

振筒气压仪性能测试

李建英 贺晓雷

(国家气象计量站,北京 100081)

摘要 根据 R97 国际建议和《JJG 875-94 数字压力计检定规程》关于对振筒气压仪的性能指标要求,对我国气象、民航等各行各业使用的振筒压力仪(型号为 DQZ-1)进行了静态性能测试(重复性、非线性及迟滞)、温度测试、湿度测试、短期稳定性试验以及长期稳定性试验。通过对大量实验数据的分析研究,得出振筒气压仪测量误差的主要来源,这对于提高大气压力测量的准确度是非常有益的。

关键词 振筒气压仪 计量性能测试 稳定性试验

引言

由中国气象局监测网络司组织安排,国家气象计量站和气象台站对太原航空仪表有限公司研制生产的 DQZ-1 型振筒气压仪 3 台样机,进行了为期 6 个月的考验。

国家气象计量站于 1997 年 3 月对 3 台样机(编号分别为:No.01、No.03、No.04)在实验室内进行了静态性能测试和温度试验。5 月由厂方和监测网络司有关人员从峨眉山气象站开始逐个站(依次为南京国家基准气象站和北京市气象局观象台)进行安装、调试和培训;正式记录分别从 6 月 1 日、6 月 7 日和 6 月 19 日开始,并逐月上交气压对比记录表(以下简称月报表)。

气象台站测试结束后,又在实验室进行了复测。考虑到 1997 年 3 月温度试验条件较差,可能会影响试验结果,测试完成后,又重新进行了温度试验。由于受到当时条件的限制,没有对 3 台样机进行湿度试验,直到 2002 年 11 月对 No.03006 振筒气压仪进行了补充湿度试验。

1 性能测试

测试方法主要参照国际建议 R97 中有关气压部分和《数字压力计检定规程》^[1]。进行静态测试的目的主要是评价仪器的重复性、迟滞、非线性误

差。温度特性试验主要考核仪器的温度特性。

1.1 静态测试

1.1.1 迟滞误差 δ_H

迟滞误差表示为同一检定点正行程示值算术平均值与反行程示值算术平均值之差的绝对值。用此最大差值的绝对值对满量程(FS)输出的百分比来表示,计算公式如下:

$$\delta_H = \frac{|\Delta H_{\max}|}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (1)$$

其中: ΔH_{\max} 为正、反行程示值算术平均值之差的最大差值,计算结果见表 1。

表 1 静态性能测试误差

试验日期	压力范围	试验点数	迟滞误差 $\delta_H/\%$		
			No.01	No.03	No.04
1997.04.03	1050 ~ 500 hPa	12	0.02	0.02	0.02

1.1.2 非线性误差 δ_L

非线性误差表示为各检定点示值算术平均值与工作直线差值(此工作直线采用最小二乘直线方程)的绝对值。以各检定点示值算术平均值与工作直线最大差值的绝对值对满量程输出的百分比来表示,计算公式如下:

$$\delta_L = \frac{|\Delta L_{\max}|}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (2)$$

其中: ΔL_{\max} 为各检定点示值算术平均值与工作直线的最大差值,计算结果见表 2。

表 2 静态性能测试误差

试验日期	压力范围	试验点数	非线性误差 $\delta_L / \%$		
			No.01	No.03	No.04
1997.04.03	1050 ~ 500 hPa	12	0.02	0.00	0.02

表 3 静态性能测试误差

试验日期	压力范围	试验点数	重复性误差 $\delta_R / \%$		
			No.01	No.03	No.04
1997.04.03	1050 ~ 500 hPa	12	0.02	0.02	0.01

1.1.3 重复性误差 δ_R

重复性是指在相同测量条件下,对同一被测量进行连续多次测量所得结果之间的一致性,用各校准点上正反行程校准数据标准偏差平均值的 3 倍对满量程输出的百分比来表示重复性误差 δ_R ,计算公式如下:

$$\delta_R = \frac{3s}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (3)$$

实验标准偏差 (s) 用贝塞尔公式计算:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (4)$$

其中: x_i 为第 i 次测量的结果; \bar{x} 为 n 次测量结果的算术平均值,计算结果见表 3。

1.2 温度特性试验

为了准确地测出仪器的温度特性,于 1998 年 1 月由国家气象计量站负责,在太原航空仪表有限公司进行了温度性能测试。

温度试验时将 3 台样机同时放入恒温箱中,将标准器 740 型数字压力计(美国 Paros 公司生产,总不确定度为 0.0001 FS)置于恒温箱外。每次测试保证在仪器温度充分稳定后,而且保证在高、低温度试验后仪器能基本恢复到常温读数。每个温度点做两个升降压循环,取 4 次读数的平均值。通过 740 型数字压力计将测试数据修正到 PPS 上。测试点温度分别为 20 °C 0 °C 40 °C 20 °C。在不同温度下 DQZ-1 型气压仪误差见表 4。

