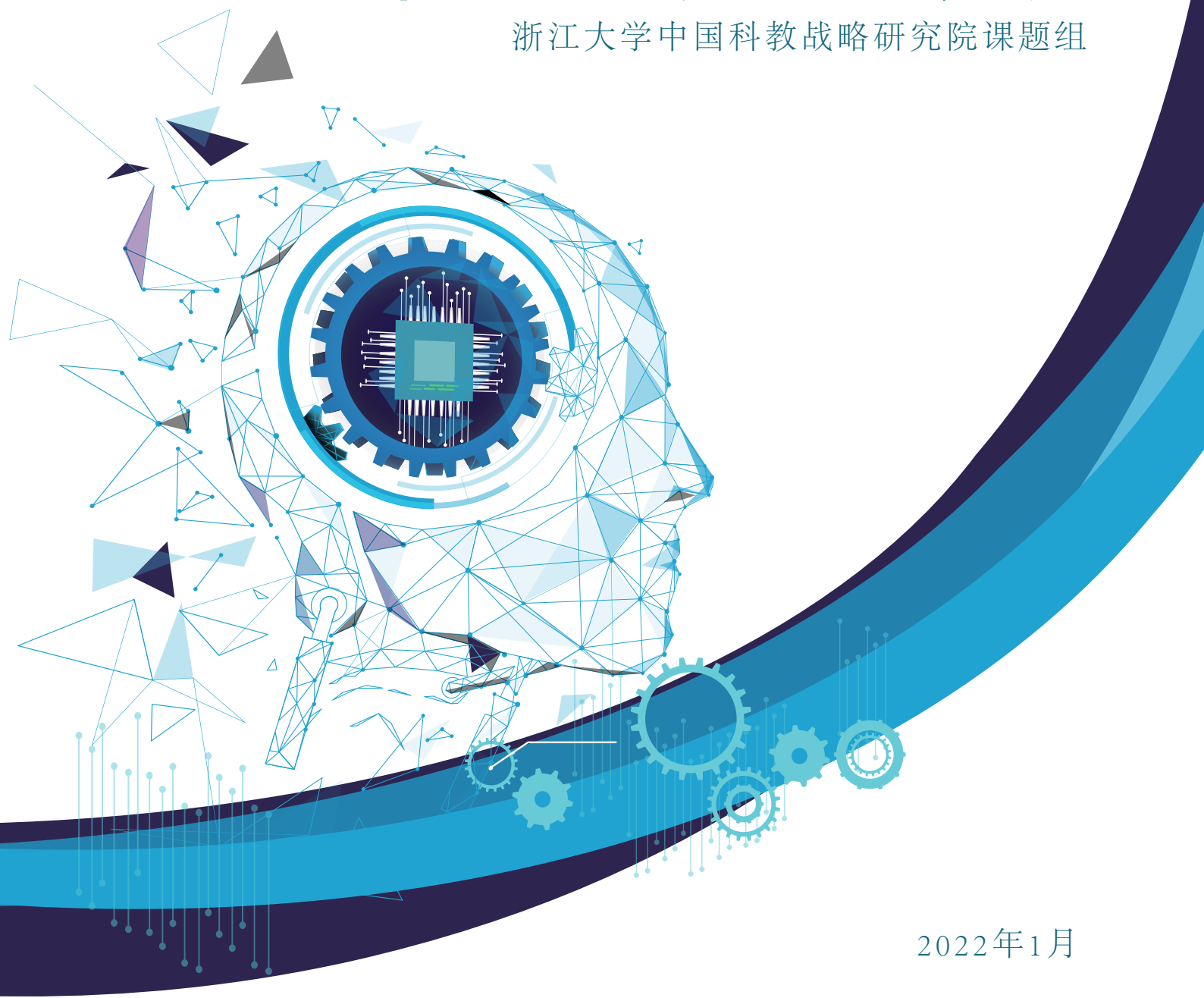




Baidu 百度

中国人工智能人才培养报告

浙江大学中国科教战略研究院课题组



2022年1月



人工智能产业链联盟

星主： AI产业链盟主

 知识星球

微信扫描预览星球详情



中国人工智能人才培养报告

浙江大学中国科教战略研究院课题组

2022 年 1 月

目 录

一、全球人工智能产业迭代趋势与特征	1 -
(一) 全球人工智能产业发展浪潮	1 -
(二) 全球人工智能产业政策兴起	3 -
(三) 全球人工智能产业竞争加剧	8 -
二、全球人工智能人才发展的现状分析	10 -
(一) 全球 AI 领域人才竞争战略	10 -
(二) 全球 AI 领域人才规模结构	16 -
(三) 全球 AI 领域人才发展趋势	23 -
三、中国人工智能人才培养的主要模式和问题短板	26 -
(一) 中国人工智能人才供求与分布现状	26 -
(二) 高校人工智能人才培养模式与特征	33 -
(三) 企业人工智能人才培养模式与特征	42 -
(四) 人工智能人才培养存在的问题短板	51 -
四、政产学研一体化人工智能人才生态系统构建	56 -
(一) 人工智能人才胜任能力与类型划分	56 -
(二) 基础研究型人才培养：汇聚学科资源强化科研合作	59 -
(三) 场景应用型人才培养：深化产教融合提升应用实践	70 -
(四) 政产学研一体化人工智能人才教育生态系统构建	74 -
(五) 打造多种主体合作的“AI+”教育生态系统	77 -
五、政策建议	79 -
(一) 打造服务国家战略的人工智能人才培养体系	79 -
(二) 强化人工智能领域多学科合作和微专业建设	80 -
(三) 依托行业龙头构建“AI+X”教育生态系统	81 -
(四) 探索性构建人工智能人才培养全球化标准体系	83 -

一、全球人工智能产业迭代趋势与特征

随着科学技术的快速发展,人工智能(AI)理论和技术日渐成熟,其应用范围不断扩大,在智能搜索、组合调度、智慧感知、模式识别、逻辑程序设计、复杂系统及人类思维方式等方面得到了广泛的关注和研究。新冠肺炎疫情防控期间,人工智能的应用价值得到了极大程度的体现,大量基于人工智能算法和技术的工具实现了良好的落地与应用。从全球范围来看,多个国家已将人工智能上升到国家战略层面,布局和抢占人工智能高地愈发成为共识。人工智能对国家经济持续发展、产业升级转型和科技进步都起着非常重要的作用,也与我国未来发展的重点方向有着不谋而合的一致目标。

(一) 全球人工智能产业发展浪潮

1956年,达特茅斯会议首次提出“人工智能”概念,为人工智能产业的发展拉开序幕。在60余年的发展过程中,人工智能已经经历了三次发展浪潮,当前正处于第三次发展浪潮之中。第一次浪潮:1956年“人工智能”概念的提出掀起了人工智能的第一次发展浪潮,其核心是让机器具备逻辑推理能力,并且研发出第一款感知神经网络软件和聊天软件;第二次浪潮:20世纪70年代中期,人工智能掀起第二次浪潮,Hopfield神经网络和BT训练算法被提出,解决特定领域问题的专家系统得到广泛应用;第三次浪潮:2006年,深度学习理论的突

破带动了人工智能第三次浪潮的产生，这一阶段互联网、云计算、大数据、AI 芯片等新兴技术为人工智能的发展提供了充足的数据服务和算力支撑，以“人工智能+”为代表的商业模式创新也随着人工智能产业的发展日趋成熟，这极大地优化社会生产力，并对现有产业结构变革产生深远的影响。

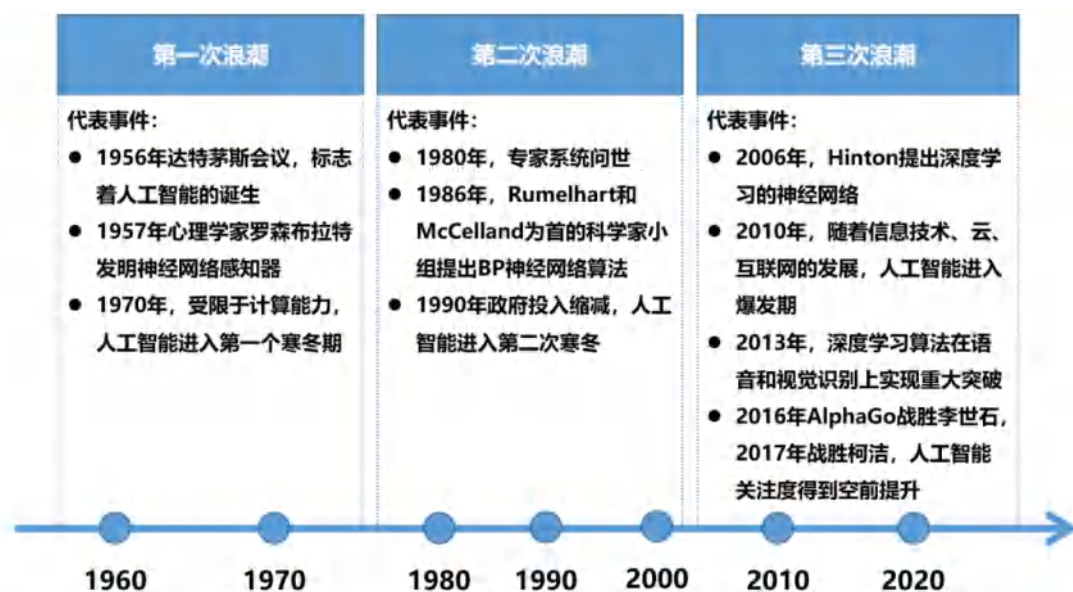


图 1-1 人工智能的三次发展浪潮人工智能的产业格局

数据来源：图表来自《人工智能产业人才发展报告（2019-2020 年版）》

全球人工智能产业已经形成了较为完整的生态系统，在人工智能产业的基础层、技术层和应用层走出了一大批领先的科技创新企业。

(1) 基础层：为人工智能产业链提供算力和数据服务支撑。以AWS、Azure、阿里云、腾讯云、百度云等行业巨头为代表，为人工智能的发展提供了充足的算力资源；传统芯片巨头 NVIDIA、Intel 和国内科技新贵寒武纪、地平线等正致力于为人工智能的计算需求提供专用芯片；另外数据服务领域也存在大量公司，例如国内的数据堂、海天瑞声以及国外的 Saagie 等。

(2) 技术层：为人工智能产业链提供通用性的技术能力。以 Google、Facebook、阿里巴巴、百度为代表的互联网巨头，利用资金及人才优势，较早地全面布局了人工智能相关技术领域；同时也有一大批创新公司深耕细分技术领域，例如专攻智能语音领域的科大讯飞、致力于计算机视觉领域的商汤、机器学习领域的第四范式等。在国外，Proxem、XMOS 等企业也分别在自然语言处理、智能语音等领域做出了积极的实践和探索。

(3) 应用层：面向服务对象提供各类具体应用和适配行业应用场景的产品或服务。目前全球绝大部分人工智能领域的创新科技公司聚集于此，典型企业有智慧建筑领域的 Verdigris、特斯联，智慧安防领域的 Genetec、宇视，智慧医疗领域的 Flatiron、推想科技等。

(二) 全球人工智能产业政策兴起

人工智能（AI）的发展已达 60 余年，涉及范围非常广泛，拥有比一般科技领域更复杂、更丰富的内涵。近几年，人工智能数据、算法和计算能力等生态化条件日渐趋于成熟，但是数字经济和智能制造产业发展的面临诸多实践问题亟待解决，因此全球人工智能产业将迎来新一轮的战略机遇期。在此背景下，全球领先国家均十分关注和推进人工智能研究，围绕人工智能产业发展制定了国家战略和政策。



图 1-2 全球人工智能战略规划

注释：绿色代表国家级大战略、蓝色代表人工智能行业总体战略、橙色代表人工智能行业细分领域战略、黄色代表与人工智能行业协同发展的其他行业战略。

国际人工智能发展战略与政策主要分为国家级大战略、人工智能行业总体战略、与人工智能行业协同发展的其他行业战略、人工智

能行业细分领域战略等。从各国的战略布局上看：中国注重对战略层次的协同布局，但是缺乏指导细分领域发展的战略；美国在国家顶层设计和行业细分领域上规划完备但是缺乏与其他行业协同发展战略的布局；欧盟则注重人工智能行业细分领域的战略布局。

(1) 美国：全方位布局人工智能政策体系，实现关键领域和新兴战略领域的领先优势

面向基础研究、研发领域、应用研究加大政策供给，巩固关键技术领域的领先地位。在人工智能研发领域，美国主要关注人机交互、自然语言处理、人工智能视觉识别、大数据分析等方面。在人工智能应用领域，美国确立芯片、计算机软硬件、金融业、军事和能源领域为重点关注方向，发布的相关政策有《2016 美国人工智能研究和发​​展战略计划》《人工智能，自动化和经济（2016）》《为人工智能的未来做准备（2016）》《人工智能白皮书（2017）》等。

强化国际合作，营建促进支持美国人工智能创新发展的国际环境。美国重视与全球盟国在人工智能应用方面的合作，积极打造应对共同利益机遇与挑战的战略，强调国际伙伴间共享可以互利的专业知识，同时倡议在国际交往中应促进信任，促进经济增长，促进人工智能领域的发展和创新。2020 年 9 月，美国和英国政府正式签署《人工智能研究与开发合作宣言 2020》，以促进两国在人工智能发展方面的合作，并对人工智能规划的优先事项提出建议。

重视人工智能对国家安全的影响。2020 年 6 月，美国国会提出三个两党法案，其中，在《军队人工智能法案》中进一步提高人工智

能在整个国防部署中部的重要性。

(2) 欧洲：充分发挥制造业优势，运用人工智能等相关技术推动制造业及相关领域智能升级

欧盟对人工智能的应用侧重更加细化，不同于美国的全方位领先，欧盟希望借助自身在制造业、工业、汽车等领域的优势，利用人工智能技术进行产业强化升级。欧盟发布了《2014-2020 年欧洲机器人技术战略研究计划》《对欧盟机器人民事法律规则委员会的建议草案 2016》《欧盟机器人民事法律规则 2016》《衡量欧洲研究与创新的未来 2017》《地平线 2020 战略—机器人多年度发展战略图》等政策或计划。其中，德国围绕物联网、云计算、大数据、智慧城市、自动驾驶、智能制造等领域提出人工智能研发和应用的相关战略，发布了《新高科技战略 2013》《将技术带给人类—人机交互的研究项目 2017》《联邦教育研发部关于创建“学习系统”平台的决定 2017》《创新政策 2017》，以及与法国共同进行的《关于人工智能战略的讨论 2018》等。英国则围绕“现代工业化战略”，推进 5G 网络、新能源、新材料、装备制造、机器人人工智能的发展与布局。其发布的政策有《现代工业化战略 2016》《在英国发展人工智能 2016》《机器人与人工智能：政府对委员会 2016-2017 年会议第五次报告回应》《机器人与自动系统 2020》等。

(3) 日本：大力推动优势产业领域中人工智能的应用和数字化转型

结合传统机械制造及机器人技术方面的强大优势，日本在机器人、

医疗、社会服务领域建立起完善的人工智能研发促进机制和产业发展政策，并加快推进相关领域的数字化转型。日本发布的人工智能政策有《日本复兴战略 2016》《人工智能科技战略 2017》《人工智能战略 2019》《统合创新战略 2020》等。《人工智能战略 2019》指出日本人工智能技术研发和产业发展有三大任务目标：一是奠定未来发展基础；二是构建社会应用和产业化基础；三是制定并应用人工智能伦理规范。

(4) 中国：持续加强人工智能与实体经济的深度融合

中国在人工智能算法、人工智能应用基础研究、5G、无人驾驶等领域积累了丰富的经验，初步形成了“人工智能+全产业链”的协同布局。中国自 2013 年开始围绕人工智能发布了《国务院关于推进物联网有序健康发展的指导意见》《国务院关于印发〈中国制造 2025〉的通知》《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》《国务院关于印发促进大数据发展行动纲要的通知》《国民经济和社会发展的第十三个五年规划纲要》，在被媒体称为“人工智能”元年的 2017 年，中国发布了具有纲领性作用的《国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知》，对未来中国人工智能产业的发展方向和重点领域给予了指导性的规划。

此外，挪威发布《国家人工智能战略 2020》，沙特阿拉伯发布《国家数据和人工智能战略 2020》，新加坡、丹麦、荷兰和俄罗斯等人工智能领域的新兴国家，也积极制定人工智能国家战略，加快人工智能产业发展。总体来说，在人工智能领域全球主要国家从国家战略到行

业战略、再到细分领域都有政策支持，各个国家在不同的领域都展开了竞争与合作。可以预测，未来人工智能竞争体系中谁率先形成完善的全产业链优势，就会获得人工智能的领先优势。

（三）全球人工智能产业竞争加剧

新冠肺炎疫情对社会经济和产业发展造成较大冲击，但并未延缓各国争相布局科技制高点，全球科技竞争保持日趋激烈态势，突出表现为：一是出台科技发展新战略，加快数字化转型。2020年10月，美国政府发布《关键和新兴技术国家战略》，誓言要促进和保护美国在生物科技、人工智能、能源、量子信息科学、通信和网络技术、半导体、军事和空间技术等领域的竞争优势。自2020年9月上台以来，日本前首相菅义伟将5G网络视为经济增长支柱之一，为构建5G和后5G技术投入了数亿美元。英国国防部发布《2020年科技战略》，强化对未来技术前景的理解，积极采取行动获取先发优势，为下一代军事能力奠定基础。同期，欧盟各国、日本、俄罗斯、中国等国也有战略措施出台；二是将人工智能作为科技发展的抓手。德国计划到2025年把对人工智能的投资从30亿欧元增加到50亿欧元，使德国成为欧洲未来人工智能技术的主要驱动者。欧盟发布《人工智能白皮书》，旨在促进欧洲在人工智能领域的创新发展。韩国发布人工智能新政，计划投资76万亿韩元，促进跨行业使用5G网络和人工智能技术；与此同时，各国的竞争还体现在对科技规范标准制定权的争夺上，英国国防部报告称，将与盟友及合作伙伴一起拟定道德框架、技

术保护和互操作性等影响新兴技术应用的标准和规范，助力英国占据领导地位。特朗普政府要求美国国家标准技术研究院（NIST）制定并发布有关解决与物联网设备开发、管理配置和修补有关的标准和指南。

当前，全球主要工业国家均重点布局人工智能产业，人工智能产业发展水平已经成为衡量一个国家科技创新实力的重要指标之一。2018 年中国发布的《新一代人工智能发展规划》中提出，“到 2030 年，中国要成为世界主要人工智能创新中心”。2019 年，德勤公司发布的《未来已来·全球 AI 创新融合应用城市及展望》报告显示，未来至 2025 年世界人工智能市场规模将超过 6 万亿美元，人工智能产业将成为全球数字经济发展的最重要推动力。人才、数据和系统架构是人工智能产业的高质量发展不可或缺的三大资产要素，其中，人工智能人才的数量和质量水平将直接影响全球数据收集与处理的能力、底层架构的可应用性和延展性。因此，对于全球人工智能产业而言，其核心资产是高素质人才，各国人工智能人才培养的规模、结构和质量将决定人工智能领域的未来竞争态势。

二、全球人工智能人才发展的现状分析

(一) 全球 AI 领域人才竞争战略

全球人工智能竞争，核心是人才存量与人才质量的竞争，关键是人才培养能力的竞争。为了在新一轮科技竞争中占据先发优势，截至 2020 年 12 月，全球已经有 39 个国家和地区制定了人工智能战略政策、产业规划文件^[1]，并普遍将人才培养作为战略重点。就各国的人工智能人才竞争战略看：美国，全面推进多元化 AI 人才队伍建设，以维持科技领导地位；日本，主要依托优势产业，分阶段推进多层次 AI 人才培养体系建设；英国，重视提升高校在 AI 人才培养中的参与程度；加拿大则将构建吸引、培养和保留人才的完整人才生态系统，作为战略重点。

1. 美国

美国将人工智能产业发展正式上升到国家战略层面，并将 AI 人才培养视为战略重点，以“全方位培养一批多元化、有伦理素养的 AI 队伍，维持美国领导地位”为目标^[2]，自上而下部署了系统的 AI 人才竞争战略，具体表现为：以打造全学段覆盖、全民覆盖的人工智能教育体系为重点，在积极促进 AI 跨学科发展，完善高级 AI 学位的招聘和保留计划以推进高等教育阶段的 AI 教育建设，同时重视 K-12 阶段 AI 教育的普及，以及通过发展 STEM 领域的学徒制和制定终身学习计划来帮助美国工人获得 AI 相关技能培训。营造良好人工智能生

