



中华人民共和国国家标准

GB/T 26807—2011

硅压阻式动态压力传感器

Silicon piezoresistive dynamic pressure sensors

2011-07-29 发布

2011-12-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 分类与命名 1

3.1 分类 1

3.2 型号命名与图形符号 1

4 基本参数 2

4.1 测量范围 2

4.2 被测压力介质及兼容性 2

4.3 激励 2

4.4 标称桥阻 2

4.5 工作介质温度范围 2

4.6 工作环境温度范围 2

4.7 补偿温度范围 2

4.8 贮存温度范围 2

5 要求 2

5.1 总则 2

5.2 外观 3

5.3 外形及安装尺寸 3

5.4 输入阻抗 3

5.5 输出阻抗 3

5.6 负载阻抗 3

5.7 绝缘电阻 3

5.8 绝缘强度 3

5.9 静态性能 3

5.10 过载 4

5.11 零点漂移 4

5.12 热零点漂移 4

5.13 热满量程输出漂移 4

5.14 零点长期稳定性(必要时) 4

5.15 动态性能 4

5.16 环境影响特性 5

5.17 疲劳寿命(必要时) 5

6 试验方法 5

6.1 环境条件 5

6.2 校准条件 5

6.3 外观 6

6.4 外形及安装尺寸 6

6.5 输入阻抗 6

6.6 输出阻抗 6

6.7 负载阻抗 6

6.8 绝缘电阻 6

6.9 绝缘强度 6

6.10 静态性能 6

6.11 过载 7

6.12 零点漂移 7

6.13 热零点漂移 7

6.14 热满量程输出漂移 7

6.15 零点长期稳定性 7

6.16 动态性能 8

6.17 环境影响试验 8

6.18 疲劳寿命 9

7 检验规则 9

7.1 检验分类 9

7.2 出厂检验 9

7.3 型式检验 10

8 标志、包装、运输及贮存 11

8.1 产品标志 11

8.2 包装 11

8.3 运输 12

8.4 贮存 12

附录 A (规范性附录) 传感器性能指标的计算方法 13

A.1 实际工作特性 13

A.2 参比工作直线 13

A.3 满量程输出值($Y_{F.S.}$) 14

A.4 非线性(ξ_L) 14

A.5 迟滞(ξ_H) 15

A.6 重复性(ξ_R) 15

A.7 准确度(ξ) 15

A.8 零点漂移(d_z) 16

A.9 零点长期稳定性(r_z) 16

A.10 热零点漂移(α) 17

A.11 热满量程输出漂移(β) 17

A.12 振动对传感器零点影响(Z_0) 17

A.13 外磁场对传感器输出的影响(C_e) 17

前 言

本标准附录 A 为规范性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出并归口。

本标准起草单位：昆山双桥传感器测控技术有限公司、沈阳仪表科学研究所、传感器国家工程研究中心、国家仪器仪表元器件质量监督检验中心。

本标准主要起草人：尤彩红、刘沁、王冰、王文襄、刘波、徐秋玲、徐长伍、唐慧、李延夫。

硅压阻式动态压力传感器

1 范围

本标准规定了硅压阻式动态压力传感器的分类与命名、基本参数、要求、检验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于硅压阻式动态压力传感器(以下简称传感器)的生产、使用、验收等。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验A:低温(IEC 60068-2-1:2007,IDT)

GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验B:高温(IEC 60068-2-2:2007,IDT)

GB/T 2423.3—2006 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Cab:恒定湿热试验(IEC 60068-2-78:2001,IDT)

GB/T 2423.5—1995 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Ea和导则:冲击(idt IEC 60068-2-27:1987)

GB/T 2423.10—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Fc:振动(正弦)(IEC 60068-2-6:1995,IDT)

GB/T 2423.15—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Ga和导则:稳态加速度(IEC 60068-2-7:1986,IDT)

GB/T 2423.22—2002 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验N:温度变化(IEC 60068-2-14:1984 IDT)

GB/T 2829—2002 周期检查计数抽样程序及表(适用于对过程稳定性的检验)

GB/T 7666—2005 传感器命名法及代号

GB/T 14479 传感器图用图形符号

GB/T 15478 压力传感器性能试验方法

JJG 624—2005 动态压力传感器

3 分类与命名

3.1 分类

按感受压力类型分为:表压、绝压、差压。

3.2 型号命名与图形符号

传感器型号命名,按 GB/T 7666—2005 的规定命名。

传感器的图形符号,按 GB/T 14479 的规定。

4 基本参数

4.1 测量范围

传感器测量范围的上限值推荐从下列数值中选取:

$\pm 1.0 \times 10^n$ 、 $\pm 1.6 \times 10^n$ 、 $\pm 2.0 \times 10^n$ 、 $\pm 2.5 \times 10^n$ 、 $\pm 3.0 \times 10^n$ 、 $\pm 4.0 \times 10^n$ 、 $\pm 5.0 \times 10^n$ 、 $\pm 6.0 \times 10^n$ 、 $\pm 8.0 \times 10^n$ 。其中 $n=0, 1, 2, 3, \dots$ 。也可以按用户特定要求设定。下限值若无特殊要求则为零。测量范围的单位为帕(Pa)、千帕(kPa)、兆帕(MPa)、吉帕(GPa)。

4.2 被测压力介质及兼容性

介质类型:气体、液体。

介质性质:导电性、腐蚀性、放射性。

必要时给出与被测介质接触的传感器结构材料的名称、牌号和兼容性。

4.3 激励

4.3.1 恒压激励

传感器采用恒压激励时,直流激励电压的数值从下列数值中选取:3 V、5 V、6 V、9 V、10 V、12 V、15 V、18 V、24 V、36 V。激励可采用单电源,也可采用双电源方式。

