

3.2 电阻温度计

工业上广泛应用电阻温度计来测量 $-200\sim +500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间的温度。电阻温度计的特点是准确度高；在中低温下（ 500°C 以下）测温，它的输出信号比热电偶的要大得多，故灵敏度高；电阻温度计的输出是电信号，因此便于信号的远传和实现多点切换测量。

电阻温度计由热电阻、显示仪表和连接导线组成，热电阻由电阻体、绝缘管和保护套管等主要部件组成。

第二节 电阻温度计

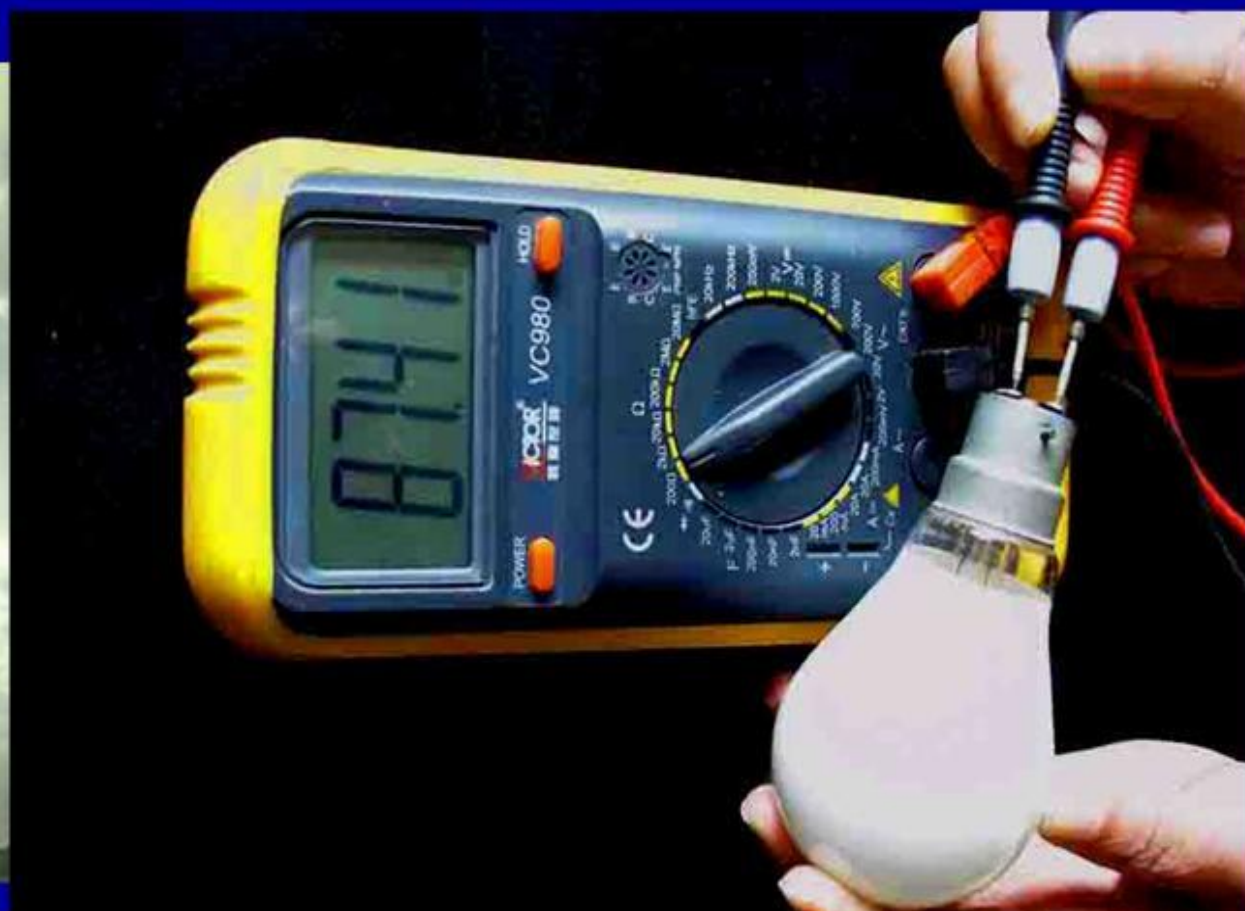
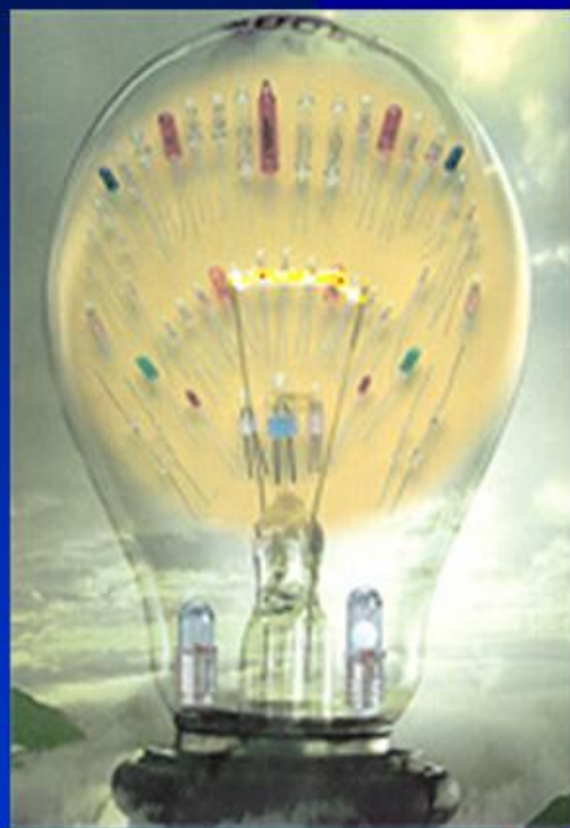
- 1) 原理：通过测阻值变化反应温度。
- 2) 分类：电阻是测量温度的敏感元件，包括导体和半导体两种。
- 3) 测温范围： **$-200\sim+500^{\circ}\text{C}$**

