

主管
领导
审核
签字

过程控制系统期末试题 A 卷（回忆版）

注：本卷由 Siri 和 DNA 回忆，不涉及作弊行为，部分题目模糊、叙述有误等，恳请斧正。

题目	一	二	三	四	五	六	七	八	总分
分数									
评分人									

考生须知：本次考试为闭卷考试，考试时间 120 分钟，满分 100 分。

注意行为规范 遵守考场纪律

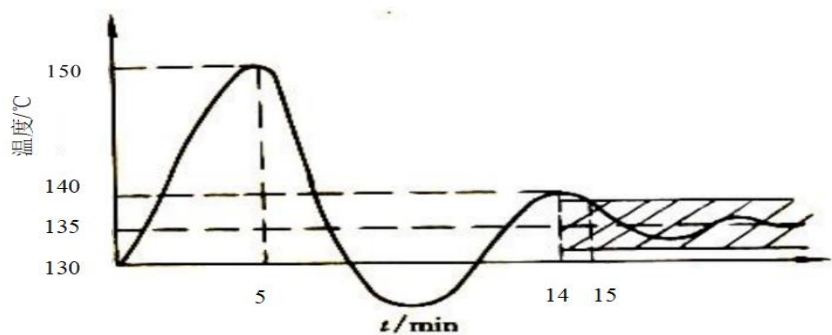
一、在过程控制系统中，PID 控制器因其结构简单、鲁棒性强等特点被广泛应用。不同的控制规律适应不同的生产要求。要选用合适的控制规律，首先必须了解控制规律的特点与适用条件，根据工艺指标的要求，结合具体对象特性，才能作出正确的选择。^[1]（12 分）

- (1) 请阐述 PID 控制器中比例、积分、微分三个参数的作用机理。
- (2) 请简述临界稳定法整定 PID 参数其整定步骤。
- (3) 结合个人学习生活经验分析模型预测控制与 PID 控制两类典型的控制的区别。

二、某压缩罐内压力（脉动压力）范围是 1.0~1.4MPa，工艺要求在远处观察罐内压力，并实现高压报警。要求测量结果的误差不得大于 0.05MPa。请正确的选用一台压力表，（类型、测量范围、精度等级），并说明其理由（可供选择的精度等级有：1.5 级、2.0 级、2.5 级；可供选择的测量范围：0~2.6MPa、0~2.8MPa、0~3.2MPa）。（4 分）

三、热电阻和热电偶是工业过程控制中常用的温度测量元件，二者均通过自身物理性质随温度变化的特性实现温度检测。（12 分）

- (1) 热电阻可以测量中低温的温度变化，请写出热电阻进行三线制接法的作用。
- (2) 某热电阻的温度控制系统给定值为 130 ℃。在阶跃干扰作用下的过渡过程曲线如图所示。试求最大偏差、余差、衰减比、振荡周期和过渡时间。



- (3) 用 K 型热电偶测量某加热炉的温度。测得的热电势 $E(t, t_0)=13.406mV$ ，而自由端的温度 $t_0 = 20^{\circ}C$ ，求被测的实际温度 t 。并列举出 2 种以上的热电偶定律，并写出该计算过程主要运用了哪种定律。

铂铑-10 铂热电偶分度表（简表）（ $t_0 = 0^{\circ}C$ ， E/mV ）

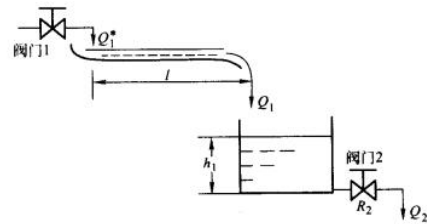
温度 ℃	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0.055	0.113	0.173	0.235	0.299	0.365	0.432	0.502	0.573
100	0.645	0.719	0.795	0.872	0.95	1.029	1.109	1.19	1.273	1.356
200	1.44	1.525	1.611	1.698	1.785	1.873	1.962	2.051	2.141	2.232
300	2.323	2.414	2.506	2.599	2.692	2.786	2.88	2.974	3.069	3.164
400	3.26	3.356	3.452	3.549	3.645	3.743	3.84	3.938	4.036	4.135
500	4.234	4.333	4.432	4.532	4.632	4.732	4.832	4.933	5.034	5.136
600	5.237	5.339	5.442	5.544	5.648	5.751	5.855	5.96	6.065	6.169
700	6.274	6.38	6.486	6.592	6.699	6.805	6.913	7.02	7.128	7.236
800	7.345	7.454	7.563	7.672	7.782	7.892	8.003	8.114	8.255	8.336
900	8.448	8.56	8.673	8.786	8.899	9.012	9.126	9.24	9.355	9.47
1000	9.585	9.7	9.816	9.932	10.048	10.165	10.282	10.4	10.517	10.635
1100	10.754	10.872	10.991	11.11	11.229	11.348	11.467	11.587	11.707	11.827
1200	11.947	12.067	12.188	12.308	12.429	12.55	12.671	12.792	12.912	13.034
1300	13.155	13.397	13.397	13.519	13.64	13.761	13.883	14.004	14.125	14.247
1400	14.368	14.61	14.61	14.731	14.852	14.973	15.094	15.215	15.336	15.456
1500	15.576	15.697	15.817	15.937	16.057	16.176	16.296	16.415	16.534	16.653
1600	16.771	16.89	17.008	17.125	17.243	17.36	17.477	17.594	17.711	17.826
1700	17.942	18.056	18.17	18.282	18.394	18.504	18.612	—	—	—

