

高等学校教材

# 智能控制理论及应用

董海鹰 编著

中国铁道出版社

圆园园远年·北京

## 内 容 简 介

本书详细地介绍了智能控制的基本概念、原理、实现方法及其应用。主要内容包括:专家控制系统的结构、原理以及一些主要控制方式;模糊控制系统的组成、原理以及一些典型的模糊控制设计和分析方法;基于神经网络的系统辨识方法;神经网络控制的原理及一些典型的神经网络的控制类型;遗传算法在智能控制中的应用;多智能体技术在监控系统中的应用方法。

本书可以作为高等院校控制科学与工程及其相关专业大学本科及研究生教材,也可以供相关专业的科研人员、工程技术人员自学和参考。

图书在版编目(CIP)数据

智能控制理论及应用 董海鹰编著 北京:中国铁道出版社, 2005  
I. ①智... II. ①董... III. ①智能控制—理论②智能控制—应用  
IV. ①自动化

I ①智... II ①董... III ①智能控制—理论②智能控制—应用  
IV ①自动化

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 000000 号

书 名:智能控制理论及应用

作 者:董海鹰 编著

出版发行:中国铁道出版社(地址:北京市宣武区右安门西街 8 号)

责任编辑:阎济存

印 刷:北京彩桥印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/32 印张:10.5 字数:250千字

版 本:2005 年 12 月第 1 版 2005 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1—5000 册

书 号:ISBN 7-113-03000-0

定 价:18.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

编辑部电话:(010)51873000 发行部电话:(010)51873000

# 兰州交通大学“十五”规划教材

## 编审委员会

主 任 :任恩恩

副主任 :王晓明 盖宇仙

委 员 :(按姓氏笔画排名)

王 兵 王起才 朱 琨

陈宜吉 吴庆记 谢瑞峰

主 编 :董海鹰

# 出 版 说 明

近年来,兰州交通大学认真贯彻落实教育部有关文件精神,不断推进教育教学改革。学校先后出资数百万元,设立了教学改革、专业建设、重点课程(群)建设、教材建设等项基金,并制定了相应的教学改革与建设立项计划、项目管理及奖励办法等措施。根据培养“基础扎实、知识面宽、能力强、素质高”的高级专门人才的总体要求,学校各院(部)认真组织广大教师积极参加教学改革与建设,开展系统的研究与实践,取得了一系列教学改革与建设成果。

通过几年来的深化改革,各学科专业制定了新的人才培养目标和规格,构建了新的人才培养模式和知识、能力、素质结构,不断修订完善专业教学计划和教学大纲。教学内容和课程体系的改革是教学改革的重点和难点,学校投入力量最大,花费时间最长,投入精力最多,取得的成效也最为显著。突出反映在教材建设方面,学校在各学科专业课程整合、优选教材的基础上,制定了“十五”教材建设规划,积极组织教材编写工作,通过专家论证和推荐,优化选题,优选编者,以保证教材编写质量,最后由学校教材编审委员会审定出版,确保出版教材教育思想的正确性、内容的科学性和先进性、形式的新颖性以及面向使用专业的针对性和适用性。近年来,通过广大教师的努力,相继编著了一批高水平、高质量、有特色的教材(包括文字教材和电子教材)。这些教材一般是一些学术造诣较深、教学水平较高、教学经验比较丰富的教师担任主编,骨干教师参编,同行专家主审而定稿的。在教材中凝聚了编著教师多年的教学、科研成果和心血,这是他们在教学改革和建设中对高等教育事业做出的重要贡献。

本教材为学校“十五”教材建设资助计划项目,并通过了学校教材编审委员会审定。希望该教材在教学实践过程中,广泛听取使用意见和建议,适时进一步修改、完善和提高。

兰州交通大学“十五”规划  
教材编审委员会

二〇〇四年 源月

# 前 言

智能控制是一门交叉学科,融合了人工智能、自动控制、生物神经、运筹学、计算机、信息处理和认知科学等多种学科知识。它是当代科学技术中一个十分活跃和非常具有挑战性的领域,具有极其广泛的应用前景。

