

电气工程及其自动化在机电装备升级中的应用研究

张领辉 130429198904275833

摘要：本文综述电气工程及其自动化在机电装备升级中的核心技术、典型应用与面临挑战，探讨智能化、网络化与绿色化的发展路径与实施要点，为装备升级提供技术与决策参考。

关键词：电气自动化;机电装备升级;PLC 与伺服;物联网;数字孪生;边缘计算;能效优化;预测性维护;信息安全;标准化

一、引言

现代工业生产对机电装备的精准度、效率性与可靠性提出了更高要求，传统以机械传动为主的装备体系已难以适配柔性生产、绿色制造的发展需求。电气工程及其自动化技术的崛起，通过电气系统与自动化系统的深度耦合，构建起“感知-传输-分析-决策-执行”的闭环管控体系，为机电装备赋予了精准控制、自主调节与协同运行的能力。这种技术融合不仅实现了装备单一功能的优化，更推动了整个制造体系的流程重构与效能跃升，成为制造业高质量发展的重要支撑。深入研究其应用模式与技术逻辑，对推动机电装备升级具有重要的理论与实践意义。

二、电气工程及其自动化的核心技术体系

电气工程及其自动化技术以机电一体化为核心逻辑，形成了多维度的技术支撑体系，其核心构成包括控制技术、驱动技术、传感技术与网络技术四大板块。控制技术以可编程逻辑控制器（PLC）、分布式控制系统（DCS）为核心，替代传统继电器硬接线逻辑，通过软件编程实现控制逻辑的柔性调整，具备毫秒级响应速度与高可靠性，为装备提供精准的逻辑控制与运动协同能力。驱动技术以变频驱动（VFD）、伺服控制系统为代表，通过调节电机转速与输出力矩，实现能量的按需分配，既解决了传统装备“大马拉小车”的能耗浪费问题，又通过软启动功能减少机械冲击，延长装备使用寿命。

传感技术作为装备的“感知器官”，涵盖电流电压互感器、温度热电偶、振动加速度计等高精度检测元件，能够实时采集装备运行中的多维度参数，为控制决策提供数据支撑。网络技术则以工业以太网、现场总线（如 EtherCAT、CAN）为载体，打破单机设备的信息孤岛，实现设备间的数据互通与协同控制，为远程监控、集中管理奠定基础。这四大技术板块相互协同，构建起兼具高实时性、高精度度与高扩展性的技术架构，成为机电装备升级的核心支撑。

三、电气工程及其自动化在机电装备升级中的核心应用

（一）控制架构的智能化重构

传统机电装备以机械传动为核心，控制逻辑固定、调节方式单一，难以适应多品种生产需求。电气工程及其自动化技术通过数字化控制架构的重构，实现了装备控制模式的根本性转变。PLC 作为控制核心，将传统机械联动逻辑转化为软件程序逻辑，无需改动物理接线即可完成工艺参数的调整与流程优化，大幅提升了装备的柔性生产能力。同时，伺服控制系统与 PLC 的协同应用，实现了亚微米级的精准定位与多轴协同运动，替代了复杂的机械传动结构，使装备能够完成高精度加工、自动化装配等复杂任务。这种“软件定义控制”的模式，让机电装备从被动执行指令转向主动适应生产需求，为柔性制造提供了核心支撑。

（二）运行效能的全方位优化

电气工程及其自动化技术通过能耗调控与流程优化，实现了机电装备运行效能的显著提升。在能耗管理方面，变频驱动技术根据装备负载动态调节电机转速，避免了传统恒速电机的无效能耗，在风机、泵类等通用机械中可实现 20%-40% 的节能效果。同时，无功补偿与谐波治理技术的应用，提升了电能质量，减少了能源损耗。在生产效率方面，智能传感网络与闭环控制系统的结合，实现了工艺参数的实时修正，避免了因参数漂移导致的生产偏差，大幅提升了产品一致性。此外，装备运行数据的实时采集与分析，使生产流程能够根据物料供应、设备状态动态调整，减少了生产等待时间，实现了全流程的效率最大化。

（三）安全与维护体系的革新

机电装备的传统维护模式以“事后维修”和“定期保养”为主，存在维护不及时、资源浪费等问题。电气工程及其自动化技术推动维护模式向“预测性维护”转型，通过集成振动频谱分析、红外热成像监测等技术，实时捕捉装备运行中的异常信号，结合时序算法预测部件寿命，提前发出维护预警。同时，设备自诊断功能能够快速定位故障点，配合远程运维技术，大幅缩短了故障修复时间。在安全保障方面，技术体系通过安全继电器、冗余设计、急停双回路等功能安全架构，构建起多层次的安全防护体系，既保障了操作人员安全，又避免了设备因误操作导致的损坏。这种“主动防御+精准维护”的模式，显著提升了装备的运行稳定性与使用寿命。

（四）网络化与协同能力的提升

工业互联网与物联网技术的融入，让机电装备从单机运行转向网络化协同。通过工业以太网与统一通信协议，车间内的各类装备实现数据互通与联动控制，形成柔性生产系统，能够根据生产任务自动分配资源、调整流程。远程监控与集中管理功能的实现，使操作人员能够在中央控制室甚至移动端实时掌握装备运行状态，完成参数调试、故障处理等操作，打破了空间限制。这种网络化升级不仅提升了单条产线的协同效率，更推动了整个工厂的数字化转型，为智能制造、工业 4.0 的落地提供了底层支撑。

四、技术应用的挑战与发展趋势

当前，电气工程及其自动化在机电装备升级中的应用仍面临一些挑战：异构设备通信协议不统一导致的互联壁垒，边缘侧算力不足限制了实时控制精度的进一步提升，信息安全防护体系尚需完善，复合型技术人才短缺等问题亟待解决。未来，随着技术的持续迭代，其发展将呈现三大趋势：一是高精度与高智能的深度融合，通过轻量化工业大模型与边缘计算的结合，实现装备的自主决策与自适应控制；二是绿色化与可持续发展，通过能效优化技术与绿色材料的应用，推动机电装备向低能耗、低排放转型；三是标准化与模块化，通过统一通信协议与模块化设计，提升技术的兼容性与可扩展性。这些趋势将进一步强化电气工程及其自动化技术在机电装备升级中的核心作用，推动制造业向更高质量、更高效益的方向发展。

五、结论

电气工程及其自动化技术通过控制架构重构、效能优化、安全维护革新与网络化升级，为机电装备升级提供了全方位的技术支撑，推动传统装备从机械驱动向智能调控、从单机运行向协同联动、从被动维护向主动预警转型。其技术融合的核心逻辑，是通过电气系统与自动化系统的深度耦合，赋予机电装备感知、决策与执行的综合能力，从而适配现代制造业柔性化、绿色化、智能化的发展需求。尽管当前仍面临协议标准化、信息安全等挑战，但随着技术的持续迭代，电气工程及其自动化将在机电装备升级中发挥更为关键的作用。未来，需进一步加强跨学科技术融合，完善标准体系，培养复合型人才，推动技术应用向更深层次、更广领域拓展，为制造业高质量发展筑牢技术根基。

参考文献

- [1] 杜兰. 京城机电装备制造转型升级驶入“快车道”[N]. 首都建设报, 2022-01-11(001). DOI:10.28681/n.cnki.nsdjs.2022.000043.
- [2] 姚巨坤, 时小军. 废旧机电装备信息化再制造升级研究[J]. 机械制造, 2007, (04): 1-4.
- [3] 本刊编辑部. 信息技术助染整业实现产业升级[J]. 染整技术, 2004, (04): 2.