

复习



第一章 自动控制系统基本概念



第一节 化工自动化的主要内容



第二节 自动控制系统的组成



第三节 工艺管道及控制流程图



第四节 自动控制系统方块图



第五节 自动控制系统的分类



第六节 自动控制系统的过渡过程和品质指标

第一节 化工自动化的主要内容

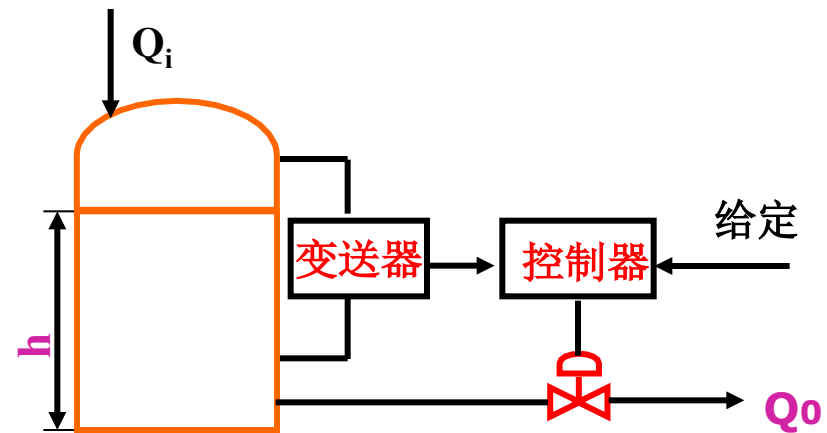
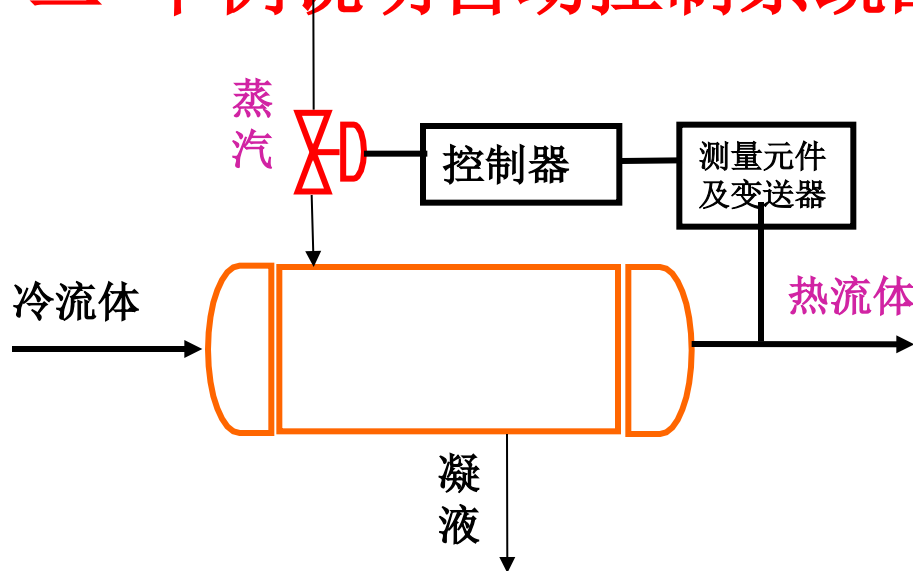
- 1、自动检测系统
- 2、自动信号和连锁保护系统
- 3、自动操纵及开停车系统
- 4、自动控制系统

第二节 自动控制系统的组成

一 控制的目的是要求

抑制外界扰动的影响，确保生产过程的稳定性，使生产过程的工况最优化。

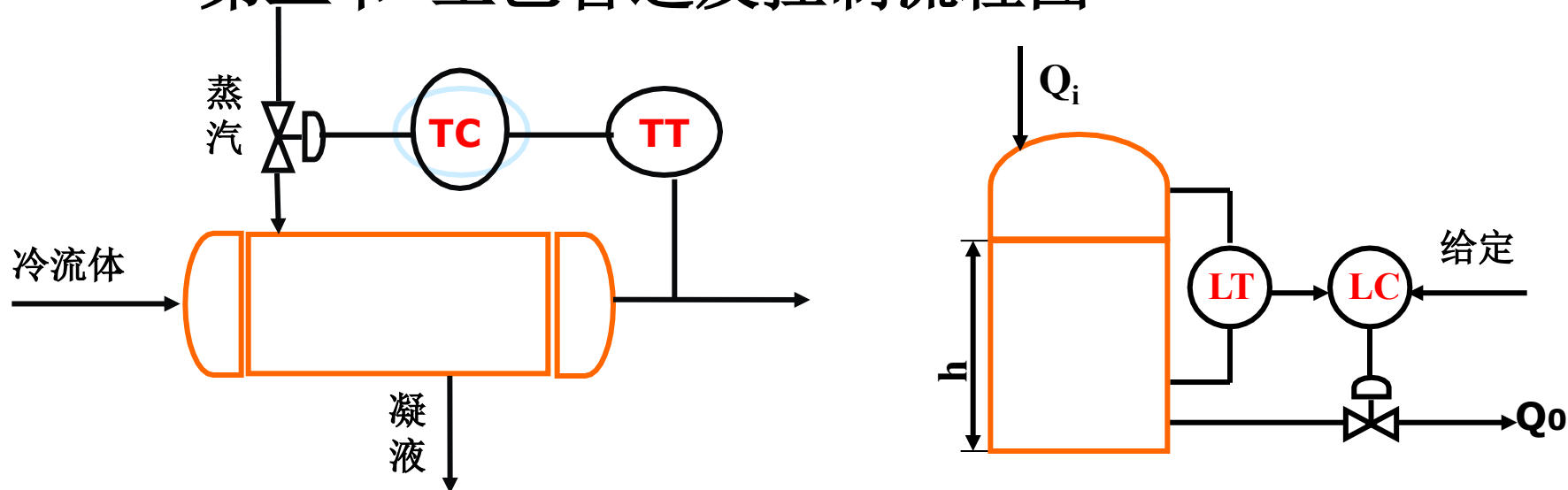
二 举例说明自动控制系统的组成



三 系统中常用术语


被控对象、被控变量、操纵变量、扰动、设定值、偏差

第三节 工艺管道及控制流程图



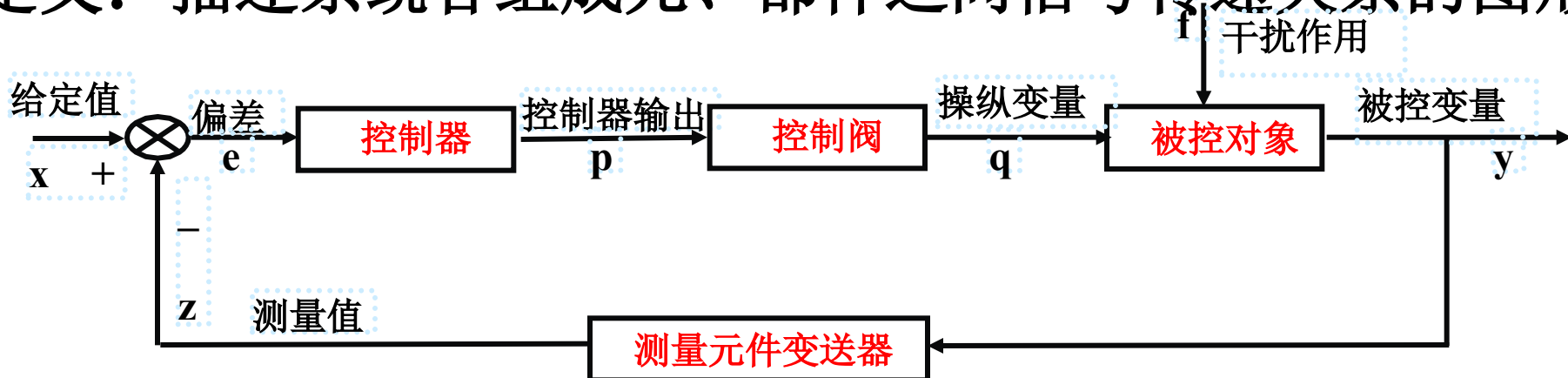
在化工控制流程图中，一般以细实线圆圈来表示仪表；圆圈内写有两位（或两位以上）字母，第一位字母表示被测变量，后继字母表示仪表的功能。

在检测、控制系统中，构成回路的每个仪表都有自己的仪表位号。仪表位号由字母代号和数字编号两部分组成。

如 

第四节 自动控制系统方块图

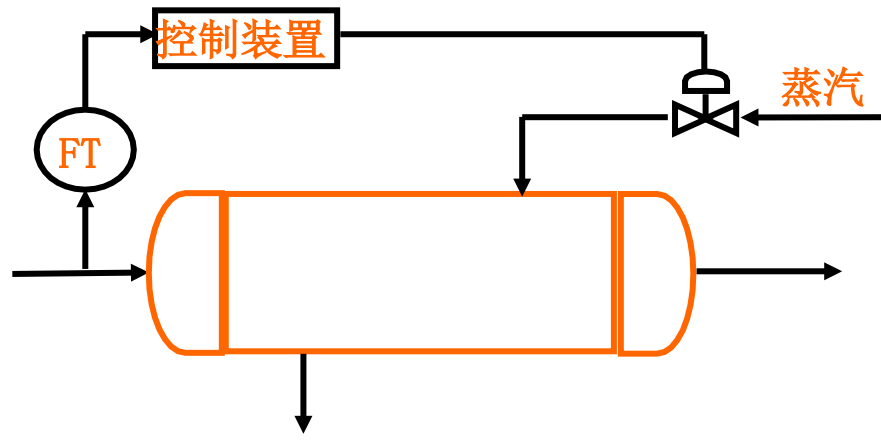
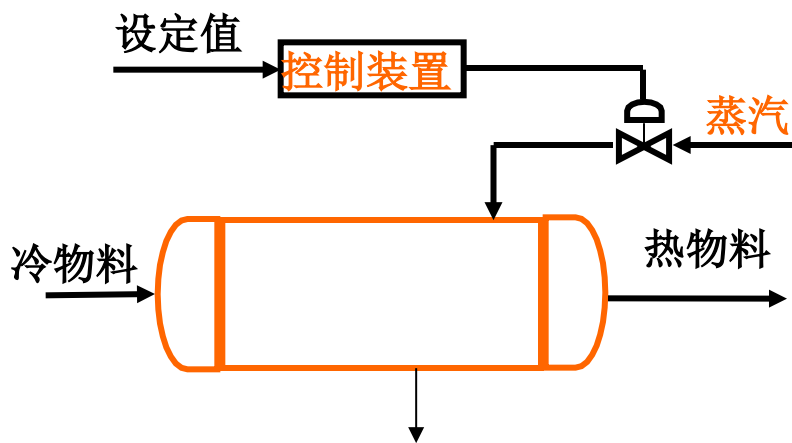
定义：描述系统各组成元、部件之间信号传递关系的图形。



