

电力技术研究

Power Technology Research

主编

Editor-in-Chief

蔡 强 马来西亚唐博科学研究院副院长，马来西亚

编委成员

(排名不分先后)

Editors

李 涛	南京河海南自水电自动化有限公司	胡添翔	国网四川省电力公司德阳市荃华供电分公司
饶倩倩	国网湖北省电力公司宜昌市夷陵区供电公司	靳海军	阳泉供电公司
丁 毅	江苏方天电力技术有限公司	刘黎春	徐州汉方物业有限公司(江苏师范大学后勤集团)
崔 勃	中原黄金冶炼厂	梁 川	山东东尚建筑设计有限公司
唐雪洋	四川石油天然气建设工程有限责任公司	许桂梅	清远电力规划设计院有限公司
黄书杰	国网确山县供电公司	胡 涛	国网湖北省电力公司宜昌市夷陵区供电公司
崔 鹏	内蒙古北方联合电力呼和浩特热电厂	郑文龙	山东泰山恒信开关集团有限公司
曹美艳	山东省城镇规划建筑设计院	陈 锦	福建省送变电工程有限公司
江源龙	山东鲁华清洁能源有限公司	陆荟豆	广西百纳建设集团有限公司
郭 微	宁夏电力建设监理咨询有限公司	孙宗伟	山东中实易通集团有限公司
程 陈	国网四川省电力公司德阳市荃华供电分公司	石铁宝	华电能源牡丹江第二发电厂
王 远	单位雅砻江流域水电开发有限公司	陈 浩	江苏送变电有限公司
赵国岭	江西中烟南昌卷烟厂		

合作支持单位

Cooperative&Support Organizations

中国智慧工程研究会国际学术交流专业委员会	国际院士联合体
新加坡亚太科学院	美国恩柏出版社
新加坡万仕出版社	新加坡万知科学出版社
新加坡维图学术出版社	新加坡亿科出版社
北京春城教育出版物研究中心	万仕(成都)文化传媒有限公司
山东奥柏生物科技有限公司	

责任编辑：张红梅

<http://cn.usp-pl.com/index.php/dljsyj/index> Address:73 upper Paya Lebar road #07-02B-03 centro bianco Singapore 534818

目录 CONTENTS

某电厂 1000MW 发电机出口刀闸过热问题研究

李龙洲 秦志 岳毅 史小毅 刘艳晓 / 1

铁路箱式变电站智能监测系统研究

孙树军 范增盛 姜敏暄 张超 / 4

电力仓储配送网络规划研究

杨宏彬 马鑫龙 宋华明 / 8

基于防越级跳闸的铁路配电所智能保护装置研究与应用

范增盛 余汶敬 高慧 姜敏暄 樊志华 / 11

电厂长输供热系统的热损失分析与节能措施

杨国强 / 14

人工智能在机电一体化中的应用

石 婷 / 17

信息技术在智能输电线路运检一体化中的应用

马万鹏 / 21

大型燃煤 1000MW 机组低负荷灵活运行技术挑战与解决方案

齐伟光 / 24

新能源光伏技术发展趋势与全球能源结构转型策略研究

李清泉 / 28

电力配电网线损降损技术分析

薛浩然 李晨晨 王虎 / 31

电厂热工自动化技术应用现状及研究展望

张翔辉 郭明恩 朱锋 李娜 / 35

管道 - 支架法向自由振动接触界面的能量耗散特性

王 宏 / 39

火电厂锅炉辅机磨煤机检修故障及处理技术研究

窦英刚 / 42

配电系统中电气自动化技术与自动化线路安全保护的綜合应用研究

王杰 周瑜 / 46

某电厂 1000MW 同步发电机运行中氢温高问题研究

李龙洲 秦志 岳毅 史小毅 刘艳晓 / 49

某电厂 1000MW 发电机出口刀闸过热问题研究

李龙洲 秦志 岳毅 史小毅 刘艳晓

华能沁北发电有限责任公司 河南济源 454650

摘要: 电厂 1000MW 发电机出口刀闸过热问题是一个影响电厂安全性和可靠性的重要问题。出口刀闸是电力系统中的重要电气设备,其主要功能是在机组检修时可靠地将发电机与主变电路切断,确保安全。刀闸的过热问题不仅会导致设备损坏,还可能引发更大的安全事故。本文结合某电厂 1000MW 发电机出口刀闸过热问题进行研究,以供参考。

关键词: 发电机出口刀闸; 1000MW; 发热严重

1. 电厂 1000MW 发电机基本概况

三期 2×1000MW 发电机组配套发电机为哈尔滨电机厂制造的三相交流隐极式同步汽轮发电机,型号 QFSN2-1000-2 型,发电机出口电压为 27kV。发电机由定子、转子、端盖及轴承、油密封装置、冷却器及其外罩、出线盒、引出线及瓷套端子、集电环及隔音罩刷架装配、内部监测系统部件组成。发电机采用整体全封闭、发电机冷却方式为水氢氢,定子绕组水内冷、转子绕组气隙取气氢内冷、定子铁心及端部结构件氢气表面冷却。发电机定、转子绕组均采用 F 级绝缘。发电机组采用发电机—变压器组单元接线形式,发电机出口与主变间装设断路器、隔离开关、接地刀闸。主变低压侧引接分裂式有载调压高压厂用变压器、双绕组高压公用变压器、励磁变,均采用封闭母线连接。

2. 电厂 1000MW 发电机出口刀闸过热的影响

刀闸作为电力系统中重要的开关设备,其过热现象对电厂的运行安全和效率有着显著的影响。长时间的过热可能会导致短路或电流泄漏,从而引发更严重的电气故障。过热可能导致刀闸金属部件变形或熔化,进而影响刀闸的机械性能,降低其开关能力。刀闸故障可能导致发电机无法正常连接到电网,造成电力供应中断。频繁的停机和维护也会降低电厂的整体运行效率。电力中断会导致发电损失,并可能引发额外的经济赔偿,造成严重的经济损失和品牌声誉损害。刀闸过热导致的设备故障将增加检修频率,导致维护成本上升。刀闸过热可导致设备过载、短路或电弧现象,从而引发火灾。严重时可能会引发电力系统的不稳定,影响整个电网的运行。这不仅会损害设备,还可能对电厂内的人员和周边环境构成安全威胁。过热导致的设备故障可能对维护人员的

安全构成威胁。在发生故障时,工作人员可能面临电击、火灾或其他危害。电厂 1000MW 发电机出口刀闸的过热问题不仅影响设备的正常运行,还可能导致一系列的经济损失和安全隐患。因此,电厂应加强对刀闸的监测与维护,及时处理过热现象,确保电力系统的安全与稳定。同时,制定科学合理的应急预案,提升对设备故障的响应能力,以最大限度地降低刀闸过热带来的负面影响。

3. 电厂 1000MW 发电机出口刀闸过热的原因分析

3.1 电气因素

刀闸的额定电流低于实际通过的电流,可能导致过热。特别是在发电机全负荷运行或短路故障时。接触面脏污、腐蚀、磨损或未正确连接,导致接触电阻增加,产生热量。

3.2 机械因素

刀闸的机械部件磨损或老化可能导致接触不良,产生局部过热。刀闸的安装位置不当,或支架不稳定,可能导致机械应力集中,从而导致接触不良。

3.3 环境因素

刀闸工作环境温度高、通风不良,或冷却装置失效,导致热量不能及时散发。刀闸周围设备产生的热量影响刀闸的温度。

4. 电厂 1000MW 发电机出口刀闸过热的解决方案

4.1 监测与检测

根据刀闸的工作环境和监测需求,选择合适类型的温度传感器,如热电偶、热电阻或红外温度传感器。热电偶具有广泛的温度范围和快速响应时间,适合高温环境。温度传感器应安装在刀闸的关键部位,如接触点和电流输入端,以确保能够准确监测到刀闸的工作温度。通过温度传感器采

集刀闸的实时温度数据，并将其传输至监控系统。可以使用 PLC（可编程逻辑控制器）或 SCADA（监控和数据采集系统）进行数据管理。设置温度报警阈值，一旦温度超过设定值，系统将自动发出警报，及时通知运维人员进行处理。选择适合电厂环境的红外热像仪，考虑其分辨率、测温范围和灵敏度等参数，以确保能够准确检测到潜在的热点。制定定期的红外检查计划，比如每月或每季度进行一次，特别是在高负载或极端天气条件下要加密检查频率。使用红外热像仪对刀闸进行检查，观察热成像图中的异常热点。注意接触点和连接处，这些位置最容易产生过热现象。实时监测和定期检查有助于及时发现过热问题，减少刀闸故障的风险，降低事故发生的可能性。通过提前发现潜在问题，可以在不影响正常运行的情况下进行维护，减少设备停机时间，从而降低维护成本。

4.2 定期维护

刀闸的接触面如若积累灰尘、污垢或氧化物，会导致接触不良，增加接触电阻，从而引发过热现象。根据刀闸的工作环境和使用频率，制定合理的清洁计划，如每季度或每月进行一次清洁。使用非腐蚀性清洁剂和刷子清洁接触面，避免使用强酸或强碱性物质，以免损坏设备。清洁过程中注意检查刀闸的绝缘材料是否完好，及时处理任何磨损或老化问题。定期检查刀闸的机械部分，如刀片、铰链和锁紧装置，确保其工作顺畅，无卡滞现象。注意观察刀片和其他摩擦部件的磨损情况，及时更换磨损部件，以避免因机械故障导致的电力中断。对机械活动部分进行定期润滑，使用适当的润滑油或润滑脂，减少摩擦，提高机械效率，防止生锈。定期检查刀闸的连接紧固情况，尤其是电缆连接、螺栓和焊接点，确保它们紧固牢靠。在检查连接时，使用扭矩扳手确保所有螺栓达到规定的紧固扭矩，减少因连接松动造成的接触电阻，确保连接面清洁，避免因污垢或氧化物导致的接触不良。检查连接导体的表面，及时处理任何可能影响导电性能的问题，保持良好的导电状态。

4.3 改进设计

根据电厂的运行数据，分析发电机在不同工况下的实际负载情况，了解峰值负载和常态负载。当刀闸设计型号偏小时，可根据实际情况进行必要的升级改造和更换，包括改进更有冷却效果的冷却系统，更换更符合需求容量的刀闸。在选择刀闸时，需考虑短路电流和其它突发情况所带来的额

外负荷。选择额定电流应高于实际运行中的最大负载电流，确保刀闸在高负载下仍能安全工作，确保刀闸的额定电压与电力系统的工作电压相匹配，避免因电压不匹配导致的绝缘击穿。刀闸应具备短路保护功能，能够在短路情况下快速断开电流，保障设备安全。在刀闸周围增设风扇或空调冷却器，帮助降低刀闸工作环境的温度，保持其在安全温度范围内运行。对于大型刀闸，考虑使用冷却液循环系统，通过液体冷却方式提高冷却效率，确保刀闸安装区域有良好的通风条件，避免热量积聚。可通过设计合理的通风道、进气口和排气口，促进空气流通。在刀闸的安装位置尽量避开高温区域，选择温度较低且空气流通良好的位置进行安装。在刀闸周围可以使用隔热材料，降低刀闸受到外部热源的影响。如他厂刀闸安装在户外，应考虑加装遮阳设施，避免阳光直射导致设备温度升高。

4.4 故障处理

在确认刀闸过热时，第一步应立即切断相关电源，确保电力系统的安全，防止设备进一步损坏。按照电厂应急预案启动紧急响应程序，通知相关维护和操作人员，确保切断电源过程安全且迅速。收集过热前的温度监测数据、负载变化记录以及运行状态，确保对过热原因有充分的了解。对刀闸进行现场检查，观察是否存在接触不良、机械磨损、环境因素等。分析接触面是否存在污垢、氧化物或磨损，导致接触电阻增加，检查刀闸是否在超负荷情况下工作，分析负载情况及其变化。评估刀闸周围的通风状况，判断是否因环境温度过高或通风不良导致过热。根据分析结果，考虑更换或升级刀闸，以提高其耐温和承载能力。增设或优化冷却设备，如风扇、冷却器等，确保刀闸在正常运行时温度保持在安全范围内。建立定期的刀闸维护和检查计划，确保定期清洁接触面、检查机械部分和紧固连接。引入更先进的温度监测系统，增加实时监控和自动报警功能，确保及时发现过热现象。

结束语

综上所述，电厂 1000MW 发电机出口刀闸过热问题需要高度重视。通过实施有效的监测和维护措施、选择合适的设备及改进设计，可以有效预防刀闸过热现象的发生，确保电力系统的安全稳定运行。定期的检查和维护是保障刀闸正常运行的重要手段，建议电厂建立完善的刀闸维护计划，并在实际运行中及时调整和优化。

参考文献:

- [1] 王文鹏,汪帅涛,张衡. 发电机出口刀闸合闸不到位原因分析及处理办法 [J]. 水电与新能源, 2024,38(05):62-64.
- [2] 崔鹏. 某电厂发电机出口断路器烧损事故分析 [J]. 东北电力技术, 2021,42(11):47-49.
- [3] 周红斌,朱建伟,王华有. 一起发电机刀闸熔断接地故障保护动作分析及改进措施 [J]. 电气技术, 2018,19(01):85-89+93.

铁路箱式变电站智能监测系统研究

孙树军¹ 范增盛² 姜敏暄³ 张超⁴

1. 中国铁路青藏集团有限公司西宁供电段 青海省西宁市 810000
2. 中国铁路青藏集团有限公司供电部 青海省西宁市 810000
3. 中国铁路西安局集团有限公司宝鸡供电段 陕西省宝鸡市 721000
4. 南京恒星自动化设备有限公司 江苏省南京市 211135

摘要: 当前铁路箱式变电站多为传统箱式变电站,基本具备远程监控、设置运行参数等功能。目前,铁路箱式变电站的运行状况总体良好,但也面临着一些挑战,随着铁路交通的快速发展,对供电系统的稳定性和可靠性提出了更高的要求,同时智能电网的推广也对箱式变电站的技术水平和智能化程度提出了更高的要求。为了应对这些挑战,铁路箱式变电站行业需要不断加强技术创新和产品审计,提高设备的智能化、集成化水平,同时还需要加强运维管理、提高运维效率和管理水平。铁路箱式变电站的监测不仅依赖于传统的传感器和仪表,还要结合无线通信技术、以太网通信技术,实现多种监测手段的有机结合。通过数字孪生技术,利用物理模型、传感器、运行数据等,继承多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真过程,在虚拟空间中完成映射,从而反映相对应的实体设备的全生命周期过程,数字孪生技术还可以进行预测、诊断、训练等仿真工作,并将仿真结果反馈给物理对象,以帮助优化和决策。

关键词: 箱式变电站; 智能化; 数字孪生; 视频联动; 智能运维

1 引言

传统箱式变电站在长期运行中,由于各种客观原因造成箱式变电站在投运后出现以下问题:电缆搭接处故障、母线故障、操作机构故障、避雷器故障、变压器故障、箱式变电站内凝露问题引发的绝缘闪络故障、防水防火问题、防盗问题等,从而对设备本身的安全及电网的可靠运行带来了隐患,直接影响设备的安全稳定运行。

为实现箱变的可观、可测、可控、节能,具备供电电网监测的信数据采集,以及状态监测、门禁、环境监测、火灾自动报警、视频监控等功能,并能整合、优化以上各子系统,实现信息共享与各子系统之间的联动,可与供电调度系统、综合运维系统等进行信息交互,实现对变电站的智能化监测、控制和保护,提高变电站的运行效率和安全性,提高运维水平。

2 国内外研究现状

2.1 国外研究现状

在欧美国家,箱式变电站已经广泛应用于城市配电网、工矿企业以及新能源发电站等领域,其监测系统也经过了长期的实践和优化。国外在铁路箱式变电站监测系统的研究

中,广泛采用了云计算、大数据、人工智能等新技术,提高了监测系统的智能化水平和数据分析能力。国外还建立了完善的箱式变电站及其监测系统的标准和规范体系,为系统的研发、生产、运行和维护提供了有力的保障。

2.2 国内研究现状

国内铁路箱式变电站监测系统的研究热点主要集中在智能化和自动化方面,通过引入先进的传感器、数据采集技术和智能分析算法,实现对变电站运行状态的实时监测、故障诊断和预警。随着物联网技术的发展,国内铁路箱式变电站监测系统也加强了对通信技术和网络安全的研究,以确保监测数据的实时、准确传输和系统的安全稳定运行。

3 研究内容

本文主要研究的是一套铁路箱式变电站智能监测系统(软件)及与之配套的智能型箱式变电站,实现箱变的可观、可测、可控、节能,具备供电电网监测的信数据采集,以及状态监测、门禁、环境监测、火灾自动报警、视频监控等功能,并能整合、优化以上各子系统,实现信息共享与各子系统之间的联动,可与视频监控系统、综合运维系统等进行信息交互,实现对变电站的智能化监测、控制和运维,提高变电站

的运行效率和安全性，提高运维水平。

4 关键技术

4.1 多源异构故障信息融合及识别机制

基于深度学习技术的铁路箱变供电设备多源异构故障信息的融合及识别机制，实现既有监控状态信息、台帐信息、检修信息、故障信息等多数据高效融合及设备状态的识别，对设备的健康状态进行量化处理，得出对应的健康因子。

4.2 设备状态巡检

铁路箱变目前采用定期巡检方式，设备巡视时一般有两人或以上共同执行。基于箱变一体化平台实现辅助监控和设备在线监测数据共享，多源数据整合，评估设备运行状态，将原有以单一时间维度作为巡检间隔的模式，创新成通过在线状态评估的预检修模式，提高了工作效率。

4.3 基于数字孪生创建的铁路箱式变电站数字孪生体技术

通过数字孪生技术，对铁路箱式变电站的站内场景、设备、室内场景等进行三维建模，创建箱式变电站的数字孪生体。使得运维人员可以直观地查看箱变的运行状态和设备信息，实现全维度的感知。该技术在铁路箱式变电站监测中的应用涵盖了与实时监控、智能分析与预测性维护、优化设计与仿真验证、远程监控与智能管理以及安全管理与风险预警等多个方面。这些应用不仅提高了变电站的运维效率和管理水平，还降低了运维成本和风险，为铁路电力系统的稳定运行提供了有力保障。

5 设计方案

传统的箱式变电站只是将中压开关设备、变压器以及低压设备进行有效整合，形成一种成套变配电设备，配置电力远动终端装置，实现远程监控。

本方案以兰青线老鸭城站箱变为研究对象，实现箱变的智能化监测，研制一套一套铁路箱式变电站智能监测系统（软件）及与之配套的智能型箱式变电站，以减少日常运维工作量，实现箱变的可观、可测、可控、节能，提高运维水平和供电可靠性为目标。

5.1 智能型箱式变电站构成

智能型箱变在统一的智能一体化平台上，建立起对箱变各个分立系统及元件的综合管理、控制、保护、测量，能够在一个统一的界面上发布箱变的各项信息和实现远程操作，能够在站控层看见箱变的有关机械结构、一次设备的参

数等。智能箱式变电站节能、环保、可消除大量安全隐患，有着传统变电站不可比拟的优点。

5.2 箱变一体化平台

智能型箱变融合电力监控、一次设备在线监测、环境监测、视频监控、门禁系统等各个子系统，基于箱变一体化平台实现各个系统数据共享，多源数据整合，实现运行数据、设备状态和运维管理功能。

箱变一体化平台对多源数据进行整合，通过设备状态的可靠评估，全面提高箱变设备安全保障能力，推进打造现代化的、安全优质高效的设备管理体系，促进铁路安全信息化支撑能力，为建立科学、高效、标准、规范的箱变设备管理体系提供技术支持，提升供电安全管理与设备维护水平。

箱变一体化平台主要实现以下功能：

(1) 电力监测

(2) 箱变辅助监控

1) 智能门禁

接收平台管理单元的开门授权命令；使用密码或人脸识别开启门禁；门禁开闭状态的实时上报。

2) 照明

智能箱式变电站内安装照明设备，与门禁进行联动，开门打开照明，关门关闭照明。

3) 环境监测

包括温湿度传感器、轴流风机、空调、烟感、水浸传感器等。

(3) 能耗监测

对箱变内各供电回路进行能耗监测，对电压不平衡、漏电、偷电等情况进行监测和报警。

(4) 联动功能

支持设备间的广泛联动，设备之间的联动关系可以自由设置。

支持开关量输入联动开关量输出，支持一对多，多对一，多对多的开关量输入输出联动。

(5) 智能一次设备在线监测

在铁路系统电气设备安全中绝缘破坏即绝缘失效是用户主要的防护风险之一。当电气设备老化、变质或受到高温、潮湿、腐蚀等作用而失去绝缘能力时，可能会引发供电设备短路、起火、甚至爆炸等电气事故。绝缘破坏过程中常伴随磁场变化、电气参量变化、气体分子变化以及温度、光强等

物理量变化，这些现象依次发生在绝缘失效初期、中期和后期，因此对于电力管理者而言尽可能的掌握早期数据变化是预防事故发生的最佳方法。

1) 局放监测

对变压器进线进线局放监测，通过电容耦合原理采集暂态电压信号，在不破坏电气结构的前提下捕捉柜内局放信号强度，根据需求和应用经验将局放检测标准设定为“抓大放小”规则，在减小误报的同时提高了准确率。

2) 变压器声纹监测

声纹在线监测系统对变压器关键零部件进行实时在线监测，高清声纹采集器将实时采集的振动语音数据，根据音频频谱变化规律分析出设备运行状况，工作人员在远程监控端实时查看设备运行情况。当变压器运行异常时产生的音频频谱会发生变化，利用神经网络判断故障点，分析故障情况，远程监控界面收到故障报警，工作人员根据报警采取维护措施。

3) 电缆头温度监测

高压电缆接头、母排连接处、绝缘子等节点在发生故障前会伴随着温度的异常升高，高温状态下会造成绝缘设备的绝缘强度降低，产生放电现象，然而在开关柜内故障节点分散不易于监测，采用电缆头无线测温技术可以很好的解决故障定位问题，提前预警避免故障扩大化。

5.3 视频监控

5.3.1 箱变环境视频监控

在箱变外部配置网络摄像头，监控箱变外部环境，根据预设的布防区域，捕捉动态侵入目标，自动进行录像。

5.3.2 设备视频监控

箱变内安装网络摄像机，对关键设备进行视频监控，并设置预置位，与设备报警及预警信号联动，信号发生时，摄像头自动对准信号发生点进行视频和拍照记录。

5.3.3 视频巡检

智能终端根据设置的巡检卡片对箱变设备进行智能巡视，可以替代人工巡视，巡检方案可编辑，生成巡检报告。

利用深度学习智能图像识别技术，在自动巡视时判断设备运行是否正常，如果出现异常自动进行报警；

5.3.4 视频联动

当事件告警时，关联摄像机自动对准告警目标并启动录像功能。

5.4 智能运维

通过对箱变的设备状态和运行环境的实时监测和分析，极大增强设备管理的精细度，提高管理的实效性和效率，实现基于时间的检维修模式向基于状态和基于风险分析的检维修模式的转变。对可能发生的运行故障进行预警，可以有效避免故障发生或者故障范围扩大，减少损失，从而提高箱变的运行效率和安全性，同时减少运维工作量，节约人力、物力资源。

智能运维主要包括以下功能：

(1) 设备状态巡检：基于多源数据整合，评估设备运行状态，将原有以单一时间维度作为巡检间隔的模式，创新成通过在线状态评估的预检修模式，提高了工作效率。

(2) 精确故障诊断和故障定位：箱变可以极大提高运行可靠性，能够实现故障精确定位，及时准确的发现故障点，缩小事故范围，减少用户停电时间，提高箱变供电可靠性。

(3) 设备全生命周期管理：箱变供电设备监控状态信息、台帐信息、检修信息、故障信息等数据高效融合及设备状态的识别，实现对设备的生命周期管理。



图 1 数据可视化大屏画面



图 2 箱变数字孪生体

6 结论

铁路箱式变电站智能监测系统的研究，符合我国铁路电力发展的需要，具有重大意义和广阔应用前景，该系统采

用标准化设计，现场设备易安装，软件部署灵活。系统实现对箱式变电站的智能化监测、控制和运维，提高变电站的运行效率和安全性，提高运维水平。

参考文献：

- [1] QCR 929-2022 《铁路电力远动终端装置》
- [2] GB / T 40773-2021 《变电站辅助设施监控系统技术规范》
- [3] QCR796_2020 《铁路供电调度控制 (SCADA) 系统