态，吸引国际人才流入，通过构建密切的产学研合作关系、相对宽松的法律环境和较完善的制度保障等，培育了以谷歌、微软、亚马逊、Facebook、IBM 等行业巨头为领导者的优质人工智能生态系统，吸引全球企业、机构和人工智能顶尖人才流入。例如，亿欧智库发布的全球十大顶尖人工智能科学家大多供职于美国研究机构或公司。积极发挥政府在 AI 人才培养中的主导和协调作用，美国政府致力于构建政府、高校、研究机构、企业等多方参与的长效沟通机制，积极探索法律完善、政策激励与机制创新，例如《国家人工智能研发战略规划：2019 年更新版》要求联邦政府主动开放训练数据方式和数据标准，数据的开放共享与编程的开源为人才培养提供了平台支持。同时，将 AI 列为联邦奖学金服务计划中的优先资助领域，为推动相关学科的教师队伍建设，以及参与 AI 培养的的积极性提供物质保障。

2. 日本

日本的人工智能发展战略围绕构建超智能“Society5.0”的新时代发展理念，遵循与优势产业相结合的指导思想，希望借助机械制造和机器人技术方面的长期优势，以机器人、医疗、社会服务等领域为突破口，通过完善人工智能发展政策，加快推进相关领域的数字化转型、智慧人才培养等，进而为解决医疗、养老、教育和商业领域的国家难题服务^[3]。

在人才培养方面，日本提出“每年培育 25 万人工智能人才，成为按人口基数计算能够达到世界第一的人工智能人才大国”的发展目标。为了实现这一目标，2019 年发布的《人工智能战略 2019》提出涵盖建设素养教育、应用基础教育、专家型人才培养的多层次梯级人工智能人才培养体系，为推广和普及人工智能的社会化应用以及提高国民对人工智能时代的接受度夯实基础。同时日本计划分三个阶段推进人工智能人才培养：第一阶段，通过吸引国内外优秀的研究人员赴日求学以及引进杰出人才，实现技术的迅速赶超；第二阶段，培养优秀的企业家、创业家，以促进研发成果产业化，制造新的经济增长点，为此日本计划着力推进产学合作、完善相关学科布局和课程建设，有针对性地培养学生的相关素质；第三阶段，培养大量人工智能基层从业者，通过创新工人培训方式，为人工智能产业储备大量组装、监测等基础劳动力，实现人才结构优化，促进人工智能产业全面发展^[4]。

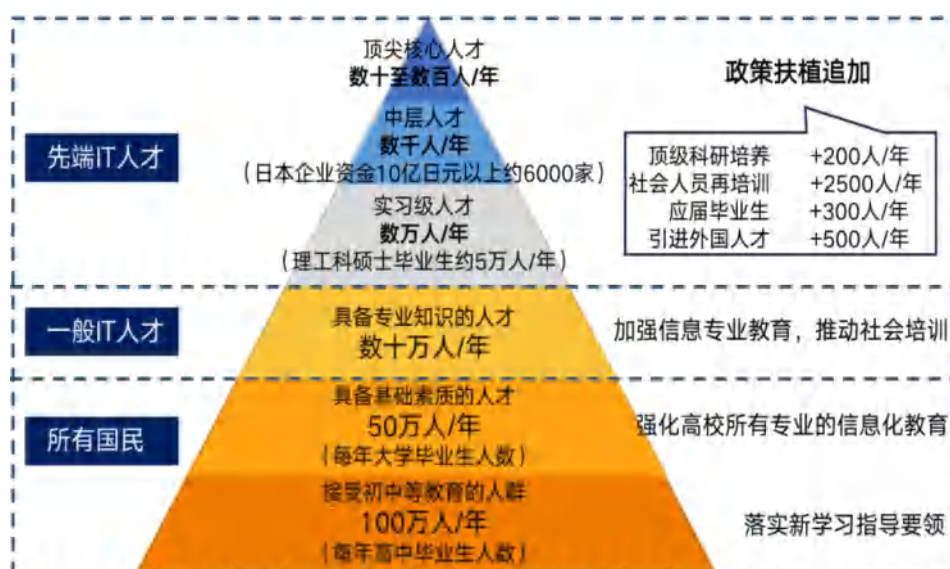


图 2-1 日本梯级人工智能人才培养体系

资料来源：李哲，李娟，李章杰，曾丹. 日本人工智能战略及人才培养模式研究[J]. 现代教育技术, 2019, 29(12): 21-27.

3. 英国

作为“计算机科学之父”“人工智能之父”——图灵的诞生地，英国拥有雄厚的 AI 基础。2017 年发布的《在英国发展人工智能》报告提出“从数据、技术、研究以及政策的开放及投入四方面入手，发展为世界上最适合发展和部署人工智能的国家”的发展目标。

在人才培养方面，为巩固在人工智能领域中的先发优势，英国提出“高等教育与人工智能技术结合”的发展策略，鼓励大学积极参与人工智能领域的知识更新、产权转化与人才培养，具体措施包括：(1) 积极布局 AI 高等教育建设。英国在高等教育领域投资 1 亿英镑用以设立 AI 奖学金、设置 AI 学位、开设 AI 课程，此外为实现每年在 AI 及相关学科至少增加 200 个博士研究生的目标，英国采取了实施硕博贯通的人才培养模式、鼓励不同学科背景的学生在 AI 领域继续深造。

(2) 科教融合，依托国家战略实验室促进人才培养。英国打造了国家级艾伦·图灵研究所、EPSRC 人工智能研究所，这些顶尖实验室将协同工程与物理科学研究委员会、科学技术设施理事会和联合信息系统委员等职能部门以及牛津大学、剑桥大学、帝国理工学院和伦敦大学学院等知名高校，共同聚焦 AI 发展及人才培养。(3) 产教融合，设立特色 AI 硕士专业学位。除了鼓励大学研究者成立附属公司，促进知识产权转让标准化外，英国政府、产业界及大学承诺共同出资在全国设立 16 个 AI 教育中心，并首次设置由产业资金资助，包含工作实习内容的 AI 硕士专业学位课程，开创了三方共同投资教育的先河^[5]。

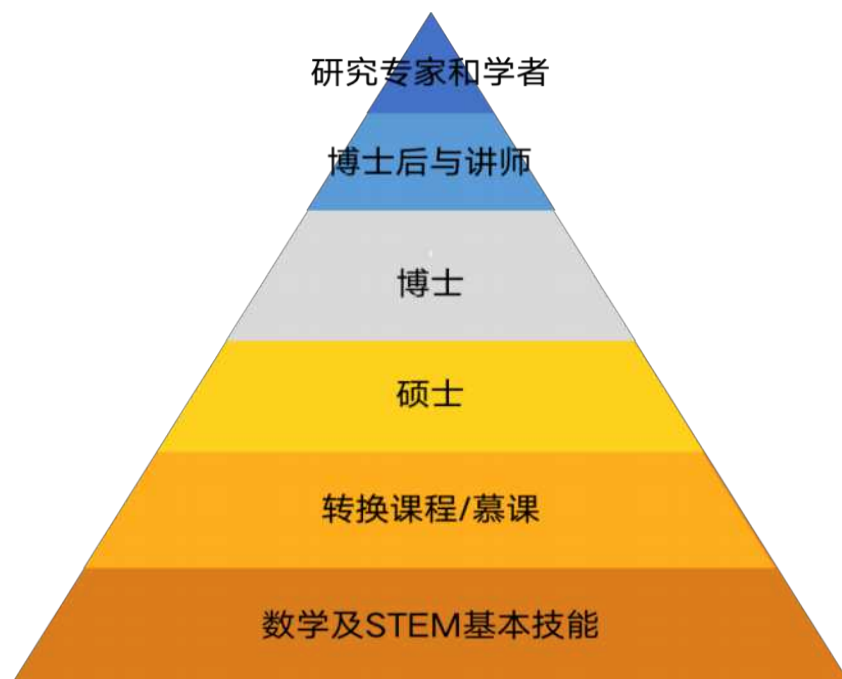


图 2-2 英国金字塔人工智能人才培养体系

资料来源：刘进, 钟小琴. 全球人工智能人才培养的政策比较研究: 以中美英加四国为例[J]. 重庆高教研究, 2021, 9(02): 39-50.

4. 加拿大

加拿大 AI 人才教育一直处于国际领导者地位，拥有 Hinton、Sutton 和 Bengio 等全球深度学习顶尖人才。早在 2017 年加拿大就发布了全球首个人工智能国家战略计划——《泛加拿大人工智能战略》，宣布政府拨款 1.25 亿加元，支持加拿大高等研究院 (Canadian Institute for Advanced Research, CIFAR) 领导实施 CIFARAI 首席科学家计划，旨在实现“大规模培养 AI 方向研究人员和毕业生”、“建立三大 AI 研究中心”、“在人工智能发展的经济、伦理、政策和法律意义上发展全球思想领导”、“支持国家人工智能研究团体”等重要发展目标。

在人才培养方面，尽管加拿大拥有全球第三大人工智能人才库，并在人才密度上位居世界第一，但同时也面临大量人工智能领域的科

研人才和产业人才流向美国问题的困扰，其根本原因在于加拿大缺乏硅谷那样具吸引力的人工智能人才生态系统。充分认识到这个问题后，加拿大计划进一步加大人工智能研究投资，希望通过打造以教育为核心的人工智能人才生态系统，抵抗硅谷的“人才虹吸”效应，助推加拿大成为人工智能强国。例如为应对人才流失困境，在积极推进高端人才战略，提升高端人才素质，通过举办全国培训项目“AI4Good”、开设 IVADO 国际暑期学校和课程等，提高 AI 技术全民普及率^{[6][7]}。

表 2-1 美、日、英、加四国 AI 人才竞争战略

国家	AI 人才竞争战略
美国	积极发挥政府在 AI 人才培养中的主导和协调作用，以打造全段覆盖、全民覆盖的人工智能教育体系为重点，同时关注人工智能生态建设，最终全方位打造一支多元化、有道德的 AI 队伍，以维持美国在科技创新领域的领导地位。
日本	围绕构建超智能“Society5.0”的新时代发展理念，遵循与优势产业相结合的指导思想，以机器人、医疗、社会服务等领域为突破口，通过建设素养教育、应用基础教育、专家型人才培养多层次梯级人才培养体系，三阶段推进相关领域的数字化转型、智慧人才培养，进而为解决在养老、教育和商业领域的国家难题服务。
英国	遵循“高等教育与人工智能技术结合”的发展策略，通过依托国家级实验室促进人才培养、设立特色 AI 硕士专业学位等措施积极推进科教融合、产教融合，提升大学参与 AI 人才培养的积极性和大学 AI 人才培养质量。
加拿大	通过打造以人才教育为核心的人工智能人才生态系统降低人才流失率，助推加拿大成为人工智能强国。

（二）全球 AI 领域人才规模结构

1. 人才供给

得益于人工智能产业生态的不断丰富成熟，全球人工智能人才快速增长。《中国人工智能发展报告（2018）》显示，截至 2017 年国际人工智能人才投入总量达 204575 人，密集分布于北美、西欧、北欧、东亚、南亚、西亚地区。从国家分布看，人工智能人才集中于少数国家，排名前十的国家 AI 人才投入占据总量的 61.8%，其中美国人工智能人才投入量独占鳌头，累计高达 28536 人，占据世界总量的 13.9%，中国人工智能人才投入总量位列第二，占据世界总量的 8.9%，美国的 65%；印度、德国、英国分别以 17384 人、9441 人、7998 人列席三、四、五位。从城市分布看，美、中、印、德、英五国人才数量排名前五城市的人才累计占比分别为该国总量的 10.5%、20.0%、14.9%、17.3%和 23.3%。

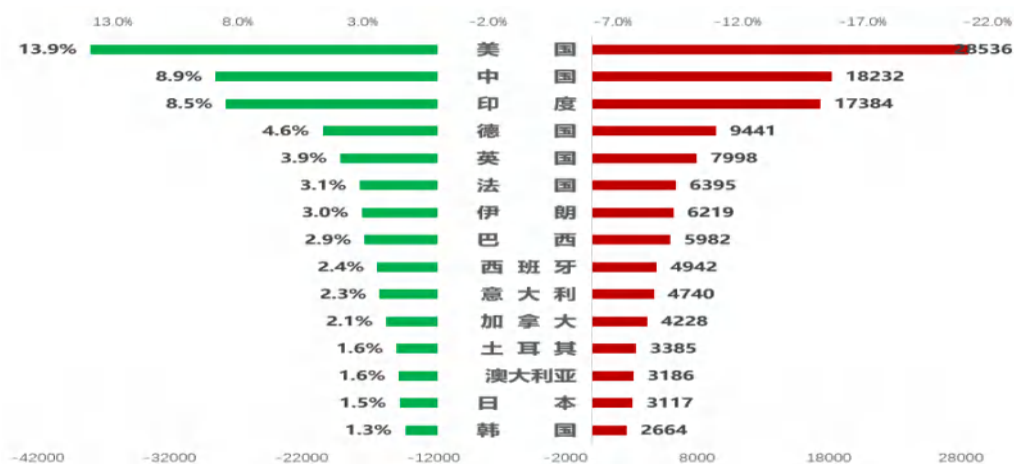


图 2-3 国际 AI 人才培养数据

资料来源：《中国人工智能发展报告（2018）》

(1) 科研人才

从学生数量看，据腾讯研究院发布的《2017 全球人工智能人才白皮书》统计，截至 2017 年全球共有 367 所开设人工智能研究方向的高校，其中美国 168 所占比 45.7%，位居世界第一。《2019 年全球 AI 人才流动报告》显示，美国高校培养了全球 44% 的 AI 博士，大于欧盟（21%）和中国（11%）的总和，这在很大程度上塑造了美国在人工智能科研人才方面的优势。

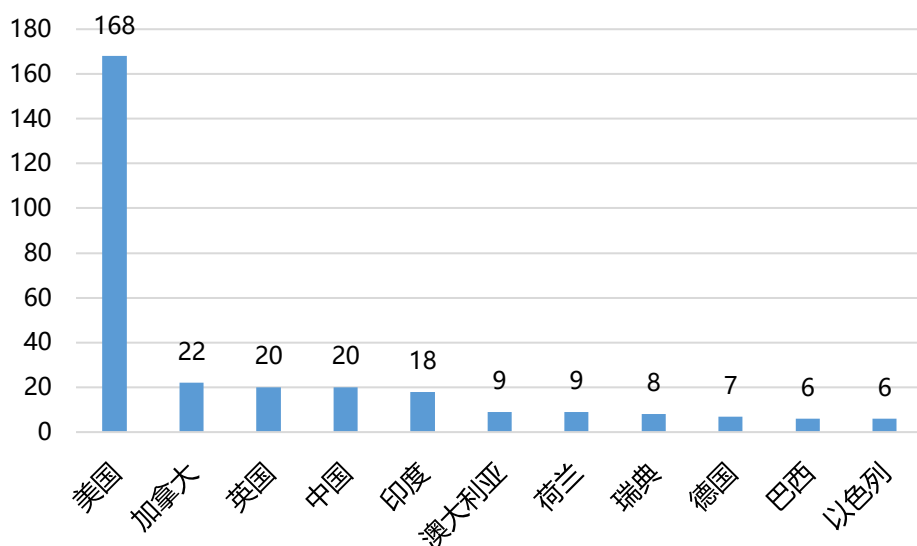


图 2-4 全球 AI 高校数量

资料来源：《腾讯研究院：全球人工智能人才白皮书（2017）》

从学者数量看，《智慧人才发展报告（2021）》显示全球人工智能领域学者数量共计 155408 位，覆盖 120 多个国家，其中大部分人才主要集中在北美洲、欧洲以及东亚地区。在高层次科研人才分布上，美国占比超过 50%，居绝对领先地位。清华大学发布人工智能全球 2000 位最具影响力学者榜单显示，美国以 1128 人次位居世界第一，其次为中国（171 人次）、德国（110 人次）、英国（83 人次）、加拿大（63 人次），这说明在顶尖科研人才方面，美国依旧领先全球。



图 2-5 全球 AI 领域科研人才分布

资料来源：《智慧人才发展报告（2021）》

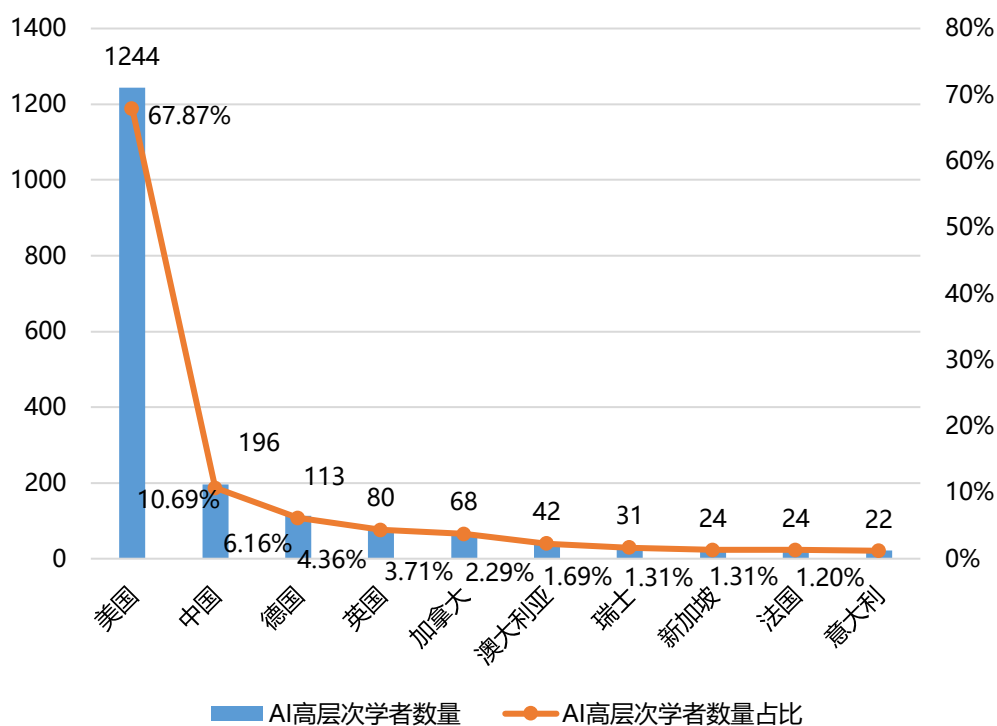


图 2-6 AI 高层次学者分布

资料来源：《智慧人才发展报告（2021）》

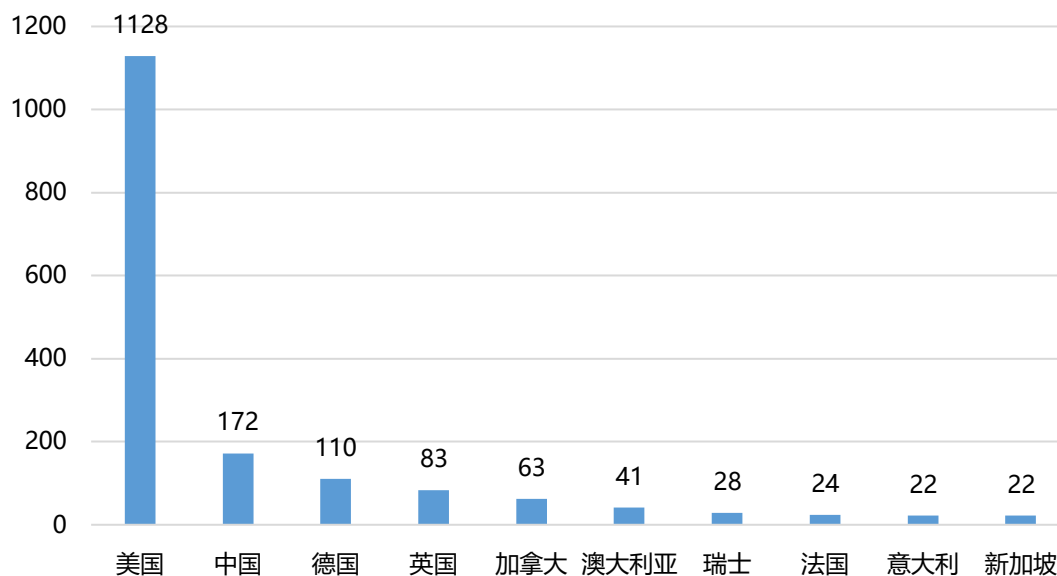


图 2-7 全球 2000 位最具影响力 AI 学者分布

资料来源：《智慧人才发展报告（2021）》

（2）产业人才

2017 年 12 月初，腾讯研究院联合 BOSS 直聘发布的《2017 年全球人工智能人才白皮书》显示，目前全球人工智能人才总量约 30 万人，其中产业人才约 20 万人，主要分布在各国 AI 巨头公司中，这些科技巨头集中分布在北美、亚洲、欧洲地区（占比 98% 以上）。清华大学发布的《2018 年中国人工智能发展报告》根据人工智能论文和专利记录，对雇用人工智能人才最多的公司进行排名，发现前 20 家公司一半设立在美国，这 10 家美国公司合计拥有 1623 名人工智能人才，相比之下，欧盟为 6 家公司，雇佣 522 名人工智能人才，中国仅华为 1 家公司上榜，雇佣 73 名相关人才，反映出美国在产业人才拥有量上同样占据绝对优势地位。此外，根据腾讯研究院 2017 年对 81 位全球顶尖 AI 企业创始人进行的研究可以发现，在顶尖产业人才拥有量上，美国以 43 位占据领先地位，其次中国 17 位，英国有 6 位，

