

智能科学技术导论

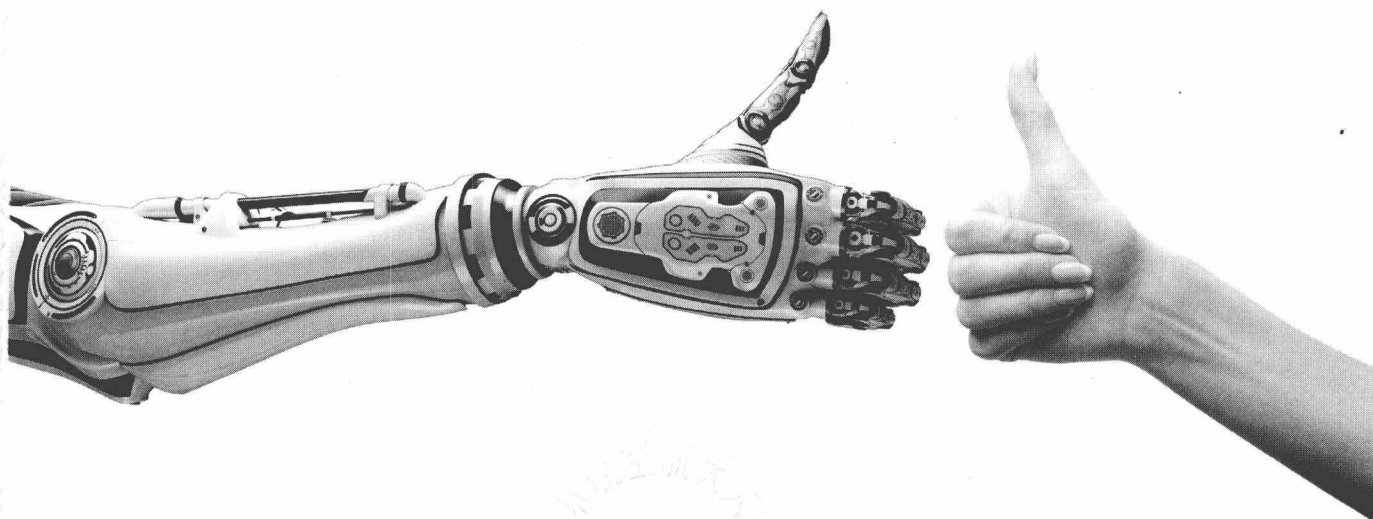
INTRODUCTION TO INTELLIGENT SCIENCE AND TECHNOLOGY

昌乐 著



机械工业出版社
China Machine Press

智能



智能科学技术导论

INTRODUCTION TO INTELLIGENT SCIENCE AND TECHNOLOGY

周昌乐 著



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

智能科学技术导论 / 周昌乐著. —北京: 机械工业出版社, 2015.9
(智能系统与技术丛书)

ISBN 978-7-111-51703-0

I. 智… II. 周… III. 人工智能 - 研究 IV. TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 237056 号

本书主要围绕着学科内涵展开, 强调学科基础知识、主要研究方法、核心研究领域、若干热点问题以及前沿应用技术等, 内容涉及智能哲学、智能科学、智能技术等诸多方面。本书覆盖了智能科学与技术专业入门课程所必须掌握的核心知识, 强调基础性、思想性和前沿性并重, 主要包括学科基础、科学研究和技术应用等部分, 学科基础部分涉及学科概述、算法运用和学科展望等方面的内容, 科学研究部分涉及环境感知、思维运作、行为表现等方面的内容, 而技术应用部分则涉及智能接口、智能系统和智能社会等方面的内容。

本书可作为高等院校智能科学与技术专业本科生入门课程的教材, 也可以供智能科学技术专业教师与科技人员学习参考。

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 余洁

责任校对: 殷虹

印刷: 三河市宏图印务有限公司

版次: 2015 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 185mm × 260mm 1/16

印张: 11.5

书号: ISBN 978-7-111-51703-0

定价: 30.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzjsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

前 言

智能科学与技术专业是一个新兴的学科专业，也是一个发展极为迅速的学科专业。自北京大学 2003 年率先获教育部批准建立，并于 2004 年开始招收该专业本科学生以来，目前在全国已有 10 余所高校建立了智能科学与技术系，近 30 余所高校设置了智能科学与技术本科专业。但是遗憾的是，由于属于尚在不断发展之中的新兴学科，该专业的教材建设相对滞后，特别是专业入门教材更为短缺，远远不能满足该专业的教学需求。

厦门大学是全国第三个建立智能科学与技术系的大学，并于 2007 年正式招生，开始了智能科学与技术专业本科生的培养。在该专业办学伊始，厦门大学智能科学与技术系就十分重视教学质量的管控，考虑到笔者从事人工智能研究的时间相对较长，因此推荐笔者承担该专业入门课程的教学任务。

鉴于教材缺乏，自从承担入门课程的教学以来，笔者便有意留心教材的撰写工作。虽然由于身体和出国原因，笔者担任的该课程教学任务曾经中断过一段时间，但教材的撰写却一直没有中断。2011 年访学美国一年回国后，笔者又继续担任该入门课程的教学工作，开始采用初步撰写的教材进行授课，并取得了较为满意的教学效果。

