

# 数字技术对城市创新能力的影响研究

汤 凯 蔡晓培 王海杰

**摘要:**在当前数字经济时代,数字技术作为驱动区域经济高质量发展和创新能力提升的新引擎,理应为推动城市群及群内城市创新发挥重要作用。基于2008—2021年中国19大城市群196个城市的面板数据,本文从创新资源、知识创造、创新绩效、创新环境和创新协同五个方面构建城市群内城市创新能力指标体系,实证检验了数字技术对群内城市创新能力的影响。研究表明,数字技术能够促进城市群内城市创新能力提升,该结论在系列稳健性检验下均成立。机制检验发现,数字技术通过创新资金集聚、产业结构升级和创业活跃度提升促进群内城市创新能力提升。异质性分析发现,数字技术对处于较高发展阶段、小规模、高创新基础设施水平以及多中心城市群内的城市创新能力提升作用更加明显。本文的研究为推动数字技术发展以促进城市群创新能力提升提供了经验证据和政策启示。

**关键词:**城市群 创新能力 数字技术 创新资金集聚 产业结构升级 创业活跃度

**中图分类号:**F299.2

**文献标识码:**A

**文章编号:**1000-7636(2026)01-0083-17

## 一、问题提出

空间上相邻、规模层级不同且功能互补的多个城市聚合而成的城市群,正逐步成为中国经济高质量发展的关键引擎。党的二十大报告指出,要“以城市群、都市圈为依托构建大中小城市协调发展格局”。2025年8月印发的《中共中央 国务院关于推动城市高质量发展的意见》强调“稳妥有序推动城市群一体化和都市圈同城化发展”。随着以城市群为空间载体的城镇化布局逐步完善,当前中国已初步构建起“19+2”的城市群发展格局(19个城市群和2个都市圈)。提升城市群创新能力,是保证中国经济行稳致远的关键,《成渝城市群发展规划》(2016)指出,“要强化创新引领发展”,“形成成渝城市群创新共同体”,《中原城市群发展规划》(2016)则强调要建设成为“中西部地区创新创业先行区”。城市作为创新活动最密集活跃的区域,常被视作创新策源地。但中国城市群内各城市创新水平与世界平均水平相比仍有一定差距,城市群内各城市各部门仍存在创新要素流动不畅、创新资源难以聚集、协同创新的体制机制不健全等问题。那么,如何进一步提升城市群内各城市创新能力,由此推动城市群整体创新能力跃升。

大数据、云计算等新一代数字技术加速创新,引发了社会生产方式变革,不断推动经济社会朝着智能

收稿日期:2025-03-17;修回日期:2025-11-18

基金项目:河南省高校哲学社会科学重大项目“城市收缩的社会需求抑制效应及应对策略研究”(2026-JCZD-09)

作者简介:汤 凯 郑州大学商学院副教授、博士生导师,郑州,450001;

蔡晓培 郑州大学商学院博士研究生;

王海杰 郑州大学商学院教授、博士生导师。

作者感谢匿名审稿人的评审意见。

化、普惠化方向发展<sup>[1]</sup>。数字技术作为当前创新要素最密集、辐射最广泛、带动效应最显著的技术领域<sup>[2]</sup>,其渗透性、替代性、协同性特征使其向经济社会各个领域深入渗透,从根本上改变了国民经济发展方向和行业布局。数字技术带来的强劲动能为城市创新能力和经济高质量发展带来了前所未有的机遇,但不容忽视的是,数字基础设施总体水平不高、数字人才供给不足、“数字鸿沟”等诸多障碍,使数字技术所释放的普惠效应难以惠及广大区域,导致城市创新能力提升困难重重。因此,我们不禁思考:当前中国快速发展的数字技术会对群内城市创新能力产生何种影响?其规律、特征、内在机理如何?该影响是否存在异质性?对以上问题的解答,能够为深入认识数字技术对城市群及群内城市创新能力的引领作用提供经验支撑与政策启示。

数字技术与创新一直是学界研究的重点,相关学术成果层出不穷,但数字技术对创新的影响分析仍存在较大缺口。纵观现有数字技术的创新效应研究,就研究对象而言,因数据获取的局限,现有文献主要进行了以省域<sup>[3]</sup>、市域<sup>[4]</sup>、企业<sup>[1]</sup>或“长三角”等单个城市群<sup>[5]</sup>为基点的创新能力研究。城市群作为超越行政区划、不同规模、不同功能的多个城市集聚而成的一种独特的空间形态<sup>[6]</sup>,其内部有着区别于单一城市或省份的发展变化规律,但现有研究尚未形成专门针对城市群创新能力的评价体系,亦无针对城市群内城市的数字技术创新效应研究。与本文最紧密相关的是数字技术对区域创新能力的影响研究。关于其直接的影响,现有研究大多证实了数字技术对区域创新能力、创新效率或创新质量提升的促进作用<sup>[3-4]</sup>。在此基础上,学者们进一步发现这种促进作用主要通过知识溢出、创新要素优化配置<sup>[3]</sup>、人才赋能<sup>[1]</sup>等机制实现。虽有学者开始注意到创新资金集聚<sup>[7]</sup>、产业结构升级<sup>[8]</sup>和创业活跃度<sup>[9]</sup>对区域创新的重要性,但并未重点关注其在数字技术发挥创新效应过程中的机制作用。

相较于已有研究,本文可能的贡献有:(1)在研究对象方面,以中国 19 大城市群内 196 座城市为研究对象,探究数字技术对群内城市创新能力的影响,弥补了现有研究局限于省域、市域、企业或“长三角”等单个城市群层面的不足;(2)在城市群创新能力指标体系构建方面,手工整理 2012—2022 年中文社会科学引文索引(CSSCI)期刊论文中与城市群创新能力相关的评价指标并进行频次统计,在此基础上借鉴诸多国内外知名报告,最终创建了包含创新资源、知识创造、创新绩效、创新环境和创新协同 5 个维度、25 个指标的城市群内城市创新能力指标体系;(3)在作用机制方面,从创新资金集聚、产业结构升级及创业活跃度三个层面揭示数字技术影响群内城市创新能力的作用机制;(4)在异质性分析方面,从城市群发展阶段、规模、创新基础设施和空间结构等方面探究数字技术影响群内城市创新能力的异质性。

## 二、理论分析与研究假设

### (一)数字技术与城市群创新能力

熊彼特的创新与内生增长理论认为,通过研发创新活动而发挥的“创造性破坏”能够促进技术进步和经济内生增长<sup>[10]</sup>。城市群是工业化与城市化迈入高级阶段的空间组织形态,其形成与发展过程直观展现了经济活动从单个城市向城市体系的拓展轨迹<sup>[11]</sup>,在此过程中,创新资源和要素在城市之间的集聚与配置也会产生特定的城市群创新效应。

数字技术作为典型的通用目的技术,其渗透性特征不仅推动以数据要素为核心的新型生产资料在城市群内各城市、各领域全面铺开,还联动多项互补技术,推动城市群内各城市经济运行模式重塑与生产力、生产方式变革,全面提升创新能力<sup>[12]</sup>。包括数据、知识、人才、技术等要素在内的创新要素是城市群创新活动的物质基础<sup>[13]</sup>。数字技术能够提高群内城市创新要素的可获得性与利用效率,促进创新能力提升。数据层面,物联网、大数据、工业传感器等数字技术直接实现跨城市数据实时共享,打破数据传输

地域隔离,实现数据要素全域高效流通利用,支撑群内城市精准技术研发与突破。知识层面,数字存储与传输技术使技术、专利等知识成果突破知识共享载体限制<sup>[3]</sup>,加速跨城市知识要素精准共享、匹配和利用。人才层面,远程协作工具、创新创业孵化平台等数字技术平台破除人才流动地理壁垒,降低跨城流动成本,实现人才要素高效流动、匹配和利用<sup>[14]</sup>,扩大人才要素获取范围与协作深度。技术层面,数字仿真、互联网平台等数字技术通过可视化和标准化缩短了技术转化时间进程,加速城市群创新技术转化落地;数字设备、算法、工艺等数字技术则加速群内技术要素跨城扩散与集成应用<sup>[15]</sup>,实现群内城市创新能力协同提升。

