

用于发动机测试的正负压接口压力 校验仪计量问题研究

郑颖¹ 郑显锋² 汪啸² 李萌² 李鹏² 刘安庆²

(1. 西安航空学院 西安 710065; 2. 西安航天计量测试研究所 西安 710100)

摘要:正负压接口压力校验仪在计量过程中由于划分的范畴不同,存在多种有差异的示值计量方法,所使用的方法不同,可能导致最终的计量结论存在差异。为了更好的确定不同的测量方法对测量结果的影响,以某正负压接口压力校验仪为实验样本进行了不同方法的测量。通过对测量结果的分析,得到了此样本的测量性能的同时,更重要的是对计量工作有了更深入的认识。计量工作与计量器具的使用必须紧密结合,计量保证使用,使用指导计量,保证量值传递的准确可靠。

关键词:量值传递;计量;检定;误差;压力校验仪

中图分类号: TN06 文献标识码: A 国家标准学科分类代码: 410.55

Research for the measurement problem of pressure interface stress checking instrument used for engine test

Zheng Ying¹ Zheng Xianfeng² Wang Xiao² Li Meng² Li Peng² Liu Anqing²

(1. Xi'an Aeronautical University, Xi'an 710165, China;

2. Measuring and Testing Institute Under Xi'an Aerospace Corporation, Xi'an 710100, China)

Abstract: There are many differences due to the different classification category of value measurement method in the measurement process of pressure interface pressure checking instrument. Use different methods may lead to the final measurement conclusion there are differences. In order to better determine the different measurement methods on the result of measurement, for a certain pressure interface pressure checking instrument for different methods of measurement. Through the analysis of measurement results, found the sample measurement of performance at the same time deepening the understanding of measurement. Measurement work and the use of measuring instruments must be closely integrated. Ensure the dissemination of accurate and reliable.

Keywords: dissemination; measurement; verification; error; pressure verification

0 引言

某正负压接口便携式压力校验仪主要用于发动机测试相关参数的溯源,其在第4个周期计量检定过程中,被计量机构判定为不合格,前3个周期均为合格^[1-3]。用户将此压力校验仪返厂调修,厂家表示此压力校验仪可正常使用无需调修。厂家、用户、计量机构三方一同在计量机构标准器上对此压力校验仪进行测量,厂家回应按计量机构要求无法调修,用户回应暂时可以使用,而计量机构应该对此压力校验仪如何判定就成为了问题。

1 压力校验仪的计量

数字压力计是采用数字显示被测压力量值的压力计,

其工作原理为被测压力经传压介质作用于压力传感器上,压力传感器输出相应的电信号或数字信号,由信号处理单元处理后在显示器上直接显示出被测压力的量值。压力校验仪属于数字压力计的范畴。所以压力校验仪依据JJG875-2005《数字压力计检定规程》进行计量检定。

检定项目主要包括外观检查、绝缘电阻、零位漂移、稳定性、静压零位、示值误差、回程误差等。文中主要对于示值误差相关的问题进行研究,另外提及稳定性和回程误差^[3-5]。

2 存在的计量问题研究

此压力校验仪量程为 $-100 \sim 100$ kPa,准确度等级0.05级。查阅前3个计量周期检定证书,检定数据,示值误差远小于最大允许误差,回程误差也远小于最大允许误

差的绝对值。检定证书备注:压力校验仪正压口加压(或疏空)测量结果;检定依据:JJG875-2005《数字压力计检定规程》。

此压力校验仪的最终测量结果如表1、表2所示,其中

表1所示为压力校验仪正压口加压(或疏空)测量结果,表2所示为压力校验仪负压口加压(或疏空)测量结果(示值前加“-”),测量标准器为活塞式压力计,工作介质:氮气,测量范围-100~250 kPa,准确度等级0.02级。

