

基于 ARM7 的稀土熔盐电解无线监测系统研究

肖玲玲,王培松

(江西理工大学 信息工程学院,江西 赣州 341000)

摘要: 针对稀土熔盐电解生产中存在的主要问题和实际中应用的要求,在无线通信的基础上提出了一种基于 ARM7 的监测系统。系统中,以 nRF905 为无线通信射频收发芯片,ARM7 和单片机为主机和从机的处理器,实现系统的可靠性和实用性。

关键词: 熔盐电解;监测系统;无线通信

中图分类号: TN98

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)13-0097-04

Research of radio monitoring system for fused-salt electrolysis of rare earth based on ARM7

Xiao Lingling, Wang Peisong

(College of Information Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, China)

Abstract: According to the main existing problems during the process of fused-salt electrolysis of rare earth and the demands of practical use, a monitoring system based on ARM7 is proposed. In order to achieve utility and reliability, this system adopts nRF905 as RF transceiver chip of radio communication, ARM7 and single chip as processors of the host machine and slave machine respectively.

Key words: fused-salt electrolysis; monitoring system; radio communication

由于稀土熔盐电解法制取工艺过程简单,生产效率高,工业生产中一般采用熔盐电解法制取混合稀土金属和单一稀土^[1]。随着科技的发展,对稀土生产的要求越来越高,稀土熔盐电解过程的智能控制有利于避免操作过程中人为因素带来的许多弊端,特别是有的稀土金属贵如黄金,生产的过程中也要做好防盗。同时在稀土熔盐电解的近距离环境中会产生有毒气体和放射性物质,对生产工人身体健康产生危害^[2]。目前国内已经投入稀土熔盐电解生产监测和无线定位通信系统有很多种,但现有的产品无论是使用还是维护上都需要较高的技术支撑,并要求配备足够的专职工作人员。这需要耗资大量的人力和物力来支撑。参考文献[3]给出了一种自动控制稀土熔盐电解炉温度装置,但只靠单一的参量很难做到测控的精确性和稳定性。因此,本系统针对稀土生产中存在的诸多问题,采用多参量监测,创新性的将一种实用性强、研发成本低、使用维护简便、安全可靠的生产监测无线通信系统应用到稀土生产中。

1 系统总体设计

本系统主要监测温度和电压两个变量,由主控部

分、监测部分和无线通信部分组成,主控部分采用性能相对较高的 ARM7LPC2103 处理器芯片来控制,监测部分采用价格较低的 STC89C52 来控制。由于电流密度和槽电压成正比,通过监测槽电压波动来判断电解槽的稳定性,用温度传感器来监测温度,同时用 LCD 来显示温度、电压和计数防盗监测。主控和监测通过无线通信来实现信号的发送与接收,基于 ARM7 的监测系统,用 nRF905 射频收发芯片进行数据通信。同时主控端 ARM7 与 PC 机通过用 RS232 直接通信,实现数据的保存和监测,如图 1 所示。

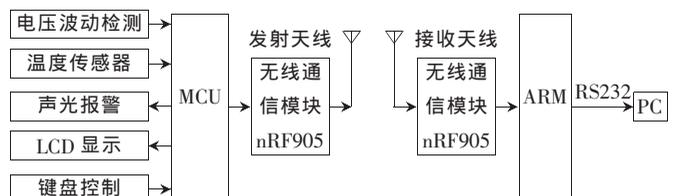


图1 发射装置和接收装置结构图

2 硬件电路及理论分析

稀土熔盐电解槽的槽电压包括:分解电压、结构电

压降和熔体电压降。结构压降基本为固定值 $\pm 2.9\text{ V}$,而熔体压降与温度有关,通过温度传感器来设定适合的电压,根据这些可以用电压波动监测和温度传感器来判定电解槽的生产情况。

实际分解电压与阳极电流密度的对数呈线性关系^[4]:

$$E=1.71+0.32 \times \ln i_a \quad (1)$$

一般情况下,用安装在电解槽上的电压表难以发现电压波动不明显或波动太快的电压,这就对信息的采集和处理有了更高的要求。而利用计算机来处理槽电压振动信息,可及时发现振动的有无及振幅的幅值。根据生产电压的要求采取相应措施,最终达到槽电压的优化控制,间接地通过控制电压波动来减少电流效率的下降^[5]。参考文献^[4]给出了槽电压振动种类及监测、振动公式推导和数据采样方法及处理。图2为本系统电压波动监测流程图。

