

分类号
U D C

密级
编号 10741

兰州财经大学

LANZHOU UNIVERSITY OF FINANCE AND ECONOMICS

硕士学位论文

论文题目 数字经济对城市创新水平的影响研究

研究生姓名: 田亚军

指导教师姓名、职称: 王连、教授

学科、专业名称: 应用经济学、数量经济学

研究方向: 计量经济学方法与应用

提交日期: 2024年6月3日

独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 田亚军 签字日期： 2024.6.3

导师签名： 王连 签字日期： 2024.6.3

关于论文使用授权的说明

本人完全了解学校关于保留、使用学位论文的各项规定， 同意（选择“同意”/“不同意”）以下事项：

1. 学校有权保留本论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文；

2. 学校有权将本人的学位论文提交至清华大学“中国学术期刊（光盘版）电子杂志社”用于出版和编入 CNKI《中国知识资源总库》或其他同类数据库，传播本学位论文的全部或部分内容。

学位论文作者签名： 田亚军 签字日期： 2024.6.3

导师签名： 王连 签字日期： 2024.6.3

Research on the impact of Digital Economy on the level of Urban Innovation

Candidate :Tian Yajun

Supervisor:Wang Lian

摘要

创新是我国实施创新驱动发展战略、迈向科技强国以及寻求经济新增长点的关键。党的二十大报告指出“坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位。加快实施创新驱动发展战略，强化企业科技创新主体地位”。作为区域创新的重要空间载体，城市已经成为创新要素、创新活动和创新产出的重要集聚地。提高城市创新水平是实施国家创新驱动发展战略的基础，数字经济的蓬勃发展赋予城市创新更丰富的内涵和要求，也为提升城市创新水平提供新机遇和新路径。同时数字经济的蓬勃发展为城市创新活动中的要素流动、产业升级等提供技术保障，为传统产业转型与升级提供创新性思路，同时数字技术还为推动城市和企业创新提供新的契机。因此，厘清数字经济赋能城市创新水平的具体机制和实现路径，对“十四五”时期我国城市高质量发展、促进区域协调发展以及扎实实施创新驱动战略都有重要意义。

本文将数字经济和城市创新水平纳入同一个理论框架，定性分析数字经济对城市创新水平影响的内在机理、作用机制以及空间效应并提出相应研究假设。基于数字经济的内涵，选取构建多维度城市层面数字经济综合评价体系并进行统计测度，同时对数字经济发展水平和城市创新水平进行区域差异、时空演变分析。研究发现：我国数字经济发展水平和城市创新水平整体呈上升趋势，有轻微的多极化现象出现，并且各城市之间的发展差距在逐渐扩大。我国城市数字经济发展水平的总体区域差异呈现波动中缓慢上升趋势，区域间差异是数字经济发展水平主要差异来源；而我国城市创新水平的区域差异整体上呈逐年下降趋势，并且呈现收敛性特征。

同时，基于 2011-2021 年我国 287 个地级市（除港澳台、西藏等数据缺失严重的城市）的面板数据，运用双向固定效应模型、中介效应模型、面板分位数模型和空间杜宾模型等计量模型在理论上实证分析数字经济对城市创新水平的影响效应。研究发现：数字经济能显著提升城市创新水平，且对城市创新水平的各个维度均有显著的促进作用，并且数字经济可以通过提高人力资本水平和缓解融资约束对城市创新水平产生积极的促进作用；同时数字经济对城市创新水平的促进作用存在显著的区域异质性、城市等级异质性和时间异质性；另外数字经

济的发展对城市创新水平存在显著的空间溢出效应，数字经济通过涓滴效应，各城市的创新活动不仅受本地区数字经济发展的影响，也会受到周边城市数字经济活动的影响。

关键词：数字经济 城市创新水平 熊彼特创新理论 时空演变 空间效应

Abstract

Innovation is the key to my country's implementation of innovation-driven development strategies, moving towards the power of technology, and seeking new economic growth points. The 20th National Congress of the Communist Party of China pointed out that "adhere to the core position of innovation in the overall situation of my country's modern construction. Accelerate the implementation of innovation-driven development strategies and strengthen the status of corporate scientific and technological innovation." As an important space carrier for regional innovation, cities have become an important gathering place for innovation elements, innovation activities and innovative output. Improving urban innovation capabilities is the basis for implementing the national innovation-driven development strategy. The vigorous development of the digital economy has given the city's innovation more rich connotation and requirements, and also provides new opportunities and new paths for improving urban innovation capabilities. The booming development of the digital economy provides technical guarantees for the flow of elements, multi-subject coordinated innovation, and industrial upgrading in urban innovation activities, providing innovative ideas for the transformation and upgrading of traditional industries. At the same time Opportunity. Therefore, clarifying the specific mechanism and implementation path of digital economy empowering urban innovation

capabilities, it is of great significance for the high-quality development of my country's cities, and solid implementation of innovation -driven strategies during the "Fourteenth Five -Year Plan" period.

This article brings the digital economy and urban innovation level into the same theoretical framework, qualitatively analyzes the internal mechanism, action mechanism and spatial effect of the digital economy's impact on urban innovation level, and proposes corresponding research hypotheses. Based on the connotation of digital economy, we choose to construct a multi-dimensional city-level digital economy comprehensive evaluation system and conduct statistical measurements. At the same time, we analyze regional differences and spatio-temporal evolution of the development level of the digital economy and the level of urban innovation. The study found that my country's digital economy development level and urban innovation level are on an overall upward trend, with a slight multi-polarization phenomenon emerging, and the development gap between cities is gradually widening. The overall regional differences in the development level of my country's urban digital economy show a slowly rising trend with fluctuations, and inter-regional differences are the main source of differences in the development level of the digital economy; while the overall regional differences in the level of innovation in my country's cities show a downward trend year by year, and show convergence characteristics.

At the same time, based on 2011-2021, panel data of 287 prefecture-level cities in my country (except Hong Kong, Macao, Taiwan, Tibet, etc.), use two-way fixed effect models, intermediary effect models, panel division models, and space Dubin models. Emphasized the influence of the digital economy on the level of urban innovation based on the theoretical basis. Studies have found that the digital economy can significantly improve the level of urban innovation, and the digital economy has a significant promotion effect on all dimensions of urban innovation, and the digital economy can actively promote the level of urban innovation by improving the level of human capital and alleviating financing constraints to the level of urban innovation. Practice; at the same time, the digital economy's promotion of urban innovation level has significant regional heterogeneity, urban heterogeneous heterogeneity and time heterogeneity. In addition, the development of the digital economy has a significant space overflow effect on the level of urban innovation. The trickle effect, the innovative activities of various cities are not only influenced by the development of the digital economy in the region, but also affected by the digital economic activities of surrounding cities.

Keywords : Digital economy;Urban innovation level;Schumpeter's Innovation Theory;Spatiotemporal evolution;Spatial effect Ownership

目 录

1 绪论	1
1.1 研究背景与研究意义	1
1.1.1 研究背景.....	1
1.1.2 研究意义.....	2
1.2 文献综述	3
1.2.1 数字经济的内涵与测度研究.....	3
1.2.2 关于城市创新水平的研究.....	4
1.2.3 数字经济赋能城市创新水平的研究.....	6
1.2.4 文献述评.....	9
1.3 研究思路与主要研究内容	9
1.4 本文的创新点	11
2 理论基础与研究假设	13
2.1 熊彼特创新理论	13
2.2 数字经济发展对城市创新水平的直接影响	13
2.3 数字经济发展对城市创新水平的间接影响	14
2.4 数字经济对城市创新水平的异质性分析	16
2.5 数字经济对城市创新水平的空间效应分析	17
3 数字经济和城市创新水平的统计测度及时空分异特征	18
3.1 数字经济的指标体系构建、测度方法及结果分析	18
3.1.1 城市数字经济的指标体系构建及测度方法.....	18
3.1.2 城市数字经济发展水平测度结果分析.....	19
3.2 基于 Dagum 基尼系数及分解的区域差异分析	20
3.2.1 城市数字经济发展水平的区域差异.....	21
3.2.2 城市创新水平的区域差异.....	24
3.3 基于 Kernel 密度估计的时空演变趋势分析.....	25
3.3.1 城市数字经济发展水平的动态演变趋势.....	26
3.3.2 城市创新水平的时空演变趋势.....	27

4 数字经济对城市创新水平的实证分析	30
4.1 变量选择与模型设定	30
4.1.1 变量选取与数据说明.....	30
4.1.2 模型设定.....	31
4.2 数字经济对城市创新水平的影响效应分析	33
4.2.1 数字经济对城市创新水平的直接效应.....	33
4.2.2 数字经济对城市创新水平的分维度回归分析.....	34
4.2.3. 稳健性与内生性检验	35
4.3 数字经济对城市创新水平的传导机制检验	38
4.3.1 人力资本和融资约束的中介效应分析.....	38
4.3.2 数字经济对城市创新水平的异质性分析.....	39
4.4 数字经济对城市创新水平影响的空间效应分析	43
4.4.1 数字经济和城市创新水平的空间相关性分析.....	43
4.4.2 数字经济对城市创新水平的空间溢出效应分析	44
5 结论与建议	46
5.1 主要结论	46
5.2 政策建议	46
参考文献	48
致 谢	56

1 绪论

1.1 研究背景与研究意义

1.1.1 研究背景

当前，世界百年未有之大变局加速演进，新一轮科技革命和产业变革加速推进。在这一背景下，城市作为创新的主体扮演着重要角色，成为区域创新的核心推动力量，对于提升国家综合实力、培育企业竞争优势、促进区域发展具有重要意义。创新被认为是我国实施创新驱动发展战略、实现科技强国建设以及寻求经济新增长点的关键。党的十八大报告明确提出，中国未来要实施创新驱动的发展战略，强调要着力构建“以企业为主体”的技术创新体系。随后，党的十九大报告明确提出“加快建设创新型国家”的战略任务，到 2018 年国务院发布《国务院关于推动创新创业高质量发展 打造“双创”升级版的意见》，最后到党的二十大报告指出“坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位。加快实施创新驱动发展战略，强化企业科技创新主体地位”，一系列政策将创新提升到国家战略高度。

城市是区域创新的重要空间载体，是创新要素、创新活动和创新产出的重要集聚地。数字经济作为推动经济转型“新引擎”的同时，还与城市创新能力密切相关。提高城市创新能力是实施国家创新驱动发展战略的基础，数字经济的蓬勃发展赋予了城市创新更丰富的内涵和要求，也为提升城市创新能力提供了新机遇和新路径。数字经济是继农业经济、工业经济等传统经济之后的新经济形态，数字经济的兴起、发展与广泛应用为我国推动高质量发展、实现中国式现代化带来了新机遇，成为我国高质量发展的核心驱动。国家“十四五”规划纲要指出，坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位，加快建设科技强国，并提出加快数字化发展，建设数字中国。数字经济正在推动新一轮科技革命和产业变革，促进人类生产方式变革、社会生产关系再造以及经济社会结构的全方位变迁。2022 年 1 月国务院印发《“十四五”数字经济发展规划》，明确指示要高度重视发展数字经济并将其上升为国家战略，数字经济作为国民经济的“稳定器”“加速器”作用愈加凸显，国家互联网信息办公室发布《数字中国发展报告（2022 年）》指出：我国数字经济发展在 2022 年取得新突破，数字经济规模达 50.2 万亿元，同比名义增

长 10.3%，占 GDP 比重达到 41.5%，数字经济在国民经济中的地位更加稳固、支撑作用更加明显。这充分说明数字经济在我国经济快速和高质量的发展之中扮演的角色已不可或缺，成为我国缩小贫富差距，实现共同富裕的重要增长极和新动能，为我国创建创新型城市保驾护航。

二十大报告指出：“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。”数字经济与传统的经济体系相比，具有覆盖范围广、效率高、成本低的优势，数字经济的蓬勃发展为城市创新活动中的要素流动、多主体协同创新以及产业升级等提供了技术保障，为传统产业转型与升级提供了创新性思路，同时数字技术还为推动城市和企业创新提供新的契机，具有极其深远的意义。因此，实施创新驱动发展战略是我国经济社会长期发展的主题，研究数字经济赋能城市创新能力的具体机制和实现路径，为“十四五”时期我国城市高质量发展提供理论参考，这对新时代推进新发展格局、促进区域协调发展、扎实实施创新驱动战略都有重要意义。

1.1.2 研究意义

以中国式现代化扎实推动数字经济的发展，加快实施创新驱动发展战略，是全面建设社会主义现代化国家的根本性工程。数字经济是实现城市创新的内在动力，城市创新为数字经济的发展提供新的载体，因此研究数字经济与城市创新的内在逻辑，剖析二者的内在作用机制，在价值选择上明确两者的共同指向、在现实联系上厘清两者的内在关系、在实践要求上探索数字经济驱动城市创新的具体路径，为全面实施创新驱动发展战略提供理论支撑，对促进区域协调发展、推动高质量发展、走中国式现代化道路有着极为重要的时代价值与现实意义。数字经济在国家经济发展中的重要性日益增加，发展潜力巨大。本文以数字经济对城市创新的影响为研究主题，具有一定的理论意义和现实意义。

（一）理论意义

目前，数字经济日益发展壮大，作为新兴势能与产业融合并发挥推动作用，成为拉动各国经济增长的新引擎、发展方式创新的新动能，已经发展成为实现高质量发展的重要力量。城市作为创新的重要载体，中国式现代化的实现离不开城市发展，城市更需要智能化、数字化的赋能驱动，利用数字技术和数字信息化实

现阶段性飞跃。本文在总结数字经济发展和城市创新水平相关研究的基础上,从理论上定性分析数字经济对城市创新水平的影响效应,一定程度上可以丰富关于数字经济赋能城市创新水平的相关理论,为我国加快实施创新驱动发展战略提供一定意义的理论指导。

(二) 现实意义

数字经济作为当前世界主流经济发展模式,逐渐成为各国经济增长的新引擎,进入中国特色社会主义新时代,数字经济的核心内涵将以“新动能”为基础,带动整个产业和社会的数字化发展升级。实施创新驱动发展战略是全面建设社会主义现代化国家的重大任务,是我国现代化建设全局的核心地位,是解决社会主要矛盾的关键,是实现高质量的发展必然要求。本文通过数字经济对城市创新水平的影响路径与驱动效应的研究,分析我国数字经济及城市创新水平的发展现状,为数字经济如何推动城市创新水平提供一些政策建议,同时对我国总体和局部数字经济发展水平的提高、城市高质量发展,实现城市数字化、智能化转型,对实现中国式现代化、构建新发展格局都有重要现实意义。

1.2 文献综述

创新是引领发展的第一驱动力,在实现中国式现代化进程中的作用显著。城市作为创新活动的空间载体,不仅是创新要素与创新资源的策源地,也是知识创造和应用的重要基地。数字经济作为新的经济形态,具有强劲引擎作用,为城市创新提供了动力机制。本文从数字经济的内涵与测度研究、城市创新水平的内涵测度及其驱动因素研究、数字经济对城市创新的研究三个方面对国内外相关文献进行梳理。

1.2.1 数字经济的内涵与测度研究

数字经济首先是由 Don Tapscott (1996) 提出,最初被理解为新经济或知识经济,1998 年美国商务部发布《新兴的数字经济》标志着数字经济的概念正式成型(陈晓东和杨晓霞,2021)。数字经济以知识和数据作为新的生产要素,以数字技术作为动力源泉(陈晓红等,2022),是一种以技术融合、产业融合、生产者与消费者融合为主要形式的融合型经济新形态(郭晗和全勤慧,2022)。数

数字经济以数字化信息为核心生产要素，以信息通信技术和互联网技术为支撑，以现代信息网络为载体（刘洋，2023），具有低成本、高效率、全时空的技术特征（刘翠花，2022；），不仅可以通过创新驱动发展推动数字产业化和产业数字化从而扩大内需（杨虎涛，2021；李震，2022），还可以通过与实体经济的深度融合，赋能传统产业转型升级，进而推动我国经济发展路径转型，实现高质量发展（王军等，2023；洪银兴和任保平，2023；师博和胡西娟，2022）。

目前国内学者关于数字经济进行了大量研究，学者们普遍基于数字经济的内涵构建指标体系，采用熵权法、主成分分析法等方法综合测算数字经济发展水平（王军等，2021；姚战琪，2022；万晓榆和罗焱卿，2022），主要通过数字基础设施建设、数字产业化和产业数字化三个维度构建指标体系（李键等，2022；韦庄禹，2022；向云等，2022），还有些学者在此基础上加入了治理数字化（刘伟，2022）、生产数字化（王菲等，2022）等，进一步丰富了数字经济的指标体系。另外还有学者通过互联网发展（赵涛等，2020）和数字金融普惠（曹书维等，2022）两个维度构建中观层面的地市级数字经济评价指标体系。同时相关研究机构也对数字经济发展水平进行了测度，如 OECD 的信息通信技术与数字经济统计指标体系（OECD，2014）、欧盟统计局（Eurostat）编制的数字经济和社会指数（DESI）、上海社科院全球数字经济竞争力指数、腾讯研究院“互联网+”数字经济指数（焦帅涛和孙秋碧，2021）、财新智库数字经济指数（胡山和余泳泽，2022）、ICT 发展指数（IDI）、中国信通院数字经济指数（DEI）、赛迪研究院中国数字经济发展指数（DEDI）、财新智库和数联铭品中国数字经济指数（CDEI）等，进一步丰富了数字经济的内涵测度。

