

高等院校教材

# 智能导论

何华灿 主编



专业教材编审组

# 人工智能导论

何华灿 主编

航空专业教材编审组

1983

## 内 容 简 介

本书是系统介绍人工智能基本原理和方法的入门教材，它以广义的问题求解为中心，着重讨论了人工智能中的三大基本技术：知识表示技术、机械化推理技术和系统构成技术。

全书共八章：一、绪论；二、预备知识；三、知识表示技术；四、使用算法的推理技术；五、使用启发的推理技术；六、产生式系统；七、意识思维模型概述；八、人工智能语言及其程序设计初步。

本书可作为高等院校计算机类专业研究生或高年级学生的选修课教材，也可供自动化、信息处理及其他有关专业教师、科技人员、研究生和大学生自学与参考。

主审稿人 马希文 孙怀民 周孝宽

责任编辑 杨心灿

## 人 工 智 能 导 论

何华灿 主编

\*

空军工程学院印刷所印装 内部发行

\*

开本787×1092 1/16 20印张 487千字

1983年9月第一版 1983年9月第一次印刷 印数 0001~3000册

统一书号：25142c 定价 2.05元

# 前言

人工智能 (Artificial Intelligence 简记AI) 是五十年代在美国兴起的一门新兴学科, 被誉为本世纪的三大科学技术成就之一, 受到世界各国普遍的重视。近十年来它已开始走向实用化阶段。日、美等国正在积极研制的第五代计算机就是一个大型的综合性的人工智能系统。如果说经典物理学的形成和蒸气机的诞生导致了第一次科学革命和第一次工业革命, 实现了人的部分体力劳动的机械化和自动化, 使人类社会有了今天这样发达的物质文明和精神文明。那么正在到来的第二次科学革命和第二次工业革命则导源于广义信息科学的形成和计算机的诞生, 它将实现人的部分脑力劳动的机械化和自动化, 所以人们把它称为信息革命或计算机革命。正如蒸气机是一种比较原始的动力机一样, 现在的电子数字计算机也是智力机的雏形, 人工智能的近期研究目标就是要提高现有电子计算机的智力水平, 使其变得更加灵巧。可以预计, 在不久的将来人工智能将会成为每个计算机工作者必须了解的常识。近几年来, 人工智能研究在我国也引起了广泛的兴趣和重视, 不少单位已开始进行研究, 并取得了一些可喜的成果。所以为计算机类各专业研究生和本科生开设人工智能课程是十分必要的。正象目前计算机语言及其程序设计技术正在成为每个合格的大学毕业生必须掌握的基础知识和基本技能那样, 人工智能课程亦将逐步扩大到非计算机类各专业中去。

对人工智能的研究对象, 学术界有两种不同的主张: 一种主张只涉及人类智能活动的核心过程 (主要是指理性思维); 另一种主张包括智能活动的核心过程和外围过程 (如视觉、听觉、使用自然语言的能力等等)。前者是所谓狭义的理解, 后者是所谓广义的理解。本书主要讨论理性思维过程的机械化和自动化问题, 但其中的许多原理和方法, 对其他智能活动过程来说也是适用的。

目前人工智能的理论体系正在逐步形成之中。早期的几本英文人工智能教科书, 大多都是具体人工智能系统或研究分支的罗列, 经验性较强, 系统性、条理性不足, 涉及知识面也很广, 不便于作为导论课教材。现在正在以问题求解为中心形成人工智能自己的理论体系, 这为我们讲授人工智能导论这门课程提供了十分有利的条件。编者认为:

1. 现有人工智能的基本原理和方法可以围绕“广义的问题求解”这个中心来组织。各种智能活动过程都可以等效成一个问题求解过程。所谓广义的问题就是指初始状态和目标状态之间存在某种差异。所谓问题求解就是寻找一个消除这种差异的机械过程或操作序列。
2. 问题求解涉及三个环节: 问题的形式化、求解过程的机械化和机械过程的自动化实现等。在人工智能中与这三个环节对应的是人工智能的三大基本技术, 即知识表示技术、机械化推理技术和系统构成技术。

本书就是根据编者近几年来在西北工业大学、北京师范大学和电力科学院研究生部为研究生和高年级大学生讲授《人工智能导论》选修课的讲义, 按照上述“一个核心和三大技术”的思路来编写的。它介绍给读者的不是人工智能的各个具体研究分支 (如模式识别, 自然语言理解, 定理证明等等), 而是包含在这些具体研究分支中的人工智能的基本原理和方法,

是目前已知的人工智能的最本质的东西。这对读者今后研究人工智能的各个具体分支或从事其他工作都是有指导意义的。

本书是一本人工智能的入门书，它主要是作为计算机类各专业研究生或本科生选修课的教材。为了便于其他各类专业的读者阅读，本书还专门编进了一章预备知识。全书文字流畅，便于自学。它的主要内容有：

第一章绪论，它系统介绍了人工智能的发展简史、学科范畴和研究领域，讨论了研究智能科学的意义。

第二章预备知识，它是为便于那些已经有了计算机语言和程序设计技术的初步知识但未学习过离散数学、形式语言和自动机理论的读者，能够顺利地阅读本书第三章以后的内容而写的。

