

自然环境校准自动气象站地温 传感器超差成因分析

罗 洪

(山东省气象技术装备中心, 济南 250031)

提 要

利用 2004 年山东省自动气象站地温传感器校准资料, 分析了校准结果超出计量性能要求的原因。结果表明: 造成校准超差的直接原因是自然环境温度过高引起温度校准设备内的温度分布不均匀, 间接原因是标准温度传感器与被校准温度传感器在温度槽内不恰当的安装。

关键词: 自动站 温度传感器 误差分析 校准方法

引 言

为了提高对灾害性天气的监测能力和预报服务水平, 2002 年根据中国气象局布点要求, 山东省的基准站、基本站及部分雨量站分别布设了 33 套 II 型、6 套 CAWS 型的地面有线遥测自动气象站, 组成全省地面自动气象探测网。新产生的气象监测资料的准确性^[1]为人们所关注。自动气象站的各要素传感器都是以电信号输出, 测量准确度会随时间的变化而漂移, 必须进行周期检定和校准, 将误差调整在允许的范围内, 保证不同使用环境的自动气象站数据具有可比性^[2]。2003 年以前尚未制定自动气象站的检定规程, 检定工作只能部分参照现有的观测仪器检定规程, 利用现有的检定设备开展检定。2004 年, 中国气象局监测网络司出台了《自动气象站现场校准方法》的试行本, 配备了较为科学的校准设备和计量标准, 但合理的自动站校准方法仍处于总结探索阶段。地温传感器采用比较检定方法^[2], 放置在符合测量范围和精度的温度检定槽内进行定点比较检定。本文主要分析了导致现场校准地温传感器超差的原因, 进而提出可行性解决方法。

1 校准概况

按照要求, 自动气象站校准周期为两年, 2004 年计量检定部门对 39 个自动气象站进行了现场校准。校准工作分两个阶段进行。

第一阶段: 6~8 月份校准 23 个 II 型站; 第二阶段: 10~11 月份校准 10 个 II 型站和 6 个 CAWS 型站。

从自动气象站校准项目的实况资料来看, 在第一阶段里, 地温传感器超差的问题比较突出, 超差的数量是本阶段校准所有地温传感器的 23.6%。而在第二阶段里, 则仅为 5.2%。因此, 有必要对造成这种异常现象的原因进行分析研究。

2 误差来源及其估计^[3]

(1) 温度传感器与标准器进行比对时, 标准器本身存在的误差。在实际应用中, 标准器的误差较小, 往往忽略不计。

(2) 温度传感器与标准器进行比对时, 两者的采样时间不同引起的误差。只要稳定时间足够, 也可忽略不计。

(3) 温度传感器的非线性、漂移、可重复性和复现性所引起的误差。该误差的大小取决于温度传感器的类型。自动气象站采用 Pt100 铂电阻作为测温传感器的材料, 测温精度高、线性最好, 且具有较好的长期稳定性。

(4) 检定设备引起的误差。该误差的大小取决于检定设备的质量和操作人员(检定员)的技术水平。

(5) 安装位置不正确引起的误差。例如传感器靠近热源, 可能引起较大误差。

(6) 个别变化引起的误差。例如,测量地表温度的4支传感器中有一支超差,也会引起平均结果的较大误差。

因此,误差来源主要考虑从后三项入手。

3 标准设备主要技术指标

3.1 标准器

数字式铂电阻温度计: $-60^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$ (测量范围); 0.06°C (测量不确定度)。

3.2 校准设备

温度检定槽 WFY-201B: $-30^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ (测量范围); $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ (温度波动与均匀度); $180\text{mm} \times 265\text{mm}$ (直径 \times 高,有效工作空间); 环境温度 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ (环境条件要求)。

4 校准方法

4.1 校准点的选择

校准点为 -20°C 、 0°C 、 $+30^{\circ}\text{C}$ 。

4.2 校准方法

将数字式铂电阻温度计传感器和自动站地温传感器插入插表盘,处于液体恒温槽的同等深度上,先校准 -20°C 点,然后依次 0°C 点、 $+30^{\circ}\text{C}$ 点。

4.3 数据处理

计算每个校准温度点的测量误差 Δt (修约到小数点后一位):

$$\Delta t = t_j - (t_b + x_t)$$

式中: t_j 为被校准地温传感器四次测量值的平均值, t_b 为温度标准器四次测量值的平均值, x_t 为温度标准器的修正值。

用三个校准点测量误差值的最大值 (Δt_{\max}) 作为校准结果。

5 地温传感器的计量性能要求

最大允许误差: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (基本站和一般站); $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ (基准站)。

6 两种环境校准结果的对比

选用莱阳基本站已校准过的地温传感器,在实验室内重复标定,结果见表1。

由表1可以看出:校准点与环境温度相差愈大,地温传感器误差也愈大(带有普遍性);超差的地温传感器经过实验室校准,结果全部合格且误差较小。

7 误差分析

7.1 校准设备引起的误差

水平温度场的不均匀性:地温传感器在插表盘上安装的深度基本相同,全部浸入液

体,而靠近恒温槽槽壁的5cm、10cm、20cm三支传感器与接近槽部中心地表传感器的误差值最大相差 1.5°C (-20°C 点)。说明环境温度变化剧烈时,液体中水平温度场不均匀性十分明显。

表1 莱阳基本站现场与实验室地温校准数据的对比 ($\Delta t/^{\circ}\text{C}$)

