

全球人工智能发展现状、挑战及对中国的建议

程晓光

(中国科学技术部, 北京 100862)

摘要: 当前, 人工智能(AI)已经成为各国必争的科技创新高地。政府、学术机构、企业都高度重视。基础研究方面, AI 论文、期刊、学术会议数量都逐年增加; 技术创新方面, 算法进一步成熟, 走进产业化, AI 投资和专利产出大幅增长。围绕 AI 的国际竞争愈发激烈, 许多国家都在加强布局 AI 研发和应用布局。本文结合近年来技术创新态势和主要智库、媒体观点, 对当前人工智能发展形势、应用前景、主要挑战及国际竞争等进行了分析, 并结合我国国情提出了促进人工智能创新发展的建议。

关键词: 人工智能; 发展趋势; 应用前景; 全球竞争

中图分类号: G311; TP18 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2022.01.011

随着科技进步和产业变革的加速演进, 人工智能(AI)已经成为各国必争的科技创新高地。放眼全球, 在政府、学术机构、企业等各个层面, AI 都受到高度重视, 其在学术研究、技术创新、人才教育等方面的发展都呈现全新态势。

1 全球发展形势

1.1 学术研究

越来越多的国家开始重视 AI 研究, AI 已成为学术领域的热点。

学术论文方面, 据微软学术图表(Microsoft Academic Graph, MAG)^[1]统计, 2000 至 2020 年间, 通过各种途径发表的 AI 论文数量从不到 4.8 万篇增加至 23 万篇, 提升了约 4 倍(见图 1), 占所有论文的比重从不到 2% 提高至 3%。《2021 年人工智能指数报告》(“Artificial Intelligence Index Report 2021”)^[2]显示, 东亚、欧洲、北美是论文产出的主要区域。在每个主要国家和地区, 产生论文的第一大户都是大学。但列第二位的则有所不同: 在美国排第二的为企

业, 而在中国和欧盟排第二的都是公共研究机构, 占比分别达到 15.6% 和 17.2%。

科研期刊依然是论文发表最主要的载体, 2020 年期刊发表 AI 论文数量接近 8 万篇, 是 2000 年的 5.4 倍, 尤其是近年来增速明显, 2019 年比 2018 年增加 19.6%, 2020 年比 2019 年又进一步增加 34.5%。东亚、欧洲、北美是期刊出版最多的前三大区域。自从 2017 年以来, 中国一直是 AI 领域期刊出版物最多的国家, 并且在 2020 年首次超越美国成为世界人工智能期刊上被引用论文频次最高的国家, 占比达到 20.7%, 而美国为 19.8%。

学术会议是论文发表的另一重要途径, 2000 年至 2019 年间, 通过 AI 学术会议发表的文章增加了 4 倍, 但 2010—2020 年增长缓慢, 一直维持在 4 万篇左右, 2019 年的会议论文仅是 2010 年的 1.09 倍, 受疫情影响, 2020 年更是比 2019 年减少 20% 以上。