本书从控制系统的建模、控制与优化的要求出发,系统的介绍了智能控制的基本概念、理论基础、实现的技术方法及其应用。全书共分 12 章,第 1 章着重介绍了智能控制的产生背景、特点、基本定义以及研究对象和研究内容;第 2 章介绍了专家控制系统的结构、原理和一些主要控制方式;第 3 章在介绍模糊数学基本知识的基础上,介绍了模糊控制系统的组成、基本原理、设计方法,并介绍了模糊自适应控制、预测型模糊控制、模糊神经网络控制等一些典型的模糊控制类型,最后对模糊控制系统的稳定性进行了分析;第 4 章首先介绍了神经网络的几种典型类型和学习算法,然后介绍了基于神经网络的系统辨识方法,最后着重介绍了神经网络控制的原理、工作方式,包括基于前馈神经网络的控制、基于神经网络的控制、基于反馈神经网络的控制、基于神经网络的内模控制和模型参考自适应控制以及预测控制;第 5 章介绍了遗传算法在智能控制中的应用,包括基于遗传算法的系统辨识、模糊控制器参数综合优化、神经网络控制器权值优化;第 6 章介绍了多智能体系统的基本结构、概念和原理,着重介绍了多智能体技术在监控系统中的应用方法。

本书的内容中包含了作者近年来的研究成果,同时在撰写过程中,参考了智能控制研究领域的一些著名专家学者的研究成果,这些研究成果丰富了本书的内容,他们是蔡自兴、李人厚、张化光、孙增圻、佟绍成、王立新、王永骥、王耀南、徐丽娜、李少远等教授,在此向他们表示诚挚的谢意。

本书的出版得到了甘肃省自然科学基金的资助(项目编号:1508A0501)以及兰州交通大学“青蓝人才”工程和“十五”规划教材资助,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平所限,缺点和错误在所难免,敬请各位专家和广大读者批评指正。

作 者

2015 年 10 月

# 目 录

第 1 章 绪 论 .....	1
1.1 控制科学发展的历史 .....	1
1.2 智能控制产生的背景 .....	1
1.3 智能控制的基本概念和研究内容 .....	1
1.3.1 智能控制的基本概念 .....	1
1.3.2 智能和智能控制的定义 .....	1
1.3.3 智能控制的研究对象 .....	1
1.3.4 智能控制的主要研究内容 .....	1
本书的主要内容 .....	1
习 题 .....	1
第 2 章 专家控制 .....	2
2.1 专家系统 .....	2
2.1.1 专家控制的由来 .....	2
2.1.2 专家系统的结构及特点 .....	2
2.1.3 专家系统的类型 .....	2
2.2 知识表示 .....	2
2.2.1 传统的知识表示 .....	2
2.2.2 基于模糊彩色神经网络的知识表示与获取 .....	2
2.3 专家控制系统 .....	2
2.3.1 定义及特点 .....	2
2.3.2 专家控制的基本原理 .....	2
2.3.3 专家控制系统的设计原则 .....	2
2.3.4 专家控制系统的结构 .....	2
2.4 自学习专家控制系统 .....	2
2.4.1 自学习专家控制器的基本组成 .....	2
2.4.2 专家控制级 .....	2
2.4.3 散转推理法 .....	2
2.4.4 控制器参数的自学习修正 .....	2
2.5 基于粗糙集的专家控制系统 .....	2

