

DOI: 10.13733/j.jcam.issn.2095-5553.2024.11.049

夏童, 余国新. 农业社会化服务对农业面源污染的影响研究——基于塔里木河流域棉农微观调查数据的实证分析[J]. 中国农机化学报, 2024, 45(11): 325-333, 352

Xia Tong, Yu Guoxin. Study on the impact of agricultural socialized services on agricultural non-point source pollution: Empirical analysis based on the micro-survey data of cotton farmers in the Tarim River Basin [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2024, 45(11): 325-333, 352

农业社会化服务对农业面源污染的影响研究*

——基于塔里木河流域棉农微观调查数据的实证分析

夏童, 余国新

(新疆农业大学经济管理学院, 乌鲁木齐市, 830052)

摘要:在经济社会发展全面绿色转型背景下,探究农业社会化服务对农业面源污染的影响,旨在实现减污降碳的同时,为完善农业社会化服务体系提供有力支撑。基于新疆塔里木河流域5地州7县360名棉农的调查数据,通过普通最小二乘法和倾向得分匹配法分析农业社会化服务对农业面源污染的影响,进一步运用逆概率加权法对农业社会化服务采纳程度与农业面源污染排放量的关系进行实证检验。实证结果表明:不同农业社会化服务类型对农业面源污染的影响存在差异。其中,农业技术服务和农业机械服务对农业面源污染具有显著抑制作用,分别降低农户每公顷农资投入费用约1 070元和1 170元,而农业保险服务对农业面源污染存在显著正向影响。控制变量中,务农年限、家庭非农劳动力比例、种植规模对农业面源污染具有显著正向影响,而土壤肥力具有负向影响。农业社会化服务采纳程度越高,农业面源污染排放程度越低,且农业机械服务与农业技术服务的协同作用能够进一步降低农业面源污染,相较于仅采纳机械服务或技术服务,同时购买两项服务的农户农资投入费用分别减少约640元和800元。据此,提出积极推进各方主体参与环境污染综合治理,完善环境污染防控协作共治机制;加强农业科技投入,研发农业面源污染防控先进技术;把握农户差异化诉求,提供针对性农业社会化服务的对策建议。

关键词:塔里木河流域;农业社会化服务;农业面源污染;线性多元回归法;倾向值得分匹配法

中图分类号:F30 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-5553(2024)11-0325-10

Study on the impact of agricultural socialized services on agricultural non-point source pollution: Empirical analysis based on the micro-survey data of cotton farmers in the Tarim River Basin

Xia Tong, Yu Guoxin

(College of Economics and Management, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, 830052, China)

Abstract: In the context of green transformation of economic and social development in general, the impact of agricultural socialized services on agricultural non-point source pollution is explored, aiming to achieve pollution reduction and carbon reduction while providing strong support for improving the agricultural socialized service system. Based on the survey data of 360 cotton farmers in 5 prefectures and 7 counties in the Tarim River Basin of Xinjiang, the paper examines the effect of socialized agricultural services on agricultural non-point source pollution through ordinary least squares and propensity score matching methods, and further applies to the inverse probability weighting method to conduct an empirical test on the relationship between the degree of agricultural socialized services and the amount of agricultural non-point source pollution emissions. Empirical results show that different types of agricultural socialized services have different impacts on agricultural non-point source pollution. Among them, agricultural technical services and machinery services have a

收稿日期:2023年3月29日 修回日期:2023年5月6日

* 基金项目:国家自然科学基金(72163032)

第一作者:夏童,女,1996年生,江苏沐阳人,硕士研究生;研究方向为区域经济。E-mail: 1743734311@qq.com

通讯作者:余国新,男,1965年生,河南南阳人,博士,教授,博导;研究方向为农业经济理论与政策。E-mail: ygx@xjau.edu.cn

significant inhibitory effect on agricultural non-point source pollution, which reduce the cost of agricultural inputs by about 1 070 yuan and 1 170 yuan per hectare for farmers, respectively, while insurance services exist a positive effect. Among the control variables, the farming years of farmers, the proportion of non-agricultural labor in households and the scale of cotton planting have a significant positive effect on agricultural non-point source pollution, while soil fertility has a negative effect. The higher the degree of adoption of agricultural socialized services, the lower the degree of agricultural non-point source pollution emissions, and the synergy of agricultural machinery services and agricultural technology services can further reduce agricultural non-point source pollution, compared with the adoption of machinery services or technical services only, the cost of agricultural inputs for farmers who purchase the two services is reduced by about 640 yuan and 800 yuan, respectively. Accordingly, it is proposed to actively promote the participation of all parties in the comprehensive management of environmental pollution and improve the collaboration and co-management mechanism of environmental pollution prevention and control, strengthen agricultural science and technology investment, and develop advanced technologies for prevention and control of agricultural non-point source pollution, grasp the farmers' demand for differentiation, and provide countermeasures and suggestions for targeted agricultural socialized services.

Keywords: Tarim River Basin; agricultural socialized services; agricultural non-point source pollution; OLS estimation method; propensity score matching method

0 引言

自党的十八大至今,中央政府高度重视农业农村生态环境保护工作,持续加快环境污染整治能力,扎实开展农业农村污染综合治理攻坚战,将农业面源污染治理视为绿色发展的重要突破口,为实现农业农村经济高质量发展赋能。十九大报告强调:“强化土壤污染控制和整治,加强农业面源污染防治”。2022年发布的中央一号文件及“十四五”规划,进一步推动农业生产投入减量化和科学使用农膜。此后,2023年发布的中央一号文件强调,加强农用地重金属污染源头防治。可见,政府部门应持续加大环境污染治理力度,推进农业经济绿色发展。但需要注意的是,当前我国面临农业面源污染物排放仍处高位、农业面源防治法规标准体系不完善以及农药化肥减量增效难度较大等问题,与人民群众对农村生态环境的美好期盼还有较大差距^[1]。鉴于此,遏制农业面源污染已成为亟待解决的核心问题。

