

我国数字产业化高质量发展现状、问题及对策研究

苏金树¹, 闪四清^{2*}, 帅立国³, 汤鲲⁴, 隋秀峰⁵, 李艺农², 宋从溪¹, 卢锡城⁶

(1. 军事科学院, 北京 100091; 2. 北京航空航天大学经济管理学院, 北京 100191; 3. 东南大学机械工程学院, 南京 210096; 4. 中国信息通信科技集团有限公司, 武汉 430200; 5. 北京理工大学管理学院, 北京 100081; 6. 中国工程院, 北京 100088)

摘要: 数字经济包括数字产业化和产业数字化两方面。数字产业化是数字经济的基础, 也是产业数字化的驱动力量。本文采用问题导向、差距综合分析、定性定量相结合等方法, 深入探究我国数字产业化高质量发展的任务和途径。本文对国际上主要经济体数字产业化的政策引领、技术发展、产业实践进行系统分析, 研究我国数字产业化的发展现状、差距和短板, 剖析影响数字产业化高质量发展的主要问题, 并结合国情提出推动我国数字经济高质量发展的重点任务和对策建议, 包括构建中央与地方协同发展体系, 驱动数字产业化高质量发展; 强化共性关键技术攻关, 推进技术创新和产业创新深度融合; 完善数字产业化创新生态, 推动数字产业化各类创新主体协同发展; 构建数字要素价值化技术框架, 加快推进数据要素价值化进程; 强化人才队伍建设, 构筑数字产业化人才创新高地; 深入开展数字产业化国际合作, 与“一带一路”共建国家共享数字时代成果。

关键词: 数字产业化; 高质量发展; 人工智能; 数据要素

中图分类号: F49 **文献标识码:** A

High-Quality Development of Digital Industrialization in China: Status, Problems, and Countermeasures

Su Jinshu¹, Shan Siqing^{2*}, Shuai Ligu³, Tang Kun⁴, Sui Xiufeng⁵, Li Yinong²,
Song Congxi¹, Lu Xicheng⁶

(1. Academy of Military Science, Beijing 100091, China; 2. School of Economics and Management, Beihang University, Beijing 100191, China; 3. School of Mechanical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China; 4. China Information and Communication Technology Group Co., Ltd., Wuhan 430200, China; 5. School of Management, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China; 6. China Academy of Engineering, Beijing 100088, China)

Abstract: The digital economy encompasses both the industrialization of digital technologies and the digital transformation of industries. Digital industrialization serves as the foundation of the digital economy and acts as a driving force for the digital transformation of industries. This study employs problem-oriented approaches, comprehensive gap analysis, and the combination of qualitative and quantitative methods to explore the tasks and approaches for the high-quality development of digital industrialization in China. The study systematically analyzes the policy guidance, technological advancement, and industrial practices of digital industrialization in major economies around the world. It examines the status, gaps, and weaknesses regarding digital industrialization in China, identifies the primary issues affecting the high-quality development of digital industrialization, and proposes key tasks and policy recommendations for promoting the high-quality development of China's digital economy. Specifically, efforts should focus on building a coordinated

收稿日期: 2025-01-09; 修回日期: 2025-02-06

通讯作者: *闪四清, 北京航空航天大学经济管理学院教授, 研究方向为信息管理和信息战略、数字化转型; E-mail: shansiqing@buaa.edu.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“数字产业化高质量自主发展的途径和战略”(2023-XZ-64)

本刊网址: sscae.engineering.org.cn

development system between the central and local governments, strengthening the research and development of common key technologies to promote the deep integration of technological and industrial innovations, and improving the innovation ecosystem of digital industrialization to promote the coordinated development of various innovation entities in digital industrialization. Furthermore, policy recommendations include constructing a technical framework for the value realization of digital factors, strengthening the construction of talent teams to build a highland for talent innovation in digital industrialization, and conducting deep international cooperation in digital industrialization to share the achievements of the digital age with countries along the Belt and Road.

Keywords: digital industrialization; high-quality development; artificial intelligence; data factor

一、前言

近年来,世界各国高度重视数字经济发展,各国数字经济呈现出强劲的发展态势,其发展速度快、辐射范围之广、影响程度之深前所未有。据中国信息通信研究院发布的《全球数字经济白皮书(2023年)》^[1]相关数据核算,2022年全球51个国家数字经济增加值规模为41.4万亿美元,占国内生产总值(GDP)比重为46.1%^[2]。数字经济在各国国民经济中的地位不断提升,并日益成为重组全球要素资源、重塑全球经济结构、改变全球竞争格局的关键力量^[3]。

根据国家统计局发布的《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》,数字经济分为数字产业化和产业数字化两大部分。其中,数字产业化指的是通过现代信息技术的市场化应用,推动数字产业的形成和发展;产业数字化则是利用现代信息技术对传统产业进行全方位、全角度、全链条的改造。数字产业化涉及信息技术创新和管理创新、商业模式创新融合,不断催生新产业、新业态、新模式,最终形成数字产业链和产业集群。

我国自1994年完全接入国际互联网以来,先后经历了个人计算机联网、移动互联网、社交互联网等发展阶段,正在逐步向智能化时代不断迈进。在该进程中,我国数字产业化发展取得了长足的进步。相关统计数据显示,2023年我国数字产业化规模已达到10.09万亿元,占GDP的比重达到18.7%^[1]。数字产业化在推动技术创新、赋能产业数字化、促进经济发展、保障国家安全等方面发挥了重要作用。

当前,我国数字产业化正在不断从起步迈向国际前列,面临着激烈的国际科技竞争,需要全面梳理数字产业化发展现状和存在的问题,加快探索未来实现高质量发展的新途径^[4-7]。本文首先从政策引领、技术发展、产业实践三方面,对国际上主要经济体,包括美国、欧盟、德国、日本、英国等国家

或地区的数字产业化进行定性和定量分析;总结我国数字产业化发展现状,剖析影响我国数字产业化高质量发展的主要问题;结合我国国情,提出推动我国数字产业化高质量发展的重点任务和对策建议,以为相关产业发展提供借鉴。

二、世界主要经济体数字产业化发展态势

(一) 国际政策发展态势

政策动态主要分析数字产业化政策发布情况,通过统计各国数字产业化相关政策文件数量,反映政府在推动数字产业化发展方面的战略布局和政策支持力度。

国际主要经济体都高度重视并积极制定数字产业化政策,引领数字产业化发展。美国在政策上的引领成分更大,欧盟在安全发展、个人隐私等方面关注更多。2018—2023年各国政策的发布数量表明,英国和美国在政策供给方面表现最为积极,数量占优,反映持续加强数字产业化发展的战略取向。2010年美国商务部提出“数字国家”概念;2015年发布《数字经济议程》;2022年发布《美国网络空间和数字政策国际战略》,明确了美国推动开放、自由、安全的国际数字环境政策立场,支持数字贸易和创新合作。

