DOI: 10.20103/j.stxb.202504271013

吉祥玉,杨磊,冯青郁,陈利顶.耕地流转对农业资源环境效率的影响.生态学报,2026,46(8): - .

Ji X Y, Yang L, Feng Q Y, Chen L D.The impact of cropland transfer on agricultural resource-environment efficiency.Acta Ecologica Sinica,2026,46(8): - .

耕地流转对农业资源环境效率的影响

吉祥玉[1,2],杨 磊[1,2],冯青郁[1,2],陈利顶[1,2,*]

1 中国科学院生态环境研究中心区域与城市生态安全全国重点实验室,北京 100085

2 中国科学院大学资源与环境学院,北京 100049

摘要:耕地流转是改善和优化耕地资源配置、提高农户收益的重要途径之一。近年来我国耕地流转规模不断扩大,在国家大力促进农业绿色高效发展的背景下,耕地流转能否有效提升农业生产效率、减轻农业面源污染、促进农业规模化生产成为值得探究的问题。综合考虑农业生产的资源效率与环境效率,构建了包括非期望产出的超效率 SBM(Slacks-based Measure)模型,测算了 2011—2022 年全国 30 个省(自治区、直辖市)的农业资源环境效率。通过构建双向固定效应面板模型,实证检验耕地流转对农业资源环境效率的总体影响、作用机制及异质性效应。研究发现:(1)耕地流转显著提高了农业资源环境效率,尤其在减少农业面源污染方面有较为显著的效果,但耕地流转对农业资源利用效率和规模经营的促进作用尚不显著,反映出现阶段耕地流转市场机制的不完善;(2)耕地流转的长期稳定性和转入主体类型对农业资源环境效率的影响存在差异,与未正式签订合同以及转入规模经营主体(家庭农场、专业合作社、企业以及其它主体)的流转模式相比,签订正式合同和转入农户的耕地流转更能提高农业资源环境效率。本研究通过构建农业资源与环境效益综合评价框架,突破了传统研究聚焦单一产出或污染指标的局限,揭示了耕地流转政策在促进农业绿色高效发展中的作用,为优化耕地流转政策和推动农业绿色可持续发展提供了实证支持。

关键词:耕地流转;农业资源环境效率;超效率 SBM 模型;面源污染;农业绿色发展

The impact of cropland transfer on agricultural resource-environment efficiency

JI Xiangyu[1,2], YANG Lei[1,2], FENG Qingyu[1,2], CHEN Liding[1,2,*]

1 *State Key Laboratory of Regional and Urban Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100085, *China*

2 *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049, *China*

Abstract: Cropland transfer policy is an important approach to improving the allocation of cropland resources and increasing rural households′ income in China. The scale of cropland transfer market has substantially expanded driven by institutional reforms and government support over the past decades. It is of great importance to investigate whether cropland transfer can effectively enhance agricultural production efficiency, reduce agricultural pollution, and facilitate the transition toward appropriately scaled farming operations. Existing studies have examined the economic and environmental implications of cropland transfer. However, limited studies have well explored its integrated impact on agricultural resource-environment efficiency from both production and ecological perspectives. To fill this gap, this study constructed a comprehensive evaluation framework that incorporates both production efficiency and environmental performance into a unified analytical model. Specifically, by using panel data from 30 provinces (including autonomous regions and municipalities) in China over the period from 2011 to 2022, a super-efficiency Slacks-Based Measure (SBM) model that includes both desirable

基金项目:国家自然科学基金项目(42230718)

收稿日期:2025-04-27; **网络出版日期**:2026-00-00

* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: liding@ rcees.ac.cn

outputs (e.g., agricultural output) and undesirable outputs (e.g., agricultural non-point source pollution and carbon emissions) was employed to measure the agricultural resource-environment efficiency. In addition, a two-way fixed effects panel regression model was applied to empirically assess the overall impacts of cropland transfer on agricultural resource-environment efficiency, explore the underlying mechanisms, and identify heterogeneous effects across different institutional settings. The results are as follows: (1) Cropland transfer has a significantly positive effect on increasing agricultural resource-environment efficiency, and this finding remains robust across different model specifications. (2) The primary mechanism through which cropland transfer improves resource-environment efficiency lies in its ability to reduce agricultural non-point source pollution. However, its effect on improving resource utilization efficiency remains statistically insignificant. (3) Currently, cropland transfer cannot significantly promote large-scale agricultural operations, indicating limitations in its capacity to support broader farm consolidation and agricultural mechanization. These findings suggest that imperfections in the current cropland transfer market, such as fragmented land plots and informal contracts, constrain its potential to achieve comprehensive efficiency gains. (4) The effects of cropland transfer on agricultural resource-environment efficiency exhibit notable heterogeneity depending on contract stability and the type of transferee. Cropland transfer that are conducted under formalized, stable contracts are associated with stronger efficiency gains. In addition, cropland transferred to individual farmers appears to be more effective in enhancing resource-environment efficiency compared to those transferred to larger-scale operators such as family farms, cooperatives, or enterprises. This study establishes an integrated evaluation framework that jointly considers agricultural productivity and environmental sustainability, while provides empirical insights into the role of cropland transfer policies in promoting green and efficient agriculture development in China, which can offer actionable policy recommendations. To maximize the benefits of cropland transfer, policy efforts are suggested to focus on improving the stability and transparency of land transfer mechanisms, encouraging formalized contractual arrangements, and guiding land flows toward capable and environmentally responsible operators.

Key Words: cropland transfer; agricultural resource-environment efficiency; Super-SBM model; agricultural non-point source pollution; green development of agriculture

我国的耕地资源在面临巨大生产压力的同时[1],也存在一定程度的不合理利用现象[2],不仅导致农业资源利用效率下降[3],也对农业可持续发展带来严峻挑战。保护耕地资源、改善耕地资源配置成为当前亟待解决的问题之一。耕地流转已成为提高资源利用效率、促进农业可持续发展的重要手段。耕地流转使耕地经营权由生产率较低的农户转向生产率较高的经营主体,通过整合破碎化耕地斑块,促进农业规模化经营,提升农业生产效率、增加农民收入[4]。据国家统计局数据,2008 年底我国家庭承包耕地流转面积占家庭承包经营耕地面积比率仅为 8.9%,2022 年底这一比率增长至 35%,全国家庭承包耕地流转面积超过 5.8 亿亩。

