中国农业大学学报 2026,31(12):306-323
Journal of China Agricultural University http://zgnydxxb.ijournals.cn

刘用场,余文梦,张精,周江梅. 高标准农田建设对农作物生产水足迹的影响[J]. 中国农业大学学报,2026,31(12):306-323.
LIU Yongchang, YU Wenmeng, ZHANG Jing, ZHOU Jiangmei. Impact of high-standard farmland construction policies on the water footprint of crop production[J]. *Journal of China Agricultural University*,2026,31(12):306-323.
DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2026.12.23

高标准农田建设对农作物生产水足迹的影响

刘用场[1] 余文梦[2] 张 精[1] 周江梅[1*]
(1. 福建省农业科学院 农业经济与科技信息研究所,福州 350003;
2. 农业农村部 农业生态与资源保护总站,北京 100125)

摘 要 针对高标准农田建设能否降低农作物生产水足迹及其作用机制问题,利用我国31个省(市、区)2003—2017年面板数据和农作物生产水足迹测算数据(统计数据未包含港、澳、台地区。下同),采用连续型双重差分模型、事件研究法和机制检验方法,探究高标准农田建设影响农作物生产水足迹的政策效应及机制。结果表明:1)2003—2019年,我国农作物生产水足迹总体呈波动上升趋势,中部和西部地区是主要承载区域;2)高标准农田建设显著降低了农作物生产水足迹,平行趋势检验、安慰剂检验、控制变量滞后一期、控制同期政策干扰、更换核心变量和新统计口径再检验均支持该结论;3)高标准农田建设主要通过提高低耗水作物相对种植比重、促进节水灌溉技术应用、增强组织化服务供给和推动农地流转等渠道降低农作物生产水足迹;4)长期效应检验表明,该影响具有一定持续性,但随时间推移有所减弱。综上,高标准农田建设能够通过工程配套、结构优化和经营组织改善促进农业水资源节约集约利用。后续应强化建设质量与长效管护,协同推进节水灌溉稳定运行、适水种植结构调整和组织化服务供给。

关键词 高标准农田建设;农作物生产水足迹;连续型双重差分法;低耗水作物;节水灌溉;组织支持;农地流转
中图分类号 F323.211;F326.11 **文章编号** 1007-4333(2026)12-0306-18 **文献标志码** A

Impact of high-standard farmland construction policies on the water footprint of crop production

LIU Yongchang[1], YU Wenmeng[2], ZHANG Jing[1], ZHOU Jiangmei[1*]
(1. Institute of Agricultural Economy and Science Information, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350003, China;
2. Rural Energy and Environment Agency, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100125, China)

Abstract To investigate whether the construction of high-standard farmland can reduce the water footprint of crop production and its underlying mechanism, this study used panel data and crop production water footprint calculation data from 31 provinces (Statistical data do not include those from Hong Kong, Macao and Taiwan regions. The same below) in China from 2003 to 2017. Continuous difference-in-differences model, event study method, and mechanism testing were employed to investigate the effects of high-standard farmland construction on the crop production water footprint and its underlying mechanism. The results show that: 1) From 2003 to 2019, China's water footprint of crop prodaction generally showed overall fluctuating upward trend, with the central and western regions being the main affected areas; 2) High-standard farmland construction significantly reduced crop production water footprint, supported by parallel trend tests, placebo tests, lagged control

收稿日期:2026-03-22;接受日期:2026-06-22
基金项目:国家重点研发计划(2024YFD1700505);农业农村部绿色发展研究项目;福建省乡村振兴高端智库项目(2022ZK-2)
第一作者:刘用场(ORCID:0009-0003-0956-9527),副研究员,主要从事宏观农业与科技管理研究,E-mail:13600832411@139.com
通讯作者:周江梅(ORCID:0009-0005-1395-5572),研究员,主要从事农业经济理论与政策研究,E-mail:836652945@qq.com

variables by one period, controlling for contemporaneous policy interference, changing core variables, and re-testing with new statistical calibers; 3) High-standard farmland construction mainly reduces crop production water footprint through increasing the relative planting ratio of low-water-consuming crops, promoting the application of water-saving irrigation technologies, enhancing the supply of organized services, and promoting farmland transfer; 4) Long-term effect tests indicate that the impact has a certain degree of persistence, but weakens over time. In conclusion, the construction of high-standard farmland can promote the economical and intensive use of agricultural water resources through engineering support, structural optimization, and improved management organization. Going forward, efforts should be made to strengthen construction quality and long-term maintenance, and collaboratively promote the stable operation of water-saving irrigation, the adjustment of water-suitable planting structures, and the supply of organizational service.

Keywords　high-standard farmland construction; crop water footprint per unit area; continuous double difference method; low-water-consumption crop; water-saving irrigation; organizational support; farmland transfer

水安全已成为食物安全与农产品稳定供给的坚实基础和关键保障，直接关系到国家粮食安全战略的顺利实施以及农业的可持续发展。农业是水资源消耗的主要部门，2024年我国农业用水量为3 648.4亿 m^3，较2023年减少了24亿 m^3，但农业用水占全社会总用水量比例仍保持在60%以上的高位区间①。水利部发布的《2024年中国水资源公报》①显示，截至2024年，我国耕地实际灌溉亩均用水量为342 m^3，农田灌溉水有效利用系数0.580，低于节水先进国家0.7～0.8的水平。在农业用水总量负增长背景下，统筹水资源约束与粮食安全保障[1]，已成为我国需要长期面对的战略性问题。水足迹的概念最早由Hoekstra等[2-3]2002年提出，用于衡量人类生产和消费过程中消耗的淡水总量。蓝水足迹是指农作物生长过程中消耗的地表水和地下水的总量[4]，而农作物生产水足迹是指满足农作物生长及水环境需求的水量。我国的农作物生产水足迹从2002年开始呈现增长趋势，截至2018年，我国农作物生产水足迹已达到6 900亿 m^3[5]；从水足迹和农田灌溉效率的视角看，虽然单位耕地面积的农作物水足迹在不断下降[6]，但我国作物水足迹总量仍在上升，蓝水足迹不断增长，农业用水效果仍有较大优化空间。因此，对可能减少农作物生产水足迹的干预措施进行有效评估，不仅有助于提升农业水资源管理水平，也可为农业水资源节约集约利用政策的制定提供支撑。

高标准农田建设为降低农作物生产水足迹提供了新的解决方案。我国自1988年开启中低产田改造和山水田林路综合治理，探索高标准农田建设模式。2011年，经国务院批复《全国土地整治规划（2011—2015年）》实施②，基于永久基本农田开展田、水、林、路、村综合整治，高标准农田建设开始拥有建设目标和规范。《全国高标准农田建设总体规划》③《全国高标准农田建设规划（2021—2030年）》④（以下称“《建设规划》”）于2013年和2022年陆续出台，逐步调整优化了建设标准和分省规模，明确分类施策、综合配套的建设方向。根据《建设规划》，到2030年我国将建成12亿亩高标准农田，累计实施2.8亿亩高标准农田改造提升，为新时代高标准农田建设提质增效提供了行动指引；到2030年建成12亿亩高标准农田，累计改造提升2.8亿亩高标准农田，新增高效节水灌溉面积8 000万亩，为新时期高标准农田建设高质量发展提供了方向。《建设规划》中强调，高标准农田建设是增强耕地产出水平、夯实国家粮食安全基础的重要举措，建成后的高标准农田亩均粮食产能增加10%～20%，农业绿色发展水平显著提高，节水效果明显。由此引出一个关键问题：高标准农田建设是如何作用于农作物生产水足迹的，其传导路径分别体现在哪些方面？对这一问题展开深入研究，不仅有助于提高高标准农田建设质量和政策效能，也能够为推动农业用水方式向节约集约转型提供理论支撑。

①中华人民共和国水利部：http://www.mwr.gov.cn/sj/tjgb/szygb/202510/t20251001_2067944.html
②中华人民共和国自然资源部：https://policy.mofcom.gov.cn/claw/clawContent.shtml?id=3777
③中华人民共和国自然资源部：https://policy.mofcom.gov.cn/claw/clawContent.shtml?id=3777
④中华人民共和国农业农村部：https://ntjss.moa.gov.cn/zcfb/202109/P020210915673910083593.pdf

首先是高标准农田建设政策影响的研究。现有研究对高标准农田建设的效果进行了丰富的理论和实证探索,认为高标准农田建设有效提升了作物单产和农业全要素生产率[7-8],促进了农业生产力和农户收入的增长[9-10]。同时高标准农田建设能够促进土地流转[11]、抑制耕地撂荒[12-13]、推动种植结构“趋粮化”转变[14-15];高标准农田建设通过田间道路、地块合并与输配电工程优化了农机作业环境[16],从而更好地满足了农机作业对通行条件、地块平整度和连片作业空间的基本要求;从规模经济理论出发,高标准农田建设促进了土地规模经营,在人工成本较高和自有劳动力不足的情况下,规模户通过使用机械替代劳动以获取规模经济[17]。从专业化分工理论来看,小农户通过社会化服务购买的迂回方式引入新技术模式[18],能够促进农业生产方式的转变。同时,高标准农田建设鼓励新型经营主体经营和管护高标准农田,新型经营主体充当了新技术的载体,能够组织成员农户从原有的低效投入转变为可持续的技术模式[19]。其次,是关于农作物生产水足迹的研究。现有研究主要聚焦于水足迹测算、影响因素和时空格局展开。在水足迹测算方面,学者多基于作物耗水过程与水源分解,采用作物需水量/蒸散发法、有效降水分配法、灌溉需水量核算法,以及田间实际耗水/实际蒸散的实测与反演方法等,对省域、流域与典型区主要农作物生产水足迹(绿水、蓝水)进行测算[20-22]。再次,是对农作物生物水足迹时空分异的影响因素研究。已有研究从宏观层面出发,考察降水与蒸散需求变化、灌溉条件与水资源禀赋差异、种植结构调整等对生产水足迹时空演变的影响[23];从作物与区域视角入手,围绕主粮作物(玉米、小麦等)的水足迹差异与驱动因素开展分析,揭示不同降水年型、空间集聚特征对水足迹的作用[24-25]。此外,将水足迹结果用于资源治理评估与政策讨论,如基于作物生产水足迹开展水资源压力/安全评价与风险诊断[26],以及从经济效益或虚拟水贸易视角讨论农业耗水与收益匹配、贸易对区域水资源的影响[27]。最后,是农作物生产水足迹的时空格局与区域差异研究。该研究多从省域-流域-典型区尺度刻画水足迹的时空演变特征与空间分异,普遍发现干旱灌区蓝水占比更高、湿润区绿水贡献更突出[28];并进一步识别主粮作物水足迹的空间集聚与长期变化规律,为区域节水与种植结构优化提供依据[29]。