现在，又经过 4 年的不断改进与讲授，该课程教材终于能够出版面世了。应该说，对于从未为本科生撰写过教材的笔者来说，能够为智能科学与技术专业的教材建设做出一点微薄的贡献，还是感到十分欣慰的。

本教材共分为五个部分。第一部分只包含第 1 章“概述”，旨在让学生了解智能科学与技术学科的概貌，包括学科内涵的界定说明、学科发展的简短历史以及有关人脑运作机制的论述。其中 1.2 节“智能简史”和 1.3 节“人脑机制”的撰写主要参考了《心脑计算举要》（周昌乐，2003）第 1 章的相关内容，并根据最近十几年的学术进展加以补充和完善。

第二部分只有第 2 章“算法运用”，旨在让学生了解智能科学与技术学科所依仗的算法工具，不但介绍算法及其性质、构建算法的步骤以及算法结构的分析，还介绍运用算法思想来求解智力问题的策略。本章的内容除了来自《无心的机器》（周昌乐，2000）相关章节之外，部分内容根据美国布罗克契尔所著《计算机科学概论》第 7 版的相关章节有针对性地改造、丰富和完善而形成，特此致以衷心感谢。

第三部分包括三章，反映了智能科学研究最为核心的内容，旨在让学生了解智能科学主要

涉及的研究对象及其方法。第3章“环境感知”、第4章“思维运作”和第5章“行为表现”分别从人类智能处理过程的主要环节来讨论机器智能实现可能采取的具体策略。本部分各章节内容主要来自《无心的机器》和《心脑计算举要》的相关章节，并根据各个涉及领域的最新进展加以完善而成。

第四部分主要介绍智能学科有关技术应用方面的核心内容，包括第6章“智能接口”、第7章“智能系统”和第8章“智能社会”，希望通过系统的教学让学生了解智能技术在社会和经济建设发展中重要的应用领域，进而意识到该学科对未来智能社会发展的技术支撑作用。为了尽可能体现当代成熟的智能方法、技术及其应用，各章节内容除了援引笔者自己的著述外，主要博采众家相关文献并加以改写而成，对所有引用文献的作者致以衷心的感谢。

最后一部分只有一章内容，即第9章“展望”，涉及哲学思辨和学科前景的思考，教学的主要目的是培养学生的独立思考能力和科学批判精神。

从撰写教材的指导思想来看，基础性、前瞻性、生动性是笔者主要遵循的宗旨。所谓基础性，是要求学生掌握智能科学与技术专业的基本概念、知识和方法，了解本学科的研究对象、任务与历史。所谓前瞻性，是要求学生具备独立把握学科发展趋势的宽阔视野，并对学科前沿研究领域和应用前景有充分的认识。所谓生动性，则是要求教材不但思想深刻先进、内容丰富多彩，而且讲述形式生动有趣，能够激发学生对本专业的兴趣和热爱。

当然，目前智能科学技术学科尚未成型，但其蓬勃发展的趋势必将是不可阻挡的。众所周知，影响社会形态发展的核心要素主要有观念、制度和技术这样三个层面，其中技术是社会发展的动力。当今是信息技术支撑的信息社会时代，而信息技术的高级阶段是智能技术，因此未来必将进入智能社会的时代。实际上，从智能手机、智能家居、智能社区到智慧城市，智能科学与技术确实发挥着越来越重要的作用。因此，这样一部新兴学科专业的入门教材，在智能科学与技术专业的人才培养中也一定会越来越重要。

最后，衷心感谢厦门大学智能科学与技术系的全体同仁对笔者这门课程教学工作的支持。特别要感谢曾多年接替笔者担任此门课程教学工作的陈锦秀博士，第2章算法运用方面的内容参考了其授课课件。另外，还要感谢历届智能科学与技术专业学生的意见反馈，如果没有他们的支持，这部教材也没有出版的可能。

作者

2015年9月

SUGGESTION

教学建议

教学章节	教学要求	课时
第1章 概述	了解智能科学技术学科的内涵 了解智能科学技术的发展历史 了解人脑以及工作原理	3
	开放式讨论智能科学、神经科学和认知科学等热点问题	1
第2章 算法运用	掌握算法构造方法 了解算法结构及其主要特点 掌握编制基本问题求解算法的方法，特别是空间搜索方法、归结策略以及机器博弈等最为常用的方法	3
	补充讲授机器系统运行的工作原理	1
第3章 环境感知	了解人类视觉原理 了解机器视觉的基本原理 掌握机器视觉中有关景物理解的实现途径，包括如何获取景物空间线索、典型的马尔视觉计算理论以及视觉主动计算问题等	3
	补充讲授图像处理技术的基本方法	1
第4章 思维运作	了解语言理解的主要步骤 了解机器意识的研究现状 了解机器艺术创作主要涉及的问题	3
	开放式讨论语言理解、机器意识和艺术创造等前沿智能科学问题	1
第5章 行为表现	了解人体运动系统的神经机制 了解机器仿人行为的研究现状 了解机器歌舞实现的主要内容	3
	参观相关的智能机器人实验室，加深对机器行为控制难度的认识	1
第6章 智能接口	掌握人机会话系统的实现原理 了解机器情感交流的研究现状 了解脑机接口前沿技术的发展趋势	2
	开放式讨论脑机接口、脑机融合以及物联网等前沿问题	1

