



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 860—1994

压力传感器（静态）

Pressure Transducer (Static)

1993—11—27 发布

1994—06—01 实施

国家技术监督局 发布

压力传感器(静态)

检定规程

Verification Regulation of Pressure

Transducer (Static)

JJG 860—1994

本检定规程经国家技术监督局 1993 年 11 月 27 日批准, 并自 1994 年 06 月 01 日起施行。

归口单位: 航空工业总公司第 304 研究所

起草单位: 航空工业总公司第 304 研究所

中国计量科学研究院

本规程技术条文由起草单位负责解释

本规程主要起草人：

许新民 （航空工业总公司第 304 研究所）

郭春山 （中国计量科学研究院）

张首君 （中国计量科学研究院）

参加起草人：

陈景文 （航空工业总公司第 304 研究所）

目 录

一 概述	(1)
二 技术要求	(1)
三 检定条件	(2)
四 检定项目和检定方法	(3)
五 检定结果处理和检定周期	(7)
附录 1 压力传感器检定记录格式	(9)
附录 2 检定证书内容格式 (1)	(11)
附录 3 检定证书内容格式 (2)	(12)

压力传感器（静态）检定规程

本检定规程适用于新制造、使用中和修理后的压力传感器的静态检定。

一 概 述

压力传感器是一种能感受压力，并按照一定的规律将压力转换成可用输出信号（一般为电信号）的器件或装置，通常由压力敏感元件和转换元件组成。

按压力测试的不同类型，压力传感器可分为表压传感器、差压传感器和绝压传感器等。

二 技 术 要 求

- 1 压力传感器的准确度等级和允许基本误差应符合表 1 规定。

表 1

准 确 度 等 级	允 许 基 本 误 差
0.01	$\pm 0.01\% \text{FS}$
0.02	$\pm 0.02\% \text{FS}$
0.05	$\pm 0.05\% \text{FS}$
0.1	$\pm 0.1\% \text{FS}$
0.2	$\pm 0.2\% \text{FS}$
0.5	$\pm 0.5\% \text{FS}$
1	$\pm 1\% \text{FS}$
1.5	$\pm 1.5\% \text{FS}$
2.5	$\pm 2.5\% \text{FS}$
4	$\pm 4\% \text{FS}$

- 2 压力传感器的配套应完整，外观不应有影响计量性能的锈蚀和损伤。各部件应装配牢固，不应有松动、脱焊或接触不良等现象。

- 3 压力传感器在外壳上或外壳的铭牌上应清楚地标明其型号和编号。压力传感器的名

称、测量范围、准确度等级、制造厂家、制造日期及工作电源可在外壳或铭牌上标明，或在相应的技术文件中说明。

- 4 差压传感器的高压(+)和低压(-)接嘴应有明确的永久性标志。
- 5 压力传感器的电源端和信号输出端应有明确的区别标志。
- 6 重复性误差。压力传感器的重复性误差不得大于允许基本误差的绝对值。
- 7 回程误差。压力传感器的回程误差不得大于允许基本误差的绝对值。
- 8 线性误差。压力传感器的线性误差的绝对值不得大于允许基本误差的绝对值。非线性压力传感器对此不作要求。

三 检 定 条 件

9 压力标准器

压力标准器选择的基本原则是其基本误差的绝对值应小于被检压力传感器基本误差绝对值的 $1/3$ 。准确度等级为 0.05 级的压力传感器允许采用一等标准器 ($\pm 0.02\%$) 作为压力标准器。

压力标准器可选用工作基准活塞式压力计、工作基准微压计、标准活塞式压力计、标准活塞式压力真空计、气体活塞式压力计、标准浮球式压力计、标准液体压力计、补偿式微压计、数字式压力计、精密压力表及其他相应准确度等级的压力计量标准器。

10 检定设备

10.1 激励电源。激励电源应按压力传感器要求配套，除非压力传感器对激励电源稳定性无特殊要求，否则其稳定度应为被检压力传感器允许基本误差绝对值的 $1/5 \sim 1/10$ ，可选用精密稳压电源、稳流电源、干电池或蓄电池等。

