

数实融合对边疆地区全要素生产率的影响研究

——基于因地制宜发展新质生产力视角

盛玉雪,黄美云,李光辉,周密

[摘要]因地制宜发展新质生产力是边疆地区高质量发展的内生动力和基本支撑,全要素生产率的大幅提升是新质生产力的核心标志,数字经济和实体经济的深度融合为提升边疆地区全要素生产率带来重大机遇。文章基于2012—2021年专利申请数据测算了边疆地区数实融合水平,并结合边疆地区具体实际实证探究了数实融合对边疆地区全要素生产率的影响及作用机制。研究发现:边疆地区数实融合水平逐步提高但存在显著的区域差异和产业差异,边疆各城市数实融合存在明显断层,数字产品服务业和数字要素驱动业与实体产业的融合、数字产业与制造业的融合水平较高;数实融合能够显著提升边疆地区全要素生产率,技术创新和资源配置优化是其中的主要作用机制;异质性分析表明数字产品服务业与实体产业的融合、数字产业与制造业的融合对提升边疆地区全要素生产率的边际效应更强。据此,文章从清除边疆地区技术创新障碍、优化资源配置、制定差异化产业融合政策等方面提出建议,为边疆地区精准推进数实融合、因地制宜发展新质生产力提供了经验依据与政策启示。

[关键词]数实融合;全要素生产率;新质生产力;边疆地区

[中图分类号] F49 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1007-2462(2025)04-084-20

一、引言

因地制宜发展新质生产力是边疆地区高质量发展的内生动力和基本支撑。习近平总书记在中共中央政治局第十八次集体学习时强调,“推进中国式现代化,边疆地区一个都不能少”,要“推动边疆地区高质量发展”。新质生产力以全要素生产率(total factor productivity, TFP)的大幅提升为核心标志,是具有高

[基金项目]国家自然科学基金应急管理项目“中国—东盟经贸合作高质量发展的影响因素与路径”(72441006);广西壮族自治区哲学社会科学基金一般项目“广西面向东盟国家扩大制度型开放的理论逻辑和实现路径研究”(24QYGB04)。

[作者简介]盛玉雪,广西大学经济学院副教授,博士;黄美云,广西大学经济学院硕士研究生;李光辉,广西大学经济学院学术院长、二级教授,博士研究生导师,博士;周密,南开大学经济与社会发展研究院、经济行为与政策模拟实验室教授,博士研究生导师,博士。

科技、高效能、高质量等特征的先进生产力质态,是推动高质量发展的内在要求和重要着力点^①。数实融合(integration of digital economy and real economy, DRI)是发挥数字技术效能、加速产业转型升级的主要途径,不仅能够重构资源配置方式,而且能通过加速知识和技术的流动和扩散,为发展新质生产力开辟新路径^②,是提升边疆地区全要素生产率的巨大机遇。党的二十大报告提出“加快发展数字经济,促进数字经济和实体经济深度融合”。在此基础上,考察边疆地区数实融合的客观现状,探究其对边疆地区全要素生产率的作用机理,揭示边疆地区产业结构存在巨大差异背景下数实融合的异质性效应,有助于为边疆地区推动数字经济与实体经济精准融合、因地制宜发展新质生产力提供指引。

随着新一轮科技革命的兴起,以云计算、人工智能、大数据为代表的数字技术与实体经济的深度融合已成为当前经济发展的重要趋势^③。梳理文献发现,学术界围绕数实融合的理论内涵、测度、影响等展开了探索^④,对数实融合与全要素生产率的关系也进行了大量的研究^⑤。一般认为,数实融合通过影响技术创新、产业结构等方面对全要素生产率产生积极作用^⑥。但也有部分文献认为,数字经济具有自我扩张的特性,其快速发展可能会引发寡头垄断甚至完全垄断的局面^⑦,可能阻碍其他市场参与者发挥创新潜能^⑧,不利于生产率的提升。此外,现有文献普遍发现数实融合的生产率效应存在显著的异质性,与数字基础设施条件、人力资本水平等密切相关^⑨。

受历史条件、区位因素及资源要素禀赋等的制约,全国视域下,我国边疆地区是我国经济发展相对落后的地区^⑩,全要素生产率一直呈现低水平发展,除了在数字基础设施建设方面的投入相对不足^⑪,边疆

① 习近平:《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》,《求知》2024年第6期。

② 刘诚、夏杰长:《线上市场、数字平台与资源配置效率:价格机制与数据机制的作用》,《中国工业经济》2023年第7期;韩峰、姜竹青:《集聚网络视角下企业数字化的生产率提升效应研究》,《管理世界》2023年第11期。

③ 根据中国信息通信研究院发布的《中国数字经济发展研究报告(2024年)》,2023年数字经济对第一、第二、第三产业的渗透率分别增长至10.78%、25.03%、45.63%,分别较上年增长0.32、1.03和0.91个百分点。

④ 周密、王雷、郭佳宏:《新质生产力背景下数实融合的测算与时空比较——基于专利共分类方法的研究》,《数量经济技术经济研究》2024年第7期;周密、乔钰容、郭佳宏:《实数融合改善城市绿色发展福利的研究》,《经济纵横》2025年第5期。

⑤ 韩峰、姜竹青:《集聚网络视角下企业数字化的生产率提升效应研究》,《管理世界》2023年第11期;王军、张毅、马骁:《数字经济、资源错配与全要素生产率》,《财贸研究》2022年第11期;吴凡:《数字经济与全要素生产率》,《商业观察》2023年第35期。

⑥ 黄先海、高亚兴:《数实产业技术融合与企业全要素生产率——基于中国企业专利信息的研究》,《中国工业经济》2023年第11期;张凌洁、马立平:《数字经济、产业结构升级与全要素生产率》,《统计与决策》2022年第3期。

⑦ 郭家堂、骆品亮:《互联网对中国全要素生产率有促进作用吗?》,《管理世界》2016年第10期。

⑧ 邓洲:《基于产业分工角度的我国数字经济发展优劣势分析》,《经济纵横》2020年第4期。

⑨ 黄先海、高亚兴:《数实产业技术融合与企业全要素生产率——基于中国企业专利信息的研究》,《中国工业经济》2023年第11期;周密、乔钰容、郭佳宏:《实数融合改善城市绿色发展福利的研究》,《经济纵横》2025年第5期。

⑩ 吴刚、李俊清:《推动边疆地区高质量发展视阈下的政府职能研究》,《广西大学学报(哲学社会科学版)》2023年第6期;干春晖、贾文星:《数字经济赋能边疆地区高质量发展:逻辑机理和路径选择》,《广西经济》2024年第4期。

⑪ 李光辉、黄华、陈川:《中国边疆经济发展现状与未来路径》,《中国经济报告》2023年第3期。

地区还面临产业结构相对落后、人力资本水平低下、普惠金融覆盖有限、技术创新能力欠缺等问题^①。数实融合能否为全要素生产率的提升注入新活力,其中的具体机制如何,已成为实现边疆地区高质量发展亟须回答的核心问题。遗憾的是,对于数实融合与边疆地区全要素生产率关系的讨论,现有文献还存在一定的局限性。一是既有关于数实融合和全要素生产率关系的研究多涉及较大的空间范围,具体到边疆地区的针对性研究则相对匮乏,边疆地区数实融合的典型特征事实亟待归纳梳理;二是数实融合对边疆地区全要素生产率的影响尚待检验。有研究认为,在数字基础设施建设水平较高的地区,企业数实产业技术融合对企业全要素生产率的提升效果更为显著^②,但也有研究认为在数字基础设施建设相对滞后的城市推进数实融合带来的边际效应更大^③。在考虑细分产业的异质性以后,文献的这种矛盾被进一步放大^④。

