

数字基础设施的企业创新效应*

——新质生产力的视角

闫小娜

(中国社会科学院财经战略研究院,北京 100006)



内容提要:抢抓数字经济时代的科技革命和产业变革机遇,是加快形成和发展新质生产力的必然之举。作为新质生产力的微观主体,企业能否在数字化浪潮中加快创新步伐,很大程度上决定了中国新质生产力的发展速度和水平。本文利用2011—2020年中国A股上市公司数据,考察了地区数字基础设施建设水平对于区域内企业创新的影响。研究发现,地方数字基础设施建设能够推动区域内的企业创新,促进企业创新投入增加和产出增长,企业数字化转型是数字基础设施推动微观企业创新的微观机制。进一步分析表明,市场化水平越高,越有利于发挥数字基础设施对企业创新的推动作用;制造业企业和民营企业表现出更强的生产关系适应性,更积极地通过数字化转型提高自身生产力水平。本文回答了数字经济时代数字基础设施的微观企业效应,为当前进一步完善数字基础设施建设和加快发展新质生产力提供了理论参考。

关键词:数字基础设施 数字化转型 企业创新 新质生产力

中图分类号:C93 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—5766(2025)08—0040—19

一、引言

科学技术领域的重大突破总会带来生产力的质的飞跃和产业的重大变革,进而深刻改变人类的生产和生活方式。2023年9月,习近平总书记在主持召开新时代推动东北全面振兴座谈会上指出,“积极培育新能源、新材料、先进制造、电子信息等战略性新兴产业,积极培育未来产业,加快形成新质生产力,增强发展新动能”^①。2024年1月,习近平总书记在二十届中央政治局第十一次集体学习时强调,“科技创新能够催生新产业、新模式、新动能,是发展新质生产力的核心要素”^②。同年12月,习近平总书记在中央经济工作会议上再次强调,“以科技创新引领新质生产力发展,建设现代化产业体系”^③。加快培育和发展新质生产力是推动高质量发展的内在要求和重要着力点。而发展新质生产力的核心要义在于科技创新。正如埃里克森和韦格尔(2021)^[1]指出的,生产力增长的差异会体现在经济体的创新能力和对新技术的适应能力上。企业不仅是发展新质生产力的主体,也是技术创新和产业变革的决定性力量。企业作为承载新质生产力的微观主体,能否以创

收稿日期:2024-09-22

* 基金项目:国家社会科学基金一般项目“平台经济的市场竞争与资源配置效率研究”(23BJY059)。

作者简介:闫小娜,女,副研究员,经济学博士,研究方向为金融创新与数字经济,电子邮箱:yanxn@cass.org.cn。

① 习近平主持召开新时代推动东北全面振兴座谈会强调 牢牢把握东北的重要使命 奋力谱写东北全面振兴新篇章[N].人民日报,2023-9-10(1)。

② 习近平在中共中央政治局第十一次集体学习时强调 加快发展新质生产力 扎实推进高质量发展[N].人民日报,2024-2-2(1)。

③ 中央经济工作会议在北京举行[N].人民日报,2024-12-13(1)。

新发展成为新质生产力的承担者,是培育和发展新质生产力的关键。因此,亟待加强对新质生产力视角下企业创新的研究。

基础设施是人类文明演进的底座,在提高人民生活水平、促进经济发展、推动社会进步等方面发挥着至关重要的作用。正如英国演化经济学者佩雷斯(2007)^[2]所言,一次产业革命,一代基础设施。新质生产力是对数字技术驱动产业革命做出的时代性历史性回应(刘伟,2024)^[3],数字基础设施则是承载数据流、信息流和发挥新质生产力作用的物质基底。党的二十届三中全会提出“健全现代化基础设施建设体制机制”^①。2024年《政府工作报告》进一步提出“适度超前建设数字基础设施,加快形成全国一体化算力体系,培育算力产业生态”^②。这为中国大力发展数字基础设施提供了重要政策支撑。从概念上来看,数字基础设施是指支撑数字经济和社会运行的硬件、软件及网络系统,包括5G、数据中心、人工智能平台等关键技术要素。近年来,中国以网络、数据、算力等为底层架构的数字基础设施已形成庞大的、快速演化的生态体系,并突破了传统基础设施的特征,成为与产业变革和经济发展深度耦合的重要构成。可以说,数字基础设施产业集群为数字技术创新、数字经济发展乃至数字社会构建提供了坚实的物质保障。

基于此,本文要探究的核心问题就是,数字基础设施的快速发展是否有效促进了企业创新?目前大部分研究默认数字基础设施能够促进企业创新,但也存在不同观点,认为数字基础设施建设未充分促进企业层面尤其是中小企业的数字化转型,企业转型成本高、效果差。数字基础设施是否促进了企业的数字化转型及创新,看似是上述逻辑的自然延伸,但充满争议。一方面,以平台为代表的数字型企业在获得较高市场利润之后,是否仍有较大创新动力和从事颠覆性技术创新的魄力,是否持续促进了社会创新,这些问题仍存在争议;另一方面,也是本文更关心的问题,就是数字基础设施对经济系统创新的带动作用,是仅限于平台本身,还是有效促进了广大一线企业从事研发创新活动?受益于平台的公共技术服务职能,很多企业将创新职能交由公共创新平台来实现,也即由平台创新代替企业创新。也就是说,数字基础设施促进企业创新并不是想当然的,可能只是平台创新而不一定带来企业创新。为此,本文检验企业数字化转型对创新的影响。

与已有文献相比,本文的边际贡献体现在以下三点:一是已有文献往往从制度变迁和社会历史等宏大视角对新质生产力进行论述,或基于大量宏观统计指标对新质生产力进行综合测算,本文则从微观企业的创新行为揭示新质生产力的发展情况。二是基于微观企业的创新数据,对各城市数字基础设施的经济效果进行实证检验,以回应文献中的争议观点。三是对新质生产力与生产关系进行研究并进行实证检验。

二、文献综述与研究假设

1. 基础设施对微观企业的影响效应和作用机制

基础设施是社会运行和经济发展的基础保障和先行资本,每一次科技革命引发的社会和经济变革,都会带来新一轮基础设施变革和建设浪潮。18世纪60年代,在以蒸汽机被广泛使用为标志的第一次产业革命肇始时期,就诞生了世界上第一条铁路——“斯托克顿—达林顿”铁路,“铁路时代”成为英国工业革命的重要特征。19世纪70年代后,以电力的广泛应用为标志的第二次产业革命爆发,汽车、高速公路相继出现,人类社会的沟通效率得到极大提升。20世纪70年代,随着计算机及信息技术的出现,第三次产业革命拉开了序幕,因特网和光缆相继在美国出现。

当前,数字基础设施已成为推动科技创新和经济高质量发展的重要支撑。党的二十届三中全

① 中共中央关于进一步全面深化改革 推动中国式现代化的决定[M].北京:人民出版社,2024年7月,第12页。

② 李强.政府工作报告——2024年3月5日在第十四届全国人民代表大会第二次会议上[M].北京:人民出版社,2024年3月,第18-19页。

会提出,“构建新型基础设施规划和标准体系,健全新型基础设施融合利用机制,推进传统基础设施数字化改造,拓宽多元化投融资渠道,健全重大基础设施建设协调机制”^①。其中,新型基础设施是与传统基础设施有所差异的基础设施,强调与时代匹配的“新”基础设施。与此同时,工信部和国家数据局分别提出了“新型信息基础设施”和“数据基础设施”的概念,2024年出台了《工业和信息化部等十一部门关于推动新型信息基础设施协调发展有关事项的通知》和《国家数据基础设施建设指引(征求意见稿)》。2024年政府工作报告明确提出“数字基础设施”,要求“适度超前建设数字基础设施,加快形成全国一体化算力体系”。国家发展改革委等部门在《数字经济2024年工作要点》中进一步阐释了数字基础设施的内涵,明确提出“适度超前布局数字基础设施,深入推进信息通信网络建设,加快建设全国一体化算力网,全面发展数据基础设施”。可见,数字基础设施在范畴上属于新型基础设施,包含新型信息基础设施和数据基础设施等内容,具体指代数据、算力和通信网络等内容。

