

# 工业机械控制中电气自动化的应用与思考

王建东

山东盛和热能有限公司 山东 滨州 256500

**摘要:** 本文围绕工业机械控制中电气自动化展开研究, 阐述在提升生产效率与精度、强化运行安全性与稳定性、降低能耗与运维成本方面的核心应用价值, 分析单机设备、生产线协同、特殊工况下的关键应用场景。指出当前存在技术适配性不足、运维支撑短板、安全风险隐患等问题, 提出技术融合升级、运维体系完善、安全防护强化的优化方向, 为推动电气自动化在工业机械控制中的高效应用提供参考, 助力工业生产提质增效。

**关键词:** 工业机械控制; 电气自动化; 应用场景; 现存问题; 优化方向

引言: 工业发展对机械控制提出更高要求, 传统控制方式难以满足。电气自动化凭借高效、精准等优势, 在工业机械控制领域得到广泛应用。它不仅能提高生产效率与产品质量, 还能增强运行安全性、降低运营成本。深入探讨电气自动化在工业机械控制中的应用, 分析现存问题并提出优化方向, 对推动工业现代化发展、提升企业竞争力具有重要意义。

## 1 工业机械控制中电气自动化的核心应用价值

### 1.1 提升生产效率与精度

电气自动化技术替代传统人工操作与机械传动控制, 大幅减少人为操作误差, 实现工业机械动作的高精度控制。机械运行中的转速调节、位移定位、压力控制, 均能通过自动化系统达成细微稳定的参数控制, 确保机械输出符合生产标准, 避免操作偏差导致的产品质量波动。电气自动化可缩短机械启停、工序切换的响应时间<sup>[1]</sup>。传统模式下工序切换需人工调整设备状态, 耗时较长; 自动化系统按预设程序快速完成参数重置与状态切换, 减少生产间隙, 提升单位时间生产输出量, 助力企业提高产能。电气自动化支持多台机械协同联动控制。借助总线技术与数据交互系统, 多台机械按生产流程同步作业, 实现工序无缝衔接。单一机械出现短暂异常时, 自动化系统可快速调整其他机械运行节奏, 避免整体生产流程严重中断, 保障生产连续性。

### 1.2 强化运行安全性与稳定性

电气自动化通过传感器实时采集机械温度、振动、电流等运行参数, 形成动态监测。监测数据超出预设安全阈值时, 系统自动触发报警, 风险升级则启动停机程序, 避免机械因过载、过热损坏, 减少故障扩大引发的

安全隐患。电气连锁保护机制可预设不同工序、机械的动作逻辑, 防止误操作, 避免上下工序机械动作冲突导致的设备碰撞, 或禁止非授权操作引发的危险动作, 从控制逻辑层面降低设备损坏与人员安全风险。电气自动化减少机械运行中的人工干预频率。传统控制依赖人工频繁巡检操作, 易因疲劳、判断失误引发安全事故; 自动化系统承担大部分监测控制工作, 仅特殊情况需人工介入, 显著降低人员操作不当导致的安全事故概率, 提升运行稳定性。

### 1.3 降低能耗与运维成本

基于负载变化的动态调节是电气自动化降低能耗的核心优势。通过变频器实时调整电机转速, 机械空载或轻载时自动降低电机功率, 避免传统机械恒速运行的能源浪费, 长期运行可大幅减少企业能源成本, 贴合绿色生产需求。电气自动化系统能实时记录机械运行数据, 包括零部件运行时长、参数变化趋势。分析这些数据可预判设备潜在故障, 如零部件磨损、润滑油消耗情况, 据此制定预防性维护计划, 避免突发停机的生产损失, 减少故障抢修的高额维修成本。电气自动化简化机械控制结构, 减少传统机械传动中齿轮、凸轮等部件使用。这类部件易因摩擦磨损需频繁更换, 自动化系统通过电子控制替代部分机械传动功能, 降低部件损耗频率, 减少备品备件采购与更换的运维成本, 提升设备经济性。

## 2 工业机械控制中电气自动化的关键应用场景

### 2.1 单机设备的自动化控制

单机设备自动化控制依赖多项核心技术实现功能升级。可编程逻辑控制器(PLC)替代传统继电器控制系统, 通过逻辑编程设定机械动作序列, 无需复杂机械接线即可灵活调整控制逻辑, 例如对机床的切削路径、进给速度等动作进行精准编程, 确保每一步操作符合生产规范, 同时降低传统继电器系统故障排查难度。变频器

