

算力部署与未来产业关键核心技术突破： 基于上市公司专利授权数据的实证研究

郭子宇¹, 王小林²

(1. 西北大学经济管理学院, 陕西 西安 710127;

2. 复旦大学六次产业研究院, 上海 200433)

摘要:在识别出符合未来产业特征的 A 股上市公司的基础上, 基于互联网数据中心经营许可证所构建的准自然实验, 考察算力部署对未来产业关键核心技术突破的影响。研究发现: 算力部署显著促进未来产业关键核心技术突破。机制分析表明, 算力资源通过提升企业的知识整合能力、创新效率以及优化创新资源配置影响未来产业关键核心技术突破。异质性分析表明, 位于国家大数据综合试验区、数字化转型程度较高的企业, 算力部署对未来产业关键核心技术创新的影响更为显著。进一步研究发现, 算力部署的创新赋能效应并没有在部署主体之间形成有效溢出。研究结果为构建创新政策体系、培育协同创新生态, 以及企业完善内部算力资源配置策略等提供了经验证据与实践启示。

关键词:算力; 新质生产力; 关键核心技术; 知识整合能力; 创新资源优化

中图分类号:F273. 1 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-0566(2026)07-0122-14

Computing power deployment and breakthroughs in key core technologies for future industries: An empirical study based on the patent authorization data of listed companies

GUO Ziyu¹, WANG Xiaolin²

(1. School of Economics & Management, Northwest University, Xi'an 710127, China;

2. Institute Six-Sector Economy, Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract: This paper identifies A-share listed companies that conform to the characteristics of future industries and, based on the quasi-natural experiment constructed with the Internet data center operation license, examines the impact of computing power deployment on the breakthroughs of key core technologies in future industries. Research findings show that the deployment of computing power significantly promotes breakthroughs in key core technologies for future industries. Mechanism analysis indicates that computing power resources influence the breakthroughs of key core technologies in future industries by enhancing enterprises' knowledge integration capabilities, innovation efficiency, and optimizing the allocation of innovation resources. Heterogeneity analysis indicates that for enterprises located in national big data comprehensive pilot zones and with a higher degree of digital transformation, the impact of computing power deployment on the innovation of key core technologies in future industries is more significant. Further research has found that the innovative enabling effect of computing power has not overflowed among the deployment entities. The research results

基金项目:国家社会科学基金一般项目“东西部协作的数智共富机制与实现路径研究”(25BGL264)。

作者简介:郭子宇(1999—), 男, 宁夏中卫人, 西北大学经济管理学院博士研究生, 研究方向为未来产业、共同富裕等。通信作者: 王小林。

provide empirical evidence and practical inspiration for building an innovation policy system, fostering a collaborative innovation ecosystem, and enterprises improving their internal computing power resource allocation strategies.

Key words: computing power; new-quality productivity; key core technologies; knowledge integration capability; optimization of innovation resources

党的二十届四中全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议》明确提出,要前瞻布局未来产业,探索多元技术路线与典型应用场景,推动量子科技、生物制造、具身智能等未来产业成为新的经济增长点,同时确立了“十五五”时期“科技自立自强水平大幅提高”的核心目标,要求显著增强基础研究和原始创新能力,实现重点领域关键核心技术快速突破。从概念内涵上来看,关键核心技术创新是指面向产业技术体系根基领域,能够打破技术壁垒、引领产业升级,且具备开创性、奠基性特征的技术研发与突破活动^[1-2],包括关键共性技术、前沿引领技术、现代工程技术和颠覆性技术等^[3]。而未来产业正是以前沿科技和颠覆性技术为引领,其产业化本质上是关键核心技术从研发突破到实际应用的过程^[4]。因此,关键核心技术突破是未来产业形成的源头,也是践行“科技自立自强”战略、培育新质生产力的重要载体^[5]。随着人工智能技术的深入发展,算力作为新质生产力,将带动“词元”调用量爆发式增长。算力正成为激活数据要素价值、支撑复杂模型运算、驱动科技创新的重要动能^[1],其赋能逻辑高度契合未来产业数据化、智能化的特征。在此背景下,厘清算力部署赋能企业关键核心技术突破的内在逻辑,对培育未来产业、推动经济高质量发展具有十分重要的理论与现实意义。

当前,关于企业实现关键核心技术突破的文献较为丰富,且大多围绕其前因展开研究,主要可分为网络协作赋能、外部环境驱动、内部能力建设三个层面。在网络协作赋能层面,关键核心技术的高度复杂性决定了单一企业难以独立突破,因而网络协作成为技术突破的重要路径,如产学研融合管理^[6]、合作网络嵌入^[7]、跨国并购^[8]、构建核心企业与创新生态系统成员适配的耦合网络^[9]等;在外部环境驱动层面,宏观制度设计与市场机

遇构成对技术突破的重要驱动力,如获取政府引导基金^[10]、把握机会窗口^[11]、构建新型举国体制^[12]、实施制造业发展战略^[13]等,均被证实可显著提升企业关键核心技术领域的创新绩效;在内部能力建设层面,企业需夯实内在基础,提升科技创新体系化能力^[14]、创新商业模式^[15]、加强基础技术研究^[2]、盘活闲置专利^[16]等,是支持企业持续突破核心技术的重要举措。综上所述,现有研究多聚焦于传统要素、制度环境与创新网络对传统产业关键技术创新的影响。相关文献普遍未能充分关注到智能算力这一新质生产力,且较少将其纳入统一的分析框架,为未来产业前沿技术突破提供适配性的理论探讨与经验证据。

针对上述研究缺口,本文立足未来产业的技术特征与“词元”经济的现实需求,从知识整合能力、创新效率与创新资源配置三个维度,构建算力部署影响未来产业关键核心技术突破的理论分析框架。以2017—2024年A股上市企业为初始研究样本,识别出六大未来产业领域的企业,并匹配工业和信息化部审批发放的互联网数据中心(IDC)经营许可证数据,实证检验以下三个核心问题:①算力部署能否促进未来产业企业实现关键核心技术突破?②如果能够有效提升企业关键核心技术的创新产出,那么其作用机制是什么?在外部政策环境与内部技术能力层面存在哪些异质性的影响?③智能算力赋能下的企业创新结构特征将会发生怎样的变化?

本文的潜在学术贡献体现在三个方面:其一,新的研究视角,突破现有研究多聚焦于传统产业的局限,紧扣新一轮科技革命与产业变革背景,立足未来产业前瞻布局、技术密集、数据驱动、词元赋能的本质特征,将关键核心技术创新研究嵌入未来产业实践,补充了相关研究的文献缺口;其二,新的理论机理,将算力作为核心研究变量,从知识整合能力、创新效率与创新资源配置三个维

度构建理论分析框架,深入揭示算力影响未来产业关键核心技术创新的内在机理;其三,新的研究维度,以算力部署的数字化情境与主体差异为研究场景,拓展算力赋能的边界。阐明其作用的边界条件与差异化表现,不仅提供了新的理论解释,也为未来产业企业优化算力部署策略、释放要素协同价值提供了实证依据。