值得一提的是华人数量一共 20 位，约占总人数的 1/4，反映出华人在 AI 产业中扮演着重要角色。

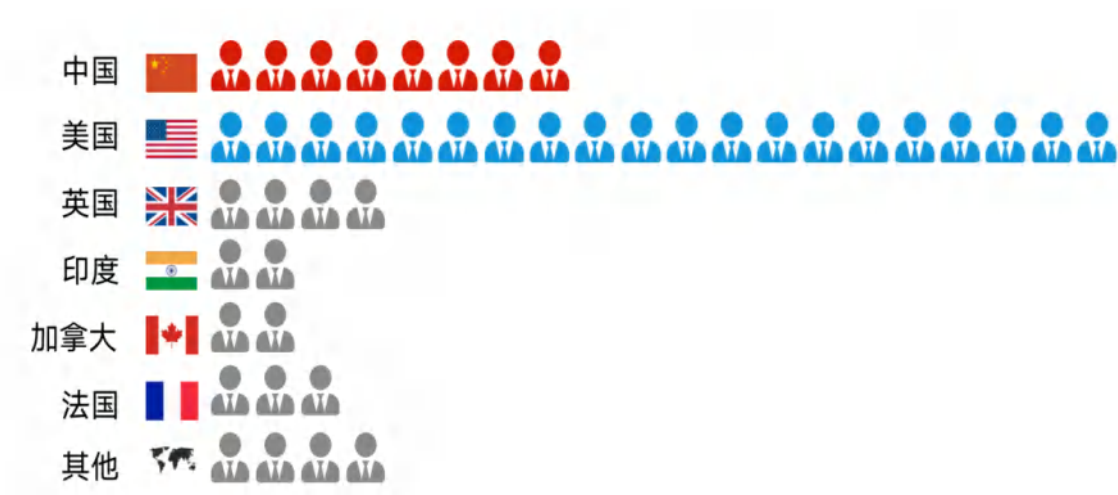


图 2-8 AI 领先企业创始人国籍分布

资料来源：《全球人工智能人才白皮书（2017）》

2. 人才需求

全球 AI 产业的迅速发展带动了人才需求的迅速增长，根据 Talent Seer 和 AI 人才社区 Robin.ly 联合发布的《2020 人工智能人才报告》显示 2016 年至 2019 年 AI 人才需求年均增长高达 74%。从国别来看，UI Path2018 年推出的《AI Jobs》报告显示，各国均存在一定的 AI 职位缺口，其中中国以 12113 个位居首位，其次是美国，存在 7465 个岗位空缺，日本以 3369 个空缺位居第三，此外英国、印度、德国等国家也同时面临着人才 AI 短缺，反映出目前全球各国正面临着普遍性的 AI 人才供求失衡。

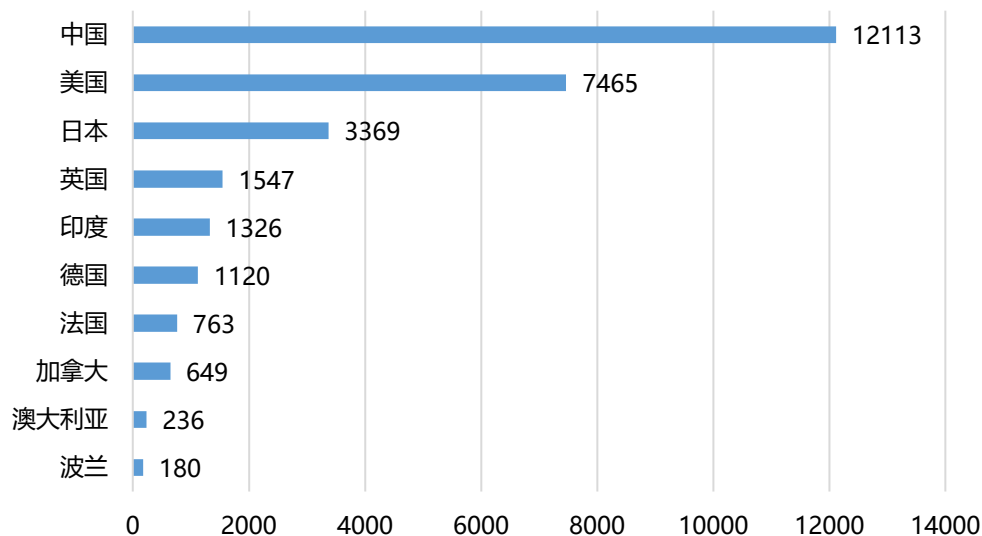


图 2-9 全球 AI 岗位的职业需求数

资料来源：转引自《亿欧智库：2020 全球人工智能人才培养研究报告》

从人才类型来看，《TalentScer2020AI 人才报告》统计结果显示，2019 年人工智能公司对 AI 算法团队需求最高，需求度为 80%，其次是 AI 研究团队和平台架构团队，需求度为 55%，再次是数据团队、硬件团队等。

表 2-2 2019 年人工智能公司各类人才需求情况

相关团队	涉及的具体职位	需求度
AI 算法团队	深度学习/机器学习工程师	80%
AI 研究团队	ML/CV/NLP 研究院	55%
平台架构团队	全栈/后端/安全/开发运营工程师	55%
数据团队	数据科学家/工程师	35%
硬件团队	嵌入式系统/硬件工程师	35%
产品团队	产品经理/后端工程师/用户体验专家	25%
商业化团队	业务发展/营销/法务/销售	15%

资料来源：转引自《亿欧智库：2020 全球人工智能人才培养研究报告》

为了满足人才需求，几乎所有科技巨头都设计了面向人工智能人才的竞争对策。专栏 2-1，选取了 Google、Facebook 以及苹果三家公司，介绍了他们为加强自身 AI 人才队伍建设采取的几项重要措施。

专栏 2-1 科技巨头 AI 人才竞争战略

1. Google: 忍者计划

为了扩大内部 AI 精英人才数量,使 AI 成为人人能够掌握的常规技术,Google 基于自身庞大的工程师队伍优势,制定了人工智能培训计划——“忍者计划”,旨在提升不同部门的 AI 技术培训普及率。例如在“机器学习忍者”项目中,Google 通过类似“安德的游戏”方式,从各个部门选拔精英成员,对他们进行为期 6 个月的机器学习培训。在导师指导下,这些人将参与部分 AI 项目,并由此入手,掌握大量机器学习方面的知识,最终将所学知识应用于提升所在部门产品的智能化程度。

2. Facebook: 人工智能西点军校

相较于 Google 将 AI 人才培养的重点放在技术普及上,讲究尽可能多的让内部员工了解、应用 AI 技术,Facebook 更注重培训质量的提升,为此 Facebook AI Academy 推出了覆盖技术培训到项目实践全流程的系统化人工智能培训课程。该课程分为两部分,第一部分要求学习者参与由 Facebook AI 研究实验室 (FAIR) 首脑人物之一的 Larry Zitnick,与其他顶级专家共同设计的实践性深度学习课程。该课程包括六个课时,课程期间,学员们将直接从 FAIR 专家那里学习包括深度学习基础、CNN\RNN 以及增强学习等学术理论,并最终将学术理论应用于深度学习模型的实际开发。第二部分要求学员参与 AI Immersion Program 以获得更深入的亲身实践,该项目要求工程师在 FAIR 工作 1-2 年,与行业顶级专家共同参与实际研究项目,“毕业后”工程师需要将所学知识应用于其他技术团队,从而将 AI 知识在企业内部进行扩散。

3. 苹果: 加码收购, 实现快速赶超

相较于 Google 和 Facebook,苹果公司在 AI 人才培养体系建设上起步较晚,为此,苹果加码企业收购,企图实现迅速赶超。根据 Global data 交易数据显示,2016 年-2020 年苹果、Google、微软、Facebook 共在人工智能技术领域进行了 60 宗收购,其中,苹果收购了包括 SilkLabs、Turi 在内的 25 家人工智能企业,在人工智能企业收购的竞赛中居领跑地位。通过疯狂并购,苹果公司快速补充了在机器学习、计算机视觉、自动驾驶等重要 AI 领域具备专业知识的工程师和产品人才。

（三）全球 AI 领域人才发展趋势

从人工智能人才战略来看，推动人工智能发展和应用已成为全球主要经济体的共识，并逐步将全学段和全覆人工智能人才培养体系作为战略竞争焦点。为抢占人才高地，各国纷纷出台激励与保障政策，总体呈现人才培养支持力度不断加大、AI 教育覆盖范围不断扩张、对国际人才吸引力的重视程度不断提升的趋势。但因在资源禀赋、发展目标等方面存在差异，各国在 AI 人才战略周期、发展重点和领域布局等方面各有侧重，其中美国关注多元化人才队伍的建设，强调联邦政府需要在人才培养中发挥主要作用；英国将提升高等教育参与度作为促进 AI 人才的主要方式，为此采取了多项特色化科教融合、产教融合措施；日本主要依托在机器人等方面的长期优势开展 AI 人才培养；加拿大则将构建完整人才生态系统作为主要工作。

从人工智能人才总量来看，得益于产业生态体系的不断成熟，全球人工智能人才快速增长。AI 产业的迅速发展大幅提高了相关应用型、研究型人才的需求。从供需匹配来看，总体上当前的教育体制所能提供的人才供给与人才需求之间仍存在巨大缺口，据统计全球每年约有 2 万 AI 领域毕业生，远远不能满足市场百万量级人才需求。此外，由于高校人才输出相对滞后、人工智能领域的知识、技术门槛较高，跨界难度大，因此短期来看人才缺口或将继续放大，供给压力将愈发凸显。

从人工智能人才结构来看，人工智能人才队伍建设总体呈现美国“领跑”，中国“并跑”，英国、德国、日本、加拿大等国“跟跑”

的局面。其中美国无论在科研人才还是产业人才，基础人才还是拔尖人才数量上全面占据领先优势；英国凭借牛津大学、剑桥大学、阿兰·图灵研究所等在人工智能和机器学习领域有深厚积累的高等学府、研究机构，在科研人才培养上位居世界前列；日本则在机械制造和机器人技术等具备传统优势的细分领域建立了人才优势；中国的优秀人工智能人才密集分布在高校和科研机构，而产业界人才缺口较大。从研究型人才来看，各国普遍重视发挥高校人才培养作用，加快 AI 学科建设、设立 AI 相关硕士和博士学位成为各国培养 AI 人才的最直接方式；从应用型人才看，各大人工智能企业正普遍面临着人才缺口，其中技术类岗位人才、研究类人才缺口远大于实际技能岗位，特别是在 AI 算法、基础研究、平台架构等方面的供需失衡问题亟待解决，为弥补人才缺口，各大科技巨头正以前所未有的速度和规模从战略上垄断全球 AI 人才。

从人工智能人才质量来看，在拔尖人工智能人才队伍建设上，美国凭借全球 50% 以上的高层次科研人才占有量，50% 以上的顶尖 AI 企业创始人占有量，位居全面领先地位。在拔尖人工智能人才储备方面，目前开设人工智能研究方向高校中近半数分布在美国，这些高校培养了全球 44% 的 AI 博士，为美国提供了未来竞争优势。英国、加拿大等发达国家尽管在顶尖人才培养上同样位居世界前列，但随着美国科技巨头人才争夺态势加剧，这些国家不同程度地遭受了“拔尖 AI 人才急剧流失”的危机。近几年，中国人工智能人才总量呈现稳步上升趋势，但是在高端人工智能人才领域，与美国、英国等发达国家尚有

一定差距，特别是缺乏顶尖基础研究型人才和能够将人工智能技术与产业体系融合发展的顶尖场景应用型人才，针对这一广泛需求，百度提出“未来 5 年培养 500 万 AI 人才”的目标，进一步提升中国 AI 人才队伍的竞争实力。

三、中国人工智能人才培养的主要模式和问题短板

教育部《高等学校人工智能创新行动计划》指出，要强化高校与地方政府、企业、科研院所之间的合作，加快人工智能领域科技成果在重点行业与区域的转化应用，提升高校服务国家重大战略、服务区域创新发展、服务经济转型升级、服务保障民生的能力^[8]。高校与企业是人工智能人才培养体系的双主体，在人工智能人才储备中发挥着关键作用。

（一）中国人工智能人才供求与分布现状

1. 人工智能人才培养的现状

2019 年人社部等 3 部门联合发布的《人工智能工程技术人员就业景气现状分析报告》中指出，根据测算我国人工智能人才目前缺口超过 500 万，国内供求比例为 1:10，供求比严重失衡，如不加强人才培养，至 2025 年人才缺口将突破 1000 万。针对人工智能供求比例严重失衡的现实问题，我国高校积极快速地布局人工智能学科建设，开设人工智能专业的高校数量呈现大幅上涨态势。据统计，2019 年度获批新增开设人工智能专业的高校数量较上年增加 400%以上；2020 年 2 月，全国范围内获得人工智能专业首批建设资格的高校共有 180 所，相比 2018 年的 35 所增加了 414%；2021 年 2 月，教育部官网公布了《2020 年度普通高等学校本科专业备案和审批结果》，130 所高校获批人工智能专业，进一步反映出人工智能专业的热度急剧攀升。

在质量建设方面，表 3-1 展示了中国大陆在 CS Rankings2020 至 2021 年度榜单中 AI 领域排名前 20 高校情况，其中清华大学、北京大学、中国科学院、上海交通大学、浙江大学、南京大学、哈尔滨工业大学进入全球前 20 位，说明目前中国高校 AI 的国际竞争力不容小觑。与此同时，国内企业也纷纷发力人工智能人才培养。2021 年 10 月，百度创始人、董事长兼 CEO 李彦宏在北大新工科国际论坛表示“未来 5 年百度将为社会培养 500 万 AI 人才”。

表 3-1 CSRankings 2020 年-2021 年中国大陆 AI 排名 TOP20 高校

排名	学校名称	分值	领域教师数量	排名	学校名称	分值	领域教师数量
1	清华大学	18.5	68	11	电子科技大学	5.7	36
2	北京大学	17.9	90	12	北京航空航天大学	5.4	27
3	中国科学院	13.5	47	13	中山大学	4.8	11
4	上海交通大学	11.1	42	14	中国科学技术大学	4.8	18
5	浙江大学	10.1	55	15	苏州大学	3.1	23
6	南京大学	8.7	42	16	上海科技大学	2.8	11
7	哈尔滨工业大学	7.6	48	17	西安交通大学	2.7	17
8	中国人民大学	7.0	27	18	西北工业大学	2.5	11
9	复旦大学	6.7	30	19	山东大学	2.4	8
10	北京邮电大学	6.0	42	20	西湖大学	2.3	3

资料来源：CS Rankings（注：排名分值计算主要依据各个机构在 AI 领域的顶级学术会议发表的论文数量的几何平均数。）

尽管我国在 AI 人才队伍建设方面成效显著，但是与美国等 AI 强国相比仍有不小差距：从人才培养结构看，在 AI 博士队伍培养上美国遥遥领先，据统计 44% 的人工智能人才在美国获得博士学位，在中国获得博士学位的仅占 11%，其后是英国（6%）、德国（5%）以及加拿大、法国和日本（均为 4%），体现我国 AI 教育的国际吸引力仍有待加强（图 3-1）；从人才分布来源看，我国目前人工智能人才队

伍主要由本土人才构成，占比 90.81%，海外人才占比仅为 9.19%，反映我国 AI 人才队伍的国际化水平有待提升（图 3-2）。

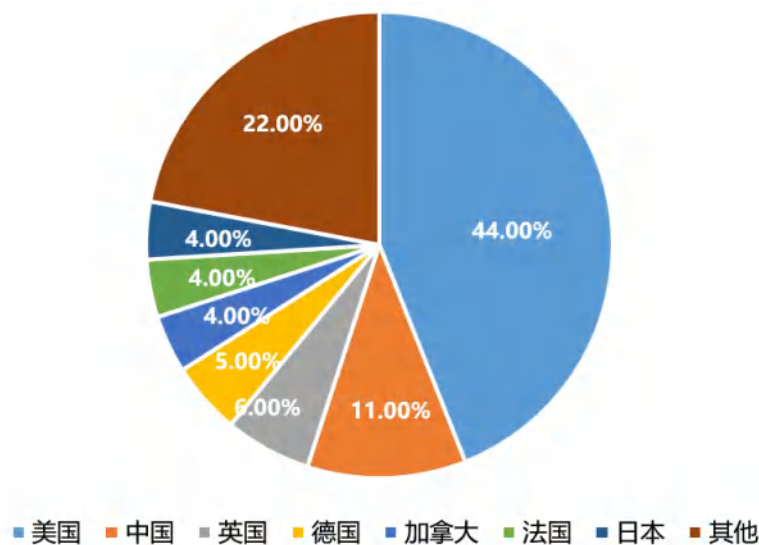


图 3-1 全球主要国家获得 AI 博士学位占比统计情况

资料来源：2019 年中国人工智能行业市场分析：人才缺口超 500 万，未来三方面补齐短板问题.[EB/OL]. https://www.sohu.com/a/326990725_473133, 2019-07-15.

