



2022春 过程控制系统

过程控制系统

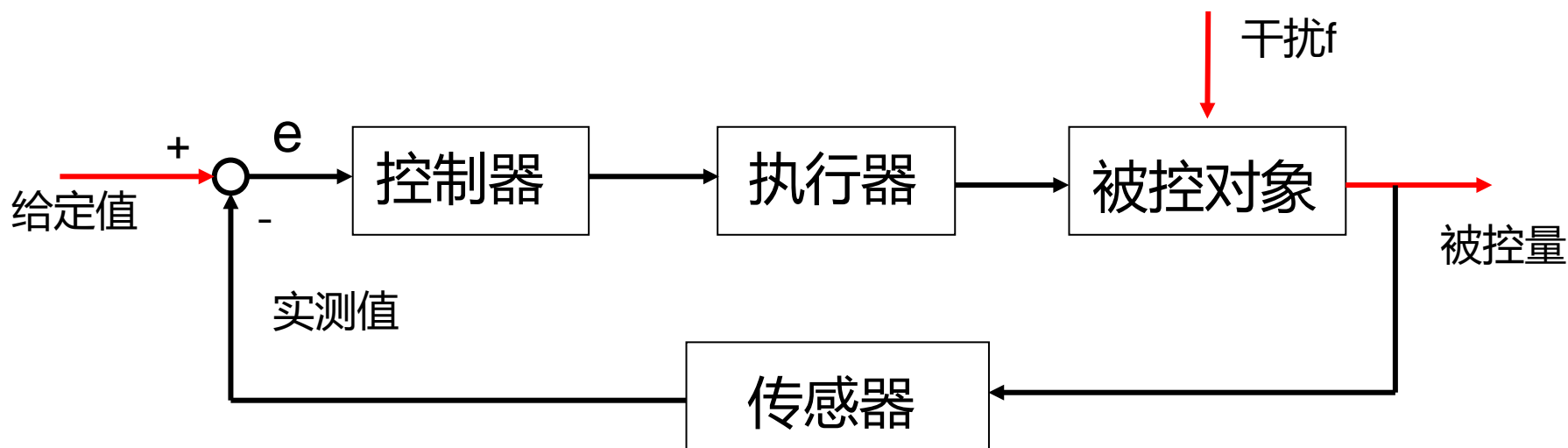
授课教师：苗子博



2022春 过程控制系统

过程控制系统按照设定值的形式可以分为：

定值、随动、程序控制系统



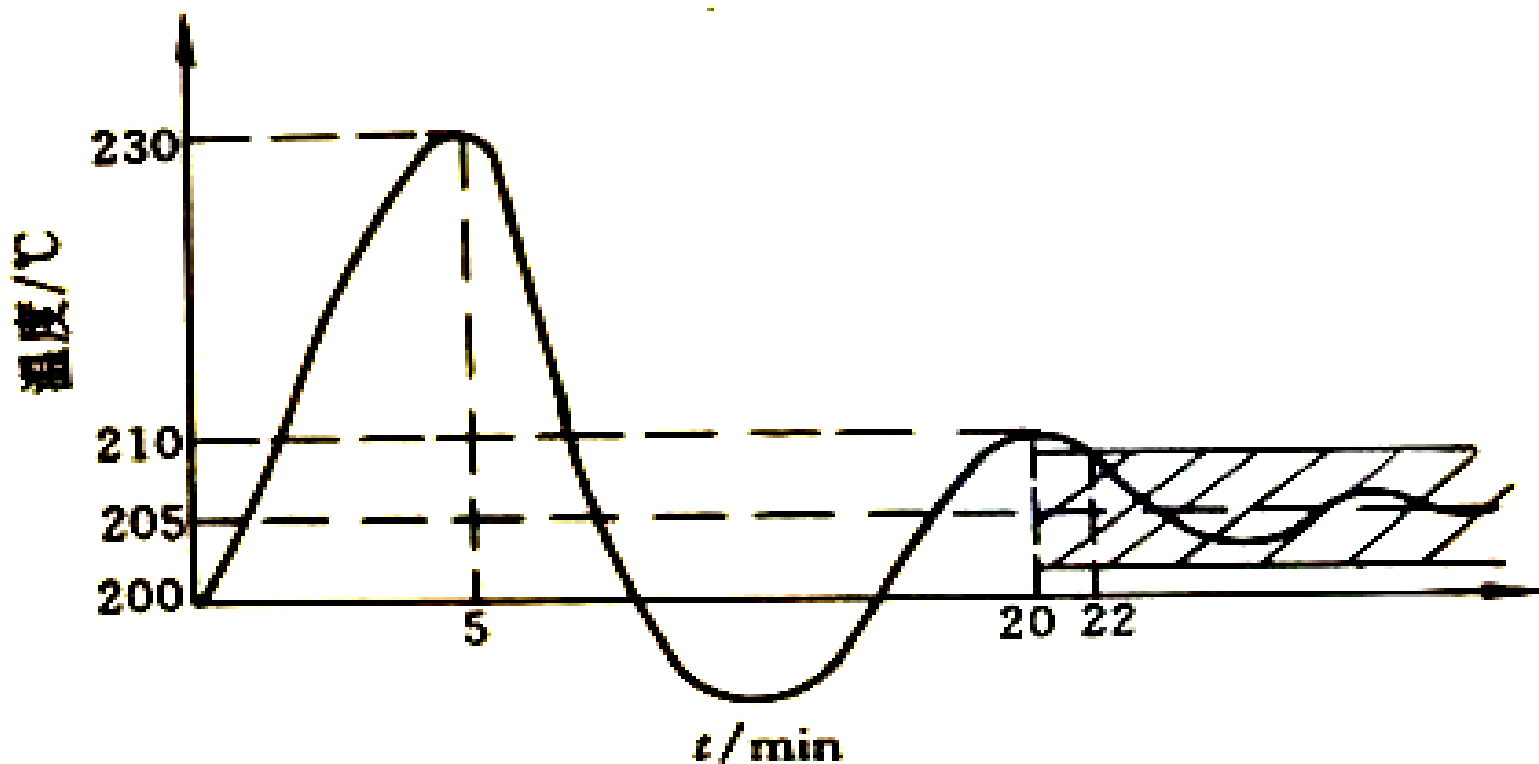


2022春 过程控制系统

[例] 某换热器的温度控制系统给定值为 200°C 。

在阶跃干扰作用下的过渡过程曲线如图所示。试求最大偏差、余差、衰减比、振荡周期和过渡时间。

解：





2022春 过程控制系统

控制系统的单项品质指标小结

- 稳定性 衰减比 $n = 4:1 \sim 10:1$ 最佳
- 准确性 余差 C 小好
最大偏差 A 小好
- 快速性 过渡时间 T_s 短好
振荡周期 T 短好

各品质指标之间既有联系、又有矛盾。例如，过分减小最大偏差，会使过渡时间变长。因此，应根据具体工艺情况分清主次，对生产过程有决定性意义的主要品质指标应优先予以保证。



2022春 过程控制系统

2. 系统阶跃响应的综合性能指标——偏差积分

单项指标虽然清晰明了，但如何统筹考虑比较困难。而偏差幅度和偏差存在的时间都与偏差积分有关，因此用偏差积分一个指标，就可以全面反映控制系统的品质。

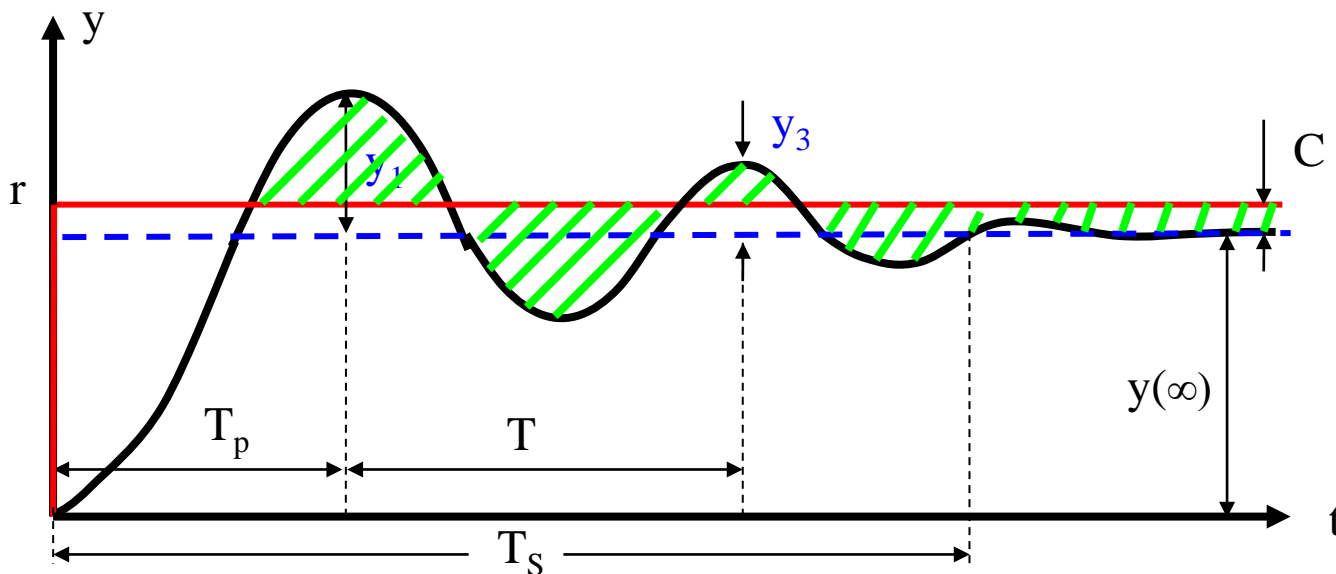


图1.3 闭环控制系统对设定值的阶跃扰动的响应曲线



2022春 过程控制系统

偏差积分的原始定义: $IE = \int_0^{\infty} e(t) dt$

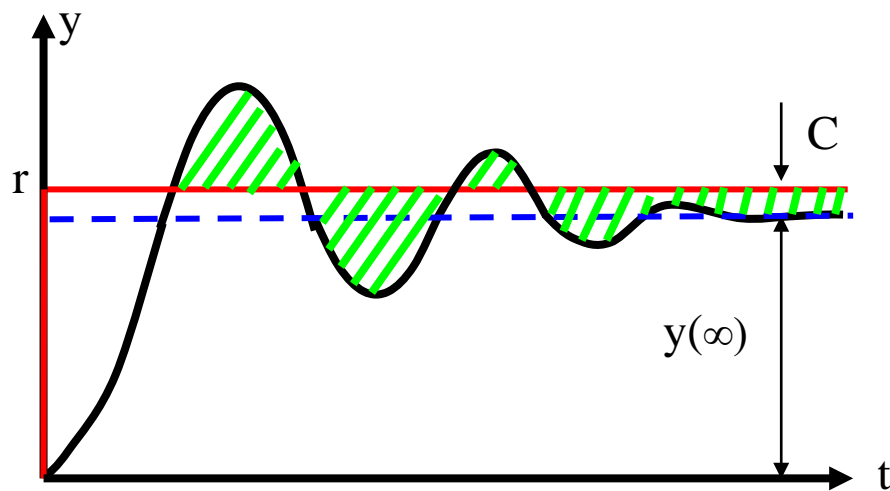
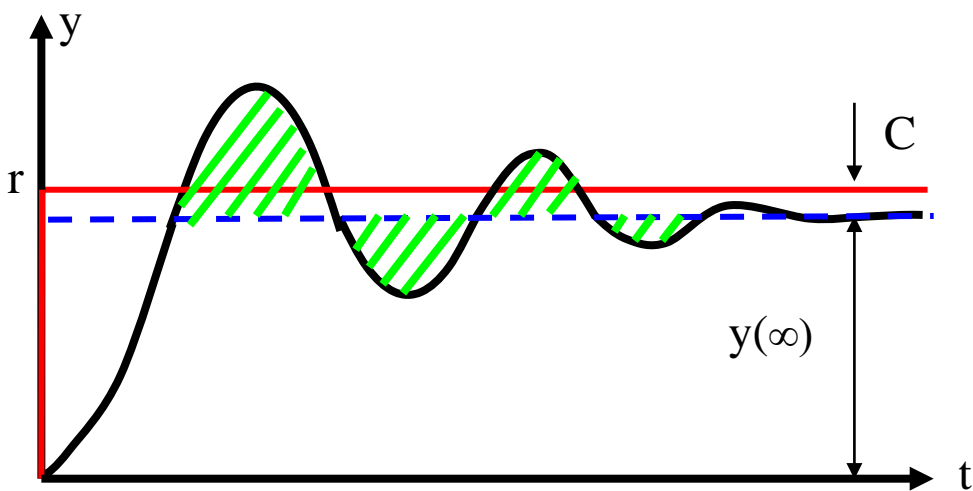
偏差的定义存在分歧:

$$e(t) = y(t) - y(\infty)$$

不能表达余差

$$e(t) = y(t) - y(r)$$

如有余差则积分无穷大





2022春 过程控制系统

偏差积分指标有以下几种形式：

①偏差积分 IE （Integral of Error）

$$IE = \int_0^{\infty} e(t) dt$$

缺点：不能保证系统是衰减振荡。

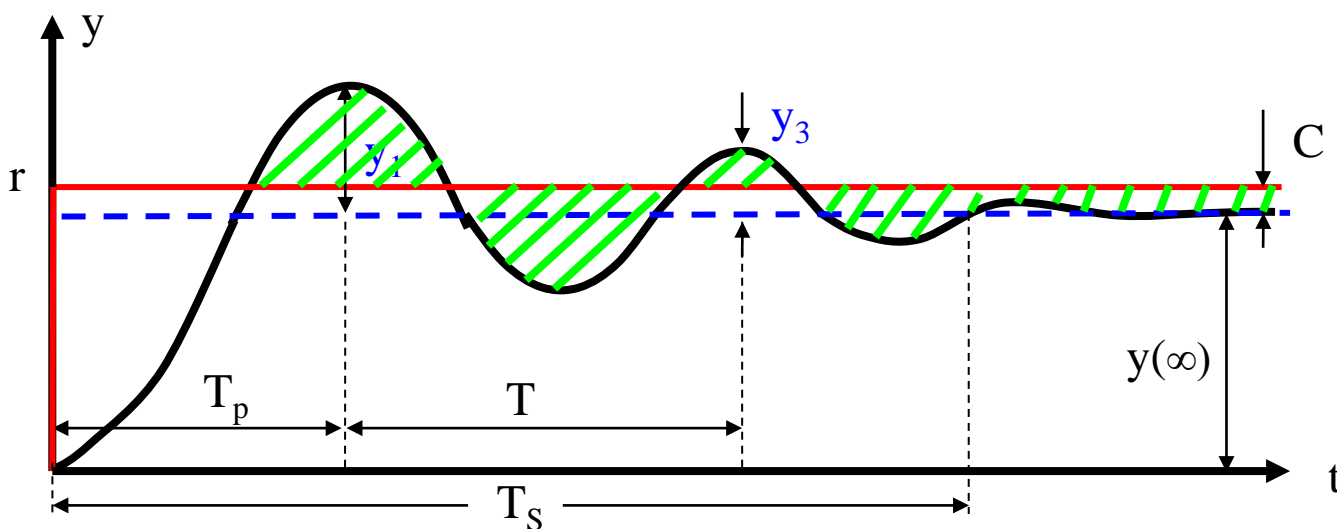


图1.3 闭环控制系统对设定值的阶跃扰动的响应曲线



2022春 过程控制系统

②绝对偏差积分IAE

(Integral Absolute value of Error)

$$IAE = \int_0^{\infty} |e(t)| dt$$

排除了正负
偏差抵消的可能。

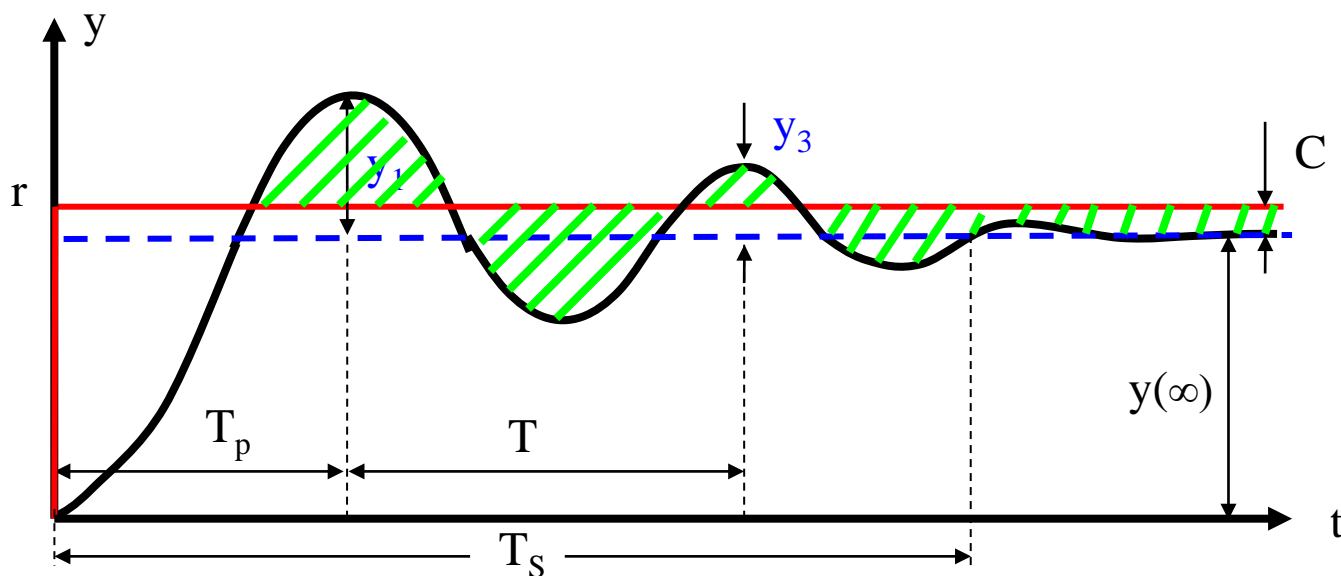


图1.3 闭环控制系统对设定值的阶跃扰动的响应曲线



2022春 过程控制系统

③平方偏差积分 ISE (Integral of Squared Error)

$$ISE = \int_0^{\infty} e^2(t) dt \quad \text{对大偏差敏感}$$

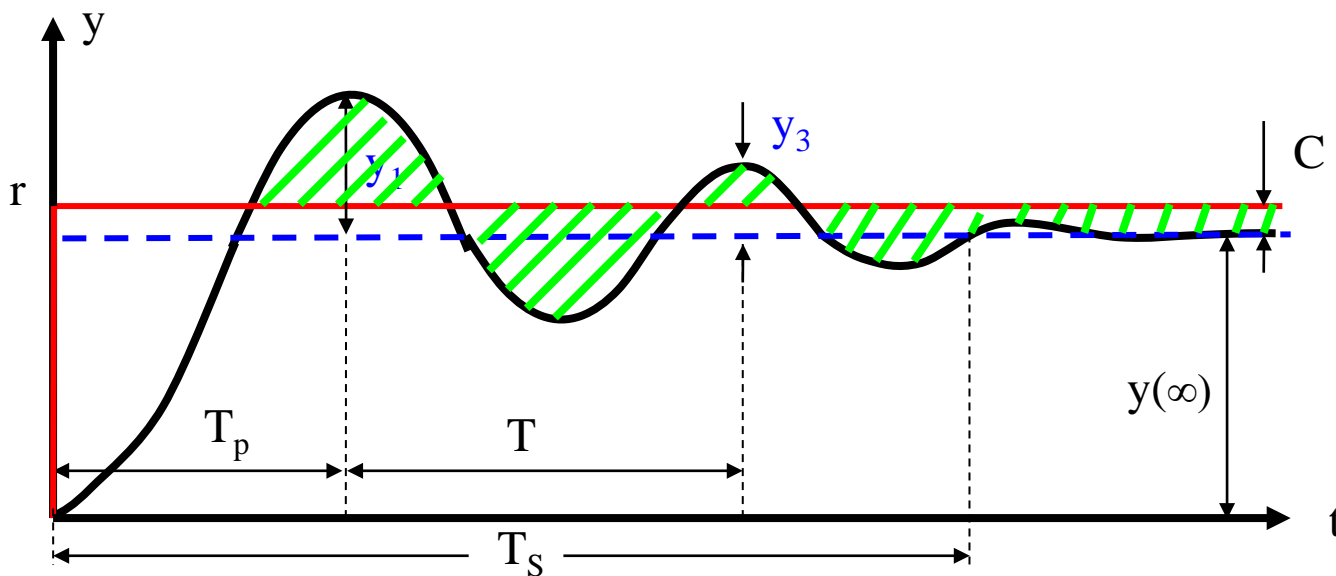


图1.3 闭环控制系统对设定值的阶跃扰动的响应曲线



2022春 过程控制系统

④时间与绝对偏差乘积积分 $ITAE$

(Integral of Time multiplied by
the Absolute value of Error)

$$ITAE = \int_0^{\infty} t |e(t)| dt$$

对调节时间敏感

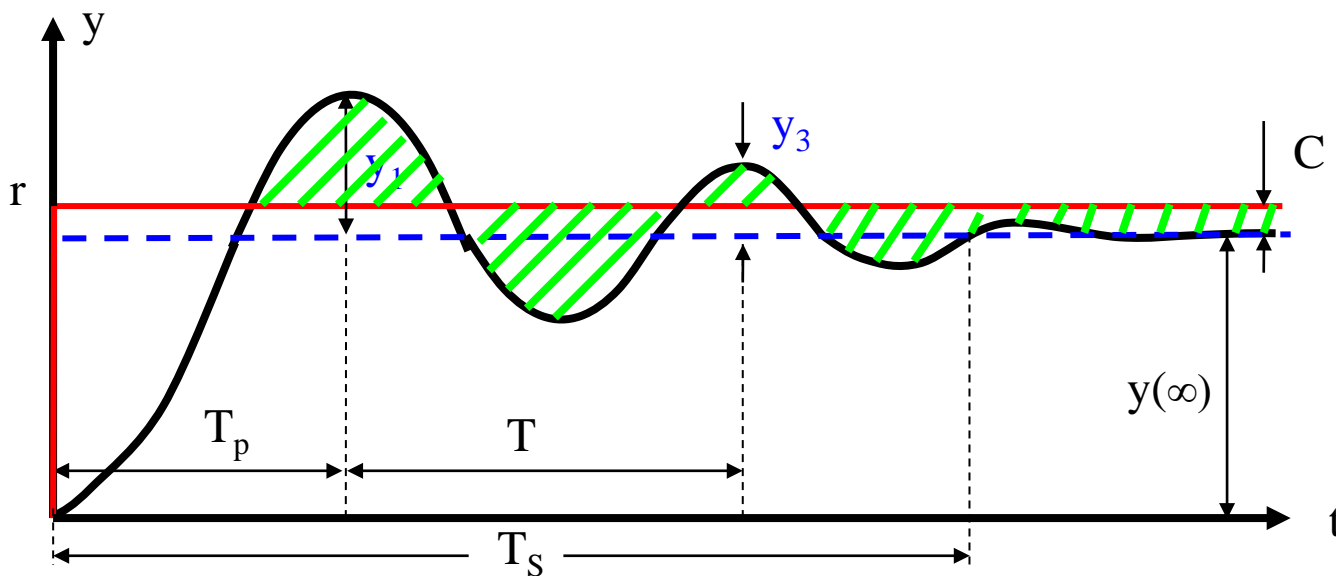


图1.3 闭环控制系统对设定值的阶跃扰动的响应曲线

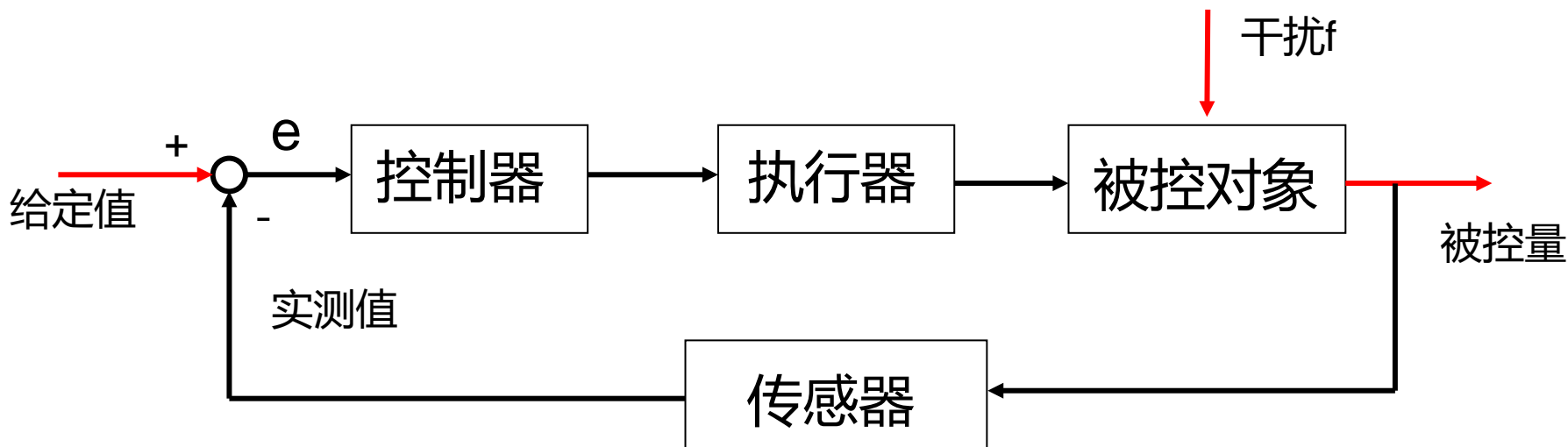


2022春 过程控制系统

1.3.2.4影响控制系统过渡过程品质的主要因素

控制系统的过渡响应品质指标主要取决于系统结构和系统中各环节的特性。

从第二章开始，将分别讨论控制系统各环节的特性、各种系统结构的特性及设计方法。





2022春 过程控制系统

学习本课程的目的

理解过控系统的工作原理及各环节的作用，能设计出合理的自动控制方案。

掌握基本控制规律及其控制器参数对被控过程的影响，能对自动控制系统进行调试和维护。

第2章 检测仪表

要控制一个生产过程，首先必须实时检测生产过程中的有关参数。例如温度、压力、流量、液位等。用来检测这些参数的工具称为检测仪表，其中包括测量指示仪表及将被测参数转换成标准信号输出的测量变送器。

