

话说过控有50分的概念题，有些是类似直接默写概念，至少以下概念熟记绪论：

- 单元操作：具有共同操作目的和物理原理的一类操作过程。
- 三传一反：动量传递、热量传递、质量传递和化学反应工程。
- 被控参数类型：温度、压力、流量、液位、成分、物性。
- 过程控制（连续过程）：针对连续或半连续（间歇）过程中的温度、压力、流量、液（物）位、化学成份（如产品成份、含氧量）、物性参数（如粘度、融熔指数）等变量而实现的自动控制系统，称为过程控制。
- 三种衡算：质量衡算依据的是质量守恒定律，通常称为物料衡算；能量衡算的依据是能量守恒定律和热力学第一定律；动量衡算的依据则是动量守恒定律和牛顿第二运动定律。
- 质量衡算： $\Sigma F = \Sigma D + A$

式中： ΣF — t 时间内输入物料质量的总和；

ΣD — t 时间内输出物料质量的总和；

A — t 时间内系统中积累的物料质量的总和。

化工ch1：

- 液态或气态下的物料称流体。流体的特征：易流动，无固定形状。
- 气体与液体的区别：1) 密度：气体变化；液体变化不明显；2) 压缩性：气体可压缩； $<20\%$ 可看成不可压缩。液体不可压缩。
- 流动中的流体所受的作用力分为体积力和表面力两种。

体积力是作用于流体每个质点上的力，它与流体的质量成正比；

表面力是作用于流体质点表面的力，它与流体质点表面积成正比。

垂直于表面的力称之为压力。

平行于表面的力称之为剪力(Shear stress)。

- 流体静力学方程研究处于相对静止的流体在重力和压力作用下，处于平衡状态的规律。
- 有关流体粘度、粘性的方程：气体的温度增加，粘度增加；液体温度增加，粘度降低。
- 流体中，按任意位置上流体的流速、压强、密度等物理量是否随时间变化，可以把流体的流动分为稳定流动和不稳定流动两种
- 关于离心泵的安装高度的气蚀问题，会出计算大题。
- 流量调节的三个主要方法：1) 通过在管路上安装调节阀法改变管路特性，来改变工作点达到调节流量的目的。2) 通过改变泵的转速来改变泵的特性，来改变工作点达到调节流量的目的。3) 通过改变泵的旁路回流量来改变管路的特性，来改变工作点达到调节流量的目的。

化工ch2：

- 热传递的基本方式：热传导，对流，热辐射。
- 热传导是依靠物体内部自由电子运动或分子振动来传递热量的。
- 对流传热是指各部分质点发生相对位移而引起的热量传递。
- 物体由于热的原因而发出辐射能的过程称为热辐射。物体将热能变为辐射能以电磁波的形式在空中传播，当遇到另一物体时又被该物体全部或部分吸收的过程称为热辐射方式传热。
- 黑体的辐射能力：即在一定温度下，单位时间、单位黑体表面向外界辐射的全部波长范围（ $\lambda=0\sim\infty$ ）的总能量。
- 热交换过程的强化途径：
 - 1) 增大传热面积A;
 - 2) 增大传热温差 Δt_m ：提高加热水蒸汽的压强（ Δt_m 受工艺条件限制往往无法改变）
 - 3) 提高K：
 - ①增加湍流程度；
 - ②增大 λ ；

③清除污垢,

④增加 α 小的一面传热面。(翅片)

化工ch3 :

- 精馏(蒸馏): 利用各种物质挥发性的不同, 将一个多组分混合液分离的过程。
- 汽液平衡时的自由度(Degrees of freedom)根据相律, 若外界只有温度和压力影响物系的平衡状态, 即平衡体系的自由度为: $F=C-P+2$; 自由度是在不引起相变的条件下, 可以变动的独立变量的数目。(100%考)
- 平衡蒸馏: 使混合物汽液两相共存达到平衡后, 再将两相分离开以得到一定程度分离, 称平衡蒸馏。
- 操作线方程。
- 简单蒸馏: 间歇、非定态过程。

化工ch4 :