欧盟作为全球最大的区域性经济合作组织,在2009年将数字经济建设纳入欧盟的发展规划,推出了一系列发展政策与指导性文件,通过强化立法与数字单一市场建设,使欧盟各成员国的数字化水平不断提高。欧盟先后发布了《塑造欧洲的数字未来》《欧洲数据战略》《2030数字指南针:欧洲数字十年之路》等战略,明确了欧盟的数字化转型路径。

(二) 国际技术发展态势

国际技术发展主要分析相关关键技术、研发投

入、专利、论文、标准等的发展情况，分别从集成电路与微处理器、基础软件、网络和应用系统4个技术层面进行总结分析。

在集成电路设计、制造和微处理器领域，美国始终保持技术上的持续创新优势，在高端芯片设计、制造设备、核心技术等方面一直占据主导地位。日本、韩国在政府与企业的协同努力下实现了追赶与超越，三星集团、SK海力士公司在存储芯片方面的竞争力突出。发达国家在3D封装、极紫外光刻（EUV）技术等先进制程、新架构、新材料等方面开展深入研发，并试图通过四方芯片合作协议，加强产业联盟与合作，通过技术封锁等手段，保持领先优势。英特尔公司、超威半导体公司（AMD）、英伟达公司在中央处理器（CPU）和图形处理器（GPU）领域的优势十分明显。

在操作系统、数据库、中间件等基础软件领域，Windows、Unix、Linux等形成了服务器操作系统的长期优势。Android、iOS等在桌面端和移动端应用程序开发领域占主导，甲骨文股份有限公司（Oracle）、国际商业机器公司（IBM）等厂商也一直在数据库、中间件等基础软件方面占据主导地位，形成了生态成熟、兼容性好的系列产品，在大型企业和跨国公司广泛应用。

在网络领域，思科公司、瞻博网络公司、博通公司等技术和产品在2020年前一直处于国际主流地位。大模型的出现，使得英伟达公司的Nvlink、IB网络技术成为一枝独秀，Arista成为网络新秀，众多互联网企业基于博通公司的交换芯片定制交换机使其得到极大发展。在人工智能（AI）计算的端侧，互联网头部企业都在推进端的网络创新方案，如谷歌（Google）公司、xAI公司等。

在应用软件领域，21世纪以来，移动互联网、云计算、大数据、AI等技术推动信息应用爆发式增长，世界各国在社交网络、共享经济、智能交通等领域的应用层出不穷。

综合分析，英伟达公司的GPU、Nvlink+IB（Infiniband）网络和CUDA生态，OpenAI公司、谷歌公司的大模型技术等在这一轮智能计算领域形成新的竞争优势，亚马逊公司的云计算服务AWS、奥多比（Adobe）系统公司的创意设计软件、Cadence公司的计算机辅助设计/计算机辅助制造（CAD/CAM）软件等长期占据专业软件的霸主地位。

（三）国际产业实践情况

产业实践情况从头部企业数量、企业总产值、国际贸易出口规模等方面，分析数字产业化运行的实际效果，重点关注GDP、数字经济规模、独角兽企业数量与估值，数字产业化出口、进口等情况。图1分别是2018年和2023年世界主要经济体的产业实践情况。美国的GDP、数字经济规模、独角兽企业数量依然大大领先于其他经济体。欧盟的数字产业化服务出口有较大增长。独角兽企业数量和数字产业出口是关键变量，需进行深入分析。

1. 独角兽企业情况

技术创新是独角兽企业的立足之本。英伟达公司在GPU技术上独树一帜^[8,9]，博通公司在通用以太网上的创新，都呈现技术创新的重要性。独角兽企业数量是衡量国家创新创业生态的重要标尺，凭借其卓越的技术、商业模式和市场潜力实现快速增长，是引领行业变革和经济发展的重要力量。本文

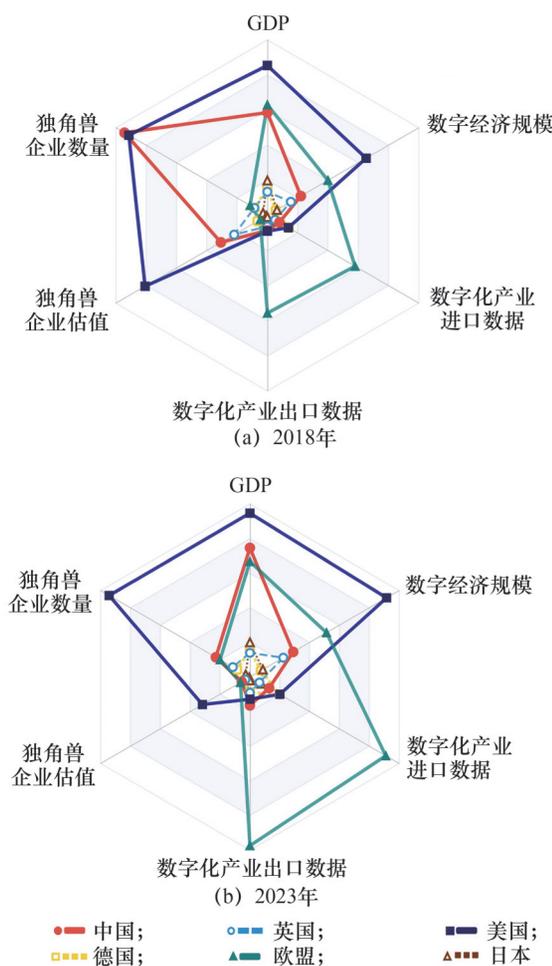


图1 世界主要经济体产业实践雷达图

选择Crunchbase机构2024年发布的全球独角兽榜单企业进行分析,统计截止日期为2024年9月10日。

图2所示为世界主要国家的独角兽企业数量,美国最多(758家),占比48.9%;中国(283家)仅次于美国,占比18.2%;英国(64家)占比4.1%;欧盟(119家)占比7.7%。美国拥有强大的创新生态和成熟的资本市场,为初创企业提供了良好的成长环境。硅谷作为全球科技创新的中心,聚集了大量的风险投资和高科技人才,共同促进了独角兽企业的诞生和发展。

2. 数字产业服务出口

数字产业服务出口是一个国家参与全球数字经济的关键路径。数字服务(如软件、信息技术服务、数据处理等)的出口增长不仅代表了一国在该领域的技术领先性,也能够推动从传统制造业向知

