

技术报道

压力传感器现场静态标定分析

李 继 珍

(航空航天部31所)

摘要: 介绍压力传感器在计量室与工作现场校验的不同结果和原因, 旨在为其使用提供正确的方法。

主题词: 压力传感器, 误差校验, 发动机试验, 测试技术

ANALYSIS OF STATIC CALIBRATION OF PRESSURE TRANSDUCER

Li Jizhen

(The 31st Research Institute)

Abstract: In order to provide a proper method for practical use, different results and their causes in calibrating the pressure transducer at the calibration room and the test site are discussed in this paper.

Keywords: Pressure sensor, Error checking, Engine test, Measuring technique

一、问题的提出

在涡喷发动机高空模拟试验过程中, 压力是一个主要被测参数。稳态压力测点常达200余点。对只有静态特性要求的压力传感器, 要对传感器主要性能指标: 灵敏度、精度、线性度、迟滞、重复性、温度误差、零漂、温度稳定度等进行校准, 工作量很大。

在压力传感器使用问题上, 有人提出采用计量室校验结果输入计算机代替现场校验; 也有人提出用试车工作现场校验替代计量室校验。笔者认为: 除了对传感器在计量室进行校准标定外, 还必须在工作现场对传感器进行系统静态校准。计量室静校是针对传感器本身, 现场

静校是针对本系统应用；又因计量室静态标定的条件和结果与工作现场的不相同，而这个差别往往影响传感器的正常使用。

二、压力传感器校准方法

压力传感器的校准和精度指标的计算按文献(1)进行。

为消除零位漂移的影响，拟合直线方程 $V = b + mp$ 可改写为

$$V = Z + DI + mp \quad (1)$$

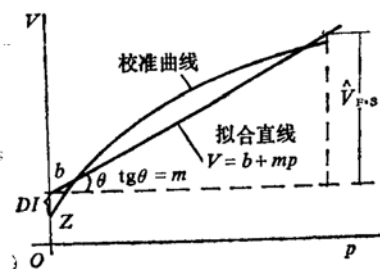


图1 拟合直线与校准曲线

如图1所示的拟合直线校准曲线， Z 为此时传感器的零点， b 为拟合直线的截距， m 为拟合直线的斜率， $DI = b - Z$ 。在测量时，由测得的传感器输出 V 求被测压力，因此应将(1)式变成

$$p = (V - Z)/m - DI/m$$

上式可改写成

$$p = A(V - Z) - H \quad (2)$$

式中 $A = 1/m$ ， $H = DI/m$ 。

(2)式就是测量时要用的计算公式。 Z 为测量时传感器的零点。实际上 Z 是包括传感器在内的整个测试系统的零位。因此，利用(2)式进行计算，可有效地消除系统零漂对测量精度的影响。

计量室校准时拟合直线方程为：

$$V = b + M \times p$$

式中 V ——电压(mV)， p ——压力(MPa)。

校准方法：按一个回程，7个台阶，14个测点进行校准，电源为12V。

工作现场校准时拟合直线方程为：

$$p = H + A \times V$$

式中 $H = (b - Z_0)/M = DI/M$

$$p = A \times (V - Z) - H$$

其中 Z ——动态的零点， Z_0 ——静态的零点。

校准方法：按三个回程，8个台阶，48个测点进行校准，电源为±6V对称供电。

传感器精度的计算采用标准法——贝塞尔公式计算标准偏差^[1]。

三、实验结果与分析

1. 计量室校验结果

相同传感器不同时间校验结果见表1~3。

2. 工作现场校验结果

经计量室校验的传感器，在工作现场校验结果见表4，在工作现场不同时间校验结果见表5~7。

3. 结果分析

表1 压力传感器性能和校准数据表

(校验时间: 1989-09-20~1989-10-12)

性能指标 传感器号	斜 率 (<i>M</i>)	截 距 (<i>b</i>)	精 度 (%)	线性度 (%)	迟 滞 (%)	重复性 (%)	工作间 温 度 (°C)	电源电压 (V)
2099	53.030	-0.0769	0.36	0.06	0.13	0.25	20	12.000
2059	49.676	0.006	0.29	0.12	0.04	0.16	22	12.004
L 174	56.546	-0.208	0.31	0.26	0.12	0.03	21	12.002

表2 压力传感器性能和校准数据表

(校验时间: 1990-05-03~1990-05-10)

性能指标 传感器号	斜 率 (<i>M</i>)	截 距 (<i>b</i>)	精 度 (%)	线性度 (%)	迟 滞 (%)	重复性 (%)	工作间 温 度 (°C)	电源电压 (V)
2099	52.3877	0.0453	0.23	0.06	0.16	0.12	23	11.9995
2059	49.6574	0.0157	0.15	0.12	0.01	0.03	23	11.9996
L 174	56.4498	-0.1805	0.30	0.24	0.15	0.05	23	12.0004

表3 压力传感器性能和校准数据表

(校验时间: 1990-11-08~1990-11-12)

性能指标 传感器号	斜 率 (<i>M</i>)	截 距 (<i>b</i>)	精 度 (%)	线性度 (%)	迟 滞 (%)	重复性 (%)	工作间 温 度 (°C)	电源电压 (V)
2099	53.1107	-1.2129	0.27	0.06	0.15	0.15	18	12.0014
2059	49.6957	-2.8617	0.14	0.11	0.03	0.03	18	12.0019
L 174	55.8365	0.5292	0.32	0.22	0.12	0.09	18	12.0019

表4 压力传感器工作现场校验结果

(校验时间: 1989-10-17~1989-10-27)

