



过程控制系统与仪表

华南理工大学自动化学院

2014年



- 考试范围：**
- 第1章 绪论
 - 第4章 执行器及安全栅（部分）
 - 第5章 被控过程的数学模型
 - 第6章 简单控制系统的设计与参数整定
 - 第7章 复杂控制系统
 - 第8章 先进过程控制技术（部分）
 - 第10章 过程控制系统应用实例（部分）

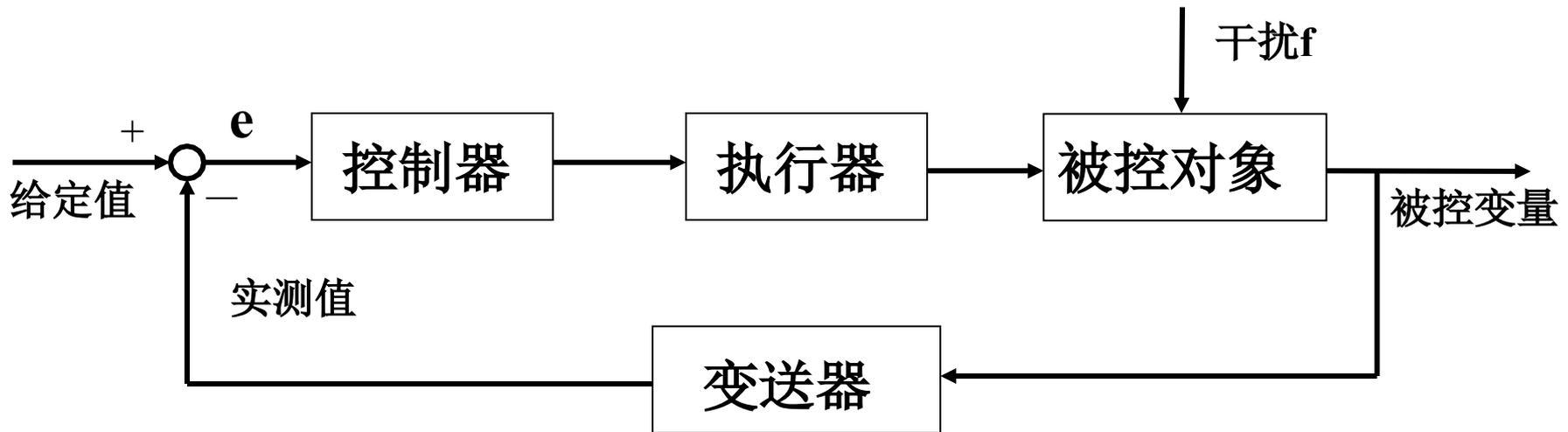


第1章 绪论

过程控制的特点：连续生产过程的自动控制。

过程控制系统的主要任务：

四个环节：





过程控制系统的分类

1. 按设定值的形式分类

- 1) **定值控制系统**—— 设定值恒定不变。
- 2) **随动控制系统**—— 设定值随时可能变化。
- 3) **程序控制系统**—— 设定值按预定的时间程序变化。

