

中国人工智能的未来之路

中国发展高层论坛 | 2017 年 3 月

机密和专有

未经麦肯锡公司授权，严格禁止任何人以任何形式使用本资料。

中国人工智能的未来之路

鲍达民，麦肯锡公司全球总裁

提要

2016年3月，AlphaGo 计算机程序轻取围棋九段棋手李世石，立刻引发全世界的讨论。这一里程碑事件向世界证明，机器可以像人类一样思考，甚至比人类做得更好。乐观人士相信人工智能技术的突破将极大推动生产力的提高。但同时也激发了对人工智能或将取代人类工作的焦虑情绪，甚至有人担心人类最终会创造出连自己都无法控制的智能机器。在纷繁的观点背后，有一点毋庸置疑：人工智能有着改变全球社会的巨大潜力。

随着人口红利的快速消失，中国急需寻找新的增长引擎。基于人工智能的自动化可以提升生产力，帮助中国实现其经济发展目标。

在这一背景下，理解人工智能的发展及其对中国的影响尤为重要。本文将涵盖以下内容：

- 第一部分简要介绍人工智能的发展历程、现有技术水平及未来展望。
- 第二部分分析中国在人工智能领域的实力并论述相关挑战，以及人工智能在经济、社会 and 地缘政治方面的影响。
- 第三部分对中国在产业、经济、教育、社会及国际政策方面就人工智能发展提出五大战略建议。

1. 人工智能：拐点来临

人工智能是对人的意识、思维过程进行模拟的一门新学科。似乎在一夜之间人工智能从虚无缥缈的幻想成为了现实。计算机科学家们在机器学习和深度学习领域已取得重大突破，可以赋予机器认知及预测能力。如今在现实世界中，这些系统的应用已不鲜见。

回顾变革前的简史

人工智能意为机器对人脑思维认知功能的模拟。这一概念长期以来只存在于人类幻想和科幻小说中，直至 20 世纪五六十年代，有关人工智能的理论初步形成后，才开始引发普遍乐观情绪和第一波热潮。但由于技术未能实现突破性进展，人工智能无法达成预期效果，因此陷入了一段沉寂期¹。往后数十年间虽然不乏成功案例（如 IBM 的超级计算机“深蓝”击败国际象棋冠军加里·卡斯帕罗夫），但因为人工智能在现实世界的成功案例太过孤立，所以不足以支撑大规模商业化。

让我们快进至 21 世纪。**数据收集及整理、算法（尤其是机器学习）以及高性能计算等技术**的突飞猛进促成了革命性进步。例如，在以往被认为是机器“无法取胜”的围棋比赛中，AlphaGo 成功击败人类世界冠军，从而赋予了这场获胜历史性的意义。

而变革不仅发生在理论前沿。被视为未来超级智能系统的先锋——各类应用机器学习技术的分析工具已现身市场。金融、医疗、制造等行业应用发展迅速，人工智能领域的全球风投也从 2012 年的 5.89 亿美元猛增至 2016 年的 50 多亿美元²。麦肯锡预计，至 2025 年人工智能应用市场总值将达到 1270 亿美元。

了解人工智能及其能力

以往人们借助计算机的运算能力可以更高效地完成任务（例如，比人类更快地处理更复杂的计算）。传统的软件程序由人类编写，包含具体的指令要求。

人工智能的工作模式完全不同。它们依据通用的学习策略，可以读取海量的“大数据”，并从中发现规律、联系和洞见。因此人工智能能够根据新数据自动调整，而无需重设程序。利用**机器学习**³，人工智能系统获得了归纳推理和决策能

¹ Daniel Crevier, *AI: The tumultuous history of the search for artificial intelligence (人工智能：探索人工智能的坎坷历史)*, Basic Books, 1993.

² “The 2016 AI recap: Startups see record high in deals and funding (2016 人工智能回顾：创业公司交易及融资创新高)”, CB Insights blog, 2017 年 1 月 19 日, <https://www.cbinsights.com/blog/artificial-intelligence-startup-funding/>.

³ 机器学习是人工智能领域最重要的技术进步之一。基于人类认知过程可通过数学模型模拟的假设，大量数据被输入提供框架性学习策略的算法内，“训练”机器自主寻找可以解读数据或提供预测的规则或程序。

力；而**深度学习**⁴更将这一能力推向了更高的层次。这些计算机系统能够完全自主地学习、发现并应用规则。

虽然深度学习领域近来的突破可使人工智能系统在一些关键能力上媲美甚至赶超人类，但距离实现“通用人工智能”，即机器能够完全模拟人类认知活动，仍需数十年的努力。不过机器学习系统已经有了某些商业化落地，且应用广泛，可以担当客服、管理物流、监控工厂机械、优化能源使用以及分析医学资料。麦肯锡全球研究院最近的研究显示机器学习技术可广泛应用于各行各业⁵。

人工智能技术通常由四个部分组成，即认知、预测、决策和集成解决方案。**认知**是指通过收集及解释信息来感知并描述世界，包括自然语言处理、计算机视觉和音频处理等技术。**预测**是指通过推理来预测行为和结果。举例而言，此类技术可用来制作针对特定顾客的定向广告。**决策**则主要关心如何做才能实现目标。这一领域的用例十分广泛，如路线规划、新药研发、动态定价等。最后，当人工智能与其他互补性技术（如机器人）结合时，可生成多种**集成解决方案**，如自动驾驶、机器人手术，以及能够对刺激做出响应的家用机器人等。目前人工智能各项技术的商业化水平参差不齐。认知和预测领域的许多技术已经逐步商业化，然而决策和集成解决方案技术多处在研发阶段（见图1）。

⁴ 深度学习是机器学习领域的分支及计算机科学的前沿，指人工的、基于软件的计算机通过模拟人类大脑神经元的功能，彼此相连，形成一个阶层式类‘神经网络’。不同于浅层学习算法或传统式机器学习的手工获取特征，深度学习使用多层非线性处理单元变换数据输入，上层输出作为下层输入，自动提取数据特征。该错综复杂的神经网络使得诸如图像识别及自然语言生成等更为复杂的技术得以实现。

