

题型

今年全部为综合题，可能不具有代表性

题目总览

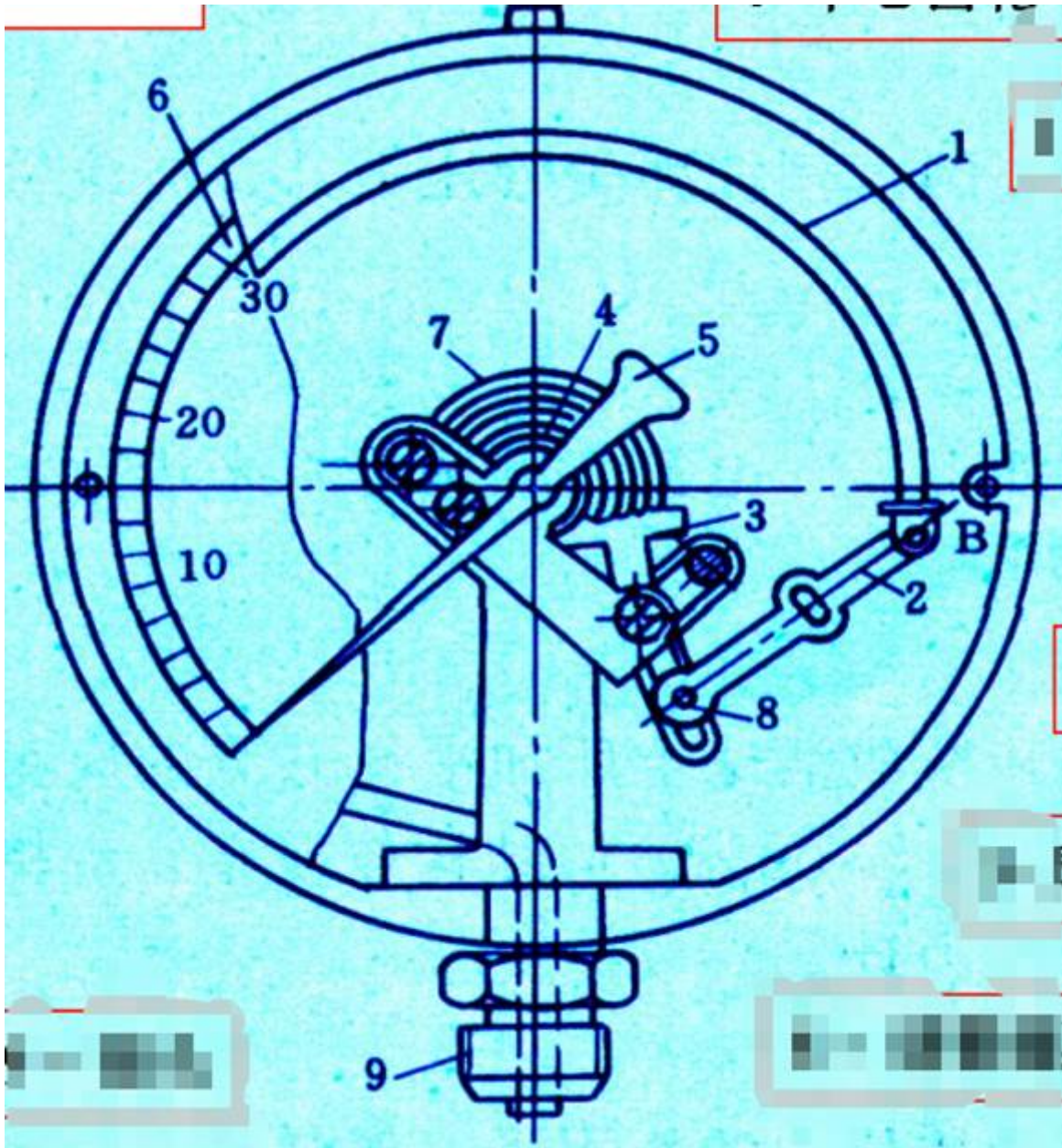
1.

- (1) 过控系统相较于普通控制系统的特点
- (2) 说出程序控制系统的定义并举例
- (3) 用偏差积分作为性能指标的缺点

2.

- (1) 查表法
- (2) 精度

3.



(1) 弹簧压力计各部件的名字

(2) 弹簧压力计的工作原理

4. 转子流量计原题，参数稍有变化

例 一转子流量计，转子材料为钢，密度为 $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$ ，用 20°C 的水标定（标定时水的密度为 $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$ ），流量计测量上限为 $50 \text{ m}^3/\text{h}$ 。现用户用来测量某溶液A，其密度为 $\rho = 1527 \text{ kg/m}^3$ 。求

