

南京大學

工程管理学院



# 自动化导论

## Automation: An Introduction

南京大学控制科学与智能工程系  
陈春林

Email: [clchen@nju.edu.cn](mailto:clchen@nju.edu.cn)

2025年3月11日

# **2 自动控制系统的基本概念**

## **2.1 无处不在的自动化**

## **2.2 自动控制系统的基本概念**

## **2.3 系统建模之方框图**

## **2.4 自动控制系统设计过程**

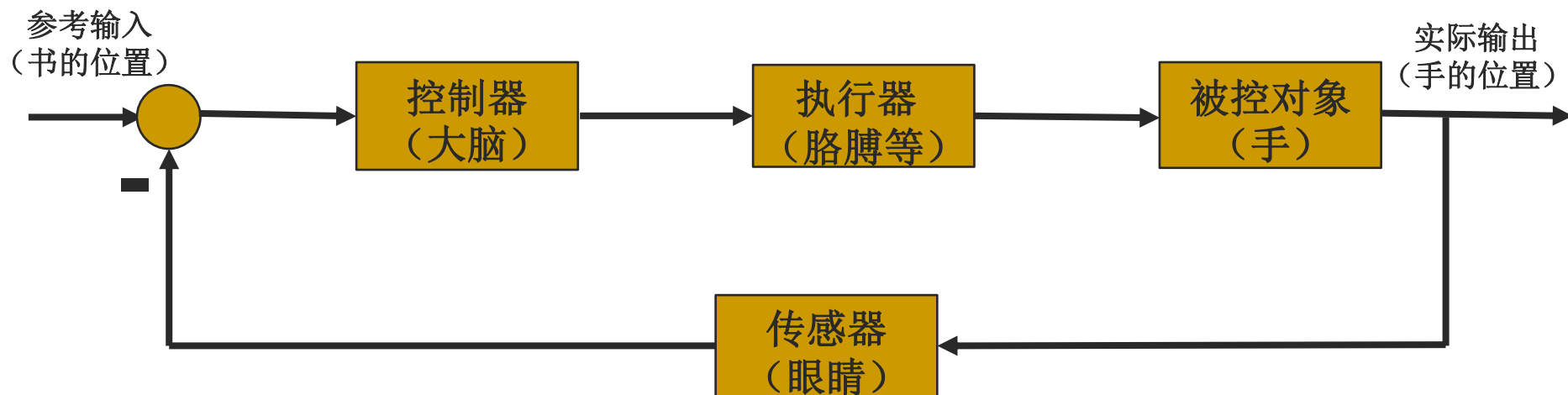
---

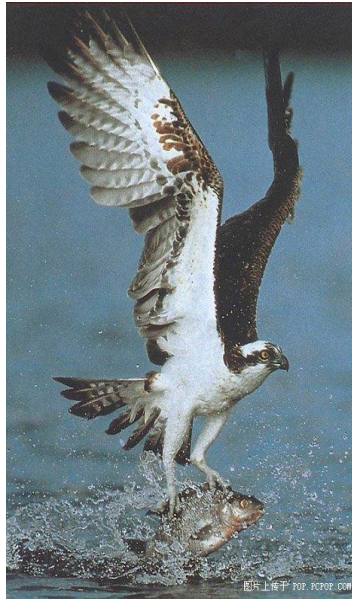
## 2.1 无处不在的自动化

1. **控制无处不在，无时不有**：在现实生活、生产、军事、科技等各行各业中，控制关系、控制活动是一种普遍现象（活动）
2. **自动化（Automation）**：机器设备、系统或过程（生产、管理过程）在没有人或较少人的直接参与下，按照人的要求，经过自动检测、信息处理、分析判断、操纵控制，实现预期的目标的过程。
3. **自动化的发展**：机械自动化、电气自动化、信息自动化、智能自动化

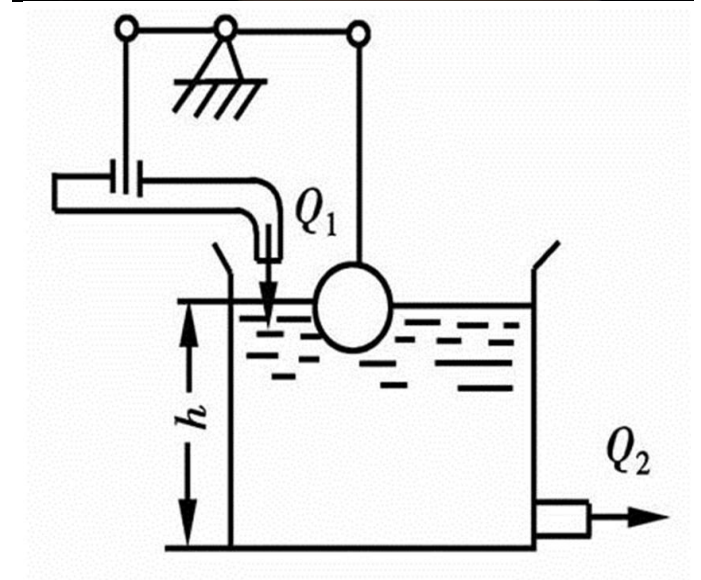
# 无处不在的自动化

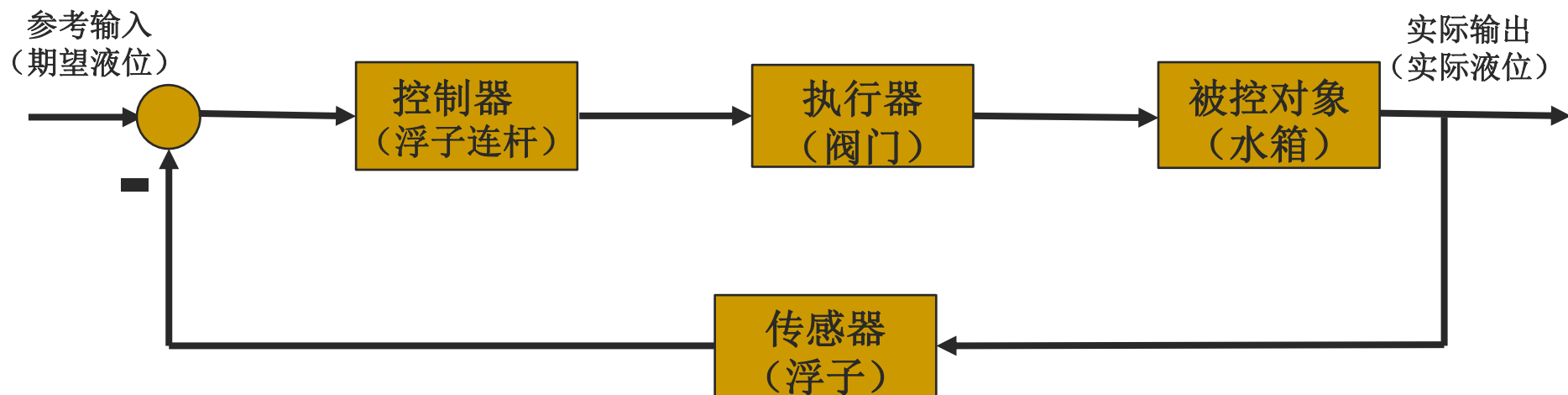
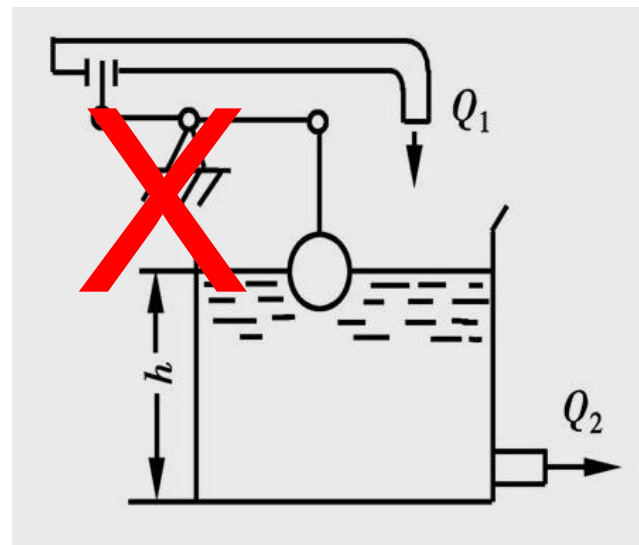
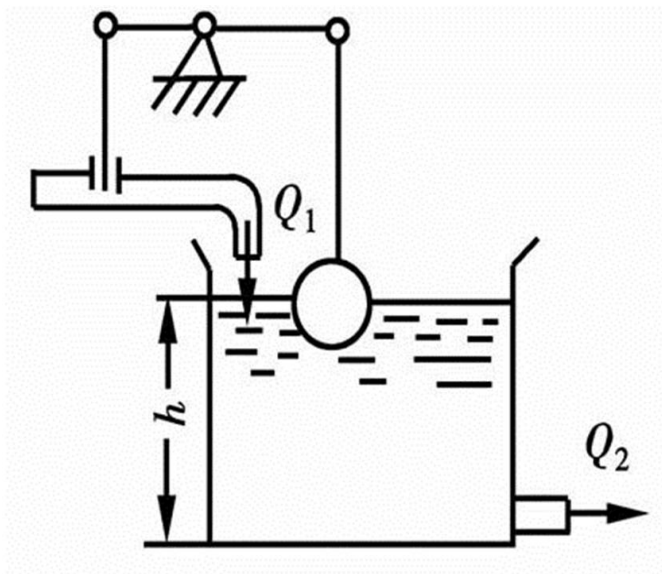
## 人的日常行动

