



中国新一代人工智能科技产业发展报告 · 2023

China's New Generation Artificial Intelligence Technology Industry Development Report 2023

建设具有全球竞争力的人工智能产业集群

2023 · 天津

Building the Artificial Intelligence Industry Clusters
with Global Competitiveness



中国新一代人工智能发展战略研究院
Chinese Institute of New Generation Artificial Intelligence Development Strategies

2023 年 5 月 19 日

■ **致谢：**本报告得到了中国工程院和天津市科技局项目经费的支持，特此感谢！

■ **总撰稿人：简介 Lead and Main Writer：**



刘刚，1965年出生，中国新一代人工智能发展战略研究院首席经济学家，南开大学经济研究所所长，教授，博士生导师。

主要研究领域：创新经济和创新政策

Professor Gang Liu , born in Febuary 1965, chief economist of Chinese Institute of New Generation Artificial Intelligence Development Strategies, director of Nankai Institute of Economics.

Main Research Fields: Innovation Economics and Innovation Policy

■ **撰稿人：Writer：**

李依菲 Yifei Li

刘 捷 Jie Liu

霍治方 Zhifang Huo

李 彪 Biao Li

王 杰 Jie Wang

郑凤阳 Fengyang Zheng

韩馥蔓 Fuman Han

童皓伟 Haowei Tong

王卓翌 Zhuoyi Wang

刘汉文 Hanwen Liu

目录

内容提要	i
一、引言	1
二、研究方法和数据	4
三、具有全球竞争力的人工智能产业集群：概念和结构	5
（一）基于网络空间发展的创新集群	5
（二）人工智能产业集群的基本构成	6
（三）线上和线下产业创新生态的交融	8
四、战略目标：构筑自主可控技术体系和软硬件协同创新生态	10
五、我国人工智能产业集群的发展	11
（一）产业竞争力和创新能力	11
（二）企业集群	14
六、“极化”和“扩散”	22
（一）区域	22
（二）技术体系	27
（三）应用领域	28
（四）产业分布	29
七、创新资源	31
（一）AI 大学	31
（二）科研院所	33
（三）新型创新组织	35
八、面临的挑战	37
（一）美国技术封锁和技术升级压力	37
（二）人工智能技术体系存在短板	38
（三）头部平台企业的技术升级相对缓慢	38
九、总结和政策建议	39
（一）概括和总结	39
（二）政策建议	40

Contents

Abstract	I
1. Introduction	1
2. Research Methods and Data	4
3. Globally Competitive AI Industrial Clusters: Concept and Structure	5
3.1 Innovation Clusters based on the Cyberspace Development	5
3.2 Fundamental Components of AI Industrial Clusters	6
3.3 Integration of Online and Offline Industrial Innovation Ecology	8
4. Strategic Goal: Build An Independently Developed Technology System and Software-Hardware Collaborative Innovation Ecology	10
5. Development of AI Industrial Clusters in China	11
5.1 Industrial Competitiveness and Innovation Capability	11
5.2 Industrial Clusters	14
6. Polarization and Diffusion	22
6.1 Regions	22
6.2 Technology System	27
6.3 Application Fields	28
6.4 Industry Distribution	29
7. Innovative Resources	31
7.1 AI Universities	31
7.2 Research Institutes	33
7.3 New Innovation Organizations	35
8. Challenges	37
8.1 US Technology Blockade and Pressure from Technology Upgrading	37
8.2 Deficiency in AI Technology System	38
8.3 Relatively Slow Pace of Technological Upgrading in Leading Enterprises	38
9. Summary and Policy Recommendations	39
9.1 Summary	39
9.2 Policy Recommendations	40

内容提要

在人工智能科技创新和产业发展上，中国走在了世界前列。应用需求牵引、政府战略引领、平台主导的产业创新生态和创新系统的完善，是中国人工智能科技产业发展的关键驱动因素。面对美国技术封锁和经济智能化转型升级的迫切需求，如何建设具有全球竞争力的人工智能产业集群，构建自主可控技术体系和产业创新生态，加速人工智能技术升级和产业发展，是我国人工智能科技产业发展的战略方向。

人工智能企业及其创新活动构成了人工智能产业集群发展的微观基础。工业和信息化部统计数据显示，截至 2022 年 6 月，我国人工智能企业数量超过 3000 家，仅次于美国，排名第二，人工智能核心产业规模超过 4000 亿元。我国人工智能企业在智能芯片、基础架构、操作系统、工具链、基础网络、智能终端、深度学习平台、大模型和产业应用领域的创新活动，提升了产业的国际竞争力。平台企业、独角兽公司、中小企业、新创企业、研究型大学、科研院所和投资者之间相互协作，共同构建富有活力的产业创新生态，人工智能科技创新和产业发展表现出日益明显的集群化态势。

本报告认为，区别于一般的产业集群和创新集群概念，人工智能产业集群是基于网络空间发展的创新集群。前三次工业革命的产业集群和创新集群都是基于物理空间技术体系创新发展，对地理空间具有更强的依赖性，创新扩散的速度相对缓慢。第四次工业革命是基于网络空间技术体系的创新发展，创新集群更加依赖网络空间的发展，技术、产品和服务的创新速度更快，创新应用领域和地域更加广泛。

人工智能产业集群的基本构成要素包括企业集群、创新资源、创新系统和网络空间产业生态。与前三次工业革命相比，网络空间产业创新生态是第四次工业革命背景下人工智能产业集群的独特要素。

产业国际竞争力的基础是创新能力的提升。我国的人工智能科技产业是深科技创新驱动的。面对美国技术封锁和经济社会智能化转型迫切需求，建设具有全球竞争力的人工智能产业集群的战略目标是构建自主可控技术体系和产业创新生态。充分利用高度开放的全球创新网络，以应用需求为牵引，通过政产学研协同实现基础研究和根技术创新，构筑自主可控技术体系和软硬件协同创新生态，是持续提高人工智能产业集群国际竞争力的基础。

本报告构建了包括 2200 家人工智能企业、5722 个投资者（投资机构和非投资机构）、438 所 AI 大学和 307 家非大学科研机构、967 家产业联盟、在中国境内召开的总计 2318 场会议、31 个省市自治区出台的 775 项相关政策和 3507 家人工智能产业园区规划建设情况在内的中国智能经济样本库。通过属性数据和关

系数据分析，研究我国人工智能产业集群的内在结构和发展趋势。

我国的人工智能产业集群表现为“新型创新区→城市→区域→全国→全球”空间结构特征。与传统工业园区和高科技园区不同，新型创新区一般位于科技创新资源和产业基础雄厚的大城市的中心区和次中心区，以人工智能产业化创新集群的发展为导向，强调依托狭小的物理空间打造无限的网络空间产业创新生态。

人工智能产业集群包括人工智能产业化创新集群和产业智能化创新集群。新型创新区是人工智能产业化集群及其产业创新生态的栖息地。人工智能产业化集群通过网络空间产业生态实现向地理空间分散的产业智能化创新集群赋能。人工智能产业化创新集群和产业智能化创新集群的良性互动，是建设具有全球竞争力的人工智能产业集群的关键动力和机制。

到目前为止，我国人工智能产业集群主要分布在京津冀、长江三角洲、珠江三角洲和川渝地区的重点城市。通过外部创新资源引入和内部创新资源激活，西部地区的西安，中部地区的武汉和长沙，东北地区的沈阳、大连和哈尔滨开始出现人工智能产业集群的雏形。

我国人工智能产业集群的价值网络结构是“极核”状的。平台及其主导的产业创新生态构成了我国人工智能产业集群发展的“极核”。从2014-2022年价值网络的结构统计指标看，我国人工智能产业集群的集群结构特征越来越明显。以华为、腾讯、百度和阿里巴巴为代表的超级平台是我国人工智能产业集群形成和发展的核心节点。近年来，超级平台在智能芯片、基础架构、操作系统、大模型、机器学习平台和应用软件领域的研发和产业化布局，为我国人工智能产业集群国际竞争力的提升奠定了坚实基础。

研究型大学和科研院所在基础研究、技术开发和人才培养领域的努力，持续提升我国人工智能产业集群的国际竞争力。包括清华大学和北京大学在内的国内18所高校成为全国首批集成电路科学与工程一级学科博士学位授权点。截至2022年3月，全国共有440所高校设置人工智能本科专业、248所高校设置智能科学与技术本科专业、387所普通高等学校高等职业教育（专科）设置“人工智能技术服务”专业。

创建新型创新组织激活政产学研用协同创新活力，形成基础研究、技术研发、应用创新和产业孵化无缝对接的新体制和新机制，是推动人工智能科技创新和产业发展的重要途径。截至目前为止，本报告共发现人工智能领域新型创新组织347家，广泛分布在京津冀、长江三角洲和珠江三角洲等地区。其中，以鹏城实验室、之江实验室和上海人工智能实验室为代表的人工智能实验室，成为人工智能产业化领域最为活跃的新型创新组织。

随着科技创新步伐的加快，人工智能和经济社会进入全面融合发展新阶段。在人工智能技术合作密度高的应用领域和产业领域，开始出现产业智能化创新集群。

基于2200家人工智能骨干企业的关系数据量化分析表明，我国人工智能已

经广泛应用在包括企业智能管理、智能营销与新零售、智能金融、智慧城市、智能医疗、新媒体和数字内容、智能制造、智能教育、智能交通、网络安全、智能物流、智慧文旅、智能政务、智能能源、智能硬件、智能网联汽车、智能家居、智能农业和智能安防在内的 19 个应用领域。排名第一的是智慧城市，占比 12.16%；排名第二的是企业智能管理，占比 12.10%；排名第三的是智能制造，占比 8.89%；排名第四和第五的分别是智能营销与新零售和智能网联汽车，占比 8.41%和 8.07%。

在三次产业中，人工智能技术合作关系分布密度最高的是第三产业，占比 75.49%；其次是第二产业，占比 23.82%。在第三产业中，排名第一的是信息传输、软件和信息技术服务业，占比 28.46%；排名第二的是科学研究和技术服务业，占比 21.17%；排名第三的是租赁和商业服务业，占比 10.75%；排名第四和第五的分别是金融业、批发和零售业，占比 10.68%和 9.62%。在第二产业中，制造业占比最高，为 87.36%。在制造业中，排名第一的是计算机、通信和其他电子设备制造业，占比 28.16%；排名第二的是汽车制造业，占比 25.41%；排名第三的是电气机械和器材制造业，占比 9.30%。

人工智能和经济社会的深度融合发展带动人工智能技术的体系化、复杂化和专用化。到目前为止，人工智能已经发展为包括大数据和云计算、物联网、智能机器人、智能推荐、5G、区块链、语音识别、虚拟/增强现实、智能芯片、计算机视觉、自然语言处理、生物识别、空间技术、光电技术、自动驾驶、人机交互和知识图谱 17 种技术在内的复杂技术体系。同时，随着人工智能在 19 个应用领域的创新应用，技术体系的演化日益表现出专用化趋势。

尽管取得了前所未有的成就，但是在建设具有全球竞争力的人工智能产业集群的过程中，我们还面临着美国技术封锁、技术体系存在短板和头部平台企业技术升级相对缓慢等挑战。加速发展具有产业赋能能力的新型平台及其主导的产业创新生态、高水平规划和发展新型创新区、建设高度开放的创新系统和加强场景创新，是应对挑战和加快提升人工智能产业集群国际竞争力的战略支撑。

Abstract

China is the global forerunner of innovation and industrial development of artificial intelligence (AI). The key drivers behind China's AI industry are the demand for practical applications, strategic guidance from the government, platform-led industrial innovation ecology, and the improvement of the innovation system. Facing the US technology blockade and the urgent need of transitioning to a digital economy, the strategic direction of China's AI industrial development is to build a globally competitive AI industrial cluster and construct an independently developed technological system and industrial innovation ecology, so as to fuel the AI technology upgrading and industrial development.

AI enterprises and their innovation activities have constituted the microfoundation of the development of AI industrial clusters. As revealed by the statistics from the Ministry of Industry and Information Technology, as of June 2022, the number of AI enterprises in China has exceeded 3,000, only second to the United States, with a core industry size surpassing 400 billion RMB. The innovation activities of Chinese AI enterprises in the fields of intelligent chips, basic infrastructure, operating systems, toolchains, basic networks, intelligent terminals, deep learning platforms, large models, and industrial applications have enhanced the international competitiveness of China's AI industry. Platform firms, unicorn companies, small and medium-sized enterprises, startups, research universities, research institutes, and investors collaborate to build a vibrant industrial innovation ecology, and AI technology innovation and industrial development demonstrate an increasingly prominent trend of agglomeration.

This report contends that AI industry clusters are innovation clusters based on the development of cyberspace, which are different from general industrial clusters and innovation clusters. The industrial clusters and innovation clusters formed in the first three industrial revolutions were based on the innovative development of physical space technology system, with a heavier reliance on geographical space, and a relatively slow pace of advancement. The fourth industrial revolution is fueled by the innovative development of cyberspace technology systems, and innovation clusters are more dependent on the development of cyberspace. The speed of innovation in technology, products, and services is faster, and the application fields and regions are more extensive.

The fundamental components of AI industrial clusters include enterprise clusters, innovation resources, innovation systems and cyberspace industrial ecology.

Compared with the previous three industrial revolutions, the cyberspace industrial innovation ecology is a unique element in the fourth industrial revolution.

The foundation of an industry's international competitiveness lies in its improvement of innovation capability. The AI industry in China is mainly driven by scientific and technological innovation. Confronted with the US technology blockade and the urgent need of transitioning to a digital economy and society, the strategic goal of building a globally competitive AI industrial cluster is to construct an independently developed technological system and industrial innovation ecology. Making the most of the highly open global innovation network, taking the application demand as the driver, realizing the innovation of basic research and core technologies through the collaboration of government, industry, universities, and research institutes, and building an independently developed technological system and a software-hardware collaborative innovation ecosystem are the basis for continuously improving the international competitiveness of AI industrial clusters.

This report creates a sample database of China's smart economy, which comprises 2,200 AI enterprises, 5,722 investors (investment and non-investment agencies), 438 AI universities and 307 non-university research institutes, 967 industry alliances, a total of 2,318 conferences held in China, 775 relevant policies issued by 31 provinces, municipalities, and autonomous regions, as well as the planning and construction status of 3,507 AI industrial parks. Through categorical data analysis and relational data analysis, the internal structure and development trend of China's AI industry clusters are studied.

The AI industrial clusters in China are characterized by the spatial structure of "new innovation zone → city → region → nationwide → worldwide". Unlike traditional industrial parks and high-tech parks, new innovation zones are generally located in the central and sub-central areas of big cities with abundant scientific and technological innovation resources and strong industrial foundation, guided by the development of AI industrial innovation clusters, emphasizing the creation of unlimited cyberspace industrial innovation ecology relying on limited physical space.

AI industrial clusters include AI industrial innovation clusters and industrial intelligent innovation clusters. The new innovation zone is where AI industrial clusters and their industrial innovation ecosystem thrive. AI industrial clusters empower the industrial intelligent innovation cluster scattered in geographical space through the industrial ecology of cyberspace. The sound interaction between AI industrial innovation clusters and industrial intelligent innovation clusters has become the key driver and mechanism for building globally competitive AI industrial clusters.

So far, China's AI industrial clusters are primarily distributed in key cities in the Beijing-Tianjin-Hebei Region, Yangtze River Delta, Pearl River Delta, and Sichuan-Chongqing Region. With the introduction of external innovation resources and the activation of internal innovation resources, AI industrial clusters are beginning to emerge in Xi'an in West China, Wuhan and Changsha in Central China, and Shenyang, Dalian, and Harbin in Northeast China.

The value network of China's AI industrial clusters is structured in a centripetal pattern. The platforms and their industrial innovation ecology are the core of the development of AI industrial clusters in China. According to the structural statistical indicators of the value network from 2014 to 2022, the clustering characteristic of China's AI industrial clusters tends to be increasingly significant. The mega-platforms represented by Huawei, Tencent, Baidu, and Alibaba are the core milestones for the formation and development of China's AI industrial clusters. In recent years, the R&D and industrialization layout of mega-platforms in the fields of smart chips, basic infrastructure, operating systems, large models, machine learning platforms, and application software has laid a solid foundation for the enhancement of the international competitiveness of China's AI industrial clusters.

The efforts of research universities and research institutes in the fields of basic research, technology development, and talent cultivation are continuously enhancing the international competitiveness of China's AI industrial clusters. The Integrated Circuit Science and Engineering major in 18 Chinese universities including Tsinghua University and Peking University has become the first level discipline authorized to offer doctorate degrees in the country. As of March 2022, 440 universities in China have set up artificial intelligence majors for undergraduates, 248 universities have set up intelligent science and technology major for undergraduates, and 387 higher vocational schools have set up the "artificial intelligence technology services" major.