**作者简介:** 王建东, 男, 1981年10月出生, 汉族, 山东滨州人, 本科, 中级工程师, 毕业于华北电力大学, 研究方向: 电力

在单机设备中承担动态调速功能，根据机械实际负载需求调节电机转速。传统电机多以固定转速运行，即便处于轻载或空载状态仍维持高能耗；变频器可实时感知负载变化，如风机根据车间通风需求降低转速、水泵根据供水压力调整输出，避免能源浪费，同时减少电机频繁启停造成的损耗。人机交互（HMI）技术简化单机设备操作流程，通过触控屏、操作面板整合参数设定、状态监控与故障查询功能<sup>[2]</sup>。操作人员无需逐一检查机械部件，即可在界面上直接调整运行参数、查看实时运行数据，若设备出现异常，界面会清晰显示故障信息，缩短故障定位与处理时间，提升单机操作便捷性。

### 2.2 生产线的协同自动化控制

生产线协同自动化控制需通过系统集成实现多设备联动。分布式控制系统（DCS）兼具集中监控与分散控制优势，可对多条关联生产线或多台机械进行统一管理，同时保留各设备独立控制能力。例如在装配线中，DCS既能监控输送机械、装配机械的整体运行状态，又能根据各环节生产节奏微调单机参数，确保输送速度与装配效率匹配，避免工序脱节。传感器与数据采集技术为协同控制提供数据支撑，实时采集各机械的产量、合格率等生产数据，以及温度、振动等运行状态数据，通过数据传输网络反馈至控制中心。控制中心根据数据变化动态调度生产资源，如某台机械产量下降时，及时调整上下游设备运行节奏，平衡整体生产效率，避免局部瓶颈影响全线产能。通信技术集成保障协同动作精准同步，工业以太网、现场总线等技术实现各机械控制单元的数据高速互通，确保控制指令与状态反馈实时传递。相较于传统有线连接，这类通信技术传输延迟更低、抗干扰能力更强，可避免因数据传输滞后导致的机械动作不同步，保障生产线连续稳定运行。

### 2.3 特殊工况下的适应性控制

特殊工况对电气自动化系统的环境适应性与功能精度提出更高要求。在高温、粉尘、潮湿等恶劣环境中，电气自动化系统采用防爆、防尘、防水型电气元件，这些元件通过特殊结构设计隔绝外部恶劣因素，例如在矿山机械控制中，防爆型PLC可避免粉尘接触引发的短路故障，防水型传感器能在潮湿环境中稳定采集数据，确保控制系统不受环境影响持续运行。面对精密加工、电子元件装配等高精度生产需求，伺服控制系统发挥关键作用，通过实时检测机械位移偏差并快速调整，实现微米级甚至纳米级的精准定位。例如在芯片封装设备中，伺服系统可控制机械臂精准抓取芯片并贴合至基板指定位置，误差控制在极小范围，满足高规格产品的生产精

度要求。柔性生产场景中，电气自动化系统通过程序修改快速切换生产规格。传统机械切换生产规格需更换模具、调整机械结构，耗时较长；自动化系统仅需修改控制程序，即可让同一台设备适配不同尺寸、不同类型的产品生产，如包装机械通过程序调整包装膜长度、封口温度，快速切换对零食、日用品的包装需求，大幅提升生产灵活性。

## 3 工业机械控制中电气自动化应用的现存问题

### 3.1 技术适配性不足

技术适配性不足制约电气自动化的广泛应用。部分老旧机械设计年限早，机械结构与现代电气自动化系统兼容性差，改造过程中需对机械传动、执行部件进行大量调整，即便完成改造也易出现控制延迟、动作不协调等问题，影响机械原有功能发挥，增加改造成本与风险。不同品牌、型号的电气自动化设备存在通信壁垒，各设备厂商采用的通信协议不统一，导致PLC、传感器等设备难以接入同一控制网络实现数据互通。这使得多设备协同控制难以实现，需额外投入资源开发协议转换模块，增加系统复杂度与成本。针对多变量耦合的复杂机械控制工艺，现有电气自动化算法的控制精度与稳定性仍有欠缺。这类工艺中机械运行受多个变量相互影响，当前算法难以实时精准平衡各变量关系，易出现参数波动，导致产品质量不稳定或机械运行效率下降。

### 3.2 运维与技术支持短板

运维与技术支持能力不足影响电气自动化系统稳定运行。电气自动化系统维护需专业技能，涵盖PLC编程、变频器调试、系统故障诊断等领域，部分企业缺乏这类专业运维人员，设备出现故障后需依赖外部技术支持，延长故障处理周期，影响生产连续性。电气自动化设备的核心部件依赖进口问题突出，高端PLC、伺服电机等关键部件多由国外厂商供应，维修更换时需等待海外调货，周期长且成本高。若核心部件损坏，机械可能长期停机，造成显著生产损失。多数企业缺乏系统的设备运行数据沉淀与分析机制，电气自动化系统产生的大量运行数据未被有效整理利用，无法通过数据分析优化控制参数、预判设备潜在问题，导致电气自动化的技术潜力未充分发挥，难以进一步提升生产效率与设备可靠性。

