

胡帆,陈正一. 自动气象站地表温度测量方式的改进[J]. 气象,2012,38(3):381-384.

# 自动气象站地表温度测量方式的改进<sup>\* 1</sup>

胡 帆 陈正一

江苏省气象技术装备中心,南京 210008

**提 要:** 针对目前各地自动气象站两种地表温度的测量方式,即:四支传感器组合模式和单支传感器测量模式共存的现状,从分析地温传感器的测量技术以及信号采集原理入手,探讨了一种可以将四支温度传感器化简成为单支温度传感器的方法。经过改进后的测量方式,符合中国气象局《地面气象观测规范》(2003)的要求,保证了各个自动气象站之间地温测量方式的一致性和可比性。同时,该方式能够有效地降低地温传感器的隐性故障概率,减少自动气象站的维护成本。

**关键词:** 自动气象站,地表温度测量,电路改进

## The Improvement of Measurement Mode for Soil Surface Temperature of Automatic Weather Station

HU Fan CHEN Zhengyi

Jiangsu Meteorological and Technical Equipment Centre, Nanjing 210008

**Abstract:** There are two soil surface temperature measurement methods at present: One is the four-sensor-combination mode and the other is the single sensor mode. Through the analysis on the measurement mode of soil surface temperature sensor and the signal acquisition principle, the authors discuss a measuring technique of using the single temperature sensor to substitute four temperature sensors. Besides, the improvement of measurement mode meets requirement of the ground-based weather observation standard of 2003 edition issued by the China Meteorological Administration. It has guaranteed uniformity and commensurability of the measurement mode of soil surface temperature. Meanwhile it cuts down the breakdown probability of temperature sensor and reduces the maintenance cost of AWS, which is easy to promote the application.

**Key words:** automatic weather station (AWS), temperature measurement of soil surface, electric circuit improvement

### 引 言

自动气象站地表温度的测量方式,通常可分为两种:一种是自动站早期产品的模式,即采用四支传感器采集而后将数据取平均的测量方式;另一种则是近几年推出的并按《地面气象观测规范》(2003)<sup>[1]</sup>要求设计的单支地表温度传感器的采集模式。上述两种测量地表温度的方式各有其特点,但比较而言

后者相对更为简便和实用。

目前,这两类地表温度的测量方式在各地自动气象站兼而有之。从江苏省的情况来看,有相当数量的台站依然沿用早期地表温度的采集模式。由于上述两种采集方式在硬件结构模式上的差别,以及采集器应用软件版本的不同,在短时期内全部更新这些自动气象站显然是不经济和不现实的。但若对此类自动站进行一些技术上的改造,将地表温度传感器做“四改一”的处理,同样可以达到符合或接近

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金项目(40775029)资助  
2011 年 3 月 15 日收稿; 2011 年 10 月 17 日收修定稿  
第一作者: 胡帆,主要从事气象装备的计量检测与技术保障. Email: hufanhaiyan@hotmail.com

气象规范要求的目的。这样不仅可以保证各个自动站之间地温测量方式的一致性和可比性,并使得由于地温传感器的原因而产生的故障率得到降低。本文将基于 ZQZ-CⅡ型自动气象站<sup>[2]</sup>,通过理论与实践,探讨以单支取代四支温度传感器的测量方法和技术。

1 地表温度信号采集原理简述

ZQZ-CⅡ型自动气象站用于地温测量的硬件电路可分成两部分<sup>[3]</sup>。其中一部分为传感部分,包括:地温传感器、地温转接盒和信号传输线(电缆),这些均在室外;另外一部分为采集器的温度通道部分,它是温度信号的调理转换电路,位于室内的采集器主板上。

地表温度、浅层地温和深层地温的测量使用的是同一类型的 PT100 铂电阻传感器。为消除长线传输和接触电阻影响,达到高精度测量的要求,铂电阻传感器采用了四线制测量方式<sup>[4]</sup>。