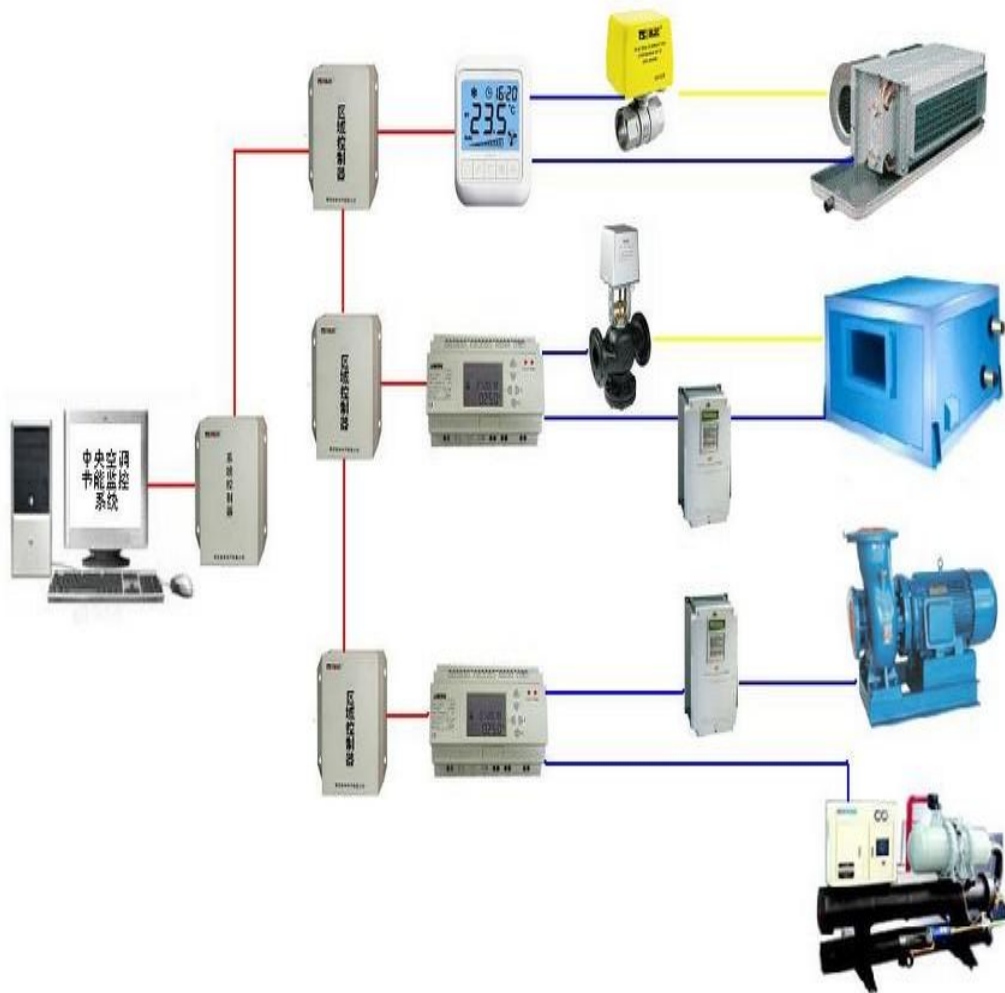
















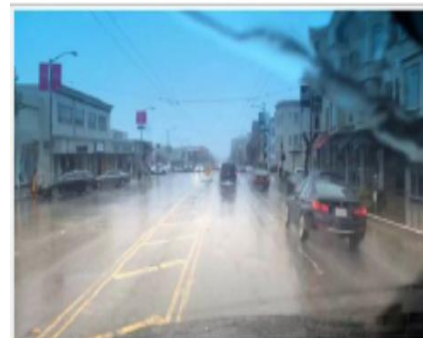
**Support** - Bounce on springy legs

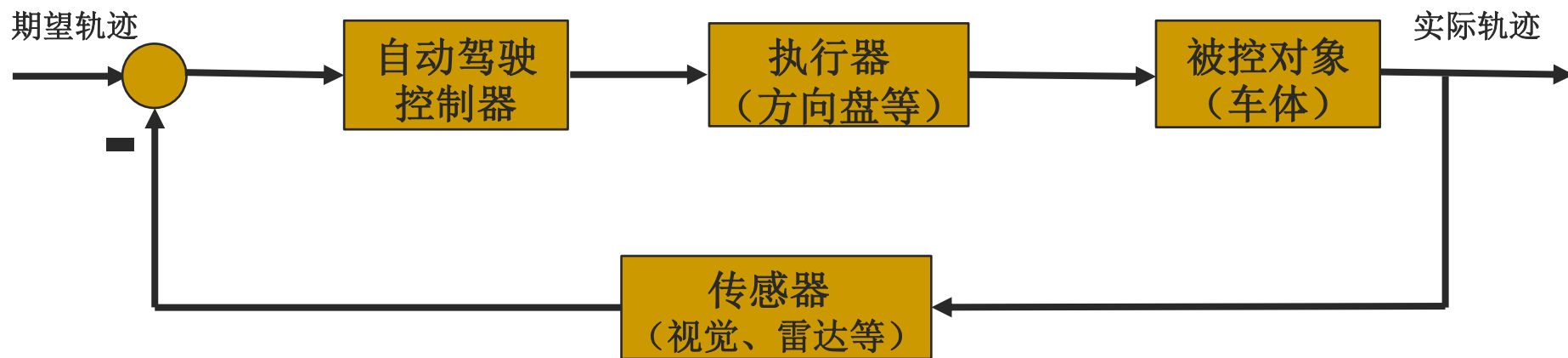
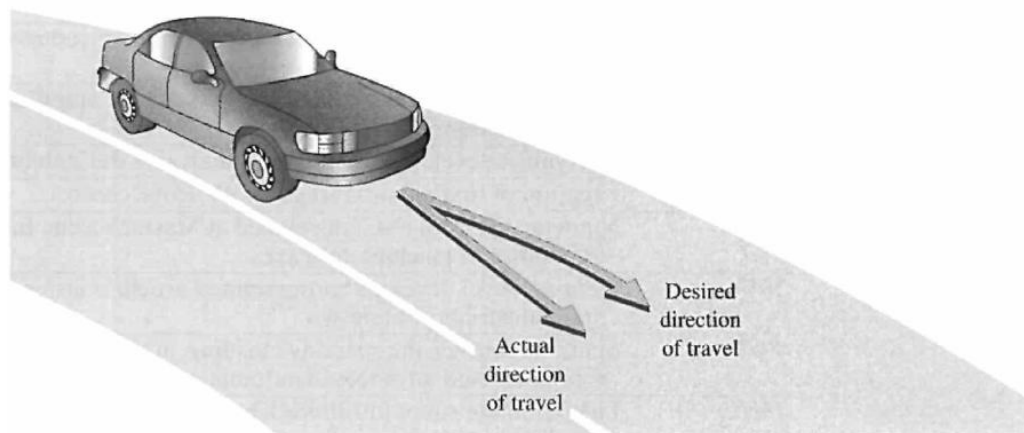