图 2-1-1 基于粗集方法的专家控制系统的基本结构 .....	100
图 2-1-2 基于粗集方法的推理控制学习方法 .....	101
图 2-2 专家控制系统示例 .....	102
图 2-2-1 机车运行系统专家控制器设计 .....	102
图 2-2-2 浮选过程的专家控制 .....	103
图 2-2-3 专家模糊控制 .....	104
本章小结 .....	105
习    题 .....	106
<b>第 3 章 模糊控制</b> .....	107
图 3-1 模糊控制的基本概念 .....	107
图 3-2 模糊集合与模糊关系 .....	108
图 3-2-1 由经典集合到模糊集合 .....	108
图 3-2-2 模糊集合的运算及基本性质 .....	109
图 3-3 模糊关系与模糊推理 .....	110
图 3-3-1 模糊关系 .....	110
图 3-3-2 模糊蕴涵与模糊推理 .....	111
图 3-3-3 模糊推理的方法及算法 .....	112
图 3-4 模糊控制系统的结构 .....	113
图 3-4-1 模糊控制系统的基本结构 .....	113
图 3-4-2 模糊控制系统的两种基本类型 .....	114
图 3-5 模糊控制系统的设计 .....	115
图 3-5-1 模糊控制器的设计内容与原则 .....	115
图 3-5-2 常规模糊控制系统的设计方法 .....	116
图 3-5-3 基于模糊模型的控制系统设计 .....	117
图 3-5-4 自适应模糊控制系统设计 .....	118
图 3-5-5 预测模糊控制系统设计 .....	119
图 3-5-6 模糊模糊控制系统设计 .....	120
图 3-6 模糊控制系统的稳定性分析 .....	121
图 3-6-1 相平面分析法 .....	121
图 3-6-2 稳定区间法 .....	122
图 3-6-3 蕴涵模糊判据分析法 .....	123
本章小结 .....	124
习    题 .....	125

第 9 章 神经网络控制 .....	100
9.1 神经网络的基本概念 .....	100
9.1.1 神经元结构及原理 .....	100
9.1.2 人工神经网络的特点 .....	102
9.2 神经网络结构类型及其学习算法 .....	102
9.2.1 神经网络的学习方法 .....	102
9.2.2 多层前向神经网络 .....	103
9.2.3 自适应线性神经元 .....	104
9.2.4 小脑模型神经网络 .....	105
9.2.5 孪神经网络 .....	105
9.2.6 均匀神经网络 .....	106
9.3 基于神经网络的系统辨识 .....	106
9.3.1 神经网络辨识的结构及特点 .....	106
9.3.2 确定性系统的神经网络辨识 .....	107
9.3.3 随机系统的神经网络辨识 .....	108
9.3.4 非线性动态系统的神经网络辨识 .....	109
9.3.5 动态系统的逆模型辨识 .....	110
9.4 孪神经网络控制 .....	110
9.4.1 孪神经网络单变量控制 .....	110
9.4.2 孪神经网络多变量控制 .....	111
9.5 神经孪控制 .....	111
9.5.1 基于多层前向网络的孪控制 .....	111
9.5.2 基于单神经元的直接孪控制 .....	112
9.6 小脑模型神经网络控制 .....	112
9.6.1 孪神经网络直接逆模型运动控制 .....	112
9.6.2 孪神经网络前馈控制 .....	113
9.7 基于神经网络的内模控制 .....	113
9.7.1 内模控制的基本结构及原理 .....	113
9.7.2 非线性神经内模控制 .....	114
9.8 基于神经网络的模型参考自适应控制 .....	114
9.8.1 直接神经网络模型参考 .....	114
9.8.2 间接神经网络模型参考 .....	115
9.9 基于神经网络的预测控制 .....	115
9.9.1 神经预测控制的一般结构 .....	115