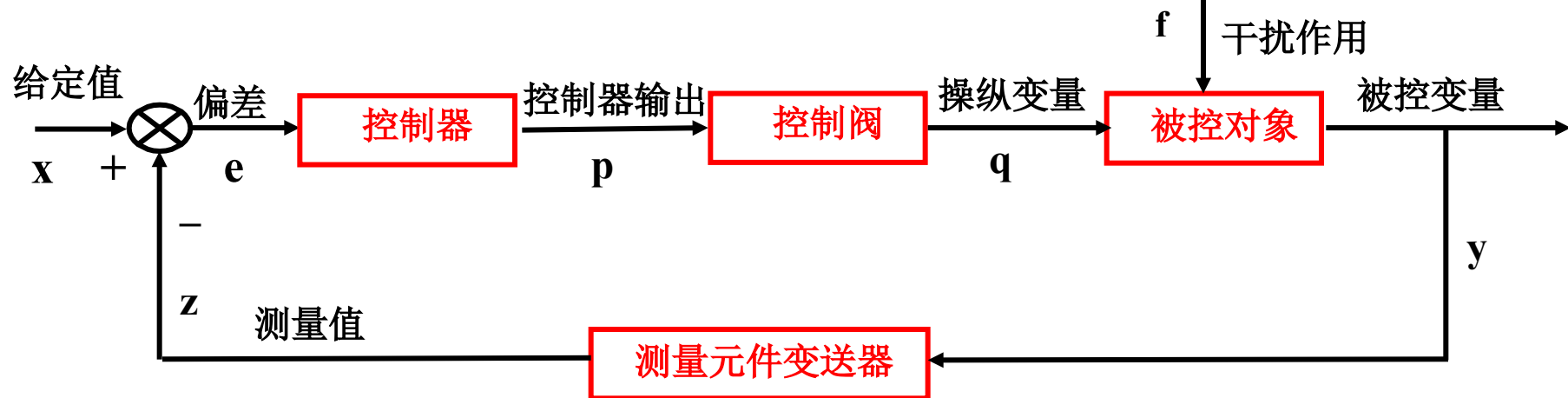
第五节 自动控制系统的分类

一 开环控制系统 定义：输入量对输出量只有顺向影响，而输出对输入无影响。

- 1、按设定值进行控制 2、按扰动进行控制即前馈控制



二 闭环控制系统 1、定义:不仅输入对输出有顺向影响,且输出对输入有反向影响。



反馈: 把系统的输出信号直接或经过一些环节回送到输入端的做法叫反馈。

自动控制系统是具有被控变量负反馈的闭环控制系统。

它是按偏差进行控制的。

2、闭环控制系统的类型

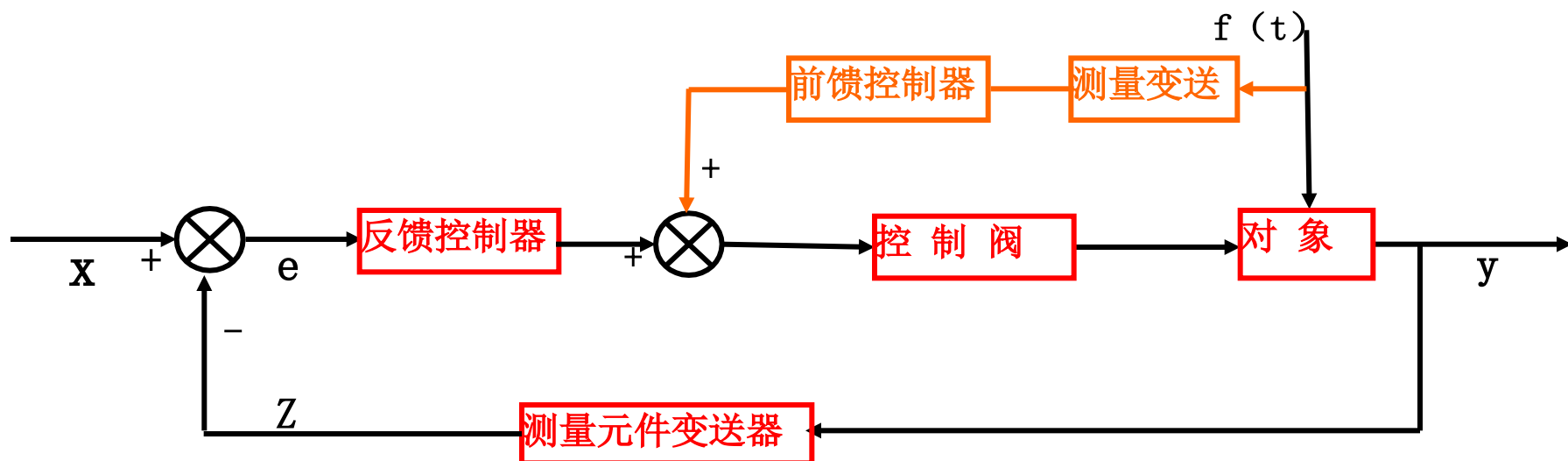
定值控制系统、随动控制系统、顺序控制系统

3、闭环控制系统动态的概念

4、开环与闭环系统的比较 (精度、稳定性、抗干扰..)

三 复合控制系统

前馈-反馈控制系统



前馈控制的优点是及时克服主要扰动对被控变量的影响。反馈控制系统的优点是检查控制效果，克服其它扰动。两者组合在一起，可提高控制质量。

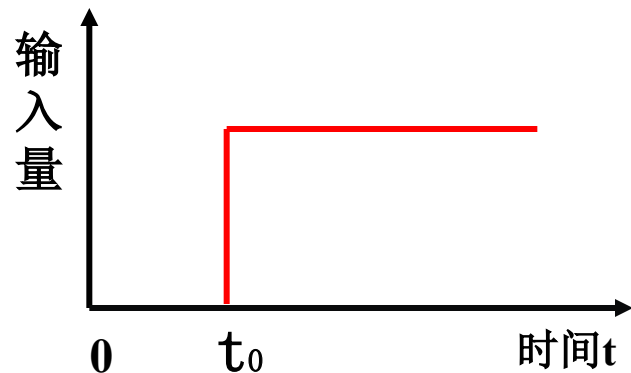
第六节 自动控制系统的过渡过程和品质指标

一、控制系统的静态与动态 1、静态 2、动态

二、控制系统的过渡过程

1、定义：由于干扰或设定的作用，使系统由一个平衡状态过渡到另一个平衡状态的过程。

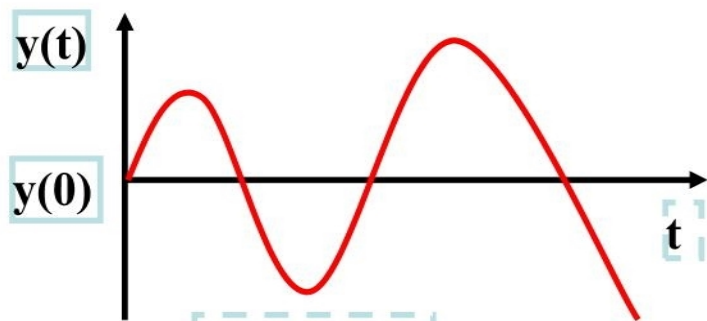
2、系统过渡过程的分析方法：
常选阶跃扰动对系统的过渡过程进行分析。



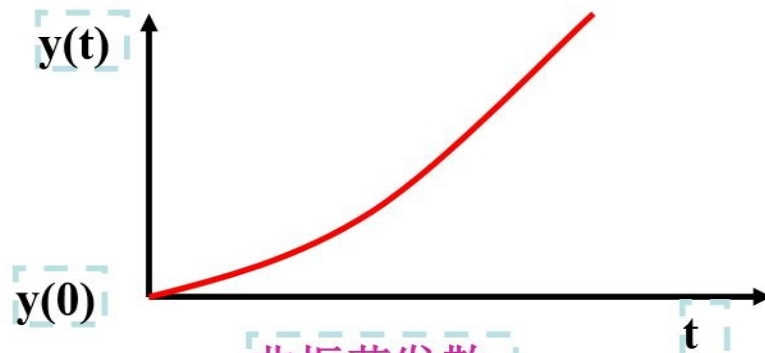
选择原因：1) 因为阶跃扰动比较突然，比较危险，对被控变量的影响最大，如果一个控制系统能够有效地克服这类干扰，那么对其它比较缓和的干扰也一定能很好的克服。2) 在生产过程中，阶跃扰动最为多见。3) 这种干扰形式简单，容易实现，便于分析、实验和计算。