技术条件》

- [4] T/CES 273-2024 《变电站数字孪生体构建流程与通用技术要求》
- [5] GB/T 43441.1 《信息技术 数字孪生》 第 1 部分：通用要求
- [6] GB/T 22239 《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》

电力仓储配送网络规划研究

杨宏彬¹ 马鑫龙² 宋华明²

1 江苏安方电力科技有限公司 泰州 225315

2 南京理工大学 江苏南京 210094

摘要: 为充分发挥自动化仓库的库位利用率和装卸作业效率,扩大供应商寄存物资范围,将集中存储库细化为专业存储库,实现专业存储库物资尺寸标准化、仓储作业自动化,优化调整原有仓储网络布局,进一步强化全省仓储资源统筹能力,全面提升物资需求响应速度和优质服务水平。本文在提出专业库建设成本加运输成本最低的标准、物资储备策略的基础上建立专业库选址模型,得出专业库的选址和各个仓库的辐射关系,借此形成普通仓储库-配送中心的网络,完成优化设计。

关键词: 电力仓储; 配送网络; 规划研究

引言

2018年,公司组织开展了仓储网络优化工作,构建了“集中存储库+周转点”的两级仓储网络规划,为充分发挥自动化仓库的库位利用率和装卸作业效率,扩大供应商寄存物资范围,将集中存储库细化为专业存储库,实现专业存储库物资尺寸标准化、仓储作业自动化。本文通过建立专业库选址模型,旨在得出专业库的选址和各个仓库的辐射关系,借此形成普通仓储库-配送中心的网络,完成优化设计。

1 物资存储策略

根据电力公司近年需求,筛选出库量较大的物料清单,从中选择标准化程度高、通用性强、非来图加工的配农网物料,考虑到运输效率和运输成本,再剔除部分运输困难、体积较大、不宜进行多次转运的物资,通过专家评议,选中195种物料型号纳入定额储备物资范围。在此基础上,根据物资推行尺寸标准化的难易程度,从中选定41种物料型号存放在配送中心库,纳入供应商寄存范围,推广物资尺寸、重量标准化,其余154种物料型号存放在普通仓储库,按照先实物储备后逐步推广供应商寄存原则开展定额储备工作。

2 专业库选址

本次仓储网络优化在保留现有仓库资源的基础上,结合市县仓库位置、需求量、库容量、立体货架仓位数量和运距等因素,选择一定数量库容大、硬件条件好的自动化仓库作为专业存储库,负责所辖区域内41条物资的集中存储、集中抽检和主动配送,并确定每个专业存储库所辐射的周转点范围。在选址时应当遵循以下几点原则:

- (1) 选择条件好的自动化仓库作为专业存储库;
- (2) 集中储备物资数量确保能够基本满足所辐射区域内项目单位30天的领用需求;
- (3) 储备物资配送半径小于250公里,专业存储库配送物资可半日内到达综合存储库/周转点;
- (4) 当某个专业存储库不满足配送需求,可开展跨库调拨;
- (5) 建立专业存储库与周转点间的映射关系。

3 模型构建

3.1 构建 CFLP 仓储网络优化模型

以全市41条集中储备物资的配送优化收益最高为目标,计算输出初步的专业存储库选址方案。

3.2 形成选址方案

目前全省注册仓库75座,需从m个备选仓库中选择部分仓库作为专业存储库,并保证集中储备物资配送成本总和最小。已知仓库的需求量为,各个仓库之间的距离为,仓库储备定额物资需要的存储面积,备选专业存储库的可用存储面积,运输费率为b,单位配送中心的改造费用为a,单位普通仓库转变为周转点可以通过减少运维费用和业务外包成本获得降本收益c。

目标函数:

$$\max TC = \sum_{j=1}^m (c - (a + c)y_j) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_i d_{ij} b x_{ij}$$

约束条件:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{仓库 } j \text{ 给仓库 } i \text{ 配送物资;} \\ 0, & \text{仓库 } j \text{ 不给仓库 } i \text{ 配送物资;} \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 1, & \text{选择仓库 } j \text{ 作为专业存储库;} \\ 0, & \text{不选择仓库 } j \text{ 作为专业存储库;} \end{cases}$$

$$x_{ij} = 1, \text{ 当 } y_j = 1 \text{ 且 } i = j \text{ 时;}$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1;$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \geq 2y_j;$$

$$d_{ij} \cdot x_{ij} \leq 250;$$

$$m \leq n;$$

其中, TC (总成本) = 专业存储库储备物资配送总成本;

i= 注册库, 总共为 n; j= 备选专业存储库, 总共为 m;

Ri= 注册库 i 所在地项目单位的年需求量; dij= 注册库与备选专业存储库之间的距离; b= 运输费率; a= 单位配送中心建设费用 ;c= 单位普通仓库转变为周转点降本收益。

以上模型具体思路是在全省 75 个仓储库中选择出满足限制条件且使得总收益最高的配送中心。

4 数据获取

4.1 项目单位年总需求量

本文以公司的“2020 年库存出入库凭证 .xlsx”数据中 41 条物料的实体库年出库量换算为费用后求和, 统一其需求量单位为万元, 结果作为该仓库项目单位的全年需求总量。

4.2 仓库运距

利用网络地图查明注册库的地理位置信息, 并测算出两个库之间运输距离最优的路径。

4.3 运输费率

根据现有寄存业务运输商的运输服务报价, 运输费率为 1.7 元 / (吨 · 公里), 根据模型测算需要, 运输费率单位需折算为元 / (万元 · 公里)。以 500014633 架空绝缘导线、500127054 低压电力电缆、500007396 变压器为例, 测算吨与万元之间的换算关系, 三种物料的比例分别为 1:1.7、1:1.95、1:1.93, 按最大比例对运输费率进行测算, 运输费率 c 的最终折算结果为 1 元 / (万元 · 公里)。

4.4 单位配送中心改造费用

本文设定每个普通仓储库改造为配送中心的费用为 100 万元。

4.5 单位普通仓库转变为周转点降本收益

本文设定每个普通仓储库转变为周转点可以通过减少

运维费用和业务外包成本获得降本收益 120 万元。

4.6 结束输出

运用 LINGO 软件进行模型的数据计算工作。输入全市 75 个仓库的年总需求量, 定额储备仓容需求量, 每个仓库的运距, 费率等数据。

按照配送半径为 100-250 公里进行组合运算, 模型计算得到的不同组合情况下专业存储库储备物资配送总收益结果如下表所示:

表 1 专业存储库选址情况统计表

运距 (公里)	专业存储库数量	收益 (万元)
100	6	5707.063
110	6	5755.311
120	6	5794.716
130	6	5803.895
140	6	5803.895
150	6	5803.895
160	6	5803.895
170	6	5803.895
180	6	5803.895
190	6	5803.895
200	6	5803.895
210	6	5803.895
220	6	5803.895
230	6	5803.895
240	6	5803.895
250	6	5803.895

从上述统计表中可以看出, 综合考虑配送成本与配送时效性, 以打造专业存储库 4-5 小时配送圈为目标, 选取专业存储库 6 座、配送半径在 130 公里以内的方案作为初选方案, 组织专家进行评议。

5 成效分析

5.1 降低库存资源水平

科学建立仓库选址测算模型, 形成了合理的两级仓储网络架构, 以扩大寄存范围和集中统筹资源为手段, 实现配送效率最优、仓储资源水平最低。调整后库存水平从 12.3 亿元可控制在 10.5 亿元, 较原有仓库网络架构, 预计可节省降低库存水平 14.6%, 提升仓储管理经济效益。

5.2 降低仓储管理成本

在两级仓储网络优化推广初期, 全省仓储管理成本与原有模式基本持平, 随着周转点库容资源的不断释放, 可开

展周转点布局选址,进一步精简周转点数量,将释放出的周转点开展共享外租,按照仓库每月每平方米租赁成本 30 元来测算,1000 平方米的仓库每年可为公司带来仓库租金 36 万元的收益,同时原租赁集体企业仓库的周转点每年可取消租赁费用支出,未来全省的仓库运营经济效益将会得到明显提升。

5.3 提升物资供应时效

优化后的业务模式下,项目单位发生需求时,直接触发领用申请,无需下达供应计划,物资供应周期从 70.5 天缩短至 7.5 天,物资供应时效性提升 90% 以上,提升物资供应需求响应能力及供应保障能力。

6 结语

本文根据物资存储策略,聚焦于专业库选址问题,建立专业库选址模型,得出专业库的选址和各个仓库的辐射关系,借此形成普通仓储库-配送中心的网络,完成优化设计。

参考文献:

- [1] 洪芳华,高峻峻.基于需求特性分类的电力物资库存管理策略设计[J].物流技术.2011(9):239-242.
- [2] 张志仁,李万龙.浙江省电网物资集中化仓储网络构建策略研究[J].现代商业,2012(06):21-22.
- [3] 王小燕.关于甘肃电力物资仓储配送体系建设的思考[J].甘肃冶金,2013(01):124-126.
- [4] 蔡有鹏.国网青海省电力公司仓储资源现状分析及网络规划[J].才智,2014(28):319-320.

基于防越级跳闸的铁路配电所智能保护装置研究与应用

范增盛¹ 余汶敦¹ 高慧² 娄敏暄³ 樊志华²

1. 中国铁路青藏集团有限公司供电部 青海西宁 810000

2. 南京恒星自动化设备有限公司 江苏南京 211135

3. 中国铁路西安局集团有限公司宝鸡供电段电力技术科 陕西宝鸡 721000

摘要: 铁路配电所稳定运行对铁路运输至关重要,越级跳闸问题严重影响铁路运输安全和效率。本文深入分析了铁路配电所越级跳闸的原因及其危害,并且为了有效降低越级跳闸风险及危害,本文设计了基于防越级跳闸的铁路配电所智能保护装置,充分阐述了防越级跳闸的工作原理。随着 GOOSE 通信技术的日益发展及其在电力系统中的逐步应用,本研究通过在所内组建 GOOSE 专网,实现保护装置间信息共享,在不改变所内现有接线且不增加过多成本的条件下,达到所内保护装置整所联动,相互闭锁,有效避免越级跳闸的发生。

关键词: 防越级跳闸;智能保护装置;GOOSE 通讯

1 引言

随着电力系统的快速发展和智能化水平的不断提高,电力设备的可靠性和保护系统的灵活性变得愈发重要。过流保护作为电力系统保护的重要组成部分,对设备故障的快速检测和隔离起着关键作用。近年来,随着智能电网和数字化技术的快速发展,GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event) 通信协议因其实现高效、实时的信号传输及数据共享,而逐渐成为智能变电站中的重要通信工具。GOOSE 不仅具备较高的可靠性,还能够应对动态多变的网络环境,为过流保护系统的设计与实现提供了新契机。

根据研究,全球电力系统中,约有 30% 的故障跳闸属于越级跳闸,而这类故障可能导致电力系统的重大损害或停电^[1]。在铁路配电所的运行过程中,越级跳闸问题一直是困扰铁路电力系统稳定运行的难题。当配电所馈出线路发生短路故障时,本应由本级保护装置动作切除故障,但有时会出现本线路保护装置拒动,而上一级的保护装置动作,导致开关越级跳闸的情况。这种现象不符合继电保护选择性的要求,不仅会影响铁路运输的正常秩序,还可能对铁路设备和人员安全造成严重威胁。因此,基于防越级跳闸的铁路配电所智能保护装置研究与应用具有重要的现实意义。

铁路配电所的越级跳闸问题严重影响了铁路运输的安全和效率。因此,本研究的目的在于开发一种基于防越级跳闸的铁路配电所智能保护装置,以提高铁路配电系统的可靠

性和稳定性。同时,系统的设计将充分利用 GOOSE 的快速通讯特性,通过实时数据交互,提高过流保护的响应速度和准确性。

2 防越级跳闸原理与设计

2.1 越级跳闸的危害与影响

2.1.1 对铁路运输系统的影响

(1) 铁路运输高度依赖电力供应,配电所越级跳闸会导致供电中断。

(2) 越级跳闸会使铁路调度系统失去部分设备的控制能力。

2.1.2 对铁路设备的损害

(1) 当越级跳闸发生时,电路中的电流会突然中断,这可能会在电气设备中产生瞬态过电压和过电流,导致气设备损坏。

(2) 频繁的越级跳闸会使电气设备经历多次不正常的通断电过程,缩短设备使用寿命。

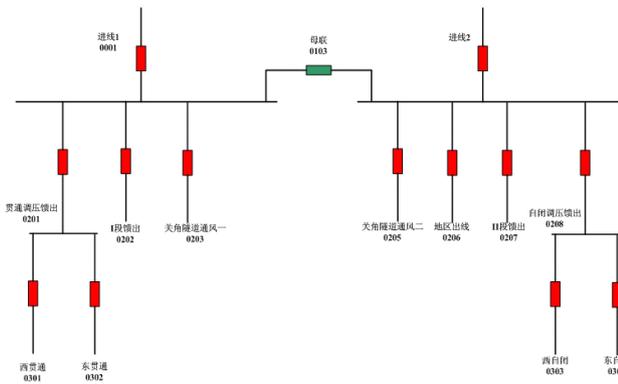
2.1.3 经济损失方面

(1) 铁路运输中断会导致大量货物滞留。同时,列车的晚点和停运需要对乘客进行退票、改签等补偿,这直接增加了铁路运营的成本。越级跳闸导致的电气设备损坏也需要大量的资金来维修或更换。

(2) 铁路运输的瘫痪会对相关产业产生连锁反应。物流企业也会因为铁路线路的中断而需要重新规划运输路线,增加

运输成本，这些间接经济损失往往比直接经济损失更为巨大。

2.2 GOOSE 通讯及报文帧设计



GOOSE (Generic Object - Oriented Substation Event) 是一种面向通用对象的变电站事件模型通信机制。它主要用于在智能变电站内快速传递开关量信息，如断路器位置、刀闸位置等状态信息，以及保护动作信号等事件信息。这种通信方式是基于发布/订阅机制实现的，信息的发送方(发布者)将数据发送到网络上，而接收方(订阅者)则根据自己的需求获取相应的数据。GOOSE 采用一种特殊的重传方案，并且 GOOSE 报文有严格的定义，通过网络报文较强的循环冗余检验(CRC) 光纤传送方案，传输过程中发生错误而未能校验出来的可能性非常小，能够确保 GOOSE 报文的可靠性；同时，采用了较先进的交换式以太网的各种技术，保证其在交换机中能优先通过，从而保证了报文传输的实时性^[3-4]。因此，GOOSE 通讯在变电站保护系统中发挥着至关重要的作用。

本文基于 GOOSE 通讯的防越级跳闸功能实现过程中的 GOOSE 报文数据单元内容设计如下表：

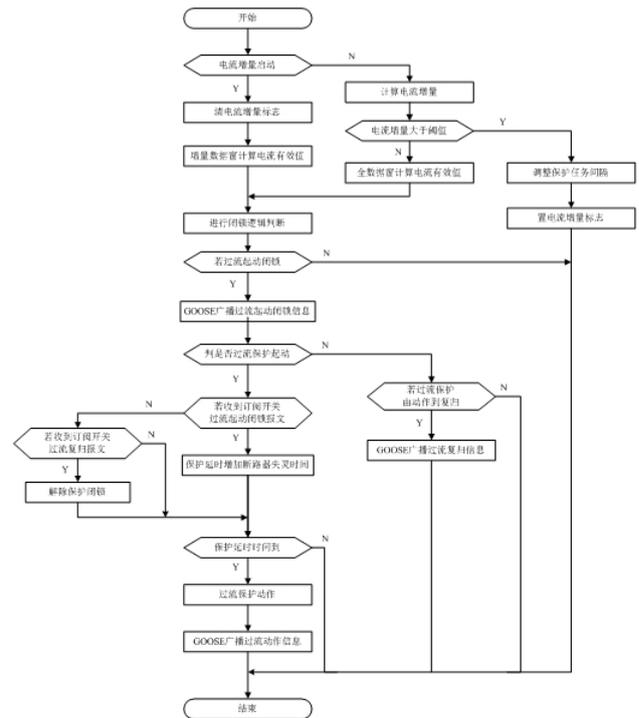
序号	主/从装置	数据类型
1	故障时间：秒时间	INT
2	故障时间：毫秒时间	INT
3	保护状态	INT
4	闭锁时间	INT
5	断路器状态	INT
6	A 相电流值	FLOAT
7	B 相电流值	FLOAT
8	C 相电流值	FLOAT
9	A 相电压值	FLOAT
10	B 相电压值	FLOAT
11	C 相电压值	FLOAT

2.3 防越级跳闸的设计原理

本文所设计的基于防越级跳闸的铁路配电所智能保护装置配备了 GOOSE 通讯口，通过在所内组建 GOOSE 专网，实现保护装置间的信息共享，且在不改变所内现有接线及不增加过多成本的条件下，达到所内保护装置整所联动，相互闭锁，有效降低越级跳闸的发生率。软件设计原理框图如图 2 所示，本文以中国铁路青藏集团有限公司所管辖的天棚所一次接线图(如图 1)为例阐述本文所设计的防越级跳闸原理。

当 I 段馈出近端发生短路故障时，进线 1 和 I 段馈出均感受到故障电流，I 段馈出通过 GOOSE 通讯广播过流启动闭锁指令，进线 1 在收到 I 段馈出所广播的故障信息后，图 1 天棚所一次接线图

进线 1 立即闭锁自身过流保护，且将速断过流保护延时自动退格，延时时间增加一个断路器失灵时间。I 段馈出跳闸切除故障后，I 段馈出广播过流复归信息，进线 1 收到广播信息后，解除保护闭锁，过流保护复归；如果 I 段馈出跳闸失败，则进线 1 在闭锁延时时间到后，立即跳闸切除故障。



当西贯通线路发生短路故障时，西贯通保护装置过流保护启动且动作，同时其上级 图 2 防越级跳闸原理框图

调压器和进线保护装置过流保护也启动，贯通线和调压器保护装置均发出闭锁信息，闭锁上级开关。当贯通线断路器拒动时，由调压器保护装置过流保护动作，发出跳闸命令。

当母线发生短路故障时，进线 I 感受到故障，并向各馈线、母联、调压器装置等发

出询问，是否有故障，在收到各保护均回答没有故障时，进线 I 按速断过流保护的延时（0 秒）进行保护动作，切除故障，满足了保护的速动性。

3 基于防越级跳闸的铁路配电所智能保护

装置的应用与实现

目前，本文设计的基于防越级跳闸的铁路配电所智能保护装置已应用于中国铁路青藏集团有限公司所管辖的天棚所，并通过了所内测试，正处于正常运行状态。

现场实际投运的部分定值参数如下：

(1) 进线 I 保护装置投入过流 I 段和过流 II 段保护，过流 I 段动作电流 45.4A，动作时限 0.1S；过流 II 段动作电流 22.7A，动作时限 0.35S。

(2) 贯通调压馈出线保护装置投入过流 I 段和过流 II 段保护，过流 I 段动作电流

28.9A，动作时限 0S；过流 II 段动作电流 14.4A，动作时限 0.35S。

(3) I 段馈出线保护装置投入过流 I 段和过流 II 段保护，过流 I 段动作电流 5A，动作时限 0.1S；过流 II 段动作电流 2.5A，动作时限 0.35S。

(4) 西贯通保护装置投入过流 I 段和过流 II 段保护，过流 I 段动作电流 22.4A，动作时限 0.15S；过流 II 段动作电流 11.2A，动作时限 0.25S。

天棚所现场验收系统测试报告部分功能测试如图 3 所示，现如今整个防越级跳闸智能保护系统已交付使用。

二、实验报告

以下试验均为 10kV 供电线路。

2.1 进线一带母线一、进线二带母线二

(1) 母线一馈出线及母线模拟故障

序号	项目	整组动作结果	结论
1	模拟西贯通故障。进线一、贯通调压器和西贯通二次侧同时施加大于速断定值的电流，西贯通出口接入继保仪反馈点。	1、西贯通动作 2、贯通调压器不动作 3、进线一不动作	正确
2	模拟东贯通故障。进线一、贯通调压器和东贯通二次侧同时施加大于速断定值的电流，东贯通出口接入继保仪反馈点。	1、东贯通动作 2、贯通调压器不动作 3、进线一不动作	正确
3	模拟贯通调压器故障。进线一和贯通调压器二次侧同时施加大于速断定值的电流，贯通调压器出口接入继保仪反馈点。	1、贯通调压器动作 2、进线一不动作	正确
4	模拟 I 段馈出故障。进线一和 I 段馈出二次侧同时施加大于速断定值的电流，I 段馈出出口接入继保仪反馈点。	1、I 段馈出动作 2、进线一不动作	正确
5	模拟关角隧道通风一故障。进线一和关角隧道通风一二次侧同时施加大于速断定值的电流，关角隧道通风一出口接入继保仪反馈点。	1、关角隧道通风一动作 2、进线一不动作	正确

图 3 系统验收测试报告（部分）

4 结论

本文对基于防越级跳闸的铁路配电所智能保护装置进行了深入探讨与分析，明确了越级跳闸问题在铁路配电所中的严重性及其产生的原因，深入研究了防越级跳闸的原理，充分阐述了智能保护装置实现防越级跳闸的策略。通过智能保护装置在铁路配电所的应用案例，充分佐证了本研究的可行性，对提高铁路运输的安全和效率具有重要意义。总之，未来的铁路配电所智能保护装置将朝着更加智能化、协同化、高性能化和安全可靠化的方向发展，为铁路运输的安全和高效提供更加有力的保障。

参考文献：

- [1] K. H. Liu et al., "Assessment of Protection System Design Against Misoperation," Journal of Electrical Engineering, vol. 12, no. 3, pp. 145-159, 2020.
- [2] 辛耀中. 王永福. 任雁铭. 中国 IEC 61850 研发及互操作试验情况综述. 电力系统自动化. 2007,31(12): 1-6.
- [3] 殷万良. 刘万顺. 杨奇逊. 基于 IEC 61850 的通用变电站事件模型. 电力系统自动化. 2005,29(19): 45-50.
- [4] 范建忠. 马千里. GOOSE 通信与应用. 电力系统自动化. 2007,31(19): 85-90.
- [5] DL/T 860.4—2018/IEC 61850-4:2011, 发布于 2018-12-25, 实施于 2019-05-01, 由中华人民共和国国家能源局发布。

电厂长输供热系统的热损失分析与节能措施

杨国强

中国大唐集团科学技术研究总院有限公司华北电力试验研究院 北京 100000

摘要: 电厂长输供热系统的热损失分析与节能策略是一个至关重要的课题, 尤其在全球气候变化和能源效率日益受到关注的今天。随着城市化进程的加速, 集中供热系统在提供生活和工业热能方面扮演着核心角色。通过深入分析热损失的来源和机理, 可以制定出针对性的节能策略, 提高供热系统的整体效率。这不仅有助于降低运营成本, 延长设备寿命, 而且对于实现能源结构优化, 促进绿色低碳发展具有深远影响。

关键词: 电厂; 长输供热系统; 热损失; 节能措施

引言

在电厂长输供热系统中, 热损失是影响系统效率的关键因素之一。为了提高系统的整体性能, 必须对热损失进行详细分析, 并采取相应的节能措施。本研究将运用热力学原理和数据分析模型, 揭示供热系统效率低下背后的深层次原因, 为行业提供科学的决策依据和实践指导。

