



第 1 章 人工智能概述 / 1

1.1 人工智能的概念	2	1.3 人工智能的特征	6
1.2 人工智能的历史	3	1.4 人工智能参考框架	6
1.2.1 人工智能的起源	3	1.5 人工智能的未来	8
1.2.2 人工智能的历史发展	4		



第 2 章 人工智能标准化 / 11

2.1 国际标准化现状	12	2.3.4 全国信息安全标准化技术委员会	17
2.1.1 ISO/IEC JTC1	12	2.3.5 全国智能运输系统标准化技术委员会	17
2.1.2 ISO	14	2.4 人工智能标准化面临的问题和挑战	17
2.1.3 IEC	15	2.5 人工智能标准需求分析	18
2.1.4 ITU	15	2.6 人工智能标准化组织机制建设	19
2.2 国外标准化现状	15	2.7 人工智能标准体系	19
2.2.1 IEEE	15	2.8 标准体系框架	20
2.2.2 NIST	15	2.8.1 基础标准	20
2.2.3 其他	16	2.8.2 平台 / 支撑标准	21
2.3 国内标准化现状	16	2.8.3 关键技术标准	21
2.3.1 全国信息技术标准化技术委员会	16	2.8.4 产品及服务标准	22
2.3.2 全国自动化系统与集成标准化技术委员会	16	2.8.5 应用标准	22
2.3.3 全国音频、视频和多媒体标准化技术委员会	17	2.8.6 安全 / 伦理标准	24
		2.9 近期急需制定标准	24
		2.10 人工智能标准化工作重点建议	25



第 3 章 确定性知识表示 / 27

3.1 知识表示的基本概念	28	3.1.2 知识表示和知识表示方法的概念	29
3.1.1 知识的概念	28	3.2 谓词逻辑表示法	30

3.2.1 谓词逻辑表示的逻辑学基础	30	3.4.4 语义网络的基本过程	45
3.2.2 谓词逻辑表示的方法	32	3.4.5 语义网络表示法的特征	45
3.2.3 谓词逻辑表示的经典例子	33	3.5 框架表示法	46
3.2.4 谓词逻辑表示的特性	36	3.5.1 框架理论	46
3.3 产生式表示法	37	3.5.2 框架结构和框架表示	46
3.3.1 产生式表示的基本方法	37	3.5.3 框架系统	50
3.3.2 产生式表示的简单例子	38	3.5.4 框架系统的基本过程	50
3.3.3 产生式表示的特性	38	3.5.5 框架表示法的特性	52
3.4 语义网络表示法	39	3.6 面向对象表示法	52
3.4.1 语义网络的基本概念	39	3.6.1 面向对象的基本概念	52
3.4.2 事物和概念的表示	42	3.6.2 知识的面向对象表示	53
3.4.3 情况和动作的表示	44	3.6.3 面向对象表示与框架表示的区别	54



第4章 确定性推理 / 55

4.1 推理概述	56	4.3.1 自然演绎推理的逻辑基础	64
4.1.1 推理的概念	56	4.3.2 自然演绎推理方法	67
4.1.2 推理方法及其分类	57	4.4 归结演绎推理	68
4.1.3 推理控制策略及其分类	58	4.4.1 归结演绎推理的逻辑基础	68
4.2 产生式系统	59	4.4.2 子句集及其应用	69
4.2.1 产生式系统的基本结构	59	4.4.3 鲁宾孙归结原理	72
4.2.2 产生式系统的推理过程	59	4.4.4 归结演绎推理的方法	76
4.2.3 产生式系统的示例	62	4.4.5 归结演绎推理的归结策略	80
4.3 自然演绎推理	64	4.4.6 用归结反演求取问题的答案	83



第5章 不确定性推理 / 85

5.1 不确定性推理概述	86	5.3.2 主观 Bayes 方法的推理模型	95
5.1.1 不确定性推理的含义	86	5.3.3 主观 Bayes 方法推理的例子	99
5.1.2 不确定性推理的基本问题	87	5.4 模糊推理	101
5.1.3 不确定性推理的类型	88	5.4.1 模糊知识表示	101
5.2 可信度方法	88	5.4.2 模糊概念的匹配	103
5.2.1 可信度的概念	89	5.4.3 模糊推理方法	104
5.2.2 可信度推理模型	89	5.5 概率推理	108
5.2.3 可信度推理的例子	93	5.5.1 贝叶斯网络的概念及理论	108
5.3 主观 Bayes 方法	94	5.5.2 贝叶斯网络推理的概念和类型	111
5.3.1 主观 Bayes 方法的概率论基础	94	5.5.3 贝叶斯网络的精确推理	112



第 6 章 计算智能 / 115

6.1 计算智能概述	116	6.3.1 进化计算概述	127
6.1.1 计算智能的概念	116	6.3.2 遗传算法	130
6.1.2 计算智能的产生与发展	116	6.4 模糊计算	138
6.1.3 计算智能与人工智能的关系	117	6.4.1 模糊集及其运算	138
6.2 神经计算	117	6.4.2 模糊逻辑推理	139
6.2.1 神经计算基础	118	6.5 粗糙集	140
6.2.2 人工神经网络的互联结构	120	6.5.1 粗糙集概述	140
6.2.3 人工神经网络的典型模型	121	6.5.2 粗糙集基本理论	140
6.3 进化计算	127	6.5.3 决策表的约简	142



