

1 为什么从过程控制工程角度看，利用直线流量特性调节法是不利的，利用对数流量特性是有利的（P118）

当小开度时，流量的相对变化量大，控制作用强，易引起震荡；当大开度时，流量的相对变化量小，控制作用缓慢，不够及时。//希望的情况是：对过程控制系统来说，要求在小负荷时控制作用小一些，大负荷时控制作用加强一点，这需要由调节阀的流量特性来补偿。直线流量特性调节阀是不能满足这一要求的。

从过程控制工程来看，利用对数（等百分比）流量特性是有利的；调节阀在小开度时，调节阀的放大系数小，控制平稳缓和；调节阀在大开度时，其放大系数大，控制作用灵敏有效。

2 从应用角度比较调节器参数两种参数整定方法, 1) 理论计算法 2) 工程整定法（P166）

从原理上讲，理论计算整定法要比工程整定法更能实现控制器参数的“最佳整定”，

过程数学模型都只能近似反映过程的动态特性—理论计算所得到的整定参数值可靠性不够高，需进行反复调整。//相反，工程总量，把室友未必达到最佳整定参数，但由于其不需要知道过程的完整数学模型，使用者不需要具备理论知识计算说必须得控制理论知识，因而简单实用，易被工程技术人员广泛采用。这并不意味着理论参数等整定法就没有价值了。恰恰相反，通过理论计算，有助于人们深入理解问题的实质，减少整定工作的盲目性，较快的整定到最佳状态，尤其在复杂的过程控制系统中，理论计算更是不缺少的。理论计算推导出的结果是工程整定法的理论依据。

3

①温度检测仪表的选择原则有哪些？ P40

1) 必须满足生产工艺要求，正确选择仪表的量程和精度 2) 必须注意使用现场的工作环境

②、仪表的安装原则 P44

1) 合理选择测温点位置 2) 防止干扰信号引入 3) 保证仪表正常工作

③使用热电偶时应注意什么？ P41

24 当选用热电偶测温时，必须注意正确使用补偿导线的类型及其热电偶的配套连接和极性同时，一
25 定要要进行冷端温度补偿。若选用热电偶测温时，必须注意三线制的接法。

26 4 设计单回路时，选择控制参数的一般原则是什么？ P144

27 1) 控制通道的放大系数 K 。要适当大一些;时间常数 T 。要适当小一些；纯滞后 τ 愈小愈
28 好，在有纯滞后 T 。 的情况下， τ 和 T 。之比应小一些(小于 1)，若其比值过大，则不利于控制。

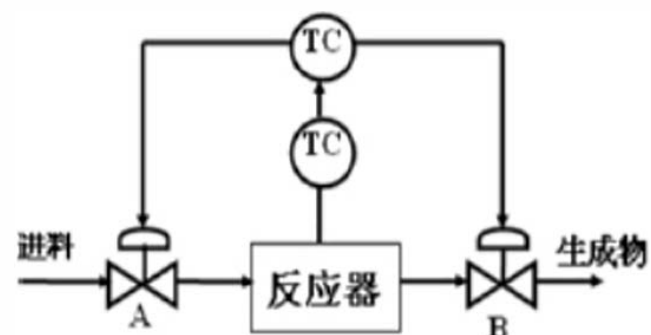
29 2) 扰动通道的放大系数 K_f 应尽可能小；时间常数 T_f 要大；扰动引入系统的位置(指框
30 图中的位置) 要靠近调节阀。

31 3) 当过程本身存在多个时间常数，在选择控制参数时，应尽量设法把几个时间常数错开，
32 使其中一个时间常数比其它时间常数大得多，同时注意减小第二、第三个时间常数。这一原
33 则同样适用于控制(调节) 器、调节阀和测量变送器时间常数的选择，控制器、调节阀和测
34 量变送器(三者均为系统开环传递函数中的环节) 的时间常数应远小于被控过程中最大的时间
35 常数。

36 控制通道，抗扰动能力强，动态响应比扰动通道快

37 扰动通道放大系数越小越好，控制通道放大系数适当大即可。

38 5 在某化学反应器内进行气相反应，调节阀 A、B 分别用来控制进料流量和反应生成物的 出料流
39 量。为了控制反应器内压力，设计下图所示的分程控制系统。试画出其控制系统框图，并确定调节阀