传感器用于高频动态压力测量时,激励电源宜采用线性电源。

4.3.2 恒流激励

传感器采用恒流激励时,直流激励电流的数值从下列数值中选取:0.5 mA、0.8 mA、1 mA、1.2 mA、1.5 mA、2 mA、3 mA、5 mA、10 mA。

4.4 标称桥阻

传感器桥阻的标称阻值从下列数值中选取:350 Ω 、600 Ω 、1 k Ω 、2 k Ω 、3 k Ω 、4 k Ω 、5 k Ω 、8 k Ω 、10 k Ω ,标称桥阻的允差用其阻值的百分数表示,宜采用下列数值: $\pm 10\%$ 、 $\pm 25\%$ 、 $\pm 40\%$ 。

4.5 工作介质温度范围

传感器工作介质温度的下限值优先从下列数值中选取: $-60\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-55\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-45\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-40\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-30\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-20\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-10\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $0\text{ }^\circ\text{C}$ 。

传感器工作介质温度的上限值优先从下列数值中选取: $50\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $70\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $85\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $100\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $125\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $150\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $180\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $200\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $250\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $300\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $350\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $400\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $450\text{ }^\circ\text{C}$ 。

4.6 工作环境温度范围

传感器工作环境温度的下限值从下列数值中选取: $-55\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-10\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $0\text{ }^\circ\text{C}$ 。

传感器工作环境温度的上限值从下列数值中选取: $50\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $70\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $85\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $100\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $125\text{ }^\circ\text{C}$ 。

4.7 补偿温度范围

传感器补偿温度的下限值优先从下列数值中选取: $-55\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-40\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-20\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-10\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $0\text{ }^\circ\text{C}$ 。

传感器补偿温度的上限值优先从下列数值中选取: $50\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $70\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $85\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $100\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $125\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $150\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $200\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $250\text{ }^\circ\text{C}$ 。

4.8 贮存温度范围

贮存温度范围的下限温度通常等于或低于下限工作环境温度 $10\text{ }^\circ\text{C}$,贮存温度范围的上限温度通常等于或高于上限工作环境温度 $10\text{ }^\circ\text{C} \sim 20\text{ }^\circ\text{C}$ 。

5 要求

5.1 总则

传感器应符合本标准与详细规范的规定。

5.2 外观

传感器的外观应无明显的瑕疵、划痕、锈蚀和损伤；螺纹部分应无毛刺；标志应清晰完整、准确无误。超高频响的壁面反射型及自由场型产品敏感受力膜片应与外端面齐平，无明显凹凸及腔室结构，自由场型产品流线型应光滑平整。

5.3 外形及安装尺寸

传感器的安装密封方式对动态特性有很大的影响，传感器的外形及安装尺寸应符合详细规范的规定，按类型及产品结构由制造商在产品使用说明书中给出适用的安装密封方式。

5.4 输入阻抗

传感器的输入阻抗应符合详细规范的规定。无内置信号调理电路时，从下列数值中选取：
350 Ω、600 Ω、1 kΩ、2 kΩ、3 kΩ、5 kΩ、10 kΩ、20 kΩ。

5.5 输出阻抗

传感器的输出阻抗应符合详细规范的规定。无内置信号调理电路时，从下列数值中选取：
250 Ω、350 Ω、500 Ω、600 Ω、1 kΩ、2 kΩ、3 kΩ、5 kΩ。

5.6 负载阻抗

传感器的负载阻抗应符合详细规范的规定。

5.7 绝缘电阻

传感器的绝缘电阻值从下列数值中选取：50 MΩ、100 MΩ、200 MΩ、500 MΩ。

测量绝缘电阻所用直流电压从下列数值中选取：50 V、100 V、125 V、250 V、500 V。

5.8 绝缘强度

测量绝缘强度，用频率为 50 Hz 正弦交流电压测试，传感器应无击穿及飞弧现象。测试电压从下列值中选取：50 V、110 V、220 V、380 V、500 V。

5.9 静态性能

5.9.1 零点输出

无内置信号调理电路时，零点输出从下列数值中选取：在±1 mV、±2 mV、±5 mV、±10 mV、±25 mV 范围内；有内置信号调理电路时，零点输出从下列数值中选取：应小于 1%F.S、2%F.S、5%F.S。

5.9.2 满量程输出

传感器的满量程输出应符合详细规范的规定。无内置信号调理电路时，从下列数值中选取：
30 mV、50 mV、75 mV、100 mV、150 mV。

5.9.3 非线性

传感器的非线性应符合详细规范及表 1 的规定。

5.9.4 迟滞

传感器的迟滞应符合详细规范及表 1 的规定。

5.9.5 重复性

传感器的重复性应符合详细规范及表 1 的规定。

5.9.6 准确度

传感器的准确度应符合详细规范及表 1 的规定。

表 1 传感器准确度等级、非线性、迟滞、重复性

准确度等级	非线性 %F.S	迟滞 %F.S	重复性 %F.S	准确度 %F.S
0.05	≤0.025	≤0.025	≤0.025	±0.05
0.1	≤0.05	≤0.05	≤0.05	±0.1
0.25	≤0.10	≤0.10	≤0.10	±0.25

表 1 (续)

准确度等级	非线性 %F.S	迟滞 %F.S	重复性 %F.S	准确度 %F.S
0.5	≤0.25	≤0.25	≤0.25	±0.5
1.0	≤0.5	≤0.5	≤0.5	±1.0
2.5	≤1.0	≤1.0	≤1.0	±2.5
5.0	≤2.5	≤2.5	≤2.5	±5.0