优点：

- 准确度高。
- 灵敏度高。中低温下（ 500°C 以下），输出信号比热电偶大。
- 输出电信号，便于远传和切换。

取一只 100W/220V 灯泡，用万用表测量其电阻值，可以发现其冷态阻值只有几十欧姆，而计算得到的额定热态电阻值应为 484Ω 。

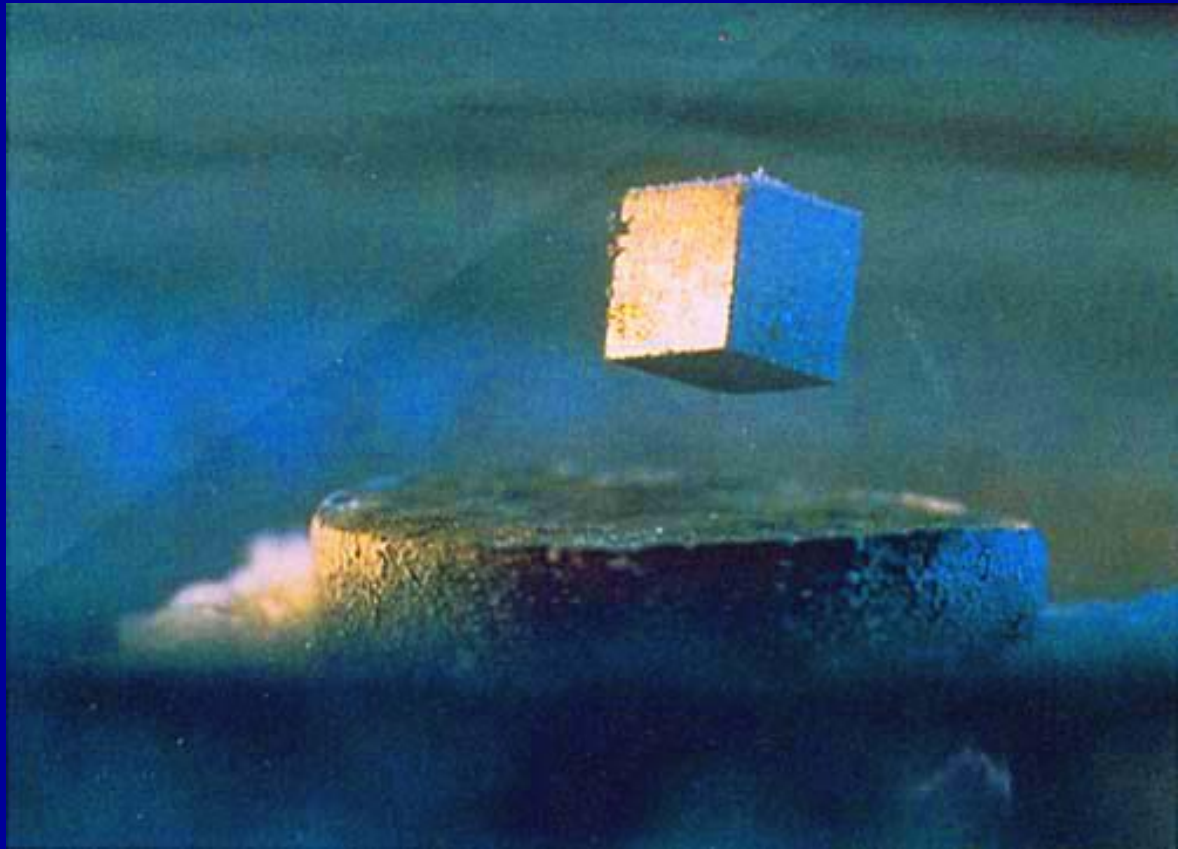
请说明钨丝的温度系数的正负。



超导现象

1911年，荷兰物理学家昂内斯（Kamerlingh Onnes）在用液氮将汞的温度降到4.2K时，

发现汞的电阻降为零。昂内斯将这种现象称为物质的超导性。后来昂内斯和其他科学家陆续发现了其他一些金属也是超导体。昂内斯因为这项重大发现而获得1913年的诺贝尔物理学奖。



第二节电阻温度计

主要内容

- 第一节 金属测温电阻
- 第二节 半导体热敏电阻
- 第三节 热电阻的校验

第二节 金属测温电阻

一、对金属测温电阻的要求

测温热电阻材料必须满足：

1) 电阻温度系数大

电阻系数：温度变化 1°C 时电阻值的相对变化量

2) 在测温范围内物理及化学性质稳定。

3) 有较大的电阻率。（电阻体积小）。

4) 线性度好。

5) 复现性好，

6) 价格便宜。

工业用的热电阻材料有铂、铜、铁、镍。
铁难提纯，我国目前只生产铂、铜、镍

电阻温度系数的定义是：温度变化1℃时电阻值的相对变化量，用 α 来表示，单位是 $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ，根据定义， α 用下式表示：

$$\alpha = \frac{\frac{dR}{R}}{dt} = \frac{1}{R} \frac{dR}{dt}$$

一般材料的温度系数 α 并非常数，在不同的温度下具有不同的数值。

因此常用 $(R_{100} - R_0) / (R_0 \times 100)$ 代表0~100℃之间的平均温度系数。

电阻温度系数越大，热电阻的灵敏度越高，测量温度时就越容易得到准确的结果。

二、标准化热电阻

1 铂电阻

2 铜电阻

3 镍电阻

4 其它低温用热电阻

二、标准化热电阻

1铂电阻

- 特点：稳定性好、准确度高、性能可靠。
- 原因：铂在氧化气氛、甚至高温下物理、化学性质非常稳定
- 测温范围：**13.8033K-961.78 °C**
- 应用：广泛应用于工业和实验室中
 - 注意：铂在还原性气氛尤其在高温还原性气氛中，容易被污染，导致铂丝变脆，并改变电阻与温度间的关系。因此必须用保护套管把电阻体与有害气氛隔离

P_t10 和 P_t100 。

二、标准化热电阻

2 铜电阻

- 特点：电阻值与温度关系几乎线性，电阻温度系数较大，材料易提纯，价格较便宜。
- 测温范围： **-50-+150 °C**
- 应用范围：测量准确度要求不是很高，温度较低の場合。
- 缺点： **250 °C**以上容易氧化，故只能在低温及没有腐蚀的介质中应用，铜的电阻率较小， $\rho=0.017\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ ，铜的热电阻体积较大。

