

基于STM32的仓泵料位计控制器的开发应用研究

王来邦 陈朝晔 陈奕铭

浙江浙能温州发电有限公司 浙江 温州 325088

摘要：文章聚焦于火电厂仓泵输灰系统的安全稳定运行，对基于STM32技术的仓泵料位计控制器展开深入研究。在硬件技术开发层面，以STM32微处理器为控制核心，精心设计电路布局，选用高性能传感器，全方位保障信号采集精度与系统稳定性。通过集成LoRa无线技术，系统可实时监测煤灰堆积高度，突破距离限制，确保数据稳定传输。同时，采用非接触式测量技术监测仓泵温度变化，避免传统接触式测量的局限，提升系统可靠性。该控制器有效保障了仓泵输灰系统的安全稳定运行，降低了故障率，为火电厂的高效运维提供了坚实的技术支持，具有显著的技术创新性和实际应用价值。

关键词：STM32；控制器；硬件电路；开发与应用

引言

火电厂燃煤发电过程中，伴生大量工业固体废弃物，尤以燃烧副产物灰渣最为典型。灰渣是燃烧过程中煤炭未完全氧化的残留物组成，这些残留物以氧化铝，氧化硅，氧化铁等金属氧化物为主。从外观上看，表现颜色随铁的含量变化呈现浅灰色至棕褐色，具有一定的重量和体积^[1]。

在全球气候持续变暖、环境污染问题愈发严峻的宏观背景下，火电厂作为能源供应的重要支柱，在其生产运营过程中所产生的煤灰等废弃物的处理事宜，已然成为了各方关注的焦点。若火电厂不能对煤灰进行科学、合理且妥当的处理与处置，那么煤灰中所蕴含的有害物质极有可能对土壤造成污染，对水源造成污染，同时也可能对人类健康产生不良的影响。

目前，国内火电厂普遍使用音叉式、雷达式、电容式、射频导那式等接触式料位计来对煤灰进行检测^[2]。但是，这些料位计在使用时需要将敏感元件和粉煤接触，他们都属于接触式测量。由于煤灰温度较高、仓泵内部环境恶劣，再加上设备内部直接接触煤灰，长期运行容易导致设备损坏，同时安装和维护也极为不便。

基于此，将STM32微处理器应用其中，设计出一款通过测火电厂仓泵温度来进行预测煤灰在仓泵含量的控制器，从而在不与煤灰直接接触的前提下实现对仓泵料位的有效监测。该方案不仅可延长设备使用寿命，降低运维成本，同时也能提高火电厂输灰系统的整体安全性与效率。

1 基于 STM32 的仓泵料位计控制器的硬件设计

1.1 总体方案设计

本控制器的设计是基于STM32微处理器技术的火电

厂仓泵料位计的硬件电路，设计上包含STM32微处理器电板、传感器接口、通信接口等。STM32主芯片，LoRa模块和485接口电路负责通信，应该位于主控的两侧；传感器接口电路负责数据采集，降压电路提供电源管理，这些模块可以放在主控的下方；程序下载调试接口和TYPE-C接口则可以放在系统外围，见图1。

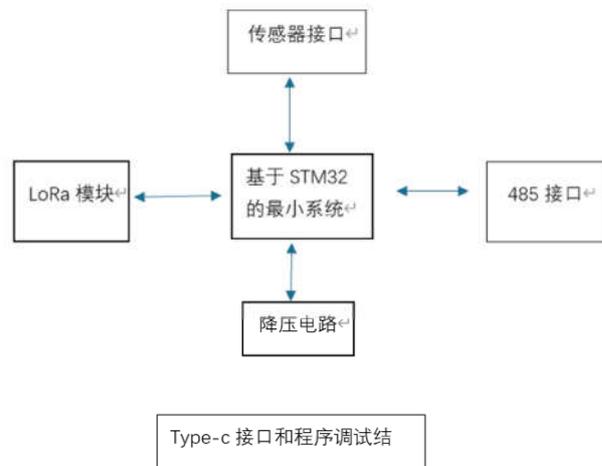


图1 硬件总体设计方案

1.2 主控芯片的设计

在产品构造中使用STM32F03C8T6单片机作为主控芯片，该芯片采用了ARM Cortex-M3内核，具有性能、低功耗、丰富的外设接口等优势^[3]。STM32是火电厂仓泵煤灰温度预测控制器的重要组成部分，负责处理从温度传感获取的原始数据，并对数据进行处理，以得到准确的信息，见图2。

STM32在运行期间，电源部分：VCC_3V3为核心芯片提供了稳定的3.3V电源，其中C6电容滤除高频噪声，确保电源的稳定。8MHz晶振为STM32提供了精确的时

钟信号确保同步和通信精度。NRST引脚实现复位功能，上拉电阻防止静电损坏，确保了电路的稳定。STM32芯片通过USART2实现串口通信，连接外部设备。PA15和PA14用于通信，并扩展功能。

