

自动控制原理

汪 晶

QQ:150302300

第一章 引论

本章知识点：

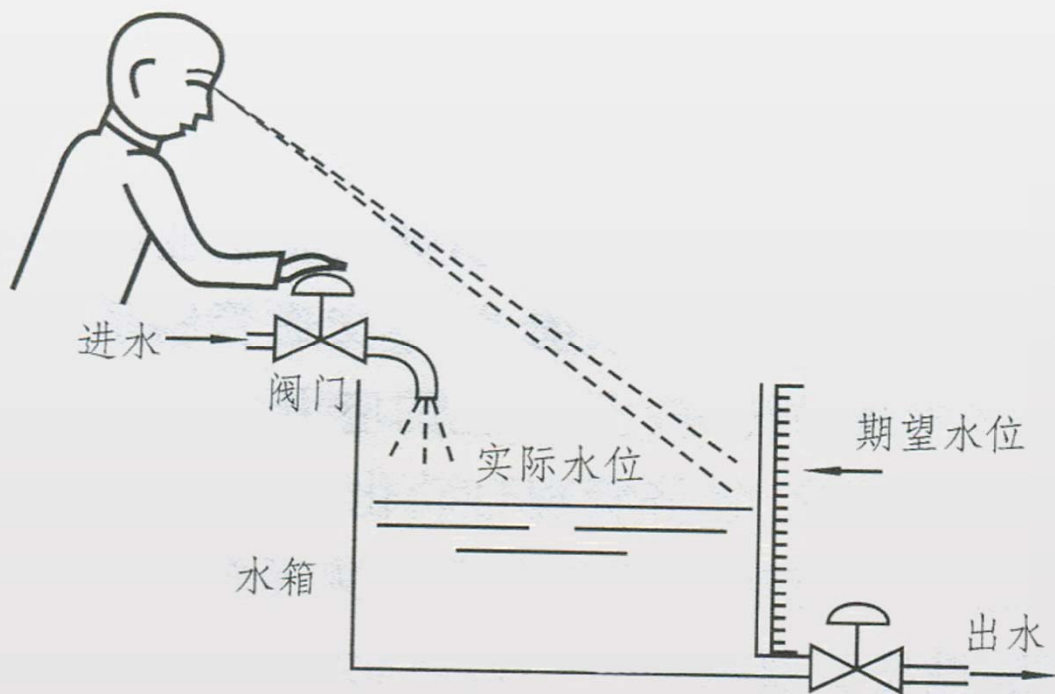
- 自动控制的基本概念
- 自动控制系统的组成
- 自动控制系统的分类
- 自动控制系统的要求
- 经典控制理论发展历程
- 本课程体系结构

自动控制的基本概念

控制（control）

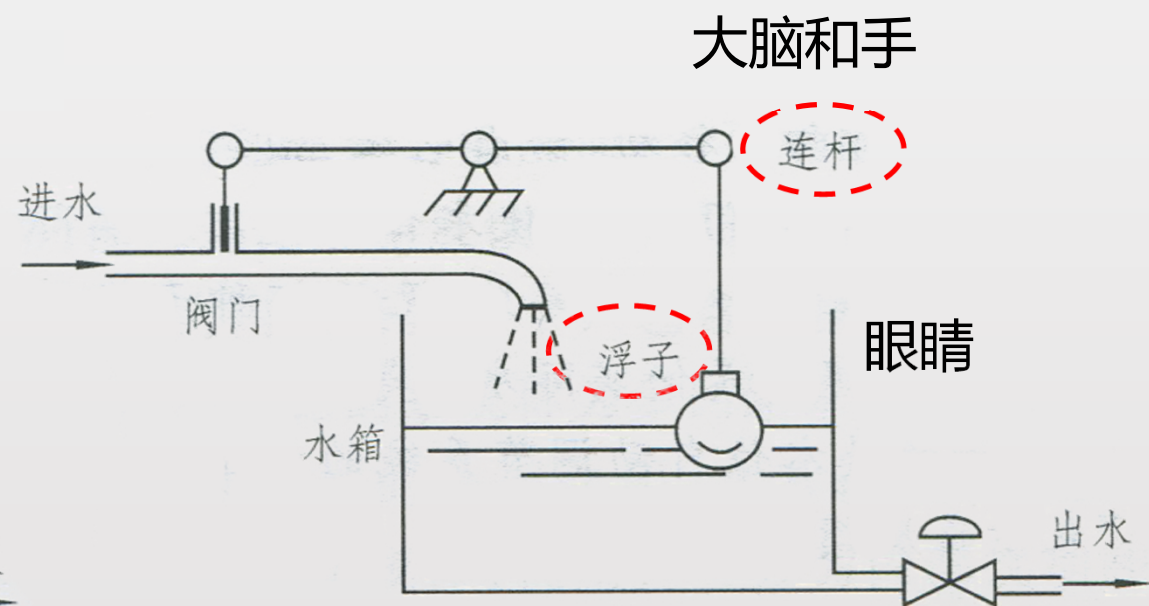
为了克服干扰的影响，达到期望的目标而对被控制对象中的某一个（或某些）物理量进行的操作。