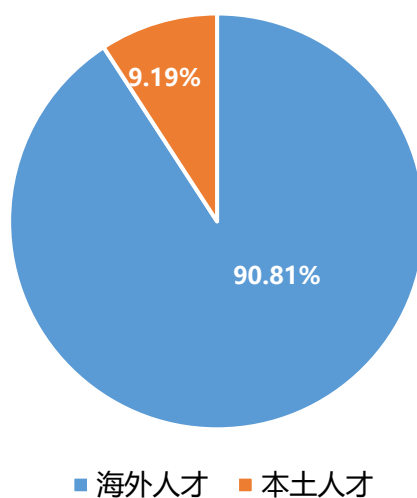


图 3-2 海外 AI 人才占比

资料来源：《2019 年中国 AI&大数据人才就业趋势报告》

从领域分布来看，《2017 全球人工智能人才白皮书》显示中国在处理器/芯片、机器学习应用、自然语言处理、智能无人机四大领域的人工智能人才供给上全面落后于美国，其中处理器/芯片差距最大，据

统计美国在该领域的从业者为 17900 人，中国为 1300 人，不到美国的 10%；其次是自然语言处理，美国为 20200 人，中国是 6600 人；再次是计算机视觉和机器人学习，美国从业人数分别为中国的 2.9 倍和 1.8 倍，中国仅在智能机器人领域超过了美国。

2. 人工智能人才需求现状

随着人工智能产业的快速发展，我国 AI 人才需求不断扩张。猎聘网发布的《2019 年中国 AI&大数据人才就业趋势报告》对比研究了全国 AI&大数据领域与互联网行业的人才需求变化趋势，发现截至 2019 年第二季度 AI&大数据领域人才需求较 2015 年第一季度增长超 11 倍，且 AI&大数据的人才需求增长倍数明显高于互联网行业。快速增长的人工智能人才需求与落后的人才供给间的矛盾不断加大，人社部发布的《人工智能工程技术人员就业景气现状分析报告》指出，我国人工智能人才目前缺口超过 500 万，国内的供求比例为 1:10，供需比例严重失衡。



图 3-3 2015Q1-2019Q2 全国 AI&大数据领域与互联网行业的人才需求变化趋势

资料来源：猎聘 2019 年中国 AI&大数据人才就业趋势报告

从岗位类型来看，技术类岗位人才供需比远低于实际技能岗位。其中技术类岗位包括算法研究岗、应用开发岗、实用技能岗和高端技术岗，其人才供需比分别为 0.13、0.17、0.98、0.45，人才缺口明显。实际技能岗包括产品经理岗、销售岗和高级管理岗，其人才供需比分别为 4.52、7.14、3.44，人才供给相对充足。从具体的技术方向看基础技术人才缺口较大，人工智能芯片、机器学习、自然语言处理、计算机视觉岗位的人才供需比均低于 0.4，说明该技术方向的人才供应严重不足，特别是智能语音、计算机视觉方向，人才供需比仅为 0.08 和 0.09，急需加快人才培养。

从人才质量看，我国目前 AI 人才质量总体仍然偏低，难以满足岗位需求。《2017 年全球人工智能人才白皮书》发现近三成 AI 领域的求职者与 AI 雇主所要求的各项指标相距甚远，背后原因包括学历过低、经验不足、缺乏实际技能等，人才质量的低下导致许多岗位特别是一些核心类岗位供需失衡，例如 45.1% 的算法研究岗和 41.9% 的应用开发岗要求应聘人员具有硕士及以上学历，然而我国现有的高学历 AI 人才储备仍难以满足，这也进一步导致部分核心类岗位出现人才空缺。同时，鉴于合格 AI 人才特别是高学历 AI 人才的培养所需时间远高于一般 IT 人才，这意味着人才质量导致的人才缺口可能难以在短期内得到有效解决。

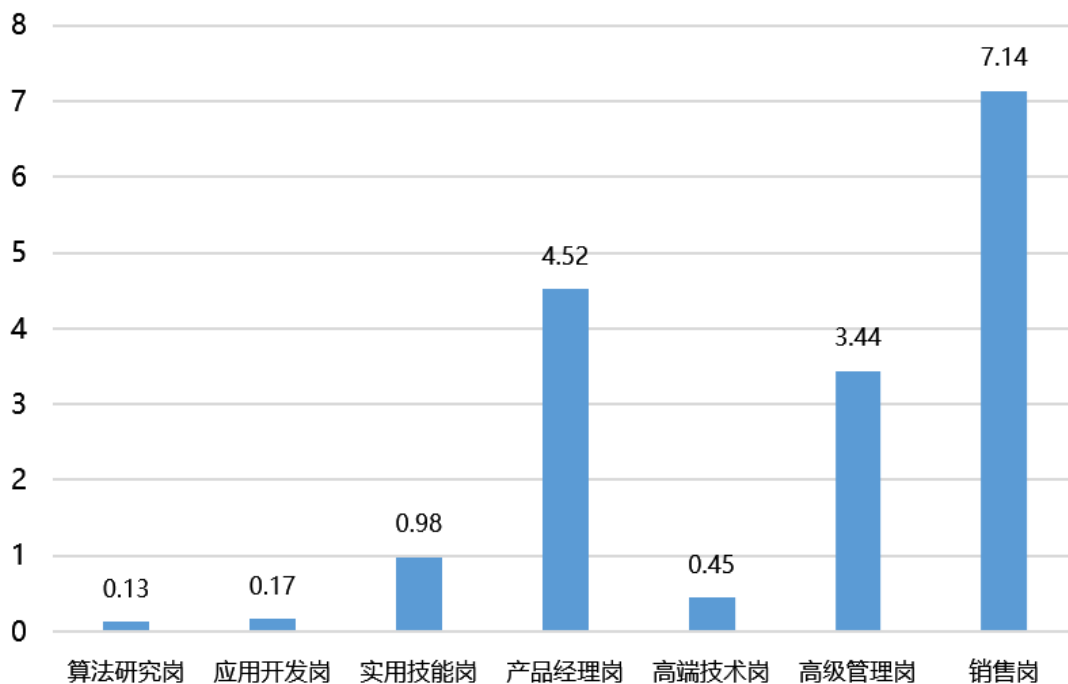


图 3-4 AI 各职能岗位人才供需比

资料来源：《人工智能产业人才发展报告 2019-2020 年版》

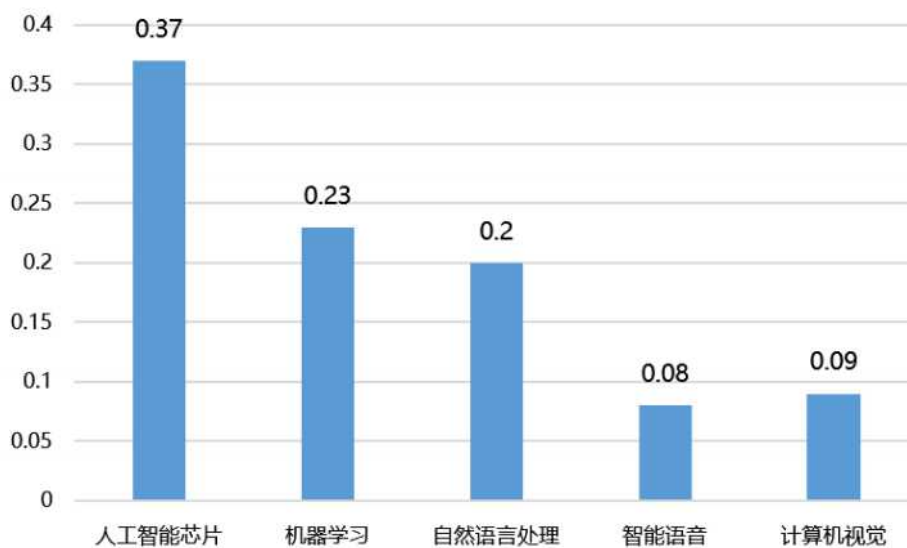


图 3-5 AI 各技术方向岗位人才供需比

资料来源：《人工智能产业人才发展报告 2019-2020 年版》

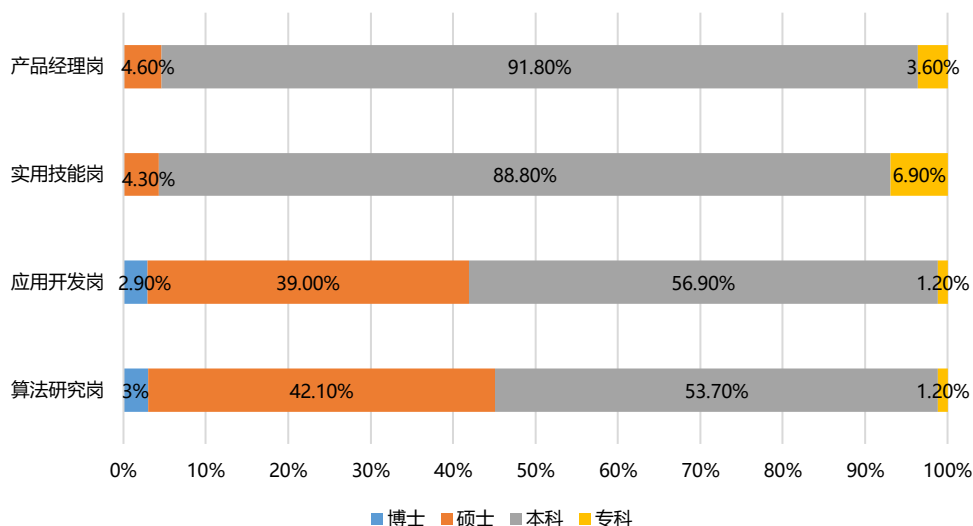


图 3-6 主要 AI 岗位的学历要求

资料来源：《人工智能产业人才发展报告 2019-2020 年版》

3. 人工智能人才分布现状

当前国内人工智能人才呈现出与区域强关联的特征。一方面，国内人工智能人才集中在百度、阿里巴巴、腾讯、科大讯飞等科技领军企业中，不断涌现的人工智能创业公司以及相关细分领域的独角兽企业也吸纳了大量的人工智能人才；另一方面，人工智能企业与人才集中分布在京津冀、长三角、粤港澳等地区，导致人工智能人才分布呈现出与区域强关联的特征。据中国新一代人工智能发展战略研究院发布的《中国新一代人工智能科技产业发展报告（2020）》数据，中国的人工智能企业主要分布在北京市、广东省、上海市和浙江省，占比分别为 42.5%、16.9%、15.3%和 8.3%；同时 109 所 AI 大学分布在全国 23 个省级行政区，北京市、江苏省、上海市、广东省、浙江省等是中国 AI 大学分布最集中的省市^[9]。

（二）高校人工智能人才培养模式与特征

在可以预见的未来，中国的人工智能市场需求前景广阔，因此需要高质量、高水平的人才来支撑和推动人工智能行业发展，特别是需要更懂创意、更懂跨界、更懂开放、更会合作与共享的人才，需要以产业智能化需求为基础、理论与实践相结合的复合型人才。为此，各高校纷纷利用新工科建设的发展契机，设立人工智能专业，布局人工智能学科，推动人工智能人才培养的规模化发展。

1. 高校人工智能人才培养的背景

高校纷纷发力人工智能人才培养有其深刻的现实背景：一方面，企业对人工智能人才素质的要求越来越高，多维度、多层次、复合型人工智能人才成为企业青睐的对象，这对传统的以学科知识为体系、以课程学习为主要途径的人才培养模式提出了重大的挑战，作为人才培养的主力军，高校必须顺应时代潮流，借助人工智能的重要契机，不断更新人才培养模式，实现人才培养质量的跨越式发展。

专栏 3-1 企业期待的人工智能人才素质

虽然大数据、计算能力和深度学习算法这些专业的同学来到百度依然有很多工作可以做，但是现在对同学们的要求更富有挑战，特别是跨学科，一个产品需要在不同的学科交织之上进行研发，那么我们就特别需要学生具备不仅仅是专业知识，还有对人工智能技术和科学的激情，愿意主动地去学习，站在多元化的角度上工作。

——百度产品经理

另一方面，人工智能技术具有独特性。人工智能是一种通用性和

基础性的技术工具，关系到未来社会发展的方方面面，甚至能够在某些方面实现颠覆性创新，成为诸多行业革新发展的有力工具。因此未来的人工智能人才不仅需要精通人工智能领域的知识和技能，还需要熟悉这些技术的具体应用场景，赋能各行各业的发展和变革。

最后，高校依然是推动人工智能领域前沿技术突破的关键行为主体，肩负着高水平人工智能人才培养的重任。毋庸置疑，高校处于科技第一生产力、人才第一资源、创新第一动力的结合点，掌握了大量的科研和创新资源，集聚了国内最优质的人工智能科研力量，代表着人工智能技术发展的前沿方向，同时高校承担着人工智能人才培养的关键职责，在人工智能战略人才储备中具有不可推卸的使命责任。



图 3-7 多维度、多层次、复合型人工智能人才

2. 高校人工智能人才培养方向

当前，单独设立人工智能专业的高校比较少，大多高校是在计算

机技术应用专业下设置若干培养方向，具体包括三类：（1）通用综合方向。以发展人工智能学科通用基础为目的，培养学生的人工智能基础理论素质，例如智能科学与技术、人工智能、计算机软件与理论等。（2）专业应用方向。以推动人工智能技术的具体应用为目的，培养学生的应用技能，例如机器学习、自然语言处理、智能汽车、智能制造、计算机视觉与图像、智能机器人、模式识别与智能系统等。（3）交叉融合方向。以促进人工智能与其他学科的协同发展要求，培养学生的知识交叉融合与创新意识，例如人工智能与医学、智能交通、商务智能、智能设计等^[10]。



图 3-8 人工智能人才培养方向

3. 高校人工智能学科与专业建设

高校人工智能学科建设主要有三种模式：新增人工智能专业、原有相关专业中新增人工智能培养方向以及重组原有相关专业设立人工智能学院。

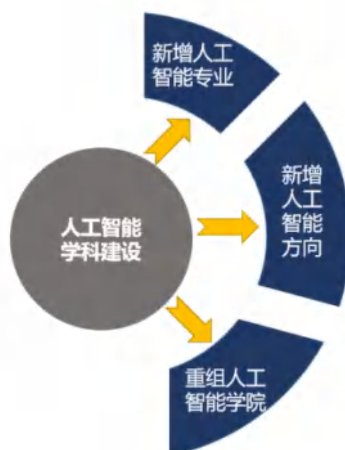


图 3-9 高校人工智能学科建设的主要方式

高校在人工智能学科与专业建设方面具有以下特征：

一是人工智能人才培养目标聚焦基础理论与方法创新。高校特别是一流高校的人工智能人才培养起步较高，培养目标更多地瞄准人工智能领域的基础与原创理论创新，聚焦人工智能领域重大科学前沿问题，致力于培养“高层次、复合型、国际化”的高水平人工智能人才，引领中国人工智能行业的前沿发展。

二是普遍采取多种相关学科交叉联合的人才培养方式。当前大多数高校采用“学科衍生型”的人工智能学科与专业建设，即人工智能人才培养是基于已有的学科基础，充分发挥已有的学科平台优势资源，例如计算机学科的师资和实验室资源等，通过进一步强化多学科深度交叉融合等方式，给学生带来更加通用、更加综合、更加融合的人工智能学习体验，例如建立“人工智能+X”复合专业培养新模式，重视人工智能与数学、医学、生物学、金融学等学科专业教育的交叉融合，进一步增强人工智能人才的复合性。

三是多数实行人工智能领域校内外导师联合指导模式。人工智能

既是基础性学科，也是实践性学科，具有显著的实践应用价值，且人工智能学科内容更新快速，需要紧密对接实践。为此，大多数高校采用复合导师的方式，由校内导师负责引领学生打好人工智能理论基础，校外导师提升人工智能实践能力，同时通过参加科研训练与实践实训等方式全方位提升人工智能人才培养质量和学生的专业素质及能力。

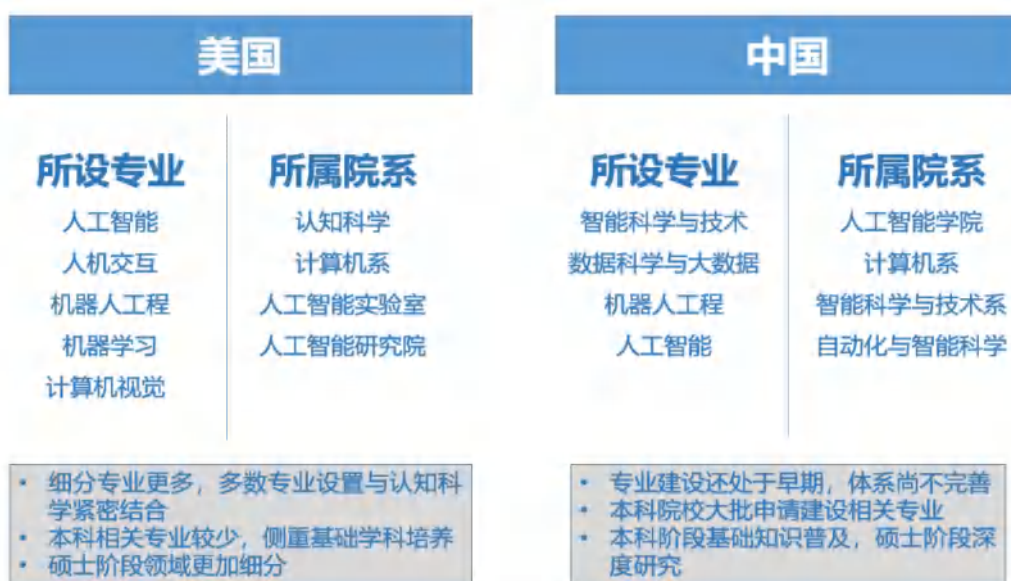


图 3-10 中美两国人工智能相关专业及所属院系

资料来源：亿欧智库《2020 全球人工智能人才培养报告》

表 3-2 主要高校人工智能学科与专业建设目标

西安交通大学——人工智能学院
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 人工智能本科专业旨在培养扎实掌握人工智能基础理论、基本方法和应用技术，熟悉人工智能相关交叉学科知识，未来能在我国人工智能科学与技术产业发展中发挥领军作用的优秀拔尖人才。 ◆ 建立包括数学与统计、科学与工程、人工智能核心、计算机科学核心、认知与神经科学、人工智能与社会、先进机器人学以及人工智能平台与工具的 8 大专业课程群，每个课程群由若干门必修课和选修课组成。 ◆ 加强多学科的深度交叉融合，聚焦人工智能重大科学前沿问题和应用基础理论瓶颈，面向国家重大需求的研究和应用，为人工智能发展的未来培养优秀人才。 ◆ 重点围绕如何设计更加健壮的人工智能、人机协同的混合增强智能、以及人工智能技术的核心芯片与新型计算架构开展系统性的研究。

上海交通大学——吴文俊人工智能博士班
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 瞄准人工智能科技前沿和重大战略需求,开展相关原创性研究,培养一批具有宽阔视野、创新能力与社会责任感的人工智能领域领军人才,推动人工智能科技创新。 ◆ 实行校内外导师联合指导模式,由校内优秀导师搭档海外顶尖科学家或人工智能行业领军者。 ◆ 建立“人工智能+X”复合专业培养新模式,重视人工智能与数学、医学、生物学、金融学等学科专业教育的交叉融合。
中国科学院大学——人工智能学院
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 联合智能科学与技术领域在国际上有影响力的教育研究机构和龙头企业,瞄准“高层次、复合型、国际化”的人才培养目标,打造国内顶尖、国际知名的智能科学与技术领域人才培养基地。 ◆ 聚焦于人工智能领域核心科学和关键技术,面向国际学科前沿与社会发展需求,将形成科研、教育、产业深度融合,创新型人才培养与技术应用型人才培养互补,专业化培育与定制型培育结合的教育科研体系。 ◆ 人工智能学院面向国际科学前沿,下设模式识别、人工智能基础、脑认知与智能医学、智能人机交互、智能机器人、智能控制等6个教研室。
电子科技大学——人工智能专业
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 培养具有扎实的人工智能理论知识和技术与工程能力;能够运用人工智能领域的基本模型、原理与方法,设计有效的工程技术解决方案的高水平人才。 ◆ 计算机科学、自动控制、电子、脑与认知科学等多学科融合。 ◆ 以科研促教学,用教学助科研,积极引导学生参与科学研究,提升学生创新实践能力。 ◆ 锻炼学生的获取知识能力、应用知识能力和创新能力,使之成为能从事人工智能基础理论研究、应用技术与开发、人工智能应用与创新实践的复合型人才。

资料来源:研究团队通过公开渠道采集相关信息整理而成。

4.高校人工智能课程建设与教学设计

2021年2月,教育部官网公布《2020年度普通高等学校本科专业备案和审批结果》,130所高校获批人工智能专业,截至目前国内共有345所高校开设了人工智能本科专业,在课程建设与教学设计等方面扮演着积极的探索角色。亿欧智库《2020中国人工智能人才培养报告》显示,中国人工智能课程体系建设起步相对较晚,从课程设置

上来看以参考借鉴国际课程体系为主，同时也形成了独特的“AI+”特色。

清华大学 计算机科学实验班	北京大学 智能科学与技术专业	上海交通大学 计算机专业
<ul style="list-style-type: none"> 前两年实施计算机科学基础知识强化训练 后两年实施理论、安全、系统、计算经济、计算生物、机器智能、网络科学、量子信息等的专业教育 	<ul style="list-style-type: none"> 全院必修：数学、力学、电磁学 专业必修：数学逻辑、人工智能基础 专业核心：人工智能具体方向 素质教育：其他专业相关课程 	<ul style="list-style-type: none"> 专业课程：数学、计算机科学导论、物理学 专业必修：数据结构、计算机系统、算法基础 专业选修：人工智能基础 专业实践类课程：编程、物理、教学实践

图 3-11 三所高校人工智能课程设置

以长三角研究型大学联盟的人工智能课程为例：基础类课程分为人工智能与机器学习、编程框架及前沿热点讲座等三个类别，帮助学习者更好掌握人工智能基础理论脉络体系及领域前沿热点。模块类课程目前分为智能感知及认知、智能系统、智能设计、智能决策、智慧城市、机器人六大类别，学习者可根据自身基础及研究兴趣方向自行选择。最低学分修读要求为 4 学分，学习者须从中选择至少两个类别修读，每个类别至少完成一门课程的学习。算法实践类课程重视实践，每门课程为 1 个学分，以培养掌握学习者实践实训能力为核心，由华为、百度、阿里巴巴、商汤、英特尔等名企与高校老师合作开设，帮助学习者了解、掌握人工智能在工业场景中的实践与应用。交叉选修类课程涵盖多学科领域，以期打破学科之间的藩篱壁垒，构建学科交叉体系，帮助学习者厘清不同学科之间依存的内在逻辑关系，掌握不

