

技术邻近性视角下数字产业集群竞争优势的形成逻辑与构建路径

夏杰长^{1, 2}, 陶 鹄³

(1. 广州商学院 经济学院, 广东 广州 511363; 2. 中国社会科学院 财经战略研究院, 北京 100006;

3. 中国社会科学院大学 商学院, 北京 102488)

摘要: 中国数字产业集群建设正处于政策驱动与技术创新双重叠加的历史机遇期。数字产业集群发展迅猛, 在建设现代化产业体系中发挥了重要的支撑作用。数字产业集群作为新型组织形态, 突破了传统产业集群以地理邻近性为核心的竞争优势构建机制, 亟须发掘新的理论视角解释数字产业集群竞争优势的形成逻辑与构建路径。技术邻近性促进了数据等新型生产要素的跨时空集聚, 激发了数据要素乘数效应, 消除了创新主体间知识交流的结构障碍, 促进了集群内部形成多主体虚拟空间参与的分布式创新, 在构建数字产业集群竞争优势方面发挥了重要作用。本文认为, 基于技术邻近性视角推动数字产业集群创新发展和竞争优势构建, 需要从如下三个方面发力: 技术相关邻近性促进组件创新, 构建数字产业集群差异化竞争优势; 技术无关邻近性引领互补创新, 构建数字产业集群多元化竞争优势; 健全技术邻近性导向的集群发展保障体系, 支撑数字产业集群创新升级。

关键词: 数字产业集群; 集群竞争优势; 技术邻近性; 地理邻近性

中图分类号: F276.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-176X(2026)07-0048-12

一、引言

在全球数字经济加速重构、实体经济和数字经济深度融合的背景下, 产业边界与组织边界日益模糊。数字基础设施、数字技术和数字创新活动正在从根本上改变传统产业组织的发展形态, 数字产业集群逐渐兴起。当前, 中国数字产业集群建设正处于政策驱动与技术创新双重叠加的历史机遇期。党的二十大报告提出, 加快发展数字经济, 促进数字经济和实体经济深度融合, 打造具有国际竞争力的数字产业集群。党的二十届三中全会审议通过的《中共中央关于进一步全面深化改革、推进中国式现代化的决定》也明确提出, 加快新一代信息技术全方位全链条普及应用, 发展工业互联网, 打造具有国际竞争力的数字产业集群。因此, 高质量推进数字产业集群建设, 是中国把握新一轮科技革命和产业变革历史机遇, 实现高水平科技自立自强, 进而培育壮大新质

收稿日期: 2026-03-10

基金项目: 国家社会科学基金重大项目“基于‘数实深度融合’的数字产业集群创新理论与实践研究”(24&ZD074)

作者简介: 夏杰长(1964-), 男, 湖南新宁人, 研究员, 博士, 博士生导师, 主要从事服务经济与产业发展研究。E-mail: xiajch@cass.org.cn

陶 鹄(通讯作者)(1997-), 男, 湖南益阳人, 博士研究生, 主要从事创新管理与组织变革研究。E-mail: taojiu0412@163.com

生产力的关键路径和重大课题。

数字产业集群作为一种通过数字技术和数字平台,将物理空间中的企业与全球各地的合作伙伴、客户、供应链无缝连接起来的集群形式^[1],具有虚拟化、网络化、数字化等特征^[2],是产业集群在数字经济时代萌发的新形式。关于数字产业集群的学术研究尚处于萌芽阶段,现有研究聚焦于数字产业集群与传统产业集群的差异,重点分析了数字产业集群在空间分布、产业范围、协作方式、治理模式、资源要素等方面的特征^[2-5]。与此同时,数字产业集群的在线集聚^[3]、虚拟集聚^[4]等特征也引发了学术界关于“数字经济时代地理边界是否重要”的探讨。现有研究普遍认为,数字产业集群一定程度动摇了地理邻近性在传统产业集群竞争优势构建中的基础性作用^[1],但缺乏理论视角下的探索,导致现有分析框架未能有效解释和指导数字产业集群的发展实践^[6-7]。因此,未来亟须发掘新的理论视角,并系统梳理数字产业集群竞争优势的形成逻辑与构建路径。与传统产业集群依赖地理邻近性带来的要素集聚、分工协作^{[8] 22-27}、知识溢出^{[9] 32-34}等效应不同,数字产业集群通过虚拟集聚突破了时空束缚,在弱化地理距离的同时,显著强化了对技术共识、知识同源、数据要素流动畅通和平台接口互通等技术邻近性因素的依赖^[1, 5, 7]。因此,作为知识溢出与协同创新的关键媒介,技术邻近性能够通过降低技术创新成本、增强信任显著提升跨主体技术合作与资源整合效率^[10],是突破传统分析框架解释数字产业集群竞争优势的潜在理论突破方向。

基于对相关理论的系统回顾,本文刻画了数字产业集群的静态结构特征,在回溯地理邻近性视角下传统产业集群竞争优势形成逻辑的基础上,分析了技术邻近性视角下数字产业集群竞争优势的形成逻辑,并进一步探讨了数字产业集群竞争优势的构建路径。

相较于现有研究,本文主要的边际贡献包括三个方面。一是本文突破传统产业集群研究对地理邻近性的依赖,系统阐释了技术邻近性作为数字产业集群核心驱动力的作用机理,一定程度上填补了数字经济时代产业集群研究底层理论的空缺。二是在数字产业集群中,本文将技术邻近性分为技术相关邻近性和技术无关邻近性两种类型,拓展了技术邻近性的应用场景。三是本文强调了技术邻近性在数字产业集群竞争优势构建中的重要作用,为政府制定数字产业集群相关政策提供了参考。

二、文献回顾

(一) 技术邻近性与传统产业集群竞争优势构建研究

马歇尔认为,产业集群是具有较强经济联系的企业及相关机构在特定区域内高度集中且构建竞争优势的现象,专业化投入、劳动力市场共享和知识溢出等因素是产业集群快速发展的关键因素^{[9] 32-34}。在马歇尔研究的基础上,波特正式提出了产业集群理论,其强调产业集群利用主体间的地理邻近性,并通过深化专业分工、资源共享和知识溢出等方式提升区域整体创新能力^{[9] 21-37}。因此,传统产业集群研究将产业集群内部主体间的地理邻近性作为基础假设,从历史条件、自然禀赋、外商直接投资和制度变迁等方面分析了产业集聚的原因和演化路径^[11-12],并系统论证了产业集群内部主体间的地理邻近性如何通过促进要素集聚和知识溢出、构建信任机制、降低交易成本等助力传统产业集群竞争优势构建^[12-13]。