- 化学计量系数的物理意义是: 如有 v_1 摩尔的反应物A1因反应而消失了, 必有 v_2 摩尔的反应物A2也随之消失, 同时必产生 v_3 摩尔的生成物A3和 v_4 摩尔的生成物A4。

大题一定会考(娱乐下):

1) 离心泵, 安装高度1.5米, 泵出口表压 $5 \times 10^5 \text{Pa}$, 喷嘴距水面28m, 喷嘴表压 $3.5 \times 10^5 \text{Pa}$ 。(题不一样也类似)

问: 离心泵是否能将水扬至喷嘴高度? 如不行能否通过更改安装高度使泵正常工作?

答: $gz_1 + \frac{u_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} = gz_2 + \frac{u_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho}$ 得到: $z_2 = 16.5 \text{m}$ 小于 28m 所以不能扬至。

通过改变安装高度，则泵需安装至 $z_1 = 13m$ 处，地球上大气压最多支撑 10m 水柱，所以不能使泵正常工作

2) 传热题，双层保温层减少热损失的题：有两种，一种是两个圆筒型保温材料套在一起，另一种是两个可以看成平面大板的保温层放在一起。

例：书题 2.3，解答如下：

2-3. 解：多层平壁传热：

$$\lambda_1 = 1.047 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}, \quad \delta_1 = 100 \text{ mm}$$

$$\lambda_2 = 0.814 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}, \quad \delta_2 = 100 \text{ mm}$$

$$\lambda_3 = 0.07 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}, \quad \delta_3 = 40 \text{ mm}$$

加保温层前，因为 $t_1 = 700^\circ\text{C}$ ， $t_3 = 130^\circ\text{C}$ ，所以

$$q = \frac{t_1 - t_3}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}} = \frac{700 - 130}{\frac{0.1}{1.047} + \frac{0.1}{0.814}} = 2610 \text{ W/m}^2$$

加保温层之后，已知 $t_1 = 740^\circ\text{C}$ ， $t_4 = 90^\circ\text{C}$ ，所以

$$q = \frac{t_1 - t_4}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} = \frac{740 - 90}{\frac{0.1}{1.047} + \frac{0.1}{0.814} + \frac{0.04}{0.07}} = 823 \text{ W/m}^2$$

3) 精馏，操作线方程，切记啊.....