发展新质生产力需要大量数字基础设施。与传统生产力所匹配的基础设施不同,与数字经济时代新质生产力所匹配的基础设施需具备数字化、智能化特征。就像蒸汽机及其相关技术普及前建造厂房和道路一样,数字基础设施锻造了当前全社会生产力进化的共性条件,且比前三次生产力跃迁具有更强的网络效应,更广泛地链接企业和个人。但是,对于数字基础设施能否提高生产力,以及如何影响微观企业的行为,学术界存在一定的争议。Rammer等(2022)^[4]利用德国企业层面的数据实证检验发现,采用人工智能技术的企业推出产品创新的可能性比不使用人工智能的企业高出8.5%。而Antonioli等(2024)^[5]使用西班牙企业数据研究表明,尽管采用机器人提高了过程效率,但阻碍了短期至中期的产品创新,采用机器人的企业引入新产品的概率和引入新产品的数量都会下降。国内学者研究表明,传统基础设施(如公路、电网)具有普惠性,能缩小区域差距(刘晓光等,2015)^[6];而数字基础设施建设(如5G、算力、人工智能平台)则更可能加剧“赢者通吃”的局面,头部企业利用数据优势扩大市场垄断,而中小企业因转型成本高被边缘化(施炳展和李建桐,2020)^[7]。由此可见,数字基础设施是否促进了企业的数字化转型及其经济效果仍充满争议。在数字化早期,Solow(1987)^[8]提出了著名的“生产率悖论”,他指出,“你可以在任何地方看到计算机时代,唯独在生产率统计数据中看不到”。如果确实如此,那么中国在数字经济时代发展新质生产力则将面临较大阻力,可能需要很长时间才能完成技术突破、物质积累和生产关系适应性变迁。但是,随着数字基础设施建设的不断深入,越来越多的研究证明其可以促进创新,数字基础设施对宏观经济效率产生积极影响,可以促进新质生产力发展。严成樑(2012)^[9]基于中国2001—2010年数据发现,互联网使用频率每增加1%,实际产出增加0.074%。施炳展和李建桐(2020)^[7]发现,互联网普及率的提高可以通过降低企业的搜寻成本来显著促进中国制造业企业分工水平的提升。Hjort和Poulsen(2019)^[10]以12个非洲国家为样本实证发现,互联网接入率提高,增加了高技能职业的就业,提高了社会生产力,促进了地区经济和人均收入增长。

学术界关于数字基础设施对微观企业影响的争议表明,数字基础设施对微观企业的影响效应和作用机制并非单一明确,而是复杂多元的。现有研究从不同视角、基于不同数据展开探讨,却尚未形成统一结论。在此背景下,深入剖析数字基础设施影响微观企业的内在理论逻辑,开展不同理论间的对话与碰撞,对于全面、深入理解数字基础设施与企业发展的关系进而推动新质生产力发展具有重要的理论与现实意义。

2. 数字基础设施对企业创新的影响

近年来,数字经济领域涌现了一些颠覆性技术创新,人工智能领域的ChatGPT、Sora、DeepSeek

^① 中共中央关于进一步全面深化改革 推动中国式现代化的决定[M].北京:人民出版社,2024年7月,第12页。

爆火就是例证。麦肯锡预计,到 2030 年,生成式人工智能每年可以为全球经济增加 2.6 万~4.4 万亿美元(Chui 等,2023)^[11]。根据英国学者的统计,如果把美国、欧洲、日本和中国的专利数放在一起,中国的区块链技术专利占比 80%,计算机视觉技术专利占比 60% 以上,自动驾驶技术专利占比约 40%,中国在这些领域的专利数都超过了美国(Bergeaud 和 Verluise,2023)^[12]。从对经济总量的贡献来看,数字经济占中国 GDP 的比重已经超过 40%,且增速远高于传统经济,是经济发展中最为活跃的区域。

区别于交通、电力等传统基础设施,数字基础设施提供的是一种技术性服务(Xie 等,2021)^[13]。换言之,数字基础设施内涵的基础技术或共性技术,可为企业创新发挥基础性和支持性作用。具体地,数字基础设施可以拓宽企业创新边界,使企业有能力在更大范围内布局专利,并促进企业创新质量和创新效率的提升。同时,数字基础设施可以降低创新门槛,加速技术扩散(Xu 等,2021)^[14]。云计算、大数据、人工智能等数字技术通过标准化接口和模块化服务,使中小企业无需自建昂贵的数字基础设施即可获取高端技术能力,如初创企业可通过亚马逊云、阿里云等平台快速部署人工智能算法,降低研发成本和试错风险。

数字基础设施大大降低了市场信息不对称,提高了企业的市场信息可得性,有利于技术溢出,突破行政边界和地理距离的限制(沈坤荣等,2023)^[15]。网络基础设施通过促进技术创新、产业结构升级及缓解资源错配等途径,促进了城市全要素生产率增长(刘传明和马青山,2020)^[16]。企业数字化水平的提升显著提高了企业创新投入、创新产出和创新效率(肖土盛等,2022)^[17],新型信息基础设施正在成为中国巩固壮大实体经济根基、全面打造数字经济新优势的重要支撑(钞小静和薛志欣,2022)^[18]。特别是,分布式研发模式的出现,促使研发可以在广泛领域中形成专业化分工,由小企业在平台上提出需求,研发平台接单后寻找合适的研发团队或研发人员,或者把一个产品细分为几部分,分配给专业研发人员去做。分布式创新模式降低了各种信息获取、要素单元赋信和网络空间协同的成本,研发专业化程度和效率都得到提升。例如,DeepSeek 等人工智能企业将其大模型代码开源,使其成为广大企业从事研发的重要通用基础设施,促进了企业创新。

数字基础设施还可以为智能化时代到来提供广泛的应用场景(Chen,2019)^[19],提高企业的创新收益。数字基础设施支持企业构建平台型商业模式,通过连接供需双方创造新价值。例如,美团等生活服务平台通过数字化平台整合餐饮、外卖、酒店等资源,创造“本地生活服务”新生态。企业还可基于数字基础设施将产品转化为服务(如设备即服务、软件即服务),实现从一次性销售到持续订阅的商业模式创新。电商平台的建设为全社会打开了数字经济的大门,当前同样需要加快与新质生产力互联互通的基础设施建设,以新基建打开未来科技和产业发展的新大门(洪银兴,2024)^[20]。但同时需要注意的是,利用数字技术和平台实施经济社会治理,会在一定程度上带来发展不充分、不均衡问题。特别是,对于不同的人群,以移动平台为载体的服务可得性是不同的,知识背景、年龄等因素形成了“数字鸿沟”。

数字基础设施对宏观经济和全要素生产率的作用,最终会体现为国民生产总值和社会福利的提高,但相关文献仍不多见。有文献通过行业的成本或收入,来估算数字经济对社会福利的改善程度。Hubbard(2003)^[21]实证发现,部分卡车安装车载计算器以合理调配运力之后,美国运输业产能利用率提高了 3%,这相当于每年数十亿美元的收益。

综上,数字基础设施建设便利了企业创新,能够激励企业增加创新投入并有益于创新产出。故此,本文提出如下假设:

H₁:数字基础设施可以促进企业创新。

3. 数字基础设施、企业数字化转型与创新

数字基础设施通过提供高速网络、云计算平台和边缘计算能力等,为企业搭建了高效、灵活的

技术底座,为企业数字化转型提供了核心支撑。例如,5G的低时延特性支持远程设备操控与实时数据传输,使制造业企业能够实现设备互联与智能调度(戴德宝等,2016)^[22];云计算则为企业提供弹性算力资源,降低IT基础设施投入成本,加速业务创新(米加宁和刘润泽,2023)^[23]。陶锋等(2023)^[24]发现,下游企业数字化转型显著促进上游企业全要素生产率增长,其主要通过优化供需匹配、稳定供需关系和提高供应商创新能力三个层面增强产业链供应链韧性,进而牵引上游企业全要素生产率提高。Brynjolfsson和McElheran(2016)^[25]发现,数据驱动的决策可以显著提高企业生产率,进而促进企业规模的扩张,规模更大的企业又可以从数据中获取更多益处,形成一种正向的数据反馈循环。Babina等(2023)^[26]发现,人工智能投资能够显著促进企业增长,这种效应主要是通过产品创新而非工艺创新实现,产品创新允许企业通过创造更多产品来扩张,从而扩大企业规模。王诗杼等(2023)^[27]基于2005—2021年创业投资与专利申请的数据集实证发现,大科技平台的创业投资显著提升了被投资企业的创新水平,特别有利于以发明专利为代表的实质性创新。

