

中银研究产品系列

- 《经济金融展望季报》
- 《中银调研》
- 《宏观观察》
- 《银行业观察》
- 《国际金融评论》
- 《国别/地区观察》

作者：刘晨 中国银行研究院
电话：010 - 6659 4264

签发人：陈卫东
审稿：周景彤 梁婧
联系人：刘佩忠
电话：010 - 6659 6623

* 对外公开
** 全辖传阅
*** 内参材料

我国人工智能产业竞争力评估： 国内格局和全球比较

人工智能经历了漫长的技术演变和应用，与实体经济深度融合，目前已成为驱动新一轮科技革命的关键通用目的技术。伴随人工智能对经济增长和经济结构变迁产生广泛影响，近年来各国政府高度重视人工智能产业发展。当前，我国已经形成较为完整的人工智能产业链条，全球竞争力持续提升。本文基于我国人工智能基础层、技术层和应用层产业发展格局和全球比较，分析我国人工智能产业整体情况，在此基础上为我国深化人工智能产业战略部署、推动人工智能产业高质量发展提出建议。

我国人工智能产业竞争力评估：国内格局和全球比较

人工智能经历了漫长的技术演变和应用，与实体经济深度融合，目前已成为驱动新一轮科技革命的关键通用目的技术。伴随人工智能对经济增长和经济结构变迁产生广泛影响，近年来各国政府高度重视人工智能产业发展。当前，我国已经形成较为完整的人工智能产业链条，全球竞争力持续提升。本文基于我国人工智能基础层、技术层和应用层产业发展格局和全球比较，分析我国人工智能产业整体情况，在此基础上为我国深化人工智能产业战略部署、推动人工智能产业高质量发展提出建议。

一、人工智能行业发展整体概况

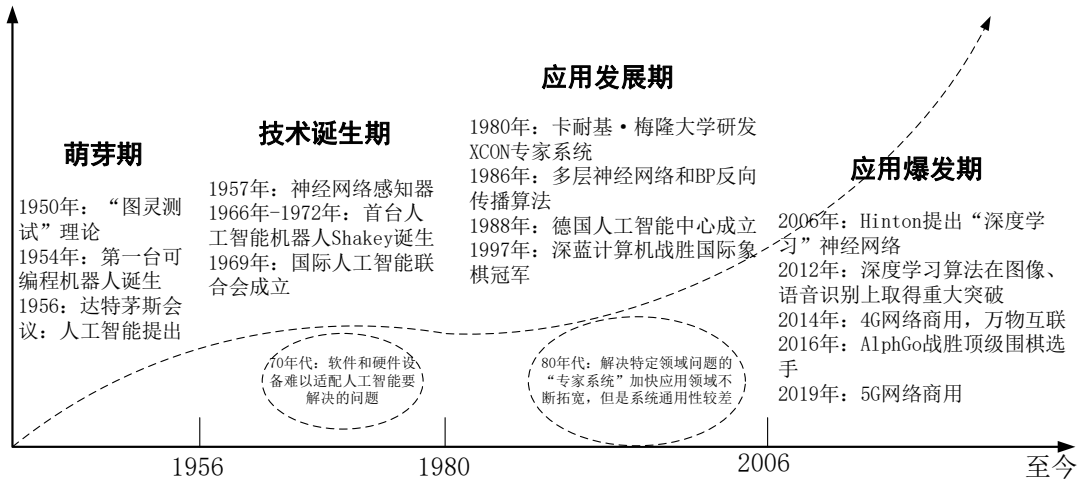
人工智能（Artificial Intelligence, AI）的概念最早诞生于 1956 年的达特茅斯会议上，特指让机器的行为与人所表现出的智能行为一样。目前对于人工智能的定义并没有形成统一的标准，根据信通院的定义，人工智能是利用人为制造来实现智能机器或者机器上的智能系统，模拟、延伸和扩展人类智能，感知环境，获取知识并使用知识获得最佳结果的理论、方法和技术发展历程¹。

人工智能发展经历了漫长的技术演变和应用，目前已成为驱动新一轮科技革命的关键通用目的技术。人工智能的发展大致经历了三个阶段（图 1），第一个阶段为 1956-1980 年，随着“人工智能”概念被提出，一系列围绕如何让计算机具备逻辑推理能力的程序、软件相继研发面世，但是受限于硬件的内存容量和处理速度，早期的人工智能主要通过固定指令执行问题，缺乏真正的学习能力。第二个阶段为 1980-2006 年，“专家系统”商业化兴起正式揭开了人工智能发展的第二波浪潮。“专家系统”AI 程序通过总结知识并“教授”给计算机，一定程度上解决了特定领域的相应问题，AI 应用领域不断拓宽。第三个阶段为 2006 年至今，以 Hinton 提出“深度学习”神经网络为标志，机器学习、深度学习、类脑计算相继提出，解决了人工智能的基础理论问题。同时，以互联网、云计算、5G 通信、大数据等为代表的新一代信息技术不断崛起，核心算法的突破、计算能力的提高和海量数据的支撑，人工智能领域的发展

