



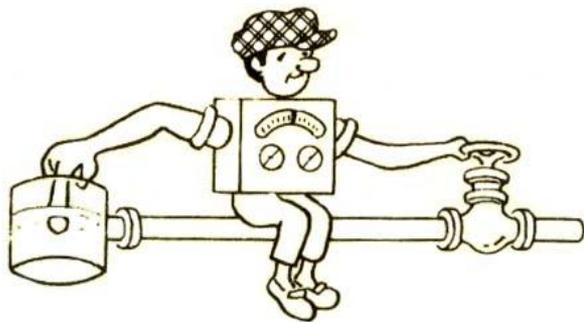
# 第一讲：

---

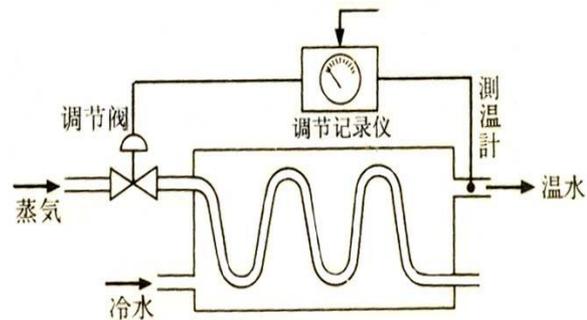
---

## 控制理论发展历史回顾

# 自动控制的概 念



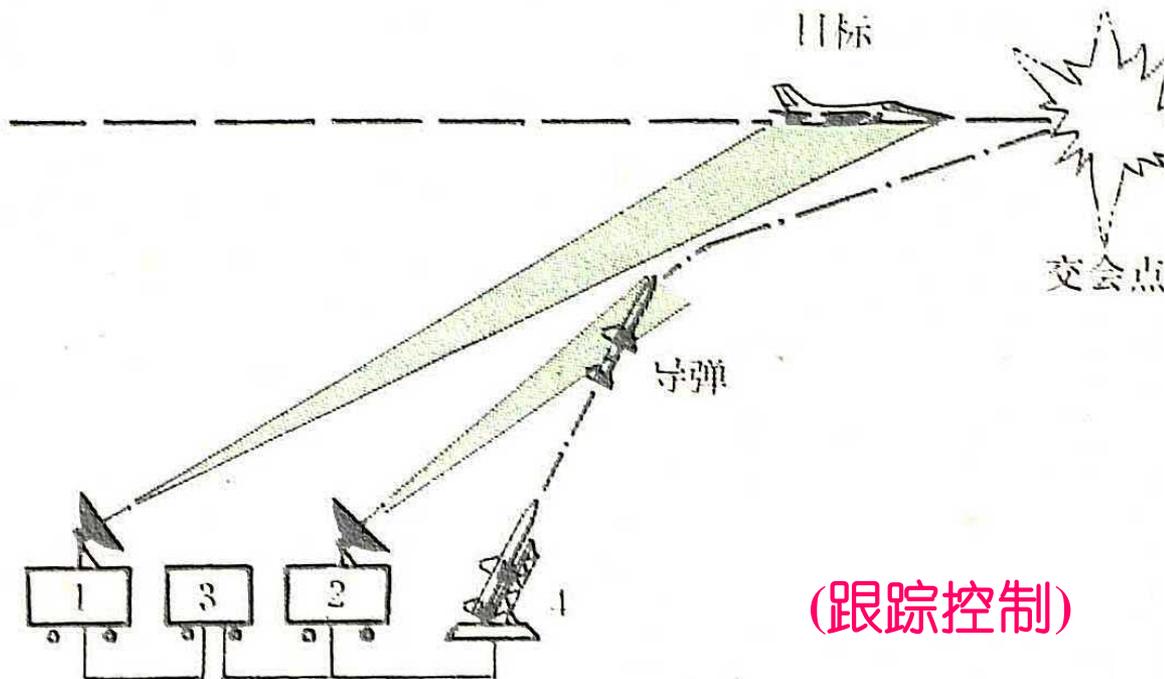
手动控制漫画



自动控制

水温的手动控制和自动控制示意图(定值控制)