第 7 章 机器学习 / 149

7.1 机器学习概述	150	7.4 决策树学习	159
7.1.1 机器学习的概念及发展过程	150	7.4.1 决策树的概念	159
7.1.2 学习系统的概念及模型	152	7.4.2 ID3 算法	159
7.1.3 机器学习的类型	154	7.5 联结学习	163
7.2 记忆学习	154	7.5.1 联结学习的心理学基础	163
7.3 示例学习	155	7.5.2 联结学习的学习规则	164
7.3.1 示例学习的类型	155	7.5.3 感知器学习	165
7.3.2 示例学习的模型	156	7.5.4 BP 网络学习	168
7.3.3 示例学习的归纳方法	157	7.5.5 Hopfield 网络学习	171



第 8 章 搜索策略 / 173

8.1 搜索概述	174	8.3.5 A* 算法应用举例	189
8.1.1 搜索的含义	174	8.4 与 / 或树的盲目搜索	191
8.1.2 状态空间法	175	8.4.1 与 / 或树的一般搜索	191
8.1.3 问题归约法	179	8.4.2 与 / 或树的广度优先和深度优先搜索	192
8.2 状态空间的盲目搜索	181	8.5 与 / 或树的启发式搜索	193
8.2.1 广度优先搜索	181	8.5.1 解树的代价与希望树	194
8.2.2 代价树的深度优先搜索	184	8.5.2 与 / 或树的启发式搜索过程	195
8.3 状态空间的启发式搜索	184	8.6 博弈树的启发式搜索	196
8.3.1 启发性信息和估价函数	184	8.6.1 博弈简介	196
8.3.2 A 算法	185	8.6.2 极大极小过程	197
8.3.3 A* 算法	186	8.6.3 α - β 剪枝	199
8.3.4 A* 算法的特性	187		



第9章 自然语言理解 / 201

9.1 自然语言理解的基本概念	202	9.2 词法分析	205
9.1.1 自然语言的含义及组成	202	9.3 句法分析	206
9.1.2 自然语言理解的含义及任务	203	9.3.1 句法规则的表示方法	206
9.1.3 自然语言理解的发展过程	204	9.3.2 自顶向下与自底向上分析	208
9.1.4 自然语言理解的层次	204	9.3.3 扩充转移网络分析	210



第10章 分布智能 / 213

10.1 分布智能概述	214	10.3.2 Agent 通信方式	222
10.1.1 分布智能的概念	214	10.3.3 Agent 通信语言	222
10.1.2 分布式问题求解	215	10.4 多 Agent 合作	225
10.1.3 多 Agent 系统	215	10.4.1 Agent 的协调	225
10.2 Agent 的结构	218	10.4.2 Agent 的协作	227
10.2.1 Agent 的机理	218	10.4.3 Agent 的协商	229
10.2.2 反应 Agent 的结构	219	10.4.4 多 Agent 应用示例	230
10.2.3 认知 Agent 的结构	220	10.5 移动 Agent	231
10.2.4 混合 Agent 的结构	220	10.5.1 移动 Agent 系统的一般结构	231
10.3 Agent 通信	221	10.5.2 移动 Agent 的实现技术及应用	232
10.3.1 Agent 通信的基本问题	221		



第11章 人工智能发展现状及趋势 / 235

11.1 人工智能技术的现状及趋势	236	11.2.5 人工智能行业应用	246
11.1.1 人工智能技术的发展现状	236	11.2.6 人工智能产业的发展趋势	249
11.1.2 人工智能技术的发展趋势	242	11.3 安全、伦理、隐私问题	249
11.2 人工智能产业的现状及趋势	243	11.3.1 人工智能的安全问题	250
11.2.1 智能基础设施	243	11.3.2 人工智能的伦理问题	250
11.2.2 智能信息及数据	244	11.3.3 人工智能的隐私问题	251
11.2.3 智能技术服务	244	11.4 人工智能标准化的重要作用	252
11.2.4 智能产品	245		

参考文献	254
------------	-----

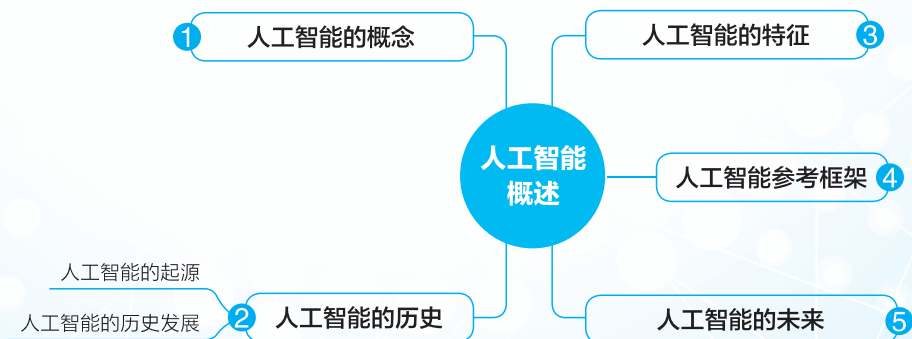
第 1 章

人工智能概述

本章目标 >

- ① 了解人工智能的历史起源。
- ② 掌握人工智能的特征。
- ③ 掌握人工智能的标准化。

知识导图 >



2017年7月8日，国务院印发《新一代人工智能发展规划》，明确了我国新一代人工智能发展的战略目标：到2020年，人工智能总体技术和应用与世界先进水平同步，人工智能产业成为新的重要经济增长点，人工智能技术应用成为改善民生的新途径；到2025年，人工智能基础理论实现重大突破，部分技术与应用达到世界领先水平，人工智能成为我国产业升级和经济转型的主要动力，智能社会建设取得积极进展；到2030年，人工智能理论、技术与应用总体达到世界领先水平，成为世界主要人工智能创新中心。

