

乡村振兴战略下要素国际流动的环境效果

李晓春,伍云云

(南京大学商学院,江苏南京 210093)

[摘要]乡村振兴战略和环境保护是当前经济工作中的重点。伴随经济全球化和“一带一路”战略的不断深入,生产要素国际流动日趋频繁。乡村振兴是国家重要发展战略,其重要抓手是实现农业现代化。因此,在小农户与现代农业共存的经济背景下,分析要素国际流动的环境效果,并根据现代农业发展的不同特征,对乡村振兴战略实施初始阶段和全面实施阶段分别进行分析后发现:在战略实施初始阶段,劳动流入加剧污染,反之改善环境;在战略全面实施阶段,资本流入改善环境,反之恶化环境。

[关键词]乡村振兴战略;现代农业;要素国际流动;小农户;环境效果;农业污染

[中图分类号] F240 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1004-4833(2020)-01-0100-11

一、引言

党的十九大报告提出实施乡村振兴战略。乡村振兴战略的核心就是发展现代农业,农业现代化是乡村振兴战略的重要抓手,要实现乡村振兴,就一定要有现代农业的普及和强大。Li和Shen认为,现代农业是一种以市场导向为核心,引入现代生产设备和科学技术进行生产和管理,实现单位土地面积收益高于小农的新兴农业^[1]。要实现农业现代化仅凭劳动力的投入是不够的,还需要一定规模的资本投入,这是以家庭为经营单位的小农经济很难做到的,也是区别现代农业与小农户的重要标志。由于资本的积累有一个由少到多的过程,随着乡村振兴战略实施,现代农业也有一个从初始到普及的发展过程。与此同时,中国国情决定了小农户将长期存在。在我国乡村振兴过程中,小农和现代农业共存也将是长期的经济状态。

另外,在经济全球化的进程中,发展中国家特别是新兴经济体国家面临的要素国际流动问题十分突出。这是因为新兴经济体国家的经济活跃,是国际资本和劳动力等生产要素频繁进出之地。这些国家在经济快速增长的同时,越来越多的国家企业开始寻求海外市场,更多地对国外进行设厂或资本投资。根据我国商务部、国家统计局、国家外汇管理局联合发布的《2016年度中国对外直接投资统计公报》^[1],2016年我国对外直接投资流量创下1961.5亿美元的历史新高,随着“一带一路”战略的深入推进,我国要素的国际流动会进一步加快。在国际资本快速流动的同时,我们不能忽略另外一个生产要素——劳动力的国际流动,它的流动也是双向的:一些发达国家的技术劳动力为寻求工作并期望取得更高的收入,向发展中国家转移。在我国,根据《2016年度人力资源和社会保障事业发展统计公报》显示^[2],到2016年底,有23.5万外国人在中国获得就业许可证。另外,不少发展中国家的部分劳动力为了追求高收入、高生活水平,向海外流出的总量也很巨大。以我国的数据为例,根据《中国国际移民报告(2018)》统计^[3],2015年,世界各地有来自中国大陆的移民964.61万人,美国、加拿大、日本以及“一带一路”沿线国家等是我国移民主要目的国。

本文还关注环境。众所周知,发展中国家大多面临严重的环境问题,而发达国家已经越过库茨涅兹曲线的拐点,走上了环境保护与经济发展并举的道路,其中有一些国家把本国落后的高能耗、高污染的“夕阳产业”转移到发展中国家,而许多发展中国家为了自身经济快速发展、降低社会失业率,会减少或者放弃对部分产业的环境管制,以牺牲环境为代价发展经济。进入21世纪以后,在经济一体化和国际产业大转移的背景下,我国曾着力

[收稿日期] 2019-06-06

[基金项目] 教育部人文社会科学重点研究基地重大项目(17JJD630002);南京大学中国社会主义市场经济建设协同创新项目

[作者简介] 李晓春(1958—),男,江苏南京人,南京大学商学院教授,博士生导师,从事发展经济学、劳动力经济学研究, E-mail: xiaochun@nju.edu.cn;伍云云(1991—),女,江西南昌人,南京大学商学院博士研究生,从事劳动经济学研究。

^① 商务部、国家统计局和国家外汇管理局2017年发布的《2016年度中国对外直接投资统计公报》。

^② 人力资源和社会保障部2017年发布的《2016年度人力资源和社会保障事业发展统计公报》。

^③ 全球化智库(CCG)和西南财经大学2018年发布的《中国国际移民报告(2018)》。

扮演了“世界工厂”的角色,雾霾、酸雨等环境污染问题十分严重。虽然我国政府已经开始制定一系列政策措施以保护和治理环境,但是仍然无法完全避免经济快速增长带来的环境污染的影响。

