

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 5492—91

电位器式压力传感器

1991-07-15发布

1992-07-01实施

机械电子工业部 发布

电位器式压力传感器

1 主题内容与适用范围

本标准规定了电位器式压力传感器的技术要求、试验方法、检验规则、包装及贮存。

本标准适用于转换元件为电位器（包括线绕电位器、导电塑料电位器、金属膜电位器及合成膜电位器）的线性压力传感器（以下简称传感器）。这种传感器适用于测量气体和液体介质的压力。

2 引用标准

GB 321 优先数和优先数系

GB 4439 工业自动化仪表 工作条件—振动

GB 4451 工业自动化仪表振动（正弦）试验方法

ZBY 002 仪器仪表运输、运输贮存基本环境条件及试验方法

ZBY 003 仪器仪表包装技术条件

3 测量范围

传感器的测量范围应符合下列系列规定：

0~0.16； 0~0.25； 0~0.4； 0~0.6； 0~1； 0~1.6； 0~2.5； 0~4； 0~6； 0~10；
0~16； 0~25； 0~40； 0~60MPa。

注：超出上面所列系列的测量范围可按R5系列扩充。

4 技术要求

4.1 参比工作条件

传感器的参比工作条件为：

a. 环境温度：20±5℃；

b. 相对湿度：45%~75%；

c. 大气压力：86kPa至106kPa。

4.2 正常工作条件

传感器的正常工作条件为：

a. 环境温度：-40~70℃；

b. 相对湿度：5%~95%；

c. 大气压力：86kPa至106kPa。

4.3 精确度等级及基本误差限

传感器的精确度等级及基本误差限应符合表1规定。

表 1

精确度等级	基本误差限 (量程输出的百分数)
0.5	±0.5
1	±1
1.5	±1.5
(2)	(±2)
2.5	±2.5
4	±4

注：括号内的数值只适用于现有产品。

传感器的精确度根据检测数据按第6.4条第(20)式计算，其值应不大于表1中所规定精度等级对应的基本误差限。

4.4 电位器总电阻及输出相对电阻

传感器中电位器的总电阻值应符合设计要求。传感器的测量下限值、测量上限值及量程输出相对电阻应符合表 2 规定。传感器的输出相对电阻参照图 1 定义为：

$$R = \frac{R_{13}}{R_{12}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

- 式中：R——传感器的输出相对电阻，%；
R₁₃——传感器的输出电阻，Ω；
R₁₂——传感器中电位器的总电阻，Ω。

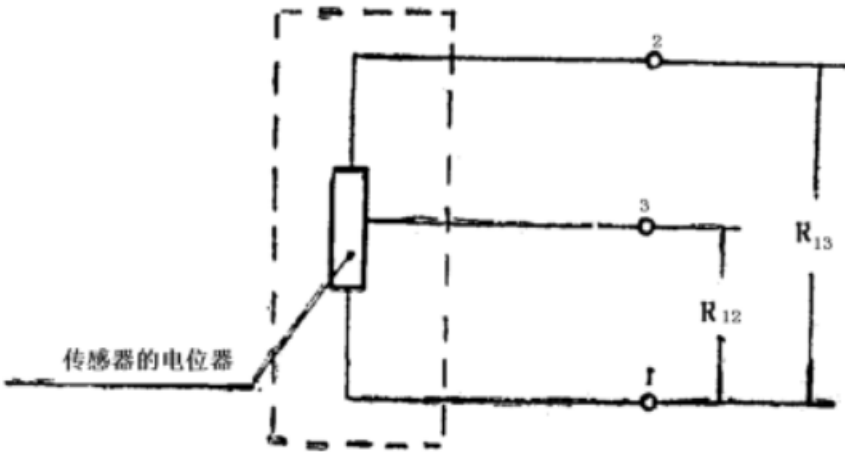


图1 传感器输出电路示意图

表 2

测量下限值输出相对电阻	测量上限值输出相对电阻	量程输出相对电阻
$>0.3\%$	$<99.7\%$	$\geq 92\%$

4.5 非线性度

传感器的工作特性直线采用端点平移直线,传感器的非线性度应符合表 3 中非线性度的规定。

表 3

精确度等级	非线性度 (量程输出的百分数)	滞 后 (量程输出的百分数)	重 复 性 (量程输出的百分数)
0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5
1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
1.5	≤ 1.5	≤ 1.5	≤ 1.5
(2)	(≤ 2)	(≤ 2)	(≤ 2)
2.5	≤ 2.5	≤ 2.5	≤ 2.5
4	≤ 4	≤ 4	≤ 4

