DOI:10.3876/j.issn.1671-4970.2026.05.010

算力基础设施的未来产业培育效应研究

——基于企业进入视角的实证检验

廖 斌,刘宇豪,韩 雷

(湘潭大学商学院)

摘要:促进未来产业企业进入,对于培育壮大未来产业而言具有重要意义。基于中国 284 个地级以上城市面板数据,对算力基础设施与未来产业企业进入的空间特征进行分析,并在此基础上实证检验算力基础设施对未来产业企业进入的影响效应及作用机理。结果表明:算力基础设施的空间格局始终保持"东、中-西"两级梯队格局,且中西部塌陷日益明显、差距日益收敛;未来产业企业进入的空间格局则由 2011 年的"东西高、中部塌陷"转变为 2023 年的"东中高、西部塌陷"。算力基础设施能够显著促进未来产业企业进入,且经过一系列稳健性检验后,该结论仍然成立。算力基础设施对未来产业企业进入的影响具有区域异质性特征:相较于低行政等级城市、政府经济增长目标设置难度较高城市、政府算力关注度较低城市,算力基础设施对高行政等级城市、政府经济增长目标设置难度较低城市及政府算力关注度较高城市的未来产业企业进入的促进效应更强。机制检验表明,算力基础设施主要通过颠覆性创新涌现、创新主体虚拟集聚、耐心资本注入、人力资本结构优化促进未来产业企业进入,且本地算力基础设施可以促进周边城市未来产业企业进入。有鉴于此,应进一步优化智算中心的空间布局、畅通算力基础设施正外部性发挥渠道、建立健全跨区域算力协作机制。

关键词:新质生产力;算力基础设施;未来产业培育;颠覆性创新;耐心资本;虚拟集聚

一、引 言

习近平总书记指出:"科技创新和产业创新,是发展新质生产力的基本路径。"[1]未来产业是推动科技创新与产业创新深度融合发展的基本载体,对于加快新质生产力形成具有重大的引领和支撑作用[2]。在此背景下,各地区相继出台政策,以完善未来产业的投入增长机制,推动未来产业发展。从微观视角切入,促进未来产业企业进入是培育壮大未来产业的关键切口,其不仅可以直接扩大未来产业规模,还将间接推动产业生态系统优化和未来产业门类拓展。根据产业演化理论,区域产业发展遵循路径依赖规律并取决于区域技术创新水平,因此,仅依靠现有传统产业自组织演化难以形成未来产业。而未来产业企业进入将带来新的技术并加剧企业间竞争,从而加快区域产业演化进程并优化区域产业演化路径,最终形成有利于未来产业培育的产业生态系统[3]。与此同时,未来产业企业进入还能打破原有市场壁垒和发展格局,催生新的消费场景和市场需求,将提高地区经济复杂度并加速产业非关联性创生,扩大

引用本文:廖斌,刘宇豪,韩雷.算力基础设施的未来产业培育效应研究——基于企业进入视角的实证检验[J].河海大学学报(哲学社会科学版),2026,28(5):104-114.

基金项目:国家自然科学基金项目(72464007);湘潭大学 2025 年学位与研究生教学改革研究项目(4302039)

作者简介:廖斌(1996—),男,讲师,博士,主要从事区域经济研究。E-mail:liaobin9612@hnu.edu.cn

未来产业门类[4]。由此,便引出一个亟待解决的科学问题:筑什么样的新巢,才能吸引未来产业企业这只新凤凰?

企业进入属于区位选择问题,主要受政策红利[5]、营商环境[6]、市场潜力[7]、产业配套[8]、人力资本[9]、基础设施[10]等多种因素的影响,而未来产业涵盖人工智能、先进制造、量子信息科学、5G 先进通信网络和生物技术等前沿科技领域,是依托重大科技创新和高新技术产业化而形成,且具有明显前沿技术依赖性和数据要素驱动性特征的新兴产业[11]。相较于传统产业,支撑数据要素市场配置改革和数字技术创新发展的数字基础设施将对未来产业企业进入决策产生重大影响[12]。2024 年,《关于推动未来产业创新发展的实施意见》明确指出,要“构建高速泛在、集成互联、智能绿色、安全高效的新型数字基础设施”,再次从宏观政策维度(推动数字基础设施建设)为地方政府吸引未来产业企业进入指明了方向。作为数字基础设施的核心组成部分,算力基础设施不仅能够支撑传统基础设施的转型升级,更能加速创新基础设施落地运行,是数字经济创新发展的重要“底座”。已有研究表明,算力基础设施是数据要素价值发挥、数字技术创新效率提升的重要前提[13-14],以杭州 AI 六小龙、合肥量子大道、深圳具身智能港为代表的未来产业空间集聚案例则揭示了未来产业发展与区域算力资源可得性的高度关联性。那么,算力基础设施能否以及如何影响未来产业企业进入,针对这一问题进行全面回答,可为培育壮大未来产业提供重要理论和经验依据。

