

## 2006-2007 年《过程控制》期末试卷 A（闭卷）答案

### 一、 简答题（36%）(每题 6 分)

1、过程控制中被控对象动态特性有哪些特点？常用的评价控制系统动态性能的误差积分指标有哪些？

答：在过程控制中，被控对象是工业生产过程中的各种装置和设备，被控对象内部所进行的物理、化学过程可以是各式各样的，从控制观点看，它们本质上也有许多相似之处，如所进行的过程几乎离不开物质或能量的流动，只有流入量与流出量保持平衡，对象才会处于稳定平衡状态。平衡一旦遭到破坏就要会反映在某一个量的变化上，过程控制的另一个特点是它们大多属于慢过程，被调量的变化十分缓慢，很多对象具有纯迟延环节。常用的评价控制系统动态性能的误差积分指标有  $IE, IAE, ITAE, ISE, ITSE$ 。

2、试总结调节器 P、PI、PD 动作规律对系统控制质量的影响

答：（1）比例环节 P 可以快速消除误差，增加适当的积分作用可以消除余差，积分调节的一个特点是无差调节，另一个是 I 调节的稳定作用比 P 调节差，所以加入积分作用系统的稳定性会变差，最大动态偏差会增大。加入适当的微分作用可以改善被调量的振荡，提高控制系统稳定性的作用，所以加入微分作用后会减小超调量，提高系统稳定性，但没办法消除残差。PI 调节引入积分动作可以消除系统残差但却降低原有系统的稳定性。

3、下图 1 所示的换热器，用蒸汽将进入其中的冷水加热到一定温度，生产工艺要求热水温度维持恒定（ $\Delta\theta \leq \pm 1^\circ\text{C}$ ），试设计一简单温度控制系统，指出调节器的类型。

答：系统控制方块图及控制方框图如下所示：

调节器采用 P+I+D 控制

图 1 换热器原理图

4、什么是调节阀的流量特性、理想流量特性和工作流量特性？如何选择调节阀的流量特性？

答：执行器的流量特性是指被控介质流过阀门的相对流量与阀门的相对开度之间的关系。理想的流量特性就是在阀前后压差为一定的情况下（ $P=\text{常数}$ ）得到的流量特性，它取决于阀芯的形状。在实际工程使用中，调节阀是安装在工艺管道系统中的，所以调节阀两端的压力差  $P=\text{常数}$ ，此时调节阀的相对开度和相对流量的关系称为工作流量特性。

一个过控制系统，在负荷变动的情况下，为了使系统能保持预定的品质指标，要求系统总放大系数在整个操作范围内保持不变，可以通过适当选择调节阀的特性来补偿被控过程的非线性，所以当过程特性为非线性时，应选择对数流量特性的调节阀，否则就选择直线特性的调节阀。

5、5、设计串级控制系统时，主、副过程时间常数之比（ $T_1/T_2$ ）应在 3~10 范围内。试问当  $(T_1/T_2) < 3$  或  $(T_1/T_2) > 10$  时将会有何问题？

答：如果主、副工作周期十分接近会发生共振，为了保持串级控制系统的控制

性能，应避免闭合副环进入高增益区，应该使主回路周期  $T_{d1}$  小于副回路  $T_{d2}$  或大于 3 倍的  $T_{d2}$ 。考虑副环总是一个快速、灵敏的回路  $T_{d1}$  不可能小于  $T_{d2}$ ，因此为了保证主、副回路均避免进入共振区，可得到条件： $T_{d1} > 3T_{d2}$ ，或

，所以在选择副环时，不宜选择时间太长的对象或副环的范围不能太大。这种措施对控制系统有提高系统的工作频率，加速反应速度、缩短控制时间，最终改善系统的控制品质。

6、前馈控制和反馈控制各有什么特点？为什么采用前馈-反馈复合控制系统将能较大地改善系统的控制品质？

答：反馈控制有以下特点：（1）反馈控制的本质是“基于偏差不消除偏差”（2）无论扰动发生在哪里总要等到偏差出现才控制是一种不及时的控制（3）引起被控量发生偏差的一切扰动均可采用反馈控制来克服。

