

文章编号:1671-251X(2016)02-0077-04 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2016.02.020  
王献伟,陈世海,马小平,等.煤炭储存无线测温系统设计[J].工矿自动化,2016,42(2):77-80.

# 煤炭储存无线测温系统设计

王献伟<sup>1</sup>, 陈世海<sup>1</sup>, 马小平<sup>1</sup>, 张庆学<sup>1</sup>, 王帅<sup>1</sup>, 渠慎月<sup>2</sup>

(1. 中国矿业大学 信息与电气工程学院, 江苏 徐州 221008;

2. 徐州江煤科技有限公司, 江苏 徐州 221700)

**摘要:**将现代的无线网络技术与传统的测温技术相结合,设计了煤炭储存无线测温系统。该系统利用温度传感器测量煤炭储存场所各个点的温度,通过无线发射/接收模块完成分站和传感器模块之间的数据传输,利用 GPRS 模块将数据从分站上传至控制室,从而实现了温度数据采集和无线传输。

**关键词:**煤炭储存; 温度检测; GPRS 通信

中图分类号:TD679 文献标志码:A 网络出版时间:2016-01-26 15:51

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20160126.1551.020.html>

Design of wireless temperature measurement system for coal storage

WANG Xianwei<sup>1</sup>, CHEN Shihai<sup>1</sup>, MA Xiaoping<sup>1</sup>, ZHANG Qingxue<sup>1</sup>,  
WANG Shuai<sup>1</sup>, QU Shenyue<sup>2</sup>

(1. School of Information and Electrical Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China; 2. Xuzhou Jiangmei Science and Technology Co., Ltd., Xuzhou 221700, China)

**Abstract:** Wireless temperature measurement system for coal storage was designed combining modern wireless network technology and traditional temperature measurement technology. The system uses temperature sensor to measure temperature at various points of the coal storage sites, completes data transmission between sub-station and sensor modules via wireless transmitter/receiver module, and uses GPRS module to upload data from sub-station to control room, so achieves temperature data acquisition and wireless transmission.

**Key words:** coal storage; temperature detection; GPRS communication

## 0 引言

我国煤炭资源储存丰富,开采量每年都在增加,尤其是近几年来,随着机械化开采煤程度的提高,产量也不断提高,煤炭的安全储存已经成为煤炭生产过程中的关键一环。煤炭大多数是露天储存,煤炭储存安全至关重要。煤与空气接触后,不仅会风化,导致煤的质量下降,而且还会使煤发生自燃<sup>[1]</sup>,特别在露天储存的大煤堆里,如果不及时检测出煤堆发热温度并及时采取措施,就会发生煤堆的自燃<sup>[2]</sup>,导

致生产事故的发生。

现有的温度检测技术有人工巡回检测温度、半自动温度采集技术等,这些技术在一定程度上满足了温度检测要求,但是在具体应用中存在一定缺点,如人工巡回检测温度不能及时检测到温度信息,而且增加了工人的劳动强度,半自动温度采集技术是自动检测温度,但读出的结果需要采用电缆等有线传输,限制了其技术的推广应用。本文将现代的无线网络技术与传统的测温技术相结合,设计了煤炭储存无线测温系统,满足了大范围检测煤场的温度

收稿日期:2015-11-25;修回日期:2015-12-15;责任编辑:胡娴。

基金项目:国家自然科学基金项目(61303183);江苏省自然科学基金项目(BK20130204);高等学校博士学科点专项科研基金项目(20120095120023)。

