

自动气象站气压传感器现场校准方法

罗淇¹ 朱乐坤² 高林¹ 房岩松¹

(1 山东省气象局大气探测技术保障中心, 济南 250031; 2 中国气象局大气探测技术中心, 北京 100081)

摘要 为保证自动气象站现场校准气压传感器具有可比性, 了解气压标准器的温度特性, 在常压下模拟不同环境温度对气压标准器进行了实验。利用 2005~2007 年山东省现场校准资料, 采用对比方法分析了气压校准误差的变化趋势。结果表明: 无论温度的升高或降低, 气压标准器的显示数值都有增大的趋势, 从而产生 0.10~0.28 hPa 的附加误差, 造成对气压传感器计量性能的误判。研究新的校准方法, 减小或消除附加误差对气压校准结果的影响, 在实际运用中切实可行。

关键词 自动站 气压传感器 校准 附加误差

全国自动气象站进入业务观测后, 各传感器和数据采集器的测量误差会随着时间的推移发生漂移。为确保各要素观测数据的准确、可靠并具有可比性, 必须定期进行自动气象站的校准。校准有现场校准^[1]和室内校准^[2]两种方式, 以前者为主。对校准过程出现超差的传感器, 特别是气压传感器已有人总结出将其误差控制在要求范围内的调整方法^[3,4]。目前国内对气压传感器的现场校准, 只是打开气压标准器电源开关, 预热半小时, 然后开始调压校准, 对超差的传感器进行调整, 而没有考虑标准器可能产生的附加误差对校准结果的影响^[5]。对于准确度比较高的被检传感器应采用准确度高、性能稳定可靠的标准设备进行检定, 否则会给被检对象带来附加误差, 从而给其性能带来不公正和不科学的判断^[6]。附加误差就是测量仪器在非标准条件下所增加的误差。它主要是由于影响量超出参考条件规定的范围, 对测量仪器带来影响所增加的误差, 即属于外界因素所造成的误差。附加误差具有潜伏

性, 使得比系统误差具有更大的危险性。因此, 研究气压标准器产生附加误差的特征与规律, 用一定的方法发现、减小或消除附加误差十分重要。

1 实验设备、环境与结果

用一台温度箱和两台自动站配备的 370 数字式标准气压计(以下简称标准器); 以国家气象计量站检定标准器的环境温度 24 °C 为参考条件; 将标准器置于同等高度, 室内通电稳定, 当两者显示值修正后的差值稳定在 0.10 hPa 以内^[7], 作为基态; 将其中一台标准器置于温度箱内, 分别模拟不同环境温度, 观察常压下它们显示值的差值变化。自动站校准的环境温度要求在 5~35 °C, 因此, 高温点 35 °C、30 °C 作为常温临界点, 低温点 8 °C。

从基态开始每隔 20 min 读取显示值, 算出差值, 取 120 min 的数值(自动站气压校准流程一般 1.5 h)。高温与低温取 240 min 的数值。由表 1 可看出标准器静态特性: 由 24 °C 升温到 30 °C, 保持基

表 1 随温度改变气压标准器显示值的变化特征

温度点/°C	显示值变化													hPa
30	0.08	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09	0.09							
		↘	↗	↗	—	—	—							
35	0.09	0.04	0.09	0.10	0.12	0.16	0.19*	0.24	0.26	0.22	0.20	0.19	0.18	
		↘	—	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↘	↘	↘	↘	
8	0.09	0.18	0.25	0.23	0.18	0.16	0.13	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	
		↗	↗	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	—	—	—	

注: — 表示回到基态; * 表示后面数据是停止加温, 自然降温取得的。

态不变;由 24 °C 升温到 35 °C,前 40 min 基本保持基态,2 h 显示值增大 0.07~0.10 hPa;从 35 °C 降温到 24 °C 和从 24 °C 降温到 8 °C,显示值都是陡然增大,40 min 变化量分别为 0.17 和 0.16 hPa。恢复基态的时间不同:8~30 °C 范围的降温,需要 3~4 h;30~35 °C 范围的降温,4 h 仍滞留 0.09 hPa 的差值,次日开机运行 3~4 h 才基本回到基态。两台标准器交换位置再做实验,情况基本相同。

