

# 基于 RS232 接口的温度传感器自动检定系统设计

任燕 王锡芳 郭瑞宝

(山东省大气探测技术保障中心, 济南 250031)

**摘要** 针对目前省级气象计量实验室配备的测试设备大多具有 RS232 可编程接口,为了提高温度传感器的检定效率,研究了 SR253 型温控器、精密测温仪和常用的 3 种扫描采集器等设备的串口通信协议,在 VB6.0 开发平台下结合 SQL Server 2000 数据库编程实现了温度传感器的自动检定。试验结果表明:系统不仅性能可靠、操作方便,通用性较高,明显提高了检定效率,而且避免了手动检定时的人为影响因素,保证了检定数据可靠性。

**关键词** 温度传感器 串口 自动检定

## 引言

省级气象计量实验室现有温度检定设备中大都配有 RS232 可编程接口,为了更好利用实验室检定设备,提高仪器检定效率和质量,本文对现有检定设备进行了研究,如:温度槽的温控器、温度标准器、扫描采集设备(AMETEK 的 ASM-801B、Keithley2000 和 Keithley2700)等;并依据检定规程设计开发了适用于 3 种扫描采集设备的温度传感器自动检定系统。自动检定<sup>[1]</sup>的实现使检定员无需再对设备进行手动操作,检定过程由计算机控制自动完成,而且可使实验室计量能力<sup>[2]</sup>得到提升。

## 1 系统硬件组成

该系统主要以计算机为主体,计算机通过 USB 转 RS232 方式将所有检定设备连成一体,其硬件组成如图 1 所示。图 1 中,温度槽为 WLR30D 型液体恒温槽。温度标准器为 SWJ-KB 或 RCY-1A 型的精密测温仪。扫描采集器在系统中用于测量被检温度传感器的四线制阻值,常用的型号有 ASM-801B、Keithley2000 或 Keithley2700 等 3 种型号,其中 ASM-801B 最大可接入 8 路温度传感器,Keithley2000 最大可接 10 路,而 2700 带有扩展卡槽可配备多种输入扩展模块类型,系统中采用 2 块 7708 模块,最大可接 40 路温度传感器。

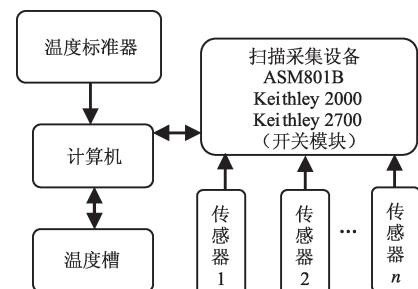


图 1 硬件组成框图

## 2 设备串口通信

### 2.1 温度槽

系统中槽体温度的远程设定,是计算机通过控制温控器来实现。该温控器型号为日本岛电 SR253,其 RS232 接口引脚连接如图 2 所示。图 2 中,温控器只使用发送、接收和信号地 3 个引脚,其中值得注意的是,其信号地为引脚 7。温控器与计算机的串口通信采用 Standard 标准通信协议,该协议是一个主-从协议,采用请求-响应式。计算机首先发送工作模式转换命令(“LOC”转“COM”),仪表返回响应信息,如请求成功为“@011W00”,随后计算机可发送设定温度、读取温度等相关命令,其详细协议及命令格式见文献[3]。

### 2.2 温度标准器

SWJ-KB 或 RCY-1A 型精密测温仪的串口通

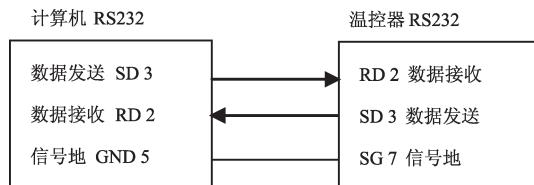


图 2 温控器串口引脚连接

信方式为主动上送,只要设置正确的波特率,即可收到带有实时温度值的字符串。如 SWJ-KB 型精密测温仪为双探头,串口波特率设为 1200,在其前面板可设置发送单路(A 或 B)或双路探头数据,如收到字符串为:TSBN20.01,则表示发送的是 B 路探头温度 20.01 °C。RCY-1A 型精密测温仪为单探头,串口波特率设为 2400,如收到字符串为:-029.99C。则表示当前温度为负,当前探头温度值为-29.99,C 为字符串分隔符,也表示单位°C。