源题 神经预测控制的算法 .....	页 15
本章小结 .....	页 16
习    题 .....	页 16
<b>第 5 章 遗传算法与智能控制</b> .....	页 17
缘题 遗传算法的基本原理 .....	页 17
缘题题 遗传算法发展简介 .....	页 17
缘题题 遗传算法的特点及应用领域 .....	页 18
缘题题 遗传算法的基本概念 .....	页 18
缘题题 遗传算法的基本操作 .....	页 18
缘题 基于遗传算法的系统辨识 .....	页 19
缘题题 线性系统辨识 .....	页 19
缘题题 非线性系统辨识 .....	页 19
缘题 基于遗传算法的 神经网络参数优化 .....	页 19
缘题题 神经网络控制原理 .....	页 19
缘题题 神经网络控制参数寻优过程 .....	页 19
缘题 基于遗传算法的模糊控制器参数优化 .....	页 19
缘题题 模糊规则的优化 .....	页 19
缘题题 用遗传算法优化隶属函数 .....	页 19
缘题题 用遗传算法优化自调整因子 .....	页 19
缘题题 基于遗传算法的模糊控制器参数综合优化 .....	页 19
缘题 基于遗传算法的神经网络控制器优化 .....	页 19
本章小结 .....	页 19
习    题 .....	页 19
<b>第 6 章 基于多 神经网络 的智能控制</b> .....	页 20
远题 神经网络及多 神经网络 .....	页 20
远题题 神经网络概念 .....	页 20
远题题 神经网络特性 .....	页 20
远题题 神经网络的广义结构 .....	页 20
远题题 多 神经网络系统 .....	页 20
远题 多 神经网络的通信 .....	页 20
远题 基于多 神经网络的变电站故障诊断 .....	页 20
远题题 诊断模型 .....	页 20
远题题 诊断 神经网络结构组成 .....	页 20
远题题 组件功能 .....	页 20

远翔源 粤汉城之间的通信 .....	圆范
远翔缘 协作诊断过程 .....	圆愿
远翔苑 仿真 .....	圆愿
远源 基于多粤汉城的列车运行智能控制.....	圆园
远源爱 控制结构 .....	圆园
远源圆 多粤汉城系统的功能和特点.....	圆员
远源猿 分层递阶结构 .....	圆员
远源源 协同机制 .....	圆圆
远源 基于多粤汉城的水箱液位控制.....	圆源
远源爱 控制系统结构 .....	圆源
远源圆 控制原理 .....	圆源
本章小结.....	圆缘
习 题.....	圆缘
参考文献 .....	圆远



## 第 1 章 绪 论

### 主 要 内 容

- ✓ 控制科学发展的历史
- ✓ 智能控制产生的背景
- ✓ 智能控制的基本概念和研究内容
- ✓ 本书的主要内容

智能控制的概念和原理主要是针对被控对象及其环境、控制目标和任务的复杂性而提出的。本章首先对控制科学的发展历史做了简单的回顾,然后简述了智能控制产生的背景以及智能控制的基本概念和研究内容。

### 1.1 控制科学发展的历史

控制科学与工程学科的产生与发展主要由人类社会的生产发展需求和人类当时的技术及知识水平决定的。当前,控制理论已渗透到几乎所有工程技术领域,控制科学在技术进步中起着十分重要的作用,也已经成为衡量社会文明的重要标志之一。

控制理论发展的历史可追溯到 18 世纪中叶第一次技术革命。1769 年,瓦特(詹姆斯·瓦特)发明了蒸汽机,进而应用离心式飞锤调速器原理控制蒸汽机,标志着人类以蒸汽机为动力的机械化时代的开始。后来,工程界用自动控制理论讨论调速系统的稳定性问题。1868 年发表的《关于调节器》一文中指出,控制系统的品质可用微分方程来描述,系统的稳定性可用特征方程根的位置和形式来研究。1877 年劳斯(李雅普诺夫)和 1895 年赫尔维茨(李雅普诺夫)先后找到了系统稳定性的代数判据,即系统特征方程根具有负实部的充分必要条件。1907 年俄国学者李亚普诺夫(李雅普诺夫)发表了《论运动稳定性的一般问题》的博士论文,提出了用适当的能量函数——李亚普诺夫函数的正定性及其导数的负定性来鉴别系统的稳定性准则,从而总结和发展的系统的经典时域分析法。随着通讯及信息处理技术的迅速发展,电气工程师们发展了以实验为基础的频率响应分析法,1929 年美国贝尔实验室工程师奈奎斯特发表了反馈放大器稳定性的著名论文,给出了系统稳定性的奈奎斯特判据。后来,前苏联学者米哈依洛夫又把奈奎斯特判据推广到条件稳定和开环不稳定系统的一般情况。



