

Digital financial innovation under low-carbon transformation of agriculture in Changji

Juanjuan Li¹ Jun Ma¹ Dan Zhang²

1. School of Mathematics and Statistics, Kashgar University, Xinjiang, Kashgar 844000, China

2. Yunnan University of Economics and Management, Kunming 650000, Yunnan, China

Abstract

Under the background of the “dual carbon” goals, the Xinjiang Uygur Autonomous Region is leveraging its characteristic agricultural resources in arid areas to actively explore green transformation paths for agriculture. This paper takes Changji Hui Autonomous Prefecture as the research object and systematically analyzes its innovative practices based on carbon accounts. The model constructs a closed-loop ecosystem of “monitoring-evaluation-funding-trading” through a three-dimensional collaborative mechanism that involves “technology penetrating data, finance activating assets, and policy reducing costs.” Research shows that the Changji model, through the deep integration of digital technology and financial tools, has successfully transformed ecological advantages into economic benefits, providing a “measurable, tradable, and replicable” practical paradigm for low-carbon agricultural transformation in arid regions of Northwest China, which holds significant reference value for similar areas nationwide.

Keywords

digital finance; agricultural low-carbon transformation; carbon account; Changji model; blockchain

昌吉农业低碳转型下的数字金融创新

李娟娟¹ 马军¹ 张丹²

1. 喀什大学数学与统计学院, 中国·新疆喀什 844000

2. 云南经济管理学院, 中国·云南昆明 650000

摘要

在“双碳”目标背景下, 新疆维吾尔自治区立足干旱区特色农业资源禀赋, 积极探索农业绿色转型路径。本文以昌吉回族自治州为研究对象, 系统分析其以碳账户为数据底座创新实践。该模式通过“技术穿透数据、金融激活资产、政策降低成本”的三维协同机制, 构建了“监测-评估-融资-交易”的闭环生态体系。研究表明, 昌吉模式通过数字技术与金融工具的深度融合, 成功将生态优势转化为经济优势, 为西北干旱区农业低碳转型提供了“可测量、可交易、可复制”的实践范式, 对全国同类地区具有重要借鉴价值。

关键词

数字金融; 农业低碳转型; 碳账户; 昌吉模式; 区块链

1 引言

1.1 研究背景

在全球气候变暖的紧迫环境下, 我国提出 2030 年实现“双碳”目标。农业是全球温室气体的第二大排放源, 我国农业源温室气体排放量是全球总排放量的 0.1 至 0.15 倍。《“十四五”全国农业农村规划》明确要求发展智慧农业,

精准灌溉、测土配方施肥, 从而减少化肥使用量, 减少农业碳排放。此外, 党中央明确将粮食安全纳入国家安全体系, 2023 年《粮食安全保障法》中确立了“藏粮于地、藏粮于技”的核心战略。低碳农业对我国粮食安全也有着重要推动作用。

新疆作为农业大省, 化肥、农药的过度使用及畜禽粪污导致的二氧化碳气体排放较多。新疆《农业农村减排固碳实施方案》将“强化数字金融支持”列为关键举措。通过现有的“数字金融+农业”模式, 可以利用数字技术对农业进行实时监测和智慧化管理, 减少化肥等的过度使用, 降低农业碳排放量, 实现农业的绿色低碳智慧化发展。

1.2 研究意义

在以上研究背景下, 昌吉州作为新疆绿色金融的改革

【基金项目】1. 喀什大学校级科研项目《金融发展对新疆农业碳排放达峰的影响研究》编号: (2022) 2768; 2. 喀什大学科研启动经费项目 (022024079)。

【作者简介】李娟娟 (1991-), 女, 中国河南信阳人, 硕士, 助教, 从事经济统计研究。

试验区之一，有着“昌吉模式”的独特创新点。通过“技术+金融+政策”的创新模式，使得数字金融以新的方式赋予农业低碳发展，通过数字金融创新推动农业生产环节、加工环节等的碳减排，从而形成西部干旱地区农业低碳转型的“昌吉模式”。也为全国13个粮食主产区提供参考。