第三章知识表示技术，介绍了几种常用的知识表示方法。

第四、五章讲机械化推理技术。

第六、七章讲人工智能系统。

第八章讲人工智能语言。最后这三章都属于系统构成技术。

在本书中重点讨论的是人工智能的基本原理和方法，至于人工智能中的程序设计技术拟在另一本书中详细讨论。

在选用本书作教材时请注意：

1. 本课程宜在大学高年级或研究生低年级学习，这时学生已学过高等数学、线性代数、普通物理、哲学、计算机导论（或计算机原理）、算法语言和离散数学等课程，对知识准备比较充分。

2. 比较熟悉离散数学、形式语言和自动机理论的读者，可以跳过第二章直接学习后面的内容。

3. 本教材计划讲课学时：大学生60学时，研究生40学时。若讲第二章需另加20学时。

4. 人工智能的各个分支研究领域，涉及许多专门的知识，宜于与《人工智能导论》课平行或稍后开设专门的课程，如模式识别、计算逻辑和自动定理证明、程序方法学和自动程序设计等等。

5. 在人工智能导论的基础上，可以开设下述课程：人工智能程序设计基础、专家系统、人工智能和模式识别在计算机辅助设计中的应用、智能控制和机器人学等等。

在开设人工智能课程和编写本书的过程中，得到康继昌教授、韩兆轩付教授、柴佩琪付教授、汪培庄付教授和袁萌老师，以及其他许多领导、老师和同志们热情支持和帮助。为我国人工智能研究作出了出色贡献的李太航同志，不仅为本书提供了他的最新研究资料，而且直接参加了第七章的编写，吉玉琴同志参加了部分收集资料和拟稿工作，全书由何华灿同志主编和总校。敖启芳等同志为本书精心绘制了全部图稿。

本书的油印稿，曾蒙辽宁大学洪声贵付教授、上海工业大学张锡令付教授和张纯武老师，以及西安交通大学钱文瀚付教授等兄弟院校老师在教学试用，并提出了不少宝贵意见。

在编写本书的过程中，我们还参考了一些兄弟单位的讲义和资料。与同行们的学术讨论，也使我们受到许多启发。

北京大学马希文教授、北京航空学院孙怀民付教授和周孝宽老师审阅了全部书稿，编辑杨心灿同志对全书进行了细心地编辑加工，他们都对本书提出了许多衷肯的意见和修改建议。借此机会，我们谨向所有为本书的构思、编写和出版作出过贡献的同志们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中的缺点错误在所难免，欢迎批评指正。

言 前

(1)	.....	编者 章一第	
(1)	.....	史高界式麻生产商指管工人	1.1.2
(1)	.....	(前以平 9301) 限有界	1983年3月于西北工业大学
(2)	.....	(平 1001 ~ 平 0001) 限有界	二
(4)	.....	(令至平 1001) 限有界	三
(6)	.....	制管指学商指管工人	2.1.2
(6)	.....	制目界指商指管工人	一
(7)	.....	限新心界指管工人	二
(8)	.....	限学指中界指管工人	三
(11)	.....	本基本基指管工人	四
(12)	.....	及管指界指管工人	五
(13)	.....	限产资指本具指管工人	3.1.3
(13)	.....	限有界	一
(18)	.....	限有界	二
(19)	.....	限有界	三
(17)	.....	限有界	四
(18)	.....	限有界	五
(18)	.....	限有界	六
(19)	.....	限有界	七
(20)	.....	限有界	八
(21)	.....	限有界	九
(21)	.....	限有界	十
(22)	.....	限有界	十一
(23)	.....	限有界	十二
(23)	.....	限有界	十三
(23)	.....	限有界	十四
(23)	.....	限有界	十五
(23)	.....	限有界	十六
(23)	.....	限有界	十七
(23)	.....	限有界	十八
(23)	.....	限有界	十九
(23)	.....	限有界	二十
(23)	.....	限有界	二十一
(23)	.....	限有界	二十二
(23)	.....	限有界	二十三
(23)	.....	限有界	二十四
(23)	.....	限有界	二十五
(23)	.....	限有界	二十六
(23)	.....	限有界	二十七
(23)	.....	限有界	二十八
(23)	.....	限有界	二十九
(23)	.....	限有界	三十
(23)	.....	限有界	三十一
(23)	.....	限有界	三十二
(23)	.....	限有界	三十三
(23)	.....	限有界	三十四
(23)	.....	限有界	三十五
(23)	.....	限有界	三十六
(23)	.....	限有界	三十七
(23)	.....	限有界	三十八
(23)	.....	限有界	三十九
(23)	.....	限有界	四十
(23)	.....	限有界	四十一
(23)	.....	限有界	四十二
(23)	.....	限有界	四十三
(23)	.....	限有界	四十四
(23)	.....	限有界	四十五
(23)	.....	限有界	四十六
(23)	.....	限有界	四十七
(23)	.....	限有界	四十八
(23)	.....	限有界	四十九
(23)	.....	限有界	五十
(23)	.....	限有界	五十一
(23)	.....	限有界	五十二
(23)	.....	限有界	五十三
(23)	.....	限有界	五十四
(23)	.....	限有界	五十五
(23)	.....	限有界	五十六
(23)	.....	限有界	五十七
(23)	.....	限有界	五十八
(23)	.....	限有界	五十九
(23)	.....	限有界	六十
(23)	.....	限有界	六十一
(23)	.....	限有界	六十二
(23)	.....	限有界	六十三
(23)	.....	限有界	六十四
(23)	.....	限有界	六十五
(23)	.....	限有界	六十六
(23)	.....	限有界	六十七
(23)	.....	限有界	六十八
(23)	.....	限有界	六十九
(23)	.....	限有界	七十
(23)	.....	限有界	七十一
(23)	.....	限有界	七十二
(23)	.....	限有界	七十三
(23)	.....	限有界	七十四
(23)	.....	限有界	七十五
(23)	.....	限有界	七十六
(23)	.....	限有界	七十七
(23)	.....	限有界	七十八
(23)	.....	限有界	七十九
(23)	.....	限有界	八十
(23)	.....	限有界	八十一
(23)	.....	限有界	八十二
(23)	.....	限有界	八十三
(23)	.....	限有界	八十四
(23)	.....	限有界	八十五
(23)	.....	限有界	八十六
(23)	.....	限有界	八十七
(23)	.....	限有界	八十八
(23)	.....	限有界	八十九
(23)	.....	限有界	九十
(23)	.....	限有界	九十一
(23)	.....	限有界	九十二
(23)	.....	限有界	九十三
(23)	.....	限有界	九十四
(23)	.....	限有界	九十五
(23)	.....	限有界	九十六
(23)	.....	限有界	九十七
(23)	.....	限有界	九十八
(23)	.....	限有界	九十九
(23)	.....	限有界	一百

