

温度传感器的结构及应用

热电阻

金属的电阻会随着温度的变化而变化这种特性常被用于温度的电动测量。温度升高阻值也升高,这种电阻我们称之为具有**正温度系数(PTC)**,例如铂电阻。为了将这种效应应用于温度测量,这种金属材料必须有一个温度系数,即其阻值随温度的变化具有重现性;此外,其特性曲线在使用期间应保持不变,否则会产生测量误差,这个系数应该尽可能不受温度、压力、化学等因素影响。

标准铂电阻温度传感器

工业仪表选择铂作为热电阻材料,因为它具有耐腐蚀、易加工以及极佳的可重复电特性等优点。铂的这些特性被写入**IEC 751标准**中,以保证其具有通用性。

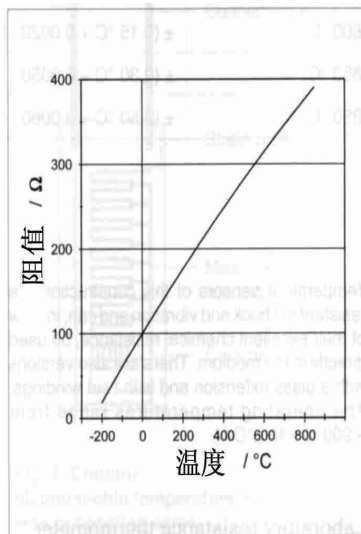


图1. Pt100特性曲线

该标准确定了铂电阻在不同温度下的阻值及允许误差。附加定义还包括热电阻的正常值以及温度测量范围:

-200°C—0°C和0°C—+850°C。

这两个范围内的调校明显不同。

-200°C—0°C范围内:

$$R(t)=R_0(1+At+Bt^2+C(t-100)^3)$$

0°C—+800°C范围内:

$$R(t)=R_0(1+At+Bt^2)$$

其中:

$$A=3.9083 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$B=-5.575 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$$

$$C=-4.183 \times 10^{-12} \text{ } ^\circ\text{C}^{-3}$$

R_0 指热电阻在0°C时的**标准值**

R_0 根据**IEC 751**标准规定为

100.00Ω,因此我们常说**Pt100**热电阻。也有标准值为500Ω和1000Ω的热电阻温度传感器,它们的优点是灵敏度高,即当温度变化时电阻的变化量大。

在100°C范围内电阻随温度的变化量大致如下:

0.4Ω/°C—Pt100热电阻

2.0Ω/°C—Pt500热电阻

4.0Ω/°C—Pt1000热电阻

IEC751标准还规定了一个附加参数:

从0°C到100°C的平均温度系数,即温度每升高1°C时,单位阻值的平均变化量。

$$\alpha=(R_{100}-R_0)/(R_0 \times 100^\circ\text{C})$$

$$=3.850 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

R_0 和 R_{100} 指电阻在0°C和100°C时的电阻值。

从电阻值计算温度

热电阻在用于温度测量时,可以利用它的阻值来计算相应的温度,前面的公式表达了阻值随温度的变化。当温度在0°C以上时,有:

$$t=\frac{AR_0+[(AR_0)^2-4BR_0(R_0-R)]^{1/2}}{2BR_0}$$

R: 测量电阻Ω

t: 计算温度°C

R_0 、A、B: IEC 751参数

精度

IEC 751规定了两种精度等级:

等级A: $\Delta t=\pm(0.15+0.002 \cdot |t|)$

等级B: $\Delta t=\pm(0.30+0.005 \cdot |t|)$

|t|:温度的绝对值(无符号)