人工控制：

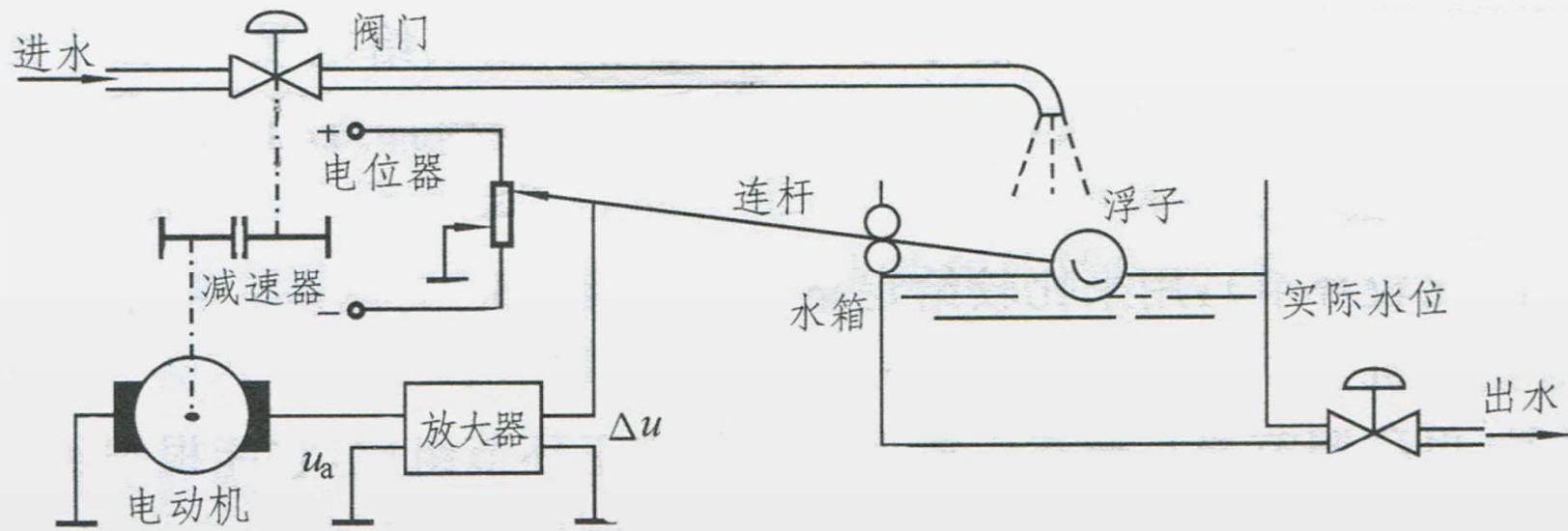


水位手动调节系统

自动控制：



水位自动调节系统



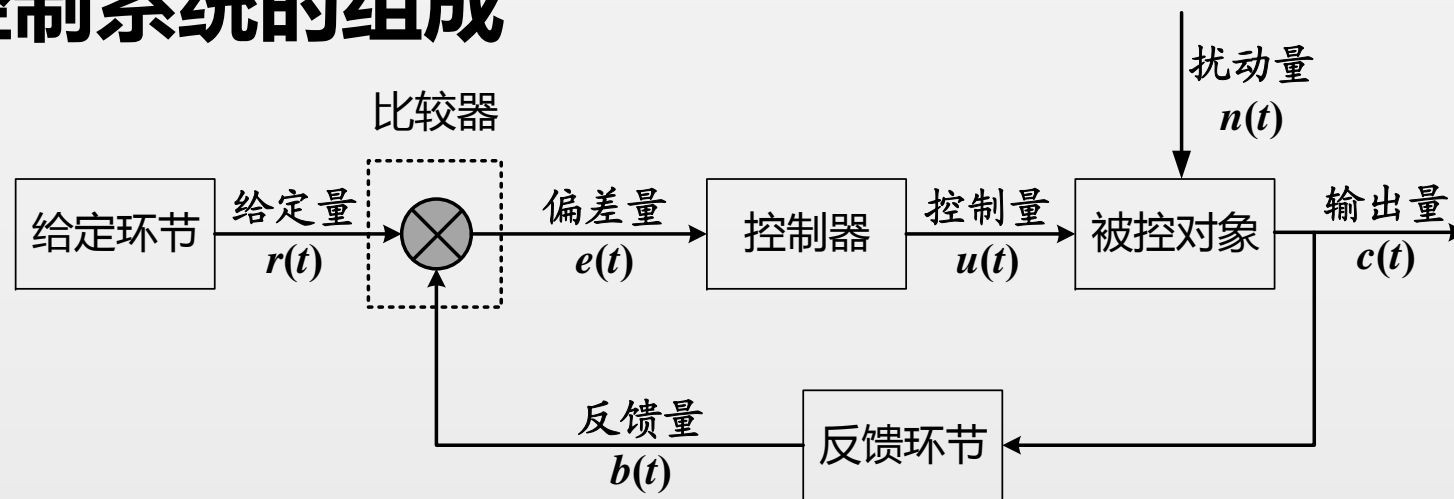
改进的水位自动调节系统

自动控制系统中某些装置被有机地组合在一起，代替了人工控制中的人的功能。由于这些装置担负着控制的功能，通常称之为**控制装置（控制器）**。

自动控制：

在无人直接参与的情况下，利用控制装置（**控制器**），使工作机械、或生产过程（**被控对象**）的某一个物理量（**被控量**）按预定的规律（**给定量**）运行。

自动控制系统的组成



自动控制系统的基本构成

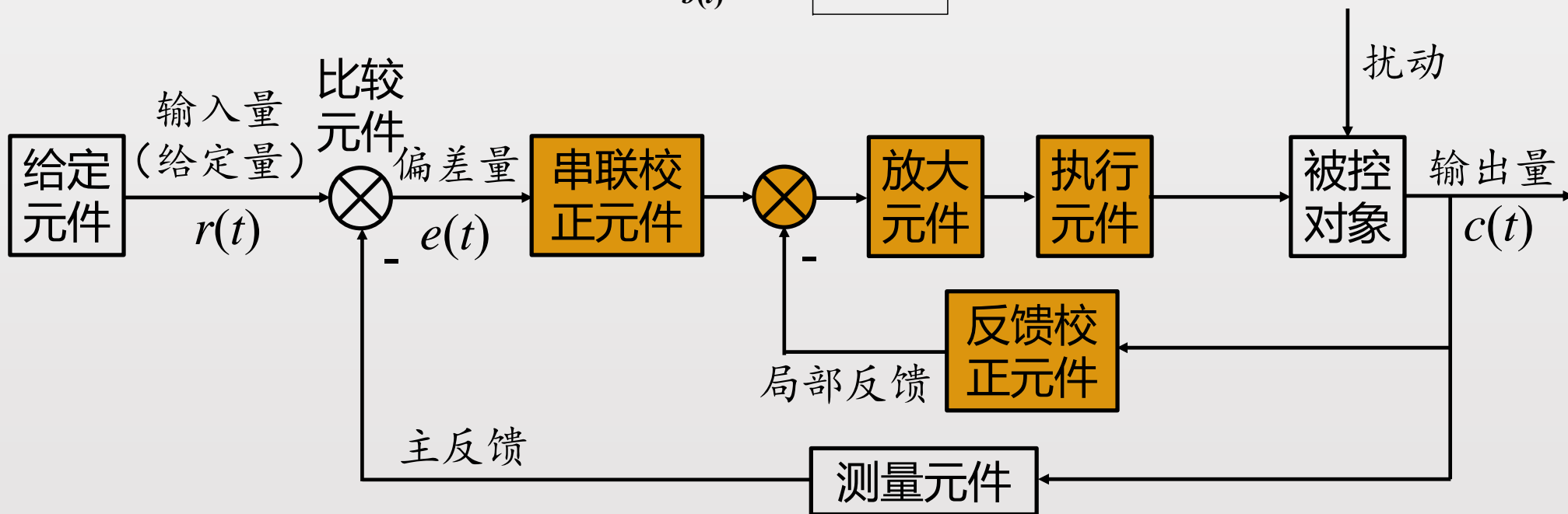
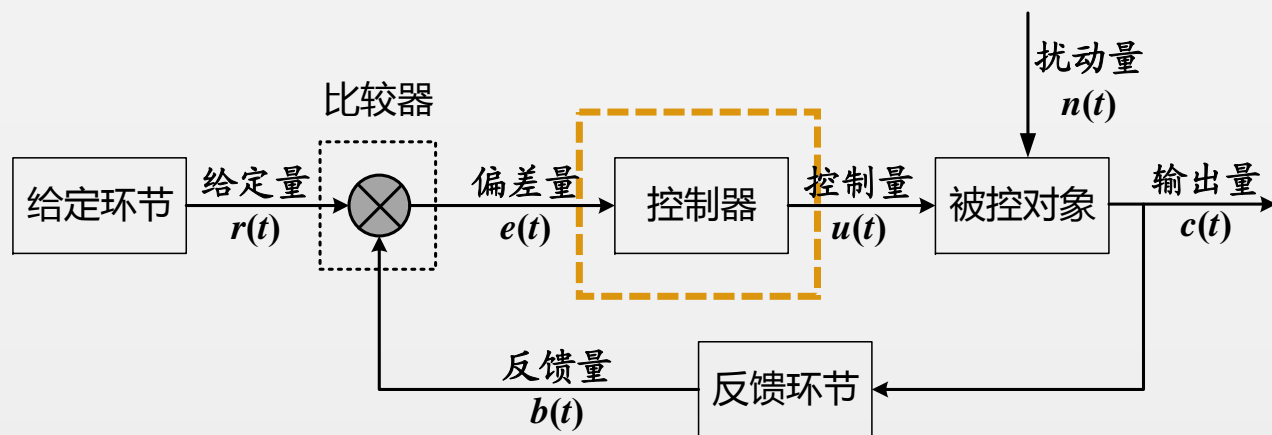
给定环节：产生给定的输入信号 $r(t)$ （又称参考输入或给定量）

