

WORLD AGRICULTURE

世界农业

- ★ 中国人文社会科学期刊 AMI 综合评价核心期刊
- ★ 中文社会科学引文索引(CSSCI)扩展版来源期刊
- ★ 中国农林核心期刊
- ★ 国家新闻出版广电总局第一批认定学术期刊
- ★ 中国知网(CNKI)数据库全文收录

主管单位 中华人民共和国农业农村部
主办单位 中国农业出版社有限公司
指导单位 农业农村部国际合作司
协办单位 农业农村部对外经济合作中心
农业农村部农业贸易促进中心
(中国国际贸易促进会农业行业分会)
农业农村部国际交流服务中心
中华人民共和国常驻联合国粮农机构代表处
中国人民大学农业与农村发展学院

刊名题字：吴作人
1979 年创刊
月 刊



世界农业编辑部
微信公众号

总字第 541 期
2024 年第 05 期

世界农业 编辑委员会

主 任 马有祥

副 主 任 (按姓氏笔画为序)

广德福 马洪涛 朱信凯 刘天金 杜志雄 何秀荣 张陆彪 顾卫兵 隋鹏飞

委 员 (按姓氏笔画为序)

王林萍 韦正林 仇焕广 孔祥智 叶兴庆 司 伟 吕 杰 朱 晶 朱满德 刘 辉
刘均勇 李先德 李翠霞 杨敏丽 吴本健 宋洪远 张林秀 张海森 张越杰 陈昭玖
陈盛伟 苑 荣 苑 鹏 罗小锋 罗必良 金 轲 金文成 周应恒 赵帮宏 赵敏娟
胡冰川 柯文武 姜长云 袁龙江 聂凤英 栾敬东 高 强 黄庆华 黄季焜 程国强
蓝红星 樊胜根 潘伟光

主 编 刘天金

副 主 编 苑 荣 张丽四

执行主编 贾 彬

责任编辑 卫晋津 张雪娇 李 辉

编 辑 吴洪钟 汪子涵 陈 璠 程 燕

SHIJIE NONGYE

出版单位 中国农业出版社有限公司

印刷单位 中农印务有限公司

国内总发行 北京市报刊发行局

国外总发行 中国出版对外贸易总公司

(北京 782 信箱)

订 购 处 全国各地邮局

地 址 北京市朝阳区麦子店街 18 号楼

邮 编 100125

出版日期 每月 10 日

电 话 (010)59194435/988/990

投稿网址 <http://sjny.cbpt.cnki.net>

官方网址 <http://www.ccap.com.cn/yd/zdqk>

定 价 28.00 元

广告发布登记:

京朝工商广登字 20190016 号

ISSN 1002 - 4433

CN 11-1097/S

◆凡是同意被我刊发表的文章, 视为作者同意我刊将其文章的复制权、发行权、汇编权以及信息网络传播权转授给第三方。特此声明。

◆本刊所登作品受版权保护, 未经许可, 不得转载、摘编。

农业农村数字技术应用的国际镜鉴及践行指向	刘景景 熊学振 吴天龙 等 (5)
数字化赋能农业绿色发展 ——基于共建“一带一路”国家的考察	石 荣 唐艺婧 杨国涛 (13)
数字普惠金融赋能城乡融合 ——基于产业和城乡协同发展视角	刘维奇 吴明月 张金龙 (28)
数字乡村建设能否促进新型农村集体经济发展? ——基于 CRRS 微观调查数据的分析	王 进 李 宁 张逸轩 (43)
电子商务能够促进乡村特色农业发展吗? ——基于全国村庄和规模经营农户的经验证据	张洪振 李桐林 孔 媛 等 (56)
加入 WTO 以来中美经贸关系演变下的大豆贸易研究	马翠萍 杨水清 (69)
“新华盛顿共识”与美国农政体系变动趋向	陈 明 (81)
山地农业高质量发展:国际经验与启示	柯昆昆 吴 亮 丁淑云 (92)
信贷可得何以提升返乡创业者幸福感	钱 鹏 陈传波 陈玉萍 (108)
中国农村土地要素占有配置实现研究	李曹洁 姜军松 (119)
其他	
国际农产品市场价格与贸易形势月报 (第 30 期)	农业农村部农业贸易预警救济专家委员会 (130)
国际粮农动态:常驻联合国粮农机构大使广德福会见 IFAD 总裁拉里奥等 4 则	(135)
2024 年 4 月世界农产品供需形势预测简报	赵若君 (139)
农业贸易百问:美国农业部海外农业服务局如何支持农产品贸易?	张翼鹏 (143)

International Experience and Enlightenment of Digital Technology Application in Agriculture and Rural Areas	<i>LIU Jingjing, XIONG Xuezheng, WU Tianlong, et al</i>	(5)
Digital Development Empowers Agricultural Green Development —A Study based on the Countries along the “One Belt One Road” Route	<i>SHI Rong, TANG Yijing, YANG Guotao</i>	(13)
Digital Inclusive Finance Enables Urban-rural Integration —Based on the Perspective of Industry and Urban-rural Synergistic Development	<i>LIU Weiqi, WU Mingyue, ZHANG Jinlong</i>	(28)
Can Digital Rural Construction Promote the Development of the New Rural Collective Economy? —Analysis based on CRRS Micro Survey Data	<i>WANG Jin, LI Ning, ZHANG Yixuan</i>	(43)
Can E-commerce Promote the Development of Characteristic Agriculture? —Based on Empirical Evidence from Villages and Large-scale Farmers	<i>ZHANG Hongzhen, LI Tonglin, KONG Yuan, et al</i>	(56)
Study on Soybean Trade under the Evolution of Sino-US Relations since WTO Accession	<i>MA Cui ping, YANG Shuiqing</i>	(69)
“New Washington Consensus” and the Changing Trend of American Agricultural Policy System	<i>CHEN Ming</i>	(81)
High-quality Development of Mountain Agriculture: International Experience and Insights	<i>KE Kunkun, WU Liang, DING Shuyun</i>	(92)
How does Credit Availability Improve the Subjective Well-being of Returning Entrepreneurs	<i>QIAN Peng, CHEN Chuanbo, CHEN Yuping</i>	(108)
Research on the Realization of the Allocation of Land Factor Possession Right in Chinese Rural Areas	<i>LI Caojie, JIANG Junsong</i>	(119)

农业农村数字技术应用的 国际镜鉴及践行指向

◆ 刘景景¹ 熊学振² 吴天龙¹ 张 璟¹

(1. 农业农村部农村经济研究中心 北京 100810;

2. 北京师范大学政府管理学院 北京 100875)

摘要: 当前中国正处在数字乡村与智慧农业发展的重要契机,为探寻农业农村数字化发展路径,本文选取数字化成效明显但路径不同的欧盟、美国、日本为典型案例,重点阐述其数字乡村与智慧农业发展模式、应用策略及其运行情况。研究发现,欧盟兼顾成员国差异性和数字市场统一性、实施多元协同路径,美国整合技术研发、人才培养、电子商务构建精准导向的数字链条矩阵,日本则把数字化建设重心放在应对老龄化和提升农业竞争力的智慧技术研发与应用方面。同时,各国家和地区在完善顶层政策设计、支持技术精准研发、鼓励部门参与合作等方面的经验积累值得借鉴。本文基于经验分析和中国现状提出重点关注数据基础、数据分析和数据管理三个领域的建设。

关键词: 数字乡村; 智慧农业; 欧盟; 美国; 日本

DOI: 10.13856/j.cn11-1097/s.2024.05.001

当前,全球数字技术应用空前活跃,世界各国正抢占新一轮信息革命机遇,争做信息时代的领军者。以数字技术推动农业农村领域发展和变革,已成为多数国家的重要抉择。这不仅迎合了信息时代数字经济发展的趋势,也从根本上符合农业产业转型升级、农村发展变革的内在需要。2019年,国家制定出台了《数字乡村发展战略纲要》和《数字农业农村发展规划(2019—2025年)》,提出缩小城乡“数字鸿沟”,全面建成数字乡村助力乡村振兴的发展目标,要求全面建立农业农村数据采集体系和资源体系,大幅提升管理服务数字化水平和农业数字经济比重。但放眼全球,中国农业农村数字化建设进程仍在一些方面滞后于美国、欧盟、日本等发达国家和地区,数字基建、大数据平台、数字治理及数字化技术应用等仍存在短板弱项^[1-3],亟待站在全球高度正视中国发展进度,凝练吸收国际经验并结合农业农村实际探索出适合国情的发展模式。

1 文献回顾

近年来,随着数字乡村与智慧农业战略深入推进,学者对相关问题的机理与路径研究趋于丰富。由于国外数字化起步较早,已有文献关注和讨论了典型发达国家的主要经验并期许为中国的数字化提供启示。现有国际经验研究主要涵盖两种视角。一是立足农业现代化场域梳理国外在智慧农业方面的建设模式。例如,郑

收稿日期: 2023-09-04。

基金项目: 中央农办、农业农村部乡村振兴专家咨询委员会软科学课题“以数字技术加快农业农村现代化问题研究”(rkx20212101)。

作者简介: 刘景景(1981—),女,山东寿光人,副研究员,研究方向为农业经济与政策;吴天龙(1981—),男,黑龙江宾县人,副研究员,研究方向为农业农村政策;张璟(1989—),女,山东枣庄人,副研究员,研究方向为数字乡村。

通信作者: 熊学振(1995—),男,山东德州人,博士研究生,研究方向为农业经济与政策、土地资源管理, E-mail: xiongcas2019@163.com。

建华等总结分析了美国、西欧、日本、韩国等农业发达国家或地区在农业信息服务体系建设、农业信息服务模式及智慧农业信息服务发展等方面的有益经验^[4]；钱静斐和陈秧分通过选取农业信息化领先的美国、农业资源禀赋与中国相似的日本，深入探究两国在农业信息化基础设施建设方面的发展阶段和模式选择，并对扶持农业信息基础设施建设的主要政策措施进行系统剖析^[5]。此外，还有研究详细解读了欧盟、日本、美国等发达国家和地区可持续的智慧农业政策规划，凝练总结了在全产业链农业数据协作平台、高效可持续的产学研用协同创新网络及细化多元的金融支持体系等方面的建设经验^[6-8]。二是从乡村建设的视阈分析数字乡村发展的主要策略。例如，常倩和李瑾通过对国外资料的梳理总结了欧盟“智慧乡村行动”、韩国“信息化村”计划及印度“数字印度”计划的主要内容和特征^[9]；梅燕等则总结并比较分析了美国多元共进矩阵型、日本政策导向与信息技术支撑的联动型、英国双向协同的秩序化、法国“互联网企业+政府+信息技术推动”的多元组团四种数字乡村建设模式^[10]。已有研究主要通过对国外政策措施和建设内容的梳理，重点归纳了在加强基础设施建设、激励低成本包容性技术创新、农业数据与平台企业的规制和监管等方面的经验^[11-13]，为从国际视角加快中国农业农村数字化发展进程提供了有益借鉴。然而，现有文献对国外农业农村数字建设的路径研究仍不清晰，尽管已经总结了已有模式的主要措施，但从不同国家和地区国情差异视角的数字化路径分析尚不充分。本文认为，农业农村数字化建设应当充分结合本国国情与农情因地制宜采取适宜策略。为此，本文从数字化建设与发展情境相适应的原则出发，探析了欧盟、美国、日本的数字化发展经验，凝练总结出三条路径模式，以期在这一分析过程中为中国的数字乡村和智慧农业发展提供践行指向。

2 国外农业农村数字技术应用的典型模式

数字技术发展为农业农村现代化提供了新的抓手和路径，国外在农业农村数字化建设方面取得了丰富经验，对于中国依托数字技术赋能乡村振兴具有重要的指导意义。

2.1 欧盟：多元协同的数字化路径

欧盟地区不同区域的农业农村发展模式具有差异，因地制宜形成了相对多元化的数字乡村与智慧农业建设模式，同时以欧盟为核心组成了多元协同的数字化路径。

2.1.1 关注市场协同，打造一体化数字市场

区域间的数字壁垒往往是制约数字化深度发展的关键障碍，为此，欧盟高度重视建设一体化数字经济市场，促进数字产品和服务在成员国间的高效流通。《数字化单一市场战略》《塑造欧洲的数字未来》《欧洲数据战略》等文件陆续出台，加快了欧盟一体化数字经济市场建设^[14]。欧盟数字市场主要表现为高度的地域一体化、重视以制度和技术提升数据协同治理能力、关注风险监管与防控等特征，在欧盟境内形成了相对安全开放的数据标准模式，并积极向外推动数字转型与数据流动。历经网络基础设施建设、信息化推广和普及、数字经济全面发展等阶段^[15]，欧盟数字经济为实现农业农村数字技术应用提供了完备的基础条件，尤其是人工智能的发展为重构农业生产体系提供了重要保障^[16]。总体来看，一体化是欧盟数字乡村和智慧农业建设的重要表征，特别是其实施的 SmartAgriHubs 项目把各区域数字创新中心、能力中心、大学、农业研究机构、试验站、农场、推广机构等组织密切联结，能够有效应对区域挑战并满足智慧农业建设需求^[17-18]。

2.1.2 共建共享基础设施，推广适用技术

为进一步助力区域间数字化的协同发展，欧盟极力推动共建基础设施，促进资源共享、实现共同发展。一方面，针对城乡基建差异特别是通信基站不足直接制约数字乡村发展的现实，推动大数据、物联网、物流运输、数据分享应用等关键前沿技术应用于乡村，通过社区参与等形式推动乡村数字化^[19]。早在 2013 年，欧盟就已修改宽带行业援助规则，鼓励私人 and 公共部门投资农村快递和超高速网络建设。到 2021 年，欧盟农村地区 4G 覆盖率为 99.6%，光纤到户覆盖率扩大到 34%。另一方面，欧盟依托基础设施加快推进农业智

能管控等数字技术的推广步伐，高度重视研发并推广掌上农业管理、土壤探测技术、农田遥感监测等智慧农业管理系统，普及农业物联网数字技术，推动农业“精确化”生产，广泛应用于智能灌溉、精准撒药、合理施肥等精细化操作环节，对于优化农业生产布局、降低农业生产成本均起到了积极作用^[20]。

2.1.3 锚定区域差异，因地实施多元举措

依据欧盟成员国农业农村差异化的特征，在统一数字市场和基础设施的前提下探寻适用不同农情的数字方案。例如，法国注重加强和协调智慧农业创新行为者的互动网络，以促进智慧农业相关利益者之间的交流，实施的代表性项目为 Digi-PILOTE，通过移动端应用程序整合云端数据和来自物联网解决方案的信息，为农户提供解决方案；德国把数字化工作列为农业农村发展的优先事项，在 2019 年召开“农业部门数字技术”能力网络成立大会，启动实施“全国通信和云网络支持农业 4.0 和农村地区”“基于数据驱动网络和农业数字化的试验”“智能养牛支持系统”等数字化试验项目^[21-22]；意大利应用信息与通信技术和物联网技术精准养殖，通过执行操作程序控制水质以支持可持续水产养殖。地域适用性是数字技术推广必须考虑的前提，欧盟成员国差异化的实践策略充分印证了灵活部署数字建设内容的重要意义。

2.1.4 健全政策体系，扩大财政扶持

2017 年，欧盟启动“智慧乡村”行动，旨在通过数字化建设和社会创新促进欧盟农业农村发展。在此框架下，2019 年欧盟 24 个成员国与英国签订《欧洲农业和农村地区智能和可持续数字未来宣言》，进一步明确数字技术创新、新基础设施和平台建设、数据汇集与共享机制等智慧农业支持政策，并把数字技术作为应对经济、社会、环境和气候挑战的重要抓手。同时，欧盟一直强化对数字研究和创新活动的政策扶持，从 2020 年开始开展为期 10 年的数字化建设，欧盟“恢复基金”中有 1/5 用于支持数字化。此外，针对区域间及不同主体间数字技术可及性差异的问题，欧盟实施多项政策促进共享数字发展机遇。一是基于《欧盟共同农业政策》规范智慧农业支持方式，促进中小规模生产主体通过获取质优价廉的智慧装备对接数字生产；二是通过 EIP-AGRI 的组织网络和“地平线 2020”计划资助数字技术研发和智慧农业推广工作，助力中小规模生产主体获取数字技术支持。此外，欧盟还为中小型农场提供专项财政扶持，并以法律形式明确扶持方式，极大地促进了数字技术的有效普及。

2.2 美国：精准导向的数字链条矩阵

美国是数字乡村和智慧农业发展的先驱，土地广袤、规模经营的地理特征决定了美国以替代人力和联通产业及区域关系为发展指向。20 世纪 50 年代，美国政府开始实施农业农村信息化建设工程，并在 80 年代提出“精确农业”发展构想，逐渐形成大规模经营、高资本密度的智能化精准农业模式。在此过程中，美国强化数字基础支撑和多维产业延伸，聚合为涵盖技术研发、人才培育、电子商务的数字链条矩阵。

2.2.1 重视数字技术研发，服务规模农业生产

技术和资本密集投入是美国农业生产的重要特征，在数字技术领域美国更是抢抓战略机遇。20 世纪 80 年代，美国雨鸟公司与摩托罗拉公司联合开发智能中央计算机灌溉控制系统，智慧农业初露端倪^[12]。90 年代开始，美国政府每年拨款超 10 亿美元建设农业信息网络，进行技术推广和在线应用，农村高速上网日益普及^[23]。同时，美国农业部设立国家农业图书馆，主要职能为收集、保存、共享数据，并建成庞大的农业数据库，为与农业农村相关的研究免费提供资源^[24]。适应规模化发展规律，美国以数字资源为基础、以先进科技为支撑，成功打造出覆盖不同级别、涵盖不同部门的农业数字网络，建设了大量开放、共享的农业数据库及农业模拟系统^[25]。近年来，美国已形成涵盖数字测图、精准播种、无人机、变量技术（VRT）施肥、产量监测和卫星图像的智慧农业技术体系，且在农业生产中获得了广泛的实践应用，ARMS 数据显示，GPS 技术应用使农场利润增长了近 3%，VRT 施肥的应用使农场利润提高了 1.1%，有效推动了规模农业生产的提质增效。

