

# 第六讲

## 调节器

### 第二章调节器

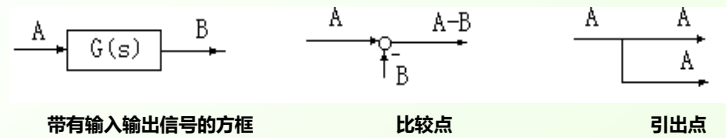
#### 主要内容：

- 2.1 控制系统及其性能
- 2.2 调节器的调节规律
- 2.3 PID运算电路
- 2.4 PID 调节器的阶跃响应和频率特性
- 2.5 PID 调节器的完整结构
- 2.6 数字控制算法

## 过程控制系统的两种表示形式

**方框图** 控制系统或系统中每个环节的功能和信号流向的图解表示

**组成** 方框、信号线、比较点、引出点



## 过程控制系统的两种表示形式

### 绘制方框图注意事项



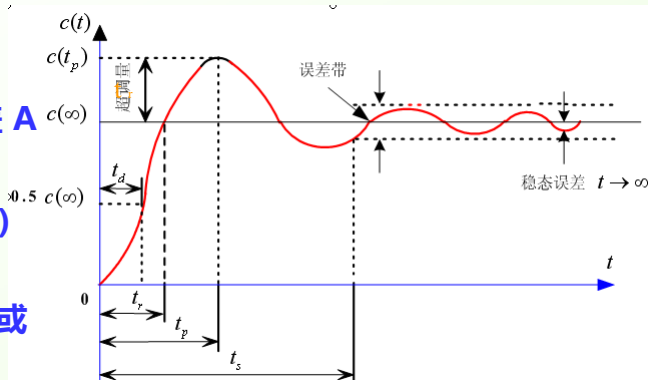
反馈    负反馈  
          正反馈

通过测量变送装置将被控变量的测量值送回到系统的输入端  
并以某种方式改变输入，进而影响系统功能的过程

## 过程控制系统的性能指标及要求

### 单项控制指标

1. 衰减比
2. 最大动态偏差  $A$
3. 超调量  $\delta$
4. 稳态误差  $e(\infty)$
5. 过渡时间  $T_s$
6. 振荡周期  $T$  或  
振荡频率  $\omega$
7. 余差
8. 振荡次数  $\mu$



## 过程控制系统的性能指标及要求

### 1. 衰减比和衰减率

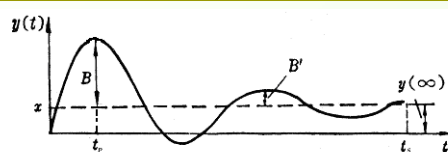
指振荡过程的第一个波峰的振幅  $B$  与第二个波峰的振幅  $B'$  之比。

$$n = \frac{B}{B'}$$

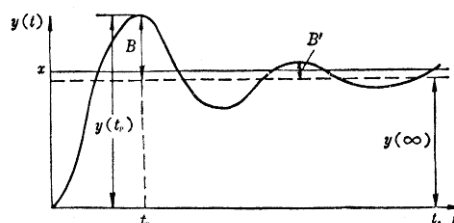
一般认为:  $n=4$  (4:1)  
时系统过渡过程的稳定性  
能较好, 但温度等慢变化  
过程取 10:1 为好。

也可用衰减率反映衰减情况, 即

$$\eta = \frac{(B - B')}{B}$$



(a) 定值系统



(b) 随动系统

## 过程控制系统的性能指标及要求

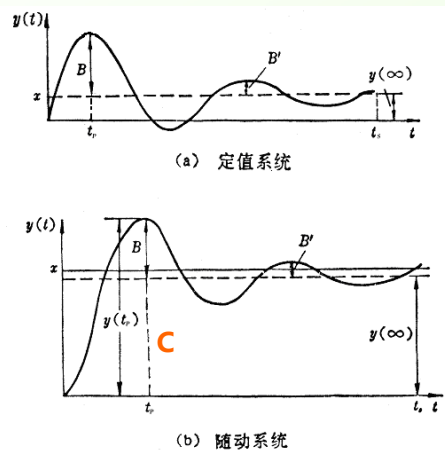
### 2. 最大动态偏差A、超调量 $\delta$

- **最大动态偏差**: 被控变量偏离设定值的最大程度

$$A = y_{MAX} - r$$

- **超调量**: 第一个波峰振幅(B)与最终稳态值(C) 比值

$$\sigma = \frac{c(t_p) - c(\infty)}{c(\infty)} \times 100\% = \frac{B}{C} \times 100\%$$



