

## 一. 填空:

1. 被调介质流过阀门的相对流量与阀门相对行程之间的关系称为调节阀的 流量特性。阀前后差压不变时, 上述关系称为 理想流量特性, 取决于 阀芯形状。
2. 自动调节系统中, 常用的参数整定方法有 经验法, 衰减振荡法, 临界比例度法, 响应曲线法。
3. 选择性调节系统中防止积分饱和的方法一般有三种: 积分限幅法, 积分切除法, 积分外反馈法。
4. 离心式压缩机的喘振主要是 负荷过低 所致, 固定极限流量法 和 可变极限流量法 是两种 防喘振控制系统方案。
5. 热量传递方式有三种 热传导, 热幅射, 对流传热; 常用的间壁式换热器的传热过程就是 热传导 和 对流传热 的组合, 而在管式加热炉中传热过程以 热幅射 为主。
6. 在PID调节中, 比例作用是依据 偏差大小 来动作的, 在系统中起着 稳定被调参数 的作用, 积分作用是依据 偏差是否存在 动作的, 在系统中起着 消除余差 的作用, 微分作用是依据 偏差变化速度 动作的, 在系统中起着 超前调节 作用。
7. 调节器的比例度  $S$  越大, 放大系数  $K_c$  越小, 比例调节作用 越弱, 过渡过程曲线越 平稳, 但余差也 越大, 积分时间  $T_i$  越小, 积分速度 越快, 积分特性曲线斜率 越大, 积分作用 越强, 消除余差 越快, 微分时间  $T_d$  越大, 微分作用 越强。
8. 离心式压缩机特性曲线: 出口绝压  $P_2$  与入口绝压  $P_1$  之比 (压缩比) 和入口体积流量的矢标曲线  $H-P$  曲线会是 驼峰形。
9. 阀阻比  $S$  值越小, 畸变越重, 线性阀接近 快开特性, 等百分比例阀接近 线性特性。
10. 系统余差与 对象静态特性 有关。

## ※ 控制阀气开/气关选择举例:

- 1) 生产蒸汽的锅炉水位控制系统中的给水控制阀, 为了保证控制器故障时不致把锅炉烧坏, 控制阀应选气关式。
- 2) 精馏塔回流量控制阀常采用气关式, 一旦发生事故, 控制阀全开, 使生产处于全回流状态, 防止不合格产品的蒸出, 从而保证塔顶产品的质量。
- 3) 控制精馏塔进料的控制阀就常采用气开式, 一旦控制阀失去能源即处于全关状态, 不再给塔进料, 以免造成浪费。
- 4) 精馏塔塔釜加热蒸汽控制阀一般选气开式, 以保证在控制阀失去能源时能处于全关状态避免蒸汽的浪费。但如釜液是易凝结、易结晶、易聚合的物料时, 控制阀则应选气关式, 以防控制阀失去能源时阀门关闭, 停止蒸汽进入而导致釜内液体的结晶和凝聚。

## ※ 2. 控制系统性能指标:

- (1) 衰减比: 表示振荡过程的衰减程度, 它等于曲线中前后两个相邻波峰值之比, 即  $n = \frac{B}{b}$  ( $n < 1$  过渡过程是发散振荡,  $n = 1$  等幅振荡,  $n > 1$  衰减振荡; 为了保持足够的稳定裕度,  $n$  取 4:1 ~ 10:1)
- (2) (超调量) 最大动态偏差:  $\sigma = \frac{y_{(tp)} - y_{(\infty)}}{y_{(\infty)}} \times 100\%$
- (3) 余差: 过渡过程终了时, 新稳态值与给定值之差  $e_{(\infty)} = Y - C$   
对于定值控制系统,  $Y = 0$ , 则  $e_{(\infty)} = -C$  余差是反映控制精度的一个稳态指标。
- (4) 调节时间和振荡频率: 系统受到扰动后, 一般认为当被控变量进入新稳态值附近  $\pm 5\%$  或  $\pm 2\%$  以内区域, 并保持在该区域内时, 过渡过程结束, 此时所需的时间称为调节时间  $t_s$ 。  
过渡过程振荡频率  $\beta$  是振荡周期  $P$  的倒数, 记为  $\beta = \frac{2\pi}{P}$

(5) 峰值时间和上升时间: 被控变量达到最大值时的时间称为峰值时间  $t_p$ ; 过渡过程开始到被控变量第一个波峰时的时间称为上升时间  $t_r$ .

