

自动化导论复习提纲

自动化导论复习提纲

Lecture1 自动化是什么

- 1.1 自动化的定义
 - 1.1.1 百度百科定义
 - 1.1.2 现代汉语词典定义
- 1.2 自动化的特征
- 1.3 自动化的命名特点
- 1.4 自动化的作用
- 1.5 自动化的分类
 - 1.5.1 工业自动化 (Industrial Automation)
 - 定义
 - 特点 (三“最”)
 - 作用 (7个)
 - 分类 (2类)
 - 例子 (3个)
 - 1.5.2 农业自动化 (Agricultural Automation)
 - 定义
 - 特点 (3点)
 - 作用 (4点)
 - 例子 (4个)
 - 1.5.3 服务业自动化 (Service Automation)
 - 作用 (2点)
 - 特点 (3点)
 - 例子 (6个)
 - 1.5.4 军事/航天自动化 (Military/Astronautic Automation)
 - 作用 (4点)
 - 特点 (2点)
 - 例子

Lecture2 自动化发展史

- 2.1 早期自动化 (1400B.C.-1900)
 - 例子
 - 2.1.1 闭环控制系统
 - 2.1.2 开环控制系统
 - 实例：①压水井 ②多米诺骨牌
- 2.2 经典自动化前期
- 2.3 经典自动化
 - 有关经典自动控制的名著
- 2.4 现代自动化
- 2.5 未来的自动化
 - 发展趋势

Lecture3 现代自动化初览

- 3.1 现代自动化
 - 3.1.1 特点：针对复杂的被控对象
 - 3.1.2 现代自动化设备
 - 3.1.3 航天自动化 卫星控制
 - 卫星姿态控制系统
 - 霍曼转移轨道
 - 3.1.4 楼宇自动化 (建筑设备自动化)
 - 3.1.4 制造自动化、智能机器人
- 3.2 现代自动化设备的基本结构
 - 以工业机器人为例
 - 每个关节的控制过程

- 3.3 现代自动化设备的组成部分
 - 3.3.1 硬件
 - 3.3.2 软件
- Lecture 4 自动控制原理一
 - 4.1 两类基本控制
 - 4.1.1 开环控制（框图）
 - 开环控制的特点
 - 开环控制的优点
 - 开环控制的缺点
 - 偏移的原因分析
 - 如何克服开环控制的缺点
 - 4.1.2 闭环控制（形成反馈）
 - 反馈的定义
 - 实现反馈控制de几个要求
 - 维纳对反馈的理解
 - 反馈的作用
 - 反馈设计方法
 - 4.1.3 自动控制系统的定量描述（数学模型）
 - 4.1.4 自动控制器的实现
 - 4.1.5 控制系统的衡量标准（上升时间，峰值时间，超调量，调整时间，震荡次数）
- Lecture 5 自动控制原理二
 - 5.1 前馈
 - 5.1.1 前馈思想
 - 5.2 前馈-反馈控制
 - 5.3 串级控制
 - 5.4 多回路控制
 - 5.5 PID控制率
 - 5.5.1 比例P控制
 - 5.5.2 积分I控制（几乎不单独使用）
 - 5.5.3 PI控制
 - 5.5.4 微分D控制
 - 超前作用
 - 微分控制
 - 5.5.5 比例积分微分控制
- Lecture 6 自动化专业培养目标
 - 培养目标与毕业要求
- Lecture 7 专业发展与就业前景
 - 7.1 我校自动化学科历史
 - 7.2 自动化学术相关
 - 1 自动化学术组织
 - 2 国内学术期刊
 - 3 国际著名学术期刊
 - 4 国内知名学术会议
 - 5 国际著名自动化学术会议：控制
 - 6 机器人与自动化