1.1 人工智能的概念

人工智能作为一门前沿交叉学科，其定义一直存有不同的观点。《人工智能——一种现代方法》中将已有的一些人工智能定义分为四类：像人一样思考的系统、像人一样行动的系统、理性地思考的系统、理性地行动的系统。人工智能分为“人工”和“智能”两部分，其中“人工”的概念不难定义，“智能”的概念涉及其他诸如意识（Consciousness）、自我（Self）、思维（Mind）（包括无意识的思维）等问题，人唯一了解的智能是人本身的智能，这是普遍认同的观点。但是，人类对自身智能的理解非常有限，对构成人的智能的必要元素也了解有限，所以很难定义什么是“人工”制造的“智能”。因此，人工智能的研究往往涉及对人的智能本身的研究，其他关于动物或其他人造系统的智能也普遍被认为是人工智能相关的研究课题。

维基百科上定义“人工智能就是机器展现出的智能”，即只要是某种机器，具有某种或某些“智能”的特征或表现，都应该算作“人工智能”。大英百科全书则限定人工智能是数字计算机或者数字计算机控制的机器人在执行智能生物体才有的一些任务上的能力。百度百科定义人工智能是“研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学”，将其视为计算机科学的一个分支，指出其研究包括机器人、语言识别、图像识别、自然语言处理和专家系统等。

人工智能是利用数字计算机或者数字计算机控制的机器模拟、延伸和扩展人的智能，感知环境、获取知识并使用知识获得最佳结果的理论、方法、技术及应用系统。

人工智能的定义对人工智能学科的基本思想和内容做出了解释，即围绕智能活动而构造的人工系统。人工智能是知识的工程，是机器模仿人类利用知识完成一定行为的过程。根据人工智能是否能真正实现推理、思考和解决问题，可以将人工智能分为弱人工智能和强人工智能。

弱人工智能是指不能真正实现推理和解决问题的智能机器，这些机器表面上看像是智能的，但是并不真正拥有智能，也不会有自主意识。迄今为止的人工智能系统都还是实现特定功能的专用智能，而不是像人类智能那样能够不断适应复杂的新环境，并不断涌现出新的功能，因此都还是弱人工智能。目前的主流研究仍然集中于弱人工智能，并取得了显著进步，如语音识别、图像处理 and 物体分割、机器翻译等方面取得了重大突破，甚至可以接近或超越人类水平。

强人工智能是指真正能思维的智能机器，并且认为这样的机器是有知觉和自我意识的，这类机器可分为类人（机器的思考和推理类似人的思维）和非类人（机器产生了与人



完全不一样的知觉和意识，使用与人完全不一样的推理方式）两大类。从一般意义来说，达到人类水平的、能够自适应地应对外界环境挑战的、具有自我意识的人工智能称为“通用人工智能”“强人工智能”或“类人智能”。强人工智能不仅在哲学上存在巨大争论（涉及思维与意识等根本问题的讨论），在技术上的研究也具有极大的挑战性。强人工智能当前鲜有进展，美国私营部门的专家及国家科技委员会比较支持的观点是，至少在未来几十年内难以实现。

靠符号主义、连接主义、行为主义和统计主义这四个流派的经典路线就能设计制造出强人工智能吗？其中一个主流看法是：即使有更高性能的计算平台和更大规模的大数据助力，也还只是量变而不是质变，人类对自身智能的认识还处在初级阶段，在人类真正理解智能机理之前，不可能制造出强人工智能。理解大脑产生智能的机理是脑科学的终极性问题，绝大多数脑科学专家都认为这是一个数百年乃至数千年，甚至永远都解决不了的问题。

通向强人工智能还有一条“新”路线，这里称为“仿真主义”。这条新路线通过制造先进的大脑探测工具从结构上解析大脑，再利用工程技术手段构造出模仿大脑神经网络基元及结构的仿脑装置，最后通过环境刺激和交互训练仿真大脑实现类人智能，简言之，“先结构，后功能”。虽然这项工程也十分困难，但涉及的都是有可能在数十年内解决的工程技术问题，而不像“理解大脑”这个科学问题那样遥不可及。

仿真主义可以说是符号主义、连接主义、行为主义和统计主义之后的第五个流派，与前四个流派有着千丝万缕的联系，也是前四个流派通向强人工智能的关键一环。经典计算机是数理逻辑的开关电路实现，采用冯·诺依曼体系结构，可以作为逻辑推理等专用智能的实现载体。但是，靠经典计算机不可能实现强人工智能。要按仿真主义的路线“仿脑”，就必须设计制造全新的软硬件系统，这就是“类脑计算机”，或者更准确地称为“仿脑机”。“仿脑机”是“仿真工程”的标志性成果，也是“仿脑工程”通向强人工智能之路的重要里程碑。