**Balance** - Move legs with symmetry to achieve balance



**Posture** - Keep body level using stance legs









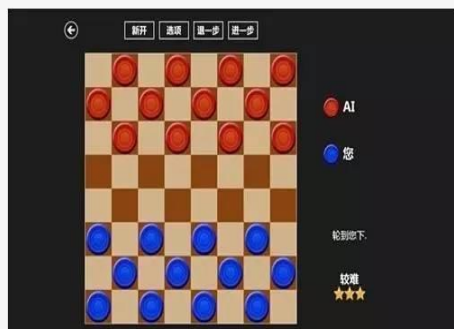
# 无处不在的自动化

## 港珠澳大桥施工



振华30号  
起重船  
世界最大  
起重量12000  
吨  
总重约14万吨

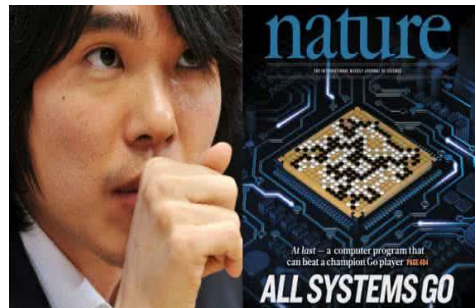




Arthur  
Samuel  
西洋跳棋  
(1962)

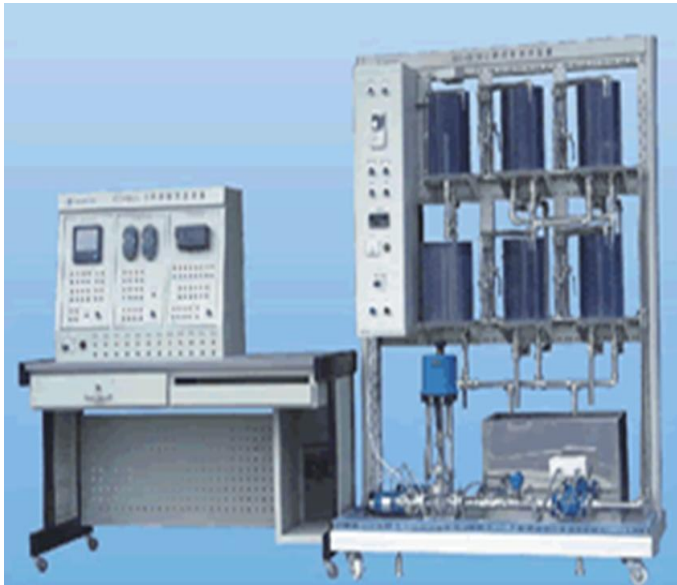


卡斯帕罗夫  
与深蓝国际  
象棋  
(1997)

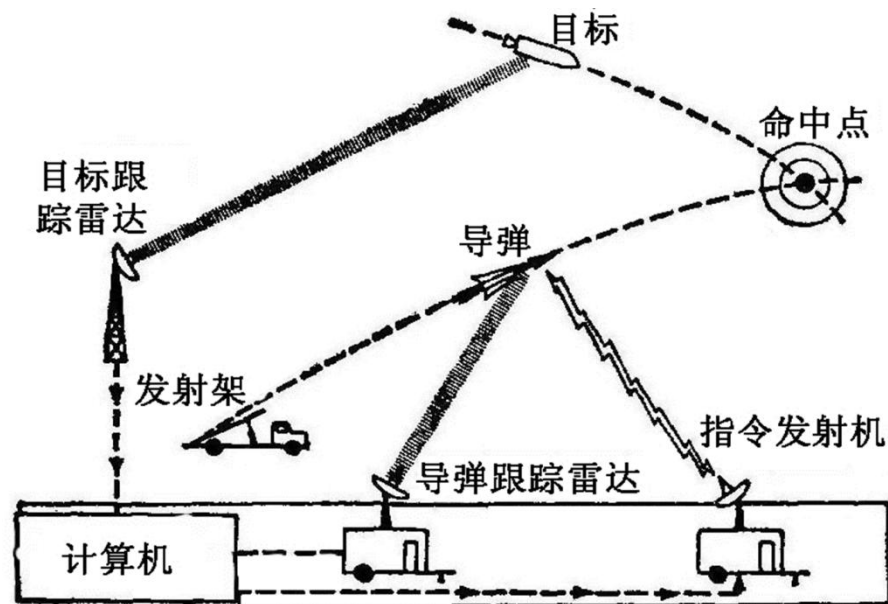


AlphaGo  
围棋  
(2015~)









## ● 机器人系统

- ✓ 工业机器人
- ✓ 智能(移动)机器人
  - 轮式
  - 腿式(多足)
  - 人形
  - 无人车
  - 无人机
  - 无人船
  - .....