棉花产业是我国重要经济产业,更是新疆地区不可替代的支柱性产业。而塔里木河流域(以下简称塔河流域)作为新疆主要棉区之一,在稳定边防和促进经济发展方面具有重要战略地位^[2]。自2001年国家投入大量资金支持流域综合治理以来,塔河流域生态问题得到缓解。然而,农用化学品使用不当导致塔河流域水土污染严重。在水土污染严重的重压力之下,明晰农业社会化服务是农户对接现代农业的重要内容,有利于缓解农业面源污染和推进中国特色农业现代化进程^[3]。深入来看,农业社会化服务组织拥有资本、技术和管理等现代生产要素,可介入农户农业生产不同环节,化解农户劳动力短缺、资本和技术不足等难题,对农业面源污染具有潜在比较优势^[4]。因此,深入探究农业社会化服务对

农业面源污染的影响作用,为科学考察塔河流域生态保护和农业绿色发展提供一定理论参考。

现阶段,国内外关于农业社会化服务研究已形成一定规模,主要从以下几方面展开:一是农业社会化服务的发展现状。李荣耀^[5]研究发现,农户对农业社会化服务的需求日益增长,包括种苗供应、农产品营销等。张研等^[6]考察发现,当前黑龙江省农业社会化服务体系发展存在农户主观观念制约、服务主体经营质量不高以及制度保障措施不健全等现实问题,并提出针对性解决措施。穆娜娜等^[7]认为“十四五”时期中国农业社会化服务体系将更加注重供给优质的公共服务,主要体现在服务的内容、主体、对象以及形式方面。二是农业社会化服务的影响效应。部分学者考察发现农业社会化服务能够推进化肥减量^[8]、提升农业生产效率^[9]、促进土地规模经营行为^[10]以及抑制耕地撂荒行为^[11-14]。还有学者研究发现,农业社会化服务能够通过降低农用化学品施用量以缓解农户兼业对农业面源污染的不利影响^[15]。此外,部分学者认为农业社会化服务中保险服务存在的信息不对称、交易成本偏高等问题,导致农业社会化服务对农业绿色生产影响较小^[16]。

当前,学界关于农业面源污染的研究主要从以下两方面展开。在发展现状方面,有研究认为我国农业面源污染排放空间差异明显,部分学者认为污染增长主要集中在西北地区^[17],也有学者发现在农业发达地区污染程度更高^[18]。在影响因素方面,农户个体自然特征^[19]、人力资本^[20]、耕地利用规模^[21]、农业基础设施^[22]、非农收入占比^[23]及农业生产条件^[24]等内部因素对农业面源污染存在影响,农业经济水平^[25]、农业产业集聚^[26]、政策环境^[27]等外部环境因素同样会在一定程度上影响农业面源污染。

综合而言,已有文献为本文奠定坚实理论基础,但样本主要集中于全国层面,鲜有针对西部欠发达地区展开实证检验。基于此,以塔河流域棉花种植户的调查数据为基础,通过构建 OLS 和 PSM 模型,分析农户购买不同农业社会化服务对农业面源污染的影响。进一步通过构建 IPWRA 模型,分析农业社会化服务采纳程度差异对农业面源污染排放量的影响,以期为塔河流域农业环境问题的改善和促进绿色经济可持续发展提供有益参考。

1 理论基础与研究假说

1.1 理论基础

农业社会化服务主要涵盖产前服务、产中服务和产后服务,其中机械服务、技术服务、保险服务三项“服务流”属于农业生产“中间投入”,一定程度上可以提高农户社会资本存量。可以说,农业社会化服务以专业化、规模化以及标准化属性渗透到具体农业生产经营活动中。在专业化层面,农业社会化服务机构具备的技术人员和仪器设备的专业化属性,可帮助农户提升化学品用量判断力,提高生产效率、服务实际运用效果和技术应用程度。在规模化层面,农业社会化服务具备的规模化属性使其在要素市场中具备较强竞价优势,有效降低农户生产要素购买成本、信息搜寻成本以及决策成本,实现规模化经营。在标准化层面,农业社会化服务组织的标准化属性有助于改善农户惯性生产行为,通过正确的引导和培养农户的环保意识,规范农业生产行为^[28]。

从农业社会化服务与农业面源污染二者关系来看(图 1),农业社会化服务通过改变农户资源禀赋,优化要素投入合理配置,促进化学品精准化施用,影响农业面源污染。结合当前学术界研究发现,农业社会化服务对农业面源污染具有正向和负向影响。农业社会化服务以全新组织形式参与到农业生产过程中,一定程度上破解了传统生产方式的束缚,提高农户的生产能力和生产效率,减低农业面源污染^[29]。具体而言,伴随着农业社会化服务分工水平的逐步加深,农业产业链各环节专业化程度得以提升。在此情形下,农业服务经营主体能够通过专业化分工协作为各类农户群体提供针对性服务,大幅提升农业经营效率,形成专业化分工优势,不断优化要素投入结构、提升资源配置效率,降低农业面源污染。但也有部分研究持相反观点,认为农业社会化服务会加大农业面源污染。由理性小农学派的农户行为理论可知^[30],作为农业社会化服务的重要主体,农户是理性经济人,会选择收益高、成本小的农业生产方式,更愿意依据个人经验维持化学品高用量以谋求产量最大化,这会造成农业环境污染。

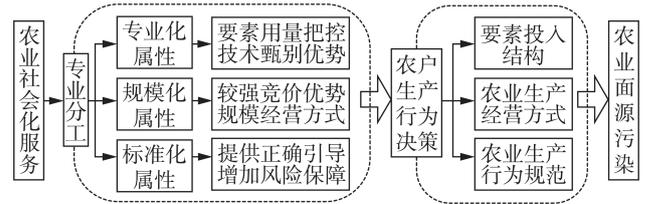


图 1 农业社会化服务对农业面源污染影响机制

Fig. 1 Impact mechanism of agricultural socialization services on agricultural non-point source pollution

1.2 研究假说

1.2.1 农业技术服务对面源污染的影响

当前,农业生产过程中缺乏相关信息和技术支持,导致农户需要花费更多精力投入至挑选适用的农业技术和关注技术采纳效果上,不利于农业生产效率提升^[31]。而农业技术服务可在一定程度上缓解农业生产技术约束,减低农业面源污染。详细而言,农业技术服务的嵌入带来技术引导及监督,可在极大程度上降低农户技术复杂度感知^[32]、技术采纳风险和使用成本,提升农户低碳农业认知,实现农用化学品投入的精准把握,降低农业面源污染。由此,提出假说 H1:农业技术服务可以通过提高农户技术认知水平,降低农业面源污染。