1.2.2 关于城市创新水平的研究

在我国创新体系中，城市创新体系承载着各微观创新主体的创新活动，在国家创新体系中占有举足轻重的地位，提高城市创新水平是实施国家创新驱动发展战略的基础。目前学界围绕有关城市创新能力的研究进行了积极探索，研究成果大致可以分为城市创新水平的内涵测度及其驱动因素等两个方面。

（一）城市创新水平的内涵测度研究

进入新时代，我国经济发展已经由效率驱动向创新驱动转换（赵军等，2021）。

创新作为引领发展的第一动力和现代化经济体系建设的战略支撑,是实现中国式现代化的方向指引和路径选择(高培勇和黄群慧,2022)。创新不仅可以优化要素配置效率、推动产业结构升级和增强人才储备,提高生产要素使用效率和产出效率(张杰飞等,2022;刘翠花,2022),通过“增总量、调结构、提效益”促进城市高质量发展(刘新智等,2022),还能够通过集聚效应对周边城市发展产生积极影响,借助城市间的人员流动、经济合作、产业关联等多种渠道产生扩散效应(陈水生,2022;鲁玉秀等,2021),共同推动城市创新能力提升,从而对整个区域内的经济发展产生积极影响,提高城市发展模式的可持续性、包容性和共享性(上官绪明和葛斌华,2020),增强城市经济面对冲击的抵御能力和恢复能力(吴焯,2023)。

学者们关于城市创新能力的评价体系构建和水平测度的研究,由于城市层面关于 R&D 内部经费支出及 R&D 人员数据缺失严重,因此主要以专利授权数、人均发明专利等衡量城市创新能力(何小钢等,2022;陈海波等,2023;杨仁发和魏琴琴,2021;陈治和张少华,2023;葛立宇等,2022;刘焯等,2023),同时相关研究机构也对城市创新指数进行了测度,科技部和科学技术信息研究所编制的国家创新型城市创新能力评价指数(2022),首都科技发展战略研究院和中国社会科学院城市与竞争力研究中心的中国城市科技创新发展指数(关成华和赵峥,2022),北京大学企业大数据研究中心联合龙信数据研究院共同编制的中国区域创新创业指数(张晓波,2022),复旦大学经济学院和第一财经研究院共同测度的中国城市创新指数和产业创新力(寇宗来等,2017)等,这些指数丰富了城市创新能力的测度。

(二) 城市创新水平的驱动因素研究

国内学界学者也对影响城市创新能力的驱动因素进行了研究,城市是创新的重要载体,关于城市创新能力的驱动因素有很多。制度因素主要包含创新环境、财政分权、营商环境、金融支持等(白俊红等,2022;李勇辉等,2021;杨仁发和魏琴琴,2021;葛立宇等,2022)。创新环境的建设,需要政府科技创新资金的投入,从而增加城市对高素质创新人才的吸引力(白俊红等,2022),为企业加快发展注入研发力量,为城市创新奠定基础。此外城市营商环境的改善以及金融对创新研发的资金支持(杨仁发和魏琴琴,2021;葛立宇等,2022),将促进

城市创新资源积累、发挥知识溢出效应、激发创新人才的创新精神进而提高城市创新能力。结构因素主要包含产业结构、创新资源配置、人力资本和城市规模等（韩健和李江宇，2022；郑江淮等，2023；何小钢等，2022；陈治和张少华，2023）。城市发展过程中应充分处理好“城市”与“产业”的关系，以大数据、人工智能、工业互联网等新一代信息技术为代表的新型基础设施的发展，有利于我国城市传统产业数字化转型和新兴产业的发展壮大（韩健和李江宇，2022），培育融合创新的数字经济产业，优化城市资源配置（郑江淮等，2023），加快构建城市现代产业体系，充分发挥产业结构城市创新能力的显著正向影响。同时城市规模对政府创新投入和城市创新能力等具有显著的调节效应（陈治和张少华，2023），城市人口规模的增加加速了当地人力资本积累，有利于培育符合创新发展要求的人才队伍，培养富有创新精神的高素质城市企业家队伍（何小钢等，2022），促进城市创新能力的提升。进一步地，互联网的发展通过推动人才和技术等创新要素的再布局，提升城市创新能力（韩先锋等，2019）；而产业集聚能有效促进微观主体之间信息、技术和思想的传播与共享，从而加速城市创新（刘新智等，2022；叶云岭等，2023）。城市创新能力的提升，创新驱动发展战略的实施，将为城市现代化建设提供源源不断的动力。

1.2.3 数字经济赋能城市创新水平的研究

数字经济作为新的经济形态，具有强劲引擎作用，为城市创新提供了动力机制。而创新是引领经济社会持续发展的动力引擎，在我国高质量发展新阶段，加快技术创新既是我国推进创新型国家、创新型城市建设的现实需要，也是转变经济发展方式和优化升级产业结构的必然选择。而关于数字经济赋能城市创新的问题，学者们主要从数字经济赋能城市创新水平、赋能的路径及赋能的异质性等三个方面进行研究。

（一）数字经济赋能城市创新水平的内涵研究

在数字经济和城市创新的相关研究中，数字经济促进城市创新能力的提升已成为学界共识。学者们普遍认为，数字经济能够为城市创新活动中的要素流动、多主体协同创新等提供技术保障（金环和于立宏，2021；姚常成和吴康，2022），还为传统产业转型与升级提供了创新性思路（韩健和李江宇，2022）。数字经济

作为一种新的经济形态，可以释放强烈的范围经济效应和规模经济效应（陈晓红等，2022），降低创新要素对城市创新活动的限制（张杰等，2023），能够有效改变资本供给、市场化水平以及人力资本等传统生产要素的发展方向、发展方式与发展手段（任保平和何厚聪，2022；袁瑞彩，2023；肖土盛等，2022），通过降低交易成本，畅通要素流动，抑制资源错配，推动城市创新（陈治和张少华，2023；俞伯阳，2022）。数据要素是数字经济深化发展的核心引擎，低边际成本和大规模可得性的特点使其在提高创新效率、缓解融资约束等其他要素之间协同性的同时推动了生产模式和生活方式的变革（韩璐等，2021），使得创新成本大大降低，创新成果的应用和共享进一步强化（姚圣文等，2023），进而对城市创新水平具有显著的促进作用，同时数字平台的应用也降低了城市创新者学习和获取资源的门槛，平台中供需两方的互动过程为城市创新奠定了基础（林子秋，2023）。

数字经济具有边际收益递增、高创新、高成长、强扩散、广覆盖和低成本等先天优势和本质特征（郭晗和全勤慧，2022），对城市创新能力的影响是全方位和颠覆性的。数字经济是实现城市创新包容性增长和区域协调发展的内生动力（李清华和何爱平，2022），城市创新所具有显著的空间溢出效应特征，不仅促进了本地区创新水平提升，而且对相邻地区的创新产出也产生了实质性影响（徐胜和梁靓，2023），从而缩小区域创新差距，实现区域创新收敛，促进区域创新布局不断优化。

（二）数字经济赋城市创新水平的路径研究

在数字经济促进城市创新具体的路径研究方面，学者们基于理论分析和实证检验，认为数字经济通过微观、宏观两个层面，通过实现产业数字化、数字产业化、降低创新要素配置成本等方面推动城市创新水平的提升（彭绪庶，2023；任保平和李婧瑜，2023）。城市的竞争力和发展潜力根本上是由创新能力构成的内生发展动力决定的，而数字经济的发展为城市创新能力的提升提供了动力机制（葛立宇等，2022）。促进产业结构的合理化和高级化是数字经济发展提升城市创新能力的重要途径，数字经济通过优化创新资源配置方式提高其效率（李婉红等，2022），激发产业创新效应、产业关联效应和产业融合效应（宋培等，2023），加速大数据与实体经济的融合，进而实现企业产业结构调整 and 转型升级并孵化新型数字产业（孙勇等，2022），加快构建城市现代产业体系。同时数字技术的使

用能够显著提高人力资本水平,促进劳动生产率的提高(张云和江曼琦等,2023),进而普遍推动技术市场发展,并加速城市化进程,使城市创新能力和创新转换能力得到显著提升(白俊红等,2022)。具体来讲,数字经济赋能城市创新能力依托于知识技术密集型的高新技术产业,数字技术的变革式发展赋予传统产业更广泛的创新空间(刘烨等,2023),通过数字技术与传统产业的深度融合,对产业结构高级化与合理化具有正向影响,为产业结构升级提供了持续动力源泉(刘翠花,2022);另一方面通过数字产业化和产业数字化为城市创新中要素流动、协同发展、产业升级等提供新的技术支撑(韩健和李江宇,2022)。数字经济的发展必然伴随着数字技术的飞速发展和对城市创新产业的广泛赋能,促进传统生产过程的变革,从而带来产业结构的高级化,释放城市的发展优势,促进城市高质量发展。

(三)数字经济赋能城市创新水平的异质性研究

通过梳理文献发现,大多数学者赞同数字经济对城市创新能力的积极影响,也一些学者注意到了数字经济可能对城市创新差距存在“涓滴效应”和“极化效应”两种截然不同的影响(徐晓书等,2023;陈清怡等,2021)。一方面,数字经济对城市创新的“涓滴效应”不仅促进了本地区创新水平提升,而且对相邻城市的创新产出也产生了实质性影响,实现数字经济的倍增效应(徐晓书等,2023)。另一方面,数字经济的发展能够显著提升城市创新能力,对于创新能力越高的城市,数字经济对城市创新能力的赋能作用越明显,从而导致城市间创新能力差距扩大(马为彪和吴玉鸣,2022;陈治和张少华,2023)。

学者们普遍发现数字经济对城市创新的驱动效应存在区域差异。研究发现,数字经济发展有利于提升城市创新能力,且这种提升效应在中西部地区以及教育水平较低、城市规模较小、市场化程度较低的城市更为明显(葛立宇等,2022;袁航和朱承亮,2023;闵路路和许正中,2023),呈现出明显的异质性。一方面是数字经济发展水平不同,则表明数字经济赋能效果存在差异。多数学者研究表明数字经济对要素市场化、产业结构升级、资源配置方式等影响存在差异(郑万腾和赵红岩,2021;韩健和李江宇,2022)。另一方面是城市创新发展水平阶段的不同,数字经济对城市创新的影响效果也可能存在异质性。由于数字经济对城市创新质量的积极影响存在“边际效应”递增的非线性特征(张营营等,2023),

城市创新发展水平越低的地区，数字经济赋能城市创新的效应越强。数字经济发展也突破了地理距离对传统经济活动的空间约束，不同地区之间的交互效应逐渐显现，有效推动了生产要素与人才、技术等跨区域流动，降低知识传播成本以及实现了企业之间多方面“战略性、共赢式”合作（李健等，2022；张云和江曼琦，2023），有利于弥合区域之间的差异，为城市创新发展，优化创新驱动路径提供理论支撑。

1.2.4 文献述评

通过梳理相关文献发现，目前关于数字经济与创新能力的文献比较丰富，在理论和实证上都有一定的借鉴价值，但是仍有一定的研究空间。第一，多数学者将创新能力用作中介变量，以城市创新水平为主要研究对象的内容较少；第二，现有文献关于数字经济对创新能力的研究多集中于省级宏观层面和企业微观层面，城市层面的相对较少；第三，数字经济影响城市创新的作用机制和内在机理还不够明细，有待进一步挖掘。随着数字技术与实体经济的加速深度融合，数字经济已成为创新驱动战略背景下城市经济创新增长的重要内在动力，这为本文研究提供了重要契机。

基于此，本文在理论分析的基础上，通过多个维度选取合适的指标构建城市层面数字经济综合测算指标，利用兼具客观性、实时性与多维性的中国区域创新创业指数衡量城市创新能力，建立多种计量回归模型，深入分析数字经济对城市创新能力的影响效应及其作用机制。本文可能的贡献：一是从理论和经验两个层面考察数字经济对中国城市创新质量的影响，这既拓展了数字经济的研究视角，又丰富了区域创新理论的研究领域，对于当下我国坚持实施创新驱动发展战略、加快建设科技强国、在新一轮科技革命中占据主导地位具有重要意义；二是运用计量模型检验数字经济通过人力资本和融资约束等传导路径对城市创新能力的影响，从而深化了数字经济与城市创新能力的研究。

1.3 研究思路与主要研究内容

面对世界百年未有之大变局加速，新一轮科技革命和产业变革深入发展，数字经济作为推动经济转型“新引擎”的同时，与城市创新能力密切相关，提高城市

创新能力是实施国家创新驱动发展战略的基础，数字经济的蓬勃发展赋予了城市创新更丰富的内涵和要求，也为提升城市创新能力提供了新机遇和新路径，以数字经济推动区域创新是深入实施创新驱动发展战略的强劲抓手。本文将数字经济和城市创新纳入同一个理论框架，定性分析数字经济赋能城市创新的内在机理，提出相应研究假设；选取构建多维度城市层面数字经济综合评价体系，并对数字经济发展水平进行区域差异、时空演变分析；基于 2011 年到 2021 年我国 287 个地级市（除港澳台、西藏、新疆等数据缺少严重的城市）的面板数据，通过双向固定效应模型、面板门槛模型、中介效应模型以及空间计量模型等计量模型和方法进行实证分析，最后基于研究结论，提出相应的政策建议。本文的技术路线图见图 1.1。

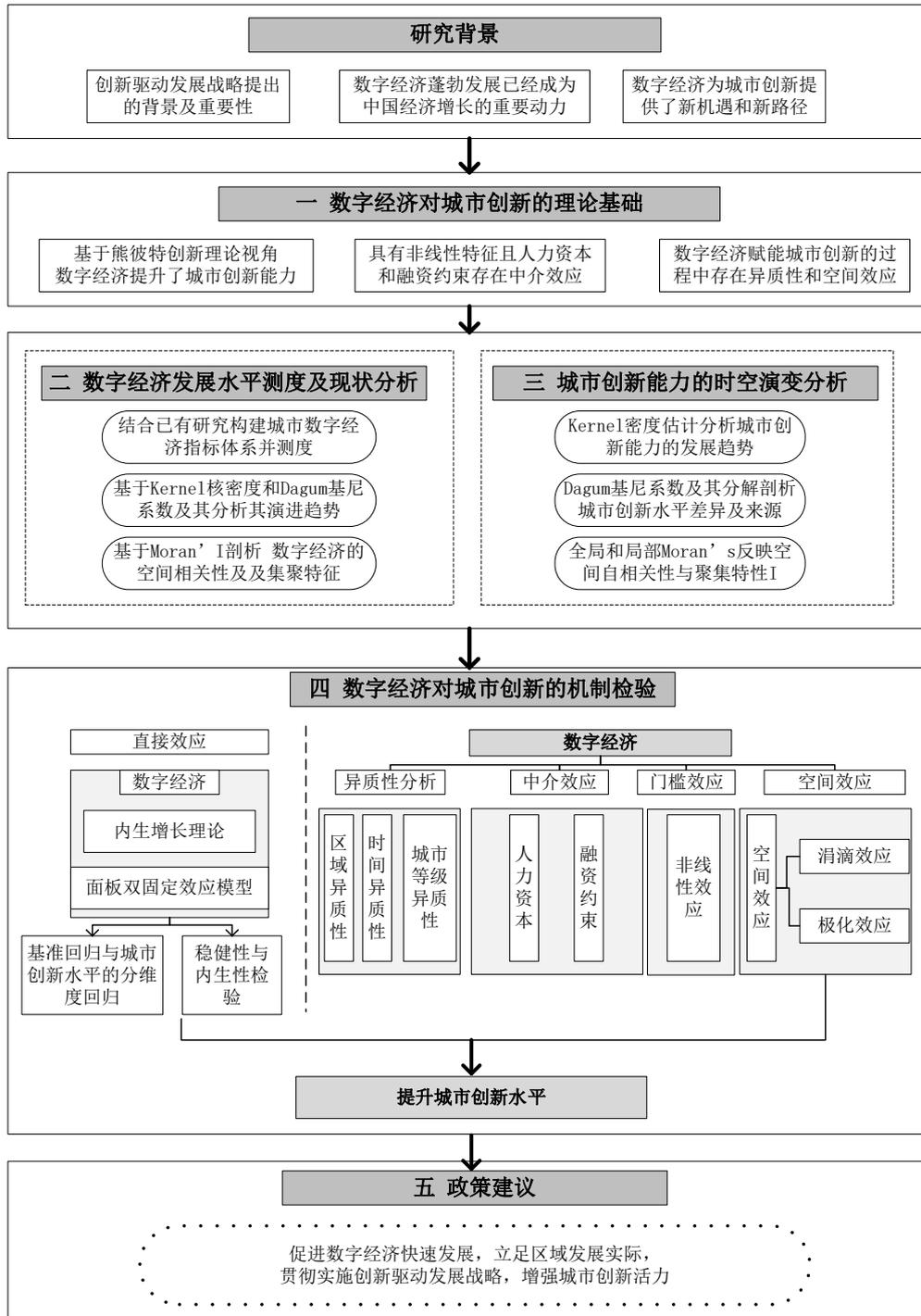


图 1.1 技术路线图

1.4 本文的创新点

本文的研究创新点有以下三点：

第一，城市层面数字经济评价指标体系的拓展补充。现有研究对数字经济的理论阐释提法各异，但内涵趋同，不同测度方法所得结果存在较大差异，同时对

城市层面数字经济发展水平的测度鲜有提及。本文从“数字基础，数字投入，数字产出”三个维度及数字经济核心产业范围，充分考虑数字经济时代特征和理论内涵，构建客观合理地城市层面的数字经济综合评价指标体系，对于贯彻推进数字经济战略深化、实现高质量发展等重要国家战略目标具有重要意义。