耕地流转政策对我国农业生产力与农业环境产生了深远的影响,已有研究更多关注耕地流转对农业投入、农业产出、农业环境污染等方面影响。研究发现农户的农业经营方式受到流转方向[2, 5—6]、流转规模[7—8]、流转期限[9—10]及经营权稳定性[11—12]等特征的影响。耕地流转促进农业经营主体调整农业生产策略,如劳动力、机械、肥料、水等农业生产要素的投入总量以及投入比例等[7, 13—14],进而影响农业产出[3, 15—16]和环境污染水平[17—20]。可以通过运用随机前沿分析(Stochastic Frontier Analysis)、数据包络分析(Data Envelopment Analysis)[21—22]、全局生产技术(Global Production Technology)[23]、SBM 模型[24—26]等方法计算农业生产效率,衡量耕地流转对农业投入、产出和环境污染的综合影响。目前针对耕地流转的农业资源环境综合效应尚未形成一致结论,其潜在原因其一是现有研究多使用系数法等估算农业污染数据,缺乏实测数据支撑,导致农业污染估算结果在不同研究之间相差较大[25—27];其二是现有研究对农业生产投入、产出及污染的边界确定标准不一致,导致资源环境效率计算结果存在误差[28—30]。

本研究通过综合考虑农业生产的资源利用效率以及环境污染特征,对农业资源环境效率计算指标的构建

方法进行了优化改进。采用考虑非期望产出的超效率 SBM 模型,可在效率测度中同时纳入期望产出(农业产值)和非期望产出(农业面源污染与碳排放),较传统 DEA 或随机前沿分析等方法能更全面反映农业生产的资源与环境综合效率。相比于传统模型,超效率 SBM 模型不仅克服了对投入或产出必须等比例变化的限制,还能对效率为 1 的决策单元进行进一步区分排序,从而提升效率评价的区分度和可靠性。在数据来源和边界确定方面,本研究通过整合多源统计信息并借鉴现有文献估算系数(如农业面源污染物排放与碳排放测算方法),收集了省级层面农业投入、产出和污染排放的统计数据,并统一采用狭义农业(种植业)口径的投入与产出指标,对各省(自治区、直辖市)的农业资源环境效率水平进行测算,从而减少因缺乏实测数据及边界界定不一致导致的偏差,增强了测算结果的科学性与可靠性。最后,通过构建面板数据双向固定效应模型检验耕地流转对农业资源环境效率的影响,并进行影响机制检验与异质性分析,为耕地流转政策的调整和实施提供科学依据。

1　理论分析与研究假设

耕地流转可能促进农业资源投入的调整,通过农业规模经营的中介作用,进而产生资源效应(影响农业产出)与环境效应(影响面源污染和碳排放),最终对农业资源环境效率产生影响。同时,流转的契约稳定性和主体类型等模式特征,对上述机制可能存在异质性效应。图 1 展示了这一分析框架。

1.1　耕地流转的资源与环境效应

耕地流转对农业资源环境效应的影响主要体现在农业投入的调整、资源利用效率变化和潜在的环境污染等方面。

耕地流转促进了农业生产要素投入的调整,如劳动力、农用机械、化肥和水资源等[31]。流转后的农业经营通常伴随耕作制度的优化、劳动力投入调整和资本服务投入上升,有助于提高劳动生产率和农业机械化水平[13, 15, 32]。耕地流转还降低了化肥使用强度[33],提高了有机肥的施用比例,优化了肥料使用结构[8],并促进了节水灌溉技术的引入和投资,减少农田灌溉用水量[34]。

耕地流转的资源效应主要体现在提升农业产出方面。耕地流转通过缓解农业生产中的耕地资源错配现象,提高了农业生产效率和耕地资源利用效率[16]。例如,土地流转市场的完善有助于将土地从低效率的经营主体向高效率主体转移,能显著提高作物产量和总生产率[35]。耕地流转使农户能够根据市场需求调整种植结构,更灵活地响应作物价格波动,提升农业生产适应性和盈利能力[2-3]。此外,耕地流转有利于减少耕地撂荒[36],从而提高耕地资源的利用效率[37]。然而,现阶段我国耕地流转市场仍存在一定程度的扭曲现象,如土地流转成本攀升可能抑制农业技术效率的进一步提高[38]。

耕地流转的环境效应主要体现在对农业环境污染的双重影响。一些学者认为,耕地流转有利于减轻环境污染、提高环境质量。耕地流转可能通过降低化肥使用强度、推广绿色技术、促进农业机械化,显著减轻农业面源污染和碳排放强度[14, 33, 39—40]。基于能值的绩效评价结果表明,流转后耕地单位经济收入的能值成本降低,土壤肥力提升,二氧化碳固定量增加,用水量减少,生物多样性增加[41]。也有学者认为,耕地流转后的高强度农业活动可能带来资源过度开发的风险,降低环境效益。若耕地流转租金未能有效体现耕地的生态价值,可能导致转入者对耕地的过度利用,反而增加环境污染并造成生态损益[19]。

假设 1:耕地流转有利于增加农业产出和减少农业污染物排放,从而提高农业资源环境效率。

1.2　农业规模经营的中介作用

耕地流转使经营主体的农业规模增大,有利于实现农田适度规模经营[4],进而影响农业资源环境效率[25]。研究表明,耕地规模与农户亲环境行为实施之间存在稳健的倒“U”型关系[42],适度的规模经营有利于减轻农业活动的环境污染。农业机械与生产技术投资等农业固定投入与化肥、水等非固定投入之间存在替代效应,当耕地经营规模较小时,固定投入的单位面积成本较高,因此农户倾向于投入更多的非固定投入以替代固定投入,提高农业产出。耕地规模增加将促使农户增加农业机械等农业固定投入占比,减少非固定投入

占比,进而减少与化肥流失相关的环境污染[33]。由于单位面积的固定投入成本降低,耕地流转可能减少单位耕地面积的农业机械碳排放[14]。由于规模效应和资源禀赋改变,耕地流转后农户对未来收益更加敏感,贴现率较低[43],农户对于秸秆还田费用的支付意愿较高[18],更倾向于将秸秆还田而非焚烧,进而保护土壤肥力,并减轻环境污染[44]。