但是,目前对于数字基础设施如何推动企业创新的深层次机制分析仍然不多。大多数研究似乎默认数字经济发展就会增加企业研发投入和专利申请量,只对创新结果进行检验,很少考虑背后的机制。余东华和马路萌(2024)^[28]基于2014—2021年中国制造业上市公司数据发现,数字化转型对企业创新绩效的提升具有普遍的促进作用。吕越等(2023)^[29]通过企业是否加入1688平台或钉钉,或平台是否对企业进行股权投资(王诗杼等,2023)^[27]等方式识别平台对企业创新的影响,发现数字平台可以促进企业创新。但孟元和杨蓉(2024)^[30]发现,数字政府建设有效提升了政府对企业研发操纵的监管能力,抑制了企业研发操纵。整体来看,技术赋能企业突破传统研发边界,数字化工具可以促使企业加速产品创新和缩短研发周期,如汽车企业通过虚拟仿真技术将碰撞测试时间从数月压缩至数天。企业可接入外部技术资源,如华为云联合高校、科研机构共建人工智能实验室,可以加速技术转化。数字化转型也会促使企业催生出新的业务模式,如基于大数据技术,企业通过用户行为数据反向定制产品,并形成平台式的服务,制造业企业转型的“制造+服务”模式也会提升企业的服务收入。

数字基础设施可能会构建一个新的技术生态,但目前人工智能等数字技术对于解决具体行业和企业个性化问题尚需改善。因此,需要企业在相关的纵深行业、垂直细分行业进行专门研发和技术创新,针对某个行业中的企业单独形成一些垂直化的解决方案,这可能产生很高的成本。实际上,企业面临数字经济发展的外生环境不一定会增加创新,甚至不一定会做出数字化转型决策。这是因为,数字化转型需要付出成本,对于大量中小企业而言数字化转型成本可能高于收益,或者只将有限的数字化转型支出用于考勤打卡、营销等非生产环节,较少用于研发和专利环节。从微观企业的数字化转型来看,中国各行业数字化转型指数从2018年的37分上升到2025年的49分^①。但有调查发现,将近80%的企业数字化转型依然处于基础探索期和简单操作期,大多数中小企业数字化转型都停留在一般的软件和硬件工具使用或是简单的设备联网和数据上网阶段,并没有在业务流程或是运营管理的每一个环节做到高度整合和集成化的数字化转型,也没有让每一个环节所产生的数据发挥出最大效能^②。因此,尽管社会各界关于企业数字化转型的重要性已经基本达成共识,但对企业数字化转型的效果存在分歧(金星晔等,2024)^[31]。如数字化转型可能在短期内引发企业阵痛,加剧企业雇员的冗余程度(陈红等,2025)^[32],从而导致企业数字化转型也未必会带来显著的创新行为。因此,数字基础设施作为新质生产力的主要表现形式,降低企业数字化

① 埃森哲·新格局 新增长 2025 中国企业数字化转型指数[R/OL].埃森哲官网, <https://www.accenture.com/cn-zh/insights/strategy/china-digital-transformation-index>, 2025-7-23,第12页。

② 腾讯社会研究中心·中小企业数字化转型路径报告[R/OL].腾讯云官网, <https://cloud.tencent.com/developer/article/1921588>, 2021-12-15,第16页。

转型的成本和动力,为企业利用数字技术开展创新创造条件。

综上,本文提出如下假设:

H₂:数字基础设施通过促进企业的数字化转型来推动企业创新。

三、研究设计

1. 样本选取

本文研究样本为 2011—2020 年沪深上市公司,企业数据来自万得(Wind)数据库。具体做了如下筛选与处理:(1)去除 B 股、创业板、科创板与北证 A 股市场,只保留上证 A 股市场和深证 A 股市场上市公司样本;(2)剔除银行、证券、保险等金融类上市公司样本;(3)剔除主要变量存在数据缺失的样本;(4)对连续型变量进行双侧 1% 的缩尾处理,以便消除离群值对本文结果的干扰。最终获得 10 年期 3695 家公司 24079 个样本观测值。数字基础设施数据来自新华三集团数字中国研究院发布的《城市数字化发展指数》报告,“宽带中国”数据通过互联网手工检索获得,其他城市层面数据来自历年的中国城市统计年鉴。

2. 实证模型

为检验地区数字基础设施对于企业创新的影响,本文设计了以下模型:

$$Innovation_{i,t+1} = \alpha + \beta_1 Digitalization_{i,t} + \beta_2 Controls_{i,t} + \delta_j + \tau_p + \zeta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中, $Innovation_{i,t+1}$ 表示公司 i 在年度 $t+1$ 的企业创新投入与产出的测度指标。关键解释变量 $Digitalization_{i,t}$ 表示公司 i 在年度 t 的所在城市的数字基础设施指数。其中 β_1 为本文着重考察的系数,若其显著为正,则支持本文假设 H₁,即数字基础设施显著提高企业创新。 $Controls_{i,t}$ 表示控制变量集。由于企业创新投入与产出很大程度上受行业层面的生产、市场、资源等方面的约束,城市数字基础设施的差异很大程度上来自省份层面的政策、财政能力、经济实力等方面的约束,因此,为控制潜在遗漏变量偏差与某些不可观测因素带来的影响,本文应用了行业层面和省份层面的固定效应 δ_j 和 τ_p 来吸收在行业 and 省份层面的一些潜在变化。同时,为控制某些年度特有信息与趋势,亦在模型中加入时间固定效应 ζ_t 。需要说明的是,本文采用省份固定效应而非城市固定效应,主要基于以下考量:数字基础设施的建设受省级政策(如财政支持、产业规划)的强约束,使得省域内城市间往往存在显著的制度同质性。不仅如此,行业层面的生产与创新活动常常以省份为单位形成集群(如国家数字经济创新发展试验区),因此,控制省级不可观测因素具有一定必要性。此外,过度细分城市固定效应可能导致自由度损失,而省份固定效应能更高效地吸收宏观层级混杂。但即便如此,为了使得模型的设定更为完善,不遗漏关于城市级影响因素的考量,在模型中加入相关的城市级控制变量,可以直接捕捉城市层面的可观测差异,避免因遗漏变量导致的内生性问题。

对于后文的假设检验,若无其他说明,将在模型(1)的基础上做分组探究,不再赘述。在本文回归检验中,考虑到本文所使用的面板数据,为避免企业层面的聚集效应对标准误差的影响,本文对标准误差进行了企业层面的群聚调整。

3. 变量定义

(1)被解释变量:企业创新($Innovation$)。积极从事技术创新的企业是新质生产者,是当前及未来新质生产力的主力军。新质生产力最直接最有力的微观表现是企业创新,本文从企业创新投入和企业创新产出两个方面进行测定。企业创新投入测度包括两个: $R\&D_Person$ 代表上市公司研发人员数量占比; $R\&D_Spend$ 代表上市公司研发投入金额占营业收入比例。企业创新产出测度指标包括三个: $Patents$ 是企业创新专利申请数量加 1 的自然对数; $Inventions$ 是企业创新专利(发明)申请数量加 1 的自然对数,一定程度上体现了颠覆性创新水平; $Others$ 是企业创新专利(非发明)申请数量加 1 的自然对数。

(2)解释变量:城市数字基础设施(*Digitalization*)。限于测算的难度以及实证识别的便利性,多数文献使用“宽带中国”作为数字基础设施的准自然实验(焦豪等,2023^[33];方福前等,2023^[34]),还有文献从算力、网络、智能交通等方面测算了数字基础设施(张自然等,2024)^[35]。可见,现有文献对数字基础设施的测算指标与政策文件指标内涵一致,但实际内容范畴窄于政策文件指标。

数字基础设施的构成在发展过程中不断扩充,涵盖连接、存储、计算、平台、安全等各类要素。本文使用城市层面数字基础设施指数(*Digitalization*)来表示各地区的数字基础设施水平。数据来自新华三集团^①数字中国研究院发布的《城市数字化发展指数》报告,该报告对各城市信息基础设施、平台基础设施和运营基础设施三个方面进行综合测算,得出各城市历年的数字基础设施指数。该指数从信息基础设施(如5G基站、光纤覆盖率)、平台基础设施(如云计算平台、大数据中心)、运营基础设施(如政府数字化服务能力、企业数字化应用)三个维度构建,覆盖了数字经济的“硬设施”与“软服务”,也符合当前国际上对数字基础设施的定义。具体来看,信息基础设施主要涉及5G、物联网为代表的通信网络基础设施,以算力中心为代表的算力基础设施,以隐私计算为代表的的核心安全基础设施;平台基础设施主要包括工业互联网平台、工业大脑等行业基础平台以及城市大数据平台的建设及应用情况;运营基础设施主要考察数据的收集、分类、交易等相关的公共平台建设及法律法规制度情况,这些指标较好地涵盖了已有文献及政策文件涉及的主要维度,可以准确地对城市数字基础设施的发展进行识别。并且,在处理内生性问题时,本文亦使用了文献常用的方式,将“宽带中国”作为准自然实验进行DID检验。

