

智能控制

课程介绍

◆ 课程性质：

本课程是自动化专业课程体系中的专业
课（限选课）。

智能控制是新兴科学技术，是自动控制发展的高级阶段。本课程是为拓宽高年级本科生控制理论与技术的专业选修课。

◆ 课程目的:

通过本课程的教学,使学生掌握智能控制的基本概念、原理、技术与应用,为今后从事智能控制、智能系统的研究、开发和应用打下初步的基础。

◆ 主要先修课程:

自动控制原理、现代控制理论

◆ 课程考核:

平时占30%, 期末占70%

本课程的主要内容

第一部分 概述

第二部分 模糊控制

第三部分 神经控制

第四部分 进化控制

第五部分 专家控制

总学时：32

教材：

《智能控制技术》，易继锴，侯媛彬，北京工业大学出版社

参考书：

[1] 《智能控制原理与应用》，蔡自兴，清华大学出版社

[2] 《智能控制》，李少远，王景成，机械工业出版社

[3] 《智能控制》，刘金琨，电子工业出版社

第一部分 概述

1. 控制理论和应用的发展
2. 传统控制理论的局限性
3. 智能控制的组成、定义与研究内容
4. 智能控制与传统控制的关系和差别
5. 智能与智能控制的定义
6. 智能控制研究的主要内容
7. 智能控制的分类

1. 控制理论和应用的发展

- 上世纪20年代以反馈控制理论为代表，形成经典控制理论，著名的控制科学家有：Black, Nyquist, Bode.
- 随着航空航天事业的发展,50~60年代形成以多变量控制为特征的现代控制理论,主要代表有:Kalman 的滤波器,Pontryagin 的极大值原理,Bellman 的动态规划,和Lyapunov 的稳定性理论.
- 70年代初,以分解和协调为基础,形成了大系统控制理论,用于复杂系统的控制,重要理论有递阶控制理论、分散控制理论等。主要用于资源管理、交通控制、环境保护等。

