

2006-2007 年《过程控制》期末试卷 B（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单项性能指标有哪些？

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单项性能指标有：超调量、调节时间、衰减比、残余偏差。

2、一个自动控制系统，在比例控制的基础上分别增加：①适当的积分作用。②适当的微分作用。试问：（1）这两种情况对系统的稳定性，最大动态偏差、余差分别有何影响？（2）为了得到相同的系统稳定性，应如何调整调节器的比例度 δ ，并说明理由。

答：（1）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。

（2）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，为保持系统原来的衰减率（稳定性），PI 调节器比例带必须适当增加。PD 调节引入微分动作有利于提高系统稳定性，为了得到系统原有的稳定性，要减小比

例带，这样和原来 P 调节相比，由于可以采用较小的比例带，结果不但减小了残差也减小了最大动态偏差，且提高了振荡频率。

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、调节阀的气开与气关形式是如何实现的？在使用时应根据什么原则选择之。

答：调节阀的气开与气关可以根据执行机构正、反作用型以及阀芯的正装。反装实现。主要根据以下原则选择之：

（1）考虑事故状态时人身、工艺设备的安全：如锅炉给水一般采用气关，进加热炉的燃料气或燃料油采用气开。

（2）考虑事故状态下减小经济损失，保证产品质量。

（3）考虑介质的性如对易结晶、易凝固物料的装置采用气关式。

5、如果系统中主、副回路的工作周期十分接近，例如分别为三分钟和两分钟，也就是说正好运行在共振区内，应采取什么措施来避免系统的共振，这种措施对控制系统的性能有什么影响？

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 τ 和时间常 T 。（10 分）

2、对象传递函数 $G(s) = \frac{e^{-2s}}{2s}$ ，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

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

$$\Rightarrow T_s = 8$$

$$\Rightarrow k_{ps} = 1.571$$

采用 PI 控制时：

$$\Rightarrow k_p = 0.46k_{ps} = 0.46 \times 1.571 = 0.723$$

$$T_i = 0.85T_s = 0.85 \times 8 = 6.8$$

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：

$W_o(s) = \frac{3e^{-3s}}{2s+1}$ ，过程干扰通道传递函数为： $W_d(s) = \frac{6e^{-3s}}{s+1}$ ，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

$$\tilde{A} = (0.5, 0.8) \quad \tilde{B} = (0.3, 0.5, 0.6) \quad \tilde{C} = (0.4, 0.2)$$

(1) 求模糊关系 \tilde{R} ；

(2) 若已知 $\tilde{A}_1 = (0.2, 0.4)$ ； $\tilde{B}_1 = (0.6, 0.8, 1)$ 求 \tilde{C}_1 (12 分)