### 2.3 扫描采集器

ASM801B、Keithley2000 和 Keithley2700 作为采集测量设备<sup>[4]</sup>,与计算机进行串口通信均可使用 SCPI 语言命令。Keithley2700 除了支持 SCPI 语言,还支持使用编程软件直接调用 IVI Driver 开发包中的函数来实现对设备进行控制和数据采集。

(1) ASM801B。计算机首先通过串口发送复位(\* RST)、清除寄存器错误信息(\*CLS)、通信设置(SYS\_CONF 50Hz,1)等命令给 ASM801B,然后再发送通道配置(CH\_CONF P100(90)385,4 (@通道号))、扫描(CH\_SCAN)、测量(VAL?)等命令,ASM801B 执行后返回指定通道的测量数据(即温度传感器的实时温度)。

(2) Keithley2000。计算机通过串口依次发送初始化命令(如"\* RST", "\* CLS", ":INIT:CONT OFF;:ABORT")、测量设置命令(如":SENS:FUNC 'FRES", ":SYST:AZER:STAT ON", ":SENS: FRES: AVER: STAT OFF", ":SENS:FRES:NPLC 1", ":SENS:FRES:RANG 1", ":SENS:FRES:DIG 7")、数据格式设置命令(":FORM:ELEM READ, CHAN")、触发设置命令(如":TRIG:COUN 1", ":SAMP:COUN 10", ":TRIG:DEL 0", "TRIG:SOUR IMM")、扫描采集命令(如":ROUT:SCAN:INT (@ 1:10)", ":ROUT:SCAN:LSEL INT")、数据保存设置命令(":TRAC:CLE", ":TRAC:POIN 10", ":TRAC:

FEED SENS", ":TRAC:FEED:CONT NEXT", ":INIT"),以上命令全部发送完成后,Keithley 2000<sup>[5]</sup>执行扫描采集并在缓存中保存测量数据。计算机再次发送取值命令(":TRAC:DATA?"),Keithley 2000 将缓存中的保存数据全部发送给计算机。计算机对串口读取到的数据信息,进行相应截取及阻值—温度转化处理后,即可得到温度传感器的温度测量值。

(3) Keithley2700。计算机安装 IVI Driver 驱动及进行相应的通信设置后,对 Keithley2700<sup>[6]</sup>的所有操作即可从 IVI Driver 开发包中直接调用仪器相关的操作函数来实现(图 3)。首先建立仪器对象,随后依次调用执行通道参数设置、采集参数设置的相关函数,最后再调用进行数据采集操作函数。在采集完成后,关闭仪器对象,释放资源。

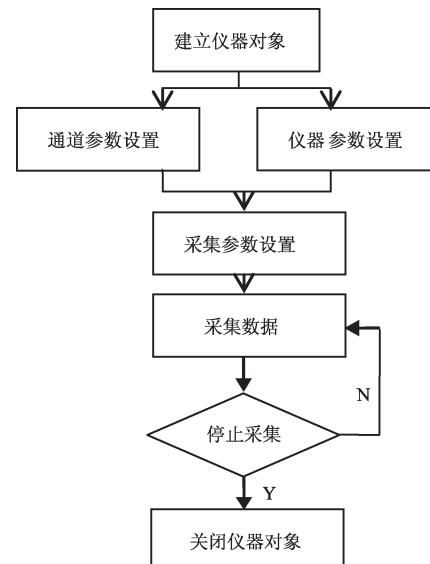


图 3 数据采集流程

### 3 软件设计

软件是温度传感器自动检定系统的核心部分,本系统在 VB6.0 开发环境下,结合 SQL Server2000 数据库编程实现对被检传感器信息管理、设备参数设置、检定流程自动控制、检定数据处理以及证书打印等功能。自动检定流程和交互界面是本系统软件设计中核心部分。