(续)

教学章节	教学要求	课时
第7章 智能系统	掌握专家系统的基本工作原理 了解混合系统的构成方法 了解各类智能机器的发展现状	3
	演示若干典型的智能系统,如传统专家系统、混合智能系统或智能机器人系统	1
第8章 智能社会	了解智能家居的系统架构 了解智能交通的系统架构 了解智慧城市的系统架构	3
	邀请具有丰富开发经验的智能社会工程系统架构师,介绍相关工程项目	1
第9章 展望	掌握机器困境的基本知识 了解智能哲学的主要观点和范式 了解学科前景的主要发展趋势	3
	开放式讨论有关植入芯片、心灵控制、大脑扫描等带来的智能哲学问题	1
理论教学课时		26
讨论、补习、观摩等环节课时		9
合计		35

说明:

- ① 讨论、补习、观摩环节课时与理论课时按1:3配置,共9课时。
- ② 可将该课程的教学全部安排在多媒体机房中,以2课时为教学单位,共需18个教学单位,每周1个教学单位,共18周。

目 录

前言

教学建议

第1章 概述 1

1.1 学科界定 1

1.1.1 作为新兴学科的内涵 1

1.1.2 在信息学科中的地位 3

1.1.3 推动社会进步的作用 3

1.2 智能简史 4

1.2.1 智能科学的草创期 4

1.2.2 智能科学的积累期 6

1.2.3 智能科学的成熟期 9

1.3 人脑机制 11

1.3.1 人脑结构功能定位 11

1.3.2 神经细胞连接网络 14

1.3.3 心脑行为的自组织 16

本章小结和习题 18

第2章 算法运用 20

2.1 算法构造 20

2.1.1 界定算法的性质 20

2.1.2 描述算法的伪码 22

2.1.3 算法构造的过程 26

2.2 算法结构 28

2.2.1 选择结构 28

2.2.2 迭代结构 30

2.2.3 递归结构 32

2.3 问题求解 35

2.3.1 空间搜索的问题求解 35

2.3.2 步步为营的归结策略 38

2.3.3 智力游戏的机器博弈 40

本章小结和习题 42

第3章 环境感知 44

3.1 视觉原理 44

3.1.1 视觉神经通路 44

3.1.2 知觉组织规律 48

3.1.3 视觉感知经验 50

3.2 机器视觉 51

3.2.1 机器视觉概述 52

3.2.2 视觉计算过程 53

3.2.3 机器视觉环节 54

3.3 景物理解 56

3.3.1 获取景物空间线索 56

3.3.2 马尔视觉计算理论 57

3.3.3 视觉主动计算问题 58

本章小结和习题 62

第4章 思维运作 63

4.1 语言理解 63

4.1.1 多尺度意群分割 63

4.1.2 依存性句法分析 66

4.1.3 语境中意义获取 68

4.2 意识整合 70

4.2.1 机器意识研究概况 70

4.2.2 全局工作空间理论 71

4.2.3 机器意识困难所在 74

4.3 艺术创作 75

4.3.1 情感审美机制 75

4.3.2 新奇思维模型 77

4.3.3 机器音乐创作 80

本章小结和习题 83

第5章 行为表现	84	7.2.3 综合智能系统	132
5.1 人体运动	84	7.3 智能机器	132
5.1.1 人体运动控制	84	7.3.1 智能机器综述	133
5.1.2 运动神经系统	85	7.3.2 智能武器系统	135
5.1.3 躯体运动定位	86	7.3.3 智能机器未来	138
5.2 仿人行为	88	本章小结和习题	138
5.2.1 研制仿人机器人	88	第8章 智能社会	140
5.2.2 行为的强化学习	90	8.1 智能家居	140
5.2.3 机器人仿人行为	93	8.1.1 智能家居整体架构	140
5.3 机器歌舞	95	8.1.2 智能家居功能实现	142
5.3.1 机器歌舞概述	95	8.1.3 智能家居核心系统	143
5.3.2 歌舞动漫仿真	97	8.2 智能交通	146
5.3.3 机器歌舞创作	99	8.2.1 智能交通功能分析	146
本章小结和习题	101	8.2.2 智能交通系统构成	147
第6章 智能接口	103	8.2.3 智能交通基础设施建设	148
6.1 人机会话	103	8.3 智慧城市	149
6.1.1 语音识别环节	103	8.3.1 智慧城市整体架构	149
6.1.2 语音合成环节	105	8.3.2 智慧城市应用系统	151
6.1.3 对话管理环节	105	8.3.3 智慧城市核心技术	153
6.2 情感交流	108	本章小结和习题	155
6.2.1 情感信息识别	108	第9章 展望	156
6.2.2 情感媒体表达	112	9.1 机器困境	156
6.2.3 情感交流系统	114	9.1.1 形式系统局限性	156
6.3 脑机接口	116	9.1.2 不可计算性证明	158
6.3.1 脑电发生原理	116	9.1.3 计算能力的限度	160
6.3.2 脑电信号解读	117	9.2 智能哲学	161
6.3.3 脑机接口系统	119	9.2.1 心智能否被计算	162
本章小结和习题	120	9.2.2 来一场图灵测验	163
第7章 智能系统	122	9.2.3 钵中之脑的启示	166
7.1 专家系统	122	9.3 学科前景	169
7.1.1 结构知识表示	122	9.3.1 强弱人工智能观点	169
7.1.2 过程知识表示	124	9.3.2 心智计算的自然观	170
7.1.3 构建专家系统	125	9.3.3 智能科学的新趋势	171
7.2 混合系统	127	本章小结和习题	173
7.2.1 神经专家系统	128	参考文献	174
7.2.2 演化神经系统	130		