1.2.2 农业机械服务对面源污染的影响

农业机械服务缓解了农业生产劳动力约束。目前,由于农业生产过程中存在人工难以满足生产需求、劳动力投入供给弹性较高等问题,农户作为理性人,倾向于借助市场机制,通过增加廉价农用化学品施用量替代昂贵稀缺的劳动力要素,以保障收入稳定^[33]。同时,受到地形、不规范操作等因素限制,农户在农业生产过程中存在化学品损耗和重复施用问题^[34]。而农业机械服务通过科学指导及精准化作业工具,在保证农业产量收益基础上可提高农用化学品利用率,实现规模化经营,大幅降低农业面源污染。另外,农业机械服务与农业技术服务融合形成相辅相成、共生互补的发展形式,能够较大幅度地释放农业社会化服务潜力^[35],进一步提高农用化学品的利用率,降低农业面源污染。基于上述分析,提出假说 H2:农业机械服务可以通过强化劳动力替代效应,降低农业面源污染;假说 H3:农业机械服务与农业技术服务的协同作用,可进一步降低农业面源污染。

1.2.3 农业保险服务对面源污染的影响

农业保险服务缓解了农业生产风险约束。根据计划行为理论,农业保险服务可以有效分散农户主体风险,稳定生产预期。一方面,农业保险服务可有效降低农业生产不确定性,提高生产风险保障,缓解可能存在的化学要素投入过量问题^[36]。另一方面,政策支持可能诱发农户跟随补贴的机会主义行为^[37],改变传统经营模式,打破原有生产平衡,加大农业面源污染。同

时,由于低碳农业生产理念尚未普及、低碳生产意识薄弱,农户通常通过进一步增加农资施用量的方式以保障产量,导致土壤污染问题日趋严重^[38, 39]。因此,本文认为农业保险服务对农业面源污染的影响存在不确定性,需进一步实证检验。基于此,提出假说H4:农业保险服务对农业面源污染的影响尚不明确。

2 数据来源与变量选取

2.1 数据来源

数据主要来源于2020年人力资源发展与农业企业数据中心联合新疆农业大学组织的暑期调研数据,选取其中塔河流域5地州中7个县的360个微观调研数据作为研究样本。

2.2 变量选取

1) 核心解释变量:农业社会化服务。利用农业技术服务、农业保险服务以及农业机械服务三项农业社会化服务是否被采纳来衡量。

2) 被解释变量:农业面源污染。利用棉花生产过程中农户对化肥、农药、农膜三项农用化学品每公顷投入的总费用衡量农业面源污染程度^[15]。

3) 控制变量:参照已有研究^[21-25],选取农户个体特征和家庭经营特征两个层面内容作为控制变量。其中农户个体特征包括性别、年龄、受教育程度、政治身份、务农年限、健康状况;家庭经营特征包括非农劳动力比例、家庭年收入、是否加入合作社、棉花种植规模、土壤肥力。具体相关变量定义与赋值见表1。

表1 变量定义与赋值

Tab. 1 Definition and assignment of variables

类别	变量	变量定义	平均值	标准差
农业面源污染	农资投入费用	每公顷棉花化肥、农药、农膜投入费用/万元	0.580	0.200
农业社会化服务	农业技术服务	棉花种植过程中是否购买农业技术服务;是=1,否=0	0.683	0.466
	农业保险服务	棉花种植过程中是否购买农业保险服务;是=1,否=0	0.522	0.500
	农业机械服务	棉花种植过程中是否购买农业机械服务;是=1,否=0	0.786	0.411
农户个体特征	性别	农业经营决策者的性别;男=1,女=0	0.806	0.396
	年龄	农业经营决策者的年龄/岁	48.233	9.199
	受教育程度	文盲=1;小学=2;初中=3;高中=4;大学及以上=5	2.831	0.677
	政治身份	农业经营决策者是否为党员或村干部;是=1,否=0	0.228	0.420
	务农年限	5年及以下=1;6~10年=2;11~15年=3;16~20年=4;21~25年=5;25年以上=6	4.839	1.429
	健康状况	很好=1;较好=2;一般=3;较差=4;很差=5	3.289	0.874
家庭经营特征	非农劳动力比例	常年在外务工人员与家庭总人数的比值/%	0.440	0.207
	家庭年收入	农业收入与非农收入之和/万元	10.065	16.685
	是否加入合作社	农户是否加入合作社;是=1,否=0	0.200	0.401
	种植规模	棉花种植面积/hm ²	7.224	14.240
	土壤肥力	种植棉花的土地质量;低=1,中=2,高=3	2.061	0.497

3 研究方法

3.1 线性多元回归法

被解释变量农业面源污染属于连续变量,因此采用最小二乘法(OLS)估计购买三种农业社会化服务分别对棉农农业生产要素投入费用的影响,从而验证农业社会化服务对农业面源污染的影响效应。计量模型如式(1)所示。

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 S_i + \beta_2 X_i + \epsilon_i \quad (1)$$

式中: Y_i ——被解释变量,表示第*i*个农户农业面源污染情况;

S_i ——核心解释变量,表示第*i*个农户的农业社会化服务采纳情况;

X_i ——控制变量,包括个体特征、家庭经营

特征;

β_0 ——常数项;

β_1, β_2 ——系数;

ϵ_i ——随机扰动项。

为避免由截面数据引发的异方差问题,影响回归系数的有效性,本文利用异方差稳健标准误法,对结果进行修正。

3.2 倾向值得分匹配法

由于个体间存在异质性,农资投入费用差异既受农户是否购买农业社会化服务影响,还受其他因素影响,极易导致内生性问题。OLS模型无法解决内生性问题,可能导致估计结果有偏。为控制可能存在的反向因果关系,本文借助Rosenbaum等^[40]提出的倾向值匹配法(PSM)进行估计,以此作稳健性检验对比OLS