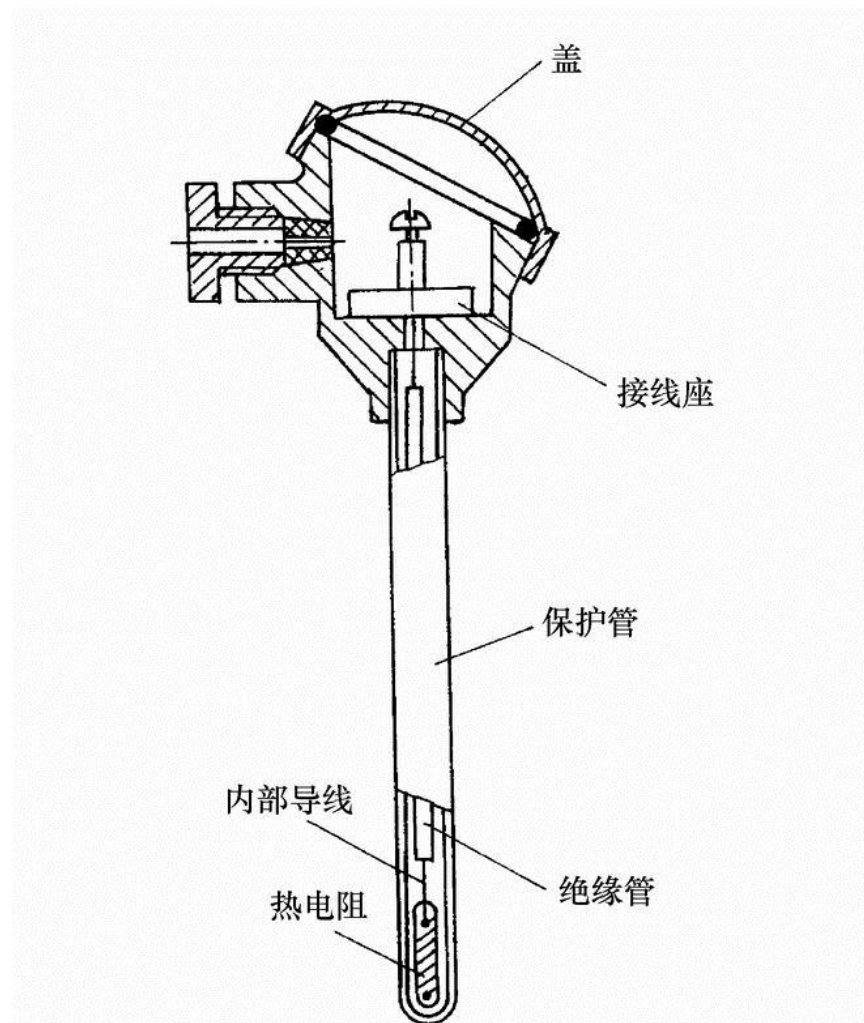


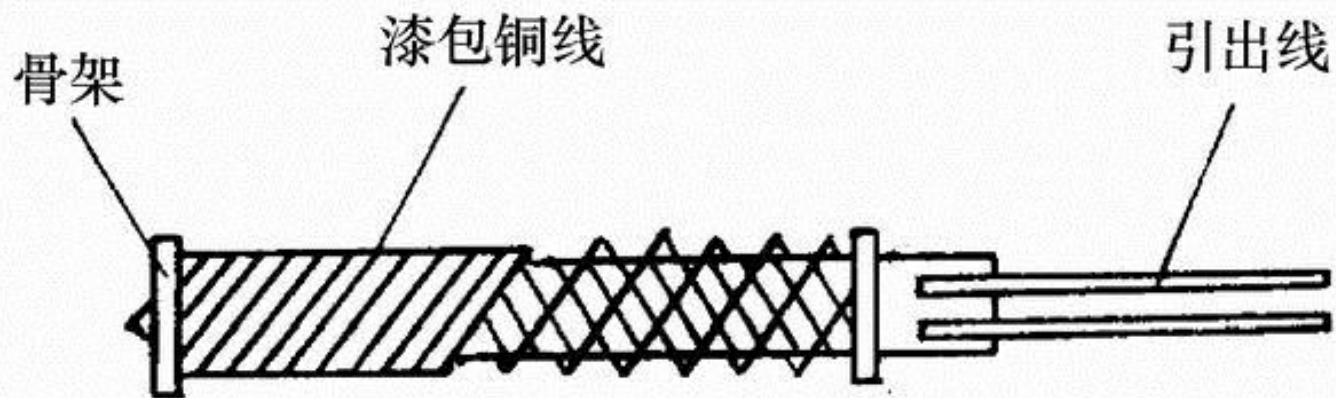
常用标准热电阻

| | 铂电阻 | 铜电阻 |
|-------------|-----------------------|-------------------------|
| 测温范围 | -200-850℃ | -50-150℃ |
| 准确度 | 高 | 低 |
| 稳定性 | 高 | 低 |
| 规格 | Pt10、Pt100 | Cu50、Cu100 |
| 电阻丝粗细 | 直径 0.03—0.07mm | 直径 0.1mm |
| 电阻丝 绝缘方法 | 纯铂裸丝绕在云母制成的平板形骨架上 | 绝缘铜丝采用双线无感绕法绕制在圆柱形塑料骨架上 |
| ρ | 大 | 小 |