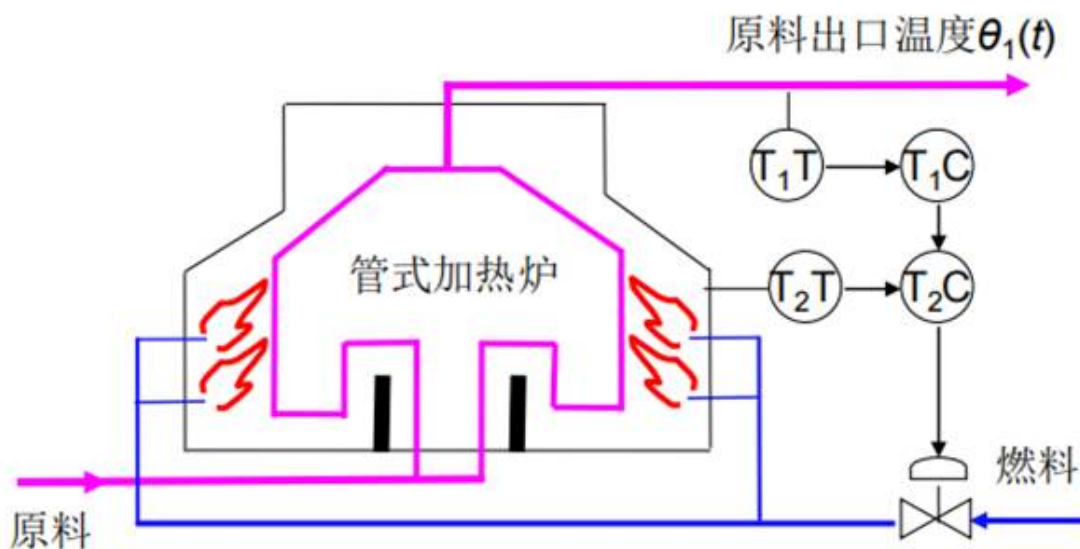
(1) 流量计显示 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ 时，实际通过流量计的溶液A流量为多少？

(2) 若转子材料改为铅，铅密度为 $\rho = 11350 \text{ kg/m}^3$ ，则测量水的最大流量为多少？

(3) 转子材料改为铅后，流量计显示为量程一半读数时，溶液A的实际流量为多少？

$$Q = akh \sqrt{\frac{2(\rho_z - \rho_f) g V}{\rho_f S}}$$

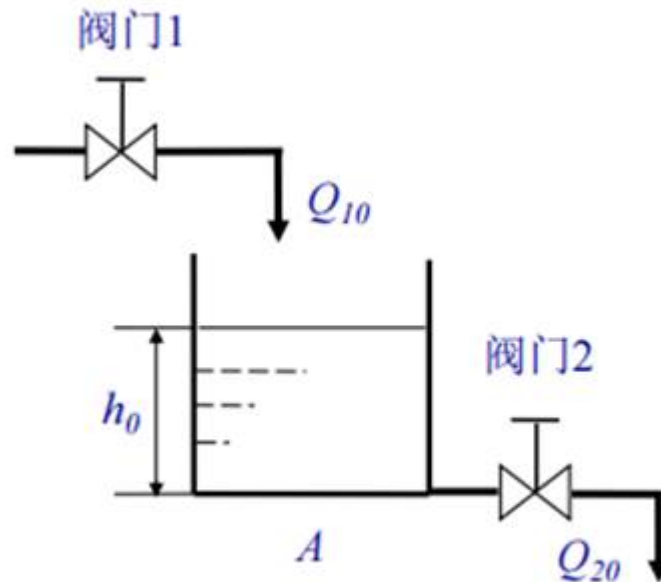
5. 串级控制系统——管式加热炉



f_1 : 原料流量; f_2 : 原料初始温度; f_3 : 燃料压力; f_4 : 燃料热值

- (1) 主副参数是谁, f_1, f_2, f_3, f_4 是一次还是二次扰动
- (2) 考虑故障时需要关阀的安全性, 主副控制器应该用的正负作用类型以及为什么
- (3) 写出4个用串级控制系统的优点

6. 单容过程建模



7.

- (1) 比例度的数学定义和物理含义
- (2) PI控制的原理和参数整定方式有哪些
- (3) 框出广义控制器在哪并计算传函

8.相对增益矩阵

(1) 推 $\Lambda = K(K^{-1})^T$ ，且行列和等于 1

(2) 如何用相对增益矩阵确定配对方式

(3) $G(s) = \begin{pmatrix} \frac{2}{s+1} & \frac{0.3}{s+1} \\ \frac{1}{s+1} & \frac{0.7}{s+1} \end{pmatrix}$ ，问是否需要解耦。如果需要，画出怎么用前馈补偿法的图