FMS



KIVA



IkeaBot



NAO



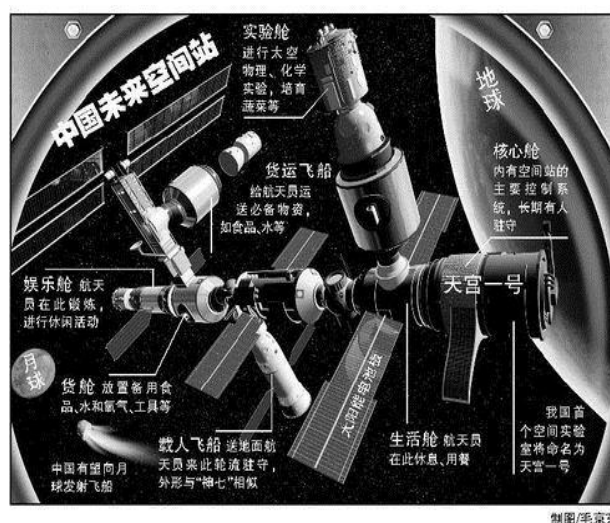
BigDog

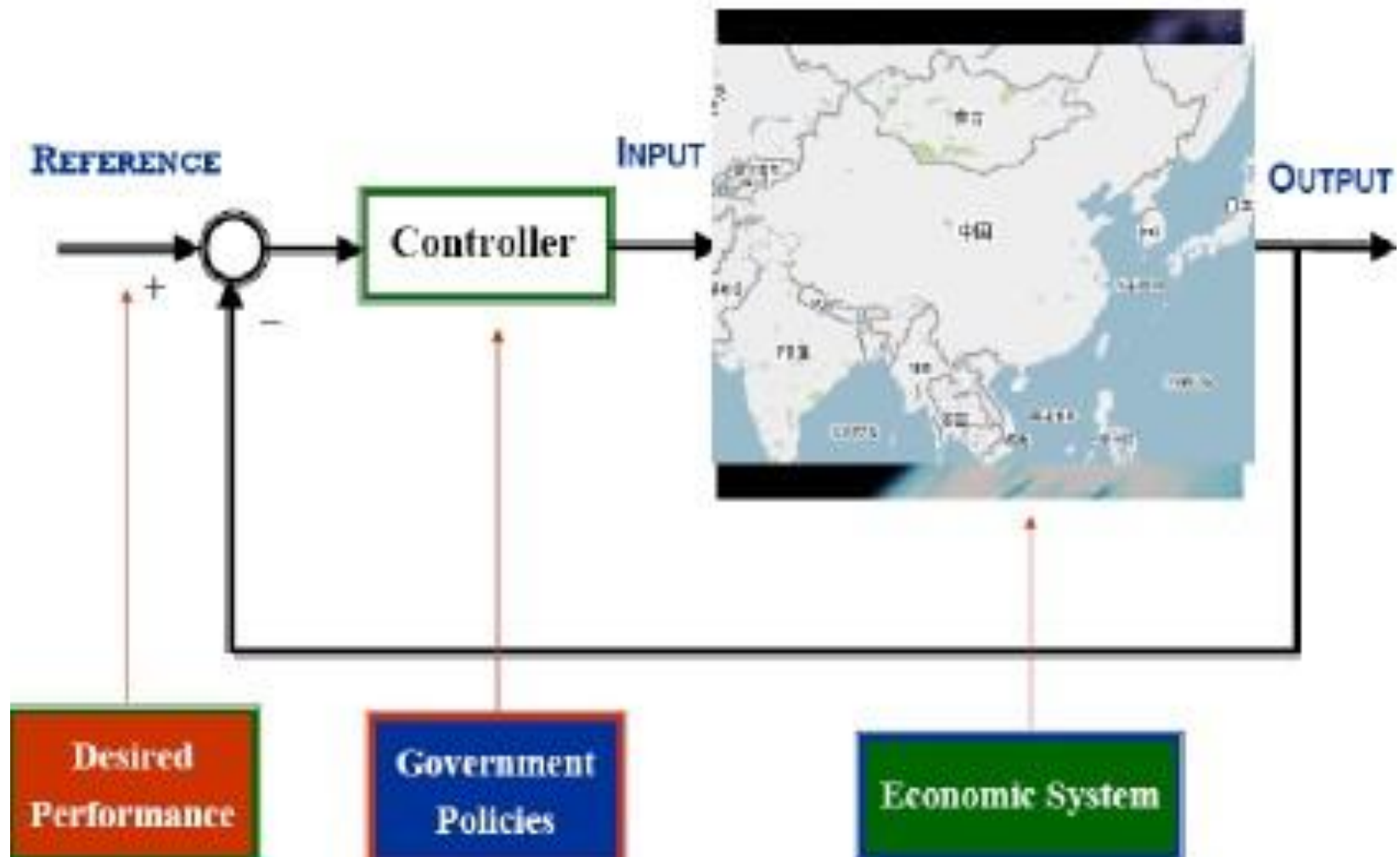


Vijay Kumar



# 航空航天







### 假冒伪劣口罩

伪劣

假冒





ICS 11.100  
C 44



中华人民共和国国家标准

GB 19083—2010  
代替 GB 19083—2003

医用防护口罩技术要求

Technical requirements for protective face mask for medical use

2010-09-02 发布

2011-08-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

ICS 11.140  
C 48

受控

YY

中华人民共和国医药行业标准

YY 0469—2011  
代替 YY 0469—2004

医 用 外 科 口 罩

Surgical mask

2011-12-31 发布

2013-06-01 实施



国家食品药品监督管理局 发布

ICS 11.140  
C 48

YY

中华人民共和国医药行业标准

YY/T 0969—2013

一次性使用医用口罩

Single-use medical face mask

2013-10-21 发布

2014-10-01 实施

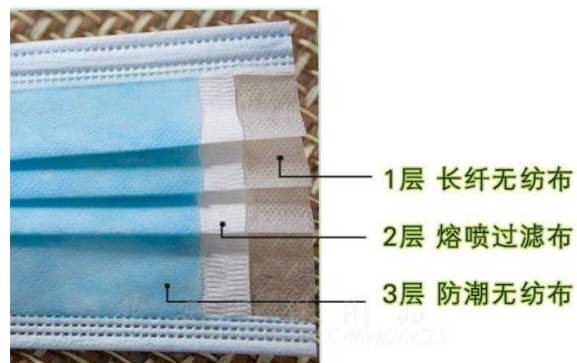
国家食品药品监督管理总局 发布

一次性使用医用口罩的技术要求

1	外观	9	微生物 指标	细菌菌落总数
2	结构尺寸			大肠菌群
3	鼻夹			金黄色葡萄球菌
4	口罩带			绿脓杆菌
5	压力差（通气阻力）			溶血性链球菌
6	细菌过滤效率 <b>BFE</b>			真菌
7	颗粒过滤效率 <b>PFE</b>			
8	环氧乙烷残留量			

灭菌型的指标要求

### 口罩的基本结构机理

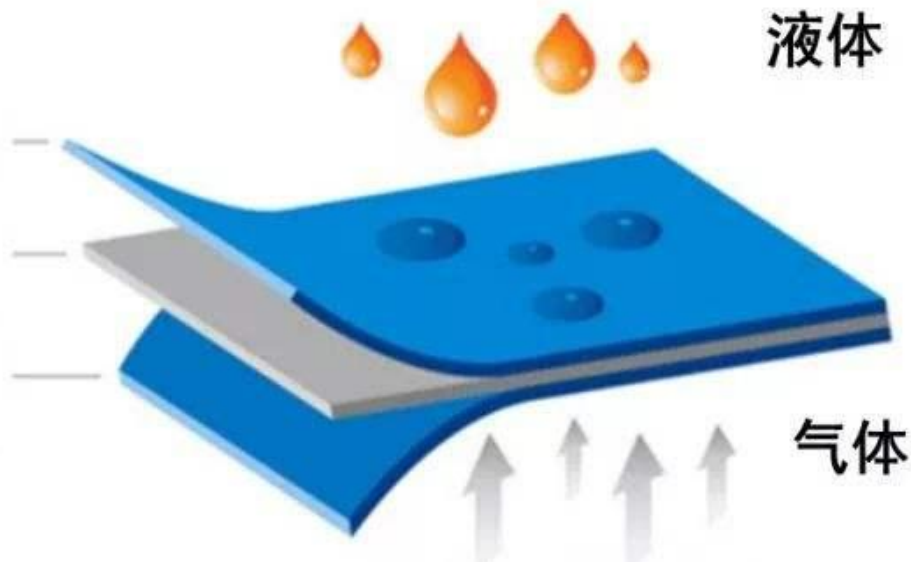


### 常见口罩的SMS结构

纺粘层 (Spunbound, 简写S)  
单层聚丙烯

熔喷层 (Meltblown, 简写M)  
单层或多层聚丙烯

纺粘层 (Spunbound, 简写S)  
单层聚丙烯





### 智能化改进点：

1. 对关键的部件进行**动态检测与分析**，以做故障预诊，以提高设备运行的可靠性；
  2. 对一些可量化的电气、机械运动数据进行采集，以作为应用**建模分析**的方法以提高生产效率的依据；
  3. 电气控制系统实现**数据通信**功能；
  4. 对原材料的消耗进行数据采集与监控，其数据给**人工智能分析系统**，可进行产能匹配、物料消耗、生产计划与调度的依据。
-

