

第一章
控制系统导论



1-1、自动控制的基本原理

1、自动控制技术及其应用

所谓自动控制，是指**没有人直接参与**的情况下，利用外加的设备或装置（称控制装置或控制器），使机器、设备或生产过程（统称被控对象）的某个工作状态或参数（即被控量）自动地按照预定的规律运行。

近几十年来，自动控制技术正在迅猛的发展，在工农业生产、交通运输、国防建设和航空航天等领域中获得广泛应用。



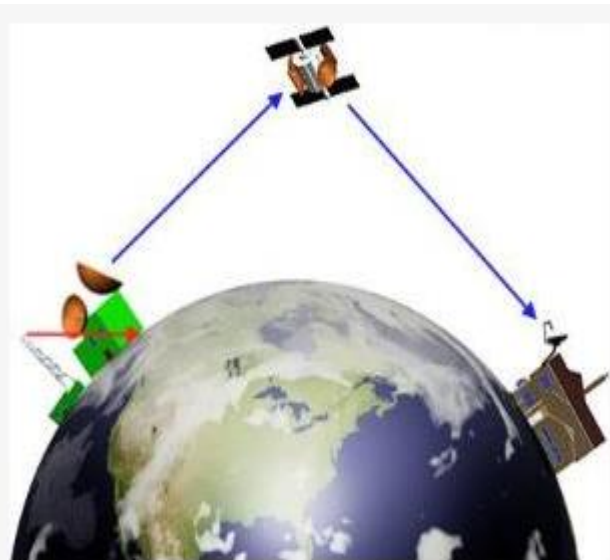
人造地球卫星

控制其准确地进入预定轨道运行并回收

哈勃望远镜 - 特殊的卫星



通信卫星



广播卫星



无人驾驶飞机



按预定轨迹自动升降和飞行

制导导弹



长上了“眼睛”和“大脑”，可以跟踪并击中目标。



自动控制技术应用于其他领域，如家电领域

■ **电扇：控制转速**



■ **洗衣机：控制水位、时间等**



■ **电冰箱、空调、电饭煲：控制温度**





门窗自动加工生产线（框架的切割、钻孔、组合、放置等均由机器完成）

.....

总之，控制技术已无处不在。

只要是能够替代人来完成某种事情的系统或设备，均有自动控制技术的存在。尽管自动控制系统各式各样，结构和用途各不相同，但将它们抽象之后的基本原理都是一样的。

2、自动控制理论

- 自动控制理论正是在解决这些实际技术问题的过程中逐步形成和发展起来的，是研究自动控制共同规律的技术科学。
- 按其发展的不同阶段，可把自动控制理论分为经典控制理论（自动控制原理）和现代控制理论两大部分。