长期以来,传统产业集群研究多聚焦于地理邻近性视角,导致多维邻近性分析框架下的技术邻近性探讨相对较少。Jaffe于1986年利用专利分类数据进行实证研究,发现企业间技术相似性能够显著促进研发溢出^[14],这为研究传统产业集群提供了技术邻近性视角。在此后的较长一段时间内,技术邻近性视角一直未形成广泛的学术讨论,地理邻近性仍占据传统产业集群研究主流。21世纪初,随着交通成本的下降和通信技术的发展,地理距离对产业集群创新与发展的影响不断减弱,技术距离逐渐进入研究者视线^[15]。例如,Parent和LeSage认为,欧洲产业集群间

的知识溢出不仅取决于地理邻近性，还与其技术结构的相似度密切相关^[16]。Aldieri将技术邻近性界定为创新主体间技术基础的相似性和互补性，包括专业知识与专长领域的重叠和互补程度，即技术邻近性是产业集群内部实现知识与技术有效转移和重组的关键决定因素^[17]。在此基础上，学术界围绕技术邻近性与知识溢出、技术创新等展开了大量研究。Paci等认为，技术邻近性在促进知识溢出、消除创新主体间技术沟通障碍、推动协同创新等方面具有显著的正向作用^[18]。李晨等认为，相较于地理邻近性，技术邻近性在缩短企业合作网络距离、构建产业集群竞争优势、促进创新的空间溢出等方面的作用更显著，这也进一步凸显了技术邻近性在产业集群发展中的重要价值^[19]。然而，还有部分学者认为，过高的技术邻近性在促进知识溢出、消除创新主体间技术沟通障碍的同时，也会影响新技术获取、引发技术竞争，并形成技术锁定，因而技术邻近性与知识溢出、竞争优势构建之间可能存在“U型”关系^[20-22]。因此，在传统产业集群研究中，技术邻近性是否及如何促进产业集群竞争优势构建这一议题始终未能形成统一定论。

（二）技术邻近性与数字产业集群竞争优势构建研究

近年来，数字技术推动数字产业集群内部主体在虚拟空间实现高密度集聚，并构建多元创新生态网络，形成多主体在线协同创新模式。这一变革颠覆了传统产业集群理论以地理邻近性作为产业集群竞争优势构建核心基础的经典假设^[3-4, 7]，数字产业集群逐渐成为产业集群研究的前沿，基于技术邻近性视角的相关研究也逐渐受到学术界关注。学者提出了数字技术邻近性、数字技术可供性等多种技术邻近性相关概念，并分析了数字经济时代这些技术邻近性在产业集群或区域形成新分工合作模式、加速主体间远距离知识搜寻与组织学习、增强企业数字价值共创等方面的作用^[23-25]。例如，郑江淮等认为，技术邻近性使产业集群内部主体能够更有效地吸收、理解、应用外部知识流，为主体间技术互动、人才交流、技术分工、合作深化和集群可持续创新发展提供了底层支撑，其利用长三角地区41个城市数据证实了技术邻近性能够显著缩小城市间劳动生产率差距，并指出技术邻近性主要通过促进知识溢出和联合重组创新缩小城市间劳动生产率差异^[11]。马海燕等基于组织与数字化协同演进逻辑，结合组织惰性理论探讨数字邻近性对企业创新绩效的作用机理，并从企业层面证实了数字邻近性对企业创新绩效的非线性影响^[23]。李宇和王竣鹤认为，数字邻近性作为数字情境下需要构建的关键邻近属性，是解释且实现产业集群数字化转型的关键路径^[25]。夏杰长和陶鸿则认为，数字产业集群不受物理空间限制，集群内部企业可以通过数字基础设施和开放式创新网络，利用数字平台、数据共享和虚拟协作来实现远程分工协作，并构建竞争优势^[5]。数字产业集群内部主体间高技术邻近性有利于主体重塑知识溢出路径、深化协同创新机制、促进差异化技术分工，推动集群从单一技术轨道向多元技术生态创新拓展，进而提升集群整体创新效率与协同能力^[3, 7]。

总体而言，现有研究在数字邻近性能够推动产业集群竞争优势构建这一问题上达成了共识，普遍认为技术邻近性是数字经济时代数字产业集群竞争优势的潜在理论解释^[7]，但少有研究就该视角深入分析数字产业集群竞争优势的形成逻辑与构建路径。因此，本文基于技术邻近性视角探析数字产业集群竞争优势构建的具体过程，以丰富产业集群竞争优势构建的相关研究。

三、数字产业集群的静态结构：实体集聚与虚拟集聚

结构—行为—绩效（Structure-Conduct-Performance, SCP）分析范式是产业组织理论的核心分析框架，其认为，市场结构决定企业行为，企业行为进一步影响市场绩效。在产业集群研究中，集群架构始终是提升产业集群核心竞争力、推动产业集群转型升级、保障产业集群可持续发展的关键，而基于集群架构形成的效率和制度等优势，是产业集群竞争优势构建的直接动力^[13, 26]。在传统产业集群中，集群内部主体围绕产业链或价值链开展分工协作，形成了基于链式关系的堆叠式创新。这种集群架构以核心企业为中枢，通过垂直整合研发、生产和销售等环节

实现技术累积^{[8] 31-37}, 并遵循线性层级逻辑^{[9] 35-36}。创新资源呈现“金字塔”式分布, 底层企业主要承担标准化生产任务, 知识流动呈现单向传递特征, 而地理集聚则进一步提升了这种堆叠式创新的效率^[13]。延续现有产业集群研究, 数字产业集群竞争优势的构建也依赖于集群架构的支撑。在数字经济时代, 增强现实 (Augmented Reality, AR)、虚拟现实 (Virtual Reality, VR)、人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 等数字技术的快速发展引发了产业集群内部主体在虚拟空间的虚拟集聚, 既使实体集聚与虚拟集聚在数字产业集群中并存^[7, 27], 又使跨区域知识收集、处理、传输和应用变得异常便捷。基于信息、数据、知识和技术等要素的创新活动由单一创新主体主导演化为多元创新主体共同参与、跨区域资源互补的群体性活动^[28]。因此, 数字产业集群具有实体集聚与虚拟集聚镜像互现、组件创新与互补创新协同两大显著特征。数字产业集群的静态结构如图1所示。

