

中国人工智能发展的空间极化与国际追赶

—— 基于技术 - 产业双重视角

◎ 朱兰

「摘要」人工智能是引领未来技术和产业变革、构筑国家竞争优势的重要领域。在技术 - 产业框架内讨论人工智能内涵，选取人工智能专利指标、人工智能企业数目、全球人工智能发展指数衡量人工智能技术和产业发展，分析新发展格局下中国人工智能国际国内发展现状与特征。国内跨区域比较发现，人工智能技术和产业分布高度不均衡，具有“东强西弱、南多北少、高度集中、梯度分布”特征，且技术集中度高于企业集中度，存在空间极化现象。跨国比较发现，中国人工智能技术和产业发展整体处于领先地位，专利数量和海外布局不弱于美国，但是专利质量、顶尖企业和人才落后于美国，存在“木桶效应”，尤其是AI人才。在新发展格局下推动人工智能发展，有必要统筹国内与国际，既要平衡区域人工智能发展水平，多措并举缩小区域“数字鸿沟”，也要立足和巩固比较优势，补足人才短板，融入人工智能全球创新网络。

「关键词」人工智能；指标测度；特征分析；空间极化；国际追赶

「中图分类号」F49

「文献标识码」A

「文章编号」1003-1812 (2024) 03-0067-14

人工智能作为新一代信息技术革命的基础技术，是世界主要经济体争夺技术高地的主要领域。2022年底ChatGPT的横空出世、2024年初Sora的惊艳亮相，意味着人工智能从弱人工智能向强人工智能的转变，大语言模型和生成式人工智能的采用将给科技行业各个领域带来影响。彭博《生成式AI机遇和颠覆：演变中的万亿美元市场》报告显示，现有供应商和新供应商将重新定义当前的终端市场，到2032年，人工智能有望创造1.3万亿美元的收入。2024年中国政府工作报告首次写入“人工智能+”，强调新一轮科技革命和产业变革的重要性。美国、英国、德国、日本、韩国、新加坡等主要经济体出台相关政策，持续从技术、产业、人才、资金、组织架构等方面，全流程提供战略指引和政策支持人工智能发展。作为发展新质生产力的重要引擎，如何促进人工智能高质量发展成为学术界和政策界的研究重点。

习近平总书记指出，“把新一代人工智能作为推动科技跨越发展、产业优化升级、生产力整体跃升的驱动力量，努力实现高质量发展。”人工智能具有技术和产业双重属性，它不仅是新一代信息技术的“领头雁”，也是战略性新兴产业、未来产业的重要组成部分，是数字经济的“压舱石”。本文立足于“科技自立自强”和“现代化产业体系”建设，从技术创新和产业发展两个方面探讨人工智能内涵，并在此基础上采用人工智能专利

作者简介：朱兰，中国社会科学院数量经济与技术经济研究所、中国社会科学院经济大数据与政策评估实验室副研究员，中国社会科学院大学应用经济学院硕士生导师。

基金项目：本文为国家社会科学基金重大项目“新发展阶段伟大实践与发展经济学理论创新研究”（编号：21&ZD071）、教育部哲学社会科学重大专项项目“规模优势与大国经济发展研究”（编号：2023J2DZ017）、中国社会科学院经济大数据与政策评估实验室资助项目（编号：2024SYZH004）的研究成果。

数量、人工智能企业数量、全球人工智能发展指数等变量进行测度。在构建新发展格局中推动人工智能发展需要兼具国际和国内视角,既要用全球性的眼光看中国在世界格局中的位置,也要了解中国不同区域人工智能发展水平和差异。因此,本文不仅分析了国内人工智能技术和产业发展的现状和特征,也使用国家之间可比数据分析我国与其他经济体人工智能发展的优势和劣势,从而提出相应的对策建议,为后续深入开展人工智能研究、培育和发展新质生产力提供数据支撑和决策参考。

一、文献综述

围绕人工智能的研究,相关文献已经较为丰富。在经济学理论模型中,经济学家大多是将人工智能视为一种通用目的技术(类似于信息化技术或者基础设施)(程文,2021;郭凯明,2019),或者要素偏向型技术(类似自动化技术,比如生产任务的智能化),从要素替代、要素补偿、规模效应等方面研究人工智能对经济增长或者就业替代的影响(Bessen,2018;Graetz & Michaels,2018;Zhou & Tyers,2019;李磊等,2021;陈永伟,2023)。但是,从本质上来说,人工智能与传统自动化技术存在差异:人工智能技术更多是对人类脑力的替代,更加强调机器的智能化,对不确定性问题的处理以及对高技能劳动力、非认知能力的替代等,而自动化技术主要是对人类体力或者程序性工作的替代(蔡跃洲、陈楠,2019)。生成式人工智能的技术突破使人们更加感受到了人工智能的魅力,其类人属性体现的更加明显(郑世林等,2023;许雪晨等,2023)。因此,从对经济增长的支撑方式而言,人工智能技术的应用推广并非以往“自动化进程”的简单延续,人工智能技术的就业岗位替代和衍生的作用机制,也与以往的自动化技术都存在较大差别。

在统计测度层面,人工智能核算也处于初步探索阶段,尚未形成科学公认的统计标准和体系,相关统计工作难以满足发展实践和政策制定需要(彭刚等,2022)。概括来说,目前关于人工智能测度和特征分析的研究主要分为两类:

第一类是通过单一指标或者多重指标构建指标体系,进行国家层面、流域之间、省份层面等区域层面的人工智能发展水平比较。常用变量包括人工智能企业数目、人工智能人才数目、人工智能专利数目、人工智能投融资、人工智能研发投入等,数据来源通常是官方统计数据以及各种开放性数据库,比如全球人工智能指数数据库、国家统计局年鉴等。张朝辉等(2023)使用人工智能专利数据,选取专利被引数、专利引证数、发明人数、专利同族数等,构建人工智能专利价值指标体系,对比分析中美两国人工智能产业发展路径。顾国达、马文景(2021)通过环境支撑力、知识创造力、产业竞争力3个一级指标、8个二级指标和24个三级指标构建国家人工智能综合发展指数,并对中国、美国、欧盟、日本、韩国、加拿大6个经济体进行比较分析。周杰琦等(2023)选取智能环境基础、智能技术创造和智能产业竞争三个维度16个具体指标,利用熵值法测度中国省级层面人工智能发展指数。这类研究通常是从宏观层面,通过构建多维度指标体系对区域人工智能发展进行分析,使用统计分析,描述区域人工智能发展优势和劣势,从而提出提升路径和对策建议。

第二类是围绕人工智能技术的应用和渗透率,使用工业机器人、行业人工智能专利数量来衡量人工智能在某一行业的应用程度和渗透率。这类研究大多是由于研究人工智能应用的经济社会效应,比如就业、收

