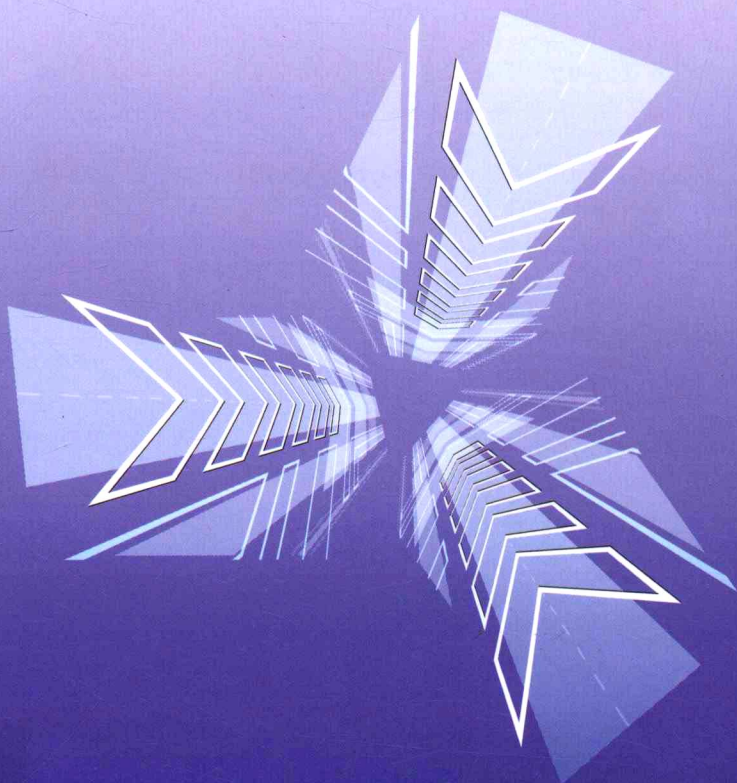




普通高等教育“十二五”规划教材

# 人工智能技术及应用

张清华 主编



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

TP18  
2012P

普通高等教育“十二五”规划教材

# 人工智能技术及应用

张清华 主编

中国石化出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

人工智能技术及应用/张清华主编. —北京: 中国石化出版社, 2011. 12  
ISBN 978-7-5114-1268-3

I. ①人… II. ①张… III. ①人工智能 IV. ①TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 224540 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

**中国石化出版社出版发行**

地址: 北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编: 100011 电话: (010)84271850

读者服务部电话: (010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: [press@sinopec.com](mailto:press@sinopec.com)

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

\*

787 × 1092 毫米 16 开本 8.5 印张 206 千字  
2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月第 1 次印刷  
定价: 22.00 元

# 前 言

自1956年“人工智能”的概念提出以来，人工智能技术的推广和应用获得了极大的成功，并逐渐成为一种极其重要的工程技术，目前在控制工程、自动化技术、计算机网络、电子技术、信息工程、通信工程等各个领域中都有着极其广泛的应用。当今要想成为一名高层次的专业IT工程师，必须熟练掌握人工智能的基本理论，具备一定的人工智能技术的工程应用能力。本书正是为了帮助同学们快速掌握基本的人工智能理论和应用技术而编写的。

目前适用于应用型高等学校教学特点的人工智能教材很少，特别是紧密结合石化产业应用且理论联系实际的教材更少。本教材在总结编者多年的教学及科研经验的基础上编写完成，充分考虑到人工智能这门课程的教学及先修课程的特点，组织部分高校中多年从事人工智能研究和应用的老师，通力合作，力求编写出实践特色突出、适合人工智能学习及应用的教材。

本书通过精心组织和安排，共六章内容：第1章为绪论，第2章为模糊逻辑和专家系统，第3章为人工神经网络，第4章为遗传算法，第5章为人工免疫系统，第6章为人工智能的研究现状和发展趋势。每章前面都有知识结构，目标要求，并依据教学特点精心编排，方便读者根据自己的需要进行选择；每章后面都有小结，并给出了习题，帮助读者巩固本章所学知识。本书作为高等学校IT类专业的教材，内容丰富，通俗易懂，便于自学。本书建议学时数40~60。

本书由张清华负责策划、部分书稿编写与统稿工作。其中第1、2、3章由彭志平、刘美编写，第4、5、6章由张清华、陈政石、孙国玺编写。同时参与本书编写的人员还有陈晓龙、邵龙秋、崔得龙等，在此一并表示感谢。

除了本书列出的文献，编者还参阅了国内外大量的书籍、Internet上公布的相关资料，及其他未署名的技术文献，这些文献主要来源于大学、研究所、公司及一些研究者本人，在此，谨代表本书的广大读者对他们为人工智能技术的推广及应用所做出的贡献，表示衷心的感谢。

由于编者水平有限且工作任务繁重，书中不足之处，敬请批评指正。

# 目 录

第1章 绪论	1
1.1 人工智能的发展过程	1
1.1.1 萌芽期(1956年以前)	1
1.1.2 形成时期(1956~1961年)	2
1.1.3 发展时期(1961年以后)	3
1.1.4 人工智能的研究热点与展望	4
1.2 人工智能研究的内容	5
1.2.1 知识表示	5
1.2.2 自动推理	5
1.2.3 机器学习	6
1.3 人工智能研究的意义和目标	6
1.3.1 人工智能研究的意义	6
1.3.2 人工智能研究的目标	7
1.4 智能化信息技术在石油化工行业的应用	7
1.4.1 石油化工行业的信息化	7
1.4.2 智能化信息技术在石油化工行业的应用	11
第2章 模糊逻辑和专家系统	15
2.1 模糊数学基础	16
2.1.1 模糊集合	16
2.1.2 模糊关系	21
2.1.3 模糊推理	24
2.2 模糊控制器结构及原理	25
2.2.1 模糊控制器的结构	25
2.2.2 模糊控制器的设计	27
2.2.3 模糊控制器的特点	31
2.3 基于规则推理的专家系统	32
2.3.1 专家系统的定义与分类	32
2.3.2 专家系统的结构	34
2.3.3 基于规则推理的专家系统	35
2.4 应用实例	38
2.4.1 电气传动系统:直流调速系统的模糊控制器设计	38
2.4.2 DCS故障诊断专家系统	40
参考文献	44
第3章 人工神经网络	45
3.1 人工神经网络的基本概念	45