题目一

1. 过控系统相较于普通控制系统的特点

过程控制的特点

1. 控制对象复杂、控制要求多样
2. 控制方案丰富
3. 控制对象大多属于慢过程
4. 大多数工艺要求定值控制
5. 大多使用标准化的检测、控制仪表及装置

2. 说出程序控制系统的定义并举例

按设定值的形式分类

1. 定值控制系统——设定值恒定不变
2. 随动控制系统——设定值随时可能变化
3. 程序控制系统——设定值按预定的时间程序变化

3. 用偏差积分作为性能指标的缺点

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。

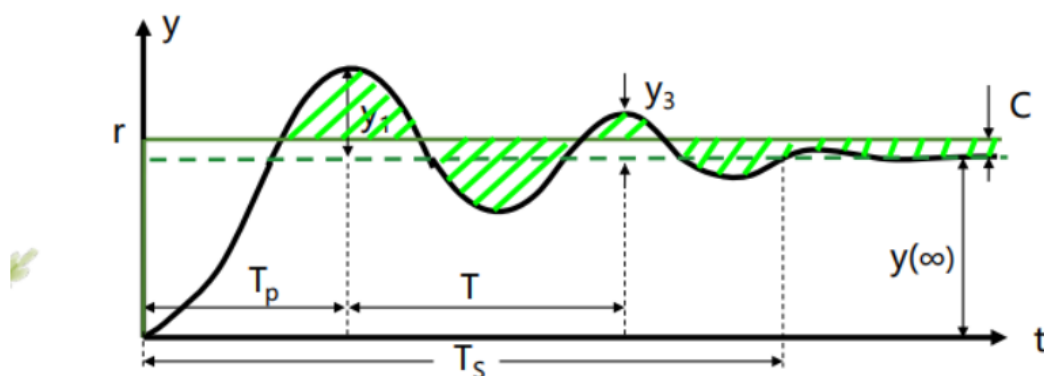


图3 闭环控制系统对设定值的阶跃扰动的响应曲线

题目二

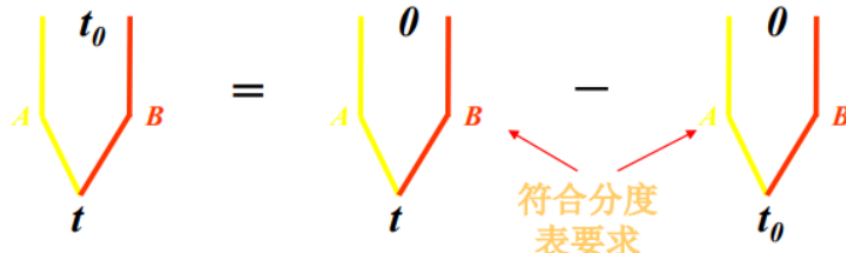
1. 热电偶查表法，以及运用到什么基本定律

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

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

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。



镍铬—镍硅热电偶分度表（简表）
分度号 K $t_0=0^\circ\text{C}$, E/mV

$t/^\circ\text{C}$	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0.000	0.397	0.798	1.203	1.611	2.022	2.436	2.850	3.266	3.681
100	4.095	4.508	4.919	5.327	5.733	6.137	6.539	6.939	7.338	7.737
200	8.137	8.537	8.938	9.341	9.745	10.151	10.560	10.969	11.381	11.793
300	12.207	12.632	13.039	13.456	13.874	14.292	14.712	15.132	15.552	15.974
400	16.395	16.818	17.241	17.664	18.088	18.513	18.938	19.363	19.788	20.214
500	20.640	21.066	21.493	21.919	22.346	22.772	23.198	23.624	24.050	24.476
600	24.902	25.327	25.751	26.176	26.599	27.022	27.445	27.867	28.288	28.709
700	29.128	29.547	29.965	30.383	30.799	31.214	31.629	32.042	32.455	32.866
800	33.277	33.686	34.095	34.502	34.909	35.314	35.718	36.121	36.524	36.925
900	37.325	37.724	38.122	38.519	38.915	39.310	39.703	40.096	40.488	40.897
1000	41.269	41.657	42.045	42.432	42.817	43.202	43.585	43.968	44.349	44.729
1100	45.108	45.486	45.863	46.238	46.612	46.985	47.356	47.726	48.095	48.462
1200	48.828	49.192	49.555	49.916	50.276	50.633	50.990	51.344	51.697	52.049
1300	52.398									

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 $E(30, 0) = 1.203\text{mV}$

则 $E(t, 0) = E(t, 30) + E(30, 0)$

$$= 36.122 + 1.203 = 37.325\text{mV}$$

再查分度表可以查得 37.325mV 对应的温度为 $900\text{ }^\circ\text{C}$ 。

❖ 计算法适用于实验或临时测温。

2. 精度等级

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）

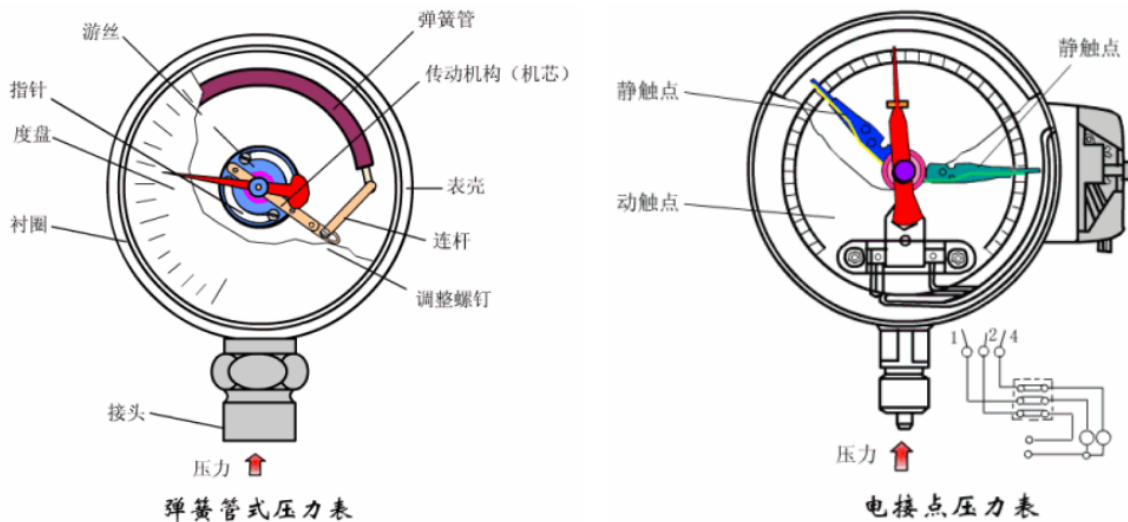
为了便于量值传递，国家规定了仪表的精确度（精度）等级系列。如**0.5级**，**1.0级**，**1.5级**等。