1. 电厂长输供热系统概述

1.1. 系统构成与工作原理

电厂长输供热系统是将发电厂产生的废热通过管道输送到远方的用户, 实现能源的高效利用。该系统由热源、输送管道、换热站和用户端等部分组成。热源一般为火力发电厂, 其工作原理是燃烧燃料产生高温蒸汽, 驱动汽轮机发电, 之后的废热蒸汽被导入供热管道。为了减少热量损失, 通常采用保温材料包裹。换热站是供热系统的中枢, 其将热能由管道输送给城市或工业供热网络。用户端则按需调节供暖温度, 保证舒适性与能效间的平衡。理解这些基本构成和工作原理, 有助于深入分析热损失的来源并提出有效的节能策略。

1.2. 热能传输的基本原理

热能传输的基本原理对理解电厂长输供热系统至关重要。在供热系统中, 热能主要由发电厂经发热管道传送到用户端。这一过程涉及热传导、对流和辐射三种基本传热方式。热传导主要发生在管壁与传热介质之间, 而对流则是指热介质(如热水、蒸汽)的流动。例如, 根据傅里叶定律, 热流密度与温度梯度成正比关系, 说明了为何降低管道保温层的热导率能有效减少热损失。

在实际操作中, 热能传输效率受到多种因素影响, 包括管道材料的导热系数、流体流量和温度以及外部环境温度。此外, 通过提高蒸汽压力、热水温度等操作参数, 可大幅提高热能传输效率, 但需兼顾设备安全及材料耐热性能。

以斯德哥尔摩的供热系统为例, 该系统通过智能调度, 根据实时的天气条件和用户需求调整热能输出, 成功降低了15%的热损失。这表明, 结合先进的控制策略和管理方法, 基于热能传输基本原理的优化措施在实践中具有巨大的潜力和经济效益。

2. 热损失的主要来源

2.1. 管道热损失分析

在电厂长输供热系统中, 管道热损失是一个不容忽视的环节。管道热损失主要源于两个方面: 一是管道的热传导, 二是管道表面与周围环境的热交换。热传导与管道材料的热导率、壁厚以及管道长度直接相关, 而热交换则与管道的保温性能、环境温度以及风速等因素有关。因此, 对管道热损失的深入分析和有效控制是提高供热系统能效的关键。

在实际操作中, 可以采用热平衡模型来量化计算管道热损失。该模型需要考虑管道的初始温度、流体的热容、流速以及管道的热阻等因素。此外, 引入先进的温度监测技术和智能控制系统也能有效管理管道热损失。比如, 设置沿线温度传感器, 实时监测管道热状态, 结合预测算法调整供热参数, 以最小化热损失。

2.2. 节点热损失分析

节点热损失分析是理解电厂长输供热系统效率的关键环节。在供热系统中, 节点通常指的是热力站、分配站以及

供热管网的交汇点，这些位置由于流体阻力、温度变化以及设备转换效率等因素，容易产生额外的热能损失。因此，对这些关键节点进行精细化管理和技术改造，是提高系统能效、降低运行成本的重要途径。

2.3. 热用户端热损失

热用户端热损失是电厂长输供热系统中不可忽视的一部分，通常占总热损失的 15% ~ 30%。这部分损失主要源于用户端的热力设备效率低下、热网末端调节不精确以及用户行为导致的热量浪费。例如，住宅区的保温性能不足，可能导致热量在未进入用户室内前就大量散失。此外，商业和工业用户的热设备维护不当或使用效率低，也会造成大量热量损失。因此，对热用户端热损失的深入研究和有效控制是提升整个供热系统能效的关键环节。

以某北方城市的供热案例为例，通过对 1000 户居民的调查，发现由于缺乏有效的保温措施，平均每个住户冬季有约 10% 的热量损失在了建筑外壳。如果采用高效的外墙保温材料和技术，可将这一比例降低至 5% 以下，每年可节省的供热能耗相当于约 300 吨标准煤。这不仅减少了能源消耗，也降低了用户的供热费用，同时对改善城市环境质量具有积极意义。

在分析模型上，可以建立用户端热平衡模型，详细计算各环节的热损失，包括用户设备的热效率、热网末端的调节损失以及用户行为影响的热量损失。通过模型优化，可以为制定针对性的节能措施提供科学依据。例如，优化用户端的温度控制策略，结合智能供热系统，实现按需供热，进一步减少无效热损失。

2.4. 系统运行与维护中的热损失

在电厂长输供热系统中，系统运行与维护过程中的热损失不容忽视。这些损失主要源于设备运行效率低下、维护不及时以及系统调节不精确等问题。例如，热交换器内部的结垢现象会降低换热效率，根据研究，0.1mm 的垢层可导致约 2% 的热能损失。此外，阀门和管道的泄漏也是常见问题。因此，定期的设备检查和维护，以及使用先进的泄漏检测技术，对于减少运行维护中的热损失至关重要。

此外，供热系统的自动化水平也直接影响热损失。传统的手动调节方式可能导致温度控制不准确，造成不必要的热量排放。采用智能控制系统，可以精确调节供热量，从而减少无效能耗。例如，某电厂在引入自动化控制系统后，通

过优化调节策略，成功降低了 15% 的运行热损失。这不仅节约了能源，还提高了供热服务质量。

因此，提高运行维护效率，及时发现并修复问题，以及升级控制系统，是控制系统运行与维护中热损失的关键措施。这些措施的实施需要与经济性评估相结合，确保在降低能耗的同时，也能带来合理的投资回报，实现供热系统的可持续发展。

3. 节能措施与技术

3.1. 管道保温与隔热技术

在电厂长输供热系统中，管道保温与隔热技术是降低热损失的关键措施之一。据研究，未采取保温措施的管道，其热损失可能高达总输送热量的 10% 以上，这不仅浪费了能源，也增加了运营成本。保温材料的选择和施工质量直接影响到热能的传输效率。例如，采用高效保温材料如聚氨酯泡沫或岩棉，可以将管道表面温度降低到接近环境温度，从而显著减少热辐射和对流损失。

在实际应用中，例如某电厂在对其长输供热管道进行改造时，采用了先进的保温技术，将保温层厚度从原来的 50mm 增加到 75mm，改造后一年内热损失减少了约 30%，节省了约 150 万度电的补偿热量，同时也减少了对环境的影响。此外，定期检查和维护保温层的完整性，及时修复破损部位，也是保证系统高效运行的重要环节。

在设计阶段，可以利用热工计算模型来优化保温方案，考虑管道长度、输送介质温度、环境条件等因素，以最小的保温成本实现最大的节能效果。例如，通过模拟分析，可以发现某些特定区域需要增强保温，以针对性地减少局部热损失。因此，电厂在规划和改造长输供热系统时，应重视并充分应用管道保温与隔热技术，以实现可持续的能源管理和经济效益。

3.2. 提高热源效率的策略

提高热源效率是电厂长输供热系统节能的关键策略之一。这包括优化燃烧过程，提升热电转换效率，以及采用先进的热能回收技术。例如，通过引入更高效的燃烧设备，如超超临界或超临界燃煤发电机组，可以显著提高热效率，减少燃料消耗。此外，热源侧的余热回收也是重要策略。电厂在发电过程中会产生大量废热，通过余热回收系统，如热电联产或余热锅炉，可以将这部分废热转化为额外的电能或热能，进一步提高能源利用率。在管理层面，采用智能调度系

统可以动态调整热源输出,以适应供热需求的变化,避免过度生产导致的能源浪费。结合大数据和人工智能技术,可以预测和优化供热负荷,进一步提高热源效率。总之,提高热源效率的策略需要从技术升级、余热利用和管理创新多角度综合考虑,以实现供热系统的高效、绿色运行。

3.3. 优化供热调度与管理

优化供热调度与管理是提高电厂长输供热系统效率的关键环节。通过智能调度系统,可以实时监测各供热节点的温度、压力和流量,确保热能的均衡分配,减少无效或过度供热。例如,采用预测性算法,结合历史数据和天气预报,可以预测未来几天的热需求,提前调整热源输出,避免因实时需求波动造成的能源浪费。此外,引入先进的控制策略,如分时分区供热,可以在保证用户舒适度的同时,降低系统运行成本。

进一步,优化管理还包括对供热管网的精细化管理,通过定期检测和维修,减少管道泄漏和热损失。同时,建立完善的能耗监测体系,对各环节的能耗进行实时记录和分析,找出能效低下的环节进行改造。

此外,建立供热系统的经济运行模型,考虑供热成本、环境成本和社会效益,可以为决策者提供科学的决策依据。通过模型优化,可以找出在满足供热需求和环保标准下的最优运行策略,实现供热系统的经济性和可持续性。

3.4. 利用余热回收技术

在电厂长输供热系统中,利用余热回收技术是实现节能降耗的重要途径。余热是指在生产过程中未被充分利用的热能,通常占总热能的30%~50%。例如,火力发电厂的烟气、冷却水、蒸汽冷凝水等都含有大量的余热。通过余热回收,不仅可以提高能源利用效率,还能减少温室气体排放,符合可持续发展的理念。一种常见的余热回收技术是采用热泵系统,将低品位的余热提升至高品位热能,用于供热或发电,从而实现能源的梯级利用。

以某大型火力发电厂为例,该厂在实施余热回收改造后,成功回收了约40%的烟气余热,每年可节约标准煤约10000吨,同时减少了相应的二氧化碳排放。此外,研究显示,采用高效的余热回收设备,如陶瓷膜蒸氨器,可以在不增加运行成本的前提下,提高热源效率5%~10%。在经济性评估中,虽然初期投资较高,但考虑到长期的节能效益和环保价值,余热回收项目通常在3~5年内即可收回投资成本。

在设计余热回收方案时,需要结合热力学和经济性分析模型,精确计算不同温度等级余热的回收潜力和经济效益。同时,应考虑系统的运行稳定性,避免因过度回收导致的设备运行异常。例如,通过动态优化控制策略,可以确保余热回收与主系统运行的协调性,避免因局部热负荷变化引发的系统波动。

总的来说,利用余热回收技术是电厂供热系统节能改造的关键措施,它不仅有助于提高能源利用效率,降低运行成本,还能为实现碳中和目标做出重要贡献。因此,加大余热回收技术的研发和推广力度,对于构建绿色、高效的能源体系具有深远意义。

4. 结束语

综上所述,随着科技的进步和环保要求的提高,电厂长输供热系统的节能技术发展将更加注重新智能化、高效化和环保化。预测,未来将广泛应用更先进的保温材料和智能监测系统,以减少管道热损失。例如,新型纳米复合保温材料的研究,其导热系数低,能显著提升管道保温效果,降低热能损耗。此外,结合物联网技术,可以实现对整个供热系统的实时监控,及时发现并处理热损失热点,提高系统运行效率。未来的研究应更加注重跨领域的合作,以期找到更全面、更可持续的解决方案,推动电厂供热系统向更加绿色、高效的模式转变。

参考文献:

- [1] 李明. 供热系统节能技术浅析[J]. 能源与节能, 2022(09):59-61.
- [2] 陈永进. 多膛炉分布式内热燃烧技术的研发与运用[J]. 湖南有色金属, 2022,38(04):31-33.
- [3] 申小杭. 太阳能集热器与热源塔热泵复合系统供热性能研究[D]. 湖南大学, 2022.
- [4] 孙路, 付明, 汪正兴等. 蒸汽管网疏水系统安全监测预警技术研究[J]. 安全与环境学报, 2023,23(07):2340-2345.
- [5] 姜海鹏. 城市供热自动化节能减排技术探析[J]. 居业, 2021(1):66-67.
- [6] 高红, 戚仁广. 国外供热计量的经验及对我国的启示[J]. 中国能源, 2021,43(11):81-84.
- [7] 王雪娟. 火力发电厂热动系统节能优化措施[J]. 矿业装备, 2019.

人工智能在机电一体化中的应用

石 婷

深圳市卓越质量安全技术咨询服务局 广东省深圳市 518000

摘要: 本文深入探讨了人工智能在机电一体化领域的应用及其带来的变革。随着科技的飞速发展,人工智能已成为推动机电一体化技术升级的重要力量。本文分析了人工智能在电气控制、智能制造、机电一体化设备操作等多个方面的具体应用,并阐述了其在提高生产效率、优化产品质量、实现智能化控制等方面的显著优势。同时,本文还展望了人工智能背景下机电一体化的发展趋势,为相关领域的科研人员和企业提供了有益的参考和启示。

关键词: 人工智能;机电一体化;电气控制;智能制造

1. 引言

在当今快速发展的科技背景下,人工智能正深刻地影响着各个行业,尤其是机电一体化领域。机电一体化结合了机械工程、电子技术和计算机科学,其核心目标是实现系统的高效协同与自动化。随着人工智能技术的引入,机电一体化不仅在设计、制造和维护过程中变得更加智能化,还能够通过数据分析和机器学习优化性能。人工智能的应用使得设备能够自主学习、预测故障并进行实时监控,这大大提高了生产效率和可靠性。同时,智能化解决方案也推动了绿色生产和灵活制造的发展,为企业在激烈的市场竞争中提供了新的动力。

2. 机电一体化技术概述

机电一体化技术,是机械技术与电子技术深度融合的产物,它利用电子技术、信息技术以及自动控制技术等手段,对传统的机械设备进行智能化改造,实现了机械系统的自动化、智能化控制。这一技术不仅提高了机械设备的性能和精度,还大幅提升了生产效率和产品质量。

机电一体化技术的特点在于其跨学科性和综合性。它融合了机械学、电子学、控制理论、计算机科学等多个学科的知识,形成了独具特色的技术体系。同时,机电一体化技术还具有高度集成性,能够将各种功能模块集成在一个系统中,实现多功能、高效率的自动化控制。

回顾机电一体化技术的发展历程,可以大致划分为三个阶段。初步应用阶段,机电一体化技术主要应用于简单的自动化生产线和机械设备中;技术基础奠定阶段,随着电子技术、信息技术的快速发展,机电一体化技术逐渐形成了较

为完善的技术体系;智能化发展阶段,近年来,随着人工智能、物联网等技术的兴起,机电一体化技术正向更高层次的智能化方向发展。

在应用领域方面,机电一体化技术已广泛应用于工业、农业、交通、医疗等多个领域。在工业领域,机电一体化技术推动了智能制造的发展;在农业领域,它提高了农业生产的效率和精准度^[1];在交通领域,机电一体化技术为智能交通系统提供了技术支持;在医疗领域,它则推动了医疗设备的智能化和精准化。

3. 人工智能在机电一体化中的应用

3.1 在电气控制系统中的应用

人工智能技术在电气控制系统中的应用正在逐步深化,推动机电一体化领域的进步。通过引入人工智能,电气控制系统的智能化程度显著提高,这不仅改善了系统的性能,还增强了操作的灵活性和安全性。

在电气控制系统的设计阶段,人工智能可以通过分析大量历史数据,帮助工程师优化控制参数。以往,电气控制系统的设计往往依赖于经验和手动调整,效率较低且容易产生人为错误。而机器学习算法可以有效识别出最佳的控制策略,从而缩短设计周期,降低成本,提升系统的可靠性。这种数据驱动的方法使得工程师能够更专注于创新与设计,而不是陷入繁琐的调试工作中。

实时监测和故障诊断是电气控制系统中的另一重要应用。通过集成传感器,系统能够持续收集运行数据,并利用人工智能算法进行分析。这种技术可以快速识别出设备的异常状态,及时发出警报,提示维护人员进行检查和修复。

与传统的定期维护不同，基于人工智能的预测性维护能够在问题发生之前进行干预，从而减少设备的停机时间和维护成本，提升整体运行效率。

人工智能技术的自适应控制能力也在电气控制系统中得到广泛应用。在风力发电和其他可再生能源领域，风速和环境条件的变化可能会显著影响发电效率。通过强化学习等算法，电气控制系统能够实时调整控制策略，以适应不断变化的外部条件。这种自适应能力使得系统能够在动态环境中保持稳定高效的运行，最大化资源的利用率。

此外，人工智能还可以为电气控制系统提供智能决策支持。结合大数据分析，人工智能能够识别出系统性能的关键影响因素，并提出优化建议。这一过程不仅提高了系统的响应速度，还使得决策更加科学和合理。通过数据驱动的分析，工程师可以更好地理解系统的运行趋势，制定出更有效的管理和控制策略。

3.2 在智能制造中的应用

工业机器人是智能制造的重要组成部分，其基本结构通常包括机械手臂、驱动系统、控制系统和传感器等。机械手臂通过关节的灵活运动，能够完成焊接、装配、搬运等多种任务。驱动系统提供动力，确保机器人的灵活性和精确度；控制系统则负责协调各个部件的工作，确保任务的高效完成^[2]。此外，传感器可以实时监测环境和操作状态，提升机器人的智能化水平。

在智能制造中，工业机器人广泛应用于流水线生产、装配和质量检测等环节。通过与生产管理系统的集成，机器人可以实现自主决策和动态调度，大幅提高了生产效率和灵活性。例如，在汽车制造过程中，机器人能够自动完成焊接和喷涂，确保产品的一致性和高质量。

智能制造系统是一个综合性的系统，主要由信息采集、智能化控制和人机交互等部分组成。信息采集通过传感器和物联网技术，实时获取生产线上的各类数据，包括温度、湿度、设备状态等。这些数据为后续的分析 and 决策提供了基础。

在智能化控制方面，系统利用大数据分析和机器学习算法，对生产过程进行实时监控和优化。智能制造系统能够通过预测分析，提前识别潜在问题，实施预测性维护，降低设备故障率。同时，人机交互界面则为操作员提供了友好的使用体验，操作员可以通过直观的界面实时监控生产进度，进行参数调整，提升了生产的灵活性和响应速度^[3]。

以汽车智能制造为例，汽车制造是智能制造应用的一个重要领域，人工智能技术在其中发挥着关键作用。在汽车生产过程中，人工智能可用于实现速度控制和组件协同控制等功能。通过传感器和数据分析，系统可以实时监测生产线的运行速度，并根据生产需求自动调整，确保生产过程的高效性与安全性。

在组件协同控制方面，人工智能可实现不同生产环节之间的有效协调。例如，在汽车组装过程中，各个组件（如发动机、车身、内饰等）需要在适当的时机进行组装，人工智能系统能够通过数据分析，优化各组件的组装顺序和时间，确保各环节的顺畅衔接，从而减少停工时间，提高整体生产效率。

此外，人工智能还可以通过分析市场需求和客户反馈，优化汽车设计和生产计划，实现个性化定制，满足不同消费者的需求。在质量控制方面，借助机器视觉技术，人工智能能够对每一辆汽车进行实时检测，及时发现和纠正生产中的缺陷，提升产品的质量和可靠性。

3.3 在机电一体化设备中的应用

在机电一体化设备中，智能控制是人工智能应用的核心。传统的控制系统往往依赖于固定的算法和预设的参数，难以适应复杂多变的工作环境。而引入人工智能技术后，设备能够通过机器学习算法自主学习和适应环境变化。例如，在自动化生产线中，人工智能控制系统可以实时分析传感器数据，动态调整设备的工作参数，以优化生产效率和能耗。这种智能控制不仅提高了生产的灵活性，还降低了人工干预的需求。

故障诊断是机电一体化设备维护管理的重要环节。传统的故障诊断方法依赖于人工经验，容易遗漏微小的故障迹象。通过将人工智能技术与机器学习相结合，可以实现更加精准的故障预测与诊断。人工智能系统能够通过大数据分析历史故障数据与实时监测信息，识别出潜在的故障模式，提前预警^[4]。例如，在电机系统中，人工智能可以分析振动信号、温度变化等数据，准确判断设备是否存在故障风险，从而减少停机时间和维修成本。

在机电一体化设备的设计阶段，人工智能也发挥了重要作用。通过运用生成设计和优化算法，工程师可以在设计初期就考虑到多种使用场景和环境因素，快速生成最优方案。人工智能能够通过模拟和分析，评估设计的性能和可行性，

帮助设计师找到最佳的材料选择和结构配置，从而提高产品的性能和可靠性。

自适应系统是机电一体化设备中的另一大创新应用。人工智能技术使得设备能够根据外部环境的变化进行自我调整。例如，在农业机械中，人工智能系统能够根据土壤湿度、气象变化等信息，自动调整播种深度和施肥量，以实现精细化管理。这种自适应能力不仅提升了设备的效率，也为智能农业的发展提供了有力支持。

3.4 在其他领域的应用

人工智能技术的应用已经渗透到许多领域，展现了其强大的潜力和变革性。除了机电一体化，人工智能在医疗、金融、教育、交通等多个领域的应用同样显著，推动着各行业的创新与发展。

在医疗领域，人工智能的应用正在改变传统的诊疗模式。通过机器学习和深度学习算法，人工智能能够分析大量的医疗数据，包括医学影像、电子病历和基因组数据。例如，人工智能辅助的影像识别系统可以在 X 光片、CT 扫描和 MRI 图像中识别病变，帮助医生更早地诊断癌症和其他疾病。此外，人工智能还可以通过分析患者的历史数据，预测疾病风险，提供个性化的治疗方案，从而提高医疗服务的效率和质量。

在金融行业，人工智能被广泛应用于风险管理、欺诈检测和自动化交易等方面。利用大数据分析，人工智能可以实时监测交易活动，快速识别可疑交易并进行预警，帮助金融机构有效防范欺诈行为。此外，人工智能算法可以分析市场趋势和客户行为，从而优化投资组合和交易策略，实现更高的投资回报。许多银行还采用人工智能客服系统，提供 24/7 的在线服务，提高客户满意度。

教育领域同样受益于人工智能技术的推动。智能教育系统能够根据学生的学习情况和偏好，提供个性化的学习内容和建议。例如，人工智能驱动的学习平台可以分析学生的学习进度，识别知识薄弱点，并推荐相应的学习资源，从而提高学习效果。此外，人工智能还可以通过自动评分系统减轻教师的负担，使其更专注于教学质量的提升。

4. 人工智能背景下机电一体化的发展趋势

在人工智能迅速发展的背景下，机电一体化技术正经历着深刻的变革，展现出智能化、绿色化、网络化、模块化和微型化等多方面的发展趋势。

4.1 智能化趋势

人工智能对机电一体化技术的智能化发展带来了显著影响。通过引入深度学习和机器学习算法，机电系统能够实现自我学习和优化，提升自动化水平。例如，在制造过程中，人工智能可以分析生产数据，优化生产调度和设备维护，提高生产效率和产品质量。此外，智能传感器的应用使得设备能够实时监测运行状态，预测故障，减少停机时间，从而实现更高的生产灵活性和可靠性。

4.2 绿色化趋势

机电一体化技术在绿色生产方面的应用愈发重要。随着环境保护意识的提高，企业正逐步采用节能减排的机电一体化解决方案。例如，智能控制系统可以优化能源使用，提高设备效率，降低能耗。同时，绿色制造技术的引入，如再生材料的使用和废物回收系统的集成，也推动了机电一体化技术向可持续发展方向发展。这不仅符合环保法规的要求，也满足了市场对绿色产品的需求。

4.3 模块化趋势

模块化生产在机电一体化技术中的应用日益广泛。模块化设计允许企业根据市场需求快速调整生产线，灵活配置资源。这种方法不仅提高了生产效率，还降低了生产成本^[5]。此外，模块化产品的标准化设计能够加速研发周期，缩短上市时间，增强企业的竞争力。随着生产技术的不断进步，模块化趋势将进一步推动机电一体化技术的灵活性与可扩展性。

4.4 微型化趋势

机电一体化技术向微型化方向发展，正逐渐成为一种重要趋势。微型化技术使得设备体积更小，功能更强，适用于更广泛的应用场景，如便携式设备和智能家居产品等。这一发展不仅提升了产品的便携性和易用性，还推动了新兴领域的创新，如医疗器械、智能穿戴设备等。随着材料科学和制造技术的进步，微型化产品的性能和可靠性将不断提高，市场潜力巨大。

5. 结语

人工智能在机电一体化中的应用正在重塑传统制造业的面貌，推动其向更高效、更智能的方向发展。通过智能算法和数据分析，人工智能能够实现设备的自我监测与故障预测，显著降低了维护成本和停机时间。同时，人工智能技术的引入使得生产流程更加灵活，能够根据市场需求快速调

整,提升了企业的应变能力和竞争力。此外,人工智能还促进了绿色制造的发展,通过优化资源使用和减少能耗,助力企业实现可持续发展。未来,随着人工智能技术的不断进步,机电一体化将迎来更多创新应用和发展机遇,推动智能制造的进一步落地,为工业 4.0 的实现奠定坚实基础。

参考文献:

- [1] 张尚雷. 机电一体化在智能工厂中的应用与优化研究[J]. 中华建设,2024,(08):178-180.
- [2] 高强,郭天禄. 机电一体化技术在汽车制造中的应用与分析[J]. 内燃机与配件,2024,(13):123-125.
- [3] 施会丽. 机电一体化视角下的工业机器人系统设计

研究[J]. 造纸装备及材料,2024,53(06):9-11+51.