过控第一章

一、单容过程的阶跃响应与特征参数

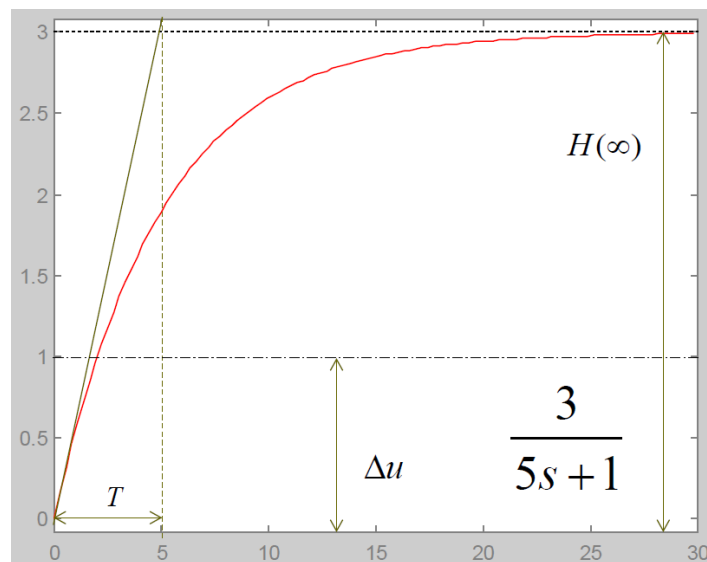
传递函数

$$G(s) = \frac{K}{Ts + 1}$$

阶跃响应函数

$$h(t) = K(1 - e^{-t/T})$$

阶跃响应曲线（可能考在曲线标参数）

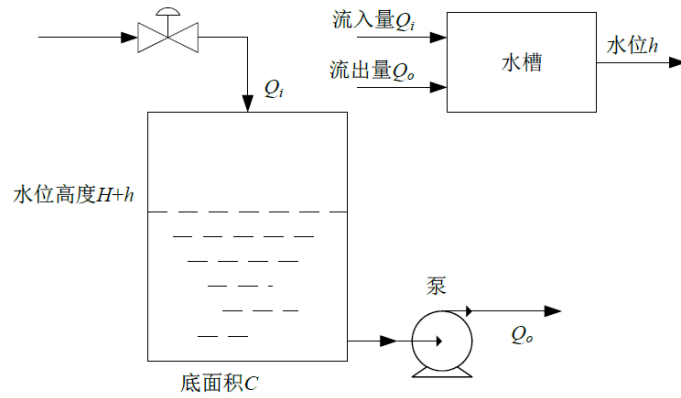


特征参数及其物理意义：

时间常数 T ；放大倍数 K

飞升速度：单位阶跃响应的最大变化速度 $\varepsilon = K / T$

二、无自平衡能力的单容对象



微分方程与传递函数:

$$C \frac{dh}{dt} = q_i - q_o \quad C \frac{dh}{dt} = q_i$$

$$G(s) = \frac{1}{Cs} \quad G(s) = \frac{1}{Ts}$$

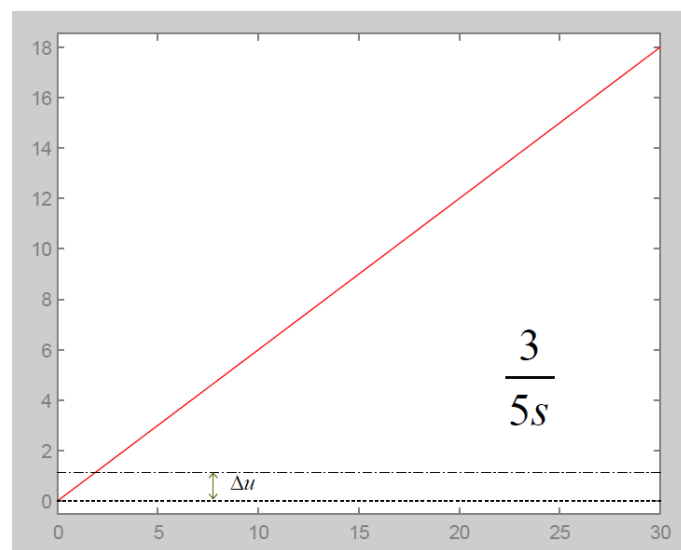
特征参数:

飞升速度 $\epsilon = 1/T$

自平衡率 $\rho = 1/K$

特点: 扰动作用下没有新的平衡点 (新稳态), 即靠过程自身无法到达新稳态, $\rho = 0$

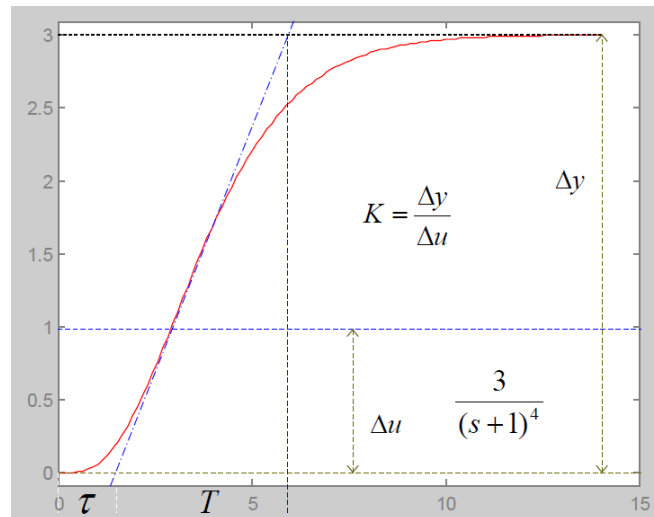
阶跃响应曲线



三、多容过程的阶跃响应函数与曲线

$$G(s) = \frac{K}{As^2 + Bs + 1} \quad G(s) = \frac{K}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)}$$

$$\text{归一后} \quad y(t) = 1 - \frac{T_1}{T_1 - T_2} e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{T_2}{T_2 - T_1} e^{-\frac{t}{T_2}}$$