1.2 技术创新

一是高强度的 AI 研发产生了大量科研成果。除了 2020 年受疫情影响略有下降外, AI 领域专利数量自 2000 年以来经历了快速增加(见图 2)。

作者简介: 程晓光(1986—), 男, 四级调研员, 主要研究方向为科技税收、科技法律。

收稿日期: 2021-11-17

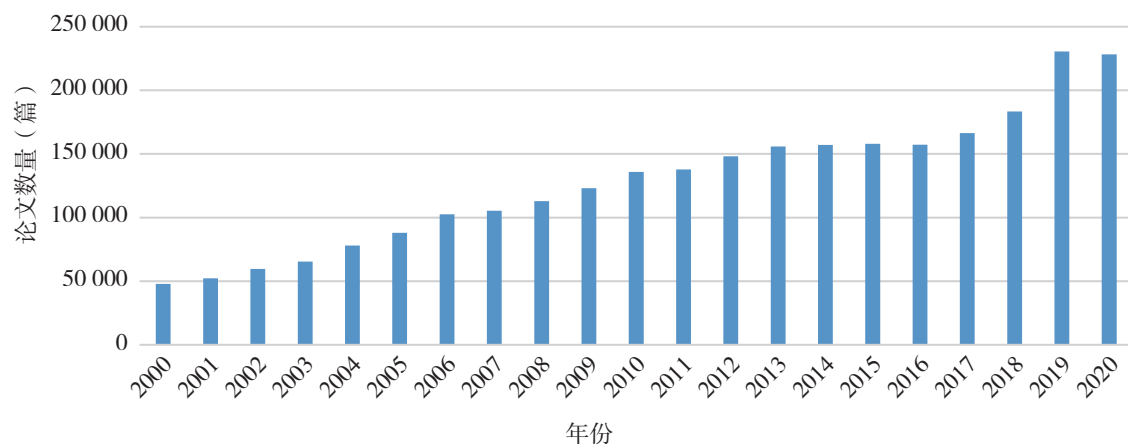


图1 2000—2020年全球发表的AI论文数量

根据斯坦福大学针对全球40多个国家的不完全统计，2019年全球AI注册专利数量已经达到101 876件，是2000年21 806件的4.7倍，占有专利的比例也从2000年的2.0%提高到了2.9%。从地区看，AI专利的主要产区是北美，约55%的专

利源自北美地区，此外，欧洲和东亚各占20%左右。

二是AI技术进一步完善。AI系统现在可以合成文本、音频和图像，而且水平足够高，人类难以辨别真伪。比如图像合成技术能“深度伪造”，将人脸叠加到照片或电影中其他人的脸上。这也促使

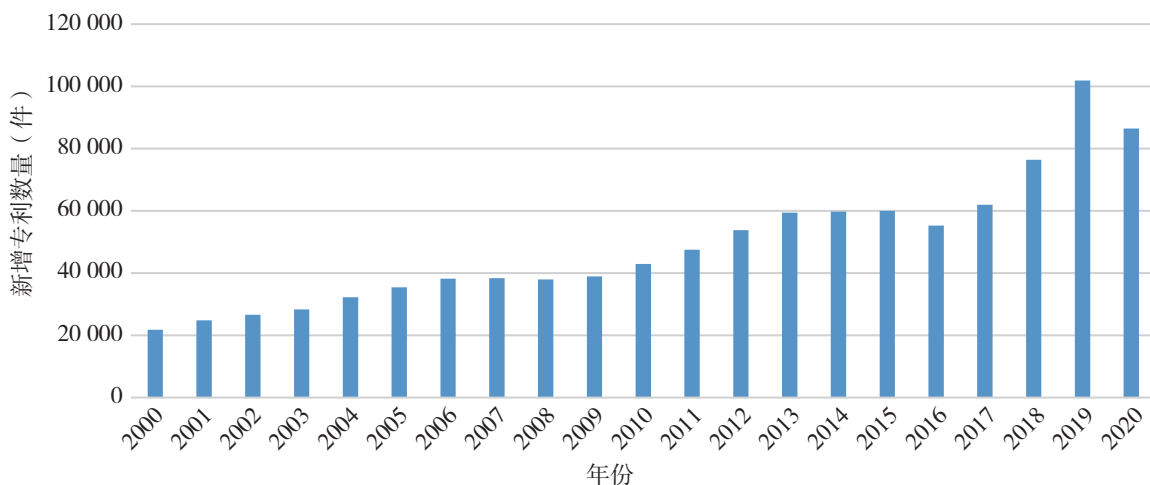


图2 2000—2020年AI领域新增专利数量

研究者探索深度伪造检测技术，让计算机能很好地区分不同的图像输出。得益于机器学习和自然语言处理技术的进步，机器能在视觉问答中提供更加准确的自然语言答案，自2015年首次发布以来，该算法准确率增长了近40%，最高达到76.4%，已接近人类80.8%的准确率基线。