1.3 文献综述

近年来，随着“数字+”的发展，数字金融在农业低碳发展上的研究也越来越多，许多学者从我国的多个省份就数字金融与农业碳排放的关系展开了较多的研究。

申云，洪程程（2023）基于我国31省份10年的面板数据做了相关研究，研究发现，数字普惠金融有利于促进农业绿色低碳发展，数字普惠金融指数每提升1个百分点，可以提高1.1%的农业绿色低碳发展水平。吴芳梅，郑建锋（2024）基于我国10年30个省份面板数据，实证检验数字金融对农业能源碳排放量的非线性影响，研究发现，数字金融对农业能源碳排放之间存在“U”型特征。而刘震，张晓星等（2023）基于我国29个省份的面板数据研究了农村数字经济对农业碳排放的影响，研究表明，农村数字经济发展显著降低了农业碳排放强度，在区域的差异为，农村数字经济的农业碳减排效应在东、西部地区以及高科学技术投入地区更加显著[1]。张鹤（2024）研究了数字普惠金融对我国西部地区农业碳排放的影响，研究发现数字普惠金融的发展对西部地区农业碳排放抑制效果较为显著。

从以上研究来看，大多数学者都是从我国多个省份的面板数据研究得到数字金融对农业碳排放的抑制关系。但很少有学者以案例法研究农业低碳转型中促使金融创新，本文主要以“昌吉模式”的案例来探索在农业低碳的转型下，对金融创新有何新的要求，这也是本文的创新之一，其次，研究干旱地区的文献较少，以“昌吉模式”研究新疆地区数字农业低碳转型下促使数字金融创新的案例，是本文的又一创新点。但本文采用的案例法，不具备普遍适用性，研究较为局限，也是本文的不足之处。

2 相关理论

2.1 昌吉模式

“昌吉模式”即采用的是“技术-金融-政策”模式，简称T-F-P协同模型。分别是技术层（Technology），区块链+物联网实现碳排放“可测量”；金融层（Finance），碳账户将减排行为“资产化”；政策层（Policy），补贴与标准制定“降低交易成本”。“昌吉模式”主要通过“数据+金融+产业”三链融合的方式，借助碳账户量化农业碳资产，创新抵质押品和定价机制，以实现生态效益和经济效益的共赢模式。

2.2 数字金融

数字金融主要是通过互联网、大数据、人工智能以及区块链等数字技术进行重新构建金融服务的模式，其有着优

化资源配置效率和拓展金融服务边界的优势，可利用技术手段提升金融服务的便捷性、可得性及可持续性，从而推动传统金融向智能化、普惠化、绿色化转型[2]。

2.3 碳账户

碳账户平台即是昌吉州运用数字金融的具体方案，将碳排放核算嵌入农业生产环节，通过“碳效码”量化评估农业生产各个环节的碳足迹，从而为金融机构提供精准监控，金融机构也可依据碳账户数据对低碳农业给予利率优惠，有利于促进农业的低碳发展。

3 区域实践案例——“昌吉模式”

3.1 技术创新：农业碳账户体系

昌吉州通过数据采集与核算进行多源数据融合实现农业碳账户的建立，这些数据通过以下几种方式来进行采集：借助物联网在农机上安装GPS，实时监测作业轨迹；在土壤中通过传感器可以监测化肥使用量。通过卫星遥感监测秸秆焚烧，实践证明卫星遥感监测数据准确率可达95%。借助区块链技术生成“一户一码”碳足迹报告，而且不可篡改。农业碳排放的核算标准根据制定的《昌吉州农业碳排放核算地方标准》，明确化肥碳排放量为每千克化肥排放0.8千克的二氧化碳，农机燃油每升排放0.8千克的二氧化碳等12项系数。

3.2 金融创新：三大工具类型

昌吉州借助三大工具进行金融创新，分别是信贷类、交易类和补贴类。

第一工具是信贷类，碳减排量与贷款挂钩。减排量每下降1%，则利率下浮0.1%。典型案例有玛纳斯县的棉农通过使用智能水肥系统减少了25%的碳排放量，因此获得农业银行50万元的“低碳棉农贷”，贷款利率较基准利率低了40个基点。此类金融创新较好地带动本地农业的低碳发展[3]。

第二个工具是交易类，即棉花碳汇期货。此类金融创新是基于区块链数据进行预售碳汇，每吨碳汇预售价格为28元，2025年交易量已达到50万吨，售卖额达到1400万元。较为典型的案例为，某合作社预售3年期碳汇量10万吨，因此获得中信证券1亿元的融资资金，以用于建设光伏提灌站。光伏提灌站是利用太阳能光伏发电，进而驱动水泵进行农田灌溉的绿色技术，此项技术以太阳能替代传统灌溉所用的化石能源，不仅节能还能节水。光伏提灌站在新疆昌吉年发电量约为75万度，可减少碳排放量达600万吨。昌吉州将此技术项目纳入转型金融“绿色项目库”，享受利率下浮10-30个基点的优惠贷款。