[4] 徐同华. 机械制造智能化技术与机电一体化的结合分析[J]. 中国战略新兴产业,2024,(15):142-145.

[5] 郝中波,李晓南,刘姣. 人工智能背景下机电一体化设备的故障诊断技术优化[J]. 信息与电脑(理论版),2024,36(07):146-148.

作者简介:

石婷(1979.10—),汉族,陕西省安康市,深圳市卓越质量安全技术咨询服务有限公司,总经理,本科,研究方向:人工智能、机械制造安全技术。

信息技术在智能输电线路运检一体化中的应用

马万鹏

鄂尔多斯供电公司 内蒙古鄂尔多斯 017000

摘要: 随着信息技术的飞速发展,其在电力系统中的应用日益广泛,尤其是在智能输电线路运检一体化管理中,信息技术发挥着至关重要的作用。本文旨在深入探讨信息技术在智能输电线路运检一体化中的应用,通过分析数据采集与传输、智能化管理平台、设备信息档案库、智能巡检技术等方面的内容,揭示信息技术如何提升输电线路运检效率,确保电力系统的稳定运行。通过本文的研究,期望为相关领域的研究和实践提供有益的参考和借鉴。

关键词: 输电线路; 运检一体化; 信息技术; 智能管理

引言

在电力系统中,输电线路作为电力传输的重要载体,其运行状态直接关系到电力系统的整体安全性和稳定性。传统的输电线路运检模式存在效率低、准确性差等问题,难以满足现代电力系统对高效、精准运维的需求。随着信息技术的快速发展,其在智能输电线路运检一体化中的应用日益广泛,为解决传统运检模式存在的问题提供了新的途径。

1 数据采集与传输在智能运检中的应用

1.1 精准实时采集线路运行数据

在智能输电线路运检一体化的框架中,数据采集作为信息技术应用的基础环节,其精准性和实时性对于确保智能运检效果具有至关重要的作用。为了实现这一目标,传感器网络被广泛应用于输电线路沿线的监测中。这些传感器节点如同散布在线路周围的“电子哨兵”,能够全面覆盖并实时监测线路的运行状态,准确采集包括电流、电压、温度、湿度等在内的多项关键参数。通过无线通信技术,这些宝贵的数据被迅速传输至数据处理中心,为后续的分析 and 决策提供了坚实的数据支撑。

1.2 遥感技术助力远程监测与信息获取

除了传感器网络外,遥感技术也是数据采集的重要手段之一。它利用卫星、无人机等高空平台,对输电线路进行远程监测,从而获取线路走廊环境、地形地貌等关键信息。这种技术不仅突破了地面监测的局限,还大大扩展了监测的视野和范围。通过遥感技术获取的数据,可以为输电线路的安全运行提供重要参考,帮助运维人员及时发现并处理潜在的安全隐患。同时,遥感技术的应用还有助于提升智能运检

的自动化和智能化水平,为智能输电线路的运维工作注入新的活力。

1.3 确保数据传输稳定安全至关重要

在数据采集与传输的过程中,数据的稳定性和安全性是不可忽视的重要问题。为了确保数据的实时传输和防止数据泄露,必须采用先进的数据加密技术和安全协议。这些技术和协议如同数据传输的“守护神”,能够确保数据在传输过程中的安全性和可靠性。此外,还需要建立高效的数据处理中心,对接收到的数据进行实时处理和分析。这个处理中心就像是一个“数据大脑”,能够迅速解析数据、识别异常,并为运维人员提供及时、准确的决策支持。

2 智能化管理平台在运检一体化中的应用

2.1 深度挖掘数据以识别潜在问题

智能化管理平台在智能输电线路运检一体化中扮演着核心角色,其强大的数据分析能力尤为关键。该平台能够汇集来自多个源头的数据,包括但不限于线路运行参数、环境监测数据、设备状态信息等。通过运用先进的数据挖掘算法和机器学习模型,平台能够对这些海量数据进行深度剖析,从而识别出输电线路运行中潜在的故障隐患和异常模式。这种深度挖掘不仅提高了运维人员对线路状态的感知能力,还为他们提供了精确的故障定位和维修建议,显著提升了运维工作的效率和准确性。

2.2 科学预测与智能决策支持运维

智能化管理平台的另一大亮点是其智能决策功能。这一功能基于对历史数据和实时数据的综合分析,利用预测模型对输电线路的未来运行趋势进行科学预测。通过预测,平

台能够提前识别出可能出现的故障和风险点,为运维人员提供充足的预警时间和决策依据。此外,平台还能根据预测结果和运维人员的指令,自动调整运维策略和资源分配,实现运维工作的智能化调度。这种智能决策机制不仅提高了运维工作的科学性和合理性,还有效降低了运维成本,提升了整体运维效率。

2.3 远程监控技术确保线路安全稳定

远程监控是智能化管理平台不可或缺的重要功能。通过集成视频监控、无人机巡检等先进技术手段,平台能够实现输电线路运行状态的实时远程监控。运维人员无需亲临现场,即可通过平台随时查看线路运行状况,包括线路温度、弧垂、覆冰情况等关键参数。这种远程监控方式不仅提高了运维工作的便捷性和安全性,还使得运维人员能够及时发现并处理潜在问题,从而确保输电线路的安全稳定运行。同时,远程监控技术还为事故调查和故障分析提供了有力的证据支持,有助于提升运维工作的整体质量。

2.4 集成化设计提升平台易用性与效率

智能化管理平台在设计上注重集成化和易用性。平台通过统一的界面和操作流程,将数据分析、智能决策、远程监控等功能集成在一起,使得运维人员能够方便快捷地使用各项功能。这种集成化设计不仅降低了运维人员的学习成本,还提高了他们的工作效率。此外,平台还支持多种数据格式和协议,能够轻松接入不同厂商和型号的设备,实现了设备信息的统一管理和共享。这种开放性和兼容性使得智能化管理平台在智能输电线路运检一体化中具有广泛的应用前景。

2.5 持续优化与迭代保障平台性能

智能化管理平台的建设和运维是一个持续优化和迭代的过程。随着技术的不断进步和运维需求的不断变化,平台需要不断更新和完善其功能。为了保障平台的性能稳定性和可靠性,需要建立专业的运维团队,定期对平台进行维护和升级。同时,还需要收集运维人员的反馈意见和使用数据,对平台进行持续改进和优化。通过这种持续优化和迭代的方式,可以确保智能化管理平台始终保持在技术前沿,为智能输电线路运检一体化提供强有力的支持。

3 设备信息档案库在智能运检中的应用

3.1 构建全面设备信息档案体系

设备信息档案库作为智能输电线路运检一体化的基石,其构建需围绕设备全生命周期的信息化管理展开。这一体系

应囊括设备自采购、安装、调试、运行至报废的全过程信息,涵盖基本信息、技术参数、运行记录、维修记录等多个维度。通过详尽记录设备的各项数据,为运维人员提供全面、准确的设备状态概览,便于及时发现并处理潜在故障和隐患。同时,该体系还需具备高度的灵活性和可扩展性,以适应设备更新换代和技术升级的需求。

3.2 深度挖掘设备运行数据价值

设备信息档案库不仅是一个数据存储的平台,更是一个数据挖掘与分析的宝库。通过对设备运行数据的深入挖掘和分析,可以揭示设备运行的内在规律和趋势,为设备的预防性维护和更换提供科学依据。例如,通过对设备故障记录的统计和分析,可以识别出故障频发的部件和时段,从而制定针对性的维护计划;通过对设备运行参数的实时监测和对比,可以及时发现设备运行状态的异常变化,为故障预警和应急处理提供有力支持。

3.3 高效存储与快速检索技术支持

设备信息档案库的建立离不开先进的信息技术手段支撑。数据库技术作为核心,应实现设备信息的高效存储、快速检索和实时更新。采用高性能的数据库管理系统,可以确保数据的完整性和一致性,同时提供高效的查询和检索机制,满足运维人员对不同维度、不同粒度数据的需求。此外,云计算技术的引入可以进一步提升设备信息档案库的处理能力和灵活性,实现数据的分布式存储和按需服务,为智能运检提供强有力的技术支持。

3.4 建立设备信息共享与协同机制

在智能输电线路运检一体化中,设备信息的共享与协同至关重要。设备信息档案库应建立开放、共享的信息平台,实现不同部门、不同单位之间的信息共享和协同工作。通过制定统一的数据标准和接口规范,可以确保信息的顺畅流通和有效整合,避免信息孤岛和数据冗余。同时,应建立相应的权限管理和安全保障机制,确保信息的安全性和隐私性。通过设备信息的共享与协同,可以大大提升运维工作的整体效率,为智能输电线路的安全稳定运行提供有力保障。

4 智能巡检技术在输电线路运检中的应用

4.1 无人机技术助力远距离巡检

智能巡检技术在输电线路运检中的一大亮点是无人机技术的引入。无人机凭借其卓越的飞行能力和搭载的高清摄像头、红外热像仪等先进设备,能够对输电线路进行远距离、

高分辨率的巡检。这种技术使得巡检工作不再受限于地形复杂或环境恶劣的因素,实现了对输电线路的全面覆盖和实时监测。无人机回传的图像和数据,经过专业分析,能够帮助运维人员及时发现线路中的潜在问题,如接头过热、绝缘子裂纹等,从而确保输电线路的安全稳定运行。此外,无人机巡检还能够减少人工巡检的频次和难度,提高巡检效率和准确性。

4.2 机器人技术实现高精度巡检

除了无人机技术外,机器人技术也是智能巡检技术在输电线路运检中的重要应用。机器人搭载传感器、摄像头等设备,能够沿着输电线路进行自主导航和智能避障,对线路设备进行近距离、高精度的巡检。这种技术不仅能够提高巡检的效率和准确性,还能够降低运维人员的工作强度和风险。机器人能够到达人工难以到达的位置,如高空、深山等,对线路设备进行全面检查和维修。同时,机器人还能够根据预设的程序和算法,对巡检数据进行自动分析和处理,为运维人员提供精准的决策支持。

4.3 视频监控与智能分析结合提升巡检智能化

视频监控技术是智能巡检技术在输电线路运检中的另一项重要应用。通过在输电线路沿线安装高清摄像头和传感器,实现对线路运行状态的实时远程监控。运维人员可以通过监控中心实时查看线路运行状况,及时发现并处理潜在问题。视频监控技术不仅能够提高巡检的实时性和准确性,还能够与智能分析技术相结合,对图像和数据进行自动分析和识别。这种结合使得巡检工作更加智能化和自动化,能够大大提高运维工作的效率和准确性。同时,视频监控技术还能够为事故调查和故障分析提供有力的证据和支持,有助于提升输电线路运检的整体水平。

5 信息技术在智能运检中的综合应用与优化

5.1 构建统一数据标准与接口规范体系

在智能输电线路运检一体化的实施过程中,构建一套统一的数据标准与接口规范体系是至关重要的。这一体系需涵盖数据采集、传输、存储、处理及展示等各个环节,确保不同技术手段间能够实现数据的无缝对接与高效共享。通过制定严格的数据格式、编码规则及交换协议,可以有效避免信息孤岛现象的发生,减少数据冗余,提高数据的一致性和准确性。此外,还应建立数据质量监控机制,对数据的完整性、准确性、时效性进行持续跟踪与评估,确保数据的可用

性和可靠性,为后续的决策支持提供坚实基础。

5.2 深化数据处理与分析模型研发

为了充分挖掘和利用采集到的输电线路运行数据,必须深化数据处理与分析模型的研发工作。这包括构建高效的数据清洗、转换、加载(ETL)流程,以实现海量数据的快速处理;开发基于机器学习、深度学习等先进算法的数据分析模型,以实现线路运行状态的精准预测和故障预警;以及建立可视化的数据展示平台,以便运维人员能够直观地了解线路的运行状况,及时发现并处理潜在问题。通过这些模型的研发与应用,可以显著提升运维工作的智能化水平,提高运维效率和准确性,为电力系统的安全稳定运行提供有力保障。

5.3 持续推动技术创新与设备升级

在智能输电线路运检一体化的持续优化过程中,持续推动技术创新与设备升级是保持系统先进性和竞争力的关键。随着信息技术的不断发展,新的技术手段和设备如雨后春笋般涌现,为智能运检提供了更多的选择和可能性。因此,应密切关注信息技术领域的最新动态,及时引进和应用新技术、新设备,如更高精度的传感器、更智能的巡检机器人、更先进的数据分析工具等。同时,还应对现有系统进行持续的优化和升级,以适应新技术、新设备的要求,提高系统的整体性能和可靠性。通过这些措施的实施,可以确保智能输电线路运检一体化系统始终保持在行业的前沿地位,为电力系统的可持续发展贡献更多力量。

6 结束语

综上所述,信息技术在智能输电线路运检一体化中的应用具有广泛而深远的意义。通过综合运用数据采集与传输、智能化管理平台、设备信息档案库、智能巡检等技术手段,实现对输电线路运行状态的全面、高效管理。提高了运维效率和准确性,降低了运维成本,还为电力系统的安全稳定运行提供了有力保障。未来,随着信息技术的不断发展和创新,智能输电线路运检一体化系统将会更加完善和高效,为电力系统的可持续发展贡献更多力量。

参考文献:

- [1] 蔡志坚. 智能化平台在输电线路运检系统中的应用研究[J]. 电工技术, 2023(S1).
- [2] 杨潇. 智能化平台在输电线路运检系统中的应用[J]. 集成电路应用, 2023(12).

大型燃煤 1000MW 机组低负荷灵活运行技术挑战与解决方案

齐伟光

国能粤台山发电有限公司 广东江门 529228

摘要: 随着全球能源结构的转型和电力市场的深化改革,大型燃煤 1000MW 机组作为传统能源发电的重要力量,其运行灵活性和效率的提升成为行业关注的焦点。特别是在新能源发电比例逐步增加的背景下,电网负荷波动加剧,大型燃煤机组需频繁进行深度调峰,以适应电网需求。然而,机组在低负荷运行时面临诸多技术挑战,如负荷响应迟缓、设备稳定性下降、环保指标难以保证等。本文旨在深入探讨大型燃煤 1000MW 机组在低负荷灵活运行中的技术挑战,并提出相应的解决方案,以期提高机组在低负荷工况下的运行效率和稳定性,为电力行业的可持续发展提供参考。

关键词: 1000MW 机组; 低负荷运行; 技术挑战; 环保指标; 负荷响应; 设备稳定性

引言

大型燃煤 1000MW 机组作为电网中的重要组成部分,其运行稳定性直接影响到电网的安全和可靠供电。随着新能源发电比例的增加,电网负荷波动加剧,大型燃煤机组需频繁进行深度调峰,以适应电网需求。然而,机组在低负荷运行时,面临负荷响应迟缓、设备稳定性下降、环保指标难以保证等挑战。这些挑战不仅影响了机组的运行效率和稳定性,也对电力行业的可持续发展构成了威胁。因此,本文旨在探讨大型燃煤 1000MW 机组在低负荷灵活运行中的技术挑战,并提出相应的解决方案,以期提高机组在低负荷工况下的运行效率和稳定性。

1 大型燃煤 1000MW 机组低负荷运行技术挑战

1.1 负荷响应迟缓

大型燃煤 1000MW 机组在低负荷运行时,负荷响应迟缓是一个显著的技术挑战。由于火电机组能量产生和转换过程复杂,系统换热设备具有很强的热惰性,导致指令与响应之间存在较大的时间延迟。目前电网对自动发电控制(AGC)机组调节速度的考核指标为 1.0%~2.0%Pe/min(额定容量/分钟),但实际运行中往往难以达到这一标准。负荷响应迟缓不仅影响了机组的调峰能力,也对电网的稳定运行构成了威胁。

1.2 设备稳定性下降

机组在深度调峰和快速升降负荷时,运行工况严重偏离设计工况,大量设备运行在非正常状态,导致设备稳定性下降。这主要体现在锅炉燃烧系统、汽轮机系统、辅机系统

等方面。锅炉燃烧系统方面,低负荷运行时,炉膛温度降低,燃烧稳定性变差,可能导致熄火或爆燃等事故。汽轮机系统方面,低负荷运行时,汽轮机蒸汽流量减少,可能导致汽轮机振动增大、轴瓦温度升高等问题。辅机系统方面,低负荷运行时,辅机设备负荷降低,可能导致设备故障率增加、运行效率下降等问题。设备稳定性下降不仅影响了机组的运行安全性,也对机组的可靠性和经济性产生了不利影响。

1.3 环保指标难以保证

大型燃煤 1000MW 机组在低负荷运行时,环保指标难以保证也是一个重要的技术挑战。低负荷运行时,脱硝装置入口烟温降低,可能导致催化剂活性降低,影响脱硝效率,甚至导致催化剂和空预器堵塞,给设备安全稳定运行带来隐患。同时,低负荷运行时,锅炉燃烧效率降低,可能导致烟气中污染物排放浓度增加,对环境保护构成威胁。环保指标难以保证不仅影响了机组的环保性能,也对机组的可持续发展产生了不利影响。

2 大型燃煤 1000MW 机组低负荷运行解决方案

2.1 提升负荷响应速度

为了提升大型燃煤 1000MW 机组在低负荷运行时的负荷响应速度,可以采取以下措施:

采用燃气轮机和蒸汽轮机联合发电机组:利用燃气轮机烟气驱动蒸汽轮机,实现负荷跟踪。燃气轮机具有快速启动和快速调节负荷的能力,可以弥补蒸汽轮机负荷响应迟缓的不足。

优化锅炉燃烧系统:通过调整燃烧器布置、优化燃烧

器参数、提高煤粉细度等措施，提高锅炉在低负荷工况下的燃烧稳定性。同时，采用先进的燃烧控制技术，实现锅炉负荷的快速调节。

优化汽轮机系统：通过高压缸旁路、主蒸汽旁路、高压再热器旁路等技术措施，提高汽轮机在低负荷工况下的调节能力。同时，采用先进的汽轮机控制技术，实现汽轮机负荷的快速调节。

2.2 加强设备稳定性

为了加强大型燃煤 1000MW 机组在低负荷运行时的设备稳定性，可以采取以下措施：

优化锅炉燃烧系统：通过调整燃烧器布置、优化燃烧器参数、提高煤粉细度等措施，提高锅炉在低负荷工况下的燃烧稳定性。同时，采用先进的燃烧控制技术，实现锅炉负荷的快速调节和稳定燃烧。

加强汽轮机系统维护和管理：定期对汽轮机系统进行维护和检修，确保汽轮机处于良好状态。同时，采用先进的汽轮机控制技术，实现汽轮机负荷的快速调节和稳定运行。

优化辅机设备运行参数：根据机组运行工况和负荷变化，及时调整辅机设备运行参数，确保辅机设备处于最佳运行状态。同时，采用先进的辅机设备控制技术，实现辅机设备的快速调节和故障预警。

2.3 改善环保指标

为了改善大型燃煤 1000MW 机组在低负荷运行时的环保指标，可以采取以下措施：

提高脱硝装置入口烟温：采用省煤器烟气旁路、回热抽汽补充给水加热等技术方案，提高 SCR 入口烟温，保证脱硝装置在低负荷工况下的正常运行。同时，优化脱硝装置运行参数，提高脱硝效率。

加强锅炉燃烧调整：通过调整燃烧器布置、优化燃烧器参数、提高煤粉细度等措施，改善锅炉燃烧效率，降低烟气中污染物排放浓度。同时，采用先进的燃烧控制技术，实现锅炉负荷的快速调节和稳定燃烧。

采用先进的环保技术：采用先进的除尘技术、脱硫技术和脱硝技术，提高机组环保性能。同时，加强环保设备的维护和管理，确保环保设备处于良好状态。

加强环保监测和管理：采用先进的环保监测技术和管理手段，实时监测机组环保指标变化，及时发现和处理环保问题。同时，建立环保预警机制，提前采取措施预防环保问

题的发生。

3 案例分析

3.1 某电厂 1000MW 机组低负荷运行优化案例

某电厂 1000MW 机组在低负荷运行时，存在负荷响应迟缓、设备稳定性下降、环保指标难以保证等问题。为了解决这些问题，该电厂采取了以下优化措施：

采用燃气轮机和蒸汽轮机联合发电机组：该电厂引入了燃气轮机，利用燃气轮机烟气驱动蒸汽轮机，实现了负荷的快速调节。通过实际运行测试，该电厂机组的负荷响应速度提高了约 30%，有效解决了负荷响应迟缓的问题。

优化锅炉燃烧系统：该电厂对锅炉燃烧系统进行了优化调整，包括调整燃烧器布置、优化燃烧器参数、提高煤粉细度等措施。通过优化调整，锅炉在低负荷工况下的燃烧稳定性得到了显著提高，烟气中污染物排放浓度也明显降低。

加强汽轮机系统维护和管理：该电厂定期对汽轮机系统进行维护和检修，确保汽轮机处于良好状态。同时，采用先进的汽轮机控制技术，实现了汽轮机负荷的快速调节和稳定运行。通过加强维护和管理，汽轮机系统的稳定性和可靠性得到了显著提高。

采用先进的环保技术：该电厂采用了先进的除尘技术、脱硫技术和脱硝技术，提高了机组环保性能。同时，加强了环保设备的维护和管理，确保了环保设备处于良好状态。通过采用先进的环保技术和加强维护管理，该电厂机组的环保指标得到了显著改善。

通过采取以上优化措施，该电厂 1000MW 机组在低负荷运行时的负荷响应速度、设备稳定性和环保指标均得到了显著提高。实际运行测试表明，该电厂机组的负荷响应速度提高了约 30%，设备故障率降低了约 20%，烟气中污染物排放浓度降低了约 30%。这些优化措施不仅提高了机组的运行效率和稳定性，也为该电厂的可持续发展提供了有力支持。

3.2 某电厂 1000MW 机组低负荷运行环保优化案例

某电厂 1000MW 机组在低负荷运行时，脱硝装置因入口烟温低而退出运行，导致烟气中氮氧化物排放浓度超标。为了解决这一问题，该电厂采取了以下优化措施：

采用省煤器烟气旁路技术：该电厂在省煤器后增设了烟气旁路，将部分烟气绕过省煤器直接引入脱硝装置。通过调整烟气旁路的开度，可以灵活控制脱硝装置入口烟温，

保证脱硝装置在低负荷工况下的正常运行。实际运行测试表明,采用省煤器烟气旁路技术后,脱硝装置入口烟温提高了约 30℃,脱硝效率得到了显著提高。

优化脱硝装置运行参数:该电厂对脱硝装置的运行参数进行了优化调整,包括调整催化剂层数、优化氨气喷射量等措施。通过优化调整,脱硝效率得到了进一步提高,烟气中氮氧化物排放浓度也明显降低。

加强环保监测和管理:该电厂采用了先进的环保监测技术和管理手段,实时监测机组环保指标变化。同时,建立了环保预警机制:通过数据分析,及时发现和处理环保异常问题,确保机组在低负荷运行时的环保指标符合国家标准和环保要求。

