电气自动化控制技术应用研究

周焕挺

（绍兴大明电力设计院有限公司诸暨分公司，浙江 诸暨 311800）

摘 要 电气自动化控制技术是现代工业与智能制造体系的核心支撑，其应用深度与覆盖广度直接决定工业生产效能、能源消耗水平以及系统整体智能化程度。本文立足于技术落地实践场景，从工业生产、能源系统、智能建筑三大典型领域切入，对电气自动化控制技术的应用路径与融合模式展开系统性分析，重点研究可编程逻辑控制器（PLC）、分布式控制系统（DCS）、数据采集与监视控制系统（SCADA）、AIoT 技术的协同运行机制，深入探究该类控制技术在流程优化、能耗动态调节、全链路智能管理层面的实际应用价值，以期为相关领域的技术迭代与应用拓展提供参考。

关键词 电气自动化控制技术；能源系统；智能建筑；协同控制

中图分类号：TM921.5 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.27.035

0 引言

在工业数字化、智能化转型的推动下，电气自动化控制技术已经突破了传统的控制界限，变成了一种包含感知、决策、执行等各方面综合性的技术体系。从工业生产线精准控制、能源系统高效运行、智能建筑智慧管理，用硬件设备和软件算法相结合的方式实现了对各种电气系统的自动化、智能化管理。它的主要价值不仅仅是代替人工工作来减轻劳动强度，也在实时监测、动态调节、协同联动的基础上提高了系统的稳定性、准确性、经济性。

1 电气自动化控制技术在工业生产中的应用

1.1 工业生产的核心控制体系构建

电气自动化控制技术依靠 PLC、DCS 和 SCADA 三者之间的协作来创建起工业生产多层控制结构。PLC 是现场级控制的核心，具有很高的可靠性以及快速响应的能力，可以直接和传感器、执行器等终端设备相连，完成逻辑运算、顺序控制等确定性的任务，如机械手臂动作的精确控制、反应釜参数的实时调节等；DCS 承担车间级的集中管理功能，采用“分散控制、集中监视”的方式，协调各个 PLC 单元的运行，实现生产流程的全面优化和平稳衔接，特别适合于化工、冶金等连续流程工业；SCADA 系统可以打破地理上的限制，对分布在不同区域的生产设施进行数据采集和远程调度，形成从设备级到企业级的全流程管控网络，保证生产过程全局可视、可控。

1.2 生产线的自动化协同控制实践

生产线使用电气自动化控制技术，采用模块化集成和协议兼容的方式实现各个设备、各个工序之间的联动。将 PLC 同数控加工设备、输送机械、检测仪器等紧密融合，创建起柔性生产控制平台，可以依照生产任务的变化来改变设备的运行参数和工序衔接的逻辑，从而达成多品种、小批量的生产目的。同时，利用工业通信网络把各个生产单元的控制节点连接起来，使生产数据可以实时共享并且指令同步，即原材料预处理、部件加工、组装检测等工段的自动化流转，依靠控制算法的优化调度来缩减工序等待时间，从而提高生产线整体运行速度。

1.3 生产质量的自动化闭环控制

电气自动化控制技术创建起全流程质量监控体系之后，就完成了生产质量的自动化闭环控制。在生产过程中，各种传感器对产品的尺寸、性能参数等各个方面的数据进行采集，并将采集到的数据传送到控制器上，由控制器对数据进行分析处理，根据预设的控制逻辑来判断产品是否符合标准。当检测出质量偏差的时候，控制系统会自动调节生产设备的运行参数，比如焊接电流、切割速度等，从而及时纠正偏差；对于不合格的产品，系统会通过执行器触发分拣机制，把不合格的产品从生产线上分离出去，防止不合格的产品流入下一道工序。

作者简介：周焕挺（1984-），男，本科，工程师，研究方向：工程线路设计。

2 电气自动化控制技术在能源系统中的应用

2.1 电力系统的自动化调度与管控

电气自动化控制技术给电力系统安全稳定运行提供主要支持，它涉及发电、输电、配电的全过程。在发电环节，利用分布式控制系统（DCS）对发电机组的运行参数进行精确控制，使燃料供应、燃烧效率和发电功率达到动态匹配的目的，保证发电过程高效稳定。DCS可以将机组保护、顺序控制、模拟量调节等整合起来，提高机组的反应速度和运行可靠性。输电环节中数据采集和监控系统（SCADA）可以对输电线路电压、电流、功率、设备状态等重要参数进行实时监测，利用智能故障诊断算法快速找出线路异常以及潜在风险，再通过自动重合闸、负荷转移、无功补偿等控制手段保证输电网络畅通、电能质量良好。另外，基于广域测量系统（WAMS）的同步相量测量技术也大大提高了电网的动态监测和稳定评价能力。配电环节依靠智能终端（FTU、DTU）和高速通信网络，创建起灵活可靠的配电网自动化系统，可以迅速找到故障点并加以隔离，使非故障区域自动恢复供电，从而大大缩减停电时长，改善配电系统供电可靠性和电能质量。

