

高速公路网建设对中国农机跨区服务市场发育的影响 ——基于 17 个稻麦主产省份面板数据的实证

阮冬燕¹ 周晶^{2*}

(1. 武汉科技大学 文法与经济学院, 武汉 430065;

2. 华中农业大学 经济管理学院, 武汉 430070)

摘要 为探究高速公路网建设对中国农机跨区作业服务市场形成脉络的影响,从供给端和需求端 2 个角度探讨了高速公路网建设推动农机跨区服务市场发育的作用机理,并利用 2000—2019 年 17 个稻麦主产省份面板数据展开实证检验。结果表明:1)在理论上,高速公路网建设不仅通过交通时间收敛效应这一中间机制提高服务主体跨区服务意愿和能力,且提高服务主体进入某一区域的便捷性和及时性进而刺激当地农户形成农机跨区服务需求。2)2000—2013 年的回归结果表明,高速公路网建设对农机跨区服务供给具有显著的促进作用,高速公路网密度增加对跨区机收面积占比增长的贡献率为 47.78%,而高速公路密度差异对跨区机收服务供给能力区域差异的贡献率为 13.8%。3)2014—2019 年的回归结果显示,高速公路网建设对农机跨区服务需求具有显著的推动作用,高速公路密度每增加 1 个单位,跨区机收稻麦服务需求强度相应增加 8 个百分点,且高速公路密度区域差异对跨区机收稻麦服务需求强度区域差异的贡献率为 12.1%。

关键词 高速公路网; 农机跨区服务市场; 跨区机收; 稻麦产区

中图分类号 F592

文章编号 1007-4333(2022)09-0248-13

文献标志码 A

Influence of expressway network construction on the development of cross-regional agricultural machinery service market in China: An empirical study based on the panel data of 17 major rice and wheat producing provinces

RUAN Dongyan¹, ZHOU Jing^{2*}

(1. School of Literature, Law and Economics, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430065, China;

2. College of Economics & Management, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract To explore the impact of expressway network construction on the formation of China's cross regional agricultural machinery operation service market, the study discusses the mechanism of the highway network construction to promote the development of the agricultural machinery cross-regional service market from the supply side and the demand side, and uses the panel data of the 17 major rice and wheat producing provinces from 2000 to 2019 to conduct empirical tests. The results show that: 1) In theory, the construction of expressway network improves the cross regional service willingness and ability of service subjects through the intermediate mechanism of traffic time convergence effect. The convenience and timeliness of service subjects entering a certain area are conducive to stimulate local farmers to form cross-regional agricultural machinery service demand. 2) The regression results from

收稿日期: 2021-12-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(71873051); 国家社科基金项目(20BMZ103); 湖北省教育厅哲学社会科学研究一般项目(20Q019); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2662021 JGPYG02)

第一作者: 阮冬燕, 讲师, 主要从事农业现代化研究, E-mail: dongyanruan@126.com

通讯作者: 周晶, 讲师, 主要从事农业生产性服务业研究, E-mail: zhoucejing@126.com

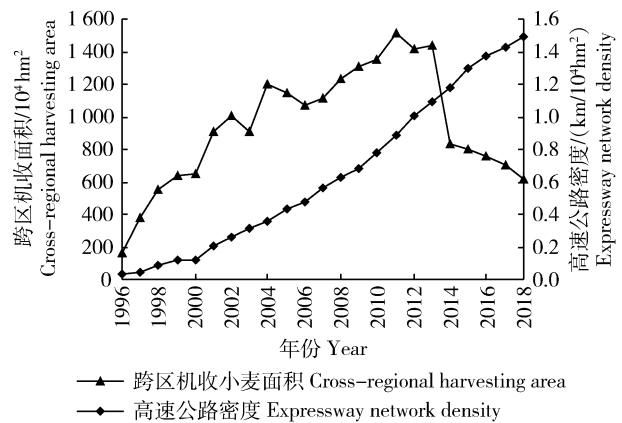
2000 to 2013 show that the construction of expressway network plays a significant role in promoting cross-regional agricultural machinery service supply. The contribution rate of the increase of expressway network density to the growth of cross-regional machine harvesting area is 47.78%, while the contribution rate of expressway density difference to regional differences in the supply capability of cross-regional agricultural machinery service is 13.8%. 3) The regression results from 2014 to 2019 also show that the construction of expressway network plays a significant role in promoting cross-regional agricultural machinery service demand. For every 1 unit increase in expressway density, the cross-regional agricultural machinery service demand intensity increases by 8 percentage points, and the explanatory power of regional difference in expressway density to spatial differentiation of cross-regional agricultural machinery service demand is 12.1%.

Keywords expressway network; cross-regional agricultural machinery service market; cross-regional harvesting; rice and wheat producing areas

美国、日本等发达国家的历史经验表明,农业机械化是实现农业现代化的重要前提。从大国小农的基本国情出发,中国探索出了农机社会化服务这一具有中国特色的农业机械化道路^[1-3],并实现了农业机械化的跨越式发展。根据农业机械化发展统计公报,2020年中国农作物耕种收综合机械化率达到71.25%,小麦、水稻等大宗粮食作物已基本实现全程机械化。在诸多农机社会化服务模式中,农机跨区服务特别是农机跨区收割服务是中国起步最早、发展速度最快且受关注度最高的模式,它不仅是中国特色农业机械化道路的重要分支,而且在保障粮食丰产丰收、减少粮食遗撒损耗、促进小农户节本增效以及推进小麦等大宗粮食作物全程机械化中做出了突出贡献^[4-9]。农机跨区服务以人和机器在区域间转移为前提,而人机转移的成本和效率取决于公路交通基础设施条件。相比于其他公路(其它等级公路和普通公路),高速公路能更大程度的缩短运输时间和降低运输成本^[10]。2004年,中国出台了《收费公路管理条例》,规定“对跨区作业的联合收割机(包括插秧机)及其运输车辆,免收车辆通行费”,这为农机跨区服务主体充分利用高速公路网跨区作业提供了行政和法律保障。因此,高速公路网成为农机跨区收割服务市场发育的基础条件。

从时间上看,中国跨区机收面积的变化历程与高速公路网建设进度整体上高度吻合(图1)。中国高速公路网建设可分为起步、骨架基本成型、网络基本成型和最终成网4个阶段^[11],而跨区机收面积增长也具有相应的阶段性特征。第1阶段,1988—1997年,高速公路建设起步,发展缓慢且规模有限,同期农机跨区收割作业模式初现,发展也相对缓慢;第2阶段,1998—2003年,全国高速公路快速扩张,公路网骨架基本成型,此时,跨区机收小麦面积相应

地呈井喷式增长^[6,12],以年均34.8%的速度从167.5万 hm^2 增加到1006.7万 hm^2 ;第3阶段,2004—2013年,高速公路建设加速,全国东西南北相互贯通路网基本形成,同期跨区机收面积进一步增长;第4阶段,2013年以来全国高速公路网趋于完善,但受统计口径调整与市场饱和等因素共同影响,跨区机收面积呈下降趋势^[6,13-14]。



1996—2002年跨区机收面积数据引自参考文献[6],2003—2019年跨区机收面积数据来自历年《中国农业机械工业年鉴》^[15];高速公路里程数来自历年《中国交通年鉴》^[16]。

The data of cross-regional harvesting area from 1996 to 2002 are quoted from reference [6], The data of cross-regional harvesting area from 2003 to 2019 are quoted from *China Agricultural Machinery Industry Yearbook*, The data of highway mileage from *Yearbook of China Transportation & Communications*.