地温(包括气温)信号调理转换电路是由多路信号选择、信号测量、信号放大、模数转换等几个电路组合而成的。其工作原理可以简述为:来自不同温度传感器的模拟电压信号,由信号电缆进入采集器,通过前端的一个多选的信号选择电路,分别接入(同一个)信号测量电路以及信号放大电路,再经 A/D转换器将模拟电压量转变为对应的数字参数,送入计算机系统,从而完成一系列采集任务。

2 地表温度传感器“四改一”测量模式的论证

2.1 多路信号选择器的电路结构

ZQZ-CⅡ型自动站采用了三块模拟开关集成电路(mc14067),组成了一组 16 通道的多路信号选择器,见图 1<sup>[5]</sup>。其中 IN0~IN15 为模拟开关的输入通道,A、B、C、D 是 CPU 的通道选择控制线。A、B、C、D 输出一组值,模拟开关的输出端 OUT 将接通

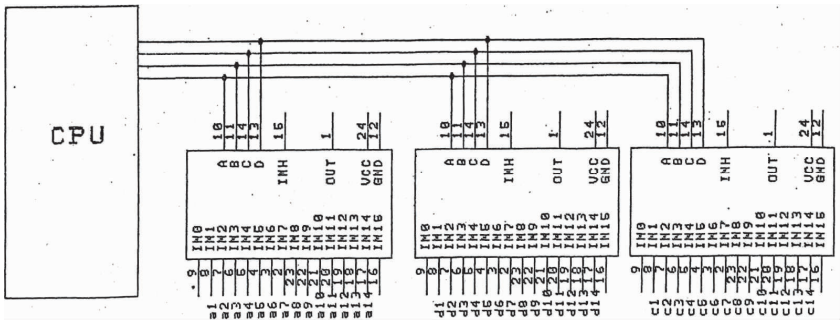


图 1 多路信号选择器电原理图

Fig. 1 Electrical diagram of multi-channel signal selector

相应的输入通道。

2.2 多路信号选择电路分析

这里需要关注的是:地表 1 温度传感器<sup>[5]</sup>的四根导线中的 a、c、d(不妨记作:a3、c3、d3),分别连接于三块 mc14067 的通道 3(即:IN3);同样地,地表 2 的四根导线中的 a4、c4、d4 分别连接于三块 mc14067 的 IN4;地表 3 的 a5、c5、d5 分别连接于三块 mc14067 的 IN5;地表 4 的 a6、c6、d6 分别连接于三块 mc14067 的 IN6。其他,如:气温、浅层和深层的温度传感器也依此规律与多路开关相连接。而这些温度传感器的另一根引出线 b,则作为共地端接在采集器内的接地点上。

自动站采集软件是一个实时的多任务操作系

统,各种温度信号是通过程序控制数据采集完成的。因此,若要改变地表温度的采集方式,由采集四支传感器变更为一支,不仅要硬件电路进行改造,还必须修改 EPROM 中原有的采集程序和数据处理程序,才能满足新的采样任务的要求。

但我们充分注意到,多路开关<sup>[6]</sup>是逐一、分时、有序切换各个传感器与调理电路之间的通路的,如果将一支地表温度传感器取代原有的四支地表温度传感器,并使它并联地连接于地表温度的四个通道上,我们发现,在忽略测量误差的前提下,电路上是完全等效的。因为,对于传感器而言,除了 b 端始终接地以外,四线制的其他三个引出端与后级电路联系将取决于所对应的模拟开关的实时状况。由于 CPU 的控制信号跨接在三块 mc14067 的选通信号的

输入端 A、B、C、D 上,从而传感电路的切换是同步的。也就是说,在测量的某个瞬间实际只有一个传感器信号接通,而其他传感器均处于开路状态。虽然在采用一支传感器替代四支传感器后,对于来自一个温度传感器的信号会出现采集四次的情况,但经过软件处理取平均以后,丝毫不影响测量的结果。