目錄  
 前言  
 第一章 緒論  
 § 1.1 人工智慧的產生和發展簡史  
 一、孕育期(1956年以前)  
 二、形成期(1956年~1961年)  
 三、發展期(1961年至今)  
 § 1.2 人工智慧的學科範疇  
 一、人工智慧的研究目標  
 二、人工智慧的核心課題  
 三、人工智慧研究中的學派  
 四、人工智慧的基本技術  
 五、人工智慧研究的特点  
 § 1.3 人工智慧的具体研究領域  
 一、模式识别  
 二、物景分析  
 三、自然語言理解  
 四、数据库的智能检索  
 五、博奕  
 六、自动定理证明  
 七、自动程序设计  
 八、专家系统  
 九、自然語言生成  
 十、机器人  
 十一、人工智慧的应用和发展方向  
 § 1.4 研究智能科学的意义  
 一、当前许多学科发展的需要  
 二、第二次科学革命中的核心课题  
 三、人类社会进化新阶段的要求  
 思考題  
 第二章 預備知識  
 § 2.1 命題邏輯  
 一、命題和命題定律  
 二、範式  
 三、命題邏輯中的推論規則  
 § 2.2 謂詞邏輯  
 一、一階謂詞和量詞

前 言

第一章 緒論..... (1)

§ 1.1 人工智慧的產生和發展簡史..... (1)

一、孕育期(1956年以前)..... (1)

二、形成期(1956年~1961年)..... (2)

三、發展期(1961年至今)..... (4)

§ 1.2 人工智慧的學科範疇..... (6)

一、人工智慧的研究目標..... (6)

二、人工智慧的核心課題..... (7)

三、人工智慧研究中的學派..... (9)

四、人工智慧的基本技術..... (11)

五、人工智慧研究的特点..... (12)

§ 1.3 人工智慧的具体研究領域..... (13)

一、模式识别..... (13)

二、物景分析..... (15)

三、自然語言理解..... (16)

四、数据库的智能检索..... (17)

五、博奕..... (18)

六、自动定理证明..... (18)

七、自动程序设计..... (19)

八、专家系统..... (20)

九、自然語言生成..... (21)

十、机器人..... (21)

十一、人工智慧的应用和发展方向..... (22)

§ 1.4 研究智能科学的意义..... (23)

一、当前许多学科发展的需要..... (23)

二、第二次科学革命中的核心课题..... (25)

三、人类社会进化新阶段的要求..... (28)

思考題..... (31)

第二章 預備知識..... (32)

§ 2.1 命題邏輯..... (32)

一、命題和命題定律..... (32)

二、範式..... (36)

三、命題邏輯中的推論規則..... (40)

§ 2.2 謂詞邏輯..... (40)

一、一階謂詞和量詞..... (40)