识密集型经济转型,帮助本国企业参与全球价值链并提高竞争力。通过进口先进的数字技术、设备和服务,发展中国家可加速技术转型和产业升级。

2022年,数字服务出口份额全球前六位的国家分别是爱尔兰、印度、中国、美国、德国、法国。图3展示了这些国家在2013—2022年,数字服务出口占全球的份额。爱尔兰在国际数字服务出口市场上具有主导地位。2018年,爱尔兰实现出口额对印度的反超,之后出口额长期保持世界第一,并远远超过其他国家。中国、美国、法国数字服务出口份额一直比较稳定,其中,中国自2018年以来,在国际数字服务市场的份额始终处于8%~9%。印度自2016年以来,数字服务出口明显下滑。

爱尔兰数字服务出口份额大、价值高的原因可总结为:一是爱尔兰的互联网基础设施完善。欧盟

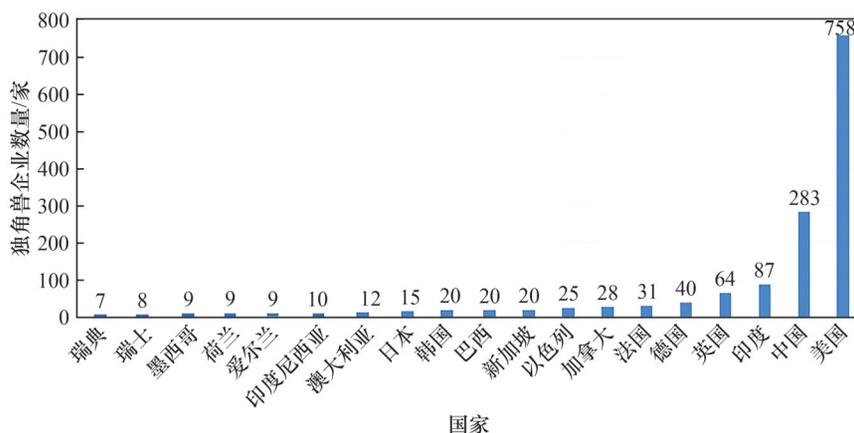


图2 世界主要国家独角兽企业数量

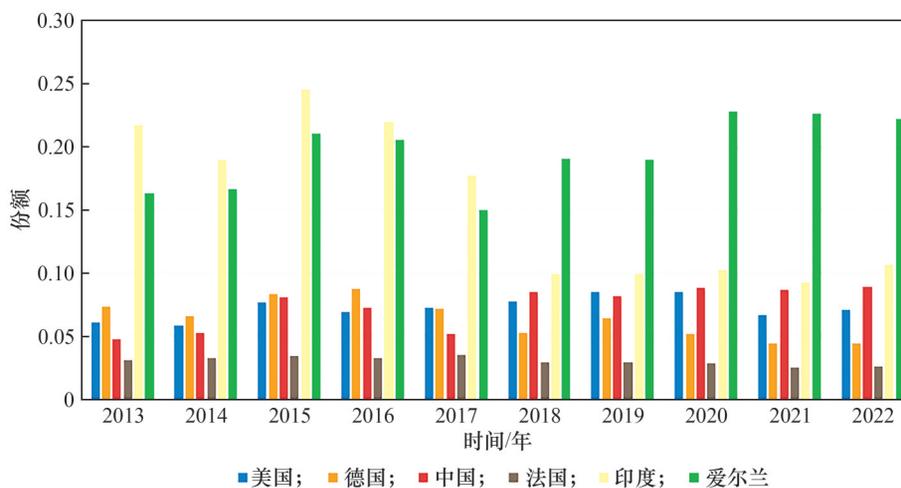


图3 部分国家数字服务出口占全球的份额

委员会 2021 年发布的报告显示，爱尔兰宽带覆盖率的各项指标，均在欧盟内部处于领先水平；二是爱尔兰为广大跨国企业提供优惠的税率政策。经济合作与发展组织（OECD）发布的 2024 年公司税率统计报告显示，在研究与开发领域，爱尔兰的平均有效税率在欧盟中处于最低水平；同时，爱尔兰对知识产权税率的减免力度也显著强于欧盟其他国家。因此，爱尔兰吸引了大量的科技公司，特别是在软件、云计算和数字服务领域。爱尔兰的时区优势，也使不少国际大企业将爱尔兰作为欧洲分部的所在地。图 3 中另一个值得关注之处是，印度最近几年的数字服务出口有显著下滑，主要原因有：一是全球经济增长放缓，尤其是美国和欧盟的经济发展减速，导致了对信息技术和数字服务需求降低；二是印度的数字化基础设施建设和数字化科研投入不均衡，导致竞争力减弱。

三、我国数字产业化发展现状

（一）政策发展现状

近年来，我国陆续制定并出台了一系列推动数字产业化高质量发展的政策文件。2016 年，《网络强国战略实施纲要》发布，提出建设网络强国“三步走”计划，我国数字经济产业发展已具雏形；2018 年，正式发布《数字经济发展战略纲要》，明确我国数字经济发展基础设施、服务等方面的系统战略部署；2022 年，《“十四五”数字经济发展规划》发布，从顶层设计上明确了我国数字经济发展的总体思路、发展目标、重点任务和重大举措；2023 年，《数字中国建设整体布局规划》发布，明确了数字中国建设的整体战略部署。

为贯彻落实党中央、国务院关于发展数字经济的决策部署，发挥数字人才支撑数字经济的基础性作用，多部委联合印发《加快数字人才培育支撑数字经济发展行动方案（2024—2026 年）》，提出要紧贴数字产业需求，打造高水平数字人才队伍，为数字经济高质量发展提供坚实人才支撑。2024 年 7 月，国务院常务会议研究部署了推进数字经济高质量发展的有关工作，指出要从全局高度认识和推动数字经济高质量发展，持续优化数字经济发展环境，协同完善数据基础制度和数字基础设施，推进数据要素市场化配置。

在数字产业化政策上各部门根据统一部署，积极推动法律、政策和规范出台，有力地指导了地方和企业的数字化产业发展。在政策合成上，还需要加大统筹力度，避免出现“合成谬误”。

（二）技术发展现状

21 世纪以来，我国大规模集成电路与微处理器产业迅猛发展，产业规模不断扩大，已成为全球最大的集成电路市场之一。CPU、GPU 等领域取得十分明显的突破，在政策和资金的持续支持下，加快了自主创新，突破了核心技术瓶颈，飞腾、鲲鹏、龙芯、神威等品牌的处理器应用逐步推广。但整体与国外仍有差距，特别是 AI 技术浪潮形成了 GPU 方面的新差距，微处理器芯片、先进制造设备、关键材料等依赖进口的局面短期难以改观。