4.6 滞后

传感器的滞后应符合表 3 中滞后的规定。

4.7 重复性

传感器的重复性应符合表 3 中重复性的规定。

4.8 摩擦误差

传感器的摩擦误差应不大于表 1 规定的基本误差限绝对值的 $1/2$ 。摩擦误差的计算公式如下:

$$f = \frac{\Delta U'_{\max}}{U_{F \cdot S}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中: f ——传感器的摩擦误差, %;

$\Delta U'_{\max}$ ——同一检验点轻敲前、后输出变化值,在测量范围内所有检验点中的最大值, V;

$U_{F \cdot S}$ ——传感器的量程输出值, V。

4.9 分辨力

对于转换元件为线绕电位器的传感器,它的分辨力应不大于表 1 规定的基本误差限绝对值的 $1/2$ 。分辨力的计算公式如下:

$$r = \frac{\Delta U''_{\max}}{U_{F \cdot S}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：r——传感器的分辨力，%；

$\Delta U''_{\max}$ ——测量范围内，传感器输出的最大阶跃值，V；

$U_{F \cdot S}$ ——传感器的量程输出值，V。

4.10 过载

传感器应能承受表 4 规定的压力值，历时1min，卸压之后检验传感器仍应符合第4.3~4.7条要求。

表 4

测量上限值 MPa	压力值
<2.5	2倍测量上限值
≥2.5	1.25倍测量上限值

4.11 绝缘电阻

传感器各接线端子与壳体之间的绝缘电阻应不小于50MΩ。

4.12 环境温度变化影响

当传感器工作环境温度偏离 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 时，传感器的温度误差应符合下式规定。

$$\delta_t \leq k |t_2 - t_1| \dots\dots\dots (4)$$

式中： δ_t ——传感器温度误差，%；

k——传感器温度系数，对0.5、1、1.5级传感器取0.4%/10℃；对2、2.5、4级传感器取0.6%/10℃；

t_1 ——确定传感器工作特性时，参比温度的实际值，℃；

t_2 ——正常工作环境温度范围内的任意值，℃。

4.13 湿热影响

传感器在经受相对湿度为91%至95%、温度为 $40 \pm 2^\circ\text{C}$ ，经48h的湿热试验后，各接线端子与壳体之间的绝缘电阻应不小于5MΩ，表面应无变色、脱漆。

4.14 工作寿命

传感器应能承受表 5 规定的正弦波形的交变压力试验，试验之后检验传感器仍应符合第4.3~4.8条要求。

表 5

量 程 MPa	交变幅度 (量程的)	交变频率 次/分	交变次数
<2.5	30%~70%	60±5	20000
≥2.5			10000

4.15 工作振动

传感器应能承受GB 4439 中所规定V. H. 5 级的工作振动。振动试验后, 检验传感器仍应符合第4.3~4.8条要求。

4.16 抗振接触连续性

传感器分别在频率为10Hz、位移幅值为0.20mm 和频率为500Hz、加速度幅值为30m/s²的条件下振动时, 当输入压力在测量范围内均匀变化时, 传感器的输出应是连续的。

4.17 外观

传感器的外表面应无可见瑕疵, 涂层应均匀, 紧固件不得松动、损伤, 接头螺纹应无明显毛刺和损伤。

4.18 抗运输环境性能

传感器在运输包装条件下, 应符合ZBY 002的规定。其中: 高、低温及湿热项目可免作, 自由跌落高度取250mm。试验后, 检验传感器仍应符合第4.3~4.8及4.17条要求。