模型结果。使用 Probit 模型估计在既定条件下农户采纳农业社会化服务的条件概率,用 $P(X)$ 表示,以此作为样本匹配依据;最后,通过对倾向值所在共同区域内的个体进行匹配,得到农业社会化服务对农户农资投入费用的平均影响,具体如式(2)所示。

$$P(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{\beta X^2}{2}\right] dX \quad (2)$$

$$\begin{aligned} ATT &= E[Y_1 - Y_0 | D = 1] \\ &= E\{E[Y_1 - Y_0 | D = 1, P(X)]\} \\ &= E\{E[Y_1 | D = 1, P(X)] - \\ &\quad E[Y_0 | D = 0, P(X)] | D = 1\} \quad (3) \end{aligned}$$

式中: D ——二分变量, $D=1$ 表示采纳农业社会化服务, $D=0$ 表示未采纳;

Y_1 ——采纳农业社会化服务农户农资投入费用水平;

Y_0 ——未采纳农业社会化服务农户农资投入费用水平;

ATT ——农业社会化服务对农户农资投入费用水平的平均处理效应。

3.3 IPWRA 模型

为检验农业社会化服务采纳程度与农业面源污染间的内在联系,研究采用 IPWRA 模型展开实证分析。IPWRA 模型结合了逆加权估计方法(IPW)和回归调整方法(RA)的优势,同时设置了干预和结果模型,检验结果具有双重稳健性^[41]。当农户同时购买两项显著影响农资投入费用的农业社会化服务,设置 3 个处理水平, $s=0$ 表示农户未购买任何服务, $s=1$ 表示农户仅购买一项服务, $s=2$ 表示农户仅购买另一项服务, $s=3$ 表示农户同时购买两项服务。主要步骤如下:首先,采用多项 logit 模型估计处理组与控制组的倾向得分,如式(4)所示。其次,使用加权最小二乘法进行回归,预测各处理水平 s 下所有农户的潜在结果,如式(5)所示。最后,采用整体处理样本预测值的平均差以估计平均处理效应(ATT),如式(6)所示。

$$P(D=s) = \alpha(X_{Y_s}) \quad \forall s=0,1,2,3 \quad (4)$$

$$Y_i(s) = X\beta + \epsilon \quad \forall s=0,1,2,3 \quad (5)$$

$$A_{sim} = E[Y_s - Y_{ms} = s] \quad \forall m \neq s, s \in S = [0,1,2,3] \quad (6)$$

式中: A_{sim} ——估计购买农业社会化服务 s 相对于农业社会化服务 m 的预期平均效果。

4 结果与分析

4.1 基准回归分析

使用 stata17 软件,利用 OLS 回归模型考察农业社

会化服务对农业面源污染的影响效应,对假说 H1、H2、H4 进行验证。回归前采用 VIF 法检测得出平均 VIF 为 1.47,表明变量间不存在明显多重共线性。

表 2 显示三项农业社会化服务对农业面源污染排放的影响。结果显示,模型 1 和模型 3 中农业技术服务、农业机械服务变量的估计系数均在 1% 的水平上显著为负,表明购买农业技术服务和农业机械服务能显著降低农户农资费用投入,即显著降低农业面源污染,与假说 H1、H2 相符。

表 2 基准回归结果

Tab. 2 Benchmark regression results

变量	模型 1 农业技术 服务	模型 2 农业保险 服务	模型 3 农业机械 服务
农业技术服务 (购买=1;未购买=0)	-0.085*** (-3.48)		
农业保险服务 (购买=1;未购买=0)		0.098*** (4.59)	
农业机械服务 (购买=1;未购买=0)			-0.119*** (-3.83)
性别	0.004 (0.16)	-0.010 (-0.39)	-0.016 (-0.60)
年龄	0.001 (0.22)	0.001 (0.35)	0.001 (0.25)
受教育程度	-0.026 (-1.57)	-0.048*** (-2.79)	-0.020 (-1.19)
政治身份	-0.039 (-1.56)	-0.071*** (-2.88)	-0.048** (-2.01)
务农年限	0.025** (2.34)	-0.018* (1.81)	0.025** (2.35)
健康状况	0.007 (0.59)	0.010 (0.90)	0.009 (0.82)
非农劳动力比例	0.131*** (2.82)	0.141*** (3.00)	0.129*** (2.66)
家庭年收入	-0.001 (-1.65)	-0.002** (-2.55)	-0.001 (-1.37)
是否加入合作社	0.022 (0.83)	0.030 (1.15)	0.025 (0.95)
种植规模	0.002** (2.57)	0.002** (2.27)	0.003*** (2.58)
土壤肥力	-0.048** (-2.28)	-0.045** (-2.07)	-0.052** (-2.48)
常数项	—	—	—
样本量	360	360	360
Prob>F	0.000 0	0.000 0	0.000 0
R-squared	0.149 0	0.164 8	0.167 9

注:括号内为稳健标准误下的 t 值; *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 水平下显著。下同。

模型 2 中,农业保险服务的估计系数为正,且通过 1% 的显著性检验,说明购买农业保险服务能够显著增加农户农资投入费用,即农业保险服务会进一步增

加农业面源污染,研究假说H4得以验证。可能的原因是农业保险服务的加入影响了农户传统经营模式,而低碳农业概念普及率较低,因此农户采用增加农资投入方式以保证产出,导致土壤污染严重。控制变量方面,务农年限、非农劳动力比例及种植规模均对农业面源污染具有正向促进作用。这说明农户务农年限越长,越依赖个人经验,更愿意采纳传统生产方式。从事非农业生产人数占比越高,种植规模越大,其农业生产精力投入则越有限,从而采用增加农资投入替代劳动力缺失以保障农业产出。土壤肥力对农业面源污染具有显著抑制作用,且通过5%的显著性检验,这说明土壤肥力越高,需要的农资投入越少,有利于减低农业面源污染。农户受教育水平及家庭年收入对农业面源污染的影响均呈现出抑制作用,但在模型1、模型3中不显

著,说明这两类控制变量对降低农户农资投入费用的影响相对较小。

4.2 纠正选择性偏误

进一步使用PSM方法估计农业社会化服务对农业面源污染的平均处理效应。三种匹配方法分别为最近邻匹配、半径匹配以及核匹配。为确保匹配结果的有效性,匹配后进行了共同支撑检验和平衡性检验。共同支撑检验结果显示大多数样本均处于共同取值范围内,匹配效果良好。平衡性检验结果与估计系数(ATT)如表3所示。匹配后 $LRchi^2$ 由46.34下降到1.65~28.76, p 值除农业机械服务中近邻匹配和半径匹配方法外均在10%以上;标准化偏差由22.1下降到2.7~11.3,且协变量标准化偏差均低于20。总的来说,样本满足倾向得分匹配整体平衡条件。