同学科理论的交叉、融合和渗透，提升科学视野。学习者可根据自身兴趣及精力，从中选择相关课程的学习。

表 3-3 长三角研究型大学联盟人工智能课程设置

课程类别	课程名称	学分	授课单位
基础类课程			
人工智能与机器学习	人工智能：模型与算法	2	浙江大学
	模式识别和机器学习	2	复旦大学
编程框架	人工智能编程框架	2	浙江大学
前沿热点讲座	脑与认知及人工智能前沿和应用系列讲座	2	校企联合师资
模块类课程			
智能感知及认知	自然语言处理	2	哈尔滨工业大学、浙江大学
	计算机视觉	2	上海交通大学、浙江大学
	脑科学导论	2	浙江大学、中国科学技术大学
	智能语音及语言交互	2	上海交通大学
	数字图像处理	2	复旦大学
	虚拟现实	2	复旦大学
智能系统	人工智能芯片与系统	2	中国科学院计算技术研究所、浙江大学、上海交通大学
	人工智能算法与系统	2	浙江大学
	自主智能无人系统	2	同济大学
智能设计	可视化导论	2	浙江大学
	设计思维与创新设计	2	浙江大学
	人工智能与数据设计	2	同济大学
智能决策	强化学习	2	南京大学
	博弈论	2	北京大学、浙江大学、上海财经大学
智慧城市	智能城市规划前沿	2	同济大学
	物联网	2	同济大学
机器人	智能机器人	2	同济大学
交叉选修类课程			
选修类课程	智能医学	1	同济大学

课程类别	课程名称	学分	授课单位
	人工智能与数字	1	上海交通大学
	人工智能药学	1	浙江大学
	人工智能法学	1	浙江大学
	可计算社会学	1	浙江大学
	智能财务	1	浙江大学
	智能公共管理	1	浙江大学
	人工智能伦理	1	浙江大学
	人工智能伦理	1	中国科学技术大学

数据来源：人工智能拔尖人才培养项目年度报告（2020）

新一代人工智能与教育、产业深度融合，不断助力教育教学流程重组和模式再造，个性化教学设计的特征愈发显著。其一是根据不同阶段不同水平学生对人工智能的学习需求，制定个性化的学习方案，提高学生的学习体验；其二是通过技术手段辅助教师提升教学质量，实现教师教学与学生自主学习的统一；其三是注重人工智能的情境教学设计，促进教学环境的深刻改变，特别是强调从真实实践任务着手的教学活动设计，促进学生在完成真实设计任务的过程中拓宽视野，掌握本领。



图 3-12 校企协同的多分类人工智能+课程体系（以百度为例）

（三）企业人工智能人才培养模式与特征

高校是人工智能人才培养的主体，但并不是唯一的主体。2019 年国务院政府工作报告指出，深化大数据、人工智能等研发应用，健全以企业为主体的产学研一体化创新机制。对于长期发力人工智能技术的企业而言，高校缺少的数据与算力等教学资源，恰恰是企业所擅长的优势。中国新一代人工智能发展战略研究院发布的《中国新一代人工智能科技产业发展报告》（2020）显示，中国人工智能企业数量排名为全球第二，仅次于美国^[9]，涌现出一大批高水平的人工智能领军企业，在人工智能人才培养中发挥着关键的作用。例如，百度计划 5 年内为社会培养 500 万 AI 人才。

表 3-4 校企合作人工智能学院建设情况

企业名称	合作或共建人工智能学院情况（部分）
百度公司	中国人民大学高瓴人工智能学院、吉林大学人工智能学院、天津大学人工智能学院、大连理工大学人工智能学院、北京邮电大学人工智能学院、西安电子科技大学人工智能学院
腾讯科技	深圳大学腾讯云人工智能学院、辽宁工程大学腾讯云人工智能学院、山东科技大学腾讯云人工智能学院、聊城大学腾讯云人工智能学院
旷视科技	南京大学人工智能学院、西安交通大学人工智能学院
深兰科技	中南大学-深兰科技人工智能学院、江苏理工学院深兰人工智能学院
科大讯飞	南宁学院科大讯飞人工智能学院、安徽信息工程学院大数据与人工智能学院、江西应用科技学院人工智能学院、重庆科创职业技术学院人工智能学院

资料来源：研究团队通过公开渠道采集相关信息整理而成。

1. 数据与平台驱动的人工智能人才培养

包括 AI 芯片、深度学习框架、机器学习模块、卷积神经网络以

及图像识别、语音识别、自然语言理解在内的人工智能底层与通用应用技术的发展与优化无不高度依赖海量数据训练，高水平的人工智能人才培养也依赖海量优质数据的加持。《2020 腾讯人工智能白皮书》显示，中国已经形成了包括腾讯、阿里、百度等在内的大量互联网平台应用的海量数据资源，各行各业、各级政府等也在持续增强数字化转型升级的力度，更广泛多元的数据资源正在不断生产，数据正在成为一种国家生产要素^[11]。企业凭借着丰富的数据资源，积极参与到人工智能人才培养过程中，形式包括开展深度学习师资培训、出版 AI 教材、提供配套数据、算力、课件、实验、竞赛等 AI 教学资源等。

专栏 3-2 飞桨产业级深度学习开源开放平台

飞桨 (PaddlePaddle) 以百度多年的深度学习技术研究和业务应用为基础，集深度学习核心训练和推理框架、基础模型库、端到端开发套件和丰富的工具组件于一体，是中国首个自主研发、功能丰富、开源开放的产业级深度学习平台。权威数据调研机构 IDC 发布 2021 年上半年深度学习框架平台市场份额报告显示，百度在中国深度学习平台市场中的综合份额持续增长，跃居第一。

近年来，百度飞桨产业级深度学习开源开放平台多次进行全新功能发布和技术升级。这些发布和升级包括提升核心框架性能和易用性、新增产业级模型库（包括文心大模型等）、发布端侧推理引擎 Paddle Lite、发布面向产业应用场景的端到端开发套件（自然语言处理领域的 ERNIE 语义理解、计算机视觉方向的 PaddleDetection 目标检测和 PaddleSeg 图像分割）等。功能发布和技术升级后，飞桨平台的深度学习模型开发能力、训练能力、预测和部署能力进一步提升，可比肩 TensorFlow、PyTorch 等国际主流框架，在多项技术上有优于后者的表现。这使得我国人工智能 (AI) 技术开发者和使用者不必依赖国外平台，同时还可进一步培育自主可控的 AI 开发应用生态。

百度飞桨已经凝聚了 406 万开发者，服务 15.7 万多家企业，覆盖金融、交通、物流等数十个行业，基于飞桨平台创造了超过 47.6 万个模型。飞桨助力开发者快速实现 AI 想法，高效上线 AI 业务，帮助越来越多的行业完成 AI 赋能，实现产业智能化升级。

飞桨 AI Studio 是基于百度飞桨深度学习开源平台的学习与实训社区，集开放数据、开源算法、免费算力三位一体，为开发者提供高效易用的学习实训环境、高质量的实训案例和进阶课程、高价值高奖金的各类竞赛、打造了“学习-实践-比赛-认证-就业”全周期的开发者成长服务体系。飞桨 AI Studio 成为 AI 开发者们学习、交流、竞技和成长的聚集地。过去三年，飞桨 AI Studio 凭借功能强大的线上编程环境、云端超强 GPU 算力、存储资源、丰富多彩的实训项目以及繁荣开放的社区生态等，吸引了超 100 万用户入驻，同时积累了 240 万+实训项目、6000+课时课程、110+场竞赛及 8 万+数据集。2020 年，飞桨 AI Studio 入选教育部产学合作协同育人项目专家组疫情期间向高校推荐的 20 个教学平台之一，被评为“2020 年度优秀软件教育平台”。



2. 依托竞赛的人工智能实践实训

国内主流的智能企业纷纷开发多种类型的人工智能竞赛活动，创新比赛题目和形式，打造开放式综合技术竞技平台，吸引在校学生参与竞赛，提高人工智能人才的实战技能，同时也通过这种方式发掘一大批卓越的人工智能人才后备军。例如百度之星是国内唯一一个连续举办了 17 年的企业级编程赛事，累计参赛选手 30 余万，覆盖千余所

高校，已成为校园程序高手交流切磋的优秀竞赛平台，被视为国内程序员的“黄埔军校”和“造星工场”，与NOI、ACM、GCJ、Hack up四大编程赛事共同组成程序界大满贯，打造百度技术品牌圈层影响力和技术领军地位，推动中国互联网和AI领域人才成长。除此之外，还包括中国高校计算机大赛——人工智能创意赛（C4-AI）、全国大学生智能车竞赛、“一带一路”国际大数据竞赛等等。



图 3-13 人工智能企业参与人才培养的优势

应用场景	教学	科研	互动	展示
应用级实训室	AI 实训室	大数据实训室	无人驾驶实训室	认知交互展厅
	• 面向已经开设AI和AI相关方向专业的高校	• 面向已经开设大数据和大数据相关方向专业的高校	• 视觉识别，视觉程序设计，视觉双目等各种算法应用 • 巡检，翻译，工业等多种应用场景	• 政府、创新中心等开设AI体验互动展厅的需求
	机器人实训室	AIoT实训室	AI应用开发实训室	智能营销实训室
	• 基于ABC robot平台的商用机器人集成开发	• 基于百度天工的智能家居开发实训	• 智能相册分类应用开发 • 智能对话系统应用开发	• 大数据精准营销实验室 • AdTech广告资源管理

图 3-14 企业基于应用场景的人工智能实训空间

3. 开展短期训练营，强化实战经验

受国外特别是美国等人工智能短期训练营和在线 AI 课程的影响，国内大型人工智能技术型企业也纷纷依托企业试验平台、企业数据资源和人工智能人才资源面向在校学生和初入人工智能领域的职场人士开展短期培训工作，教师队伍主要包括各大科技巨头公司的技术负责人与知名学者，能够在短期内讲授大量的企业人工智能应用案例，提升受训者的实战技能。



图 3-15 人工智能短期训练营

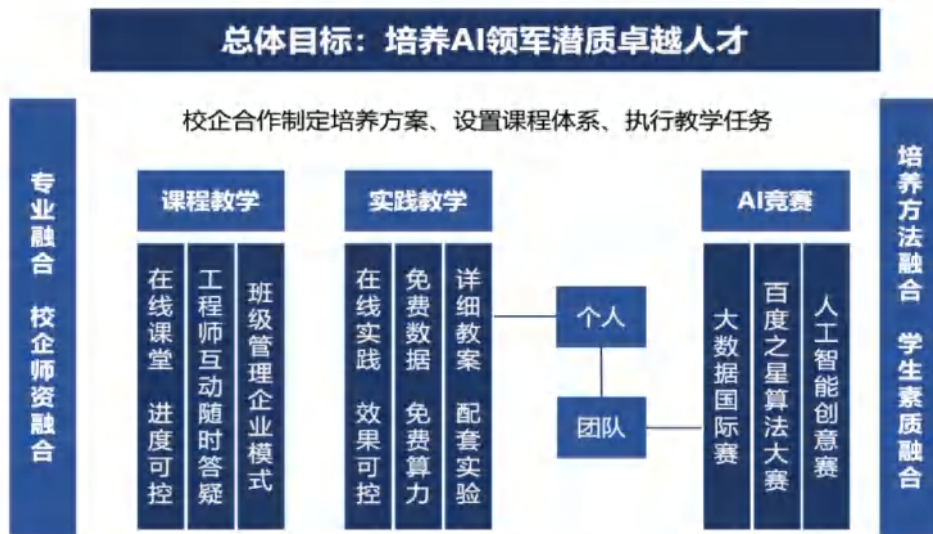
资料来源：亿欧智库

此外，一些企业还组织了与人工智能人才培养紧密相关的多层次、多类型的学生俱乐部与 AI 主题的青年学术论坛，借助社区运行的方式，定期分享 AI 内容并进行线上交流，在全球范围内吸引 AI 领域拔尖学生参与，企业为研究工作提供数据与开放平台支持，参与企业核心技术项目的研究实践，加速创新知识生产，逐步成为加速国内 AI 人才建设体系，培养和储备中国人工智能未来技术领袖的重要措施。

专栏 3-3 西安交通大学—百度大数据人工智能菁英班

百度大数据人工智能菁英班（以下简称“菁英班”）由百度与西安交通大学联合设立，以菁英教育为宗旨，培养具有大数据人工智能应用专门知识，热爱人工智能应用技术，掌握一定的大数据人工智能应用研究方法，具有创新意识、创新能力、实践能力和国际视野的优秀人才，为国家大数据人工智能应用事业发展输送优秀的人才。截至 2021 年 12 月，菁英班已连续招生六届，累计吸引 800 余名学生报名，累计招生 265 人。

菁英班是通过前沿理论学习与实践实习双向结合，并通过校企合作的方式共同培养优秀人才。在为期一年半的学习时间内，学员可参加理论课程、大数据竞赛、实践实习及团队建设等阶段的学习。百度为学员定制了人工智能菁英班在线课程，学员可以自由安排学习时间，随时随地实现对 AI 技术的系统性学习。百度通过持续开展校企合作的方式全面挖掘 AI 人才，以加速 AI 人才培养。通过自身领先的技术平台以及领域内专业人士等资源赋能的同时，将前沿理论学习与实践实习双向结合的新模式，激发更多学生对 AI 的兴趣，为大数据人工智能工程建设添码加力。



4. 校企协同参与人工智能人才标准制定

一是行业龙头企业积极参与国家标准制定。例如由百度作为牵头单位编写的中国软件行业协会团体标准《智能终端深度学习推理引擎应用编程接口（API）规范》已于 2019 年 12 月发布。该标准的制定可在满足开发者及用户多样化应用需求的同时，解决应用重复开发及

引擎效果不一致的问题，降低应用开发者使用深度学习技术的成本，促进推理引擎生态的良性发展和资源的整合利用。

二是校企协同完善人工智能知识体系认证。2019年10月起，百度配合教育部高教司发布《教育部高教司关于开展人工智能专业教学资源征集活动的通知》，征集数字化教学资源。本次征集面向首批开设人工智能专业的35所高校。2019年12月30日，首批人工智能新兴教学资源建设工作基本完成，形成一套35校认可的《人工智能专业基础课知识体系》，体系覆盖人工智能7个知识领域、81个知识单元、400个知识点，共计9万多字。

三是企业参与人工智能人才能力评估标准建设。例如2018年百度携手深度学习技术及应用国家工程实验室、中国软件行业协会过程改进分会，共同起草发布国内AI领域第一个专业技术人才培养标准——《深度学习工程师能力评估标准》（以下简称《标准》）。人才的培养需要体系化的人才教育、认证标准作为指导。该标准参考中国软件行业多家企业、多位高校教授和企业技术专家的意见建议制定，对于深度学习工程师能力的评估分为初级、中级、高级三个级别。深度学习工程师能力评估要素主要包括专业知识、工程能力、业务理解与实践3大类9小类。《标准》借助深度学习国家工程实验室和百度公司在AI技术及应用领域的深厚积累，共同致力行业人才培养，推动行业变革转型。

5. 分类别精准化的人工智能人才培养

当前国内校企合作的人工智能人才培养模式开始进入到系统谋

划与精准对接的精细化阶段，领先的人工智能企业针对不同的对象开展精准化的培训服务：

一是面向 **CTO** 的人工智能素养培训。针对中小公司的首席技术官（CTO），主流的人工智能企业开始积极探索融合创新的人工智能素质培养新动向，特别是在人工智能领域实现算力、算法和数据的综合作用，以及人工智能技术与细分领域的密切互动和深度融合，即面向行业特定问题、应用场景，促进人工智能技术与现实应用场景深度融合。

二是面向高校教师的人工智能能力培训。为推动人工智能人才培养，在教育部新工科联盟的指导下，国内一些顶尖的人工智能企业开始探索与高校联合进行人工智能专业教师培养，例如百度自 2018 年开始与新工科产学研联盟以及北京航空航天大学、中国科学技术大学、中国科学院大学、浙江大学、西安交通大学、中南大学、大连理工大学、电子科技大学等国内多所重点高校合作，举办系列线下、线上“全国高校深度学习师资培训班”，该班兼具理论基础与高强度代码实践的课程设计，提供配套的教学材料，包括专业教材、配套课件、实践平台、开源案例和硬件教具等，围绕飞桨产业级深度学习开源开放平台，基于飞桨学习与实训社区“AI Studio”进行授课，提升高校教师的人工智能教学与专业技能，促进教师间教学经验的交流与合作。截至 2021 年 12 月，累计 26 期培训班已培养 3000 余名高校专业教师，覆盖全国 31 个省市 700 余所高校，100%覆盖全国 985、211 高校，好评率高达 99%，目前已经帮助数百位老师在校内成功开设深度学习

相关课程。部分已经公开报道的典型案例如：河北科技大学许云峰老师从零开始，在短短 4 个月内就利用飞桨搭建了校内人工智能实验平台，解决了学生实践难的问题；北京林业大学孙钰老师利用飞桨设计智能虫情监测系统用于检测红脂大小蠹的虫害情况，将林业病虫害的监测、调查工作从外业基本变成了内业，大大降低了专家需求量和人力成本；广西科技大学李炜老师在师资培训班上接触到深度学习并将飞桨分享给学生，他指导三名无人工智能背景的学生，利用飞桨 EasyDL 设计智能检测系统，目前该设备已投入运作，每天检测零件 6000 件，为企业节约成本近 200 万/年。

专栏 3-4 完善深度学习师资培训

深度学习师资培训是新工科产学联盟首个以深度学习师资培养为目标的项目，同时也是百度支持教育部产学合作协同育人项目之一。自 2018 年 5 月起，百度联合国内头部高校在全国多地累积举办 26 期深度学习师资培训班，免费培训 AI 深度学习教师 3000 余人，助力 700+ 高校开设深度学习课程。



三是针对大众开发者（包括学生）人工智能技术培训。一方面是企业依托国家教育改革战略，基于自身的技术优势及技术专家资源，

配合学校需求,通过校企合作、协同育人等方式向高校派驻企业师资,开设特色实践课程,提供高质量的实践及前沿指导,将产业理念、技术、资源整合到培养体系、课程及实训之中,融入企业育人实践,深化助力高校人工智能人才培养,培养高素质和具有产业应用视角的创新人才。例如,2021年1月16日百度与浙江大学上海高等研究院签署合作协议,围绕“计算+领域”,面向人工智能发展趋势与应用,聚焦科技创新、人才培养等多方面合作,携手推动大跨度的学科交叉和大范围的产教融合,助力上海“五个中心”建设,进一步构筑中国人工智能产学研创新发展生态。另一方面,企业参与人工智能人才认证,包括考试认证、课程认证、专业认证等,进一步打通产业和教学,持续向产业输送高质量人才。例如,2020年百度“人工智能深度学习工程应用”入选第四批职业技能等级证书。该证书围绕“AI+”行业应用场景下的业务设计、工程实施、产品测试、安装部署、系统运维、人工智能技术服务、算法调优、深度学习框架基本应用等岗位技能要求。面向计算机类、电子信息类、大机电类等工科类专业学生,证书按照不同培训和考核内容分别颁发初级、中级、高级证书,三个级别依次递进,高级别涵盖低级别职业技能要求。

(四) 人工智能人才培养存在的问题短板

1. 整体趋势: 总量不足与结构失衡

从人工智能人才总量看,我国相关领域人才增量显著但是与美国仍有差距。目前我国人工智能人才总量仅为美国人才总量的 50%

左右，特别在处理器/芯片、机器学习应用、自然语言处理、智能无人机四大领域，人才供给落后于美国。在人工智能顶尖人才方面，清华大学“2020年人工智能全球2000位最具影响力学者榜单”显示，在20个子领域排名前100的学者中，美国占有绝对优势，达1128人，占比61.4%，中国仅171人，仅为美国的1/7。从人工智能人才结构看，我国基础层储备相对薄弱，领军型人才不足。《中国新一代人工智能发展报2019》显示，我国人工智能人才结构存在一定程度的失衡，具体而言基础层：技术层：应用层人才数量之比为3.3%：33%：61.8%，与美国22%：37.3%：39.89%形成显著的对比。从人工智能人才质量上看，大而不强是我国人工智能基础研发人才队伍建设的关键症结。清华大学开展的一项研究显示，在产业领军人才中，美国人工智能企业十年以上的产业领军人才占到71.5%，而我国仅占38.7%，而且大量的领军人才集中在互联网行业而非人工智能实体行业。这暴露我国人工智能人才培养质量还存在的两大问题：一是我国高校人工智能人才培养专业化结构体系尚未形成，人工智能博士学位授予数量低，人工智能人才队伍总体上仍呈现学历过低、经验不足等问题。二是产业应用中既具备专业能力又具有人工智能素养的融合型人才的质量有待提升，特别是技术水平要求较高的核心类岗位，例如算法研究岗和应用开发岗人才。