2. 按系统的结构特点分类

- 1) **反馈控制系统（闭环控制系统）**
- 2) **前馈控制系统（开环控制系统）**
- 3) **复合控制系统**



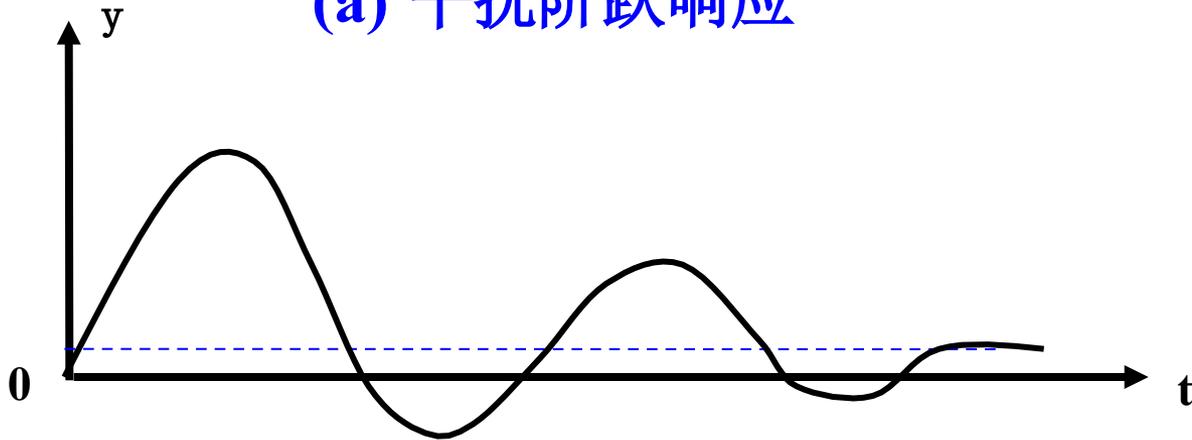
过程控制系统的性能指标

根据工艺对控制的要求来制定的，概括为**稳定性**、**准确性**和**快速性**。

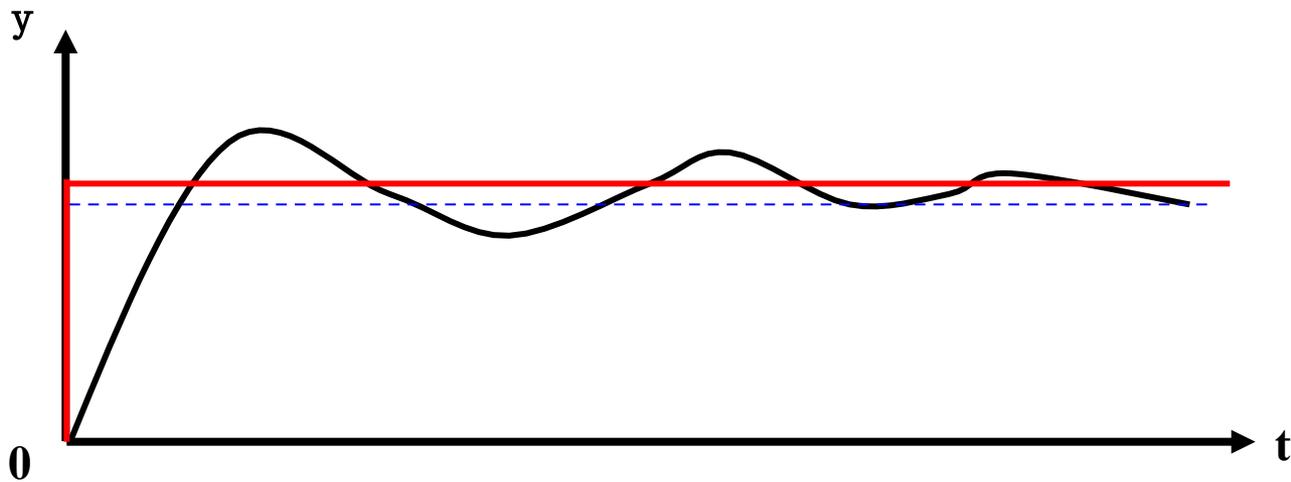
典型测试：给系统输入一个阶跃信号，观察其阶跃响应的品质。分给定阶跃响应和干扰阶跃响应两类。



(a) 干扰阶跃响应



(b) 给定阶跃响应





系统阶跃响应的单项性能指标

单项性能指标包含了对控制系统的**稳定性**、**准确性**和**快速性**三方面的评价。

- 1) 衰减比 n 和衰减率 ψ
- 2) 最大动态偏差 A 和超调量 σ
- 3) 余差 C
- 4) 调节时间 T_s 和振荡频率 ω

另外：还有峰值时间 T_p （又称上升时间）



- **稳定性** 衰减比 $n = 4:1 \sim 10:1$ 最佳
- **准确性** 余差 C 小好
最大偏差 A 小好
- **快速性** 过渡时间 T_s 短好
振荡周期 T 短好



系统阶跃响应的综合性能指标——偏差积分

① 偏差积分 IE $IE = \int_0^{\infty} e(t) dt$

② 绝对偏差积分 IAE $IAE = \int_0^{\infty} |e(t)| dt$

③ 平方偏差积分 ISE $ISE = \int_0^{\infty} e^2(t) dt$

④ 时间与绝对偏差乘积积分 $ITAE$

$$ITAE = \int_0^{\infty} t |e(t)| dt$$



第5章 被控过程的数学模型

建立被控过程数学模型的基本方法

- 机理法：根据生产过程的内部机理，列写出有关的平衡方程，从而获取对象的数学模型。
- 测试法：通过实验测试，来识别对象的数学模型。



考点：水槽机理法建模

步骤：

- (1) 弄清楚对象的输入量、输出量
- (2) 根据物料平衡方程、阀门特性列写微分方程组，增量化处理
- (3) 画出系统框图要求
- (4) 写出最后的传递函数