表3 PSM估计结果

Tab. 3 Estimation results of the PSM

匹配模型	农业技术服务			农业保险服务			农业机械服务		
	协变量平衡性检验		ATT	协变量平衡性检验		ATT	协变量平衡性检验		ATT
	$LRchi^2$ (p 值)	Mean bias	系数 (标准误)	$LRchi^2$ (p 值)	Mean bias	系数 (标准误)	$LRchi^2$ (p 值)	Mean bias	系数 (标准误)
匹配前	34.92 (0.000)	18	-0.095*** (0.022)	38.56 (0.000)	17	0.075*** (0.021)	46.34 (0.000)	22.1	-0.119*** (0.025)
近邻匹配	10.15 (0.427)	7.3	-0.111*** (0.033)	5.90 (0.75)	6.3	0.105*** (0.025)	28.76 (0.001)	11.3	-0.117** (0.050)
半径匹配	7.29 (0.697)	7.0	-0.116*** (0.032)	2.93 (0.967)	4.5	0.112*** (0.023)	23.94 (0.008)	11	-0.106** (0.049)
核匹配	1.65 (0.998)	2.7	-0.093*** (0.029)	3.16 (0.958)	4.8	0.112*** (0.023)	5.38 (0.864)	4.9	-0.128*** (0.040)
均值			-0.107			0.110			-0.117

由表3可知,农业技术服务和农业机械服务负向影响农资投入费用,而农业保险服务影响为正。除农业机械服务中的近邻匹配与半径匹配在5%的水平上显著外,其余匹配方法的估计结果均在1%的水平下通过检验,且三种匹配方法估计的平均处理效应较为接近,表明估计结果具有稳健性。结果显示,购买农业技术服务、农业机械服务会使农户农资投入费用分别降低1 070元和1 170元,农业保险服务则会使每公顷农资投入费用增加1 100元,进一步验证了假说H1、H2和H4。与前文中OLS估计的方向一致但结果上略有差异,主要原因在于OLS回归估计时忽略了选择偏误,即认为农户购买服务属于随机行为,导致估计结果存在偏差。

4.3 农户参与单个与多个社会化服务对农业面源污染影响对比分析

为检验研究假说H3,使用农业技术服务与农业机械服务进一步分析农业社会化服务对农业面源污染的影响。IPWRA模型估计结果如表4所示,AIPW与

IPW模型的估计结果一并显示。可以看出,三种方法的估计结果大致相同。

表4 基于IPWRA模型的平均处理效应

Tab. 4 Average treatment effects based on the IPWRA model

对比	IPWRA模型	AIPW模型	IPW模型	均值
1vs0	-0.162*** (-2.990)	-0.159*** (-2.84)	-0.167*** (-3.180)	-0.163
2vs0	-0.145** (-2.490)	-0.151** (-2.510)	-0.148*** (-2.630)	-0.148
3vs0	-0.223*** (-4.340)	-0.224*** (-4.260)	-0.237*** (-4.840)	-0.228
2vs1	0.017 (0.440)	0.006 (0.150)	0.018 (0.500)	0.014
3vs1	-0.060** (-2.500)	-0.064** (-2.510)	-0.069*** (-2.860)	-0.064
3vs2	-0.080** (-2.370)	-0.070* (-1.810)	-0.091*** (-2.700)	-0.080

注:表内均为ATE估计值;括号中为稳健标准误下的 z 值。

表4中“0”代表两项服务均未购买的农户,共有32户;“1”代表仅购买农业机械服务的农户,为82户;“2”代

表仅购买农业技术服务的农户,为 45 户;同时购买两项服务的农户用“3”表示,共有 201 户。结果显示,除 2vs1 未通过显著性检验外,其余对比均为显著。相较于未购买服务的农户,仅购买农业机械服务或农业技术服务的农户每公顷农资投入费用分别平均降低了 1 630 元和 1 480 元;同时购买两项服务的农户农资投入费平均降低了 2 280 元。仅购买一项服务的农户间对比未通过显著性检验。相较于仅购买农业机械服务或农业技术服务的农户,同时购买两项服务的农户每公顷农资投入费用分别平均降低了 640 元和 800 元。结果表明,同时购买农业机械服务和农业技术服务能够更大程度降低农业面源污染,这说明农业机械化服务与农业技术化服务存在一定的协同效应,对进一步降低农业面源污染排放量存在积极影响,假说 H3 得以验证。

此外,IPWRA 模型需要满足重叠假设,即大多数样本均有接受每种处理效应的可能。图 2 和图 3 展示了农业技术服务和农业机械服务的预测概率的估计密度。分析可知,密度分布没有大量集中于 0 或 1,且估计密度大部分重叠,故可以认为本研究遵守了重叠假设。

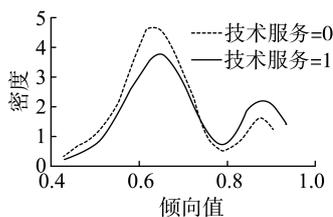


图 2 技术服务的重叠性检验

Fig. 2 Overlap test of technical services

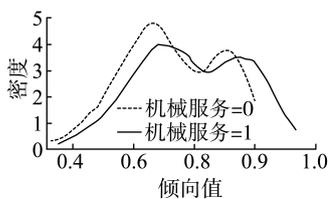


图 3 机械服务的重叠性检验

Fig. 3 Overlap test of mechanical services

4.4 稳健性检验

为进一步论证结果的可靠性,本文采用农户每公顷化肥施用量作为衡量农业面源污染排放强度的指标,通过回归分析来评估其稳健性,稳健性检验具体回归结果留存备案。替代后的 OLS 模型、PSM 模型以及 IPWRA 模型结果显示,各变量对农业面源污染的影响方向及显著性无明显变化,再次验证了结论稳健性。