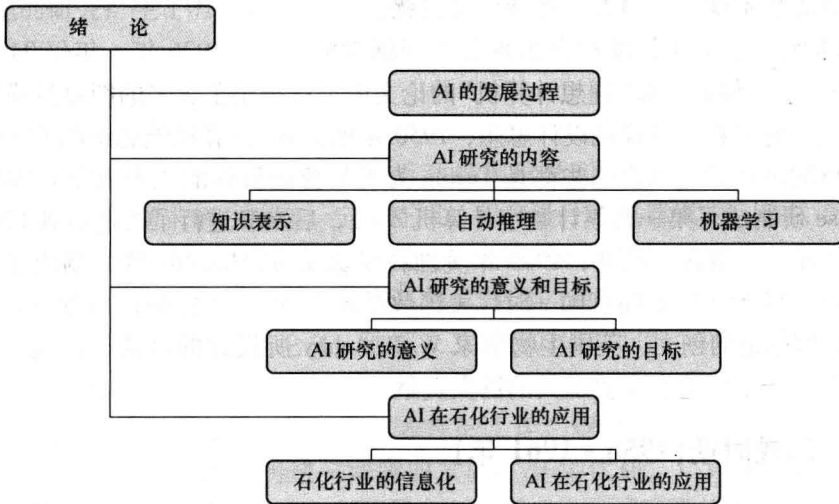
3.1.1	神经网络简介	45
3.1.2	生物神经元模型	46
3.1.3	神经网络的模型	47
3.1.4	神经网络的分类	49
3.1.5	神经网络的学习方式	50
3.2	BP神经网络结构及学习	51
3.2.1	BP神经网络结构	51
3.2.2	BP神经网络学习法	51
3.3	常用神经网络简介	57
3.3.1	径向基函数(RBF)网络	57
3.3.2	Hopfield网络	58
3.4	神经网络在石化行业中的应用实例	59
3.4.1	BP学习算法的改进	59
3.4.2	神经网络在石油化工过程故障诊断中的应用	60
	参考文献	63
<b>第4章</b>	<b>遗传算法</b>	<b>64</b>
4.1	遗传算法的基本原理	65
4.1.1	遗传算法的相关知识	65
4.1.2	遗传算法的基本思想和一般结构	66
4.2	遗传算法的应用技术基础	67
4.2.1	选用遗传算法的原因	67
4.2.2	遗传算法的应用性能评价	68
4.2.3	遗传算法的具体实现方法	69
4.3	几种重要的改进遗传算法	74
4.3.1	小生境技术遗传算法	75
4.3.2	混合遗传算法	76
4.3.3	并行遗传算法	78
4.4	遗传算法的应用实例	79
4.4.1	遗传算法在石化企业生产调度中的应用	79
4.4.2	遗传算法在石化多效并流蒸发器设计中的应用	80
4.5*	多变异拟子基因共同进化算法(3MGCA)	81
	参考文献	85
<b>第5章</b>	<b>人工免疫系统</b>	<b>86</b>
5.1	人工免疫系统的基本概念	87
5.1.1	生物免疫系统	87
5.1.2	人工免疫系统的仿生机理	89
5.2	阴性选择算法	93
5.2.1	人工免疫算法的基本思想和一般结构	93
5.2.2	阴性选择算法	94

5.3	人工免疫系统应用实例1——故障检测	97
5.3.1	应用背景和问题的提出	97
5.3.2	振动诊断系统设计	98
5.3.3	故障诊断策略	101
5.4	人工免疫系统应用实例2——计算机病毒检测	103
5.4.1	应用背景和问题的提出	103
5.4.2	检测数据的选择	104
5.4.3	基于人工免疫算法的计算机病毒检测模型	105
5.4.4	病毒检测系统的工作流程	105
5.4.5	实验结果分析	108
	参考文献	111
<b>第6章</b>	<b>人工智能的研究现状和发展趋势</b>	<b>112</b>
6.1	人工智能技术的研究现状及展望	112
6.1.1	模糊控制技术研究现状及展望	112
6.1.2	神经网络技术研究现状及展望	116
6.1.3	遗传算法研究现状及展望	120
6.1.4	免疫算法研究现状及展望	122
6.2	人工智能技术在石化工业应用的现状	123
6.2.1	数据采集、处理、软测量技术	123
6.2.2	石油化工复杂生产过程建模	123
6.2.3	故障诊断	124
6.2.4	优化控制	124
	参考文献	125



# 第 1 章 绪 论

## 【本章知识架构】



## 【本章教学目标与要求】

- 了解人工智能的发展过程
- 掌握人工智能的主要研究内容
- 了解人工智能研究的意义和目标
- 熟悉人工智能在石化行业中的应用

人工智能(Artificial Intelligence, AI)主要研究用人工的方法和技术,模仿、延伸和扩展人的智能,实现机器智能。人工智能的长期目标是实现人类水平的人工智能。自1956年人工智能诞生以来,取得了许多令人振奋的成果,在石油化工行业得到广泛的应用。本章对人工智能学科作简要的介绍,包括发展历史、研究内容及智能信息化技术在石油化工行业的应用。