表1 压力校验仪正压口加压(或疏空)测量结果

单位:kPa

序号	标准器示值	被检数字压力计示值				正行程 平均值	反行程 平均值	示值误差 最大值	回程误差 最大值
		第1次		第2次					
		正行程	反行程	正行程	反行程				
1	-90	-90.21	-90.21	-90.21	-90.21	-90.21	-90.21	-0.21	0.00
2	-80	-80.17	-80.17	-80.16	-80.17	-80.17	-80.17	-0.17	0.01
3	-60	-60.14	-60.14	-60.13	-60.14	-60.14	-60.14	-0.14	0.01
4	-40	-40.09	-40.09	-40.09	-40.09	-40.09	-40.09	-0.09	0.00
5	-20	-20.04	-20.03	-20.04	-20.03	-20.04	-20.03	-0.04	0.01
6	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	20	20.01	20.00	20.00	20.01	20.01	20.01	0.01	0.01
8	40	40.01	40.01	40.01	40.01	40.01	40.01	0.01	0.00
9	60	60.02	60.02	60.01	60.02	60.02	60.02	0.02	0.01
10	80	80.02	80.02	80.02	80.03	80.02	80.03	0.03	0.01
11	100	100.03	100.03	100.04	100.04	100.04	100.04	0.04	0.00

表2 压力校验仪负压口加压(或疏空)测量结果

单位:kPa

序号	标准器示值	被检数字压力计示值				正行程 平均值	反行程 平均值	示值误差 最大值	回程误差 最大值
		第1次		第2次					
		正行程	反行程	正行程	反行程				
1	-90	90.02	90.02	90.02	90.02	-90.02	-90.02	-0.02	0.00
2	-80	80.02	80.01	80.02	80.02	-80.02	-80.02	-0.02	0.01
3	-60	60.02	60.01	60.02	60.01	-60.02	-60.01	-0.02	0.01
4	-40	40.01	40.00	40.01	40.01	-40.01	-40.01	-0.01	0.01
5	-20	20.01	20.00	20.01	20.00	-20.01	-20.00	-0.01	0.01
6	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	20	-20.05	-20.06	-20.06	-20.06	20.06	20.06	0.06	0.01
8	40	-40.10	-40.11	-40.10	-40.10	40.10	40.11	0.11	0.01
9	60	-60.15	-60.16	-60.15	-60.16	60.15	60.16	0.16	0.01
10	80	-80.19	-80.20	-80.20	-80.20	80.20	80.20	0.20	0.01
11	100	-100.25	-100.25	-100.25	-100.25	100.25	100.25	0.25	0.00

此压力校验仪量程为-100~100 kPa,准确度等级0.05级;其最大允许误差为±0.10 kPa,最大允许回程误差为0.10 kPa。根据这两个指标,表1、表2的测量数据均存在示值超差的测量数据。结合JJG875-2005《数字压力计检定规程》对于此组数据的选择和判定需要解释一下几个问题。

2.1 压力校验仪的划分

参照JJG875-2005《数字压力计检定规程》此压力校验仪由于存在“正压”、“负压”两个接口,可以有普通压力计、

单向差压压力计、双向差压压力计等划分^[1,6]。由于划分不同,其示值误差、回程误差的测量方法也有所不同。

单向差压压力计,测量方法为低压端(L)通大气,高压端(H)与检定装置相连接,进行加压(或疏空)测量。

双向差压压力计,测量方法为低压端(L)通大气,高压端(H)与检定装置相连接;然后高压端(H)通大气,低压端(L)与检定装置相连接,分别进行加压(或疏空)测量。

普通压力计,测量方法为直接进行加压(或疏空)测量。

另外还有一种规程中未作规定,但是在实际应用中存在的一种特例的普通压力计。福禄克有一款压力模块,其工作原理就是正压口加正压测量范围 0~100 kPa,负压口加负压测量范围-100~0 kPa,其量程范围为-100~100 kPa。所以在计量过程中按照其说明书的使用方法进行,与以上 3 者都有不同^[7]。