2.1 检测仪表的基本技术指标

检测仪表种类繁多，但目的都是快速、准确地测量某种物理量。因此，对于检测仪表的性能有一套通用的评价指标。

1. 绝对误差

检测仪表的指示值 X 与被测量真值 X_t 之间存在的差值称为绝对误差 Δ 。表示为：

$$\Delta = X - X_t$$

由于真值是无法得到的理论值。实际计算时，可用精确度较高的标准表所测得的标准值 X_0 代替真值 X_t ，表示为：

$$\Delta = X - X_0$$

仪表在其标尺范围内各点读数的绝对误差中最大的绝对误差称为最大绝对误差 Δ_{\max} 。

2. 基本误差

基本误差是一种简化的相对误差，又称引用误差或相对百分误差。定义为：

$$\text{基本误差 } \delta = \frac{\text{最大绝对误差 } \Delta_{\max}}{\text{仪表量程}} \times 100\%$$

而：仪表量程 = 测量上限 - 测量下限

仪表的基本误差表明了仪表在规定的工作条件下测量时，允许出现的最大误差。

3. 精确度（精度）

为了便于量值传递，国家规定了仪表的精确度（精度）等级系列。如**0.5级**，**1.0级**，**1.5级**等。

仪表精度的确定方法：将仪表的基本误差去掉“ \pm ”号及“ $\%$ ”号，套入规定的仪表精度等级系列。

例如某台仪表的基本误差为 $\pm 1.0\%$ ，则确认该表的精确度等级符合**1.0级**；如果某台仪表的基本误差为 $\pm 1.3\%$ ，则该表的精确度等级符合**1.5级**。

例1 某台测温仪表的测温范围为 $-100\sim 700^{\circ}\text{C}$ ，校验该表时测得全量程内最大绝对误差为 $+5^{\circ}\text{C}$ ，试确定该仪表的精度等级。

解： 该仪表的基本误差为：

$$\delta = \frac{+5}{700 + 100} \times 100\% = +0.625\%$$

将该表的 δ 去掉“+”号与“%”号，其数值为0.625。由于国家规定的精度等级中没有0.625级仪表，而该仪表的误差超过了0.5级仪表所允许的最大绝对误差。

故： 这台测温仪表的精度等级为1.0级

例2 某台测压仪表的测压范围为 $0\sim 8\text{MPa}$ 。根据工艺要求，测压示值的误差不允许超过 $\pm 0.05\text{ MPa}$ ，问应如何选择仪表的精度等级才能满足以上要求？

解： 根据工艺要求，仪表的允许基本误差为：

$$\delta = \frac{\pm 0.05\text{MPa}}{8\text{MPa}} \times 100\% = \pm 0.625\%$$

去掉“ \pm ”和“ $\%$ ”号后， 0.625 介于 $0.5\sim 1.0$ 之间。若选精度为 1.0 级的仪表，其允许的最大绝对误差为 $\pm 0.08\text{ MPa}$ 。超过了工艺允许的数值。

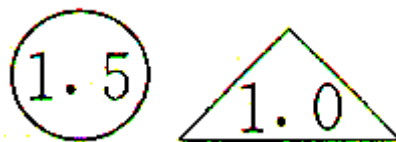
故： 应选择 0.5 级的表。

目前，我国生产的仪表常用的精确度等级有**0.005，0.02，0.05，0.1，0.2，0.4，0.5，1.0，1.5，2.5**等。

精度等级数值越小，就表征该仪表的精确度等级越高，也说明该仪表的精确度越高。

0.05级以上的仪表，常用来作为标准表；工业现场用的测量仪表，其精度大多为**0.5**级以下。

仪表的精度等级一般用符号标志在仪表面板上。如



4、灵敏度和分辨率

灵敏度表示指针式测量仪表对被测参数变化的敏感程度，常以仪表输出（如指示装置的直线位移或角位移）与引起此位移的被测参数变化量之比表示：

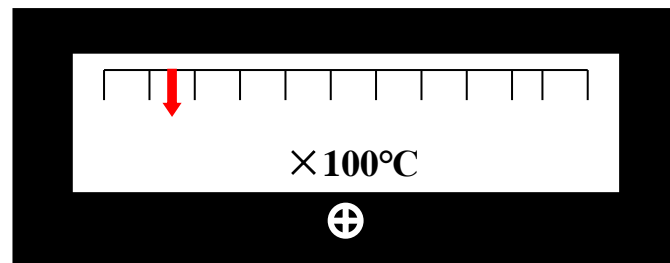
$$S = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

S — 仪表灵敏度；

ΔY — 仪表指针位移的距离（或转角）；

ΔX — 引起 ΔY 的被测参数变化量。

灵敏限表示指针式仪表在量程起点处，能引起仪表指针动作的最小被测参数变化值。



对于数字式仪表，则用分辨率和分辨力表示灵敏度和灵敏限。



分辨率表示仪表显示值的精细程度。

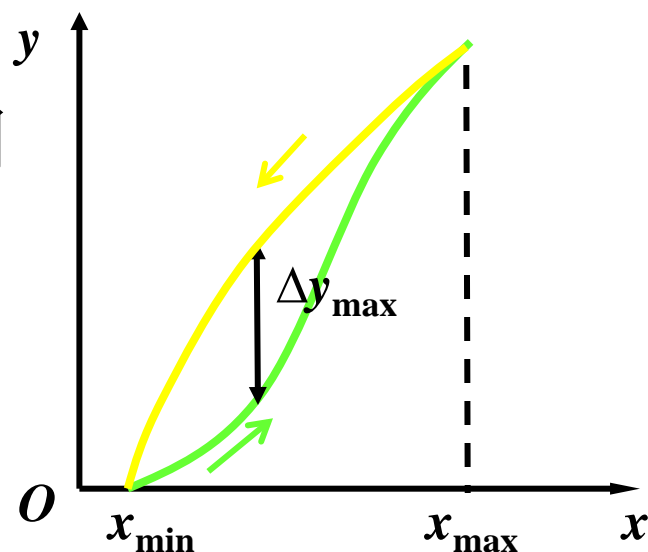
如一台仪表的显示位数为四位，其分辨率便为千分之一。数字仪表的显示位数越多，分辨率越高。

分辨力是指仪表能够显示的、最小被测值。

如一台温度指示仪，最末一位数字表示的温度值为 0.1°C ，即该表的分辨力为 0.1°C 。

5、变差

在外界条件不变的情况下，同一仪表对被测量进行往返测量时（正行程和反行程），产生的最大差值与测量范围之比称为变差。



$$\text{变差} = \frac{\text{正反行程最大差值}}{\text{量程}} \times 100\%$$

造成变差的原因:

传动机构间存在的间隙和摩擦力; 弹性元件的弹性滞后等。

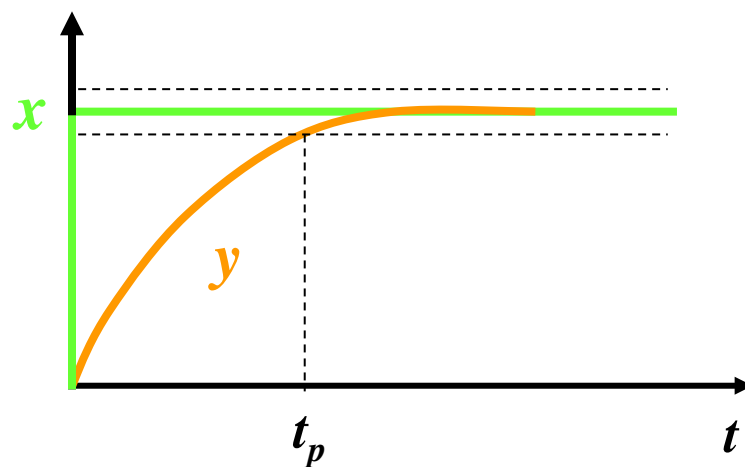


6、响应时间

当用仪表对被测量进行测量时，被测量突然变化以后，仪表指示值总是要经过一段时间后才能准确地显示出来。这段时间称为响应时间。

响应时间的计算：


从输入一个阶跃信号开始，到仪表的输出信号（即指示值）变化到新稳态值的95%所用的时间。



以上是检测仪表常用的性能指标。

量子精密测量

nature research

Search 

nature > subjects > quantum metrology

Quantum metrology

 Atom

 RSS Feed

Quantum metrology uses quanta – individual packets of energy – for setting the standards that define units of measurement and for other high-precision research. Quantum mechanics sets the ultimate limit on the accuracy of any measurement. Quantum metrology, therefore, uses quantum effects to enhance precision beyond that possible through classical approaches.

习近平在中央政治局第二十四次集体学习时强调 深刻认识推进量子科技发展重大意义 加强量子科技发展战略谋划和系统布局

2020-10-17 16:02:02 来源：新华网



重磅！国务院政府工作报告首次提及量子信息

原创 光子盒研究院 光子盒 前天

光子盒研究院出品

昨天光子盒在《教育部新增“量子信息科学”专业，意味着什么？》一文中预测，2021年国务院政府工作报告将首次提及“量子信息”一词，果然不负所望。

3月5日，国务院总理李克强在政府工作报告中介绍，过去五年，我国经济社会发展取得新的历史性成就。

量子技术 blossoming

这是“量子信息”首次出现在国务院政府工作报告中，此前，只有2016年和2018年的政府工作报告两次提及“量子通信”，但是量子信息不仅包括量子通信，还包括量子计算、量子精密测量等，这意味着中国将从优先发展量子通信转变为量子信息科学的全面发展。



十三届全国人大四次会议在京开幕

作为量子信息科学领先的地区，安徽省、北京市、广东省等已经在上个月的地方政府报告中大量提及量子信息。

Quantum Tech Intro

量子之父



Quantum Tech Intro

“For those who are not shocked when they first come across quantum theory cannot possibly have understood it.”