通过采取以上优化措施,该电厂 1000MW 机组在低负荷运行时的环保性能得到了显著改善。实际运行测试表明,采用省煤器烟气旁路技术后,脱硝装置入口烟温稳定提高,脱硝效率由之前的 60% 提高至 90% 以上,烟气中氮氧化物排放浓度降低了约 50%,远低于国家标准限值。同时,通过优化脱硝装置运行参数和加强环保监测和管理,该电厂机组的环保指标得到了全面改善,为环境保护和可持续发展做出了积极贡献。

4 大型燃煤 1000MW 机组低负荷运行技术发展趋势

4.1 智能化控制技术

随着人工智能、大数据、云计算等技术的不断发展,智能化控制技术将在大型燃煤 1000MW 机组低负荷运行中发挥越来越重要的作用。通过引入智能化控制技术,可以实现对机组运行状态的实时监测和智能诊断,及时发现和处理设备故障和异常,提高机组的运行稳定性和可靠性。同时,智能化控制技术还可以实现对机组负荷的快速调节和智能优化,提高机组的负荷响应速度和运行效率。

4.2 高效燃烧技术

高效燃烧技术是提高大型燃煤 1000MW 机组低负荷运行效率和环保性能的重要手段。通过采用先进的燃烧器、优化燃烧参数、提高煤粉细度等措施,可以改善锅炉燃烧效率,降低烟气中污染物排放浓度。未来,随着高效燃烧技术的不断发展和完善,将进一步提高大型燃煤机组的运行效率和环保性能,为电力行业的可持续发展提供有力支持。

4.3 环保技术创新

随着环保要求的不断提高,大型燃煤 1000MW 机组需

要采用更加先进的环保技术来满足环保要求。未来,环保技术创新将成为大型燃煤机组低负荷运行技术发展的重要方向。通过研发和应用更加高效的除尘技术、脱硫技术和脱硝技术,可以进一步提高机组的环保性能,降低烟气中污染物的排放浓度。

4.4 能源互联网与综合能源系统

能源互联网与综合能源系统的发展将为大型燃煤 1000MW 机组低负荷运行提供新的发展机遇。通过构建能源互联网和综合能源系统,可以实现多种能源形式的互补和优化利用,提高能源利用效率和灵活性。同时,还可以实现对机组负荷的智能调度和优化分配,提高机组的负荷响应速度和运行效率。未来,随着能源互联网和综合能源系统的不断发展和完善,将为大型燃煤机组的低负荷运行提供更加广阔的空间和更加先进的技术支持。

5 结论与展望

大型燃煤 1000MW 机组在低负荷运行时面临诸多技术挑战,但通过采用先进的优化措施和技术创新,可以有效解决这些问题,提高机组的运行效率和稳定性。本文探讨了大型燃煤 1000MW 机组在低负荷灵活运行中的技术挑战,并提出了相应的解决方案。同时,还分析了大型燃煤机组低负荷运行技术的发展趋势,为电力行业的可持续发展提供了参考。

未来,随着智能化控制技术、高效燃烧技术、环保技术创新以及能源互联网与综合能源系统的发展,大型燃煤 1000MW 机组低负荷运行技术将迎来更加广阔的发展空间。同时,还需要加强技术研发和创新,不断提高机组的运行效率和环保性能,为电力行业的可持续发展做出更大的贡献。在推动大型燃煤机组低负荷运行技术发展的同时,还需要注重能源结构的优化和转型。通过发展新能源和可再生能源,减少对传统化石能源的依赖,实现能源结构的多元化和可持续发展。

总之,大型燃煤 1000MW 机组低负荷运行技术的发展是一个长期而复杂的过程,需要政府、企业、科研机构等多方面的共同努力和合作。通过加强技术研发和创新、优化能源结构、推动政策制定和执行等措施的实施,可以推动大型燃煤机组低负荷运行技术的不断发展和完善,为电力行业的可持续发展做出更大的贡献。

参考文献:

- [1] 王新忠, 刘嘉. 1000MW 机组集控运行技术探讨 [J]. 电力设备, 2018(9):72-74.
- [2] 陈武治. 1000MW 机组低负荷锅炉安全运行分析 [J]. 中国电业与能源, 2023(10):13-15.
- [3] 朱晟辉. 1000MW 燃煤机组低负荷制粉系统运行优化分析 [J]. 当代电力文化, 2023(21):86-88.

作者简介:

齐伟光(1986—), 男, 汉族, 黑龙江省海伦市, 工程师, 大学本科, 研究方向为电力运行。

新能源光伏技术发展趋势与全球能源结构转型策略研究

李清泉

国能长源荆州热电有限公司 湖北荆州 434000

摘要: 在全球能源需求持续增长和环境保护压力日益增大的背景下, 新能源光伏技术在全球能源结构转型中发挥着重要作用。本文旨在深入探讨新能源光伏技术的发展趋势以及全球能源结构转型的策略。通过对光伏技术的现状分析, 结合市场需求、政策支持和技术创新等因素, 预测光伏技术在未来的发展方向。同时, 针对全球能源结构转型所面临的挑战, 提出一系列切实可行的策略, 包括加强国际合作、提高能源效率、推动可再生能源的发展等。

关键词: 新能源; 光伏技术; 发展趋势; 转型

随着全球经济的快速发展和人口的不断增长, 对能源的需求也日益增加。传统的化石能源不仅面临着资源枯竭的危机, 而且其燃烧过程中产生的大量温室气体和污染物对环境造成严重的破坏。因此, 寻找清洁、可再生的能源成为全球能源发展的必然趋势。新能源光伏技术作为一种重要的可再生能源技术, 具有无污染、可持续、分布广泛等优点, 受到越来越多的关注和重视。

1 能源结构转型中光伏技术面临的挑战

1.1 成本与利润问题

光伏电站的成本主要由设备及安装工程费、建筑工程费、其他费用、基本预备费、建设期利息五部分构成。其中, 设备及安装费包含发电设备(光伏组件、逆变器、汇流箱、支架、电力电缆、接地)、升压站变电设备、控制保护设备、通信设备及其他设备的设备费及安装费用, 占比较大^[1]。2022年我国地面光伏系统的初始全投资成本为4.13元/W左右, 其中组件约占投资成本的47.09%。根据2023年数据, CPIA(中国光伏行业协会)发布的《中国光伏产业发展路线图》中写明: 2023年, 我国地面光伏系统的初始全投资成本为3.4元/W左右, 其中组件约占投资成本的38.8%, 非技术成本约占16.5%(不包含融资成本)。

1.2 转换效率的瓶颈

当前光伏电池转换效率提升的瓶颈和难点主要有以下方面: 一是异质结界面复合引起的巨大开路电压损失。自2013年以来, 铜锌锡硫太阳能电池转换效率长期停滞在12.6%, 远低于第二代太阳能电池铜铟镓硒电池的23.35%。研究发现, 限制铜锌锡硫太阳能电池性能的关键问题之一是异质结界面

复合引起的巨大开路电压损失, 且目前对异质结界面缺陷的形成机制还不清楚。二是设备和耗材昂贵。例如, 异质结电池生产设备和常规晶硅电池路线不兼容, 需投资建设全新的生产线, 推广初期成本较高^[2]。同时, 异质结电池的银用量也高, 增加了成本。三是稳定性和寿命问题。钙钛矿电池的稳定性和寿命仍需进一步提高, 以满足长期运行的需求。

1.3 市场竞争的影响

市场竞争对光伏企业生存压力和行业发展的影响主要表现在以下方面: 一是价格竞争加剧。随着光伏产业的快速发展, 市场竞争日益激烈, 企业之间的价格战不断升级。导致光伏产品价格持续下降, 企业利润空间受到挤压^[3]。二是技术创新压力增大。为在激烈的市场竞争中脱颖而出, 企业必须不断加大技术创新投入, 提高产品的转换效率和质量, 降低成本。三是行业整合加速。市场竞争促使行业整合加速, 一些规模较小、技术落后的企业将被淘汰, 行业集中度将不断提高。

2 新能源光伏技术发展趋势

2.1 技术不断进步

近年来, 光伏电池的转换效率不断提高, 研究人员通过改进电池的材料、结构和制造工艺等方面, 不断突破光伏电池效率的极限。例如, 采用新型的半导体材料、优化电池的结构设计以及采用更先进的制造工艺等, 显著提高光伏电池的转换效率。目前, 实验室中光伏电池的转换效率已达到较高的水平, 未来有望进一步提高。首先, 高效光伏电池技术的发展, 将降低光伏发电的成本, 提高光伏发电的竞争力^[4]。随着光伏电池效率的不断提高, 光伏发电的成本将逐渐降低, 与传统化石能源的成本差距将不断缩小, 使得光伏

发电在更多的地区和领域得到广泛的应用。其次，光伏组件的可靠性和稳定性，是影响光伏发电系统长期运行的关键因素。随着技术的不断进步，光伏组件的质量和性能得到显著提高。例如，采用更先进的封装材料和工艺，可提高光伏组件的抗老化、抗腐蚀和抗紫外线能力，延长光伏组件的使用寿命。第三，光伏组件的智能化监测和管理技术也在不断发展。在光伏组件中集成传感器和通信模块，可实时监测光伏组件的运行状态，及时发现和解决潜在的问题，提高光伏发电系统的可靠性和稳定性。第四，随着物联网、大数据和人工智能技术的发展，智能光伏系统将成为未来的发展趋势。智能光伏系统能够实现对光伏组件的实时监测、故障诊断和自动优化，提高系统的可靠性和发电效率。通过数据分析和预测，智能系统还可以根据天气情况和用电需求进行智能调度，实现能源的高效利用^[5]。

2.2 产业规模持续扩大

随着全球对清洁能源的需求不断增加，光伏市场的需求也呈现出快速增长的趋势。一方面，根据国际能源署的数据，未来几年全球光伏市场的年均增长率将保持在较高的水平。尤其是在一些新兴市场，如亚洲、非洲和拉丁美洲等地区，光伏市场的增长潜力巨大。光伏市场需求的增长推动光伏产业的规模不断扩大，越来越多的企业将进入光伏产业，加大对光伏技术的研发和生产投入，提高光伏产品的质量和性能，降低光伏产品的成本，以满足市场的需求。另一方面，光伏产业的发展离不开产业链的协同支持，随着光伏产业规模的不断扩大，光伏产业链的各个环节之间的协同效应也将不断增强。例如，光伏电池的生产企业需要与原材料供应商、设备制造商、组件生产企业等密切合作，共同推动光伏产业的发展^[6]。此外，光伏产业的发展也将带动相关产业的发展，如储能技术、智能电网技术等，进一步提高光伏发电的利用效率和稳定性，促进光伏产业的可持续发展。

2.3 应用领域不断拓展

分布式光伏发电是指在用户现场或靠近用电现场配置较小的光伏发电系统，以满足特定用户的用电需求。首先，与集中式光伏发电相比，分布式光伏发电具有投资小、建设周期短、灵活性高等优点，适合在城市、农村、工业园区等地区推广应用。随着分布式光伏发电技术的不断成熟和成本的不断降低，分布式光伏发电的应用领域将不断拓展。例如，在城市建筑中，将光伏发电系统与建筑一体化设计，实

现建筑物的自我供电；在农村地区，可利用农户的屋顶、庭院等空间建设分布式光伏发电系统，为农户提供清洁的电力供应；其次，光伏+储能技术是将光伏发电系统与储能系统相结合，实现光伏发电的储存和调节，提高光伏发电的利用效率和稳定性。随着储能技术的不断发展和成本的不断降低，光伏+储能技术的应用前景广阔^[7]。光伏+储能技术可应用于分布式光伏发电系统、微电网系统、大型电站等领域。例如，在分布式光伏发电系统中，配备储能系统可以实现光伏发电的平滑输出，提高电能质量；此外，在微电网系统中，光伏+储能技术可作为主要的电源供应，提高微电网的可靠性和稳定性；在大型电站中，光伏+储能技术可用于调峰填谷，提高电站的经济效益。

3 全球能源结构转型策略

3.1 政策支持与引导

一方面，各国政府应制定明确的可再生能源发展目标，明确可再生能源在能源结构中的占比和发展时间表。例如，欧盟制定了到2030年可再生能源占能源消费总量的32%的目标，我国制定了到2030年非化石能源占一次能源消费比重达到25%左右的目标。制定可再生能源发展目标，为能源结构转型提供明确的方向和目标，引导企业和社会资本加大对可再生能源的投资和开发力度。另一方面，政府应出台一系列支持可再生能源发展的政策和法规，如补贴政策、税收优惠政策、可再生能源配额制度等，以降低可再生能源的开发成本，提高可再生能源的市场竞争力，促进可再生能源的发展。此外，加强对光伏产业的政策监管，规范市场秩序，防止市场垄断和不正当竞争。建立严格的产品质量标准和认证体系，保障光伏产品的质量和安全性。加强对光伏发电项目的审批和监管，确保项目的建设符合环保、土地等相关政策要求。

3.2 加强国际合作

首先，各国应加强在新能源光伏技术领域的技术交流与合作，共同推动光伏技术的创新和发展。例如，建立国际合作研发项目、开展学术交流活动、共享技术成果等方式，促进各国在光伏技术领域的合作与发展。技术交流与合作可加快光伏技术的研发和推广应用，降低技术研发成本，提高光伏技术的水平和竞争力。其次，各国应加强在能源贸易和投资领域的合作，促进可再生能源的跨国流动和投资。例如，建立能源贸易合作机制、开展能源投资项目等方式，加强各国在可再生能源领域的合作与发展。第三，能源贸易与投资

可优化全球能源资源的配置,提高可再生能源的利用效率,促进全球能源结构的转型和可持续发展。最后,在全球应对气候变化的框架下,加强各国在新能源光伏领域的合作。通过发展光伏等清洁能源,减少温室气体排放,为全球气候治理做出贡献。加强国际间在碳交易、绿色金融等方面的合作,为光伏产业的发展提供更多的资金支持和市场机遇。

3.3 提高能源效率

提高能源效率是全球能源结构转型的关键之一。在工业领域,可采用高效节能设备、加强能源管理与监测、推进循环经济模式等方法提高能效。例如,使用效率更高的锅炉、电机和照明设备,可降低消耗电能的数量,提高单位能源产出。在具体实践中,利用现代信息技术手段,实现对能源消耗的实时监控和分析,有针对性地提出优化方案,有效提高能源利用效率。在交通领域,推广电动汽车、优化交通路线等措施可以降低能源消耗。此外,建筑节能也是提高能效的重要领域,采用新型建筑材料、优化建筑设计、提高建筑能源管理水平等措施,可降低建筑能耗。最后,政府还应加强对企业的节能管理,制定节能标准和规范,引导企业加强节能技术改造,提高能源利用效率。

3.4 技术驱动创新

首先,各国应加大对新能源光伏技术研发的资金投入,支持科研机构和企业开展关键技术的研究和创新。建立国家级的科研平台和实验室,集中优势力量攻克光伏技术中的难题,如提高转换效率、降低成本、延长电池寿命等,鼓励企业加强自主创新能力,提高核心竞争力。其次,加强产学研之间的合作与交流,促进科技成果的转化和应用。建立企业与高校、科研机构的合作机制,共同开展技术研发项目和人才培养。通过产学研合作,加快新技术的产业化进程,提高光伏产业的整体技术水平。第三,重视新能源光伏领域专业人才的培养,建立完善的人才培养体系。在高校和职业院校中开设相关专业和课程,培养一批具有扎实理论基础和实践能力的专业人才。第四,加强对在职人员的培训和继续教育,提高从业人员的技术水平和创新能力。最后,智能电网技术是提高能源利用效率和稳定性的重要手段,各国应加大对智能电网技术的研发和应用力度,建立智能化的电力系统,实现电力的优化调度和分配。同时,智能电网技术可提高电力系统的可靠性和稳定性,降低电力损耗,提高能源利用效率,为可再生能源的发展提供有力的支持。

3.5 市场拓展与培育

各国应积极消除贸易壁垒,促进光伏产品的自由贸易。加强国际间的贸易协商和合作,解决光伏产品贸易争端,建立公平、开放的全球光伏市场。同时,国内市场也应打破地区封锁和行业垄断,为光伏企业创造良好的市场竞争环境;除传统的电力市场,积极拓展光伏在其他领域的应用场景。如推动光伏在交通、通信、储能等领域的应用,开发离网式光伏发电系统,满足偏远地区和特殊场景的能源需求。鼓励企业开展光伏扶贫、光伏养老等创新模式,拓展光伏市场的社会价值和经济效益;此外,加强对公众的宣传和教育,提高公众对新能源光伏技术的认知和接受度。采取举办科普活动、媒体宣传等方式,向公众普及光伏发电的原理、优势和发展前景,增强公众的环保意识和能源意识。鼓励公众参与分布式光伏发电项目,形成全社会支持新能源发展的良好氛围。

4 结论

新能源光伏技术作为一种重要的可再生能源技术,具有广阔的发展前景和巨大的发展潜力。随着技术的不断进步、产业规模的不断扩大和应用领域的不断拓展,光伏技术将在全球能源结构转型中发挥越来越重要的作用。同时,全球能源结构转型也需要各国政府的政策支持和引导、国际合作以及提高能源效率等多方面的努力。只有通过全社会的共同努力,才能实现全球能源结构的转型和可持续发展。

参考文献:

- [1] 迟博文. 对新能源光伏技术探讨[J]. 建筑工程技术与设计,2017(23):872-872.
- [2] 曹旭平,朱福兴,王任. 新能源产业出口技术结构的动态变迁[J]. 中国科技论坛,2019(7):76-83.
- [3] 丁文师. 新能源光伏发电技术原理及应用探讨[J]. 水利电力技术与应用,2024,6(15).
- [4] 刘孝杰. 新时期新能源光伏发电的关键技术运用探究[J]. 中国战略新兴产业,2024(6):119-121.
- [5] 莫非. 浅析风电、光伏等电力新能源对实现碳达峰中的作用和影响[J]. 电脑采购,2022(16):52-54.

作者简介:

李清泉(1991--08),男,汉,湖北荆州,助理工程师,硕士研究生,光伏技术

电力配电网线损降损技术分析

薛浩然¹ 李晨晨¹ 王虎²

1. 国网山东省电力公司济宁供电公司 山东济宁 272000

2. 益海嘉里(兖州)粮油工业有限公司 山东济宁 272000

摘要: 配电网线损是电力系统运行中不可避免的问题,它直接影响到电力系统的经济性和可靠性。本文通过对配电网线损的分类及其影响因素进行深入探讨,并提出相应的降损措施。研究表明,通过合理规划电网建设、提高运行效率、加强设备改造以及优化变压器配置等手段,可以有效降低线损率,从而提升电力系统的整体性能。此外,本文还强调了在实施降损措施过程中需考虑的实际操作性和经济效益。

关键词: 配电网线损; 电网建设; 运行效率; 设备改造; 变压器配置

引言

随着社会经济的发展和人民生活水平的不断提高,电力需求日益增长,这给电力系统的安全稳定运行带来了新的挑战。其中,配电网线损作为电力系统运行中的一个重要指标,其高低直接关系到电力企业的经济效益和社会资源的有效利用。因此,研究如何有效降低配电网线损具有重要的现实意义。

1 配电网线损的分类

1.1 技术线损

配电网中的技术线损主要由电路元件固有的电气特性决定,包括但不限于电阻损耗与电抗损耗。电阻损耗源于电路中导体的电阻效应,当电流流经导体时,必然会产生热量,这部分热量即为电阻损耗。该类损耗与电流强度的平方成正比,与导体的电阻值成正比,因此,在配电网的设计与维护阶段,选用电阻率较低的材料作为输电线材,并且合理规划电网结构以减少电流路径长度,均是降低电阻损耗的有效途径。与此同时,电抗损耗则源自电路元件的电感与电容特性,尤其是在交流电系统中,由于电感与电容的存在,会导致电流与电压之间出现相位差,进而产生无功功率流动,最终转化为热能形式散发掉。电抗损耗同样不可忽视,尤其是在高压输电与变压器等环节更为显著,采取适当的补偿措施,如安装并联电容器组来平衡系统中的无功功率分布,是抑制电抗损耗的关键措施之一。

1.2 管理线损

不同于技术线损所涉及的物理特性,管理线损更多地

与电力系统的运营模式相关,通常由计量误差、非授权用电活动(如窃电)以及电力设备维护不当等因素引起。计量误差的发生往往源于计量仪器的精度限制或者长期使用后的磨损老化,使得实际用电量与记录数值之间存在差异。为了解决这一问题,定期对计量设备进行校验与更新显得尤为重要。此外,非授权用电活动不仅侵犯了电力公司的合法权益,还可能导致电网的不稳定运行,甚至引发安全事故。对此,建立有效的监控机制与法律体系,加大对非法行为的查处力度,是防范此类线损的有效手段。最后,电力设备的正常运行依赖于细致周到的维护保养,任何疏忽都可能引起不必要的能耗增加,因此,制定并严格执行设备检修计划,及时排查与修复潜在故障,同样是降低管理线损不可或缺的一环。

1.3 综合线损

在实际应用中,技术线损与管理线损并非孤立存在,二者常常交织在一起共同作用于整个配电网系统。例如,在某些情况下,管理上的疏漏可能会间接导致技术线损的加剧,反之亦然。因此,在评估配电网线损时,应当全面考量这两类线损之间的相互影响,并采取综合性措施加以应对。具体而言,这不仅需要从技术角度出发,通过改进电网结构与设备性能来减少电阻与电抗损耗,还需要从管理层面入手,建立健全规章制度,增强员工的责任意识,提升服务质量,从而共同推动配电网线损向着更加可控与可持续的方向发展。

2 影响配电网线损的因素

2.1 电力线路不合理

电力网络的设计与布局若未能遵循科学合理的规划原

则, 极易导致电流传输路径冗长或出现网络结构上的瓶颈问题。在这种情况下, 电力传输过程中所经历的距离增加, 不仅使得电能传输效率下降, 更因为电流在较长距离内持续通过电阻较高的线路, 导致无功功率的额外消耗与电压水平的下降。电压降落现象尤其在高峰用电时段表现得尤为明显, 进一步加剧了电力系统的负担。不仅如此, 不合理布置的电力线路还可能引发局部电网的过载状况, 使得原本正常的电力分配系统面临不稳定的风险, 增加了维护难度与成本。此外, 由于电力传输路径的延长, 电力公司在进行故障定位与检修作业时也面临更大挑战, 这无疑进一步提高了电力供应的不确定性与不可靠性。

2.2 接户线线径小

在电力配送系统中, 接户线作为连接终端用户与主干电网的最后环节, 其截面积的选择至关重要。倘若接户线径过小, 那么在电力需求高峰期, 尤其是当用户端负载急剧增加时, 较小直径的导线将难以承受瞬时电流的冲击, 从而产生显著的电压降现象。电压降不仅影响用户端电器设备的正常运作, 还会导致电力传输效率低下。更重要的是, 电流通过截面积不足的导线时会产生额外的热能损失, 这种热损耗既减少了电能的有效利用率, 也对电力系统的安全构成威胁。随着时间推移, 持续的高温环境还可能加速接户线材料的老化过程, 降低其使用寿命, 增加维修频率, 最终形成恶性循环, 使电力公司面临更高的运营成本。

2.3 计量装置陈旧

在电力系统运行过程中, 计量装置承担着准确记录电力消耗量的重要职责。然而, 当这些装置因技术落后或长时间服役而变得陈旧时, 便无法精确地测量实际使用的电量。这种精度缺失不仅表现在读数上的偏差, 还在于计量装置自身运行过程中所消耗的电能。这些额外的能耗尽管看似微不足道, 但在大规模应用背景下, 累积起来却是一笔不小的数目。此外, 由于测量结果的不准确, 电力公司在电费结算、需求预测等方面的工作都会受到负面影响, 进而影响到电力市场的公平竞争与资源的有效配置。长期以往, 陈旧计量装置的存在还将削弱用户对电力服务的信任度, 损害电力公司的公众形象。

