

电力工程在电力自动化技术方向的应用

徐 昌 李 晟 杨 宇
天津盛邦电力工程有限公司 天津 300480

摘 要：电力自动化技术是电力工程领域实现智能化、高效化发展的核心驱动力。本文围绕该技术在电力工程中的应用展开研究，首先阐述其重要性，包括提升电力系统稳定性与可靠性、降低运行成本、优化企业经济效益与社会效益；其次从电网调度、变电站、配电网、发电厂自动化，以及现场总线、主动对象数据库、光互连等维度，分析具体应用场景；最后探讨其智能化、信息化与数字化、绿色可持续化的未来发展趋势，旨在为电力工程领域的技术创新与产业升级提供理论参考。

关键词：电力工程；电力自动化；技术应用

引言：随着全球能源结构转型与智能化技术的深入发展，电力工程领域对高效、安全、可持续的电力供应需求日益迫切。电力自动化技术通过融合计算机科学、通信技术、控制理论等多学科成果，成为破解传统电力系统运行瓶颈的关键手段。它不仅能实时监控电力系统状态、精准调度能源分配，还能通过自动化控制减少人工干预，提升系统应对复杂工况的能力。从电网调度的全局优化到变电站的智能运维，从配电网的故障快速响应到发电厂的自动化生产，电力自动化技术已渗透至电力工程全链条。并通过梳理其应用现状与发展趋势，揭示该技术对构建现代化电力系统的战略意义，为行业技术革新与可持续发展提供思路。

1 电力自动化技术在电力工程中的重要性

1.1 提高电力系统的稳定性和可靠性

电力系统作为现代社会的“生命线”，其稳定性与可靠性直接关系到经济发展与社会安全。电力自动化技术凭借实时监测与智能调控能力，为系统稳定运行提供坚实保障。通过传感器与通信网络，自动化系统可实时采集电网电压、电流、频率等关键参数，一旦检测到电压波动、负荷失衡或设备异常，便迅速触发预警并启动自动调节机制。例如，在极端天气或用电高峰时期，自动化系统能动态调整发电与配电方案，避免局部过载引发连锁故障，确保电力供应的连续性。同时，借助故障诊断算法，自动化技术可快速定位故障点并隔离故障区域，显著缩短停电时间，极大降低电力中断对工业生产、居民生活的负面影响，有效提升电力系统抵御风险的能力。

1.2 降低运行成本

电力工程的高效运营离不开成本的有效控制，而电力自动化技术正是实现这一目标的关键利器。自动化系

统能够替代人工完成大量重复性、高风险的巡检与操作任务，减少人力资源投入，降低人工成本。例如，智能巡检机器人可在变电站、输电线路等复杂环境中自动检测设备状态，避免人工巡检的疏漏与安全隐患。此外，通过对电力系统运行数据的深度分析，自动化技术可精准预测设备故障，提前安排维护计划，将事后维修转变为预防性维护，减少设备更换与抢修成本。同时，自动化系统还能优化电力调度策略，根据实时负荷与电价信息，动态调整发电组合与输电路径，降低能源损耗与发电成本。在长期运行中，这些优势的叠加效应使得电力企业的运营成本得到显著压缩，提升了整体竞争力。

1.3 提高电力企业的经济效益和社会效益

电力自动化技术的应用不仅为电力企业创造直接经济价值，还对社会发展产生深远影响。在经济效益方面，自动化系统通过提升设备利用率、降低能耗与运营成本，直接增加企业利润空间；同时，精准的电力调度与高效的故障处理，减少因停电造成的经济损失，保障工业用户的生产连续性，进而吸引更多优质客户，拓展市场份额。在社会效益层面，稳定可靠的电力供应为居民生活、公共服务提供坚实保障，提升社会生活质量；自动化技术推动清洁能源的消纳与电网绿色转型，助力实现“双碳”目标，促进可持续发展^[1]。

2 电力自动化技术在电力工程中的具体应用

2.1 电网调度自动化

电网调度自动化是电力系统运行的“智慧大脑”，通过整合计算机技术、通信技术与自动控制技术，实现对电网运行状态的实时监控、分析与调控。其核心在于构建覆盖发电、输电、变电、配电全环节的自动化调度系统，借助分布于电网各节点的传感器与远程终端单元（RTU），实时采集电压、电流、功率等海量数据，并