3. 流量特性的选择原则: 仅当对象特性近似线性而且阻力比  $\zeta > 0.6$  以上 (即调节阀两端压差基本不变) 才选择线性阀, 如液位控制系统, 其他情况大都应选择对数阀.

4. 前馈控制系统局限性:

- (1) 对象动态特性形式多样, 难以精确测量
- (2) 工业对象存在多个扰动, 若均设置前馈控制器, 投资高, 工作量大
- (3) 补偿结果没有检测手段
- (4) 受前馈控制模型精度限制
- (5) 实现前馈控制算法, 往往做近似处理.

5. 前馈控制系统的思想和特点

思想: 在扰动还未影响输出前, 直接改变操作变量, 以使输出不受或少受扰动影响.

特点: (1) 前馈控制是按照扰动作用大小进行控制的, 如控制作用恰到好处, 一般比反馈控制要及时. 原理: 是刚取进入过程的干扰并按照信号产生合适的控制作用去改变操纵变量, 使被控变量维持在设定值上.

(2) 前馈控制属于开环控制系统.

(3) 前馈控制使用的是视对象特性预定的“专用”控制器.

6. 前馈-串级特点: 能同时克服进主回路的系统主要扰动和进入副回路的扰动对被控变量的影响, 还可降低对控制阀门的要求.

## 串级控制系统特点:

- (1) 副回路具有快速调节作用, 它能有效地克服二次扰动的影响。
- (2) 改善了对对象的动态特性, 提高了系统的工作频率, 在同一衰减比下, 主调节器的增益可显著加大。
- (3) 对负荷或操作条件的变化具有一定的自适应能力, 并能自动地克服副对象增益或调节阀特性的非线性对控制性能的影响。
- (4) 副回路可以按主回路的需要更精确地控制操作变量的质量流或能量流。

## 8. 副调节器通常选择什么控制规律? 为什么?

选P或PI(强比例弱积分)控制规律。因为副回路为随动系统, 其设定值变化频繁, 一般不宜加微分作用; 另外, 副回路的主要目的是快速克服内环的各种扰动, 为加大副回路的调节能力, 理想上不加积分作用。但实际运行中, 串级控制系统有时会断开主回路, 因而通常需要加入积分作用, 但积分时间 $T_i$ 作用要求弱些, 以保证副回路较强的抗干扰能力。

## 9. 主

选PI或PD控制规律, 因为主回路的任务是满足主参数的定值控制要求。因而对于主参数为温度的串级系统, 主调节器必须加入较强的积分作用。当主对象的调节滞后较大, 而主参数变化较平缓时, 可以加入通常大小的微分作用。

10. 一台气动调节阀, 若阀杆在全行程的50%位置, 则流过阀的流量是否也是最大流量的50%? 为什么?

答: 否, 因为该阀在控制阀包不是线性阀。

11. 控制系统分为: 物料平衡控制、质量控制、极限控制(超驰控制)