相关研究主要有两支文献:第一支主要分析了算力基础设施的经济效果。研究提出,算力基础设施不仅可以促进企业数字技术创新[15],还能推动企业数字化转型[16],从而提升企业全要素生产率[17]、强化产业链韧性[18]、促进新质生产力发展[19]。第二支则探讨了未来产业企业进入的影响因素。学者们指出,加大耐心资本投入[20]、强化“数字+算法”的协同治理[21]、部署未来科技[22]、加快产业政策转型[23]、参与技术标准竞争[24]等均能对未来产业进入产生积极作用。总体而言,算力基础设施相关研究多聚焦在位企业的效率提升,而较少延伸至新创企业进入决策,未来产业企业进入的研究虽识别了多维影响因素,但尚未将算力基础设施这一新时代重要区位因素纳入分析框架,进一步地,直接关注算力基础设施对未来产业企业进入影响效应的研究更是凤毛麟角。鉴于此,本研究以未来产业企业进入的微观视角切入,从企业当期成本和预期收益两个方面探讨算力基础设施对未来产业企业进入的直接影响效应,并基于区域创新系统升级和要素可得性视角揭示二者的作用机理。在此基础上,构建中国城市未来产业企业数据库和算力基础设施数据库,进而实证检验算力基础设施对未来产业企业进入的影响效应、作用机制、异质性特征及空间效应,以期为未来产业培育壮大提供决策参考和实践启示。

二、理论分析与研究假说

1. 影响效应分析

未来产业企业进入的微观过程是潜在创业者的选址决策,核心逻辑是预期收益与投入成本的权衡比较。算力基础设施是激活数据潜能的底座,主要通过降低投入成本和稳定市场预期,进而吸引未来产业企业进入。在降低投入成本方面,由于未来产业的发展动力主要源于前沿技术的创新驱动,因此在企业进入时可能因沉没成本高、前期投资巨大而难以跨越“死亡之谷”[25]。算力基础设施可为未来产业初创企业提供普惠化、低成本的算力服务,从而摊薄企业进入的固定成本并减少地区前沿技术产业化成本。在稳定预期方面,市场不确定性强、场景建设缺乏是初创企业进入未来产业领域动力不足的又一痛点[26],而算力基础设施建设具有政府引导属性,是有为政府与有效市场协同发挥我国制度优越性的重要表现,其一方面可以直接向市场释放政府支持数字经济发展的政策信号,从而降低初创未来产业企业对市场不确定性的担忧,增强其长期投入的信心;另一方面也可支撑构建物理世界的数字副本,形成大量可组合、易推广的应用场景,为前沿技术提供应用机会,从而破解未来产业企业“有技术无场景”的落地困境。

据此,提出假说 H1:算力基础设施可以促进未来产业企业进入。

2. 作用机制分析

鉴于未来产业发展以前沿技术突破和跨领域创新融合为核心驱动力的特征事实,以及算力基础设施在推动要素深度融入科技创新全链条,推动创新范式升级、优化创新活动空间组织方式中的关键支撑作用[27],基于区域创新系统升级和要素可得性视角,从颠覆性创新涌现、创新主体虚拟集聚、耐心资本注入、人力资本结构优化共 4 个方面剖析算力基础设施对未来产业企业进入的作用机制。

(1)颠覆性创新涌现机制

未来产业是颠覆性创新驱动的前瞻性新兴产业,颠覆性创新涌现意味着可以持续催生未来产业技术路线并不断扩展未来产业细分领域,从而强化未来产业韧性并加快形成产业规模效应。因此,确保颠覆性创新持续涌现是吸引未来产业进入的关键。然而,由于颠覆性创新具有高创新风险和长投资回报周期等特征,因此沿着传统技术路线小幅度改进的渐进式创新仍然是创新主体的主要创新策略[28]。算力基础设施是前沿数字技术应用的前提,其一方面可支持数字孪生等新一代信息技术参与辅助研发,从而通过预判技术路线可行性及市场反馈减少创新失败风险;另一方面可支持海量数据实时分析并打破研发数据孤岛,推动创新过程从线性流程转为分布式并行开发,提高创新效率、拓展创新边界、缩短研发回报周期,因此可激活创新主体开展颠覆性创新的积极性并实现颠覆性创新涌现[29]。

据此,提出假说 H2:算力基础设施能通过促进颠覆性创新涌现吸引未来产业企业进入。

(2)创新主体虚拟集聚机制

创新主体间的高效协同互动是催生技术突破与产业迭代的关键,然而,传统创新集聚高度依赖物理邻近性,创新主体受制于地理距离、信息不对称和协作成本等,难以实现大范围、高效率的跨界协同。创新主体虚拟集聚作为数字时代突破地理空间约束、实现企业间知识共享、协同创新的新型组织形态[30],可有效改善区域创新生态,从而吸引未来产业企业进入。算力基础设施是支撑虚拟集聚空间运行的技术底座,也是实现创新主体实时交互的关键基础设施:其一,算力基础设施可提供强大的计算能力和低延迟网络支持,保障虚拟创新社区与数字协作平台的流畅运行,从而提升创新主体在虚拟空间中的交流体验;其二,算力基础设施可支持异质性创新资源的智能匹配、精准解析与动态调度,降低创新主体异质性知识获取的搜寻成本并加速隐性知识传递,由此可有效促进创新主体虚拟集聚。

