



中华人民共和国国家标准

GB/T 28854—2012

硅电容式压力传感器

Silicon capacitive pressure sensor

2012-11-05 发布

2013-02-15 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 术语和定义	1
4 分类与命名	2
4.1 分类	2
4.2 命名	2
5 基本参数	2
5.1 测量范围(量程)	2
5.2 工作压力	2
5.3 工作温度范围	3
6 要求	3
6.1 产品技术条件(详细规范)	3
6.2 基本性能	3
6.3 静态性能	4
6.4 稳定性	5
6.5 温度影响	5
6.6 过载(适用时)	5
6.7 静压	6
6.8 环境性能	6
6.9 疲劳寿命(适用时)	6
7 试验方法	7
7.1 环境条件	7
7.2 试验前准备	7
7.3 基本性能	7
7.4 静态性能	8
7.5 稳定性	10
7.6 温度影响	10
7.7 过载	10
7.8 静压	10
7.9 环境性能	11
7.10 疲劳寿命	13
8 检验规则	13
8.1 检验分类	13
8.2 出厂检验	13
8.3 型式检验	14

9 标志、包装、运输及贮存·····	15
9.1 产品标志·····	15
9.2 包装·····	15
9.3 运输·····	16
9.4 贮存·····	16
附录 A (规范性附录) 传感器性能指标的计算方法·····	17
A.1 实际工作特性·····	17
A.2 参比工作直线·····	17
A.3 满量程输出(Y_{FS})·····	18
A.4 非线性(ξ_L)·····	19
A.5 迟滞(ξ_H)·····	19
A.6 重复性(ξ_R)·····	19
A.7 准确度(ξ)·····	20
A.8 零点漂移(d_z)·····	21
A.9 零点长期稳定性(r_z)·····	22
A.10 满量程输出漂移(r_F)·····	22
A.11 热零点漂移(α)·····	22
A.12 热满量程输出漂移(β)·····	22
A.13 振动对传感器零点影响(Z_0)·····	23

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由中国机械工业联合会归口。

本标准起草单位：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、浙江中控仪表有限公司、吉林化工集团仪表有限责任公司、中国仪器仪表协会传感器分会、中国仪器仪表学会仪表元件分会。

本标准主要起草人：张治国、刘沁、李颖、匡石、徐秋玲、于振毅、丁云、卢宏、刘剑、张娜、刘波、殷波。

硅电容式压力传感器

1 范围

本标准规定了硅电容式压力传感器的术语和定义、分类与命名、基本参数、要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输及贮存。

本标准适用于硅电容式压力传感器(以下简称传感器)。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 191—2008 包装储运图示标志

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

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

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

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

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)

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

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 7665—2005 传感器通用术语

GB/T 7666—2005 传感器命名法及代码

GB/T 14479 传感器图用图形符号

GB/T 17626.1—2006 电磁兼容 试验和测量技术 抗扰度试验总论

3 术语和定义

GB/T 7665—2005 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

基础电容 base capacitance

正负压腔通大气(表压、差压型)或输入为零压(绝压型)时传感器单个电容的输出电容值。

3.2

电容偏差 capacitance deviation

差动电容式传感器两个基础电容的差值。

3.3

电容增量比 capacitance increasing amount ratio

传感器承受满量程压力时,因压力增加而产生的电容增量的绝对值与其基础电容值的比。

4 分类与命名

4.1 分类

4.1.1 按感受压力类型

按感受压力类型可分为：

- 差压传感器；
- 表压传感器；
- 绝压传感器。

4.1.2 按输出信号

按输出信号可分为：

- A类：电量输出型，带信号调理电路的电压或电流；
- B类：电容输出型，直接电容值输出。

4.1.3 按敏感电容结构

按芯体敏感电容结构可分为：

- 单电容式；
- 差动电容式。

4.2 命名

4.2.1 传感器型号命名应按 GB/T 7666—2005 的规定。

4.2.2 传感器的图形符号应按 GB/T 14479 的规定。

5 基本参数

5.1 测量范围(量程)

传感器测量范围应符合产品技术条件(详细规范)的规定。除另有规定外，传感器测量范围宜从下列数值中选取：

$0, \pm 1 \times 10^n, \pm 1.3 \times 10^n, \pm 1.6 \times 10^n, \pm 2 \times 10^n, \pm 2.5 \times 10^n, \pm 3 \times 10^n, \pm 3.2 \times 10^n, \pm 4 \times 10^n, \pm 5 \times 10^n, \pm 6 \times 10^n, \pm 8 \times 10^n$ 。

其中 n 为整数, $n=0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ 。

测量范围的单位为：帕(Pa)、千帕(kPa)、兆帕(MPa)、吉帕(GPa)。

5.2 工作压力

传感器工作压力范围应符合产品技术条件(详细规范)的规定。除另有规定外，传感器工作压力范围宜从下列数值中选取：

$1 \times 10^n, 1.5 \times 10^n, 1.6 \times 10^n, 2 \times 10^n, 2.5 \times 10^n, 3 \times 10^n, 3.2 \times 10^n, 4 \times 10^n, 4.2 \times 10^n, 5 \times 10^n, 6 \times 10^n, 7.5 \times 10^n, 9 \times 10^n$ 。

