

Application of Electrical Engineering Automation Technology in Mechanical Equipment

Jiabin Zhao

Zaozhuang Lianchuang Industrial Co., Ltd., Zaozhuang, Shandong, 277011, China

Abstract

Against the backdrop of rapid industrial automation development, electrical engineering automation technologies have been widely applied in fields such as CNC machining, automated production lines, and lifting transportation systems, demonstrating a trend toward intelligentization and digitalization. This study focuses on electrical engineering automation technologies for mechanical equipment, systematically examining characteristics including power electronics technology, PLC control technology, and sensor/detection technologies. By analyzing typical equipment cases, it explores technical implementation pathways for electrical automation solutions across various machinery systems. Building on these insights, the research proposes practical optimization strategies to address current challenges in technology application, aiming to provide actionable references for promoting the widespread adoption of electrical engineering automation technologies in mechanical equipment.

Keywords

mechanical equipment; electrical engineering; automation technology; optimization application

机械设备电气工程自动化技术的应用

赵家彬

枣庄联创实业有限责任公司, 中国·山东 枣庄 277011

摘要

在工业自动化快速发展背景下, 电气工程自动化技术被广泛应用于数控加工、自动化生产线、起重运输等多个领域, 呈现出智能化和数字化发展趋向。本文以机械设备电气工程自动化技术为研究对象, 梳理了电力电子技术、PLC控制技术、传感器与检测技术等特点, 并结合典型设备, 分析了电气自动化技术在各设备中的技术实现路径。在该基础上, 针对当前技术应用中存在的诸多难点问题, 提出了切实可行的优化对策, 以期为推动机械设备电气工程自动化技术的推广应用提供借鉴与参考。

关键词

机械设备; 电气工程; 自动化技术; 优化应用

1 引言

随着工业 4.0 理念的深入推进, 机械设备的自动化水平逐渐成为衡量行业发展质量的重要指标, 而电气工程自动化技术则直接决定了机械设备的运行效率。在传统机械设备运行中, 普遍存在操作依赖人工等问题, 难以满足现代工业规模化的生产需求。因此, 探讨机械设备电气工程自动化技术的具体应用, 对于推动技术与实际生产深度融合, 助力我国装备制造业向高质量发展等具有重要现实意义。

2 机械设备电气工程自动化的核心技术

2.1 电力电子技术

电力电子技术主要通过电力电子器件的导通与关断控制, 电力的变换、控制与优化, 为机械设备提供稳定、适配的电能供应, 满足不同机械设备的运行功率需求。依托于电力电子技术, 电网交流电可被换为直流电, 为设备的控制模块、驱动系统提供电源, 并通过逆变技术将直流电转换为可调频率的交流电, 实现对电机转速的精准调控。电力电子技术具备能耗控制优势, 可优化电力转换过程中的能量损耗, 降低机械设备的整体能耗, 提升设备运行的经济性, 因而被广泛应用于各类高功率机械设备的驱动与控制。

2.2 PLC 控制技术

PLC (可编程控制器) 控制技术具有可靠性高、抗干扰能力强、编程灵活等优势, 是连接机械设备电气系统与控制指令的关键纽带。通过预先编写的控制程序, PLC 可接

【作者简介】赵家彬 (1990-), 男, 中国山东枣庄人, 本科, 助理工程师, 从事机械制造及其自动化研究。

收来自传感器、按钮等输入设备的信号，经过逻辑运算、数据处理后，向执行机构发出控制指令，对机械设备进行自动化操作。在技术层面，PLC控制技术具备模块化结构设计，具备的控制需求，灵活配置输入输出模块、模拟量模块、通信模块等，以适配不同复杂度的控制场景^[1]。PLC支持与上位机等设备通信联动，进一步提升设备自动化控制的智能化水平。

2.3 传感器与检测技术

传感器与检测技术可实时采集机械设备运行过程中的温度、压力、转速等物理量，将其转换为可识别的电信号，传输至控制中枢，为自动化控制决策提供数据支撑。在运行中，传感器作为检测系统的核心部件，可分为温度传感器、压力传感器、转速传感器等多种类型，其精度、响应速度直接决定了自动化控制的精准度。同时，检测技术包含信号调理、传输与处理环节，通过滤波、放大等技术优化检测信号，减少外界干扰，为机械设备的自动化调控提供支撑。