本文在回顾既有研究的基础上,针对边疆地区数实融合和全要素生产率的关系展开研究。首先,基于专利申请数据,运用专利共分类分析方法对边疆地区数实融合水平进行测算,并对边疆数实融合典型事实特征进行归纳。其次,基于技术创新和资源配置优化两个角度,从理论层面剖析数实融合对边疆地区全要素生产率的作用机制。最后,在利用随机前沿模型测算边疆地区全要素生产率的基础上,基于2012—2021年边疆地区地级市面板数据,使用双向固定效应模型进行实证分析。研究发现,数实融合能显著提升边疆地区全要素生产率,技术创新和资源配置优化是其中的主要作用机制,异质性分析发现数字产品服务业与实体产业的融合以及数字产业与制造业的融合对边疆地区全要素生产率的提升效果更显著。

与现有文献相比,本文的边际贡献在于:一是对既有文献关于数实融合与全要素生产率关系的争议做出了回应。本文聚焦数字基础设施建设相对滞后的边疆地区,实证研究发现数实融合对边疆地区全要素生产率有显著提升作用,为区域经济数字化转型提供了边疆视域的经验证据。二是明确了数实融合对边疆地区全要素生产率的影响及作用机制。结合边疆地区数字基础设施建设情况和产业结构特点,本文对边疆地区数实融合特征进行了归纳,分析并检验了技术创新和资源配置优化两大作用机制,进一步考察了细分产业数实融合的异质性影响,为边疆地区推动数字经济与实体经济精准融合、因地制宜发展新质生产力提供了可靠的经验证据。

文章余下部分的结构安排如下:第二部分对数实融合影响边疆地区全要素生产率的理论机制进行分析,第三部分对边疆地区数实融合水平进行测算,并归纳典型特征事实,第四部分为本文的实证研究设计,包括模型、变量与数据,第五部分为数实融合对边疆地区全要素生产率的实证结果,第六部分为进一步分析,包括机制分析和数实融合内部构成异质性分析,第七部分为结论与启示。

①雷汉云、张喜玲:《边疆地区普惠金融发展差异的阶段性评价——与我国中、东、西部地区的比较》,《技术经济与管理研究》2017年第8期;杨玉文、张云霞:《东北边疆地区人口迁移对产业转型升级的影响》,《中南民族大学学报(人文社会科学版)》2024年第4期;盛玉雪、张何微、黄美云等:《双重创新网络嵌入、技术互补与边疆地区创新能力研究》,《广西经济》2025年第1期。

②黄先海、高亚兴:《数实产业技术融合与企业全要素生产率——基于中国企业专利信息的研究》,《中国工业经济》2023年第11期。

③周密、乔钰容、郭佳宏:《实数融合改善城市绿色发展福利的研究》,《经济纵横》2025年第5期。

④黄先海、高亚兴:《数实产业技术融合与企业全要素生产率——基于中国企业专利信息的研究》,《中国工业经济》2023年第11期。

二、理论分析与研究假设

数实融合为边疆地区带来了前沿数字技术与传统产业的深度结合,推动边疆地区传统产业向高端化、智能化、绿色化转型,提高生产自动化程度,提升产品质量和附加值。这种转型不仅体现在生产环节上,还延伸至供应链管理方面,通过数字化手段实现供应链各环节的信息共享与协同运作,优化了库存管理、物流配送等流程,降低了运营成本^①。同时,催生新产业新业态,如数字文旅借助虚拟现实、增强现实等技术带动当地旅游业蓬勃发展,跨境电商为边疆地区的特色产品打开了更广阔的市场,实现同全国及全球市场的对接^②,为边疆地区经济增长注入新动力,带动了全要素生产率的提升。在管理效率方面,数字化管理系统使企业运营更高效,推动边疆企业从经验驱动转向数据驱动。边疆地区企业利用数字化工具实现对生产、销售、财务等环节的实时监控和协同,精准把握市场需求,优化生产计划,合理配置资源,不仅降低了管理成本,还极大地提高了决策的速度和准确性,使企业在激烈的市场竞争中能够迅速响应、抢占先机。基于上述分析,本文提出研究假设1。

H1:数实融合能够提升边疆地区全要素生产率。

提高全要素生产率的途径主要有两种:一是通过技术创新实现生产效率的提高,二是通过生产要素的重新组合实现资源配置效率的提高,主要表现为在生产要素投入之外,通过体制优化、组织管理改善等无形要素推动经济增长^③。因此,本文聚焦技术创新效应与资源配置优化效应两大路径,深入探讨数实融合对边疆地区全要素生产率的作用机制。

(一)技术创新

创新是全要素生产率的一个重要影响因素^④,数实融合主要通过需求端和供给端促进技术革新。在需求端,数实融合通过洞察、捕捉消费需求以及拓展消费新场景释放居民消费潜力^⑤,根据需求引致创新理论,消费潜力的释放和消费结构的升级将有利于增加企业研发投入,提升企业创新水平。此外,数实融合改变了两者之间的互动方式和互动频率,使得生产者得以及时从消费者的评价与反馈中了解市场需求,进而改进产品、提升产品创新水平^⑥。在供给端,一是数实融合能够降低创新主体的研发成本^⑦。数实融合消除了地理及行政界限,降低了知识、数据等创新要素流动成本,加快了知识要素和数据要素在产业链供应链上下游之间、地区之间的流动和共享。而且,数字经济提供的丰富数字化工具通过与实体

① 干春晖、贾文星:《数字经济赋能边疆地区高质量发展:逻辑机理和路径选择》,《广西经济》2024年第4期。

② 李琪、曾小雨、宗雨晨等:《AI赋能西北边疆地区跨境电商创新发展的路径研究》,《中国商论》2025年第7期。

③ 龚关、胡关亮:《中国制造业资源配置效率与全要素生产率》,《经济研究》2013年第4期;Baumann J, Kritikos A S, "The Link Between R&D, Innovation and Productivity: Are Micro Firms Different?" *Research Policy* 45, no. 6 (2016): 1263-1274.

④ Griliches Z, "Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth", *The Bell Journal of Economics* 10, no. 1 (1979): 92-116.

⑤ 田维双、刘永文、李睿:《数字经济与实体经济融合如何赋能经济增长——基于国内国际双循环视角》,《金融理论探索》2024年第5期。

⑥ 涂心语、严晓玲:《数字化转型、知识溢出与企业全要素生产率——来自制造业上市公司的经验证据》,《产业经济研究》2022年第2期。

⑦ 沈国兵、袁征宇:《企业互联网化对中国企业创新及出口的影响》,《经济研究》2020年第1期。

经济的深度融合使实践中隐性知识的显性化成为可能,极大地加快了隐性知识在区域间的流动和溢出,从而加快了创新进程。二是数实融合通过革新企业管理和运营模式压缩了企业的管理成本^①,使企业有更多资源用于研发创新活动。三是数实融合所引发的同群效应显著加剧了市场竞争态势,促使企业提升自身创新水平。数实融合会引发同群效应,即当少数企业出于提升盈利能力、生产效率与市场地位等原因进行自身条件评估后率先推进数字化转型时^②,行业内的其他企业往往会出于学习动机与避险动机(市场竞争、环境不确定性等)跟随或模仿已经开始数字化转型的企业采取同样的数字化转型策略^③。在此过程中,市场竞争因同群效应变得更加激烈。随着市场竞争的不断升级,越来越多的企业选择将资金投入研发活动,力求通过推出差异化产品来赢得市场先机,这一趋势在微观层面上极大地推动了整个产业创新能力的提升^④。基于上述分析,本文提出研究假设2。

H2:数实融合通过推动技术创新提升边疆地区全要素生产率。

(二)资源配置优化

资源配置是全要素生产率的另一个重要影响因素,数实融合主要通过以下两个方面优化资源配置:一是通过缓解信息不对称和不完全问题加快劳动力、资本等传统要素流动,减少资源错配^⑤。借助大数据和预测分析等先进技术,通过高度互联互通的互联网大数据平台,企业能够高效、迅速地捕捉和分析产品市场与要素市场的供求动态,做出最优的要素配置决定,减少因地理空间限制产生的要素配置效率损失和资源浪费现象,有效应对信息不对称和不完全的问题,促进劳动力、资本等传统要素在不同地区的快速流动,减少资源错配,提升要素配置效率,从而使本地的全要素生产率得到提升。二是通过推动产业链供应链全链条协同,优化资源配置,提升全链运作效率。数实融合使产业链供应链能够通过大数据、物联网等技术,实现数字化改造,提升敏捷性和响应速度,从而实现信息、物流、资金的高效协同,缓解信息不对称并降低供应链环节的滞后性,这不仅能强化产业链对外部风险的抵御力,还能显著提高供应链的运作效率。基于上述分析,本文提出研究假设3。

H3:数实融合通过优化资源配置提升边疆地区全要素生产率。

三、数实融合水平的测算与现状分析

(一)数实融合水平的测算

考虑到传统的耦合方法无法全面反映真实的数实融合情况,本文基于产业之间的技术融合是产业融

①杜传忠、张远:《数字经济发展对企业生产率增长的影响机制研究》,《证券市场导报》2021年第2期。

②Björkdahl J, "Strategies for Digitalization in Manufacturing Firms", *California Management Review* 62, no. 4 (2020): 17-36.