三是逐步走向产业化。一方面，技术的成熟让相关的AI模型的训练时间和训练成本明显降低，如训练一个现代图像识别系统，根据斯坦福

DAWN Bench团队进行的测试^[3]，2017年需要耗资1 100美元的项目，现在只用花7.43美元，成本仅为原来的1/150。另一方面，AI在越来越多的领域得到应用，交通、金融、农业、军事等领域都逐渐变得更“智能”，特别是疫情期间，随着机器学习的采用，医疗保健和生物医学行业的格局发生了实质性的变化，AI大大简化了原有的化合物结构设计技术。AI初创公司PostEra的机器学习技术能够在48小时内完成此前需要3~4周时间进行的化学合成路线

设计，加速了新冠病毒相关药物的发现；原谷歌人工智能部门 DeepMind 的深度学习模型 AlphaFold 破解了长达数十年的蛋白质折叠生物学难题。

四是投资明显增加。2020 年全球 AI 领域社会总投资（包括私人投资、公开募股、并购和少数股权等）较 2019 年增长了 40%，达到 679 亿美元。从国家来看，美国仍然是资本最集中的地区，2020 年社会资本投资 AI 超过 236 亿美元，其次是中国（99 亿美元）和英国（19 亿美元）。从领域看，2020 年生物医药领域获得的投资最多，超过 138 亿美元，是 2019 年的 4.5 倍；其次是智慧交通领域，达到 45 亿美元；再次是教育领域的 41 亿美元。然而，获得投资的 AI 初创企业数量却连续 3 年明显减少，2017 年超过 4 000 家 AI 初创企业实现融资，到 2020 年仅有不到 1 000 家。

1.3 人才和教育

2020 年，全球 AI 领域人才招聘数量继续增长。近 5 年来，巴西、印度、加拿大、新加坡、南非是新增岗位中 AI 岗位占比增长最快的前 5 个国家，如巴西 5 年内 AI 职位占比增加了 3 倍多，中国增速相对较慢，仅为 1.3 倍；美国甚至出现了多年来的首次下滑，发布的 AI 工作岗位从 2019 年的 32.5 万个减少到 2020 年的 30.1 万个。

教育方面，世界顶级大学纷纷部署加大 AI 教育投入，2017—2020 年间，本科生的 AI 相关课程数量增加了 102.9%，研究生阶段则增加了 41.7%。同时越来越多 AI 领域博士生选择走出学校，进入产业。2010—2019 年，进入企业从事 AI 相关工作的应届博士毕业生比例从 2010 年的 44.4% 增至 2019 年的 65.7%，继续从事学术研究的比例则从 42.1% 下降到 23.7%。

以美国为例，在获得计算机科学博士学位的人中，人工智能相关博士在 2010 年占比为 14.2%，2019 年上升至约 23%。与此同时，其他计算机科学领域的热门程度有所下降，如网络、软件工程和编程语言等。2019 年，新入学 AI 博士研究生中国际学生的比例继续上升，达到 64.3%，比 2018 年上升 4.3%。在外籍毕业生中，多达 81.8% 的人选择继续留在美国。

2 未来应用前景

AI 技术的快速发展得益于其广泛的应用场景。

AI 早已不再是简单的软件或硬件，已经成为包括算法、数据、硬件、应用、人才等一系列要素的集合。随着计算机系统解决问题和执行任务的能力迅速提高，机器智慧正在越来越多的领域替代人类智慧，AI 成为当前人类能够获得的最强大工具，可以扩展知识、促进社会繁荣并丰富人类经验。以下是未来 AI 应用中的几个关键方面：

一是预测，凭借模型、算法的进步，AI 能够更加精准地预测，从以往数据中总结学习，并预测未来的事件，这在几乎所有领域都能得到应用，如天气预报，自动驾驶中对于其他车辆行驶轨迹的预判，精准农业中对于种植、灌溉、施肥的决策等等。

二是设计和优化，在完成一系列复杂任务时进行优化和统筹，以根据需求达到节省时间和金钱、提高安全性等目的，如智慧城市的规划设计、交通线路规划等。

三是建模和模拟，在生物、物理、经济和社会研究中通过构建虚拟模型，进行仿真操作，可以节省很多实际中需要的测试和实验，在提高实验效率的同时能够给出更多的解决方案。在 COVID-19 大流行中，研究人员在药物分子设计、蛋白质构象等研究中广泛使用了 AI 技术。