人分配、产业价值链、经济增长等，着重于中观和宏观层面的研究。其中，使用工业机器人数据衡量人工智能的文献居多，数据主要来源于国际机器人协会(IFR)提供的机器人安装数据(Acemoglu & Restrepo, 2019, 2020; 吕越等, 2020; 刘斌、潘彤, 2020; 何宇等, 2021; 王林辉等, 2022; 李翔等, 2023; 王钰、唐要家, 2024)。少数研究基于企业调研数据，通过实地调研和问卷调查，得到企业在实际生产运营中是否采用人工智能或者工业机器人等信息，构建二元变量和计量模型，研究影响企业行为的因素及其效果(朱兰、王勇, 2022a, 2022b)。但是使用工业机器人安装数据或者ICT行业的信息通信技术作为人工智能应用的代理变量，这一方面无法反映人工智能技术与一般信息通信技术的区别，也无法体现人工智能与工业机器人等传统自动化、数字化技术的差异。

总体而言，由于人工智能测度指标和数据来源不同，已有研究大多从某一维度或者某一层面测度人工智能发展水平，对人工智能技术、产业、功能等属性也没有明确区分，这就导致已有研究结果无法简单进行比较。但是，不论是从宏观经济统计、理论分析还是国家战略制定，都有必要在一个相对明确的概念框架下探讨人工智能内涵和测度指标。只有基于合适的变量，了解人工智能发展现状和存在的问题，才有可能制定科学合理的人工智能政策。

二、概念界定和指标测度

精确测度人工智能发展水平，首先需要对人工智能概念进行一个清晰界定。随着人工智能技术的发展，人工智能的概念内涵也在不断变化(Montagnier & Ek, 2021)。Cockburn et al. (2019)认为人工智能包括机器人、神经网络和机器学习等，其关键特征在于人工智能通过处理数据而作出决策，而非简单地执行给定的操作和任务集。陈凤仙(2022)梳理已有文献，认为人工智能定义包含主体、能力、活动和品质四个关键词，且不同关键词之间层层递进。本文从科技创新和产业发展两个方面对人工智能概念内涵进行探讨，并选择合适的指标进行测度。

(一) 人工智能技术与指标测度

人工智能本质上是使机器“表现”出一项或者几项人的能力，根据机器“表现”出的人的能力大小将人工智能分为弱人工智能、强人工智能和超人工智能。人工智能中的人工“artificial”，是区别于“自然”的“人造”的意思，本意不是“人做工”，而是模仿人类的各种感官和能力，其内部包括视觉、声学、语言、自然语言处理、机器学习、知识图谱等细分领域，是一个“技术包”。

人工智能技术实现的两种思路：一种是原理法，即通过脑科学等学科搞清楚人脑的思维机理；另一种是计算机模拟法，通过已知样例计算出未知样例的可能性/概率，只关注输入输出(表现出的智能)，不深究其中的原理，其原理仍旧是个黑盒子。比如，鸟与飞机的飞行机理完全不同，但我们做出了类似于鸟能够飞行的飞机，这也叫做“计算智能”，是目前实现人工智能的主流方法。一般而言，简单数据统计不是人工智能方法，人工智能方法处理的问题通常很难达到100%的精度。与之相对应，人工智能实现思路一般分为基于规则方法和基于数据统计两种方法。两种方法各有优缺点：基于规则的方法优点是人能看懂，即有可解释性，但是缺点包括规则撰写门槛较高、需要专家，规则的覆盖度有限，以及大多数场景难以通过清晰的

规则判断;基于数据统计的方法优点是不需要专家,且效果更好,但是具有解释性差和依赖于数据的缺点。以机器翻译为例,基于规则的机器翻译,规则极其复杂,难以扩展,不同规则之间可能有冲突;基于统计的机器翻译,是通过建立双语翻译的语料(数据),从中学习到翻译的规律(概率),将规律应用于新的文本。总体上,统计机器翻译的效果优于基于规则的机器翻译系统,并且随着数据量的增大,统计机器翻译的效果越来越好,这也是当前大数据重要性大幅提升、数据成为重要生产要素的重要原因。

技术水平是体现一国人工智能发展水平最重要的维度。目前,国内外学术界和政策界最常用的反映技术差距的指标便是专利数量(陈凤仙,2022;陈楠、蔡跃洲,2022;尹志锋等,2023),本文也使用人工智能专利申请量衡量技术水平。企研·学术大数据平台基于人工智能产业智能感知、数据标签与标注、深度学习、决策与执行、AI能力评价5个关键技术要素,对地区专利类别进行划分,得到2010—2020年不同省份和城市地区的人工智能专利数据。本文采用该数据,分析中国不同地区的人工智能技术发展特征,为后文进一步提出提升路径提供数据支撑。

(二)人工智能产业与指标测度

人工智能是由AI芯片、计算能力平台、数据生成、存储器、软件开发等各种技术和产品共同支撑而形成的复杂系统,系统内各种产业及服务形成了一个独立复杂的产业生态,是数字经济的重要组成部分。根据人工智能基础技术、人工智能技术和人工智能应用技术,人工智能产业链分为上游(基础层)、中游(技术层)和下游(应用层)。

基础层主要包括各类基础设备,如AI芯片、视觉传感器和计算能力平台,是人工智能技术实现和应用落地的硬件基础和前提。其中AI芯片也被称为AI加速器或计算卡,即专门用于处理人工智能应用中的大量计算任务的模块(其他非计算任务仍由CPU负责),分为GPU、DSP、FPGA、ASIC以及类脑芯片等,支撑于侧、端侧AI计算需求。典型代表性企业包括NVIDIA、ARM、英特尔、IBM等,国内企业目前以寒武纪科技、华为、中星微等企业为主。芯片是人工智能技术发展的核心硬件,也是技术要求和附加值最高的环节,不仅具有很高的产业价值,也直接关系到国家经济安全和产业链供应链韧性,战略地位突出。

技术层包括计算机视觉、自然语言处理、机器学习、知识图谱、语音识别、云平台、大数据服务、虚拟助手等,也是人工智能产业的核心层。细分领域技术发展相对快速,我国涌现了诸多具有竞争力的企业。比如,语音识别领域的科大讯飞、腾讯、百度等;计算机视觉领域的旷视科技、商汤科技、汉王科技等;自然语言处理领域的百度、阿里、思必驰;人机交互领域的小米、百度、海天智能等,云平台的阿里云、百度云、华为云等。应用层则是将人工智能作为一种通用技术,将其与具体场景匹配从而产生新的领域,比如人工智能与生物、制药、健康、城市、教育等领域的融合,逐渐发展成为新的智慧医疗、智慧城市、智慧教育等。这也是中国人工智能发展最具有比较优势的领域,相关企业数目最多。

但不管是基础层、技术层还是应用层,推动人工智能产业发展的关键主体是企业。一个行业进入和存活的企业数目越多,说明该行业的发展最有活力和竞争力。因此,本文将使用地区人工智能企业进入数、退出数和存活数来反映区域间人工智能发展水平,其中人工智能企业存活数体现了该地区人工智能企业的竞争力,人工智能企业进入数体现了该地区人工智能产业发展的活力,人工智能企业进入—退出比值则体现了地区人工智能企业更新换代的速度。企研·学术大数据平台将人工智能产业划分为基础设施、基础理