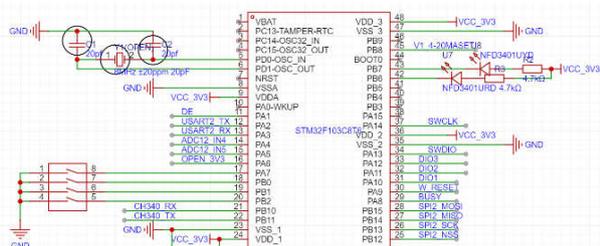


图2 主控电路

1.3 有线通讯设计

在接口的设计方面上，考虑到控制器用于火电厂仓泵收集煤灰的环境下，火电厂的环境通常充满来自于高压设备、电机和变压器等产生的磁干扰和噪声，因此选择的接口要具有强大的抗干扰能力，以确保信号在传输的过程中不受外界干扰的影响，保证数据的准确性和可靠性。利用485的差分信号传输，对共模干扰具有很强的抑制能力，确保信号在传输过程中不受外界干扰。见图3。

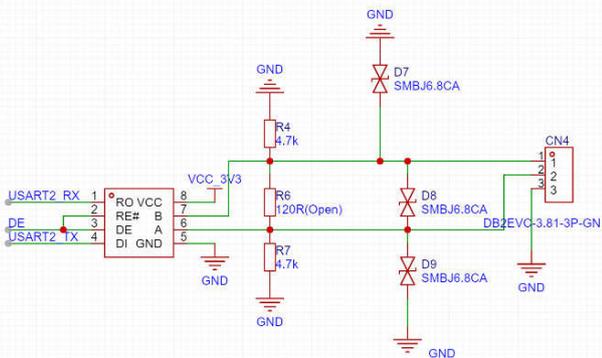


图3 485电路

该电路采用单片485收发器芯片作为核心，通过合理配置终端电阻、偏置电阻以及保护器件，不仅能有效抑制长距离传输中的电磁干扰，还可在高静电环境中保护收发器芯片，增强系统可靠性，该电路结构简洁，扩展性强，适合用在火电成仓泵煤灰预测的场景

1.4 无线通讯的设计

在无线通讯接口的选择上，选择LoRa通信。LoRa无线通讯技术具有低成本、低功耗、远距离传输、抗干扰能力强等优势^[4]。LoRa可以快速采集传感器数据，并通过无线传输将数据发到服务器，并结合通信速率低和合理的网络设计以及数据处理，满足在火电厂里实时预测监测煤灰堆积的高度。同时LoRa采用线性调制扩频技术，

使用前向纠错编码技术，工作在433、868、915等MHz（工业、科学、医疗）免许可使用频段，很好的适配火电成的工作环境^[5]，见图4。

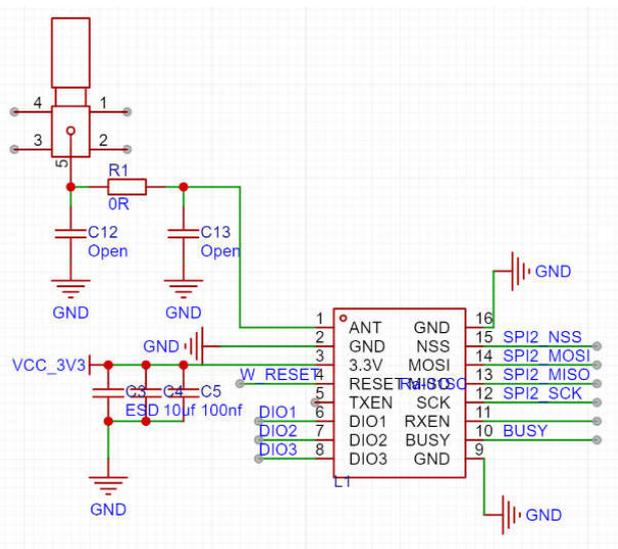


图4 LoRa电路

LoRa 无线通信模结合了 3.3 V 电源、SPI 接口、预留天线匹配网络和 ESD 防护等关键设计要素。通过对 BUSY、RESET、DIOx 等引脚的灵活运用，系统可实现低功耗且远距离的无线通信，并在实际应用中根据天线特性和频段要求进行匹配网络微调。

1.5 温度传感器设计

温度传感器的设计主要是利用GY-906-BCC红外测温传感器，能够无需物理接触，实现非接触式测量温度，并采用先进的红外测温技术，提供精确的温度读数；快速响应，能够及时捕捉温度变化进行实时监测，还拥有体积小，低功耗，兼容性强等优势。并且还能够测量较宽的温度范围，能够满足火电厂煤灰温度高等需求。超薄的红外测温镜片。具有良好的红外透过性能，5.5微米长通滤光片，允许5.5微米以上的红外光通过，并在5.5-14微米波段进行了增透处理，此镜片透过率在80-85%之间，能够让温度准确的被BCC红外测温传感器给接受到。

1.6 降压电路设计

DC-DC降压模块是一款将5V电源转换为3.3V的电源转换模块，最大输出电流可达1A，能够满足大多数低功耗设备的电源需求。该模块具有高转换效率、低纹波、稳定性强等优点。该模块采用先进的降压芯片，具有出色的电磁兼容性，能够在复杂的电磁环境中保持稳定运行。同时，模块内部集成了过流保护、过压保护和短路保护功能，有效保障了模块和负载的安全。非常适合用于火电厂仓泵煤灰监测的环境中，见图5。