5 试验方法

5.1 试验要求

5.1.1 试验顺序及时间间隔

传感器的型式试验顺序及时间间隔见附录 A (参考件)。

5.1.2 检验条件

按4.1条参比工作条件。

5.1.3 检验点

a. 传感器的压力检验点应不少于6 点(包括零点), 各检验点应在测量范围内均匀分布。

b. 试验时, 同行程的输入压力应按同一方向逼近检验点。

5.1.4 测量循环

传感器在进行精确度、非线性度、滞后及重复性检验时, 应连续进行三个测量循环。摩擦误差的检验可在其中一个测量循环中进行。

5.1.5 传感器的输出

在试验过程中, 传感器的输出可采用百分比电压输出或百分比电阻输出, 本标准第6条的数据处理及性能指标计算以百分比电压输出表示。

5.1.6 输出测量仪表

测量传感器输出的仪表在相应的量程范围内, 其精确度应不低于被检传感器精确度的1/5。

5.1.7 压力源

压力源绝对误差的绝对值应不大于被检传感器绝对误差的绝对值的1/3。

5.1.8 电源

被检传感器供电电源的直流电压稳定度应不低于被检传感器精确度的1/5。

5.2 电位器总电阻及输出相对电阻检验

用电阻测量仪分别测量传感器的总电阻及测量下限值、测量上限值和量程输出的相对电阻。

5.3 非线性度检验

给传感器由零平稳地加压，检规定的检验点至测量上限值，保持1min，然后平稳地减压，检各检验点至零。如此连续进行三个测量循环的检验，根据检验数据按第6.1条第(5)式计算传感器的非线性度。

5.4 滞后检验

根据非线性度检验所得数据，按第6.2条第(15)式计算传感器的滞后。

5.5 重复性检验

根据非线性度检验所得数据，按第6.3条(16)式计算传感器的重复性。

5.6 精确度检验

根据非线性度检验所得数据，按第6.4条第(20)式计算传感器的精确度。

5.7 摩擦误差检验

在非线性度检验的某一个测量循环中，在每一检验点上轻敲传感器，分别读取轻敲前、后的输出值，选取一个最大值按第4.8条第(2)式计算摩擦误差。

5.8 分辨力试验

将被检传感器的输出端接至X—Y记录仪的X轴输入端，将具有连续分辨力的传感器的输出端接至X—Y记录仪的Y轴输入端，用同一压力源给两个传感器同时从零缓慢均匀加压至测量上限值，记录传感器在测量范围内输出的最大阶跃电压，按第4.9条第(3)式计算分辨力。

5.9 过载试验

给传感器施加4.10条表4中所规定的压力值，并保持1min，然后卸压至零，停留5min后，按第5.2~5.6条检验。

5.10 绝缘电阻检验

用兆欧表或高阻测试仪在100V电压下测量传感器各接线端子与壳体之间的绝缘电阻。

5.11 环境温度变化影响试验

将传感器放入高(低)温试验箱内，逐渐升(降)温至第4.2条所规定温度的上(下)限值，再给传感器施加50%测量上限值的压力，待温度稳定后保温2h，然后将传感器压力卸至零。给传感器由零平稳地增加压力，检规定的检验点至测量上限值，并保持1min。再平稳地减压检各检验点至零。如此连续进行三个测量循环的检验。根据检验数据按第6.5条第(22)式计算温度误差。

5.12 湿热影响试验

将传感器放入湿热试验箱内，使试验箱的温度为 $40 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相对湿度为91%~95%，并保持48h。然后将传感器从试验箱中取出，在10min内移到5.1.2条检验条件下，并在30min内用兆欧表或高阻测试仪在100V电压下完成传感器各接线端子与壳体之间的绝缘电阻测量，同时观察传感器的表面应无变色、脱漆现象。

5.13 工作寿命试验

传感器按第4.14条规定做工作寿命试验，试验后按第5.2~5.7条检验。

5.14 工作振动试验

传感器的轴向示意图见图2。

传感器按GB 4451规定进行振动试验(传感器按图3接线), 振动等级为3c级。试验时应给传感器施加50%测量上限值的压力, 耐久性试验采用定频试验。试验后按第5.2~5.7条检验。