论和核心技术、智能应用3个部分,从企业基本信息、创新知识产出、产品应用平台和人力资本投入等多个维度的企业信息,梳理并筛选出人工智能产业相关企业,构建人工智能产业专题数据库¹。由于企业数目在一定程度上反映地区经济发展活力,企业存活/死亡率则可以体现区域内产业升级方向和速度,本文尝试使用区域人工智能企业存活数作为人工智能产业发展的代理变量,分析不同区域人工智能产业发展水平。

三、中国人工智能技术与产业发展的空间极化

(一) 中国人工智能技术发展的空间特征

一般来说,专利申请量表示专利数量,专利授权量表示专利质量,本文从专利数量和质量角度衡量地区

	申请专利 总量	地区申请专利数目 占全国比例 (%)	授权专利 总量	地区授权专利数目 占全国比例 (%)
广东省	38975	0.367	4632	0.395
北京市	20053	0.189	1905	0.162
浙江省	8569	0.081	1214	0.103
上海市	7777	0.073	847	0.072
江苏省	7840	0.074	743	0.063
山东省	3582	0.034	315	0.027
安徽省	2895	0.027	364	0.031
湖北省	2229	0.021	179	0.015
四川省	2011	0.019	174	0.015
福建省	2087	0.020	290	0.025
辽宁省	1188	0.011	47	0.004
湖南省	1468	0.014	199	0.017
重庆市	1456	0.014	208	0.018
天津市	1187	0.011	92	0.008
陕西省	1100	0.010	87	0.007
江西省	1026	0.010	74	0.006
河南省	865	0.008	142	0.012
河北省	609	0.006	113	0.010
广西壮族自治区	285	0.003	10	0.001
黑龙江省	307	0.003	47	0.004
吉林省	128	0.001	6	0.001
贵州省	105	0.001	2	0.000
山西省	96	0.001	4	0.000
宁夏回族自治区	72	0.001	2	0.000
云南省	122	0.001	41	0.003
甘肃省	38	0.000	0	0.000
新疆维吾尔自治区	34	0.000	1	0.000
海南省	30	0.000	1	0.000
内蒙古自治区	26	0.000	0	0.000
西藏自治区	9	0.000	0	0.000
青海省	3	0.000	0	0.000
总数	106172	1.000	11739	1.000

数据来源:企研·学术大数据平台。

注:专利授权量是截至2020年专利授权累计量,而不是当年专利授权量。

区人工智能发展的技术水平。

表1分别列出了2020年我国不同省份人工智能领域的专利申请量、专利授权量以及占全国的比值。概括而言,我国人工智能技术发展具有以下三个特征:

第一,全国人工智能技术分布高度集中,前五地区技术集中度超过75%。以2020年为例,全国人工智能专利申请总数是106172件,广东省和北京市人工智能专利申请量占全国的比值分别达到36.7%和18.9%,加起来接近56%,超过全国的一半,排名前五的地区人工智能专利申请量占比达到78%,超过四分之三。人工智能领域整体技术水平偏高。在人工智能专利方面,专利申请和授权均以发明专利为主。发明专利申请量和授权量占比基本为50%以上(除了河南省和云南省以外)。

第二,省份之间人工智能

技术发展差距较大,整体呈明显的方阵分布。整体来看,广东省和北京市人工智能专利申请量遥遥领先,处于第一方阵;浙江省、上海市、江苏省、山东省人工智能专利申请在3000件到9000件之间,处于第二方阵;安徽省、湖北省、天津市、陕西省等地区人工智能专利申请数在1000件到3000件之间,处于第三方阵;江西省、河南省、河北省、青海、西藏、新疆等地区则低于1000件,属于第四方阵。按照专利授权量的排名整体变化不大,仅有部分地区排名先后出现调整,比如上海市与江苏省、山东省与安徽省。但是,广东省和北京市的专利授权量差距明显扩大,体现出二者在人工智能领域布局的时间长度和技术深度的区别。仅从专利申请量来看,2020年广东省人工智能专利申请量是北京市的11.9倍,然而广东省人工智能专利授权量是北京市的2.4倍,这说明广东省处于人工智能领域的技术前沿,技术创新活力更强,已获得授权的人工智能专利数量更多,技术研发和专利布局时间更长。

第三,区域之间人工智能技术发展不平衡,呈现“东强西弱、南强北弱”的特征。首先,从东西部区域划分来看,人工智能专利申请量前五的地区分别是广东省、北京市、浙江省、上海市、江苏省,均位于经济发达的东部地区。而专利申请量排名最低的五个地区分别是新疆维吾尔自治区、海南省、内蒙古自治区、西藏自治区和青海省,除了海南以外,均属于西部地区。而且从专利申请量来看,东部与西部人工智能技术发展悬殊,东部一个省份或者直辖市的专利申请数几乎是西部地区所有省份专利数量的总和。其次,从南北区域划分来看,人工智能专利申请量处于前五的地区除了北京以外,其他均处于南方地区。排名前十的地区里面除了北京市和山东省以外,其他全部位于南方地区,比如广东省、浙江省、上海市、江苏省、福建省等。最后,从三大流域来看,长三角、京津冀和珠三角地区人工智能处于“三足鼎立”态势,但是长三角地区整体技术水平更加均衡,京津冀和珠三角则属于“一家独大”态势。长三角浙江省、上海市和江苏省三省市的人工智能申请总量是24186件,低于广东省的38975件,但是高于北京的20053件。京津冀地区人工智能技术发展差距较大,北京20052件的人工智能申请量远高于天津的1187件和河北的609件。

主要城市人工智能专利的动态变化,可以在一定程度上体现我国人工智能技术发展的态势。图1描绘了2010—2020年北京、深圳、上海和杭州人工智能专利申请量和授权量。从专利申请时间和数量来看,深圳市在人工智能领域布局最早,2010年深圳市人工智能专利申请量已经达到11704件,远高于北京的4485件、上海的3051件和杭州1223件,处于遥遥领先地位。2010—2020年,深圳市人工智能技术整体处于稳步上升态势,人工智能专利年申请量逐年增加,从2010年11704件上升到2019年的42793件,年均增速达到36%。北京市人工智能技术呈现快速赶超态势,2010年仅为4484件,但是2015年和2016年分别达到26976件和35070件,超过深圳市,2017—2018年深圳再次反超北京,成为全国专利申请量第一的城市。上海和杭州排名相对稳定,始终处于第三和第四,与北京和深圳专利申请总量具有一定差距,处于国内第二梯队。

从专利授权量来看,深圳、北京、上海和杭州的排名保持不变,四个城市专利授权量均处于上升态势,但是上升速度略有不同。受基数影响以及技术进步、资源汇聚等因素,2010—2019年杭州和北京人工智能专利授权量增速最快,分别达到9%和8%,上海和深圳的增速相对较慢,分别是5%和3%左右。总体而言,2010—2020年国内人工智能技术取得了快速发展,主要城市专利申请量授权量均呈现较快的增长速度,尤其是北京市和杭州市。但是,国内人工智能技术布局基本不变,深圳和北京处于第一梯队,上海和杭州处于第二梯队,四个城市属于国内人工智能技术的核心区和领头羊。