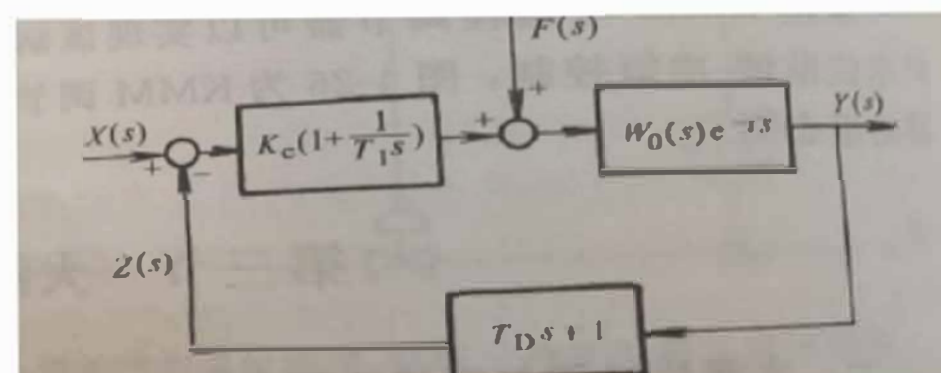
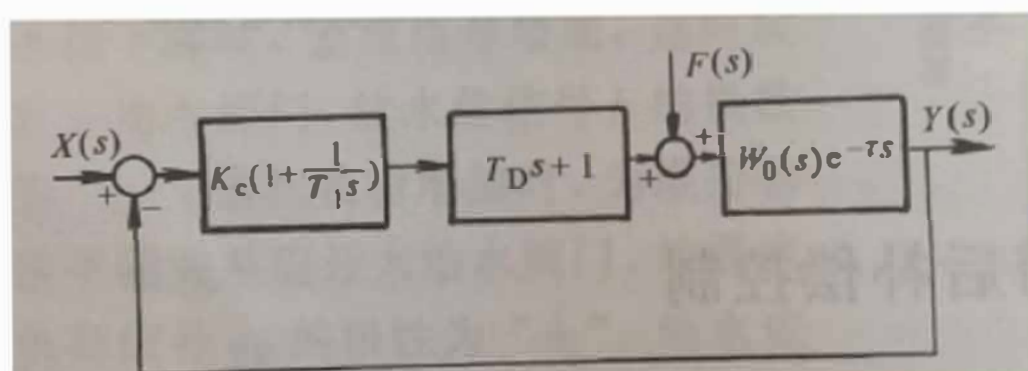


40 的气开、气关形式和调节器的正、反作用方式。 263



从安全角度，A 调气开、B 调气关
调节器反作用

画出微分先行控制方案原理图，说明与 pid 相比的微分先行相应特性有何改善，并用表达式说明改善原因



微分先行控制方案的闭环传递函数如下：

1) 在给定值作用下

$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{K_c(T_i s + 1)e^{-n}}{T_i s W_0^{-1}(s) + K_c(T_i s + 1)(T_D s + 1)e^{-n}} \quad (4-46)$$

2) 在扰动作用下

$$\frac{Y(s)}{F(s)} = \frac{T_i s e^{-n}}{T_i s W_0^{-1}(s) + K_c(T_i s + 1)(T_D s + 1)e^{-n}} \quad (4-47)$$

而图 4-29 所示的 PID 控制方案的闭环传递函数分别为

$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{K_c(T_i s + 1)(T_D s + 1)e^{-n}}{T_i s W_0^{-1}(s) + K_c(T_i s + 1)(T_D s + 1)e^{-n}} \quad (4-48)$$

$$\frac{Y(s)}{F(s)} = \frac{T_i s e^{-n}}{T_i s W_0^{-1}(s) + K_c(T_i s + 1)(T_D s + 1)e^{-n}} \quad (4-49)$$