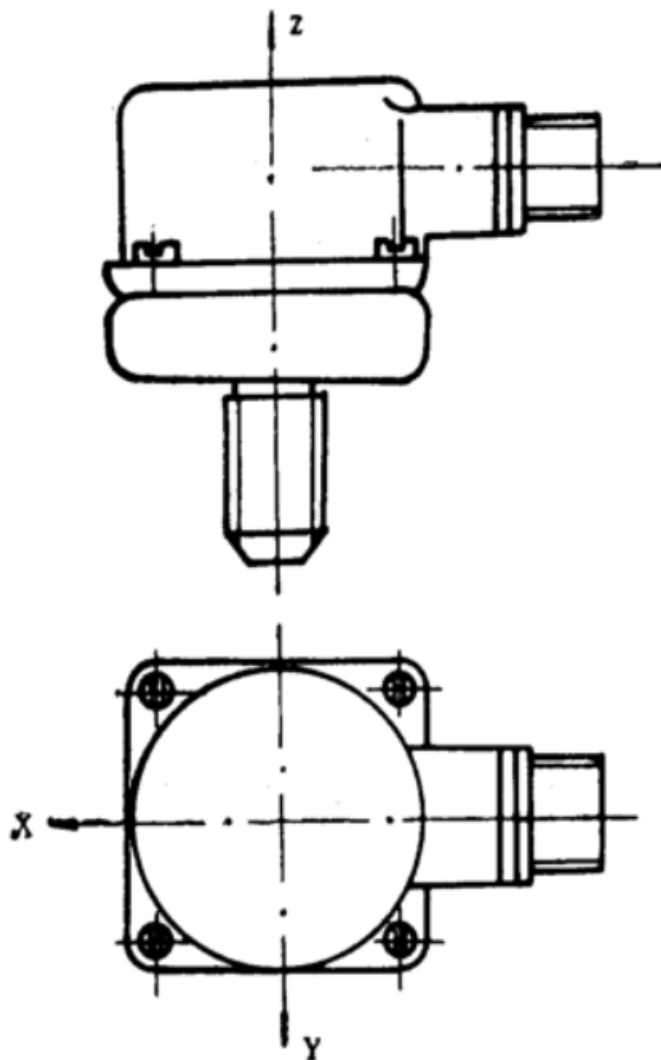


图2 传感器的轴向示意图

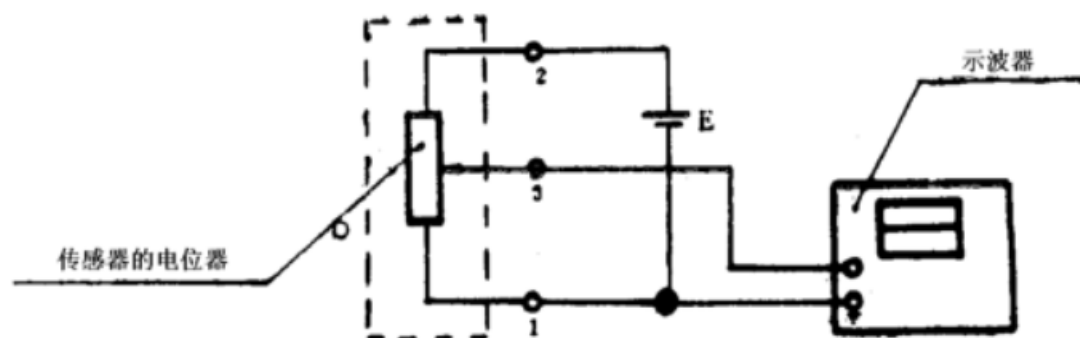


图3 传感器工作振动和抗振接触连续性接线图

5.15 抗振接触连续性试验

将传感器分别以X、Y、Z轴向安装在振动试验台上，在每一轴向上施加频率为10Hz、位移幅值为0.20mm和频率为500Hz、加速度幅值为30m/s²（若传感器的共振点与这两个频率点重合，应避开这个共振点在附近再选一点）的机械振动，然后使传感器的输入在不少于30s的时间内，在测量范围内上、下行程均匀变化，用示波器检查传感器的接触连续性（传感器按图3接线），当示波器上出现的脉冲性毛刺或图线突跳大于电源电压的5%时为输出不连续。

5.16 抗运输环境性能试验

传感器按ZBY 002的规定进行试验，试验后按第5.2~5.7条检验。

5.17 外观检验

目测检验。

6 数据处理及性能指示计算

在下面的计算中，传感器的输出值均用与当时所加电源电压之比的百分数表示。

6.1 非线性度 ξ_L

传感器的非线性度按下式计算：

$$\xi_L = \frac{|\Delta U_L|_{\max}}{U_{F.S}} \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{其中：} |\Delta U_L|_{\max} = |\bar{U}_j - U_j|_{\max} \quad (6)$$

$$U_{F.S} = |U_H - U_L| \quad (7)$$

式中： \bar{U}_j ——第j个检验点上、下行程输出平均值，%；

U_j ——第j个检验点工作特性直线的输出值，%；

$|\Delta U_L|_{\max}$ ——测量范围内每一检验点的输出平均值与工作特性直线输出值差值绝对值中的最大值（见图4），%；

U_H ——工作特性直线测量上限的输出值，%；

U_L ——工作特性直线测量下限的输出值，%；

$U_{F.S}$ ——传感器的量程输出值，%。

工作特性直线即端点平移直线（见图4）求法如下：

先求端点连线方程，其方程为：

$$U_{EPj} = \frac{\bar{U}_L P_H - \bar{U}_H P_L}{P_H - P_L} + \frac{\bar{U}_H - \bar{U}_L}{P_H - P_L} P_j \quad (8)$$