作者简介:王献伟(1989-),男,河南永城人,硕士研究生,研究方向为煤矿安全监测系统和嵌入式系统,E-mail:2217928222@qq.com。

变化要求。该系统采用无线传输方式,改变了传统的有线信息收集方式,对提高信号的传递速率、及时发出报警信息具有重要意义。

### 1 系统结构

煤炭储存无线测温系统主要包括传感器模块和分站模块 2 个部分,整体结构如图 1 所示。

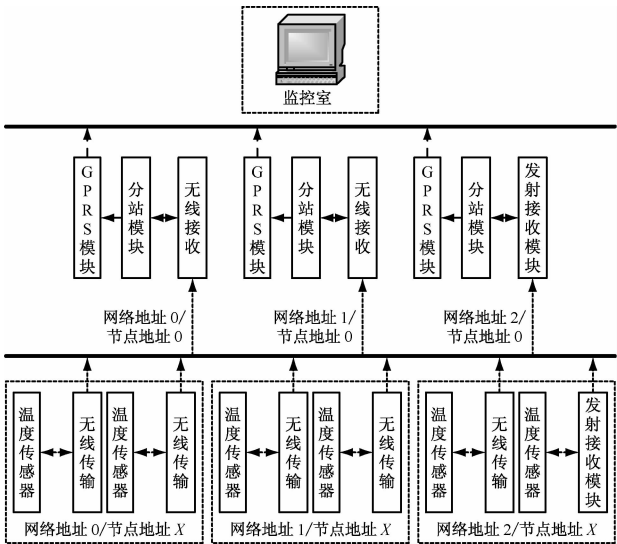


图 1 煤炭储存无线测温系统整体结构

传感器模块主要由温度传感器、STM32 处理器、无线发射/接收模块 SV651 组成。温度传感器的主要作用是采集煤炭储存场所各个点的温度变化。传感器主控电路由 STM32 及其最小系统组成,是传感器模块的核心,主要完成信息处理和传送。温度传感器采集的是模拟信号,经过 STM32 处理器内置的 ADC 进行 AD 转换,然后由 STM32 处理器进行处理,得到煤炭储存场所各个点的温度实时数据。处理器通过无线发射/接收模块 SV651 向附近的分站发送采集到的实时温度。传感器模块硬件结构如图 2 所示。

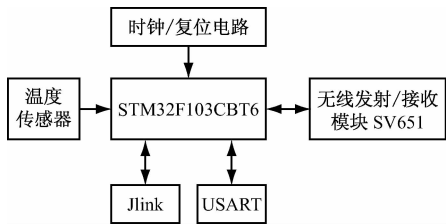


图 2 传感器模块硬件结构

分站模块主要包括无线发射/接收模块 SV651、STM32 处理器、GPRS 模块。其中无线发射/接收模块 SV651 用来接收传感器模块发送来的实时温度数据,然后传送给分站的主控制器 STM32 处理器。分站处理器接收数据后,进行编号处理,并

将处理后的数据发送给 GPRS 模块,经 GPRS 模块发送给控制中心。控制中心读取煤炭场所各个点的温度,并采取必要的预防措施。在上位机软件中可设置报警上限,当煤炭储存场所某点温度达到上限时,发出报警,提醒值班人员采取必要措施。分站模块硬件结构如图 3 所示。

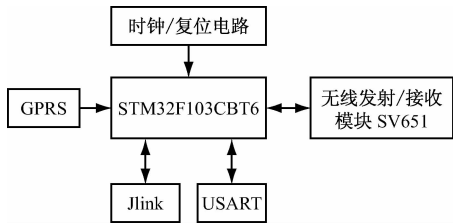


图 3 分站模块硬件结构

### 2 系统硬件设计

#### 2.1 STM32 处理器

STM32F103CBT6 是一款基于 CORTEX-M3 内核的高性能、低成本、低功耗的微处理器,在引脚和软件设计方面同其他 STM32 系列处理器兼容,它的时钟频率最高达到 72 MHz,能够满足高端运算<sup>[3]</sup>。更重要的是它拥有最快转换速度为 1  $\mu$ s 的双 12 位精度 ADC,非常适用于数据的快速采集和处理。