假设 2:耕地流转促进了农业规模经营,进而提高农业资源环境效率。

1.3 耕地流转模式的异质性效应

耕地流转模式,包括契约稳定性和转入主体类型,显著影响农业资源环境效率。耕地的流转期限及毁约风险决定了耕地流转契约的稳定程度,稳定的契约能促使农户采取绿色生产方式[28],减少化肥和农药的过量使用[11,45],促进耕地土壤肥力改善[46];而不稳定的流转关系可能导致掠夺性利用行为,通过消耗耕地资源来获取短期利润,使农业生态环境恶化[12]。耕地经营权转入不同主体也可能导致不同的资源环境效应。受限于耕地承包规模,农户与农户之间的耕地流转仍然以小面积流转为主,生产经营方式没有产生实质性改变[47—48]。随着耕地流转市场的发展,耕地经营权转入的经营主体类型不断增加,目前除农户以外,还包括农户、家庭农场、专业合作社、企业以及其它主体等。相比之下,这些经营主体通常拥有更多的农业生产资源,其农业生产力可能更高,更可能实现规模经营。耕地转入这些经营主体,更有机会提高农业生产效率[26]。因此,不同的流转模式通过影响农户的农业生产行为,进一步改变资源环境效率。

假设 3:耕地流转对农业资源环境效率的影响可能因耕地流转的契约稳定性、耕地转入主体不同而存在差异。

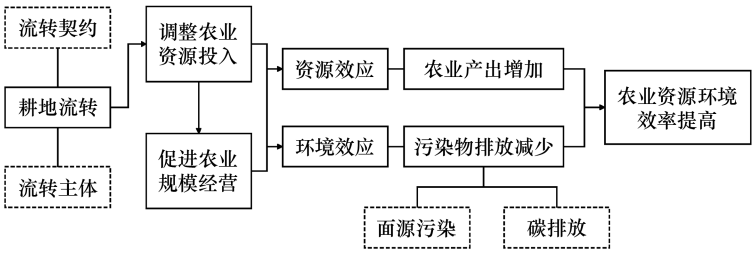

图 1 耕地流转对农业资源环境效率的影响路径

Fig.1 The impact path of cropland transfer on agricultural resource-environment efficiency

2 材料与研究方法

2.1 超效率 SBM 模型

SBM 模型由 Tone 提出[49],是 DEA 模型的一种改进模型,用于测度决策单元(如国家、企业、地区等)的静态效率。SBM 模型一方面通过考虑各项投入和产出的松弛变量,解决了 DEA 模型的输入输出比例必须径向变化的缺点;另一方面同时关注输入冗余部分的减少和输出部分不足的增加,从而能够适用于复杂的生产系统,提升效率评价的精确性[27]。此外,SBM 模型可以同时考虑期望产出和非期望产出,因此能够同时将资源效应(即农业产出)和环境效应(即环境污染)纳入农业资源环境效率的计算过程中。但 SBM 模型在测算相对效率时,有效决策单元的效率最大值为 1,计算过程中可能存在多个决策单元有效的情况,无法对这些有效决策单元进行深入比较与区分。而超效率 SBM 模型通过放松约束条件,使效率得分可以超过 1,实现对效率得分为 1 的决策单元的进一步排序[50]。本研究使用有非期望产出的超效率 SBM 模型计算效率值。模型具体表达式如下:

$$\rho^{*} = \min\rho = \frac{1 + \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\left(\frac{s_i^{-}}{x_{io}}\right)}{1 - \frac{1}{q+h}\left(\sum_{r=1}^{q}\frac{S_r^{+}}{y_{ro}} + \sum_{k=1}^{h}\frac{S_k^{-}}{b_{ko}}\right)}$$

s.t.

$$x_{io} \geqslant \sum_{j=1,j\neq o}^{n} \lambda_j^t x_{ij}^t - S_i^-,\ i = 1,2,\cdots,m$$

$$y_{ro} \leqslant \sum_{j=1,j\neq o}^{n} \lambda_j y_j^g + S_r^+,\ r = 1,2,\cdots,q$$

$$b_{ko} \geqslant \sum_{j=1,j\neq o}^{n} \lambda_j y_j^b - S_k^-,\ k = 1,2,\cdots,h$$

$$S_i^- \geqslant 0(\forall i), S_r^+ \geqslant 0(\forall r), S_k^- \geqslant 0(\forall k),\ \lambda \geqslant 0(\forall j)$$

式(1)中:ρ 为效率值;x_{io}、y_{ro}、b_{ko}分别表示投入、期望产出、非期望产出;m、q、h 分别表示投入、期望产出、非期望产出的个数;n 为决策单元个数;S_i^-、S_r^+、S_k^-分别表示投入、期望产出、非期望产出的松弛变量;λ 为权重向量。对于决策单元而言,当 $0<\rho<1$ 时,表明该决策单元是非有效的;当 $\rho \geqslant 1$ 且 $S_i^- = S_r^+ = S_k^- = 0$ 时,表示决策单元是技术有效的。

在计算农业资源环境效率时,本研究选择农业为研究对象,选取农业劳动力、农业机械、土地、化肥、农膜、农药、农业柴油消费量、农业电力、农业用水 9 项主要投入指标。选取农业总产值(2011 年不变价)作为期望产出,农业面源污染排放总量(包括化学需氧量排放总量和氨氮排放总量)、农业碳排放总量作为非期望产出。

2.2　变量选取与数据来源

本研究使用全国 30 个省(直辖市、自治区)(由于数据缺失,未包括西藏和港澳台地区)的农业生产情况面板数据进行实证分析,除碳排放总量外,其余数据均来自相关统计年鉴,包括《中国统计年鉴》、《中国农村统计年鉴》、《中国农村经营管理统计年报》、《中国环境统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》、《中国人口与就业统计年鉴》、各省级统计年鉴等。由于第一产业就业人员数量、农业机械总动力、农业化学需氧量排放总量、农业氨氮排放总量、农业用水量、农业柴油消费量及农业用电量均为农林牧渔业统计口径数据,为了与本研究所关注的狭义农业(即种植业)口径保持一致,使用农业总产值占农林牧渔业总产值的比例为权重对上述变量进行换算。

农业碳排放主要包括化肥、农药、农膜生产与使用,以及农业机械使用、翻耕和灌溉过程中产生的碳排放量。本研究借鉴丁宝根等[51]关于农业碳排放的研究结果,使用系数估计法测算农业碳排放总量。各碳排放源排放系数为:化肥 0.89 kg/kg;农药 4.93 kg/kg;农膜 5.18 kg/kg;柴油 0.59 kg/kg;翻耕 312.6 kg/km^2;农业灌溉 266.48 kg/hm^2。由于农业面源污染的统计数据最早可追溯至 2011 年,基于数据可获得性,本研究选择 2011—2022 年作为研究区间。对于数据中的缺失值,使用前后两年数据的算术平均值进行插补。由于农作物受灾面积受自然因素影响,无法预测,因此未进行插补,保留缺失值。异质性分析部分中,关于流转合同签订情况及流转对象类型的数据来源于《中国农村经营管理统计年报》。最终,得到总样本量为 360 的面板数据集。表 1 给出了研究所涉及的变量定义及描述性统计结果。