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

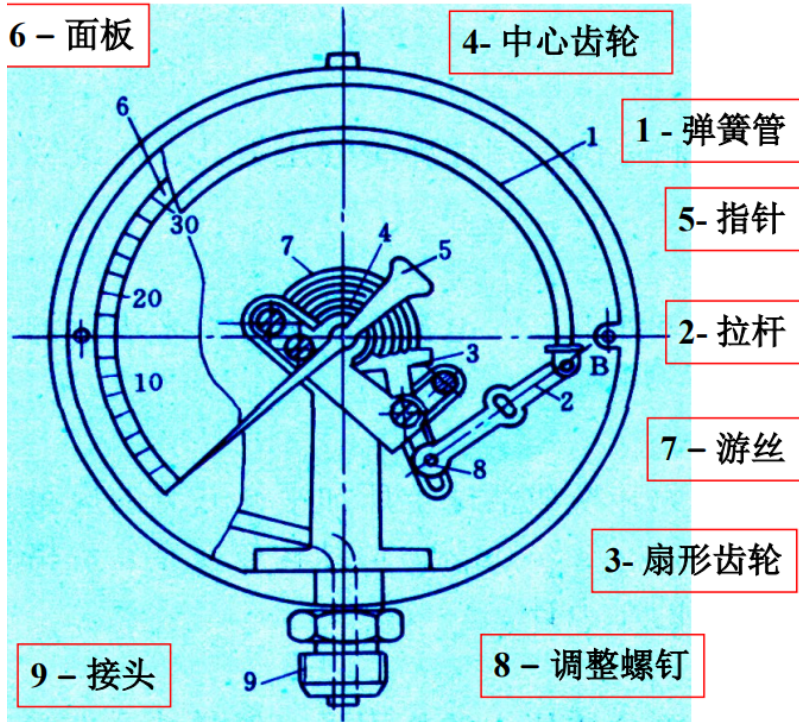
例如某台仪表的基本误差为**±1.0%**，则确认该表的精确度等级符合**1.0级**；如果某台仪表的基本误差为**±1.3%**，则该表的精确度等级符合**1.5级**。

题目三

1. 弹簧管式压力表各部件名称



弹簧管压力表的机构原理



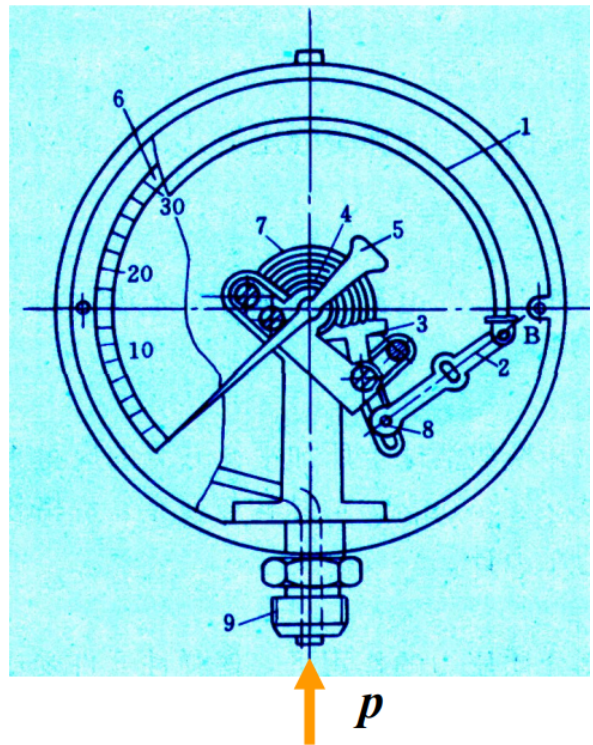
弹簧管是一根弯成 270° 圆弧的椭圆截面的空心金属管，管子的自由端B封闭，并连接拉杆及扇形齿轮，带动中心齿轮及指针。