第二，数字经济赋能城市创新理论的补充和完善。现有关于数字经济赋能城市创新的相关理论和内在机理的研究不够系统和全面，本文基于数字经济的内涵，深入剖析数字经济赋能城市创新的理论基础，同时基于人力资本和融资约束的视角，深入分析其在影响下数字经济对城市创新的促进效果。在“十四五”背景下准确把握数字经济赋能城市创新的驱动路径，为全面实施创新驱动发展战略、推动区域协调发展提供理论支撑。

第三，异质性和空间效应研究视角和方法的拓展。现有文献中对数字经济赋能城市创新的异质性成因及空间效应鲜有提及，异质性分析的成因解释不充分。本研究从区域、城市等级与时间异质性的视角出发，深入分析数字经济赋能城市创新的异质性成因，并利用空间计量模型探究数字经济赋能城市创新的空间效应，深入剖析城市创新水平差异之原因，为“十四五”时期创建创新型城市建言献策。

2 理论基础与研究假设

2.1 熊彼特创新理论

熊彼特创新理论是由美国政治经济学家约瑟夫·熊彼特在1912年出版的《经济发展理论》一书中首次提出，熊彼特明确提出创新是经济发展的本质，创新的过程就是一种不断打破经济均衡的动态非均衡过程，具体的讲创新就是对从未有过的生产要素和生产条件的新组合（邱新华，2020）。熊彼特的创新概念主要属于技术创新范畴，他强调把技术等要素引入经济，使技术与经济相结合，即：技术能够建立一种全新的生产函数，在这个生产函数的范畴内，可以实现多种生产要素的新组合，而这个生产函数是不能被分解的，同时不具有持久性和连续性，因为每一个变化都是“质”的改变，是行业的更新和变革。

根据熊彼特创新理论，互联网、大数据、人工智能等新一代信息技术快速发展，数字技术因其通用性、进步性、无边性、无障碍性等优点，逐渐向各产业领域渗透，使得数据信息等新型生产要素向各产业部门流动，减少了不同产业部门之间的信息不对称，促进各产业间的技术融合，将数字技术引入产业的生产、流通等环节，产生技术创新效应。熊彼特指出改变社会面貌的经济创新是长期的、痛苦的“创造性破坏过程”，它将摧毁旧的产业，让新的产业有崛起的空间。摧毁旧的产业并不是直接破坏性的摧毁，而是“新经济”与“旧经济”的融合，在传统经济结构的困境中寻求突破，确实需要进行结构调整，但同时应该做到“有秩序的撤退”，注意利用信息技术，改造和提升国民经济不可或缺的那些传统产业的结构和素质。数字经济作为一种新兴经济形态，其具有边际收益递增、高创新、高成长、强扩散、广覆盖和低成本等先天优势和本质特征，通过技术革新引领经济发展模式转变和产业结构优化。优化创新资源配置方式提高其效率，激发产业创新效应、产业关联效应和产业融合效应，加速大数据与实体经济的融合，进而实现传统产业结构调整和转型升级并孵化新型数字产业。

2.2 数字经济发展对城市创新水平的直接影响

数字经济是城市创新水平提升的内在引擎，是城市高质量发展的根本驱动力

(曹建飞和韩延玲, 2022)。一方面, 数字经济的发展有助于提升城市创新水平。数字技术的广泛使用优化了资源要素的配置效率(彭刚和高劲松, 2023), 数据的高流动性和数字经济的高渗透性加速了要素数据化, 驱动要素向更有发展空间的地区流动, 改善区域资源错配, 降低要素配置不平衡状态(徐胜和梁靓, 2023), 促使创新要素与其他生产要素的深度融合, 提高了生产要素使用效率和产出效率, 降低了生产成本, 提高同等生产要素投入的经济产出水平, 提升相关产业的产品质量以及生产效率(李健等, 2022)。与此同时, 数字经济还能够培育和壮大新兴产业, 推动传统产业转型升级, 促进城市产业结构实现由低附加值、低技术水平向高附加值、高技术水平的转型(史丹, 2022), 进而提升城市经济效率。另一方面, 数字经济的发展可以从供给和需求两个方面影响城市的创新水平。从供给方面来看, 数字经济发展借助大数据、云计算等数字化技术, 可以拓宽创新活动渠道(韩璐等, 2021), 缓解创新主体之间的信息不对称现象, 降低创新活动成本, 促进创新要素的精准匹配(董春风和司登奎, 2022), 充分激发城市创新活力。从需求层面来看, 数字经济的发展通过提升城市创新需求, 扩大了创新规模, 并促进了企业产业结构转型升级, 从而可以激励创新主体从事以提升生产技术和产品更新换代为目的的创新行为(孙勇等, 2022)。据此, 提出如下研究假设:

H1:数字经济对城市创新水平的提升有促进作用。

2.3 数字经济发展对城市创新水平的间接影响

(一) 人力资本的中介效应

人才是第一资源, 科技创新力的根本源泉在于人才。数字经济的发展、数字技术的广泛使用能显著提升人力资本, 进而提高企业劳动者的生产效率(肖土盛等, 2022)。充分发挥数字经济优势, 激发人才的创新动力。数字经济对人力资本的影响主要体现在以下两个方面: 第一, 数字经济具有的高渗透性、正外部性等特点(陈治和张少华, 2023), 使得传统产业转型升级和改造过程中催生出大量新兴产业, 提升了区域竞争优势(李治国等, 2021), 另外这些新兴产业凭借技术优势可以获得较高的利润, 从而吸引大量高质量的人力资本积聚(乌云图等, 2023)。第二, 数字技术的广泛使用促进企业员工的“干中学”, 加快形成企

业结构多元、层次合理的人才队伍（陈东和郭文光，2023）。同时劳动者借助数字平台获取知识、信息等，提高了知识通过网络平台交流、学习与扩散的频率，降低了知识信息转移的成本（刘焯等，2023）。人力资本水平的提升反过来也会激励城市创新水平，人作为创新的主体，创新驱动的本质是人才驱动（张云和江曼琦，2023）。高等院校和科研院所是创新活动中最活跃的主力军（何小钢等，2022），城市创新能力提升离不开创新人才队伍的建设和人力资本的积累，各地区经济实力、创新实力的竞争归根结底是人才竞争（程广斌和靳瑶，2022）。随着数字经济的发展，数字技术大量应用到数字校园的建设，使得学生以较低的成本获得丰富的学习资源，加速了知识获取、传递和共享的过程，极大提高高校学生的学习效率（金环和于立宏，2021），从而为城市持续创新积累强大的人才储备，为城市创新奠定了良好的人才基础，能够有效促进城市创新水平提升。

（二）融资约束的中介效应

创新活动具有资本投入大、风险性高、回报周期长等特点（董树功和杨峙林，2023），当创新主体研发资金不足时，城市创新活动往往面临较强的融资约束。而随着数字经济的飞速发展，以大数据、云计算等数字技术与传统金融行业的融合，催生出数字金融的新型金融业态，为缓解创新主体借贷双方的信息不对称问题、降低交易成本提供了可能性（花俊国等，2022）。相较于传统金融体系存在的严重发展不均衡、不充分等问题，使得中小微企业融资难、融资贵，数字金融具有融资低成本、融资速度快、融资覆盖广的优势（潘爽等，2021）。数字经济通过两方面改善创新主体的融资约束，进而影响城市创新水平。一方面，数字金融的发展可以通过拓宽融资渠道、降低融资成本等方式缓解企业融资约束，促进城市创新水平。数字金融平台的构建能够有效地突破金融要素流动的时空和地理限制（崔耕瑞，2021），增强金融服务可得性，拓宽创新活动的融资渠道，能够进一步降低交易成本并突破时空限制，降低各类创新主体的融资成本，从而缓解长周期创新过程中的融资约束（万佳彧等，2020）。另一方面，数字金融通过优化资源配置、分散信贷风险等手段缓解企业融资困境，促进城市研发和创新活动。大数据技术的应用，帮助金融机构深度挖掘潜在的用户需求，能更精准化、协同化、个性化地满足企业创新的资金需求（王敏和李兆伟，2023），有效纠正资金错配的问题，提升金融资源配置效率；此外，金融数字化、智能化管理系统

的普遍应用以及金融机构信息披露制度、风险管理制度的制定，在一定程度上解决了融资中信息不对称的问题（任保平和何厚聪，2022），使得金融行业信贷的管理效率和风险控制得到实质性的提高。据此，提出如下研究假设：

H2:数字经济可以通过提升人力资本、缓解融资约束提升城市创新水平。

2.4 数字经济对城市创新水平的异质性分析

我国数字经济发展水平存在显著的区域差异，各城市所处位置的不同，城市创新的要素集聚能力、资源分布以及政府支持力度也存在较大差异。具体而言，东部地区的城市相较于中西部地区、南方地区的城市相对于北方地区（马为彪和吴玉鸣，2022；袁航和朱承亮，2023），其经济基础发展较好，基础设施较为完备，创新人才也相对充足，同时传统金融的覆盖及渗透率更高，创新个体和创新企业进行创新所需要的资金支持可得性更高（何小钢和郭晓斌，2023）。创新资源主要集中在东部和南方地区城市，数字经济的发展对于当地高质量创新活动的开展可能仅起到锦上添花的作用（张杰和付奎，2021）。因此，在东部和南方地区的城市，数字经济的发展对城市创新能力的影响效应可能较低，甚至并不显著。而中西部和北方地区的城市由于经济发展较为落后，基础设施还不够完备，数字经济的发展为该区域的创新活动提供了必要的数字技术支撑，数字经济对该区域创新活动的开展可能起到雪中送碳的作用（陆凤芝等，2022），有助于城市创新水平的提升。

我国数字经济发展水平由于城市规模、城市等级的不同存在显著的差异。一线以及新一线城市由于数字基础设施相对中小城市更为完善，经济发展的也更强。数字经济作为传统实体经济的补充，在一线城市对创新能力的影响可能较低，甚至不显著（李婉红等，2022）；而在二三线甚至更小的城市，由于数字经济规模较小，数字基础设施尚在建设中，数字技术的应用还不够广泛，因此数字经济的兴起有效刺激了这些城市的创新水平，为城市创新能力的提升提供良好的技术支撑（陈治和张少华，2023）。

我国数字经济发展水平在时间上也存在显著的时间异质性。2016 在中国杭州举办的 G20 峰会上，中国开创性地将数字经济列为创新增长的重要议题，推动并参与制定《G20 数字经济发展与合作倡议》获得通过，这是我国数字经济发

展的重要里程碑（罗佳等，2023）。刘波和洪兴建（2022）依据《G20 数字经济发展与合作倡议》的颁布时间，借助增长核算框架测度 2001-2020 年我国不同行业的数字化程度，测度结果指出，G20 峰会后数字经济发展水平显著增长。数字经济国家战略极大地促进了我国数字经济的发展，能够有效增加金融服务的可得性，改善城市创新环境，因此，本文认为数字经济对城市创新的影响可能也存在时间异质性。据此，提出如下研究假设：

H3：数字经济对城市创新能力的影响因区域、城市等级与时间不同而存在差异。

2.5 数字经济对城市创新水平的空间效应分析

数字经济具有的高渗透性、正外部性以及规模效应的网络化结构为要素流动、产业集聚与应用创造了更为便利的条件（韦庄禹，2022），这一过程显著增强了要素空间关联的广度与深度，实现了跨地区的交流与合作，产生了空间外溢效应（师博和胡西娟，2022），不仅有利于促进本地城市创新，还能够有效推动周边邻近城市的创新活动。数字经济赋能城市创新的空间溢出效应主要体现在以下两个方面：第一，新经济地理学理论认为经济活动的空间分布可以在生产要素的驱使下自由流动，并且能够产生集聚效应加快知识和技术溢出（欧家瑜和张乃丽，2022）。数字经济依托强大的信息网络所构建的数字平台，能够及时地在本地和邻地之间传递信息和知识共享（韩兆安等，2022），显著提高了创新要素跨地区的传播速度与扩散范围，产生的要素集聚效应有助于加快知识与技术溢出（刘烨等，2023），促进区域协同创新能力提升。第二，数据、知识等数字要素具有较高的非竞争性与非排他性（韩文龙，2023），数字技术的广泛应用，能够加快创新要素在不同区域之间的自由流动。另外，创新要素的空间溢出能够显著降低本地区传统要素错配的概率，提高要素资源配置效率（Farboodi and Veldkamp, 2021），同时还能为本区域城市创新水平提升提供创新要素支撑（叶云岭等，2023），促进邻近城市创新能力的提升，缩小区域创新差距。据此，提出以下研究假设：

H4：数字经济发展产生的空间效应不仅有利于本区域城市创新，对邻近城市新水平也存在显著的影响。

3 数字经济和城市创新水平的统计测度及时空分异特征

3.1 数字经济的指标体系构建、测度方法及结果分析

3.1.1 城市数字经济的指标体系构建及测度方法

目前, 学界学者关于城市数字经济发展水平的测度主要是从数字基础设施、数字产业化与数字数字化三个方面构建指标体系进行测度。本文基于城市层面相关数据的可获得性, 借鉴王军等(2021)与赵涛等(2020)的研究, 从数字基础、数字投入和数字产出三个视角对中国城市数字经济发展水平进行测度, 涉及的指标包括互联网宽带接入用户数、每万人公共图书馆藏书量、移动电话年末用户数、科技研发人员占就业人数比重、科研投入占政府财政支出的比重、以发明数表示科技研发成果、专利授权数、邮电及电信业务收入, 具体指标体系见表 3.1。

表 3.1 数字经济指标体系

一级指标	二级指标
数字基础	互联网宽带接入用户数
	每万人公共图书馆藏书量
	移动电话年末用户数
数字投入	科技研发人员占比
	科研投入占比
	信息传输、计算机服务和软件业从业人员数
数字产出	科技研发成果
	专利授权数
	邮电业务收入
	电信业务收入

本文借鉴已有文献的研究, 采用常见的客观赋权方法, 即熵权法进行测度数字经济发展水平。熵权法作为一种客观赋权的方法, 能够根据各个指标的信息量客观反映各个指标所占的权重, 避免主观赋权的弊端(王军等, 2021), 因此本文采用熵权法测度我国城市数字经济发展水平 Dig , 熵权法的具体计算过程如下:

由于各个指标数据的计量单位不同, 首先对数据进行无量纲化处理, 使处理后的数据介于 0-1 之间, 为避免 0 值情况对后面计算的影响, 对所有数据统一加

0.00001。

对于正向指标：

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min X_j}{\max X_j - \min X_j} \quad (3.1)$$

对于负向指标：

$$X'_{ij} = \frac{\max X_j - X_{ij}}{\max X_j - \min X_j} \quad (3.2)$$

其中 i 代表年份， j 代表各个指标， k 代表全国各个城市， $\max X_j$ 、 $\min X_j$ 表示第 j 个指标的最大值和最小值。

计算第 k 个城市第 i 年第 j 个指标的比重：

$$P_{ijk} = \frac{X'_{ijk}}{\sum_{i=1}^{11} \sum_{k=1}^{287} X'_{ijk}} \quad (3.3)$$

计算第 j 个指标的熵值：

$$e_j = -1/\ln(n) \sum_{i=1}^{11} \sum_{k=1}^{287} (P_{ijk} \ln P_{ijk}) \quad (3.4)$$

计算第 j 个指标的权重：

$$a_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^{10} (1 - e_j)} \quad (3.5)$$

计算综合指数：

$$s_{ik} = \sum_j a_j P_{ijk} \quad (3.6)$$

3.1.2 城市数字经济发展水平测度结果分析

基于上文数字经济指标体系的构建，本文利用熵权法进行测度，测度结果见图 3.1。

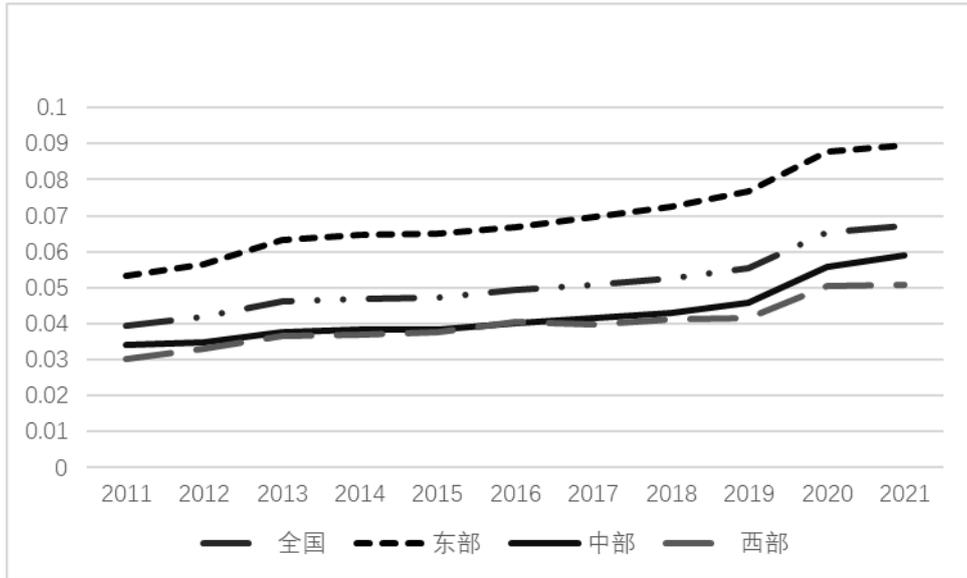


图 3.1 数字经济发展水平

由上图可以看出，我国各地级市的数字经济发展水平还很低，按国家统计局三大经济带划分为东中西地区，其中东部地区各城市数字经济发展水平最高，而中西部地区各城市数字经济发展水平均在全国平均水平以下，其数字经济发展水平有待进一步提升。

