

自动气象站现场校准方法探讨

罗 淇¹ 任芝花² 邹树峰¹ 房岩松¹ 吕红梅¹ 刘 彬¹

(1. 山东省气象局大气探测技术保障中心, 济南 250031; 2. 国家气象信息中心)

提 要: 为确保各要素观测数据的准确、可靠并具有可比性, 定期开展自动气象站校准是非常重要的。自动气象站现场校准不同于实验室的检定检测, 受客观条件的影响, 校准结果具有明显的不确定性。为了保证量值传递准确可靠, 减小这种不确定性对校准结果造成的误判, 对现场校准提出了改进方法。利用 2004 年至 2006 年山东省现场校准资料, 采用对比方法分析了常规校准法与改进校准法校准误差的变化趋势。结果表明: 按新的方法校准后, 气温、湿度、气压传感器的校准误差分别减小 0.1℃、1% 和 0.2hPa; 地温传感器的超差数量由 23.6% 下降到 5.2%。改进法减小自然环境对校准结果的影响, 避免盲目更换传感器, 弥补了常规法的不足。

关键词: 自动气象站 现场校准 方法讨论

On Field Calibration Method for Automatic Meteorological Station

Luo Qi¹ Ren Zhihua² Zou Shufeng¹ Fang Yansong¹ Lv Hongmei¹ Liu Bin¹

(1. Shandong Atmospheric Observation Technology & Support Centre, Jinan 250031;

2. National Meteorological Information Center)

Abstract: The periodical calibration of various meteorological sensors of AWS is very important in order to ensure accuracy, reliability and comparability on the measuring value. The scene calibration of AWS is different with the laboratory examination. The calibration result has been the obvious uncertainty by the impact of the objective condition. To ensure accurate and reliable value of a quantity transfer, the improvement method is proposed so as to reduce misjudgment of calibration results. Based on calibration data in Shandong province from 2004 to 2006, the tendency of calibration error is analyzed with two methods of convention and improvement. The results show that calibration errors of temperature, humidity and pressure sensor have been decreased 0.1℃, 1% and 0.2hPa, respectively and the ultra error quantity of ground temperature sensor is dropped from 23.6% to 5.2% with new method. In a word, the improvement method can reduce the impacts of natural environment on calibration results, it can avoid to replace sensors blindly, so it makes up conventional method.

Key Words: AWS scene calibration discussion on method

引 言

按照中国气象局“三站四网”的布局调整,全国要形成 2500 多个国家气候观象台和国家气象观测站、30000 个左右区域天气观测站。目前,国家气候观象台和国家气象观测站中已有 2100 多个自动气象站(下文简称自动站)进行业务观测,各个省市已建或将要建设的区域天气观测站均为自动站。大量自动站进入业务观测后,如何保障其观测质量,成为大家关注的焦点。而自动站的校准是保证观测质量的基础。根据有关规定,自动站所采用的传感器在 1 至 2 年内需要定期检测、标定^[1-2]。

由于自动站为整体性结构,与常规的地面仪器不同,把安装调试好的自动站重新拆下,集中送检不太现实。因此,理想的方法是进行现场校准和检测。2003 年以前,气象部门尚未制定自动站的检定规程,各省的检定工作只能部分参照常规仪器检定规程,利用现有的检定设备进行检定^[3-5]。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》(试行)^[6](下文简称《校准方法》或常规法),并配备了较为科学的校准设备和计量标准器。但对于现场校准引起的有关问题,《校准方法》没有进一步探讨。

从 2004 年至 2006 年,山东省共现场校准了 126 套自动站,其中复测 52 个站。经过统计分析和现场实验,探讨了自动站传感器校准时间段选择的方法^[7]和地温传感器的校准方法^[8]。而整体自动站合理的现场校准方法仍处于总结阶段。

受自然环境等因素的影响,自动站现场校准结果具有明显的不确定性。为了保证量值传递的准确可靠,减少这种不确定的结果带给被检传感器性能不公正和不科学的判断,研究传感器校准的新方法(称之为改进

法)是对《校准方法》的重要补充。着眼点在于标准器测量值与被校传感器测量值具有准确可靠的可比性,通过现场实验,前后校准结果的对比分析找出自动站现场校准时存在的问题以及具体校准时采取的一系列措施。

1 自动站计量校准

《校准方法》采用比较法进行被检传感器的现场测定。气温、湿度、地温、气压、雨量和风向的校准数据处理公式:误差值=被校传感器的测量值-(标准器的测量值+标准器的修正值);风速校准数据处理用被校传感器的测量值和标准器的测量值进行线性回归计算被校传感器非线性误差;蒸发校准数据处理是计算相对误差值。