(101)	二、含有量词的等价式和蕴含式	(45)
(081)	三、谓词逻辑中的推论规则	(46)
(041)	四、谓词公式的范式	(48)
(041)	<b>§ 2.3 集合和关系</b>	(49)
(041)	一、集合及其基本运算	(49)
(041)	二、二元关系	(52)
(121)	三、模糊集合的一般概念	(56)
(041)	<b>§ 2.4 形式语言</b>	(60)
(021)	一、四类等价的模型	(60)
(021)	二、语言和文法的分型	(61)
(021)	三、各型语言的实例	(64)
(001)	<b>§ 2.5 自动机</b>	(66)
(101)	一、一般概念	(66)
(001)	二、逻辑自动机	(68)
(401)	三、有穷自动机	(70)
(401)	四、图灵机	(75)
(001)	<b>§ 2.6 可计算性</b>	(79)
(101)	一、图灵可计算函数	(79)
(001)	二、递归函数	(80)
	三、递归集合	(84)
(111)	四、过程和算法	(85)
	<b>习题</b>	(86)
(011)		
	<b>第三章 知识表示技术</b>	(89)
(011)		
(011)	<b>§ 3.1 适当的表示对问题求解是至关重要的</b>	(89)
(011)	<b>§ 3.2 基于图的各种表示法</b>	(94)
(111)	一、用状态空间表示问题	(94)
(111)	二、用与/或图表示知识	(100)
(181)	三、用语义网络表示概念	(105)
(081)	<b>§ 3.3 基于谓词逻辑的表示法</b>	(113)
(081)	一、用谓词逻辑表示状态	(113)
(001)	二、用谓词逻辑表示操作	(116)
(001)	三、用谓词逻辑表示知识单元	(118)
(001)	<b>§ 3.4 其他各种表示法</b>	(120)
(001)	一、产生式表示法	(120)
(001)	二、特性表表示法	(123)
(001)	三、框架表示法	(126)
(10)	<b>习题</b>	(129)
(402)		
	<b>第四章 使用算法的推理技术</b>	(131)
(012)		
(011)	<b>§ 4.1 王浩算法</b>	(132)
(011)	<b>§ 4.2 海伯伦定理</b>	(137)

(84)	一、公式的解释	(137)
(85)	二、子句集合	(140)
(86)	三、子句集的海伯伦全域	(142)
(87)	四、海伯伦定理及其改进	(145)
(84)	<b>§ 4.3 鲁滨逊消解原理</b>	(148)
(85)	一、命题逻辑中的消解原理	(149)
(86)	二、代换与合一	(151)
(88)	三、谓词逻辑中的消解原理	(153)
(88)	<b>§ 4.4 消解原理的改进</b>	(156)
(89)	一、问题的提出	(156)
(89)	二、删除策略	(158)
(88)	三、锁消解	(160)
(88)	四、线性消解	(161)
(88)	五、语义消解	(163)
(87)	<b>§ 4.5 吴文俊算法</b>	(164)
(87)	一、引言	(164)
(87)	二、几何问题的代数化	(165)
(87)	三、初等几何定理的判定算法	(167)
(88)	<b>习题</b>	(169)
(88)		(169)
	<b>第五章 使用启发的推理技术</b>	(171)
(88)	<b>§ 5.1 基本概念</b>	(171)
(87)	一、启发的必要性	(171)
(88)	二、算法的局限性	(173)
(88)	三、隐式图的搜索过程	(175)
(88)	四、搜索效率	(176)
(88)	<b>§ 5.2 基本搜索策略</b>	(177)
(88)	一、广度优先搜索	(177)
(88)	二、深度优先搜索	(181)
(88)	三、有界深度优先搜索	(183)
(88)	四、代价推进搜索	(188)
(88)	<b>§ 5.3 启发式搜索的基本原理</b>	(192)
(88)	一、估计函数和启发信息	(192)
(88)	二、局部择优搜索	(193)
(88)	三、最好优先搜索	(196)
(88)	<b>§ 5.4 与/或树的启发式搜索</b>	(198)
(88)	一、与/或树求解中的特殊问题	(198)
(88)	二、与/或树的最好优先搜索	(201)
	三、博弈树的启发式搜索	(204)
(88)	<b>§ 5.5 利用规划的启发式搜索</b>	(212)
	一、规划可以进一步减缓组合爆炸	(212)
(88)	二、基本规划	(215)
(88)	三、多层规划	(218)

§ 5.6	启发式搜索过程的可采纳性和复杂性	(221)
习题		(225)
<b>第六章</b>	<b>产生式系统</b>	(227)
§ 6.1	产生式系统的基本原理	(227)
一、	产生式系统的组成和分类	(227)
二、	返回追踪决策产生式系统	(229)
三、	图搜索决策产生式系统	(234)
四、	可交换的产生式系统	(236)
五、	可分解的产生式系统	(237)
六、	高阶的产生式系统	(240)
§ 6.2	用产生式系统求解问题	(240)
一、	基于消解原理的产生式系统	(240)
二、	基于规则的推理系统	(243)
习题		(248)
<b>第七章</b>	<b>意识胞思维模型概述</b>	(249)
§ 7.1	模型的基本原理	(249)
一、	印象、概念和概念空间	(249)
二、	纵向推理及其可信度	(250)
三、	横向决策推理	(252)
四、	回溯推理及其可信度	(254)
五、	概念隶属度的变迁	(255)
六、	规划与联想	(257)
§ 7.2	模型的机器实现	(258)
一、	用意识胞表示知识	(258)
二、	系统总框图和意识控制流程	(259)
三、	意识胞的激活	(261)
四、	转移激活的分类和系统的不同状态	(262)
五、	联想的终止及反应的选择或组合	(263)
六、	系统自检和系统斟酌	(264)
七、	学习功能的实现	(265)
习题		(266)
<b>第八章</b>	<b>人工智能语言及其程序设计初步</b>	(267)
§ 8.1	几种主要的人工智能语言	(267)
§ 8.2	LISP语言	(268)
一、	基本概念	(268)
二、	基本LISP函数	(274)
三、	构造新函数	(278)
§ 8.3	常用LISP系统函数	(281)
一、	符号处理函数类	(281)
二、	算术逻辑运算函数类	(285)