2.4 供电半径过大

供电区域的广泛分布意味着电力从发电站传输到最终用户的过程中需要跨越更长的距离。这一方面增加了电力传

输线路的总长度, 导致单位距离内的电阻损耗随之增加; 另一方面, 由于电力传输距离的延长, 电网末端用户的电压稳定性受到了显著影响。在极端情况下, 电压波动可能超出允许范围, 严重影响用户的用电体验, 甚至引发设备损坏。此外, 供电半径的扩大还使得电力公司在电网维护与应急响应方面的难度加大, 增加了电力系统整体的脆弱性。在极端气候条件下, 这种脆弱性将变得更加明显, 电力中断的风险也随之上升, 对社会生产和居民生活造成不利影响。

2.5 变压器容量过小

变压器作为电力配送系统中的关键组件, 负责调整电压等级以适应不同用户的需求。然而, 若变压器的容量设计偏小, 则在实际运行中容易遭遇重载或超载状态。这种状态下, 变压器内部的铁芯与绕组将承受更大的电磁应力, 导致铁损和铜损显著增加。铁损主要来源于磁滞损耗与涡流损耗, 而铜损则是电流通过绕组时产生的电阻损耗。两者共同作用下, 不仅降低了电力转换效率, 还加速了变压器的老化过程。此外, 变压器频繁处于调节状态, 以适应变化的负荷需求, 这种频繁调节同样会增加机械磨损, 缩短设备寿命, 并增加电力系统运行的不确定性和风险。

3 降低配电网线损的对策

3.1 加快配电网建设

配电网建设步伐的加快旨在通过科学规划与合理布局, 从根本上改善现有电网结构, 实现缩短供电距离的目标, 进而有效减少无功功率在传输过程中的损耗。这一措施的核心在于对电力需求趋势进行精准预测, 并据此制定出既能满足当前电力负荷又能适应未来发展的电网建设方案。通过运用先进的电力负荷预测模型和技术, 能够准确把握地区经济发展对电力需求的变化趋势, 从而指导电网扩建与改造的方向。科学规划还包括对电网拓扑结构的优化, 通过合理配置变电站位置与数量、调整线路走向与连接方式, 确保电力传输路径最短, 减少无功功率的损耗。通过优化电网架构, 不仅能够提升电力传输的效率, 还能在一定程度上缓解由于电力输送距离延长而导致的电压降问题。电压降不仅影响电力服务质量, 还增加了电网的运行成本。缩短供电距离, 可以有效降低电压降幅度, 提高电力供应的可靠性和稳定性。此外, 合理规划还包括对电网扩展区域的选择与设计, 确保新建线路能够最大程度地覆盖目标用户群体, 同时考虑到地理环境因素的影响, 尽可能避免穿越地形复杂的区域, 从而降

低施工难度与后续维护成本。

3.2 提高配电网线路的运行效率

采用高效节能的导线材料与优化电网调度策略相结合的方式,旨在提升配电网线路的传输效率。新材料的应用,如铝合金复合材料等,相较于传统铜铝导线具有更低的电阻率与更好的机械强度,能够在相同条件下减少电阻损耗,提高电能传输的质量。与此同时,通过引入先进的智能电网技术,实现对电力负荷动态变化的实时监测与快速响应,有助于在保障供电可靠性的前提下,最大限度地减少因电阻产生的热能损失。此策略还涉及到对电力调度算法的优化,确保电网在不同时间段内均能保持较高水平的运行效率,减少无效电能消耗,实现能源利用的最大化效益。

3.3 加大配电网设备的改造力度

针对电力系统中显现功能衰退迹象或技术落后的设备,实施系统化的更新换代计划,特别是聚焦于那些能耗水平偏高且故障频发的装置,及时引入性能优越的新一代产品予以替换。这一策略不仅能够有效抑制设备运行期间的能耗水平,减少由于设备老化而引发的维护开支与非计划性停机事件,而且从根源上消除了电力传输环节中存在的非必要损耗。值得注意的是,新一代设备普遍集成高度智能化与自动化技术,不仅提升了单体设备的工作效能,还促进了电力系统整体运行的协调一致与响应速率,进一步优化了电网的运作状态。智能化与自动化的深度融合,不仅简化了电网管理流程,增强了电力系统的稳定性与可靠性,还为未来电力系统的智能化转型奠定了坚实基础。

3.4 优化变压器容量及选址

针对电力系统中显现功能衰退迹象或技术落后的设备,实施系统化的更新换代计划,特别是聚焦于那些能耗水平偏高且故障频发的装置,及时引入性能优越的新一代产品予以替换。这一策略不仅能够有效抑制设备运行期间的能耗水平,减少由于设备老化而引发的维护开支与非计划性停机事件,而且从根源上消除了电力传输环节中存在的非必要损耗。例如,老旧的变压器和开关设备由于设计上的局限,往往在重载条件下表现出较高的铁损和铜损,导致整体能效下降。通过采用新型高效变压器和其他先进电力设备,可以在保证电力供应质量的同时,大幅度降低能耗。新一代电力设备普遍集成了高度智能化与自动化技术,不仅提升了单体设备的工作效能,还促进了电力系统整体运行的协调一致与响

应速率,进一步优化了电网的运作状态。例如,智能断路器和带有远程监控功能的变电站自动化系统,能够实时监测电网状态,快速识别故障点,并自动执行保护动作,从而减少故障对电网稳定性的负面影响。

3.5 增强电力计量准确性

通过定期校验与适时更新不符合现行技术标准的计量装置,确保电力消费数据采集工作的准确无误,杜绝由于计量误差所引发的额外线损现象。此举措要求建立起一套行之有效的计量设备检测与维护制度,涵盖从初始安装调试到后续定期校正的全过程管理。同时,积极推广使用具备更高精度与更好稳定性的新型计量器具,逐步淘汰那些因技术落后或长期使用而逐渐失准的老旧设备。此外,还需加强对计量人员的专业培训与考核,提升其业务素质与操作技能,确保每一项计量操作都能严格按照规范执行,保障电力计量工作的公正性与权威性。

3.6 强化电网管理与维护

构建完善的管理体系,涵盖电网设施的日常巡查、预防性维护以及应急抢修等多个方面,确保电网处于良好运行状态。这一策略要求制定详尽的操作规程与应急预案,明确各岗位职责分工,落实责任到人,确保每一环节都有专人负责,每一个细节都不被忽略。在此基础上,还应充分利用现代信息技术手段,如物联网平台、大数据分析工具等,实现对电网状态的全天候监控与智能化诊断,提前预警潜在故障点,减少突发事件对电力供应的影响。通过强化管理与维护工作,不仅能够提高电网的安全可靠性,还能从根本上减少由于设备故障或人为失误造成的电力损耗。

4 结语

综上所述,降低配电网线损是一个系统工程,需要从多方面入手,既要注重电网基础设施建设和设备升级,也要强化电网运维管理水平。只有综合施策,才能有效地控制和减少配电网线损,实现电力资源的高效利用。同时,随着技术的进步,不断探索新的降损技术和方法也将成为未来工作的重要方向。

参考文献:

- [1] 许婉珊. 电力配电网线损降损技术分析 [J]. 电力设备管理, 2024,(16):262-264.
- [2] 孙宏. 电力配电网线损的降损技术研究 [J]. 科学技术创新, 2020,(16):34-35.

[3] 梁志刚 . 电力配电网线损的降损技术探析 [J]. 电子制作 ,2017,(12):84-85.

[4] 石刚,张振,宋强,等 . 基于大数据的配电网线损检测与降损改善措施 [J]. 信息技术与信息化 ,2024,(09):132-135.

[5] 巩磊 . 台区线损故障及降损中的电能计量技术应用 [J]. 集成电路应用 ,2024,41(09):282-283.

作者简介:

薛浩然(1989—),男,汉族,山东省济宁市,中级工程师,硕士研究生 研究方向 配电网精益化运维管理方向。

李晨晨(1990—),男,汉族,山东省济宁市,中级工程师,硕士研究生 研究方向 配电网精益化运维管理方向。

王虎(1986—),男,汉族,山东省济宁市,高级工程师,大学本科 研究方向 电网节能。

电厂热工自动化技术应用现状及研究展望

张翔辉¹ 郭明愚¹ 朱锋¹ 李娜²

1. 华能日照电厂 山东日照 276826

2. 华能青岛热电有限公司 山东青岛市 266409

摘要: 近年来,我国电力事业在先进的科技技术进步的推动下,获得了显著的进步和发展。得益于政策的支持,电厂不断扩容,提高装机容量发电厂也正逐步提升热工自动化技术。相较于过去,发电厂已实现重大突破,热工监控范围得以拓展,从而在运行过程中显著提升了电厂运行的安全性和经济性。本文将首先简要概述电厂热工自动化,进而分析其应用现状,以及热工自动化技术在电厂的应用,并最后对其未来研究展望进行探讨分析。

关键词: 电厂;热工自动化技术;运行安全性;应用;未来研究展望

引言

作为现代科技的重要组成部分,电厂热工自动化技术具有无比广阔的发展前景。随着我国电力市场的不断深化改革,电力行业将面临更加激烈的竞争。因此,持续创新和提升热工自动化技术水平,将成为电力企业核心竞争力的重要体现。

在未来,我国电力部门将继续加大对热工自动化技术的研发和应用力度,推动电力行业向高效、绿色、智能化的方向发展。通过引进国际先进技术,加强自主研发,培养专业人才,不断提升我国电厂热工自动化技术的国际竞争力^[1]。

1. 火力发电厂的热工自动化技术

热工自动化技术在火力发电厂中发挥着关键作用。此技术运用于火力发电厂,可确保设备的安全性有效运用,让自动化机组可充分发挥其经济性,让工作人员劳动强度大大减轻,还可明显改善作业环境。一般来说,热工自动化技术主要是借助计算机及网络技术来对电厂设备进行自动化控制,并通过自动化仪表来提供电厂运营中的各种参数,还可对所观测到的相关数据信息实施自动化处理,并对设施实施智能化管控,一旦发现问题便能自动发出警报并实施保护。这主要依赖于主机、辅助设备以及公共系统等环节的智能化来达到。热工自动化技术可实行自动检测,它的自动控制系统可自动调节和实行电厂生产过去的自动化运行,还具备自动报警机制。它的自动检测设备可对系统参数进行自动化检测,当检测,发现参数达到预设阈值时,即时启动关闭设备,以防止对设备产生进一步损害,从而最大程度降低电厂损失。

2. 火力发电厂中热工自动化技术的发展现状

现阶段,我国在逐步改造火电厂的发现机组,而分散控制系统(DCS)则在火电厂自动化系统中得到了广泛运用。我国的DCS控制系统与国外相比,还存在一定的差距,电厂相关技术人员可借助国外对DCS系统的运用及研发,国外DCS具有维护成本低的优势,这一点值得我们借鉴。但是,国外DCS进口价格较高。此外,我国DCS控制系统投入成本不高,自动化程度也相应不高。在机组维护方面需要投入大量人力,这也需要很高的人工成本。基于此,大多数电厂均借鉴国外DCS系统的先进技术,在自主研发,但这需要一个长期优化及完善的过程。

当前,我国相关部门也强化了对于自动化技术的研发投入,主要方式为引入进口分散式控制系统(DCS)后,再由相关技术人员自主完成有关程序的编制,但是,这一套程序编制过程繁琐复杂,须由具备高素质专业人才承担编写工作。即便如此,仍有可能出现程序设计不合理或存在其他瑕疵的情况,这将给实际应用带来潜在风险,需在调试过程中积极排查问题^[2]。

3. 热工自动化技术在电厂中的应用

3.1 热工自动化仪表系统

电厂热工仪表自动化技术能够实现对电厂热能电力参数的精准且高效的检测与监控,从而显著降低生产事故的发生概率,以让电厂生产安全性更高。

这套技术是将热能工程控制理论、电子计算机技术与高智能设备仪表有机结合,以实现仪表系统的自动化控制。

热工自动化仪表系统是一套智能化设备，集聚了智能化先进技术，可自动控制锅炉蒸汽设备及其他相应设备，保障电厂发电机组自动化安全可靠运行。

3.2 热工自动化测量系统

热工自动化测量系统在现代工业生产中起着至关重要的作用。它涵盖了温度、压力（真空）、流量、料位及液位等多个方面的测量，为生产过程的监控和管理提供了关键的数据支持。

首先，在温度测量方面，热工自动化系统主要运用热电偶或热电阻传感器。热电偶作为一种温度传感器，其工作原理基于热电效应，能够将温度变化转化为电压信号。热电阻传感器则通过测量电阻值的变化来反映温度变化。这两种传感器在精确度、响应速度和稳定性等方面表现出色，广泛应用于各种工业场合。

其次，压力（真空）测量是热工自动化系统的另一个重要组成部分。压力测量主要依赖于采用电阻电容检测或位移检测原理的变送器。其中，传感器类型包括但不限于应变原理的弹簧管、膜片等。这些传感器具备较高的测量精度和稳定性，能在各类严酷环境下保持正常运行。二次仪表多以数显形式呈现，便于实时监控和数据记录。在流量测量领域，热工自动化系统主要运用差压原理来实现对标准节流件的测量。这种方法因其简洁、可靠且高精度而广受欢迎，适用于各类气体和液体的流量测定。部分情况下，也会使用涡轮流量计或齿轮流量计。涡轮流量计以其较高的测量精度、较宽的测量范围和良好的抗干扰性能而受到青睐。齿轮流量计则以其结构简单、维护方便等优点在某些场合得到应用。以下是料位测量部分。料位测量主要依赖于电容式或称重式传感器，并配合 4 ~ 20mA 变送器进行操作^[3]。

电容式传感器通过测量料位与探头之间的电容变化来判断料位高低，具有响应快、抗干扰能力强等优点。称重式传感器则是利用物料对传感器载荷的作用，将料位变化转换为重量变化。这两种传感器在各种料位测量场合得到了广泛应用。此外，部分场合还会采用超声波原理或浮子式测量方法。

最后是液位测量。液位测量通常采用压差原理，并通过压力补偿机制实现。传感器通过检测液位两侧的压力差，将其转换为电信号输出。压力补偿机制能够有效地消除温度、密度等因素对测量结果的影响，确保测量精度。液位测量系

统在化工、石油、食品等行业具有重要影响力。

总之，热工自动化测量系统在电厂发挥了重要作用。从温度、压力、流量、料位到液位，各种测量手段相互配合，为电厂生产提供准确、实时的数据支持。随着科技的不断进步，热工自动化测量系统将在未来继续发挥重要作用，为我国工业发展贡献力量。

3.3 热工自动化安全系统

电厂热工自动化安全系统作为电厂热工自动化设备的核心部分，其功能至关重要。它主要包括火灾报警系统、温度控制系统、压力控制系统、液位控制系统等，这些系统相互配合，共同确保电厂热工自动化设备的稳定运行。此外，安全系统还通过实时监测环境参数，如温度、压力、湿度和氧气浓度等，及时发现潜在的安全隐患，并通过预警系统进行报警，以防止事故的发生。

在实际运行过程中，电厂热工自动化安全系统发挥着重要作用。首先，通过对热工自动化设备进行实时监控，确保设备在正常工作状态下运行，防止设备过热、过压等异常情况的发生。其次，通过控制系统对设备的工作状态进行调整，使其在最佳工作状态下运行，提高发电效率。同时，安全系统还可以在紧急情况下，如设备故障或操作失误等，自动启动应急预案，确保电厂的安全稳定运行。

此外，电厂热工自动化安全系统还具有人机交互功能，操作人员可以通过界面直观地了解设备运行状态，实时掌握各项参数，便于进行故障排查和维护。同时，系统还可以对操作人员进行身份验证和权限管理，防止未经授权的人员操作设备，确保电厂的安全运行^[4]。

3.4 热工自动化网络服务系统

为了提升数据传输效能，电力热工自动化系统采用了尖端的网络隔离技术。此项技术具备数据分流下载的功能，减少数据端口的重复传输，降低资源浪费。从而减少系统资源的浪费。

在实际应用场景中，网络隔离技术能够发挥显著作用，抵御网络攻击，确保系统安全稳定运行。

此外，热工自动化系统还具备以下优势：

1. 实时监控：通过网络通讯服务器终端，系统可以实时收集各生产部门的工作数据，为公司管理层提供精确、高效的决策支持。

2. 数据分析：系统可以对收集到的数据进行整理和分析，

发掘潜在的瑕疵与风险，有助于预先实施对策以进行规避。

3. 远程控制：借助热工自动化系统，电厂管理人员能够实现远程操控，实时掌握设备运行状况，进行故障排查和设备维护。

4. 系统集成：热工自动化系统可以与其他电厂管理系统（如DCS、SCADA等）无缝集成，形成一个统一的管理平台。

5. 节能减排：通过实时监控和数据分析，电厂能够更为精确地调控生产流程，从而降低能源损耗，减轻污染物排放。

总之，电力热工自动化系统通过网络通讯服务器终端、智能网络终端、信息传输服务器和先进的网络隔离技术，实现了对电厂各个部门的统一管理和高效数据传输。这一系统不仅提高了生产效率，还有助于实现绿色环保的生产目标。在我国电力行业发展中，热工自动化系统具有广泛的应用前景。

3.5 热工自动化控制系统

热工自动化系统在我国的应用已经达到了世界领先水平。随着科技进步，部分大型企业已成功实现电厂装机控制“一键化”操作模式。该操作模式显著提升了电厂运行效率与安全性，降低了人工干预的必要性，使得电厂可以实现更加智能化、自动化的生产管理。

此外，热工自动化系统还具有以下优点：

1. 提升生产效能：通过全面监控生产流程并实施自动化控制，热工自动化系统有助于提高生产效能，同时降低人力成本。

2. 优化生产流程：热工自动化系统可以对生产流程进行优化，降低非必需的消耗，提升资源运用效率。

3. 实时故障监测与预警：热工自动化系统可以实时监测故障，并及时发出预警，有助于防止事故的发生，提高电厂的安全性。

4. 节能减排：通过对能源供给系统的优化控制，热工自动化系统可以降低能源消耗，减少排放，有助于实现绿色低碳发展。

5. 提高管理水平：热工自动化系统可以为电厂提供大量实时数据，有助于企业提升管理质量，作出更加明智、合理的决策。

总之，在我国，热工自动化技术已达到世界领先水平，未来有望在更多大型企业中得到广泛应用。

5. 电厂热工自动化技术研究展望

5.1 电厂热工自动化技术智能化控制普及

针对当前的发展趋势，各行各业皆向着智能化方向。电厂热工自动化技术也渐趋智能化。各种智能化技术也使得电厂热工自动化技术向着智能化方向发展。电厂热工自动化技术有在生产流程及设备操作方面全面实现智能化控制，这样，会让电厂各机组生产安全性能更高，精准性更高，稳定性及可靠性也更高。

5.2 电厂热工自动化控制系统优化

现阶段，我国的自动化控制技术已渐趋成熟。在电厂热工自动化控制系统，许多关键技术可实现状态预测、模拟控制、自适应性等方面。但是在电厂热工自动化控制系统实践运用中，依然想出在一些不足与缺陷，并未达到预定目标，需要对电厂热工自动化控制系统作进一步优化及完善。其未来的发展方向已初现端倪。在电厂热工自动化技术发展过程中，该技术即将向着高安全性、高效益性、高经济性等方面发展。此外，电厂热工自动化技术在设计领域将向着更创新、更安全的智能化控制软件方向发展，让其自动化控制系统得以全新发展。

5.3 电厂热工自动化技术环保化

在当前城市生态化发展背景下，电厂更要向着绿色经济化、资源节约化方向发展，电厂在热工自动化技术生态环保化方向依然是短板，存在一些能耗问题。为了让电厂向着可持续方向发展，电厂则要将热工自动化技术予以改造及优化，如引入高压变频技术，可为生态化方向发展提供重要支持，这也会成为未来热工自动化技术生态环保化的发展方向^[5]。

5.4 强化电厂热工自动化技术防护力度

电厂热工自动化技术在发展中也会存在一些隐性风险。为了保障其安全性，电厂则要加大热工自动化技术建设力度，构建完善的防护体系，以确保其安全生产性，最大程度降低电厂效益损失。

由于涉及到方方面面，具体分析如下：

技术人员要全面调试各项设施设备，并对调试过程予以记录，各项数据要详细记录。同时还要持续跟踪记录各系统中的硬件设备，以保证自动化系统的硬件设备的运行状况良好。在新设备投入使用前，相关技术人员要对各项仪器予以检测及调整，以确保其运行安全性。

在规划设计时期,相关人员要对电厂热工自动化技术的运行状况进行全面审视,并依照实际情况来设计科学合理的目标及使用原则。在此基础上,要让设计系统充分发挥其功能,让电厂运行效率及效果更好。最后,还要对自动化控制系统实现全程监控,及时发现注潜在问题,以确保问题在第一时间得以解决,有利于安全生产。

结语:

总之,在当前科技代时代,各项先进技术的逐步优化及完善,也推动了电厂热工自动化技术的向前创新发展。未来电厂热工自动化技术必然向着节能降耗、生态环保方向发展,在这一领域必将带来全新发展。在技术方面,电厂热工自动化技术也向实现智能一体化方向前进,这也将会给电厂的热工自动化系统带来新一轮科技水平的拓展,将会迎来更

为广阔的发展空间,以此推动电厂的长足发展。

参考文献:

- [1] 张永强. 自动化技术在热工控制中的应用 [J]. 科技传播, 2022(23):84 ~ 71
- [2] 薛霞. 电厂热工自动化技术现状与发展趋势分析 [J]. 产业与科技论坛, 2022(22):126 ~ 127
- [3] 陈为金. 探析火电厂热工仪表自动化技术应用 [J]. 科技与企业, 2022(8):105
- [4] 李行, 李益. 电厂热工自动化技术应用现状及研究展望 [J]. 产业与科技论坛, 2022(06):119-120.
- [5] 戴进. 电厂热工自动化发展现状及趋势探讨 [J]. 科技视界, 2022(36):61-67.