以上控制理论我们称之为传统控制理论。

2. 传统控制理论的局限性

随着复杂系统的不断涌现，传统控制理论越来越多地显示它的局限性。

什么叫复杂系统？其特征表现为：

➤ 控制对象的复杂性

模型的不确定性、
高度非线性、
分布式的传感器和执行机构、
动态突变、
多时间标度、
复杂的信息模式、
庞大的数据量。

➤ 环境的复杂性

变化的不确定性

难以辨识

必须与被控对象集合起来作为一个整体来考虑。

➤ 控制任务或目标的复杂性

控制目标和任务的多重性

时变性

任务集合处理的复杂性。

传统控制理论的局限性

(1) 传统的控制理论建立在精确的数学模型基础上——用微分或差分方程来描述。

不能反映人工智能过程：推理、分析、学习。

丢失许多有用的信息

(2) 不能适应大的系统参数和结构的变化

自适应控制和自校正控制——通过对系统某些重要参数的估计克服小的、变化较慢的参数不确定性和干扰。

鲁棒控制——在参数或频率响应处于允许集合内，保证被控系统的稳定。

自适应控制鲁棒控制不能克服数学模型严重的不确定性和工作点剧烈的变化。

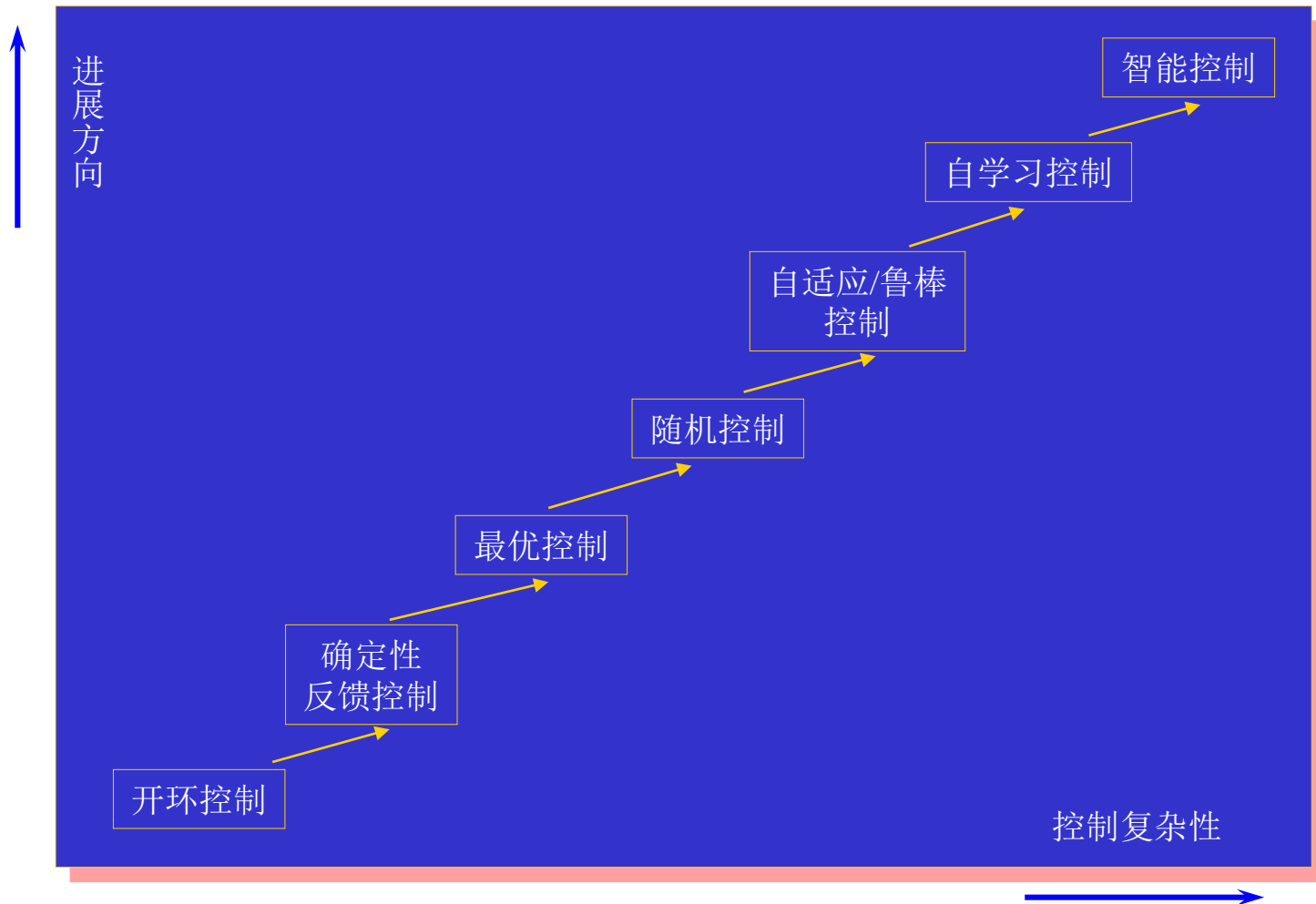
(3) 传统的控制系统输入信息模式单一

通常处理较简单的物理量：电量（电压、电流、阻抗）；机械量（位移、速度、加速度）；

复杂系统要考虑：视觉、听觉、触觉信号，包括图形、文字、语言、声音等信息。

