高标准农田建设对粮食生产韧性的影响研究*

——基于高标准农田建设试点政策的准自然实验

刘 佳，秦 芳

（吉林农业大学经济管理学院，长春 130118）

摘 要：粮食安全是国家安全的基石，在当前复杂多变的外部环境下，提升粮食生产韧性显得尤为重要。高标准农田建设作为“藏粮于地、藏粮于技”战略的重要实践，对实现粮食增产和保障国家粮食安全具有重要意义。基于高标准农田建设的准自然实验，通过熵值法测度2000—2022年全国31个省份粮食生产韧性，并运用多期双重差分法实证检验高标准农田建设对粮食生产韧性的影响。研究表明，高标准农田建设显著提升了粮食生产韧性，且结论具有稳健性。机制分析表明，高标准农田建设通过推动农业社会化服务、农业机械化及耕地复种效应，增强了粮食生产韧性。高标准农田建设对粮食生产韧性的提升效应在不同粮食生产功能区、地形地貌及人力资本水平地区存在显著差异，尤其对粮食主产区、地形起伏度小及人力资本水平较高地区表现更为明显。进一步分析发现，高标准农田建设对粮食生产韧性的影响具有空间溢出效应。基于上述研究结论，从强化高标准农田建设，多维度探索粮食生产韧性驱动路径，根据具体地域特点精准施策，加强区域协同合作等方面提出政策建议，为增强粮食生产韧性提供参考。

关键词：粮食安全；粮食生产韧性；高标准农田建设；双重差分

中图分类号：F326.11 **文献标志码**：A **文章编号**：1674-9189(2024)06-0077-14

一、引言与文献综述

粮食安全是人类生存与发展的基石，全球对其关注度日益提升。中国作为全球人口最多国家之一，对粮食安全尤为重视。2022年中央一号文件将粮食安全提升至“底线”高度，强调其作为基本国策和经济社会发展的“压舱石”。2023年中央再次强调要综合施策，全方位夯实粮食安全基础。自2014年以来，我国粮食生产持续增长，连续9年产量稳定在1.3万亿斤以上①。但面对新的发展形势，粮食安全挑战日益凸显(赵霞等，2023)。首先，城镇化与工业化的快速推进对土地资源造成巨大压力，耕地面积减少和土地质量下降成为提高粮食单产的障碍。其次，城镇化进程吸引农村优质劳动力，导致农村人口老龄化与“空心化”，直接影响粮食生产的劳动力供给。再次，全球变暖引发的极端天气事件增加了粮食生产的不确定性与风险。最后，地缘政治风险加剧、单边主义与保护主义抬头，使外部环

*项目来源：吉林省社会科学基金项目(2020B025)；吉林省科技计划发展项目(20240304009SF)。

作者简介：刘佳，女，博士，副教授，研究方向：农业经济与政策。

① 数据来源于人民日报：《全国粮食产量连续9年站稳1.3万亿斤台阶 来之不易的丰收答卷》，2023年12月12日，参见https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202312/content_6919639.htm。

境更加复杂，进一步加剧了粮食生产韧性提升与安全保障的复杂性(程国强等，2020)。因此，探讨粮食生产韧性优化路径尤为必要。

作为人口众多、耕地资源紧张的国家，中国始终将粮食安全置于国家发展战略的重要位置。高标准农田建设旨在通过改善农业生产条件，提高耕地生产力和抗灾能力，从而显著提升粮食产量，确保粮食供应的稳定与安全。自1997年国务院推进土地整治工作以来，至2011年颁布《高标准基本农田建设规范(试行)》，高标准农田建设步伐明显加快。因其在提升土地要素质量方面的不可替代性而受到重视，通过精心规划与改造能有效解决耕地碎片化、土地质量退化及农业基础设施不足等问题，推动农业规模化、标准化与专业化转型，促进农业生产经营及资源利用方式的全面升级，从而增强农业整体效益与竞争力。长远来看，高标准农田建设有助于提高抗灾能力、水土资源利用率和耕地产出率，为增强粮食生产韧性提供机遇。由此衍生出一个兼具理论意义和现实价值的议题：高标准农田建设能否有效提升粮食生产韧性？这对于进一步优化高标准基本农田建设方案、确保粮食安全具有重要意义。

自高标准农田建设政策实施以来，学术界围绕其选址、建设时序安排等技术问题及实施效果展开了诸多研究。既有研究表明，高标准农田建设将气候、灾害等综合风险因素作为区域划定的主要依据(郭贝贝等，2014)，同时选址时还应重点考虑耕地自然质量(Wen et al., 2019)。部分学者采用GIS空间分析技术和MODIS-OLI遥感数据融合技术分析高标准农田建设选址及其指标的适用性(牛忠恩等，2016)。边振兴等(2016)通过耕地质量等级与建设难度等级制定高标准农田建设的时序依据。在政策实施效果方面，主要围绕社会效应、生态效应(刘春芳等，2018)、区域建设绩效和资金运用效率进行结果导向的评价分析。此外，对政策实施的因果效应研究主要聚焦于农村土地流转(王术坤等，2023)、农业全要素生产率、农业生产(孙学涛，2023）及农业社会化服务等方面，但鲜有从粮食生产韧性角度探究两者关系的研究。

生态学家Holing于1973年提出了“韧性”这一概念，旨在描述生态系统在面对外界干扰时的自我恢复和适应能力(Holling, 1973)。随着研究的深入，经济韧性这一概念也逐渐引起关注。经济韧性主要体现在宏观经济层面上抵御外部冲击的能力(刘晓星等，2021)；区域经济韧性关注该区域应对内部变化和外部压力的情况；城市韧性则考察城市通过资源整合、环境管理和社会协作手段提高其应对危机的能力，评价指标体系的构建主要涉及抵抗性、恢复性、维持性等维度。在粮食生产领域，现有研究主要集中于空间格局的深入分析，及对人力、土地和资本等生产要素投入的效率评估(张启楠等，2022)。同时，学者也关注粮食生产效率提升和保障国家粮食安全策略的研究。但在粮食生产韧性这一前沿领域的研究不足，尚未形成系统且全面的理论体系指导实践。现有研究多聚焦于特定省份、地区或粮食主产区，缺乏全局性和宏观性视角的研究(邵喜武等，2022)。少有研究从全国视角出发，将时间序列数据纳入分析框架，更为细致和长期地考查粮食生产的稳定性和可持续性。