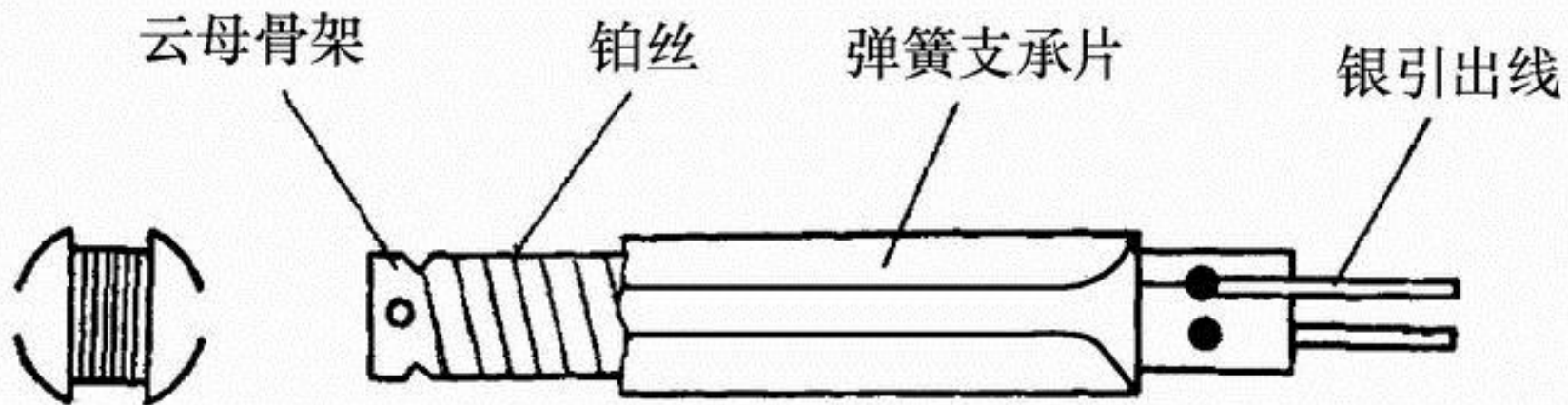
三、工业用热电阻的结构

普通工业用热电阻式温度传感器



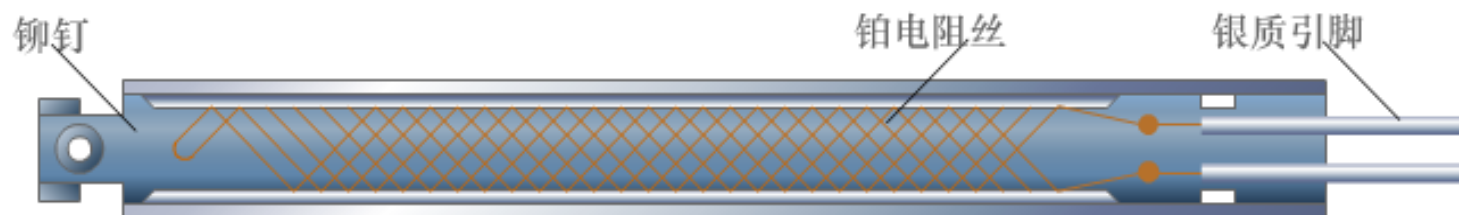


铜热电阻结构示意图

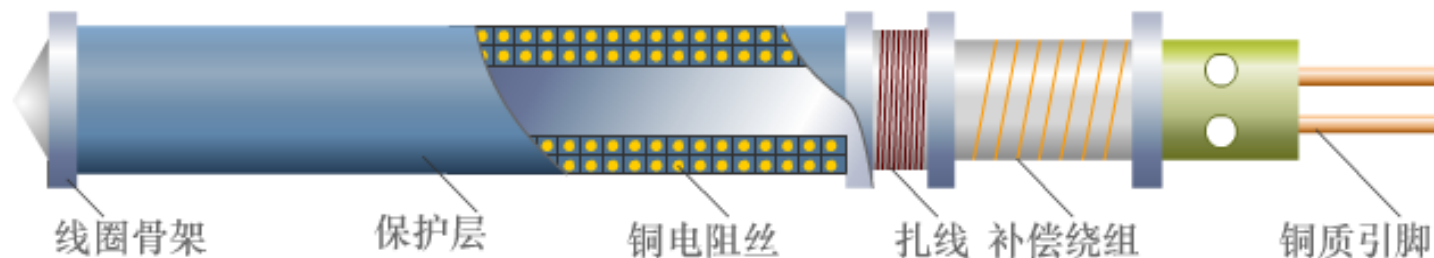


铂热电阻结构示意图

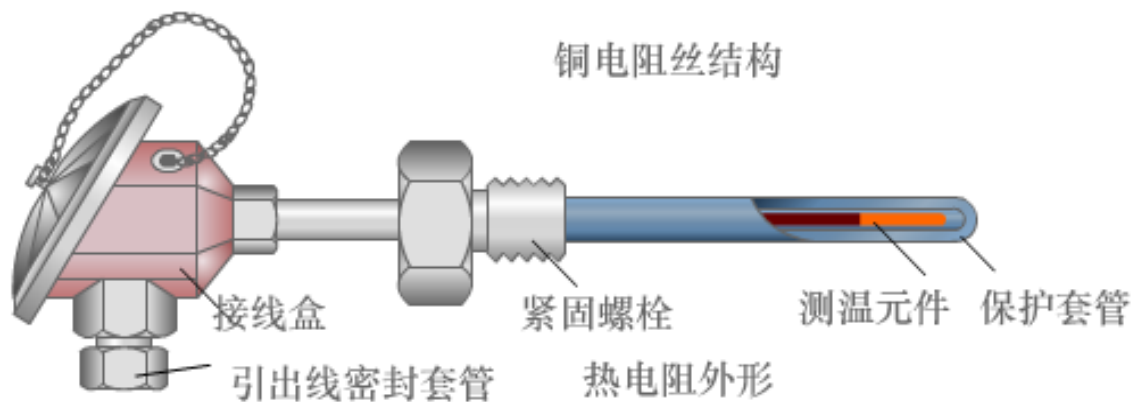
热电阻的结构



铂电阻构造



铜电阻丝结构



热电阻外形

热电阻的结构

东方仿真COPYRIGHT

三、工业用热电阻的结构

一 结构

由热电阻体、引出线、绝缘骨架、保护套管、接线盒等部分组成

1 绝缘骨架

作用：缠绕、支撑和固定热电阻丝的支架。
它的质量影响技术指标。

2 热电阻体

目前常用的材料：云母,玻璃,石英,陶瓷,塑料

(1)云母骨架热电阻

(2)玻璃骨架热电阻

(3)陶瓷骨架热电阻

(4)塑料骨架热电阻

三、工业用热电阻的结构

一、结构

2 热电阻体

(1) 云母骨架热电阻：

用直径为**0.03-0.07 mm** 的铂丝，采用双线无感绕制法绕在锯齿形云母骨架上，
使用温度**500 °C**以下。

3 引出线

1)定义：由**热电阻体至接线端子的连接导线**称为**引出线**。

2) 问题：引出线有电阻值，影响测量精度。

三、工业用热电阻的结构

一、结构

3) 解决方法:

(1) 选择特定材料

工业用铂电阻用银丝作引出线，高温下用镍丝作引出线。铜和镍电阻可用铜丝和镍丝作引出线。

引出线的直径比电阻丝的直径大得多，这样可减少引出线电阻。

(2) 接线方式

国产热电阻有二线制，三线制，四线制。

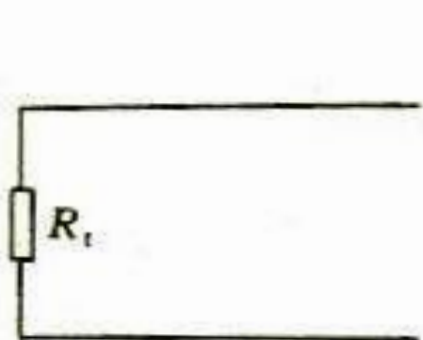
(a) 两线制：在热电阻的电阻丝两端各连接一根导线的引出线方式。这种热电阻测温时都存在引出线电阻变化产生的附加误差。

三、工业用热电阻的结构

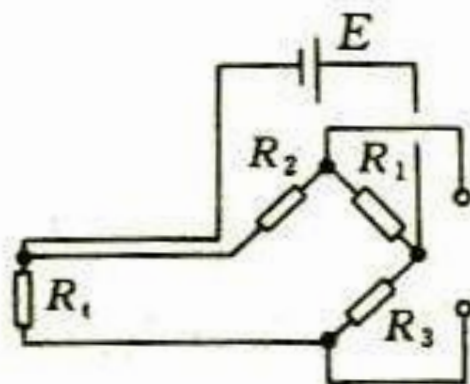
一、结构

(b) 三线制：

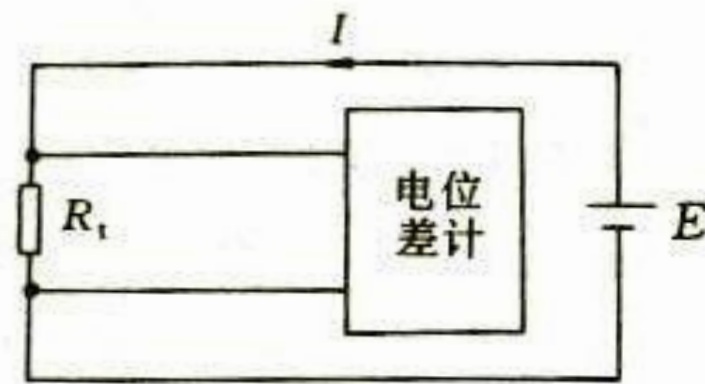
采用三线制接法，由于引线分别接在电桥的两个桥臂上，受温度或长度的变化引起的引线电阻的变化将同时影响两个桥臂的电阻，但对电桥的输出影响不大，较好地消除引线电阻地影响，提高测量精度



(a)



(b)

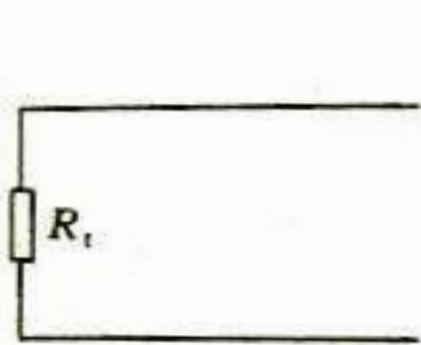


(c)