式中： U_{EPj} ——第j个检验点端点连线的输出值，%；

\bar{U}_L ——测量下限值上、下行程输出平均值，%；

\bar{U}_H ——测量上限值上、下行程输出平均值，%；

P_L ——测量下限值，MPa；

P_H ——测量上限值，MPa；

P_j ——第j个检验点的输入压力值，MPa。

分别计算正、反行程输出平均值与相应的 U_{EPj} 之差值：

$$\Delta U_{ij} = \bar{U}_{ij} - U_{EPj} \dots\dots\dots (9)$$

$$\Delta U_{Dj} = \bar{U}_{Dj} - U_{EPj} \dots\dots\dots (10)$$

式中: \bar{U}_{ij} ——第j个检验点上行程输出平均值, %;

\bar{U}_{Dj} ——第j个检验点下行程输出平均值, %;

ΔU_{ij} ——第j个检验点上行程输出平均值与端点连线输出值的差值, %;

ΔU_{Dj} ——第j个检验点下行程输出平均值与端点连线输出值的差值, %;

那么, 端点平移直线的截距按下式计算:

$$a = \frac{\bar{U}_L P_H - \bar{U}_H P_L}{P_H - P_L} + \frac{1}{2} [|(\Delta U_j)_{\max}^+| - |(\Delta U_j)_{\max}^-|] \dots\dots\dots (11)$$

式中: $(\Delta U_j)_{\max}^+$ ——按(9)和(10)式计算测量范围内所有检验点差值中的最大正偏差, %;

$(\Delta U_j)_{\max}^-$ ——按(9)和(10)式计算测量范围内所有检验点差值中的最大负偏差, %;

a——端点平移直线的截距, %;

其余变量的含义与(8)式中相同。

端点平移直线的斜率按下式计算:

$$b = \frac{\bar{U}_H - \bar{U}_L}{P_H - P_L} \dots\dots\dots (12)$$

式中: b——端点平移直线的斜率, %;

其余变量的含义与(8)式相同。

端点平移直线的方程为:

$$U_{SEj} = \frac{\bar{U}_L P_H - \bar{U}_H P_L}{P_H - P_L} + \frac{1}{2} [|(\Delta U_j)_{\max}^+| - |(\Delta U_j)_{\max}^-|] + \frac{\bar{U}_H - \bar{U}_L}{P_H - P_L} P_j \dots\dots\dots (13)$$

当测量下限值 $P_L = 0$ 时, 上式变为:

$$U_{SEj} = \bar{U}_L + \frac{1}{2} [|(\Delta U_j)_{\max}^+| - |(\Delta U_j)_{\max}^-|] + \frac{\bar{U}_H - \bar{U}_L}{P_H} P_j \dots\dots\dots (14)$$

式中: U_{SEj} ——第j个检验点端点平移直线的输出值, %。计算时(6)式中的 U_j 就用 U_{SEj} 代替;

$(\Delta U_j)_{\max}^+$ 和 $(\Delta U_j)_{\max}^-$ 的含义与(11)式中相同;