■ 经典控制理论

—以传递函数为基础，主要研究单输入-单输出、线性定常系统的分析和设计问题。

■ 现代控制理论

—采用以状态为基础的状态空间法，主要研究具有高性能、高精度的多变量变参数系统的最优控制问题。

■ 目前，自动控制理论还在继续发展，正向以控制论、信息论、仿生学为基础的智能控制理论方向深入。



首先，明确几个概念。

■ 1.自动控制系统

— 将被控对象和控制装置按照一定的方式连接起来，组成一个有机整体，以实现某种控制任务的系统。

■ 2.被控对象

— 需要加以控制的机器、设备或生产过程等

■ 3.被控量/输出量

— 被控对象中需要严格加以控制的物理量。

■ 4.控制装置

— 对被控对象施加控制作用的机构的总体。

■ 5.给定量

— 是作用于自动控制系统的输入端并作为控制依据的物理量。又称输入信号、参考输入、指令输入。



■ 6. 反馈控制系统

— 将被控对象和控制装置按照反馈控制原理组成的控制系统。

■ 7. 反馈控制原理

— 在反馈控制系统中，控制装置对被控对象施加的控制作用，是取自被控量的反馈信息，用来不断修正被控量和输入量之间的偏差，从而实现对被控对象进行控制的任务。

■ 8. 反馈

— 通常，我们把取出输出量送回到输入端，并与输入信号相比较产生偏差信号的过程称为反馈。

■ 9. 负反馈/正反馈

— 若反馈的信号是与输入信号相减，使产生的偏差越来越小，则称之为负反馈。反之，为正反馈。



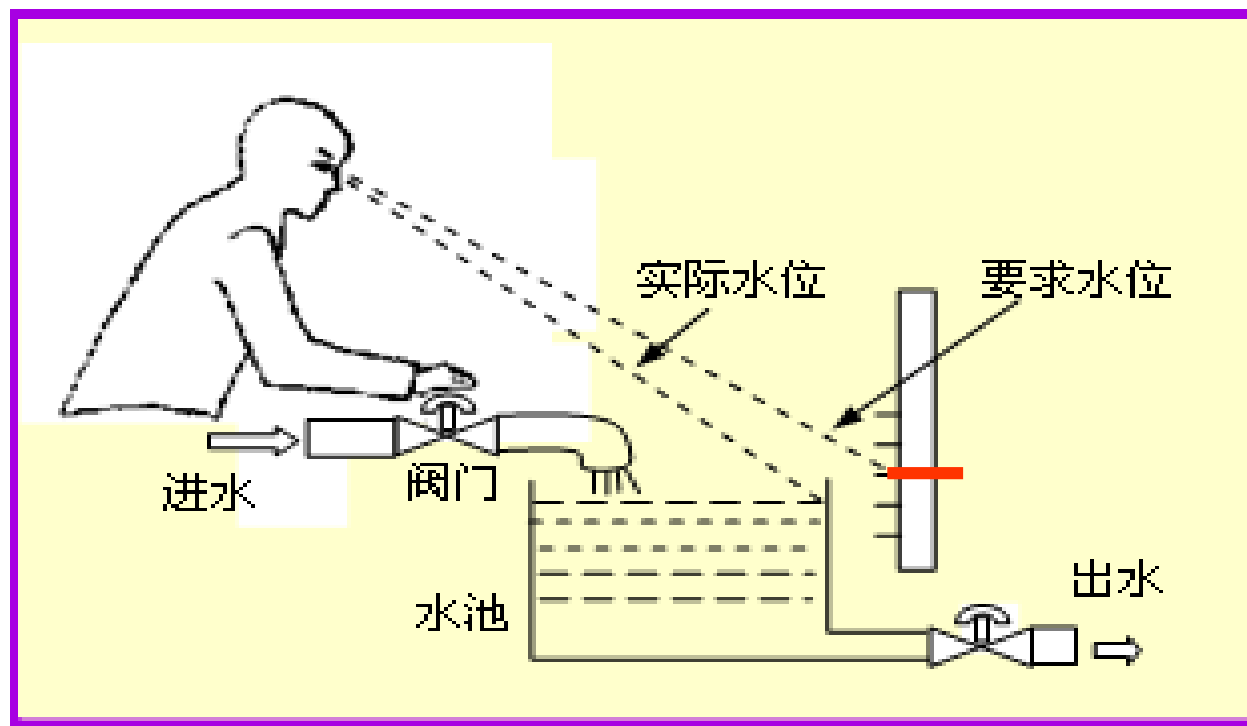
补充实例：人工控制与自动控制

控制系统可以由人工控制，也可以采用自动控制。

a、人工控制：

人工控制水位保持恒定的供水系统。

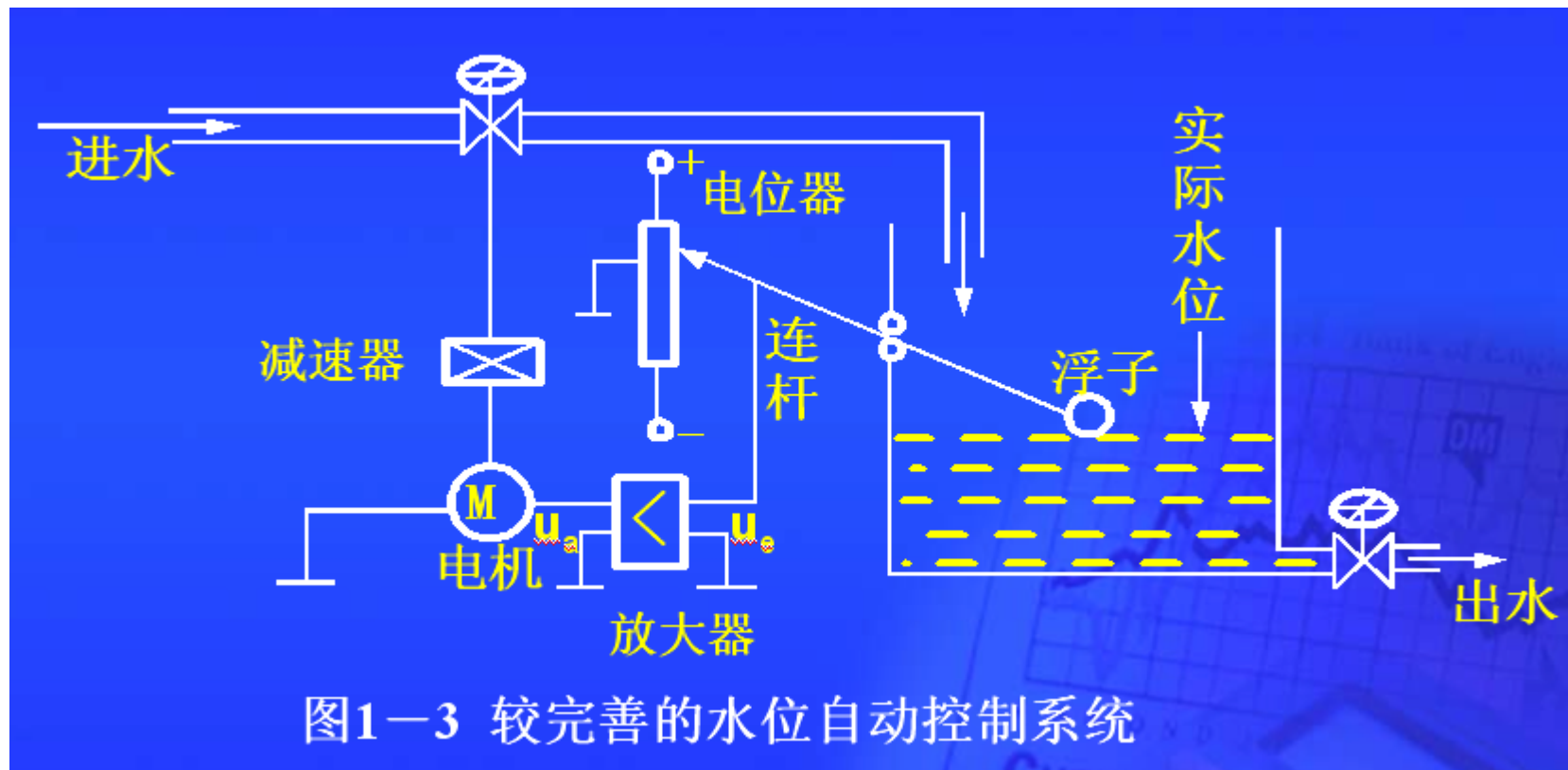
要求：在出水量随意的条件下，保持水位高度不变。



- 要求：在出水量随意的条件下，保持水位高度不变。
- 人工控制过程：
 - 眼：测量实际液位 H 。 ——测量过程。
 - 脑：将实际液位 H 和期望液位相比较，根据两者偏差的正负及大小作出决策。
——比较、分析、决策过程。
 - 手：执行大脑命令，调节阀门开度。
——执行过程。
- 上述过程就是重复地进行测量、求偏差、实施控制以减少或消除偏差的过程。