概 述

任何一个学科都有自己研究的对象、任务与历史，作为智能科技导论教材的第 1 章，我们首先就这一学科的基本概况、发展历史以及研究对象做简要的论述，使得读者一开始就对本学科有一个比较整体的把握。

1.1 学科界定

智能科学与技术学科的核心概念自然就是“智能”（Intelligence）了。那么如何界定“智能”这一概念呢？应该承认，智能科学技术学界对这一基本概念目前尚无一致接受的界定。从某种意义上讲，一门学科的主要任务之一往往就是要厘清其最为核心的概念。比如美学研究的目的是要弄清“美”这一概念的内涵和外延，因此产生了各种美学学派，对什么是“美”有着各种不同的解释。智能科学技术学科也一样，由于研究问题的角度与目标不同，对“智能”的性质、作用及其形成机制等解释也有种种不同的认识。这里我们主要对目前其中涉及的学科内涵、学科地位和社会作用等先来进行概要说明。

1.1.1 作为新兴学科的内涵

首先我们来看看什么叫做智能。通常人们愿意将智能看作一种心智能力，因此从科学角度上讲必然与神经机制和认知活动密切相关。不过不同于生物层次的“神经”和心理层次的“认知”，“智能”更多的是偏重于宏观行为层次的界定。

大致而言，对智能的描述可以归纳为适应环境的学习能力、灵活机智的反应能力以及预想创造的思维能力等等。应该说“智能”一词重在“能”字，指的是一种心智能力，所以特别强调心智机制的实现，跟学习、适应、感知、理解、推理、判断、情感、预想、创造、行为和意识等心理能力都密切相关。诸位读者，不知你们自己心目中的“智能”定义又是什么？不妨也给出一个自己认可的定义。

虽然对学科核心概念“智能”难以界定，但智能科学技术学科本身的研究对象和任务还是比较清晰的，有着比较统一的认识。归纳起来，该学科的目标性界定可以陈述为：**将人类智能（部分地）植入机器，使其更加“聪明”灵活地服务于人类社会。**根据这个定义，智能科学技术专业的学科内涵将涉及智能哲学、智能科学、智能技术等多个方面，下面我们分别简要加以论述。

1) **智能哲学**。在上述学科界定陈述中“部分地”一词就涉及心灵哲学，特别是智能哲学的研究探讨：机器能够拥有人类哪些部分的心智能力？抑或是全部？人类具有美妙绝伦的心智能力，机器能否也可以拥有与之相媲美的智能呢？

比如，英国一位名叫凯文·渥维克的绅士在《机器的征途》一书中，不无耸人听闻地宣称，到了2050年机器将取代人类成为这个世界的主宰，而人类将丧失最终的智力优势。难道这真的将成为未来的现实吗？

也就是说，机器真的也会拥有人类的心智能力，机器也能够像我们一样会哭会笑并意识到自己的情感波动，像我们一样具有创造性能力并会不断自我完善、创造出更加聪明的机器后代吗？这些问题就构成了智能哲学的研究任务。

2) **智能科学**。要将人类智能植入机器，自然要涉及狭义认知科学研究，主要关注的是人工智能理论研究内容。在认知科学的范围内，所谓狭义的认知科学就是“心智计算理论”，如果加上其应用技术方面的工作，就构成了智能科学技术的核心内容：心智计算理论及其应用技术。加拿大著名的认知科学家保罗·萨伽德认为：“认知科学的中心假设是CRUM (Computational-Representational Understanding of Mind)，对思维最恰当的理解是将其视为心智中的表征结构以及在这些结构上进行操作的计算程序。”

这也可以看作智能科学研究任务的界定。作为与计算机科学中程序概念的对比，智能科学更关心的是“思维”概念，因此可以有如下的类比：

$$\text{程序} = \text{数据结构} + \text{算法} \sim \text{思维} = \text{心理表征} + \text{计算程序}$$