3、阶跃扰动下系统的过渡过程

1) 发散的过渡过程



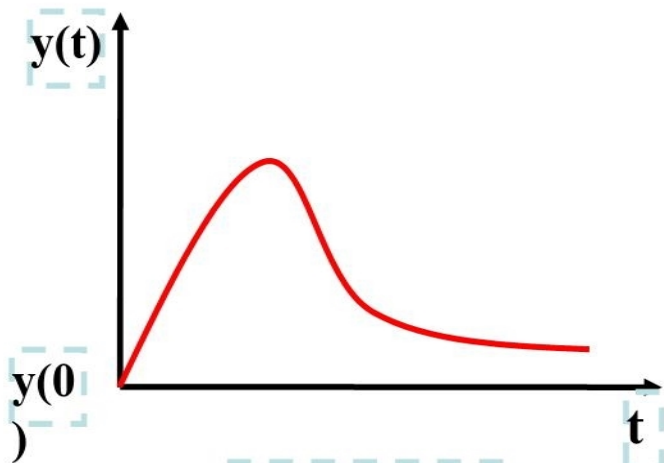
发散振荡



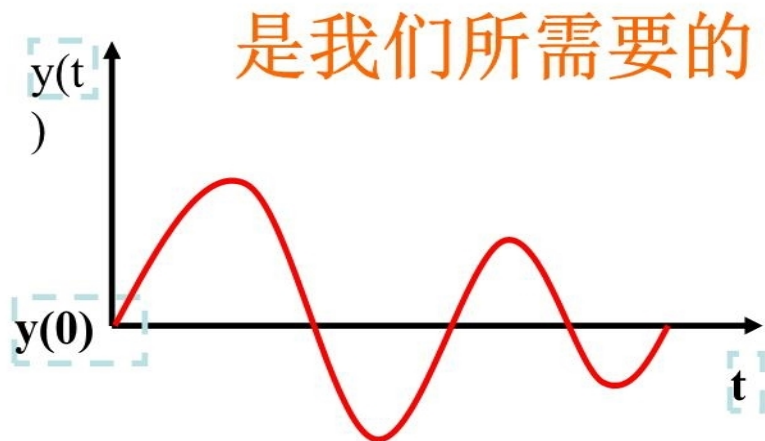
非振荡发散

具有这种过渡过程的控制系统不能满足生产要求，

2) 衰减的过渡过程



非周期衰减



是我们所需要的

衰减振荡

3) 等幅振荡的过渡过程

允许被控变量在一定范围内变化时才采用。

三、控制系统的品质指标

1、余差（静态偏差）C

反映控制准确性的一个指标

2、衰减比n（或衰减率 ϕ ）

$$B_1 : B_2 = n \quad (\text{或} \quad \phi = \frac{B_1 - B_2}{B_1})$$

衡量过渡过程稳定性的动态指标

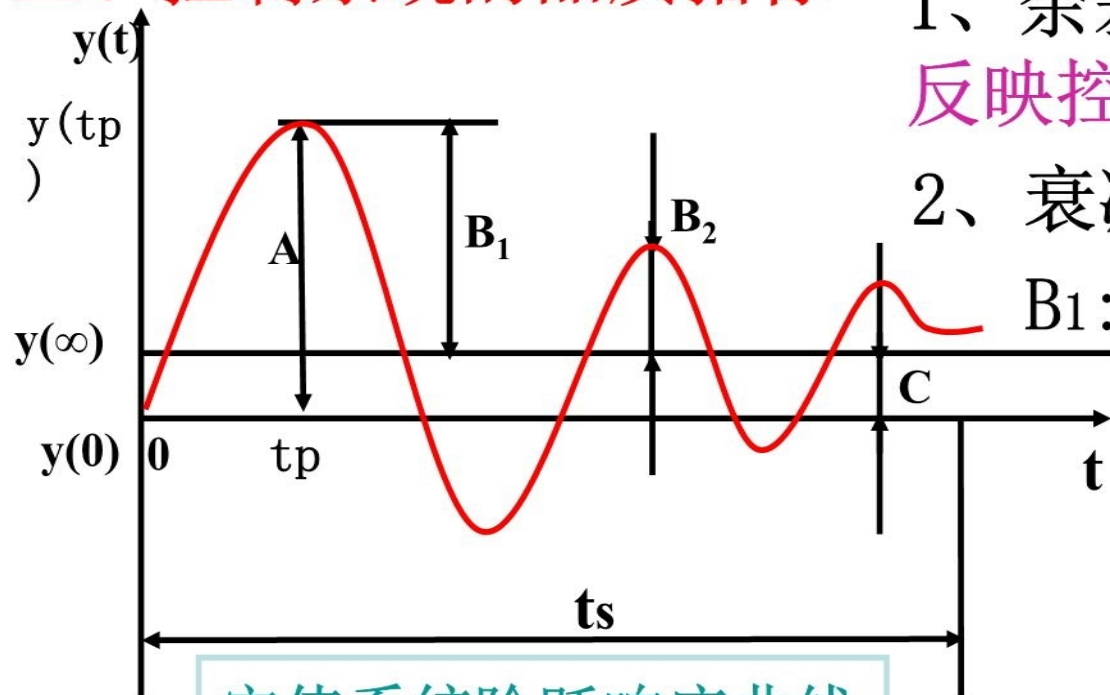
3、最大偏差A，超调量

$$\delta = \frac{y(\varphi) - y(\infty)}{y(\infty)} \times 100\%$$

描述被控变量偏离给定值的最大程度的物理量

4、过渡过程时间 t_s 和振荡频率 ω 反映控制快速性的指标

5、上升时间 t_p ，周期T



定值系统阶跃响应曲线



第二章 被控对象的数学模型



第一节 化工对象的特点及其描述方法



第二节 描述对象特性的参数



第三节 对象数学模型的建立



第四节 对象特性的实验测取

第一节 化工对象的特点及其描述方法

一、概念：

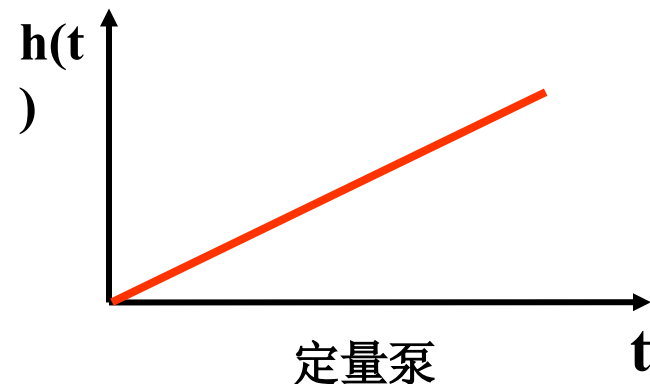
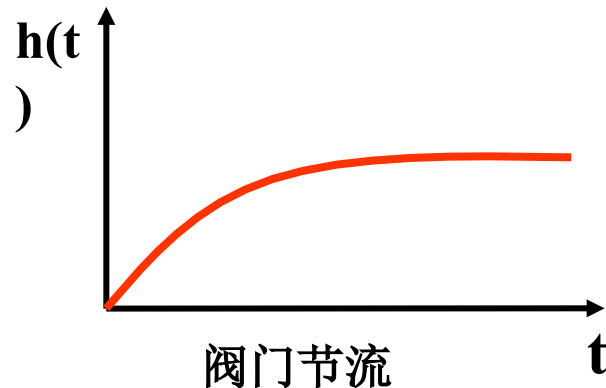
被控对象的数学模型是指对象在各输入量（控制量和扰动量）的作用下，其相应输出量（被控变量）变化的函数关系数学表达式。

二、描述对象特性的方法

1、描述对象输入输出关系的数学表达式

2、描述对象在一定形式输入作用下的输出数据或曲线

当以阶跃信号作为输入量时，其响应曲线主要类型有(1) 有自衡的非振荡过程；(2) 无自衡的非振荡过程；



第二节 描述对象特性的参数

一、放大系数K 1.定义 $K = \frac{y(\infty) - y(0)}{x_0}$

2.对系统的影响

A 控制通道 K应适当大一些,以使控制作用显著。

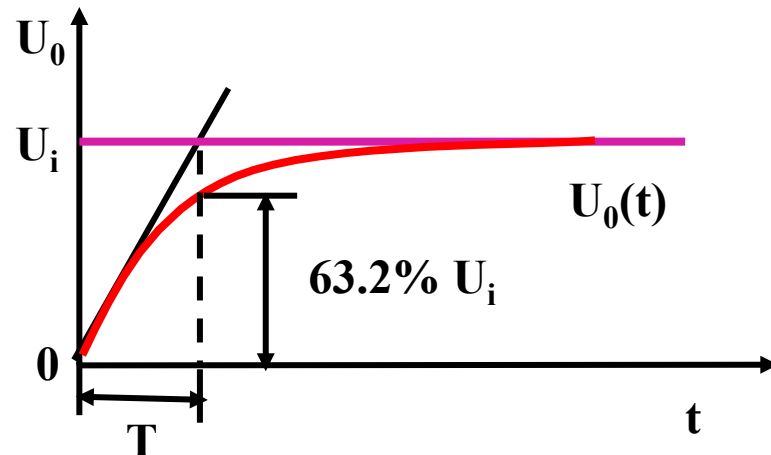
B 扰动通道 对扰动通道 $Kf \times \Delta f$ 应小些,以使被控变量偏离设定值小些,以利于控制。