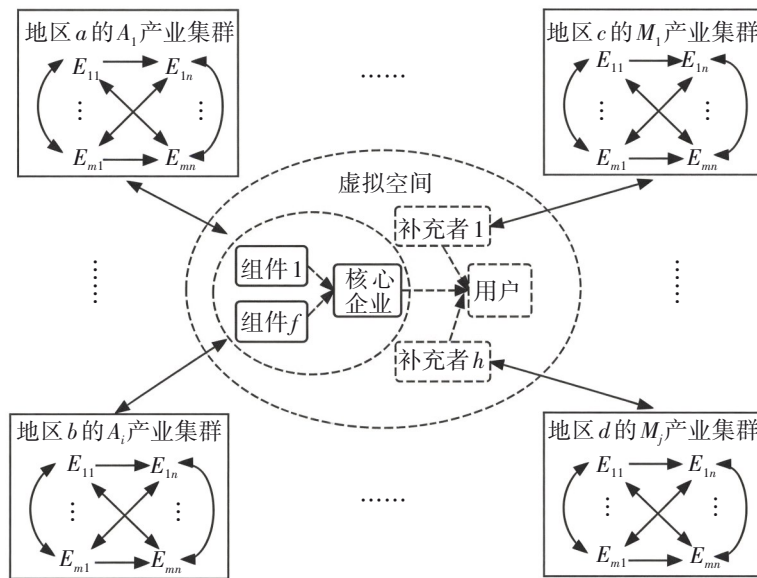


图1 数字产业集群的静态结构

注：外围正方形表示数字产业集群内部主体在现实空间的实体集聚。 A 和 M 表示具有不同技术基础的产业集群， $A_1, A_2, \dots, A_i$ 表示具有相同技术基础的产业集群，同时每个产业集群由众多企业 (E) 组成。内部大椭圆形表示数字产业集群内部主体在虚拟空间的虚拟集聚。其内部结构为一个围绕核心企业的分布式创新架构（但实际存在多个），这些位于不同地区、处于不同行业的主体在虚拟空间形成数字创新（内部小椭圆形），并与众多补充者一起兑现数字价值。

首先，数字产业集群具有实体集聚与虚拟集聚镜像互现的特征，各主体在虚拟空间形成了复杂的数字产业集群创新网络。具体而言，位于不同现实空间的主体（如图1中的产业集群 $A_1, A_2, \dots, A_i$ 和产业集群 $M_1, M_2, \dots, M_j$ ）通过数字孪生、现实模拟等技术手段，利用数字平台等媒介，在虚拟空间内实现了虚拟集聚（如图1中大椭圆形所示）。这种实体集聚与虚拟集聚相结合的集聚方式拓展了产业空间共聚方式^[4]，为产业集群内部主体远程协作、虚拟数字合作创新提供了便利，使各主体可以根据需求寻找合适的合作伙伴，极大地拓展了创新网络的边界。同时，在合作过程中，数字产业集群内部主体可以自由进出集聚空间，并根据自身价值创造过程中的技术需要选择合适的合作伙伴，这能够有效减少专用资产投入，提升创新灵活性。

其次，数字产业集群具有组件创新与互补创新协同的特征，相较于传统产业集群依靠固定的嵌套关系将产品组件组合为整体的一体式架构，数字产业集群凭借信息组件与物理组件的分离、数据采集与数据处理的独立，催生了以核心数字企业为枢纽、围绕数字创新展开的分布式创新架构^[29]。具体而言，在数字生态中，单一企业难以独立完成数据全链路的收集、处理和价值挖掘，

数字产业集群内部主体围绕核心企业的价值主张，根据自身生态位补齐基础数字创新所需的专业能力，形成数字产业集群的核心竞争能力^[26]（如图1中大椭圆形内部的小椭圆形所示，即代表组件与核心企业组成的分布式创新架构）。因此，在虚拟空间内数字产业集群创新网络由各核心企业、组件与补充者组合而成的各个子网络组成（如图1中大椭圆形所示），它们协同匹配共同提升数字创新效率^[6, 26]，其核心特征在于创新任务的模块化分解与跨节点协同。在此基础上，补充者根据自身专业能力与用户需求，通过数字平台等媒介参与核心企业数字创新，以形成完整生态^[5]。以佐治亚州人工智能制造（Georgia AI Manufacturing, GA-AIM）集群为例，波音公司等核心企业深刻认识到人工智能等数字技术在提升生产效率、优化产品设计和增强供应链韧性方面的重要性，牵头实施了该项目，以推动智能制造的发展。佐治亚理工学院企业创新研究所利用自身在人工智能算法、大数据分析和物联网技术等领域的专业优势，助力核心企业完成了从智能生产线设计、自动化设备集成到数据驱动决策支持的智能化升级，共同提升了佐治亚州人工智能制造集群在智能制造领域的基础核心能力。在此基础上，佐治亚州制造业拓展伙伴关系（Georgia Manufacturing Extension Partnership, GaMEP）、佐治亚州少数民族企业发展局（Georgia Minority Business Development Agency, GMBDA）等组织和机构利用其广泛的行业联系和丰富的服务经验，协同核心企业为佐治亚州其他中小制造业企业提供涵盖人工智能技术培训、试点工厂建设、数字化转型咨询在内的一站式服务，助力中小制造业企业数智化转型，最终形成了完整的佐治亚州人工智能制造集群。