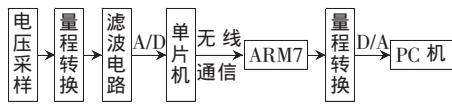


图2 电压波动监测流程图

电压波动信号处理的算法计算公式如下:

$$X(k)=\sum_{n=1}^N x(n) \exp \left[-i2\pi(k-1) \left(\frac{n-1}{N} \right) \right], (1 \leq k \leq N) \quad (2)$$

$$x(n)=\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N X(k) \exp \left[-i2\pi(k-1) \left(\frac{n-1}{N} \right) \right], (1 \leq n \leq N) \quad (3)$$

式中: $X(k)$ 为信号 $x(n)$ 的FFT变换, n 为信号长度, N 为FFT的长度。当检测到的 T_1 时间内的电压为 V_1 和 T_2 时间内的电压为 V_2 时,电压差 $|V_2-V_1|$ 超过系统要求的电压控制精度,单片机发出控制信号,由声光报警器报警。当差值在精度范围内时,系统正常工作。当熔盐炉停止工作,电压为零时,开始计时,当时间大于设定的时间 Δt 时,计数1次,并在LCD上显示总值,作为防盗的监测。

熔盐炉的温度较高,一般会在 $1000\text{ }^\circ\text{C}$ 以上,系统通过炉壁安放传感器间接获取炉体温度监测温度。经多次实验监测,温度过高或过低都会影响生产,因此设定间接温度值在所需范围之内,当大于这一范围,将报警。被测温度转换成电压信号经滤波、放大后A/D转换,通过单片机进行信息处理。

系统采用 $\mu\text{PC616A/C}$ 温度传感器监测温度,它由PTAT核心电路、参考电压源和运算放大器3部分组成,4个端子分别为 U_+ 、 U_- 、输入、输出,工作温度范围 $-40\text{ }^\circ\text{C} \sim 125\text{ }^\circ\text{C}$,灵敏度是 10 mV/K ,线性偏差 $0.5\% \sim 2\%$,稳定性和重复性为 0.3% ,精度 $\pm 4\text{ K}$ 。图3给出了用输出电压直接表示摄氏温度的监测电路。图中运算器采用高精度运算放大器, R_1 为负电源上拉电阻。

每个从机都带有液晶显示和声光报警,考虑经济适用因素,本系统从机显示模块采用LCD1602,显示计数、时间、故障原因,图4为LCD1602原理图。当出现故障时声光报警器报警,查看LCD液晶来知道故障的原因。

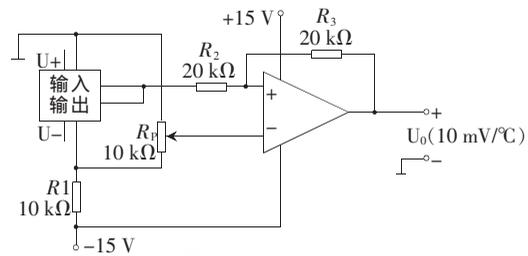


图3 温度监测电路

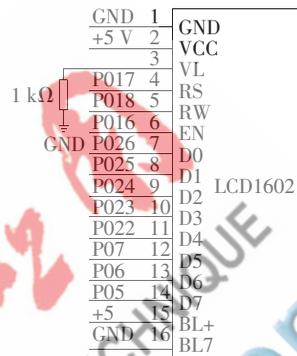


图4 LCD1602原理图

针对本系统无线通信数据的特点,无线通信设计采用nRF905射频收发芯片^[6],由功率放大器、晶体振荡器、调节器、集成的频率调制器和带解调的接收器组成。在Shock_Burst工作模式下自动产生CRC和前号码,通道宽度和通道间隔为 200 kHz ,参考数据如表1所示。

表1 nRF905 参考数据

参数	数值
温度范围/ $^\circ\text{C}$	$-40 \sim 85$
典型灵敏度/dBm	-100
最大发射功率/dBm	10
最大数据传输率/(kb/s)	100
最低工作电压/V	1.9
接受模式时电流/mA	12.5
输出功率为 -10 dBm 时工作电流/mA	11
POWERDOWN模式时工作电流/ μA	2.5

nRF905有两种活动(RX/TX)模式和两种节电模式。活动模式ShockBurst RX和ShockBurst TX,节电模式:掉电和SPI编程、STANDBY和SPI编程。工作模式如表2所示。