⁵ *The age of analytics: Competing in a data-driven world* (分析时代：数字化世界中的竞争)，麦肯锡全球研究院，2016年12月。

图1：人工智能不同技术领域的商业化程度

功能	成熟度	用例
认知		辨识医学图像，准确度可与人类放射学医师媲美 ¹
		可将普通话转化为文本，准确率高达97% ²
预测		根据观影历史向观众推荐电影
		预测顾客的购物偏好 ³
决策		为客户提供资产配置和财富管理建议
		将白噪声或图像转化为超现实主义“艺术作品”
集成解决方案		通过智能音箱装置控制家用电器（如电灯、音乐播放器）
		自动驾驶汽车可在有限的已知环境中行驶

1 Tom Simonite, “IBM的自动化放射器能够解析图像和病例”，麻省理工科技评论，2016年2月4日。
2 Emma Lee, “锤子科技推出旗舰机M1/M1L，不成功便成仁”，2016年10月19日，详见<http://technode.com/2016/10/19/smartisan-flagship-smartphone-m1m1l/>。
3 Karen Bannan, “今日大数据明星”，改写版，2014年9月11日，详见<https://www.ca.com/us/rewrite/articles/application-economy/big-data-stars-of-today.html>。

人工智能的未来：挑战与机遇并存

过去的科技进步主要是指提升执行指定任务的能力。而当今的人工智能则是赋予机器反应和适应能力以优化产出。通过与物联网、机器人等技术的结合，人工智能能够构造出一个整合的**信息物理世界**。

当今人工智能发展势头正猛，未来有望在全球多个行业和场景下得到广泛运用，尤其是我们将会看到大量的人类工作被机器取代。麦肯锡全球研究院近期的一份报告对全球800多种职业所涵盖的2000多项工作内容进行分析后发现，全球约50%的工作内容可以通过改进现有技术实现自动化。

当然，技术可行性只是影响自动化速度及程度的一个因素，还有其他因素需要考虑，包括研发和应用成本、劳动力市场供需、经济效益，以及社会和政府监管部门的接受度。综合上述因素，麦肯锡全球研究院的这份自动化研究报告指出，在现今所有工作内容之中，过半会在2055年左右自动化，但这过程存在诸多变量。如

果自动化推进速度快，达到该程度可能会提前20年；如果推进缓慢，则可能延后20年⁶。

展望未来，人工智能可成为应对一些社会核心挑战的强大工具。在医疗领域，人工智能将极大提升我们分析人类基因组和为患者开发个性化治疗方案的能力，甚至大大加快治愈癌症、阿兹海默症和其他疾病的进程。在环保领域，人工智能能够分析气候特征并大规模降低能耗，帮助人类更好地监控和应对气候变化问题。人工智能甚至可以在地球以外地区发挥作用，他日或助力人类探索火星及外太空。

2. 人工智能对中国意味着什么？

在多家中国科技巨头积极研发的推动下，中国已成为全球人工智能的发展中心之一。众多的人口和完整的产业结构给中国提供了创造海量数据和广阔市场的潜力。随着老龄化的加速，中国提升生产力的要求就愈发迫切，因此人工智能技术的运用对中国未来的经济发展至关重要。一方面，中国还需要做好许多基础性工作，如更为开放的数据环境和训练有素的数据科学人才。另一方面，人工智能或将引发复杂的社会及经济问题，应审慎考量。

中国在人工智能发展中的地位

中国与美国是当今世界人工智能研发领域的领头羊。仅在2015年，两国在学术期刊上发表的相关论文合计近1万份，而英国、印度、德国和日本发表的学术研究成果总和也只相当于其一半⁷。

中国的人工智能发展多由科技企业推动引领。得益于大量的搜索数据和丰富的产品线，一些互联网企业走在了自然语言处理、图像和语音识别等技术前沿。⁸ 这些技术被整合应用于新产品中，如自动化私人助理、自动驾驶汽车等。

⁶ 这一测算的假设是：被机器取代的劳动力将再次投入工作并保持相当于2014年的生产力水平。《人机共存的新纪元：自动化、就业和生产力》，麦肯锡全球研究院，2017年1月。