据此,提出假说 H3:算力基础设施能通过促进创新主体虚拟集聚吸引未来产业企业进入。

(3)耐心资本注入机制

未来产业发展面临市场、技术、商业化等多维度的不确定性,因此该产业的新创企业比传统产业更需要耐心资本的支持[31]。耐心资本注入,不仅能够通过直接注入长期性资金以缓解融资约束,还能通过认证效应向其他金融机构释放积极的市场信号并增大长期性金融产品市场供给,因此可降低地区未来产业企业的融资难度和融资成本,使这些初创企业能获得充足的资金用于技术产业化的探索试验,从而吸引未来产业企业进入[32]。算力基础设施能够助力投资者构建更精准的信用评估模型并实时监测企业资金流动和经营风险,从而增强投资者信心并吸引耐心资本注入。同时,算力基础设施本质上是政府的投资行为,将向市场传递支持经济社会变革和未来产业发展的决心,因而可增强市场投资者对区域未来产业健康成长的预期,从而吸引耐心资本注入。

据此,提出假说 H4:算力基础设施能通过促进耐心资本注入吸引未来产业企业进入。

(4)人力资本结构优化机制

未来产业的成长离不开科技创新人才与高技能劳动力的支撑[33]。算力基础设施会形成置换效应,一方面通过加速人工智能创新减少传统劳动力需求并促使低技能劳动者流出,另一方面通过推动企业数字化转型和“实数”融合创造新的就业岗位并吸引高技能劳动者和科技创新人才进入,最终推动地区人力资本结构高级化。此外,算力基础设施能够通过支持虚

拟现实、增强现实等技术在教育中的应用,推动教育云平台搭建以加速地区教育数字化进程,从而提高教育质量和公平性并加速高素质人力资本积累,最终实现人力资本结构优化。进一步地,人力资本结构优化意味着未来产业企业雇佣高技能劳动力和科技创新人才的难度降低,因此可减少企业的非经营支出,进而提高未来产业企业进入的积极性。

据此,提出假说 H5:算力基础设施能通过促进人力资本结构优化吸引未来产业企业进入。

三、研究设计

1. 模型设定

为研究算力基础设施对未来产业企业进入的直接影响,构建如下基准回归模型:

$$EE_{it}=\beta_0+\beta_1 CD_{it}+\beta_n X_{it}+\sigma_i+\gamma_t+\varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中:i、t 分别为城市和年份;EE_{it} 为未来产业企业进入;CD_{it} 为算力基础设施;X_{it} 为一系列控制变量;ε_{it} 为误差项;σ_i、γ_t 分别为地区固定效应和时间固定效应。

为研究算力基础设施对未来产业企业进入的影响机制,构建以下回归模型:

$$M_{it}=\beta_0+\beta_1 CD_{it}+\beta_n X_{it}+\sigma_i+\gamma_t+\varepsilon_{it} \quad (2)$$

式中:M_{it} 为机制变量。

为进一步研究算力基础设施对未来产业企业进入的空间溢出效应,构建如下空间计量模型:

$$EE_{it}=\beta_0+\rho W_{it}EE_{it}+\beta_1 CD_{it}+\beta_n X_{it}+\tau_1 W_{it}CD_{it}+\tau_n W_{it}X_{it}+\sigma_i+\gamma_t+\varepsilon_{it} \quad (3)$$

式中:W_{it} 为空间权重;τ 为空间溢出效应系数;ρ 为空间自相关系数。

2. 变量测度

(1)被解释变量

借鉴现有研究[8,34],采用城市未来产业新增工商企业注册数量作为未来产业企业进入的代理指标。

(2)解释变量

利用爬虫技术对工业和信息化部政务服务平台公布的“增值电信业务经营许可证发放名单”进行数据挖掘与清洗后,再匹配到各城市得到城市智算中心数量,以此表征算力基础设施[16]。

(3)机制变量

①颠覆性创新涌现。通过国家知识产权局官方网站专利数据库,获取研究期间各城市的全部专利数量,其后借鉴贾卫峰等的研究[35],根据专利信息筛选跨界颠覆性技术专利和垂直颠覆性技术专利,并以二者的数量之和作为颠覆性创新涌现的代理指标。②创新主体虚拟集聚。参考刘烨等的研究[30],以包含地理距离外溢衰减指数的信息传输、软件和信息技术服务业区位熵表征创新主体虚拟集聚水平。③耐心资本注入。参考钟腾等的研究[36],使用地级市风险投资次数作为耐心资本注入的代理变量。④人力资本结构优化。参考何小钢等的研究[33],利用普通本专科及以上人口数量与全市常住人口的比值作为人力资本结构优化的代理指标。

(4)控制变量

①经济发展,以地区 *GDP* 表示;②人口密度,以常住人口与行政区域面积之比衡量;③对外开放,以实际利用外资与地区 *GDP* 之比衡量;④产业结构升级,采用产业结构升级系数来表征;⑤财政透明,以各城市的财政透明度得分表征。

3. 数据来源

研究对象为 2011—2023 年中国 284 个地级及以上城市,数据主要来源于企查猫数据库、中国专利数据库、工业和信息化部网站、《中国城市统计年鉴》,少数缺失值采用线性插值法补齐。