当我们将乡村振兴战略、要素的国际流动和环境保护放在一起的时候,就会发现这三者都是当前我国经济工作中的重点。并且我们有理由相信三者之间存在着某种互动联系。众所周知,一个发展中经济体的环境状况与其经济规模有关,国际要素的流动会引起经济规模变化,从而导致环境发生变化;而这又与实施乡村振兴战略、发展现代农业息息相关,因为发展现代农业会影响农村地区要素的需求和供给,影响国际要素在城乡地区的分配,进而使得经济规模产生变化、从而引起环境改变。伴随经济全球化和“一带一路”战略的不断深入,一个问题自然地在我们面前形成:在乡村振兴战略的背景下,要素的国际流动又会对环境产生什么样的影响?为了经济建顺利发展,我们有必要厘清其中的作用机制。然而,既有的经济学研究成果中却很少将三者联系在一起。

理论研究对于乡村振兴战略的关联研究主要体现在对于现代农业发展的研究上。虽然当前许多发展中国家已将发展现代农业作为促进经济发展的重要方策,但国际理论经济学术界对现代农业的理论研究却并不多见。主要成果有:Chaudhuri^[2]在存在现代农业部门的情况下,主要讨论国际资本流入对于国家福利以及失业率的影响;Li和Shen考虑了政府对现代农业部门利息率和工资的补贴政策经济效果^[1];Nag和Banerjee则在农村二元经济下,考虑农业贸易自由化以及资本市场自由化对于非技术劳动力和技术劳动力工资差异的影响^[3],Li和Wu讨论了现代农业发展的环境效果^[4]。所有这些国际研究,都没有涉及要素的国际流动。我国学者对于现代农业的研究多始于20世纪90年代,关注点大多集中于对现代农业的效益评价,并以实证研究为主流。例如:张九汉中提出“要优化农业结构、建设高效农业”^[5];王英姿建议提升农业发展质量和人力资源素质以实现从小农向现代农业的转型^[6];王雅鹏等认为现代农业科技创新体系是实现我国农业现代化的重要战略支撑^[7]。国内对现代农业的研究有从引进外资于现代农业角度分析,但没有考虑劳动要素国际流动与资本流出问题^[8]。

作为国际经济学的传统课题,要素的国际转移向来就是学者们关注的重点。近几年,在一般均衡的理论模型下,有许多学者对要素国际流动进行讨论。例如,Kar和Guha-Khasnobis讨论了资本流入、技术劳动力流动对发展中国家部门生产、非技术劳动力和技术劳动力工资差异的影响^[9];Yabuuchi在城乡两部门经济结构下,讨论资本、非技术劳动力、技术劳动力的国际流动对发展中国家非技术劳动力失业率和福利的影响^[10];Beladi等同样是在城乡两部门经济结构下,讨论资本、非技术劳动力、技术劳动力的国际流动对发展中国家非技术劳动力和技术劳动力工资差异的影响^[11];Chaudhuri和Banerjee在二元经济结构下,区分城市非技术产品生产部门和城市技术产品生产部门,讨论国际资本流入对非技术劳动力的失业率、非技术劳动力和技术劳动力工资差异的影响^[12];Chaudhuri和Gupta的文章考虑经济中存在非正式部门,讨论要素国际流动对非正式资本利息率的影响^[13]。但是,在诸多研究国际要素流动的研究成果中却几乎都没有涉及现代农业。

国外理论经济学术界对于经济发展与环境保护的问题的研究已经较为深入,在一般均衡的理论分析模型之下讨论此类问题的文章也较多。如Daitoh讨论环境保护政策以及贸易自由化对发展中国家失业率和福利的影响^[14],又如Tawada和Sun讨论污染治理技术对于失业率和劳动力福利的影响^[15]。以上两篇着重于讨论环境保护政策、措施等对经济带来的影响。也有学者就不同经济因素对环境的影响进行了讨论,如Tsakiris等讨论国际资本流动以及税收政策对国家环境的影响^[16]。近年来上,我国在全球经济舞台发挥着越来越重要的作用,因而我国学者对国际贸易、经济一体化等课题给予了很大的关注,由此带来的环境研究成果也比较多。例如,包群等认为FDI的增长会使得国内环境污染恶化,不利于经济的可持续发展^[17];计志英等认为FDI与我国环境污染呈“倒U”型关系,即符合环境库兹涅茨曲线^[18];而盛斌和吕越等则认为FDI的增加有利于我国环境的改善^[19]。但是,与诸多研究资本国际流动对环境影响的的文章不同,劳动要素的国际转移对于环境的影响分析却较为少见。我国学术界分析劳动力转移对于环境的影响的文献如下:理论研究有李晓春研究了农村劳动力转移与工业污染的关联机制以及农村劳动力转移的环境经济效果^[20];实证研究有周密和徐爱燕在使用化肥等农业科技产品替代转出劳动力的前提下,研究了化肥平均吸收率的降低对水体造成的环境污染问题^[21]。