通过高速通信网络传输至调度中心。基于这些数据，自动化系统能够动态生成电网运行全景图，利用状态估计、潮流计算等算法，对电网运行状态进行精准分析与预测。一旦检测到负荷突变、设备异常或潜在安全隐患，系统可迅速启动智能决策模块，自动生成优化调度方案，协调发电厂出力、调整输电线路参数，确保电网在安全稳定的状态下运行。此外，电网调度自动化还可实现跨区域电力资源的优化配置，提升电力系统整体运行效率，减少人工干预带来的误差与风险，为现代电力工程的可靠供电提供坚实保障。

2.2 变电站自动化

变电站自动化是通过计算机技术、通信技术和自动控制技术，对变电站内的一次设备、二次设备进行监测、控制、保护和协调的综合自动化系统。在实际应用中，变电站自动化系统利用分布于各设备的智能传感器，实时采集电流、电压、温度、压力等运行参数，并通过光纤、以太网等通信网络将数据传输至后台监控系统。系统基于这些数据，运用智能算法对设备状态进行评估，及时发现设备异常和潜在故障，实现故障的快速诊断与定位。同时，自动化系统能够自动执行倒闸操作、电压调节、无功补偿等任务，替代人工完成繁琐且存在安全风险的工作，显著提高操作的准确性和效率。此外，变电站自动化还可与电网调度自动化系统无缝对接，将变电站运行信息实时上传至调度中心，实现电网的统一调度与优化控制，提升电力系统的整体稳定性和可靠性，降低运行维护成本，为电力工程的高效运行提供有力支撑。

2.3 配电网自动化

配电网自动化通过融合通信、计算机与控制技术，实现对配电网运行状态的实时感知与智能管控，是提升供电可靠性和服务质量的核心手段。在实际应用中，配电网自动化系统借助分布于线路、开关、变压器等设备的智能终端，实时采集电流、电压、功率等运行数据，并通过光纤、无线通信网络将数据传输至控制中心。当配电网发生短路、接地等故障时，自动化系统可快速定位故障区段，自动隔离故障点并恢复非故障区域供电，将停电范围和时间缩至最短。同时，系统还能根据实时负荷数据，动态调整分布式电源接入与无功补偿设备投切，优化配电网潮流分布，降低线路损耗，提升电能质量。此外，配电网自动化支持用户侧互动，通过智能电表与用电信息采集系统，实现对用户用电行为的监测与管理，为需求响应、错峰用电等提供数据支撑，有效平衡电网供需关系，推动构建灵活、高效的现代配用电体系。

2.4 发电厂自动化

发电厂自动化通过集成计算机技术、自动控制技术与通信技术，实现发电生产全过程的智能化管控。在火电厂中，分散控制系统（DCS）对锅炉、汽轮机、发电机等核心设备进行实时监测与精准调节，根据负荷需求自动优化燃烧效率、蒸汽参数，提升能源转换效率；同时，辅机控制系统保障脱硫、脱硝、除尘等环保设备协同运行，确保污染物达标排放。水电厂则利用自动化水轮机调节系统，依据水位、流量变化自动调整导叶开度，实现水能高效利用。此外，发电厂自动化系统通过部署智能传感器和在线监测装置，对设备振动、温度、压力等参数进行连续监测，结合大数据分析故障诊断模型，提前预判设备故障，将事后维修转变为预防性维护，降低非计划停机风险。在管理层面，自动化系统整合生产数据，生成实时生产报表与能耗分析报告，辅助管理者优化调度策略，提升发电厂运行的安全性、经济性与可持续性，为电力工程的稳定供电筑牢根基。

2.5 现场总线技术

现场总线技术作为连接电力工程现场智能设备与控制系统的数字化通信网络，革新了传统电力系统的信息交互模式。它摒弃了繁琐的一对一模拟信号传输方式，采用一对多的总线型拓扑结构，将传感器、执行器、控制器等设备以数字通信协议接入同一网络，实现数据的实时共享与双向传输。在变电站中，现场总线技术能够整合继电保护装置、测控单元、智能电表等设备，构建高效的信息交互平台，使设备状态监测、故障诊断与控制指令下达更为精准快速。在发电厂自动化系统中，现场总线可实现对锅炉、汽轮机等设备运行参数的集中采集与分布式控制，提升系统响应速度与协同性。此外，该技术具备高可靠性、抗干扰能力强、开放性好等优势，支持不同厂商设备的无缝集成，有效降低布线成本与维护难度。现场总线技术的应用，推动电力工程现场设备从孤立运行向网络化、智能化协同转变，为电力自动化系统的稳定运行提供了坚实的技术支撑。