¹ 中国信息通信研究院，《人工智能安全白皮书（2018）》，2018 年 6 月。

正式进入应用爆发期。如今，作为通用目的技术，人工智能不断融入各行业领域、提供个性化产品和服务、深度融合实体经济各个环节，推动各部门生产率大幅提升。

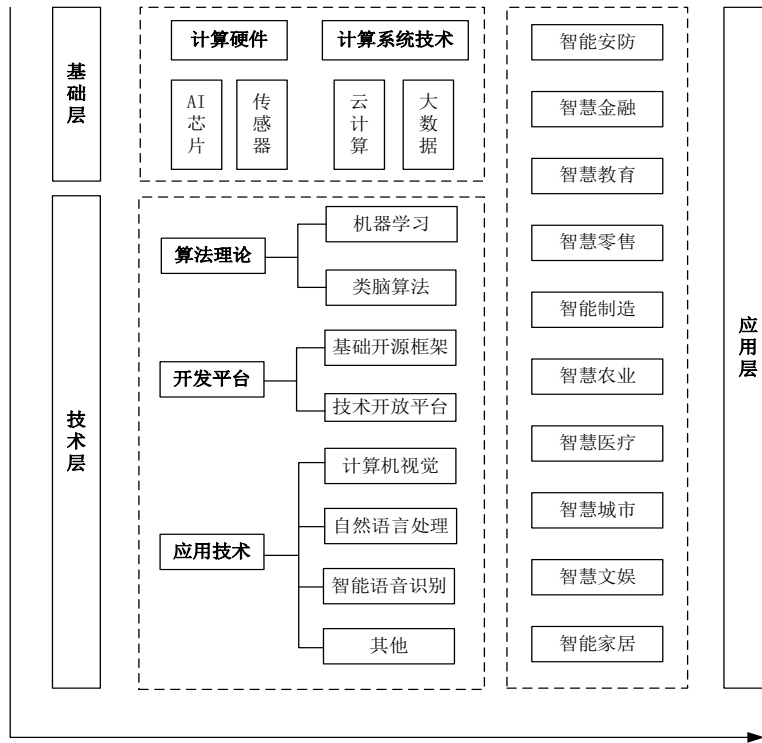
图 1：人工智能发展历程



数据来源：作者自制

人工智能加快与各部门深度融合，已经形成覆盖范围广泛的产业链条。人工智能产业链包括三层：基础层、技术层和应用层（图 2）。其中，基础层是人工智能产业的基础，主要包括AI芯片等硬件设施及大数据、云计算等计算系统技术的数据资源和基础设施，为人工智能提供数据和算力支撑。技术层是人工智能产业的核心，以模拟人的智能相关特征为出发点构建技术路径，主要包括算法理论、开发平台和应用技术。应用层是人工智能产业与传统产业部门深度融合的延伸，通过集成一类或多类人工智能基础应用技术，面向特定应用场景需求而形成软硬件产品或解决方案。

图 2：人工智能行业产业链结构



数据来源：作者自制

伴随人工智能对经济增长和经济结构变迁产生广泛影响，各国政府高度重视人工智能产业发展。人工智能已成为引领第四次科技革命与产业变革的重要核心，不仅使既有产业发生深刻变化，而且不断创新形成新业态和新产品。当前，各国人工智能产业发展水平决定了未来产业竞争格局。为了获取新一代科技革命带来的新机遇，各国加快出台国家层面的人工智能发展战略。目前，全球已有超过 30 个国家和地区将发展人工智能上升到国家战略层面（图 3）。具体来看，各国 AI 发展战略主要分为加大资金投入、推动基础研发、强化 AI 应用三类（表 1）。我国政府近年来也高度重视人工智能产业发展，先后出台一系列支持鼓励政策。2017 年 7 月，国务院印发《新一代人工智能发展规划》，将人工智能上升到国家战略层面，并提出三个阶段目标。2017 至 2019 年，政府工作报告连续三年提及加快人工智能产业发展。

图 3：全球 AI 战略地图



资料来源：经济合作与发展组织

表 1：各国支持人工智能发展战略梳理

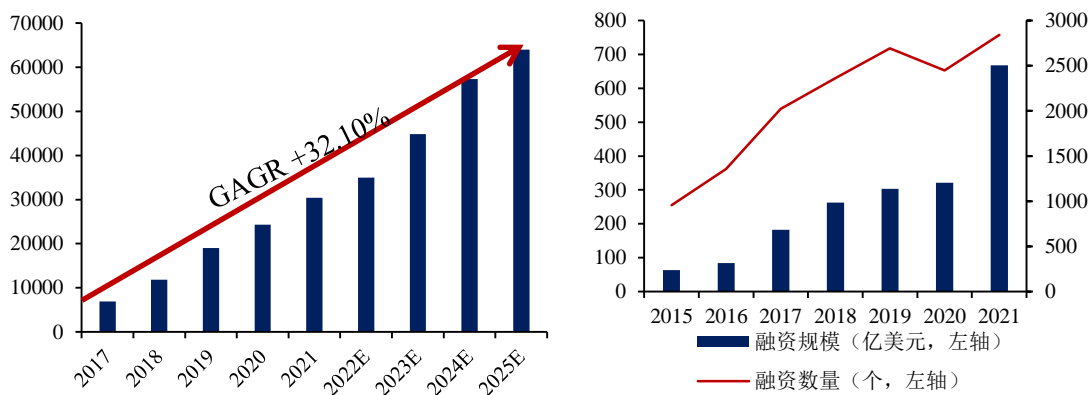
主要类型	具体内容
资金投入	<p>美国：2021 年，美国国防高级研究计划局（DARPA）设定 AI 研发投入预算 4.59 亿美元，美国国防部联合 AI 中心拟议预算 2.9 亿美元</p> <p>澳大利亚：2018 年到 2019 年的政府预算中，宣布在四年内投资 2990 万澳元支持 AI 的发展</p> <p>德国：到 2025 年 AI 投资额达到 30 亿欧元</p>
基础研发	<p>中国：到 2025 年 AI 基础理论实现重大突破，部分技术与应用达到世界领先水平；到 2030 年 AI 理论、技术与应用总体达到世界领先水平，成为世界主要 AI 创新中心</p> <p>加拿大：“泛加拿大 AI 战略”中提出增加科学家和毕业生的数量、确定三个优秀科学家群体、支持国家 AI 研究群体</p> <p>法国：发挥法国 AI 研发的潜在优势，在选定的大学和研究机构建立跨学科的 AI 组织，分配适当的研究资源（包括与制造商合作、为 AI 应用专门设计的超级计算机）；提高研究人员工资，加强产学研交流</p>
AI 应用	<p>法国：AI 发展的四大战略重点领域为健康、交通、环境、国防和安全，针对重点问题，每个战略领域分别制定政策，为特定区域的平台奠定基础</p> <p>德国：实施集成的“数字化中心”以支持每年 1000 家中小企业的数字化</p> <p>日本：AI 产业化进程聚焦三个优先领域，包括生产力、医疗健康和服务</p>

资料来源：根据公开资料整理

全球人工智能产业规模快速增长，我国发展机遇与挑战并存。各国大力支持人工智能产业发展，推动人工智能产业规模快速增长。根据德勤（Deloitte）预测，全球人工智能产业规模预计从2017年的6900亿美元增长至2025年的64000亿美元，年复合增长率32.10%（图4）。同时，人工智能行业广阔的发展前景引起资本市场的高度关注，全球整体融资规模从2015年的63亿美元激增至2021年的668亿美元（图5）。对于中国而言，一方面，海量数据优势和广阔的应用场景为人工智能落地提供了良好的平台，促进人工智能核心产业加快形成，助力传统产业数字化转型持续推进；另一方面，在包括基础硬件在内的部分领域存在明显短板，关键技术仍受到美国等发达国家制约，牵制了人工智能产业未来动能的持续释放。