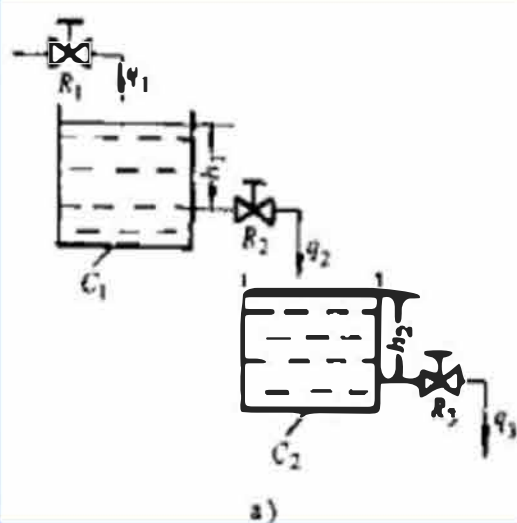
由以上四个式子可见，微分先行控制方案和 PID 控制方案的特征方程完全相同。但是式 (4-46) 比式 (4-48) 少一个零点 $z = -1/T_D$ ，所以微分先行控制方案比 PID 控制方案的超调量要小一些，提高了控制质量。

当输入 $r(t)$ 具有高频干扰信号时，采用微分先行 PID 算法，只对输出进行微分，可以避免给定值频繁升降引起的振荡，改善系统动态特性。

例2—2 图2—5a所示为两只水箱串联工作的双容过程。

设被控量是第二只水箱的液位 h_2 ，输入量为 q_1 。

与上述分析方法相同，根据物料平衡关系可以列出如下方程：



$$\left. \begin{aligned} \Delta q_1 - \Delta q_2 &= C_1 \frac{d\Delta h_1}{dt} \\ \Delta q_2 &= \frac{\Delta h_1}{R_2} \\ \Delta q_2 - \Delta q_3 &= C_2 \frac{d\Delta h_2}{dt} \\ \Delta q_3 &= \frac{\Delta h_2}{R_3} \end{aligned} \right\}$$

双容过程的数学模型为

$$W_o(s) = \frac{H_2(s)}{Q_1(s)} = \frac{K_0}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)}$$

