

过程控制仪表及装置

绪论-检测-PID

李华军

考试构成

- 简答题8题各5分，共40分（包含实验题一题）
- 计算题2题各15分，共30分
- 分析设计题2题各15分，共30分

绪论

- 电动单元组合仪表的含义及各部分作用
- 测量的基本概念（绝对误差、相对误差、引用误差）
- 电流信号的优势，标准电流信号（4-20mA，活零点）
- 仪表的基本技术指标
 - 1) 精确度
 - 2) 灵敏度和灵敏限
 - 3) 变差（正反行程间偏差）

- 准确度等级为1.0、量程为15mA的电流表,其最大示值误差是多少? 试求测量值分别为1mA和10mA时的相对误差。

$$15 \times 1\% = 0.15\text{mA}$$

$$0.15/1 = 15\%$$

$$0.15/10 = 1.5\%$$

- 对于量程为0-200kPa的DDZIII型压力表, 当测量压力为150kPa时, 输出电流为多少? 若该表仪表等级为1.0级, 求此时电流信号再在什么范围内

$$(20-4) \times 150/200 = 12\text{mA} \quad 12\text{mA} + 4\text{mA} = 16\text{mA}; \quad 200\text{kPa} \times 1\% = 2\text{kPa}; \quad 2\text{kPa} \times (20-4)/200 = 0.16\text{mA}$$

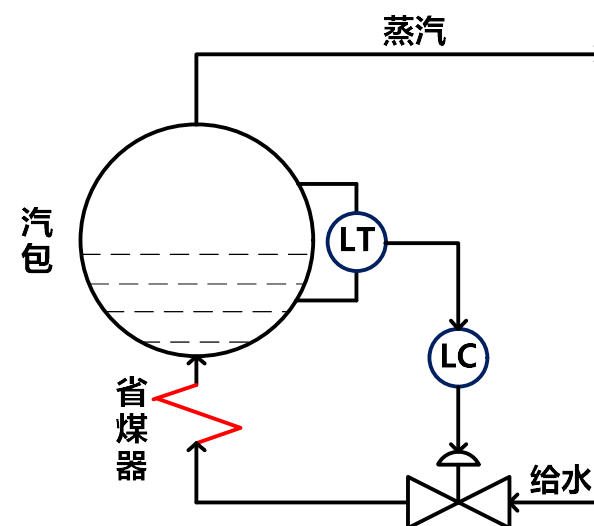
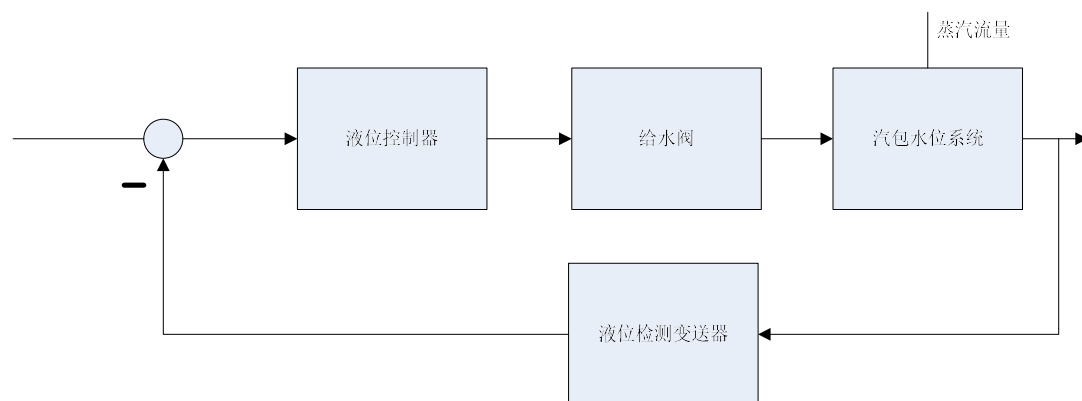
电流范围为16-0.16至16+0.16mA