Building new innovation organizations to spark the vitality of collaborative innovation between government, industry, universities, research institutes, and application, and the formation of a new system and mechanism that seamlessly integrate basic research, technology R&D, application innovation and industrial incubation play a crucial role in promoting AI technology innovation and industrial development. So far, this report has identified a total of 347 new innovation organizations in the field of AI, which are extensively distributed in the Beijing-Tianjin-Hebei Region, Yangtze River Delta, Pearl River Delta, etc. Among them, the AI labs represented by Pengcheng Laboratory, Zhijiang Lab, and Shanghai Artificial Intelligence Laboratory have become the most active organizations in the

field of AI industrialization.

With the advancement of scientific and technological innovation, AI together with the society and economy have entered a new stage of integrated development. In application fields and industrial verticals where AI technological collaboration is prevalent, industrial intelligent innovation clusters start to take form.

Based on the quantitative analysis of relational data extracted from 2,200 AI pillar enterprises, AI in China has been widely used in 19 fields including intelligent enterprise management, intelligent marketing and new retail, intelligent finance, smart cities, intelligent healthcare, new media and digital content, intelligent manufacturing, intelligent education, intelligent transportation, cybersecurity, intelligent logistics, intelligent culture and tourism, intelligent government affairs, intelligent energy, intelligent hardware, intelligent connected vehicle, smart home, intelligent agriculture, and intelligent security. Smart city ranks first in terms of AI technology adoption, accounting for 12.16%; the second is enterprise intelligent management, accounting for 12.10%; the third is intelligent manufacturing, accounting for 8.89%; and the fourth and fifth are intelligent marketing and new retail and intelligent connected vehicle, respectively accounting for 8.41% and 8.07%.

Among the three industries, the prevalence of AI technological collaboration is the highest in the tertiary industry, accounting for 75.49%, followed by the secondary industry, accounting for 23.82%. In the tertiary industry, information transmission, software, and information technology services rank first, accounting for 28.46%; scientific research and technology services rank second, accounting for 21.17%; leasing and commercial services rank third, accounting for 10.75%; the financial industry, wholesale and retail industry rank fourth and fifth, accounting for 10.68% and 9.62% respectively. In the secondary industry, the manufacturing industry takes up the highest proportion of 87.36%. In the manufacturing industry, the computer, communication, and other electronic equipment manufacturing industry rank first, accounting for 28.16%; followed by the automobile manufacturing industry which accounts for 25.41%; the electrical machinery and equipment manufacturing industry ranks third, accounting for 9.30%.

The profound integration of AI and the society and economy contributes to the systematization, complexity, and specialization of AI technology. To date, AI has developed into a sophisticated technology system covering big data and cloud computing, Internet of Things, intelligent robots, intelligent recommendation, 5G, blockchain, speech recognition, virtual/augmented reality, smart chips, computer vision, natural language processing, biometrics, space technology, optoelectronic

technology, automated driving, human-computer interaction, and knowledge mapping. Meanwhile, with the innovative application of AI in 19 fields, the evolution of technology systems shows a growing trend of specialization.

Despite unprecedented achievements made, we are still confronted with daunting challenges in building globally competitive AI industrial clusters, such as the US technology blockade, deficiency in the technology system, and slow pace of technology upgrading in platform firms. Accelerating the development of new platforms with industrial empowerment capabilities and their industrial innovation ecology, high-level planning and development of new innovation zones, building highly open innovation systems and strengthening scenario innovation are strategic underpinnings for tackling challenges and accelerating the enhancement of the international competitiveness of AI industrial clusters.

一、引言

作为新一代通用目的技术，人工智能是第四次工业革命的核心引擎，是全球科技和产业发展与竞争的前沿。自 2017 年 7 月 8 日国家发布《新一代人工智能发展规划》以来，在国家战略引领下，以应用需求为牵引，通过政产学研用协同创新，我国在人工智能科技创新和产业发展领域探索出一条深科技创新道路^[1]。在人工智能科技创新和产业发展上，中国成为全球引领者。

中国在人工智能领域的深科技创新不仅强调基础理论研究、关键核心技术和应用技术开发，而且强调通过场景创新推动人工智能和经济社会的全面融合发展。与互联网发展阶段的商业模式创新不同，深科技创新以应用需求为牵引实现基础研究、技术研发和规模应用的良性互动和创新循环。深科技创新的创新主体不仅包括研究型大学、科研院所和新型创新组织，而且包括平台企业、新创企业、中小企业和传统产业智能化转型企业、政府、投资机构和其他中介组织。围绕人工智能产业化和产业智能化，多元异质创新主体的知识、技术重组和互补性创新中涌现的创新集群，是深科技创新的基本组织形态。

2019 年以来，面对美国日益加剧的技术封锁，基础研究和前沿技术领域创新的相对滞后，可能影响和延缓我国人工智能技术升级和产业发展的步伐。美国人工智能国家安全委员会（National Security Commission on Artificial Intelligence, NSCAI）在 2021 年 3 月 1 日发布的年度《最终版报告》中明确提出，“中国不仅在人工智能全领域是美国的竞争对手，且在特定领域已经是领先者，这是美国自第二次世界大战以来首次在科技主导权方面遭遇到挑战，美国要对人工智能相关技术进行出口管制以达到精准卡脖子目的（targeting discrete chokepoints）。”2022 年 8 月 9 日，美国总统拜登在白宫正式签署《芯片和科学法案》。该法案在为美国半导体研究和生产提供 520 多亿美元政策补贴的同时，为芯片工厂提供投资税减免。同时，法案另外授权政府拨款大约 2000 亿美元，用于促进美国未来 10 年在人工智能、量子计算等领域的科技创新。法案中不少条款明确限制有关芯片企业在中国开展正常经贸和投资活动。

美国之所以把人工智能列为技术封锁的重点领域，关键原因是在深科技创新驱动下中国在人工智能领域的自主可控技术体系雏形已经显现。人工智能包括智能芯片、基础架构、操作系统、工具链、基础网络、智能终端、深度学习平台、大模型和产业应用在内的复杂技术体系。围绕人工智能技术体系的发展，在全球范围内正在形成中国和美国两大创新联盟。

^[1] 本报告用“深科技创新”概括中国在人工智能领域的科技创新模式。在改革开放以来的工业化阶段，中国的技术来源主要是国外成熟产品和标准化生产技术的引进和集成创新。在早期互联网产业发展过程中，企业发展主要依赖商业模式创新，基础软硬件和关键核心技术同样严重依赖国外企业。与工业化和互联网产业发展不同，在人工智能科技和产业发展过程中，中国探索出一条以构建自主可控技术体系为导向的深科技创新道路。

人工智能企业及其创新活动构成了人工智能科技产业发展的微观基础。工业和信息化部统计数据显示，截至 2022 年 6 月，我国人工智能企业数量超过 3000 家，仅次于美国，排名第二，人工智能核心产业规模超过 4000 亿元。平台企业、独角兽公司、中小企业、新创企业、研究型大学、科研院所和投资者之间的相互协作，共同构建起富有活力的创新生态，人工智能产业科技创新和产业发展表现出日益明显的集群化态势。

人工智能产业包括核心产业部门和融合产业部门。核心产业部门是指人工智能产业化部门，而融合产业部门则是指人工智能和经济社会融合发展过程中出现的新产品、新技术、新业态和新模式，即产业智能化部门。随着深科技创新的发展，人工智能步入和经济社会全面融合发展阶段。基于 2200 家人工智能骨干企业的关系数据量化分析表明，我国人工智能已经广泛应用在包括企业智能管理、智能营销与新零售、智能金融、智慧城市、智能医疗、新媒体和数字内容、智能制造、智能教育、智能交通、网络安全、智能物流、智慧文旅、智能政务、智能能源、智能硬件、智能网联汽车、智能家居、智能农业和智能安防在内的 19 个应用领域。其中，排名第一的是智慧城市，占比 12.16%；排名第二的是企业智能管理，占比 12.10%；排名第三的是智能制造，占比 8.89%；排名第四和第五的分别是智能营销与新零售和智能网联汽车，占比 8.41%和 8.07%。

在三次产业中，人工智能技术合作关系分布密度最高的是第三产业，占比 75.49%；其次是第二产业，占比 23.82%。在第三产业中，排名第一的是信息传输、软件和信息技术服务业，占比 28.46%；排名第二的是科学研究和技术服务业，占比 21.17%；排名第三的是租赁和商业服务业，占比 10.75%；排名第四和第五的分别是金融业、批发和零售业，占比 10.68%和 9.62%。在第二产业中，制造业占比最高，为 87.36%。在制造业中，排名第一的是计算机、通信和其他电子设备制造业，占比 28.16%；排名第二的是汽车制造业，占比 25.41%；排名第三的是电气机械和器材制造业，占比 9.30%；排名第四和第五的分别是专用和通用设备制造业，占比 6.62%和 4.03%。排名前五的制造业行业都属于装备制造业。

人工智能和经济社会的深度融合发展驱动人工智能技术的体系化、复杂化和专用化。到目前为止，人工智能已经进化为包括大数据和云计算、物联网、智能机器人、智能推荐、5G、区块链、语音识别、虚拟/增强现实、智能芯片、计算机视觉、自然语言处理、生物识别、空间技术、光电技术、自动驾驶、人机交互和知识图谱 17 种技术在内的复杂技术体系。同时，随着人工智能在 19 个应用领域的创新应用，技术体系日益表现出专用化趋势。

无论是人工智能产业化还是产业智能化，人工智能科技创新和产业发展在地理空间上都表现出明显的“极化”特征。其中，京津冀、长江三角洲、珠江三角洲和川渝都市圈是我国人工智能科技产业发展最为聚集的地区。经济社会

的智能化需求、平台企业主导的创新生态系统的发展、科技创新资源的富集、创新系统的完善和地方政府的积极响应，是人工智能产业集群发展的关键因素。

包括华为、百度和阿里巴巴在内的头部平台企业，通过与研究型大学和科研机构合作，逐步构建包括智能芯片、基础架构、操作系统、大数据和云计算、机器学习平台、大模型、行业应用和人才培养在内的自主可控技术体系。同时，头部平台企业通过基础软硬件和垂直业务领域软硬件产业创新生态的构建，成为产业集群发展的主导力量。

包括清华大学和北京大学在内的国内 18 所高校成为全国首批集成电路科学与工程一级学科博士学位授权点。截至 2022 年 3 月，全国共有 440 所高校设置人工智能本科专业、248 所高校设置智能科学与技术本科专业、387 所普通高等学校高等职业教育（专科）设置“人工智能技术服务”专业。

创建新型创新组织激活政产学研用协同创新活力，形成基础研究、技术研发、应用创新和产业孵化无缝对接的新体制，是推动人工智能科技创新和产业发展的重要机制。截至目前为止，本报告共发现人工智能领域新型创新组织 347 家，广泛分布在京津冀、长三角和珠三角等地区。其中，以鹏城实验室、之江实验室和上海人工智能实验室为代表的人工智能实验室，成为人工智能产业化领域最为活跃的新型创新组织。

从企业集群和创新资源的空间、技术和应用领域分布看，集群创新是中国人工智能科技创新和产业发展的基本特征。为了加速人工智能科技创新和产业发展，党的二十大报告提出，“加快发展数字经济，促进数字经济和实体经济深度融合，打造具有国际竞争力的数字产业集群。”建设具有竞争力的人工智能产业集群，是我国人工智能科技产业发展的战略取向。

以 ChatGPT 为代表的生成式人工智能(AIGC)的发展使人们看到了通用人工智能诞生的火花。到目前为止，人工智能在工业领域的应用仍然是手工作坊式的。生成式人工智能和大模型的创新应用，将创造出智能经济时代的生产组织方式。

利用算法、算力和数据领域的综合优势，头部平台企业和研究型大学协同创新，通过封装大模型复杂生产过程，能够为传统产业智能化进行低成本的赋能。深度学习平台是大模型开发、训练、推理部署和产业化落地的关键支撑。在预训练大模型和深度学习平台的建设上，涌现出包括华为“盘古”、百度“文心”和阿里“通义千问”在内的大模型和深度学习平台。同时，包括鹏城实验室和上海人工智能实验室在内的人工智能实验室通过大模型研发和深度学习平台搭建，加速推动人工智能产业化落地。

新的“预训练大模型+深度学习平台”生产组织方式，能够通过构建基础软硬件协同创新生态，实现软硬件适配、模型训练和推理在产业链诸环节的部署和应用，加速人工智能和实体经济深度融合发展的进程，全面提升全要素生产率和经济发展质量。

通用人工智能的创新发展将进一步推动人工智能产业集群的发展。作为第四次工业革命的核心引擎，人工智能不仅创造新的社会生产力，而且能够激活历次工业革命积累的社会生产力发展潜力。与历次工业革命构建的技术体系不同，基于网络空间发展的人工智能不仅能够提升全要素生产率，而且能够为统筹和协调经济、社会和生态发展提供全新的解决方案。

中美两国是人工智能科技创新和产业发展的全球引领者。能否持续引领全球发展的关键，是谁能够在基础研究、技术开发和多领域规模应用之间形成创新循环和报酬递增。建设具有全球竞争力的人工智能产业集群，加快形成基础研究、技术开发和规模应用之间的正反馈，实现技术体系的自主可控和产业发展安全，是中国人工智能科技创新和产业发展的战略目标和方向。

二、研究方法和数据

本报告认为人工智能科技创新和产业发展是多元创新主体协同创新的结果，是复杂创新网络的演化过程。与工业时代的集群生产不同，人工智能产业集群属于创新集群。多元创新主体在特定区域、技术和产业领域的跨学科、跨组织、跨产业和跨地域的知识、技术重组和互补性创新，是人工智能产业集群形成和发展的基本驱动力。

为了分析我国人工智能产业集群的现状和发展趋势，本报告构建了包括 2200 家人工智能企业、5722 个投资者（投资机构和非投资机构）^[2]、438 所 AI 大学和 307 家非大学科研机构、967 家产业联盟、在中国境内召开的总计 2318 场会议、31 个省市自治区出台的 775 项相关政策和 3507 家人工智能产业园区规划建设情况等在内的中国智能经济样本库^[3]。通过实际调查和大数据相结合的方法采集数据，并建立样本数据库。样本数据库的数据包括两类：属性数据和关系数据。属性数据是指包括人工智能企业在内的创新主体的成立时间、所属地区和销售收入等方面的信息；关系数据则是指样本企业与其他节点发生的关系和互动规则方面的信息。通过属性数据和关系数据分析，报告全面考察我国人工智能产业集群的内在结构和发展方向。

^[2]投资者的样本来自 2200 家企业关系数据中作为关系节点的投资方，包括投资机构和非投资机构。

^[3]报告数据采集时间截至 2022 年 12 月。其中，会议是指在中国境内召开的人工智能类会议。政策指各地政府出台的规划、实施意见和行动计划政策信息，来自各省市自治区和重点城市的政府官网。产业联盟包括国家和地方成立的与人工智能相关的产业联盟组织，主要根据网络公开数据筛选。

三、具有全球竞争力的人工智能产业集群：概念和结构

与工业时代的产业集群不同,人工智能产业集群是基于网络空间发展的创新集群。同时,人工智能属于通用目的技术,所具有的应用领域广泛、持续改进空间和引发互补性创新的特征(Bresnahan and Trajtenberg, 1995),同样会影响人工智能产业集群的组织形态和内在结构。^[4]

(一) 基于网络空间发展的创新集群

在对工业时代的集群生产进行研究的基础上,波特(Porter, 1998)认为,企业集群是指企业生产活动在特定地理空间的集中,是一组在地理上靠近的相互联系的公司和机构的集合,这些公司和机构处于同一个地域特定产业之中,由于具有共性和互补性而联系在一起。^[5]典型的“集群生产”是指在某一特定区域内由相互联系的企业及其相关机构的高度集中所带来的专业化生产方式,它包括一大批对竞争起重要作用的相互关联的产业、企业及其相关实体。典型的“集群生产”首先包括各种机械和零部件供应商和专业化基础设施的提供者;其次,包括一定规模的销售网络和客户群体;最后,还包括提供专业化培训、教育、信息研究和技术支持的政府和民间科研机构——例如大学、制定标准的行业协会、职业培训机构和科研机构等。从早期产业集群的研究看,工业时代的产业集群是集创新和生产于一体的专业化生产组织方式。

人工智能产业集群是通用目的技术的产业化过程。从工业革命发生和发展的历程看,通用目的技术创新过程均表现出明显的“极化”特征。从创新集聚到创新集群的演化,使创新“极化”的内涵发生了重大改变。第三次工业革命之前,创新的“极化”更多地表现为创新的集聚以及创新和生产的一体化。^[6]20世纪80年代,随着第三次工业革命的发生和发展,研发设计的模块化和制造的产品内全球分工推动创新的生产方式从集聚走向集群。

通过对美国硅谷和 128 公路地区 IT 产业发展的比较分析,萨克森宁(Saxenian, 1999)认为,IT 产业在硅谷的聚集和产业竞争优势的提升来自包括企业、大学、科研院所和投资机构在内的多元创新主体的网络化,即创新集群的出现。^[7]

创新的生产方式变革带来了创新和生产的分离,促进了经济全球化的加速到来。跨国公司主导的全球产品内分工的出现,进一步加剧了创新和生产在全球范围的分散布局。制造集群的发展,使中国快速成长为全球制造业基地。^[8]2005

^[4] Bresnahan, T. F., Trajtenberg, M., 1995, “General purpose technologies ‘Engines of growth’?” . Journal of Econometrics, pp83-108.