四、技术邻近性视角下数字产业集群竞争优势的形成逻辑

当新的实践超出原有分析框架的解释边界，甚至与原有分析框架的解释逻辑相悖时，研究者既要继承现有研究的合理成分，也要充分正视现有研究与已发生深刻转变的经济现实之间日渐凸显的矛盾和冲突。在此基础上，推进理论创新可以为解释和解决现实经济问题提供更有力的分析工具。因此，本文在回溯地理邻近性视角下传统产业集群竞争优势形成逻辑的基础上，考虑数字产业集群虚拟化、网络化、数字化等特征，深入分析技术邻近性视角下数字产业集群竞争优势的形成逻辑。数字产业集群与传统产业集群竞争优势的形成逻辑对比如表1所示。

表1 数字产业集群与传统产业集群竞争优势的形成逻辑对比

维 度	数字产业集群	传统产业集群
要素集聚	促进数据等新型生产要素的跨时空集聚，激发数据要素乘数效应	资金、人才、土地等生产要素在特定区域的空间集聚，形成显著的规模经济优势
知识溢出	消除创新主体间知识交流的结构障碍	以供应链或价值链为中心构建合作体系
创新类型	数字产业集群内部形成多主体虚拟空间参与的分布式创新	产业集群内部形成实体接触的线性创新
信任机制	数字信任	关系型信任
交易成本节约机制	将制度成本转向算力成本	缓解信息不对称问题、降低交易过程中的协调成本和监督成本

资料来源：作者整理。

（一）传统产业集群竞争优势的形成逻辑

纵观产业集群领域数十年的研究演进，产业集群竞争优势构建问题始终是学术界和政府部门重点关注的核心议题，学术界针对产业集群竞争优势的形成逻辑开展了大量研究。现有研究多基于地理邻近性视角，将产业集群内部协作效率提升、非正式制度构建作为核心分析维度^[11, 30]，并认为，地理邻近性通过促进要素集聚和知识溢出、构建区域特定信任机制、降低交易成本等方式构建产业集群竞争优势^[31]。具体而言，第一，地理邻近性促进自然资源、劳动力和技术等生产要素在特定空间内集聚，这既有利于产业集群内部主体降低运输成本、完善专业化中间品供给

体系,又能实现要素流动与共享、深化专业分工、推动产业协同发展,最终形成显著的规模经济优势。第二,地理邻近性有利于企业开展非正式交流、实现劳动力和技术等生产要素的自由流动,促进产业集群内部知识溢出,促使集群内部形成以供应链或价值链为中心的线性创新链条,进而提升产业集群协同创新能力与区域创新能级^[32]。第三,地理邻近性能够有效缓解信息不对称问题、降低交易过程中的协调成本和监督成本,从而显著提升集群内部协作效率和整体市场交易效率^[33]。第四,地理邻近性通过嵌入性社会网络筑牢产业集群信任基础,促使集群内部上下游主体间形成关系型信任机制。同时,地理邻近性使企业能够通过非正式渠道获取合作伙伴的信用信息,减少机会主义行为,从而降低合作不确定性与合作风险^[34]。

(二) 数字产业集群竞争优势的形成逻辑

近年来,数字技术的迅猛发展拓宽了企业组织边界,扩大了生产要素的流通范围,降低了企业间知识流通成本,并催生了虚拟集聚等新型集群形态。因此,地理邻近性不再是产业集群形成的必要条件,这要求产业集群领域的研究者重新思考产业集群的演化规律及竞争优势的形成逻辑。在产业数字化和数字产业化发展过程中,传统产业集群以产品为中心的一体式架构逐渐被以数据为中心的分布式创新架构替代,而高技术相似度主体在互联网平台共建、数据库建设、数据要素流通和数字合作创新等方面具有优势,技术邻近性成为参与者加速“聚链成群”的关键^[5, 10]。因此,在数字产业集群中,技术邻近性逐渐成为产业集聚和集群竞争优势构建的底层逻辑。本文依托产业集群现有研究脉络,从效率和制度两个方面分析数字产业集群竞争优势的形成逻辑。

1. 技术邻近性促进数字产业集群内部主体合作创新效率提升

从效率提升层面看,技术邻近性主要通过激发数字产业集群内部数据要素乘数效应、促进知识溢出、构建虚拟创新网络等方式构建数字产业集群的效率型竞争优势。

技术邻近性有利于激发数字产业集群内部数据要素乘数效应。数据要素是数字产业集群的核心战略要素,以数据要素创新为内核的数字创新是数字产业集群竞争优势的主要来源^[27]。与网络价值一样,数据要素价值也符合梅特卡夫定律,数据要素集聚能够实现数据要素价值的成倍扩大,而数字产业集群内部主体间相似的要素需求和产出则是激发数据要素乘数效应的关键^[22-23]。一方面,数字产业集群的虚拟集聚特征为数据要素跨时空集聚提供了便利,而数字产业集群内部主体间技术联系紧密、技术合作频繁且要素需求趋同,这有利于数据采集、编码、存储、流通等数据要素全生命周期的标准化和规范化,扩大了同类型数据要素的基数,有利于激发数据要素乘数效应^[7]。另一方面,数字产业集群内部主体间相似的技术结构和知识储备有利于主体间进行数据要素的组合创新,提升了数据要素的应用效率。此外,技术邻近性也为技术创新的快速模仿和推广应用提供了便利,有利于数字产业集群数据要素价值的整体提升^[21]。

技术邻近性有利于促进数字产业集群内部知识溢出。合作创新是企业选择、吸收专用性知识,并进行组合创造新知识的过程,而具有高技术邻近性的企业往往因技术重叠度高而更容易克服知识专用性、缄默性所带来的黏性,从而更容易建立合作创新关系^[19, 34]。具体而言,技术邻近性能够有效消除创新主体间知识交流的结构障碍,降低知识被混淆和误解的风险,促进企业快速且有效识别、选择和吸收彼此间技术知识,从而提升主体搜寻创新组件与补充者且形成稳固创新生态单元的能力^[21]。例如,数字产业集群内部具有相似或相同技术基础的企业可以通过统一的技术栈标准,实现代码、算法等显性知识的快速复用,使技术架构和技术延伸等隐性知识高效流转。同时,数字产业集群内部主体相似或相同的知识基础显著降低了新知识溢出与接收成本,形成虚拟社交网络的“虚拟蜂鸣”效应,从而促进了主体在虚拟空间的知识流动,也大幅提升了协同创新质量^[35]。此外,虚拟空间打破了地理空间的限制,解决了偏远地区主体难以与高水平技术中心面对面互动的困境,为知识基础相对薄弱的企业提供了更多获取外部知识的机会。随着