③杜勇、娄靖、胡红燕:《供应链共同股权网络下企业数字化转型同群效应研究》,《中国工业经济》2023年第4期;Lieberman M B, Asaba S, "Why Do Firms Imitate Each Other?" *Academy of Management Review* 31, no. 2 (2006): 366-385.

④聂辉华、谭松涛、王宇锋:《创新、企业规模 and 市场竞争:基于中国企业层面的面板数据分析》,《世界经济》2008年第7期。

⑤刘诚、夏杰长:《线上市场、数字平台与资源配置效率:价格机制与数据机制的作用》,《中国工业经济》2023年第7期。

合发生的前提条件^①,借鉴周密等^②利用专利申请数据、采用专利共分类分析方法测算数实融合水平。该测算方法遵循“技术融合—产业融合—地区融合”的递进测算逻辑。

首先,测算技术融合水平。对每条专利的分类号信息进行提取,统计专利分类号的共现频次,将其作为衡量技术融合水平的指标,构建IPC共现矩阵 P :

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} & \cdots & p_{1\kappa} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} & \cdots & p_{2\kappa} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & p_{m2} & \cdots & p_{mn} & \cdots & p_{m\kappa} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{k1} & p_{k2} & \cdots & p_{kn} & \cdots & p_{k\kappa} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$p_{mn} = \sum_{p_\lambda \in \zeta} I(p_\lambda, IPC_m) \cdot I(p_\lambda, IPC_n) \quad (2)$$

其中, m, n 表示不同IPC分类号, k 为所有专利的IPC分类号数量, p_λ 代表某项专利, ζ 为所有专利的集合, I 为指示函数,当专利 p_λ 的分类号包含 IPC_{mn} 时取值为1,否则取值为0。

其次,测算产业融合水平。将专利分类号与《国际专利分类与国民经济行业分类参照关系表(2018)》进行对照,得到产业共现矩阵 I :

$$I = \begin{bmatrix} i_{11} & i_{12} & \cdots & i_{1n} & \cdots & i_{1\kappa} \\ i_{21} & i_{22} & \cdots & i_{2n} & \cdots & i_{2\kappa} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ i_{m1} & i_{m2} & \cdots & i_{mn} & \cdots & i_{m\kappa} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ i_{k1} & i_{k2} & \cdots & i_{kn} & \cdots & i_{k\kappa} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$i_{mn_q \times q} = \begin{bmatrix} l_{mn_{11}} & l_{mn_{12}} & \cdots & l_{mn_{1v}} & \cdots & l_{mn_{1q}} \\ l_{mn_{21}} & l_{mn_{22}} & \cdots & l_{mn_{2v}} & \cdots & l_{mn_{2q}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{mn_{u1}} & l_{mn_{u2}} & \cdots & l_{mn_{uv}} & \cdots & l_{mn_{uq}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{mn_{q1}} & l_{mn_{q2}} & \cdots & l_{mn_{qv}} & \cdots & l_{mn_{qq}} \end{bmatrix} \quad (4)$$

其中, q 表示所有的国民经济行业小类, $l_{mn_{uv}}$ 表示 IPC_m 对应的行业小类 u 与 IPC_n 对应的行业小类 v 的共现频次,当 IPC_m 与行业小类 u 及 IPC_n 与行业小类 v 均存在对应关系时, $l_{mn_{uv}}$ 取值为1,否则为0。在得到IPC共现矩阵 P 和产业共现矩阵 I 后,进行Hadamard积运算得到产业融合矩阵 $Z = P \odot I$ 。在此基础上,将产业融合矩阵按行业小类进行矩阵行(列)间求和,计算两个产业 u 与 v 之间的共现频次作为产业融合水平的测度指标,由于 Z 为对称矩阵,求和过程存在重复计算,故将总频次除以2以消除重复计数,得到产业融合水平 z_{uv} :

^①马健:《产业融合理论评述》,《经济学动态》2002年第5期;Kwon O, An Y, Kim M, et al, “Anticipating Technology-Driven Industry Convergence: Evidence from Large-Scale Patent Analysis”, *Technology Analysis & Strategic Management* 32, no. 4 (2019): 363-378.

^②周密、王雷、郭佳宏:《新质生产力背景下数实融合的测算与时空比较——基于专利共分类方法的研究》,《数量经济技术经济研究》2024年第7期;周密、乔钰容、郭佳宏:《实数融合改善城市绿色发展福利的研究》,《经济纵横》2025年第5期。

$$z_{uv} = \frac{1}{2} \sum_m \sum_n \iota_{mn_{uv}} \quad (5)$$

最后,根据专利的所属地进行地区层面的累加,得到边疆地区数实融合水平:

$$Q_{DR} = \frac{1}{f \times g} \sum_{D_i \in D} \sum_{R_j \in R} z_{D_i, R_j} \quad (6)$$

其中, Q_{DR} 为边疆地区的数实融合水平, $D = \{D_1, D_2, \dots, D_f\}$ 和 $R = \{R_1, R_2, \dots, R_g\}$ 分别表示边疆地区数字经济产业和实体经济产业的集合, f 和 g 分别是两个产业集合的数量。 z_{D_i, R_j} 表示某地区数字产业 D_i 和实体产业 R_j 之间的融合水平。为了更直观、清晰地观察数实融合水平的相对差异,我们进一步运用离差标准化方法将上述测算结果映射至 $[0,1]$ 区间:

$$DRI = \frac{Q_{DR} - \min(Q_{DR})}{\max(Q_{DR}) - \min(Q_{DR})} \quad (7)$$

其中, DRI 为标准化处理后的数实融合水平, $\max(Q_{DR})$ 和 $\min(Q_{DR})$ 分别是边疆所有地区数实融合水平的最大值和最小值。

进一步地,本文统计了数实融合内部细分产业的融合情况,以分析其对边疆地区全要素生产率的异质性影响。在细分数字产业与实体产业的融合情况方面,依据《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》分别统计数字产品制造业、数字产品服务业、数字技术应用业、数字要素驱动业与实体产业的融合情况。在数字产业与细分实体产业的融合情况方面,参考黄群慧^①对实体经济的分层框架,将实体产业细分为制造业、农业、建筑业及除制造业以外的其他工业,以及除金融业、房地产业以外的所有服务业四类,分别测算数字产业与四类实体产业的融合情况。类似地,本文依据各大类融合所涉及的数字经济和实体经济产业小类组合数,对各分大类产业融合数值赋予权重,并采用离差标准化的方法将数实融合水平测算结果映射到 $[0,1]$ 区间。

(二)数据来源

借鉴吴刚和李俊清^②、李光辉等^③的研究,本文的边疆地区专指陆疆,即与14个国家接壤、在我国2.28万千米的边境线内,包括黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、甘肃、新疆、西藏、云南、广西等9个沿边省(区)的85个地级市、9个自治州、8个地区和3个盟。本文以2012—2021年中国专利申请数据为初始样本,数据来源于国家知识产权局,包括发明专利、实用新型专利和外观设计专利。为了与后文实证研究相对应,本文在测算中不考虑边疆地区的自治州、地区和盟以及后文控制变量数据缺失严重的撤地设市地区如哈密市等,最终采用的测算样本囊括边疆77个地级市共1310172项专利。