在二次大战期间,由于军事上需要,雷达及火力控制系统有较大发展,频率法被推广到离散系统、随机过程和非线性系统中。美国著名的控制论创始人维纳(1894—1964)系统地总结了前人的成果,1948年发表了《控制论—或关于在动物和机器中控制和通讯的科学》著作,书中论述了控制理论的一般方法,推广了反馈的概念,为控制理论这门学科的产生奠定了基础。

从20世纪30年代中到50年代末,由于生产过程局部自动化的需要,经典控制理论又进一步得到了发展和完善,形成了比较完善的理论体系。进入20世纪60年代以来,因为人类探索空间的需要及计算机的飞速发展和应用普及推动了以多变量控制为特征的现代控制理论的发展。

20世纪50—70年代,称为“现代控制理论”时期。这个时期,由于计算机的飞速发展,推动了空间技术的发展。古典控制理论中的高阶微分方程可转化为一阶微分方程组,用以描述系统的动态过程,即所谓状态空间法。这种方法可以解决多输入多输出问题。系统既可以是线性的、定常的,也可以是非线性的、时变的。这一时期的主要代表人物有庞特里亚金、贝尔曼(1912—1996)及卡尔曼(1921—2015)等人。庞特里亚金于1957年发表了极大值原理;贝尔曼在1957年提出了动态规则;1960年,卡尔曼和布西发表了关于线性滤波器和估计器的论文,即所谓著名的卡尔曼滤波。70年代初,瑞典的奥斯特隆姆和法国的朗道教授在自适应控制理论和应用方面做出了贡献。阿波罗宇宙飞船按最优轨线飞向月球的制导和登月艇的软着陆等都是现代控制理论的精彩应用成果。

20世纪60年代末,控制理论向着“大系统理论”和“智能控制”发展,前者是控制理论在广度上的开拓,后者是控制理论在深度上的挖掘。“大系统理论”是用控制和信息的观点,研究各种大系统的结构方案、总体设计中的分解方法等的技术基础理论。而“智能控制”方式是研究与模拟人类智能活动及其控制与信息传递过程的规律,研制具有某些仿人智能的工程控制与信息处理系统。

但是,应该看到,无论是现代控制理论还是大系统理论,其分析、综合和设计都是建立在严格及精确的数学模型基础之上的。而在科学技术和生产水平高速发展的今天,人们对大规模、复杂和不确定性系统实行自动控制的要求不断提高。因此,传统的基于精确数学模型的控制理论的局限性日益明显。所以我们说,自20世纪50年代以来的近30年中,虽然控制理论以科学史上少有的速度经历了现代控制理论和大系统理论两个重要的发展阶段,但是,它对精确数学模型的依赖性,使其应用受到很大的限制,从而面临着严峻的挑战。

## 1.1 智能控制产生的背景

随着研究对象和控制目标越来越复杂,借助于精确数学模型描述和分析的传统控制理论难以解决复杂系统的控制问题。然而,我们也看到,在生产实践中,许多复杂的





生产过程难以实现的目标控制,可通过熟练的操作工、技术人员或专家的操作获得满意的控制品质。那么如何有效地将熟练的操作工、技术人员或专家的经验知识和控制理论结合起来去解决复杂系统的控制问题就是智能控制原理研究的目标所在。而智能控制方式是研究与模拟人类智能活动及其控制与信息传递过程的规律,研制具有某些仿人智能的工程控制与信息处理系统。

智能控制的概念和原理主要是针对被控对象及其环境、控制目标和任务的复杂性而提出的,而计算机科学、人工智能、信息科学、思维科学、认知科学和人工神经网络的连接机制等方面的新进展和智能机器人的工程实践,从不同的角度为智能控制的诞生奠定了必要的理论和技术基础。