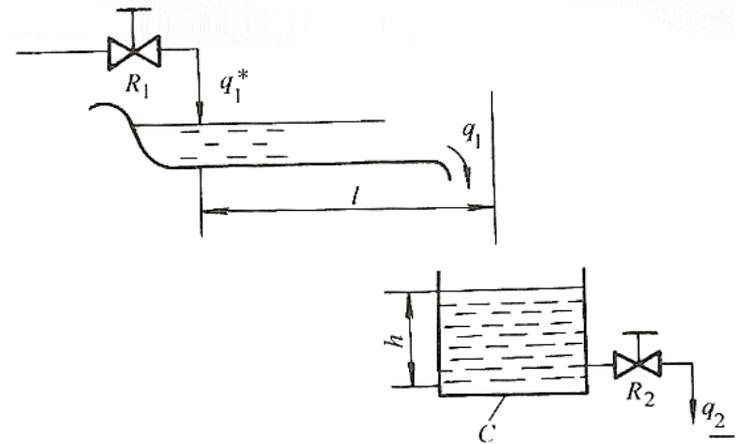


被控过程的自衡与非自衡特性

考点注意：

同样的单容水槽如果出水用泵抽出，则成为无自衡特性。

具有纯滞后的液位过程。

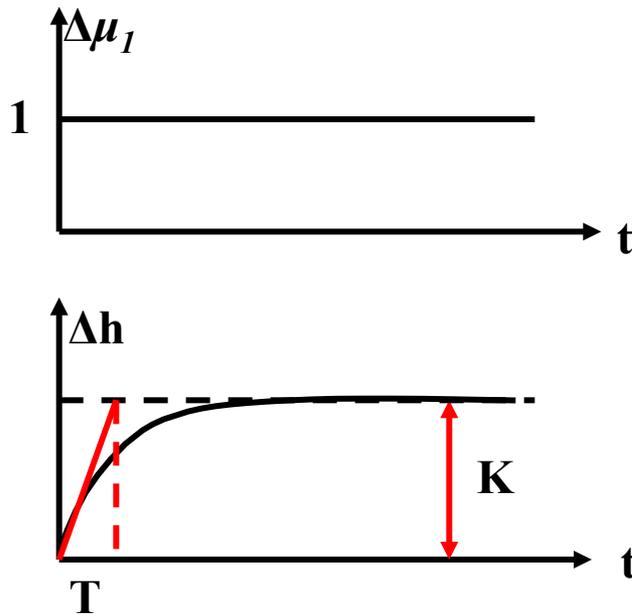




阶跃响应曲线法建模

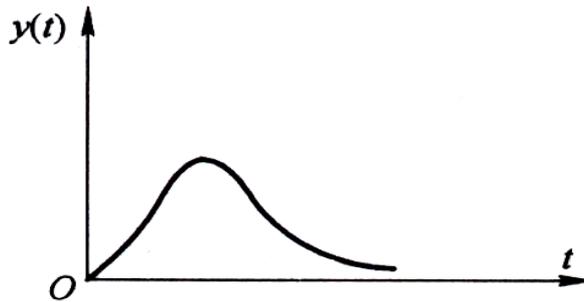
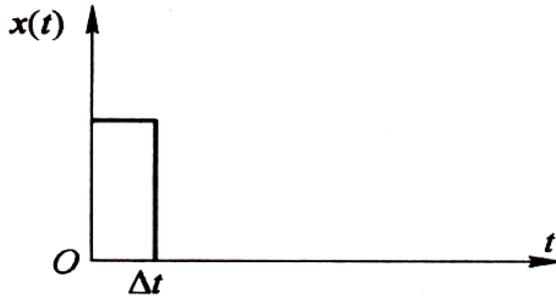
给对象输入一阶跃信号或方波信号测其输出响应。