图1 1996—2019年全国农机跨区机收小麦面积与高速公路密度变动趋势

Fig. 1 Trend of expressway density and cross regional harvesting area in China from 1996 to 2019

那么,高速公路网建设究竟在多大程度上推动了中国农机跨区收割服务市场的发育?地区间农机跨区收割服务市场发育程度的差异是否与高速公路

建设进程的差异有关?回答这些问题不仅有助于深入认识中国特色农业机械化道路的时空脉络和未来发展趋势,而且为交通基础设施建设的绩效评估提供了新的视角。然而,少有研究深入探讨高速公路网建设与农机跨区服务市场发育之间的关联。一些研究考察了公路通达性对农村贫困^[17-22]、农村劳动力非农就业^[23]、少数民族村落文化变迁^[24]、粮食生产^[25]、农户耕地利用^[26]和种植业结构调整^[27]的影响,仅有罗斯炫等分析了交通基础设施对农机跨区服务市场发育的影响^[28]。他们的定量研究发现,公路建设显著推动了农机跨区服务市场发育。该研究具有重要的启发和借鉴意义,但同时也留下4个方面的缺憾:第一,该研究指出交通基础设施通过提高运输效率促进农机跨区作业发展,但未深入分析运输效率推动农机跨区作业发展的具体路径,且可能遗漏了其他重要的机制,特别是高速公路扩张的网络效应;第二,该研究使用三四级公路里程数作为公路交通基础设施的测量指标,但并未直接评估作为通达效率最高的高速公路网对农机跨区作业发展的影响;第三,该研究使用跨区机收面积衡量各省跨区作业发展水平,此总量指标没有剔除行政面积大小的干扰,无法直接用于地区间的横向比较,也可能降低了计量分析的准确性;第四,该研究将农机跨区作业面积定义为外来机械在当地完成的作业面积,而2013年以前统计指标的实际含义是本地机械在县域外作业的面积^[3],这导致统计数据与其研究目的不一致。

本研究尝试弥补上述缺憾,剖析高速公路网建设对农机跨区服务市场发育的作用机理,利用2000—2019年稻麦主产省份面板数据展开实证研究,以期对相关政策的制定提供参考。

1 高速公路网建设对农机跨区作业服务供需的作用机理

市场由供给和需求共同构成,而农机跨区服务市场同样由农机作业服务主体(以下简称服务主体)跨区服务供给和农户对农机跨区服务的需求构成。因此,高速公路网建设对农机跨区服务市场发育的影响就可以分别从供给和需求两个角度来分析。

1.1 高速公路网建设对农机跨区服务市场供给的作用机理

农机作业服务属于不可储存、不可运输的服务型产品,其供给只能与农户需求同步、即时产生,但

农户需求具有明显的季节性。因此,服务主体只有顺应既定区域内的农时才可能实现有效供给。但是,既定区域内特定作物特定农艺环节农时持续的时间窗口通常较为短暂^[7,29],严重制约服务主体在一个区域内实现服务供给的总量及获得相应的经济利润。因此,利用地区间农时的先后差异有规律地在空间上转移作业并借此延长作业时间以获取最大限度的经济利润的农机跨区作业模式应运而生。而追逐不同区域间前后错开的农时以拉长有效作业时间实现收益增加是服务主体开展跨区作业的最终目的,但这一目的必须借助人机在区域间不停转移作业来实现。然而,受地理和气候条件的影响,农时在时间轴上前后错开要求所涉及的区域或位于不同南北纬度或处于不同海拔高度,这也意味着区域间存在一定的空间距离,因此人机的中长距离运输成为必然。特别地,对在全国纵贯南北、横跨东西针对冬小麦、春小麦、早稻、中稻、晚稻乃至油菜和大豆持续开展跨区收割作业的服务主体而言,在农时相邻的区域间转移可能意味着其要进行从华北平原到两广地区或者从湖北、四川到东北这种大跨度的转移^[30]。

因此,要使服务主体在区域间中长距离转移后作业服务仍有利可图,不仅要降低人机运输的货币成本,还应尽可能避免运输过程对农时的耽误,这就对公路运输基础设施条件提出了较高的要求。在所有级别的公路运输系统中,高速公路运输效率最高,能够最大程度地缩短区域间的运输时间,节约相应的时间机会成本。高速公路网扩张对人员和物质的交通时间收敛效应已得到学术界的广泛认同^[11,28]。本研究认为,对跨区作业的服务主体而言,交通时间收敛效应具体表现在缩小运输成本、降低时间成本、增强业务竞争能力3个方面。

高速公路网扩张的交通时间收敛效应首先表现为人机运输过程油耗成本的下降。人机运输成本是跨区作业服务主体的主要经营成本之一^[7,30]。便捷的高速公路网缩短了人机在区域间的运输时间,从而降低油耗成本,提高利润空间。利润空间上升强化服务主体跨区作业的动机,增强其跨区作业服务能力。高速公路网扩张的交通时间收敛效应还表现为服务主体时间成本的下降。农业生产的季节性使一个地区农户特定农作物特定农艺环节的生产活动受制于农时。研究表明,农时延误对农户的农业生产造成显著的负向冲击^[31]。因此,农时压力下农户对机械作业服务的需求具有紧迫性。若服务主体错

过农时则可能失去部分农户需求,即区际运输耽误的农时长度与业务收入的损失量(时间成本)成正比。高速公路网扩张有利于缩短人机在区域间的运输时间,从而降低耽误农时的可能性和程度。时间成本下降进一步增强服务主体跨区作业的动机和能力。此外,高速公路网扩张的交通时间收敛效应还可能增强业务竞争能力。在跨区作业中,服务主体通常以团队协作形式争取和分配业务^[30]。在农户需求紧迫性背景下,一个区域内可能出现“先到者通吃”的同行竞争法则。这意味着较早进入一个村庄的跨区作业服务队伍可能获得全部或大部分业务量,而迟来的跨区作业服务队伍则可能失去大部分业务量,这远超仅因耽误农时所损失的那一部分业务量。高速公路网扩张的交通时间收敛效应可提高服务主体进入特定区域的及时性,增强其业务竞争能力,进而提高跨区作业服务能力。因此,高速公路网扩张的交通时间收敛效应通过降低运输成本、减少时间成本和提高业务竞争能力3条路径增强单个服务主体(团队)跨区作业服务能力。

