

引用格式: 杨锡怡, 贾佳, 周小宇, 等. 中美两国人工智能头部企业研发和创新的比较分析与启示. 中国科学院院刊, 2024, 39(6): 1084-1096, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20240119003.

Yang X Y, Jia J, Zhou X Y, et al. Comparative analysis and insights into R&D mode of top artificial intelligence companies in China and the US. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2024, 39(6): 1084-1096, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20240119003. (in Chinese)

中美两国人工智能头部企业 研发和创新的比较分析与启示

杨锡怡¹ 贾佳² 周小宇^{1*} 汪寿阳^{1,3,4}

1 上海科技大学 创业与管理学院 上海 201210

2 上海科技大学 图书信息中心 上海 201210

3 中国科学院预测科学研究中心 北京 100190

4 中国科学院数学与系统科学研究院 北京 100190

摘要 人工智能是当前科技界最受关注的领域之一, 而中国和美国是全球最重要的两个人工智能研究和开发中心。然而, 中美两国在这个领域的发展存在明显差异。尤其是2022年ChatGPT的问世, 引发了对中国人工智能企业能力和竞争力的广泛讨论。文章通过对中美两国过去5年获批的超过12万件人工智能发明专利的分析, 首先构建了一个基于专利特征的多维度指标, 并基于该指标定义了中美两国人工智能领域的前十大企业。进一步的分析显示, 这2组企业在专利技术和研究网络上存在显著差异。中国人工智能头部企业的专利数量相对较少, 引用率和转化率也较低。中国头部企业的专利主要集中在图像识别、语音识别等应用层技术上, 并且尚未形成独具特色的技术集群。与此相对, 美国人工智能头部企业产出了更多具有高影响力的专利, 并在人工智能产业的基础层和技术层形成了多个技术集群。就学术研究而言, 中国人工智能头部企业主要与国内的研究机构进行合作, 而美国头部企业则表现出更强的中美合作及美国本土企业间的合作。文章的比较分析揭示了中美两国人工智能头部企业在技术能力和合作策略上的差异, 并为中国更好地发展人工智能产业提供了企业管理启示和3条政策建议。

关键词 人工智能, 中美比较, 头部企业, 专利技术, 研发合作

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20240119003

CSTR 32128.14.CASbulletin.20240119003

*通信作者

资助项目: 国家自然科学基金 (72304184、72102145)

修改稿收到日期: 2024年5月27日

在日益数字化的时代,人工智能作为下一代技术被认为有望彻底改变人类社会^[1,2]。图像分类、语音识别、对话生成、自动驾驶等相关领域正在迎来爆发式增长。鉴于人工智能对未来社会秩序的深远影响,美国和中国等世界主要国家都在投入大量资源来开发和利用这项技术^[3]。中国目前在人工智能领域的论文和专利产出数量上处于领先地位^[4],而美国在该领域的技术突破、企业活跃度和风险投资规模等方面保持优势^①。

2022年11月,美国OpenAI公司的聊天生成式预训练变换模型ChatGPT上线后,一周内用户数量突破100万人,2个月内用户数量突破1亿人,引发行业震动。这同时也给中国人工智能产业的从业者敲响了警钟,引发了关于为什么此类颠覆式创新没有诞生在中国的讨论,以及中美两国人工智能产业差距的深入思考。一些国内专家认为,中国在人工智能大模型领域起码落后美国2—3年^[5]。此外,中国人工智能产业的发展很大程度上依赖于美国的芯片和开发框架等基础技术,例如,TensorFlow和PyTorch这两大开源机器学习框架在中国的市场份额达到85%以上,而人工智能基础算法的专利也主要掌握在美国企业手中^[6]。

为了比较中美两国人工智能产业的差异,基于过去5年在中国和美国提交的124 026件人工智能授权发明专利数据,笔者构建了一个综合考虑专利数量和其他特征的多维度指标,并据此定义了中美两国人工智能领域的前十大企业。对这2组企业的进一步比较分析表明,尽管中国和美国在人工智能这一关键技术领域都被认为是领先国家,但中美两国的头部企业在技术影响力、布局及研发合作方面存在显著差异。这些差异为中国人工智能产业的进一步发展提供了有效启示,并突显了中美两国在人工智能领域开展更多优势

互补型合作的重要性。

1 识别中美两国人工智能头部企业

为了比较中美两国人工智能产业的差异,本文从企业专利和论文入手,分析了中美两国人工智能头部企业的研发和创新情况。专利和论文是衡量企业研发活动和创新能力的2个重要指标^[7,8]:①专利反映了企业在技术创新和知识产权保护方面的成就,而论文体现了企业在学术研究和理论探索方面的深度;②专利更侧重于技术的应用和商业化潜力,而论文则侧重于基础研究和理论贡献,这种互补性有助于揭示企业在不同层面的创新表现;③专利和论文的国际数据库较为完善,数据容易获取和比较,这为进行跨国比较分析提供了便利。

1.1 指标构建

为了定义中美两国人工智能领域的前十大企业,首先构建了一个基于企业过去5年内获得授权的人工智能发明专利的多维度指标。与单一维度指标相比,多维度指标能够涵盖企业在不同方面的专利表现,并减少单一指标可能造成的偏差^[9]。鉴于本文的核心焦点在于评估人工智能企业的研发和创新实力,优先考虑了5个关键维度——企业研发产出的总量、研发成果的影响力、研发成果的转化效率、研发产出的市场扩展能力和研发成果受法律保护的程度。基于专利数据信息,分别选取了5个细分指标来测量上述关键维度并构建综合指标:专利总数、专利的被引证的总次数、专利的被转化(包括转让、许可、质押)总次数、专利的海外同族专利总数和专利的权利要求总数。

人工智能专利的定义来自世界知识产权组织(WIPO)界定的62个国际专利分类(IPC)代码和114

① Just how good can China get at generative AI?. (2023-05-09)[2024-01-05]. <https://www.economist.com/business/2023/05/09/just-how-good-can-china-get-at-generative-ai>.

