

电气工程中电气自动化技术的应用研究

胡锋铭

南昌海立电器有限公司, 江西 南昌 330038

DOI:10.61369/EPTSM.2025120008

摘要： 电气自动化技术作为电气工程现代化发展的核心驱动力，其广泛应用显著提升了系统的生产效率、运行安全性与能源利用效率。本文阐述了电气自动化技术的核心组成，分析了其在提升生产效率与质量稳定性、降低运营成本与资源消耗、增强系统安全性等方面的重要价值。在该基础上，结合电力系统等领域实际，探讨了电气自动化技术的具体实施路径，以期为应对复杂工程场景的更高要求，推动电气工程事业高质量发展提供借鉴与参考。

关键词： 电气工程；电气自动化；技术应用；优化路径

Application Research of Electrical Automation Technology in Electrical Engineering

Hu Fengming

Nanchang Haili Electric Appliance Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi 330038

Abstract： As the core driving force behind the modernization of electrical engineering, electrical automation technology has significantly enhanced system production efficiency, operational safety, and energy utilization efficiency through its widespread application. This paper elucidates the fundamental components of electrical automation technology and analyzes its critical value in improving production efficiency and quality stability, reducing operational costs and resource consumption, and strengthening system security. Building on this foundation, and drawing from practical applications in power systems and related fields, the paper explores specific implementation pathways for electrical automation technology. These insights aim to provide valuable references for addressing the increasingly complex demands of engineering scenarios and to promote high-quality development in the field of electrical engineering.

Keywords： electrical engineering; electrical automation; technology application; optimization path

电气自动化技术是电气工程领域的重要组成部分，其通过集成传感、控制、通信与执行等技术，实现了电气系统的智能化监测、决策与调控。随着工业4.0、智能电网等概念的深入推进，电气自动化已成为提升工程效率、保障系统稳定、实现节能减排的关键技术支撑。在当前电气工程日益复杂化、集成化的背景下，探讨分析电气自动化技术的构成体系与应用路径，具有重要现实意义。

一、电气自动化技术组成与关键模块

(一) 传感器与数据采集技术

传感器与数据采集技术是电气自动化系统获取外部信息的“入口”，其性能直接决定了后续控制决策的准确性与及时性。在电气工程场景中，电气设备的运行状态、环境参数、能量流动等关键信息，均需通过传感器转化为可计算、可传输的电信号，为自动化控制提供基础数据支撑。从技术原理来看，传感器的核心功能是物理量向电信号的转换，不同类型的传感器对应不同的监测需求^[1]。例如，在电力系统中，电流传感器可实时采集输电线路的电流变化，电压传感器则精准捕捉母线电压波动，两者共同为过载、短路等故障判断提供数据依据，而在工业制造场景，温

度传感器则用于监测电机、机床等设备的工作温度，避免因过热导致的设备损坏^[2]。

(二) 控制算法

控制算法可对采集到的数据进行分析计算，生成精准的控制指令，驱动电机、阀门、继电器等执行机构调整运行状态，最终实现电气系统的自动化目标。在实践领域，不同的电气工程场景对控制精度、响应速度、稳定性的需求不同，也催生了多种适配的控制算法，从传统的经典算法到现代智能算法，形成了多层次的算法体系。随着多变量耦合系统等电气工程复杂度的提升，现代控制算法与智能控制算法开始广泛应用。例如，在柔性直流输电（VSC-HVDC）系统中，单纯的PID控制难以满足控制精度要求，此时会采用模型预测控制（MPC）算法建立系统的数学模型，预测未来

一段时间内的系统状态，结合约束条件优化控制指令，对直流电压、有功功率、无功功率等多变量进行协同控制^[9]。

(三) 通信技术

现场总线技术是早期电气自动化中应用最广泛的通信技术，其通过一条总线线路连接多个现场设备，替代传统的点对点布线，减少线缆成本与施工复杂度，但不同总线协议之间兼容性较差，难以实现跨厂商设备的无缝互联。对此，无线通信技术凭借着灵活部署、无需布线等优势，在电气工程中得到快速应用，尤其适用于高压输电线路、户外光伏电站、移动设备等难以布线的场景。其中，5G技术具有高带宽、低延迟、大连接特性，成为工业无线通信的核心技术之一^[10]。在工业互联网环境下，电气系统的通信网络往往面临网络攻击等风险，因此通信技术需通过加密传输确保数据在传输过程中不被窃取或篡改，同时通过网络隔离等方式阻止非法访问。电气自动化系统中的主要通信技术对比如表1所示。

