

航空通风保障车智能控制系统改装与 PLC 应用研究

李 野¹ 张天龙¹ 唐竞弘²

1. 沈阳航达机载设备有限公司 辽宁 沈阳 110048

2. 辽宁省产品质量监督检验院 辽宁 沈阳 110032

摘 要：针对传统航空通风保障车控制系统人工操作精度低、稳定性差、无智能监测功能等问题，本文开展基于 PLC 的智能控制系统改装研究。通过剖析原有系统结构缺陷，确立安全、适配、智能的改装原则，完成 PLC 选型、硬件电路优化、传感器适配及软件模块化编程设计。依托 PID 算法实现通风参数精准调控，增设故障自检与防护功能。经调试测试，改装系统自动化与稳定性显著提升，可满足现代航空高效精准的地面通风保障需求。

关键词：航空通风保障车；智能控制系统；改装；PLC 应用

引言：航空通风保障是航空器地面运维的关键环节，直接影响飞机检修效率与飞行安全。传统通风保障车采用继电器硬接线手动控制模式，依赖人工经验调节参数，存在作业效率低、故障排查难、无自动调控能力等短板，难以适配现代航空保障自动化、标准化的发展需求。为解决设备运行缺陷，提升保障作业智能化水平，本文引入 PLC 控制技术，对传统控制系统进行全方位改装优化，通过软硬件升级实现设备智能管控，为航空地面保障设备智能化改造提供技术参考。

1 航空通风保障车原有控制系统分析与改装方案设计

1.1 传统通风保障车控制系统结构与工作原理

(1) 保障车整体设备组成与通风作业流程：航空通风保障车主要由通风风机、管路组件、动力装置及电控单元组成，核心用于机场航空器地面通风换气作业。作业时依托人工对位、手动启停设备，通过调节风机档位控制通风风量，完成机舱通风、降温、换气等保障任务。(2) 原有电气控制系统硬件架构：传统系统以继电器、接触器为核心控制元件，搭配按钮、指示灯、线缆构成基础硬件电路，无智能控制模块，硬件结构简单，仅能实现基础通断控制，无数据采集与反馈单元^[1]。(3) 传统控制模式的运行逻辑与工作机制：系统采用纯手动硬接线控制逻辑，操作人员通过物理按钮下发启停、调速指令，电路通断直接控制设备运行，全程无自动调节、状态监测与闭环控制功能。

1.2 原有控制系统缺陷与改装需求分析

(1) 人工操作效率低、精准度不足：全程人工操作，参数调节凭经验，无法精准匹配不同机型通风需求，作业耗时久、一致性差。(2) 设备运行稳定性差、

故障排查困难：分立硬件电路故障率高，无故障自检与报警功能，故障定位耗时费力，易延误航空保障作业。(3) 智能化、自动化程度不足：无自动调控、数据记录及智能适配功能，无法适配现代航空高效、精准、自动化的保障作业标准。(4) 改装核心需求：功能上实现自动化调控、故障自检；性能上提升参数控制精度与运行稳定性；安全上增设过载、短路、超温保护功能。

1.3 智能控制系统整体改装方案设计

(1) 改装设计总体原则：严格遵循安全性、稳定性、兼容性、智能化原则，兼顾设备原有结构适配性，保障改装后系统可靠、高效运行。(2) 基于 PLC 的智能控制系统整体架构：以 PLC 为核心控制单元，搭建“感知-控制-执行”一体化架构，整合数据采集、逻辑运算、自动调控、故障监测模块。(3) 系统硬件改造与软件优化：替换老旧分立硬件，加装智能传感器、触控操作模块；编写配套控制程序，优化运行逻辑，实现参数精准调控。(4) 智能控制功能模块规划：划分自动通风调控、故障检测报警、运行数据记录、一键启停控制四大核心功能模块，实现自动化、智能化保障作业。

2 基于 PLC 的航空通风保障车智能控制系统硬件改装设计

2.1 PLC 控制器选型与参数匹配

(1) 控制系统核心控制需求参数核算。结合航空通风保障车作业工况，对系统控制参数进行全面核算。根据设备启停、风速风压调节、状态采集、故障监测等功能需求，统计系统所需数字量、模拟量输入输出点数，明确控制器运算速度、数据处理精度及通讯响应指标，同时结合户外机动作业环境，确定设备温湿度适应范