尤值得指出的是,由于区际时间差源于南北纬度差异导致的作物南北布局方式及种植制度的地区差异^[32],高速公路网中的南北纵线对农机跨区服务供给的意义尤为重要。2003年以来,我国已初步形成了以首都放射线、纵线、横线和地区环线为骨架的高速公路网。在东西延伸的横线以及首都放射线辅助下,南北延伸的纵线使服务主体能够以更短的运输时间和更小的运输成本在更多的地域间追逐作物成熟的时间差,从而在空间上跨得更远,时间上跨得更长,并最终获得更多的业务量。据此,提出以下研究假说:

假说 H₁:高速公路网建设有利于增强服务主体跨区作业服务能力,且农机跨区作业服务能力的区域差异与高速公路网密度差异有关。

1.2 高速公路网建设对农机跨区服务市场需求的作用机理

目前学术界已有大量研究关注农户生产性服务外包行为,但这些研究大多没有进一步细分农户对农机跨区服务和农机本地服务的需求行为,这导致我们对农机跨区服务市场的形成机理的认识不深入也不全面。市场在产品或服务供需双方的交易行为中产生,因此农户对农机跨区服务的需求是构成农机跨区服务市场的必备条件之一^[33]。按照来源地,农机作业的服务主体可为本地服务主体(按统计口

径通常是指当地县域内)和外地服务主体(按统计口径是指县域外)两类。由于土地不可移动,农户对农机跨区服务的需求本质上表现为农户对外地服务主体机械作业服务的选择行为。

本研究认为,高速公路网建设通过两条路径增进当地农户选择外地主体提供的机械作业服务。第一,便捷的高速公路网络有利于外地服务主体快速、及时进入,从而弥补当地本地服务主体及其机械拥有量在农忙时节相对不足导致的作业服务需求缺口。一个小区域内作物收获时间窗口一般较为短暂,在当地作物种植面积既定的情形下,作物收获时间窗口越短暂,单位时间内当地农户对农机作业服务的需求量越大,本地服务主体无法满足农户需求的可能性越大。因此,农时紧迫性是诱发当地农户对外地服务主体机械作业服务选择行为的重要因素,而高速公路网络为外地服务主体及时进入当地填补当地需求缺口提了便利条件。第二,便捷的高速公路网络有利于外地服务主体进入当地,增加服务供给,降低服务价格,从而刺激当地农户更多地选择外地服务主体所提供的机械作业服务。从现有为数不多研究发现来看,本地主体与外地主体之间机械作业服务质量和价格的差异是影响农户对本地服务主体和外地服务主体机械作业服务选择行为的重要因素^[4]。显然,高速公路网建设为外地服务主体在服务价格和服务质量方面与本地服务主体展开竞争提供了基础性的支撑条件。

总结起来,高速公路网建设虽然不是农户生产性服务外包和农户选择外地服务主体机械作业服务的根本原因,但便于外地服务主体以更小的成本和更快的速度进入某一区域填补农时紧迫引致的当地服务需求缺口。且在进入某一区域后,这些服务主体与本地服务主体展开市场竞争,那么,当地农户需求即可以低价格成本,高质量服务实现满足。据此,提出以下研究假说:

假说 H₂:高速公路网建设有利于增强农户对农机跨区服务的需求,而且农机跨区服务需求强度的区域差异与高速公路网密度差异有关。

2 高速公路网建设对中国农机跨区服务市场发育影响的计量分析

2.1 指标和数据来源

2.1.1 农机跨区服务市场发育的指标和数据

2014年,农业部(后更名为农村农业部)将农机

跨区作业面积指标的统计口径进行了调整^[6]。在统计口径调整前,某一区域的农机跨区作业面积是指辖区内的农机具在县域外的作业面积。因此,2013年前某一区域的农机跨区作业面积统计数据实际上反映了该地区整体跨区服务供给能力和强度,而且其农机跨区作业面积与本区域农作物播种面积和机械作业面积均无直接关联。统计口径调整后,某一区域的农机跨区作业面积是指本区域由县域外农机具作业的面积。根据前文对农机跨区服务需求(即农户对本地服务主体和外地服务主体服务的选择行为)的定义,2014年以后某一区域的农机跨区作业面积统计数据在一定程度上反映了该地区农户整体跨区服务需求量。当然,该需求量是当地农户生产性服务外包总需求、当地农时长度、当地自有机械保有量、本地服务主体与外地服务主体通过价格和服务质量以及熟人关系网络开展业务竞争等因素综合作用后的结果,并不能完全准确衡量农户对外地机械作业服务的需求量对价格变动的反应程度。可惜,本研究无法获取更精确的区域层面的统计数据。

由于统计口径的调整,需将地区层面的农机跨区作业面积统计数据按2013年及以前和2013年以后这两个时间段分别展开分析,这也为本研究分别从供给和需求两个维度考察农机跨区服务市场发育提供了数据支撑。然而,时间序列数据的阶段性割裂导致本研究无法完整、全面地刻画农机跨区服务模式诞生以来至今高速公路网建设对农机跨区服务供给和需求的影响。此外,在2013年及以前和2013年以后这两个时间段内,中国经济发展水平、城市化进程、农村劳动力流动规模、非农工资水平、农业生产结构乃至农机装备制造水平等条件都存在很大差异,这也会导致两个时间段的实证分析结果不具备统一性和可比较性。尤其是2013年以来需求端的数据年份较少,而且丧失了农机跨区服务模式诞生初期农户需求的大量信息,以此为基础的实证分析可能并不能精准地反映高速公路网建设以及其他相关因素对农机跨区服务需求的影响。但是,本研究目前无法弥补上述缺憾,只能尝试在现有的数据基础上得出一些具有指示意义的实证分析结论。

在供给端,结合数据可获得性和农业生产实际等因素,重点分析2000—2013年17个稻麦主产省份(河北、辽宁、吉林、黑龙江、江苏、安徽、江西、山东、河南、湖北、湖南、广东、广西、重庆、四川、陕西、

新疆)跨区机收小麦和水稻能力。本研究使用农机跨区作业面积与本区域农机作业面积的比值(简称跨区作业面积占比)作为衡量一个地区跨区作业服务能力的指标。该指标剔除了行政面积大小的干扰,可进行区域间的横向比较。另外,跨区机收在我国农机跨区作业中长期占据主导地位,而跨区机收又以跨区机收水稻和小麦为主^[5,7]。则跨区机收稻麦面积占比可表示为:

$$\text{crhr}_{it} = \frac{\text{crh}_{it}}{\text{mh}_{it}} \times 100\% \quad (1)$$