## 1.1 人工智能的发展过程

### 1.1.1 萌芽期(1956年以前)

自古以来,人类就力图根据认识水平和当时的技术条件,企图用机器来代替人的部分脑力劳动,以提高征服自然的能力。公元850年,古希腊就有制造机器人帮助人们劳动的神话传说。公元前900多年,我国就有歌舞机器人传说的记载,这说明古代人已有人工智能的幻想。

随着历史的发展,到12世纪末至13世纪初年间,西班牙的神学家和逻辑学家 Romen



Luee 试图制造能解决各种问题的通用逻辑机。17 世纪法国物理学家和数学家 B. Pascal 制成了世界上第一台会演算的机械加法器并获得实际应用。随后德国数学家和哲学家 G. W. Leibniz 在这台加法器的基础上发展并制成了进行全部四则运算的计算器。他还提出了逻辑机的设计思想，即通过符号体系，对对象的特征进行推理，这种“万能符号”和“推理计算”的思想是现代化“思考”机器的萌芽，因而他曾被后人誉为数理逻辑的第一个奠基人。19 世纪英国数学和力学家 C. Babbage 致力于差分机和分析机的研究，虽因条件限制未能完全实现，但其设计思想不愧为当时人工智能最高成就。

进入 20 世纪后，人工智能相继出现若干开创性的工作。1936 年，年仅 24 岁的英国数学家 A. M. Turing 在他的一篇“理想计算机”的论文中，就提出了著名的图灵机模型，1945 年他进一步论述了电子数字计算机设计思想，1950 年他又在“计算机能思维吗？”一文中提出了机器能够思维的论述，可以说这些都是 Turing 为人工智能所作的杰出贡献。1938 年德国青年工程师 Zuse 研制成了第一台累计数字计算机 Z-1，后来又进行了改进，到 1945 年他又发明了 Plankalkül 程序语言。此外，1946 年美国科学家 J. W. Mauchly 等人制成了世界上第一台电子数字计算机 ENIAC。还有同一时代美国数学家 N. Wiener 控制论的创立，美国数学家 C. E. Shannon 信息论的创立，英国生物学家 W. R. Ashby 所设计的电脑等，这一切都为人工智能学科的诞生作了理论和实验工具的巨大贡献。

### 1.1.2 形成时期(1956~1961 年)

1956 年在美国 Dartmouth 大学的一次历史性的聚会被认为是人工智能学科正式诞生的标志，从此在美国开始形成了以人工智能为研究目标的几个研究组：如 Newell 和 Simon 的 Carnegie-RAND 协作组；Samuel 和 Gelernter 的 IBM 公司工程课题研究组；Minsky 和 McCarthy 的 MIT 研究组等，这一时期人工智能的研究工作主要在下述几个方面。

1957 年 A. Newell、J. Shaw 和 H. Simon 等人的心理学小组编制出一个称为逻辑理论机 LT (The Logic Theory Machine) 的数学定理证明程序，当时该程序证明了 B. A. W. Russell 和 A. N. Whitehead 的“数学原理”一书第二章中的 38 个定理(1963 年修订的程序在大机器上终于证完了该章中全部 52 个定理)。后来他们又揭示了人在解题时的思维过程大致可归结为三个阶段：

- ① 先想出大致的解题计划；
- ② 根据记忆中的公理、定理和推理规则组织解题过程；
- ③ 进行方法和目的分析，修正解题计划。

这种思维活动不仅解数学题时如此，解决其他问题时也大致如此。基于这一思想，他们于 1960 年又编制了能解十种不同类型不同课题的通用问题求解程序 GPS (General Problem Solving)。另外，他们还发明了编程的表处理技术和 NSS 国际象棋机。和这些工作有联系的 Newell 关于自适应象棋机的论文和 Simon 关于问题求解和决策过程中合理选择和环境影响的行为理论的论文，也是当时信息处理研究方面的巨大成就。后来他们的学生还做了许多工作，如人的口语学习和记忆的 EPAM 模型(1959 年)、早期自然语言理解程序 SAD-SAM 等。此外他们还对启发式求解方法进行了探讨。

1956 年 Samuel 研究的具有自学习、自组织、自适应能力的西洋跳棋程序是 IBM 小组有影响的工作，这个程序可以像一个优秀棋手那样，向前看几步来下棋。它还能学习棋谱，在分析大约 175000 幅不同棋局后，可猜测出书上所有推荐的走步，准确度达 48%，这是机器

模拟人类学习过程卓有成就的探索。1959 年这个程序曾战胜设计者本人，1962 年还击败了美国一个州的跳棋大师。

在 MIT 小组，1959 年 McCarthy 发明的表(符号)处理语言 LISP，成为人工智能程序设计的主要语言，至今仍被广泛采用。1958 年 McCarthy 建立的行动计划咨询系统以及 1960 年 Minsky 的论文“走向人工智能的步骤”，对人工智能的发展都起了积极的作用。

此外，1956 年 N. Chomsky 的文法体系，1958 年 Selfridge 等人的模式识别系统程序等，都对人工智能的研究产生了有益的影响。这些早期成果，充分表明人工智能作为一门新兴学科正在茁壮成长。