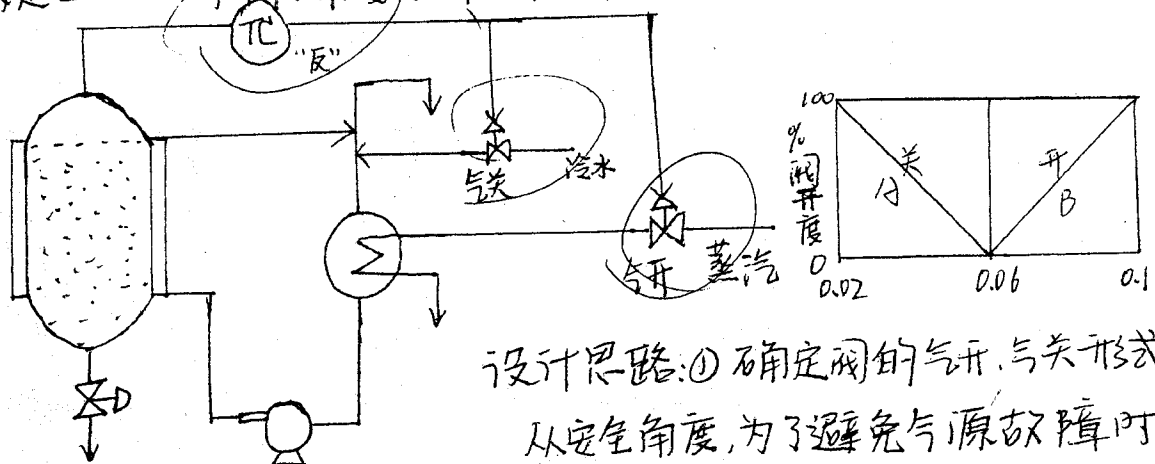
## 12. 分程控制系统的概念、目的、特点及应用举例

(1) 概念：若一台控制器去操纵几只调节阀，并按输出信号的不同区间操作不同阀门的。

(2) 目的：① 为了扩展控制阀的可调范围，以改善控制系统的品质。阀的开关形式选择同向；② 满足工艺上的特殊要求。阀的开关形式选择异向。

(3) 特点：为了扩展可调范围时，总是采用两个同向动作的分程控制阀并联的安装在同一流体管道上。

(4) 满足工艺上的特殊要求举例。说明其设计思路和工作过程



设计思路：① 确定阀的气开、气关形式

从安全角度，为了避免气源故障时引起反应器温度过高，所以要求无气时输入热量处于最小的情况，因而蒸汽阀选择气开式，冷水阀选气关式。显然，相应的温度控制器应选反作用。

② 决定分程区间。

根据节能要求，当温度偏高时，总是先关小蒸汽再开大冷水。而由于温度控制器为反作用，温度增高时其输出信号下降。两者综合起来即是要求在信号下降时先关小蒸汽，再开大冷水。这就意味着蒸汽阀的分程区间在高信号区（0.06~0.1 MPa），冷水阀的分程区间在低信号区（0.02~0.06 MPa）。

工作过程：当反应釜备料工作完成后，温度控制系统投入运行；因为起始温度低于设定值，所以具有反作用的温度控制器输

出信号将增大,使B阀打开,用蒸汽加热以获得热水,再通过夹套对反应釜加热,升温,引发化学反应,一旦化学反应进行下去,至反应温度升高并超过设定值后,则控制器输出信号下降,将渐关闭B阀,接着打开A阀通入凉水移走反应热,从而把反应温度控制在设定值上。

### 13. 均匀控制系统参数整定工程 (看曲线,整参数)

#### (1) 纯比例控制

- ① 先将比例度放置在估计不会引起液位超越的数值如  $PB = 100\%$  左右;
- ② 观察记录曲线,若液位的最大波动小于允许范围<sup>则可</sup>增加PB值,其结果必然是液位“质量”降低而使流量更为平稳;
- ③ 当发现液位的最大波动可能会超过允许范围时,应减小PB
- ④ 反复调整PB值,直到液位最大波动接近允许范围为止

#### (2) 比例积分控制

- ① 按纯比例控制进行整定,得到合适的PB值
- ② 适当增加PB值,加积分作用,逐渐减小 $T_i$ ,使液位在每次扰动过后,都有回复到设定值的趋势。
- ③ 减小 $T_i$ ,直到流量记录曲线将要出现缓慢的周期性衰减振荡过程为止。

### \*14. 前馈-反馈控制系统优点:

① 从前馈控制角度,由于增加了反馈控制,降低了对前馈控制规~~矩~~模型的精度要求,并能对未选做前馈信号的干扰产生校正作用。

② 从反馈控制角度,由于前馈控制的存在,对主要干扰作了及时的粗调作用,大大减少了对控制的负担。

### 15. 均匀控制的特点及控制方案

特点: (1) 表征前后供求矛盾的两个变量都是应该变化的, 且变化是缓慢的, 那种试图把液位和流量都调成直线的想法是不可能实现的;

