

走进『无人区』：

探索人工智能之路

张
钹





张钹

张钹，男，1935年3月出生，福建福清人，计算机专家，1995年当选为中国科学院院士。

他于1953年考入清华大学，1958年毕业于清华大学自动控制系（计算机系前身），同年留校任教至今。1980—1982年在美国伊利诺伊大学访问，2011年被德国汉堡大学授予自然科学荣誉博士。曾任“智能技术与系统”国家重点实验室主任、国家高技术研究发展计划（简称863计划）自动化领域机器人主题专家组成员等职。现任清华大学人工智能研究院名誉院长。

他长期从事人工智能、人工神经网络和遗传算法等理论研究，以及这些理论在模式识别、机器人和智能控制等领域的应用研究，是中国人工智能领域的奠基人之一。在人工智能理论上，系统地提出了问题分层求解的商空间理论。在人工神经网络方面，系统地分析了典型神经网络模型，给出了该网络各项性能的定量结果；提出一种自顶向下新的人工神经网络构造性学习方法。发表200余篇论文，出版5部专著。研究成果曾获ICL欧洲人工智能奖，国家自然科学奖三等奖，国家科学技术进步奖三等奖，教育部科技进步奖一等奖，信息产业部科技进步奖一等奖，国防科工委科技进步奖一等奖。出版专著曾获全国优秀科技图书奖暨科技进步奖（科技著作）一等奖。曾获北京市优秀教师称号，2014年获中国计算机学会终身成就奖，2019年获中国人工智能学会颁发的吴文俊人工智能科学技术最高成就奖。

大家好，今天我讲的题目是《走进“无人区”：探索人工智能之路》。

什么是人工智能？很多人认为，人工智能是用机器，特别是计算机来模拟人类的智能。这样理解是不对的。迄今为止，全世界对于什么是智能没有统一的认识，因为我们对自己的大脑了解非常少。2019 年，有人问著名的美国神经科学家科赫（Christof Koch）^①：“到现在为止，我们对人类的大脑了解多少？”他回答：“我们甚至不了解一条蠕虫的脑子。”一条蠕虫的脑子那么简单我们都没有了解清楚，对人类大脑的了解更是太少。因此，这就遇到一个问题，“智能”我们都说不清楚，又如何搞人工智能？

人工智能的两条路径



^① 克里斯托夫·科赫（Christof Koch）：德裔美国神经科学家，从事计算生物物理以及视知觉、注意和意识的神经基础研究。他是 DNA 双螺旋结构发现者之一和 1962 年诺贝尔生理学或医学奖得主弗朗西斯·克里克（F.Crick）的主要合作者，他们共同开拓了对意识的科学研究。

1. 唯物主义学派

人工智能经过多年的探索走出了两条道路，一条道路称为行为主义道路或行为主义学派，或唯物主义学派。**该学派的主张是用机器模拟人类的智能行为。**“智能”和“智能行为”是两个完全不同的概念。“智能”是指发生在我们大脑里面的过程，我们对它的了解非常少。“智能行为”是智能的外部表现，因为可以观察到它，就可以模拟它。因此，这里人工智能追求的是机器行为跟人类行为相似，而不是追求内部工作原理的一致。例如，ChatGPT 已经达到了这个目标，因为跟 ChatGPT 对话与跟真人对话很相近。但在 ChatGPT 跟我们对话的过程中，它内部的工作原理跟大脑工作原理一样吗？可以明确告诉大家是不一样的。因此，行为主义学派的人工智能走的是一条机器智能的道路，跟人类的智能并不完全一样，它只是行为上相似，这是目前人工智能的主流。

2. 唯心主义学派

人工智能还有另外一派，我们称之为内在主义学派或唯心主义学派。它**主张必须用机器模拟人类大脑的工作原理，这样才能实现真正的智能，即类脑计算。**

这两个学派不存在谁对谁错的问题，因为大家按照不同思路去走人工智能的道路。前者主张除了人类这条道路外，机器或其他方法也可以走出一条智能的道路；后者主张走向智能道路只有人类这一条，这两个学派目前都处于探索阶段。

人类是如何探索这条道路的呢？1956 年，在美国的达特茅斯召开了一个人工智能研讨会，参加会议的十个主要人物来自数学、计算机科学、认知心理学、经济学和哲学等不同领域。他们经过八周的讨论，定义了人工智能，希望机器能像人那样思考。与会者主张用符号推理、符号表示来做这件事。在这个