(3)企业数字化转型。机制分析中,使用上市公司年报数字化词频统计(*Dig_Word*)和上市公司年报数字化词频百分比(*Dig_Word%*)来表示企业层面的数字化转型程度,检验数字基础设施是否促进了企业数字化转型、企业数字化转型是否促进了创新。数据来自上市公司年报,对年报中“数字经济”“数字化”“平台”“互联网”等关键词进行检索,统计相关词频数量和占比。

(4)控制变量。本文所测度的是区域环境对微观企业的影响,因此,在选取控制变量时,除了考虑在企业层面影响企业创新的变量,还将在区域层面上衡量城市发展与创新的相关变量考虑在内。参照钞小静和薛志欣(2022)^[18]、肖土盛等(2022)^[17]、沈坤荣等(2023)^[15]的做法,选取公司层面控制变量以反映企业本身的规模与发展,包括企业规模(*Size*)、债务水平(*Debt*)、资产收益率(*ROA*)、无形资产规模(*Intangible*)、政府补贴(*Subsidise*);选取城市层面的控制变量以反映公司注册地所在城市的基本发展与创新状况,包括人口密度(*Popdensity*)、人均产出(*Agdp*)、外商投资水平(*FDI*)与科学技术水平(*Techlevel*)。

具体变量定义以及测度如表1所示。

表1 变量定义

变量名称	变量符号	变量测度
创新投入	<i>R&D_Person</i>	上市公司研发人员数量占比
	<i>R&D_Spend</i>	上市公司研发投入金额占营业收入比例
创新产出	<i>Patents</i>	企业创新专利申请数量加1后取自然对数
	<i>Inventions</i>	企业创新专利(发明)申请数量加1后取自然对数
	<i>Others</i>	企业创新专利(非发明)申请数量加1后取自然对数
数字基础设施水平	<i>Digitalization</i>	城市数字基础设施指数

① 新华三集团数字中国研究院是数字化领域的专业研究机构,其发布的《城市数字化发展指数》报告基于企业级数据(如ICT设备部署、云计算平台覆盖率等)和政府公开数据,具有行业权威性。因篇幅所限,相关内容正文略去。详见本刊网站登载扩展资料中的附录。

续表 1

变量名称	变量符号	变量测度
企业数字化转型水平	<i>Dig_Word</i>	上市公司年报数字化词频统计
	<i>Dig_Word%</i>	上市公司年报数字化词频百分比
宽带中国	<i>Shock</i>	“宽带中国”示范城市入选情况哑变量。入选为 1,未入选则为 0
企业规模	<i>Size</i>	上市公司总资产的自然对数
企业资产负债率	<i>Debt</i>	上市公司总负债比总资产
企业资产收益率	<i>ROA</i>	上市公司净利润除以总资产
企业无形资产规模	<i>Intangible</i>	上市公司无形资产的自然对数
企业获取的政府补贴	<i>Subsidise</i>	上市公司获得的政府补贴除以总资产
人口密度	<i>Popdensity</i>	城市总人口除以土地面积
地区经济发展水平	<i>Agdp</i>	GDP/总人口
外商直接投资水平	<i>FDI</i>	城市实际获得的外资规模
地区科学技术水平	<i>Techlevel</i>	研究与试验发展(R&D)经费占 GDP 的比重

四、回归结果分析

1.描述性统计和相关系数分析

主要变量的描述性统计结果如表 2 所示,其中用以刻画新质生产力微观表现的企业创新行为的 5 个指标均值均不高,且均值明显大于中位数、标准差较大,可见,企业之间创新行为差异很大。样本期间,城市数字化发展指数均值为 0.488,接近 0.5。企业年报中提及数字化转型的词频数量均值为 7.578,表明企业普遍多次提及数字化转型问题,转型较为急迫。主要变量的皮尔逊相关性分析表明^①,城市数字基础设施(*Digitalization*)与企业创新(*Innovation*)各个变量之间均显著正相关,初步表明城市数字基础设施有助于促进企业创新发展。且各个主要变量的相关系数绝对值较小,且方差膨胀系数较低,说明不存在严重的多重共线性问题。

表 2 主要变量的描述性统计

变量	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
<i>R&D_Person</i>	25588	8.201	12.490	0	62.580
<i>R&D_Spend</i>	25588	3.476	4.365	0	24.180
<i>Patents</i>	25588	0.516	1.320	0	5.598
<i>Inventions</i>	25588	0.317	0.924	0	4.522
<i>Others</i>	25588	0.175	0.686	0	3.850
<i>Digitalization</i>	25584	0.493	0.561	0.015	3.075
<i>Dig_Word</i>	25013	7.105	14.758	0	84
<i>Dig_Word%</i>	25013	0.001	0.001	0	0.007
<i>Shock</i>	25588	0.436	0.496	0	1
<i>Size</i>	25587	22.114	1.479	18.973	27.147
<i>Debt</i>	25587	0.435	0.221	0.050	0.959
<i>ROA</i>	25587	0.036	0.072	-0.358	0.208
<i>Intangible</i>	25146	18.406	1.905	12.279	23.277
<i>Subsidise</i>	24381	0.012	0.016	0	0.091

① 因篇幅所限,相关内容正文略去。详见本刊网站登载扩展资料中的附录。

续表 2

变量	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
<i>Popdensity</i>	25493	6.577	0.711	4.394	7.741
<i>Agdp</i>	25493	16.184	23.400	0.572	141.239
<i>FDI</i>	25493	0.028	0.017	0.001	0.080
<i>Techlevel</i>	25493	0.041	0.026	0.004	0.130

2.基准回归结果

表 3 列示了数字基础设施影响企业创新的估计结果。表 2 第(1)列和第(2)列列示了地区数字基础设施对于创新投入的影响,结果表明,地区数字基础设施与企业研发人员占比和研发资金投入在 1% 显著性水平下正相关,这意味着,地区数字基础设施在统计意义上显著提高了企业研发的人员与资金投入。从经济意义上而言,当公司所在地的数字基础设施发展程度增加一个标准差时,下一期的企业的人员投入增加 0.026(=1.701×0.561/36.71),这相当于企业研发人员占比样本均值的 0.28%;而企业的研发资金投入下一期将增加 0.051(=0.551×0.561/6.107),这相当于企业研发资金占比均值的 2.11%。

表 3 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>R&D_Person</i>	<i>R&D_Spend</i>	<i>Patents</i>	<i>Inventions</i>	<i>Others</i>
<i>Digitalization</i>	1.701*** (5.10)	0.551*** (4.47)	0.136*** (3.25)	0.048* (1.66)	0.050** (2.49)
<i>Size</i>	-0.784*** (-5.28)	-0.368*** (-6.23)	0.079*** (4.19)	0.026** (2.46)	-0.023*** (-3.61)
<i>Debt</i>	-4.758*** (-6.41)	-5.172*** (-15.30)	-0.088 (-1.08)	-0.149*** (-2.64)	-0.048 (-1.14)
<i>ROA</i>	-4.521*** (-2.60)	-6.911*** (-8.58)	0.319* (1.86)	0.284** (2.40)	0.083 (0.97)
<i>Intangible</i>	-0.136 (-1.33)	0.037 (0.93)	0.021** (2.22)	0.008 (1.48)	0.002 (0.42)
<i>Subsidise</i>	96.956*** (11.00)	68.804*** (14.11)	4.204*** (4.04)	3.319*** (4.13)	1.057** (2.15)
<i>Popdensity</i>	0.682* (1.75)	-0.156 (-0.91)	-0.053 (-0.96)	-0.061* (-1.76)	-0.003 (-0.13)
<i>Agdp</i>	0.002 (0.29)	-0.009*** (-2.65)	-0.003*** (-2.96)	-0.002*** (-4.03)	-0.001*** (-3.17)
<i>FDI</i>	20.268** (2.52)	4.324 (1.22)	-0.194 (-0.20)	-0.074 (-0.11)	0.164 (0.35)
<i>Techlevel</i>	30.460*** (4.17)	12.139*** (5.31)	-0.426 (-0.53)	0.220 (0.40)	-0.564 (-1.46)
省份/行业/时间固定效应	是	是	是	是	是
截距项	22.3119*** (6.44)	12.998*** (8.77)	-1.268** (-2.55)	0.018 (0.06)	0.698*** (3.37)
调整 R ²	0.375	0.298	0.056	0.043	0.033
观测值	23989	23989	23989	23989	23989