静态结果不能完全显示现场校准情况。现场校准自动站,标准器总是在动态中连续频繁使用,将动态(环境温度在 17.6~32.8 °C 变化)使用后的标准器与实验室静态的标准器进行常压下比对。经过系统误差修正后,前 5 h 前者比后者高 0.28~0.18 hPa,后 5 h 从 0.18 hPa 降到 0.08 hPa(恢复基态)。动态的最大附加误差比静态实验还要大。

2 对校准结果影响的推测

测量仪器在静态的条件下进行检定、校准,而在实际动态条件下使用,则会带来附加误差。根据气压传感器误差计算公式:

$$\Delta p = p_j - (p_b + x_p)$$

式中: p_j 为被校准气压传感器测量值, p_b 为标准器测量值, x_p 为标准器的修正值。可以判断,气压标准器叠加了附加误差后,其数值发生正向偏移,使 p_b 增大, p_j 、 x_p 保持不变,则 Δp 必然减小,而偏向负值区, $\Delta p_{\max} = \pm 0.3$ hPa。

3 环境温度对现场校准结果影响分析

表 2 是高密、庆云两站的气压传感器首次、复测校准结果 Δp 和环境温度 T 数据记录。可以看出高密站低温与常温校准结果一致性好,是其固有误差,高温校准, Δp 为 0.1 hPa;校准庆云站有阵风锋过境(图略),实况:风向突变(301°→36°);风速突增(3.6 m/s 上升到 8.9 m/s),极大风速为 14.7 m/s;气压上升(994.7 hPa 上升到 996.7 hPa);温度下降(30.6 °C 下降到 22.6 °C),

表 2 气压传感器校准的数据记录

	高密			庆云	
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 1 次	第 2 次
传感器误差/hPa	0.4*	0.1	0.4*	-0.5*	-0.3
环境温度/°C	10.7	32.3	24.6	30.6	22.6

注:*表示超差。

校准结果为一 0.5 hPa,而常温复测结果为一 0.3 hPa。高温、大幅降温环境下,标准器叠加了附加误差使校准结果减小变为“虚拟”误差而合格或超差。

4 附加误差的消除方法

为减小或消除附加误差的影响,根据标准器的固有特性采取以下方法现场校准室外(观测场内)的气压传感器:①气温在 24~35 °C(5~24 °C),将两台标准器等高置于观测室内(其中一台置于观测室外),开机预热 3~4 h。当两者稳定在基态时,用其中一台标准器(用室外标准器)进行计量校准;校准稳定过程中,采用所谓的“补气”方法,即随时调整调压器,使标准器显示值的变化控制在 0.05 hPa,抵消漏气的影响,保持标准器与被校准传感器读数的对称性;校准完毕,立即与另一台标准器再次比对,前后的差值变化不超过 0.05 hPa,否则要进行附加误差订正;②尽量选择环境温度 8~30 °C 范围、避开气温不稳定或风速较大的情况进行校准;③校准工作尽量在 40 min 内完成。

5 附加误差的订正方法

以 X3470063 气压传感器校准结果为例,说明附加误差订正方法。校准前,环境温度 30 °C 左右,两台标准器处于基态,相差 0.10 hPa;校准后,则相差 0.24 hPa,增大了 0.14 hPa。由表 3 可以看出,950 点的回差(在同一校准点上正、反行程气压示值误差的差值)为 0.13 hPa,其它两点较小。抵消 0.14 hPa 的附加误差后,950 点反行程误差值 0.04 hPa 与正行程误差值 0.03 hPa 基本吻合。本次修正虽然不影响最大允许误差,但是气压传感器差值的变化规律与本文“对校准结果影响的推测”是吻合的。

表 3 X3470063 传感器校准结果的订正 hPa

校准点	标准气压值	气压传感器示值		修正后误差
		误差值	气压回差	
950	950.27	950.3	0.03	0.13
1000	1000.25	1000.2	-0.05	0.03
1050	1050.57	1050.5	-0.07	-0.01
1050	1049.56	1049.5	-0.06	
1000	1000.18	1000.1	-0.08	
950	950.20	950.1	-0.10	0.04