图4：全球人工智能产业规模

图5：全球人工智能融资规模和数量



资料来源：德勤，CB INSIGHTS

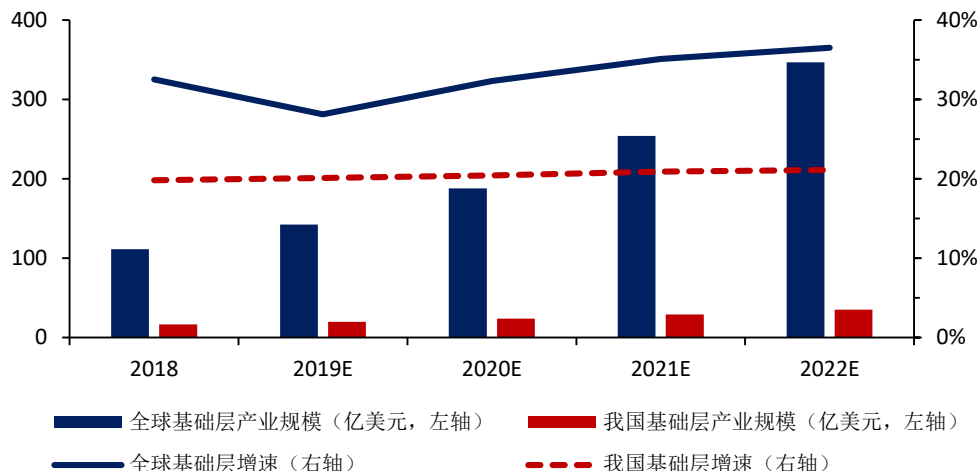
由于人工智能产业覆盖范围广泛，通过分析我国人工智能产业链各层次发展情况和竞争力，有利于深刻把握我国人工智能产业发展的短板和优势，助力我国加快补足产业短板、保持核心优势，继续抢占人工智能发展的全球高地。

二、基础层：核心技术短板牵制基础层长远发展

基础层是支持各类人工智能技术落地和应用开发的基础平台，由于基础层发展主要依赖于前期基础知识积累，创新难度高，底层基础技术和关键硬件多为美、日、韩等发达国家垄断。因此，我国在基础层的突破相对缓慢。2018年，全球人工智能基础层产业规模达到111亿美元。我国基础层产业规模达到16.6亿美元，预计2022年将

达到 35.2 亿美元，年均增速普遍低于全球增速（图 6）。

图 6：全球和中国人工智能基础层产业规模及增速



资料来源：中国电子学会

（一）AI 芯片：与国外传统芯片巨头差距明显，布局主要集中在终端 ASIC 芯片

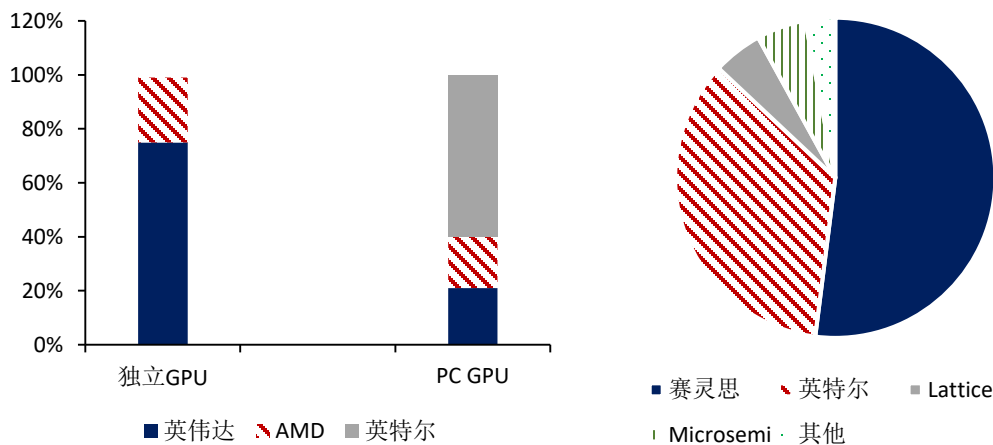
人工智能芯片为人工智能的各类功能提供支持，从广义上来看只要能够运行人工智能算法的芯片都可以称之为 AI 芯片。当前 AI 芯片产业按技术架构分类主要有三种：一是 GPU（Graphics Processing Unit，图形处理器），应用方向为高级复杂算法和通用性人工智能平台，直接可以投入使用；二是 FPGA（Field Programmable Gate Array，现场可编程逻辑门阵列），主要应用于具体行业；三是 ASIC（Application Specific Integrated Circuit，专用集成电路），基于人工智能算法进行独立定制，其计算能力和计算效率可根据算法需要进行定制，是固定算法最优化设计的产物。

全球 GPU/FPGA 芯片市场基本形成寡头垄断格局（图 7）。据 Verified Market Research 测算，2021 年全球 GPU 市场规模为 334.7 亿美元。得益于在笔记本电脑及传统 PC 行业的优势，英特尔在集成 GPU 市场独占鳌头。Jon Peddie Research 数据显示，2022 年一季度英特尔在 PC GPU 显卡市场的份额约 60%。而独立 GPU 市场则主要由英

伟达、AMD 占据，其中英伟达独立 GPU 领域市占率基本维持在 80%左右。由于 GPU 技术壁垒极高，硬件结构精密复杂、图形算法规模庞大、软件生态相对封闭，GPU 设计商必须完全自主研发，开发难度较大。近年来虽然我国 GPU 产业热度持续高涨，但是整体规模有限。2020 年中国大陆的独立 GPU 市场规模约为 47.39 亿美元。与 GPU 类似，FPGA 市场也具有极高的行业技术壁垒。目前全球 FPGA 芯片市场主要集中在赛灵思、英特尔两大企业，市场份额分别为 52%、35%。国内 FPGA 芯片集中在 40nm、55nm 工艺水平，而盈利最多的产品为 28nm 工艺节点，国内外的工艺差距至少有 2-3 代。

区别于 GPU 和 FPGA 有着很高的进入壁垒，中国芯片厂商在 ASIC 市场面临一定机遇（表 2）。一方面，ASIC 芯片通常是处理特定的功能而定制和优化的，ASIC 芯片的效率约为 GPU 的 10 倍。另一方面，由于 ASIC 芯片是为有限的功能制定的，单位芯片的生产制造成本远低于生产 FPGA 或 GPU。ASIC 目前处于技术发展初期，市场竞争格局稳定且分散。我国的 ASIC 技术与世界领先水平差距较小，部分领域处于世界前列。目前，谷歌、英特尔、寒武纪等国内外公司结合神经网络算法开发的 ASIC 芯片均表现出较好的性能，未来我国相关企业在 ASIC 市场有望占据一定份额。