测算过程中,参考周密等^④的做法对专利数据进行如下初步处理:①剔除无法反映分类号共现信息、只有一个分类号的专利;②仅保留专利的前10个分类号;③剔除教育、卫生和社会工作等技术驱动特征

①黄群慧:《论新时期中国实体经济的发展》,《中国工业经济》2017年第9期。

②吴刚、李俊清:《推动边疆地区高质量发展视阈下的政府职能研究》,《广西大学学报(哲学社会科学版)》2023年第6期。

③李光辉、黄华、陈川:《中国边疆经济发展现状与未来路径》,《中国经济报告》2023年第3期。

④周密、王雷、郭佳宏:《新质生产力背景下数实融合的测算与时空比较——基于专利共分类方法的研究》,《数量经济技术经济研究》2024年第7期。

不明显、缺乏专利分类号的对应信息的行业；④仅采用《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》中的数字产品制造业、数字产品服务业、数字技术应用业、数字要素驱动业四个大类统计数实融合，剔除数字化效率提升业这一非数字经济核心产业，以及不能为数实融合提供数字技术、数字产品和服务支持，且无法与国民经济中的行业小类对应的产业数字化部分。经过上述数据处理及IPC与国民经济行业的匹配后，最终得到边疆地区数实融合涉及数字经济核心产业大类4类、对应国民经济行业分类表中的数字产业小类86类，涉及实体经济产业大类51类、小类723类。

(三) 边疆地区数实融合现状分析

1. 数实融合水平逐步提高

表1展示了2012—2021年边疆地区数实融合情况，从表中可以看出，融合水平和增速的变化走向与周密等^①计算的全国范围内的数实融合水平及增速的变化趋势基本一致。从整体水平来看，边疆地区数实融合水平在2012年到2021年总体上呈现增长趋势，年均增速为11.5465%，表明随着数字技术加速应用、下沉，其与实体产业生产技术和模式的融合持续涌现，实体经济创新动力和发展空间得以不断提升和拓展。从增速变化来看，得益于移动端时代兴起催生的数字经济新发展及党的十八大以来“治国必治边”战略思想指引下新时代兴边富民行动的深入推进，2014年数实融合增速显著提高并达到首个峰值。随着我国经济发展步入新常态，2015—2016年融合增速有所下降。2017年随着数实融合概念首次被提出及兴边富民行动“十三五”规划的实施，数字经济对实体经济商业模式、管理范式、生产组织、决策机制等各个方面的重塑加速，数实融合增速逐步回升并在2018年达到第二个峰值。2019年新冠疫情暴发，边疆地区专利申请、公开和统计活动受到影响，数实融合增速再次下降。2020年疫情得到有效控制，随着生产生活秩序逐步恢复正常，数实融合增速再次上升，并达到第三个峰值。随后，2021年，受疫情在全球大规模扩散的冲击，与外国接壤的边疆地区的数实融合增速再次下降。从以上分析可以看出，数实融合水平在很大程度上受到宏观经济发展环境以及政府政策导向的影响。未来，在“宽带边疆”建设行动下，边疆地区数实融合有望向深度推进。

表1 2012—2021年边疆地区数实融合水平及增速

年份	数实融合水平	数实融合增速
2012	0.0668	—
2013	0.0667	-0.2877%
2014	0.0783	17.5357%
2015	0.0886	13.1089%
2016	0.0825	-6.9031%
2017	0.0902	9.3288%
2018	0.1179	30.6897%
2019	0.1370	16.2502%
2020	0.1625	18.5733%
2021	0.1786	9.9425%

^①周密、王雷、郭佳宏：《新质生产力背景下数实融合的测算与时空比较——基于专利共分类方法的研究》，《数量经济技术经济研究》2024年第7期。

2. 内部数实融合水平存在明显断层但差异逐渐减小

本文进一步考察了2012年、2016年和2021年边疆地区内部数实融合水平空间分异情况,结果如表2所示。由于边疆地区内部在基础设施以及经济发展水平上存在较大差异,其数实融合水平也呈现显著的层级分化态势。2012年,除乌海市数实融合水平在0.5之上外,其余地市的数实融合水平均低于0.5,高达83.12%的城市融合水平位于[0,0.1]区间,仅6.49%的城市融合水平大于0.2,融合水平最高的十个城市与最低的十个城市之间的融合均值相差约21.43倍。2016年融合水平最高值较2012年有所下降,最高值为嘉峪关市的0.4256,内部地区间层级分化有所减弱,但断层仍然明显,融合水平位于[0,0.1]区间和0.2以上的城市占比分别为75.32%、9.09%,融合水平最高的十个城市与最低的十个城市之间的融合均值相差约10倍。2021年融合水平位于[0,0.1]区间的城市大幅减少,多数城市数实融合水平得到大幅提升,尤其是省会城市,如东北三省省会沈阳市、长春市和哈尔滨市,西南地区省会南宁市、昆明市,西北地区省会兰州市等。除此之外,融合水平最高的十个城市与最低的十个城市之间的融合均值差距缩小为约7倍,城市融合水平分布区间也进一步均衡化,边疆地区内部的层级分化进一步减弱。图1为2012—2021年边疆地区数实融合水平的变异系数变化情况,从图中也可以看出,2014年后,边疆地区各城市数实融合水平差距逐渐缩小。

表2 边疆地区内部数实融合水平空间分异情况

年份	Top10		Bottom10		不同融合水平区间的城市占比		
	城市	融合水平	城市	融合水平	[0,0.1]	(0.1,0.2]	0.2以上
2012	乌海市	0.5844	保山市	0.0000	83.12%	10.39%	6.49%
	北海市	0.4487	黑河市	0.0090			
	乌兰察布市	0.2288	酒泉市	0.0114			
	鸡西市	0.2234	贵港市	0.0118			
	天水市	0.2216	双鸭山市	0.0127			
	武威市	0.1801	佳木斯市	0.0127			
	普洱市	0.1688	曲靖市	0.0133			
	白山市	0.1538	葫芦岛市	0.0137			
	丽江市	0.1271	白城市	0.0144			
	大连市	0.1109	绥化市	0.0152			
2016	嘉峪关市	0.4256	呼伦贝尔市	0.0123	75.32%	15.58%	9.09%
	大连市	0.2855	四平市	0.0195			
	桂林市	0.2831	庆阳市	0.0210			
	长春市	0.2325	张掖市	0.0220			
	哈尔滨市	0.2323	伊春市	0.0233			
	沈阳市	0.2246	普洱市	0.0246			
	铁岭市	0.2104	绥化市	0.0253			
	朝阳市	0.1775	曲靖市	0.0255			
	乌鲁木齐市	0.1608	贵港市	0.0255			
鞍山市	0.1548	河池市	0.0256				
2021	沈阳市	0.9346	张掖市	0.0487	36.36%	42.86%	20.78%
	长春市	0.8559	普洱市	0.0554			
	哈尔滨市	0.6662	克拉玛依市	0.0683			
	大连市	0.5765	来宾市	0.0697			
	昆明市	0.5453	丽江市	0.0702			
	南宁市	0.4624	丹东市	0.0707			
	兰州市	0.3500	嘉峪关市	0.0717			
	桂林市	0.3433	曲靖市	0.0743			
	鞍山市	0.3203	白银市	0.0747			
北海市	0.2957	防城港市	0.0760				

