

Development and implementation of intelligent electromechanical control system in the mobile pump truck

Feihua Chai¹ Yongyong Wu² Liting Xu¹ Xiuyu Yu¹ Hongbin Weng²

1. Better Technology Group Ltd., Quzhou, Zhejiang, 324000, China

2. Zhejiang Jiuyi Fire Technology Co., Ltd., Quzhou, Zhejiang, 324000, China

Abstract

The application of the intelligent electromechanical control system in the mobile pump truck significantly improves the performance and operation efficiency of the equipment. Through the integration of advanced sensor technology, automatic control algorithm and efficient hardware components, the system realizes the accurate control and real-time monitoring of the mobile pump truck. The study first clarified the basic requirements of system design, including high reliability, low maintenance cost and strong environmental adaptability, and proposed the overall design scheme to meet these requirements. After testing, this system not only improves the operation efficiency, but also enhances the safety and reliability of the equipment, providing a strong support for the modern urban construction.

Keywords

intelligence; mechanical and electrical control system; mobile pump truck; application

智能化机电控制系统在移动泵车中的开发与实现

柴飞华¹ 吴勇勇² 徐丽婷¹ 余秀玉¹ 翁洪斌²

1. 贝德科技集团有限公司, 中国·浙江 衢州 324000

2. 浙江久一消防科技有限公司, 中国·浙江 衢州 324000

摘 要

智能化机电控制系统在移动泵车中的应用显著提升了设备的性能与操作效率。通过集成先进的传感器技术、自动控制算法及高效能硬件组件, 系统实现了对移动泵车的精确控制与实时监控。该研究首先明确了系统设计的基本要求, 包括高可靠性、低维护成本及强环境适应性, 并提出了满足这些要求的整体设计方案。经过测试本系统不仅提高了作业效率, 还增强了设备的安全性和可靠性, 为现代城市建设提供了强有力的支持。

关键词

智能化; 机电控制系统; 移动泵车; 应用

1 引言

传统泵车控制系统存在操作复杂、响应速度慢及自动化程度低等问题, 难以满足现代工程对效率和可靠性的高要求。智能化机电控制系统的引入为解决这些问题提供了新的途径, 该系统能够实现对移动泵车的精确控制与实时监控, 从而大幅提升设备性能和操作便捷性。研究此系统的开发与实现, 对于推动移动泵车技术进步具有重要意义。

2 移动泵车机电控制系统总体方案设计

2.1 系统总体设计要求

移动泵车机电控制系统的设计需满足多项基本要求, 以确保设备在复杂多变的工作环境中高效运行。功能需求方

面, 系统必须具备自动控制、实时监控和故障诊断能力。自动控制功能通过集成高精度传感器和先进的控制算法, 实现对泵车各关键部件的精确操作。实时监控功能则依赖于多种传感器的数据采集与处理, 能够即时反馈设备状态信息, 确保操作人员随时掌握设备运行情况。故障诊断功能利用智能算法分析传感器数据, 快速识别潜在问题并提供解决方案。性能指标上, 系统需具备高可靠性, 能够在恶劣环境下长时间稳定工作; 响应速度要快, 确保紧急情况下迅速启动和调整; 能耗低且维护简便, 减少运营成本。系统还应配备多重安全保护机制, 保障设备和操作人员的安全。

2.2 系统总体设计方案

移动泵车机电控制系统的整体架构由多个子系统组成, 每个子系统承担特定功能, 协同工作以实现系统的整体目标。核心控制单元作为中枢大脑, 负责接收来自传感器的数据, 并根据预设算法进行处理后发送指令给执行器。数据采

【作者简介】柴飞华 (1989-), 男, 中国浙江衢州人, 本科, 助理工程师, 从事机电研究。

集与传输子系统则包含各种类型的传感器，用于监测泵车的各项参数，如压力、流量、温度等，并将这些数据实时传输给核心控制单元。用户交互界面设计简洁直观，操作人员可以通过触摸屏或按钮轻松完成各项操作。动力驱动子系统采用高效能电机和液压系统，保证泵车在各种工况下均能稳定输出。安全保障子系统集成了多种保护措施，包括紧急停机、过热保护等，为整个系统提供全面的安全防护。各个子系统之间通过标准化接口无缝连接，形成一个高度集成且灵活可扩展的整体架构。

2.3 系统工作原理

移动泵车机电控制系统的工作流程始于数据采集，各类传感器实时监测设备状态并将数据传输至核心控制单元。核心控制单元接收到数据后，运用内置算法进行分析处理，生成相应的控制指令。这些指令随后被发送到执行器，如电动机或液压阀，以调整泵车的操作参数。例如，在排水作业中，如果检测到水位上升超过设定阈值，系统会自动增加水泵转速以加快排水速率。同时，用户交互界面实时显示设备状态和操作参数，便于操作人员进行监控和干预。系统还具备自我诊断功能，一旦发现异常情况，如某项参数超出正常范围，立即触发报警并通过显示屏提示具体问题。维护人员可以根据提示快速定位并解决问题，减少停机时间。整个系统通过多层次的安全保护机制，确保在任何情况下都能安全运行。