测试结果表明,3 台样机在所测试的温度范围内,最大漂移约为 0.1 hPa。

表 4 不同温度下 DQZ-1 型气压仪的误差

压力点 / hPa	No.01				No.03				No.04				hPa
	20 °C	0 °C	40 °C	20 °C	20 °C	0 °C	40 °C	20 °C	20 °C	0 °C	40 °C	20 °C	
1050	+0.5	+0.5	+0.5	+0.5	+0.5	+0.4	+0.4	+0.4	+0.5	+0.5	+0.6	+0.5	
1000	+0.5	+0.4	+0.5	+0.5	+0.5	+0.4	+0.5	+0.4	+0.5	+0.5	+0.6	+0.5	
950	+0.5	+0.4	+0.5	+0.5	+0.4	+0.4	+0.5	+0.4	+0.5	+0.5	+0.6	+0.5	
900	+0.4	+0.4	+0.5	+0.4	+0.4	+0.4	+0.4	+0.3	+0.5	+0.4	+0.5	+0.4	
850	+0.4	+0.3	+0.4	+0.4	+0.3	+0.3	+0.4	+0.3	+0.4	+0.4	+0.5	+0.4	
800	+0.4	+0.3	+0.3	+0.3	+0.3	+0.2	+0.3	+0.2	+0.4	+0.4	+0.5	+0.4	
750	+0.3	+0.2	+0.3	+0.3	+0.2	+0.2	+0.3	+0.2	+0.3	+0.4	+0.5	+0.4	
700	+0.3	+0.2	+0.3	+0.3	+0.2	+0.2	+0.2	+0.1	+0.3	+0.3	+0.4	+0.3	

1.3 湿度试验

湿度试验使用了天津气象仪器厂生产的湿度箱,将美国 Mensor 公司生产型号为 2104、No.1615 总不确定度为 0.0001 FS 的数字压力计作为标准器置于湿度箱外,将一台 No.03006 振筒压力仪置于湿度箱中。

在未将振筒放入湿度箱前,环境湿度为 20% 左右,对标准器和振筒进行读数,找出二者的关系。为了保证仪器对湿度有良好的响应,在每个湿度点上保持 3 h 的稳定时间,每隔一段时间分别对振筒和标准器进行读数,取 5 个数据的平均值,与常湿条件下标准器的读数进行比较,就可得出湿度对振筒是否有影响。我们分别在 50% 和 95% 两个湿度点上对振筒压力仪进行了测试,测试结果见表 5。

表 5 湿度对振筒压力仪的影响

湿度	时间	标准器	No. 03006	误差
20 %	08:30	1029.90(箱外)	1029.88(箱外)	- 0.02
50 %	11:40	1028.51(箱外)	1028.41(箱内)	- 0.10
95 %	16:43	1023.96(箱外)	1023.90(箱内)	- 0.06

在实验过程中,未对振筒压力仪的通气嘴处连接过滤器,测试结果表明,湿度对振筒压力仪的影响最大为 0.10 hPa。在实际业务使用中,振筒压力仪通气嘴处是连接过滤器的,经常检查过滤器中分子筛的情况,不合格及时更换,可不考虑湿度对振筒压力仪示值的影响。

1.4 短期稳定性试验

为了对气压仪进行短期稳定性试验时,根据国际建议 R97 的规定,要求在不同的两天,在每个压力测试点上,升压条件下获得的误差平均值之差应不超过最大允许误差的 33%^[2]。同样,在不同的两天,在每个压力测试点上,降压条件下获得的误差平均值之差也不

应超过最大允许误差的 33 %^[2]。DQZ-1 型气压仪的最大允许误差为 0.4 hPa,因此,不论在升压条件下还是在降压条件下获得的误差平均值之差均不应超过 0.4 × 33 %,即 0.13 hPa。对大量测试数据的分析和计算结果(见表 6)表明,3 台样机最大误差平均值之差为 0.10,小于 0.13 hPa,短期稳定性良好。

表 6 误差平均值之差 hPa

标准器	No.01		No.03		No.04	
	升压	降压	升压	降压	升压	降压
500	0	0	0	0	0	0
600	0	0	0	0	0	0
700	0	0	0	0	0	0
800	0	+0.10	0	+0.10	0	0
850	0	0	0	0	0	0
900	0	+0.10	0	0	0	0
950	0	0	0	0	0	0
1000	0	0	0	0	0	0
1050	0	0	0	0	0	0