前馈控制的特点是：（1）前馈控制是“基于扰动来消除扰动对被控量的影响”（2）扰动发生后，前馈控制器及时动作（3）只对一部分扰动进行前馈控制，具有局限性（4）前馈控制器的控制规律，取决于被控对象的特性。

采用前馈-反馈复合控制系统可以改善系统的控制品质，因为这种复合控制系统将前馈、反馈两者结合起来，既发挥了前馈作用可以及时克服主要扰动对被控量影响的优点，又保持了反馈控制能克服多个扰动影响的特点。

## 二、 计算题（64%）

1、有一复杂液位对象，其液位阶跃响应实验结果为：

$t/s$	0	10	20	40	60	80	100	140	180	250	300	400	500	600
$h/cm$	0	0	0.2	0.8	2.0	3.6	5.4	8.8	11.8	14.4	16.6	18.4	19.2	19.6

其中阶跃扰动量  $\Delta\mu = 20\%$ 。

- (1) 画出液位的阶跃响应曲线；
- (2) 若该对象用带纯迟延的一阶惯性环节近似，试用作用法确定对象增益  $K$  及纯迟延时间  $\tau$  和时间常  $T$ 。(10 分)

2、对象传递函数  $G(s) = e^{-3s} / 4s$ ，调节器采用 PI 动作。试用稳定边界法（利用闭环测试原理计算）估算调节器的整定参数。（12 分）

有关参数整定如下表所示

整定参数 调节规律	$k_p$	$T_i$
PI	$0.46k_{ps}$	$0.85T_s$

答：设采用稳定边办界法调到系统振荡时的比例系数记为  $k_{ps}$ ，振荡周期记为  $T_s$   
根据振幅与相角的等幅振荡条件式为

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{k_{ps}}{\frac{2\pi T}{T_s}} = 1 \\ -\frac{360^\circ \tau}{T_s} - 90^\circ = -180^\circ \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \frac{k_{ps}}{\frac{2\pi \times 4}{T_s}} = 1 \\ -\frac{360^\circ \times 3}{T_s} - 90^\circ = -180^\circ \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow T_s = 12$$

$$\Rightarrow k_{ps} = 2.09$$

采用 PI 控制时：

$$\Rightarrow k_p = 0.46k_{ps} = 0.46 \times 2.09 = 0.96$$

$$T_i = 0.85T_s = 0.85 \times 12 = 10.2$$

3、图 2 所示为一加热炉，工艺要求被加热物料的出口温度保持为某一恒定值，影响出口温度的因素主要有燃料油方面的流量和压力波动，工艺安全条件是：一旦发生重大事故，立即切断燃料油的供应。

(1) 设计一串级控制系统方案，画出相应的控制方块图（在图 2 上标出）。

(2) 画出该加热炉串级控制系统结构图

(3) 调节阀的作用形式及主、副调节器的正反作用。（15 分）

图 2 加热炉出口温度控制

4、试为下述过程设计一个前馈-反馈控制系统。已知过程的控制通道传递函数为：

$W_o(s) = \frac{6e^{-7s}}{4s+1}$ ，过程干扰通道传递函数为： $W_d(s) = \frac{12e^{-7s}}{2s+1}$ ，试写出前馈调节器的传递函数 $W_m(s)$ 并说明其模型是超前还是滞后，画出前馈-反馈系统方框图及分析其实现方案（设 $\frac{1}{Ts+1}$ 是容易实现的模型）。（15 分）

5、已知某模糊控制器的控制规则为“若  $\tilde{A}$  且  $\tilde{B}$  则  $\tilde{C}$ ”，且

$$\tilde{A} = (0.4, 0.7) \quad \tilde{B} = (0.2, 0.4, 0.5) \quad \tilde{C} = (0.4, 0.2)$$

(1) 求模糊关系  $\tilde{R}$ ；

(2) 若已知  $\tilde{A}_1 = (0.2, 0.4)$ ； $\tilde{B}_1 = (0.5, 0.7, 1)$  求  $\tilde{C}_1$  (12 分)