2.2 新能源发电的协同控制与整合

新能源发电依靠电气自动化控制技术很好地解决了新能源的波动性、间歇性造成的整合问题。根据太阳能、风能等可再生能源发电的特点，将可编程逻辑控制器（PLC）和各种环境传感器配合使用，对光照强度、风速、温度等环境参数进行实时采集，根据采集到的数据动态调节光伏板倾角、方位角、风机桨距角、转速等运行状态，最大限度地捕捉可再生能源。利用先进的储能控制系统（BMS、PCS）和新能源发电设备智能联动，把发电高峰期多余的电能储存在电池、超级电容或者抽水蓄能等储能装置里，在发电量不够或者负荷高峰的时候按照需要释放出来，使电能得以时空平移和削峰填谷，平滑新能源出力曲线。另外，利用统一的场站级或者集控中心级能量管理平台，使新能源发电系统同传统电网可以实现无缝对接并达成协调运行。该平台使用高精度功率预测算法（气象数据和历史出力相结合）和柔性潮流控制技术，提前协调新能源发电和电网负荷的匹配程度，具备低电压穿越、频率支撑等电网友好型控制功能，可以很好地避免新能源大规模、高比例并网给电网稳定性和电能质量带来的影响，为可再生能源的大规模、安全化应用打下了坚实的技术基础。

2.3 能源消费的智能化调控与优化

电气自动化控制技术依靠创建广而深的能源消费监测和调节系统，从而实现能源利用的智能化改善[1]。在工业生产、商业建筑、园区和家庭等各个能源消费场景中部署智能传感器网络，对空调、照明、电机、生产线等各个用能设备的能耗数据进行实时采集，再将采集到的数据上传到云端或者本地能源管理平台，然后利用人工智能物联网（AIoT）技术对数据进行大数据分析、能效评价和用能模式识别。根据分析结果，智能控制系统可以自动或者半自动地改变设备的运行策略，即对空调系统温度和湿度的设定以及启停的时间进行调整，对照明系统的亮度和开关的时间进行调节，对生产设备的运行负荷和工艺需求进行匹配等，在保证舒适度和生产需要的基础上达到精细化节能的效果。参与电网需求响应（DR）项目的时候，能源管理系统可以同电网调度中心展开信息交流。当电网处在负荷高峰或者供应紧张的时候，控制系统依照预先设定的策略来自动削减或者转移非核心、可中断设备的能耗，或者启用在岸储能设备，优先保证关键负荷的供电，进而助力电网保持平衡，实现能源消费侧和电网运行侧的协同改善[2]。

3 电气自动化控制技术在智能建筑中的应用

3.1 建筑机电设备的集中管控

电气自动化控制技术用楼宇自控系统（BAS）对智能建筑的机电设备实施了集中化、自动化控制。该系统把空调、通风、给排水、电梯等各个方面的机电设备的控制模块整合在一起，采用云、边、端三级架构来达到全域协同的目的，即终端层的智能传感器实时采集设备运行数据和环境参数，边缘计算层对数据进行预处理和实时决策，云端管理平台对全局进行监控和策略优化。根据预先设定的控制逻辑以及AI算法，自动调节设备的运行状态，根据室内人员密度改变新风量、根据室外温度调节空调运行参数，达到设备按需运行的目的，从而减少建筑的能耗。系统具有设备自诊断功能，可以对设备的运行状况进行实时监测，并且能及时发出预警信息，对可能出现的故障做出预知性的判断，从而给建筑机电系统的维护工作赋予准确的参照标准，保证整个系统的稳定运转[3]。

3.2 建筑环境与安全的智能调控

建筑环境与安全控制中，电气自动化控制系统是全方位的智能安全保障系统。利用温湿度传感器、空气质量传感器等感知设备，对室内环境质量进行实时

监测，自动启动通风、净化等设备，营造出舒适的、健康的室内环境；照明系统采用人体感应传感器和光照传感器相结合的方式，人来灯亮、人走灯灭，根据自然光照强度调节照明亮度，达到舒适和节能的目的。在安全防护上，电气自动化控制技术把火灾报警系统、视频监控系统、门禁系统等有机融合起来，当检测到火灾、非法入侵等异常情况的时候，系统就会自动触发报警机制，并且联动相关的设备执行应急措施，比如开启排烟系统、关闭防火门、切断非必要的电源等，从而最大限度地保证建筑内人员和财产的安全[4]。