# 第一章 绪论

人工智能是一门正在迅速发展新兴的综合性很强的边缘学科，它与原子能和空间技术一起被誉为本世纪的三大科学技术成就。人工智能的英文原名是 *Artificial Intelligence*，简记为 AI。国内也有人主张将 AI 译为智能模拟。在国外还有人主张用 *Machine Intelligence* (MI, 机器智能) 一词来称呼人工智能这一研究领域 (例如在英国)，但在国际上主要还是用人工智能这一术语。

什么是智能？什么是人工智能？人工智能和人的智能有什么区别和联系？这些都是学术界长期争论而又没有定论的问题。虽然它们都是值得探索的十分有趣的问题，但在本书中我们将避开这些争论，直接按大多数人工智能科学工作者接受的观点来介绍这门学科。本章重点介绍人工智能的产生和发展简史、学科范畴、具体研究领域和各种应用，以及研究智能科学的意义等等，以便使读者对人工智能有一个总的概貌性的了解。在以后各章中将按专题分别讨论人工智能的基本原理和方法。

## § 1.1 人工智能的产生和发展简史

人工智能的出现不是偶然的。从思想基础上讲，它是人们长期以来探索能进行计算、推理和其他思维活动的智能机器的必然结果；从理论上讲是由于控制论、信息论、系统论、计算机科学、神经生理学、心理学、数学和哲学等多种学科相互渗透的结果；从物质技术基础上讲，则是由于电子数字计算机的出现和广泛应用。

人工智能的产生和发展过程大致经历了以下几个阶段：

### 一、孕育期 (1956年以前)

这时期的主要成就是创立数理逻辑、自动机理论、控制论、信息论和系统论，发明了通用电子数字计算机。这些成就为人工智能的诞生准备了充足的思想、理论和物质技术条件。

自古以来，人们一直在试图用各种机器来代替人的部分脑力劳动，以提高人类征服自然的能力。许多国家的神话故事和民间传说反映了人们的这种美好愿望。在近代史上，关于研究人的思维规律，制造可完成计算、推理和其他智能行为的机器的记载更是层出不穷。逻辑学的创始人、古希腊的哲学家亚里斯多德 (Aristotle, 384—322, B.C.) 是研究人类思维规律的鼻祖。最早提出制造可以解决各种问题的通用逻辑机的是十二世纪末至十三世纪初的西班牙神学家和逻辑学家罗门·卢乐 (Romen Luee)。十七世纪法国的物理学家和数学家帕斯卡 (B. Pascal, 1623—1662) 制成了世界上第一台机械式加法器，并在他生前就得到广泛地应用。随后，德国的数学家和哲学家莱布尼茨 (G.W. Leibniz, 1646—1716) 在帕斯卡加法器的基础上进一步制成了可进行四则运算的计算器。莱布尼茨还提出了“万能符号”和“推理计算”的思想，这是现代“思维”机器设计思想的萌芽。由于这一贡献，莱布尼茨被

后人尊为数理逻辑的第一个奠基人。十九世纪，英国的数学家布尔(G.Boole,1815—1864)在《思维法则》一书中，第一次用符号语言描述了思维活动中推理的基本法则，实现了莱布尼茨的理想，创立了逻辑代数(即布尔代数)。近代史上研究“思维”机器的最高成就属于英国的数学家巴贝奇(C.Babbage,1791—1871)。他毕生致力于差分机和分析机的研究，后者的设计思想与现代电子数字计算机十分相似。但终因种种条件的限制未能成功，抱憾死去。他的超人的思想也一并被埋进了坟墓，未能在科学园地上开花结果。致使一百年后科学家们不得不重走一遍他已走过的道路，成为科学史上的一大憾事。