Niels Henrik David Bohr

Niels Bohr本人说没说过这句话我不清楚，但是Heisenberg在1971年写的书中提到Bohr在1952年说过这句话。

Quantum Tech Intro



量子水杯



量子鞋垫

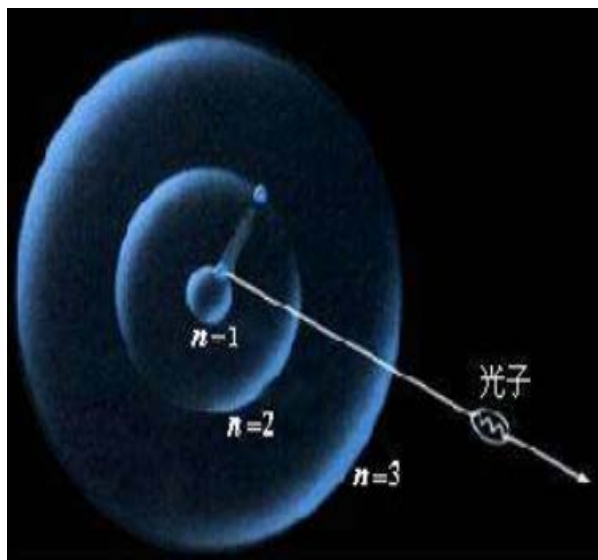


量子按摩



Quantum Tech Intro

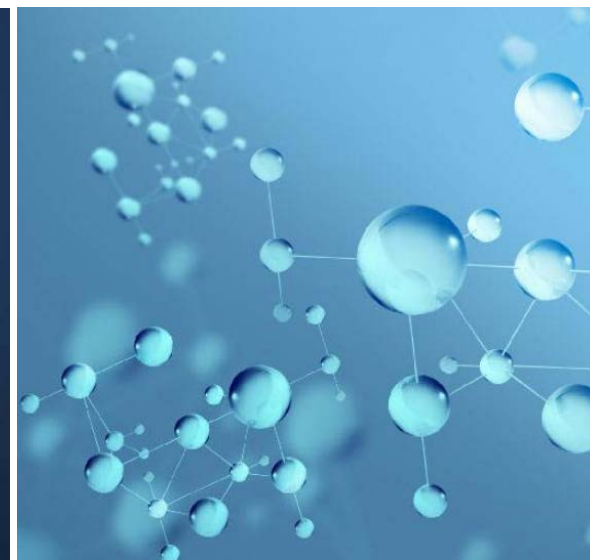
量子：物质和能量的基本单元



光子
 $\sim 10^{-18}\text{J}$



原子
 $\sim 10^{-18}\text{m}$



分子
 $\sim 10^{-10}\text{m}$

量子叠加态

薛定谔的猫

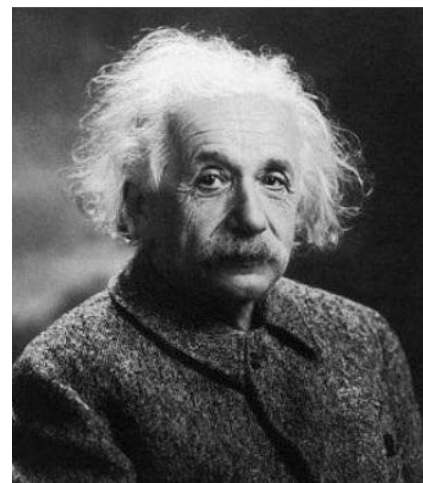
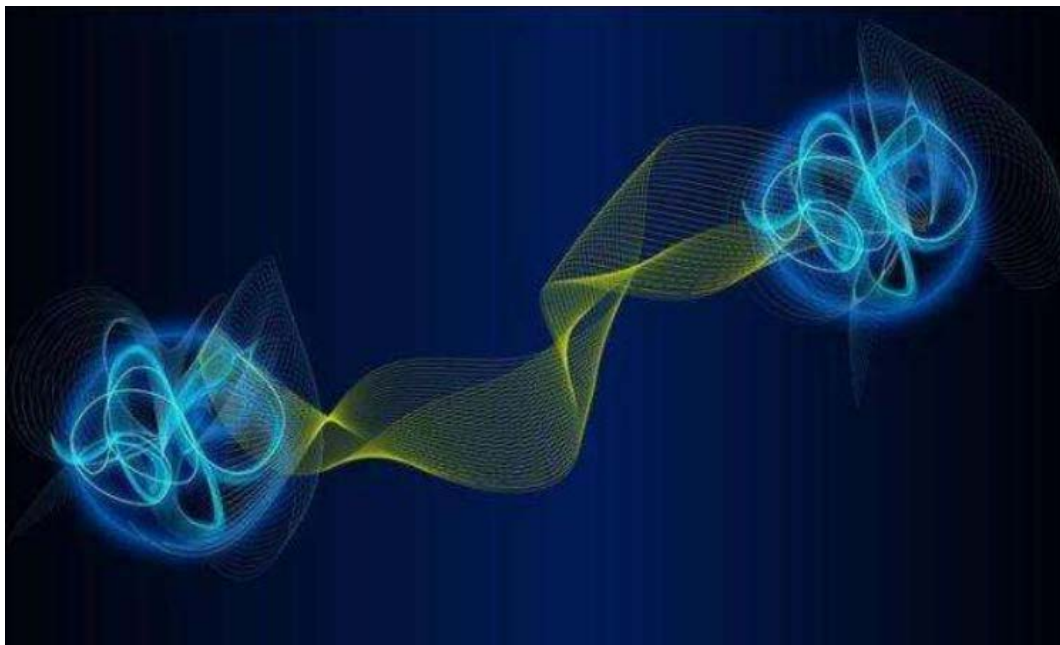


双兔傍地走

安能辨我是雄雌

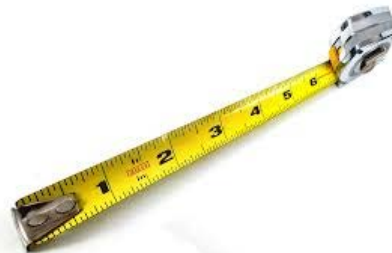
量子纠缠态

量子纠缠 quantum entanglement



“幽灵般的超距作用
(spooky action at a distance) ”

Measurement and estimation



Measurement and estimation

Real length: x_{real}

Measurements: x_1, x_2, \dots, x_N *iid*

$$E[x_i] = x_{real} \quad E[(x_i - x_{real})^2] = \sigma^2$$

Estimator: $\hat{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N}$

$$\text{Precision: } \delta \hat{x}^2 = E[(\hat{x} - x_{real})^2] = \frac{\sigma^2}{N}$$

Better precision

Real length: Nx_{real}

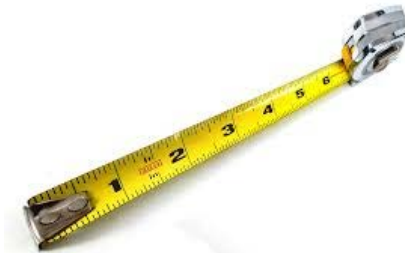
Measurements: x_1

$$E[x_1] = Nx_{real}$$

$$E[(x_1 - Nx_{real})^2] = \sigma^2$$

Estimation: $\hat{x} = \frac{x_1}{N}$

$$\delta \hat{x}^2 = E[(\hat{x} - x_{real})^2] = \frac{\sigma^2}{N^2}$$



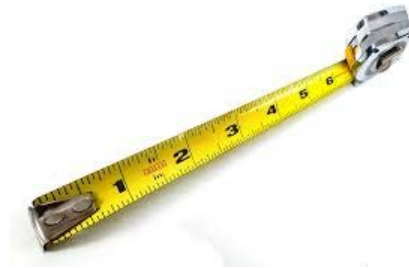
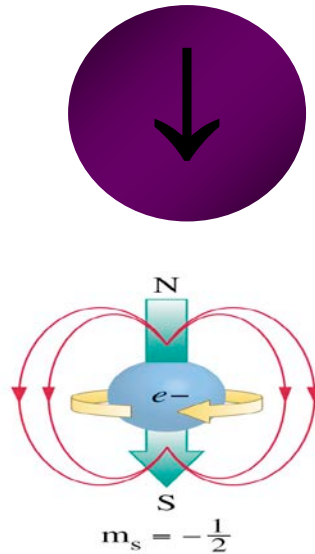
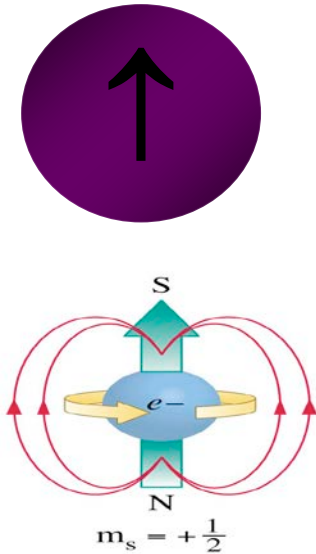
Reduced N times!

Heisenberg limit!

What if there is only one copy?



Spin as a quantum ruler



Quantum Metrology

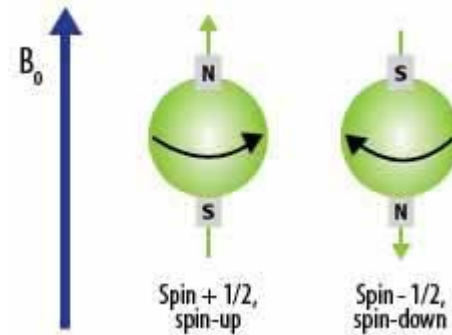
$$|\varphi\rangle = \frac{|0\rangle + |1\rangle}{\sqrt{2}}$$



$$|\varphi(T)\rangle = \frac{e^{iBT}|0\rangle + e^{-iBT}|1\rangle}{\sqrt{2}}$$



$$\cos(BT)|0\rangle + \sin(BT)|1\rangle \longrightarrow \delta\hat{B}^2$$



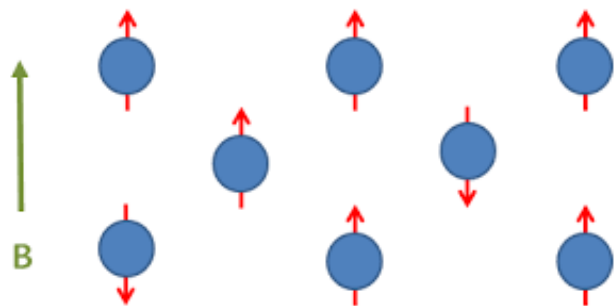
Repeat N times



$$\delta\hat{B}^2 \sim \frac{\sigma^2}{N}$$

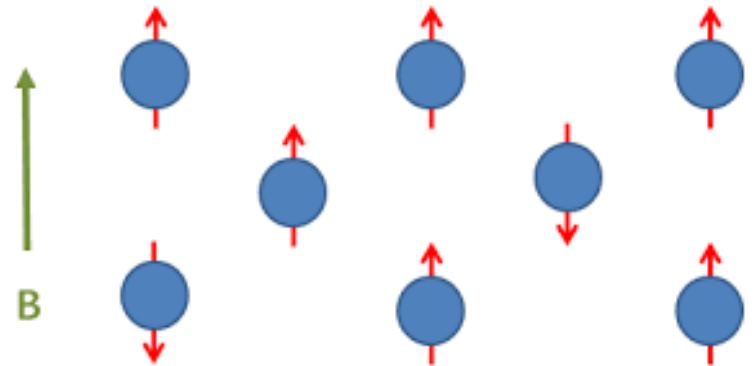
Standard quantum limit

量子精密测量 quantum metrology



量子精密测量 quantum metrology

$$\begin{aligned} |\varphi\rangle &= \frac{|00 \dots 0\rangle + |11 \dots 1\rangle}{\sqrt{2}} \\ &\downarrow \\ |\varphi(T)\rangle &= \frac{e^{iNBT}|00 \dots 0\rangle + e^{-iNBT}|11 \dots 1\rangle}{\sqrt{2}} \\ &\downarrow \\ \delta \hat{B}^2 &\sim \frac{\sigma^2}{N^2} \end{aligned}$$



Heisenberg limit!

2.2温度检测及仪表

温度是表征物体冷热程度的物理量。是工业生产中最普遍而重要的操作参数。

2.2.1温度检测方法

一般利用物体的某些物理性质随温度变化的特性来感知、测量温度。有

接触式测温——通过测温元件与被测物体的接触而感知物体的温度。

非接触式测温——通过接受被测物体发出的热辐射热来感知温度。



品牌：凯尔达
型号：KAT-1501
额定电压：DC3V(2节1号电池)
额定功率：4W(7.14V/1.200A)
产品注册号：粤械备案20162202953
医疗器械证书：粤食药监械生产许200907268号
注册人/生产企业：深圳凯尔达科技有限公司

接触式测温仪表有

1、膨胀式温度计

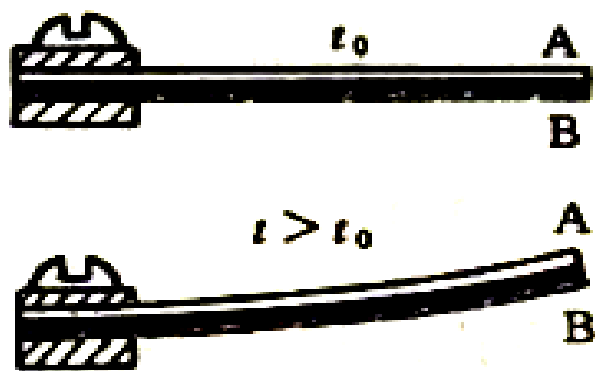
膨胀式温度计是基于物体受热时体积膨胀的性质而制成的。有

液体膨胀式温度计：利用液体（水银、酒精）受热时体积膨胀的特性测温。



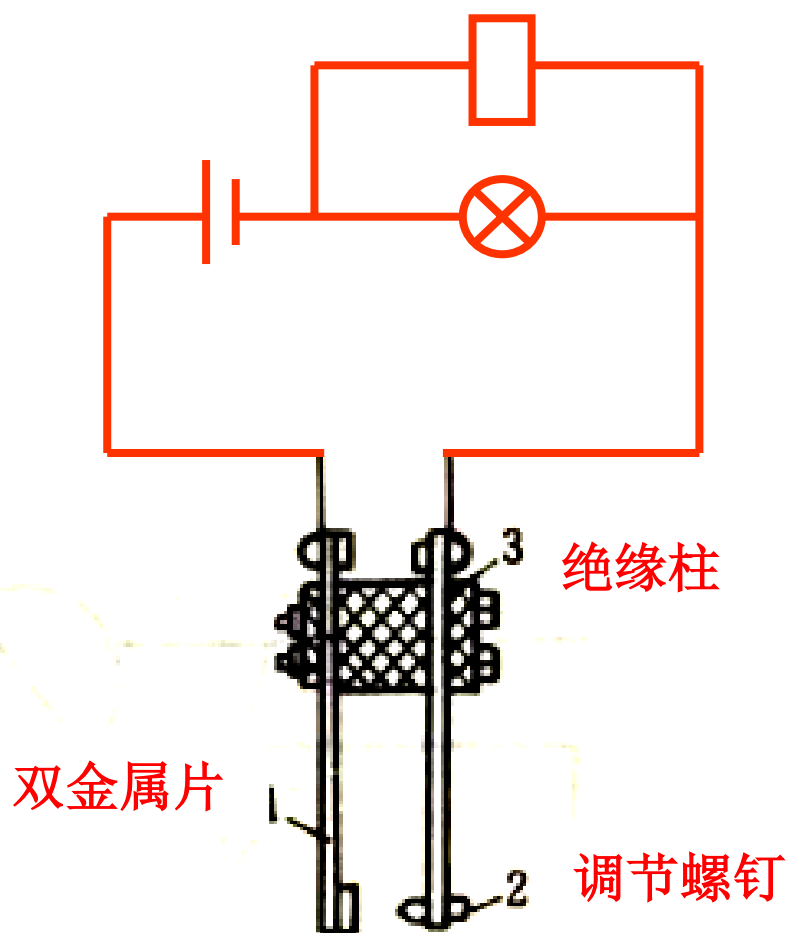
固体膨胀式温度计：用两片线膨胀系数不同的金属片叠焊接在一起制成双金属片。受热后，由于两金属片的膨胀长度不同而产生弯曲。