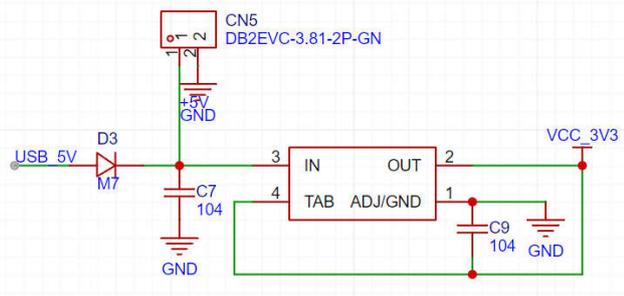


图5 降压电路

2 软件程序设计

在软件方面上，基于keil开发环境进行系统程序编写。keil提供了包含C编译器、链接器、宏

汇编、库管理和一个功能强大的仿真调式器等在内的完整开发方案，keil具有操作简单，页面简洁，系统开发难度低，开发时间较短等优势^[6-7]。

为保证火力发电厂煤灰处理系统的顺利运行，及时、精准地监测煤灰料位至关重要。煤灰必须在仓泵内得到及时的料位监测，以确保输灰系统的高效运转。如果无法实时掌握煤灰的残留高度，将直接影响输灰过程的顺畅，导致输送不畅，过多积灰现象频现，这不仅会加重灰斗的负担，使其受力超出设计承载能力，甚至可能造成灰斗结构的严重损坏，最终引发灰斗坍塌等危及安全的意外事件^[8]。

因此，料位监测的稳定性和精确性，对于保障整个火电厂煤灰输送环节的安全与高效运行，具有不可或缺的重要性。该控制器通过对传感器数据的动态采集与处理，能够及时发现并预警料位异常；通过keil编写算法与逻辑，实现对煤灰的精准及时料位，提升整个火电厂输灰系统的稳定性。

3 产品优势

火电厂仓泵煤灰温度控制器具备卓越的快速响应能力，其响应时间小于5秒，能够精准、迅速地捕捉仓泵内煤灰含量的细微变化，确保数据的实时性和准确性。该控制器采用了先进的航空插头设计，不仅保证了接口的稳固性和可靠性，还具备出色的可扩展性，能够根据现场仓泵的具体特点和需求灵活地扩展测量量程，适应不同的工作环境和条件。

此外，该控制器创新性地采用了非接触测量方式，通过监测仓泵外部的温度来间接获取内部煤灰的温度信

息，避免了传统接触式测量可能带来的误差和对设备运行的干扰。这种设计使得安装和维护过程极为简便，无需复杂的校准和调试，大大降低了人工维护成本和工作量，提高了工作效率和安全性，为火电厂的智能化管理和优化运行提供了有力的技术支持。

结语

本研究针对火电厂煤灰处理难题，创新性地开发了基于STM32的非接触式仓泵监测控制系统。系统采用STM32F03C8T6为主控芯片，集成GY-906-BCC红外测温传感器实现非接触温度监测，通过RS-485有线通讯与LoRa无线通讯构建双模传输网络。硬件设计突出三大技术亮点：（1）采用航空插头与模块化架构，支持灵活扩展；（2）配置专业级DC-DC降压电路，实现复杂电磁环境下的稳定供电；（3）创新应用红外测温技术突破传统接触式测量局限。实际应用表明，该系统响应时间小于5秒，测量误差控制在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，具备抗干扰能力强、维护成本低等优势，有效解决了传统接触式料位计易损坏、维护难的问题^[8]。研究成果为火电厂固体废弃物处理提供了智能化监测解决方案，对降低环境污染风险、提升能源设施运维效率具有重要实践价值。

参考文献

- [1]王儒家. 火电厂废弃物资源化利用的技术研究[J]. 科技资讯, 2024, 12: 170-172.
- [2]董平. 无源核子料位计在火电厂除灰系统中的应用[J]. 山西电力, 2018,(4):58-61.
- [3]朱扬, 杨延安, 董晨乐, 冯树栋, 杜永星. 基于STM32F103C8T6的游乐场智能手表设计[J]. 计算机测量与控制, 2024, 32(9): 213-219, 248.
- [4]彭来湖, 柳德良, 颜贻操, 王怡. 基于LoRa的智能道钉系统设计[J]. 电子设计工程, 2025, 33(2): 192-196.
- [5]丁旭. 列尾安全防护系统中LoRa无线通讯技术应用的可行性研究[J]. 铁道通信信号, 2025,61(3):46-51.
- [6]王飞, 杜向阳. 基于keil软件的一体化螺丝刀控制器设计[J]. 软件,2019,40(9):75-80.
- [7]袁瑞君. 基于STM32的压滤机控制器的开发与应用研究[J]. 今日制造与升级, 2025,(1):67-69.
- [8]杨宇伟. 配煤掺烧工况下气力输灰系统安全运行策略[J]. 山西电力, 2024,(5):63-67.