

带电清洗车高压水泵智能控制系统研究

唐晓烽 袁敬辉 张仕堤 杜旭航

广东立胜电力技术有限公司 广东佛山 528000

摘要: 本研究针对 12 吨水罐消防车 RT5320GXFSG120/H6 进行全面升级改造, 通过引入智能控制系统、优化仪表盘设计、改造车载中控台等措施, 实现了带电水冲洗装置的高效、安全控制。改造后的清洗车集成全自动数字采集与控制显示单元, 可实时采集并精准控制液位、压力、温度等关键参数, 增设的遥控手柄与应急按钮解决了作业中的沟通障碍与操作失误风险, 同时升级了警示设备与照明系统, 保障了复杂工况下的作业安全, 具有较高实用价值与推广意义。

关键词: 带电清洗车; 高压水泵; 智能控制系统; 车载中控台; 遥控手柄

引言

当前, 带电清洗车在输变配电网维护中多由水罐消防车改造而成^[1-3], 但其高压水泵功率控制依赖操作人员脚踩油门, 存在显著局限性: 一是人工控制受技能与经验影响, 导致水泵功率和水压输出不稳定, 影响清洗效率与质量; 二是清洗车与现场作业人员距离较远, 沟通不便易引发操作失误, 增加安全风险; 三是缺乏智能化控制系统, 导致车辆监控与维护困难, 不利于提升作业效率^[4-7]。

对此, 带电清洗车的发展需解决以下问题:

(1) 高压水泵功率控制智能化: 以调速器替代人工油门控制, 实现功率精确调节与远程控制, 减少对操作人员技能的依赖。

(2) 完善数据采集与监控系统: 增加全自动数字采集和控制显示单元, 实现车辆数据的数字化、可视化与可存储化, 提升控制精准度与状态监控能力。

(3) 建立应急响应机制: 在车载中控台和现场智能遥控终端内置应急按钮, 确保紧急情况下快速关闭设备, 降低事故风险。

(4) 提升系统可靠性与稳定性: 适应复杂作业环境, 保障恶劣天气与工况下的稳定运行。

1 带电清洗车产品介绍

本研究改造基于 12 吨水罐消防车 RT5320GXFSG120/H6, 如图 1 所示。该车采用中国重汽集团 ZZ5357TXFV464 MF5 汽车底盘, 由消防员乘员驾驶室和车身组成, 车身前部为器材室、中部为水罐、后部为泵室, 罐体为 304 不锈钢材质, 载水 7800kg, 配备美国大力 JMP500 型车用消防泵、

PS24 消防炮、美国希尔 CB10/110-QTWO 型消防泵 (额定流量 110L/s, 高压流量 30L/s) 及成都威斯特 PS80 型消防炮 (流量 80L/s, 射程 ≥ 70 米), 机动性能强, 适用于多种火灾扑救场景。



图 1 RT5320GXFSG120/H6 水罐消防车

整车主要性能参数如下:

(1) 底盘: 中国重汽集团济南卡车股份有限公司 ZZ5357TXFV464MF5, 轴距为 4600+1400mm, 驱动型式为 6×4。

(2) 车载发动机: MC11.46-61 型号, 功率为 327kW (1900r/min 时), 扭矩为 2200N·m (1000-1400r/min), 排放标准为国六。

(3) 整车: 满载总质量为 28000kg, 乘员人数为 2+4, 最高车速 ≥ 101 km/h, 前悬/后悬为 1500/2760mm, 载液量为 12000kg, 外型尺寸为 9950×3590×3590mm。

2 带电水冲洗装置设计与改造

2.1 系统原理

改造后的带电清洗车集成超纯水水罐、取力装置、高

压消防泵、高压电动软管卷盘系统等核心组件，各组件协同运作，如图 2 所示。其工作原理清晰：二类载货汽车发动机输出功率传递至取力装置，取力装置经速比转换后，将动力平稳驱动高压冲洗泵。高压泵出水口连接的四套高压电动软管卷盘，可灵活收放软管。操作人员借助高压射流，能对 20 米以上高度的带电瓷瓶和玻璃绝缘子进行带电作业冲洗，既保障作业安全，又提升清洗效率。

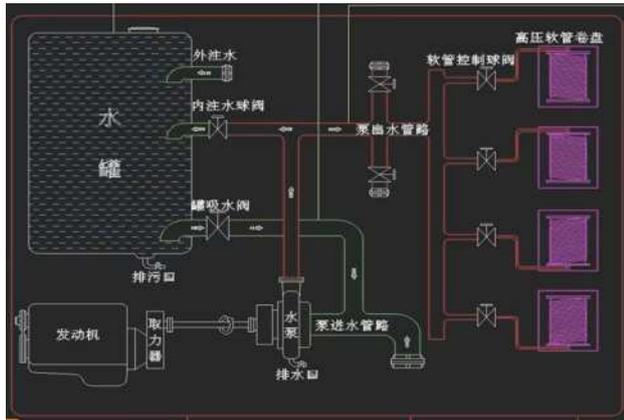


图 2 带电水冲洗装置原理与应用

2.2 主体结构设计与改造

(1) 驾驶室改造 (图 3a)：保留原车四点悬挂、液压翻转等设备，增设 100W 警报器及警灯开关、取力器控制开关，配备符合 3C 标准的安全带、360° 全景行车记录仪、倒车影像与雷达，安装 DC24V 至 DC5V/AC220V 电源转换器。