5 结论与建议

5.1 结论

在阐述农业社会化服务对农业面源污染影响作用机理的基础上,采用来自新疆省塔里木河流域 360 份

有效问卷调查数据,运用 OLS 模型、PSM 模型以及 IPWRA 模型,分析农业社会化服务对农业面源污染的影响。

1) 基准回归分析和 PSM 方法估计结果显示,不同农业社会化服务类型对农业面源污染的影响存在异质性。其中 PSM 回归结果显示,农业技术服务和农业机械服务对农业面源污染具有抑制作用,能够分别使农户每公顷农资投资费用降低约 1 070 元和 1 170 元,而农业保险服务对农业面源污染存在正向影响,每公顷的农资投入费用增加约 1 100 元,三项服务对农业污染的影响均在 1% 的水平下显著。

2) 基准回归分析结果显示,控制变量中,务农年限、非农劳动力比例、种植规模对农业面源污染具有显著正向影响,而土壤肥力具有负向影响,且显著性均在 10% 及以上水平。

3) IPWRA 模型估计结果显示,相较于仅购买农业机械服务或技术服务,同时购买两项服务的农户农资投入费用分别减少约 640 元和 800 元,表明农业社会化服务采纳程度越高,农业面源污染排放程度则越低,农业机械服务与农业技术服务的协同作用能够进一步降低农业面源污染。

5.2 对策建议

为进一步强化农业社会化服务对塔河流域农业面源污染问题的缓解作用,保障塔河流域棉花产业可持续发展,基于上述理论分析和实证检验结果,提出如下对策建议。

1) 发挥各方主体作用,完善污染治理协同共治机制。为发挥政府导向效应,引导农业中间组织和农民三方履行主体责任,相关生产部门应引进专业技术管理体系,加强社会监督机制,促进政府责任向行业责任的转变,进一步提高面源污染治理有效性。同时,相关环保部门应该采取多种措施,包括生产税、环境税、当地政府补贴或者排污权交易等,加强各级责任主体的参与程度,构建政府部门、农业中间组织、农民等多方协同配合的共治共管体系,以期达到有效治理的目的。政府部门应加强对农业社会化服务的监督,规范服务活动,进一步提高作业标准化管理水平,以此强化农户对农业社会化服务的需求,降低农业面源污染。

2) 加强农业科技投入,研发农业面源污染防控先进技术。相关部门应进一步强化农业技术服务与农业机械服务的协同效应,提升要素投入利用率。政府部门应加大对农业社会化服务供给的支持力度,注重以社会化服务为抓手,做到功能互补,形成合力,进一步提高农业科技推广工作中小农户的效能。政府部门应当加强对服务质量的监督和考核,为促进农业绿色发

展创造有力的人才支持和制度保障。

3) 把握农户差异化诉求,提供针对性农业社会化服务。相关部门应针对不同农户的农业生产诉求,为其提供针对性强的农业社会化服务,提高农业生产效率,降低农业面源污染。具体而言,针对家庭非农劳动力比重高、棉花种植规模大的农户,可优先提供机械或保险服务,缓解劳动力紧张的同时分散生产风险,改善不当化学品投入行为。针对棉田土壤肥力较低的农户,提供技术服务,利用相关技术增加土壤肥力,形成良性循环,有效降低农业面源污染。

参 考 文 献

- [1] 陈欢,周宏. 加强农业面源污染防治与绿色兴农策略研究——病虫害防治实现农药减量的生态效应分析[J]. 价格理论与实践, 2022(9): 183-187, 208.
Chen Huan, Zhou Hong. Research on the relationship between ecological protection and high-quality coordinated development of economy: Analysis based on the data of urban agglomeration in central China [J]. Price: Theory & Practice, 2022(9): 183-187, 208.
- [2] 贾佳,陈建宁,康顺光. 塔里木河流域棉花种植气候资源适宜性主要影响因素分析[J]. 数学的实践与认识, 2016(22): 129-135.
Jia Jia, Chen Jianning, Kang Shunguang. Analysis of the main affecting factors of the climate resources and climate suitability for cotton cultivation in Tarim River Basin [J]. Mathematics in Practice and Theory, 2016(22): 129-135.
- [3] 程永生,张德元,汪侠. 农业社会化服务的绿色发展效应——基于农户视角[J]. 资源科学, 2022, 44(9): 1848-1864.
Cheng Yongsheng, Zhang Deyuan, Wang Xia. Green development effect of agricultural socialized services: An analysis based on farming households' perspective [J]. Resources Science, 2022, 44(9): 1848-1864.
- [4] 卢华,周应恒,张培文,等. 农业社会化服务对耕地撂荒的影响研究——基于中国家庭大数据库的经验证据[J]. 中国土地科学, 2022(9): 69-78.
Lu Hua, Zhou Yingheng, Zhang Peiwen, et al. Impact of socialized agricultural services on farmland abandonment: Empirical evidence based on Chinese family database [J]. China Land Science, 2022(9): 69-78.
- [5] 李荣耀. 农户对农业社会化服务的需求优先序研究——基于15省微观调查数据的分析[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2015(1): 86-94.
Li Rongyao. Agricultural social service demand priority from farmers: Based on micro survey data analysis of 15 provinces of China [J]. Journal of Northwest A & F