其余变量的含义与(8)式中相同。

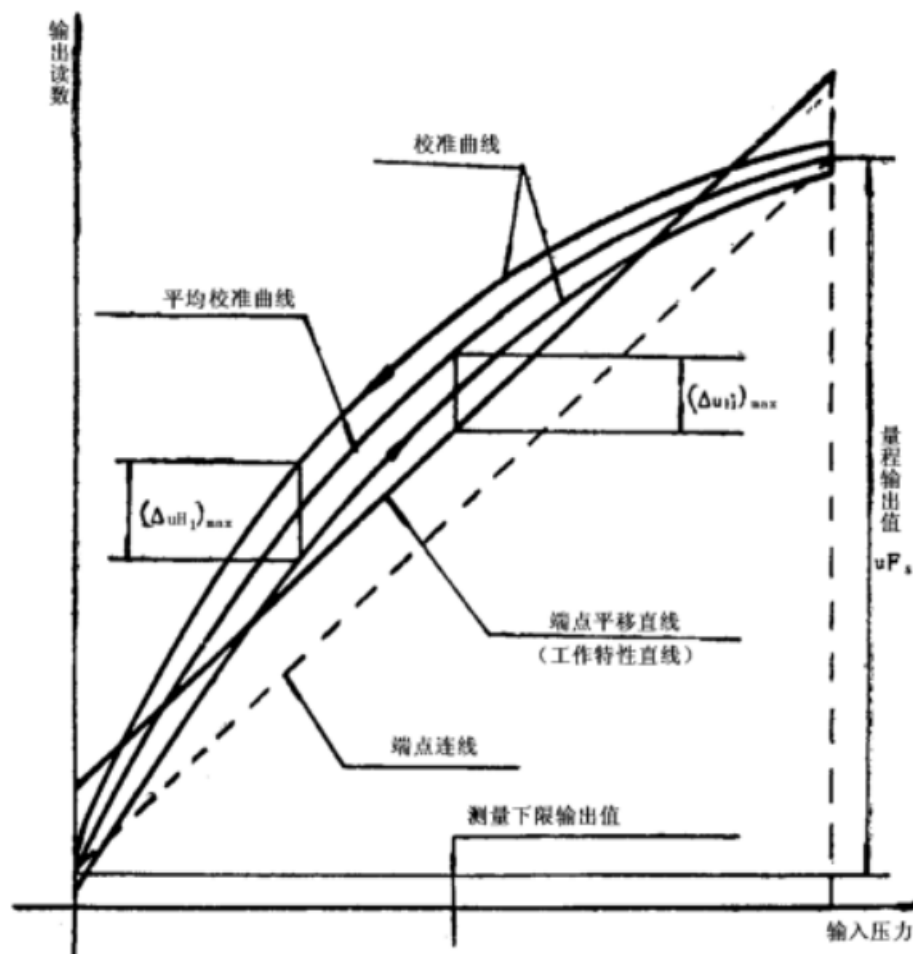


图4 传感器校准曲线示意图

6.2 滞后 ξ_H

传感器的滞后按下式计算:

$$\xi_H = \frac{|\Delta U_{Hj}|_{\max}}{U_{F.S}} \times 100\% \quad (15)$$

式中: $|\Delta U_{Hj}|_{\max}$ ——测量范围内所有检验点上行输出平均值与下行输出平均值差值绝对值中的最大值(见图4), %

$U_{F.S}$ ——按(7)式计算, %。

6.3 重复性 ξ_S

传感器的重复性按下式计算:

$$\xi_S = \frac{3S}{U_{F.S}} \times 100\% \quad (16)$$

式中: S ——传感器的子样标准偏差, %;

$U_{F.S}$ ——按(7)式计算, %。

$$S = \sqrt{\frac{1}{2m} \left(\sum_{j=1}^m S_{Ij}^2 + \sum_{j=1}^m S_{Dj}^2 \right)} \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中：m——检验点数目；

S_{Ij} ——第j个检验点上行程输出值的子样标准偏差，%；

S_{Dj} ——第j个检验点下行程输出值的子样标准偏差，%。

$$S_{Ij} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (U_{Iji} - \bar{U}_{Ij})^2} \quad \dots\dots\dots (18)$$

$$S_{Dj} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (U_{Dji} - \bar{U}_{Dj})^2} \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中：n——测量循环数；

U_{Iji} ——第j个检验点上行程第i次输出值，%；

\bar{U}_{Ij} ——第j个检验点上行程输出值的平均值，%；

U_{Dji} ——第j个检验点下行程第i次输出值，%；

\bar{U}_{Dj} ——第j个检验点下行程输出值的平均值，%。

6.4 精确度 ξ

传感器的精确度按下式计算：

$$\xi = \pm \frac{|\Delta U_{\max}| + 3S}{U_{F.S}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中： ΔU_{\max} ——所有检验点上行程输出平均值或下行程输出平均值与工作特性直线输出值差值中的最大值，%；

S——按(17)式计算；

$U_{F.S}$ ——按(7)式计算。

当工作特性直线采用端点平移直线时：

$$|\Delta U_{\max}| = \frac{1}{2} [|(\Delta U_j)_{\max}^+| + |(\Delta U_j)_{\max}^-|] \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中： $(\Delta U_j)_{\max}^+$ ——按(9)和(10)式计算测量范围内所有检验点差值中的最大正偏差，%；