3.3 建筑全生命周期的智能化管理

电气自动化控制技术在智能建筑设计、施工、运营的全过程中起着关键的作用，从而达到建筑的智能化管理。在设计阶段，利用 BIM 技术和能耗模拟算法，对电气自动化控制方案进行仿真优化，确定设备的布置和控制方式，提高建筑的能源利用率。在施工阶段，采用预制调试技术和模块化安装的方式，简化了控制设备的安装和调试过程，加快了施工进度。在运营阶段，利用数字孪生技术建立建筑虚拟模型，可以对设备运行状态进行可视化监控和模拟分析，使用机器学习算法预测设备运行趋势，从而优化运维策略，在建筑改造或者拆除时，利用智能标签以及控制网络，对设备元件实施精准的溯源并加以回收利用，从而提升资源利用率。全生命周期的智能化管理使智能建筑朝着高效、低碳、可持续的方向发展[5]。

4 电气自动化控制技术的融合应用与发展展望

4.1 多技术融合的应用创新

电气自动化控制技术同人工智能、物联网、数字孪生等新兴技术融合之后产生了新的应用形式和创新成果。AI 算法加入后使控制系统具备了自主学习、自主决策的能力，可以利用历史运行数据来改进控制策略，例如用深度学习模型预测出设备的最佳运行参数，从而提高系统的智能化水平，物联网技术冲破了设备之间的信息隔阂，达成跨系统、跨领域的设备互通和数据共享，创建全域协同的控制网络。数字孪生技术经由创建物理系统的虚拟映射，实现控制过程的可视化模拟和预先预估，给控制策略的改良提供精确支撑[6]。

4.2 应用领域的拓展与深化

随着技术的不断发展，电气自动化控制技术的应用范围也从传统的工业、能源、建筑等各个领域向更多的新兴领域扩展[7]。智能制造同工业机器人、无人车间等技术融合起来，实现生产过程的全自动化和智能化。在交通运输方面，用在轨道交通信号控制、电动汽车充电调度等领域来提高交通系统的运行效率和安全性能。在农业方面，用温室环境自动控制、灌溉系统智能调节等方式推进农业生产的现代化转型。同时，在已有应用领域中，技术的应用越来越深入，由单个设备的控制转向了系统级别的优化，由局部控制转向了全域协同的发展方向，给各个行业的高质量发展提供源源不断的动力。

5 结束语

电气自动化控制技术是现代科技发展的重大成果，已经深入工业生产、能源系统、智能建筑等各个重要领域，并且成为推动行业智能化、高效化、低碳化发展的主要力量[8]。依靠 PLC、DCS、SCADA 等主要控制设备同 AIoT、数字孪生等新技术融合，达成对各种电气系统实施精确管理、协同改善并做出智能决定的目的，在改善生产效能、守护体系稳固以及削减能源耗费方面展现出重要价值。随着技术融合不断加深和应用领域不断扩大，电气自动化控制技术会向着更加智能、更加高效、更加集成的方向发展，给社会经济可持续发展提供更强的技术支持。实践应用时要继续加强技术创新和场景适配，推进控制技术同行业需求深度融合，充分发挥其应用价值，助力各个领域高质量发展。

参考文献：

[1] 吴霜.电气自动化控制在工厂的应用与发展研究[J].现代工业经济和信息化,2025,15(11):135-137.
[2] 姜冰,庄福新.基于PLC控制技术的汽车电气自动化设备系统研究[J].汽车知识,2025,25(12):83-85.
[3] 黄源.PLC控制的水利电气自动化系统集成方案研究[J].水上安全,2025(20):37-39.
[4] 胡涛.探析PLC在有色冶金工厂电气自动化控制中应用[J].世界有色金属,2025(20):48-50.
[5] 范子毅,吴海波.PLC控制技术在汽车电气自动化设备系统中的应用[J].汽车测试报告,2025(15):37-39.
[6] 田志平.煤矿井下带式输送机PLC集控系统设计研究[J].山东煤炭科技,2024,42(01):90-93,99.
[7] 李斌,郭自强,高鹏.改进北方苍鹰算法在光伏阵列中应用研究[J].电子测量与仪器学报,2023,37(07):131-139.
[8] 丁锦,姜文刚.基于拉丁超立方算法的永磁同步电机设计优化[J].电机与控制应用,2023,50(08):66-72.