

第一章：控制的基本概念

生活中的控制无处不在，例如洗澡时水温控制、骑自行车



人工控制的缺陷：不精确、不稳定、不经济

自动控制：不依靠人类的直接参与，而使某些物理量按照指定的规律变化

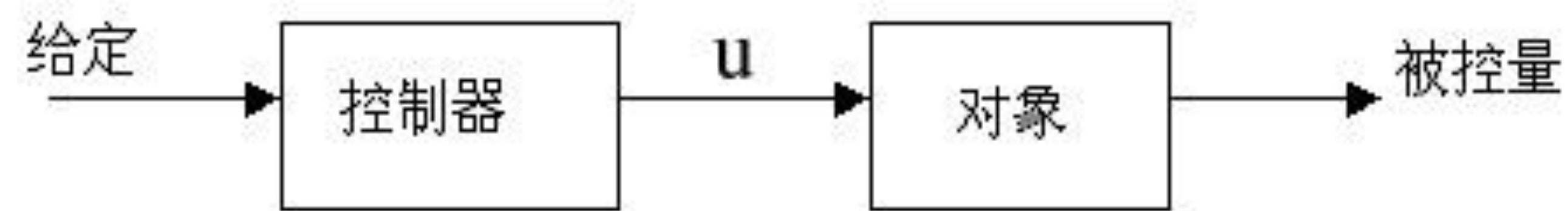


自动控制的出现提现了人类控制自然的主动性，大大提升了生产效率和精确度，是社会生活现代化的重要动力之一

控制的基本概念

1. 反馈控制原理

◆ 开环系统



• 例子

1) 电风扇

2) 电热管