传感器模块和分站模块的接线分别如图 4、图 5 所示。

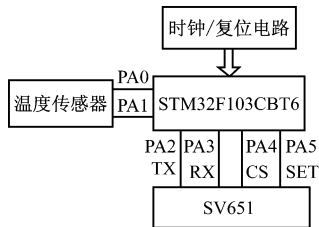


图 4 传感器模块接线

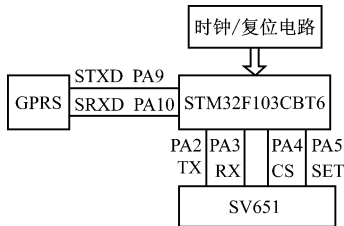


图 5 分站模块接线

#### 2.2 温度传感器

目前用于测温的传感器很多,如热电偶、热电阻以及石英体温度传感器等,其中 PT100 铂热电阻温度传感器具有精度高、稳定性好等优点,测温范围为  $-200 \sim 650$   $^{\circ}\text{C}$ ,使用方便。本文选用 PT100 铂热电阻温度传感器来测量煤炭的实时温度,防止煤炭

自燃。PT100 铂热电阻利用导体或者半导体的电阻随温度变化而变化的原理,根据电阻和温度的关系,利用测量电阻的方法来推算出温度。铂热电阻的阻值  $R_t$  与温度  $t$  之间的关系是非线性的<sup>[4]</sup>,当温度为  $0\sim 650\text{ }^{\circ}\text{C}$  时,有

$$R_t = R_0(1 + at + bt_2) \quad (1)$$

式中: $R_t$  和  $R_0$  分别是温度为  $t$  和  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  时电阻的阻值, $R_0=100\text{ }\Omega$ 。

PT100 采用不锈钢封装,不锈钢外壳与铂金接触良好,保证了良好的导热性,降低了测量误差。

### 2.3 模数转换

PT100 温度传感器输出的是模拟信号,通过无线发射/接收模块 SV651 发送的是数字信号,因此,在由 STM32 发送给无线发射/接收模块 SV651 之前要进行模数转换,把温度传感器检测到的模拟信号转换为数字信号。STM32 内置的 AD 转换器满足要求。

STM32 处理器所带的 12 位 ADC 是一种逐次逼近式模拟数字转换器,ADC 转换速度高达  $1\text{ MHz}$ ,它有 18 个通道,可以测量 16 个外部信号源和 2 个内部信号源。各个通道的 AD 转换既可以单次扫描或连续扫描,也可以不连续扫描。ADC 的结果可以左对齐或者右对齐,并且储存在 16 位数据寄存器中。

STM32 的 ADC 基准电压  $V_{\text{REF}+}$  在芯片内部与电源信号线连接,系统选用一个高精度的  $3.3\text{ V}$  外部参照电压,目的是为了解决电源电压变动导致 ADC 测量结果不准确的问题。

### 2.4 无线发射/接收模块

SV651 是一款大功率的高速集成无线数据传输模块,采用的是高性能的 Silicon Lab 射频芯片。它具有极低的接收灵敏度和业界领先的传输功率,并提供了多频段、多信道以及网络 ID 来降低传输过程中的干扰以提高传输性能。用户可以通过 PC 软件或者在线修改串口以及 RF 的相关参数。

### 2.5 GPRS/GSM 模块

当分站收集到传感器模块发出的信息时,用 GSM/GPRS 模块将信息上传至控制中心。我国 GSM/GPRS 技术发展很快,基本覆盖全国各个城市和地区<sup>[5]</sup>,给工业上的数据传输提供了先进的手段<sup>[6]</sup>,已广泛应用于石油、电力等领域<sup>[7]</sup>。SIM900A 是一款专门为中国用户设计的 GSM/GPRS 模块<sup>[8]</sup>,其工作频率为 EGSM900 MHz 和 DCS1 800 MHz。SIM900A 尺寸很小,基本可以满足用户对空间的要求。SIM900A 采用省电技术设计,在睡眠状态下功耗很小,同时 SIM900A 内置了