1.2 人工智能的历史

1.2.1 人工智能的起源

人工智能始于20世纪50年代，至今大致分为三个发展阶段：第一阶段（20世纪50年代—80年代）。这一阶段人工智能刚诞生，基于抽象数学推理的可编程数字计算机已经出现，符号主义（Symbolism）快速发展，但由于很多事物不能形式化表达，建立的模型存在一定的局限性。此外，随着计算任务的复杂性不断加大，人工智能发展一度遇到瓶颈；第二阶段（20世纪80年代—90年代末）。在这一阶段，专家系统得到快速发展，数学模型有重大突破，但由于专家系统在知识获取、推理能力等方面的不足，以及开发成本高等原因，人工智能的发展又一次进入低谷期；第三阶段（21世纪初至今）。随着大数据的积聚、理论算法的革新、计算能力的提升，人工智能在很多应用领域取得了突破性进展，迎来又一个繁荣时期。人工智能的发展历程如图1-1所示。

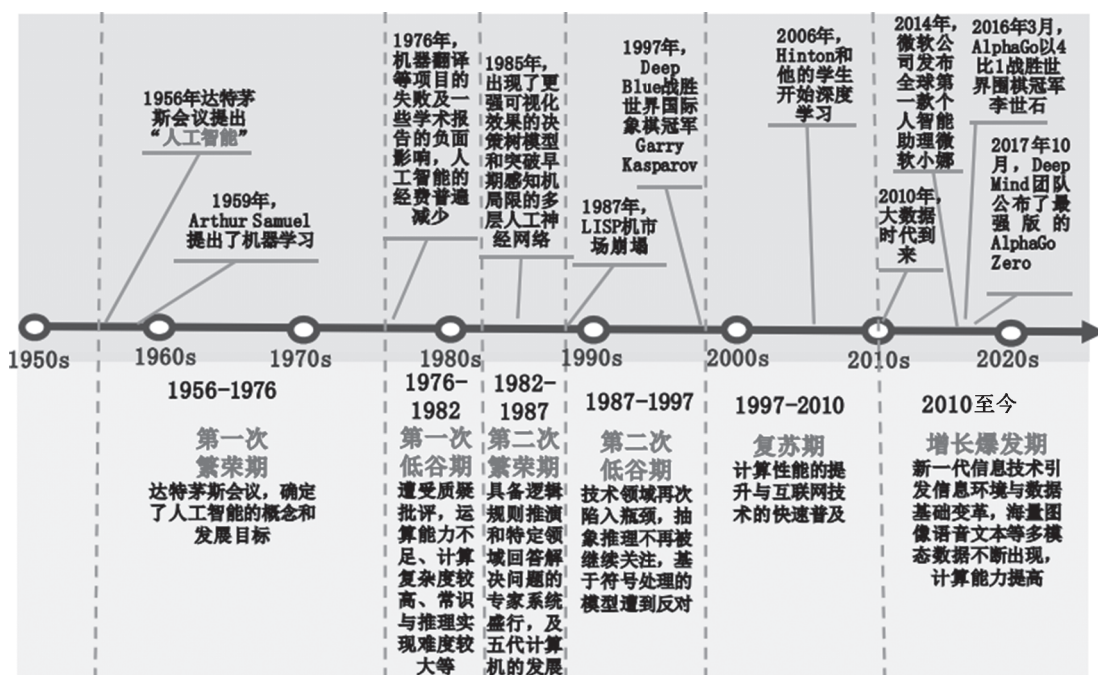


图 1-1 人工智能的发展历程

长期以来, 制造具有智能的机器一直是人类的梦想。早在 1950 年, Alan Turing 在《计算机器与智能》中就阐述了对人工智能的思考。他提出的图灵测试是机器智能的重要测量手段, 后来还衍生出视觉图灵测试等测量方法。

在电子计算机问世以来, 科学技术不断发展进步, 在此基础上人工智能得到了发展, 并逐渐应用到各个领域, 给人类的生产、生活带来很大的影响。随着研究的进一步深入, 人工智能一定会得到更大的发展, 给人类的生活提供便利, 为人类更好地服务。

1950 年, 英国数学家 A.M. 图灵 (A.M.Turing, 1912—1954 年) 发表的论文“计算机与智能”中提出著名的“图灵测试”, 形象地提出人工智能应该达到的智能标准; 图灵在这篇论文中认为“不要问一个机器是否能思维, 而要看它能否通过以下测试; 让人和机器分别位于两个房间, 他们只可通话, 不能互相看见。通过对话, 如果人的一方不能区分对方是人还是机器, 那么就可以认为那台机器达到了人类智能的水平。”这算是对人工智能最初的定义, 而“人工智能”一词最初是在 1956 年达特茅斯学院召开的 Dartmouth 学会上提出的。