虚拟空间中知识共创活动的日益活跃，技术邻近主体得以跨越地理边界实现高效协同，从而显著提升了数字产业集群的整体创新能力^[7]。

技术邻近性有利于数字产业集群构建虚拟创新网络。在数字产业集群中，数字创新活动不再是单个主体行为，而是具有多主体参与、跨区域资源互补等特征的群体性网络式交互行为^[5, 36]。数字产业集群内部主体在数据资源开放共享、多主体同步技术迭代与技术深度交叉融合等方面具有显著优势，通过利用数字产业集群的虚拟集聚特征构建去中心化的资源网络，并基于共同的技术协议实现数据资产的互操作及数据等新型生产要素的跨域整合，数字产业集群在实现关键核心技术突破等方面具备更大可能性。

2. 技术邻近性促进产业集群制度构建

传统产业集群内部主体间因地理邻近性而在长期互动中相互熟知，并建立了以实体接触和关系为基础的持久性社交网络^[34]。因此，传统产业集群通常采用垂直治理或线性治理模式。而数字产业集群因具有虚拟集聚、开放式合作创新和关系主体复杂多样等特征，这彻底改变了传统产业集群面对面熟知、过程可见等传统企业信任方式，垂直治理或线性治理模式的有效性逐渐动摇。具有透明化、标准化、开放化、动态性等特征的数字信任和数字治理模式通过显化传统企业信任方式，促使产业集群由关系型信任向数字信任转变^[37]。例如，工业互联网平台通过建立设备层、边缘层、平台层的技术能力图谱，使数字产业集群内部主体能够实时观测合作伙伴的数字资产质量、技术迭代频率和系统集成能力。这一转变进一步强化了技术邻近性在构建数字产业集群内部主体间数字信任、降低交易成本等方面的优势，有利于构建数字产业集群的制度型竞争优势。

技术邻近性有利于构建数字信任。具体而言，技术邻近性有利于数字产业集群内部主体理解和预测对方行为、降低信任方感知到的不确定性，以及减少在线交易过程中的行为摩擦、信息摩擦和基础知识摩擦等产生的潜在交易风险，有利于构建更稳固的数字信任^[38]。同时，数字信任并非可以完全避免信息不对称风险，主体深度伪造、数据篡改等行为仍存在。但是，数字产业集群内部主体可以共同参与区块链分布式账本构建，通过对企业的经营状况进行动态跟踪，确保数据可追溯、高安全性、不可篡改等，这有利于数字产业集群形成基于技术绩效的动态声誉机制，建立动态信任关系。因此，数字产业集群内部主体在虚拟集聚过程中更容易形成信任关系稳定的创新网络，避免因技术壁垒而出现信任漏洞和风险。

技术邻近性通过构建数字信任能够有效降低交易成本。具体而言，技术邻近性驱动算法匹配机制弱化了数字产业集群内部主体的主观判断，使企业能够基于技术特征实现精准供需对接，有效降低创新合作的搜索成本，并缓解代理问题^[37]。同时，虚拟创新网络的建立有利于数字产业集群内部主体利用智能合约、技术能力可视化和创新轨迹可追溯等手段将合同履行、质量监控等环节自动化和透明化，将企业交易成本从制度成本转向算力成本，从而大幅降低交易成本。此外，数字产业集群内部主体能够通过数字指纹、水印技术等实现知识产权的精准确权 and 利益分配，从而以相对公平的方式确保数字信任的有效性，使数字产业集群具有更强的抗风险能力与适应性。

五、技术邻近性视角下数字产业集群竞争优势的构建路径

在刻画数字产业集群静态结构、分析数字产业集群竞争优势形成逻辑的基础上，本文将结合技术邻近性类别进一步考察数字产业集群竞争优势的构建路径。不同行业技术本身具有技术异质性、技术联系异质性和技术空间非均衡性等特征^[21]。具体而言，任何一项技术都是既有技术的组合，新技术是在既有技术组合的基础上对新现象的捕捉和应用，因而不同的技术组合决定了技术间的本质差异。从技术联系看，作为既有技术的组合，某项技术必然与一些技术联系较强，与

另一些技术联系较弱，即表现为技术间联系的异质性特征^[10]。在数字产业集群中，根据技术联系强弱关系可以将技术邻近性分为技术相关邻近性和技术无关邻近性。其中，技术相关邻近性是指数字产业集群内部主体所掌握的技术知识集中于某一核心领域及与其紧密关联的领域，形成技术上的邻近多元化；而技术无关邻近性是指数字产业集群内部存在跨度较大、分属不同知识体系和技术范式的多元技术领域，但这些知识可以通过标准化数字模块和数字平台相互快速熟知且深度应用。二者在数字产业集群竞争优势构建过程中发挥差异化作用。数字产业集群竞争优势构建整体框架如图2所示。