在基础软件领域，国内的麒麟、统信、鸿蒙等操作系统发展迅速，达梦数据库、OceanBase、GaussDB 等数据库，特别是分布数据库、数据湖等新技术有显著突破，国内市场份额逐步提升。中间件在政务等行业应用增加，能满足部分需求，但在高端市场与国外尚有差距，需要继续加大研发投入，构建自主生态，提升兼容性与稳定性，拓展应用领域，参与国际竞争，提升服务能力和市场竞争力，缩小与国外差距。

在网络领域，国内华为技术有限公司、中兴通讯股份有限公司等设备制造商在互联网设备上已经实现与国外基本同步发展。盛科通讯股份有限公司、楠飞科技有限公司等芯片供应商也在推出国内通用以太网芯片。以大模型为代表的大规模智能计算，凸显出我国在 GPU、网络、智能基础软件分离发展方面的缺陷。当前，国内 GPU 的网络基本上是以以太网，以连接在 PCIe 总线上为主。尚未看到类似英伟达公司直接从 GPU 计算部件外联、带宽达到 900 GB/s 的产品。GPU 网络带宽对大规模智能处理非常重要，需要及时弥补差距。

在应用软件领域，21 世纪以来，随着移动互联网、社交互联网等的发展，我国已成为后起之秀，市场规模庞大，用户基数大，社交、电商、移动支付等应用普及度高，微信、支付宝等在移动支付领域的优势突出。短视频等创新应用引领全球潮流，抖音、快手等影响力不断扩大。在人工智能、大数据应用上快速追赶，与国际发展水平相当。

从信息领域的论文专利等宏观技术指标看,我国技术发展呈现良好发展态势。根据英国《经济学家》报道^[10],2022年中国高影响力论文数量的占比超过美国和欧盟,达到40%。衡量一系列顶级期刊文章的自然指数在2023年超过美国,达到20%。

专利是我国2018—2023年数字技术发展中的关键变量。从2018年的7.5万件增长至2022年的20.2万件,增幅约170%,但存在结构不平衡问题。从图4(a)可知,我国在第五代移动通信(5G)和AI领域具有显著的专利优势,是美国的两倍左右,表明中国的领先地位。从图4(b)可以看到中国在软件等领域处于落后水平,中国的软件产业发展不仅低于美国,也低于欧盟,说明我国在软件上还存

在技术差距;在芯片和操作系统领域虽然超过了欧盟,但与美国相比还有很大差距。图4(c)聚焦于中国专利情况中与美国和欧盟相近的领域,表明在电子商务、区块链等领域中国具有很大的竞争潜力。

综合分析,我国基础软件、硬件短板明显。在5G等领域形成错位发展优势,在AI领域形成比肩的技术赶超格局。我国虽然在集成电路、基础软件到应用的整体生态都做出了非常突出的成就,取得了巨大进步,但要形成良好发展的国际性技术生态,形成有综合竞争力的技术产品,并转化为数字产业化的优势,还存在不少差距,需要长期努力,久久为功。

(三) 产业实践情况

我国的数字产业化企业集中度自2018年起快速上升,头部7家企业的营业收入占比从不足5%到超过20%,显示出头部企业在全中国数字产业化中日益增强的竞争力和越来越高的市场份额。北京抖音信息服务有限公司、阿里巴巴集团、腾讯计算机系统有限公司等涌现出强劲的增长动力。通过持续推动创新驱动发展战略,培育出一批高成长型独角兽企业。

从图1可以看出,国内产业实践的关键变量是独角兽企业的数量和规模出现大幅缩水,具体的发展情况如图5和图6所示。图5是2014年以来各国独角兽企业的成立时间占比,可以看出中国的独角兽企业主要在2019年之前成立,而美国近些年保持高位发展。美国独角兽企业成长迅速,而我国需要较长时间发展。因此,我国应提高企业的发展规模和速度,更加高质量地发展重点支柱企业。

图6所示为各经济体独角兽企业成立时间的堆积柱形图。可以看出,2021年左右成立的独角兽企业最多,全球范围内的技术创新,尤其是移动互联网、云计算和AI等领域的快速发展,为新兴企业的成长提供了技术基础和市场机遇。同时观察到中国的独角兽企业成立时间集中在2015年、2018年、2019年、2021年,而欧盟则相对比较均匀,美国则在2018—2024年间均有大量的独角兽企业成立,说明美国的企业创新氛围良好,发展势头强劲。我国需关注政策的持续性和保持稳定发展。

