

热电阻温度探头的结构及应用

热电阻温度探头

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(即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不能改变, 否则会产生测量误差, 这个温度系数应尽可能不受温度、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。铂的这些特点被写入**国际电工委员会(IEC)的751号标准**中, 以保证其具有通用性。

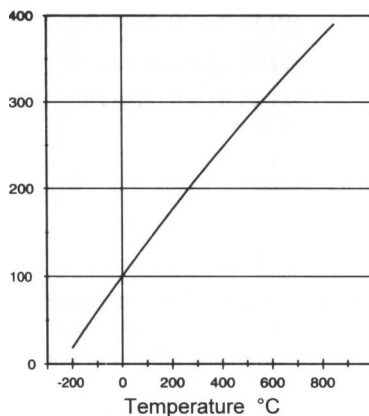


图1. Pt100特性曲线

IEC751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标准值及其温度测量范围:

-200°C—0°C
0°C—+850°C

这两个范围内的调校明显不同。

-200°C—0°C范围内:

$$R(t) = R_0(1 + At + Bt^2 + C(t - 100^\circ\text{C})t^3)$$

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**。

IEC751规定这个标准值为100.00 Ω, 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:

Pt100热电阻—0.4Ω/°C

Pt500热电阻—2.0Ω/°C

Pt1000热电阻—4.0Ω/°C

IEC751还规定了一个附加参数α:

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。

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

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

R_0 和 R_{100} 指热电阻在0°C和100°C时的阻值。

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:

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

R: 测量电阻, Ω

t: 温度, °C

R_0 、A、B: IEC751参数

精度

IEC751规定了两种精度等级:

等级A: $\Delta t = \pm (0.15 + 0.002 \times 1t1)$

等级B: $\Delta t = \pm (0.30 + 0.005 \times 1t1)$

1t1: 温度的绝对值 (无符号)

当温度在0°C以上时, 用 Δt 表示 ΔR 的公式如下:

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

当温度在0°C以下时

$$\Delta R =$$

$$(A + 2Bt - 300^\circ\text{C} \times Ct^2 + 4Ct^3) R_0 \Delta t$$

精度A用于-200°C—+600°C。

精度B用于-200°C—+850°C

扩展精度等级

IEC标准中规定的两种精度等级往往难以满足特殊应用的需要。在标准精度的基础上**JUMO**又定义了附加的精度等级以适应市场的不同需要。

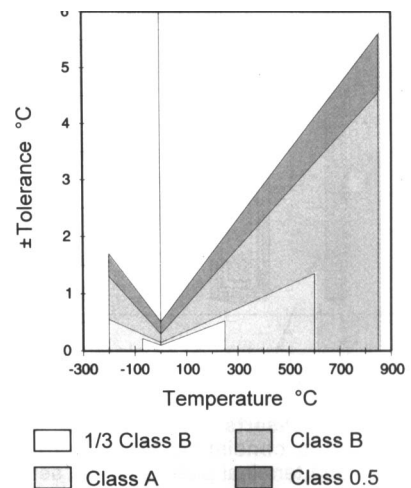


图2. 不同温度下的偏差

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	$\pm(0.10^{\circ}\text{C}+0.0017 \cdot l_{t1})$	$\pm 0.10^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.27^{\circ}\text{C}$
Class A	-200—+600°C	$\pm(0.15^{\circ}\text{C}+0.0020 \cdot l_{t1})$	$\pm 0.15^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.35^{\circ}\text{C}$
Class B	-200—+850°C	$\pm(0.30^{\circ}\text{C}+0.0050 \cdot l_{t1})$	$\pm 0.30^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.80^{\circ}\text{C}$
Class 0.5	-200—+850°C	$\pm(0.50^{\circ}\text{C}+0.0060 \cdot l_{t1})$	$\pm 0.50^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.10^{\circ}\text{C}$

表一 精度等级

热电阻探头结构

除各种专用型之外，还有一系列完全采用标准件的热电阻温度探头。

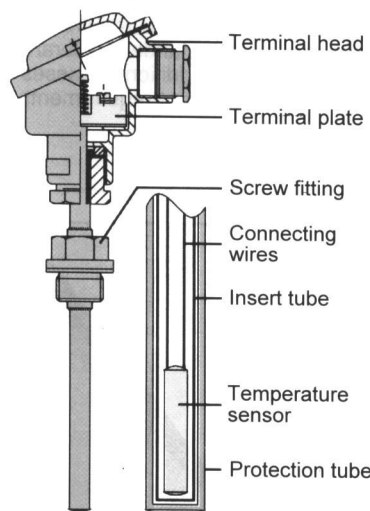


图3. 温度计结构
带接线盒热电阻

这种**热电阻**采用模块化结构，由测量插件、保护管、接线盒以及接线盒内部的接线板组成，可提供法兰或螺纹连接。**测量插件**是完全的装配式单元，由温度传感器和接线板组成。温度传感器即温度计直接受测量温度影响的部分。它被放在一根6—8mm直径、青铜材质（Din1768标准，最高温度300°C）或镍质的**插件管**之中。测量插件再被插到通常由不锈钢制成的实际的**保护管**之中，插入件与保护管底端的内壁全面接触，以保证具有良好的热传递效果。其插入固定螺丝垫有弹簧，即使在插入件与保护管长度存在偏差时，仍能使底部维持良好的接触，这种设计使插件可以固定得很牢。