6 新方法消除附加误差影响的使用效果

2007年采用新的校准方法对2005年首次校准的气压传感器进行复测,结果见表4。

表4 山东省4站气压传感器首次与复测校准数据对比
(气压传感器误差) hPa

	巨野	鄆城	沂水	金乡	
2005年	-0.5* (32.4)	-0.3 (32.6)	-0.3 (30.6)	-0.2 (22.0)	0.0 (11.4)
2007年	-0.2 (30.5)	-0.1 (29.7)	-0.1 (27.5)	-0.2 (31.2)	0.2 (18.3)

注:*表示超差;括号中数字为校准环境温度,单位为℃。

首次校准巨野的气压传感器(Y2670199)超差(-0.5 hPa),更换新气压传感器(X3470063)的校准结果达到误差值的临界状态(-0.3 hPa);次日校准鄆城的气压传感器(Z0440190),误差值同样在临界状态。经过复测后,同等高温下,它们误差值的绝对值明显减小,超差的传感器变为合格。说明附加误差不仅客观存在,而且会滞留在标准器内影响后续气压传感器校准结果;首次校准沂水气压传感器(Y2670262)的环境温度接近参考温度,复测时环境温度较高,但高温与常温校准结果一致好。说明消除附加误差后,测得气压传感器的固有误差;首次校准金乡气压传感器(Y2670130)是在低温环境下进行的,常温复测后差值由0.0 hPa增至0.2 hPa。说明低温环境依然会产生附加误差。

7 结语

动态使用中的气压标准器容易滞留附加误差,其数值比静态实验结果还要大。该误差会将固有误差为-0.2~-0.3 hPa(+0.4~+0.5 hPa)的气压传感器误判为超差;预热0.5 h难以保证标准器处于基态,而影响自动站气压传感器校准的真实结果;采用新方法校准,比较准确地给出了气压传感器的误差值,并为超差气压传感器的参数调整提供可靠依据。不仅提高了校准的合格率,而且降低了自动站的维护成本。

参考文献

- [1] 吕文华,朱乐坤,王经业,等.自动气象站现场校准方法(试行)[S].北京:中国气象局监测网络司,2004.
- [2] 胡玉峰,罗树如,刘钧,等.自动气象站传感器综合检测系统[J].气象科技,2005,33(3):268-270.
- [3] 党选发,李晓峰,袁志鹏.自动气象站现场校准和传感器调整方法探讨[J].气象科技,2007,35(3):432-434.
- [4] 罗怀洁,谭鉴荣.自动气象站气压传感器调试方法[J].气象科技,2007,35(3):451-452.
- [5] 罗淇,邹树峰,边文超,等.现场校准气压传感器超差原因的诊断分析[J].气象水文海洋仪器,2007,(2):16-18.
- [6] 朱乐坤,郑丽春.自动气象站各要素传感器检定结果的不确定度分析[J].应用气象学报,2006,17(5):635-641.
- [7] 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.

Field Calibration Method of Pressure Sensors for AWS

Luo Qi¹ Zhu Lekun² Gao Lin¹ Fang Yansong¹

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

2 Atmospheric Observation Technology Center, CMA, Beijing 100081)

Abstract: In order to ensure the comparability of AWS pressure sensors for in-site calibration and understand the temperature characteristics of standard pressure measuring instruments, experiments were conducted at different environmental temperatures and normal pressure. Based on the calibration data in Shandong Province from 2005 to 2007, the tendency of pressure calibration errors is analyzed with the contrast method. The results show that regardless of increase or decrease of the temperature, the display values exhibited a growing trend, with the additive errors being 0.10 to 0.28 hPa, resulting in misjudgment on the performance of pressure sensors. The new calibration method proved practical in practice and can reduce or eliminate the impact of additive errors in pressure calibration results.

Key words: AWS, pressure sensor, calibration, additive error