若将双金属片制成螺旋形，当温度变化时，螺旋的自由端便围绕着中心轴偏转，带动指针在刻度盘上指示出相应温度值。



双金属片常用来做温度报警或控制

如图是一双金属温控器。



随着温度上升，双金属片逐渐弯曲，当其触点接触到固定触点时，报警灯和继电器回路被接通。

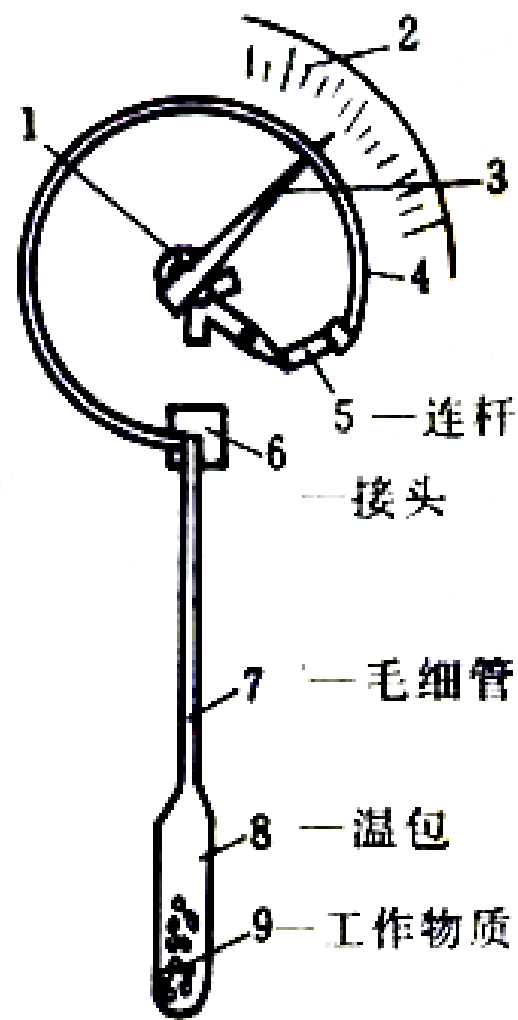
调节螺钉用来调整固定触点的位置，以调整报警温度。

2、压力式温度计

利用封闭容器中的介质压力随温度变化的现象来测温。

原理：封闭容器中的液体、气体或低沸点液体的饱和蒸汽，受热后体积膨胀，压力增大。

用压力表指示
温度。



1—传动机构；2—刻度盘；
3—指针；4—弹簧管；

3、热电偶温度计

利用物体的热电性质测温。

4、热电阻温度计

利用金属电阻值或半导体电阻值随温度变化的性质测温

5、半导体温度计

利用半导体PN结的结电压随温度变化的特性，通过测量感温器元件（结）电压变化来测量温度。

非接触式测温的具体方法有：

1、辐射式温度计

通过测量物体热辐射功率来测量温度。

2、红外式温度计

通过测量物体红外波段热辐射功率来测量温度



红外线测温计



光学高温计

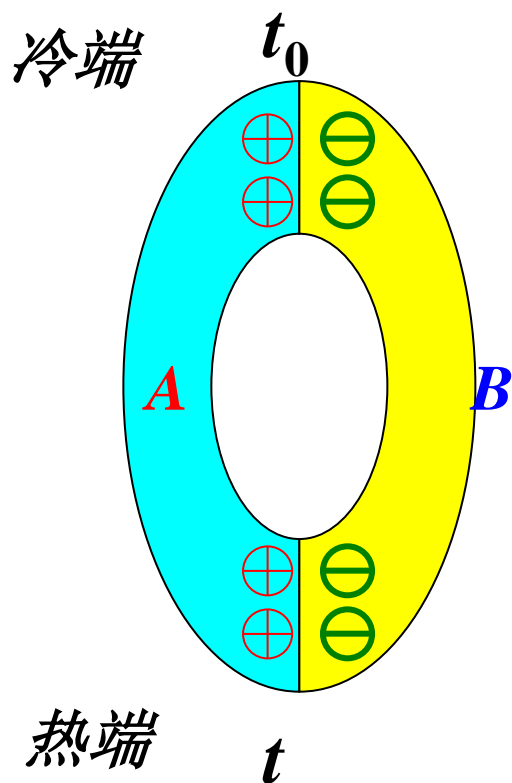
2.2.2 热电偶

热电偶是以热电效应为原理的测温元件，能将温度信号转换成电势信号（mV）。

特点：结构简单、测温准确可靠、信号便于远传。一般用于测量 $500\sim 1600^{\circ}\text{C}$ 之间的温度。

2.2.2.1 热电偶的测温原理

将两种不同的导体或半导体连接成闭合回路，若两个连接点温度不同，回路中会产生电势。此电势称为热电势。



1、接触电势

当不同导体A、B接触时，两边的自由电子密度不同，在交界面上产生电子的相互扩散，致使在接触处产生接触电势。

其大小取决于两种材料的种类和接触点的温度。

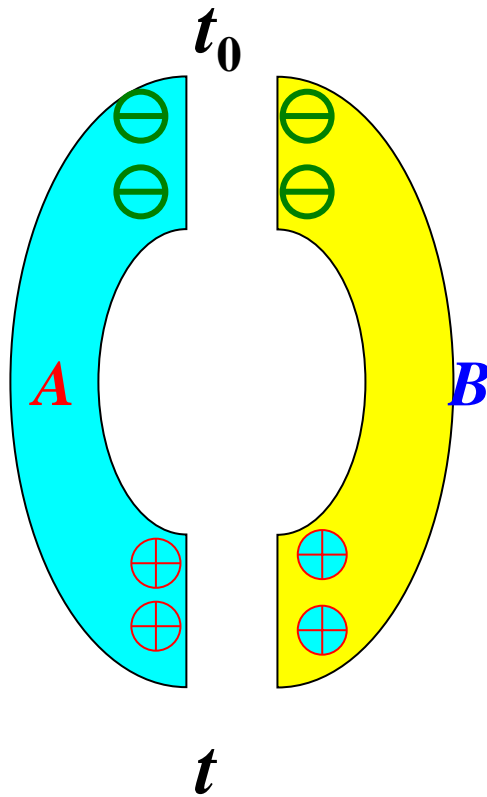
$$e_{AB}(t) = \frac{kt}{e} \ln \frac{N_A(t)}{N_B(t)}$$

$N_A(t)$ 、 $N_B(t)$ — 自由电子密度； e — 单位电荷

2、温差电势

对于同一金属A（或B），其两端温度不同，自由电子所具有的动能不同，也会产生相应的电势，称为温差电势。

热电势由两部分组成：接触电势和温差电势。但温差电势值远小于接触电势，常忽略不计。



3、回路总电势

热电偶回路总电势由接触电势和温差电势叠加而成，称**热电势**。由于温差电势很小，热电势基本由接触电势构成：

$$E_{AB}(t, t_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0)$$

此计算式中，有的常数很难确定，无法实用。实际中用实测标定。但从上述公式可以得出基本结论：

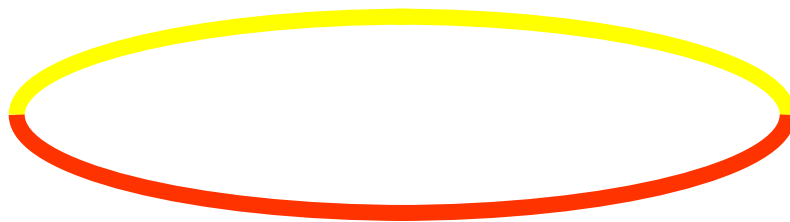
对于确定的热电偶，**热电势只与热端和冷端温度有关**。当冷端温度固定时， $E(t, t_0)$ 是热端温度 t 的单值函数。

2.2.2.2 热电偶的基本定律

1、均质导体定律

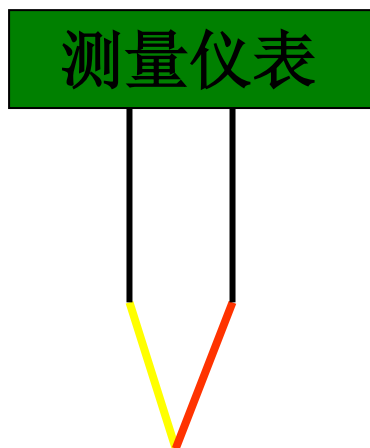
由一种均质导体或半导体组成的闭合回路中，不论其截面和长度如何，以及沿长度方向上各处的温度分布如何，都不能产生热电势。

因此，热电偶必须由两种不同材料的均质导体或半导体组成。但其截面和长度不限。



2、中间导体定律

在热电偶回路中接入另一种中间导体后，只要中间导体两端温度相同，中间导体的引入对热电偶回路的热电势没有影响。



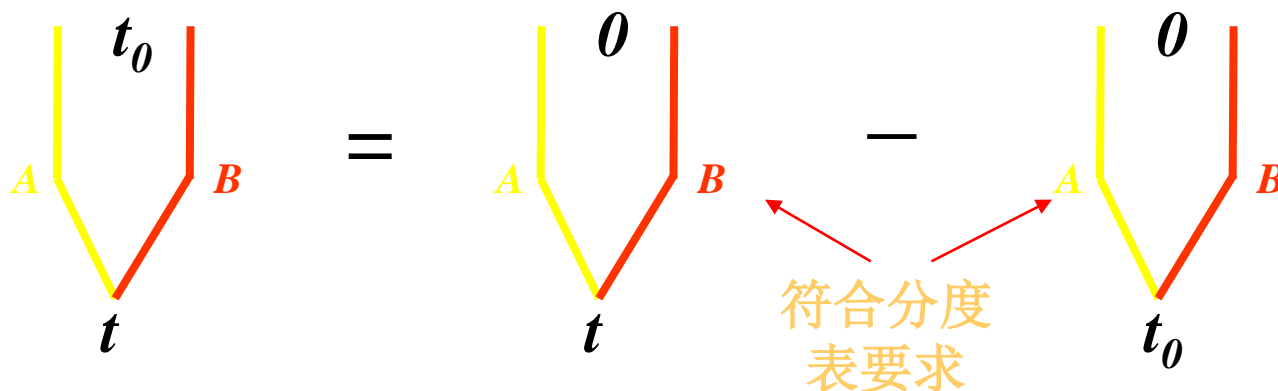
因为热电偶在使用时，总要将热电偶回路打开，接入测量仪表，即插入第三种导体。

3、中间温度定律

一支热电偶在两接点温度为 t 、 t_0 时的热电势，等于两支同温度特性热电偶在接点温度为 t 、 t_a 和 t_a 、 t_0 时的热电势之代数和。即

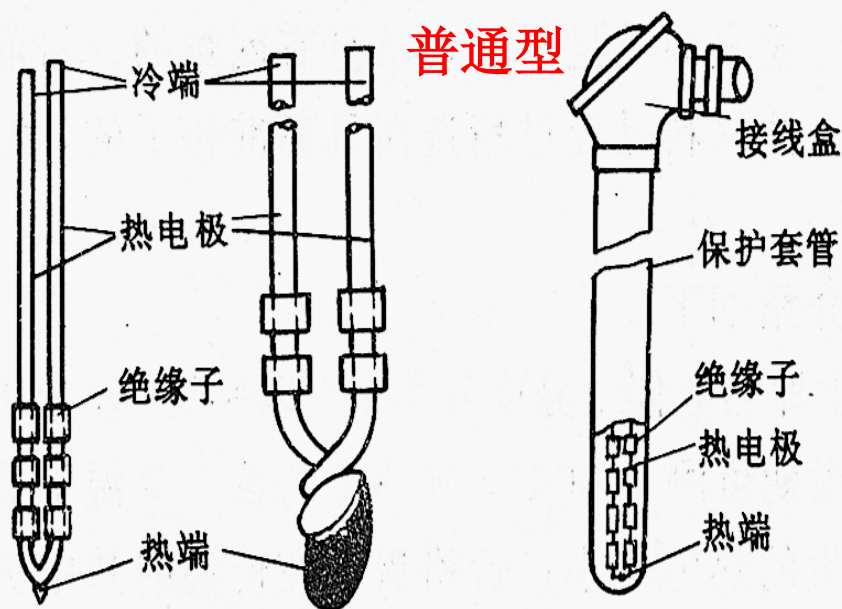
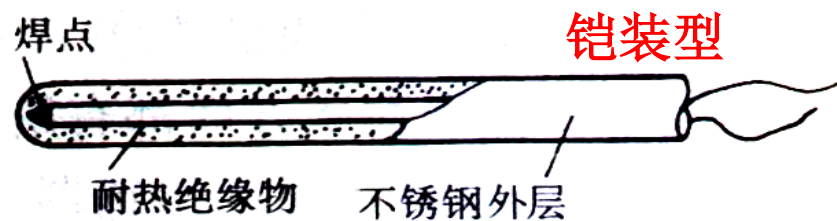
$$E_{AB}(t, t_0) = E_{AB}(t, 0) - E_{AB}(t_0, 0)$$