基于以上分析,本文提出假设 1:数字技术发展有助于群内城市创新能力提升。

## (二) 数字技术影响城市群创新能力的作用机制

数字技术的内在特征不断推动着城市群内各城市生产要素与生产关系的数字化<sup>[2]</sup>,群内城市创新发展范式也随之发生变化。数字技术可能通过如下渠道赋能群内城市创新能力提升。

### 1. 创新资金集聚机制

城市群内各城市的行政边界使资金在城市间的流动面临审批流程繁琐、信息不对称等障碍,创新资金呈现碎片化特征<sup>[16]</sup>。互联网金融、移动支付等数字技术通过构建跨区域金融基础设施和全域性资金配置工具,有助于打破传统金融服务的物理壁垒和空间约束,实现创新资金集聚。依托统一的数字金融平台,群内各城市政策性基金、商业性资本等资金资源得以有效整合,形成覆盖全域的资金池,实现资金在城市群层面的集中调度;利用区块链技术的分布式记账与不可篡改特性<sup>[17]</sup>,跨城市资金流动的透明度与可追溯性提升,因行政壁垒导致的信任成本降低,创新资金得以在群内各城市间顺畅流动、高效配置与空间集聚;同时,群内不同城市基于产业基础与资源禀赋形成了差异化功能分工<sup>[18]</sup>,而资本的天然逐利性使其通过数据驱动的精准匹配机制,引导创新资金向回报率高的领域集聚。

创新资金集聚进一步为群内城市创新能力提升注入关键活力。作为区域创新体系的重要资源配置机制,创新资金集聚形成的“创新补偿”有效避免了资金重叠与浪费,通过空间关联和溢出效应<sup>[19]</sup>,群内城市创新资金要素的空间分布与扩散路径改变,对创新能力产生系统性影响。在创新资金配置效率方面,资金在城市群内的集聚使得群内城市创新活动由分散化向协同化演进,创新链条更加紧密,研发资源配置更加高效,更具规模优势与风险分散能力<sup>[20]</sup>,整体创新产出效率有效提升。在创新资金的空间分布方面,创新资金集聚通过群内邻近城市间的博弈和竞合关系产生虹吸效应和辐射效应,影响资金要素的空间分布<sup>[19]</sup>,推动创新资金流向具有高比较优势的区域,提高创新资金的边际效益和群内城市整体创新效率。在创新资金的溢出与扩散方面,资金要素从流动走向集聚的过程中形成创新集群和网络关系,通过技术转移和知识溢出<sup>[21]</sup>,使高科技、高附加值企业将运营管理经验和高端技术扩散至城市群内部其他城市及周边地区<sup>[22]</sup>,推动群内各城市创新能力整体提升。

由此,本文提出假设 2a:数字技术通过创新资金集聚促进群内城市创新能力提升。

### 2. 产业结构升级机制

数字技术是国家数字经济新型基础设施的核心,是推动产业结构优化调整和经济提质增效的新引擎<sup>[23]</sup>。数字技术是实现数字产业化和产业数字化的基础,其发展和应用有助于城市群产业结构形态变革与转型升级。在数字产业化方面,数字技术的迭代升级催生数字农业、智能工业、数字服务业等新兴业态,以数据为关键生产要素,推动群内城市产业体系向技术密集、高附加值领域延伸。依托数字技术的高渗透性与高关联性,这类新兴产业快速融入群内城市现有产业网络,实现在技术、业态、模式上的深度融合<sup>[24]</sup>,形成新的产业增长极,带动产业链整体升级以加速产业结构高级化进程。在产业数字化方面,数



字技术嵌入传统产业的生产端、管理端与销售端,对群内城市传统产业进行全链条改造,重构生产、运营、管理与销售环节,突破传统产业间边界壁垒,推动产业延伸融合<sup>[25]</sup>,促进跨产业创新集群产生,破解部分城市因技术滞后导致的产业“低端锁定”问题。此外,数字技术通过整合群内要素信息、打破时空限制,提升供需匹配精度,优化群内城市资源配置,引导生产要素向高效益产业集聚,提升产业结构合理化水平<sup>[23]</sup>。

与此同时,产业结构升级也有助于推动群内城市创新能力提升。产业结构升级不仅是产业结构从低水平状态向高水平状态逐步演进的动态进程,还是产业间协调与关联水平不断提升的过程<sup>[26]</sup>。产业结构升级为群内城市创新提供必要的产业载体。在生产要素合理配置层面,产业结构升级是要素的重组和再分配过程,依据不同城市产业基础,要素资源得以差异化分配,在这一过程中形成的竞争效应和区域协同效应,推动群内资金、技术、人才、数据等要素的重新分配与优化配置<sup>[27]</sup>,有效避免同质化竞争,让有限的要素集中支撑关键技术研发与突破,从而提升整体的创新产出。在技术创新倒逼机制层面,数字技术所催生的新兴产业具有高研发投入、高技术密集度、高创新溢出效应等特征,使其对上下游产业链提出更高技术要求,倒逼配套产业技术创新<sup>[28]</sup>,形成“核心产业引领—配套产业跟进”的创新传导链条。在需求拉动机制层面,产业结构升级所推动的市场范围扩大、需求细分与扩张,带动消费者对产品和服务的要求提升<sup>[27]</sup>,刺激群内城市加大创新投入以满足市场需求,形成“需求拉动的创新”效应。

由此,本文提出假设 2b:数字技术通过产业结构升级促进群内城市创新能力提升。

### 3. 创业活跃度提升机制

创业理论认为,机会、资源与成本是影响创业成败的关键要素<sup>[29]</sup>。在数字经济时代,数字技术的迭代升级深刻影响着传统创业行为与创业模式<sup>[30]</sup>,为创业活跃度提升和高质量创业提供了新思路。在创业机会层面,数字平台突破了传统地理边界对机会识别的限制,云计算、机器学习等数字技术降低了参与高技术领域创业所需的技术门槛。数字技术对信息不对称及市场进入门槛的降低,拓展了机会生成空间<sup>[31]</sup>,而这种机会空间的扩展则提升了创业活跃度<sup>[32]</sup>。在创业资源层面,大数据技术整合多源异构数据,为创业者提供精准市场画像,降低了资源错配风险;开源社区打破技术垄断,使创业者能够以低成本获取关键技术资源模块;远程协作工具促进跨区域知识流动与人才资源共享。这种创业资源获取与配置方式的重构,降低了创业者对数据、技术、人才等资源的获取难度,促进创业活跃度提升<sup>[32]</sup>。在创业成本层面,云计算降低了创业初期的硬件与软件投入,共享办公空间减少了物理办公成本,互联网和无线技术则降低、改善了创业者利用网络学习新技能、新知识的成本与条件<sup>[33]</sup>。成本的节约使有限的创业资源更多投入研发与创新活动,从而鼓励高风险、高创新潜力的创业项目涌现,促进群内城市创业活跃度提升。

进一步地,创业活跃度的提升为群内城市创新注入活力。创业的本质是创业者对现有知识体系的突破与重构,创业活力则是经济高质量发展和创新能力提升的内生动力<sup>[32]</sup>。一方面,较高的创业活跃度有利于构建良好的创新生态。群内城市创业活动的持续扩容有效增进了创新思维的跨主体交流与多维碰撞<sup>[34]</sup>,创业主体间的互动交流则加速隐性知识显性化;同时,创业活跃度提升有助于构建包容开放的区域创新环境,形成鼓励创新、宽容失败的文化氛围,激发各类主体的创新意愿,推动创业过程中的试错与调整,促进知识快速迭代和技术商业化转化,使得创新溢出红利得以充分释放<sup>[32]</sup>。另一方面,较高的创业活跃度有助于创新资源高效产出与利用。从资源供给端来看,创业活跃度的提升带来创业主体的大量涌现,对创新资源的需求也由此扩大,倒逼区域内资源供给体系优化和产出效率提升,为创新活动提供必要保障;从资源利用端来看,创业企业往往具有灵活的组织架构与高效的决策机制,更高的创业活跃度往往伴随着更多市场需求和创新机遇的发现,推动创业者将整合后的资源投入高潜力创新项目,形成以市场需求为导向的持续创新