5.10 过载

传感器的过载应符合详细规范的规定。过载恢复后的具体要求,应符合相应准确度等级的要求。

5.11 零点漂移

传感器在规定时间内零点漂移应符合详细规范的规定。

规定时间从下列时间中选取:4、8、24、72、120,单位:小时(h)。

无内置信号调理电路时,漂移量从下列值中选取:小于0.05 mV、0.1 mV、0.2 mV、0.3 mV、0.5 mV。

有内置信号调理电路时,漂移量从下列值中选取:小于0.05 %F.S、0.1 %F.S、0.25 %F.S。

5.12 热零点漂移

传感器的热零点漂移应符合详细规范及表 2 的规定。

5.13 热满量程输出漂移

传感器的热满量程输出漂移应符合详细规范及表 2 的规定。

表 2 热零点漂移和热满量程输出漂移

准确度等级	热零点漂移 %F.S/℃	热满量程输出漂移 %F.S/℃
0.05	±0.01	±0.01
0.1	±0.03	±0.03
0.25	±0.04	±0.04
0.5	±0.05	±0.05
1.0	±0.08	±0.08
2.5	±0.10	±0.10
5.0	±0.20	±0.20

5.14 零点长期稳定性(必要时)

在规定的时间内(一般为半年或一年)内,传感器零点长期稳定性应符合详细规范的规定。

5.15 动态性能

5.15.1 频率响应

传感器的频率响应应符合详细规范的规定。

5.15.2 谐振频率

传感器的谐振频率应符合详细规范的规定。

5.15.3 自振(振铃)频率

传感器的自振(振铃)频率应符合详细规范的规定。

5.15.4 上升时间

传感器输出响应的上升时间应符合详细规范的规定。

5.15.5 过冲量(必要时)

传感器输出的过冲量应符合详细规范的规定。

5.15.6 幅频误差

在用正弦压力激励校准时,传感器的输出幅值灵敏度相对误差应符合详细规范的规定。

5.15.7 相移误差

在用正弦压力激励校准时,传感器的输出相移误差应符合详细规范的规定。

5.16 环境影响特性

5.16.1 高温试验

试验后传感器外观应符合 5.2 的规定,静态性能应符合 5.9 的规定。

5.16.2 低温试验

试验后传感器外观应符合 5.2 的规定,静态性能应符合 5.9 的规定。

5.16.3 温度变化

试验后传感器外观应符合 5.2 的规定,静态性能应符合 5.9 的规定。

5.16.4 振动

试验后传感器外观应符合 5.2 的规定,静态性能应符合 5.9 的规定。

5.16.5 冲击

试验后传感器外观应符合 5.2 的规定,静态性能应符合 5.9 的规定。

5.16.6 加速度

试验后传感器外观应符合 5.2 的规定,静态性能应符合 5.9 的规定。

5.16.7 外磁场(必要时)

试验后传感器外观应符合 5.2 的规定,静态性能应符合 5.9 的规定。

5.16.8 湿热(必要时)

试验后传感器外观应符合 5.2 的规定,静态性能应符合 5.9 的规定。

5.17 疲劳寿命(必要时)

试验后传感器外观应符合 5.2 的规定,静态性能应符合 5.9 的规定。

6 试验方法

6.1 环境条件

6.1.1 参比大气条件

传感器的参比性能应在下述大气条件下进行试验:

- 温度: $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 相对湿度: $65\% \pm 10\%$;
- 大气压力: $86\text{ kPa} \sim 106\text{ kPa}$ 。

6.1.2 一般试验的大气条件

当传感器不可能或无必要在参比大气条件下进行试验时,推荐使用下述大气条件:

- 温度: $15\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 相对湿度: $30\% \sim 85\%$;
- 大气压力: $86\text{ kPa} \sim 106\text{ kPa}$ 。

注:试验期间允许的温度变化,每 1 h 不大于 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。相对湿度范围也可由供需方商定。

6.2 校准条件

6.2.1 校准系统

校准系统应符合 GB/T 15478 的规定。

6.2.2 校准前准备

检查被校传感器的外观和标志是否完好,电气连接部分是否符合要求,传感器应无影响试验的缺陷。

将被校传感器的电源,读数装置和压力源按规定的方法连接好。对压力系统进行检漏,以防由于泄漏引起校准误差。

被校传感器及仪器要在试验环境下存放 1 h 以上,达到温度平衡。按规定的时间预热后,开始校准。

6.3 外观

用目测方法,或用 5 倍的放大镜检查传感器的外观,结果应符合 5.2 的规定。

6.4 外形及安装尺寸

用几何量具或仪器检查,结果应符合 5.3 的规定。

6.5 输入阻抗

如传感器电路为无源电路时,传感器输出端开路,直接测量其输入端的阻抗。

如传感器电路为有源电路时,可采用以下方法:

在传感器输入端加激励电压,测量输入回路电流,按公式(1)计算。

$$R_i = (U_i / I_i) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

R_i ——输入阻抗,千欧(kΩ);

U_i ——输入端电压,伏(V);

I_i ——输入回路电流,安培(A)。

结果应符合 5.4 的规定。

6.6 输出阻抗

如传感器电路为无源电路时,电路输入端短路,直接测量其输出端的阻抗。

如传感器为有源电路时,可采用以下方法:

保持输入的压力值不变,分别测量压力传感器在输出端开路 and 接有 10 kΩ 负载电阻情况下的输出电压,按公式(2)计算。

$$R_o = 10(U_{KL} - U_{FL}) / U_{FL} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