据此，只要给出冷端为 0°C 时的热电势关系 $E_{AB}(t, 0)$ ，便可求出冷端任意温度时的热电势。



2.2.2.3 热电偶的构造

热电偶是用两种不同材料的偶丝或薄膜一端焊接而成。其构造分普通型、铠装型、薄膜型等。



2.2.2.4 热电偶类型

理论上任何两种导体或半导体都可以组成热电偶，但考虑有良好的应用性能，必须对热电偶材料加以选择。

选取原则：在测温范围内具有稳定的化学及物理性质，热电势要大，且与温度接近线性关系。

国际电工委员会（简称IEC）规定了热电偶材料的取材标准。用分度号命名不同取材的热电偶，并给出了标准的热电势分度表。

几种常用的标准型热电偶简介

热电偶名称	分度号	测温范围 (°C)	平均灵敏度	特 点
铂铑 ₃₀ —铂铑 ₆	B	0~+1800	10 μ V/°C	稳定性好,精度高,可在氧化气氛使用
铂铑 ₁₀ —铂	S	0~+1600	10 μ V/°C	同上, 线性度优于B
镍铬—镍硅	K	0~+1000	40 μ V/°C	价廉,, 可在氧化及中性气氛中使用
镍铬—康铜	E	-200~ +900	80 μ V/°C	灵敏,价廉,可在氧化及弱还原气氛中使用
铜—康铜	T	-200~ +400	50 μ V/°C	价廉,但铜易氧化,常用于150°C以下温度测量

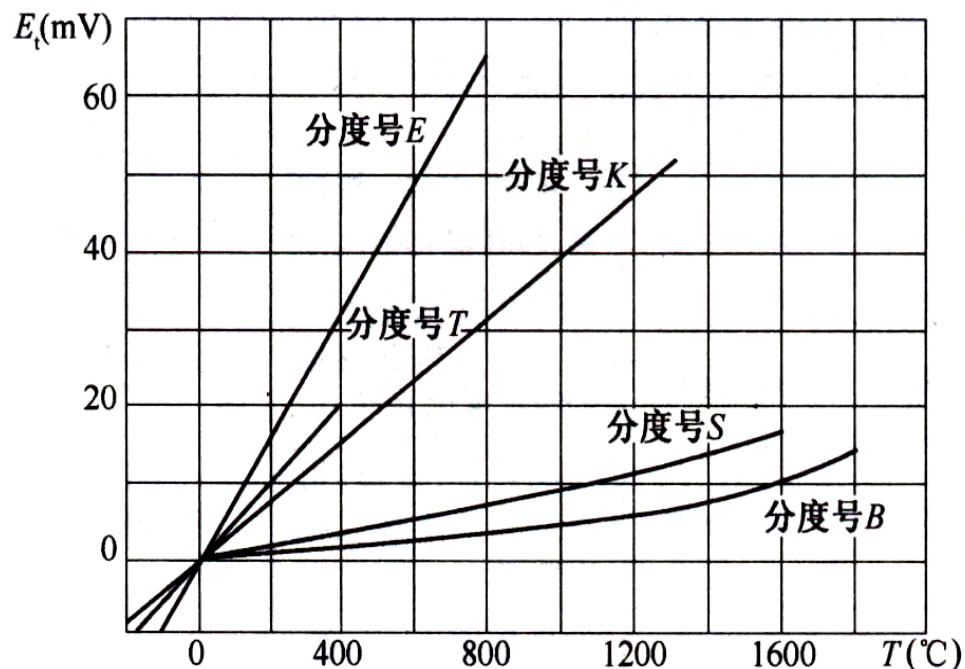
不同材质的热电偶，其热电势与热端温度的特性关系不同。

➤ 铂及其合金（B、S）属于贵金属，价格很贵，但其热电势非常稳定，主要用做标准热电偶及测量1100°C以上的高温

➤ 镍铬-镍硅（K）
线性度最好

➤ 镍铬-康铜（E）
灵敏度最高

➤ 铜-康铜（T）
价格最便宜



几种常用热电偶的特性(冷端温度为0°C)

2.2.2.5 热电偶冷端温度补偿

热电偶的热电势大小不仅与热端温度有关，还与冷端温度有关。所以使用时，需保持热电偶冷端温度恒定。但热电偶的冷端和热端离得很近，使用时冷端温度较高且变化较大。为此应将热电偶冷端延至温度稳定处。

为了节约，工业上选用在低温区与所用热电偶的热电特性相近的廉价金属，作为热偶丝在低温区的替代品来延长热电偶，称为补偿导线。



根据中间温度定律，补偿导线和热电偶相连后，其总的热电势等于两支热电偶产生的热电势的代数和。

$$E(t, t_0) = E_{\text{偶}}(t, t_n) + E_{\text{补}}(t_n, t_0)$$



用补偿导线延长热电偶的必须条件是：补偿导线的热电特性在低温段与所配热电偶相同。因此，不同的热电偶配不同的补偿导线。常用热电偶的补偿导线见表2.2。

使用补偿导线只是将热电偶的冷端延长到温度比较稳定的地方，而标准热电势要求冷端温度为零度，为此还要采取进一步的补偿措施。

1. 查表法（计算法）

如果某介质的温度为 t ，用热电偶进行测量，其冷端温度为 t_0 ，测得的热电势为 $E_{AB}(t, t_0)$ 。根据中间温度定律，有

$$E_{AB}(t, 0) = E_{AB}(t, t_0) + E_{AB}(t_0, 0)$$

得出标准热电势 $E_{AB}(t, 0)$ ，再查分度表就可得出被测温度。

例 用K型热电偶测量某加热炉的温度。测得的热电势 $E(t, t_0) = 36.122\text{mV}$ ，而自由端的温度 $t_0 = 30^\circ\text{C}$ ，求被测的实际温度。

解 由分度表可以查得 $E(30, 0) = 1.203\text{mV}$

$$\begin{aligned} \text{则 } E(t, 0) &= E(t, 30) + E(30, 0) \\ &= 36.122 + 1.203 = 37.325\text{mV} \end{aligned}$$

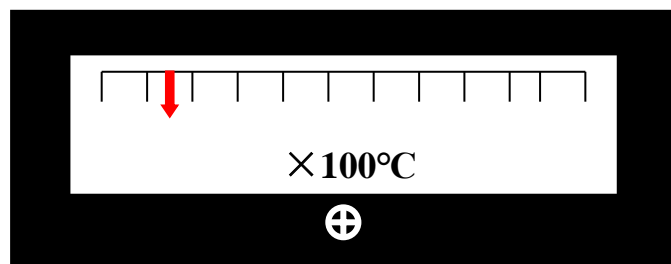
再查分度表可以查得 37.325mV 对应的温度为 900°C 。

❖ 算法适用于实验或临时测温。

2、仪表零点调整法

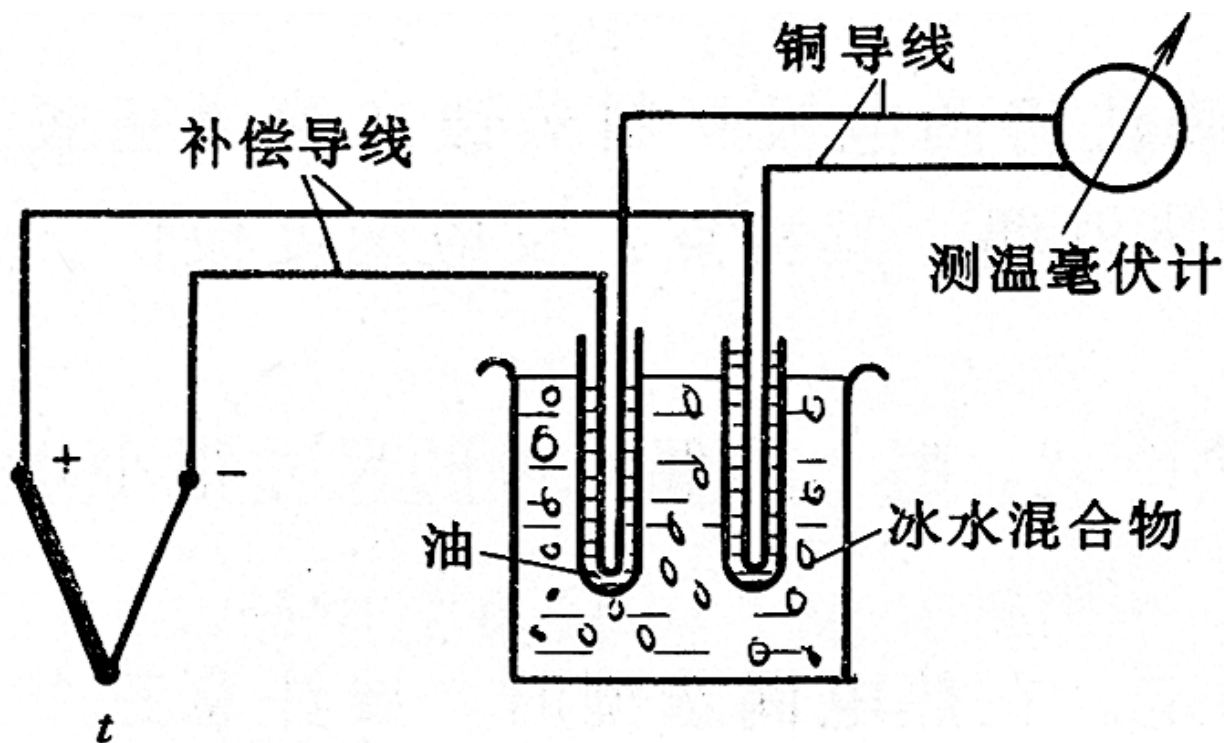
如果热电偶冷端温度比较稳定，与之相接的显示仪表又可以调整零点，那么在测试前，将仪表指针就调整到冷端温度处，再开始测量。