四是自然语言处理，人类自然语言与计算机的及时准确互动，不仅可以让智能电子设备的操作更加简单，也可以广泛应用在文本分类、机器翻译、舆情监测等领域。

五是视觉图像处理，通过用摄影机和电脑代替人眼对目标进行识别、跟踪和测量等机器视觉，帮助做出正确的“决定”，让 AI 可以应用在更多需要从图像或多维数据中感知的领域，如生产线产品检测、自动驾驶、医学成像分析等。

3 发展特点及面临挑战

以上几个关键作用让 AI 在科学研究、医疗健康、教育、智慧城市等领域得到了实实在在的应用，AI 在日常生活中已经无处不在，正以各种方式重塑我们的生活。

（1）AI 创新的步伐正在加速。AI 领域中机器学习、计算机视觉、机器人等几项热点技术都在加快更新换代。如计算机视觉领域，谷歌公司的“谷歌大脑”（Google Brain）模型 2013 年对于

图像识别的准确度普遍在 60%~70% 之间，2020 年已经可以达到 90% 以上，模型训练的速度提高了 8 倍。又如智能翻译领域，2017 年商业领域带训练模型的独立机器翻译云平台仅有 8 家，2020 年增至 28 家，其中 LibriSpeech 数据库对于单词识别的错误率从 2017 年的 5% 下降至仅 1%。

(2) AI 研发工具传播更加广泛。曾经，尖端的深度学习技术需要大量的数据、计算能力和专业知识，非常昂贵。随着技术加速进步，AI 的应用程序和开发工具也逐步公开，为更多人所用，许多平台都是开源免费的，不少领域的训练成本也都大幅降低。云计算的普及和数据共享使用将使 AI 创新不再是少数人的专属，能够拓展到全球范围实施。

(3) AI 正在改变人机关系。在现代社会中，人们对机器和自动化的需求程度在不断加深。以智能手机为例，目前的手机都具有多种支持 AI 的功能，包括语音助手、照片标记、面部识别安全性、搜索应用程序、推荐和广告引擎等。在手机功能越来越强大的同时，人们对其依赖程度也在升级。此外，智能电器、智慧家居等都在通过提供更加便捷、精准、高效的服务改变人们的生活习惯。AI 正在将曾经的幻想转化为跨学科的现实，让机器扮演更加重要的角色。

其发展应用呈现出更加积极的趋势，同时也面临新的挑战。随着 AI 从精英科学发展成为主流

工具，今后其或在某些方面遇到难以突破的瓶颈。一是训练模型需要的数据将更为珍贵，各国政府、企业、研究机构都更加重视并加强对数据和隐私的保护，或限制 AI 的快速发展；二是随着应用的普及，AI 在就业、生物、社会公平，甚至机器与人的关系方面都将面临现实的伦理挑战；三是部分领域 AI 带来的颠覆性创新，如自动驾驶，相关监管措施是否能及时跟进，将对其应用产生深刻影响。

4 全球竞争格局

正是由于其广阔的应用前景，AI 有望成为塑造全球竞争格局的重要因素，或将为早期采用的国家带来显著的经济、战略优势。许多国家都在布局加强 AI 研发和应用，AI 竞赛逐渐由研究机构、企业之间的竞争转变为国家之间的角力。

4.1 各国积极参与 AI 竞争

自从 2017 年以来，全球已有 30 多个国家和地区发布了优先发展 AI 的国家战略，投身 AI 全球竞争（见表 1）。其中既有美国、欧盟、法国、德国、英国、新加坡等发达国家和地区，也有印度、墨西哥、印度尼西亚、巴西、马来西亚、乌克兰等发展中国家。各国均试图通过 AI 战略支持本国 AI 产业发展，在国际竞争中占据有利位势。