希望最大动态偏差和超调量越小越好。

## 过程控制系统的性能指标及要求

### 3. 余差 (稳态误差) $e(\infty)$

稳态值与设定值的差

### 4. 过渡时间或调节时间 $t_s$ (快速性)

被控变量进入稳态值附近  $\pm 5\%$  或  $\pm 2\%$  范围内所需的时间

### 5. 振荡周期 $T$ : 从第一个波峰到第二个波峰的时间 振荡频率 $w = 1/T$

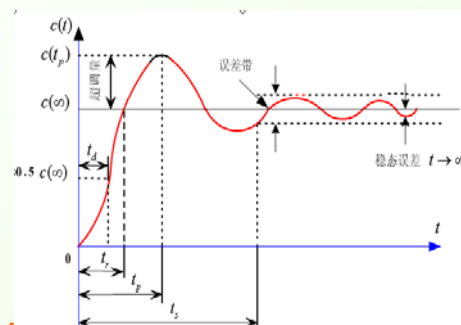
### 6. 峰值时间 $t_p$ (快速性)

### 7. 上升时间 $t_r$

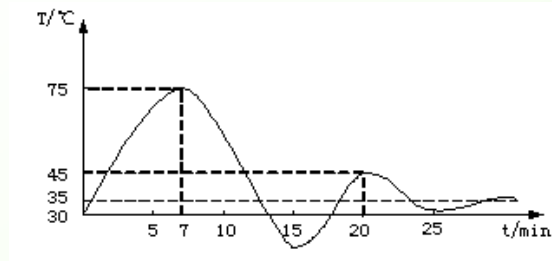
输出量从输出稳态值的10%上升到输出稳态值的90%所对应的时间。

### 8. 振荡次数 (平稳性)

在调节时间内, 输出量在稳态值附近上下波动的次数。

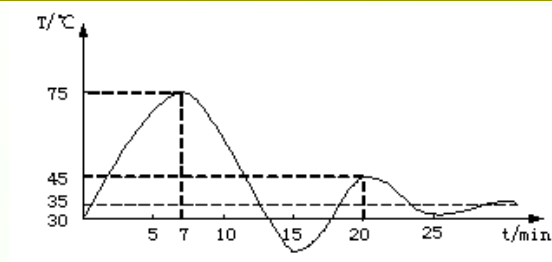


### 例题



计算：衰减比、衰减率、最大偏差、超调量、稳态误差

### 例题



第一个波峰幅值  $B=75-35=40$ ，第二个波峰幅值  $B'=45-35=10$ ，最终稳态值 35

衰减比：  $n= (75-35)/(45-35)=4:1$

衰减率 0.75

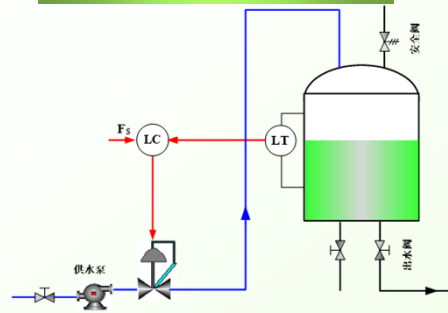
最大偏差：  $A=45^\circ\text{C}$ ，

超调量：  $40/35=114.28\%$

稳态误差：  $e(\infty)= 35-30=5^\circ\text{C}$ （稳态值与设定值的差）

## 锅炉液位控制系统 – 实例

### 1. 带控制点流程图



带控制点流程图

在检测、控制系统控制中，构成一个回路的每个仪表（或元件），都有自己的仪表位号。  
仪表位号由**字母代号组合**和**回路编号**两部分组成。

用文字符号和图形符号在工艺流程图上描述生产过程自动控制的原理图

小圆圈表示仪表

第一字母表示被测变量

后续字母表示仪表功能

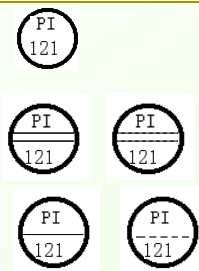
## 工艺控制流程图 - 常用图形符号

控制器  
显示仪表  
记录仪表  
操作器

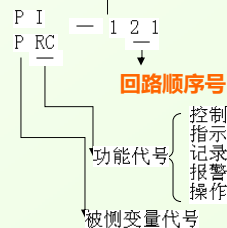
就地安装

就地集中盘面、盘后安装

控制室盘面、盘后安装



工艺号



## 工艺控制流程图 - 常用字母符号 1

字	第一位字母		后继字母
母	被测变量或初始变量	修饰词	功能
A	分析		报警
B	喷火焰		
C	电导率		控制(调节)
D	密度或相对密度	差	
E	电压或电势		检测元件
F	流量	比(分数)	
G	长度		波动
H	手动		
I	电流		指示
J	功率	扫描	
N			
O			节流孔

## 工艺控制流程图 - 常用字母符号 2

字	第一位字母		后继字母
母	被测变量或初始变量	修饰词	功能
P	压力(或真空)	积分计算	试验点(接头)
Q	数量或件数		积分, 积算
R	放射性		记录或打印
S	速度或频率	安全	开关或联锁
T	温度		传送
U	变量		多功能
V	粘度		阀(挡板)
W	变量或力		套管
K	时间或时间程序		自动-手动操作器
L	物位(液位)		指示灯
M	水分或湿度		
Z	位置		驱动、执行或未分类的执行器
X			
Y			继电器或计算器