2.2.2 推动数字人才培育，保障数字技术有效推广

从技术研发到技术推广，是美国数字农业链条矩阵的具体表现。为保障前沿数字技术有效在农村地区推

广泛应用,美国从职业教育和基础教育两方面系统部署政策措施。围绕职业教育,2013年开始,美国政府划拨专门的财政资金支持涉农学校开展公益性农民教学任务,旨在通过拟定教学计划来提升农户针对智慧农业的生产或是经营管理的综合型能力。这一过程,为农民提供了更为广泛的学习机会,大幅提升了农民专业素养,促使农民能够更好地接受并应用数字技术。同时,美国各级农业经销商在车队管理和远程监控技术、无人机施药管理、土壤电导率监测等精准技术的应用方面发挥了重要作用。美国普渡大学的调查数据表明,2022年应用精准技术的经销商占比高达70%。围绕基础教育,美国高度重视提高乡村教育质量以促进乡村高级人才的长效培养。2015年,美国教育部提出教育信息化发展理论框架——面向未来框架,具体部署美国乡村教育数字化任务,通过衔接信息技术和教育体系提高乡村教育质量和人才培养质量。

2.2.3 发展电子商务,健全农业数字市场

美国建有完备的农产品市场信息和发布体系,能够通过多种网络渠道发布农产品市场动态,并配有健全的农业信息法规,有助于真实农产品信息的有效共享。美国依托数字技术发展出农户对接、平台销售、团购销售等多样化的电子商务模式。例如,Fresh Nation公司基于全美农贸市场分布图构建网络交易服务平台,把传统的农贸市场移植至网络平台促进农户与消费者对接。Local Harvest公司搜集社区内的农场信息并以网络形式呈现农产品资料,突出强调农产品产地等方面的真实性,搭建消费者与农场的互动平台,实现中小型电子商务和消费者衔接。美国零售巨头沃尔玛及亚马逊、e-Bay等电子商务平台既为农产品销售提供可供消费者身临其境挑选产品的线下场所,又为跨区域购买农产品提供了线上下单的购物平台,满足农产品消费者的不同需求及消费的不同场景^[26]。此外,卫星技术、遥感技术、GPS技术对物流科技发展发挥了重要作用,发达的运输体系进一步保障并促进了农业数字市场有序发展。

2.3 日本:兼顾老龄化与竞争力的数字战略

同欧盟和美国相比,日本土地稀少、资源匮乏,是典型的小规模农业国家。同时,日本老龄化和农村“空心化”现象严峻,数字乡村建设是应对这些突出问题和提升农业竞争力的关键。

2.3.1 协同技术引进与本土研发,完善人才培养体系

以技术换劳动力、以技术换竞争力是日本农业发展的重要策略。在数字乡村和智慧农业领域,日本高度重视技术引进、本土创新和人才培养。技术引进方面,日本一方面从欧美等发达国家引进先进数字技术,推动国外前沿技术的本土化应用,另一方面还注重从本国工业领域移植信息通信、智能软件等数字技术,通过其他产业部门同农业产业的融合促进数字技术在农业农村的实践应用。技术研发方面,日本以农民农业生产的技术需求为导向大力推动实践特征明显的技术研发和推广,构建了系统严密的“需求—研发—应用—反馈”机制,能够最大限度地提高数字技术的转化效率和应用革新效率。当前,日本数字乡村与智慧农业发展的主要目标是规模化、精细化、品质化、轻松化、低门槛化、安心化,并已在无人机植保、病虫害监测、环境监测控制、机器人管理等领域取得了重要突破。同时,为充分支持研发力量,日本制定了长期的人才培养战略,并从2022财年起在高中学习指南中重点关注农业机械的自动控制和人工智能等创新智慧农业技术,在农业大学讲授智慧农业相关课程,为农民提供数字技术应用的专业培训^[27]。

2.3.2 构建农业数字协作平台,促进小农衔接智慧农业

当前,日本仍属于以小规模经营为主体的东亚小农国家。在人口老龄化和乡村“空心化”的冲击下,这种小农模式亟须通过新的技术支持延续可持续发展路径。为此,日本正在完善数字平台等基础设施建设,同时把小农户纳入智慧农业体系实现小农生产的数字化转型。数据建设方面,自2014年开始,日本农林水产省就已探索建设农业大数据平台,至2019年“农业数据协作平台”(WAGRI)正式上线运行。WAGRI是日本全国性的农业共享数据平台,把各类农业数据和服务有机连接,能够为各类涉农主体提供数据支持并提供全方位、多样化、一站式的信息服务,进而实现了数据互联、数据共享、数据服务职能。在连接小农户方面,日本主要采取两点措施,一是注重研发和应用精细化生产导向的数字技术,如通过GPS和遥感器精准

作业、精准监管；二是注重技术对人力的替代作用，通过机器人等自动化技术的应用进一步解放人的体力劳动。同时，数字协作平台直接对接小农户，为小农户了解并掌握数字技术提供了先决条件。

2.3.3 强化政策支持，优化市场环境

鉴于对本国农业生产的高度重视，日本出台了大量政策法规和产业规划扶持农业农村数字化发展，并逐渐形成以政府为引导、以企业为主体的资本技术集约型数字乡村和智慧农业建设模式。20世纪90年代，日本政府制定出台了“21世纪农林水产领域信息化”发展计划，推动在农村地区建设信息通信基础设施。此后，颁发E-Japan、U-Japan和I-Japan信息化战略，接续推动乡村互联网建设，破解乡村网络通信、农产品销售和乡村物流三大问题^[12]。近年来，日本关于数字建设的战略部署加快推进：2015年启动了“基于‘智能机械+智能IT’的下一代农林水产产业创造技术”项目；2016年组建“人工智能技术战略会议”并将其作为国家层面的综合管理机构；2017年实施“未来投资战略”重点推动物联网建设和人工智能应用，促进物联网、人工智能、大数据和机器人广泛应用于农业生产；2019年农林水产省实施小型无人机推广计划，在全国多地开展小型无人机和无人拖拉机等智慧农业实证试验。在市场环境方面，日本政府高度重视市场资源配置作用，通过实施减税降费、专项补贴等措施鼓励民营企业参与和支持智慧农业，形成多元主体竞相发展的数字市场格局。

3 国外农业农村数字技术应用的经验总结与比较

3.1 经验总结

3.1.1 重视顶层战略设计，持续完善政策体系

从欧盟、美国及日本农业农村数字技术的发展经验来看，推动技术发展和技术应用离不开政府的政策支持与长效保障。除上述国家和地区之外，还有很多国家已经开始制定或实施数字农业发展战略。例如，澳大利亚实施了数字农业战略，巴西实施了数字治理策略，英国实施了农业技术战略。数字农业战略已经成为指导一国农业农村数字化发展的重要纲领性文件。除此之外，不断健全的政策体系也成为农业农村数字技术成功发展的重要保障。尤其是在美国和日本，政府出台了大量专门政策支持发展数字技术，为农业农村数字化提供了利好环境。

3.1.2 大力推动精准研发，健全应用服务体系

加快农业农村领域的数字技术研发和应用是推动数字乡村建设和智慧农业发展的必要条件。从国外发展经验来看，前沿的精准研发和完备的应用服务体系是推动农业农村数字化转型的制胜法宝。近年来，美国、欧盟、日本等国家和地区纷纷把区块链、人工智能、机器人和无人机等前沿科技成果应用于农业领域，并加强适用于农业生产特征的数字技术精准研发，把农业卫星定位（GNSS）数据、遥感和近端数据投入农场管理和生产运营的全过程^[28]。同时，国外还特别关注技术推广和应用，如日本充分依托农协加快数字技术应用，并且关注农民的职业教育和素养提升。

3.1.3 强化部门联动参与，构建制度保障体系

加强公共部门与私人部门合作，为数字乡村建设共同提供技术、资金、人才、政策等方面的支持。改变以往只依靠政府部门建设的方式，科研机构、零售企业、农业社会化服务企业等其他主体拥有政府部门所无可比拟的独特优势，往往能够比较灵敏地察觉乡村数字化建设过程中资源配置是否得当等情况，从而迅速做出一系列投资及研发活动。除激活不同主体参与优势之外，国外经验还体现为构建了一套相对完备的制度保障体系，通过出台专门的法案及政策法规对数字技术应用进行规范化。

3.1.4 积极推进人工智能研究，建立研发与应用监管体系

人工智能是数字技术发展的新兴前沿领域，正逐渐成为支持农业农村数字化转型的重要途径。美国、欧盟等国家和地区高度重视人工智能技术开发，并出台了相关法规可能产生的风险。中国推进人工智能等前沿数字技术赋能数字乡村和智慧农业建设，需要充分借鉴国际人工智能技术研发与监管经验。美国于2019年出台《美国人工智能倡议》，提出要应对来自战略竞争者和外国对手的挑战，并确保美国在人工智能领域

的领先地位。欧盟等其他地区也在人工智能领域加快研发进度，推动构建可靠、稳健、可信、安全、可跨平台和可互操作的人工智能系统。同时，针对 Chat GPT 等人工智能应用可能存在的信息泄露问题，美国正在推动构建信用、合法性和道德准则相关的审查制度，并加快人工智能技术监管立法工作。

3.2 比较分析

上述经验的取得是各国家和地区数字技术革命进程同农业农村发展需要耦合作用的结果。数字技术推广应用规律及农业农村发展特征和模式的差异决定了国外数字乡村和智慧农业建设进程具有明显的地域特征，不同国家和地区的数字政策也导向差异化的数字路径（图 1）。欧盟、美国和日本的经验既有诸多共性之处，但同时三者也形成了三条不同的数字乡村和智慧农业建设路径。欧盟注重通过政府引导形成全欧盟统一的数字经济市场，为农业农村数字化提供完善的政策框架和健全的基础设施，这种政府引导的全方位智慧乡村建设模式集中表现为政策上的综合引领性和形式上的协同多元性，对于指导数字技术与乡村建设和农业生产紧密衔接具有重要意义。相比欧盟以完善的政策框架系统部署数字全局，美国的数字化路径显现出更明显的市场化导向特征，尽管美国政府同样在数字化工程建设、人才培育和财政支持方面发挥了重要作用，但相关企业在数字建设和应用方面起到了更重要的主体作用，且美国的农业农村数字发展的主要目标和动力来源是支撑和服务大规模农业生产需要并保障农产品生产和市场的有机对接。在人口老龄化严重和农业资源禀赋较差的日本，依托政府的宏观干预推进农业自动化生产和提升农业竞争力是其数字化发展的主要目标。

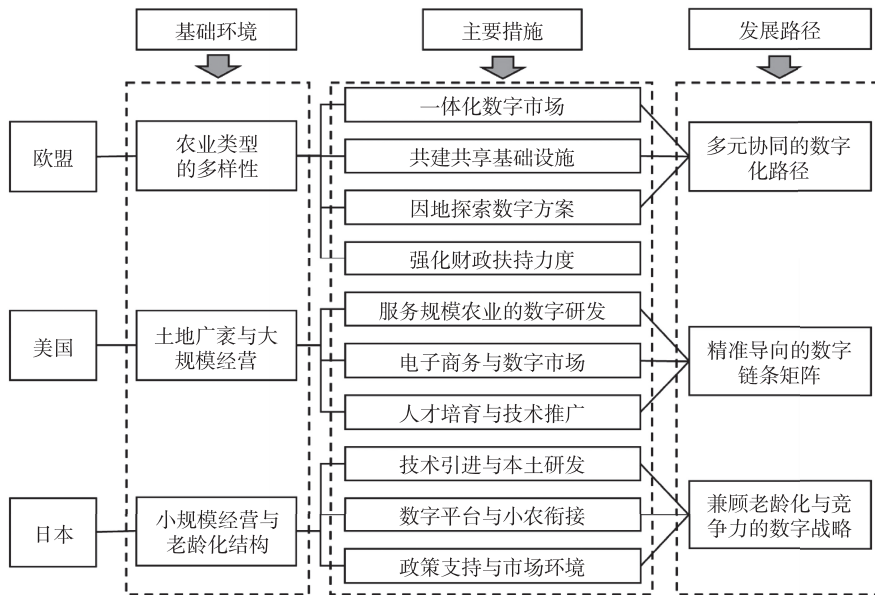


图 1 欧盟、美国、日本农业农村数字化的路径比较

4 中国农业农村数字化的重点关注领域

当前，中国正处于全面推进乡村振兴的关键时期，在资源禀赋相对较差、科技创新能力仍有不足的前提下实现共同富裕面临诸多挑战，数字技术已成为深化农业生产、乡村治理、公共服务等领域改革的重要抓手，但经济发展水平差异影响下的区域数字化发展能力差距制约了数字赋能成效，有必要总结国外在数字基建及宏观政策框架方面的经验，进一步规范农业农村数字化发展秩序，重点做好数据基础、数据分析和数据管理三项工作。

4.1 数据基础：以系统化思维推动农业农村数字基建

数字基建是实现农业农村数字技术应用的基本前提，应当充分借鉴国外在农业农村数字基建和信息服务业

系建设方面的经验，在新型基础设施建设中系统化部署农业农村数字基建工程。第一，加快布局乡村网络设施，推动发展农村宽带通信网、移动互联网、数字电视网和下一代互联网，支持构建既能够与城市网络相统一，又符合乡村特色和发展需要的基础网络系统；第二，完善信息终端和服务，鼓励相关企业及科研主体参与研发智能服务系统、决策支持系统及应用软件，全面落实信息进村入户，搭建智能化、一体化的农业信息综合服务平台；第三，实施农业农村基础设施数字化转型工程，依托数字技术对现有的农村交通、电力、供水、灌溉、物流等设施和服务进行数字化转型升级，为农业基础设施和农民日常生活赋能数字化力量。增强农业农村发展的数据基础支撑，通过更完善的基础设施建设降低农民的数字技术应用成本，推动数字技术适农化包容性发展。

4.2 数据分析：推进技术创新和技术应用协调发展

依托数字基建完成数据传输任务后，对庞大数据信息的分析和应用是推动农业农村数字化最直接的实践表现。为此，在数据应用分析领域需要破解两项问题。一方面，强化数据整合、分析和应用技术研发。瞄准农业农村现代化和乡村振兴的重大需求开展关键共性数字技术联合攻关，从根本上破解核心技术缺失的“卡脖子”难题，激发不同科研主体的创新活力和创造力。制定数字农业农村发展的技术路线图，重点突破相关领域的基础技术和通用技术难题，形成产学研协同攻关的农业农村数字技术学科体系和创新网络。另一方面，建立健全数字技术应用推广的体制机制和制度体系。建立科研成果转化服务平台，鼓励院士、专家等科研力量通过建立线下服务站、线上远程服务平台等方式转化科研成果，通过行业协会及其他农业社会化服务组织加快研发与应用环节的实践对接。同时，形成技术应用与反馈机制，通过发展农村电子商务等途径构建数字技术联农带农发展模式，促进数字技术应用同乡村产业融合、农民收入增长紧密结合。

4.3 数据管理：建设共建共享的农业农村大数据平台

针对数字资源碎片化特征，通过系统严密的大数据平台建设做好数据资源保护与管控。第一，积极落实建设国家农业农村云平台、国家农业农村大数据平台、国家农业农村政务信息系统三大数据服务中心，推动建成具有资源共享和智能预警功能的农业农村数据中心，保障全国大数据平台建设协同高效；第二，实施重要农产品全产业链大数据建设项目，健全生产、加工、储运、销售、消费、贸易等全产业链环节的信息采集和智能化处理，推动开发专门的分析服务模型，健全市场监测预警机制；第三，开展智慧农业、数字乡村示范项目，在粮食生产功能区、重要农产品生产保护区、特色农产品优势区、国家农业绿色发展先行区、国家现代农业示范区等区域开展数字化试点工程，探索建立多元、包容、可持续的农业农村大数据共享模式；第四，配套做好数据安全保障机制建设，在数据资源开发利用的同时确保利用过程和存储过程安全可靠。

参考文献

- [1] 陈志刚, 严海成. 农村金融与家庭农场基础设施投资: 基于微观数据的倾向得分匹配分析 [J]. 农业技术经济, 2020 (11): 43-55.
- [2] 温涛, 陈一明. 数字经济与农业农村经济融合发展: 实践模式、现实障碍与突破路径 [J]. 农业经济问题, 2020 (7): 118-129.
- [3] 辛翔飞, 刘锐, 王济民. 破除自给率越高粮食越安全的迷误 [J]. 农业经济问题, 2020 (10): 19-31.
- [4] 郑建华, 赵瑞雪, 赵华, 等. 智慧农业信息服务发展的国际经验与启示 [J]. 中国农业科技导报, 2022, 24 (6): 9-18.
- [5] 钱静斐, 陈秧分. 典型发达国家农业信息化建设对我国农业“新基建”的启示 [J]. 科技管理研究, 2021, 41 (23): 174-180.
- [6] 蒋璐闻, 梅燕. 典型发达国家智慧农业发展模式对我国的启示 [J]. 经济体制改革, 2018 (5): 158-164.
- [7] 张耀一. 数字农业高质量发展的国际经验及其启示 [J]. 技术经济与管理研究, 2022 (10): 93-98.
- [8] 张柏杨, 刘佳颖, 朱睿博. 数字农业发展: 国际经验、减排效应与金融支持: 基于成都的案例分析 [J]. 西南金融, 2022 (1): 28-39.
- [9] 常倩, 李瑾. 乡村振兴背景下智慧乡村的实践与评价 [J]. 华南农业大学学报 (社会科学版), 2019, 18 (3): 11-21.