图 7：2022 年 Q1 全球 GPU 竞争格局及 2019 年全球 FPGA 竞争格局



资料来源：JPR，公开信息整理

表 2：全球 AI 芯片厂商竞争层次情况

芯片种类	特征	应用场景	主要企业	市场格局
GPU	图像处理、密集型并行计算	主要应用于数据中心	英伟达、AMD	寡头垄断
FPGA	可定制编程反复烧写	适用于应用和算法变化较多的场景	赛灵思、英特尔	寡头垄断
ASIC	可根据算法进行定制	数据中心、边缘计算及各终端设备	谷歌、寒武纪	相对分散

资料来源：前瞻产业研究院，广发证券

（二）智能传感器：整体规模稳定增长，但产业自主可控程度低

智能传感器是具有板载技术的高级平台，如微处理器、存储、诊断和连接工具，可将传统反馈信号转换为数字洞察。智能型传感器作为物联时代信息交互和感知的重要来源，能够广泛应用于汽车、物流、煤矿安监、安防等领域。全球传感器行业市场规模保持稳步提升，2017-2021 年市场营收规模从 1782 亿元增长至 2607.7 亿元，年复合增长率达 10%。近年来我国对智能传感器领域产业政策持续加大，国务院及其国家发改委、工信部等多部委陆续印发了支持、规范智能传感器行业的发展政策。2017-2021 年我国智能传感器市场营收规模保持 8.2% 的年复合增长率。但是，与欧美、日韩等发达国家相比，我国智能传感器在全球份额仍然偏低，2021 年产出占比仅 10%。一方面，智能传感器核心技术主要依赖进口。传感器制造技术分为薄膜、MEMS 技术，其中国内大多厂商委托国内外专业晶圆加工企业代工产品，且我国 MEMS 市场中高端传感器进口占比达 80%，传感器芯片进口率达 90%。另一方面，企业缺乏核心竞争力。我国的传感器企业虽然数量众多，但多属于中小型企业，大都面向中低端领域，基础薄弱，研究水平不高，整体规模及效益较差。但是，在政府的大力支持和引导下，部分深耕垂直应用领域的国内企业正逐渐缩小与国际企业之间的差距，加快实现进口替代，不断提升市场占有率，2020 年我国智能传感器的国产化率已达 31%，未来有望继续提升。

图 8：中国和全球智能传感器

营收市场规模（亿元）

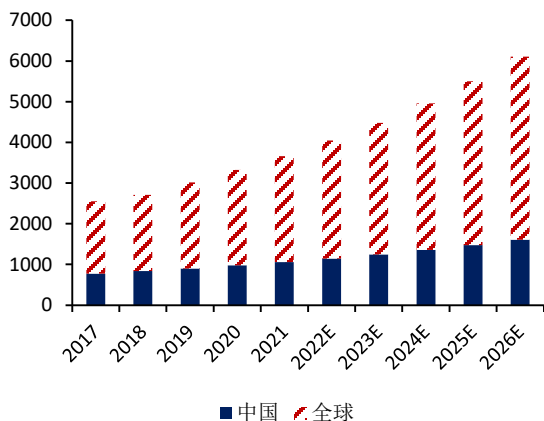
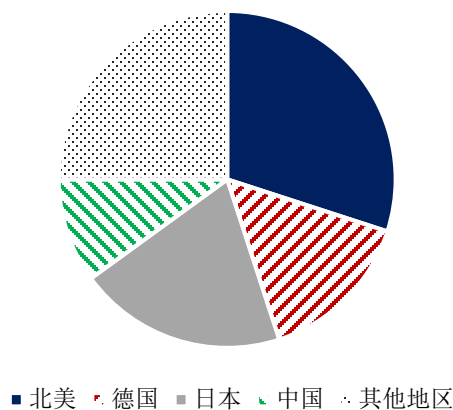


图 9：2021 年全球智能传感器

产量结构



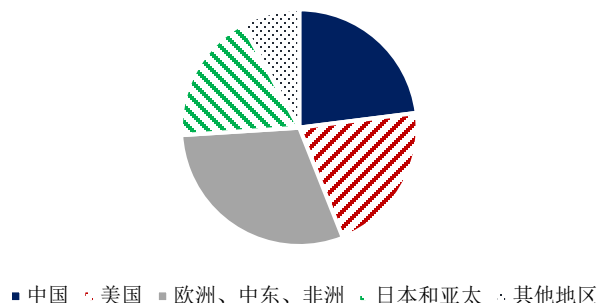
资料来源：中国信通院，工控课堂，头豹研究院

（三）大数据：规模优势显著，政策推动下成为支撑 AI 发展的重 要基础

我国人口众多，随着智能手机的快速普及，产生海量的数据信息为我国的大数据采集和发展提供了有力支持。截至 2021 年底，我国网民规模达 10.32 亿，手机网民数量占 99.7%，互联网普及率达 73%²。同时，我国早在 2014 年就将发展大数据列入《政府工作报告》，2020 年将数据纳入到生产要素范畴，把握了数据资源规范化和标准化采集、储存、利用的先机。一方面，我国大数据整体储量世界领先。据 IDC 统计数据，截至 2021 年中国的数据产生量约占全球数据产生量的 23%，高于美国（21%）（图 10）。另一方面，我国大数据整体趋于规范化、高效化发展。区域上，全国范围内数据要素市场化配置加速形成。以八大国家大数据综合试验区为引领的大数据产业发展格局不断完善，“东数西算”进一步将东部算力需求有序引导到西部，优化数据中心建设布局。行业上，工业、农业、医疗、安防等行业相继出台统一数据标准体系相关文件，指引行业数据加快发挥效能。

² 第 49 次《中国互联网络发展状况统计报告》，中国互联网络信息中心，2022 年 2 月。

图 10：2021 年全球大数据储量区域分布



资料来源：IDC

（四）云计算：进入全球领跑者行列，但核心技术积累依然欠缺

云计算是一种将可伸缩、弹性、共享的物理和虚拟资源池以按需求服务的方式供应和管理，并提供网络访问的模式³。云计算是衔接人工智能和大数据的重要基础，为人工智能提供算力支撑的同时，也能够为大数据提供数据的存储和计算服务。我国云计算市场规模扩张迅速（图 11），2021 年达到 3229 亿元，约占全球的 15%左右。公有云和私有云市场规模比重从 2017 年的 0.6：1 提升至 2.1：1，加快从消费者上云为主导渗透到医疗、制造等行业。同时，以阿里云为代表的国内企业在细分市场竞争优势持续增强（图 12）。但是，我国云计算市场发展之路依然漫长。一方面，我国算力规模仍有待进一步提升以处理海量大数据。《2021-2022 全球算力指数评估报告》指出，目前世界上大约有 600 个超大规模的数据中心，其中约 39%在美国，是中国的 4 倍。另一方面，云计算相关的关键技术领域仍被国外公司的技术产品所垄断。服务器产业计算、存储、通信各条线国产化率非常低，大部分份额由思科、博通、Marvell 等海外公司把控；云基础软件中美国公司 VMware 全球市场占有率达到 80%以上。