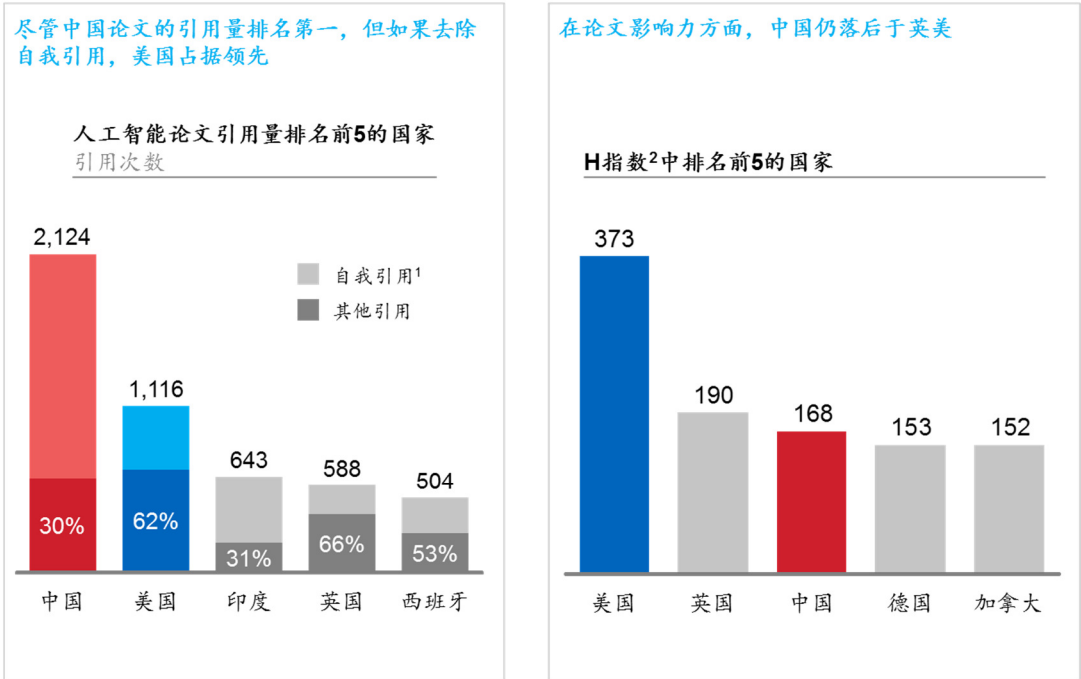
⁷ SCImago Journal & Country Rank, 2015

⁸ “Why deep learning is suddenly changing your life”, (为什么深度学习突然在改变你的生活), Fortune, 2016年9月28日, <http://fortune.com/ai-artificial-intelligence-deep-machine-learning/>

中国有充足的理由对其在人工智能领域的潜力感到乐观。庞大的人口基数产生的海量数据正是“训练”人工智能系统的前提条件。“范围经济”也是中国的优势所在，广泛的行业分布为人工智能的应用提供了广阔市场。

但是，中国需要持续不断的努力，才能保持人工智能的领先地位，并且最大化其经济潜能。发展创新能力是重中之重。虽然中国在人工智能的论文数量方面超过了美国，但中国学者的研究影响力尚不及美国或英国同行（见图 2）。

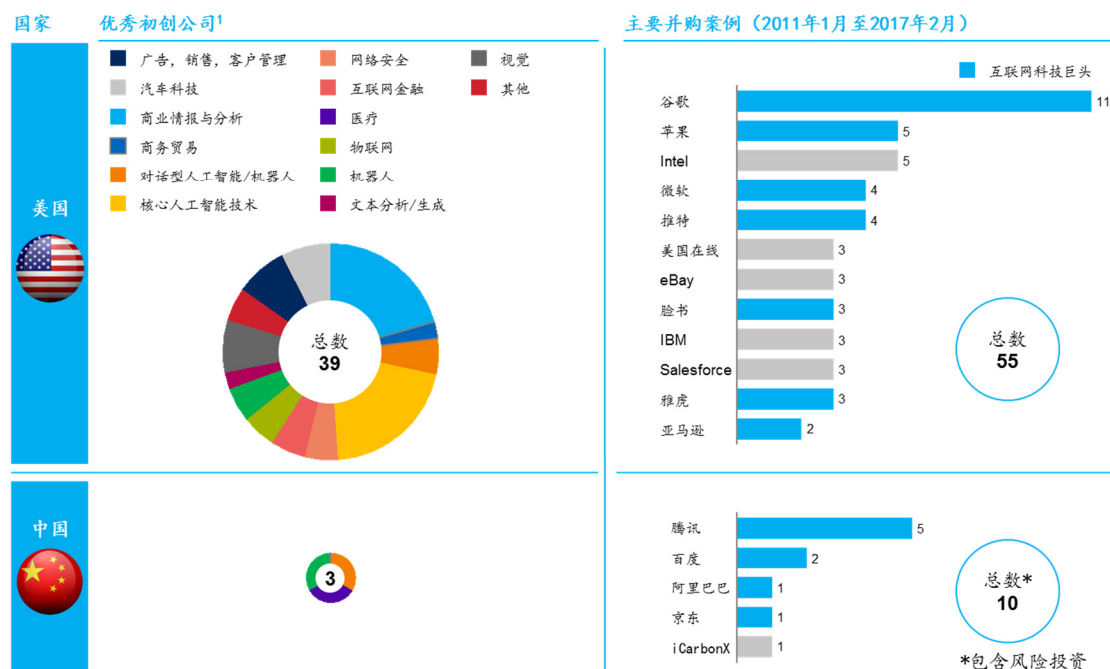
图2： 尽管中国的人工智能论文引用量领先世界，但研究的影响力不如英美



¹刊物自我引用指某刊物引用本刊物中文章内容的次数。
²H指数是对学者发表文章的产出量和被引用次数进行科学测量的方式。H指数越高，发表文章篇数和被引用次数越多。
资料来源：SCImago Journal Rank (2015)

此外，美国的人工智能生态系统也更为完善和活跃，创业公司数量远超中国（见图 3）。由研究机构、大学及私营企业共同组成的生态系统庞大、创新且多元。硅谷在科技领域日积月累的强劲实力形成了强大而难以复制的优势。

图3：美国优秀的人工智能初创公司在数量上和多样性上都远胜中国，行业并购也更活跃，说明其人工智能行业生态更为完善



1 根据CB Insights的AI 100列表，从按总融资金额排序的前50大初创公司选取中国及美国公司
资料来源：CB Insights，麦肯锡分析

以下，我们从数据、算法和计算能力等三个关键因素出发分析中国面临的挑战。

数据

正如人类需要从食物中获得能量，人工智能的“食物”则是稳定的数据流。人工智能系统必须通过大量的数据来“训练”自己，才能不断提升输出结果的质量。但数据领域的几个因素可能会影响中国人工智能的发展。首先，尽管中国的科技巨头能够通过其专有平台获得海量数据，但在创建一个标准统一、跨平台分享的数据友好型生态系统方面，中国仍落后于美国。其次，全球各国都已意识到开放政府数据库有助于促进私营领域创新，但中国政府数据的开放度仍极为有限（见图4）。最后，对跨境数据流通的限制也使得中国在全球合作中处于不利地位。

图4：中国的政府数据开放度为全球第93名

数据开放度 ¹ 全球排名	美国	中国
天气预报	13	80
水资源质量	15	74
全国统计数据	1	106
政府支出	8	82
政府采购	1	36
位置（邮编）	49	61
全国地图	1	88
立法及法律	1	39
土地所有权	66	85
污染物排放	1	30
政治选举结果	83	87
公司注册内容	33	71
政府预算	1	49
综合	8 th	93 rd