1.2.2 人工智能的历史发展

1956 年夏季, 年轻的美国学者麦卡锡、明斯基、朗彻斯特和香农共同发起, 邀请莫尔、塞缪尔、纽厄尔和西蒙等参加在美国达特茅斯大学举办的一次长达 2 个多月的研讨会, 热烈地讨论用机器模拟人类智能的问题。“人工智能”这个词首次出现在达特茅斯会议上, 这也是人类历史上第一次人工智能研讨会, 标志着人工智能学科的诞生, 也作为一个研究领域正式诞生。60 多年来, 在人工智能发展潮起潮落的同时, 其基本思想可大致划分为四个流派: 符号主义 (symbolism)、连接主义 (connectionism)、行为主义 (behaviourism) 和统计主义 (statisticsism) (注: 由于篇幅原因, 本书不对四个流派进行详细阐述)。这四个流派从不同侧面抓住了智能的部分特征, 在“制造”人工智能方面都取

得了里程碑式的成就。

20 世纪 60 年代以来，生物模仿用来建立功能强大的算法。这方面有进化计算，包括遗传算法、进化策略和进化规划（1962 年）。1992 年，Bezdek 提出计算智能，他和 Marks（1993 年）指出计算智能取决于制造者提供的数值数据，含有模式识别部分，不依赖于知识；计算智能是认知层次的低层。今天，计算智能涉及神经网络、模糊逻辑、进化计算和人工生命等领域，呈现多学科交叉与集成的趋势。

人工智能（Artificial Intelligence，AI）是计算机学科的一个分支，20 世纪 70 年代以来被称为世界三大尖端技术（空间技术、能源技术、人工智能）之一，也被认为是 21 世纪三大尖端技术（基因工程、纳米科学、人工智能）之一。这是因为近 30 年来它得到迅速发展，在很多学科领域都获得了广泛应用，并取得了丰硕的成果，人工智能已逐步成为一个独立的分支，在理论和实践上都已自成一个系统，人工智能从最初的一段幻想、一个假设，变为一个策划、一段程序，一个出现在地平线上的现实。

1959 年，Arthur Samuel 提出了机器学习，机器学习将传统的制造智能演化为通过学习能力获取智能，推动人工智能进入第一次繁荣期。20 世纪 70 年代末期，专家系统的出现，实现了人工智能从理论研究走向实际应用，从一般思维规律探索走向专门知识应用的重大突破，将人工智能的研究推向了新高潮。然而，机器学习的模型仍然是“人工”的，也有很大的局限性。随着专家系统应用的不断深入，专家系统自身存在的知识获取难、知识领域窄、推理能力弱、实用性差等问题逐渐暴露。从 1976 年开始，人工智能的研究进入长达 6 年的萧瑟期。

20 世纪 80 年代中期，随着美国、日本立项支持人工智能研究，以及以知识工程为主导的机器学习方法的发展，出现了具有更强可视化效果的决策树模型和突破早期感知机局限的多层人工神经网络，由此带来人工智能的又一次繁荣期。然而，当时的计算机难以模拟复杂度高及规模大的神经网络，仍有一定的局限性。

1987 年，由于 LISP 机市场崩塌，美国取消了人工智能预算，日本第五代计算机项目失败并退出市场，专家系统进展缓慢，人工智能又进入萧瑟期。

1997 年，IBM 深蓝（Deep Blue）战胜国际象棋世界冠军 Garry Kasparov。这是一次具有里程碑意义的成功，它代表了基于规则的人工智能的胜利。2006 年，在 Hinton 和他的学生的推动下，深度学习开始备受关注，为后来人工智能的发展带来了重大影响。从 2010 年开始，人工智能进入爆发式的发展阶段，其最主要的驱动力是大数据时代的到来，运算能力及机器学习算法得到提高。人工智能快速发展，产业界也开始不断涌现出新的研发成果：2011 年，IBM Watson 在综艺节目《危险边缘》中战胜了最高奖金得主和连胜纪录保持者；2012 年，谷歌大脑通过模仿人类大脑在没有人类指导的情况下，利用非监督深度学习方法从大量视频中成功学习到识别一只猫的方法；2014 年，微软公司推出了一款实时口译系统，可以模仿说话者的声音并保留其口音；2014 年，微软公司发布全球第一款个人智能助理微软小娜；2014 年，亚马逊发布至今为止最成功的智能音箱产品 Echo 和个人助手 Alexa；2016 年，谷歌 AlphaGo 机器人在围棋比赛中击败了世界冠军李世石；2017 年，苹果公司在原来个人助理 Siri 的基础上推出了智能私人助理 Siri 和智能音响 HomePod。

目前，世界各国都开始重视人工智能的发展。2017 年 6 月 29 日，首届世界智能大会



笔记

在天津召开。中国工程院院士潘云鹤在大会主论坛做了题为“中国新一代人工智能”的主题演讲，报告中概括了世界各国在人工智能研究方面的战略。

2016年5月，美国白宫发表了“为人工智能的未来做好准备”；英国2016年12月发布了“人工智能：未来决策制定的机遇和影响”；法国在2017年4月制定了“国家人工智能战略”；德国在2017年5月颁布了全国第一部自动驾驶的法律；在中国，据不完全统计，2017年运营的人工智能公司接近400家，行业巨头百度、腾讯、阿里巴巴等都不断在人工智能领域发力。从数量、投资等角度看，自然语言处理、机器人、计算机视觉成为人工智能最热门的三个产业方向。