l_{t1} =温度绝对值（°C），无符号
热电阻有单支和双支两种类型，其尺寸规定见Din 43 762。我们还可以提供配内置式两线制变送器的插件。

若不使用插件管，则热电阻温度传感器表面覆盖上一层氧化铝或导热介质后被直接放在保护管内。装配后，接线端放在接线盒内，并引出连接线。在这种情况下，以后就不能变动传感器，只能重装整个热电阻。

当使用**保护套**时，可以在不对整个系统放空或降压的情况下，拆下热电阻。保护套是一种永久性安装在测量点上的保护管，热电阻可以插在里面并固定起来。有的保护套则配有一个可以让温度计拧进去的内螺纹。温度计可以只由一个插件构成，也可自带一个保护管，但这会降低响应性能。

保护套自身通过焊接或者外螺纹（通常是管螺纹）固定在无法使用保护管的场合（因保护管的管壁较薄）。因为保护套与保护管一样与被测介质直接接触，因而对它与保护管有相同的要求，如防腐蚀、机械强度等参数。

对于**接线盒**，DIN 43 729规定了两种型号A、B，其形状相似，只是尺寸不同；材质使用铸铁、铝或者塑料。为满足各种特殊需要，还有许多其它型号的接线盒。标准中没有提到防护等级，一般为IP54防溅型。

接线盒用来连接保护管的内径：

A型：22mm、24mm或者32mm

B型：15mm或者M24×1.5的螺纹

较小的那种B型是最常用的，内置式两线制变送器就是专门为它设计的。

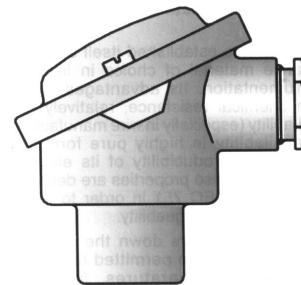


图4. B型接线盒，DIN 43 729

DIN 43 764~43 769规定了热电偶与热电阻在不同应用时的保护管，它们均与一个插件和一个B型接线盒配套。保护管的长度和直径也固定了下来。

这些保护管用字母A到G来划分：

A型：珐琅管、滑动法兰安装，用于测量流动的气体

B型：1/2英寸管螺纹(外)固定

C型：1英寸管螺纹(外)固定

D型：抗压厚壁管，焊接到测量点

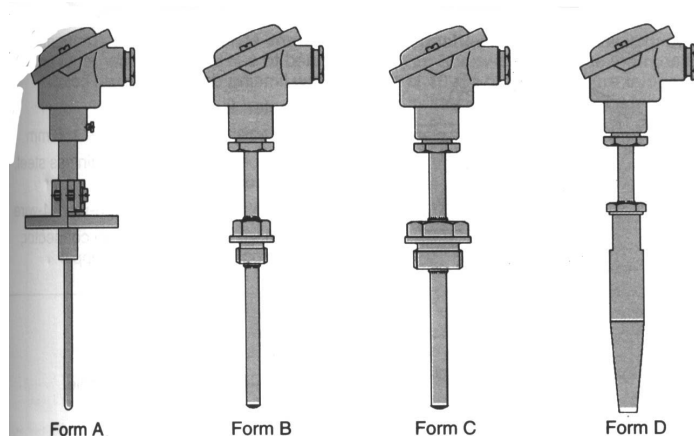
E型：顶端为锥形用于快速响应，滑动法兰安装

F型：顶端为锥形用于快速响应，固定法兰安装

G型：顶端为锥形用于快速响应，1英寸法兰安装。

DIN 43 763还使用代码的方式定义了保护管的材质以及其它参数。例如标准**DIN 43 763-B1-H**就定义了一种保护管：B型、带固定的1/2英寸管螺纹(外)、长305mm(代码

fig. 5



热电阻(DIN 3440)

是用于直接加热系统，与温度调节器或限制器一起使用的热电阻。它们必须符合**DIN 3440**，是热电阻之中受到附加**TUV**许可的那部分。这种热电阻必须可以在工作温度下完全承受住外部压力和由流体流动所产生的机械负荷。这种热电阻在没有得到更新的**TUV**许可时，不允许有丝毫变动。