注：按国家统计局三大经济带划分，东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南，中部地区包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖南、湖北，西部地区包括内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆。

3.2 基于 Dagum 基尼系数及分解的区域差异分析

Dagum 基尼系数是衡量地区之间收入差距不平等的重要指标，通过基尼系数及分解可以直观地分析地区差异及来源。本文利用基尼系数及其分解分析城市数字经济发展水平及城市创新水平的区域内、区域间和超变密度，同时测算总体差异、及贡献度，深入探究其差异来源，寻求破解我国城市数字经济发展和提升城市创新水平的区域差异具体路径。本文借鉴张旺和白永秀（2022）、杨耀武和张平（2021）基尼系数计算方法，基尼系数计算的公式如下：

$$G = \frac{1}{2n^2x} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \sum_{h=1}^{n_i} \sum_{r=1}^{n_j} |x_{ih} - x_{jr}| \quad (3.7)$$

其中， G 是总体基尼系数，本文中 $n = 287$ 、 $k = 3$ ， x_{ih} 表示 i 区域内各城市数字

经济发展水平和城市创新水平， \bar{x} 为区域平均水平，下面就基尼系数进行分解，区域*i*的基尼系数 G_{ii} 以及区域*i*和区域*j*之间的基尼系数 G_{ij} 分别为：

$$G_{ii} = \frac{1}{2n_i^2 \bar{x}_i} \sum_{h=1}^{n_i} \sum_{r=1}^{n_i} |x_{ih} - x_{ir}| \quad (3.8)$$

$$G_{ij} = \frac{1}{n_i n_j (\bar{x}_i + \bar{x}_j)} \sum_{h=1}^{n_i} \sum_{r=1}^{n_j} |x_{ih} - x_{jr}| \quad (3.9)$$

由于总体基尼系数 G 可分解为区域内差异贡献 G_w 、区域间差异贡献 G_{nb} 和超变密度贡献 G_t 三部分，且 $G = G_w + G_{nb} + G_t$ 。其中 G_w 表示三大区域内差异， G_{nb} 表示三大区域间差异，超变密度 G_t 表示三大区域交叉影响的一种基尼系数余，计算公式如下：

$$G_w = \sum_{i=1}^4 G_{ii} \eta_i s_i \quad (3.10)$$

$$G_{nb} = \sum_{i=2}^4 \sum_{j=1}^{i-1} G_{ij} (\eta_i s_j + \eta_j s_i) D_{ij} \quad (3.11)$$

$$G_t = \sum_{i=2}^4 \sum_{j=1}^{i-1} G_{ij} (\eta_i s_j + \eta_j s_i) (1 - D_{ij}) \quad (3.12)$$

公式(3.10)~(3.12)中， $\eta_i = n_i / n$ 即*i*区域内城市数占例， $s_i = n_i \bar{x}_i / n \bar{x}$ ， D_{ij} 是区域*i*与区域*j*的相对影响。

3.2.1 城市数字经济发展水平的区域差异

通过上面公式，可以计算出2011-2021年全国287个城市数字经济发展水平的总体差异、区域间和区域内差异、超变密度以及贡献度，具体结果如表3.2。

表 3.2 数字经济水平的基尼系数及贡献度

时间	总体差异	区域间差异	区域间贡献度	超变密度	超变密度贡献度	区域内差异	区域内贡献度
2011	0.28963	0.130	44.936	0.070	24.127	0.090	30.937
2012	0.29727	0.128	43.805	0.074	25.353	0.090	30.842
2013	0.32094	0.132	41.118	0.088	27.497	0.101	31.385
2014	0.31682	0.132	41.791	0.085	26.901	0.099	31.308
2015	0.32467	0.131	40.382	0.091	28.180	0.102	31.438
2016	0.33484	0.121	40.271	0.107	28.024	0.106	31.705
2017	0.33434	0.134	40.047	0.095	28.269	0.106	31.685
2018	0.34138	0.134	39.178	0.099	28.934	0.109	31.888
2019	0.34637	0.143	41.282	0.093	26.982	0.110	31.736
2020	0.31824	0.128	40.127	0.090	28.250	0.101	31.623
2021	0.31154	0.130	41.692	0.083	26.540	0.099	31.768

我国城市数字经济发展水平总体差异从 2011 年 0.28963 上升至 2021 年的 0.31154，呈现出波动中缓慢上升趋势，这是由于随着经济的快速发展，经济发展较快的城市，其数字经济的发展有坚实的基础，可以迅速发展壮大起来，而那些本来经济就发展缓慢的小城市，面对新兴经济，不能很快的把握时机，并且其经济基础薄弱，为数字经济发展提供的支持较少。就其变化速度来看，十一年间年平均增加约为 0.5%，说明总体差异增幅并不大，另外总体差异呈现波动特征，其中 2019-2021 年总体区域差异出现短较大幅度下降。

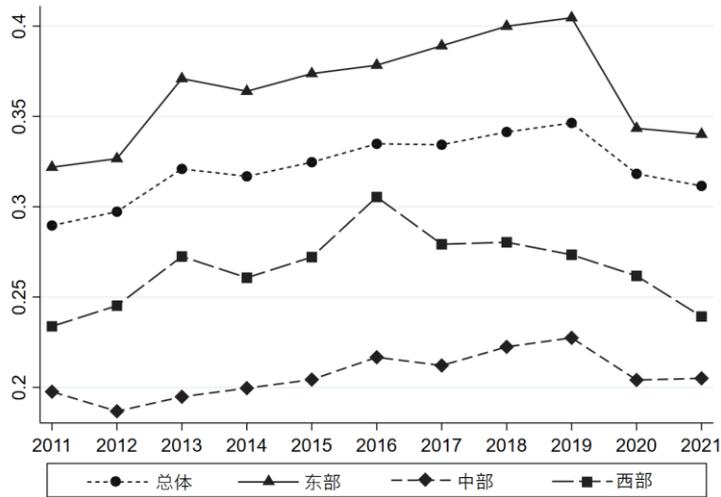


图 3.2 三大区域数字经济发展水平的区域内差异

由图 3.2 可知，对于三大区域数字经济发展水平的基尼系数，其区域内差异最大的是东部地区，西部地区次之，区域内差异最小的是中部地区，区域内差异呈现东部>西部>中部的特征。三大区域整体上均呈波动下降的趋势，同时在 2019 年以后都有不同程度的下降。比较特殊的是西部地区，在 2016 年以后就开始缓慢下降，可能由于西部大开发战略的实施，使得西部地区各个城市经济都有了不同的发展，同时国家政策的支持，也促使西部地区各城市数字经济开始迅速发展。

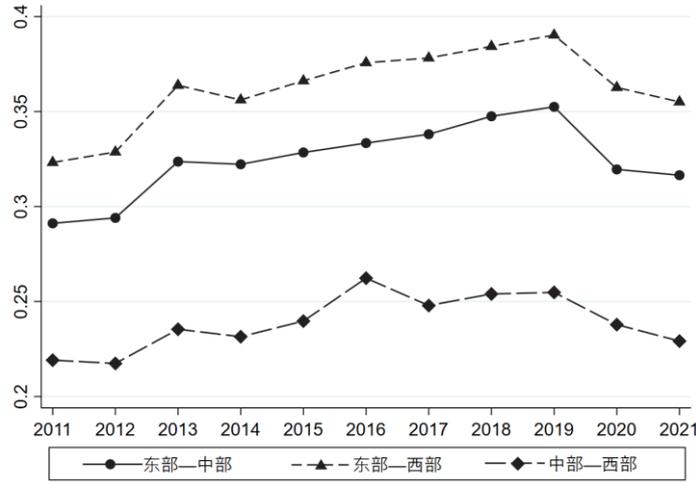


图 3.3 数字经济发展水平的区域间差异

图 3.3 为四大区域的区域间基尼系数，整体上对于区域间差异，随着时间的推移，基尼系数呈上升后下降的趋势，东部—西部和东部—中部的区域间差异较大，中部—西部区域间差异较小，且最先开始下降。从变化速度来看，中部—西部增幅最小，约为 4.6%，区域间差异呈缩小态势明显，而东部—中部（8.8%）东部—西部（9.9%）增幅较大，说明东部地区城市数字经济发展的较好，拉开了与中西部地区城市的差距。

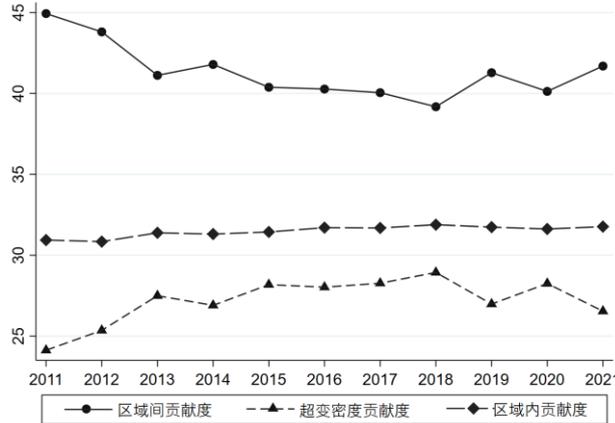


图 3.4 数字经济发展水平的区域差异来源及贡献度

图 3.4 表示我国城市数字经济发展水平总体差异分解及其来源情况，可以看出对数字经济发展水平总体差异的贡献程度，区域间差异贡献度最大，平均贡献度约为 41.33%，这说明区域间差异是城市数字经济发展水平总体差异的主要来源，缩小区域间差距是当前我国实现区域协调发展的首要任务。区域间超变核密度贡献度次之，平均贡献度约为 21.19%，区域内贡献度较小。解决数字经济发展水平总体差异问题，重点应从缩小区域间差异角度出发，促进各区域各城市数字经济均衡健康发展，从而推动我国区域协调发展。

3.2.2 城市创新水平的区域差异

目前,已有文献主要从城市创新数量和质量两个方面衡量城市创新能力,其中,创新数量主要采用发明数、专利申请数等衡量,创新质量主要采用发明专利授权率、人均专利申请数等指标综合衡量。考虑到城市层面相关数据的获取难度,本文借鉴张杰飞等(2022)和张梁等(2021),选用北京大学企业大数据研究中心编制的中国区域创新创业指数衡量城市创新水平。该指数从5个维度,构建具有多维性、客观性及实时性的中国区域创新创业指数,能较客观地反映中国城市区域层面创新活动。

表 3.3 城市创新水平的指标体系

核心要素	维度名称	基础指标	所占权重
企业家	新建企业数量	新增企业注册数量	20%
	资本	吸引外来投资	新增外来法人投资的笔数
技术		吸引风险投资	新增风险投资的企业数量
	专利授权数量	新增发明专利授权数量	12.5%
		新增实用新型专利公开数量	7.5%
商标注册数量	新增外观设计专利公开数量	5%	
		新增商标注册数量	15%

通过上面公式,可以计算出 2011-2021 年全国 287 个城市创新水平的总体差异、区域间和区域内差异、超变密度以及贡献度,具体结果如表 3.4。

表 3.4 城市创新水平的基尼系数及贡献度

时间	总体差异	区域间差异	区域间贡献度	超变密度	超变密度贡献度	区域内差异	区域内贡献度
2011	0.13344	0.043	32.055	0.051	37.852	0.040	30.093
2012	0.12195	0.031	25.137	0.053	43.585	0.038	31.278
2013	0.11708	0.030	25.476	0.050	43.044	0.037	31.480
2014	0.09775	0.025	25.629	0.042	43.036	0.031	31.335
2015	0.09032	0.023	25.967	0.039	42.673	0.028	31.360
2016	0.07873	0.026	32.854	0.029	36.728	0.024	30.418
2017	0.06711	0.022	32.214	0.025	37.269	0.020	30.517
2018	0.06456	0.021	33.238	0.023	36.265	0.020	30.497
2019	0.06182	0.021	34.444	0.022	35.175	0.019	30.381
2020	0.06276	0.022	35.154	0.022	34.747	0.019	30.099
2021	0.06000	0.023	32.608	0.026	36.738	0.021	30.654

我国城市城市创新水平总体差异呈现出波动中缓慢下降趋势,总体差异不大,最大值仅为 2011 年的 0.13344,这是由于随着创新驱动发展战略的实施,我国坚持推进创新型城市建设,极大的鼓励了城市进行创新活动和企业进行科技研

发投入，使得各个城市创新水平都有不同程度的提升，总体差异也就逐渐缩小。

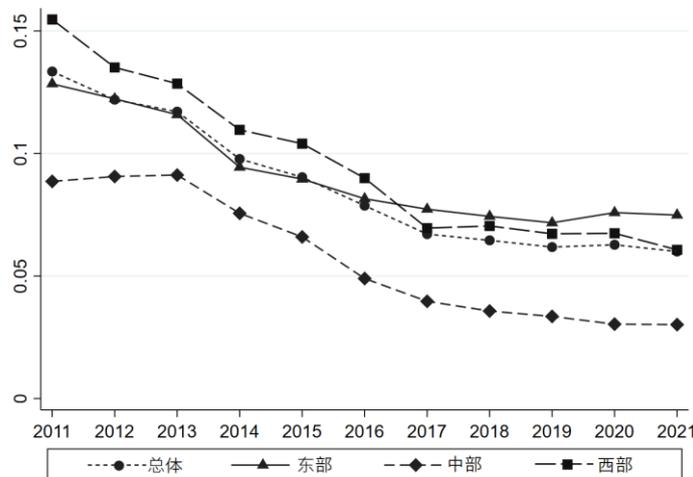


图 3.5 三大区域城市创新水平的区域内差异

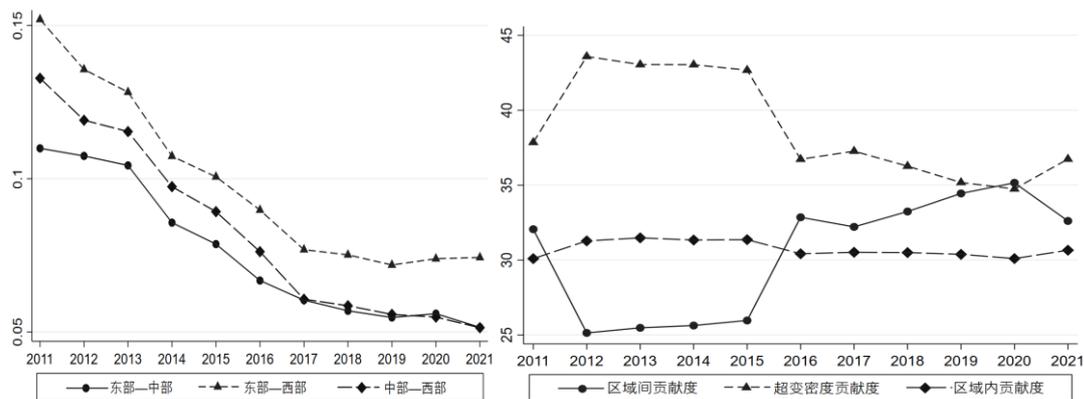


图 3.6 城市创新水平的区域间差异 图 3.7 数字经济发展水平的区域差异来源及贡献度

从图 3.5 可以明显的看出，三大区域的区域内基尼系数整体上呈下降的趋势，并且 2017 年以后降幅有所减缓。区域内差异最大的是西部地区，东部地区次之，区域内差异最小的是中部地区，区域内差异呈现西部 > 东部 > 中部的特征。图 3.6 显示的是城市创新水平的区域间差异，区域间差异变化趋势与区域内变化趋势较一致，东部—西部的区域间差异较大，这是由于东部地区城市经济发展较快，经济基础较好，有利于城市创新活动的进行，而西部由于受到地理位置的限制，其经济基础较薄弱，城市创新活动以及企业技术研发所需的要素较缺乏，从而限制了西部地区城市创新水平的提升。图 3.7 表示我国城市创新水平总体差异分解及其来源情况。

3.3 基于 Kernel 密度估计的时空演变趋势分析

为进一步分析我国 287 个城市数字经济发展水平和城市创新水平的绝对差

异、延展性以及极化现象，借鉴陈景华等（2020）及吕承超等（2021）等做法，利用 Kernel 密度估计法来分析数字经济发展水平和城市创新水平的空间分布的位置、形状、延性等特征，通过比较不同时期全国及各个区域的分布动态及演进变化，把握其分布的动态特征。Kernel 密度估计法的表达式为：

$$\hat{f}(x_0) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x_i - x_0}{h}\right) \quad (3.13)$$

其中， n 是观测值数量； $K(\vartheta)$ 为核密度，即权重函数； h 为带宽，带宽越小，估计偏差越小。

3.3.1 城市数字经济发展水平的动态演变趋势

本文利用 Kernel 密度估计方法，分析 2011-2021 年全国 287 个城市数字经济发展水平及三大区域数字经济的分布动态演进趋势，结果如图 3.8、图 3.9(a)(b)(c)：