机制<sup>[35]</sup>。

由此,本文提出假设 2c:数字技术通过提高创业活跃度来促进群内城市创新能力提升。

### 三、研究设计

#### (一) 样本选择

城市的形成是人口和经济活动在一定范围内的空间集聚,而城市群则是超过行政规划、不同规模和功能的多个城市的空间集聚<sup>[6]</sup>。城市群作为依托发达的基建网络所形成的空间紧凑、经济联系密切的城市聚合体,其内部城市存在明确的空间关联、产业联动与资源流动,与单一城市或零散区域存在本质区别。中国目前规划布局的 19 个城市群覆盖东中西部不同发展水平区域,是创新资源的主要集聚地,承载了全国大部分创新活动。因此,本文基于最具覆盖性、创新前沿性、数据可得性等原则,选取“十三五”规划界定的 19 个城市群的 196 个城市作为研究对象<sup>①</sup>。

#### (二) 模型设定

为检验数字技术对城市群内城市创新能力的直接影响,设定如下基准回归模型:

$$inn_{it} = \alpha + \beta digit_{it} + C'_{it}\gamma + \lambda_i + \omega_t + \mu_{it} \quad (1)$$

其中, $i$  表示中国 19 个城市群内的 196 座城市, $t$  代表年份; $digit_{it}$  表示数字技术发展水平; $inn_{it}$  表示群内城市创新能力; $C'_{it}$  为控制变量向量; $\lambda_i$  和  $\omega_t$  分别表示城市和年份固定效应; $\mu_{it}$  为随机扰动项。回归结果重点关注模型(1)的回归系数  $\beta$ ,若  $\beta$  显著为正,则表明数字技术能提升群内城市创新能力。

#### (三) 变量选取

##### 1. 被解释变量

被解释变量是城市群内城市创新能力( $inn$ )。关于区域创新能力的衡量指标,国内外学者进行了大量研究并取得了丰硕成果,形成了多种测度方法。有些学者使用专利数量<sup>[6]</sup>等单一指标衡量区域创新能力。也有诸多研究构建指标体系,如《中国区域创新能力评价报告 2019》从“知识创造、知识获取、企业创新、创新环境、创新绩效”五个层面衡量区域创新能力,该报告所测度的区域创新能力指数被诸多学者引用<sup>[36]</sup>;《国家创新指数报告(2016—2017)》从“创新资源、知识创造、企业创新、创新绩效、创新环境”五个方面构建了国家创新指数指标体系;刘雷等从“知识创新能力、技术创新能力、政府服务能力和创新宏观环境”四个层面构建了城市创新能力指标体系<sup>[37]</sup>。以上关于区域创新能力的评价体系虽具有一定的科学性和可行性,但也有诸多弊端:首先,目前区域创新能力的指标体系尚处于一种众说纷纭的无序状态,且对创新能力的指标体系选取具有较大的随意性。其次,由于城市群创新能力是一个复杂的系统,现有指标体系难以把所有重要因素纳入研究体系以全面衡量城市群创新能力。最后,由于城市群数据的分散和庞杂,现有文献主要进行了以省域、市域或“长三角”等单个城市群为基点的创新能力研究,没有表现出城市群“群”的内部特征,难以从整体上概述城市群内城市创新能力的现状。因此,需要建立一个统一、全面的针对城市群这一特殊空间主体的群内城市创新能力指标体系。为了直观地了解现有文献中城市群创新能力的衡量指标有哪些及其使用频次如何,借鉴冯根福等<sup>[38]</sup>的研究,本文手工收集了 2012—2022 年 CSSCI 期刊论文中与城市群创新能力相

① 由于衡水、仙桃、潜江、天门、济源、运城、邢台、邯郸、儋州等城市的相关数据在《中国城市统计年鉴》中没有披露或存在多年数据缺失,因此本文将数据可得性差的城市剔除,最终选取中国 19 个城市群中的 196 个城市为研究对象,根据《中国统计年鉴 2022》和《中国城市统计年鉴 2022》的相关数据计算可知,最终选取的 196 个城市的地区生产总值总额约占国民生产总值的 72%,可见,该研究对象已具有较强的覆盖性,研究结果也具有较强的代表性。

关的文献。通过手工整理,最终获得 108 篇有关城市群创新能力衡量指标的文献<sup>①</sup>,得到 183 个衡量城市群创新能力的变量。

本文采用建立综合指标的方法以更好地度量城市群内城市创新能力。在采用指标体系来度量创新能力的文献中,以“创新投入”“创新产出”“创新基础环境”三个层面为一级指标的文献最多,达 11 篇。因此,将收集到的 183 个变量按照“创新投入”“创新产出”“创新基础环境”三个层面进行归类,最终得到创新投入层面 47 个,创新产出层面 45 个,创新基础环境层面 29 个。创新投入层面的变量总计被使用 81 次,创新产出层面变量被使用 107 次,创新基础环境层面变量被使用 45 次,考虑到后文分析中不可能将所有的变量放入计量模型,本文对这些变量进行初步筛选,最终确定文献中 7 次及以上使用为创新投入层面变量的标准,4 次及以上使用为创新产出和创新基础环境层面影响因素的标准,结合数据可得性,得到 108 篇文献中选择的 中国城市群创新能力主要指标及使用频次。

通过对国内外知名相关报告<sup>②</sup>的对比研究,发现权威报告大多从“创新资源”“知识创造”“企业创新”“创新绩效”“创新环境”等层面来构建区域创新能力的指标体系。其中,创新资源反映区域创新资金和人才资源的投入力度、供给能力及创新基础设施完善程度;知识创造反映区域科研投入产出能力及知识传播和溢出能力;企业创新反映微观企业层面创新活动的强度、效率和水平;创新绩效反映区域创新所产生的效果和影响;创新环境反映区域开展创新活动所依赖的外部软硬设施环境。相比较而言,该指标体系的系统性和全面性更能综合反映城市群创新能力。因此,基于频次统计法得出的城市群创新能力主要指标,按照“创新资源”“知识创造”“创新绩效”“创新环境”四个层面<sup>③</sup>进行分类重组,在此基础上,加入“创新协同”<sup>④</sup>层面指标,最终创建了包含创新资源、知识创造、创新绩效、创新环境、创新协同 5 个维度、25 个变量的城市群内城市创新能力指标体系;然后运用熵权法,确定各指标权重。城市群内城市创新能力衡量指标及权重如表 1 所示。

表 1 城市群内城市创新能力衡量指标及权重

一级指标	二级指标	单位	权重/%
创新资源 (25.048 0%)	教育经费支出占地方财政支出的比重	%	0.491 7
	财政科技支出占地方财政支出的比重	%	3.859 9
	科学研究、技术服务和地质勘查从业人员数量	人	4.561 4
	外商投资企业数量	个	11.247 9
	当年实际使用外资金额	万美元	4.887 1
知识创造 (19.967 8%)	普通高等学校数量	所	2.062 4
	普通高等学校专任教师人数	人	2.248 2
	普通高等学校在校生人数	人	2.480 8
	论文发表数量	篇	4.394 6
	专利申请量	件	8.771 8

① 在选取城市群创新能力实证文献的过程中,本文删除了部分不合适的文献,如城市群创新能力的纯理论研究文献;再如题目涉及城市群创新,但实际使用了企业数据而非地区数据分析其技术创新问题;还有使用了地区数据分析城市群创新能力,但没有使用计量方法进行实证分析的文献等。

② 包括《国家创新指数报告(2016—2017)》《中国区域创新能力评价报告 2019》《中国都市圈发展报告 2018》等。

③ 由于本研究对象为宏观的城市群层面,因此剔除了“企业创新”这一微观层面指标。

④ 加入“创新协同”层面指标的原因在于:协同性的培育对于城市群及其内部各城市创新能力具有十分重要的作用。城市群作为多个城市甚至省份的集合体,以城市之间的产业和经济联系为纽带,城市群内城市创新能力应当考虑到城市间的协同发展程度。



表1(续)