其中 n 为整数, $n=0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ 。

测量范围的单位为：帕(Pa)、千帕(kPa)、兆帕(MPa)、吉帕(GPa)。

5.3 工作温度范围

传感器工作温度范围应符合产品技术条件(详细规范)的规定。

工作温度的下限值优先从下列数值中选取: $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

工作温度的上限值优先从下列数值中选取: $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, $85\text{ }^{\circ}\text{C}$, $90\text{ }^{\circ}\text{C}$, $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, $125\text{ }^{\circ}\text{C}$, $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, $175\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6 要求

6.1 产品技术条件(详细规范)

应制定符合标准要求的产品技术条件(详细规范)。传感器应符合产品技术条件(详细规范)规定的所有要求。当本标准的要求与产品技术条件(详细规范)的要求不一致时,应以产品技术条件(详细规范)为准。

6.2 基本性能

6.2.1 外观

传感器外表应光洁、完好,不应有视觉可见的划痕及其他损伤;焊缝应均匀、光滑;标记应完整、清晰。

6.2.2 外形及安装尺寸

传感器的外形及安装尺寸应符合产品技术条件(详细规范)及产品图样的规定。

6.2.3 电气连接

传感器的电气连接应符合产品技术条件(详细规范)及产品图样的规定。



6.2.4 重量

传感器的重量应符合产品技术条件(详细规范)的规定。

6.2.5 基础电容

传感器的基础电容标称值推荐从下列数值中选取: 10 pF , 25 pF , 50 pF , 75 pF , 100 pF , 150 pF 。

基础电容值的允差推荐从下列数值中选取: $\pm 5\text{ pF}$, $\pm 7\text{ pF}$, $\pm 10\text{ pF}$ 。

6.2.6 电容偏差

电容偏差推荐从下列数值中选取: $\leq 3\text{ pF}$, $\leq 5\text{ pF}$, $\leq 7\text{ pF}$ 。

6.2.7 电容增量比

传感器的电容增量比推荐从下列数值中选取: 20% , 30% , 40% , 50% , 60% , 70% , 75% , 80% 。

电容增量比的允差推荐从下列数值中选取: $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ 。

6.2.8 绝缘电阻

传感器的绝缘电阻推荐从下列数值中选取: $\geq 20\text{ M}\Omega$, $\geq 50\text{ M}\Omega$, $\geq 100\text{ M}\Omega$, $\geq 200\text{ M}\Omega$, $\geq 500\text{ M}\Omega$ 。

测量用直流电压值推荐采用: 100 V , 250 V , 500 V , $1\text{ }000\text{ V}$ 。

6.2.9 绝缘强度

对传感器施加 50 Hz 正弦波交流电压 1 min,应无击穿和飞弧现象。
测量用交流电压有效值应从下列数值中选取:100 V,250 V,500 V,1 000 V。

6.3 静态性能

6.3.1 零点输出

传感器的零点输出应符合产品技术条件(详细规范)的规定。

6.3.2 满量程输出

传感器的满量程输出应符合产品技术条件(详细规范)的规定。

6.3.3 满量程输出对称性(适用时)

传感器测量组件为双结构时,其满量程输出对称性应符合产品技术条件(详细规范)的规定。

6.3.4 非线性(适用 A 类)

传感器的非线性应符合产品技术条件(详细规范)的规定。非线性误差推荐从表 1 中选取。

表 1 传感器非线性、符合度、迟滞、重复性、准确度等级

准确度等级	非线性 %FS	符合度 %FS	迟滞 %FS	重复性 %FS	准确度 %FS
0.025	≤0.015	≤0.015	≤0.01	≤0.01	±0.025
0.04	≤0.02	≤0.02	≤0.02	≤0.02	±0.04
0.05	≤0.03	≤0.03	≤0.02	≤0.02	±0.05
0.075	≤0.04	≤0.04	≤0.035	≤0.035	±0.075
0.10	≤0.05	≤0.05	≤0.05	≤0.05	±0.10
0.25	≤0.15	≤0.15	≤0.10	≤0.10	±0.25
0.5	≤0.25	≤0.25	≤0.25	≤0.25	±0.50
1.0	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	±1.0

6.3.5 符合度(适用 B 类)

传感器的符合度应符合产品技术条件(详细规范)的规定。符合度误差推荐从表 1 中选取。

6.3.6 迟滞

传感器的迟滞应符合产品技术条件(详细规范)的规定。迟滞误差推荐从表 1 中选取。

6.3.7 重复性

传感器的重复性应符合产品技术条件(详细规范)的规定。重复性误差推荐从表 1 中选取。

6.3.8 准确度

传感器的准确度应符合产品技术条件(详细规范)的规定。准确度误差推荐从表 1 对应的准确度等

级或更高级别中选取。

6.4 稳定性

6.4.1 零点漂移(适用时)

在规定的时间内传感器的零点漂移应符合产品技术条件(详细规范)的规定。

规定时间推荐从下列时间中选取:1 h,2 h,3 h,4 h,8 h,24 h,48 h,72 h,96 h,120 h。

漂移量推荐选取:小于0.05%FS,小于0.1%FS,小于0.25%FS,小于0.5%FS。

6.4.2 零点长期稳定性(适用时)

在规定的周期(6个月或12个月)内,传感器零点长期稳定性应符合产品技术条件(详细规范)的规定。

6.4.3 满量程输出漂移(适用时)