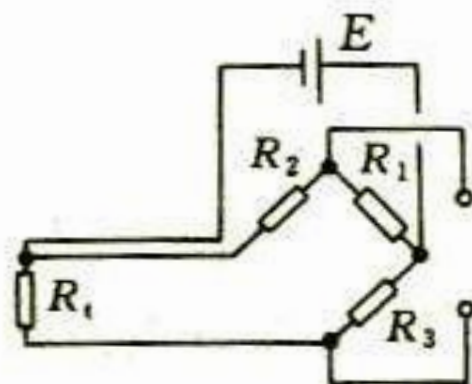
三、工业用热电阻的结构

一、结构

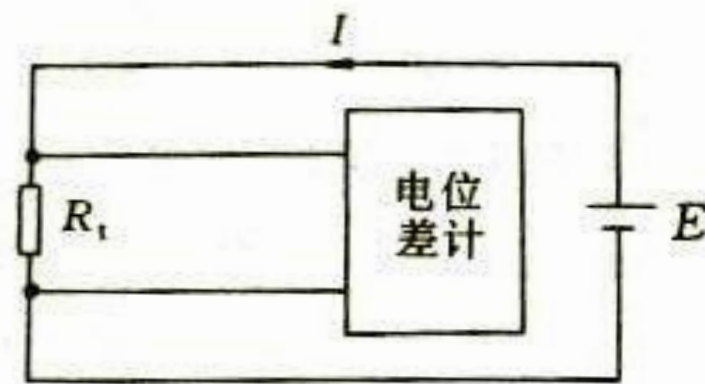
(c)四线制:在热电阻体的电阻丝两端各连出两根引出线。测温时，它不仅消除引出线电阻的影响，还可以消除连接导线间接触电阻及其阻值变化的影响。四线制多用在标准铂电阻的引出线上。



(a)



(b)



(c)

三、工业用热电阻的结构

二 铠装热电阻

1)工艺：将电阻体（感温元件）焊到由金属保护套管，绝缘材料和金属导线三者拉伸而成的细管导线上形成的，然后再外面再焊一段短管做保护套管，在热电阻体与保护套管之间填满绝缘材料，最后焊上封头。

2) 优点：

1) 尺寸小，响应速度快。

2) 机械性能好，耐震动和冲击。

3) 除感温元件外，其它部分可弯曲，适合复杂结构。

4) 不易侵蚀，寿命长

三、工业用热电阻的结构

三 膜式铂电阻

厚膜和薄膜。

1. 厚膜铂电阻是在一陶瓷基片上印制出条状铂膜形成的。由于铂膜很薄，又在陶瓷基片上，所以测温响应时间很小，约**0.1s**。
2. 薄膜铂电阻则是利用真空镀膜的方法将铂镀在陶瓷基片上形成的，其形状和厚膜差不多，只是尺寸更小，响应时间更短。

薄膜型及普通型铂热电阻



汽车用水温传感器及水温表

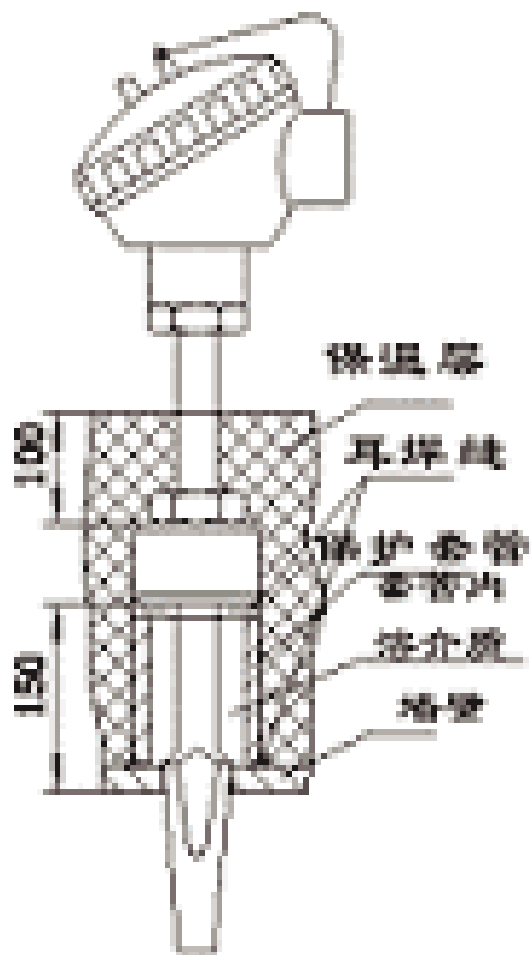


铜热电阻

铂电阻温度显示、变送器



电厂专用热电阻和隔爆型热电阻





套管式热电阻

- 套管式热电阻作为温度测量和控制的传感器与显示仪表配套，以直接测量和控制生产过程中气体，液体和蒸汽的温度。不仅用于发电厂管道测温，同时也用于其他工业部门的测温。





