

电力系统热工仪表自动化技术的应用研究

薛 阳

重庆荣昌三峰新能源发电有限公司 重庆 402465

摘 要：随着社会经济的快速发展和工业化进程的加速，电力系统作为现代社会能源供应的重要支柱，其安全、高效和稳定运行对经济发展和社会稳定具有至关重要的影响。电力系统涵盖了发电、输电、变电、配电等多个环节，每个环节都涉及大量的热工参数测量和控制。热工仪表自动化技术作为电力系统实现智能化和现代化的重要手段，其应用和发展对提高电力系统的运行效率、降低运行成本、增强系统可靠性和推动可持续发展具有重要意义。基于此，本文首先对电力系统与热工仪表自动化技术进行了概述，随后从四个方面提出了热工仪表自动化技术在电力系统中的应用。

关键词：电力系统；热工仪表；自动化技术

引言

热工仪表自动化技术是电力系统实现智能化的关键技术之一，其发展经历了从简单的机械式仪表到电子式仪表，再到智能仪表的演变过程。现代热工仪表不仅能够精确测量温度、压力、流量、液位等参数，还具备数据采集、传输、分析和控制功能。近年来，随着人工智能、大数据、物联网等新兴技术的快速发展，热工仪表自动化技术正在向智能化、集成化、网络化方向迈进。例如，智能传感器可以通过机器学习算法实现预测性维护，大数据技术可以对海量的运行数据进行分析 and 挖掘，物联网技术则实现了设备的远程监控和协同工作。

1. 电力系统与热工仪表自动化技术概述

1.1 电力系统的构成

现代社会的能源供给体系以电力网络为核心支撑，其本质功能在于将各类发电设施产生的电能经电压调节、远程输送及区域分配等流程，安全可靠地传递至终端用电设备。该体系主要由能源转换、电力传输、电压调控及终端配给四大功能模块构成，各模块通过协同运作保障电力网络的稳定运转。电能生产作为系统运行的初始环节，主要实现化石燃料、流体动能、核裂变能及可再生能源等原始能量形式向电能的转化。依据能源性质差异，主要存在热能驱动（燃煤/燃气机组）、流体动力（水电站）、核反应堆（核电站）及新型可再生能源（风电/光伏电站）等多种发电模式。其中传统火电通过燃料燃烧生成蒸汽推动汽轮机运转，水电依托水流势能驱动水轮机组，核电则利用核反应产生热能进行发电。

当前新能源技术革新推动下，风能与光伏发电已发展成为重要的清洁能源补充形式。在电力传输层面，采用高电压等级输送技术实现电能远距离传送，通过提升输电电压有效降低线路电流强度，显著减少导体电阻造成的功率损耗。输电通道包含架空线路与地下电缆两种形式，其规划建设需综合考量输送容量、地形特征及环境承载力等多重因素。电压调控环节作为电网运行的关键节点，借助电磁感应原理实现不同电压等级间的能量转换，配备智能监控与保护装置确保系统安全。现代变电站不仅承担电压转换基础功能，还需通过实时数据监测与动态调节维持电网频率与电压的稳定输出。终端配给系统作为能源传输的最终环节，通过构建中低压配电网络将电能精准输送至不同用户群体。随着智能电网技术发展，当前配电体系正加速融合物联网终端、分布式电源及储能装置等创新元素，形成具有自适应调节能力的智能化能源分配网络。

1.2 热工仪表自动化技术的作用

热工检测装置作为能源供应体系的关键监测组件，专门用于量化分析热能工程参数（包括温度场分布、介质压强、物质流速及容器填充度等），其技术核心在于将实际工况参数转化为标准化电信号或数字信号，为能源网络的智能调控提供数据支撑。这类仪器的大规模应用构成了电力自动化与智能化转型的技术支撑，既保障了运行参数的精确采集，又强化了供电系统的安全性、稳定性与能效管理。具体功能体系包含四个维度：温度监测方面，在锅炉、汽轮机等关键设备中，热电偶与热敏电阻等测温元件通过持续采集温度数

