

# 重载机车风源系统智能控制研究

赵巧妮, 张文初, 刘 彤, 颜谦和, 殷理杰

(湖南铁道职业技术学院 智能控制学院, 湖南 株洲 412001)

**摘要:**针对重载机车提速运行过程中空气中不断扬起的粉尘对风源系统中处理的空气的质量提出了更高的要求。当压缩空气中粉尘颗粒浓度高或压缩空气湿度过大时,使得制动设备无法正常工作甚至损坏,给重载机车的平安行车带来安全隐患。该文通过设计一套智能重载机车风源控制系统,通过智能采集、检测风源系统中空气的洁净度与湿度参数,自动去除压缩空气中的粉尘和水,得到高质量的合格压缩空气,使得处理后的空气的湿度与洁净度符合机车制动系统管路的要求,当处理后的空气不符合要求时发出报警信号,提示工作人员进行排故处理,避免了计划维修的盲目性,提升了风源系统的有效运行效率,保障了重载机车的安全运输。

**关键词:**重载机车;风源系统;智能控制;安全运输

**中图分类号:**U231

**文章编号:**1000-0682(2024)01-0022-03

**文献标识码:**A

**DOI:**10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2024.01.005

## Research on intelligent control of heavy duty locomotive air source system

ZHAO Qiaoni, ZHANG Wenchu, LIU Tong, YAN Qianhe, YIN Lijie

(Hunan Railway Professional Technology College, Hunan Zhuzhou 412001, China)

**Abstract:** The heavy-duty locomotive air source system is responsible for purifying and drying the air entering the locomotive pipeline, which is the foundation for the normal operation of the heavy-duty locomotive air pipeline system. During the acceleration operation of heavy-duty locomotives, the constantly rising dust in the air places higher requirements on the cleanliness of the air processed in the air source system. When the concentration of dust particles in the compressed air is high or the humidity of the compressed air is too high, the braking equipment cannot work properly or even be damaged, posing a safety hazard to the safe operation of heavy-duty locomotives. This article proposes to design an intelligent heavy-duty locomotive air source control system, which intelligently collects and detects the cleanliness and humidity parameters of the air in the air source system, and automatically removes dust and water from the compressed air to obtain high-quality and qualified compressed air. This ensures that the humidity and cleanliness of the processed air meet the requirements of the locomotive braking system pipeline, ensuring the safe transportation of heavy-duty locomotives.

**Keywords:** heavy-duty locomotive; air source system; intelligent control; safe transportation

## 0 引言

风源系统是重载机车空气管路系统正常工作的基础,负责将输入的空气进行压缩、存储、洁净处理

并为制动系统提供所需的高质量的压缩空气。因此,高质量的符合标准要求的压缩空气是保障重载机车制动系统安全运行的重要条件。

目前不少的学者对风源系统的正常运行均开展了相关的研究。如刘志国<sup>[1]</sup>等专家提出了对机车风源系统进行全面升级改造,通过实时检测数据,调节电机转速解决空压机油乳化问题,将干燥塔实行再生柔性转化的策略,实现对风源系统进行智能化改造;孔德帅<sup>[2]</sup>等学者提出了采用 AMESim 软件对活塞式风源系统进行建模和仿真,通过仿真得到环境大气压力和温度对活塞式风源系统的各级压缩

收稿日期:2023-09-05

基金项目:2022 年度湖南省自然科学基金项目《基于深度学习的机车通风冷却系统预警技术研究》(2022JJ50096)