表2 nRF905工作模式设置和功能

工作模式	PWR-UP	TRX-CE	TX-EN
掉电和SPI编程	0	X	X
Standby和SPI编程	1	0	X
ShockBurst发送	1	1	0
ShockBurst接收	1	1	1

3 实现方法

由于STC89C52单片机不具有SPI接口,而nRF905射频收发模块是通过SPI接口由MCU控制,所以只能通过MCU的I/O口来模拟SPI总线接口,实现无线通信系统的设计。发射装置中,STC89C52与nRF905连接方法如图5所示。选用MCU的P0.2模拟数据输出端MOSI,P0.3模拟数据输入端MISO,P0.1模拟SCK的输出端,

P0.0 模拟从机选择端 CSN,由程序清零此 I/O 口,使与它通信的 nRF905 做从机,采用 SPI 进行数据传送时,在 SCK 的每个下降沿将 MCU 配置 nRF905 的命令和数据通过 MOSI 引脚移入,在 SCK 的每个上升沿将传给 MCU 的数据从 MISO 引脚移出。所以,将串行时钟输出口 P0.1 的初始状态置为低电平,选通从机 P0.0=0 低电平后,再置 P2.2 为高电平,这样 MCU 在输出 1 位 SCK 时钟的同时,将使 nRF905 中数据串行左移,从而输出一位数据在 MCU 的 P0.3 口,再置 P0.1=0,使 MCU 从 P0.2 输出一位数据至 nRF905,这样完成模拟 1 位数据的传输。如此重复上述步骤 8 次,完成通过 SPI 总线传输 1 bit 的操作。nRF905 有 5 个内部寄存器,分别是状态寄存器、RF 配置寄存器、发送地址寄存器、发送数据寄存器和接收数据寄存器,这 5 个寄存器通过 MCU 软件模拟的 SPI 接口来配置,同时 MCU 对 nRF905 的工作模式进行切换控制。单片机与 nRF905 连接如图 5 所示。

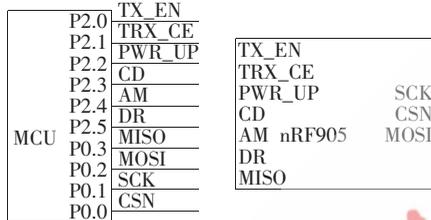


图 5 单片机与 nRF905 连接图

接收装置中 ARM7LPC103 与 nRF905 射频模块连接如图 6 所示。

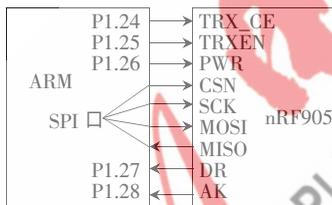


图 6 ARM 与 nRF905 连接图

4 通信协议

主机和从机之间是一个简单的多点对一点通信,比特率设置为 9 600 b/s, nRF905 采用轮询的方式进行主机与从机之间的无线通信,通过地址码确定从机,保证主机与各从机之间数据的单向通信。

当无线数据接收到来自 PC 机串行口的数据后,判断是发送数据还是接收数据。当发送数据时,单片机控制数据节点,地址和数据通过 SPI 接口传送给 nRF905 射频芯片,TRX-CE=1 时无线系统自动上电,将要发送的数据送至缓冲区,然后启动打包程序,将自动生成起始码和 CRC 校验码的数据包发送出去,并以 GFSK 方式调制成模拟信号,最后经射频放大器放大以后用天线将其发送出去。接收端发现有和接收频率相同的载波时,载波检测被置高电平 (CE=1),当 nRF905 接收到地址时,地址匹配被置为高电平 (AM=1),通过 CRC 校验码

接收有效数据,通过 SPI 接口读出有效数据,并以 GFSK 的方式调制成数字信号,传送至存储器中,通过串口传送到 PC 中。当全部数据读出后, nRF905 进入其他 3 个模式。

由于射频无线通信的过程中没有任何物理或者可见的接触,通过电磁波的方式进行,因此双方之间需建立安全和可靠的协议,以保证接收到有效的数据。发送数据包按照设定好的传输协议,减少噪声信号的干扰,接收模块从数据包中提取有效数据,实现双方的通信有效和稳定。