(2) 管路系统设计与改造 (图 3b)：由吸水管路、罐出水管路等六大模块组成，泵房内管路采用 304 不锈钢材质，水泵和取力器最低处装放余水阀，配备冷却水管路及控制阀。泵室两侧及后部外侧装铝合金卷帘门，内部有照明，底板及储物箱经加强焊接，泵室顶部装两套高压软管卷盘，泵室和器材室各装两套 JPSC4.0-25/40 电动卷盘软管（耐压 4.0MPa，直径 25mm，长度 40 米），由四个 DN50 气动球阀控制。

(3) 超纯水水罐结构优化 (图 3c)：采用外露式全金属焊接结构，内部设防荡板与人入口，304 不锈钢板材制作（底板 4mm、侧板 3mm、防荡板 2mm），载液量 8000kg。配备 DN450 人孔（带快速锁启装置）、DN50 溢流口、DN40 放余水口（带球阀），两侧各设 DN80 注水口，罐体端面底部装两个 DN40 不锈钢手动球阀（向电动冲洗泵供水），内部有液位显示与水质传感装置。

(4) 高压冲洗泵装置 (图 3d)：采用美国希尔 CB10/110-QTWO 高压泵，高压状态下压力 4.0MPa、流量 30L/s；常压状态下压力 1.0MPa、流量 110L/s。在高压与负压间安装 A42Y-40PDN25 安全阀，选用 HW80QZ 夹心式全功率取力器（速比 1.45，法兰输出，逆时针旋转，电磁阀控制，强制可调式水冷冷却，飞溅式油润滑）。



(a) 驾驶室

(b) 泵室



(c) 带电水冲洗车的容罐结构



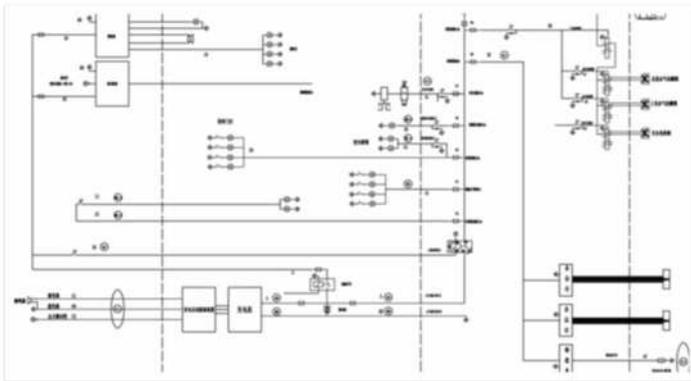
(d) 高压冲洗泵

图 3 主体结构设计与改造实物图

2.3 智能控制系统设计与改造

(1) 系统组成与电气连接 (图 4a)：在原有机械式控制基础上引入传感器及智能控制系统，集成全自动数字采集与控制显示单元，实现数据数字化、可视化与可存储化。电气连接架构支持实时采集液位、压力、温度等参数，保留机械式控制系统（机械指针表头与电动按钮结合）。

(2) 仪表板设计 (图 4b)：位于车尾泵室，控制手柄、开关及指示灯旁贴中文标识，显示屏集成水管路布置图和操作步骤说明，采用数字与机械双重控制系统，增设遥控手柄与应急按钮（解决距离沟通障碍，紧急时远程关闭设备）。



(a) 智能控制系统的电气连接示意图



(b) 仪表板

图 4 系统组成与仪表板

(3) 车载中控台设计与改造 (图 5): 改造后新增全自动数字采集与控制显示单元, 可一键式启动、熄火、加减速发动机, 实现高压水泵功率智能调节与监控。集成进口数据采集与液晶显示模块, 具备实时数据存储功能, 监控界面可显示水罐液位、传感器状态等信息, 有报警提示功能。



(a) 未改造前的带电清洗车的中控台 (b) 改造后的带电清洗车中控台

图 5 带电清洗车改造前与改造后的中控台

3 结论

改造后的带电清洗车通过增设遥控手柄与应急按钮、优化高压水泵功率控制、引入数据采集与显示系统, 显著提升了清洗作业效率与安全性, 增强了实时监控能力。远程精准控制降低了沟通不畅导致的操作失误风险, 应急按钮提升了应急响应速度, 稳定精确的功率输出优化了清洗质量与作业安全, 数据采集与显示系统使关键参数监控更直观高效。改造后的带电清洗车在实际作业中表现出高效与安全的优势,

是带电清洗车技术领域的重要突破, 为行业技术创新与标准化作业树立标杆。

参考文献:

- [1] 郭劲辉. 输配电线路复合绝缘子的选择与防污闪措施 [J]. 电力系统装备, 2021(17):26-27.
- [2] 郑俊杰, 邹建明, 姜锋, 等. 220kV 变电站绝缘子带电干冰清洗车载系统 [J]. 中国电力, 2014,47(4):118-122.
- [3] 彭凯, 马鑫, 吴继岩, 等. 绝缘子清洗过程中变污层参数的动态闪络模型 [J]. 电瓷避雷器, 2020,(02):229-235.
- [4] 陈泽康, 陈泽荣, 陈鸿伟, 等. 电力系统陶瓷绝缘子清洗的研究进展 [J]. 陶瓷, 2023,(03):9-11.
- [5] 全国消防标准化技术委员会消防车泵分技术委员会 (SAC/TC 113/SC 4). 消防车 第 1 部分: 通用技术条件:GB 7956.1-2014[S]. 中国标准出版社, 2014.
- [6] 张炜. 绝缘子带电水冲洗车维修保养 [J]. 设备管理与维修, 2015,(S2):306-307.
- [7] 张霆. 接触网绝缘子带电水冲洗的关键参数及安全特性研究 [D]. 西南交通大学, 2020.

作者简介: 唐晓烽 (1999-11), 男, 汉, 广东德庆人, 本科, 助理工程师, 研究方向: 带电作业。