四、差压式流量计和转子式流量计是工业过程控制中常见的流量测量仪表。（8分）

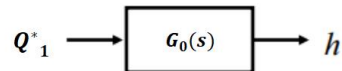
(1) 请写出差压是流量计和转子式流量计工作原理区别。

(2) 一转子流量计，转子材料为钢，密度为 $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$ ，用 20°C 的水标定（标定时水的密度为 $\rho = 997 \text{ kg/m}^3$ ），流量计测量上限为 $60 \text{ m}^3/\text{h}$ 。现用户用来测量某溶液 X，其密度为 $\rho = 1527 \text{ kg/m}^3$ 。求测量溶液 X 的最大流量是多少？若转子材料改为铅（铅密度为 $\rho = 11350 \text{ kg/m}^3$ ），则测量溶液 X 的最大流量为多少？流量计算公式： $Q = aS \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$

五、如图是一个水槽，水经过阀门 1 不断地流入水槽，水槽内的水又通过阀门 2 不断流出。工艺上要求水槽的液位 h 保持一定数值。在这里，水槽就是被控对象，液位 h 就是被控变量。其中阀门 1 控制输入流量为 Q_1^* ，流入水槽的流量为 Q_1 ，输出流量为 Q_2 ；阀门 1 的开度为 μ ，阀门 1 的流量比例系数为 K_μ ；阀门 2 的流体阻力为 R_s ，长水管的长度为 l ，水在水管的平均流速为 v 。（14分^[2]）

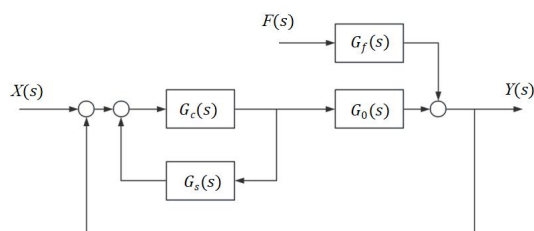


(1) 使用机理法建模分析阀门 1 开度 μ 与液位 h 之间的动态关系建立该单容过程的数学模型。



(2) 分析该系统是否自衡。如果为自衡系统，计算自衡系数；如果系统非自衡，请说明理由。

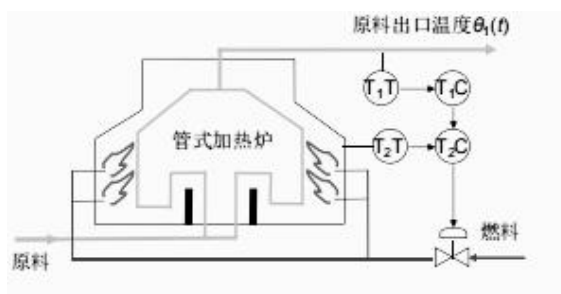
(3) Siri 和 DNA 同学^[3]想使用 PI 控制和 Smith 预测控制, 设计一个模型加入到反馈控制系统, 提早估计出对象在扰动作用下的动态响应, 提早进行补偿, 使控制器提前动作, 加速调节过程。系统框图如下所示, 其中扰动传递函数 $G_f(s) = \frac{1}{5s+1}$, PI 控制器的 $G_c(s) = 1 + \frac{1}{2s}$, Smith 预估控制器为 $G_s(s)$ 。求系统 Smith 预估器 $G_s(s)$ 和广义调节器 $G'_c(s)$ 。



六、管式加热炉是炼油、化工生产中的重要装置之一, 它的任务是把原油加热到一定温度, 为保证下道工艺的顺利进行。管式加热炉串级控制系统流程图如图所示。这样, 干扰对原油出口温度的影响主要由炉膛温度调节器构成的控制回路进行校正; 由原料油出口温度调节器构成的控制回路克服干扰对原油出口温度的影响, 并对其他干扰所引起的偏差进行校正。原料油出口温度的干扰有原料油流量、原料油入口温度、燃料热值、燃料流量等。(18 分)