### 1.1.3 发展时期(1961 年以后)

20 世纪 60 年代以来，人工智能的研究活动越来越受到重视。为了揭示智能的有关原理，研究者们相继对问题求解、博弈、定理证明、程序设计、机器视觉、自然语言理解等领域的课题进行了深入的研究。几十年来，不仅使研究课题有所扩展和深入，而且还逐渐搞清了这些课题共同的基本核心问题以及它们和其他学科间的相互关系。1974 年 N. J. Nilsson 对发展时期的一些工作写过一篇综述论文，他把人工智能的研究归纳为四个核心课题和八个应用课题，并分别对它们进行论述。

这一时期中某些课题曾出现一些较有代表性的工作，1965 年 J. A. Robinson 提出了归结(消解)原理，推动了自动定理证明这一课题的发展。70 年代初，T. Winograd、R. C. Schank 和 R. F. Simmon 等人在自然语言理解方面做了许多发展工作，较重要的成就是 Winograd 提出的积木世界中理解自然语言的程序。关于知识表示技术有 C. Green(1966 年)的一阶谓词演算语句，M. R. Quillian(1966 年)的语义记忆的网络结构，R. F. Simmon(1973 年)等人的语义网结构，R. C. Schank(1972 年)的概念网结构，M. Minsky(1974 年)的框架系统的分层组织结构等。关于专家系统自 1965 年研制 DENDRAL 系统以来，一直受到人们的重视，这是人工智能走向实际应用最引人注目的课题。1977 年 E. A. Feigenbaum 提出了知识工程(Knowledge Engineering)的研究方向，导致了专家系统和知识库系统更深入的研究和开发工作。此外智能机器人、自然语言理解和自动程序设计等课题，也是这一时期较集中的研究课题，也取得不少成果。

从 80 年代中期开始，经历了 10 多年的低潮之后，有关人工神经网络的研究取得了突破性的进展。1982 年生物物理学家 Hopfield 提出了一种新的全互联的神经网络模型，被称为 Hopfield 模型。利用该模型的能量单调下降特性，可用于求解优化问题的近似计算。1985 年 Hopfield 利用这种模型成功地求解了“旅行商(TSP)”问题。1986 年 Rumelhart 提出了反向传播(back propagation - BP)学习算法，解决了多层人工神经网络的学习问题，成为广泛应用的神经网络学习算法。从此，掀起了新的人工神经网络的研究热潮，提出了很多新的神经网络模型，并被广泛的应用于模式识别、故障诊断、预测和智能控制等多个领域。

1997 年 5 月，IBM 公司研制的“深蓝”计算机，以 3.5:2.5 的比分，首次在正式比赛中战胜了人类国际象棋世界冠军卡斯帕罗夫，在世界范围内引起了轰动。这标志着在某些领域，经过努力，人工智能系统可以达到人类的最高水平。

这一时期学术交流的发展对人工智能的研究有很大推动作用。1969 年国际人工智能联合会成立，并举行第一次学术会议 IJCAI-69(International Joint Conference on Artificial Intelli-

gence), 以后每两年召开一次。随着人工智能研究的发展, 1974 年又成立了欧洲人工智能学会, 并召开第一次会议 ECAI(European Conference on Artificial Intelligence), 随后也是相隔两年召开一次。此外, 许多国家也都有本国的人工智能学术团体。在人工智能刊物方面, 1970 年创办了《Artificial Intelligence》国际性期刊, 爱丁堡大学还不定期出版《Machine Intelligence》杂志, 还有 IJCAI 会议文集、ECAI 会议文集等。此外 ACM、AFIPS 和 IEEE 等刊物也刊载人工智能的论著。

美国是人工智能的发源地, 随着人工智能的发展, 世界各国有关学者也都相继加入这一行列, 英国在 60 年代就起步人工智能的研究, 到 70 年代, 在爱丁堡大学还成立了人工智能系。日本和西欧一些国家虽起步较晚, 但发展都较快, 前苏联对人工智能研究也开始予以重视。我国是从 1978 年才开始人工智能课题的研究, 主要在定理证明、汉语自然语言理解、机器人及专家系统方面设立课题, 并取得一些初步成果。我国也先后成立中国人工智能学会、中国计算机学会人工智能和模式识别专业委员会和中国自动化学会模式识别与机器智能专业委员会等学术团体, 开展这方面的学术交流。此外, 我国还着手兴建了若干个与人工智能研究有关的国家重点实验室, 这些都将促进我国人工智能的研究, 为这一学科的发展作出贡献。

#### 1.1.4 人工智能的研究热点与展望

目前人工智能研究的三个热点是: 智能接口、数据挖掘、主体及多主体系统。

智能接口技术是研究如何使人们能够方便自然地与计算机交流。为了实现这一目标, 要求计算机能够看懂文字、听懂语言、说话表达, 甚至能够进行不同语言之间的翻译, 而这些功能的实现又依赖于知识表示方法的研究。因此, 智能接口技术的研究既有巨大的应用价值, 又有基础的理论意义。目前, 智能接口技术已经取得了显著成果, 文字识别、语音识别、语音合成、图像识别、机器翻译以及自然语言理解等技术已经开始实用化。

数据挖掘就是从大量的、不完全的、有噪声的、模糊的、随机的实际应用数据中提取隐含在其中的、人们事先不知道的、但又是潜在有用的信息和知识的过程。数据挖掘和知识发现的研究目前已经形成了三个强大的技术支柱: 数据库、人工智能和数理统计。