当温度在0°C以上时,

$$\Delta R=R_0(A+2Bt) \times \Delta t$$

当温度在0°C以下时

$$\Delta R=R_0 \times$$

$$(A+2Bt-300^\circ\text{C} \times Ct^2+4Ct^3) \Delta t$$

精度A用于-200°C~+600°C。

精度B用于-200°C~+850°C

扩展精度等级

标准中规定的两种精度等级常常难以满足各种特殊应用的需要。在标准精度的基础上**JUMO**定义了附加的精度等级以适应市场的不同需要。

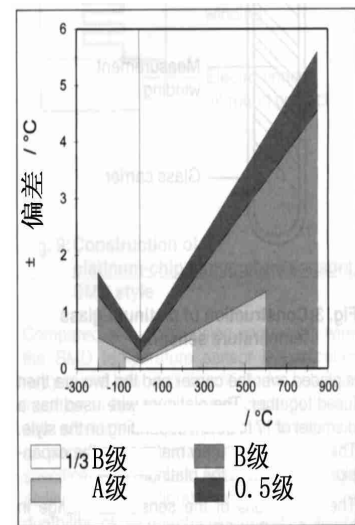


图2. 不同温度时的偏差

精度等级	温度范围	偏差 (°C)	偏差 (0°C)	偏差 (100°C)
1/3 Class B	-70~+250°C	$\pm(0.10^{\circ}\text{C}+0.0017 \cdot t_{t1})$	$\pm 0.10^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.27^{\circ}\text{C}$
Class A	-200~+600°C	$\pm(0.15^{\circ}\text{C}+0.0020 \cdot t_{t1})$	$\pm 0.15^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.35^{\circ}\text{C}$
Class B	-200~+850°C	$\pm(0.30^{\circ}\text{C}+0.0050 \cdot t_{t1})$	$\pm 0.30^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.80^{\circ}\text{C}$
Class 0.5	-200~+850°C	$\pm(0.50^{\circ}\text{C}+0.0060 \cdot t_{t1})$	$\pm 0.50^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.10^{\circ}\text{C}$

表一 精度等级

t_{t1} =温度绝对值 (°C), 无符号

结构

热电阻温度传感器主要可分成两种不同结构:

采用玻璃或陶瓷封装的线绕式传感器和薄膜式传感器。

玻璃封装的铂电阻温度传感器—PG

这种传感器是将2根铂丝绕在玻璃骨架上形成一个双股线圈, 这个线圈被熔在玻璃之中并引出引线; 电阻线圈经过标定后再套以玻璃管, 然后将二者烧结在一起, 这就保证了测量线圈的彻底密封。所使用的铂丝直径依型号不同在17至30 μm 之间。玻璃与铂丝的膨胀系数相互之间精确匹配。

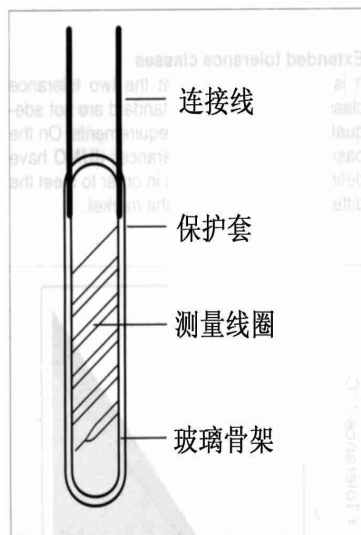


图3. 玻璃封装的铂电阻温度传感器传感器的尺寸:

长度: 7—55mm

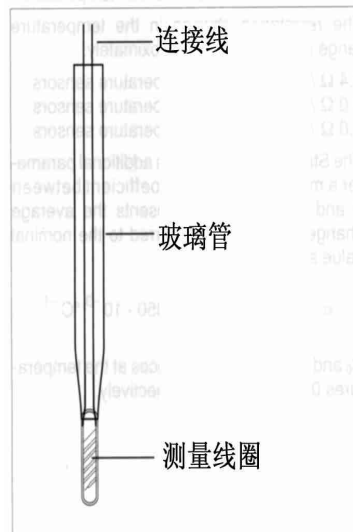
直径: 0.9—4.9mm

除标准值为100 Ω 的温度传感器之外, 我们也生产阻值为500和1000的产品。

这种温度传感器对冲击和震动十分敏感, 由于它们极佳的耐化学作用的特性, 它们可以直接用在介质之中。也可提供带玻璃外壳和双线圈的产品, 测温范围在-200—+400°C之间,

实验室用电阻温度计

在PGL系列玻璃封装的电阻温度传感



器上焊上一个玻璃管, 玻璃管的末端为满足测量应用可调整, 也可提供一个锥形的接合部。

图4. 玻璃封装的铂电阻温度传感器 (带玻璃管)

电阻温度计的电连接可以通过一个插拔式连接器或直接通过一根2线、3线或4线的连接电缆实现。实验室用电阻温度计可被封闭在一个金属套之内以使玻璃管和传感器免受机械损伤。保护管在传感器的位置有