比较器：用来比较给定量 $r(t)$ 与反馈量 $b(t)$ ，产生偏差量 $e(t)$ 。

控制器：根据偏差量 $e(t)$ ，产生具有一定规律的控制量 $u(t)$ 对被控对象实施控制，使被控量产生预期的改变

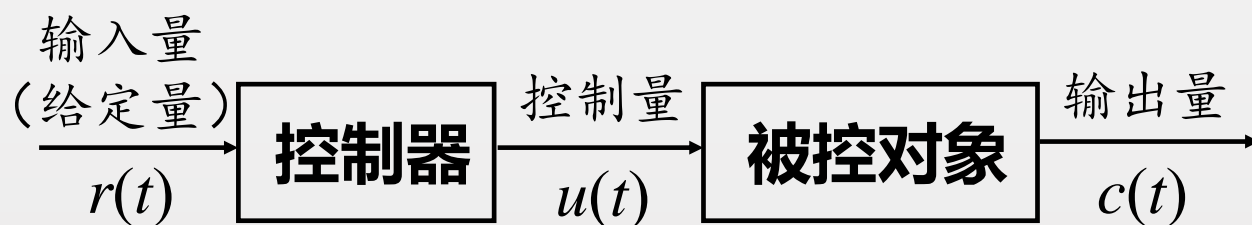
被控对象：控制系统所要控制的设备或生产过程，产生输出量 $c(t)$

反馈环节：对系统输出量 $c(t)$ 进行测量，将它转换成为与给定量相同物理量的反馈量 $b(t)$



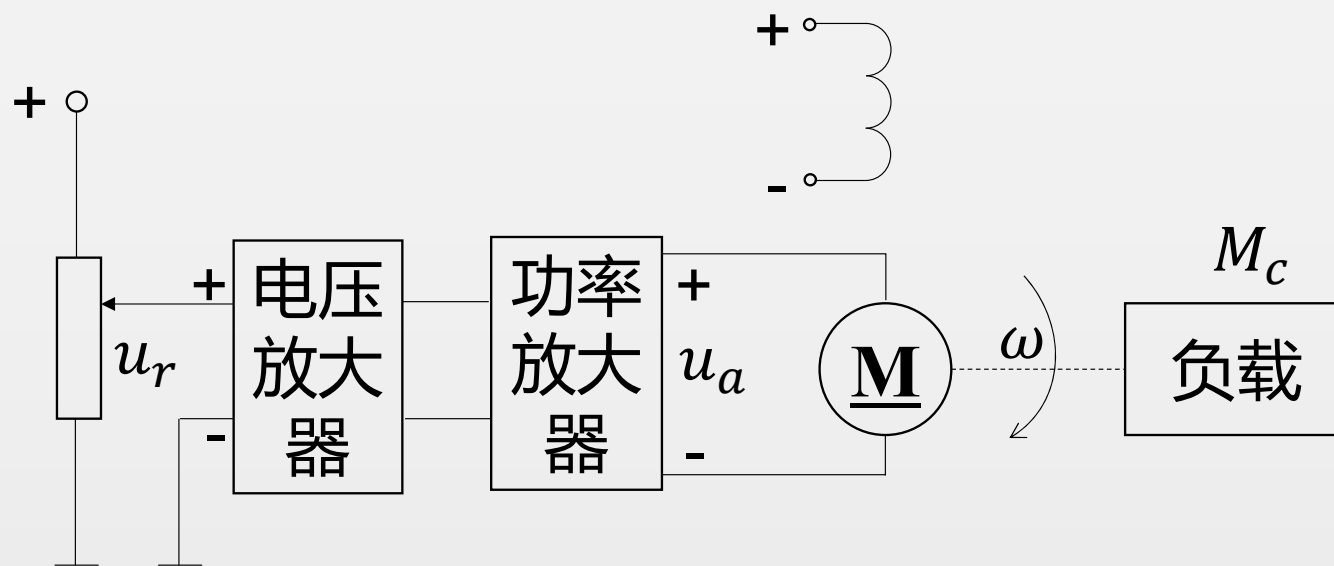
典型的反馈控制系统结构图

开环控制