10.2 读数记录装置。检定压力传感器用的读数记录装置基本误差的绝对值，应小于被检压力传感器允许基本误差绝对值的 $1/5 \sim 1/10$ ，可选用数字式电压表、数字式频率计、电流表等。

10.3 其他设备。真空计、数字式气压计（或标准气压表）、温度计、湿度计、精密电阻箱等。

10.4 与压力标准器配套使用的加压（或抽空）系统应在示值检定范围内连续可调。

11 环境条件

11.1 检定时的环境温度视被检压力传感器的准确度等级而定，应符合下列要求：

0.01, 0.02 级	(20 ± 1) $^{\circ}\text{C}$
0.05 级	(20 ± 2) $^{\circ}\text{C}$
0.1, 0.2, 0.5 级	(20 ± 3) $^{\circ}\text{C}$
其他等级	(20 ± 5) $^{\circ}\text{C}$

11.2 检定前，压力传感器应在检定的环境温度下放置 2 h 以上，方可进行检定。

11.3 相对湿度：小于 80%，
大气压力：86~106 kPa。

四 检定项目和检定方法

12 外观检查

12.1 使用中的压力传感器应有前次检定证书，新制造的或修理后的压力传感器应有出厂合格证书。

12.2 检查压力传感器的外观应符合本规程第2~5条要求。

13 检定系统密封性检查及预压

13.1 将压力传感器按要求安装在包括加压（或抽空）装置的压力标准器上，对采用液体为传压介质的压力标准器，安装时应排除管路中的空气。

13.2 压力传感器、激励电源、读数记录装置等仪器设备按规定线路连接调整，使其处于正常工作位置和正常工作状态。

13.3 检定系统正确安装、连接后，预热半小时，然后对检定系统加压至测量上限值（或抽空至测量下限值），压力稳定后，恒压1 min，然后缓慢通大气，连续进行3次。

恒压时，观察读数装置的示值，同时检查管路系统的密封性，系统不应有影响检定的泄漏和波动。

13.4 有测量下限值（或零值）和测量上限值调整装置的压力传感器，在预压时作好相应的调整，在示值检定过程中不允许进行再调整。

14 示值检定

14.1 检定点选取。准确度等级低于0.1级（含0.1级）的压力传感器，应在测量范围内至少均匀或合理地选取6个检定点（包括零点）。

准确度等级高于0.05级（含0.05级）的压力传感器，应在测量范围内至少均匀或合理地选取9个检定点（包括零点）。

对测量范围包括正压和负压的压力传感器，正压和负压可分别进行检定。

14.2 检定方法。检定首先从测量下限（或零点）开始，按规定选取的检定点点平稳地升高压力（或抽空）至压力传感器的测量上限值（或测量下限值），依次记录各检定点正行程输出值。然后使输入压力在测量上限处（或测量下限处）产生一明显的波动，待压力稳定后记录在测量上限处（或测量下限处）的压力传感器反行程输出值，再逐点平稳地降压（或升压）至测量下限（或零点），倒序记录各检定点的反行程输出值。

检定过程中应平稳地升压或降压，避免出现超调或回调现象。

14.3 正行程和反行程检定往返一次为一个循环。准确度等级低于0.1级（含0.1级）的压力传感器应连续进行3个循环；准确度等级高于0.05级（含0.05级）的压力传感器，应至少连续进行4个循环。

检定过程中出现中断，重新调整零点值或输出值等现象，必须重新进行检定。

15 检定几种不同类型压力传感器的附加要求

15.1 压电式压力传感器

15.1.1 压电式压力传感器按要求与配套的电荷放大器相连（除非传感器本身带有阻抗

变换器),调整电荷放大器的灵敏度,检定过程中不允许重新调整。按本规程第14条的要求进行检定。

15.1.2 对于输入阻抗较低的压电式压力传感器,允许采用以下方法检定。检定时,均由零值(通大气)开始加压到预定检定点,记录传感器输出示值,然后降压回零值。再从零值加压至下一个检定点,这样依次由小到大,再由大到小逐点检定为一个循环。并参照本规程第14.1和第14.3款的要求执行。