注:括号内为*t*值;*、**、***分别表示 10%、5% 和 1% 的显著性水平;回归模型中均使用公司层级聚类效应对标准误进行修正。
下同

在表 2 的第 (3)~(5) 列中, 本研究考察了地区数字基础设施对于企业创新产出的影响, 结果表明, 地区数字基础设施发展程度与企业专利申请总数、发明型专利申请数量与非发明型专利申请数量在 1% 显著性水平下呈正相关关系, 这说明, 地区数字基础设施在统计意义上显著提高了企业研发的产出。从经济意义上来说, 当公司所在地区数字经济基础设施发展程度增加一个标准差时, 下一期的企业专利申请数量增加 0.057 ($=0.136 \times 0.561 / 1.35$), 这相当于企业专利申请总数均值的 10.75%; 下一期的企业发明型专利申请数量增加 0.028 ($=0.048 \times 0.561 / 0.945$), 这相当于企业发明型专利申请数量均值的 10.73%; 而企业非发明型专利申请数量增加 0.040 ($=0.050 \times 0.561 / 0.703$), 这相当于企业非发明型专利申请数量均值的 24.89%。整体来说, 地区性的数字基础设施不仅仅从统计意义上, 更是从经济意义上显著地提高了所在地区企业的研发投入与产出, 其中, 由不同专利申请数量度量的企业产出提升最为显著。这证明了城市数字基础设施与企业创新投入(金额与人员)与产出(专利申请量)都正相关, 验证了假设 H_1 。

在公司特征的控制变量方面, 上市公司的债务水平与研发投入和产出呈一致且显著的负相关关系, 意味着企业债务杠杆潜在降低了企业的创新投入与产出。同时, 企业的无形资产与政府补贴显著且一致地与企业创新投入与产出呈正相关关系。公司绩效与规模方面对创新表现的影响并不稳健, 但整体上, 业绩表现越好 (ROA) 与规模更大的公司 ($Size$), 创新表现更好。而观察城市层面的控制变量的表现, 在第 (3)~(5) 列中, 人均生产总值 ($Agdp$) 的系数显著为负, 经济发达地区企业可能面临更高创新成本或竞争压力。科学技术水平 ($Techlevel$) 可以显著促进企业创新投入, 但对创新产出并无影响, 这可能反映出区域创新投入存在时滞或资源配置错配。

3. 稳健性检验

(1) 排除无创新企业的干扰。对于企业创新的研究, 经常遇到大量企业没有创新行为(即创新相关变量取值为 0)的情况, 从描述性统计均值和中位数差异较大可以做出推测。这对本文研究结论将产生较大干扰(Chen 和 Roth, 2024)^[36]。面临数字基础设施建设, 如果只是少量企业从事创新, 尽管可能使回归结果显著为正, 但实际上可能表明出的创新基础并不牢固。为此, 进行排除无创新企业干扰后的稳健性检验。具体而言, 去除无研发情境的企业, 仅使用有创新行为的企业样本做回归, 检验数字基础设施是否对这些企业的创新产生实质性影响, 结果如表 4 所示。剔除无研发情境企业样本之后, 所得回归结果的系数大小、方向以及显著度并未发生本质改变, 从而也验证了前文回归结果的稳健性。

表 4 排除无创新企业干扰后的回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>R&D_Person</i>	<i>R&D_Spend</i>	<i>Patents</i>	<i>Inventions</i>	<i>Others</i>
<i>Digitalization</i>	0.797* (1.83)	0.487*** (3.09)	0.184*** (3.12)	0.068* (1.65)	0.071** (2.41)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
省份/行业/时间固定效应	是	是	是	是	是
调整 R^2	0.330	0.267	0.104	0.084	0.058
观测值	17237	17237	17237	17237	17237

(2) 排除因变量取值受限而造成的模型偏误。采用泊松回归模型来缓解因变量取值受限导致的模型偏误。参照 Cohn 等 (2022)^[37] 的做法, 当企业专利数量大量为 0 时, 采用计数模型方式比加 1 取自然对数的方式, 所得出的实证结果更有效, 实证结果如表 5 所示。结果证实了数字基础设施可以显著提高企业专利的数量, 同时, 也进一步验证了前文回归结果的稳健性。

表 5 泊松模型回归结果

	(1)	(2)	(3)
	创新产出		
	<i>Patents</i>	<i>Inventions</i>	<i>Others</i>
<i>Digitalization</i>	0.670*** (2.98)	0.321* (1.65)	0.660** (2.49)
公司控制变量	控制	控制	控制
城市控制变量	控制	控制	控制
省份/行业/时间固定效应	是	是	是
Wald chi2	80.15	71.39	75.91
Prob>chi2	0.000	0.000	0.000
观测值	24079	24079	24079

(3)排除企业异地经营的干扰。现实中,上市公司普遍存在异地经营现象,故而不仅受到注册地数字基础设施的影响,还受到跨省份及全国层面的影响。为此,继续控制企业是否异地经营虚拟变量(*Allopatry*),以期降低异地经营对本文结论的影响,结果如表 6 所示。在控制了异地经营虚拟变量之后,核心解释变量依旧显著为正,也进一步验证了前文结论的可靠性。

表 6 排除企业异地经营后的回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>R&D_Person</i>	<i>R&D_Spend</i>	<i>Patents</i>	<i>Inventions</i>	<i>Others</i>
<i>Digitalization</i>	1.672*** (4.98)	0.512*** (4.17)	0.132*** (3.10)	0.040** (2.19)	0.047** (2.32)
<i>Allopatry</i>	1.929*** (7.77)	0.833*** (7.21)	0.131*** (4.42)	0.090*** (4.59)	0.054*** (3.64)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
省份/行业/时间固定效应	是	是	是	是	是
调整 R ²	0.375	0.305	0.057	0.045	0.033
观测值	23010	23010	23010	23010	23010

4. 内生性讨论

城市层面的数字基础设施发展水平,对企业自身的创新行为具有很强的外生性。但不可避免的是,可能存在测量误差和遗漏变量等问题,导致仍有一定的内生性问题。为此,采用两种处理方式:一是工具变量法;二是使用“宽带中国”作为准自然实验。

一方面,使用工具变量方法处理可能的内生性问题。参考柏培文和张云(2021)^[38]、洪俊杰等(2024)^[39]的做法,使用地形起伏度(*Topography*)作为各城市数字基础设施的工具变量。同时,考虑到地形起伏度不随时间变化,根据上述文献做法,将地形起伏度乘以上年度全国互联网用户数(*Topography*×*Internet*)作为各城市数字基础设施(*Digitalization*)的工具变量,检验结果如表 7 所示。第一阶段回归结果中,*Topography*×*Internet*显著为正,确保了工具变量的相关性,即各城市的地形起伏度与数字基础设施建设具有直接的相关性。而且,地形起伏度一般而言与当地的企业创新没有直接关联,外生性较强。表 7(3)~(6)列是第二阶段回归结果,使用不同的被解释变量时,*Digitalization* 的系数都显著为正。不仅如此,Cragg-Donald Wald F statistic 均大于 Stock-Yogo 临界值,说明均通过了弱工具变量检验。由此,再次验证了假设 H₁。

表 7 工具变量回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>Digitalization</i>	<i>R&D_Person</i>	<i>R&D_Spend</i>	<i>Patents</i>	<i>Inventions</i>	<i>Others</i>
<i>Topography</i> × <i>Internet</i>	0.018*** (9.94)					
<i>Digitalization</i>		3.994** (2.328)	1.240*** (2.650)	0.087*** (2.08)	0.168** (2.283)	0.093*** (2.01)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
省份/行业/时间固定效应	是	是	是	是	是	是
调整 R ²	0.809	0.008	0.136	0.0325	0.014	0.012
Cragg-Donald Wald F statistic	29.038	27.878	41.128	33.108	37.947	59.042
Stock-Yogo 临界值	17.92	19.85	15.38	16.85	16.38	17.81
观测值	23928	23928	23928	23928	23928	23928

另一方面,把“宽带中国”作为准自然实验,以是否入选“宽带中国”(Shock)作为外生性冲击,使用 DID 方法检验前后的变化以做因果阐述。表 8 回归结果显示,使用不同的被解释变量时,Shock 的系数都显著为正,再次验证了假设 H₁。