5 系统软件设计

软件主程序的设计主要负责各模块的初始化,并协调各部分的工作,使各部分有条不紊。系统中,各监测点由单片机控制和采集 4 个稀土熔盐电解炉的实时信息,当超过设定的稳定信息时,声光报警器报警。LCD1602 对温度、电压、计数的信息实时显示,当报警时中断处理显示报警的原因。为了解决由于数码跳变快,不易分辨等问题,程序设定每隔一段时间自动刷新。当定时器刷新时间未到,按照程序顺序执行,当到了刷新时间跳过显示子程序,按当前时刻状态显示信息。当有报警信息时,进行优先处理。主程序和监测点流程图如图 7 和图 8 所示。

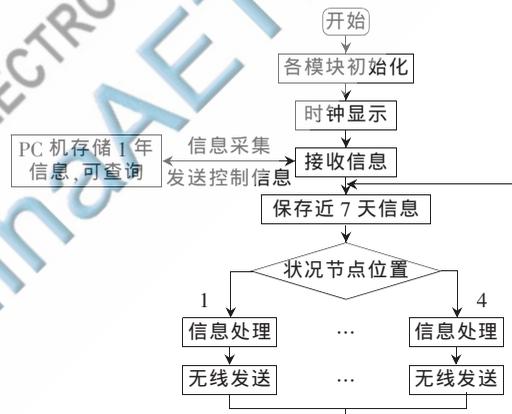


图 7 主程序流程图

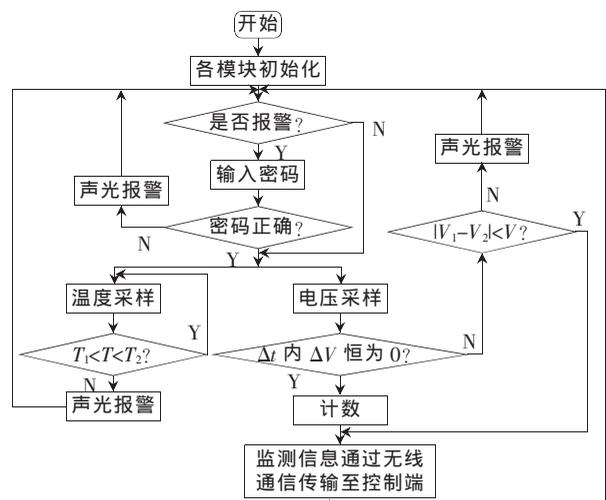


图 8 监测点流程图

实验证明,采用 ARM7LPC2103 做主机,用 STC89C52 做从机的无线数据通信,工作在 433 MHz 的 ISM 频段。在有障碍条件下最远传输距离可达 120 m,稳定性好,抗干扰能力强。达到预期效果。通过 PC 机能实时比较准确、直观地反映稀土熔盐电解炉生产过程的信息。本系统具有智能化、操作简单,可靠等特点。在稀土熔盐电解生产环境中有更好的实用价值。

参考文献

- [1] 刘柏禄.稀土熔盐电解技术发展[J].世界有色金属,2009(12):75-76.
- [2] 程永娥,陈兴安.某稀土冶炼厂放射卫生现状检查[J].辐射防护通讯,2006,26(4):36-39.
- [3] 李建中.稀土金属熔盐电解炉炉温度自动控制系统[J].江西有色金属,2000,14(2):43-45.
- [4] 任永红,汪进宝.稀土电解槽的电场计算与槽电压分析[J].包头钢铁学院学报,2003,22(4):313-317.
- [5] 宁夏青铜峡铝厂,单保录,李燕萍.槽电压振动解析[J].世界稀有金属,2001(11):33-35.
- [6] 金保华.基于 nRF905 的无线数据多点跳传通信系统[J].仪表技术与传感器,2004(9):39-40.

(收稿日期:2013-03-12)

作者简介:

肖玲玲,男,1961年生,硕士,副教授,主要研究方向:信号处理,控制理论及应用。

王培松,男,1988年生,硕士研究生,主要研究方向:数字信号处理。

电子技术应用
APPLICATION OF ELECTRONIC TECHNIQUE
www.ChinaAET.com