1. 阶跃响应曲线的直接测定

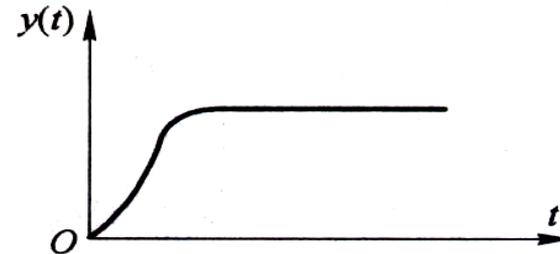
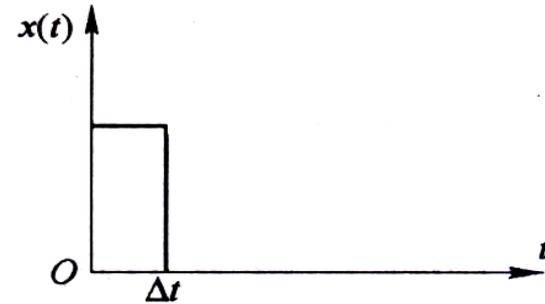




2. 矩形脉冲法测定被控过程的阶跃响应曲线



(a) 有自衡对象的响应特性



(b) 无自衡对象的响应特性

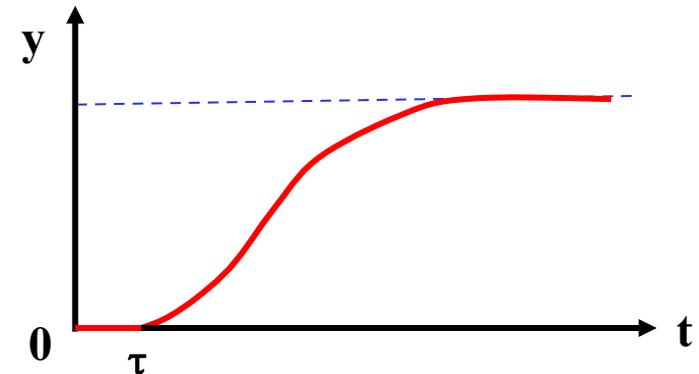
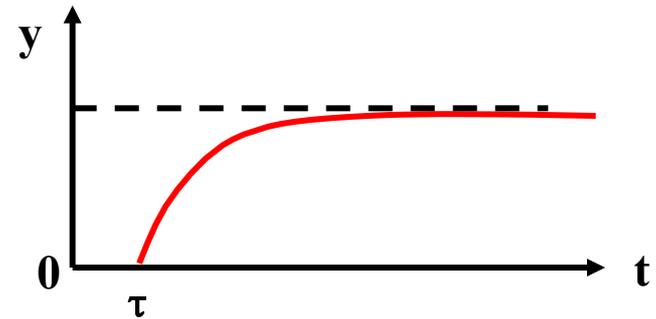
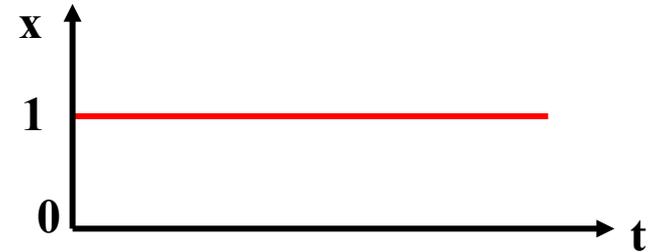


由阶跃响应曲线确定被控过程传递函数

大多数工业对象的特性可以用具有纯滞后的一阶或二阶惯性环节来近似描述:

$$G(s) = \frac{Ke^{-\tau s}}{Ts + 1}$$

$$G(s) = \frac{Ke^{-zs}}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)}$$