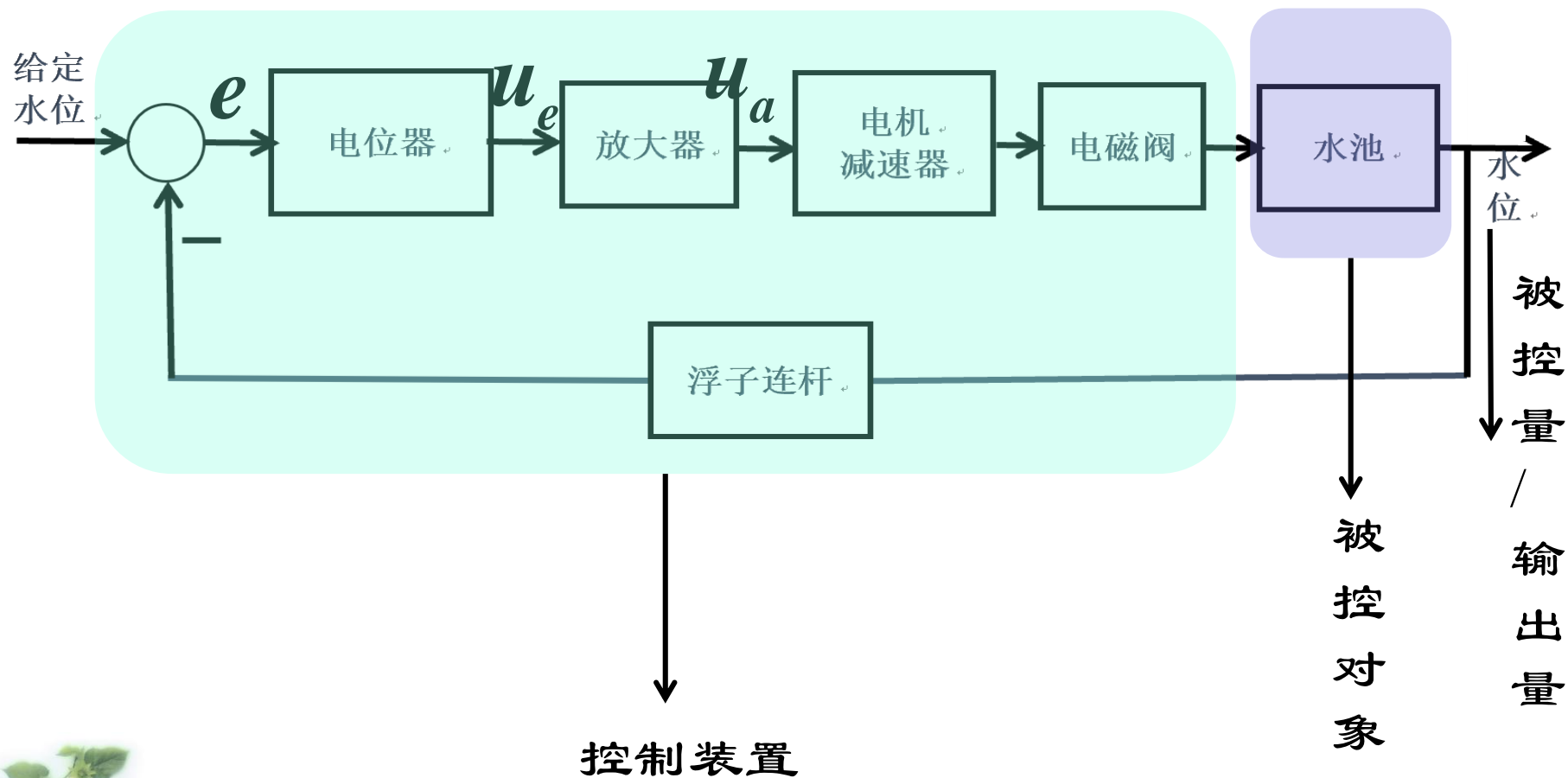


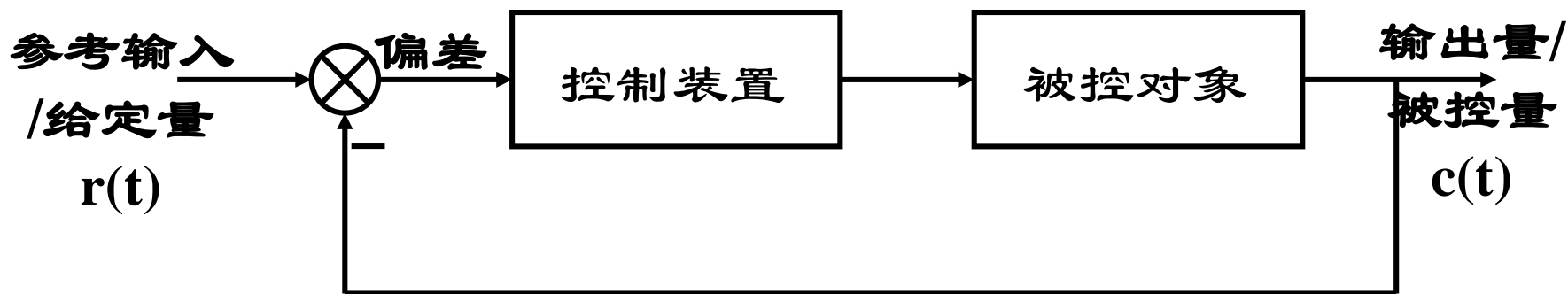
水位自动控制



特点：无论出水量如何变化，最终的控制结果总能使系统回归设定的期望水位。

自动控制原理





反馈控制结构示意图

■小结

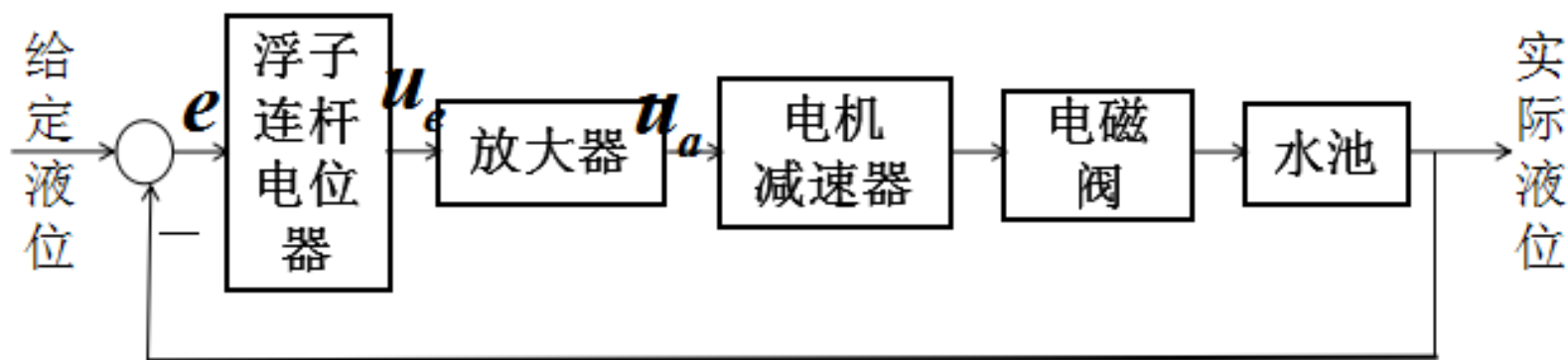
- 1.控制装置由测量元件/比较元件和执行元件构成。
- 2.反馈控制（偏差控制、闭环控制）原理（见P2/P4上部）：