四、时空演化特征分析

1. 算力基础设施的时空演化特征

从区域分布看,2011—2023 年,东部地区智算中心由 100 家扩张至 5 869 家,始终占据绝对主导;中部由 47 家增至 1 024 家,西部由 32 家增至 944 家。三大区域长期维持“东、中-西”两级梯队格局,中西部塌陷特征明显,但中部与西部的相对差距逐步收敛。东部地区仍然是算力基础设施建设的先行区和主战场,而西部地区依托“东数西算”工程成了算力基础设施建设的新阵地,逐渐缩小了与中部地区的算力差距。从城市层面来看,北京、杭州、上海、深

圳、成都始终位列城市算力基础设施数量排名前 5 位,这意味着算力基础设施主要呈现“中心城市高地突出”特征,反映了算力基础设施在地理分布上的非均衡性。

2. 未来产业企业进入的时空演化特征

2011—2023 年,东部地区未来产业企业进入数由 193 家增至 11 066 家,先发优势贯穿始终;中部由 27 家增至 3 479 家,西部由 69 家增至 2 651 家。未来产业企业进入的空间格局由“东西高、中部塌陷”转变为“东中高、西部塌陷”,体现了中部地区的强劲后发赶超动能。从城市层面来看,北京、上海、深圳、成都、杭州、西安、武汉等直辖市或省会城市始终位列未来产业企业进入数量排名前列,这意味着未来产业企业主要呈现“向中心城市集聚”的趋势。

上述分析揭示了算力基础设施与未来产业企业进入空间格局的空间一致性,初步证实了二者的关联性。进一步分析发现,未来产业企业进入的主要城市往往具有创新资源充裕、经济活力好、人口密度大的特点,因而也在一定程度上证明了控制变量选取的合理性。

五、实证结果分析

1. 基准回归结果

表 1 报告了依次加入控制变量的基准回归结果,根据列(6)的估计系数可知,智算中心每增加 1 个单位,未来产业企业进入数量将相应增加 1.903 个,这意味着算力基础设施对未来产业企业进入的促进作用明显,假说 H1 得以验证。这一结果表明,算力基础设施已成为驱动未来产业企业进入的关键区位禀赋,重塑了传统区位选择理论的核心逻辑。因此,地方政府在招商引资竞争中应摒弃传统的“税收优惠+土地供给”模式,将构建算力基础设施优势作为提升区域竞争优势的新抓手。

2. 稳健性检验

表 2 报告了稳健性检验结果,主要策略如下:①替换解释变量,以城市拥有智算中心数量的对数表征解释变量。②替换被解释变量,以该地区每万人新注册未来产业企业数量表征被解释变量。③考虑异方差影响,引入聚类到城市层面的标准误。④剔除极端值,对所有变量进行 1%的缩尾处理。⑤剔除特殊样本,删除直辖市样本。结果表明,算力基础设施的估计系数和方向始终与基本回归保持一致,即研究结论稳健可信。

3. 内生性分析

智算中心运行对温度条件要求严苛,通常需要大规模制冷设备支撑散热需求,因此气温较低地区的算力基础设施建设成本更低。同时,与人口密度、交通便利、产业基础等关键因素相比,城市温度往往难以直接影响未来产业

表 1　基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
算力基础设施	2.259***	2.242***	1.901***	1.906***	1.906***	1.903***
	(58.02)	(57.60)	(48.43)	(48.81)	(48.83)	(48.73)
经济发展		0.056***	0.039***	0.032***	0.033***	0.034***
		(5.08)	(3.86)	(3.07)	(3.22)	(3.27)
人口密度			5.571***	5.623***	5.656***	5.643***
			(22.73)	(23.06)	(23.14)	(23.54)
对外开放				0.849***	0.836***	0.833***
				(6.21)	(6.12)	(6.09)
产业结构					40.778*	41.187*
					(1.84)	(1.86)
财政透明						−0.234*
						(−1.65)
固定效应	固定	固定	固定	固定	固定	固定
R^2	0.542	0.545	0.605	0.610	0.611	0.612
Observations	3 692	3 692	3 692	3 692	3 692	3 692

注:括号内为 t 值;***、**、* 分别为 1%、5%和 10%的显著性水平。下同。

表 2　稳健性检验结果

变量	(1) 替换解释变量	(2) 替换被解释变量	(3) 考虑异方差	(4) 剔除极端值	(5) 剔除特殊样本
算力基础设施	6.611***(13.64)	0.079***(44.67)	1.903***(7.61)	1.895***(48.33)	4.294***(46.35)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
固定效应	固定	固定	固定	固定	固定
R^2	0.373	0.601	0.611	0.611	0.642
Observations	3 692	3 692	3 692	3 692	3 640

的企业进入决策,因此,城市平均气温是一个兼顾相关性和外生性的有效工具变量。以此工具变量进行内生性检验的结果如表 3 所示,结果表明,算力基础设施与未来产业企业进入之间不存在明显的内生性问题。

4. 异质性分析

(1)城市行政等级异质性

一方面,高行政等级城市通常拥有更丰富的财政资源、基础设施、人才规模和产业配套,因而可更好地发挥算力基础设施正外部性;另一方面,高行政等级城市往往拥有更大的政策制定权,可通过提升税收优惠、简化工业用地审批流程等政策降低未来产业企业进入的制度性交易成本。因此,理论上讲,相较于低行政等级城市,算力基础设施将更大程度促进高行政等级城市未来产业企业进入。根据是否为中心城市划分城市样本,并引入城市行政等级虚拟变量(高行政等级城市为 $cons_1$,低行政等级城市为 $cons_2$)与算力基础设施的交互项进行回归分析,结果如表 4 列(1)所示。结果表明,低行政等级城市算力基础设施对未来产业企业进入的影响效应(0.979)小于高行政等级城市(1.899),即在高行政等级城市建设算力基础设施能够更好地促进未来产业企业进入。