在规定的周期(6个月或12个月)内,传感器满量程输出漂移应符合产品技术条件(详细规范)的规定。

6.5 温度影响

6.5.1 热零点漂移

传感器在工作温度范围内的热零点漂移应符合产品技术条件(详细规范)的规定。传感器的热零点漂移推荐从表2对应准确度等级或更高级别指标范围中选取。

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 %FS/℃	热满量程输出漂移 %FS/℃
0.025	±0.002 5	±0.002 5
0.04	±0.004	±0.004
0.05	±0.005	±0.005
0.075	±0.01	±0.01
0.1	±0.01	±0.01
0.25	±0.025	±0.025
0.5	±0.05	±0.05
1.0	±0.1	±0.1

6.5.2 热满量程输出漂移

传感器在工作温度范围内的热满量程输出漂移应符合产品技术条件(详细规范)的规定。传感器的热满量程输出漂移推荐从表2对应准确度等级或更高级别指标范围中选取。

6.6 过载(适用时)

传感器承受过载能力应符合产品技术条件(详细规范)的规定。

推荐过载值从下列数值中选取:测量上限的1.5倍,2倍,2.5倍,3倍,5倍,7.5倍,10倍,15倍。

6.7 静压

6.7.1 双向静压(适用时)

产品技术条件(详细规范)应给出传感器能承受的最大静压压力(简称静压)。静压大小与差压测量范围相关。在承受最大静压压力后,传感器的零点输出变化误差应符合产品技术条件(详细规范)规定。

6.7.2 零点静压影响(适用时)

传感器零点静压影响应符合产品技术条件(详细规范)的规定。

6.7.3 满量程静压影响(适用时)

传感器满量程静压影响应符合产品技术条件(详细规范)的规定。

6.7.4 单向静压(适用时)

传感器的单向静压应符合产品技术条件(详细规范)的规定。

6.8 环境性能

6.8.1 低温试验(适用时)

试验后传感器应符合产品技术条件(详细规范)规定的性能要求。

6.8.2 高温试验(适用时)

试验后传感器应符合产品技术条件(详细规范)规定的性能要求。

6.8.3 温度变化(适用时)

试验后传感器应符合产品技术条件(详细规范)规定的性能要求。

6.8.4 振动(适用时)

振动过程中和试验后传感器应符合产品技术条件(详细规范)规定的性能要求。

6.8.5 冲击(适用时)

试验后传感器应符合产品技术条件(详细规范)规定的性能要求。

6.8.6 湿热(适用时)

试验后传感器应符合产品技术条件(详细规范)规定的性能要求。

6.8.7 电磁兼容性(适用时)

试验中及试验后传感器应符合产品技术条件(详细规范)规定的性能要求。

6.8.8 高温电寿命(适用时)

试验中及试验后传感器应符合产品技术条件(详细规范)规定的性能要求。

6.9 疲劳寿命(适用时)

试验后传感器应符合产品技术条件(详细规范)规定的性能要求。

7 试验方法

7.1 环境条件

7.1.1 参比大气条件

温度:18℃~22℃;
相对湿度:50%~80%;
大气压力:86 kPa~106 kPa。

7.1.2 一般试验的大气条件

温度:15℃~35℃;
相对湿度:30%~85%;
大气压力:86 kPa~106 kPa。

注: 每项试验期间允许的温度变化率,不大于1℃/h。

7.1.3 其他环境条件

除上述大气条件外,试验尚应在下述环境条件下进行:

- 磁场:除地磁场外,无其他外界磁场;
- 机械振动:无机械振动。

7.2 试验前准备

7.2.1 连接方式

按照6.2.3的规定连接好被测传感器与其激励电源、压力源和读数装置。

7.2.2 预置时间

被测传感器及测试仪器应在试验环境下放置1 h以上,达到温度平衡,通电预热时间不少于30 min或按产品技术条件(详细规范)的规定。

7.3 基本性能

7.3.1 外观

用目测方法检查传感器的外观,结果应符合6.2.1的规定。

7.3.2 外形及安装尺寸

用卡尺、千分尺、千分表、标准规或其他标准量具仪器检测传感器的外形及安装尺寸,结果应符合6.2.2的规定。

7.3.3 电气连接

目测检查被测传感器的电气连接,应符合6.2.3的规定。

7.3.4 重量

用天平或其他标准称量仪器称量传感器的重量,结果应符合6.2.4的规定。

7.3.5 基础电容

对于 B 类电容输出型,在不加载荷的情况下,用电容表测试传感器输出端的电容值。

对于差动电容式则得到两个基础电容值 C_1 、 C_2 。

测量结果与基础电容标称值的偏差应在 6.2.5 规定的允差范围内。

电容表的分辨力应不小于 0.01 pF。

7.3.6 电容偏差

差动电容式传感器的电容偏差为传感器两个基础电容 C_1 、 C_2 的差值,按公式(1)计算,结果应符合 6.2.6 的规定。

$$\Delta C = |C_1 - C_2| \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

ΔC —— 电容偏差,单位为皮法(pF);

C_1 —— 传感器的第一个基础电容,单位为皮法(pF);

C_2 —— 传感器的第二个基础电容,单位为皮法(pF)。

7.3.7 电容增量比

用电容表分别测试传感器不加载荷及加满量程时的电容输出值,按公式(2)计算电容增量比,结果应符合 6.2.7 的规定。

$$\gamma_C = \left| \frac{C_P - C_0}{C_0} \right| \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