总体来看,虽然已有研究围绕高标准农田建设政策及农作物生产水足迹已经较为充实,但鲜有文献关注到高标准农田建设政策对农作物生产水足迹的影响及其内在机制。尽管黄敦平等发现高标准农田建设提升了农业用水效率[30],但农业用水效率主要反映农业产出与用水投入之间的关系,难以揭示高标准农田建设后作物生产过程中对水资源占用的变化。因此,为探讨高标准农田建设能否在提升耕地产出能力的同时降低农作物生产水足迹及其作用机制,本研究拟基于我国31个省(市、区)2003—2017年的面板数据和农作物生产水足迹测算数据,采用连续型双重差分模型和机制分析方法,探究高标准农田建设对农作物生产水足迹的影响及其动态变化,并从种植结构低耗水调整、节水灌溉技术应用、组织化服务供给及农地流转等方面分析其作用机制,以期为优化高标准农田建设政策、提升农田建设的节水绩效和推进农业水资源节约集约利用提供理论依据与经验证据。

1 理论分析与研究假设

1.1 高标准农田建设对农作物生产水足迹的直接影响

农作物生产水足迹用于衡量某一地区作物生产中,单位经济产量所对应的水资源消耗程度[31],农作物生产不仅消耗耕地灌溉水“蓝水”(包含地表水和地下水),还消耗耕地有效降水“绿水”(包含了降水和附着于土壤、植物表面的水)、吸纳污染物的“灰水”;因此提高水分生产率、减少无效损失并提升单产,是显著降低生产水足迹的关键路径[19]。具体的传导路径主要体现在以下3个方面:1)改善田间输配水基础设施。高标准农田通过田块整治与灌排系统成套化建设,降低渠道渗漏与田间无效蒸发等损失,并为管道输水、喷滴灌、计量控制与精细化调度提供工程基础,《建设规划》明确指出,高标准农田建成后灌溉水有效利用系数可提高10%以上、亩均节水率可达10%以上,从而为直接降低作物蓝水足迹并提升水分生产率提供了制度依赖[32]。2)强化耕地地力培育与土壤结构优化。高标准农田建设在工程改造之外,通过提升土壤有机质含量、促进团聚体形成并改善孔隙结构,增强土壤入渗与蓄水保墒能力,进而优化根际水肥环境与作物

生长条件，并表现为作物抗逆性提升与稳产增产，最终，作物单产水平的提升能够通过扩大分母的方式摊薄了作物的生产水足迹[33-34]。3）降低面源污染带来的水分消耗。高标准农田建设通过节肥节药、田间排灌优化与投入品管理的规模化组织条件，降低氮磷盈余及其径流/淋失风险，从而压降灰水足迹并推动农作物生产水足迹的结构性下降[35]。总之，高标准农田通过实现作物绿水、蓝水与灰水足迹的同步优化，促使了农作物生产水足迹的系统性下降。

因此，本研究提出研究假说H1：高标准农田建设降低了农作物生产水足迹。

1.2　高标准农田建设政策对农作物生产水足迹的间接影响

首先，高标准农田建设通过推动农作物种植结构“低耗水”调整，实现了农作物生产水足迹的下降。一方面，高标准农田建设通过地块平整、土壤培肥、机耕道路等一系列耕地质量改良和经营条件的优化，显著改善了耕地的适种性和生产能力；耕地质量的改良显著提升了土地生产效率[36]，同时，经营条件优化带来的规模效应改变了作物种植的边际收益，理性小农出于利润最大化的需求，改变并丰富了可选作物集合和种植制度[37]，使得一些受限于耕地质量、机械作业的低耗水作物在高标准田块上得以种植。这种可行集合的扩大，在叠加水资源约束和价格信号后[38]，引导农户在高耗水作物与低耗水作物之间做出重新配置，使得低耗水作物在种植结构中的比重上升。另一方面，高标准农田通过提高产量稳定性、减少自然灾害对产出的冲击[39]，使得农户在作物种植时不再过度依赖过量的水肥投入，而是推动其选择产量稳定、节水节肥的作物组合[40]。同时，高标准农田往往与绿色认证、优质粮油工程、订单农业等制度安排相伴随，这些制度性收益与一部分节水抗旱良种作物形成“叠加回报”，进一步提高了节水型作物的相对收益，推动农户在面积配置上扩大低耗水作物比重、压缩高耗水作物面积。

其次，高标准农田建设通过改善节水灌溉技术应用条件，促进农作物生产水足迹下降。高标准农田建设通过田块平整、渠系配套、田间道路和灌溉机井等工程措施，减少输配水过程中的渠道渗漏、田间无效蒸发和局部过量灌溉；同时，田面级差缩小和灌排条件改善也有助于降低深层渗漏风险，提高灌溉水利用率和灌溉用水保证率[41]。随着节水灌溉设施和灌溉计量设备的配套完善，农户原有依靠经验灌溉的用水方式逐步受到用水定额、用水组织和水费约束等制度安排影响[42]，其灌溉决策更容易由粗放供水转向适时适量供水。对于小规模农户而言，节水灌溉设施具有较强资产专用性，单个农户往往缺乏独立投资和维护能力[43]；高标准农田建设通过公共工程投入和配套服务供给，降低了节水灌溉技术的进入门槛和运行成本，使节水设备、管网输水和水肥一体化等技术更容易在田间落地。由此，在作物结构既定条件下，高标准农田建设能够通过减少灌溉环节的无效耗水和蓝水消耗，推动农作物生产水足迹下降。

再次，高标准农田建设通过强化组织化管护和服务供给，促进农作物生产水足迹下降。高标准农田建设形成的灌排渠系、量水设施和田间工程具有较强公共性，仅依靠分散农户难以实现稳定管护和高效利用，因而往往需要合作社、用水组织和农业社会化服务组织等主体参与后续运行维护[44]。在组织支持下，农户可以通过合作社或社会化服务组织统一采购、安装和维护节水设备[45]，也可以接受测墒灌溉、水肥一体化、统一植保等生产性服务，从而降低节水技术获取、信息搜寻和设施维护成本。与此同时，组织化服务能够将水利、农业技术部门的培训和项目支持嵌入日常生产过程，使节水灌溉、定额用水和绿色生产标准更容易转化为农户可执行的生产规则[46]。部分产业组织还会围绕“三品一标”、绿色认证或订单农业要求，对成员农户的投入品使用和灌溉方式形成约束，并通过农产品质量提升和价格溢价增强农户采纳节水生产方式的激励[47]。因此，组织支持通过统一服务、统一管护和行为约束，减少分散经营条件下的过量用水和设施低效使用，从而降低农作物生产水足迹。

最后，高标准农田建设通过改善农地流转和规模化配置条件，促进农作物生产水足迹下降。对于小农户而言，耕地细碎化、质量差异和基础设施不足会增加生产管理成本，也会削弱规模经营主体承租土地和投入节水设施的积极性[18]。高标准农田通过土地平整、土壤改良、农田水利和机耕道路的集中改造，提升了耕地质量和生产稳定性[48]，降低了地块分散和基础设施不足带来的经营不确定性，使高标准

田块在土地流转市场中更具吸引力，进而促进农地向具备经营能力和技术应用能力的主体集中[49]。在经营规模扩大和地块连片程度提高后，规模经营主体更容易在较大经营单元内统一配置节水灌溉设施、安排灌溉时序、实施水肥管理和机械化作业[12]，也更有条件采用标准化、精细化的水分管理方案[50]。

基于以上分析，本研究提出假说：

H2：高标准农田建设推动农作物种植结构的“低耗水”调整，进而降低了农作物生产水足迹。

H3：高标准农田建设通过农作物节水灌溉技术的应用推广降低了农作物生产水足迹。

H4：高标准农田建设通过合作社等有效组织支持降低了农作物生产水足迹。

H5：高标准农田建设通过土地流转降低了农作物生产水足迹。

本研究理论分析框架如图1所示。

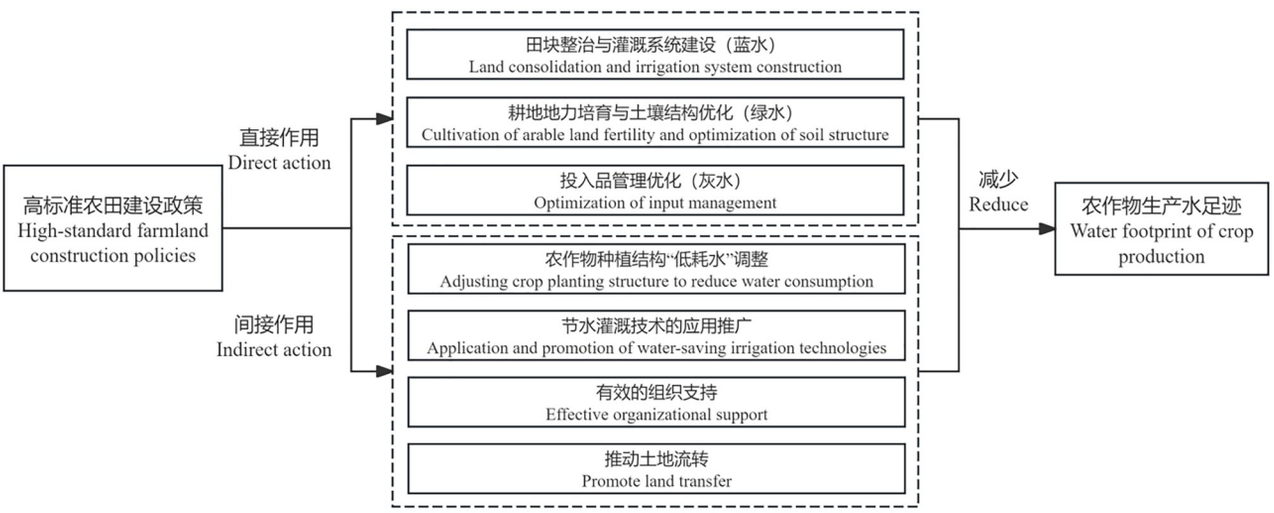


图1 高标准农田建设政策对农作物生产水足迹的影响机理

Fig. 1 Impact mechanism of high-standard farmland construction policies affecting the water footprint of crop production