为了克服传统控制理论的局限性，产生了模拟人类思维和活动的智能控制。

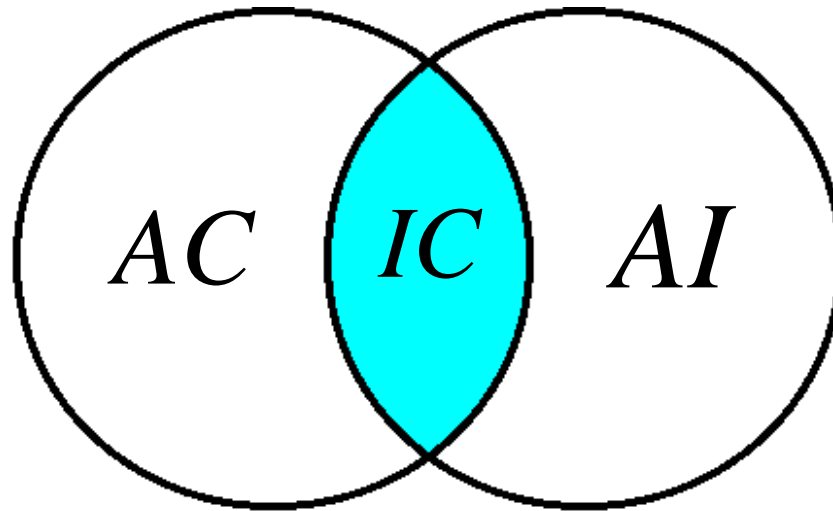
自动控制的发展过程



3. 智能控制的组成、定义与研究内容

智能控制 (IC) 是自动控制 (AC) 和人工智能 (AI) 的交集。即：

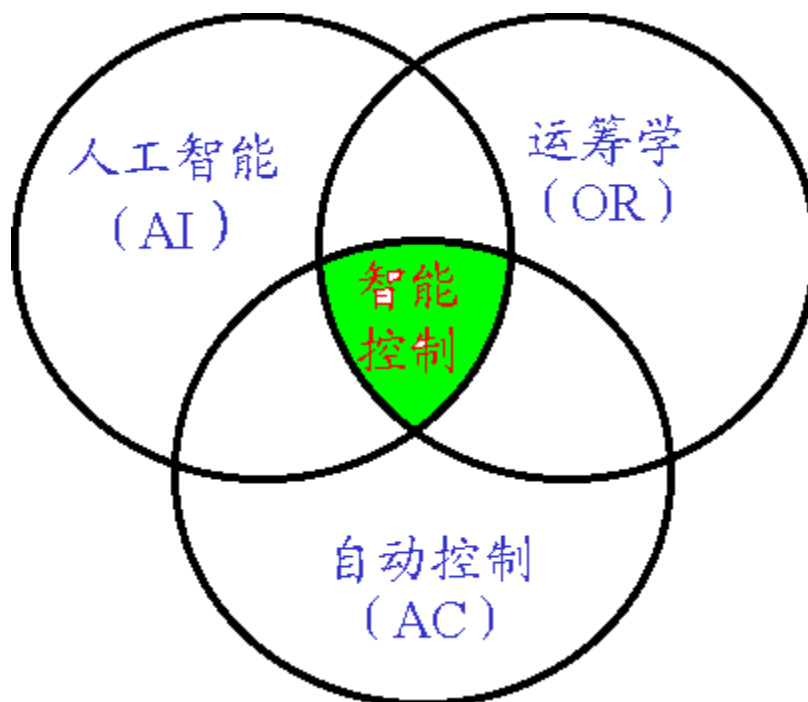
$$IC = AC \cap AI$$



强调智能和控制的结合。

考虑更高层次上的调度、规划和管理，应把运筹学（OR）结合进去。即：

$$IC = AI \cap OR \cap AC$$



4. 智能控制与传统控制的关系和差别

- **涉及的范围：**智能控制的范围包括了传统控制的范围。

有微分/差分方程描述的系统；有混合系统（离散和连续系统混合、符号和数值系统混合、数字和模拟系统混合）；

- **控制的目标：**智能的目标寻求在巨大的不确定环境中，获得整体的优化。因此，智能控制要考虑：

故障诊断

系统重构

自组织、自学习能力

多重目标

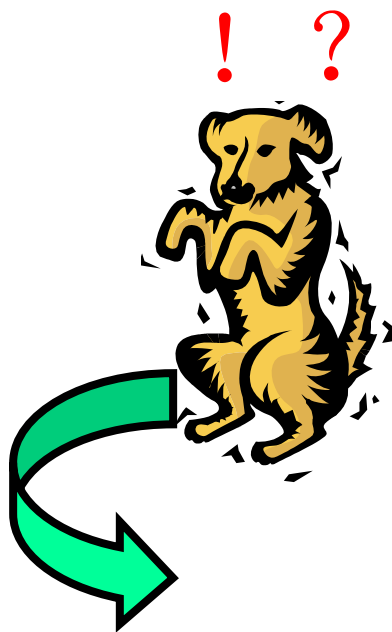
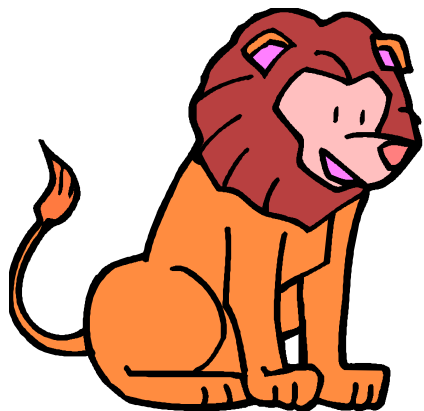
- **系统的结构：**控制对象和控制系统的结合。