³ 国际标准 ISO/IEC17788《云计算词汇与概述》DIS 版。

图 11：中国公有云、私有云

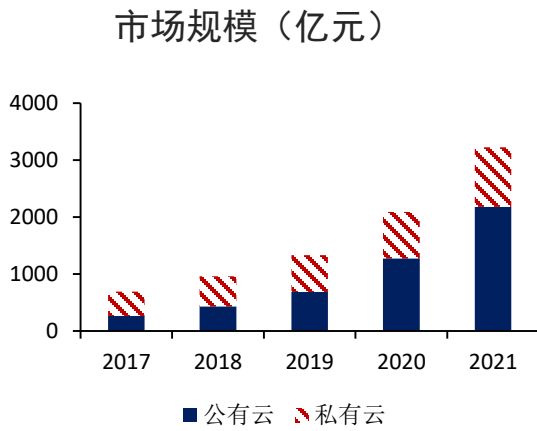
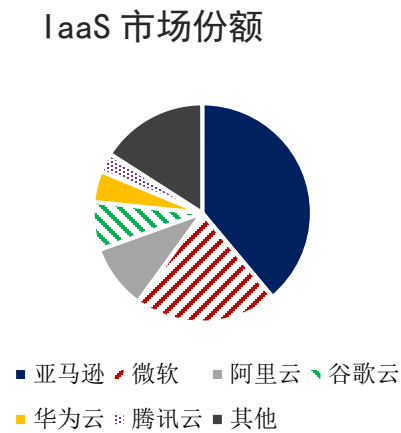


图 12：2021 年全球云计算

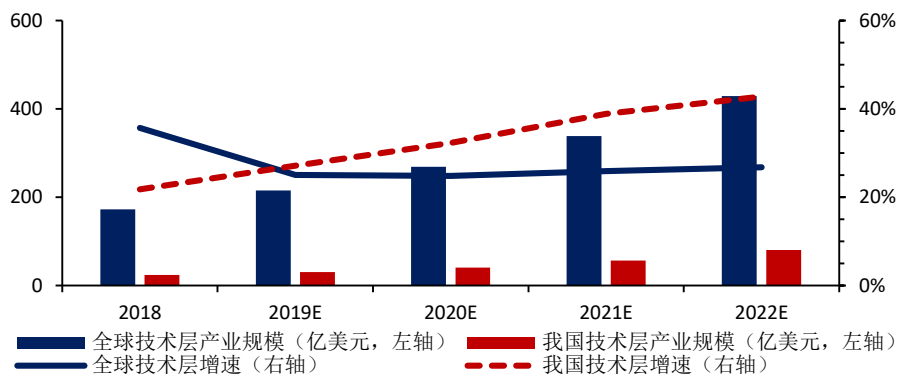


资料来源：中国信息通信研究院，Gartner

三、技术层：基础型技术和应用型技术发展出现分化

技术层为人工智能整体产业链提供通用 AI 技术，主要包括底层算法理论、开发平台和应用技术（计算机视觉、智能语音、自然语言处理等）。与上下游企业多聚焦某一细分领域不同，技术层沿产业链上下游扩展相对容易。近年来，我国技术层企业在计算机视觉和语音识别等应用技术垂直领域不断突破，推动我国技术层产业规模快速增长。2018 年，全球人工智能基础层产业规模达到 172.3 亿美元。我国基础层产业规模达到 24.1 亿美元，预计 2022 年将达到 35.2 亿美元，年均增速高于全球增速（图 13）。

图 13：全球和中国人工智能技术层产业规模及增速

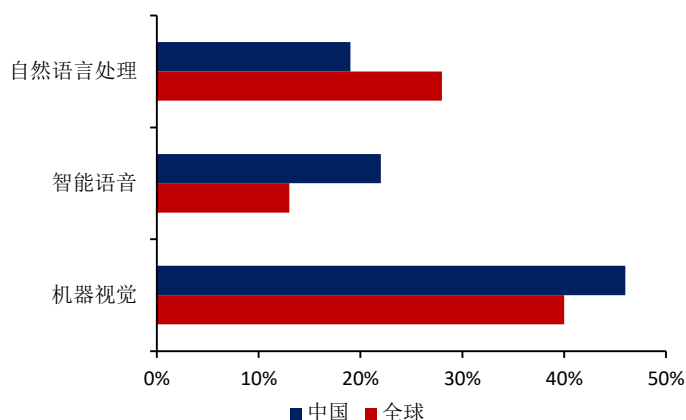


资料来源：中国电子学会

（一）应用技术领域后发优势逐渐显现

据清华大学数据显示，机器视觉、智能语音和自然语言处理是中国人工智能市场规模最大的三个应用方向，分别占比 34.9%、24.8%和 21%。从全球和国内 AI 企业的应用技术方向分布来看（图 14），三大应用方向也是国内外 AI 企业最集中的领域。一方面，政策推动下国内应用场景不断开放，各行业积累的大量数据为技术落地和优化提供了基础条件。另一方面，以百度、阿里、腾讯和华为为代表的头部互联网和科技企业加快在三大核心技术领域布局，同时一系列创新型独角兽企业在垂直领域快速发展，庞大的商业化潜力推动核心技术创新。

图 14：全球和中国 AI 企业技术方向分布



资料来源：Gartner, ReportLinker

三大技术领域，机器视觉商业成熟度最高。首先，国内机器视觉市场规模迎来爆发式增长。全球机器视觉市场稳健增长，下游市场空间近千亿美元。得益于深厚的工业基础，欧美国家在高端制造领域机器视觉设备渗透率较高，市场相对成熟。根据 Markets and Markets 的数据，全球机器视觉器件市场规模保持稳健增长态势，2015-2020 年市场年均复合增长率 13.83%，预计 2025 年将达到 147 亿美元（图 15）。而中国市场发展势头强劲，根据中国机器视觉产业联盟的数据，中国机器视觉行业规模从 2018 年的 101.8 亿元增长至 2020 年的 144.2 亿元，年均复合增长率达 19.02%，2023 年有望达到 296 亿元，2021-2023 年均复合增长率高达 28%。其次，国内机器视觉领域