防爆热电阻

在储存、处理、生产易燃易爆产品的场所，易燃材料与空气混合后会形成易爆气体，成为易燃易爆环境。在易燃易爆环境中使用的电设备必须符合**EURNORMS EN 50 014~EN 50 020**的规定，凡符合以上规定的设备可以在全欧洲范围内使用。

1)、钢制St 35.8(代码H)。该标准不仅定义了空气、水或蒸汽的最大压力也定义了它们的最大流速。这样在系统构成的设计阶段就可以很容易的选定保护管。

除此之外，还有许多专用温度计，部分采用标准接线盒，部分采用高度专用的带连接器或附加电缆的非标准接线盒。

本安型防爆 EEx i

与一般针对某个具体设备的d型保护相比，i型保护则考虑到整个回路。在这种热电阻中，作为本安回路一部分的带4—20mA信号输出的本安型2线制变送器被直接安装在温度计的接线盒内部。

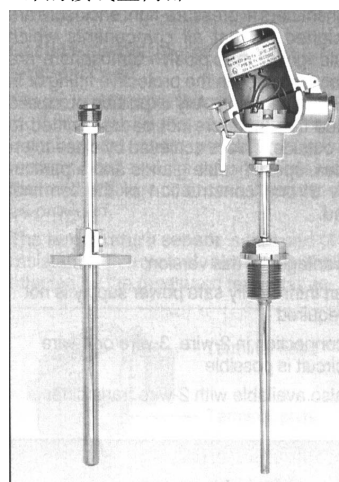


图7. 本安型热电阻EEx i

这种设计具有明显的优点：

- 从温度计直接输出抗干扰信号
- 安装费用低
- 不需要导线补偿
- 信号可以传送的很远
- 在系统运行时就可以安装和修理

带内置2线制变送器的热电阻

当信号需要不受干扰信号影响传输很远时，就需要使用带变送器的热电阻。变送器将传感器信号转变为与温度成线性关系的4—20mA电流信号。变送器的电源线与信号线二合一，使用余下的4mA电流供电。由于系统零点会漂移，它也被叫作可变零点。

隔爆型防爆 EEx d

热电阻所有可能引燃易爆气体的元件均被安全地密封在保护套或接线盒之内，任何内部所产生的爆炸都不会被传送到外部，这是通过使用高精度公差、专用的电缆密封套以及有着特别坚固结构的接线盒来实现的。

这种产品的优点：

- 不需要本安电源
- 可以选择2线、3线或4线连接
- 可配内置式2线制变送器

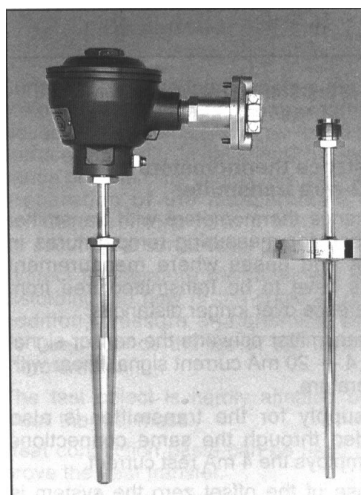


图6. 隔爆型热电阻EEx d

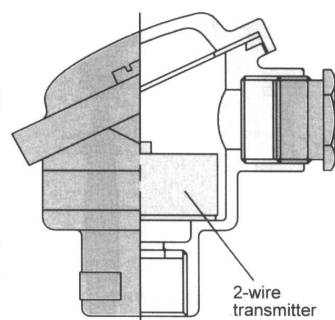


图8. 接线盒内置两线制变送器

2线制变送器将信号放大的同时也极大地降低了它对干扰信号的敏感性。它被密封在环氧树脂中直接安装在热电阻接线盒的内部。

变送器使用的最高工作温度为80°C。除了标准的B型之外还可以选择BUZ、BBK及BUZH等型号。

带连接电缆的热电阻

这种温度计的插件管和接线盒被省略了，温度传感元件被直接接在电缆上并插在保护管之内。通过开槽或压褶来减轻保护管末端所受的应力(保护等级IP65)。保护管与传感元件之间通常填以导热材料，以加强与被测介质的热传递，最大工作温度主要由电缆外皮和隔离层的温度限制来决定。