鉴于此，构建高标准农田建设的准自然实验情景，通过熵值法测度2000—2022年全国31个省份粮食生产韧性，并运用多期双重差分法识别高标准农田建设与粮食生产韧性之间的内在联系。本文力图在以下几方面进行拓展：第一，基于高标准农田建设准自然实验视角，创新性地分析其对粮食生产韧性的影响效应，为理解与评估高标准农田建设的经济效应提供新思路，拓展高标准农田建设在粮食生产韧性领域的研究，为实现高标准农田建设的价值发挥与增强粮食生产韧性提供政策启示。第二，在粮食生产韧性的测度方面，区别于现有聚焦于特定省份、地区或粮食主产区的研究，从抵抗能力、恢复能力和更新能力等维度构建粮食生产韧性综合指数，全面评估我国粮食生产韧性发展现状，可弥补现有文献在该领域的不足。第三，揭示并厘清高标准农田建设对粮食生产韧性的影响机理。从农业

社会化服务、农业机械化及耕地复种效应角度评估高标准农田建设准试点政策在提升粮食生产韧性方面的作用机制，拓展粮食生产韧性“理论黑箱”的研究边界。

二、理论分析与研究假设

（一）农业社会化服务

高标准农田建设能够显著提升农田生产质量，推动农业社会化服务体系的发展，从而增强粮食生产韧性。首先，通过系统整治和规划，高标准农田实现了土地的集中连片经营，解决了土地细碎化导致的资源浪费和管理不便问题，同时为农业机械化提供了更广阔的应用空间。在集中连片的土地上推广机械作业，显著减少农机在不同地块之间的转移次数，节省时间成本并降低农机损耗率（龚燕玲等，2023），进而促进农业社会化服务的发展。其次，随着高标准农田建设的推进，田间道路显著改善，提升作业便捷性和效率，提高耕种的灵活性和生产力，进一步促进农业社会化服务体系的完善。再次，高标准农田建设显著提高耕地交易价值（Qing et al, 2019），激发新型农业经营主体对农地流转的积极性，加速适度规模经营的发展（钱龙等，2023），并扩大农业社会化服务市场。优化的市场条件吸引更多新型农业经营主体参与，推动农业社会化服务的纵深发展。农业社会化服务对粮食生产韧性的影响主要体现在：一是显著降低劳动投入，使农民将更多时间和精力集中于作物管理，缓解“双抢”时期的人力短缺问题（王术坤等，2023）。二是提升农业生产效率，缩短“双抢”时间，减轻农民在农忙季节的劳动强度，有效降低因气候变化或自然灾害带来的风险，最大程度减少潜在的粮食产量损失。三是专业化的农业社会化服务体系促进先进农业技术的应用，科技进步带来的新耕作技术和农业机械显著提高作业效率和作物质量，降低生产成本，增加农户收益。

（二）农业机械化

农业机械化是现代农业发展的重要组成部分，代表技术进步与传统农业模式的转型升级。具体而言，一方面，高标准农田建设显著改善耕地的自然分布，为先进农业机械的应用创造条件。通过精细调整土地，如减少复杂的田垄和沟渠设计，实现土地的集中整合，扩大耕地面积并缓解土地碎片化导致的机械作业效率低下问题。另一方面，高标准农田建设改善耕地的自然条件，促进农业机械化的广泛应用。通过修筑田块和调整土壤结构等措施，降低农用地坡度，提高可耕作性和机械化适应性。此外，通过增加田块表面覆盖土，改变有效土层厚度，提升土壤有机质含量。农业机械化显著降低生产中的劳动成本，减少劳动力需求，并节省农药、除草剂和防虫药物等农业植保产品的开支（Tian et al., 2019；罗明忠等，2021），从而提高粮食生产的比较收益。农业机械化对粮食生产韧性的影响主要体现在：一是农业机械化提高生产效率和作业质量，减少人力投入，节约时间，提升作业速度和精度，增加粮食产量，提升生产韧性（金文成等，2023）。二是机械化解决劳动力短缺问题，尤其在关键播种和收割时段，减轻农民劳动强度，保障生产的连续性与稳定性。通过精准施肥、耕作等作业，机械化减少对土地的破坏，改善土壤肥力和质量，同时保护生态环境，增强粮食生产系统的韧性。此外，农业机械化促进科技创新和数字化农业发展，加速农业现代化进程，提高农业系统的抗灾能力和应对气候变化的能力，进一步增强粮食生产的整体韧性（马玉婷等，2023）。

（三）耕地复种效应

复种指数在现代农业管理中的重要性日益凸显，不仅是耕地使用效率的关键指标（辛良杰等，2009），也是确保国家粮食安全的核心因素。耕地作为粮食生产的基本载体，其集约利用程度直接影响国家粮食自给能力及应对自然灾害的能力。一方面，高标准农田建设有效减少耕地抛荒，减少季节性撂荒现象。低粮食比较收益导致的耕地抛荒反映出农业生产模式亟待优化（杨国永等，2015）。造成

这一现象的原因包括市场价格波动、销售渠道不畅等市场因素，以及农田基础设施落后、灌溉系统不完善等问题。通过硬化沟渠和增强排水设施等高标准农田建设措施，可以提升农田生产能力和抗灾能力，确保作物在生长期间获得充足灌溉，减少干旱或洪涝等自然灾害对生产的影响，改变粮食生产“望天吃饭”的弱质性特征，以减少耕地抛荒。另一方面，高标准农田建设为耕地复种创造有利条件，促进农田现代化。基础设施的改善推进农业生产向智能化和自动化发展，引入先进机械设备显著降低劳动强度，提高生产效率。此外，耕作条件的持续改善加快粮食生产周期，确保“早稻抢收、晚稻抢种”的高效生产方式实施。耕地复种效应对粮食生产韧性的影响主要体现在：一是提高土地利用效率和粮食产量，进而增强生产系统韧性。同一土地多次种植不同作物可减少土壤养分流失、控制病虫害，延长土地可持续利用期，减少资源浪费，从而提升粮食生产稳定性和可持续性(赵鑫等，2023)。二是改善土壤结构，保护生态环境。不同作物的根系和养分吸收方式有助于提高土壤通气性与保水性，减少土壤贫瘠化和侵蚀，增强生产力和抗灾能力，从而提升粮食生产系统的韧性(冀正欣等，2021)。三是推动农业多样化与生态农业发展，降低单一作物种植风险，提高抗病虫害能力，减少化肥和农药依赖，推动农业可持续发展，增强粮食生产系统的韧性。综上所述，提出如下假说:

H1：高标准农田建设能有效增强粮食生产韧性。

H2：高标准农田建设通过促进农业社会化服务、农业机械化及耕地复种效应提升粮食生产韧性。

三、数据来源、变量设定与模型构建

(一) 数据来源

本文运用2000—2022年中国31个省份(不包括港澳台地区)面板数据作为考查对象。其中，粮食生产韧性与控制变量的数据来源于历年《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国农业机械工业年鉴》以及各省份的统计年鉴；高标准农田建设数据来源于各省份的农业农村厅公开资料，并采用线性插值法补齐部分缺失样本。

(二) 变量设定

1. 被解释变量(*FSR*)

本文将被解释变量粮食生产韧性界定为包含抵抗力、恢复力和适应力的多维度能力集合，不仅包括在面对极端气候、技术革新或政策变动等突发事件时，保持生产活动稳定运作的能力，还包括在遭受冲击之后系统迅速恢复并自我调整的能力。更为重要的是，当系统无法适应外部环境变化时，具备创新和再造增长路径以实现适应性增长的能力。参考郝爱民等(2022)研究，在确保科学性、完整性和数据可获得性的基础上，运用熵值法对粮食生产韧性进行测度。构建包含3个一级指标、6个二级指标及25个三级指标的粮食生产韧性综合评价指标体系(见表1)。

2. 核心解释变量(*DID*)

*DID*为高标准农田建设试点政策。采用高标准农田建设面积占比与政策实施时点的交互项$LH_i \times I_t^{post}$进行表征。其中，LH_i为高标准农田建设面积占比，I_t^{post}为政策实施时点的虚拟变量，若$t \geqslant 2011$，则I_t^{post}赋值为1，否则取值为0。

3. 控制变量

各变量描述性统计结果见表2。借鉴罗斯炫等(2022)研究，选取的控制变量主要有粮食生产韧性(*FSR*)、高标准农田建设(*DID*)、人力资本(*capital*)、财政支持(*finance*)、交通运输情况(*traffic*)、信息化程度(*informatization*)、社会消费水平(*consume*)、工业发展水平(*industry*)、外资利用情况(*foreign*)。

表1 粮食生产韧性水平评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	属性
抵抗力	粮食生产基础保障性	有效灌溉面积/千公顷	+
		粮食播种面积/千公顷	+
		第一产业从业人员数/万人	+
		农业机械总动力/万千瓦	+
		粮食直接补贴/亿元	+
	粮食生产能力稳定性	粮食产量波动系数/%	−
		粮食人均占有量/千克	+
		单位播种面积粮食产量/(千克/公顷)	+
		粮食生产价格指数/%	−
	粮食生产生态协调性	单位粮食播种面积农药使用量/(千克/公顷)	−
		单位粮食播种面积农用柴油使用量/(千克/公顷)	−
		单位粮食播种面积化肥施用量/(千克/公顷)	−
		单位粮食播种面积农用塑料薄膜使用量/(千克/公顷)	−
		单位粮食播种面积农业用水量/(万立方米/公顷)	−
恢复力	粮食生产可恢复性	成灾/受灾面积/%	−
		水土流失治理面积/千公顷	+
		复种指数/%	+
		农业总产值增加值/亿元	+
适应力	粮食生产多样协作性	农作物多元化/%	+
		饲料粮播种面积占粮食播种面积比/%	+
		农林牧渔服务业产值/农林牧渔业总产值/%	+
	粮食生产创新性	农业固定资产投资/亿元	+
		财政农林水事务支出/亿元	+
		农业科研支出/亿元	+
		农业科技人员/万人	+

表2 变量描述性统计

变量类型	变量名称	变量说明	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	粮食生产韧性(*FSR*)	详见前文	713	0.339	0.128	0.119	0.682
核心解释变量	高标准农田建设(*DID*)	详见前文	713	0.303	0.267	0.002	0.392
控制变量	人力资本(*capital*)	每万人中学在校学生数	713	9.488	0.377	8.382	11.922
	财政支持(*finance*)	财政支出规模/地区生产总值	713	0.088	0.122	0.024	0.210
	交通运输情况(*traffic*)	人均公路货运量	713	3.382	1.871	1.143	7.349
	信息化程度(*informatization*)	互联网用户数量	713	4.108	0.589	2.880	5.091
	社会消费水平(*consume*)	人均社会消费品零售总额	713	10.321	0.905	7.766	13.488
	工业发展水平(*industry*)	规模以上工业总产值/地区生产总值	713	0.631	1.297	0.055	12.548
	外资利用情况(*foreign*)	实际使用外资规模/地区生产总值	713	0.022	0.110	0.002	0.303

（三）模型构建

自2011年起，高标准农田建设政策便在全国各地陆续实施。在实施策略上，该政策强调因地制宜、分区域推进的重要性。考虑到各省份在建设面积和时间上的差异，传统的单一模型难以对此准确评估，故采用连续型双重差分模型进行评估。此外，高标准农田建设不仅是一个政策执行与否问题，

更关键的是要评估建设成效——即高标准农田建设面积占总耕地面积的比例是否达到预期标准。为此引入“高标准农田面积占比”这一连续型变量，以便精准区分实验组与控制组。模型如下：

$$FSR_{i,t}=\beta_0+\beta_1 LH_i\times I_t^{post}+\sum\beta X_{i,t}+\mu_i+v_t+\varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中：下标 i 代表省份，t 代表年份；$FSR_{i,t}$ 为被解释变量，即粮食生产韧性；$LH_i\times I_t^{post}$ 为核心解释变量，即高标准农田建设试点政策；β_1 为重点关注的估计系数，若 $\beta_1>0$，说明高标准农田建设政策显著提升粮食生产韧性；$X_{i,t}$ 代表一系列影响粮食生产韧性的控制变量；μ_i、v_t 分别代表地区与年份固定效应；$\varepsilon_{i,t}$ 表示随机扰动项。