- University (Social Science Edition), 2015(1): 86-94.
- [6] 张研,黄峰华,王红蕾,等. 黑龙江省农业社会化服务体系发展问题及对策研究[J]. 农业经济, 2023(1): 17-19.
- [7] 穆娜娜,钟真. 中国农业社会化服务体系构建的政策演化与发展趋势[J]. 政治经济学评论, 2022(5): 87-112.
Mu Nana, Zhong Zhen. Policy evolution and development trend of the construction of agricultural socialized service system in China [J]. China Review of Political Economy, 2022(5): 87-112.
- [8] 谢琳,张禹欣,钟文晶. 农业社会化服务组织何以促进化肥减量——基于经营主体的匹配效应研究[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2022(2): 47-56.
Xie Lin, Zhang Yuxin, Zhong Wenjing. How does the development of agricultural social service organizations promote fertilizer reduction: Based on the matching effect with agricultural management entities [J]. Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition), 2022(2): 47-56.
- [9] 唐玉佩,陈涛,杨佳怡. 山东省农业社会化服务对农业生产效率的影响——基于DEA模型[J]. 山东农业科学, 2022(2): 159-164.
Tang Yupei, Chen Tao, Yang Jiayi. Effects of agricultural socialized services on agricultural production efficiency in Shandong Province: Based on DEA model [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2022(2): 159-164.
- [10] 刘洋,余国新. 农业社会化服务对土地规模经营的影响——基于棉花产业的实证研究[J]. 经济问题, 2022(1): 93-100.
Liu Yang, Yu Guoxin. The impact of agricultural socialization services on land scale management: An empirical study based on the cotton industry [J]. On Economic Problems, 2022(1): 93-100.
- [11] 曾福生,史芳. 农业社会化服务能抑制小农户的耕地撂荒行为吗? ——基于湘赣浙三地微观调查数据的实证分析[J]. 农村经济, 2022(2): 37-44.
- [12] 胡霞,周旭海,罗崇佳. 农户采纳农机社会化服务对耕地撂荒的抑制效应研究[J]. 宁夏社会科学, 2022(1): 111-122.
Hu Xia, Zhou Xuhai, Luo Chongjia. Research on the inhibiting effect of farmers' adoption of socialized agricultural machinery service on farmland abandonment [J]. Ningxia Social Sciences, 2022(1): 111-122.
- [13] Jones M, Kondylis F. Does feedback matter? Evidence from agricultural services [J]. Journal of Development Economics, 2018, 131: 28-41.
- [14] 黄斌,高强. 农地确权对农机社会化服务的影响——来自黄淮海农区的经验证据[J]. 资源科学, 2021, 43(6): 1115-1127.
Huang Bin, Gao Qiang. The impact of agricultural land

- rights confirmation on agricultural machinery service adoption: Evidence from the North China Plain [J]. *Resources Science*, 2021, 43(6): 1115—1127.
- [15] 夏秋, 李丹, 周宏. 农户兼业对农业面源污染的影响研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2018(12): 131—138.
Xia Qiu, Li Dan, Zhou Hong. Study on the influence of farmers' concurrent business behavior on agricultural non-point source pollution [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2018(12): 131—138.
- [16] Barnett V B. Efficiency of weather derivatives as primary crop insurance instruments [J]. *Journal of Agricultural & Resource Economics*, 2004(3): 387—103.
- [17] 丘雯文, 钟涨宝, 李兆亮, 等. 中国农业面源污染排放格局的时空特征[J]. *中国农业资源与区划*, 2019(1): 26—34.
Qiu Wenwen, Zhong Zhangbao, Li Zhaoliang, et al. Spatial-temporal variations of agricultural non-point source pollution in China [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2019(1): 26—34.
- [18] 虞慧怡, 扈豪, 曾贤刚. 我国农业面源污染的时空分异研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2015(9): 1—6.
Yu Huiyi, Hu Hao, Zeng Xiangang. Spatial-temporal variation of agricultural non-point source pollution in China [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2015(9): 1—6.
- [19] Waithaka M M, Thornton P K, Shepherd K D, et al. Factors affecting the use of fertilizers and manure by smallholders: The case of Vihiga, western Kenya [J]. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2007, 78(3): 211—224.
- [20] 栾健, 韩一军. 农村劳动力转移对化肥面源污染的影响研究——以冀鲁豫 3 省为例[J]. *中国农业资源与区划*, 2021(7): 183—191.
- [21] 马贤磊, 车序超, 李娜, 等. 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[J]. *中国土地科学*, 2019(6): 62—70.
Ma Xianlei, Che Xuchao, Li Na, et al. Has cultivated land transfer and scale operation improved the agricultural environment? An empirical test on impact of cultivated land use on agricultural environment efficiency [J]. *China Land Science*, 2019(6): 62—70.
- [22] 曾琳琳, 李晓云, 王砚. 作物多样性变化及其对农业产出的影响——基于期望产出和非期望产出的分析[J]. *长江流域资源与环境*, 2019(6): 1375—1385.
Zeng Linlin, Li Xiaoyun, Wang Yan. Impact of crop diversity on agricultural output: Based on the desirable and undesirable production [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019(6): 1375—1385.
- [23] 薛蕾, 廖祖君, 王理. 城镇化与农业面源污染改善——基于农民收入结构调节作用的空间异质性分析[J]. *农村经济*, 2019(7): 55—63.
- [24] 邓晴晴, 李二玲, 任世鑫. 农业集聚对农业面源污染的影响——基于中国地级市面板数据门槛效应分析[J]. *地理研究*, 2020(4): 970—989.
- [25] 林江彪, 王亚娟, 樊新刚. 宁夏农业面源污染的经济驱动特征研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2021, 35(3): 58—65.
Lin Jiangbiao, Wang Yajuan, Fan Xingang. Research on economic driving characteristics of agricultural non-point source pollution in Ningxia [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2021, 35(3): 58—65.
- [26] 徐承红, 薛蕾. 农业产业集聚与农业面源污染——基于空间异质性的视角[J]. *财经科学*, 2019(8): 82—96.
Xu Chenghong, Xue Lei. Agricultural industry agglomeration and agricultural non-point source pollution: A perspective based on spatial heterogeneity [J]. *Finance & Economics*, 2019(8): 82—96.
- [27] 陈儒, 姜志德. 农户低碳农业生产生态补偿标准研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2018(9): 63—70.
Chen Ru, Jiang Zhide. Study on ecological compensation standard for farmers' low carbon agricultural production [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2018(9): 63—70.
- [28] 张梦玲, 童婷, 陈昭玖. 农业社会化服务有助于提升农业绿色生产率吗?[J]. *南方经济*, 2023(1): 135—152.
Zhang Mengling, Tong Ting, Chen Zhaojiu. Can socialized service of agricultural production improve agricultural green productivity [J]. *South China Journal of Economics*, 2023(1): 135—152.
- [29] 赵航, 高强, 李丹. 农业社会化服务带动小农户增收的机制、障碍与路径——基于城乡经济循环的分析视角[J]. *南京工业大学学报(社会科学版)*, 2022, 21(6): 98—108, 110.
Zhao Hang, Gao Qiang, Li Dan. Mechanism, obstacle and path of agricultural socialized service driving small farmers' income increase: From perspective of urban-rural economic cycle [J]. *Journal of Nanjing Tech University (Social Science Edition)*, 2022, 21(6): 98—108, 110.
- [30] Chen Xiaoxuan, Liu Tongshan. Can agricultural socialized services promote the reduction in chemical fertilizer? Analysis based on the moderating effect of farm size [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2023, 20(3): 2323—2323.
- [31] 张恒, 郭翔宇. 农业生产性服务、农业技术进步与农民增收——基于中介效应与面板门槛模型的分析[J]. *农业现代化研究*, 2021, 42(4): 652—663.
- [32] 彭继权, 张利国. 农业技术进步会降低农户的相对贫困吗——基于节本增产和外出务工的视角[J]. *农业技术经济*, 2023(1): 95—111.