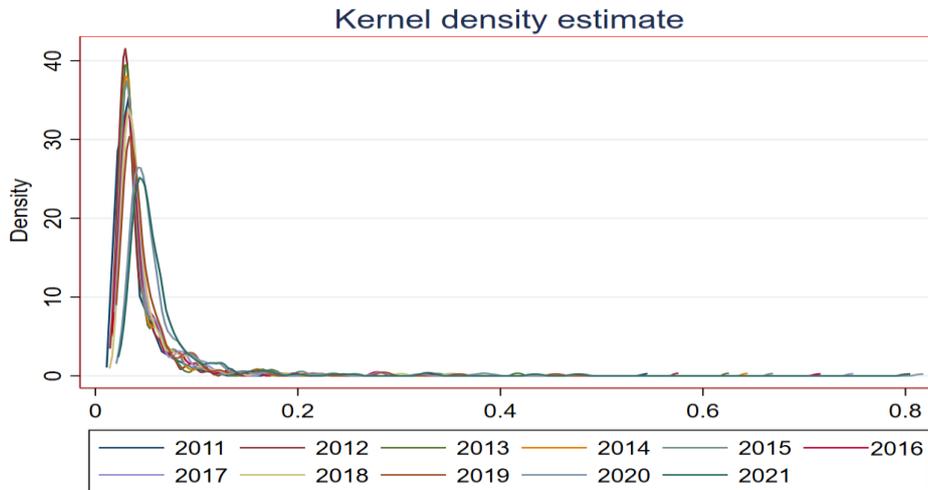


图 3.8 数字经济发展水平的分布动态演进

图 3.8 可以看出，2011-2021 年全国各城市数字经济发展水平的分布动态演进呈现以下几个方面的特征：首先，从波峰的移动来看，核密度曲线主峰向右移动，说明数字经济发展水平总体呈上升趋势；其次，从主峰数量来看，主峰始终只有一个，并未出现侧峰现象，说明各城市数字经济发展水平没有出现极化现象。最后，从波峰的高度和宽度来看，波峰窄而尖，但波峰高度逐渐下降且右拖尾拉长延展性拓宽现象明显，说明各城市之间数字经济发展水平的差异依旧存在。

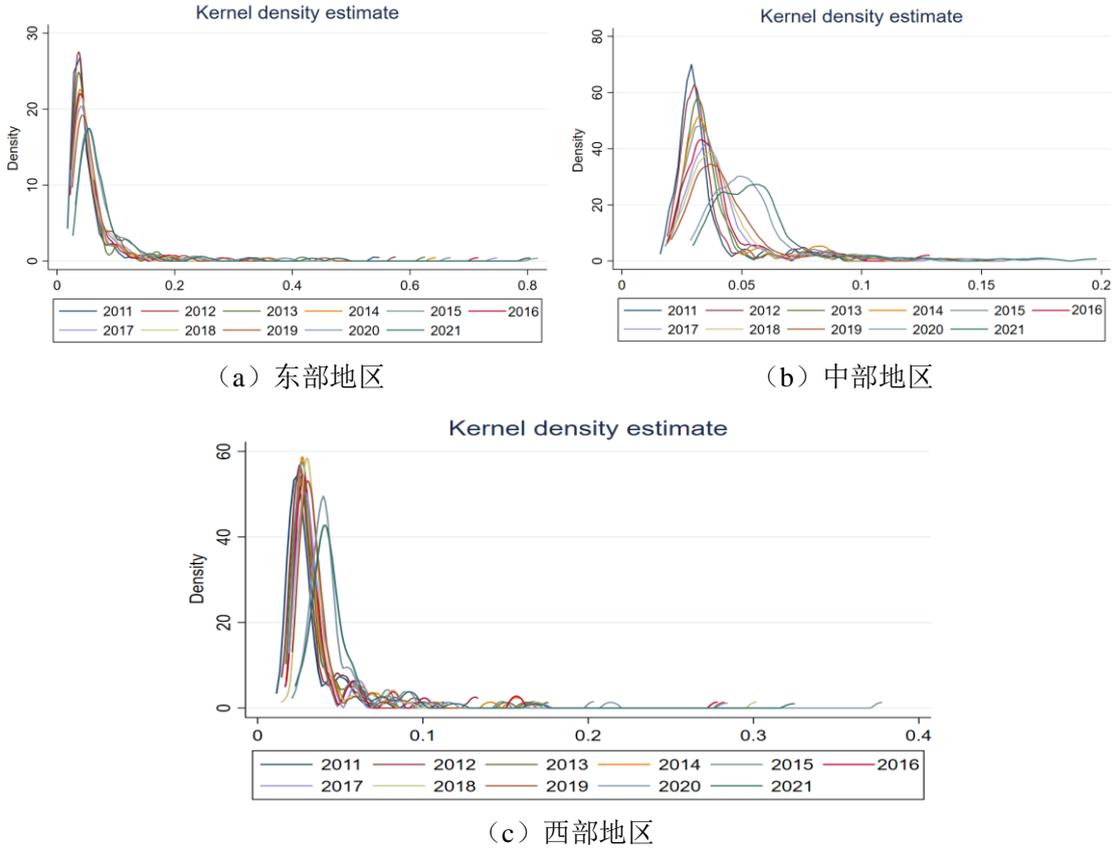


图 3.9 分区域数字经济发展水平的分布动态演进

图 3.9 是分地区的城市数字经济发展水平的分布动态演进，对于东部地区，如图 3.9 (a)，核密度曲线主峰向右移动，说明东部地区各城市数字经济发展水平不断提高，从主峰数量来看，主峰始终只有一个，并且没有侧峰出现，说明东部地区各城市数字经济发展水平没有出现极化现象，但波峰的高度随着时间逐渐下降且存在右拖尾拉长延展性拓宽现象，说明东部地区各城市之间数字经济发展水平的差异依旧存在且存在数字经济发展较好的城市。对于中部地区，如图 3.9 (b)，核密度曲线向右移动，但主峰高度逐渐下降且宽度呈现逐渐扩大趋势，说明中部地区各城市数字经济发展水平差异明显。对于西部地区，如图 3.9 (c) 显示，主峰呈现尖而窄状态且右拖尾拉长延展性拓宽现象明显，说明西部地区各城市之间数字经济发展水平差异程度变大，但是主峰总体是向右移动的，出现多个侧峰，说明西部地区各城市数字经济发展水平在逐年上升，且出现多极化现象。

3.3.2 城市创新水平的时空演变趋势

本文利用 Kernel 密度估计方法，分析 2011-2021 年全国 287 个城市创新水平及三大区域的分布动态演进趋势，结果如图 3.10、图 3.11(a)(b)(c)：

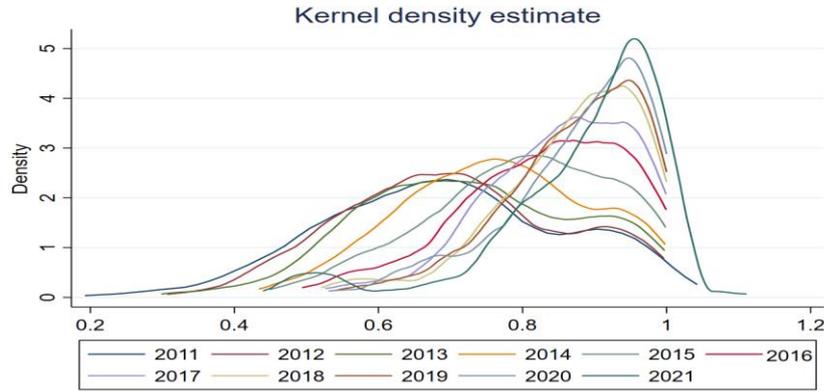


图 3.10 城市创新水平的分布动态演进

图 3.10 为 2011-2021 年全国各城市创新水平的分布动态演进图，可以看出，核密度曲线向右移动，说明城市创新水平总体呈上升趋势，同时主峰始终只有一个，并未出现侧峰现象，说明各城市创新水平没有出现极化现象。但是从波峰的高度和宽度来看，波峰逐渐从扁平变得尖锐，且波峰高度逐渐上升且并未出现右拖尾拉长延展性拓宽现象，说明各城市之间创新水平的差距呈现缩小态势，存在动态收敛性特征。

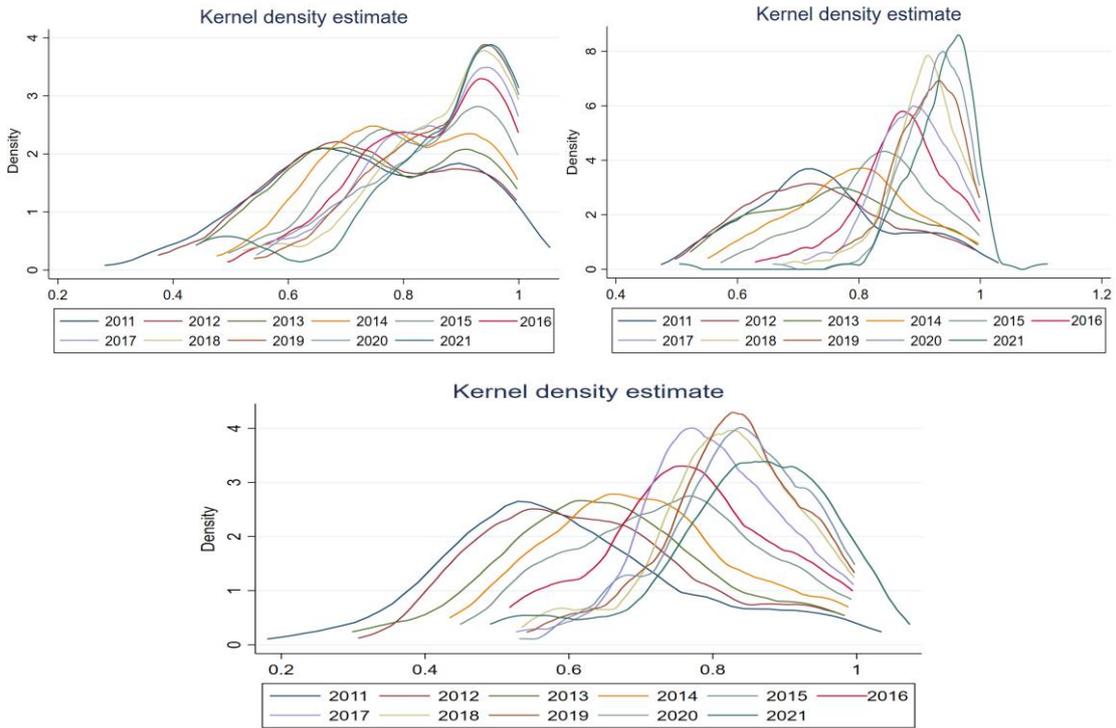


图 3.11 分区域城市创新水平的分布动态演进

图 3.11 为分地区城市创新水平的分布动态演进，对于东部地区，如图 3.11 (a)，核密度曲线主峰向右移动，说明东部地区各城市创新水平不断提高，从主峰数量来看，侧峰一致存在，且侧峰明显，说明东部地区各城市创新水平出现多

极化现象，但主峰波峰的高度随着时间逐渐上升且波峰宽度逐渐减小，说明东部地区各城市之间创新水平的差距呈现缩小态势，存在动态收敛性特征。对于中部地区，如图 3.11 (b)，核密度主峰曲线向右移动，主峰高度逐渐上升且宽度呈现逐渐变窄趋势，说明中部地区各城市创新水平差异逐渐变小，呈收敛态势。对于西部地区，如图 3.11 (c) 显示，核密度主峰曲线向右移动，说明西部地区各城市数字经济发展水平在逐年上升，但随着时间的变化主峰高度逐渐上升且宽度以及较大，说明西部地区各城市之间创新水平差异程度变大。

4 数字经济对城市创新水平的实证分析

4.1 变量选择与模型设定

4.1.1 变量选取与数据说明

(1) 被解释变量：城市创新水平 (*Innov*) 选用北京大学企业大数据研究中心编制的中国区域创新创业指数衡量城市创新水平。

(2) 核心解释变量：数字经济发展水平 (*Dig*)，基于表 3.1 数字经济的综合评价体系使用熵值法进行衡量。

(3) 中介变量

根据前文的理论分析，可以将人力资本 (*hum*)、融资约束 (*fin*) 作为中介传导变量，用于探讨数字经济影响城市区域创新水平的传导机制。其中：人力资本 (*hum*) 水平以各地级市普通高等学校在校学生数取对数来表示；融资约束 (*fin*) 以各地级市年末金融机构各项贷款余额占地区生产总值的比重来表示。

(4) 控制变量

为了更加准确地衡量数字经济对城市创新水平的影响，应尽量减少遗漏变量造成的估计偏误。为此，本文借鉴韩璐等 (2021) 选取对外开放程度 (*Open*)、产业结构 (*Indu*) 作为控制变量，对外开放程度 (*Open*) 以当年实际利用外资金额取对数表示；产业结构 (*Indu*)，以当地城市第二产业增加值和第三产业增加值的总额占地区生产总值的比重表示；政府对城市创新起着引导性的作用，而资本是创新活动所必须的要素，参考何小钢和郭晓斌 (2023) 的做法，选取政府干预 (*Gov*)、资本投入 (*Fix*) 作为控制变量，政府干预 (*Gov*) 以当年城市财政支出占地区 GDP 的比重表示；资本投入 (*Fix*) 以城市固定资产投资总额取对数来表示。同时，教育的投入将会提高劳动者的素质和技能，提高城市创新能力，因此将教育投入强度 (*Edu*) 加入到控制变量，教育投入强度 (*Edu*) 以教育支出占城市财政支出的比重表示。

本文的核心解释变量、中介变量和控制变量的数据均来源于 2012-2022 年的《中国城市统计年鉴》以及各城市统计年鉴，剔除了西藏、新疆等省份数据缺失

严重的部分城市样本，由于数据的可得性，暂不考虑港澳台地区的城市，对个别变量缺失的数据，采用线性插值法进行缺失值处理。本文共获得 287 个地级市的面板数据。以上各变量的描述性统计见表 4.1。

表 4.1 其他变量

	变量名称	变量衡量方式
中介变量	人力资本 (<i>hum</i>)	普通高等学校在校学生数取对数
	融资约束 (<i>fin</i>)	年末金融机构各项贷款余额/GDP
控制变量	对外开放程度 (<i>Open</i>)	当年实际利用外资金额取对数
	教育投入强度 (<i>Edu</i>)	教育投入/财政支出
	产业结构 (<i>Indu</i>)	第二产业增加值和第三产业增加值的总额/GDP
	政府干预 (<i>Gov</i>)	财政收入/财政支出
	资本投入 (<i>Fix</i>)	固定资产投资总额取对数

4.1.2 模型设定

(1) 基准回归模型

在内生增长理论模型基础上加入数据要素代表数字经济发展水平，设定新的函数：

$$Innov = F(K, L, D, \mathbf{X}) \quad (4.1)$$

其中，*Innov* 为城市创新水平，*K* 表示资本投入，*L* 表示劳动力投入，*D* 为数字经济发展水平， \mathbf{X} 表示控制变量。结合本文研究，面板固定模型设定如下：

$$Innov_{it} = \beta_0 + \beta_1 Dig_{it} + \beta_2 Control_{it} + u_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (4.2)$$

其中，*Innov* 代表城市创新水平，*Dig* 是数字经济发展水平，*Control_{it}* 为控制变量包括对外开放程度 (*Open*)、教育投入强度 (*Edu*)、产业结构 (*Indu*)、政府干预 (*Gov*)、资本投入 (*Fix*)， β 表示常数项和各解释变量的回归系数， u_i 为地区 *i* 的固定效应， λ_t 为时间 *t* 的固定效应， ε_{it} 为随机扰动项，即地区 *i* 在时期 *t* 受到的随机因素影响。

(2) 中介效应模型

考虑到数字经济是数字技术赋能传统经济,使得技术支持创新发展更有效率,机制路径的变量要与数字经济密切关联,同时又要与被解释变量存在一定的联系。因此,本文将从以下三个方面推论进行实证验证:数字经济可能会提高人力资本水平、缓解融资约束进而影响城市创新水平。为进一步探索数字经济赋能城市创新创业的实现路径,本文使用中介效应模型试图厘清数字经济、人力资本、融资约束与城市创新创业的内在关系。模型设定如下:

$$Innov_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Dig_{it} + \alpha_2 Control_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (4.3)$$

$$Med_{it} = \theta_0 + \theta_1 Dig_{it} + \theta_2 Control_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (4.4)$$

$$Innov_{it} = \beta_0 + \beta_1 Dig_{it} + \beta_2 Med_{it} + \beta_3 Control_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (4.5)$$

由于上述模型可能出现直接效应和间接效应相互抵消的遮掩效应,因此需要进行中介效应检验。由于 Bootstrap 具有较高的统计效力,本文选取 Bootstrap 检验中介效应,设定为 1000 次,95%的置信区间,若这个置信区间不包含 0,则拒绝系数乘积为 0 的原假设,说明中介效应显著。

(3) 面板分位数回归模型

本文引入面板分位数回归模型研究全国 287 个城市创新水平,研究不同城市创新水平下数字经济赋能城市创新的异质性影响。Koenker 和 Bassett 在 1978 年引入分位数回归模型 (QRM),本文借鉴芦婷婷和祝志勇 (2021) 的做法,使用面板分位数模型进行参数估计,把被解释变量看成是一个函数分布,依据最小化加权的残差绝对值求和,用来估计解释变量处于被解释变量不同分位点时的影响。设定面板分位数模型如下:

$$Innov_{it\tau} = \alpha_{0\tau} + \alpha_{1\tau} Dig_{it\tau} + \beta_{i\tau} Control_{it\tau} + \varepsilon_{it\tau} \quad (4.6)$$