采用此种方法检定压电式压力传感器只计算其线性误差,必须在检定证书中说明采用“复零检定”方法。

15.2 差压传感器

15.2.1 单向差压传感器。低压端(-)通大气,高压端(+)加压,按本规程第14条的要求进行差压范围的示值检定。

15.2.2 双向差压传感器。首先低压端(-)通大气,高压端(+)加压,然后高压端(+)通大气,低压端(-)加压,分别按本规程第14条的要求进行差压范围的示值检定。

15.2.3 无论是单向差压传感器还是双向差压传感器,将高压端(+)与低压端(-)相连通,加额定静压值(低压端)的25%,50%,100%,在这3个静压时读取压力传感器的零位输出,连续进行3次。此时零位输出值与压力传感器未加压(通大气)时零位输出值之间的最大偏差不得超过其允许基本误差。

16 压力传感器的工作直线及各项误差的计算

16.1 校准曲线的确定

压力传感器在整个测量范围内有 m 个检定点,并进行 n 次循环检定。

各检定点的正、反行程检定示值的算术平均值,分别按式(1)、(2)计算:

$$\bar{y}_{Ii} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_{Iij} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (1)$$

$$\bar{y}_{Di} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_{Dij} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (2)$$

式中: y_{Iij} ——正行程第 i 个检定点第 j 次检定示值;

y_{Dij} ——反行程第 i 个检定点第 j 次检定示值。

分别由 $\bar{y}_{Ii}$ 、 $\bar{y}_{Di}$ ($i = 1 \sim m$) 所连接的曲线,称为正行程校准曲线和反行程校准曲线。

各检定点的正行程和反行程检定示值的算术平均值为:

$$\bar{y}_i = \frac{1}{2} (\bar{y}_{Ii} + \bar{y}_{Di}) \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3)$$

由 $\bar{y}_i$ 所连接的曲线称为压力传感器的校准曲线。

16.2 工作直线的确定

本规程规定可采用端点平移线和最小二乘直线作为压力传感器的工作直线，但必须在检定证书中予以注明。

16.2.1 端点平移线计算

a) 端点连线方程可用式 (4) 表示：

$$y_{EP} = \bar{y}_1 + \frac{\bar{y}_m - \bar{y}_1}{p_m - p_1}(p - p_1) \quad (4)$$

式中： p_m ——测量上限压力值，Pa；

p_1 ——测量下限压力值，Pa；

$\bar{y}_m$ ——测量上限处检定示值平均值；

$\bar{y}_1$ ——测量下限处检定示值平均值；

p ——压力传感器在其测量范围内的压力值，Pa。

b) 计算各检定点正、反行程算术平均值与端点连线方程的差值：

$$(\Delta y_{LH})_{Li} = \bar{y}_{Li} - y_{EPi} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (5)$$

$$(\Delta y_{LH})_{Di} = \bar{y}_{Di} - y_{EPi} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (6)$$

从 (5)、(6) 两式的数据中，找出最大的正偏差 $\Delta y'_{LH}$ 和最大负偏差 $\Delta y''_{LH}$ ，则端点平移线的截距 a 按式 (7) 计算：

$$a = \bar{y}_1 + \frac{1}{2} [|\Delta y'_{LH}| - |\Delta y''_{LH}|] \quad (7)$$

端点平移线的斜率与端点连线的斜率相同：

$$b = \frac{\bar{y}_m - \bar{y}_1}{p_m - p_1} \quad (8)$$

c) 压力传感器工作直线为端点平移线的方程为：

$$\begin{aligned} y_{SE} &= a + b(p - p_1) \\ &= \bar{y}_1 + \frac{1}{2} [|\Delta y'_{LH}| - |\Delta y''_{LH}|] + \frac{\bar{y}_m - \bar{y}_1}{p_m - p_1}(p - p_1) \end{aligned} \quad (9)$$