表 8 “宽带中国”准自然实验回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>R&D_Person</i>	<i>R&D_Spend</i>	<i>Patents</i>	<i>Inventions</i>	<i>Others</i>
<i>Shock</i>	2.392*** (11.53)	0.404*** (5.41)	0.058** (2.09)	0.035* (1.77)	0.014* (1.97)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
省份/行业/时间固定效应	是	是	是	是	是
调整 R ²	0.367	0.249	0.052	0.039	0.031
观测值	23993	23993	23993	23993	23993

5. 机制分析

前文机制分析表明,地区数字基础设施促进企业自身开展数字化转型,进而增强新质生产力的微观表现(即企业创新能力)。尽管在文献中作为默认假定,但在现实中却可能存在疑虑,本文对此进行进一步检验。具体地,采取两种检验方式:一是两步法,先由企业数字化转型变量对城市数字基础设施发展水平做回归,再由企业创新指标对数字化转型变量做回归;二是简化形式,将中间变量和核心解释变量同时代入模型中进行回归。

表 9 列示了两步法机制分析的检验结果。以词频统计数量为基础进行机制分析时,不论采取哪种检验方式,结果都是显著为正的,表明地区数字基础设施建设可以通过推动企业自身开展数字化转型而推动企业创新。而以词频百分比变量为基础进行机制分析时,除了非发明创新(*Others*)的结果呈现出大致正相关之外,其余结论都显著成立,自此,假设 H₂也得到了验证。具体来看,表 9 第(1)列结果表明,城市的数字基础设施确实可以促进企业的数字化转型。如前所述,尽管在理论演绎上“城市设施促进企业转型”这一观点是很直观的、易于理解的,但现实中存在微观企业数字化转型成本高、转型效果差等争议,故而需要实证检验。城市的数字基础设施为企业数字化转型提供了关键支撑,从技术赋能方面,5G、物联网、云计算等新型基础设施建设可以有效降低企业数据采集与处理的成本,如智能交通系统可以帮助物流企业实时优化运输路线,工业互联网平台为制造业提供云端协同工具。从整体来看,城市通过建设统一的数据开放平台(如政务大数据中心)促进政企数据互通,缓解中小企业“信息孤岛”困境。不仅如此,智慧城市项目的建设往往也会配套有税收优惠、技术补贴等政策,同时,吸引数字化人才集聚。如深圳通过建设数字经济

产业园,形成技术—企业—高校的创新闭环,加速本地企业数字化进程。由此,城市数字基础设施建设会成为企业数字化转型的“加速器”。

表 9 企业数字化转型机制分析:两步法

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>Dig_Word</i>	<i>R&D_Person</i>	<i>R&D_Spend</i>	<i>Patents</i>	<i>Inventions</i>	<i>Others</i>
	第一步	第二步				
Panel A : 词频统计						
<i>Digitalization</i>	1.813*** (3.60)					
<i>Dig_Word</i>		0.213*** (29.38)	0.067*** (26.94)	0.004*** (5.55)	0.003*** (6.39)	0.001*** (3.20)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
省份/行业/时间固定效应	是	是	是	是	是	是
调整 R ²	0.194	0.426	0.340	0.056	0.045	0.033
观测值	23846	23850	23850	23850	23850	23850
Panel B : 词频百分比						
<i>Digitalization</i>	0.0002*** (6.04)					
<i>Dig_Word%</i>		2391.185*** (26.18)	788.016*** (25.51)	39.922*** (4.85)	32.753*** (5.21)	6.558 (1.55)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
省份/行业/时间固定效应	是	是	是	是	是	是
调整 R ²	0.202	0.416	0.336	0.056	0.044	0.032
观测值	23846	23850	23850	23850	23850	23850

此外,表 9 中第(2)~(6)列以及表 10 简化形式的结果则进一步证明了企业数字化转型确实可以显著推动企业创新。联系现实来看,企业数字化转型可以提高企业创新投入、降低创新成本和改善创新产出。诚然,数字基础设施对企业创新的作用可能来自直接利用城市公共数字基础设施和大型数字平台提供的创新设施,而不一定来自企业自身的数字化转型,但城市所搭建的公共数字基础设施,以及大型数字平台所提供的创新设施,企业可直接利用,借此实现技术突破、产品创新并降低创新成本与风险。同样,本文结果表明,企业自身的数字化转型可以显著促进创新,这与“企业是创新主力军”的主流观点是一致的。换言之,尽管数字基础设施具有公共属性,但企业创新不能仅依靠政府公共平台和少数大型数字平台的相关设施,广大企业的数字化转型及其设施建设也必不可少。

表 10 企业数字化转型机制分析:简化形式

变 量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>R&D_Person</i>	<i>R&D_Spend</i>	<i>Patents</i>	<i>Inventions</i>	<i>Others</i>
	简化形式				
Panel A : 词频统计					
<i>Digitalization</i>	1.311*** (3.69)	0.416*** (3.56)	0.135*** (3.58)	0.042 (1.60)	0.049*** (2.82)

续表 10

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>R&D_Person</i>	<i>R&D_Spend</i>	<i>Patents</i>	<i>Inventions</i>	<i>Others</i>
	简化形式				
<i>Dig_Word</i>	0.213*** (29.28)	0.067*** (26.85)	0.004*** (5.42)	0.003*** (6.34)	0.001*** (3.11)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
省份/行业/时间固定效应	是	是	是	是	是
调整 R ²	0.426	0.341	0.057	0.045	0.033
观测值	23846	23846	23846	23846	23846

Panel B: 词频百分比

<i>Digitalization</i>	1.151*** (3.19)	0.357*** (3.04)	0.133*** (3.51)	0.041 (1.54)	0.050*** (2.85)
<i>Dig_Word%</i>	2378.018*** (26.05)	783.914*** (25.37)	38.373*** (4.64)	32.283*** (5.13)	5.978 (1.40)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
省份/行业/时间固定效应	是	是	是	是	是
调整 R ²	0.417	0.336	0.057	0.044	0.033
观测值	23846	23846	23846	23846	23846

五、对新型生产关系的进一步讨论

根据马克思主义政治经济学基本原理,生产关系必须适应生产力发展要求。加快形成以数字化、智能化为特征的新质生产力,客观上要求构建与之适配的新型生产关系,包括数据要素市场化配置、数字技术创新激励机制等制度创新。一方面,越是技术密集型的经济活动,对数字经济发展环境越敏感,在那些市场化制度较好的地区,企业家可以大胆施展企业家冒险精神,企业可以做出长期耐心投资;另一方面,随着新业态新模式逐渐落地,制度构建需及时与之对应,这就需要按照市场原则进行制度构建和常态化监管。

通过深化改革,打破传统体制机制的束缚,更好地发挥市场力量,可以为新质生产力的发展提供更加广阔的市场空间和更加有力的制度保障。因此,本文运用市场化指数来衡量各地制度,实证结果如表 11 所示。在市场化水平高的地区,城市数字基础设施更能助力企业创新投入与产出。

表 11 市场化指数与企业创新

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>R&D_Person</i>	<i>R&D_Spend</i>	<i>Patents</i>	<i>Inventions</i>	<i>Others</i>
Panel A: 地区市场化水平高					
<i>Digitalization</i>	1.791*** (3.93)	1.695*** (8.21)	0.305*** (4.08)	0.195*** (3.72)	0.1489*** (3.51)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
省份/行业/时间固定效应	是	是	是	是	是
调整 R ²	0.393	0.298	0.049	0.043	0.031
观测值	13923	13923	13923	13923	13923

续表 11

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>R&D_Person</i>	<i>R&D_Spend</i>	<i>Patents</i>	<i>Inventions</i>	<i>Others</i>
Panel B:地区市场化水平低					
<i>Digitalization</i>	0.508 (0.96)	0.153 (0.92)	0.077 (1.56)	0.001 (0.03)	0.016 (0.79)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
省份/行业/时间固定效应	是	是	是	是	是
调整 R ²	0.367	0.304	0.067	0.044	0.038
观测值	10066	10066	10066	10066	10066

另外,不同的产业和企业的适应性不同,从而导致有的产业和企业在新质生产力中发展得更快,而其他产业和企业的发展则相对较慢。比较有代表性的是,制造业相较于农业和服务业总体上而言,技术密集度、契约密集度较高,与新质生产力的技术革新和生产力跃迁趋势高度一致,从而数字化转型对它们的作用更大;相反,非制造业企业在数字化转型中的创新导向相对较小,这种不一致性更易受到生产关系的羁绊,如物流业和金融业在数字化转型过程中的创新发展需要以快递从业人员社会福利和数字支付安全性等生产关系的调试为前提。并且,一般而言,国有企业对技术和市场的敏感性低于民营企业,在生产关系和社会经济制度未作出较大改革情况下,自主适应生产力跃迁变化的能力较弱。因此,在既定生产关系条件下,预计数字化转型对制造业企业和民营企业带来的创新效应更大,进而这些企业在新质生产力跃迁的表现更加积极活跃。