表 1　变量定义与描述性统计

Table 1　Definition and general statistics of the variables

变量类型 Variable type	变量名 Variable name	变量定义 Variable definition	样本量 Sample size	平均值 Mean	标准差 Standard deviation	最小值 Minimum	最大值 Maximum
被解释变量 Dependent variable	农业资源环境效率	有非期望产出的农业资源环境效率	330	0.987	0.204	0.357	1.312
期望产出 Desired output	农业总产值	2011 年不变价农业总产值/亿元	360	1788	1272	85.75	5973
非期望产出 Undesired output	农业化学需氧量排放总量	农业化学需氧量排放总量/万 t	360	15.7	18.71	0	74.97
	农业氨氮排放总量	农业氨氮排放总量/万 t	360	0.671	0.905	0	3.932

续表

变量类型 Variable type	变量名 Variable name	变量定义 Variable definition	样本量 Sample size	平均值 Mean	标准差 Standard deviation	最小值 Minimum	最大值 Maximum
	农业碳排放总量	农业碳排放总量/万 t	360	317.9	218.9	13.81	966.9
投入	化肥投入	化肥使用折纯量/万 t	360	188.4	143.1	4.7	716.1
Input	土地投入	农作物总播种面积/千 hm^2	360	6010	7859	88.6	108623
	农膜投入	农用塑料薄膜使用量/万 t	360	8.183	6.641	0.533	31.87
	农药投入	农药使用量/万 t	360	5.28	4.014	0.0999	16.48
	劳动力投入	农业就业人员/万人	360	399.1	281.6	10.78	1279
	水资源投入	农业用水量/亿 m^3	360	68.59	71.5	1.155	410.7
	机械投入	农业机械总动力/万 kW	360	1848	1609	42.31	6899
	柴油投入	农业柴油消费量/万 t	360	35.48	28.86	0.141	109.2
	电力投入	农业用电量/亿 kWh	360	22.44	22.68	0.41	113.4
解释变量 Explanatory variable	耕地流转率	家庭承包耕地流转总面积/家庭承包经营的耕地面积	360	0.328	0.169	0.0335	0.911
控制变量 Control variable	有效灌溉率	有效灌溉面积/农作物总播种面积	360	0.434	0.179	0.0338	1.233
	人均地区生产总值	2011 年不变价地区人均地区生产总值/万元	360	6.004	2.83	1.641	15.13
	农业种植结构	粮食作物播种面积/农作物总播种面积	360	0.666	0.392	0.056	7.478
	农村劳动力转移	外出务工劳动力/农村总劳动力	360	0.405	0.102	0.0778	0.788
	农村教育水平	农村人口平均受教育年限/a	360	7.835	0.628	5.878	10.11
	农村健康水平	村卫生室数/万个	360	2.081	1.684	0.114	6.537
	财政支农力度	农林水支出/地方一般公共预算支出	360	0.114	0.0334	0.0404	0.204
	自然灾害率	农作物受灾面积/农作物总播种面积	355	0.14	0.113	0.00415	0.696
分组变量 Grouping variable	签订合同流转率	签订耕地流转合同的耕地流转面积/家庭承包经营耕地总面积	360	0.227	0.155	0.0103	0.911
	未签订合同流转率	未签订耕地流转合同的耕地流转面积/家庭承包经营耕地总面积	360	0.102	0.0551	0	0.341
	转入农户流转率	转入农户的耕地流转面积/家庭承包经营耕地总面积	360	0.163	0.0854	0.00580	0.435
	转入经营主体流转率	转入规模经营主体(家庭农场、专业合作社、企业以及其它主体)的耕地流转面积/家庭承包经营耕地总面积	360	0.165	0.123	0.0122	0.745

2.3 计量模型

本研究使用面板数据模型以检验土地流转能否提高农业资源环境效率。根据 Hausman 检验结果,固定效应模型的结果优于随机效应模型($\chi^2=20.41$, $P<0.05$)。因此,本研究构建了如下的面板数据双向固定效应模型:

$$REE_{it}=\beta_0+\beta_1 Transfer_{it}+\beta X_{it}+\mu_i+\tau_t+\varepsilon_{it}$$

式中,i 与 t 分别代表省(直辖市、自治区)和年份;REE_{it}为被解释变量,表示使用 SBM 模型计算得到的农业资源环境效率;$Transfer_{it}$代表核心解释变量,即耕地流转率;X_{it}代表地区经济发展水平、农业政策、人力资本和自然条件等层面的一系列控制变量,包括地区人均 GDP、农村劳动力转移、有效灌溉面积比率、农业种植结构、财政支农力度、农村教育水平、农村健康水平、自然灾害率等;μ_i和τ_t分别表示个体固定效应和时间固定效应,ε_{it}表示随机误差项;β_0、β_1、β 表示待估参数。

2.4　稳健性检验

本研究的回归结果可能面临一些内生性问题的挑战。一方面,解释变量耕地流转率与被解释变量农业资源环境效率之间可能存在双向因果关系。举例而言,农业资源环境效率更高的地区,农业生产获得更多利润的可能性相对更大,耕地经营权更容易被交易流转,从而耕地流转率可能更高[52]。针对这一问题,本研究使用耕地流转率的 1 阶滞后项作为工具变量进行面板两阶段最小二乘(Two-Stage Least Squares,2SLS)回归来进行稳健性检验。一方面,当期耕地流转率很可能受到上一期耕地流转率的影响,1 阶滞后项满足相关性条件;另一方面,1 阶滞后项是上一期的信息,而误差项通常反映当期影响因变量的随机扰动因素,因此,假设上一期自变量与当期误差项无关,满足外生性条件。

由于基于超效率 SBM 模型计算得到的农业资源环境效率值大于 0,因变量的经验分布可能不再符合正态分布,使用最小二乘法进行系数估计可能存在争议[53]。本研究使用面板 Tobit 模型解决这一问题。Tobit 模型运用最大似然估计法来估计,适用于回归模型中被解释变量分布可能受限的情况[54]。在使用面板 Tobit 模型估计时,将被解释变量取值下限设为 0。