主体是具有信念、愿望、意图、能力、选择、承诺等心智状态的实体, 比对象的粒度更大, 智能性更高, 而且具有一定的自主性。主体试图自治地、独立地完成任务, 而且可以和环境交互, 与其他主体通信, 通过规划达到目标。多主体系统主要研究在逻辑上或物理上分离的多个主体之间进行协调智能行为, 最终实现问题求解。多主体系统试图用主体来模拟人的理性行为, 主要应用在对现实世界和社会的模拟、机器人以及智能机械等领域。目前对主体和多主体系统的研究主要集中在主体和多主体理论、主体的体系结构和组织、主体语言、主体之间的协作和协调、通信和交互技术、多主体学习以及多主体系统应用等方面。技术的发展总是超乎人们的想象, 要准确地预测人工智能的未来是不可能的。但是, 从目前的一些前瞻性研究可以看出未来人工智能可能会向以下几个方面发展: 模糊处理、并行化、神经网络和机器情感。

目前, 人工智能的推理功能已获突破, 学习及联想功能正在研究之中, 下一步就是模仿人类右脑的模糊处理功能和整个大脑的并行化处理功能。人工神经网络是未来人工智能应用的新领域, 未来智能计算机的构成, 可能就是作为主机的冯·诺依曼型机与作为智能外围的人工神经网络的结合。研究表明: 情感是智能的一部分, 而不是与智能相分离的, 因此人工智能领域的下一个突破可能在于赋予计算机情感能力。情感能力对于计算机与人的自然交往

至关重要。

人工智能一直处于计算机技术的前沿，人工智能研究的理论和发现在很大程度上将决定计算机技术的发展方向。今天，已经有很多人工智能研究的成果进入人们的日常生活。将来，人工智能技术的发展将会给人们的生活、工作和教育等带来更大的影响。

## 1.2 人工智能研究的内容

人工智能的研究涉及广泛的领域，如各种知识表示模式、不同的智能搜索技术、求解数据和知识不确定问题的各种方法、机器学习的不同模式等。人工智能的应用领域包括专家系统、博弈、定理证明、自然语言理解、图像理解、机器人等。人工智能也是一门综合性的学科，它是在控制论、信息论和系统论的基础上诞生的，涉及哲学、心理学、认知科学、计算机科学、数学以及各种工程学方法，这些学科为人工智能的研究提供了丰富的知识和研究方法。

### 1.2.1 知识表示

人类的智能活动过程主要是一个获得并运用知识的过程，知识是智能的基础。人们通过实践，认识到客观世界的规律性，经过加工整理、解释、挑选和改造而形成知识。为了使计算机具有智能，使它模拟人类的智能行为，就必须使它具有适当形式表示的知识。

所谓知识表示实际上是对知识的一种描述，或者是一组约定，一种计算机可以接受的用于描述知识的数据结构。知识表示是研究机器表示知识的可行的、有效的、通用的原则和方法。知识表示问题一直是人工智能研究中最活跃的部分之一。目前，常用的知识表示方法有逻辑表示、产生式系统、框架、语义网络、状态空间、面向对象、链接主义等。

### 1.2.2 自动推理

从一个或几个已知的判断(前提)逻辑地推论出一个新的判断(结论)的思维形式称为推理，这是事物的客观联系在意识中的反映。自动推理是知识的使用过程，人类解决问题就是利用以往的知识，通过推理得出结论。自动推理是人工智能研究的核心问题之一。人工智能理论研究的一个很强的推动力就是要设法寻找更为一般的、统一的推理算法。

按照新的判断推出的途径划分，自动推理可分为演绎推理、归纳推理、反演绎推理。演绎推理就是一种从一般到个体的推理过程。演绎推理是人工智能中的一种重要的推理方式，目前研制成功的智能系统中，大多是用演绎推理实现的。

与演绎推理相反，归纳推理是一种从个别到一般的推理过程。归纳推理是机器学习和知识发现的重要基础，是人类思维活动中最基本、最常用的一种推理形式。

反演绎推理就是由结论倒推原因。在反演绎推理中，我给出规则  $p \rightarrow q$  和  $q$  的合理信念，然后我们希望在某种解释下得到谓词  $p$  为真。反演绎推理是不可靠的，但因为  $q$  的原因，它又被称为最佳解释推理。

推理过程中推出的结论是否单调增加，推理又分为单调推理和非单调推理。其单调含义指已知为真的命题数目随推理的进行而严格地增加。在单调逻辑中，新的命题可以加入系统，新的定义可以被证明，并且这种加入和证明绝不会导致前面已知的命题或已证明的命题变成无效。在本质上人类的思维及推理活动并不是单调的。人们对周围世界中的事物的认

识、信念和观点，总是处于不断的调整之中。例如，根据某些前提推出某一结论，但当人们又获得另外一些事实后，却又取消了这一结论。在这种情况下，结论并不随着条件的增加而增加，这种推理过程称为非单调推理。

在现实世界中存在大量不确定问题。不确定性来自人类的主观认识和客观实际之间的差异。事物发生的随机性，人类知识的不完全、不可靠、不精确和不一致，自然语言中存在的模糊性和歧义性都反映了这种差异，都会带来不确定性。针对不同的不确定性的起因，人们提出不同的理论和推理方法。在人工智能中，有代表性的不确定性理论和推理方法有 Bayes 理论、Dempster - Shafer 证据理论和模糊理论等。

搜索是人工智能的一种问题求解方法，搜索策略决定着问题求解的一个推理步骤中知识被使用的优先关系。可分为无信息导引的盲目搜索和利用经验知识导引的启发式搜索。启发式知识常由启发式函数来表示，启发式知识利用得越充分，求解问题的搜索空间就越小，解题效率越高。典型的启发式搜索方法有 A\*、AO\* 算法等。

### 1.2.3 机器学习

机器学习是研究计算机怎样模拟和实现人类的学习行为，以获取新的知识或技能，重新组织已有的知识结构使之不断改善自身的性能。只有让计算机系统具有类似人的学习能力，才有可能实现人类水平的人工智能。机器学习是人工智能研究的核心问题之一，是当前人工智能理论研究和实际应用的非常活跃的研究领域。

