

机电工程中电气自动化控制技术的研究

梁艳超 21132219850721101X

摘要：本文综述了电气自动化控制在机电工程中的核心原理、关键技术与典型应用，分析系统兼容性、控制精度与实时性等主要挑战，提出数字孪生、边缘计算与智能控制等技术路径与集成化发展趋势，为工程实践与技术推广提供参考。

关键词：电气自动化控制;PLC;伺服驱动;数字孪生;边缘计算;智能控制;系统集成;实时控制

一、引言

随着现代工业技术的快速发展，机电工程已成为融合机械设计、电气控制、自动化技术等学科的复杂体系，对控制技术的精准性、实时性与智能化提出了更高要求。在智能制造、工业 4.0 等战略的推动下，电气自动化控制技术不断与物联网、大数据、人工智能等新技术深度融合，其应用场景持续拓展，从单一设备控制向全系统协同控制演进，成为推动机电工程高质量发展的核心动力，朝着精准化、高效化、一体化的方向加速发展。

二、电气自动化控制技术的核心原理与关键技术

（一）核心控制原理

电气自动化控制技术的核心在于通过电气信号的采集、处理与反馈，实现对机电设备运动状态、运行参数的精准调控。其基本原理基于闭环控制与开环控制两种模式：开环控制通过预设程序指令驱动设备运行，无需反馈信号调整，结构简单、响应迅速，适用于控制精度要求较低的场景；闭环控制通过传感器实时采集设备运行状态数据，与预设目标值对比分析，通过控制算法动态调整输出指令，实现误差补偿，显著提升控制精度与稳定性，是机电工程中的主流控制模式。

（二）关键支撑技术

电气自动化控制技术的实现依赖多类关键支撑技术的协同作用。PLC（可编程逻辑控制器）作为核心控制单元，通过模块化编程实现逻辑运算、顺序控制与数据处理，具有抗干扰能力强、编程灵活、可靠性高的特点，是机电工程中应用最广泛的控制核心。单片机与嵌入式系统凭借体积小、功耗低、集成度高的优势，适用于小型机电设备的精准控制，可实现自定义功能开发与个性化控制需求。伺服驱动技术通过伺服电机与驱动器的协同工作，实现高精度位置控制与速度控制，其核心在于位置环、速度环、电流环的三环闭环调节，确保电机运行的平稳性与精准性。变频器技术通过改变供电频率实现电机调速，不仅能满足不同工况下的转速需求，还能显著降低能耗，实现节能运行。

三、电气自动化控制技术在机电工程中的主要应用场景

（一）生产制造中的机电设备控制

在机械加工、汽车制造等生产制造领域，电气自动化控制技术实现了机电设备的自动化生产与精准加工。数控机床通过 PLC 与伺服驱动技术的协同控制，实现刀具运动轨迹的精准规划与零件加工的自动化完成，大幅提升加工精度与生产效率；工业机器人基于嵌入式系统与多轴协同控制技术，完成焊接、装配、搬运等复杂作业，其重复定位精度可达微米级，适用于大批量、高精度生产场景。生产线自动化控制系统通过 PLC 整合各类加工设备、输送设备与检测设备，实现生产流程的自动化衔接与协同运行，通过上位机软件实时监控生产状态，动态调整生产参数，有效降低生产误差与人力成本。此外，自动化检测技术通过视觉传感器、激光传感器等设备，实现零件尺寸、外观质量的在线检测与缺陷识别，为生产过程的实时调整提供数据支撑。