- [10] 梅燕, 鹿雨慧, 毛丹灵. 典型发达国家数字乡村发展模式总结与比较分析 [J]. 经济社会体制比较, 2021 (3): 58-68.
- [11] 钟文晶, 罗必良, 谢琳. 数字农业发展的国际经验及其启示 [J]. 改革, 2021 (5): 64-75.
- [12] 许源源, 谭丰隆. 智慧乡村发展中的国家作用机制: 基于国际经验的比较分析 [J/OL]. 经济地理: 1-11 [2023-10-21]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/43.1126.K.20230905.1502.002.html>.
- [13] 张绮雯, 林青宁, 毛世平. 国际视角下中国智慧农业发展的路径探寻 [J]. 世界农业, 2022 (8): 17-26.
- [14] 郑春荣, 金欣. 欧盟数字主权建设的背景、路径与挑战 [J]. 当代世界与社会主义, 2022 (2): 151-159.
- [15] 薛岩, 赵柯. 欧盟数字治理: 理念、实践与影响 [J]. 和平与发展, 2022 (1): 80-102, 138.
- [16] 姜志达. 欧盟构建“数字主权”的逻辑与中欧数字合作 [J]. 国际论坛, 2021, 23 (4): 64-80, 157-158.
- [17] SmartAgriHubs. Communication and dissemination strategy [EB/OL]. (2019-03-28) [2022-08-04]. https://www.smartagrihubs.eu/Deliverables/pdfs/D1.2%20Communication%20and%20Dissemination%20Strategy_final.pdf.
- [18] DEFOUR T. Operational groups and other innovative projects represented at the EIP-AGRI workshop [EB/OL]. (2020-08-20) [2022-08-04]. <https://ec.europaeu/eip/agriculture/en/publications/operational-groups-and-other-innovative-projects-0>.
- [19] 李依浓, 李洋. “整合性发展”框架内的乡村数字化实践: 以德国北威州东威斯特法伦利普地区为例 [J]. 国际城市规划, 2021, 36 (4): 126-136.
- [20] 夏显力, 陈哲, 张慧利, 等. 农业高质量发展: 数字赋能与实现路径 [J]. 中国农村经济, 2019 (12): 2-15.
- [21] MOYSIADIS V, SARIGIANNIDIS P, VITSAS V, et al. Smart farming in Europe [J]. Computer Science Review, 2021, 39: 100345.
- [22] MUNZ J, GINDELE N, DOLUSCHITZ R. Exploring the characteristics and utilisation of Farm Management Information Systems (FMIS) in Germany [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2020, 170: 105246.
- [23] 谭子聪, 赵宇琛, 郑海青. 现阶段智慧农业推广难题分析与解决方案研究 [J]. 天津农业科学, 2019, 25 (9): 46-48.
- [24] 李丽敏. 中国国家农业图书馆与美国国家农业图书馆信息服务的比较研究 [D]. 武汉: 华中师范大学, 2014.
- [25] 江洪. 美国发展数字化农业的经验和启示 [J]. 农村经济与科技, 2020, 31 (8): 296-297.
- [26] 徐倩. 开放经济背景下基于消费升级的电子商务平台商业模式创新研究 [D]. 南京: 东南大学, 2019.
- [27] 马红坤, 毛世平, 陈雪. 小农业生产条件下智慧农业发展的路径选择: 基于中日两国的比较分析 [J]. 农业经济问题, 2020 (12): 87-98.
- [28] EANES F R, SINGH A S, BULLA B R, et al. Midwestern US farmers perceive crop advisers as conduits of information on agricultural conservation practices [J]. Environmental Management, 2017, 60 (5): 974-988.

International Experience and Enlightenment of Digital Technology Application in Agriculture and Rural Areas

LIU Jingjing XIONG Xuezhen WU Tianlong ZHANG Jing

Abstract: China is in an important opportunity for the development of digital countryside and smart agriculture. In order to explore the development path of digitalization in agriculture and rural areas in China, this paper selects the European Union, the United States and Japan, which have obvious digitalization results but different paths, as typical cases, and focuses on the development model, application strategy and operation of digital countryside and smart agriculture. It is found that the EU takes into account the differences of member states and the unity of the digital market to implement a diversified collaborative path, the United States integrates technology research and development, talent cultivation, e-commerce to build a precision oriented digital chain matrix, and Japan focuses on digital construction to deal with aging and improve agricultural competitiveness of smart technology research and development and application. At the same time, the experience accumulated by countries and areas in improving top-level policy design, supporting precise technology research and development, and encouraging departments to participate in cooperation is worth learning. Based on the analysis of experience and the current situation of China, this paper puts forward three areas of focus on the construction of data foundation, data analysis and data management.

Keywords: Digital Village; Smart Agriculture; The European Union; United States; Japan

数字化赋能农业绿色发展

——基于共建“一带一路”国家的考察

◆ 石 荣 唐艺婧 杨国涛

(宁夏大学经济管理学院 银川 750021)

摘要: 数字化发展为各国深化智慧型农业合作、推进农业绿色可持续发展、提高国家农业全要素生产率提供了新的机遇。本文基于 2010—2021 年共建“一带一路”国家面板数据,运用双向固定效应模型实证检验了数字化发展对农业绿色全要素生产率的影响与作用机制。研究表明:共建“一带一路”国家数字化发展显著提升了其农业绿色全要素生产率。渠道检验结果表明,数字化发展主要通过扩大规模化生产及提高劳动力素质来提高农业绿色全要素生产率。异质性分析表明,与中国双边贸易密切程度高的国家,其数字化发展对农业的数字赋能效应更显著。调节效应分析表明,政府治理能力提升有助于强化数字化发展对农业绿色全要素生产率的赋能效果。

关键词: 数字化发展; 农业绿色全要素生产率; 规模化生产; 劳动力素质; 政府治理能力

DOI: 10.13856/j.cn11-1097/s.2024.05.002

1 引言

粮食安全是建设农业强国的头等大事,夯实粮食安全根基、保障农业安全是确保国家发展安全的首要前提。“一带一路”倡议是连接世界经济高质量发展、构建人类命运共同体的关键纽带,为实现地区粮食安全稳定、促进就业和解决贫困问题做出了卓越贡献。2021年9月,习近平总书记在出席第七十六届联合国大会一般性辩论时提出,将粮食安全、气候变化和绿色发展、数字经济、互联互通等列入八大重点合作领域。研究如何让“一带一路”国家进一步享受到数字化发展带来的红利,在互联互通中建设新时代数字丝绸之路,对提高全球农业生产韧性、保障全球粮食生产安全、降低全球贫困人口、共建人类命运共同体都具有十分重要的意义。2022年,中国农业农村部印发《“十四五”农业农村国际合作规划》,指出要“围绕服务国家总体外交大局和农业农村发展事业,加快构建新型农业对外合作伙伴关系,高质量推进‘一带一路’农业农村合作”,还要“深化农业科技合作”。农业合作与民生息息相关,向来是“一带一路”重点合作领域。根据中国农业农村部国际合作司公布的数据,截至2021年,中国已向70多个国家和地区派出2000多名农业专家和

收稿日期: 2023-11-08。

基金项目: 宁夏自然科学基金一般项目“基于CNN与LSTM多组合策略的碳市场价格预测方法研究”(2023AAC03110),教育部人文社会科学研究规划项目“‘双碳’目标下农业生态效率改善:影响机理、动力机制与实现路径”(22YJA790075),宁夏哲学社会科学规划重点项目“宁夏数字经济发展测度及对策研究”(22NXAYJ02)。

作者简介: 石荣(1982—),女,宁夏固原人,博士,副教授,硕士生导师,研究方向为农业生态经济学、数字经济;唐艺婧(1999—),女,重庆渝中人,硕士研究生,研究方向为农业生态经济学、数字经济。

通信作者: 杨国涛(1972—),男,宁夏银川人,博士,教授,博士生导师,研究方向为农业经济理论与政策, E-mail: ygt61@126.com。

技术人员,向多个国家推广示范 1 500 多项农业技术,带动项目平均增产 40%~70%^①。共建“一带一路”国家贯穿亚非欧大陆,包含广大发展中国家和西方发达国家,国家发展层次的多样性给中国与之农业合作提供了多样化道路,使得合作呈现“由点到面”“由浅入深”的阶梯形特征,从技术交流到贸易投资,再到政策协同,“一带一路”农业合作为提高全球粮食安全水平提供了“中国智慧”和“中国方案”。

然而,农业劳动力减少与气候环境问题交织,维护世界粮食安全遭遇挑战。究其原因,第一,城市化进程加快推进,伴随着城市化建设不断挤占农业用地空间与大规模农村人口向城市聚集。联合国粮农组织(FAO)预测数据显示:2021—2050 年世界农村人口所占比重将持续降低,预计到 2050 年时将下降至 31.76%。从事农业工作的人口不断减少,对粮食的需求却在不断增加,粮食增产压力和农业劳动力减少阻力交织。第二,全球极端气候事件不断发生,全球气候变暖给世界敲响警钟。农业作为非常依赖自然气候的行业,异常气候事件频发向农业安全足量生产提出严峻挑战。第三,从《京都协议书》到《巴黎协定》,以国际约束的形式限制国家碳排放,旨在敦促各国减少温室气体排放、减少对化石燃料的依赖,为国家经济增长与碳排放脱钩、推进绿色可持续发展提出了要求,同时让各国加强合作与交流,来共同应对气候变化带来的全球性挑战。根据 Boulding 提出的宇宙飞船理论,面对人口持续增多但资源不断减少的严峻现实,经济发展应从“消耗型”转为“生态型”^[1]。因此,研究如何提高农业绿色全要素生产率是推动一国发展方式由消耗主导型转为生态主导型,农业发展方式从注重数量扩张转向注重质量提升和资源可持续利用的应有之义,具有充分的时代必要性和现实紧迫性。

数字化发展获得了绝大多数国家的战略性、倾向性支持。从国家安全角度来说,数字化转型能够提高国家抵御风险的能力和韧性^[2]。从产业发展角度来说,数字化转型系统性革新了全产业链发展动力:一是通过优化资源配置、提高创新能力来提高实体经济全要素生产率^[3];二是通过提高金融普惠性、扩大金融服务规模来提高金融服务水平^[4];三是通过数字技术赋能传统农业,提高农作物生产智能化、精细化、规模化水平来提高农业可持续发展能力^[5]。除了重视本国数字化发展,数字化转型的国际合作也是寻求国与国之间扩大商品和服务贸易、对外和外商投资及社会和文化交流的必然趋势。早在 1981 年, Cohen 就表达了面对各国之间经济发展水平、国际分工层次的差异,发展中国家能够承接发达国家的产业结构转移带来的发展红利及借鉴其成功发展经验,来发掘本国经济增长新动力的观点^[6]。跨国公司在东道国的业务扩展所带来的技术转移和先进经营模式引进也具有引领效应和溢出效应^[7],从而实现东道国经济高质量增长。

数字经济依托互联网的快速发展,相关生产要素天然具有流动性、共享性等特征。数字化对农业的赋能,可以通过提高产品可追溯性和质量保证、拓展农产品的数字营销渠道和购买渠道等,提升农产品的附加值^[8];机器人取代劳动力的规模化生产倾向能够降低农业生产边际成本;大数据信息化管理模式可以提高农作物从播种到采摘一系列农业全周期过程的自动化、智能化、精细化水平^[5]。数字技术的快速发展让各国进入工业 4.0 发展轨道,相对应的是,以物联网、大数据、人工智能、云计算、遥感等数字技术为载体的农业 4.0 发展模式同样方兴未艾,有大量证据表明数字化转型显著提高了农业活动的效率^[9-10]。学者构建一国数字化发展水平通常采用综合指数法,一是因为鉴于官方数据披露情况参差不齐,衡量数字化发展的指标存在数据缺失和滞后问题;二是因为数字经济体系包含的框架太大,很难用单一指标衡量其发展现状,其外溢价值更是难以通过数据来估计;三是因为对于国家主体而言,国家禀赋和地区特色让单一指标的可解释力受到质疑。数字化发展是时代热点和学术界热议话题,却因为指标体系的构建和测度存在指标偏倚和数据滞后问题,使研究结论缺乏信服力^[11]。而关于农业绿色全要素生产率的测算方法,基于包含非期望产出的数据包络分析(DEA)已经被广泛应用于绿色全要素生产率的计算当中,其优点在于作为一种非参数方法,不用对投入和产出之间的关系进行预先假设^[12],每个决策单元可以自由选择投入和产出的任何组合,以使其相对效率最大化。然而,传统 DEA 的 Malmquist 指数无法计算包含非期望产出的全要素生产率,Chung 等提出的

① 数据来源: <http://www.gjs.moa.gov.cn/>。

Malmquist-Luenberger (ML) 指数提供了解决方案^[13]。进一步地, 为了避免潜在的线性规划无解和 ML 指数在不同年份不具有可比性的问题, 一些学者采用全局 ML 指数来测算包含碳排放的农业全要素生产率。上述方法均是径向 DEA 模型, 当存在冗余值时可能会导致测算结果不准确。更进一步地, 考虑了指标松弛变量的非径向 SBM 模型被应用于测算农业绿色全要素生产率^[14]。但是以上模型仍然存在一个问题, 即当部分决策单元完全有效时, 无法对其做出区分和排序。为了规避这个问题, Tone 提出了基于修正松弛变量的 Super-SBM 模型^[15], 并且已有学者用该模型测算农业绿色全要素生产率^[16]。已有文献构建农业绿色全要素生产率指标的主要区别在于投入要素、期望和非期望产出要素指标选择的不同, 以及模型设定上的区别, 导致结果也有很大差异。

现有文献奠定了本文的研究基础, 但研究视角多集中于国内, 且数字化发展和农业绿色全要素生产率指标构建方法存在很大差别。本文基于数字丝绸之路视角, 从数字基础设施、数字贸易、数字人才、数字金融四个层面构造数字化发展水平指标, 利用 Super-SBM 模型测算农业绿色全要素生产率; 考虑到与中国双边贸易密切程度差异, 分析了数字化发展影响农业绿色全要素生产率的异质性; 从扩大规模化生产和提高劳动力素质两个方面探讨数字化发展影响农业绿色全要素生产率的渠道, 揭开数字化发展影响农业绿色全要素生产率的“面纱”; 从政府治理能力视角研究了制度质量对数字化发展影响农业绿色全要素生产率的调节作用, 为政府布局数字化发展来提高农业绿色生产提供了新的实证经验。

2 理论分析与研究假设

图 1 为数字化发展影响农业绿色全要素生产率的理论机制。

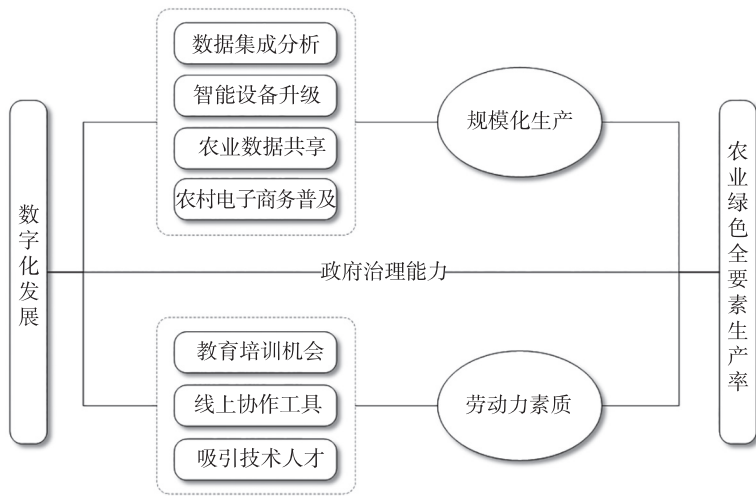


图 1 数字化发展影响农业绿色全要素生产率的理论机制

2.1 数字化发展影响农业绿色全要素生产率的直接效应

第一, 数字赋能效应。数字技术具有强渗透性特征, 能够很好与农业生产过程相融合。例如, 在生产阶段动态监测播种、耕地、气候信息, 实现智能播种、施肥、灌溉、收成, 提高农作物产量, 降低农作物发生病害的概率; 在加工物流阶段将加工和物流信息线上化, 可精确监测加工流程、控制物流成本, 区块链、物联网和无线射频识别 (RFID) 等技术的使用还能做到每个环节可溯源、可监督, 实现食品供应链每个环节的透明监测和记录, 满足消费者安全、绿色消费需求^[17]。数字技术对农业生产过程的渗透和融入促进了智慧农业的发展: 一是数字化技术和服 务降低了农产品碳足迹, 二是数字化监管促进了农产品生产规范, 三是数字农业数据库的建立提高了作物生产调控能力和土地可持续利用价值^[18]。进一步地, 数字技术赋能形成规模效应, 提高了农业生产效率。例如, 农业机器人的使用能够提高农作物采摘率和合格率, 同时提高环境效

益；传感器等物联网设备的应用为农民播种和收成提供精细化管理方案，并利用互联网资源共享农业经营信息，实现农业数据的数字化管理^[19]。同时，效益的提高还能摊薄前期数字化投入成本，减少化肥、农药等污染土壤和空气的化学品使用量，降低农业碳排放，进而提高农业绿色全要素生产率。

第二，价值共创效应。数字化能够为农业生产提供信息价值，提高农业生产效率。农业生产过程中的原始数据同样具有广泛利用价值。一是能为农业科研和创新提供宝贵一手资料。通过分析农业数据，可以发现农业生产中的技术瓶颈。农业科研机构和企业可以利用数据来研发新的农业技术、品种改良和农业管理方法，推动农业科技创新朝着增强“减碳增汇型农业技术”的方向发展，实现减碳增汇双效益，加快绿色科技成果落地和转化，实现农业可持续发展。二是促进农业保险的发展。农业数据可以用于评估农作物的风险暴露程度、预测产量和估计损失，通过分析历史和实时的农业数据，保险公司可以更准确地评估农业风险，并提供相应的保险产品。农民以数据为依据选择适合的保险方案，减少因自然灾害、气候变化等原因造成的损失风险，还可以鼓励农民使用更环保的生物农药，更新绿色生产技术，提高生产效率，达到减少化学品投入以保护环境的目的，促进绿色农业的发展^[20-21]。

第三，市场激活效应。一是数字化发展盘活了市场要素，优化了资本要素配置。数字化转型能够降低信息不对称，在一定程度上纠正生产要素配置不均衡问题。二是数字化转型促进了农业数字基础设施建设。互联网农业数据共享的前提是网络基础设施的搭建，数字基础设施完善与否在很大程度上影响农业数字化发展进程。卫星遥感、无人机成像系统、物联网传感系统和机器人等数字基础设施被应用在农业生产中，实现精准施肥、精准灌溉，能够极大地降低农业生产的非必要投入；建立绿色农业生态循环系统还能降低农业碳排放，提高农业可持续性。三是数字化转型改善了农业营商环境。数字化转型改变了传统经营模式，电子商务的蓬勃发展拓宽了农产品销售渠道、降低中介和流通成本，能够促进农民增收。营商环境的改善能够创造更多农业投资机会，为农业发展提供更多资金支持，进而促进农业科技创新和技术进步，激励农业发展从传统生产模式转向绿色、可持续的生产方式，最终提高农业绿色全要素生产率。基于以上分析，提出本文假说 H_1 ：数字化发展能够提高农业绿色全要素生产率。

