

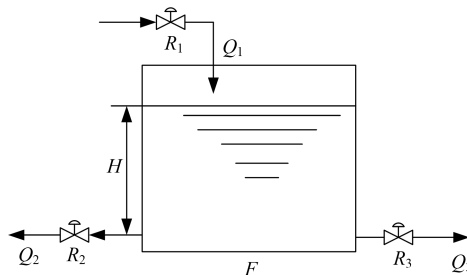
# 《过程控制》作业

## 第一章 过程动态特性与建模

- 1) 《过程控制系统》P136~139: 1.5, 1.7, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 1.13
- 2) 阅读材料思考题。

**1.5** 某水槽如题图 1.1 所示, 其中  $F$  为水槽的截面积,  $R_1$ 、 $R_2$  和  $R_3$  均为线性水阻,  $Q_1$  为流入量,  $Q_2$  和  $Q_3$  为流出量。要求:

- (1) 写出以水位  $H$  为输出量,  $Q_1$  为输入量的对象动态方程;
- (2) 写出对象的传递函数  $G(s)$ , 并指出其增益  $K$  和时间常数  $T$  的表达式。



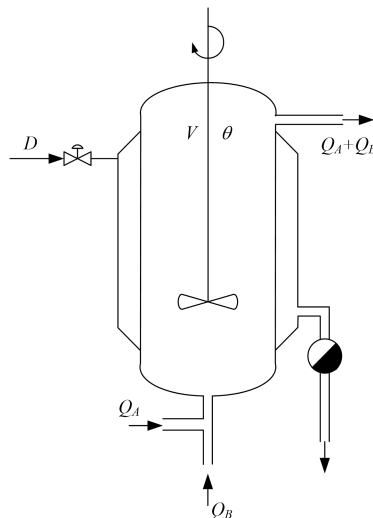
题图 1.1

**1.7** A、B 两种物料在题图 1.3 所示的混合器中混合后, 由进入夹套的蒸汽加热。已知: 混合器容积  $V=500\text{ L}$ , 加热蒸汽的汽化热  $\lambda=2268\text{ kJ}$ 。A 物料流量  $Q_A=20\text{ kg/min}$ , 入口温度  $T_A=20^\circ\text{C}$  (恒定); B 物料流量  $Q_B=80\text{ kg/min}$ , 入口温度  $T_B=20\pm 10^\circ\text{C}$  (是指温度  $T_B$  有  $\pm 10^\circ\text{C}$  波动, 可视为扰动量)。A、B 两物料的密度相同, 均为  $1\text{ kg/L}$ 。假设: (1) 在温度变化不大范围内, A、B 物料的比热容与其混合物的比热容相同, 均为  $4.2\text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ ;

(2) 混合器壁薄, 导热性能好, 可忽略其蓄热能力和热传导阻力;

(3) 蒸汽夹套绝热良好, 可忽略其向外的散热损失。

试写出以混合器出口温度  $\Delta T$  为输出量  $y$ 、蒸汽流量  $\Delta D$  为输入量  $u$  和温度  $\Delta T_B$  为扰动量  $d$  的动态方程, 以及控制通道和扰动通道的传递函数。



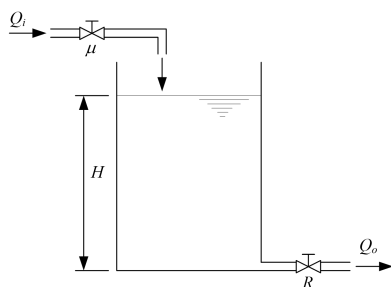
题图 1.3

**提示：**由热量衡算式  $[(\sum H_F - \sum H_P + Q) \Delta t = \Delta Q_A]$  可得如下方程

$$Q_A C(\Delta T_A - \Delta T) \Delta t + Q_B C(\Delta T_B - \Delta T) \Delta t + \lambda \Delta D \Delta t = CV \rho \Delta T$$