此法比较简单，但由于冷端温度（室温）也有波动，所以只能在测温要求不太高的场合下应用。



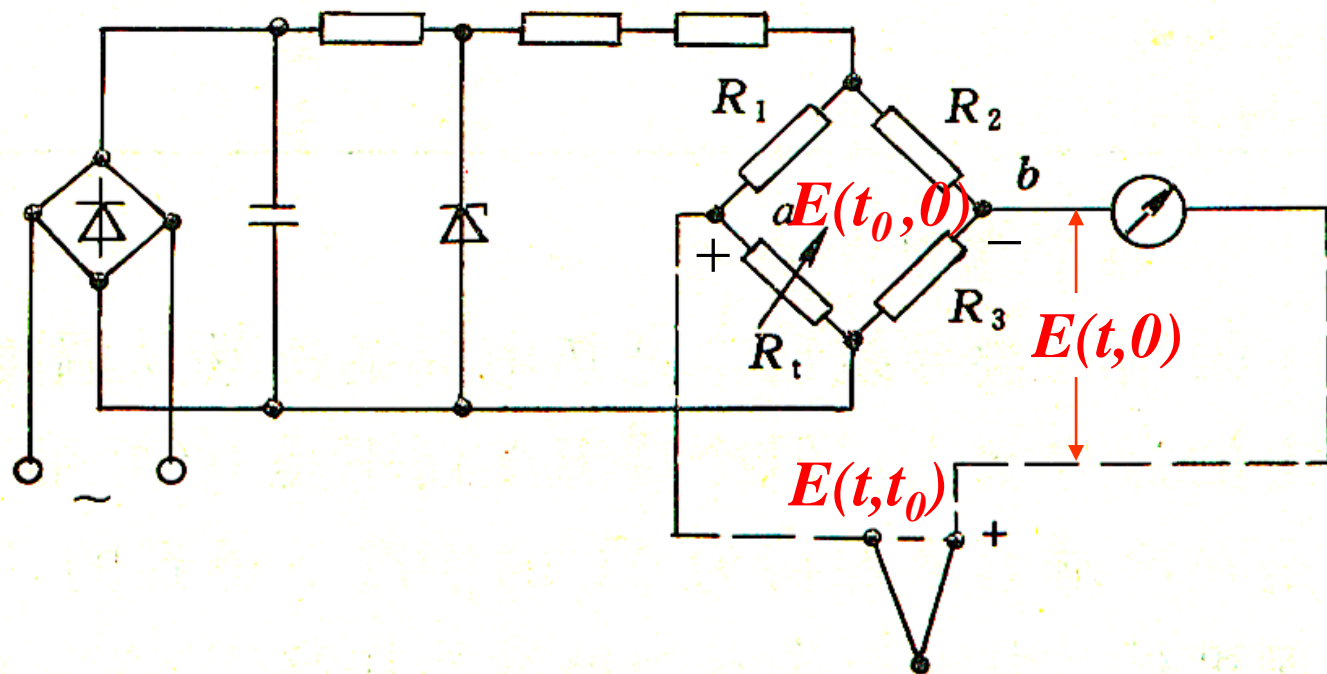
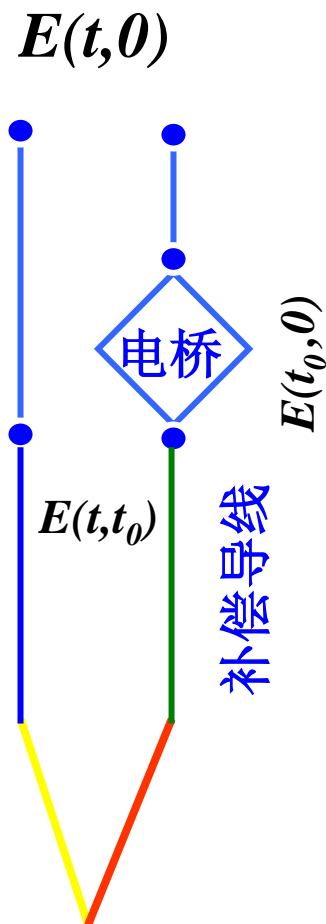
3、冰浴法

把热电偶的冷端插入盛有绝缘油的试管中，然后将试管放入装有冰水混合物的容器中，保持冷端为 0°C 。这种方法多数用于热电偶的检定。



4、补偿电桥法

补偿电桥法是利用不平衡电桥产生的电势，来补偿热电偶因冷端温度变化而引起的热电势变化值。

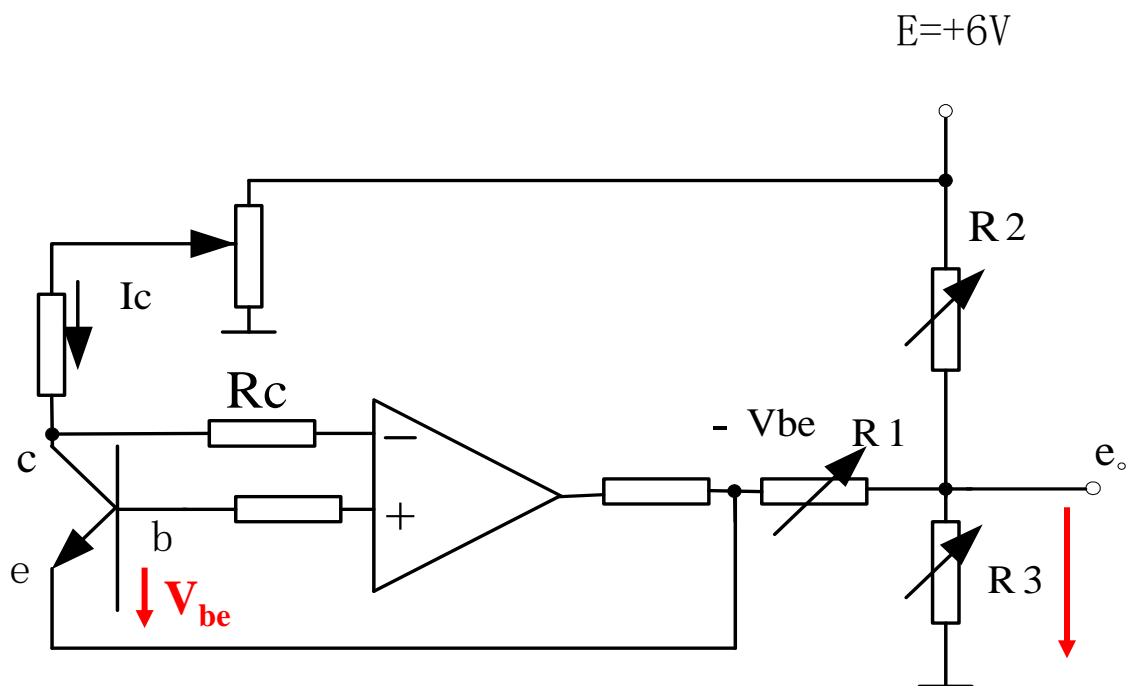


5. 半导体PN结补偿法

利用半导体PN结电压随温度升高而降低的特性自动补偿热电偶的冷端温度引起的误差。

图中半导体三极管基极结电压 V_{be} 随温度升高而降低。将 V_{be} 放大后即可输出。

只要保持三极管集电极电流 I_c 恒定，冷端补偿电压 e_0 即与冷端温度成正比。



2.2.3热电阻

对于500°C以下的中、低温，热电偶输出的热电势很小，容易受到干扰而测不准。一般使用热电阻温度计来进行中低温度的测量。

热电阻有金属热电阻和半导体热敏电阻两类。

2.2.3.1金属热电阻

金属热电阻测温精度高。大多数金属电阻阻值随温度升高而增大。具有正温度系数。

$$\text{温度系数 } \alpha = \frac{1}{R} \frac{dR}{dT}$$

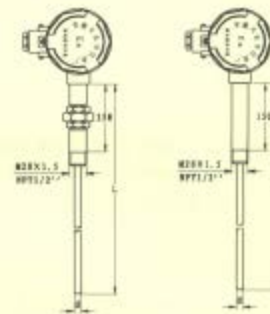
作为工业用热电阻的材料要求：

- 电阻温度系数大，电阻率大；
- 在测温范围内物理化学性能稳定；
- 温度特性的线性度好。

工业中用得最多的是铂电阻和铜电阻，也有镍电阻、钨电阻、锰电阻及碳电阻等用于低温及超低温测量。

固定螺纹管接头式热电阻

Thermal Resistance with Fixed Threaded Tube Connector



型 号 Type	分度号 Graduation	测温范围℃ Measuring Range	连接尺寸 Connection Size	保护管材料 Protection Tube Material	规 格 Specification	
					d	L
WZP- 84	Pt100	-200—500	M20 × 1.5	1Cr18Ni9Ti	Φ4	250
WZP ₂ - 84			NPT1/2			275
WZP- 84A						300
WZP ₂ -84A						350
WZC- 84	Cu50 Cu100	-50~100	M20 × 1.5		Φ6	400
WZC-84A			NPT1/2			450
						550
					Φ6	650
						750

1.铂电阻

铂材料容易提纯，其化学、物理性能稳定；测温复现性好、精度高。被国际电工委员会规定为-259~+630 °C间的基准器，但线性度稍差，常用于-200~+600 °C温度测量。

电阻温度关系：

$$R_t = R_0 [1 + At + Bt^2 + C(t-100)t^3] \quad (-200 \sim 0^\circ\text{C})$$

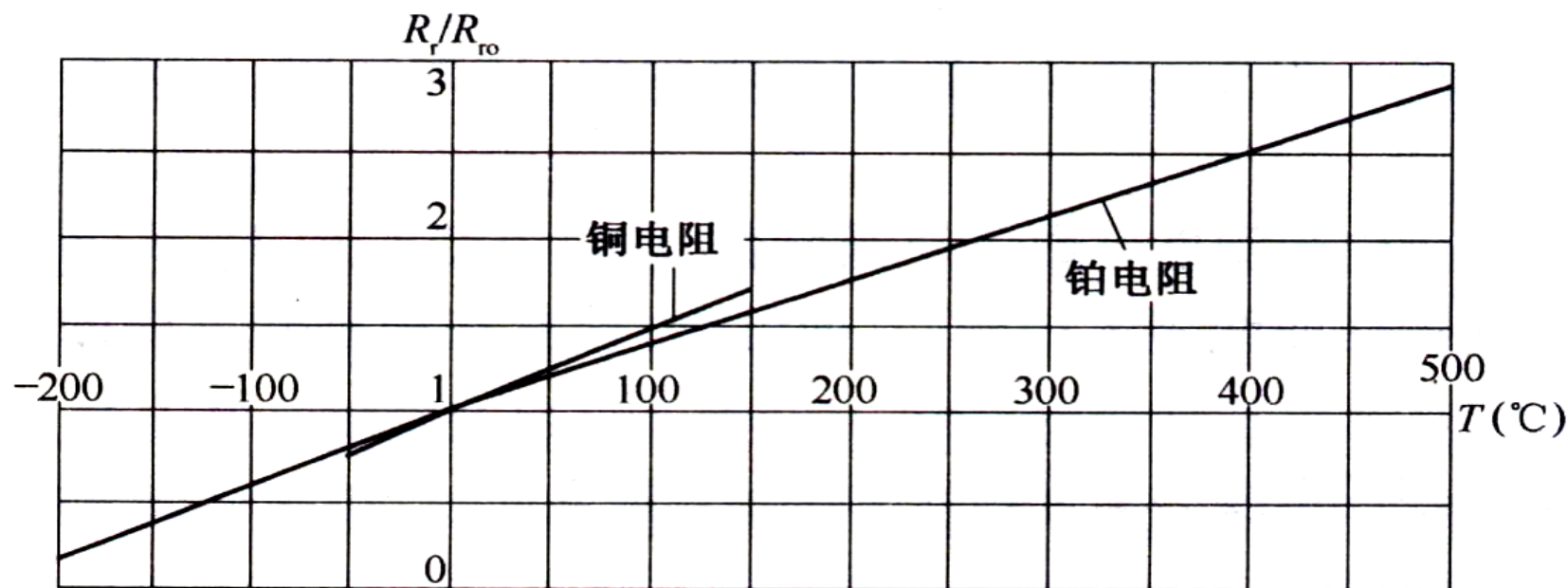
$$R_t = R_0 (1 + At + Bt^2) \quad (0 \sim 850^\circ\text{C})$$

铂电阻有两种分度号：Pt10 , Pt100

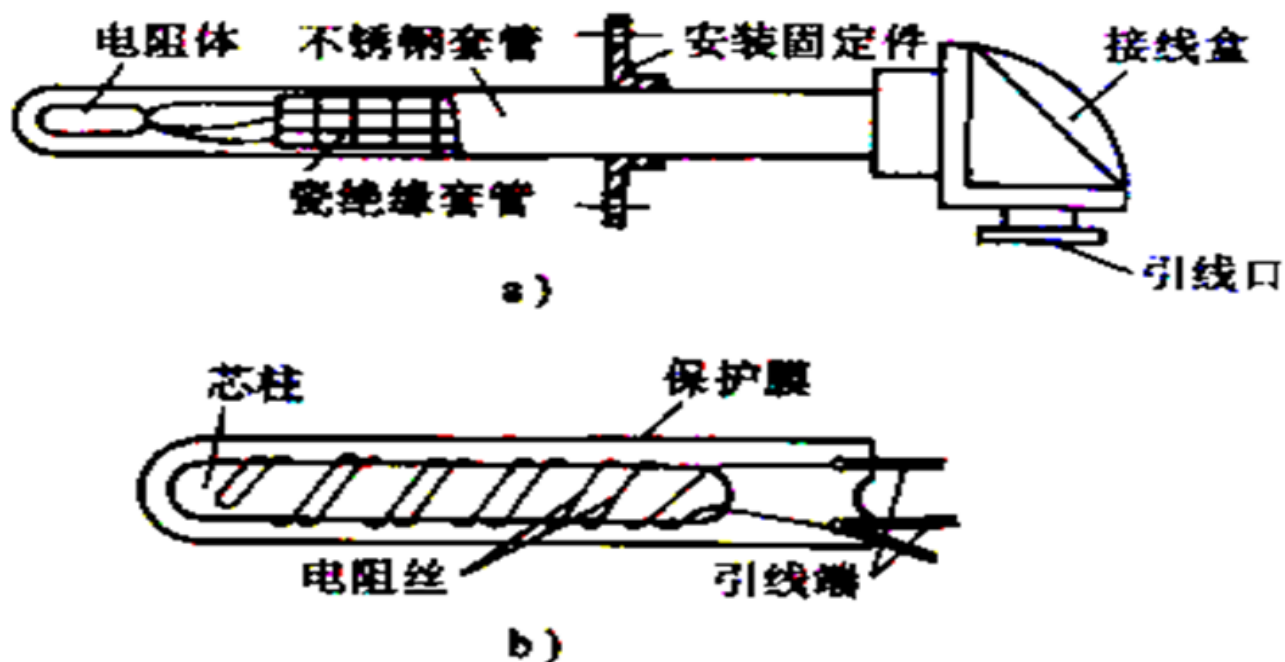
2.铜电阻

铜电阻价格便宜，线性度好，但温度稍高易氧化，常用于-50~+100 °C温度测量。铜电阻有两种分度号：Cu50 ， Cu100 。电阻温度关系：

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t) \quad (-50 \sim 150^\circ\text{C})$$