^[5] Porter, M., Cluster and the New Economy of Competition, Harvard Business Review, 1998(Nov. -Dec.), PP77-90.

^[6] 例如,在《资本主义、社会主义和民主》一书中,熊彼特认为创新主要来源于大企业的内部研发活动。

^[7] [美] 安纳利·萨克森宁. 硅谷和 128 公路地区的文化与竞争, 曹蓬等译, 上海远东出版社, 1999.

^[8] 2001 年,日本通产省首次提出“中国已成为世界工厂”。统计资料显示,2010 年中国汽车产量 1826.47

年以来，从中国制造向中国创造和智造的转型，为中国人工智能科技创新和产业发展奠定了基础。

与前三次工业革命不同，第四次工业革命是网络空间科技革命。网络空间的发展催生了新的创新生产方式的诞生。作为网络空间的搭建者和运营者，平台及其主导的产业创新生态成为创新集群的主导者。同时，作为平台及其主导的产业创新生态和创业活动的栖息地，新型创新区成为第四次工业革命地理空间和网络空间交融的创新空间组织新形态。同时，网络空间发展具有新的政策内涵，政府在人工智能产业集群发展过程中发挥着更加重要的作用。

20 世纪 90 年代，硅谷是电子信息产业创新集群发展的典范。2016 年以来，新型创新区在中国开始涌现。^[9]与传统的工业园区和高科技园区不同，新型创新区一般位于城市中心区和次中心区，以数字经济发展为导向，强调依托狭小的物理空间打造无限的网络空间产业创新生态。

新型创新区是由包括平台企业、中小企业、初创企业、研究型大学、科研机构、企业孵化器和加速器在内的诸多创新机构共同构成，创新机构之间广泛而密切的网络化联系和作用，是创新区充满创新活力和竞争力的根源。

新型创新区具有五个方面的基本特征：一是以数字和人工智能科技产业化为导向；二是以网络空间产业创新生态的构建为主导。与工业园区和传统创新区根本不同，新型创新区是依托平台企业在狭小物理空间上搭建和创造无限的网络空间；三是以数据和计算为关键资产和战略资源，实现数据资产价值化和价值创造；四是拥有完善的创新生态系统。新型创新区的创新生态包括线下和线上两个相互交融的组成部分；五是新型创新区一般都位于商务配套和生活环境优越的城市中心区和次中心区。

本报告认为，区别于一般的产业集群和创新集群概念，人工智能产业集群是基于网络空间发展的创新集群。作为新的创新生产方式，人工智能产业集群的空间组织形态是新型创新区，强调基于狭小的物理空间发展无限的网络空间产业创新生态。

（二）人工智能产业集群的基本构成

前三次工业革命的产业集群和创新集群都是基于物理空间技术体系的创新发展，对地理空间的产业集聚具有依赖性，创新扩散的速度相对缓慢。第四次工业革命是基于网络空间技术体系的创新发展，创新集群更加依赖网络空间的发展，技术、产品和服务创新速度更快，扩散的应用领域和地域更加广泛。

万辆，超过美国，占世界总产量的 25%；船舶产量占世界的 41.9%；工程机械产量占世界的 43%。

^[9] 2014 年 6 月 9 日，美国布鲁金斯学会发布了题为《创新区的崛起：美国创新的新地理》提出了创新区概念。本报告认为，与创新区不同，新型创新区是以网络空间发展为基础的，是平台及其主导的产业创新生态的栖息地，是数字经济集聚区。

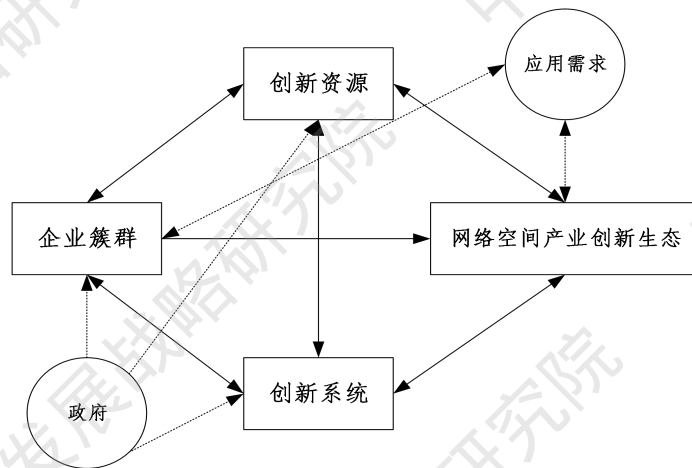


图 1 人工智能产业集群的构成要素

图 1 列出了具有全球竞争力的人工智能产业集群的基本构成要素。在企业集群、创新资源、创新系统和网络空间产业创新生态四个基本要素中，与前三次工业革命相比，网络空间产业创新生态要素显示出第四次工业革命条件下人工智能产业集群的独特性。

(1) 企业集群。构成具有全球竞争力人工智能产业集群的首要因素是企业集群及其产业创新生态。与传统产业集群相比，构成人工智能产业集群基础的企业集群的内部结构更加复杂。从创新生态的视角看，人工智能企业集群不仅包括平台企业，而且包括中小企业、新创企业和传统产业的智能化转型企业，它们共同构成复杂产业创新生态。其中，平台是创新生态的主导者，中小企业、新创企业和智能化转型企业则是产业创新生态的重要组成部分。^[10]从人工智能产业化和产业智能化的视角看，人工智能企业集群又包括人工智能产业化企业集群和产业智能化企业集群两类。人工智能产业化企业构成核心产业部门，而产业智能化企业则构成融合产业部门。两个部门企业的相互作用和正反馈，是人工智能产业集群发展的基本动力和机制。

(2) 关键创新资源。关键创新资源包括两个方面的内容：一是基础研究和根技术研发和创新能力。研究型大学、科研院所、新型创新组织和平台企业的协同是基础研究和根技术研发的基础力量，是人工智能领域国家战略科技力量的重要组成；二是包括数据、算力、算法、人才和应用场景在内的人工智能产业集群发展的基本创新要素。人工智能产业集群发展所倚重的科技创新要素不仅包括数据生态、算力、算法和人才，而且包括应用场景开放。

(3) 高度开放的创新系统。创新系统的开放包括两个层次的涵义：一是基础软硬件的开源开放。具有全球竞争力的人工智能产业集群是建立在基础软硬件开源开放基础之上的。在基础软硬件开源开放基础上形成的软硬件协同创新

^[10] 从更宽泛的视角看，平台主导的产业创新生态还包括研究型大学和科研院所所在的其他创新主体。

生态，是人工智能产业集群国际竞争力的基本来源；二是指中国人工智能是全球创新网络的重要组成部分，全球创新资源的整合是推动人工智能产业集群发展的关键机制。

同时，面对美国的技术封锁和科技霸凌，建设具有全球竞争力的人工智能产业集群所依赖的技术体系必须是自主可控的，能够确保我国产业发展的安全性。当然，自主可控技术体系的发展与对外开放是相辅相成的，对外开放同样不仅有利于自主可控技术体系的发展，而且能够有效地促进与人工智能科技创新和产业发展相关的国际交流与合作。

(4) 网络空间产业创新生态。与前三次工业革命相比，网络空间产业创新生态是人工智能产业集群发展的重要特征。前三次工业革命的技术基础是物理空间技术体系，强调利用和改变物理世界，以经济增长和物质财富的创造为目标。作为第四次工业革命的核心引擎，人工智能属于网络空间技术体系，通过利用网络空间的数据和计算来优化和控制物理空间和社会空间中人与人、人与物和物与物的关系，不仅能够有效利用和优化物理世界，而且能够优化和控制社会空间，实现经济、社会和生态环境之间的协调发展。

从经济学视角看，网络空间产业创新生态的出现打破了传统产业集群发展的物理空间限制。网络空间产业创新生态的主导者是平台组织。平台通过基础软硬件的开源开放，形成协同创新生态，能够为距离遥远的中小企业提供技术赋能和帮助，推动人工智能和经济社会的全面融合发展。

同时，新型创新区是线上网络空间产业创新生态与线下地理空间产业创新生态汇聚和交叉融合的场所。通过对网络空间产业创新生态的培育，新型创新区具有比传统工业园区和高科技园区更加广阔的辐射范围。通过包括平台、大学和科研机构在内的创新主体在特定地理空间的集聚，构建具有无限边界的网络空间产业创新生态，是新型创新区发展的战略支撑。

(5) 应用需求牵引和政府政策响应。中国的人工智能科技创新和产业发展是应用需求牵引的。2012年以来，随着中国工业化的加速到来，经济和社会的转型创造出智能化应用场景和需求，成为中国人工智能科技创新和产业发展的拉动力。同时，为了响应国家战略和本地产业智能化需求，地方政府成为人工智能科技创新和产业发展的推动者。

(三) 线上和线下产业创新生态的交融

具有全球竞争力的人工智能产业集群具有特殊的空间结构。人工智能是基于网络空间发展的创新集群。网络空间产业创新生态使人工智能产业化创新集群突破了技术扩散的地理空间限制，能够为在地理空间上分散集聚的产业智能化创新集群进行赋能。

受创新资源短缺约束，人工智能产业化创新集群往往出现在科技创新资源丰富集的科技创新中心城市。随着人工智能产业化创新集群网络空间产业创新生

态的发展，通用人工智能技术通过网络空间产业创新生态向更加遥远的地区扩散，并与当地优势产业相互结合，发展为产业智能化创新集群。

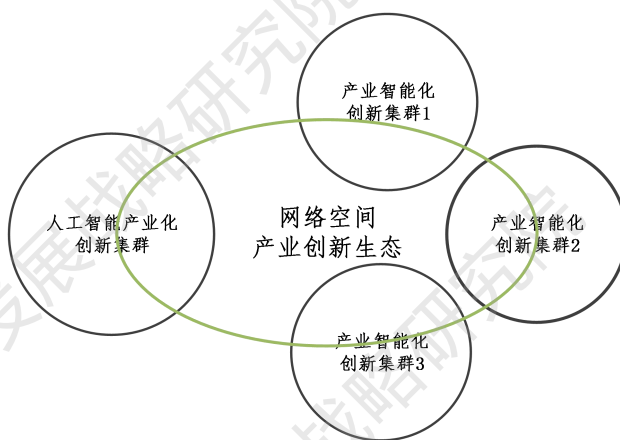


图 2 网络空间产业创新生态和两类创新集群的集聚和扩散逻辑结构图

从产业的维度看，分散在不同地区的产业同样通过网络空间产业创新生态获得远离本地的人工智能产业化创新集群的通用技术赋能和服务，形成产业智能化创新集群。同时，人工智能产业化创新集群和产业智能化创新集群是良性互动的。分散集聚的产业智能化创新集群不只是人工智能产业化通用技术的被动赋能方，而且是互补性创新和通用技术专用化的积极参与者。**两类创新集群的良性互动，是建设具有全球竞争力的人工智能产业集群的核心机制。**

首先，人工智能产业化产业集群的物理空间相对狭小，但是却具有无限边界的网络空间。在网络空间产业创新生态的搭建过程中，平台及其主导的产业创新生态发挥着主导作用。人工智能产业化创新集群所依托的物理空间是新型创新区。在一个城市中，往往存在着若干个新型创新区，共同构成人工智能产业化创新集群发展的物理空间组织形态。

其次，从城市的视角看，人工智能产业化创新集群往往集聚在创新资源富集的科技创新中心城市。产业智能化创新集群则往往分布在传统产业聚集的城市。在产业智能化创新集群发展中，产业资源和创新资源同样重要。在接受科技创新中心城市人工智能产业化创新集群赋能的同时，传统产业聚集城市通过激活本地的创新资源和产业资源，加速人工智能和优势产业的相互融合，发展为产业智能化产业集群。因而，围绕两个创新集群的良性互动，推动城市和区域之间通过知识、技术重组和互补性创新，实现人工智能通用目的技术的专用化，进而实现产业集群的发展和国际竞争力的提升。

第三，人工智能产业化创新集群同样能够通过网络空间产业创新生态进行知识、技术交流和重组，推动通用人工智能科技创新和产业发展。

最后，建设具有全球竞争力的人工智能产业集群依赖开放的全球创新网络。

从国家之间的关系看，我国的人工智能产业集群同样是全球创新网络的重要节点。一方面，通过开放式创新，我国人工智能产业集群需要吸收国际人工智能领域的科技创新资源；另一方面，中国的人工智能产业集群在科技创新领域的成果同样能够在全世界范围内分享。尤其是在开源和开放条件下，人工智能技术和人才在线下线上的国际交流，是建设具有全球竞争力的人工智能产业集群的基本条件。

四、战略目标：构筑自主可控技术体系和软硬件协同创新生态

产业集群国际竞争力的基础是创新能力。从应用需求出发，充分利用高度开放的全球创新网络，通过场景创新进行技术集成和自主创新，进而构筑自主可控技术体系和软硬件协同创新生态，是持续提高人工智能产业集群国际竞争力的基础。

在初始阶段，中国人工智能科技创新和产业发展源于两种力量的需求拉动。一是互联网产业的升级；二是经济转型升级中的智能化需求。在早期互联网发展中，中国是追随者。随着 Web 2.0 技术的创新应用，中国的互联网产业获得快速发展，涌现出包括阿里巴巴、腾讯和百度在内的互联网超级平台。2010 年之后，随着包括劳动力在内的要素成本上涨和环境保护压力增强，中国经济开始转型升级。其中，数字化和智能化是转型升级的方向。2012 年之后，为了解决日益严峻的“用工荒”问题，东莞市开始制定和实施“机器换人”战略。互联网产业发展和经济智能化转型升级的应用需求推动我国人工智能科技创新和产业发展。

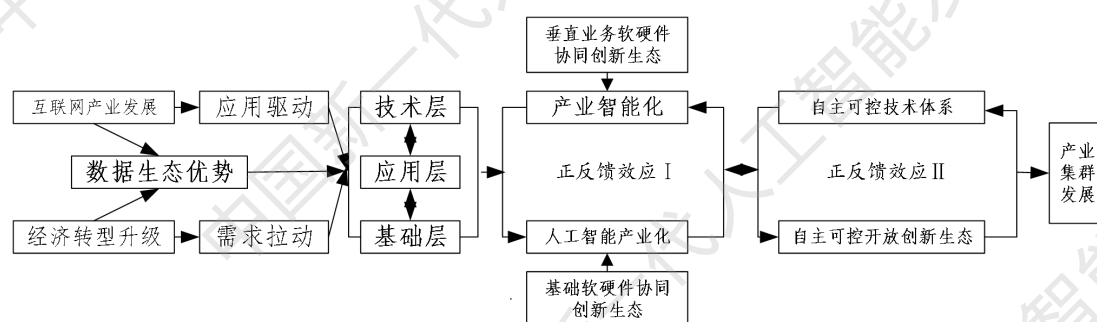


图 3 建设具有全球竞争力的人工智能产业集群的中国逻辑

中国的人工智能科技产业发展主要是应用需求牵引的。应用需求牵引和规模化应用带动了关键核心技术的创新发展。高度开放的全球创新网络，为我国应用需求牵引的人工智能科技创新和产业发展创造了条件。尤其是以阿里巴巴、腾讯、百度和华为为代表的平台企业，通过技术创新和集成，逐步成长为具有产业智能化赋能能力的新型平台和基础层企业。以中科寒武纪、科大讯飞、商

汤科技和云从科技为代表的科技型企业则通过人工智能核心技术创新，成长为人工智能技术层企业。

围绕着人工智能产业化和产业智能化及其良性互动，中国的人工智能产业集群开始涌现。从技术体系演化的视角看，人工智能产业集群围绕着技术体系的复杂化、体系化和专用化，构建两个层次的产业创新生态：一是基础软硬件产业协同创新生态；二是垂直业务领域软硬件产业协同创新生态。通过两个创新生态的交融和相互促进形成良性循环，构建自主可控技术体系是中国建设具有全球竞争力的人工智能产业集群的底层逻辑。

2019年以来，随着美国技术封锁的持续加码，通过两个产业创新生态的良性互动，构建自主可控技术体系实现技术升级和产业发展，成为我国人工智能科技创新和产业发展的战略核心。

作为国家战略，如何通过完善国家创新系统，通过推动产业创新生态的发展，实现自主可控技术体系的构建，是中国人工智能科技创新和产业发展的重中之重。国家创新系统的完善包括两个方面的内容：一是加强基础研究、根技术研发和人才培养，尤其是发挥研究型大学和科研院所的作用，通过政产学研协同创新实现基础研究和关键核心技术的突破；二是创建新型创新组织，通过搭建政产学研协同创新平台，在公共和关键技术领域开展创新活动，孵化未来产业。而完善国家创新系统的目的则是促进两个产业创新生态的协同和发展。