其中,下标 τ 表示分位点 (本文选取 0.1、0.25、0.5、0.75 和 0.9 五个分位点),其他符号及变量设定同上。

(4) 空间计量模型

城市创新不仅在时间上具有连贯性,在空间上也可能产生溢出效应,空间计量模型作为区域经济和地理研究的结合,是研究空间依赖性与空间异质性的有效工具。为获得拟合效果最优的空间计量模型,借鉴张梁等 (2021)、孙久文和姚鹏 (2014) 的研究,引入空间杜宾模型来进一步研究数字经济对城市创新水平的空间效应,构建模型如下:

$$Innov_{it} = \alpha_i + \rho \sum_{j=1}^n WInnov_{jt} + \beta_1 Dig_{it} + \beta_2 Control_{it} + \phi \sum_{j=1}^n WControl_{jt} + \lambda Wu_i + \varepsilon_i \quad (4.7)$$

其中, i, j 代表不同城市, t 表示时间, W 为空间权重, ρ 为被解释变量的空间回归系数, ϕ 是解释变量的空间回归系数, λ 为空间误差回归系数, 其他符号和变量的设定同上文。

4.2 数字经济对城市创新水平的影响效应分析

4.2.1 数字经济对城市创新水平的直接效应

本文基于 2011 年到 2021 年全国 287 个地级市（除港澳台、西藏、新疆部分数据缺失严重的地级市）的面板数据, 使用 Stata16.0 进行实证检验。首先由于核心解释变量为综合评价指标, 易与其他解释变量产生多重共线性, 故选择方差膨胀因子进行检验, 显示 VIF 值均小于 2, 表示模型不存在严重的多重共线性问题, 然后通过 Hausman 检验和 LR 检验, 选择面板双固定效应回归模型进行回归, 为保证结果较为稳健, 本文通过逐步引入控制变量, 考察在多变量动态组合效应情况下数字经济与城市创新创业水平间关系的适应性, 具体回归结果见表 4.2, 其中 (1)、(2) 列表示基准回归模型结果。

为分析数字经济对城市创新水平的影响效应, 对模型 (1) 进行固定效应估计。表 4.2 的第 (1) 和 (2) 列分别是未加入控制变量情况下的随机效应和城市与时间双固定效应回归结果, 第 (3) 和 (7) 列分别是逐步加入控制变量的回归结果。从回归结果可以看出, 未加入控制变量情况下城市和时间双固定效应回归模型, 数字经济对城市创新的影响系数是 1.4591, 大于随机效应的回归系数, 且均在 0.01 的水平下显著, 说明数字经济的发展能够显著提升城市创新能力。此外, 从逐步加入控制变量的结果看, 政府干预、教育投入强度、产业结构和资本投入均在 0.01 的水平上显著, 且系数都为正, 能够显著城市创新能力, 充分说明政府干预、教育投入强度、产业结构和资本投入对我国城市创新水平具有积极的正向影响, 从而验证了假设 1。其中, 政府干预在提升城市创新水平中通过政府政策、财政支持起着引导作用, 为企业创新、技术革新指引方向, 从而推动城市创新水平的提升; 高校是企业重要的创新人才来源, 教育的投入为城市创新活

动、企业技术研发提供了基础的创新人才，教育投入的强度关系到创新人才的成长，关系到城市创新活动的人才储备；产业结构和资本投入是经济增长的重要因素，也是企业发展的基础。而对外开放程度虽然在 0.01 水平上显著，但是其系数为负，对城市创新水平起到一定的负向作用，这是因为开放使得国外技术进入国内，给与了企业技术支持，致使过于依赖国外技术而不进行技术研发，导致城市创新水平不高。

表 4.2 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	<i>Innov</i>	<i>Innov</i>	<i>Innov</i>	<i>Innov</i>	<i>Innov</i>	<i>Innov</i>	<i>Innov</i>
<i>Dig</i>	1.0747*** (0.0417)	1.4591*** (0.3782)	1.4652*** (0.3735)	1.3300*** (0.3492)	1.2389*** (0.3229)	1.0523*** (0.2847)	0.6839*** (0.1985)
<i>Open</i>			-0.0112*** (0.0027)	-0.0053*** (0.0030)	-0.0060*** (0.0029)	-0.0113*** (0.0029)	-0.0096*** (0.0031)
<i>Gov</i>				0.6030*** (0.1085)	0.3303*** (0.1125)	0.5424*** (0.1275)	0.4171*** (0.1163)
<i>Edu</i>					1.0262*** (0.1501)	0.6457*** (0.1426)	0.4283*** (0.1268)
<i>Indu</i>						1.4262*** (0.1653)	1.3489*** (0.1552)
<i>Fix</i>							0.0690*** (0.0069)
<i>cons</i>	0.7517*** (0.0032)	0.7321*** (0.0192)	0.8414*** (0.0342)	0.6670*** (0.0464)	0.9157*** (0.0563)	-0.3850** (0.1670)	-0.3950** (0.1569)
时间固定	否	是	是	是	是	是	是
个体固定	否	是	是	是	是	是	是
<i>N</i>	3157	3157	3157	3157	3157	3157	3157
<i>R</i> ²	0.4715	0.4095	0.4780	0.4414	0.4821	0.4715	0.4829

4.2.2 数字经济对城市创新水平的分维度回归分析

为了进一步分析数字经济对城市创新各个维度的影响，分别对城市创新的五个维度，即新建企业数量（*enter*）、吸引外来投资（*invest*）、吸引风险投资（*risk*）、专利授权数量（*patent*）和商标注册数量（*brand*）进行回归，回归结果见表 4.3。在城市和时间双固定的情况下，加入控制变量后，数字经济对城市创新各个维度的影响系数显著为正，且在 0.01 水平下均显著。进一步验证了数字经济促进城市创新能力的提升。

表 4.3 分维度回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>enter</i>	<i>invest</i>	<i>risk</i>	<i>patent</i>	<i>brand</i>
<i>Dig</i>	0.8714*** (0.2462)	0.9191*** (0.2552)	0.4538*** (0.1427)	0.6263*** (0.1743)	0.7963*** (0.2249)

<i>Open</i>	-0.0087*** (0.0033)	-0.0104*** (0.0033)	-0.0052*** (0.0031)	-0.0046*** (0.0017)	-0.0127*** (0.0031)
<i>Gov</i>	0.5978*** (0.1325)	0.3797*** (0.1191)	0.1918* (0.1018)	0.3156*** (0.0716)	0.6192*** (0.1156)
<i>Edu</i>	0.7726*** (0.1467)	0.6424*** (0.1355)	0.3790*** (0.1309)	0.1474* (0.0889)	0.4895*** (0.1354)
<i>Indu</i>	1.3584*** (0.1584)	1.2918*** (0.1596)	1.3051*** (0.1594)	0.7514*** (0.0976)	1.1691*** (0.1583)
<i>Fix</i>	0.0821*** (0.0078)	0.0854*** (0.0087)	0.0509*** (0.0074)	0.0455*** (0.0049)	0.0766*** (0.0079)
<i>cons</i>	-0.4319*** (0.1575)	-0.3167** (0.1558)	-0.3306*** (0.1642)	0.0889*** (0.0962)	-0.2588* (0.1489)
时间固定	是	是	是	是	是
个体固定	是	是	是	是	是
<i>N</i>	3157	3157	3157	3157	3157
<i>R</i> ²	0.4418	0.4250	0.4793	0.4576	0.4466

4.2.3. 稳健性与内生性检验

(一) 内生性检验

本文的研究内容是数字经济对城市创新的影响，一方面城市创新生态圈的构建均不开数字经济的快速发展，另一方面创新者的正向溢出效应在推动城市数字技术发展和应用的过程中也发挥重要的推动作用。在研究中，需要考虑到遗漏变量偏差、变量度量误差以及互为因果关系等因素可能带来的内生性问题。具体来说，首先，所选取的控制变量可能未能完全覆盖影响城市区域创新的所有外部因素，导致遗漏变量偏差；其次，用于衡量数字经济发展水平和城市创新水平的指标可能存在一定的度量误差；最后，创新水平较高的城市可能会采取激励措施来推动数字经济发展，形成了互为因果关系。这些因素都可能导致估计结果的偏误，因此有必要进行内生性检验来验证研究结果的可靠性和准确性。本文试图通过工具变量法来缓解模型中的内生性问题，借鉴韩璐（2021）的做法，用杭州市到各地级市的球面距离作为工具变量，采用工具变量二阶段最小二乘法和系统 GMM 方法来解决内生性问题，回归结果如表 4.4。

表 4.4 内生性检验果

变量	2SLS		系统 GMM
	第一阶段	第二阶段	
<i>L.Innov</i>			0.5783*** (0.0779)
<i>IV</i>	0.0007*** (0.0001)		
<i>Dig</i>		0.9739***	1.1693

		(0.3708)	(0.4258)
<i>Open</i>	0.0008*** (0.0003)	-0.0094*** (0.0031)	0.0095 (0.0090)
<i>Gov</i>	0.0104 (0.0096)	0.4465*** (0.1153)	0.1109 (0.1388)
<i>Edu</i>	0.0225 (0.0238)	0.4787*** (0.1159)	1.0382*** (0.3403)
<i>Indu</i>	0.0420*** (0.0127)	1.3341*** (0.1553)	0.7350*** (0.2796)
<i>Fix</i>	0.0042*** (0.0007)	0.0652*** (0.0072)	0.0384 (0.0160)
<i>cons</i>			-0.2526 (0.3330)
时间固定	是	是	是
个体固定	是	是	是
<i>N</i>	3157	3157	3157
Cragg Donald Wald F 统计量		2758.04	
AR(1)			[0.000]
AR(2)			[0.416]
Sargen			[0.000]
Hansen			[0.892]

表 4.4 中为使用工具变量的二阶段最小二乘法 (IV-2SLS) 和系统 GMM 的估计结果, 从 2SLS 估计结果看出, 模型通过了内生性检验和弱工具变量检验, 说明模型存在内生性, 故可以使用工具变量且选取的工具变量是有效的, 利用工具变量法缓解了内生性问题后, 数字经济对城市创新水平的影响系数仍在 0.01 的水平下显著为正, 说明在考虑内生性后, 数字经济对城市创新水平的提升具有显著的正向促进作用这一结论依然成立。从系统 GMM 估计结果看, 一方面, 随机扰动项均存在一阶自相关但不存在二阶自相关; 另一方面, Sargen 检验和 Hansen 检验结果均指出工具变量不存在过度识别问题, 所有工具变量都是外生变量, 说明系统 GMM 估计结果是有效的。同时, 系统 GMM 估计结果与基准回归结果基本一致, 各变量的系数和显著性均无明显差别, 也进一步证明了模型的稳健性。

(二) 稳健型检验

(1) 剔除特殊城市样本

考虑到我国副省级城市、省会城市和计划单列市等具有特殊的政治经济地位, 创新可能会受到更多公共政策的偏向性照顾, 且这些城市的数字经济水平明显优于其他城市, 为保证结果的稳健性, 本文剔除特殊城市样本来考察数字经济对城市创新水平的作用效果, 重新检验, 回归结果见表 4.5 中列 (1)。可知, 剔

除掉特殊城市样本后，数字经济对城市创新水平的影响系数为 1.8597，相比主回归模型，核心解释变量数字经济发展水平的系数出现了变化，但依然在 0.01 的水平下显著，假设 1 的检验结果依然保持稳健。

(2) 缩尾处理

由于 2021 年新冠疫情的影响，使得经济发展受到一定的影响，城市经济发展受阻，企业技术研发搁置，因此去除 2021 年城市样本数据考察数字经济对城市创新水平的影响，以缓解疫情对经济的影响，回归结果见表 4.5 中列 (2)。可以看出，虽然相比于主回归结果的系数，其数字经济对城市创新水平的影响系数变为了 0.5292，但在 0.01 水平下依旧显著，验证了假设 1 成立。

(3) 替换解释变量

借鉴现有关于数字经济研究的普遍做法，利用北京大学数字金融中心编制的《数字普惠金融指数研究报告》中的地级城市层面的数字普惠金融指数替换本文测度的数字经济发展水平重新进行检验。回归结果见表 4.5 中列 (3)。可以看出，数字经济发展水平的显著性没有质的改变，仍然保持了显著性特征，说明假设 1 依然成立。

表 4.5 稳健性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)
	<i>Innov</i>	<i>Innov</i>	<i>Innov</i>
<i>Dig</i>	1.8590*** (0.5850)	0.5292*** (0.1733)	0.8229*** (0.0429)
<i>Open</i>	-0.0099*** (0.0033)	-0.0086*** (0.0032)	-0.0035* (0.0019)
<i>Gov</i>	0.4105*** (0.1156)	0.5332*** (0.1265)	0.1068 (0.0663)
<i>Edu</i>	0.4051*** (0.1439)	0.3414*** (0.1299)	0.0461 (0.0893)
<i>Indu</i>	1.3041*** (0.1543)	1.3288*** (0.1517)	0.5549*** (0.1077)
<i>Fix</i>	0.0621*** (0.0078)	0.0757*** (0.0090)	0.0141*** (0.0053)
<i>cons</i>	-0.4019** (0.1545)	-0.4281*** (0.1573)	0.1751* (0.1014)
时间固定	是	是	是
个体固定	是	是	是
<i>N</i>	2827	2870	3157
<i>R</i> ²	0.4586	0.4319	0.5963

4.3 数字经济对城市创新水平的传导机制检验

4.3.1 人力资本和融资约束的中介效应分析

目前,中介效应模型的使用在学界有较多争议,本文借鉴江艇(2022)对经验研究中中介效应的认识,在前面理论分析中详细介绍了人力资本和融资约束在数字经济对城市创新水平影响中的联系,并在中介效用分析的过程中使用有较高的统计效力的 Bootstrap 方法代替三步回归法检验中介效应对假设 3 进行检验(温忠麟和叶宝娟,2014)。设定检验 1000 次,95%的置信区间,若这个置信区间不包含 0,则拒绝系数乘积为 0 的原假设,说明中介效应显著,Bootstrap 检验结果见表 4.6。

表 4.6 Bootstrap 中介效应检验结果

被解释变量	中介变量	效应分析	系数	标准误	95%置信区间	
<i>Innov</i>	人力资本	直接效应	0.3075***	0.0408	0.2274	0.3875
		间接效应	0.1674***	0.0357	0.0974	0.2374
	融资约束	直接效应	0.2101***	0.0346	0.1424	0.2779
		间接效应	0.2647***	0.0558	0.1553	0.3741

表 4.6 的结果显示人力资本的直接效应系数为 0.3075,间接效应系数为 0.1674,且均在 0.01 显著性水平下显著,说明数字经济可以通过提高人力资本水平对城市创新能力产生正向的促进作用,假设 2 得到验证。同时数字经济通过人力资本影响城市创新水平的间接效应要小于数字经济对城市创新水平的直接效应,因此数字经济对城市创新水平的促进作用以直接影响为主。另外,融资约束的直接效应系数为 0.2101,间接效应系数为 0.2647,且均在 0.01 显著性水平下显著,说明数字经济可以通过缓解融资约束对城市创新能力产生正向的促进作用,假设 2 同样得到验证。同时数字经济通过融资约束影响城市创新水平的间接效应大于数字经济对城市创新水平的直接效应,因此通过缓解企业融资约束,可以进一步提升城市创新水平。

表 4.7 影响机制的检验结果

	人力资本		融资约束	
	(1)	(2)	(3)	(4)
	人力资本	<i>Innov</i>	融资约束	<i>Innov</i>
<i>Dig</i>	1.9411*** (0.5767)	0.5737*** (0.1788)	4.6683*** (0.9608)	0.4280** (0.1729)
人力资本		0.0567*** (0.0138)		
融资约束				0.0548*** (0.0173)
控制变量	控制	控制	控制	控制
时间固定	是	是	是	是
个体固定	是	是	是	是
<i>N</i>	3157	3157	3157	3157
<i>R</i> ²	0.4017	0.4155	0.4385	0.4955

表 4.7 报告了人力资本和融资约束在数字经济影响城市创新水平提升中的机制识别检验结果。根据中介效应系数判定法，表 4.7 的 (1) (3) 列结果显示各中介变量对于数字经济发展水平的回归均显著为正；表 4.7 的 (2) (4) 列结果显示城市创新水平对于数字经济和各中介变量的回归显著为正，且数字经济的回归系数较基准回归系数均有不同程度的下降，可以判断检验结果符合中介模型的系数变化规律，人力资本和融资约束这两个变量的中介效应客观存在，由此假设 2 得证，即人力资本和融资约束是数字经济影响城市创新水平的重要中介。

4.3.2 数字经济对城市创新水平的异质性分析

(1) 区域异质性

由于地理位置的不同，不同城市在经济发展水平、基础设施建设等方面存在较大差异，我国数字经济发展以及城市创新水平呈现出空间异质性特征。数字经济对城市创新水平的影响可能也会因城市所处地理位置的不同而存在差异。因此，本文进一步将研究样本划分为东部、中部和西部地区进行区域异质性检验。回归结果如表 4.8 所示。

表 4.8 中东西异质性检验

变量	东部 <i>Innov</i>	中部 <i>Innov</i>	西部 <i>Innov</i>
<i>Dig</i>	1.1854** (0.5211)	1.5443*** (0.5298)	1.3766* (0.7857)
<i>Open</i>	-0.0266*** (0.0046)	0.0041 (0.0044)	-0.0077* (0.0048)