3 地表温度传感器“四改一”的方法

将地表温度传感器作“四改一”的处理,仅需要变换地表温度转接盒内的电路接线,而原有的地表温

度信号电缆全部保留。并且无须改动采集器内的硬件接口电路,也不必擦写 EPROM 中原有的数据采集软件。改进后的地温转接盒电路板接线见图 2。

3.1 地表温度传感器的安装

改进后的地表温度传感器有两种安装方法,一是保留原有四支地表温度传感器的安装框架,并用来安装单支地表温度传感器。二是废除原有四支地表温度传感器的安装框架,而在浅层地温传感器支架上增加一个钻孔,用于安装地表温度传感器。

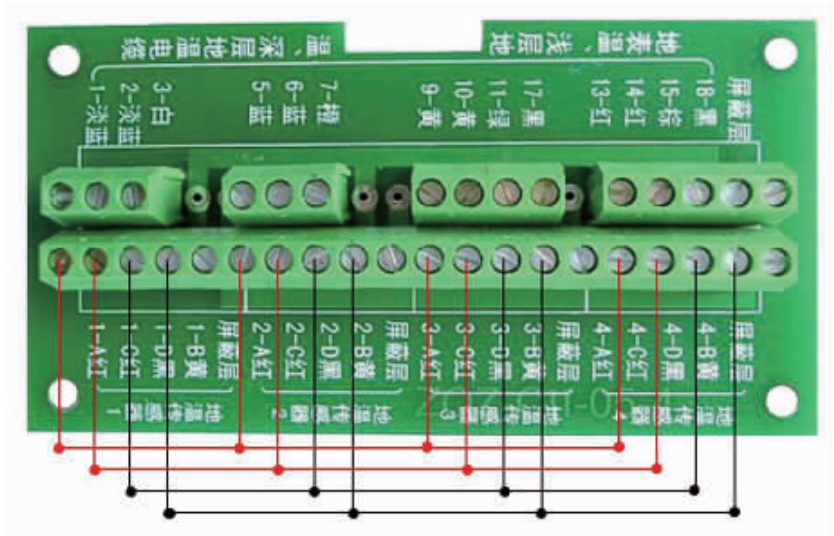


图 2 改进后的地温转接盒电路板接线图  
Fig. 2 Improvement of wiring diagram on soil temperature board

3.2 地温转接盒中接线的变动

首先,打开地温转接盒,找到接线板上四支地表温度传感器的接线端子,即找到地表 1、地表 2、地表 3 和地表 4 的接线端子。转接盒内只保留一支地表温度传感器的连接线,其余三支地表温度传感器全部从转接盒中取出不用。举例,如果只是保留地表 2,则地表 1、地表 3 和地表 4 被舍弃。也就是将地表 1、地表 3 和地表 4 的传感器引出线全部从接线盒中的接线板上拆除。

其次,用短接导线将地温转接盒中接线板上的地表 1、地表 2、地表 3 和地表 4 传感器的电源线接线端子(a)、电源地线接线端子(b)、信号输出线接线端子(c)和信号地线接线端子(d)分别相互连接,即可完成接线板电路的改造。然后,合上转接盒盖板,拧紧盖板上的螺钉。

3.3 地温信号的接收

变换接线后的地表温度值可以直接从采集器显示面板或电脑上的自动气象站监控软件界面上查看,还可以利用“TSUR”命令,通过电脑上的超级终端调阅地表温度值。

4 改进前后校准数据的对比

2009 年 11 月,我们曾利用对自动气象站现场校准的机会,在江苏省两个市局的三个台站进行了地表温度传感器“四改一”方法的现场试验。通过计算机调阅的地表温度的实时数据,以及自动站监控软件监测的数据曲线,均表明其试验结果与主观预期是一致的。

然后又进一步做了实验室校准试验,并选择 0、

20 和 40℃ 3 个温度点来对比改进前后的校准数据<sup>[7]</sup>。使用的校准设备有:SWJ 型标准温度测试仪、恒温槽、ZQZ-CII 型采集器、电缆、转接盒和

ZQZ-TW1 型温度传感器四支(表号是 37310、37312、37319 和 37327,并随机抽取其中一支用作单支测量模式时使用)。校准数据汇总见表 1。

表 1 地表温度校准数据(单位:℃)  
Table 1 Calibration data of soil surface temperature (unit: ℃)