(2)政府经济增长目标设置难度异质性

在政府经济增长目标设置难度较高地区中,政府官员有更强烈的经济发展意愿和晋升动机,因此可能会更倾向于招引培育预期收益明朗的传统产业以在短期内获得稳定税源和经济发展绩效。相反地,经济增长目标设置难度较低地区政府,可能更愿意出台政策支持具有高风险特征的未来产业发展。因此可预计,相较于经济增长目标设置难度较高的城市,算力基础设施在经济增长目标设置难度较低城市所发挥的未来产业企业进入效应会更明显。借鉴余泳泽等的研究[37],依据政府工作报告中对于经济增长目标的措辞,将研究样本划分为政府经济增长目标设置难度较高城市和政府经济增长目标设置难度较低城市,其后引入政府经济增长目标设置难度虚拟变量(政府经济增长目标设置难度较高城市为 eco_1,政府经济增长目标设置难度较低城市为 eco_2)与算力基础设施的交互项进行回归分析。结果如表 4 列(2)所示。结果表明,政府经济增长目标设置难度较高的城市算力基础设施对未来产业企业进入的影响效应(1.903)小于政府经济增长目标设置难度较低城市(2.339),即在政府经济增长目标设置难度较低的地区建设算力基础设施能够更好地促进未来产业企业进入。

表 3　内生性检验结果

变量	(1) 算力基础设施	(2) 未来产业企业进入	(3) 算力基础设施	(4) 未来产业企业进入
算力基础设施		2.465***(8.75)		2.115***(6.84)
IV_1	8.245***(9.54)		7.125***(4.98)	
Kleibergen-Paap rk LM	88.458(0.000)		47.164(0.000)	
Kleibergen-Paap rk Wald F	37.478[19.93]		28.081[19.93]	
控制变量	不控制	不控制	控制	控制
固定效应	固定	固定	固定	固定
Observations	3 692	3 692	3 692	3 692

注:[ ]内数值为 Stock-Yogo 在 1%水平上的临界值。

表 4 异质性分析结果

变量	(1)	(2)	(3)
算力基础设施×$cons_1$	1.899***(48.71)		
算力基础设施×$cons_2$	0.979***(4.16)		
算力基础设施×eco_1		1.903***(4.57)	
算力基础设施×eco_2		2.339***(48.73)	
算力基础设施×cd_1			0.969***(8.32)
算力基础设施×cd_2			0.481**(2.28)
控制变量	控制	控制	控制
固定效应	固定	固定	固定
R^2	0.613	0.611	0.583
Observations	3 692	3 692	3 692

(3)政府算力重视度异质性

在政府算力重视度较高的城市中,地方政府更可能通过政策倾斜、财政补贴、土地优惠及公共数据开放等手段来降低智算中心的建设成本和运营成本,从而加速算力资源发挥经济效应。因此可预计,相较于政府算力重视度较低的城市,算力基础设施在政府算力重视度较高城市所发挥的未来产业企业进入效应会更明显。依据政府工作报告中"算力"的词频数量,将研究样本划分为政府算力重视度较高城市和政府算力重视度较低城市,其后引入政府算力重视度虚拟变量(政府算力重视度较高为 cd_1,政府算力重视度较低为 cd_2)与算力基础设施的交互项进行回归。表 4 列(3)的结果表明,政府算力重视度较高城市算力基础设施对未来产业企业进入的影响效应(0.969)大于政府算力重视度较低城市(0.481),即在政府算力重视度较高城市建设算力基础设施,能够更好地促进未来产业企业进入。

5. 机制检验

上述实证结果表明,算力基础设施能吸引未来产业企业进入,但其背后的作用机理仍有待进一步验证。结合前文的理论分析,对颠覆性创新涌现机制、创新主体虚拟集聚机制、耐心资本注入机制、人力资本结构优化机制依次进行检验。

(1)颠覆性创新涌现机制

算力基础设施可以帮助创新主体减少创新失败风险、提高创新效率并缩短创新回报周期,进而促进颠覆性创新涌现,而颠覆性创新涌现可以强化未来产业韧性并加快形成未来产业集群,进而促进未来产业企业进入。由表 5 列(1)可知,算力基础设施的回归系数显著为正,表明算力基础设施能显著促进颠覆性创新,由此验证了假说 H2,即算力基础设施能通过促进颠覆性创新进而促进未来产业企业进入。

(2)创新主体虚拟集聚机制

算力基础设施可以提供强大的计算能力和低延迟网络支持,从而促进创新主体虚拟集聚,而虚拟集聚可以有效改善区域创新生态,吸引未来产业企业进入。由表 5 列(2)可知,算力基础设施的回归系数显著为正,表明算力基础设施能显著促进创新主体虚拟集聚,由此验证了假说 H3,即算力基础设施能通过促进创新主体虚拟集聚进而促进未来产业企业进入。