式中: i 表示省域; t 表示年份; crhr_{it} 表示跨区机收稻麦面积占比; crh_{it} 表示跨区机收小麦、水稻面积之和; mh_{it} 表示小麦和水稻的机收面积之和。相关指标可从历年《中国农业机械工业年鉴》^[15]获取。囿于更小空间尺度(例如地级市或县域)的跨区机收面积数据无法获取,本研究将研究区域限定为省域层面。 crhr_{it} 取值越大,说明一省跨区机收稻麦服务能力越强。 crhr_{it} 取值超过1说明该省服务主体在县域外机收稻麦面积总和超过了该省稻麦机收面积总和,这种情况出现的原因在于部分服务主体跨省开展农机作业。

在需求端,结合数据可获得性和农业生产实际等因素,重点分析2014—2019年稻麦主产省份农户对跨区机收小麦和水稻需求强度。本研究使用跨区机收稻麦面积占比作为衡量一个地区农机跨区收割需求强度的指标,其计算公式与式(1)相同,但具有完全不同的指标含义。 t 年份省域 i 农机跨区收割需求强度 crhr_{it} 同样由式(1)表达,即跨区机收稻麦面积 crh_{it} 与区域内稻麦机收面积 mh_{it} 的比值。 crhr_{it} 的取值介于0~1,其值越大,说明省域内稻麦机收面积由县域外机械完成的比例越大。

2.1.2 高速公路网密度的指标和数据

借鉴现有研究的做法^[28],本研究采用高速公路网密度衡量高速公路网发展完善的程度。高速公路网密度可表达为:

$$\text{hde}_{it} = \frac{\text{hrl}_{it}}{\text{la}_{it}} \quad (2)$$

式中: i 表示省域; t 表示年份; hde_{it} 表示高速公路网密度; hrl_{it} 表示高速公路里程数; la_{it} 表示行政面积。《中国交通年鉴》^[16]公布了历年各省域高速公路里程数。从时间上看,高速公路网密度的增加体现了一个地区高速公路网扩张的趋势。在空间上,可识别高速公路网建设进程的区域差异。

2.2 高速公路网建设对农机跨区服务供给影响的实证

2.2.1 模型构建及变量介绍

为了实证检验高速公路网建设对农机跨区服务市场发育的影响,本研究分别利用2000—2013年和2014—2019年两个时间段的稻麦主产省份面板数据展开计量分析。借助回归分析方法,检验高速公路网建设对农机跨区收割稻麦服务能力的影响。计量分析的基本模型如下:

$$\text{crhr}_{it} = \alpha + \beta_1 \text{hde}_{it} + \beta_2 \text{rde}_{it} + \beta_3 \text{comd}_{it} + \beta_4 \text{comd}_{it} \times \text{rice}_{it} + \theta X_{it} + \text{pro}_i + \text{year}_t + \epsilon_{it} \quad (3)$$

式中: crhr_{it} 表示省份*i*第*t*年的跨区机收稻麦面积占比; hde_{it} 是高速公路网密度,是本研究最关注的核心解释变量,用高速公路里程数与行政面积的比值来表示; rde_{it} 、 comd_{it} 、 $\text{comd}_{it} \times \text{rice}_{it}$ 是3个重要的控制变量。 rde_{it} 指除高速公路以外的其他等级公路密度,用一至四级公路里程数之和与行政面积的比值来表示。根据罗斯炫等^[28]的研究,国道和高速公路以外的其他等级公路扩张对跨区作业也具有促进作用,因此本研究将其作为控制变量。 comd_{it} 是指稻麦联合收割机密度,用稻麦联合收割机保有量与耕地面积的比值来表示。一个省域农机跨区收割稻麦

面积总量与其稻麦联合收割机保有量正有关,因而稻麦联合收割机密度是必须控制的变量。根据统计数据,水稻主产省份农机跨区收割稻麦面积占比整体低于小麦主产省份,这可能是与作物或产区相关的某些因素使稻麦联合收割机保有量扩张对农机跨区收割稻麦服务能力的边际影响存在地区差异。为此,本研究引入稻麦联合收割机密度与是否水稻主产省份的交互项 $\text{comd}_{it} \times \text{rice}_{it}$ 。同时,本研究还引入其他可能影响农机跨区收割稻麦服务能力的变量,包括耕地密度 density_{it} (耕地面积与行政面积的比值)、稻麦机收率 hrate_{it} (稻麦机收面积与稻麦播种面积的比值)。耕地密度和稻麦机收率与农户对农机作业服务的需求有关,而需求又进一步影响服务主体跨区作业服务供给。 pro_i 是省份虚拟变量,用来捕捉那些不随时间变化,但与各地区直接相关的影响跨区机收面积占比的因素,如地形、作物差异等。 year_t 是年份虚拟变量,用来捕捉那些与时间趋势有关且直接影响跨区机收面积占比的因素,如农机具购置补贴政策的冲击效应。 ϵ_{it} 是误差项。本研究对高速公路密度、其他等级公路密度、稻麦联合收割机密度、稻麦机收率变量进行滞后一期处理。变量定义见表1。

表1 变量定义

Table 1 Definition of variables

	变量 Variable	变量说明 Variable description
被解释变量 Explained variables	农机跨区机收稻麦面积占比/% crhr	跨区机收稻麦面积与稻麦机收面积的比值,2000—2013年该指标体现农机跨区服务供给能力,2014—2019年该指标反映农机跨区服务需求强度。
核心解释变量 Core explanatory variables	高速公路密度/(km/10 ⁴ hm ²) hde	高速公路里程数与行政面积的比值
	其他等级公路密度/(km/10 ⁴ hm ²) rde	高速公路以外的其他等级公路里程数与行政面积的比值
	稻麦联合收割机密度/(台/10 ⁴ hm ²) comd	稻麦联合收割机保有量与耕地面积的比值
控制变量 Control variables	稻麦联合收割机密度与是否水稻主产省份交互项/(台/10 ⁴ hm ²) comd×rice	稻麦联合收割机保有量与耕地面积的比值的对数值与是否水稻主产省份虚拟变量的交互项
	耕地密度/% density	耕地面积与行政面积的比值
	稻麦机收率/% hrate	稻麦机收面积与稻麦播种面积的比值
	农业劳动力占比/% alrate	第一产业从业人员数与乡村人口数的比值