# 防空导弹制导控制

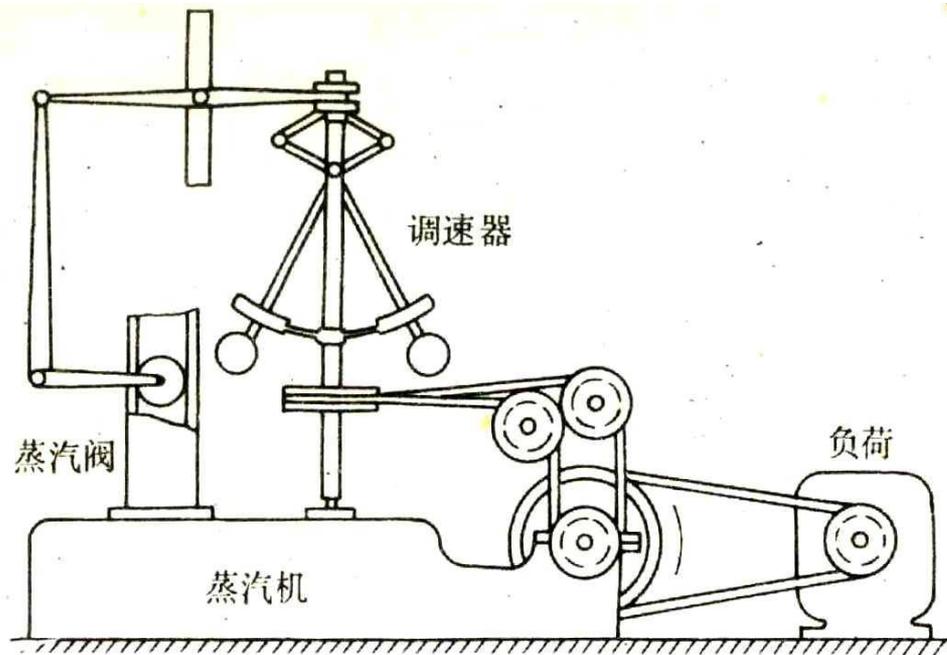


(跟踪控制)

1-目标跟踪雷达    2-导弹导引雷达    3-计算机雷达    4-导弹发射架

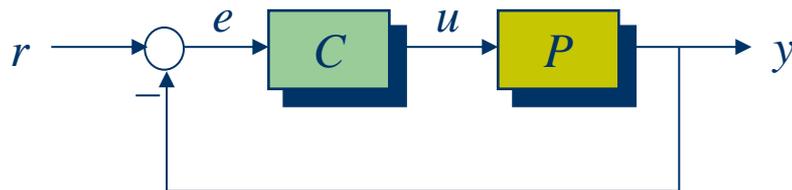
## 自动化技术形成的标志

1788年瓦特将离心式调速器与蒸汽机的阀门连接起来，构成蒸汽机转速的闭环自动调速系统



# 自动控制的基本概念

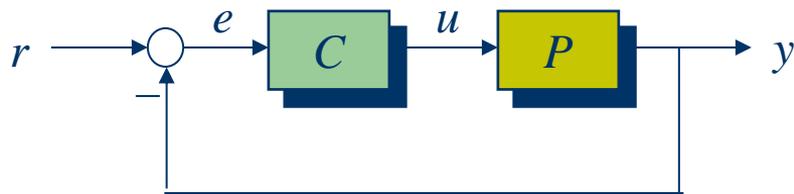
## 反馈 (Feedback) —— 反馈控制系统



- $P$ : 蒸汽机（控制对象）
- $C$ : 调节器（控制器）
- 反馈是指将系统的实际输出和期望输出进行比较，形成误差，为确定下一步的控制行为提供依据

# 自动控制研究的问题

自动控制(Automatic Control)研究的问题:



- 自动控制系统分析 (Analysis)
  - ◆ 稳定性 (Stability)
  - ◆ 动态特性 (Dynamic Performance)
  - ◆ 静态特性 (Static Performance)
  - ◆ 鲁棒性 (Robustness)
  
- 自动控制系统综合(Synthesis) / 设计(Design)

# 经典控制理论的形成和发展

## 经典控制 (*Classical Control*): 1930年~1960年

- 基于频域 (Frequency Domain) 的方法
- 传递函数 (Transfer Function)
- 代数稳定判据和传递函数、频率响应法，根轨迹法 (Root Locus Method, 1948)，奠定了适宜用于单变量控制问题的经典控制理论的基础。
- 频域法成为分析和设计线性单变量自动控制系统的主要方法。早期，反馈控制系统通称为自动调节系统，后称为自动控制系统 (Automatic Control System)。因此，调节器也称为控制器。

## 经典控制理论形成的历史动力

---

---

**推 动：**受当时重大技术（通讯技术和火炮技术等）的深刻影响

**物理学：**牛顿力学中的“质点和姿态动力学”

**数 学：**线性常系数微分方程、复变函数、概率、统计

**工 具：**模拟电路和模拟计算机



## 综合自动化控制的标志

**现代控制 (Modern Control):** 1960年~1980年

- 基于时域 (Time Domain) 的方法
- 状态空间模型 (State Space Model)

**先进控制 (Advanced Control):** 1980年~:

- 基于频域+时域的方法 (传递函数+状态空间模型)
- 基于知识的方法——智能控制 (*Intelligent Control*)
- 基于模型+知识的方法——集成控制 (*Integrated Control*)

## 现代控制理论的形成和发展

- 1956年，前苏联数学家庞特里亚金提出极大值原理。同年，美国数学家贝尔曼创立动态规划。两者为解决最优控制问题提供了理论工具。
- 1960年美国数学家卡尔曼提出能控性和能观性两个概念，揭示了系统的内在属性。卡尔曼还引入状态空间法，提出具有二次型性能指标的线性状态反馈律，为线性自动控制系统给出了最优调节器的概念。以上这些新概念和新方法标志着现代控制理论的诞生。
- 20世纪60~70年代，英国学者H.罗森布罗克、D.梅恩和A.G.麦克法兰等将频率法推广到分析和设计多变量系统，称为现代频率法。

# 现代控制理论形成的历史动力

**推 动：** 远程火箭技术与航天技术、现代航海技术的直接影响

**物理学：** 力学、电动力学、化学反应机理

**数 学：** 线性代数（几何方法）和矩阵论；线性常微分方程组理论；  
实、复变函数论变分法；泛函分析；概率、统计

**工 具：** 电子计算机技术促进



## 先进控制理论的形成和发展

- 1981年，基于频域和时域方法，Zames提出最优灵敏度控制，开始了鲁棒控制研究时代。
- 从20世纪80年代开始，基于知识的方法，把人工智能与自动控制相结合，出现了智能控制研究阶段。
- 近年来，基于知识和解析的方法，实现了集成控制。

推动：微电子技术、计算机技术、通讯和网络技术、机器人技术；经济、技术全球化进程的加快

# 自动控制的历史地位和作用

## 20世纪40年代是自动化技术和理论形成的关键时期：

- 工业过程自动化首先来自于传统机械制造业生产方式的变更，最典型的例子是汽车生产流水线，能够大幅度提高质量、降低成本
- 汽车工业的发展，带动了冶金、化工、石油等工业，促进了连续生产过程自动化的发展

## 先进控制技术与高端自动化系统的应用有力推动了产业发展：

- 高速列车运行控制、航空航天运动体控制、水下潜航器控制、复杂地质钻进控制
- 大型冶金过程控制、化工过程控制、造纸过程控制、电力系统控制（火电、水电、核电、风电、太阳能）
- .....