3 电气自动化技术在典型机械设备中的具体应用

3.1 在数控加工机械中的应用

3.1.1 伺服系统与 CNC 的联动控制

伺服系统与 CNC 的联动控制主要对电气信号进行实时传输，将 CNC 的指令精准转化为伺服机构的机械动作，以确保加工过程的精准性。其中，CNC 系统负责接收操作人员设定的加工参数，经过数据处理后生成脉冲指令，传输至伺服驱动器，而伺服驱动器则将脉冲指令转换为电信号，控制伺服电机的转速、转向与位移。为保障联动精度，该应用需依托位置反馈技术，通过伺服电机自带的编码器，将电机实际运行位置、转速等信号实时反馈至 CNC 系统，CNC 系统对比指令参数与实际运行参数，及时修正偏差^[2]。例如，在精密铣削加工中，CNC 系统下达多轴联动指令，伺服系统驱动 X、Y、Z 轴协同运动，通过实时反馈与偏差修正，可实现复杂曲面的高精度加工，有效规避人工操作带来的误差。

3.1.2 刀具磨损的自动检测与补偿系统

该系统主要由检测模块、信号处理模块与补偿执行模块三部分组成，是数控加工机械实现无人化的关键技术应用。检测模块通常采用激光传感器、力传感器或视觉传感器，安装在数控加工机械的指定位置，实时采集刀具的磨损量、刃口状态等信息，信号处理模块则将检测到的物理信号转换为电信号，传输至 CNC 系统，由系统对信号进行滤波、分析，判断刀具磨损是否达到预设阈值。根据 CNC 系统的指令，补偿执行模块自动调整刀具的进给量、切削深度或刀具位置，对磨损偏差进行自动补偿。以车削加工为例，当刀具出现磨损时，激光传感器检测到刀具长度缩短，信号传输至 CNC 系统后，系统自动调整刀补参数，且当磨损量达到极限阈值时发出报警信号^[3]。

3.2 在自动化生产线输送机械中的应用

3.2.1 基于 PLC 的生产节拍自动控制

通过 PLC 编程逻辑，基于 PLC 的生产节拍自动控制可对输送机械的运行速度、启停时序进行调控，使整条生产线的各工序节拍一致。PLC 作为控制核心，首先接收来自生产线各工位的信号，结合预设的生产节拍参数，通过逻辑运算生成控制指令，控制输送机械运行状态。具体而言，PLC 可通过编程设定输送机械的运行速度，根据各工位的加工效率动态调整，避免出现物料堆积或工位空闲的情况，并通过时序控制逻辑，实现输送机械与上下游设备的联动启停，形成闭环控制。此外，PLC 还具备故障自适应调整功能，当某一工位出现故障时，PLC 可及时检测到故障信号，自动调整输送机械的运行节拍，暂停相关区段的输送，避免故障扩大。

3.2.2 物料分拣系统中的光电识别与气动驱动

光电识别技术主要通过光电传感器实现，将光电传感器安装在输送机械的分拣节点，当物料随输送机械移动至分拣位置时，光电传感器发射的光线被物料遮挡，产生识别信号。当信号传输至 PLC 后，PLC 根据预设的分拣逻辑，判断物料的分拣类别，并向气动驱动系统发出控制指令。同时，气动驱动系统由气缸、电磁阀、气源等组成，指令后，电磁阀控制气源的通断，驱动气缸伸缩，推动分拣挡板或机械手动作，将物料从输送线上分拣至指定区域，完成分拣操作。例如，在食品包装生产线中，光电传感器可快速识别不同规格的包装物料，气动驱动系统精准将其分拣至对应包装工位，避免人工分拣的误差与低效。光电识别与气动驱动系统的性能直接影响分拣效率与准确性，其关键指标参数如表 1 所示。

3.3 在起重运输机械中的应用

3.3.1 变频器实现的软启动与平稳制动

软启动与平稳制动主要运用变频调速技术，精准调控起重电机的供电频率，替代传统硬启动方式，实现电机启动、制动过程的平稳过渡，从技术层面解决起重机械启动冲击大、制动不平稳的行业痛点。在应用中，变频器可根据起重负载的大小，动态调整启动频率上升速率，轻载时快速启动，重载时缓慢启动，兼顾启动效率与设备安全性。变频器采用能耗制动或回馈制动技术，制动时将电机转为发电机模式，将起重机械的惯性动能转换为电能，通过变频器内部的制动电阻消耗或回馈至电网。在上述过程中，逐步降低输出频率，使电机转速平稳下降，直至停止，避免传统机械制动带来的冲击和振动^[4]。

3.3.2 行程限位与过载保护的电气互锁设计

利用行程开关的既定功能，行程限位保护将行程开关安装在起重机的起升、运行、变幅等关键部位，当吊钩起升达到最大高度、小车运行至轨道尽头或变幅达到极限位置时，行程开关被触发，发出限位信号。当信号传输至 PLC

或控制继电器后，通过电气互锁逻辑立即切断电机控制电源，停止对应动作，同时发出报警信号，防止设备超出安全行程范围。在过载保护方面，则通过重量传感器、电流互感器等检测元件实现，实时采集起重机的负载重量当负载超过