- 某次长度测量, 量程为1米, 测量值如下表所示, 求该变差

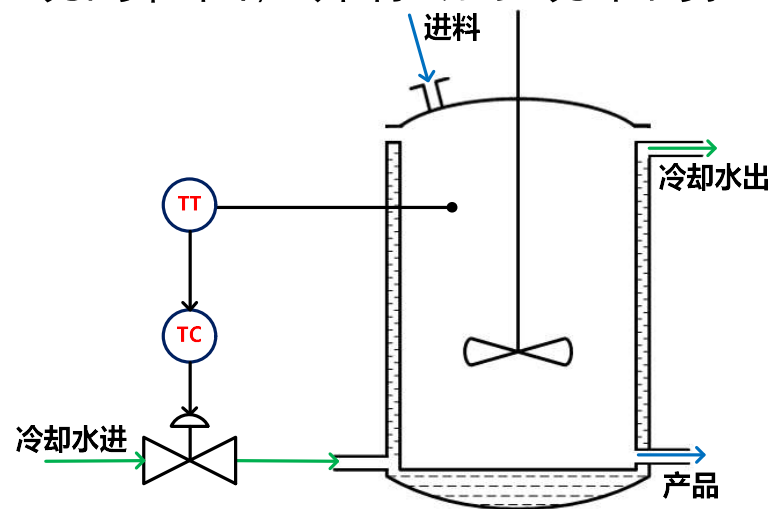
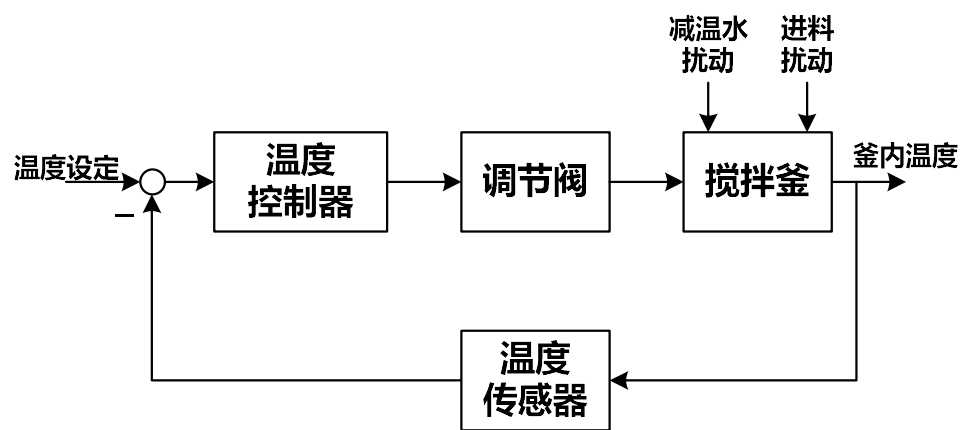
次数	1	2	3	4	5
测量值 (正)	0.20	0.40	0.65	0.81	0.95
测量值 (反)	0.20	0.38	0.63	0.80	0.94

$$0.02/1 = 2\%$$

- 右图为某汽包水位系统示意图，较低温度的水经省煤器加热为饱和水进入汽包，为保证蒸汽供应的连续型和稳定性，汽包水位需要维持在特定的位置，试绘制汽包水位控制系统的框图，并标明系统中的控制器、被控对象、传感器、执行器和扰动



- 右图为某反应釜系统示意图，两种或多种化工原料由进料口送进反应釜进行搅拌并在其中发生放热化学反应，最终生成某种化工产品。为保证产品的质量和设备安全，需要通过冷却水从反应釜外壁对其降温，以维持反应釜内温度在某一设定值，试绘制反应釜温度控制系统的框图，并标明系统中的控制器、被控对象、传感器、执行器和扰动



温度检测仪表

- 温度检测主要方法与分类（膨胀式、压力式、热电偶式、电阻式）
- 热电偶
 - 1) 测温原理（热电效应，接触电势，温差电势）
 - 2) 中间导体定律、补偿导线作用、冷端补偿方法
 - 3) 具体测温方法（分度表）
 - 4) 补偿电桥的原理
- 电阻式温度计
 - 1) 测温原理
 - 2) 三线制连接作用
 - 3) 金属热电阻与半导体热电阻异同

- 简述热电偶测量的原理

热电偶测量根据热电效应，两种不同材料导线在连接处形成节，如将这两个节分别置于不同的温度下（ T_0 和 T ），便会在回路中形成热电势，热电势的大小与两端温度有关。

- 简述中间导体定律的含义以及补偿导线的作用

在热电偶中接入第三种导体，当导体的两个连接点温度相等，他的接入对回路电动势没有影响。

补偿导线的本质是廉价的热电偶，其作用是将冷端远离测量点，降低成本。

- 简述几种冷端补偿的几种方法

冰浴补偿、热电势修正法、电路补偿

3、用镍铬-镍硅热电偶测量某低温箱温度，把热电偶直接与电位差计相连接。在某时刻，从电位差计测得热电势为 0.32mv ，此时电位差计所处的环境温度为 15°C ，试求该时刻温箱的温度是多少度？