2.2 数字化发展影响农业绿色全要素生产率的间接效应

2.2.1 数字化发展、规模化生产与农业绿色全要素生产率

第一，数字基础设施建设带来数据集成和分析能力的提升，帮助农业从业者收集、整合和分析如土壤、气象、作物生长条件等的大量农业数据，并根据这些数据制定更有效的生产计划，这有助于优化资源配置，提高生产效率，实现规模化生产^[22]。第二，数字技术创新带来了如无人机、智能农机、智能灌溉系统等大量先进自动化和智能化设备的创造及新一代农业机械设备的改进，可以提高劳动效率、作业质量和工作精度，降低生产成本，适应大规模农业生产的需求^[23]。第三，数字化发展提高了农业数据的共享和农业合作的可能性，通过共享数据和经验，可以集中资源、技术和市场，促进农业规模化经营和产业协同发展。第四，数字化发展还促进了农村电子商务的普及，增加了农民非农就业比例，进而降低土地转让成本，促进土地流转^[24]，提高农业规模化生产水平。规模化生产一是提高了农业要素投入集约化程度，二是降低了农业机械设备的边际成本，三是提高了农业生产过程的标准化水平，进而提高农业生产的规模经济效益。一方面，集约化、规模化生产的农民专业合作社、家庭农场和农业企业更具有绿色生产的动机。一是因为这些群体更加需要国家政策和资金支持，对国家绿色发展大政策背景具有更强的执行力度；二是因为采用绿色技术含量更高的新技术、新设备尽管会在短期增加成本，但从长期来看，规模化生产会让绿色技术的边际成本更低，大企业的资金实力相比小农生产更为雄厚，从而能够在绿色生产模式下，提高农业绿色全要素生产率。另一方面，规模化生产提高了农业绿色生产的单位效益。绿色低碳投入品的使用、化肥利用效率的提升、绿色生态循环系统的建立、绿色低碳种植技术的推广等都依赖于提高绿色技术的使用范围和绿色产品的市场占有率。规模化生产水平越高，绿色生产的单位效益越高。基于以上分析，提出本文假说 H_{2a} ：数字化发展通过扩大

规模化生产来提高农业绿色全要素生产率。

2.2.2 数字化发展、劳动力素质与农业绿色全要素生产率

数字化发展提高了农业领域劳动力素质。数字技术的普及让传统劳动密集型农耕模式转变为机器和电力密集型生产模式，传统小农生产模式的简单劳动转变为充分利用数字技术的复杂劳动，增加了农业领域高技术人才需求，改善了农业人力资本结构。数字化发展一是为劳动力提供了更多的教育与培训机会，以此掌握农业新技能和新知识；二是提供了更多协作和沟通的工具，如在线协作平台、视频会议工具等，提高了跨地域、跨团队合作能力，进而提升农业数字化水平；三是吸引了高技术人才进入农业领域发挥才能，通过技术创新解决农业问题，改善农业生产方式。三者共同提高了农业劳动力素质。已有文献表明，农民参加技术培训、增加信息获取能够促进农民绿色生产行为^[25]，通过教育和培训获得农业生产管理、农业技术和环境保护等方面的知识和技能，进而采取绿色生产实践，减少环境污染和资源浪费，提高农业生产的可持续性；劳动力素质的改善还可以提高农业生产决策和绿色技术应用的有效性，数据驱动的生产决策可以帮助农业工作者更好地了解农田状况、气象变化、作物生长情况，并根据数据分析结果制定绿色生产策略，减少潜在二氧化碳排放量^[26]，提高农业绿色全要素生产率。基于以上分析，提出本文假说 H_{2b} ：数字化发展通过提高劳动力素质来提高农业绿色全要素生产率。

2.2.3 数字化发展、政府治理能力与农业绿色全要素生产率

政府治理能力对农业绿色全要素生产率的主要作用体现在以下两个方面：第一，更加高效地推动数字基础设施建设。政府通过更加有效地推进无人机、智能农机、智能灌溉系统等先进自动化和智能化设备在农业中的使用，能够加强数字赋能效应、价值共创效应和市场激活效应，为农业绿色数字化转型提供支持。第二，更加有效地配置要素资源。政府治理能力提升主要体现在政府对资源配置的直接干预减少、市场环境的优化、法律制度的完善及公共服务供给的增加，这既可以在一定程度上破除阻碍要素自主有序流动的体制机制障碍，又可以更加有效地推动高标准要素市场体系建设，进而有利于优化资本、劳动力和技术等要素配置，提高要素配置效率，推动农业绿色全要素生产率提高。基于以上分析，提出本文假说 H_{2c} ：政府治理能力可以强化数字化发展对农业绿色全要素生产率的促进作用。

3 研究设计

3.1 数据来源

基于数据可得性原则，本文的研究范围为 2010—2021 年 55 个共建“一带一路”国家^①，共 660 个研究样本。测算数字化发展水平和农业绿色全要素生产率的数据主要来自世界银行（WB）数据库、国家货币基金组织（IMF）数据库和联合国粮农组织（FAO）数据库，其余控制变量、渠道变量和调节变量数据来自国泰安金融（CSMAR）数据库和联合国教科文组织（UNESCO）数据库。

3.2 变量定义

被解释变量。选择共建“一带一路”国家农业绿色全要素生产率作为被解释变量。其中，投入指标包括劳动投入、土地投入、资本投入和能源投入，产出指标包括期望产出和非期望产出，具体指标定义见表 1。

① 本文研究的 55 个共建“一带一路”国家如下。亚洲国家有阿塞拜疆、孟加拉国、印度、印度尼西亚、哈萨克斯坦、韩国、吉尔吉斯斯坦、黎巴嫩、马来西亚、科威特、蒙古国、巴基斯坦、巴林、菲律宾、塔吉克斯坦、泰国、土耳其；欧洲国家有阿尔巴尼亚、奥地利、保加利亚、白俄罗斯、克罗地亚、塞浦路斯、捷克、爱沙尼亚、希腊、匈牙利、意大利、拉脱维亚、立陶宛、马耳他、摩尔多瓦、波兰、葡萄牙、俄罗斯、斯洛伐克、斯洛文尼亚、乌克兰、北马其顿；非洲国家有加纳、肯尼亚、津巴布韦、突尼斯、埃及、赞比亚；南美洲国家有玻利维亚、智利、厄瓜多尔、秘鲁、乌拉圭；北美洲国家有哥斯达黎加、多米尼加、萨尔瓦多、牙买加、特立尼达和多巴哥。

表 1 共建“一带一路”国家农业绿色全要素生产率评价体系

指标类别	变量名称	指标名称	评价指标	单位	来源
投入指标	劳动投入	劳动力	农、林、渔从业人数	千人	FAO
	资本投入	化肥使用量	农业使用的氮、磷、钾化肥使用量	吨	FAO
		农药使用量	农业使用的农药总量	吨	FAO
	土地投入	土地投入	农业用地面积	千米 ²	FAO
	能源投入	电力使用	农村用电占农村人口的百分比	%	WB
产出指标	期望产出	农业增加值	农业增加值	百万美元	FAO
	非期望产出	农业碳排放	农田上的二氧化碳排放	千吨	FAO
			农田上的甲烷排放	千吨	FAO
		农业氮排放	农田上的一氧化二氮排放量	千吨	FAO

本文采用考虑非期望产出的 Super-SBM 模型测算 2010—2021 年共建“一带一路”国家农业绿色全要素生产率。Super-SBM 模型包括目标效率值 ρ 、投入 x 、期望产出 y^g 、非期望产出 y^b 、投入松弛 S^- 、期望产出松弛 S^g 和非期望产出松弛 S^b 。 m 、 s_1 和 s_2 分别为投入指标数、期望产出指标数和非期望产出指标数， X 为投入矩阵， Y^g 为期望产出矩阵， Y^b 为非期望产出矩阵， λ 为权重向量。具体形式见式 (1)。

$$\rho = \min \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{\bar{x}_i}{x_{i0}}}{\frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \frac{\bar{y}_r^g}{x_{r0}^g} + \sum_{j=1}^{s_2} \frac{\bar{y}_j^b}{x_{j0}^b} \right)}$$

$$s. t. \begin{cases} x_0 = X\lambda + S^-, y_0^g = Y^g\lambda - S^g, y_0^b = Y^b\lambda - S^b \\ \bar{x} \geq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j x_j, \bar{y}^g \leq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j y_j^g, \bar{y}^b \leq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j y_j^b \\ \bar{x} \geq x_0, \bar{y}^g \leq y_0^g, \bar{y}^b \geq y_0^b \\ \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j = 1, S^- \geq 0, S^g \geq 0, S^b \geq 0, \bar{y}^g \geq 0, \lambda \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

核心解释变量。本文参考前人研究^[27-28]，通过构建综合指标建立了数字化发展水平评价体系，以 4 个基本要素为一级指标，包括数字基础设施、数字贸易、数字人才和数字金融。其中，数字基础设施包括互联网普及率、数字设备和网络安全 3 个二级指标，数字贸易包括数字服务贸易和数字产品贸易 2 个二级指标，数字人才包括创新人才、创新产出和知识产权 3 个二级指标，数字金融包括数字金融服务可获得性 1 个二级指标，并且根据以往研究和数据可得性选取了 15 个三级指标，以实现数字化发展水平的全面测度，具体指标如表 2 所示。

表 2 共建“一带一路”国家数字化发展评价体系

变量名称	指标名称	评价指标	来源	权重
数字基础设施	互联网普及率	使用互联网的个人占总人口百分比	WB	0.013
	数字设备	每百人固定宽带订阅量	WB	0.032
		每百人移动蜂窝订阅量	WB	0.007
		每百人固定电话订阅量	WB	0.028
		网络安全	每百万人安全互联网服务器数量	WB

(续)

变量名称	指标名称	评价指标	来源	权重
数字贸易	数字服务贸易	通信、计算机等占服务进口的百分比	WB	0.014
		通信、计算机等占服务出口的百分比	WB	0.014
	数字产品贸易	高科技出口占制成品出口的百分比	WB	0.228
数字人才	创新人才	教育支出占国民总收入的百分比	WB	0.009
	创新产出	科技期刊文章发文量	WB	0.100
		专利申请量	WB	0.103
知识产权	知识产权使用费	WB	0.215	
数字金融	数字金融服务可获得性	每十万人 ATM 机数量	WB	0.031
		每十万人成人商业银行分支机构数量	WB	0.029
		每千名成人借记卡数量	IMF	0.024

注：本表第 5 列“权重”是经作者利用熵值法计算共建“一带一路”国家数字化发展水平所得。

本文使用熵值法构建数字化发展水平的评价体系，以避免其他权重方法的主观性，并对部分缺失数据使用插值法进行补充。根据上文所述指标体系对 2010—2021 年 55 个共建“一带一路”国家的数字化发展水平进行了测度（表 3）。

表 3 描述性统计

变量		均值	标准差	最小值	中位数	最大值	样本量
核心被解释变量	农业绿色全要素生产率	0.603	0.260	0.235	0.512	1.110	660
核心解释变量	数字化发展水平	0.091	0.076	0.009	0.072	0.540	660
控制变量	农业经济发展水平	10.600	1.245	4.790	10.770	12.810	660
	人均地区生产总值	9.604	0.784	7.495	9.783	10.930	660
	市场开放水平	1.595	1.693	0.139	1.258	34.400	660
	粮食自主性	0.007	0.958	-1.101	-0.266	5.185	660
	城市化水平	22.740	10.350	4.476	19.700	51.370	660
	政府农业支持程度	2.441	2.065	0.190	1.715	13.060	660
渠道变量	规模化水平	6.527	7.954	0.297	3.036	39.480	660
	劳动力素质	0.083	0.018	0.045	0.082	0.140	660
调节变量	制度质量	-0.009	0.706	-1.555	-0.142	1.541	660

控制变量。参考魏梦升等^[29]和 Liu 等^[16]的研究，农业绿色全要素生产率在不同农业发展条件和国内国际市场环境下具有明显异质性，因此本文考虑农业发展条件、市场环境、政府农业支出等对农业绿色全要素生产率的影响。本文选择农业经济发展水平、人均地区生产总值、市场开放水平、粮食自主性、城市化水平、政府农业支持程度 6 个可能影响农业绿色全要素生产率的控制变量。第一，农业经济发展水平。采用农业生产总值与农业从业人员的比值取对数来表示。第二，人均地区生产总值。采用按购买力平价计算的人均国内生产总值来表示，折算到 2017 年不变价并取对数。第三，市场开放水平。采用农业原料进口占商品进口的百分比来表示。第四，粮食自主性。采用谷物进口依存度的 3 年平均值作为代理变量，谷物进口依存度表示国内谷物粮食供应中有多少来自进口，有多少来自本国生产。计算公式为（谷物进口 - 谷物出口） / （谷物产量 + 谷物进口 - 谷物出口） × 100。负值表示该国是谷物净出口国。因此，对该数据取负值，值越大，表示粮食自主性越高。第五，城市化水平。采

用人口超过 100 万的城市群占总人口的百分比来表示。第六，政府农业支持程度。采用农业占政府支出的百分比来表示。

渠道变量。规模化生产的代理变量为农村人口人均耕地面积（公顷/人），农村总人口和耕地面积数据均来自于联合国粮及农组织（FAO）数据库。劳动力素质的代理变量为教育入学率，即中等教育入学人数占该国总人口的比率，数据来源于联合国教科文组织（UNESCO）数据库。

调节变量。本文使用全球治理指数（Worldwide Governance Indicators, WGI）来衡量制度质量，包括政治稳定、政府效率、腐败控制、监管质量、法治水平、话语权和问责 6 个指标，对这 6 个指标进行平均加权求和，数值越大表明制度质量越好。数据来源于世界银行（WB）数据库。

3.3 模型构建

为检验共建“一带一路”国家数字化发展对该国农业绿色全要素生产率的影响，本文构建了考虑年份和国家固定效应的双向固定效应模型检验本文理论分析中的假说 H_1 ：

$$AGTFP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DD_{it} + \sum \alpha X_{it} + \mu_i + \nu_t + \epsilon_{it} \quad (2)$$

$AGTFP_{it}$ 为 t 年 i 国家农业绿色全要素生产率； DD_{it} 为 t 年 i 国家的数字化发展水平； X_{it} 为一系列国家层面的影响农业绿色全要素生产率的控制变量；本文还加入国家固定效应 μ_i 和年份固定效应 ν_t 来降低不可观测因素的影响， α 是控制变量的系数， α_0 是常数项， ϵ_{it} 是随机扰动项。标准误均聚类到国家层面。本文主要关注系数 α_1 ，表示数字化发展影响农业绿色全要素生产率的净效应。

前述理论分析认为扩大规模化生产和提高劳动力素质是数字化发展影响农业绿色全要素生产率的两条渠道，因此本文参考裴建锁等^[29]的研究，通过以下计量模型进行渠道检验来验证假说 H_{2a} 和 H_{2b} ：

$$channel_{it} = \eta_0 + \eta_1 DD_{it} + \sum \eta X_{it} + \mu_i + \nu_t + \epsilon_{it} \quad (3)$$

其中， $channel_{it}$ 为渠道变量，分别表示规模化生产和劳动力素质， η_0 是常数项， η_1 是机制检验关注的系数（数字化发展对渠道变量的影响）， η 是控制变量的系数。其他变量定义同式（2）。

在分析调节效应时，本文讨论了政府治理能力对数字化发展影响农业绿色全要素生产率的调节作用。为此构建包含数字化发展与调节变量交乘项的模型来验证假说 H_{2c} ：

$$AGTFP_{it} = \beta_0 + \beta_1 DD_{it} + \beta_2 DD_{it} \times M_{it} + \beta_3 M_{it} + \sum \beta X_{it} + \mu_i + \nu_t + \epsilon_{it} \quad (4)$$

其中， M_{it} 为调节变量，表示政府治理能力。本文主要关注交乘项系数 β_2 ，即政府治理能力是否对数字化发展影响农业绿色全要素生产率具有调节作用。 β_0 是常数项， β 是控制变量的系数， β_1 和 β_3 分别表示在政府治理能力调节下，数字化发展和政府治理能力分别对绿色全要素生产率的影响。其他变量定义同式（2）。

4 结果分析

4.1 基准回归分析

表 4 汇报了本文的核心结论，实证分析了数字化发展水平对农业绿色全要素生产率的影响。表 4 的列（1）~列（4）分别报告了不加入控制变量、加入控制变量但不控制固定效应、只控制年份固定效应、只控制国家固定效应情况下数字化发展水平对农业绿色全要素生产率的回归结果，列（5）报告了同时控制国家和年份固定效应的面板双向固定效应模型回归结果。结果显示，无论是否加入其他控制变量及是否控制固定效应，数字化发展水平的系数为正且在 1% 水平上显著，表明数字化发展能够显著提升农业绿色全要素生产率，支持了假说 H_1 。控制变量回归结果显示，农业经济发展水平对农业绿色全要素生产率的影响在 1% 的水平下显著为正，说明农业从业人员人均创造的农业生产总值越高，越有利于农业绿色全要素生产率提高。人

均地区生产总值对农业绿色全要素生产率的影响在 10% 的水平上显著为负，这可能说明随着经济的发展，生产资源从农业领域转移至其他部门，导致农业被边缘化，从而降低农业绿色全要素生产率。该结果与 Jiang 等^[30]的研究结论基本一致。

表 4 基准回归结果

变量	(1) 农业绿色全要素生产率	(2) 农业绿色全要素生产率	(3) 农业绿色全要素生产率	(4) 农业绿色全要素生产率	(5) 农业绿色全要素生产率
数字化发展水平	1.328*** (0.443)	1.058*** (0.148)	1.061*** (0.312)	1.242*** (0.346)	1.209*** (0.402)
农业经济发展水平		0.138*** (0.015)	0.136*** (0.042)	0.135*** (0.040)	0.132*** (0.039)
人均地区生产总值		-0.191*** (0.024)	-0.188** (0.071)	-0.243*** (0.086)	-0.187* (0.101)
市场开放水平		-0.012** (0.005)	-0.012 (0.013)	-0.001 (0.001)	-0.002 (0.001)
粮食自主性		-0.108*** (0.009)	-0.108*** (0.019)	-0.026 (0.018)	-0.026 (0.017)
城市化水平		-0.004*** (0.001)	-0.004 (0.002)	-0.018 (0.024)	-0.017 (0.025)
政府农业支持程度		0.000 (0.005)	-0.001 (0.013)	0.005 (0.007)	0.003 (0.007)
常数项	0.482*** (0.040)	0.981*** (0.148)	0.983** (0.394)	1.789** (0.742)	1.259 (1.002)
控制变量	未控制	已控制	已控制	已控制	已控制
国家固定效应	已控制	未控制	未控制	已控制	已控制
年份固定效应	已控制	未控制	已控制	未控制	已控制
N	660	660	660	660	660
调整 R ²	0.799	0.304	0.310	0.812	0.817