TCP/IP 协议。

## 3 系统软件设计

煤炭储存无线测温系统软件设计包括传感器模块和分站模块软件设计 2 个部分,采用 STM32 标准库 3.5,在 MDK 环境下编写<sup>[9]</sup>。

### 3.1 传感器模块软件设计

传感器模块软件主要完成温度采集和数据处理,并控制无线发射/接收模块 SV651 将处理后的数据发送给分站。

#### 3.1.1 初始化

初始化主要包括系统时钟初始化、数据采集初始化、实时时钟初始化、无线模块初始化、定时中断初始化、发送中断初始化、GPIO 口的初始化等,配置 PA0 和 PA1 为传感器输入,PA2 和 PA3 为无线发射/接收模块的串口输入和输出,PA4 和 PA5 为无线发射/接收模块的片选端 CS 和 SET。

#### 3.1.2 数据采集和处理

初始化完成后即可进行数据采集。数据采集时,需要清空串口缓冲区,等待接收数据。读无线模块的网络地址和节点地址,目的是为了分清采集点,进行 AD 采集。PT100 采集的温度信息是模拟信号,该模拟信号输入到 STM32 的 ADC 中进行 AD 转换,AD 转换按照 PT100 的电阻值化公式得出,ADC 处理后的数据储存在 ADCConvertedValue 中,利用公式  $\text{temperature} = (((\text{float}) \text{ADCConvertedValue}) / 5.2)$  得出真实温度值。

#### 3.1.3 数据发送

经 STM32 处理后的数据通过串口发送给无线发射/接收模块,然后发送给分站。首先 STM32 把 SV651 的片选端 CS 置 0,SET 置 0,使 SV651 进入待机状态,然后把温度传感器的 NODE-ID/NET-ID 通过串口写入 SV651 中。STM32 再次把 CS 置 1,使 SV651 进入发送状态,启动数据发送;SV651 将 CRC 校验码打包后,将数据发送给分站,数据发送完毕后,传感器模块进入定时睡眠状态,等待被唤醒。传感器模块工作流程如图 6 所示。

### 3.2 分站模块软件设计

根据设计要求,分站模块软件主要用于收集各个传感器模块发送的数据,并将数据整理后发送给控制中心。

#### 3.2.1 初始化

首先完成 GPIO 口的初始化,配置 PA9 和 PA10 为 GPRS 的 TX 和 RX 端,PA2 和 PA3 为无线发射/接收模块的串口输入和输出,PA4 和 PA5

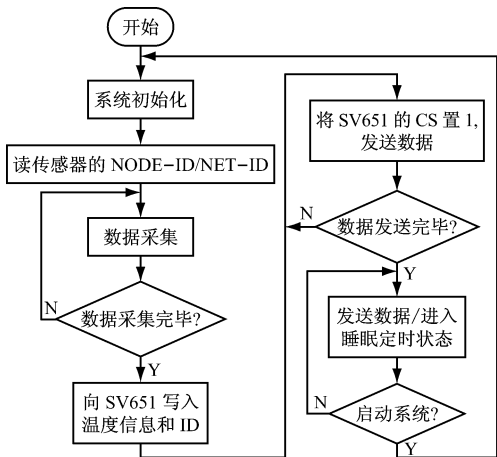


图 6 传感器模块工作流程

为无线发射/接收模块的片选端 CS 和 SET，初始化定时器 TIM3、系统时钟、GPRS、串口。

### 3.2.2 数据接收

分站的无线发射/接收模块接收传感器发送来的数据，并通过串口发送给 STM32。STM32 把 SV651 的 SET 置 0，CS 置 1，使 SV651 处于接收数据状态；数据包接收完毕后，进行 CRC 校验，如果校验正确，则 SV651 会自动去除 CRC 校验部分，把数据保存在寄存器内，并通过串口发送给 STM32。分站 STM32 的作用是简单的数据中转和控制。

