

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2016.02.11

压力仪表现场校准环境影响因素试验研究

赵静, 李鑫武

(中航工业北京长城计量测试技术研究所, 北京 100095)

摘要: 通过设计并实施一系列环境试验, 分析得到了典型被校压力表与数字压力计在不同温湿度环境下的环境影响, 为压力现场校准数据修正提供依据和参考, 提高现场压力校准的准确度和可靠性。

关键词: 现场校准; 温度影响量; 温度系数; 温湿度综合

中图分类号: TB935

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2016)02-0038-04

Verification of Environmental Adaptability of Pressure Meters

ZHAO Jing, LI Xinwu

(Changcheng Institute of Metrology & Measurement, Beijing 100095, China)

Abstract: In this paper, we design and implement a series of environmental tests, and obtain the numerical correction coefficients of spring tube type pressure gauges and digital pressure meters under different temperature and humidity environmental conditions. This paper provides the basis for using the calibration data at room temperature, and provides a reference to improve the accuracy and reliability of the field pressure parameters measurement and calibration.

Key words: field calibration; temperature effect; temperature compensation coefficient; temperature and humidity mixing

0 引言

压力是实际应用量最大、涉及面最广的工程计量参数, 压力仪表也被广泛应用于国防军事各个领域。为满足应急计量保障需求, 压力仪表现场校准是大势所趋。由于脱离实验室环境, 现场校准存在一定问题: 一是测量标准其自身的准确度会受影响, 缺乏对标准在现场环境下的适应性评判; 二是没有考虑到被测压力仪表现场环境影响, 容易造成对检定结果的“误判”, 使现场校准存在很大风险。

针对以上现场校准问题, 根据现场实际情况选择了主要环境影响因素, 对典型的被校压力仪表和压力标准进行了一系列试验, 并对试验数据进行分析, 意在找出现场环境对被校压力仪表和压力标准的影响, 为压力现场校准提供依据和参考, 提高现场压力校准的准确度和可靠性。

1 环境参数设计

通过调研现场校准实际环境(比如典型的舰船上、机

库内、沙漠区等), 特设计以下几组环境参数: ①在-10~50℃温度范围内选取6个温度点(-10, 0, 10, 20, 35, 50℃)进行温度环境试验; ②在30%~95%湿度范围内选取3个湿度点(30%, 60%, 90%)进行湿度环境试验; ③温湿度综合试验, 综合试验参数的选择见表1。

表1 温湿度综合试验参数

温度/℃	湿度/% RH
25	30 ^{*1}
	60
	95
35	40 ^{*2}
	60
	95
50	35
	60
	95

注: ^{*1}表示该项目没有使用温度试验箱, 在实验室环境下进行。

^{*2}表示该项目参数受限于温箱的技术参数, 设置为40%湿度进行试验。

2 被试样品的选择

通过调研发现, 现场校准的压力仪表80%以上为弹性元件式一般压力表, 并且大多采用数字压力计作为压力标准, 所以本项目选用典型的一般压力表和数字压力计作为被试样品进行环境试验。

收稿日期: 2016-01-06

作者简介: 赵静(1982-), 女, 工程师, 硕士, 从事压力计量校准研究工作。

2.1 压力表的选择

对压力表进行选择时,考虑以下几个因素:①量程:选择40 MPa和16 MPa的液体介质压力表(现场使用的压力表中,小于40 MPa的液体介质压力表占80%以上);②准确度:选择1.0级(部分1.5级)的压力表(考虑到压力表的准确性,并便于进行环境影响分析);③敏感元件:为C形的弹簧管压力表;④弹簧管材料:选择铜和不锈钢两种常用材料的压力表(考虑到不同材料的环境影响不同);⑤表盘尺寸:选择常用的100 mm外壳公称直径表盘的压力表;⑥安装形式:选择径向直接式安装压力表,接头尺寸为M20×1.5。据此,共征集4个厂家的32块压力表进行环境性能试验。

2.2 数字压力计的选择

根据所选压力表的量程,选取25 MPa和60 MPa两种量程的数字压力计,准确度等级选择常用的0.05级,共征集了2个厂家的8个数字压力计(每个量程2块)进行环境试验。

3 试验过程

本试验需要用到的设备包括:温湿度试验箱、油介质活塞式压力计以及辅助设备引压导管、压力表安置平台等。

每一个压力表均匀选取4个压力点进行测试,数字压力计均匀选取9个压力点进行测试,在每一个试验环境点,均定温2 h后进行正反三个行程的数据测试。

4 试验数据的分析处理

经过为期半年左右的环境试验,得到了每块压力表和数字压力计的17组数据,参照型式评价大纲中有关环境温度影响的分析,将压力表和数字压力计的每个压力点的示值误差与温度、湿度及温湿度综合之间的关系,绘制成曲线图。