穿孔以保证传感器与介质直接接触。这种传感器的某些型号可用作标准温度计。

陶瓷封装的铂电阻温度传感器—PK

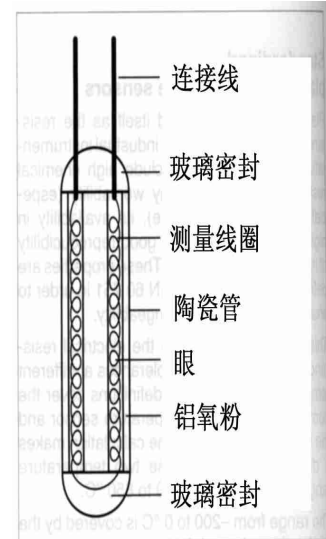


图5. 陶瓷封装的铂电阻温度传感器

陶瓷体通常有2个或4个孔, 用于插入标定好的铂线圈。孔中填以铝氧土心以固定线圈, 并保证良好的热传递。标定后, 陶瓷体的两端通过一个玻璃珠封闭, 连接线穿过玻璃珠引出, 这种传感器的直径在0.9和9mm之间, 其总长在7mm到30mm之间。这种结构避免了由温度变化产生的机械应力所造成的永久性电阻改变。陶瓷封装的电阻温度传感器可用于-200—+800°C。

箔片封装的铂电阻温度传感器—PF

一个由直径大约为30 μm 的铂丝绕成的线圈被夹在两层聚酰胺箔片之间并被连到焊接区。这种温度传感

器大约只有0.3mm厚,主要用于平面和曲面的温度测量,由于它们较小的热损失和较大的测量面积,这种传感器在测量管道、加热器、以及模具时具有极佳的快速响应。其温度范围为-80—+180℃。

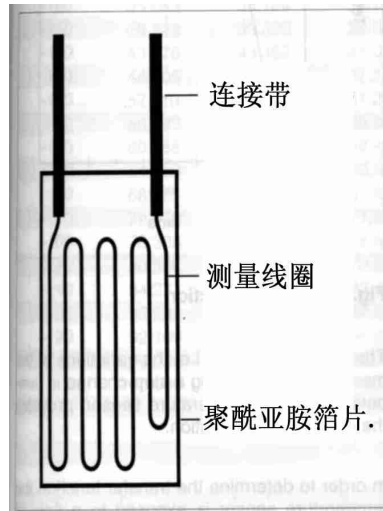


图6. 箔片封装的铂电阻温度传感器—PCA, 带连接线

通过制版过程在铝氧基片上镀上一层Z字形的铂膜,再加一层保护玻璃,使镀层免受外界影响。连接线与铂膜被焊在一起形成电连接。烧结在表面的玻璃层即起隔离作用又可用于缓解应力。使用温度依型号而不同在-50和+600℃之间。尺寸则介于2.0mm×2.5mm到3.2mm×10mm之间。

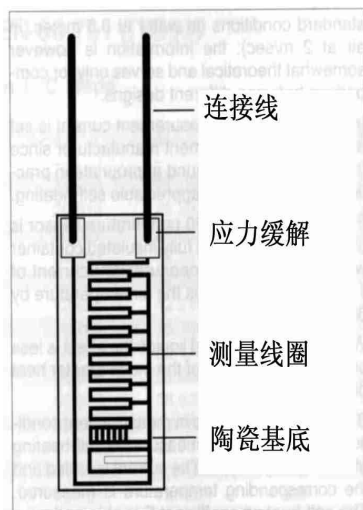


图7. 薄膜式铂电阻温度传感器—PCS, 带连接线

由于尺寸非常小以及最小仅0.3mm的厚度,这种温度传感器的响应极快。

此外,与玻璃或陶瓷温度传感器不同,它可以在很小的面积内达到1000Ω的阻值。薄膜式传感器集成了铂电阻温度计的所有优点,例如互换性、长期稳定性、重现性以及极宽的测量温度范围和大规模制造的优越性。