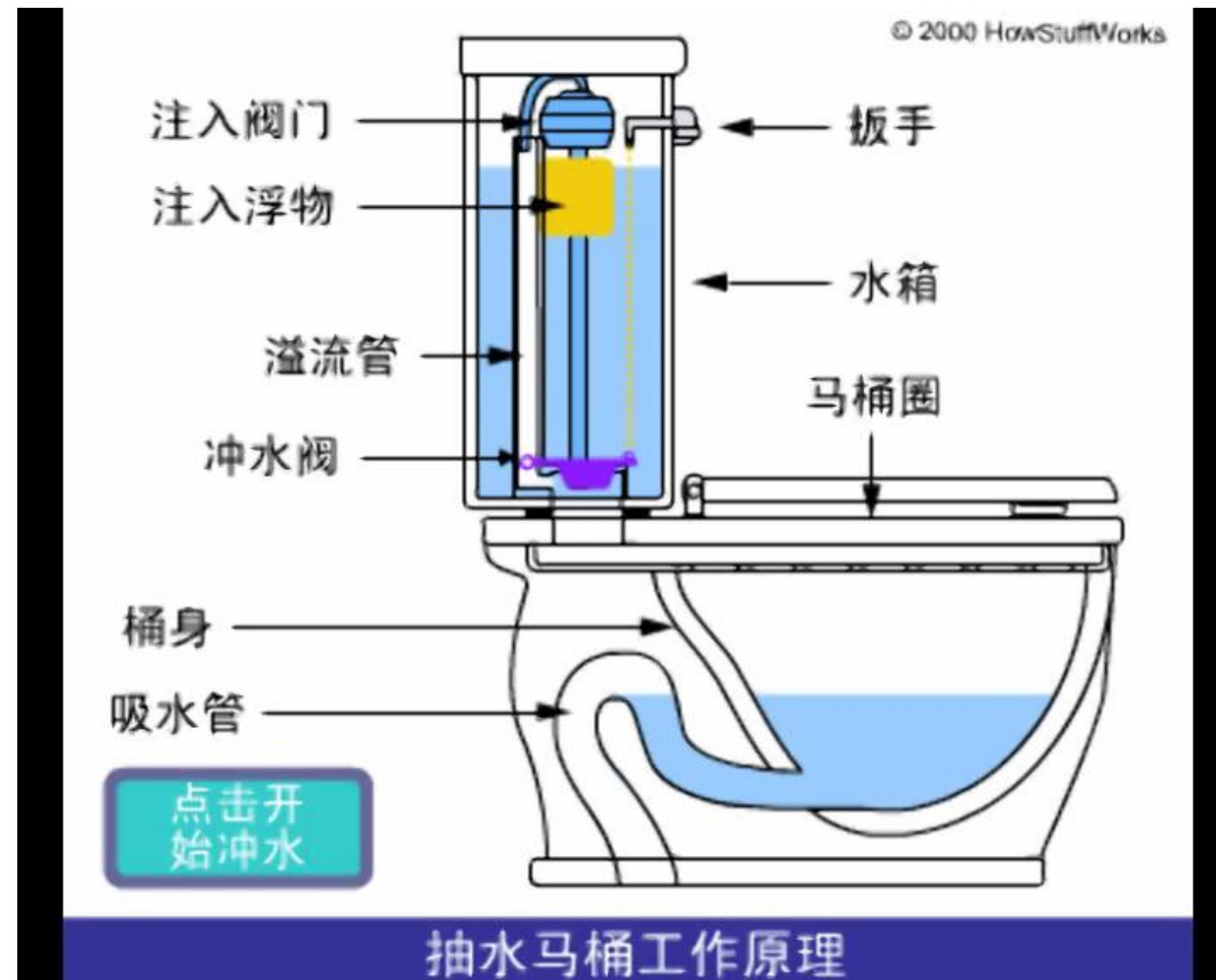


缺点：不精确、不迅速、不鲁棒

控制的基本概念

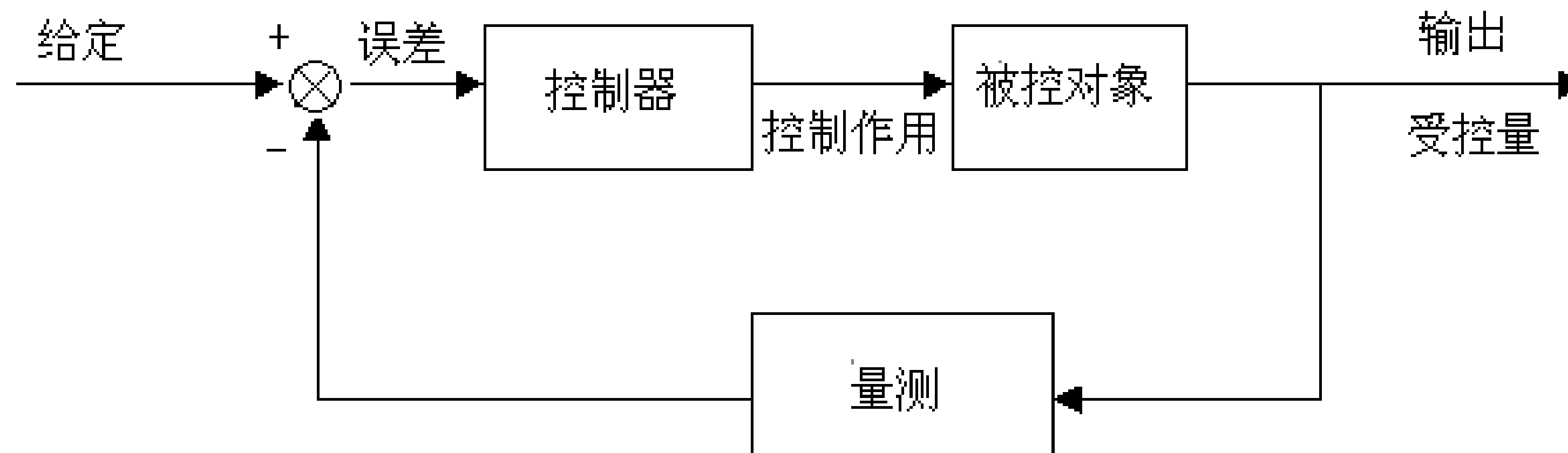
◆ 反馈闭环控制的例子：

- 抽水马桶
- 冰箱温度控制
- 空调温度控制
- 人的动作控制



控制的基本概念

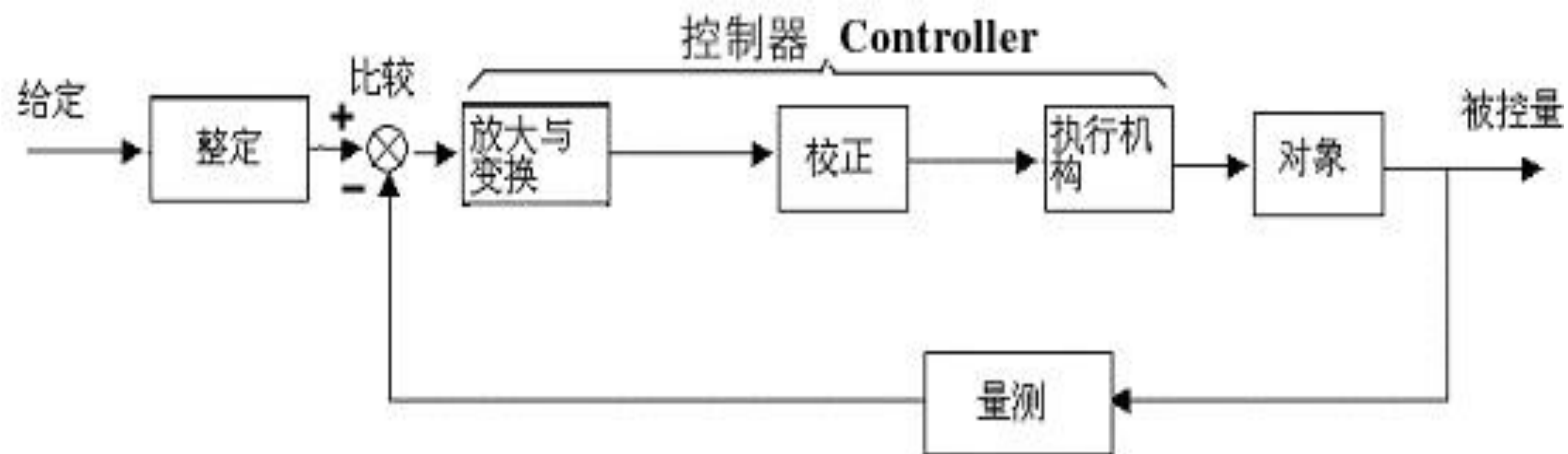
◆ 负反馈的概念