加拿大、德国、印度、英国等多国都在战略中明确要对发展 AI 进行直接资金支持，并列出了预

表 1 近年发布 AI 国家战略的国家和地区

年 份	国家 / 地区
2017	加拿大、中国、日本、芬兰、阿联酋等
2018	欧盟、法国、德国、印度、墨西哥、英国、瑞典等
2019	爱沙尼亚、俄罗斯、新加坡、美国、韩国、哥伦比亚、捷克、立陶宛、卢森堡、马耳他、荷兰、智利、葡萄牙、卡塔尔等
2020	印尼、沙特阿拉伯、匈牙利、西班牙、挪威、塞尔维亚等

资料来源：斯坦福大学以人为本人工智能研究院。

算额度。日本、英国、沙特阿拉伯等国家还成立了专门的 AI 管理机构。在政策的大力支持下，这些国家的 AI 技术、人才、产业都在快速发展。新加坡已经成为 AI 职位占比最高的国家，2020 年的数据显示，AI 相关岗位占全部工作岗位的比例达到了 2.4%。据统计，印度前 50 类技能岗位中 AI 技

术相关岗位数量最多，甚至超过了美国、中国、德国等 AI 强国。

4.2 中美两国领先

在众多国家中，美国仍是公认的 AI 第一强国，拥有强大的企业和研究机构，政府每年也投入大量财力支持研发，2020 财年非国防和情报部门的 AI

拨款就达到 9.735 亿美元，2021 财年这一数字进一步提高至 15 亿美元，同比增加近 55%。然而，美国的领先地位正在逐渐被中国赶上，个别领域甚至已经被超越。如中国在 2017 年之后一直保持全球 AI 论文发表数量第一，并逐步扩大领先优势，2020 年更是首次超过美国成为世界 AI 期刊上被引用频次最高的国家。

2019 年，美国信息技术与创新基金会（ITIF）的数据创新中心曾发布研究报告《谁将在人工智能角逐中胜出：中国、欧盟或美国？》^[4]，对中、美、欧 AI 发展现状进行比较测算——美国以 44.2 分领先，中国以 32.3 分位居第二，欧盟则以 23.5 分位居第三。美国的领先地位彰显无疑，而中国则以追赶之势跟进。谷歌前董事长埃里克·施密特认为，中国在面部识别、健康数据、电子商务等很多方面具有领先地位，美国在发展 AI 方面“仅比中国领先一到两年”^[5]。

中国的快速崛起引起美国各界的担忧。大量美国媒体、智库鼓吹中国即将在 AI 领域超越美国。2021 年 3 月 4 日，美国国家人工智能安全委员会（NSCAI）投票通过，并向美国国会提交了长达 756 页的 2021 年度最终建议报告^[6]，详细阐述了 AI 对于社会发展和国家安全的重要作用，并对如

何维护 AI 技术优势、保障国家安全提出了措施建议，尤其是将中国明确为未来美国在 AI 领域的最大竞争对手，针对性地呼吁美国联邦政府采取措施。报告成为美国民主共和两党共识，得到了包括联邦政府在内各界的重视，拜登政府也表示支持报告在知识产权、人才、加速创新、微电子、国际合作等方面提到的许多具体政策建议。可以预见，未来中美 AI 领域的战略博弈将会进一步演化，在吸引人才、突破关键技术等方面的竞争会更加激烈。

4.3 国际合作积极

随着越来越多的国家加入全球 AI 竞争，迫切需要制定全球范围内行之有效的国际规则、标准，同时国家间也需要通过互利合作达到取长补短、共同进步的目的。为满足一些国家共同发展的目的，各种 AI 倡议应运而生，很多非常重要的国际倡议、论坛、组织也纷纷纳入 AI 议题，涉及 AI 的原则标准、数据共享、研发合作等方面内容（见表 2）。日本、韩国、英国、美国和欧盟成员国等国家积极参与了政府间 AI 方面的合作。也有一些国家通过积极缔结双边协议来推进 AI 国际合作。