四、实证分析

（一）基准回归

表3为高标准农田建设提升粮食生产韧性的实证检验结果。列(1)表明仅加入核心解释变量与固定效应后的估计结果，政策虚拟变量估计系数在1%显著性水平上为正，表明高标准农田建设显著提升粮食生产韧性。列(2)在列(1)基础上纳入人力资本、交通运输情况、财政支持等控制变量，政策虚拟变量估计系数的方向与显著性未发生明显变化，表明高标准农田建设符合国家政策制定的初衷，能在一定程度上提升粮食生产韧性，假说1得证。可能原因在于：首先，高标准农田建设政策促进现代农业技术的应用和推广，包括节水灌溉、精准施肥、智能农机等，提高农田的生产效率和质量，减少生产风险，增强粮食生产系统的抗灾能力和韧性。其次，政策改善农田基础设施，包括土地平整、排水系统和防渗漏设施等，提高土地利用率和生产稳定性，减少自然灾害对农田的影响，增强粮食生产系统的韧性。最后，政策推动农业生产方式的转型，促进农业产业结构的优化和升级，减少单一作物种植带来的风险，提升农田生态系统的多样性和稳定性，从而提高粮食生产系统的韧性。此外，该政策还加强农业生产管理和监督，提高农民的生产技术水平和管理能力，减少生产过程中的浪费和损失，增强粮食生产系统的稳定性和可持续性。

表3　基准回归结果

变量	(1) 粮食生产韧性	(2) 粮食生产韧性	变量	(1) 粮食生产韧性	(2) 粮食生产韧性
$LH_i\times I_t^{post}$	0.059*** (0.012)	0.053*** (0.015)	常数项	0.038*** (0.009)	0.043*** (0.012)
控制变量	否	是	N	713	713
固定效应	是	是	R^2	0.720	0.739

注：***、**、*分别表示在1%、5%、10%水平上显著，括号内数值为稳健标准误。下同

（二）平行趋势检验

评估政策实施效果的前提在于实验组与控制组在政策实施前具有相同的发展趋势。具体而言，在高标准农田建设试点政策实施之前，实验组与控制组的粮食生产韧性无显著差异。为此构建计量模型如下：

$$FSR_{i,t}=\alpha_0+\sum_{k=-4}^{k=4}\alpha_1\times LH_i\times I_{t_0+k}+\sum\alpha_2 control_{i,t}+\sum province+\sum year+\varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

式中，α_1 捕捉高标准农田建设实施前后，粮食生产韧性在受影响地区与未受影响地区在此期间的差异变化，若 α_1 在统计学意义上不显著，表明在高标准农田建设实施之前，处理组与对照组的粮食生产韧性无显著差异。$LH_i\times I_{t_0+k}$ 代表粮食生产韧性是否受到高标准农田建设影响与政策实施年份虚拟变量的交互项。t_0 表示政策实施当年，本文分别检验了政策实施当期及前后四期效应。平行趋势检验结

果见图1。在高标准农田建设实施之前，估计系数 α_1 均不显著异于0。表明在高标准农田建设实施之前，实验组与控制组的粮食生产韧性无显著差异，验证了模型通过平行趋势检验。此外，高标准农田建设实施之后，估计系数 α_1 显著且呈现逐年递增趋势，表明高标准农田建设具有一定的动态可持续性，且对粮食生产韧性的边际效应正在持续增强。

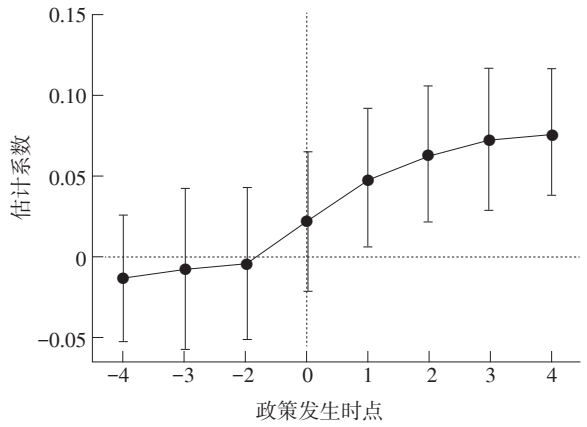

图1 平行趋势检验

（三）安慰剂检验

为避免时间变化影响实验组与控制组粮食生产韧性，通过改变政策实施时间进行时间安慰剂检验，利用反事实思想，依次假定政策提前3年与4年实施，构建虚假的政策时间，并对式(1)进行回归。如表3结果所示，“虚假”交互项的估计系数不显著，排除了除政策之外冗余因素的影响，通过时间安慰剂检验。换言之，粮食生产韧性的“红利效应”确实来源于高标准农田建设。此外，基准模型虽然尽可能纳入粮食生产韧性的影响因素，但仍无法有效识别是否遗漏重要解释变量。若存在遗漏变量问题，表明高标准农田建设对粮食生产韧性的“红利效应”是由残差项所致。为此通过替换处理组样本的方式进行安慰剂检验，图2是随机分配回归得到的1 000个系数核密度图和*P*值散点图，估计系数服从均值近似为0的正态分布，*P*值大多在10%水平上并不显著，表明高标准农田建设施试点政策对粮食生产韧性的影响并非由其他随机性因素导致，增加了基准回归结果的可信度。