综上所述,我们不难看到,国内外理论经济学术界目前都缺少将乡村振兴、国际要素流动和环境保护三者结合在一起研究的成果。这不完全是经济学者们的忽略,造成这样状况的一个原因是,经济学的理论研究往往来自于经济运行中的实际问题,在既往的各国经济发展中还很少出现乡村振兴战略、要素的国际流动和环境同时发挥重要作用的场景,而我国出现这样的场景与我国的经济规模、发展模式有关(对此话题可以另外行文讨论)。

正是因为我国处在了经济发展新时代,缺少了这方面的研究与经济发展的政策需求不符。特别是正当我国积极推动乡村振兴战略、发展现代农业和积极建设生态文明、美丽中国之时,需要处理好要素国际流动所引致的环境问题,需要在理论研究方面找出新的市场机制为乡村振兴战略的顺利实施保驾护航,从而使得本文研究的积极意义得以彰显。

本文正是为了解决上述问题,将关注的焦点聚焦于实施乡村振兴战略中要素国际流动对于环境的影响。本文建立一个包含城乡二元经济与农村二元经济的三部门一般均衡模型,将生产要素作为外生变量,将乡村振兴战略中现代农业发展分为初始阶段和普及阶段,考察这两阶段的要素国际流动时对环境的影响。本文的主要结论为:在乡村振兴战略实施初始阶段,劳动力流入使得环境状况变差,劳动力流出使得环境状况变好;在乡村振兴战略全面实施阶段,资本流入使得环境状况变好,资本流出使得环境状况变差。

二、乡村振兴战略实施的初始阶段

在乡村振兴战略的初始阶段,城乡融合刚刚起步,现代农业多是先在交通便利或城市周边地区发展起来。这些地区受城市部门的影响大,本节建立分析模型时将考虑这个特点。

(一)建模

本文考虑一个小国开放经济。经济中有三个生产部门,城市部门、现代农业部门和小农部门。经济中存在三种生产要素,即劳动力 L 、资本 K 和土地 T 。城市部门 X_1 使用劳动力和资本生产进口竞争产品,现代农业部门 X_2 使用劳动力、资本和土地生产进口的产品^①,小农部门 X_3 使用劳动力和土地生产可供出口的产品。

城市部门的生产函数如下:

$$X_1 = F^1(L_1, K_1) \quad (1)$$

对于环境污染问题,本文假定污染物只产生于城市部门的生产中,且其在中排放的废气、废渣、废水等有害物质通过大气、河流等媒介使农业用水和土地受到污染,造成农业部门的生产效率下降。因此,本文假定 \bar{E} 为环境的最优水平, μ 为城市部门生产单位产品排放污染物的比率,也代表了城市部门生产的技术水平,技术水平越高,单位产品污染物排放比率越小,即 μ 值越小,用 e 来衡量经济中的环境状况,则可以表示为:

$$e = \frac{\bar{E} - \mu X_1}{\bar{E}} \quad (2)$$

其中, $0 \leq e \leq 1$,当 $e = 1$ 时,环境状况最佳,而 e 越小,表示环境状况越差。在考虑到环境污染的情况下,现代农业部门与小农部门的生产函数可表示如下:

$$X_2 = e^{\varepsilon_1} F^2(L_2, K_2, T_2) \quad (3)$$

$$X_3 = e^{\varepsilon_2} F^3(L_3, T_3) \quad (4)$$

其中, $0 < \varepsilon_1, \varepsilon_2 < 1$, ε_1 和 ε_2 为常数,生产函数 $F^j(j = 1, 2, 3)$ 对每个生产要素都是增函数,且满足一阶齐次性和严格拟凹性。