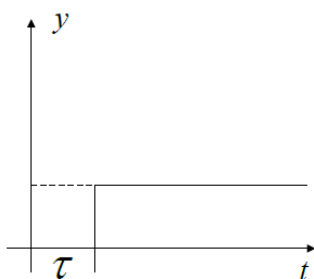
多容过程的等效特征参数：等效时间常数 T 、等效迟延时间 τ 、放大倍数 K

四、传输迟延：

$$G(s) = e^{-\tau s}$$

特征参数: 迟延时间 τ

阶跃响应曲线



非线性、大迟延、分布参数是过程控制中常见的难点问题（常考填空）

工业动态过程特性的特点：

1. 对象的动态特征是不震荡的
2. 对象动态特性有迟延
3. 被控对象本身是稳定的或中性稳定的

4. 被控对象往往具有非线性特性

过控第二章

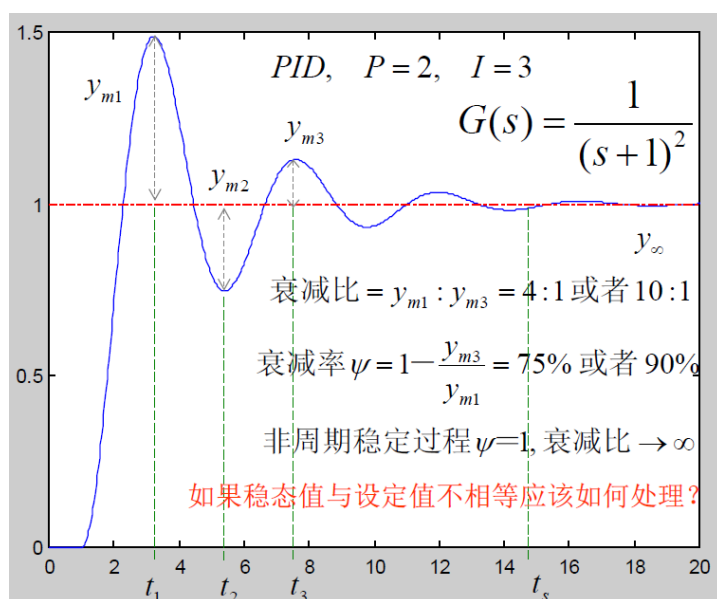
一、品质指标

要求（稳定、准确、快速）

1、稳定性指标：衰减率 ψ ，一般为 75%~90%

$$\begin{aligned}\psi &= \frac{[y(t_1) - y(\infty)] - [y(t_3) - y(\infty)]}{y(t_1) - y(\infty)} \times 100\% \\ &= 1 - \frac{y(t_3) - y(\infty)}{y(t_1) - y(\infty)}\end{aligned}$$

重点是在图中标出各种指标的含义!!!



2、准确性指标:

稳（静）态偏差：新的稳定值与设定值的差值

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

在干扰作用下

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

在给定值作用下

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

最大动态偏差：动态过程中被控量与设定值的最大差值（前提是稳态没有偏差）

超调量：定值扰动下，经常用它来描述动态准确性。

$$M_t = \frac{y(t_1) - r(t_1)}{r(t_1)} = \frac{y(t_1) - y(\infty)}{y(\infty)}$$

3、快速性指标：过程调整时间 T_s

以稳定值的 5% 或 2% 作为许可误差范围，从过程起点到被控量达到并保持在这一范围内所需要的时间

4、综合指标：

(1) 误差积分（使平均误差为 0）

$$IE = \int_0^{\infty} [y(t) - r(t)] dt = \int_0^{\infty} e(t) dt$$

(2) 绝对误差积分（衡量小误差）

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

(3) 平方误差积分（衡量大误差）

$$ISE = \int_0^{\infty} e^2(t) dt$$

(4) 时间与绝对误差乘积积分（衡量长期误差）

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

二、二阶系统的性能指标与特征参数的关系

m 是特征根的实部与虚部之比，被称为系统的相对稳定度

$0 < \xi < 1$: $\xi \uparrow \rightarrow m \uparrow \rightarrow \psi \uparrow$ 系统趋向稳定