下表列出了几种材料及其温度限制

材料	t _{max} (°C)
PVC	80
PVS105	105
Silicone	180
PTFE	260

这种温度计具有成多种管型以满足用户的特殊需要

下面列出的是少量限定的数据

—直径: 2—8mm

—保护管长度: 35—150mm

—保护管材料: 不锈钢、黄铜、带覆盖涂层的钢

—接线: 2线、3线、4线

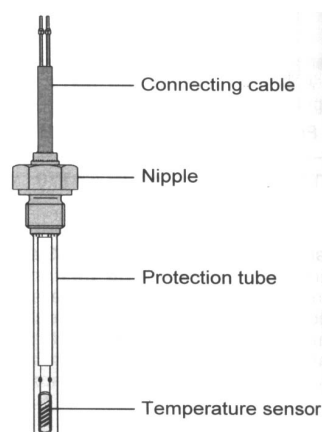
—安装: 法兰带活接头连接器

固定螺纹接头

卡套螺纹接头

还有一种用于消毒器上的增强型。这种温度计由于安装后通常要一天24小时工作因而要求有特别高的可靠性。从保护管到电缆都被密封起来以防汽并可在150°C的温度下承受0.1—4bar的绝对压力。

基本型采用耐高温PTFE—Teflon电缆和一个普通保护管。其探头之内。最多可以安装3支Pt100温度传感器。(见数据单90. 2105)

图9. 热电阻带附加电缆
铠装热电阻

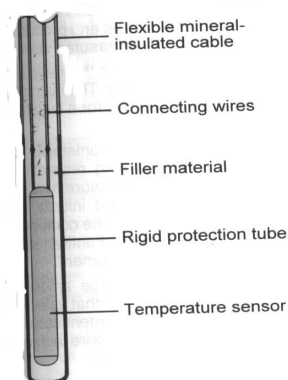
这种热电阻使用具有铠装的电缆，薄薄的不锈钢电缆套包着有浓缩的防火氧化镁涂层的铜导线。采用2线、3线或4线的温度传感器被接到内部的导线上，并被装在不锈钢的保护管中；后者被焊接在电缆套上。最小直径可达1.9mm

保护管与温度传感元件之间极佳的热传导带来了高速响应

($t_{50\%}$: 1.2s)和高精度。防震构造使产品具有极长的使用寿命。

柔软的铠装电缆，其最低回转半径为5倍外直径，这使用其它温度计无法进行的温度测量成为可能。由于它的独特优点，这种温度计被广泛应用在化工厂、电站、管线、测台及其它需要灵活安装的场合。

图10. 铠装热电阻结构



热表用热电阻

热表用热电阻必须得到德国PTB的文字许可，它有多种管型以满足欧洲标准的EN 1434的多种需要，它也受到德国地区加热协会（AGFW）的推荐。带接线盒的热电阻可直接用于温度测量或者放在与其紧密配合的保护套之内测量，长度范围85—400mm。

一种变型是带配套电缆的热电阻，有螺纹安装式和插拔式。螺纹安装式带有M10×1的螺纹用于直接测量流体内部的温度，具有响应快、热传导误差低等优点。插拔式则与它紧密配合的保护套配合使用，当保质期到了之后无须放空系统即可更换。

用于1/2"、3/4"和1"管道的球阀是带配套电缆的热电阻的理想安装点，专门设计的球阀使得安装或更换温度探头时无须放空系统。当管道口径过小时，其插入深度将不会大于30mm，这会使测量的热传导误差升高。JUMO的热电阻经过内部结构优化后，热传导误差可以减小到低于0.03°C，甚至比PTB规定的0.1°C还要低很多。

刺入式热电阻

这种温度计实际上是一个具有手柄的带配套电缆的热电阻。特点是：不受变化的环境温度影响，防水（汽），抗冲击、抗震动。2线或3

线温度传感元件被插进保护管后便被密封。不锈钢保护管长100mm并有一个中心突起或角状突起(提高快速响应)。

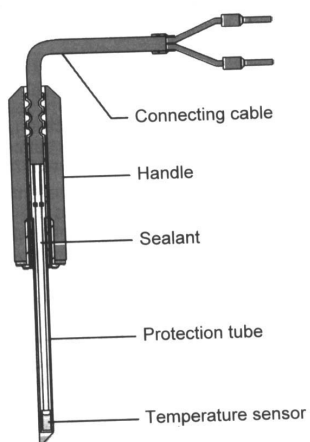


图11. 刺入式热电阻

手柄由Teflon, pps塑料或HTV硅胶制成,可防止许多介质的腐蚀。连接电缆采用Teflon绝热,具有良好的热阻。

该热电阻有一些专门参数:填料的抗高温能力和防水(蒸汽)能力。

表面热电阻

这种温度计主要用于封闭的管道系统以及其它环形或平坦表面的温度测量。在使用张带安装或软管卡式安装时十分简单,省去了测量点的许多机械准备。不象其它安装需要一个安装孔,通过螺纹密封。