其中  $\lambda$  为汽化热,  $T$  为出口温度,  $D$  为蒸汽流量,  $\rho$  为密度,  $C$  为比热容 (均相等)。

**1.9** 有一水槽, 其截面积  $F$  为  $5000 \text{ cm}^2$ 。流出侧阀门阻力实验结果为: 当水位  $H$  变化  $20 \text{ cm}$  时, 流出量变化为  $1000 \text{ cm}^3/\text{s}$ 。试求流出侧阀门阻力  $R$ , 并计算该水槽的时间常数  $T$ 。



题图 1.9 单容水槽示例

**1.10** 对于第 1.9 题中的水槽, 其流入侧管路上调节阀特性的实验结果如下: 当阀门开度变化量  $\Delta \mu$  为  $20\%$  时, 流入量变化  $\Delta q_i$  为  $1000 \text{ cm}^3/\text{s}$ , 则  $K_\mu = \Delta q_i / \Delta \mu = 50 \text{ cm}^3/\text{s}(\%)$ 。试求该对象中从流入侧阀门  $\mu$  到水位  $H$  的增益  $K$ 。

**1.11** 有一复杂液位对象, 其液位阶跃响应实验结果为:

$t/\text{s}$	0	10	20	40	60	80	100	140	180	250	300	400	500	600
$h/\text{mm}$	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

- (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, 试用作图法确定纯迟延时间  $\tau$  和时间常数  $T$ ;
- (3) 定出该对象增益  $K$  和响应速度  $\varepsilon$ 。设阶跃扰动量  $\Delta \mu = 20\%$ 。

**要求：**对建立的传递函数模型进行仿真验证, 即判断由传递函数得到的阶跃响应曲线和给出的数据是否拟合较好。

**1.12** 已知温度对象阶跃响应实验结果如下表:

$t/\text{s}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150
$\theta/^\circ\text{C}$	0	0.16	0.65	1.15	1.52	1.75	1.88	1.94	1.97	1.99	2.00	2.00

阶跃扰动量  $\Delta q = 1 \text{ t/h}$ 。试用二阶或  $n$  阶惯性环节写出它的传递函数。

**1.13** 某温度对象矩形脉冲响应实验为：

$t/\text{min}$	1	3	4	5	8	10	15	16.5	20	25	30	40	50	60	70	80
$\theta/^{\circ}\text{C}$	0.46	1.7	3.7	9.0	19.0	26.4	36	37.5	33.5	27.2	21	10.4	5.1	2.8	1.1	0.5

矩形脉冲幅值为 2 t/h，脉冲宽度 $\Delta t$  为 10 min。

- (1) 试将该矩形脉冲响应曲线转换为阶跃响应曲线；
- (2) 用二阶惯性环节写出该温度对象的传递函数。

**要求：**对建立的传递函数模型与实验数据进行仿真验证。

**\*阅读材料思考题：**在网络学堂的课程文件中下载论文材料。

材料来自：Jonas Degraeve, Federico Felici, Jonas Buchli, et al., Magnetic control of tokamak plasmas through deep reinforcement learning, *Nature*, 2022, Vol 602, pp 414-419. 该文将深度强化学习算法用于 Tokamak 等离子的磁场控制。  
同学们也可以查阅相关报道，帮助理解论文的工作。

1) 请阅读该文第 1 页~第 2 页的摘要、论文工作说明。

针对课程第一章建模部分讲到的“模型实时性和准确性要综合考虑”，请简单说明该文中“深度强化学习”生成的控制器，如何考虑实时性的？

提示：深度强化学习算法分离线训练和在线运行。

2) 请阅读材料第 7 页的“Tokamak Configuration Variable”、“Tokmak simulator”的内容。

针对课程第一章建模部分讲到的机理建模方法，请简单说明该文中是依据什么原理、如何建立和求解“Tokmak simulator”仿真模型的？该仿真模型在论文工作中起到了哪些作用？