

电气自动化在工业机械控制中应用的探讨

郭 方

河南缔澄环保科技有限公司 河南 安阳 455004

摘 要：本文探讨电气自动化在工业机械控制中的应用。介绍了可编程逻辑控制器（PLC）、工业机器人控制、传感器与反馈系统、人机交互界面（HMI）等关键技术，阐述了在数控机床、自动化生产线、物流与仓储自动化、包装与装配机械等领域的应用，分析了智能化、网络化与信息化、绿色节能优化等发展趋势，凸显电气自动化对工业机械控制的重要意义。

关键词：电气自动化；工业机械控制；关键技术；应用领域；发展趋势

引言：随着工业技术的不断进步，工业机械控制对效率、精度和稳定性的要求日益提高。电气自动化技术凭借其先进性和高效性，在工业机械控制中发挥着关键作用。它融合了多种先进技术，如PLC、工业机器人控制等，为工业机械的自动化运行提供了有力支撑。深入研究电气自动化在工业机械控制中的应用，有助于推动工业生产向智能化、高效化方向发展。

1 电气自动化在工业机械控制中的关键技术

1.1 可编程逻辑控制器（PLC）

可编程逻辑控制器（PLC）由中央处理单元（CPU）、存储器、输入输出接口、电源模块等组成。CPU作为核心，负责执行用户编写的控制程序；存储器用于存储系统程序与用户程序；输入输出接口连接外部设备，实现信号采集与指令输出；电源模块则为各部件稳定供电。PLC基于循环扫描机制工作，依次经历输入采样、程序执行、输出刷新三个阶段。在输入采样阶段，PLC读取外部设备状态并存储于输入映像寄存器；程序执行阶段，按序扫描用户程序并进行运算；输出刷新阶段，将运算结果传送至输出锁存器，从而控制外部设备。在机械控制领域，PLC通过梯形图、指令表等语言进行逻辑编程。例如在机床控制中，编写的逻辑程序可精准控制刀具进给、主轴启停和冷却液开关，保障复杂加工工序有序进行。凭借实时响应特性，PLC能对外部信号迅速作出反应，如传感器检测到工件到位，便立即触发机械手臂抓取动作，提高生产效率。此外，PLC强大的抗干扰能力，使其能在复杂电磁干扰的工业环境中稳定运行。

1.2 工业机器人控制

伺服驱动与运动控制技术是工业机器人精准作业的基础。伺服电机作为执行元件，通过编码器反馈位置与速度信息，驱动器接收控制器指令后，实时调整电机转速与转角。在六轴工业机器人中，多个伺服电机协同工

作，结合运动学算法，实现末端执行器在三维空间的精确定位与姿态调整。轨迹规划技术预先设定机器人运动路径，通过插补算法将路径离散为多个微小运动段，确保运动平滑连续，避免冲击与振动^[1]。机器人在自动化生产线中承担多样化任务。汽车制造领域，焊接机器人通过精确运动控制，完成车身各部件焊接，保证焊缝质量一致性；装配线上，搬运机器人利用视觉识别系统定位工件，快速抓取并准确放置，替代人工重复性劳动。机器人与周边设备的通信协同是实现自动化生产的关键，通过工业以太网、现场总线等通信协议，机器人可与PLC、传感器等设备实时交互数据，依据生产流程调整工作模式，提高生产线柔性自动化水平。

1.3 传感器与反馈系统

传感器在自动化控制中承担信号采集重任。光电传感器利用光的发射与接收检测物体有无、位置及形状，常用于机械加工中的工件计数与定位；压力传感器监测液压、气压系统压力值，保障机械设备动力系统稳定运行；温度传感器实时检测电机、轴承等关键部件温度，预防过热故障。不同类型传感器将物理量转化为电信号，经信号调理电路放大、滤波后，传输至控制系统进行分析处理。闭环控制系统通过传感器反馈实现稳定性与精度优化。以数控机床进给系统为例，位置传感器实时检测工作台实际位置，并与指令位置比较，偏差信号经控制器运算后，驱动伺服电机调整工作台位置，形成“检测-比较-控制”循环，消除机械传动误差，使定位精度达到微米级。反馈系统还能动态补偿外界干扰影响，当机械负载变化导致速度波动时，速度传感器反馈信号促使控制器调节电机转速，维持系统稳定运行。