第一作者:赵巧妮(1982—),女,汉,广西省桂林人,本科,副教授,研究方向为智能控制。

通信作者:殷理杰(1990—),男,讲师,硕士研究生,研究方向为智能控制。E-mail:yinlijie2011@163.com

比、排气温度和排气质量流量的影响规律。

但是针对重载机车在恶劣环境下风源系统的智能控制还需进一步加强研究。如目前在大秦铁路上运行的重载机车的运行环境非常恶劣,由于列车颠簸及风力作用,表面干燥、细散的粉尘不断散落在空气中,造成了大气中颗粒物浓度急剧升高,重载机车在提速运行或者会车时空气中的粉尘颗粒更多,这些粉尘颗粒对重载机车的安全运行造成了严重的安全隐患。当风源系统为用风设备提供的压缩空气不达标时,如压缩空气粉尘颗粒浓度高或压缩空气湿度过大时,使得制动设备无法正常工作甚至损坏,严重时会造成机破的严重行车事故。

为了保障重载机车的安全运行,对现有的风源系统进行智能化改造,对风源系统的压缩空气质量参数进行智能化采集与监测,自动去除压缩空气中的粉尘、水和油,使得压缩处理后的空气的湿度与灰尘颗粒度大小符合机车制动系统的要求。当压缩处理后的空气指标不符合要求时发出报警提示信号,避免了计划维修的盲目性,提升了风源系统的有效运行效率,保障了重载机车的安全运输。

## 1 重载机车风源系统介绍

### 1.1 重载机车风源系统结构介绍

重载机车风源系统由空气压缩机、干燥器、总风缸、微油过滤器及安全阀等组成,管路原理如图 1 所示。并在制动柜上集成安装了辅助风源系统,为升弓及主断控制提供辅助风源。

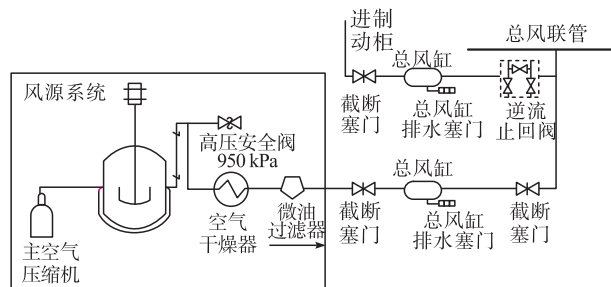


图1 机车风源系统构成图

在重载机车风源系统中,空气干燥器主要用于处理去除主压缩机出来的压力空气中的油、水、尘以及机械杂质,以便得到洁净、干燥的符合供全车空气管路系统使用的高质量空气。

### 1.2 双塔再生式空气干燥器的工作原理

双塔再生式干燥器的工作原理图如图 2 所示。通过控制系统的控制器发出指令控制两个空气干燥塔 A 和干燥塔 B 控制阀关闭和开启,使他们在不同时间内交替工作,双塔干燥器的再生与干燥是同时进行的,当 A 塔吸附,B 塔再生时,控制系统发出指令控制 A 塔控制阀进气开启和 B 塔排放阀处于开启状态,而 B 塔控制阀进气和 A 塔排放阀关闭。从压缩机来的潮湿压缩空气再经开启的 A 塔进气阀进入 A 塔干燥床进行干燥洁净处理后将空气送入机车的总风缸;经干燥筒处理的部分净化空气流向 B 干燥塔,从干燥芯上面流经干燥芯,吸收干燥芯内的水分(再生作用),恢复吸附剂的吸附性能,再生塔中的气体经排放阀扩散到大气中,并带着过滤芯下面的水滴、油滴及尘埃流到 B 排放阀排空。经一定周期间隔,两个干燥床的作用相互置换<sup>[6-12]</sup>,两塔不断交替重复工作,得到稳定的持续的洁净空气。