衰减率 ψ	m	阻尼比 ξ
0.75	0.221	0.215
0.9	0.366	0.344

$$T^2 \frac{d^2 y}{dt^2} + 2\zeta T \frac{dy}{dt} + y = u \quad T \text{时间常数}, \zeta \text{阻尼系数}$$

衰减率、阻尼比和相对稳定度的关系（记住书上公式）

三、判断调节器的正反作用：

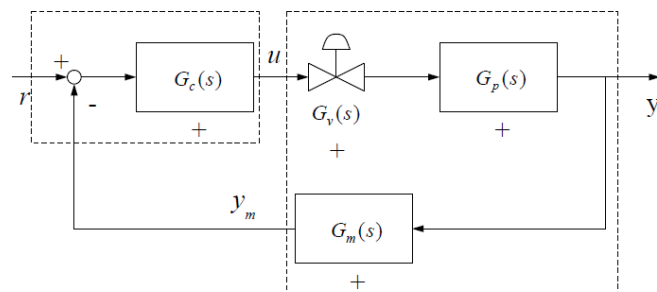
调节器正反作用的定义（稳态时）

正作用：测量值 $\uparrow \rightarrow$ 控制作用 \uparrow

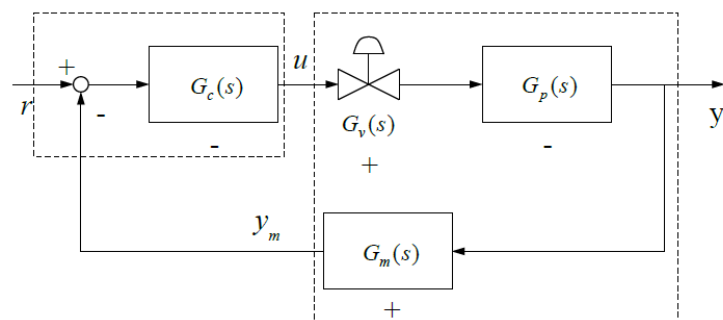
反作用：测量值 $\uparrow \rightarrow$ 控制作用 \downarrow

广义过程 $G_v(s) G_p(s) G_m(s)$ 为 $+$ 时，选反作用控制器

广义过程 $G_v(s) G_p(s) G_m(s)$ 为 $-$ 时，选正作用控制器



$G_v(s)G_p(s)G_m(s)$ 为 $+$ 时，
 $u \uparrow \rightarrow G_v \uparrow \rightarrow y \uparrow \rightarrow y_m \uparrow \rightarrow u \downarrow$



$G_v(s)G_p(s)G_m(s)$ 为一时，
 $u \uparrow \rightarrow G_v \uparrow \rightarrow y \downarrow \rightarrow y_m \downarrow \rightarrow u \downarrow$

五、PID控制器

（一）、比例控制(P)

- 1、比例控制是有差的
- 2、比例带对系统性能的影响

当 $Kc \uparrow$ ($\delta \downarrow$)时，引起 $\omega \uparrow$; $\xi \downarrow$

$\psi \downarrow$ 稳定性变差;

工作频率 $\omega \uparrow$ 动作加快;

$e(\infty) \downarrow$ 稳态偏差减小;

对给定通道，当 $Kc \uparrow$ ($\delta \downarrow$)时，引起最大动态偏差增大（前向放大倍数增大);

对干扰通道， $Kc \uparrow$ ($\delta \downarrow$)时，引起最大动态偏差减小（由于控制作用强而有效抑制干扰）

比例带的定义:

$$\delta = \frac{\frac{y_2 - y_1}{y_{\max} - y_{\min}}}{\frac{u_2 - u_1}{u_{\max} - u_{\min}}}$$