五、我国人工智能产业集群的发展

（一）产业竞争力和创新能力

在对数据库进行更新的基础上，本报告通过构建包括企业能力、学术生态、资本环境、国际开放度、链接能力和政府响应能力6个维度在内的指标体系进行综合竞争力评价。评价的结果显示，综合竞争力排名前五的省市为北京市、广东省、上海市、浙江省和江苏省。同时，山东省、四川省、辽宁省、安徽省和湖南省位列第六至第十名。从城市人工智能产业区域竞争力排名看，排名前十的城市分别是深圳市、杭州市、广州市、南京市、苏州市、成都市、武汉市、珠海市、西安市和合肥市。

从省份和城市区域竞争力评价排名看，中国人工智能产业集群主要分布京津冀、长江三角洲、珠江三角洲和川渝地区的重点城市。西部地区的西安市，中部地区的武汉市和长沙市，东北地区的沈阳市、大连市和哈尔滨市，通过外部资源引入和内部资源激活，开始出现人工智能产业集群的雏形。

表 1 中国人工智能产业集群发展竞争力评价指数排名前 20 的省份和城市

省市	综合排名	城市	综合排名
北京市	1	深圳市	1
广东省	2	杭州市	2
上海市	3	广州市	3
浙江省	4	南京市	4
江苏省	5	苏州市	5
山东省	6	成都市	6
四川省	7	武汉市	7
辽宁省	8	珠海市	8
安徽省	9	西安市	9
湖南省	10	合肥市	10
福建省	11	长沙市	11
湖北省	12	济南市	12
陕西省	13	无锡市	13
天津市	14	沈阳市	14
重庆市	15	哈尔滨市	15
吉林省	16	长春市	16
黑龙江省	17	东莞市	17
河南省	18	佛山市	18
河北省	19	青岛市	19
江西省	20	郑州市	20

本报告用发表的论文数和申请的专利数作为评价区域人工智能产业集群创新能力的关键指标。图 4 和图 5 中的横轴代表论文发表数量，纵轴则代表专利申请数量。从两个维度的指标看，北京市在论文发表数量上排名第一，广东省在专利申请数量上排名第一。江苏省在论文发表和专利申请数量上都超过了上海市。

从城市创新能力看，在论文发表数量和专利申请数量上，北京市都遥遥领先，上海市则在论文发表数量上排名第二。深圳市在专利申请数量上排名第二，在论文发表数量上则相对不足。与武汉市和西安市相比，杭州市和成都市的专利申请量排名更高。

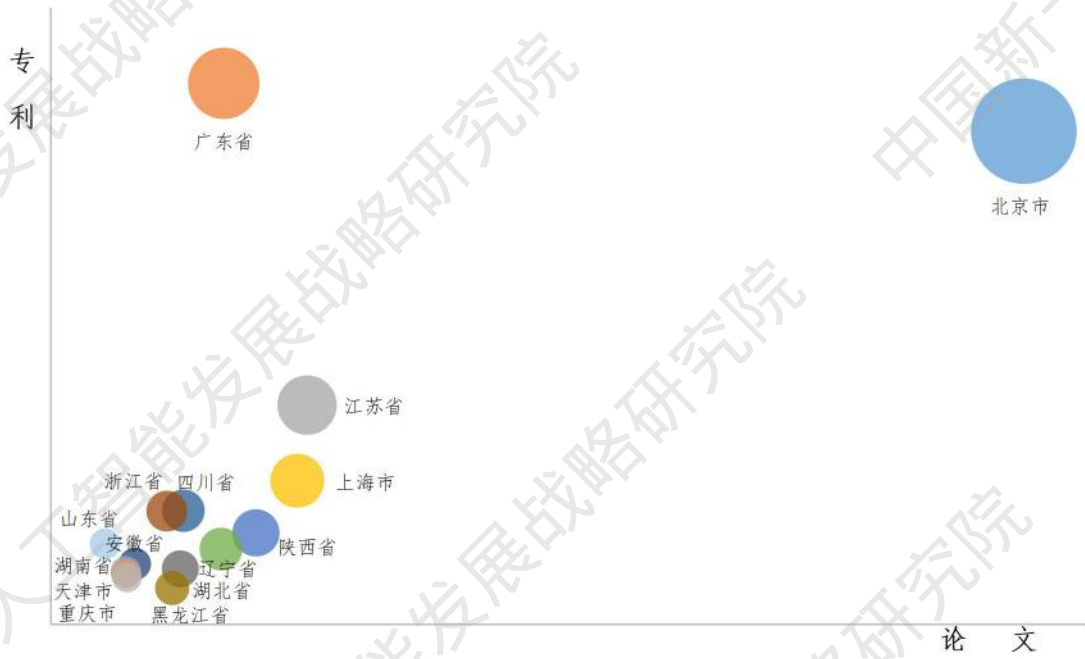


图 4 排名前 20 的省份的技术创新能力

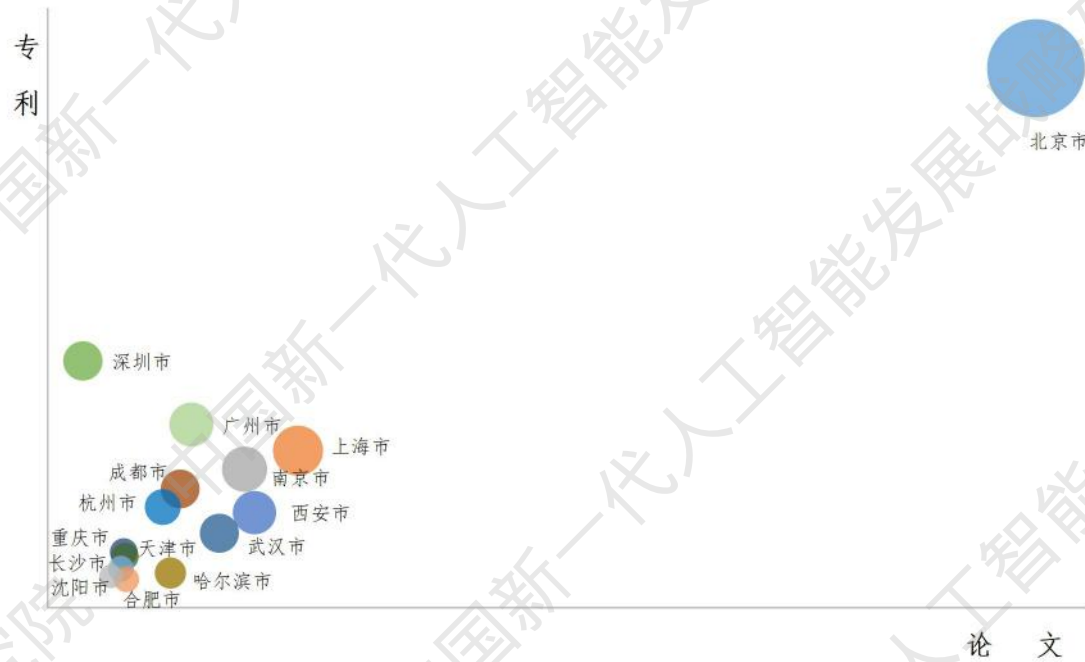


图 5 排名前 20 的城市的科技创新能力

（二）企业集群

企业集群及其创新生态结构的演化，是评价具有全球竞争力的人工智能产业集群发展的重要指标。报告通过我国 2200 家人工智能骨干企业的属性和关系数据，分析人工智能产业集群发展过程中企业集群的分布和创新生态结构的演化趋势。

（1）地域分布

2200 家人工智能骨干企业主要分布在京津冀、长江三角洲、珠江三角洲和川渝地区。排名第一的是长江三角洲地区，占比 30.95%；排名第二的是京津冀地区，占比 29.36%；排名第三的是珠江三角洲地区，占比 26.45%；排名第四的是川渝地区，占比 3.55%。

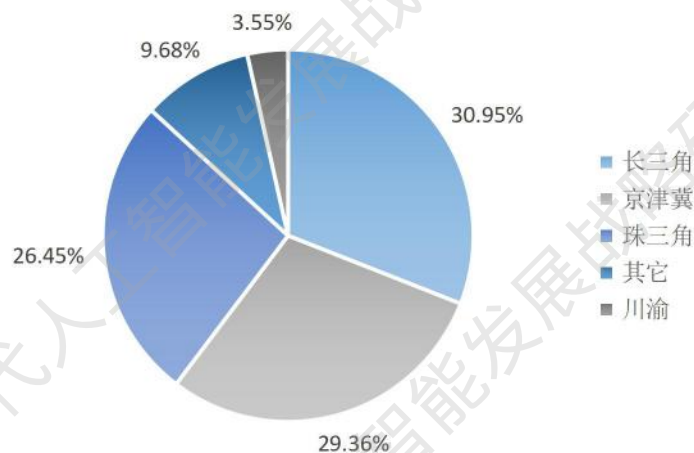


图 6 2200 家人工智能骨干企业的地域分布

在 2200 家人工智能骨干企业的省份分布中，排名第一的是北京市，占比 28.09%；排名第二的是广东省，占比 26.45%；排名第三的是上海市，占比 14.23%。排名第四和第五的分别是浙江省和江苏省，占比 8.95%和 6.86%。排名前五的省份拥有的人工智能企业数占全国的比重达到 84.58%。

在 2200 家人工智能骨干企业的城市分布中，排名第一的是北京市，占比 28.09%；排名第二的是上海市，占比 14.23%；排名第三的是深圳市，占比 13.36%；排名第四和第五的分别是广州市和杭州市，占比为 8.55%和 7.68%。排名前五的城市拥有的人工智能企业数量占全国的比重达到 71.91%。

从 2200 家人工智能骨干企业的省份和城市分布看，我国人工智能产业集群是高度集聚的。其中，京津冀、长江三角洲、珠江三角洲和川渝地区是人工智能企业集聚的主要区域。经济社会的智能化需求牵引、科技创新资源的富集和政府的积极响应，是人工智能企业区域聚集的关键因素。

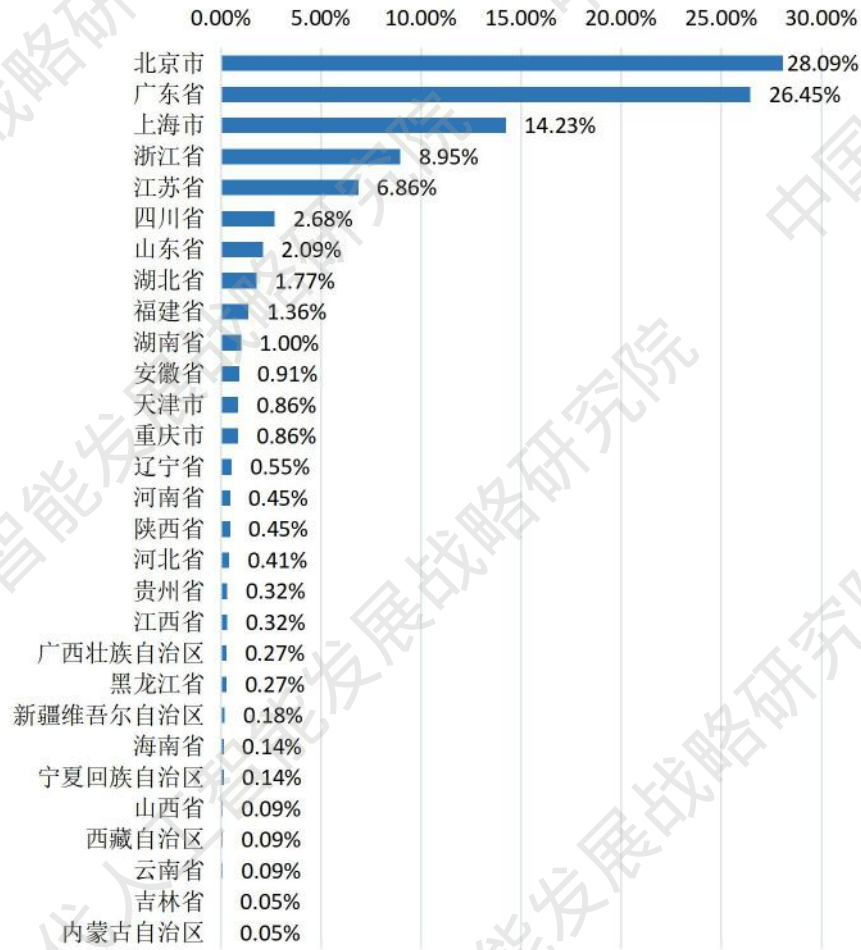


图 7 2200 家人工智能企业在省市自治区的分布

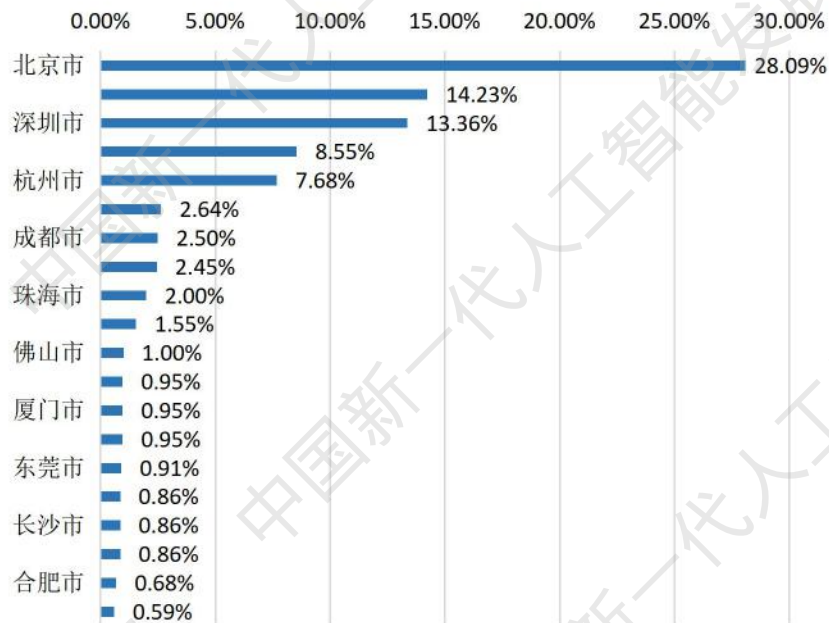


图 8 2200 家人工智能企业的城市占比分布

(2) 企业集群的网络结构

把 2200 家人工智能骨干企业的技术合作、人力资本和投融资数据输入 Gephi 0.9.2 社会网络分析软件，得到人工智能企业集群价值网络图，如图 9 所示。从图 9 和表 2 的价值网络结构统计指标看，人工智能企业集群的价值网络是“极核状”的，即少数核心节点是产业发展的主导者。

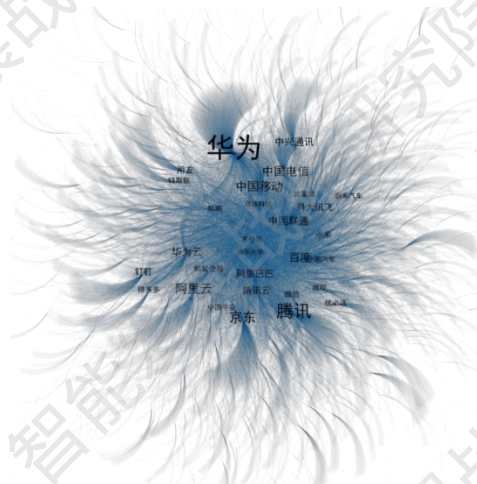


图 9 人工智能企业集群价值网络图

表 2 列出了 2014-2022 年我国人工智能企业集群价值网络的结构性指标的变动情况。其中，平均聚类系数和平均路径长度指标的变化表明，价值网络的结构是“极核”状的。

表 2 2014-2022 年价值网络结构性统计指标的动态变化

年份	样本 节点总数	关系 节点 总数	节点总数	总边数	平均度	网络直径	平均路径长度	平均聚类系数
2014	493	1480	1973	2602	1.319	15	5.465	0.001
2015	688	2169	2857	4007	1.403	15	5.370	0.003
2016	880	2669	3549	5370	1.513	15	5.413	0.006
2017	1238	4422	5660	9658	1.706	14	4.981	0.007
2018	1712	7569	9281	17889	1.927	13	4.753	0.011
2019	2088	11315	13403	28271	2.109	13	4.535	0.008
2020	2205	18697	20902	49781	2.382	13	4.171	0.033
2021	2200	22608	24808	63809	2.572	12	4.080	0.036
2022	2200	28565	30765	83815	2.724	12	3.982	0.040