2 研究设计

2.1 模型构建

2.1.1 基准回归：连续双重差分模型

高标准农田建设工程自2011年起在全国范围内稳步实施，但各省份在不同年份的建设推进节奏并不一致；同时，受资源禀赋约束，各地建设规模、建设难度、任务强度与目标要求存在显著差异。在此情形下，若以二值虚拟变量划分处理组与对照组，难以充分刻画政策强度的连续差别，进而可能导致识别偏误。连续双重差分（Continuous DID）模型以连续型处理强度变量表征政策冲击水平，能够更充分利用跨地区、跨年份的变异信息，从而提高估计的稳健性并降低潜在偏误[51]。基于数据可获得性，并参照相关研究的通行做法，本研究以“高标准农田建设面积”作为政策强度指标，构建连续双重差分识别框架，检验高标准农田建设是否能够降低农作物生产水足迹，基准回归模型设定如下：

$$\mathrm{wf}_{it}=\alpha_0+\alpha_1\,\mathrm{hsf}_i\times I_t^{\mathrm{post}}+\alpha_2\,\mathrm{Control}_{it}+\varphi_i+\gamma_t+\varepsilon_{it} \tag{1}$$

式中：wf_{it}为被解释变量，表示农作物生产水足迹；$\mathrm{hsf}_i\times I_t^{\mathrm{post}}$为核心解释变量，表示以高标准农田建设与政策虚拟变量的交互刻画政策冲击效应；hsf_i为高标准农田建设面积；I_t^{post}为政策虚拟变量，当年份$t>2011$年时，赋值为1，否则赋值为0；$\mathrm{Control}_{it}$为控制变量向量；φ_i、γ_t、ε_{it}分别为省份固定效应、年份固定效应和随机扰动项。

2.1.2 识别策略及检验逻辑

本研究的实证分析遵循“基准估计—识别条件检验—稳健性验证—机制分析”的递进思路。首先，基于连续双重差分模型识别高标准农田建设对农作物水足迹的平均影响；其次，通过平行趋势检验和动态效应分析，验证双重差分识别前提，并观察政策效应的时序变化；再次，采用安慰剂检验、控制变量滞后一期、控制同期政策影响、更换核心解释变量和限制样本范围等方法，检验估计结果是否

受到偶然因素、遗漏变量或样本选择的影响；最后，在稳健性得到验证的基础上，进一步分析高标准农田建设影响农作物水足迹的具体机制。

2.1.3　平行趋势检验及动态效应分析

平行趋势是双重差分识别的基础，其核心含义在于：一旦剔除政策因素影响，处理组和对照组在被解释变量上的变化方向与变化路径应当相同。为检验这一假设并刻画高标准农田政策效应随时间的演进路径，借鉴 Callaway 等[52]的做法，引入事件研究法的思路，将传统 DID 扩展为动态双重差分模型：

$$\mathrm{wf}_{it}=\beta_0+\prod_{s\geq-8}^{8}\beta_s D_s+\beta_7\,\mathrm{Control}_{it}+\varphi_i+\gamma_t+\varepsilon_{it} \tag{2}$$

式中：D_s为表征高标准农田建设政策实施的相对时点。若$s<0$，表示政策实施前第s年；若$s>0$，则表示政策实施后第s年。

2.2　变量说明

2.2.1　被解释变量

被解释变量为农作物生产水足迹。为了保证尽可能地贴近作物生产实际，本研究的农作物水足迹数据来源于 Mialyk 等[53]使用全球作物模型模拟测算的 1990—2019 年 175 种作物水足迹，该数据将不同历史时期和不同地区的环境条件、作物特性和农场管理的日常作物生长和垂直水分平衡后，对全球作物水足迹进行了重新估算；基于 GS〔2024〕650 号中国标准地图矢量数据对该数据进行掩模提取、裁剪和分区统计以后获得全国各省份的农作物生产水足迹数据，除以各省的农作物总播种面积后取对数，获得各省 2003—2017 年的农作物生产水足迹指标数据；利用灰色预测估计了 2018—2023 年的农作物生产水足迹，生成了相应的新的政策冲击变量的交互项样本，用于开展稳健性检验。

2.2.2　核心解释变量

被解释变量为高标准农田建设政策，本研究借鉴陈宇斌等[54]的计算方法，使用改造中低产田面积和高标准农田建设面积（包含土地治理、现代农业产业园建设、科技示范项目建设）总和除以 15，将其换算为万 hm^2 后取对数，变量设定上以高标准农田建设面积（hsf）反映政策建设强度，同时将其与政策实施时点交互（$\mathrm{hsf}_i\times I_t^{\mathrm{post}}$）作为刻画政策冲击效应的核心解释变量，以识别高标准农田建设政策实施对农作物生产水足迹的影响。考虑到处理强度可能与各省资源禀赋存在相关性，为规避其对因果识别带来的干扰，在稳健性检验中，本研究通过耕地面积和政策冲击时点变量交乘构造新的解释变量作为替代变量，重新估计基准回归模型。在高标准农田建设面积数据方面，第一个时段的数据取自 2003—2017 年《中国财政年鉴》[55]中公布的中低产田改造面积和高标准农田示范工程面积，由此形成 2003—2017 年中国 31 个省（市、区）的面板数据（统计数据未包含港、澳、台地区。下同）；后一阶段 2018—2023 年的数据通过整理各省的政府工作报告获得，对于缺失数据的年份，利用插值法进行估算补充，用于开展稳健性检验。

2.2.3　控制变量

为了减少偏误问题对模型系数估计无偏带来的影响，需要控制其他因素对农作物生产水足迹的影响，借鉴黄敦平等[30]对控制变量的选取，采用第一产业从业人员表示区域劳动力投入水平（labor），以人均地区生产总值/地区生产总值指数定基比衡量区域经济实际增长水平（gdp）；农村劳动力平均受教育水平（edu）通过加权平均法进行测度，具体计算方式为（未上学人口数×0＋小学人数×6＋初中人数×9＋高中人数×12＋（大专＋本科＋研究生）×16）/6 岁及以上人口数；选取农村用电量、农业机械总动力和农田有效灌溉面积分别表征农村用电水平（elec）、农业机械投入（machine）和农田灌溉水平（irr）；以当年内耕地上农作物种植的平均次数表征复种指数（rinde），即当年的农作物总播种面积除以耕地总面积[56]；依托农林牧渔业总产值占地区总产值的比重表示产业结构（inds）；财政支农力度（czzc）通过地方财政农林水事务支出占一般公共预算总支出的份额进行衡量；此外，在地区的气候因素方面，分别纳入了年日均降水量和年均温水平表示年平均降水水平和年平均气温。

2.2.4　机制变量

基于以上理论分析，本研究借鉴金涛[57]的分类方法，基于虚拟水含量将粮食作物分为低耗水（玉米、薯类）和高耗水（稻谷、小麦、豆类）2 个类别，进而以 2 类作物种植面积之比衡量农作物种植结构的“低耗水化”调整；其次，参考 Wang 等[58]对高效节水渠道的定义，采用节水灌溉面积表征农作物节水灌溉应用推广水平；再次，借鉴秦国庆等[59]将村庄合

作社数量作为村庄组织基础与集体行动支撑的表征变量，本研究以农民合作社数量衡量区域农业生产活动中的组织支持水平；最后，参考吉雪强等[60]的做法，依托区域家庭承包耕地流转的总面积与耕地总面积之比刻画农地流转水平。

2.3 数据来源及描述性统计结果

本研究选取的样本研究期为2003—2023年，其中分为2个时间段：一是2003—2017年的面板数据，进行实证分析的基准回归、稳健性检验和机制检验和进一步分析；二是2018—2023年的数据，即高标准农田建设面积，用于稳健性检验中对基准回归进行再检验。其中，区域劳动力投入水平、区域经济实际增长水平、财政支农力度、产业结构等数据来源于2003—2023年《中国统计年鉴》[61]和国家统计局网站；农村用电水平、农田灌溉水平、农村劳动力平均受教育水平、复种指数、农业机械投入来源于2003—2023年《中国农村统计年鉴》[62]；气象数据来源于中国气象数据网。

表1 变量说明及其描述性统计（样本量=651）

Table 1 Definitions of key variables and descriptive statistics (Sample size=651)

变量及其简写 Variables and abbreviations	变量赋值 Variable assignment	平均值 Mean	标准差 Standard deviation	最小值 Minimum	最大值 Maximum
农作物生产水足迹 Water footprint of crop production	农作物水足迹，亿 m^3	7 077.325	473.624	6 009.852	7 774.134
单位播种面积水足迹的自然对数 ln（crop water footprint per sown area）	ln（农作物水足迹/农作物总播种面积）	23.415	1.18	20.131	24.943
高标准农田建设面积 High-standard farmland construction area（hsf）	按2.2.2中定义方法计算，将其换算为万 hm^2 后取对数	144.350	113.716	6.297	639.436
区域劳动力投入水平 Level of regional labor input（labor）	第一产业从业人员，万人	867.266	670.108	20	3 332
区域经济实际增长水平 Real regional economic growth（gdp）	人均地区生产总值/地区生产总值指数定基比，元/人	11 844.398	6 629.124	3 264.877	36 140.648
区域劳动力平均受教育年限 Average years of education of the regional labor force（edu）	由文中2.2.3中定义方法计算，年	8.802	1.260	3.738	12.782
农村用电水平 Level of rural electricity consumption（elec）	农村用电量，亿 KW·h	227.091	329.615	0.430	1 949.11
农田灌溉水平 Farmland irrigation level（irr）	农田有效灌溉面积，万 hm^2	203.5568	161.5921	10.924	666.639
复种指数 Multiple cropping index（rinde）	农作物总播种面积/耕地总面积	1.368	1.239	0.484	16.313
产业结构 Industrial structure（inds）	农林牧渔业总产值/地区生产总值，%	0.190	0.099	0.005	0.547
农业机械投入 Agricultural machinery input（lnmachine）	ln（农业机械总动力），农业机械总动力的对数，KW·h	7.498	1.104	4.543	9.499
财政支农力度 Fiscal support strength for agriculture（fssa）	地方财政农林水事务支出/地方财政一般预算支出，%	0.104	0.036	0.021	0.204
年平均降水水平 Average annual rainfall（rain）	年日均降水量，mm	2.807	1.401	0.270	6.341
年平均气温 Average annual temperature（temp）	年均温，℃	12.033	6.545	−4.022	25.195