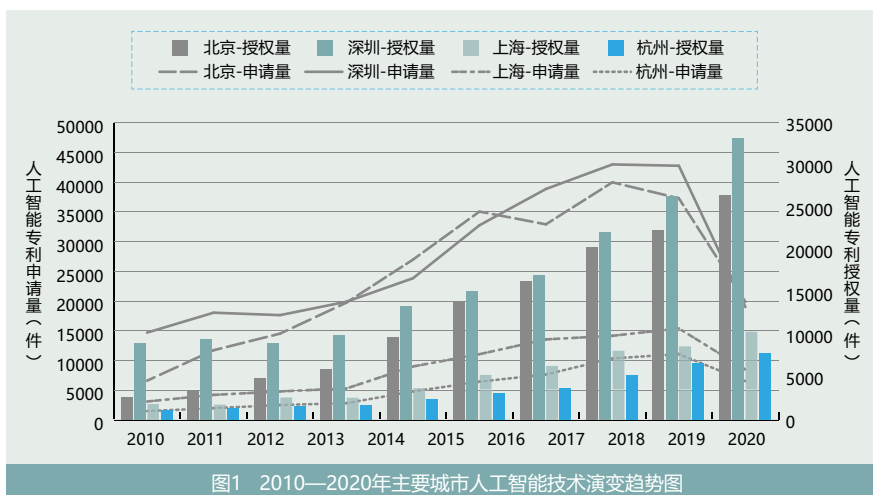


图1 2010—2020年主要城市人工智能技术演变趋势图

数据来源：企研·学术大数据平台。

注：表中专利申请量为当年申请量数据，授权量是当年专利授权累积量。

虽然广东省整体已经属于国内人工智能技术分布相对均衡的城市，但是省内比较来看，省内不同地级市之间人工智能技术发展依旧差距较大，深圳人工智能技术申请量占据“半壁江山”，发挥着明显的“领头羊”的带动作用。

综上所述，区域之间比较，不论是按照省份划分还是按照城市划分，中国人工智能技术分布呈现明显的空间高度集中现象，主要集中在深圳、北京、上海、杭州、东莞、广州和珠海等城市。人工智能技术发展“两极分化”明显，北方以北京为龙头，南方以深圳为龙头，呈现“双雄称霸”局面。如果按照主要区域划分，长三角集体作战，与京津冀、珠三角呈现“三足鼎立”态势。2010—2020年，北京和深圳人工智能技术发展最为迅速，上海和杭州相对较慢，人工智能技术进一步向前沿地区集中，出现“极化”现象。

（二）中国人工智能产业发展的空间特征

由于早期区域不均衡发展战略，我国不同地区之间经济发展水平、技术水平和产业结构等存在较大差异，人工智能产业在不同地区的应用程度存在较大差距。企业是人工智能技术和产业发展的主要载体。因此，为了体现区域之间人工智能产业发展情况，图2描绘了2020年我国31个省份（直辖市/自治区）（不含港澳台地区）人工智能企业存活数。从图2中可以明显看出，我国人工智能企业分布与技术分布较为相似，存在区域发展不平衡现象。具体来说：

第一，人工智能存活企业数目分布高度集中，区域首位度较高。从图2中可知，2020年人工智能企业数目最多的地区分别是广东省、北京市、江苏省、上海市和浙江省，分别为6864家、4803家、3487家、3118家和2165家，排名前五地区的企业数目占全国企业总数的63%，超过了全国剩余地区的总数。其中广东省人工智能存活企业数目遥遥领先，广东省人工智能企业数目占全国人工智能企业总数的21%，达到了全国总数的1/5，这与广东省人工智能专利申请量占比基本一致。

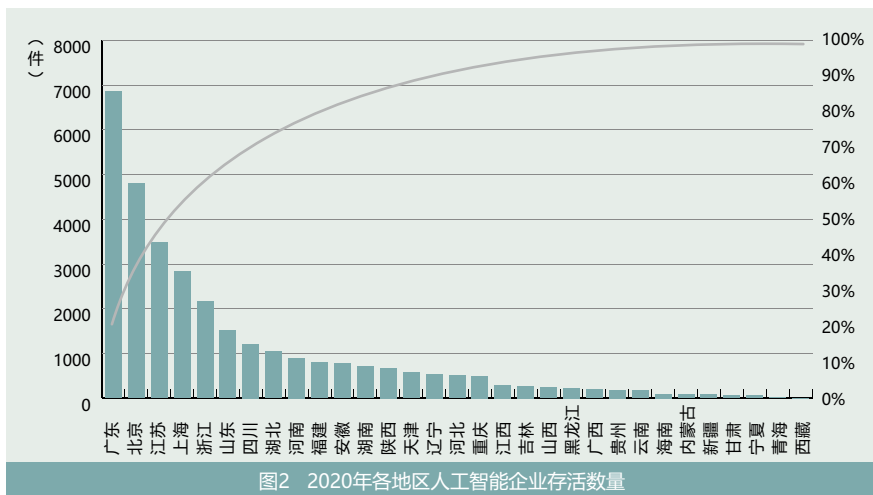
第二，从区域分布来看，人工智能存活企业具有东部地区相对发达、中西部地区相对落后的特征，人工智能企业集中分布在长三角、珠三角和京津冀地区，其中长三角分布相对均衡，京津冀则集中分布在北京市，河北和天津的人工智能企业数目较少。总体而言，人工智能存活企业分布与专利分布较为相似，都

比较主要城市专利数量占整个省份专利数量比值，可以发现，广东省内人工智能技术主要由深圳驱动，深圳市2020年专利申请量占广东省申请总量的49%，其次是珠海、东莞、广州、佛山和惠州，分别占广东省申请总量的17%、11%、8%、4%和1%。尽管广东省内人工智能专利申请数进入全国前三十的城市数目最多，达到6个，占据20%。也就是说，

存在区域发展不平衡现象。

为了清晰展现地区人工智能企业的动态变化,表2列出了2020年主要城市的企业新成立数目、死亡数目和存活企业数目。可以看出,2020年我国人工智能企业存活数目最多的城市分别是北京、深圳、上海、广州、杭州、南京、苏州、成都、武汉和郑州,其中北京、深圳和上海三个地区最多,且企业数目明显高于其他地区,企业数目在3000个以上。但是,广州、杭州等地人工智能企业均在1000以上,排名第九和第十的武汉与郑州人工智能企业存活数目不到1000。另外,比较新成立企业数目占存活企业数目的比值发现,杭州、南京和苏州新成立企业相对更多,占比超过1%,但是从新成立企业数和死亡企业数的差值来看,2020年仅苏州人工智能企业净成立数目增加,其他城市企业数目均有所下降,尤其是北京和深圳,这可能是由于2020年新冠疫情带来的冲击以及全球供应链收缩对人工智能企业产生了不利影响。