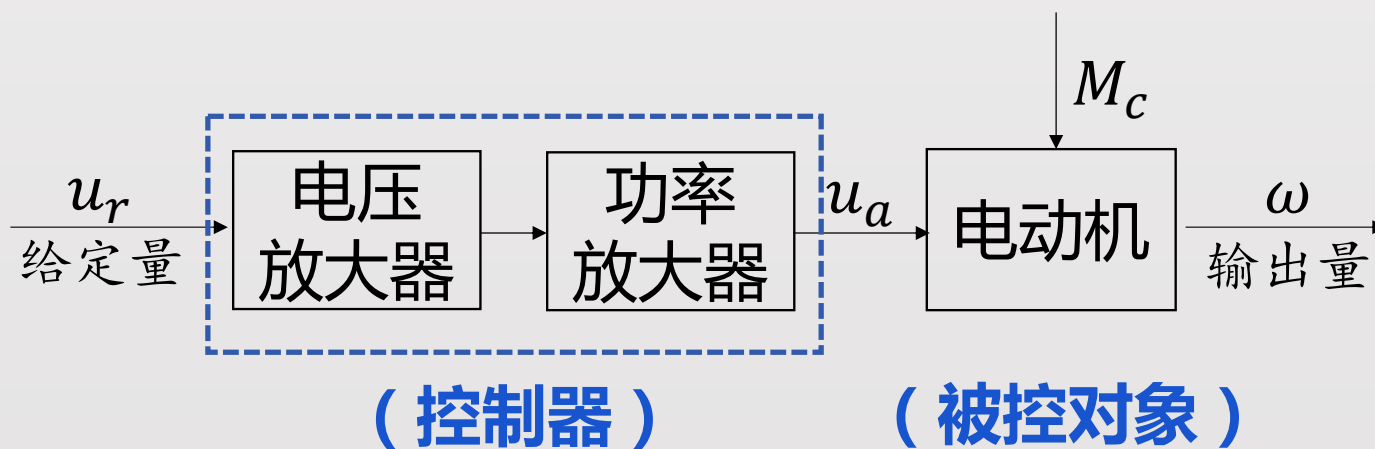


输入量直接送入控制器，产生控制量作用于被控对象，得到一个与之对应的工作状态和输出量。

在控制器与被控对象之间**只有正向控制作用而没有反馈控制作用**，即系统的输出量对输入量没有影响。



直流电动机转速开环控制系统

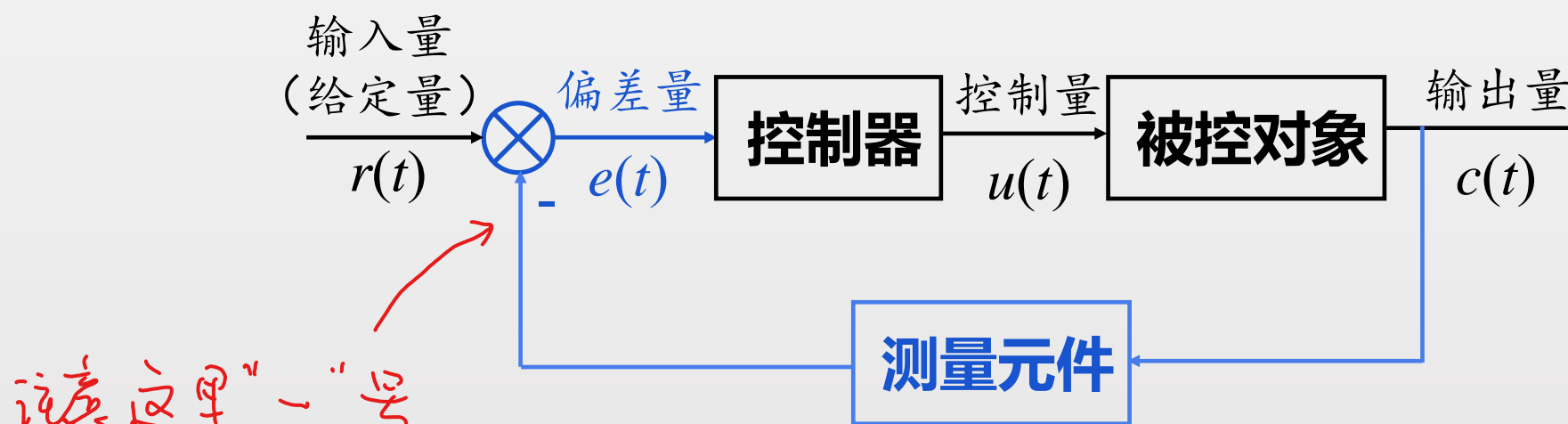


特点：系统简单，成本低；
控制精度差，抗干扰能力差。

使用场合：

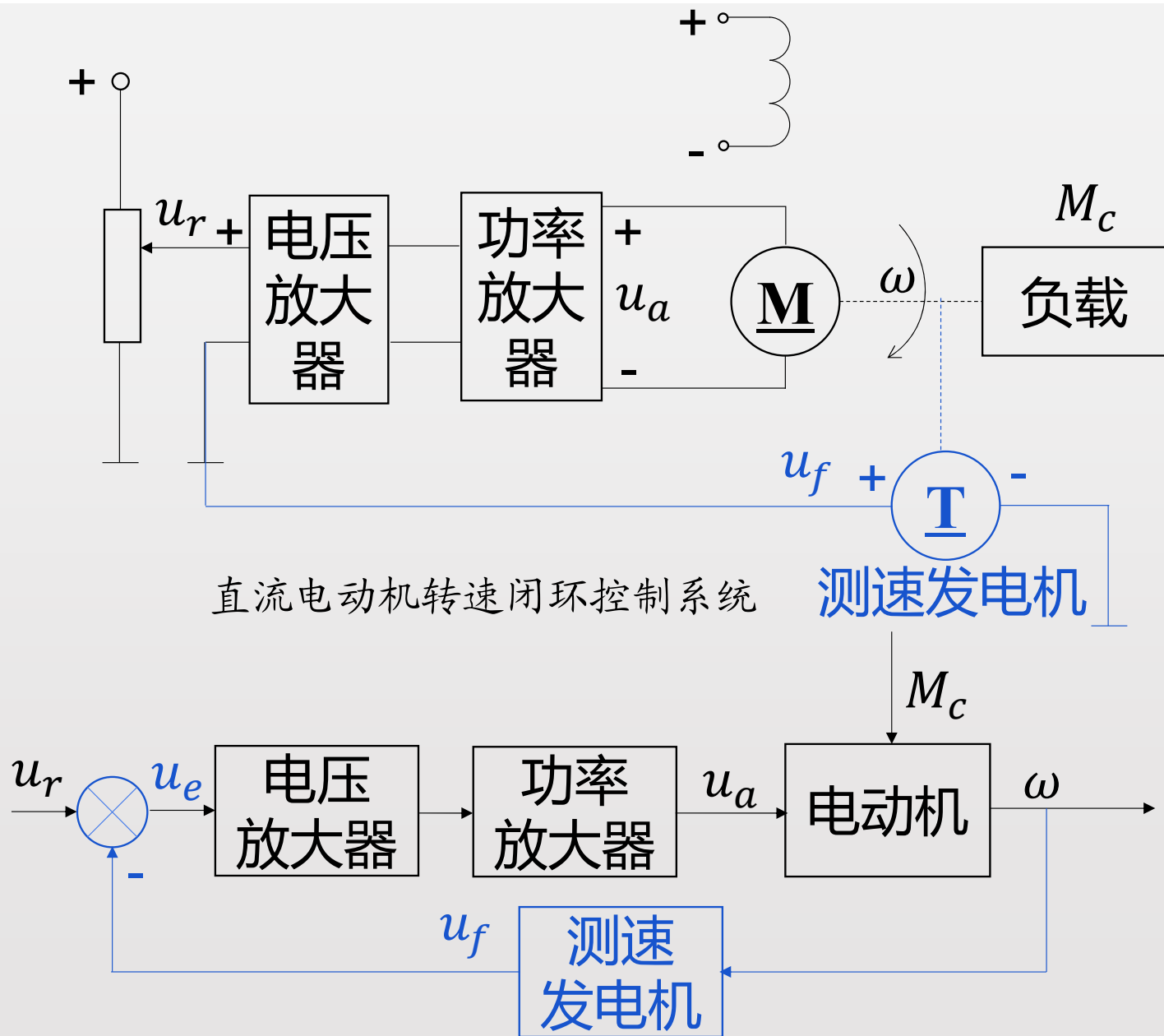
多用于不考虑外界影响或精度要求不高的场合。
如：自动售货机、自动报警器、自动化流水线等。