2. 高校模式：理论与实践存在脱节

目前国内诸多高校相继建立了人工智能学院，高校在人工智能人才培养实践中暴露出一些问题和挑战：大部分高校缺少高水平的AI

课程建设经验、缺少海量优质的数据集与算力资源、缺少先进的实践教学资源、缺少专业前沿的师资力量、缺少适合的学习工具以及缺少实践与行业交流机会等，这些问题限制了高校的育人能力，造成了人工智能人才培养的理论与实践脱节，进一步局限了国内人工智能人才培养质量的快速跃升。一项由百度组织的对 800 位高校人工智能教师开课进展跟访调研的结果显示：65%的教师认为人工智能技术更新和迭代速度太快，难以在迅速变革的技术环境中进行充分的课程准备；78%的教师表示人工智能属于实践性学科，对数据和算力要求高，高校现有的机房资源难以满足大型的人工智能模型训练，阻碍了高质量人工智能人才的培养；另外高达 83%的教师认为人工智能课程不仅需要知识教授，更重要的是各种真实的项目资源，这对教学实验、实训等环节提出了严峻的挑战。



图 3-16 高校人工智能人才培养存在的问题

资料来源：百度数据调研

3. 企业模式：尚未形成闭环生态体系

一方面是企业人工智能人才培养的体系化与系统化不到位，还存在大量的“简单拼盘”现象。《2020 腾讯人工智能白皮书》指出，相

对于高校而言，直接面向市场的企业能够更加快速地反映市场对人工智能人才需求的变化并快速链接反馈到人工智能人才培养与培训过程中，因此企业主导的人工智能人才培养方式具有教学方式、课程、教材等更新迭代迅速的特征。但是企业缺乏体系化与系统化的人工智能人才培养体系，其依赖的短期技能培训等教学方式非常容易造成知识过度碎片化，不利于系统整合的、全方位的人工智能能力养成。

另一方面是国内顶尖的人工智能企业尚未形成自己的人才培养生态系统。国内人工智能企业普遍使用现有的国际技术框架，在已有框架内进行细微的调整和突破，重视软件的更新迭代而忽视硬件基础的发展。例如在人工智能领域，NVIDIA 等公司的 GPU 与 CUDA 依然是最流行的硬件与软件组合，尽管已经有相关中国企业例如寒武纪等在细分领域进行突破性尝试，但是目前与国际领先企业相比还存在不小差距，这导致企业主导的人工智能人才培养成本居高不下。在人工智能的算法领域，TensorFlow、PyTorch 等国外框架仍然占据主流，基于以飞桨为代表的国产深度学习框架进行人才培养还需加强。

4. 核心结论：产教融合生态体系亟待完善

产教融合的人工智能人才培养模式仍需持续完善。当前产教融合的人工智能人才培养模式还局限于少数高校和人工智能产业巨头，现有的师资力量、课程设置、实训体系等还难以覆盖足够广泛的应用场景。随着人工智能与其他行业融合的速度持续加快，产教融合人才培养模式亟待广泛吸纳各类型、各领域的人工智能相关企业，为更多高校提供多场景的实践经验、实训课程和一线实践专家，保证高校培养

的产业人才能够更广泛地适应多类型的场景需求和行业需求。与之对应，国外一些企业则形成了比较完善的产教融合人工智能人才培养体系，例如：美国 Facebook 与纽约大学合作建立数据科学中心，致力于联合培养人工智能人才；美国谷歌公司聘请高校人才在企业开展常态化基础研究工作；法国科研院所、大学共同体与相关企业联合成立“PRAIRIE 研究所”等。

人工智能人才生态体系建设的重要性愈发凸显。人工智能竞争的核心是高水平人工智能人才的竞争，人才优势决定了人工智能竞争的未来态势。据人民日报 2019 年 7 月报道，中国有近 14 亿人口、9 亿劳动力、1.7 亿受过高等教育和拥有专业技能的人才以及近 4000 万的在校大学生，这些人口红利资源使中国在人工智能人才竞争方面具备着强劲的内生动力。面对日趋激烈的创新竞争，亟待建立开放包容的人工智能人才培养生态系统，充分发挥各类社会主体的资源、能力与优势，打造政产学研一体化的人工智能人才培养模式，将人工智能领域的“人口红利”最大化地转化为高质量的“人才红利”，真正成为人工智能领域的领跑者与创新者。

四、政产学研一体化人工智能人才生态系统构建

人工智能是面向未来的技术发展方向，全球人工智能产业竞争的核心是人工智能人才的竞争。提高人工智能人才水平将助推全球人工智能产业更快更强的发展。但目前全球人工智能人才供给水平远小于需求水平，人工智能人才缺口明显。无论是人工智能研究型人才还是应用型人才都存在大量需求，企业之间的人才竞争逐渐上升到国家层面的产业布局和产业支持的竞争。面对日益激烈的科技竞争和产业竞争，我国亟需构建政产学研一体化人才培养体系，全面提升我国人工智能人才的质量。

（一）人工智能人才胜任能力与类型划分

1. 人工智能人才的能力解构

技术更新迭代对人工智能人才综合素质与胜任力提出了新的要求。新一代人工智能人才既需要具备人工智能领域专业知识与基础技能，也需要满足人工智能应用、人工智能架构、算法芯片研发、数字多元协同、人工智能伦理等新一代人工智能领域的高阶技能。结合相关研究资料，本报告提出了面向未来的新一代 AI 人才胜任力模型。人工智能人才胜任力=基础技能+新一代人工智能技能，其中基础技能包括人工智能应用技能、人工智能系统架构技能、人工智能专业基础知识以及人工智能专业性能力；新一代人工智能技能包括算法芯片开发能力、数字多元协同能力以及人工智能伦理责任。

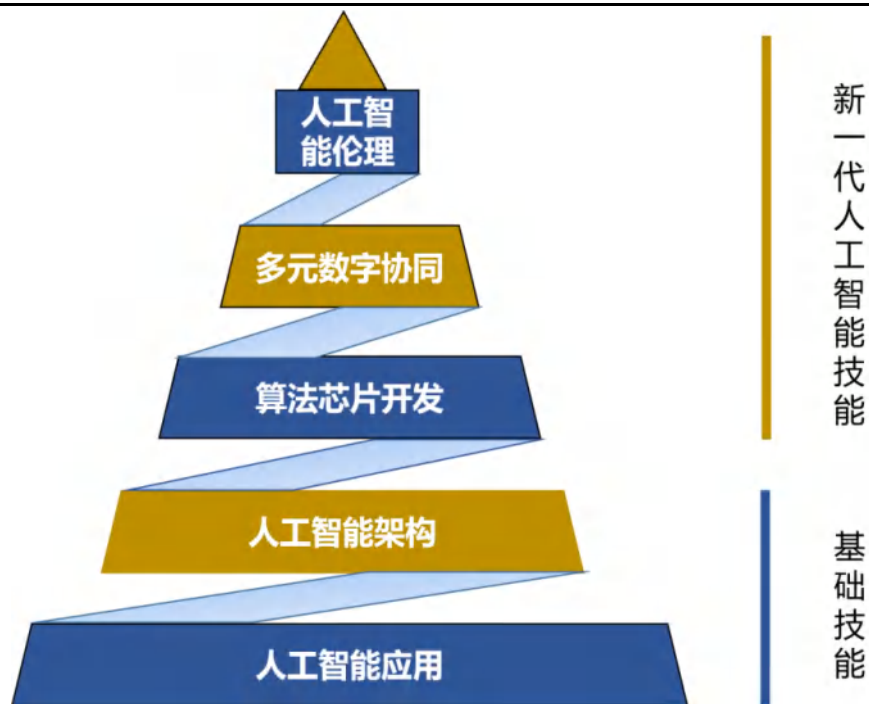


图 4-1 面向未来的人工智能人才胜任力模型

2. 人工智能人才的分类体系与内涵特征

人工智能的落地应用是一个复杂的系统工程，涉及多个产业链环节，需要多层次的人才结构。人工智能产业无论是创新程度还是落地应用程度都与传统产业有明显的不同，因此，相比于传统产业简单的人力开发，人工智能产业的岗位要求更加强调人才属性。

根据人工智能人才的分类，人工智能人才主要分为方案应用型、方案开发型、算法应用型、算法设计开发型几个大类。各类型人才具备以下能力与素质：**方案应用岗**：理解人工智能技术的基本概念，能够结合特定使用场景，保障人工智能相关应用快速、高效的规模化产出和稳定运行的岗位；**方案开发岗**：将人工智能算法及各项技术（例如机器学习、自然语言处理、智能语音、计算机视觉等）与行业需求相结合，实现相关应用工程化落地的岗位；**算法应用和研究岗**（涉及算法应用；芯片、开发、算法设计开发）：创新、突破人工智能算法

和技术研究，并将人工智能前沿理论与实际算法模型开发相结合的岗位。

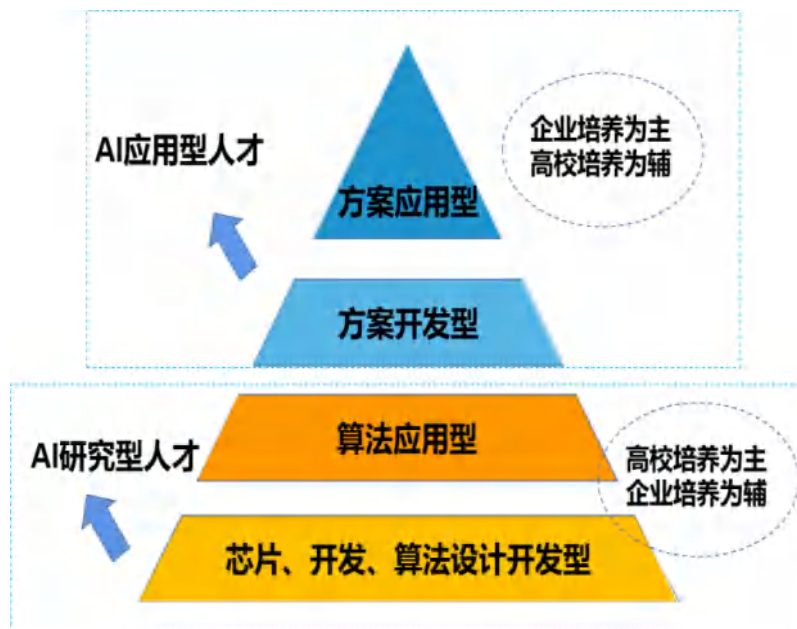


图 4-2 人工智能人才类型及培养模式

根据人工智能人才类型特征，本团队将人工智能人才培养分为基础研究型人才和场景应用型人才两类，基础研究型人才主要包括算法应用型、芯片、开发、算法设计开发型人才，场景应用型人才主要包括方案应用型、方案开发型人才。人工智能基础研究型人才培养定义：主要涵盖人工智能产业创新研究人才和源头创新人才的培养，这类人才致力于基础科学研究与前沿技术开发，决定了未来人工智能产业的技术边界。人工智能场景应用型人才定义：主要涵盖实用技能人才和应用开发人才的培养，这类人才助力于产业应用开发及实用技能发展，决定了人工智能应用及产业的发展规模。

（二）基础研究型人才培养：汇聚学科资源强化科研合作

1. 以高校为主：依托学科资源与专业资源

高等院校在全球人工智能人才培养中扮演关键角色，高校是人工智能人才研究型人才培养的高地，高校通过共建学科、实验室、创新合作平台等方式进行人工智能研究型人才的培养。

（1）根据人工智能的需求，高校人工智能人才培养呈现出多学科特点。在现设专业中，计算机科学与技术、电子信息工程等专业方向是孕育人工智能技术人才的主要专业方向。除此之外，在行业融合的背景之下，高校也纷纷开设“人工智能+”的跨学科专业，覆盖计算机、数学、电子信息、统计学、心理学等多个专业领域。人工智能专业的设立加速了人工智能与基础教育学科融合，有助于培养出一批具备多专业、跨学科认知的复合型人工智能产业人才。根据招聘网站专业需求数据显示，人工智能领域十大热门专业包括计算机科学与技术、软件工程、数学与应用数学等。

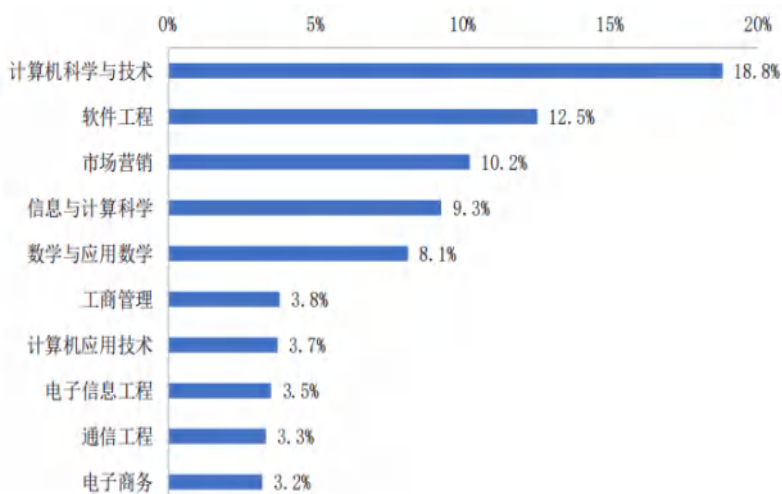


图 4-3 人工智能产业十大热门专业

数据来源：图表来自《人工智能产业人才发展报告（2019-2020 年版）》

人工智能与不同学科的交叉融合特性要求高校培养的不仅是只精通某一类学科的人才，还要培养具有交叉融合的知识结构、扎实的专业技能和较强的社会活动能力的复合型人才。从表 4-1 内容可知，人工智能专业(方向)的课程体系基本都有公共必修课、专业基础课、专业核心课，但是不同模块的课程安排有所区别，有些高校会在学科(专业)基础课模块侧重安排数学系列课程，有的则侧重安排计算机理论和人工智能的基础知识，大多数高校的专业核心课都包括机器学习、数据挖掘、图像识别等人工智能的应用内容。研究生人工智能专业(方向)大多数集中于高校的计算机学院、电子信息学院和软件学院。

表 4-1 5 所代表性高校人工智能研究生专业(方向)课程安排

学校及专业方向	课程类别	专业课程名称
清华大学计算机应用技术	基础理论课	随机过程、组合数学、高等数值分析、应用随机过程、基础泛函分析、应用近世代数、现代优化方法等
	学科专业课	人工智能、大数据平台核心技术、数字图像处理学、计算智能及机器人学习、高级机器学习、神经与认知计算等
	必修环节	创业机会识别和商业计划、科研规范、工程伦理、研究生学术与职业素养、文献综述与选题报告、学术活动等
南京大学人工智能	基础理论课	计算理论导引、分布式系统、高级机器学习
	专业基础课	高级算法、计算机问题求解 II、分布式计算研究导引、机器学习理论研究导引、软件工程研究导引、项目工程实践
	专业核心课	分布式数据处理、数据库新技术、计算机图形学、神经网络及其应用、计算智能、组合数学、计算机视觉理论与应用等
中山大学计算机应用技术	基础理论课	计算机科学与技术理论基础、计算机科学与技术前沿讲座
	专业课	数值分析、随机过程、矩阵分析、量子计算、数字图像处理、分布式操作系统、数据挖掘、人工智能与模式识别等
	选修课	程序设计理论、软件体系结构、高级数据库技术、嵌入式媒体技术、可视化建模方法和技术、虚拟现实等

续表

学校及专业方向	课程类别	专业课程名称
华中科技大学计算机应用技术（人工智能）	一级学科基础课	矩阵论、随机课程、高级计算机系统结构、现代计算机网络、并行处理等
	二级学科基础课	人工智能、信息存储理论与技术、计算的基本理论、软件工程方法、计算机系统分析与性能评价等
	选修课	计算机系统设计、计算智能、数据库安全理论与技术、机器学习、生物医学图像处理、计算机视觉等
哈尔滨工业大学人工智能与模式识别	学科基础与学科专业课	计算理论、算法设计与分析、人工智能原理及应用、数据库系统原理、自然语言处理、模式识别、机器学习等
	选修课	计算机视觉、机器翻译、深度学习技术、传感器信息融合及应用、复杂网络及其可视化等
	专题课程	网络计算、多 Agent 系统、多媒体安全、社会计算等

参考资料：李君,陈万明,董莉.“新工科”建设背景下人工智能领域研究生培养路径研究[J].学位与研究生教育,2021(02):29-35.

（2）人工智能专业被正式纳入本科专业名单，加速了人工智能产业专项人才的培养进程。在传统电子信息类、计算机类、数学类专业的基础上，2019年3月教育部公布了《2018年度普通高等学校本科专业备案和审批结果的通知》，人工智能被列入新增审批本科专业名单，全国共有35所高校获首批建设资格；2020年2月教育部公布《2019年度普通高等学校本科专业备案和审批结果》，新增人工智能专业的高校达180所；2021年教育部公布《2020年度普通高等学校本科专业备案和审批结果》，新增人工智能专业的高校获批130所，迄今共计345所建立了人工智能本科专业，相较上年数量略有下降，但依然备受高校关注。新增人工智能本科专业的院校中既有北京航空航天大学、北京理工大学、哈尔滨工业大学、浙江大学、南京大学、上海交通大学、复旦大学、同济大学、武汉大学等传统老牌名校，也有如安徽信息工程学院、泉州信息工程学院、东华理工大学等新进院

校，不同层次的高校共同发力推进人工智能基础研究型人才和应用型人才

(3) 高校建立人工智能学院和研究院，重点培养基础研究型和应用开发型人才。除设立人工智能专业外，同期国内各类型高校已经着手建立人工智能学院、人工智能研究院，国内顶尖高校如北京大学、清华大学、浙江大学、复旦大学等，成立人工智能教学与研究机构，主攻人工智能基础研究，包括数理基础、认知科学基础、智能感知、机器学习、类脑计算、人工智能治理以及智能医疗、智能社会等方面，旨在培养并输出具备人工智能基础研究能力的研究型人才。国内诸多本科大学和专科院校也已开始筹划和建设人工智能学院和研究院，通过联合人工智能产业链各环节的领先企业，例如百度、腾讯、科大讯飞等，加强在人才培养、实训课程、项目共享、实践机会等方面合作，着重培养具备人工智能实践经验的应用开发型人才。

表 4-2 高校建设的人工智能学院/研究院名单（部分）

双一流高校（部分）	普通高校（部分）
北京大学-人工智能研究院、智能学院	上海电子大学-上电-临港人工智能学院
清华大学-人工智能研究院	安徽信息工程学院-大数据与人工智能学院
浙江大学-人工智能协同创新中心	重庆邮电大学-人工智能学院
复旦大学-类脑智能科学与技术研究院	华东交通大学-人工智能研究院
哈尔滨工业大学-人工智能研究院	东北财经大学-人工智能学院
华中科技大学-人工智能与自动化学 院、人工智能研究院	四川大学锦江学院-人工智能学院
同济大学-人工智能研究院	南宁学院-人工智能学院
上海交通大学-人工智能研究院	杭州电子科技大学-百度云人工智能学院
南京大学-人工智能学院	河南财政金融学院-人工智能学院
南开大学-人工智能学院	深圳大学-腾讯云-人工智能学院