在本世纪中为现代人工智能的出现作了大量开拓性贡献的是英国的数学家图灵(A.M.Turing,1912—1954)。他是一个超时代的奇才。1936年二十四岁的图灵就提出了理想计算机模型(即图灵机)，创立了自动机理论，把计算机的理论研究大大地向前推进了一步。1945年他在为英国ACE计算机提出的一份长达50页的设计说明书中，进一步发展了他关于电子数字计算机的设计思想。遗憾的是这些超人的见解大部分未被采纳，也未公诸于世。直到1977年英国计算机学报才透露说：图灵1945年设计思想的21种特点中，已有15种由别人重新提出并在机器上实现了，如变址寄存器、微程序设计、虚拟存贮器和变指令系统等等。1950年图灵在“计算机能思维吗？”一文中明确提出了“机器能思维”的观点，并设计了一种检验机器智能的实验(即著名的图灵测验)。1946年美国的数学家莫克利(J.W.Mauchly,1907—1980)和研究生埃克特(J.P.Eckert)合作，研制成功了第一台通用电子数字计算机ENIAC。1948年美国的数学家维纳(N.Wiener)创立控制论，美国的数学家香农(C.E.Shannon)创立信息论，同期美籍奥地利生物学家贝塔朗菲创立系统论，英国的生物学家阿希贝(W.R.Ashby)出版《设计一个脑》一书。五十年代初，有更多的科学家和工程师投身到这项工作中来。1956年初香农和麦卡赛(J.McCarthy)广泛收集了关于智能机器研究的十三篇论文，汇编成《自动机研究》一书。

这些成果充分显示出人工智能已经是躁动于母腹中的即将出世的婴儿了。

## 二、形成期(1956年~1961年)

这时期的主要成就是现代人工智能的正式诞生，并很快在定理证明、问题求解、博弈和LISP语言以及模式识别等关键领域取得重大突破，人工智能作为一门新兴学科受到世人的注目。

1956年夏季，在美国的达特码斯(Dartmouth)大学，由年青的数学助教麦卡赛联合他的三个朋友明斯基(M.L.Minsky,哈佛大学年青的数学和神经学家)、罗却斯特(N.Lochester,IBM公司信息研究中心负责人)和香农(贝尔实验室研究信息的数学家)共同发起，邀请IBM公司的莫尔(T.More)和塞缪尔(A.L.Samuel)、麻省理工学院(MIT)的赛尔夫利奇(O.Selfridge)和索罗孟夫(R.Solomonoff)以及兰德公司(RAND)和卡纳奇(Carnegie)工科大学的纽厄尔(A.Newell)和西蒙(H.A.Simon)等人参加(他们十人都是研究数学、心理学、神经学、信息论和计算机方面的学者或工程师)，在一起共同学习和探讨用机器模拟智能的各方面问题和特征，历时两个月之久。在会上第一次正式使用了人工智能这一术语。这次具有历史意义的会议，标志着人工智能这门新兴学科的正式诞生。这次会议之后在美国形成了三个以人工智能为目标的研究组织，它们是：

以纽厄尔和西蒙为首的卡纳奇工科大学——兰德公司协作组；  
以明斯基和麦卡赛为首的麻省理工学院研究组；  
以塞缪尔和籍勒洛特 (H. Gelernter) 为首的 IBM 公司研究组。

它们是今天美国几个有名的人工智能研究中心的前身。

就在这一年，人工智能在实验研究上取得了两项重大突破：  
一个是美国的纽厄尔、肖 (J. Shaw) 和西蒙合作编制了一个名为**逻辑理论机** (The Logic Theory Machine 简称 LT.) 的程序系统。该程序模拟了人用数理逻辑证明定理时的思维规律。它用**分解** (把一个问题分解为若干子问题)、**代入** (用常量代入变量) 和**替换** (用一个逻辑符号替换另一个逻辑符号) 等方法来处理待证的问题。如果这些子问题最终能变换成已知的公理或已证明过的定理的形式，那么该问题就得证了。分解、代入和替换属于推理规则，先解决子问题然后解决总问题是程序给定的解题步骤。只要事先在机器中存入一组公理和一组推理规则，LT 程序就可以在探索中求解问题。利用 LT 程序，纽厄尔等人证明了怀特黑德 (A. N. Whitehead) 和罗素 (B. A. W. Russell) 的名著——《数学原理》的第二章中的 38 条定理 (1963 年在一部较大的计算机上终于完成了该章中全部 52 条定理的证明)。一般公认这是用计算机对人的高级思维活动进行研究的第一个重大成果，是人工智能研究的真正开端。

另一个重大突破是塞缪尔 1956 年研制成功的具有自学习、自组织和自适应能力的跳棋程序。它和 LT 程序都是第一次在计算机上运行的启发式程序。这个跳棋程序可以象一个优秀的棋手那样向前看几步后再走棋，可以向人学习下棋经验或自己积累经验，还可以学习棋谱。它在分析了 175000 幅不同棋局后，可以归纳出书上推荐的走法，准确率达 48%。这是模拟人类学习过程的一次卓有成效的探索。1959 年这个程序已击败了它的设计者，1962 年又击败了美国一个州的冠军。

1956 年另一个有深远影响的成就是乔姆斯基 (N. Chomsky) 提出了一种文法的数学模型，开创了形式语言的研究。形式语言和自动机是等价的，它们都可以用来研究思维过程。