Lecture1 自动化是什么

1.1 自动化的定义

1.1.1 百度百科定义

自动化是指机器设备、系统或过程在没有人或较少人的参与下，按照人的要求，经过**自动检测、信息处理、分析判断、操纵控制**，实现预期目标的技术（或过程）。

1.1.2 现代汉语词典定义

最高程度的机械化。机械、设备或仪器能全部自动地按照规定的要求和既定的程序进行生产，人只需要确定控制的要求和程序，不需要直接操作。

1.2 自动化的特征

- 自动运行
- 体现人的意志
- 通过人为手段或人工装置实现

1.3 自动化的命名特点

以技术特征命名，不是以研究应用的对象来命名。

1.4 自动化的作用

1. 把人从枯燥繁重的体力活动、部分脑力劳动以及恶劣、危险的工作环境中解放出来。
 2. 扩展人的器官功能，极大的提高劳动生产率，增强人类认识世界和改造世界的能力。
-

1.5 自动化的分类

1.5.1 工业自动化 (Industrial Automation)

定义

运用现代自动化技术，对工业生产过程进行**检测、控制、优化、调度、管理、决策**，从而减少人员直接参与并提升工业产能的一种**综合性技术**

特点（三“最”）

- ①起步最早②应用最广泛③对人类影响最大

作用（7个）

- ①提高效率，降低成本
- ②提高产量
- ③提高安全性
- ④节能环保
- ⑤提高产品质量
- ⑥提高生产的灵活性
- ⑦提高信息利用能力

分类（2类）

- ①**离散自动化**（如 汽车装配）②**过程自动化**（如 化工、轧钢）

例子（3个）

- ①BWM7系列装配线 ②波音787-9科技装配线 ③石油化工（典型的过程自动化）

1.5.2 农业自动化 (Agricultural Automation)

定义

应用自动控制等技术手段实现农业生产和管理的自动化。

特点 (3点)

①起步晚②规模小③发展速度快

作用 (4点)

- ①提高农业作业效率，降低成本
- ②优化资源配置，提高产量
- ③保障人员的健康和安全
- ④保护生态环境

例子 (4个)

①自动化收割机 ②农用无人机 ③自动化温室 ④自动化养殖场

1.5.3 服务业自动化 (Service Automation)

作用 (2点)

- ①优化服务质量，使生活更加快捷、便利、舒适、安全
- ②优化配置社会资源，降低服务成本，降低人类生活对能源的消耗和对环境的影响

特点 (3点)

①起步晚 ②发展潜力巨大 ③覆盖面广

例子 (6个)

① 扫地机器人 ②智能家居 ③智能车辆门禁 ④智能交通 ⑤自动驾驶 ⑥安防机器人

1.5.4 军事/航天自动化 (Military/Astronautic Automation)

作用 (4点)

- ①提高作战能力
- ②减少人员伤亡
- ③提高人类探索太空的能力
- ④降低探索太空的成本

特点 (2点)

①起步早 ②应用深度、水平超过工业自动化

例子

①全自动火炮 ②精确制导武器 ③军用无人机 ④月球探测器 ⑤火星探测器 ⑥运载火箭

Lecture2 自动化发展史

2.1 早期自动化 (1400B.C.-1900)

例子

- ①自动记时漏壶
- ②孙子兵法 (孙武著)
- ③ (秦) 都江堰水利工程
- ④ (西汉) 被中香炉 (古代的陀螺仪)
- ⑤ (亚历山大的希罗) 开闭庙门和分发圣水的自动装置

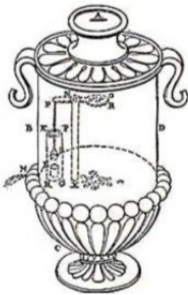


自动开闭庙门

- ① 燃烧的圣火提高了下方水池内的温度，使气压升高；
- ② 高压将水泵入右侧悬挂的桶内，打破了右侧装置的重力平衡；
- ③ 下坠的水桶通过滑轮装置打开庙门。



Heron
(10~70 A.C.)