一、理论分析

从统筹当前安全与未来发展的视角,关键核心技术可分为两类:一类为已被“卡脖子”限制亟待短期内攻克的关键核心技术;另一类为关系未来产业竞争力、需超前布局的前沿关键核心技术^[17]。本文将关键核心技术分为“一般关键核心技术”与“未来产业关键核心技术”两类。二者的内涵与特征在技术定位、技术路线成熟度和产业关系等方面存在显著差异。在技术定位上,一般关键核心技术主要面向成熟产业,以补齐产业链短板、保障产业安全可控为目标,属存量优化与追赶替代型技术;未来产业关键核心技术则面向前沿颠覆性与战略性领域^[18-19],以开辟新赛道、塑造未来优势为目标,属增量创新与引领型技术。在技术路线成熟度上,一般关键核心技术的方向明确、路径清晰、场景稳定,研发风险相对可控;而未来产业关键核心技术尚处于探索期,缺乏成熟的研发路径可循,技术原理与路线具有高度不确定性,呈现高风险与高潜在收益并存的特征^[5]。在产业关系上,一般关键核心技术依托现有产业链,与成熟产业体系相适配,以技术升级支撑产业提质增效;而未来产业关键核心技术突破则先于成熟产业形成,通常由技术突破催生新产业、新生态与新范式,更具重构产业格局的能力^[18]。与一般关键核心技术创新相比,未来产业关键核心技术创新在满足技术体系复杂、研发周期长、研发投入高、外部性强及失败风险大等所有一般性特征的基础上^[3,10,17,20],其技术复杂度与价值密度更高、创新周期更长、创新风险与难度更大且更依赖高水平知识要素与高质量数据和算力资源的投入。

企业作为创新活动的核心主体,其创新资源

配置与创新行为选择,根本上取决于对收益与成本的理性权衡^[21]。技术赋能的效果取决于技术与应用场景的适配程度^[22]。本文认为,算力的技术特性与未来产业关键核心技术创新的本质特征高度契合,能够产生强赋能效应,并改变创新的收益—成本结构,进而对未来产业关键核心技术创新产生影响。本文将从创新成本—收益结构的视角,阐释算力部署拓宽企业知识整合能力,降低创新成本负担,以及优化创新资源配置的理论机理。

(1)算力部署能有效提升企业的知识整合能力,拓宽企业创新的能力边界。未来产业关键核心技术创新不是对现有成熟技术的简单叠加,其突破性伴随着技术路线的重构与创新范式的转变^[23],这对企业的知识整合能力提出了更高要求。依赖于技术引进、联合开发等传统的创新模式已无法支撑这类创新活动的开展,能力边界的约束较为突出。一方面,当前企业在信息化乃至数字化过程中,数据的规模得以提升^[24],但多处于碎片化、非结构化的状态,难以直接转化为可用的创新知识;另一方面,多领域深度融合是未来产业的显著特征^[25],其技术创新需要将分散于不同学科领域、不同技术路径的知识要素进行系统整合,从而形成能够支撑技术突破的知识体系。

算力部署则为提升知识整合能力提供了有效路径。算法和算力是影响数据质量和价值的重要因素^[26]。首先,算力能够实现对海量、多源、非结构化的数据进行高速存储、清洗与并行处理,推动创新范式从“经验驱动”转向“数据智能驱动”^[27],并将原本闲置或碎片化的数据转化为可分析、可利用的创新资源。这一过程实现了从原始数据到结构化信息的转化,为知识整合奠定了数据基础。其次,算力支撑复杂算法运行,通过数据挖掘、机器学习等手段识别数据背后的技术规律、关联结构与潜在模式,将结构化信息进一步提炼为可指导技术攻关的知识与策略。这种从数据到知识的跃迁,使分散的知识要素得以系统化整合。大语言模型数据标注可以加深对产业规律的认知^[28],在算力支撑下通过数据增强,能够提升企业的知识要素整合能力。

知识整合能力的提升对促进未来产业关键核心技术创新具有重要作用。一方面,知识整合能力决定了企业能否准确识别技术突破的关键方向。Iansiti 等^[29]认为知识整合包括技术不确定环境下的技术知识整合和市场不确定环境下的客户知识整合,技术性知识整合能够降低技术不确定性所带来的风险。未来产业技术路线高度不确定,企业需要在众多潜在技术路径中作出选择^[30]。算力支撑的知识整合使企业能够基于对海量科研文献、专利数据、技术动态的系统分析,识别技术演化的趋势与突破口,降低技术路线选择的信息不确定性,提高研发决策的科学性。另一方面,知识整合能力决定了企业能否有效突破复杂技术难题。算力驱动的知识整合将不同领域的知识进行融合重构,形成对复杂技术问题的系统性认知。由此,算力部署通过提升知识整合能力,为企业开展未来产业关键核心技术创新奠定了坚实的基础,使其能够在知识复杂密集、数据资源依赖性强的创新活动中占据优势。

(2)算力部署能够通过提升创新效率,有效降低未来产业关键核心技术创新的边际成本。从成本形成机制看,未来产业关键核心技术的成功突破,必须以大规模有形与无形的研发投入为必要条件^[3],而较高沉没成本和创新收益转化不确定性的叠加,进一步推高了整体创新成本。算力部署有助于缓解此类创新活动的成本约束。第一,算力支撑的仿真模拟成为自主研发与原始创新的关键手段。算力构建了数字化的研发孪生环境,推动基础研究与中试阶段从物理实验到数字仿真的迭代,极大地加快研发进程,既提升了技术攻关阶段的研发效率,也缩短了技术成果从实验室走向市场的周期,降低了市场化转化的不确定性溢价。例如,在化学、计算生物学与材料科学等领域,研究者已基于量子力学与经典力学的传统理论发展出可靠的近似解法,模拟微观原子和分子间的相互作用与运动行为。随着算力的大幅提升,能够支撑更大规模、更长时间、更高精度的模拟计算,显著增强基础科学研究效率;在药物研发、基因测序等领域,仿真分析可大幅度缩减研发

时间。第二,算力深刻影响着深度学习的迭代速率,能加速创新知识演化、促进非线性创新^[31],同时提升决策的有效性^[24]。这种赋能作用更具体体现在对多学科复杂数据的融合处理中,借助算法加速提升知识显性化水平,打破传统研发对人力积累的路径依赖,进而提高研发投入的转化效率。例如,中国科学技术大学研制的全球首个“数据智能驱动的全流程机器化学家平台”依托超算算力,自主阅读 1.6 万篇文献,5 周内从 55 万种可能的金属配比中筛选出最优的高熵催化剂,完成传统需千年的研发任务^[32]。由此可见,算力部署通过提升创新效率,可直接降低未来产业关键核心技术创新的边际成本,有效缓解高成本对创新活动的制约。

(3)算力部署通过效率筛选机制,优化未来产业创新资源配置。企业创新资源的有限性决定了资源配置需遵循于收益和成本相权衡的效率筛选机制^[33],而未来产业高投入、高风险的创新特征,进一步凸显了创新资源优化配置的重要性。关键核心技术作为具有高价值密度的创新活动,虽前期投入高,但长期回报率与战略价值显著,而简单外观设计、非核心结构优化等改良型创新活动的价值密度低、市场竞争力弱。在算力未介入的传统创新模式下,关键核心技术创新因技术壁垒高、研发流程复杂,需承担高额试错成本与时间成本,而改良型创新活动凭借投入门槛低、周期短的特点,成为部分企业平衡短期收益的选择,导致稀缺创新资源被分散占用^[34]。算力部署对创新成本与研发效率产生的积极影响,可重塑企业创新的成本—收益结构。这一变化使得企业对未来产业关键核心技术创新的预期净收益显著提升,改良型创新的相对收益进一步下滑。此时,企业必然会重新评估创新资源配置的效率与价值,作出理性的创新行为决策,减少对改良型创新在资金、研发人员投入上的资源分配,将稀缺资源转投到关键核心技术等突破型创新领域,直接挤出改良型创新产出。由此,算力部署通过优化创新资源配置,推动企业创新从重数量向重质量转变,最终实现关键核心技术创新产出的提升与创新结构的优化。