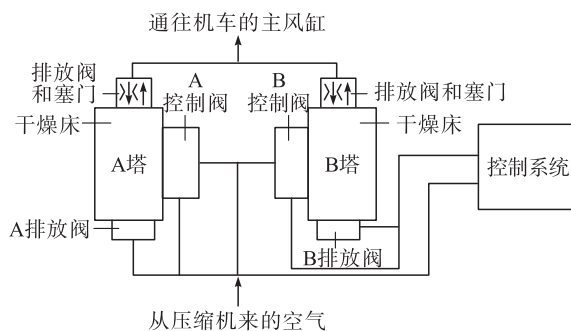


图2 双塔再生式空气干燥器工作原理图

## 2 重载机车风源系统智能控制系统框图

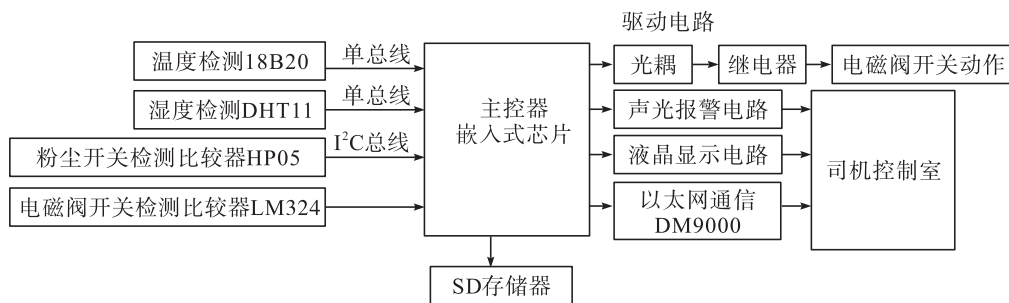


图3 智能控制装置框图

如图 3 所示。嵌入式主控芯片是整个硬件电路的核心元件,控制机车风源系统气体信息信号数据的处理。该装置包括温度检测模块、湿度检测模块、光耦和继电器组成的驱动电路模块、显示电路模块以及存储电路模块。

下面对重载机车风源系统智能控制的部分硬件电路进行介绍

### 2.1 温度、湿度、粉尘检测模块

选用 DHT11 湿度传感器、HPD05 粉尘颗粒传感器来检测压缩空气中的湿度和洁净度,选用 DS18B20 数字温度传感器来检测大气的温度,这三种电路模块均能用总线的方式与主控制器进行通信,电路如图 4 所示。

湿度检测电路:DTH112 脚为数据 DATA 脚,通过 4.7 k $\Omega$  的上拉电阻与主机进行通信。机车风源净化控制电路净化后的空气的湿度低至相对湿度 35% RH 即可。

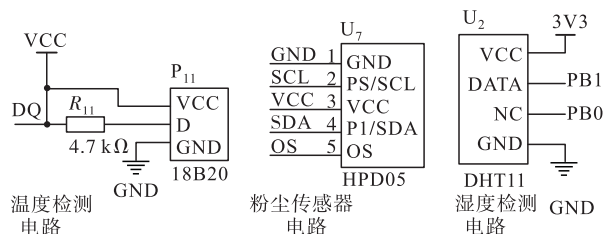


图 4 温度、湿度、粉尘检测模块电路图

温度检测电路:18B20 与控制器之间的通讯采用单总线的通信模式。当环境温度低于 5 $^{\circ}\text{C}$ ,为了防止空气中的水汽结冰,启动加热棒来加热排污阀,保证进入压缩机中的空气中的水不结冰。

粉尘颗粒传感器电路:HPD05 粉尘传感器通过 I $^2$ C 信号与控制器通信,采用光学散射原理检测空气中粉尘的浓度,能检测空气中 0.5 ~ 10  $\mu\text{m}$  大小的灰尘颗粒。

### 2.2 驱动模块电路

驱动模块电路包括光耦电路和继电器驱动电路。电路如图 5 所示。光耦电路采用 PC817 芯片,用于隔离弱电主控芯片 STM32F103 与继电器,避免继电器线圈的吸合干扰影响嵌入式系统的正常工作。