2. 弹簧管式压力表的工作原理

基本测量原理

在被测压力 p 的作用下，弹簧管的椭圆形截面趋于圆形，圆弧状的弹簧管随之向外扩张变形。

自由端 B 的位移与输入压力 p 成正比。通过拉杆、齿轮的传递、放大，带动指针偏转。



题目四

1. 转子流量计相关计算，参数可能会变化

例 一转子流量计，转子材料为钢，密度为 $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$ ，用 20°C 的水标定（标定时水的密度为 $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$ ），流量计测量上限为 $50 \text{ m}^3/\text{h}$ 。现用户用来测量某溶液A，其密度为 $\rho = 1527 \text{ kg/m}^3$ 。求

(1) 流量计显示 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ 时，实际通过流量计的溶液A流量为多少？

(2) 若转子材料改为铅，铅密度为 $\rho = 11350 \text{ kg/m}^3$ ，则测量水的最大流量为多少？

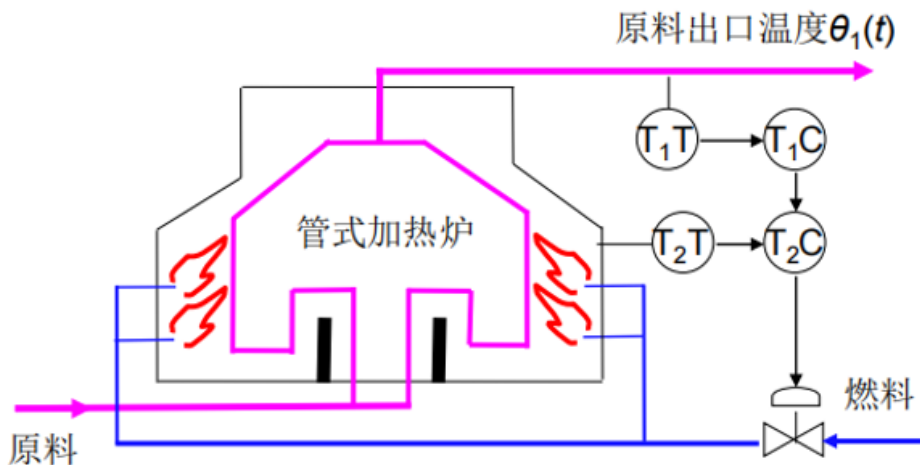
(3) 转子材料改为铅后，流量计显示为量程一半读数时，溶液A的实际流量为多少？

$$Q = akh \sqrt{\frac{2(\rho_z - \rho_f) g V}{\rho_f S}}$$

题目五

串级控制系统——管式加热炉

1. 主副参数是谁， f_1, f_2, f_3, f_4 是一次还是二次扰动



f_1 : 原料流量; f_2 : 原料初始温度; f_3 : 燃料压力; f_4 : 燃料热值

2. 考虑故障时需要关阀的安全性，主副控制器应该用的正负作用类型以及为什么

4. 主、副调节器正、反作用方式的确定

对串级控制系统来说，主、副调节器正、反作用方式的选择原则依然是使系统构成负反馈。

选择时的顺序是：

1、根据工艺安全或节能要求确定调节阀的正、反作用；

2、按照副回路构成负反馈的原则确定副调节器的正、反作用；

3、依据主回路构成负反馈的原则，确定主调节器的正、反作用。

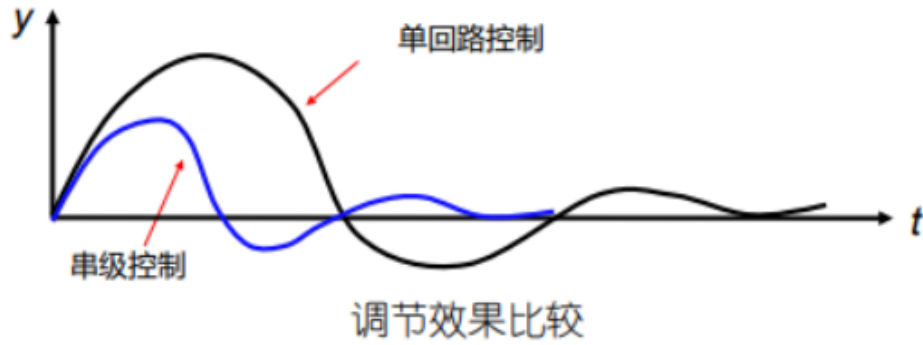
2、副回路中，调节阀开大，炉膛温度升高，测量信号增大，说明副对象和变送器都是正作用。为保证副回路为负反馈，副调节器应为反作用方式。