双一流高校（部分）	普通高校（部分）
吉林大学-人工智能学院	辽宁工程技术大学-腾讯云-人工智能学院
大连理工大学-人工智能大连研究院	山东科技大学-腾讯云-人工智能学院
西安交通大学-人工智能学院	聊城大学-腾讯云-人工智能学院
中山大学-智能工程学院	东营科技职业学院-人工智能学院
北京理工大学-人工智能研究院	合肥财经职业学院-人工智能学院
天津大学-人工智能学院	亳州职业技术学院-人工智能学院
中国科学院大学-人工智能技术学院	福州职业技术学院-百度云人工智能应用技术协同创新中心与百度云智教育人工智能学院
中国石油大学（北京）-人工智能学院	南宁职业技术学院-人工智能学院
北京科技大学-人工智能研究院	湖南科技职业学院-人工智能学院
北京邮电大学-人工智能研究院、人工智能学院	深圳职业技术学院-人工智能学院、粤港澳大湾区人工智能应用技术研究院
北京交通大学-人工智能学院	郑州商贸旅游职业学院-人工智能学院

数据来源：《人工智能产业人才发展报告（2019-2020 年版）》

2. 以企业为辅：强化实践教学与研发合作

企业把握着人工智能行业的关键数据与前沿方向，其是人工智能人才研究型人才培养的关键抓手。

（1）提供海量数据和教材体系助力高校深度教学。今天高科技企业已经有别于过去传统的校企合作（通过开讲座、工程师上课等方式助力教学），而是从教学的刚需着手，直接为高校量身订制教学平台。这一模式背后的深层次原因在于，人工智能作为一门高门槛专业，只有满足教师的教学刚需，提供源于产业实践的教学内容，才能真正促进教学，否则，人工智能的教学只能是纸上谈兵。在人工智能人才培养过程中，通常需要依靠大量数据进行培训，缺乏数据的人工智能

就是无米之炊。以百度、腾讯、阿里、华为为代表的公司为高校贡献了大量的数据，助力高校人工智能人才教学。

表 4-4 我国部分科技型企业海量数据资源优势

企业	为高校提供的数据平台
百度	百度大脑、飞桨产业级深度学习开源开放平台
腾讯	腾讯 AI 开放平台、腾讯云智能教育
阿里	阿里云开放平台
华为	华为 HiAI 数据开放平台

资料来源：根据网上资料整理

表 4-5 企业联合高校共同出版 AI 教材体系

企业	特征	教材
百度	出版 K-16 全层次 AI 图书和教材	《机器学习实践》《计算机视觉实践》《自然语言处理实践》《大圣陪你学 AI：人工智能从入门到实验》《风火少年战 AI：人工智能从编程到实践》《昆仑子牙练 AI：人工智能从开发到实战》《深度学习导论与应用实践》《零基础实践深度学习》等
华为	编写 AI 多场景实践类教材	教材名称暂定：《人工智能基础》《机器学习》《深度学习》《计算机视觉》《自然语言处理》《手机 AI APP 开发》等
阿里	推进人工智能-云计算系列教材	《云安全原理与实践》《云计算原理与实践》《云上运维及应用实践教程（基础篇）》《云上运维及应用实践教程（提高篇）》等
腾讯	搭建 AI 产教融合型教材体系	《图说图解人工智能》《机器学习应用》《人工智能之深度学习开发与应用》

(2) 校企联合实训基地建设

共建实训基地推动高校学科建设。新一轮人工智能发展的时代浪潮下，全国人工智能人才缺口高达百万量级，教育部等三部委发文要求加快人工智能研究生培养，教育部两年内批准数百所高校新增人工智能/大数据相关本科专业。然而，人工智能对于绝大多数高校而言是正在摸索中的一门从零开始建设的学科。在此背景下，我国企业与高校共建人工智能实训基地，与大学签署战略合作框架协议，整合软件

平台、实训培训、技术指导的优势资源，与高校协力合作共同致力于推进顶尖 AI 人才培养和课程建设。例如，在 2021 百度世界大会上，百度 CTO 王海峰宣布成立“百度松果学堂”，助力中国 AI 人才培养。百度松果学堂是一个源于产业实践的 AI 人才培养平台，它集 AI 基础课程、实践教学、技术竞赛、产业实训、科研基金等资源于一体，聚焦学界与产业界的各类需求，汇聚工业届和学界顶尖专家智库，通过技术赋能高校教育和行业应用，全方位保障各阶段开发者的 AI 学习与实践。

专栏 4-1：百度 AI 实训基地合作院校（部分）

百度与全国高校签署合作协议，整合百度松果学堂等配套资源，与高校共建 AI 人才培养实践基地，共同致力于推进 AI 人才培养。

合作类型	省份	时间	院校	项目内容	百度提供
校企合作	辽宁	2019 年	大连理工大学	百度松果人才培养实践基地、人工智能人才培养	百度松果学堂配套资源
校企合作	四川	2019 年	电子科技大学	百度松果人才培养实践基地、人工智能人才培养	百度松果学堂配套资源
校企合作	陕西	2020 年	西安电子科技大学	百度松果人才培养实践基地、人工智能人才培养	百度松果学堂配套资源
校企合作	上海	2020 年	上海交通大学	百度松果人才培养实践基地、人工智能人才培养	百度松果学堂配套资源
校企合作	黑龙江	2020 年	哈尔滨工业大学	人工智能创新实训室	百度人工智能教学实验箱，百度 AI 体温检测系统
校企合作	福建	2020 年	厦门大学	百度松果人才培养实践基地、人工智能人才培养	百度松果学堂配套资源
校企合作	北京	2020 年	中国农业大学	百度松果人才培养实践基地、人工智能人才培养	百度松果学堂配套资源

续表

合作类型	省份	时间	院校	项目内容	百度提供
校企合作	北京	2020年	北京邮电大学	百度松果人才培养实践基地、人工智能人才培养	百度松果学堂配套资源
校企合作	天津	2020年	天津大学	百度松果人才培养实践基地、人工智能人才培养	百度松果学堂配套资源
校企合作	山东	2020年	中国海洋大学	百度松果人才培养实践基地、人工智能人才培养	百度松果学堂配套资源
校企合作	河南	2020年	郑州大学	百度松果人才培养实践基地、人工智能人才培养	百度松果学堂配套资源
校企合作	湖北	2020年	华中师范大学	百度松果人才培养实践基地、人工智能人才培养	百度松果学堂配套资源
校企合作	重庆	2020年	重庆大学	百度松果人才培养实践基地、人工智能人才培养	百度松果学堂配套资源
校企合作	北京	2021年	北京理工大学	百度松果人才培养实践基地、人工智能人才培养	百度松果学堂配套资源
校企合作	北京	2021年	北京航空航天大学	百度松果人才培养实践基地、人工智能人才培养	百度松果学堂配套资源
校企合作	陕西	2021年	西北工业大学	百度松果人才培养实践基地、首席智能官班	百度松果学堂配套资源
校企合作	上海	2021年	华东师范大学	百度松果人才培养实践基地、人工智能人才培养	百度松果学堂配套资源
校企合作	江苏	2021年	东南大学	百度松果人才培养实践基地、人工智能人才培养	百度松果学堂配套资源
校企合作	陕西	2021年	西安交通大学	百度松果人才培养实践基地、人工智能人才培养	百度松果学堂配套资源
校企合作	辽宁	2021年	东北大学	百度松果人才培养实践基地、人工智能人才培养	百度松果学堂配套资源

(3) 以联合项目和基地推动科研合作

➤ 百度：与高校及行业协会深度合作

2013年以来，百度先后与相关高校和中国计算机学会、中国软件行业协会、信息技术新工科产学研联盟、中国计算机实践教学联合会、中国工业与应用数学学会、中国管理科学与工程学会等学术组织建立

了长期合作关系。作为全国最早开展产学研合作的企业之一，百度的实践证明战略层面相关的合作伙伴关系对校企合作起到了积极推动作用。

专栏 4-2：百度-中国科学技术大学战略合作

2015年7月，百度和中国科学技术大学签署双方战略合作协议，基于百度领先的技术、顶尖的专家资源、品牌影响力和中科大的学术界影响力开展深度合作，提供相关的资源和平台支持，共同探索、联合建设科学有效、优势互补的大学生创新创业人才培养生态体系。合作内容包括：暑期创新创业夏令营、创新创业辅导机制、创新创业课程体系、创新人才培养选拔。

合作产出范例 1：百度-中科大大学生创业家成长计划：明星大咖汇聚共建创新创业人才培养生态。以教育部发起的“国创计划”为背景，于2015年由百度和中国科学技术大学联合发起的大学生创新、创意、创业训练营活动，已举办四届，累计参与夏令营学生500+，报名学生3000+，覆盖高校百余所，包括香港、澳门等地区，输出AI创新创业作品上百个。

合作产出范例 2：百度-中科大共建类脑智能技术及应用国家工程实验室。2017年1月，国家发展和改革委员会批复了两个智能方向的国家工程实验室。其中的深度学习技术及应用国家工程实验室由百度公司牵头，于2017年3月2日在百度公司揭牌。另一个类脑智能技术及应用国家工程实验室（英文名称为“National Engineering Laboratory for Brain-inspired Intelligence Technology and Application”，英文缩写为“NEL-BITA”）是由中科大牵头筹建，百度作为首批重点共建单位参与的国家工程实验室，2017年5月13日在合肥成立，是中国类脑智能领域唯一的国家级工程实验室。在第一届理事会议上，类脑智能工程实验室理事长万立骏向百度高级副总裁王海峰博士颁发副理事长聘书。

合作产出范例 3：百度-中科大携手 5 周年，产学研深度融合，共促科研创新成果落地，推动我国互联网行业发展与科技进步。自2012年起，百度与中科大共同发起2项产学研结合的研究课题，范围涉及互联网数据、技术、产品、服务等多个领域。研究主题全部为我国互联网行业前沿研究方向，如实体搜索、机器学习等，这些前沿领域的研究成果的落地将推动我国科技的进步与发展。

➤ **腾讯：成立专项研究计划和联合实验室**

中国电子学会-腾讯 Robotics X 犀牛鸟专项研究计划。为了促进机器人领域的前沿问题研究和关键技术研发、推动产学研合作、培养创新人才，中国电子学会与腾讯共同设立中国电子学会-腾讯 Robotics X 犀牛鸟专项研究计划(简称 Robotics 犀牛鸟专项)。2020 年 Robotics 犀牛鸟专项梳理了机器人领域的 6 个研究方向，面向具有自动控制、机械电子、计算机等相关研究方向的高等院校或事业性科研院所开放申报。腾讯 Robotics X 是腾讯的企业级机器人实验室，致力于研究机器人的机电一体化、触觉感知、精密控制等技术，研发能提升人类智能、增强人类体能、关怀人类情感、推进人机协作的下一代机器人，从而创造人机共存、共创和共赢的未来。

腾讯联合实验室计划。腾讯先后与哈尔滨工业大学、清华大学、中科院计算所、华中科技大学、北京大学、西安交通大学、南京大学、中国人民大学成立联合实验室及全面合作平台，致力将科学研究与产业需求紧密结合，以联合实验室为平台整合双方优势资源，携手推进产学研创新与产学研融合实践。

表 4-6 腾讯八大联合实验室成立时间及科研方向

时间	联合实验室	科研方向
2008	哈尔滨工业大学-腾讯联合实验室	2008 年成立，专注于自然语言处理，社交媒体计算和信息检索等技术领域。

续表

时间	联合实验室	科研方向
2010	清华大学-腾讯联合实验室	2010 年底成立，专注于人工智能、社交网络、海量数据、网络安全、互联网+跨学科创新技术等领域。
2010	中科院计算所腾讯联合实验室	2010 年成立，专注于知识工程、模式识别等技术领域。
2011	华中科技大学-腾讯联合实验室	2011 年成立，专注于云计算和存储等技术领域。
2017	北京大学-腾讯联合实验室	2017 年成立，专注大数据、多媒体等技术领域。
2018	西安交通大学-腾讯联合实验室	2018 年成立，专注人工智能、计算机视觉等技术领域。
2019	南京大学-腾讯联合实验室	2019 年成立，专注人工智能领域的创新研究。
2019	中国人民大学-腾讯联合实验室	2019 年成立，专注数据库领域的创新研究与应用落地。

腾讯设立犀牛鸟基金。犀牛鸟基金为全球范围内最具创新力的青年学者提供了解产业真实问题，接触业务实际需求的机会，并通过连接青年学者与企业研发团队的产学科研合作，推动双方学术影响力的提升及应用成果的落地，为科技自主研发的探索和创新储备能量。截至 2019 年，CCF-腾讯犀牛鸟基金已经累计发布 124 项技术命题，吸引来自全球 187 所高校及科研机构的 1126 位青年学者申报研究方案。共有 141 项科研基金项目 and 108 项创意基金项目获得支持。青年学者与腾讯研发团队通过密切合作，累计发表高水平学术论文 784 篇，申请国内外专利 232 项，并通过滚动合作实现科研创新。

➤ **阿里建设 AI 研究基地。**一方面，基于阿里云人工智能技术和产业实践以及人才培养经验，阿里云大学携手达摩院、机器学习 PAI 平台和基础设施平台团队，升级“阿里云人工智能学院”，为高校提

供一站式人工智能人才培养解决方案。在拥抱新基建，解决人工智能人才缺口的双重激励下，阿里云大学与各类型高校开展多层次合作，逐渐形成金字塔型的立体化人才培养服务的教育产业链，形成了新基建、新工科、新专业、新人才培养和新学习模式的多层次生态体系。另一方面，阿里巴巴集团分别与浙江大学、清华大学、南洋理工大学新加坡联合研究院等高校合作，成立专业实验室、研究基地，强化科研成果的产业转化和深度应用。

（三）场景应用型人才培养：深化产教融合提升应用实践

1. 以企业为主：技术培训与人才认证

（1）技术培训是人工智能应用型人才培养的重要方式。 AI 场景应用型人才培养注重校内校外培养结合，企业在其中的角色不可或缺。社会培训机构开展人工智能培训是当前解决人工智能产业人才供应不足的重要补充，现阶段政府正着力实施全民智能教育，对社会机构开展人工智能培训也做出了明确的支持。

针对培训机构类型，现阶段既有北大青鸟、达内教育、光华国际等传统老牌职业培训学校，又有小象学院、深蓝学院、咕泡学院等新型培训机构。各类型培训机构在授课方式上已经形成线上、线下相结合的全方位人工智能培训方式。针对培训内容，当前培训机构的人工智能相关课程以培训学员的应用开发技能为主，主要包含三种类型课程：**Python** 培训、人工智能基础入门培训和人工智能细分技术专业培训。此外，现阶段众多机构已接入华为、百度、阿里巴巴等科技巨头

的实践经验和实践机会，面向学员提供分阶段的实战项目教学。但由于数理知识课程内容欠缺、培训时间较短，当前培训机构输出的人才多数为初级的实用技能型人才。

(2) 企业设置的系列人工智能人才认证进一步推动了应用型人才的发展。面对全球 AI 人才的巨大缺口，我国人工智能行业的龙头企业推出了系列人工智能人才认证。比如，百度发布百度云 2019ABC 人才体系认证，界定人工智能人才培养的新标尺；华为推出了 HCIA-AI 认证、HCIP-AI EI Developer 认证、HCIP-AI HiAI Developer，从方案应用到算法研究对人工智能人才进行全面认证。

2. 以高校为辅：校企联动的人才培训体系

不论是职业培训还是人才认证，企业都在应用型人才培养上扮演了极为重要的角色，而在此过程中高校通过与企业的合作，实现了应用型人才的技术突破和人才储备。其中，以百度、阿里、腾讯、华为为典型的企业在人工智能应用人才培训方面最为突出。



图 4-4 典型企业 AI 方案应用型人才培训体系

百度依托百度松果学堂，助力 AI 人才培养。百度松果学堂面向中小學生提供多类 AI 课程内容、科普书籍、趣味竞赛；面向大学生提供对应 AI 课程、技术竞赛、共建的高校实训室和产业学院等；面

向高校教师专门安排对口的 AI 师资培训，并提供大量算力资源辅助一线老师教学；面向企业开发者，不仅提供与产业紧密结合的阶段性 AI 课程，还有自动驾驶、智能云、区块链等相关细分领域的培训内容。除此之外，百度松果学堂还准备了面向各类人群的 AI 配套教材、AI 技术应用竞赛、多领域学习社区和丰富的学习基金，计划与 10+学会、100+协会、1000+高校、10000+企业共同携手，打造 AI 人才培养新生态，为中国 AI 产业发展提升造血力。

腾讯依托腾讯教育，定期展开人工智能人才和师资培训。为推动中国人工智能行业的发展，促进专业人才培养，以及推进人工智能领域一级学科建设，信息技术新工科产学研联盟联合腾讯公司定期开展人工智能师资培训。该培训班由信息技术新工科产学研联盟数据科学与大数据技术工作委员会、信息技术新工科产学研联盟教师培训工作委员会主办、天津大学和腾讯公司承办，2019 年 10-11 月期间在华北、华南、西北三大区域已经开展人工智能师资培训班，邀请来自天津大学人工智能领域的课程专家和腾讯公司认证的行业专家现场授课，为有志于在高校开展人工智能教育工作、培养人工智能人才的教师提供深入的学习和交流机会。

阿里依托阿里云全球培训中心，围绕云计算、大数据、人工智能等前沿技术，赋能高校教师，助力新工科专业建设。主要涉及工程教育理念、行业场景化教学案例、资深企业专家混合教学、教学教法研讨共创、阿里云权威技能认证的相关内容。

华为依托华为云开发者学堂，为有志于在高校开展人工智能教育

工作、培养人工智能人才的教师提供深入学习和交流机会。针对人工智能师资培训，华为主要开展了华为人工智能工程师培训、华为企业人工智能高级开发者培训、人工智能专家班、人工智能总裁班等培训。

专栏 4-3：“华为云&北京理工大学”用户创新人才培养

北京理工大学，由中华人民共和国工业和信息化部直属，中央直管副部级建制，是新中国成立以来国家历批次重点建设的高校，首批进入国家“211工程”和“985工程”，首批进入世界一流大学建设高校A类行列。“华为&泰克产教融合实训云平台是大数据行业“云计算&大数据实习实训”的重要实训基地，采取真实的大数据情景补足了以往传统实训室的短板，旨在提升学生的动手实践能力和职业发展基础。

为积极响应新工科人才培养的号召，北京理工大学、新工科联盟、华为和泰克教育集团联合打造的全国首个新工科创新人才基地于2018年9月在北京落成。由产教融合实训云平台提供技术支撑，聚焦云计算、大数据、人工智能等创新人才培养，是建设数字中国、把握信息化发展机遇，真正将产学研无缝衔接的重要举措，对ICT人才生态的建设具有标杆意义。

解决方案：1、创建云计算、大数据等实践环境不需繁琐的环境搭建和清理，一键接入实验环境，随时记录实践进程并自动生成实验报告。在实验过程中，学生通过智能问答快捷掌握常用知识点，遇到疑难问题还可以和老师及专家远程操作互动。最后，负责实训的老师可以通过可视化的管理界面随时了解学生实践进程，方便查阅根据具体操作自动生成的最真实、翔实的实训报告。

2、该平台可满足200名师生同时进行云计算、大数据、人工智能、数据安全等学科专业的实践实训。

3、大大的解决了教学环境的普通局限性，打破了ICT行业的教学瓶颈，实现灵活、快捷、安全省钱的实践模式，可以培养出更多与市场需求高度契合的专业人才。

客户价值：1、打破以往实训模式化严重、学生参与度低的问题，是虚实结合的“理论+实践”教育解决方案典型示范！

2、教学科研智能化、管理数据可视化、产业资源集成化，大大提高教学工作效率与

实践培养质量。

3、打破传统教学的实践瓶颈，实现灵活、快捷、安全、低成本的实践模式。

（四）政产学研一体化人工智能人才教育生态系统构建

1. 分层分类：人工智能人才培养模式的建构基础

伴随着人工智能应用落地的深化，人才需求由基础研究驱动转变为应用落地驱动，产教融合人才培养模式显得重要且迫切。国家高度重视产教融合工作并积极做好顶层设计。2017年12月，国务院办公厅发布了《关于深化产教融合的若干意见》；2019年9月，国家发展与改革委员会印发《国家产教融合建设试点实施方案的通知》，重点强调推动产业需求更好融入人才培养过程，构建服务支撑产业重大需求的技术技能人才和创新创业人才培养体系，形成教育和产业统筹融合、良性互动的发展格局。在人工智能领域，产教融合需求更为迫切，传统的人才培养模式已无法适应快速变化的产业需求。在此背景下，高校依托学术研究、专家资源优势，企业立足实践经验积累与一线市场需求，两个主体在政策和市场的驱动下，正在积极构建并初步形成优势互补、资源共享的产教融合人才培养模式，逐步发展成为国内人工智能产业人才培养的主导力量。