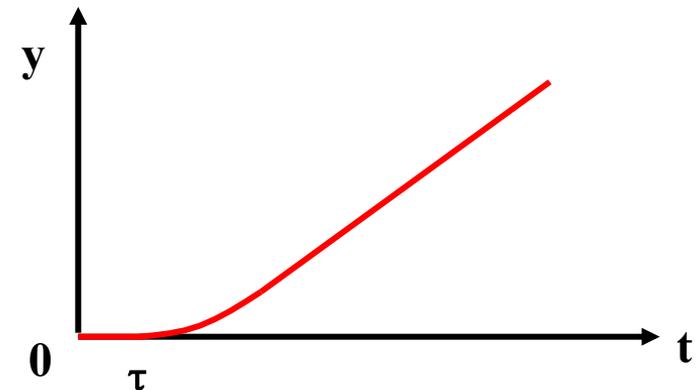
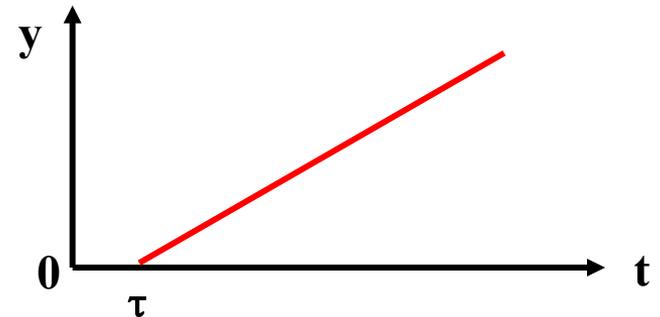
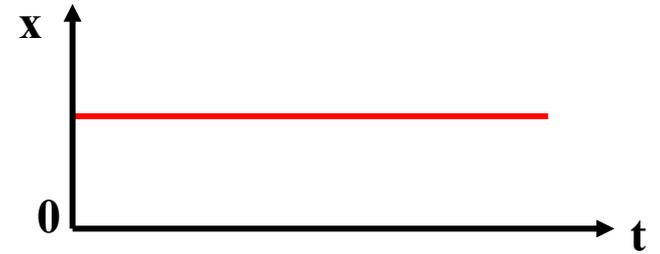


对于少数无自衡特性的对象，可用带滞后的积分特性近似描述：

$$G(s) = \frac{Ke^{-\tau s}}{Ts}$$

$$G(s) = \frac{Ke^{-\tau s}}{T_1 s (T_2 s + 1)}$$

由对象的阶跃响应曲线基本可以辨识对象的特性模型结构和特性参数。





第6章 简单控制系统的设计与参数整定

基本概念

1.简单控制系统的结构与组成

指由一个测量变送器、一个控制器、一个控制阀和一个对象所构成的单闭环控制系统

2.生产过程对过程控制系统的要求可简要归纳为安全性、稳定性和经济性三个方面。

不要与性能指标的稳、准、快混淆。

3.被控参数与控制变量的选择 见书上



特别强调：

- 控制通道时间常数 T_0 的大小反映了控制作用的强弱，反映了控制器的校正作用克服扰动对被控参数影响的快慢。
- 若 T_0 太大，控制作用太弱，被控参数变化缓慢，控制不及时，系统过渡时间长，控制质量下降。
- 若 T_0 太小，易引起系统振荡，使系统稳定性下降。
- 所以， T_0 应适当小一点。



执行器的选择

- 概念
- 执行器组成：执行机构和调节机构，调节机构就是阀门
- 根据执行机构所使用能源的不同，执行器可以分为气动、电动、液动三大类。
- 气动执行器接受 $0.2 \times 10^5 \sim 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 的标准气压信号



- 控制阀的流量特性：指介质流过控制阀阀门的相对流量与相对开度之间的关系。
- (1) 理想流量特性
 - ① 直线流量特性
 - ② 对数（等百分比）流量特性
 - ③ 抛物线流量特性
 - ④ 快开流量特性
- (2) 工作流量特性
- 实际应用中，理想流量特性会因控制阀前后压差遭受阻力损失而畸变成工作流量特性。