5. 智能与智能控制的定义

什么叫智能？有不同的定义：

◆ 按系统的一般行为特征定义(Albus)

在不确定环境中，作出合适动作的能力。合适动作是指增加成功的概率，成功就是达到行为的子目标，以支持系统实现最终目标。



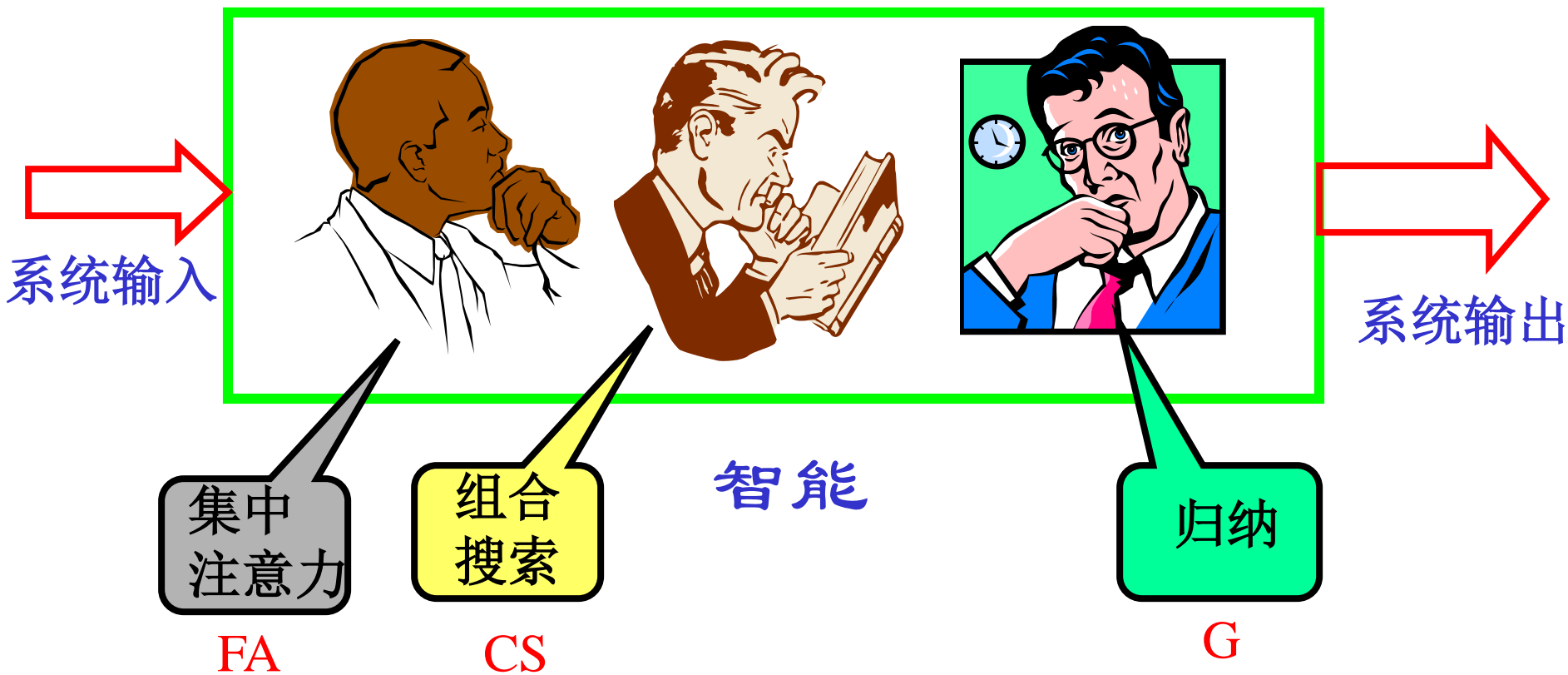
低级智能：
感知环境、
作出决策、
控制行为



高级智能：理解和觉察能力，在复杂和险恶环境中进行选择的能力，力求生存和进步。

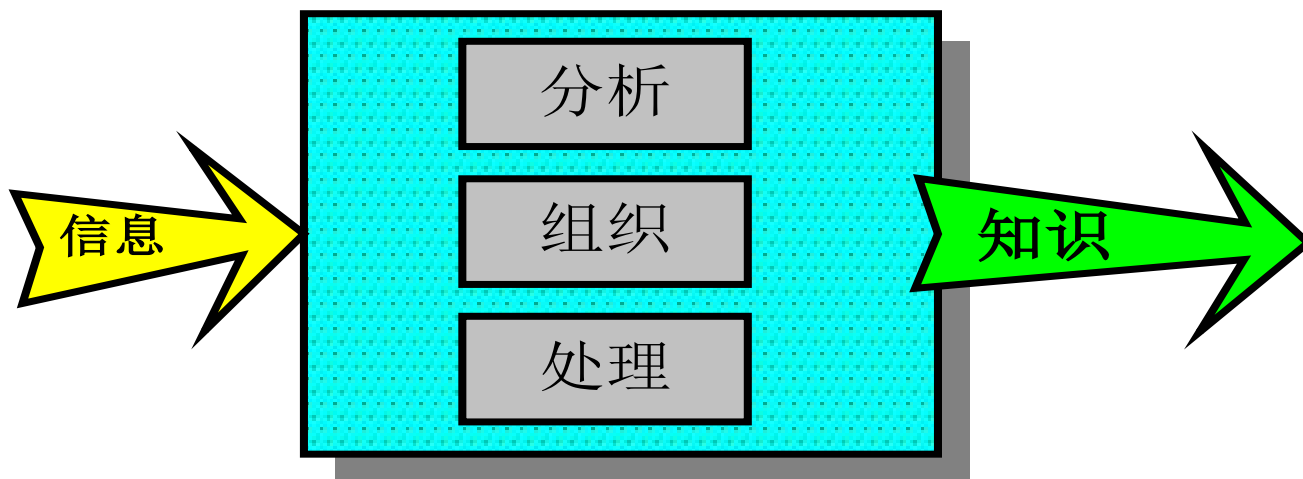
◆ 按人类的认知的过程定义(A.Meystel)

智能是系统的一个特征，当集注（Focusing Attention）、组合搜索(Combinatorial Search)、归纳（Generalization）过程作用于系统输入，并产生系统输出时，就表现为智能。



◆ 按机器智能定义(Saridis)

机器智能是把信息进行分析、组织，并把它转换成知识的过程。知识就是所得到的结构性信息，它可用来使机器执行特定的任务，以消除该任务的不确定性或盲目性，达到最优或次优的结果。



机器智能

智能控制的定义



智能系统必是 控制系统
控制系统需具有智能