(2) 前后相互联系又相互矛盾的两个变量应在允许范围内, 即在最大干扰作用下, 液位在储罐的上下限内波动, 而流量应在一定范围内平稳渐变, 避免对后序产生较大干扰。

控制方案: (1) 简单均匀控制系统; (2) 串级均匀控制系统; (3) 双冲量均匀控制系统。

✓ 16. 被调介质流过阀门的相对流量与阀门相对行程之间的关系被称为调节阀的流量特性。阀前后压差保持不变时, 上述关系被称为理想流量特性, 其取决于阀芯形状。

✓ 17. 自动调节系统中常用的参数整定方法: 经验法, 临界比例度法, 衰减曲线法, 响应曲线法。

✓ 18. 防止积分饱和的方法: 积分限幅法, 积分切除法, 积分外反馈法 (P-PZ法)。

✓ 19. 离心式压缩机的喘振主要是负荷过低所致, 固定极限流量法和可变极限流量法是两种防喘振控制系统方案。

✓ 20. 热量传递方式有三种: 热传导, 热对流, 热辐射, 常用的间壁式换热器的传热过程就是热传导和热对流的组合, 而在管式加热炉或锅炉中其传热过程就是以热辐射为主。

✓ 21. 在PID调节中, 比例作用是依据偏差的大小来作用的, 在系统中起着稳定被调参数的作用, 积分作用是依据偏差是否存在来动作的, 在系统中起着消除余差的作用, 微分作用是依据偏差的变化速度来动作的, 在系统中起着超前调节的作用。

22. 定值调节系统是按外部干扰进行调节的, 而前馈调节是按外部干扰和设定值变化进行调节的, 前者是闭环调节, 后者是开环调节.

23. 调节器的比例度  $\delta$  越大, 则放大倍数  $K_c$  越小, 比例作用就越弱, 过渡过程曲线越平稳, 但余差也越大. 积分时间  $T_i$  越小, 积分速度越快, 积分特性曲线的斜率增大, 积分作用增强, 消除余差的能力增强, 微分时间  $T_d$  越大, 微分作用越强.

#### 24. 控制阀口径的选择

① 在正常工况下, 应保证控制阀工作于 15%~85%

② 控制阀口径选择过小, 控制阀可能运行到全开时的饱和非正常状态, 使系统处于暂时失控.

③ 控制阀口径选择过大, 阀门经常处于小开度, 此时流体对阀芯、阀座冲蚀严重, 同时芯阀由于受不平衡力的作用, 可以产生振荡现象, 甚至控制失灵.

④ 控制阀口径的选择使用流通能力  $C$  值的正确计算来确定的.

25. 假水位现象: 在燃料量不变的情况下, 蒸汽用量突然增加, 瞬间导致汽包压力下降, 汽包内水的沸腾突然加剧, 水中气泡迅速增加, 将整个水位抬高, 形成虚水位上升现象.

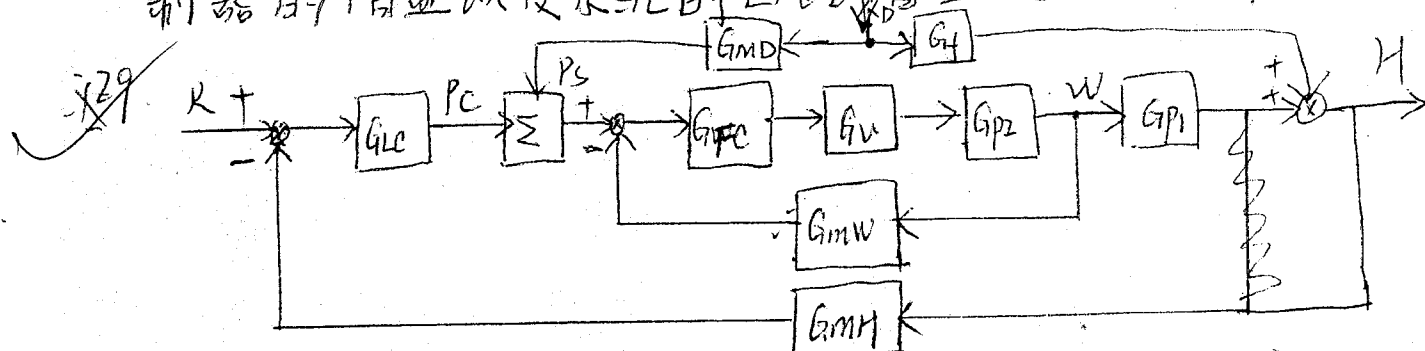
26. 双冲量控制系统的缺点: ① 控制阀的工作特性不一定成为线性, 对蒸汽负荷变化要做到静态补偿比较困难; ② 对于给水系统的扰动仍不能克服.