4.1 压力表温度影响试验数据分析

某16 MPa压力表的温度影响曲线图如图1所示。

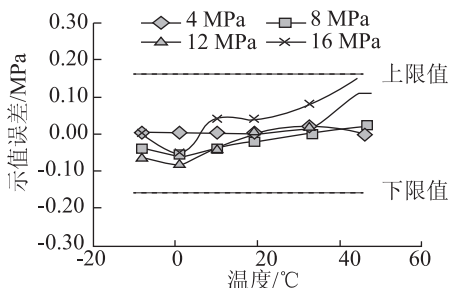


图1 压力表温度影响图

此次试验在-10~50℃温度范围内进行,压力表共32块,温度影响量平均值见表2。从表2可以看出,不同量程的温度影响量平均值比较一致,且铜材质较不锈钢材质温度影响小。因此,在-10~50℃内所测弹簧管压力表的压力值可以参考总平均值0.0242%/℃修正到20℃时的压力值。

表2 温度影响量平均值汇总表

量程/MPa	不锈钢平均值/(%·℃ ⁻¹)	铜材质平均值/(%·℃ ⁻¹)	不同材质平均值/(%·℃ ⁻¹)	总平均值/(%·℃ ⁻¹)
16	0.0263	0.0229	0.0244	0.0242
40	0.0310	0.0170	0.024	

根据JJF 1415-2013《数字式压力计型式评价大纲》计算温度系数K的平均值,见表3,从表3可以看出:不同量程、两种材质的温度系数,平均值均小于JJF 1415-2013中0.04%/℃的要求。

表3 温度系数K平均值汇总表

量程/MPa	不锈钢平均值/(%·℃ ⁻¹)	铜材质平均值/(%·℃ ⁻¹)	不同材质平均值/(%·℃ ⁻¹)	总平均值/(%·℃ ⁻¹)
16	0.011	0.005	0.008	0.0135
40	0.030	0.008	0.019	

4.2 压力表湿度影响试验数据分析

某16 MPa压力表的湿度影响曲线图如图2。

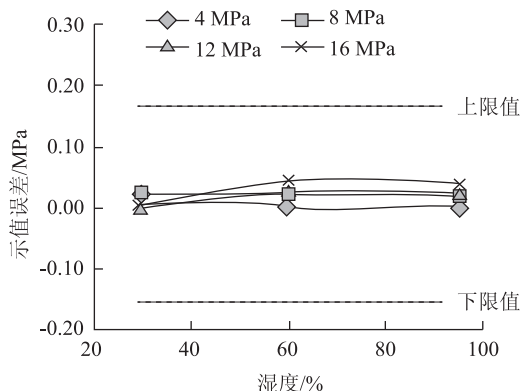


图2 压力表湿度影响图

共试验32个压力表样品,在30%~95%湿度范围内,其中26个样品均满足示值误差的要求,6个样品超差,通过数据分析,样品超差与湿度变化关系不大。所以压力表在不同湿度下所受影响不大。

4.3 压力表温湿度综合影响试验数据分析

某16 MPa压力表的温湿度综合影响曲线图如图3。图3中,横轴下方温度值位于湿度值之上。

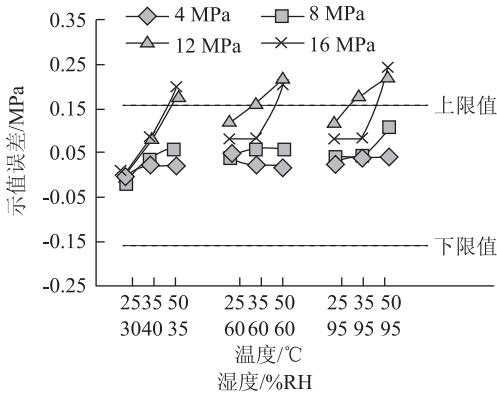


图3 压力表温湿度综合影响图

32个被试样品中仅有14个在各种温湿度环境条件下均满足示值误差要求，不同量程压力表之间没有明显区别；相同温度下，湿度越大，示值误差越大；相同湿度下，温度越高，示值误差越大；不合格数据集中在(50℃, 60% RH), (50℃, 95% RH)的温湿度情况下，所以在高温高湿环境条件下，校准压力表存在一定的风险。