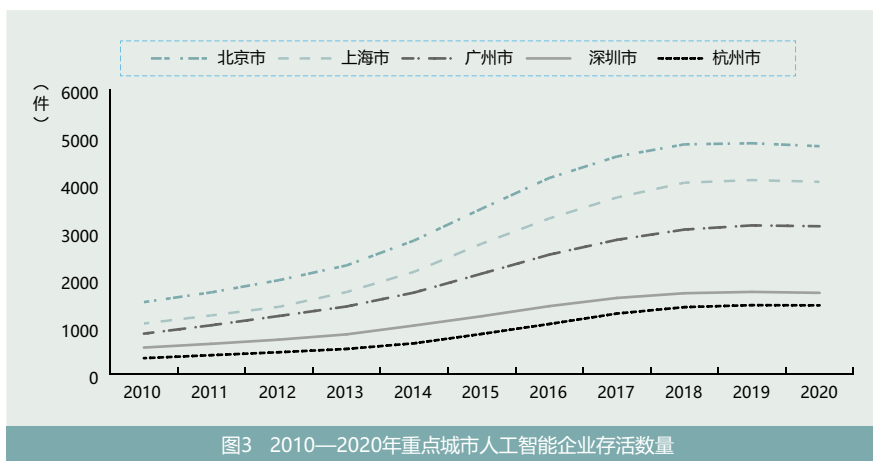
进一步纵向比较主要城市的人工智能企业发展历程,图3描绘了2010—2020年五个主要城市人工智能企业存活数量变化趋势,可以看出,2010—2020年北京市人工智能企业存活数始终处于领先地位,其次是深圳、上海、广州和杭州。2010—2020年,不同城市之间的相对顺序保持不变。从增速来看,北京、上海和深圳的增长速度在2015年



数据来源:企研·学术大数据平台。

城市	成立企业数	死亡企业数	存活企业数	成立企业数 / 存活企业数	死亡企业数 / 存活企业数
北京市	21	83	4803	0.44%	1.73%
深圳市	20	56	4054	0.49%	1.38%
上海市	15	33	3118	0.48%	1.06%
广州市	8	28	1716	0.47%	1.63%
杭州市	16	20	1453	1.10%	1.38%
南京市	16	16	1260	1.27%	1.27%
苏州市	20	16	1142	1.75%	1.40%
成都市	1	27	1070	0.09%	2.52%
武汉市	5	22	919	0.54%	2.39%
郑州市	3	9	673	0.45%	1.34%

数据来源:企研·学术大数据平台。



数据来源:企研·学术大数据平台。

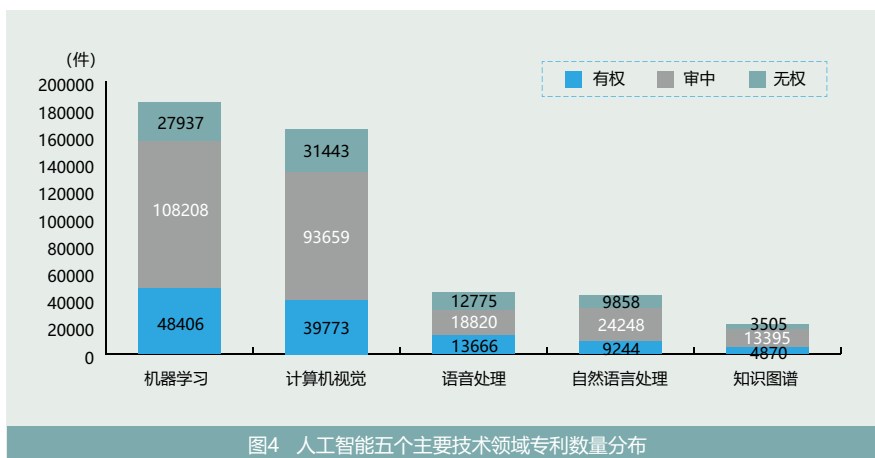


图4 人工智能五个主要技术领域专利数量分布

数据来源：Incopat 数据库。

排名前五省份人工智能专利申请量占比达到78%，人工智能企业数目占比63%，省份层面人工智能技术集中度比企业集中度还高了15个百分点。

左右出现明显的加速态势，然后在2018年趋于平缓，而广州和杭州相对而言，发展趋势较为平稳。

总体而言，人工智能技术和产业发展存在明显的不均衡现象，区域分布具有“东强西弱、南强北弱、高度集中、梯次分布”的特征。人工智能发展的空间极化现象严重，全国

四、中国人工智能技术与产业发展的国际追赶

(一) 人工智能技术水平测度与跨国比较

如前文所言，人工智能领域包括视觉、声学、语言、自然语言处理、机器学习、知识图谱等诸多技术细分领域，不同技术领域发展速度决定了人工智能领域未来的发展方向。图4列出了2021年人工智能五个主要技术领域的专利数量，可以看出，人工智能领域技术分布较为集中，聚焦在机器学习和计算机视觉，前者是驱动人工智能发展的核心技术，后者是当前人工智能领域的主要应用场景。从数量上看，机器学习和计算机视觉领域的有权专利数量是48406件和39773件，单项技术专利数量超过后三项专利数量总和。从在审的专利数量来看，机器学习和计算机视觉的专利数量更多，二者专利申请数量均在10万件左右，而语音处理、自然语言处理和知识图谱的专利申请量在1万~2万件，这说明未来机器学习和计算机视觉是人工智能领域技术发展的主要方向。

2023年，人工智能在技术上取得了显著的突破，其主要表现也正是在深度学习、强化学习、自然语言处理(NLP)和计算机视觉等多个方面。随着算法的不断优化、算力的持续提升，以ChatGPT为代表的大模型不断优化，能够更准确地理解和生成自然语言，为智能客服、智能助手等应用提供了强大的技术支持。在图像识别和视频处理方面，随着生成对抗网络(GANs)和卷积神经网络(CNNs)的进一步发展，AI系统已经能够生成高度逼真的图像和视频，为自动驾驶、安全监控等领域提供了可靠的解决方案。2024年以Sora为标志的文生大模型的爆火，印证了该技术领域的技术积累和水平。

图5进一步分析全球人工智能申请人的国家来源分布和企业分布等，可以发现我国与其他国家人工智能技术发展差距。结果发现，全球人工智能技术发展具有以下特征：

第一，从人工智能有效发明专利申请人来源国分布来看，中国人工智能专利总量已经在全球处于领先地位，但是全球不同国家之间人工智能技术差距较大，呈现明显的“方阵”分布。人工智能领域排名前十的