医用口罩工业互联网云平台信息化框架

展示层	④ 云上查询		⑤ 移动端查询	
	云平台网端产品条码追溯		微信公众号产品条码追溯	
数据层	③ 数据上传 工业互联网云平台			
执行层	① ERP		② MES	
	① 采购	② 销售	③ 生产	④ 质量



通过微信扫描包装盒上的二维码  
进行追溯查询

查询结果



## 2.2 自动控制系统的基本概念

- **系统：** 系统是由**相互联系、相互作用**的许多要素结合而成的具有特定目的和功能的**有机整体**。
  - **信息：** 信息是对数据的解释，是一切控制活动的基础。
  - **反馈：** 把输出量（信号/信息）传输出去后，又将其取出送回到输入端，并与输入信号相比较产生**偏差信号**，再**对控制系统的再输出产生影响的过程**。
  - **鲁棒、优化**
  - **开环控制系统、闭环控制系统**
-

## 反馈（feedback）

**把输出量（信号/信息）传输出去后，又将其取出送回到输入端，并与输入信号相比较产生偏差信号，再对控制系统的再输出产生影响的过程。**

**（By “closing the loop”, effect is connected with cause, so that the cause—effect relationship is now one of interdependence.）**

---

## 反馈（续）

### 负反馈 (Negative feedback )

如反馈的信号是与输入信号相减，使产生的偏差愈来愈小，则称为负反馈

举例：

手取书

机床速度控制系统

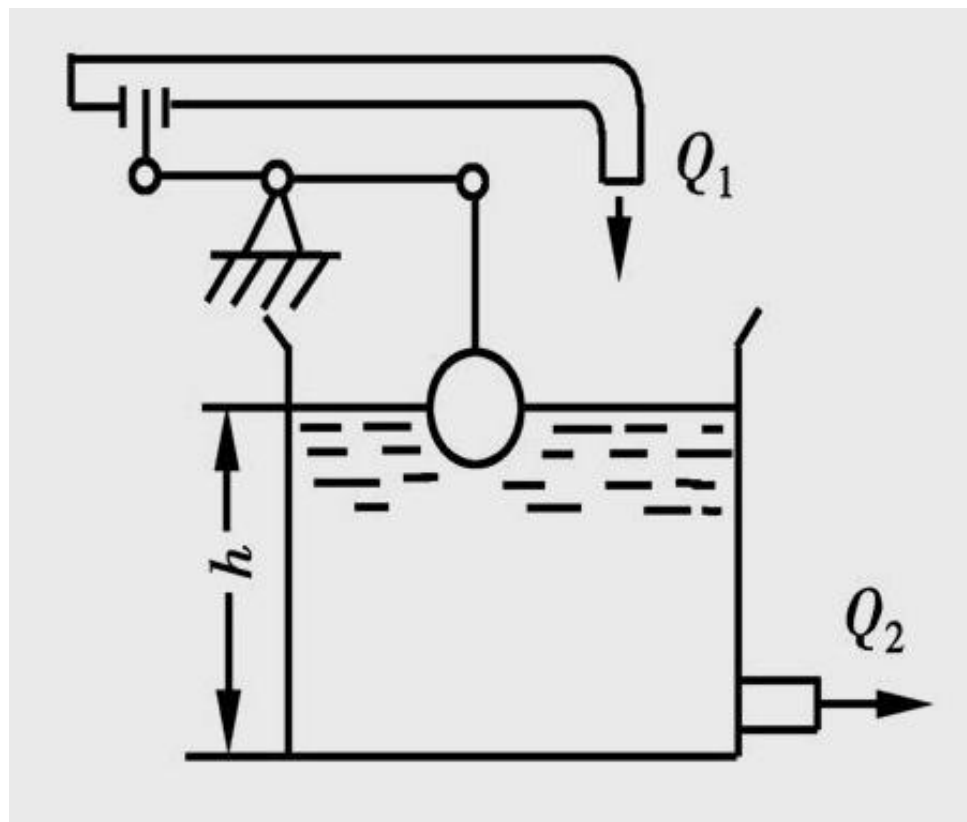
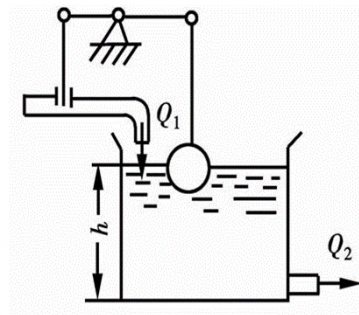
防空导弹系统 .....

---

## 反馈（续）

### 正反馈(Positive feedback)

如反馈的信号是与输入信号相加，使产生的偏差愈来愈大，则称为正反馈。

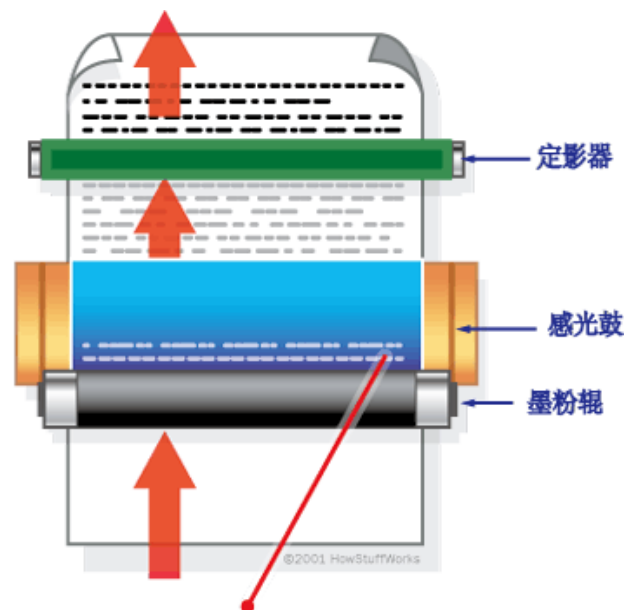


# 前馈（feedforward）

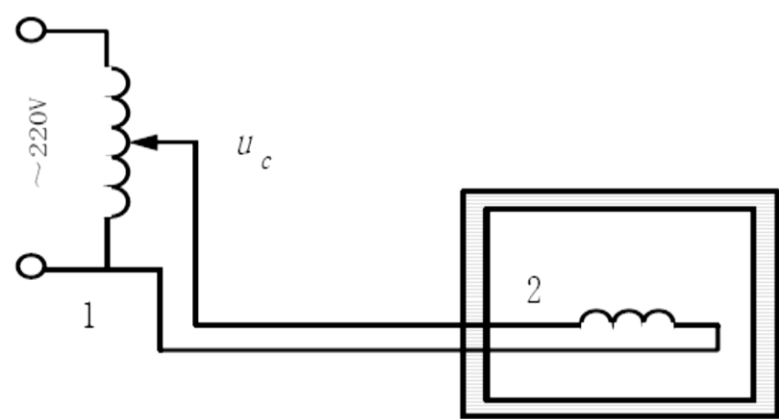
使控制对象跟随命令动作作为前提的控制方式。因为没有反馈控制中所必需的输出状态检测器，即使出现误差，也无法修正。