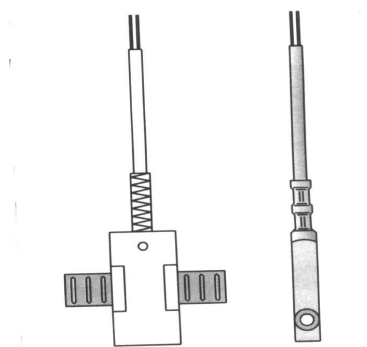


图12. 表面安装型热电阻

它采用非直接的温度测量方式,不会干扰液体或气体的流动,而且使用寿命不受介质的压力和化学影响。测量对象几乎不会受这么少的

热量损失影响。可用热传导剂来增强热传递。

被测介质与周围环境之间的温差会直接影响测量精度,因而这种温度计最好要提供保温层。

室内&室外热电阻

对于室内和室外的温度测量,有许多温度计可供选用。室内型热电阻按IP20保护等级被封闭在一个造型优雅的塑料盒之中。工业用途IP65保护等级的室外型热电阻,其传感元件被安装在盒外,并用一个保护帽封闭起来。增强型则提供了一个不锈钢保护管,温度传感器被插在保护管之内,通过一根Pg9电缆密封套连接。

测温范围: $-20 \sim +80^{\circ}\text{C}$

有的变型可内置一个输出4—20mA信号的2线制变送器。

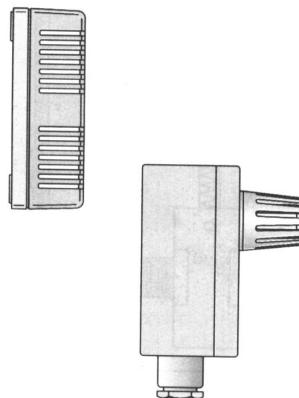


图13. 室内型&室外型热电阻
标准热电阻

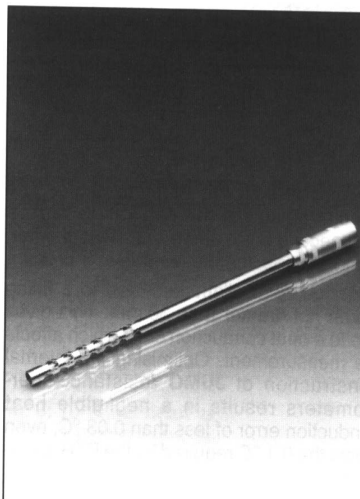


图14. 标准热电阻

为了具有最大的稳定性,电阻线圈通常被自由悬挂在保护管内部,这是为了避免线圈受温度影响膨胀时带来的机械负荷。

然而,这样的线圈在受到机械冲击时非常容易损坏,尽管这些温度计具有 0.001°C 的长期稳定性,但它们并不适于工业应用,因为它们的机械强度太差了。

为了满足工业需要,JUMO开发了一种温度传感器,其电阻线圈被密封在一个陶瓷套之中,采用4线制。铂电阻传感器由一个不锈钢保护管保护起来,以避免机械损伤。

测温范围 $0 \sim +300^{\circ}\text{C}$

在最大温度工作250小时后与标准偏差不超过 0.015°C 。

热电阻的测量连接

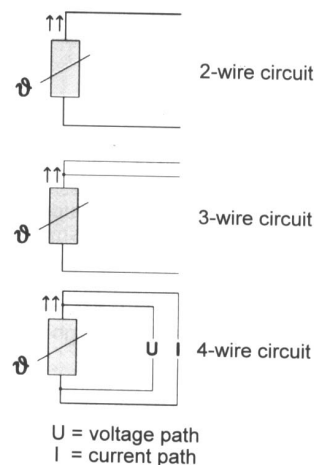


图15. 热电阻的连接方式

在热电阻中电阻随温度的变化而变化,为了计算这个输出信号,可在热电阻上加一个恒定的电流,然后测量其上的电压。由欧姆定律:

$U=IR$ 就可以计算出电阻。测量电流应该尽可能的小,以避免传感器发热。一般认为1mA的电流不会引起明显的误差。1mA的电流于 0°C 时在Pt100热电阻上所产生的电压为0.1V。信号电压应以一个很小的时间周期经连接电缆传送到指示仪表

或计算点,其连接方式有3种:2线制、3线制和4线制。

2线制

热电阻与计算仪表之间通过一根2芯电缆连接,而这根电缆本身与其它导体一样具有电阻。这两个电阻(热电阻、导线电阻)串连在一起的结果会导致在温度指示上出现一个系统误差。

当信号传送距离较远时,导线电阻可能达到几个欧姆,并在测量值上产生一个相当大的漂移。为了避免这种误差,出现了电补偿法。仪表被设计为默认热电阻具有一段阻值为 10Ω 的导线。当接线时,在测量线路一端接上补偿电阻,并用一个阻值为 100.00Ω 的电阻代替电阻温度传感器,通过调整补偿电阻使仪表指示为零。而后再将电阻温度传感器换回来。