镍铬-镍硅热电偶分度表

测量端 温度 $^{\circ}\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	热电动势 (mv)									
-20	-0.77	-0.81	-0.84	-0.88	-0.92	-0.96	-0.99	-1.03	-1.07	-1.10
-10	-0.39	-0.43	-0.47	-0.51	-0.55	-0.59	-0.62	-0.66	-0.70	-0.74
0	-0.00	-0.04	-0.08	-0.12	-0.16	-0.20	-0.23	-0.27	-0.31	-0.35
+0	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36
+10	0.40	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.64	0.68	0.72	0.76
+20	0.80	0.84	0.88	0.92	0.96	1.00	1.04	1.08	1.12	1.16

解：查表可知： $E(15, 0) = 0.61$ ；(4')

所以， $E(T, 0) = E(T, 15) + E(15, 0) = 0.32 + 0.60 = 0.92$ (4')

所以，此时刻温箱的温度是 23°C (2')

压力检测仪表

- 表压、绝压、负压与差压含义
- 弹性式测量元件及使用范围（弹簧管、波纹管、膜片）
- 力平衡式压力变送器原理与特点
- 位移式差压变送器原理与特点
- 固态测压元件（压阻元件）
 - 1) 测量原理
 - 2) 单臂、半桥、全桥电路的特点
- 活塞式压力计（原理、精度最高）

- 简述表压、绝压、大气压力的含义及相互之间的关系

某一点与大气压之差，当该点大于大气压时，称为表压；当低于大气压时，称为负压；

某点的绝对压力称为绝压

- 活塞式压力计工作原理与特点

活塞式压力计是根据流体静力学平衡原理和帕斯卡定律，利用压力作用在活塞上的力与砝码的重力相平衡的原理设计而成的。由于在平衡被测压力的负荷时，采用标准砝码产生的重力，因此又被称为静重活塞式压力计。

精度高、可靠性强，计量室、实验室以及生产或科学实验环节作为压力基准器使用

- 简述弹簧管、膜片测量压力的优缺点

弹簧管可测范围大、线性度好。膜片所测压力一般较小，精度高，可用于粘滞性介质的压力测量

流量检测仪表

- 流量计量单位
- 流量计分类与原理
 - 1) 节流式流量计
差压流量计、均速流量计、转子流量计
 - 2) 容积式流量计
 - 3) 涡轮流量计
 - 4) 电磁流量计
 - 5) 漩涡流量计

- 简述本课程涉及的流量计类型与工作原理

差压流量计：测量流体通过节流元件的前后压差，根据伯努利方程计算流体流；

转子流量计：依据流体由下往上流动时产生的推力的大小计算流量；

涡轮流量计：流体沿轴向流过涡轮时推动涡轮转动，根据转速计算流量；

涡街流量计：根据涡流效应，通过旋涡频率计算流量；

电磁流量计：根据电磁感应定律，通过感应电势大小计算流量；

超声波流量计：通过超声波传递过程中的时间差、相位差、频率差等计算流量。

液位检测仪表

- 浮力式液位计（浮力变化与浮力不变的）
- 静压力式液位计（利用液体压强）
- 电容式液位计 $C_0 = \frac{2\pi\epsilon_1 L}{\ln \frac{R}{r}}$
- 超声波液位计
- 零点迁移（正迁移、负迁移）

成分检测仪表

- 热导式气体分析仪
- 红外线气体分析仪
- 氧化锆氧分析仪

调节器

- 调节器PID含义 (proportional integral derivative 比例积分微分)
- PID运算电路 (PI电路、PD电路、PID电路)
- PID调节的频率特性

• 离散PID表达式

位置式PID算式

$$y_n = \frac{1}{P} \left(x_n + \frac{1}{T_i} \sum_{i=0}^n x_i \Delta T + T_d \frac{x_n - x_{n-1}}{\Delta T} \right)$$

增量式PID算式

$$\Delta y_n = y_n - y_{n-1} = \frac{1}{P} \left(\frac{\Delta T}{T_i} x_n + (x_n - x_{n-1}) + \frac{T_d}{\Delta T} (x_n - 2x_{n-1} + x_{n-2}) \right)$$