个联合专利分类 (CPC) 代码^②。利用 incoPat 专利检索分析平台 (<https://www.incopat.com/>) 分别检索中国、美国 2019 年 1 月 1 日—2023 年 4 月 4 日期间获得授权的包含人工智能相关 IPC 和 CPC 的发明专利, 合并申请号后获得了来自美国的 62 201 件专利和来自中国的 61 825 件专利。本文选择分析过去 5 年专利数据的主要原因是人工智能技术的快速迭代性。随着技术的迅猛发展, 较早申请的专利可能已经过时, 甚至失效。中美两国 2019 年 1 月 1 日—2023 年 4 月 4 日 (本文的样本时间) 获得授权的人工智能发明专利中, 仅有 3.3% 的专利失效, 而 2014—2018 年专利的失效率则显著提高, 达到了 23.3%。专利失效一般是由于专利权人未缴纳年费、专利权人提前终止或专利未通过审查。因此, 失效的专利无法代表当前产业中的前沿技术, 对企业和国家提升科技竞争力的作用也有限。相较于分析更长时间内的专利数据, 分析过去 5 年的专利数据更能揭示当前中美两国人工智能产业的差异。

在对企业进行排序时, 合作性质的专利按合作主体比例分配。例如, 2 个单位合作的专利每个单位将各占 0.5。5 个专利维度首先被赋予了相同的权重; 根据加权后的综合指标, 可以对样本内中美两国所有企业进行排序。作为稳健性检验, 也考虑了对指标赋予不同权重的情况。由于在使用专利数据测度企业技术创新绩效时, 专利数量和引证情况是较常见的 2 个指标^[9,10], 对其赋予了更高的权重: 这 2 个指标的权重从之前的 0.2 增加到 0.25, 其他 3 个指标的权重从 0.2 下降到 0.167。但新的排序结果与相同权重下的排序结果几乎一致。

1.2 中美前十大人工智能企业

基于上述方法并对不同维度赋予相同权重, 辨识出中美前十大人工智能企业样本。表 1 列出了中美两

国综合排序最靠前的 10 家人工智能企业。中国的头部企业包括腾讯、百度、蚂蚁和华为等, 美国的领先企业包括 IBM、微软、谷歌和英特尔等。其中, 浪潮集团虽然在人工智能发明专利总数上位列中国企业第 1 位, 但综合考虑专利的其他特征后该公司的排名降为第 10 位。

表 1 的统计数据初步显示, 虽然过去 5 年中美两国获批的人工智能发明专利总数相近 (都为 60 000 多件); 但是, 中国前十大企业贡献的专利数量相较于美国前十大企业要少得多, 总数约为美国企业的一半, 因此海外同族专利数量也更少。中国前十大企业的专利权利要求数量也明显较少, 约为美国企业的 1/3。在专利引用方面, 中国前十大企业更是明显落后, 专利平均被引证次数约为美国企业的 1/13。最后, 中国前十大企业的专利平均转化次数也明显较少, 约为美国企业的 1/10。这一分析表明, 虽然中国在人工智能领域的专利总数已超越美国^[4], 但头部企业的人工智能发明专利产出仍然明显落后于美国。

此外, 中国人工智能头部企业在其他 4 个专利维度上的表现也落后于美国头部企业, 这体现出中国人工智能企业在国际专利布局、专利保护、专利技术影响力和技术转化应用方面存在进步的空间。

2 中美前十大人工智能企业的专利技术与科研合作分析

2.1 企业专利技术共现分析

为了进一步探索中美两国前十大人工智能企业在技术布局上的差异, 利用 VOSviewer 对这 2 组企业的人工智能专利类别进行了共现分析 (co-occurrence analysis)。共现分析被广泛应用于发现文献或专利文本数据之间的关联关系^[11,12]。其涉及创建一个可视化网

② WIPO. PATENTSCOPE Artificial Intelligence Index. [2024-04-23]. https://www.wipo.int/tech_trends/en/artificial_intelligence/patentscope.html.

表1 中国和美国前十大人工智能企业

Table 1 Top 10 artificial intelligence (AI) companies in China and in the US

国家	企业名称	人工智能发明专利 数量(件)	海外同族专利 数量(件)	专利权利要求总数 (个)	专利平均被引证 次数(次/件)	专利平均转化次 数(次/件)
中国	腾讯	800	151	11 292	0.08	0.04
	百度	394	107	6 014	0.03	0.08
	蚂蚁	246	73	4 214	0.20	0.45
	华为	367	248	7 658	0.08	0.02
	字节跳动	175	36	1 999	0.02	0.01
	国家电网	96	0	2 924	0.03	0.08
	北京三快(美团)	87	12	889	0.05	0.06
	格力	238	11	2 300	0.01	0.02
	浪潮	828	78	6 975	0.00	0.02
	阿波罗智能技术	35	25	592	0.06	0.80
美国	IBM	2 061.7	244	36 896.4	0.29	0.90
	微软	619	257	12 024	0.44	0.87
	谷歌	734	85	14 468	0.68	1.24
	英特尔	694	180	14 673	0.36	0.43
	Emc Ip Holding	634	110	11 767	0.34	8.04
	福特汽车	387.5	297.5	6 721	0.52	0.64
	高通	410.1	88	11 888.3	0.43	0.76
	亚马逊	671	29	13 315	1.31	0.65
	苹果	610	34	14 411	1.26	0.42
	Meta	235	35	4 623	1.66	2.04

数据统计时间：2019年1月1日—2023年4月4日

Data collection period: January 1, 2019–April 4, 2023

络，由文本主题或关键词构成网络节点，节点之间的连线代表它们之间的共现关系，由连线的粗细表示共现关系的强度。在专利分析中，这一分析有助于发现专利样本是否形成了某些特定领域的技术集群，以及技术网络中特定技术领域的中心性^[13]。