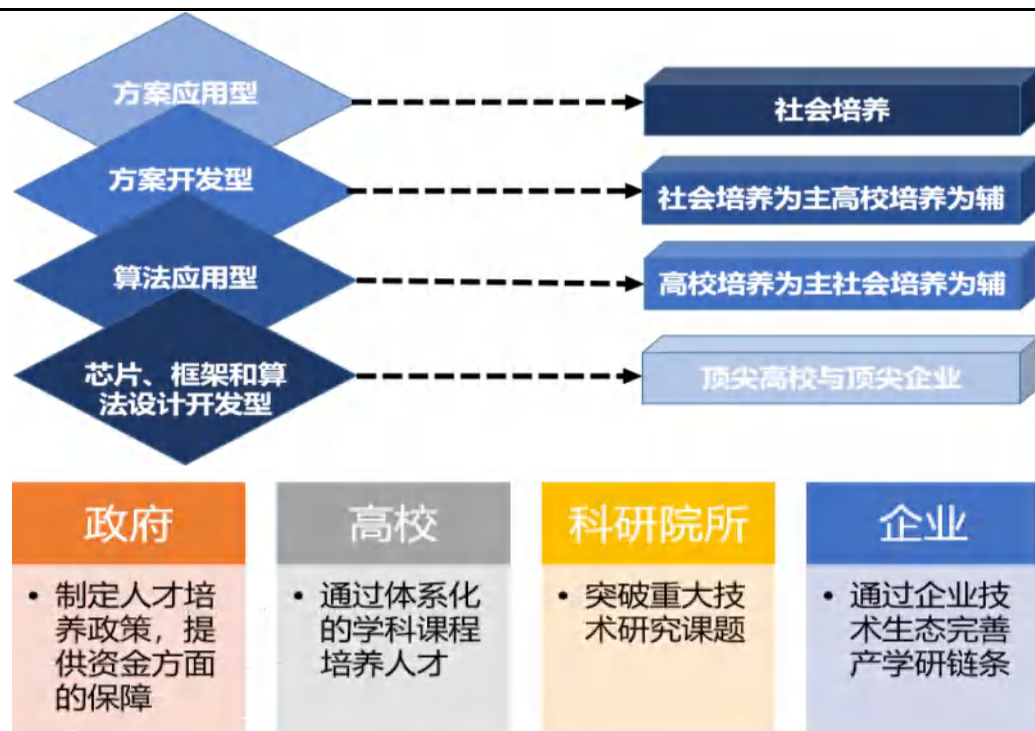


图 4-5 我国人工智能人才分类培养的模式

2. 产教融合：人工智能人才培养模式的现实路径

人工智能是一项能够颠覆世界技术发展格局的基础性技术与工具，直接作用于上层基础布局，并在未来的技术竞争中发挥着关键性的影响。当前人工智能产品发展呈现出系统化的趋势，是多方面技术的综合化产物，人工智能技术能够发挥基础性、支柱性的作用。以自动驾驶技术为例，自动驾驶汽车依靠人工智能、视觉计算、雷达、监控装置和全球定位系统协同合作，它是一个集环境感知、规划决策、多等级辅助驾驶等功能于一体的综合系统，它集中运用了计算机、现代传感、信息融合、通讯、人工智能及自动控制等技术，是典型的高新技术综合体。因此，未来的人工智能人才既要有深厚的理论基础，又要具备实践应用能力，即人工智能人才培养的主要目标是培养兼具理论与实践的应用型人才，以解决实际问题为核心，与科技创新和产

业发展深度融合。单一的高校培养和单一的企业培训已经难以满足未来人工智能人才的需求趋势，人工智能人才培养领域的校企合作成为各种类型、水平高校和主要人工智能领先企业的战略抉择。校企协同合作一方面能够促进产学研用相融合，实现科研成果转化，提高经济效益；另一方面，能够吸引更多高精尖人才，培育更符合人工智能领域的应用型人才，完善人才储备。



图 4-6 教育部产学协同育人项目

3. 政府引导：人工智能人才培养模式的政策保障

在人工智能人才培养过程中，政府发挥主导及协调作用，通过建立政府、高校、研究机构、企业等多方参与的长效沟通机制，加强企业与学校的人才双向交流，探索和建立互惠共赢的合作模式。此外，政府通过加强校企合作项目的规范化管理，确立企业参与人工智能高层次人才培养的主体地位，明确企业在人才培养中的权利与义务，加强知识产权保护，保障企业权益。政府通过完善立法、政策激励与机制创新，能够逐步探索出一条符合人才培养规律、符合企业发展需要的有效途径，为我国抢占世界科技前沿，取得人工智能领域引领性原

创成果的重大突破，提供更加坚实的人才支持与智力支撑。

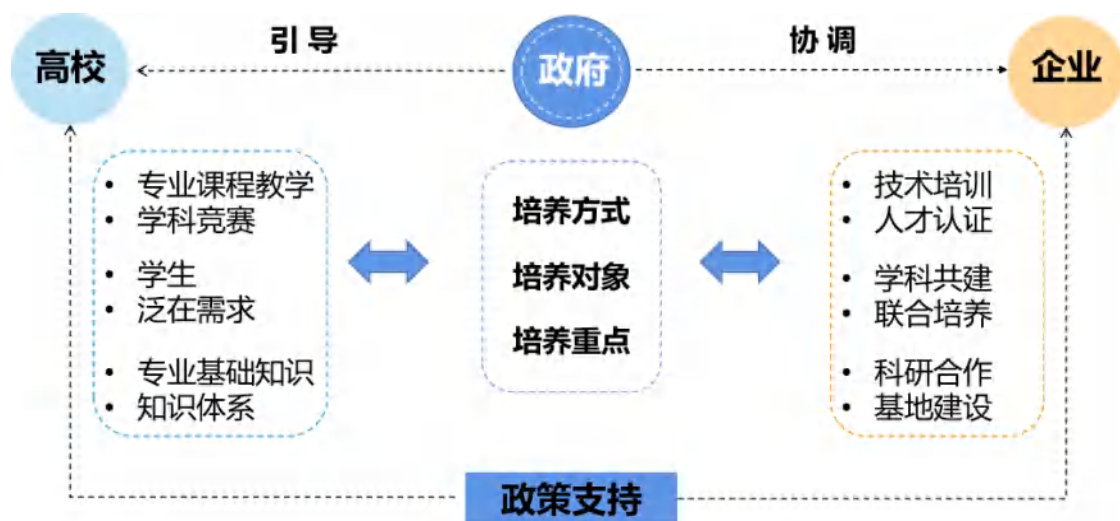


图 4-7 政府引导与协调人工智能人才培养走向

(五) 打造多种主体合作的“AI+”教育生态系统

面向我国人工智能行业的发展需求，如何保障人工智能人才的体系化培养，成为亟待解决的课题。从现实情况上看，不论是研究型人才培养还是应用型人才培养，企业和高校在其中都发挥了重要的作用，政产学研一体化的人工智能人才培养模式是高质量人工智能人才培养的大势所趋。“政产”提供人才培养的科研方向和资金保障，“学研”培养学生具有人工智能思维、理论和实践的能力，最后将结合产业需求将人工智能落到实处以解决产业界“用”的问题。毋庸置疑，构建政产学研一体化的人工智能培养生态将为我国培养高端人工智能人才，为我国“高质量发展”提供不竭动力。

在政产学研一体化的人工智能教育生态系统中，企业、高校、政府是核心主体，人工智能学科建设、人工智能课程建设、人工智能平台建设、人工智能学习社区等四个平台是“AI+教育生态系统”的重

要维度。人工智能行业实力企业主动与高校、科研院所以及专业协会等联合，通过设置科研项目，提供科研资金等方式开展人工智能人才培养工作，政府等主管部门提供制度性支持，产业链相关行业企业配套协同打造“AI+”教育生态系统。**在基础研究型人才培养方面**，高校是主战场，我国人工智能相关专业及学科建设情况尚处于早期阶段，但培养特色逐渐明晰，侧重算法开发等基础人才的培养。高校通过学科建设、科研创新、实践实训等方式推动研究型人才的培养。**在场景应用型人才培养方面**，校内校外培养缺一不可，企业应当承担更为关键的角色。我国人工智能应用型人才的校外培养依托于大型企业传播先进的技术理念和丰富的产业实践案例，为广泛的学习者提供开放实验室和公开课程，提供对外的企业培训、技术培训以及建设新型职业资格认证体系，赋能人工智能中小企业的技术发展和人才输送。

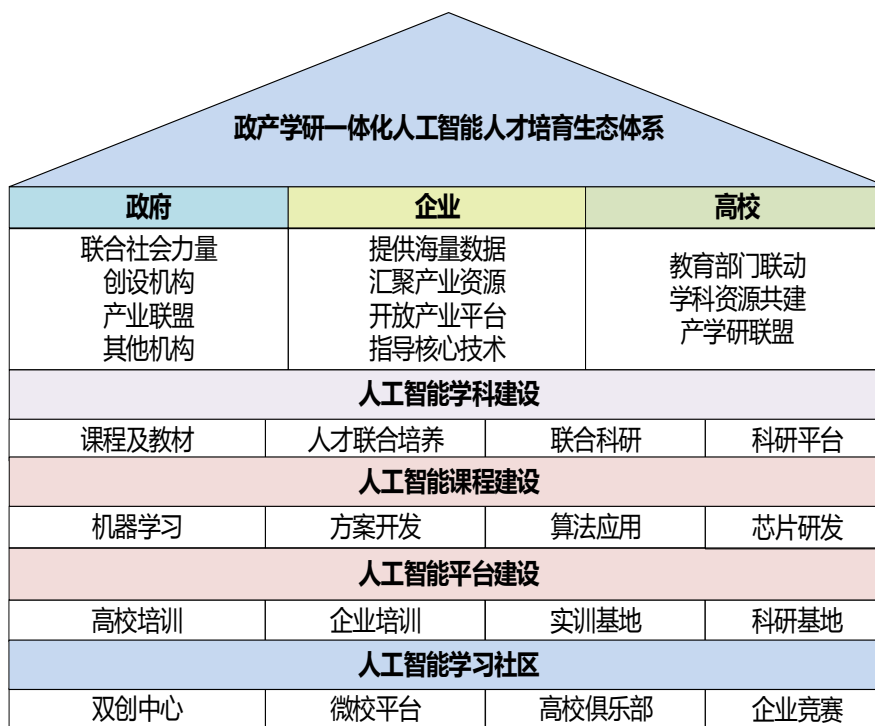


图 4-8 政产学研一体化人工智能人才培养体系

五、政策建议

人工智能是引领新一轮科技革命、产业变革、社会变革的战略性技术，正在对经济发展、社会进步、国际政治经济格局等方面产生重大深远的影响。大数据、物联网、虚拟现实、元宇宙等新一代信息技术的发展，促使人工智能加速嵌入教育领域，深刻改变着人才培养模式和吸纳方式，并链式催生了“人工智能+”创新型人才培养模式的重大变革。扩大人工智能人才培养规模，创新人工智能人才培养方式，提升人工智能人才培养质量，进而推动人工智能产业发展，是占领未来科技和人才竞争制高点、加快建成我国人工智能领域自主创新“高地”，实现人工智能领域科技自立自强的必然之路。为此，本报告提出以下建议：

（一）打造服务国家战略的人工智能人才培养体系

一是强化战略定位，提高人工智能人才培养在教育系统中的地位。建议教育部指导全国高校和人工智能领军企业等成立科教产融合的人工智能教学指导委员会，其中来自产业界专家数量应不低于 50%，统筹推进人工智能人才培养体系和标准建设，实现人工智能人才培养数量与质量的同步提升。教育部、科技部与工信部协同成立“人工智能人才培养专家委员会”，充分发挥人工智能学科专家和产业专家在人工智能人才培养体系中的引领作用，组织编制覆盖全学段和全民教育体系的国家人工智能人才培养专项发展规划。适时出台《人工智能

人才规划纲要》，制定人工智能人才的全民性教育目标，包括真实问题解决能力、技术场景应用能力，批判性思维、合作沟通能力、自主学习能力、数字素养与数字技能等，鼓励企业发挥海量数据和实践实训优势，通过内部培训、全球调派、建立学徒制等方式培养创新型人工智能人才，加快培育专业素质好、兼备多种人工智能场景知识应用核心能力的复合型人才。

二是突出分层分类，打造多元化人工智能人才培养模式。在基础教育阶段引入人工智能科普教育，在有条件的地区逐步推广少儿编程教育。在高等教育阶段重视人工智能人才分层分类培养：高等专科/职业教育强调人工智能技术转化与应用；本科教育阶段强调人工智能教育基本原理、方法和思维的训练，推动人工智能与其他学科专业之间的复合交叉，强调人才培养的宽口径、厚基础、综合性与复合型；研究生教育强调高层次人工智能人才培育，重视人工智能产业链的技术层面，强调图像、视觉、语音、自然语言处理、脑科学等人工智能细分前沿领域技术前沿的开发与使用。鼓励、支持高校相关教学、科研资源与平台对外开放，建立面向社会公众的人工智能教育公共服务平台，发挥科技型资源设施对社会公众认知的引领作用。

（二）强化人工智能领域多学科合作和微专业建设

一是创新人工智能领域多学科合作育人模式。加大对人工智能领域多学科人才培养的政策倾斜，将跨学科、复合型的人工智能人才培养和队伍建设列入国家中长期科技、人才发展规划纲要，为其提供财

政投入与基础设施等多方面支持。支持“人工智能+”学科群与专业新结构建设，不囿于原有学科培养目标的简单相加，贯彻落实“推陈出新”理念，聚焦面向人才培养体系的长远性建设。针对多样化行业领域，强调人工智能人才在关键横向领域的关联意识，打造“人工智能+X”复合专业培养模式，重视人工智能与数学、计算机科学、物理学、生物学、心理学、社会学、法学等学科专业教育的交叉融合。将《人工智能导论》等课程纳入大学通识教育课程模块，在不同学科内普及人工智能知识。

二是多部门协同探索与推进人工智能微专业设置。人工智能微专业面向非人工智能类专业的学生修读，以促进跨学科专业交叉融合与“四新专业”建设。建议高校构筑“通识课程+专业基础课程+专业方向课程+实践环节”四位一体的微专业课程体系，具体包括前置课程、基础类课程、模块类的课程、算法实践类课程和线下实践类课程，涵盖人工智能主要技术方向和典型的交叉融合应用场景。积极开展人工智能微专业线下实训实践活动，通过微专业平台围绕科技创新与实践落地开展主题实训，打通学术与产业边界，实现以人工智能为基础的不同学科知识的系统性训练与建构。

（三）依托行业龙头构建“AI+X”教育生态系统

一是推动人工智能人才培养与产业深度融合。充分整合政府、高校、产业和社会优质泛教育资源，开发多层次的合作办学模式和产品，进行专业课程协同研发、实验实训基地建设、师资培训、科研开发、

技能认证、实习就业等全方位合作。发挥头部企业的引领作用，推动人工智能产业生态系统中终端厂商、先进制造业、信息服务业等各龙头企业间的合作，打造人才培养标杆模式，以融合应用场景的成熟育人体系带动人工智能产教融合教育生态的系统创新。在京津冀、长三角、粤港澳等条件优越地区设立以人工智能基础理论与产业应用为主题的产教融合人才培养示范区域，聚焦人工智能领域前沿重大问题与关键核心技术，培养服务于产业发展的高层次应用型人才。推进政府主导下的产学研深度融合，鼓励企业与高等院校、科研院所等联合进行人工智能人才培养。鼓励人工智能龙头企业与高校合作开发人工智能学习课程和人工智能系列教材，保证企业提供的课程占比不低于 30%，弥补高校在课程开发和教材编写方面的不足。支持高校与人工智能领域骨干企业、产业化基地和地方政府设立人才联合培养项目，建立任务驱动的跨行业跨学科导师团队，促进科研协同创新发展和博士生联合培养。

二是打造基于人工智能应用场景的产学研体验式实践学习基地。

由教育部牵头支持建立人工智能领域产学研联盟，打造一批集教育、培训及研究于一体的区域共享型人才培养实践基地。利用高校创业孵化基地、科技创新创业实习基地、众创中心、创客空间等平台，深入开展工程科技实践活动；发挥好百度、腾讯、阿里、京东、滴滴等人工智能带头企业的资源优势，发挥企业产业与行业协同优势，打造类型丰富的人工智能资源平台，建构高校与产业无缝对接协同育人的融合式人工智能人才培养大平台，广泛推进科教融合、产教融合、校企

融合，全方位、深层次开展人工智能实践教学活 动，使学生在 校内、校外都能在富有现实情境的环境中得到良好的实践训练。综合利用好人工智能龙头企业的优质数据信息资源，进一步强化基于真实数据情境的 AI 模型训练模式，服务高层次人工智能人才培养。

（四）探索性构建人工智能人才培养全球化标准体系

一是积极探索开发引领世界的人工智能教育标准体系。加强统筹规划，加快制定与工业系统及工业技术相匹配的人工智能教育标准，推动教育部、科技部、工信部、中科院、工程院、技术标准化研究院等多职能部门协调配合，结合国家战略发展需求与未来人才培养发展趋势，加快人工智能人才培养标准体系建设。建议充分发挥国内人工智能数据资源优势，提炼人工智能人才培养、评价的核心指标，并以标准开发为先导，把标准充分运用到人才培养、评价、重大工程等工作实践中，持续提升人才培养的系统化水平。

二是主动谋划建设国际人工智能人才培养标准组织。在中国具有相对优势的人工智能人才培养与教育领域，应当积极谋划建立面向新一代信息技术发展的、总部在中国的国际标准组织。借鉴国际上成熟的标准组织的运营模式和治理结构，按照市场化和国际化原则，以行业协会或其他市场化机构为主发起成立标准组织，赢得各方支持。借助标准组织与平台作用，着手全球人工智能人才培养标准制定，逐步提升中国人工智能教育行业在人工智能关键领域人才培养与评价中的话语权和影响力。坚持开放共享，通过标准平台最大程度地汇聚各

方力量、凝聚各方共识，共同制定出国际市场认可、企业认同、用户满意的人才培养标准。



人工智能产业链联盟

星主： AI产业链盟主

 知识星球

微信扫描预览星球详情



参考文献

- [1] 中国信息通信研究院政策与经济研究所, 人工智能与经济社会研究中心. 全球人工智能战略政策与观察.[R].2020.12.
- [2] 刘进,钟小琴.全球人工智能人才培养的政策比较研究:以中美英加四国为例[J].重庆高教研究,2021,9(02):39-50.
- [3] 周生升,秦炎铭.日本人工智能发展战略与全球价值链能力再提升——基于顶层设计与产业发展的竞争力分析[J].国际关系研究,2020(01):67-90+156-157.
- [4] 刘平,刘亮.日本新一轮人工智能发展战略——人才、研发及社会实装应用[J].现代日本经济,2020,39(06):36-47.
- [5] 段世飞,张伟.人工智能时代英国高等教育变革趋向研究[J].比较教育研究,2019,41(01):3-9.
- [6] 汝绪华.加拿大人工智能人才教育何以兴盛——人才生态系统视角的审视与思考[J].比较教育研究,2020,42(02):16-23
- [7] 周伯柱,赵晏强.加拿大人工智能发展现状[J].科技促进发展,2019,15(08):762-770.
- [8] 教育部.高等学校人工智能创新行动计划[R].
http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s7062/201804/t20180410_332722.html
- [9] 中国新一代人工智能发展战略研究院.中国新一代人工智能科技产业发展报告·2020[R]. <http://www.nkear.com/News/202006/202006191809518.htm>
- [10] 李君,陈万明,董莉.“新工科”建设背景下人工智能领域研究生培养路径研究[J].学位与研究生教育,2021(02):29-35.
- [11] 腾讯研究院.腾讯人工智能白皮书 2020[R]. <https://www.tisi.org/>

工作组成员

张 炜	浙江大学中国科教战略研究院副院长	研究员
姚 威	浙江大学中国科教战略研究院	副研究员
魏丽娜	浙江大学公共管理学院	博士研究生
王 良	浙江大学公共管理学院	博士研究生
徐沛鋆	浙江大学公共管理学院	博士研究生
钱圣凡	浙江大学公共管理学院	博士研究生

组织与实施单位



支持单位



浙江大学中国科教战略研究院

地址：浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

浙江大学紫金港校区图书信息C楼

电话：0571-88981232

网址：<http://www.rids.zju.edu.cn>