#### 3.1 流程设计

系统启动后,首先进行对被检传感器信息录入,以及温度标准器、扫描采集器型号及串口设置,随后

进入自动检定界面,准备开始检定。控制流程如图4所示,可分4个阶段:①启动自动检定,系统首先读取检定点参数信息来判断是全新检定还是继续上次过程检定,随后调用控温模块,向温控器发送设定温度命令,准备进入数据采集阶段。②在数据采集阶段,按照定时器设置间隔实时采集标准器和被检传感器的数据,并根据温控器和温度标准器的实时数据进行稳定性判断,直到判断处于稳定时(判定稳定持续时间已经到达当前检定点的读数据延时时间)正式进入数据保存阶段。③调用保存模块,保存被检传感器和温度标准器的实时数据到数据库,直至完成4次采集后,开始进入下一检定点。④最后一个检定点完成数据采集保存后,自动检定过程结束。

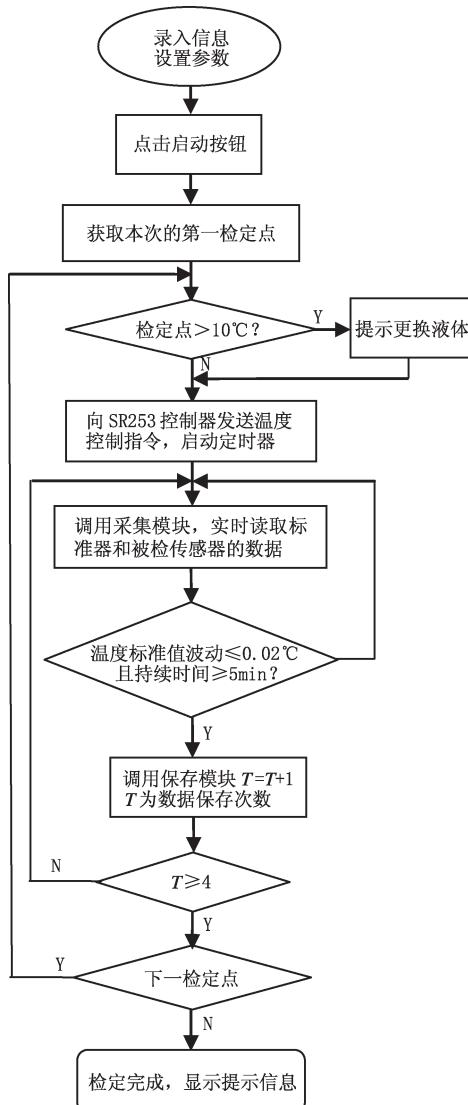


图4 控制流程图

### 3.2 界面设计

为了使检定员能方便操作该自动检定系统的各项功能,软件设计了非常友好的人机交互界面。在图5所示的自动检定界面中,除显示标准器、槽温、被检传感器等实时值外,考虑检定员使用需求,将被检温度传感器的示值误差、检定进程及状态通过温度指示灯和文本信息框直观显示在界面上,使检定员不仅可直观了解被检传感器的检定数据,还能实时掌握检定进度。



图5 自动检定界面图

### 4 试验验证

为了验证该温度传感器自动检定系统,分别从检定结果、判稳条件、检定效率3个方面对其进行分析。

#### 4.1 检定结果验证

为了验证ASM801B、Keithley2000和Keithley27003种设备采集数据的一致性,分别对8支WZP1型PT100地温传感器进行自动检定实验,表1列出各传感器的示值误差(以各传感器0℃示值误差为例)。从表1中可看出,检定数据差异很小,均不超过0.01℃,从而表明检定结果有很好的一致性。