光耦继电器控制继电器线圈得电或者失电,控制电控器完成停机、吸附、干燥、再生等四个动作,保证净化装置的除水效果。

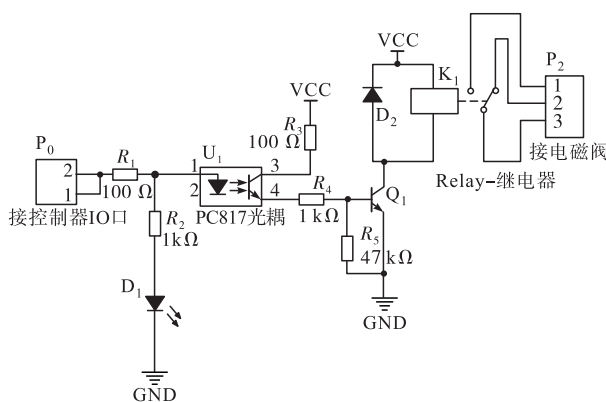


图 5 驱动模块电路图

## 3 重载机车风源系统洁净度系统的软件设计

系统的总流程图如图 6 所示。系统上电后,单片机进行系统初始化。然后进入采集温度、湿度、粉尘度参数采集和处理程序,当温度传感器检测到环境温度低于 5 $^{\circ}\text{C}$ 时,启动加热装置来防止气体中的水分结冰;该功能是防止排气阀冻结而设的。

当干燥后的气体的湿度低于 35% RH 时,表示转换后的气体湿度符合系统要求,控制电空阀动作并进行下一轮气体的干燥转换。

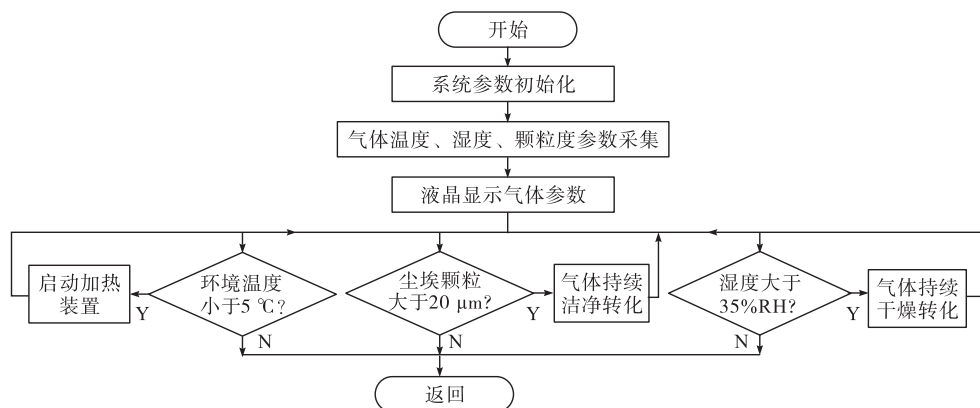


图 6 系统总体流程图

从表 2 中可以看出,采用同一基准为参考电压,同时结合激励电流交换通道的方法可以大大减少电阻测量值的误差。

#### 4 结语

该文设计了一种基于全国产芯片的热电阻测温模块,采用 32 位 M4 内核的 N32G452 为处理器和 MS5194T 为模数转换器,实现了从电阻电容到 CPU 等所有电子元器件的国产替代。采用轮询 8 个通道获取测量值,以稳定的芯片内部参考电压为测量通道的参考电压,极大地降低温度给模块带来的误差,提出了新的测量方法降低了常用的三线接法在使用中的误差。全国产化的硬件设计保证了热电阻测温模块芯片和器件的安全性,为其他模块的国产替代设计提供了思路。