表1（续）

变量及其简写 Variables and abbreviations	变量赋值 Variable assignment	平均值 Mean	标准差 Standard deviation	最小值 Minimum	最大值 Maximum
农业种植结构调整 Crop structure adjustment	低耗水作物种植面积/高耗水作物种植面积	0.941	0.922	0.027	5.564
节水灌溉技术应用推广 Popularization of water-saving irrigation technologies	ln（节水灌溉面积），节水灌溉面积的对数	6.369	1.099	3.102	8.293
组织支持 Organizational support	ln（农民专业合作社数量），农民专业合作社数量的对数	9.401	1.316	5.407	12.074
土地流转 Circulation of rural land	家庭承包耕地流转总面积亩/耕地总面积，%	0.156	0.144	0.008	0.825

3　实证结果与分析

3.1　全国农作物生产水足迹的时序演变分析

由图2可见2003—2019年中国农作物生产水足迹总体呈现波动上升特征，并存在明显区域分异。从全国层面看：2003—2019年全国农作物生产水足迹由6 010亿上升至7 165亿m^3，累计增长19.22%；就演变趋势而言，全国农作物生产水足迹虽有短期波动，但总体呈抬升态势，尤其是2010年以后基本维持在较高水平，说明农作物生产过程中的水资源占用并未随农业节水技术进步而同步下降。从区域结构看：农作物生产水足迹长期表现为“中部最高、西部次之、东部再次、东北较低”的格局；2003—2019年，中部、西部、东部和东北地区农作物生产水足迹年均值分别为2 163.53亿、2 070.35亿、1 732.65亿和971.94亿m^3，占全国比重分别约为31.17%、29.84%、24.97%和14.02%；中部和西部合计占比超过六成，是全国农作物水足迹的主要承载区域。

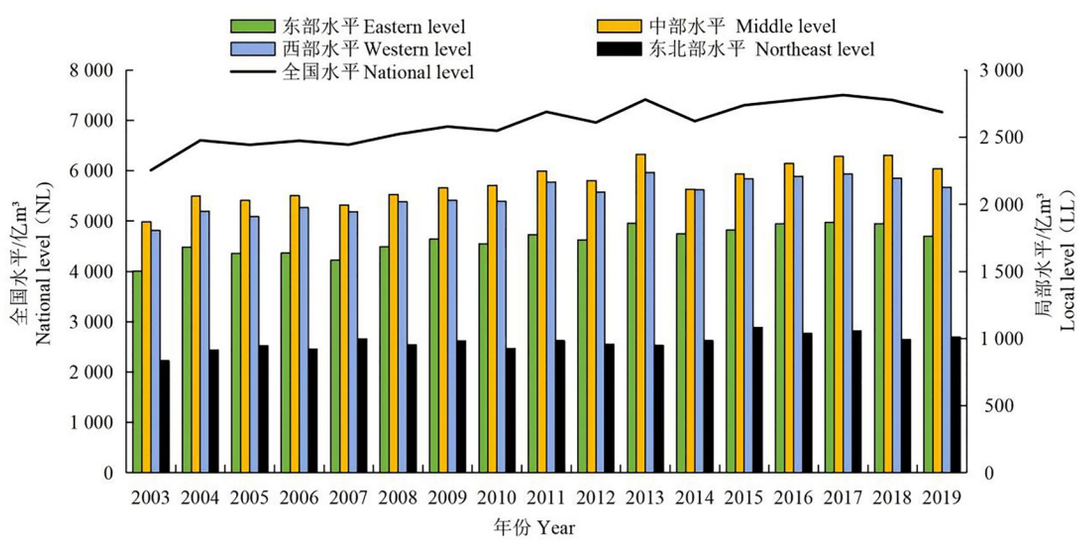


图2　2003—2019年全国农作物生产水足迹的时序演变

Fig. 2　Time-series evolution of water footprint of crop production nationwide from 2003 to 2019

农作物生产水足迹的区域分布与各地区粮食生产功能、种植规模和农业资源配置格局具有较强关联。具体来看，中部地区耕地资源集中，粮食作物播种面积较大，因而水足迹水平长期较高；西部地区受干旱半干旱气候和灌溉农业影响，棉花、玉米、小麦等作物生产对水资源依赖较强，水足迹也处于较高

水平;东部地区虽然农业集约化程度较高,但受耕地规模压缩和产业结构调整影响,水足迹总量低于中西部地区;东北地区作为重要商品粮基地,作物结构相对集中,但区域省份数量较少,水足迹总量相对较低。总体来看,农作物生产水足迹的区域差异是粮食生产布局、作物结构和资源禀赋共同作用的结果。

3.2 高标准农田建设政策影响农作物水足迹的基准回归结果

高标准农田建设政策是否影响农作物生产水足迹的基准回归模型通过逐步加入控制变量的方式进行了实证检验,共设置模型1~6,其中,模型1仅纳入高标准农田建设政策这一核心解释变量,模型2和模型3依次加入地区生产总值对数及其平方项,模型4进一步控制影响农作物种植的宏观社会经济因素,模型5加入农业投入品变量,模型6在此基础上纳入自然条件变量,具体检验结果见表2。表2结果可见:高标准农田建设政策的回归系数在1%的统计水平上显著为负,且在逐步加入控制变

表2 高标准农田建设政策影响农作物生产水足迹的基准回归结果(逐步回归)

Table 2 Baseline regression results of the impact of high-standard farmland construction policies on water footprints of crop production (stepwise regression)

变量 Variable	模型1 Model 1	模型2 Model 2	模型3 Model 3	模型4 Model 4	模型5 Model 5	模型6 Model 6
hsf×post	−0.064***	−0.053***	−0.073***	−0.071***	−0.050***	−0.037***
	(0.012)	(0.013)	(0.014)	(0.014)	(0.012)	(0.011)
lngdp		−0.205**	−5.095***	−5.088***	−2.596**	−1.181
		(0.080)	(1.282)	(1.263)	(1.130)	(1.046)
lngdpsq			0.273***	0.271***	0.140**	0.073
			(0.071)	(0.070)	(0.063)	(0.058)
lnlabor				−0.261***	−0.042	−0.008
				(0.064)	(0.060)	(0.055)
lnedu				−0.008	0.127	0.108
				(0.186)	(0.166)	(0.152)
lnrinde				−0.048**	−0.053***	−0.060***
				(0.023)	(0.020)	(0.019)
czzc				−0.448	0.111	0.308
				(0.400)	(0.355)	(0.326)
inds				−0.554***	−0.136	−0.304*
				(0.192)	(0.173)	(0.161)
lnirr					−0.491***	−0.300***
					(0.046)	(0.048)
lnelec					−0.077***	−0.011
					(0.026)	(0.025)
lnmachine						−0.291***
						(0.033)
temp						0.018
						(0.013)
rain						−0.008
						(0.011)
年份固定效应 Year fixed effect	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
省份固定效应 Province fixed effect	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	465	465	465	465	465	465
R^2	0.898	0.899	0.903	0.912	0.932	0.941

注:*、**和***分别表示10%、5%和1%的显著性水平;括号内为稳健标准误。下同。

Note: *, **, and *** represent significance levels of 10%, 5%, and 1%, respectively. The values in parentheses are robust standard errors. The same applies below.

量后仍然保持负向影响，说明高标准农田建设政策显著降低了农作物生产水足迹，假说H1成立；在农田灌溉水平和农业机械投入被纳入模型后，政策变量仍然显著为负，表明高标准农田建设对农作物生产水足迹的影响不仅体现为一般农业投入条件改善，更可能来自田块整治、灌排设施配套、地力提升和经营条件优化共同形成的综合效应。由此可见，高标准农田建设能够在改善农业生产条件的同时，推动单位面积农作物生产的水资源占用下降。

本研究借鉴Deryugina[63]的做法，以政策实施及其他解释变量所在的第（t）年为基准，分别将未来1期（第t+1年）和（第t+2年）的农作物生产水足迹作为被解释变量，进一步检验高标准农田建设政策的滞后影响，估计结果见表3。可见：高标准农田建设对未来一期和未来2期农作物生产水足迹的影响仍显著为负，说明高标准农田建设能够通过农田基础设施改善、灌溉条件优化和生产组织方式调整产生持续影响。但未来2期的估计系数绝对值小于未来一期，表明其水足迹抑制效应会随时间推移有所减弱。因此，高标准农田建设的节水效应依赖于建后管护、设施维护和技术持续使用，如果后续管理不足，政策效应可能出现衰减。

表3　高标准农田建设影响农作物生产水足迹的长期效应检验结果

Table 3　Long-term effect Test results of high-standard farmland construction on the water footprint of crop production

变量 Variable	未来一期 Future phase 1	未来二期 Future phase 2
hsf×post	−0.029*** （0.011）	−0.021** （0.010）
控制变量 Control variable	Yes	Yes
年份固定效应 Year fixed effect	Yes	Yes
省份固定效应 Province fixed effect	Yes	Yes
N	434	403
R^2	0.947	0.953

3.2　平行趋势检验

为考察双重差分方法的识别条件是否成立，本研究基于事件研究框架，以2003年作为基期，依据式（2）对基准回归模型开展平行趋势检验，进一步分析政策实施前后效应的动态演变，结果见表4。可见：在政策实施前，各期估计系数均不显著且包含0，且政策实施后，除2012年外，其余年份的估计系数均显著为负。说明：处理组省份和控制组省份在政策实施前不存在显著差异，符合平行趋势假设；在政策实施后，高标准农田建设政策有效降低了农作物生产水足迹。依据估计系数和显著性水平的动态变化可以看出，高标准农田建设政策的效应在实施初期尚未充分体现，至第2年才开始表现为显著影响，表明其具有一定滞后性；同时，这种抑制农作物生产水足迹的作用呈边际递减趋势，进一步印证了长期效应分析的结论。从系数的动态变化看，政策实施初期并未稳定地呈现出显著，说明高标准农田建设从工程投入转化为水足迹下降需要一定过程，政策效应存在一定滞后性，符合农田基础设施建设和农业生产行为调整的现实过程。