这样，结合脑科学、心理学和语言学，智能科学理论的主要研究内容及其关系就可以用图1-1来呈现。

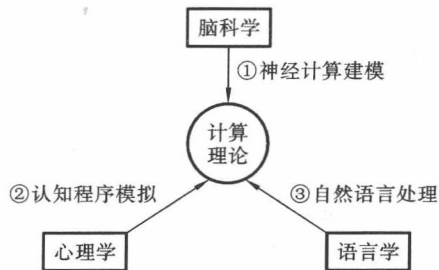


图 1-1 智能科学理论涉及的内容及其关系

从图1-1中不难看出，智能科学理论主要运用计算理论，围绕着人类心智能力，开展神经计算建模、认知程序模拟和自然语言处理三个方面的研究内容。

3) **智能技术**。植入机器的工作毫无疑问就会涉及具体的技术实现问题。在这个方面，除了研制机器本身之外，主要涉及各种智能信息处理方法，特别是那些最为关键的核心智能方法及其实现技术。

应该说，智能科学与技术学科的奇异之处就是试图将一长串严格形式化的规则放在一起，用这些规则教会不灵活的机器如何变得灵活起来。此时，也会涉及具体方法的技术实现问题，包括智能计算技术、智能控制技术、智能交互技术，甚至脑机融合技术等。这就需要研究各种有效的智能方法及其实现技术，使得制造灵活智能的机器成为可能。但我们也必须指出，真正

有效的智能方法及其实现技术的形成恰恰也就是智能学科具有挑战性的核心问题。

我们知道，任何事物均可以从不同的层次去描述，特别是复杂的事物，往往可以从多个层次去描述。一些简单的事物往往只需从一个层次来描述，比如非智能化计算算法中的问题。而智能学科研究中的一个重大问题就是要指出如何跨越不同层次描述间的鸿沟，即如何构造一个系统，使它可以接受一个层次上的描述，然后从中涌现性地生成另一个层次上的描述。显然，在复杂智能系统中最高层次就涉及意识能力问题。从智能技术上讲，目前仅仅依赖于预先编程的机器还不可能在一个更高的意识层次上思考问题。因此，智能科学技术的研究发展也是任重道远。

应该明白，智能科学技术正是具有人类心智能力的机器实现的关键所在，层出不穷的各种机器智能实现方法也构成了智能科学与技术不断发展的动力，成为智能科学与技术学科长期积累最为主要的内容。

1.1.2 在信息学科中的地位

从上面的论述中，我们了解了智能科学技术学科的目标任务以及广泛的研究内容。现在，根据其主要的学科目标、任务和内容，我们也不难看到该学科在整个信息科学技术及信息社会发展中的重要地位。下面我们分别加以简略说明。

信息科学与技术学科群主要包括电子科学与技术、通信科学与工程、控制科学与工程、计算机科学与技术以及智能科学与技术五个本科专业。为了让读者大略了解不同学科在整体信息学科群中的地位与相互之间的关系，我们给出了一个“信息类学科 ICE 关系图”，如图 1-2 所示。在图 1-2 中，“电子”是基础，“计算”提供核心方法，并与“通信”与“控制”一起构成信息科学与技术的基本运作手段，最后“智能”则是进一步的发展趋势，“三 C”均可以加以“智能化”发展，代表着信息科学与技术的前进方向与未来。

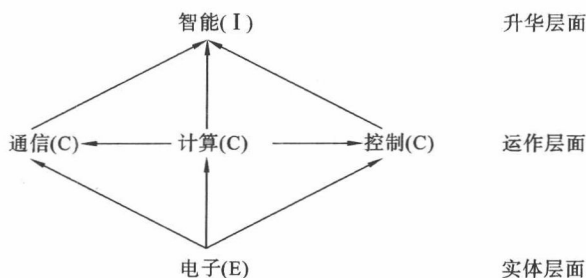


图 1-2 信息冰山：信息类学科 ICE 关系图

如果将整个信息学科看作海洋中的一座冰山（刚好全部构成学科的英文名称首字母构成“ICE”），那么智能学科就是露出海面的冰山尖，尽管只占冰山体积的八分之一，但一旦阳光普照，便能熠熠生辉。要知道“无限风光在险峰”，智能学科技术发展尽管无比艰难，有无数险阻，但一旦有所突破，便可以发出无限耀眼的光芒。

1.1.3 推动社会进步的作用

至于智能科学技术在社会发展进程中所起的作用，更是前途一片光明。研究开发出来的智

能技术是要灵活地服务于人类社会的，这样就涉及智能产品的研发，其属于智能技术应用研究的内容。未来重大产业的发展机遇必将出现在人工智能、智能机器人和脑科学领域，而其中就像人类基因组计划带动生物技术的革命一样，目前人类大脑计划也将成为新兴智能技术革命的驱动引擎。总之，未来智能技术的应用前景无比广阔。

应该看到，我们正处在一个信息化的时代，支撑这个时代的技术就是信息技术，而信息技术的前沿技术就是智能技术。因此，信息化不可能停留在数字化之上，如数字家庭、数字城市、数字媒体、数字地球等；而是应该不断走向智能化，从智能家居、智能社区、智慧城市，一直到智能社会。在当今社会发展中，智能技术不仅仅是信息技术发展的驱动力，而且其本身也越来越成为信息技术的主流。这就意味着，智能技术在当今和未来的社会中必将具有极为广泛的用武之地。