举例：

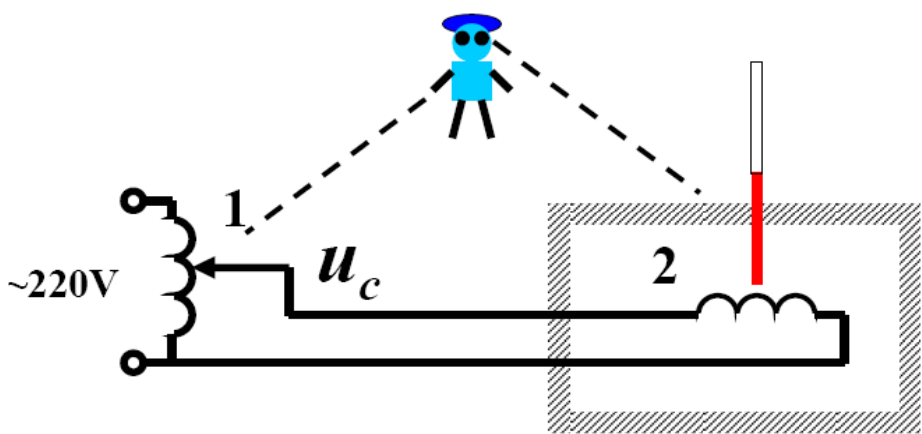
打印机的工作过程



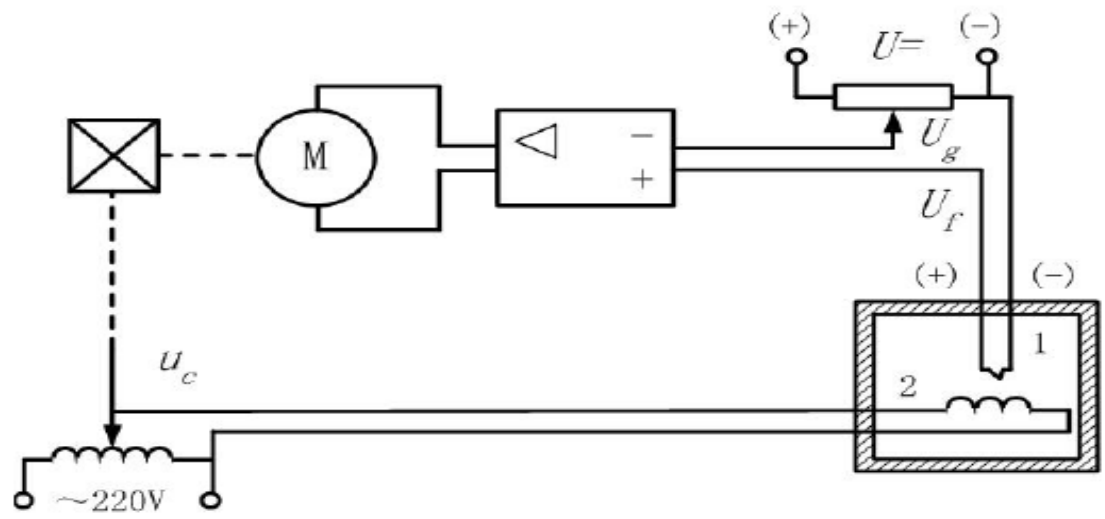
# 下面三张图中的系统各自采用了什么控制方式（开环、闭环）？



(a) 开环控制



(b) 人工闭环控制



(c) (自动) 闭环控制



# 自动控制 (Automatic Control)

指在无人直接干预的情况下，利用外加的设备或装置（简称控制装置或**控制器**），使机器、设备或生产过程等（统称**被控对象**）的某一工作状态或参数（称**被控量**，如温度、压力、PH值等）自动、准确地**按照预期的规律**运行。

## 自动控制系统 (Automatic Control System)

指实现上述控制目的，由**相互制约的**各部分**按一定规律**组成的具有特定功能的**有机整体**。

**(A Control System is an interconnection of components forming a system configuration that will provide a desired system response.)**

---

## 自动控制系统的组成要素 (Basic Components)

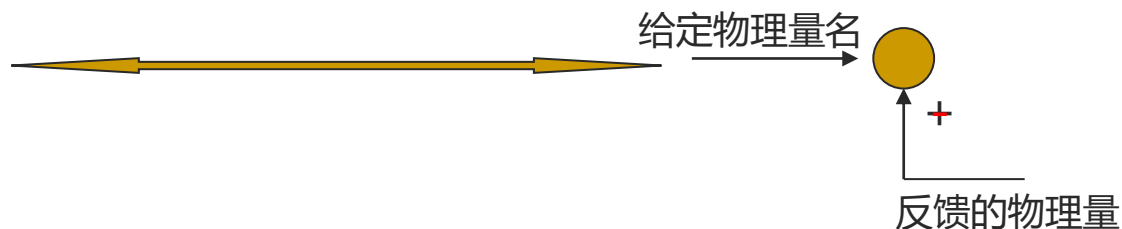
- (1) 给定元件：用以给出与期望的被控量相对应的系统输入量（即被控量（输出量）应取得值）。
  - (2) 测量元件：用以检测被控量的大小。（**各类传感器**）
  - (3) 比较元件：用以比较给定值与被控量之间的误差。（**常用差动放大器、电桥等**）
  - (4) 放大元件：用以将误差信号放大，以便驱动执行机构。（**常用电子元件网络、或功率放大器等**）
  - (5) 执行元件：用以执行控制命令，推动被控对象（**电机**）
  - (6) 校正元件：用以改善系统的动、静态性能的元部件。
-