性能指标 传感器号	斜 率 (<i>A</i>)	截 距 (<i>H</i>)	精 度 (%)	电源电压 (V)	备 注
2099	0.0188124	$8.38402E-05$	0.29	± 6 (对称供电)	按3个回程8个台 阶48个测点校验
2059	0.0201333	$-9.04446E-05$	0.29	± 6 (对称供电)	按3个回程8个台 阶48个测点校验
L 174	0.0176282	$-1.17254E-04$	0.30	± 6 (对称供电)	按3个回程8个台 阶48个测点校验

表5 压力传感器工作现场校验结果

(校验时间: 1989-10-17~1989-10-29)

性能指标 传感器号	斜 率 (A)	截 距 (H)	精 度 (%)	电源电压 (V)	备 注
2099	0.0188124	$8.38402E-05$	0.290175	-6.03 +6.02 (对称供电)	按3个回程8个 台阶48个测点校验
2059	0.0201333	$-9.04446E-05$	0.290617	-6.03 +6.02 (对称供电)	按3个回程8个 台阶48个测点校验
L 174	0.0176282	$1.17254E-04$	0.306382	-6.03 +6.02 (对称供电)	按3个回程8个 台阶48个测点校验

表6 压力传感器工作现场校验结果

(校验时间: 1990-05-08~1990-05-09)

性能指标 传感器号	斜 率 (A)	截 距 (H)	精 度 (%)	电源电压 (V)	备 注
2099	0.0191491	$1.67451E-04$	0.17022	-6.01 +6.00 (对称供电)	按3个回程8个 台阶48个测点校验
2059	0.0204054	$-1.30246E-04$	0.226172	-6.01 +6.00 (对称供电)	按3个回程8个 台阶48个测点校验
L 174	0.0174016	$1.94059E-04$	0.384583	-6.01 +6.00 (对称供电)	按3个回程8个 台阶48个测点校验

表7 压力传感器工作现场校验结果

(校验时间: 1990-11-28)

性能 指标 传感器号	斜 率 (A)	截 距 (H)	精 度 (%)	工作现场		计 量 室		电源电压 (V)	工作间 温 度 (℃)	湿度 (%)
				M	b	M	b			
2099	0.0183443	$1.20955E-04$	0.165638	54.51	-1.18	53.11	-1.21	-6.01 +6.00 (对称供电)	17.5	32
L 174	0.0176677	$-2.13247E-05$	0.288838	56.60	0.51	55.83	0.529	-6.02 +6.01 (对称供电)	17.7	53

由表1~3可见,即使相同的压力传感器在同一个计量室校验,其性能和校准数据大部分不相同(除个别外),有的甚至超差被淘汰。其原因是多方面的,有传感器本身稳定性问题,有计量操作者读数差异问题及传感器受温度、湿度因素的影响比较敏感等问题。

比较表1~3与表4~7可见,相同传感器在工作现场与计量室校验的结果截然不同,有的传感器甚至在计量室校验为合格品,而在工作现场校验则为不合格品。工作现场与计量室校验结果之不同有以下原因:

1. 工作现场联接传感器导线较长(30~50m,而计量室仅为1~2m),导线长会产生波阻抗,影响传感器的精度。

2. 计量室校验环境条件简单,而工作现场试车环境条件复杂,对传感器性能要求更严。

a) 计算机系统中有交、直流供电、A/D变换器、接口、主机等抗干扰能力的影响;

b) 随同压力讯号进入计算机采集处理系统的还有温度、推力、流量、转速等讯号引进的干扰,以及与这些并联的常规测量各系统所引入的干扰;

c) 试车时动力启动电源、电机、发动机运转时产生的电场和磁场的强干扰。

以上诸多干扰因素,即串模干扰和共模干扰会对传感器及计算机系统产生较大影响。所以计量室的传感器校验不能代替工作现场校验。由此要求:只要传感器进入计算机系统,必须控制在完全法拉第屏蔽之中,才能有效地排除串模和共模干扰。

3. 计量室校验与工作现场校验的电源供电方式不一样。计量室校验仅有电场干扰,采用电源12V供电。而在工作现场校验不仅有电场干扰,还有磁场干扰,故必须采用 $\pm 6V$ 对称供电。

4. 对传感器零点漂移的处理,计量室比较容易,只要控制传感器的工作时间、环境温度、湿度即可,而试车工作现场就很困难,因而零点漂移问题很突出,误差可达百分之几。为此在校验程序中对系统的零位漂移进行“自举”补偿处理,可极大地减轻传感器零漂对测量精度的影响。

5. 若传感器本身抗干扰能力差,就会在工作现场暴露出来。所以出现计量室校准合格,而工作现场校验为不合格。对传感器的使用处理是大大提高系统精度并得到理想数据的关键。对本系统精度进行校测,其结果为 $\pm(0.15\sim 0.2)\%$ 。

四、结 论

1. 压力传感器校验应由计量室和试车工作现场共同承担。计量室主要对传感器本身的性能指标检定;而工作现场因校验的环境、条件、抗干扰能力等影响因素多,情况较复杂,因而会产生不同的校验结果。所以不能简单取用计量室校验结果,也不能用现场校验代替计量室校验,以免传感器误差大,致使计算机系统在测量压力上的失真。

2. 由于工作现场环境复杂,接传感器的管线长,干扰多,因而工作现场校验出传感器的精度往往偏低,但如果系统处于良好状态下,操作人员精心操作及默契配合,也会校验出传感器比计量室精度高的结果。

参 考 文 献

- (1) 中华人民共和国航空航天工业部部标准(QJ28-87): 压力传感器静态基本性能指标和精度计算方法。

固体火箭发动机的目标指向外层空间

自从“Project Farside”将一个小的仪器组件输送到4300km的外层空间以来,固体推进在美国空间计划中就扮演了一个重要角色。固体火箭的主要优点是以比液体火箭更小的容积