3　结果分析

3.1　耕地流转对农业资源环境效率的影响

表 2 为耕地流转对我国农业资源环境效率的影响评价结果。表 2 列(1)—(2)为考虑省份固定效应和时间固定效应的基准回归结果,在引入控制变量前后,解释变量耕地流转率的估计系数均在 5%的显著性水平上为正相关。根据列(2)的回归结果,耕地流转的系数为 0.350 (P<0.05),即当其他控制变量不变时,耕地流转率由 0 提高至 100%,农业生产的资源环境效率值将提高 0.35,耕地流转能够有效提高农业生产的资源环境效率。假设 1 得到初步验证。表 2 列(3)—(5)展示了稳健性检验的结果。工具变量法第一阶段回归结果显示,滞后 1 期的耕地流转率显著影响当期土地流转率,且 F 统计值为 90.81,远大于经验临界值 10,说明工具变量与自变量强相关,以该变量作为工具变量是有效的。第二阶段回归结果表明,耕地流转率的估计系数仍然在 5%的显著性水平下为正。表 2 列(5)中面板 Tobit 模型的估计结果同样表明,耕地流转率的估计系数在 5%的显著性水平下为正。两种稳健性检验的结果均与基准回归的结果一致,表明本研究的结论具有稳健性。

表 2　耕地流转对农业资源环境效率的影响

Table 2　The impact of cropland transfer on agricultural resource-environment efficiency

变量名称 Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	双向固定效应模型 Tw-FE Model		工具变量两阶段最小二乘模型 IV-2SLS Model		截断回归模型 Tobit
	效率值 Efficiency	效率值 Efficiency	耕地流转率 Cropland transfer rate	效率值 Efficiency	效率值 Efficiency
耕地流转率	0.277**	0.350**		0.418**	0.243**
Cropland transfer rate	(0.131)	(0.147)		(0.201)	(0.116)
滞后 1 期耕地流转率			0.804***		
Lagged cropland transfer rate (Lag 1)			(0.040)		
有效灌溉率		−0.019	0.025	−0.089	0.011
Effective irrigation rate		(0.121)	(0.031)	(0.127)	(0.098)
人均地区生产总值		0.060	0.016	0.073	0.008
Per capita GDP		(0.054)	(0.015)	(0.060)	(0.017)
人均地区生产总值^2		−0.003	−0.000	−0.003	−0.001
Per capita GDP^2		(0.002)	(0.000)	(0.002)	(0.001)
农业种植结构		−0.009	0.003	−0.007	−0.008
Agricultural planting structure		(0.018)	(0.004)	(0.018)	(0.017)

续表

变量名称 Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	双向固定效应模型 Tw-FE Model		工具变量两阶段最小二乘模型 IV-2SLS Model		截断回归模型 Tobit
	效率值 Efficiency	效率值 Efficiency	耕地流转率 Cropland transfer rate	效率值 Efficiency	效率值 Efficiency
农村劳动力转移		0.194	−0.085**	0.275*	0.052
Rural labor transfer		(0.157)	(0.039)	(0.162)	(0.130)
农村教育水平		0.022	0.004	0.028	−0.012
Rural education level		(0.039)	(0.010)	(0.040)	(0.031)
农村健康水平		−0.062	−0.013	−0.061	−0.006
Rural health level		(0.060)	(0.016)	(0.067)	(0.019)
财政支农力度		−0.854	0.091	−0.702	−1.079**
Fiscal support for agriculture		(0.626)	(0.159)	(0.648)	(0.485)
自然灾害率		0.192**	−0.004	0.232***	0.196***
Natural disaster rate		(0.077)	(0.020)	(0.082)	(0.071)
常数项	0.932***	0.697*	0.014	0.554	1.101***
Constant	(0.033)	(0.412)	(0.112)	(0.455)	(0.245)
时间固定效应 Time fixed effect	是	是	是	是	是
个体固定效应 Entity fixed effect	是	是	是	是	是
样本量 Sample size	360	355	325	325	355
判定系数 R^2	0.043	0.099	0.868	0.120	
对数似然值 Log likelihood					219.4407

Tw-FE：双向固定效应模型 Two-Way Fixed Effects Model；IV-2SLS：工具变量两阶段最小二乘模型 Instrumental Variables-Two-Stage Least Squares Model；Tobit：截断回归模型 Tobit Regression Model；GDP：地区生产总值 Provincial Gross Domestic Product；R^2：判定系数 Coefficient of Determination；***、** 和 * 分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平，括号内为标准误

3.2 影响机制检验

3.2.1 资源效应还是环境效应？

根据假设 1，本研究试图检验耕地流转提高农业资源环境效率的作用机制，探究资源效应和环境效应对上述正向影响的贡献程度。本研究分别以农业总产值和农业污染物排放量总量为期望产出，计算得到农业纯资源效率值与农业环境污染效率值，并将被解释变量分别替换为上述两个变量进行回归分析。结果如表 3 列(1)与列(2)所示。列(1)以农业纯资源效率为被解释变量，耕地流转率的系数虽然为正，但在 10%的显著性水平下并不显著，因此不能证明耕地流转显著提高了农业资源效率。列(2)以农业环境污染效率为被解释变量，耕地流转率的系数在 10%的水平下显著为负($\beta=-0.411$, $P<0.1$)，说明随着耕地流转率的提高，同等投入条件下的农业污染排放减少。为进一步探究农业面源污染及农业碳排放对环境效应的贡献，本研究将非期望产出分别替换为农业面源污染和农业碳排放总量，重新计算得到农业生产面源污染效率与农业生产碳排放效率，并分别将其替换为被解释变量进行回归分析。结果如表 3 列(3)与列(4)所示。列(2)中耕地流转率的系数在 5%的水平下显著为正($\beta=0.353$, $P<0.05$)，而列(3)中耕地流转率的系数虽然为正，但在 10%的显著性水平下并不显著。根据表 3 列(1)—(4)的结果，现阶段我国耕地流转主要通过改善环境效应来促进农业资源环境效率提升，其中面源污染排放量减少占主要贡献。

3.2.2 是否促进农业规模经营？

表 3 列(5)—(6)中，本研究将被解释变量分别替换为农作物播种面积与农业从业者的比值以及根据农业资源环境效率指数分解而来的资源环境规模效率指数，以检验耕地流转对农业规模经营的影响。列(5)与列(6)的结果表明，耕地流转率的估计系数虽然均大于 0，但都在 10%的显著性水平上不显著，不能证明耕地流转显著增加了农业从业者的人均播种耕地面积或有效提高了农业生产的规模效应。这一分析结果表明，耕

地流转未能有效促进农业规模化经营,假设 2 不成立。这可能是表 3 列(1)中耕地流转的资源效应不显著的原因之一。

表 3　耕地流转对农业资源环境效率的影响机制

Table 3　The impact mechanism of cropland transfer on agricultural resource-environment efficiency