从人工智能产业发展的角度，人工智能技术可以分为3个层面：底层——基础层、中间——技术层和上层——应用层^[14,15]。基础层是人工智能产业的基础，主要为人工智能产业发展提供数据与算力支持，包括数据平台、传感系统、算力、芯片、存储等方面；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，包括机器学习、自然语言处理、计算机视觉与图像、模式识别等技术；应用层是人工智能产业的延伸，通过集成一类或多类人工智能技术，面向特定应用场景需求而形成软硬件产品或解决方案，涉及的领域有零售、金融、电商服务、安保、教育和医疗等。

图1展现了中国前十大人工智能企业专利中出现频率最高的前100项技术的共现关系；可以看到中国前十大人工智能企业的相关专利较为松散地构成了8个技术集群。比较突出的技术集群主要围绕识别模式的方法或装置、冗余数据错误检测或校正、故障硬件

检测或定位等技术。表2进一步汇总了出现频率最高的15项技术的信息，包括它们的出现频率、与之共现的技术总数、与其他技术共现的总频率（总连接强度）。“识别模式的方法或装置”“电子设备识别方法或装置”和“冗余数据错误检测或校正”是出现频率

最高的三项技术，其中“电子设备识别方法或装置”技术的总连接强度最高，与其他技术共现了763次。

图2展示了美国前十大人工智能企业专利中出现频率最高的前100项技术的共现关系；这些企业的专利数量更多，并且形成了更为明显的6个技术集群。

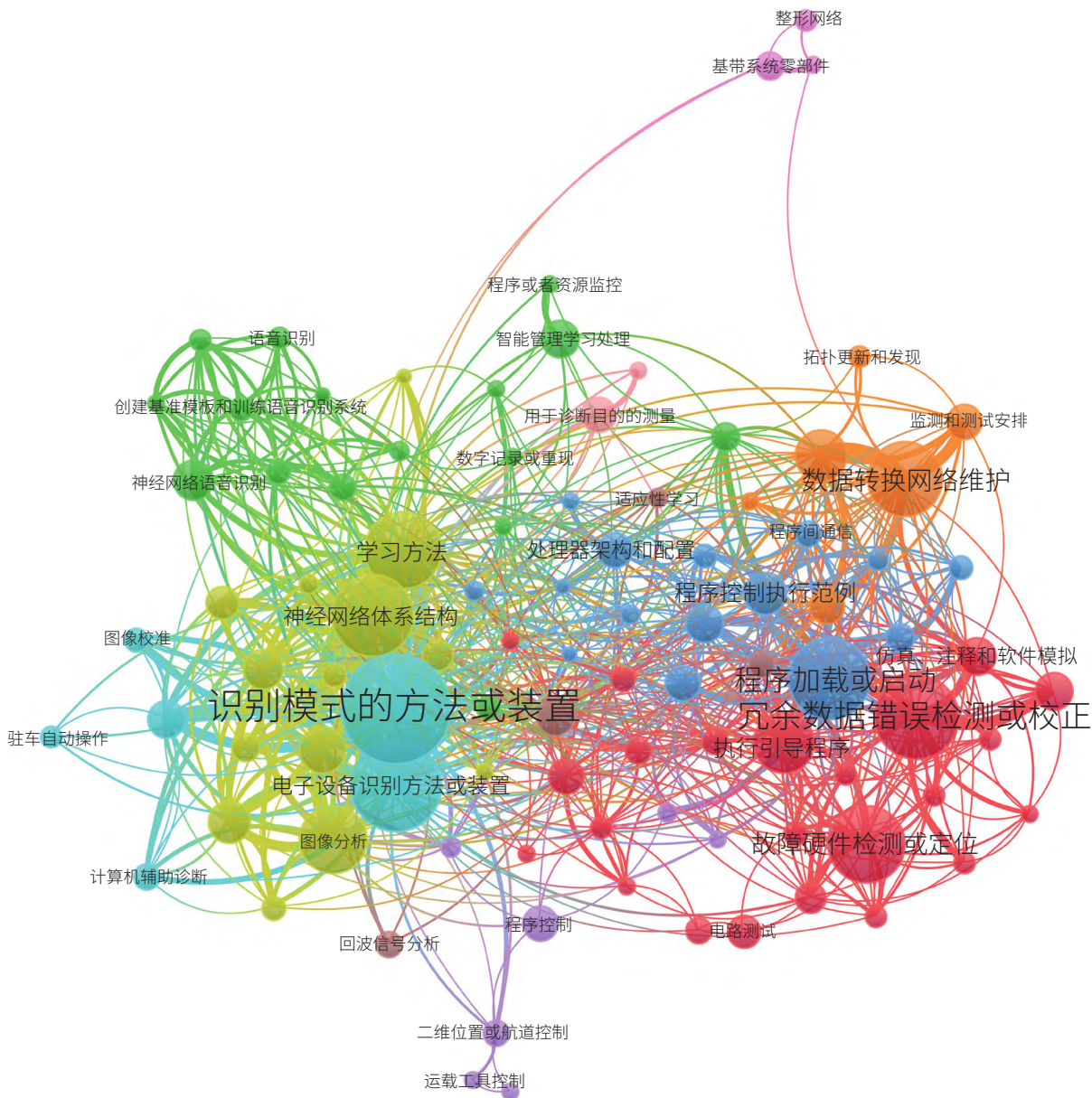


图1 中国前十大人工智能企业专利技术共现图

Figure 1 Co-occurrence analysis of AI patent for top 10 companies in China

数据统计时间：2019年1月1日—2023年4月4日；网络节点表示不同的专利技术，节点的大小体现了样本中这一类专利技术出现的频率，不同技术之间的共现关系由连线表示；不同颜色表示不同技术集群

Data collection period: January 1, 2019–April 4, 2023. Network nodes represent different patent technologies, with the size of the nodes reflecting the frequency of occurrence of each type of patent technology in the sample. The connections between nodes indicate co-occurrence relationships between different technologies. Different colors represent different technology clusters