（二）能源系统中的机电设备调控

在电力、新能源等能源领域，电气自动化控制技术为机电设备的稳定运行与能源高效利用提供保障。火力发电站通过分散控制系统（DCS）实现锅炉、汽轮机、发电机等核心设备的协同控制，实时监测燃烧状态、蒸汽参数、发电功率等指标，动态调整运行参数，确保发电系统的稳定高效运行；风力发电系统通过变桨距控制与变频调速技术，根据风速变化实时调整风机叶片角度与转速，最大化风能捕获效率，同时保障风机运行安全。电力传输与配电系统通过自动化继电保护装置、智能电表等设备，实现电力负荷的动态监测与精准分配，快速隔离故障区域，提升电力系统的供电可靠性与电能质量。此外，储能系统中的充放电控制技术通过电气自动化控制实现储能设备的有序充放电，平抑电网负荷波动，促进新能源消纳。

四、技术应用面临的挑战

（一）系统兼容性与集成难度

机电工程中各类机电设备往往来自不同厂商，其控制协议、接口标准存在差异，导致电气自动化控制系统与现有设备的兼容性不足，集成难度较大。部分老旧设备缺乏标准化接口，难以接入自动化控制系统，需进行改造升级，增加了应用成本。此外，多系统协同控制过程中，数据传输协议不统一、数据格式不一致等问题导致信息交互不畅，影响全系统的控制精度与运行效率，如何实现不同设备、不同系统的无缝集成与协同运行，是当前技术应用面临的核心难题。

（二）控制精度与实时性的平衡

随着机电工程对控制精度的要求不断提高，复杂控制算法的应用导致系统计算量大幅增加，影响控制响应速度，难以满足高实时性控制需求。在高速运行、动态负载等复杂工况下，

控制精度与实时性的矛盾尤为突出：提升控制精度可能导致响应滞后，而追求实时性又可能牺牲控制精度。此外，外部环境干扰（如电磁干扰、温度变化）会影响传感器信号采集精度与控制指令传输稳定性，进一步加剧了控制精度与实时性的平衡难度。

五、未来发展趋势

（一）数字化与智能化深度融合

数字化与智能化将成为电气自动化控制技术的核心发展方向。数字孪生技术构建设备与系统的虚拟镜像，实时映射物理设备运行状态，通过仿真分析优化控制参数、预测故障演化，实现“虚拟-物理”协同控制；人工智能技术与控制算法深度融合，通过机器学习、深度学习实现控制模型的自主优化与故障的智能诊断，提升系统的自适应能力与决策效率。边缘计算技术将部分计算任务部署在设备端，降低数据传输延迟，提升实时控制性能；大数据分析技术通过挖掘设备运行数据中的潜在规律，为控制策略优化与运维决策提供数据支撑。

（二）集成化与模块化发展

集成化与模块化设计将简化电气自动化控制系统的结构，提升系统灵活性与可扩展性。一体化控制平台整合控制、监测、运维等功能，实现多设备、多系统的集中管控，减少设备冗余与数据交互成本；模块化控制单元通过标准化接口实现快速拼接与替换，便于系统升级与维护，降低应用成本。此外，分布式控制系统将控制功能分散至多个节点，实现负载均衡与故障冗余，提升系统的可靠性与稳定性，适用于大型复杂机电工程。

六、结论

电气自动化控制技术作为机电工程领域的核心技术，其应用深度与广度直接影响机电工程的自动化水平、运行效率与安全性能。未来，随着数字化、智能化、集成化技术的不断突破，电气自动化控制技术将实现与新技术的深度融合，通过优化控制算法、强化系统集成、提升安全防护能力，突破现有应用瓶颈，实现更精准、高效、可靠的控制。电气自动化控制技术的持续创新与深度应用，将进一步推动机电工程向智能化、绿色化、一体化方向发展，为现代工业的高质量发展提供有力保障，在更多领域发挥核心支撑作用。

参考文献

- [1]沈予皓.电气及自动化在机电工程中的应用分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(09):61-63.DOI:10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202309021.
- [2]毛晓娟.自动化控制在矿山生产中的应用策略[J].世界有色金属,2022,(21):31-33.
- [3]王建伟.PLC 技术在机电工程自动化中的运用分析[J].设备管理与维修,2019,(19):132-133.DOI:10.16621/j.cnki.issn1001-0599.2019.10.73.