R_o ——输出阻抗值,千欧(kΩ);

U_{KL} ——输出端开路时的电压,伏(V);

U_{FL} ——带 10 kΩ 负载时的电压,伏(V)。

结果应符合 5.5 的规定。

6.7 负载阻抗

传感器输入端施加激励电源,输出端接上可变电阻器作为输出负载阻抗。测试时,由输出端开路状态,接上可变电阻器,再由最大阻值状态逐步调小可变电阻器的阻值,直至压力传感器的输出值随可变电阻器的阻值减小而变化,在规定的负载电阻变化范围内传感器输出的最大变化量不超过允许误差绝对值的 50%,这时可变电阻器的阻值就是传感器的负载阻抗,结果应符合 5.6 的规定。

6.8 绝缘电阻

在被测传感器不施加激励电源的条件下,用绝缘电阻测试仪或相应仪表,按照详细规范规定的直流测试电压,测量传感器引出线(当与外壳无连接端时)与壳体之间的绝缘电阻,结果应符合 5.7 的规定。

6.9 绝缘强度

用绝缘强度测试仪在传感器引出线(当与外壳无连接端时)与壳体之间,施加详细规范规定的交流电压,历时 1 min,结果应符合 5.8 的规定。

6.10 静态性能

6.10.1 测试方法

传感器在符合 6.2 的规定条件下,对传感器施加不少于 3 次满量程压力的预压,使被测传感器压力

升到测量上限值,待压力稳定后降压,返回零点。然后在传感器测量上、下限的全量程范围内选择均匀分布的 5 个~11 个试验点进行检测,并且重复 3 次或 3 次以上的升、降压检测循环。

按附录 A 计算传感器的性能指标。

6.10.2 零点输出

在不加压力载荷的情况下测量传感器的输出,结果应符合 5.9.1 的规定。

对绝压传感器,应在输入绝对真空压力时测量传感器的输出值。也可输入不大于 10 Pa 的压力代替真空,但实际输入的压力应不大于传感器测量范围的 0.01%。否则,应对输出值应进行修正,按公式(3)计算零点输出。

$$Y_0 = Y'_0 - bx \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

Y_0 ——零点输出,V;

Y'_0 ——输入绝对压力不大于 10 Pa 时的输出值,V;

b ——校准特性曲线的端点连线的斜率,V/Pa;

x ——输入的绝对压力值,Pa。

对差压传感器,在高压端和低压端同时通大气时,测量传感器的输出值。结果应符合 5.9.1 的规定。

6.10.3 满量程输出

传感器测量上限与测量下限输出之差的绝对值(以参比直线的计算值为依据),按附录 A 公式(A.13)、公式(A.14)、公式(A.15)计算,结果应符合 5.9.2 的规定。

6.10.4 非线性

按附录 A 公式(A.16)、公式(A.17)计算传感器非线性,结果应符合 5.9.3 的规定。

6.10.5 迟滞

按附录 A 公式(A.18)计算传感器的迟滞,结果应符合 5.9.4 的规定。

6.10.6 重复性

按附录 A 公式(A.22)计算传感器的重复性,结果应符合 5.9.5 的规定。

6.10.7 准确度

按附录 A 公式(A.30)计算传感器的准确度,结果应符合 5.9.6 的规定。

6.11 过载

按详细规范规定施加过载负荷,保持时间不少于 1 min,然后卸载至零负荷,重复 3 次,恢复 3 min,按 6.10 规定的方法进行静态性能试验,结果应符合 5.10 的规定。

6.12 零点漂移

按详细规范规定的条件,在不加载荷的条件下,按规定的间隔和时间记录传感器的零点输出,按附录 A 公式(A.31)计算零点漂移,结果应符合 5.11 的规定。

6.13 热零点漂移

将传感器放入高低温试验箱,分别在室温 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、补偿温度范围上限温度、下限温度各恒温详细规范规定的时间,检测记录各温度点的零点输出值,按附录 A 公式(A.33)计算热零点漂移,结果应符合 5.12 的规定。

6.14 热满量程输出漂移

将传感器放入高低温试验箱,分别在室温 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、补偿温度范围上限温度、下限温度各恒温详细规范规定的时间,检测记录各温度点的满量程输出值,按附录 A 公式(A.34)计算热满量程输出漂移,结果应符合 5.13 的规定。

6.15 零点长期稳定性

对传感器施加规定电压激励,每天通电不少于 2 h; 30 d 进行一次 8 h 的试验,试验前应恒温通电

1 h,记录间隔为 1 h,工作温度应保持在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,考核时间为半年或一年。按附录 A 公式(A.32)计算传感器零点长期稳定性,结果应符合 5.14 的规定。

6.16 动态性能

6.16.1 试验方法

瞬态激励法:

将传感器与激波管或快速开启阀相连接,对于负压传感器用爆破膜片发生器产生一个负的阶跃压力信号,阶跃压力的上升时间至少应是被测传感器上升时间的三分之一或更短。当激励装置产生一个阶跃压力信号时,用瞬态记录仪器记录传感器的响应波形。

正弦激励法:

对于 5 kHz 以下的频率,10 MPa 以下的峰值动态压力,可用正弦压力发生器直接测得传感器的频率响应,如果传感器本身的谐振频率在正弦压力发生器的频率范围之内,还可得到传感器的谐振频率、响应时间等。采用正弦激励法时,一般采用相对比较法进行测试,即在正弦压力发生器上安装标准传感器,其动态性能指标要优于被测传感器动态性能指标 3 倍以上。