3.3　稳健性检验

3.3.1　安慰剂检验

在政策评估中，将政策实施时点人为移动到一个并未发生政策变化的“虚拟节点”，再重复估计DID，如果在“假年份”也出现显著处理效应，往往意味着结果可能来自既有趋势、同期冲击或模型设定偏误而非政策本身；若虚拟节点下系数不显著，则能够增强平行趋势的可信度[64]。若高标准农田建设政策的实施确实降低了农作物生产水足迹，则在未发生实际政策冲击的年份人为设定“虚拟实施时点”后，处理效应理应不再显著。基于此，将高标准农田建设政策的试点启动时间由2011年分别前移

表 4 平行趋势检验结果

Table 4 Parallel trend test results

动态交互项 Dynamic interactive item	估计系数 Estimated coefficient	稳健标准误 Robust standard error	*P* 值 *P*-value
hsf×2003	0.011	0.025	0.445
hsf×2004	0.025	0.025	0.988
hsf×2005	0.018	0.025	0.708
hsf×2006	0.024	0.026	0.934
hsf×2007	0.011	0.026	0.414
hsf×2008	−0.034	0.026	−1.304
hsf×2009	−0.013	0.026	−0.492
hsf×2010	0.000	0.000	0.000
hsf×2011	−0.011	0.027	−0.399
hsf×2012	−0.046*	0.027	−1.711
hsf×2013	−0.038	0.028	−1.339
hsf×2014	−0.074**	0.028	−2.611
hsf×2015	−0.049*	0.028	−1.728
hsf×2016	−0.056*	0.028	−0.960
hsf×2017	−0.072*	0.029	−2.530
控制变量 Control variables		Yes	
年份固定效应 Year fixed effect		Yes	
省份固定效应 Province fixed effect		Yes	
N	465	465	465
R^2	0.898	0.899	0.903

至 2003 年和 2004 年，重新估计高标准农田建设与农作物生产水足迹之间的关系，以开展更换实施时点的安慰剂检验。由表 5 可见，在改变政策实施时点后，高标准农田建设政策变量的系数不再显著，说明伪政策时点的抑制效应不存在，这表明本研究的研究结论是稳健的。对虚拟假设时点重复 500 次计算，得到 Treat×Period 的估计系数分布图如图 3，依然稳健地支撑了这一观点。

表 5 高标准农田建设对农作物生产水足迹影响的稳健性检验

Table 5 Robustness test of the impact of high-standard farmland construction on the water footprint of crop production

变量 Variable	以 2003 年为政策节点 Taking 2003 as the policy milestone	以 2004 年为政策节点 Taking 2004 as the policy milestone	控制变量滞后一期 Control variables lagged by one period
hsf×post	−0.084 （0.063）	−0.007 （0.017）	−0.036*** （0.012）
控制变量 Control variables	Yes	Yes	Yes
年份固定效应 Year fixed effect	Yes	Yes	Yes
省份固定效应 Province fixed effect	Yes	Yes	Yes
N	465	465	434
R^2	0.942	0.942	0.945

注：安慰剂检验与控制变量滞后一期。表 6 同。

Note: Placebo test and control variable lagged by one period. The same applies to Fig. 6.

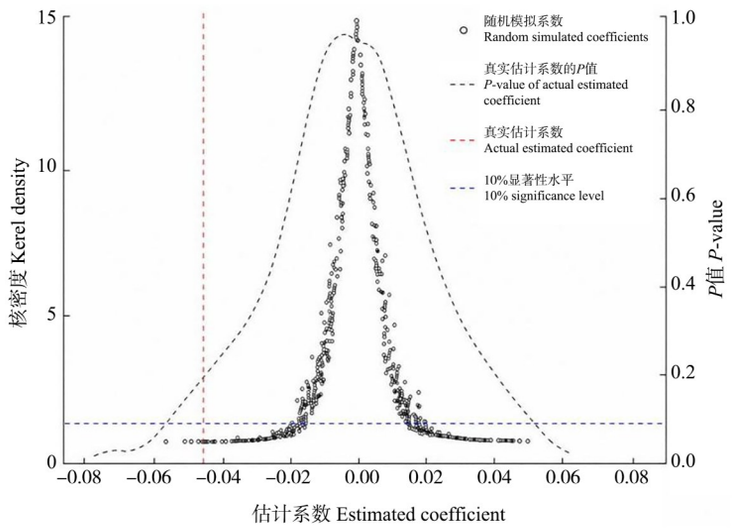


图3　高标准农田建设政策实施效果的安慰剂检验图

Fig. 3　Placebo test chart of the effectiveness of the "high-standard farmland" policy implementation

3.3.2　控制变量滞后一期

为尽可能缓解潜在内生性带来的估计偏误，本研究借鉴陈诗一[65]的处理方法，将全部控制变量滞后一期后重新估计模型，相关结果见表5。结果表明，高标准农田建设政策的影响系数为－0.050，且在1%的统计水平上显著，说明即使考虑解释变量与当期水足迹之间可能存在的反向影响，高标准农田建设降低农作物生产水足迹的结论仍然成立。这进一步表明，基准结果并非由当期农业生产条件同步变化所驱动。

3.3.3　控制同时期政策影响

为保证政策评估结果的准确性，有必要识别并控制其他同时期政策可能引致的混杂影响。一方面，土地确权通过强化地权稳定性，促进土地经营权有序流转与适度规模经营，进而改善要素配置并增强农户对耕地的长期投入激励，推动生产方式优化和资源利用效率提升，最终影响农作物生产水足迹。为了排除土地确权政策带来的干扰，本研究在基准回归的基础上加入了土地确权政策的变量进行回归，其中，对于土地确权政策的衡量利用家庭承包耕地流转总面积除以家庭承包经营耕地面积得到。由表6可见：一方面在控制土地确权政策后，高标准农田建设政策的估计系数仍显著为负，说明基准结论依然成立；另一方面，鉴于水利和农业部门实施的田间用水管理政策同样可能影响农作物生产水足迹，本研究借鉴刘乃全等[66]的处理方式，重新估计加入水权交易试点政策与时间趋势交互变量的基准模型。根据表6的结果，在排除水权交易试点政策影响，剔除水权交易试点政策干扰后，高标准农田建设政策仍对农作物生产水足迹表现出显著负向影响，抑制作用仍然成立。

3.3.4　更换核心被解释变量

考虑到核心解释变量的不同设定可能影响估计结果，本研究选取耕地面积与政策变量的交互项作为新的代理指标重新估计模型。由表6可见，新构造的政策冲击交互项系数为－0.036，并在1%的统计水平上显著，表明更换核心解释变量后，回归结果依然支持理论预期，结论保持稳健。

3.3.5　新统计口径的再检验

为检验2017年以后新的口径统计的高标准农田建设数据是否对估计结果产生影响，本研究利用灰色预测估计了2018—2023年的农作物生产水足迹，生成了相应的新的政策冲击变量的交互项样本；为检验估计结果对模型设定的敏感性，数据的再检验设置了模型7～10共4个模型，模型7～10依次采用不控制任何变量、仅控制双向固定效应、仅加入控制变量及同时控制上述所有变量的方法进行检验，结果见表7。可见，新的政策冲击变量交互项系数均显著为负，且均在1%的统计水平上通过检验。说明在采用新的统计口径后，回归结果仍与理论预期保持一致，研究结论具有较强稳健性。

表 6 稳健性检验:考虑其他相关政策干扰与更换被解释变量

Table 6 Robustness test: Consider other relevant policy interferences and the replacement of the explained variable

变量 Variable	考虑其他政策的干扰 Considering interference from other policies		更换被解释变量 Change the explained variable
	土地确权政策 Land right confirm policy	水权试点政策 Pilot policies for water rights	
hsf×post	−0.048*** (0.015)	−0.035*** (0.011)	−0.036*** (0.011)
土地确权政策×时间趋势 Land title confirmation policy	0.138 (0.096)		
水权试点政策×时间趋势 Water rights pilot policy × Time trend		−0.021** (0.011)	
控制变量 Control variables	Yes	Yes	Yes
年份固定效应 Year fixed effect	Yes	Yes	Yes
省份固定效应 Province fixed effect	Yes	Yes	Yes
N	360	465	465
R^2	0.952	0.944	0.981

表 7 2018—2023 年新口径的高标准农田建设数据再检验

Table 7 Re-examination of high-standard farmland construction data under the new statistical standard from 2018 to 2023

变量 variable	模型 7 Model 7	模型 8 Model 8	模型 9 Model 9	模型 10 Model 10
hsf×post	0.013** (0.006)	−0.105*** (0.013)	0.001 (0.006)	−0.060*** (0.011)
控制变量 control variables	No	No	Yes	Yes
年份固定效应 Year fixed effect	No	Yes	No	Yes
省份固定效应 Province fixed effect	No	Yes	No	Yes
N	651	651	651	651
R^2	0.008	0.877	0.624	0.928

4 高标准农田建设政策影响农作物水足迹的作用机制检验

4.1 作用机制检验结果

4.1.1 种植结构低耗水调整机制

由于不同农作物在单位产出上的绿水、蓝水与灰水足迹存在显著差异,区域层面的作物生产水足迹本质上是各类作物生产水足迹的加权结果,因此提高低耗水或低蓝水足迹作物的种植比重,会通过作物组合效应直接拉低区域农作物生产水足迹,并在灌溉农业中同步缓解蓝水压力[67-68]。高标准农田建设通过土地整治与田间基础设施完善降低地块细碎化与生产交易成本,提升机械化与社会化服务的可达性,并通过灌排与田间工程改善稳产性与收益确定性,从而提高农户开展低耗水种植结构调整的可行性与预期收益,推动作物组合向更节水的方向演进[69]。种植结构“低耗水”调整渠道检验结果如表 8 所示。可见,高标准农田建设政策变量回归