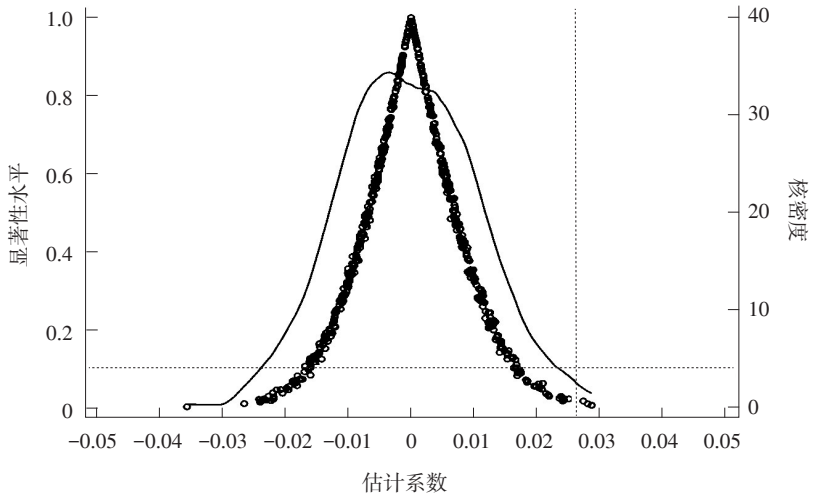

图2 安慰剂检验

（四）PSM-DID

高标准农田建设进程会因地区经济社会发展水平不同而存在显著差异，由此导致样本选择偏误造成基准回归结果的有偏估计。据此，本文采用倾向得分匹配法缓解样本选择偏误。具体而言，分别采用最近邻匹配、核匹配和半径匹配三种方法，确保处理组和控制组在人力资本、交通运输情况、信息化程度、财政支持等协变量上的可比性。对少数未被匹配样本给予剔除，采用多时点DID模型重新进行回归。表4的结果表明，政策虚拟变量估计系数均在1%显著性水平上为正，证明高标准农田建设显著提升了粮食生产韧性。此外，原模型不存在严重的样本选择偏误问题，进一步佐证基准回归结果的稳健性。

表4　时间安慰剂与PSM-DID检验

变量	时间安慰剂		PSM-DID		
	（1）	（2）	近邻匹配	半径匹配	核匹配
$LH_i \times I_t^{post}$			0.055***	0.056***	0.055***
			（0.014）	（0.015）	（0.013）
$Post_{t-3}$	−0.031				
	（0.026）				
$Post_{t-4}$		−0.027			
		（0.029）			
控制变量	是	是	是	是	是
固定效应	是	是	是	是	是
N	713	713	598	598	598
R^2	0.693	0.698	0.715	0.723	0.716

（五）异质性处理效应

传统双重差分模型估计不同时点处理效应可能存在异质性处理问题，处理效应组间与时间异质性可能引发双向固定效应估计量负权重和偏误问题。具体而言，高标准农田建设分批实施致使处理组受到政策冲击的时间有所不同，进而出现部分处理组权重为负，导致估计结果的有偏估计。参考Chaisemartin et al.（2020）研究，检验异质性处理效应下多时点DID估计结果的稳健性。在异质性处理效应下，度量估计量标准差为0.005（趋近于0），表明估计结果不具稳健性。据此，采用Fuzzydid估计局部平均处理效应（LATE），即样本所在地区是否为高标准农田建设地区这一状态变动时的效应。结果显示，Wald-TC估计的DID值为0.031，且在1%显著性水平上为正。表明考虑异质性处理效应后，即使处理状态发生改变，局部处理效应仍然显著，从而佐证结果的稳健性。

（六）其他稳健性检验

1. 替换变量

通过替换核心解释变量进行稳健性检验。农业综合项目投资额（Ai_i）不仅直接反映高标准农田建设政策的实施效果，而且间接体现农业现代化进程。鉴于此，构建农业综合项目投资额与政策实施时点虚拟变量的交互项（$Ai_i \times I_t^{post}$）进行稳健性检验。替换核心解释变量后，高标准农田建设试点政策对粮食生产韧性的影响仍显著为正。

2. 剔除直辖市样本

首先，直辖市作为中国行政管理体制中的特殊类型，其政策实施和资源配置可能与其他地区存在显著差异。其次，直辖市通常具有更高的经济发展水平和农业现代化程度，可能使其在高标准农田建

设方面的投入和实施方式不同于其他地区，从而对研究结果产生干扰。为控制这种干扰因素，通过剔除直辖市样本进一步提高研究结果的说服力和稳健性。

3. 考虑遗漏变量影响

对于农户而言，明确土地产权不仅是法律赋予的权利象征，也是其生存和发展的保证。地权的确认能使农户安心从事长期规划，减少因产权不稳定带来的短期生产波动。自2009年起，中国部分地区开始农村土地确权登记颁证的试点工作，并于2013年向全国推广。土地确权的推进在理论上有助于促进农业规模化经营，有利于提高土地使用效率和优化资源配置。规模化生产能够提高农作物的产量和质量，增强抵御市场风险的能力，进而影响粮食生产韧性。鉴于此，纳入土地确权证书的颁发数量进行控制。结果表明，研究结论具有较强稳健性。

4. 考虑其他政策的影响

在样本期间内，国家还实施了其他粮食生产支持政策，依据政策出台时间，依次为种粮直接补贴(*policy1*)、最低粮食收购价格(*policy2*)及农业保险(*policy3*)，这些政策旨在保障粮食产能的提升。据此在稳健性检验纳入试点政策的虚拟变量。在考虑其他政策干扰因素后，本文结论依然成立。

五、机制检验与异质性分析

(一) 机制检验

前文考查了高标准农田建设对粮食生产韧性的影响，并提出农业社会化服务、农业机械化和耕地复种是高标准农田建设提升粮食生产韧性的重要机制。为此，构建如下机制检验模型：

$$M_{i,t}=\beta_0+\beta_1 LH_i\times I_t^{post}+\gamma Control_{i,t}+\mu_i+\delta_t+\varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

式中，$M_{i,t}$ 表示机制变量，其余变量含义与式(1)一致。借鉴龚燕玲等(2023)研究，使用外包环节数量测度农业社会化服务。参考钱龙等(2023)做法，采用农业机械总动力占农作物播种面积的比重作为农业机械化机制的代理变量。参考陈莉莉等(2024)做法，采用复种指数作为耕地复种效应机制的代理变量。