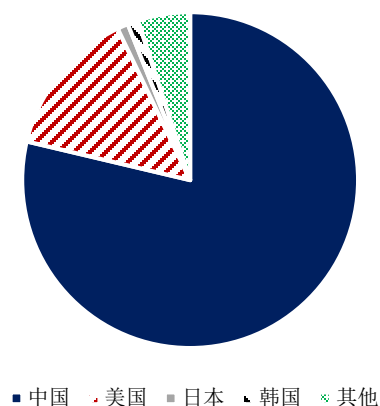
独角兽企业竞争力持续提升。受益于人工智能技术广泛应用，部分企业从安防、金融、零售等细分、碎片化场景入手，深化细分领域核心技术攻关，在特定领域核心竞争力持续提升，逐渐成为引领行业发展的独角兽企业。根据 IDC 数据，从 2017 年到 2019 年上半年，有“AI 四小龙”之称的商汤科技、云从科技、旷视科技、依图科技累计占据了国内计算机机器视觉应用市场份额的 60%。最后，我国在机器视觉领域形成了一定的技术领先优势。凭借应用端需求牵引生产端技术研发，我国成为全球机器视觉第一大技术来源国。截至 2021 年 8 月，中国机器视觉专利申请量占全球机器视觉专利总申请量的 78.7%;其次是美国，占比为 14.2%（图 16）。

图 15：全球机器视觉器件市场规模



图 16：截至 2021 年 8 月全球

机器视觉行业技术来源国分布情况

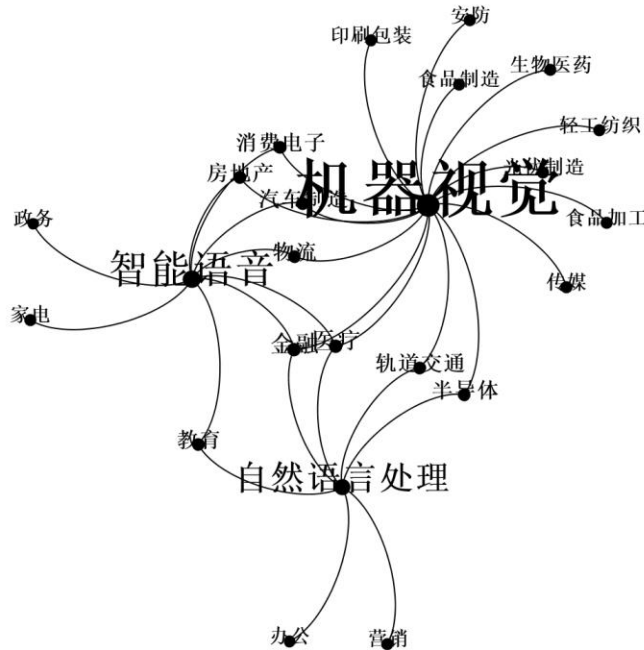


资料来源：Markets and Markets，智慧芽

三大技术应用场景广泛，未来全球竞争力有望持续提升。一方面，技术通用性强，能够与传统行业快速融合。三大技术赋予机器认知、感知和学习功能的过程中，能够实现标准化、自动化和模块化，具有较强的通用性，适用于现实世界中的大部分场景。从当前三大技术的应用行业来看，不仅涵盖了消费电子、半导体、汽车制造等制造业行业，也包括金融、医疗、教育、安防等服务业行业（图 17）。另一方面，通过赋能传统行业显著提升行业生产率。例如在制造业，机器视觉可以提高生产的柔性和自动化程度，既能够运用在一些危险工作环境或人工视觉难以满足要求的场合，同时可以

在大批量工业生产过程中大幅降低人工检验的成本，提高生产效率和生产的自动化程度。

图 17：三大技术应用场景广泛



资料来源：作者自制

（二）底层算法理论和开发平台等基础技术领域发展节奏缓慢

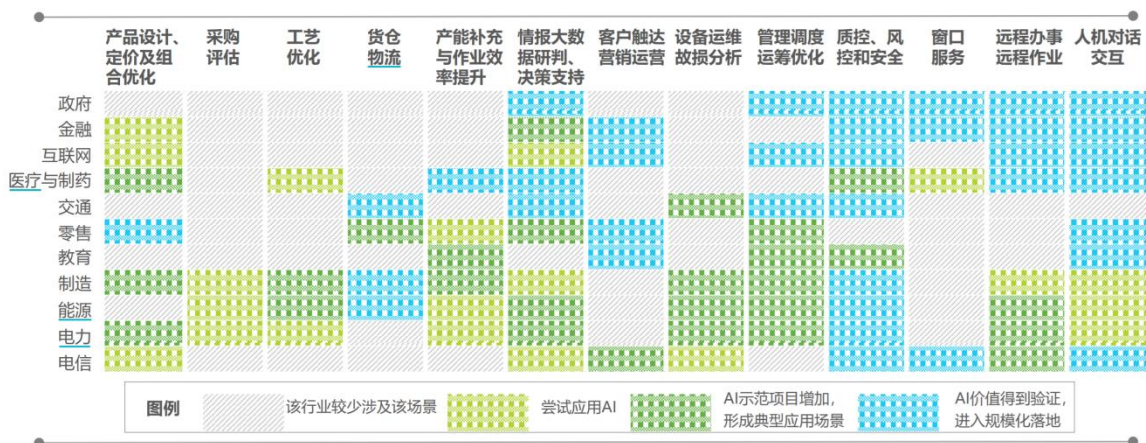
机器学习是对能通过经验自动改进的计算机算法的研究，而开源深度学习框架则是利用预先构建和优化好的组件集合定义模型，为模型的实现提供了更加清晰、简洁的方法。当前，我国在底层算法理论和开发平台领域国产化进程依然艰难。一方面，相应技术领域科研实力依然不足。Aminer 发布的 2022 年人工智能全球最具影响力学者榜单中，美国在机器学习领域顶尖科研学者数量上占据绝对优势，位居全球第一，而中国仅居第四，该领域排名前 5 的机构依次为谷歌、DeepMind、多伦多大学、Meta、加利福尼亚大学伯克利分校，中美二者科研实力差距较大。另一方面，国产化进程中相应领域技术研发到真正应用面临一系列困难。当前，以飞桨为代表的中国深度学习框架正在发展成为更适合产业需求、更受中国开发者欢迎的开源开放平台，但是我国

底层技术人才储备仍有不足，且一项技术从实验室到产业落地至少需要 3-6 个月时间，只有当国产框架的技术和功能体验足以满足开发者的需求时，才能培育起自主创新的 AI 开发应用生态。