γ_C —— 电容增量比,(%);

C_P —— 满量程时电容输出值,单位为皮法(pF);

C_0 —— 基础电容值,单位为皮法(pF)。

差动电容式可只计算随压力增加而增加电容的电容增量比。

7.3.8 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,给传感器施加产品技术条件(详细规范)规定的直流测试电压,将传感器全部引出线并接测量传感器引出线(应与外壳无连接)与壳体之间的绝缘电阻,结果应符合 6.2.8 的规定。

7.3.9 绝缘强度

在被测传感器不施加激励电源的条件下,将传感器全部引出线并接,用绝缘强度测试仪器在传感器引出线与壳体之间,施加产品技术条件(详细规范)规定的交流电压,持续时间为 1 min 或按详细规范的规定,应无击穿和飞弧现象,结果应符合 6.2.9 的规定。

7.4 静态性能

7.4.1 试验方法

对 B 类电容输出型,通过符合产品技术条件(详细规范)规定的测试系统或者测试电路把电容传感器的电容信号转换为电压(电流)输出信号实施检测。

给传感器施加不少于 3 次的预压,使被测传感器压力升到测量上限值,待压力稳定后降压至测量下限值。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,测量与输入压

力点对应的传感器输出,并且重复三次或三次以上的升、降压循环。

通过上述试验获得的数据,按附录 A 的计算方法可确定下列静态性能指标。

7.4.2 零点输出

所加被测量为零时测量传感器的输出值,结果应符合 6.3.1 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 的绝对压力代替真空,当实际输入的压力大于传感器测量允许基本误差绝对值的 1/5 时,应对输出值进行修正,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;

Y'_0 —— 输入绝对压力不大于 10 Pa 时的输出值;

b —— 校准特性曲线的端点连线的斜率;

x —— 输入的绝对压力值。

7.4.3 满量程输出

传感器测量上限与测量下限输出值之差的绝对值(以参比直线的计算值为依据),按附录 A.3 的规定计算,结果应符合 6.3.2 的规定。

7.4.4 满量程输出对称性

对于双测量结构的传感器,在传感器双测量结构的两端,如差压传感器的高压端和低压端分别测试满量程输出,或者分别测量传感器的正压段和负压段量程的满量程输出,按公式(4)进行计算,结果应符合 6.3.3 的规定。

$$p_d = \frac{Y_{FS}(h) - Y_{FS}(l)}{Y_{FS}(h)} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

p_d —— 满量程输出对称性, %FS;

$Y_{FS}(h)$ —— 高压端(或量程正压段)满量程输出值;

$Y_{FS}(l)$ —— 低压端(或量程负压段)满量程输出值。

7.4.5 非线性

按附录 A.4 的规定计算传感器非线性,结果应符合 6.3.4 的规定。

7.4.6 符合度(刻度误差)

按附录 A.4 的规定计算传感器符合度(刻度误差),结果应符合 6.3.5 的规定。

7.4.7 迟滞

按附录 A.5 的规定计算传感器的迟滞,结果应符合 6.3.6 的规定。

7.4.8 重复性

按附录 A.6 的规定计算传感器的重复性,结果应符合 6.3.7 的规定。

7.4.9 准确度

按附录 A.7 的规定计算传感器的准确度,结果应符合 6.3.8 的规定。

7.5 稳定性

7.5.1 通则

7.5.2、7.5.3 和 7.5.4 规定的试验方法适用于 A 类传感器。

7.5.2 零点漂移

按产品技术条件(详细规范)规定的条件,在不加载荷的条件下,按规定的时间间隔记录传感器的零点输出,从开始记录起连续进行的时间不少于 2 h,按附录 A.8 的规定进行零点漂移的计算,结果应符合 6.4.1 的规定。

7.5.3 零点长期稳定性

按产品技术条件(详细规范)的规定,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,试验期间工作温度应保持在 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。按附录 A.9 的规定计算传感器零点长期稳定性,结果应符合 6.4.2 的规定。

7.5.4 满量程输出漂移

按产品技术条件(详细规范)规定的条件,按规定的时间间隔记录传感器的满量程输出,按附录 A.10 的规定计算规定时间内满量程输出的最大差值相对满量程输出的百分比,结果应符合 6.4.3 的规定。

7.6 温度影响

7.6.1 热零点漂移

将传感器放入高、低温试验箱,分别在室温、工作温度范围下限温度、工作温度范围上限温度各恒温产品技术条件(详细规范)规定的时间,记录各温度点的零点输出值,按附录 A.11 的规定计算热零点漂移,结果应符合 6.5.1 的规定。

7.6.2 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、工作温度范围下限温度、工作温度范围上限温度各恒温产品技术条件(详细规范)规定的时间,记录各温度点的满量程输出值,按附录 A.12 的规定计算热满量程输出漂移,结果应符合 6.5.2 的规定。

7.7 过载

在试验的一般大气条件下,按产品技术条件(详细规范)规定施加过载压力信号,保持时间不少于 1 min 后卸载,重复 3 次,恢复 5 min,然后按产品技术条件(详细规范)规定的检验项目进行检测,结果应符合 6.6 的规定。