在完全竞争的市场条件下,有下式成立:

$$a_{L1}\bar{w} + a_{K1}r = p_1 \quad (5)$$

$$\frac{a_{L2}\bar{w}}{e^{\varepsilon_1}} + \frac{a_{K2}r}{e^{\varepsilon_1}} + \frac{a_{T2}\tau}{e^{\varepsilon_1}} = p_2 \quad (6)$$

$$\frac{a_{L3}w}{e^{\varepsilon_2}} + \frac{a_{T3}\tau}{e^{\varepsilon_2}} = p_3 \quad (7)$$

其中 $a_{ij}(i = L, K, T; j = 1, 2, 3)$ 表示的是在第 j 部门,不考虑环境污染时,生产一单位产品所需投入的第 i 种生产要素的量(如 $a_{L1} = L_1 / F^1$); w 表示城市部门和现代农业部门劳动力的工资; \bar{w} 表示小农部门劳动力的工资; r 表示城市部门和现代农业部门资本的利息率; τ 表示两个农业部门土地的地租; $p_j(j = 1, 2, 3)$ 表示三个部门产品的市场价格,这里本文假定所有部门的产品均可贸易,产品价格就是国际产品价格。

^①在乡村振兴战略实施的初始阶段、现代农业发展初期,国家多选择生产经济价值较高的农产品,如油料作物和水果等。对发展中国家而言这类商品供给不足,故设为可进口。

在本文考虑的模型中, 资本在城市部门与现代农业部门之间自由流动, 其利息率为完全弹性; 土地在两个农业部门之间自由流动, 因而地租也为完全弹性。另外, 注意到在乡村振兴战略的初始阶段, 现代农业往往先从交通便利或城市周边地区发展, 受城市部门的影响大, 所以城市部门和现代农业部门面对相同的劳动力市场^①, 它们的工资 \bar{w} 均为外生给定, 即此两部门劳动力工资存在向下刚性; 而在小农部门中, 劳动力的工资 w 为完全弹性。本文用 L_{U1} 表示城市部门以及现代农业部门存在的失业人数, 用 λ_1 表示这两个部门劳动力的失业率, 因而有 $\lambda_1 = L_{U1} / (L_1 + L_2)$ 。在劳动力市场处于转移均衡时, 小农部门劳动力的工资等于城市部门和现代农业部门劳动力的期望工资, 即刚性工资 \bar{w} 与在这两个部门找到工作的概率 $(L_1 + L_2) / (L_1 + L_2 + L_{U1})$ 的乘积, 因此劳动力的转移均衡式如下:

$$w = \frac{L_1 + L_2}{L_1 + L_2 + L_{U1}} \bar{w} \quad (8)$$

也即:

$$w(1 + \lambda_1) = \bar{w} \quad (8')$$

劳动力、资本和土地三个生产要素的市场出清条件可以表示如下:

$$a_{L1}X_1 + \frac{a_{L2}X_2}{e^{\varepsilon_1}} + \frac{a_{L3}X_3}{e^{\varepsilon_2}} + \lambda_1(a_{L1}X_1 + \frac{a_{L2}X_2}{e^{\varepsilon_1}}) = L \quad (9)$$

$$a_{K1}X_1 + \frac{a_{K2}X_2}{e^{\varepsilon_1}} = K \quad (10)$$

$$\frac{a_{T2}X_2}{e^{\varepsilon_1}} + \frac{a_{T3}X_3}{e^{\varepsilon_2}} = T \quad (11)$$

其中, L, K 和 T 分别为劳动力、资本和土地这三个生产要素的禀赋量, 为外生给定。

至此, 本文的基础理论模型构建完成, 由(2)、(5)、(6)、(7)、(8')、(9)、(10)、(11)这八个公式组成, 包含八个内生变量 $w, r, \tau, \lambda_1, e, X_1, X_2$ 和 X_3 。

(二) 要素的国际流动对环境的影响分析

对(2)、(5)、(6)、(7)、(8')、(9)、(10)、(11)式进行全微分, 得到:

$$\begin{pmatrix} 0 & \theta_{K1} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \theta_{K2} & \theta_{T2} & \frac{\mu X_1}{E} & 0 & 0 \\ \theta_{L3} & 0 & \theta_{T3} & \frac{\mu X_1}{E} & 0 & 0 \\ A_1 & B_1 & C_1 & D_1 & (1 + \lambda_1)\lambda_{L2} & \lambda_{L3} \\ 0 & B_2 & C_2 & e\lambda_{K1} & \lambda_{K2} & 0 \\ A_3 & B_3 & C_3 & 0 & \lambda_{T2} & \lambda_{T3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{w} \\ \hat{r} \\ \hat{\tau} \\ \hat{X}_1 \\ \hat{X}_2 \\ \hat{X}_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \hat{p}_1 \\ \hat{p}_2 \\ \hat{p}_3 \\ \hat{L} \\ \hat{K} \\ \hat{T} \end{pmatrix} \quad (12)$$