比例带是一个无量纲的纯数值

其物理意义为：致使调节阀从全开到全关（输出作全量程范围变化时）的输入（被控量）变化占其全量程变化范围的百分数。

输入输出是相对于控制器而言的

(二)、积分控制 (I 控制)

K_i : 积分速度; T_i : 积分时间;

$$u(t) = K_i \int_0^t e(t) dt + u_0 = \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + u_0$$

- a. 无差控制
- b. 动作过程慢
- c. 积分作用太强对系统稳定性不利

当 $K_i \uparrow (T_i \downarrow)$ 时, 即积分作用强, 引起 $\omega \uparrow; \xi \downarrow$

$\psi \downarrow$ 稳定

性变差;

工作频率 $\omega \uparrow$ 动作加快;

若系统稳定, $e(\infty)$ 稳态偏差为零;

对给定通道, 当 $K_i \uparrow (T_i \downarrow)$ 时, 引起最大动态偏差增大(前向放大倍数增大);

对干扰通道, 当 $K_i \uparrow (T_i \downarrow)$ 时, 引起最大动态偏差减小(由于控制作用强而有效抑制干扰)

(三)、比例积分控制器(PI)

无差控制

比例控制作用为主(P保证快速响应)

积分控制作用为辅(仅用于消除稳态偏差)

比例、积分作用的参数要相互配合

(四)、微分控制 (D)

微分作用对系统性能指标的影响:

1、对稳定性的影响

适当引入微分，可提高系统稳定性

2、对稳态性能的影响

无作用

3、对其它性能指标的影响

引入 T_d ，可提高快速性，提高系统的工作频率

设定值扰动下
整定参数对调节过程的影响

整定参数 性能指标	$\delta \downarrow$	$T_R \downarrow$	$T_D \uparrow$
最大动态偏差	\uparrow	\uparrow	\downarrow
残差	\downarrow	—	—
衰减率	\downarrow	\downarrow	\uparrow
振荡频率	\uparrow	\uparrow	\uparrow

干扰作用下
整定参数对调节过程的影响

整定参数 性能指标	$\delta \downarrow$	$T_R \downarrow$	$T_D \uparrow$
最大动态偏差	\downarrow	\downarrow	\downarrow
残差	\downarrow	—	—
衰减率	\downarrow	\downarrow	\uparrow
振荡频率	\uparrow	\uparrow	\downarrow

过控第四章

1、阀门气开气关的选择，基于安全考虑

2、阀门的结构特性（线性和等百分比）

过控第五章

一、串级系统（考一道大题，见大题部分）

串级系统的三个优点：

1. 串级系统的内环具有快速作用，能有效地克服二次扰动的影响
2. 内环起了改善对象动态特性的作用，提高系统工作频率，提高控制品质
3. 内环的存在，使系统有一定的自适应能力