激波管动态压力试验方法,正弦压力校准检定方法的详细操作按 JJG 624—2005 的规定。

对于设计谐振频率 $\leq 25\text{ kHz}$,频率响应 $\leq 5\text{ kHz}$ 的中低频动态压力传感器,宜采用正弦压力校准方法,按 JJG 624—2005 计算方法计算出幅值灵敏度相对误差,结果应符合 5.1 的要求,对于标准的动态压力传感器还应计算给出相移误差,结果应符合 5.1 的要求。

对于设计谐振频率 $> 25\text{ kHz}$ 的中高频动态压力传感器,宜采用激波管动态试验方法。

6.16.2 频率响应

按 GB/T 15478 规定的方法进行试验,在规定的被测量频率范围内,对传感器施加正弦变化的压力,测量输出量与被测量之比及输出量和被测量之间相位差随频率的变化值。结果应符合 5.15.1 的规定。

6.16.3 谐振频率

按 GB/T 15478 规定的方法进行试验,测量传感器具有最大输出幅值时的被测压力量的频率值。按 JJG 624—2005 计算方法,计算出谐振频率,结果应符合 5.15.2 的规定。

6.16.4 自振(振铃)频率

按 GB/T 15478 规定的方法进行试验,给传感器施加阶跃变化的测量压力,测量在传感器输出中瞬时出现的自由振荡频率值。结果应符合 5.15.3 的规定。

6.16.5 上升时间

按 GB/T 15478 规定的方法进行试验,给传感器施加阶跃变化的测量压力,传感器输出从稳定值的 10%上升到稳定值 90%的持续时间。按 JJG 624—2005 计算方法,计算出输出响应上升时间,结果应符合 5.15.4 的规定。

6.16.6 过冲量

对传感器施加阶跃压力信号后,测量其输出超过稳定值的最大值。结果应符合 5.15.5 的规定。

6.17 环境影响试验

6.17.1 高温试验

将传感器放置在试验箱中,将电源,读数装置按规定的电路连接方式连接好,通电,然后按 GB/T 2423.2—2008 中 5.2 规定的试验方法试验,试验过程中保持全程通电状态,具体试验条件由详细规范规定,结果应符合 5.16.1 的规定。

6.17.2 低温试验

将传感器放置在试验箱中,将电源,读数装置按规定的电路连接方式连接好,通电,然后按 GB/T 2423.1—2008 中 5.2 规定的试验方法试验,试验过程中保持全程通电状态,具体试验条件由详细规范规定,结果应符合 5.16.2 的规定。

6.17.3 温度变化

按 GB/T 2423. 22—2002 中规定的试验方法试验,具体试验条件由详细规范规定,结果应符合 5.16.3 的规定。

6.17.4 振动

按 GB/T 2423. 10—2008 中规定的试验方法试验,具体试验条件由详细规范规定,记录压力传感器振动前和振动过程中的零点输出信号,按附录 A 公式(A. 35)计算振动对传感器零点影响,振动后按 6.10 的方法进行静态性能试验,结果应符合 5.16.4 的规定。

6.17.5 冲击

按 GB/T 2423. 5—1995 中规定的试验方法试验,具体试验条件由详细规范规定。结果应符合 5.16.5 的规定。

6.17.6 加速度

按 GB/T 2423. 15—2008 中规定的试验方法试验,具体试验条件由详细规范规定,结果应符合 5.16.6 的规定。

6.17.7 外磁场

将传感器放置在电磁场干扰试验台中,磁场方向对准传感器第一座标轴向(为 Y 轴向),对传感器施加载程 50%~70%的压力信号,记录传感器输出值,然后施加 400 A/m(均方根)的磁场信号,调整移相器(0~360°),观察传感器的输出变化,并按附录 A 公式(A. 36)计算外磁场对传感器输出的影响,结束后,按 6.10 的方法进行静态性能试验,结果应符合 5.16.7 的规定。

6.17.8 湿热

按 GB/T 2423. 3—2006 中规定的试验方法试验,具体试验条件由详细规范规定,试验完成后,结果应符合 5.16.8 的规定。

6.18 疲劳寿命

传感器安装到试验装置上,具体试验条件由详细规范规定,结果应符合 5.17 的规定。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

每只传感器应经制造厂检验部门按照规定的检验项目进行检验,检验合格后方可出厂。出厂检验的项目,检验顺序按表 3 规定进行。

表 3 检验项目

序号	检验项目	要求 章条号	试验方法 章条号	出厂检验 项目	型式检验 项目	检验项目 不合格类型
1	外观	5.2	6.3	√	√	C
2	外形及安装尺寸	5.3	6.4	√	√	C
3	输入阻抗	5.4	6.5	√	√	C
4	输出阻抗	5.5	6.6	√	√	C
5	负载阻抗	5.6	6.7	√	√	C
6	绝缘电阻	5.7	6.8	√	√	B
7	绝缘强度	5.8	6.9	√	√	B
8	零点输出	5.9.1	6.10.2	√	√	C

表 3 (续)