由于工作量相对较大,并且没有把电缆电阻受温度影响而发生的变化考虑在内,这种2线制连接方式已经基本绝迹了。

3线制

在3线制中,导线电阻的影响以及它随温度变化的波动已被降至极低。3线制接法在热电阻的一端加了一根额外的导线,这样就产生了两个测量回路,其中的一个用作参照。它使即补偿导线电阻的大小又补偿导线电阻随温度的变化成为可能。

所有的3根线应具有同样的特性,并且处于同样的温度下,这个条件通常很容易满足。

3线制接法是目前应用最广的一种方式,它不需要导线补偿电阻。

4线制

对热电阻来说最好的一种接线方式就是4线制接线方式,温度测量即不受导线电阻影响也不受它随温度的变化量影响,4线制接法也不需要导线补偿电阻。

温度计通过供电回路提供测量电流,其两端的电压降则由测量头引

出。若仪表的输入电阻远远大于导线电阻,则后者就可以被忽略。此时测得的电压降与导线特性无关。

无论3线制还是4线制,对于实际的测量元件来说,电路并不总是能被调的恰到好处。从传感器到接线板之间,这种所谓的内部连接,通常都被制成2线连接。这就导致了与2线制相似的问题,只不过是更小的范围内罢了。DIN 16 160将内部连接与传感元件的阻值之和定义为热电阻的阻值。

绝缘电阻不足

连接线和包围着传感器的绝缘材料之间存在着电阻,当绝缘电阻过低时就有可能使指示温度降低,产生较大的测量误差。对于Pt100热电阻来说,绝缘电阻为 $100K\Omega$ 时会导致 $0.25^{\circ}C$ 的误差,或者说绝缘电阻为 $25K\Omega$ 时导致 $1^{\circ}C$ 的误差。

由于绝缘电阻会随温度的变化而变化,因而当测量条件变化时就可能带来误差,特别是陶瓷绝缘材料的电阻会随温度的上升而降低。对铂热电阻来说,当温度低于 $600^{\circ}C$ 时不用考虑这种误差。

当绝缘层受潮时,其绝缘性能会严重下降,从而导致相当大的误差。因而传感器通常都用珐琅或其它涂料覆盖起来,以保证密不透气。测量插件也被密封起来以使探头避免受潮。插件作为一个整体具有良好的互换性。

无插件(管)保护的电阻温度探头在维修时一定要做好密封工作。

自温升

热电阻的输出信号只能通过流经它的电流来测定。这个测量电流会产生功耗并使传感器温度上升,从而使温度指示升高。自温升受很多因素影响,它与温度计所产生的热量被介质带走的速度也有关系。

因为 $P=I^2R$

所以加热效果与电阻温度传感器的基本电阻也有关系。对于同样的电

流,Pt1000的发热量是Pt100发热量的10倍。此外,设计参数(温度计尺寸)、热传导和热容量对误差也有影响。被测流体的热容量和流速对自温升效应也有很大影响。

温度计生产商一般定义一个自温升系数来表示当传感器上有固定大小的功耗时所引起的温升。这种热测量是在标准条件下($0.5m/s$ 的水或 $2.0m/s$ 的空气)进行的;然而这个数据也只是某种程度上的理论值,只能用作不同设计方案间的参考。仪表制造商们一般将测量电流定为 $1mA$,在实践中发现这个值很合适,它基本上不会使传感器产生明显的温升。当将Pt100电阻温度传感器放在一个带有 $10cm^3$ 空气、封闭的、完全隔离的容器之中时,这个电流将产生 $39^{\circ}C$ 的温升。

当介质为流动的气体或液体时,由于热量散失较大,温升效果更不明显。

由于测量条件的不同,现场测量自温升是十分必要的。改变电流并测得相应的温度。

自温升系数 $E=\Delta t / (I^2R)$

Δt :指示温度-流体温度

R:温度计电阻

I:测量电流

自温升系数E可以用来确定在允许误差内的最大测量电流

$I=(\Delta t / (E \times R))^{1/2}$

附加热电压

用热电阻进行温度测量时,热势也会影响测量结果。这是一种不受欢迎的副作用。两种不同金属的连结处会产生热势。在热电阻中便存在着这样的连结。例如:传感器的导线常常是银制的,也有使用铜或镍的。