第三个工具是使用数字人民币进行碳补贴。根据《新疆维吾尔自治区2024-2026年农机购置与应用补贴机具种类范围》，昌吉州对拖拉机、播种机、联合收割机等24大类进行购置补贴，且对“绿色农机”的电动农机进行更高的购

置补贴,补贴比例高达50%。农户可通过“新疆农机补贴”App实现全流程线上申领,农户购买电动农机后,上传购机发票及作业数据(如充电量、作业面积等),经碳账户系统核算减排量,直接获得数字人民币补贴。昌吉州利用数字人民币优势,可实现补贴资金的精准直达,减少中间环节,提升了透明度。其次将碳积分与消费场景进行联动,探索“碳积分+数字人民币”模式,农户通过低碳生产(如使用电动农机、有机肥替代化肥)积累碳积分,可在指定商户兑换农资或享受贷款利率优惠。该项举措在2024年试点期间,已累计发放碳积分120万点,带动农户采购电动农机数量同比增长45%。

昌吉州通过碳账户数字化管理、绿色金融产品创新和数字人民币精准补贴,构建了“数据监测—金融激励—行为引导”的闭环体系,为农业低碳转型提供了系统性解决方案。未来随着碳市场建设的深化,其经验有望在全国干旱半干旱地区推广,助力乡村振兴与“双碳”目标协同实现。

4 实践成效与实证分析

4.1 研究方法与数据来源

本文采用昌吉州统计局、新疆碳交易所及银行贷款明

细数据,利用双重差分模型(DID)评估碳账户政策对昌吉州2019-2024年的碳减排产生的效果。双重差分模型为: $CET_{it} = \alpha + \beta DID_{it} + \gamma X_{it} + \varepsilon_{it}$,其中CET为农业碳排放强度,DID为政策实施后与试点县的乘积,X为控制变量, ε 为误差项。

4.2 减排效应: DID 模型结果

从表1数据可以看出,2022年碳账户政策实施以来,昌吉州一般公共预算支出大幅上升,表明财政资金对低碳农业的直接支持,昌吉州在农业面源污染治理、农药化肥减量增效、畜禽粪污资源化利用等低碳农业领域投入了大量资金。昌吉州通过绿色贷款贴息、再贷款等政策工具“绿碳融”再贷款,引导金融机构支持低碳农业和新能源项目。2022年累计发放“绿碳融”再贷款9.6亿元,支持纯绿项目和碳账户企业转型,体现了绿色金融政策与财政资金协同的作用。数字技术基础设施的财政投入增多,昌吉州2022年启动的数字融合发展智算中心,以及未来农业科技馆等项目,均需公共预算支持。这些基础设施为农业数字化转型提供了技术支撑,如物联网监测、智能灌溉系统等,进而推动数字金融在农业中的应用。

表1 昌吉州 2015-2022 年一般公共预算支出(单位:亿元)

年份	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
支出	216.4	274.5	264.7	263.5	261.80	276.23	297.69	360.74

注:此表数据来自昌吉统计局官网公开数据

昌吉州2022年的公共预算支出通过直接投资低碳农业项目、补贴绿色金融工具、建设数字基础设施等方式,为低碳农业与数字金融的融合提供了必要条件。财政资金的杠杆效应与金融创新相互促进,共同推动农业绿色转型和经济高质量发展。

根据样本数据进行双重差分分析,得到的结果如下:

表2 DID 模型结果

变量	全样本	规模化农户	小农户
DID	-0.123*** (0.025)	-0.158*** (0.032)	-0.082** (0.035)
R ²	0.423	0.478	0.365

注:***p<0.01,**p<0.05,()内为聚类标准误。

从差分结果可以看到,全样本下,碳账户政策使碳排放强度下降12.3%,从而验证了数字金融与低碳技术联动的有效性。从异质性来分析,发现规模化农户减排效应高于小农户,也说明了设备投入能力的差异性。

异质性检验进一步揭示,政策效果在规模化农户(经营面积≥50亩)中更为显著,减排幅度达15.8%,而小农户仅为8.2%。这一差异源于两类农户在数字金融工具使用能力上的结构性分化:规模化农户通过“智慧农业贷”获取光

伏设备融资的概率是小农户的2.3倍,其碳汇监测设备覆盖率达65%,远高于小农户的32%。研究还发现,政策效应存在滞后性,第三年减排效果提升至15.6%,印证了数字技术采纳的学习曲线效应。该结论为差异化政策设计提供依据,建议对小农户实施“设备租赁补贴+数字技能培训”组合措施,缩小技术采纳鸿沟。