$(\Delta U_j)_{\max}^-$ ——按(9)和(10)式计算测量范围内所有检验点差值中的最大负偏差，%。

5 温度误差 δ_t

传感器的温度误差按下式计算：

$$\delta_t = \frac{(\Delta U_t)_{\max}}{U_{F.S}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (22)$$

式中: $U_{F.5}$ ——按(7)式计算;

$(\Delta U_t)_{\max}$ 按下式计算:

$$(\Delta U_t)_{\max} = \max[|\Delta U_{Ijt}|, |\Delta U_{Djt}|] \dots \dots \dots (23)$$

式中: $\Delta U_{Ijt} = \bar{U}_{Ijt} - \bar{U}_{Ij} \dots \dots \dots (24)$

$$\Delta U_{Djt} = \bar{U}_{Djt} - \bar{U}_{Dj} \dots \dots \dots (25)$$

式中: \bar{U}_{Ijt} ——高温或低温时,第j个检验点上行程的输出平均值, %;

\bar{U}_{Ij} ——在4.1条参比工作条件下,第j个检验点上行程的输出平均值, %;

\bar{U}_{Djt} ——高温或低温时,第j个检验点下行程的输出平均值, %;

\bar{U}_{Dj} ——在4.1条参比工作条件下,第j个检验点下行程的输出平均值, %;

ΔU_{Ijt} ——第j个检验点上行程高温或低温时的输出平均值与参比工作条件下输出平均值的差值, %;

ΔU_{Djt} ——第j个检验点下行程高温或低温时的输出平均值与参比工作条件下输出平均值的差值, %。

7 检验规则

7.1 出厂检验

7.1.1 检验项目

- a. 精确度;
- b. 电位器总电阻及输出相对电阻;
- c. 非线性度;
- d. 滞后;
- e. 重复性;
- f. 摩擦误差;
- g. 绝缘电阻;
- h. 外观。

7.1.2 抽样及判定规则

由工厂检验部门按出厂检验规定的项目,对传感器逐台进行检验。当某只传感器有一项不合格时,即判该只传感器为不合格产品。只有规定的出厂检验项目全合格者才能判定为合格品,合格品应附有一定格式和内容的产品合格证明书。

7.1.3 产品合格证明书

产品合格证明书推荐包括下列内容:

- a. 制造厂名或商标;
- b. 产品名称或型号;
- c. 测量范围;
- d. 制造日期及产品编号;
- e. 检验员签章;
- f. 校准数据表;

- g. 工作特性直线;
- h. 精确度等级;
- i. 非线性度、滞后及重复性。

7.2 型式检验

在下列情况下, 传感器应按本标准全部技术要求项目进行型式检验。

- a. 新产品试制定型;
- b. 经常生产的传感器定期抽查;
- c. 设计、工艺或使用材料的改变影响传感器性能时;
- d. 停止生产一段时间的传感器, 再次生产时。

注: b、d两项建议可不作抗运输环境性能试验。

8 标志、包装和贮存

8.1 标志

传感器上一般应清晰牢固地标出下列内容:

