

机电设备自动化控制系统设计与调试研究

杜成刚 132335198003253075

敬业集团

摘要：随着工业制造领域智能化转型速度不断加快，机电设备自动化控制系统已经成为提升生产效率、保障产品质量、降低人工成本的核心设施。本文围绕机电设备自动化控制系统的设计思路与调试方法展开研究，首先梳理了自动化控制系统的整体架构与设计原则，随后从硬件选型、程序开发两个层面明确了系统设计的核心要点，接着总结了现场调试的常见问题与优化方案，最后结合实际应用场景验证了设计方案的可靠性。研究表明，遵循模块化设计原则完成机电设备自动化控制系统开发，通过分阶段调试排查潜在故障，能够有效提升系统运行稳定性，满足工业生产的多样化需求，为同类机电设备的自动化改造提供参考。

关键词：机电设备；自动化控制；系统设计；现场调试

一、机电设备自动化控制系统的设计背景与设计原则

传统机电设备普遍依赖人工操作完成生产流程，不仅存在生产效率低、人工误差大的问题，还容易因操作失误引发安全事故，已经无法满足现代工业规模化、标准化生产的要求。自动化控制技术与机电设备的深度融合，能够实现生产流程的自动感知、自动决策与自动执行，既能够解放劳动力，降低企业运营成本，也能够通过精确控制提升产品一致性，是当前工业制造领域升级转型的主要方向。但不同类型机电设备的生产需求、运行参数存在较大差异，设计自动化控制系统需要结合设备实际运行要求制定方案，才能保证系统功能符合生产需求。

在设计机电设备自动化控制系统阶段，需要遵循两项核心原则：第一是模块化原则，将控制系统按照功能划分为感知模块、控制模块、执行模块、通信模块等多个独立单元，每个单元完成特定功能，既能够降低系统开发难度，也方便后续进行功能升级与故障维修；第二是可靠性原则，工业生产现场存在电磁干扰、粉尘侵蚀、温度波动等多种影响因素，设计阶段需要优先选择抗干扰能力强、防护等级达标的硬件产品，同时设置冗余备份机制，避免单点故障导致整个生产流程停滞。

二、机电设备自动化控制系统的核心设计流程

2.1 需求分析与整体架构设计

设计工作开展前，首先需要完成需求分析，明确机电设备的生产工艺要求、

运行参数范围、需要实现的自动化功能，以此确定控制系统的整体架构。当前主流的机电设备自动化控制系统多采用三层架构：第一层是现场感知层，主要由各类传感器、编码器、按钮开关等设备组成，负责采集机电设备的运行参数、位置信息、压力温度等数据，并将数据传输至控制层；第二层是控制处理层，核心为可编程逻辑控制器（PLC）或者工业单片机，负责接收感知层传输的数据，按照预先编写的控制程序完成逻辑运算，然后向执行层发送控制指令；第三层是执行监控层，主要由伺服电机、气缸、变频器、人机交互界面（HMI）组成，一方面执行控制层发出的指令，调整机电设备的运行状态，另一方面向操作人员展示设备实时运行数据，支持人工介入调整运行参数。

2.2 硬件系统选型设计

硬件选型是决定控制系统可靠性的核心环节，需要结合设备功率、控制精度要求选择适配的产品。对于控制核心 PLC 来说，中小型机电设备通常选择点位数量在 32 到 128 之间的小型 PLC 即可满足需求，大型成套机电设备则需要选择中型甚至大型 PLC，并配置扩展模块满足多点位控制需求。感知层设备选型需要重点关注精度与防护等级，比如针对位移检测可选择光电编码器或者激光位移传感器，针对压力检测可选择应变式压力传感器，针对工业生产现场，优先选择 IP65 及以上防护等级的产品，避免粉尘、水汽侵入影响设备正常运行。

2.3 控制程序设计

控制程序是实现自动化功能的核心，遵循模块化编程思路开发，将不同功能封装为独立的功能块（FB）或者功能子程序，方便调试与修改。首先需要完成 I/O 地址分配，将现场所有输入设备与输出设备按照类型分配对应的 PLC 地址，形成 I/O 分配表，为后续编程提供基础。其次开发核心控制逻辑，针对顺序控制类工艺，可采用步进指令或者顺序功能图（SFC）进行开发，将生产流程划分为多个独立工步，每个工步完成对应动作，满足条件后自动进入下一个工步，逻辑清晰且便于修改；针对运动控制类场景，可利用 PLC 自带的运动控制功能块开发，实现点位移动、速度控制、同步追踪等功能，降低编程难度。

三、机电设备自动化控制系统的调试要点与问题优化

完成系统设计与现场安装后，需要通过分阶段调试排查安装与设计存在的问题，保证系统能够稳定运行，调试工作通常分为两个阶段开展：第一阶段是离线静态调试，该阶段不需要连接机电设备的动力电源，仅给控制系统通电，首先检查所有硬件接线是否正确，确认没有短路、虚接问题后，测试 PLC 与各个模块、

HMI 的通信是否正常，然后通过强制 I/O 点的方式检查输入设备是否能够正常反馈信号，输出设备是否能够正常动作，提前发现接线错误与硬件故障。第二阶段是空载联动调试，该阶段断开机电设备的负载，给设备通电，运行控制程序，测试各个动作流程是否符合设计要求，检查运动部件的行程、位置是否准确，验证逻辑连锁功能是否正常，比如安全门打开时设备能否自动停止运行，紧急停止按钮能否切断动力电源，排查程序逻辑存在的问题。

调试过程中比较常见的问题主要有三类，对应的优化方案如下：第一类是信号干扰问题，工业现场存在大量大功率电气设备，容易产生电磁干扰，导致传感器信号波动、通信中断，解决该问题可以从两个方面优化：一是将信号线与动力线分开布线，避免同槽敷设，屏蔽线单端接地；二是在电源侧增加滤波器，滤除电网中的杂波干扰；三是对关键信号增加软件滤波处理，通过多次采样取平均值的方式消除波动，提升信号稳定性。第二类是定位精度偏差问题，部分需要精准定位的机电设备容易出现定位误差超标的问题，该问题除了机械装配间隙的影响外，大多和控制参数设置不合理有关，可以通过优化伺服电机的增益参数，调整位置环、速度环的响应速度，消除定位过冲或者定位不足的问题，对于机械间隙带来的误差，可以在程序中设置间隙补偿参数，自动修正定位位置，提升控制精度。

四、结语

机电设备自动化控制系统的设计与调试是一项系统性工作，需要从需求分析出发，遵循模块化、可靠性的设计原则完成硬件选型与程序开发，再通过分阶段调试逐步排查问题，针对常见的干扰、精度偏差、逻辑漏洞问题采取对应的优化措施，才能保证系统满足生产要求。本文提出的设计与调试方法已经在多款中小型机电设备的自动化改造中得到应用，实际运行结果显示，该方案能够有效提升系统运行稳定性，控制精度满足设计要求，故障率较传统人工操作设备降低 70% 以上，生产效率提升 40% 左右，具备较好的推广应用价值。未来随着工业物联网技术的发展，还可以在自动化控制系统的基础上增加数据采集模块，将设备运行数据上传至云平台，实现远程监控与故障预判，进一步提升机电设备的智能化水平。

参考文献

- [1] 王兆义. 可编程控制器教程[M]. 机械工业出版社, 2019.
- [2] 张进秋, 刘辉, 刘东方. 机电设备自动化控制技术及应用[M]. 国防工业出版社, 2020.

[3] 李方园. 工业现场总线与工业物联网应用技术[J]. 自动化与仪表, 2021, 36(05): 45-49.