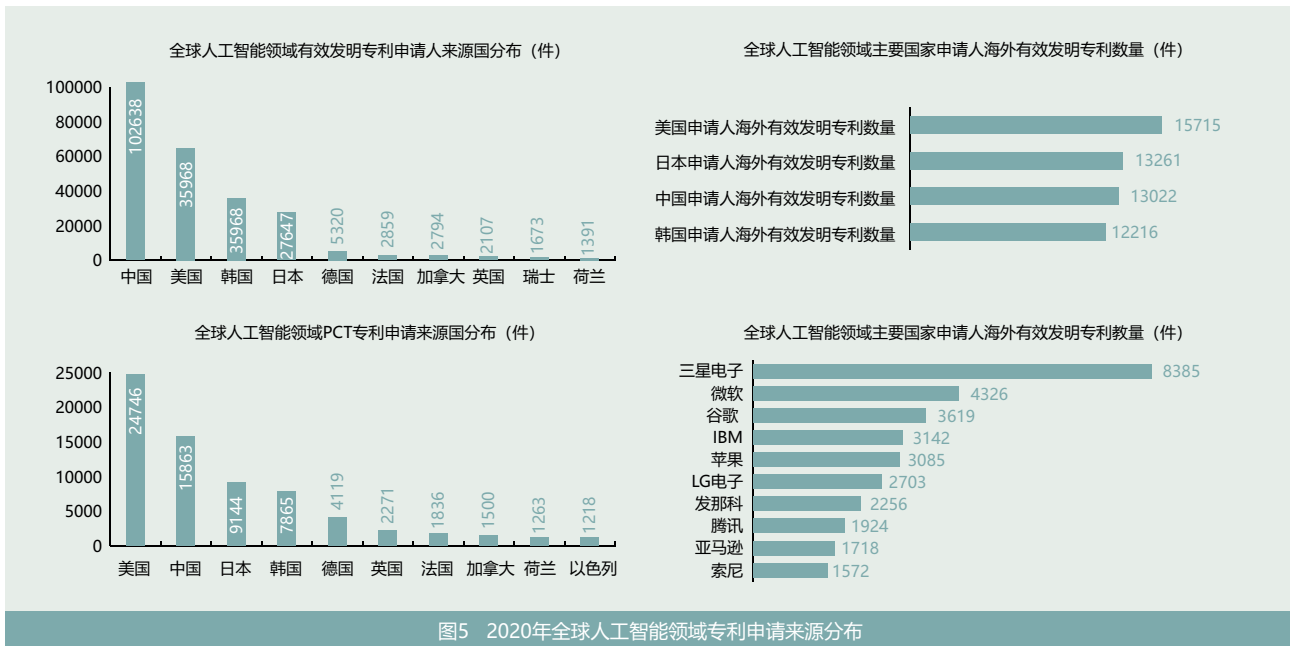


图5 2020年全球人工智能领域专利申请来源分布

数据来源：Incopat 数据库。

经济体分别是中国、美国、韩国、日本、德国、法国、加拿大、英国、瑞士和荷兰，但是不同国家之间的差距较大，前三名中美韩之间成倍数增加。美国人工智能专利数量几乎是韩国的2倍，中国几乎是美国的2倍，中国人工智能领域有效发明专利申请量达到102638件。第四名到第十名差距较少，基本在1000~5000件，全球人工智能技术分布呈现明显的“方阵队列”，即中美处于第一方阵，日韩处于第二方阵，欧洲处于第三方阵。

第二，从主要国家申请人海外发明专利数量来看，美国海外布局略微领先，美中日韩差距较小。具体来看，美国申请人海外有效专利申请量为15715件，中日韩三国分别是13022件、13261件、12216件，差距较小，说明各国均重视人工智能专利的海外布局，差距整体较小。

第三，从人工智能领域PCT专利数量来看，全球人工智能领域“方阵队列”保持不变，但是美国PCT专利数量高于中国。具体来看，美国PCT专利遥遥领先，数量达到24746件，中国居于第二，是15863件，日本和韩国分别位居第三和第四，德国、英国、法国、加拿大、荷兰和以色列分别是第五至第十名。对比全球人工智能领域有效发明专利和PCT专利分布可以看出，全球人工智能领域依旧呈现方阵队列分布，中美处于第一方阵，日韩处于第二方阵，欧洲处于第三方阵，但是方阵内部出现调整。第一方阵中，美国PCT专利高于中国，第二方阵内部日本PCT专利高于韩国，说明中国和韩国整体来说处于数量占优、但是质量相对落后的阶段，对核心技术的控制力有待进一步加强。

第四，从主要国家申请人海外有效发明专利的企业来源来看，人工智能领域技术垄断较为明显，三星电子、微软、谷歌等企业遥遥领先。目前全球人工智能领域专利申请量最多的企业前十分别是三星电子、微软、谷歌、IBM、苹果、LG电子、发那科、腾讯、亚马逊和索尼，其中三星电子以8385件遥遥领先，几乎是第二名微软的2倍。三星电子人工智能领域海外有效发明专利申请量占到了韩国全部海外有效发明专利申请量的75%，三星电子和LG电子海外有效发明专利申请量几乎等于韩国全部海外有效发明专利申请量，

人工智能领域的技术垄断现象明显。美国人工智能企业整体技术水平更高，且分布较为均衡，微软、谷歌、IBM、苹果、亚马逊等分别进入海外专利布局前十，是企业入选数目最多的国家。日本仅有索尼和发那科入选，中国仅有腾讯进入前十，一流企业数目相对较少。

(二) 人工智能发展水平测度与跨国比较

作为引领人类未来发展的战略性技术和带动新一轮产业变革的核心驱动力，世界各国把发展人工智能作为提升国家竞争力、维护国家安全的重大战略，纷纷出台各项规划和政策，鼓励和支持人工智能发展，抢占先发优势。由于人工智能产业涉及的维度较多，学者们大多通过构建指标体系综合测度经济体人工智能产业发展情况。贾夏利、刘小平(2022) 综合使用科研现状、产业发展、人才支撑、硬件基础、市场应用、数据规模六个指标维度，对比中美两国人工智能竞争现状。Castro & McLaughlin (2019) 构建全球人工智能发展指数，涵盖人才、研究、开发、硬件、采用和数据六个维度，对世界主要经济体人工智能发展现状进行综合评估。

经过对不同指标体系进行比较，本文选择全球人工智能指数进行跨国比较。全球人工智能指数从投资、创新和应用三个维度，使用111个指标，涵盖28个公开或私人数据库，对全球62个经济体进行人工智能发展水平测度。相比较而言，全球人工智能指数覆盖经济体和数据更为全面，更新更为及时，能够及时清晰地展示中国在全球人工智能领域所处的位置和优劣势。表4列出了2020—2023年全球人工智能指数排名靠前的主要经济体。可以看出，2022年人工智能排名前二十的经济体分别是美国、中国、英国、加拿大、以色列、新加坡、韩国、荷兰、德国、法国，美国、中国和欧盟呈现“三足鼎立”态势。按照满分100分，美国人工智能指数以44.2分领先，其次是中国的32.3分和欧盟²的23.5分。使用人口规模进行调整后，美国依旧以58分领先，其次是欧盟(24.2)和中国(17.8)。2020—2022年，人工智能发展变化不大，2022年底随着OpenAI发布ChatGPT，生成式人工智能爆发式增长，大数据大模型的开发应用如火如荼地开展。2023年新加坡排名大幅提升，从第六名上升至第三名，德国上升1名，英国、加拿大、以色列、法国的排名均有所下降。美国和中国排名不变，始终保持第一名和第二名的位置。