会议上，科学家艾伦·纽厄尔和赫伯特·西蒙表演了一个程序，叫作“逻辑学家”。该程序是用机器证明《数学原理》第二章中的部分定理，这表明，机器能做类似推理的工作。因为数学定理的证明与推理相似。

人工智能的三个阶段

人工智能是非常年轻的领域，从 1956 年到现在，它的历史不到 70 年。这个过程分成三个阶段，分别是第一代人工智能、第二代人工智能和第三代人工智能。

1. 第一代人工智能

第一代人工智能想做什么事情呢？——**想让机器像人类那样思考**。思考是指推理、决策、诊断、设计、规划、创作、学习等，思考能力实际上是我们白领工作的基础。任何一个白领工作都需要这样一个思考能力（行为）或理性行为。

白领工作要做得好，思考能力一定要很强。怎么才能让我们的思考能力变强呢？

一是在某个领域具有丰富的知识和经验，二是具有很强的推理能力。根据这样的分析，人工智能的创始人提出了“基于知识与经验的推理模型”。这个思想非常简单，即我们要实现机器会思考，只要把相应的知识放在计算机里即可。比如，我们要让计算机看病，只要把医生的知识和经验放到知识库，医生看病的推理过程放在推理机制里，计算机就能看病了。如果要让计算机做一些其他的思考工作，比如设计工作，我们把某个领域的设计知识和经验输入知识库，把设计的推理过程放在推理机制里，计算机就能帮你设计。所以**基于**

知识和经验的推理模型是所有理性行为共同的计算模型，我们用这个计算模型就可以让机器像人类那样思考。



这个模型的核心思想是知识驱动。知识是人类智慧的源泉，知识就是力量。这些知识我们通常叫它理性知识，理性知识来自教育，所以所有做白领工作的人必须要接受教育。不接受教育，你就不可能有理性知识。不仅需要接受教育，而且最好能接受更高等的教育，这样才可能保证理性工作做得好。有的时候我们也把它叫作符号主义，因为我们把人类的知识和经验以符号的形式表达在计算机之中。

20 世纪 70 年代初，美国人根据这个思想做出了一个名为 MYCIN 的医疗诊断系统，主要用于看血液传染病、开抗生素药。他们把内科医生的知识、传染病专家的知识都放在里面，知识很专也很有限，又称专家系统。MYCIN 可以像医生那样看血液传染病，最后开出抗生素药，由于增加了传染病专家的知识，因此它的看病水平要比一般的内科医生高。

MYCIN 系统有一个重大的优势，即它像人类那样思考（诊断），因此人类完全可以理解它的看病过程，也就是说，这类系统可理解、可解释。但其最大的缺点是，所有的知识都要靠人类告诉它，它不能从客观世界去学习知识，因为第一代人工智能，计算机还没有自学能力。此外，人类之间传授知识是用自然语言进行，但当我们想把知识传授给计算机时，当时的计算机还不懂自然语言，因此必须想出一个计算机能理解的办法跟它进行交流，才有可能构造这种

系统，这就是所谓知识表示与获取的困难。所以这种系统在当时构造起来十分费时费力，导致其应用特别是产业化很不顺利。MYCIN 医疗诊断系统所需的知识非常有限，只开抗生素药、只看血液传染病，但是这么小的一个系统却花了三年半时间才完成。所以第一代人工智能走过的路比较曲折，最开始的时候应用很有限，后来有了专家系统以后，虽然得到一些应用，但应用领域很窄，陷入“人工智能的冬天”。

2. 第二代人工智能

在第一代人工智能处于低潮时，第二代人工智能逐步发展。第二代人工智能主要是从人工神经网络出发，1943 年提出人工神经网络的数学模型，它主要想模拟人类脑神经网络的工作原理。这个模型最早很简单，能做的事情比较少。第二代人工智能初期的进展也很缓慢。

清华大学从 1978 年开始进入人工智能领域，相当长一段时间里我们处于第一代人工智能结束、第二代人工智能开始的阶段，遇到了“人工智能的冬天”。1978 年，我们成立了“人工智能与智能控制”教研组，这是中国最早的研究人工智能的机构。当时差不多有 30 位老师参与，这些老师绝大部分来自自动控制领域，原来并不是搞人工智能的。1978 年，我们招收了头一批硕士