负反馈：将给定量与被控量进行比较（相减），得到偏差信号，利用偏差产生控制作用，作用于被控对象，以达到减小或消除偏差的目的。

控制的基本概念

2. 控制系统的基本组成



控制系统组成示意图

控制的基本概念

3. 控制系统的分类

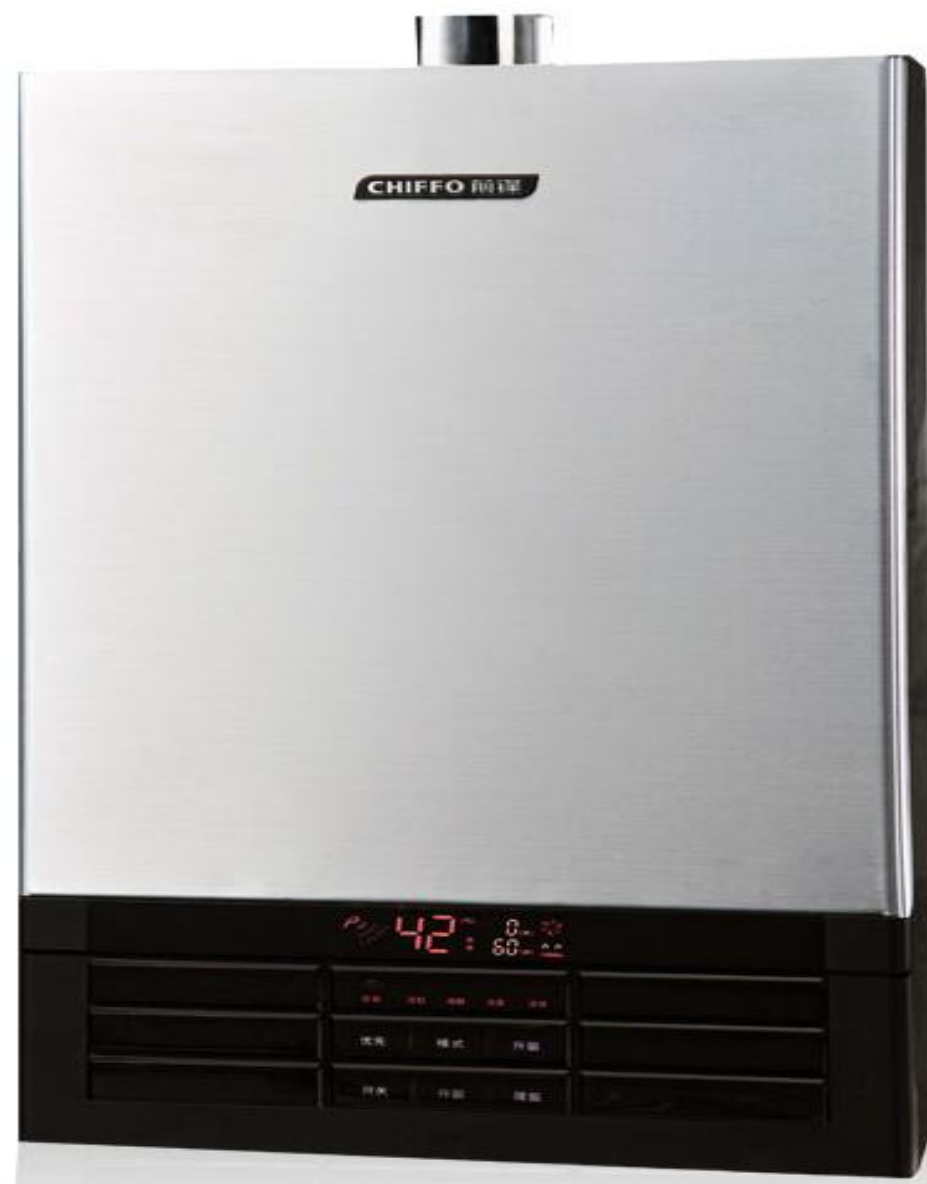
- 从系统实现目标上分：伺服系统，恒值系统
- 从输入输出变量的个数分：SISO，MIMO
- 从信号性质分：连续，离散，混合
- 从数学描述分：线性，非线性
- 从控制方式上分：按偏差控制，复合控制，先进控制策略