本文将行业分为制造业和非制造业,将企业分为国有企业和民营企业,分别进行分组实证检验,结果如表 12 和表 13 所示。在制造业企业中,城市数字化发展水平更能助力企业创新投入与产出;城市数字基础设施对于民营企业的助力更多。

表 12 制造业与非制造业对照检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>R&D_Person</i>	<i>R&D_Spend</i>	<i>Patents</i>	<i>Inventions</i>	<i>Others</i>
Panel A:制造业企业					
<i>Digitalization</i>	2.109*** (3.99)	0.704*** (3.72)	0.191*** (2.70)	0.103** (2.05)	0.079** (2.46)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
省份/行业/时间固定效应	是	是	是	是	是
调整 R ²	0.489	0.283	0.047	0.041	0.034
观测值	11230	11230	11230	11230	11230
Panel B:非制造业企业					
<i>Digitalization</i>	1.606*** (3.14)	0.432*** (2.73)	0.109** (2.54)	0.018 (0.61)	0.033* (1.71)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
省份/行业/时间固定效应	是	是	是	是	是
调整 R ²	0.319	0.302	0.048	0.030	0.026
观测值	12759	12759	12759	12759	12759

综合表 11~表 13 结果,市场化水平越高,越有利于新质生产力的发展,故而优化生产关系需要加大市场化改革力度;对于既定的生产关系,制造业企业和民营企业表现出更强的适应性,更积极地通过数字化转型提高自身生产力水平。此外,数字基础设施带来的新质生产力微观水平的提高(或者说企业创新效应),是让过去效率相对较低的企业用数字技术实现更快的发展,还是让起点相对较高的企业用数字技术获得更多的好处,这是不确定的,值得今后深入探究。

表 13 国有企业与民营企业对照检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>R&D_Person</i>	<i>R&D_Spend</i>	<i>Patents</i>	<i>Inventions</i>	<i>Others</i>
Panel A: 国有企业					
<i>Digitalization</i>	0.838 (1.63)	0.299* (1.81)	0.198*** (2.79)	0.055 (1.14)	0.008 (0.31)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
省份/行业/时间固定效应	是	是	是	是	是
调整 R ²	0.283	0.217	0.089	0.066	0.035
观测值	8537	8537	8537	8537	8537
Panel B: 民营企业					
<i>Digitalization</i>	2.877*** (5.46)	0.654*** (3.66)	0.095** (2.08)	0.024 (0.77)	0.082*** (3.39)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
省份/行业/时间固定效应	是	是	是	是	是
调整 R ²	0.433	0.327	0.051	0.045	0.039
观测值	13149	13149	13149	13149	13149

六、结论与启示

1. 研究结论

数字基础设施是发展新质生产力的新型基础设施,而微观企业是技术创新和生产力跃迁的主体。本文利用 2011—2020 年中国上市公司数据,考察了各城市数字基础设施建设水平对于企业创新的影响。研究发现,地方数字基础设施建设能够推动区域内企业创新,促进企业创新投入的增加和产出的增长,企业数字化转型则是数字基础设施建设推动微观企业创新的微观机制。市场化水平越高,越有利于发挥数字基础设施对企业创新的推动作用;制造业企业和民营企业表现出更强的生产关系适应性,更积极地通过数字化转型提高自身生产力水平。

2. 政策启示

由数据技术的集成、交互构建起的数字基础设施,是数字经济和新质生产力发展的底座。本文深入研究分析了数字经济时代数字基础设施的微观企业创新效应,为进一步完善数字基础设施建设和加快新质生产力发展提供一定的政策启示。

第一,加快推动全社会数字基础设施建设。抢抓科技革命和产业变革机遇,面向世界科技前沿,聚焦新一轮科技革命的重点方向,建设一批重大前瞻性数字基础设施。聚焦提升产业创

新水平,整合现有优质资源,建设低成本、开放式、专业化的创新创业服务设施。结合设备更新和消费品以旧换新相关政策,推动企业采购数字化设备、购买数字化服务,深化数字技术在生产、运营和管理等诸多环节的应用,以实现企业数字化、网络化、智能化发展。加快建立统一、融合、开放的工业互联网标准体系,解决数字工业设备集成互联问题,提升新增设备的服务能力,更好地推动产业链供应链上下游企业业务协同、资源整合和数据共享。搭建面向中小企业的工业互联网平台和数字化转型促进中心,为其提供普惠性数字化转型服务,降低中小企业数字化转型成本。大力发展Web3.0,进一步聚合区块链、智能合约等数字技术和应用软件,为各行业发展提供更加高效、便捷、安全的新一代网络架构,深入推动企业数字化转型及其创新进程。

第二,利用数字基础设施推动企业数字化转型和创新发展。鼓励在国外开源技术上研发设立自主端口,利用国内市场规模优势打造完整产业链,利用国内大数据不断迭代升级,实现技术“弯道超车”。鼓励企业生产工业机器人、智能传感设备等数智化生产设备,发挥其软硬协同、虚实合一、智能敏捷、绿色生态的优化特征。在人形机器人、工业互联网等领域设立专门的试验区,鼓励国内外企业投资入驻,进行技术研发、测试和应用,加快形成科技创新集群。加大对云宇宙、数字孪生、数字人、工业元宇宙、云原生、智算产业等领域扶持力度,孵化新模式新领域的新型企业,培育未来独角兽企业群。持续加大对专精特新企业的投入,通过数字应用场景的应用进一步解码和扩散专精特新企业的隐性知识。

第三,因地制宜打造更加包容创新的数字基础设施建设环境。推动数字基础设施共建共享、网间互联互通和公平接入,放宽数字领域业务许可准入,构建具有公信力的数字服务评价标准,更好维护公平竞争秩序。结合地区特色和优势,找准各自发展的优势和短板,制定好具有区域特色的数字基础设施建设规划。建立包容审慎的治理监管体系,优化数字经济平台生态治理,优化数字经济发展市场环境。提升公共服务、社会治理等数字化智能化水平,为数字基础设施建设提供全方位支撑保障。加强技术、人才、资金、基础设施等方面的政策支持,优化税收激励、网络安全等方面的体制机制,激发数字经济市场主体的活力。完善科技金融服务体系,建立健全科技融资担保、股权融资、政府公共征信等机制,形成科技、产业与金融良性循环。

参考文献

- [1]弗雷德里克·埃里克森,比约恩·韦格尔.增长陷阱:欧美经济衰落和创新的假象[M].张旭等译.北京:中国友谊出版公司,2021.
- [2]卡萝塔·佩蕾丝.技术革命与金融资本[M].田方萌译.北京:中国人民大学出版社,2007.
- [3]刘伟.科学认识与切实发展新质生产力[J].北京:经济研究,2024,(3):4-11.
- [4]Rammer, C., G.P.Fernández, and D.Czarnitzki.Artificial Intelligence and Industrial Innovation:Evidence from German Firm-level Data[J].Research Policy, 2022, 51, (7): 104555.
- [5]Antonioli, D., A.Marzocchi, F.Rentocchini, and S.Vannuccini.Robot Adoption and Product Innovation[J].Research Policy, 2024, 53, (6), 105002.
- [6]刘晓光,张勋,方文全.基础设施的城乡收入分配效应:基于劳动力转移的视角[J].北京:世界经济,2015,(3):145-170.
- [7]施炳展,李建桐.互联网是否促进了分工:来自中国制造业企业的证据[J].北京:管理世界,2020,(4):130-149.
- [8]Solow, R.We'd Better Watch Out[R].New York Times Book Review, July 12, 1987.
- [9]严成樾.社会资本、创新与长期经济增长[J].北京:经济研究,2012,(11):48-60.
- [10]Hjort, J., and J.Poulsen.The Arrival of Fast Internet and Employment in Africa[J].American Economic Review, 2019, 109, (3): 1032-1079.
- [11]Chui, M., E.Hazan, R.Roberts, et al.The Economic Potential of Generative AI: The Next Productivity Frontier[R].McKinsey

Global Institute, June 14, 2023.