<i>Gov</i>	0.9898*** (0.0927)	0.5354*** (0.1093)	0.1210 (0.1775)
<i>Edu</i>	0.0936 (0.1231)	0.7210*** (0.1786)	0.2310 (0.2797)
<i>Indu</i>	1.2257*** (0.2570)	1.3335*** (0.1999)	1.2069*** (0.2614)
<i>Fix</i>	0.0578*** (0.0114)	0.0528*** (0.0099)	0.0818*** (0.0120)
<i>cons</i>	-0.1490 (0.2370)	-0.5091** (0.2029)	-0.3652 (0.2580)
时间固定	是	是	是
个体固定	是	是	是
<i>N</i>	1100	1100	957
<i>R</i> ²	0.4451	0.5182	0.4939

由上表可知，在东部城市中数字经济对东部城市创新水平的系数为 1.1854，且在 5% 的水平上显著，而数字经济对中部和西部城市创新水平的回归系数分别为 1.5443 和 1.3766，均在 0.01 的水平上显著，表明数字经济对中部和西部城市创新水平具有更明显的促进作用，数字经济在中西部城市能产生更多的创新正面效应。这是因为东部地区凭借优越的地理位置和更高的经济发展水平吸引大量资本，规模经济形成的正外部性成为影响城市创新水平的重要因素，从而使东部城市在数字经济发展过程中表现出明显的“数字红利”，但“数字红利”的先发优势对东部地区创新水平提升的作用逐渐减弱，东部城市的创新水平已处于较为成熟的阶段，数字经济发展能发挥的边际效用较小，而在中西部城市，数字基础设施还在建设中，数字经济发展刚刚起步，数字经济发展能够发挥更大的边际效用。

(2) 城市等级异质性

不同城市通常会因城市级别而存在资源禀赋、技术水平等方面差异，使得数字经济对城市创新效应产生不同影响。为探究数字经济对不同等级城市创新水平提升的影响，本文按照第一财经发布的《2020 城市商业魅力排行榜》城市等级的划分依据，考虑到不同组别之间样本数量的均衡性，借鉴张梁等(2021)的研究成果，将新一线城市与一线城市合并为新的新一线城市进行检验，用此标准将全部城市样本划分为一线城市 15 个、二线城市 30 个、三线城市 70 个以及剩余城市为其他城市 172 个。基于城市等级分类的异质性分析结果如表 4.9 所示。

表 4.9 城市等级异质性检验

变量	一线城市 <i>Innov</i>	二线城市 <i>Innov</i>	三线城市 <i>Innov</i>	其他线城市 <i>Innov</i>
<i>Dig</i>	0.4865* (0.2521)	0.8286*** (0.1996)	1.5517*** (0.5106)	3.8209*** (0.7137)
<i>Open</i>	0.0017	-0.0022	0.0036	-0.0108***

	(0.0050)	(0.0035)	(0.0061)	(0.0036)
<i>Gov</i>	0.0595 (0.0720)	0.4083*** (0.1348)	0.9066*** (0.1325)	0.3675*** (0.1170)
<i>Edu</i>	0.0835 (0.0657)	0.1796 (0.1282)	0.1669 (0.1923)	0.3422* (0.1745)
<i>Indu</i>	0.8733*** (0.1822)	0.6254** (0.2307)	1.9126*** (0.1649)	1.1179*** (0.1794)
<i>Fix</i>	0.0139** (0.0053)	0.0215** (0.0082)	0.0503*** (0.0122)	0.0534*** (0.0086)
<i>cons</i>	0.1013 (0.1717)	0.2923 (0.2244)	-1.0981*** (0.1547)	-0.3394* (0.1751)
时间固定	是	是	是	是
个体固定	是	是	是	是
<i>N</i>	209	330	770	1848
<i>R</i> ²	0.4863	0.4813	0.6245	0.4752

可以看出，数字经济对城市创新水平的影响在不同等级城市表现出显著差异。数字经济对一线城市创新水平的影响系数为 0.4865，在 0.1 的水平下显著，而数字经济对二线城市、三线城市和其他线城市创新水平的影响系数分别为 0.8286、1.5517 和 3.8209，且均在 0.01 水平下显著，表明数字经济对等级较低城市创新水平提升的正向效应更显著。这是因为一线城市有着较为完备的科技基础设施，人才、技术要素集聚水平较高，数字经济发展水平更高，但数字经济的促进效应遵循边际效应递减规律，数字经济发展对一线城市创新水平的“红利”逐渐减弱；但二线和三线城市还处在技术的普及阶段，数字经济发展水平较低，对创新能力提升的正向效应未得到充分释放，因而其所承接的数字技术仍然能够维持较高的边际效用，剩余的其他线城市则应完善数字基础设施，抓住信息化革命浪潮，同时需要较强的政策扶持，借力数字经济快速提升城市创新水平。

(3) 时间异质性

由于 2016 在中国杭州举办的 G20 峰会上，中国开创性地将数字经济列为创新增长的重要议题，推动并参与制定《G20 数字经济发展与合作倡议》获得通过，故我国数字经济发展水平在时间上也存在显著的时间异质性。本文借鉴刘波和洪兴建（2022）做法，将时间划分为 2011-2016 年和 2017-2021 年两个时间段，探究不同时间段数字经济对城市创新水平的影响，回归结果见表 4.10。

表 4.10 时间段异质性

变量	2011-2016 <i>Innov</i>	2017-2021 <i>Innov</i>
<i>Dig</i>	1.3442** (0.6182)	1.3865*** (0.4768)
<i>Open</i>	-0.0142***	-0.0005

	(0.0037)	(0.0019)
<i>Gov</i>	0.6434*** (0.1858)	0.0044 (0.0718)
<i>Edu</i>	0.1252 (0.1265)	0.0796 (0.1548)
<i>Indu</i>	0.7810*** (0.2892)	0.3410*** (0.1151)
<i>Fix</i>	0.1648*** (0.0193)	0.0217*** (0.0049)
<i>cons</i>	-0.0340 (0.2689)	0.5111*** (0.1239)
时间固定	是	是
个体固定	是	是
<i>N</i>	1722	1435
<i>R</i> ²	0.4858	0.4529

分时间段来看，数字经济对城市创新水平的影响在不同时间段表现出显著差异。在 2011-2016 年，数字经济对城市创新水平的影响系数为 1.3442，在 0.05 的水平下显著，而在 2017-2021 年数字经济城市创新水平的影响系数分为 1.3865，但显著性增强，在 0.01 水平下显著，说明随着《G20 数字经济发展与合作倡议》的通过，2016 年后数字经济在国家的大力支持下快速发展，对城市创新水平的提升起到了积极的促进作用。

(4) 分位数回归

为进一步研究不同发展水平下数字经济对城市创新水平的影响效应，本文采用面板分位数模型进行回归，回归结果见表 4.11。

表 4.11 分位数回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	0.10 分位数	0.25 分位数	0.50 分位数	0.75 分位数	0.90 分位数
<i>Dig</i>	0.5132 (0.4772)	0.6001* (0.3173)	0.7058*** (0.1362)	0.7765*** (0.0892)	0.8190*** (0.1368)
<i>Open</i>	-0.0132 (0.0119)	-0.0113 (0.0079)	-0.0091*** (0.0034)	-0.0076*** (0.0022)	-0.0067** (0.0034)
<i>Gov</i>	0.6706* (0.3530)	0.5415** (0.2347)	0.3846*** (0.1009)	0.2797*** (0.0661)	0.2165** (0.1013)
<i>Edu</i>	0.2416 (0.5568)	0.3367 (0.3702)	0.4522*** (0.1589)	0.5295*** (0.1041)	0.5760*** (0.1596)
<i>Indu</i>	2.0284*** (0.5398)	1.6823*** (0.3591)	1.2615*** (0.1550)	0.9802*** (0.1015)	0.8109*** (0.1551)
<i>Fix</i>	0.0729*** (0.0245)	0.0709*** (0.0163)	0.0685*** (0.0070)	0.0669*** (0.0046)	0.0660*** (0.0070)
时间固定	是	是	是	是	是
个体固定	是	是	是	是	是

由上表可知，0.1、0.25、0.5、0.75 和 0.9 分位点处数字经济的影响系数分别为 0.5132、0.6001、0.7058、0.7765 和 0.8190，在 0.1 分位点不显著，在 0.25

分位点处，在 0.1 显著性水平上显著，在 0.5、0.75 和 0.9 三个分位点出，均在 0.01 显著性水平上显著；并且随着分位数水平的增加，数字经济的影响系数逐渐增大，这说明数字经济对城市创新水平存在显著的异质效应，城市创新水平越高的地区数字经济促进效果越显著，驱动效应越大。且教育投入强度的系数随城市创新水平的提高而显著变大，而对外开放程度在以上每个分位点处的回归系数均显著为负，说明对外开放程度并没有达到预期效果，这可能是由于开放引入了国外的资本和技术，企业使用国外技术而减少了科研投入，使得创新能力减弱，不利用城市创新水平的提高。因此通过加大教育投入、政府积极发挥引导作用且要加快传统产业结构转型升级，提升城市创新水平，发挥数字经济的赋能效应，同时加快发展数字经济的步伐，从而有效地利用数字经济的积极作用，为城市创新水平增添新动力。

4.4 数字经济对城市创新水平影响的空间效应分析

4.4.1 数字经济和城市创新水平的空间相关性分析

为判断各城市数字经济发展水平和城市创新水平的具体转移规律以及邻域城市对本区域城市的影响，以及验证各城市是否存在空间关联性以及是否发生空间集聚和空间跃迁现象，因此需要进行空间相关性检验，检验其是否在空间上具有相关性以及相关程度如何。本文采用 Moran's I (王军等, 2021)、赫国胜和刘璇 (2023) 刻画各城市数字经济发展水平和城市创新水平是否存在空间相关性。

Moran's I 是空间邻域单元属性的相似程度的重要指标，Moran's I 值在(0, 1]说明存在空间正相关关系，表示数字经济发展水平或城市创新水平较高(或较低)的区域在空间分布上呈现集聚现象，数值越大集聚现象越明显；反之，若 Moran's I 值在[-1, 0)说明存在空间负相关的关系，则表明数字经济发展水平或城市创新水平具有显著的空间差异，数值越大，空间差异越大；0 值表示不存在相关关系，空间呈随机性，其显著程度根据 P 值的大小进行判断。Moran's I 的计算公式如下：

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \sum_{i=1}^n (x_j - \bar{x})} \quad (4.8)$$

本文中 W 表示空间邻接 0-1 矩阵，数字经济发展水平的 Moran's I 及其 P 值计算结果见表 4.12，城市创新水平的 Moran's I 及其 P 值计算结果见表 4.13。

表 4.12 2011-2021 年数字经济发展水平的全局 Moran's I

类型	时间	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
W	Moran's I	0.060	0.065	0.070	0.070	0.069	0.061	0.070	0.061	0.063	0.066	0.068
	p-value	0.013	0.009	0.010	0.009	0.010	0.019	0.009	0.019	0.018	0.017	0.015

表 4.13 2011-2021 年城市创新水平的全局 Moran's I

类型	时间	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
W	Moran's I	0.325	0.293	0.331	0.271	0.273	0.323	0.334	0.327	0.386	0.412	0.423
	p-value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

表 4.12 为数字经济发展水平的全局 Moran's I 及其 P 值的计算结果，结果显示：以 W 空间矩阵计算得到的全局 Moran's I 指数均大于 0，表明数字经济发展水平具有明显的空间正相关性，但空间集聚现象并不明显。表 4.13 为城市创新水平的全局 Moran's I 及其 P 值的计算结果，结果显示：以 W 空间矩阵计算得到的全局 Moran's I 指数均显著大于 0，且随着时间逐年增大，说明城市创新水平的空间正相关性逐年增强，空间集聚现象明显，创新水平高的城市往往更易对邻近城市发挥空间溢出作用。

4.4.2 数字经济对城市创新水平的空间溢出效应分析

通过上文发现城市数字经济和城市创新水平均具有显著的空间正自相关性，这说明被解释变量城市创新水平和核心解释变量数字经济发展水平均有显著的空间自相关性。因此，为了验证假设 4，本文借鉴张梁等（2021）的研究，引入空间杜宾模型来进一步研究数字经济对城市创新水平的空间效应。空间杜宾模型回归结果见表 4.14。

表 4.14 空间杜宾模型回归结果

变量	W <i>Innov</i>	直接效应 <i>Innov</i>	间接效应 <i>Innov</i>	总效应 <i>Innov</i>
<i>Dig</i>	0.3952*** (0.0738)	1.1345*** (0.2474)	0.2866*** (0.0781)	1.4211*** (0.2163)
<i>Open</i>	-0.0030*** (0.0013)	-0.0041*** (0.0013)	-0.0146*** (0.0034)	-0.0187*** (0.0039)
<i>Gov</i>	0.0577 (0.0393)	0.0905** (0.0379)	0.4314*** (0.0814)	0.5219*** (0.0861)

<i>Edu</i>	0.0672 (0.0652)	0.0927 (0.0625)	0.4229*** (0.1646)	0.5156*** (0.1822)
<i>Indu</i>	0.4246*** (0.0648)	0.5185*** (0.0611)	1.2941*** (0.1336)	1.8127*** (0.1440)
<i>Fix</i>	0.0176*** (0.0032)	0.0230*** (0.0032)	0.0707*** (0.0080)	0.0937*** (0.0088)
<i>W * Dig</i>	0.9806*** (0.1226)			
<i>W * Open</i>	-0.0030*** (0.0013)			
<i>W * Gov</i>	0.0577*** (0.0393)			
<i>W * Edu</i>	0.0672** (0.0652)			
<i>W * Indu</i>	0.4246*** (0.0648)			
<i>W * Fix</i>	0.0176*** (0.0050)			
时间固定				是
个体固定				是
<i>rho</i>				0.4959*** (0.0178)
<i>sigma</i>				0.0030*** (0.0001)
<i>N</i>				3157
<i>R</i> ²				0.5112

从表 4.14 回归结果可以看出，主效应回归结果中数字经济对城市创新水平的影响显著为正，与前文基准回归结果相符，进一步验证了基准回归结果的可靠性。回归结果中，数字经济的空间滞后项系数为 0.9806，在 0.01 的水平下显著，说明数字经济对城市创新水平可能存在空间溢出效应，同时，因为在空间计量模型中，由于简单的点估计可能导致回归结果出现偏误，本文使用偏微分进行分解，即分解为表中的直接效应、间接效应和总效应来分析数字经济对本城市与周边邻近城市创新水平的影响。由上表可知，数字经济直接效应、间接效应与总效应的系数分别为 1.1345、0.2866 和 1.4211，且均在 0.01 的水平下显著，这说明数字经济对城市创新水平的促进效用主要体现在直接影响上，间接影响的系数显著为正说明数字经济对城市创新水平存在空间溢出效应，即本地区城市数字经济的发展会对邻近地区的创新水平有正向促进作用。数字经济对城市创新水平存在空间溢出效应的原因可能是本地数字经济发展所带来的涓滴效应，即本地城市数字经济的发展带动本城市创新水平提升的同时，更多生产技术、数据要素等生产资料会流向邻近地区，使得周边邻近城市创新水平提升。

5 结论与建议

5.1 主要结论

本文根据数字经济的内涵,构建城市层面数字经济指标体系并对其进行统计测度,综合运用 Kernel 密度函数、Dagum 基尼系数及其分解、全局 Moran's I 的方法分析了我国 287 个地级市数字经济发展水平和城市创新水平的时空演变特征。同时基于 2011-2021 年我国 287 个地级市(除港澳台、西藏等城市)的面板数据,运用双向固定效应模型、中介效应模型、面板分位数模型和空间杜宾模型等计量模型在理论上实证分析数字经济对城市创新水平的影响效应。研究发现:第一,我国数字经济发展水平和城市创新水平整体呈上升趋势,有轻微的多极化现象出现,并且各城市之间的发展差距在逐渐扩大。第二,我国城市数字经济发展水平的总体区域差异呈现波动中缓慢上升趋势,区域间差异是数字经济发展水平主要差异来源;而我国城市创新水平的区域差异整体上呈逐年下降趋势,并且呈现收敛性特征。第三,数字经济能显著提升城市创新水平,且数字经济对城市创新水平的各个维度均有显著的促进作用,在剔除特殊城市样本、缩尾处理、替换解释变量方法进行稳健性检验后,该结论依然成立。第四,数字经济可以通过提高人力资本水平和缓解融资约束对城市创新水平产生积极的促进作用,且数字经济对城市创新水平的促进作用存在显著的区域异质性、城市等级异质性和时间异质性,在中西部地区城市、城市等级较低的城市和数字经济战略确定后,创新的效应更为显著,即数字经济发展有助于平衡区域发展,同时城市创新水平越高的地区数字经济对城市创新水平的促进效果越强,数字经济的快速发展在一定程度上扩大了我国城市间创新水平的差距。第五,数字经济的发展对城市创新水平存在显著的空间溢出效应,数字经济通过涓滴效应,各城市的创新活动不仅受本地区数字经济发展的影响,也会受到周边城市数字经济活动的影响,使得生产技术、数据要素等生产资料流向邻近地区,促进周边邻近城市创新水平提升。