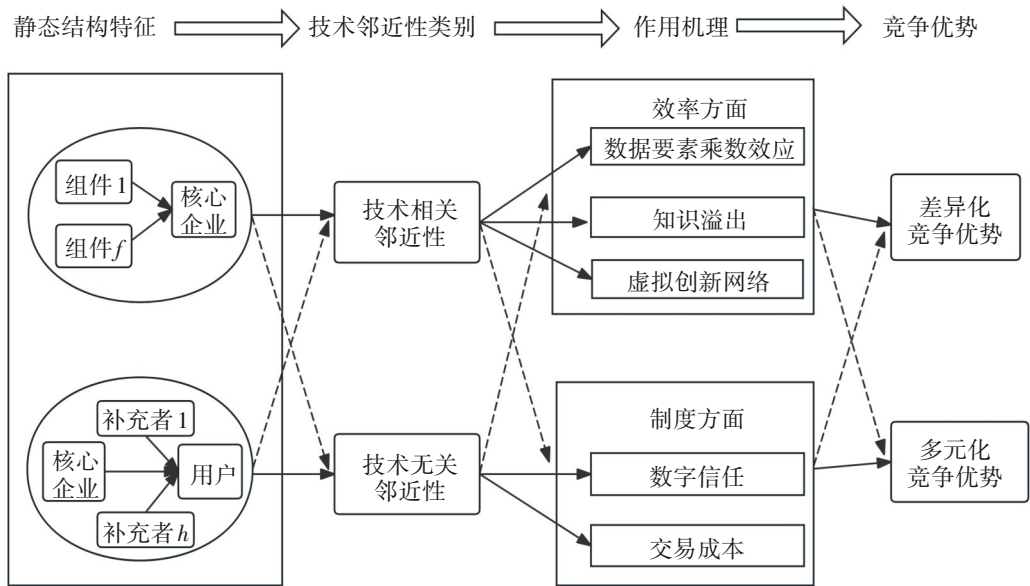


图2 数字产业集群竞争优势构建整体框架

注：实线表示主要效应，虚线表示次要效应。

（一）技术相关邻近性促进组件创新，构建数字产业集群差异化竞争优势

技术相关邻近性反映企业间技术结构的相似度，强调数字产业集群内部主体间相互学习知识和技术的能力。高技术相关邻近性的主体具有良好的技术合作基础，能够通过专业知识和技术交流实现知识溢出，进一步提升优势领域的竞争能力，构建数字产业集群差异化竞争优势。处于不同地区的产业集群围绕核心企业的价值主张，将自身技术能力汇聚成实现价值主张所需的技术模块，并与其余组件共同组成核心企业数字创新，从而为构建数字产业集群差异化竞争优势注入创新动能。具体而言，数字产业集群通过技术相关邻近性深化核心知识池、围绕核心企业价值主张进行技术重组与创新、提升专业化能力与效率等，在虚拟空间完成主体间的合作创新与差异化价值的路径构建。

第一，数字产业集群内部主体在特定技术（如人工智能的深度学习、自然语言处理、计算机视觉）上具有深厚的、相互关联的知识储备。这种深耕效应使得数字产业集群在核心组件技术上能够不断拓展性能边界、降低成本、提升可靠性。例如，深圳的无人机产业集群在飞行控制算法、高性能电池、轻型材料、传感器融合等紧密关联技术上形成的深度积累，是其组件持续领先的基础。第二，在相关知识储备和合作创新的基础上，技术相关邻近性降低了主体间技术学习难度，并促进了知识溢出，为主体间利用集群虚拟创新网络在虚拟空间进行技术重组与突破创新提供了契机。具体而言，不同领域的技术原理、方法和设计思路，往往可以在同一核心知识框架内相互碰撞、借鉴和融合，主体在相关但略有差异的技术子领域活动，为知识重组提供了丰富的素

材，从而催生针对核心组件的渐进式改良与性能优化。例如，在云计算集群中，计算虚拟化技术与网络虚拟化技术的交叉融合不断优化了云主机的性能、提升了网络吞吐效率。第三，随着数字产业集群内部主体专业能力和创新效率的不断提升，集群构建了差异化竞争优势。因此，技术相关邻近性通过知识深化和专业分工提升了数字产业集群的组件创新能力，奠定了系统性能持续提升的基石。

（二）技术无关邻近性引领互补创新，构建数字产业集群多元化竞争优势

技术无关邻近性反映数字产业集群内部主体间技术结构的互补耦合度，指集群内部存在跨度较大、分属不同知识体系和技术范式的多元技术领域，这种跨界特性是激发互补创新的关键。在此基础上，核心企业利用虚拟空间在信息传递和数据获取上的便利，发掘适应自身能力的数字应用场景，并依托数字平台和集群虚拟创新网络，围绕该场景匹配企业资源和生产能力，以形成满足用户长尾需求的数字化解决方案。具体而言，数字产业集群通过技术无关邻近性在虚拟空间实现主体间认知边界拓展、现有复杂支撑系统和技术系统升级、合作网络重塑、市场开拓潜力挖掘、用户长尾需求响应等，以此拓宽服务范围和提升服务能力，进而提升集群韧性且构建多元化竞争优势。

第一，不同技术领域的交叉点往往是新兴市场的萌芽地，虚拟集聚使各主体的技术能力、资源禀赋和相对优势在虚拟空间中呈现开放性、可拓展性等特征，从而促进不同技术领域的知识、逻辑与方法论在数字产业集群内部交汇碰撞，为企业突破“信息孤岛”提供了可能^[28]。技术无关邻近性为数字产业集群捕捉和开拓市场提供了关键的技术储备和资源组合，有利于主体在虚拟空间拓展原有认知边界、催生颠覆性创意，从而发掘适应自身能力的数字应用场景。例如，杭州“云栖小镇”汇聚了来自云计算、物联网和人工智能等领域的众多创新企业，这些多元主体的交叉融合催生了以“城市大脑”为代表的开创性城市治理方案。第二，在技术无关邻近性推动下，各主体催生应用场景，使数字产品和服务日益呈现复杂系统特征，因而需要集成众多功能迥异的模块来响应需求端的各种适配方案。技术无关邻近性使数字产业集群能够提供广泛的技术模块选择（如不同行业的SaaS应用、特定功能的AI模型、各类IoT硬件终端），为构建满足用户复杂需求的系统性解决方案（互补创新）提供丰富的“技术积木”。因此，系统集成商或平台企业可以对“技术积木”灵活组合，创造全新的技术应用方式（如“智能家居”集成了安防、娱乐、环境控制等技术模块），以满足用户个性化需求。第三，技术无关邻近性降低了数字产业集群对单一技术轨道衰退或市场波动的敏感性。当某一领域技术创新速度放缓时，其他领域的技术能力和市场机会可以提供缓冲与新发展路径。因此，技术无关邻近性通过提供异质性知识、丰富模块化选择、拓展市场边界，为数字产业集群的互补创新注入强大动力，驱动价值创造向更广阔、更复杂的应用场景延伸。

综上所述，数字产业集群竞争优势构建呈现技术相关邻近性与技术无关邻近性双路径协同特征。技术相关邻近性通过专业化深耕形成深度知识池，借助虚拟创新网络实现技术重组与组件创新，构建差异化竞争优势；技术无关邻近性基于技术异质性，通过跨领域交叉拓展认知边界，依托丰富的“技术积木”形成复杂系统解决方案，构建多元化竞争优势。前者纵向深化技术壁垒，后者横向拓展价值空间，二者分别从专业性和互补性维度驱动数字产业集群价值创造能力提升和竞争优势构建。