一级指标	二级指标	单位	权重/%
创新绩效(33.392 8%)	技术市场成交额	万元	10.505 3
	驰名商标量	个	4.509 9
	专利授权量	个	9.161 3
	每万人拥有的科技成果成交额	万元	9.195 0
	绿化覆盖率	%	0.021 3
创新环境(16.804 8%)	人均国内生产总值(GDP)	元	2.021 4
	第三产业产值占 GDP 比重	%	1.647 2
	每百万人公共图书馆藏书量	册	5.646 1
	万人国际互联网用户	个	3.458 1
	邮政、电信业务收入	万元	4.032 0
创新协同(4.796 9%)	城市化水平	%	1.570 0
	专利授权量与 GDP 增速的耦合值	%	1.869 1
	城市人均 GDP/城市群首位城市人均 GDP	%	0.500 1
	城市人均教育与科技支出/城市群首位城市人均教育与科技支出	%	0.848 2
	城市人力资本指数/城市群首位城市人力资本指数	%	0.009 5

2. 核心解释变量

核心解释变量是数字技术(*digit*)。数字专利申请数量常被作为刻画数字技术水平常用指标。本文借鉴黄先海等<sup>[39]</sup>的研究,采取当年申请的数字技术相关领域发明专利数量衡量群内城市数字技术水平。专利行为反映了城市技术发展方向,数字技术领域相关专利数量则是群内城市在数字领域是否取得进步的体现;仅考虑发明专利数量的原因在于,相对于实用新型专利和外观设计专利而言,发明专利的审查程序更严格,更能反映数字技术成果。为了确保该衡量方法的稳健性,参考吴非等<sup>[40]</sup>、张任之<sup>[41]</sup>的研究,采用文本分析法,以城市地方政府年报中数字技术关键词出现的次数作为数字技术的替代指标。

3. 控制变量

为保证实证结果的准确性与可靠性,本文参考韩璐等<sup>[14]</sup>、赵涛等<sup>[32]</sup>的研究,结合研究需要,选取以下控制变量:政府支出强度(*gov*),用政府财政支出占 GDP 比重衡量;人口密度(*density*),采用单位面积内人口数表示;人力资本(*hum*),采用研发(R&D)从业人员数衡量;金融发展水平(*fin*),用金融机构各项存款余额表示;交通运输水平(*trans*),用公路货运量衡量;环境保护水平(*protect*),用污水处理厂集中处理率表示;失业水平(*unemploy*),用城镇登记失业人员数表示。在实证回归中,人口密度、人力资本、金融发展水平、交通运输水平、环境保护水平和失业水平均取对数。

(四)数据来源与描述性统计

本文采用 2008—2021 年中国 19 个城市群的 196 座城市的面板数据作为研究样本。论文发表数量来源于中国科技论文统计报告;科技成果成交额、技术市场成交额、国家级高新技术产业开发区产值、驰名商标数量等数据来自深圳希施玛数据科技有限公司 CSMAR 中国经济金融研究数据库和万得(Wind)数据库、国家统计局、地方统计局等;专利数据来自国家知识产权局中国专利数据库;其余数据均源自《中国城市统计年鉴》。变量的描述性统计见表 2。

表 2 变量描述性统计结果

变量类型	变量名称	变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	城市群内城市创新能力	<i>inn</i>	2 744	0.057 1	0.053 1	0.006 7	0.648 3
解释变量	数字技术	<i>digit</i>	2 744	0.025 6	0.140 4	0.000 0	3.468 7
控制变量	政府支出强度	<i>gov</i>	2 744	1.724 4	0.818 6	0.086 3	7.043 7
	人口密度	<i>density</i>	2 744	35.196 7	46.276 5	3.180 2	571.216 3
	人力资本	<i>hum</i>	2 744	0.006 4	0.164 9	0.000 0	6.543 0
	金融发展水平	<i>fin</i>	2 744	9.665 3	21.096 7	0.195 9	278.100 0
	交通运输水平	<i>trans</i>	2 744	12.979 3	14.176 7	0.141 0	292.426 0
	环境保护水平	<i>protect</i>	2 744	85.203 0	15.930 0	0.240 0	119.440 0
	失业水平	<i>unemploy</i>	2 744	3.018 2	3.658 6	0.014 3	40.305 4
机制变量	创新资金集聚	<i>cap</i>	2 744	0.024 7	0.035 8	0.000 0	0.438 2
	产业结构升级	<i>ris</i>	2 744	0.969 7	0.547 4	0.094 3	5.350 0
	创业活跃度	<i>ent</i>	2 744	0.058 1	0.076 6	0.002 5	0.914 3

四、实证结果与分析

(一) 基准回归

表 3 报告了数字技术对群内城市创新能力影响的基准回归结果。列(1)显示了在纳入控制变量、未控制城市固定效应和年份固定效应基础上的回归结果。列(2)则在列(1)的基础上加入城市固定效应和年份固定效应,以确保数字技术对群内城市创新能力的影响不受城市层面和时间层面的干扰。结果显示,*digit* 的回归系数均在 1%水平下显著为正,表明数字技术正向促进了群内城市创新能力提升,假设 1 得到验证。数字技术凭借其渗透性、替代性、协同性等特征,提高了数据、知识、人才、技术等创新要素可获得性和利用效率,推动其在群内各城市间高效流动与匹配共享,为城市群创新活动提供必要的物质支撑,促进了群内城市创新能力提升。

(二) 内生性分析

鉴于群内城市创新能力的影响因素众多,难以在模型中将所有因素均纳入控制变量组,且数字技术可能与群内城市创新能力间存在双向因果关系,诱发内生性问题。本文采取工具变量法缓解内生性偏误。

表 3 基准回归结果

变量	(1)	(2)
<i>digit</i>	0.154 5 *** (0.004 1)	0.099 9 *** (0.002 0)
<i>gov</i>	3.035 3 *** (0.710 2)	-3.166 2 *** (0.554 6)
<i>ln density</i>	-0.007 9 *** (0.000 8)	-0.029 3 *** (0.003 2)
<i>ln hum</i>	0.002 0 (0.007 8)	-0.002 2 (0.002 7)
<i>ln fin</i>	0.023 6 *** (0.000 6)	0.000 2 (0.000 6)
<i>ln trans</i>	0.000 5 (0.000 8)	-0.000 2 (0.000 4)
<i>ln protect</i>	-0.012 6 *** (0.001 8)	-0.003 6 *** (0.000 8)
<i>ln unemploy</i>	0.003 5 *** (0.000 5)	-0.000 6 *** (0.000 2)
常数项	-0.322 0 *** (0.011 4)	0.160 5 *** (0.014 9)
城市固定效应	未控制	控制
年份固定效应	未控制	控制
样本量	2 744	2 744
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.729 6	0.705 3

注：\*、\*\*、\*\*\* 分别表示在 10%、5%、1%水平下显著,括号内为稳健标准误。后表同。



地理位置和历史基础设施分布可视作当前经济系统的外生变量。借鉴张雅俊和张颖熙<sup>[42]</sup>、钱海章等<sup>[43]</sup>的研究,本文使用群内各城市到沿海港口的距离和1984年每百万人固定电话数作为数字技术的工具变量。(1)城市到沿海港口的距离,一是完全符合相关性条件。沿海港口是对外开放、技术引进和信息流通的核心枢纽。数字技术的开发与应用依赖数字基础设施的建设,距离港口越近,越易接触国际先进的数字技术、设备和人才,数字基础设施的布局 and 普及也更便利,直接影响数字技术的落地速度、覆盖范围和工作效率。二是完全符合外生性条件。城市到沿海港口的距离属于地理先天特征,是脱离经济活动、社会等系统的“严格”外生变量。(2)1984年每百万人固定电话数。一方面,固定电话是数字通信的早期基础形态,属于互联网等数字技术的初始载体。固定电话的布局密度反映了一个地区信息传递需求的强度和基础设施的完善度,因此历史上固定电话的普及程度较高的地区极有可能是数字技术发展较好的地区,符合相关性条件。另一方面,1984年这一历史时点,固定电话数量的多寡主要由当时的政策和基础设施规划所决定,与当前城市创新能力无直接关联,历史上固定电话的数量不会直接影响到当前城市群创新能力,因此该变量具有外生性。