价值网络节点的度数中心度分布图（图 10）表明，少数核心节点拥有较高的度数中心度。围绕着核心节点，周边分布着紧密联系的节点，共同构成了企业簇群结构。

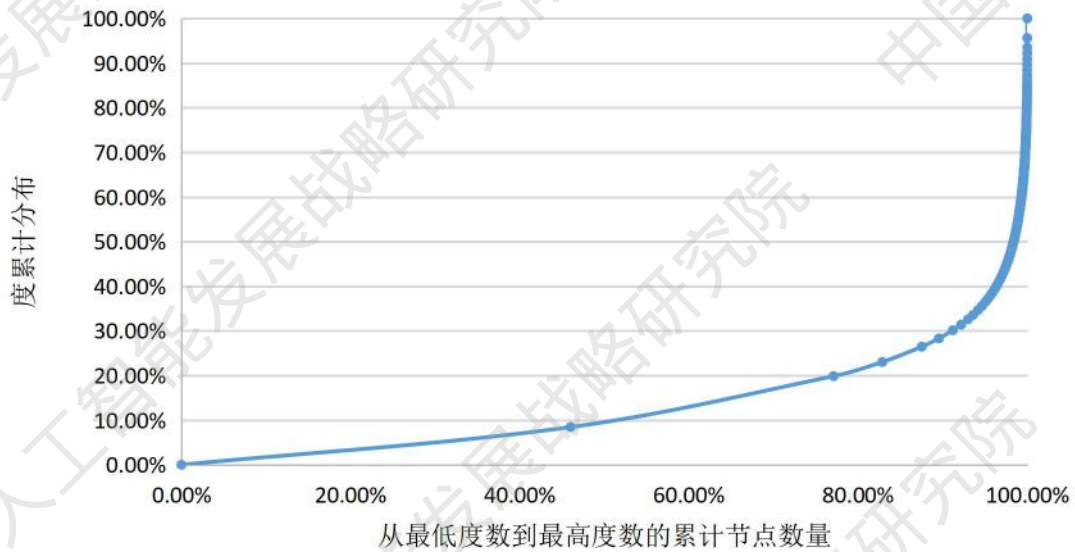


图 10 价值网络度数中心度幂律分布特征图

表 3 列出了人工智能企业簇群价值网络度数中心度排名前二十的样本节点。包括华为、腾讯、阿里巴巴、京东、百度、科大讯飞和小米在内的人工智能开放创新平台是度数中心度排名前列的企业。同时，包括中国移动和中国联通在内的基础设施服务商同样是度数中心度排名前列的关键节点。

表 3 度数中心度排名前二十的样本企业

样本企业	连入度	连出度	度数中心度	样本企业	连入度	连出度	度数中心度
华为	2502	4882	7384	腾讯云	293	910	1203
腾讯	1011	2469	3480	阿里巴巴	344	709	1053
京东	657	1577	2234	科大讯飞	292	728	1020
中国移动	848	1352	2200	钉钉	322	634	956
阿里云	666	1390	2056	新华三	273	581	854
中国电信	703	1340	2043	用友	165	570	735
百度	651	1256	1907	小米	321	315	636
中国联通	612	1058	1670	特斯联	189	425	614
中兴通讯	514	958	1472	云从科技	148	443	591
华为云	260	968	1228	拼多多	87	380	467

表 4 列出了度数中心度排名前二十的关系节点。排名前二十的关系节点主要包括四类：一是以清华大学和北京大学为代表的研究型大学；二是以英特尔、高通和微软为代表的国外基础软硬件供应商；三是以上汽集团和长安汽车为代表的产业智能化企业；四是以上海市和重庆市政府为代表的地方政府。

表 4 关系节点度数 TOP20

关系节点	连入度	连出度	度数中心度	关系节点	连入度	连出度	度数中心度
清华大学	286	257	543	中国科学院	64	61	125
英特尔	219	265	484	长安汽车	90	32	122
高通	119	192	311	IBM	46	57	103
微软	148	138	286	复旦大学	57	46	103
中国信通院	135	117	252	Arm 中国	47	51	98
北京大学	110	88	198	亚马逊	46	49	95
浙江大学	108	89	197	OPPO	68	27	95
上海交通大学	102	88	190	北京航空航天大学	50	43	93
英伟达	75	101	176	重庆市政府	89	2	91
上汽集团	93	47	140	上海市政府	91	0	91

(3) 平台及其主导的产业创新生态

基于我国 2200 家人工智能企业价值网络的结构分析，本报告认为平台及其主导的产业创新生态是人工智能企业集群发展的主导者。为了进一步考察平台及其主导的产业创新生态在建设具有全球竞争力的人工智能产业集群中的作用，本报告在 2200 家人工智能企业中筛选出 200 家平台企业作为样本，进一步通过属性数据和关系数据分析，研究平台及其主导的产业创新生态的结构特征。

200 家平台企业主要分布在京津冀、长江三角洲和珠江三角洲三大都市圈，占比分别为 33.00%、29.00%和 25.00%。在产业智能化需求牵引和技术创新驱动下，包括京津冀、长江三角洲和珠江三角洲在内的东部地区是平台企业密集分布的地区。

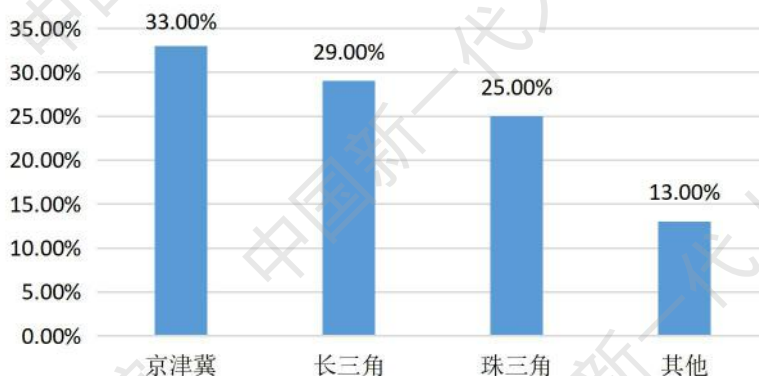


图 11 200 家平台企业的都市圈分布

在各省市自治区中，200家平台企业主要分布在北京市、广东省、上海市、浙江省和江苏省。其中，北京市排名第一，占比32.50%；排名第二的是广东省，占比25.50%，主要分布在深圳市、广州市和珠海市；上海市排名第三，占比14.50%；排名第四和第五的分别是浙江省和江苏省，占比9.00%和3.50%。



图 12 200家平台企业的省市自治区占比分布

在国内主要城市中，200家平台企业密集分布的城市是北京市、深圳市、上海市、杭州市和广州市。其中，北京市排名第一，占比32.50%；深圳市和上海市分别排名第二和第三，占比15.00%和14.50%；杭州市排名第四，占比8.00%；广州市排名第五，占比6.50%。

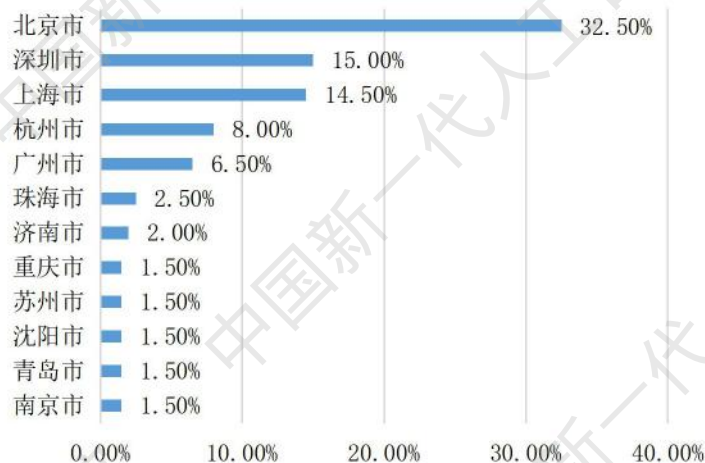


图 13 200家平台企业的主要城市分布

以华为、腾讯、京东和阿里云为代表的超级平台是价值网络的核心节点，位于价值网络的中心区，拥有很高的度数中心度，形成明显的产业创新生态。超级平台通过垂直子业务平台由价值网络中心区向外围扩展，成为技术、人力资本和资本扩散的基本驱动力。

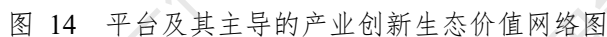


表 5 价值网络的结构统计指标

统计指标	样本节点总数	关系节点总数	节点总数	总边数	平均度	网络直径	图密度	模块化	平均聚类系数	平均路径长度
统计值	200	16932	17132	43624	2.546	8	0	0.611	0.078	3.455

2015-2021 年价值网络结构性指标的变化趋势(表 6)表明,2015 年以来,价值网络节点的技术合作系数大幅增长。同时,网络的平均度和平均聚类系数上升趋势明显,网络直径和平均路径长度则呈现下降趋势。这说明,平台及

其主导的产业创新生态的网络结构更加聚集，网络的连通度持续增强，集群结构特征更加明显。

表 6 2015-2021 年价值网络结构性统计指标的变化情况

年份	节点总数	总边数	平均度	网络直径	平均路径长度	平均聚类系数
2015	1555	2303	1.481	10	4.596	0.005
2017	3414	6102	1.787	10	4.206	0.018
2019	8384	17984	2.145	9	3.804	0.060
2021	17132	43624	2.546	8	3.455	0.078

从节点连出度(技术赋能关系数)的累计分布图看，连出度排名前 10% 的节点承担了整个创新网络约 72.60% 的技术赋能；连出度排名前 1% 的节点承担了整个创新网络约 54.20% 的技术赋能；连出度排名前 0.1% 的节点承担了整个创新网络 31.50% 的技术赋能。节点的连出度呈现“幂律分布”特征。因而，超级平台及其主导的产业创新生态深深地影响着人工智能产业集群的结构和发展方向。

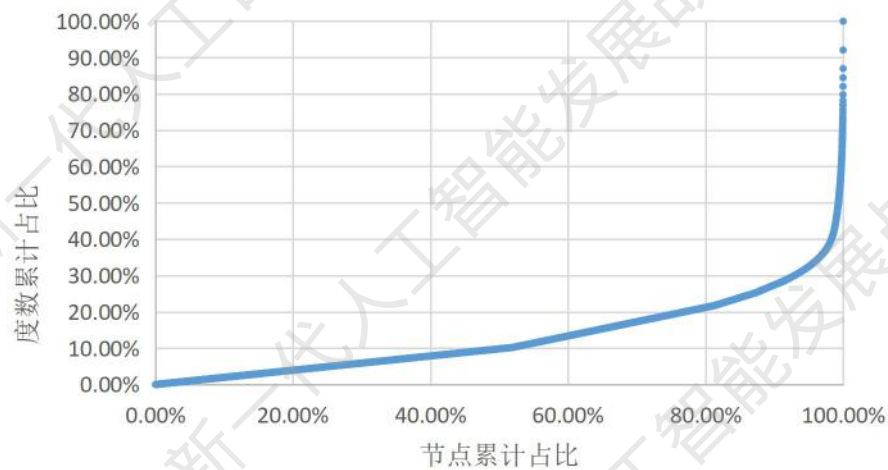


图 15 平台及其主导的产业创新生态价值网络连出度幂律分布特征图

六、“极化”和“扩散”

作为通用目的技术，人工智能的科技创新和产业发展遵循先“极化”后“扩散”的规律。报告基于 2200 家我国人工智能骨干企业的技术合作关系的区域、应用领域和产业分布，考察我国人工智能产业集群的“极化”和“扩散”情况。

（一）区域

（1）省份

基于 2200 家我国人工智能骨干企业的技术合作关系，报告构建了价值网络空间分布图(如图 16)。从技术合作关系的密度看，北京市、广东省和上海市构成了人工智能产业集群网络结构的三个“极点”。同时，北京市、广东省、上海市、江苏省、安徽省、四川省、湖北省、湖南省、重庆市、山东省和福建省之间存在密集的人工智能技术合作关系。

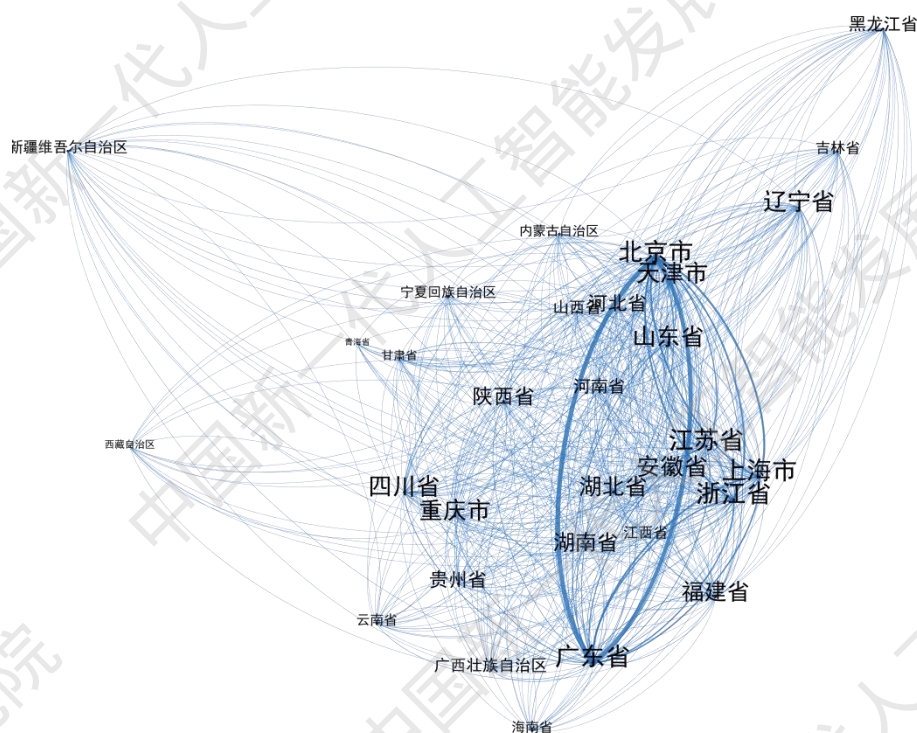


图 16 我国人工智能产业集群价值网络技术合作密度分布^[11]

^[11] 技术合作关系包括两个维度：技术输入和赋能。技术输入是指关系节点为样本节点提供技术支持。技术赋能则是指样本节点为关系节点提供技术支持。因而，图上的城市之间的技术合作关系包括两个线束，即技术输入和赋能。

从人工智能产业区域竞争力评价指数和技术合作关系的分布密度看，中国人工智能产业集群的空间结构是“极核”状网络。北京市、广东省、上海市、浙江省和江苏省构成了价值网络的核心节点。

从技术输入和赋能的占比情况看，北京市、广东省、浙江省和上海市是技术赋能占比高于技术输入占比的省份。同时也是 200 家平台企业分布密集度排名前列的省份。

表 7 技术合作关系占比排名前二十的省级行政区

技术赋能			技术输入		
排名	技术赋能省份	占比	排名	技术输入省份	占比
1	北京市	31.56%	1	北京市	26.88%
2	广东省	30.05%	2	广东省	22.93%
3	浙江省	10.60%	3	上海市	10.20%
4	上海市	9.74%	4	浙江省	8.48%
5	江苏省	3.93%	5	江苏省	4.90%
6	山东省	2.37%	6	山东省	3.59%
7	安徽省	1.76%	7	四川省	2.27%
8	福建省	1.38%	8	福建省	2.08%
9	湖北省	1.27%	9	湖北省	2.04%
10	四川省	1.23%	10	安徽省	1.89%
11	天津市	0.90%	11	重庆市	1.74%
12	重庆市	0.85%	12	湖南省	1.51%
13	湖南省	0.74%	13	天津市	1.36%
14	辽宁省	0.71%	14	河南省	1.33%
15	陕西省	0.45%	15	陕西省	1.10%
16	河南省	0.44%	16	辽宁省	1.02%
17	贵州省	0.42%	17	河北省	0.95%
18	河北省	0.31%	18	贵州省	0.82%
19	黑龙江省	0.19%	19	云南省	0.67%
20	江西省	0.17%	20	江西省	0.66%

从技术合作的流向看，到目前为止，我国人工智能科技产业的发展仍然以“极化”为主。排名第一和第二的是北京市和广东省内部技术合作，占比为10.87%和9.36%。广东省和北京市、北京市和广东省的技术合作排名第三和第四，占比6.91%和6.08%。在某种程度上，北京市和广东省共同构成了中国人工智能产业集群发展的南北“双极”。