表2 中国前十大人工智能企业专利中出现频率最高的技术
Table 2 Technologies that appear most frequently in AI patents
of top 10 companies in China

专利技术	出现频率 (次)	共现的技术 总数(项)	总连接强 度(次)
识别模式的方法或装置	528	53	673
电子设备识别方法或装置	374	62	763
冗余数据错误检测或校正	313	30	228
神经网络体系结构	292	59	740
程序加载或启动	289	39	268
学习方法	270	64	706
故障硬件检测或定位	269	27	88
数据转换网络维护	255	28	239
图像分析	205	31	294
执行引导程序	169	37	139

数据统计时间: 2019年1月1日—2023年4月4日

Data collection period: January 1, 2019–April 4, 2023

除了中国企业大力布局的识别方法或装置、语音识别和数据错误检测等技术,美国企业还更多地在人工智能基础层和技术层布局。例如,美国企业在处理器架构和配置、基带系统零部件、机器学习等领域拥有大量专利。根据表3的汇总信息,与中国的情况类似,“识别模式的方法或装置”和“冗余数据错误检测或校正”也出现在频率最高的3项技术中。另外,“机器学习”出现的频率排在第3位,达到1 072次。“识别模式的方法或装置”技术的总连接强度最高,与其他技术共现了2 121次。

以上专利技术的比较分析展现出中美两国人工智能头部企业的技术发展差异。^①美国的头部企业更加注重推动技术创新,专利数量远为更多,并且涵盖了更广泛的技术类别。^②美国的头部企业在处理器架构和配置、基带系统零部件、机器学习等人工智能基础层和技术层领域处于领先地位。这表明美国企业更加

侧重于在人工智能的核心技术和底层设计方面取得领先优势,通过不断创新来推动整个行业的进步。

相比之下,中国在人工智能技术的发展中表现出更强的实用性。中国企业在图像识别、语音识别、故障硬件检测或定位等领域展现了显著的技术实力,这与中国在面部识别、语音识别等领域公认的国际领先地位相符合^[16]。这表明中国企业在人工智能技术落地具有一定优势,但在人工智能产业的基础层和技术层上需要布局更多的研发工作。

2.2 企业科研合作对象分析

当前人工智能技术正处于爆发式增长期,研发合作不仅可以加速创新,还能通过分享资源和降低成本来提高企业的科技竞争力^[17]。鉴于企业在专利申请上进行合作并不常见,特从论文合作的角度来分析中美前十大人工智能企业的科研合作模式,并特别关注中美之间的合作。首先从inCites数据库^③中检索了上文定义的中美前十大人工智能企业过去5年在“计算机科学和人工智能”(Computer Science, and Artificial Intelligence)领域的所有英文学术出版物,包括期刊论文(包括综述)和会议论文。考虑到中国企业可能发表中文论文,同时在中国知网上检索了中美前十大人工智能企业过去5年在“人工智能”领域发表的中文学术期刊论文。

表4列出了每个企业的中英文论文总数。中国企业中,蚂蚁、字节跳动、北京三快(美团)和浪潮的中文论文发表数量超过了英文论文,而其他企业的英文论文发表数量则明显多于中文。产出最多人工智能论文的3家企业是腾讯、华为和百度,它们在过去5年分别产出了1 366、1 284和865篇论文。在检索范围内,阿波罗智能技术公司并没有人工智能相关论文的产出。在美国企业中,Emc Ip Holding同样没有论

^③ inCites 数据库(<https://incites.clarivate.com/>)是基于Web of Science 核心合集中的三大权威引文数据(SCI、SSCI、A&HCI)生成的分析性数据库。