(下转第 352 页)

应测度、路径识别与协同放大[J]. 武汉大学学报(哲学社会科学版), 2019, 72(1): 121—134.

Bai Yongliang, Shi Lei. Spatial spillover of regional technological innovation in the Yangtze River Economic Belt: Effect calculation, path recognition and synergy enlargement [J]. Wuhan University Journal (Philosophy & Social Science), 2019, 72(1): 121—134.

[29] 张来武. 科技创新驱动经济发展方式转变[J]. 中国软科学, 2011(12): 1—5.

Zhang Laiwu. Scientific and technical innovation drives the transition of economic development mode [J]. China Soft Science, 2011(12): 1—5.

[30] 林立, 仵建涛, 陶璵. 关于农业机械化助力乡村振兴战略实施的思考[J]. 中国农机化学报, 2019, 40(2): 228—231.

Lin Li, Wu Jiantao, Tao Jin. Thinking on the implementation of agricultural mechanization promotes the rural revitalization strategy [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2019, 40(2): 228—231.

[31] 周一波, 唐啸风, 张俊, 等. 乡村振兴背景下南京都市特

色农业机械化发展对策[J]. 中国农机化学报, 2022, 43(11): 216—223, 230.

Zhou Yibo, Tang Xiaofeng, Zhang Jun, et al. Countermeasures of mechanization in the development of urban characteristic agriculture in Nanjing under the background of rural revitalization [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2022, 43(11): 216—223, 230.

[32] Phillips M. Baroque rurality in an English village [J]. Journal of Rural Studies, 2014, 33: 56—70.

[33] 吕承超, 崔悦. 乡村振兴发展: 指标评价体系、地区差距与空间极化[J]. 农业经济问题, 2021(5): 20—32.

[34] Hauser C, Siller M, Schatzer T, et al. Measuring regional innovation: A critical inspection of the ability of single indicators to shape technological change [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2018, 129: 43—55.

[35] 张廷, 王军川. 基于AHP的区域创新质量评价体系的构建[J]. 统计与决策, 2020, 36(18): 185—188.

[36] 余茂艳, 王元地. 科技创新与乡村振兴系统耦合协调发展及影响因素分析[J]. 统计与决策, 2021, 37(13): 84—88.

(上接第 333 页)

[33] 张晓晗, 马恒运. 农村劳动力弱质化对农业生产化肥利用效率的影响——基于机械化的调节效应分析[J]. 中国农机化学报, 2022, 43(8): 189—198.

Zhang Xiaohan, Ma Hengyun. Impact of rural labor forces weakness on fertilizer use efficiency: Perspective of machinery adjustment effect [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2022, 43(8): 189—198.

[34] 张露, 罗必良. 农业的减量化逻辑: 一个分析框架[J]. 农业经济问题, 2022(4): 15—26.

[35] 梅付春, 马开轩. 农业适度规模经营路径之争: 土地规模还是服务规模[J]. 经济经纬, 2022, 39(2): 46—56.

[36] 陈燕, 林乐芬. 政策性农业保险的福利效应——基于农民视角的分析[J]. 中国农村观察, 2023(1): 116—135.

[37] 魏建, 王慧敏, 严晓东. 农业保险高质量发展与农民风险防范——基于费率区划的视角[J]. 宏观质量研究, 2023, 11(1): 38—51.

[38] 秦国庆, 杜宝瑞, 贾小虎, 等. 政策性农业保险的化肥、农药、农膜减量效应分析[J]. 中国农业大学学报, 2023, 28(1): 237—251.

[39] 富丽莎, 秦涛, 汪三贵. 农业保险的要素配置效应及其作用机制——基于助力现代农业发展视角[J]. 资源科学, 2022, 44(10): 1980—1993.

[40] Rosenbaum P R, Rubin D B. The central role of the propensity score in observational studies for causal effect [J]. Biometrika, 1983(1): 41—55.

[41] 胡新艳, 许金海, 陈相泼, 等. 农地确权方式与农户投资激励效应——基于IPWRA模型的分析[J]. 地域研究与开发, 2021, 40(4): 152—157.

(上接第 341 页)

Pan Maomao, Zhao Yulin. Internet convergence, labor structure, and total factor productivity in manufacturing [J]. Studies in Science of Science, 2020, 38(12): 2171—2182, 2219.

[27] 马宽, 刘丽辉, 王雅欣, 等. 企业数字化转型对全要素生产率的影响研究[J]. 价值工程, 2022, 41(31): 166—168.

[28] 吕珊, 孙琼, 陈瑾宇. 数字化转型对制造业企业全要素生产率的影响[J]. 财会研究, 2022(6): 32—40.

[29] Che Y, Zhang L. Human capital, technology adoption and firm performance: Impacts of China's higher education expansion in the late 1990s [J]. The Economic Journal,

2018, 128(614): 2282—2320.

[30] 刘维刚, 倪红福. 制造业投入服务化与企业技术进步: 效应及作用机制[J]. 财贸经济, 2018, 39(8): 126—140.

[31] 任曙明, 吕镛. 融资约束、政府补贴与全要素生产率——来自中国装备制造企业的实证研究[J]. 管理世界, 2014(11): 10—23, 187.

[32] 鲁晓东, 连玉君. 中国工业企业全要素生产率估计: 1999—2007[J]. 经济学(季刊), 2012, 11(2): 541—558.

[33] 阳立高, 龚世豪, 王铂, 等. 人力资本、技术进步与制造业升级[J]. 中国软科学, 2018(1): 138—148.

[34] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析: 方法和模型发展[J]. 心理科学进展, 2014, 22(5): 731—745.