生；1980—1982年，我代表教研组到美国伊利诺伊大学香槟分校综合科学实验室访问了两年，主要目的是学习人工智能。因为我们当时虽然选择了这个方向，实则对人工智能很不了解。那个时候综合科学实验室的主任是华裔科学家钱天闻^①，他的方向是人工智能。他当时有6位博士生，其中一位已经做了8年，因为没有选到好的题目，所以没法再做下去；有一个做了不到一年就转到计算机的其他方向去了；还有一个台湾来的做了4年，也没选到合适的方向。从这些情况来看，当时人工智能确实处于低潮。

（1）作为主要方向的“智能机器人”

我们从1985年开始招收第一批博士生。当时我回国以后，也感觉到虽然可以开展一些和人工智能有关的教学，但科研几乎没法开展。所以我们在1982—1984年就做了调查研究，在原兵器工业部的支持下到西南、东北，访问了大量跟兵器有关的研究所和工厂。经过这个调查，我们感觉必须要发展智能机器人。因为国外装引信、炸药等危险工作都是自动化的，但在国内当时还是人工，当我们看到这些需求之后，就把智能机器人作为一个主要的研究方向。

我们开始建立智能机器人实验室，但困难非常多。首先需要购买PUMA560机器人，因为在美国所有搞机器人的大学里都有这种设备，但是机器人是巴黎统筹委员会对中国禁运的物资，所以我们当时很难买到。通过跟福建合作，我们从香港买人家的二手货，用机床的名义运到北京来。买到的设备没有任何说

^① 钱天闻：国际上公认的著名人工智能专家，无锡新安人，乃无锡企业家钱凤高先生之幼子。早年就读于上海大同大学附中，1948年考入伊利诺伊大学，攻读电子工程。曾入职IBM，对计算机存储系统纠错编码的理论和应用作出了极大贡献，IBM曾授予他“杰出贡献的发明奖”。1964年伊利诺伊大学坚决聘他回校任职，担任工程学院科学实验中心（CSL）主任，从事高级自动化机器人计算机智能系统研究。该中心自钱天闻主持工作以后，科研成绩斐然。

明书，这是内地进口的第一台机器人设备。当时这个设备要十几万，但我们一分钱没有，所以就跟福建省计算机研究所合作，说两家各出一半钱，另一半钱我们先从他们那里借，实际上完全是他们出钱买的，后来因为这项工作搞得很好，他们也没再向我们要钱。所以就把这个实验室建起来了。

1985 年建立实验室，1986 年国家设立了 863 发展计划，这个发展计划把智能机器人作为一个主题。从那时开始，清华大学就参加了第一届智能机器人主题的“863”高技术研究。我们从第一届到第四届都是作为专家参加专家组，到了第五届，清华大学成为开展智能机器人研究的组长单位。1997 年，设立了空间机器人研究项目，清华大学也是空间机器人的组长单位。1990 年正式成立“智能技术与系统”国家重点实验室，这个实验室搞得很好，每 4~5 年评估一次，我们连续 3 次全得到优。得到优以后，运行费就给 1000 万元（最初是 800 万元），当时 1000 万元还是很大的一个数目。正是由于这两方面的支持，我们的研究工作得以开展。在低潮时期，不管国内还是国外，好多单位都难以继续这方面的研究，但从 1978 年一直到 20 世纪 90 年代末，由于国家重点实验室的存在，我们的研究工作一直做得不错。

首先我们建立了两个理论。一是建立了**问题求解的商空间理论和粒计算理论**，这个当时在国际上有相当影响。2005 年，由清华大学发起和组织了第一届国际粒计算会议，后来每年开一次，一直延续至今。由中国学者确立的这个研究方向，直到现在依然延续下来，是一件很不容易的事情。二是在人工神经网络方面，我们也做了早期的很多工作。当时人工神经网络的发展很困难，在模型和学习算法方面，我们作出了很好的贡献。此外，1990 年开始，我们主要做了自动驾驶车，那个时候叫移动机器人，这在国际上都算是开展很早的单位，在国内当然也算是最早的。1992 年，我们又承担了军用移动机器人项目，这个项目后来也得到国家和有关部门的奖励。这项工作一直延续至今，虽然现在很多单位都在开展自动驾驶的研究工作，但其实清华大学是最早进行自动驾驶研究工作的单位之一。