序号	检验项目	要求 章条号	试验方法 章条号	出厂检验 项目	型式检验 项目	检验项目 不合格类型
9	满量程输出	5.9.2	6.10.3	√	√	C
10	非线性	5.9.3	6.10.4	√	√	B
11	迟滞	5.9.4	6.10.5	√	√	B
12	重复性	5.9.5	6.10.6	√	√	B
13	准确度	5.9.6	6.10.7	√	√	B
14	过载	5.10	6.11	√	√	B
15	零点漂移	5.11	6.12	√	√	B
16	热零点漂移	5.12	6.13	√	√	B
17	热满量程输出漂移	5.13	6.14	√	√	B
18	零点长期稳定性	5.14	6.15	—	√	B
19	频率响应	5.15.1	6.16.2	—	√	B
20	谐振频率	5.15.2	6.16.3	—	√	B
21	自振频率	5.15.3	6.16.4	—	√	B
22	上升时间	5.15.4	6.16.5	—	√	B
23	过冲量	5.15.5	6.16.6	—	√	B
24	幅频误差	5.15.6	6.16.2	—	√	B
25	相移误差	5.15.7	6.16.2	—	√	B
26	高温试验	5.16.1	6.17.1	—	√	B
27	低温试验	5.16.2	6.17.2	—	√	B
28	温度变化	5.16.3	6.17.3	—	√	B
29	振动	5.16.4	6.17.4	—	√	B
30	冲击	5.16.5	6.17.5	—	√	B
31	加速度	5.16.6	6.17.6	—	√	B
32	外磁场	5.16.7	6.17.7	—	√	B
33	湿热	5.16.8	6.17.8	—	√	B
34	疲劳寿命	5.17	6.18	—	√	B
示例注：“√”为检验项目；“—”为不检验项目。						

7.3 型式检验

7.3.1 检验原则

- 传感器具备下列情况之一时,应进行型式试验:
- 新产品或老产品转厂生产的试验定型鉴定;
 - 正式生产后,如结构、材料、工艺等有重大改变;
 - 正常生产时,定期或积累一定产量后,应周期性的进行检验,检验周期一般应为 2 年;
 - 产品停产一年以上,恢复生产时;
 - 同类型产品进行比对时;

——国家质量监督机构提出进行型式试验的要求时。

7.3.2 型式检验项目

型式检验项目及检验顺序按表3的规定进行,根据传感器的不同类型、原理、使用环境可适当增减检验项目。

7.3.3 抽样、判定规定

型式检验的抽样按 GB/T 2829—2002 相应条款执行,抽检样本共 10 只,提供的样品基数应大于 2 倍抽样样品数量。以不合格品数为判断依据。样本量 $n=10$,采用判别水平 I 的一次性抽样方案。

对于 B 类不合格项,采用不合格质量水平 $RQL=20$, $Ac=1$ 、 $Re=2$ 。

对于 C 类不合格项,采用不合格质量水平 $RQL=40$,判定数组 $Ac=3$ 、 $Re=4$ 。

出现下列情况之一时,判本次型式检验不合格:

无 C 类项目不合格,有三个 B 类项目不合格时;

有二个 B 类项目不合格,同时有一个 C 类项目不合格时;

有一个 B 类项目不合格,同时有三个 C 类项目不合格时;

B 类项目不合格,有 5 个 C 类项目不合格时。

7.3.4 对不合格判定的处理

检验结果被判定为型式检验不合格时,按 GB/T 2829—2002 中 5.12.3 规定的原则进行处理。

8 标志、包装、运输及贮存

8.1 产品标志

传感器应有以下标志:

- a) 电源输入线和输出线及极性的标志;
- b) 差压传感器的高压端和低压端接口应有永久性标志;
- c) 型号标记应包含下列内容:
 - 1) 型号;
 - 2) 出厂编号;
 - 3) 量程;
 - 4) 生产日期;
 - 5) 生产单位名称或商标。

当传感器的尺寸小到无法全部标注以上内容时,至少应包含 a)、b) 两项内容。

8.2 包装

8.2.1 随机文件

- a) 产品合格证书;
- b) 产品使用说明书;
- c) 装箱单;
- d) 随机备用附件清单;
- e) 安装图;
- f) 其他相关文件资料。

8.2.2 传感器包装

- a) 传感器的包装应符合设计图纸规定;
- b) 产品应采用防雨、防潮气聚集的塑料薄膜包裹,顶部、底部及产品四角应按需衬垫泡沫层;
- c) 技术文件如使用说明书、合格证明书和保修单等应进行密封防潮包装,固定在包装箱内部明显的位置。

8.3 运输

传感器的运输必须严格遵照包装箱上注明的条件,严禁日晒、雨淋、倾斜或强烈振动。运输方式按订货合同上载明的要求执行。

8.4 贮存

包装后的传感器应贮存在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不超过85%,无凝露,无腐蚀性气体和腐蚀性化学药品,通风良好的室内,贮存期不应超过一年。

附 录 A
(规范性附录)
传感器性能指标的计算方法

A.1 实际工作特性

在传感器的整个测量范围内取 m 个校准点,校准点通常应包括零点和测量上限点,一般取 $m = (5 \sim 11)$ 点,进行 n 次压力循环校准试验,校准循环一般取 $n = (3 \sim 5)$ 次,则在任一校准点上分别有 n 个正、反行程试验数据,计算每个校准点上正、反行程试验数据的平均值和总的平均值:

正行程平均值:

$$\bar{Y}_{Ui} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_{Uij} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

反行程平均值:

$$\bar{Y}_{Di} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_{Dij} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

总平均值:

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{2} (\bar{Y}_{Ui} + \bar{Y}_{Di}) \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

Y_{Uij} ——正行程第 i 个校准点第 j 次的示值 ($i=1,2,3,\dots,m, j=1,2,3,\dots,n$);

Y_{Dij} ——反行程第 i 个校准点第 j 次的示值 ($i=1,2,3,\dots,m, j=1,2,3,\dots,n$);

$\bar{Y}_i$ ——第 i 个校准点正反行程总平均值;

n ——重复试验次数;

m ——校准点个数。

A.2 参比工作直线**A.2.1 端基直线平移法**

首先,计算端基直线方程 Y_{EP} :

$$Y_{EP} = \frac{\bar{Y}_L \cdot X_H - \bar{Y}_H \cdot X_L}{X_H - X_L} + \frac{\bar{Y}_H - \bar{Y}_L}{X_H - X_L} \cdot X \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