额定值、电流达到过载阈值时，检测元件发出过载信号，与行程限位信号形成互锁，切断电机电源。同时，互锁回路采用冗余设计，只有在故障排除、复位信号触发后，设备才能恢复运行，避免单一元件故障导致保护失效。

表 1 物料分拣系统光电识别与气动驱动关键技术指标

指标类别	具体参数	典型数值 / 范围	说明
光电传感器性能	检测距离	50mm-2000mm	根据物料尺寸与输送线速度选型
	响应时间	≤0.5ms	高速分拣场景需控制在 0.2ms 以内
	光斑直径	Φ 1mm-Φ 20mm	小物料需选用小光斑传感器
	输出信号类型	NPN/PNP 开关量	需与 PLC 输入模块匹配
分拣执行速度	单次分拣动作时间	0.3s-1.2s	含信号传输 + 电磁阀响应 + 气缸动作
	最大分拣频率	60-120 次 / 分钟	高速产线可达 200 次 / 分钟以上
	输送线匹配速度	0.5-2.0m/s	速度过高易造成识别漏检
气动驱动参数	电磁阀响应时间	10ms-50ms	直动式快于先导式
	气缸行程	25mm-200mm	根据分拣推距确定
	气缸推力 (0.5MPa 气压)	50N-500N	视物料重量而定
	工作气压范围	0.4-0.8MPa	低于 0.4MPa 易导致动作不到位

3.4 在农业或环保机械设备中的应用

在农业机械设备中，电气自动化技术的应用集中在精准作业与自动化管控层面。以智能灌溉设备为例，利用土壤湿度传感器实时采集土壤墒情数据，传输至 PLC 控制中枢，PLC 根据预设的灌溉参数，自动控制水泵、电磁阀的启停与运行时长。在该基础上，结合变频器调控水泵转速，优化灌溉水压与流量，减少水资源浪费。在环保领域中的污水处理设备中，通过水质传感器检测污水的 COD、氨氮等指标，PLC 根据检测数据自动控制曝气、沉淀、消毒等环节的运行参数，调控风机、水泵的运行状态，确保污水处理达标排放。无论是农业还是环保领域，电气自动化技术的应用均以精准控制、高效节能为核心，推动产业向绿色化、自动化、智能化转型。

4 优化机械设备电气工程自动化技术应用的对策建议

4.1 加大核心技术研发，突破关键零部件瓶颈

提高核心技术研发投入占比，将研发资金重点投向电力电子器件、PLC 核心芯片、高精度传感器等关键领域，建立专项研发基金，鼓励技术创新与成果转化。聚焦行业痛点开展针对性技术攻关，联合高校、科研院所组建产学研协同创新平台，围绕 IGBT、伺服电机编码器、高端 PLC 等依赖进口的关键零部件，开展国产化研发。加强核心技术的迭代升级，跟踪国际先进技术趋势，推动电力电子技术、PLC 控制技术与人工智能、大数据等新技术的深度融合，研发适配高端机械设备的智能化、高效化自动化技术，提升技术核心竞争力^[5]。

4.2 加大政策扶持，强化自动化改造投入

出台针对性的政策扶持措施，加大对企业自动化改造

的财政补贴力度，对开展电气自动化改造的企业，根据改造规模、技术水平给予一定比例的资金补贴，降低企业改造成本。搭建技术推广与服务平台，整合行业资源，为企业提供自动化改造方案设计、技术咨询、设备调试等一站式服务，引导企业逐步推进设备自动化升级。加强宣传引导，通过行业展会、技术交流会等形式，展示自动化技术应用的成效与案例，普及自动化技术的优势。

5 结语

综上所述，机械设备电气工程自动化技术的应用既可解决传统机械设备操作繁琐等痛点，更可提升生产效率、降低运维成本，为我国装备制造业高质量发展注入强劲动力。因此，技术人员应聚焦高端核心技术的国产化突破，完善技术应用体系，推动机械设备电气工程自动化技术实现更高质量的发展，助力我国装备制造业实现自主可控，为工业强国建设提供更有力的技术支撑。

参考文献

- [1] 龚金锭,陈紫月,蔡心远,等.机械自动化技术在机械领域的应用探析[J].内燃机与配件,2024,(12):108-110.
- [2] 胡月刚.建筑工程施工机械自动化技术的应用与发展研究[J].建筑科学,2024,40(3):I0010-I0010.
- [3] 孙鑫雷,张伟伟.电气自动化机械设备的维护及管理措施[J].IT经理世界,2025,28(8):47-49.
- [4] 张志敏.基于智能化的机械设备电气工程自动化技术应用研究[J].工程建设(维泽科技),2025,8(7):47-49.
- [5] 马晓红.浅谈化工机械设备以及电气自动化控制的有效结合[J].塑料工业,2024,52(2):170-170.