16.2.2 最小二乘直线计算

压力传感器工作直线采用最小二乘直线的方程为：

$$y_{LS} = a' + b'p \quad (10)$$

式中截距 a' 按式 (11) 计算：

$$a' = \frac{\sum_{i=1}^m p_i^2 \sum_{i=1}^m \bar{y}_i - \sum_{i=1}^m p_i \sum_{i=1}^m \bar{y}_i p_i}{m \sum_{i=1}^m p_i^2 - \left(\sum_{i=1}^m p_i \right)^2} \quad (11)$$

斜率按式 (12) 计算:

$$b' = \frac{m \sum_{i=1}^m \bar{y}_i p_i - \sum_{i=1}^m p_i \sum_{i=1}^m \bar{y}_i}{m \sum_{i=1}^m p_i^2 - \left(\sum_{i=1}^m p_i \right)^2} \quad (12)$$

16.3 满量程输出值 y_{FS}

压力传感器工作直线的上限值 y_m 与下限值 y_1 之差的绝对值为传感器满量程输出值。

$$y_{FS} = |y_m - y_1| \quad (13)$$

16.4 重复性误差

按式 (14) 计算在各检定点上正、反行程子样标准偏差。

$$s_{1i} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (y_{1ij} - \bar{y}_{1i})^2} \quad (14)$$

$$s_{Di} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (y_{Dij} - \bar{y}_{Di})^2} \quad (15)$$

压力传感器在整个测量范围内的标准偏差为:

$$s = \sqrt{\frac{1}{2m} \left(\sum_{i=1}^m s_{1i}^2 + \sum_{i=1}^m s_{Di}^2 \right)} \quad (16)$$

压力传感器的重复性误差表示为其随机误差的极限, 按式 (17) 计算:

$$\xi_s = \frac{3s}{y_{FS}} \times 100\% \quad (17)$$

16.5 回程误差

计算各检定点中, 同一检定点正行程示值的算术平均值与反行程示值的算术平均值之差:

$$\Delta y_{Hi} = |\bar{y}_{1i} - \bar{y}_{Di}| \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (18)$$

传感器回程误差为:

$$\xi_H = \frac{|\Delta y_H|_{\max}}{y_{FS}} \times 100\% \quad (19)$$

式中, $|\Delta y_H|_{\max}$ 为差值 Δy_{Hi} 中绝对值最大值者。

16.6 线性误差

计算各检定点示值的算术平均值 $\bar{y}_i$ 与选定工作直线 y_i (y_{SEi} 或 y_{LSi}) 的差值:

$$\Delta y_{Li} = \bar{y}_i - y_i (i = 1, 2, \dots, m) \quad (20)$$

传感器的线性误差为:

$$\xi_L = \pm \frac{|\Delta y_L|_{\max}}{y_{FS}} \times 100\% \quad (21)$$

式中, $|\Delta y_L|_{\max}$ 为差值 Δy_{Li} 中绝对值最大值者。

16.7 压力传感器的基本误差

16.7.1 线性压力传感器的基本误差, 按式 (22) 计算:

$$A = \pm (\xi_s + \xi_{LH}) \quad (22)$$

式中, 压力传感器系统误差 ξ_{LH} 计算如下:

采用端点平移线为工作直线的压力传感器, 其系统误差按式 (23) 计算:

$$\xi_{LH} = \frac{\frac{1}{2} (|\Delta y'_{LH}| + |\Delta y''_{LH}|)}{y_{FS}} \times 100\% \quad (23)$$

采用最小二乘直线为工作直线压力传感器, 计算各检定点正行程示值的算术平均值和反行程示值的算术平均值, 分别与最小二乘直线相应的 y_{LSi} 之间差值:

$$(\Delta y_{LH})_{Hi} = \bar{y}_{Hi} - y_{LSi} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (24)$$

$$(\Delta y_{LH})_{Di} = \bar{y}_{Di} - y_{LSi} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (25)$$