本文研究样本是面板数据,而以上工具变量为截面数据,为了满足面板回归模型要求,将城市到沿海港口的距离和1984年每百万人固定电话数分别与时间趋势项进行交互,作为数字技术的工具变量(*IV\_1*和*IV\_2*)。表4报告了分别以*IV\_1*和*IV\_2*作为工具变量的两阶段最小二乘估计结果。可以发现,在第一阶段回归中,*IV\_1*的系数在1%水平上显著为负(-0.0010),*IV\_2*系数在1%水平上显著为正(0.0143)。Kleibergen-Paap rk *LM* 统计量均在1%水平下显著,均拒绝工具变量识别不足的原假设;Kleibergen-Paap Wald rk *F* 统计量均大于临界值,均拒绝弱工具变量的原假设,表明*IV\_1*和*IV\_2*均合理可靠。由第二阶段回归结果可知,*digit* 系数均在1%水平上显著为正,说明本文核心结论稳健。

表 4 内生性分析回归结果

变量	IV_1		IV_2	
	第一阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段
<i>digit</i>		0.197 7 *** (0.059 6)		0.195 9 *** (0.025 5)
工具变量	-0.001 0 *** (0.000 2)		0.014 3 *** (0.003 4)	
控制变量	控制	控制	控制	控制
常数项	-0.281 8 *** (0.086 0)	-0.271 1 *** (0.043 1)	-0.305 7 *** (0.050 1)	-0.414 7 *** (0.019 9)
Kleibergen-Paap rk <i>LM</i>	24.627 0 [0.000 0]		12.150 0 [0.000 5]	
Kleibergen-Paap Wald rk <i>F</i>	23.823 0 {16.380 0}		17.439 0 {16.380 0}	
城市固定效应	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
样本量	2 744	2 744	2 744	2 744
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.146 2	0.642 2	0.346 3	0.763 3

注:[ ]内数值为统计量对应的*P*值,{ }内数值为 Stock-Yogo 弱识别检验在10%水平下的临界值。

(三) 稳健性检验

为保证结论的准确性,本文采用以下方法对基准回归结果进行稳健性检验。第一,替换被解释变量的度量方法。一是采用复旦大学发布的《中国城市和产业创新力报告 2017》中的城市创新指数作为群内城市创新能力的替代变量( $inn_1$ )。二是采用主成分分析法重新合成指标体系。基准回归中采用熵值法对被解释变量进行多项指标合成,故在稳健性检验部分采用主成分分析法得到替代变量( $inn_2$ )。第二,替换核心解释变量。借鉴吴非等<sup>[40]</sup>和张任之<sup>[41]</sup>的文本分析法,在《政府工作报告》《中国数字经济发展白皮书(2023)》《2025 年数字经济发展工作要点》《国务院关于加强数字政府建设的指导意见(2022)》等重要政策文件基础上,结合数字技术特点,提取涉及数字技术的关键词,形成包含“底层数字技术运用”“数字技术实践应用”2 个层面、10 个维度、121 个关键词的数字技术特征词图谱,以此表征地区数字技术发展水平。通过 Python 技术归集整理了城市群内所有城市的年度政府工作报告,根据特征词图谱进行分词处理,形成各城市所有关键词总词频,由此作为数字技术的替代变量。第三,调整研究样本。数字技术对群内城市创新能力的影响估计结果的准确性,可能受各城市群内城市数目差距的影响,因此将天山北坡、黔中、滇中等城市数目不大于 3 的城市群内城市剔除。第四,缩尾处理。为消除异常值可能的干扰,对本文主要变量(包括被解释变量、解释变量和控制变量)进行 1%和 99%双侧缩尾。经过一系列稳健性检验,从表 5 的回归结果可知,数字技术的回归系数依然在 1%水平下显著为正,表明基准回归结果可靠。

表 5 稳健性检验回归结果

变量	替换被解释变量		替换核心解释变量	调整研究样本	缩尾处理
	$inn_1$	$inn_2$			
$digit$	0.469 7 *** (0.070 0)	1.076 3 *** (0.051 4)	0.012 1 *** (0.003 5)	0.099 8 *** (0.002 1)	0.084 9 *** (0.004 7)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	3.697 1 *** (0.513 4)	2.094 2 *** (0.376 8)	0.287 5 *** (0.020 5)	0.163 6 *** (0.015 5)	0.054 3 ** (0.025 4)
城市固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	2 744	2 744	2 744	2 618	2 744
$R^2$	0.863 1	0.683 7	0.427 4	0.706 4	0.569 7

五、进一步分析

(一) 机制检验

前文从理论层面分析了数字技术对群内城市创新能力提升的影响机制,并提出研究假设。为检验机制假设是否成立,本文构建如下模型进行机制检验:

$$Med_{it} = \alpha + \beta digit_{it} + C'_{it}\gamma + \lambda_i + \omega_t + \mu_{it} \tag{2}$$

其中, $Med_{it}$  为机制变量,分别表示创新资金集聚( $cap$ )、产业结构升级( $ris$ )和创业活跃度( $ent$ )。

1. 创新资金集聚

数字技术通过构建跨区域金融基础设施及资金配置工具,打破传统金融市场所存在的地理障碍,形成覆盖城市群全域的资金池,使得群内各城市金融资金得以集中调度、有效整合和高效集聚,资金在空间上的集聚通过虹吸效应和辐射效应使得群内创新活动从分散走向协同,实现知识溢出和技术扩散,推动群内城

市创新能力提升。关于创新资金集聚(*cap*)的衡量,本文借助区位熵指数测度,以 R&D 经费支出来衡量创新资金集聚要素,计算公式如下:

$$cap_{it} = \frac{F_{it}/K_{it}}{F_t/K_t}$$

(3)

式(3)中,*cap<sub>it</sub>* 表示城市 *i* 年份 *t* 的创新资金集聚程度。*F<sub>it</sub>* 表示城市 *i* 年份 *t* 的 R&D 经费支出,*K<sub>it</sub>* 为城市 *i* 在年份 *t* 的财政支出,*F<sub>t</sub>* 表示全部城市在年份 *t* 的 R&D 经费支出,*K<sub>t</sub>* 为全部城市年份 *t* 的财政支出。表 6 报告了创新资金集聚机制的回归结果。估计结果显示,数字技术的回归系数在 1%水平下显著为正。可见数字技术能够促进创新资金集聚,进而赋能群内城市创新能力提升。

2. 产业结构升级

理论上,数字技术的迭代升级通过数字产业化和产业数字化,推动群内城市产业结构形态变革和转型升级,提高产业结构高级化和合理化水平。产业结构的转型升级则进一步通过要素的重组和再分配,推动其在产业间合理配置,通过技术创新倒逼机制,对上下游产业链提出更高要求,倒逼配套产业技术创新,通过需求拉动机制形成“需求拉动的创新”,推动群内城市创新能力提升。关于产业结构升级(*ris*)的度量,参考徐敏和姜勇<sup>[44]</sup>的研究,本文构建了包含三大产业的产业结构升级指数,具体计算方法为:

$$ris = \sum_{m=1}^3 y_{i,m,t} \times m$$

(4)

其中,*ris* 表示产业结构升级,*y<sub>i,m,t</sub>* 表示城市 *i* 在 *t* 时期第 *m* (*m*=1,2,3) 产业产值占地区总产值的比重。表 6 报告了产业结构升级机制的回归结果。从表 6 可知,数字技术的回归系数在 1%水平下显著为正。可见数字技术能够促进产业结构升级,从而推动群内城市创新能力提升。

3. 创业活跃度提升

大数据、移动互联网等数字技术的应用通过增加创业机会生成空间、降低创业资源的获取与扩散难度、减少创新创业成本,提高创业激情和新创企业生存概率。较高的创业活跃度有助于构建良好的创新生态,增进创新思维与碰撞,推动隐性知识显性化,加速知识迭代和技术商业化转化,使得创新溢出红利得以充分释放,推动群内城市创新能力提升。关于创业活跃度(*ent*)的度量,本文借鉴白俊红等<sup>[45]</sup>的研究,采用群内城市每百人新创企业数来衡量。表 6 报告了创业活跃度提升机制的回归结果。从表 6 可知,数字技术的回归系数在 1%水平下显著为正。表明数字技术能够促进创业活跃度提升,进而提高群内城市创新能力。