27. 离心泵的特性: 泵的压头  $H$ , 流量  $Q$  和转速  $n$  的函数关系  $H = k_1 n^2 - k_2 Q^2$ . 控制阀不应装在泵的吸入口, 检测元件宜装在控制阀的上游.



## 28. 对象增益非线性补偿方法。

- ① 调节阀特性补偿：以使 ~~系统~~ 广义对象近似线性。
- ② 串级控制方式：以克服副回路的非线性。
- ③ 引入比值等中间参数，以使主回路广义对象的增益近似线性。
- ④ 变增益控制器：通过引入对象增益的反函数以使系统的回路增益为线性。
- ⑤ 自适应控制器：根据控制系统的性能自动调节控制器的增益以使系统的回路增益近似线性。



三冲量控制系统方框图

三冲量控制系统特点：①此系统是前馈-串级控制系统；②其前馈控制是以蒸汽流量来起校正作用，以纠正虚假水位引起的误动作，而且使控制阀的动作非常及时，从而减少水位的波动，改善控制品质。其串级控制对于主调节器的需求是保证汽包水位的静态特征，更精确的控制操纵变量。同时，副调节器起到快速克服给水流量阀前压力波动的干扰。

30. 离心泵的特性：泵的压头  $H$ ，排量  $Q$  和转速  $n$  的函数关系  $H = k_1 n^2 - k_2 Q^2$  控制阀不应装在泵的吸入口（汽蚀危险）；检测元件宜装在控制阀的上游。

31. 热辐射: 热能以电磁波的形式向空间发射, 到达另一物体

被部分吸收又转变为热能, 这类现象称为热辐射.

能量转换: 热辐射  $\rightarrow$  热能  $\rightarrow$  辐射能  $\rightarrow$  热能

温度高于  $-273^{\circ}\text{C}$  就有辐射能.

32. 流量控制系统的特点:

1. 控制通道的对象时间常数又小, 只需采用PI调节器.

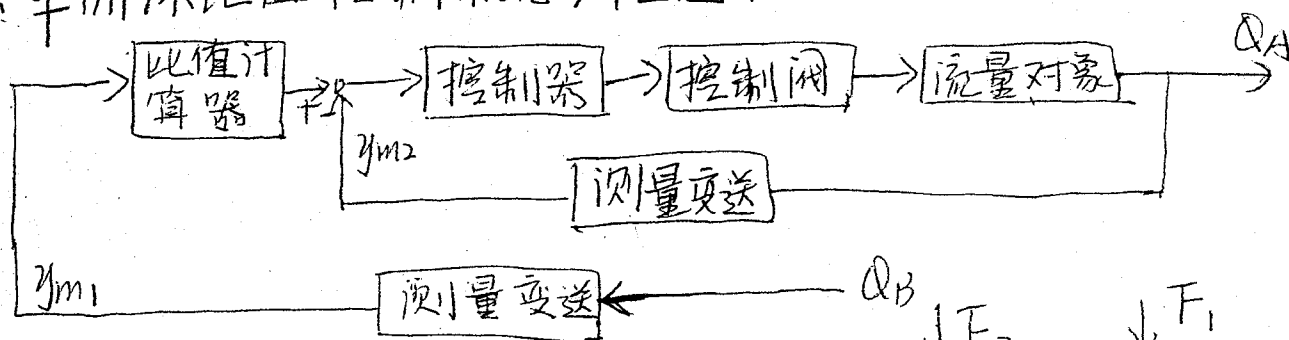
无须引入微分作用.

2. 测量信号通常带有高频噪声, 应考虑测量信号的滤波. 在控制器与变送器之间引入一阶滞后环节, 以减小调节阀的振动.