- [12] Bergeaud, A., and C. Verluise. China at the Technological Frontier[R]. CentrePiece, Centre for Economic Performance, LSE, 2023.
- [13] Xie, Q., Zhang, T., Wang J. The Productivity Impact of Cloud Computing and Big Data on Manufacturing. Journal of Industrial Economics, 2021, 59, (4): 432-456.
- [14] Xu, Y., Liu, X., Cao, X., et al. Artificial Intelligence: A Powerful Paradigm for Scientific Research[J]. The Innovation, 2021, 2, (4).
- [15] 沈坤荣, 林剑威, 傅元海. 网络基础设施建设、信息可得性与企业创新边界[J]. 北京: 中国工业经济, 2023, (1): 57-75.
- [16] 刘传明, 马青山. 网络基础设施建设对全要素生产率增长的影响研究——基于“宽带中国”试点政策的准自然实验[J]. 北京: 中国人口科学, 2020, (3): 75-88.
- [17] 肖土盛, 吴雨珊, 元文韬. 数字化的翅膀能否助力企业高质量发展——来自企业创新的经验证据[J]. 北京: 经济管理, 2022, (5): 41-62.
- [18] 钞小静, 薛志欣. 新型信息基础设施对中国企业升级的影响[J]. 南昌: 当代财经, 2022, (1): 16-28.
- [19] Chen, Y. Digital Infrastructure and Regional Innovation: Evidence From China. Journal of Innovation Studies, 2019, 8, (2): 102-119.
- [20] 洪银兴. 新质生产力及其培育和发展[J]. 北京: 经济学动态, 2024, (1): 3-11.
- [21] Hubbard, T.N. Information, Decisions, and Productivity: On-board Computers and Capacity Utilization in Trucking[J]. American Economic Review, 2003, 93, (4): 1328-1353.
- [22] 戴德宝, 范体军, 刘小涛. 互联网技术发展与当前中国经济发展互动效能分析[J]. 北京: 中国软科学, 2016, (8): 184-192.
- [23] 米加宁, 刘润泽. 大算力与知识生产方式的革命——基于 ChatGPT 的技术影响与实践展望[J]. 北京: 中国社会科学评价, 2023, (2): 13-18.
- [24] 陶锋, 王欣然, 徐扬, 朱盼. 数字化转型、产业链供应链韧性与企业生产率[J]. 北京: 中国工业经济, 2023, (5): 118-136.
- [25] Brynjolfsson, E., and K. McElheran. Data in Action: Data-Driven Decision Making in U.S. Manufacturing[R]. Working Paper, 2016.
- [26] Babina, T., A. Fedyk, A. He, and J. Hodson. Artificial Intelligence, Firm Growth, and Product Innovation[J]. Journal of Financial Economics, 2023, 151, 103745.
- [27] 王诗杼, 高廷帆, 杨利宏. 创新激励还是创新封杀? ——基于大科技平台股权投资市场的微观证据[J]. 北京: 管理世界, 2023, (9): 176-197.
- [28] 余东华, 马路萌. 数字化转型、平台化变革与企业创新绩效——基于“技术—组织—创新”范式的分析[J]. 重庆: 改革, 2024, (2): 55-74.
- [29] 吕越, 陈泳昌, 张昊天, 诸竹君. 电商平台与制造业企业创新——兼论数字经济和实体经济深度融合的创新驱动路径[J]. 北京: 经济研究, 2023, (8): 174-190.
- [30] 孟元, 杨蓉. 大数据时代的政府治理: 数字政府与企业研发操纵[J]. 北京: 世界经济, 2024, (1): 118-149.
- [31] 金星晔, 左从江, 方明月, 李涛, 聂辉华. 企业数字化转型的测度难题: 基于大语言模型的新方法与新发现[J]. 北京: 经济研究, 2024, (3): 34-53.
- [32] 陈红, 张梦云, 雨田木子, 胡耀丹. 企业数字化转型对冗余雇员的影响[J]. 哈尔滨: 管理科学, 2025, (1): 113-129.
- [33] 焦豪, 崔瑜, 张亚敏. 数字基础设施建设与城市高技能创业人才吸引[J]. 北京: 经济研究, 2023, (12): 150-166.
- [34] 方福前, 田鸽, 张勋. 数字基础设施与代际收入向上流动性——基于“宽带中国”战略的准自然实验[J]. 北京: 经济研究, 2023, (5): 79-97.
- [35] 张自然, 马原, 杨玉玲. 新质生产力背景下中国新型基础设施的测度与分析[J]. 北京: 经济与管理研究, 2024, (8): 17-39.
- [36] Chen, J., and J. Roth. Logs with Zeros? Some Problems and Solutions[J]. Quarterly Journal of Economics, 2024, 139, (2): 891-936.
- [37] Cohn, J.B., Z. Liu, and M.I. Wardlaw. Count (and Count-like) Data in Finance[J]. Journal of Financial Economics, 2022, 146, (2): 529-551.
- [38] 柏培文, 张云. 数字经济、人口红利下降与中低技能劳动者权益[J]. 北京: 经济研究, 2021, (5): 91-108.
- [39] 洪俊杰, 李研, 杨曦. 数字经济与收入差距: 数字经济核心产业的视角[J]. 北京: 经济研究, 2024, (5): 116-131.

Corporate Innovation Effects of Digital Infrastructure: From the Perspective of New Quality Productive Forces

YAN Xiao-na

(National Academy of Economic Strategy, CASS, Beijing, 100006, China)

Abstract: In the era of digital economy, digital infrastructure as a crucial pillar of new quality productive forces, has exerted an increasingly prominent impact on corporate innovation behavior at the micro level. This study examines the influence of regional digital infrastructure development on corporate innovation within the region, using a sample of China's A-share listed companies from 2011 to 2020. The findings reveal that local digital infrastructure effectively drives corporate innovation, increasing both innovation input and output, with corporate digital transformation serving as the micro-level mechanism through which digital infrastructure facilitates innovation. Specifically, the improvement of digital infrastructure reduces the costs of data acquisition and processing for enterprises, provides efficient technological collaboration platforms, and enhances supply chain coordination efficiency, thereby incentivizing firms to increase R&D investment and boost innovation output. Further analysis indicates that regions with higher levels of marketization are better positioned to leverage the innovation-promoting effects of digital infrastructure. Moreover, manufacturing firms and private enterprises, due to their higher technological intensity and operational flexibility, exhibit more pronounced responsiveness to digital infrastructure in terms of innovation performance.

To ensure the robustness of the conclusions, this study employs multiple empirical strategies, including the instrumental variable approach and the difference-in-differences model, all of which support the reliability of the core findings. Additionally, the study reveals that the innovation effects of digital infrastructure are not uniformly distributed but are instead influenced by regional institutional environments and firm characteristics. In regions with higher marketization levels, the innovation-enhancing impact of digital infrastructure is more significant. Manufacturing firms, owing to their greater adaptability to digital production processes, demonstrate higher innovation elasticity compared to non-manufacturing firms. Private enterprises, benefiting from their decision-making flexibility and market sensitivity, are more adept at utilizing digital infrastructure to drive innovation than state-owned enterprises.

Based on these findings, this study proposes three policy recommendations: First, accelerate the coordinated deployment of digital infrastructure, with particular emphasis on constructing new infrastructure such as industrial internet and computing power networks, while reducing the digital transformation costs for small and medium-sized enterprises (SMEs) through tax incentives and equipment subsidies. Second, deepen market-oriented reforms, optimize the circulation mechanisms for data elements, and dismantle administrative barriers to provide institutional support for the diffusion of digital technologies. Third, implement differentiated support strategies, including tailored digital transformation assistance policies for manufacturing firms and private enterprises, and establish innovation pilot zones in cutting-edge fields such as artificial intelligence and the metaverse to foster emerging industrial clusters.

The theoretical contribution of this study lies in its pioneering application of the new quality productive forces theory to corporate innovation research, highlighting the pivotal role of digital infrastructure as a technological foundation and empirically addressing the academic debate on whether “platform innovation substitutes for independent corporate innovation.” From a practical perspective, the research provides micro-level evidence for policymakers to design digital infrastructure strategies, emphasizing the need to tailor policies based on regional marketization levels and industrial characteristics. Future research could further explore the impact of digital infrastructure on innovation quality and investigate how to narrow the “digital divide” among firms by adjusting production relations. This study offers valuable insights for China to cultivate new quality productive forces and achieve innovation-driven growth in the digital economy era.

Key Words: digital infrastructure; digital transformation; corporate innovation; new quality productive forces

JEL Classification: M20, O31, P41

DOI: 10.19616/j.cnki.bmj.2025.08.003

(责任编辑:李先军)