常见的机器学习方法有归纳学习、类比学习、分析学习、强化学习、遗传算法、连接学习等。机器学习的研究尚需大力加强，只有机器学习的研究取得进展，人工智能和知识工程才会取得重大突破。

## 1.3 人工智能研究的意义和目标

### 1.3.1 人工智能研究的意义

我们知道，计算机是迄今为止最有效的信息处理工具，以至于人们称它为“电脑”。但是，现在的普遍计算机系统的智能还相当低，譬如缺乏自适应、自学习、自优化等能力，也缺乏社会常识或专业知识，而只能是被动地按照人们为它事先安排好的工作步骤进行工作。因而它的功能和作用就受到很大的限制，难以满足越来越复杂和越来越广泛的社会需求。既然计算机和人脑一样都可进行信息处理，那么是否能让计算机同人脑一样也具有智能呢？这正是人们研究人工智能的初衷。

事实上，如果计算机自身也具有一定智能的话，那么它的功效将发生质的飞跃，成为名副其实的“电脑”。这样的电脑将人脑更为有效的扩大和延伸，也是人类智能的扩大。智能机器人的出现，标志着人类社会进入一个新的时代。

研究人工智能也是当前信息化社会的迫切要求。我们知道，人类社会现在已经进入了信息化时代。信息化的进一步发展，就必须有智能技术的支持。例如，当前迅速发展着的互联网(Internet)、万维网(WWW)和网格(Grid)就强烈地需要智能技术的支持。也就是说，人工智能技术在 Internet、WWW 和 Grid 上将发挥重要的作用。

智能化也是自动化发展的趋势。自动化发展到一定水平，再向前发展就必然是智能化。



事实上,智能化将是继机械化、自动化之后,人类生产和生活中的又一个技术特征。

另外,研究人工智能,对于探索人类自身智能的奥秘也可提供有益的帮助。因为我们可以通过电脑进行模拟,从而揭示人脑的工作原理,发现自然智能的渊源。事实上,现在有一门称为“计算神经科学”的学科正在迅速崛起,它从整体水平、细胞水平和分子水平对大脑进行模拟研究,以揭示其智能活动的机理和规律。

### 1.3.2 人工智能研究的目标

人工智能作为一门学科,其研究目标就是制造智能机器和智能系统,实现智能化社会。具体来说,就是要使计算机不仅具有脑智能和群智能,还要具有看、听、说、写等感知和交流能力。简言之,就是要使计算机具有自主发现规律、解决问题和发明创造的能力,从而大大扩展和延伸人的智能,实现人类社会的全面智能化。

## 1.4 智能化信息技术在石油化工行业的应用

化学工业包括石油化工、煤化工、盐化工、精细化工等,是国民经济的重要基础产业,其中石油化工是国家支柱产业之一。石油化工是以石油、天然气为主要原料,经过多次化学加工生产各种化学品及合成材料的工业,以乙烯生产为核心。石化行业是一个技术密集、投入密集、产业链长、规模庞大的行业,其业务范围涉及上游的勘探开发、中游的储存、运输和管道管理,以及下游的冶炼、化工、销售管理等。

同其他行业相比,石油化工行业表现出以下特征:

① 与其他行业关联度高。石油化工与众多的产业部门有着密切的联系,因为它既是能源工业又是基础材料工业。

② 产业集中度高,具有明显的垄断特征。石油化工行业是资金密集型产业,需要投入巨资才能使一套石油化工装置建成投产,石油化工行业的进入成本很高,而这些成本必须通过规模的扩大才能有效地降低。同时石油化工行业又是高新技术的吸收器和技术进步的推动力。由于石油化工行业资金技术密集度高,再加上石油资源的限制和较为集中,因而产业集中度在各产业中最高,具有明显的垄断特征。

③ 周期性特征明显。石油化工行业周期性特征极为明显,表现为石油化工产品价格波动大,导致企业产量、收入、利润、现金流量、投资等方面呈现极强的周期性,而其根本的原因是石油化工是资本密集型产业。石油化工有自身的景气周期,而这种周期与世界经济周期并不完全同步。

### 1.4.1 石油化工行业的信息化

石油化工行业的最大特点是连续性,这决定了信息化对于该行业的重要性。

在企业内,石油化工行业的连续性表现在一天24h不间断地连续生产。这种连续性生产决定了信息化的必要性,因为相比人工,信息系统更能保证全部实时的操作和监测,包括连续操作的安全性和对意外情况的即时反应,以及监测数据的即时一致。此外,石油化工行业是一个资本密集型的规模性行业,这一点也决定了从生产过程开始到原料、采购等各个流程采用信息系统的必要性。

在企业间,石油化工行业的连续性则表现在产业链的连续上,即产业链上某个企业的产

品是下一个企业的原料，上下游整体的产业链关联度非常高。比如上游乙烯的产量下降了，那么下游生产聚乙烯的原料就减少了，产业链的上下衔接因此显得十分重要，而信息化对于这一衔接和沟通的重要性则不言而喻。

2008年，国资委公布了对中央企业信息化水平的评价结果，包括中国石油、中国石化、中国海油在内的各大石油石化企业信息化建设均处于国内先进水平，部分达到或接近世界先进水平，在信息技术的驱动下，正由传统工业向高度集约化、高度知识化、高度技术化工业转变。石油化工行业的信息化建设，正呈现高点分化态势。