自动分发圣水

- ① 从上方投入硬币；
- ② 硬币落入秤盘内，使天平左侧下沉，拉高右侧阀门；
- ③ 阀门打开会流出一定量圣水，硬币从秤盘掉落后又使阀门关闭。

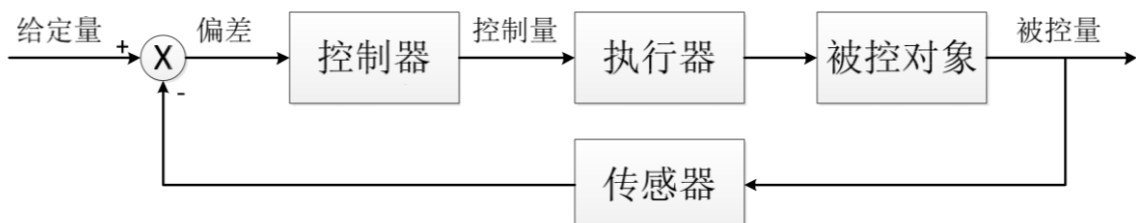
HIT

- ⑥ (中国张衡) 候风地动仪
- ⑦ (中国马钧) 用齿轮传动的自动指示方向的指南车
- ⑧ (中国) 定向驾驶舵
- ⑨ (苏颂) 水运仪象台
- ⑩ (明代宋应星) 《天工开物》 有程序控制思想的提花织机结构

11. (英国 J. Watt) 用离心式调速器控制蒸汽机的速度

- 12. Routh&Hurwitz 解决了多阶系统的稳定性判据问题
- 13.

2.1.1 闭环控制系统



2.1.2 开环控制系统



实例：①压水井 ②多米诺骨牌

2.2 经典自动化前期

2.3 经典自动化

有关经典自动控制的名著

钱学森《工程控制论》

H.Bode 《Network Analysis and Feedback Amplifier》

维纳《cybernetics》

.....