综上,提炼出有待验证的核心研究假说。

假说 H1:算力部署能够显著提升未来产业的关键核心技术创新产出。

假说 H2a:算力部署通过增强企业的知识整合能力,促进了未来产业的关键核心技术创新产出。

假说 H2b:算力部署通过提升创新效率,促进未来产业的关键核心技术创新产出。

假说 H2c:算力部署通过优化创新资源配置,促进未来产业的关键核心技术创新产出。

二、研究设计

(一) 研究样本与数据说明

本文以 2017—2024 年 A 股上市企业为初始研究样本^①,剔除金融行业、ST、PT 样本及相关变量缺失样本,得到 5 154 家企业共 31 855 个企业一年度观测值,并对连续变量作了 1% 和 99% 的水平上的缩尾处理。在此基础上,本文还从市场维度对未来产业样本进行识别。首先,基于《新产业标准化领航工程实施方案(2023—2035 年)》和《关于推动未来产业创新发展的实施意见》等政策文件所提出的未来产业领域与方向,建立未来产业关键词词谱^②。其次,参考万晓莉等^[35]的方法,通过 Wind 数据库的股票概念分类(人工智能、元宇宙、6G、具身智能、氢能、量子等概念),识别符合未来产业特征的 A 股上市公司。

此外,本文的企业算力部署指标是通过手工收集工业和信息化部电信业务市场综合管理信息系统 2001 年至 2025 年 5 月发放的互联网数据中心(IDC)经营许可证数据,并将其与 A 股上市企业及其子公司情况表进行匹配得到。衡量关键核心技术创新指标的专利数据来源于国家知识产权局,其他企业数据来源于国泰安和万得数据库。

(二) 变量定义

1. 被解释变量:关键核心技术创新

本文参考虞义华等^[36]和罗双成等^[37]的研究,采用关键核心技术专利授权数加 1 后取对数来衡

量企业关键核心技术创新。选择专利授权量而非专利申请量主要基于以下考量,专利申请仅代表创新活动的初步投入与构想,尚未经过知识产权管理部门的实质性审查,部分申请存在创新性不足、最终无法获得授权的情况,而通过专利局实质性审查并获授权的专利,是被官方认可的、具有法律保护效力的创新成果,能够更加真实地反映专利的新颖性、创造性和实用性,契合关键核心技术强调技术质量与实质性突破的内涵。

企业关键核心技术专利授权数的计算逻辑如下:首先,从国家知识产权局的专利数据中,获取相关企业名称及对应的专利;其次,依据国家产业基础专家委员会编著的《产业基础创新发展目录》中明确列出的 21 个关键技术领域的 1 047 项关键技术条目,将上述技术关键词与国际专利分类号(IPC)五级代码的专利描述进行匹配,进而筛选出归属于关键核心技术范畴的相关专利;最后,对母公司与子公司每年的关键核心技术专利授权数量,按照企业合并的统计原则进行汇总统计。

此外,本文以企业所属产业类型作为区分一般关键核心技术和未来产业关键核心技术的依据,将样本企业划分为未来产业企业与一般产业企业,来识别两类技术创新产出。以企业类型作为依据的识别方式具备合理性与科学性。第一,现有政策文件对未来产业重点发展领域有明确划分。未来产业企业的研发目标、资源配置与组织模式天然围绕前沿、融合、颠覆性创新展开,核心研发活动始终服务于未来产业技术迭代升级,契合未来关键核心技术创新的特征。第二,未来产业企业的研发活动整体服务于未来技术,其研发体系、数据基础、算力投入都面向未来技术体系,因此从企业层面而非单件专利层面识别更能反映技术本质。第三,算力布局已成为未来产业企业的核心特征,基于企业类型的样本分组方式贴合算力布局的现实特征,能够保障实证检验结

^① 2017 年国务院发布《新一代人工智能发展规划》,标志着中国 AI 发展从技术探索走向规模化推进,使得企业的算力部署不再是孤立的 IT 投入,而是成为驱动技术创新的核心引擎。

^② 编辑部留存备案。

果的真实性与可靠性。

2. 解释变量:算力部署

参考许诺等^[38]的研究,本文采用企业是否持有 IDC 经营许可证的方式来衡量企业是否持有智能算力资源,变量类型为虚拟变量。其构造逻辑如下:首先,通过工业和信息化部电信业务市场综合管理信息系统公告的“增值电信业务经营许可证实发放名单”,手工获取和整理 IDC 许可证的相关信息,内容包括许可证编号、公司名称、业务种类、业务覆盖范围等;其次,本文根据许可证号的编号规则获取发证年份信息来确定算力部署时间,根据公司名称信息与 A 股上市公司及其子公司进行匹配来确定算力部署企业;最后,若企业 i 在第 t 年持有 IDC 许可证,则该企业赋值为 1,否则赋值为 0。由此得到了共 194 家 A 股上市公司持有 IDC 许可证,其中由母公司直接持有的共 75 家,由子公司间接持有的共 119 家,且这些企业均属于未来产业范畴,这也表明了算力部署行为本身已成为未来产业企业的核心特征。

3. 控制变量

参考许诺等^[38]、郑世林等^[39]、韩先锋等^[40]的研究,本文选取如下控制变量:公司规模,以企业年末资产总计的自然对数值衡量;公司成立年限,对企业成立年限取自然对数得到;资产负债率,计算方式为企业年末总负债与年末总资产的比值;总资产净利润率,以企业净利润与总资产平均余额的比值测度;固定资产占比,由固定资产净额与总资产的比值计算得出;管理层持股比例,取值为管理层持股总量与企业总股本数量的比值;机构投资者持股比例,以机构投资者持股总量与企业总股本数量的比值衡量;独立董事比例,计算方式为独立董事人数与董事会总人数的比值;两职合一,为虚拟变量,若企业董事长与总经理为同一人则取值为 1,否则取值为 0;股权性质,为虚拟变量,国有企业取值为 1,非国有企业取值为 0;账面市值比,以企业账面价值与总市值的比值测度;赫芬达尔指数,由单个公司主营业务收入与行业主营业务收入总额比值的平方加总得到。此外,本文还控制了企业固定效应和年份固定效应。

(三)模型构建

1. 基准回归检验

本文将持有 IDC 许可证的未来产业上市公司作为处理组,其他上市公司作为控制组,采用多时点双重差分模型来重点评估算力部署对企业关键核心技术创新的影响。为检验假说 H1,本文构建如下基准回归模型:

$$Key_patent_{it} = \beta_0 + \beta_1 IDC_{it} + \sum \beta Controls_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, i 和 t 分别表示企业和年份; Key_patent_{it} 表示企业 i 在 t 年的关键核心技术创新水平; IDC_{it} 表示企业 i 在 t 年是否部署有智能算力,即是否持有 IDC 经营许可证; $Controls_{it}$ 为一系列控制变量; μ_i 和 λ_t 分别表示企业固定效应和时间固定效应; ε_{it} 为误差项。此外,本文在所有实证分析中均把标准误差聚类到企业层面。表 1 提供了各变量的描述性统计结果。

2. 知识整合能力增强机制检验

为检验假说 H2a 中的知识整合能力增强机制,本文构建如下回归模型:

$$KIC_{it} = \beta_0 + \beta_1 IDC_{it} + \sum \beta Controls_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

本文以专利的知识集中度来反映企业的知识整合能力。其中, KIC_{it} 表示企业专利的集中度。知识整合的核心要义是企业对异质性知识资源进行吸收、整合与聚焦,形成具有核心竞争力的技术