值得注意的是，不同于特朗普的一意孤行，拜登政府更加注重通过联合盟友维护其世界霸主的地位。专家预测美国或将在科技领域牵头发起成立“科

表 2 主要 AI 相关国际合作

类型	AI 相关内容
多边倡议	<ol style="list-style-type: none"> 1. 经济合作与发展组织 AI 原则，37 个经济合作与发展组织成员国及 5 个非成员国参与，涉及 AI 标准和原则、数据共享、研发合作、数字基础设施等 2. D10 倡议，澳大利亚、加拿大、印度、日本、美国等 10 国参与，涉及 AI 标准和原则、推进民主和保障人权 3. 自由在线联盟（T-FAIR），全球 32 个成员国参与，涉及 AI 标准和原则、国际数据共享等
国际论坛	<ol style="list-style-type: none"> 1. G7，促进负责任的 AI 发展，解决信息缺失和其他危险互联网内容 2. G20，开展 AI 和数字基础设施研发合作、数据共享等 3. IP5，由来自中国、美国、日本、韩国和欧盟的 5 个世界上最大的知识产权局论坛推动 AI 知识产权保护和国际合法性，促进 AI 的应用和创新
国际标准	<ol style="list-style-type: none"> 1. 第三代合作伙伴计划（3GPP），来自日本、美国、中国、欧洲和韩国的 7 家电信标准开发组织参与，涉及电信领域 AI 相关的标准和原则 2. 电气电子工程师学会（IEEE），包括 160 多个国家的 41.9 万个成员，涉及相关领域 AI 的标准和原则、数据共享等 3. 国际标准化组织（ISO），31 个成员国，16 个观察国，通过国际标准鼓励 AI 创新，推动达成共识
国际组织	联合国教科文组织、世界知识产权组织、世界贸易组织等主要国际组织都有 AI 相关目标

资料来源：斯坦福大学以人为本人工智能研究院。

技民主联盟”^[7]，借西方民主价值观拉拢盟友共同促进 AI 和新兴技术的发展和利用，并进一步对中国实施科技封锁与遏制，中美科技竞争或将升级迈入新阶段。

5 有关建议

虽然我国 AI 技术研发在全球的影响力显著提高，又拥有全球最丰富的应用落地场景，但 AI 伦理、人才培养等问题仍需重视。习近平总书记在党的十九大报告中明确提出，要“推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合”，将人工智能视为供给侧结构性改革和推动实体经济发展的关键环节。相关部门贯彻落实十九大精神，出台了一系列战略举措，有力地推动我国在 AI 技术和产业化方面的进步。结合近年来全球 AI 发展动态，为贯彻落实新发展理念，进一步加快我国 AI 技术创新，提出以下建议：

(1) 理顺促进 AI 发展的体制机制。为更好地发挥政府在 AI 创新方面的重要作用，一些国家成立了指导 AI 发展的专门机构，一方面解决部门间各自为战，碎片、重复支持 AI 研发的情况，另一方面也可更高效地加强对民间 AI 创新的引导。建议进一步理顺我国促进 AI 发展的体制机制，成立专门机构或小组负责统筹部门间的支持政策，避免重复支持、无效支持，实现政府资源效益最大化和跨部门政策的良好衔接，并进一步促进 AI 成果转化，使我国从 AI 论文强国变成 AI 专利强国。

(2) 强化 AI 数据资源共享。近一两年来，鼓励相关数据和模型的数据共享已经成为美国、英国、日本、韩国等国家在 AI 管理上的重要共识，也是国际合作的一项重要议题。这是由 AI 技术的特征决定的，为了朝更智能的方向前进，最基础、最关键的大数据支撑是必不可少的。美国谷歌、Meta(原脸书)、亚马逊等科技企业凭借其商业模式和垄断地位掌握了大量用户数据，对其进一步研究机器学习、深度学习至关重要。我国在加强数据保护的基础上，要充分利用数据资源，鼓励开放共享，推进行业整体发展前进。

(3) 加强人才培养。人才是第一资源，在未来 AI 战略竞争中，谁能够在世界范围内吸引、培养和留住人才，谁就会取得优势。据统计，我国

AI 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，同时 80% 以上的外籍美国 AI 博士应届毕业生选择留在美国。继续加强人才培养、补齐人才短板，是我国的当务之急。特别要探索产学研合作、国内国际合作、跨界跨领域合作的育才机制，营造有利于 AI 人才成长与培养的沃土，推动构建和完善既有利于发展人才独创能力，又能有效调动潜力的平台条件，为未来做好准备。