其中, “ $\hat{\cdot}$ ”表示变化率(如 $\hat{w} = dw/w$); θ_{ij} ($i = L, K, T; j = 1, 2, 3$)是在 j 部门中, 投入 i 要素的成本占产品价格的比重(如 $\theta_{K1} = ra_{K1}/p_1$); λ_{ij} ($i = L, K, T; j = 1, 2, 3$)是在 j 部门中, 投入 i 要素的量占 i 要素禀赋量的比重(如 $\lambda_{L1} = X_1 a_{L1} / L$); S_{ij}^h ($i, j = L, K, T; h = 1, 2, 3$)是在 h 部门中, i 要素和 j 要素的偏替代弹性(如 $S_{LK}^1 = \frac{\partial a_{L1}}{\partial r} \frac{r}{a_{L1}}$), 且存在 $S_{ij}^h > 0$ ($i \neq j$), $S_{ij}^h < 0$ ($i = j$); $A_1 = \lambda_{L3} S_{LL}^3 - (1 + \lambda_1)(\lambda_{L1} + \lambda_{L2}) < 0$, $B_1 = (1 + \lambda_1)(\lambda_{L1} S_{LK}^1 + \lambda_{L2} S_{LK}^2) > 0$, $C_1 = (1 + \lambda_1)\lambda_{L2} S_{LT}^2 + \lambda_{L3} S_{LT}^3 > 0$, $B_2 = \lambda_{K1} S_{KK}^1 + \lambda_{K2} S_{KK}^2 < 0$, $C_2 = \lambda_{K2} S_{KT}^2 > 0$, $A_3 = \lambda_{T3} S_{TL}^3 > 0$, $B_3 = \lambda_{T2} S_{TK}^2 > 0$, $C_3 = \lambda_{T2} S_{TT}^2 + \lambda_{T3} S_{TT}^3 < 0$, $D_1 = e(1 + \lambda_1)\lambda_{L1} - [(1 + \lambda_1)\lambda_{L2} + \lambda_{L3} - 1]\mu X_1 / \bar{E}$ 。

在已建立的模型基础上, 模型的动态调整过程如下:

$$\dot{X}_1 = d_1(p_1 - a_{L1}\bar{w} - a_{K1}r) \quad (D1)$$

$$\dot{X}_2 = d_2(p_2 - \frac{a_{L2}\bar{w}}{e^{\varepsilon_1}} - \frac{a_{K2}r}{e^{\varepsilon_1}} - \frac{a_{T2}\tau}{e^{\varepsilon_1}}) \quad (D2)$$

$$\dot{X}_3 = d_3(p_3 - \frac{a_{L3}w}{e^{\varepsilon_2}} - \frac{a_{T3}\tau}{e^{\varepsilon_2}}), \quad (D3)$$

① 城市周边的农村劳动力进入城市的转移成本低, 若是现代农业的工资低于城市工资, 就不能吸引劳动力。

$$\dot{w} = d_4 \left(a_{L1} X_1 + \frac{a_{L2} X_2}{e^{\varepsilon_1}} + \frac{a_{L3} X_3}{e^{\varepsilon_2}} + \lambda_1 \left(a_{L1} X_1 + \frac{a_{L2} X_2}{e^{\varepsilon_1}} \right) - L \right) \quad (D4)$$

$$\dot{r} = d_5 \left(a_{K1} X_1 + \frac{a_{K2} X_2}{e^{\varepsilon_1}} - K \right) \quad (D5)$$

$$\dot{t} = d_6 \left(\frac{a_{T2} X_2}{e^{\varepsilon_1}} + \frac{a_{T3} X_3}{e^{\varepsilon_2}} - T \right) \quad (D6)$$

其中，“·”代表随时间的变化率； $d_j (j = 1, \dots, 3)$ 表示调整速度，且 $d_j > 0$ 。在产品市场上，根据马歇尔调整过程，当需求方付出的价格不等于供给方所能接受的价格时，对产品数量进行调整；在要素市场上，由于要素禀赋量外生给定，则调整要素价格使要素需求等于要素供给。