在正常情况下可以假定所有的接点均处于同样的温度下,这样热势就会相互抵消;然而由于对外界的热传导不同,各接点会处于不同的温度下,从而产生附加热电压。这

个电压将会使电子仪表产生测量误差。附加热电压的符号决定了使测量值增加还是减少。其最终引起的误差大小由电子仪表的特性决定,特别是它通过何种方式用电压来计算温度。

测量这种误差的一个简单方式是利用同样的电流在相反的方向测量两次,测量结果差别越大则表明所产生的附加热电压越大。

传输特性

传感器的响应总是存在一定程度的滞后,因为它总是被放在探头中的。当被测量发生突然变化后,由于测量滞后以及信号传输滞后所引起的测量误差被叫作动态误差。

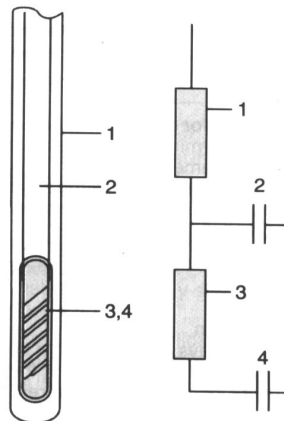


图16. 温度计的热阻和热容

可以把探头看作是由热阻和能量存储仓组成的。具有不同的热传导率的各种材料形成了热阻;材料的量以及热容形成了能量存储仓,温度计的组成元件通常具有同样的特性。温度计的响应特性主要由到探头热容量的热阻率决定,探头热阻越大则升温越慢。为了得到快速响应,就需要使用较小的温度传感器以及易于传热的薄材料。

插件与保护管之间存在的空气隙是最不受欢迎的,因为空气是一种不良导体。补救措施是将插件用导热膏或金属氧化物包起来。

热电偶的响应时间通常比热电阻要短,这是因为其测温体较小决定的,特别是铠装热电偶。多数情况

下,这种差别被相对较大的保护衬套热容所削弱。随着保护管直径的增加响应时间也相应加长。因而若机械强度许可,应该尽量采用较细和较薄的保护管。

保护管材质的导热性能也很重要。铜和铁的导热性很好,不锈钢和陶瓷则差一些。

传输特性即当温度突然变化后测量值随时间的变化。温度计传输特性测量是在流动的温水或空气中,按IEC 56B所规定的测量条件进行的。

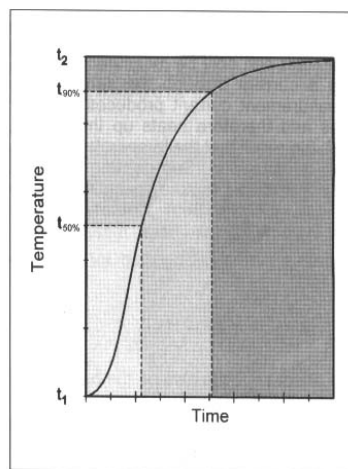


Fig. 17: The transfer function

图17. 传输特性

描述传输特性有两个时间:

—半值时间 $T_{50\%}$

—90%时间 $T_{90\%}$

一般并不使用 τ 这个到达最终值63.2%的时间,因为这可能会与指数函数的时间常数混淆。实际的传输特性与Fig. 17所示有明显的不同。

热电阻的误差

电缆的影响

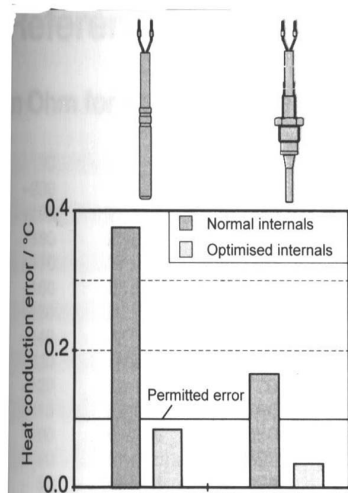
在使用热电阻进行温度测量时,因设计或实际测量本身的原因均有可能造成误差。下面对可能引起误差的主要因素加以讨论。

在以前也曾提到过导线电阻会以与传感器串连的方式进入测量(2线制)。尤其是在较大的安装工程中,随着传送距离的加长,导线电阻有可能达到与传感器电阻相同的数量

级。因而导线电阻的补偿是绝对必要的,一般通过对与传感器连接的仪表进行调零的方式进行补偿。但这种补偿并没有把导线电阻随温度的变化考虑在内。如果连接导线易受温度变化的影响,则会产生测量误差的变化。导线横截面越小、导线越长,这种影响就越明显。

热传导误差

温度计很少用在室温范围内。如果测量温度高于或低于大气温度,在测量点与与环境之间便产生了一个温度梯度。这样就在测量中引入了



误差。

图18. 保护管形状及内部结构

对热传导误差的影响

热量通过保护管或内部的测量元件从热区流向冷区。此外,传感器本身是接有电缆的,金属电缆本身就形成了传感器与外界之间的一个直接的热桥梁,这就又引入了一份测量误差。好的导体同时也总是一个很好的导热体,因而要求连接导线具有低电阻总是与要求它具有高热阻相矛盾。

热电阻的设计本身也带来了热传导误差。传感器与连接电缆之间绝热的同时,传感器与保护管之间还必须要有良好的热接触。温度计的插入深度一定不能太短,否则会有过大的热散失。