1.3 人工智能的特征

(1) 由人类设计，为人类服务，本质为计算，基础为数据。从根本上说，人工智能系统必须以人为本，这些系统是人类设计出的机器，按照人类设定的程序逻辑或软件算法通过人类发明的芯片等硬件载体运行或工作，其本质体现为计算，通过对数据的采集、加工、处理、分析和挖掘，形成有价值的信息流和知识模型，为人类提供延伸人类能力的服务，实现对人类期望的一些“智能行为”的模拟，在理想情况下必须体现服务人类的特点，而不应该伤害人类，特别是不应该有目的性地做出伤害人类的行为。

(2) 能感知环境，能产生反应，能与人交互，能与人互补。人工智能系统应能借助传感器等器件产生对外界环境（包括人类）进行感知的能力，可以像人一样通过听觉、视觉、嗅觉、触觉等接收来自环境的各种信息，对外界输入产生文字、语音、表情、动作（控制执行机构）等必要的反应，甚至影响到环境或人类。借助按钮、键盘、鼠标、屏幕、手势、体态、表情、力反馈、虚拟现实/增强现实等方式，人与机器间可以产生交互与互动，使机器设备越来越“理解”人类乃至与人类共同协作、优势互补。这样，人工智能系统能够帮助人类做人类不擅长、不喜欢但机器能够完成的工作，而人类则适合做更需要创造性、洞察力、想象力、灵活性、多变性乃至用心领悟或需要感情的一些工作。

(3) 有适应特性，有学习能力，有演化迭代，有连接扩展。人工智能系统在理想情况下应具有一定的自适应特性和学习能力，即具有一定的随环境、数据或任务变化而自适应调节参数或更新优化模型的能力；并且，能够在此基础上通过与云、端、人、物越来越广泛深入数字化连接扩展，实现机器客体乃至人类主体的演化迭代，以使系统具有适应性、鲁棒性、灵活性、扩展性，应对不断变化的现实环境，从而使人工智能系统在各行各业产生丰富的应用。

1.4 人工智能参考框架

目前，人工智能领域尚未形成完善的参考框架。因此，本章基于人工智能的发展状况和应用特征，从人工智能信息流动的角度出发，提出一种人工智能参考框架（见图1-2），力图搭建较为完整的人工智能主体框架，描述人工智能系统总体工作流程，不受具体应用所限，适用于通用的人工智能领域需求。

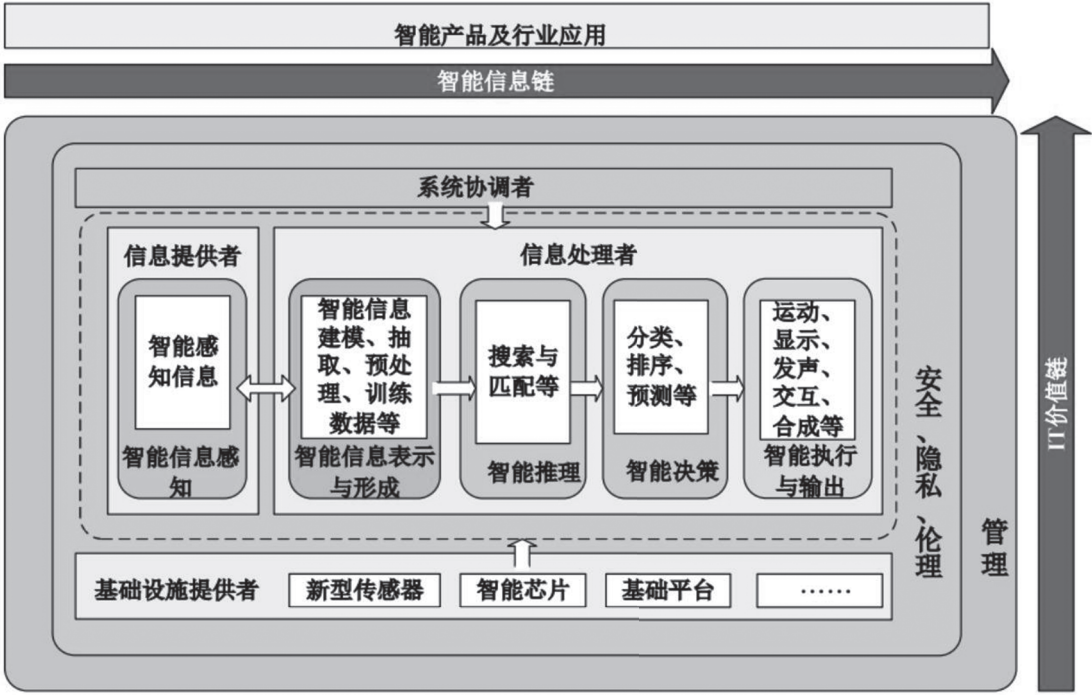


图 1-2 人工智能参考框架图

人工智能参考框架提供了基于“角色—活动—功能”的层级分类体系，从“智能信息链”(水平轴)和“IT 价值链”(垂直轴)两个维度阐述了人工智能系统框架。“智能信息链”反映智能信息感知、智能信息表示与形成、智能推理、智能决策、智能执行与输出的一般过程。在这个过程中，智能信息是流动的载体，经历了“数据—信息—知识—智慧”的凝练过程。“IT 价值链”从人工智能的底层基础设施、信息（提供和处理技术实现）到系统的产业生态过程，反映人工智能为信息技术产业带来的价值。此外，人工智能系统还有其他非常重要的框架构件：安全、隐私、伦理和管理。人工智能系统主要由基础设施提供者、信息提供者、信息处理者和系统协调者 4 个角色组成。