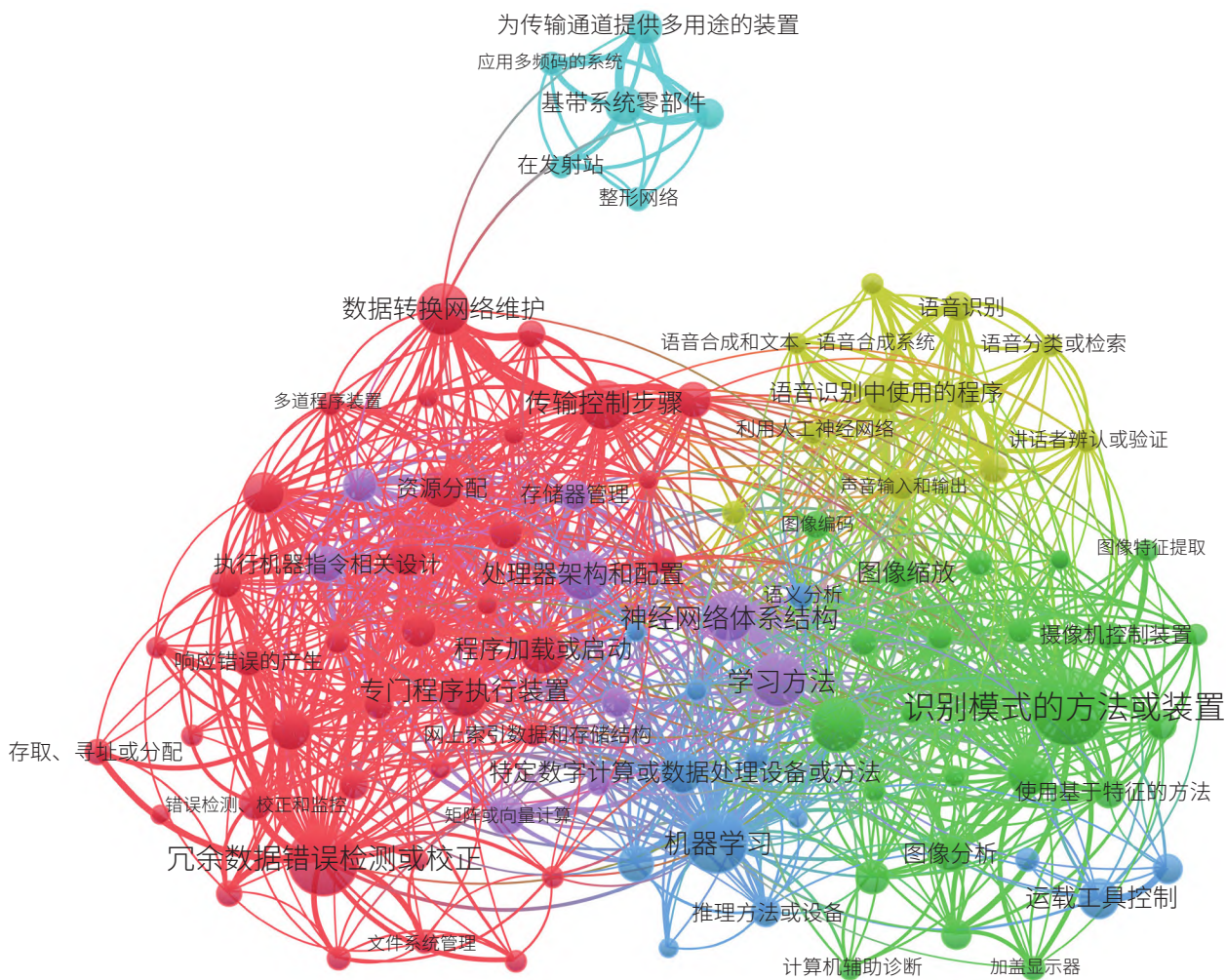


图2 美国前十大人工智能企业专利技术共现图

Figure 2 Co-occurrence analysis of AI patent for top 10 companies in the US

数据统计时间：2019年1月1日—2023年4月4日；网络节点表示不同的专利技术，节点的大小体现了样本中这一类专利技术出现的频率，不同技术之间的共现关系由连线表示；不同颜色表示不同技术集群

Data collection period: January 1, 2019–April 4, 2023. Network nodes represent different patent technologies, with the size of the nodes reflecting the frequency of occurrence of each type of patent technology in the sample. The connections between nodes indicate co-occurrence relationships between different technologies. Different colors represent different technology clusters

文产出，但谷歌、微软、Meta 和国际商业4家企业在过去5年都产出了超过1 000篇人工智能领域论文。从总量上看，中国前十大人工智能企业在过去五年发表的人工智能论文总数约为美国前十大企业的一半。因此，尽管中国的人工智能论文总数已超过美国^[4]，但这些论文很可能更多地来自大学和科研院所而非产业界。

接下来，根据合作论文的频率定义了中美人工智

能头部企业论文合作上的前十大伙伴，并特别关注中美机构之间的合作。因为美国企业较少发表中文论文，下面的分析基于企业的英文论文数据。其中，中国的蚂蚁、字节跳动、北京三快（美团）和阿波罗智能技术4家企业没有英文论文产出，而国家电网、浪潮和格力3家企业相关论文数量较少且没有中美合作论文。因此，表5只汇总了腾讯、百度和华为这3家企业的情况。可以看到，这3家企业的前十大人工智

表3 美国前十大人工智能企业专利中出现频率最高的技术
Table 3 Technologies that appear most frequently in AI patents of top 10 companies in the US

专利技术	出现频率 (次)	共现的技术 总数(项)	总连接强 度(次)
识别模式的方法或装置	1 072	84	2 121
冗余数据错误检测或校正	858	63	1 742
机器学习	646	93	1 743
电子设备识别方法或装置	499	92	1 462
学习方法	493	88	1 539
数据转换网络维护	470	63	980
处理器架构和配置	416	61	1 024
传输控制步骤	415	88	1 306
神经网络体系结构	414	92	1 319
专门程序执行装置	389	68	971

数据统计时间：2019年1月1日—2023年4月4日

Data collection period: January 1, 2019–April 4, 2023

能领域论文合作伙伴几乎都是国内顶尖的大学或科研院所，其中中国科学院同时是这三家企业合作最多的机构。此外，除了百度与罗格斯大学新布朗斯维克分校有着较广泛合作外，腾讯或华为都没有与美国机构建立起紧密的合作关系。百度与悉尼科技大学，以及

华为与悉尼大学建立了紧密的合作。另外值得注意的是，这几家中国人工智能头部企业的科研合作对象局限在大学或科研院所，并没有与其他人工智能企业建立起广泛的研究合作关系。

表6汇总了美国的微软、英特尔、亚马逊和苹果4家企业的前十大人工智能领域论文合作伙伴。由于国际商业、谷歌、福特、高通和Meta这5家企业的前十大论文合作伙伴中没有来自中国的机构，它们的情况并未在表6中列出。其中，微软和英特尔展现出了极强的中美科研合作。它们的主要中国合作机构包括清华大学、北京大学、上海交通大学、中国科学院、中国科学技术大学和北京航空航天大学。对于微软来说，它与中国机构在人工智能领域的科研合作甚至可能超过了与美国本土机构的合作。此外，表6还显示出美国人工智能头部企业间一定的科研合作。例如谷歌同时是亚马逊和苹果的前十大人工智能论文合作伙伴之一，而苹果也与Meta也有着较广泛的合作。

为了更好地展示中美两国人工智能头部企业的合作伙伴选择之间的差异，在表5和6的基础上绘制了图3进行对比。从图3可以看出，与美国人工智能头

表4 过去五年中美前十大人工智能企业在人工智能领域的论文数

Table 4 Number of AI publications in past five years from top 10 AI Companies in China and in the US

中国企业	英文论文(篇)	中文论文(篇)	美国企业	英文论文(篇)	中文论文(篇)
腾讯	1 277	89	国际商业	1 074	3
百度	780	85	微软	2 076	17
蚂蚁	0	14	谷歌	2 352	1
华为	1 205	79	英特尔	394	18
字节跳动	0	3	Emc Ip Holding	0	0
国家电网	412	89	福特汽车	54	1
北京三快(美团)	0	12	高通	51	1
格力	11	7	亚马逊	720	2
浪潮	26	30	苹果	172	1
阿波罗智能技术	0	0	Meta	1 186	0