4.4 数字压力计温度影响试验数据分析

某25 MPa数字压力计的温度影响曲线图如图4所示。

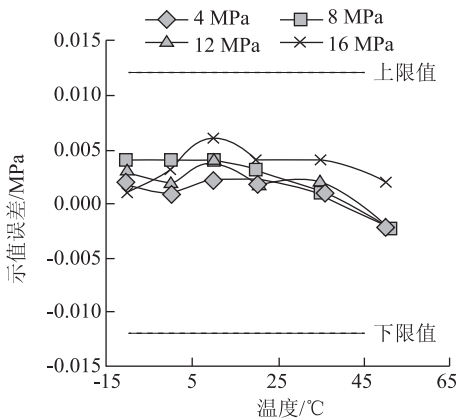


图4 数字压力计温度影响图

由于所试验数字压力计在-10~50℃温度范围内进行了温度补偿，8个数字压力计在-10~50℃温度范围内，均满足参考温度20℃下示值误差要求，不需要考虑JJF 1416-2013规范中的“引入的温度系数修正项”，并且使用温度极限范围也高于规范规定的5~40℃。

4.5 数字压力计湿度影响试验数据分析

某25 MPa数字压力计的湿度影响曲线图如图5所示。

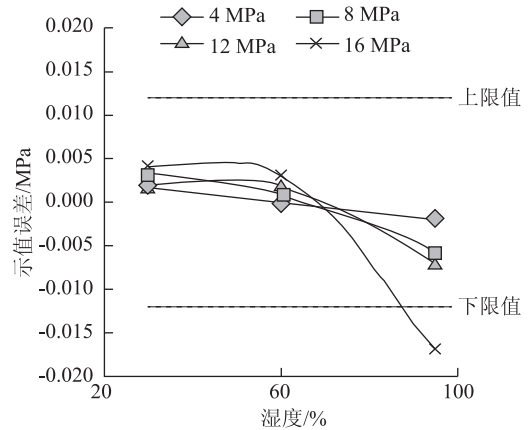


图5 数字压力计湿度影响图

所试验4个60 MPa量程的数字压力计在30%~95%湿度范围内，均满足0.05级的要求。25 MPa量程较60 MPa量程受湿度影响大，且湿度越大，其示值误差越大，所以在60%以上湿度情况下，数字压力计的示值受到湿度的影响较大，应对其影响进行试验，以确定能否使用。

4.6 数字压力计温湿度综合影响试验数据分析

某25 MPa数字压力计的温湿度综合影响曲线图如图6。

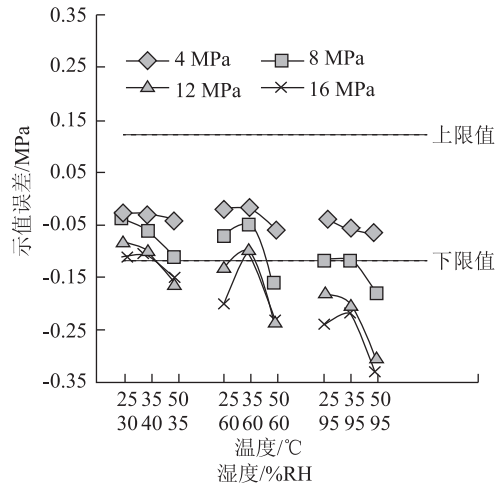


图6 数字压力计温湿度综合影响图

8个被试样品中仅有2个(60 MPa)在各种温湿度环境条件下均满足示值误差要求；60 MPa量程的数字压力计相对于25 MPa量程的受温湿度影响小；相同温度下，湿度越大，示值误差越大；相同湿度下，温度越高，示值误差越大；不合格数据集中在(35℃, 95%), (50℃, 60%), (50℃, 95%)的温湿度情况下，所以在高温高湿环境条件下，使用数字压力计存在一定的风险。

5 结束语

在本项目中,通过对典型的压力表进行环境试验,得到了一些压力表的环境影响量变化规律,尤其是温度影响量的总结可为压力表现场校准修正提供参考,便于对数据进行合理补偿,提高现场校准的准确度;另外,在高温高湿环境条件下,标准和被校仪表的数据均有明显影响,避免在高温高湿情况下开展工作,对降低现场校准风险具有一定意义,同时这也给数字压力计的选择提供了一定参考,对其防水抗潮性能也需要进一步观察。

由于本次试验量有限,其他不同类型、不同材质、不同等级的压力表还有待于进一步细化试验,扩展试验量。温湿度综合环境试验数据不是单独环境的简单

(上接第33页)