表 8 技术合作流向排名前二十的省级行政区

技术流向 (技术赋能地-技术输入地)	占比	类型
北京市-北京市	10.87%	省内技术流动
广东省-广东省	9.36%	省内技术流动
广东省-北京市	6.91%	跨省技术流动
北京市-广东省	6.08%	跨省技术流动
北京市-上海市	2.86%	跨省技术流动
广东省-上海市	2.53%	跨省技术流动
浙江省-浙江省	2.48%	省内技术流动
上海市-北京市	2.33%	跨省技术流动
浙江省-北京市	2.15%	跨省技术流动
上海市-上海市	2.08%	省内技术流动
北京市-浙江省	2.07%	跨省技术流动
上海市-广东省	1.88%	跨省技术流动
浙江省-广东省	1.80%	跨省技术流动
广东省-浙江省	1.80%	跨省技术流动
北京市-江苏省	1.38%	跨省技术流动
广东省-江苏省	1.29%	跨省技术流动
浙江省-上海市	1.09%	跨省技术流动
北京市-山东省	1.04%	跨省技术流动
广东省-山东省	0.94%	跨省技术流动
江苏省-北京市	0.90%	跨省技术流动

(2) 城市

从城市之间的技术合作流动情况看，北京市、深圳市、广州市和上海市是技术合作关系密度最高的城市。尤其是北京市和深圳市、广州市的技术合作，成为人工智能技术“极化”和“扩散”的主要方向。

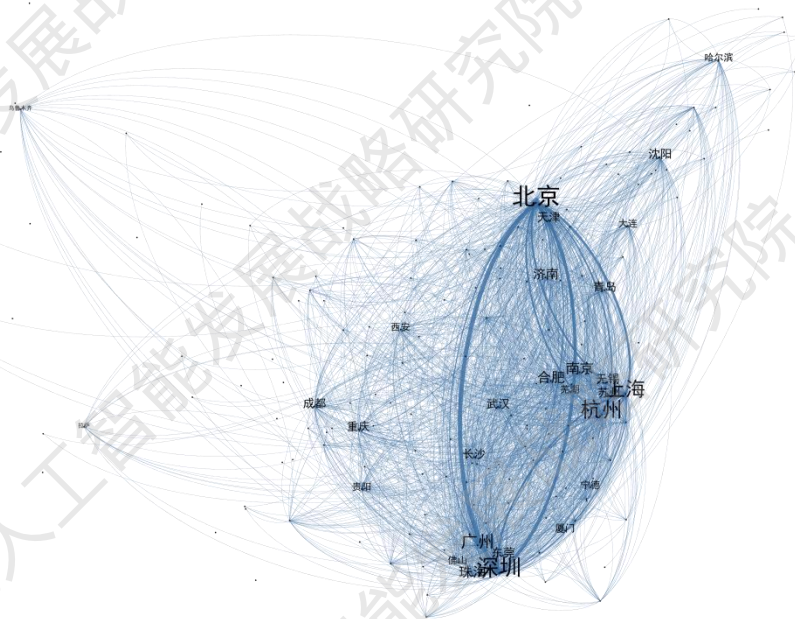


图 17 城市间技术流动情况

从城市之间的技术合作关系看，排名第一的是北京市内部技术合作，占比 10.87%；排名第二和第四的分别是深圳市和北京市、深圳市和深圳市、北京市和深圳市的技术合作。从城市的视角看，北京市和深圳市构成了人工智能技术合作关系流动的南北“两极”。

在技术赋能和输入关系中，北京市、深圳市、杭州市、上海市和广州市是技术赋能排名前五的城市，占比为 31.56%、23.27%、9.93%、9.74%和 4.67%。北京市、深圳市、上海市、杭州市和广州市是技术输入排名前五的城市，占比 26.88%、15.31%、10.20%、7.16%、5.35%。

表 9 技术合作关系流向排名前十的城市

技术流向 (技术赋能地-技术输入地)	占比	类型
北京市-北京市	10.87%	本地技术流动
深圳市-北京市	5.36%	跨地区技术流动
深圳市-深圳市	4.26%	本地技术流动
北京市-深圳市	4.04%	跨地区技术流动
北京市-上海市	2.82%	跨地区技术流动
上海市-北京市	2.28%	跨地区技术流动
上海市-上海市	2.08%	本地技术流动
深圳市-上海市	2.00%	跨地区技术流动
杭州市-北京市	1.96%	跨地区技术流动
杭州市-杭州市	1.94%	本地技术流动

表 10 技术赋能和输入关系排名前二十的城市

技术赋能			技术输入		
排名	技术赋能省份	占比	排名	技术输入省份	占比
1	北京市	31.56%	1	北京市	26.88%
2	深圳市	23.27%	2	深圳市	15.31%
3	杭州市	9.93%	3	上海市	10.20%
4	上海市	9.74%	4	杭州市	7.16%
5	广州市	4.67%	5	广州市	5.35%
6	南京市	1.73%	6	南京市	2.10%
7	合肥市	1.55%	7	武汉市	1.76%
8	苏州市	1.20%	8	重庆市	1.74%
9	武汉市	1.10%	9	成都市	1.74%
10	成都市	1.10%	10	青岛市	1.38%

（二）技术体系

人工智能是包括大数据和云计算、物联网、5G、智能机器人和计算机视觉等 17 种技术在内的复杂技术体系。从技术合作关系数的占比看，排名第一的是大数据和云计算，占比 46.47%；排名第二的是物联网，占比 10.70%；排名第三的是 5G，占比 8.10%；排名第四和第五的分别是智能机器人和计算机视觉，占比 6.39%和 4.08%。

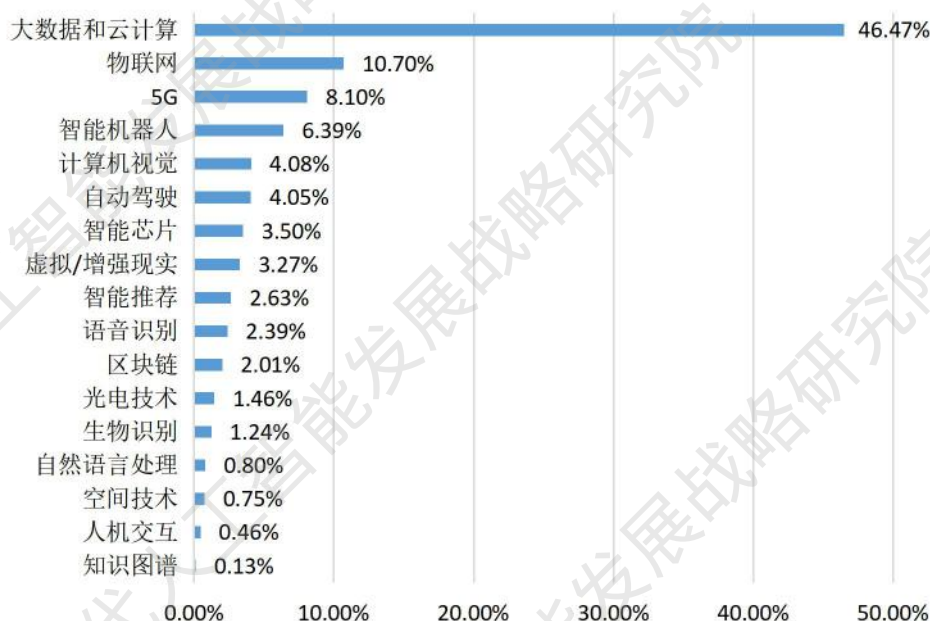


图 18 技术类别的技术合作密度分布

从 2014-2022 年技术合作关系的技术类别看，云计算、物联网和 5G 始终是技术合作密度排名前列的技术类别。近年来，智能机器人、自动驾驶和智能芯片是技术合作增长较快的技术类别。

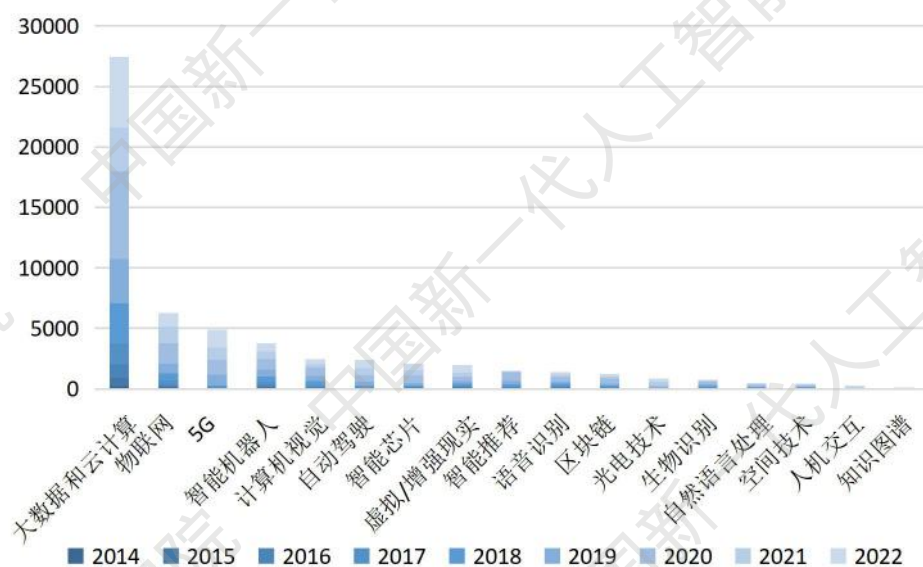


图 19 2014-2022 年技术类别技术合作密度变化情况

（三）应用领域

从技术合作关系密度的应用领域分布看，排名第一的是智慧城市，占比 12.16%；排名第二的是企业智能管理，占比 12.10%；排名第三的是智能制造，占比 8.89%；排名第四和第五的分别是智能营销与新零售和智能网联汽车，占比 8.41%和 8.07%。

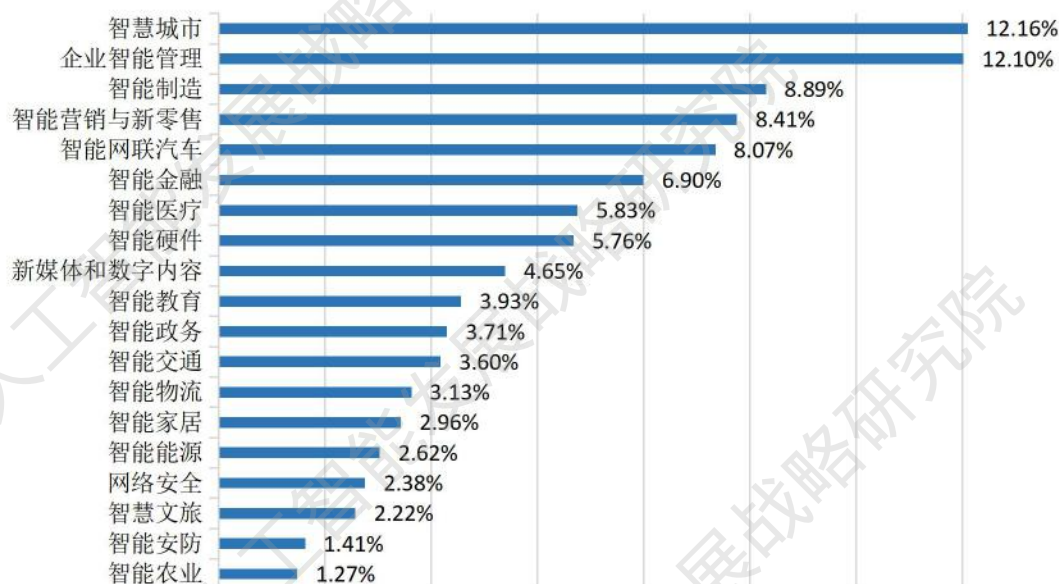


图 20 人工智能技术合作关系的应用领域分布

从 2014-2022 年技术合作密度的应用领域分布变化情况看，智慧城市、企业智能管理和智能制造始终是排名前列的应用领域。近年来，智能制造和智能网联汽车是增长较快的应用领域。

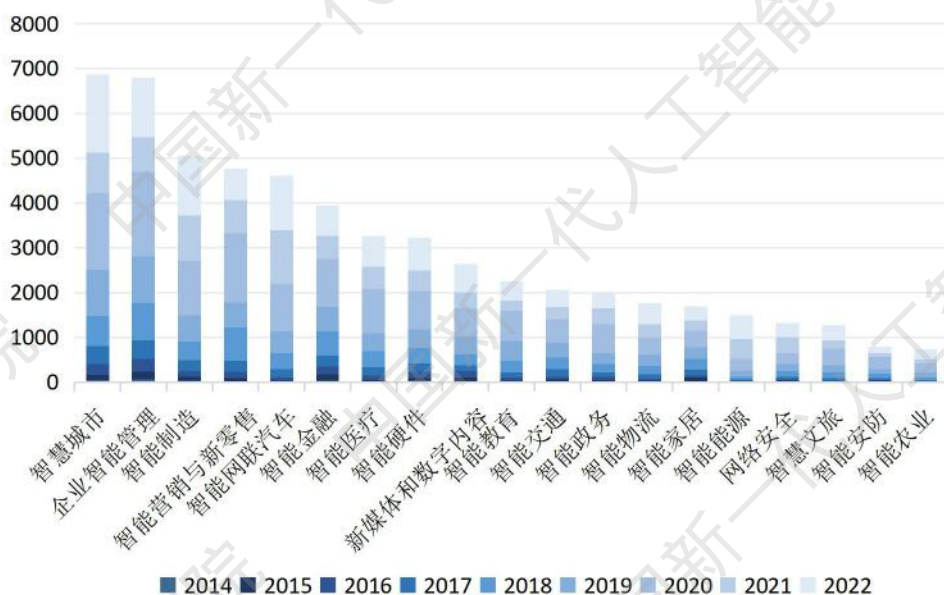


图 21 2014-2022 年人工智能技术合作关系的应用领域分布

（四）产业分布

从 2200 家人工智能骨干企业的技术合作关系在三次产业的分布看，排名第一的是第三产业，占比 75.79%；排名第二的是第二产业，占比 23.82%；排名第三的是第一产业，占比仅为 0.39%。

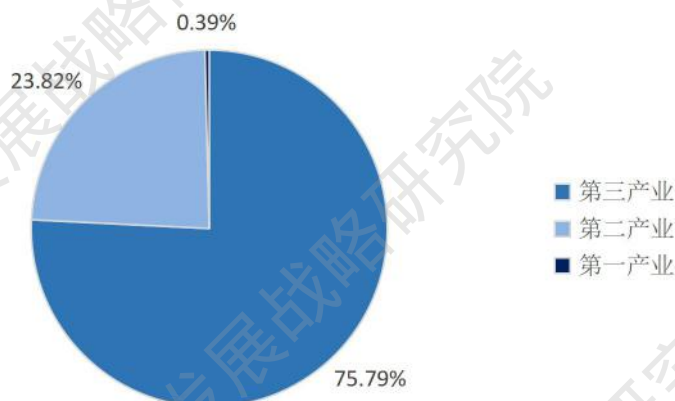


图 22 人工智能技术合作关系在三次产业的分布

在第三产业中，排名第一的是信息传输、软件和信息技术服务业，占比 28.46%；排名第二的是科学研究和技术服务业，占比 22.17%；排名第三的是租赁和商务服务业，占比 10.75%；排名第四的是金融业，占比 10.68%。

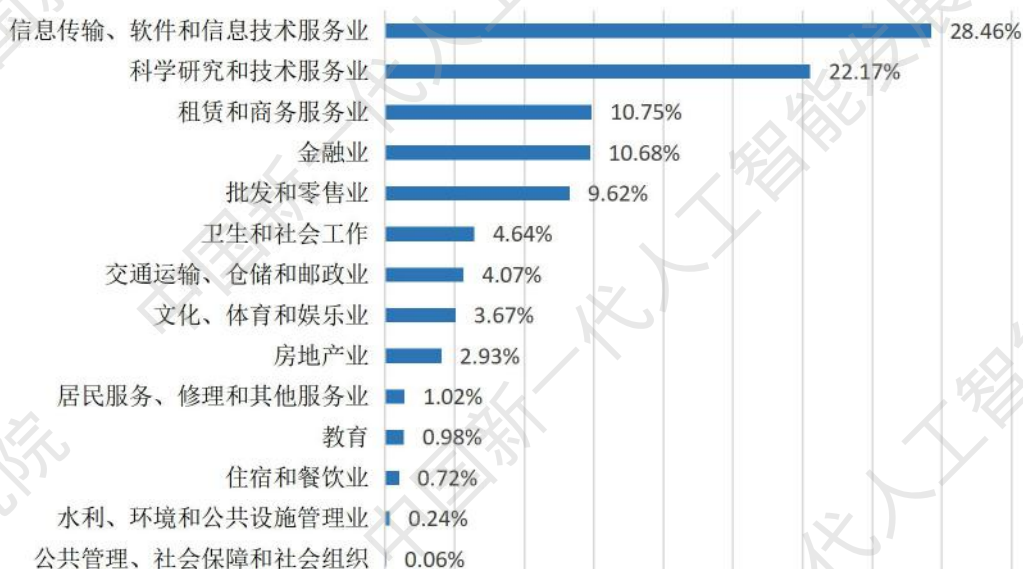


图 23 人工智能技术合作关系第三产业分布

在第二产业中，制造业排名第一，占比 87.36%；排名第二的是电力、热力、燃气及水生产和供应业，占比 5.83%；建筑业排名第三，占比 5.19%。

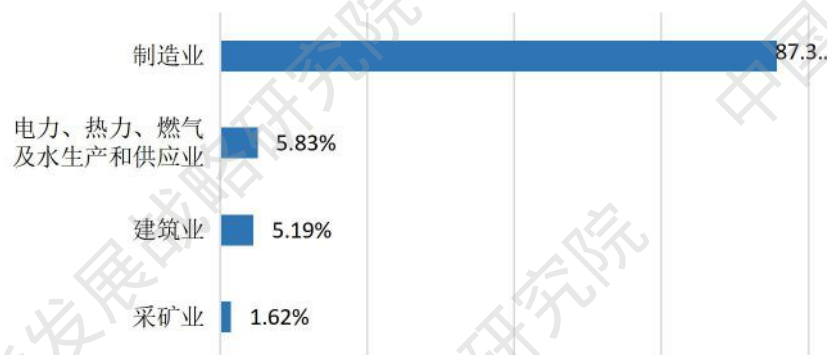


图 24 人工智能技术合作关系第二产业分布

在制造业中，排名第一的是计算机、通信和其他电子设备制造业，占比 28.16%；排名第二的是汽车制造业，占比 25.41%；排名第三的是电气机械和器材制造业，占比 9.30%；排名第四和第五的分别是专用设备制造业和通用设备制造业，占比 6.62%和 4.03%。