### 3.3 安全风险隐患

电气自动化系统面临多类安全风险隐患。系统软件存在漏洞风险，部分工业控制系统的网络安全防护措施不足，易遭受恶意攻击，可能导致机械失控停止运行或生产数据泄露，对企业生产秩序与信息安全造成威胁。传感器故障或数据传输干扰可能引发控制异常。传感器

是采集机械运行数据的关键部件,若出现故障或受电磁干扰,会导致数据失真,进而使控制信号出错,引发机械误动作,如温度传感器误报高温导致机械异常停机,影响生产进度。应急手动控制机制不完善会加剧故障带来的影响<sup>[1]</sup>。部分电气自动化系统的手动控制接口设计繁琐,或未针对突发场景优化操作流程,当系统突发故障时,操作人员难以快速上手接管控制;还有些机械直接缺失便捷的手动控制功能,导致人工介入响应迟缓,故障影响范围持续扩大,增加设备损坏或安全事故的发生概率。

#### 4 工业机械控制中电气自动化的发展与优化方向

##### 4.1 技术融合与升级

技术融合与升级是提升电气自动化效能的核心路径。与人工智能(AI)结合可深度挖掘数据价值,通过机器学习算法分析海量机械运行数据,构建预测性维护模型提前识别设备潜在故障,开发自适应控制算法实时调整控制参数,让系统根据工况变化自主优化运行状态,显著提升控制智能化水平与机械运行可靠性。与物联网(IoT)结合打破空间限制,将机械控制单元接入云端管理平台,实现多厂区机械运行数据的集中汇聚与共享。管理人员可远程监控设备运行状态,技术人员无需抵达现场即可完成远程调试与参数修改,方便跨厂区生产调度,提升整体生产管理效率。硬件技术升级为复杂生产需求提供支撑,研发更高性能的PLC、伺服电机等核心部件,通过优化芯片算力、改进电机结构,提升控制响应速度与抗电磁干扰能力,让电气自动化系统能稳定适配多变量耦合、高精度要求的复杂机械控制场景,拓展应用边界。

##### 4.2 运维体系完善

运维体系完善可解决电气自动化系统长期稳定运行的痛点。建立标准化运维流程能规范运维行为,制定涵盖日常巡检项目、定期维护周期、故障处理步骤的统一规范,明确各环节操作标准,减少因运维人员经验差异导致的疏漏,降低运维随机性与不确定性。加强技术人员培养弥补人才缺口,通过校企合作搭建定向培养通道,在院校课程中融入机械与电气自动化交叉知识;开展企业在职培训,针对PLC编程、变频器调试等核心技能

组织实操训练,逐步打造兼具机械知识与自动化技能的复合型运维人才队伍。构建本地化技术支撑体系破解进口依赖难题,推动核心电气部件的国产化替代,扶持国内企业研发高端PLC、伺服电机等产品;建立覆盖全国的本地维修服务网络,缩短部件采购与故障维修周期,减少因核心部件问题导致的机械停机损失。

##### 4.3 安全防护强化

安全防护强化为电气自动化系统筑牢安全屏障。完善网络安全防护可抵御外部威胁,在工业控制系统中部署专用防火墙过滤非法访问,引入入侵检测系统实时监测异常网络行为,对数据传输过程进行加密处理,防止恶意攻击导致机械失控或生产数据泄露,保障生产秩序与信息安全。优化冗余设计提升系统容错能力,对PLC、传感器等关键控制单元采用主备双配置,主设备运行时备用设备实时同步数据,一旦主设备出现故障,系统自动切换至备用设备接管控制,无间断保障控制连续性,避免故障引发的生产中断。强化应急控制机制提升风险应对能力,在自动化系统中保留可靠的手动控制接口,确保断电或系统崩溃时操作人员能快速介入;制定详细的应急操作流程,明确故障发生后的响应步骤与责任分工,让突发情况得到及时、规范处理,降低故障影响范围。

##### 结束语

电气自动化在工业机械控制中发挥着不可替代的作用,其核心应用价值显著,关键应用场景广泛。尽管目前面临技术适配、运维支撑和安全风险等问题,但通过技术融合升级、完善运维体系、强化安全防护等发展优化方向,能有效解决问题。未来,电气自动化将不断进化,持续赋能工业机械控制,助力工业生产实现更高水平的智能化与可持续发展。

##### 参考文献

- [1]吴进,郑雷.工业机械控制中电气自动化技术的应用与研究[J].现代制造技术与装备,2023,59(02):173-175.
- [2]毕一飞,乔彤瑜.工业机械控制中电气自动化技术的应用分析[J].内燃机与配件,2021,(21):82-83.
- [3]周家婕.工业机械控制中电气自动化的应用与思考[J].冶金管理,2021,(15):60-61.