表 1 变量描述性统计结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
关键核心技术创新	31 855	1.216	1.268	0.000	5.549
算力部署	31 855	0.032	0.176	0.000	1.000
公司规模	31 855	22.293	1.285	19.895	26.484
公司成立年限	31 855	3.051	0.297	2.079	3.714
资产负债率	31 855	0.409	0.205	0.049	0.934
总资产净利润率	31 855	0.033	0.075	-0.416	0.255
固定资产占比	31 855	0.193	0.147	0.002	0.689
管理层持股比例	31 855	0.163	0.202	0.000	0.709
机构投资者持股比例	31 855	0.410	0.248	0.001	0.921
独立董事比例	31 855	0.386	0.075	0.231	0.600
两职合一	31 855	0.336	0.472	0.000	1.000
股权性质	31 855	0.264	0.441	0.000	1.000
账面市值比	31 855	1.100	1.337	0.081	10.142
赫芬达尔指数	31 855	0.072	0.061	0.014	0.329

体系,而非知识的分散化堆砌。本文参考李宏等^[41]的做法和赫芬达尔系数的计算思路,在大组层面上定义企业知识整合能力为:

$$KIC_{it} = \sum \left(\frac{Z_{imt}}{Z_{it}} \right)^2 \quad (3)$$

其中, Z_{imt} 表示企业 i 截至 t 年,在 m 大组下发明与实用新型申请专利的累计数,而 Z_{it} 表示企业 i 截至 t 年,在全部大组下发明与实用新型申请专利的累计数。 KIC_{it} 的值越大,说明企业专利技术越聚焦于特定技术领域,知识整合能力越强。其余设定均与基本回归模型保持一致。

值得一提的是,在计算该指标的过程中,我们对数据进行了以下处理。一是,只选取了发明专利与实用新型专利,这样做不仅避免了外观设计专利的编号方式与发明专利和实用新型专利不同,不能依照相同的方法进行计算的问题,也能较好体现企业创造专利过程中所应用知识的复杂程度。二是,剔除了由于“避重弃权”而标明无效的实用新型专利^③。

3. 创新效率提升机制检验

为检验假说 H2b 中的创新效率提升机制,本文构建如下回归模型:

$$Innoeff_{it} = \beta_0 + \beta_1 IDC_{it} + \sum \beta Controls_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$Innoeff2_{it} = \beta_0 + \beta_1 IDC_{it} + \sum \beta Controls_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

其中, $Innoeff_{it}$ 是从研发资金投入的角度,衡量企业关键核心技术的创新效率,参考权小锋等^[42]的做法,采用 $Key_patent/\ln(1 + \text{研发投入金额})$ 表示; $Innoeff2_{it}$ 是从研发人员投入的角度,衡量企业关键核心技术的创新效率,采用 $Key_patent/\ln(1 + \text{研发人员数量})$ 表示。其余设定均与基本回归模型保持一致。

4. 创新资源优化机制检验

为检验假说 H2c 的创新资源优化机制,本文构建如下递进式的回归模型组:

$$Low_patent_{it} = \beta_0 + \beta_1 IDC_{it} + \sum \beta Controls_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

$$High_patent_{it} = \beta_0 + \beta_1 IDC_{it} + \sum \beta Controls_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

$$Innoeff_low_{it} = \beta_0 + \beta_1 IDC_{it} + \sum \beta Controls_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

$$Innoeff2_low_{it} = \beta_0 + \beta_1 IDC_{it} + \sum \beta Controls_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

$$Low_patent_{it} = \beta_0 + \beta_1 RD_{it} + \beta_2 IDC_{it} + \beta_3 RD_{it} \times IDC_{it} + \sum \beta Controls_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

$$Key_patent_{it} = \beta_0 + \beta_1 RD_{it} + \beta_2 IDC_{it} + \beta_3 RD_{it} \times IDC_{it} + \sum \beta Controls_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (11)$$

本文根据创新产出价值密度之间的差异,将实用新型与外观设计专利界定为改良型创新,将普通发明专利界定为改进型创新,将关键核心技术界定为突破型创新,以此区分三类创新产出的价值属性。其中, Low_patent_{it} 表示改良型创新,以企业当年实用新型和外观设计专利的总授权量加 1 后的对数值来衡量; $High_patent_{it}$ 表示改进型创新,以企业当年发明专利总授权量加 1 后的对数值来衡量; $Innoeff_low_{it}$ 是从研发资金投入的角度,表示企业改良型创新的创新效率,采用 $Low_patent/\ln(1 + \text{研发投入金额})$ 衡量; $Innoeff2_low_{it}$ 是从研发人员投入的角度,表示企业改良型创新的创新效率,采用 $Low_patent/\ln(1 + \text{研发人员数量})$ 衡量; RD 表示企业研发投入,用企业研发投入加 1 后的自然对数来衡量。其余设定均与基本回归模型保持一致。

其中,模型(6)~模型(7)分别以 Low_patent_{it} 和 $High_patent_{it}$ 为被解释变量,用于检验算力部署对改良型创新和改进型创新的直接作用。模型(8)~模型(9)分别以 $Innoeff_low_{it}$ 和 $Innoeff2_low_{it}$ 为被解释变量,实证检验算力部署是否降低了改良型创新的创新效率,重塑了企业创新的成本—收益

③ 由于同日申请的存在,标为“避重弃权”的实用新型专利与企业某一发明授权专利内容高度重合,为避免实质内容相同的专利发生重复计算,故剔除。

结构。为补充证明效率筛选机制是否发挥作用,本文在模型(10)~模型(11)中分别以 Low_patent_{it} 和 Key_patent_{it} 为被解释变量,并引入企业的研发投入及其与算力部署的交互项,目的是检验在算力部署的作用下,企业会如何在改良型创新与突破型创新之间分配创新资源,是否会将新增的创新资源向高价值创新领域倾斜?

三、实证结果与分析

(一)基准回归结果与分析

表2列示了企业算力部署对关键核心技术创新影响的基准回归结果。其中,第(1)列~第(3)列依次显示未加入任何控制变量、加入控制变量、控制企业与年份固定效应的回归结果,以上回归均将标准误聚类到企业层面。表2显示,无论是否加入控制变量,算力部署的回归系数均在1%的显著性水平下显著为正,第(1)列仅包含解释变量时,算力部署对关键核心技术创新的回归系数为0.628;第(2)列在加入控制变量后,回归系数减小到

表2 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
	关键核心技术创新		
算力部署	0.628 *** (0.124)	0.352 *** (0.099)	0.259 *** (0.073)
公司规模	—	0.603 *** (0.018)	0.282 *** (0.020)
公司成立年限	—	-0.017 (0.049)	0.248 (0.185)
资产负债率	—	-0.296 *** (0.078)	-0.216 *** (0.062)
总资产利润率	—	-0.984 *** (0.143)	-0.339 *** (0.081)
固定资产占比	—	-0.282 *** (0.099)	0.183 ** (0.087)
管理层持股比例	—	0.088 (0.083)	0.247 *** (0.080)
机构投资者持股比例	—	-0.276 *** (0.073)	-0.024 (0.074)
独立董事比例	—	0.191 (0.139)	0.030 (0.064)
两职合一	—	0.051 ** (0.024)	-0.010 (0.016)
股权性质	—	0.081 * (0.041)	0.005 (0.039)
账面市值比	—	-0.219 *** (0.019)	0.004 (0.010)
赫芬达尔指数	—	-2.946 *** (0.211)	-0.418 ** (0.208)
企业固定效应	否	否	是
时间固定效应	否	否	是
N	31 855	31 855	31 855
Adjusted R ²	0.008	0.227	0.788

注:括号内为经企业层面聚类调整的稳健标准误;***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平上显著。下同。

0.352;第(3)列的回归系数稳定在0.259,表明在控制公司规模、成立年限、财务状况、治理结构等一系列变量以及企业和年份固定效应后,企业持有智能算力资源能有效提升未来产业的关键核心技术创新产出,假说H1得到充分验证。