表5为机制检验结果，其中列(1)(2)(3)分别对应农业社会化服务、农业机械化及耕地复种效应。结果显示，政策虚拟变量估计系数均在显著性水平上为正，说明高标准农田建设试点政策通过土地集中经营、农机应用条件改善和田间道路优化提升农业生产效率，并推动农业社会化服务体系的发展。土地整合与自然条件改善增强农业机械化应用基础，显著提升耕作效率。优化后的耕地条件降低机械作业难度，推动农业机械化的广泛应用。促使农户减少耕地抛荒，改善季节性撂荒状况，为耕地复种提供更多可能。综上，高标准农田建设试点政策通过农业社会化服务、农业机械化及耕地复种作用渠道提升粮食生产韧性，假说2得证。

表5 机制检验

变量	(1) 农业社会化服务	(2) 农业机械化	(3) 耕地复种效应
$LH_i\times I_t^{post}$	0.014*** (0.003)	0.029** (0.012)	0.025** (0.01)
控制变量	是	是	是
固定效应	是	是	是
N	713	713	713
R^2	0.716	0.708	0.724

（二）异质性分析

1. 粮食生产功能区

考虑到各省份具有不同的农业功能区定位，不同功能区的地理环境、气候条件、土壤质量等方面存在差异，因此高标准农田建设对各功能区的适应性和效果不同。为此，依据粮食生产功能区进行异质性分析。具体而言，构建粮食生产功能区虚拟变量（*Producing*），将非粮食主产区赋值为0，粮食主产区赋值为1，并将粮食生产功能区虚拟变量与试点政策的交互项纳入基准回归模型，进而探讨高标准农田建设对粮食生产韧性提升效应是否在不同粮食生产功能区中产生差异。表6列（1）结果显示，交互项系数在5%显著性水平上为正，说明高标准农田建设在粮食主产区提升粮食生产韧性的效应更为明显。可能原因是：首先，粮食主产区通常拥有更多的农业资源和更广阔的耕地面积，高标准农田建设在这些区域可以更有效地提高粮食产量和质量。其次，粮食主产区的农业生产规模较大，实施高标准农田建设更容易形成规模效应，从而降低生产成本并提高经济效益。再次，粮食主产区的农业基础设施相对完善，高标准农田建设可以更好地与现有基础设施结合，提高农田利用率和生产效率。最后，粮食主产区的市场需求旺盛，高产量和高质量的粮食更容易被市场接受，从而增加农民收入并提升粮食供应稳定性。最重要的是，粮食主产区通常面临更多的自然灾害和气候变化风险，高标准农田建设可以提高农田的抗灾能力和适应性，减少灾害对粮食生产的影响，从而增强粮食生产韧性。

2. 地形地貌

地形地貌的异质性影响土地的水文特性、土壤质地和气候条件，不同地区的地形地貌差异导致耕地利用方式和农业生产模式的多样性。高标准农田建设通过合理设计和科学布局，能降低不同地形地貌区域的自然灾害风险，增强农田的抗灾能力。此外，还可以选择适宜的作物种植结构和耕作方式，提高粮食生产的适应性和稳定性。为此，依据地形起伏度进行异质性分析。具体而言，构建地形起伏度虚拟变量（*Relief*），将地形起伏度小的地区赋值为0，地形起伏度大的地区赋值为1，并将该虚拟变量与试点政策的交互项纳入基准回归模型，进而探讨高标准农田建设对粮食生产韧性提升效应是否因地形地貌而呈现显著差异。表6列（2）结果显示，交互项系数在5%显著性水平上为负，说明高标准农田建设在地形起伏度小的地区提升粮食生产韧性的效应更为明显。可能原因是：首先，地形起伏度小的地区通常具有更稳定的土地条件和水文特性，有利于农田设施的规划和建设，提高高标准农田的效益和可持续性。其次，地形起伏度小的地区更容易优化农田排水、灌溉和施肥等设施的配置，提高资源利用效率，减少浪费，进而提升粮食生产韧性。最后，地形起伏度小的地区受洪涝和滑坡等自然灾害风险较低，高标准农田建设可以更好地应对气候变化和极端天气，保障粮食生产的稳定性。

3. 人力资本水平

高标准农田建设的成效取决于人力资本的水平，不同的人力资本水平可能导致政策效果的差异化表现。为此，依据人力资本水平进行异质性分析。具体而言，构建人力资本水平（农村6岁及以上人口中高中及以上学历人数占比）虚拟变量（*level*），将小于均值地区赋值为0，大于均值地区赋值为1，并将该虚拟变量与试点政策的交互项纳入基准回归模型，进而探讨高标准农田建设对粮食生产韧性提升效应是否因人力资本水平而呈现显著差异。表6列（3）结果表明，交互项系数在1%显著性水平上为正，说明高标准农田建设在较高人力资本水平地区提升粮食生产韧性的效应更为明显。可能原因是：首先，较高人力资本水平地区通常拥有更多受过良好教育和培训的农业从业人员，具备更强的学习和适应能力，能够更快速地掌握和应用高标准农田建设所需的先进技术，从而提升粮食生产效率和质量。其次，较高人力资本水平地区往往拥有更多的科研机构和专业人才，能够开展深入研究和技术创新，为高标准农田建设提供更多支持与指导，进一步提高粮食生产韧性。最后，较高人力资本水平地

区通常拥有更好的市场信息获取和利用能力，能够准确把握市场需求与变化，调整生产结构和策略，提高粮食生产的市场竞争力。

表6 异质性分析

变量	（1） 粮食生产功能区	（2） 地形地貌	（3） 人力资本水平	变量	（1） 粮食生产功能区	（2） 地形地貌	（3） 人力资本水平
$LH_i \times I_t^{post}$	0.039***	0.028**	0.046***	*Level* * $LH_i \times I_t^{post}$			0.029***
	（0.008）	（0.012）	（0.012）				（0.009）
Producing * $LH_i \times I_t^{post}$	0.009**			控制变量	是	是	是
	（0.004）			固定效应	是	是	是
Relief * $LH_i \times I_t^{post}$		−0.031**		N	713	713	713
		（−0.013）		R^2	0.668	0.673	0.692