数据统计时间：2019年1月1日—2023年4月4日

Data collection period: January 1, 2019–April 4, 2023

表5 腾讯、百度和华为3家企业的前十大人工智能领域论文合作伙伴

Table 5 Top 10 co-authoring organizations of Tencent, Baidu, and Huawei

排名	腾讯	百度	华为
1	中国科学院	中国科学院	中国科学院
2	清华大学	悉尼科技大学	清华大学
3	香港中文大学	中国科学院大学	中国科学院大学
4	北京大学	中国科学技术大学	北京大学
5	中国科学院大学	美国罗格斯大学新布朗斯维克分校	上海交通大学
6	上海交通大学	清华大学	鹏城实验室
7	厦门大学	浙江大学	中国科学技术大学
8	鹏城实验室	北京航空航天大学	浙江大学
9	浙江大学	北京大学	悉尼大学
10	中山大学	哈尔滨工业大学	香港科技大学

数据统计时间：2019年1月1日—2023年4月4日

Data collection period: January 1, 2019–April 4, 2023

表6 微软、英特尔、亚马逊和苹果4家企业的前十大人工智能领域论文合作伙伴

Table 6 Top 10 co-authoring organizations of Microsoft, Intel, Amazon, and Apple

排名	微软	英特尔	亚马逊	苹果
1	微软亚洲研究院	清华大学	得克萨斯大学奥斯汀分校	卡耐基梅隆大学
2	中国科学院	加利福尼亚大学伯克利分校	加利福尼亚大学洛杉矶分校	得克萨斯大学奥斯汀分校
3	中国科学技术大学	佐治亚理工学院	卡耐基梅隆大学	谷歌公司
4	清华大学	北京大学	谷歌公司	华盛顿大学西雅图分校
5	北京大学	加利福尼亚大学圣地亚哥分校	南加利福尼亚大学	约翰斯·霍普金斯大学
6	卡耐基梅隆大学	宾夕法尼亚大学	伊利诺伊大学厄巴纳-香槟分校	香港科技大学
7	华盛顿大学西雅图分校	斯坦福大学	麻省理工学院	Meta公司
8	北京航空航天大学	上海交通大学	加利福尼亚大学伯克利分校	剑桥大学
9	苏黎世联邦理工学院	慕尼黑工业大学	马萨诸塞大学阿默斯特分校	加利福尼亚大学伯克利分校
10	中国科学院大学	香港科技大学	华盛顿大学西雅图分校	加利福尼亚大学圣地亚哥分校

数据统计时间：2019年1月1日—2023年4月4日

Data collection period: January 1, 2019–April 4, 2023

部企业相比，中国企业的研发合作网络更多局限在国内顶尖大学和科研院所，应当更积极寻求跨国界的合作关系。此外，中国企业与美国同行相比的另一个差异体现在缺乏企业间的合作。与科研机构相比，企业在人工智能的技术突破和创新中扮演着越来越重要的角色^[18]。中国的人工智能头部企业可以通过探索企业间科研合作模式，更大程度地发挥规模优势和比较优

势，实现互利共赢。

3 主要结论与政策启示

3.1 主要结论

鉴于人工智能在塑造政治、经济和社会秩序方面的巨大潜力，世界主要国家都在大力发展这一领域。自2015年以来，党中央、国务院发布了多份涉及人工

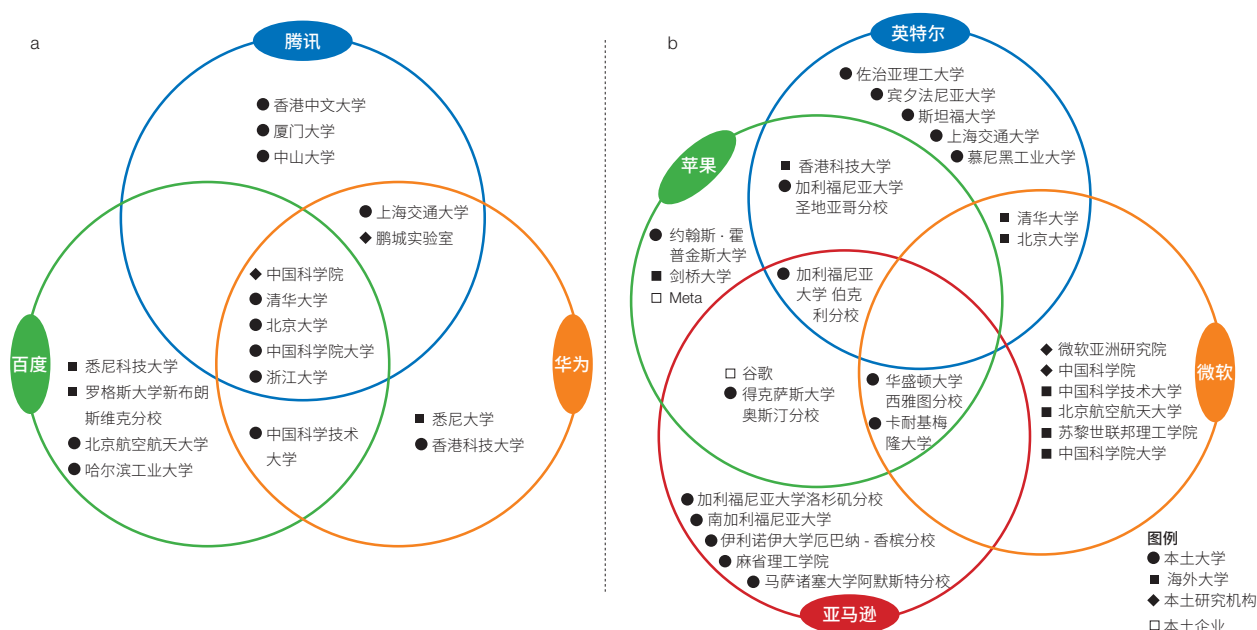


图3 中国 (a) 和美国 (b) 人工智能头部企业的前十大人工智能领域论文合作伙伴比

Figure 3 Comparison chart of top 10 co-authoring organizations of leading AI companies in China (a) and in the US (b)