(D1)式至(D6)式调整方程的雅可比矩阵的行列式值为：

$$|J| = \frac{d_1 \cdots d_6 p_1 p_2 p_3 LKT}{wr\tau X_1 X_2 X_3} \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & -\theta_{K1} & 0 \\ -\frac{\mu X_1}{E} & 0 & 0 & 0 & -\theta_{K2} & -\theta_{T2} \\ -\frac{\mu X_1}{E} & 0 & 0 & -\theta_{L3} & 0 & -\theta_{T3} \\ D_1 & (1 + \lambda_1) \lambda_{L2} & \lambda_{L3} & A_1 & B_1 & C_1 \\ e\lambda_{K1} & \lambda_{K2} & 0 & 0 & B_2 & C_2 \\ 0 & \lambda_{T2} & \lambda_{T3} & A_3 & B_3 & C_3 \end{vmatrix}$$

由此可得：

$$|J| = \frac{d_1 \cdots d_6 p_1 p_2 p_3 LKT}{wr\tau X_1 X_2 X_3} \Delta_1 \quad (D7)$$

根据劳斯—赫尔维茨(Routh-Hurwitz)定理，模型局部稳定的必要条件是 $\text{sign}|J| = (-1)^k$ ，其中 k 表示模型中的行数(也即列数)。所以，本文中假定均衡是稳定的，则有 $|J| > 0$ ，根据(D7)式可知 $\Delta_1 > 0$ ，其中 Δ_1 为(12)式中矩阵的行列式值。

1. 劳动力的国际流动对环境影响的分析

解(12)式，我们可以得到：

$$\frac{\hat{X}_1}{\hat{L}} = \frac{\theta_{K1} \theta_{T2} \theta_{L3} \lambda_{K2} \lambda_{T3}}{\Delta_1} > 0 \quad (13)$$

我们对(2)式进行全微分可得 $\hat{e} = -\mu X_1 / e \hat{E} X_1$ ，在结合(13)式可知， $\hat{e} / \hat{L} < 0$ 。根据以上公式，可得命题1。

命题1：乡村振兴战略实施的初始阶段，劳动要素流入会使得环境状况变差；反之，劳动要素流出会使得环境状况变好。

劳动力流入发展中国家时，大部分流入的劳动力其自身素质、技术水平都较高，因而其中必有部分会涌入工资较高、对劳动力素质要求也较高的城市部门以及现代农业部门，此时城市部门的生产规模必会扩张，该部门生产的扩大会导致污染排放的增加，因而使得环境状况变差。劳动力国际流出的情况可同理分析。

2. 资本的国际流动对环境影响的分析

解(12)式，我们可以得到：

$$\frac{1}{\hat{K}} = \frac{\theta_{K1} \theta_{T2} \theta_{L3} (\lambda_{T2} \lambda_{L3} - (1 + \lambda_1) \lambda_{L2} \lambda_{T3})}{\Delta_1} \begin{cases} > 0 \frac{a_{T2}}{a_{L2}} > (1 + \lambda_1) \frac{a_{T3}}{a_{L3}} \\ > 0 \frac{a_{T2}}{a_{L2}} > (1 + \lambda_1) \frac{a_{T3}}{a_{L3}} \end{cases} \quad (14)$$

$$\text{结合(2)式的全微分结果可得 } \hat{e} / \hat{K} \begin{cases} > 0 \frac{a_{T2}}{a_{L2}} > (1 + \lambda_1) \frac{a_{T3}}{a_{L3}} \\ > 0 \frac{a_{T2}}{a_{L2}} > (1 + \lambda_1) \frac{a_{T3}}{a_{L3}} \end{cases}$$