- (1) 具有负反馈通道，目的是求得偏差。
- (2) 由偏差产生控制作用。
- (3) 控制的目的是力图减小或消除偏差，使被控量等于或尽量接近给定量。



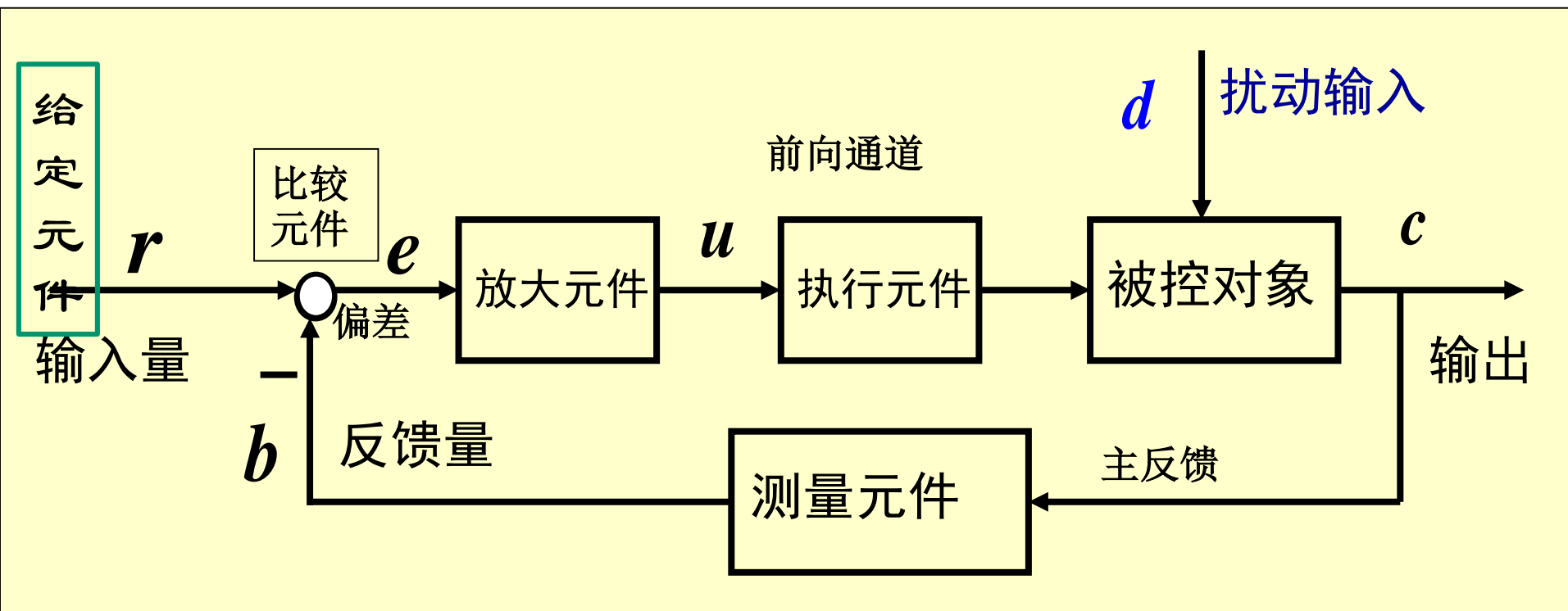
方块图（见P4中部）

- 方块：被控对象和控制装置的各元部件。
- 信号线：表示信号及信号流向。
- 比较点：其输出是各输入的代数数和。

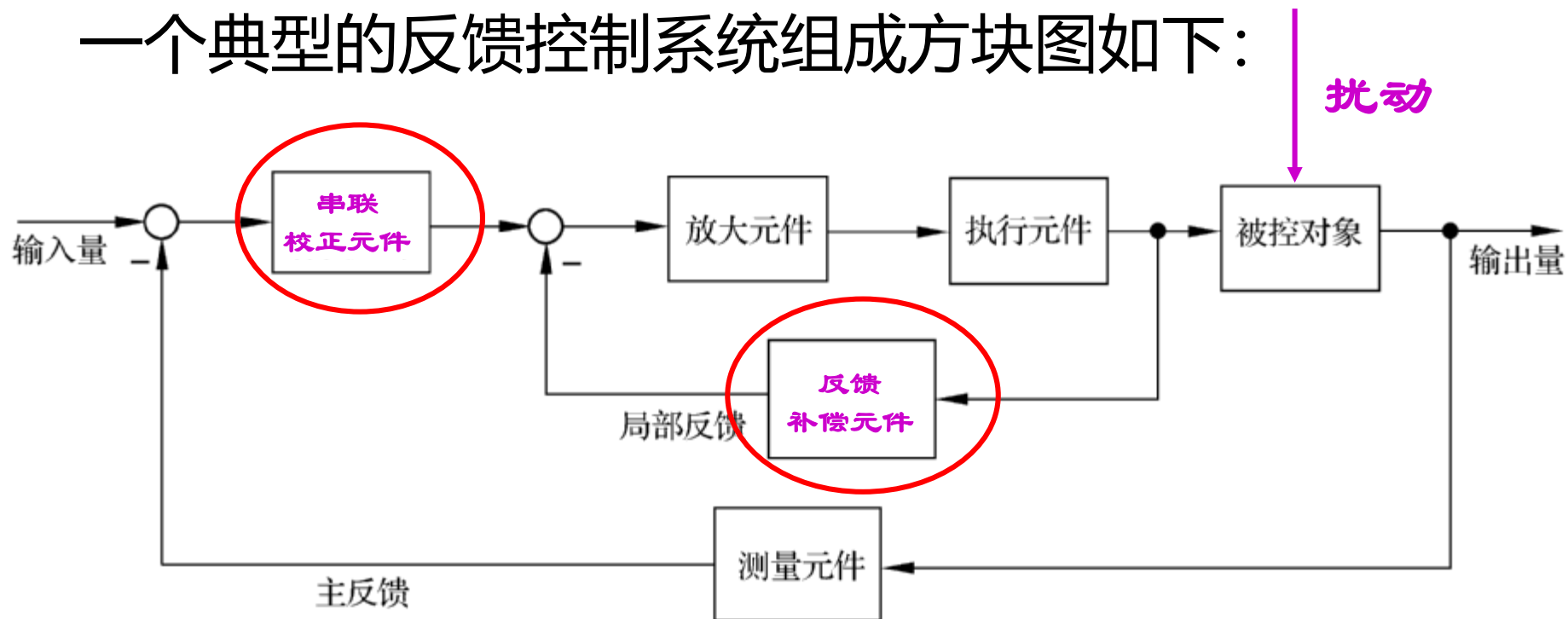


4、反馈控制系统的基本组成

一个基本的反馈控制系统职能方块图如下：



一个典型的反馈控制系统组成方块图如下：



基本概念：P5中上部

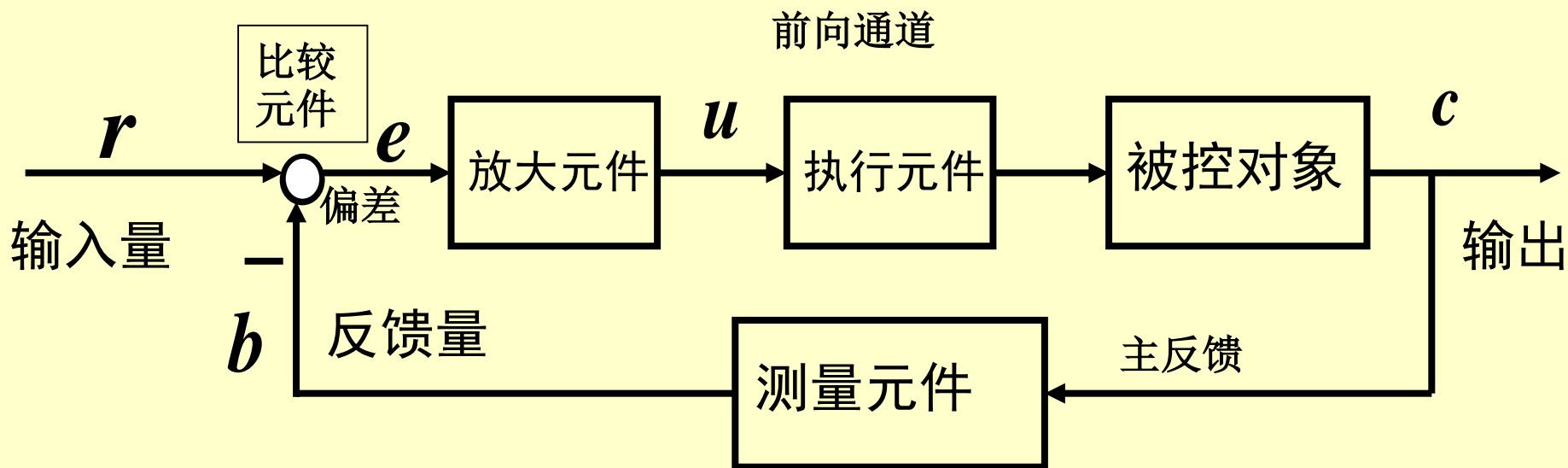
前向通路，主反馈通路，主回路，局部反馈通路，内回路，

