居系统的应用优化了用电行为,显著降低了用电成本。经济效益方面,电气自动化技术通过提高电力生产效率、降低故障率以及优化能源配置等措施,有效减少了电力生产成本和用户的用电成本,同时增强了该建筑公司在电力工程领域的市场竞争力,赢得了更多市场份额。此外,电气自动化技术的实施还深刻影响了电力工程的质量与效率,通过实时监测、数据分析以及自动化控制等手段,提高了电力工程的可靠性和稳定性,实现了对电力生产、传输和分配等环节的精准管理,从而大幅提升了电力工程的运行效率和质量。

5 电力电气自动化技术面临的挑战与对策

5.1 技术挑战

电力电气自动化技术的广泛应用导致大量用户数据和电力系统运行数据被集中存储与分析,从而引发了数据安全与隐私保护的严峻挑战,黑客攻击和数据泄露等安全事件频发,对电网生产、经营管理、用户服务乃至国家和社会稳定构成重大威胁,且智能化、网络化发展加剧了数据泄露风险。同时,系统间的兼容性问题成为制约电力电气自动化技术发展的关键因素,而系统的稳定性也是一大挑战,任何故障或异常都可能影响供电质量和可靠性。此外,技术更新换代迅速,对从业人员技术水平和知识储备提出更高要求,但我国电气工程及其自动化领域人才短缺,技术人才培养无法满足市场需求,进一步制约了技术的持续发展。

5.2 对策建议

针对当前电力电气自动化技术所面临的多维度挑战,

全面而深入的对策建议显得尤为关键。首先,为了从源头上增强该技术的核心竞争力,政府、企业及科研机构需紧密合作,加大技术研发与创新的投入,积极融合人工智能、大数据、物联网等前沿科技于电力系统中,以提升系统的智能化水平和运行效率,例如利用 AI 算法进行精准预测与决策支持,结合大数据分析优化电网调度,以及运用物联网技术实现设备间的无缝连接与高效协同。其次,构建和完善电力电气自动化技术的标准体系至关重要,这不仅能确保系统间的兼容性和互操作性,还能为技术的广泛应用奠定坚实基础。为此,应积极参与国际标准制定,并结合中国国情制定符合自身需求的国家标准和行业标准,同时加强数据安全和个人信息保护,制定相关法律法规,明确数据在收集、使用、存储及传输过程中的规范与要求,并强化系统的监管和评估机制,定期进行安全审计和风险评估,确保系统安全、稳定、可靠运行^[6]。最后,人才作为电力电气自动化技术持续发展的核心驱动力,其培养与激励同样不可忽视。高等教育机构需加大相关学科投入,优化课程设置,强化实践教学,而企业则应积极承担社会责任,开展多样化的在职培训和技术交流活动,提升从业人员的专业技能和综合素质,并建立科学合理的激励机制和晋升通道,为优秀人才提供广阔的发展空间和职业前景,从而吸引并留住人才,为电力电气自动化技术的长远发展提供坚实的人才保障。

6 结论

综上所述,论文通过对电力电气自动化技术在电力工程中的应用进行深入探讨,得出了该技术对提升电力工程效率与质量、促进能源转型与可持续发展的重要作用。同时,论文也指出了当前电力电气自动化技术面临的挑战,并提出了相应的对策建议。展望未来,随着人工智能、物联网等技术的不断发展,电力电气自动化技术将迎来更加广阔的发展前景。论文的研究成果将为电力工程领域的自动化技术应用提供理论支撑和实践指导,推动电力工程向更加智能化、高效化的方向发展。

参考文献

- [1] 周兴.自动化技术在电力工程中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2024(27):7-9.
- [2] 陈菲菲.电气自动化在电力工程技术中的应用[J].中华建设,2024(7):142-144.
- [3] 李信念.自动化技术在电力工程中的应用[J].电子技术,2024,53(1):408-409.
- [4] 徐志坤.电气自动化技术在电力系统中的应用[J].中国金属通报,2023(12):52-54.
- [5] 练坚,武亦文.电气自动化技术在电力工程中的应用探索[J].中国品牌与防伪,2023(10):64-67.