闭环控制（反馈控制）



引入测量元件，将检测到的输出量送回到输入端，并与输入信号比较，利用所得的**偏差信号**进行控制，达到减小偏差、消除偏差的目的。

控制器与被控对象之间**既有信号的正向作用，又有信号的反馈作用**。



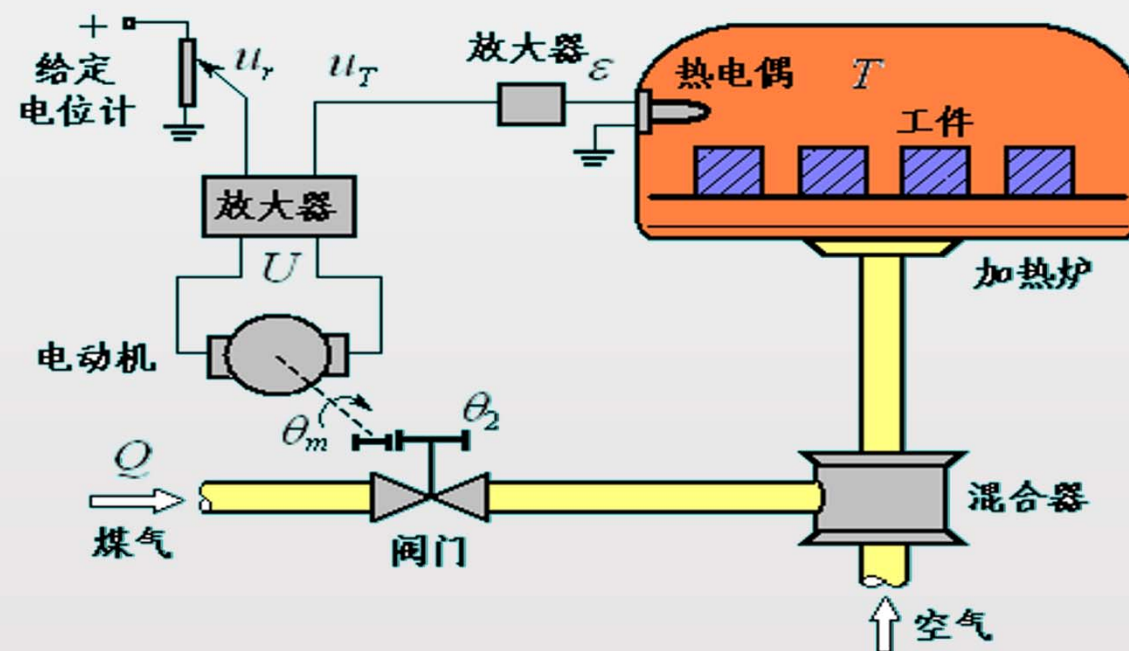
特点:

1. 系统内部存在**反馈**，信号流动构成闭回路；
2. **偏差**起调节作用。

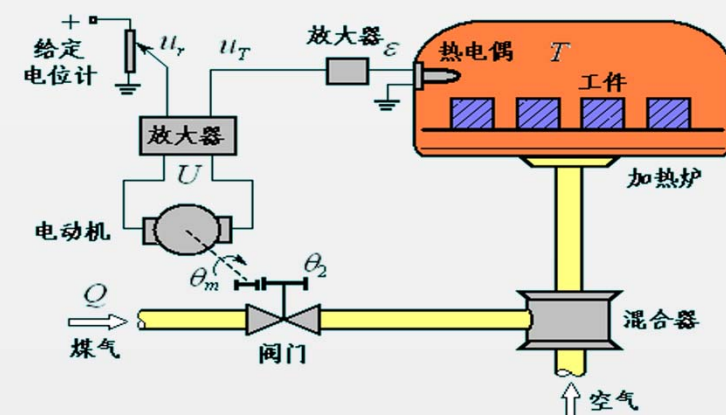
☺抗干扰能力强，控制精度高；

☹系统复杂，设计不合理时，将出现不稳定。

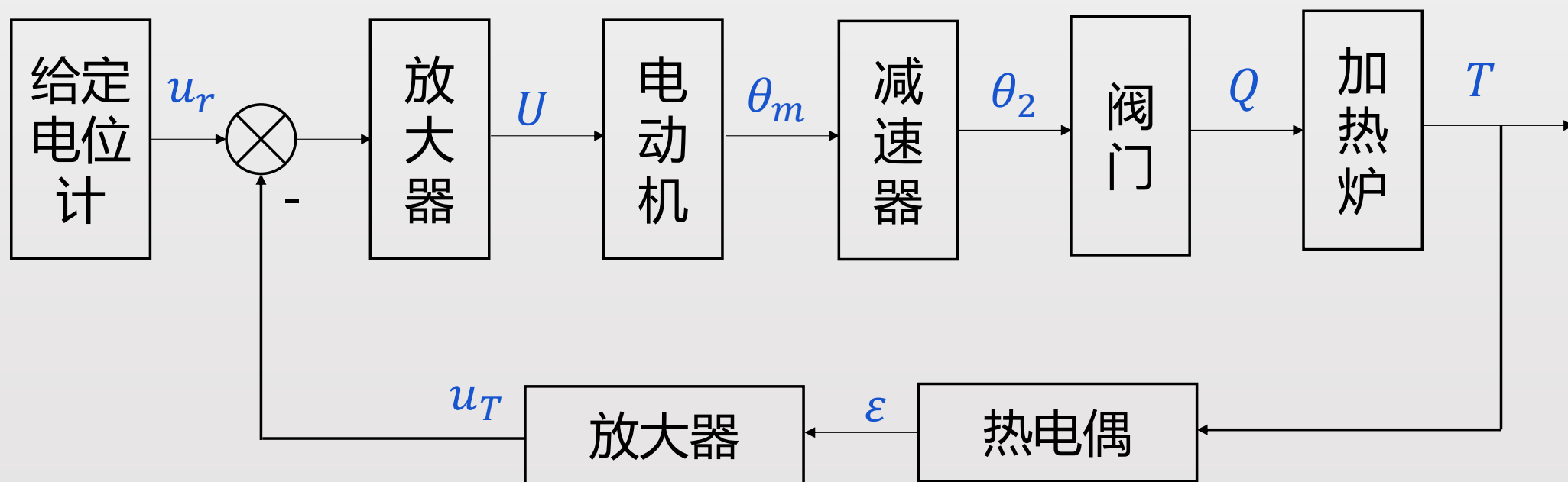
自动控制系统举例



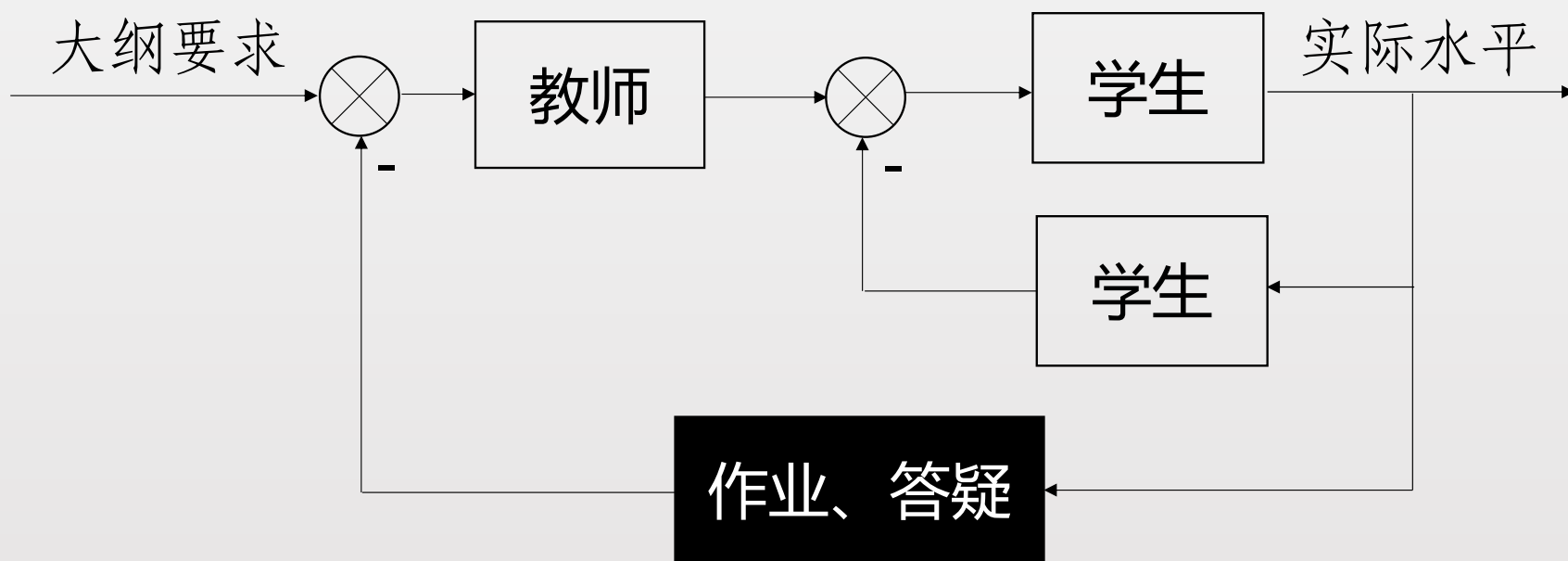
温度控制系统工作原理图



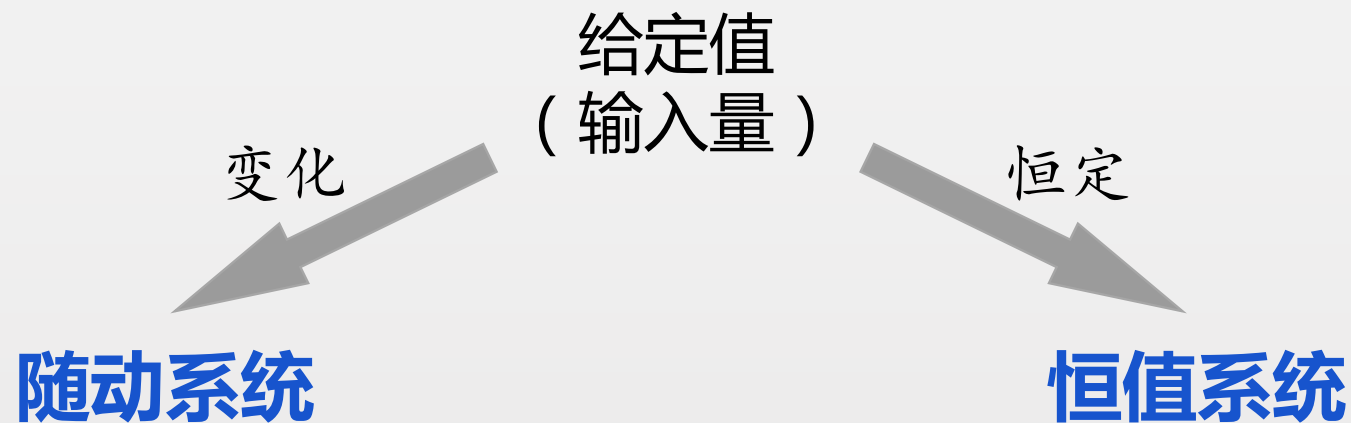
温度控制系统工作原理图



温度控制系统方框图



自动控制系统分类



系统输出量以尽可能小的误差跟随给定值变化

高射炮跟踪敌机随动系统
飞机自动驾驶系统

系统能尽量排除扰动，使输出恢复到给定值，并以一定的准确度保持在给定值附近

恒温控制系统
液位控制系统

系统叠加性

满足

线性系统

可用线性常微分方程描述其输出与输入关系

满足叠加性和齐次性
与初始状态无关

不满足

非线性系统

不能用线性常微分方程描述其输出与输入关系

不满足叠加性和齐次性
与初始状态有关

系统参数
随时间变化

否

是

定常系统

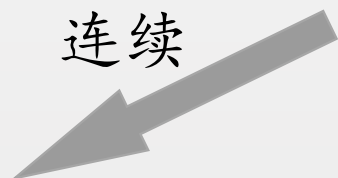
常微分方程的各项系数
都是与时间无关的常数

时变系统

常微分方程的各项
系数中有时间函数

信号的形式

连续

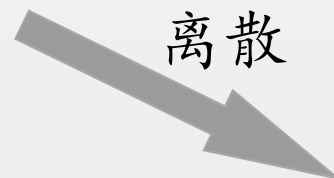


连续系统

系统中各部分的信号都是
连续函数形式的模拟量

液位控制系统
电动机转速控制系统

离散



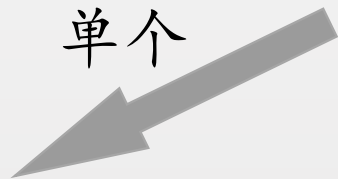
离散系统

系统中有一处或几处的
信号是脉冲序列或数码

计算机控制系统

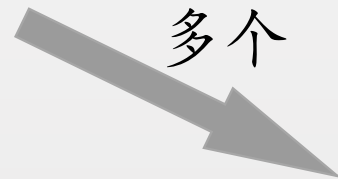
输入、输出数量

单个



单输入-单输出系统

多个



多输入-多输出系统

结构简单

结构复杂

按给定信号的形式

随动系统 / 恒值控制系统 (无本质区别)

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

按信号传递的形式

连续系统 / 离散系统

按输入输出变量的多少

单变量系统 / 多变量系统

线性定常系统

自动控制系统的要求

稳

(基本要求)

系统要稳定

准

(稳态要求)

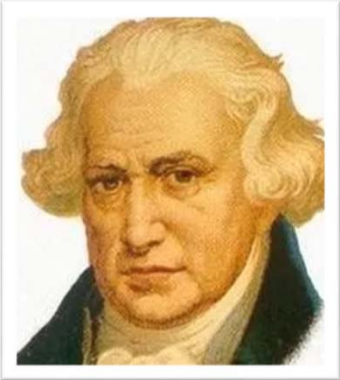
系统响应达到稳态时
，输出跟踪精度要高

快

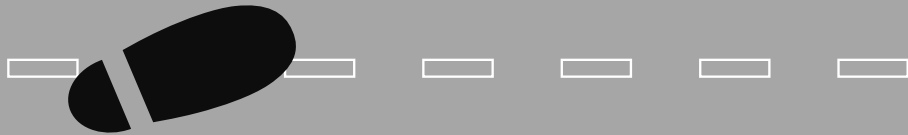
(暂态要求)