薄膜式铂电阻温度传感器—PCR

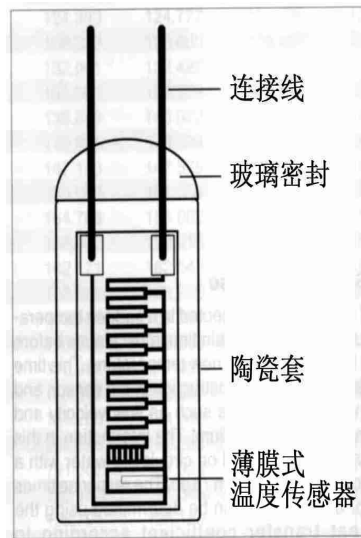


图8. 薄膜式铂电阻温度传感器—PCR, 带连接线, 圆柱形

薄膜式温度传感元件被插在一个一端开口的瓷制圆柱体中,并采用一个玻璃球密封。陶瓷圆柱体给薄膜式电阻温度计提供了附加的机械应力保护。这种传感器要比线绕式的要便宜。

温度范围: -50—+300℃。

薄膜式铂电阻温度传感器, 表面安装型—PCS

SMD型(表面安装)Pt100温度传感器与其它SMD元件一样,在其两端为用户提供了焊区。1206的尺寸及预挂锡的焊区使它可以很好的用在电路板上。

与其它带引线的传感器相比,PCS更适于大规模的自动化生产。作为铂电阻温度传感器它具有许多优点: IEC 751标准阻值、长期稳定性好、

无需重新标定的可交换性以及极佳的可重现电特性。它的应用十分广泛。它即可用于电路板上的表面及环境温度测量也可作温度补偿电阻用。

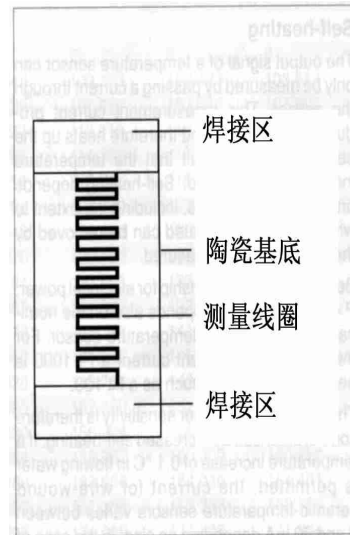


图9. 薄膜式铂电阻温度传感器—PCS, 表面安装型

应用说明: 测量位置

所有温度传感器在发货前均经过测试并依其精度等级分类。测试中,传感器与连接线的整体均在测试温度下,传感器与连接线的接触长度为线端起2mm,使用4线回路。当将温度传感器插入衬套中时,一定要注意,对于2线回路,导线的任何延长都会带来测量阻值的变化,在某些情况下,这可能会造成超出精度的误差。

自升温

电阻温度传感器的阻值只能通过测量流过其上的电流来确定。而测量电流会使传感器发热,从而使指示温度高于实际温度。加热量由传感器上的功耗决定: $P=I^2R$ 。

I: 测量电流

R: 传感器电阻

对于同样大小的测量电流,热电阻Pt1000产生热量是Pt100的10倍。使用热电阻Pt1000,灵敏度提高的结果带来的副作用就是较明显的自温升现象。如果在流动的水中0.1℃的

温升可以接受的话,则对于线绕型陶瓷电阻温度计来说,其测量电流,随尺寸不同,应在3mA—50mA之间。对于薄膜式电阻温度传感器来说,大概是1mA。

在静态的空气中,这个允许电流的大小要降低50%。由于温度传感器通常被放在封闭的保护套管之中,这个允许条件还会有所改变。

实际所允许的测量电流通常在这些极限值之间的某处,与热传输、传感器尺寸以及保护套管的热导和热容有关。

动态响应

当对温度传感器加以一个突然的温度变化量之后,它需要一段时间才能达到这个新温度。这个时间与传感器结构以及它所处的环境(如介质的种类及流速)有关。表中所列出的数据是在流速为0.4m/s循环水中测定的。对其它介质的响应时间可以根据VDI/VDE3522中的热传导系数来求得。下图所示为一条典型的温度响应曲线(传输特性)。根据该曲线可以确定到达最终值50%和90%所需的时间。

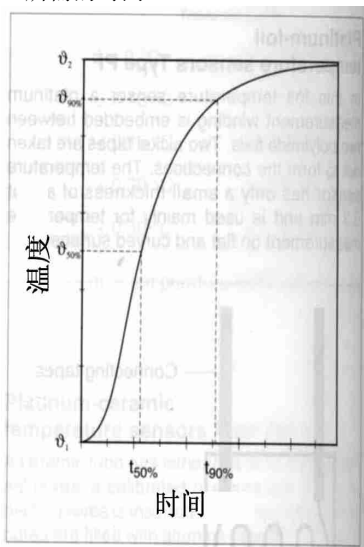


图10. 传输特性

我们通常使用 $t_{50\%}$ 和 $t_{90\%}$ 这两个时间来描述温度传感器在标准条件下(0.4m/s的循环水)的传输特性。

—半值时间 $t_{50\%}$

它描述了到达最终值50%时的时间

—90%时间 $t_{90\%}$

它描述了到达最终值90%时的时间一般不使用 τ 这个到达最终值63.2%的时间,因为它有可能会与指数函数的时间常数混淆。实际的温度传感器特性曲线与上图所示的曲线有很大不同。