X_H, X_L ——表示测量上、下限压力值;

$\bar{Y}_H, \bar{Y}_L$ ——表示测量上、下限输出值的平均值;

则端基平移直线作为参比工作直线方程为:

$$Y = a + bX \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

计算各校准点正、反行程总平均值与端基直线方程差值中的最大值(最大正值)和最小值(最大负值或零):

$$(\Delta y_{LH})_{\max} = (\bar{Y}_i - Y_{EPi})_{\max} \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

$$(\Delta y_{LH})_{\min} = (\bar{Y}_i - Y_{EPi})_{\min} \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

则端基平移直线的截距 a 按公式(A.8)计算:

$$a = \frac{\bar{Y}_L \cdot X_H - \bar{Y}_H \cdot X_L}{X_H - X_L} + \frac{1}{2} [(\Delta y_{LH})_{\max} + (\Delta y_{LH})_{\min}] \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

斜率 b 按公式(A.9)计算:

$$b = \frac{\bar{Y}_H - \bar{Y}_L}{X_H - X_L} \dots\dots\dots (A.9)$$

A.2.2 最小二乘法

最小二乘法作为参比工作直线方程为:

$$Y_{LS} = a + bX \dots\dots\dots (A.10)$$

截距 a 按公式(A.11)计算:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^m X_i^2 \sum_{i=1}^m \bar{Y}_i - \sum_{i=1}^m X_i \sum_{i=1}^m X_i \bar{Y}_i}{m \sum_{i=1}^m X_i^2 - (\sum_{i=1}^m X_i)^2} \dots\dots\dots (A.11)$$

式中:

m ——校准点个数。

斜率 b 按公式(A.12)计算:

$$b = \frac{m \sum_{i=1}^m X_i \bar{Y}_i - \sum_{i=1}^m X_i \sum_{i=1}^m \bar{Y}_i}{m \sum_{i=1}^m X_i^2 - (\sum_{i=1}^m X_i)^2} \dots\dots\dots (A.12)$$

A.2.3 对于定点使用的非线性传感器,可采用正、反行程的总平均值为传感器的工作特性。

A.2.4 对于非定点使用的非线性传感器及带刻度方程的线性传感器,可采用刻度方程为其工作特性。

A.3 满量程输出值($Y_{F.S}$)

A.3.1 传感器测量上限输出值与测量下限输出值之差的绝对值(以理论特性直线的计算值为依据)为满量程输出,即:

$$Y_{F.S} = |b \cdot (X_H - X_L)| \dots\dots\dots (A.13)$$

式中:

b ——理论工作直线的斜率;

X_H, X_L ——为测量上、下限的压力值。

A.3.2 对于定点使用的非线性传感器,满量程输出:

$$Y_{F.S} = |\bar{Y}_H - \bar{Y}_L| \dots\dots\dots (A.14)$$

式中:

$\bar{Y}_H, \bar{Y}_L$ ——为测量上、下限输出值的平均值。

A.3.3 对于非定点使用的非线性传感器及带刻度方程的线性传感器,满量程输出为:

$$Y_{F.S} = |\bar{Y}_H - \bar{Y}_L| \dots\dots\dots (A.15)$$

式中:

$\bar{Y}_H, \bar{Y}_L$ ——为刻度方程上的上、下限点的计算输出值。

A.4 非线性(ξ_L)

A.4.1 线性压力传感器的非线性指标:

$$\xi_L = \frac{|\bar{Y}_i - Y_i|_{\max}}{Y_{F.S}} \times 100\% \dots\dots\dots (A.16)$$

式中:

$\bar{Y}_i$ ——根据公式(A.3)计算出的输出总平均值;

Y_i ——根据公式(A.5)或公式(A.10)式计算出的理论值,对于带刻度方程的线性压力传感器为其

刻度方程对应的输出值。

A.4.2 非线性传感器不计算非线性度指标,对于非定点使用的非线性传感器,计算刻度误差(ξ_K)(指标要求与非线性度相同):

$$\xi_K = \frac{|\bar{Y}_i - Y_i|_{\max}}{Y_{F.S.}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.17)$$

式中:

$\bar{Y}_i$ ——根据公式(A.3)计算出的输出总平均值;
 Y_i ——非定点使用的非线性压力传感器刻度方程对应的输出值。

A.5 迟滞(ξ_H)

$$\xi_H = \frac{|\bar{Y}_{Ui} - \bar{Y}_{Di}|_{\max}}{Y_{F.S.}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.18)$$

A.6 重复性(ξ_R)

采用贝赛尔公式分别计算每个校验点上正、反行程输出值的子样标准偏差:
正行程子样标准偏差 S_{Ui} :

$$S_{Ui} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (Y_{Uij} - \bar{Y}_{Ui})^2} \quad \dots\dots\dots (A.19)$$

式中:

n ——重复试验的次数。

反行程子样标准偏差 S_{Di} :

$$S_{Di} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (Y_{Dij} - \bar{Y}_{Di})^2} \quad \dots\dots\dots (A.20)$$

传感器在整个测量范围内的子样标准偏差 S :

$$S = \sqrt{\frac{1}{2m} \left(\sum_{i=1}^m S_{Ui}^2 + \sum_{i=1}^m S_{Di}^2 \right)} \quad \dots\dots\dots (A.21)$$