(3)耐心资本注入机制

算力基础设施能通过增加技术供给和向市场传递政府动机从而增加投资者信心并吸引耐心资本注入,而耐心资本注入意味着未来产业企业将获得充足的资金用于度过技术产业化的探索试验阶段,从而促进未来产业企业进入。由表 5 列(3)可知,算力基础设施的回归系数显著为正,表明算力基础设施能显著促进耐心资本注入,由此验证了假说 H4,即算力基础设施能通过促进耐心资本注入进而促进未来产业企业进入。

(4)人力资本结构优化机制

算力基础设施不仅可以形成置换效应改变地区高技能劳动力占比,还能够加速地区教育数字化进程以加速高素质人力资本积累,从而促进人力资本结构优化。与此同时,人力资本结构优化将减少企业的非经营支出,因此可激

表 5　作用机制检验结果

变量	(1) 颠覆性创新涌现机制	(2) 创新主体虚拟集聚机制	(3) 耐心资本注入机制	(4) 人力资本结构优化机制
算力基础设施	0.004 * (1.81)	0.046 *** (7.59)	0.128 *** (6.24)	0.007 *** (4.00)
控制变量	控制	控制	控制	控制
固定效应	固定	固定	固定	固定
R^2	3 692	3 692	3 692	3 692
Observations	0.082	0.711	0.753	0.029

发未来产业企业进入的积极性。由表 5 列(4)可知,算力基础设施的回归系数显著为正,表明算力基础设施能显著促进人力资本结构优化,由此验证了假说 H5,即算力基础设施能通过促进人力资本结构优化进而促进未来产业企业进入。

6. 空间效应分析

为探究算力基础设施对周边地区未来产业企业进入的影响,构建基于经济地理嵌套矩阵的空间杜宾模型检验算力基础设施对未来产业企业进入的空间效应。表 6 结果表明,算力基础设施的直接效应、间接效应均为正,意味着算力基础设施在促进本地区未来产业企业进入的同时,也将带动周边地区未来产业企业进入。可能的原因是:一方面,算力基础设施在促进本地区技术创新、人才集聚、资本注入的同时,通过知识扩散、技术外溢、产业分工、规模借用等形式优化了周边地区的创业生态[38],增强未来产业企业进入的预期收益;另一方面,算力基础设施加速了数字生态从本地向周边地区的扩散蔓延,有利于带动周边地区数字基础设施升级、数字人才培育、数字服务普及[39],从而减少未来产业企业进入的投入成本。

六、结论与政策建议

未来产业已成为大国博弈的新焦点,抢占未来产业发展制高点对我国经济发展的长期主动权和战略安全意义深远。算力资源作为数字经济时代的关键要素,正日益成为影响未来产业布局的重要力量。基于企业进入视角考察算力基础设施的未来产业培育效应,主要结论如下:其一,研究期内,算力基础设施的空间格局始终保持“东、中-西”两级梯队格局,且中西部塌陷日益明显、中西部的差距日益收敛;未来产业企业进入的空间格局则由 2011 年“东西高、中部塌陷”转变为 2023 年的“东中高、西部塌陷”格局。其二,算力基础设施能够显著促进未来产业企业进入,且经过一系列稳健性检验,该结论仍然显著成立。其三,算力基础设施对未来产业企业进入的影响具有显著的区域异质性特征。相较于低行政等级城市、政府经济增长目标设置难度较高城市、政府算力关注度较低城市,算力基础设施对高行政等级城市、政府经济增长目标设置难度较低城市和政府算力关注度较高城市未来产业企业进入的促进效应更强。其四,机制检验表明,算力基础设施主要通过颠覆性创新涌现、创新主体虚拟集聚、耐心资本注入、人力资本结构优化来促进未来产业企业进入。其五,本地算力基础设施可以促进周边城市未来产业企业进入。

基于以上结论,提出如下建议:

表 6　空间计量分析结果

变量	(1)直接效应	(2)间接效应	(3)总效应
算力基础设施	1.245 *** (6.33)	0.639 *** (4.58)	1.884 *** (5.26)
ρ	0.305 *** (5.84)		
σ^2	0.003 *** (44.05)		
控制变量		控制	
固定效应		固定	
Log-likelihood		4 521.362	
Observations		3 692	

首先,优化智算中心的空间布局,实现算力基础设施效率提升与区域均衡发展“齐头并进”。算力基础设施能够显著促进未来产业企业进入且中国智算中心存在东部集聚的非均衡格局,因此,一方面要强化中西部算力节点建设,支持以成渝、贵州、内蒙古等地区布局绿色数据中心为抓手引导算力资源向中西部转移;另一方面要构建多层级算力网络,在中心城市布局高性能算力枢纽,同时在中西部非中心城市部署边缘计算节点,形成“核心+边缘”协同的算力体系,进而在提升算力基础设施对未来产业进入促进效应的同时,弥合区域间的算力鸿沟,助力区域均衡发展。