控制系统的分类

从系统实现目标上分：恒值系统, 伺服系统

恒值系统的控制输入是恒定值，要求被控量保持给定值不变，如电热水器。

伺服系统的控制输入是随时间变化的函数，系统的任务是使被控量能跟随输入的变化，并与输入信号的误差保持在规定范围内，如导弹控制。



控制系统的分类

从输入输出变量的个数分：SISO，MIMO

单输入单输出系统 (SISO) 通常称为单变量系统，这种系统只有一个输入(不包括扰动输入)和一个输出，如上面提到的恒温系统。

多输入多输出系统 (MIMO) 通常称为多变量系统， 有多个输入或多个输出，例如飞机控制系统。



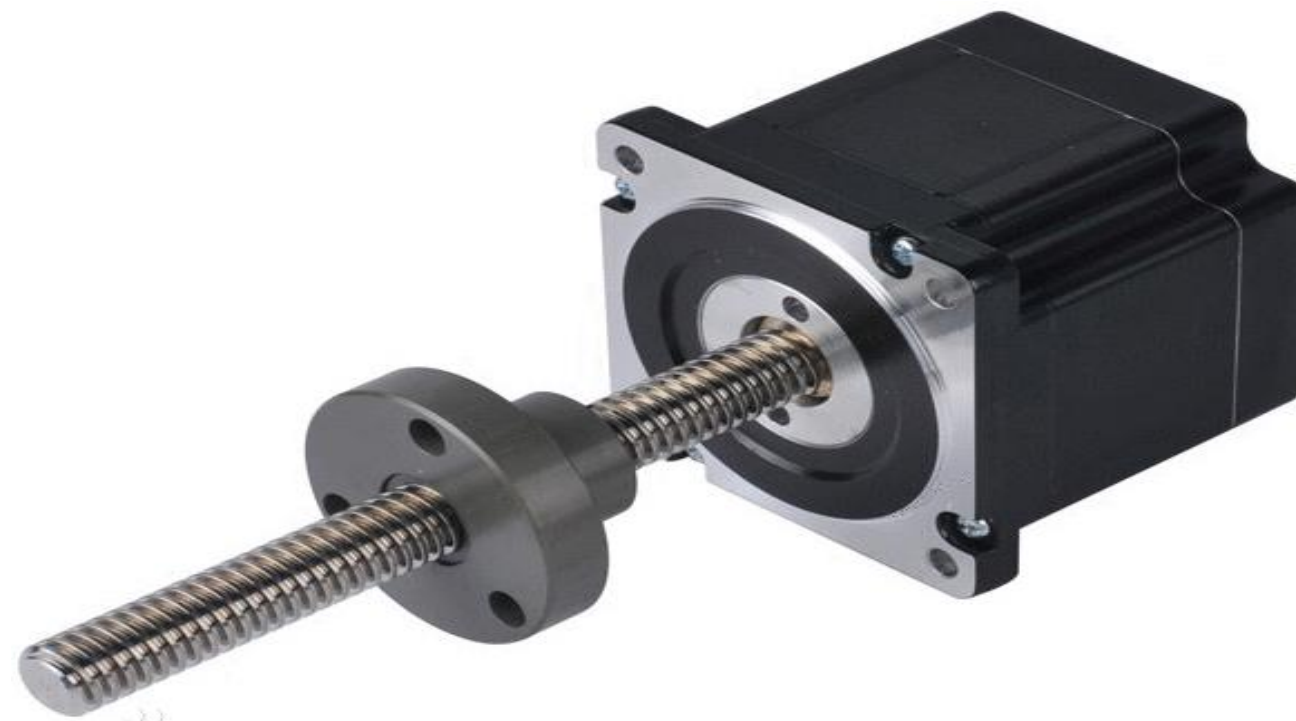
控制系统的分类

从信号性质分：连续，离散，混合

连续控制系统中各环节间的信号均是时间的连续函数，如流量控制阀。

离散控制系统中某处或几处的信号是脉冲序列或数字编码的形式，如步进电机，一般而言凡有计算机参与的自动控制系统均属离散控制系统。

混合控制系统中的既有连续信号又存在离散信号，如机器人。