式中:

m ——校准点个数。

则重复性为:

$$\xi_R = \frac{\lambda S}{Y_{F.S.}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.22)$$

式中:

λ ——包含因子,一般取 $\lambda=3$ 。

也可以按 t 分布取值,但不推荐使用,取包含因子 $\lambda=t_{0.95}$ (保证 95% 的置信度),其与校准循环次数 n 和校准点个数有关,具体见表 A.1。

表 A.1 按 t 分布的包含因子取值

$m(n-1)$	10	12	14	15	16	18	20	25	30	35	40	45
$t_{0.95}$	2.23	2.18	2.14	2.13	2.12	2.10	2.09	2.06	2.04	2.03	2.02	2.01

A.7 准确度(ξ)

A.7.1 传感器的准确度是系统误差与随机误差的综合反映,即取决于系统误差与随机误差带的大小。

A.7.2 线性传感器的系统误差带

a) 采用端基平移直线时:

$$U_1 = \pm \frac{1}{2} (|\bar{Y}_{U_i} - Y_i|_{\max} + |\bar{Y}_{D_i} - Y_i|_{\max}) \quad \dots\dots\dots (A.23)$$

式中:

$\bar{Y}_{U_i}$ 、 $\bar{Y}_{D_i}$ ——分别为根据公式(A.1)、公式(A.2)计算出的正、反行程输出平均值。

Y_i ——为根据公式(A.5)计算出的端基平移直线方程计算输出值。

b) 采用最小二乘法时:

正行程的系统误差为:

$$(\Delta Y)_{U_i} = |\bar{Y}_{U_i} - Y_{LSi}|_{\max} \quad \dots\dots\dots (A.24)$$

反行程的系统误差为:

$$(\Delta Y)_{D_i} = |\bar{Y}_{D_i} - Y_{LSi}|_{\max} \quad \dots\dots\dots (A.25)$$

式中:

Y_{LSi} ——为根据公式(A.10)计算出的最小二乘直线方程计算输出值。

则 U_1 为 $(\Delta Y)_{U_i}$ 与 $(\Delta Y)_{D_i}$ 中较大者。

A.7.3 对于定点使用的非线性传感器,系统误差带为:

$$U_1 = \pm \frac{1}{2} |\bar{Y}_{U_i} - \bar{Y}_{D_i}|_{\max} \quad \dots\dots\dots (A.26)$$

A.7.4 对于非定点使用的非线性传感器及带刻度方程的线性传感器的系统误差带为:

正行程的系统误差为:

$$(\Delta Y)_{U_i} = |\bar{Y}_{U_i} - Y|_{\max} \quad \dots\dots\dots (A.27)$$

式中:

Y ——刻度方程对应值。

反行程的系统误差为:

$$(\Delta Y)_{D_i} = |\bar{Y}_{D_i} - Y|_{\max} \quad \dots\dots\dots (A.28)$$

则 U_1 为 $(\Delta Y)_{U_i}$ 与 $(\Delta Y)_{D_i}$ 中较大者。

A.7.5 传感器的随机误差 U_2 为:

$$U_2 = \pm 3S \quad \dots\dots\dots (A.29)$$

A.7.6 传感器的准确度(ξ):

$$\xi = \pm \frac{|U_1| + |U_2|}{Y_{F.S}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.30)$$

A.8 零点漂移(d_z)

$$d_z = \frac{|Y_{\max} - Y_{\min}|}{Y_{F.S}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.31)$$

式中:

$Y_{\max}$ 、 $Y_{\min}$ ——零点漂移的考核期间内零点示值的最大值、最小值。

A.9 零点长期稳定性(r_z)

$$r_z = \frac{|Y_{\max} - Y_{\min}|}{Y_{F.S}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.32)$$

式中:

$Y_{\max}$ 、 $Y_{\min}$ ——考核期间内零点输出的最大值、最小值。

A. 10 热零点漂移(α)

$$\alpha = \frac{Y(t_2) - Y(t_1)}{Y_{F.S} \cdot (t_2 - t_1)} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A. 33)$$

式中:

t_1 ——室温;

t_2 ——为上限补偿温度或下限补偿温度;

$Y(t_1)$ ——室温时,传感器的零点输出;

$Y(t_2)$ ——为上限补偿温度或下限补偿温度下,传感器零点输出。

A. 11 热满量程输出漂移(β)

$$\beta = \frac{[Y_H(t_2) - Y_L(t_2)] - [Y_H(t_1) - Y_L(t_1)]}{Y_{F.S} \cdot (t_2 - t_1)} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A. 34)$$

式中:

t_1 ——室温;

t_2 ——为上限补偿温度或下限补偿温度;

$Y_H(t_1)$ ——室温时,传感器的测量上限输出;

$Y_H(t_2)$ —— t_2 温度下,传感器的测量上限输出;

$Y_L(t_1)$ ——室温时,传感器的测量下限输出;

$Y_L(t_2)$ —— t_2 温度下,传感器的测量下限输出。

A. 12 振动对传感器零点影响(Z_0)

$$Z_0 = \frac{|Y_L - Y_{L0}|_{\max}}{Y_{F.S}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A. 35)$$

式中:

Y_L ——振动过程中,传感器的零点输出值;

Y_{L0} ——振动前,传感器的零点输出值。

A. 13 外磁场对传感器输出的影响(C_c)

$$C_c = \frac{|Y_m - Y_{m0}|}{Y_{F.S}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A. 36)$$

式中:

Y_m ——施加外磁场过程中,传感器的输出值;

Y_{m0} ——施加外磁场之前,传感器的输出值。

试验过程中保持传感器的输入压力不变,输入压力为传感器量程的 50%~70%。