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
变量名称 Variables	资源效率 Resource efficiency	环境污染效率 Environmental pollution efficiency	面源污染生产效率 Non-point source pollution production efficiency	碳排放生产效率 Carbon emission production efficiency	人均耕地面积 Per capita cropland area	规模效率值 Scale efficiency
耕地流转率 Cropland transfer rate	0.048	−0.411*	0.353**	0.016	1.398	0.058
	(0.278)	(0.233)	(0.155)	(0.161)	(1.472)	(0.085)
常数项 Constant	2.368***	2.682***	0.832*	1.925***	5.794	1.037**
	(0.692)	(0.854)	(0.434)	(0.452)	(3.521)	(0.449)
控制变量 Control variable	是	是	是	是	是	是
时间固定效应 Time fixed effect	是	是	是	是	是	是
个体固定效应 Entity fixed effect	是	是	是	是	是	是
样本量 Sample size	355	355	355	355	355	348
判定系数 R^2	0.142	0.084	0.097	0.153	0.366	0.175

***、** 和 * 分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平,括号内为标准误

3.3　异质性分析

3.3.1　耕地流转契约稳定性的异质性效应

本研究以是否签订耕地流转合同来表征耕地流转的契约稳定性,分别将签订耕地流转合同和未签订流转合同的耕地流转面积占家庭承包经营耕地总面积的比例作为解释变量,通过比较系数差异来检验不同契约稳定性的耕地流转对农业资源环境效率的影响是否存在差异。结果如表 4 列(1)—(3)。结果表明,签订流转合同的耕地流转率在 10%的水平上显著为正,而未签订流转合同的耕地流转率虽然为正,但未通过显著性检验。这说明,耕地流转契约稳定性存在异质性效应,有稳定契约的耕地流转更能显著提升农业资源环境效率,因此,假设 3 得到部分验证。

3.3.2　不同耕地转入主体的异质性效应

本研究将流转的耕地划分为转入农户和转入规模经营主体(家庭农场、专业合作社、企业以及其它主体)两类,以检验耕地经营权转入不同经营主体对农业资源环境效率的异质性影响。分析中分别将以上两类流转耕地的面积占家庭承包经营耕地总面积的比例作为解释变量进行回归。表 4 列(4)—(6)给出了估算结果。将耕地经营权流转向农户在 10%的显著性水平上提高了农业资源环境效率,而转入规模经营主体虽然系数为正,但在 10%水平下未通过显著性检验。这说明耕地经营权转入不同主体对农业资源环境效率的影响存在异质性效应,表明假设 3 成立。

4　讨论

本研究利用 2011—2022 年 30 个省份的农业生产面板数据,测算农业生产的资源环境效率,并构建面板

双向固定效应模型检验耕地流转对农业资源环境效率的影响,分析其影响机制和异质性效应。

表 4 耕地流转模式对农业资源环境效率的异质性影响

Table 4 The heterogeneous impacts of different cropland transfer modes on agricultural resource-environment efficiency

变量名称 Variables	(1) 效率值 Efficiency	(2) 效率值 Efficiency	(3) 效率值 Efficiency	(1) 效率值 Efficiency	(2) 效率值 Efficiency	(3) 效率值 Efficiency
签订合同流转率	0.430*		0.439*			
Contracted cropland transfer rate	(0.232)		(0.235)			
未签订合同流转率		0.023	0.109			
Non-contracted cropland transfer rate		(0.423)	(0.428)			
转入农户流转率				0.375*		0.436**
Rate of cropland transferred to households				(0.198)		(0.201)
转入经营主体流转率					0.207	0.284
Rate of cropland transferred to agricultural business entities					(0.179)	(0.182)
常数项	0.640	0.941**	0.635	0.740*	0.907**	0.663
Constant	(0.429)	(0.441)	(0.431)	(0.415)	(0.403)	(0.417)
控制变量 Control variable	是	是	是	是	是	是
时间固定效应 Time fixed effect	是	是	是	是	是	是
个体固定效应 Entity fixed effect	是	是	是	是	是	是
样本量 Sample size	355	355	355	355	355	355
判定系数 R^2	0.103	0.082	0.103	0.093	0.086	0.100

***、** 和 * 分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平,括号内为标准误

4.1 耕地流转对农业资源环境效率的总体影响

本研究数据分析表明,耕地流转整体上显著提高了我国农业生产的资源环境效率,在推动我国农业绿色高效发展方面发挥了积极作用,突出体现在环境效应方面。耕地流转通过优化农业投入结构,降低了农业面源污染和碳排放强度,有助于实现农业的绿色转型,这一结论与已有研究相一致[5, 19, 39]。耕地流转的农业资源环境效应有利于改善农业生态环境,符合国家生态文明建设目标。

4.2 耕地流转对资源利用效率和规模化经营的影响

尽管耕地流转在提升环境效率方面表现出较大优势,但对农业资源利用效率和规模化经营的推动作用尚不显著。这可能与我国耕地流转市场仍存在流转机制不完善有关,如交易成本高、信息不对称等,阻碍了耕地资源的优化配置[38]。同时,耕地流转的转入主体可能尚未具备充分利用耕地资源的能力,导致未能有效提高耕地的生产效率[55]。此外,统计数据表明,目前流转的耕地仍以小规模和细碎化为主,转入规模经营主体的耕地尚未达到农业规模经营所需的条件,由此导致规模经营主体未能充分发挥耕地管理与农业生产方面的比较优势[56]。因此,虽然耕地流转为实现农业规模经营提供了政策基础,但在实施过程中尚存在一定差距。

4.3 契约稳定性与转入主体差异的异质性效应

研究发现,耕地流转的契约稳定性和转入主体类型对农业资源环境效率的影响存在明显的差异。签订正式合同的耕地流转能够显著提升农业资源环境效率,这可能是由于较为稳定的耕地流转契约促使经营主体追求长期利益最大化,从而促进了农业经营主体对土地的长期投入和管理,减少了以牺牲环境为代价进行掠夺式生产的情况[28]。

同时,相较于规模经营主体(如家庭农场、专业合作社、企业等),转入农户的耕地流转对资源环境效率的提升更为显著。现有研究表明,农业土地规模与生产效率之间存在“U”型的非线性关系[49]。一方面,转入耕地的农户多以家庭自用、小规模经营为主,出于对土地长期利用及肥力维持的考虑,可能更倾向于对转入的耕地采取保护性耕作和减少化肥、农药等高投入生产方式,从而显著提高资源环境效率[42]。另一方面,若规模