从控制变量的回归结果来看,公司规模的系数在1%水平下显著为正,说明企业规模越大,资源储备越丰富,越有利于关键核心技术创新;资产负债率和总资产净利润率的系数均在1%水平下显著为负,可能是因为过高的负债压力会限制企业研发投入的灵活性,而短期盈利导向可能使企业减少对长周期、高风险的关键核心技术研发投入;管理层持股比例的系数在1%水平下显著为正,表明管理层持股能够有效激励管理层重视长期技术创新,与现有研究结论一致;行业竞争程度的系数在5%水平下显著为负,说明行业市场集中度越高则竞争程度越弱,企业开展关键核心技术创新的动力不足,垄断环境下企业缺乏通过技术革新抢占市场的外部倒逼压力。其他控制变量的系数均不显著,说明这些因素对企业关键核心技术突破的直接影响相对有限。

(二)稳健性与内生性检验

为确保研究结论的可靠性与因果推断的有效性,本文从事前趋势检验、替换回归模型、安慰剂检验、滞后效应检验、样本选择性偏差、异质性处理效应及工具变量法等多个维度,系统开展稳健性与内生性检验。

1. 事前趋势检验

处理组和对照组的关键核心技术创新水平在企业发生算力部署行为前满足事前趋势假设是本文使用多时点DID识别策略的关键前提假设。对事前趋势假设的检验也能从另一个角度上排除算力部署企业样本的自选择问题。为验证事前趋势假设,本文借助事件研究法,在模型(1)的基础上设定如下回归模型:

$$\begin{aligned} Key_patent_{it} = & \alpha + \beta_{-5}pre\ 5_{it} + \beta_{-4}pre\ 4_{it} + \\ & \beta_{-3}pre\ 3_{it} + \beta_{-2}pre\ 2_{it} + \beta_0current_{it} + \beta_1las\ 1_{it} + \\ & \beta_2las\ 2_{it} + \beta_3las\ 3_{it} + \beta_4las\ 4_{it} + \beta_5las\ 5_{it} + r\ Controls_{it} + \\ & \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (12)$$

其中, $pre\ 5_{it}$ 、 $pre\ 4_{it}$ 、 $pre\ 3_{it}$ 和 $pre\ 2_{it}$ 表示企业算力部署之前第 5 年、第 4 年、第 3 年和第 2 年时的虚拟变量; $current_{it}$ 表示企业算力部署当年的虚拟变量; $las1_{it}$ 、 $las2_{it}$ 、 $las3_{it}$ 、 $las4_{it}$ 和 $las5_{it}$ 表示企业算力部署之后第 1 年、第 2 年、第 3 年、第 4 年和第 5 年时的虚拟变量; β_{-5} 到 β_{-2} 、 β_0 、 β_1 到 β_5 分别为企业算力部署前 5 ~ 2 年、当年及后 1 ~ 5 年的系数。

考虑到企业算力部署在样本年份两端的数据量较少, 本文将其分别汇总到第 -5 和第 5 期。本文选取企业算力部署的前一年, 即第 -1 期作为基准对照组, 若 β_{-5} 到 β_{-2} 的系数不显著则证明事前趋势假设成立。结果如图 1 所示, 企业算力部署前, 控制组和对照组在 90% 的显著性水平下无显著差异, 样本未拒绝事前趋势平行的假设, 证明本文使用多时点双重差分方法是合理的。

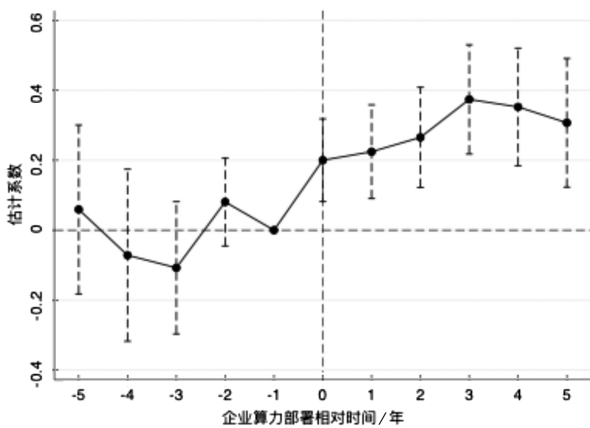


图 1 平行趋势检验

2. 工具变量外生性讨论

尽管通过上述检验缓解了部分内生性问题, 但企业算力部署仍可能受到未观测变量的影响, 导致双向因果或遗漏变量偏误。为进一步解决内生性问题, 本文参考许诺等^[38]的做法, 以同一年度同行业其他公司算力部署主体占比作为工具变量。由于同行业内企业的生产经营决策具有显著的示范效应与竞争关联性, 企业自身决策会受到其所在行业的显著影响。同时, 该工具变量作为

行业层面变量反映行业整体算力布局特征, 其本身并不直接作用于单个企业的关键核心技术创新过程, 也与单个企业的微观特征不存在直接关联, 满足相关性和排他性的要求。

回归结果如表 3 所示, 第(1)列中关于第一阶段的回归结果表明, 工具变量对企业算力部署的回归系数显著为正, 符合工具变量相关性的基本假设条件。同时, Kleibergen-Paap rk LM 统计量为 17.692, 在 1% 水平上显著, 拒绝工具变量识别不足的原假设; Cragg-Donald Wald F 统计量为 111.563, 大于 10% 偏误的临界值, 拒绝了弱工具变量的原假设; 第(2)列中关于第二阶段的回归结果表明, 算力部署的确对企业关键核心技术创新有显著的促进作用, 强化了前文的研究结论。

表 3 2SLS 模型估计结果

变量	(1)	(2)
	算力部署	关键核心技术创新
工具变量	0.362 *** (0.094)	—
算力部署	—	2.492 * (1.424)
控制变量	是	是
企业固定效应	是	是
时间固定效应	是	是
N	31 855	31 855
Kleibergen-Paap rk LM	17.692 ***	
Cragg-Donald Wald F	111.563	

3. 其他稳健性检验

本文还进行了以下稳健性检验。第一, 安慰剂检验。具体采用随机分配算力部署时间和部署企业的方式, 构造伪核心解释变量进行多时点 DID 的混合安慰剂检验。第二, 剔除特殊样本。剔除对照组中的非未来产业样本进行稳健性检验。第三, 替换回归模型。以关键核心技术专利授权总数作为被解释变量, 通过泊松模型进行双重差分检验^④。第四, 被解释变量前置。将被解释变量和解释变量分别提前和滞后至一到两期, 对回归模型再次进行检验。第五, 倾向得分匹配。参考王营等^[43]以及郑崴元等^[44]的做法, 将基础回归中的所有控制变量设定为匹配变量, 采用 1:20 近邻匹配

④ 由于专利数据存在大量 0 值, 加入公司固定效应的泊松模型无法得到收敛的极大似然估计值。因此, 本文在该部分检验中未控制公司固定效应但保留了 $lfexpgro$ 变量, 并加入省份固定效应以尽可能控制上市公司间的异质性。

进行稳健性检验。采用 1:20 的高比例匹配,主要是考虑到本文处理组规模相对有限,而对照组具备充足的匹配空间,该方式能够在严格满足协变量平衡条件的基础上,更充分利用样本信息、提高估计效率,避免因匹配比例过低造成有效信息损失。第六,异质性处理效应检验。采用 Cengiz 等^[45]提出的堆叠 DID 方法,对多时点双重差分法在面对不同个体或群组可能存在异质性处理效应进行修正。上述稳健性检验与基准回归结果一致,证实本文研究结论是稳健可信的^⑤。