式中 T_1 ——第一只水箱的时间常数， $T_1 = R_2 C_1$

T_2 ——第二只水箱的时间常数， $T_2 = R_3 C_2$

K_0 ——过程的放大系数， $K_0 = R_3$

C_1 、 C_2 ——分别为两只水箱的容量系数

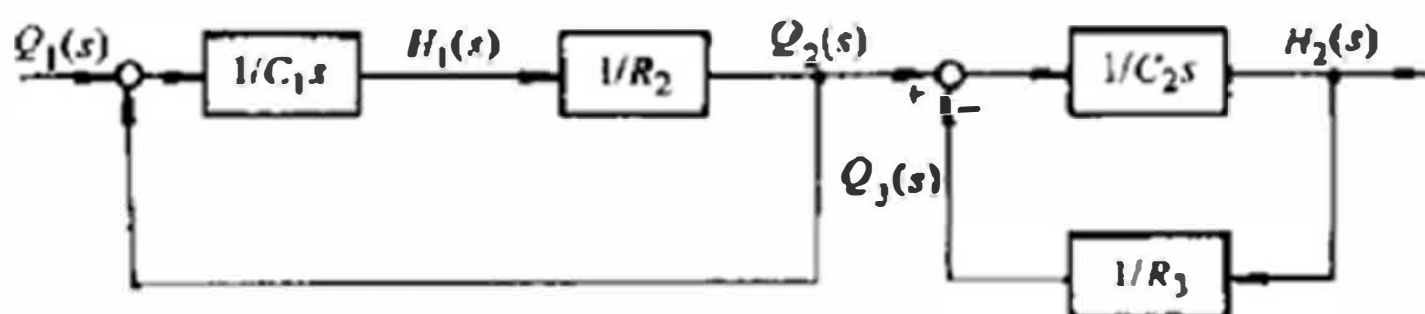


图 2-6 双容过程框图

7 某混合槽，进料 A 的浓度为 70%，进料 B 的浓度为 10%，控制要求是混合物料浓度控制在 60%，出料总流量恒定。现有两种控制方案：

1) 出料浓度控制进料 A，出料总量控制进料 B：

2) 出料浓度控制进料 B，出料总量控制进料 A：

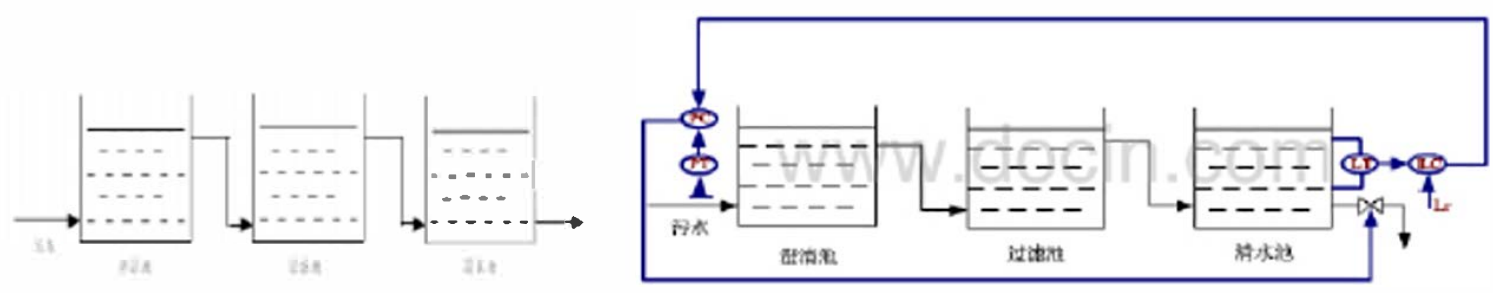
试确定说明用哪种控制方案可减小控制系统的关联

$$\begin{aligned} C &= \frac{0.7u_1 + 0.1u_2}{u_1 + u_2} & P_{11} &= \frac{0.6u_1}{(u_1 + u_2)^2} & q_{11} &= \frac{0.6}{u_1 + u_2} \\ q &= u_1 + u_2 & \lambda_{11} &= \frac{u_2}{u_1 + u_2} \\ \frac{0.7u_1 + 0.1u_2}{u_1 + u_2} &= 0.6 \Rightarrow \frac{u_2}{u_1} = 5 \Rightarrow \lambda_{11} = \frac{u_2}{u_1 + u_2} = \frac{1}{6} \end{aligned}$$

用 u_2 控制 C
 u_1 控制 q
 进料 A 控制流量
 进料 B 控制浓度 这样(二)

①生活污水和工业污水等必须进行处理后才能排入江河湖泊中，以保护环境。为此，采用如图所

示的三个大容量的澄清池、过滤池和清水池进行处理。工艺要求清水水位稳定在某一高度上。在污水处理过程中污水流量经常波动，是诸干扰因素中最主要的一个扰动。试设计一过程控制系统，并确定阀门的气开与气关。



②串级控制系统通常可用在哪些场合？

- 1、用于克服对象较大的容量滞后
- 2、用于克服对象的纯滞后
- 3、用于克服变化剧烈和幅值大的干扰
- 4、用于克服对象的非线性

③串级控制系统的优点

- 1 改善被控过程的动态性能，
- 2 大大增强对二次扰动的克服能力。
- 3 对一次扰动也有较好的克服能力。

1 串联管道设备的阻力对调节阀的流量特性有什么影响？

由于串联管道设备阻力的影响，调节阀流量特性发生两个变化，一个是调节阀全开时流量减小，即调节阀的可调范围变小；另一个是流量特性曲线为向上拱，理想直线特性变成快开特性。S 值越小，畸变越严重。在工程设计中要求 S 值最小不低于 0.3~0.5。

2 为什么热电偶在工程上常使用补偿导线，补偿导线在选材上应满足什么条件。

1 热电偶测量温度时要求其冷端（测量端为热端，通过引线与测量电路连接的端称为冷端）的温度保持不变，其热电势大小才与测量温度呈一定的比例关系。若测量时，冷端的（环境）温度变化，将严重影响测量的准确性。在冷端采取一定措施补偿由于冷端温度变化造成的影响称为热电偶的冷端补偿。

- 1 补偿导线一定要根据所使用的热电偶种类和所使用的场合进行正确选择。
- 2 补偿导线是两种不同的金属丝，，
- 3 它在 0 到 100° 温度范围内所连接的热电偶具有相同的热电性能。
- 4 其材料是廉价金属。