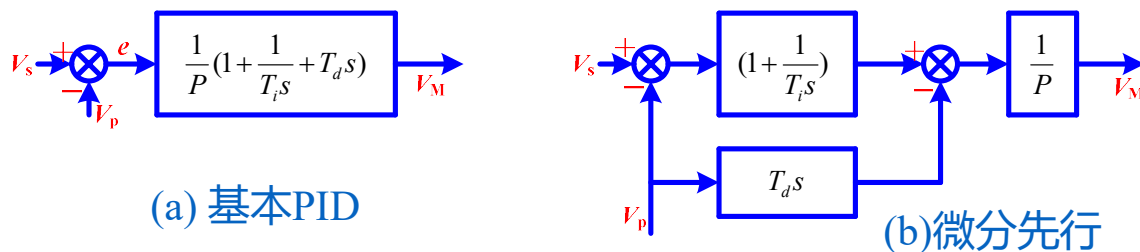
实用的PID算式 (去除高频干扰)

$$y_n = \frac{1}{P} \left(x_n + \frac{1}{T_i} \sum_{i=0}^n x_i \Delta T + \frac{T_d}{\Delta T + \frac{T_d}{K_d}} (x_n - x_{n-1}) + \frac{\frac{T_d}{K_d}}{\Delta T + \frac{T_d}{K_d}} y_{n-1} \right)$$

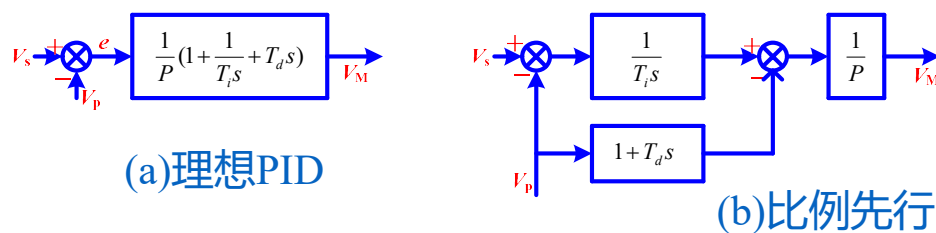
调节器

- 变形的PID算法（设定值改变-微分冲击）

1) 微分先行算法PI-D（设定值不过微分）

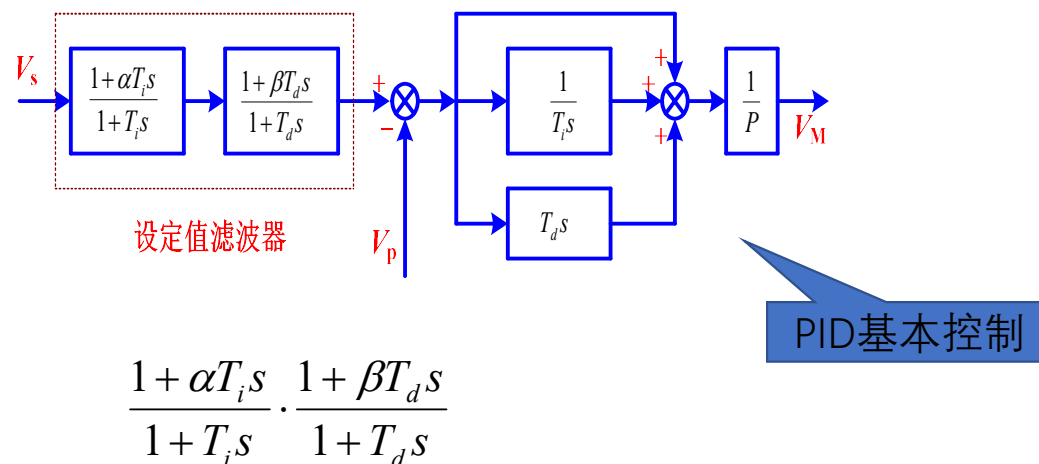


2) 比例先行算法I-PD（设定值不过比例和微分）



调节器

- 变形的PID算法（设定值改变-微分冲击）
- 3) 带可变型设定值滤波器SVF的PID算法（对设定值进行滤波）

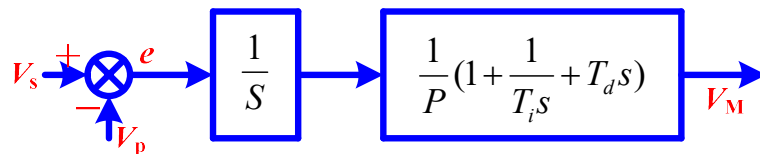


调节器

- 变形的PID算法

4) 混合过程PID算法

要求混合过程中瞬时流量的正负偏差积分为零



调节器

- DDZ-III型调节电路硬手动与软手动切换