3 移动泵车机电控制系统硬件设计

3.1 系统硬件组成

移动泵车机电控制系统的硬件部分由多个关键组件构成，核心控制单元作为整个系统的中枢大脑，负责处理来自各种传感器的数据，并生成相应的控制指令，选用高性能的嵌入式处理器^[1]。这些传感器包括压力传感器、流量传感器和温度传感器等，分布在泵车的各个关键部位，实时监测设备的工作状态并反馈数据。执行器如电动机和液压阀则根据控制指令进行具体操作，调整泵车的工作参数。此外，用户交互界面通过触摸屏或按钮提供直观的操作方式，使操作人员能够轻松监控和管理设备运行。通信模块支持无线和有线两种连接方式，确保数据在不同场景下的可靠传输。电源管理系统负责为各组件提供稳定的电力供应，保证系统在任何环境下都能稳定工作。安全保护装置则在异常情况下迅速介入，保障设备和人员的安全。所有这些硬件组件共同协作，形成一个高度集成且功能完备的系统。

3.2 系统硬件电路设计

硬件电路设计是移动泵车机电控制系统的关键环节，直接影响系统的性能和可靠性。各部分组件核心控制单元的电路设计注重信号完整性与抗干扰能力，采用多层 PCB 板布局，合理安排信号线和地线，减少电磁干扰。传感器接口电路采用差分放大器和滤波器，提高信号的信噪比，确保

数据采集的准确性。执行器驱动电路则根据不同的负载特性进行优化设计，电动机驱动电路采用 H 桥拓扑结构，配合 PWM 调制技术，实现对电机转速的精确控制；液压阀驱动电路则采用高压 MOSFET 开关，确保快速响应和高可靠性。用户交互界面的电路设计充分考虑人机工程学原理，采用低功耗显示屏和触控芯片，确保长时间使用的舒适性和稳定性。通信模块电路设计遵循相关标准，采用射频前端模块和基带处理芯片，实现高速数据传输。电源管理电路采用同步整流技术和智能充电管理芯片，提高电源转换效率和电池使用寿命。安全保护电路设计引入多重保护机制，如过压保护、欠压保护和短路保护，确保系统在异常情况下能够自动断电或采取其他措施。通过细致的设计和严格的测试，这些电路不仅满足系统的技术要求，还具备良好的可制造性和可维护性。

4 移动泵车机电控制系统软件设计

4.1 软件开发环境介绍

移动泵车机电控制系统的软件开发依赖于一系列先进的工具和平台，确保系统的高效性和稳定性。开发环境选用主流的集成开发环境（IDE），Visual Studio Code。操作系统层面，嵌入式 Linux 被选为系统的核心操作系统。编程语言方面，C/C++ 用于底层驱动开发；Python 则用于高层应用开发。版本控制采用 Git，通过 GitHub 平台进行代码托管，方便团队协作和历史版本管理。自动化测试框架 CMake 也被引入，以确保代码质量和系统的可靠性。

4.2 软件整体架构

移动泵车机电控制系统的软件架构设计注重模块化和层次化，以提高系统的可扩展性和维护性^[2]。核心层由操作系统和设备驱动组成，负责硬件资源的管理和调度。中间层是应用程序框架，包含多种通用服务和库，如通信协议栈、数据处理引擎和图形用户界面库。最上层则是具体的应用程序，包括自动控制模块、实时监控模块和故障诊断模块等。自动控制模块基于预设算法生成控制指令，驱动执行器完成各项操作；实时监控模块通过传感器数据采集与分析，实时反馈设备状态信息；故障诊断模块利用智能算法识别潜在问题，并提供解决方案。各模块之间通过消息队列和事件驱动机制进行通信，确保数据的及时传递和处理。为了提升系统的灵活性，架构中还集成了插件机制，允许在不修改核心代码的情况下添加新功能或替换现有组件。

4.3 软件各功能模块设计

在移动泵车机电控制系统中，各个功能模块共同构成了一个高度集成且功能完备的软件系统。自动控制模块根据传感器反馈的数据，运用 PID 控制算法计算出最优的控制参数，并通过执行器调整泵车的工作状态。实时监控模块负责从各类传感器获取数据，经过滤波和校正后，将处理后的信息显示在用户界面上。通过直观的图表和数值展示，操作