¹ 对于每类数据开放度的评估主要基于能够影响公众获取数据的十大方面，包括数据是否在网上公布、是否免费、是否及时更新、是否机器可读等。

资料来源：Open Knowledge International (2015)

算法

就应用层面而言，中国的算法发展程度与其他国家并无太大差距。事实上，中国在语音识别和定向广告的人工智能算法上取得了突破进展。而全球的开源平台也使得中国企业能够快速复制其他地区开发的先进算法。

然而，中国的研究人员在基础算法研发领域仍远远落后于英美同行。一个主要原因就是人才短缺。美国半数以上的数据科学家拥有 10 年以上的工作经验，而在中国，超过 40% 的数据科学家工作经验尚不足 5 年⁹。中国在人才方面的持续努力将至关重要。

目前，中国只有不到 30 所大学的研究实验室专注于人工智能，输出人才的数量远远无法满足人工智能企业的用人需求。此外，中国的人工智能科学家大多集中于计算机视觉和语音识别等领域，造成其他领域的人才相对匮乏。如果中国大学对学生提出更高的数学和统计学要求，并且集中资源发展该领域全球前沿研

⁹ “搜索模式面临天花板 百度总裁换帅升级人工智能战略”，21 世纪经济报道，2017 年 1 月 18 日，

http://epaper.21jingji.com/html/2017-01/18/content_54928.htm

究，人工智能的发展必将受益匪浅。另一个值得思考的方向是改进现有的科研经费分配模式来推进创新。

计算能力

就人工智能的商业应用而言，计算能力并非当前掣肘。由于微处理器在全球市场上是非常普遍的产品，计算能力已经成为一种能够轻松购买得到的商品。

然而，中国绝不能忽视发展自己的先进半导体、微处理器和高性能计算技术的重要性。高运算速度的计算技术是发展尖端人工智能技术的重中之重，而其耗能水平则决定着人工智能解决方案能否实现大规模商业化。计算能力是人工智能的基础设施之一，因此具有极高的战略意义。依赖进口意味着这一基础设施的坚固程度仍不理想。

长期以来，中国的微晶片严重依赖进口，部分类型的高端半导体则几乎完全依靠进口¹⁰。2015年，美国政府禁止了英特尔、英伟达和AMD这三家全球最大的芯片供应商向中国机构出售高端超级电脑芯片¹¹。这一禁令显示了中国在半导体方面的自主研发能力对于未来人工智能发展十分重要。

为应对这一局面，中国政府在2014年出台了《国家集成电路产业发展推进纲要》以及“中国制造2025”行动纲领。中国政府还成立了国家集成电路产业投资基金，目前募资已超过200亿美元。相关行动已初见成效：2016年6月神威·太湖之光超级计算机问世，成为世界上运算速度最快的超级计算机，使用的是中国自主知识产权的处理器。政府的前期投资可以产生显著的涟漪效应，鼓励私营企业的积极参与。

特种处理器，如可以处理大量复杂计算的GPU，对人工智能的发展格外重要。在中国大力发展其集成电路产业的过程中，也应密切关注此类处理器的发展。

¹⁰ “Chips on their shoulders”（肩上的芯片，隐喻中国在这一方面所面临的挑战），*经济学人*，2016年1月23日。

¹¹ Khalid Moammer, “US government bans Intel, Nvidia, and AMD from selling high-end chips to the Chinese government”（美国政府禁止英特尔、英伟达和AMD向中国政府出售高端电脑芯片），WCCFtech, 2015年4月24日，<http://wccftech.com/us-government-bans-intel-nvidia-amd-chips-china/>.

总而言之，在探索发展人工智能的战略进程中，中国需要清楚地认识到，科技产业正在快速全球化。从基础研究到应用开发，再到硬件生产，人工智能全产业链的各个环节都包含着大量国际合作。在建设自己的数据生态系统、培养数据科学和研发人才，以及打造半导体产业的同时，中国还需要将其人工智能产业建设成为一个与全球市场融合的开放系统。

人工智能对经济的影响

随着中国老龄化日益严重，生产力的提升刻不容缓，人工智能正是加快生产力增长的重要机遇。然而，政策制定者还应考虑到它可能对劳动力市场产生的震荡。

在过去数十年，中国因“人口红利”受益良多，劳动力的扩张大大促进了经济增长。但老龄化正使中国逐渐失去这一推动力。中国的劳动年龄人口最早将在2024年达到峰值，并在之后的50年中减少五分之一。这一人口结构变化趋势意味着在当前生产力水平的基础上，中国将缺乏足够的劳动力以维持其经济增长。拉动经济增长唯一可行的方式就是大幅推动生产力增长¹²。

人工智能有助于缩小这一差距。**通过辅助或替代人类劳动，人工智能系统能够更有效率地完成现有工作，从而提升生产力。**以英特尔为例，该公司在芯片生产过程中会收集大量数据。过去，如果生产中出现问题，公司需依靠人工分析数据寻找根本原因。而现在，机器学习以远胜人工的速度完成这项任务，其算法能够筛选成千上万的数据点以找出残次芯片的共同特征。此外，**人工智能还可以使工业机械制造、供应链、物流以及其他生产流程更为高效。**人工智能应用还能通过预测故障、找出瓶颈，以及自动化流程和决策创造出巨大效益。

酒店和餐饮服务业、制造业以及农业在中国经济结构中占据了相当大的比重，其中包含大量重复的、可自动化的工作内容。麦肯锡全球研究院预测，根据应用速度的不同，**基于人工智能的自动化为中国带来的生产力提升每年可贡献0.8至1.4个百分点的经济增长。**

除了提升生产力之外，人工智能技术的不断发展也将创造新的产品和服务，提供新的岗位和业务。就在几十年前，还没有人会想到互联网经济催生的新职业，而人工智能也将带来相似的变革。