单回路系统，多回路系统。有用输入，扰动输入。



5、自动控制系统基本控制方式

- (1)、反馈控制方式——最基本、最广泛的控制方式
按偏差进行控制，具有较高的抗干扰（内/外扰动）能力和控制精度。



(2)、开环控制方式

指控制装置与被控对象之间只有顺向作用而没有反向联系的控制过程。其特点是输出量不会对系统的控制作用产生影响。分为按给定量控制和按扰动量控制两种。

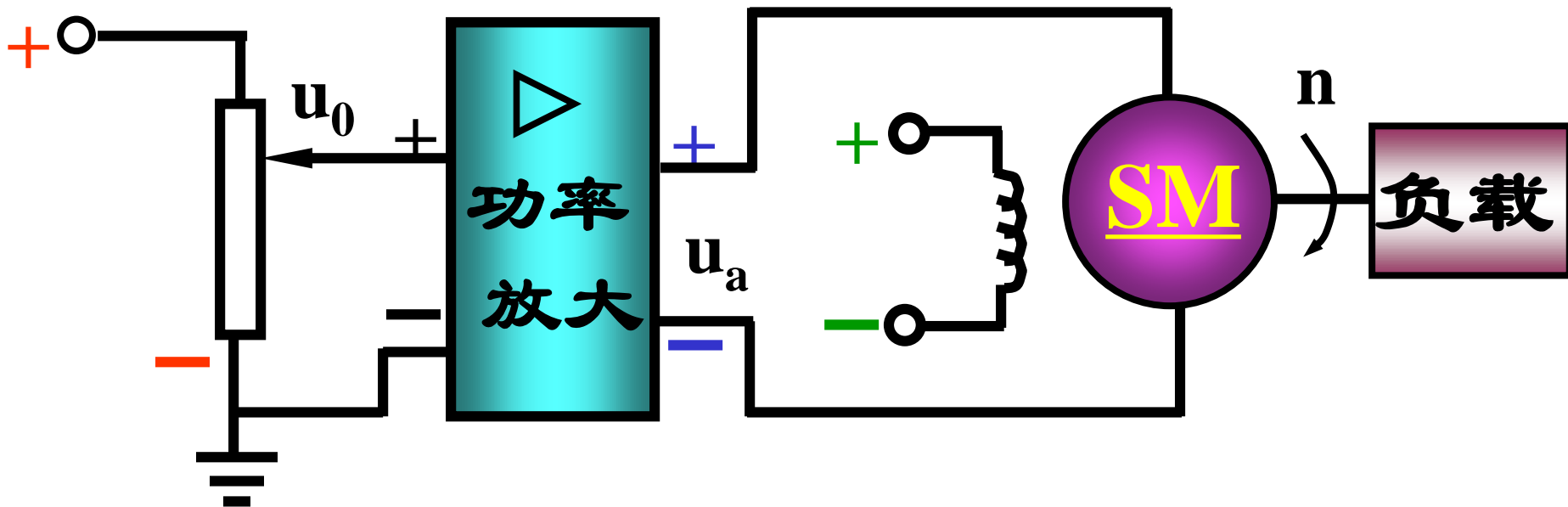
i) 按给定量控制

控制作用直接由输入量产生，控制精度取决于所用元件及校准的精度。



按给定量控制的开环控制方式

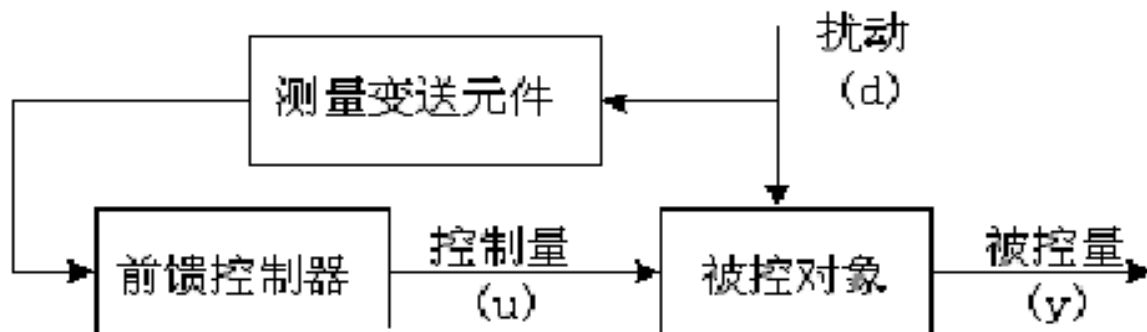




电动机速度开环控制系统(补充)