4.3 经济与社会效应

经济效应:优化资源配置,推动产业升级。昌吉州通过“绿碳融”再贷款、碳排放权质押融资等创新工具,为农业低碳项目提供低成本资金。2022年至2024年,昌吉州累计发放“绿碳融”再贷款9.6亿元,碳减排支持项目贷款114.22亿元,重点投向光伏、风电等清洁能源领域,推动农业生产向低碳化、高效化转型。

数字金融支持智慧农业技术落地,如“风光储一体化智能滴灌”系统,使灌溉效率提升至85%,配合精准施肥技术,亩均化肥使用量下降15%。昌吉国家农高区的智慧棉田高产示范项目,通过数字技术实现籽棉亩产750公斤,同时减少碳排放。金融机构通过“植物新品种权质押”“知识产权抵押+不动产抵押”等模式,支持种业企业研发耐盐碱小麦、节水抗旱稻等低碳品种,良种推广覆盖全疆1500余万亩耕地,助力农业生物多样性保护。

数字金融推动农业全产业链升级，如冷链物流氢能源化改造降低产后能耗 18%，农产品加工产值突破 160 亿元。昌吉州打造的“品味新疆”区域公共品牌，借助数字营销扩大市场，带动农户增收。新能源项目（如木垒储能 + 风光同场项目）年减排二氧化碳 79.31 万吨，节约标准煤 31.02 万吨，形成“生态效益反哺经济效益”的良性循环。

社会效应：强化可持续发展，提升公众参与。数字金融支持的碳账户系统覆盖 45 家试点企业，通过碳排放监测与评价，引导企业优化生产流程。例如，昌吉州对 13 个高碳行业实施差异化金融政策，推动企业降碳、零碳改造，减少二氧化硫、氮氧化物等污染物排放。智慧农业示范区建设（如 5 万亩无人农场）通过物联网调控，实现节水节肥 30%，减少农业面源污染，改善农村生态环境 [4]。

数字金融工具（如“新能源汽车消费信贷”“固投建设 + 特许经营”模式）覆盖农村地区，支持小农户采用低碳技术（如节能电器、电动农机）。普惠性绿色金融产品降低了农户参与低碳转型的门槛。昌吉州通过“产教联合体”培养农业科技人才，推广病虫害绿色防控、农膜污染治理等技术，提升农民技能，助力共同富裕。

政府通过新媒体（如抖音视频）普及碳达峰、碳中和知识，倡导“光盘行动”“绿色出行”等低碳生活方式。昌吉州生态环境局发布的科普内容，推动全民参与减排。碳效码、碳监测平台的公开数据增强了企业透明度，倒逼其履行社会责任，形成“政府引导、企业主责、公众监督”的协同治理机制。

5 挑战与策略

昌吉模式通过数字技术穿透农业碳治理的“黑箱”，实现了从“行政强制”到“市场激励”的转型。但其也面临一定的挑战，如数据孤岛问题，需要整合农业、气象、金融等多源数据，构建跨部门数据共享平台，实现数据互联互通。其次是市场认知不足，可通过新媒体普及碳金融知识，强化企业与农户的低碳意识，形成“绿色消费 - 低碳生产”的闭环。除了以上两个问题，还有区域发展不平衡的问题，为应付此项挑战，可采取对南疆四地州等欠发达地区实施差异化政策的措施，例如设立专项绿色金融基金，支持当地特色农业低碳转型 [5]。

昌吉州的实践表明，数字金融创新是破解农业低碳转型融资难题、实现生态效益与经济效益协同发展的关键路径。未来需在碳金融市场深化、技术普惠性提升、政策监管完善等方面持续发力，为全球农业绿色转型贡献“中国智慧”。

参考文献

- [1] 申云,洪程程.数字普惠金融与农业绿色低碳发展:水平测度和机制检验[J].金融理论与实践,2023(01):45-60.
- [2] 吴芳梅,郑建锋.数字金融对农业能源碳排放量的非线性影响及作用机制[J].青海金融,2024(06):20-25.
- [3] 刘震,张晓星,魏威岗.农村数字经济发展对农业碳排放的影响[J].苏州大学学报,2023,25(03):20-32+47.
- [4] 张鹤,数字普惠金融对我国西部地区农业碳排放的影响研究[D].西北民族大学,2024.
- [5] 昌吉州统计局.昌吉州2023-2025年绿色金融发展报告[Z]. 2025.