其次,因地制宜,探索依托算力基础设施助力未来产业培育的高效实施方案。研究发现,算力基础设施对未来企业进入的影响效应存在地理区位异质性、政府行为特征异质性及产业生态特征异质性。因此,一是高行政等级城市可与低行政等级城市以“结对子”的形式构建算力共享共建平台,支持高行政等级城市不断优化算力资源质量的同时,以算力共享、算力飞地或跨域智算中心的形式支持低行政等级城市扩大算力资源规模,助力全域提升算力基础设施的未来产业企业进入效应,培育壮大未来产业。二是可引入多维考核指标推动经济增长与官员考核脱钩,助力地方政府降低经济增长目标设置难度。三是可推广政府数字化转型试点政策以加强政府算力关注度。

再次,畅通机制渠道,推动算力基础设施正外部性发挥。颠覆性创新涌现、创新主体虚拟集聚、耐心资本注入、人力资本结构优化是算力基础设施促进未来产业企业进入的重要渠道,为此,一是可鼓励设立颠覆性创新专项创新基金并探索算力资源支持颠覆性创新涌现的体制机制,有效促进颠覆性创新涌现与转化。二是应鼓励积极探索激活算力、数据等要素潜能的体制机制,扩大数据和算力等新要素市场化配置范围,继而依托新要素对传统要素的乘数效应和配置效应促进虚拟产业集聚。三是可以政府资金为引导、以算力资源为优势,探索构建多元化的风险资本投入渠道,培育壮大耐心资本,有效缓解未来产业企业的融资约束。四是可探索市场化引才方式、深化高等教育规模结构变革,为未来产业进入提供高级人力资本。

最后,强化区域协同联动,放大算力基础设施的空间溢出效应。算力基础设施不仅可促进本地区未来产业企业进入,还能通过知识溢出、人才共享、资本转移等渠道带动周边地区未来产业企业进入。因此,应打破行政壁垒,建立健全跨区域算力协作机制,支持核心城市与周边地区共建“算力飞地”或“算力协作走廊”。同时,构建区域算力共享平台,通过算力券、算力补贴等方式降低周边企业算力获取门槛,并完善创新要素流动机制,畅通人才、资本、技术从核心城市向周边地区的传导渠道,推动算力基础设施的正外部性在更大空间范围内实现普惠共享,助力形成算力驱动未来产业发展的网络化空间格局。

参考文献:

[1] 习近平. 因地制宜发展新质生产力[J]. 求是,2025(22):4-10.

[2] 黄梅,万小龙. 科技创新和产业创新深度融合赋能新质生产力:逻辑理路、现实障碍与实践路径[J]. 科学管理研究,2025,43(2):82-91.

[3] 贺灿飞. 区域产业发展演化:路径依赖还是路径创造?[J]. 地理研究,2018,37(7):1253-1267.

[4] 李伟,贺灿飞. 中国区域产业演化路径——基于技术关联性与技术复杂性的研究[J]. 地理科学进展,2021,40(4):620-634.

[5] Mittal S, Yabe T, Kumar I, et al. Spatial and cross-sectoral relationships in business entry dynamics around a highway corridor[J]. Transportmetrica A: Transport Science, 2024, 20(1):2138627.

[6] 周阔,孙翊铭,曲植. 社会信用体系建设与企业区位选择——来自县域面板数据的准自然实验证据[J]. 南方经济,2025(4):58-79.

[7] Patel P C, Rietveld C A. Right of association and new business entry: country-level evidence from the market sector[J]. Small Business Economics, 2023, 61(3):1161-1177.

[8] 陈强远,殷赏,程芸倩,等. 围绕创新链布局产业链:基于中关村科技园周边新企业进入的分析[J]. 中国工业经济,2024(1):75-92.

[9] 陶涛,丛正龙,倪晨旭,等. 城市人口负增长对企业进入的影响——来自工商企业注册数据的证据[J]. 人口研究,2024,48(6):115-129.