#### 4.2 判稳条件验证

根据规程要求<sup>[7]</sup>,温度达到设定温度后,波动度应在±0.02℃(-30℃以下:±0.04℃)以内,方可达到读数要求。在手动检定时,对槽温达到设定温度并满足波动度指标判定全靠人工,不能有效确保判稳指标的满足程度;而自动检定时,该系统设定严格波动度和持续时间要求,使得采集数据时既满足了槽温波动度要求,也确保了温度传感器的感温时间。它有效避免了人为影响因素,保证采集数据的可靠性。

表 1 传感器示值误差比较

采集设备	传感器 1	传感器 2	传感器 3	传感器 4	传感器 5	传感器 6	传感器 7	传感器 8	℃
ASM801B	0.140	0.090	0.130	0.143	0.100	0.193	0.183	0.200	
Keithley2000	0.135	0.085	0.0125	0.135	0.093	0.187	0.177	0.200	
Keithley2700	0.140	0.090	0.0127	0.143	0.095	0.190	0.180	0.200	

#### 4.3 检定效率验证

为了比较手动与自动检定在检定效率上的差异,表 2 列出了两者在采集读数和数据处理(包含证书编辑)两环节的所用时间(以批次检定 10 支传感器为例),可以看出,与手动检定相比,该自动检定系统无论在检定中读数环节还是后续数据处理环节中都大大缩短了时间,提高了检定效率。

表 2 手动与自动两种检定方式用时比较

检定方式	检定点读数	数据处理
手动	>4 min	>120 min
自动	约 2 min	无

#### 5 结语

本文通过研究省级气象计量实验室现有温度检定设备的串口通信协议,设计了一套基于 RS232 接口的温度传感器自动检定系统。该系统无需额外硬件投入,且可适用于 3 种型号扫描采集设备,有较强的通用性;软件采用模块化设计,具有较强可扩展

性,便于以后进行系统升级维护。最后通过试验证明该自动检定系统不仅缩短了检定时间、提高了检定效率、且大大降低了检定员的工作强度,保证了检定数据可靠性,可满足省级气象计量实验室开展温度传感器检定需要。

#### 参考文献

- [1] 边文超,郭瑞宝,韩广鲁. 基于 AVR 单片机的风向传感器自动校准系统[J]. 气象科技,2012,40(2):175-179.
- [2] 党选发,张红英,宋媛,等. 气象计量实验室能力验证实施[J]. 气象科技,2012,40(4):559-562.
- [3] 任燕,边文超,王锡芳,等. WLR-30D 制冷恒温槽的计算机控温[J]. 山东气象,2012,32(129):58-60.
- [4] 韩广鲁,孙嫣,边文超,等. CAWS600 型自动气象站采集器通道误差修正[J]. 气象科技,2012,40(5):755-758.
- [5] 郭瑞宝. 基于 Keithley2000 实现多路地温传感器数据采集[J]. 气象科技,2012,40(3):368-372.
- [6] 杨帆,赵湛,侯恩星. Keithley2700 在高精度温度控制系统中的应用[J]. 仪表技术与传感器,2011,8:21-27.
- [7] JJG(气象)002-2011 自动气象站温度传感器检定规程[S].

## Design of Automatic Verification System for Temperature Sensors Based on RS232 Interface

Ren Yan Wang Xifang Guo Ruibao

(Shandong Atmospheric Observation Technology and Support Centre, Jinan 250031)

**Abstract:** Currently, most testing equipments in the provincial-level meteorological metrological laboratories are equipped with the programmable interface of RS232. In order to improve the calibration efficiency of the temperature sensors, the serial communication protocol of such devices as SR253 thermostats, high-accuracy thermometers and three kinds of scanning collectors in common use and so on are discussed. An automatic calibration system for temperature sensors is designed in combination with the database of SQL Server 2000 based on the VB6.0 development platform. The experimental results show that the automatic verification system is reliable and easy to operate with high commonality, which improves the verification efficiency significantly, avoids the arbitrary factors which may be caused by manual testing, and is able to provide high-quality calibration.

**Key words:** temperature sensor, serial interface, automatic calibration