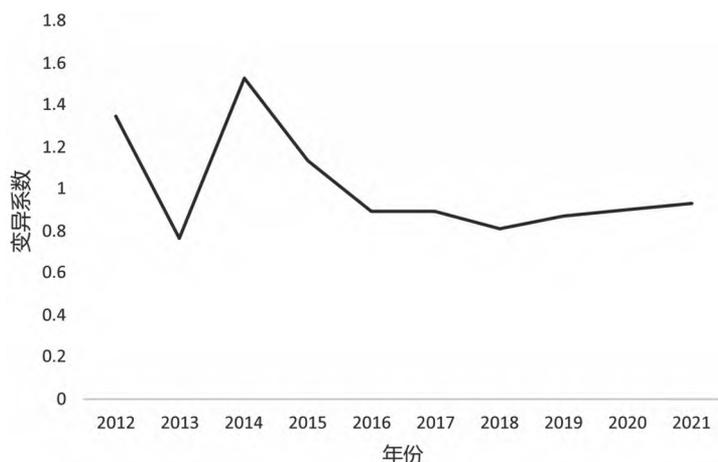


图1 2012—2021年边疆地区数实融合水平的变异系数变化趋势

3. 数实融合内部构成差异显著

图2展示了2012—2021年边疆地区细分数字产业与实体产业融合情况。从图中可以看出,样本期内边疆地区数字经济核心产业与实体产业的融合水平总体呈上升趋势。从细分数字产业来看,从2016年起,数字产品服务业和数字要素驱动业与实体产业的融合水平一直保持在高位,其次是数字技术应用业与实体产业的融合水平,而数字产品制造业与实体产业的融合水平最低。可能的解释是,数字产品服务业提供数字产品(货物或服务)的批发、零售、租赁和维修等相关服务,属于数字产品制造业衍生的生产性服务业范畴;数字要素驱动业涵盖互联网平台、信息基础设施、数据资源与产权交易等内容,是数据要素开发利用过程涉及的一系列经济活动,数字技术应用业包括软件开发、电信、广播电视传输服务、互联网相关服务、信息技术服务等,两者均与软件和信息技术服务业、通信业以及数据产业存在紧密关联,上述核心产业均是数字经济向实体产业后端渗透的重要模块,与实体产业融合的门槛较低,故融合水平较高。相比之下,数字产品制造业涉及支撑数字信息处理的终端设备、相关电子元器件以及高度应用数字化技术的智能设备制造活动,也即传统意义上的电子信息制造业,偏向实体产业前端渗透^①,与实体产业融合过程中涉及设备定制、生产制造、迭代更新等环节,融合难度较高,因而融合水平相对较低。从增速来看,2016—2017年因经济结构调整、2019年受新冠疫情影响增速波动较大,最终增速均趋于平缓。数字产品制造业由于增速较慢,融合水平提升缓慢,与其他类型融合的差距不断拉大。

2012—2021年边疆地区数字产业与细分实体产业融合情况如图3所示。可以看到,数字产业与四类实体产业的融合水平总体呈上升趋势,与数实融合水平整体趋势一致。从细分实体产业来看,数字产业与细分实体产业融合差异较大:数字产业与制造业的融合水平最高;2020年之前大部分年份数字产业与农业的融合水平高于数字产业与服务业的融合水平,2020年之后数字产业与服务业的融合进程加快,赶超数字产业与农业的融合水平;而数字产业与建筑业及其他工业的融合水平长期处于低位。从产业结构来看总体呈现出“二一三”向“二三一”过渡的融合趋势。可能的原因是,样本前期边疆大部分地区制造业

^①周密、王雷、郭佳宏:《新质生产力背景下数实融合的测算与时空比较——基于专利共分类方法的研究》,《数量经济技术经济研究》2024年第7期。

占地区生产总值比重较大,具有较为完善的产业融合基础,后期服务业占比上升^①,数字产业与服务业的融合开始加速。从增速维度观察,与数实融合增速的整体特征类似,数字产业与四类实体产业融合的增速均呈现出较大波动,其中数字产业与农业、建筑业及其他工业融合的增速波动更大,这也与周密等^②基于全国城市样本的研究发现基本一致。

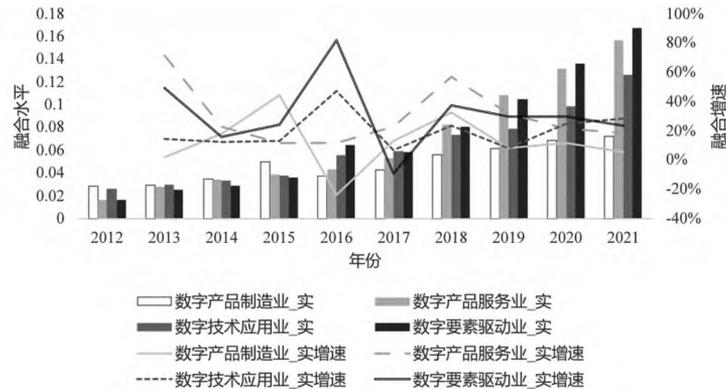


图2 2012—2021年边疆地区细分数字产业与实体产业融合情况

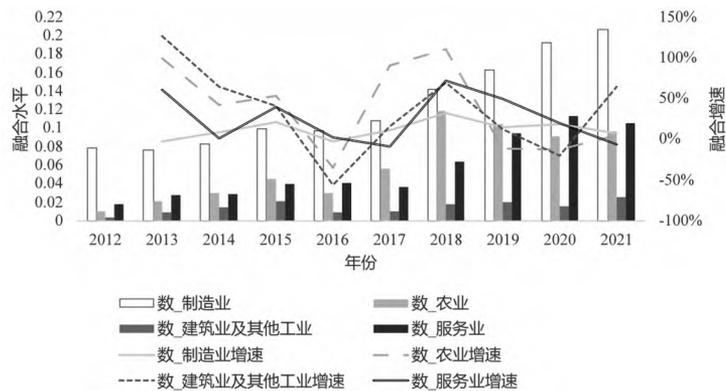


图3 2012—2021年边疆地区数字产业与细分实体产业融合情况

四、模型与变量

(一)模型设定

为了检验数实融合对边疆地区全要素生产率的影响,本文参考黄先海和高亚兴^③的研究,建立如下双向固定效应模型:

①杨玉文、张云霞:《东北边疆地区人口迁移对产业转型升级的影响》,《中南民族大学学报(人文社会科学版)》2024年第4期。

②周密、王雷、郭佳宏:《新质生产力背景下数实融合的测算与时空比较——基于专利共分类方法的研究》,《数量经济技术经济研究》2024年第7期。

③黄先海、高亚兴:《数实产业技术融合与企业全要素生产率——基于中国企业专利信息的研究》,《中国工业经济》2023年第11期。

$$TFP_{ct} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln DRI_{ct} + \varphi' X_{ct} + \mu_c + \theta_t + \varepsilon_{ct} \quad (8)$$

式(8)中,下标 c 表示城市, t 表示年份。 TFP_{ct} 为被解释变量全要素生产率,采用随机前沿模型进行测算。 DRI_{ct} 为核心解释变量数实融合水平,采用上文的专利共分类分析方法测算得到。 X 表示控制变量向量,包括政府干预度(Gov)、对外开放程度(Open)、产业结构(Str)、市场规模(Market)、金融发展程度(Finance)等,对所有解释变量进行加1取自然对数处理,以避免异方差影响。同时,本文加入了城市固定效应 μ_c 以及年份固定效应 θ_t ,用以控制城市和时间层面上不随时间变化的特征, ε_{ct} 为随机误差项。

进一步地,为验证中介效应,借鉴江艇^①的方法设定如下中介效应模型:

$$Med_{ct} = \beta_0 + \beta_1 \ln DRI_{ct} + \varphi' X_{ct} + \mu_c + \theta_t + \varepsilon_{ct} \quad (9)$$

$$TFP_{ct} = \gamma_0 + \gamma_1 \ln DRI_{ct} + \gamma_2 Med_{ct} + \varphi' X_{ct} + \mu_c + \theta_t + \varepsilon_{ct} \quad (10)$$