1.1 气温传感器的校准

气温传感器的校准采用常温单点的比对方法进行,最大允许误差 $\Delta t_{\max} : \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。

按《校准方法》要求,将数字式铂电阻温度计(标准器)的传感器和自动站气温传感器同时等高靠近悬挂在百叶箱内,稳定时间 15 分钟以上,每隔 1 分钟读取两者的示值,共读取 10 对数据。标准器每分钟末采样 1 次,作为该分钟的气温瞬时值。

自动站气温传感器每分钟平均采样 6 次,去掉一个最大值和一个最小值,余下的 4 个采样数据的平均值作为该分钟的气温瞬时值^[9]。

现场的风速较大或环境温度不稳定时,标准器 1 分钟内的显示值不稳定,而标准器与被校传感器两者读数又不对称,容易引起后者超差。

改进措施:增加标准器的读数密度,每 10s 钟读取一次数据,与自动站气温传感器采样、数据处理一致,来消除环境影响造成对校准结果的误判。

表号为 Y4130127 的温度传感器按新方法校准后,标准值、被校准值两组数据平均值的差值较原先取样方法减小约 0.1°C ,见表 1。

表 1 2005 年气温传感器两种校准方法的数据对比($\Delta t/^{\circ}\text{C}$)

读数 次数	常规法		改进法第一次对比		改进法第二次对比	
	标准器	被检表	标准器	被检表	标准器	被检表
1.	26.10	26.4	25.56	25.8	26.11	26.3
2.	26.10	26.4	25.56	25.8	26.14	26.3
3.	26.04	26.3	25.60	25.8	26.17	26.3
4.	26.02	26.3	25.94	26.0	26.21	26.4
5.	26.03	26.3	25.94	26.0	26.24	26.4
6.	26.03	26.3	25.69	25.9	26.24	26.4
7.	26.05	26.3	25.69	25.9	26.22	26.4
8.	26.07	26.3	25.75	25.9	26.23	26.4
9.	26.10	26.3	25.75	25.9	26.28	26.4
10.	26.10	26.3	25.60	25.9	26.30	26.4
平均值	26.06	26.32	25.71	25.89	26.21	26.37
Δt	0.26 *		0.18		0.16	

注:标准器的读数已经过仪器差修正;*表示超差。

1.2 湿度传感器的校准

湿度传感器的《校准方法》是:打开恒湿盐湿度发生器,将湿度标准器的传感器和被校自动站的湿度传感器同时置入相对湿度为 33% 的发生器中,稳定时间 20 分钟以上,开始进行校准。在该湿度点上,每隔 1 分钟读取一次两者的测量值,共读取十次。校准完毕后再校准相对湿度 87% 点,校准方法与校准相对湿度 33% 点相同。

湿度的校准同样存在读数不对称的问题。改进措施与气温传感器相同,可以消除因标准器示值的瞬时波动引起对校准结果相对湿度 1% 的影响。

1.3 地温传感器的校准

地温传感器的《校准方法》是:将数字式铂电阻温度计(标准器)和自动站地温两者的传感器同时插入到液体恒温槽的同等深度上,先进行 -20°C 点校准,然后依次 0°C 点、 $+30^{\circ}\text{C}$ 点校准。最大允许误差 $\Delta \Delta t_{\max}$:

$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

实际校准中,由于环境温度过高(30°C 以上),容易引起液体恒温槽温度场温度分布不均匀,沿用在插表盘上安装标准温度计与地温传感器的方法造成地温传感器的超差比较突出,而采用新的方法^[8]校准。其效果:2004 年,第一阶段校准地温传感器 140 支,其中超差 33 支,不合格率 23.6%;采用新方法后,第二阶段校准地温传感器 116 支,其中超差 6 支,不合格率 5.2%。莱州站的地温传感器是 2004 年第一阶段首次校准,有 4 支不合格;2006 年复测后,全部合格。对比结果见表 2。

表 2 莱州站地温传感器首次与复测校准数据对比($\Delta \Delta t/^{\circ}\text{C}$)

校准点	常规法(首次校准)/ $^{\circ}\text{C}$					改进法(复测)/ $^{\circ}\text{C}$				
	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20
-20°C	1.2*	0.7*	0.4	1.0*	1.2*	0.3	0.2	0.0	0.4	0.4
0°C	0.4	0.2	0.2	0.5	0.5	0.3	0.2	0.0	0.3	0.3
30°C	-0.1	-0.1	-0.1	0.1	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
校准环境条件										
气温: 31.2°C 湿度:64%RH					气温: 28.5°C 湿度:48%RH					
气压:998.3hPa 风速:3.0m/s					气压:1000.3 hPa 风速:2.4 m/s					