据,为运行状态诊断提供依据,有效预防设备过热引发的系统故障;压力监控层面,压力变送器在蒸汽管网及压力容器实施在线监测,通过设定安全阈值实现压力预警,消除因压力异常导致的机械损伤风险;介质流量计量环节,流量计装置对各类流体介质实施动态计量,既保障燃料配给的精确度,又优化了蒸汽循环系统与水力平衡的调控效能;容器液位管控维度,物位检测装置持续跟踪容器内介质高度变化,通过智能联锁机制维持合理液位区间,防范因水位失控引发的运行安全事故^[1]。

2. 热工仪表自动化技术在电力系统中的应用

2.1 发电环节的应用

热工仪表自动化技术作为电力系统高效运行的核心支撑,在发电过程中通过智能化监测手段保障能源转化效率与设备安全性。在火力发电体系内,锅炉燃烧优化、蒸汽系统调控及燃料供给管理构成三大技术支柱,各类传感器在其中发挥着关键作用。针对燃烧控制核心环节,热电偶、热电阻等温度传感装置通过实时构建炉膛温度场分布模型,为燃烧系统提供动态调节依据。基于对炉膛温度场的连续监测,智能控制系统可实施燃料/配风比例闭环调节,在维持燃烧稳定性的同时将热效率提升 15~20%,有效减少 CO 等未燃尽产物的生成。在蒸汽能量转换环节,压力传感网络覆盖锅炉本体、主蒸汽管道及汽轮机入口,通过构建压力梯度模型实现系统能量流的精准调控。当监测到压力参数偏离安全阈值时,系统可联动调节阀组执行压力补偿,或将异常数据反馈至 DCS 触发联锁保护机制。燃料供给端则采用涡轮/电磁双模流量计构建物质流监控体系,通过热值-流量耦合算法实现燃煤/燃气与锅炉负荷的精准匹配,其测量精度可达 $\pm 0.5\%FS$,配合 PID 控制模块可将燃料浪费率控制在 3% 以下。这种多参数协同控制模式不仅实现了发电全流程的能效优化,更为设备可靠性构筑了立体化防护体系^[2]。

2.2 输电环节的应用

在电力系统的输电环节中,热工仪表自动化技术发挥着至关重要的作用。输电线路作为电力传输的关键通道,面临着复杂的自然环境和多变的运行工况。通过热工仪表自动化技术,可以实现对输电线路的实时监测与精准控制。例如,利用先进的温度传感器和气象监测设备,能够实时获取输电线路周围环境的温度、湿度、风速等关键参数,这些数据对于评估线路的热稳定性和机械稳定性至关重要。当线路因环

境温度升高或电流过大而出现温度异常时,自动化系统能够迅速发出警报,并通过智能控制算法调整线路的传输功率或采取散热措施,从而有效避免线路过热引发的安全隐患。此外,热工仪表自动化技术还可以与智能巡检机器人相结合,实现对输电线路的无人化巡检。机器人搭载的高精度传感器能够检测线路的绝缘性能、导线磨损情况以及金具的紧固程度等,一旦发现潜在故障隐患,系统会立即生成详细的故障报告并通知维护人员进行处理。这种自动化监测与控制方式不仅提高了输电环节的运行效率,还大大降低了人工巡检的成本和风险,为电力系统的安全稳定运行提供了有力保障^[3]。

2.3 变电环节的应用

变电环节技术整合在电力网络运行中,变电环节作为能量转换的关键节点,承担着电压等级变换的重要职能,以适应多元化用电场景的技术需求。随着智能电网建设持续推进,基于热工仪表的自动化解决方案在变电领域的渗透率显著提升。现代智能变电站通过集成智能监测装置与数据采集监控系统(SCADA),构建了高效可靠的运行体系,在提升电能转换效能的同时,强化了系统稳定性和智能管理能力。智能变电站的核心技术架构依托于多参数感知装置与数据中枢的协同运作,其中智能仪表系统通过高精度测量模块实现设备状态的动态追踪。这些自动化控制设备涵盖电压/电流互感器、温压传感装置等多元监测单元,可对变压器油温状态、母线运行参数、开关设备工况等关键指标进行持续采集。具体而言,电磁式互感装置为继电保护系统提供精确的电气参数基准,分布式温度探测器则构建了设备过热防护体系,通过预设阈值预警机制有效防范绝缘老化等安全隐患。技术系统更整合了智能诊断算法,可自动识别异常信号并触发多级报警,显著缩短故障排查周期。作为技术体系的中枢神经,SCADA 系统通过物联网架构实现全域数据整合,其运作机理包含传感网络构建、数据传输优化和智能决策支持三大模块。该系统实时解析来自各类仪表的运行数据,构建可视化监控矩阵,典型应用场景包括变压器温升趋势分析和负载动态管理。当检测到油温异常或过载工况时,系统可联动控制冷却装置或启动备用设备切换程序。更值得关注的是,SCADA 平台支持远程操控模式,运维人员可通过中央控制终端实现断路器操作、电压调节等复杂操作,这种“数字孪生+远程介入”的运维模式不仅提升了响应效率,更将传统人工巡检的作业风险降低了 67% 以上^[4]。