5.2 政策建议

根据研究结论,当前中国数字经济的发展为城市创新提供了重要动力,为此

提出以下建议：首先，政府应增加公共科技投资，推动数字经济发展，发挥数字经济对城市创新水平的促进作用，为中国迅速进入世界创新领先国家提供支持。科技革命和产业变革需要配套基础设施支持，因此需要投资数字经济基础设施建设和创新，并有效整合政府和社会资金，以推动数字基础科学突破和行业技术不断进步。其次，应继续发展数字技术，提升公民的数字素养，形成促进创新的数字人才循环。要推动数字基础设施的使用，提高创新人才的数字素养，并优化数字教育资源配置，建立高校创新人才储备。另外，发挥金融资金对企业创新的促进作用，通过精准配置信贷资金支持企业研发，促进数字技术和传统产业的融合升级，培育新兴产业。最后，应推动地区间数字经济的平衡发展，消除数字要素流动的壁垒，强化数字经济对创新创业的推动作用。加强区域间数字化平台协作，共享创新资源，缓解城市间发展不平衡问题，实现区域数字经济全面、充分、平衡发展，促进城市创新水平提升。

参考文献

- [1]陈晓东,杨晓霞.数字经济发展对产业结构升级的影响——基于灰关联熵与耗散结构理论的研究[J].改革,2021,No.325(03):26-39.
- [2]陈晓红,李杨扬,宋丽洁等.数字经济理论体系与研究展望[J].管理世界,2022, 38(02):208-224+13-16.
- [3]郭晗,全勤慧.数字经济与实体经济融合发展:测度评价与实现路径[J].经济纵横, 2022,No.444(11):72-82.
- [4]刘洋.数字经济、消费结构优化与产业结构升级[J].经济与管理,2023,37(02):68-75.
- [5]刘翠花.数字经济对产业结构升级和创业增长的影响[J].中国人口科学,2022, No.2 09(02):112-125+128.
- [6]杨虎涛.新发展格局构建与数字经济发展:内在逻辑与政策重点[J].学术月刊, 2021, 53(12):60-73.
- [7]李震.数字经济赋能新发展格局:理论基础、挑战和应对[J].社会科学,2022(03):43-53.
- [8]王军,刘小凤,朱杰.数字经济能否推动区域经济高质量发展?[J].中国软科学, 2023,No.385(01):206-214.
- [9]洪银兴,任保平.数字经济与实体经济深度融合的内涵和途径[J].中国工业经济, 2023,No.419(02):5-16.
- [10]师博,胡西娟.高质量发展视域下数字经济推进共同富裕的机制与路径[J].改革,2022(08):76-86.
- [11]王军,朱杰,罗茜.中国数字经济发展水平及演变测度[J].数量经济技术经济研究, 2021,38(07):26-42.
- [12]姚战琪.数字经济对我国制造业出口竞争力的影响及其门槛效应[J].改革,2022(02):61-75.
- [13]万晓榆,罗焱卿.数字经济发展水平测度及其对全要素生产率的影响效应[J].改革, 2022(01):101-118.
- [14]李健,张金林,董小凡.数字经济如何影响企业创新能力:内在机制与经验证据[J].经济管理, 2022,44(08):5-22.

- [15]韦庄禹.数字经济发展对制造业企业资源配置效率的影响研究[J].数量经济技术经济研究, 2022,39(03):66-85.
- [16]向云,陆倩,李芷萱.数字经济发展赋能共同富裕:影响效应与作用机制[J].证券市场导报, 2022(05):2-13.
- [17]刘伟.政府与平台共治:数字经济统一立法的逻辑展开[J].现代经济探讨,2022,No.482(02): 122-131.
- [18]王菲,刘天军,宋经翔.数字经济发展能提高农业企业加成率吗——基于全国53196家农业企业的微观证据[J].山西财经大学学报,2022,44(11):15-27.
- [19]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.
- [20]曹书维,徐英东,田广辉.数字经济对中国FDI流入动机的影响研究——基于272个城市面板数据的实证分析[J].经济问题探索,2022(05):17-31.
- [21]焦帅涛,孙秋碧.我国数字经济发展测度及其影响因素研究[J].调研世界,2021(07):13-23.
- [21]胡山,余泳泽.数字经济与企业创新:突破性创新还是渐进性创新?[J].财经问题研究,2022(01):42-51.
- [23]赵军,李艳姗,朱为利.数字金融、绿色创新与城市高质量发展[J].南方金融, 2021,No.542(10):22-36.
- [24]中国式现代化研究课题组,高培勇,黄群慧.中国式现代化的理论认识、经济前景与战略任务[J].经济研究,2022,57(08):26-39.
- [25]张杰飞,尚建华,乔彬.数字普惠金融对绿色创新效率的影响研究——来自中国280个地级市的经验证据[J].经济问题,2022,No.519(11):17-26.
- [26]刘新智,张鹏飞,史晓宇.产业集聚、技术创新与经济高质量发展——基于我国五大城市群的实证研究[J].改革,2022(04):68-87.
- [27]陈水生.城市治理数字化转型:动因、内涵与路径[J].理论与改革,2022, No. 243(01):33-46+156.
- [28]鲁玉秀,方行明,张安全.数字经济、空间溢出与城市经济高质量发展[J].经济经纬, 2021,38(06):21-31.
- [29]上官绪明,葛斌华.科技创新、环境规制与经济高质量发展——来自中国 278

- 个地级及以上城市的经验证据[J].中国人口·资源与环境,2020,30(06):95-104.
- [30] 吴焯. 数字金融、绿色创新对城市经济韧性的影响[J].中国流通经济,2023,37(03):97-107.
- [31] 何小钢,黄莹珊,朱国悦.高质量人力资本与中国城市创新能力——来自高校扩招政策的证据[J].当代财经,2022,No.455(10):15-27.
- [32] 陈海波,马琳楠,刘洁.地方经济增长目标对城市经济韧性的影响——基于我国 276 个城市的实证研究[J].华东经济管理,2023,37(03):86-94.
- [33] 杨仁发,魏琴琴.营商环境对城市创新能力的影响研究——基于中介效应的实证检验[J].调研世界,2021(10):35-43.
- [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].管理学刊,2023,36(01):84-101.
- [35] 葛立宇,莫龙炯,张方.数字经济发展与城市区域创新——来自我国 281 个城市的经验证据[J].广东财经大学学报,2022,37(05):18-30+42.
- [36] 刘焯,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(04):89-105.
- [37] 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,No.411(06):61-78.
- [38] 李勇辉,沈波澜,胡舜等.生产性服务业集聚空间效应与城市技术创新——基于长江经济带 108 个城市面板数据的实证分析[J].经济地理,2021,41(11):65-76.
- [39] 韩健,李江宇.数字经济发展对产业结构升级的影响机制研究[J].统计与信息论坛,2022,37(07):13-25.
- [40] 郑江淮,陈喆,冉征.创新集群的“中心—外围结构”:技术互补与经济增长收敛性研究[J].数量经济技术经济研究,2023,40(01):66-86.
- [41] 韩先锋,宋文飞,李勃昕.互联网能成为中国区域创新效率提升的新动能吗[J].中国工业经济,2019(07):119-136.
- [42] 叶云岭,吴传清,张力伟.制造业集聚、空间知识溢出与城市创新绩效——来自中国 283 个城市的证据[J].统计与决策,2023,39(03):73-77.
- [43] 金环,于立宏.数字经济、城市创新与区域收敛[J].南方经济,2021,No.387(12):21-36.

- [44]姚常成,吴康.集聚外部性、网络外部性与城市创新发展[J].地理研究,2022, 41(09):2330-2349.
- [45]张杰,白铠瑞,毕钰.互联网基础设施、创新驱动与中国区域不平衡——从宏观到微观的证据链[J].数量经济技术经济研究,2023,40(01):46-65.
- [46]任保平,何厚聪.中国式现代化新征程中我国数字经济创新体系的构建[J].上海经济研究, 2022,No.411(12):17-26.
- [47]袁瑞彩.数字经济对我国统一大市场建设的影响——基于省级数据的多重效应分析[J].工业技术经济,2023,42(06):3-9.
- [48]肖土盛,孙瑞琦,袁淳等.企业数字化转型、人力资本结构调整与劳动收入份额[J].管理世界, 2022,38(12):220-237.
- [49]俞伯阳.数字经济、要素市场化配置与区域创新能力[J].经济与管理,2022,36(02):36-42.
- [50]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(04):35-45.
- [51]姚圣文,张耀坤,赵兰香.智慧城市试点政策能否助推城市创新水平提升? ——基于多时点 DID 的实证研究[J].科学学与科学技术管理,2022,43(05):85-99.
- [52]林子秋.知识网络、城市合作与绿色创新追赶——基于能源效率技术的分析[J].科技进步与对策,2023,40(08):32-43.
- [53]郭晗,全勤慧.数字经济与实体经济融合发展:测度评价与实现路径[J].经济纵横,2022(11):72-82.
- [54]李清华,何爱平.数字经济对区域经济协调发展的影响效应及作用机制研究[J].经济问题探索,2022,No.481(08):1-13.
- [55]徐胜,梁靓.数字经济对区域创新效率的空间溢出效应——基于创新价值链视角[J].中国流通经济,2023,37(02):55-67.
- [56]彭绪庶.中国式现代化新征程中创新创业的新使命、挑战与应对方略[J].经济纵横, 2023,No.449(04):13-21.
- [57]任保平,李婧瑜.数字经济背景下中国式城市现代化的路径与政策创新[J].西安财经大学学报,2023,36(02):3-11.
- [58]李婉红,刘芳,刘天森.国家高新区提升了城市创新效率吗?——基于空间集聚

- 调节效应的实证检验[J].管理评论,2022,34(05):93-108.
- [59]宋培,白雪洁,李琳.数字化赋能、要素替代与产业结构转型[J].山西财经大学学报,2023,45(01):69-84.
- [60]孙勇,张思慧,赵腾宇等.数字技术创新对产业结构升级的影响及其空间效应——以长江经济带为例[J].软科学,2022,36(10):9-16.
- [61]张云,江曼琦.人力资本对提升城市创新力的影响与作用机制[J].城市发展研究,2023,30(03):115-121+140.
- [62]徐晓书,吴小东,姚清宇.智慧城市建设与区域创新——时空效应与机制检验[J].工业技术经济,2023,42(05):10-19.
- [63]陈清怡,千庆兰,姚作林.广东省城市创新发展水平及其网络结构演化[J].经济地理,2021,41(04):38-47.
- [64]马为彪,吴玉鸣.数字经济发展对中国城市创新能力的影响[J].经济体制改革,2022,No.237(06):43-51.
- [65]袁航,朱承亮.数字经济、交易成本与中国区域创新创业[J].科研管理,2023,44(04):19-28.
- [66]闵路路,许正中.数字经济、创新绩效与经济高质量发展——基于中国城市的经验证据[J].统计与决策,2022,38(03):11-15.
- [67]郑万腾,赵红岩.数字金融发展能驱动区域技术创新收敛吗?——来自中国 284 个城市的经验证据[J].当代经济科学,2021,43(06):99-111.
- [68]张莹莹,彭硕毅,白东北.数字经济影响城市创新质量的效应与机制研究[J].经济经纬,2023,40(01):14-24.
- [69]邱新华.“熊彼特创新理论”对中国创新发展的启示[J].对外经贸,2020(07):106-108+121.
- [70]曹建飞,韩延玲.数字经济对城市经济高质量发展影响的实证检验[J].统计与决策,2022,38(16):82-86.
- [71]彭刚,高劲松.数字经济、数字鸿沟和城乡要素配置——基于我国 257 个城市的实证研究[J/OL].调研世界:1-12.
- [72]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.
- [73]董春风,司登奎.数字普惠金融改善城市技术创新“低端锁定”困境了吗? [J].

- 上海财经大学学报,2022,24(04):62-77.
- [74]李治国,车帅,王杰.数字经济发展与产业结构转型升级——基于中国 275 个城市的异质性检验[J].广东财经大学学报,2021,36(05):27-40.
- [75]乌云图,陶克涛,彭俊超.产业协同集聚、数字技术支持与资源错配[J].科研管理,2023,44(01):125-135.
- [76]陈东,郭文光.数字化转型、工资增长与企业间收入差距——兼论“灯塔工厂”的行业引导效应[J].财经研究,2023,49(04):50-64.
- [77]程广斌,靳瑶.创新能力提升是否能够增强城市经济韧性?[J].现代经济探讨,2022,No.482(02):1-11+32.
- [78]董树功,杨峙林.数字普惠金融发展能促进我国区域创新吗?[J].金融发展研究,2023,No.495(03):69-78.
- [79]花俊国,刘畅,朱迪.数字化转型、融资约束与企业全要素生产率[J].南方金融,2022,No.551(07):54-65.
- [80]潘爽,叶德珠,叶显.数字金融普惠了吗——来自城市创新的经验证据[J].经济学家,2021,No.267(03):101-111.
- [81]崔耕瑞.数字金融能否提升中国经济韧性[J].山西财经大学学报,2021,43(12):29-41.
- [82]万佳彧,周勤,肖义.数字金融、融资约束与企业创新[J].经济评论,2020,(01):71-83.
- [83]王敏,李兆伟.数字普惠金融与企业创新:理论逻辑与实证检验[J].管理学刊,2023,36(01):102-119.
- [84]何小钢,郭晓斌.网络基础设施、知识溢出与城市创新——来自“宽带中国”战略的准自然实验[J].经济经纬,2023,40(01):36-46.
- [85]张杰,付奎.信息网络基础设施建设能驱动城市创新水平提升吗?——基于“宽带中国”战略试点的准自然试验[J].产业经济研究,2021,(05):1-14+127.
- [86]陆凤芝,徐鹏,李仲武.数字普惠金融与城市创新创业质量[J].武汉大学学报(哲学社会科学版),2022,75(05):35-48.
- [87]李婉红,刘芳,刘天森.国家高新区提升了城市创新效率吗?——基于空间集聚调节效应的实证检验[J].管理评论,2022,34(05):93-108.

- [88]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(02):95-109+124.
- [89]刘波,洪兴建.中国产业数字化程度的测算与分析[J].统计研究,2022,39(10):3-18.
- [90]欧家瑜,张乃丽.数字经济对中国超大城市高质量发展的治理效应研究——基于产业集聚影响出口产品质量的视角[J].城市问题,2022,No.320(03):84-94.
- [91]韩兆安,吴海珍,赵景峰.数字经济驱动创新发展——知识流动的中介作用[J].科学学研究,2022,40(11):2055-2064+2101.
- [92]韩文龙,晏宇翔,张瑞生.推动数字经济与实体经济融合发展研究[J].政治经济学评论,2023,14(03):67-88.
- [93]张旺,白永秀.中国乡村振兴水平的区域差异、分布动态演进及空间相关性研究[J].数量经济技术经济研究,2022,39(02):84-102.
- [94]杨耀武,张平.中国经济高质量发展的逻辑、测度与治理[J].经济研究,2021,56(01):26-42.
- [95]陈景华,陈姚,陈敏敏.中国经济高质量发展水平、区域差异及分布动态演进[J].数量经济技术经济研究,2020,37(12):108-126.
- [96]吕承超,崔悦.乡村振兴发展:指标评价体系、地区差距与空间极化[J].农业经济问题,2021(05):20-32.
- [97]张梁,相广平,马永凡.数字金融对区域创新差距的影响机理分析[J].改革,2021,No.327(05):88-101.
- [98]芦婷婷,祝志勇.人工智能是否会降低劳动收入份额——基于固定效应模型和面板分位数模型的检验[J].山西财经大学学报,2021,43(11):29-41.
- [99]孙久文,姚鹏.空间计量经济学的研究范式与最新进展[J].经济学家,2014,(07):27-35.
- [100]江艇.因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J].中国工业经济,2022(05):100-120.
- [101]温忠麟,叶宝娟.中介效应分析:方法和模型发展[J].心理科学进展,2014,22(05):731-745.
- [102]赫国胜,刘璇.数字金融、创业效应与实体经济高质量发展[J/OL].西安交通大

学学报(社会科学版):1-17[2024-01-05].

致 谢

时光匆匆，三年的硕士研究生求学即将结束。回想期间的学习和生活，面对培育我的母校，心中无限感慨。依稀记得 2021 年的那个夏天第一次感受到金城的无限风光，感叹着大自然的鬼斧神工，也由此开启了我的求学之路。

一朝沐杏雨，一朝念师恩。感谢我的导师王连老师，我很庆幸自己能够得到王老师的指导，不仅是我学习上的导师，更是我人生路上的导师。是您对学术严谨的态度，让我保持对科学的敬畏和向往，意识到读书应该是越读越谦卑，要认识到自己的无知与渺小，不偏离读书的初衷。是您平日对我的教诲和引领，使我能够抓住重要机遇，面对未来的考验，愈发稳重和坚韧。同时也感谢学院的每一位老师，给予我们追逐理想的勇气。

春晖寸草，山高海深。感谢我的父母对我一直以来的付出，终有一天我意识到了他们的良苦用心。那些上过的兴趣班、补习班，游览过的祖国大好河山，都在潜移默化地影响着我的眼界、以及性格的养成。他们是我坚实的后盾，使我能肆无忌惮地自由生活。

人海茫茫，庆幸相遇。很幸运在读研究生涯中结交了许多志同道合的好友，我们朝夕相处、互帮互助，让求学之路不再孤单，留下了许多珍贵的回忆。最后，我想感谢不曾放弃的自己，无数个自我治愈的时刻，都是成长的印记。心若志向往，何惧道阻且长。在此之前，我深怕自己并非美玉，故而不敢加以刻苦琢磨；却又半信自己是块美玉，故又不肯庸庸碌碌，与瓦砾为伍。可现在，我怀揣着对自己的信心，和老师、家人以及朋友们的鼓励，纵使前方荆棘密布，我也会保持热忱，坚定前行。