2.4 现代自动化

2.5 未来的自动化

发展趋势

- 1.更快速
- 2.更精密
- 3.更聪明
- 4.更广阔（新领域）
- 5.更远（深空、深海）
- 6.更密切

Lecture3 现代自动化初览

3.1 现代自动化

3.1.1 特点：针对复杂的被控对象

- 1.有多个被控量
- 2.需要多个传感器、执行器
- 3.一般也需要多个控制器

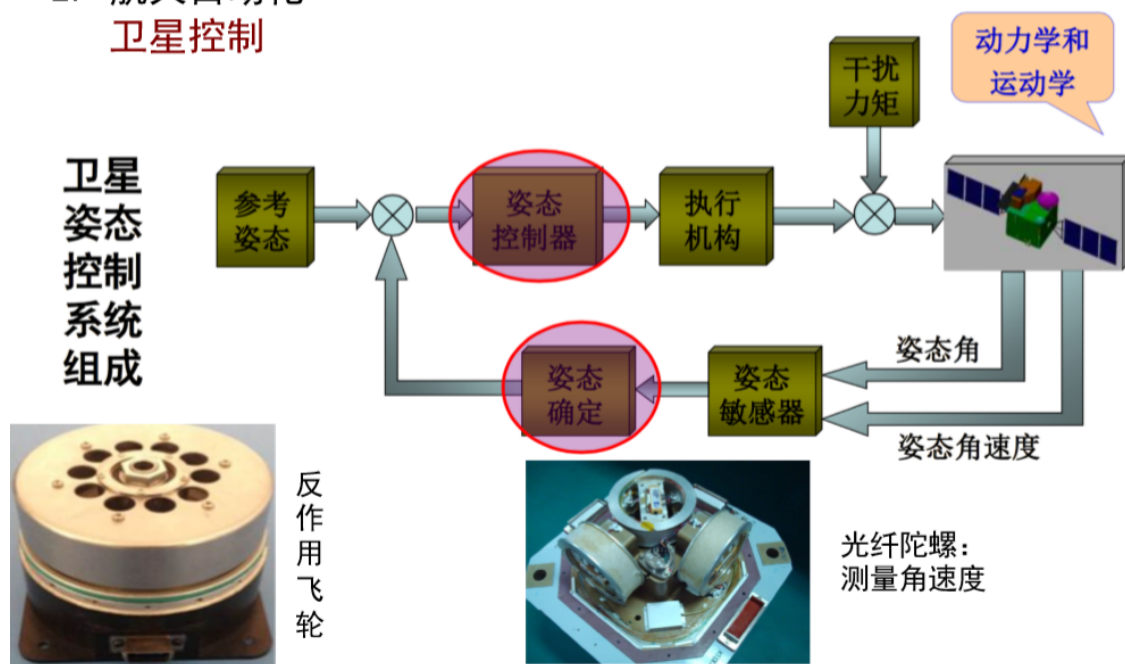
3.1.2 现代自动化设备

结构复杂，控制复杂

3.1.3 航天自动化 卫星控制

卫星姿态控制系统

2. 航天自动化 卫星控制

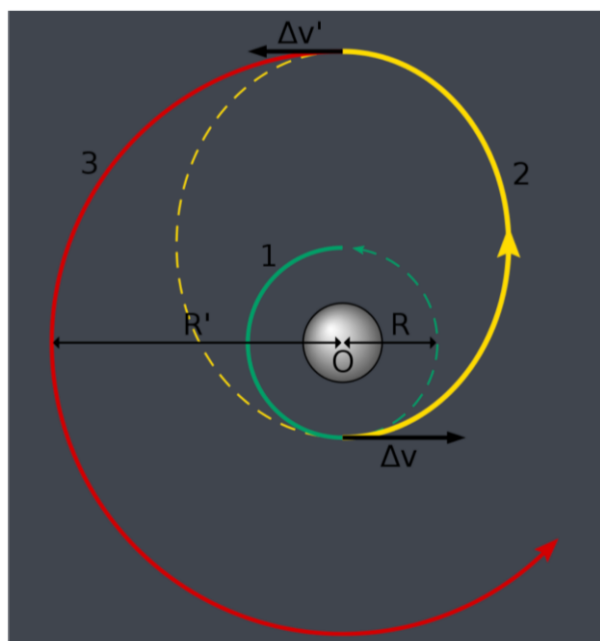


霍曼转移轨道

2. 航天自动化

霍曼转移轨道，它是两条同心共面圆轨道之间的一条椭圆轨道，既与内圆外切又与外圆内切。为了使航天器在这两条轨道之间进行转移，只需在这条椭圆轨道与两条圆轨道的两个切点上施加两个切向速度脉冲增量（同为加速或同为减速）便可实现。

在限定只用二次脉冲推力的情况下，这是能量最省的转移轨道，但飞行时间和飞行路线较长。



3.1.4 楼宇自动化（建筑设备自动化）

3.1.4 制造自动化、智能机器人

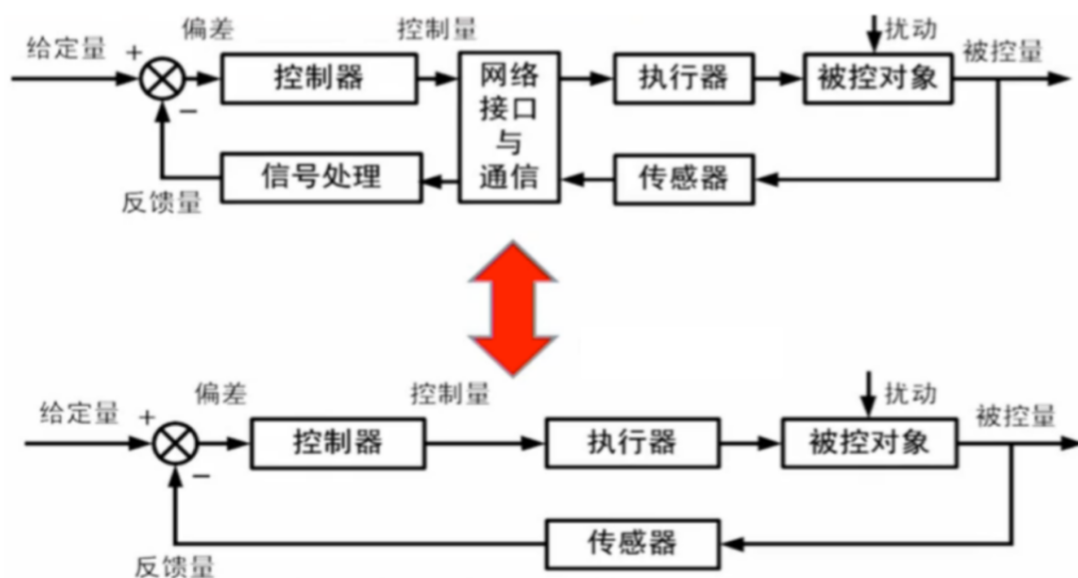
3.2 现代自动化设备的基本结构

以工业机器人为例

- 机器人机身
 - 传感器
 - 执行器（电机）
 - 工具手
- 控制部分
 - 控制柜
 - 控制器
 - 网络通信接口
 - 伺服驱动
 - 安全保护控制器
 - 示教器+操作面板