（三）健全技术邻近性导向的集群发展保障体系，支撑数字产业集群创新升级

聚焦数字基础设施建设，通过制定标准化数据接口协议、算法共享机制和数字技术路线图，降低数字产业集群内部主体的合作门槛，从而形成具有生态多样性和生态位齐全的创新生态体系。第一，通过分门类设立专项基金，对在人工智能算法、工业互联网平台等核心技术领域具备深厚积累的企业给予研发补贴和税收减免等，重点突破光刻机制造、关键软件等领域的“卡脖

子”难题,培育一批具有创新力的核心企业,夯实数字产业集群基础。第二,健全数字信任机制与数据治理体系,形成以技术透明度为基础的信任网络,推广区块链等数字技术在数字产业集群内部的应用,建立基于分布式账本技术的数字平台,记录企业技术贡献、合作历史和知识产权信息,降低主体间合作风险,构建稳定可靠的数字产业集群体系。第三,通过核心技术协同研发平台、数字技术标准领航工程和专业分工激励机制,推进数字产业集群组件创新,激发主体数字价值共创活动。例如,依托龙头企业和科研机构,数字产业集群内部主体聚焦人工智能算法、工业互联网平台等核心领域构建开放型数字技术协同创新中心。第四,通过标准化数据接口规范、开源社区建立和行业技术交流平台建设,促进数字产业集群内部主体间代码复用、算法共享和技术互通,从而提升集群的基础数字化水平和数字价值共创能力,推动形成更多以关键数字创新为核心的创新单元,构建数字产业集群竞争优势。同时,制定关键数字组件的技术接口标准和数据格式规范,推动企业采用统一技术栈,利用高技术邻近性主体在虚拟社交网络中的“虚拟蜂鸣”效应,促进显性知识的快速扩散与隐性知识的有效传递,从而促进知识溢出。优化专业分工激励机制,对专注于研发细分技术模块的中小企业给予政策支持,以提升其专业化能力,为保持数字产业集群创新的前沿地位注入更多高精尖专业技术活力。

通过跨界技术融合孵化平台、模块化技术组件库和技术应用场景创新,推动数字产业集群内部主体互补创新,促进数字产业集群核心数字创新价值落地与融合价值生成。第一,设立数字技术跨界应用实验室,促进跨界技术融合。充分发挥数字产业高渗透、高赋能特征,为拓展数字产业集群边界和完善价值体系提供支撑。例如,支持生物信息学与大数据分析、区块链与供应链金融等异质技术领域的交叉融合。第二,强化数字平台的技术模块整合能力。通过开发技术模块,将不同行业的专业技术封装为可复用的“技术积木”,供创新合作伙伴和系统集成商调用,从而提升数字产业集群互补创新能力。例如,利用工业互联网平台推动智能制造企业与第一产业、第三产业企业的融合发展,深化数字产业集群内部主体间的合作。第三,创新技术应用场景。为不同行业用户提供个性化“技术积木”组合方式,重点开拓数字医疗、智能农业和数智文旅等蓝海市场,实现新技术的场景化创新与应用。

参考文献:

- [1] 焦豪,马高雅,张文彬.数字产业集群:源起、内涵特征与研究框架[J].产业经济评论,2024(2):72-91.
- [2] 邹爱其,王节祥,吴汪波.数字产业集群:内涵特征与创新机制[J].新型工业化理论与实践,2024,1(4):47-59.
- [3] Fernandez-Escobedo R, Egúía-Peña B, Aldaz-Odrizola L. Economic agglomeration in the age of Industry 4.0: developing a digital industrial cluster as a new policy tool for the digital world[J]. Competitiveness Review: An International Business Journal, 2024, 34(3):538-558.
- [4] 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.
- [5] 夏杰长,陶 鸥.数字产业集群创新与演化研究[J].财经问题研究,2025(1):3-14.
- [6] 李天健,李伟.数字产业集群发展:竞争优势重塑与政策范式重构[J].经济学家,2025(2):35-44.
- [7] 汪旭晖,张其林,卢星彤,等.数字产业集群的理论体系构建:内涵、动力、模式与路径[J].财贸经济,2025,46(8):22-39.
- [8] Marshall A. Principles of economics[M]. London: MacMillan, 1920.
- [9] Porter M. The competitive advantage of nations[M]. New York: MacMillan, 1990.
- [10] 徐康宁.开放经济中的产业集群与竞争力[J].中国工业经济,2001(11):22-27.
- [11] 郑江淮,巫南杰,赖晓.城市间技术邻近缩小了劳动生产率差异吗?——基于长三角地区41个城市的经验证据[J].经济评论,2024(5):56-74.
- [12] 陈露,刘修岩.产业空间共聚、知识溢出与创新绩效——兼议区域产业多样化集群建设路径[J].经济研究,2024,59(4):78-95.