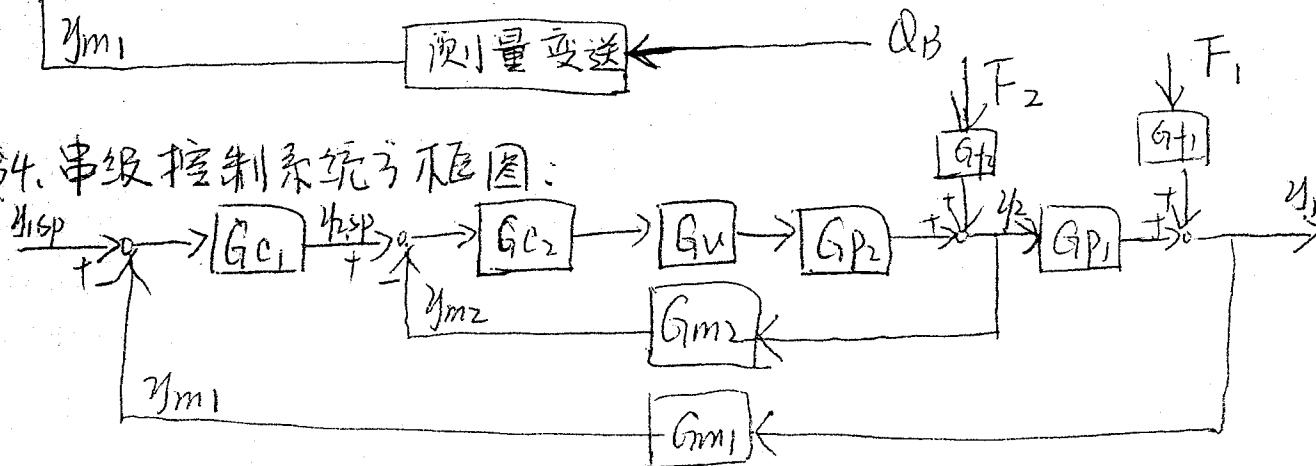
3. 稳态非线性: 应考虑选用合适的控制阀特性,

使工艺对象的静态特性接近线性.

33. 单闭环比值控制系统方框图.

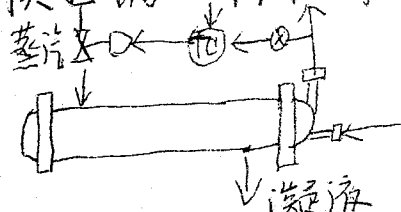


34. 串级控制系统方框图:

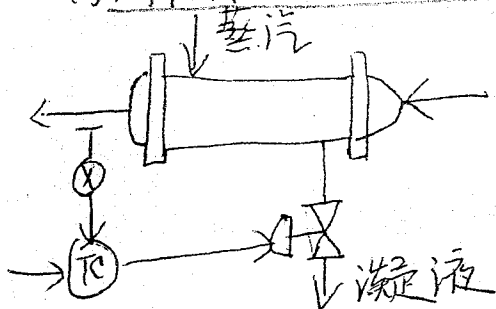


35. 热交换器静态特性: 存在严重的非线性. 若其它环节为线性, 为使广对象接近线性, 控制阀应选用等百分比阀.