7.8 静压

7.8.1 双向静压

对差压传感器的高压端和低压端同时施加产品技术条件(详细规范)规定的静压压力,保持 1 min,卸载后,按 7.4.2 的规定进行零点输出试验,结果应符合 6.7.1 的规定。

7.8.2 零点静压影响

试验前,将差压传感器的高压端和低压端通大气,测量传感器的输出值。

将产品技术条件(详细规范)规定的静压压力源,同时施加到传感器高压端和低压端,保持 1 min,测量传感器的输出值。零点静压影响按公式(5)计算,结果应符合 6.7.2 的规定。

$$p_0 = \frac{Y_0(p) - Y_0}{Y_{FS}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

- p_0 ——零点静压影响;
- $Y_0(p)$ ——施加静压时的零点输出值;
- Y_0 ——试验前无静压时的零点输出值;
- Y_{FS} ——试验前无静压时的满量程输出值。

7.8.3 满量程静压影响

试验前,测量传感器的测量范围下限输出值和测量范围上限输出值,其差值为满量程输出值。对传感器两端同时施加产品技术条件(详细规范)规定的最大静压,保持 1 min。在此基础上在传感器高压端分别施加传感器的测量范围下限压力和测量范围上限压力,其差值为最大静压压力影响下的满量程输出值。满量程静压影响按公式(6)计算。

对传感器两端同时施加产品技术条件(详细规范)规定的 50% 的静压压力,保持 1 min。在此基础上在传感器高压端分别施加传感器的测量范围下限压力和测量范围上限压力,其差值为 50% 静压压力影响下的满量程输出值。满量程静压影响按公式(6)计算。

取两种静压压力对应的计算结果的最大值,结果应符合 6.7.3 的规定。

$$p_{FS} = \left| \frac{Y_{FS}(p) - Y_{FS}}{Y_{FS}} \right|_{\max} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- p_{FS} ——满量程静压影响;
- $Y_{FS}(p)$ ——在 100% 或 50% 静压压力下测得的满量程输出值;
- Y_{FS} ——试验前无静压时的满量程输出值。

7.8.4 单向静压

对差压传感器高压端施加产品技术条件(详细规范)规定的正向静压压力,保持 1 min,卸载 10 min 后,按 7.4.2 的规定进行零点输出试验,结果应符合 6.7.4 的规定。

再对低压端施加产品技术条件(详细规范)规定的负向静压压力,保持 1 min,卸载 10 min 后,按 7.4.2 的规定进行零点输出试验,结果应符合 6.7.4 的规定。

7.9 环境性能

7.9.1 低温试验

按 GB/T 2423.1—2008 中 5.2 规定的试验方法和以下规定试验:

- 试验温度:应为 5.3 规定的工作温度范围下限值;
- 降温速率:试验箱内温度变化速率应不超过 1 °C/min;
- 持续时间:宜从下列数值中选取或按产品技术条件(详细规范)规定:2 h, 16 h, 72 h, 96 h;
- 工作条件:从降温开始通电;
- 升温速率:试验持续时间结束时,升温至室温,温度变化速率应不超过 1 °C/min;
- 恢复时间:在一般试验的大气环境条件下进行恢复,至少 2 h。

传感器在室温状态稳定后,应按 7.4.2 规定进行零点输出或产品技术条件(详细规范)规定的性能测试,结果应符合 6.8.1 的规定。

7.9.2 高温试验

按 GB/T 2423.2—2008 中 5.2 规定的试验方法和以下规定试验：

- 试验温度：应为 5.3 规定的工作温度范围上限值；
- 升温速率：试验箱内温度变化速率应不超过 $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ；
- 试验时间：宜从下列数值中选取或按产品技术条件（详细规范）规定：2 h, 16 h, 72 h, 96 h；
- 工作条件：从升温开始通电；
- 降温速率：试验持续时间结束时，降温至室温，温度变化速率应不超过 $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ；
- 恢复时间：在一般试验的大气环境条件下进行恢复，至少 2 h。

传感器在室温状态稳定后，应按 7.4.2 规定进行零点输出或产品技术条件（详细规范）规定的性能测试，结果应符合 6.8.2 的规定。

7.9.3 温度变化

按 GB/T 2423.22—2002 中规定的试验方法和以下规定试验：

- 试验温度：按产品技术条件（详细规范）规定选取低温点和高温点；
- 保持时间：宜从下列数值中选取或按产品技术条件（详细规范）规定：3 h, 2 h, 1 h, 30 min；
- 转换时间：高温和低温之间转换时间应不大于 3 min；
- 循环数：循环数应为 5 个，或按产品技术条件（详细规范）规定；
- 恢复时间：在一般试验的大气环境条件下进行恢复，至少 2 h。

传感器在室温状态稳定后，应按 7.4.2 规定进行零点输出或产品技术条件（详细规范）规定的性能测试，结果应符合 6.8.3 的规定。

7.9.4 振动



按 GB/T 2423.10—2008 中规定的试验方法进行试验，产品技术条件（详细规范）应给出频率范围、振动幅值、加速度、振动方向和持续时间。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.13 的规定计算振动对传感器零点影响，结果应符合 6.8.4 的规定。