头部企业和独角兽企业往往也是数字产业化技

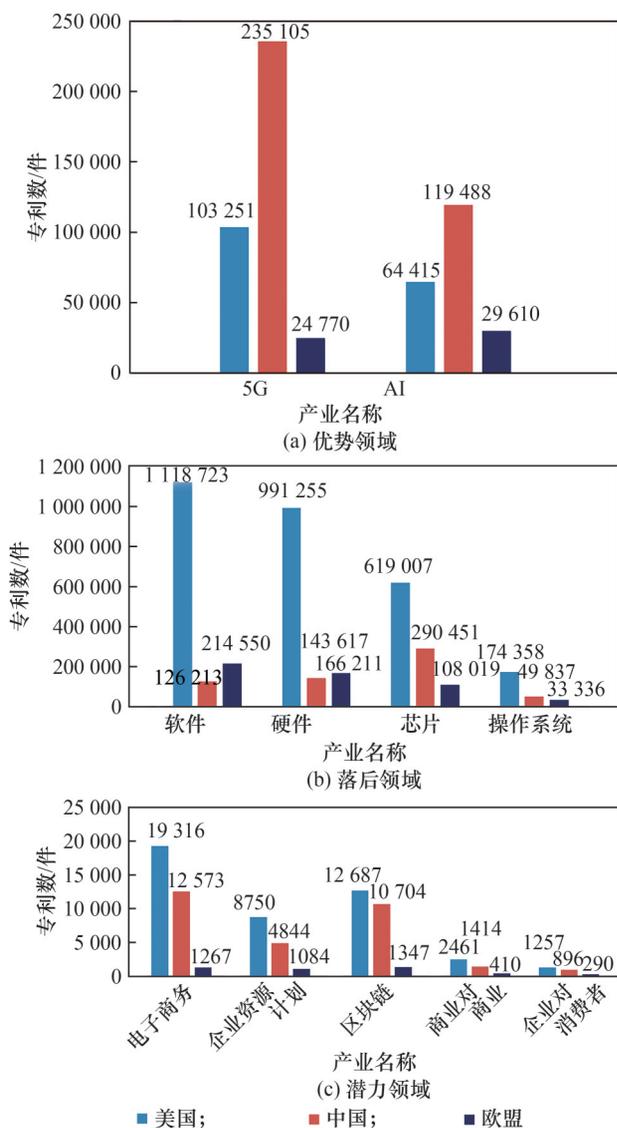


图4 美国、中国、欧盟数字产业的发展情况

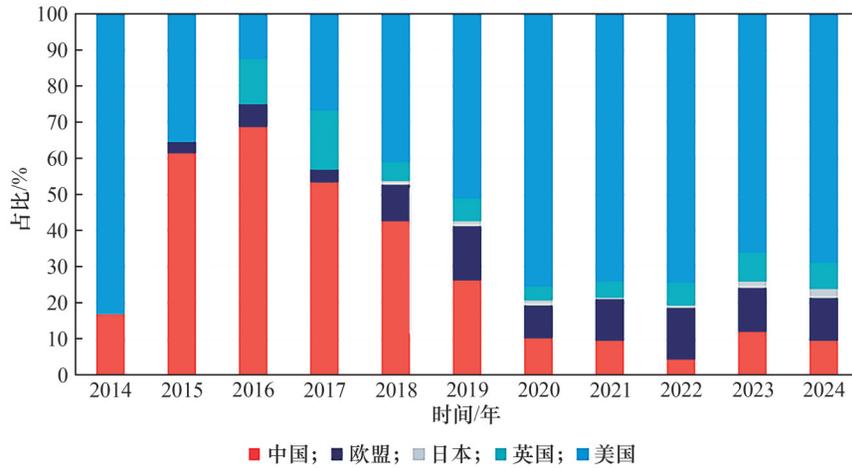


图5 2014年以来各国/地区独角兽企业成立数量占比

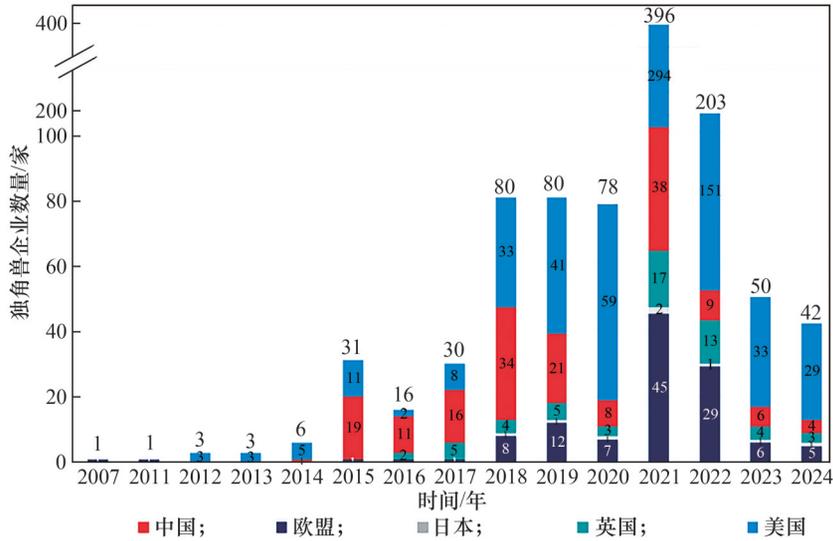


图6 各国/地区独角兽企业数量堆积柱形图（2007—2024年）

术生态的引领者。技术生态对发展数字产业化极其重要：一是促进创新能力提升。云计算生态将传统软件交付模式，从传统的本地安装转向云端订阅，推动了软件即服务（SaaS）等创新模式的出现。二是促进产业协同发展。数字产业化生态涵盖硬件、软件、网络、服务等多个小生态，各个生态间相互依存和促进。三是提升国际竞争力。强大的技术生态能够吸引全球范围内的资源和人才，形成产业集群效应，提升一个国家或地区在全球数字产业化领域的竞争力和影响力。20世纪80年代，微软公司和英特尔公司达成合作组成了Wintel联盟，占据主导地位长达数十年。当前英伟达公司的智能计算生态则占据主导地位。

我国杭州深度求索人工智能基础技术研究有限公司（DeepSeek）通过数据集准备、模型训练架构、算力调度系统、直接调用底层硬件等四大创新，以及模型参数、训练方法的开源为我国AI发展赢得一次重大机遇，也展示了我国年轻创业者和技术创新人员的创新实力。

四、我国数字产业化高质量发展面临的主要问题

（一）数字产业化政策精准引领不够，数字化技术研发投入不足

政府良好的顶层设计、适当的政策引导和加大

研发投入是促进数字产业化健康持续发展的关键。在收集中国和美国数字产业化政策文件的基础上,对比分析产业政策中创新、质量、基础、软件、方法、系统、应用等关键词的词频,可以发现,尽管我国近年来政策供给朝着更加细分、专业的方向发展,但依然侧重于创新、质量等宏观目标,宏观政策偏多、具体措施偏少的问题仍较为突出。可以借鉴新能源汽车等行业的成功经验^[1]。

数字产业化的健康发展离不开国家研发资金投入。我国持续增加研发投入,尤其是在 AI、5G、半导体等领域。企业也是科研投入的重要力量,阿里巴巴集团、深圳市腾讯计算机系统有限公司、华为技术有限公司、北京抖音信息服务有限公司等,在研发上投入巨大。我国的研发支出起步较低,近年来保持稳步增长,但差距依然较大。图7是根据世界银行 2014—2022 年 GDP 数据和研发支出(占 GDP 的比例)计算得出。图7显示,我国的研发支出增长迅速,与欧盟相比接近,但与美国相比仍有较大差距。基础科学研究方面的投入更显不足,顶尖科学家和技术专家在数量上仍与发达国家有差距,限制了我国数字化技术的原创性和突破性成果的产生。

(二) 数字产业化技术生态比较薄弱, 数字化企业尚未协同发展

技术生态在数字产业化中尤其重要,无论是数字化技术生态、头部数字企业产值规模、独角兽企业数量与发达国家都存在较大差距,既难形成引领型

影响,也难形成“护城河”,可持续发展得不到保障。

一是数字产业化生态处于弱小零碎、彼此孤立状态。数字化资源配置过多依赖政府调控,同时面临着技术和成果含金量偏低及市场化机制不成熟等问题^[2]。从调研结果来看,在国家相关部门或者地方政府的支持下,我国数字产业化最基础的组件如 CPU 和操作系统,存在着厂家多、市场规模不大等突出问题。反观国际上主流计算机系统的 CPU 主要是 Intel、AMD 两种。CPU、操作系统是数字化技术底座的重要内容,品种多了,数据库、中间件也多种多样,导致应用软件开发工作量巨大。多数行业应用软件企业,需要适配 2~3 种 CPU、3~4 种操作系统、2~3 种数据库等,导致软件迁移工作量大,维护难度大,需长期依靠人力资源,勉强维持盈亏平衡。通用领域达不到一定市场规模,就难以保障软/硬件质量,企业运行长期处于盈亏线附近。为推动数字产业化高质量发展,应建立数字化生态国家统筹机制,采取有力措施,纠正与全国统一大市场相违背的做法。