被控对象的复杂性表现为:模型的不确定性,高度非线性,分布式的传感器和执行器,动态突变,多时间标度,复杂的信息模式,庞大的数据量以及严格的特性指标。

环境的复杂性是因其变化的不确定和难以辨识为特征的。在传统的控制中,往往只考虑控制系统和受控对象所组成的体系,忽略了环境的影响,而现在大规模复杂的控制和决策问题,必须把外界环境和对象以及控制系统作为一个整体来进行分析和设计。

对于控制任务或控制目标,以往都着眼于用数学语言进行描述,这种描述经常是不确定的。实际上,控制任务和目标有多重性和时变性,一个复杂任务的确定,需要多次反复,而且还包括任务所含信息的处理过程,也即任务集合的处理。

面对具有复杂对象、复杂环境和复杂任务的控制系统,用传统的控制理论和方法去解决是不可能的,这是因为:

(1)传统的控制理论都是建立在精确的数学模型之上的。在建立精确数学模型过程中,往往进行了一定的简化,导致了某些信息的丢失。随着科学技术的发展,出现了很多必须建立在工程技术语言描述基础上的新型复杂系统。譬如:智能自主移动机器人,计算机集成制造系统,智能交通系统等。所有这些系统用传统的数学语言去分析和设计就无能为力。因此,必须寻求新的描述方法。

(2)虽然一些现代控制理论也能对付控制对象的不确定性和复杂性,但都是局限在一定的约束范围内。如自适应控制适合于系统参数在一定范围内的慢变化情况,鲁棒(robust)控制区域是很有限的。

因此,在实际应用中,尤其在工业过程控制中,由于被控对象的严重非线性,数学模型的不确定性,系统工作点变化剧烈等因素,自适应和鲁棒控制存在难以弥补的严重缺陷,其应用的有效性受到很大的限制,这就促使人们提供新的控制技术和方法。

(3)在传统的控制系统中,给定的信息和传感器采集的信息比较单一,而现代的复杂系统要以各种形式——视觉的、听觉的、触觉的、接近觉的,以及直接操作的方式,将周围环境信息(图形、文字、语言、声音和传感器感知的物理量)作为系统输入,并将各种信息进行融合、分析和推理。它要随环境和条件的变化,相应地采取对策或行动,对这样的控制系统就要求有自适应和自学习、自组织功能,因而需要新一代的控制理论和技



术来支持。

人们从改造大自然的过程中,认识到人类具有很强的学习和适应周围环境的能力。对有些复杂的系统,凭人的知觉和经验就能很好地进行操作并达到较理想的结果。这就产生了一种仿人的控制论和方法,形成了智能控制产生的背景。

与传统的控制理论相比,智能控制对于环境和任务的复杂性有更大的适配程度。它不仅仅是对建立的模型,而且对于环境和任务能抽取多级的描述精度,进而发展了自学习、自适应、自组织等概念,所以能在广泛的领域中获得应用。

## 猿猴 智能控制的基本概念和研究内容

### 猿猴 智能控制的基本概念

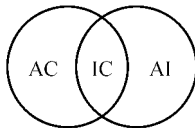
猿猴年,分越云猿首先提出了将人工智能用于飞船控制系统的设计中,猿猴年,著名学者傅京生通过对含有拟人控制器的控制系统和自主机器人诸方面的研究,从发展学习控制的角度首次提出“智能控制”这个概念。他以“智能控制”这个词概念性地强调系统的问题求解和决策能力。他把智能控制(猿)概括为自动控制(猿)和人工智能(猿)的交集。

猿越猿猿猿猿

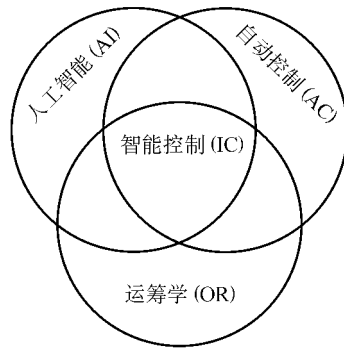
(猿-猿)