每个关节的控制过程

控制器通过网络控制伺服驱动器+电机，同时编码器检测信号返回到控制器，构成闭环负反馈系统



3.3 现代自动化设备的组成部分

3.3.1 硬件

- 传感器
- 执行驱动驱动器
 - 液压执行机构
 - 气动执行机构
 - 电动执行机构
- 计算机控制器（单元、模块）
- 网络通信

3.3.2 软件

- 控制算法软件、编程

Lecture 4 自动控制原理一

4.1 两类基本控制

4.1.1 开环控制（框图）



开环控制的特点

只根据给定量进行控制，而被控质量在全部控制过程中对控制量不产生任何影响。

开环控制的优点

结构简单。

开环控制的缺点

被控质量相对于预期会出现偏差，不具备自动修正的能力。

偏移的原因分析

- ①从给定量（控制目标）到被控量（实际效果）是单向的。
- ②没有纠错机制，发生偏差无法及时纠正。

如何克服开环控制的缺点

让系统输出端的被控制量影响输入量，形成闭环。

4.1.2 闭环控制（形成反馈）

反馈的定义

将输出量通过**恰当的检测装置**返回到输入端，并与输入量进行比较的过程。

实现反馈控制de几个要求

- 必须对被控量进行测量，并将其反馈到系统输入端，得到偏差。
- 对偏差进行适当放大，从而产生对被控对象的控制作用。
- 上述控制作用应该使被控量 **做消除偏差、保持期望值** 的相应变化。