1.4 人机交互界面（HMI）

操作面板与远程监控技术构成人机交互核心。本地操作面板集成按钮、指示灯、触摸屏等元件，操作人员

通过触摸屏输入参数、选择工作模式,直观监控设备运行状态。远程监控借助网络通信技术,将设备数据传输至监控中心,工作人员通过计算机或移动终端实时查看机械运行参数、故障信息,实现异地操作与管理。数据可视化将复杂运行数据转化为直观图表、曲线与动画。在生产线监控界面,实时显示各设备运行状态、生产进度,异常数据以醒目颜色标注;趋势图呈现关键参数变化趋势,便于分析设备性能退化情况。故障诊断功能基于预设规则与历史数据,对传感器采集的异常信号进行分析定位,如电机电流突变时,系统自动判断故障类型并提示维修方案,缩短故障排查时间,提升设备维护效率。

2 电气自动化在工业机械控制中的应用领域

2.1 数控机床与加工中心

在数控机床与加工中心领域,电气自动化实现高精度运动控制与自动化加工。伺服驱动系统是核心部件,通过接收数控装置指令,驱动电机精确运转。伺服电机凭借高响应性与精准定位能力,控制机床工作台、主轴等部件运动。编码器实时反馈部件位置与速度信息,构成闭环控制系统,确保运动精度。数控系统内置复杂算法,根据加工工艺要求,将零件设计图纸转化为机床运动指令,实现复杂曲面加工。自动换刀装置在电气控制系统作用下,按程序指令快速准确更换刀具,减少辅助时间。刀具检测系统实时监测刀具磨损状态,当达到设定阈值,自动报警并更换刀具,保证加工质量稳定^[2]。加工过程中,温度、振动传感器采集数据,电气控制系统依据预设参数自动调整加工参数,避免因工况变化影响加工精度,实现无人值守的自动化加工流程。随着人工智能技术的融入,部分高端数控机床已具备自学习能力,能根据历史加工数据优化加工路径,进一步提升加工效率与精度。

2.2 自动化生产线

在工业生产迈向智能化、高效化的进程中,电气自动化保障自动化生产线流水线协调控制与智能调度。可编程逻辑控制器(PLC)作为控制中枢,采集生产线各设备传感器信号,如物料到位、设备运行状态等信息。根据预设程序逻辑,PLC向各设备发送控制指令,确保输送线、加工设备、检测设备等协同作业。当某工位出现故障,PLC立即暂停相关设备运行,防止生产混乱,同时发出报警信号。智能调度系统基于生产计划与设备状态,优化生产流程。通过分析订单优先级、设备负荷等因素,合理安排各工序生产顺序与时间,提高设备利用率。分布式控制系统(DCS)实现生产线分散控制与集中管理,操作员可在中央控制室监控全线设备运行参

数,远程调整生产工艺,实时掌握生产进度,使生产线高效稳定运行。如今,边缘计算技术在自动化生产线的应用逐渐普及,能在本地快速处理大量实时数据,降低数据传输延迟,进一步增强生产线的响应速度与稳定性。

2.3 物流与仓储自动化

在物流与仓储自动化中,AGV(自动导引车)与智能分拣系统依赖电气自动化技术。AGV搭载导航传感器,如激光导航、磁条导航装置,依据预设路径在仓库内自主行驶。车载控制系统接收调度指令,控制驱动电机调整行驶速度与方向,实现精准定位与避障。与仓库管理系统通信,获取货物存储位置与运输任务信息,完成货物搬运作业。智能分拣系统通过视觉识别装置采集货物信息,图像识别算法处理数据,判断货物类别、尺寸、目的地等。电气控制系统根据识别结果,控制分拣机构动作,如输送带转向、推板伸缩,将货物准确分拣至指定通道。输送线驱动电机采用变频调速技术,根据货物流量自动调节输送速度,避免堵塞,提高分拣效率,实现仓储物流的高效自动化运转。值得一提的是,5G技术的应用为物流仓储自动化带来新变革,其高速率、低延迟的特性,使AGV与分拣系统能更流畅地进行数据交互,实现更灵活的调度与协作。

2.4 包装与装配机械

电气自动化实现高速包装机的自动化控制以及机器人装配与质量检测。高速包装机中,运动控制系统精确控制包装材料输送、成型、封口等动作。伺服电机驱动卷筒材料匀速放卷,张力控制系统保持材料张力稳定,避免褶皱、断裂。光电传感器检测包装材料位置与产品填充状态,反馈信号至控制系统,确保包装动作与产品同步^[3]。封口装置温度、压力由电气控制系统精确调节,保证封口质量。在机器人装配领域,工业机器人通过伺服电机与减速器实现多自由度运动,末端执行器在视觉系统引导下,准确抓取零部件并完成装配。力传感器实时感知装配力大小,防止零件损坏。装配过程中,质量检测系统通过视觉检测、红外检测等手段,对产品尺寸、外观、性能进行在线检测。检测数据传输至控制系统,不合格产品自动剔除,合格产品进入下一工序,保障产品装配质量与生产效率。当下,柔性装配技术成为新热点,通过电气自动化控制实现机器人末端执行器的快速更换与参数调整,可满足多品种、小批量产品的装配需求,显著提升生产线的柔性化水平。