可以用图猿猿形象地表示这种交叉关系。

傅京生主要强调人工智能中“仿人”的概念与自动控制的结合。



图猿猿 智能控制的二元交集论示意图



图猿猿 三元结构

以后,猿猿等人从机器智能的角度出发,对傅京生的二元交集论进行了扩展,引入了运筹学并以其作为另外一个集合,提出如图猿猿所示的三元交集的智能控制概念,即

猿越猿猿猿猿

(猿-猿)



式中表示为运筹学。在图 4-1 中的三元交集除“智能”与“控制”之外还强调了更高层次控制中调度、规划和管理的作用。这也为他们所创导的递阶智能控制结构和理论提供依据。

图 4-2 是由蔡自兴提出的四元智能控制结构,把智能控制看做自动控制、人工智能、信息论和运筹学四个学科的交集,其关系如式(4-1)。

$$智能控制 = 自动控制 \cap 人工智能 \cap 信息论 \cap 运筹学 \quad (4-1)$$

图 4-3 表示这种四元结构的简化图。

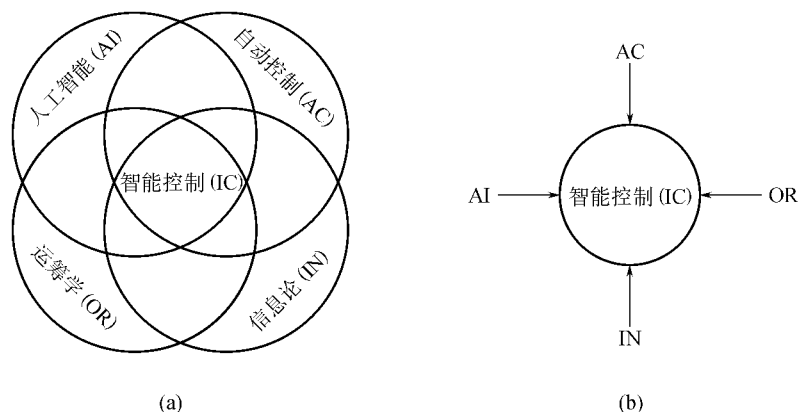


图 4-3 四元智能控制结构

智能控制与传统的或常规的控制有着密切的关系,不是相互排斥的。一般情况下,常规控制往往包含在智能控制之中,智能控制也利用常规控制的方法来解决“低级”的控制问题,它力图扩充常规控制方法并建立一系列新的理论与方法以解决更具有挑战性的复杂控制问题。与常规控制相比较,智能控制所具有的特点是:

(1) 描述系统的模型意义更为广泛,不仅有确定性的数学模型,也有非数学的广义模型,也可以是二者的混合的模型。

(2) 智能控制过程中,体现更多的是学习、推理,以启发式策略和智能算法来引导求解过程,具有学习、适应和组织功能。

(3) 智能控制能够满足复杂系统的控制,也就是它能够处理所面对的复杂的对象、复杂环境和复杂任务要求。

(4) 智能控制器具有非线性和变结构的特点。

(5) 在智能控制中控制器与对象、环境往往没有明显的分离,而在传统的控制中,被控对象称为过程,它总是与控制器是分离的。

(6) 智能控制具有分层信息处理与决策机构,它的核心在高层控制,即组织级的控制。高层控制的任務在于对实际环境或过程进行组织,即决策和规划,实现广义的问题求解。

### 1.1 智能和智能控制的定义

智能和智能控制至今尚无一个公认的统一定义。许多学者都是从不同的角度,强调某些因素,对智能和智能控制做出描述,因此形成了许多不同的定义。

#### 1.1.1 智能的定义

从系统的一般行为特性出发,把智能定义为在不确定的环境中做出合适动作的能力。合适动作是指增加成功的概率,而成功就是达到行为的子目标以支持系统实现最终的目标。

对人工的智能系统而言,所谓合适的动作就是模仿生物和人类思维行为的功能。

智能分为不同的程度和级别。低级智能的表现为:感知环境,作出决策,控制行为。低级动物就具有这种低级智能。较高级的智能表现为:能认识对象和事件,表达环境模型中的知识,对未来做出规划和推理。高级智能表现为:具有理解和觉察能力,能在复杂甚至险恶的环境中进行明智的选择,做出成功的决策,以求生存和进步。