注:*表示超差

此外山东省使用 II 型和 CAWS 型两种型号的自动站。经过三年统计,II 型、CAWS 型的地温传感器不合格总数分别为 22 支、33 支,前者在 -20°C 点不合格数 18 支,占 81.8%;后者在 $+30^{\circ}\text{C}$ 点不合格数 32 支,占 97.0%。因此,II 型地温传感器的校准按《校准方法》的顺序进行,CAWS 型地温传感器的校准则相反。其效果:校准第一个点时,发现超差的传感器及时更换,缩短重复校准时间 1.5 小时,也缩短地温缺测的时间。

1.4 气压传感器的校准

按《校准方法》要求,将气压标准器、气压传感器以及压力调节器用真空胶管连接成一个封闭的测量系统,打开标准器电源开关,预热 0.5h,然后开始调压校准。最大允许误差

ΔP_{\max} : $\pm 0.3\text{hPa}$ 。

应用中发现,气压标准器在实际动态条件下使用,容易带来附加误差。当环境温度大于 30°C 或降温幅度在 8°C 以上时,气压标准器的数值发生正向偏移,最大附加误差约 $0.2\text{hPa}^{[10]}$ 。

为消除附加误差的影响,采取的方法是:校准前,将两台气压标准器置于观测室内,开机稳定 4h 以上,当两者的显示值修正后的差值稳定在 0.10hPa 以内^[11],用其中一台标准器进行现场校准(避开大风降温天气);校准完毕,立即与另一台标准器再次比对,前后变化不超过 0.05hPa ,可判定校准过程中无附加误差影响。

其效果由表 3 可以看出:消除附加误差的影响,复测相同的气压传感器,校准结果比起首次校准的误差值减小 $0.1\sim 0.2\text{hPa}$,如武城、冠县和沂南;环境温度高时,也与前次常温校准的结果一致,如夏津;超差的传感器重新校准变为合格,如沂南。

表 3 山东省四站气压传感器首次与复测校准数据对比($\Delta P/\text{hPa}$)

校准方法	武城	冠县	夏津	沂南
常规法(2005年)	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4*
改进法(2006年)	-0.1	-0.2	-0.3	-0.2
	校准环境温度/ $^{\circ}\text{C}$			
	31.4	29.6	21.0	23.0/31.2
	28.5	28.1	32.5	21.2

注: * 表示超差;沂南校准时,前天气温 31.2°C ,降温 8.2°C

1.5 雨量传感器的校准

《校准方法》对雨量传感器采用容量为 314.16ml 雨量标准球、选择 $1\text{mm}/\text{分钟}$ 和 $4\text{mm}/\text{分钟}$ 两种降水强度进行校准;最大允许误差: $1\text{mm}/\text{分钟}$ 时 $\pm 0.3\text{mm}$; $4\text{mm}/\text{分钟}$ 时 $\pm 0.4\text{mm}$ 。

不同型号自动站的雨量传感器校准中存在较大差异,II型站合格率高于 CAWS 型站,CAWS 型站不合格点主要集中在高雨强。经

过分析有两方面的原因:标准球的滴定控制时间;对最大允许误差判定尺度的把握。

CAWS 型站使用接收器面积为 200cm^2 的雨量器(SL2-1 型)与在我国普遍使用接收器面积为 314cm^2 雨量器(II型站使用的 SL3-1 型)不同。 314.16ml 对于前者相当 15.7mm 降雨量,对于后者则相当 10.0mm 降雨量。按 SL3-1 型控制时间校准 SL2-1 型,终端显示高雨强在 $5.6\text{mm}/\text{分钟}\sim 5.8\text{mm}/\text{分钟}$,超出该传感器测量范围,即便低雨强合格其降水强度也在 $1.6\text{mm}/\text{分钟}\sim 1.8\text{mm}/\text{分钟}$ 。

SL2-1 型两种降水强度控制时间分别约为 16 分钟和 4 分钟,SL3-1 型则分别为 10 分钟和 2.5 分钟。按新的控制时间校准 SL2-1 型,则低雨强显示在 $0.8\sim 1.1\text{mm}/\text{分钟}$;高雨强在 $3.5\sim 4.0\text{mm}/\text{分钟}$,符合校准要求。