注：***、**、* 分别表示在 1%、5% 和 10% 的水平下显著，括号内数值为国家层面的聚类稳健标准误。表 5 至表 9 同。

4.2 内生性处理

工具变量法。在实证检验中可能出现遗漏变量和反向因果等内生性问题，对于前者的解决办法是尽可能寻找控制变量来剥离数字化发展影响农业绿色全要素生产率的净效应，并引入国家和年份固定效应；对于后者的解决办法是寻找合适的工具变量，采用两阶段最小二乘法来解决。参考杨仁发和郑媛媛^[31]的研究，本文的第一个工具变量是各国 1990 年每百人固定电话数量与各国互联网普及率的乘积。数字化发展依托现代通信技术的发展，而通信技术的发展由固定电话普及开始，历史上固定电话数高的国家，数字化发展水平也较高，但历史上的固定电话数量难以对现在的农业绿色全要素生产率产生影响，满足工具变量的相关性与排他性。本文的第二个工具变量借鉴董艳等^[32]构造工具变量的思路，构造了按不同收入层次划分的，除本国以外的其他国家数字化发展水平均值作为工具变量^①。

第一阶段回归结果如表 5 列 (1)、列 (3) 所示。2 个工具变量与数字化发展水平均具有高度正相关性，其 F 值均大于 10，满足工具变量法的基本前提假设。第二阶段估计结果如表 5 列 (2)、列 (4) 所示。在不

① 根据世界银行 2023 年 7 月 1 日公布的 2024 财年数据，将世界各国按照收入水平划分了 4 个层次，分别是高收入经济体（人均国民总收入在 13 846 美元或以上）、中高收入经济体（人均国民总收入在 4 466~13 845 美元）、中低收入经济体（人均国民总收入在 1 136~4 465 美元）、低收入经济体（人均国民总收入在 1 135 美元或以下）。

可识别检验中, Kleibergen-Paap rk 的 LM 统计量 P 值均为 0.000, 显著拒绝原假设; 在工具变量弱识别检验中, Kleibergen-Paap rk 的 Wald F 统计量大于 Stock-Yogo 弱识别检验 10% 水平上的临界值。总体而言, 以上检验说明了选取前述两个指标作为数字化发展水平工具变量的合理性。两个工具变量的回归结果都表明数字化发展对农业绿色全要素生产率表现为促进作用, 与基准回归一致, 本文核心结论在借助工具变量法考虑内生性问题后依然稳健。

组内差分法。为避免一部分不随时间变动的遗漏变量带来的内生性问题造成估计结果的不准确, 采用差分变换能够有效剔除这类遗漏变量。表 5 列 (5) 汇报了组内差分法的回归结果, 结果表明数字化发展对农业绿色全要素生产率的影响显著为正, 本文的核心结论在借助组内差分法考虑内生性问题后依然成立。

表 5 内生性处理回归结果

变量	工具变量法				组内差分法
	(1) 数字化发展	(2) 农业绿色全要素 生产率	(3) 数字化发展	(4) 农业绿色全要素 生产率	(5) 农业绿色全要素 生产率
工具变量 1	0.005*** (0.001)				
工具变量 2			0.872*** (0.085)		
数字化发展		3.535*** (1.113)		3.420*** (0.615)	1.209*** (0.402)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
国家固定效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
年份固定效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
N	660	660	660	660	660
调整 R^2		0.048		0.059	0.162
第一阶段 F 值	26.97		105.11		

4.3 稳健性检验

替换数字经济测算方法。本文采用主成分分析法重新构建共建“一带一路”国家数字化发展水平指标。该方法作为一种多元统计分析方法, 利用降维的思想, 根据数据自身特征确定权重, 将多个变量转化为少数几个综合变量, 不仅可以避免主观随机因素的干扰, 还可以消除各变量在量纲化和数量级上的差别, 克服单一变量信息缺失的问题, 简化复杂的统计数据^[33]。表 6 列 (1) 汇报了用主成分分析法测算数字化发展水平后使用双向固定效应模型回归的结果, 数字化发展水平的系数在 5% 的水平下显著为正。

替换农业绿色全要素生产率测算方法。Zhou 等^[34]正式提出的非径向方向距离函数 (Non-radial Directional Distance Function, NDDF) 可以解决冗余变量存在情况下的效率测算偏误问题。该方法放松了期望产出与非期望产出必须同等比例增加和减少的限制。表 6 列 (2) 汇报了采用 NDDF 测算农业绿色全要素生产率后使用双向固定效应模型回归的结果, 结果表明数字化发展水平的系数在 5% 的水平下显著为正。

Tobit 模型。由于 NDDF 计算的效率值为不大于 1 的受限因变量, 可能在 1 处存在右侧归并现象, 本文进一步构建 Tobit 模型解决这一问题, 进行稳健性检验^[35]。表 6 列 (3)、列 (4) 汇报了将采用 NDDF 测算农业绿色全要素生产率后使用 Tobit 模型回归的结果。其中, 列 (3) 没有加入控制变量, 列 (4) 加入控制

变量, 结果表明数字化发展水平的系数均在 1% 的水平下显著为正。使用 Tobit 模型的 LR 检验及 Wald 检验均通过显著性检验, 说明模型拟合效果很好, Tobit 回归模型的使用是合理的。回归结果表明无论是替换解释变量还是被解释变量的测算方式, 或是更换回归模型的结果都显著表明数字化发展促进了农业绿色全要素生产率提高, 说明本文核心结论具有较强稳健性。

表 6 稳健性检验回归结果

变量	(1) 主成分分析法	(2) NDDF	(3) Tobit	(4) Tobit
数字化发展	0.110** (0.043)	0.480** (0.187)	0.480*** (0.099)	0.496*** (0.100)
控制变量	已控制	已控制	未控制	已控制
国家固定效应	已控制	已控制	已控制	已控制
年份固定效应	已控制	已控制	已控制	已控制
N	660	660	660	660
调整 R ²	0.814	0.817		

4.4 渠道检验

上述实证结果表明数字化发展直接提高了本国的农业绿色全要素生产率。在本节将探索揭开数字化赋能农业绿色全要素生产率的“黑箱”, 进一步从外部成本和内生动力两个角度来探讨数字化发展究竟是如何赋能农业绿色全要素生产率提高的。前文分析了数字化发展可能会通过扩大规模化生产水平和提高劳动力素质两种途径影响农业绿色全要素生产率, 为验证这种影响渠道是否存在, 本文通过式 (3) 中的计量模型来检验以上两种影响渠道。表 7 列 (1) 汇报了数字化发展对规模化生产的估计结果, 结果表明数字化发展对规模化生产的系数为正, 且在 5% 水平上显著, 这一结果验证了假说 H_{2a} 。数字化发展提高了数据集成和分析能力、实现了资源优化配置、加强了农业合作机会, 以此来扩大生产规模, 提高农业要素集约化程度、降低农机设备边际成本、改进绿色生产模式, 进而促进农业绿色全要素生产率提高。表 7 列 (2) 汇报了数字化发展对劳动力素质的估计结果, 结果表明数字化发展对劳动力素质的系数为正, 且在 10% 水平上显著, 这一结果验证了 H_{2b} 的假设。数字化发展提供了更多教育和培训机会、充分利用了线上协作工具、吸引了农业高技术人才, 以此提高劳动力素质, 进而掌握更多绿色生产知识和技能, 来提高农业绿色全要素生产率。

表 7 渠道检验回归结果

变量	(1)	(2)
	规模化生产	劳动力素质
数字化发展	14.518** (6.980)	0.040* (0.020)
控制变量	已控制	已控制
国家固定效应	已控制	已控制
年份固定效应	已控制	已控制
N	660	660
调整 R ²	0.985	0.895

4.5 异质性分析

与中国贸易往来。中国处于数字化发展的前沿地位。中国自建设“一带一路”以来, 一直致力于农业国际合作, 旨在消除贫困, 实现人类命运共同体。从“一带一路五通”角度来看, 得到以下结论。第一, 存在

数字化发展溢出效应。交通、能源等设施互通为农业数字设施建设、技术交流提供了重要基础。随之，干中学效应表明生产和物质资本积累过程中会引起劳动生产率提高和技术外溢，即农业绿色发展技术共享、农业绿色生产率的提高会由中国向共建“一带一路”国家扩散。第二，农业对外投资也为东道国产业链供应链升级、农业对外合作试验区建设提供有力资金支持。国家间的贸易往来通常能够体现两国双边关系，为经济文化交流提供多样渠道。与中国贸易往来更加密切，就能为两国的经济文化交流开辟更多渠道，其中就包括农业技术、人才、专利等的交流。因此，本文进一步研究共建“一带一路”国家与中国贸易往来密切程度是否会对该国数字化赋能效应的发挥产生差异化影响。以每年样本国家贸易额的平均数为标准，超过平均数为贸易额较高组，表明与中国贸易往来密切，赋值为1；未超过平均数为贸易额较低组，赋值为0。表8展示了回归结果。结果表明，无论是进出口总额、从中国进口或是对中国出口，与中国贸易往来密切国家的数字化发展对其农业绿色全要素生产率的影响系数均更高，且费舍尔组间系数差异检验的P值分别为0.039、0.027、0.040，即各组系数间的差异性在5%的水平上显著。说明与中国贸易往来更加密切的国家数字化发展的数字赋能效应更大。

表8 异质性分析——与中国贸易往来是否密切

变量	进出口总额		从中国进口		对中国出口	
	进出口额较高组	进出口额较低组	进口额较高组	进口额较低组	出口额较高组	出口额较低组
数字化发展	3.165** (1.295)	0.912** (0.423)	3.027** (1.055)	0.807* (0.427)	3.581** (1.483)	0.931** (0.402)
组间系数差异性	-2.253 [0.039]		-2.220 [0.027]		-2.650 [0.040]	
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
国家固定效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
年份固定效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
N	139	520	177	481	127	533
调整R ²	0.890	0.807	0.911	0.781	0.884	0.813

4.6 调节效应检验

制度质量反映了本国政府的治理能力，较优的制度环境能够保证社会稳定发展，进而影响数字化发展对农业赋能效应的发挥。用数字化发展与制度质量交乘项的系数估计值来反映制度质量的调节作用。如果系数显著为正，说明制度质量强化了数字化发展对农业绿色全要素生产率的促进作用；如果系数显著为负，说明制度质量抑制了数字化发展对农业绿色全要素生产率的促进作用。结果如表9所示。回归结果表明，制度质量对数字化发展的调节效应在5%水平下显著为正，表明随着制度质量的提高，数字化发展能够显著提高农业绿色全要素生产率。制度质量高的国家能够更好推动数字基础设施建设、优化市场资源配置，还可以为企业提供良好营商环境，带来普惠性政策，为数字化发展赋能农业绿色全要素生产率提供有效支持。

表9 调节效应回归结果

变量	(3) 制度质量
数字化发展	1.005*** (0.376)
数字化发展×制度质量	0.617** (0.292)
控制变量	已控制

(续)

变量	(3) 制度质量
国家固定效应	已控制
年份固定效应	已控制
N	660
调整 R^2	0.823

5 研究结论

本文基于 2010—2021 年 55 个共建“一带一路”国家的面板数据，运用双向固定效应模型实证检验了数字化发展对农业绿色全要素生产率的影响与作用机制。主要研究结论如下：第一，基准回归结果表明，共建“一带一路”国家数字化发展对农业绿色全要素生产率存在显著提高作用，这一结论在使用工具变量法和替换核心变量后结果依然稳健；第二，渠道检验结果表明，数字化发展主要通过扩大规模化生产和提高劳动力素质来提高农业绿色全要素生产率；第三，异质性分析表明，与中国双边贸易密切程度较高的共建“一带一路”国家，相比与中国双边贸易密切程度较低的共建“一带一路”国家，其数字化发展对农业的数字赋能效应更显著；第四，调节效应分析表明，政府治理能力提高有助于强化数字化发展对农业绿色全要素生产率的促进作用。

本文提出政策建议如下。第一，中国应基于共建“一带一路”国家资源禀赋和发展差异来开展差异化、动态化数字农业交流和合作，对于数字化发展水平较低和农业绿色全要素生产率较低的国家，帮助其建设数字基础设施，加强农业技术人才合作与交流，提高农业生产率，减少贫困人口。第二，积极改善农村地区的数字基础设施，确保稳定的互联网接入，以便农民能够使用数字技术进行信息获取、电子商务及销售农产品等活动。支持农业科技创新，鼓励农民和农业企业采用如远程监测、智能传感器、精准化农业管理系统等数字技术，提高耕作技术、农作物种植效率。第三，加强农民和农业从业人员的数字化技能培训，提高其在数字农业管理和技术应用方面的能力。积极推广数字化教育资源，为农民提供在线农业知识和培训课程，帮助其适应数字化农业发展的需求。第四，推进政府数据管理和开放，加强对数字化发展和绿色农业生产的监管和政策引导。

参考文献

- [1] BOULDING K E. The economics of the coming spaceship earth [M] //Environmental Quality in a Growing Economy. RFF Press, 2011.
- [2] MISURACA G, PASI G, VISCUSI G. Social innovation and resilience: exploring the dynamics and impacts on the digital transformation of governance & society [C] //Proceedings of the 11th international conference on theory and practice of electronic governance, 2018: 91-100.
- [3] CHENG Y, ZHOU X, LI Y. The effect of digital transformation on real economy enterprises' total factor productivity [J]. International Review of Economics & Finance, 2023, 85: 488-501.
- [4] MAVLUTOVA I, SPILBERGS A, VERDENHOFS A, et al. Digital transformation as a driver of the financial sector sustainable development: an impact on financial inclusion and operational efficiency [J]. Sustainability, 2022, 15 (1): 207.
- [5] HRUSTEK L. Sustainability driven by agriculture through digital transformation [J]. Sustainability, 2020, 12 (20): 8596.
- [6] COHEN R B. The new international division of labor, multi-national corporations and urban hierarchy [J]. Urbanization and

- Urban Planning in Capitalist Society, 1981.
- [7] DUAN Y, LIU S, CHENG H, et al. The moderating effect of absorptive capacity on transnational knowledge spillover and the innovation quality of high-tech industries in host countries: evidence from the Chinese manufacturing industry [J]. *International Journal of Production Economics*, 2021, 233: 108019.
- [8] FU W, ZHANG R. Can digitalization levels affect agricultural total factor productivity? Evidence from China [J]. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2022, 6: 860780.
- [9] ZHAI Z, MARTÍNEZ J F, BELTRAN V, et al. Decision support systems for agriculture 4.0: survey and challenges [J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2020, 170: 105256.
- [10] ROSE D C, WHEELER R, WINTER M, et al. Agriculture 4.0: making it work for people, production, and the planet [J]. *Land Use Policy*, 2021, 100: 104933.
- [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 (7): 26-42.
- [12] ZHOU P, ANG B W, POH K L. A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies [J]. *European Journal of Operational Research*, 2008, 189 (1): 1-18.
- [13] CHUNG Y H, FÄRE R, GROSSKOPF S. Productivity and undesirable outputs: a directional distance function approach [J]. *Journal of Environmental Management*, 1997, 51 (3): 229-240.
- [14] WANG Y, XIE L, ZHANG Y, et al. Does FDI promote or inhibit the high-quality development of agriculture in China? An agricultural GTFP perspective [J]. *Sustainability*, 2019, 11 (17): 4620.
- [15] TONE K. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis [J]. *European Journal of Operational Research*, 2002, 143 (1): 32-41.
- [16] LIU D, ZHU X, WANG Y. China's agricultural green total factor productivity based on carbon emission: an analysis of evolution trend and influencing factors [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 278: 123692.
- [17] KAMILARIS A, FONTS A, PRENAFETA-BOLDU F X. The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains [J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2019, 91: 640-652.
- [18] QIN T, WANG L, ZHOU Y, et al. Digital technology-and-services-driven sustainable transformation of agriculture: cases of China and the EU [J]. *Agriculture*, 2022, 12 (2): 297.
- [19] ZHOU X, CHEN T, ZHANG B. Research on the impact of digital agriculture development on agricultural green total factor productivity [J]. *Land*, 2023, 12 (1): 195.
- [20] TANG L, LUO X. Can agricultural insurance encourage farmers to apply biological pesticides? Evidence from rural China [J]. *Food Policy*, 2021, 105: 102174.
- [21] LI H, TANG M, CAO A, et al. Assessing the relationship between air pollution, agricultural insurance, and agricultural green total factor productivity: evidence from China [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, 29 (52): 78381-78395.
- [22] 孙光林, 李婷, 莫媛. 数字经济对中国农业全要素生产率的影响 [J]. *经济与管理评论*, 2023, 39 (1): 92-103.
- [23] MARINOUDI V, SØRENSEN C G, PEARSON S, et al. Robotics and labour in agriculture. A context consideration [J]. *Biosystems Engineering*, 2019, 184: 111-121.
- [24] 杜建军, 章友德, 刘博敏, 等. 数字乡村对农业绿色全要素生产率的影响及其作用机制 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2023, 33 (2): 165-175.
- [25] CHEN Y, ZHANG X, WANG J. Effects of technology cognition and information acquisition on farmers' green production behavior: a case study of biopesticides technology [C] // *Proceedings of the 4th Management Science Informatization and Economic Innovation Development Conference, MSIEID 2022, December 9-11, 2022, Chongqing, China. 2023.*
- [26] NASEER S, SONG H, CHUPRADIT S, et al. Does educated labor force is managing the green economy in BRCS? Fresh evidence from NARDL-PMG approach [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, 29 (14): 20296-20304.
- [27] 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.
- [28] 许宪春, 张美慧. 中国数字经济规模测算研究: 基于国际比较的视角 [J]. *中国工业经济*, 2020 (5): 23-41.
- [29] 魏梦升, 颜廷武, 罗斯炫. 规模经营与技术进步对农业绿色低碳发展的影响: 基于设立粮食主产区的准自然实验 [J]. *中国农村经济*, 2023 (2): 41-65.
- [30] 裴建锁, 方勇彪, 姜佳彤. 嵌入全球价值链助力企业绿色发展: 投入结构转型效应的解释 [J/OL]. *中国工业经济*, 2024 (2): 61-79 [2024-04-07]. <https://doi.org/10.19581/j.cnki.ciejournal.2024.02.004>.