[10] Li Da, Lin Xiaoyan. Social welfare analysis of China's high-speed rail industry: based on the perspective of enterprises' entry in upstream market [J]. Journal of Advanced Transportation, 2020:8829175.
[11] 李军凯,高菲,龚轶. 构建面向未来产业的创新生态系统:结构框架与实现路径[J]. 中国科学院院刊,2023,38(6):887-894.
[12] 吴艳,贺正楚,邹彬. 驱动未来产业成长的机理与组态路径:基于数字创新生态系统的视角[J]. 科学决策,2025(4):1-20.
[13] 卢福财,曾鑫,黄婷. 大数据综合试验区设立对区域创新能力的影响研究[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版),2026,28(1):109-126.
[14] 周文,白佶. 新质生产力助推现代化产业体系建设的作用机理、重点方向与战略路径研究[J]. 齐鲁学刊,2025 (6) : 101-114.
[15] Jiang Hui. How does computing infrastructure deployment drive corporate digital technology innovation? [J]. Finance Research Letters, 2025, 86:108659.
[16] 王华,谭鑫语. 算力基础设施建设与企业数字化转型——来自数据中心建设的证据[J]. 统计研究,2025,42(12):47-61.
[17] 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.
[18] Li Zijian, Li Peishan, Mao Xinwei, et al. Internet of computing power drives the intelligent upgrade of industries: research on application paradigms, maturity, and implementation paths[J]. Information and Communications Technology and Policy, 2026, 52(2):86-96.
[19] Chen Keyue, Wang Ximu. The impact of intelligent computing centers construction on urban new-quality productivity: an empirical study based on 287 prefecture-level cities in China[J]. Socio-Economic Planning Sciences, 2026, 105:102476.
[20] 李三希, 刘希, 孙海琳. 以耐心资本推动新质生产力发展:特征意义、现状问题与培育路径[J]. 财经问题研究, 2024(10):14-28.
[21] 史占中. "数字+算法"驱动未来产业生态演进与培育研究[J]. 人民论坛·学术前沿, 2024(12):40-48.
[22] 孟祺, 杨永新. 未来科技如何驱动未来产业发展——基于"技术创新-产业生态-制度环境"的视角[J]. 经济学家, 2025(3):46-55.
[23] 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.
[24] 毛昊, 柏杨. 技术标准竞争、未来产业发展与国家战略博弈[J]. 科学学研究, 2024, 42(4):713-720.
[25] 陈凯华,冯卓,康瑾,等. 我国未来产业科技发展战略选择[J]. 中国科学院院刊,2023,38(10):1459-1467.
[26] 蒋永穆,李璇. 具身智能产业:形成逻辑、发展需求与实践路径[J]. 经济体制改革,2025(6):35-44.
[27] 杨俊,李小明,黄守军. 大数据、技术进步与经济增长——大数据作为生产要素的一个内生增长理论[J]. 经济研究,2022(4):103-119.
[28] 廖斌,杨昭,刘莹. 数字消费何以赋能城市技术突破式创新? [J]. 财经论丛(浙江财经大学学报),2025(8):52-61.
[29] 刘海兵,刘洋,黄天蔚. 数字技术驱动高端颠覆性创新的过程机理:探索性案例研究[J]. 管理世界,2023(7):63-81.
[30] 刘烨,王琦,班元浩. 虚拟集聚、知识结构与中国城市创新[J]. 财贸经济,2023,44(4):89-105.
[31] 胡拥军. 前瞻布局未来产业:优势条件、实践探索与政策取向[J]. 改革,2023(9):1-10.
[32] 姜中裕,吴福象. 耐心资本、数字经济与创新效率——基于制造业A股上市公司的经验证据[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版),2024,26(2):121-133.
[33] 何小钢,梁权熙,王善骝. 信息技术、劳动力结构与企业生产率——破解"信息技术生产率悖论"之谜[J]. 管理世界,2019,35(9):65-80.
[34] 田彩红,李琳,廖斌,等. 国家新一代人工智能创新发展试验区对未来产业企业进入的影响[J]. 地理学报,2025,80(12):3249-3266.
[35] 贾卫峰,王艺宁,王朔. 颠覆性创新驱动信息产业与制造业融合模式研究[J]. 科学学研究,2024,42(6):1300-1311.
[36] 钟腾,罗吉罡,汪昌云. 地方政府人才引进政策促进了区域创新吗? ——来自准自然实验的证据[J]. 金融研究,2021(5):135-152.
[37] 余泳泽,刘大勇,龚宇. 过犹不及事缓则圆:地方经济增长目标约束与全要素生产率[J]. 管理世界,2019,35(7):26-42.
[38] 廖斌,杨昭,田彩红. 信息消费促进了城市减污降碳协同增效吗? [J]. 消费经济,2025,41(2):45-58.
[39] 郭进,张越,成春林. 数字要素、空间效应与城市经济增长收敛性[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版),2026,28(1):127-143.

The Future Industry Cultivation Effect of Computing Infrastructure: An Empirical Test from the Perspective of Enterprise Entry / Liao Bin, Liu Yuhao, Han Lei (School of Business, Xiangtan University)

Abstract: Enterprise entry into future industries is of great significance for cultivating and strengthening these industries. Based on panel data from 284 cities at or above the prefecture level in China, this paper analyzes the spatial characteristics of computing infrastructure and enterprise entry into future industries. On this basis, it empirically examines the impacts and mechanisms of computing infrastructure on enterprise entry into future industries. The results show that the spatial pattern of computing infrastructure has consistently maintained a "east, central-west" two-tier gradient structure, with the central and western regions experiencing increasingly evident depression and growing convergence in disparities; the spatial pattern of enterprise entry into future industries, by contrast, shifted from a "high in the east and west, depression in the central region" pattern in 2011 to a "high in the east and central regions, depression in the western region" pattern in 2023. Computing infrastructure can significantly promote enterprise entry into future industries, and this conclusion still holds after a series of robustness tests. The impact of computing infrastructure on enterprise entry into future industries exhibits regional heterogeneity. Compared with cities with lower administrative levels, those with greater difficulty in setting government economic growth targets, and those with lower government attention to computing power, computing infrastructure has a stronger promoting effect on enterprise entry into future industries in cities with higher administrative levels, those with lower difficulty in setting government economic growth targets, and those with higher government attention to computing power. Mechanism tests indicate that computing infrastructure primarily promotes enterprise entry into future industries through the emergence of disruptive innovation, virtual agglomeration of innovation entities, injection of patient capital, and optimization of human capital structure. Moreover, local computing infrastructure can promote enterprise entry into future industries in the surrounding cities. Therefore, it is necessary to further optimize the spatial layout of intelligent computing centers, unblock the channels for the positive externalities of computing infrastructure, and establish and improve cross-regional computing collaboration mechanisms.

Key words: new quality productive forces; computing infrastructure; cultivation of future industries; disruptive innovation; patient capital; virtual agglomeration