(1) 确定该串级控制系统的主参数、副参数。

并分析原料油流量、原料油入口温度、燃料热值、燃料流量分别是一次扰动还是二次扰动。

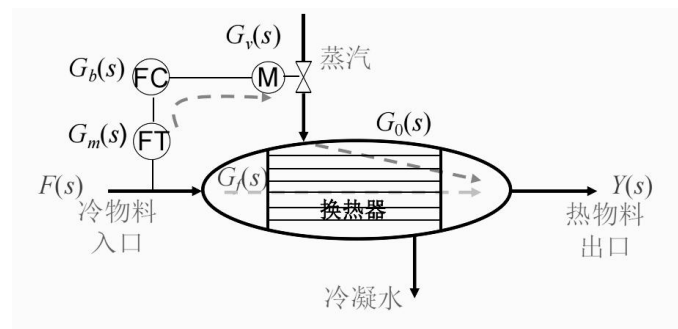


(2) 根据安全需求, 防止由于设备故障产生爆炸。判断燃料阀是气开阀还是气关阀, 同时判断主副控制器正反作用的判断并说明理由。

(3) 串级控制可以改善系统动态特性的哪几个方面。

七、前馈控制的原理是：当系统出现扰动时，立即将其测量出来，通过前馈控制器，根据扰动量的大小改变控制变量，以抵消扰动对被控参数的影响。按这种原理设计的控制系统称为前馈控制系统。下图为热交换器及其温度反馈控制系统原理图。在该控制系统中直接根据冷物料流量的变化，通过一个前馈控制器 FC 直接控制调节阀。这样，可在物料出口温度变化之前，及时对流量这一主要干扰进行补偿，即构成所谓前馈控制。（15 分）

(1) 热交换器前馈-反馈复合控制系统中， $G_m(s) = K_m$ ， $G_v(s) = K_v$ ， $G_0(s) = \frac{K_0}{T_0s+1}$ ， $G_f(s) = \frac{K_f}{T_f s+1}$ ，求出该系统的静态前馈控制系统和动态前馈控制系统。



(2) 前馈反馈控制的区别，写出前馈——反馈控制系统对系统控制的优点。

(3) 某供暖系统，流过加热盘管的水流量为 $Q = 40 \text{ m}^3/\text{h}$ ，热水为 80°C ， $P_m - P_r = 2.25 \times 100 \text{ kPa}$ ，所装阀门 C 可以从 28, 30, 32, 34 四种中选取，应该选择那种？并说明所选择的阀门的流量特性。（配管 $s=0.8$ ， 80°C 热水的密度 $\rho = 971 \text{ kg/m}^3$ ）

八、有些生产过程中，在一个设备上需要设置若干个控制系统，分别对多个被控变量进行控制。在这种情况下，多个控制系统之间就有可能存在相互关联和相互影响，称为相互耦合。解耦控制就是通过解耦环节，使存在耦合的被控过程中每个控制变量的变化只影响与其配对的被控参数，而不影响其他控制回路的被控参数。这样就把多变量耦合控制系统分解为若干个相互独立的单变量控制系统。（17 分）

(1) 写出相对增益 λ_{ij} 的物理意义和数学表达式。

(2) 对于传递函数矩阵 $G_0(s) = \begin{bmatrix} \frac{2}{2s+1} & \frac{0.4}{2s+1} \\ \frac{0.6}{2s+1} & \frac{1}{2s+1} \end{bmatrix}$ ，求其相对增益矩阵。

(3) 某三入三出系统的相对增益矩阵为 $\Lambda = \begin{bmatrix} -2.01 & 1.46 & 1.33 \\ 1.1 & -2.10 & 1.79 \\ 1.82 & 1.21 & -2.12 \end{bmatrix}$ ^[4]，对于该系统的变量该

如何配对，并判断配对后是否还需要解耦。

(4) 总结 n 阶相对增益矩阵的性质

编者注（原试卷不含此页，原试卷有且仅有 3 面 6 页）：

[1].由于原试卷题干材料极其丰富，文字量巨大，回忆难度极高。此回忆版在题干的字数上进行了尽量还原但不保证内容与原卷一致，不过可以保证考点与原卷保持一致。专有名词用语不严谨的请以老师、课本为准，文档内若有不严谨之处请多包涵。

[2].从此处开始的分值记忆模糊，但大体分值于原卷类似。

[3].原卷此处为“小明”，此处改为回忆版编者笔名。

[4].该矩阵实在难以记忆，加之 Siri 急需提前交卷去所里办点业务，数据可能与原试卷不符。