系数为正，即高标准农田建设通过种植结构“低耗水”调整的渠道降低了农作物生产水足迹，假说H2得到验证。

4.1.2　农作物节水灌溉技术应用推广机制

前文的理论分析表明，节水灌溉通过减少输配水损失、提高田间灌水均匀度与灌溉时序匹配，并在一定条件下以增产或稳产“稀释”耗水量，从而降低单位产量水足迹；而高标准农田政策的实施通过完善灌溉与渠系配套、提高灌溉可靠性和抗逆能力，降低了节水设施的运行门槛，强化了节水灌溉技术的扩散和持续运行，推动了区域作物水足迹的长期下降[70]。表8为农作物节水应用推广渠道检验结果。可见，核心解释变量hsf×post的回归系数显著为正，即高标准农田建设政策的实施通过农作物灌溉应用推广降低了农作物生产水足迹，假说H3得到验证。

4.1.3　有效组织支持机制

由表8可见，核心解释变量回归系数依旧显著为正，即高标准农田建设通过稳定的组织支持渠道降低了农作物生产水足迹，假说H4成立。在这一过程中，高标准农田建设在工程建设与后续管护中同步嵌入了社会化服务与用水制度的管理机制，推动农户更稳定地采纳节水灌溉与资源节约生产方式，不断压缩单位产出对应的耗水强度，从而推动农作物生产水足迹降低。合作社、社会化服务组织等组织力量能够降低农户获取节水技术和用水信息的成本，并通过统一服务、统一管护和统一标准增强节水行为的持续性，可靠的组织支持是高标准农田建设成果转化为水资源节约绩效的重要制度条件。

4.1.4　推动土地流转机制

土地作为农业经营活动中最基础、最稀缺的关键要素，其流转机制直接决定土地在不同经营主体之间的配置方式与规模边界，从而深刻影响技术采用与资源利用效率。土地流转通过促进土地向更具经营能力与更高用水管理水平的主体集中，降低地块细碎化并强化规模经营的专业化分工[71]，往往带来节水技术采用与灌溉管理绩效的提升，从而推动单位产出耗水下降并降低农作物生产水足迹[72]。由表8可见，高标准农田建设与政策时点变量的交互项回归系数显著为正，这验证了假说H5，即高标准农田建设通过土地流转推动了农作物生产水足迹的下降。

表8　高标准农田建设影响农作物生产水足迹的机制检验结果

Table 8　Results of the study on the mechanism by which the construction of high-standard farmland affects the water footprint of crop production

变量 Variable	种植结构调整 Planting structure adjustment	节水灌溉 Water-saving irrigation	组织支持 Organizational support	农地流转 Organizational support
hsf×post	1.171** （0.548）	0.087** （0.038）	16 849.850*** （1805.763）	0.026** （0.008）
控制变量 Control variable	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应 Year fixed effect	Yes	Yes	Yes	Yes
省份固定效应 Province fixed effect	Yes	Yes	Yes	Yes
N	459	248	360	360
R^2	0.934	0.986	0.885	0.892

5　结论与建议

5.1　研究结论

本研究采用2003—2017年全国31个省（市、区）的面板数据，基于解译后的全国农作物生产水足迹数据，利用连续性双重差分模型探究高标准农田建设政策对农作物生产水足迹的影响、作用机制和异质性特征。主要结论如下：1）全国农作物生产水足迹在研究期内总体呈波动上升态势，并表现出明显区域分异，中部和西部地区是全国农作物生产水足迹的主要承载区域，农作物生产水资源占用与粮食生产功能、种植规模和区域资源禀赋密切相

关;2)机制检验证明,高标准农田建设政策通过种植结构“低耗水”调整、农作物节水灌溉应用推广、有效的组织支持、土地流转等4条渠道降低了农作物生产水足迹。高标准农田建设对农作物生产水足迹的影响并不只是单一工程节水效应,而是由工程条件改善、作物结构优化、组织化管理和经营规模调整共同作用形成。

5.2 政策建议

基于以上研究结论,本研究提出如下政策建议:

1)政府部门应以提升农业用水效率为导向统筹推进高标准农田建设,强化项目全周期质量管控与长效管护机制。通过标准化建设、连片化推进和常态化维护,夯实农田工程对节水稳产的基础支撑,避免重建设轻管护导致的效应递减,持续释放高标准农田对生产水足迹下降的长期作用;

2)应系统完善农田水利与田间节水配套条件,推动节水灌溉由设施覆盖向规范使用和稳定运转转变。围绕末级渠系、田间管网、计量监测与灌溉组织调度等关键环节补齐短板,同步健全运维主体、经费来源与技术服务体系,依托农业社会化服务组织开展测墒灌溉、定额管理等技术培训与到田指导,提升节水技术的实际采用率和持续使用率;

3)应将种植结构优化与节水技术推广协同纳入高标准农田建设的配套政策体系,增强农户调整的收益预期与抗风险能力。因地制宜推广低耗水、耐旱适水的品种与栽培制度,配套良种良法、农机适配、订单衔接和技术服务支持,形成可复制的适水种植方案,推动结构调整由短期动员转向稳定选择;

4)应依据水资源供给约束差异实施分区分类推进,在供水强度较低地区优先配置建设任务与政策工具包并强化水资源精细化管理。通过用水监测、配额约束与过程监管等制度安排,促进节水灌溉、组织化服务和适度规模经营协同落地;同时完善土地流转与合同治理环境,降低技术扩散和要素重组的交易成本,提升弱水资源地区政策实施的综合绩效。

参考文献 References

[1] 李自强, 李晓云, 王金霞. 粮食生产与水资源空间错配缘由:基于比较优势理论探究[J]. 中国农业大学学报, 2022, 27(9): 12-29
Li Z Q, Li X Y, Wang J X. Causes of spatial mismatch between grain production and water resources: Based on the theory of comparative advantage[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2022, 27(9): 12-29 (in Chinese)

[2] Hoekstra A Y, Hung P Q. Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade[R]. Delft: IHE Delft, 2002

[3] Hoekstra A Y, Chapagain A K. Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern[J]. *Water Resources Management*, 2007, 21(1): 35-48

[4] 杨佳慧, 张超, 马晓蕾, 吴映梅. 基于蓝水、绿水、灰水足迹和LMDI模型的河南省农作物生产用水解析及驱动力分析[J]. 灌溉排水学报, 2026, 45(5): 117-124
Yang J H, Zhang C, Ma X L, Wu Y M. Assessment of crop water footprints and their driving factors using the LMDI model[J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2026, 45(5): 117-124 (in Chinese)

[5] Wang W, Zhuo L, Ji X X, Yue Z W, Li Z B, Li M, Zhang H M, Gao R, Yan C J, Zhang P, Wu P T. A gridded dataset of consumptive water footprints, evaporation, transpiration, and associated benchmarks related to crop production in China during 2000-2018[J]. *Earth System Science Data*, 2023, 15(11): 4803-4827

[6] 操信春, 任杰, 吴梦洋, 郭相平, 王卫光. 基于水足迹的中国农业用水效果评价[J]. 农业工程学报, 2018, 34(5):1-8
Cao X C, Ren J, Wu M Y, Guo X P, Wang W G. Assessing agricultural water use effect of China based on water footprint framework [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2018, 34(5): 1-8 (in Chinese)

[7] 钱龙, 杨光, 钟钰. 有土斯有粮:高标准农田建设提高了粮食单产吗?[J]. 南京农业大学学报: 社会科学版, 2024, 24(1):132-143
Qian L, Yang G, Zhong Y. Land is the mother of grain: Does high-standard farmland construction increase grain yield per unit area?[J]. *Journal of Nanjing Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2024, 24(1): 132-143 (in Chinese)

[8] Peng J Q, Huang A H, Chen J, Chen L L. Farmland's comprehensive improvement and agricultural total factor productivity increase: Empirical evidence from China's national construction of high-standard farmland[J]. *Land*, 2025, 14(11): 2218

[9] 王镜淳, 杨鑫, 穆月英. 高标准农田建设何以促进农户增收:基于不同经营规模农户要素重配置的经验证据[J]. 农业技术经济, 2025(9): 109-123
Wang J C, Yang X, Mu Y Y. How does the high-standard farmland construction promote farmers' income growth: Empirical evidence from factor reallocation of farmers with different farmland scales[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2025(9): 109-123 (in Chinese)

[10] Xu W Y, Gao M, Fan S G, Zhu C. Impacts of high-standard farmland construction on farmers' income in China: A comparative analysis of moderate-scale farmers and smallholders[J]. *Food Policy*, 2026, 138: 102994

[11] 周文凤, 徐定德. 高标准农田建设对农地流转的影响:基于地块治理与家庭决策的双重视角[J]. 自然资源学报, 2025, 40(9): 2541-2555
Zhou W F, Xu D D. The impact of high-standard farmland construction on agricultural land transfer: A dual perspective of plot-level governance and household decision-making[J]. *Journal of Natural Resources*, 2025, 40(9): 2541-2555 (in Chinese)

[12] Chen M X, Lu H G, Xu D D. “Absorbing in” or “crowding out”: The impact of high-standard farmland construction on farmers' land withdrawal[J]. *Land Use Policy*, 2025, 157: 107661

[13] 王镜淳, 杨鑫, 穆月英. 高标准农田建设与耕地撂荒:治理逻辑及其证据[J]. 中国土地科学, 2025, 39(6):57-67
Wang J C, Yang X, Mu Y Y. High-standard farmland construction and

farmland abandonment: Governance logic and evidence[J]. *China Land Science*, 2025, 39(6): 57-67 (in Chinese)

[14] 倪丹丹. 高标准农田建设与耕地“趋粮化”:基于“双规模化”与技术进步视角[J]. 技术经济, 2024, 43(10): 27-38
Ni D D. High-standard cropland construction and “grain-oriented” of arable land: Based on the perspectives of “double scale” and technological progress[J]. *Journal of Technology Economics*, 2024, 43(10): 27-38 (in Chinese)

[15] 龚燕玲, 张应良. “趋粮化”抑或“非粮化”:高标准农田建设的政策效应[J]. 江西财经大学学报, 2023(6): 68-83
Gong Y L, Zhang Y L. “Grain-oriented” or “non-grain-oriented”: The policy effect of high-standard farmland construction[J]. *Journal of Jiangxi University of Finance and Economics*, 2023(6): 68-83 (in Chinese)

[16] 郭晓鸣, 温国强, 郑茬元. 高标准农田建设的理论解构与现实考察[J]. 中国农村经济, 2025(7): 42-62
Guo X M, Wen G Q, Zheng R Y. Theoretical deconstruction and practical investigation of high-standard farmland construction[J]. *Chinese Rural Economy*, 2025(7): 42-62 (in Chinese)