的位移增大了很多,最大水平形变依然发生在支撑腿中下部位。

从表3的分析结果可以看出,当施加倾斜的角度为 2° 时,并在承载25 kg载荷的情况下,三脚架形变为 $11.2\ \mu\text{m}$,而跟踪仪重量大约在 $10\sim 20\ \text{kg}$ 左右。因此在实际测试过程中只要保证三脚架的整体倾斜角度在 2° 以内,其整体形变就能控制在一个很小的范围内。

3.2 在扭矩变化下三脚架的变形仿真结果

设定工况参数如下:负载重量为25 kg,扭矩分别选取 $1.5, 2.5, 3.5\ \text{N}\cdot\text{m}$,在温度为 20°C 的情况下,仿真结果见表4。

表4 模拟仿真工况及结果记录表

扭矩/ ($\text{N}\cdot\text{m}$)	竖直方向(X方 向)变形/ μm	水平方向变形/ μm		总变形/ μm
		Y方向	Z方向	
1.5	1.47	5.18	6.82	7.72
2.5	1.94	6.91	8.79	10.3
3.5	2.56	9.13	11.6	13.6

由表4可知,在施加扭矩的情况下,竖直方向的位移相对于水平位移小很多,水平方向的位移随着扭矩的增加而增加,经有限元分析最大水平位移发生在升降套筒顶端部分,这是由于扭矩的扭转部分作用造成的。扭矩对跟踪仪的静态测量无影响,只对动态测量有影响。而在施加扭矩的情况下,当扭矩为 $2.5\ \text{N}\cdot\text{m}$ 时,最大水平方向形变为 $0.01\ \text{mm}$ 。跟踪仪动态测量下,实际旋转的扭矩小于 $2.5\ \text{N}\cdot\text{m}$,因此扭矩对跟踪仪的测量结果的影响较小。

叠加,也不是简单的线性关系,具体的相关性还有待于进一步研究。另外,本系列试验还不能完全的模拟真实环境,例如有些高原地区的低气压环境、某些机载设备运行中的振动环境等在本试验设计中没有体现。

参考文献

- [1] 李敏. 压力表检定中温度对检定结果造成的影响[J]. 科技致富向导, 2014(14): 170.
- [2] 张宏宇. 浅析压力表的计量检定与校准[J]. 科技致富向导, 2012(33): 166.
- [3] 鲁炯明, 王政. 压力表检定时温度对标准压力表选择的影响[J]. 计量与测试技术, 2013, 40(1): 12-13.
- [4] 国家质量监督检验检疫总局. JJG 875-2005 数字压力计检定规程[S]. 北京: 中国计量出版社, 2005.
- [5] 国家质量监督检验检疫总局. JJF 1416-2013 数字式压力计型式评价大纲[S]. 北京: 中国质检出版社, 2013.

4 结论

本文采用新型碳纤维材质,设计了一种适用于激光跟踪仪的碳纤维三脚架。该三脚架整体结构的稳定性强,与其他金属材质构成的三脚架相比较,具有更为轻便、抗干扰、抗温变等优点。结合有限元分析结果,在正常负载及扭转条件下,三脚架能够在 2° 以内的倾斜角工况下引入的变形量不超过 $0.01\ \text{mm}$,对跟踪仪的现场测量结果影响可忽略不计,可以满足跟踪仪的正常使用需求。

参考文献

- [1] 张治国, 王浩, 唐春霞. 全站仪对中整平方法探讨[J]. 现代测绘, 2008, 31(4): 22-24.
- [2] 高小平. 测量仪器三脚架的操作使用方法探讨[J]. 文化教育, 2003, 32(5): 56.
- [3] FARO Technologies, Inc. Faro laser tracker. pdf [EB/OL]. (2005-12-20) [2015-12-10]. <http://www.ftp.faro.com/>.
- [4] New River Kinematics, Inc. SA-USMN Training Manual [EB/OL]. (2005-5-20) [2015-12-10]. <http://www.spatialanalyzer.com/sa-documents.htm>.
- [5] Lee J-S, Kang T-J. Changes in physico-chemical and morphological properties of carbon fiber by surface treatment [J]. Carbon, 1997, 35(2): 209-216.
- [6] 孙丽萍, 张澎涛. 碳纤维复合材料的电磁屏蔽特性[J]. 林业机械与木工设备, 2005, 33(3): 46-47.
- [7] 于成浩, 柯明, 赵振堂. 提高激光跟踪仪测量精度的措施[J]. 测绘科学, 2007, 32(2): 54-56.
- [8] 邓凡平. ANSYS12有限元分析自学手册[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2011: 23-312.