3 电气自动化在工业机械控制中的发展趋势

3.1 智能化发展

人工智能与机器学习技术深度融入电气自动化,推

动工业机械向智能决策、自适应控制方向迈进。在数控机床领域,智能算法分析加工过程中传感器采集的振动、温度等数据,提前预判刀具磨损、设备故障等潜在问题,自动调整加工参数,避免因突发状况导致生产中断。机器学习算法依据大量历史加工数据,优化加工路径与工艺参数,使机床能够针对不同材质、形状的工件,自主选择最优加工方案,提升加工效率与精度。在自动化生产线中,智能控制系统通过图像识别技术实时监测产品质量,一旦发现瑕疵,立即触发报警并调整生产参数,或对不合格产品进行自动分拣。工业机器人借助深度学习算法,能够在复杂环境中识别并抓取形状不规则的零部件,无需人工重新编程,即可适应多品种产品的装配需求,显著增强生产线的柔性 with 灵活性。随着强化学习技术的应用,工业机械还能在与环境的持续交互中自主探索最优控制策略,进一步提升智能化水平。

3.2 网络化与信息化

工业互联网与物联网技术的应用,重塑电气自动化系统的运行模式。在物流与仓储自动化场景中,AGV、智能分拣系统等设备通过物联网技术实现互联互通,实时共享位置、运行状态等信息。中央控制系统依据这些数据,动态优化调度策略,避免设备拥堵,提升仓储物流效率。工业互联网平台整合工业机械运行过程中的各类数据,包括设备参数、生产进度、能耗情况等,管理人员可通过云端平台远程监控设备运行状态,进行故障诊断与维护指导。在自动化生产线中,各设备之间通过网络实现数据实时交互,实现生产计划、物料配送、质量检测等环节的协同运作^[4]。远程运维技术让技术人员无需亲临现场,即可对设备进行程序更新、参数调整,降低维护成本,提高设备可用性。区块链技术的引入为工业数据交互增添了安全保障,确保数据在传输与存储过程中的完整性和不可篡改性,推动电气自动化系统网络化与信息化迈向新高度。

3.3 绿色节能优化

电气自动化技术在提升工业机械能源利用效率方面持续创新,为绿色节能提供了重要支持。电机驱动系统中广泛应用的高效变频调速技术,能够根据设备实际负载需求,实时调整电机转速,有效避免电机长时间满负荷运行带来的能源浪费。智能控制系统通过对工业机械启停顺序和运行时间的合理安排,减少设备空转造成的能耗损失。在空调、通风等辅助设备的控制中,传感器可实时监测环境参数,并自动调节设备运行功率,实现按需供能。工业加热设备通过精准的温度控制,结合先进保温材料,降低热量散失,提高能源利用率。能源管理系统对工业机械能耗数据进行实时采集与分析,有助于识别高耗能环节,并通过优化控制策略或设备升级实现节能目标。光伏储能与电气自动化系统的结合,使工业机械能够优先使用清洁能源,进一步减少碳排放,储能设备可在用电低谷期储存电能,在用电高峰期释放,从而优化能源使用时段,提升能源循环利用效率。

结束语

电气自动化在工业机械控制中的应用广泛且深入,关键技术为工业机械的高效运行提供了坚实保障,在多个领域展现出显著优势。智能化、网络化与信息化、绿色节能优化等发展趋势,将进一步提升工业机械控制的水平。未来,随着技术的不断创新,电气自动化将在工业机械控制中发挥更大作用,助力工业生产实现更高质量的发展,推动工业迈向新的阶段。

参考文献

- [1]傅桂林.智能化技术在机械电气设备中自动化控制系统的应用研究[J].电子质量,2025(4):35-39.
- [2]姜建昊,张小孟.基于PLC技术在工业机械电气自动化控制中的应用[J].科海故事博览,2025(12):31-33.
- [3]齐晓明,代瑞鹏,贾玉刚.电气自动化技术在工业机械控制中的应用研究[J].越野世界,2023(13):341-343.
- [4]李宜高,徐晓伟,王妙心.PLC技术在机械电气自动化控制中的应用研究[J].中华传奇,2024(2):287-289.