# 方块图(Block Diagram)描述的构图要素

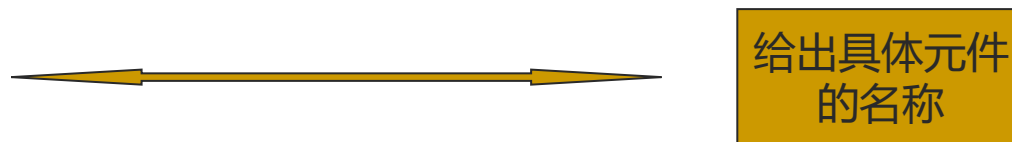
给定环节



比较环节



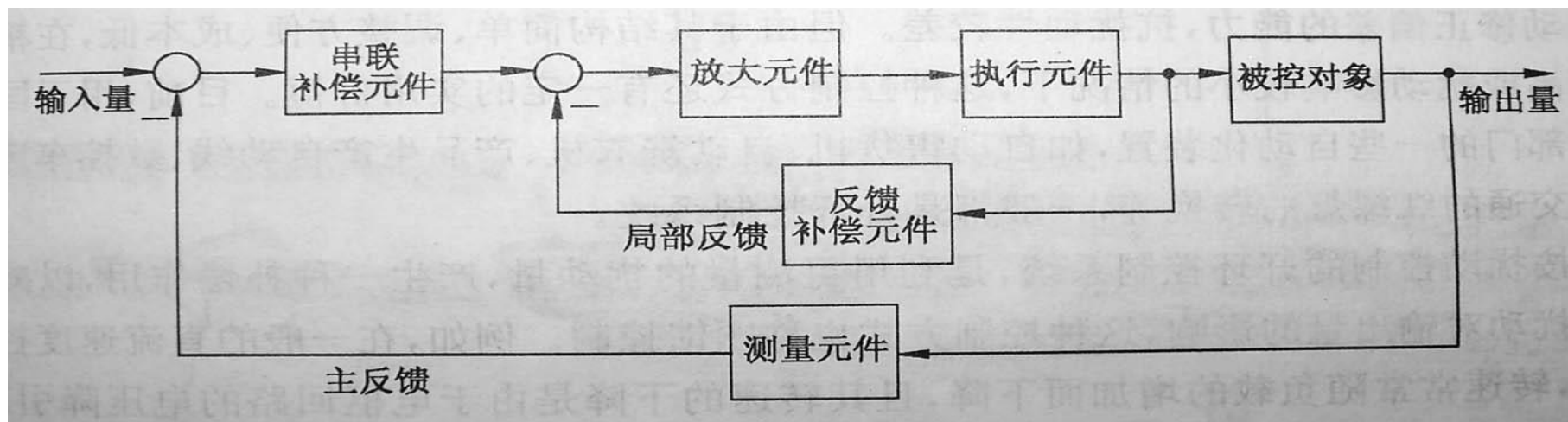
其他环节



系统中的  
信号流



# 自动控制系统的方框图（通路与回路）



**前向通路：** 从输入端沿箭头方向到达输出端的信号传输通路。

**主反馈通路：** 系统输出量经测量元件反馈到输入端的传输通路。

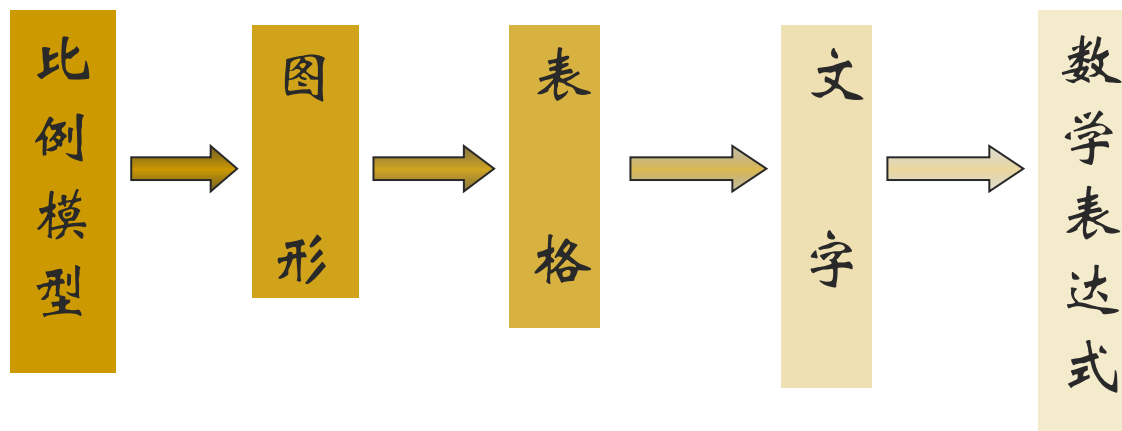
**主回路：** 前向通路与主反馈通路共同构成的回路。 **(注意：内回路)**

**单回路：** 只有一个主反馈通路的系统。 **(注意：多回路)**

## 2.3 系统建模之方框图

模型：是对实际物理系统的一种抽象。

模型形式：



模型各有特点，使用时可灵活掌握。

若**分析**研究系统的**动态特性**，取其**数学模型**比较方便；  
若**分析**研究系统的**内部结构**情况，取其**物理模型**比较直观；  
若两者皆有，则取其**图模型**比较合理。

---

## 2.3 系统建模之方框图

广义的控制系统模型定义：

揭示控制系统各变量内在联系及关系的图形表示或解析式。

控制系统的数学模型定义：

描述系统或元件的动态特性的数学表达式。

可用以揭示系统结构、参数与性能特性的内在关系

---



## 2.3 系统建模之方框图

### 常用的控制系统模型示例：

**图 模 型：** 原理图   **方框图**   结构图   信号流图

**文字模型：** 算法及程序语言

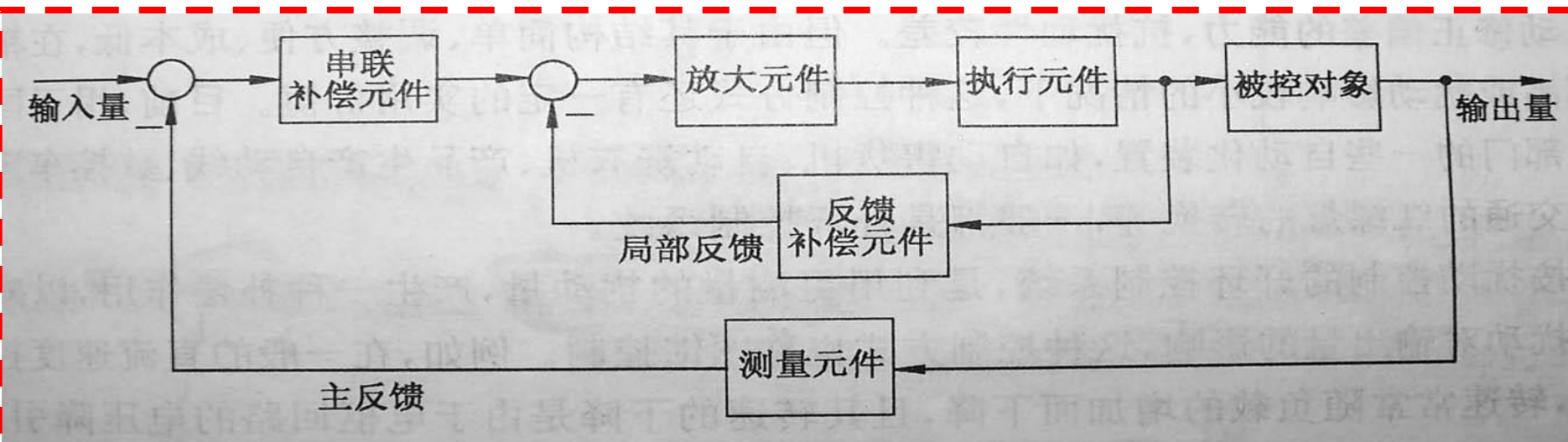
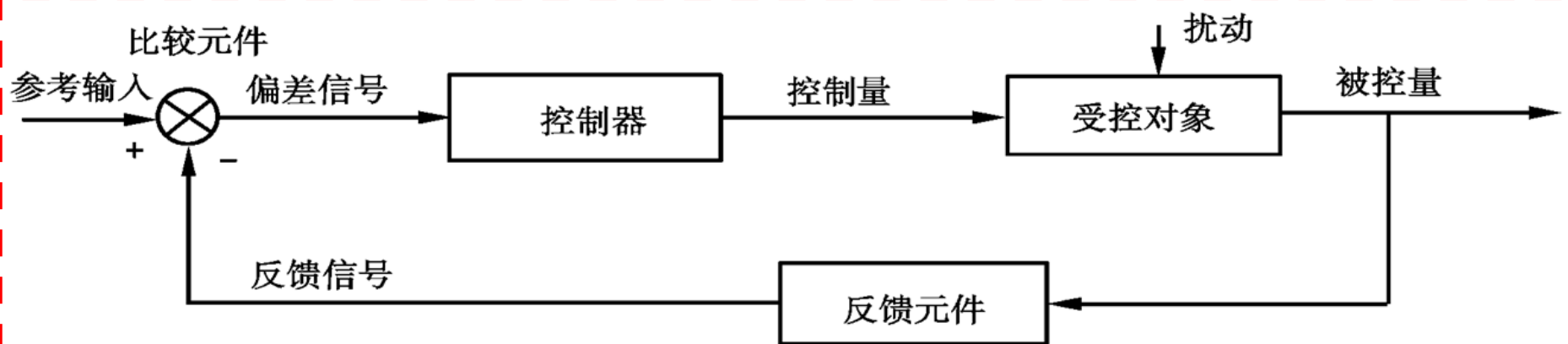
**数学模型：** 时域模型   **微分方程**   或差分方程