¹² 全球经济增长：生产率能否拯救老龄化世界？麦肯锡全球研究院，2015年1月。

人工智能有大幅提升生产力增长的潜力，但代价可能是收入差距的进一步扩大。总而言之，人工智能将推动形成所谓的“技能偏好型科技变革”——即数字技能将特别受到重视，而对中低端技能劳动力的需求将缩小。比如，考虑到阿里巴巴已在其移动支付应用中启用了人工智能客服，由此可以设想今后客服等职位的需求将减少。劳动力总需求因而可能下降，尽管平均收入水平有希望上升，财富分配则将进一步向具备合适技能的人才聚拢。“数字鸿沟”有可能扩大社会分化。

总体而言，中国目前从事可自动化工作的劳动力人口超过其他国家。麦肯锡全球研究院预测中国 51% 的工作内容有自动化潜力，这将对相当于 3.94 亿全职人力工时的冲击¹³。

由重复性工作内容和可预测的程序性任务构成的职位尤其容易被人工智能取代。根据成本效益分析，中等技能工人将首当其冲，而低收入岗位则可能存在更长时间。但这并不意味着如今的高端工种能够完全免受冲击。比如，医生之类专业人士的部分工作也可能被自动化，而医生的工作内容将会更专注于与人的沟通和互动¹⁴。许多职业并不会消失，但其工作内容将会发生改变，因此教育和培训体系也应与时俱进。一份美国政府报告预测了可能在未来盛行的四大类人工智能相关工作¹⁵：使用人工智能系统完成复杂任务的协作性工作（如护士使用人工智能应用常规查房）；开发人工智能科技和应用的研发性工作（如数据科学家和软件研发人员）；监测、授权或修理人工智能系统的监测性工作（如人工智能机器人的修理师）；适应人工智能时代的工作（如建立人工智能相关法律框架的律师或设计适合自动汽车行驶环境的城市规划师）。

对先进数字技能的需求增加和低端劳动力的剩余将可能导致不平等的加剧，部分人群在这一问题面前尤为弱势。比如，目前女性在中国计算机技术专业毕业生中的占比不到 20%¹⁶；从事可自动化的、重复性职业的女性过多，而在科技和管理岗位中又不足。在最新的万事达卡女性进步指数中，中国女性在就业方面得

¹³ 人机共存的新纪元：自动化、就业和生产力，麦肯锡全球研究院，2017 年 1 月。

¹⁴ Vinod Khosla, Technology will replace 80% of what doctors do（科技将取代医生工作的 80%），2012 年 12 月 4 日，详见 <http://fortune.com/2012/12/04/technology-will-replace-80-of-what-doctors-do/>

¹⁵ 美国总统行政办公室，人工智能、自动化和经济，2016 年 12 月。

¹⁶ 新浪新闻，“女性比例最高的 20 大专业”，2015 年 3 月 3 日，详见 <http://edu.sina.com.cn/gaokao/2015-06-03/0952471042.shtml>

分 83.8，但在领导方面仅获 27.8 分，说明了高技能职位的两性平权远未实现¹⁷。而人工智能因此可能会进一步加剧性别不平等。

与之相似，人工智能的逐步应用也可能进一步拉大富裕沿海地区与欠发达内陆地区的差距，加剧城乡发展的不平衡。只有认真研究充分评估各种可能性，才能规划好人工智能占据重要一席的未来。

对社会的影响

人工智能发展前景广阔，可用于改善医疗、环境、安全和教育，提升民生福祉。与此同时，由于它模糊了物理现实、数字和个人的界限，衍生出了复杂的伦理、法律及安全问题。随着人工智能的逐渐普及，需要审慎管理来应对这一转变。

许多现有用例展现出了人工智能解决社会问题的潜力。人工智能系统能够帮助科学家预测环境变化。康奈尔大学利用这一技术预测动物栖息地变化以保护某些鸟类¹⁸。人工智能在医疗领域也得到广泛应用。荷兰政府使用人工智能技术为特定病患群体寻找最有效的治疗方案，并通过分析数字化的医疗档案来减少医疗失误¹⁹。在美国，拉斯维加斯卫生部利用人工智能技术进行公共卫生监测，通过社交媒体的追踪来确定疾病爆发的源头²⁰。人工智能系统还能提升公共交通系统的安全性和效率。已有证据表明使用人工智能技术的自动驾驶汽车可以减少交通事故²¹。而

¹⁷ 2016 万事达卡女性进步指数。

¹⁸ Erin Biba, “Three ways artificial intelligence is helping to save the world (人工智能拯救世界的三种方式)”, *Ensia*, 2016 年 4 月 26 日, 详见 <https://ensia.com/features/three-ways-artificial-intelligence-is-helping-to-save-the-world/>.

¹⁹ “Artificial intelligence will redesign health care (人工智能将重塑医疗行业)”, *The Medical Futurist*, 详见 <http://medicalfuturist.com/artificial-intelligence-will-redesign-healthcare/>.

²⁰ Hope Rees, “Awarding-winning AI app developed at the University of Rochester tracks foodborne illnesses and has implications for public health departments (罗切斯特大学研发的获奖人工智能应用追踪食源性疾病并为卫生部门提供启示)”, *iTechRepublic*, 2016 年 3 月 9 日, 详见 <http://www.techrepublic.com/article/ai-app-uses-social-media-to-spot-public-health-outbreaks/>.