(1) 按一般行为特征定义

智能控制是有知识的“行为舵手”，它把知识和反馈结合起来，形成感知—交互式、以目标导向的控制系统。系统可以进行规划、决策，产生有效的、有目的的行为，在不确定环境中，达到既定的目标。

(2) 按人类的认知的过程定义

智能控制是一种计算上的有效过程,在非完整的指标下,通过最基本的操作,即归纳(G)、集注(FA)、和组合操作(CS),把不确定的复杂系统引向规定的目标。

(3) 按机器智能定义

智能控制是认知科学、多种数学编程和控制技术的结合。它把施加于系统的各种算法和数学与语言方法融为一体。

6. 智能控制研究的主要内容

- 智能控制系统基本结构和机理的研究
- 混合系统的建模和控制

- 基于模糊集合、神经元网络、进化算法等智能控制器的开发和研究
- 智能计算和软计算的开发和研究
- 自组织、自学习的结构和方法的研究
- 基于多智能体(Multi-agent)智能控制系统 的开发和研究
- 智能控制系统应用的研究

7. 智能控制的分类

- 基于规则的智能控制系统
——模糊控制系统

➤ 基于连接的智能控制系统

——神经元网络控制系统

➤ 混合智能控制系统

——模糊神经网络智能控制系统

➤ 基于行为的智能控制系统

——由多传感器组成的各种机器人