3、对于主调节器，调节阀开大，炉膛温度升高时，原料油出口温度也升高，说明主对象和主变送器也都是正作用。为保证主回路为负反馈，主调节器也应为反作用方式。

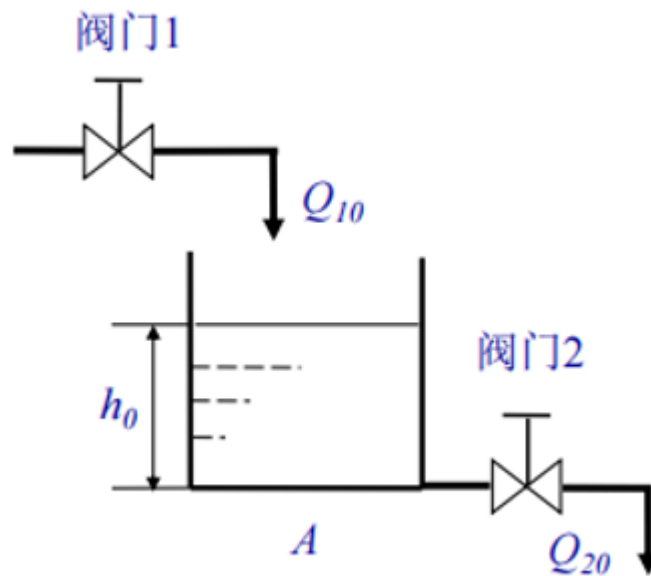
3. 串级控制系统的优点

串级系统特点总结:

- ①对进入副回路的干扰有很强的克服能力;
- ②改善了被控过程的动态特性,提高了系统的工作频率;对进入主回路的干扰控制效果也有改善;
- ③对负荷或操作条件的变化有一定自适应能力。



题目六

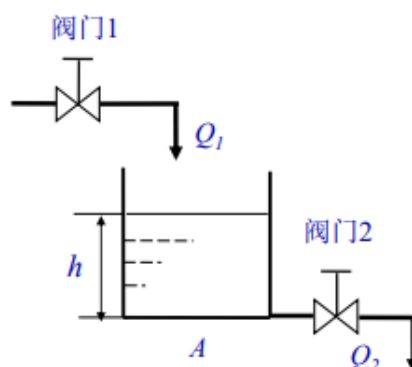


1. 一阶单容过程建模

5.3.2.1 单容贮液箱液位过程I

如图是一个水槽，水经过阀门1不断地流入水槽，水槽内的水又通过阀门2不断流出。工艺上要求水槽的液位 h 保持一定数值。在这里，水槽就是被控对象，液位 h 就是被控变量。

如果想通过调节阀门1来控制液位，就应了解进水流量 Q_1 变化时，液位 h 是如何变化的。



此时，对象的输入量是流入水槽的流量 Q_1 ，对象的输出量是液位 h 。

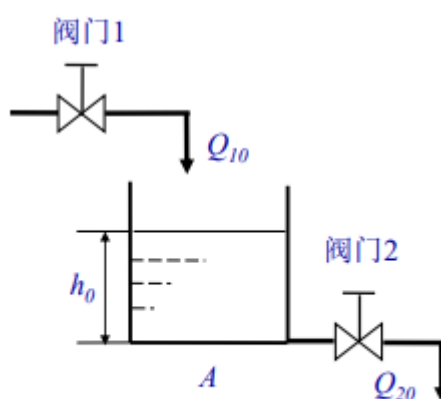
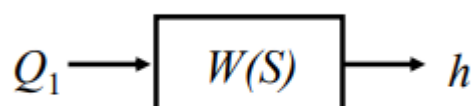
机理建模步骤：

从水槽的物料平衡关系考虑，找出表征 h 与 Q_1 关系的方程式。

设水槽的截面积为 A

$Q_{10} = Q_{20}$ 时，系统处于平衡状态，即静态。

这时液位稳定在 h_0 。



假定某一时刻，阀门1突然开大 $\Delta\mu_1$ ，则 Q_1 突然增大，不再等于 Q_2 ，于是 h 也就开始变化。

Q_1 与 Q_2 之差被囤积在水槽中，造成液位上升。

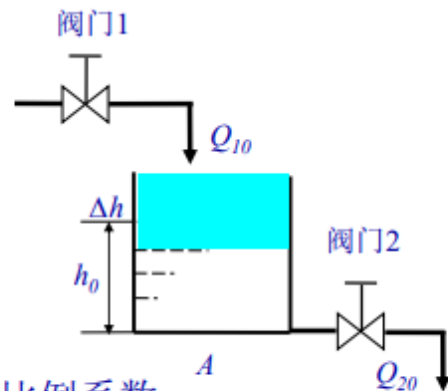
$$(\Delta Q_1 - \Delta Q_2) / A = d\Delta h / dt$$

思考题 $\Delta Q_2 = \frac{\Delta h}{R_s}$

$$\Delta Q_1 = K_\mu \Delta\mu_1$$

式中：

R_s ——阀门2阻力系数； K_μ ——阀门1比例系数；
 μ_1 ——阀门1的开度；



解得 $\frac{d\Delta h}{dt} = \frac{1}{A} (K_\mu \Delta\mu_1 - \frac{1}{R_s} \Delta h)$

即 $AR_s \frac{d\Delta h}{dt} + \Delta h = K_\mu R_s \Delta\mu_1$

令： $T = AR_s$ ——时间常数； $K = K_\mu R_s$ ——放大倍数。

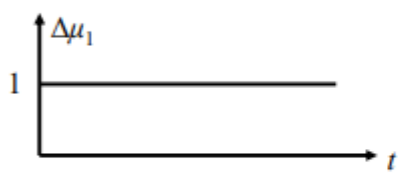
写成标准形式 $T \frac{d\Delta h}{dt} + \Delta h = K \Delta\mu_1$