1. 基础设施提供者

基础设施提供者为人工智能系统提供计算能力支持，实现与外部世界的沟通，并通过基础平台实现支撑。计算能力由智能芯片（如 CPU、GPU、ASIC、FPGA 等硬件加速芯片以及其他智能芯片）等硬件系统开发商提供；与外部世界的沟通通过新型传感器制造商提供；基础平台包括分布式计算框架提供商及网络提供商提供平台保障和支持，即包括云存储和计算、互联互通网络等。

2. 信息提供者

信息提供者在人工智能领域是智能信息的来源。通过知识信息感知过程由数据提供商提供智能感知信息，包括原始数据资源和数据集。原始数据资源的感知涉及图形、图像、语音、文本的识别，还涉及传统设备的物联网数据，包括已有系统的业务数据以及力、位移、液位、温度、湿度等感知数据。

3. 信息处理者

信息处理者是指人工智能领域中的技术和服务提供商。信息处理者的主要活动包括智能信息表示与形成、智能推理、智能决策及智能执行与输出。智能信息处理者通常是算法工程师及技术服务提供商，通过计算框架、模型及通用技术，例如一些深度学习框架和机

笔记

器学习算法模型等功能进行支撑。

智能信息表示与形成是指为描述外围世界所做的一组约定，分阶段对智能信息进行符号化和形式化的智能信息建模、抽取、预处理、训练数据等。

智能信息推理是指在计算机或智能系统中模拟人类的智能推理方式，依据推理控制策略，利用形式化的信息进行机器思维和求解问题的过程，典型的功能是搜索与匹配。

智能信息决策是指智能信息经过推理后进行决策的过程，通常提供分类、排序、预测等功能。

智能执行与输出作为智能信息输出的环节，是对输入做出的响应，输出整个智能信息流动过程的结果，包括运动、显示、发声、交互、合成等功能。

4. 系统协调者

系统协调者提供人工智能系统必须满足的整体要求，包括政策、法律、资源和业务需求，以及为确保系统符合这些需求而进行的监控和审计活动。

由于人工智能是多学科交叉领域，需要系统协调者定义和整合所需的应用活动，使其在人工智能领域的垂直系统中运行。系统协调者的功能之一是配置和管理人工智能参考框架中的其他角色执行一个或多个功能，并维持人工智能系统的运行。

5. 安全、隐私、伦理

安全、隐私、伦理覆盖人工智能领域的其他 4 个主要角色，对每个角色都有重要的影响作用。同时，安全、隐私、伦理处于管理角色的覆盖范围之内，与全部角色和活动都建立了联系。在安全、隐私、伦理模块，需要通过不同的技术手段和安全措施，构筑全方位、立体的安全防护体系，保护人工智能领域参与者的安全和隐私。

6. 管理

管理角色承担系统管理活动，包括软件调配、资源管理等内容，管理的功能是监视各种资源的运行状况，应对出现的性能或故障事件，使得各系统组件透明且可观。

7. 智能产品及行业应用

智能产品及行业应用指人工智能系统的产品和应用，是对人工智能整体解决方案的封装，将智能信息决策产品化、实现落地应用，其应用领域主要包括智能制造、智能交通、智能家居、智能医疗、智能安防等。

1.5 人工智能的未来

人工智能的发展趋势并非无迹可寻。在接下来的几年中，人工智能将呈现出如下四个主要发展趋势。

1. 趋势一

人工智能技术进入大规模商用阶段，人工智能产品全面进入消费级市场。中国通信巨头华为公司已经发布了自主研发的人工智能芯片，并将其应用在旗下智能手机产品中；苹果公司推出的 iPhone X 也采用了人工智能技术实现面部识别等功能；三星最新发布的语音助手 Bixby 则从软件层面对长期以来停留于“你问我答”模式的语音助手进行了升级。人工智能借由智能手机已经与人们的生活越来越近了。

在人形机器人市场，日本的软银公司研发的人形情感机器人 Pepper 从 2015 年 6 月份开始每月面向普通消费者发售 1000 台，每次都被抢购一空。人工智能机器人背后隐藏着



的巨大商业机会同样让国内创业者陷入狂热，粗略统计目前国内人工智能机器人团队超过 100 家。图灵机器人 CEO 俞志晨相信未来几年，“人们将会像挑选智能手机一样挑选机器人”。售价并非人工智能机器人难以打开消费市场的关键，因为随着产业和技术走向成熟，成本降低是必然趋势，同时市场竞争因素也将进一步拉低人工智能机器人产品的售价。吸引更多开发者，丰富产品功能和使用场景才是打开市场的关键。另外一个好的信号是，人工智能机器人正在引起商业巨头们的关注。

零售巨头沃尔玛 2017 年开始与机器人公司 Five Elements 合作，将购物车升级为具备导购和自动跟随功能的机器人。中国的零售企业苏宁也与一家机器人公司合作，将智能机器人引入门店用于接待和导购。餐饮巨头肯德基也曾与百度合作，在餐厅引入机器人度秘实现智能点餐。2018 年，情感机器人 Pepper 也开始出现在软银的各大门店，软银移动业务负责人认为商业领域智能机器人很快将进入快速发展期。