其中, Med_{ct} 为中介变量,包含技术创新和资源配置优化,其余变量含义同上。

(二)变量选取与定义

1.被解释变量:全要素生产率

本文参考 Battese 和 Coelli^②的研究,利用随机前沿模型(SFA)测算边疆地区全要素生产率(TFP)。SFA最早由 Aigner 等^③提出,其原理是基于样本中各个体的投入与产出数据来构建生产前沿面,通过测量个体实际产出与该前沿面之间的距离来评估其效率,由于考虑了随机因素对产出的影响,该方法适用于宏观层面全要素生产率的估计。具体来说,产出变量为边疆各地级市实际地区生产总值,为消除价格因素的影响,且囿于地级市数据的可得性,根据各地级市所在省份的地区生产总值平减指数调整为基期2012年的不变价格。投入要素包括劳动力投入和资本投入。鉴于数据的可得性,劳动投入采用城市年末总人口数来衡量。资本投入以物质资本存量衡量,采用1951年 Goldsmith 开创的永续盘存法(PIM)进行估算,其中,固定资产投资额根据各地级市所在省份的生产者价格指数(PPI)进行平减处理,将其调整为2012年不变价格的实际值,折旧率参照张军等^④的方法设定为9.6%,基期资本存量参照 Young^⑤的处理方法,使用基期固定资产投资额除以10%衡量。

2.解释变量:数实融合水平

上文对数实融合水平进行了测算,采用离差标准化方法将其测算结果映射至[0,1]区间,并进一步将标准化后的数实融合水平加1取自然对数并纳入计量模型。异质性分析部分,采用同样的方法,将标准化后的各细分产业融合数值加1取自然对数代入模型(8)中,以避免数据分布偏态问题,提升估计结果的稳健性。

3.控制变量

参照相关研究,本文进一步控制了一系列与全要素生产率相关的因素,这些指标都较好地衡量了当

①江艇:《因果推断经验研究中的中介效应与调节效应》,《中国工业经济》2022年第5期。

②Battese G E, Coelli T J, "A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data", *Empirical Economics* 20 (1995): 325-332.

③Aigner D, Lovell C A K, Schmidt P, "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models", *Journal of Econometrics* 6, no. 1 (1977): 21-37.

④张军、吴桂英、张吉鹏:《中国省际物质资本存量估算:1952—2000》,《经济研究》2004年第10期。

⑤Young A, "Gold into Base Metals: Productivity Growth in the People's Republic of China during the Reform Period", *Journal of Political Economy* 111, no. 6 (2003): 1220-1261.

地的资源配置效率与技术创新能力,预期都会对全要素生产率存在一定影响:①金融发展水平(Finance),采用城市年末金融机构存贷款余额加1取自然对数作为城市金融发展水平的代理变量,金融发展水平反映了城市金融储备与资金周转能力,该变量数值越高,生产效率可能更高。②政府干预度(Gov),采用政府一般预算内财政支出加1取自然对数作为替代指标,政府介入会影响市场参与者的行为与决策,影响社会运转效率。③对外开放程度(Open),以进出口总额加1取自然对数衡量,贸易开放有助于技术引进。④产业结构(Str),采用第三产业增加值加1取自然对数衡量,产业结构演变会影响各生产要素的利用与组合方式,从而可能影响全要素生产率。⑤市场规模(Market),选取社会消费品零售总额加1取自然对数作为代理变量,市场规模会影响规模经济、市场竞争激烈程度等,从而可能对全要素生产率产生影响。

4. 机制变量

一是技术创新。现有研究多采用专利申请数量衡量技术创新^①,相比专利申请数量,专利授权数量能够反映主体真实的创新能力,且与实用新型专利与外观设计专利相比,发明专利技术复杂度更高,更能体现城市的核心创新能力。因此,本文拟采用发明专利授权数量衡量城市技术创新水平。同时,为更好地体现创新效率,使用发明专利授权数与科学支出的比重作为城市技术创新的代理变量。

二是资源配置效率。在市场机制的作用下,资源最优配置指的是资本、劳动等生产要素依据边际效率最大化的原则自由流动,直至达到帕累托最优的资源利用状态,从而实现社会产出的最大化。相反,资源错配或要素扭曲则指生产要素的流动受到扭曲,导致它们偏离了资源配置的最优状态。本文借鉴 Hsieh 和 Klenow^②及刘诚和夏杰长^③的相关研究,使用生产函数法测算边疆各地市的要素扭曲程度,所使用的投入产出变量与前文相同,资本价格设定为10%,代表5%的折旧率与5%的实际利率,劳动价格使用各地市职工平均工资衡量。边际产出与价格的偏离程度越高,要素扭曲程度越高,资源配置效率越低。

除专利数据外,本文其余数据来源于《中国城市统计年鉴》、中国研究数据服务平台(CNRDS)、各地市统计公报和统计年鉴,对部分缺失数据使用插值法进行补全。由于数据的可得性,本文不考虑自治州、地区和盟,同时对于发生撤地设市的地区本文仍将其设为同一观察对象,而数据缺失严重的撤地设市地区同样被剔除(如哈密市、山南市等),最终以77个边疆地区地级城市为实证研究样本,得到2012—2021年间的770条平衡面板数据,主要变量的描述性统计结果如表3所示。

五、实证结果分析

(一) 基准回归

表4报告了数实融合对边疆地区企业全要素生产率的影响的基准回归结果。第(1)列为未纳入城市与年份固定效应的回归结果,第(2)列进一步控制了年份固定效应,第(3)列同时纳入城市与年份固定效

①江鹄、刘建江、许调蓉:《数实融合促进企业高质量发展了吗》,《宏观经济研究》2024年第10期。

②Hsieh C T, Klenow P J, “Misallocation and Manufacturing TFP in China and India”, *The Quarterly Journal of Economics* 124, no. 4 (2009): 1403-1448.

③刘诚、夏杰长:《线上市场、数字平台与资源配置效率:价格机制与数据机制的作用》,《中国工业经济》2023年第7期。

表3 主要变量描述性统计结果

变量	变量含义	观测值	平均值	标准差	最小值	最大值
TFP	全要素生产率	770	0.778	0.126	0.184	0.942
lnDRI	数实融合水平	770	0.097	0.091	0.000	0.693
lnFinance	金融发展程度	770	17.049	0.936	15.093	19.762
lnGov	政府干预度	770	14.675	0.642	12.187	16.268
lnOpen	对外开放程度	770	13.056	1.831	6.984	17.666
lnStr	产业结构	770	15.252	0.911	13.021	17.645
lnMarket	市场规模	770	15.063	0.961	12.721	17.618

应。从第(3)列的结果来看,数实融合水平系数为0.065,且通过5%水平的显著性检验,表明深入推进数实融合有助于提升边疆地区全要素生产率,这与黄先海和高亚兴^①的研究结论一致,H1初步得到验证。

表4 数实融合影响边疆地区全要素生产率的基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
	TFP	TFP	TFP
lnDRI	0.007 (0.029)	0.054* (0.028)	0.065** (0.029)
lnGov	-0.046*** (0.014)	-0.010 (0.014)	0.004 (0.015)
lnOpen	0.009** (0.004)	0.002 (0.004)	0.001 (0.004)
lnMarket	0.027*** (0.010)	0.013 (0.011)	0.015 (0.012)
lnFinance	-0.141*** (0.011)	-0.060*** (0.014)	-0.038** (0.019)
lnStr	0.086*** (0.015)	0.091*** (0.016)	0.098*** (0.016)
年份固定效应	否	是	是
城市固定效应	否	否	是
样本量	770	770	770
Within R ²	0.346	0.427	0.432

注:***、**和*分别代表1%、5%和10%的显著性水平,括号内为标准误,下同。

(二) 稳健性检验

1. 内生性检验

本文基准回归通过控制城市和年份固定效应在一定程度上解决了不随时间而变的遗漏变量带来的内生性问题,为使基准回归结果更为稳健,本文还通过对所有解释变量进行滞后一期处理以解决逆向因

^①黄先海、高亚兴:《数实产业技术融合与企业全要素生产率——基于中国企业专利信息的研究》,《中国工业经济》2023年第11期。

果关系可能导致的内生性问题。回归结果如表5第(1)列所示,结果显示,数实融合的系数仍显著为正,表明在解决反向因果可能导致的内生性问题后,数实融合对边疆地区全要素生产率的正向影响仍然存在,验证了基准回归结果的稳健性。