装配式热电阻

- 工业用铂电阻作为温度测量的传感器，通常用来和显示仪表、记录仪和电子调节器配套使用。





耐腐型、耐磨型热电阻

- 但在某些特殊场合，如化工厂、冶炼厂、火电厂等，用普通热电偶，热电阻就极易损坏。因此，在这些场合必须采用特殊材料及机构的热电偶热电阻。



半导体热敏电阻

一、半导体热敏电阻的材料和温度特性

二、半导体热敏电阻的结构和应用

一、半导体热敏电阻的材料和温度特性

- 1 材料：金属的氧化物，氯化物，碳酸盐，硝酸盐（铁，镍，锰，钼，钛，镁，铜等的）
- 2 温度特性。

材料不同，温度特性不同

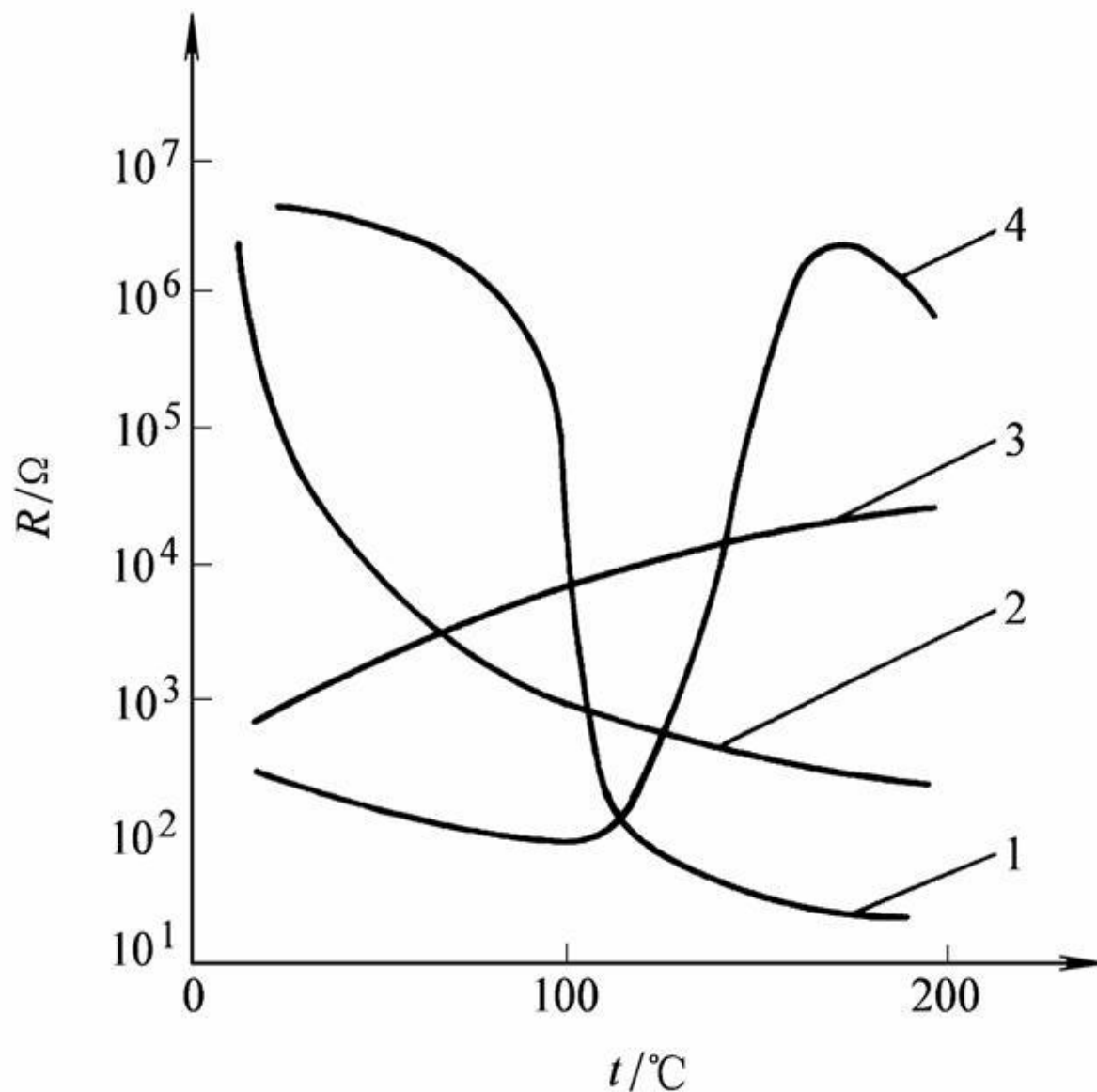
1) 负电阻温度特性，

MnO_2 , $\text{Mn}(\text{NO})_3$, CuO , $\text{Cu}(\text{NO})_2$ 等化合物

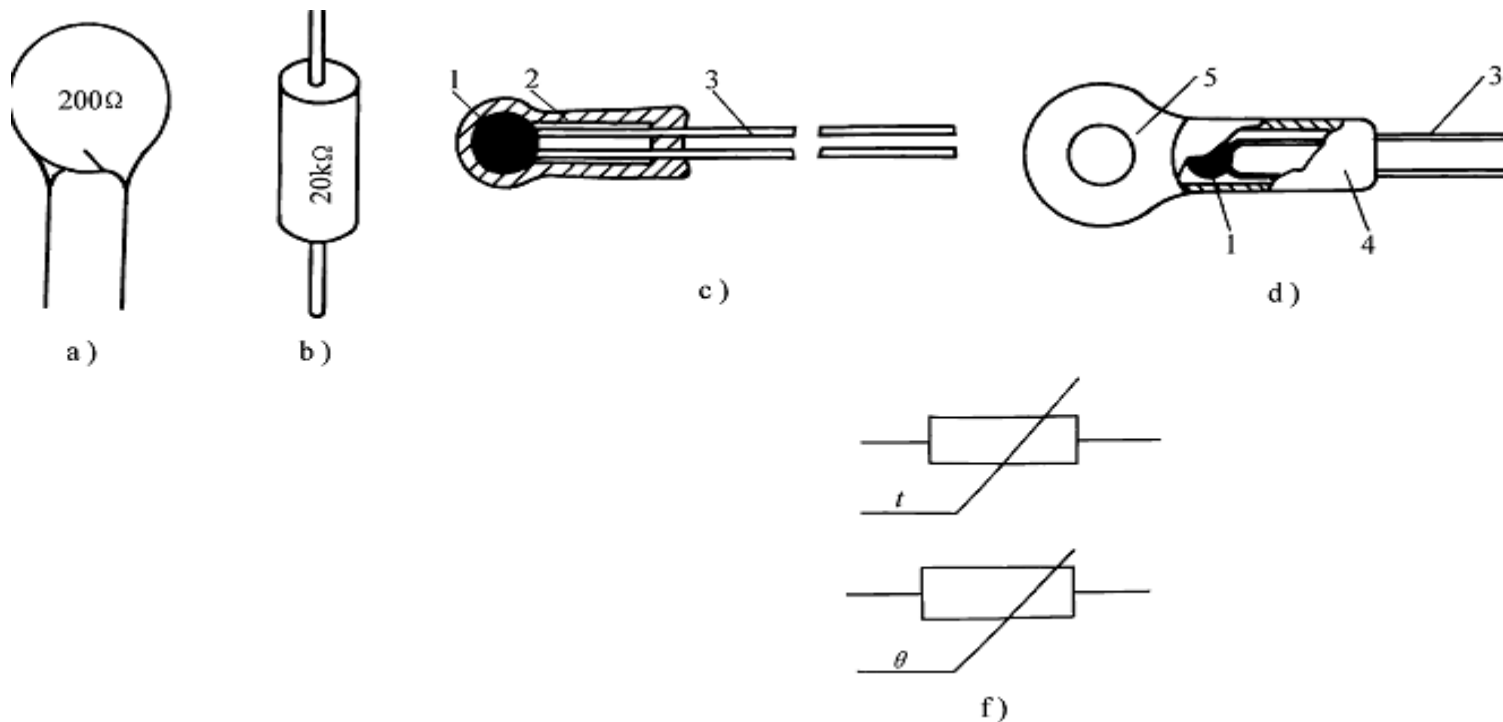
2) 正温度特性， NiO_2 , ZrO_2 等化合物

3) 用的最多的是负温度特性的热敏电阻