串级系统设计

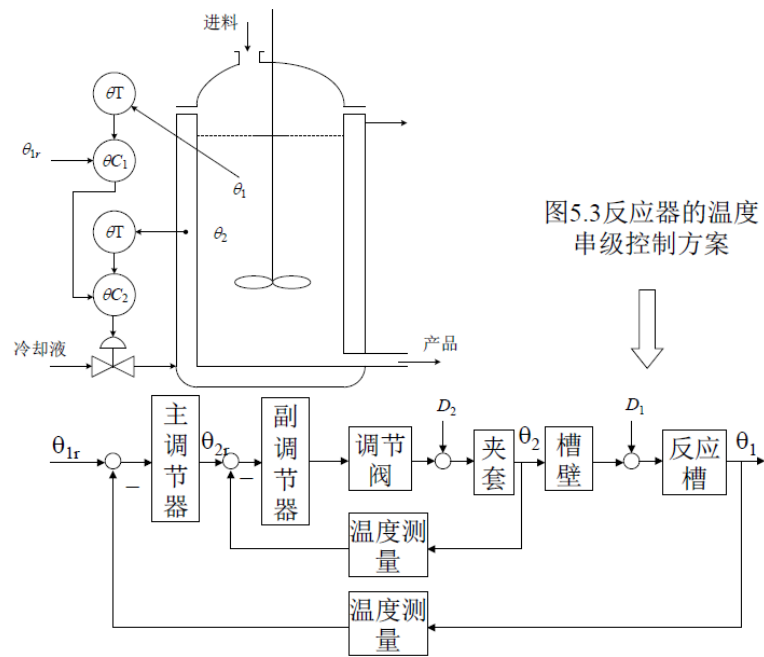


图5.3反应器的温度
串级控制方案

图5.4 反应器温度控制系统

了解图中（实物图、框图均要求）各单元的含义，涉及自己画图、自己设计

二、大延时系统

smith 补偿器

优点：消除了纯滞后对系统控制品质的影响

缺点：

- （1）对干扰抑制作用有限
- （2）数学模型精度是 Smith 补偿器的关键, P141

过控第六章前馈控制系统

前馈的原理：预先测量干扰、进行补偿

静态：要会算静态前馈补偿系数

动态：了解前滞后环节

前馈是否能够实现？（185 页例题 6.6）

第七章其他常见控制系统（一道大题，见大题部分）

一、均匀控制：

背景：前后串联的设备

系统特点：相互矛盾的两个被控参数在控制过程中是变化的

控制目标：

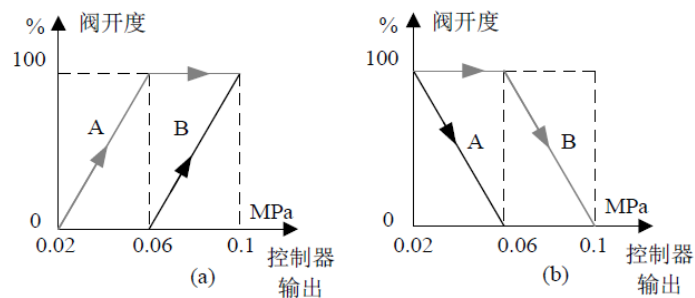
这种变化应是限定在一定范围内的

使这种变化缓慢

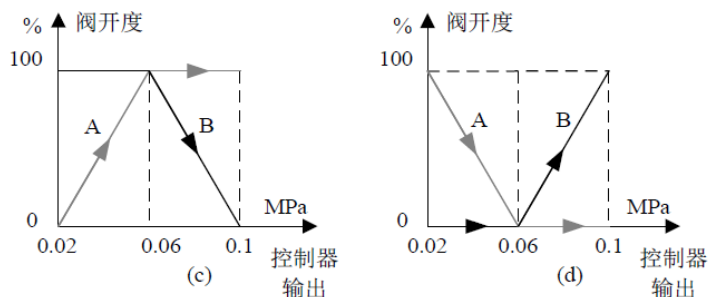
均匀控制的几种形式：（课件上三个图要能判断属于哪种）

简单均匀方案（单回路方案、双冲量方案）、串级均匀方案

二、分程控制：了解原理，会根据系统的叙述画出类似下面的图，并标出箭头方向



(a)、(b)控制阀同向动作示意图



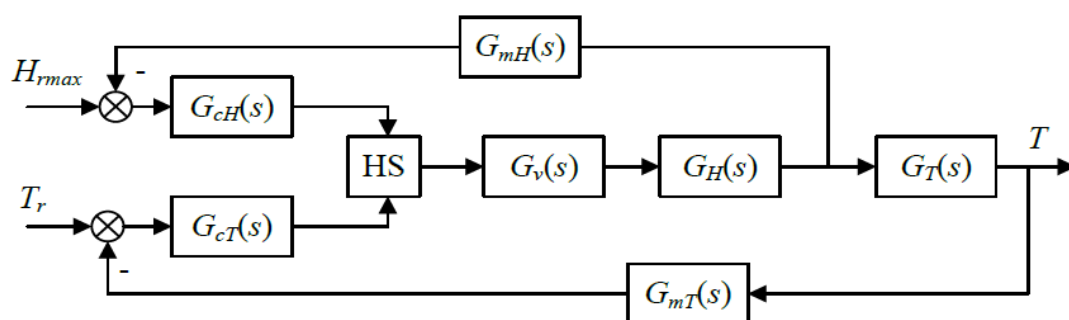
(c)、(d)控制阀异向动作示意图