ii)按扰动量控制

利用可测量的扰动量产生一种补偿作用，以减小或消除扰动对输出量的影响。也称为顺馈控制。它只适用于扰动可测量的场合。

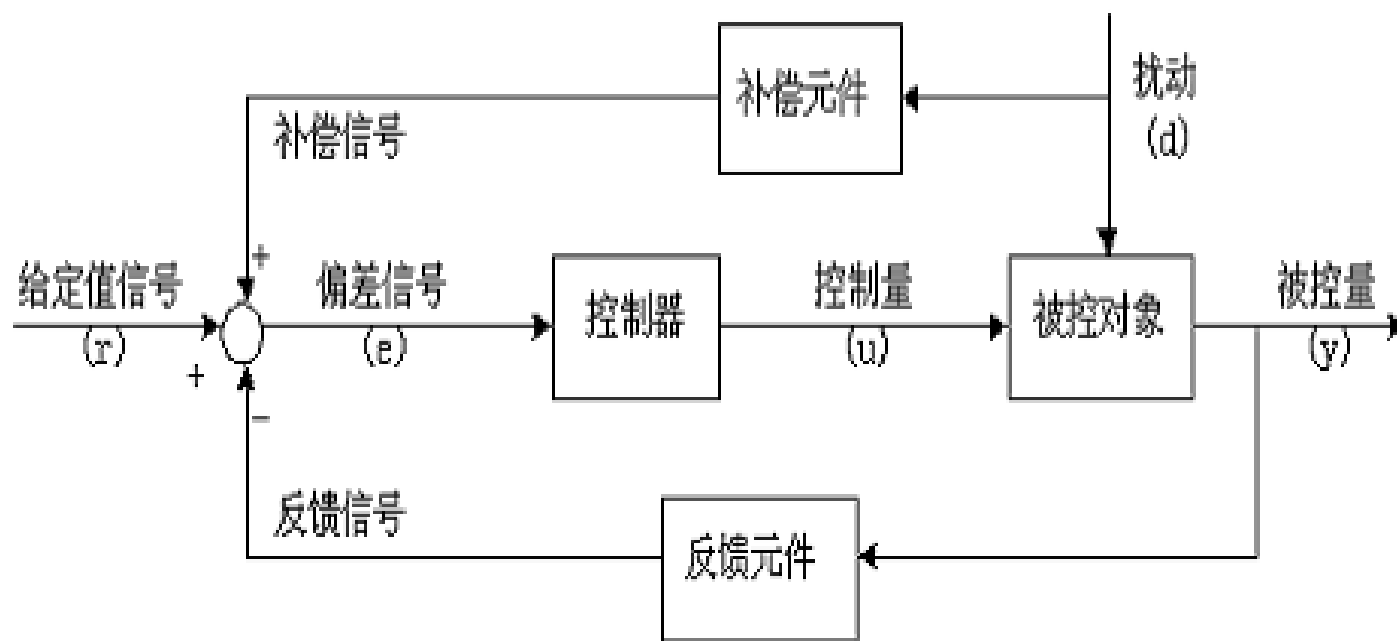


按扰动控制的开环控制方式



(3)、复合控制方式

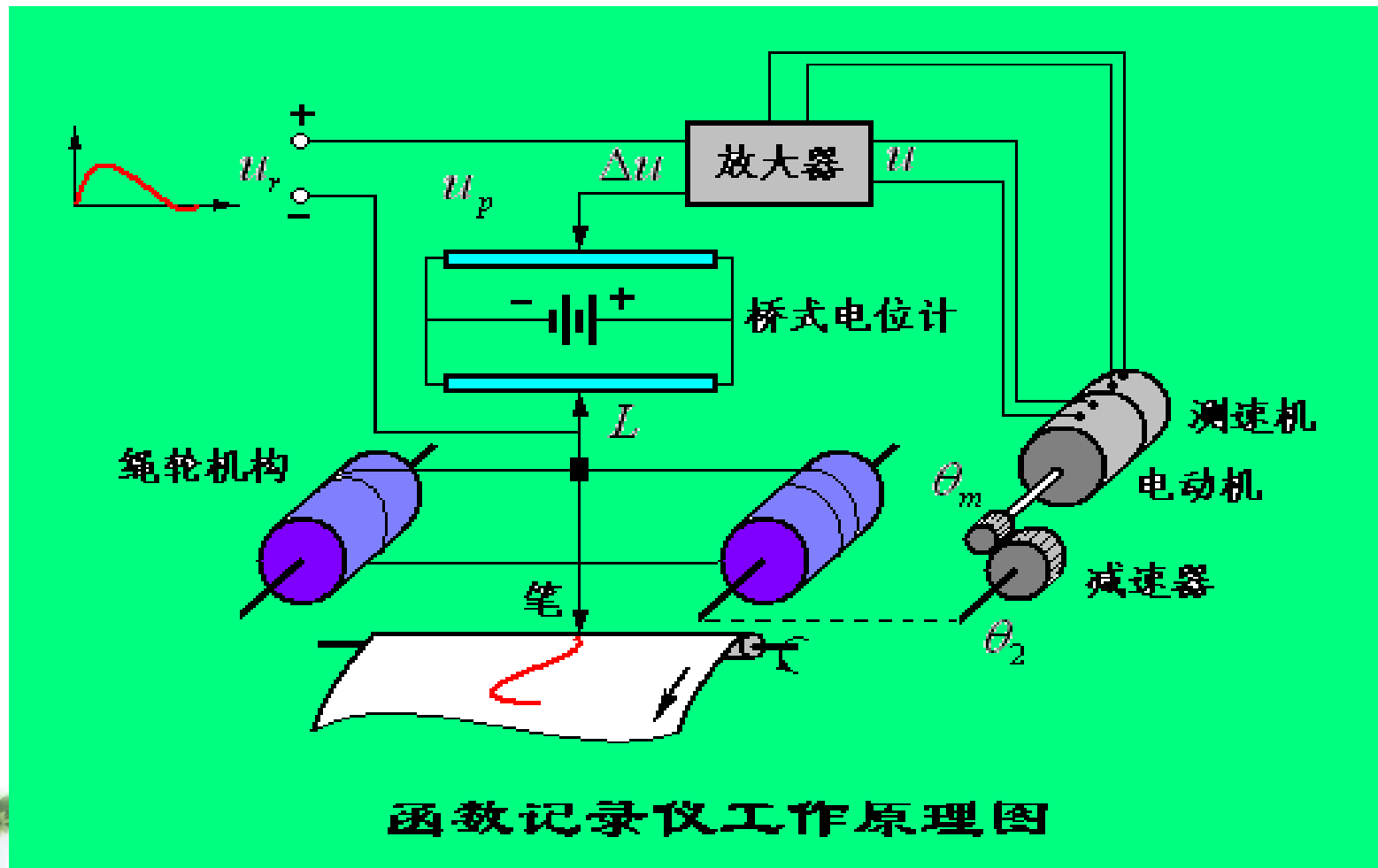
按偏差控制和按扰动控制相结合的控制方式称为复合控制方式。



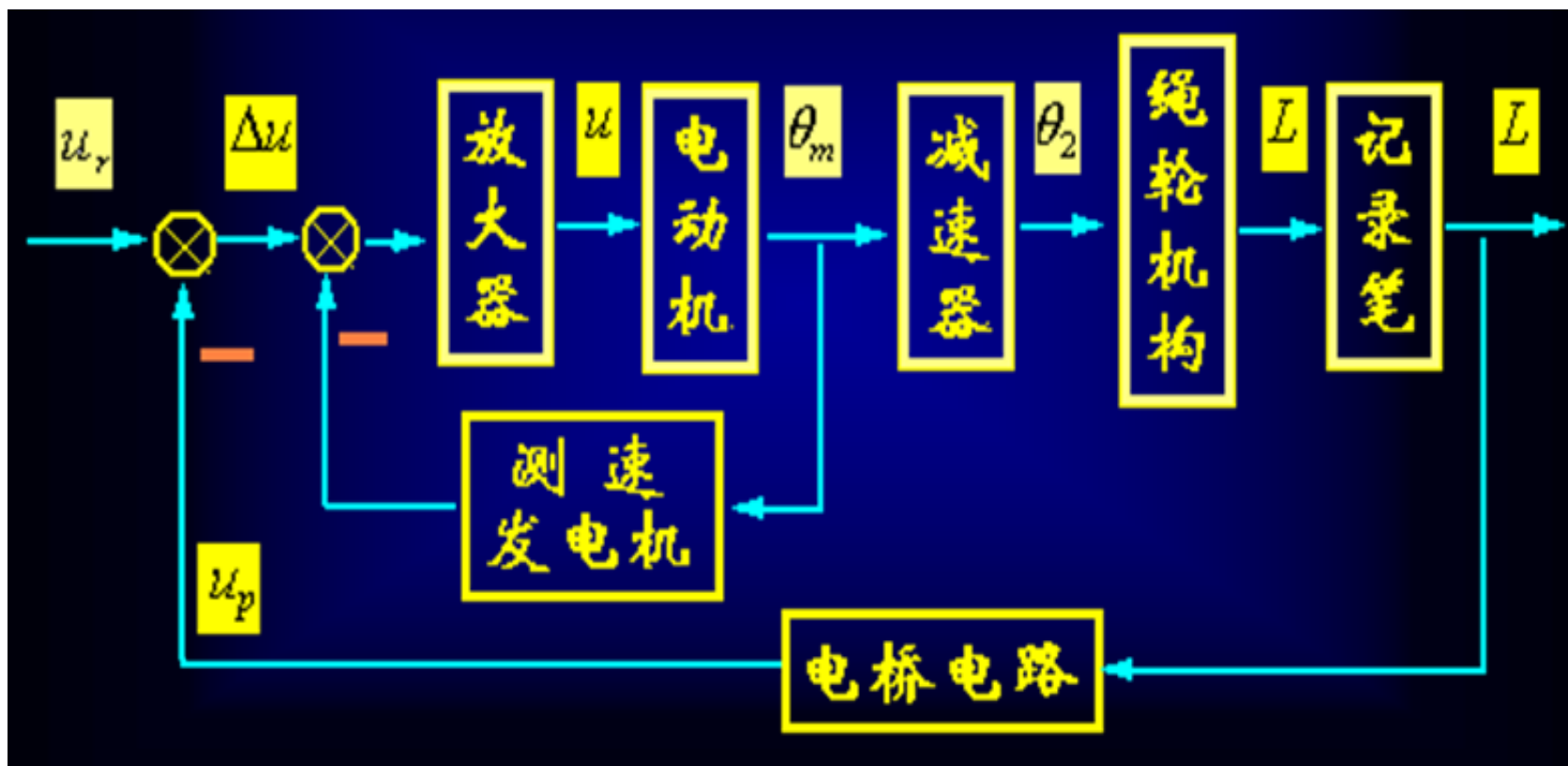
复合控制方式



1-2、自动控制系统示例

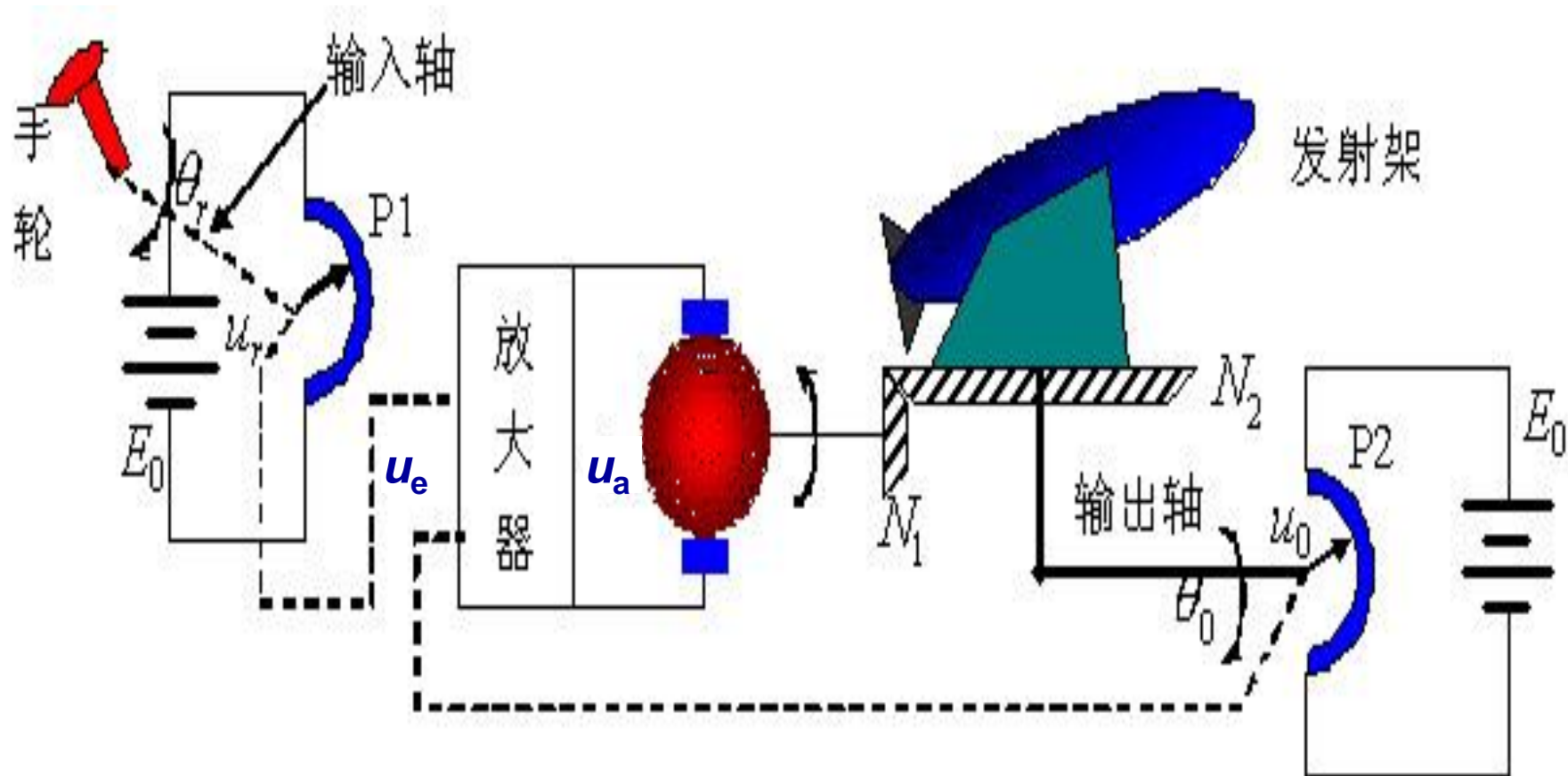


例一. 函数记录仪



例一. 函数记录仪方块图



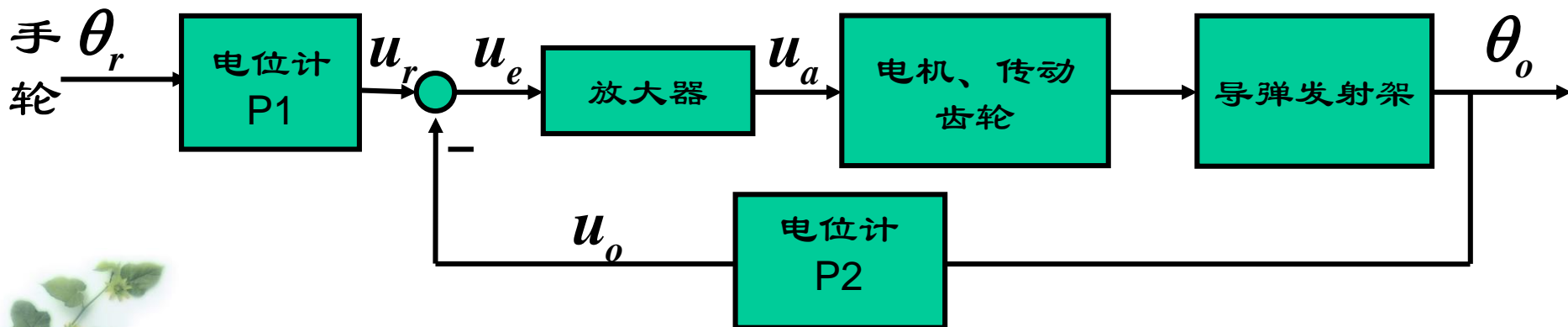


例二、导弹发射架方位控制系统



首先应明确：

1. 被控对象：导弹发射架
2. 被控量：角位移 θ_o 。
3. 执行元件：电动机和传动齿轮。
4. 测量元件：电位计P1、P2。
5. 比较和放大元件：放大器。



导弹发射架方位控制系统方块图

1-3 自动控制系统的分类

自动控制系统有多种分类方法，一般，为了全面反映自动控制系统的特点，常常将各种分类方法组合应用。

按控制方式分

- 开环控制
- 闭环控制
- 复合控制

按系统功能分

- 温度控制系统
- 压力控制系统
- 位置控制系统
- ● ●

按元件驱动类型分

- 机械系统
- 机电系统
- 液压系统
- 气动系统
- 电气系统
-



$$a_n \frac{d^n}{dt^n} c(t) + \dots + a_1 \frac{dc(t)}{dt} + a_0 c(t) = b_m \frac{d^m}{dt^m} r(t) + \dots + b_1 \frac{dr(t)}{dt} + b_0 r(t) \quad (m \leq n)$$

- ◆按是否满足叠加原理： 线性系统 / 非线性系统
- ◆按参数是否随时间变化： 定常系统 / 时变系统
- ◆按系统中信号的形式： 连续系统 / 离散系统
- ◆按输入输出量的多少： 单变量系统 / 多变量系统

为了全面反映控制系统的特特点，常常将上述各种分类方法组合应用：

线性 定常 连续 控制系统

按给定信号的形式： 恒值系统 / 随动系统 / 程控系统

线性 定常 离散 控制系统

.....