[17] 徐志刚, 章丹, 程宝栋. 中国粮食安全保障的农地规模经营逻辑:基于农户与地块双重规模经济的分析视角[J]. 管理世界, 2024, 40(5): 106-122
Xu Z G, Zhang D, Cheng B D. The logic of large-scale farming for ensuring China's food security: Based on the perspectives of scale economies of household and plot[J]. *Journal of Management World*, 2024, 40(5): 106-122 (in Chinese)

[18] 梁志会, 张露, 张俊飚. 土地整治与化肥减量:来自中国高标准基本农田建设政策的准自然实验证据[J]. 中国农村经济, 2021(4): 123-144
Liang Z H, Zhang L, Zhang J B. Land consolidation and fertilizer reduction: Quasi-natural experimental evidence from China's well-facilitated capital farmland construction[J]. *Chinese Rural Economy*, 2021(4): 123-144 (in Chinese)

[19] 蔡荣, 汪紫钰, 钱龙, 杜志雄. 加入合作社促进了家庭农场选择环境友好型生产方式吗?:以化肥、农药减量施用为例[J]. 中国农村观察, 2019(1): 51-65
Cai R, Wang Z Y, Qian L, Du Z X. Do cooperatives promote family farms to choose environmental-friendly production practices? An empirical analysis of fertilizers and pesticides reduction[J]. *China Rural Survey*, 2019(1): 51-65 (in Chinese)

[20] 何雨桐, 谢立勇, 靳泽群, 李阔, 柳瀛, 郭李萍. 陕西省主要农作物生产水足迹分析[J]. 中国农业气象, 2023, 44(7):560-574
He Y T, Xie L Y, Jin Z Q, Li K, Liu Y, Guo L P. Characteristics of water footprint for crop production in Shaanxi Province[J]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2023, 44(7): 560-574 (in Chinese)

[21] 阳君, 肖作林, 刘睿, 戴技才, 刘文利. 水足迹视角下四川省主要粮食作物种植结构优化及用水效率分析[J]. 农业工程学报, 2024, 40(12):117-127
Yang J, Xiao Z L, Liu R, Dai J C, Liu W L. Optimizing major grain crop planting structure and analysis of water use efficiency in the Sichuan Province from the perspective of water footprint[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2024, 40(12): 117-127 (in Chinese)

[22] 薛静, 白婷, 阴亚丽, 董佳慧, 张吉娜, 孙世坤. 基于数据同化的作物水足迹量化及空间异质性分析[J]. 农业工程学报, 2026, 42(12): 177-185
Xue J, Bai T, Yin Y L, Dong J H, Zhang J N, Sun S K. Quantifying crop water footprint and spatial heterogeneity using data assimilation [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2026, 42(12): 177-185 (in Chinese)

[23] 范星, 陈彬. 三江平原粮食作物生产水足迹时空特征及影响因素[J]. 生态学报, 2022, 42(15): 6368-6380
Fan X, Chen B. Spatio-temporal patterns and influencing factors of the water footprint of grain crop production in the Sanjiang Plain[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2022, 42(15): 6368-6380 (in Chinese)

[24] 闫晨健, 栗萌, 卓拉, 杨西, 吴普特. 1989—2019年陕西省作物生产水足迹时空演变与节水潜力评价[J]. 资源科学, 2023, 45(1):158-173
Yan C J, Li M, Zhuo L, Yang X, Wu P T. Spatiotemporal evolution of water footprint and water-saving potentials of crop production in Shaanxi Province during 1989-2019[J]. *Resources Science*, 2023, 45(1): 158-173 (in Chinese)

[25] 王楚凡, 牛俊. 西北地区主要粮食作物种植的水、碳足迹及布局优化[J]. 中国农业科学, 2024, 57(6):1137-1152
Wang C F, Niu J. Water and carbon footprint and layout optimization of major grain crops in the Northwest China[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2024, 57(6): 1137-1152 (in Chinese)

[26] 周浩, 胡凌, 陈藜藜, 夏卫生. 衡邵干旱走廊耕地种植结构水分供需评估及其优化[J]. 资源科学, 2024, 46(5):1032-1044
Zhou H, Hu L, Chen L L, Xia W S. Evaluation of water supply and demand and optimization under the planting structure of cultivated land in the Hengshao Arid Corridor[J]. *Resources Science*, 2024, 46(5): 1032-1044 (in Chinese)

[27] 韩昕雪琦, 安婷莉, 高学睿, 王玉宝, 吴普特. 我国西北地区主要农作物贸易对区域水资源影响[J]. 南水北调与水利科技: 中英文, 2020, 18(1): 82-97
Han X X Q, An T L, Gao X R, Wang Y B, Wu P T. Analysis of the impact of major crop trade on regional water resources in Northwest China[J]. *South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology*, 2020, 18(1): 82-97 (in Chinese)

[28] 王勤勤, 刘俊国, 赵丹丹. 京津冀地区主要农作物生产水足迹研究[J]. 水资源保护, 2018, 34(2): 22-27
Wang Q Q, Liu J G, Zhao D D. Study on water footprint of main crop production in Jing-Jin-Ji Region[J]. *Water Resources Protection*, 2018, 34(2): 22-27 (in Chinese)

[29] 郭相平, 高爽, 吴梦洋, 余涛, 操信春. 中国农作物水足迹时空分布与影响因素分析[J]. 农业机械学报, 2018, 49(5): 295-302
Guo X P, Gao S, Wu M Y, Yu T, Cao X C. Analysis of temporal-spatial distribution and influencing factors of water footprint in crop production system of China[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2018, 49(5): 295-302 (in Chinese)

[30] 黄敦平, 倪加鑫, 牛欢. 守住生命之源:高标准农田建设与农业用水效率[J]. 财贸研究, 2024, 35(8):81-94
Huang D P, Ni J X, Niu H. Preserving the source of life: High-standard farmland construction and agricultural water efficiency[J]. *Finance and Trade Research*, 2024, 35(8): 81-94 (in Chinese)

[31] 雒新萍, 刘晓洁. 中国典型农作物需水量及生产水足迹区域差异[J]. 节水灌溉, 2020(1):88-93
Luo X P, Liu X J. Regional differences on typical crop water requirement and water footprint in China from a production perspective[J]. *Water Saving Irrigation*, 2020(1): 88-93 (in Chinese)

[32] Hoekstra A Y, Mekonnen M M. The water footprint of humanity[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2012, 109(9): 3232-3237

[33] Gao J, Zhuo L, Duan X M, Wu P T. Agricultural water-saving potentials with water footprint benchmarking under different tillage practices for crop production in an irrigation district[J]. *Agricultural Water Management*, 2023, 282: 108274

[34] 陈正, 刘瀛弢, 贺德俊, 孙妍, 周同, 张超, 沐青. 中国高标准农田建设现状与发展趋势[J]. 农业工程学报, 2023, 39(18): 234-241
Chen Z, Liu Y T, He D J, Sun Y, Zhou T, Zhang C, Mu Q. Current situation and development trend of well-facilitated farmland construction in China[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2023, 39(18): 234-241 (in Chinese)

[35] 郧文聚, 汤怀志, 龚时宏, 汤向辉, 陆红娜, 夏秋乐, 康绍忠. 高标准农田建设现状、问题及对策研究[J]. 中国工程科学, 2025, 27(5): 201-211
Yun W J, Tang H Z, Gong S H, Tang X H, Lu H N, Xia Q Y, Kang S Z.

Well-facilitated farmland in China: Current status, problems, and countermeasures[J]. *Strategic Study of CAE*, 2025, 27(5): 201-211 (in Chinese)

[36] 刘宏曼, 王梦醒. 土地细碎化和土地质量是否影响小麦技术效率:基于山东省小麦种植户的实证分析[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(9):57-63
Liu H M, Wang M X. Wether land fragmentation and land quality affect technical efficiency of wheat: Based on the empirical analysis of wheat growers in Shandong Province[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2019, 40(9): 57-63 (in Chinese)

[37] 盖庆恩, 王美知, 石宝峰, 史清华. 土地比较优势、农户行为与农业生产效率:来自种植结构调整的考察[J]. 经济研究, 2022, 57(10):138-155
Gai Q E, Wang M Z, Shi B F, Shi Q H. Land comparative advantage, farmer behavior and agricultural productivity: A study on the adjustment of planting structure[J]. *Economic Research Journal*, 2022, 57(10): 138-155 (in Chinese)

[38] 石淑芹, 李正国, 唐华俊, 杨鹏, 吴文斌, 田媛媛, 夏天, 刘珍环, 余强毅. 社会经济因素对农户作物选择的影响机制:以黑龙江省宾县为例[J]. 中国农业科学, 2013, 46(15): 3248-3256
Shi S Q, Li Z G, Tang H J, Yang P, Wu W B, Tian Y Y, Xia T, Liu Z H, Yu Q Y. Impact mechanism of socio-economic factors on the crop choices of households in Northeast China: A case study in Binxian County of Heilongjiang Province[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2013, 46(15): 3248-3256 (in Chinese)

[39] 彭继权, 刘毅南, 陈莉莉. 高标准农田建设对农田减灾的影响及作用机制[J]. 生态学报, 2024, 44(17):7589-7603
Peng J Q, Liu Y N, Chen L L. Influence and mechanism of high standard farmland construction on farmland disaster reduction[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2024, 44(17): 7589-7603 (in Chinese)

[40] 龚燕玲, 张应良. 高标准农田建设对农户亲环境种粮行为的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2025, 39(1): 105-116
Gong Y L, Zhang Y L. The influence of high-standard farmland construction on farmers' pro-environmental grain growing behavior[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2025, 39(1): 105-116 (in Chinese)

[41] 刘曜, 胡筱琼. 高效节水灌溉在高标准农田工程设计中的应用[J]. 灌溉排水学报, 2022, 41(S1):52-55
Liu Y, Hu X Q. Application of high-efficiency water-saving irrigation in high-standard farmland engineering design [J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2022, 41(S1): 52-55 (in Chinese)

[42] 吴伟. 灌溉用水户水权交易对农业灌溉、生产和收入的影响:基于四省的实证检验[J]. 中国环境科学, 2024, 44(6): 3466-3479
Wu W. Impact of irrigation water rights trading on agricultural irrigation, production, and income: An empirical examination based on four provinces [J]. *China Environmental Science*, 2024, 44(6): 3466-3479 (in Chinese)