调节阀的选择

1. 调节阀工作区间的选择

正常工况下，调节阀的开度应在15%~85%区间。据此原则计算、确定控制阀的口径尺寸。

2. 调节阀的流量特性选择

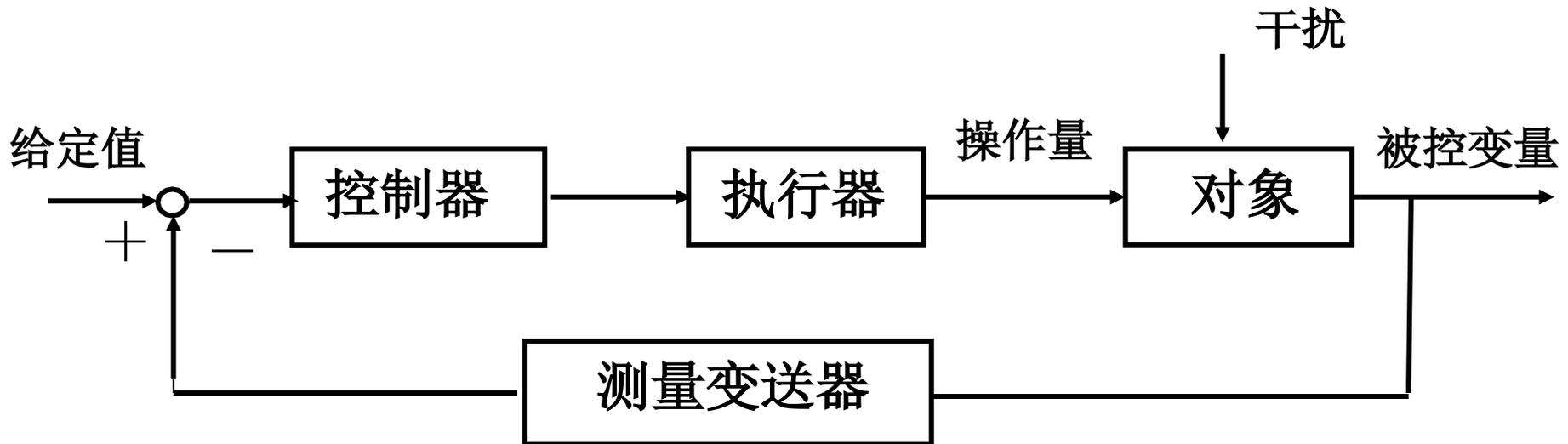
首先按照过程控制系统的要求，确定工作流量特性，再根据流量特性曲线的畸变程度以及工艺要求和工艺配管情况，确定理想流量特性。

3. ★调节阀的气开、气关作用方式选择（必须掌握）



★调节器正反作用的选择

为了保证负反馈，必须正确选择调节器的正反作用。





为了说明选择方法，先定义作用方向：

当某个环节的输入增加时，其输出也增加，称该环节为“正作用”；反之，称为“反作用”。

按此定义：

- 变送器都是正作用
- 气开阀是正作用，气关阀是反作用
- 被控对象有的正作用，有的反作用
- 控制器作用方向以测量输入与输出的关系定义：

正作用：测量值 - 给定值

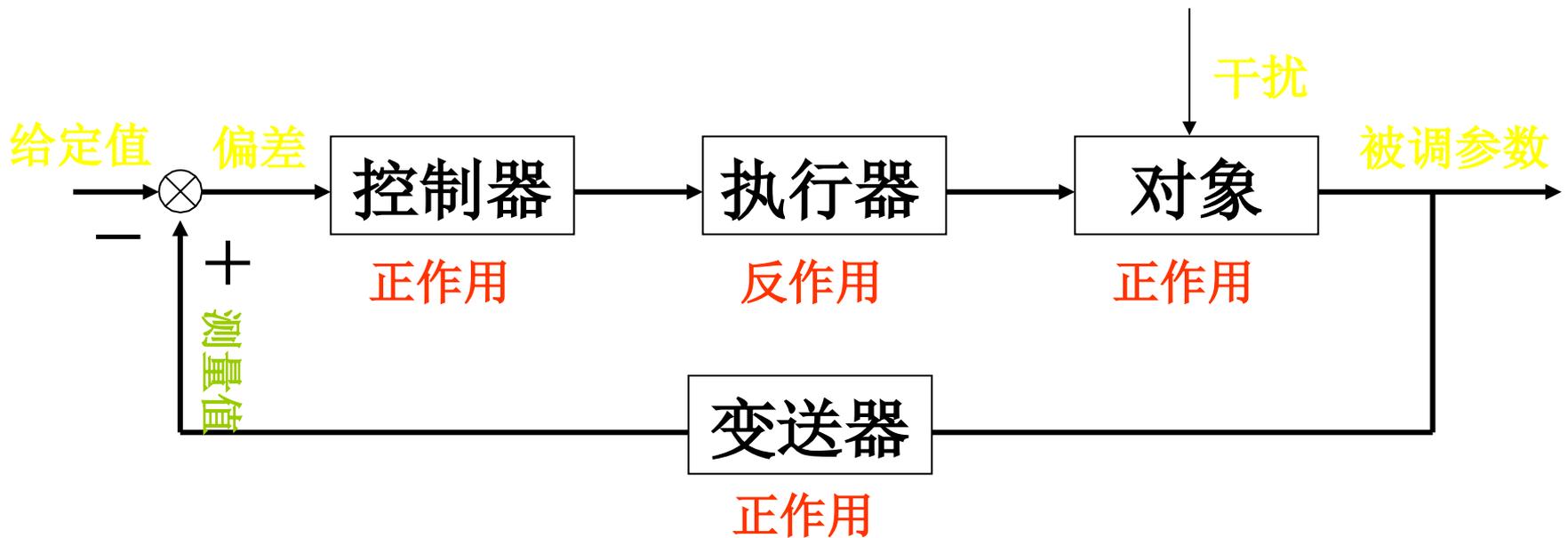
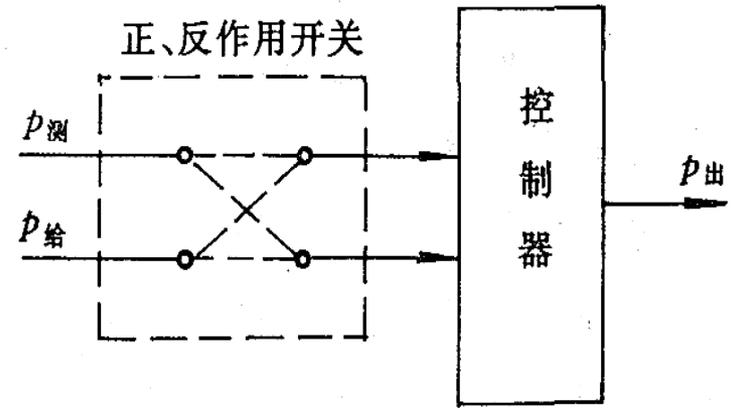
反作用：给定值 - 测量值