人员可以随时掌握设备的各项运行参数。故障诊断模块利用机器学习算法对传感器数据进行分析,识别异常模式并预测可能的故障点。一旦发现问题,立即触发报警并通过用户界面提示具体的解决方案。用户交互模块设计简洁直观,提供触摸屏或按钮等便捷的操作方式。通信模块支持多种标准协议,确保数据在不同场景下的可靠传输。安全保护模块则集成了多重防护措施,如过载保护、温度监控等,确保在任何情况下都能保障设备和人员的安全。

5 移动泵车机电控制系统调试与运行

5.1 硬件电路调试

硬件电路调试可以确保移动泵车机电控制系统的正常运行,在调试过程中,通过逐步检查每个组件的功能和连接情况,发现并解决多个问题。在传感器接口电路调试时,发现部分传感器信号存在噪声干扰,导致数据采集不准确。可以增加滤波器和屏蔽措施,从而提高信号质量。电动机驱动电路调试时,遇到启动电流过大导致电源波动的问题,通过优化 PWM 调制参数,并增加软启动电路,成功减小了启动电流冲击,确保了系统的稳定运行^[1]。液压阀驱动电路调试则关注响应速度和精度,通过调整 MOSFET 开关的驱动电压和时间常数,实现了快速且精确的阀门控制。电源管理电路调试中发现电池充放电效率较低,通过引入智能充电管理和优化电池组配置,提升了整体电源效率。通过反复测试和优化,最终使硬件系统达到了预期的性能指标。

5.2 软件程序调试

软件程序调试旨在验证各功能模块的正确性和稳定性。在自动控制模块调试中,通过模拟不同工况下的输入条件,观察输出结果是否符合预期。对于实时监控模块,重点在于数据采集和处理的准确性与时效性。通过对比传感器反馈的实际数据与显示界面的数据,确保两者一致。故障诊断模块调试则利用历史数据模拟故障场景,检验算法识别和预警能力的有效性。用户交互模块调试注重操作的便捷性和响应速度,通过多次操作测试,优化界面布局和响应逻辑。通信模块调试关注数据传输的可靠性和延迟,采用不同的网络环境进行测试,确保数据能够稳定传输。调试过程中,使用日志记录和断点调试技术,帮助定位和解决问题。针对出现的异常情况,如死锁或内存泄漏,通过代码审查和性能分析工具找出原因,并进行相应的修复。经过多轮迭代调试,逐步消除了各类软件缺陷,使得整个系统具备了良好的稳定性和可靠性。

5.3 系统联调

系统联调是将各个独立的硬件和软件模块整合在一起,

进行全面的功能测试和性能评估。在联调初期,由于硬件与软件之间的接口定义不完全一致,导致部分模块无法正常通信。通过重新校准接口参数,并增加必要的兼容层,解决了这一问题。然后对整个系统的协同工作进行了全面测试,包括自动控制、实时监控、故障诊断等功能。在模拟实际作业场景下,观察系统各部分的协调配合情况。例如,在排水作业中,核心控制单元根据传感器反馈的信息,动态调整水泵转速和阀门开度,确保高效排水。通过多次联调测试,不断优化系统配置和算法参数,最终使各模块之间实现了无缝衔接。

5.4 系统运行效果

在实际应用中,移动泵车机电控制系统表现出色,各项功能均达到预期指标。自动控制模块能够精准地调节泵车的工作参数,确保设备在复杂环境下依然保持高效运行。实时监控模块提供了详尽的状态信息,帮助操作人员及时掌握设备状况,做出正确的决策。故障诊断模块通过智能算法快速识别潜在问题,并提供有效的解决方案,减少了停机时间和维护成本。用户交互界面简洁直观,操作便捷,得到了用户的高度评价。通信模块在各种网络环境下均能稳定传输数据,保障了远程监控和维护的可行性。安全性方面,多重保护机制有效避免了意外事故的发生,确保了设备和人员的安全。总体来看,该系统在提升作业效率、降低运营成本以及增强设备可靠性等方面展现了显著优势,为现代城市建设提供了强有力的技术支持。

6 结语

本文研究结果表明,集成先进的传感器技术、自动控制算法和高效能硬件组件的系统,不仅实现了对移动泵车的精确控制与实时监控,还大幅提高了作业效率和设备可靠性。随着物联网技术和人工智能的发展,系统的功能将进一步增强,通过引入边缘计算和大数据分析,可以实现更加精准的预测性维护,进一步降低运营成本。未来的系统还可以集成更多智能传感器,实现对设备状态的全方位感知,并通过自学习算法不断优化控制策略,为现代城市建设提供更加强有力的支持。

参考文献

- [1] 郭宜君,孙海秀,王颖.智能控制技术在机电控制系统中的应用[J].造纸技术与应用,2024,52(03):49-51.
- [2] 赵建军.机电控制系统自动控制技术与一体化设计分析[J].现代制造技术与装备,2020,56(12):186-187.
- [3] 陈寅之.智能控制技术与机电控制应用融合分析[J].电子元器件与信息技术,2022,6(05):118-121.