校准点	观测场检测/cm					实验室检测/cm				
	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20
-20°C	0.3	1.1*	1.8*	0.4	1.1*	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
0°C	0.2	0.5	1.0*	0.4	1.4*	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
30°C	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
标准环境条件										
观测场						实验室				
气温	25.0 $^{\circ}\text{C}$	湿度	28%RH	气温	18.4 $^{\circ}\text{C}$	湿度	55%RH			
气压	1012.8hPa	风速	1.6m·s $^{-1}$	气压	1018.1hPa	风速	0.0m·s $^{-1}$			
晴天										

注: *表示超差

垂直温度分布:安装时容易遇到标准温度计的安装比地温传感器深1~2cm,可造成 $0.3 \sim 1.8^{\circ}\text{C}$ 的误差 (-20°C 点)。说明恒温槽内的温度上高下低,温差越大越明显。

根据设备的技术指标及注意事项:(1)使用设备的环境温度不得大于 30°C ; (2)设备不得安放在靠近高温或日光曝晒的地方。

在观测场中,夏日晴天太阳辐射加热下垫面后,使校准设备周围环境温度迅速上升。虽然气温未超过 30°C ,但是近地面的温度将会超过此限值。在体积较小的温度恒温槽内,液体中水平温度场分布不均匀,垂直温度梯度较大。因此,使得地温传感器校准对比中,难以获得准确的测量值,影响了对传感器计量性能的判断。

7.2 安装位置不恰当引起的误差

由于恒温槽内温度场分布存在不均匀性,仍然沿用在插表盘上安装标准温度计与地温传感器的惯例已不适宜。所以必须调整标准温度计与地温传感器的安装方法。调整方法见“减小误差的方法”一节。

根据青岛站地温传感器调整校准实验来看(见表2):在 -20°C 点上,调整前,误差在 $0.5 \sim 0.8^{\circ}\text{C}$ 之间;调整后,误差减小到 $0.3 \sim 0.4^{\circ}\text{C}$ 。结果表明,夏季高温,插入液体恒温槽的地温传感器的位置不同,测量结果不同,误差的大小也就不同,温差越大越明显。

表2 青岛基本站现场调整地温传感器前后的校准数据对比($\Delta t/^\circ\text{C}$)

校准点	调整前/cm					调整后/cm				
	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20
-20 $^\circ\text{C}$	0.5	0.7*	0.8*	0.7*	0.7*	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3

注: *表示超差,校准环境条件:气温:25.0 $^\circ\text{C}$;湿度:91%RH;气压:996.2hPa;风速:0.9 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;阴天。

7.3 个别变化引起的误差

由于测量地表温度的传感器有4支,以它们测量结果的平均值作为最终结果。如果有一个以上的温度传感器偏差过大,就会引起整个结果超差。校准时要特别引起注意,在判断非前面两项引起的误差后,将地表温度传感器的信号输出线转接到浅层地温通道上来,结果显示在5cm、10cm、15cm、20cm四个窗口上,就可确定是哪个传感器的个别变化引起超差,并及时更换。

此现象在平度和即墨两个雨量站出现过。校准-20 $^\circ\text{C}$ 点时,分别显示-18.7 $^\circ\text{C}$ 和-18.3 $^\circ\text{C}$,将地表温度信号线插入浅层地温通道,从显示结果来看3支传感器没有问题,只有一支传感器超差,分别是-15.1 $^\circ\text{C}$ (地表1)和-13.0 $^\circ\text{C}$ (地表4)。

8 减小误差的方法

只有减小前两项引起的误差,才能发现个别变化引起的误差。但是,改变校准设备引起的误差比较困难。因此,只有通过调整标准温度计与地温传感器在恒温槽内的安装位置来减小温度场的不均匀性带来的误差。

思路:校准比对时,标准温度计与所有地温传感器应始终处于相同高度,形成一个整体,这个整体近似一个等温体,在此等温体中的各个地温传感器相互之间温度达到应有的

平衡,更逼近真值,具有可比性。

方法:将标准温度传感器和所有地温传感器的头部对齐,形成一个近似圆柱体,在其两端用绳子紧密地捆扎在一起,垂直放入液体恒温槽内有效工作空间的中间部位。

9 使用效果

(1)由表2可见,调整后的误差明显减小到合格的范围;

(2)对第一阶段后期和第二阶段的现场地温校准工作起到指导作用,超差现象明显减少。

10 结语

(1)自然环境下进行校准测定,比起实验室里的测量要复杂得多,给校准结果带来不确定因素。

(2)造成地温传感器校准超差的直接原因是环境温度过高,超过校准设备控制温度精度技术指标,引起液体恒温槽温度场温度分布不均匀。

(3)造成地温传感器校准超差的间接原因是标准温度计与地温传感器在液体恒温槽的安装方法不恰当引起的。

(4)建议对自动气象站地温现场校准方法进行补充修订。

参考文献

- 刘至仁. II型遥测仪监测资料的质量评估. 气象, 2004, 30(1): 53.
- 林挺玲. 福建自动气象站建设及运行的若干问题. 气象, 2001, 27(3): 52~53.
- 胡玉峰主编. 自动气象站原理与测量方法. 北京: 气象出版社, 2004.

Error Analysis of Regulating Temperature Sensor of AWS in Natural Environment

Luo Qi

(Shandong Meteorological Technology & Equip Centre, Jinan 250031)

Abstract

Base on regulating data of the temperature sensor of AWS in 2004 in Shandong Province, the cause of the result beyond measure is analyzed. The results show that the asymmetry of temperature field in detection equipment is influenced by super temperature in natural environment, and the standard temperature sensor and the ones regulated are not installed appropriately in the temperature equipment.

Key Words: AWS sensor of temperature error analysis method of calibration