(三)作用机制检验

1. 知识整合能力增强机制

表 4 第(1)列的回归结果显示,算力部署的系数显著为正,说明算力部署能显著增强企业的知识整合能力。具体而言,通过对海量、多源、非结构化数据的处理、分析与转化,算力部署能增强企业的知识整合能力,进而支撑企业科学制定研发决策,系统性整合多领域知识要素,有效促进了未来产业关键核心技术创新。假设 H2a 成立。

2. 创新效率提升机制

表 4 第(2)列~第(3)列报告了算力部署通过提升企业创新效率影响关键核心技术创新的机制检验结果。结果显示,无论是以研发资金还是研发人员投入来衡量创新效率,算力部署的系数均在 1% 的水平下显著为正,表明企业部署智能算力后,其关键核心技术的创新效率显著提升,有效缓解了高成本对创新活动的制约,促进了未来产业关键核心技术创新。假设 H2b 成立。

表 4 知识整合能力增强和创新效率提升机制检验

变量	(1)	(2)	(3)
	知识整合能力	关键核心技术创新效率(资金投入角度)	关键核心技术创新效率(人员投入角度)
算力部署	0.017 * (0.009)	0.014 *** (0.004)	0.039 *** (0.012)
控制变量	是	是	是
企业固定效应	是	是	是
时间固定效应	是	是	是
N	29 394	29 470	28 882
Adjusted R ²	0.572	0.745	0.685

3. 创新资源优化机制

创新资源优化机制的核心是检验算力部署是否推动企业将创新资源从改良型创新转向突破型创新,从而挤出改良型创新产出。表 5 报告了相关检验结果。

表 5 创新资源优化机制检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	改良型创新	改进型创新	改良型创新效率(资金投入角度)	改良型创新效率(人员投入角度)	改良型创新	关键核心技术创新
研发投入	—	—	—	—	0.271 *** (0.017)	0.105 *** (0.012)
算力部署	-0.181 ** (0.084)	0.280 *** (0.083)	-0.011 *** (0.004)	-0.040 *** (0.013)	2.102 *** (0.760)	-1.577 ** (0.677)
研发投入 × 算力部署	—	—	—	—	-0.121 *** (0.041)	0.098 *** (0.036)
控制变量	是	是	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
N	31 835	31 835	29 450	28 868	29 462	29 482
Adjusted R ²	0.807	0.795	0.758	0.686	0.803	0.781

列(1)~列(2)的直接效应检验显示,算力部署对改良型创新的回归系数在 5% 水平下显著为负;算力部署对改进型创新的回归系数在 1% 水平下显著为正。结合算力部署对关键核心技术创新的基准回归结果,说明算力部署挤出了企业改良型创新,同时增加了相对高价值的改进型和突破型创新产出。

列(3)~列(4)对企业改良型创新效率的检验显示,无论是以研发资金还是研发人员投入来衡量创新效率,算力部署的系数均在 1% 的水平下显著为负,表明企业在部署智能算力后,其改良型创新的创新效率显著下降。结合前文对关键核心技术创新效率提升机制的检验结果,算力部署使得企业对于突破型创新的相对收益提升,进行实用新型和外观设计等改良型创新的机会成本增大。

列(5)~列(6)的调节效应检验进一步佐证了这一观点,结果显示,列(5)研发投入与算力部署的交互项对改良型创新的回归系数在 1% 水平下显著为负;列(6)交互项对关键核心技术创新的回归系数在 1% 水平下显著为正。这也证明了,算力部署重塑了企业创新的成本收益结构,扩大了突破型创新与改良型创新的机会成本差距,随着研发投入的增加,效率筛选机制发挥作用,企业更倾向于主动优化资源配置,将新增创新资源投入到高价值领域,尤其是代表着最高价值密度的未来

⑤ 限于篇幅,其他稳健性检验结果请参见《中国软科学》杂志网站的论文附录。

产业关键核心技术,而非实用新型与外观设计专利等改良型创新。假设 H2c 成立。

(四)异质性分析

1. 企业外部政策环境

外部政策环境的数据要素市场化程度及治理水平对算力资源的价值实现至关重要。国家级大数据综合试验区通过承担数据资源管理与共享开放、数据中心整合、数据资源应用、数据要素流通、大数据产业集聚、大数据国际合作以及大数据制度创新七大任务,优化区域内数据要素配置效率、降低数据获取与流通成本、完善数据治理与安全保障体系,为算力资源高效赋能技术创新提供制度环境与要素基础。在试验区内,企业可更便捷地依托高质量、规模化数据资源激活算力投入效能,减少算力资源闲置浪费与技术创新中的数据约束,使算力部署对研发活动的支撑作用得到充分释放。因此,本文预期算力部署对关键核心技术创新的正向影响在试验区覆盖的企业中更显著。本文以公司所属城市是否属于国家级大数据综合试验区试点城市为分组依据,将样本公司划分为试验区覆盖组和非试验区覆盖组。根据表 6 第(1)列~第(2)列的回归结果,在试验区覆盖的组中,算力部署的系数显著为正,而在非试验区覆盖的组中算力部署系数不显著,并且经济显著性较低。这表明,算力价值的释放高度依赖于数据的可获得性与质量,算力与数据的协同部署能够充分激活两者的要素价值,是助推未来产业关键核心技术突破的重要路径。

2. 企业内部技术能力

企业数字化转型水平决定了其内部技术运用基础和数据运营能力,数字化转型程度较高的企业拥有更为丰富的数据资源,以及更强的数字化应用能力,能更高效地利用算力技术优势,将算力资源转化为核心技术创新成果,而数字化转型程度较低的企业则难以充分挖掘智能算力的应用价值。因此,本文预期算力部署对企业关键核心技术创新的正向影响在数字化转型程度较高的企业中更为显著。对于数字化转型变量,本文采用两种互补性衡量方式以提升实证的可靠性。衡量方

式一为企业数字化水平,参照张永坤等^[46]的研究,使用上市公司财务报告附注披露的年末无形资产明细项中与数字化转型相关的部分占无形资产总额的比例来衡量;衡量方式二为数字化转型指数,参考赵宸宇等^[47]的研究,使用文本分析法和专家打分法来构建。同时,按照企业数字化转型程度是否大于行业年度中位数划分为数字化较高组和数字化较低组。根据表 6 列(3)~列(6)的回归结果,两种衡量方式下数字化较高组的算力部署系数均显著为正,而数字化较低组的算力部署系数均未通过统计显著性检验。这表明,在数字化转型程度较高的企业中,算力部署对未来产业关键核心技术创新的促进作用更显著,与我们的理论预期相一致。

表 6 异质性分析

变量	企业外部环境支撑		企业内部技术能力			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	试验区覆盖	非试验区覆盖	方式一:数字化较高	方式一:数字化较低	方式二:数字化较高	方式二:数字化较低
算力部署	0.364 *** (0.092)	0.137 (0.123)	0.168 * (0.089)	0.192 (0.132)	0.270 *** (0.084)	0.210 (0.157)
控制变量	是	是	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
N	13 354	15 294	15 964	15 891	15 892	15 963
Adjusted R ²	0.818	0.768	0.797	0.795	0.810	0.762
组间系数差异 P 值	0.000		0.000		0.000	

四、进一步分析:算力资源配置主体差异的影响

算力资源配置主体的不同可能会对关键核心技术创新的赋能效果产生异质性作用。为深入探究这一差异,本文将持有 IDC 许可证的样本企业进一步划分为母公司直接部署算力和子公司间接部署算力两组实验组,分别与控制组进行双重差分检验,同时将被解释变量细分为企业集团整体、母公司及子公司层面的关键核心技术创新,以识别不同配置主体下算力赋能的具体表现。