四、应用层：庞大市场需求牵引下形成我国 AI 产业核心优势

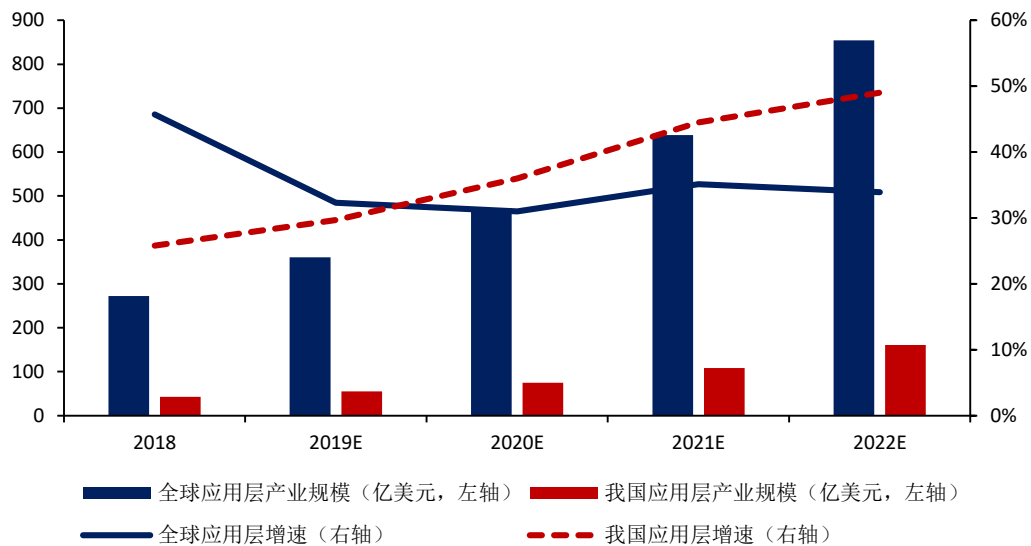
应用层结合各行业应用，将人工智能通用技术封装成为针对具体应用场景的端到端式解决方案以及软硬一体化的产品。近年来，我国人工智能技术与实体经济深度融合，在传统行业的设计、生产、管理、营销、销售多个环节中均有渗透且成熟度不断提升（图 18）。同时，随着新技术模型出现、各行业应用场景价值打磨与海量数据积累下的产品效果提升，人工智能应用逐步从消费、互联网等泛 C 端领域，向制造、能源、电力等传统行业辐射。2018 年，全球人工智能应用层产业规模达到 272.3 亿美元。我国应用层产业规模达到 42.4 亿美元，预计 2022 年将达到 161 亿美元，成为我国 AI 产业链中优势最突出的部分（图 19）。目前，我国 AI 应用层在智能安防、自动驾驶领域相对成熟，同时也加快与制造业融合发展。

图 18：人工智能技术广泛渗透进传统行业各个环节



资料来源：艾瑞咨询

图 19：全球和中国人工智能应用层产业规模及增速



资料来源：中国电子学会

智能安防：智能安防是我国人工智能应用最广泛的行业之一。《2019 中国人工智能产业研究报告》显示，2019 年智能安防占人工智能核心产业规模比重最高，达到 53.8%。虽然我国智能安防行业较发达国家发展起步稍晚，但是在政府主导、公安部牵头的“3111 工程”“平安城市”等重大项目推动下，产生大量需求带动智能安防产业快速发展。以机器视觉为核心技术的众多智能安防企业不断完善技术和产品线，走上快速发展轨道。据中安网和 Market Line 数据估算，2018 年中、美两国智能安防市场规模分别为 359.2 亿元和 314.7 亿元。在 2020 年的全球智能安防 50 强榜单中，海康威视、大华股份分列前两名。整体上，我国智能安防领域具备一定的规模优势。

自动驾驶：虽然美国借助政府力量以及长期技术沉淀保持和中国的技术差距，但是中国依靠科技巨头与科研院校加速追赶（表 3）。在互联技术以及无人驾驶测试两个方面，国内水平已经与美国接近。例如，华为的 5G 技术为互联技术 V2X 提供全球一流的通信支持，同时已经与国内外多家车厂进行了合作与测试。在无人驾驶测试方面，北京、上海、深圳、重庆等城市已经对百度等科技巨头颁发无人驾驶测试牌照并提供测试场地，科技巨头与北汽、比亚迪等国内车企开展了合作。

表 3：中国自动驾驶领域技术水平

无人驾驶	汽车传感器技术	<ul style="list-style-type: none"> • 美国政府扶植，因而技术优势最明显。 • 中国加速追赶：相应的技术逐渐应用比如上汽、长安等车厂。而且国内院校比如同济大学和清华大学也参与了相关技术研究。
	AI（硬件\软件）	<ul style="list-style-type: none"> • 硬件方面美国领先优势明显，呈现三足鼎立（NVIDIA、INTEL和IBM）的状态 • 软件方面则以谷歌最为突出，更依赖于基础技术本身，百度则更多在基础技术上针对中国市场进行人工优化
	互联技术V2X	<ul style="list-style-type: none"> • 中美技术差距最小，因为V2X的标准一直没有统一。 • 通讯是中国企业的强项，华为在与高通的相关竞争当中并不落下风，还率先与多家国内外整车厂展开了合作和实车测试。
	无人驾驶测试	<ul style="list-style-type: none"> • 中国车厂的数量不输于美国。其中科技巨头（百度）扮演者举足轻重的角色，百度与多家国内车企（比亚迪、奇瑞、北汽和福田）也展开了合作

资料来源：德勤

智能制造：智能制造是基于新的物联网、大数据、云计算等数字化技术与先进制造技术的深度融合，贯穿于设计、供应、生产制造、服务等整个供应链制造、运营和管理环节。我国近年来开始推动工业智能化水平持续深化，据国际机器人联盟（IFR）统计，我国工业机器人密度在 2017 年达到 97 台 / 万人，超过全球平均水平，并将在 2021 年突破 130 台 / 万人，达到发达国家平均水平。但是工业机器人关键零部件国产化率依然有很大的上升空间，头豹研究院数据显示，我国工业机器人机械本体国产化率为 30%、减速器国产化率为 10%、控制器国产化率为 13%、伺服系统国产化率为 15%。高端数控机床方面，2019 年全球排名前 10 的数控机床企业主要来自日本和德国，没有中国企业进入排名。海关总署披露数据显示，2015 至 2019 年我国进口的数控机床高达 29914 台，进口总额达到 978 亿元。

当前，我国在 AI 应用层的优势和潜力主要表现在两个方面：

一是我国 AI 应用场景开放度高，各行业对人工智能技术需求不断提升。我国高度重视人工智能产业发展和场景应用示范，加快塑造“应用牵引、场景驱动”的人工智能发展生态。《国家新一代人工智能发展规划》在建设智能经济中对智能工厂、智能农业等典型应用场景进行了部署，“十四五”规划纲要中明确提出了加快建设数字经济、数字社会，以数字化转型整体驱动生产生活方式和治理方式变革的目标，并对数字化应用场景的发展进行详细部署，包括智能制造、智慧教育、智慧医疗等领域方向。