7.9.5 冲击

按 GB/T 2423.5—1995 中规定的试验方法进行试验，产品技术条件（详细规范）应给出以下规定：

- 脉冲波形；
- 冲击方向和次数；
- 峰值加速度；
- 标称脉冲持续时间。

试验后应检测传感器外观，并按 7.4.2 规定进行零点输出测试或产品技术条件（详细规范）规定的性能的测试，结果应符合 6.8.5 的规定。

7.9.6 湿热

按 GB/T 2423.3—2006 中规定的试验方法进行试验，产品技术条件（详细规范）应给出以下规定：

- 试验温度、相对湿度；
- 持续时间：宜从下列数值中选取：12 h, 16 h, 24 h 或 2 d, 4 d, 10 d, 21 d, 56 d；
- 恢复时间：应不少于 2 h。

试验后，应检测传感器外观、绝缘电阻和零点输出，结果均应符合 6.8.6 的规定。

7.9.7 电磁兼容性

电磁兼容性试验仅适于产品设计定型时的型式检验。试验样品数量可单独规定。

产品技术条件(详细规范)应根据传感器使用场合的电磁骚扰类型、环境条件、可靠性程度综合因素,按 GB/T 17626.1—2006 中表 1 要求,确定抗扰度试验项目和严酷度等级。

抗扰度试验过程中应测试零点输出变化,产品技术条件(详细规范)应规定可接受的零点变化误差范围。结果应符合 6.8.7 的规定。

7.9.8 高温电寿命

在试验的一般大气条件下,将传感器放入温度箱,按产品技术条件(详细规范)规定施加激励电源,调整温度箱至上限工作温度,试验时间按产品技术条件(详细规范)规定,试验期间按规定监测传感器输出。试验后取出传感器恢复到室温,然后进行产品技术条件(详细规范)规定的项目检测。结果应符合 6.8.8 的规定。

7.10 疲劳寿命

传感器安装到压力疲劳试验装置上,按产品技术条件(详细规范)规定的压力、频率、波形和循环次数进行压力循环试验,压力下限应控制在 0%FS~20%FS 范围内,压力上限应控制在 80%FS~100%FS 范围内,试验后应测试传感器零点输出和满量程输出,或按产品技术条件(详细规范)规定的项目检测,结果应符合 6.9 的规定。

8 检验规则

8.1 检验分类

传感器检验分为出厂检验和型式检验。

8.2 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和检验顺序进行检验,检验合格后方可出厂。出厂检验项目、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	6.2.1	7.3.1	√	√	C
2	外形及安装尺寸	6.2.2	7.3.2	√	√	C
3	电气连接	6.2.3	7.3.3	√	√	B
4	重量	6.2.4	7.3.4	—	√	C
5	基础电容	6.2.5	7.3.5	√	√	C
6	电容偏差	6.2.6	7.3.6	√	√	C
7	电容增量比	6.2.7	7.3.7	√	√	C
8	绝缘电阻	6.2.8	7.3.8	√	√	B
9	绝缘强度	6.2.9	7.3.9	—	√	B

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
10	零点输出	6.3.1	7.4.2	√	√	C
11	满量程输出	6.3.2	7.4.3	√	√	C
12	满量程输出对称性	6.3.3	7.4.4	—	√	C
13	非线性	6.3.4	7.4.5	√	√	B
14	符合度(刻度误差)	6.3.5	7.4.6	√	√	B
15	迟滞	6.3.6	7.4.7	√	√	B
16	重复性	6.3.7	7.4.8	√	√	B
17	准确度	6.3.8	7.4.9	√	√	B
18	零点漂移	6.4.1	7.5.2	—	√	B
19	零点长期稳定性	6.4.2	7.5.3	—	√	C
20	满量程输出漂移	6.4.3	7.5.4	—	√	C
21	热零点漂移	6.5.1	7.6.1	—	√	B
22	热满量程输出漂移	6.5.2	7.6.2	—	√	B
23	过载	6.6	7.7	√	√	B
24	双向静压	6.7.1	7.8.1	√	√	B
25	零点静压影响	6.7.2	7.8.2	√	√	B
26	满量程静压影响	6.7.3	7.8.3	—	√	B
27	单向静压	6.7.4	7.8.4	√	√	B
28	低温试验	6.8.1	7.9.1	—	√	B
29	高温试验	6.8.2	7.9.2	—	√	B
30	温度变化	6.8.3	7.9.3	—	√	B
31	振动	6.8.4	7.9.4	—	√	B
32	冲击	6.8.5	7.9.5	—	√	B
33	湿热	6.8.6	7.9.6	—	√	B
34	电磁兼容性	6.8.7	7.9.7	—	√	B
35	高温电寿命	6.8.8	7.9.8	—	√	B
36	疲劳寿命	6.9	7.10	—	√	B
注：“√”为检验项目；“—”为不检验项目。						

8.3 型式检验

8.3.1 检验原则

传感器具备下列情况之一时,应进行型式检验:
——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3年;
- 产品停产1年以上,恢复生产时;
- 国家或上级质量监督机构提出型式检验的需求时;
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

8.3.2 检验项目

检验项目及检验顺序按表3的规定进行。

8.3.3 抽样、判定规定

型式检验的抽样方案 and 不合格判定规定应按 GB/T 2829—2002 相应条款执行,或产品技术条件(详细规范)应规定选择的抽样方案、样本量、判别水平。

本标准根据检验项目对质量特性的影响程度,将检验项目的不合格类型分为B类和C类,详见表3。

本标准批次合格判定采用判别水平 I 的一次抽样方案,样本量 $n=10$,采用不合格质量水平 $RQL=20$,判定数组 $Ac=1, Re=2$ 。提供的样品基数应大于或等于2倍样本量。以不合格品数为判断依据。