我们已经知道，21 世纪的社会不是信息社会，而是智能社会。就像信息技术是信息社会的核心支撑技术一样，智能社会的核心支撑技术就是智能技术。众所周知，构成社会形态的三个要素中（思想观念、社会制度和支撑技术）起决定性作用的是技术，技术层面的进步必定会带来社会形态的变革。我们从人类社会的发展历程中已经看到这样的必然规律，石器时代（原始社会）、青铜器时代（奴隶社会）、铁器时代（农业社会）、蒸汽机时代（工业社会）、电子时代（信息社会）无不如此。

信息技术的进步带来了传统的生活方式和社会交往形式的改变，从而导致人们价值观念体系的重大变革。而从技术层面上讲，信息技术高度发展的最终表现形式就是智能技术，并因此可以说智能社会也就是信息时代的社会最终表现形态。

更加确切地讲，信息化社会的发展分为三个阶段：电子化、数字化、智能化。其中，智能化是信息化的高级阶段，因此信息社会的高级阶段必将是智能社会，也就成为必然的发展趋势。从这个意义上讲，我们没有理由不扎实地掌握先进的智能科学技术，以迎接智能社会的到来。

特别是作为本专业的学生，就是要通过系统专业知识的学习，不断提高自己的工作能力和专业素质和思想境界。一方面要充分了解本学科的基本内容，包括概念、思想、方法、前沿及挑战等；另一方面，则要拓展相关学科知识面，开拓眼界、提高思维能力、转变思想境界。努力打造成为未来社会建设洪流中的领军人才，切实为加快智能社会的发展，做出自己重要的贡献。

1.2 智能简史

比起其他学科，智能科学与技术学科正式的历史就显得十分短暂。但再短的历史，通过读史照样可以明智的。因此，通过回顾智能学科简短的历史，也许我们会对如何进一步推动智能科学技术发展进程有更加清醒的认识。

1.2.1 智能科学的草创期

现代计算机的诞生及其所表现出来越来越强大的计算能力，为智能科学与技术的研究提供

了越来越先进的实现工具。这便促使科学家考虑机器能不能像人脑一样思维的问题。1950年，英国著名数学家、理论计算模型图灵机的提出者阿兰·图灵（A M Turing）运用他非凡的才智，在《心智》杂志上发表了一篇题为“计算机与心智”的文章，第一次提出了“机器不能思维”这一重要课题。从此也拉开了人类史上智能科学研究的序幕。

智能科学肇始于早期人工智能的研究。所谓人工智能指的是这样一种科学研究领域，其主要研究如何使机器做过去只有人才能做的智能工作。1956年夏天，作为对图灵所提出课题的一种响应，美国的一些科学家包括明斯基（M L Minsky）、香农（C Shannon）、莫尔（T Moore）、塞缪尔（A Samuel）、罗杰斯特（N Lochester）、塞尔夫利奇（O Selfrige）、西蒙（H A Simon）、纽厄尔（A Newell）以及麦卡锡（J Mccarthy）等人，他们在美国达德茅斯大学联合发起召开了第一次人工智能学术研讨会。经麦卡锡提议，会上正式决定使用“人工智能”（Artificial Intelligence）来概括会议所关心的研究内容。从此，也就宣告了作为一门独立学科的产生。

人工智能学科一经正式形成，在最初的十年时间里（大约在1956年~1965年之间，史称早期的热情期），主要围绕着问题求解研究展开，产生了以机器翻译、智力游戏、人机博弈、定理证明和字符识别等为主的一大批研究成果，如图1-3所示。伴随着研究工作的展开，与此同时也形成逻辑符号、神经网络和遗传演化三种人工智能主要方法的雏形，因此也确定了人工智能进一步深入研究的基础。

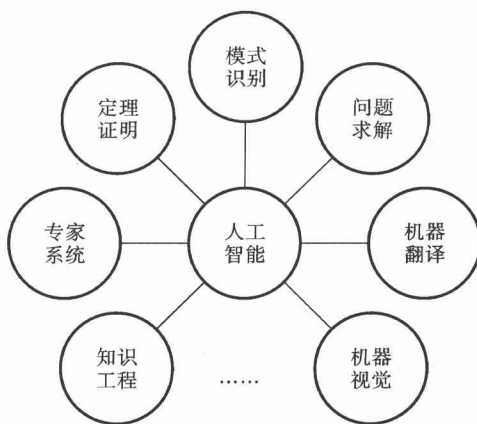


图 1-3 早期人工智能主要关心的研究领域

自然语言的机器翻译也许是人工智能研究中最早的研究领域。电子计算机刚问世，人们就有了机器翻译的想法。到了1953年，美国乔治敦大学的语言系进行了第一次机器翻译的实际试验。1954年，IBM公司则在701机上进行了俄英翻译的公开表演。1956年另一个对自然语言处理有深远影响的成就是乔姆斯基（N Chomsky）提出的一种转换生成语法，开创了形式语言的研究先河。

在人机博弈和定理证明方面，塞缪尔编制的跳棋程序，具有一定积累经验的自学习能力，并于1962年荣获美国州级跳棋冠军。作为数学定理证明的最初尝试，纽厄尔编制的“逻辑理论家”程序可以模拟人类用数理逻辑证明定理的思想，采用分解、代入和替换等规则来进行定