2.2.2 回归模型估计

表2模型(1)是未添加任何控制变量但控制地区固定效应的回归结果,系数估计值为12.124,且在1%水平上显著。模型(2)同时控制地区差异和时间趋势,固定效应模型的估计结果显示,高速公路密度系数估计值为7.213,且在1%水平上显著。模型(3)在模型(2)的基础上加入等级公路密度变量,结果高速公路网密度的系数估计值仍为正数,且在5%水平上显著。模型(4)加入稻麦联合收割机密度、稻麦联合收割机密度与是否水稻主产省份交互项,结果高速公路网密度的系数估计值仍为正,且在10%水平上显著。模型(5)将所有控制变量纳入回

归模型,结果高速公路网密度的系数估计值为6.034,且在5%水平上显著。以上模型估计结果支持了研究假说 H_1 ,说明高速公路网建设从供给端显著推动了中国农机跨区服务市场发育。根据模型(5)的估计结果,平均而言,在2000—2013年这一个时间段,高速公路网密度每提高1个单位,农机跨区收割稻麦面积占比相应提高6个百分点。本研究还对模型(1)~(5)进行了随机效应回归估计,发现核心解释变量估计值的方向和显著性与固定效应模型一致,但限于篇幅未报告估计结果。

除了其它等级公路密度和稻麦机收率以外,其他控制变量的估计系数基本上与预期一致。不同于

表2 面板数据固定效应基准回归估计结果(2000—2013年)

Table 2 Benchmark fixed effect regression estimation results of panel data during 2000 and 2013

变量 Variables	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)
高速公路密度 Expressway density	12.124*** (1.312)	7.213*** (2.314)	6.434** (3.012)	5.453* (2.831)	6.034** (3.045)
等级公路密度 Grade highway density			0.103 (0.123)	0.103 (0.123)	-0.105 (0.123)
稻麦联合收割机密度 Density of rice-wheat combine harvester				0.193 (0.187)	0.414* (0.240)
稻麦联合收割机密度与是否水稻主产省份交互项 Interaction term between the density of rice-wheat combine harvester and whether it is the main rice-producing provinces				-0.619*** (0.151)	-0.685*** (0.155)
耕地密度 Cultivated land density					0.034 (1.335)
稻麦机收率 Machine yield of rice and wheat					-0.160 (0.115)
地区固定效应 Regional fixed effects	yes	yes	Yes	yes	yes
时间固定效应 Time fixed effects	no	yes	Yes	yes	yes
常数项 Constant term	20.282*** (1.717)	25.884*** (5.704)	24.889*** (6.129)	32.838** (15.548)	32.660 (39.133)
R^2	0.323	0.528	0.529	0.586	0.604
样本量 Sample size	238	238	238	238	238

注:括号内的数值为标准误;***、**、*分别表示变量在1%、5%和10%的显著性水平上显著。下同。

Note: The values in parentheses are standard errors. ***, ** and * indicate that the variables are significant at 1%, 5% and 10% significance levels, respectively. The same below.

罗斯炫等^[28]的研究,本研究发现等级公路密度对农机跨区收割稻麦面积占比的影响并不显著^①,这可能是因为,在公路交通系统中,高速公路网对跨区作业的积极作用更为突出。稻麦联合收割机密度对跨区机收面积占比具有显著的正向影响,其密度平均每提高1个单位,跨区机收面积占比相应提高4个百分点。相比于小麦主产省份,水稻主产省份稻麦联合收割机密度对农机跨区收割稻麦面积占比的边际影响显著低0.68个单位。耕地密度、稻麦机收率对农机跨区收割稻麦面积占比的影响不显著,这可能是其对机械作业服务需求规模已经被稻麦联合收割机密度变量所涵盖。

2.3 高速公路网建设对农机跨区服务需求影响的实证

2.3.1 模型构建及变量介绍

进一步借助回归分析方法,检验高速公路网建设对农机跨区收割稻麦服务需求强度的影响。计量分析的基本模型如下:

$$\begin{aligned} \text{crhr}_{it} = & \alpha + \beta_1 \text{hde}_{it} + \beta_2 \text{rde}_{it} + \beta_3 \text{comd}_{it} + \\ & \beta_4 \text{density}_{it} + \beta_5 \text{hrate}_{it} + \beta_6 \text{alrate}_{it} + \\ & \text{pro}_i + \text{year}_t + \epsilon_{it} \end{aligned} \quad (4)$$

式中:crhr_{it}表示省份*i*第*t*年的跨区机收稻麦面积占比;hde_{it}是高速公路密度,是本研究最关注的核心解释变量;rde_{it}、comd_{it}、density_{it}和hrate_{it}这几个控制变量的含义、测量方法和数据来源与前述相同。从需求角度来看,一个地区农业劳动力丰富程度会影响农户对农机收割服务进而影响农户对跨区收割服务的需求,因此本研究把一个地区农业从业人员占乡村人口的比重alrate_{it}(简称农业劳动力占比)作为一个重要的控制变量。预期高速公路密度和等级公路密度的估计系数为正。从业务竞争角度来看,一个地区稻麦联合收割机保有量越高,农户对外地机械作业服务的需求可能越小,因此本研究预期稻麦联合收割机的估计系数为负。耕地密度和稻麦机收率体现了需求端农户对机械收割服务需求的强度,其强度越大,对外地机械作业服务的需求量可能也越大,因此本研究预期这两个变量的估计系数为正。农业劳动力越充足,农户对农机收割服务和跨区收割服务的需求越小,因此本研究预期农业从业人员占乡村人口的估计系数为负。pro_i是省份虚拟

变量,用来捕捉那些不随时间变化,但与各地区直接相关的影响跨区机收面积占比的因素,如地形、作物差异等。year_t是年份虚拟变量,用来捕捉那些与时间趋势有关且直接影响跨区机收面积占比的因素,如自然灾害的冲击。ε_{it}是误差项。本研究对高速公路密度、等级公路密度、稻麦联合收割机密度、稻麦机收率变量进行滞后一期处理。

2.3.2 回归模型估计

表3模型(1)是未添加任何控制变量但控制地区固定效应的回归结果,系数估计值为4.823,且在5%水平上显著。模型(2)同时控制地区差异和时间趋势,固定效应模型的估计结果显示,高速公路密度系数估计值为4.215,且在10%水平上显著。模型(3)在模型(2)的基础上加入等级公路密度变量,结果高速公路网密度的系数估计值仍为正数,且在10%水平上显著。模型(4)额外加入稻麦联合收割机密度和农业劳动力占比,结果高速公路网密度的系数估计值仍为正,且在10%水平上显著。模型(5)将所有控制变量纳入回归模型,结果高速公路密度的系数估计值为7.632,且在5%水平上显著。以上模型估计结果支持了研究假说H₂,说明高速公路网建设从需求端显著推动了中国农机跨区服务市场发育。根据模型(5)的估计结果,平均而言,在2014—2019年这一个时间段,高速公路网密度每提高1个单位,农机跨区收割稻麦面积占比相应提高8个百分点。本研究还对(1)~(5)的模型进行了随机效应回归估计,发现核心解释变量估计值的方向和显著性与固定效应模型一致,但限于篇幅未报告估计结果。与预期一致的是,稻麦联合收割机密度和农业劳动力占比对农机跨区收割稻麦面积占比具有显著的负向影响,而耕地密度则具有显著的正向影响。表3还显示,等级公路密度和稻麦机收率对农机跨区收割稻麦面积占比的影响不显著。