回归结果如表 7 所示,第(1)列~第(3)列报告了由子公司间接部署算力的回归结果。由第(1)列可以看出,子公司间接部署算力的回归系数显著为正,表明当子公司作为算力配置主体时,能够有效推动集团整体关键核心技术创新产出的提升。第(2)列、第(3)列显示,该变量对母公司关键核心技术创新的系数不显著,而子公司层面的回归系数在 1% 的水平下显著为正。

表7中第(4)列~第(6)列展示了母公司直接部署算力的回归结果。第(4)列中,母公司直接部署算力对集团整体关键核心技术创新的回归系数显著为正;第(5)列、第(6)列中,该变量对母公司关键核心技术创新的回归系数在5%的水平下显著为正,而子公司层面的系数则不显著。

综合上述回归结果,说明算力配置主体存在明显的属地赋能效应,母公司直接部署算力仅显著促进母公司自身关键核心技术创新,子公司间接部署算力仅显著带动子公司自身关键核心技术创新,两类模式均能提升集团整体的关键核心技术创新产出但创新增益仅限于算力部署的实施主体,难以形成技术创新外溢。

表7 进一步分析—算力资源配置主体差异的影响

变量	子公司间接部署算力			母公司直接部署算力		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	集团整体 关键核心 技术创新	母公司关 键核心技 术创新	子公司关 键核心技 术创新	集团整体 关键核心 技术创新	母公司关 键核心技 术创新	子公司关 键核心技 术创新
算力部署	0.245 *** (0.082)	0.113 (0.081)	0.279 *** (0.078)	0.317 ** (0.158)	0.308 ** (0.139)	0.018 (0.108)
控制变量	是	是	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
N	31 337	31 337	31 337	31 011	31 011	31 011
Adjusted R ²	0.788	0.735	0.759	0.782	0.730	0.751

其原因可能与企业战略布局与组织架构分工密切相关。一方面,近年来中国企业的创新实践呈现显著的组织架构创新特征,通过设立新产品子公司和研发子公司的组织结构调整方式,将企业的创新活动嵌入相对独立的组织单元之中。这种组织结构创新不仅调整了资源配置方式,也重塑了创新活动中的权责结构、绩效考核方式与激励契约环境,使得母公司更多的承担战略规划等职能,而子公司则更聚焦于细分业务场景的技术落地与应用创新^[48]。另一方面,组织边界理论指出,组织边界的存在限制了企业经营活动范围,不利于企业间进行自由、畅通的资源传递和信息交流^[49],双方的算力资源难以相互传递与共享。因此,企业在进行算力部署时,应充分结合自身组织架构与创新业务布局,若创新活动主要集中在子公司层面,可优先选择由子公司间接部署算力,以提升算力与创新场景的适配效率;若需通过母公司统筹算力资源支持集团整体创新战略,则需建立高效的算力资源调度机制、精准的需求对接体

系,减少多层级传导带来的效率损耗。

五、研究结论与启示

算力是数字经济时代的新质生产力,为激活数据要素价值、支撑未来产业关键核心技术创新提供核心动能。本文以2017—2024年A股上市企业为样本,将企业获得IDC经营许可证视为算力部署的外生冲击,运用多时点双重差分模型等方法,系统研究算力部署对未来产业关键核心技术创新的影响与机制。研究发现:算力部署显著促进未来产业关键核心技术突破,该结论经一系列稳健性检验后依然成立;在影响机制上,其主要通过增强知识整合能力、提升创新效率、优化创新资源配置推动创新突破;影响效果在数据要素市场化程度和企业数字化转型水平不同的情境下存在差异;子公司间接部署与母公司直接部署算力均能提升集团整体的关键核心技术创新产出,但增益效果仅限于算力部署主体内部,并未能相互产生溢出。

第一,强化算力基础设施布局,构建算力赋能未来产业关键核心技术创新的政策体系。政府层面:一是统筹全国算力布局,聚焦未来产业如元宇宙、量子信息等,加快智算中心、超算中心建设,推动算力资源向高科技和创新型企业倾斜,提升适配度;二是建立算力部署与企业创新的联动激励,对布局算力并研发关键技术的企业给予研发费用加计扣除、税收减免等财政支持,降低成本,引导资源投入创新;三是加快算力产业标准体系建设,优化审批监管,降低优质企业资质门槛,完善服务质量评价,推动标准化,为算力部署与未来产业创新融合提供制度保障。

第二,通过市场化运作,释放算力在产业核心技术攻关中的关键作用。基于知识整合、效率提升和资源优化三条路径:一是培育市场化服务生态,搭建产学研对接平台,盘活专利和数据资源,以算力服务解决知识整合难题;二是培育细分算力业态,鼓励社会资本提供定制化算力服务,配套短期培训,降低企业研发成本和周期;三是利用价格信号和投融资导向,通过差异化算力定价,倒逼企业转向突破型创新,优化创新结构。

第三,推动算力与数据要素深度融合,构建算

力—数据生态系统。一是依托大数据试验区的制度优势,推进算力—数据协同布局,一体化建设公共算力与数据平台,规范数据流转和算力市场化租赁机制,同步实施算力券补贴激励创新。二是以数字化转型为抓手,搭建政府牵头、多平台协同共建的数据、算力、算法协同创新平台,整合资源促进数据流转与算力共享,同时加强数字技能人才培养。三是引导企业深化数字化转型,出台专项政策,制定差异化方案,提升企业数据应用能力,释放算力效能。

第四,优化企业算力资源配置,提升算力与创新场景的适配效率。一是结合自身组织架构与创新业务布局,科学选择算力配置主体。可根据创新活动在子公司或母公司层面灵活部署,建立高效调度与需求对接机制,减少效率损耗。多元化集团可采用总部统筹通用算力与子公司自建专用算力的混合模式。二是聚焦核心技术研发需求,将算力重点投入创新关键环节。三是建立算力部署的效果评估与动态调整机制,实时监测算力资源在关键核心技术创新中的应用效率,根据创新进展与需求变化,及时调整优化资源配置结构,实现算力高效利用和创新价值最大化。

第五,本文采用企业 IDC 经营许可证作为算力部署的代理变量存在一定的局限性。按照增值电信业务监管规定,不对外提供算力服务的企业无需申领 IDC 经营许可证。根据工业和信息化部及各省通信管理局的相关要求,企业若要取得 IDC 许可证,必须具备大规模的场地及机房设施,高速可靠的内外部网络环境以及系统化的监控支持手段等一系列条件的主机存放环境。因此,以 IDC 经营许可证来衡量企业算力部署情况,会遗漏部分样本。未来研究可结合企业机架数或显卡采购金额等内部微观数据构建智能算力度量指标,优化变量测度,以有效识别未办理相关资质,但配置有小型自用机房的中小企业算力投入行为。

参考文献:

- [1] 赵彦飞,王孝炯,王丽. 国家关键技术选择:三维综合指数方法研究[J]. 科学学研究, 2021, 39(6): 1015-1025.
- [2] 胡登峰,黄紫微,冯楠,等. 关键核心技术突破与国

产替代路径及机制:科大讯飞智能语音技术纵向案例研究[J]. 管理世界, 2022, 38(5): 188-209.

[3] 胡旭博,原长弘. 关键核心技术:概念、特征与突破因素[J]. 科学学研究, 2022, 40(1): 4-11.

[4] 尹西明,陈锋,吴善超. 技术—组织—场景(TOC):培育未来产业的新理论[J]. 中国软科学, 2025(9): 42-54.

[5] 彭鹏,刘海滨. 未来产业与新质生产力发展:关联机理及互动路径[J]. 中国软科学, 2025(10): 39-49.