1959 年籍勒洛特发表了证明平面几何问题的程序。赛尔夫利奇等人发表了模式识别程序。

纽厄尔、肖和西蒙等人又通过心理学实验，发现人在解题时的思维过程都大致可以分为三个阶段：

- ① 首先想出大致的解题计划；
- ② 根据记忆中的公理、定理和解题规则，按计划实施解题过程；
- ③ 在实施解题的过程中不断进行方法和目的的分析，修订解题计划。

这是一个具有普遍意义的思维活动过程，其中最活跃的是方法和目的的分析。基于这一发现，他们在 1960 年编制了一个名为通用问题求解 (General Problem Solving 简称 GPS) 的程序。该程序可以解十一种不同类型的课题，使启发式程序有了较大的普适性。  
同年，麦卡赛研制出表处理语言 LISP，它不仅能处理数值，而且可以更方便地处理符号，在人工智能的各个研究领域中都得到广泛的应用。早期的人工智能程序大部分都是用

LISP语言写成的，它武装了一代人工智能科学家。至今LISP语言仍然是研究人工智能的重要工具。

1961年明斯基发表了题为“走向人工智能的步骤”的论文，对当时人工智能的研究起了推动作用。

美国是人工智能的发源地。人工智能的主要奠基人有美国的心理学家纽厄尔和西蒙，数学家麦卡赛和明斯基。他们分别在思维模拟、数理逻辑和启发式程序方面做出了巨大贡献。在欧洲，人工智能的先驱者有英国爱丁堡大学的米切依 (D·Michie) 和梅特泽尔 (B·Mel-tzer)。

### 三、发展期 (1961年至今)

这时期人工智能研究开始向纵深发展，在更多的研究领域取得了重大成就，并开始走向实际应用，在学科上也开始形成了自己的理论体系。

人工智能的出现，很快引起了学术界的广泛注意，各先进工业国家相继开展了研究。为了进一步搞清智能的基本机理，人工智能研究者们继续在对问题求解、博弈、自动定理证明、自动程序设计、模式识别、物景分析和自然语言理解等方面深入进行了研究，并在智能机器人和专家系统等应用领域进行了实际检验。关于这个时期的早期成果，1974年美国的人工智能科学家尼尔逊 (N·J·Nilsson) 作过一个十分清晰的经典性综述。他把整个人工智能研究领域分成了四个核心课题和八个一级应用课题，并讨论了它们与其他学科之间的联系。文中还提出了建立智能科学的设想。1980年编者在“第二次科学革命和智能科学”一文中正式提出人工智能的核心课题是问题求解。它包括形式化、机械化和自动化三个基本环节。用这样一根主线三个环节可以将人工智能中目前已经掌握的那些基本原理和方法统帅起来。1981年意大利的学者萨摩尔维科 (M·Somalvico) 等人在“人工智能的问题和未来”一文中也提出了一个以问题求解为中心的人工智能理论结构。总之，人工智能的理论体系正在逐渐清晰起来。

七十年代以来，人工智能走向实用化研究中最引人注目的是各种专家系统的出现。它已经用于化学、医疗、地质、气象、教学、科学研究和军事等方面，大大提高了工作效率和工作质量。在各种专家系统的基础上，目前正在开展所谓知识工程 (Knowledge Engineering) 的研究。另外关于智能机器人的研究，也取得不少可喜的成果。这一切都使人工智能的近期研究目标——使现有的电子数字计算机更有用——正在实现之中。人工智能的思想更为整个社会所理解和重视。

在此期间发生的另一个重大事件是在1969年，由国际上许多学术团体共同发起，成立了国际人工智能联合会议 (International Joint Conferences on Artificial Intelligence, 简称 IJCAI)，它决定从1969年开始每两年召开一次国际学术会议，报告论文，讨论和交流研究成果，探讨研究方向。至今已开过八次，详细情况见表1-1。

1970年国际性的人工智能专业杂志《Artificial Intelligence》创刊，它是由IJCAI主办的双月刊。

这些国际性的学术活动对促进协作研究共同关心的重大核心问题，制定研究方向，推动日本、西欧和苏联等国学者参加人工智能研究都起了积极的作用。目前已有许多国家成立了

人工智能学术团体，如美国人工智能学会 (AAAI)，英国的AISB、意大利的GLIA、加拿大计算机智能研究会 (CSCSI)、西德的KI和中国人工智能学会 (CAAI) 等等。

表 1—1 IJCAI历次会议简况

届次	会议名称	时 间	会 址	论文数	会 议 主 席
1	IJCAI—69	1969. 5.7~9	华盛顿(美)		霍尔登(Holden)
2	IJCAI—71	1971. 9.1~3	伦 敦(英)		沃 克(D.E.Walker)
3	IJCAI—73	1973. 8.20~23	斯坦福大学(美)	85	克洛斯(M.Clowes)
4	IJCAI—75	1975. 9.3~8	第比利斯(苏)	166	桑德沃尔(E.Sandewall)
5	IJCAI—77	1977. 8.22~25	麻省理工学院(美)	220	雷 迪(R.Reddy)
6	IJCAI—79	1979. 8.20~24	东 京(日)	227	田中幸吉
7	IJCAI—81	1981. 8.25~28	温哥华(加)	214	海 斯(P.Hayes)
8	IJCAI—83	1983. 8.8—12	卡尔斯鲁厄(西德)	270	阿玛尔(S.Amarel)