经营主体的耕地规模较大,单位面积增加的农业机械投入可能难以补偿减少的农业劳动力投入,反而导致单产降低,未能有效促进实现农业适度规模经营[49]。同时,农业规模经营主体通常种植粮食作物,而小农户的种植结构多样化,经济作物的占比相对较高,因此单位面积的产值可能更高[57]。此外,目前统计数据多基于合同和登记信息划分农业经营主体类型,难以全面反映其实际的农业经营管理能力,导致对规模经营主体的测算出现一定偏差。

这一结果说明,当前耕地流转在实施过程中仍存在一定局限性,导致其在促进农业规模化经营和提升农业资源环境效率方面未能充分发挥预期效果。有必要进一步增强契约稳定性,提升规模经营主体的绿色治理能力,充分发挥其在资源高效利用与环境保护中的潜在作用。

4.4　局限性

本研究主要使用省级尺度的统计数据,从宏观层面对耕地流转对农业生产的资源环境效应进行分析和检验。然而,耕地流转的发生与决策主要受到个体农户及地块层面因素的影响,如农户的家庭状况、地块自然条件等。省级尺度的数据有助于揭示宏观影响和总体趋势,但可能忽略微观生产行为的复杂性。因此,不同研究尺度的结果可能存在差异[29, 43]。

5　结论

本研究的主要结论如下:(1) 耕地流转显著提高了我国农业生产的资源环境效率,该结论具有稳健性;(2) 环境效应对耕地流转的农业资源环境效率的正向影响起到了主导作用,突出表现在农业面源污染排放的降低,而耕地流转的资源效应尚不明确;(3) 目前的耕地流转仍未能显著促进农业规模化经营;(4) 耕地流转的契约稳定性、耕地转入主体对农业资源环境效率存在的影响存在差异,契约较稳定的耕地流转对农业资源环境效率的影响更为显著;相较于转入家庭农场,专业合作社、企业等规模经营主体,转入农户的耕地流转更有利于提高农业资源环境效率。

参考文献(References):

[1] Zuo L J, Zhang Z X, Carlson K M, MacDonald G K, Brauman K A, Liu Y C, Zhang W, Zhang H Y, Wu W B, Zhao X L, Wang X, Liu B, Yi L, Wen Q K, Liu F, Xu J Y, Hu S G, Sun F F, Gerber J S, West P C. Progress towards sustainable intensification in China challenged by land-use change. Nature Sustainability, 2018, 1(6): 304-313.

[2] 盖庆恩, 程名望, 朱喜, 史清华. 土地流转能够影响农地资源配置效率吗 ——来自农村固定观察点的证据. 经济学: 季刊, 2020, 20(5): 321-340.

[3] Chari A, Liu E M, Wang S Y, Wang Y X. Property rights, land misallocation, and agricultural efficiency in China. The Review of Economic Studies, 2021, 88(4): 1831-1862.

[4] 董雪丽. 浙江省农地流转对农业生产效率的影响研究[D]. 舟山: 浙江海洋大学, 2023.

[5] Lu H, Xie H L. Impact of changes in labor resources and transfers of land use rights on agricultural non-point source pollution in Jiangsu Province, China. Journal of Environmental Management, 2018, 207: 134-140.

[6] Zhang L, Feng S Y, Heerink N, Qu F T, Kuyvenhoven A. How do land rental markets affect household income Evidence from rural Jiangsu, P.R. China. Land Use Policy, 2018, 74: 151-165.

[7] 诸培新, 苏敏, 颜杰. 转入农地经营规模及稳定性对农户化肥投入的影响——以江苏四县(市)水稻生产为例. 南京农业大学学报: 社会科学版, 2017, 17(4): 85-94, 158.

[8] Li B W, Shen Y Q. Effects of land transfer quality on the application of organic fertilizer by large-scale farmers in China. Land Use Policy, 2021, 100: 105124.

[9] 王晓. 农户土地流转行为模拟及其对环境的影响研究——以陕西省蓝田县为例[D]. 西安: 西北大学, 2014.

[10] Lyu K Y, Chen K, Zhang H Z. Relationship between land tenure and soil quality: Evidence from China's soil fertility analysis. Land Use Policy, 2019, 80: 345-361.

[11] Lu H, Zhang P W, Hu H, Xie H L, Yu Z N, Chen S. Effect of the grain-growing purpose and farm size on the ability of stable land property rights to encourage farmers to apply organic fertilizers. Journal of Environmental Management, 2019, 251: 109621.

[12] Ruzzante S, Labarta R, Bilton A. Adoption of agricultural technology in the developing world: a meta-analysis of the empirical literature. World

Development, 2021, 146: 105599.

[13] Qiu T W, Luo B L, Boris Choy S T, Li Y F, He Q Y. Do land renting-in and its marketization increase labor input in agriculture Evidence from rural China. Land Use Policy, 2020, 99: 104820.

[14] 廖柳文, 马恩朴. 耕地经营规模对农业生产效率及环境压力的影响研究——以黄淮海地区为例. 中国农业资源与区划, 2023, 44(5): 37-47.

[15] Zhang J, Mishra A K, Zhu P X, Li X S. Land rental market and agricultural labor productivity in rural China: a mediation analysis. World Development, 2020, 135: 105089.

[16] Chen C R, Restuccia D, Santaeulàlia-Llopis R. The effects of land markets on resource allocation and agricultural productivity. Review of Economic Dynamics, 2022, 45: 41-54.

[17] Xie H L, Huang Y Q. Influencing factors of farmers′ adoption of pro-environmental agricultural technologies in China: Meta-analysis. Land Use Policy, 2021, 109: 105622.

[18] He J, Zhou W F, Guo S L, Deng X, Song J H, Xu D D. Effect of land transfer on farmers′ willingness to pay for straw return in Southwest China. Journal of Cleaner Production, 2022, 369: 133397.

[19] 龙云, 任力. 农地流转对农业面源污染的影响——基于农户行为视角. 经济学家, 2016(8): 81-87.

[20] 操小娟, 靳婷. 土地流转、农业规模经营与农业碳排放——基于土地流转政策的准自然实验. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2024(4): 153-163.

[21] 谢花林, 张道贝, 王伟, 谢雪, 吴箐, 程玲娟. 鄱阳湖生态经济区耕地利用效率时空差异及其影响因素分析. 水土保持研究, 2016, 23(5): 214-221.