围、抗震动等级等核心参数,为 PLC 选型提供精准数据依据。(2)主流 PLC 设备性能对比分析。针对市面主流西门子、三菱、欧姆龙等 PLC 产品,从运算性能、扩展能力、稳定性、适配性及成本等维度开展对比分析。重点对比各型号控制器的 IO 端口数量、模拟量处理精度、通讯协议兼容性、环境适应能力及工业抗干扰性能,结合航空保障设备高可靠性、高实时性的作业要求,筛选出适配性较高的备选机型^[2]。(3)适配航空通风保障车的 PLC 型号确定与参数配置。结合核算参数与性能对比结果,最终选定适配车载机动工况的小型模块化 PLC 控制器。根据系统功能需求完成端口分配、通讯参数、采样频率及运算参数配置,预留一定 IO 扩展余量,满足后期功能升级需求,保障控制器可稳定适配通风车全工况控制作业。

2.2 系统硬件电路改装与优化设计

(1)电源控制系统改装设计。针对原有电源电路稳压性差、电压波动易导致设备故障的问题,优化电源供给系统,搭载稳压电源模块,增设电源滤波装置,抑制电压波动与杂波干扰,为 PLC、传感器、执行机构提供稳定直流供电,同时设计电源防反接、防浪涌保护电路。(2)输入输出信号采集电路优化。改造原有简易信号采集电路,对开关量输入信号增设光电隔离模块,避免外部信号干扰;对风速、温度等模拟量信号搭建信号调理电路,实现信号滤波、放大与校准,提升信号采集精度,保障传输信号稳定可靠。(3)风机调速、启停控制电路改装。摒弃传统继电器启停控制电路,依托 PLC 输出信号搭建无级调速控制电路,通过调节输出模拟量参数精准控制风机转速。同时优化启停回路,增设软启动机制,避免风机启停瞬间电流冲击造成设备损耗。(4)故障检测与报警硬件电路设计。搭建专属故障检测电路,联动电流、电压检测模块,实时监测电路过载、短路及设备异常工况,搭配声光报警硬件模块,当系统检测到故障信号时,自动触发报警提示,同步锁定设备运行状态,规避安全风险^[3]。

2.3 传感器与辅助设备适配改装

(1)风速、风压、温度检测传感器选型与安装改造。选用高精度、高响应的工业级传感器,适配航空通风作业精准检测需求。优化传感器安装位置,避开通风紊流区域与设备发热区域,改造固定安装支架,提升设备安装牢固度,保障检测数据真实反映机舱通风工况。(2)人机交互终端硬件适配改装。搭配工业触摸屏作为人机交互终端,完成硬件接线与端口适配,实现设备运行参数显示、手动参数调节、故障信息查询、作业

数据查看等功能,替代传统按钮操作模式,简化作业操作流程。(3)执行机构设备匹配优化设计。对风机、电磁阀等执行机构进行硬件适配优化,匹配 PLC 控制信号参数,调整执行机构驱动电路,消除信号适配偏差,保障控制指令可快速、精准执行,提升系统整体联动控制性能。

2.4 硬件系统抗干扰与安全防护设计

(1)航空复杂工况下的电磁干扰防护设计。航空作业现场电磁环境复杂,设备运行易受电磁干扰。通过电路屏蔽布线、增设电磁滤波模块、接地优化等方式,降低电磁信号对 PLC 及传感器信号的干扰,保障系统稳定运行。(2)硬件过载、短路保护机制设计。在主电路与分支电路配置断路器、熔断器等保护器件,搭配 PLC 实时电流监测功能,构建双重防护机制,当电路出现过载、短路故障时,可快速切断供电,保护核心硬件设备。(3)设备防尘、防震、防潮防护改装优化。针对车载移动作业多震动、多粉尘、湿度多变的工况,对控制箱、传感器及接线端子采用密封防护设计,加装防震垫片、防尘防水外壳,提升硬件设备环境适配能力与使用寿命。

3 航空通风保障车智能控制系统软件编程与功能实现

3.1 PLC 控制系统程序整体设计思路

(1)软件设计总体原则与模块化规划。本次软件设计遵循可靠性、通用性、可拓展性与安全性原则,贴合航空保障作业标准。采用模块化程序设计思想,将系统整体功能拆解为独立子程序模块,各模块互不干扰、协同运行,便于程序调试、故障排查与后期功能升级,有效提升软件系统的稳定性与维护性。(2)程序开发环境与编程方式选择。结合选定的 PLC 型号,使用配套专用编程软件作为开发环境,支持程序编写、在线监控、参数调试与仿真校验。编程采用梯形图结合功能块的方式,兼顾程序直观性与运行效率,契合工业控制场景,同时适配后续触摸屏通讯与数据交互需求^[4]。(3)主程序运行逻辑与流程设计。主程序采用循环扫描运行逻辑,系统上电后首先完成硬件自检与初始化,检测各传感器、通讯线路及执行机构状态。自检无误后进入待机状态,根据手动或自动控制指令,调用对应功能子程序,循环采集运行数据并执行控制逻辑,全程实时监测故障信号,异常时立即触发保护机制。