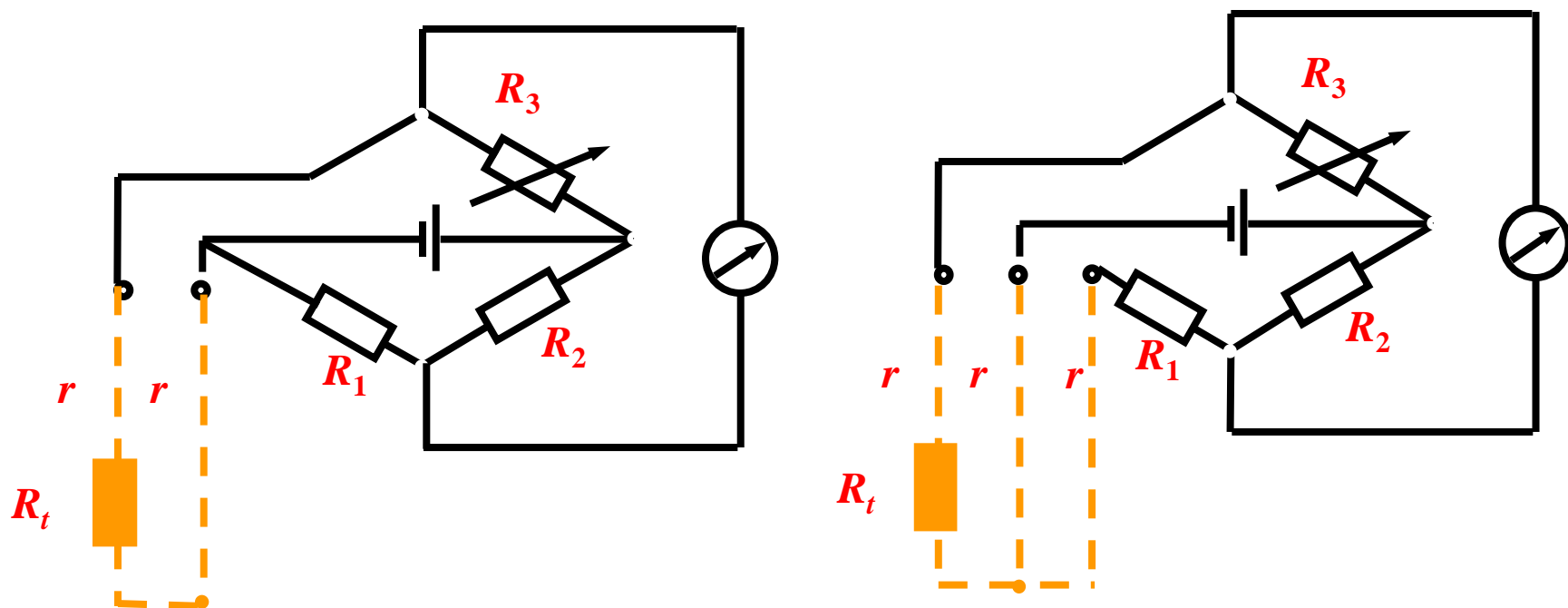


热电阻的结构型式常见有普通型热电阻、铠装热电阻。其结构是，以云母片或石英玻璃柱作骨架，将金属丝用双线法绕在骨架上，以消除电感。此外，还有薄膜型热电阻。

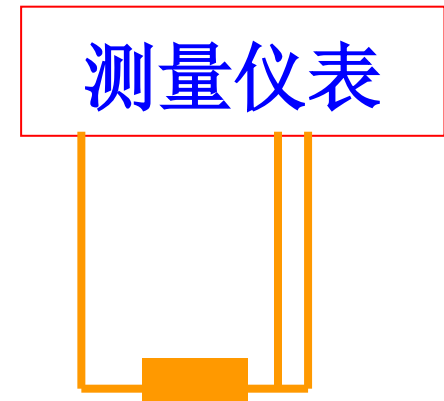
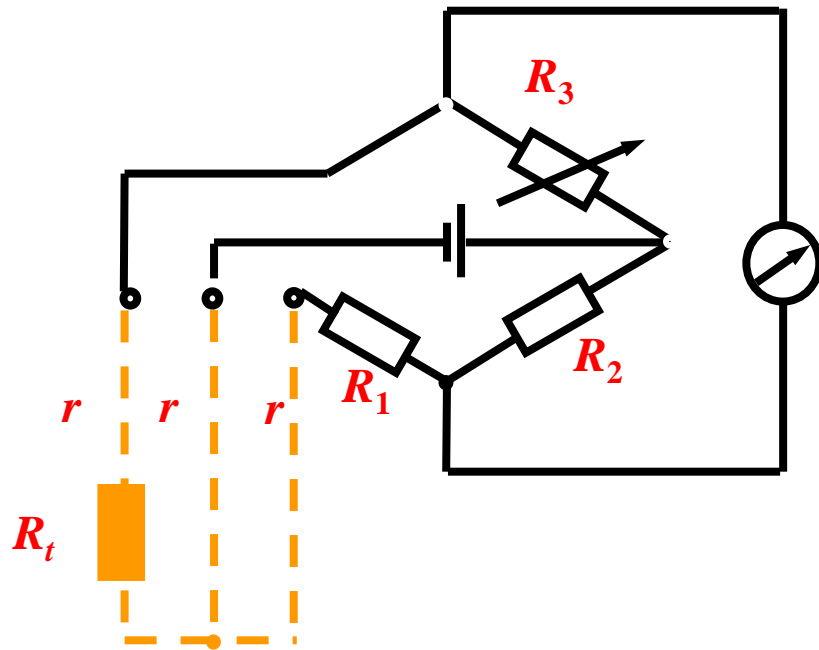


3.热电阻的三线制接法

电阻测温信号通过电桥转换成电压时，热电阻的接线如用两线接法，接线电阻随温度变化会给电桥输出带来较大误差，必须用三线接法。



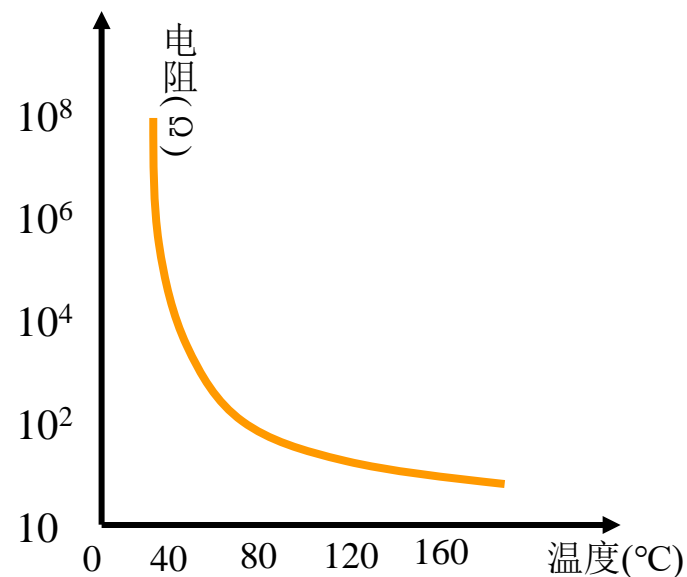
电阻测温信号通过电桥转换成电压时，热电阻必须用三线制接法，以抵消接线电阻随温度变化对电桥的影响。



2.2.3.2 热敏电阻

半导体材料的电阻值具有负温度系数，可以作温度传感元件，特点是：

- 电阻率大—电阻体积小，响应快；
- 温度系数大—灵敏度高；
- 非线性严重—影响精度；
- 温度特性分散—互换性差。



负温度系数热敏电阻特性

2.2.4 集成温度传感器

集成温度传感器将温敏晶体管 and 外围电路集成在一个芯片上构成，相当于一个测温器件。

特点：体积小、反应快、线性较好、价格便宜，测温范围为 $-50\sim 150^{\circ}\text{C}$ 。

集成温度传感器按输出量形式不同，可分为电压型、电流型和数字型三类。

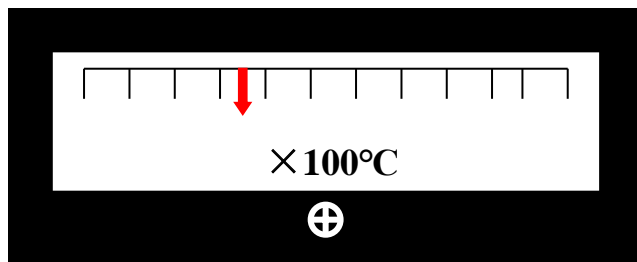


2.2.5温度显示与记录

热电偶、热电阻等传感元件的测温信号，必须经后级仪表处理，将温度显示出来或记录保存。

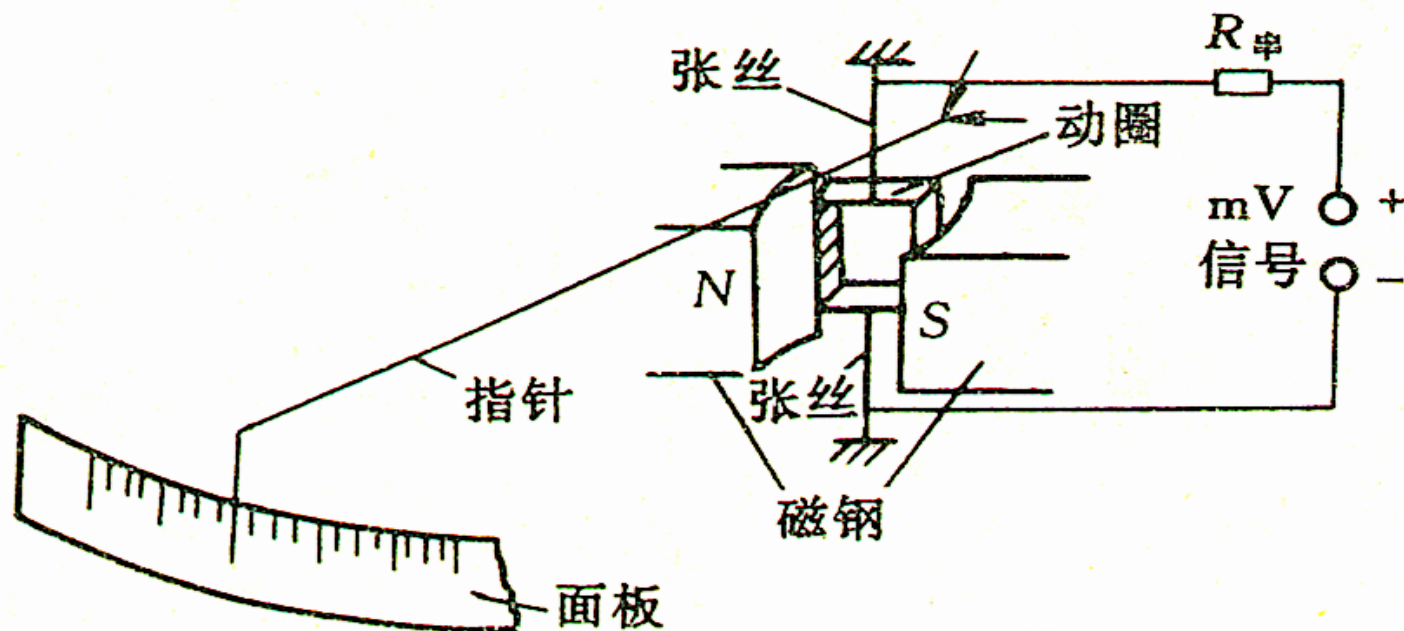
2.2.5.1动圈式指示仪表

可直接与热电偶、热电阻配套显示温度，是最简单的模拟指示仪表。



动圈式仪表实质上是测量电流的仪表，其指示机构的核心部件是一个磁电式毫安表。

利用通电线圈在磁场中受到力矩的作用产生偏转的原理，带动装在动圈上的指针移动，从而指示出被测参数。



动圈测量机构原理

当测量信号通过张丝加在动圈上，有电流流过动圈时，动圈受磁场力作用而偏转。

动圈转动使张丝扭转，于是张丝产生反抗动圈转动的力矩，当两力矩平衡时，动圈就停留在某一位置上，指针指示出被测参数值。