表1 电气自动化系统中主要通信技术对比

技术类型	技术特点	优势	局限性
现场总线	数字式、串行、多点通信	布线简单，成本低，实时性好	协议标准不一，兼容性差，传输距离有限
工业以太网	基于以太网协议，带宽高	传输速度快，与IT系统无缝集成，通信协议统一	对工业环境适应性（如抗干扰）有特定要求
无线通信技术（如5G）	无线传输，灵活组网	部署灵活，无需布线，支持移动设备，大连接、低延迟	信号易受环境干扰，存在网络安全风险

二、电气自动化技术在电气工程中的应用价值

(一) 提升生产效率与质量稳定性

在电气工程领域，生产效率的瓶颈往往源于人工操作的局限性与参数控制的离散性，而电气自动化技术则通过感知、决策、执行等闭环体系，从根本上突破了这一限制。在工业制造场景中，自动化生产线借助PLC与工业机器人的协同控制，可实现24小时不间断运行，彻底摆脱人工操作的生理极限与时间限制。以汽车焊接生产线为例，自动化设备的重复定位精度可达0.1毫米以内，不仅将单台车身的焊接时间从人工操作的15分钟缩短至3分钟，更避免了人工操作中因疲劳、经验差异导致的焊接质量波动^[6]。在质量控制层面，自动化系统的优势更为突出，尤其是在电子元器件制造中，机器视觉检测设备通过高速摄像头与AI识别算法，每秒可完成数百个元器件的外观缺陷检测。

(二) 降低运营成本与资源消耗

电气自动化技术对成本的优化作用，体现在人工、能耗、运维等多个成本维度的协同管控上，其降本增效的主要应用领域如表2所示。人工成本的降低是最直接的体现，比如传统变电站需安排运维人员24小时轮班巡检，而华为智慧变电站解决方案通过远程智能巡视与AI预警功能，将运维人员的日常作业时间从每天4小时缩短至1.5小时，大幅降低了人工投入，同时减少了人工巡

检中的安全风险^[6]。能耗成本的优化则依托于精准的智能调控技术，其中施耐德电气无锡工厂在Building GPT技术辅助下，通过制冷系统与算力负荷的联动控制，实现了能源的动态匹配，充分展现了自动化技术在节能降耗中的核心价值^[7]。此外，基于AI的预测性维护技术可通过分析设备运行数据提前预判故障，显著降低运维成本。

表2 电气自动化技术降本增效应用析

应用领域	传统模式痛点	自动化解决方案
变电站运维	需人员24小时轮班巡检，人工成本高，存在安全风险，数据记录不连续。	采用远程智能巡视系统与AI预警平台，实现无人值守与预测性维护。
工业制造能耗管理	能源消耗与生产负荷不匹配，存在“大马拉小车”现象，能耗成本高昂。	利用AI能效优化系统，实现制冷系统与算力负荷的联动精准控制。
生产线质量控制	人工检测效率低、易疲劳，标准不一，漏检率高，影响产品一致性。	引入基于机器视觉与AI算法的自动化检测设备，进行高速、在线质量检测。

(三) 强系统安全性与可靠性

电气工程系统的安全与可靠是保障生产生活正常运行的基础，电气自动化技术通过实时监测、快速响应与智能防护的多重机制，构建了全方位的安全保障体系。在设备运行安全层面，自动化系统能对关键参数进行毫秒级监测，一旦出现异常立即触发保护机制。比如，在工业电机控制中，电流传感器实时监测电机负载变化，当出现短路隐患时，控制器能在10毫秒内发出停机指令，防止电机烧毁引发的火灾风险^[8]。在安防防护层面，融合AI的周界安防系统更展现出强大的安全防护能力。以华为智慧变电站为例，其具有显著的光纤感知特性，可密切结合AI大模型算法精准判别人员及外物入侵，入侵事件响应时间从传统的分钟级提升到秒级，实现了物理安全与系统安全的双重保障^[9]。

三、电气自动化技术在电气工程中的具体应用探讨

(一) 在电力系统中的应用

电力系统作为电气工程的核心领域，涵盖发电、输电、配电、用电等全链条，而电气自动化技术则可通过对各环节的精准控制与智能管理，解决传统电力系统效率低、响应慢、调度难的痛点，为构建新型电力系统提供关键技术支撑。以新能源发电中的光伏电站为例，自动化系统可在最大功率点跟踪（MPPT）技术支持下，由传感器持续采集光伏阵列的输出电压、电流数据，控制器基于扰动观察法或增量电导法等算法，动态调整逆变器的工作参数，确保光伏组件始终运行在最大功率点，与无MPPT控制的系统相比，其发电效率可提升10%~15%^[10]。同时，自动化并网控制系统通过采集电网电压、频率、相位数据，与光伏电站输出参数进行实时匹配，当电网出现波动时，可在200毫秒内实现低电压穿越，避免电站脱网，保障并网稳定性。