(4) 营造有利的国际环境。AI 未来发展之路还有很长，以美国为首的发达国家一方面以举国之力发展本国 AI 技术，另一方面也在充分发挥其影响力积极参与 AI 国际规则的制定，甚至意图联合盟友对我国进行战略打压。凭借现有产业基础和技术实力，我国有能力且应当在未来 AI 领域竞争中发挥比较优势，补齐发展短板，下好先手棋，努力成为行业规则的重要制定者，引领技术朝有利于我国的方向发展，逐步在新的国际体系中占据重要位置，实现社会主义现代化强国的建设目标。

(5) 重视 AI 发展的社会伦理和法规建设。AI 在多个领域的加速应用，导致相应的伦理问题逐渐凸显，尤其是隐私、就业、社会公平等领域，也是许多国际组织、协会、联盟等积极讨论的议题，甚至可能成为美欧等国打压我国 AI 产业的关键。同时，对 AI 的监管必须与时俱进，在交通、金融、医药等应用较好的领域要及时完善相关行业法律法规，明确发展 AI 中的伦理规则，积极引导，让新业态有规可循、有法可依，促进应用落地。

(6) 密切跟踪全球发展趋势。当前 AI 创新进入高速发展阶段，相关技术加速进步，产品日新月异，产业爆发式增长。美国、德国、韩国、以色列等科技强国都结合自身特点选择重点领域布局突破。要持续跟踪把握领域前沿发展趋势，掌握发达国家在研发方向、支持举措、监管规则等方面的最新动态，结合我国国情学习借鉴。■

参考文献：

- [1] Microsoft Inc. Microsoft academic graph[EB/OL]. [2021-03-04]. <https://docs.microsoft.com/en-us/academic-services/graph/>.

- [2] Stanford's Institute for Human Centered Artificial Intelligence. Artificial Intelligence Index Report 2021[R/OL]. [2021-03-04]. https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report_Master.pdf.
- [3] DAWNBench. An end-to-end deep learning benchmark and competition[EB/OL]. [2021-03-08]. <https://dawn.cs.stanford.edu/benchmark/index.html>
- [4] Castro D, McLaughlin M, Chivot E. Who is winning the AI race: China, the EU or the United States?[EB/OL]. [2020-11-04]. <https://itif.org/publications/2019/08/19/who-winning-ai-race-china-eu-or-united-states>.
- [5] Jasper M. U.S. unprepared for AI competition with China, commission finds[EB/OL]. [2021-03-04]. <https://www.nextgov.com/emerging-tech/2021/03/us-unprepared-ai-competition-china-commission-finds/172377/>.
- [6] The National Security Commission on Artificial Intelligence. Final Report National Security Commission on Artificial Intelligence[R/OL]. [2021-03-06]. <https://www.nsc.gov/2021-final-report/>.
- [7] Lee Y N. Biden may face an uphill task trying to form an 'anti-China alliance' in Asia[EB/OL]. [2021-02-26]. <https://www.nbcnewyork.com/news/business/money-report/biden-may-face-an-uphill-task-trying-to-form-an-anti-china-alliance-in-asia/2901362/>.

Present Situation, Challenges of Global Artificial Intelligence and Suggestions to China

CHENG Xiao-guang

(Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, Beijing 100862)

Abstract: At present, artificial intelligence (AI) has become the highland of scientific and technological innovation for all countries. Governments, academic institutions and enterprises attach great importance to it. In terms of basic research, the number of AI papers, journals and academic conferences has increased year by year; In terms of technological innovation, the algorithm has further matured, entered industrialization, and AI investment and patent output have increased significantly. With the increasingly fierce international competition around AI, many countries are laying out and strengthening AI R&D and application. Combined with the trend of technological innovation in recent years and the views of major think tanks and media, this paper analyzes the current AI development situation, application prospects, main challenges and international competition, and puts forward some suggestions to promote the innovation and development of AI in combination with China's national conditions.

Keywords: artificial intelligence; development trend; application prospect; global competition