二、时间常数T

1.定义

2.对系统的影响

A 控制通道



T 太大、太小在控制上都存在一定困难,所以需根据实际情况适中考虑。

B 扰动通道

时间常数 T 大些有一定的好处，这相当于将扰动信号进行滤波。

三、时滞 τ

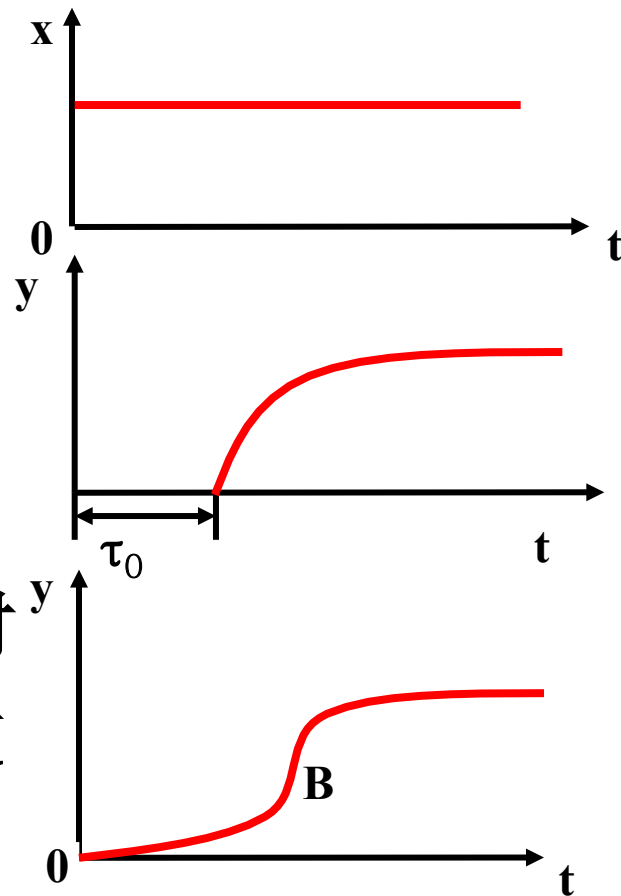
1. 定义 2. 纯滞后 3. 容量滞后

4. 对系统的影响

A 控制通道

滞后的存在不利于控制

B 扰动通道 扰动通道存在纯滞后，对控制系统的品质无影响；扰动通道存在容量滞后，对系统是有利的。

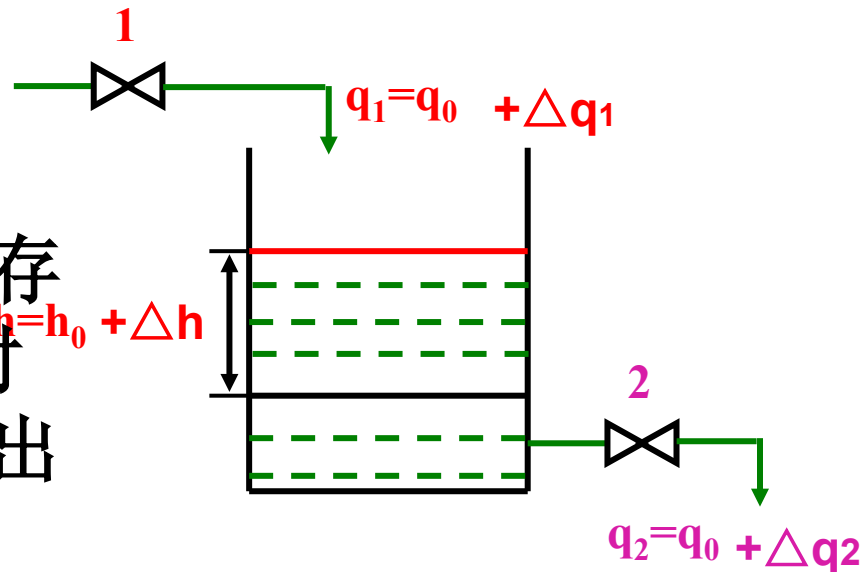


第三节 对象数学模型的建立

一、有自衡对象的数学模型

(一) 一阶对象（单容对象）

根据平衡关系有：对象物料储存量的变化率 = 单位时间流入对象的物料变化量 - 单位时间流出对象的物料变化量



$$\frac{d\Delta M}{dt} = A \frac{d\Delta h}{dt} = \Delta q_1 - \Delta q_2 \quad \text{①} \quad \Delta q_2 = \frac{\Delta h}{R} \quad \text{②}$$

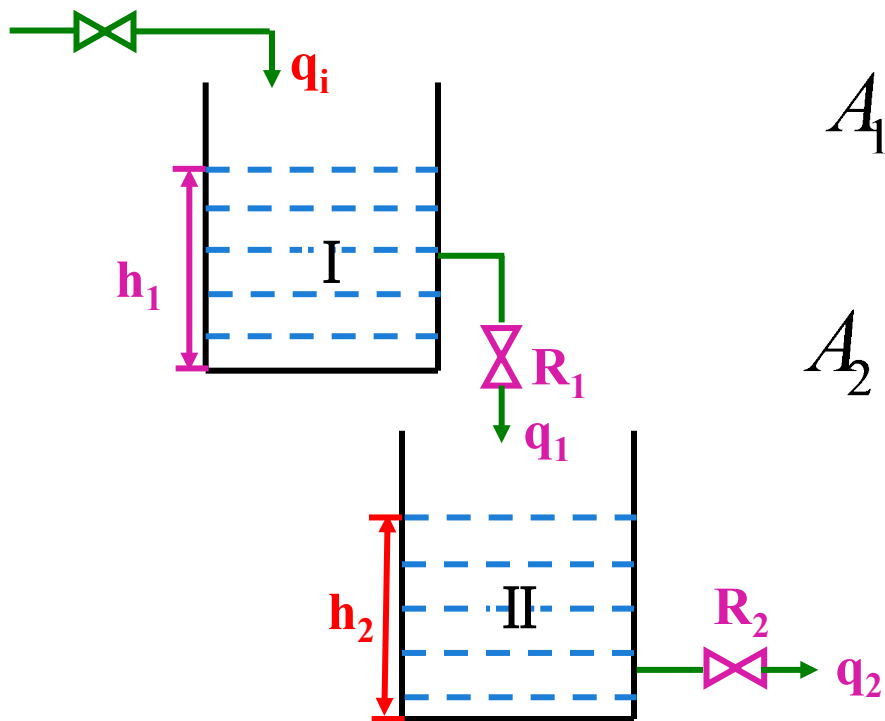
$$RA \frac{d\Delta h}{dt} + \Delta h = R\Delta q_1$$

$$T \frac{d\Delta h}{dt} + \Delta h = k\Delta q_1$$

其中 $T=RA$, $K=R$

$$T \frac{d\Delta y}{dt} + \Delta y = K * \Delta x (t - \tau) \quad G(s) = \frac{K}{TS + 1} e^{-\tau_0 s}$$

(二) 二阶对象 (双容对象)



$$A_1 \frac{d\Delta h_1}{dt} = \Delta q_i - \Delta q_1 \quad \textcircled{1}$$

$$A_2 \frac{d\Delta h_2}{dt} = \Delta q_1 - \Delta q_2 \quad \textcircled{2}$$

$$\Delta q_1 = \frac{\Delta h_1}{R_1} \quad \textcircled{3}$$

$$\Delta q_2 = \frac{\Delta h_2}{R_2} \quad \textcircled{4}$$

$$T_1 T_2 \frac{d^2 \Delta h_2}{dt^2} + (T_1 + T_2) \frac{d \Delta h_2}{dt} + \Delta h_2 = K \Delta q_i$$

$$T_1 T_2 \frac{d^2 \Delta h_2}{dt^2} + (T_1 + T_2) \frac{d \Delta h_2}{dt} + \Delta h_2 = K \Delta q_i (t - \tau_0)$$

$$G(S) = \frac{K}{(T_1 S + 1)(T_2 S + 1)} e^{-\tau_0 S}$$

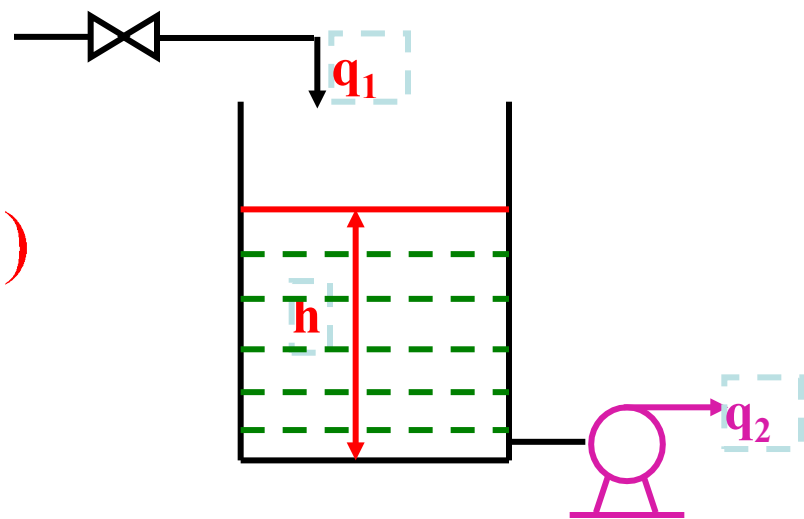
二、无自衡对象的数学模型

一阶对象 $T_a \frac{d \Delta h}{dt} = \Delta q_1 (t - \tau_0)$

$$G(S) = \frac{1}{T_a S} e^{-\tau_0 S}$$

二阶对象 $T_1 T_a \frac{d^2 \Delta h_2}{dt^2} + T_a \frac{d \Delta h_2}{dt} = \Delta q_i (t - \tau_0)$

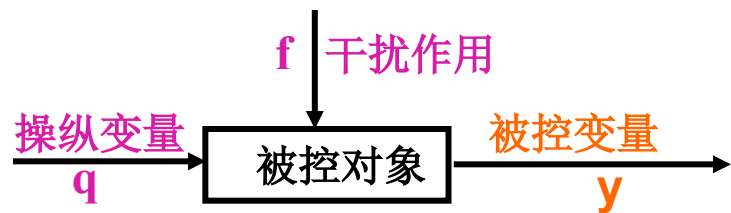
$$G(S) = \frac{K}{T_a S * (T_1 S + 1)} e^{-\tau_0 S}$$



第四节 对象特性的实验测取

所谓对象特性的实验测取，就是在我们所要研究的被控对象上，人为的施加一个干扰作用(输入量)，然后用仪表测量和记录对象的输出量随时间而变化的规律，可得到表征对象特性的一些数据和曲线，而后对这些数据或曲线进行分析整理，可得描述对象特性的数学表达式。

一、阶跃扰动法（阶跃响应曲线法）



当对象处于稳定状态时，在对象的输入端施加一个幅度已知的阶跃扰动，测量和记录对象输出量随时间变化的数值，即可得到输出量随时间而变化的曲线（即所谓反应曲线或飞升曲线），这种方法称为阶跃响应曲线法。

用阶跃响应曲线法来测取对象动态特性的原因：(1)阶跃响应曲线能直观、完全的描述被控对象的动态特性。(2)实验测试方法易于实现，只要使阀门开度作一突然改变即可（如流量），不需要特殊的信号发生器。(3)输出参数的变化过程可利用原来的仪表记录下来，测试工作量不大，数据处理也比较方便，所以广泛应用。