2.4 配电环节的应用

配电环节是电力系统的终端环节，其主要任务是将电能从变电站分配到用户端，确保电能的高效传输和稳定供应。随着电力需求的不断增长和智能化技术的普及，热工仪表自动化技术在配电环节的应用也日益广泛。智能配电系统中的自动化仪表和电力负荷管理与优化是实现配电环节高效、智能运行的关键技术，它们不仅提高了配电系统的运行效率，还增强了系统的可靠性和灵活性。智能配电系统是现代电力系统的重要组成部分，其核心在于自动化仪表的应用。自动化仪表通过精确测量和实时监控，为配电系统的运行提供了可靠的数据支持。这些仪表包括智能电表、电压互感器、电流互感器、温度传感器等，能够实时监测配电线路的电压、电流、功率因数、温度等关键参数。例如，智能电表可以精确测量用户的用电量，并通过数据传输网络将信息发送到监控中心，为电力调度和负荷管理提供数据支持；电压互感器和电流互感器则用于监测配电线路的电压和电流，确保电能质量的稳定。此外，自动化仪表还具备故障诊断功能，能够及时发现设备异常并发出警报，帮助运维人员快速定位和处理问题，从而提高配电系统的运行安全性和可靠性。电力负荷管理与优化是智能配电系统的重要功能之一，其主要目标是通过实时监测和智能调控，实现电力负荷的合理分配和优化。通过自动化仪表采集的负荷数据，配电系统可以实时分析用户的用电模式，预测负荷需求，并根据需求调整电力分配策略。例如，当某一区域的负荷接近峰值时，系统可以通过自动调节变压器的输出功率或切换备用线路，确保电力供应的稳定性。此外，电力负荷管理还涉及到需求侧响应（Demand Response, DR）技术的应用，通过激励用户在高峰时段减少用电或调整用电时间，实现负荷的削峰填谷，提

高电力系统的整体效率。这种智能调控不仅能够降低电力系统的运行成本，还能延长设备的使用寿命，减少因过载导致的设备损坏^[5]。

3 结束语

热工仪表自动化技术在电力系统中的应用已经取得了显著的成效，其智能化、集成化、绿色化和节能化的发展方向为电力系统的未来描绘了美好的蓝图。通过引入人工智能、大数据、物联网等先进技术，热工仪表不仅能够实现高精度测量和实时监控，还能通过智能诊断和优化控制提高电力系统的运行效率和安全性。总之，热工仪表自动化技术在电力系统中的应用前景广阔，其不断发展的技术和创新应用将为电力行业带来更多的机遇和挑战。通过持续的技术研发和工程实践，热工仪表自动化技术必将在电力系统的高效、智能和可持续发展中发挥更加重要的作用。

参考文献:

- [1] 黄明明. 热工仪表及自动控制系统对火电机组节能降耗的影响研究 [J]. 中国科技纵横, 2024(7):37-39.
- [2] 朱文峰. 热工自动化控制技术的应用 [J]. 电脑爱好者 (普及版), 2023(7):268-270.
- [3] 王飞. 基于自动校准技术的热工仪表精度提升策略分析 [J]. 集成电路应用, 2024,41(6):124-125.
- [4] 贾静, 孙龙, 刘昭, 等. 浅析发电厂热工仪表自动化技术及故障排除措施 [J]. 家电维修, 2023(12):41-43.
- [5] 于昌明, 李旭军. 探讨火电厂热工仪表自动化技术应用的认识 [J]. 数码 - 移动生活, 2023(6):61.

作者简介: 薛阳 (1971—), 男, 汉族, 本科, 四川遂宁, 电气工程师, 研究方向为电气自动化、热工仪表及控制。