(二) 在工业制造领域的应用

在离散制造领域，电气自动化技术通过可编程逻辑控制器（PLC）与工业机器人的协同控制，可实现生产线的无人化与柔性

化。比如，在汽车焊接生产线中，整条生产线由10-20台工业机器人组成，每台机器人的动作均由PLC通过程序精确控制，实时调整机器人运动参数，以此确保焊点强度与精度。在电子元器件制造中，自动化技术则聚焦于高精度与高速度，由PLC实时采集设备运行数据，当出现参数偏差时，立即调整伺服电机参数，避免封装缺陷。某芯片封装厂应用该技术后，产能提升至5000片/小时，缺陷率控制在0.01%以下，远优于人工封装的水平。

（三）在建筑电气领域的应用

建筑电气系统涵盖供配电、照明、暖通、给排水等多个子系统，传统管理模式依赖人工巡检与手动操作，而电气自动化技术则通过集中监控、能调控、联动管理等模式，对建筑电气系统进行高效化、节能化与智能化管理，为绿色建筑或智慧楼宇建设提供关键支撑。比如，在供配电自动化方面，电气自动化技术可利用智能配电终端与监控系统，对供电状态保持实时监测，快速处置故障，并负动态优化负荷。在高层建筑中，供配电系统通常分为高压（10kV）、低压（0.4kV）两个层级，自动化系统通过安装在高低压配电柜中的智能仪表，实时采集电压、电流、功率因数、谐波含量等参数，并通过工业以太网传输至建筑电气监控中心。

（四）在交通运输领域的应用

交通运输领域对电气系统的可靠性、实时性、安全性要求相

对较高，电气自动化技术可将供电保障、运行控制和调度优化等作为基础，推动交通运输向智慧交通方向发展。在地铁、高铁、城轨等轨道交通方面，电气自动化技术可通过牵引变电所监控系统（SCADA），由安装在牵引变电所内的电流传感器、电压传感器、保护装置，实时采集整流器输出电流、接触网电压、设备温度等参数，实现对电能传输的实时监测与故障处置。而在公路交通电气自动化方面，基于电气自动化技术的智能交通信号控制系统则可分析采集到的各方向车流数据，通过优化算法，自动调整信号灯绿灯时长。

四、结语

综上所述，电气自动化技术在电气工程中的应用已展现出显著的优越性与广泛的适应性。通过传感器、智能控制算法与高效通信技术的系统集成，该技术不仅在电力系统、工业制造、建筑电气及交通运输等领域实现了生产效能的提升与运行成本的优化，更在系统安全与可靠性方面构筑了坚实屏障。随着人工智能、5G通信等新兴技术的不断融合，电气自动化正朝着更智能、更高效、更安全的方向演进，应进一步加强跨领域技术协同，推动标准化与智能化建设，以助力电气工程实现高质量与可持续发展。

参考文献

- [1] 王凯辉. 电气工程和自动化技术在工业控制柜中的应用研究 [J]. 造纸装备及材料, 2024, 53(12): 105-107.
- [2] 刘昊泽. 电气工程及其自动化应用中存在的问题与对策研究 [J]. 中国设备工程, 2024, (23): 117-119.
- [3] 刘佳. 电气工程自动化技术在船舶机械设备中的应用与挑战 [J]. 船舶工程, 2025, 47(1): 10037-10037.
- [4] 刘朋, 张永林, 刘文君. 电气工程及其自动化的智能化技术应用 [J]. 中国科技纵横, 2025, (11): 51-53.
- [5] 朱志成, 郭瑞鹏, 李宗源, 等. 基于电气工程自动化技术在电力系统运行中的应用探析 [J]. 智能城市应用, 2023, 6(10): 83-86.
- [6] 张建军. 电气工程及其自动化在智能电网建设中的应用探析 [J]. 消费电子, 2025, (22): 230-232.
- [7] 王福宁. 电气工程自动化系统中的质量控制与安全管理技术 [J]. 电工技术, 2024, (S2): 752-753.
- [8] 乔征瑞, 张玉. 探究当前智能化技术在电气工程自动化控制中的运用 [J]. 新疆有色金属, 2023, 46(5): 108-110.
- [9] 李腾, 相振俊, 王雪松, 等. 基于智能化控制系统的电气工程设备自动化调度优化研究 [J]. 消费电子, 2025, (13): 50-52.
- [10] 宋亚楠, 杨欣. 电气自动化系统在电气工程自动化控制中的应用 [J]. 电工技术, 2024, (S1): 296-298.