根据以上计算结果，可得如下命题2。

命题2：乡村振兴战略实施的初始阶段，当现代农业部门的人均土地密集度高于小农部门时，资本流入使得

环境状况变差,资本流出使得环境状况变好;当现代农业部门的人均土地密集度低于小农部门或较为接近时,资本流入使得环境状况变好,资本流出使得环境状况变差。

当资本流入时,如果现代农业部门的人均土地密集度高于小农部门,意味着现代农业部门的生产较为依赖土地要素,考虑到只有城市部门和现代农业部门使用资本要素,加上乡村振兴战略处于初始阶段,现代农业尚为弱小,城市部门的人均资本密集度应该高于现代农业部门,根据雷布津斯基(Rybczynski)定理,大部分资本会进入城市部门,增加城市部门的生产规模,从而使得污染排放上升,环境状况变差。如果现代农业部门的人均土地密集度低于小农部门或者较为接近,就意味着现代农业部门的生产较为依赖于劳动要素,此时流入资本的大部分进入了城市部门,也会有一些资本进入现代农业部门,从而加大了现代农业部门对劳动力的需求,吸引城市部门和小农部门的劳动力进入现代农业部门。城市部门为求保持生产规模的稳定和增长,会使用更多的资本替代流出的劳动力,其结果必然是走向资本密集型生产,生产技术水平上升, μ 值下降,从而污染排放下降,环境得到改善。资本流出的情况可同理分析。

三、乡村振兴战略全面实施阶段

随着乡村振兴战略全面实施,现代农业得到全面普及,现代农业部门将发生两个特质性变化:其一,现代农业的进一步发展,会深入到远离城市的农村地区,这些地区受城市部门的影响逐渐减弱,因而在乡村振兴战略全面实施之后,现代农业部门的劳动力工资变为完全弹性;其二,现代农业生产已不再局限于经济附加值较高的产品,而是涵盖所有农产品类别,此时,可以设定两个农业部门分别以现代与传统技术生产相同产品,产品价格均为 $p(p=p_2=p_3)$ 。

(一)建模

虽然乡村振兴战略已经发展到全面实施,但三个部门的生产函数以及城市部门的生产对于环境的影响与前模型相同,即为(1)式至(4)式。

城市部门劳动力工资仍旧为外生给定,但两个农业部门的劳动力工资为完全弹性,这一点与前模型是不一样的。在完全竞争的市场条件下,有(5)式以及如下等式成立:

$$\frac{a_{L2}w_2}{e^{\varepsilon_1}} + \frac{a_{K2}r}{e^{\varepsilon_1}} + \frac{a_{T2}\tau}{e^{\varepsilon_1}} = p \quad (15)$$

$$\frac{a_{L3}w_3}{e^{\varepsilon_2}} + \frac{a_{T3}\tau}{e^{\varepsilon_2}} = p \quad (16)$$

其中, w_2 和 w_3 分别为现代农业部门和小农部门的劳动力工资,均为完全弹性,且一般而言有 $w_2 > w_3$ 成立,否则现代农业就没有足够能力吸引劳动要素来使得现代农业不断发展以及振兴乡村战略得以全面实施。本文用 L_{U2} 表示此时城市部门存在的劳动力的失业人数,用 λ_2 表示城市部门劳动力的失业率,因而有 $\lambda_2 = L_{U2} / L_1$ 。在劳动力市场转移均衡时,小农部门劳动力的工资,一方面等于城市部门劳动力的期望工资,即为城市部门的刚性工资 w 与在城市部门找到工作的机会 $L_1 / (L_1 + L_{U2})$ 的乘积,根据哈里斯—托达罗(Harris-Todaro)模型进行劳动力转移;另一方面又等于现代农业部门劳动力的工资,根据刘易斯(Lewis)模型进行劳动力转移^①,因此有如下劳动力的转移均衡式:

$$w_3 = \frac{L_1}{L_1 + L_{U2}} \bar{w} \quad (17)$$

即:

$$w_3(1 + \lambda_2) = \bar{w} \quad (17')$$

$$w_3 = w_2 \quad (18)$$

其中,(17)式表示的是小农部门向城市部门劳动力转移的均衡式,(18)式表示的是小农部门向现代农业部门劳动力转移的均衡式。

^① 此时,农民将权衡采用传统方式生产的工资与作为农业工人在现代农业部门的工资,只要现代农业部门的工资高于传统农业,农民就向现代农业转移,只有两部门工资相等时才停止转移。

劳动市场出清条件如下:

$$a_{L1}X_1 + \frac{a_{L2}X_2}{e^{\varepsilon_1}} + \frac{a_{L3}X_3}{e^{\varepsilon_2}} + \lambda_2 a_{L1}X_1 = L \quad (19)$$

资本和土地的市场出清条件仍同(10)式和(11)式。至此,本文的拓展理论模型构建完成,由(2)、(5)、(15)、(16)、(17')、(18)、(19)、(10)和(11)式这九个公式组成,包含九个内生变量 w_2 、 w_3 、 r 、 τ 、 λ_2 、 e 、 X_1 、 X_2 和 X_3 。