##### 参考文献:

- [1] 吕阳,刘莉娜,郑良广,等. 高精度铂电阻温度采集系统设计与实现[J]. 传感技术学报, 2020, 33(05): 774 - 778.
- [2] 姜帅,杨威,胡俊宏,等. 热电偶时间常数测量分拣系统研究[J]. 工业仪表与自动化装置, 2021(03): 30 - 34.
- [3] 张旺东,姚金城,汤新强,等. 基于热敏电阻器的双 ADC 高精度温度采集系统设计[J]. 仪表技术与传感器, 2021(09): 43 - 47 + 53.
- [4] 张华竹,郑会荣,张鸣影. 基于 PLC - RS485 总线的 MODBUS 通信方式在温度采集系统中的应用[J]. 工程与试验, 2023, 63(01): 50 - 51.
- [5] 曾卫东,于景龙,王介昌,等. 国产风电机组主控系统开发与应用[J]. 热力发电, 2022, 51(12): 1 - 9.
- [6] 胡波,陈俊,杨柳,等. 全国产分散控制系统开发与应用[J]. 热力发电, 2022, 51(3): 159 - 165.
- [7] 刘建丽,李先军. 基于非对称竞争的“卡脖子”产品技术突围与国产替代——以集成电路产业为例[J]. 中国人民大学学报, 2023, 37(03): 42 - 55.
- [8] 张公平. NJ400 系列 PLC 在锅炉控制系统中的应用[J]. 电工技术, 2022(04): 1 - 3.
- [9] 卢佳佳,张亚芳. 基于 STM32 单片机的温度智能测量系统设计与实现[J]. 景德镇学院学报, 2022, 37(06): 53 - 57.
- [10] 郑小彪,姚振东. AD7794 在高精度低功耗测量装置中的应用[J]. 微计算机信息, 2009, 25(08): 307 - 308 + 294.
- [11] 周晓倩,马孝义,陈磊,等. 基于 AD7794 的温室 CO<sub>2</sub> 浓度采集器[J]. 农机化研究, 2014, 36(12): 224 - 226.
- [12] 何伟俊,武素莲,袁嫣红. 基于国产 MCU 的直流塑壳断路器控制系统设计[J]. 电子设计工程, 2023, 31(9): 186 - 190.
- [13] 顾吉林,刘森,耿杨,等. 基于 PT100 的高精度温度测量电路的设计[J]. 测控技术, 2018, 37(05): 101 - 103.
- [14] 霍钰,王功. 基于铂热电阻的高温检测系统设计与优化[J]. 传感器与微系统, 2019, 38(04): 108 - 110.
- [15] 张梅珠,熊伟,郑喆,等. 铂电阻 Pt100 的温度测量方法[J]. 气象水文海洋仪器, 2017, 34(03): 52 - 54.

(上接第 24 页)

#### 4 结束语

该装置实验运行结果表明:能依据设定的要求自动去除压缩空气中的粉尘和水等杂质,能及时的掌握能及时掌握风源系统压缩空气处理后的状态指标。当检测的空气指标低于设定值,则表示压缩空气质量合格;当检测的指标高于设定值,则报警器发出报警信号,提示司乘人员进行相应的排查处理,实现了状态修,避免了计划维修的盲目性,提升了风源系统的有效运行效率,减少了维修成本,提高了重载机车的信息化水平,为重载机车的平安运营提供了有力的保障。

##### 参考文献:

- [1] 刘治国. 机车用智能化风源系统技术[J]. 研究大连交通大学学报, 2021(42): 41 - 45.
- [2] 孔德帅. 复杂环境条件下风源系统性能的研究[J]. 铁道机车车辆, 2022(01): 46 - 50.
- [3] 王磊. 内燃机车风源净化系统故障原因分析及处理[J]. 科技创新与生产力, 2019(05): 130 - 132.
- [4] 李景州. GCY520 内燃车制动风源系统故障分析及处理[J]. 科技创新与生产力, 2021(07): 73 - 75.
- [5] 项宇航,丛培鹏. 城轨列车风源系统故障的自动检测方案[J]. 铁电机车车辆, 2019(1): 46 - 50.
- [6] 曹记胜. HXD1 机车风源系统自动除水除油装置的研究[J]. 铁道机车车辆, 2021(04): 87 - 89.
- [7] 杨伟君,李邦国. 和谐号动车组风源系统及其管理[J]. 铁道机车车辆, 2021(05): 55 - 60.