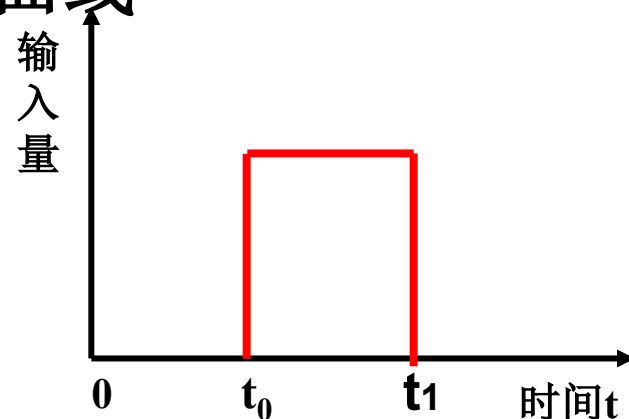
实验时必须注意：

(1)合理选择阶跃扰动量。通常取阶跃信号值为正常输入信号的5~15%。(2)试验应在相同的测试条件下重复作几次，需获得两次以上比较接近的响应曲线，减少干扰的影响。(3)实验应在阶跃信号作正、反方向变化时分别测得其响应曲线，以检验被控对象的非线性程度。(4)在实验前即在输入阶跃信号前，被控对象须处于稳定的工作状态。(5)测试和记录工作应该持续进行到输出量达到新稳态值为止。

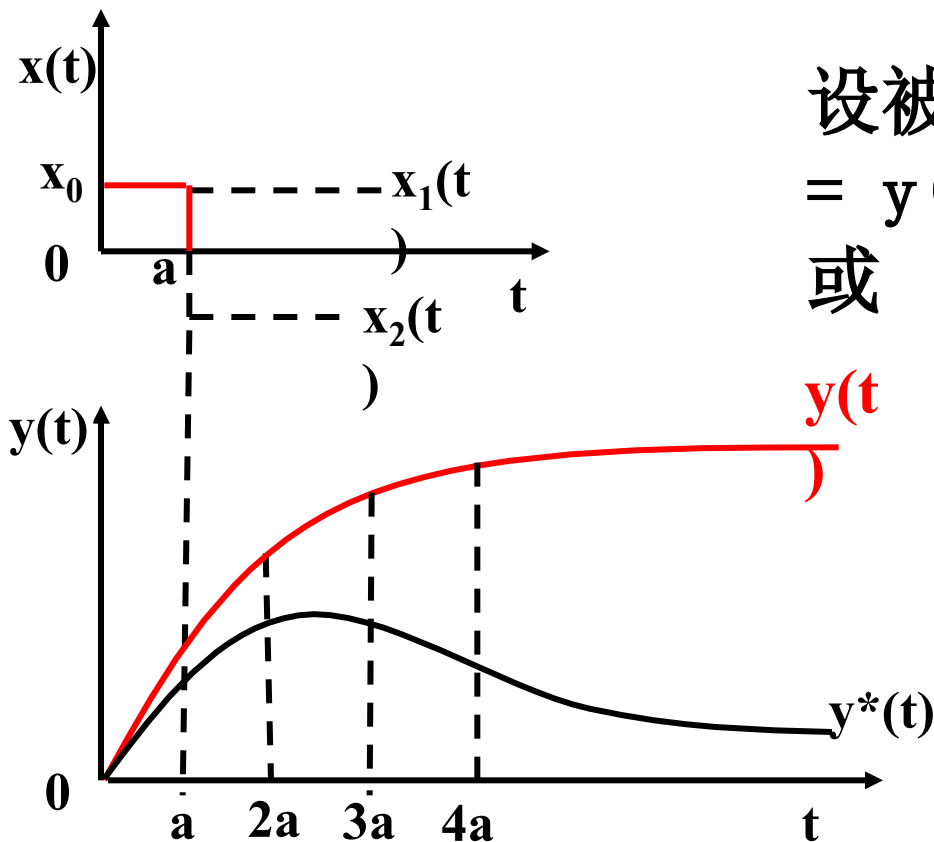
其缺点是：对象在阶跃信号作用下，从不稳定到稳定一般所需时间较长，在这段时间内对象不可避免的要受到许多其它干扰的影响，使测试精度受到限制；为提高精度就须加大输入作用幅值，这就意味着对正常生产的影响增加，工艺上往往是不允许的。

所以对于有些不允许长时间偏离正常操作条件的被控对象，及阶跃信号幅值受生产条件限制而影响对象的模型精度时，可用矩形脉冲信号作为对象的输入信号，其响应曲线为矩形脉冲响应曲线

二、矩形脉冲法（矩形脉冲响应曲线法）



2. 优点：用矩形脉冲干扰来测取对象的特性时，由于加在对象上的干扰经过一段时间后便被除去，使对象的输出量不致长时间偏离给定值，对生产影响较小；因此干扰的幅值可取的比较大，以提高实验精度。



设被控对象为线性，则 $y^*(t)$

$$= y(t) - y(t-a)$$

$$\text{或 } y(t) = y^*(t) + y(t-a)$$

$y(t)$

$$t=0 \sim a \text{ 时, } y(a) = y^*(a);$$

$$t=a \sim 2a \text{ 时, } y(2a) =$$

$$y^*(2a) + y(a);$$

三、由阶跃响应曲线辨识被控对象的数学模型

1. 确定一阶惯性环节的参数

在对象输入阶跃信号 x_0 的瞬时，其响应曲线的斜率最大，以后逐渐减小，直到新的稳态值。此时对象的数学模型可用一阶惯性环节来近似，即：

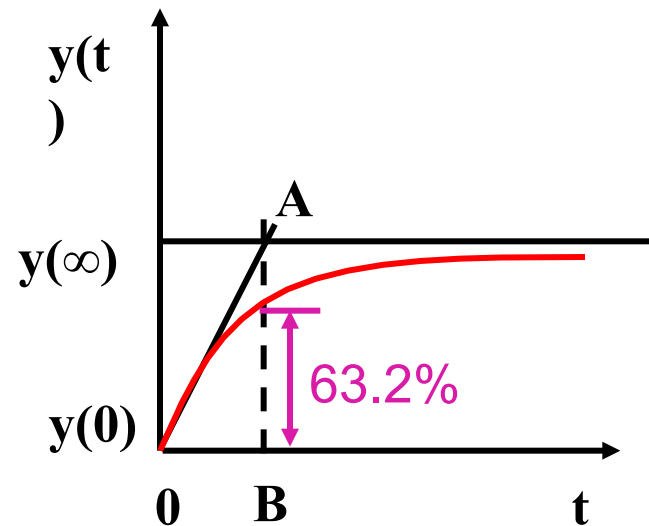
$$T \frac{d\Delta h}{dt} + \Delta h = k\Delta q_1 \quad \text{或} \quad G(S) = \frac{K}{TS+1}$$

其参数求法为：

(1) 对象的静态放大系数K

根据放大系数的定义有：

$$K = \frac{y(\infty) - y(0)}{x_0}$$



(2) 对象的时间常数T

方法一：根据T的定义，当响应曲线达到63.2% ($y(\infty) - y(0)$) 时所需时间。

方法二：根据 $\left. \frac{du_0}{dt} \right|_{t=0} = \frac{U_i}{T}$ ，可过0点作阶跃响应曲线的切线，交最终稳态值的渐进线 $y(\infty)$ 于A点，其投影OB即为对象的时间常数T。

2. 确定有时滞的一阶环节的参数

在对象输入阶跃信号的瞬时，其响应曲线的斜率为0，之后逐渐增大，最后又逐渐减小，达到稳态值时曲线呈S形，此时对象的数学模型可用有时滞的一阶环节来近似，即：

$$T \frac{d\Delta h}{dt} + \Delta h = k\Delta q_1(t - \tau) \quad \text{或} \quad G(S) = \frac{K}{TS + 1} e^{-\tau s}$$

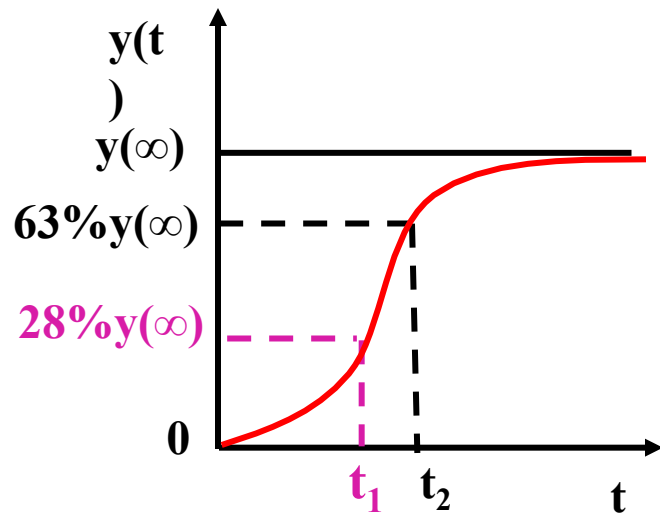
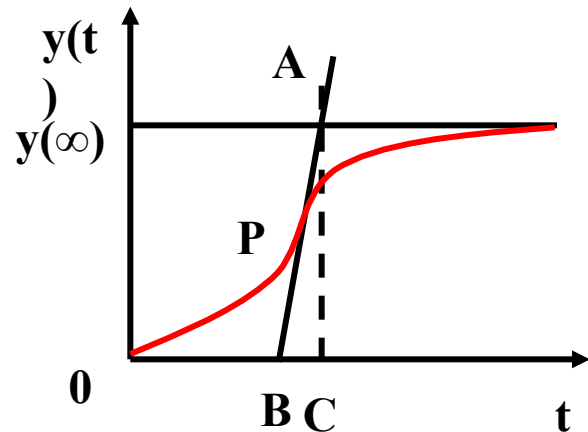
(1) K可用式①求得