²¹ Peter Stone 等, “Artificial intelligence and life in 2030 (2030 年的人工智能和生活)”, *One Hundred Year Study on Artificial Intelligence: Report of the 2015-2016 Study Panel (人工智能百年研究: 2015-2016 年研究组报告)*, 斯坦福大学, 2016 年 9 月。

阿里巴巴与杭州政府合力推进智能城市交通体系，以人工智能控制交通信号灯，可以有效减少城市特定区域的拥堵并使通行速度提高 11%²²。另外，人工智能还被用于预测能源需求，管理能源使用。谷歌大数据中心的能耗降低²³，英国政府对电网系统中需求高峰的管理²⁴都是该技术方向的早期用例。对企业和消费者而言，这意味着高达数十亿美元的能源节约机会。

然而，除了这些潜力外，管理具备自主学习和决策能力的机器也是一份艰巨的责任。许多值得深思的伦理和法律问题因此而生。阿西莫夫的机器人三大定律首次尝试为人机互动设立基本原则²⁵。但人工智能技术所带来的伦理问题更为微妙，其潜在影响也更为深远。

首先，当传感器和人工智能无处不在时，企业得以不断收集个人信息，不仅在人们使用数字设备时，也在人们往返于公共和私人空间时。在某些特定场合，比如医院，采集这些个人信息极为敏感。这就引发了一系列问题：谁拥有个人数据？数据应以何种方式共享？面对日趋严峻的网络安全攻击又该如何保护数据？

其次，人工智能可能在决策过程中产生无意识的歧视。由于现实世界存在着各种形式的种族歧视、性别歧视和偏见，输入算法中的数据也可能附带这些特征。而当机器学习算法学习了这些带有偏见的训练数据，也就“继承”了偏见。2016 年，一家顶尖的人工智能企业就发生了此类事故：该公司通过网络论坛训练了一个实验性聊天机器人，不曾想机器人学会了各种种族歧视和性别歧视的语言，惹恼了

²² “阿里云人工智能 ET 开始接管杭州的交通治理”，*新浪新闻*，2016 年 10 月 13 日，详见

<http://finance.sina.com.cn/roll/2016-10-13/doc-ifxwvpqh7318076.shtml>

²³ James Vincent, “Google uses DeepMind AI to cut data center energy bills (谷歌使用 DeepMind 人工智能技术削减数据中心能源消耗)”，2016 年 7 月 21 日，详见

<http://www.theverge.com/2016/7/21/12246258/google-deepmind-ai-data-center-cooling>.

²⁴ Valentin Robu, “Why artificial intelligence could be key to future-proofing the grid (人工智能为何对面向未来的电网至关重要)”，Robohub, 详见 <http://robohub.org/why-artificial-intelligence-could-be-key-to-future-proofing-the-grid/>.

²⁵ 科幻小说作者、教授艾萨克·阿西莫夫在 1942 年编写了这些定律。其简化版本为：1) 机器人不得伤害人类，2) 机器人在不违反第一定律的情况下必须服从人类命令，和 3) 机器人在不违反第一和第二定律的情况下必须保护自身。

许多网络用户。可以想见，如果有偏见的人工智能处在了决策地位，那么其决策可能会导致特定人群受到不公正的待遇。

除伦理问题之外，人工智能在社会的普及更会产生诸多法律层面的影响。如果人工智能的决策导致意外甚至犯罪，谁应当对其负责？人工智能创作的知识产权归谁所有？一旦人工智能拥有超级能力，又该用哪些措施进行监管？人工智能研发人员有哪些法律权利与义务？要建立一个完善的法律及伦理框架，仍有许多问题尚待充分探讨。

对地缘政治的影响

人工智能的发展大多在开源环境下进行，充分体现了国际合作的重要性。进一步的推进人工智能的发展也需要各国合力提供更为广泛的数据、算法、资金和人才交流。然而，虽然全球经济不断数字化，全球监管方面的许多领域仍是一片空白。赶超人类智力的自动系统带来了诸多伦理及安全问题，也需要国内及国际间的共同协作来解决。

此外，正如基于人工智能技术的自动化将造成劳动力市场分化，技术不发达的发展中国家在这一波发展浪潮中也将落于下风，国家间的“数字鸿沟”进一步扩大。一些国家原本期待快速增长的人口能够推动劳动力密集型经济的发展，但如果大量人力工作被机器取代，甚至可能出现新的社会动荡。

最后，计算机模拟工具已经被广泛运用在战争推演，而人工智能将进一步提升这类模拟的精度和能力。人工智能武器化隐藏着巨大的风险。由美国海军委托撰写的一份报告声称，随着军用机器人的复杂化，人们应更多关注其自主决策能力带来的影响²⁶。史蒂芬·霍金、伊隆·马斯克及超过 1000 名人工智能和机器人研究人员共同签署请愿信，要求禁止在战争中使用人工智能，并警告“自动化武器”可能

²⁶ Patrick Lin, George Bekey, 和 Keith Abney, *Autonomous military robotics: Risk, ethics, and design* (自动化军用机器人：风险、伦理和设计，伦理和新兴科学小组)，加州理工大学，由美国海军部委托，2008 年 12 月。

带来可怕灾难²⁷。人工智能系统正如此前的核能及核武一样，必须通过强有力的国际公约来确保其和平使用，以保障世界各国的安全。

3. 中国人工智能的未来之路

中国要将目前的创新转化为长期可持续的增长引擎，就必须制定一套精心策划的战略。政府可以为人工智能的发展打牢根基，并且设定激励人心的目标，以此刺激私营部门的创新和应用。人工智能的发展基石包括完善的产业、经济、社会以及外交政策框架。

相关产业及经济政策框架

虽说人工智能尚处于发展早期，但其发展很可能是非线性的。这就意味着完善的产业政策必须尽快到位，否则可能出现激励不当、投资过度 and 供应过剩的风险，破坏人工智能所产生的价值。市场将主导人工智能技术的开发和应用，合适的政策框架可为其构建一个健康的发展环境。

战略重点之一：建立完善的数据生态系统

海量数据是训练人工智能系统、吸引人才、加速创新的核心要素之一。中国可以通过建立并落实数据规范、向私营领域开放公共数据、鼓励跨国数据交流来构建一个更为完善的数据生态系统。

首先，**建立数据标准**是进行广泛数据分享和实现系统间交互操作的重要前提条件，有助于提升物联网及人工智能技术的价值。潜在的庞大数据体量是中国的天然优势，使中国有机会在国际上更好地发挥领头羊的作用。而且，在与中文语言相关的数据规范制定方面，中国也应起到主导作用。

对于特定行业数据，政府可要求现有的监管机构制定必要规则。比如美国证券交易委员会在 2009 年出台规定，要求所有上市公司使用 XBRL（可扩展商业报告语言）格式发布财报，确保所有公开数据的机器可读性。

²⁷ Lucas Matney, “Hawking, Musk warn of ‘virtually inevitable’ AI arms race（霍金、马斯克对‘几乎无可避免的’人工智能军备竞赛提出警告）”, TechCrunch, 2015 年 7 月 27 日, 详见 <https://techcrunch.com/2015/07/27/artificially-assured-destruction/>.