进行拉氏变换 $TsH(s) + H(s) = K\mu_1(s)$

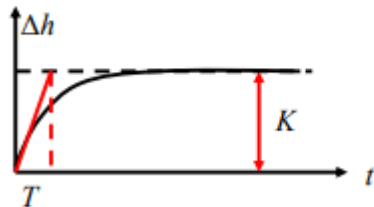
传递函数为： $\frac{H(s)}{\mu_1(s)} = \frac{K}{Ts + 1}$

阶跃响应（飞升）曲线

输入量 μ_1 阶跃变化（ $\Delta\mu_1$ ）时，其输出（ Δh ）随时间变化的曲线。



$$\text{因 } \frac{H(s)}{\mu_1(s)} = \frac{K}{Ts+1} \quad \mu_1(s) = \frac{1}{s}$$



$$\text{则 } H(s) = \frac{K}{Ts+1} \cdot \frac{1}{s}$$

$$\text{时域表达式 } \Delta h = K(1 - e^{-\frac{t}{T}})\Delta\mu_1$$

又称一阶惯性特性或单容特性

题目七

1. 比例度的数学定义和物理含义

在实际的比例控制器中，习惯上使用比例度（比例带）P来表示比例控制作用的强弱。

所谓比例度就是指控制器输入偏差的相对变化值与相应的输出相对变化值之比，用百分数表示。

$$P = \left(\frac{e}{X_{\max} - X_{\min}} / \frac{y}{Y_{\max} - Y_{\min}} \right) \times 100\%$$

式中e为输入偏差；y为控制器输出的变化量； $(X_{\max} - X_{\min})$ 为测量输入的最大变化量，即控制器的输入量程； $(Y_{\max} - Y_{\min})$ 为输出的最大变化量，即控制器的输出量程。

比例度:
$$P = \left(\frac{e}{x_{\max} - x_{\min}} / \frac{y}{y_{\max} - y_{\min}} \right) \times 100\%$$

如果控制器输入、输出量程相等，则：

$$P = \frac{e}{y} \times 100\% = \frac{1}{K_c} \times 100\%$$

比例度除了表示控制器输入和输出之间的增益外，还表明比例作用的有效区间。

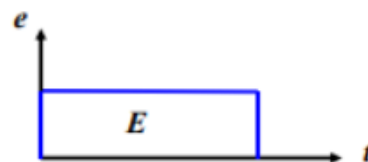
使控制器输出变化100%时，所对应的偏差变化相对量。如P=50%表明：

2. PI控制的原理和参数整定方式有哪些

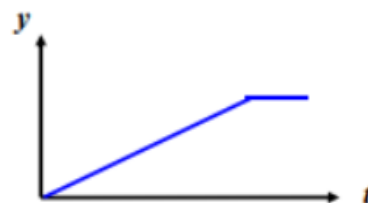
❖ 积分控制的特点

当有偏差存在时，积分输出将随时间增长（或减小）；当偏差消失时，输出能保持在某一值上。

□ 积分作用具有保持功能，故积分控制可以消除余差。



□ 积分输出信号随着时间逐渐增强，控制动作缓慢，故积分作用不单独使用。



若将比例与积分组合起来，既能控制及时，又能消除余差。

3. 框出广义控制器在哪并计算传函

题目八

1. 证明系统增益矩阵和静态放大系数矩阵关系

$$\lambda_{ij} = k_{ij}h_{ji}$$

$$\Lambda = K \cdot H^T = K \cdot [K^{-1}]^T$$

相对增益的性质：

• 相对增益矩阵中每行或每列的总和均为1：

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{ij} = \sum_{j=1}^n k_{ij} \frac{\text{adj}(K)_{ji}}{\det K} = \frac{1}{\det K} \sum_{j=1}^n k_{ij} C_{ij} = \frac{\det K}{\det K} = 1$$
$$\sum_{i=1}^n \lambda_{ij} = \sum_{i=1}^n k_{ij} \frac{C_{ij}}{\det K} = \frac{\det K}{\det K} = 1$$