(2) T、 τ 的求法

方法一：过响应曲线的拐点P作曲线的切线，交时间轴于点B，交 $y(\infty)$ 于点A，A在时间轴的投影为C，则OB为对象的 τ ，BC为对象的 T。

方法二：当拐点不易确定时，可取阶跃响应曲线最终稳态值的28%和63%所对应的时间为 t_1 和 t_2 ，按下式计算 τ 与 T：

$$\begin{cases} t_1 = \tau + \frac{T}{3} \\ t_2 = \tau + T \end{cases}$$

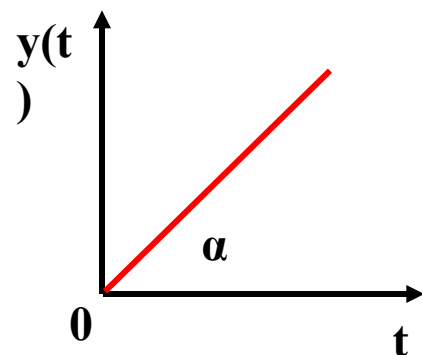


3. 确定积分环节的参数

当阶跃响应曲线为一条等速变化的直线时，对象的数学模型可用积分环节来描述，即：

$$T_a \frac{d\Delta h}{dt} = \Delta q_1 \quad \text{或} \quad G(S) = \frac{1}{T_a S}$$

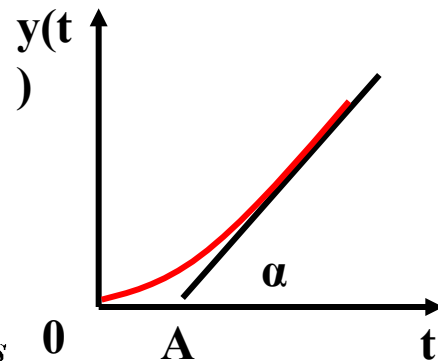
此时积分时间常数 $T_a = \frac{x_0}{tg \alpha}$



4. 确定有时滞的积分环节的参数

当阶跃响应曲线开始时变化速度较慢，后来才等速上升，此时其数学模型可用有时滞的积分环节来近似，即：

$$T_a \frac{d\Delta h}{dt} = \Delta q_1 (t - \tau_0) \quad \text{或} \quad G(S) = \frac{1}{T_a S} e^{-\tau s}$$

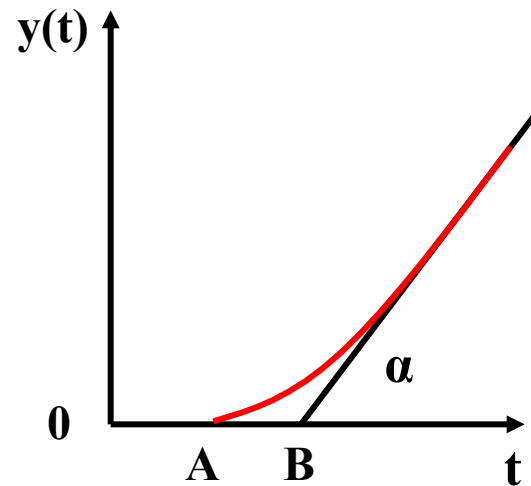


求参数时，在阶跃响应曲线上作其变化速度最大处的切线，交时间轴于A点，则OA为滞后时间 τ ， $T_a = \frac{x_0}{tg \alpha}$

5. 确定有纯滞后，一阶和积分环节的参数

$$TT_a \frac{d^2 \Delta h_2}{dt^2} + T_a \frac{d\Delta h_2}{dt} = \Delta q_i (t - \tau_0)$$

或
$$G(s) = \frac{1}{T_a s (Ts + 1)} e^{-\tau_0 s}$$



参数确定方法：作响应曲线的渐近线，交时间轴于B点， OA 为纯滞后时间 τ_0 ； AB 为时间常数 T ；积分时间 $Ta = x_0 / \text{tg } \alpha$ 。





第三章 检测仪表与传感器



第一节 自动检测仪表的原理性组成



第二节 仪表的性能指标



第三节 压力检测及仪表



第四节 流量检测及仪表



第五节 物位检测及仪表



第六节 温度检测及仪表

第一节 自动检测仪表的原理性组成

从其各部分作用入手来剖析仪表的原理性组成，



一、传感器 它的作用是感受被测参数的变化并发出与之相适应的信号

要求具有高准确性、高稳定性、高灵敏性

二、中间部件

它的作用是直接将传感器（一次仪表）发出的信号，按规定的规范要求传输给显示器（二次仪表）。按其作用的不同，分为三种：（一）单纯的传递作用（二）按比例传递（三）信号形式的转换

三、显示器

它的功能是将来自传感器的信号，以所需形式向观察者反映被测参数的数量变化。它的形式有：

- (一) 指示式仪表
- (二) 记录式仪表
- (三) 积算式仪表
- (四) 信号式仪表
- (五) 调节式仪表

第二节 仪表的性能指标

(一) 读数误差

仪表读数误差是读数与标准测量值之差，即： $\Delta = M - A$

$$\text{读数的相对误差 } h = \frac{\Delta}{A} \times 100\%$$

(二) 仪表误差

在测量标尺范围内，各读数误差的最大值，定义为仪表的绝对误差。 Δ_m

$$\text{仪表的相对误差 } \delta = \pm \frac{\Delta_m}{N} \times 100\%$$

（三）基本误差、允许误差和精度等级

1、仪表的基本误差：指在仪表制造厂保证的条件下，仪表的相对误差。

2、允许误差：是国家标准规定的，即指在标准条件下使用时，仪表所应满足的相对误差。

注意：基本误差必须与允许误差相一致。

3、仪表精度等级：是按国家统一规定的允许误差的大小划分成的等级。

仪表的精度等级在数值上为仪表的允许误差去掉“±”号及“%”号后的数值。

（四）仪表的灵敏度与刻度分格标准

仪表指针的线位移或角位移 $\Delta\alpha$ 与引起此位移的被

测参数的变化 ΔX 之比即为仪表灵敏度，即 $S = \frac{\Delta \alpha}{\Delta x}$

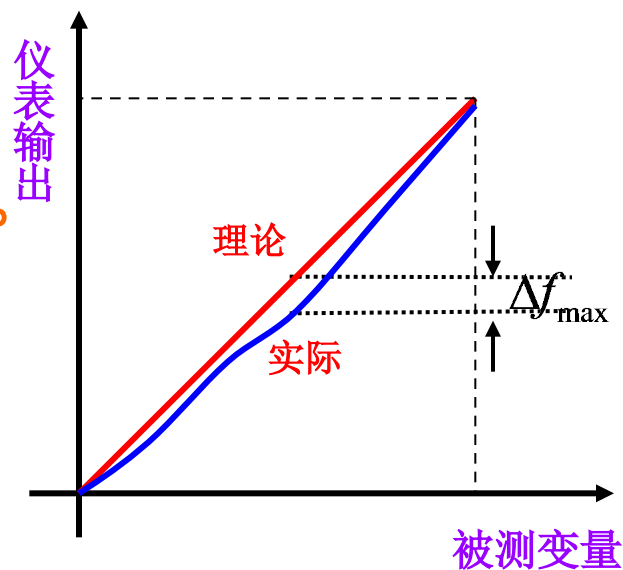
(五) 指示变差：指在外界条件不变时，使用同一仪表对相同的被测参数值进行正、反行程测量时，其所得到的仪表指示值是不相等的，两者之差称为仪表在此读数

点的指示变差。
$$\text{变差} = \frac{|X_{\text{正}} - X_{\text{反}}|_{\text{max}}}{N} \times 100\%$$

仪表的变差不应超过仪表的允许误差。

(六) 线性度(非线性误差)

$$\delta_f = \frac{\Delta f_{\text{max}}}{\text{仪表量程}} \times 100\%$$



(即用实际测得的输入—输出特性曲线与理论直线之间的最大偏差和测量仪表量程之比的百分数来表示)

(七) **反应时间**：它反应了仪表动态特性的好坏。

三、工业仪表的分类

1、按仪表使用的能源来分：气动仪表、电动仪表、液动仪表。

2、按信息的获取、传递、反映和处理的过程来分类。

3、按仪表的组成形式来分：基地式仪表、单元组合式仪表。

第三节 压力检测及仪表

一、压力单位及测压仪表

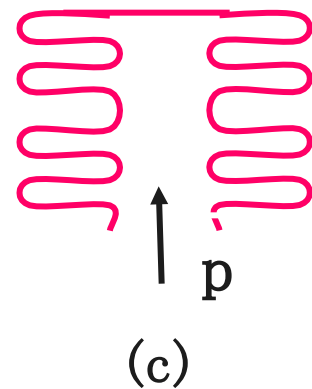
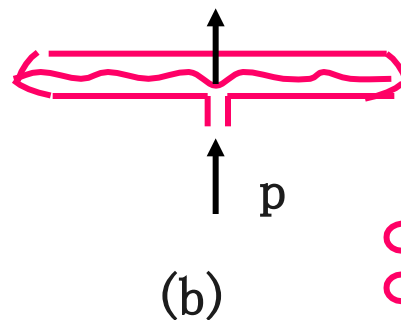
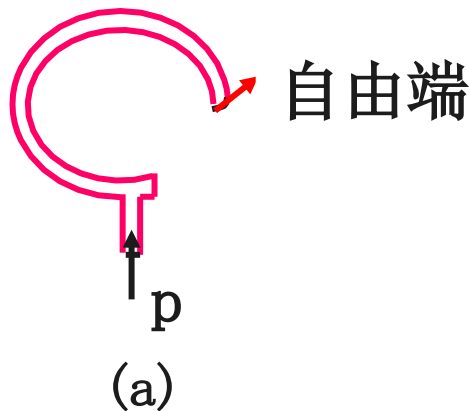
按照转换原理的不同，大致可分为四大类：1. 液柱式压力计 2. 弹性式压力计 3. 电气式压力计 4. 活塞式压力计