调节器正反作用的确定原则：

保证系统构成负反馈

简单的判定方法：闭合回路中有奇数个反作用环节。





调节规律

调节器的调节规律，即它的输出量与输入量（偏差值）之间的函数关系。

调节器的作用是根据偏差，按规定的调节规律产生输出信号，推动执行机构，对生产过程进行调节。

比例、积分、微分三种调节规律



将比例、积分、微分三种调节规律结合在一起，只要三项作用的强度配合适当，既能快速调节，又能消除余差，可得到满意的控制效果。在PID调节中，比例作用是基础；微分作用可以加快系统控制速度，减小超调；积分作用可以消除静差。

$$u(t) = \frac{1}{P} \left(e + \frac{1}{T_I} \int_0^t e dt + T_D \frac{de}{dt} \right)$$

$$G(s) = \frac{1}{P} \left(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s \right)$$



过程控制系统与仪表 第1章

调节规律	优点	缺点	应用
P	灵敏、简单，只有一个整定参数；	存在静差	负荷变化不显著，工艺指标要求不高的对象。
PI	能消除静差，又控制灵敏	对于滞后较大的对象，比例积分调节太慢，效果不好。	应用于调节通道容量滞后较小、负荷变化不大、精度要求高的调节系统。例如，流量调节系统。
PD	增进调节系统的稳定度，可调小比例度，而加快调节过程，减小动态偏差和静差	系统对高频干扰特别敏感，系统输出易夹杂高频干扰。	应用于调节通道容量滞后较大，但调节精度要求不高的对象。
PID	综合了各类调节作用的优点，所以有更高的调节质量。	对于滞后很大，负荷变化很大的对象，PID调节也无法满足要求，应设计复杂调节系统	应用于调节通道容量滞后较大、负荷变化较大、精度要求高的对象。