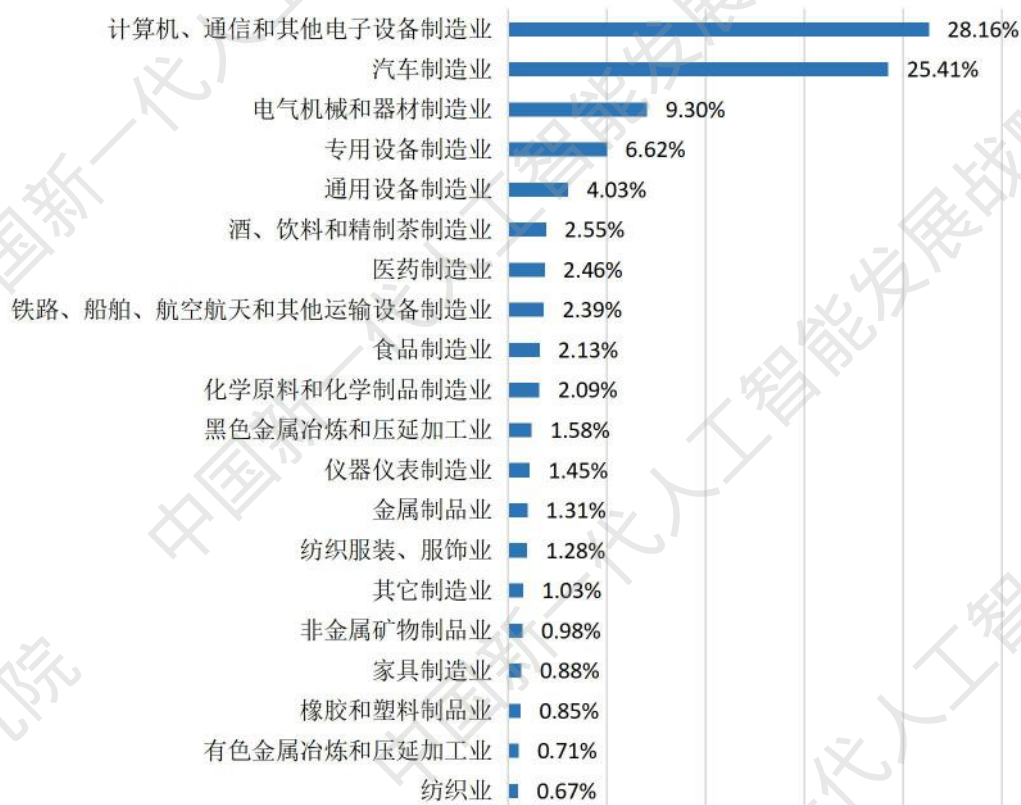


图 25 人工智能技术合作关系在制造业排名前二十的行业

七、创新资源

（一）AI 大学

本报告所指的创新资源主要包括大学、科研院所和新型创新组织^[12]。截至 2022 年 12 月，全国共有 440 所高校设置人工智能本科专业、248 所高校设置智能科学与技术本科专业、387 所进行高等职业教育的普通高等学校（专科）设置“人工智能技术服务”专业。

本报告采集到 438 所设置人工智能、智能科学技术和人工智能技术服务专业的大学。其中，长三角地区排名第一，占比 18.72%；京津冀地区排名第二，占比 13.47%；川渝地区排名第三，占比 7.76%；珠三角地区排名第四，占比 4.79%，其他地区占比为 55.25%。

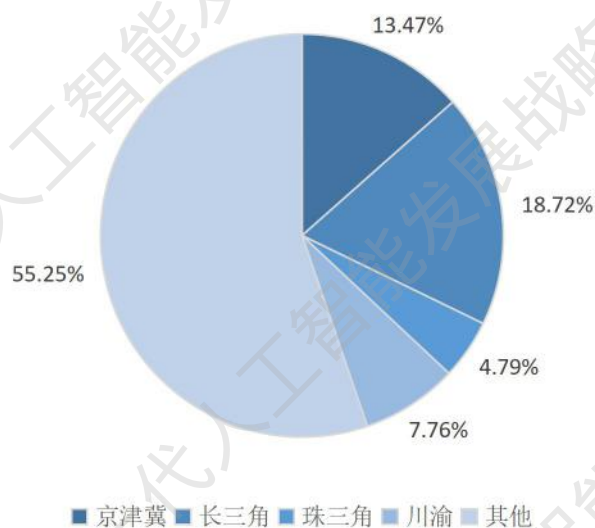


图 26 438 所 AI 大学的都市圈分布

438 所高校广泛分布在全国各省份。其中，排名第一的是山东省，占比 7.53%；排名第二的是江苏省，占比 7.31%；排名第三的是北京市，占比 6.62%。

^[12] 新型创新组织主要是新型研发机构，本报告还包括各地建设的人工智能实验室，例如，之江实验室和鹏城实验室。

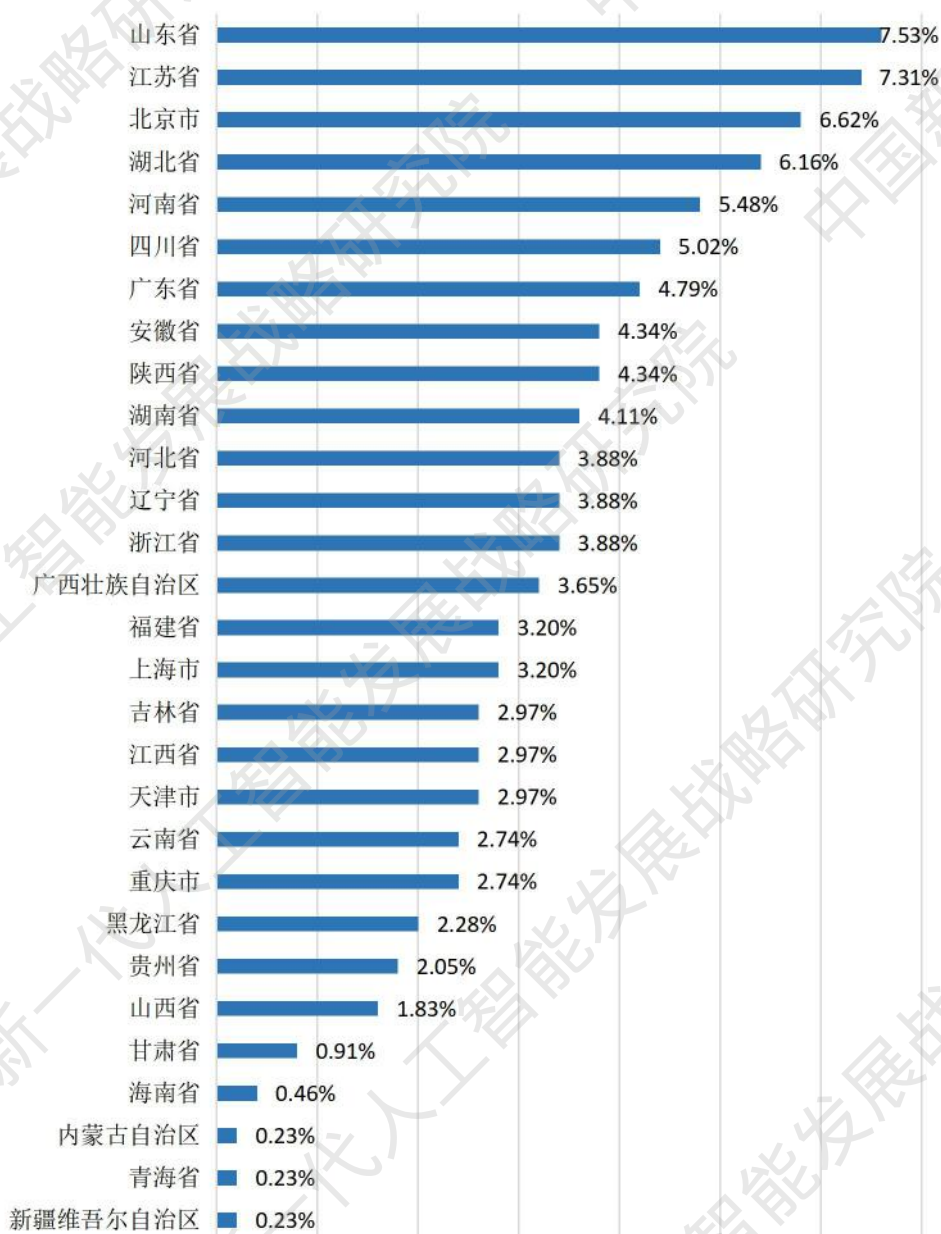


图 27 438 所 AI 大学的省份分布

在城市中，排名第一的是北京市，占比 6.62%；排名第二的是武汉市，占比 4.34%；排名第三的是广州市，占比 3.65%；排名第四和第五的分别是西安市和成都市，占比分别为 3.42%和 3.20%。

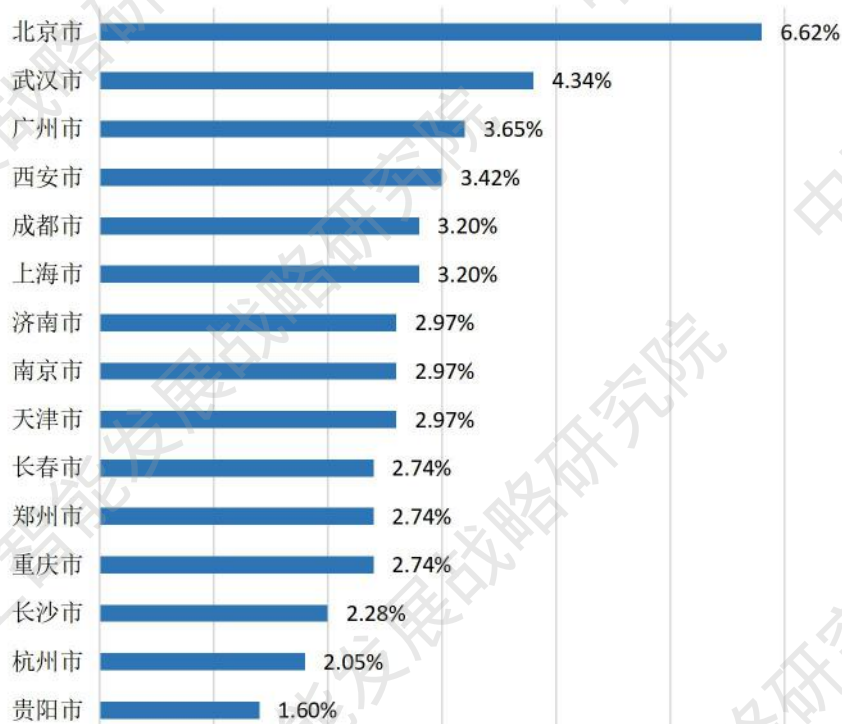


图 28 438 所 AI 大学的主要分布城市

AI 大学的主要功能是进行基础研究和人才培养。到目前为止，人工智能人才短缺仍然是制约我国产业发展的关键因素。人力资源和社会保障部发布的数据显示，中国人工智能人才缺口超过 500 万。工信部人才交流中心发布的《人工智能产业人才发展报告（2019-2020 年）》显示，我国在高端技术、应用开发和算法研究三个岗位均出现严重的人才缺口。其中，算法研究岗人才数量只占岗位需求的 13%。

（二）科研院所

本报告采集到 307 所人工智能科研机构的数据。从区域分布看，排名第一的是长三角地区，占比 37.79%；排名第二的是京津冀地区，占比 29.97%；排名第三的是珠三角地区，占比 17.26%；排名第四的是川渝地区，占比 0.98%。

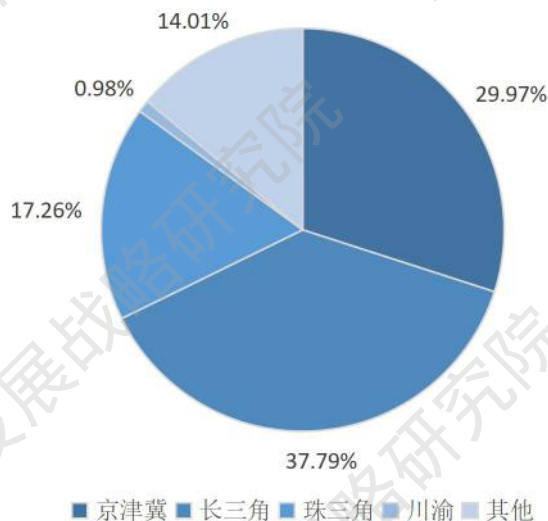


图 29 307 所 AI 科研机构的都市圈分布

307 所 AI 科研机构在各省份的分布中,排名第一的是北京市,占比 25.73%;排名第二的是广东省,占比 17.26%;排名第三的是江苏省,占比 13.03%;排名第四和第五的分别是浙江省和上海市,占比 11.40%和 8.47%。

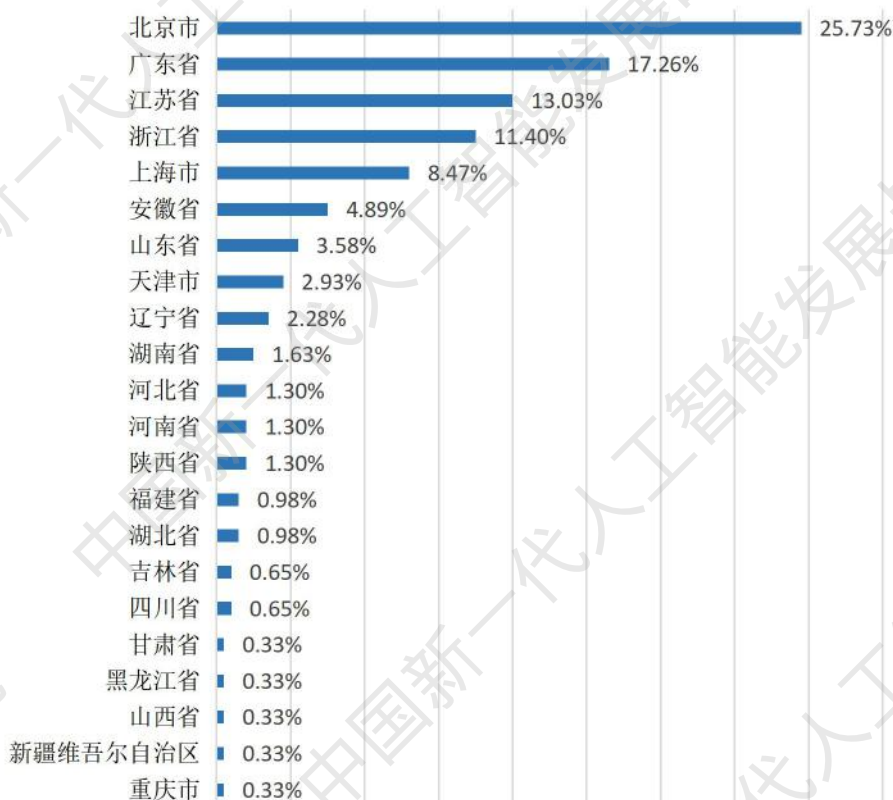


图 30 307 所 AI 科研机构省份分布

307 所 AI 科研院所在各主要城市的分布中，排名第一的是北京市，占比 25.73%，遥遥领先于其他城市；排名第二的是上海市，占比 8.47%；排名第三的是杭州市，占比 7.49%；排名第四和第五的分别是深圳市和广州市，占比 6.51%和 6.19%。