二、弹性式压力计

弹性式压力计是利用各种形式的弹性元件，在被测介质压力的作用下，使弹性元件受压后产生弹性变形的原理而制成的测压仪表。

1. 弹性元件 (1) 弹簧管式弹性元件 (2) 薄膜式弹性元件 (3) 波纹管式弹性元件

2. 弹簧管压力表



三、电气式压力计

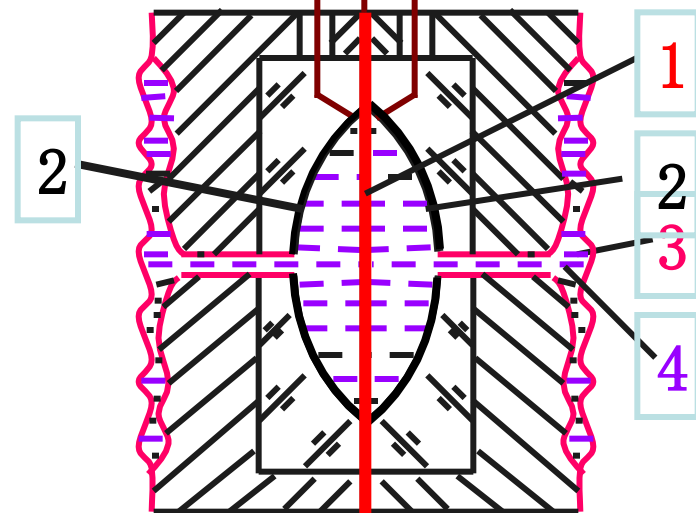
1. 霍尔片式压力传感器

霍尔片式压力传感器是根据霍尔效应制成的，即利用霍尔元件将由压力所引起的弹性元件的位移转换成霍尔电势，从而实现压力的测量。 $U_H = R_H BI$

2. 应变片式压力传感器：是利用电阻应变原理构成的。
3. 压阻式压力传感器：是利用单晶硅的压阻效应而构成的。
4. 力矩平衡式压力变送器：是根据力矩平衡原理工作的。有电动和气动两种。它们都由测量部分和转换部分组成。
5. 电容式压力变送器：是利用中心感应膜片和两边弧形固定电极形成的二个电容器，将压力的变化转换成电容量的变化，然后进行测量的。

四、压力计的选用

- (1) 仪表类型的选用；
- (2) 仪表测量范围的确定；
- (3) 仪表精度等级的选取；



第四节 流量检测及仪表

第五节 物位检测及仪表

一、概述

物位测量指对液体液位的测量，固体或颗粒状物质料位的测量及对两种密度不同液体介质的分界面的测量。

测量物位的仪表种类很多

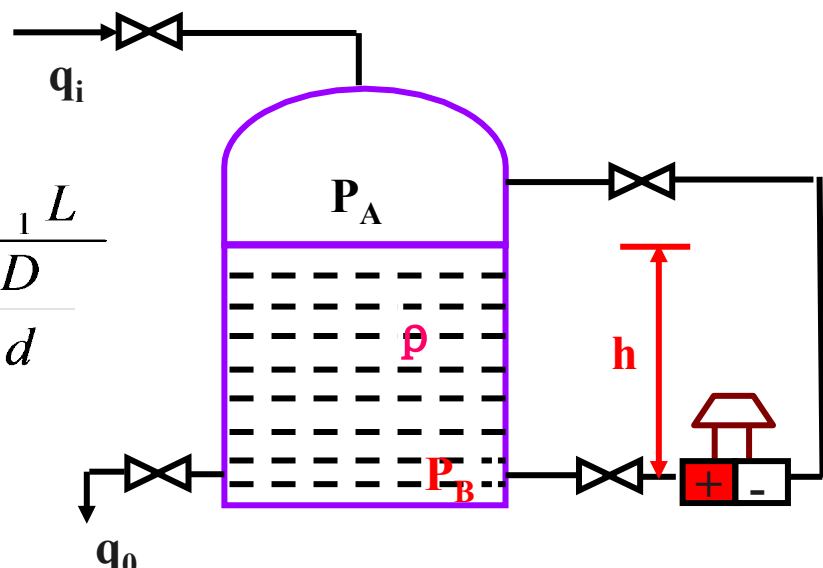
二、差压式物位计：基于静力学原理，利用液位变化引起压差变化的原理而工作。

1、液位测量 2、液体分界面的测量

三、电容式物位计

电容器的极板间充以不同介质时，电容量的大小也有所不同。

$$C = \frac{2 \pi \epsilon_1 L}{\ln \frac{D}{d}}$$



四、核辐射物位计

利用核辐射射线的透射强度随介质层厚度的变化而变化的原理进行测量，即射线的透射强度随着介质层厚度增加呈指数规律衰减，关系为穿过介质后的射线强度 I =入射强度 $I_0 * e^{-uH}$ ，

五、称重式液罐计量仪

第六节 温度检测及仪表

一、测温仪表的分类

按测量方式不同,分为接触式与非接触式两类。接触式测温利用热交换原理,非接触式测温利用热辐射原理。



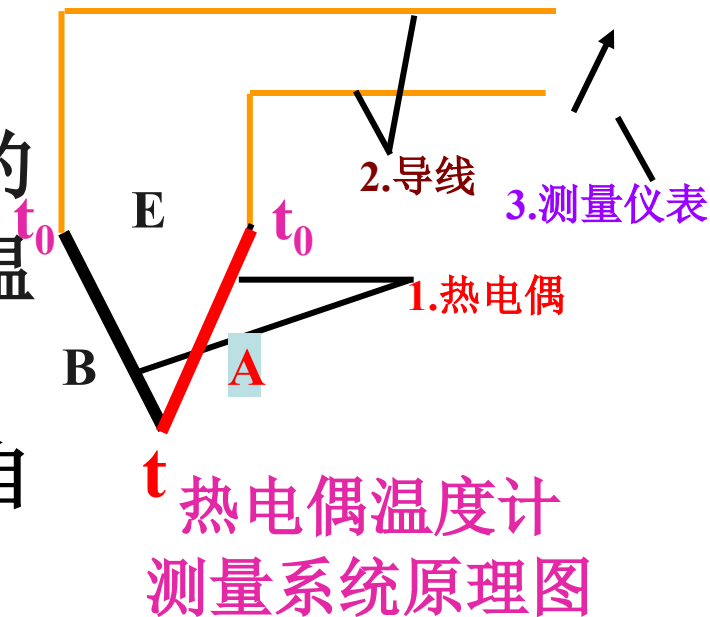
二、温度测量的基本原理

温度参数是不能直接测量的，一般只能根据物质的某些特性值与温度之间的函数关系，来实现间接测量。温度测量的基本原理与这些特性值的选择密切相关。

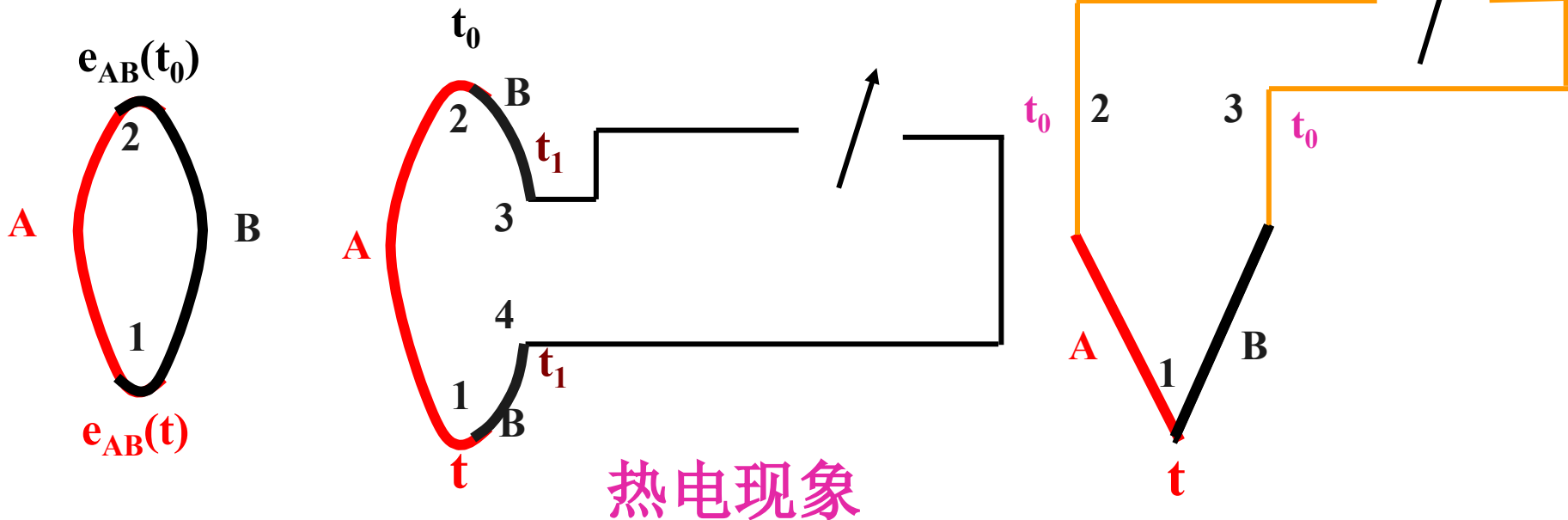
三、热电偶温度计

热电偶温度计是基于**热电效应**原理来测量温度的。

1、**热电偶** 它是由两种不同材料的导体A和B焊接而成。焊接的一端插入被测介质中，感受被测温度，称为热电偶的工作端或热端，另一端与导线连接，称为冷端或自由端。



(1) 热电现象及测温原理



热电现象

则此闭合回路的总热电势 $E(t, t_0)$ 为:

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

热电偶构成条件: 两种不同材料的导体; 两接点温度不相同,

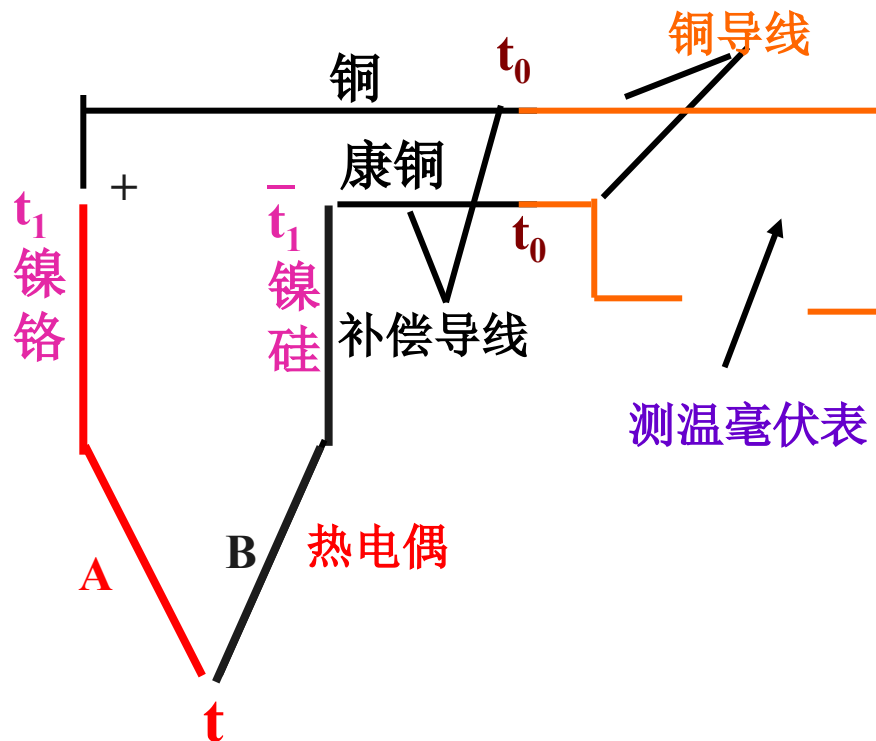
(2) 插入第三种导线的问题

在热电偶回路中接入第三种导线对原产生的热电势数值并无影响，不过必须保证引入线两端的温度相同。

2、补偿导线的选用

为什么要采用补偿导线

采用一种专用导线，将热电偶冷端延伸出来，此导线为“补偿导线”。



由于不同热电偶所用补偿导线不同，在使用补偿导线时，注意型号相配，极性不能接错，热电偶与补偿导线连接端所处的温度不应超过 100°C 。

3、冷端温度补偿

(1) 冷端温度保持为0°C的方法

(2) 冷端温度修正的方法

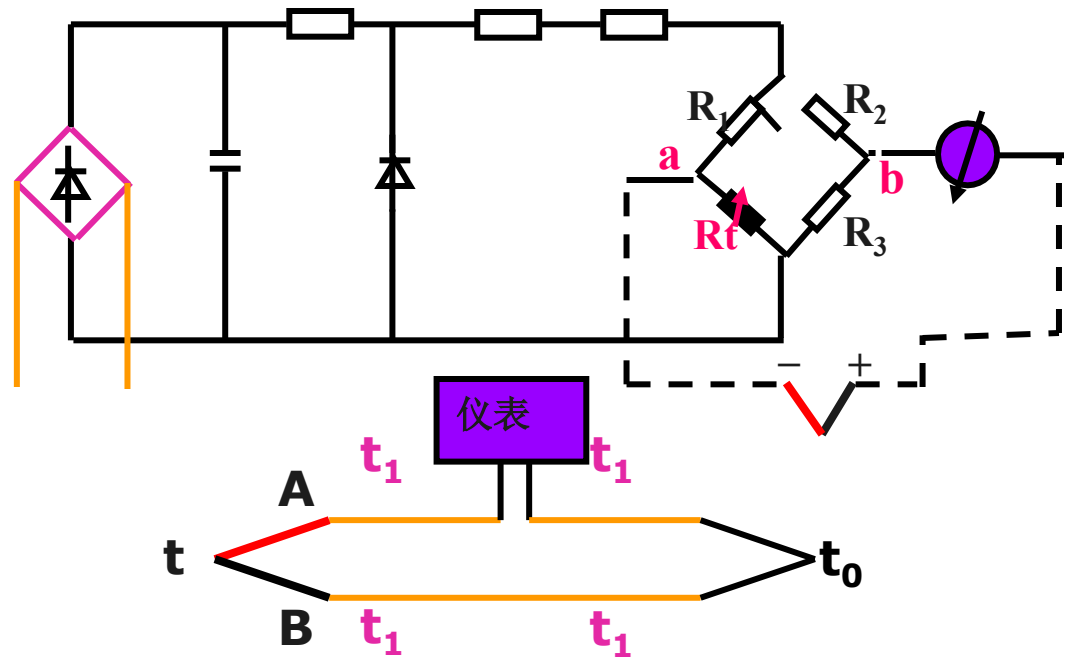
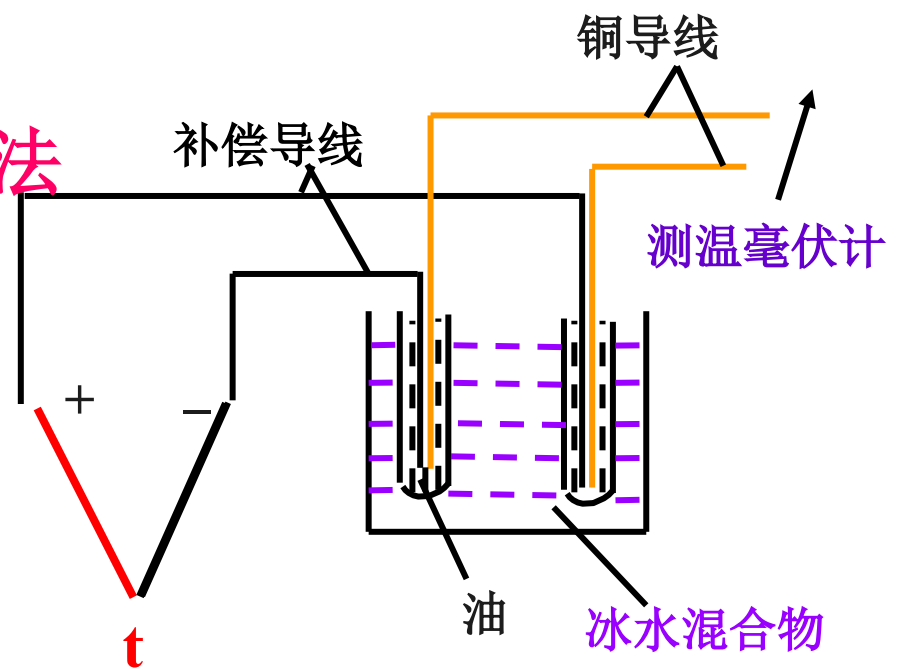
$$E(t, 0) = E(t, t_1) + E(t_1, 0)$$

(3) 校正仪表机械零点法

(4) 补偿电桥法

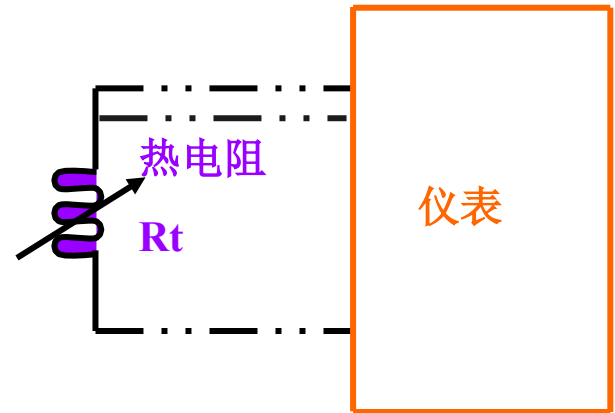
利用不平衡电桥产生的电势补偿热电偶因冷端温度变化引起的热电势变化值。

(5) 补偿热电偶法^{P85}



四、热电阻温度计

热电阻温度计由热电阻、显示仪表以及连接导线组成，其连接导线采用三线制接法。



1、**热电阻** 是测温（感温）元件。

(1) 测温原理 利用金属导体的电阻值随温度变化而变化的特性来进行温度测量。

金属导体都具有正的温度系数，其阻值与温度关系为： $R_t = R_{t_0} [1 + \alpha (t - t_0)]$ （ α 为电阻温度系数）

即 $\Delta R_t = \alpha R_{t_0} * \Delta t$

(2) 常用热电阻

①**铂热电阻** 在 $0^{\circ}\text{C} \sim 650^{\circ}\text{C}$ 范围内，铂电阻与温度的关系为： $R_t = R_{t_0}(1 + At + Bt^2 + Ct^3)$ (R_{t_0} 为 0°C 时电阻值)

工业上常用的铂热电阻有 $R_0 = 10\ \Omega$ 、 $R_0 = 100\ \Omega$
它们的分度号分别为Pt10、Pt100。

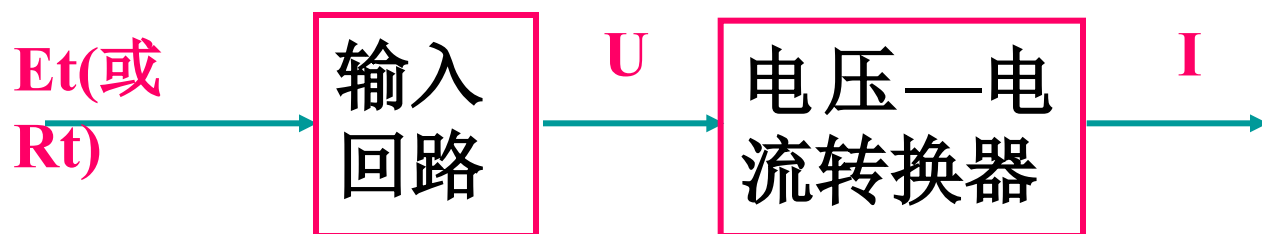
②**铜热电阻** 在 $-50^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$ 的范围内，铜电阻与温度的关系是线性的，即 $R_t = R_{t_0} [1 + \alpha (t - t_0)]$

工业上常用的铜热电阻有 $R_0 = 50\ \Omega$ 和 $R_0 = 100\ \Omega$ 两种，分度号分别为Cu50和Cu100。

(3) 热电阻结构

五、(DBW) 电动温度变送器

DBW—II 主要由输入回路（测量桥路）和电压—电流转换器两部分组成。输入回路将热电偶产生的电势或热电阻的阻值转换成相应的电压信号，电压—电流转换器又将此电压信号转换成——对应的0—10mA的直流电流信号。



(一) 输入回路

DBW的输入回路实际上是一个直流不平衡桥路，按测温元件的不同可分为热电偶、热电阻、热电偶温差、热电阻温差桥路和直流毫伏测量桥路五种（只要改变接线端子的连接方式就能组成各种测量桥路）。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/188100143062007002>