1-4 对自动控制系统的基本要求

1、基本要求的提法

可以归结为稳定性、快速性和准确性。

稳定性：

- 是对系统的基本要求，是保证控制系统正常工作的先决条件。稳定系统的初始偏差随时间的推移而减小。
- 线性系统的稳定性是由系统结构和参数决定的，与外界因素无关。



1-4 对自动控制系统的基本要求

控制系统其稳定与否可从其响应曲线判断：

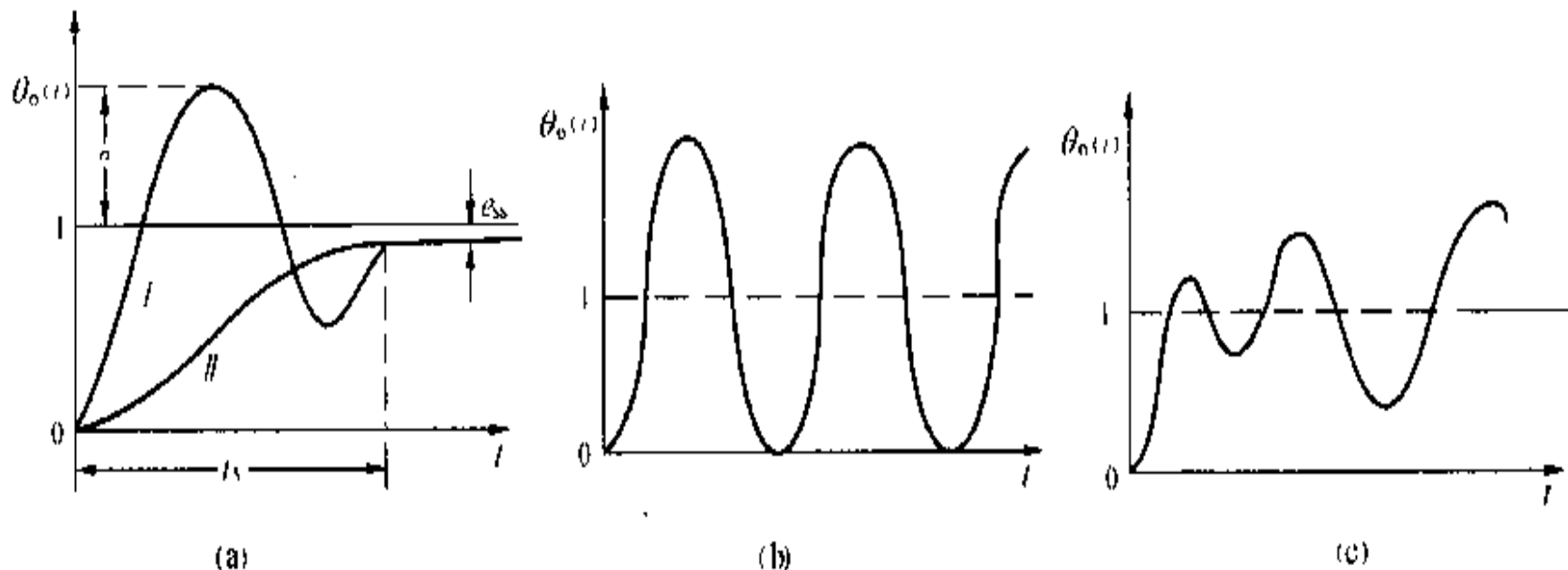
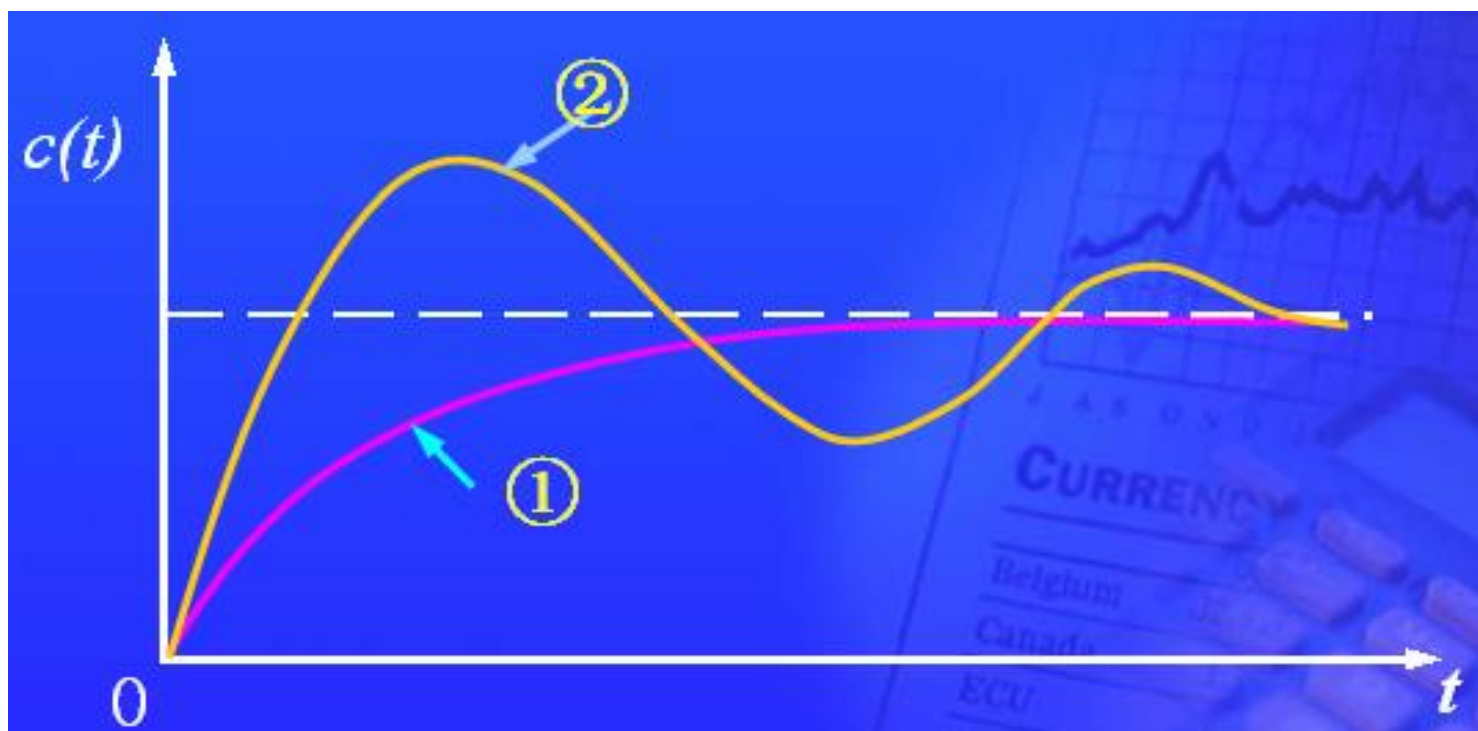


图 1-16 随动系统对阶跃输入的跟踪过程

(a) 衰减振荡过程；(b) 等幅振荡过程；(c) 发散过程



快速性：
对过渡过程的形式和快慢提出要求，一般称为动态性能。



准确性:

用稳态误差来表示。在参考输入作用下，当系统达到稳态后，参考输入所对应的期望输出与其稳态输出之差叫做稳态误差。

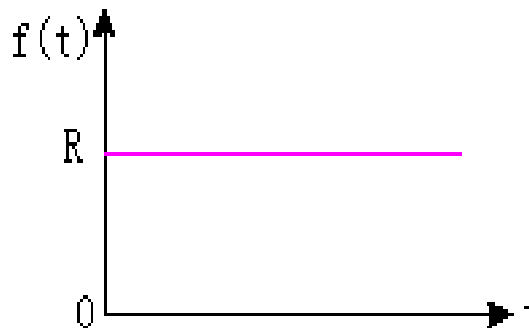


2、典型外作用

为了便于用统一的方法研究和比较控制系统的性能，通常选用几种确定性函数作为典型外作用。

(1)、阶跃函数

$$f(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ R & t \geq 0 \end{cases}$$



$$1(t)$$

$$R \cdot 1(t)$$

$$R \cdot 1(t - t_0)$$

单位
阶跃

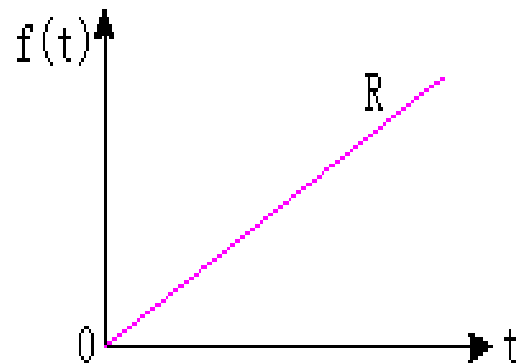
t_0 时刻出现的阶
跃函数



(2)、斜坡函数

$$f(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ Rt & t \geq 0 \end{cases}$$

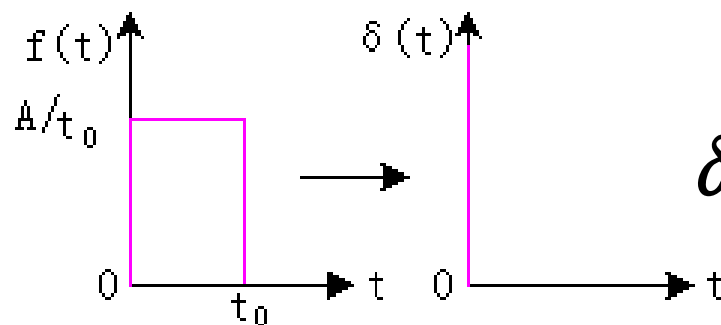
当雷达跟踪的目标以恒定速率飞行时，视为该系统工作于斜坡函数作用之下。



(3)、脉冲函数

$$f(t) = \lim_{t_0 \rightarrow 0} \frac{A}{t_0} [1(t) - 1(t - t_0)]$$

注意：脉冲函数仅用于分析研究，现实中并不存在。

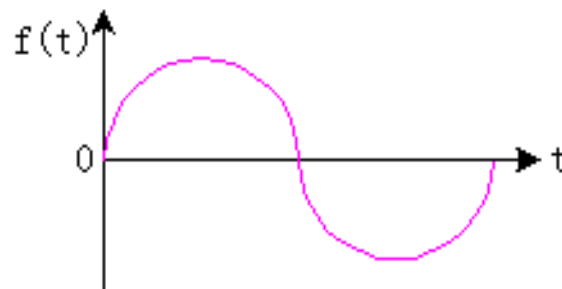


$\delta(t - t_0)$?

(4)、正弦函数

$$f(t) = A \sin(\omega t - \varphi)$$

更为重要的是系统在正弦函数作用下的响应，即频率响应是自动控制理论中研究系统性能的重要依据。



作业

- P18
- 1-2 (只画方框图)
- 1-5 (只画方框图)
- 1-7