[22] Hu J F, Wang Z, Huang Q H. Factor allocation structure and green-biased technological progress in Chinese agriculture. Economic Research-Ekonomska Istraživanja, 2021, 34(1): 2034-2058.

[23] Xie H L, Chen Q R, Wang W, He Y F. Analyzing the green efficiency of arable land use in China. Technological Forecasting and Social Change, 2018, 133: 15-28.

[24] 封永刚, 彭珏, 邓宗兵, 王炬. 面源污染、碳排放双重视角下中国耕地利用效率的时空分异. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(8): 18-25.

[25] 马贤磊, 车序超, 李娜, 唐亮. 耕地流转与规模经营改善了农业环境吗 ——基于耕地利用行为对农业环境效率的影响检验. 中国土地科学, 2019, 33(6): 62-70.

[26] 史常亮. 土地流转对农业高质量发展的影响——基于绿色全要素生产率视角. 自然资源学报, 2024, 39(6): 1418-1433.

[27] 李凯. 基于 Super-SBM 和 Malmquist 指数的中国农业生产效率研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2017.

[28] 李博伟. 土地流转契约稳定性对转入土地农户化肥施用强度和环境效率的影响. 自然资源学报, 2019, 34(11): 2317-2332.

[29] 马永喜, 马钰婷. 农业经营规模化发展对环境效率的影响——基于地块层面的实证分析. 中国环境科学, 2020, 40(10): 4631-4640.

[30] 阮华. 土地流转对粮食绿色生产技术效率的影响——基于流入户视角[D]. 南昌: 江西财经大学, 2021.

[31] Gao L L, Sun D Q, Huang J K. Impact of land tenure policy on agricultural investments in China: Evidence from a panel data study. China Economic Review, 2017, 45: 244-252.

[32] Qian L, Lu H, Gao Q, Lu H L. Household-owned farm machinery vs. outsourced machinery services: The impact of agricultural mechanization on the land leasing behavior of relatively large-scale farmers in China. Land Use Policy, 2022, 115: 106008.

[33] 任琛琛. 农地规模对农业生产和环境的影响研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2023.

[34] 刘畅, 张馨予, 王思怡. 家庭农场节水灌溉技术采纳意愿和应用行为的偏差分析. 农林经济管理学报, 2021, 20(3): 295-304.

[35] Jin S Q, Jayne T S. Land rental markets in Kenya: implications for efficiency, equity, household income, and poverty. Land Economics, 2013, 89(2): 246-271.

[36] Song H F, Li X B, Xin L J, Wang X. Do farmland transfers mitigate farmland abandonment —a case study of China′s mountainous areas. Habitat International, 2024, 146: 103023.

[37] Jiang Y L, He X K, Yin X G, Chen F. The pattern of abandoned cropland and its productivity potential in China: a four-years continuous study. Science of the Total Environment, 2023, 870: 161928.

[38] Liu Y, Yan B J, Wang Y, Zhou Y H. Will land transfer always increase technical efficiency in China —a land cost perspective. Land Use Policy, 2019, 82: 414-421.

[39] Guo L L, Song Y T, Tang M Q, Tang J Y, Dogbe B S, Su M Y, Li H J. Assessing the relationship among land transfer, fertilizer usage, and PM2.5 pollution: evidence from rural China. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2022, 19(14): 8387.

[40] Liu Z, Tian J L, Wang K X, Lan J. The impact of farmland circulation on the carbon footprint of agricultural cultivation in China. Economic Analysis and Policy, 2023, 78: 792-801.

[41] Lu N C, Wei H J, Fan W G, Xu Z H, Wang X C, Xing K X, Dong X B, Viglia S, Ulgiati S. Multiple influences of land transfer in the integration

of Beijing-Tianjin-Hebei region in China. Ecological Indicators, 2018, 90: 101-111.
[42] 曹慧, 赵凯. 耕地经营规模对农户亲环境行为的影响. 资源科学, 2019, 41(4): 740-752.
[43] 徐志刚, 张骏逸, 吕开宇. 经营规模、地权期限与跨期农业技术采用——以秸秆直接还田为例. 中国农村经济, 2018(3): 61-74.
[44] Cao H, Zhu X Q, Heijman W, Zhao K. The impact of land transfer and farmers' knowledge of farmland protection policy on pro-environmental agricultural practices: The case of straw return to fields in Ningxia, China. Journal of Cleaner Production, 2020, 277: 123701.
[45] Zhou L, Lu H, Wu B. Identifying the effects of the stability of farmland transfer management rights on the use of organic fertilizer with different farmland scales and crop types. Frontiers in Environmental Science, 2022,10: 1006405.
[46] 俞海, 黄季焜, Scott Rozelle, Loren Brandt, 张林秀. 地权稳定性、土地流转与农地资源持续利用. 经济研究, 2003(09): 82-91,95.
[47] 钟甫宁, 王兴稳. 现阶段农地流转市场能减轻土地细碎化程度吗 ——来自江苏兴化和黑龙江宾县的初步证据. 农业经济问题, 2010, 31(1): 23-32, 110.
[48] 匡远配, 陆钰凤. 我国农地流转"内卷化"陷阱及其出路. 农业经济问题, 2018, 39(9): 33-43.
[49] Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. European Journal of Operational Research, 2001, 130(3): 498-509.
[50] Tone K. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis. European Journal of Operational Research, 2002, 143(1): 32-41.
[51] 丁宝根, 赵玉, 邓俊红. 中国种植业碳排放的测度、脱钩特征及驱动因素研究. 中国农业资源与区划, 2022, 43(5): 1-11.
[52] 陈斌开, 马宁宁, 王丹利. 土地流转、农业生产率与农民收入. 世界经济, 2020, 43(10): 97-120.
[53] He W X, Fu J H, Luo Y X. A study of well-being-based eco-efficiency based on super-SBM and Tobit regression model: the case of China. Social Indicators Research, 2023, 167(1): 289-317.
[54] Tobin J. Estimation of relationships for limited dependent variables. Econometrica, 1958, 26(1): 24-36.
[55] Yu P H, Fennell S, Chen Y Y, Liu H, Xu L, Pan J W, Bai S Y, Gu S X. Positive impacts of farmland fragmentation on agricultural production efficiency in Qilu Lake watershed: Implications for appropriate scale management. Land Use Policy, 2022, 117: 106108.
[56] 郜亮亮, 纪月清. 中国城乡转型中的农村土地集体产权与流转配置效率. 中国农村经济, 2022(10): 24-40.
[57] 陈杰, 苏群. 土地流转、土地生产率与规模经营. 农业技术经济, 2017(1): 28-36.