三、选择性控制

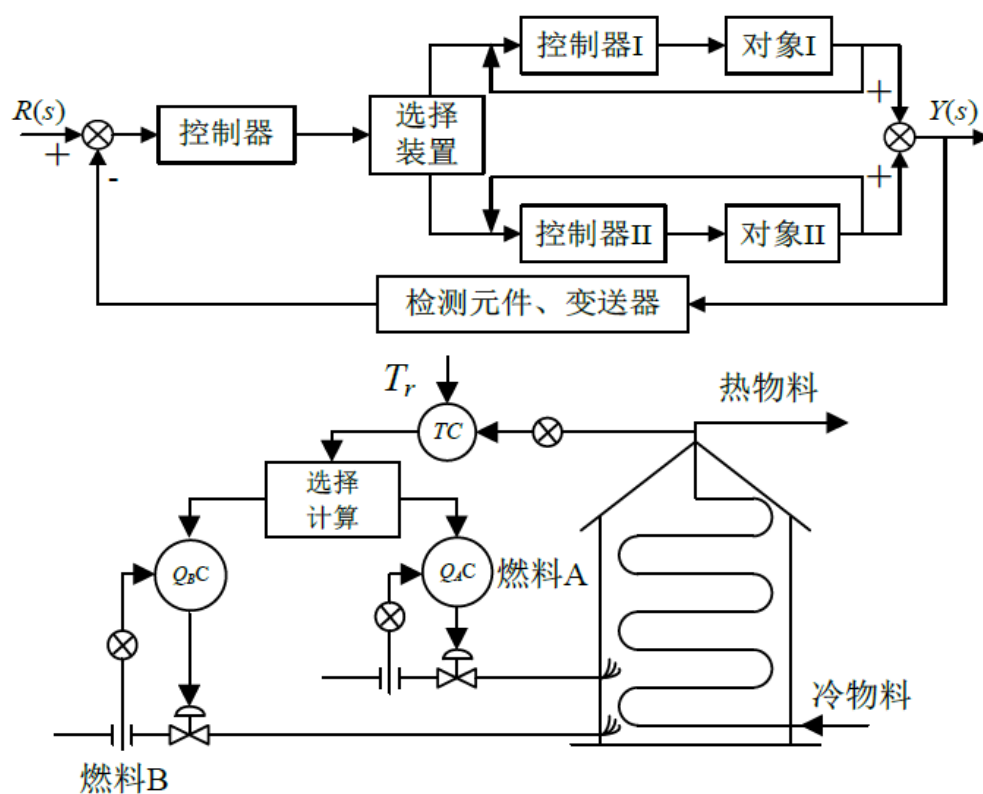
系统类型

1、对被控量的选择性控制系统

2、对操纵量的选择性控制系统



掌握选择性控制系统的设计，画框图，注意高选和低选器



第十二、三章 推理控制、预测控制

推理控制：了解一下，不知道怎么考....

预测控制：

(1) 当 \mathbf{A}_2 矩阵之逆存在，即 $P = L$ 时，

$$\mathbf{e}(k+1) = \mathbf{e}'(k+1) - \mathbf{A}_2 \Delta \mathbf{u}_2(k+1) = 0$$

$$\Delta \mathbf{u}_2^*(k+1) = \mathbf{A}_2^{-1} \mathbf{e}'(k+1)$$

表明控制过程中在任何一个采样时刻系统没有偏差

(2) 一般情况下， $P > L$ ，则

$$\Delta \mathbf{u}_2^*(k+1) = [\mathbf{A}_2^T \mathbf{Q} \mathbf{A}_2 + \mathbf{R}]^{-1} \mathbf{A}_2^T \mathbf{Q} \mathbf{e}'$$

此为最小二乘意义下的极小化结果

最后部分过控部分大题常见题型

- 1、解耦控制：见 2005 年第 7 题
- 2、前馈控制：前馈控制的实现，书上 P185 6.6 题
- 3、前馈+串级：设计题，经典的前馈串级框图要熟悉