83 3 如何设计串级控制的副回路。184

84 1) 副回路必须包括主要干扰, 而且应包括更多一些干扰 2) 对象中的非线性, 或时变特性的部分
85 包括在副回路中 3) 当对象具有较大纯滞后时, 副回路中尽量少包括或不包括 纯滞后 4) 副回路设计
86 应考虑主、副时间常数的匹配, 以防共振发生

87 5) 应综合考虑控制质量和经济性要求

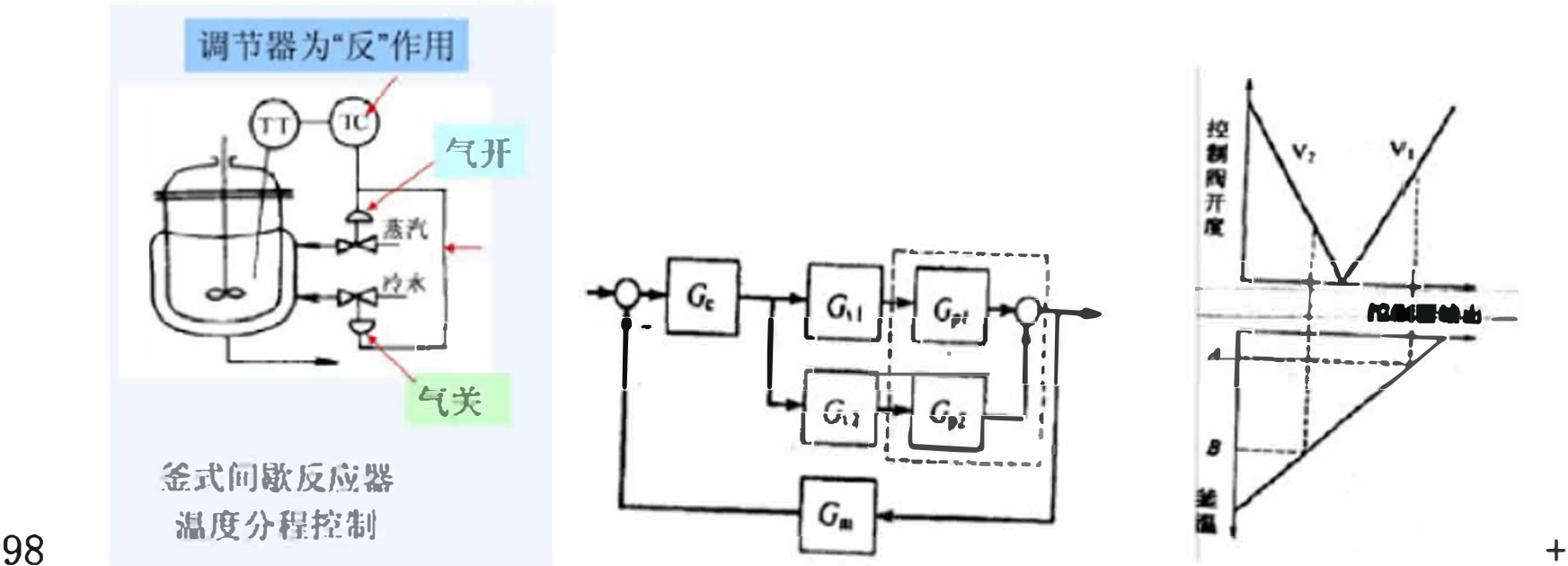
88 4 釜式间歇反应器

89 如釜式间歇反应器的温度控制。在配置好反应物料后, 开始需要加热升温以引发反应当反应开始
90 趋于剧烈时, 由于放出大量热量, 若不及时移走热量, 温度会越来越高引起事故, 所以需要冷却降温。
91 为了满足工艺要求, 设计图 4-57 所示分程控制。

92 在图 4-57 所示分程系统中, 蒸汽阀为气开式, 冷水阀为气关式温度调节器为反作用式。其工作
93 过程为: 起始温度低于给定值, 调节器输出信号增大, 打开蒸汽阀, 通过夹套对反应釜加热升温, 引
94 发化学反应; 当反应温度升高超过给定值时, 调节器输出信号减小, 逐渐关小蒸汽阀, 接着开大冷水
95 阀以移走热量, 使温度满足工艺要求。

96 2) 说明 G_c 的正反作用形式,

97 3) 如果两个阀的放大系数不同会有什么后果?