- [31] JIANG Q, LI J, SI H, et al. The impact of the digital economy on agricultural green development: evidence from China [J]. *Agriculture*, 2022, 12 (8): 1107.
- [32] 杨仁发, 郑媛媛. 数字经济发展对全球价值链分工演进及韧性影响研究 [J]. *数量经济技术经济研究*, 2023, 40 (8): 69-89.
- [33] 董艳, 谭苏航, 董梦瑶, 等. 数字信贷对传统商业银行的影响 [J]. *数量经济技术经济研究*, 2023, 40 (2): 69-89.
- [34] 杨慧梅, 江璐. 数字经济、空间效应与全要素生产率 [J]. *统计研究*, 2021, 38 (4): 3-15.
- [35] ZHOU P, ANG B W, WANG H. Energy and CO₂ emission performance in electricity generation: a non-radial directional distance function approach [J]. *European Journal of Operational Research*, 2012, 221 (3): 625-635.
- [36] 段丁允, 冯宗宪. “一带一路”沿线国家数字化发展水平对低碳绿色绩效的影响研究 [J]. *经济问题探索*, 2023 (5): 158-176.

Digital Development Empowers Agricultural Green Development

—A Study based on the Countries along the “One Belt One Road” Route

SHI Rong TANG Yijing YANG Guotao

Abstract: Digital development provides new opportunities for countries to deepen smart agricultural cooperation, promote the green and sustainable development of agriculture, and improve national agricultural total factor productivity. Based on the panel data of countries along the “One Belt One Road” from 2010 to 2021, this paper uses the two-way fixed effect model to empirically test the impact and mechanism of digital development on agricultural green total factor productivity. The results show that the digital development of the countries along the “One Belt One Road” has significantly improved their agricultural green total factor productivity. The results of channel test show that digital development mainly improves agricultural green total factor productivity by expanding large-scale production and improving the quality of labor force. Heterogeneity analysis shows that countries with a high degree of bilateral trade with China have a more significant digital empowerment effect on agriculture. The moderating effect analysis shows that the improvement of government governance capacity helps to strengthen the enabling effect of digital development on agricultural green total factor productivity.

Keywords: Digital Development; Agricultural Green Total Factor Productivity; Large-scale Production; Labor Quality; Government Governance Capacity

(责任编辑 李 辉 张雪娇)

数字普惠金融赋能城乡融合

——基于产业和城乡协同发展视角

◆ 刘维奇¹ 吴明月¹ 张金龙²

(1. 山西财经大学经济学院 太原 030006;

2. 广西民族大学经济学院 南宁 530006)

摘要: 数字普惠金融为破除城乡金融体系二元对立、优化城乡资源配置、助推城乡融合开辟了新路径。本文基于2011—2021年中国地级市面板数据,从产业和城乡协同发展视角分析数字普惠金融赋能城乡融合的作用渠道。研究发现,数字普惠金融有效促进了城乡融合发展。从各维度来看,覆盖广度与使用深度是促进城乡融合的关键,信贷和保险业务发挥了显著的协同效应,数字普惠金融的城乡融合效应在空间和社会维度上显著;在东部、中部地区和农村资金外流程度较轻的地区,数字普惠金融赋能城乡融合的作用更强;数字普惠金融能够促进生产要素在产业和城乡间流动,发挥劳动力转移和产业结构升级的带动作用,间接赋能城乡融合。

关键词: 数字普惠金融; 城乡融合; 劳动力转移; 产业结构升级

DOI: 10.13856/j.cn11-1097/s.2024.05.003

1 引言

2022年10月,党的二十大报告明确指出,要“着力推进城乡融合和区域协调发展,推动经济实现质的有效提升和量的合理增长”。加快推进城乡融合是推动经济高质量发展、全面建成社会主义现代化强国和实现共同富裕的现实需要。随着大数据、人工智能、5G技术等数字技术的发展,数字化改革浪潮方兴未艾,数字普惠金融应运而生。数字普惠金融产品具有数字化和普惠性的双重特点,有效提高了数字技术匹配农村金融需求的效率,在优化城乡金融资源配置和助推城乡融合的过程中发挥着重要的杠杆和引导作用。2022年中央一号文件明确提出,要“强化乡村振兴金融服务”,表明党中央对金融赋能乡村振兴、促进城乡融合有着更高的期待。数字普惠金融利用数字信息技术,有效服务“三农”,为进一步巩固脱贫成果,推进乡村振兴和城乡融合发展提供新思路。

当前,学术界关于数字普惠金融的研究方兴未艾,国内外学者们针对数字普惠金融与城乡关系的研究主要聚焦数字普惠金融在改善农民生活水平^[1]、缩小城乡发展差距^[2]和促进乡村振兴^[3]等方面的作用。数字普

收稿日期: 2023-10-24。

基金项目: 教育部人文社会科学研究规划基金项目“空间非均衡视域下城乡融合高质量发展的动力机制及路径研究”(21YJA790040),山西省哲学社会科学规划课题“新发展阶段山西省城乡融合发展机制研究”(2023YY118),山西省高等学校哲学社会科学基金项目“黄河流域农业高质量发展的时空演变及影响因素研究”(2023W167)。

作者简介: 刘维奇(1975—),男,山东昌邑人,博士,教授,博士生导师,研究方向为城乡统筹;张金龙(1999—),男,山西忻州人,硕士研究生,研究方向为绿色金融。

通信作者: 吴明月(1999—),女,山西运城人,硕士研究生,研究方向为城乡融合, E-mail: 956821038@qq.com。

惠金融借助数字技术为城市带来巨大的经济效益，也为农村居民提供可持续性的信贷资金，扩大农业生产经营方式，成为助推乡村振兴战略的重要驱动力^[4]。数字普惠金融突破了传统金融的间接融资方式，引导社会资金精准流向乡村^[5]，有效提升城乡居民的资金可得性，凭借其低成本、数字化和便捷性的优点服务农民、农业和农村^[6]。学术界总结发达国家经验，基于省域^[7]、县域^[8]及家庭层面^[9]等数据的研究都发现社会金融化与数字技术相结合能有效促进乡村产业振兴和农业现代化，为城乡间要素流动提供高效的金融服务，有助于推动城乡要素流动和城乡融合发展^[10]。

另有学者还关注到金融机构的信贷排斥问题，认为城乡生产要素禀赋差异较大，数字金融的“益农作用”会受到一定限制。在开放经济视角下，研究数字普惠金融赋能城乡融合的过程中需要考虑以下三方面内容。第一，传统金融对农村地区的金融排斥问题客观存在^[11]，对内体现在对贫困人群严格的信贷拒绝，对外表现的特征是农村资金大量外流。在金融工具数字化的过程中，金融机构会以资本逐利原则将资本贷给高收益的非农部门，也会引起农业部门资金向非农部门和城市地区流入^[12]，导致金融机构成为抽离部分农村资金的重要渠道^[13]。第二，数字普惠金融发展主要呈“先城后村”的趋势^[6]，其益农作用是有限的。黄维康指出中国目前数字普惠金融的作用范围是由城市向周围地区扩散，由于农村地区数字金融业务发展缓慢，数字金融对农村地区的普惠作用受到一定限制^[14]。第三，金融模式创新与金融市场波动并存，金融市场的不稳定给不同部门带来的福利损失具有非均衡性。Akhter等发现经济危机和金融波动对农业部门的负向影响强于非农部门^[15]。由于金融资本具有天然逐利性，农村地区数字普惠金融发展活跃度不及城市地区^[6]。Hudson认为中国当前数字化水平尚处于探索阶段，短期内数字普惠金融对“三农”的经济效应有限^[16]，城乡之间会出现新的资本分化^[17]。

梳理文献不难发现，当前关于数字普惠金融和城乡关系的研究主要聚焦城乡收入差距、农村减贫和乡村振兴等单一尺度视角，产生了较为丰富的研究成果。然而，鲜有文献从城乡全局视角考虑城乡关系的相互作用。少数文献以全国省域层面出发，仅探讨数字普惠金融与城乡融合之间的线性或非线性关系，其实现机制未得到充分说明。特别是数字普惠金融能否通过促进生产要素在产业和区域间流动，进而推动城乡融合发展的的问题尚未得到检验。

本文在现有研究的基础上，基于产业和城乡协同发展的研究视角，对数字普惠金融能否助力城乡融合这一问题展开研究。同已有研究相比，本文拟在以下三个方面做出一些新的尝试。第一，从整体范围出发，根据城乡融合理论内涵，从空间、经济、社会、生态四大维度构建综合的城乡融合指标体系。突破以往省域尺度过大的问题，从全国地级市层面研究数字普惠金融影响城乡融合的非均衡效应，并首次引入金融信贷与保险业务的协同作用，拓展数字普惠金融与城乡融合的相关研究。第二，本文从劳动力转移引致的产业和城乡协同发展视角出发，分析数字普惠金融影响城乡融合的作用渠道，实证检验数字普惠金融发展在促进生产要素在产业和城乡间流动、发挥工业化和产业化带动效应中的作用，以期为实现产业和城乡融合发展提供新机制和经验。第三，现有文献在研究数字金融与城乡关系时较少考虑地区经济差异及金融系统存在抽离农村资金的现实问题，本文尝试引入区域因素和农村资金外流规模，检验数字普惠金融对城乡融合的异质性作用。

2 理论分析与研究假说

2.1 数字普惠金融与城乡融合

城乡融合是在经济、社会、空间、生态各系统下的良性互动中寻求城市和乡村全面协调可持续发展的最佳组合过程^[18]。相比于传统金融，数字普惠金融有效弥补了当前中国传统风控系统的缺失，充分发挥数字化技术优势，使长期被现代金融服务业排斥的人群能够享受正规的金融服务，为贫困弱势群体提供均等化的发展机会^[19]，对于缓解城乡发展不均衡具有积极作用，成为助推城乡融合的新路径。

一方面，数字普惠金融借助云计算、人工智能等技术提供多元的数字化服务，放宽了对城乡居民和农村

地区的融资约束,提高农户生产性资金贷款的可得性^[20],刺激农业生产和企业投资活力,有效拓宽乡村振兴的融资渠道,助力农村产业发展和城乡经济高水平融合。城乡要素流动密切有利于促使政府加大对城乡交通基础设施建设的力度,数字信息化发展增强了城乡空间要素的集聚与分散,助力城乡空间融合^[21]。数字金融利用开发性项目和民生金融渠道为城乡基础设施和公共服务均等化提供融资渠道和资金支持,有利于城乡社会融合。数字普惠金融引导企业借助数字金融的惠农渠道来获得低成本的融通资金,完成绿色产业升级,既有利于农业绿色化、低碳化转型升级,又减少了高耗能、高污染企业向农村地区转移,有效破除城乡生态二元结构,推动城乡生态融合发展。

另一方面,面对农业弱质性和信贷市场不完善导致的金融排斥问题,农村信贷和农业保险是缓解农村金融制约和平衡农业风险的有效制度安排^[22],二者协同发展有助于优化城乡金融资源配置。2010年,中国银保监会和中国保监会联合发布《关于加强涉农信贷和涉农保险合作的意见》。该意见指出,数字普惠金融发展为农村信贷和保险业务构建多元化、精细化的合作机制,信贷和保险业务能够发挥“协同效应”,分散农村金融机构贷款风险,提高其放贷支农积极性,有效缓解农村金融发展的制约因素,为实现数字金融“普惠”农民、农业和农村,助力城乡融合创造条件。相关逻辑机制如图1所示。

据此,本文提出假说 H_1 : 数字普惠金融能够显著促进城乡融合发展。

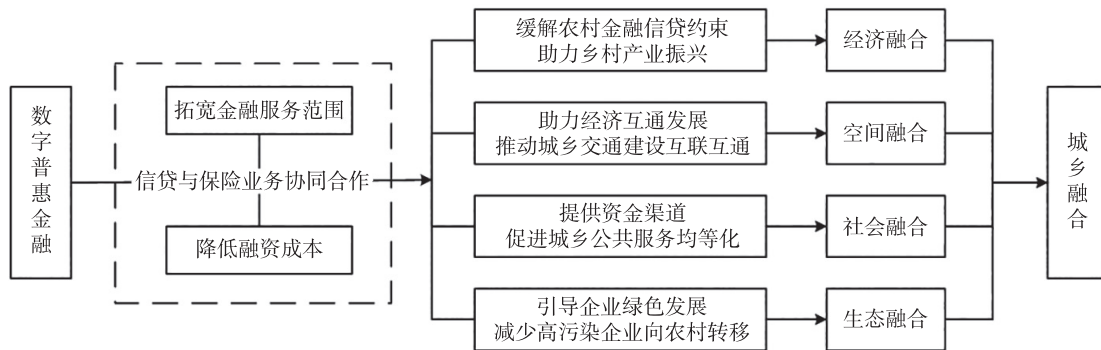


图1 数字普惠金融与城乡融合

2.2 数字普惠金融与城乡融合的作用渠道

2.2.1 数字普惠金融可能通过影响农业劳动力转移推动城乡融合发展

农业劳动力转移是串联城乡经济交流的重要纽带,而数字普惠金融能够提高非农部门对农业转移劳动力的吸纳能力。数字普惠金融凭借数据挖掘、信息评估和精准匹配的特点,以数字技术匹配企业和个人信息,极大降低其融资借贷成本,为企业扩大再生产和个体创业提供金融支持。企业发展能够创造更多的就业岗位,为农民非农就业提供更多机会^[23],引致劳动力的非农转移。劳动力转移会通过技术升级扩散效应对城乡融合产生影响。一方面,农业劳动力的非农转移增加了农业劳动力的影子价格。根据诱致性技术变迁理论^[24],诱使农户偏向技术选择的动机来源于生产要素相对价格变动,刺激农户提高农业机械化等技术水平,有助于提高农业生产效率。另一方面,数字普惠金融对农业生产环节的介入强化了农业资本的投放和使用效率,能够更好地带动农业现代化发展,有利于城市资本向乡村地区转移,畅通城乡要素流动,助推城乡融合发展。

据此,本文提出假说 H_2 : 数字普惠金融通过引起农业劳动力转移赋能城乡融合发展。

2.2.2 数字普惠金融可能通过促进产业结构升级推动城乡融合发展

数字普惠金融通过促进产业结构升级影响城乡融合发展。与传统金融相比,数字普惠金融能够集中社会闲散资金,拓宽金融产品和信贷服务的覆盖范围,增加高新技术产业及中小微企业的金融可得性,提高资本与投融资匹配的效率,为产业转型升级提供资金来源和服务保障^[25]。随着城市第二、第三产业的优化升级,

地区生产要素价格不断被抬高，促使产业向成本更低的城市外围、农村地区转移，这种产业扩散效应有利于畅通城乡产业循环，吸引资本、技术向农村地区流入，有助于建立良好的农村生产条件与产业链循环，促进农村产业现代化发展，深化城乡经济融合。

据此，提出假说 H_3 ：数字普惠金融通过促进产业结构升级助推城乡融合发展。

数字普惠金融赋能城乡融合的理论机制如图 2 所示。

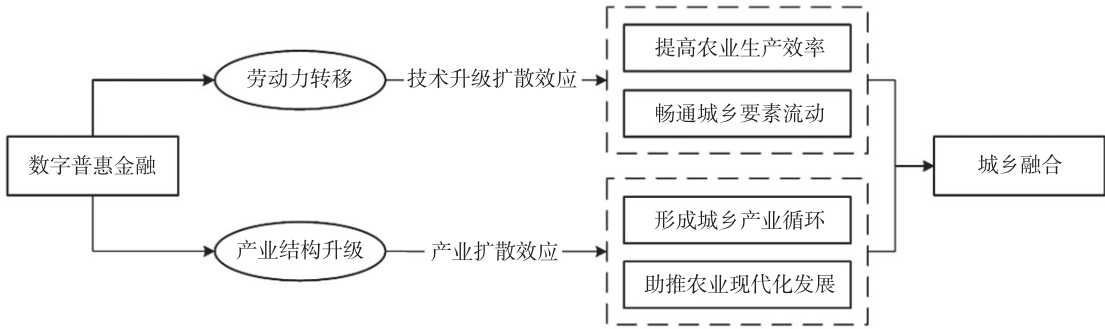


图 2 数字普惠金融对城乡融合的作用渠道

3 研究设计

3.1 模型设定

为检验数字普惠金融对城乡融合的影响，构建双向固定效应面板回归模型，设定如下：

$$Y_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 DIF_{i,t} + \beta_2 control_{i,t} + \mu_i + \omega_t + \epsilon_{i,t} \quad (1)$$

式 (1) 中，下标 i 代表地级市， t 代表年份。 $Y_{i,t}$ 代表 i 市在 t 年的城乡融合发展指数； $DIF_{i,t}$ 代表 i 市在 t 年的数字普惠金融指数； $control_{i,t}$ 为各控制变量的总称。此外，模型还控制了个体虚拟变量 μ_i 和时间虚拟变量 ω_t 。 β_0 为常数项， β_1 、 β_2 为待估参数。 $\epsilon_{i,t}$ 为模型的随机扰动项。

为验证劳动力转移与产业结构升级的渠道机制，在式 (1) 基础上构建包含中介变量的回归模型，设定如下：

$$M_{i,t} = a_0 + a_1 DIF_{i,t} + a_2 control_{i,t} + \mu_i + \omega_t + \epsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$Y_{i,t} = b_0 + b_1 M_{i,t} + b_2 DIF_{i,t} + b_3 control_{i,t} + \mu_i + \omega_t + \epsilon_{i,t} \quad (3)$$

式 (2)、式 (3) 中， $M_{i,t}$ 代表 i 市在 t 年的中介变量； a_0 、 b_0 为常项， a_1 、 a_2 、 b_1 、 b_2 、 b_3 为待估参数；其余设定与模型 (1) 一致。若系数 β_1 、 a_1 、 b_1 、 b_2 均显著，且 $b_2 < \beta_1$ 时，说明中介变量 $M_{i,t}$ 具有部分中介效应；若系数 β_1 、 a_1 、 b_1 均显著，且 b_2 不显著时，表明中介变量 $M_{i,t}$ 存在完全中介效应。