最大允许误差是对雨量传感器计量性能判定的通用要求。对 SL2-1 型的校准结果则应进行折算处理。例如:高雨强三次校准结果的平均值为 15.1mm 或 15.2mm ,不能按 15.1mm (或 15.2mm) $- 15.7\text{mm} = -0.6\text{mm}$ (或 -0.5mm),判定该雨量传感器不合格,应将 15.1mm 或 15.2mm 除以 1.57,得到 9.6mm 或 9.7mm ,再与标准值 10.0mm 进行比较。

1.6 蒸发传感器的校准

蒸发的《校准方法》是将蒸发传感器水平放置,先将 72mm 模块放入传感器圆筒内,读取零位值,然后与其它模块依次组成 20mm 、 40mm 、 60mm 、 80mm 、 100mm 高度标准模拟值,进行校准。

由于模块的制作工艺问题,实际校准中往往一次校准偏差较大,需要逐步旋转模块寻找误差最小点。

1.7 风向、风速传感器的校准

经过三年的校准实验,风向、风速传感器按《校准方法》校准即可。

2 最佳校准时段的选择

自动站现场校准必然会对台站正常数据采集工作造成影响。最佳校准时段是指为了将正常采集的数据损失降到最低限度,避开气象要素出现日极值的时段、发报的时次或尽可能避开正点数据上传的时间点,而合理地选择开展校准工作的时间段。

各气象要素传感器校准时段的选择见有关论述^[7],需要补充的是气压的最佳校准时段除了 11:03—12:30 外,17:03—18:30 也是很好的选择。

3 校准数据的处理

现场校准产生的虚拟数据必然会通过网络上传到中心站。因此,必须及时处理因校准而产生的“不真实资料”。根据山东省气象局业务主管部门的要求,对校准数据被上传的问题,计量检定人员专门提出了一套修改方案。

台站在自动站的组网软件高级设置中,须将主通道启动时间推迟 5 分钟(自动站现场校准结束后恢复原设置),在正点启动测报业务软件的“定时观测”,修改因校准形成的“异常记录”,其中小时雨量和分钟雨量必须全部清空(即输入“Delete”),其他“异常记录”,则按缺测情况进行处理(即输入“-”),最后进行计算或数据保存,即可保证(Z_O_AWS_ST.C5.IIiii.yyyyMMddhhmmss.txt)文件内容的正确。

4 结 语

(1) 经过三年现场的标校实验,《校准方法》基本适用于自动站的现场校准,可保证量值传递。但由于环境因素对校准过程的影响较大,因此应考虑对其进行补充修订。

(2) 按改进法校准自动站的总体情况:有 9 支温湿传感器(温度部分不可调整)免于淘汰而继续使用;2004 年第一阶段 33 支不合格的地温传感器复测后合格 24 支;2005 年首次校准中,不合格的 6 台气压传感器经复测后合格 4 台;现用的 SL2-1 型雨量传感器免于被全部更换。不仅提高了校准的合格率,而且降低了自动站的维护成本。

(3) 合理选择自动站各气象要素最佳校准时段、对校准产生的虚拟数据及时处理,可将现场校准对台站正常数据采集工作造成的影响降到最低限度。

参考文献

- [1] WMO. Guide of Meteorological Instruments and Methods of Observation (6thed) [R]. Geneva: WMO, 1996.
- [2] 中国气象局编定. 地面有线综合遥测气象仪(Ⅱ型)观测规范(试用本)[M]. 北京:气象出版社,1999.
- [3] 黄远铮,罗怀洁. 对自动站检定和校准的探讨[J]. 广东气象,2000,(4):35-36.
- [4] 李晓峰,党选发,王泉怀. 自动气象站标准检定方法初探[J]. 甘肃气象,2000,18(3):39-40.
- [5] 林挺玲. 福建自动气象站建设及运行的若干问题[J]. 气象,2001,27(3):52-53.
- [6] 吕文华,朱乐坤,王经业,等.《自动气象站现场校准方法》(试行)[M]. 中国气象局监测网络司,2004.
- [7] 孙嫣,高民,杨茂水,等. 自动气象站各气象要素现场校准时段的选择[J]. 气象,2007,33(4):97-101.
- [8] 罗淇. 自然环境校准自动站地温传感器超差成因分析[J]. 气象,2005,31(11):52-54.
- [9] 中国气象局编. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,2003.11.
- [10] 罗淇,邹树峰,刘彦秀,等. 自动气象站气压校准稳定性考核结果[J]. 山东气象,2007,27(1):36-38.
- [11] 国家质量监督检验检疫总局. 二等标准水银气压表试行检定规程[S]. 北京:中国计量出版社,1990.