99 若两个阀的放大系数不同, 在分层点上, 会引起流量特性的突变。

100 5、 λ 的值的意义

- 101 $\lambda = 0$ 时表示其余调节量保持不变时, u 对 y 没有影响
- 102 $\lambda < 0$ 时, 表示耦合的存在改变了 u 对 y 的方向和极性
- 103 $\lambda = 1$ 表示不存在其他通道对它的耦合
- 104 $\lambda > 1$ 表示耦合的存在削弱了 u 对 y 的控制作用

105 6 串级控制组副回路控制器的控制规律一般如何选择。P185

106 在串级控制系统中, 主、副调节器所起的作用是不同的。主调节器起定值控制作用, 副

107 调节器起随动控制作用, 这是选择控制规律的出发点。主参数是工艺操作的主要指标, 允许波动

108 的范围比较小, 一般要求无余差, 因此, 主调节器应选 PI 或 PID 控制规律。副参数的设置是为了保

109 证主参数的控制质量, 可以在一定范围内变化, 允许有余差, 因此副调节器只要选 P 控制规律就可以

110 了, 一般不引入积分控制规律(若采用积分规律, 会延长控制过程, 减弱副回路的快速作用), 也不引

111 入微分控制规律(因为副回路本身起着快速作用, 再引入微分规律会使调节阀动作过大, 对控制不利)

112 7 说明副回路正、反作用形式

113 副回路中调节阀开大, 炉膛温度升高, 说明付对象是 *正作用*, 为保证副回路为负反馈。副调节

114 器应为 *反作用* 方式。

115 8 分析题 192

116 图 4-13 所示为炼油装置上加热炉的前馈-反馈控制系统。加热炉出口温度 θ 为被控量, 燃料油流

117 量 q_B 为控制量。由于进料流量 q_p 经常发生变化, 因而对此主要扰动进行前馈控制。前馈控制器: 变

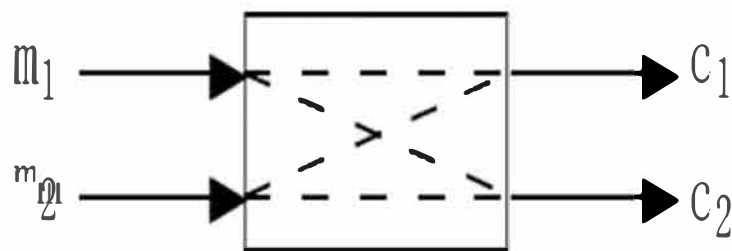
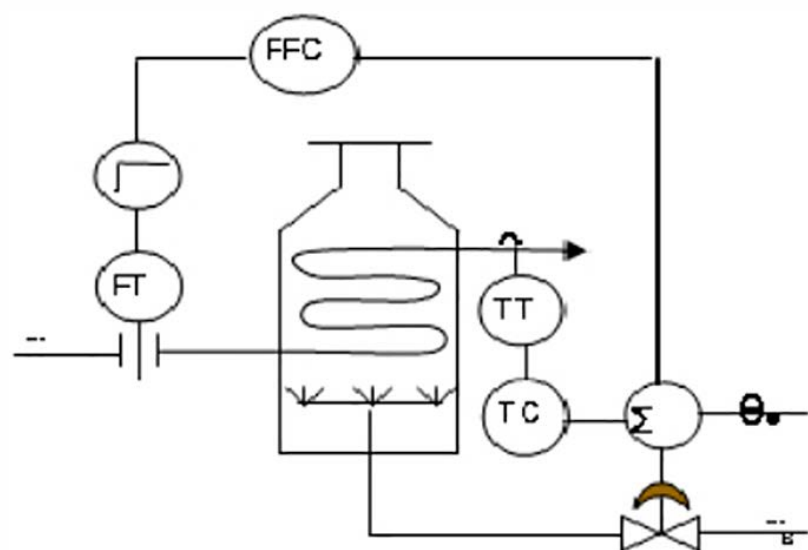
118 化时及时产生控制作(FFC) 将在用。通过改变燃料油来消除进料流量对加炉出口温度 θ 的影响。同时