中国人工智能指数排名处在美国和新加坡之间，一方面需要继续追赶美国，避免差距逐渐拉大，另一方面需要防止新加坡后来居上，保持与新加坡的优势和距离。图6列出了2022年和2023年美国、中国和新加坡在六大维度分项指数的排名。具体来看，2022年，美国在人才、研究、发展和商业化四个方面位居第一，中国在基础设施领域位居第一，在研究、发展、政府战略和商业化四个方面均位居第二，新加坡在人才、研究和商业化方面相对靠前。与美国和新加坡比较，中国在人工智能人才方面的短板尤其突出。中国

	2020	2021	2022	2023
美国	1	1	1	1
中国	2	2	2	2
英国	3	3	3	4
加拿大	4	4	4	5
以色列	5	5	5	7
新加坡	10	6	6	3
韩国	8	7	7	6
荷兰			8	9
德国	6	9	9	8
法国			10	13

数据来源：<https://www.tortoisemedia.com/intelligence/global-ai/>。

新加坡在六大维度分项指数的排名。具体来看，2022年，美国在人才、研究、发展和商业化四个方面位居第一，中国在基础设施领域位居第一，在研究、发展、政府战略和商业化四个方面均位居第二，新加坡在人才、研究和商业化方面相对靠前。与美国和新加坡比较，中国在人工智能人才方面的短板尤其突出。中国

2022年人工智能人才指数排名第24位,2023年虽然有所改善,提升至第20名,但仍低于美国和新加坡。新加坡在操作环境的排名大幅提升,直接从第55名提升至第22名,为新加坡总体排名提升作出了重大贡献。

总体而言,全球人工智能专利进入快速迭代和发展阶段,技术领域集中在机器学习和计算机视觉。我国人工智能

技术发展处于“追赶”和“并跑”并行阶段,专利申请数量和海外专利布局处于领先地位,但是PCT专利数量、龙头企业数目相对落后,人工智能整体发展指数全球排名第二,但人才方面制约着人工智能发展,亟需采取各种措施补齐人才短板,促进人工智能高质量发展。

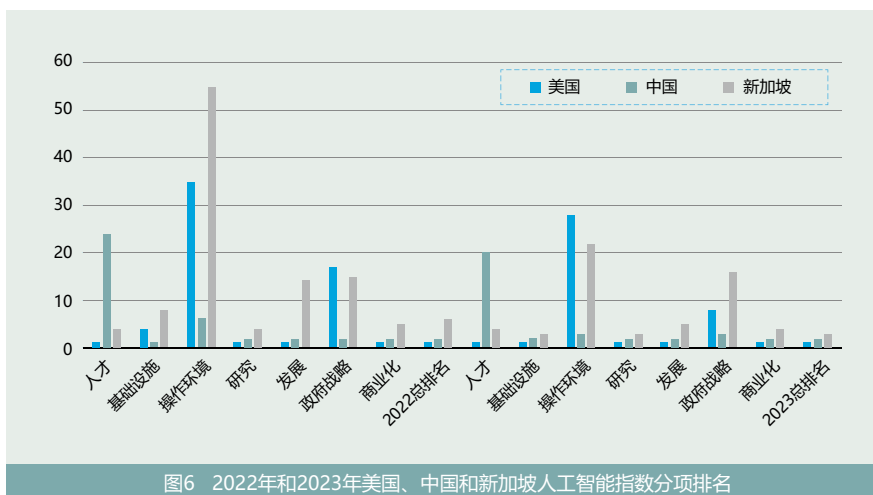


图6 2022年和2023年美国、中国和新加坡人工智能指数分项排名

数据来源: <https://www.tortoisemedia.com/intelligence/global-ai/>。

注:纵轴表示指数排名,指数排名越高,说明该分项发展水平越低。

五、研究结论与政策启示

人工智能战略是我国新发展阶段重要的国家战略,是推动实现经济高质量发展的重要支点。关注人工智能发展,不仅需要技术的视角,从科技创新和技术进步角度促进人工智能技术实现新的突破,也需要从产业视角,做好算力、芯片、数据中心等“硬”基础设施以及人工智能监管、治理政策等“软”基础设施建设,支持人工智能企业的生存和发展,提升企业国际竞争力。党的二十大报告也强调要“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”。本文使用我国2020年省份人工智能专利数据和企业数据,对我国人工智能技术和产业发展进行全面分析。研究发现,中国人工智能技术和产业发展整体呈现“东强西弱、南强北弱、高度集中、梯次分布”的分布特征,区域空间极化现象严重。与其他经济体比较,中国人工智能技术发展处于“追赶”和“并跑”并行阶段,专利申请数量和海外专利布局处于领先地位,但是PCT专利数量、龙头企业数目相对落后,人工智能整体发展指数全球排名第二,但人工智能人才是短板,制约了人工智能发展。由此提出以下政策启示:

第一,根据中国不同省份人工智能发展水平,采取差异化的发展路径。尊重技术创新和经济规律的同时,加强政府引导和支持,缩小区域数字经济鸿沟。人工智能技术具有高资本、高技术、高人力资本、高数据密集特征,这决定了人工智能技术的研发和创新集中于发达地区。这就需要尊重科学创新和数字经济发展规律,培育京津冀、长三角、粤港澳人工智能产业集群,打造人工智能创新发展高地。另外,加大经济欠发达地区数字基础设施建设力度并鼓励适度超前建设,加强区域间人工智能技术转移和产业合作,缩小区域间“数字鸿沟”。立足地区禀赋结构和产业结构,按照地区比较优势,多措并举推动制造业向高端化和智能化

转型,以产业升级需求引致人工智能与实体经济深度融合,推动人工智能产业发展(朱兰,2023,2024)。

第二,明确我国人工智能发展的比较优势和劣势,有针对性地采取措施,保持和增强比较优势,避免“木桶效应”,提升人工智能竞争优势。人才是我国人工智能发展的最大短板。在培养人才方面,德国高校为服务人工智能国家战略,明确提出“增加人工智能教授席位和研究岗位”以及“提升学生人工智能专业素养”要求。建议借鉴德国经验,基于中国人工智能国家战略目标“培养和吸纳人工智能专业人才”,修改高校学位和课程设置、增加校企合作、推广人工智能教育工具等。同时,加大全球人工智能领域引智力度,不管是与人工智能技术、工程还是企业发展有关的人才,都采取强有力的人才政策大力引进。

第三,加大对人工智能领域的资金支持,确保人工智能发展“不掉队”。《2023年人工智能指数报告》显示,美国非国防政府机构在2022年为AI研发拨款17亿美元,比2021年增长13.1%。美国国防部要求在2023财年为非分类人工智能特定研究提供11亿美元,比2022年的资金增长26.4%。可以预期的是,2024年美国等其他国家对人工智能领域的投资不会减少,只会增加。另外,2022年美国《芯片和科学法》一方面通过巨额补贴支持美国芯片产业发展,以国家力量重塑关键产业格局,另一方面设置“护栏”条款,严格限制美国及他国相关企业在中国或其他“受关注国家”的贸易投资。因此,不管是基于技术发展还是地缘政治需要,人工智能领域都是未来技术发展的关键领域,需要大规模的资金支持。我国需要加大人工智能领域的资金支持,鼓励多渠道的资金进入人工智能领域。■