2. 采用 Driscoll-Kraay 标准误

由于本文使用的是面板数据,计量模型(8)的随机扰动项可能存在序列相关、异方差、截面相关等问题,从而对结果估计造成影响。为增强研究结果的可靠性,本文参考张少军^①的研究方法,采用带有 Driscoll-Kraay 标准误的 FE 估计方法进行稳健性估计,该方法适用于大 N 小 T 型数据结构,能够同时修正面板数据存在的序列相关、异方差和截面相关等问题,提高估计结果的准确性,估计结果如表5第(2)列所示。结果显示,数实融合对边疆地区全要素生产率的影响仍显著为正,说明在考虑序列相关、异方差、截面相关等问题后基准回归结果依然稳健。

表5 稳健性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	变量滞后一期	Driscoll-Kraay 标准误	替换被解释变量	增加控制变量	替换控制变量	双侧 1% 缩尾
	TFP	TFP	TFP(Cornwell 等)	TFP	TFP	TFP
lnDRI	0.057* (0.032)	0.065* (0.032)	0.064*** (0.014)	0.063** (0.029)	0.054** (0.027)	0.051* (0.030)
控制变量	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是	是
样本量	693	770	770	770	770	770
Within R ²	0.357	0.432	0.427	0.432	0.483	0.439

3. 替换被解释变量

参考 Cornwell 等^②的研究,利用考虑了斜率和截距异质性的随机前沿模型重新测算边疆地区各地市的全要素生产率,并将测算结果代入模型(8)再次进行估计,结果如表5第(3)列所示。可以看到,更换全要素生产率的测算方法后所得结果与基准回归结论一致,H1 得到进一步验证。

4. 增加和替换控制变量

为防止遗漏变量,进一步验证基准回归结果的稳健性,本文增加人力资本作为控制变量。人才作为关键要素,不仅会影响数字经济与实体经济的融合程度,还是推动技术创新的核心因素,对生产效率的提升发挥着重要作用。参考相关研究,采用各城市高校在校生人数加 1 取自然对数作为城市人力资本水平的代理变量,将其代入模型(8)进行估计,结果如表5第(4)列所示。可以看到,增加控制变量后结果依然稳健。进一步地,为规避控制变量不同衡量方式对研究结果造成的干扰,本文将采用绝对值衡量的控制变量

①张少军:《全球价值链降低了劳动收入份额吗——来自中国行业面板数据的实证研究》,《经济学动态》2015年第10期;Discroll J, Kraay A C, “Consistent Covariance Matrix Estimation with Spatially Dependent Data”, *Review of Economics and Statistics* 80, no. 4 (1998): 549-560.

②Cornwell C, Schmidt P, Sickles R C, “Production Frontiers with Cross-Sectional and Time-Series Variation in Efficiency Levels”, *Journal of Econometrics* 46, no. 1-2 (1990): 185-200.

统一替换为以相对值衡量的指标。具体而言,将所有控制变量与地区生产总值的比值加1取自然对数代入模型(8)重新进行估计,结果如表5第(5)列所示,可以看出,更换控制变量衡量方式后结果仍然稳健。

5. 缩尾处理

考虑到变量分布两侧存在的异常值可能会对基准回归结果造成影响,本文对所有变量进行双侧1%缩尾处理,以进一步减少极端值对估计结果造成的偏误,结果如表5第(6)列所示。可以看到,数实融合回归系数仍显著为正,进一步佐证了H1。

六、进一步分析

(一) 机制分析

为检验技术创新的中介效应是否存在,本文采用每单位科学支出的发明专利授权总数衡量城市真实创新水平,将其加1后取自然对数,然后代入模型(9)和模型(10)。由于专利授权具有一定的滞后性,本文将模型中的解释变量均滞后一期,结果如表6第(1)列、第(2)列所示。结果显示,L.lnDRI对每单位科学支出的发明专利授权总数(lnInvGra-PerExp)的回归系数显著为正,说明数实融合对技术创新具有正向促进作用。进一步地,每单位科学支出的发明专利授权总数对边疆地区全要素生产率有着显著的促进作用,表明技术创新能够改变生产要素组合方式,提高资源利用效率,从而提升边疆地区全要素生产率,H2得到验证。此外,第(2)列中,L.lnDRI对边疆地区全要素生产率的回归系数相比基准回归系数有所下降,且未通过显著性检验,这意味着技术创新在数实融合与边疆地区全要素生产率之间起完全中介作用,是数实融合提升边疆地区全要素生产率的有效路径。

表6 技术创新机制检验结果

变量	(1)	(2)
	lnInvGra-PerExp	TFP
L.lnDRI	0.008* (0.004)	0.052 (0.033)
L.lnInvGra-PerExp		0.545* (0.323)
控制变量	是	是
年份固定效应	是	是
城市固定效应	是	是
样本量	693	693
Within R ²	0.249	0.360

表7为将资源配置优化作为数实融合提升边疆地区全要素生产率中介的回归结果。第(1)列、第(2)列的结果显示数实融合能够降低市场整体扭曲程度,而市场整体扭曲程度的降低有利于边疆地区全要素生产率的提升,H3得到验证。进一步地,本文将资本要素配置和劳动要素配置代入模型(9)和模型(10)进行估计,表中第(3)列、第(4)列为资本要素配置的中介检验结果,第(5)列、第(6)列为劳动要素配置的中介检验

结果。可以看出,数实融合未能显著降低边疆地区资本要素扭曲程度,资源配置优化在数实融合与边疆地区全要素生产率之间的中介作用主要是通过降低劳动要素扭曲程度来实现。原因可能是边疆地区金融市场发展滞后,金融基础设施不健全,资本难以灵活调配的问题依然突出^①。此外,市场分割、地方保护主义等现象依然存在^②,阻碍了资本的自由流动和优化配置,进而制约了数实融合过程中资本要素配置的优化。

表7 资源配置优化检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	市场整体扭曲程度	TFP	资本要素扭曲程度	TFP	劳动要素扭曲程度	TFP
lnDRI	-0.324*** (0.051)	0.005 (0.028)	-0.009 (0.024)	0.059** (0.024)	-0.398*** (0.090)	0.036 (0.028)
市场整体扭曲程度		-0.184*** (0.020)				
资本要素扭曲程度				-0.670*** (0.038)		
劳动要素扭曲程度						-0.073*** (0.012)
控制变量	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是	是
样本量	770	770	770	770	770	770
Within R ²	0.642	0.493	0.502	0.610	0.204	0.462

(二) 异质性分析

由于不同细分产业的数实融合水平存在显著差异,且各细分产业的融合具有不同特性,因此数实融合内部构成可能对边疆地区全要素生产率产生异质性影响。接下来进一步基于双向固定效应模型,采用替换核心解释变量的方式探讨不同细分产业融合对边疆地区全要素生产率的异质性影响。

1. 细分数字产业与实体产业融合的异质性

将前文依据《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》分别统计的数字产品制造业、数字产品服务业、数字技术应用业、数字要素驱动业与实体产业的融合标准化数值加1取自然对数后代入模型(8)进行估计,结果如表8所示。可以看出,对于提升全要素生产率而言,数字产品服务业与实体产业的融合效果最佳,数字技术应用业和数字要素驱动业与实体产业的融合效果次之,数字产品制造业与实体产业的融合对全要素生产率无显著影响。主要原因在于数字产品服务业、数字技术应用业和数字要素驱动业主要涉及数字产品、数字技术和数字要素的提供、租赁与维修维护等,直接作用于实体单位运营效率和管理水平的提升,故这些产业提升全要素生产率的效果较为明显。数字技术应用业和数字要素驱动业对基础设施要求较高,数字技术的应用以数字软件开发与网络配套服务为必要支撑,而数字要素的驱动则依赖于