理自动证明。在1963年，“逻辑理论家”程序就独立完成了英国数学家怀特海和罗素所著《数学原理》第一章中的全部定理的证明。此后的1965年，在美籍华裔数理逻辑学家王浩和美国数理逻辑学家鲁宾逊的努力下，采用消解方法，结果机器不仅在数分钟内证明了《数学原理》中的全部命题演算定理，而且还可以证明该书中大部分谓词演算的定理。可以说，正是消解方法的提出使得定理机器证明取得了长足的进步。1963年，斯莱格尔通过符号积分程序的编制，解决了一些困难的数学问题。

早期人工智能研究的另一个领域则是通用问题求解。纽厄尔、肖和西蒙合作编制了通用问题求解程序GPS。该程序能够求解11种不同类型的问题，其中包括逻辑表达式的符号处理，在人工智能早期产生了重大影响。

在字符识别方面，1956年塞尔夫利奇研究出第一个字符识别程序，这样的研究后来被更为广泛的模式识别研究所取代。而到了1965年，美国MIT人工智能实验室的罗伯兹编制了多面体识别程序，开创了机器视觉的新领域。

除了上述符号逻辑方法为基础的人工智能研究外，早期人工智能在神经模型和演化计算方面也同样做了初步的探索。1957年罗森勃兰特首次引入了感知机的概念，将神经元模型用于感知和学习能力的模拟，开始了联结主义方法的研究。同样大约在20世纪60年代，荷兰德的遗传算法、斯威佛的演化策略和福格尔的演化规划等就分别开始了模仿自然生物进化机制的演化计算研究。

1.2.2 智能科学的积累期

但上述早期的研究方法并没有真正产生任何富有成效的结果，除了解决有限的简单任务外，当初许下的诺言并没有兑现。接着遇到的种种困难很快使人们对人工智能的发展前景失去了信心。这样在经过最初十年的热情期之后，人工智能研究遇到了第一次全面挫折，随着人工智能研究基金在全球范围内的削减，人工智能研究进入了低潮（大约在1966~1975年，史称黑暗期）。

于是人们开始了认真的反思，一方面以德雷福斯为代表的哲学学派对强人工智能派进行了无情的批驳，另一方面以费根鲍姆为代表的人工智能学派看到了早期“无知识表示”方法的局限性，在人工智能面临种种困难的处境中，认识到要摆脱困境，只有大量使用知识。到了20世纪70年代后期，知识工程、机器学习和专家系统等研究领域迅速兴起，人工智能研究进入了一个以知识表示、获取和利用为主的复兴期（大约在1976~1980年）。

在此期间，逻辑符号主义方法得到进一步加强，各种知识表示方法层出不穷，逻辑的、文法的、脚本的、框架的、语义网的等等应有尽有，特别是以学习机制模拟的研究已成为实现人工智能目标的新途径和主流。在这样的研究带动下，加上各种搜索策略的发展，以专家系统为核心的应用得到空前的成功。另一方面，由于弱人工智能有限目标的主导作用，人工智能各个分支领域，如机器视觉、机器推理、机器翻译和问题求解等也得到了不同程度的长足进步。

但对于强人工智能的目标而言，基于逻辑符号主义方法的根本局限性问题依然存在。正如侯世达（Douglas R Hofstadter）在《哥德尔、艾舍尔、巴赫》一书中指出的：“一旦某些心智功能被程序化了，人们很快就不再把它看作‘真正的思维’的一种本质成分。智能所固有的

核心永远是存在于那些尚未程序化的东西之中。”很明显，由于哥德尔定理的存在，只要人工智能不走出逻辑符号主义方法的阴影，就难以真正找到光明的出路。

正是认识到了这一点，进入20世纪80年代后，人工智能的研究除了在符号逻辑主义方法方面的进一步发展外，重新肯定了早期人工智能研究中的神经联结方法和遗传演化方法，并加以全面复兴和发展，使之成为占主导地位的人工智能新方法。人工智能的研究因此也迎来了一个全面繁荣的新时期（大约在1981~1990年）。

首先，在逻辑符号研究方面，一方面知识表示、机器学习和关于常识的推理等技术进一步得到发展，同时也形成了各种精湛的机械推理技术，如非单调推理、缺省推理、定性推理、模糊推理、概率推理以及认知状态推理等等。另一方面，作为对序列符号处理的突破，分布式人工智能随着智能主体，特别是多智能主体系统研究的出现，已成为了逻辑符号主义方法进一步发展的新希望所在。

在神经联结研究方面，自1982年赫普费尔（J Hopfield）提出了HNN神经网络模型以后，神经联结方法异军突起，很快成为20世纪80年代人工智能的主导方法。反传播、自组织、自学习、自适应等各种神经网络模型几乎遍及人工智能的所有领域。由于与大脑神经系统和复杂的非线性动力学相关联，又不同于逻辑符号方法，能够避开知识表示带来的困难，因此给人工智能系统智能的发展带来了美好的憧憬。

几乎与此同时，与神经联结方法主要以解决优化问题为特点相类似，作为对神经联结方法权值选择困难不足的重要补充，促使了基于生命遗传演化思想的计算方法的崛起。20世纪80年代中，经歌德贝吉（D E Goldberg）归纳总结，形成了遗传演化方法的基本理论框架。一时，遗传算法、演化程序和人工生命呈现勃勃生机，引领了人工智能发展的新潮流。