119 反馈控制温度调节器(TC) 获得温度 θ 变化的信息后, 将按照一定的控制规律对燃料油 q_B 产生控制

120 作用。两个通道作用叠加的结果将使 θ 尽快回到给定值。在系统出现其它扰动时, 如进料的温度、燃

121 料油压等变化时由于这些信息未被提前引入前馈补偿器, 故只能依靠反馈调节器产生的控制作用克服

122 它们对被控温度的影响。



2) 这种控制方案的优点

既发挥了前馈作用，可即时克服，主要扰动对被控量影响的有点月保持了反会控制能克服多个扰动影响的特点。同时也降低了系统对前馈补偿器的要求，实习在工程上易于实现。

3) 说明不可控的物理意义是什么

输入信息不能引入控制器//系统不可控时，不管加什么控制信号，只要其全部特征值具有副食部误差会衰减至零

4) 这种控制方案的稳定性如何保证

引入前馈补偿没有影响系统的稳定性； 很显然，前馈无论加在什么位置，它都不构成闭合回路，系统的特征式保持不变，因而不会影响系统的稳定性。

5) 针对进料量扰动控制器（前馈控制器）一般如何整定为什么

生产过程中的前馈控制一般均采用前馈--反馈或前馈--串级复合控制系统。复合控制系统的参数整定要分别进行，可先整定好单回路反馈系统或串级系统，再整定前馈环节。

前馈补偿模型由过程扰动通道及控制通道特性的比值决定，但因过程特性的测量精度不高，不能准确地掌握扰动通道特性 $W_f(s)$ 及控制通道模型 $W_o(s)$ ，故前馈模型的理论整定难以进行，目前广泛采用的是工程整定法。

双输入双输出系统，输入输出关系如下：(1)求相对增益矩阵。(2)求正确的变量配对。

$$\begin{cases} c_1 = -2m_1 + 3m_2 \\ c_2 = 4m_1 + m_2 \end{cases}$$

(1) 由式 $c_2 = 4m_1 + m_2$ ，得 $m_2 = c_2 - 4m_1$ 代入 $c_1 = -2m_1 + 3m_2$ 式中，得

141

$c_1 = -2m_1 + 3(c_2 - 4m_1) = 3c_2 - 14m_1$ 则相对增益:

$$\lambda_{11} = \frac{\left. \frac{\partial c_1}{\partial m_1} \right|_{m_2 = \text{const}}}{\left. \frac{\partial c_1}{\partial m_1} \right|_{c_2 = \text{const}}} = \frac{-2}{-14} = \frac{1}{7}$$

相对增益矩阵为:

142

$$\lambda = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & 1 - \lambda_{11} \\ 1 - \lambda_{11} & \lambda_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{7} & 1 - \frac{1}{7} \\ 1 - \frac{1}{7} & \frac{1}{7} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{7} & \frac{6}{7} \\ \frac{6}{7} & \frac{1}{7} \end{bmatrix}$$

$y_1 = k_{11}u_1 + k_{12}u_2$
 $y_2 = k_{21}u_1 + k_{22}u_2$

可求得 $p_{11} = \left. \frac{\partial y_1}{\partial u_1} \right|_{u_2} = k_{11}$

改写 $y_1 = k_{11}u_1 + \frac{y_2 - k_{21}u_1}{k_{22}}k_{12}$

则 $q_{11} = \left. \frac{\partial y_1}{\partial u_1} \right|_{y_2} = k_{11} - \frac{k_{12}k_{21}}{k_{22}} = \frac{k_{11}k_{22} - k_{12}k_{21}}{k_{22}}$

故 $\lambda_{11} = \frac{p_{11}}{q_{11}} = \frac{k_{11}k_{22}}{k_{11}k_{22} - k_{12}k_{21}}$

用同样方法, 依次可求得

143

$$\lambda_{12} = \frac{p_{12}}{q_{12}} = \frac{-k_{12}k_{21}}{k_{11}k_{22} - k_{12}k_{21}}$$
$$\lambda_{21} = \frac{p_{21}}{q_{21}} = \frac{-k_{12}k_{21}}{k_{11}k_{22} - k_{12}k_{21}}$$
$$\lambda_{22} = \frac{p_{22}}{q_{22}} = \frac{k_{11}k_{22}}{k_{11}k_{22} - k_{12}k_{21}}$$