系统阶跃响应的过渡
过程要平稳，快速

经典控制理论发展历程

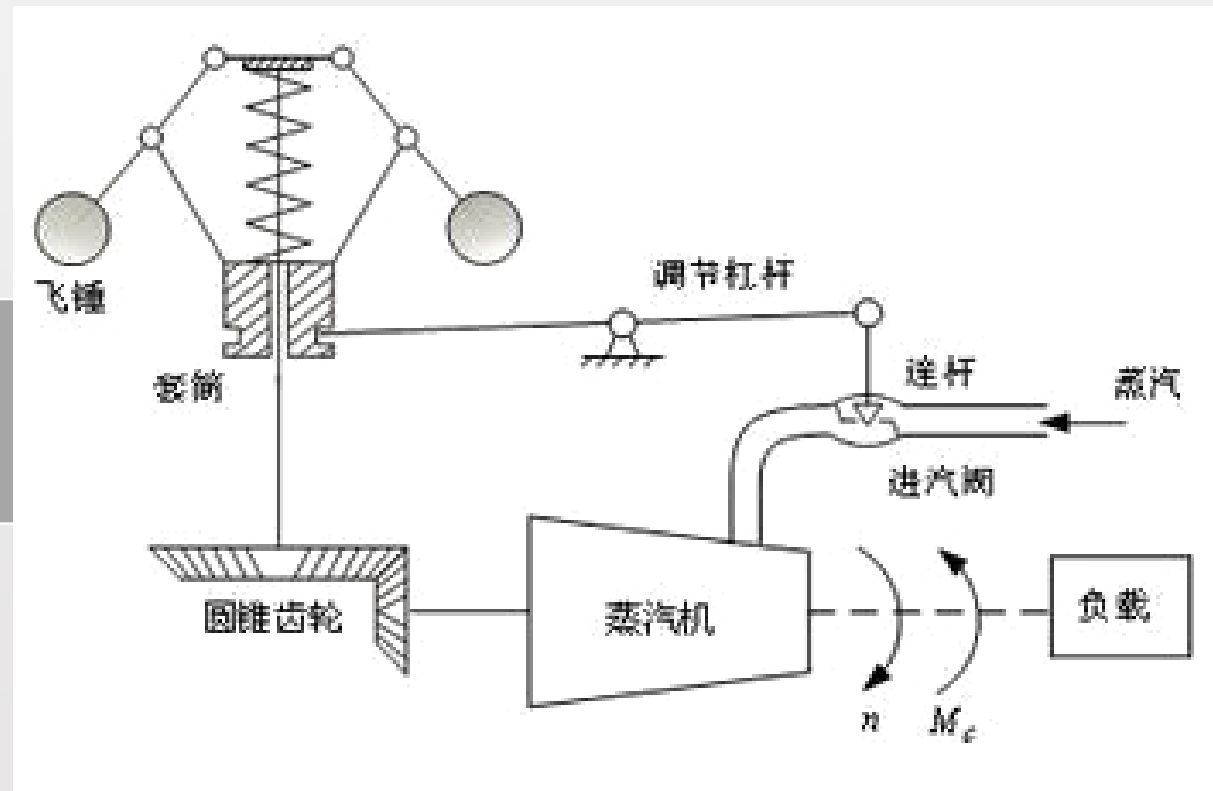


瓦特：英国发明家
James Watt
(1736-1819)



1788年
离心调速
器的改进

解决了蒸汽机转速控制稳定问题



经典控制理论发展历程

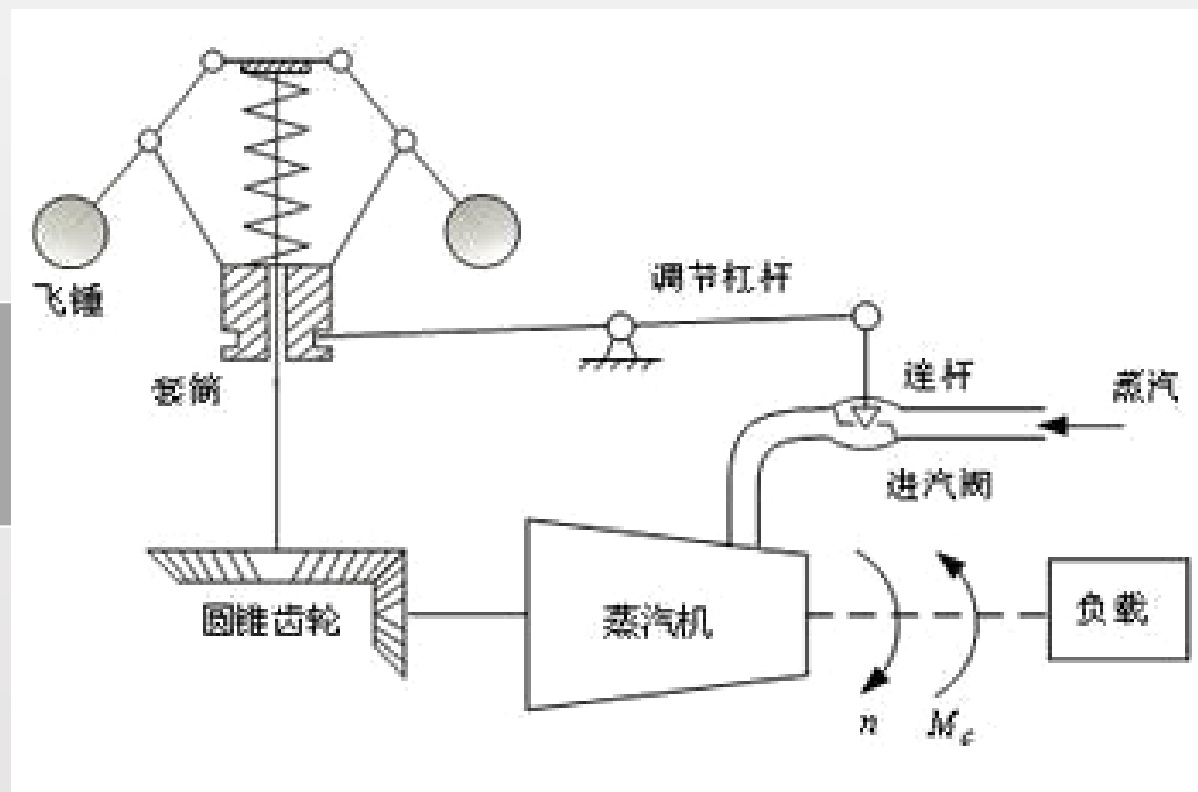


麦克斯韦：英国物理学家、数学家
James Clerk Maxwell
(1831-1879)



1788年
离心调速
器的改进

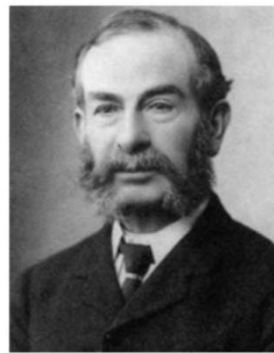
1868年
分析蒸汽机
调速器稳定
性问题



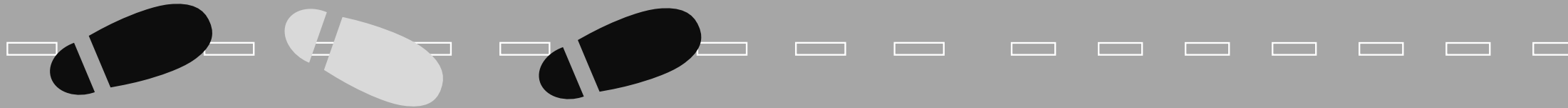
建立数学模型（三阶微分方程），从理论上解释了调速系统为什么会发生振荡，开创了在时域进行系统分析的先河