- [13] Krugman P. Increasing returns and economic geography[J]. *Journal of Political Economy*, 1991, 99(3):483-499.
- [14] Jaffe A B. Technological opportunity and spillovers of R&D: evidence from firms' patents, profits and market value [J]. *The American Economic Review*, 1986, 76(5):984-999.
- [15] 史烽,高阳,陈石斌,等.技术距离、地理距离对大学—企业协同创新的影响研究[J]. *管理学报*, 2016, 13(11): 1665-1673.
- [16] Parent O, LeSage J P. A spatial dynamic panel model with random effects applied to commuting times [J]. *Transportation Research Part B: Methodological*, 2010, 44(5):633-645.
- [17] Aldieri L. Technological and geographical proximity effects on knowledge spillovers: evidence from the US patent citations[J]. *Economics of Innovation and New Technology*, 2011, 20(6):597-607.
- [18] Paci R, Marrocu E, Usai S. The complementary effects of proximity dimensions on knowledge spillovers[J]. *Spatial Economic Analysis*, 2014, 9(1):9-30.
- [19] 李晨,覃成林,任建辉.空间溢出、邻近性与区域创新[J]. *中国科技论坛*, 2017(1):47-52+68.
- [20] Werker C, Korzinov V, Cunningham S. Formation and output of collaborations: the role of proximity in German nanotechnology[J]. *Journal of Evolutionary Economics*, 2019, 29(2):697-719.
- [21] 戴玮,郑江淮,卞元超.技术邻近与中国城市间知识溢出的U型特征[J]. *地理科学*, 2024, 44(3):421-428.
- [22] 郑江淮,戴玮.中国技术空间雁行式变迁缩小了地区经济差异吗——基于地区间技术邻近度的假说和实证[J]. *财贸经济*, 2021, 42(12):133-149.
- [23] 马海燕,黎玉杰,周天怡.企业数字邻近对创新绩效的影响——高管特质的调节作用[J]. *科技进步与对策*, 2024, 41(24):1-11.
- [24] 杨继东,高秋男,刘守英.数字经济、数字产品空间与实数融合发展——基于技术关联与比较优势耦合协调视角[J]. *中国工业经济*, 2025(3):78-96.
- [25] 李宇,王竣鹤.产业集群数字化转型的“数字邻近”效应:概念内涵、结构维度与量表开发[J]. *中国软科学*, 2025(2):54-65.
- [26] Adner R. Ecosystem as structure: an actionable construct for strategy [J]. *Journal of Management*, 2017, 43(1): 39-58.
- [27] 张雅俊,夏杰长.数字产业集群赋能“两业融合”创新发展的理论逻辑与推进路径[J]. *河海大学学报(哲学社会科学版)*, 2025, 27(5):65-76.
- [28] 张雅俊.数字产业集群创新行为与创新系统演化研究[J]. *江西社会科学*, 2024, 44(10):194-204.
- [29] Porter M E, Heppelmann J E. How smart, connected products are transforming competition [J]. *Harvard Business Review*, 2014, 92(11):64-88.
- [30] 刘琨瑛,丘海雄,张宇翔.产业集群企业间信任机制和企业绩效关系研究——以珠江三角洲两个产业集群为例[J]. *经济问题探索*, 2013(12):72-81.
- [31] Boschma R A, Lambooy J G. Evolutionary economics and economic geography [J]. *Journal of Evolutionary Economics*, 1999, 9(4):411-429.
- [32] 尤树洋,白景坤,贾良定.集群企业知识地方性创新过程研究——吸收能力和制度复杂性的整合视角[J]. *南大商学评论*, 2023(1):17-36.
- [33] 沈正平,刘海军,蒋涛.产业集群与区域经济发展探究[J]. *中国软科学*, 2004(2):120-124.
- [34] 余谦,刘嘉玲.技术邻近动态下创新超网络的演化机理研究[J]. *科学学研究*, 2018, 36(5):946-954.
- [35] Verfürth P, Helwing-Hentschel V. Digital platforms and the reconfiguration of global production networks [J]. *Journal of Economic Geography*, 2025, 25(2):235-253.
- [36] 陶鸠,张雅俊,刘奕.链主企业引领产业集群升级的机理、模式与路径[J]. *中国流通经济*, 2024, 38(12): 71-81.
- [37] 任嘉,张明倩.从“言而有信”到“数而有信”:信任机制的数字化转型——来自企业融资约束的证据[J]. *社会科学*, 2025(2):120-134.
- [38] 宋晓晨,毛基业.基于区块链的组织间信任构建过程研究——以数字供应链金融模式为例[J]. *中国工业经济*, 2022(11):174-192.

Formation Logic and Development Path of Competitive Advantage of Digital Industrial Clusters from the Perspective of Technological Proximity

XIA Jiechang^{1, 2}, TAO Jiu³

(1. School of Economics, Guangzhou College of Commerce, Guangzhou 511563, China;

2. National Academy of Economic Strategy, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100006, China;

3. School of Business, University of Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 102488, China)

Summary: The rapid development of digital technology has enabled enterprises to achieve cross-boundary collaborative innovation through remote collaboration and virtual networks, making geographical concentration no longer a necessary condition for the formation of industrial clusters. Breaking the traditional geographical proximity paradigm, this paper, from the perspective of technological proximity, systematically explains the formation logic and construction path of competitive advantages of digital industrial clusters, providing new ideas for the theoretical innovation of industrial clusters in the digital economy era.

This paper depicts the static structural characteristics of digital industrial clusters. First, physical clustering and virtual clustering mirror each other, and various entities form a complex integrated innovation network in the virtual space through digital twins, digital platforms, etc. Second, component innovation and complementary innovation structures are coordinated around core enterprises' value proposition, component enterprises' supplementary professional capabilities, and complementary enterprises' response to the long-tail demands, which jointly form a distributed innovation architecture. On this basis, this paper compares the differences in the formation mechanisms of competitive advantages of traditional industrial clusters from the geographical proximity perspective and digital industrial clusters from the technological proximity perspective. It finds that technological proximity mainly shapes the competitive advantages of digital industrial clusters through two mechanisms: in terms of efficiency improvement, technological proximity stimulates the multiplier effect of data elements, promotes knowledge spillover and cooperative innovation, and supports the construction of virtual innovation networks, thereby forming efficiency-based competitive advantages; in terms of institutional construction, technological proximity promotes the cluster to shift from traditional interpersonal trust to digital rule-based trust, converting transaction costs from institutional costs to computing power costs.

Further, this paper divides technological proximity into two types: related proximity and irrelevant proximity. Technologically related proximity through specialized knowledge deepening, technical reorganization, and virtual space collaborative innovation, promotes the gradual improvement and performance breakthrough of core components, forming differentiated competitive advantages. Technologically irrelevant proximity through cross-cognitive breakthroughs, modular technology building blocks combination, and exploration of new application scenarios, giving rise to systematic solutions, forming diversified resilient competitive advantages.

Key words: digital industrial clusters; competitive advantage of clusters; technological proximity; geographical proximity

(责任编辑: 尚培培) (校对: 刘欣琦)

[DOI]10.19654/j.cnki.cjwtyj.2026.07.004

[引用格式]夏杰长, 陶鸩. 技术邻近性视角下数字产业集群竞争优势的形成逻辑与构建路径[J]. 财经问题研究, 2026(7):48-59.