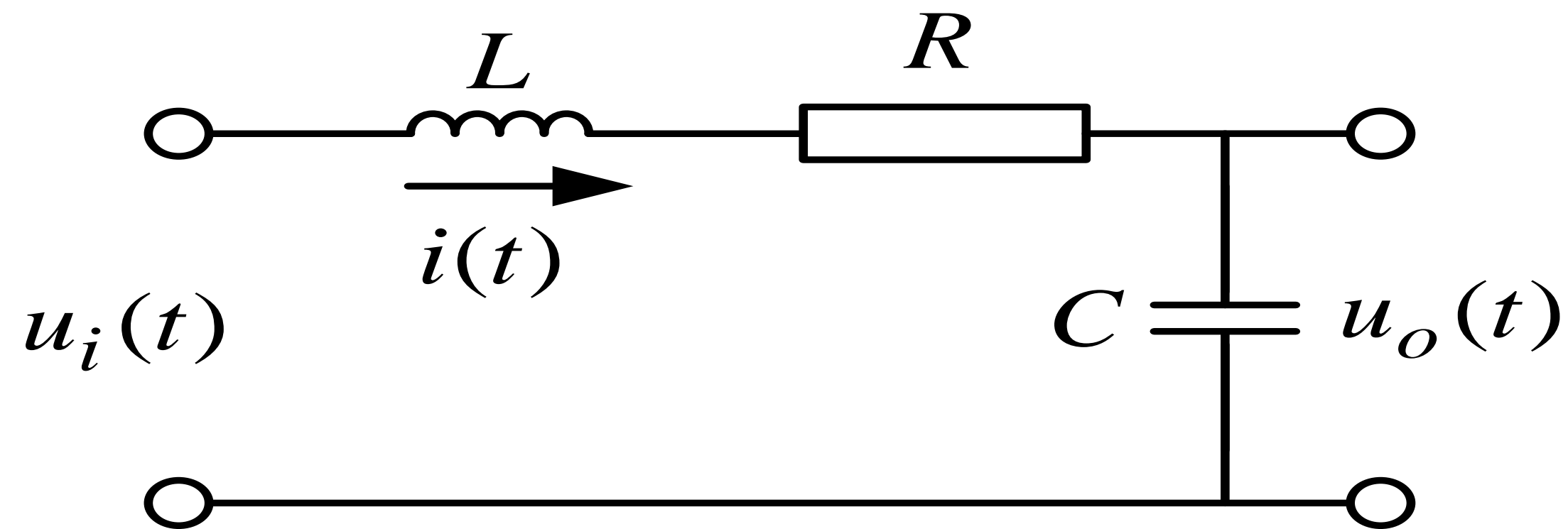


控制系统的分类

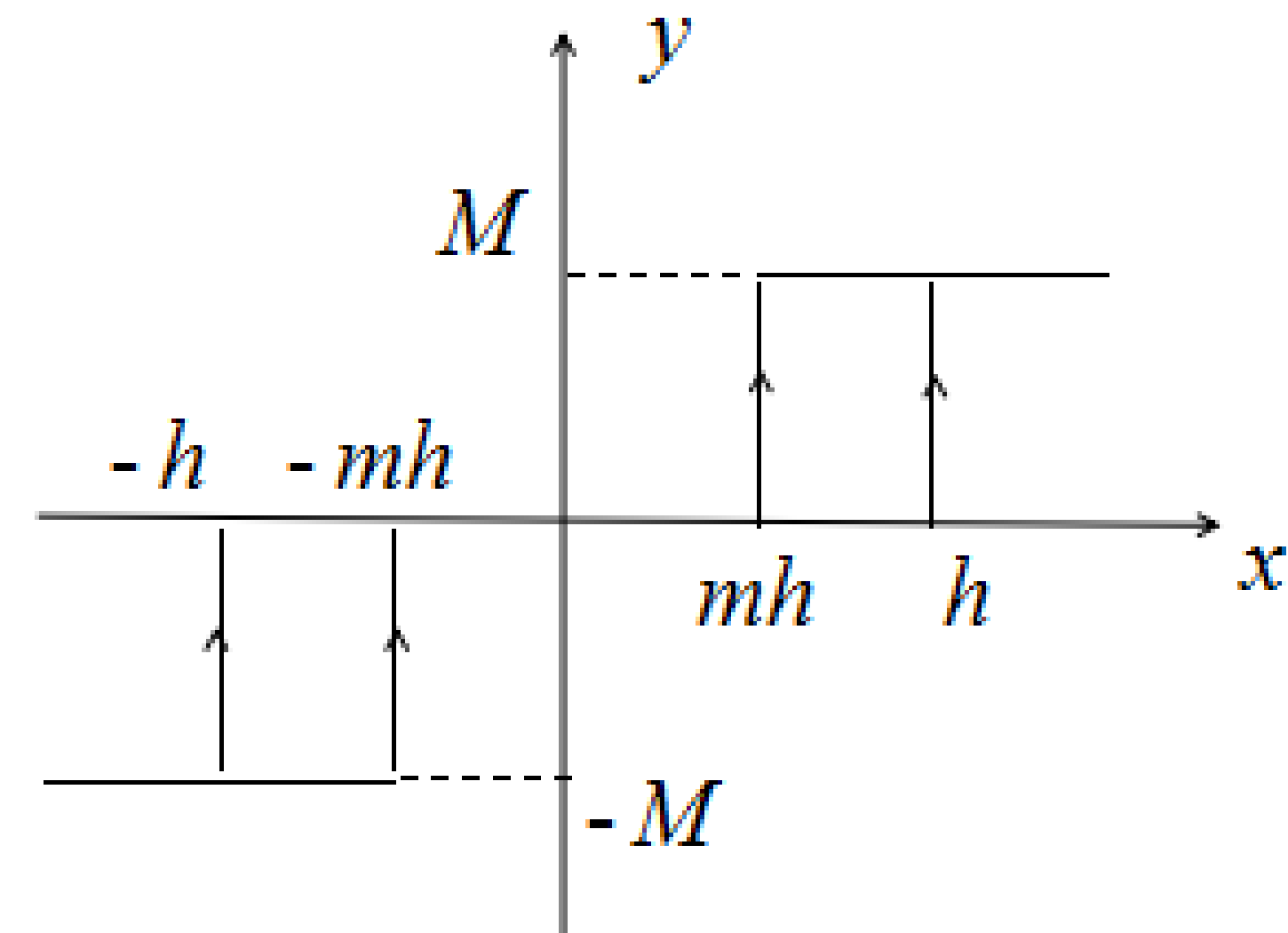
从数学描述分：线性，非线性

线性系统：同时满足叠加性与均匀性的系统，例如常见的RLC电路系统。

非线性系统：不能同时满足叠加性和均匀性的系统，如放大器的饱和现象，电动机的不灵敏区，继电器的滞环。



RLC电路系统



具有滞环的继电器

控制系统的分类