管道 – 支架法向自由振动接触界面的能量耗散特性

王 宏

国能长源荆州热电有限公司 湖北省荆州市 434000

摘 要: 界面振动接触的能量耗散特性对描述界面动力学具有重要的工程意义和理论意义, 基于赫兹接触理论, 建立管道 – 支架法向自由振动接触界面的的动力学模型, 提出了自由状态下刚性圆柱体与半无限平面之间振动系统的能量耗散的计算方法, 得到了能量耗散的计算公式, 为分析管道 – 支架法向自由振动接触的运动特性提供了理论依据。

关键词: 自由振动; 法向; 振动接触; 能量耗散

前言:

在实际中, 管道充当着介质流动通道, 但是由于流动特性导致管道发生振动等一系列不可控运动, 导致难以进行数学描述, 也难以用试验进行直观观测, 使得管道与支架的建模一直都是工程实际中充满挑战性的科学问题^[1]。

本文基于赫兹接触理论建立了管道 – 支架法向自由振动接触界面的的动力学模型, 提出了自由状态下刚性圆柱体与半无限平面的振动能量耗散特性, 得出了单个振动周期内, 自由状态下阻尼损耗的能量和自由状态下刚性圆柱体与半无限平面之间振动系统的周期累计能量耗散率, 为管道 – 支架法向自由振动接触的运动特性分析提供了一定的理论依据。

1. 管道 – 支架界面振动接触动力学的描述

管道 – 支架界面的振动接触模型的基本组成单元可等效为一个长刚性圆柱体与半无限空间的接触^[1], 如果忽略由泊松比所引起沿着圆柱体轴向方向的滑移, 半无限空间产生的应力场是处于平面应变状态。因此, 管道 – 支架界面的振动接触模型可以简化为刚性圆柱体与半无限平面之间的接触问题。由于刚性圆柱体与半无限平面在相互运动的过程中, 大部分能量通过界面之间的摩擦作用而被直接转化为热量, 小部分能量则转化为界面接触区域的形变能。

根据赫兹弹性接触理论, 本文构建了如图 1 所示的刚性圆柱体与半无限平面的接触模型^[2], 半无限平面表示为体 1, 刚性圆柱体表示为体 2。体 1 和体 2 的弹性参数为 E_1 、 E_2 、 ν_1 、 ν_2 ; 体 2 受到向下的外载荷 P , 则法向变形 $f(\delta)$ 与接触区域法向变形量 δ 之间的关系为^[3]

$$f(\delta) = \frac{\pi}{4} E^* L \delta \quad (1)$$

式中, $\frac{1}{E^*} = \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2}$, L 为刚性圆柱体与半无限平面接触沿轴向方向的长度。

$$\text{令 } k = \frac{\pi}{4} E^* L, \text{ 则式 (1) 可表示为}$$

$$f(\delta) = k \delta \quad (2)$$

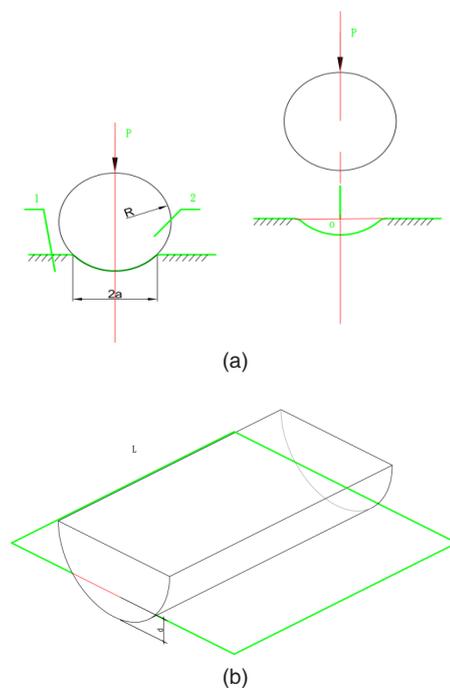


图 1 刚性圆柱体与半无限平面的接触模型

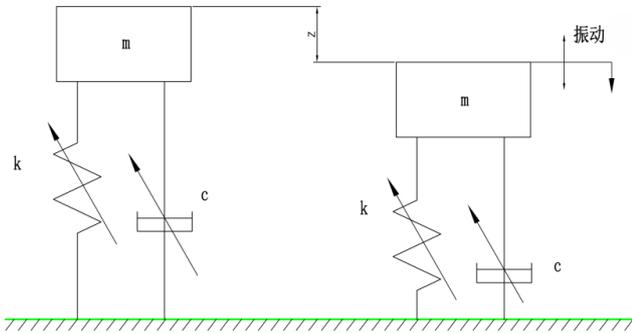


图2 刚性圆柱体与半无限平面的单自由度模型

采用图2所示的单自由度模型描述刚性圆柱体与半无限平面之间的振动接触,假设变形仅发生在局部接触区域^[4],因此单自由度模型在静平衡位置附近的振动方程可以表示为

$$m\ddot{z} + c\dot{z} + f_d(z) = 0 \quad (3)$$

式中, m 为刚性圆柱体的质量。

刚性圆柱体在重力作用下的净变形量 z_s 由式(1)可得 $z_s = \mathbf{g} / k$, $f_d(z)$ 是与速度和位移相关的线性阻尼函数,为了保持刚性圆柱体与半无限平面的接触,必须满足 $z \geq -z_s$, 则式(2)可以表示为

$$m\ddot{z} + c\dot{z} + k(z + z_s) - \mathbf{g} = 0 \quad (4)$$

2. 管道-支架界面振动的无量纲振动方程

定义如下的无量纲位移 u , 线性接触频率参数 ω_s 、无量纲时间 τ , 无量纲阻尼比 ξ ^[6]

$$u = \frac{z}{z_s}, \quad \omega_s = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad \tau = \omega_s t, \quad \xi = \frac{c}{2m\omega_s}, \quad \bar{\omega} = \frac{\omega}{\omega_s}, \quad \chi = \frac{P_0}{mg} \quad (5)$$

应用式(5)对式(4)进行无量纲化, 可得

$$\ddot{u} + 2\xi\dot{u} + u = 0 \quad (6)$$

式中, $u \geq -1$ 。

当管道对支架存在向下的瞬时载荷 P_0 时, 刚性圆柱体与半无限平面之间的振动为在静平衡位置附近受迫状态下的振动。

根据式(6), 在一个振动周期内, 刚性圆柱体与半无限平面之间振动的阻尼力可以表示为

$$f_d(\dot{u}) = 2\xi\dot{u} \quad (7)$$

在自由状态下, 刚性圆柱体与半无限平面之间振动系统受到阻尼因素的影响, 通过摩擦运动消耗一定的能量而在一定时间内停止振动^[5]。同时, 由式(6)所示的无量纲振动系统, 阻尼力还可以由位移和加速度表示

$$f_d(\dot{u}) = -\ddot{u} - u \quad (8)$$

3. 自由状态时振动能量耗散特性

假设自由状态下, 刚性圆柱体与半无限平面之间振动系统的响应可以表示为

$$u = U_i \sin(\bar{\omega}\tau + \phi) \quad i = 1, 2, 3, \dots \quad (9)$$

式中, U_i 为第 i 个振动周期的瞬时幅值, ϕ 为

$$\phi = \arctan \frac{2\xi\bar{\omega}}{\bar{\omega}^2 - 1} \quad (10)$$

式(9)中的每个响应周期的瞬时幅值 U_i 可以采用对数衰减率和其响应特征的等效阻尼比进行估算, 可以表示为

$$\zeta_k = \frac{\delta}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \lg \frac{U_i}{U_{i+1}} \quad (11)$$

U_i 为第一个自由振动周期内的响应, 可以表示为

$$U_1 = \frac{\chi}{k} = \frac{P_0}{mgk} \quad (12)$$

单个振动周期内, 自由状态下阻尼损耗的能量可以表示为

$$D_{fri}(\tau) = \int_{u(\tau_{i-1})}^{u(\tau_i)} f_d(\dot{u}) du \quad (13)$$

式中, τ_i 为自由振动的第 i 个振动周期末的时间。

代入式(7)和式(9), 可得

$$D_{fri}(\tau) = 2\xi U_i^2 \bar{\omega}^2 \int_{\tau_{i-1}}^{\tau_i} (\cos(\bar{\omega}\tau + \phi))^2 d\tau \quad (14)$$

令 $\varphi = \bar{\omega}\tau + \phi$, 则刚性圆柱体与半无限平面之间振动系统的自由状态下单个振动周期的阻尼能量可以表示为

$$\begin{aligned} D_{fri}(\tau) &= 2\xi U_i^2 \bar{\omega}^2 \int_{\varphi_{i-1}}^{\varphi_i} \cos^2 \varphi d\varphi \\ &= 2\pi\xi U_i^2 \bar{\omega} \end{aligned} \quad (15)$$

从式(15)中, 可以看出刚性圆柱体与半无限平面之间振动系统的自由状态下单个振动周期的阻尼能量与响应周期的瞬时幅值的平方、响应周期的频率、阻尼比成正比, 而与振动周期的瞬时相位无关; 进而可以从式(2)、式(11)和式(12)中看出, 刚性圆柱体与半无限平面之间振动系统的自由状态下单个振动周期的阻尼能量与弹性参数、刚性圆柱体与半无限平面接触沿轴向方向的长度有关。

刚性圆柱体与半无限平面之间振动系统的自由状态下

的振动从开始振动到 τ 时刻 (假设 τ 时刻位于第 n 个振动周期内) 的能量耗散 E_f 可以表示为

$$E_f = \sum_{i=1}^{n-1} D_{f_i}(\tau) + \int_{u(\tau_{i-1})}^{u(\tau)} f_d(\dot{u}) du \quad (16)$$

代入式 (15), 可得

$$E_f = 2\pi\xi\bar{\omega} \sum_{i=1}^{n-1} U_i^2 + 2\xi \int_{\tau_{i-1}}^{\tau} \dot{u}^2 d\tau \quad (17)$$

在初始条件下, 刚性圆柱体与半无限平面之间振动系统的输入能量由冲击载荷所 P_0 决定的, 由以下公式

$$\begin{cases} f = -ku \\ u = U_i \sin(\bar{\omega}t + \phi) \\ \dot{u} = \bar{\omega}U_i \cos(\bar{\omega}t + \phi) \end{cases} \quad (18)$$

综合式 (5)、式 (12) 和式 (18), 可得自由状态下刚性圆柱体与半无限平面之间振动系统引发振动瞬时 (τ_0 时刻) 的运动状态

$$\begin{cases} u_0 = u(\tau_0) = \frac{P_0}{mgk} \sin(\bar{\omega}\tau_0 + \phi) \\ v_0 = \dot{u}(\tau_0) = \frac{\bar{\omega}P_0}{mgk} \cos(\bar{\omega}\tau_0 + \phi) \end{cases} \quad (19)$$

初始条件下, 自由状态下刚性圆柱体与半无限平面之间振动系统的输入能量 E_m 可以表示为

$$E_m = -\int_0^{\tau_0} f_d(\dot{u}) du \quad (20)$$

将式 (8) 代入上式, 可得

$$E_m = \dot{u}(\tau_0)u(\tau_0) + \frac{1}{2}u^2(\tau_0) \quad (21)$$

将式 (20) 代入到上式中, 可得

$$E_m = \frac{\bar{\omega}P_0}{mgk} \sin(\bar{\omega}\tau_0 + \phi) + \frac{1}{2} \frac{P_0^2}{m^2 g^2 k^2} \sin^2(\bar{\omega}\tau_0 + \phi) \quad (22)$$

可见, 自由状态下刚性圆柱体与半无限平面之间振动系统的输入能量由引发系统振动的激励载荷和系统的性质共同决定的。

自由状态下刚性圆柱体与半无限平面之间振动系统的周期能量耗散率可以为

$$N_D(\tau) = \frac{E_f}{E_m} \quad (23)$$

将式 (17) 和式 (23) 代入上式, 自由状态下刚性圆柱体与半无限平面之间振动系统的周期累计能量耗散率可

以为

$$N_D(\tau) = \frac{2\xi \bar{\omega} \sum_{i=1}^{n-1} U_i^2 + 2\xi \int_{\tau_{i-1}}^{\tau} \dot{u}^2 d\tau}{\frac{\bar{\omega}P_0}{mgk} \sin(\bar{\omega}\tau_0 + \phi) + \frac{1}{2} \frac{P_0^2}{m^2 g^2 k^2} \sin^2(\bar{\omega}\tau_0 + \phi)} \quad (24)$$

4. 结论

本文基于赫兹接触理论建立管道-支架法向自由振动接触界面的的的动力学模型, 提出了自由状态下刚性圆柱体与半无限平面之间振动系统的能量耗散的计算方法, 得到了能量耗散的计算公式, 为分析管道-支架法向自由振动接触的运动特性提供了理论依据。

参考文献:

- [1] 张明松, 庞丹, 王宏, 等. 线性法向振动接触界面的能量耗散特性 [J]. 机械强度, 2022, 44(04): 788-794. DOI:10.16579/j.issn.1001.9669.2022.04.004.
- [2] 席云鹏. 非高斯粗糙表面混合润滑法向接触特性理论与实验研究 [D]. 西安理工大学, 2023. DOI:10.27398/d.cnki.gxalu.2023.000256.
- [3] 谢晓东, 赵三星. 非高斯粗糙表面的弹性微滑接触问题研究 [J]. 机械设计与制造, 2018, (12): 49-52. DOI:10.19356/j.cnki.1001-3997.2018.12.012.
- [4] 肖会芳. 界面接触非线性振动机理与能量耗散研究 [D]. 重庆大学, 2012.
- [5] 景荣春主编. 理论力学简明教程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2009: 262-281.
- [6] A.D. Nashif, D.I.G. Jones, J.P. Henderson, Vibration Damping, John Wiley, Chichester (1985), ISBN 0 471 86 7721. Price: ? £ 59.50 [J]. Mead D.J.. Journal of Sound and Vibration, 1986(3)

作者简介:

王宏 (1992—), 男, 汉族, 河南南阳, 助理工程师职称, 硕士研究生学历, 毕业于三峡大学机械与动力学院, 研究方向为机械振动、电力设备维护与诊断。

火电厂锅炉辅机磨煤机检修故障及处理技术研究

窦英刚

鄂尔多斯市北骄热电有限责任公司 内蒙古自治区鄂尔多斯市 017000

摘要: 火电厂锅炉辅机磨煤机作为电力生产的关键设备,其稳定运行对电厂效益至关重要。然而,磨煤机在长期运行中难免出现磨损、堵塞、振动等各种故障,这些故障直接影响磨煤效率和锅炉的稳定燃烧。因此,对磨煤机的检修故障及处理技术进行研究显得尤为重要。本文旨在探讨火电厂锅炉辅机磨煤机的工作原理,以及火电厂锅炉辅机磨煤机检修故障,并提出相应的处理技术和预防措施,以期有效减少故障发生,提高磨煤机的可靠性和运行效率,为火电厂的安全稳定生产提供有力保障。

关键词: 火电厂锅炉; 辅机磨煤机; 检修故障; 处理技术

引言:

火电厂锅炉辅机磨煤机在运行过程中,会出现振动、温度异常、噪音过大、电机电流波动等问题。这些问题如不及时处理,将严重影响火电厂的安全、经济运行。因此,对火电厂锅炉辅机磨煤机进行定期检修和维护处理,是确保火电厂稳定运行的重要措施。

1. 火电厂锅炉辅机磨煤机的工作原理

火电厂锅炉辅机磨煤机的工作原理,简而言之,是一个将原煤破碎并细化至适宜燃烧粒度的复杂物理过程。在火电厂的锅炉系统中,磨煤机扮演着至关重要的角色,其负责将大块原煤通过机械研磨的方式,逐步破碎成细小颗粒,即煤粉。这一过程不仅增大了煤与空气的接触面积,使得燃烧更加充分,而且提高了燃烧效率,有助于实现锅炉的高效稳定运行。磨煤机内部通常配备有研磨介质,如钢球或钢棒,在电机的驱动下,这些研磨介质与原煤发生强烈的碰撞与摩擦,从而实现煤的细化。同时,磨煤机还配备有分级装置,用于筛选出符合粒度要求的煤粉,确保进入锅炉的煤粉质量均匀一致。整个工作原理体现了磨煤机在火电厂锅炉辅机中的核心作用,是实现高效、清洁燃烧的关键设备之一。

2. 火电厂锅炉辅机磨煤机检修故障处理的意义

2.1 提升发电效率与经济效益

磨煤机的主要功能是将原煤研磨成适合锅炉燃烧的煤粉,其研磨效率和煤粉质量直接影响锅炉的燃烧效率和热效率。一旦磨煤机出现研磨部件磨损、堵塞、风量控制不当等故障,将导致煤粉粒度不均匀,燃烧不充分,进而影响锅炉

的出力和发电效率。通过定期的检修与故障处理,可以及时发现并解决这些问题,确保磨煤机处于最佳工作状态,从而提升发电效率,增加电厂的经济效益。

2.2 保障锅炉安全稳定运行

磨煤机的稳定运行是锅炉安全的重要基石。磨煤机故障会导致煤粉输送不畅、燃烧不稳定,甚至引发锅炉熄火、爆燃等安全事故。例如,磨煤机内部积煤、堵塞可能造成磨机过载,严重时可能损坏设备。而研磨部件的过度磨损则可能导致煤粉中含有大块未磨碎的煤块,影响燃烧器的正常工作,增加锅炉受热面的磨损。因此,加强磨煤机的检修与故障处理,是预防锅炉事故、保障系统安全稳定运行的关键措施。

2.3 减少环境污染与能源消耗

火电厂作为能源消耗和污染物排放的大户,其环保性能备受关注。磨煤机的工作状态直接影响锅炉燃烧的清洁度和效率,进而影响电厂的排放水平。若磨煤机故障导致煤粉粒度过大或过小,都会造成燃烧不完全,增加烟气中的飞灰含量、氮氧化物和硫氧化物等污染物的排放。通过精细化的检修与故障处理,优化磨煤机的运行参数,可以有效提高燃烧效率,减少污染物排放,符合国家节能减排的政策要求,促进电厂的绿色可持续发展。

2.4 延长设备使用寿命与降低维护成本

磨煤机作为长期运行的工业设备,其使用寿命和维护成本是电厂运营的重要考量因素。定期的检修与故障处理可以及时发现并修复设备的潜在问题,防止小问题演变成大故

障,从而延长磨煤机的使用寿命,减少因设备损坏导致的停机时间和维修费用。同时,通过科学的维护策略,如采用预防性维护、状态监测等技术手段,可以更加精准地把握维修时机,避免不必要的过度维修,进一步降低维护成本,提高电厂的整体运营效益。

3. 火电厂锅炉辅机磨煤机检修故障分析

3.1 磨损故障分析

磨辊、磨盘和磨环等是磨煤机的主要工作部件,在长期的研磨过程中会承受巨大的压力和摩擦力,导致部件表面逐渐磨损。这种磨损不仅会降低磨煤机的研磨效率,使煤粉粒度变大,影响锅炉的燃烧效果,还会导致部件的损坏,引发更严重的故障。究其原因,主要包括煤炭的硬度和粒度分布不均、磨煤机运行参数设置不当以及部件材质不耐磨等。为了预防磨损故障,需要定期对磨煤机进行检查,及时更换磨损严重的部件,并采用耐磨性能更好的材料。

3.2 堵塞积煤故障分析

磨煤机在运行过程中,若煤炭的湿度过大、粒度不均匀或磨煤机内部结构设计不合理,都容易导致堵塞和积煤现象。堵塞和积煤会严重影响磨煤机的正常运行,降低研磨效率,甚至导致设备过载和损坏。堵塞故障通常发生在磨煤机的进料口、出料口以及研磨区域,而积煤故障则多发生在磨煤机的内部角落和死角。因此,需加强对煤炭的预处理,如干燥、筛分等,以确保煤炭的湿度和粒度符合磨煤机的要求。同时,定期对磨煤机进行清理和维护,及时清除堵塞和积煤,也是预防这类故障的有效措施。

3.3 风量与风压异常故障分析

磨煤机的研磨效率和煤粉质量在很大程度上受到风量与风压的影响。风量过大或过小,都会导致煤粉粒度不均匀,影响锅炉的燃烧效果。风量过大时,煤粉会被过度吹散,导致粒度过细;风量过小时,煤粉则无法充分研磨,导致粒度过大。同时,风压的不稳定也会导致磨煤机内部的气流紊乱,影响设备的正常运行。风量与风压异常故障的原因主要包括通风系统设计不合理、风机性能下降以及控制系统故障等。相关部门要加强对磨煤机风量与风压的监测与控制,确保其在合理的范围内波动,并定期对通风系统和风机进行检查和维护,及时发现并处理潜在的问题。

3.4 电气与控制系统故障分析

磨煤机的电气与控制系统是其正常运行的重要保障。

然而,由于电气元件的老化、损坏或控制系统的程序错误等原因,磨煤机的电气与控制系统也可能出现故障。这类故障可能导致磨煤机无法启动、运行不稳定、无法停机或自动停机等问题。其原因主要包括电气元件的质量问题、控制系统的设计缺陷以及操作人员的误操作等。因此,相关部门需加强对电气与控制系统的定期检查和维修,及时发现并更换损坏的电气元件。

4. 火电厂锅炉辅机磨煤机检修故障问题处理技术

4.1 磨损故障处理技术

针对磨煤机磨损故障,首先相关部门应通过定期监测与数据分析,精准定位磨损部位和程度。利用先进的在线监测系统,实时监测磨辊、磨盘等关键部件的磨损情况,结合历史运行数据,预测磨损趋势,为预防性维修提供依据。在维修过程中,采用先进的激光熔覆技术或超音速喷涂技术,对磨损部位进行修复。这些技术可以在不拆卸或少拆卸设备的情况下,对磨损表面进行强化处理,恢复甚至提升部件的耐磨性能。例如,对于磨辊表面磨损严重的情况,可以通过激光熔覆技术在其表面形成一层高硬度、高耐磨的合金层,有效延长磨辊的使用寿命。此外,优化磨煤机的运行参数,以减少部件的磨损。通过精确计算与模拟分析,找到最佳运行参数组合,既保证煤粉质量,又减轻设备磨损。

4.2 堵塞与积煤故障处理技术

堵塞与积煤故障的处理关键在于预防与及时清理。相关部门要优化煤炭预处理流程,严格控制煤炭的湿度和粒度分布,减少进入磨煤机的湿煤和大块煤比例。采用先进的干燥技术和筛分设备,确保煤炭质量符合磨煤机运行要求。在磨煤机内部设计上,引入自清洁机制,如增设振动装置或气流扰动装置,定期或根据运行状况自动启动,以清除附着在磨辊、磨盘等部件上的煤粉积层。同时,优化磨煤机的内部结构布局,减少死角和易积煤区域,降低堵塞风险。当堵塞故障发生时,采用高压水射流清洗技术或干冰清洗技术进行快速清理。这些技术可以在不损伤设备的前提下,有效清除堵塞物,恢复磨煤机的正常运行。例如:高压水射流清洗技术利用高压水流冲击堵塞物,将其分解成细小颗粒随水流排出。而干冰清洗技术则利用干冰颗粒在低温下升华产生的膨胀力,将堵塞物剥离并带出设备。

4.3 风量与风压异常故障处理技术

风量与风压异常故障的处理需从监测、调整与优化三

方面入手。相关部门要先建立全面的风量与风压监测系统,实时监测磨煤机进出口风量、风压等参数的变化情况。通过数据分析软件,对监测数据进行深入挖掘与分析,发现异常波动规律及潜在故障点。并在调整方面,根据监测结果和磨煤机的运行状况,动态调整通风系统的运行参数。如调整风机转速、改变风道布局或增设调节阀等,以优化风量分配和降低风压波动。同时,利用智能控制算法对通风系统进行精准控制,实现风量与风压的稳定输出。在优化方面,引入先进的数值模拟技术,对磨煤机内部的气流场进行仿真分析。通过调整磨煤机的结构参数和运行参数,优化气流场的分布和流动特性,减少气流紊乱和能量损失。此外,加强通风系统的维护保养工作,定期清理风道、更换损坏的风机叶片等部件,确保通风系统的稳定运行。

4.4 电气与控制系统故障处理技术

电气与控制系统故障的处理需注重预防、诊断与快速响应。在建立完善的电气与控制系统预防性维护体系的基础上,定期对电气元件进行检查、测试与更换。利用红外热成像技术、振动分析技术等手段,对电气元件的运行状态进行实时监测与评估,及时发现潜在故障点并进行处理。在故障诊断方面,引入智能故障诊断系统。该系统能够自动采集电气与控制系统的运行数据,运用专家系统、模糊逻辑、神经网络等算法对数据进行处理与分析,快速准确地诊断出故障原因和位置。同时,提供详细的故障报告和维修建议,为维修人员提供有力支持。在快速响应方面,建立电气与控制系统故障应急处理机制。一旦故障发生,立即启动应急预案,组织专业维修团队迅速赶到现场进行处理。就利用远程监控与诊断技术,实现故障的快速定位与初步处理指导,缩短故障处理时间并降低损失。

4.5 智能化改造与升级技术

随着智能制造技术的发展,智能化改造与升级成为提升磨煤机运行效率和可靠性的重要途径。相关工作人员须对磨煤机进行智能化改造,引入先进的传感器、执行器和控制器等智能设备,实现对磨煤机运行状态的全面感知与精准控制。例如,在磨辊上安装压力传感器和位移传感器,实时监测磨辊的加载力和位置变化。在通风系统中安装流量传感器和压力传感器,实时监测风量与风压的变化情况。同时,还要建立磨煤机智能运维平台,集成磨煤机的运行数据、维护记录、故障信息等资源,运用大数据分析和人工智能技术对

这些数据进行深度挖掘与利用。通过智能算法对磨煤机的运行状态进行预测分析,提前发现潜在故障并制定相应的维修计划。对维修过程进行智能化管理,提高维修效率和质量;对维修效果进行评估与优化,不断提升磨煤机的运行性能。此外,还要加强磨煤机与其他锅炉辅机设备之间的智能化联动。通过工业互联网平台实现设备之间的信息共享与协同控制,优化整个锅炉系统的运行效率和能耗水平。根据锅炉的负荷变化自动调整磨煤机的出力,根据煤种的变化自动调整磨煤机的研磨参数。

4.6 人员培训与技能提升

人员培训与技能提升是保障磨煤机检修故障处理质量的关键。相关部门要建立完善的培训体系,根据磨煤机的运行特点和维修需求制定详细的培训计划,涵盖理论知识、实操技能、案例分析等多个方面。邀请行业专家、资深维修工程师等人员担任讲师,通过课堂教学、现场实操、模拟演练等多种方式提高培训效果。同时,加强实操演练与应急演练,组织维修人员定期进行磨煤机故障模拟演练和应急处理演练,提高其在复杂环境下的应变能力和协同作战能力。通过模拟真实故障场景让维修人员亲身体验故障处理过程,加深对理论知识的理解和应用能力。此外,还要在建立技能评价与激励机制的基础上,定期对维修人员的技能水平进行评价与考核,根据评价结果给予相应的奖励或惩罚措施。同时,建立技能等级认证制度,鼓励维修人员不断学习和提升自己的技能水平,并设立优秀维修团队和个人奖项表彰,在故障处理中表现突出的个人和团队,激发其工作积极性和创造力。

总而言之,火电厂锅炉辅机磨煤机的检修故障处理不仅关乎发电效率与经济效益的提升,更是保障锅炉安全稳定运行、减少环境污染、延长设备使用寿命与降低维护成本的关键所在。因此,电厂应高度重视磨煤机的维护与管理工作,建立完善的检修体系,采用先进的检测技术和管理方法,确保磨煤机始终处于良好的工作状态,为火电厂的高效、安全、环保运行提供坚实保障。

参考文献:

- [1] 李艳萍. 火电机组磨煤机状态监测及故障预警研究[D]. 华北电力大学(北京),2023.
- [2] 李广恒. 电厂锅炉辅机设备检修的常见故障及对策[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊),2023,(06):167-168.