六、进一步分析

高标准农田建设作为一项政策，具有一定的外生性，但其范围划定、建设质量以及对周边地区粮食生产韧性的影响存在空间相关性，同时粮食生产韧性也呈现空间依赖性。因此，需要运用空间计量模型分析高标准农田建设对粮食生产韧性的影响。本文选用SDID模型检验高标准农田建设对粮食生产韧性的空间溢出效应。莫兰指数P值均显著，表明粮食生产韧性存在显著空间自相关，Wald和LR检验表明应当使用空间杜宾模型，而Hausman检验统计量对应的P值为0，表明应使用固定效应模型。

表7前两列与后两列分别对应邻接矩阵与距离矩阵回归结果。研究表明，无论是否纳入控制变量或采用何种空间权重矩阵，SDID估计系数方向与显著性未发生显著变化，说明高标准农田建设对粮食生产韧性的提升效应具有稳健性。同时，空间效应分解结果显示直接效应与总效应发生变化且显著为正，表明高标准农田建设对粮食生产韧性的提升效应存在总体空间溢出与区域内空间溢出效应。间接效应表明高标准农田建设对粮食生产韧性的提升效应具有辐射带动效应。可能原因是：首先，高标准农田建设在本地区成功实施后，将带来先进的农业生产技术和管理经验，邻近地区的农民和农业从业者可以通过学习与交流提升生产技能、水平。其次，高标准农田建设需要大量的资源投入，如种子、肥料和农药等，本地区的供应链和市场体系将得到发展和完善，邻近地区可以借助这些资源和市场优势提升粮食生产韧性。最后，高标准农田建设的成功将吸引更多资金和人才流入，形成农业产业集聚效应，邻近地区也将受益于产业链的拓展和完善。最重要的是，政府在高标准农田建设中采取的政策措施也会对邻近地区产生示范和影响，促使其加大农业投入和支持力度，进而提升粮食生产韧性。

表7 空间溢出效应评估

	（1）	（2）	（3）	（4）
SDID	0.467**	0.518***	0.535***	0.505***
	（0.203）	（0.117）	（0.136）	（0.113）
控制变量	否	是	否	是
个体效应	是	是	是	是
时间效应	是	是	是	是
R^2	0.715	0.719	0.717	0.724
总效应	0.058**	0.049**	0.051**	0.038**
直接效应	0.039**	0.037**	0.034**	0.022**
间接效应	0.019**	0.012**	0.017***	0.016**

七、结论与政策建议

（一）结论

高标准农田建设作为“藏粮于地、藏粮于技”战略的重要政策实践，对于实现粮食增产和保障国家粮食安全具有重要意义。本文基于高标准农田建设的准自然实验，通过熵值法测度2000—2022年全国31个省份粮食生产韧性，采用多期双重差分法实证检验高标准农田建设试点政策对粮食生产韧性的影响。研究发现，高标准农田建设试点政策显著提升粮食生产韧性，主要通过推动农业社会化服务、农业机械化及耕地复种效应提升粮食生产韧性。此外，高标准农田建设试点政策对粮食生产韧性的提升效应尤其对粮食主产区、地形起伏度小及人力资本水平较高地区表现更为明显。进一步分析发现，高标准农田建设试点政策对粮食生产韧性的影响存在空间溢出效应。

（二）政策建议

第一，加强高标准农田建设，充分发挥其应有作用。一是政府应加大财政投入，确保高标准农田建设资金充足。同时建立绩效评价机制，确保投入效益最大化。二是加强农民培训和技术推广，提高农民对高标准农田建设技术的认知和应用能力，推动农业生产方式转型升级。三是建立健全农业保险制度，帮助农民降低生产风险，提高粮食生产的抗风险能力。

第二，探索多维粮食生产韧性驱动路径，充分挖掘试点政策潜力。一是政府应加大对农业社会化服务体系的支持力度，提供农业技术培训、信息服务和金融服务等，以提高粮食生产能力和生产效率。二是加大对农业机械化的投入和支持，推动农业生产方式向机械化、智能化方向发展，提高粮食生产率和稳定性。三是加强耕地复种技术的推广和应用，保护耕地资源，提高土壤质量，增加粮食产量并提升品质。同时，完善粮食生产者补贴政策，鼓励农民采用新技术和新模式，提高粮食生产效益。四是加强农业科研机构和企业合作，推动技术创新和成果转化，提高粮食生产的科技含量和竞争力。

第三，因地制宜、精准施策。一是政府应加大粮食主产区的支持力度，通过提供资金、技术和政策扶持，优化农业生产结构，提高粮食产量和质量。二是针对地形起伏度小的地区，应加强土地整治和水利设施建设，提高土地利用率和灌溉水平，扩大农田面积和提高产量。同时，加强这些地区的农业科技培训和技术指导，提高农民生产技术水平，推动农业生产方式向现代化、高效化方向发展。三是针对人力资本水平较高的地区，政府应加强农民教育和培训的投入，提高农民的科学素养和管理能力，促进农业产业化和现代化发展。同时，鼓励农业科技创新和示范推广，提高农业生产的智能化水平和市场竞争力。

第四，加强区域协同合作，实现共同发展。一是建立健全区域农业合作机制，促进不同地区之间的农业资源共享合作发展，最大化空间溢出效应。二是推动跨区域农业科技创新合作，加强科技交流与合作，共同研发和推广高标准农田建设技术，提高粮食生产韧性。三是建立区域性农业产业链协同发展机制，促进农产品生产、加工和流通的协同发展，提高农业产业链的整体效益与抗风险能力。四是加强区域性农业灾害应对合作，建立跨区域的农业灾害信息共享和联防联控机制，提高各地区农业灾害应对能力，减少灾害对粮食生产的影响。

参考文献

[1] 赵霞, 徐杰, 冷正健. 新时代国家粮食安全保障的理论逻辑、实践路径与时代启示——基于马克思主义中国化时代化视角[J]. 农业经济与管理, 2023(1): 24-32.

[2] 程国强, 朱满德. 新冠肺炎疫情冲击粮食安全: 趋势、影响与应对[J]. 中国农村经济, 2020(5): 13-20.

[3] 郭贝贝, 金晓斌, 杨绪红, 等. 基于农业自然风险综合评价的高标准基本农田建设区划定方法研究[J]. 自然资源学报, 2014, 29(3): 377-386.