维纳对反馈的理解

1945年，维纳把反馈的概念推广到一切控制系统，把反馈理解为：

从受控对象的输出提取一部分信息作为下一步输入，从而再对输出产生影响的过程。

反馈的作用

- 被控对象的数学模型与实际系统之间存在差别。
- 产生不确定性的原因：
 - 系统的激励很难弄清
 - 参数测量存在误差

- 人为的化简有利于研究和设计。
- 反馈的作用

控制一个复杂的动态系统达到某个给定的目标，并不需要系统结构的全部知识，常常可以基于简单的模型，通过有效的反馈实现对复杂系统的控制。

反馈设计方法

- 传统反馈
- 鲁棒反馈
- 自适应反馈
- 智能反馈

4.1.3 自动控制系统的定量描述（数学模型）

- 微分方程
- 传递函数
- 状态空间模型
- 离散系统（差分方程）

4.1.4 自动控制器的实现

- 1.确定控制系统的结构
- 2.建立被控制对象的数学模型
- 3.确定控制器的数学表达式
- 4.确定控制器、执行器、传感器等硬件的选型

4.1.5 控制系统的衡量标准（上升时间，峰值时间，超调量，调整时间，震荡次数）

- 快速性（快）
- 稳定性（稳）：是否会疯狂震荡？
- 准确性（准）：是否有稳态误差？

Lecture 5自动控制原理二

5.1 前馈

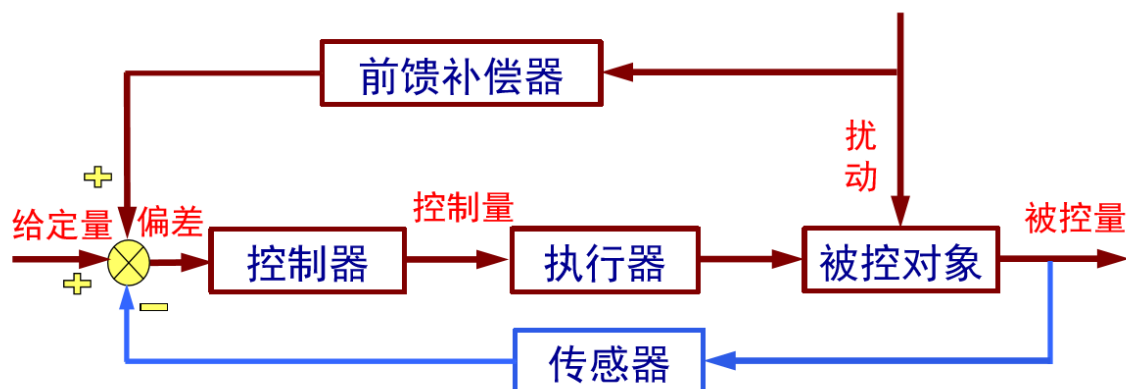
5.1.1 前馈思想

在扰动还没有影响到输出前，直接改变操作变量，使输出不受或少受外部扰动的影响。

- 前馈控制测量干扰量，反馈控制测量被控量
- 前馈控制需要**专用的调节器**，反馈控制一般采用通用的调节器。
- 前馈只能克服所测量的干扰，反馈能克服各式各样的干扰。
- **前馈是一种超前调节**，反馈使按偏差进行控制，存在偏差才能调节，**反馈是滞后调节**。
- 前馈需要知道干扰通道和控制通道精确的数学模型，反馈控制对通道模型要求低。

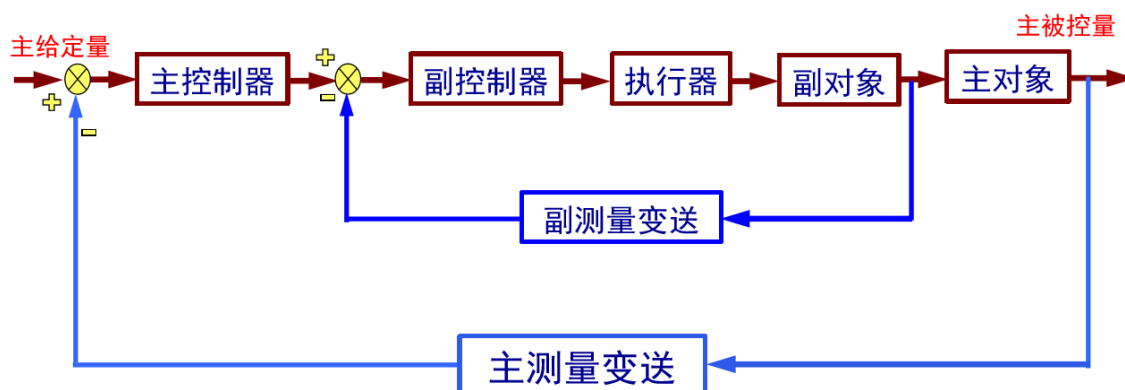
	前馈	反馈
测量对象	干扰量	被控量
对调节器要求	专用调节器	通用调节器
能克服哪种干扰	只能克服所测量的干扰	能克服各种干扰
调节方式	超前调节	滞后调节
对通道模型的要求	要求较高	要求较低

5.2 前馈-反馈控制



- 前馈控制器：消除主要扰动的影响
- 反馈控制器：消除前馈不精确所产生的干扰以及其他不可测干扰所带来的影响。
- 优点：
 - 即发挥了前馈校正及时的特点，又保持了而反馈控制能抑制多种干扰的优点。
 - 只需要对主要干扰采用前馈补偿，大大简化了纯前馈控制系统。
 - 降低了对前馈控制进度的要求，为工程实现简单的前馈补偿创造了条件。
 - 相对于纯反馈控制，具有更高的控制精度和响应速度。