表 6 机制检验回归结果

变量	创新资金集聚	产业结构升级	创业活跃度
<i>digit</i>	0.033 0*** (0.006 1)	0.259 7*** (0.044 3)	0.068 8*** (0.008 8)
控制变量	控制	控制	控制
常数项	0.282 2*** (0.045 0)	1.464 5*** (0.325 2)	0.691 4*** (0.064 8)
城市固定效应	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制
样本量	2 744	2 744	2 744
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.386 6	0.629 7	0.450 9



## (二) 异质性分析

由于中国各城市群的发展阶段、规模大小、创新基础设施状况及空间结构存在显著差异,导致数字技术的创新效应可能存在异质性。本文着重从以下四个方面探究数字技术对群内城市创新能力的异质性影响,由此加深对数字技术影响群内城市创新内在规律的认识和理解。

### 1. 城市群发展阶段

“十四五”规划中,从“优化提升”“发展壮大”“培育发展”三个维度,对中国 19 个城市群进行了战略定位与部署<sup>①</sup>,以推动城市群一体化发展。以上定位主要基于城市群发展阶段、经济实力和区域战略等因素。“优化提升”的如京津冀、长三角等城市群处于较高发展阶段,经济较发达、基础设施较完善、创新引领能力较突出;“发展壮大”的如山东半岛、中原等城市群处于中级发展阶段,具备发展基础但仍需整合;“培育发展”的如黔中、呼包鄂榆等城市群处于较低发展阶段,发展基础较薄弱但具有重要战略区位。以上这三种划分所对应的城市群战略定位由高到低、发展阶段由发达到欠发达。因此本文构建了城市群发展阶段指标(*stage*),将“优化提升”的城市群内城市赋值为 1,“发展壮大”的群内城市赋值为 2,“培育发展”的群内城市赋值为 3。在模型(1)中引入数字技术(*digit*)与城市群发展阶段(*stage*)的交互项。由表 7 可知,交互项 *digit*×*stage* 的回归系数显著为负,表明规划战略定位越高、处于较高发展阶段的城市群,数字技术对群内创新能力的推动作用越显著。原因在于处于较高发展阶段的城市群在支撑数字技术转化为创新动能的基础条件与环境上更具优势。这类城市群通常具备更发达的经济基础、更完善的数字基础设施、更充裕的创新主体、更丰富的市场需求、更坚实的技术支撑和更成熟的制度环境,而欠发达城市群则在这些方面存在不足。数字技术与较发达城市群既有的发展优势形成互补与叠加,使其对群内城市创新能力的提升产生更显著的推动作用。

### 2. 城市群规模

城市规模对数字技术普惠效应扩散和城市创新活动开展发挥着重要作用<sup>[46]</sup>。那么,何种规模的城市群更有利于数字技术渗透以推动群内城市创新?为探究数字技术对不同规模城市群内的城市创新能力的影响。本文在模型(1)中分别引入数字技术(*digit*)与城市群规模(*size*)的交互项。其中,城市群规模由人口规模和经济规模构成,人口规模用城市群人口密度衡量,经济规模用城市群 GDP 衡量。本文认为两者具有相同的重要性,故各赋予 0.5 的权重。由表 7 可知,交互项 *digit*×*size* 的回归系数在 1% 水平下显著为负,可见数字技术对小规模城市群内的城市创新能力的提升作用更显著。原因在于,一方面,大规模城市群因要素过度集中、行政层级相对复杂,易产生资源冗余与协调成本,削弱数字技术的边际效益。而小规模城市群内部结构和行政层级相对简单,数字技术能快速打破地理与行政壁垒,实现创新要素的跨区域高效配置,形成协同创新网络。另一方面,当城市群数字资源过度集中时,会引发数据孤岛、算力竞争等集聚不经济问题,导致边际成本上升、创新效益下降,故大规模城市群易陷入规模报酬递减陷阱。而小规模城市群数字经济发展水平较低、数字基础设施较为薄弱,数字技术的应用对于群内各城市发挥着“雪中送炭”的效果,能在更大程度发挥数字技术的创新效应。

### 3. 城市群创新基础设施

创新基础设施是指能够支撑科研、保障技术和产品开发等功能的基础设施,其引导和服务特征决定了其聚集创新资源、营造创新环境等优势。创新基础设施为数字技术的应用提供更适配的场景和更高效

① “优化提升”包括京津冀、长三角、珠三角、成渝、长江中游等城市群,“发展壮大”包括山东半岛、粤闽浙沿海、中原、关中平原、北部湾等城市群,“培育发展”包括哈长、辽中南、山西中部、黔中、滇中、呼包鄂榆、兰州—西宁、宁夏沿黄、天山北坡等城市群。

的支撑,从而强化数字技术的创新效应。为了探究数字技术对群内城市创新能力的影响是否会因其所在城市群创新基础设施水平的高低而产生异质性,本文参考唐玲玲和冯华<sup>[47]</sup>、于英杰和吕拉昌<sup>[48]</sup>等的研究,从教育、科技、交通、信息、金融五个层面构建了城市群创新基础设施指标体系<sup>①</sup>。运用主成分分析法,将其合成为综合指数(*inn\_infra*)。在模型(1)中引入数字技术(*digit*)与城市群创新基础设施(*inn\_infra*)的交互项。由表7可知,交互项 *digit*×*inn\_infra* 的回归系数在1%水平下显著为正,说明数字技术对具有较高创新基础设施水平的城市群内城市创新能力的提升作用更大。原因在于,相对于创新基础设施水平较低的城市群,高创新基础设施水平的城市群本身已具备较为完善的交通、通信、科研平台等硬件条件,以及丰富的人才、资金、技术等创新要素,数字技术如同催化剂,能进一步打破这些资源之间的物理和时空限制。同时,高水平的创新基础设施为城市群内各城市创新主体合作和知识溢出提供良好的基础,通过大数据、移动互联网等技术实现创新资源在群内各城市间自由流动、高效整合与精准匹配,从而推动创新能力协同提升。

4. 城市群空间结构

“十四五”规划中提出要“优化城市群内部空间结构”,“形成多中心、多层次、多节点的网络型城市群”。空间结构反映了要素和经济活动在空间上的组织方式,对城市群经济效率和资源空间配置优化发挥着重要影响<sup>[49]</sup>。现有研究多将城市群空间结构划分为多中心和单中心空间结构,而关于单中心与多中心的优劣问题在学术界尚未形成统一结论。多中心城市群可能因行政碎片化而分散创新要素,导致创新协同效率较低;单中心城市群则可能因资源过度集中而产生集聚不经济。为了考察数字技术对不同空间结构城市群的群内城市创新能力可能产生的异质性影响,参考戴宏伟和杨宏昌<sup>[50]</sup>的研究,基于位序规模法将城市群划分为单中心和多中心城市群<sup>②</sup>,将多中心城市群内城市赋值为1,单中心城市群内城市赋值为0。在模型(1)中引入数字技术(*digit*)与城市群空间结构(*structure*)的交互项。由表7可知,交互项 *digit*×*structure* 的回归系数在1%水平下显著为正,说明数字技术对多中心城市群内城市创新能力的提升作用更大。可能的原因在于,单中心城市群的创新要素高度集中于中心城市,随着中心城市规模的扩大,单中心城市群容易出现集聚不经济现象,拥挤效应显著,从而抑制数字技术普惠效应的发挥和创新要素利用效率的提高。而多中心结构则能够克服首位中心城市因要素过度集聚带来的集聚不经济问题。数字技术的应用能够减少因物理距离和行政壁垒导致的效率损失,使多中心城市群在保持集聚经济的同时,有效分散集聚不经济的风险,优化创新资源配置,保持创新效率提升。

表 7 异质性分析回归结果

变量	城市群发展阶段	城市群规模	城市群创新基础设施	城市群空间结构
<i>digit</i>	0.152 3 *** (0.008 2)	0.131 0 *** (0.010 3)	0.043 7 *** (0.006 4)	0.070 9 *** (0.004 4)
<i>digit</i> × <i>stage</i>	-0.029 6 *** (0.004 5)			

① 具体地,教育基础设施由教育业从业人员数来衡量,科技基础设施由高科技企业数量衡量,交通基础设施由交通仓储邮电业从业人员数衡量,信息基础设施用信息传输计算机服务和软件业从业人员数衡量,金融基础设施由年末金融机构人民币各项贷款余额衡量。