[6] 王钰莹,原长弘. 产学研融合管理策略与关键核心技术突破[J]. 科学学研究, 2023, 41(11): 2027-2037.

[7] 安琪,冯启良,方炜. 合作网络双重嵌入与企业关键核心技术突破[J]. 科学学研究, 2025, 43(2): 394-405.

[8] 冯婷,郭立宏,董建卫,等. 风险投资、跨国并购与企业关键核心技术突破:基于高端医疗设备行业的实证研究[J]. 科学学研究, 2024, 42(6): 1255-1265.

[9] VANHAVERBEKE W, GILSING V, BEERKENS B, et al. The role of alliance network redundancy in the creation of core and non-core technologies[J]. Journal of management studies, 2009, 46(2): 215-244.

[10] 吴超鹏,严泽浩. 政府基金引导与企业核心技术突破:机制与效应[J]. 经济研究, 2023, 58(6): 137-154.

[11] 王昶,彭佳琪,何琪. 机会窗口何以触发关键核心技术创新突破?[J]. 科学学研究, 2024, 42(10): 2191-2205.

[12] 蔡跃洲. 中国共产党领导的科技创新治理及其数字化转型:数据驱动的新型举国体制构建完善视角[J]. 管理世界, 2021, 37(8): 30-46.

[13] 郑世林,张果果. 制造业发展战略提升企业创新的路径分析:来自十大重点领域的证据[J]. 经济研究, 2022, 57(9): 155-173.

[14] 孙中原,窦倩,楼旭明,等. 科技创新体系化能力助力关键核心技术突破的机理研究[J]. 科研管理, 2024, 45(5): 22-33.

[15] 杏稼龙,吴福象. 商业模式创新赋能企业关键核心技术突破:内在机制与经验证据[J]. 研究与发展管理, 2023, 35(6): 112-124.

[16] 聂力兵,龚红,赖秀萍. 唤醒“沉睡专利”:知识重组时滞、重组频率与关键核心技术创新[J]. 南开管理评论, 2024, 27(8): 86-97, 160.

[17] 张治河,苗欣苑. “卡脖子”关键核心技术的甄选机制研究[J]. 陕西师范大学学报(哲学社会科学版), 2020, 49(6): 5-15.

[18] 王小林,谢妮芸. 未来产业:内涵特征、组织变革与生态建构[J]. 社会科学辑刊, 2023(6): 173-182.

- [19] 李晓华, 王怡帆. 未来产业的演化机制与产业政策选择[J]. 改革, 2021(2): 54-68.
- [20] 余维新, 熊文明. 关键核心技术军民融合协同创新机理及协同机制研究:基于创新链视角[J]. 技术经济与管理研究, 2020(12): 34-39.
- [21] TEECE D J. Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy[J]. Research policy, 1986, 15(6): 285-305.
- [22] GOODHUE D L, THOMPSON R L. Task-technology fit and individual performance [J]. MIS quarterly, 1995, 19(2): 213.
- [23] 胡海峰, 林丽瑾, 窦斌. 耐心资本对关键核心技术企业创新的影响效果和作用机制[J]. 财贸经济, 2025, 46(11): 68-86.
- [24] 陈国青, 任明, 卫强, 等. 数智赋能:信息系统研究的新跃迁[J]. 管理世界, 2022, 38(1): 180-196.
- [25] 陈梦根, 张可. 新质生产力与现代化产业体系建设[J]. 改革, 2024(6): 58-69.
- [26] 史丹. 数字经济条件下产业发展趋势的演变[J]. 中国工业经济, 2022(11): 26-42.
- [27] RINATH R, GOPALAKRISHNAN N, ROGER M, et al. Data strategies for global value chains: hybridization of small and big data in the aftermath of COVID-19 [J]. Journal of business research, 2022, 144: 776-787.
- [28] FANG Hanming, LI Ming, LU Guangli. Decoding China's industrial policies [J]. SSRN Electronic Journal, 2025: 1-73.
- [29] IANSITI M, CLARK K B. Integration and dynamic capability: evidence from product development in automobiles and mainframe computers [J]. Industrial and corporate change, 1994, 3(3): 557-605.
- [30] 沈梓鑫, 江飞涛. 未来产业与战略性新兴产业的创新与新质生产力:理论逻辑和实践路径[J]. 暨南学报(哲学社会科学版), 2024, 46(6): 115-129.
- [31] BAILEY D E, LEONARDI P M, BARLEY S R. The lure of the virtual[J]. Organization science, 2012, 23(5): 1485-1504.
- [32] 王敏. “机器化学家”是怎样炼成的[N]. 中国科学报, 2023-05-16.
- [33] COASE R H. The nature of the firm[J]. Economica, 1937, 4(16): 386-405.
- [34] 王雄元, 秦江缘. 创新竞争与企业高质量创新模式选择:来自专利被无效宣告的经验证据[J]. 经济研究, 2023, 58(11): 80-98.
- [35] 万晓莉, 叶芸绮, 方芳. 从抵押物到现金流:间接融资如何支持创新型企业? [J]. 金融研究, 2025(3): 58-75.
- [36] 虞义华, 赵奇锋, 鞠晓生. 发明家高管与企业创新[J]. 中国工业经济, 2018(3): 136-154.
- [37] 罗双成, 刘建江, 张鹏. 超大规模市场与关键核心技术创新:基于长三角扩容政策的证据[J]. 经济学家, 2025(6): 77-87.
- [38] 许诺, 毛聚, 毛新述, 等. 算力部署、数据跨域流动与企业全要素生产率:来自智算中心的证据[J]. 中国工业经济, 2025(4): 61-79.
- [39] 郑世林, 汉馨语, 郭锡栋, 等. 国家战略科技力量与企业关键核心技术突破:来自国家和省级重点实验室的证据[J]. 中国工业经济, 2024(9): 62-80.
- [40] 韩先锋, 郑酌基, 朱承亮, 等. 专利审批体制改革与企业关键核心技术突破:来自专利快速预审制度的经验证据[J]. 中国软科学, 2025(6): 122-131.
- [41] 李宏, 王云廷, 吴东松. 专利质量对企业出口竞争力的影响机制:基于知识宽度视角的探究[J]. 世界经济研究, 2021(1): 32-46, 134.
- [42] 权小锋, 尹洪英. 中国式卖空机制与公司创新:基于融资融券分步扩容的自然实验[J]. 管理世界, 2017(1): 128-144, 187-188.
- [43] 王营, 冯佳浩. 绿色债券促进企业绿色创新研究[J]. 金融研究, 2022(6): 171-188.
- [44] 郑崑元, 李胜兰, 黎天元. 绿色债券发行、环境信息披露与企业绿色创新:兼论企业的监管套利行为[J]. 金融学季刊, 2023, 17(4): 50-72.
- [45] CENGIZ D, DUBE A, LINDNER A, et al. The effect of minimum wages on low-wage jobs[J]. The quarterly journal of economics, 2019, 134(3): 1405-1454.
- [46] 张永坤, 李小波, 邢铭强. 企业数字化转型与审计定价[J]. 审计研究, 2021(3): 62-71.
- [47] 赵宸宇, 王文春, 李雪松. 数字化转型如何影响企业全要素生产率[J]. 财贸经济, 2021, 42(7): 114-129.
- [48] DOSI G, MARENGO L. The dynamics of organizational structures and performances under diverging distributions of knowledge and different power structures [J]. Journal of institutional economics, 2014, 11(3): 535-559.
- [49] RINDOVA V P, KOTHA S. Continuous “morphing”: Competing through dynamic capabilities, form, and function [J]. Academy of management journal, 2001, 44(6): 1263-1280.