^①雷汉云、张喜玲:《边疆地区普惠金融发展差异的阶段性评价——与我国中、东、西部地区的比较》,《技术经济与管理研究》2017年第8期。

^②朱金春:《“一带一路”视域下的边疆内地一体化》,《中央民族大学学报(哲学社会科学版)》2018年第3期。

互联网平台搭建与信息基础设施建设^①,边疆地区前期基础设施投入不足在一定程度上制约了其对生产效率的提升作用。根据清华大学互联网产业研究院系列研究成果——2020—2023年的《中国新型基础设施竞争力指数报告》,边疆大部分地区如内蒙古、广西、甘肃等地区新型基础设施竞争力指数排名长期位于我国31个省(区、市)的下游梯队。数字产品制造业偏向与实体产业前端环节的融合^②,融合过程中涉及设备定制、生产制造、迭代更新等环节,还面临着技术适配、系统性流程再造等复杂问题^③,融合周期较长、难度系数较大,目前融合程度尚处于较低水平,对生产效率的提升效果在短时间内可能较难显现。

表8 细分数字产业与实体产业融合异质性分析结果

变量	(1) 数字产品制造业_实	(2) 数字产品服务业_实	(3) 数字技术应用业_实	(4) 数字要素驱动业_实
	TFP	TFP	TFP	TFP
lnDRI	0.062 (0.049)	0.114*** (0.038)	0.076** (0.038)	0.074** (0.032)
控制变量	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是
样本量	770	770	770	770
Within R ²	0.429	0.435	0.431	0.432

2. 数字产业与细分实体产业融合的异质性

参考黄群慧^③对实体经济的分层框架,将实体产业细分为制造业、农业、建筑业及除制造业以外的其他工业和除金融业、房地产业以外的所有服务业四类,分别测算并讨论数字产业与各类实体产业的融合对边疆地区全要素生产率的异质性作用,结果如表9所示。可以看出,只有数字产业与制造业的融合对边疆地区全要素生产率存在显著的提升作用。可能的解释是,样本前期边疆大部分地区制造业占地区生产总值比重较大,已形成相对完善的产业融合基础,其规模优势、产业配套体系与供应链网络为数字技术的场景化应用提供了广阔空间^④,如工业互联网、智能生产线等技术能够快速渗透并优化生产流程。此外,制造业数字化转型带来产品质量与竞争力提高、效率提升、成本精细化管理等诸多优势^⑤,促使地方政府和企业更有动力将资源投入数字化转型,“互联网+先进制造业”、智能制造发展规划等政策支持

①周密、王雷、郭佳宏:《新质生产力背景下数实融合的测算与时空比较——基于专利共分类方法的研究》,《数量经济技术经济研究》2024年第7期。

②赵艺璇、成琼文:《生态系统视角下企业如何实现“数实”资源融合?》,《管理评论》2024年第4期;蒋为、倪诗程、彭森:《数字科技企业赋能实体经济发展的效率变革——基于数字化供应链视角的理论与经验证据》,《数量经济技术经济研究》2025年第1期。

③黄群慧:《论新时期中国实体经济的发展》,《中国工业经济》2017年第9期。

④陈林:《加快数字技术赋能增效 驱动制造业转型创新》,《经济参考报》2024年7月24日,第8版。

⑤陈楠、蔡跃洲、马晔风:《制造业数字化转型动机、模式与成效——基于典型案例和问卷调查的实证分析》,《改革》2022年第11期。

与资源倾斜加快了数字技术与生产环节的深度耦合,进一步释放了融合所能产生的效能。

表9 数字产业与细分实体产业融合异质性分析结果

变量	(1) 数_制造业	(2) 数_建筑业及其他工业	(3) 数_农业	(4) 数_服务业
	TFP	TFP	TFP	TFP
lnDRI	0.071*** (0.026)	-0.026 (0.060)	-0.016 (0.023)	0.012 (0.034)
控制变量	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是
样本量	770	770	770	770
Within R ²	0.433	0.427	0.428	0.427

七、结论与启示

本文在基于2012—2021年专利申请数据测算边疆地区数实融合水平的基础上,利用双向固定效应模型实证考察了数实融合对边疆地区全要素生产率的影响及作用机制。典型事实研究发现,边疆地区数实融合程度逐步提高,内部各区域数实融合存在明显断层但差异逐渐减小,数实融合内部构成差异显著,数字产品服务业和数字要素驱动业与实体产业的融合、数字产业与制造业的融合水平较高。实证研究发现,数实融合能够显著提升边疆地区全要素生产率,技术创新和资源配置优化是其中的主要作用机制。异质性分析表明,数字产品服务业与实体产业的融合、数字产业与制造业的融合对提升边疆地区全要素生产率的边际效应更强。基于上述研究发现,本文提出以下两点启示,以期对边疆地区提升全要素生产率、因地制宜发展新质生产力提供参考。

一是充分发挥技术创新和资源配置优化的机制作用。在借助数实融合赋能技术创新方面,边疆地区还面临着创新人才匮乏、创新资源短缺等问题,需进一步加强人才的“引育留用”工作,通过“内培外引”的方式拓宽创新资源供给渠道,清除数实融合赋能边疆地区技术创新的障碍,充分借助数实融合降低研发成本、提高创新效率,助力边疆地区全要素生产率的提升。同时,进一步完善要素市场化配置机制,完善数字化资源交易平台,加大金融基础设施投入力度,破除地方保护主义,促进劳动力、资本、数据等要素自由流动与高效匹配,缓解资源错配问题,充分发挥数实融合对资源配置的优化作用。

二是制定差异化产业融合政策,深化优势领域融合,释放高边际效应动能。聚焦数字产品服务业与实体产业、数字产业与制造业等融合边际效应较高的领域,加强政策引导和融合保障,切实打通融合的堵点、难点,充分释放上述两大融合的效率提升潜力。近年来,边疆地区通过强化顶层设计、打造工业数字化典型示范、提供数字化评估诊断服务、推进制造业数字化转型试点等方式推进智能制造,已取得显著成效,但仍存在数字化应用范围不广、数字化转型内生动力不足、成本过高、转型方案供需匹配度低等问题^①,还需在强化政策和市场激励、加强数字化转型服务商培育与市场化运作、制定低成本数字化解决

^①梁洁:《广西制造业数字化转型发展研究》,《桂海论丛》2023年第1期。

方案等方面发力,为制造业企业数字化转型减重减负,加强培育新质生产力。同时,鉴于边疆地区数字基础设施建设相对滞后影响数字要素驱动业和数字技术应用业对生产效率作用的发挥,边疆地区应加大数字基础设施建设投入力度,紧抓“宽带边疆”建设的契机,缩小与全国其他地区的数字鸿沟。此外,要同步推进数字产业与农业、服务业、建筑业及其他工业的融合,避免不同产业数实融合的差异过大,以充分释放各产业数实融合对全要素生产率的提升潜力。

The Impact of Integration of Digital Economy and Real Economy on Total Factor Productivity in Border Regions—A Perspective of Developing New Quality Productive Forces According to Local Conditions

Abstract: Developing new quality Productive Forces in accordance with local conditions is the endogenous driving force and fundamental support for the high-quality development of border regions. A significant improvement in total factor productivity is the core indicator of new quality Productive Forces, and the deep integration of the digital economy and the real economy presents a major opportunity for enhancing total factor productivity in border regions. Based on patent application data from 2012 to 2021, this paper measures the level of integration of digital economy and real economy in border regions, and empirically explores the impact and mechanism of integration of digital economy and real economy on total factor productivity combined with the specific realities of border regions. The study finds that the degree of integration of digital economy and real economy in border regions has gradually increased but with significant regional and industrial differences. Specifically, there are obvious gaps in integration of digital economy and real economy among cities in border regions, and the integration of digital product service industries and digital factor-driven industries with real industries, as well as the integration of digital industries with manufacturing industries are at relatively high levels. In addition, the integration of digital economy and real economy can significantly improve total factor productivity in border regions, with technological progress and optimized resource allocation being the main mechanisms. Heterogeneity analysis shows that the integration of digital product service industries with real industries and the integration of digital industries with manufacturing industries have a higher marginal effect on improving total factor productivity in border regions. Accordingly, this paper puts forward suggestions from aspects such as giving full play to the role of the two mechanisms and formulating differentiated industrial integration policies, providing empirical basis and policy insights for border regions to accurately promote integration of digital economy and real economy and develop new quality Productive Forces according to local conditions.

Key words: integration of digital economy and real economy; total factor productivity; new quality productive forces; border regions