2.4 高速公路网扩张对农机跨区服务市场发育贡献的估算

回归分析结果验证了假说H₁和H₂中高速公路网建设促进了农机跨区服务市场发育的判断。在回归结果的基础上,本研究进一步估算高速公路网建设对农机跨区服务市场发育及地区差异的贡献率。

① 为排除变量相关性的影响,本研究在模型(5)的基础上去掉高速公路网密度变量,发现等级公路密度对农机跨区收割稻麦面积占比的估计系数虽然为正数,但仍不具有统计显著性。囿于篇幅,未报告相关估计结果。

表3 面板数据固定效应回归估计结果(2014—2019年)

Table 3 Fixed effect regression estimation results of panel data during 2014 and 2019

变量 Variables	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)
高速公路密度 Expressway density	4.823** (2.123)	4.215* (2.304)	4.542* (2.823)	5.631* (3.123)	7.632** (3.124)
等级公路密度 Grade highway density			-0.213 (0.216)	-0.223 (0.214)	0.134 (0.216)
稻麦联合收割机密度 Density of rice wheat combine harvester				-0.947* (0.507)	-1.487*** (0.514)
农业劳动力占比 Proportion of agricultural labor				-0.835* (0.447)	-1.392*** (0.447)
耕地密度 Cultivated land density					43.557*** (12.911)
稻麦机收率 Machine yield of rice and wheat					0.030 (0.071)
地区固定效应 Regional fixed effects	yes	yes	yes	yes	yes
时间固定效应 Time fixed effects	no	yes	yes	yes	yes
常数项 Constant term	36.520*** (5.430)	9.236 (8.677)	26.950* (14.815)	71.791** (27.577)	-11.086*** (3.505)
R^2	0.073	0.266	0.291	0.354	0.460
样本量 Sample size	102	102	102	102	102

首先,从时间层面测算高速公路网密度增加对农机跨区服务供给能力和需求强度增加的贡献率。贡献率的计算步骤如下:第一,分别计算全部样本2013年相对于2000年跨区机收稻麦面积占比和高速公路网密度的增长量。分别记为 Δy 和 Δx ;第二,用表2模型(5)基准回归得到的高速公路网密度变量估计系数6.034与 Δx 相乘得到高速公路网密度增加引起的跨区机收稻麦面积占比增量,记为 $6.034\Delta x$;第三, $6.034\Delta x$ 与 Δy 的比值即为高速公路网密度增加对稻麦主产省份农机跨区收割面积占比增长的贡献率。测算结果表明,2000—2013年,平均而言,高速公路网密度增加对供给端稻麦主产省份农机跨区收割面积占比增长的贡献率为47.78%,甚至超过了稻麦联合收割机密度44.56%的贡献率。由此可见,上世纪90年代中期以来,高速公路建设浪潮的兴起对农机跨区作业模式的推广和普及起到了支撑作用。

其次,从地区层面测算高速公路网密度区域差异对农机跨区服务供给能力和需求强度区域差异的贡献率。本研究采用Wan^[34]改进后的回归分解法测算各变量特别是高速公路网区域差异对农机跨区服务供给能力区域差异的贡献率,农机跨区服务供给能力区域差异用变异系数来测度,具体的回归分解步骤详见周晶等的研究^[35]。从表4的回归分解结果来看,2000—2013年各省份之间高速公路网密度的差异对农机跨区服务供给能力区域差异的贡献率为13.8%,在所有解释变量中,稻麦联合收割机密度(含稻麦联合收割机密度与是否水稻主产省份交互项)的贡献率最高,达到25.6%,可解释农机跨区服务供给能力区域差异的四分之一。2014—2019年各省份之间高速公路网密度的差异对农机跨区服务需求强度地区差异的贡献率为12.1%。在所有解释变量中,耕地密度对农机跨区服务需求强度地区差异的贡献率最高,达到24.3%。以上测算结果

表4 各变量区域差异对跨区机收稻麦面积占比区域差异贡献率的回归分解结果

Table 4 Regression decomposition results of contribution rate of regional differences of various variables on regional differences in ratio of cross-regional agricultural machinery harvesting %

变量 Variables	2000—2013年	2014—2019年
全部解释变量合计 Total of all explanatory variables	67.587	56.768
高速公路密度 Expressway density	13.765	12.120
等级公路密度 Grade highway density	5.472	0.387
稻麦联合收割机密度 Density of rice wheat combine harvester	10.689	5.429
稻麦联合收割机密度与是否水稻主产省份交互项 Interaction term between the density of rice-wheat combine harvester and whether it is the main rice-producing provinces	14.964	
农业劳动力占比 Proportion of agricultural labor		8.805
耕地密度 Cultivated land density	0.968	24.257
稻麦机收率 Machine yield of rice and wheat	5.978	0.874
时间固定效应 Time fixed effects	15.751	4.896
常数项 Constant term	6.296	10.089
残差项 Residual term	26.117	33.143
合计 Total	100	100

证明了假说 H_1 和 H_2 中农机跨区服务市场发育区域差异与高速公路网密度差异有关这一论点。

3 结论与讨论

农机跨区服务市场发育与区域间高速公路网建设密不可分,高速路网通达性既是供给端服务主体是否愿意跨区作业,以及能否跨的更远和跨得更久的重要基石,也是需求端农户对外地机械服务需求能否得到满足的支撑条件。本研究剖析高速公路网建设对农机跨区服务市场发育的作用机理,并利用2000—2019年稻麦主产省份的面板数据展开定量分析,为中国农业机械化建设及优化高速公路网布局提供参考依据,主要结论如下:

第一,高速公路网扩张主要通过交通时间收敛效应促进农机跨区服务市场发育。在供给端,交通时间收敛效应通过缩减运输成本、降低时间成本、增强业务竞争能力3个子效应使服务主体能够以更短的运输时间和更小的运输成本在不同纬度、不同海

拔或不同种植制度的地域追逐作物成熟的时间差,从而在空间上跨得更远,在时间上跨得更长,并最终获得更多的业务量。在需求端,时间收敛效应有助于跨区服务主体快速、及时进入某一区域从而促进当地受农时紧迫约束的农户形成农机跨区服务需求。