2.2 压力校验仪测量方法分析

结合此压力校验仪前 3 个周期的计量检定证书,按照其备注的测量方法,可以判定计量人员默认其为单向差压压力计或普通压力计进行测量的,只进行了单侧口的压力测量^[8]。结合日常使用情况,使用人员也是只使用正压单

侧感压口(正压口读书方便、直观)。

如果将此压力校验仪定义为双向差压压力计的话,前 3 个周期的计量检定证书的测量数据就有些片面,测量数据不足以判定此压力校验仪为合格^[9-10];本周期测量测得测量结果是符合规程规定的全面测量数据,但是判定结论为不合格。

但是如果参照福禄克的一款特例的普通压力计进行测量,正压口仅测量 0~100 kPa 的数据,负压口仅测量-90~0 kPa 的数据,结果如表 3 所示。表 3 中前 6 行测量数据压力校验仪负压口疏空测量结果(示值前加“-”), 7~12 行测量数据为压力校验仪正压口加压测量结果。

表 3 压力校验仪负压口疏空/正压口加压测量结果

单位:kPa

序号	标准器示值	被检数字压力计示值				正行程 平均值	反行程 平均值	示值误差 最大值	回程误差 最大值
		第 1 次		第 2 次					
		正行程	反行程	正行程	反行程				
1	-90	90.02	90.02	90.02	90.02	-90.02	-90.02	-0.02	0.00
2	-80	80.02	80.01	80.02	80.02	-80.02	-80.02	-0.02	0.01
3	-60	60.02	60.01	60.02	60.01	-60.02	-60.01	-0.02	0.01
4	-40	40.01	40.00	40.01	40.01	-40.01	-40.01	-0.01	0.01
5	-20	20.01	20.00	20.01	20.00	-20.01	-20.00	-0.01	0.01
6	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
8	20	20.01	20.00	20.00	20.01	20.01	20.01	0.01	0.01
9	40	40.01	40.01	40.01	40.01	40.01	40.01	0.01	0.00
10	60	60.02	60.02	60.01	60.02	60.02	60.02	0.02	0.01
11	80	80.02	80.02	80.02	80.03	80.02	80.03	0.03	0.01
12	100	100.03	100.03	100.04	100.04	100.04	100.04	0.04	0.00

由表 3 可以得到,此压力校验仪测量结果的最大示值误差为±0.04 kPa,最大回程误差为 0.01 kPa;完全符合其最大允许误差为±0.10 kPa,最大允许回程误差为 0.10 kPa 的要求,可以做合格判定。

但后续又有新的问题,首先,在检定规程中没有明确的提到这样的测量方法是否为有效的测量方法,并且在其设备出厂说明书中未明确提出这样的使用方法;其次,这种方法测量结果没有上一周期测量数据可作稳定性考核,是按照首次检定处理,在检定证书中注明“首次送检、未经示值稳定性检定”,还是按照上一周期的方法进行稳定性考核,稳定性超差,相应的检定周期缩短为半年,并在检定证书中注明:“该压力计不能作为标准器进行量值传递”^[11]。

虽然存在以上的计量问题,但是此压力校验仪在特定的使用方法下又是完全满足其性能要求的,首先在正压口实现 0~100 kPa 的测量需求,其次在负压口实现-100~0 kPa 的测量需求,在负压口进行负压测量时示值依然显示为正值,这个情况在实际操作中需要注意。分段满足量

程-100~100 kPa 的量程范围内,满足 0.05 级的准确度等级的要求。

3 计量问题的解决方案

为了解决这个计量问题,满足客户的使用要求(设备在特定的使用方法下完全满足计量性能要求),又要维护好检定规程的权威。显然出具检定证书是不合理的^[12]。

较为合理的处理方法是按照特定的使用方法,分段进行测量,对于正压 0~100 kPa 在正压口分别进行 3 组进程和回程的测量,对于负压-90~0 kPa 在负压口分别进行 3 组进程和回程的测量(备注输出示值需加“-”为实际输出值)。对于正压部分和负压部分分别计算进程和回程的平均值,对正压部分和负压部分分别给出校准结果的不确定度,出具校准证书。用户根据校准证书内容,配套此压力校验仪的操作规范,对校准证书内容进行计量确认,确认其计量结果符合 0.05 级(结合此压力校验仪的操作规范)。