在20世纪80年代同时兴起还有环境行为主义的思潮，主要以美国麻省理工学院的布罗克斯（R A Brooks）为首的人工智能专家倡导的一种人工智能实现的新途径，强调感知与行为的直接联系，以应对变化的环境。这样的研究主要以构建各种动物机器为主，来实现其对环境的应变策略，直接产生适应的行为来实现智能能力的涌现。

如图1-4所示，由于上述研究逐渐建立起比较系统的方法论，人工智能研究的空前繁荣，作为比较成熟的学科，智能科学也已见雏形。这给人工智能科学家们注入了新的激情，引发了日本的第五代机和美国的CYC工程这样的超级工程全面开展。

遗憾的是，经过轰轰烈烈历时十年的努力，所有的这一切，包括像第五代机和CYC工程这样主要的人工智能研究，并没有真正导致出智能的结果或者成功的商业性产品。因此，到了20世纪90年代，人工智能的前景再次发生逆转并出现了一些批评意见。人工智能进入了新的冬季（大约在1991~1995年）。

这些清醒的批评意见主要基于两个基本观点。第一，就基本原理而言，今天的计算机同三十年前的计算机并无两样（仅仅是时空性能有大的差别），因而同过去的努力一样不可能达到实现人类智能的水平。第二，作为心脑血管整体的一部分，智与情、智与意之间有着不可分割的联系。有证据表明，基于已有的算法手段的数字计算机不可能实现超越逻辑和算法之上的情感和意识（注意，单就意识而言，由于其自指性特性，就已不是逻辑和算法所能表述的了），因此从根本上讲，也同样不可能实现“智”的问题。

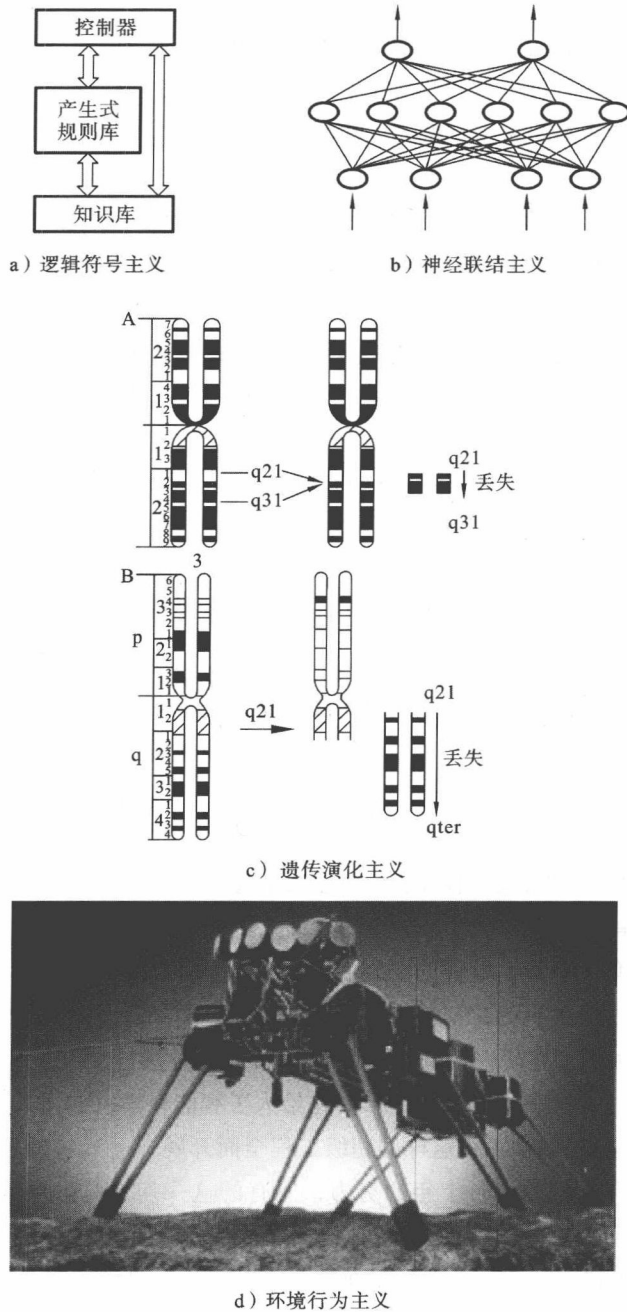


图 1-4 实现人工智能的四种途径

这便是以彭罗斯为代表的批评观点。由于不管是逻辑符号方法，还是后来的神经联结、遗传演化和环境行为等方法，就目前为止，无一例外都是以丘奇—图灵意义上的算法为基础的，又都是只面对孤立的单纯智能问题的。因此像彭罗斯这样的批评意见可谓一针见血，切中了已有人工智能研究局限性的要害，给人带来的警示是深刻的。也就是说，正像笔者在《无心的机器》一书最后指出的，基于逻辑的机器、以纯算法的手段是不可能真正产生像“心”一样的