二是领军企业产值规模缩小,独角兽企业数量不足。2017年,中国与美国的领军企业市值差距尚不显著。苹果公司市值位居全球第一,达 8608.8 亿美元;中国的深圳市腾讯计算机系统有限公司和阿里巴巴集团市值约为 4000 亿美元,虽不及苹果公司,但同样具备全球影响力。2024年,苹果公司、微软公司、英伟达公司等突破 3 万亿美元,深圳市腾讯计算机系统有限公司为 4000 多亿美元,差距扩大。截至 2024 年 6 月,在信息技术行业的全球市值

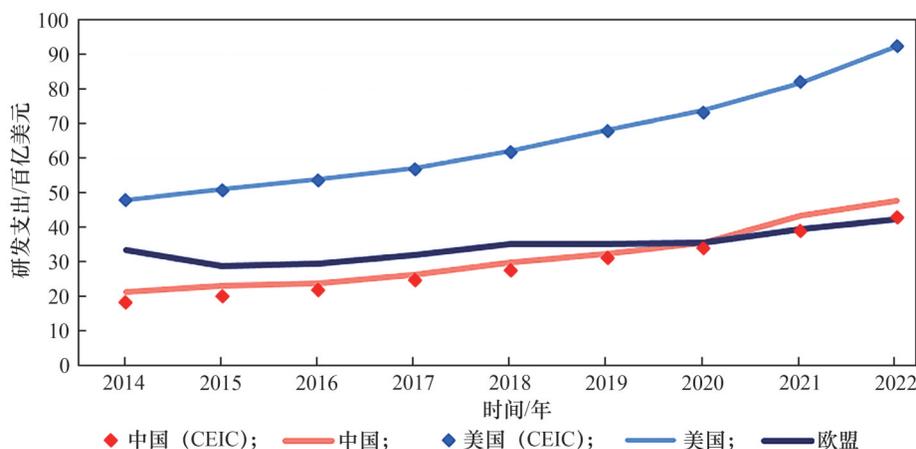


图7 中国、美国、欧盟 2014—2022 年研发支出

注: CEIC 为中国经济信息中心。

排名中，中国公司无一进入前二十。中国头部企业的净利润与市盈率远低于美国同行，外部环境的不确定性，同样使市场对我国数字产业企业出现保守预期与信心不足。数字产业化如何更好带动实体经济、或者产业数字化也是技术生态需要加强关注的问题^[13,14]。根据上述分析，近年来我国数字产业化的领军企业和独角兽企业的数量与规模都在降低。

三是培养高端人才机制尚未建立。完成学业并顺利就业是数字领域学子的最大愿望，也是人才成长的主要路径。怀着创新思想、创新理念创办企业的较少，对原始创新进行大额度风险投资也较少，导致实干型高端人才缺乏。数字技术作为技术迭代十分迅速的高新技术领域，需要建立突破常规人才成长的机制。

（三）新一代人工智能发展起步早，但是新阶段的原创突破尚待努力

2017年，国务院发布《新一代人工智能规划》，工业和信息化部发布《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划（2018—2020年）》等，在AI发展领域，我国起步早，政策措施得力。但2022年ChatGPT的推出出乎预料，其颠覆性、创新性令世界瞩目。以Transformer算法为代表的大模型技术、极大规模的算力需求是业界始料未及的。

一是关键技术自主创新能力不足，缺少有国际影响力的原始创新成果。在核心技术和基础算法上对外部依赖度较高，尤其是在模型算法的重大创新、高端芯片、操作系统、智能开发框架等方面尚未形成影响世界技术进展的重大成果。与英伟达公司的高端芯片、谷歌公司的TensorFlow和Facebook公司的PyTorch等开发框架相比，我国产品的影响力尚有较大差距。

二是行业应用落地难度大。当前我国AI技术的研究群体主要集中在头部互联网企业、高等院校和科研院所。规模以上企业和中小企业对AI技术掌握还不够。AI技术与具体行业业务流程的深度融合存在障碍，导致智能技术难以快速转化为实际生产力，阻碍产业结构转型升级^[15]。产业数字化需要根据应用领域需求，开展智能化、定制化设计，进一步增加了技术落地的难度。

三是AI for Science（AI4S）工作模式尚未得到足够重视。人机协同的智能化信息系统设计、编程

等尚未提到多数一线技术人员的议事日程。

（四）数据要素的技术体系尚未形成，数据价值化面临多重问题

《大数据产业发展规划（2016—2020年）》指出，我国在新型计算平台、分布式计算架构、大数据处理、分析和呈现方面与国外仍存在较大差距，对开源技术和相关生态系统的影响力较弱。

一是高质量数据资源匮乏。尽管我国拥有庞大的数据量，但数据质量参差不齐，特别是大规模、高质量的行业数据集相对缺乏。当前，我国的数字化、网络化、智能化同时发展，既要迎头赶上智能潮流，又要把数字化的差距缩小。我国数字产业化大而不强，市场规模大，但技术主要来源于跟踪学习，国际上主要大模型训练的中文数据占比低于1%。

二是大数据和数据安全技术攻关亟需加强。绝大部分的大数据属于非结构化数据，存在于社交网络、互联网和电子商务等领域，表现为高维、多变和强随机性等。视频就是典型的非结构化数据，我国的视频比任何国家都要多。大数据来源众多、数量巨大、形式各异，要从中获得一目了然的信息，就需要高效、可靠的数据管理和分析平台。企业生产数据也经常被勒索软件视为攻击对象。因此，亟需攻关海量数据存储、数据清洗、数据分析发掘、数据可视化、自然语言理解、数据安全等技术。

三是数据共享与交易技术。“数据孤岛”是一个长期存在的问题。由于政府部门间、企业间、政府和企业间信息不对称、制度法律不具体，缺乏公共平台和共享渠道等，大量数据“不愿公开、不敢公开、不能公开、不会公开”问题存在已久，而已开放的数据也因格式标准缺失难以关联融合，形成“孤岛”。因此亟需从政策和技术两方面加强研究，建立高效的数据共享和交易机制^[16]。