智能的政策文件，其中2017年发布的《新一代人工智能发展规划》将人工智能提升到了国家级战略层面进行部署。美国从2013年开始部署国家层面的人工智能发展战略，近年来更是立法提出要维护美国在人工智能领域的领导力和世界领先地位。尽管中美两国均将人工智能发展纳入国家战略的重点领域，但两国在技术创新和发展方向上存在显著差异。

通过对比中美两国前十大人工智能企业，本文发现了这2个人工智能领先国家在企业技术和研究合作方面的结构性差异。与美国的人工智能头部企业相比，中国的头部企业尚未在人工智能产业的基础层和技术层形成领先的技术集群，尤其在处理器架构和机器学习等领域与美国存在较大差距。这一发现与一个普遍存在的观点一致，即由于人工智能的开放科学性质和快速应用优势，中国企业更倾向于投资图像识别、语音识别等应用场景更明确的技术以获得较快商业回报，而非投资具有更持久影响的基础性技术^[16]。展望未来，中国企业需要加强在人工智能产业基础层

和核心技术层的研发。

在科研合作方面，以微软和英特尔为代表的美国人工智能头部企业已经与中国科研机构建立起了非常紧密的合作，共同发表人工智能领域的科研论文。而以百度、腾讯、华为等公司为代表的中国头部企业仍然主要是与国内大学和科研院所进行合作。此外，像谷歌、亚马逊、苹果和Meta这样的美国企业虽然直接竞争，但它们仍在科研合作网络中建立了明显联系。相比之下，中国前十大人工智能企业中没有一家与国内其他人工智能企业建立了明显的科研合作。鉴于企业间知识转移在推动人工智能技术进步中的关键作用，中国企业需要培养更开放的合作文化，以期提高创新能力和竞争力。

3.2 政策启示

3.2.1 对中国政府

从政策牵引的角度出发，可以从3个方面入手提升我国人工智能产业的竞争力。

(1) 加快设立人工智能领域的企业专项基金或通

过税收政策激励企业加大对基础研发的投入,以支持长周期的基础研发项目。通过资金支持,可以强化目前企业在人工智能产业基础层和技术层的薄弱环节。此外,基础研发专项基金也将成为促使企业与科研院所建立更紧密合作关系的催化剂,鼓励双方从实际产业场景和实践问题中挖掘技术逻辑和解决方案。对于在人工智能特定基础技术领域进行研发的企业,还可以提供税收优惠以降低其研发成本,鼓励企业在人工智能更基础性的技术上取得突破。

(2) 从队伍培养和建设入手,促进人工智能企业的开放与彼此合作。政府可以考虑在大学和科研院所设立工程类专业研究生学位。此举不仅有助于培养人工智能领域的专业人才,还可以成为促进人工智能企业间合作的平台。例如,美国加利福尼亚大学伯克利分校的“人工智能开放共享研究”项目就通过与Meta、微软、谷歌、亚马逊等企业合作研究,并将其校园内的相关数据、代码、结果以非独家形式公开,以促进人工智能领域的开放式研究。在中国,政府同样可以考虑通过鼓励多家企业共同参与人工智能相关学位点建设,提供更多共享资源的机会,并间接促进企业在科学研究方面的合作。

(3) 加强中美两国优势互补型合作,共同推动解决未来人类社会所面临的关键问题。中美两国在人工智能方面如何开展优势互补型合作也是发展中国人工智能产业需要重点考虑的问题。美国在人工智能基础层和关键技术领域处于领先地位,而中国在人工智能相关人才、数据和应用场景上也具有独特的优势。中国政府可以考虑与美国政府共同设立合作研究项目,特别是在人类社会面临的关键问题上进行合作,如医疗、环境、教育挑战等。这些合作项目应该涵盖政府部门、研究机构和企业,以提升中国人工智能企业的国际化合作程度,并通过有效整合资源、人才和技术专长推进全球人工智能产业的发展。

3.2.2 对于美国的人工智能产业

(1) 持续加强人工智能基础技术的研究与资金投入至关重要。美国人工智能头部企业在基础技术层面拥有显著优势,这为全球人工智能的发展奠定了坚实基础。通过投资长期研究项目,例如量子计算与人工智能的结合,将有助于探索下一代人工智能技术的潜力,为未来技术变革提供动力。

(2) 开放式创新是加速技术突破的关键。美国人工智能头部企业应继续深化与学术界及同行业企业的紧密合作,共同孵化新技术。特别是在与中国企业的合作方面,美国企业可以依托其在人工智能基础研究方面的深厚积累,与中国企业在人工智能应用实施方面的广泛经验相结合,共同开发出满足多样化市场需求的解决方案。

(3) 作为人工智能领域的先锋,美国企业应推广利用人工智能技术解决全球性问题。例如,增加对能源、环境和生命健康等人类社会重大问题的研发投入,探索人工智能在解决全球性危机中的作用。

参考文献

- 1 潘教峰,王晓明,薛俊波,等.从战略性新兴产业到未来产业:新方向、新问题、新思路.中国科学院院刊,2023,38(3):407-413.
- 2 Pan J F, Wang X M, Xue J B, et al. From strategic emerging industries to future industries: New directions, new problems and new ideas. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38(3): 407-413. (in Chinese)
- 3 Scharre P. Four Battlegrounds: Power in the Age of Artificial Intelligence. New York: WW Norton & Company, 2023.
- 4 Kerry C, Meltzer J, Sheehan M. Can democracies cooperate with China on AI research?. (2023-01-09) [2024-01-05]. <https://www.brookings.edu/articles/can-democracies-cooperate-with-china-on-ai-research/>.
- 4 Institute for Human-Centered AI. The AI Index 2023 Annual Report. Stanford: Institute for Human-Centered AI, 2023.