经典控制理论发展历程

劳斯：英国数学家
Edward John routh
(1831-1907)



赫尔维茨：德国数学家
Adolf Hurwitz
(1859-1919)



1788年
离心调速
器的改进

1868年
分析蒸汽机
调速器稳定
性问题

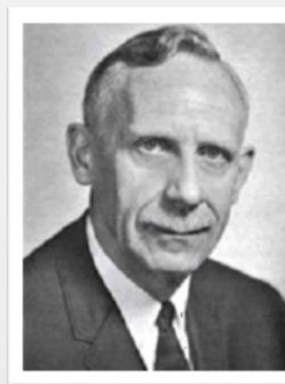
1877年
劳斯稳定判据
1895年
赫尔维茨稳定
判据

指导人们直接用于调速系统的工程实践，
是控制理论重要的研究进展

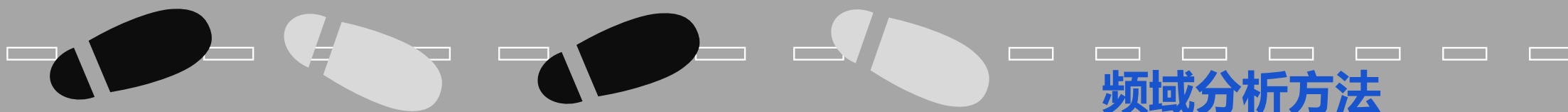
时域分析方法

经典控制理论发展历程

奈奎斯特：美国
物理学家
H. Nyquist
(1889-1976)



伯德，荷兰裔
美国科学家
H.W. Bode
(1905-1982)



1788年
离心调速
器的改进

1868年
分析蒸汽机
调速器稳定
性问题

1877年
劳斯稳定判据
1895年
赫尔维茨稳定
判据

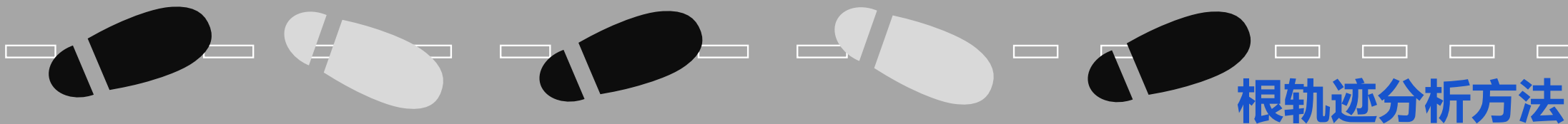
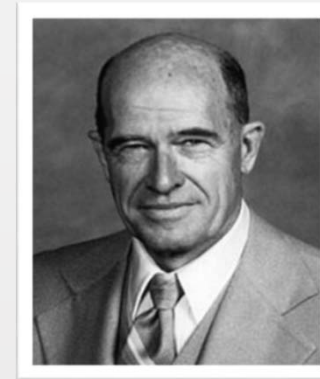
1932年
奈奎斯特
稳定判据
1938年
伯德稳定判据

从信号的远距离传输过程中的
稳定性问题中建立频域中判定
系统稳定性的有效方法

频域中对系统进行分析校
正的有效方法

经典控制理论发展历程

埃文斯：美国控制工
程师
Walter Richard Evans
(1920-1999)



根轨迹分析方法

1788年
离心调速
器的改进

1868年
分析蒸汽机
调速器稳定
性问题

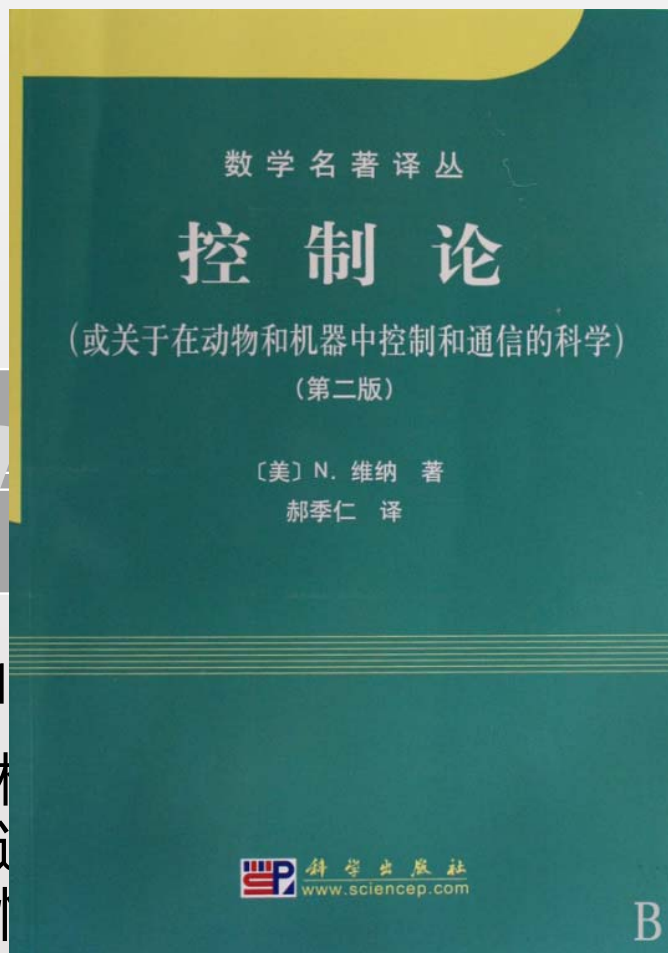
1877年
劳斯稳定判据
1895年
赫尔维茨稳定
判据

1932年
奈奎斯特
稳定判据
1938年
伯德稳定判据

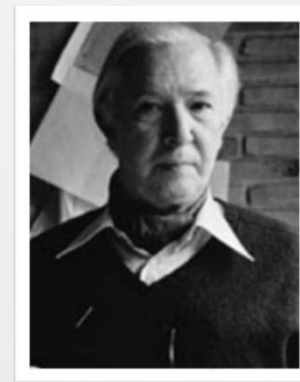
1948年
根轨迹法

通过分析参数引起系统特征
根变化，按这个思路给出系
统分析和校正的方法

经典控制理论发展历程



维纳：美国数学家、
控制科学家
N. Wiener
(1894-1964)



1788年
离心调速
器的改进

1
分
调
性

判据

1932年
奈奎斯特
稳定判据

1938年
伯德稳定判据

1948年
根轨迹法

把控制理论扩展到更广泛的研究领域，具有了更广泛的意义

1948年
《控制论》

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设计方法

近代控制理论

以状态方程为基础、用以研究多变量系统的分析设计方法，包括线性系统理论、最优控制理论、最优滤波理论和系统辨识理论等

智能控制理论

不依赖系统数学模型，借助于计算机

经典控制理论 —— 《自动控制原理》

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
分析设计方法

- 为后续专业课程的学习打下必要的基础
- 为后面继续深入学习近代控制理论和智能控制理论奠定必要的基础
- 在控制工程的实践中，仍然发挥着重要的指导作用

本课程体系结构