调节器参数的工程整定方法

(1) 稳定边界法（临界比例度法）

闭环整定方法，根据纯比例控制系统临界振荡试验所得数据（临界比例度 P_m 和振荡周期 T_m ），按经验公式求出调节器的整定参数。

(2) 衰减曲线法

闭环整定方法，但不需要寻找等幅振荡状态，只需寻找最佳衰减振荡状态即可。

(3) 响应曲线法（开环整定方法）

(4) 经验法

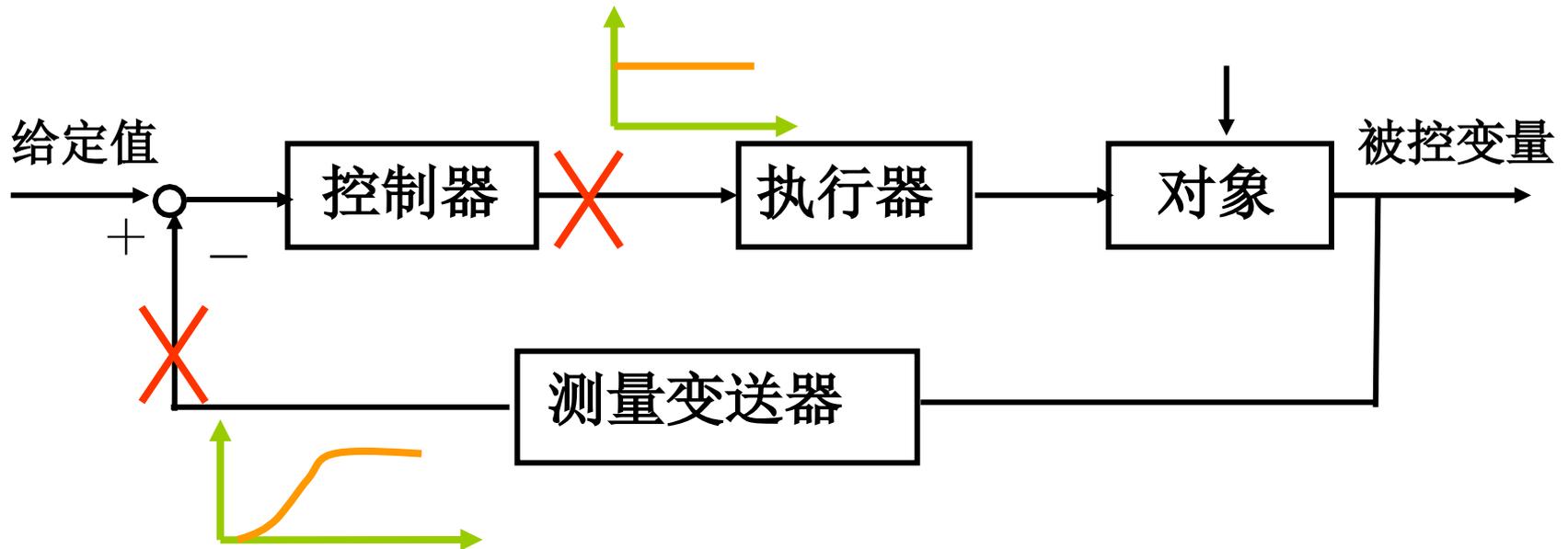
凭经验凑试。其关键是“看曲线，调参数”。



重点：响应曲线法

属于开环整定方法。以被控对象控制通道的阶跃响应为依据，通过经验公式求取调节器的最佳参数整定值。

方法：不加控制作用，作控制通道特性曲线。





根据实验所得响应曲线，找出广义对象的特性参数 K_0 、 T_0 、 τ_0 ，用表6-4的经验公式求整定参数。

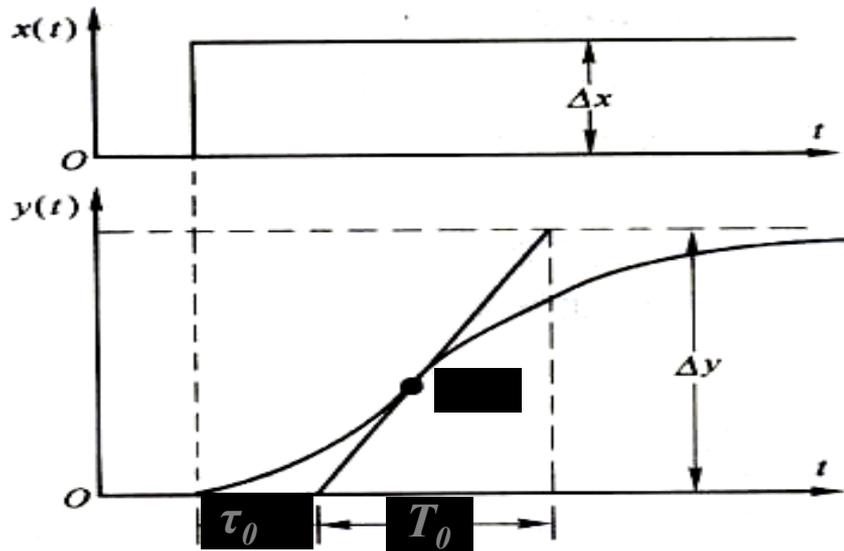


表6.4 响应曲线法整定参数的公式

整定参数 调节规律	P (%)	T_i	T_d
P	$\frac{\tau_0}{T_0 P_0}$	—	—
PI	$1.1 \frac{\tau_0}{T_0 P_0}$	$3.3\tau_0$	—
PID	$0.85 \frac{\tau_0}{T_0 P_0}$	$2\tau_0$	$0.5\tau_0$

此方法在不加控制作用的状态下进行，对于不允许工艺失控的生产过程，不能使用。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/386014154030011002>