其次，为了提升数据的多样性，政府应提高**公共数据的开放程度**，并带头建设行业数据库。这些举措同时能够提升公共服务质量、提供政策制定洞见，从而带来额外益处。比如纽约市政府就建立了公开数据门户网站，为市民提供经济发展、医疗、休闲、公共服务等领域的数据库。2012年纽约市还颁布了《开放数据法案》，要求政府部门使用机器可读取的数据并建立API（应用程序编程接口），方便软件研发人员直接连接政府系统并获取数据。

最后，中国政府还需考虑**国际数据流**的价值。麦肯锡全球研究院的调查表明，2014年，跨境数据流为全球经济创造了2.8万亿美元的价值，对经济增长的贡献已经超过实体贸易。此外，研究还指出，由于经济体需要接触全球的思想、研究、科技、人才和最佳实践案例，数据流入和流出都能十分重要²⁸。

数据是未来的货币。例如在医学研究中，如果没有全球海量临床数据的支持，人工智能的潜力就无法得到充分挖掘。过多的桎梏将会束缚中国的人工智能企业，导致其丧失开发具有全球竞争力产品的能力。

战略重点之二：拓宽人工智能在传统行业的应用

只有当人工智能技术在中国真正普遍的应用于传统行业，而不仅仅属于科技巨头时，其经济潜力才会充分彰显。提升各行各业的生产力水平将创造巨大的价值，但中国首先需要克服重重障碍。

第一重障碍是很多商业领袖还没有意识到改变现有业务运作方式的紧迫性。麦肯锡调查显示，目前在中国的传统行业中，超过40%的公司仍未将人工智能列入战略优先项。因此，许多公司仍未开始采集未来人工智能系统所需要的数据。例如，农业公司鲜少记录如种植时间表或是气候对产出的影响，而这些信息正是人工智能生成洞见及提升效益所需要的。与此形成对比的是，英国、美国和日本都已建立了全国信息系统采集此类数据，将先进的分析技术引入现代农业管理。

第二重障碍是专业技术知识的缺失。如上文所述，中国需要培养更多的优秀数据科学家，特别是在一些需求紧迫的领域。而能将人工智能知识转化为商业应用创造价值的人才也同样紧缺。为了理解和应用数据，越来越多的企业决策者和中层管理者需要学习新技能。与英特尔类似，一家中国芯片制造商已经意识到，分析在制造和测试过程中的大量数据将有助于改进生产流程并降低残次率。但由于缺乏既懂半导体技术，又懂人工智能的人才，这一想法仍然没能付诸实施。

²⁸ 数字全球化：全球流动的新时代，麦肯锡全球研究院，2016年3月。

第三重障碍是实施成本较高。对中国企业而言，购买人工智能系统、高价聘用专业人才有时并不合算。当人工成本较低时，引入先进技术、精简人工流程的需求也并不那么迫切。

人工智能最大的价值在于引导传统产业的彻底变革。如果政府能够帮助克服人工智能发展初期面临的这些障碍，市场将有机会充分驱动人工智能未来的发展。

减税和补助等传统经济工具可以解决一些问题。同时，政府还应率先垂范应用人工智能系统。这将产生强有力的跟随效应，激活市场，助力服务供应商的发展，积累技术经验和人才，最终达到降低应用成本的目的。

此外，鼓励物联网（简称“IoT”）在传统行业的应用将有助于人工智能产生更多的价值。物联网通过传感器和网络实现各类设备间的联通，为人工智能提供了海量的真实世界数据。结合“互联网+”政策，政府可协助打造物联网在关键经济领域应用的成功案例，为其他行业树立典范。

教育政策框架

人才对人工智能的发展和应用至关重要。一个健康的人才结构应包括尖端的研究人员来推动人工智能基础技术的发展，开发人员以促进人工智能在现实环境中的应用，以及大量能够与人工智能系统在不同场景共事的劳动力。

战略重点之三：加强人工智能专业人才储备

中国面临着巨大的人工智能人才缺口。政府需要大力投资人工智能相关教育和研究项目；重新设计教育体系，突出创新和数字技术的重要性；制定吸引全球顶尖人才的移民政策。

推进人工智能技术的发展，需要建立更大规模的计算机科学精英人才库。政府可出资设立人工智能项目，资助顶尖大学创建人工智能研究实验室和创新中心，以推进大学、科研机构 and 私营企业间的合作。在这方面，韩国政府已经迈出坚实的一步，投资 1 万亿韩元（约合 8.63 亿美元）与韩国商业巨头合资建立国家级的公

私合营人工智能研究中心²⁹。加拿大政府也有类似举措：政府向蒙特利尔三所大学的人工智能研究项目投资超过2亿美元³⁰。

许多受访专家表示，中国必须花大力气培养更为广泛的创新文化，方可实现人工智能领域的突破。途径之一就是引入将人工智能和其他学科相结合的大学课程。斯坦福和麻省理工等顶尖美国高等院校已经开设了计算机科学与人文学科的联合专业，旨在寻求激发创造力的新方法。此类课程能够激发人工智能在医疗、法律、金融和媒体等各领域的应用。