- 5 闫妍. APUS 创始人李涛: 中国人工智能落后绝不是两个月, 起码两年以上. (2023-04-18) [2024-01-05]. <https://www.163.com/tech/article/I2KTDS8000097U7R.html>.
Yan Y. Li Tao, founder of APUS: China lags behind in Artificial Intelligence by more than two years rather than two months. (2023-04-18) [2024-01-05]. <https://www.163.com/tech/article/I2KTDS8000097U7R.html>. (in Chinese)
- 6 魏际刚. 从战略高度推动人工智能根技术发展. 中国经济时报, 2021-08-23(A04).
Wei J G. Promote the development of Artificial Intelligence root technology from a strategic perspective. China Economic Times, 2021-08-23(A04). (in Chinese)
- 7 Jaffe A B. Real effects of academic research. The American Economic Review, 1989, 79(5): 957-970.
- 8 Furman J, Porter M, Stern S. The determinants of national innovative capacity. Research Policy, 2002, 31(6): 899-933.
- 9 Nagaoka S, Motohashi K, Goto A. Patent statistics as an innovation indicator// Handbook of the Economics of Innovation (Vol. 2). Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 2010: 1083-1127.
- 10 朱雪忠, 胡成. 专利是测度企业技术创新绩效的有效工具吗?. 科学学研究, 2021, 39(8): 1498-1503.
Zhu X Z, Hu C. Is patent an effective tool to measure technological innovation performance?. Studies in Science of Science, 2021, 39(8): 1498-1503. (in Chinese)
- 11 Jeong D-H, Koo Y. Analysis of trend and convergence for science and technology using the VOSviewer. International Journal of Contents, 2016, 12(3): 54-58.
- 12 Masoumi N, Khajavi R. A fuzzy classifier for evaluation of research topics by using keyword co-occurrence network and sponsors information. Scientometrics, 2023, 128(3): 1485-1512.
- 13 王敏, 李海存, 许培扬. 国外专利文本挖掘可视化工具研究. 图书情报工作, 2009, 53(24): 86-90.
Wang M, Li H C, Xu P Y. Foreign text and data mining visualization tools in patent information analysis. Library and Information Service, 2009, 53(24): 86-90. (in Chinese)
- 14 Yang H L, Alphones A, Xiong Z H, et al. Artificial-Intelligence-enabled intelligent 6G networks. IEEE Network, 2020, 34(6): 272-280.
- 15 Xu Y J, Liu X, Cao X, et al. Artificial intelligence: A powerful paradigm for scientific research. Innovation, 2021, 2(4): 100179.
- 16 Li D, Tong T W, Xiao Y. Is China emerging as the global leader in AI?. (2021-02-18) [2024-01-05]. <https://hbr.org/2021/02/is-china-emerging-as-the-global-leader-in-ai>.
- 17 陈凯华, 冯卓, 康瑾, 等. 我国未来产业科技发展战略选择. 中国科学院院刊, 2023, 38(10): 1459-1467.
Chen K H, Feng Z, Kang J, et al. Strategy choices of science and technology development of China's industries of future. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38(10): 1459-1467. (in Chinese)
- 18 Ahmed N, Wahed M, Thompson N C. The growing influence of industry in AI research. Science, 2023, 379: 884-886.

Comparative analysis and insights into R&D mode of top artificial intelligence companies in China and the US

YANG Xiyi¹ JIA Jia² ZHOU Xiaoyu^{1*} WANG Shouyang^{1,3,4}

(1 School of Entrepreneurship and Management, ShanghaiTech University, Shanghai 201210, China;

2 Library & IT Services, ShanghaiTech University, Shanghai 201210, China;

3 Center for Forecasting Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

4 Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract Artificial intelligence (AI) is currently one of the most prominent fields in the technology industry, with China and the US being two global centers for AI research and development. However, the two countries differ in their development levels of the AI industry. In particular, the emergence of ChatGPT in 2022 has sparked extensive discussions regarding the capabilities and competitiveness of Chinese AI companies. This study analyzes over 120 000 AI invention patents approved in the past five years in both China and the US. Firstly, it constructs a multidimensional index based on AI patent features to identify the top 10 AI companies in both countries. Further, the analysis reveals significant differences in patent technology and research networks between these two groups. Chinese leading companies have notably fewer AI patents, less patent citation, and lower conversion rates. The patents of leading Chinese companies are mainly concentrated on application-level technologies such as image recognition and speech recognition, and have not yet formed distinctive AI technology clusters. In contrast, American leading companies have generated more influential AI patents, particularly forming multiple technology clusters in the foundational and core technology layers of the AI industry. In terms of academic research, Chinese leading companies primarily collaborate with domestic research institutions, while American leading companies demonstrate stronger collaboration with Chinese institutions, as well as among domestic companies. This comparative analysis reveals prominent differences in technological capabilities and collaboration strategies of leading AI companies in China and in the US, and provides managerial insights and three policy suggestions for better developing China's AI industry.

Keywords artificial intelligence, China-US comparison, leading companies, patent technology, research collaboration

杨锡怡 上海科技大学创业与管理学院副教授。主要研究领域:经济地理、科技与创新的分布、区域发展。
E-mail: yangxy@shanghaitech.edu.cn

YANG Xiyi Associate Professor at the School of Entrepreneurship and Management, ShanghaiTech University. Her research focuses on economic geography, geography of science, and regional development. E-mail: yangxy@shanghaitech.edu.cn

周小宇 上海科技大学创业与管理学院副教授、助理院长。主要研究领域:战略管理、企业社会责任、技术与创新。
E-mail: zhouxu@shanghaitech.edu.cn

ZHOU Xiaoyu Associate Professor and Assistant Dean at the School of Entrepreneurship and Management, ShanghaiTech University. His research focuses on strategic management, corporate social responsibility, and innovation.
E-mail: zhouxu@shanghaitech.edu.cn

■ 责任编辑: 岳凌生

*Corresponding author