从控制方式上分：按偏差控制，按扰动控制，复合控制

按偏差控制系统即反馈控制系统，按输入输出偏差确定控制作用以使输出量保持在期望值上，如前面的流量控制阀。

按扰动控制系统利用外扰信号直接控制输出从而迅速有效地补偿外扰对输出的影响，前提是引起输出量变化的外扰是可检测的，如电网控制系统。

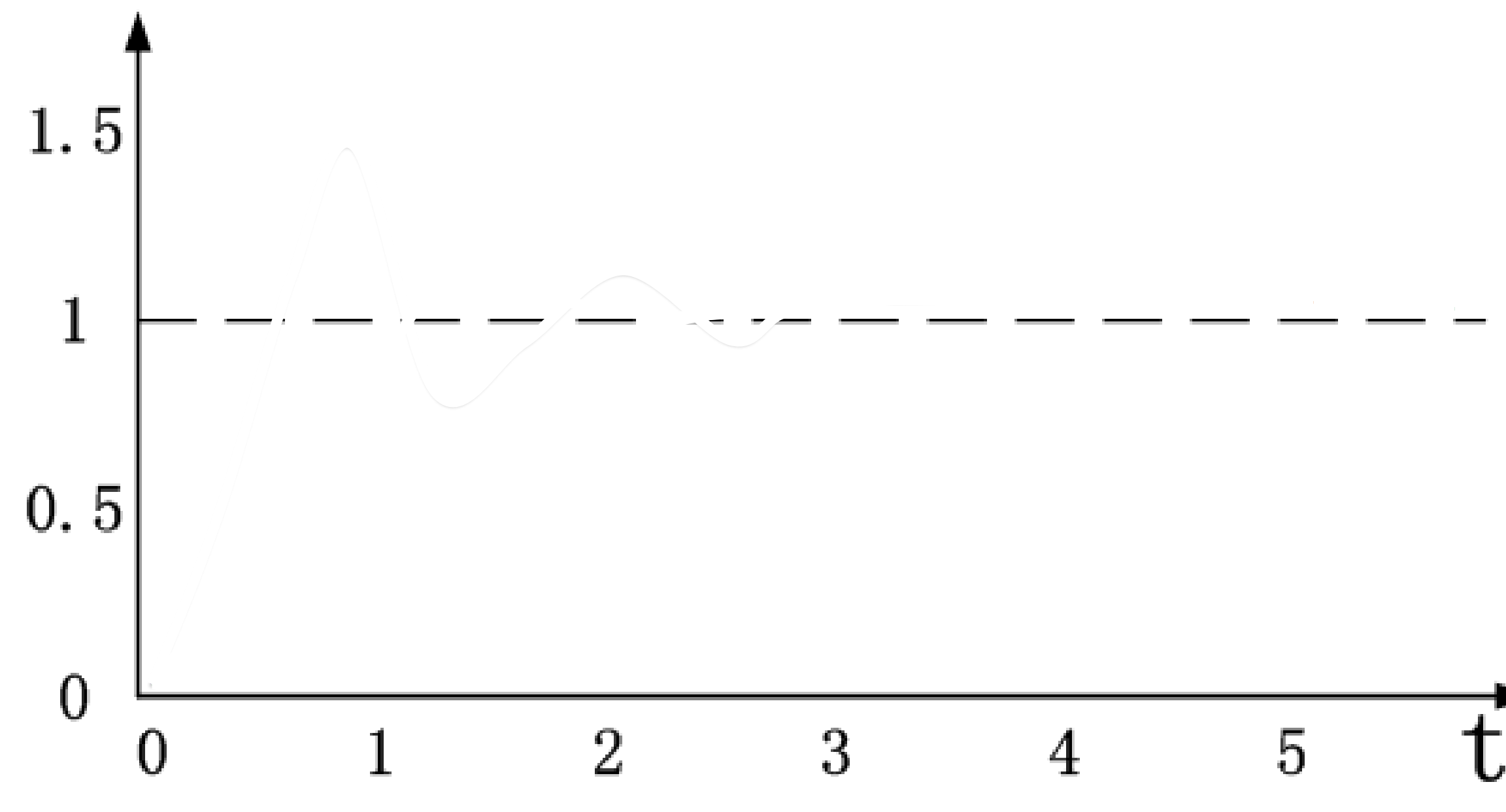
复合控制系统同时包含按偏差的闭环控制和按扰动或输入的开环控制的控制系统，如水库水位控制。