[4] 牛忠恩, 闫慧敏, 黄玫, 等. 基于MODIS-OLI遥感数据融合技术的农田生产力估算[J]. 自然资源学报, 2016, 31(5): 875-885.

[5] 边振兴, 杨子娇, 钱凤魁, 等. 基于LESA体系的高标准基本农田建设时序研究[J]. 自然资源学报, 2016, 31(3): 436-446.

[6] 刘春芳, 刘立程, 何瑞东. 黄土丘陵区高标准农田建设的生态系统服务响应研究——以榆中县高标准农田建设项目为例[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(12): 124-130.

[7] 王术坤, 林文声. 高标准农田建设的农地流转市场转型效应[J]. 中国农村经济, 2023(12): 23-43.

[8] 孙学涛, 张丽娟, 王振华. 高标准农田建设对农业生产的影响——基于农业要素弹性与农业全要素生产率的视角[J]. 中国农村观察, 2023(4): 89-108.

[9] 孙学涛. 高标准农田建设对农业社会化服务的影响[J]. 中南财经政法大学学报, 2023(3): 150-160.

[10] 刘晓星, 张旭, 李守伟. 中国宏观经济韧性测度——基于系统性风险的视角[J]. 中国社会科学, 2021(1): 12-32.

[11] 张启楠, 张凡凡, 麦强, 等. 中国粮食生产效率空间溢出网络及提升路径[J]. 地理学报, 2022, 77(4): 996-1008.

[12] 邵喜武, 周杨, 吴佩蓉. 基于空间溢出效应的粮食主产区粮食增产与农业生态污染关系研究[J]. 地理科学, 2022, 42(5): 831-840.

[13] 龚燕玲, 张应良. 高标准基本农田建设政策对粮食产能的影响[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2023(4): 175-190.

[14] 钱龙, 刘聪, 钟钰. 高标准农田建设、种植结构"趋粮化"与粮食安全[J]. 江海学刊, 2023(4): 103-110.

[15] 罗明忠, 邱海兰. 农机社会化服务采纳、禀赋差异与农村经济相对贫困缓解[J]. 南方经济, 2021(2): 1-18.

[16] 金文成, 王欧, 杨梦颖, 等. 农业强国建设目标下的中国农业机械化发展战略与路径[J]. 农业经济问题, 2023(10): 13-21.

[17] 马玉婷, 高强. 粮食安全视角下农业机械化对农业种植结构的影响研究[J]. 现代经济探讨, 2023(10): 98-111.

[18] 辛良杰, 李秀彬. 近年来我国南方双季稻区复种的变化及其政策启示[J]. 自然资源学报, 2009, 24(1): 58-65.

[19] 杨国永, 许文兴. 耕地抛荒及其治理——文献述评与研究展望[J]. 中国农业大学学报, 2015, 20(5): 279-288.

[20] 赵鑫, 林琳. 耕地非粮化整治的组织逻辑与实践限度[J]. 农业经济问题, 2023(9): 58-68.

[21] 冀正欣, 王秀丽, 李玲, 等. 南阳盆地区耕地利用效率演变及其影响因素[J]. 自然资源学报, 2021, 36(3): 688-701.

[22] 郝爱民, 谭家银. 数字乡村建设对我国粮食体系韧性的影响[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2022, 21(3): 10-24.

[23] 罗斯炫, 何可, 张俊飚. 改革开放以来中国农业全要素生产率再探讨——基于生产要素质量与基础设施的视角[J]. 中国农村经济, 2022(2): 115-136.

[24] 陈莉莉, 彭继权. 中国高标准农田建设政策对粮食生产能力的影响及其机制[J]. 资源科学, 2024, 46(1): 145-159.

[25] Wen S, Kening W U, Huafu Z, et al. Arrangement of high-standard basic farmland construction based on village-region cultivated land quality uniformity[J]. Chinese Geographical Science, 2019, 29(2): 325-340.

[26] Holling C S. Resilience and Stability of Ecological Systems[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1973(4): 1-23.

[27] Qing Y, Chen M, Sheng Y, et al. Mechanization services, farm productivity and institutional innovation in China[J]. China Agricultural Economic Review, 2019, 11(3): 536-554.

[28] Tian X, Yi F, Yu X. Rising cost of labor and transformations in grain production in China[J]. China Agricultural Economic Review, 2019, 12(1): 158-172.

[29] Chaisemartin C D, D' Haultfoeuille X. Two-way fixed effects estimators with heterogeneous treatment effects[J]. American Economic Review, 2020, 110(9): 2964-2996.

（责任编辑：裴雪昆）

Research on Impact of High-standard Farmland Construction on Grain Production Resilience

——Based on Quasi-natural Experiment of High-standard Farmland Construction Pilot Policy

LIU Jia, QIN Fang

(School of Economics and Management, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: Grain security is the cornerstone of national security. In the current complex and changeable external environment, exploring the grain production resilience is particularly important. As an important policy practice of the "storing grain in the land and storing grain in technology" strategy, high-standard farmland construction is highly expected to achieve grain yield increase and ensure national grain security. Based on the quasi-natural experiment of high-standard farmland construction, the grain production resilience in 31 provinces across the country from 2000 to 2022 was measureed using the entropy method, and the impact of high-standard farmland construction on the grain production resilience was empirically tested using the multi-period difference-in-differences method. The study found that: the construction of high-standard farmland significantly improved the grain production resilience, and the conclusion was robust. Mechanism analysis showed that the construction of high-standard farmland improved the grain production resilience by promoting the internal path of agricultural social service, agricultural mechanization and cultivated land multiple cropping. The effect of high-standard farmland construction on the grain production resilience varied significantly among regions with different grain producing functional areas, topography, and human capital levels, and was more pronounced in grain production areas, regions with less topographic relief, and regions with higher human capital levels. Extensive analysis found that the impact of high-standard farmland construction on the grain production resilience had spatial spillover effects. The research conclusions provided a new perspective for exploring the path to enhance the grain production resilience in theory and empirical evidence for establishing and improving high-standard farmland construction in practice.

Key words: grain security; grain production resilience; high-standard farmland construction; difference-in-differences