插入深度也受介质类型以及单位时间内的热传输量决定。快速流动的流体在温度计的热传导补偿方面要比静止的空气更好。测量液体的插入深度有测量气体时的一半就够了。

下面举例说明在热传导误差方面设计的作用。在进行热测量时热电阻在下列条件下的热传导误差不应超过0.1℃。

—测量温度80℃

—环境温度20℃

—测量介质水

流速0.1—0.2m/s

对于插入深度小于50mm的短温度计来说,要达到以上的精度,只能通过设计途径来解决。铜制导线被直接连在传感器上,并通常使用导热涂料将传感器与保护管粘接在一起。

在无特别声明需要隔温的地方,热传导误差大概为0.3℃。通过降低传感区保护管直径的方式可以再提高50%的精确度。然而0.15℃仍然不能使测试人员满足;最后,通过隔断传感器与连接电缆之间的热传递,误差被降低到0.03℃,与最初相比进步了10倍。

降低热传导误差的措施

对于某些特殊应用来说,不能总是只通过探头的优化设计来使测量结果不受热传导误差影响。《电温度测量》在第13页说明了考虑探头热传导误差最重要的一些选择依据。

标定

在使用过程中温度计的特性曲线因受化学和机械等因素的影响会变得与初始状态不同。为了对此进行补偿,应该对温度计进行周期性的标定。重新标定包括检查温度计的指示值,并确定它们与真实温度的偏差大小。与之相对应,调校则意味着调整仪表使其偏差变小,至少要比误差更小。

标定对于单个温度计测量的准确性十分重要。制造商实际上不能对这些参数的长期稳定性提出任何保证;因为他们无法预料产品在将来的应用以及所使用的频率和温度计所受的相关应力。

建议每年对温度计重新标定并与原始数据进行比较。对于某些特定应用,根据重现性的充分与否,可以加长或缩短标定周期。标定的精度及细节无法作出一般性说明。通常由用户与标定工厂之间议定,包括温度范围和标定点,精度则由测量类型决定。

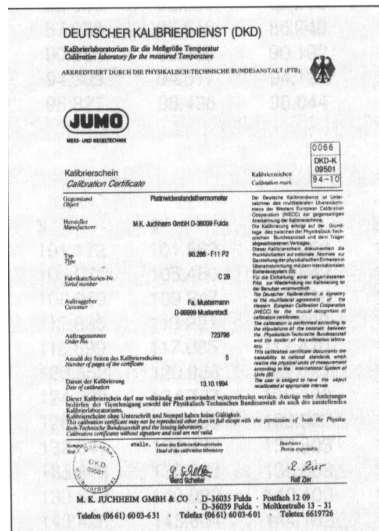


图19. 标定证书

德国标定服务机构

1992年欧洲内部贸易边界开放以后,新的质量标准(例如ISO9000)以及更严格的产品可靠性的规定使对测量设备监测以及过程鉴定的

需求大为增加。此外,用户也需要更高的质量标准。描述了质保系统全球概念的ISO9001就提出了一个特别严格的要求。

如果某个制造商发布了基于这个标准的证书,其生产测试设备就必须可以向上追踪到得到公认的国家标准。可以追踪到国家标准意味着其测试设备的检定符合法定的仪表标准。

图20. ISO 9001认证

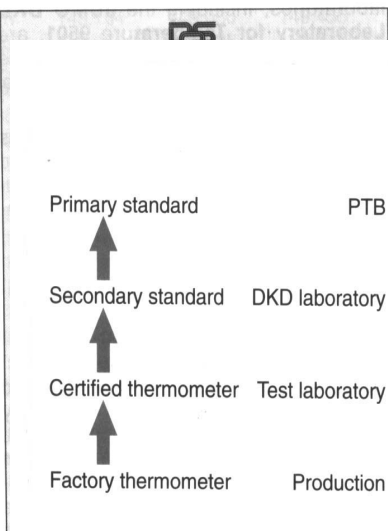


图21. 标准追踪

在德国,PTB设定了国家标准并将它与其它组织的规定相比较,以保证重要参数,例如温度,通过物理手段能够与世界其它地方保持一致。

由于对这些标定设备的巨大需求,国立实验室显得能力不足;因而工业界自己建立了专门的标定实验室。在德国,这些实验室—包括JUMO DKD实验室(用于温度9501),组成了德国标定机构(DKD);它们属于德国PTB实验室的工业分支。

这就保证了DKD实验室所使用的测量设备可以明确地追踪到国家标准,对于它所使用的温度计来说自然也是这样。

安全注释

温度计和保护套上的所有焊点都通过一个质量系统 (DIN8563, 第113部分) 监控。根据德国贸易规定第24部分对于某些特定应用, 例如压力容器, 实行特定的安全规定。对于有特殊需要的焊接地方, 按EN287和EN288标准监测。