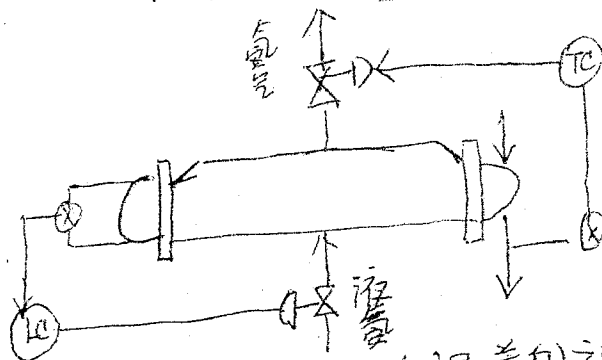
※ 热交换器四种控制方案



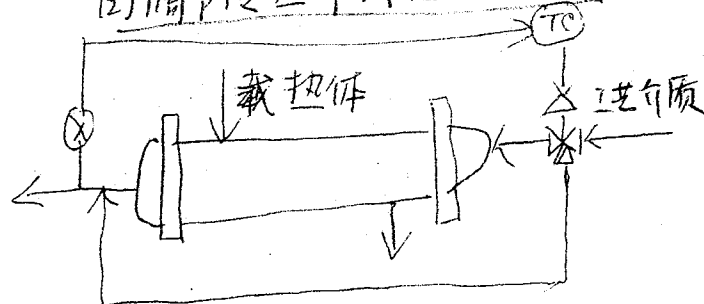
(1) 调节载热体流量的方案



(3) 调节传热面积的方案



(2) 调节传热平均温差方案



(4) 调节工艺介质

37. 比值控制系统的相关概念和特点

概念: 实现使两个或两个以上参数符合一定比例关系的控制系统  
(物料流量)

特点: 以保持两物料流量比值一定为目的.

※ 比值控制系统分类

定比值 { 开环比值控制系统  
简单比值控制系统 } 单闭环  
双闭环

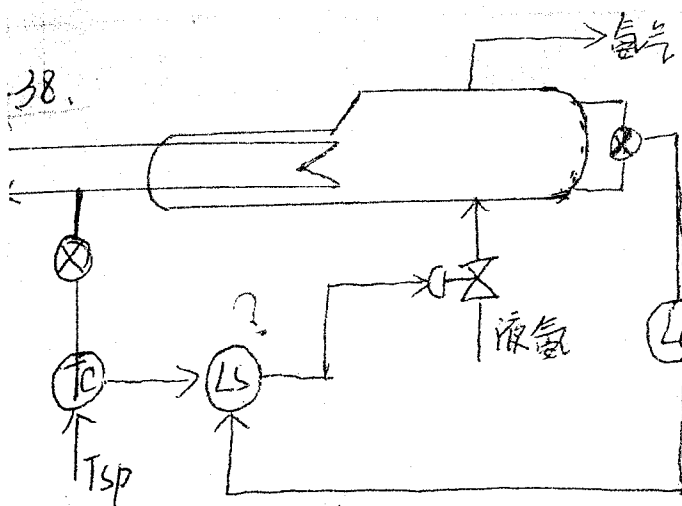
变比值  $\Rightarrow$  串级比值控制系统

※ 前馈模型的建立: 系统传递函数  $\frac{Y(s)}{F(s)} = G_{PD}(s) + G_{FF}(s)G_{PC}(s)$

系统对扰动 + 补偿实现全补偿的条件是  $F(s) \neq 0$ , 要求  $Y(s) = 0$ .

$$\text{则 } G_{FF}(s) = -\frac{G_{PD}(s)}{G_{PC}(s)}$$

38.



- 1) 选择器的开关形式, 控制器的作用规律和作用方向, Why?
- 2) 确定选择性的性质.
- 3) 超限参数是什么?
- 4) 参数整定
- 5) 选择性控制系统的方框图

解: (1) 调节阀气开、气关特性选择.

气源中断时, 为使氨蒸发器液位不因过高而满溢, 故选择气开阀.

控制器正、反作用的选择.

当  $\uparrow$   $\rightarrow$  要求调节阀开度  $\uparrow$   $\rightarrow$  要求阀上信号  $\uparrow$   $\rightarrow$  要求控制器 TC 比例作用输出信号  $\uparrow$   $\rightarrow$  TC 正作用.

当  $L \uparrow$   $\rightarrow$  要求调节阀开度  $\downarrow$   $\rightarrow$  要求阀上信号  $\downarrow$   $\rightarrow$  要求控制器 LC 比例作用输出信号  $\downarrow$   $\rightarrow$  LC 反作用.

TC 采用 PID 控制规律, LC 采用 PD 控制规律.

(2) 选择器的选择: 由于液位控制器为反作用, 当测量值超过设定值时, 控制器输出信号会减小, 该信号减小后, 要求在选器中被选中, 所以该选器应为低选器.

(3) 液氨蒸发器液位.

(4) 为取代及时, (LC) 一般采取较窄比例度, 即  $K$  较大.