② 单中心城市群包括中原、长江中游、关中、天山北坡、成渝、京津冀、兰州西宁、北部湾、晋中以及滇中城市群;多中心城市群包括长三角、珠三角、山东半岛、宁夏沿黄、呼包鄂榆、海峡西岸、哈长、辽中南以及黔中城市群。

表7(续)

变量	城市群发展阶段	城市群规模	城市群创新基础设施	城市群空间结构
<i>digit×size</i>		-0.269 9*** (0.087 4)		
<i>digit×inn_infra</i>			0.109 2*** (0.011 8)	
<i>digit×structure</i>				0.036 1*** (0.004 8)
控制变量	控制	控制	控制	控制
常数项	0.140 1*** (0.015 1)	0.167 6*** (0.015 1)	0.162 3*** (0.014 7)	0.185 9*** (0.015 2)
城市固定效应	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
样本量	2 744	2 744	2 744	2 744
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.710 1	0.706 4	0.715 0	0.711 7

六、结论与建议

本文以 2008—2021 年中国 19 个城市群的 196 个地级市为研究样本,从创新资源、知识创造、创新绩效、创新环境和创新协同五个方面构建了城市群内城市创新能力指标体系,建立模型对数字技术对群内城市创新能力的影响及其作用机制进行实证分析。研究发现,数字技术能够促进群内城市创新能力提升。机制检验表明,创新资金集聚、产业结构升级和创业活跃度提升是数字技术促进群内城市创新能力提升的三个途径。异质性分析发现,数字技术对城市群创新能力的正向影响在较高发展阶段、小规模、高创新基础设施水平和多中心城市群内城市中更为突出。

基于以上研究结论,本文提出以下政策建议:

全面推进数字强国建设,重视数字技术在城市群创新中的重要作用。一方面,加快发展云计算、区块链、移动支付等数字技术发展,构建跨区域金融基础设施,推动金融资源在群间及群内各城市自由流动。推动数字金融这一新型金融服务模式在城市群内的布局,整合各类金融资源,促进创新资金在群内高效配置,为城市群创新活动提供资金保障。另一方面,推动数字技术扩散与应用,打破产业边界以促进城市群产业内、产业间形成关联效应,提升产业链各环节效率以加速创新产出。持续推动数实融合,催生新技术、新产品、新生态,推动产业结构多样化以促进创新思维碰撞,激发城市群创新活力。此外,依托数字技术可复制、低成本的特点,推动知识与技术广泛传播,为创业者提供便捷的信息交流平台,降低创业准入门槛,提升创业活跃度,激发具有高潜力的创新项目涌现,提高城市群创新动能。

遵循各城市群比较优势,根据不同类型城市群制定适宜的数字经济发展策略,加强数字技术开发与应用,优化数字空间布局,构建良好的创新生态。具体而言,(1)对于“优化提升”类处于较高发展阶段的城市群,支持其在人工智能、大数据、区块链等关键领域开展重大科技专项,突破核心技术瓶颈,强化创新



引领地位。对于“发展壮大”类处于中等发展阶段的城市群,针对本地区优势传统产业,制定数字化转型专项规划,设立数字化转型专项资金,鼓励智能化改造,提升生产效率与创新效能。对于“培育发展”类处于较低发展阶段的城市群,加大数字基础设施建设投入,缩小与发达地区的数字鸿沟,结合本地资源禀赋与产业特色,制定差异化的数字经济发展策略,积极与发达地区的城市群开展数字经济合作交流,吸引发达地区的数字产业与创新资源向本地区梯度转移。(2)对于中原、京津冀等大规模城市群,建立跨区域协调机制,优化城市群数字资源配置以避免过度集中,建设统一的数据平台以打破数据孤岛,促进城市间数据共享、业务互通和创新成果互认,引导城市群创新能力协同提升。对于北部湾、天山北坡等小规模城市群,应积极完善大数据、物联网等数字基础设施建设,不断加强数字技术应用,出台优惠政策引进更多数字技术人才、创新人才,为数字技术赋能城市群创新提供人力资本支撑。(3)对于珠三角、长三角等创新基础设施水平较高的城市群,强化数字技术与创新基础设施的深度融合应用,提升基础设施运行效率与服务质量。借助数字技术打破创新要素区域壁垒,释放数字技术对创新能力的提升效能。对于辽中南、兰州—西宁等创新基础设施水平较低的城市群,制定短期与长期相结合的创新基础设施建设规划,短期内,重点完善交通、通信等基础网络设施,确保数字技术应用的基本网络条件。长期来看,需要加大对科技研发平台、教育设施等的投入,建设一批具有区域特色的创新载体,逐步夯实创新基础。(4)对于长江中游、呼包鄂榆等单中心城市群,需要着重优化核心城市创新要素布局,通过数字技术引导部分功能向周边区域疏解;加强核心城市与周边城市的数字基础设施互联互通,推动创新资源的自由流动与共享,缓解核心城市的拥挤效应。对于长三角、山东半岛等多中心城市群,强化中心城市间的数字协同创新机制,建立跨区域的数字创新协作平台,打破行政壁垒;借助数字技术构建统一的创新要素市场,实现各中心城市创新资源优势互补,从而提升整体的创新效能。

#### 参考文献:

- [1] 余倩,詹新宇. 数字技术何以驱动企业创新:非对称驱动效应与机制解析[J]. 经济评论,2025(4):101-116.
- [2] 吴群,韩天然,杜媛媛,等. 数字技术赋能平台创新生态系统韧性提升研究[J]. 经济与管理研究,2025,46(3):112-127.
- [3] 赵星,李若彤,贺慧圆. 数字技术可以促进创新效率提升吗?[J]. 科学学研究,2023,41(4):732-743.
- [4] 郭爱君,徐莺歌,杨春林. 数字技术、产业结构与城市创新质量的非线性关系——基于中国 282 个城市的实证研究[J]. 经济问题探索,2025(4):90-106.
- [5] 滕堂伟,史磊,鲍涵,等. 三大城市群数字技术专利创新网络演化比较研究[J]. 经济地理,2024,44(4):100-109.
- [6] 蔡庆丰,王仕捷,刘昊,等. 城市群人口集聚促进域内企业创新吗[J]. 中国工业经济,2023(3):152-170.
- [7] 王兰芳,胡悦. 创业投资促进了创新绩效吗?——基于中国企业面板数据的实证检验[J]. 金融研究,2017(1):177-190.
- [8] 黄震,黄辉,肖义,等. 产业结构升级、政府生态环境注意力与绿色创新效率——基于中国 115 个资源型城市的证据[J]. 自然资源学报,2024,39(1):104-124.
- [9] 许士道,江静. 创业活力、创新能力与城市经济发展效率——基于 283 个地级市数据的实证检验[J]. 山西财经大学学报,2021,43(3):1-13.
- [10] AGHION P, BLUNDELL R, GRIFFITH R, et al. The effects of entry on incumbent innovation and productivity[J]. The Review of Economics and Statistics, 2009, 91(1): 20-32.
- [11] 李培鑫,张学良. 城市群集聚空间外部性与劳动力工资溢价[J]. 管理世界,2021,37(11):121-136.
- [12] 张新春. 数字技术下社会再生产分层探究[J]. 财经科学,2021(12):52-63.
- [13] 余泳泽. 创新要素集聚、政府支持与科技创新效率——基于省域数据的空间面板计量分析[J]. 经济评论,2011(2):93-101.
- [14] 韩璐,陈松,梁玲玲. 数字经济、创新环境与城市创新能力[J]. 科研管理,2021,42(4):35-45.