五、我国数字产业化高质量发展的重点任务

（一）构建中央与地方协同发展体系，驱动数字产业化高质量发展

一是采用“国家重大项目+地方常态探索”新模式，构建中央与地方协同推动的数字产业化发展机制。组织开展“数字产业化技术生态”“百万卡

算力基础设施”等国家重大项目，采用多方投入、共享利益、共享税收模式。

二是鼓励地方常态探索适合本地特色的数字产业化发展模式。构建价值链、产业链互补的“产学研”协作联盟，打造渐进更新的区域发展集群。在政策上，鼓励和支持“产学研用”之间的深度合作，构建协同创新网络，促进知识的交流与技术的转化，提升我国在全球数字化领域的竞争力。中央政府根据各省先进经验形成优先试点区，提高数字产业化增长政策的指向性，引领高质量发展。

（二）强化共性关键技术攻关，推进技术创新和产业创新深度融合

一是超前部署算力基础设施建设。目前，10万卡智能计算基础设施国际上已有多家部署，E级超级计算逐步走向实用。百万卡智能计算或者Zeta级计算能力会成为未来5年的重要发展目标。建议将“百万卡智能算力基础设施与应用”纳入国家专项，并按照大科学装置的管理办法进行管理。对于大规模智能算力建设，国家给予提供税收优惠、研发补贴等政策支持，降低企业和科研机构的研究成本。同时采用多方投入、共享利益的模式，中央、地方、企业等多方共同投入资金和资源。

二是加快智算超算关键技术研发攻关。包括：①智算超算融合异构计算、存算一体、大规模智算系统架构等体系结构技术，DeepSeek的成功，充分证明了大规模智能计算体系结构设计和系统软件的优化空间非常大。可以发挥我国信息人才的规模优势、年龄优势。②高性能智能计算、超级计算、混合计算等芯片技术。③极大规模网络、无损网络、0.8/1.6 Tbps转发、100 Tbps交换等网络技术，特别是当前大规模AI计算亟需的、从计算部件直接对外连接的网络能力，事实上也是我国大规模GPU互联面临的重大短板。通过高性能网络可弥补CPU/GPU工艺能力受限问题。④大容量、高带宽存储技术、全闪存、数据跨域调度等数据存储技术。⑤算法、模型、系统软件的优化技术。

三是加快推动智算超算技术市场化应用推广。通过实际比对测试，选取2~3家计算芯片、网络芯片和存储芯片作为国家推荐芯片。选取2~3个类似DeepSeek、由我国主导的深度学习框架和模型，支持上述计算、网络和存储芯片，能够构建十万卡、百

万卡规模的并行训练，并支撑百万级云上推理用户。

（三）完善数字产业化创新生态，推动数字产业化各类创新主体协同发展

一是通过政策扶持和资源整合，支持领军企业扩大生产规模和研发投入，培育一批具有国际核心竞争力的数字产业化领军企业，建立丰富的数字产业化生态，包括CPU、GPU、服务器、存储设备等硬件生态；操作系统、数据库、中间件等软件生态；广域网、数据中心网络、本地网等网络生态；云计算、电动汽车、无人平台、智能车联网等应用生态。领军企业应主动促进上下游企业在研发、生产和服务等环节的紧密协作，提升全产业链的创新能力和响应速度。领军企业要积极参与国际标准制定，提升全球竞争力。

二是在“专精特新”基础上，打造一批世界级“隐形冠军”企业、独角兽企业。鼓励“专精特新”等创新型企业当前的重点发展方向上，提出具体科研目标，高校等科研机构面向企业需求开展稳定的科研攻关合作，加快知识的交流与技术的转化速度，培育领域的独角兽企业。尤其鼓励国家重点研究发展计划的成果采取先使用、后付费方法，参与到“专精特新”和“隐形冠军”企业的打造中，在广大信息企业参与中，营造我国的数字化产业生态。

六、促进我国数字化产业高质量发展的对策建议

（一）构建数字要素价值化技术框架，加快推进数据要素价值化进程

党中央、国务院发布的《数字中国建设整体布局规划》将数据基础设施和数据资源体系作为“两大基础”。国家数据局等部门共同起草了《国家数据基础设施建设指引（征求意见稿）》。当前数据要素价值化技术比较零散，数据技术和数据要素价值化技术研究相互脱离，不能满足上述发展需求。为了加快数据要素价值化进程，亟需建立数字要素价值化技术框架和效率评估体系，通过技术框架，统筹数据流通，建设统一目录标识、统一接口要求的数据流通设施，支持数据跨层级、跨地域、跨部门、跨系统流通。

以数据要素价值化技术框架为牵引，加快形成

市场化的资源配置方式，解决数据作为核心生产要素在市场中的价值化问题。一是加强数据要素确权机制和技术建设。构建市场价值驱动的数据要素聚集机制，解决数据定价与流通机制难题。二是构建可信数据空间。针对数据的低成本可复制性、非排他性等特点，研发适合的数据价值评估方法和技术，包括大规模数据交易处理技术、高效的数据加密技术、隐私保护技术、同态加密技术、区块链技术、多方计算、数据脱敏技术等，以构建安全、高效的数据交换和交易平台，确保数据要素的合规性、安全性以及数据权限可追踪。三是创新数据价值评估、数据供需匹配、数据交付与交易机制等技术，为数据交易的标准化、便捷化提供技术保障。四是数据要素价值化技术，包括数据资源表示、数据主体确权、数据处理工具、市场交易环境等。

(二) 强化队伍建设，构筑数字产业化人才创新高地

一是加强数字产业化创新人才生态建设。建立以创新能力、质量、贡献为导向的信息技术人才评价体系，打破“四唯”评价倾向。支持建设一批高水平的信息技术创新创业平台，为人才提供良好的科研条件和发展空间。倡导敢于创新、勇于探索、宽容失败的文化氛围，鼓励人才大胆尝试、敢于突破。Deepseek 创新模式应成为数字产业化创新的典范。

二是构筑高水平国际合作交流机制。加强与国际知名高校、科研机构、企业的合作，共同开展信息技术领域的前沿研究和关键技术研发。推出具有国际竞争力的人才交流政策，吸引全球顶尖信息技术人才来华工作、创业或开展合作。制定更加开放的政策，举办高水平国际学术会议和论坛，让我们的成果能更大程度上影响国际的技术发展。积极参与国际科技组织和标准制定，提升国际话语权和影响力。

三是鼓励应用型人才全面投入数字化产业，推动高校与企业的深度合作，通过特色学院、卓越工程师学院、新工科学院、校企联合实验室等平台，实现人才资源共享和优势互补，使企业得以成为学术研究和人才培养的重要参与主体，将我国论文专利的“繁荣”转换为解决实际问题的能力。可以参考德国弗劳恩霍夫协会的做法，优化应用型科研机

构的投资结构与比例。也可以借鉴美国北卡罗来纳州“科研三角园”做法，实现高校教育-企业经营互动，构建全新的企业与学校合作伙伴关系，链接高水平的研究型大学和临近的大学，实现教育与数字产业链协同创新发展。