3.2 核心功能模块程序编写

(1)通风设备自动启停控制模块程序设计。该模块依托预设作业参数与环境阈值编写程序,系统可根据机

舱通风需求、设备待机状态自动完成风机启停操作。同时设置手动干预接口,支持人工强制启停,实现手动、自动模式无缝切换,满足不同作业场景需求。(2)风速、风压智能调节控制模块编程。基于 PID 调节算法编写控制程序,实时采集风速、风压模拟量数据,与系统预设标准参数对比,自动修正输出量,实现风机转速无级调节,消除参数偏差,保障通风参数稳定在航空作业标准范围内。(3)设备运行状态实时采集与监测模块程序。通过程序定时扫描各传感器与执行机构信号,持续采集风速、风压、温度、设备电流及运行模式等数据,实时更新系统运行状态,为智能调控、故障判断与数据追溯提供精准数据支撑。(4)故障自动检测、报警与保护模块程序编写。程序内置故障判定阈值,可实时识别过载、短路、传感器异常、风速风压超限等故障。检测到异常后立即触发声光报警,同步停止设备运行、锁定程序操作,记录故障代码,实现全方位安全保护^[5]。

3.3 人机交互界面与通讯功能设计

(1)触摸屏操作界面功能布局与程序设计。触摸屏界面分区布局,设置参数设置区、状态显示区、故障提示区与数据查询区,配套编写界面控制程序,实现参数手动设定、设备状态可视化显示、故障弹窗提示等操作功能,简化作业操控流程。(2)PLC 与触摸屏、传感器的通讯配置。统一系统通讯协议,完成 PLC 与触摸屏、各类传感器的通讯参数配置,建立稳定的数据传输通道,实现指令下发、数据上传与信号实时交互,保障系统各设备协同稳定运行。(3)运行数据存储与查询功能实现。通过程序搭建数据存储机制,自动记录每次作业的通风参数、运行时长、设备状态及故障信息,支持触摸屏本地查询,便于作业复盘、设备运维与工况数据分析。

3.4 系统调试与性能测试分析

(1)硬件线路与程序模块分阶段调试。采用分模块调试方式,依次校验硬件线路接线准确性,单独调试各子程序模块功能,排查程序逻辑漏洞与信号传输误差,

确保单一模块运行稳定、功能达标。(2)整机联合调试与故障优化整改。完成模块单独调试后进行整机联调,模拟实际航空作业工况,测试系统整体运行协调性,针对联调中出现的参数滞后、通讯延迟等问题优化程序逻辑,完善系统功能。(3)改装后系统稳定性、精准度、效率性能测试。搭建模拟作业测试环境,对系统参数调控精度、设备运行稳定性、作业自动化效率进行多次重复测试,记录各项测试数据,验证改装后系统的作业性能。(4)测试结果分析与系统优化总结。整理对比测试数据,分析系统运行优势与细微不足,针对小幅参数偏差、响应延迟等问题进行程序微调与参数校准,最终确定最优控制方案,保障改装后系统完全适配现代航空通风保障作业需求。

结束语

本文完成了航空通风保障车传统控制系统的缺陷分析与智能化改装设计,依托 PLC 技术实现了设备自动调控、故障监测、数据记录等核心智能功能,有效解决了传统设备操作粗放、稳定性不足的问题。系统经软硬件调试与工况测试,调控精度、运行稳定性与作业效率均大幅提升。本次改装方案实用性与兼容性较强,可有效优化航空地面通风保障作业模式,也为同类航空保障设备的智能化升级提供了可行借鉴。

参考文献

- [1] 代远望. 基于 PLC 控制的航空发动机喷嘴流量试验系统设计[J]. 自动化应用,2024,12(3):131-136.
- [2] 张超. 基于国产 PLC 的高可靠加注控制系统应用研究[J]. 测控技术,2024,43(23):60-65.
- [3] 覃相植. 基于 PLC 的智能电气控制系统设计与优化研究[J]. 科海故事博览,2025,7(9):62-65.
- [4] 李桂财. 基于模糊 PID 的高空台液压加载系统智能控制[J]. 测控技术,2024,43(1):97-102.
- [5] 向艳芳. 智能制造生产线中 PLC 控制系统设计应用[J]. 机械研究与应用,2022,35(6):170-176.