3.2 指标选取

3.2.1 被解释变量

本文被解释变量为城乡融合发展水平 (Y)。城乡融合是一个城乡社会空间重构和转型的过程，是基于城乡差异的互补融合，其特征是实现城乡间经济共生发展、居民福祉均等、发展耦合联动。城乡融合强调城乡空间、经济、社会、生态各维度综合效益的最优化，以实现“城乡差距缩小、实现共同富裕”的最终目标。目前学术界界定城乡融合概念的基本框架主要包含四大内容：空间融合是城乡信息流通传递的重要载体^[18]，经济融合是破除要素流动障碍、缩小城乡差距的有效途径^[26]，社会融合是城乡生活服务和公共服务均等化的主要表现^[27]，生态融合是城乡建设与自然环境和谐共生的重要保障。

本文结合现有研究，从空间、经济、社会、生态四大维度构建城乡融合评价指标体系。其中，城乡空间

融合方面,选取城乡空间集聚、公路网密度和城乡交流联系等指标进行考察;城乡经济融合方面,从城乡消费结构、城乡收入结构、城乡产业结构、二元反差系数、作物多元化^①等指标进行衡量;城乡社会融合反映了城乡基本公共服务均等化和生活质量等值化程度,选取公共服务、医疗卫生、养老保障、失业保障和教育投入等指标进行衡量;城乡生态融合方面,选取生态环保和节能减排等指标进行考察。本文构建出包含4个一级指标和15个二级指标的城乡融合发展水平指标体系,并将其划分为反映城乡差距的对比型指标和反映城乡共同发展的状态型指标,使用熵权法计算指标权重并测度各地级市城乡融合发展水平^[28](表1)。

表1 城乡融合发展水平指标体系

整体指标	一级指标	二级指标	指标内涵	指标属性	权重
城乡 融合 发展 水平	空间融合	城乡空间集聚	城镇人口/总人口	状态型/正	0.012
			建成区面积/地区总面积	状态型/正	0.154
		公路网密度	公路总里程数/地区总面积	状态型/正	0.023
		城乡交流联系	邮电业务总量/总人口	状态型/正	0.095
			城乡居民私人汽车拥有量/总人口	状态型/正	0.049
	经济融合	城乡消费结构	城镇恩格尔系数/农村恩格尔系数	对比型/正	0.006
			城镇居民人均消费支出/农村居民人均消费支出	对比型/负	0.001
		城乡收入结构	城镇居民人均可支配收入/农村居民人均可支配收入	对比型/负	0.005
		二元反差系数	第二、第三产业增加值比重-第二、第三产业就业比重	对比型/负	0.007
		城乡产业结构	第二、第三产业增加值/第一产业增加值	对比型/正	0.287
	作物多元化	非粮食作物播种面积/农作物总播种面积	对比型/正	0.023	
	社会融合	城乡养老保障	城镇养老保险参保人数/总人口	状态型/正	0.046
		城乡失业保障	城乡失业参保人数/总人口	状态型/正	0.064
		城乡教育投入	教育支出/财政支出	对比型/正	0.007
		城乡医疗卫生	城乡医院卫生院床位数张/总人口	状态型/正	0.022
城乡公共服务		城镇人均用电量/农村人均用电量	对比型/负	0.189	
生态融合	城乡生态环保	建成区绿化覆盖率	状态型/正	0.002	
		一般工业固体废物综合利用率	状态型/正	0.009	
	城乡节能减排	能源消费总量/GDP	状态型/负	0.001	

3.2.2 核心解释变量

本文核心解释变量为数字普惠金融指数(DIF)。该指数由郭峰等基于蚂蚁金服交易库数据进行测算,涵盖其覆盖广度、使用深度、数字化水平三个分维度,并且使用保险指数和信贷指数分别表示地区保险业务与信贷业务的活跃程度,并对数据除以100进行量化处理^[19]。

3.2.3 中介变量

为验证数字普惠金融的劳动力转移与产业结构升级的渠道机制,本文选取的中介变量如下。①劳动力转移率。参考钱力和张珂的研究^[29],采用非农就业即第二、第三产业就业人员占总就业人员的比重来表征劳动力流动以体现城镇就业机会的增加。②产业结构升级。参照谢杰的研究^[30],选择第二、第三产业增加值占地区生产总值比重代理。

① 作物多元化作为一种多样化种植策略,可以通过收入多样化、恢复生物多样性和提高土壤质量来提高农业生产可持续性,有利于农业产业兴旺和城乡融合发展。

3.2.4 控制变量

为进一步增强实证结果的严谨性，减少可能的内生性问题，本文参考相关文献^[31-32]，加入其他可能影响城乡融合的控制变量。具体变量的定义与描述性统计如表 2 所示。

表 2 变量定义与描述性统计

变量名称	变量赋值说明	均值	标准差	最小值	最大值
城乡融合发展水平	具体计算见表 1	0.088	0.056	0.028	0.681
数字普惠金融指数	一级指标：数字普惠金融指数得分	1.850	0.730	0.170	3.597
覆盖广度	数字普惠金融覆盖广度得分	1.771	0.743	0.019	3.718
使用深度	数字普惠金融使用深度得分	1.805	0.725	0.043	3.543
数字化水平	数字普惠金融数字化程度得分	2.190	0.831	0.027	5.812
保险指数	数字普惠金融保险指数得分	3.396	1.484	0.001	7.745
信贷指数	数字普惠金融信贷指数得分	1.296	0.466	-0.129	2.151
劳动力转移率	第二、第三产业就业人员/总就业人员	0.875	0.134	0.133	0.996
产业结构	第二、第三产业增加值/地区生产总值	0.881	0.076	0.501	1.000
传统金融发展	居民储蓄存款余额/总人口	4.256	3.520	0.501	30.100
政府干预程度	公共财政支出/地区生产总值	0.198	0.081	0.097	0.392
信息化水平	移动电话用户数/总人口	1.079	0.787	0.281	10.170
产业发展	第三产业增加值/地区生产总值/%	42.150	9.835	14.360	83.520

3.3 数据来源

本文数字普惠金融相关数据来源于北京大学金融研究中心发布的《北京大学数字普惠金融指数（2011—2021 年）》。文中其他统计数据来源于《中国区域经济统计年鉴》《中国城市统计年鉴》、各省份统计年鉴、地方政府公报等。本文剔除了行政区划调整的海东、毕节、三沙、巢湖、铜仁和数据缺失较多的西藏自治区部分城市，最终选定 2011—2021 年中国 280 个地级市的面板数据为研究样本，明显的异常值和部分缺失数据利用线性插值法进行剔除和补充^[33]。

4 实证结果与分析

4.1 基准回归结果

本文基于式（1）探究数字普惠金融与城乡融合的均衡效应，回归结果见表 3。

第一，模型（1）验证了数字普惠金融对城乡融合的作用，其估计系数为 0.021，且通过 1% 的显著性水平，表明数字普惠金融能显著提高城乡融合发展水平，数字普惠金融指数每增长 1%，城乡融合发展水平提高约 0.021%，验证了假说 H_1 。

第二，模型（2）至模型（4）检验了数字普惠金融的不同维度对城乡融合的作用。其中，覆盖广度和使用深度的回归系数分别为 0.017 和 0.012，分别通过了 1% 和 5% 的显著性水平，数字化水平的估计系数不显著。这表明覆盖广度和使用深度是促进城乡融合的关键，且覆盖广度的作用强于使用深度。可能的解释是，数字金融发展拓宽了农业金融业务的覆盖范围，引导金融信贷资金流向有关农业和农村的经济活动，促进了城乡融合的金融流通性。拓展数字金融产品使用深度能够有效缓解企业和个人的融资约束，相较于传统储蓄

方式,数字化的货币基金使得农村居民更容易接触到正规的金融产品和服务,丰富农民收入多样化渠道,有助于缩小城乡收入差距^[34]。然而,由于城乡在数字基础设施建设、居民金融素养等方面差距较大,金融产品的数字化水平带动城乡经济的作用尚未充分发挥。因此,未来应进一步扩大数字金融覆盖广度,加速乡村地区数字技术的普及,为乡村振兴和新型城镇化建设搭建数字技术的“快车”。

第三,前文理论分析表明,数字普惠金融的发展能够促进农村信贷和农业保险形成多元合作机制,拓宽农业贷款和农村保险业务的覆盖深度,发挥二者的协同效应,优化城乡金融资源配置。模型(5)加入信贷指数和保险指数及其交互项,来验证金融信贷和保险业务的协同效应。其中,二者交互项的回归系数为0.004,通过1%的显著性水平,说明数字普惠金融发展促进了农村信贷和保险业务的融合,为发挥贷款和保险业务对城乡融合的协同作用创造了条件。

第四,考虑到地区传统金融发展水平会影响数字普惠金融的城乡融合效应,模型(6)加入传统金融发展与数字普惠金融指数的交互项。该交互项的回归系数为0.089,通过1%的显著性水平,说明在市域数字普惠金融发展相同的情况下,传统金融发展水平越高的地区,城乡融合水平越高。对比模型(1)和模型(6)中数字普惠金融指数的回归系数发现,加入交互项后数字普惠金融对城乡融合的影响变小,说明在探究数字普惠金融对城乡融合影响的过程中如果不考虑当地传统金融发展状况,数字普惠金融对城乡融合的影响将被高估。数字普惠金融的发展是建立在传统金融基础上的延续创新,具有良好的传统金融基础有助于促进数字普惠金融更好地发挥城乡融合效应。

表3 基准回归结果

变量	城乡融合					
	模型(1)	模型(2)	模型(3)	模型(4)	模型(5)	模型(6)
数字普惠金融指数	0.021*** (0.006)					0.011*** (0.004)
覆盖广度		0.017*** (0.005)				
使用深度			0.012** (0.005)			
数字化水平				0.001 (0.002)		
信贷指数_保险指数					0.004*** (0.001)	
信贷指数					-0.007*** (0.002)	
保险指数					-0.003* (0.002)	
数字普惠金融_传统金融发展						0.089*** (0.023)
政府干预程度	-0.015* (0.008)	-0.017** (0.007)	-0.022*** (0.007)	-0.025*** (0.007)	-0.017** (0.007)	-0.016** (0.008)
信息化水平	0.005 (0.003)	0.004 (0.003)	0.005* (0.003)	0.005 (0.003)	0.006** (0.003)	0.007** (0.003)
传统金融发展	0.005*** (0.001)	0.005*** (0.001)	0.005*** (0.001)	0.005*** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.004*** (0.001)
产业发展	-0.007* (0.004)	-0.007* (0.004)	-0.008** (0.004)	-0.008** (0.004)	-0.004 (0.004)	-0.003 (0.003)
常数项	0.076*** (0.014)	0.079*** (0.018)	0.083*** (0.014)	0.092*** (0.016)	0.081*** (0.015)	0.077*** (0.011)

(续)

变量	城乡融合					
	模型 (1)	模型 (2)	模型 (3)	模型 (4)	模型 (5)	模型 (6)
个体效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
时间效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
样本量	3 080	3 080	3 080	3 080	3 080	3 080
R ²	0.509	0.506	0.506	0.497	0.521	0.513
F	80.70	76.15	78.29	69.43	78.12	106.59

注：***、**和*分别代表1%、5%和10%的显著性水平，括号中为稳健标准误。其中系数和稳健标准误显示数值相同但变量显著性却不同等看似异常的情况是由小数保留位数显示导致的，并非数值或显著性标识错误。表4至表8同。

探究数字普惠金融对城乡融合不同维度下的非均衡效应，回归结果见表4。从表4中可以看出，数字普惠金融对城乡融合不同维度的作用均为正。其中，模型(1)和模型(3)中的回归系数分别通过了1%和5%的显著性水平，模型(2)和模型(4)中城乡经济融合和城乡生态融合的作用并不显著，说明当前数字普惠金融在推动城乡空间融合和城乡社会融合方面发挥了重要作用，而对城乡经济融合和城乡生态融合的影响并未凸显。可能的解释是：一是数字普惠金融突破了供求双方交易的地理限制，依靠线上交易的方式提高金融资源配置效率，以较低的成本引导城市中各种生产要素流向乡村地区，增强城乡间联系，有助于城乡要素的空间再配置；二是数字普惠金融支农业务发展能够缓解部分农村建设前期的资金短缺问题，激发多主体投入农业发展的积极性，为完善城乡基础设施和公共服务均等化提供融资渠道和资金支持，有助于城乡社会融合；三是当前数字金融发展尚处于初级阶段，数字化水平的区域差异较大，个人与企业对数字金融这一新型金融模式的接受程度各不相同，从全国范围来看，数字金融在城乡经济融合和城乡生态融合方面的作用尚未显现。这说明当前数字普惠金融发展空间还很广阔，应进一步加大数字普惠金融发展，激发金融数字化对城乡经济融合和城乡生态融合的积极作用。

表4 数字普惠金融对城乡融合分维度回归结果

变量	模型 (1)	模型 (2)	模型 (3)	模型 (4)
	空间融合	经济融合	社会融合	生态融合
数字普惠金融指数	0.013*** (0.003)	0.006 (0.014)	0.010** (0.004)	0.002 (0.002)
政府干预程度	-0.013*** (0.004)	0.099** (0.033)	-0.011*** (0.004)	0.002 (0.010)
信息化水平	0.001 (0.002)	0.003 (0.004)	0.003 (0.002)	0.001 (0.001)
传统金融发展	0.001*** (0.001)	-0.001 (0.001)	0.002*** (0.001)	-0.001 (0.001)
产业发展	-0.008*** (0.003)	-0.010 (0.007)	-0.001 (0.004)	0.001 (0.002)
常数项	0.071*** (0.011)	0.135 (0.024)	0.024* (0.013)	0.047*** (0.007)
个体效应	已控制	已控制	已控制	已控制
时间效应	已控制	已控制	已控制	已控制
样本量	3 080	3 080	3 080	3 080
R ²	0.754	0.138	0.218	0.015
F	132.35	15.86	35.54	2.24

4.2 内生性与稳健性检验

4.2.1 工具变量检验

在实证研究过程中可能存在数字普惠金融与城乡融合的反向因果问题和遗漏其他变量而产生的内生性问题。一方面，数字普惠金融带动城乡融合发展的同时，可能会使互联网与金融服务朝着更便利和更低成本的方向发展，促进数字金融升级，二者可能存在一定的双向互动关系。另一方面，研究数字普惠金融对城乡融合的作用时，遗漏其他变量是不可避免的。

为较好避免计量识别中的内生性问题，本文借鉴 Bartik 的做法^[35]，构建一个“Bartik instrument”（解释变量的滞后一阶与其在时间上的一阶差分的乘积）作为第一个工具变量。原因在于：一是数字普惠金融指数来自中国 200 多个地级市，全国数字普惠金融指数的变化对于某个地级市而言相对外生，其数值不会明显地受到某个地级市城乡融合的影响；二是地级市层面除数字普惠金融外的需求冲击也可能导致估计偏误，但是只要单个地级市没有重要到其内部冲击同整个国家的普惠金融显著相关，Bartik instrument 就是有效的。

此外，参考张碧琼和吴婉婷的研究^[36]，本文将互联网普及率作为数字普惠金融指数的另一个工具变量，用互联网宽带接入用户占总人口比重代理。原因在于：一是数字普惠金融的发展建立在互联网覆盖的基础上，二者具有较强的相关性；二是互联网普及并非取决于当地城乡经济发展状态，而是在国家政策安排的推动下实现的，具有较明确的政策导向，可能是一个有效的工具变量。基于此，本文选择两个工具变量分别进行面板工具变量回归，结果见表 5。

表 5 内生性检验结果

变量	2SLS		2SLS		Heckman 两阶段	
	模型 (1) First	模型 (2) Second	模型 (3) First	模型 (4) Second	模型 (5) First	模型 (6) Second
	数字普惠金融	城乡融合	数字普惠金融	城乡融合	数字普惠金融	城乡融合
数字普惠金融指数		0.034*** (0.005)		0.321*** (0.099)		0.005** (0.003)
工具变量 1 (L.DFI×D.FDI)	0.521*** (0.019)				0.145*** (0.012)	
工具变量 2 互联网普及率			0.051*** (0.014)			
常数项	1.866*** (0.077)	0.048*** (0.010)	0.848*** (0.047)	-0.180** (0.085)	-26.143*** (2.691)	
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
个体效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
时间效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
样本量	2 484	2 760	3 036	3 036	2 760	2 760
λ						0.010*** (0.004)
LR χ^2					8.35***	
R^2	0.993	0.375	0.995			
F	23 093.82		32 987.24			

注：限于篇幅，此后未报告相关控制变量的回归结果。

表 5 中，模型 (1) 和模型 (2) 是以 Bartik instrument (L.DFI×D.FDI) 作为工具变量的两阶段估计结果。第一阶段回归的估计系数表示工具变量与数字普惠金融显著正相关， F 统计量 >10 可以排除弱工具变量问题，第二阶段回归中数字普惠金融的估计系数为 0.034，通过了 1% 的显著性水平，说明在考虑内生性

问题后，数字普惠金融依然显著促进城乡融合发展，说明上文结论基本稳健。模型（3）和模型（4）是为以互联网普及率作为工具变量的两阶段估计结果，第一阶段回归中工具变量的估计系数和第二阶段中数字普惠金融的估计系数均在 1% 的显著性水平上异于 0，与上面结论基本一致。

4.2.2 样本选择问题

受制于研究范围和样本容量的有限性，为确保小样本数据估计结果的稳健性，本文使用 Heckman 两阶段模型进行稳健性检验，以减少由于样本选择偏误带来的内生性问题。第一阶段参考 Bartik^[35] 的研究选择“Bartik instrument”作为工具变量代入模型中进行回归，求得逆米尔比率；第二阶段将其带入回归模型中再次进行估计，结果如表 5 中模型（5）和模型（6）所示。其中，模型（6）中 λ 值在 1% 的显著性水平上显著，通过 LR χ^2 检验，数字普惠金融指数的估计结果与上文结论基本一致。

4.2.3 其他稳健性检验

为了提高估计结果的稳健性，本文采取增加控制变量“对外开放”^①、控制省份和年份交互固定效应，剔除 4 个直辖市（北京、重庆、上海、天津）样本后再次进行回归的稳健性检验方法，具体见表 6 中模型（1）至模型（3），均证明本文结论较为稳健。