0℃			20℃			40℃		
标准温度	四支模式	单支模式	标准温度	四支模式	单支模式	标准温度	四支模式	单支模式
0.02	−0.2		20.37	20.2		40.69	40.4	
0.02	−0.2		20.38	20.3		40.69	40.4	
0.00	−0.3		20.38	20.3		40.68	40.4	
0.00	−0.3		20.39	20.3		40.60	40.3	
0.00		−0.3	20.52		20.3	40.86		40.6
0.00		−0.3	20.52		20.4	40.85		40.6
0.00		−0.3	20.57		20.4	40.83		40.6
0.00		−0.3	20.59		20.5	40.79		40.5
平均差值	−0.26	−0.30	平均差值	−0.11	−0.15	平均差值	−0.29	−0.26

通过对表 1 的四支传感器组合模式和单支传感器测量模式在各个校准点上校准数据的比较后发现,两种模式在各个校准点上的平均差值相差均小于 0.1℃。

5 结 语

自动气象站地表温度传感器“四改一”方法的特点主要表现在:

(1) 保证了各个自动气象站之间地温测量方式的一致性和可比性,地表温度测量方式更加规范、统一。自动气象站地表温度的准确性源于科学和统一的测量方法。利用地表温度传感器由四支改变为单支的技术,将有望结束新、旧两种测量模式共存的局面,使地表温度测量方式的统一成为可能。地表温度的测量装置和测量方法的一致,还有利于自动站与自动站之间、自动采集与人工观测之间的气象数据的对比和分析,使地域和历史气象资料的可比性得到相应的提升。

(2) 降低了地温传感器的隐形故障概率,故障易于判断,维修方便。有数据表明,自动站所有故障中地温故障的频数最高。地表传感器由四支改为单支以后,由地温引发的自动站故障将会随之明显减少。特别是:原有的四支传感器测量模式是采用四个探头共同采集数据,若有某探头因故障出现了差错,那么此偏差数据将与正常数据一同参与运算<sup>[8]</sup>,尽管经过算术平均处理之后其误差的影响会有所弱化,但却使得原本明显的故障现象变得不容易察觉,不利于故障的及时排除。而改进后的单支传感器的

数据采集模式简洁直观,一旦出现故障,很容易被发现,可以避免此类隐性故障的出现。

(3) 减少自动气象站的维护成本。自动站地表温度测量采用上述改造后,可在测量精度不变的前提下,仅使用单支温度传感器即可实现原来四支传感器的功能。而其余三支地表温传感器取回,还可以继续留作备用。

(4) 适宜推广和应用。“四改一”技术方案简便易行,不牵涉到 EPROM 内信号采集和数据处理应用程序的重新编程,也不必对采集器硬件电路做任何的改变,即使对于不熟悉电子电路的气象台站的测报人员,只要稍加指导也能轻松完成此项工作。

参考文献

[1] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,2003: 6-10.  
[2] 李黄. 自动气象站实用手册[M]. 北京:气象出版社,2007: 187-189.  
[3] 胡帆,陈正一,杨恒祥,等. ZQZ-CⅡ型自动气象站硬件故障与维修[J]. 气象水文海洋仪器,2009,26(3):120-123.  
[4] 张霭琛. 现代气象观测[G]. 北京:北京大学出版社,2000:18-20.  
[5] ZQZ-CⅡ型自动气象站培训教材[G]. 无锡:江苏省无线电科学研究所有限公司,2002:13-16.  
[6] MOTOROLA CMOS LOGIC DATA MC14067B[M]//MOTOROLA INC. SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA, 1995:1-10.  
[7] 吕文华,朱乐坤,王经业,等. 自动气象站现场校准方法(试行)[G]. 北京:中国气象局监测网络司,2004.  
[8] 罗淇. 自然环境校准自动气象站地温传感器超差成因分析[J]. 气象,2005,31(11):52-54.