第二,面板数据回归结果证明,高速公路网建设对农机跨区服务市场发育具有显著的推动作用。在供给端,平均而言,高速公路网密度每提高1个单位,农机跨区收割稻麦面积占比相应提高6个百分点。在需求端,平均而言,高速公路网密度每提高1个单位,农机跨区收割稻麦面积占比相应提高8个百分点。

第三,进一步的测算结果表明,2000—2013年,高速公路网密度增加对稻麦主产省份农机跨区收割面积占比增长的贡献率为47.78%,并且高速公路网密度差异可以解释稻麦主产省份农机跨区收割面积占比区域差异的13.8%;2014—2019年,高速公路网密度区域差异对稻麦主产省份农机跨区收割面

积占比区域差异的贡献率为 12.1%。

作为一种具有中国特色的农业机械化模式,农机跨区服务早已引起学者的关注,本研究通过对道路交通基础设施进行分析,表明高速公路网建设对农机跨区收割服务市场发育起到了至关重要的支撑作用,中国特色农业机械化道路的形成脉络也因此某种程度上嵌入了中国高速公路网建设的历史进程之中。在未来中国农业全程、全面机械化进程中,将农机跨区服务模式从水稻、小麦推广至玉米、棉花等其他作物,以及从收割环节延伸至耕整、播种、植保等农艺环节都需要以便捷、大跨度、完善的高速公路网作为支撑。因此,农作物的空间布局应以高速公路网建设作为配套。本研究另一层面的启示在于,在高速公路网建设的社会经济效应评估中,不能忽视高速公路网建设对促进农业生产性服务人员和农业机械等生产要素跨区域流动,实现农业资源优化配置,以及推动农业机械化和农业现代化的积极作用。

当然,由于数据和方法的局限,本研究实证分析还存在 3 点不足,它们在未来的研究中有待进一步深化:第一,囿于数据可获得性,本研究的实证分析无法进一步识别和检验时间收敛效应这一高速公路网建设影响农机跨区服务市场发育的中间机制,也无法进一步分解时间收敛效应的缩减运输成本、降低时间成本、增强业务竞争能力这 3 个子效应;第二,某一省份高速公路网建设可能对其他省份农机跨区收割稻麦服务能力具有空间溢出效应^[26],但本研究采用的普通面板回归估计模型无法识别和估计这些溢出效应;第三,由于更小尺度区域面板数据和信息更丰富的变量指标无法获取,本研究无法采取双重差分等方法精准识别高速公路网建设与农机跨区服务市场发育之间的因果关联。

参考文献 References

[1] 钟甫宁. 正确认识粮食安全和农业劳动力成本问题[J]. 农业经济问题, 2016, 37(1): 4-9
Zhong F N. Understanding issues regarding food security and rising labor costs[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2016, 37(1): 4-9 (in Chinese)

[2] 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 Economics*, 2017(11): 2-16 (in Chinese).

[3] 罗必良. 小农经营、功能转换与策略选择:兼论小农户与现代农业融合发展的“第三条道路”[J]. 农业经济问题, 2020(1): 29-47
Luo B L. Small household operation, function transformation, strategy options: How can small household incorporate into the modern agricultural development pattern [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2016, 40(1): 29-47 (in Chinese)

[4] 曹光乔, 张宗毅, 易中懿, 王彬. 冀、鲁、豫、苏、皖五省农机夏收跨区作业调研报告[J]. 农机化研究, 2007(6): 1-4
Cao G Q, Zhang Z Y, Yi Z Y, Wang B. Report of agricultural machinery trans-regional operations in Hebei, Shandong, Henan, Jiangsu, and Anhui [J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*. 2007(6): 1-4 (in Chinese)

[5] Yang J, Huang Z H, Zhang X B, Reardon T. The rapid rise of cross-regional agricultural mechanization services in China [J]. *American Journal of Agricultural Economy*, 2013, 95 (5): 1245-1251

[6] 董洁芳. 我国农机跨区作业的效益与趋势分析[J]. 中国农机化学报, 2015, 36(5): 303-307
Dong J F. Benefit and trend analysis of agricultural machinery cross-regional operation in our country[J]. *Journal of Chinese Agricultural Mechanization*, 2015, 36 (5): 303-307 (in Chinese)

[7] Zhang X B, Yang J, Reardon T. Mechanization outsourcing clusters and division of labor in Chinese agriculture[J]. *China Economic Review*, 2017, 43(1): 184-195

[8] 伍骏骞, 方师乐, 李谷成, 徐广彤. 中国农业机械化发展水平对粮食产量的空间溢出效应分析:基于跨区作业的视角[J]. 中国农村经济, 2017(6): 44-57
Wu J Q, Fang S L, Li G C, Xu G T. The spillover effect of agricultural mechanization on grain output in China: From the perspective of cross-regional mechanization service[J]. *Chinese Rural Economics*, 2017(6): 44-57 (in Chinese)

[9] 方师乐, 卫龙宝, 伍骏骞. 农业机械化的空间溢出效应及其分布规律:农机跨区服务的视角[J]. 管理世界, 2017(11): 65-78
Fang S L, Wei L B, Wu J Q. The spatial spillover effect of agricultural mechanization and its distribution pattern: The perspective of interregional-service of agricultural machinery [J]. *Management World*, 2017(11): 65-78 (in Chinese)

[10] 董晓芳, 刘逸凡. 交通基础设施建设能带动县域经济发展么:基于 2004—2013 年国家高速公路建设和县级经济面板数据的分析[J]. 南开经济研究, 2018(4): 3-20
Dong X F, Liu Y F. Does highway promote economy development: Evidence from the China national highway construction during 2004-2013[J]. *Nankai Economic Studies*, 2018(4): 3-20 (in Chinese)

[11] 王成金, 程佳佳. 中国高速公路网的可达性格局及演化[J]. 地理科学, 2016, 36(6): 803-812
Wang C J, Cheng J J. Spatial pattern of expressway network