下图所示的四根曲线分别为哪一种热敏电阻？



- 二、半导体热敏电阻的结构和应用
- 1 结构：有珠形、圆片形、棒形。
- 2 工业测量主要用珠形。



a) 圆片型热敏电阻 b) 柱型热敏电阻 c) 珠型热敏电阻 d) 铠装型 f) 图形符号

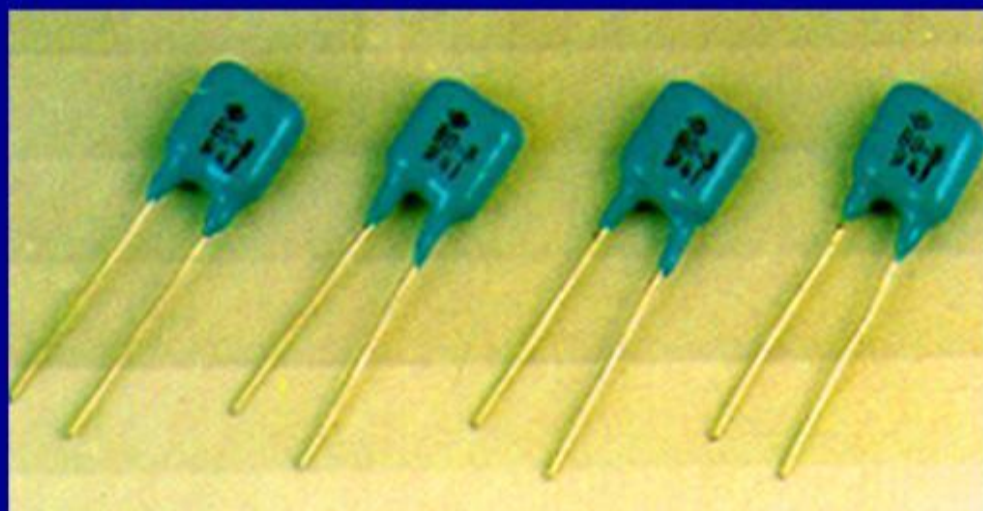
1—热敏电阻 2—玻璃外壳 3—引出线 4—紫铜外壳 5—传热安装孔

热敏电阻外形

MF12型
NTC热敏电
阻

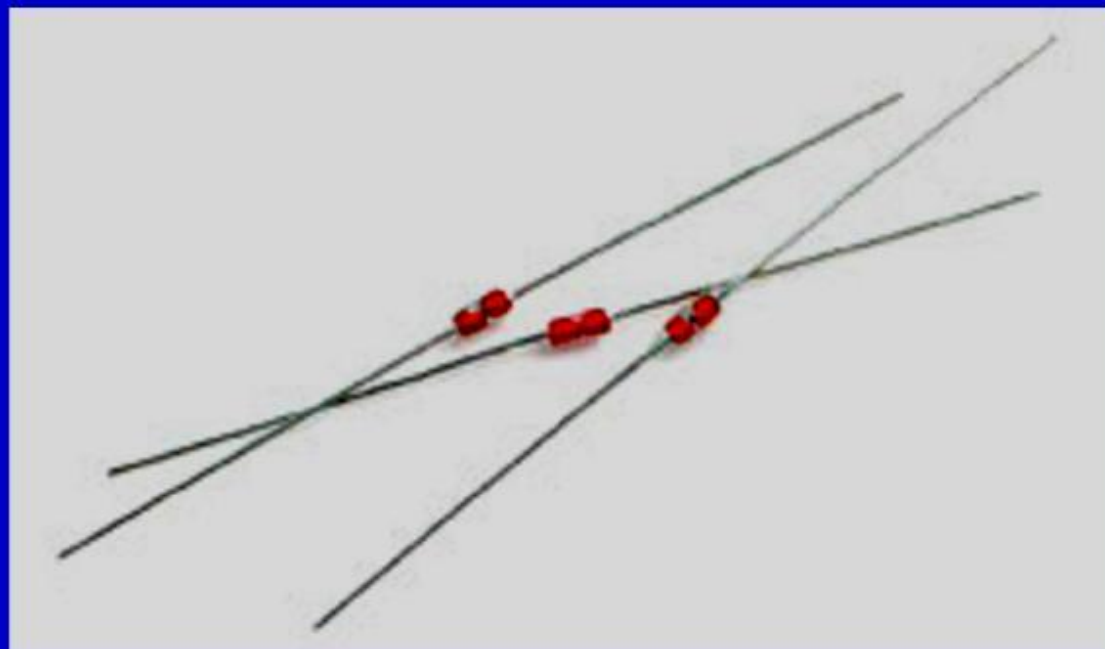


聚脂塑料封装
热敏电阻

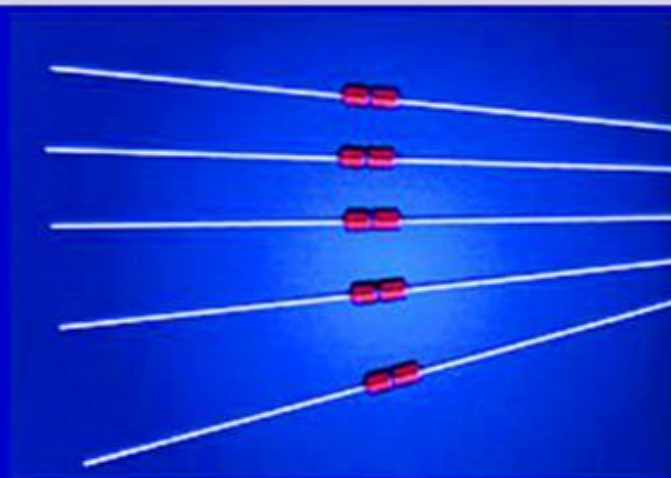


其他形式的热敏电阻

玻璃封装
NTC热敏电阻



MF58 型热敏电阻



其他形式的热敏电阻



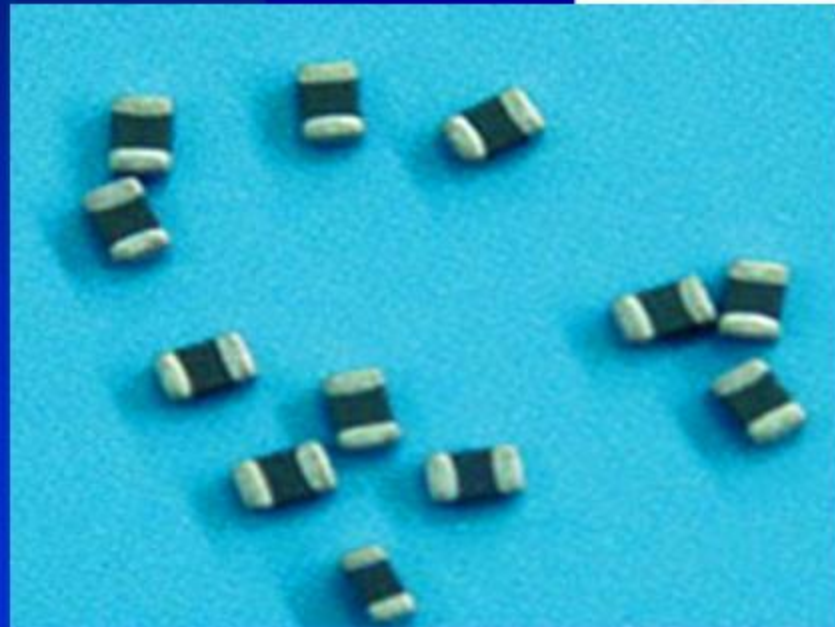
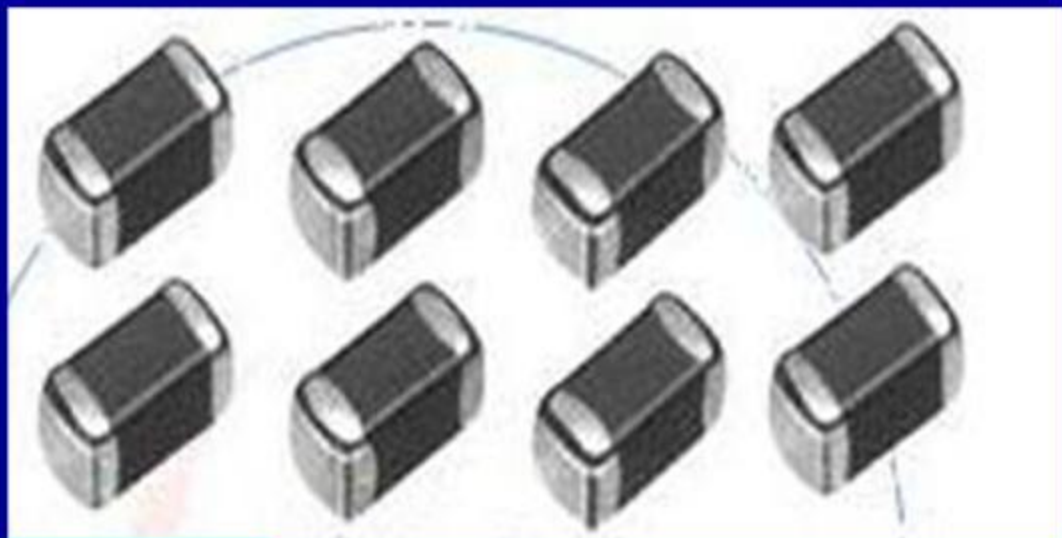
带安装孔的热敏电阻