- a. 制造厂名或商标;
- b. 产品名称或型号;
- c. 测量范围;
- d. 精确度等级;
- e. 制造日期及产品编号。

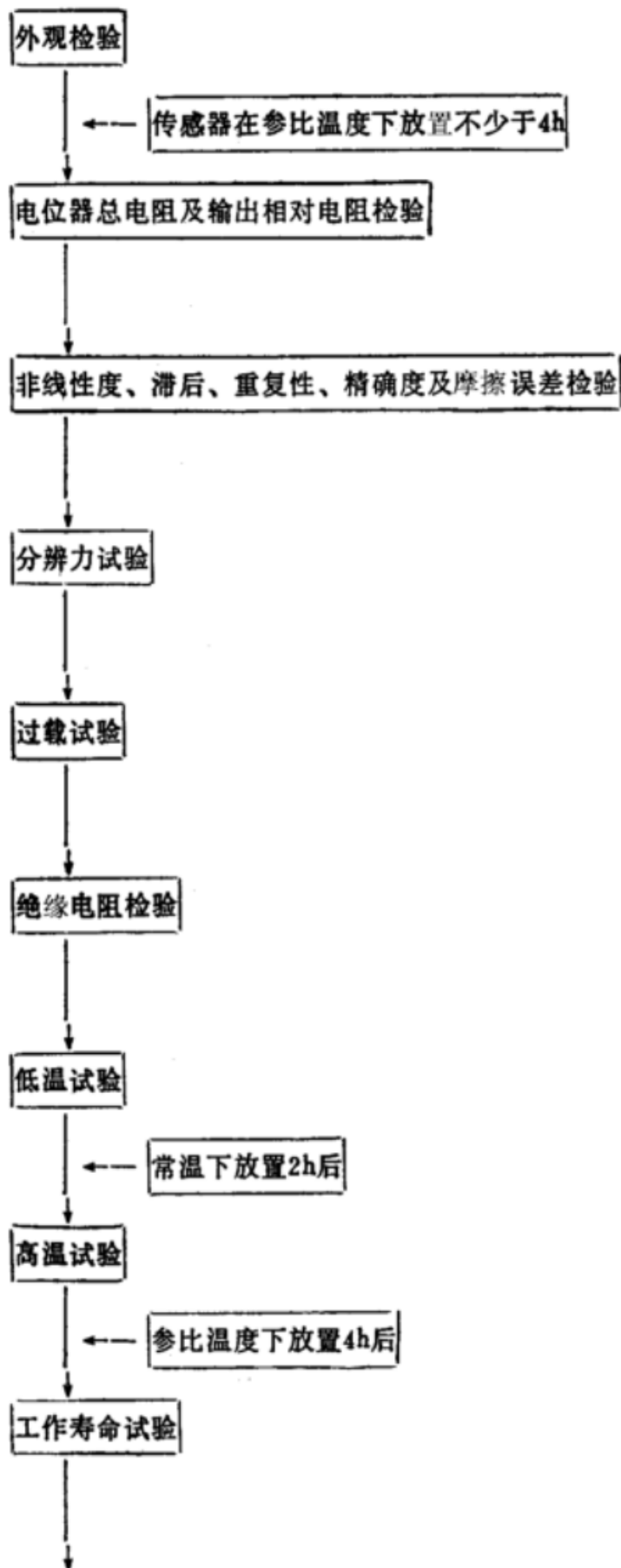
8.2 包装

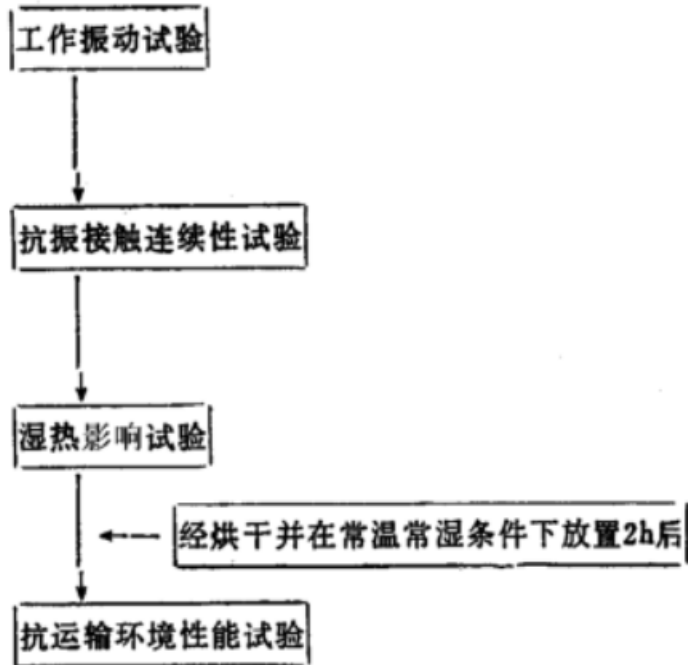
传感器的包装应符合 ZBY 003 的规定, 其中防护类型由制造厂自行选定。

8.3 贮存

传感器应存放于干燥通风的室内, 室内空气应对传感器无腐蚀作用。传感器禁止与酸碱等有害化学物品及能造成污染的物品同时存放。

附录 A
型式试验顺序及时间间隔
(参考件)





附加说明：

本标准由西安工业自动化仪表研究所提出并归口。

本标准由西安工业自动化仪表研究所负责起草。

本标准主要起草人张战旗、陈善友、陈丰利。