(责任编辑:白耀星)

注释:

¹ 数据来源: <https://www.163.com/dy/article/GR6OE79O051480KF.html>。

² 为保持研究报告统计口径一致性,此处欧盟包括英国。

参考文献:

- [1]程文.人工智能、索洛悖论与高质量发展:通用目的技术扩散的视角[J].经济研究,2021,56(10):22-38.
- [2]郭凯明.人工智能发展、产业结构转型升级与劳动收入份额变动[J].管理世界,2019,35(7):60-77,202-203.
- [3]Bessen J.Automation and Jobs: When Technology Boosts Employment[R].Working Paper,2018.
- [4]Graetz G,Michaels G.Robots at Work[J].Review of Economics and Statistics,2018(100):753-768.
- [5]Zhou Y,Tyers R.Automation and Inequality in China[J].China Economic Review,2019(58):1-21.
- [6]李磊,王小霞,包群.机器人的就业效应:机制与中国经验[J].管理世界,2021,37(9):104-119.
- [7]陈永伟.作为GPT的GPT——新一代人工智能的机遇与挑战[J].财经问题研究,2023(6):41-58.
- [8]蔡跃洲,陈楠.新技术革命下人工智能与高质量增长、高质量就业[J].数量经济技术经济研究,2019,36(5):3-22.
- [9]郑世林,姚守宇,王春峰.ChatGPT新一代人工智能技术发展的经济和社会影响[J].产业经济评论,2023(3):1-20.
- [10]许雪晨,田侃,李文军.新一代人工智能技术(AIGC):发展演进、产业机遇及前景展望[J].产业经济评论,2023(4):5-22.
- [11]彭刚,彭肖肖,陈丹丹.人工智能统计与核算问题研究[J].经济学动态,2022,739(9):32-50.
- [12]张朝辉,徐毓鸿,何新胜.我国人工智能产业发展路径研究[J].科学学研究,2023,41(12):2182-2192.
- [13]顾国达,马文景.人工智能综合发展指数的构建及应用[J].数量经济技术经济研究,2021,38(1):117-134.
- [14]周杰琦,陈达,夏南新.人工智能的绿色发展效应:技术赋能和结构优化[J].当代经济科学,2023,45(5):30-45.
- [15]Acemoglu D,Restrepo P.Automation and New Tasks:How Technology Displaces and Reinstates Labor[J].Journal of Economic Perspectives,2019,33(2):3-30.
- [16]Acemoglu D,Restrepo P.Robots and Jobs:Evidence from U.S.Labor Markets[J].Journal of Political Economy,2020,128(6):2218-2243.
- [17]吕越,谷玮,包群.人工智能与中国企业参与全球价值链分工[J].中国工业经济,2020(5):80-98.

- [18]刘斌, 潘彤. 人工智能对制造业价值链分工的影响效应研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2020, 37(10): 24-44.
- [19]何宇, 陈珍珍, 张建华. 人工智能技术应用与全球价值链竞争[J]. 中国工业经济, 2021(10): 117-135.
- [20]王林辉, 胡晟明, 董直庆. 人工智能技术、任务属性与职业可替代风险: 来自微观层面的经验证据[J]. 管理世界, 2022, 38(7): 60-79.
- [21]李翔, 叶初升, 潘丽群. 人工智能何以提升中国制造业发展质量——索洛悖论在中国制造业的再检验[J]. 兰州大学学报(社会科学版), 2023, 51(4): 44-58.
- [22]王钰, 唐要家. 人工智能应用如何影响企业创新宽度? [J]. 财经问题研究, 2024(2): 38-50.
- [23]朱兰, 王勇. 要素禀赋如何影响企业转型升级模式? ——基于制造业与服务业企业的差异分析[J]. 当代经济科学, 2022, 44(1): 55-66.
- [24]朱兰, 王勇. 人工成本与制造业企业转型升级[J]. 武汉大学学报(哲学社会科学版), 2022, 75(2): 118-132.
- [25]Montagnier P, Ek I. AI Measurement in ICT Usage Surveys: A Review[R]. OECD Digital Economy Papers, 2021.
- [26]Cockburn I M, Henderson R, Stern R. The Impact of Artificial Intelligence on Innovation: An Exploratory Analysis[R]. In G. Agrawal & Goldfarb(eds.), The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda, 2019: 115-146.
- [27]陈凤仙. 人工智能发展水平测度方法研究进展[J]. 经济学动态, 2022(2): 142-158.
- [28]陈楠, 蔡跃洲. 人工智能、承接能力与中国经济增长——新“索洛悖论”和基于AI专利的实证分析[J]. 经济学动态, 2022(11): 39-57.
- [29]尹志锋, 曹爱家, 郭家宝. 基于专利数据的人工智能就业效应研究——来自中关村企业的微观证据[J]. 中国工业经济, 2023(5): 137-154.
- [30]贾夏利, 刘小平. 中美人工智能竞争现状对比分析及启示[J]. 世界科技研究与发展, 2022, 44(4): 531-542.
- [31]Daniel Castro, Michael Mclaughlin, Eline Chivot. Who is Winning the AI Race: China, the EU or the United States? [R]. 2019.
- [32]朱兰. 人工智能与制造业深度融合: 内涵、机理与路径[J]. 农村金融研究, 2023(8): 60-69.
- [33]朱兰, 吴紫薇, 王勇. 经济高质量发展的“引擎”——高端制造业发展、人力资本配置和经济增长[J]. 数量经济技术经济研究, 2024(4): 48-67.

The Spatial Polarization and International Catch-up of China's Artificial Intelligence Development

—— From the Perspectives of Technology and Industry

ZHU Lan

Abstract: Artificial intelligence (AI) is an important field that leads future technological and industrial transformations and builds national competitive advantages. Understanding the connotation of AI and selecting appropriate AI measurement indicators are the foundation and prerequisite for accurately grasping the current status and trends of AI development, formulating scientific and reasonable policies. Using different AI indicators, such as the number of AI patents and enterprises, global AI index, this paper analyzes the development Characteristics of AI. Domestic cross-regional comparisons reveal highly uneven distribution of AI technology and industry, which has high concentration and gradient distribution. Cross-national comparisons reveal that China's overall AI development is in a leading position. The number of patents and overseas presence are not weaker than that of the United States. However, patent quality, top enterprises, and talent lag behind the United States, demonstrating a “bucket effect.” To promote AI development, it is necessary to narrow the regional “digital divide” and balance regional AI development. At the same time, multiple measures should be taken to attract global AI talent come to china to do research or work.

Key Words: Artificial Intelligence; Indicator Measurement; Characteristic Analysis; Spatial Polarization; International Catch-up