大功率PTC热敏电阻



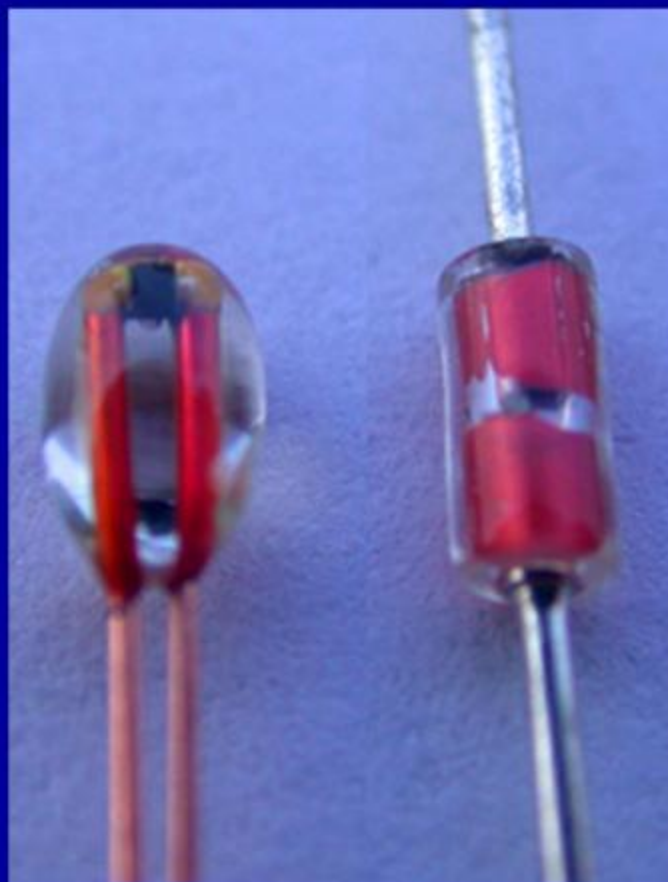
其他形式的热敏电阻（续）

贴片式NTC 热敏电阻



其他形式的热敏电阻（续）

MF58型（珠形）
高精度负温度系数
热敏电阻

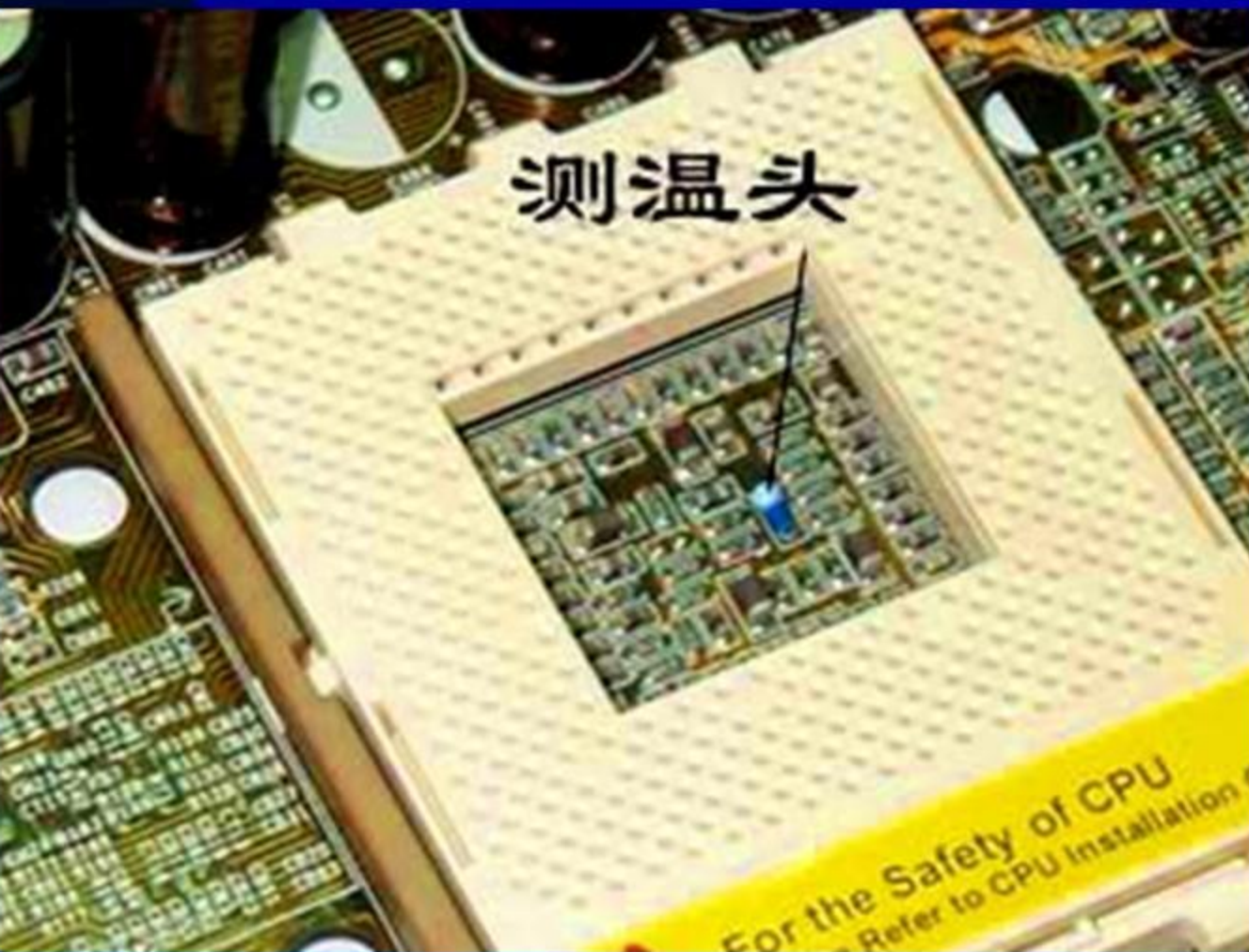


MF5A-3型热敏电阻

（参考深圳科蓬达电子有限公司资料）

热敏电阻用于CPU的温度测量

(参考小熊在线公司资料)



热敏电阻用于电热水器的温度控制





热敏电阻温度面板表

热敏电阻



LCD

热敏电阻体温表



二、半导体热敏电阻的结构和应用

3 测温范围：-100~+300°C

4 特点：与金属热电阻相比

1) 优点：

(1) 灵敏度高。

(2) 电阻率 ρ 很大，体积很小，连接导线电阻变化的影响可忽略。

(3) 结构简单，可测量点的温度。

(4) 热惯性小，响应快。

2) 缺点

(1) 互换性差

(2) 电阻和温度的关系不稳定，随时间变化