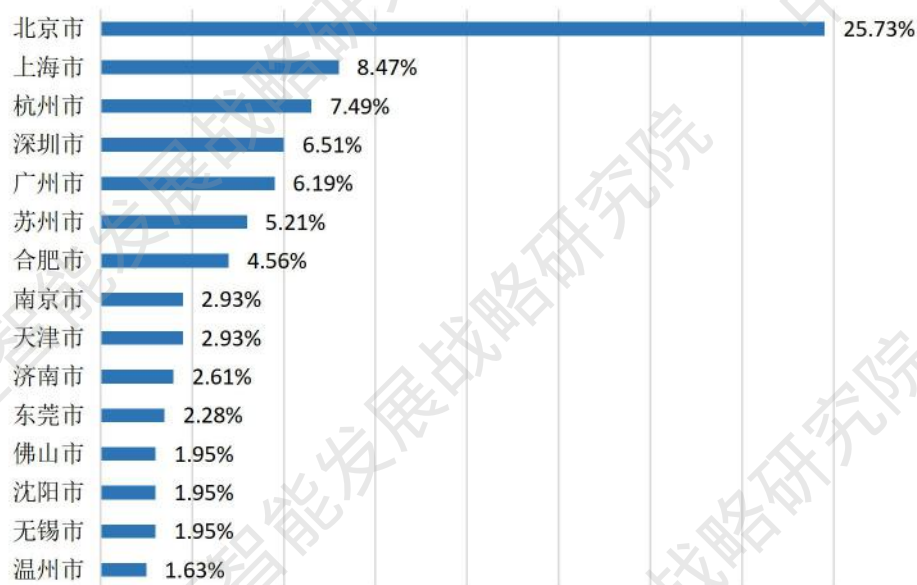


图 31 307 所 AI 科研机构的主要分布城市

（三）新型创新组织

报告共采集到 347 家新型创新组织的数据。排名第一的是长江三角洲地区，共 264 家；排名第二的是珠江三角洲地区，共 50 家；排名第三的是京津冀地区，共 23 家。

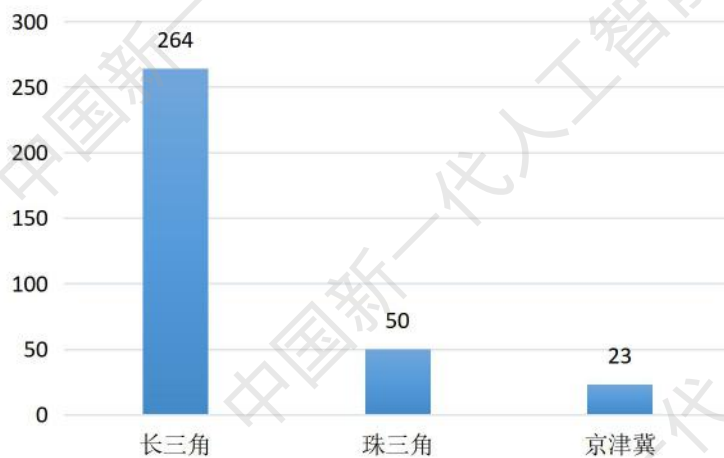


图 32 347 家新型创新组织的都市圈分布

在各省份的分布，排名第一的是江苏省，占比 54.76%；排名第二的是广东省，占比 14.41%；排名第三的是安徽省，占比 8.93%。

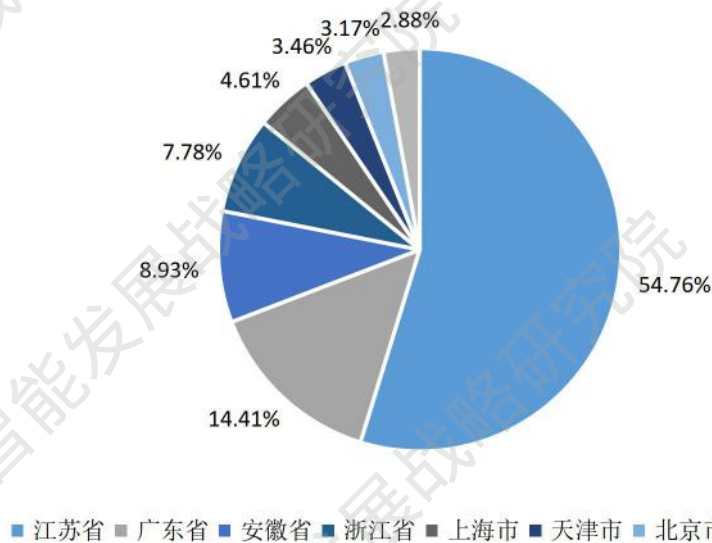


图 33 347 家新型创新组织省份分布

在城市分布中，排名第一的是南京市，共 151 家；排名第二的是苏州市，共 22 家；排名第三的是合肥市，共 21 家；排名第四和第五的是深圳市和杭州市，分别有 19 家和 17 家。

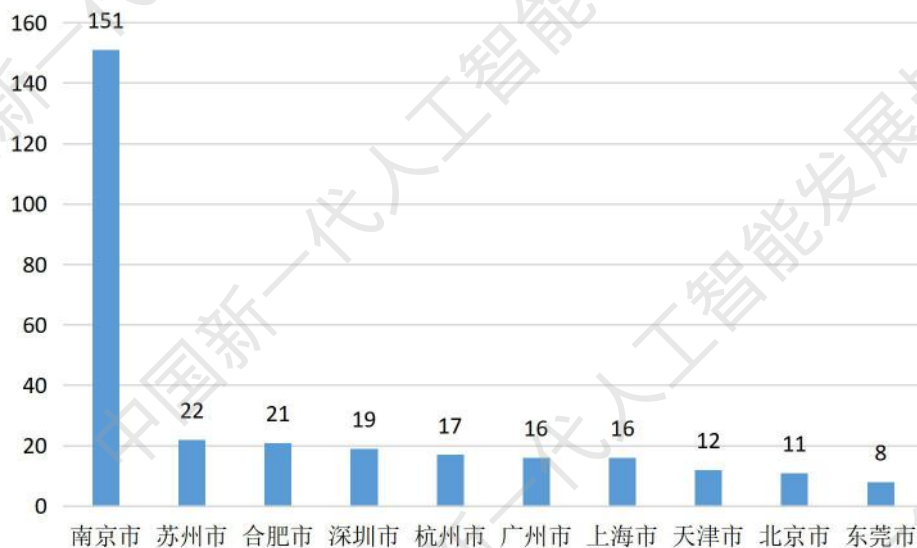


图 34 347 家新型创新组织的主要分布城市

八、面临的挑战

（一）美国技术封锁和技术升级压力

发展人工智能是世界主要国家的共识。包括美国、欧盟、日本、英国、德国和韩国在内的国家，通过制定和更新人工智能发展战略和行动计划，持续推动人工智能科技创新和产业发展。2021年1月25日，美国科技创新智库信息技术和创新基金会（ITIF）发布更新版（2019年）题为《谁将赢得这场人工智能竞赛？中国、欧盟还是美国？》（Who Is Winning the AI Race: China, the EU, or the United States?）的专题报告。ITIF对近年来中国、欧盟和美国在人工智能人才、研究、企业发展、应用、数据和硬件6个领域取得的进展进行比较。报告认为，在研究和应用领域占据领先地位的国家将塑造人工智能技术未来，同时能够显著提高国家国际竞争力，而落后国家则可能失去关键行业的国际竞争力。

2019年的报告认为，美国在人才、研究、开发和硬件四个方面处于领先地位，而中国则在应用和数据两个方面处于领先地位。以100分为满分，美国以44.2分处于领先，中国以32.3分排名第二，欧盟则以23.5分排名第三。2021年数据更新之后的报告发现，美国在整体上仍然遥遥领先，得分为44.6分；中国分值为32.0，与美国的差距仍然存在；欧盟分值为23.3，仍然处于落后地位。

随着美国在人工智能领域技术封锁的持续加剧，中国与美国之间的技术差距有可能拉大。美国的技术优势集中表现在两个方面：一是在算法层面上的长期积累；二是在包括GPU和操作系统在内的基础软硬件领域的技术优势。依靠在基础软硬件领域的技术优势，美国科技企业具备更快实现技术升级的条件。例如，OpenAI研发的ChatGPT-3的发布，再次使我们清醒地认识到中美在人工智能技术领域的差距。

在基础研究领域，中国人工智能技术升级同样面临制约。中国在人工智能领域的创新活动起步晚，但是进步迅速。从学术论文的发文数量看，2017年中国超越美国，位居首位。从突破性论文的发表看，2010-2020年中国在模式识别、计算机视觉、数据挖掘、语音识别领域的突破性表现尚可，但是在算法、自然语言处理和人机交互领域则相对薄弱。^[13]同时，在美国技术封锁条件下，中美在基础研究和人才培养领域的合作强度的下降，将影响到我国人工智能领域的突破性创新和人才培养。

^[13] 陆趣，竞争人工智能：从论文突破性看中国人工智能创新水平[R]，中财网，2023年04月04日。

（二）人工智能技术体系存在短板

人工智能是包括智能芯片、基础架构、操作系统、工具链、基础网络、智能终端、深度学习平台、大模型和产业应用在内的复杂技术体系。从实际情况看，在全球范围内围绕人工智能技术体系的发展初步形成了中国和美国两大创新联盟。但是在包括智能芯片和操作系统在内的基础软硬件领域，我们仍然存在着短板和不足。

2019 年美国市场调研公司 IC Insights 发布的一份芯片市场数据统计报告显示，全球 68% 的无晶圆厂芯片公司、46% 的有晶圆厂芯片公司都在美国，共占有全球 52% 的芯片市场份额；排名第二的是韩国，无晶圆厂占全球市场份额的 1%，有晶圆厂占 35%，合计市场份额 27%；排名第三的是日本，无晶圆厂全球份额不到 1%，有晶圆厂全球市场份额占 9%，合计市场份额 7%；而中国大陆无晶圆厂全球市场份额为 13%，有晶圆厂全球市场份额不到 1%，合计市场份额 3%。近年来，包括华为、阿里和百度在内的头部企业和一批新创企业都致力于智能芯片开发。受制于先进制程开发和生产能力，我国领先的智能芯片设计能力无法转化为商业优势。

从操作系统看，微软的操作系统长期垄断台式计算机市场。在智能手机领域，美国的安卓和 iOS 系统长期居统治地位，吸引了数百万开发者基于两大操作系统为终端用户开发应用服务软件。无论是在计算机还是在智能手机操作系统领域，我国的企业都在奋起直追。在智能手机领域，截至 2021 年 12 月，华为鸿蒙操作系统、HMS（华为移动生态）全球用户超过 2.4 亿，拥有 500 万开发者。

尽管在关键技术领域中国企业都取得了重大突破，但是总体看与美国相比仍然存在着相当大的差距。随着美国《芯片和科学法案》的实施，通过垄断和控制高端半导体技术和产品供给，延迟中国人工智能科技创新和产业发展的步伐，是美国技术封锁的战略目标。

（三）头部平台企业的技术升级相对缓慢

信通院发布的《平台经济与竞争政策观察》(2021)数据显示，从价值超过 100 亿美元的数字平台来看，中国和美国仍然保持绝对引领。2020 年，中、美百亿美元以上平台企业数量合计达 64 家，全球占比 84%，全球新增的 7 家平台均来自中美；市值总额高达 12 万亿美元，占据全球总量的 96.3%。

在超百亿美元规模的平台企业数量上，中国达到 36 家，超过美国。但是从市值和增长速度变化看，中国与美国的差距在拉大。技术升级的相对滞后是影响和制约我国平台企业市场规模扩张的重要因素。因而，加快出台能有效促进人工智能创新平台技术创新和升级的政策体系，是进一步推动人工智能科技创新和产业发展的战略举措。

九、总结和政策建议

(一) 概括和总结

本报告的研究表明，构建自主可控技术体系、培育产业创新生态、推动人工智能和实体经济深度融合发展、提高产业国际竞争力，是建设具有全球竞争力的人工智能产业集群的基本途径和战略方向。与前三次工业革命不同，作为第四次工业革命的核心引擎，建设具有全球竞争力的人工智能产业集群包含多个维度的内容和机制。

首先，建设具有全球竞争力的人工智能产业集群需要区域和城市之间的高效协作。其中，“**新型创新区-城市-区域-全国-全球创新网络**”的协作，是建设具有全球竞争力的人工智能产业集群的重要机制。其中，**新型创新区属于人工智能产业集群空间结构的“微内核”**。

新型创新区是平台及其主导的产业创新生态的栖息地，以人工智能产业化为主导。产业智能化集群一般产生于传统产业集聚区。与工业经济时代不同，人工智能产业化集群与产业智能化集群的互动往往通过网络空间实现。基于新型创新区构建的网络空间产业创新生态为人工智能赋能实体经济创造了新的途径。

从全国范围看，新型创新区是多源的，往往出现在多个创新资源丰富的城市和区域。同样，通过线上和线下知识、技术交流和重组，多源新型创新区人工智能协同创新，共同推动人工智能科技创新和产业发展。除京津冀、长江三角洲、珠江三角洲和成渝地区主要城市之外，中部地区的武汉和长沙、西部地区的西安、东北部地区的沈阳和哈尔滨都具备规划和建设新型创新区发展人工智能产业化创新集群的能力。

其次，人工智能和实体经济的融合发展带来的产业集群主要集中在应用领域和产业层面上。从人工智能赋能的19个应用领域和三次产业细分领域的情况看，产业集群主要出现在产业基础雄厚和创新资源丰富的城市和地区。

第三，以平台为主导的企业集群的发展，是建设具有全球竞争力的人工智能产业集群的基石。平台及其主导的产业创新生态的形成和发展，是人工智能产业集群出现的“极核”。人工智能开放创新平台往往兼具基础设施服务商和基础软硬件创新生态构建者的角色，周边往往集聚大批中小企业和新创企业，是人工智能产业集群形成和发展的重要力量。

第四，具有全球竞争力的人工智能产业集群表现为物理空间和网络空间的双重集聚。物理空间的集聚为网络空间的发展奠定基础。网络空间的发展可以使物理空间集聚的产业能力边界无限扩张。

第五，具有全球竞争力的人工智能产业集群需要基础研究、技术开发和规模应用创新循环的支撑，高效率的国家和区域创新系统是集群发展的重要推动

者。从创新系统的视角看，人工智能产业集群创新和国际竞争力的提升依赖政产学研用协同创新，通过创建新型创新组织的方式，能够有效地促进研究型大学、科研院所和企业之间的知识、技术交流和转化。

（二）政策建议

从近年来我国人工智能科技创新和产业实践的看，面对美国的技术封锁和国家的战略需求，建设具有全球竞争力的人工智能产业集群需要在如下方面做出努力：

（1）加速发展人工智能开放创新平台及其主导的产业创新生态

在建设具有全球竞争力的人工智能产业集群过程中，人工智能开放创新平台及其主导的产业创新生态是关键推动者。首先，平台基于自身业务和创新构建基础软硬件协同创新生态的同时，构建垂直业务软硬件协同创新生态。其次，依托创建的基础软硬件和垂直业务软硬件创新生态，平台推动人工智能和实体经济融合发展，实现基础研究、根技术创新和规模应用的良性循环和正反馈。积极支持和推动新型平台及其主导的产业创新生态，是构建自主可控技术体系的基石。

（2）高水平规划和发展新型创新区

与平台及其主导的产业创新生态相比，新型创新区建设是依托城市的科技创新资源和产业基础发展人工智能产业集群。尤其是在人工智能产业化过程中的根技术创新领域，新型创新区将发挥至关重要的作用。在全国范围内，尤其是人工智能科技创新和产业的前沿城市高水平规划和发展一批新型创新区，将有利于具有全球竞争力的人工智能产业集群建设。

（3）建设高度开放的创新系统

国家和区域创新系统是从更加宏观的层面概括人工智能产业集群形成和发展的机制。研究型大学、科研机构 and 新型创新组织是国家和区域创新系统的核心因素。其中，构成国家和区域创新系统的关键因素是国家战略科技力量。通过发挥在基础研究和人才培养中的作用，研究型大学和科研机构着眼于前瞻科技创新。新型研发机构为政产学研的协同创新提供公共和关键技术研发，同时实现研究型大学和科研机构的成果转移和转化。此外，中国人工智能产业发展得益于创新系统的开放性，是全球创新网络的重要组成部分。建设更加开放的创新系统，是加快人工智能产业集群发展和国际竞争力提升的重要条件。

（4）加强场景创新推动创新循环的形成和发展

在科技部等六部门共同印发的《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》中，把场景创新界定为“以新技术的创造性应用为导向，以供需联动为路径，实现新技术迭代升级和产业快速增长的过程。”场景创新集应用需求和技术供给于一体，充分体现了人工智能通用目的技术和需要互补性创新的基本特征。场景创新是实现人工智能通用目的技术专用化和提升全要素生产率的基本机制和途径。同时，通过场景创新实现基础研究、技术开发和规模应用创新循环的形成和发展。