2. 变量配对

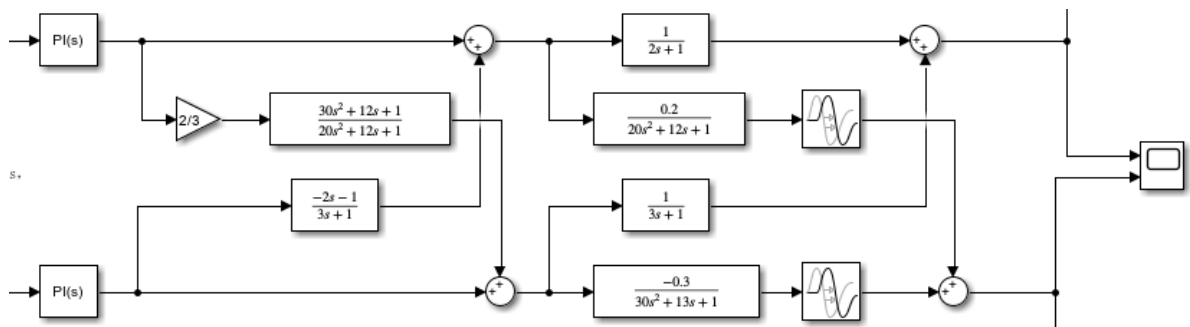
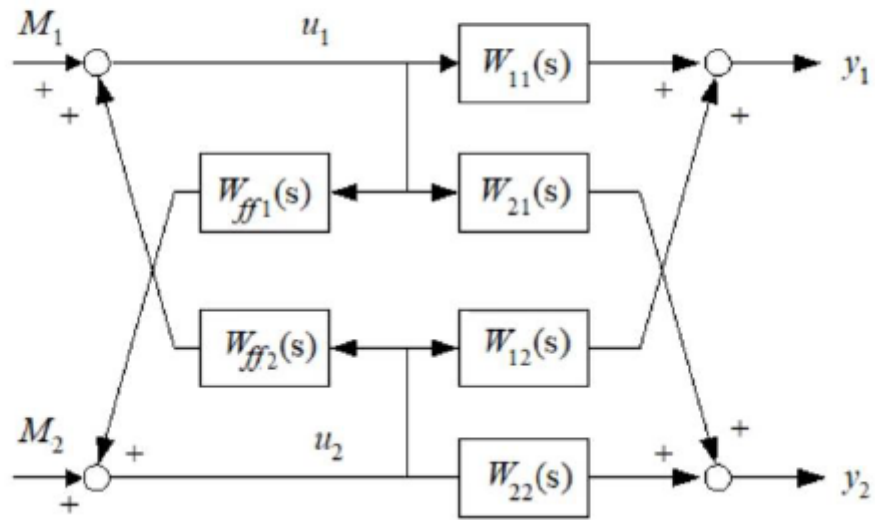
三、变量配对：

$$\lambda_{ij} = \frac{\left(\frac{y_i}{u_j} \right)_u}{\left(\frac{y_i}{u_j} \right)_y} = \frac{\left(\frac{y_i}{u_j} \right)_{\text{其它回路开环}}}{\left(\frac{y_i}{u_j} \right)_{\text{其它回路闭环}}}$$

- 不能选择 $\lambda_{ij} < 0$ 的变量配对
- 不能选择 $\lambda_{ij} = 0$ 的变量配对
- 不能选择 $\lambda_{ij} = \infty$ 的变量配对
- 应该选择 λ_{ij} 最接近1的变量配对

3. 前馈解耦

前馈补偿法



7.8.2.1 前馈补偿解耦设计

前馈补偿解耦是最早用于多变量控制系统解耦的方法，图 7-40 所示为应用前馈环节实现(二变量)解耦的系统框图。

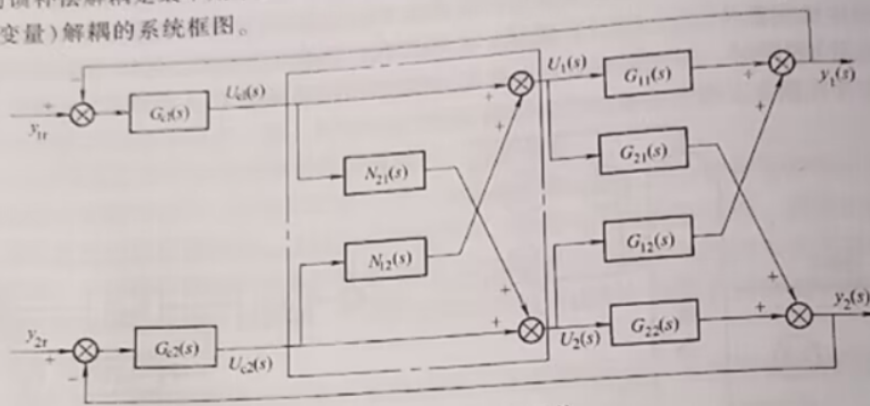


图 7-40 前馈补偿解耦系统

图中 $N_{21}(s)$ 、 $N_{12}(s)$ 为前馈解耦环节。要实现 $U_1(s)$ 与 $Y_2(s)$ 、 $U_2(s)$ 与 $Y_1(s)$ 之间解耦，根据不变性原理可得

$$G_{21}(s)U_1(s) + G_{22}(s)N_{21}(s)U_1(s) = 0 \quad (7-39)$$

$$G_{12}(s)U_2(s) + G_{11}(s)N_{12}(s)U_2(s) = 0 \quad (7-40)$$

由以上二式可求得前馈解耦环节的数学模型(传递函数)，即

$$N_{21}(s) = -\frac{G_{21}(s)}{G_{22}(s)} \quad (7-41)$$

$$N_{12}(s) = -\frac{G_{12}(s)}{G_{11}(s)} \quad (7-42)$$

前馈补偿解耦的基本思想是将 u_1 对 y_2 、 u_2 对 y_1 的影响当作扰动对待，并通过前馈补偿的方法消除这种扰动的影响。这种解耦环节的设计方法与 7.2 节前馈(补偿)控制器的设计方法完全一样。