- accessibility and evolution in China[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 36(6): 803-812 (in Chinese)
- [12] 张秀花, 路明. 跨区作业经济效益影响因素剖析[J]. 农机化研究, 2005(6): 100-103
Zhang X H, Lu M. Analysis of the economic benefit on harvesting wheat across different counties area[J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 2005(6): 100-103 (in Chinese)
- [13] 董欢. 农机服务体系: 模式比较与政策优化: 基于农业经营主体分化视角的考察[J]. 农村经济, 2018(7): 85-90
Dong H. Agricultural machinery service system: Model comparison and policy optimization: An investigation from the perspectives of agricultural business' differentiation[J]. *Rural Economy*, 2018(7): 85-90 (in Chinese)
- [14] 杨进, 向春华, 张晓波. 中国农业的劳动分工: 基于生产服务外包的视角[J]. 华中科技大学学报: 社会科学版, 2019, 33(2): 45-55
Yang J, Xiang C H, Zhang X B. The division of labor in Chinese agriculture: Based on production service outsourcing perspective[J]. *Journal of Huazhong University of Science and Technology: Social Science Edition*, 2019, 33(2): 45-55 (in Chinese)
- [15] 中国机械工业年鉴编辑委员会, 中国农业机械工业协会. 《中国农业机械工业年鉴》(2003—2019)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003—2019
Editorial Committee of China Machinery Industry Yearbook, China Agricultural Machinery Industry Association. *China Agricultural Machinery Industry Yearbook (2003—2019)* [M]. Beijing: China Machine Press, 2003—2019 (in Chinese)
- [16] 中国交通年鉴编辑部. 《中国交通年鉴》(2003—2019)[M] 北京: 中国交通出版社, 2003—2019
Editorial Department of China Communications Yearbook. *Yearbook of China Transportation & Communications (2003—2019)* [M]. Beijing: China Communications Press, 2003—2019 (in Chinese)
- [17] Calderon C. Infrastructure and growth in Africa[J]. *Policy Research Working Paper, World Bank*, 2009: 4914
- [18] Escobar D J, Ponce C. The benefits of rural road: enhancing income opportunities for the rural poor[J]. *GRADE Working Paper*, 2002: 40
- [19] Fan S, Hazell P. Returns to public investments in the less favored areas of India and China[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 2001, 83(5): 1217-1222
- [20] Jacoby H G., Minten B. On measuring the benefits of lower transport costs[J]. *Journal of Development Economics*, 2009, 89(1): 28-38
- [21] Yu Q, Zhang X B. The road to specialization in agricultural production: evidence from rural China[J]. *World Development*, 2016, 77(1): 1-16
- [22] Shilpa A. Do rural roads create pathways out of poverty: Evidence from India[J]. *Journal of Development Economics*, 2018, 133(1): 375-395
- [23] 罗仁福, 张林秀, 王晓兵, 乔方彬, Sean S. 高速公路变迁对农村劳动力非农就业的影响研究[J]. 经济经纬, 2013(4): 44-48
Luo R F, Zhang L X, Wang X B, Qiao F B, Sean S. Highway and off-farm participation in rural China[J]. *Economic Survey*, 2013(4): 44-48 (in Chinese)
- [24] 伍磊. 高速公路与社会变迁: 基于湘西苗族村落的田野调查[J]. 贵州民族研究, 2020, 41(7): 42-48
Wu L. Freeway and social changes: Based on a field study of Penghu Miao village in west Hunan [J]. *Guizhou Ethnic Studies*, 2020, 41(7): 42-48 (in Chinese)
- [25] 刘芳, 刘颖, 高奇正, 宋宝辉. 交通基础设施、农业机械化与我国水稻生产[J]. 农业现代化研究, 2020, 41(4): 578-586
Liu F, Liu Y, Gao Q Z, Song B H. Transportation infrastructure, agricultural mechanization, and rice production in China[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2020, 41(4): 578-586
- [26] 唐一峰, 卢新海, 张旭鹏. 公路基础设施建设对耕地利用转型的影响及门槛效应研究[J]. 中国土地科学, 2021, 35(1): 59-68
Tang Y F, Lu X H, Zhang X P. Study on the impacts and threshold effects of road infrastructure construction on cultivated land use transition[J]. *China Land Science*, 2021, 35(1): 59-68 (in Chinese)
- [27] 董晓霞, 黄季焜, Scott R, 王红林. 地理区位、交通基础设施与种植业结构调整研究[J]. 管理世界, 2006(9): 59-63
Dong X X, Huang J K, Scott R, Wang H L. Study on geographical location, transportation infrastructure and planting structure adjustment[J]. *Management World*, 2006(9): 59-63 (in Chinese)
- [28] 罗斯炫, 何可, 张俊飏. 修路能否促进农业增长: 基于农机跨区作业视角的分析[J]. 中国农村经济, 2018(6): 67-83
Luo S X, He K, Zhang J B. Can road construction promote agricultural growth: An analysis based on the perspective of cross-regional operation of agricultural machinery[J]. *Chinese Rural Economics*, 2018(6): 67-83 (in Chinese)
- [29] Pingali P. Agricultural mechanization: Adoption patterns and economic impact [M]. In: *Agricultural and Development Economics Division, Food and Agriculture Organization. Handbook of Agricultural Economics*. Rome: Food and Agriculture Organization, 2007, 3: 2779-2805
- [30] 杨进, 郭松, 张晓波. 农机跨区作业发展: 以江苏沛县为例[J]. 中国农机化学报, 2013, 34(2): 14-19
Yang J, Guo S, Zhang X B. The development of trans-regional work of agricultural machinery in China: From the perspective of Jiangsu PeiXian [J]. *Journal of Chinese Agricultural Mechanization*, 2013, 34(2): 14-19 (in Chinese)
- [31] 陈品, 孙顶强, 钟甫宁. 劳动力短缺背景下农时延误、产量损失与外包服务利用影响[J]. 现代经济探讨, 2018(8): 112-118
Chen P, Sun X Q, Zhong F N. Impact of agricultural time

- delay, yield loss and outsourcing service utilization under the background of labor shortage[J]. *Modern Economic Research*, 2018(8): 112-118 (in Chinese)
- [32] 仇童伟, 罗必良. 市场容量、交易密度与农业服务规模决定[J]. *南方经济*, 2018(5): 32-47
- Qiu T W, Luo B L. Market capacity, transaction density and the decision of agricultural service scale [J]. *South China Journal of Economics*, 2018(5): 32-47 (in Chinese)
- [33] 刘魏, 张应良, 王燕. 农地经营规模扩大刺激了农户跨区作业需求吗:以水稻劳动密集型环节为例[J]. *贵州大学学报:社会科学版*, 2020, 38(1): 49-61
- Liu W, Zhang Y L, Wang Y. Does the expansion of the scale of farmland business stimulate the demand for cross-regional operations of farmers: A case study of rice labor-intensive segment[J]. *Journal of Guizhou University: Social Sciences*, 2020, 38(1): 49-61 (in Chinese)
- [34] Wan G H. Accounting for income inequality in rural China: A regression-based approach [J]. *Economic Research Journal*, 2004, 32(2): 348-363
- [35] 周晶, 陈玉萍, 阮冬燕. 地形条件对农业机械化发展区域不平衡的影响:基于湖北省县级面板数据的实证分析[J]. *中国农村经济*, 2013(9): 63-77
- Zhou J, Chen Y P, Ruan D Y. The influences of landform condition on unbalanced development of agricultural mechanization between different regions: An empirical analysis based on county-level data of Hubei Province [J]. *Chinese Rural Economy*, 2013(9): 63-77 (in Chinese)

责任编辑: 王岩