控制的基本概念

4. 控制系统的基本要求

- 稳定性
 - 静态指标
 - 动态指标
- } 品质、性能



1

经典控制理论

以单变量控制, 随动/调节为主要内容, 以微分方程和传递函数为数学模型, 以频率响应法为主要方法。数学工具: 微分方程, 复变函数

3

后现代控制理论

大系统、智能控制; 以网络、通讯、人机交互为代表的信息自动化集成的理论与技术。

2

现代控制理论

现代控制理论以多变量控制、最优控制为主要内容, 采用时域法, 以状态方程为数学模型。数学工具: 线性代数, 泛函分析

- ❖ 以单变量控制，随动/调节为主要内容，以微分方程和传递函数为数学模型，所用的方法主要以频率响应法为主。数学工具：微分方程，复变函数

$$Lc \frac{d^2 u_c}{dt^2} + Rc \frac{du_c}{dt} + u_c = u_r$$

$$G(s) = \frac{b_0(s - z_1)(s - z_2) \cdots (s - z_m)}{a_0(s - p_1)(s - p_2) \cdots (s - p_n)}$$

❖ 优点:

- 物理意义明确，概念直观，方法简单，计算方便

❖ 缺点:

- 只知道输入——输出关系，对系统内部的状态知道甚少，即不能描述系统全部运动状态。方法上（根轨迹和频率法）带有明显的依靠手工进行分析和综合的色彩。而且设计多凭经验，很难处理多输入——多输出的系统。

❖ 60年代初形成并迅速发展起来的，其发展的动力是航天、航空、导弹等军事尖端技术。要求设计高精度、快速响应、低消耗、低成本的控制系统。另一方面，被控制对象越来越大、复杂，从单机局部自动化发展成大系统综合集成自动化。

数学工具：微分方程组、状态方程

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= a_{1,1}x_1 + a_{1,2}x_2 + \dots + a_{1,n}x_n + b_{1,1}u_1 + b_{1,2}u_2 + \dots + b_{1,l}u_l \\ \frac{dx_2}{dt} &= a_{2,1}x_1 + a_{2,2}x_2 + \dots + a_{2,n}x_n + b_{2,1}u_1 + b_{2,2}u_2 + \dots + b_{2,l}u_l \\ &\dots \\ \frac{dx_n}{dt} &= a_{n,1}x_1 + a_{n,2}x_2 + \dots + a_{n,n}x_n + b_{n,1}u_1 + b_{n,2}u_2 + \dots + b_{n,l}u_l \end{aligned} \right\} \begin{aligned} y_1 &= c_{1,1}x_1 + c_{1,2}x_2 + \dots + c_{1,n}x_n + d_{1,1}u_1 + d_{1,2}u_2 + \dots + d_{1,l}u_l \\ y_2 &= c_{2,1}x_1 + c_{2,2}x_2 + \dots + c_{2,n}x_n + d_{2,1}u_1 + d_{2,2}u_2 + \dots + d_{2,l}u_l \\ &\dots \\ y_m &= c_{m,1}x_1 + c_{m,2}x_2 + \dots + c_{m,n}x_n + d_{m,1}u_1 + d_{m,2}u_2 + \dots + d_{m,l}u_l \end{aligned}$$

❖ 优点:

- 状态方程模型可用于描述线性或非线性系统，常系数或变系数系统，集中参数或分布参数系统；状态方程描述了系统的全部运动状态（系统内部，系统输入、输出状态）。

❖ 缺点:

- 状态方程模型的物理直观性较差，模型结构和参数的物理概念不够明确。

复杂优化控制：80年代以后，控制理论面向规模大、结构复杂、变量众多的信息与控制系统：最优控制、优化控制、自适应控制、鲁棒控制、变结构控制。。。

- ❖ 智能控制：90年代以来，具有某些仿人或仿生智能的方法：人工神经网络、遗传算法、模糊控制、蚁群、鸟群算法等
- ❖ 网络环境下的控制：复杂系统、网络控制、社交媒体传播理论
- ❖ 生物学中的控制：进化理论、基因调控、生物动力学
- ❖ 机器人控制：仿生机器人、机器人导航、无人机
- ❖ 机器学习和人工智能：进入爆发发展期

❖ 学时：64（实际60）

自动化专业必修课，专业基础课

❖ 教材：（仅供参考，以课件为主）

《自动控制原理》上下册

吴麒，王诗宓主编，清华大学出版社，2006

❖ 学习建议