[43] 罗必良. 论服务规模经营:从纵向分工到横向分工及连片专业化[J]. 中国农村经济, 2017(11): 2-16
Luo B L. Service scale management: Vertical division of labor, horizontal division of labor and specialization of connected farmland[J]. *Chinese Rural Economy*, 2017(11): 2-16 (in Chinese)

[44] 李俊杰, 李建平, 梅冬. 新形势下高标准农田建设管理政策存在的问题及建议[J]. 中国农业资源与区划, 2022, 43(5): 84-92
Li J J, Li J P, Mei D. Problems and suggestions of farmland construction management policies in the new situation[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2022, 43(5): 84-92 (in Chinese)

[45] 陈义媛. 农业生产规模化背景下的社会化服务模式转型:以农资销售模式的转型为例[J]. 中国农村观察, 2025(1): 107-124
Chen Y Y. Transformation of socialized service models in the context of agricultural production scaling: A case study of agricultural input sales model transformation[J]. *China Rural Survey*, 2025(1): 107-124 (in Chinese)

[46] 王永强, 王哲. 社会化服务、信息获取与农户节水灌溉技术采纳行为:基于河北省775份小麦-玉米种植户调查数据的实证分析[J]. 中国农业资源与区划, 2024, 45(3): 49-58
Wang Y Q, Wang Z. Socialized service, information acquisition and farmer's water-saving irrigation technology adoption behavior: Empirical analysis based on the surver data of 775 wheat-corn growers in Hebei Province[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2024, 45(3): 49-58 (in Chinese)

[47] 张怡萍, 陆迁, 渠宇飞. 组织参与能提高农户节水灌溉技术支付意愿吗? 基于晋、陕两省农户微观调研数据的分析[J]. 节水灌溉, 2023(9): 38-47
Zhang Y P, Lu Q, Qu Y F. Can organizing participation improve farmers' willingness to pay for water-saving irrigation technology? Based on micro-survey data of farmers in Shaanxi and Shanxi Provinces[J]. *Water Saving Irrigation*, 2023(9): 38-47 (in Chinese)

[48] 阮若卉, 陈江华, 罗明忠. 高标准农田建设助推农地流转租金上涨吗? 基于水稻主产区的调查[J]. 江西财经大学学报, 2026(4): 115-125
Ruan R H, Chen J H, Luo M Z. Does the construction of high-standard farmland promote the increase of agricultural land transfer rent? Based on a survey of major rice producing areas[J]. *Journal of Jiangxi University of Finance and Economics*, 2026(4): 115-125 (in Chinese)

[49] 杨茜, 武舜臣, 李乾. 高标准农田建设对农户农地转出行为的影响: 基于中国乡村振兴综合调查数据[J]. 南京农业大学学报: 社会科学版, 2025, 25(6): 123-136
Yang Q, Wu S C, Li Q. Impact of high-standard farmland construction on farmers' farmland transfer-out: Based on data from China's Comprehensive Rural Revitalization Survey[J]. *Journal of Nanjing Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2025, 25(6): 123-136 (in Chinese)

[50] 张殿伟, 陆迁, 李煜阳, 李家辉, 李鑫杰. 农地流转、规模效应与农户节水灌溉技术采纳:银保互动的调节效应[J]. 中国农业资源与区划, 2024, 45(8): 132-149
Zhang D W, Lu Q, Li Y Y, Li J H, Li X J. Agricultural land transfer, scale effect and farmers' adoption of water-saving irrigation technology: The moderating effect of bank insurance interaction [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2024, 45(8): 132-149 (in Chinese)

[51] Qian N. Missing women and the price of tea in China: The effect of sex-specific earnings on sex imbalance[J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 2008, 123(3): 1251-1285

[52] Callaway B, Goodman-Bacon A, Sant'Anna P H C. Event studies with a continuous treatment[J]. *AEA Papers and Proceedings*, 2024, 114: 601-605

[53] Mialyk O, Schyns J F, Booij M J, Su H, Hogeboom R J, Berger M. Water footprints and crop water use of 175 individual crops for 1990-2019 simulated with a global crop model[J]. *Scientific Data*, 2024, 11: 206

[54] 陈宇斌, 王森. 农业综合开发投资的农业碳减排效果评估:基于高标准基本农田建设政策的事件分析[J]. 农业技术经济, 2023(6): 67-80
Chen Y B, Wang S. Evaluation of agricultural carbon emission reduction effect of agricultural comprehensive development investment: Event analysis based on high-standard farmland construction[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2023(6): 67-80 (in Chinese)

[55] 中国财政年鉴编辑委员会. 中国财政年鉴(2004—2017年)[M]. 北京:中国财政杂志社,2004-2017
China Financial Yearbook Editorial Committee. *China Financial Yearbook* (2004-2017)[M]. Beijing: China Financial Journal Press, 2004-2017 (in Chinese)

[56] 彭继权, 童建, 李家陶, 薛存伟. 粮食安全背景下高标准农田建设的耕地复种效应研究[J]. 中国土地科学, 2024, 38(12): 29-40
Peng J Q, Tong J, Li J T, Xue C W. Research on the multiple planting effect of high standard farmland construction under the background of food security

[J]. *China Land Science*, 2024, 38(12): 29-40 (in Chinese)

[57] 金涛. 中国粮食作物种植结构调整及其水土资源利用效应[J]. 自然资源学报, 2019, 34(1): 14-25
Jin T. The adjustment of China's grain cropping structure and its effect on the consumption of water and land resources [J]. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(1): 14-25 (in Chinese)

[58] Wang X L, Wang G X, Wu Y X, Xu Y, Gao H. Comprehensive assessment of regional water usage efficiency control based on game theory weight and a matter-element model[J]. *Water*, 2017, 9(2): 113

[59] 秦国庆, 朱玉春. 用水者规模、群体异质性与小型农田水利设施自主治理绩效[J]. 中国农村观察, 2017(6): 100-115
Qin G Q, Zhu Y C. The number of water users, group heterogeneity and self-governance performance of small hydraulic facilities[J]. *China Rural Survey*, 2017(6): 100-115 (in Chinese)

[60] 吉雪强, 李卓群, 张跃松. 农地流转对农业碳排放的影响及空间特性[J]. 资源科学, 2023, 45(1): 77-90
Ji X Q, Li Z Q, Zhang Y S. Influence of rural land transfer on agricultural carbon emissions and its spatial characteristics[J]. *Resources Science*, 2023, 45(1): 77-90 (in Chinese)

[61] 国家统计局. 中国统计年鉴(2003—2023年)[M]. 北京:中国统计出版社,2003-2023
National Bureau of Statistics. *China Statistical Yearbook* (2003-2023)[M]. Beijing:China Statistics Press,2003-2023 (in Chinese)

[62] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国农村统计年鉴(2003—2023年)[M]. 北京:中国统计出版社,2003-2023
Rural Socioeconomic Investigation Department of National Bureau of Statistics of China. *China Rural Statistical Yearbook* (2003-2023) [M]. Beijing:China Statistics Press, 2003-2023 (in Chinese)

[63] Deryugina T. The fiscal cost of hurricanes: Disaster aid versus social insurance[J]. *American Economic Journal: Economic Policy*, 2017, 9(3): 168-198

[64] Bertrand M, Duflo E, Mullainathan S. How much should we trust differences-in-differences estimates [J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 2004, 119(1): 249-275

[65] 陈诗一, 陈登科. 雾霾污染、政府治理与经济高质量发展[J]. 经济研究, 2018, 53(2): 20-34
Chen S Y, Chen D K. Air pollution, government regulations and high-quality economic development[J]. *Economic Research Journal*, 2018, 53(2): 20-34 (in Chinese)

[66] 刘乃全, 邓敏, 曹希广. 城市的电商化转型推动了绿色高质量发展吗:基于国家电子商务示范城市建设的准自然实验[J]. 财经研究, 2021, 47(4): 49-63
Liu N Q, Deng M, Cao X G. Does the e-commerce transformation of cities promote green and high-quality development: Evidence from a quasi-natural experiment based on national e-commerce demonstration cities[J]. *Journal of Finance and Economics*, 2021, 47(4): 49-63 (in Chinese)

[67] Mekonnen M M, Hoekstra A Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products [J]. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2011, 15(5): 1577-1600

[68] Nouri H, Stokvis B, Chavoshi Borujeni S, Galindo A, Brugnach M, Blatchford M L, Alaghmand S, Hoekstra A Y. Reduce blue water scarcity and increase nutritional and economic water productivity through changing the cropping pattern in a catchment[J]. *Journal of Hydrology*, 2020, 588: 125086

[69] Zheng H W, Yuan Z Q, Li Y, Du Y Q. The impact of high-standard farmland construction (HSFC) policy on green agricultural development (GAD): Evidence from China[J]. *Agriculture*, 2025, 15(3): 252

[70] Wang W, Zhuo L, Li M, Liu Y L, Wu P T. The effect of development in water-saving irrigation techniques on spatial-temporal variations in crop water footprint and benchmarking[J]. *Journal of Hydrology*, 2019, 577: 123916

[71] Deininger K, Jin S Q. The potential of land rental markets in the process of economic development: Evidence from China[J]. *Journal of Development Economics*, 2005, 78(1): 241-270

[72] Jia B Z, Wang X Q, Ran B Q, Hu J A. Analysis of the impact of farmland transfer on agricultural carbon emissions: Based on survey data from farming households in groundwater irrigation areas of Hebei Province, China[J]. *Agricultural Economics*, 2025, 71(11): 579-591

责任编辑：杨爱东



第一作者简介：刘用场，硕士，副研究员，现任福建省农业科学院农业经济与科技信息研究所所长。主要研究方向为农业经济政策与科技管理。先后主持和参加省部级以上项目(课题)10余项。在全国性及省级科技期刊发表论文20余篇，多项决策咨询报告获得省部级领导肯定批示。



通讯作者简介：周江梅，博士，研究员，现任福建省农业科学院农业经济与科技信息研究所闽台农业融合研究室主任。主要从事农村发展与农地制度研究。近年来主持福建省社科联、科技厅、农业农村厅、农科院与地方各级人民政府等来源的相关项目多项，作为第一作者在北大核心、CSCD、CSSCI期刊上发表相关论文14篇。