(三) 深入开展数字产业化国际合作，与“一带一路”共建国家共享数字时代成果

坚持共商共建共享原则，助力“一带一路”共建国家数字化产业发展，让数字化、网络化、智能化为国际社会发展增添动力。一是共建数字产业化基础设施，建设数据中心、5G网络、海底光缆、卫星通信等基础设施，提供数据存储、处理等服务，推动当地数字化产业发展；二是共同开展数字产业化技术攻关，与共建国家的高校、科研机构和企业合作，建立联合实验室和研发中心，共同开展信息技术研发项目，推动技术创新和应用，帮助共建国家的制造业企业引入工业互联网、AI等技术，实现生产过程的智能化、自动化和柔性化，提高生产效率和产品质量；三是开展数字化产业标准互认合作，减少贸易壁垒，促进数字产品和服务的跨境流通；四是开展数字产业化人才培养项目，开展各类信息技术培训，提升当地人才的数字素养和技术水平。鼓励我国信息技术人才到共建国家交流和工作，促进人才的双向流动与合作。

利益冲突声明

本文作者在此声明彼此之间不存在任何利益冲突或财务冲突。

Received date: January 9, 2025; **Revised date:** February 6, 2025

Corresponding author: Shan Siqing is a professor from School of Economics and Management, Beihang University. His research fields include information management and information strategy, digital transformation. E-mail: shansiqing@buaa.edu.cn

Funding project: Chinese Academy of Engineering project “Pathways and Strategies for High-Quality Autonomous Development of Digital Industrialization” (2023-XZ-64)

参考文献

- [1] 中国信息通信研究院. 全球数字经济白皮书(2023年) [EB/OL]. (2024-07-05)[2024-12-04]. <http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bs/202401/P020240326601000238100.pdf>. China Academy of Information and Communications Technology. White paper on global digital economy (2023) [EB/OL]. (2024-07-05)[2024-09-11]. <http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bs/202401/P020240326601000238100.pdf>.

- [2] 许宪春, 张美慧. 中国数字经济规模测算研究——基于国际比较的视角 [J]. 中国工业经济, 2020 (5): 23–41.
Xu X C, Zhang M H. Research on the scale measurement of China's digital economy—Based on the perspective of international comparison [J]. China Industrial Economics, 2020 (5): 23–41.
- [3] 习近平. 不断做强做优做大我国数字经济 [J]. 求是, 2022 (2): 5–7.
Xi J P. Continuously strengthen, optimize and expand China's digital economy [J]. Qiushi, 2022 (2): 5–7.
- [4] 朱明皓, 张志博, 杨晓迎, 等. 推进产业基础高级化的战略与对策研究 [J]. 中国工程科学, 2021, 23(2): 122–128.
Zhu M H, Zhang Z B, Yang X Y, et al. Strategy and countermeasure research on industrial foundation upgrading [J]. Strategic Study of CAE, 2021, 23(2): 122–128.
- [5] 邵珠峰, 赵云, 王晨, 等. 新时期我国工业软件产业发展路径研究 [J]. 中国工程科学, 2022, 24(2): 86–95.
Shao Z F, Zhao Y, Wang C, et al. Development path of China's industrial software industry in the new era [J]. Strategic Study of CAE, 2022, 24(2): 86–95.
- [6] 李阳春, 王海龙, 李欲晓, 等. 国外工业互联网安全产业布局及启示研究 [J]. 中国工程科学, 2021, 23(2): 112–121.
Li Y C, Wang H L, Li Y X, et al. Layout of foreign industrial Internet security industry and its enlightenment to China [J]. Strategic Study of CAE, 2021, 23(2): 112–121.
- [7] 蔡继明, 刘媛, 高宏, 等. 数据要素参与价值创造的途径——基于广义价值论的一般均衡分析 [J]. 管理世界, 2022, 38(7): 108–121.
Cai J M, Liu Y, Gao H, et al. The approach of data factor participating in value creation: A general equilibrium analysis based on the general theory of value [J]. Journal of Management World, 2022, 38(7): 108–121.
- [8] Tirumala A, Wong R. NVIDIA Blackwell platform: Advancing generative AI and accelerated computing [R]. Stanford: 2024 IEEE Hot Chips 36 Symposium (HCS), 2024.
- [9] NVIDIA. H100 tensor core GPU architecture [EB/OL]. (2023-09)[2024-12-04]. <https://resources.nvidia.com/en-us-tensor-core>.
- [10] The Economist. China has become a scientific superpower [EB/OL]. (2024-06-12)[2024-12-04]. <https://www.economist.com/science-and-technology/2024/06/12/china-has-become-a-scientific-superpower>.
- [11] 柳卸林, 杨培培, 丁雪辰. 央地产业政策协同与新能源汽车产业发展: 基于创新生态系统视角 [J]. 中国软科学, 2023 (11): 38–53.
Liu X L, Yang P P, Ding X C. Development of China's new energy vehicle industry under the central-local government policy synergy: The perspective of innovation ecosystem [J]. China Soft Science, 2023 (11): 38–53.
- [12] 唐要家, 王钰, 唐春晖. 数字经济、市场结构与创新绩效 [J]. 中国工业经济, 2022 (10): 62–80.
Tang Y J, Wang Y, Tang C H. Digital economy, market structure and innovation performance [J]. China Industrial Economics, 2022 (10): 62–80.
- [13] 焦豪. 数字平台生态观: 数字经济时代的管理理论新视角 [J]. 中国工业经济, 2023 (7): 122–141.
Jiao H. Digital platform-based ecosystem view: A new perspective on management theory in the era of digital economy [J]. China Industrial Economics, 2023 (7): 122–141.
- [14] 张少华, 木鑫, 陈鑫, 等. 中国数字经济和实体经济的融合研究: 社会再生产过程视角 [J]. 中国软科学, 2024 (11): 35–45.
Zhang S H, Mu X, Chen X, et al. Research on the integration of China's digital economy and real economy: From the perspective of social reproduction process [J]. China Soft Science, 2024 (11): 35–45.
- [15] 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.
Guo K M. Artificial intelligence, structural transformation and labor share [J]. Management World, 2019, 35(7): 60–77, 202–203.
- [16] 乔晗, 李卓伦, 黄朝椿. 数据要素市场化建设的影响因素与提升路径——基于复杂经济系统管理视角的组态效应分析 [J]. 外国经济与管理, 2023, 45(1): 38–54.
Qiao H, Li Z L, Huang C C. Influencing factors and accelerating paths of data element marketization: Analysis of configuration effect from the perspective of complex economic system management [J]. Foreign Economics & Management, 2023, 45(1): 38–54.