2.6 主动对象数据库技术

主动对象数据库技术将数据库技术与面向对象编程、人工智能技术深度融合，赋予数据库主动感知、分析和响应能力，成为电力工程数据管理的关键技术。在电力系统运行过程中，海量实时数据如设备状态参数、电网负荷信息等不断产生，主动对象数据库可通过预设规则与智能算法，自动监测数据变化。当设备运行参数超出正常阈值，或电网出现潜在风险时，数据库能主动触发预警机制，并联动相关系统执行控制指令，例如自

动调整发电功率、优化电网调度策略,实现故障的快速响应与处理。同时,该技术支持对电力设备全生命周期数据的整合与管理,通过对象封装与继承特性,将设备设计、运行、维护等数据关联,为设备健康评估、预测性维护提供数据支持。此外,主动对象数据库的分布式架构与高并发处理能力,可满足电力工程多源异构数据的存储与实时分析需求,显著提升电力自动化系统的数据处理效率与决策智能化水平。

2.7 光互连技术

光互连技术利用光信号进行数据传输,以其高带宽、低延迟、抗电磁干扰的特性,为电力工程构建高速稳定的通信网络提供解决方案。在电力自动化系统中,变电站、发电厂及电网调度中心之间需实时交互海量数据,传统电信号传输易受电磁环境干扰且传输速率有限,而光互连技术通过光纤作为传输介质,将电信号转换为光信号进行长距离、大容量传输,有效保障数据完整性与传输效率。在跨区域电网调度中,光互连网络能快速传递电网运行状态、负荷预测等关键信息,助力调度系统做出实时决策。此外,光互连技术还可应用于电力设备内部的芯片级、板级互连,解决电力电子装置高频信号传输中的电磁兼容问题。随着5G、物联网等技术在电力领域的深入应用,光互连技术将进一步优化电力系统通信架构,为电力自动化向智能化、数字化演进提供坚实的通信基础^[2]。

3 电力自动化技术在电力工程中的发展趋势

3.1 智能化发展趋势

电力自动化的智能化发展以人工智能技术为核心驱动力。机器学习算法深度嵌入电力系统,使其具备自主学习与决策能力,能够精准预测电网负荷波动、设备故障概率,实现预防性维护。例如,基于深度学习的故障诊断模型可快速识别电力设备异常状态,减少人工巡检成本与失误率。此外,智能体技术推动电网向自适应方向演进,分布式电源、储能装置与负荷侧资源通过智能控制实现协同互动,优化电力资源配置。未来,电力自动化系统将依托人工智能技术,构建具备感知、分析、决策与执行能力的智慧电网,显著提升电力系统的灵活性与可靠性。

3.2 信息化与数字化发展趋势

信息化与数字化成为电力自动化升级的核心方向。物联网技术实现电力设备全状态感知,海量数据通过5G、边缘计算等通信技术快速传输至云端,构建起实时、动态的电力数字孪生系统。电力企业借助大数据分析技术,深度挖掘设备运行、用户用电等数据价值,实现精准运维与需求侧管理。同时,区块链技术应用于电力交易,保障数据安全与交易透明。信息化与数字化的融合,推动电力工程从传统经验驱动转向数据驱动,助力电网实现智能化、精细化管理,提升全产业链协同效率。

3.3 绿色与可持续发展趋势

在“双碳”目标驱动下,电力自动化技术加速向绿色化转型。一方面,自动化系统优化可再生能源消纳能力,通过实时监测风光等新能源出力,协调储能与柔性负荷,提升清洁能源在电力供应中的占比。另一方面,先进的电力电子技术与智能控制策略降低电网传输损耗,例如智能无功补偿装置优化电压分布,减少线损。此外,自动化运维技术降低人工巡检对环境的影响,设备全生命周期管理系统通过精准预测寿命,避免资源浪费。电力自动化的绿色发展,将为能源转型与可持续发展提供技术保障^[3]。

结束语

电力自动化技术深度融入电力工程各环节,从电网调度到设备运维,全面革新了电力系统的运行模式。它不仅显著提升电力系统的稳定性与效率,更驱动行业向智能化、绿色化迈进。随着人工智能、物联网等新兴技术的不断突破,电力自动化将持续拓展应用边界,在保障能源安全、推动“双碳”目标实现中发挥更关键作用。

参考文献

- [1]王珏飞,王全兴,王军凯.电力工程中的电力自动化技术应用分析[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2022,05:164-165.
- [2]张朝辉.浅谈电力工程中的电力自动化技术应用[J].通讯世界,2021,19:120-121.
- [3]许斌,李博,李晓源.探讨电力工程中的电力自动化技术应用[J].山东工业技术,2022,01:184-185