复域模型   传递函数

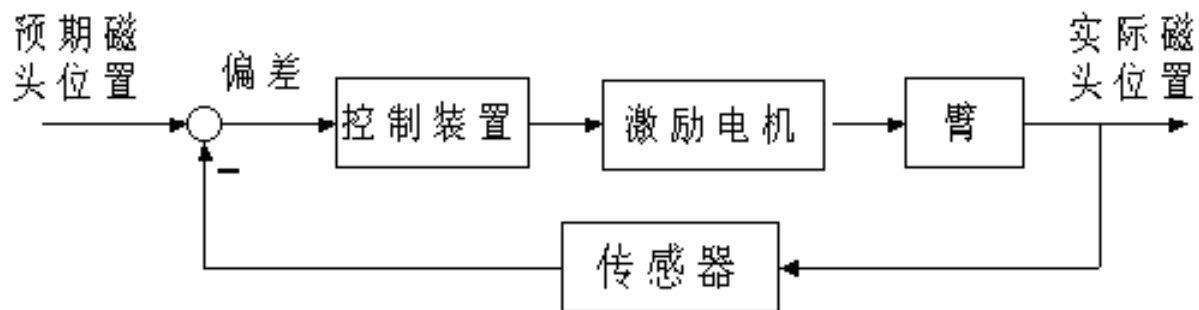
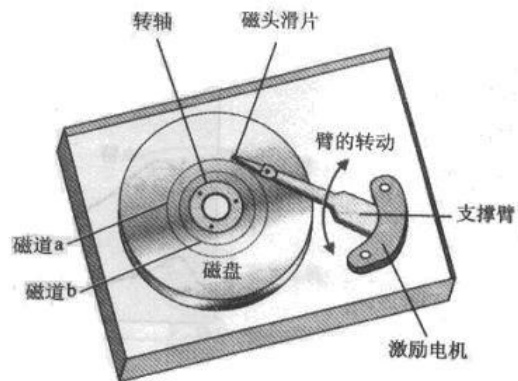
频域模型   频域特性

---

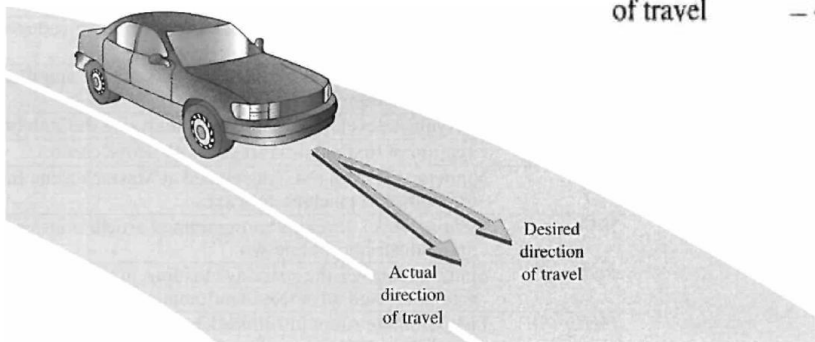
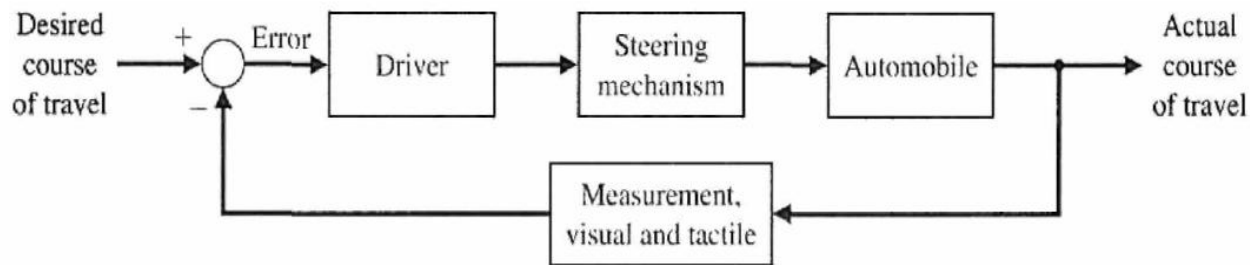
## 2.3 系统建模之方框图



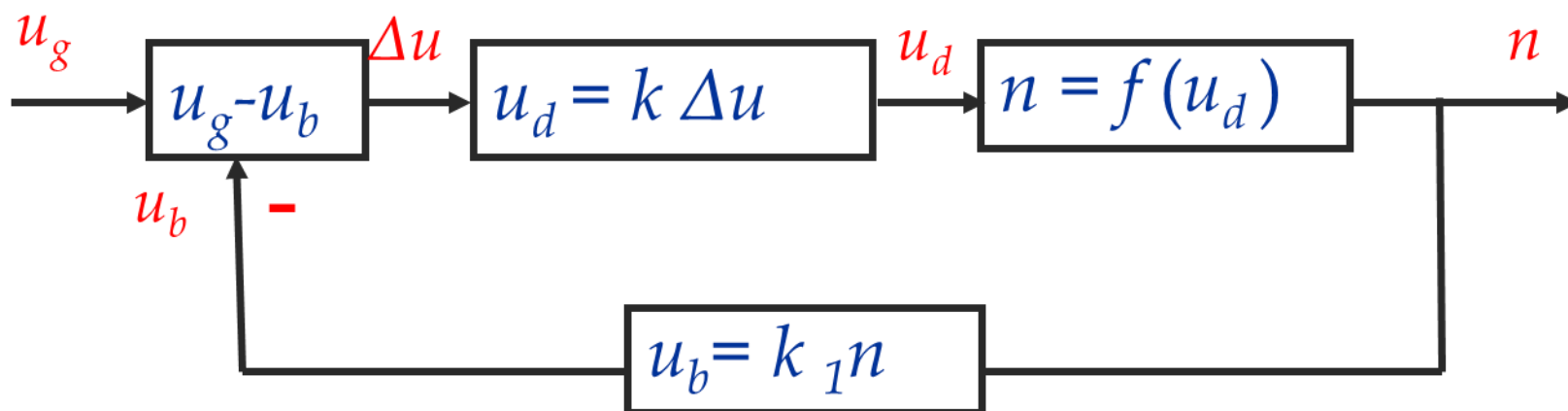
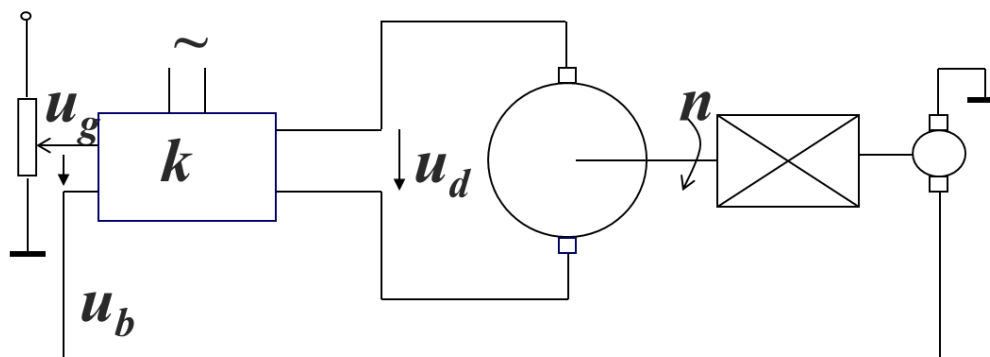
## 例：磁盘驱动读取系统



## 例：汽车驾驶系统



# 例：直流电机调速系统



按偏差调节：  $n \uparrow \rightarrow u_b \uparrow \rightarrow (u_g - u_b) \downarrow \rightarrow u_d \downarrow \rightarrow n \downarrow$

## 2.4 控制系统设计过程