目前，石油化工行业的信息化建设一般都遵循图 1-1 所示的美国先进制造研究中心 ARM(Advanced Manufacturing Research) 所倡导的制造业信息化三层模型，即管理层、生产层、控制层三层结构框架，建立起管控一体化信息系统，相应的时间空间范围如图 1-2 所示。

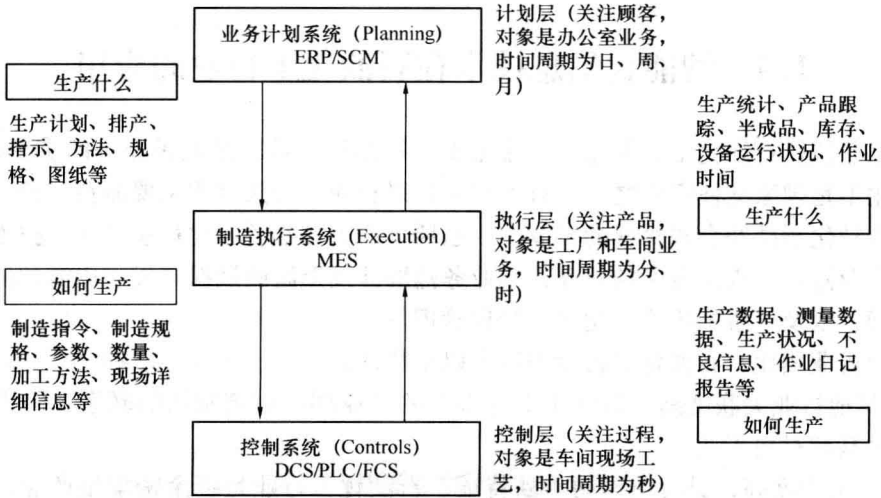


图 1-1 ARM 提出的制造业信息化三层模型

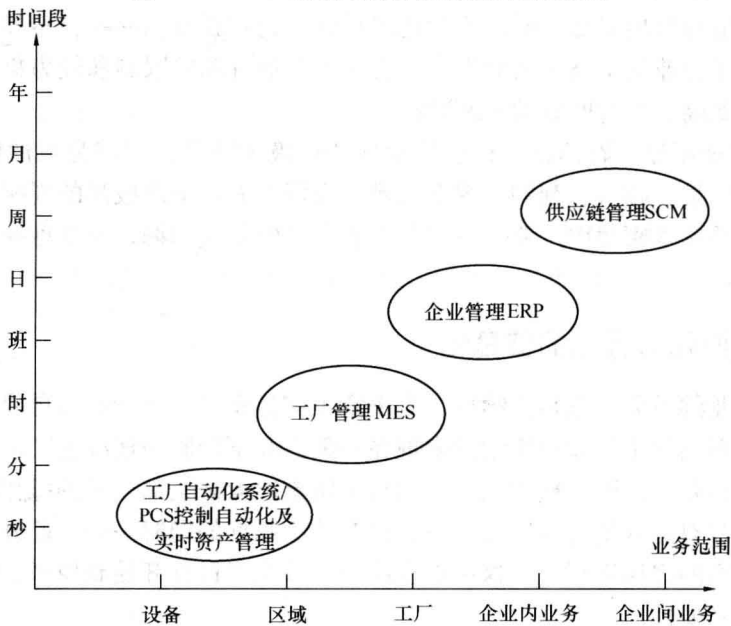


图 1-2 企业业务周期和范围的划分



在图 1-1 中, ERP/SCM 作为企业业务经营管理系统, DCS/PLC/FCS 作为过程控制系统, 而 MES 则作为生产执行系统, 处于 ERP/SCM 和 DCS/PLC/FCS 的中间位置。此外, 在图 1-1 所示的三层结构中, 计划层强调企业的计划, 它以客户订单和市场需求为计划源, 充分利用企业内部的各种资源, 降低库存, 提高企业效益; 执行层强调计划的执行, 通过 MES 将 ERP/SCM 与企业的现场控制有机集成起来; 控制层强调设备的控制, 如 PLC、数据采集器、条形码、各种计量及检测仪器、机械手等的控制。

### (1) 控制层

控制层以产品质量、数量和满足工艺要求的设备综合管理控制为核心。

1940 年前, 气动仪表(PCS)面世, 即第一代过程控制系统。

1940 年后, 基于电动仪表的电动单元组合式模拟仪表控制系统(ACS)面世, 即第二代过程控制系统。

1970 年前后, 产生了基于计算机的直接数字控制(DDC)和监督计算机控制(SCC), 统称计算机控制系统(CCS), 即第三代过程控制系统。

1975 年, 美国霍尼韦尔公司推出了基于微处理器的分布式控制系统(DCS), 即第四代过程控制系统。目前 DCS 已经发展到第四代, 每代 DCS 的特点分别是: 第一代 DCS, 具有分散控制、集中管理的过程控制和数据通信三大主要功能, 以 TDC-2000 为代表。第二代 DCS, 功能增强, 包括控制算法, 实现常规控制、逻辑控制、批量控制的结合, 即混合控制。管理范围扩大, 功能增强。通信方式为总线式和环式, 并支持局域网协议。以 TDC-3000 为代表。第三代 DCS, 以 FOXBORO 公司推出的 L/A S 系统为代表。主要是在局域网技术上实现 10Mbps 的宽带网和 5Mbps 的载带网, 并符合 OSI 标准。另外, 还增加了自适应和自整定等控制算法。第四代 DCS, 主要标志是集成, 其覆盖现场仪表层、控制装置单元层、工厂层和企业层四个层次。而前三代只覆盖前三层。第四代已成为过程控制和信息管理的综合信息平台。其功能包括过程控制、PLC、RTU(远程采集发送器)、FCS、多回路调节器、智能采集和控制单元等功能集成, 以及组态软件、I/O 组件、PLC 单元等产品集成。还包括过程控制、逻辑控制、批处理控制, 并实现混合控制。