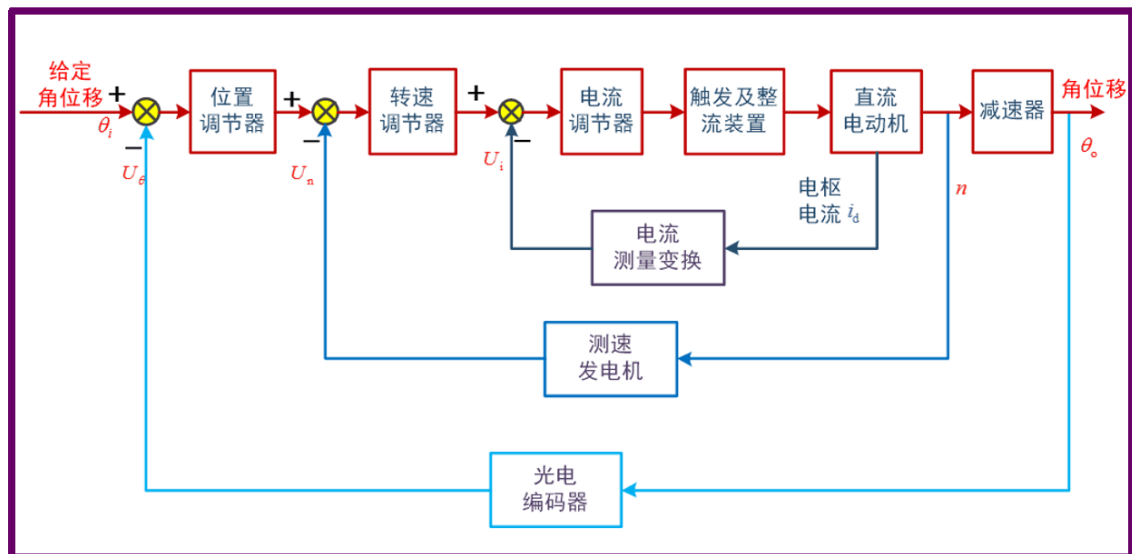
5.3 串级控制



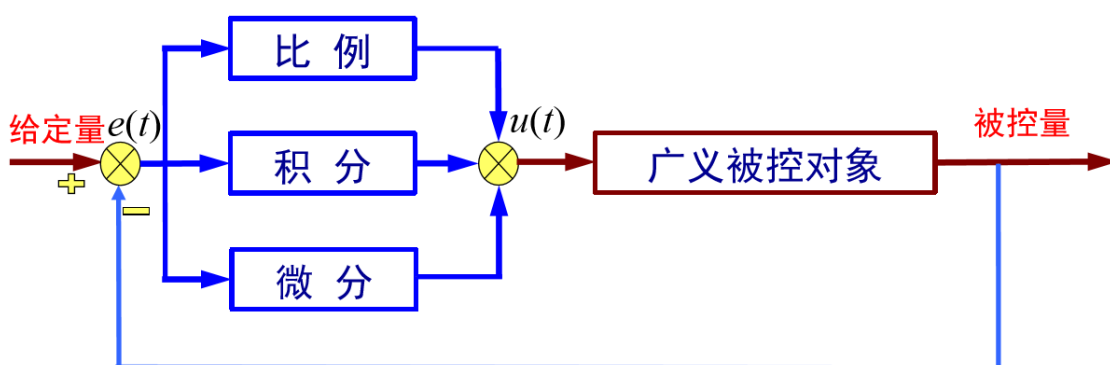
- **副回路**（内环）起到**粗调**的作用
- **主回路**（外环）起到**精调**的作用

5.4 多回路控制

电动机的位置随动系统



5.5 PID控制率



$$u(t) = K_P e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(t) dt + T_D \frac{de(t)}{dt}$$

5.5.1 比例P控制

- K_P 描述比例控制作用的强弱
- 比例控制及时、控制作用强，控制与偏差同步出现。
- 比例控制有余差
- K_P 如果比较大，由于物理性能的限制，可能会导致饱和。

5.5.2 积分I控制（几乎不单独使用）

- 只要存在偏差，积分器的输出就会不断变化，直到偏差为0。
- 积分时间常数 T_I 越小，积分作用越强、控制作用越强，控制与偏差同步出现。
- 特点：
 - 积分控制能自动消除余差（稳态误差）。

- 积分控制具有滞后性。相对于比例控制，积分控制对偏差响应缓慢，滞后于偏差的变化。
- 积分控制调节过程缓慢，如果干扰作用频繁，积分控制会显得十分乏力。

5.5.3 PI控制

- 利用比例调节快速消除干扰影响
- 利用积分调节消除稳态误差
- 特点：
 - 具有比例调节作用快、无滞后的优点，可以加快调整作用，缩短调整时间。又具有积分调节的优点，可以消除稳态误差。
 - 对于一般调节对象，均可以用比例积分调节。
 - 存在积分饱和。