### 3.2.3 数据发送

当 GPRS 模块接收到数据时，并不及时发送给控制中心，而是在一定的时间内收集到预先设置的条数后，再发送给控制中心。首先 STM32 通过串口发送 AT 指令给 GPRS 模块<sup>[10]</sup>，实现模块初始化，配置和链接 TCP，然后发送缓存的数据，当检测到数据发送完成时，关闭 GPRS 的 TCP 链接，同时利用软件清空 GPRS 的缓存区，等待接收数据。分站工作流程如图 7 所示。

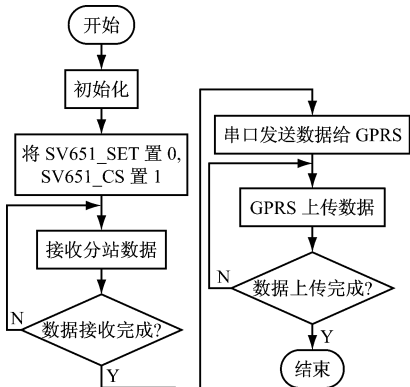


图 7 分站工作流程

### 3.3 数据丢包处理

在调试过程中，发现数据采集时有丢包现象，这

有 2 个方面原因：① 传感器采集的数据经 STM32 处理后，经过串口向无线发射/接收模块传输时，串口的波特率高于无线发射/接收模块的发送波特率，导致数据出现丢包现象。针对该问题，应设置串口波特率不高于无线发射/接收模块的发送波特率。② 各个传感器模块上传数据至分站模块时，由于传感器模块之间可能同时上传数据，造成数据丢包现象。针对该问题，利用无线发射/接收模块有 4 个工作频段、每个工作频段有 40 个通道的特点，分别给每个传感器模块分配 1 个信道，分站的无线模块按照设定的时间采集每个信道的信息，这样能够解决丢包问题。

## 4 结语

介绍了煤炭储存无线测温系统的结构和软硬件设计，该系统采用模块化设计，大大增加了测量点的范围；采用无线发射/接收模块 SV651 传输和接收数据，满足工业级别的数据传输要求，上传到控制中心的数据采用 GPRS 模块传输，采用流量上传数据。该系统安装使用方便，工作稳定，不仅适用于大范围及分散点煤炭储存场所的温度测量，对农业生产和工业制造中的温度测量也具有重要意义。

### 参考文献：

- [1] 何启林. 煤低温氧化性与自燃过程的实验及模拟的研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2004.
- [2] 朱志宇, 赵浩, 刘光伟. 浅析露天煤矿煤炭自燃[J]. 露天采矿技术, 2011(1): 59-60.
- [3] 丁红斌, 秦会斌, 孙顺远. 基于 STM32 的虚拟示波器的设计与实现[J]. 电子器件, 2009(6): 1007-1010.
- [4] 陈志文, 王玮. 基于 Pt100 铂热电阻的温度变送器设计与实现[J]. 现代电子技术, 2010, 33(8): 197-199.
- [5] 王宏伟, 赵国庆. 在 GSM 网络中实现高压电力线路检测[J]. 仪器仪表学报, 2007, 28(12): 2260-2262.
- [6] 丁晖. GPRS 技术在电力 SCADA 系统中的应用研究[J]. 电测与仪表, 2007, 44(8): 25-27.
- [7] IGUIRE V M, LAUGHTER S A, WILLIAMS R D. Security issues in SCADA networks[J]. Computers and Security, 2006, 25(7): 498-506.
- [8] 滕菲, 郭庆. 基于 GSM 短消息的振动数据采集系统设计[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2006, 11(5): 76-78.
- [9] 李宁. 基于 MDK 的 STM32 处理器应用开发[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008: 304-327.
- [10] 李立志, 周明建, 于忠臣. 基于 GPRS&-GPS 的防盗追踪系统的设计[J]. 国外电子测量技术, 2011, 30(5): 59-62.