在商业服务领域的全面应用，正为人工智能的大规模商用打开一条新的出路，或许人工智能机器人占领商场等公共场所会比占领客厅更早。

2. 趋势二

基于深度学习的人工智能的认知能力将达到人类专家顾问级别。“认知专家顾问”在 Gartner 的报告中被列为未来 2—5 年由主流采用的新兴技术，这主要依赖机器深度学习能力的提升和大数据的积累。

过去几年人工智能技术之所以能够获得快速发展，主要源于三个元素的融合：性能更强的神经网络、价格低廉的芯片以及大数据。其中神经网络是对人类大脑的模拟，是机器深度学习的基础，对某一领域的深度学习将使得人工智能逼近人类专家顾问的水平，并在未来进一步取代人类专家顾问。当然，这个学习过程也伴随着大数据的获取和积累。

事实上，在金融投资领域，人工智能已经有取代人类专家顾问的迹象。在美国，从事智能投顾的不仅仅是 Betterment、Wealthfront 这样的科技公司，老牌金融机构也察觉到了人工智能对行业带来的改变。高盛和贝莱德分别收购了 Honest Dollar 与 Future Advisor，苏格兰皇家银行也曾宣布用智能投顾取代 500 名传统理财师的工作。

国内一家创业团队目前正在将人工智能技术与保险业相结合，在保险产品数据库基础上进行分析和计算搭建知识图谱，并收集保险语料，为人工智能问答系统做数据储备，最终连接用户和保险产品。这对目前仍然以销售渠道为驱动的中国保险市场而言显然是一个颠覆性的消息，它很可能意味着销售人员大规模失业。

关于人工智能的学习能力，凯文·凯利曾形象地总结说：“使用人工智能的人越多，它就越聪明；人工智能越聪明，使用它的人就越多。”就像人类专家顾问的水平很大程度上取决于服务客户的经验一样，人工智能的经验就是数据以及处理数据的经历。随着使用人工智能专家顾问的人越来越多，未来 2—5 年人工智能有望达到人类专家顾问的水平。

3. 趋势三

人工智能实用主义倾向显著，未来将成为一种可购买的智慧服务。过去几年看到俄罗斯的人工智能机器人尤金首次通过了著名的图灵测试，又见证了世界围棋冠军李世石与谷歌人工智能机器人 AlphaGo 大战。尽管这些史无前例的事件隐约让人们知道人工智能技术已经发展到了一个很高的水平，但因为太过浓厚的“炫技”色彩也让公众对人工智能技术产生了很多质疑。



人工智能与不同产业的结合正使其实用主义倾向愈发显著，这让人工智能逐步成为一种可以购买的商品。吴恩达博士曾把人工智能比作未来的电能，“电”在今天已经成为一种可以按需购买的商品，任何人都可以花钱将电带到家中。可以用电看电视，可以用电做饭、洗衣服，未来可以用购买到的人工智能打造一个智能的家居系统，这是一样的道理。凯文·凯利此前也曾做过类似预判，他说未来可能向亚马孙或是中国的公司购买智能服务。

反过来，不同产业对人工智能技术的应用也加剧了人工智能的实用主义倾向。例如，特斯拉公司就是用人工智能技术提升自动驾驶技术的，再如，地图导航软件就是用人工智能技术为用户规划出行路线的。

说到底，人工智能是一个实用主义的东西。越来越多的医疗机构用人工智能诊断疾病，越来越多的汽车制造商开始使用人工智能技术研发无人驾驶汽车，越来越多的普通人开始使用人工智能作出投资、保险等决策。这意味着人工智能已经走出“炫技”阶段，未来将真正进入实用阶段。

4. 趋势四

人工智能技术将严重冲击劳动密集型产业，改变全球经济生态。许多科技界的大佬一方面受益于人工智能技术，一方面又对人工智能技术发展过程中存在的威胁充满担忧，包括比尔·盖茨、埃隆·马斯克、斯蒂芬·霍金等人都曾对人工智能的发展做出警告。尽管从目前来看，对人工智能取代甚至毁灭人类的担忧还为时尚早，但毫无疑问，人工智能正在抢走各行各业劳动者的饭碗。

人工智能可能引发的大规模失业是当下最紧迫的一个问题。马云曾在 2017 年的一场大数据峰会上说：“如果继续以前的教学方法，我可以保证，30 年后的孩子们将找不到工作。”阿里巴巴在电商领域的对手——京东集团董事局主席刘强东则信誓旦旦地表示：“五年后，送货的都将是机器人”。

事实上，机器人抢走人类劳动者饭碗的事情已经在全球上演。硅谷一家新兴的机器人保安公司 Knightscope 目前已和 16 个国家签约使用其公司生产的 K5 监控机器人，其中包括中国。K5 将主要用于商场、停车场等公共场所，可以自动巡逻并能够识别人脸和车牌，K5 每小时的租金约为 7 美金，这意味着原本属于人类保安的酬劳现在要被机器人抢走。

人工智能终将改变世界，而由其导致的大规模失业和全球经济结构的调整显然也属于“改变”的一部分。