1980 年后, 出现了基于现场总线技术的现场总线控制系统(FCS), 即第五代过程控制系统。目前现场总线的标准尚未统一, 正在发展过程中。现场总线的出现带来了工业控制领域的一场深刻革命。现场总线代表了一种具有突破意义的控制思想, 改变了原有的控制体系结构, 是模拟与数字混合的 DCS 更新换代为全数字的 FCS, 解决了 DCS 的开放性问题 and DCS 与现场仪表的通信问题, 真正做到危险分散、控制分散、集中监控和全数字化。

总体上, 目前控制层是 DCS、PLC、FCS 三者的结合。

### (2) 执行层

制造执行系统(MES)是以生产综合指标为目标的生产过程优化控制、生产运行优化操作与优化管理的技术, 主要面向车间, 为操作人员/管理人员提供计划的执行和跟踪以及所有资源(人员、设备、物料、客户需求)的当前状况, 一方面将企业业务计划的指令传达到生产现场, 另一方面将生产现场的信息及时收集、上传和处理。

MES 属于企业管理应用软件的范围, 起源于离散工业, 又扩展到流程工业。DCS 普及后, 至今 DCS 和 MES 之间的接口还是薄弱环节。所以, 在 MES 中, 设计了专门系统(如 PIMS)来接收 DCS 的实时数据, 实现生产绩效管理和运行数据的集成。

AMR 公司认为, MES 是公司按其经营目标对其整个资源进行管理时, 为公司提供实现

执行目标的执行手段，通过实时数据库连接基本信息系统的理论数据和工厂的实际数据，并提供业务计划系统与制造控制系统之间的通信功能。因此，MES 不只是工厂的单一信息系统，而且是横向之间、纵向之间、系统之间集成的系统。归结起来，MES 可以概括为一个宗旨——制造怎样执行，两个核心数据库——实时数据库、关系数据库，两个通信接口——与控制层接口和与业务计划层接口，四个重点功能——生产管理、工艺管理、过程管理和质量管理。因此，MES 的主要功能模块一般包括短期生产计划、作业排产和调度、过程控制和管理、维护管理、技术信息管理、过程优化控制等，一些特殊的需求，如数据调理和校正、运行数据统计、公用工程平衡管理、设备寿命预测、设备性能计算、罐区管理、罐区平衡、物料平衡等，也都作为 MES 的单一功能模块，并往往集成到 MES 系统中。

目前，MES 正处于建设阶段，它的进展将表示管控一体化系统取得更大的实效。

### (3) 计划层

企业资源计划 ERP 是以财务分析、决策为核心的企业整体资源优化的技术，是对企业资源进行有效的、综合的计划与管理，是提高企业经营效率和效益的手段。ERP 面向企业的主要业务，包括产品订货、原材料采购、生产制造、配送、销售、会计等一系列业务流，是覆盖全公司的信息系统，其关键业务包括计划、财务会计和管理会计，还有人力资源管理。ERP 的数据库要与实时数据库相连，提取生产过程的有关数据，ERP 又和供应链管理 SCM 集成。

SCM 是对供应链中涉及的物流、资金流、信息流进行规划、设计、管理与控制，从而提高供应链中各个成员的效率、效益和竞争能力，最终保证客户满意，即在正确的时间把正确的产品或服务送到正确的地点。它是在 ERP 的基础上，把企业的生产过程、库存系统、销售系统与供应商、零售商以及各种合作伙伴集成为一个有机体，最大限度地缩短工作周期，提高工作效率，有效利用资源，创造更大价值。

在实施管控一体化系统中，除去建立计算机网络、建立数据库等一系列基本软、硬件体系外，就是改造全企业经营管理模式，即建立以市场为导向、财务为核心的经营模式。实施方法是全面规划、分步实施，自上而下和自下而上或齐头并进几种方法相结合。所以，目前 ERP 已取得了不少应用业绩，如在中石化，镇海炼化、仪征化纤、江苏石油、天津石油等多家试点已完成，采用 SAP 公司的 my SAP.com 软件包。MES 正处于建设阶段，它的进展将表示管控一体化系统取得更大的实效。

关于设备管理，三层功能上有一定重叠，控制层注重设备监控(采用现场总线技术，则设备档案与诊断信息更丰富)，执行层注重设备管理，ERP 层注重设备维修计划、备品备件、设备资产管理等。目前石化企业流行的设备管理系统(AMS)，除少数是自成体系外，均为利用 DCS 的平台实现设备档案和当前状态的可视化，有的 DCS 系统把设备管理或资产管理作为一个可选的软件包，作为 DCS 的一部分，有的采用专用操作站(这里所说的设备，目前仅限于现场自动化设备，如温度变送器、压力变送器、电气阀的定位器等)，目前它已在实现预测性维护、消除多余和错误的维护、减少非计划停车及大修时间，并延长大修间隔等方面发挥作用，这将使三层结构的功能提前实现。

国际上各大 DCS 公司提出其 DCS 系统具有管控一体化功能，一直从事管理软件、关系数据库、实时数据库、优化软件开发的 SAP、BANN、PEOPLE SOFT、ORACLE、GARTNER GROUP、ASPENTECH、CAMSTAR SYSTEM、MOUNTAIN SYSTEM 等公司也业绩斐然，国内金蝶、用友、和利时、浙大中控等公司也很活跃。浙大中控 SUPCON - COM 解决方案在石