从人类认知过程出发,认为智能是系统的一个特征,当集注(注意)、组合搜索(记忆)和归纳(推理)过程作用于系统输入信息并产生系统输出时,就表现有这种特性。这种智能的定义实质上就是把人类认知的过程——集注、组合搜索和归纳当作智能。所有智能的其他性质,包括学习、认知、分辨能力的存在性,都可以归纳为上述三个过程的存在性。因此,任何智能都可以看成集注、组合搜索和归纳这三种过程或基本操作的作用结果。

从信息处理的角度对机器智能进行了定义,他提出机器智能是数据分析、组织并把它转换成知识的过程。而知识就是所得到的结构性信息,它可以用于智能机器来执行一个特定的任务,以消除该任务的不确定性或盲目性。根据这个定义引出了“机器智能与精度逆向增降”的原理,即“精度随智能的提高而降低”。

#### 1.1.2 智能控制的定义

从系统一般行为特性出发提出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——交互集、以目标为导向的控制系统。该系统可以进行规划,产生有效的、有目的的行为,在不确定的环境中,达到既定的目标。

国际自动控制协会认为:智能控制系统必须具有模拟人类学习和自适应的能力。

下面是其他一些学者给出的定义。

智能控制是驱动智能机器自主地实现其目标的过程。或者说,智能控制是一类无需人的干预就能够独立地驱动智能机器实现其目标的自动控制。

智能控制就是应用人工智能的理论和技術以及运筹学的方法,并将其同控制理论方法与技術相结合,在未知环境下,仿效人的智能,实现对系统的控制。

智能控制是一种计算上的有效过程,它在非完整的指标下,通过最基本的操作,即归纳、集注和组合搜索,把表达不完善、不确定的复杂系统引向规定的目标。



智能控制是认知科学的研究成果和多种数学编程的控制技术的结合,它把施加于系统的各种算法和数学与语言方法融为一体。

#### 员 6.1 智能控制的研究对象

智能控制的研究对象具备如下的特点。

##### (员) 不确定性的模型

智能控制的对象模型往往是未知或知之甚少,模型结构和参数可能在很大的范围内变化。

##### (圆) 高度的非线性

智能控制不仅可以解决传统控制理论能解决的问题,而且可以很好的解决非线性系统的控制问题。

##### (猿) 复杂的任务要求

传统的控制要么是恒值控制,要么是随动控制,而智能控制系统对任务的要求比较复杂,往往是多目标、多形式信息表现的综合。

#### 员 6.2 智能控制的主要研究内容

根据智能控制的基本控制对象所具有的特点,智能控制的基本研究内容包括以下几个方面。

(员) 对智能控制认识论和方法论的研究,探索人类的感知、判断、推理和决策的活动机理。

(圆) 智能控制系统的基本结构模式的分类,多个层次上系统模型的结构表达,学习、自适应和自组织等概念的软分析和数学描述。

(猿) 在根据实验数据和机理模型所建立的动态系统中,对不确定性系统的辨识、建模和控制。

(源) 实时专家控制系统的技术方法。

(缘) 控制系统的结构性质分析和稳定性分析方法。

(远) 基于模糊逻辑和神经网络以及软计算的智能控制方法与技术。

(苑) 集成智能控制的理论与方法。

(愿) 基于多 粤 理 论 的 智 能 控 制 方 法。

(怨) 智能控制在工业过程和机器人等领域的应用研究。

## 本书的主要内容

本书从控制科学与工程学科的本质要求出发,系统地阐述了专家控制技术、模糊逻辑、神经网络、遗传算法和多 粤 理 论 对 自 动 化 系 统 的 建 模、控 制 和 优 化 作 用。作 为