4 结 论

压力校验仪引出了一连串的问题,也引发了更多关于计量工作的思索。计量工作应该是与生产厂的使用说明书、用户的具体使用情况相结合的计量,而不应该脱离使用的计量,脱离使用的计量也就没有任何意义了。应切实落实计量与生产的有效结合,让保证量值传递准确可靠成为计量工作的唯一目的。

参 考 文 献

[1] 国家质量监督检验检疫总局. JJG875—2005 数字压力计检定规程[S]. 北京:中国计量出版社,2006.

[2] 全国压力计量技术委员会. JJG544—2011 压力控制器国家计量检定规程[S]. 北京:中国质检出版社,2012.

[3] 张忠立,周毅冰,丁思丝,等. 一种针对压力开关的新型高效的校准方法[J]. 工业计量,2013(6):10-13.

[4] 王卫华. 压力仪表原位检测方法研究[J]. 计测技术,2007,27(3):56-58.

[5] 朱伦伦,熊九龙,谢金哲,等. 基于蒙特卡罗仿真的校准结论风险分析[J]. 电子测量与仪器学报,2016,30(7):1045-1051.

[6] 席旭刚,武昊,左静,等. 基于 sEMG 与足底压力信号融合的跌倒检测研究[J]. 仪器仪表学报,2015,36(9):2044-2049.

[7] 李森斌. 压力传感器、变送器最大测试/校准系统的研制[D]. 成都:电子科技大学,2008:1-47.

[8] 党瑞荣,张宏伟,宋楠,等. 高温高压井下压力传感器的补偿与校正[J]. 仪器仪表学报,2016,37(4):737-743.

[9] 晏江华,刘全周,李占旗,等. 胎压监测系统测试试验台的研发与设计[J]. 国外电子测量技术,2016,35(3):27-31.

[10] 国家质量技术监督局. JJF1059-1999《测量不确定度评定与表示》[S]. 北京:中国计量出版社,1999:2-3.

[11] 许富景,马铁华,李新娥. 压力传感器加速度效应的系统辨识与建模研究[J]. 仪器仪表学报,2015,36(6):1236-1243.

作 者 简 介

郑颖,1984 年出生,工学硕士,讲师,主要研究方向为车辆安全、发动机技术。
E-mail:zhengying19841986@163.com

(上接第 33 页)

[7] WANG C Y, WU J T. A multiphase timing-skew calibration technique using zero-crossing detection [J]. Circuits & Systems I Regular Papers IEEE Transactions on, 2009, 56(6):1102-1114.

[8] 连剑. 非均匀采样信号重构技术及应用研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2011.

[9] 潘卉青. 高速 TIADC 并行采样系统综合校正技术研究[D]. 成都:电子科技大学,2010.

[10] 向前,刘洪庆,包思云. 基于等效采样的 TIADC 通道失配校准方法[J]. 国外电子测量技术,2016,35(4):34-37.

[11] 刘洋,刁节涛,王义楠,等. 交错采样技术中的失配误差建模与估计[J]. 仪表技术与传感器,2015(12):132-135.

[12] 陈红梅,黄超,邓红辉,等. 带参考通道的时间交叉

ADC 数字后台校准方法[J]. 电子测量与仪器学报,2015,29(12):1739-1745.

[13] 佚名. Keysight32 通道 AXIe 高速数字化仪提供业界通道密度最高的模块化解决方案[J]. 国外电子测量技术,2015,34(10):151-151.

[14] 邢丽. 三次样条插值端点约束条件的构造与 Matlab 实现[J]. 上海第二工业大学学报,2012,29(4):319-323.

作 者 简 介

赵洋,1991 年出生,工学硕士,主要研究方向为测试计量技术以及仪器。
E-mail:18716325439@163.com