表 7 两次测试结果的比较

标准器	No.01			No.03			No.04		
	1997.04.03	1998.01.15	Δ	1997.04.03	1998.01.15	Δ	1997.04.03	1998.01.15	Δ
	500	-0.30	+0.40	+0.70	-0.18	+0.30	+0.48	-0.10	+0.40
600	-0.30	+0.40	+0.70	-0.18	+0.30	+0.48	-0.10	+0.40	+0.50
700	-0.32	+0.40	+0.72	-0.18	+0.30	+0.48	-0.10	+0.40	+0.50
800	-0.27	+0.48	+0.75	-0.12	+0.38	+0.50	0.00	+0.50	+0.50
900	-0.23	+0.57	+0.80	-0.12	+0.45	+0.57	0.00	+0.50	+0.50
1000	-0.18	+0.60	+0.78	-0.07	+0.47	+0.54	+0.02	+0.60	+0.58
1050	-0.15	+0.70	+0.85	-0.12	+0.47	+0.59	+0.05	+0.70	+0.65

注:在第一次测试之后,工厂技术人员在气象台站安装时重调了零点,在原来的基础上:No.01(南京站)调高了+0.70 hPa; No.03(峨眉站)调高了+0.40 hPa; No.04(北京站)调高了+0.50 hPa

2 测试结果

表 8 给出振筒压力仪性能测试结果。

表 8 测试结果 hPa

误差项	No.01	No.03	No.04
基本误差	0.17	0.14	0.15
温度影响误差	0.10	0.10	0.10
短期稳定性误差(绝对值)	0.10	0.10	0.00
长期稳定性误差(绝对值)	0.15	0.19	0.15

注:基本误差定义为迟滞误差、非线性误差和重复性误差的方和根

3 可靠性

DQZ-1 型 3 台样机,在峨眉站、南京站和北京市气象局观象台进行了为期 6 个月的考核,不仅考核了样机的计量性能,也对样机的可靠性进行了考核。在考核期间,未发生影响使用和计量性能的故障,具有较高的可靠性。

4 结论和讨论

(1) 根据实验室静态测试结果表明,本次试验

1.5 长期稳定性试验

根据国际建议 R97 的规定,在第一次测试结果是良好的条件下,为了评价仪器的长期稳定性,在 6 个月或更长的时间内进行第二次测试。如果 6 个月以后的误差值与前一次测试的误差值之差不大于最大允许误差的 50 %^[2],长期稳定性就被认为是良好的。两次测试的误差平均值之差不应超过 0.4 × 50 %,即 0.20 hPa。结果见表 7。

将两次测试的误差平均值之差扣除零点, No.01 两次测试之间的最大变化量为 +0.15 hPa, No.03 两次测试之间的最大变化量为 +0.19 hPa, No.04 两次测试之间的最大变化量为 +0.15 hPa, 测试结果表明,3 台样机的长期稳定性均小于 +0.20 hPa, 长期稳定性良好。

中,振筒压力仪的迟滞误差最大为 0.10 hPa,非线性误差最大为 0.11 hPa,重复性误差最大为 0.11 hPa。

(2) 本次试验中,温度影响为 0.10 hPa。

(3) 通过本次试验表明,湿度对振筒压力仪未产生明显影响,在使用时如果使用干燥剂可以不考虑环境湿度对振筒压力仪的影响。

经过对振筒压力仪各种性能指标的测试,以及对其可靠性的考核,认为该型号仪器基本能满足气象部门业务的需要。

参考文献

- 1 国家计量检定规程汇编.北京:中国气象局产业发展与装备部,1998.256-266
- 2 气压计(国际建议 No.97).国际法制计量组织 OIML 最新国际计量规程选集.北京:中国计量出版社,1993.68-77

(下转第 302 页)

Performance Test of Vibrating Barometers

Li Jianying He Xiaolei

(National Center for Meteorological Metrology , Beijing 100081)

Abstract: According to the performance specification requirements of the R97 International Recommendation and Verification Regulation for JJG 875-94 Digital Pressure Gauge for vibrating barometers , a complete performance test was conducted on vibrating barometers (model DQZ-1) , which are widely used in conventional weather stations and aviation departments and other fields . The static performance test (repeatability , nonlinearity and hysteresis) , thermal test , humidity test , short term stability test and long term stability test are described . The main factors causing measurement errors were identified through the study and analysis of experiment data . They are very useful for improving the accuracy of atmospheric pressure measurement .

Key words: vibrating barometer , metrological performance test , stability test