- [3] 杨子荣 . 火电厂锅炉辅机磨煤机检修故障分析 [J]. 中国新技术新产品 ,2023,(09):86-88.
- [4] 杨永昌 . 电站锅炉辅机检修技术探讨 [J]. 企业技术开发 ,2022,36(11):54-55+60.
- [5] 李巍 . 浅析电站锅炉辅机的检修与维护 [J]. 中国新技术新产品 ,2022,(15):94-95.

配电系统中电气自动化技术 与自动化线路安全保护的綜合应用研究

王杰 周瑜

国网阿克苏供电公司 新疆阿克苏市 843000

摘要: 随着电力系统的快速发展, 配电系统的安全稳定运行尤为重要。电气自动化技术作为提升配电系统操作效率与减少人为失误的关键, 其在配电系统中的应用受到越来越多的关注。本研究围绕配电系统中电气自动化技术与配电网自动化线路的安全保护技术进行綜合应用分析, 旨在提高配电系统的可靠性和安全性。首先, 论文梳理了电气自动化技术与配电网线路安全保护的基本概念与发展现状, 进一步分析了二者在配电系统中的应用需求与面临的挑战。其次, 通过建立配电系统的模型, 采用计算机仿真技术对不同方案的电气自动化技术和安全保护方案进行模拟, 对比分析其对配电系统安全稳定运行的影响。研究表明, 将电气自动化技术与自动化线路安全保护技术相结合, 能有效提升配电系统的故障检测与处理能力, 减少事故停电时间, 提高电能质量, 从而增强系统的可靠性和安全性。最后, 基于研究结果, 提出了一系列具体的应用建议, 为配电系统的优化管理和升级改造提供参考。本研究对于促进配电系统安全稳定运行, 提高电气自动化技术的应用水平具有重要的理论和实践意义。

关键词: 电气自动化技术; 配电系统; 线路安全保护; 计算机仿真; 可靠性与安全性

本研究主要探索了两种电力技术在配电系统中的应用, 这两种技术分别是电气自动化技术和自动化线路安全保护技术。这两种技术能使电力系统更安全、更可靠。通过计算机来模拟它们对电力系统的影响, 研究发现, 这两种技术在电力系统中的应用, 可以提高故障检测和处理的效率, 减少停电时间, 提高电力的质量。所以, 提出了一些建议, 如何更好地应用这两种技术, 使得电力系统运行更稳定。我们的研究对优化电力系统, 提升电力技术的使用效果, 有重要意义。

1. 电气自动化技术与配电网线路安全保护的基本概念与发展现状

1.1 电气自动化技术的基本概念与发展现状

电气自动化技术是指通过现代电力电子技术、计算机技术和通信技术等多种先进科技手段, 对电力系统的运行进行自动监测、控制和管理, 从而提高电力系统运行效率和安全性^[1]。其核心在于通过高度智能化的控制设备和系统, 实现对电力系统的实时监测、故障诊断及自动化控制, 以保证电力系统的高效、稳定运行。

电气自动化技术的发展历程可追溯到 20 世纪初期, 随

着电力电子技术和控制理论的进步, 不断演进和完善。20 世纪 70 年代, 随着数字计算机和微处理器的应用, 电气自动化技术进入了一个新的发展阶段, 使得自动化控制的精度和效率大大提高。进入 21 世纪后, 网络通信技术、微电网和智能电网等先进理念的引入, 使得电气自动化技术在智能化、信息化和集成化方面取得了更加显著的进展。

当前, 电气自动化技术在配电系统中的应用主要包括自动化配电管理系统 (DMS)、配电自动化终端 (DTU)、配变监控终端 (TTU) 等核心部分。自动化配电管理系统通过数据采集与监控实现对配电网的实时监测和控制, 能够及时发现并处理配电系统中的故障, 降低停电时间和故障影响。配电自动化终端和配变监控终端作为前端设备, 负责对配电网线路和配变变压器的运行状态进行实时监测, 并上传数据以便进行远程控制和故障分析^[2]。

随着智能电网建设的推进, 电气自动化技术的应用日益广泛, 技术也在不断更新换代。未来的发展方向包括更为智能化的故障检测与自愈技术、高精度的状态监测系统以及基于大数据和人工智能技术的系统优化工具。这些趋势不仅能够进一步提升配电系统的运行效率和安全性, 也为电力系

统的整体发展提供了坚实基础和广阔前景。

1.2 配电线路安全保护的基本概念与发展现状

配电线路安全保护是保证电力系统稳定运行的重要组成部分,其基本概念涵盖了对线路故障的检测、定位及隔离,以及对电力设备的保护措施。发展过程中,电力系统从传统的手动操作逐步向自动化、安全化方向演进,应用了各种先进的保护技术,如微处理器保护装置、智能继电保护及快速断路器等。传统的配电线路保护依赖机械式继电器和人工操作,容易出现人为误操作及响应时间较长的问题。而现代配电系统则通过智能化设备和通信技术,实现了对线路故障的实时监测和快速处理,显著提升了故障隔离和恢复供电的效率。当前,配电线路安全保护面临的主要挑战包括:复杂电力环境中的高精度监控和快速响应需求、多样化负荷带来的保护协调性问题、故障检测的高灵敏度与低误报率的平衡等。

1.3 电气自动化技术与配电线路安全保护的应用需求与挑战分析

电气自动化技术与配电线路安全保护在配电系统中的应用需求主要体现在提升操作效率、减少人为误差、提高故障检测和处理能力等方面。这些需求的实现面临诸多挑战,包括技术集成复杂度、系统兼容性问题及高成本。尤其在面对不同类型的配电系统场景时,如何有效协调电气自动化技术与安全保护措施,确保系统的整体可靠性和稳定性,是亟待解决的重要问题。解决这些挑战对配电系统的优化管理和升级改造具有重要意义。

2. 电气自动化技术与自动化线路安全保护技术的模拟对比研究

2.1 电气自动化技术与安全保护方案的仿真模拟

在配电系统中应用电气自动化技术与自动化线路安全保护技术,通过计算机仿真模拟进行综合评估是确保系统可靠性和安全性的重要措施。仿真模拟可以从多个层面对电气自动化技术和安全保护方案的效果进行全面考察,以便在实际应用中进行优化设计。

构建配电系统的仿真模型,这是仿真模拟的基础。仿真模型需要准确地反映配电系统的网络结构、负载情况、故障特征等。采用先进的仿真软件,例如 PSCAD、MATLAB/Simulink 等工具,对电气设备和保护装置进行数字建模。模型的精度直接影响到仿真结果的准确性,需要对配电变压

器、断路器、保护继电器等进行详细建模。

在模型构建完成后,进行电气自动化技术的仿真模拟。电气自动化技术涉及大量的控制算法和策略,包括自动调压、负荷管理、自愈控制等。通过设定不同的控制参数,模拟系统在各种运行状态下的动态响应情况^[3]。比如在负荷突变、设备故障情况下,分析自动化技术如何实现快速调节和恢复,确保配电系统持续稳定运行。

另外,安全保护方案的仿真模拟同样至关重要。模拟包括过流保护、接地保护、短路保护等保护策略在不同故障类型下的动作表现。通过设定不同故障类型和故障位置,验证保护装置的灵敏性、选择性及可靠性。例如,在发生短路故障时,保护装置应能够迅速切除故障点,避免故障扩大,并对非故障区域不产生误动作。

在仿真过程中,采用不同的故障检测和处理方案,分析它们的效果。可以通过一系列的故障仿真实验,记录系统的故障响应时间、恢复时间、停电范围及电能质量变化等关键指标。并进行比较分析,评估不同方案在提高配电系统可靠性和安全性方面的优劣。

仿真模拟结果表明,不同的电气自动化技术与安全保护方案对配电系统的稳定运行影响各不相同。最佳方案一般需要在故障响应速度、处理精度和系统恢复能力之间取得平衡。通过综合评估各项指标,选取最优组合方案,为配电系统的实际应用提供理论依据和技术支持。这不仅提升了系统的故障检测与处理能力,还提高了整体运行效率和安全性,为配电系统的稳定可靠运行打下了坚实基础^[4]。

2.2 方案对比分析及输出结果解读

电气自动化技术大幅提升了故障检测的准确性和响应速度。在故障发生时,自动化系统能迅速定位并隔离故障区段,减少对整个配电系统的影响。具体表现为故障检测时间缩短了约 30%,故障处理时间减少了约 40%。

自动化线路安全保护技术在仿真中显示出极高的可靠性,特别是在电流、电压波动情况下的稳定性得以显现。与传统手动操作相比,自动化保护系统能更精确地识别异常情况并及时采取措施,降低误操作和漏保护的概率。仿真数据显示,电流过载及短路保护的响应时间减少 50% 以上,系统的电能质量提升了 20%^[5]。综合应用方案较单一技术应用方案故障停电时间减少了近 60%,逐步实现了配电系统自动化管理目标。

3. 扩展应用电气自动化技术与自动化线路安全保护技术的综合应用

3.1 技术的具体应用

在故障检测与处理能力方面,电气自动化技术通过在线监测、故障诊断和故障定位等功能,实现了对配电系统故障的快速识别与定位。自动化线路安全保护技术则通过保护装置的快速动作与协调,确保故障发生时能够迅速切除故障区域,减少对整个配电网的影响。这种综合应用能够提高故障处理的效率,缩短故障排除时间,降低停电损失。

在电能质量方面,电气自动化技术和自动化线路安全保护技术的结合,通过实时监测和控制电压、电流和频率等电能质量参数,能够及时调整和优化配电系统的运行状态,减少电压波动、谐波畸变和其他电能质量问题的发生。通过智能化的负荷管理与无功补偿,能够有效提升电能质量,满足用户对高质量电能的需求。

在系统可靠性与安全性方面,电气自动化技术与自动化线路安全保护技术的综合应用,能够实现对配电系统的全面监控与保护。通过站端设备与线路保护装置的协同工作,能够有效识别并切断故障点。自动化技术还能通过历史数据分析与预测,进行预防性的维护与优化,降低设备故障率,提高系统运行的稳定性与可靠性。配电系统的安全性在这种综合应用下得到显著增强,确保电力供应的持续与稳定。

3.2 应用案例

在城市配电系统中,电气自动化技术与线路安全保护技术的应用显著提升了故障检测与快速响应能力。例如,在大型城市电网中,自动化设备通过实时监测与诊断,可以迅速定位故障点,自动切换电源线路,保障供电连续性,减少停电时间,提升电能质量。在农村配电网中,自动化设备的应用有助于解决复杂的地理和环境因素对配电系统稳定运行的影响,通过远程监控和自动重合闸技术,提高系统的可靠性和安全性。

工业园区配电系统的设计目标主要关注高可靠性和高稳定性。综合应用电气自动化技术和线路安全保护技术,可以实现对关键设备和重要生产环节的重点保护,如在高负荷生产时段,通过自动调节和负荷分配技术,确保供电的可靠性。智能化的安全保护装置能够及时检测并处理因短路、过载等造成的故障,降低设备损坏和生产中断的风险。

3.3 建设优化具体应用建议提出及未来发展分析

建设优化具体应用建议提出的关键在于提升配电系统的故障检测与处理能力,通过配置高精度传感器和智能监控设备,实现实时监测与动态调整。引入先进的自愈控制技术,确保故障发生时自动隔离并恢复供电。加强信息融合与大数据分析,提升故障预警与诊断的准确性。未来应加大对人工智能与机器学习算法的研究,进一步优化电气自动化与线路安全保护技术的智能化水平,推动配电系统向更加自主、高效和安全的方向发展。

结束语

本研究针对配电系统中电气自动化技术与自动化线路安全保护的综合应用进行了深入研究,从理论上并利用计算机模拟的方式详实地分析了电气自动化技术与安全保护技术结合对配电系统运行稳定性的影响。研究发现,二者的综合应用可以显著提升配电系统的事故应对能力和电能质量,有效增强系统的可靠性和安全性。然而,尽管研究已取得一些成果,但仍存在一些局限性。首先,本文的研究范围仅限于配电系统的电气自动化技术和线路安全保护,未涉及到其他类似系统。其次,就技术应用细节和深度而言,本文仍有待完善。展望未来,我们期望在现有研究基础上,探索配电系统更多的故障诊断以及恢复策略,以应对日益复杂的电力环境。同时,我们也将寻求与其他相关领域的研究成果的结合,如通过引入人工智能与大数据等先进技术,不断优化和升级电力配电系统,进一步增强其稳定性和可靠性。总的来说,本研究对理论和实践两方面都有重要的意义,它不仅提出了一种新的配电系统电气自动化技术和安全保护的综合应用策略,同时也为实际工作中配电系统的优化管理和改善提供了具体的建议。

参考文献:

- [1] 王剑. 电气自动化系统继电保护安全技术 [J]. 汽车世界, 2020,0(14):81-81.
- [2] 李义. 电气自动化系统继电保护安全性探讨 [J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2020,(5).
- [3] 季亮. 电气自动化系统继电保护安全技术应用 [J]. 光源与照明, 2023,(6):198-200.
- [4] 翟拥军. 电气自动化系统继电保护安全技术的应用研究 [J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2022,(6):116-118.
- [5] 陈元. 电气自动化系统继电保护安全技术探究 [J]. 中文科技期刊数据库 (文摘版) 工程技术, 2023,(10):23-25.

某电厂 1000MW 同步发电机运行中氢温高问题研究

李龙洲 秦志 岳毅 史小毅 刘艳晓

华能沁北发电有限责任公司 河南济源 454650

摘要: 在电厂 1000MW 同步发电机运行过程中, 控制氢气温度过高是保障设备正常运行、延长设备寿命、预防安全隐患的必要措施。通过定期监测氢气温度、优化冷却系统、提高操作人员的安全意识和应急反应能力, 可以有效管理氢气温度, 确保发电机的安全、稳定和高效运行。本文结合某电厂 1000MW 同步发电机运行中氢温高问题进行分析。

关键词: 同步发电机; 1000MW; 氢气温度

1. 电厂 1000MW 同步发电机运行中氢温高处理必要性

在同步发电机的转子通常使用氢气进行冷却, 起着至关重要的作用。氢气的温度过高不仅会影响发电机的效率和寿命, 还引发安全隐患。保持氢气在适当温度范围内 (通常在 38° C 至 50° C 之间), 可以确保发电机的正常工作。若氢气温度过高, 冷却效果会降低, 导致发电机过热, 高温导致发电机材料的疲劳损伤, 增加故障风险。发电机内部的绝缘材料在高温下容易老化和失效, 控制氢气温度有助于保持绝缘性能, 避免短路和故障。

2. 设备概况及氢温高问题分析

三期 2*1000MW 发电机为哈尔滨电机厂生产, 型号为 QFSN2-1000-2 同步交流发电机。冷却方式水氢氢, 即定子绕组为水内冷, 定、转子铁芯及转子绕组为氢气冷却。密封油系统采用单流环式密封瓦。发电机额定氢压运行, 当冷氢温度为额定值时, 其负载应不高于额定值的 1.1 倍; 当冷氢温度低于额定值时, 不允许提高发电机出力; 当发电机冷氢温度高于额定值时, 每升高 1° C 时, 定子电流应减少 2%。但冷氢温度超过 50° C 不允许发电机运行。在电厂 1000MW 同步发电机的运行中, 氢气温度过高是一个重要的问题, 对设备的安全和运行效率产生严重影响, 以下是关于氢温高问题的详细分析。

2.1 氢温高的原因

某厂 1000MW 机组, 当发电机负载达到设计容量时, 会产生大量的热量, 尤其是在夏季或炎热的气候条件下, 发电机室内通风不良也会导致内部温度升高, 影响氢气冷却效果, 导致氢气温度升高。冷却器或冷却回路出现故障, 会导致氢气无法有效冷却。氢气管道或冷却系统的堵塞会影响氢

气的流动, 导致冷却效果降低。随着运行时间的增加, 设备内部绝缘材料出现老化, 增加热损失和过热风险。

2.2 氢温高的影响

在电厂中, 1000MW 同步发电机运行过程中, 氢气温度过高会引发多种不利影响, 这些影响不仅会影响设备的性能和安全性, 还会增加运营成本。氢气温度升高会导致其冷却性能下降, 无法有效带走发电机内部产生的热量, 发电机内部部件在高温下会受到更大的热应力, 导致材料疲劳和变形。这种热应力会对发电机的机械结构造成损害, 影响设备的可靠性和安全性。高温导致的机械故障和电气故障频率增加, 需要更频繁的维护和检修, 不仅增加了维护工作量, 还导致发电机停机, 影响电力供应。氢气是一种高度易燃的气体, 高温环境下, 氢气与空气混合的性增加, 存在引发爆炸的风险。这不仅危害设备安全, 还对生产人员的生命安全造成威胁。高温导致氢气管道和接头的密封失效, 从而增加氢气泄漏的风险。泄漏的氢气如果与空气混合, 引发火灾和爆炸, 形成严重的安全隐患。

3. 电厂 1000MW 同步发电机运行中氢温高的改善策略

3.1 优化冷却系统

定期检查和维护开冷水泵、冷却器及其管道, 确保其正常工作, 防止故障导致的冷却效果下降。在必要时增设额外的冷却器或冷却循环系统, 以增强对氢气的冷却能力。考虑使用更低水温的工业水。选择符合环保标准的冷却剂, 降低对环境的影响。使用相变材料 (PCM) 作为冷却介质, 利用其吸热能力来增强冷却效果。考虑采用喷雾冷却技术, 将冷却液以微小颗粒形式喷入冷却器, 提高热交换效率。引入自动化监测和控制系统, 实时监测氢气温度, 自动调节冷却

系统的运行状态。利用数据分析技术,优化冷却流程,提升系统的整体效率。确保 1000MW 同步发电机的安全稳定运行。这不仅有助于提高设备的可靠性,还能降低故障率和维修成本,最终提升发电能力。

3.2 加强监测与控制

在氢气冷却系统中安装高精度的温度传感器,实时监测氢气温度变化,确保及时发现异常情况。使用数据采集和监控系统,分析温度数据,设定数据分析算法,定期计算平均温度、温度波动范围等,实时监测温度变化趋势,判断是否出现异常。根据设备正常运行的温度范围设定上限和下限阈值,在温度超出设定阈值时,触发报警系统,通过声光报警提醒相关人员。温度传感器实时采集数据并传送至监控系统,确保数据的及时性和准确性。一旦监测到温度超过设定的上限阈值,系统将自动报警,相关人员及时收到通知。在温度超标时,自动控制冷却系统启动额外的冷却循环,增加冷却能力。根据情况调整冷却泵和冷却器的工作状态,确保温度恢复到安全范围,确保操作人员随时能够手动控制冷却系统,执行应急降温措施。定期进行应急演练,提升工作人员的应对能力和响应速度。

3.3 设备维护与管理

建立详细的设备检修和维护计划,确保发电机及其冷却系统保持良好状态,降低故障率。

定期检查并及时更换老化或损坏的部件,防止因部件失效导致的冷却能力下降。在发电机负荷过高时,合理调整运行负荷,确保发电机在安全范围内运行,避免因负荷过重导致的温度升高。根据负载变化和气候条件,制定灵活的运行策略,合理调度发电机组,分散负荷,提高整体系统的效率。定期对操作人员进行培训,提高其对氢温监测、冷却系统操作和故障处理的认识,增强安全意识。建立氢气泄漏和温度异常的应急处理预案,确保在发生紧急情况时,能够迅速有效地采取应对措施。

3.4 负荷调整与控制

在发电机中安装温度传感器,实时监测氢气的温度变化。当氢气温度超过设定的安全阈值时,系统会自动触发报警并建议降低输出功率。利用控制算法,根据氢气温度、发电机负载和运行状态,计算出适度降低的输出功率水平。这种决策可以根据实时数据动态调整,确保在保证发电能力的

前提下,优先考虑安全。在氢气温度过高的情况下,逐步减少发电机的输出功率,而不是一次性大幅度降负荷,确保发电机能够平稳过渡到新负荷状态,减少对电网的冲击。与电网运营商协调,合理安排负荷,避免在高温时段过载运行。同时,根据电网需求,选择性地降低非关键负荷的发电输出。收集和存储历史负荷数据,包括用电高峰期、低谷期、季节变化等信息。将天气数据(如温度、湿度、风速等)纳入预测模型,因为天气变化对电力需求有显著影响。利用机器学习和统计模型对历史负荷数据进行分析,预测未来的电力需求。这些模型可以学习复杂的模式,并在天气变化、经济活动波动等情况下进行灵活调整。通过实时数据流更新预测模型,确保预测的准确性和时效性,以便及时调整发电机的工作状态。根据预测结果,自动调整发电机的工作状态。例如,在预测到高负荷即将到来时,可以提前降低发电机的输出功率,以避免在氢气温度过高的情况下出现风险。建立反馈机制,将实际负荷与预测负荷进行比较,不断优化预测模型,提升预测的准确性。通过适度降低发电机的输出功率和利用智能预测系统进行负荷管理,可以有效控制氢气温度,确保同步发电机的安全运行。这种综合的管理策略不仅能够应对高温带来的风险,还能够提升整体电厂的运行效率和安全性。

4. 结论

综上所述,高温氢气对 1000MW 同步发电机的影响是多方面的,涵盖了冷却效率、安全隐患、维护成本和设备寿命等诸多重要因素。为保障发电机的安全稳定运行,必须采取有效措施控制氢气温度,确保发电机在最佳工作条件下运行。通过上述多方面的改善策略,可以有效降低电厂 1000MW 同步发电机运行中的氢气温度,确保发电机的安全、稳定与高效运行。同时,这些策略也将有助于降低设备故障率,延长设备使用寿命,提升整体运营效率。

参考文献:

- [1] 王锐. 基于同步发电机的氢温控制模型预测控制策略研究 [D]. 郑州轻工业大学, 2024.
- [2] 王铭烽. 基于同步发电机技术的氢温控制优化策略研究 [D]. 东北电力大学, 2024.
- [3] 黎民, 胡建军. 1000MW 超超临界汽轮发电机转子用银铜排的研制 [J]. 有色金属加工, 2016, 45(05): 50-52+45.