专门的人工智能杂志和文集还有《IJCAI会议录》、《人工知能》(日文)、《Machine Intelligence》(机器智能,英国爱丁堡大学不定期出版,已出到第九卷)、《计算机智能研究学会文集》(加拿大CSCSI不定期出版)和《Cognitive Science》(认知科学,美国杂志)等等。

此外,许多学术会议(如国际自动控制协会、国际工业机器人会议、国际信息处理联合会和国际模式识别会议等等)和学术期刊(如ACM、AFIPS和IEEE等)也都把人工智能列为主要内容之一。

近十多年来,人工智能进入大学教育。美国已有一百多所大学开设了多种人工智能课程。

日本的人工智能研究起步比较晚,但发展很快,许多方面大有超过美国之势。

苏联在四十年代末至五十年代初,曾把控制论等新兴学科列为唯心主义,在政治上横加批判,因而走了一段弯路。现在对人工智能极为重视,把它作为控制论的一部分大力发展。

我国党和政府对人工智能的研究一开始就给予了高度重视,早在1956年周总理就明确指出:电子计算机已可以开始有条件地代替一部分特定的脑力劳动,因而人类已面临一场更宏伟的技术革命,处在又一个新时代的前夕。六十年代初期我国翻译出版了《控制论》、《自动机研究》等重要著作。但后来由于种种原因,人工智能研究在我国未能开展起来。最近几年人工智能研究在我国又开始活跃起来。在许多高等院校和科研单位,逐渐形式了一支研究力

量，取得了一些初步成果（如定理证明、医疗诊断、汉语理解和模式识别等），有的学校还开设了人工智能课程，招收了人工智能研究生。一九七八年我国政府在科学发展规划中正式将智能模拟列为计算机科学的四个重要课题之一。1981年9月20日中国人工智能学会在长沙正式宣告成立，并先后以学会名义召开过三次全国性学术报告会（1980.10.17北京；1981.9.20—23长沙；1982.10.26—29北京）。此外，在中国自动化学会之下，设有模式识别与机器智能专业委员会；在中国计算机学会之下，设有人工智能专业委员会；在高等院校系统设有的人工智能讨论会。他们都分别召开过多次学术交流会。总之，在我国人工智能的研究形势是在一天天好起来。相信通过大家的共同努力，一定可以后来居上，为这门重要的新兴学科作出我们中华民族应有的贡献。

## § 1.2 人工智能的学科范畴

（对于人工智能，目前尚无普遍接受的统一的科学定义，由于它本身正处在发展演变之中，尚未定型，因此在本小节中编者只能通过几个不同侧面的描述，来帮助读者理解人工智能的学科范畴，了解它的内涵和外延。当然，对这些描述本身，也不是没有争议的。

### 一、人工智能的研究目标

目前大多数人工智能工作者采纳了人工智能创始人的说法，认为人工智能的中心任务是研究如何使计算机去做那些过去只有靠人的智力才能做的工作。这实际上只是人工智能工作者的近期研究目标——使现有的电子数字计算机更实用（或者说更聪明）。根据这个近期研究目标，人工智能被认为是计算机科学的一个重要分支。它主要是研究用计算机软、硬件系统模拟人类某些智能行为的基本理论、技术和方法。但不少人认为，人工智能工作者还应该有的远期研究目标——探讨智能的基本机理，研究如何利用各种自动机来模拟人的某些思维过程和智能行为。这个研究目标涉及自然科学和社会科学的几乎所有学科，远远超出了计算机科学的范畴。从这个远期目标看，人工智能又不应该局限于计算机科学之内，它将与各方面的研究成果相结合，形成一门范围更加广泛的智能科学。编者认为所谓智能科学是研究人和其它智能系统中信息处理规律的科学。它包括理论研究和工程研究两部分，工程研究部分可以叫做仿智学，目的在于探讨模拟智能的各种理论和方法，制造各种智能机器。事实上仿智学已有三十多年的研究历史，形成了两个完全不同的研究方向：一个是1943年由麦克卡洛克（W.S.McCulloch）和比脱斯（W.Pitts）创立的脑模型（Brain model）研究。它的特点是用仿生学的观点和方法，把脑的微观结构与宏观功能统一起来进行研究，希望制成一种类大脑的机器，叫智能机器（Intelligent Machine）或控制论机器（Cybernetics Machine）。另一个是1956年由纽厄尔、肖和西蒙等人创立的人工智能研究。它的特点是用计算机科学的观点和方法，撇开脑的微观结构，单纯进行脑的宏观功能的模拟。它使用的机器实体主要是电子数字计算机系统，大部分工作是计算机软件研究。所以这种机器叫智能计算机（Intelligent Computer）。在现有的物质条件下，人工智能方法显得简单、灵活、见效