- 对于B类不合格项,采用不合格质量水平 $RQL=20$,判定数组 $Ac=1, Re=2$ 。
- 对于C类不合格项,采用不合格质量水平 $RQL=40$,判定数组 $Ac=3, Re=4$ 。

8.3.4 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。

8.3.5 型式检验后样品的处置

经过型式检验的样品,原则上不允许再作为合格品交付使用。在特殊情况下,在得到使用方的认可后,可以交付使用方,但应注明该产品已进行过型式检验。

9 标志、包装、运输及贮存

9.1 产品标志

传感器应有以下标志:

- a) 差压传感器的高压端和低压端接口应有永久性标志;
- b) 量程;
- c) 出厂编号;
- d) 商标或生产单位名称。

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)、c) 三项内容。

9.2 包装

9.2.1 随机文件

随机文件应包括:

- a) 产品合格证书;
- b) 安装使用说明书;
- c) 装箱单;

d) 其他相关文件资料。

9.2.2 传感器包装

传感器的包装应符合设计文件要求,包装的图示标志应符合 GB/T 191—2008 的规定。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;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。

9.3 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。

9.4 贮存

包装后的传感器应贮存在温度为 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、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 2 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 个正行程试验数据,按公式(A.1)计算每个校准点上正行程试验数据的平均值,按公式(A.2)计算每个校准点上反行程试验数据的平均值,按公式(A.3)计算总的平均值:

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 ——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

按公式(A.4)计算端点连线方程 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。

按公式(A.5),端基平移直线作为参比工作直线方程为:

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

按公式(A.6)计算各检定点正行程算术平均值与端点连线方程的差值,按公式(A.7)计算各检定点反行程算术平均值与端点连线方程的差值。

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

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

从式(A.6)、式(A.7)的数据中,找出最大的正偏差 $\Delta y'_{LH}$ 和负的绝对值最大差值 $\Delta y''_{LH}$,则端基平移直线的截距 a 按公式(A.8)计算:

$$a = \frac{\bar{Y}_L \cdot X_H - \bar{Y}_H \cdot X_L}{X_H - X_L} + \frac{1}{2} (|\Delta y'_{LH}| - |\Delta y''_{LH}|) \dots\dots\dots (A.8)$$

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

最小二乘法直线作为参比工作直线方程按公式(A.10)计算:

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

式中:

截距 a 按公式(A.11)计算:

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

式中:

m ——校准点个数。

斜率 b 按公式(A.12)计算:

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

式中:

m ——校准点个数。

A.2.3 总平均值工作特性

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 刻度方程工作特性

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(Y_{FS})

A.3.1 线性传感器满量程输出(Y_{FS})

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,按公式(A.13)计算:

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

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 非线性传感器满量程输出(Y_{FS})

对于定点使用的非线性传感器,满量程输出按公式(A.14)计算:

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

式中:

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

A.3.3 非定点传感器满量程输出(Y_{FS})

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,满量程输出按公式(A.15)计算:

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

式中:

\bar{Y}_H, \bar{Y}_L ——为刻度方程上的上、下限点输出值。

A.4 非线性(ξ_L)

A.4.1 线性传感器非线性(ξ_L)

线性传感器的非线性,按公式(A.16)计算:

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

式中:

\bar{Y}_i ——根据式(A.3)计算出的总平均值;

Y_i ——根据式(A.5)或式(A.10)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值;

Y_{FS} ——静态校准的满量程输出值。

A.4.2 非线性传感器刻度误差(ξ_K)

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,按公式(A.17)计算符合度误差 ξ_K :

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

式中:

\bar{Y}_i ——根据式(A.3)计算出的总平均值;

Y_i ——非定点使用的非线性压力传感器刻度方程对应值;

Y_{FS} ——静态校准的满量程输出值。

A.5 迟滞(ξ_H)

按公式(A.18)计算迟滞:

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

式中:

$\bar{Y}_{Ui}, \bar{Y}_{Di}$ ——同一校准点上正、反行程示值的平均值;

Y_{FS} ——静态校准的满量程输出值。

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、反行程的子样标准偏差:

按公式(A.19)计算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 ——测量循环次数;

\bar{Y}_{Ui} ——正行程第 i 个校准点处的一组测量值的算术平均值;

Y_{Uij} ——正行程第 i 个校准点处的第 j 个测量值 ($i=1, 2, 3, \dots, m; j=1, 2, 3, \dots, n$)。

按公式(A.20)计算反行程子样标准偏差 s_{Di} :

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

式中:

n ——测量循环次数;

\bar{Y}_{Di} ——反行程第 i 个校准点处的一组测量值的算术平均值;

Y_{Dij} ——反行程第 i 个校准点处的第 j 个测量值 ($i=1, 2, 3, \dots, m; j=1, 2, 3, \dots, n$)。

按公式(A.21)计算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。

则按公式(A.22)计算重复性:

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

式中:

λ ——包含因子。

传感器的校准试验,一般只做 $n=(3\sim 5)$ 个循环,其测量值属于小样本。对于小样本, t 分布比正态分布更符合实际情况。本标准按 t 分布取包含因子 $\lambda=t_{0.95}$ (保证 95% 的置信度)。 $t_{0.95}$ 与校准循环次数 n 和置信度(本标准取 95%)有关,见表 A.1。

表 A.1 校准循环次数与包含因子

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_{0.95}$	12.706	4.303	3.182	2.776	2.571	2.447	2.365	2.306	2.262

A.7 准确度(ξ)

A.7.1 准确度计算原则

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

A.7.2 线性传感器的系统误差带(U_1)

线性传感器的系统误差带按公式(A.23)计算:

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

采用端基平移直线时:

式中：

$\bar{Y}_{Ui}, \bar{Y}_{Di}$ ——分别为根据式(A.1)、式(A.2)计算出的正、反行程平均值；

Y_i ——为根据式(A.5)计算出的端基平移直线方程值。

采用最小二乘法时：

按公式(A.24)计算正行程的系统误差为：

$$(\Delta Y)_{Ui} = |\bar{Y}_{Ui} - Y_{LS}| \quad \dots\dots\dots (A.24)$$

按公式(A.25)计算反行程的系统误差为：

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

式中：

$\bar{Y}_{Ui}, \bar{Y}_{Di}$ ——分别为根据式(A.1)、式(A.2)计算出的正、反行程平均值；

Y_{LS} ——为根据式(A.10)计算出的最小二乘法直线方程值。

则 U_1 为 $|(\Delta Y)_{Ui}|$ 与 $|(\Delta Y)_{Di}|$ 中较大者。

A.7.3 非线性传感器的系统误差带(U_1)

对于定点使用的非线性传感器,按公式(A.26)计算系统误差带：

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

式中：

$\bar{Y}_{Ui}, \bar{Y}_{Di}$ ——分别为根据式(A.1)、式(A.2)计算出的正、反行程平均值。

A.7.4 非定点传感器系统误差带(U_1)

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：

按公式(A.27)计算正行程的系统误差为：

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

按公式(A.28)计算反行程的系统误差为：

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

式中：

$\bar{Y}_{Ui}, \bar{Y}_{Di}$ ——分别为正、反行程平均值；

Y ——刻度方程对应值。

则 U_1 为 $|(\Delta Y)_{Ui}|$ 与 $|(\Delta Y)_{Di}|$ 中较大者。

A.7.5 传感器的随机误差(U_2)

按公式(A.29)计算传感器的随机误差：

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

式中：

s ——为按式(A.21)计算的传感器在整个测量范围内的子样标准偏差。

A.7.6 传感器的准确度(ξ)

按公式(A.30)计算传感器的准确度 ξ ：

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

A.8 零点漂移(d_z)

按公式(A.31)计算传感器的零点漂移 d_z ：

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

式中:

Y_{\max}, Y_{\min} ——考核期间内零点示值的最大值、最小值;

Y_{FS} ——静态校准的满量程输出值。

A. 9 零点长期稳定性(r_z)

按公式(A. 32)计算传感器的零点长期稳定性 r_z :

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

式中:

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

Y_{FS} ——静态校准的满量程输出值。

A. 10 满量程输出漂移(r_F)

按公式(A. 33)计算传感器的满量程输出漂移 r_F :

$$r_F = \frac{|Y_{\text{FSM}} - Y_{\text{FSN}}|}{Y_{\text{FS}}} \quad \dots\dots\dots (\text{A. 33})$$

式中:

$Y_{\text{FSM}}, Y_{\text{FSN}}$ ——考核期间内满量程输出示值的最大值、最小值;

Y_{FS} ——静态校准的满量程输出值。

A. 11 热零点漂移(α)

按公式(A. 34)计算传感器的热零点漂移 α :

$$\alpha = \frac{Y(t_2) - Y(t_1)}{Y_{\text{FS}}(t_1) \cdot (t_2 - t_1)} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (\text{A. 34})$$

式中:

t_1 ——室温,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

t_2 ——为上限工作温度或下限工作温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

$Y(t_1)$ ——室温时传感器的零点输出;

$Y(t_2)$ ——为上限工作温度或下限工作温度下,传感器零点输出;

$Y_{\text{FS}}(t_1)$ ——室温下传感器满量程输出。

A. 12 热满量程输出漂移(β)

按公式(A. 35)计算传感器的热满量程输出漂移 β :

$$\beta = \frac{Y_{\text{FS}}(t_2) - Y_{\text{FS}}(t_1)}{Y_{\text{FS}}(t_1) \cdot (t_2 - t_1)} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (\text{A. 35})$$

式中:

t_1 ——室温,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

t_2 ——为上限工作温度或下限工作温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

$Y_{FS}(t_1)$ ——室温下传感器的满量程输出；

$Y_{FS}(t_2)$ ——为上限工作温度或下限工作温度下，传感器满量程输出。

A.13 振动对传感器零点影响(Z_0)

按公式(A.36)计算振动对传感器零点的影响 Z_0 ：

$$Z_0 = \frac{|Y_L - Y_{L0}|_{\max}}{Y_{FS}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.36)$$

式中：

Y_L ——振动过程中及振动后传感器零点输出的最大或最小值；

Y_{L0} ——振动前传感器的零点输出值；

Y_{FS} ——静态校准的满量程输出。