表 6 稳健性检验结果

变量	模型（1）	模型（2）	模型（3）
	加入对外开放	省份-时间交互固定效应	剔除直辖市
数字普惠金融指数	0.021*** (0.006)	0.018*** (0.007)	0.018*** (0.006)
常数项	0.075*** (0.014)	0.050*** (0.014)	0.079*** (0.014)
控制变量	已控制	已控制	已控制
个体效应	已控制	已控制	已控制
时间效应	已控制	已控制	已控制
省份-时间效应	未控制	已控制	未控制
样本量	3 080	3 080	3 036
R^2	0.509	0.606	0.486
F	79.23		76.99

5 影响机制

本文使用 Soble 法检验劳动力转移和产业结构升级的渠道机制，结果见表 7。表 7 中模型（1）和模型（2）为劳动力转移中介效应的检验结果。其中，模型（1）表示数字普惠金融能够显著推动劳动力转移，模型（2）中数字普惠金融指数和劳动力转移的估计系数均通过了 1% 的显著性水平，说明数字普惠金融通过劳动力转移促进城乡融合发展的路径存在。表 7 中模型（3）和模型（4）为产业结构升级中介效应检验结果。其中，模型（3）说明数字普惠金融对产业结构升级的影响显著为正，通过了 1% 显著性水平，模型（4）中数字普惠金融指数和产业结构升级的估计系数均在 1% 统计水平上显著，说明产业结构升级的间接效应得到有效验证。

本文使用 Soble、Goodman1、Goodman2 三种显著性检验检验上述中介机制的显著性，其统计结果均通过了 5% 及以上的统计水平。进一步使用 Bootstrap 检验（抽样 500 次），检验结果表明劳动力转移和产业结

① 用当年实际使用外资金额占地区生产总值的比重代理。

构升级的间接效应分别在 1% 和 5% 水平上显著, 进一步证实上述机制的存在。综上, 数字普惠金融能够通过促进劳动力转移和产业结构升级, 间接促进城乡融合发展, 假说 H_2 和假说 H_3 成立。

表 7 机制检验结果

变量	模型 (1)	模型 (2)	模型 (3)	模型 (4)
	劳动力转移	城乡融合	产业结构升级	城乡融合
数字普惠金融指数	0.480*** (0.100)	0.020*** (0.003)	0.036*** (0.006)	0.010*** (0.003)
劳动力转移		0.002*** (0.001)		
产业结构升级				0.021*** (0.008)
常数项	0.550** (0.264)	0.074*** (0.007)	-0.100*** (0.005)	0.052*** (0.002)
Soble 检验		0.001*** [3.283]		0.001** [2.481]
Goodman1 检验		0.001*** [3.246]		0.001** [2.451]
Goodman2 检验		0.001*** [3.322]		0.001** [2.512]
中介效应系数		0.001*** [3.283]		0.001** [2.481]
直接效应系数		0.020*** [7.770]		0.010*** [3.781]
总效应系数		0.021*** [8.182]		0.010*** [4.098]
Bootstrap 检验		0.001*** (0.001)		0.001** (0.001)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制
个体效应	已控制	已控制	已控制	已控制
时间效应	已控制	已控制	已控制	已控制
样本量	3 080	3 080	3 080	3 080
R^2	0.268	0.512	0.325	0.545
F	63.66	172.05	89.19	208.65

注: 方括号内为 Z 值。

6 异质性检验

中国地域辽阔, 不同地区数字普惠金融发展受数字化水平、金融网点覆盖范围、高技术人才储备等众多因素影响^[6]。这些因素的区域差异使得数字普惠金融的经济效应也存在显著的地区差异^[37]。此外, 贫困地区信贷限制与金融机构的利润导向使得大批信贷资金由农村流向城市^[12], 农村金融的稀缺性和低效率进一步抑制了农民收入水平的提高^[38], 弱化了农村地区资本积累的能力, 不利于城乡差距的缩小。因此, 分析数字普

惠金融的影响时需考虑区域因素和农村资金外流情况。本文按照东部、中部、西部划分三个区域样本^①，按照农村资金外流程度^②的三等分点划分样本为轻度、中度和重度资金外流地区，分别进行分组回归以检验数字普惠金融对城乡融合的异质性影响，估计结果见表 8。

表 8 中模型 (1) 至模型 (3) 为按照东部、中部和西部地区分组回归的结果。在东部和中部地区，数字普惠金融指数的估计系数分别为 0.042 和 0.025，且均通过了 1% 的显著性水平，西部地区未通过显著性检验。进一步地，组间似无相关检验 (SUEST) 发现东部和中部地区差异是显著的。这表明与西部地区相比，数字普惠金融更能促进东部和中部地区的城乡融合发展。可能的原因是，数字金融的普惠作用与地区数字基建水平、传统金融网点分布等因素密不可分，数字金融实力较强的地区大多集中在东部和中部等发达城市，多样化的金融服务业务在一定程度上能够压低数字普惠金融产品的成本，拓宽农村地区的金融业务的触及深度，城乡融合效应更显著；相比之下，欠发达的西部地区数字金融产品的使用范围较小和覆盖程度较弱，数字支付应用场景有待开发，致使数字金融对城乡融合的作用尚未凸显。因此，数字普惠金融更能促进东部和中部地区的城乡融合。

表 8 中模型 (4) 至模型 (6) 为按照农村资金外流程度分组回归的结果。其中，只有资金轻度外流地区的估计系数在 5% 的统计水平上显著，在资金中度外流和严重外流地区，数字普惠金融的城乡融合效应并未凸显。对该分组回归进行组间似无相关检验 (SUEST) 发现，资金严重外流地区与中度外流和轻度外流地区的差异是显著的。说明数字普惠金融对城乡融合的正向效应主要集中在农村资金外流程度较轻的地区。可能的解释是，受农村地区信贷限制与资本要素趋利导向的影响，在农村资金外流严重的地区，金融系统成为抽离农村资金的一大渠道，该地区会率先将数字普惠金融所引致的资金流向非农部门和发达地区，农业部门对金融资源的吸收能力受到限制，因此数字普惠金融对资金外流较严重地区的城乡融合作用不明显；而资金外流程度较轻的地区对于资本的需求量较大，居民对金融普惠产品的可得性较强，数字技术作用于城乡产业发展的金融资源较充分，进而数字普惠金融对城乡融合的作用较强。

综上，在东部、中部和农村资金外流程度较轻的地区，数字普惠金融的城乡融合效应更强。

表 8 区域发展与农村资金外流的异质性检验

变量	区域发展差异			农村资金外流程度差异		
	模型 (1)	模型 (2)	模型 (3)	模型 (4)	模型 (5)	模型 (6)
	东部	中部	西部	轻度外流	中度外流	严重外流
数字普惠金融指数	0.042*** (0.012)	0.025*** (0.008)	0.005 (0.004)	0.015** (0.007)	0.005 (0.004)	0.013 (0.009)
常数项	0.106*** (0.038)	0.032* (0.018)	0.068*** (0.011)	0.064** (0.026)	0.082*** (0.016)	0.090*** (0.017)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
个体效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
时间效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
样本量	1 100	1 078	902	1 023	1 009	1 004

① 东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、江苏、浙江、上海、福建、山东、广东、海南共 11 个省份，中部地区包括安徽、山西、吉林、黑龙江、江西、河南、湖南、湖北 8 个省份，西部地区包括内蒙古、四川、重庆、宁夏、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、广西、贵州、新疆 12 个省份 (西藏数据缺失)。

② 用农村信用社年度存贷款余额的差额在年度上的变动情况代理。

(续)

变量	区域发展差异			农村资金外流程度差异		
	模型 (1)	模型 (2)	模型 (3)	模型 (4)	模型 (5)	模型 (6)
	东部	中部	西部	轻度外流	中度外流	严重外流
R^2	0.470	0.633	0.684	0.567	0.644	0.320
F	48.90	39.78	38.75	18.59	68.32	27.79

7 结论与政策建议

2022 年中央一号文件中明确指出“强化乡村振兴金融服务”，2024 年中央一号文件明确指出“发展农村数字普惠金融”。作为数字技术与普惠金融相互融合而产生的一种新业态，数字普惠金融为破除城乡金融体系的二元对立、优化城乡金融资源配置提供新思路，成为助推城乡融合发展的重要路径。本文基于中国 2011—2021 年 280 个地级市的面板数据，从城乡协调发展和产业结构升级的角度出发，探究数字普惠金融对城乡融合的直接效应与间接渠道，得到以下结论。①数字普惠金融发展显著促进了城乡融合，数字普惠金融每提高 1%，城乡融合增长约 0.021%。具体来看，数字普惠金融的覆盖广度与使用深度所发挥的城乡融合效应最为突出；数字普惠金融的信贷和保险业务对促进城乡融合具有协同效应；数字普惠金融的城乡融合效应在空间融合和社会融合维度上较显著；传统金融发展对数字普惠金融的城乡融合效应具有正向调节作用。②数字普惠金融能够引起劳动力转移和产业结构升级，间接促进城乡融合发展。③数字普惠金融的城乡融合效应具有显著的区域异质性，在东部、中部地区和农村资金外流程度较轻的地区，数字普惠金融赋能城乡融合的作用更强。

根据以上理论与计量模型的分析，可以从以下四方面推动数字普惠金融赋能城乡融合。一是进一步鼓励农村数字普惠金融创新。有针对性地提高数字金融产品在农村地区的覆盖范围及使用深度，推出更加精准和多元化的农业信贷及农村保险业务，发挥二者的协同作用，有效激发农村市场活力，促进城乡融合发展。二是建立普惠性现代农村金融制度。构建政策性金融、商业性金融和合作性金融的多元合作机制，强化农村信贷资金流向监测，积极推动信贷资金向农村的主动回流。三是加强对西部地区数字金融扶持力度。加大对西部地区数字普惠金融投资建设与政策扶持，同时也要倡导西部地区向数字普惠金融发展领先的东部、中部地区学习先进经验，提高西部地区城乡居民的数字金融素养，缩小城乡和区域间“数字鸿沟”，推进城乡的深度融合与共荣发展。四是应进一步加强农业劳动力转移的制度保障。农村劳动力的有效转移能够强化工农与城乡间的良好关系，释放劳动力再配置和产业结构升级的带动效应，通过产业联动和城乡协同发展的方式推进城乡融合发展。

参考文献

- [1] 刘锦怡, 刘纯阳. 数字普惠金融的农村减贫效应: 效果与机制 [J]. 财经论丛, 2020 (1): 43-53.
- [2] CLAESSENS S, FEIJEN E. Finance and hunger: empirical evidence of the agricultural productivity channel [J]. Policy Research Working Paper, 2016 (48): 1-48.
- [3] 谭燕芝, 李云仲, 叶程芳. 省域数字普惠金融与乡村振兴评价及其耦合协同分析 [J]. 经济地理, 2021, 41 (12): 187-195, 222.
- [4] 马威, 张人中. 数字金融的广度与深度对缩小城乡发展差距的影响效应研究: 基于居民教育的协同效应视角 [J]. 农业技术经济, 2022 (2): 62-76.
- [5] 李晓园, 刘雨濛. 数字普惠金融如何促进农村创业? [J]. 经济管理, 2021, 43 (12): 24-40.
- [6] 星焱. 农村数字普惠金融的“红利”与“鸿沟” [J]. 经济学家, 2021 (2): 102-111.
- [7] 陈昱燃, 熊德平. 中国城乡金融发展的包容性增长效应: 基于省级面板数据的实证分析 [J]. 云南财经大学学报, 2021,

37 (9): 63-79.

- [8] 曾建中, 李银珍, 刘桂东. 数字普惠金融赋能乡村产业兴旺的作用机理和空间效应研究: 基于县域空间动态面板数据的实证检验 [J]. 国际金融研究, 2023, 432 (4): 39-49.
- [9] 周利, 廖婧琳, 张浩. 数字普惠金融、信贷可得性与居民贫困减缓: 来自中国家庭调查的微观证据 [J]. 经济科学, 2021 (1): 145-157.
- [10] 温涛, 陈一明. 社会金融化能够促进城乡融合发展吗?: 来自中国 31 个省 (直辖市、自治区) 的实证研究 [J]. 西南大学学报 (社会科学版), 2020, 46 (2): 46-58, 191.
- [11] 黄红光, 白彩全, 易行. 金融排斥、农业科技投入与农业经济发展 [J]. 管理世界, 2018, 34 (9): 67-78.
- [12] HUANG J, ROZELLE S, WANG H. Fostering or stripping rural China: modernizing agriculture and rural to urban capital flows [J]. The Developing Economies, 2006, 44 (1): 1-26.
- [13] 周振, 伍振军, 孔祥智. 中国农村资金净流出的机理、规模与趋势: 1978—2012 年 [J]. 管理世界, 2015 (1): 63-74.
- [14] 黄维康. 数字普惠金融发展对城乡融合的影响机制研究 [D]. 重庆: 重庆工商大学, 2021.
- [15] AKHTER S, LIU Y, DALY K. Cross country evidence on the linkages between financial development and poverty [J]. International Journal of Business and Management, 2009, 5 (1): 3-19.
- [16] HUDSON M B. Hidden constraints to digital financial inclusion: the oral-literate divide [J]. Development in Practice, 2019, 29 (8): 1-15.
- [17] GUO F, KONG S T, WANG J Y. General patterns and regional disparity of internet finance development in China: evidence from the Peking University Internet Finance Development Index [J]. China Economic Journal, 2016, 9 (3): 253-271.
- [18] 周佳宁, 秦富仓, 刘佳, 等. 多维视域下中国城乡融合水平测度、时空演变与影响机制 [J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29 (9): 166-176.
- [19] 郭峰, 王靖一, 王芳, 等. 测度中国数字普惠金融发展: 指数编制与空间特征 [J]. 经济学 (季刊), 2020, 19 (4): 1401-1418.
- [20] 傅秋子, 黄益平. 数字金融对农村金融需求的异质性影响: 来自中国家庭金融调查与北京大学数字普惠金融指数的证据 [J]. 金融研究, 2018 (11): 68-84.
- [21] 许大明, 修春亮, 王新越. 信息化对城乡一体化进程的影响及对策 [J]. 经济地理, 2004 (2): 221-225.
- [22] 李景波, 佟国光. 农业保险的信贷支持效应分析 [J]. 农业经济, 2011 (9): 42-44.
- [23] 谢绚丽, 沈艳, 张皓星, 等. 数字金融能促进创业吗?: 来自中国的证据 [J]. 经济学 (季刊), 2018, 17 (4): 1557-1580.
- [24] 周端明. 中国农业的资本深化进程: 现状描述与动力分析 [J]. 安徽师范大学学报 (人文社会科学版), 2014, 42 (1): 90-97.
- [25] 杜金岷, 韦施威, 吴文洋. 数字普惠金融促进了产业结构优化吗? [J]. 经济社会体制比较, 2020, 212 (6): 38-49.
- [26] 周江燕, 白永秀. 中国省域城乡发展一体化水平: 理论与测度 [J]. 中国农村经济, 2014 (6): 16-26, 40.
- [27] 陈钊, 陆铭. 从分割到融合: 城乡经济增长与社会和谐的政治经济学 [J]. 经济研究, 2008 (1): 21-32.
- [28] 王松茂, 何昭丽, 郭英之, 等. 旅游减贫具有空间溢出效应吗? [J]. 经济管理, 2020, 42 (5): 103-119.
- [29] 钱力, 张轲. 城乡基本公共服务、要素流动与收入差距 [J]. 统计与信息论坛, 2023, 38 (2): 103-116.
- [30] 谢杰. 工业化、城镇化在农业现代化进程中的门槛效应研究 [J]. 农业经济问题, 2012, 33 (4): 84-90, 112.
- [31] 李敬, 王琴. 数字金融与城乡融合发展: 基于产业结构、人力资本和科技创新的三维中介机制 [J]. 农村金融研究, 2022 (12): 20-31.
- [32] 王松茂, 尹延晓. 数字经济对城乡融合具有空间溢出效应吗?: 以长江经济带 11 省 (市) 为例 [J]. 农林经济管理学报, 2022, 21 (6): 725-735.
- [33] 金煜, 陈钊, 陆铭. 中国的地区工业集聚: 经济地理、新经济地理与经济政策 [J]. 经济研究, 2006 (4): 79-89.
- [34] 张玮, 曾国平, 何勋鲲. 农村金融服务促进统筹城乡收入区域差异研究 [J]. 商业研究, 2010 (1): 141-145.
- [35] BARTIK T J. How do the effects of local growth on employment rates vary with initial labor market conditions? [J]. Upjohn Working Papers & Journal Articles, 2009 (5): 17848.
- [36] 张碧琼, 吴婉婷. 数字普惠金融、创业与收入分配: 基于中国城乡差异视角的实证研究 [J]. 金融评论, 2021, 13 (2): 31-44, 124.
- [37] 张龙耀, 邢朝辉. 中国农村数字普惠金融发展的分布动态、地区差异与收敛性研究 [J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38 (3): 23-42.
- [38] 叶志强, 陈习定, 张顺明. 金融发展能减少城乡收入差距吗?: 来自中国的证据 [J]. 金融研究, 2011 (2): 42-56.

Digital Inclusive Finance Enables Urban-rural Integration

—Based on the Perspective of Industry and Urban-rural Synergistic Development

LIU Weiqi WU Mingyue ZHANG Jinlong

Abstract: Digital inclusive finance opens up a new path to break the dichotomy between urban and rural financial systems, optimize the allocation of resources between urban and rural areas, and promote urban-rural integration. Based on the panel data of prefecture-level cities in China from 2011 to 2021, this article analyses the role channels of digital inclusive finance empowering urban-rural integration from the perspectives of industry and urban-rural synergistic development. Studies have found that digital inclusive finance can effectively promote urban-rural integration. Among the dimensions, the breadth of coverage and depth of use are the keys to promoting urban-rural integration, the development of digital inclusive credit and insurance services exert a significant synergistic effect, and the urban-rural integration effect of digital inclusive finance is significant in the spatial and social dimensions; in the east-central region and the region with a lesser degree of rural capital outflows, digital inclusive finance empowers urban-rural integration to a greater extent. Digital inclusive finance can promote the flow of factors of production between industries and rural and urban areas, play a leading role in labor transferring and industrial structure upgrading, and thus indirectly empower urban-rural integration.

Keywords: Digital Inclusive Finance; Urban-rural Integration; Labor Migration; Industrial Structure Upgrading

(责任编辑 卫晋津 张雪娇)