5.5.4 微分D控制

超前作用

当发现偏差变化很快的时候，此时偏差可能还很小，但是估计很快就会出现大的偏差，为了抑制即将出现的大偏差，就预先加大控制作用，提前实现控制，这种预估和提前产生控制的，叫做超前作用。

微分控制

- 特点：
 - 根据偏差变化进行动作，只要偏差一发生变化，就开始作用，偏差没有变化微分器不起作用。
 - 微分调节不能消除余差
 - 单纯微分调节器不能工作
 - 微分作用对噪声有放大作用，过强的微分调节对系统抗干扰不利。
 - 微分调节能提高系统稳定性。
 - 微分调节总是力图抑制被调节量的振荡。

5.5.5 比例积分微分控制

- 优点
 - 原理简单，使用方便
 - 适应性强，可以广泛应用于化工、热工、冶金、炼油等
 - 鲁棒性强
 - 对模型依赖小
- 物理过程
 - 在偏差出现初期微分项起主要作用，以阻止或防止大的偏差出现。
 - 随着偏差与控制作用的持续，微分作用逐渐消失，积分作用逐渐增强，以减小或者消除最后的稳态误差。
 - 在偏差产生、持续和消减的全过程，比例始终参与控制，起到减少偏差的主要作用。

Lecture 6 自动化专业培养目标

培养目标与毕业要求

1. 工程知识
2. 处理问题

3. 设计、开发解决方案
4. 研究
5. 使用现代工具
6. 工程与社会
7. 环境和可持续发展
8. 政治思想和职业道德规范
9. 个人和团队
10. 沟通
11. 项目管理
12. 终身学习

Lecture 7 专业发展与就业前景

7.1 我校自动化学科历史

- 1955年，创立“自动控制”专业，即现在自动化的前身。是我国最早开设的自动控制专业。
- 1985年，威海校区开始筹建，1988年招生，2002年正式名为哈尔滨工业大学（威海）。
- 2002年，哈工大深圳研究生院，开始招收控制科学与工程硕士、博士；2005年全程在深圳培养。
- 2017年，哈工大深圳开始招收第一届自动化本科生。

7.2 自动化学术相关

1 自动化学术组织

- Chinese Association of Automation **CAA** ---- 中国自动化学会
- The International Federation of Automatic Control, **IFAC** ---- 国际自动控制联合会
- The Institute of Electrical and Electronic Engineers, **IEEE** ---- 电子与电气工程师协会
- The IEEE Control Systems Society, **IEEE CSS** ---- IEEE控制系统协会
- The IEEE Robotics and Automation Society, **IEEE RAS** ---- IEEE机器人与自动化协会

2 国内学术期刊

- 自动化学报 (Acta Automatica Sinica)
- 控制理论与应用 (Control Theory & Application)

3 国际著名学术期刊

- **Automatica** (IFAC国际自动控制联合会会刊)
- **IEEE Transactions on Automatic Control** IEEE自动控制会刊
- IEEE Transactions on Control Systems Technology 刊载控制工程领域中先进技术方向的论文。
- IEEE Transactions on Fuzzy Systems 刊载模糊控制理论
- IEEE Control Systems Magazine 刊载控制理论和应用方面的论文
- International Journal of Robust and Nonlinear Control
- Journal of Process Control
- **IEEE Transactions on Robotics** 刊载机器人相关论文
- IEEE Transactions on Automation Science and Engineering 刊载自动化基础研究、方法和技术
- IEEE Robotics & Automation Magazine
- International Journal of Robotics Research

4 国内知名学术会议

- CCDC Chinese Control and Decision Conference ---- 中国控制与决策会议
信息与控制领域的重要会议之一。
- CCC Chinese Control Conference

5 国际著名自动化学术会议：控制

- IFAC 每三年举办一次
- CDC IEEE Conference on Decision and Control
- ASS American Control Conference

6 机器人与自动化

- ICRA IEEE International Conference on Robotics and Automation
- IROS IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems
国际智能机器人与系统会议。
- RSS Robotics Science and Systems Conference 机器人科学与系统会议