(24), (25) 两式所有数据中找出绝对值为最大值 $|\Delta y_{LH}|_{\max}$, 则采用最小二乘直线的系统误差为:

$$\xi_{LH} = \frac{|\Delta y_{LH}|_{\max}}{y_{FS}} \times 100\% \quad (26)$$

注: 若比较用不同工作直线计算压力传感器的基本误差时, 以准确度低的作为压力传感器定级的依据。

16.7.2 定点使用的非线性传感器的基本误差, 按式 (27) 计算:

$$A = \pm \left(\xi_s + \frac{1}{2} \xi_H \right) \quad (27)$$

注: 对定点使用的非线性传感器基本误差指标仅对检定点适用。

五 检定结果处理和检定周期

17 经检定符合本规程要求, 并达到原有准确度等级的传感器, 发给检定证书。

经检定达不到原有准确度等级要求的传感器，如能满足下一等级的要求，可降级使用，发给相应等级的检定证书，但必须更改压力传感器的等级标志。

对不合格的压力传感器发给检定结果通知书。

18 压力传感器的检定周期最长不超过 1 年。

附录 1

压力传感器检定记录格式

检定编号:

送检传感器		压力标准器								环境条件		
送检单位: 名称/型号: 测量范围: Pa 编号: 准确度等级: 制造单位:	名称/型号:	Pa								室内温度: ℃		
	测量范围:	Pa								相对湿度: %		
	编号:	准确度等级: ±								大气压力: Pa		
		配套仪器								工作介质:		
		电源名称/型号: 编号: 电压:		显示仪表名称/型号: 编号: 显示单位:						检定日期: 年 月 日		
										检定者:		
										复核者:		
外观检查:												
示值	标准压力值/Pa											
	行程	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
正行程	(1)											
	(2)											
	(3)											
	(4)											
	(5)											
反行程	(1)											
	(2)											
	(3)											
	(4)											
	(5)											
平均值	$\bar{y}_{Li}$											
	$\bar{y}_{Di}$											
正反行程平均值 $\bar{y}_i$												
$\Delta y_{Hi} = \bar{y}_{Li} - \bar{y}_{Di} $												
s_{Li}												
s_{Di}												
工作直线 y_i (y_{SE} 或 y_{LS})												

表 (续)

端点连线 y_{EPi}	
$\Delta y_{LH} = \bar{y}_{Li} - y_i$	
$\Delta y_{LH} = \bar{y}_{Di} - y_i$	
$\Delta y_{Li} = \bar{y}_i - y_i$	
工作直线截距和斜率 工作直线方程	$a = \quad b = \quad a' = \quad b' =$ $y_{EP} = a + b(p - p_1) = \quad y_{LS} = a' + b'p =$
满量程输出值	$y_{FS} = y_m - y_1 =$
重复性误差	$s = \quad \xi_s = 3s/y_{FS} \times 100\% =$
回程误差	$ \Delta y_H _{\max} = \quad \xi_H = \Delta y_H _{\max}/y_{FS} \times 100\% =$
线性误差	$ \Delta y_L _{\max} = \quad \xi_L = \Delta y_L _{\max}/y_{FS} \times 100\% =$
压力传感器 基本误差	$ \Delta y_{LH} _{\max} = \quad \xi_{LH} = \Delta y_{LH} _{\max}/y_{FS} \times 100\% =$ $A = \pm (\xi_s + \xi_{LH}) = \quad A = \pm (\xi_s \pm 1/2 \xi_H) =$
检定结论	符 合 级

附录 2

检定证书内容格式 (1)

测量范围: Pa
 准确度等级:
 电源电压:
 检定时室温: °C
 工作介质:

检 定 结 果

一、重复性误差: $\xi_s =$ %

二、回程误差: $\xi_H =$ %

三、线性误差: $\xi_L = \pm$ %

四、基本误差: $A = \pm$ %

五、满量程输出值: $y_{FS} =$

六、工作直线方程:

1. 端点平移线:

$$a = \quad b =$$

$$y_{EP} = a + b(p - p_1) =$$

2. 最小二乘直线:

$$a' = \quad b' =$$

$$y_{LS} = a' + b'p =$$

附录 3

检定证书内容格式 (2)

传感器校准曲线:

序号	标准压力值/Pa	y ()
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

注明: (1) 压电式传感器采用“复零检定”方法。

(2) 下次送检请带此检定证书。