科技部等六部门联合印发《关于加快场景创新以人工智能高水平应用促进经济高质量发展的指导意见》，以推动场景资源开放、提升场景创新能力为方向，确立了重大应用场景加速涌现、场景驱动技术创新成效显著、场景创新合作生态初步形成、场景驱动创新模式广泛应用四大发展目标。同时，我国采取了一系列举措进一步推动应用场景开放。依托行业领军企业建设了十余家国家新一代人工智能开放创新平台，聚焦自动驾驶等人工智能重点细分领域，通过各类通用软件和技术开源开放，促进人工智能技术成果的扩散与转化应用。应用场景加快开放，促进我国推动 AI 应用的速度领先于美国和欧盟。据调查，中国社会对人工智能应用认可度较高（76%），超过美国（58%）、法国（52%）、德国（57%）、西班牙（55%）和英国（51%）。同时，中、美两国企业管理者对推动 AI 转型认可的比例分别为 85%、43%，且仍有 54% 的美国企业尚未有部署 AI 工具的计划（中国仅 22%）。

二是传统产业数字化空间依然较大，未来发展潜力有望进一步激发。据信通院测算，2021 年我国产业数字化规模达到 37.2 万亿元，占 GDP 比重为 32.5%，占数字经济比重为 81.7%。各行业已充分认识到以人工智能为代表的新一代信息技术激发传统产业生产率的重要性。但是，我国产业数字化占 GDP 比重仍低于欧美。2018 年，德国、英国、美国的产业数字化占 GDP 比重分别为 54.0%、54.0%、52.8%，而我国的相应比重低于 30%。未来，随着人工智能技术应用进程加快与程度加深，下游领域庞大的产业规模将为我国人工智能创造广阔的应用市场，行业未来发展潜力巨大。此外，各产业间智能化渗透率的结构差异也为人工智能应用提供了新方向。2020 年我国农业、工业、服务业产业数字化渗透率分别为 8.9%、21.0% 和 40.7%，服务业数字化发展较为超前，工业智能化应用与发达国家相比（工业数字化渗透率 31.2%）依然不足⁴。

五、政策建议

一是整体提升我国人工智能科技创新能力。当前，我国在基础层和部分技术层、应用层的关键基础技术领域滞后于欧美国家。短期内庞大的需求市场和数据规模能够

⁴ 中国信息通信研究院，《全球数字经济白皮书——疫情冲击下的复苏新曙光》，2021 年 8 月。

推动我国人工智能产业形成规模优势，但是长期来看，基础研究水平是决定未来人工智能产业长期高质量发展的重要基础。一方面，加大关键基础技术领域攻坚力度。加大对人工智能领域基础研究的稳定持续支持力度，推动人工智能与数学等基础学科交叉融合，支持原创性强的探索性研究。集中力量打好关键核心技术攻坚战，引导和组织优势力量着力解决“卡脖子”问题。加快建设人工智能领域的国家战略科技力量，加强人工智能国家实验室和国家重点实验室等相关创新基地的整合布局。另一方面，基于人工智能自主技术路线推进行业应用。建设人工智能生态创新中心，加快推动人工智能与各行业融合创新，推进人工智能规模化应用；培育具有重大引领带动作用的人工智能产业，推动形成数据驱动的智能经济形态；建立“人工智能+行业”国家重点实验室，促进我国人工智能行业应用在重点领域实现突破、落地。

二是继续完善人工智能产业发展的基础环境。人工智能是新一轮科技革命和产业变革的核心驱动因素，也是支撑新旧动能转换的重要力量。伴随我国人工智能各层次发展水平不断提升，对基础环境持续提出新要求。首先，继续推进人工智能基础设施建设，强化人工智能创新发展的硬件支撑。持续深化网络基础设施、大数据基础设施、计算基础设施覆盖水平，提升传统基础设施的智能化水平，形成支撑新一代人工智能广泛应用的基础设施体系网络。建设人工智能研发基地和开放创新平台，推动公共数据安全有序开放，强化人工智能研发创新的基础条件支撑。其次，强化关键领域人才队伍储备。加快填补高水平、高层次、关键岗位的人才需求，可以针对基础理论、关键技术等重点领域，建立产学研一体化的人才储备模式，持续吸引世界顶级人工智能企业在国内成立研发机构。依托国内高校打造人工智能基础理论和应用技术相结合的学科体系，培育人工智能产教融合的创新平台。依托重大人工智能应用项目，加强与相关高校和科研机构的合作，订单式培养所需人才，强化创新型、应用型、复合型人才“孵化”。完善人工智能人才评价机制，推进改革试点。最后，营造有利于人工智能创新发展的制度环境。围绕数据开放与保护、成果转化、知识产权、安全管理、人才引育、财税金融、社会保障、国际合作等方面开展政策先行先试，探索建立支持人工智能原始创新的体制机制，形成适应人工智能发展的政策框架和法规标准体系，

为人工智能科学研究、技术开发、产品创新、产业发展和社会应用营造良好环境。

三是继续强化应用场景优势，优化人工智能产业应用结构。针对我国应用场景潜在需求较大，但智能化渗透率存在结构性问题，应当充分发挥我国产业门类齐全、应用场景丰富、市场容量巨大等优势，搭建以产业集群为单位的应用场景和试验平台，同时继续带动智能化薄弱领域开放融合创新。**首先，加大人工智能应用场景开放力度。**着力推动重大应用场景加速涌现、场景驱动技术创新成效显著、场景创新合作生态初步形成、场景驱动创新模式广泛应用。通过数字化应用场景的发掘和营造，对行业传统生产、流通、消费等活动进行重构，运用新技术新业态新模式，全面提高生产中资源配置的效率和质量。**其次，促进人工智能向工业领域渗透率。**加快构筑全流程、全产业链、全生命周期的工业数据链接。推动设备、生产线的智能化改造，企业信息化系统升级，中小工业企业普及应用基础信息系统。发展工业互联网，加快构筑网络化、智能化的生产制造体系和服务体系。深化制造业与人工智能融合创新，推广智能化生产、网络化协同、个性化定制、服务化延伸等新模式，创新生产方式、组织形式和商业范式。**最后，加强区域联动，构建协同互补机制。**结合各地区产业环境特点，加强区域间人工智能的协同创新、探索和示范。通过因地制宜地开发打造区域特色化智能经济，加速形成特色融合产业集群。