投资大学项目可带来长期收益，因为人才是未来吸引国际公司的核心所在，而非传统的税收或其他财务优惠。人工智能的大型研发团队对吸引学术人才愈发重视。谷歌 DeepMind 团队中有大约三分之二的成员来自如伦敦大学学院、牛津大学和蒙特利尔大学等学术机构³¹。这一领域顶尖公司自然而然会向拥有大量人工智能人才的城市汇聚。例如，随着蒙特利尔在该领域的声名鹊起，谷歌和微软都宣布了将向当地大学人工智能研究所投资并拓宽公司在当地的业务³²。

除了培养国内人才，中国也需要与全球顶尖数据科学家合作，参与到国际协作之中，包括大力引进国际专家来华工作、鼓励中国人工智能研究者出国学习全球最新的创新科技。这些要求政府放松居住和移民政策，并出台奖励和支持措施。

战略重点之四：确保教育和培训体系与时俱进，支持劳动力大军的再培训

人工智能在经济和社会中的普遍应用还需要数十年，但中国现在就应为一些行业的快速颠覆做好准备。某种关键技术的突破短短几年就可以让一些职业消失。

²⁹ Mark Zastrow, South Korea trumpets \$860-million AI fund after AlphaGo 'shock' (经历 AlphaGo “震撼”后韩国为人工智能发展投入 8.6 亿美元)，2016 年 3 月 18 日，详见

<http://www.nature.com/news/south-korea-trumpets-860-million-ai-fund-after-alphago-shock-1.19595>

³⁰ Karen Seidman, “Montreal universities land historic \$213M investment for computer and brain research (蒙特利尔大学因计算机和人脑研究获得历史性的 2.13 亿美元投资)”，蒙特利尔公报，2016 年 9 月 6 日。

³¹ Elizabeth Gibney, “AI talent grab sparks excitement and concern (针对人工智能人才的争抢令人喜忧参半)”，自然新闻，2016 年 4 月 26 日。

³² Rohit Singh Jain, “Microsoft pumps \$7 million into Montreal academia, to expand AI R&D office (微软向蒙特利尔学界投资 700 万美元，计划扩展人工智能研发办公室)”，科学入口，2017 年 1 月 19 日，详见 <https://thetechportal.com/2017/01/19/microsoft-pump-7mn-montreal/>

打字员、接线生、胶片洗印师及许多其他职业都随着科技进步基本退出了历史舞台。

未来的一项长久挑战是帮助受到人工智能冲击的行业劳动力重新适应并获得新技能，这将是保障公共福利和维护社会稳定的关键。政府要及时识别哪些是最可能被自动化取代的工作，并为受到影响的劳动力提供再培训，比如与职业培训学校紧密合作，向工人提供免费教育的机会。

与此同时，政府也应着力加强数据和人工智能在各个阶层的教育。未来的政府领导必须理解人工智能才能制定明智的政策，未来的管理人员必须了解人工智能才能管理企业；未来的工人必须学会与人工智能共事才能避免被淘汰。

中国应长期关注相关领域的教育，保证未来劳动力具备所需技能。这不仅包括建立未来数据科学家和工程师储备库，还要让多数劳动力懂得如何在各行各业使用科技。学校需要更重视科学、技术、工程和数学教育，即使是基础教育和职业培训也需要增加数据教育的内容。

人工智能和很多重复性工作的自动化很可能扩大数字鸿沟，因此政府对不平等问题应对就显得尤为重要。相关举措包括确保教育机会的平等性，保证女学生、农村和内陆地区学生在科学、技术、工程、数学和人工智能等各个方面能够获得充分教育。

社会及全球政策框架

战略重点之五：在国内及国际上建立伦理和法律共识

人工智能的进步将在多个方面为社会带来深远的影响。在最为紧迫的伦理和法律问题上，中国不仅要在本国，更要在国际上促成共识。

在国内，应形成一套**透明和广泛的质询程序**来确保公众做好迎接变革的准备。一些法律问题，比如隐私保护和自动驾驶汽车的责任认定等，将对人工智能的发展及应用有着举足轻重的影响。全国人大需要建立起法律框架，扫清法律上的不确定性。

待法律框架建立之后，政府就要成立监管机构负责人工智能的监督和管理。考虑到人工智能在各行各业的广泛应用，这就要求政府与各相关机构协商咨询、发挥其专长。比如，医疗领域的应用不当将造成严重后果。因此，国家卫生和计划生育委员会必须在规则制定过程中拥有强有力的话语权。

在国际方面，中国可以牵头组建国际性的监管机构以促进人工智能技术的和平、全面和可持续发展。该国际机构的目标应是监管人工智能的发展、制定标准和确定伦理准则。

除了监管，中国还可以在全球经济发展中起到模范作用。为保证全球数字鸿沟不会成为经济繁荣的长期阻碍，中国可与其他发展中国家分享和交流人工智能技术及管理经验，从而揭开“人工智能一带一路”新篇章。

* * *

在未来数十年间，人工智能有可能从根本上改变人类社会。中国应充分利用这一极其重大的技术进步提高生产力以保持较快增长。更为重要的是，中国有能力，也有机会领导人工智能在全球范围的发展和治理，确保人工智能为全人类福祉做出应有的贡献。

致谢

我们谨向国务院发展研究中心和中国发展研究基金会致以真诚的谢意，使得麦肯锡公司有机会参与讨论人工智能及其对中国的意义。在本文写作过程中，我们对政府部门、学术机构和中外私营企业的各界专家进行了广泛采访。本文也汲取了来自麦肯锡全球研究院、高端制造业、商业技术和公共部门等团队同事的宝贵经验和洞见。

我在此特别感谢以下麦肯锡同事所做出的重大贡献，他们是华强森、田勤政、李若雁、Eric Lamarre、James Manyika、Michael Chui、Christopher Thomas、陈同、Lisa Renaud、林琳、石姗姗、Glenn Leibowitz、Claire Colberg 和叶梅。

同时我也想借此机会对政府、企业、社会及学界领袖不吝分享深刻洞见表示诚挚感谢，他们是Pam Attinger、郭瑶、JUI Shang-Ling、卢迈、马文彦、彭壮壮、沈志勋、王雪、吴甘沙、杨士宁、杨斌和俞建拖。