- [15] 罗佳,张蛟蛟,李科. 数字技术创新如何驱动制造业企业全要素生产率?——来自上市公司专利数据的证据[J]. 财经研究,2023,49(2):95-109.
- [16] 王雨,张京祥,周子航. 从地理距离到“制度距离”:区域一体化的影响机制与空间效应测度[J]. 城市发展研究,2022,29(12):112-121.
- [17] 龚强,班铭媛,张一林. 区块链、企业数字化与供应链金融创新[J]. 管理世界,2021,37(2):22-34.
- [18] 赵勇,魏后凯. 政府干预、城市群空间功能分工与地区差距——兼论中国区域政策的有效性[J]. 管理世界,2015(8):14-29.
- [19] 郑瑞婧,程钰. 黄河流域创新要素集聚对碳排放效率的影响研究[J]. 地理研究,2024,43(3):577-595.
- [20] 王仁祥,白旻. 金融集聚能够提升科技创新效率么?——来自中国的经验证据[J]. 经济问题探索,2017(1):139-148.
- [21] 庄毓敏,储青青. 金融集聚、产学研合作与区域创新[J]. 财贸经济,2021,42(11):68-84.
- [22] 傅为一,段宜嘉,熊曦. 科技创新、产业集聚与新型城镇化效率[J]. 经济地理,2022,42(1):90-97.
- [23] 田秀娟,李睿. 数字技术赋能实体经济转型发展——基于熊彼特内生增长理论的分析框架[J]. 管理世界,2022,38(5):56-73.
- [24] 余东华,李云汉. 数字经济时代的产业组织创新——以数字技术驱动的产业链群生态体系为例[J]. 改革,2021(7):24-43.
- [25] 刘平峰,张旺. 数字技术如何赋能制造业全要素生产率? [J]. 科学学研究,2021,39(8):1396-1406.
- [26] 袁航,朱承亮. 国家高新区推动了中国产业结构转型升级吗[J]. 中国工业经济,2018(8):60-77.
- [27] 黄凌云,张宽. 贸易开放提升了中国城市创新能力吗?——来自产业结构转型升级的解释[J]. 研究与发展管理,2020,32(1):64-75.
- [28] 毕克新,付珊珊,杨朝均,等. 制造业产业升级与低碳技术突破性创新互动关系研究[J]. 中国软科学,2017(12):141-153.
- [29] TIMMONS J A. New venture creation: entrepreneurship for the 21st century[M]. Willowbrook, IL: Richard D Irwin, 1994.
- [30] 单标安,任洪堃,毕清清,等. 数字平台企业对包容性创业活动的影响——基于共生关系视角的案例研究[J]. 管理学报,2024,21(7):949-959.
- [31] 周广肃,樊纲. 互联网使用与家庭创业选择——来自 CFPS 数据的验证[J]. 经济评论,2018(5):134-147.
- [32] 赵涛,张智,梁上坤. 数字经济、创业活跃度与高质量发展——来自中国城市的经验证据[J]. 管理世界,2020,36(10):65-76.
- [33] 郭家堂,骆品亮. 互联网对中国全要素生产率有促进作用吗? [J]. 管理世界,2016(10):34-49.
- [34] 陈治,张少华. 数字经济、空间溢出与区域创新能力提升——基于中国 274 座城市数据的异质性研究[J]. 管理学报,2023,36(1):84-101.
- [35] 郑梓若,李欣欣. 数据要素共享、创业活跃度与城市创新发展[J]. 统计与信息论坛,2025,40(10):102-113.
- [36] HUI P, ZHAO H, LIU D S, et al. How does digital finance affect regional innovation capacity? A spatial econometric analysis[J]. Economic Modelling, 2023, 122: 106250.
- [37] 刘雷,喻忠磊,徐晓红,等. 城市创新能力与城市化水平的耦合协调分析——以山东省为例[J]. 经济地理,2016,36(6):59-66.
- [38] 冯根福,郑明波,温军,等. 究竟哪些因素决定了中国企业的技术创新——基于九大中文经济学权威期刊和 A 股上市公司数据的再实证[J]. 中国工业经济,2021(1):17-35.
- [39] 黄先海,王瀚迪,孙涌铭,等. 数字技术与企业出口质量升级——来自专利文本机器学习的证据[J]. 数量经济技术经济研究,2023,40(12):69-89.
- [40] 吴非,胡慧芷,林慧妍,等. 企业数字化转型与资本市场表现——来自股票流动性的经验证据[J]. 管理世界,2021,37(7):130-144.
- [41] 张任之. 数字技术与供应链效率:理论机制与经验证据[J]. 经济与管理研究,2022,43(5):60-76.
- [42] 张雅俊,张颖熙. 数字贸易对居民消费提质升级的影响研究[J]. 首都经济贸易大学学报,2024,26(1):66-80.
- [43] 钱海章,陶云清,曹松威,等. 中国数字金融发展与经济增长的理论与实证[J]. 数量经济技术经济研究,2020,37(6):26-46.
- [44] 徐敏,姜勇. 中国产业结构升级能缩小城乡消费差距吗? [J]. 数量经济技术经济研究,2015,32(3):3-21.
- [45] 白俊红,张艺璇,卞元超. 创新驱动政策是否提升城市创业活跃度——来自国家创新型城市试点政策的经验证据[J]. 中国工业经济,2022(6):61-78.
- [46] 李涛,徐运保. 数字金融对中国城市经济高质量发展的影响[J]. 首都经济贸易大学学报,2024,26(5):17-31.
- [47] 唐玲玲,冯华. 创新基础设施对经济高质量发展的影响——基于协同效应视角[J]. 科技进步与对策,2024,41(6):63-74.
- [48] 于英杰,吕拉昌. 中国城市创新基础设施的时空特征及影响因素——基于 291 个地级及以上城市数据的实证分析[J]. 科技管理研究,2021,41(16):9-19.
- [49] 刘修岩,李松林,秦蒙. 城市空间结构与地区经济效率——兼论中国城镇化发展道路的模式选择[J]. 管理世界,2017(1):51-64.
- [50] 戴宏伟,杨宏昌. 中国城市群空间结构对科技创新的影响[J]. 经济地理,2023,43(12):36-47.

## Impact of Digital Technology on Urban Innovation Capacity

TANG Kai, CAI Xiaopei, WANG Haijie  
(Zhengzhou University, Zhengzhou 450001)

**Abstract:** As the primary form of new-type urbanization, urban agglomerations serve as vital platforms supporting China's economic growth. Currently, digital technology serves as a new engine driving high-quality regional economic development and innovation capacity enhancement, and should consequently play a significant role in advancing innovation within urban agglomerations and their constituent cities. Against this backdrop, it is imperative to explore ways to more effectively leverage the inclusive benefits of digital technology to enhance the innovation capacity of urban agglomerations.

By manually compiling relevant indicators on the innovation capacity of urban agglomerations from the Chinese Social Sciences Citation Index (CSSCI) journal articles and conducting frequency analysis, while drawing on renowned Chinese and international research reports, this paper innovatively constructs an indicator system for the innovation capacity of cities within urban agglomerations. This system encompasses 25 indicators across five dimensions: innovation resources, knowledge creation, innovation performance, innovation environment, and innovation collaboration. Using panel data from 196 cities across 19 major urban agglomerations in China from 2008 to 2021, this paper employs a panel fixed-effects model to empirically examine the impact of digital technology on the innovation capacity of cities within urban agglomerations and the underlying mechanisms.

The main findings are as follows. Benchmark regression indicates that digital technology can enhance the innovation capacity of cities within urban agglomerations, and this conclusion holds under a series of robustness tests. Mechanism tests reveal that digital technology enhances innovation capacity through innovation capital aggregation, industrial structure upgrading, and increased entrepreneurial activity. Heterogeneity analysis indicates that digital technology exerts a more pronounced effect on cities within urban agglomerations characterized by higher development stages, smaller scales, advanced innovation infrastructure, and polycentric structures.

The potential contributions of this paper are threefold. First, by focusing on urban agglomerations, this paper expands research on the relationship between digital technology and innovation capacity. Second, it constructs a more comprehensive, scientific, and comparable indicator system for the innovation capacity of urban agglomerations, providing a reusable framework for subsequent research. Third, it deepens the analysis of the mechanisms by which digital technology affects urban innovation capacity, as well as the heterogeneity across different types of urban agglomerations. This paper enhances understanding of the intrinsic patterns in the impact of digital technology on the innovation capacity of cities within urban agglomerations, providing empirical evidence and policy insights to advance the development of digital technology, integrated urban agglomeration growth, and innovation capacity enhancement in China.

**Keywords:** urban agglomeration; innovation capacity; digital technology; innovation capital aggregation; industrial structure upgrading; entrepreneurial activity

编校:宛恬伊;魏小奋