(二)要素的国际流动对环境影响的分析

对(2)、(5)、(15)、(16)、(17')、(19)、(10)和(11)式进行全微分,得到:

$$\begin{pmatrix} 0 & \theta_{K1} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \theta_{L2} & \theta_{K2} & \theta_{T2} & \frac{\mu X_1}{E} & 0 & 0 \\ \theta_{L3} & 0 & \theta_{T3} & \frac{\mu X_1}{E} & 0 & 0 \\ E_1 & F_1 & G_1 & H_1 & \lambda_{L2} & \lambda_{L3} \\ E_2 & F_2 & G_2 & e\lambda_{K1} & \lambda_{K2} & 0 \\ E_3 & F_3 & G_3 & 0 & \lambda_{T2} & \lambda_{T3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{w}_3 \\ \hat{r} \\ \hat{\tau} \\ \hat{X}_1 \\ \hat{X}_2 \\ \hat{X}_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \hat{p}_1 \\ \hat{p} \\ \hat{L} \\ \hat{K} \\ \hat{T} \end{pmatrix} \quad (20)$$

其中 $E_1 = \lambda_{L2}S_{LL}^2 + \lambda_{L3}S_{LL}^3 - (1 + \lambda_2)\lambda_{L1} < 0$, $F_1 = (1 + \lambda_2)\lambda_{L1}S_{LK}^1 + \lambda_{L2}S_{LK}^2 > 0$, $G_1 = \lambda_{L2}S_{LT}^2 + \lambda_{L3}S_{LT}^3 > 0$, $E_2 = \lambda_{K2}S_{KL}^2 > 0$, $F_2 = \lambda_{K1}S_{KK}^1 + \lambda_{K2}S_{KK}^2 < 0$, $G_2 = \lambda_{K2}S_{KT}^2 > 0$, $E_3 = \lambda_{T2}S_{TL}^2 + \lambda_{T3}S_{TL}^3 > 0$, $F_3 = \lambda_{T2}S_{TK}^2 > 0$, $G_3 = \lambda_{T2}S_{TT}^2 + \lambda_{T3}S_{TT}^3 < 0$, $H_1 = e(1 + \lambda_2)\lambda_{L1} - (\lambda_{L2} + \lambda_{L3} - 1)\mu X_1/\bar{E}$ 。

在已建立的模型基础上,模型的动态调整过程如下:

$$\dot{X}_1 = d_8(p_1 - a_{L1}\bar{w} - a_{K1}r) \quad (D8)$$

$$\dot{X}_2 = d_9\left(p - \frac{a_{L2}w_2}{e^{\varepsilon_1}} - \frac{a_{K2}r}{e^{\varepsilon_1}} - \frac{a_{T2}\tau}{e^{\varepsilon_1}}\right) \quad (D9)$$

$$\dot{X}_3 = d_{10}\left(p - \frac{a_{L3}w_3}{e^{\varepsilon_2}} - \frac{a_{T3}\tau}{e^{\varepsilon_2}}\right) \quad (D10)$$

$$\dot{w} = d_{11}\left(a_{L1}X_1 + \frac{a_{L2}X_2}{e^{\varepsilon_1}} + \frac{a_{L3}X_3}{e^{\varepsilon_2}} + \lambda_2 a_{L1}X_1 - L\right) \quad (D11)$$

$$\dot{r} = d_{12}\left(a_{K1}X_1 + \frac{a_{K2}X_2}{e^{\varepsilon_1}} - K\right) \quad (D12)$$

$$\dot{\tau} = d_{13}\left(\frac{a_{T2}X_2}{e^{\varepsilon_1}} + \frac{a_{T3}X_3}{e^{\varepsilon_2}} - T\right) \quad (D13)$$

其中, d_j ($j = 8, \dots, 13$)表示调整速度,且 $d_j > 0$ 。同样地,在产品市场上,根据马歇尔调整过程,当需求方付出的价格不等于供给方所能接受的价格时,对产品数量进行调整;在要素市场上,由于要素禀赋量外生给定,则调整要素价格使要素需求等于要素供给。

(D8)式至(D13)式调整方程的雅可比矩阵的行列式值为:

$$|J| = \frac{d_7 \cdots d_{12} p_1 p^2 LKT}{w_3 r \tau X_1 X_2 X_3} \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & -\theta_{K1} & 0 \\ -\frac{\mu X_1}{E} & 0 & 0 & -\theta_{L2} & -\theta_{K2} & -\theta_{T2} \\ -\frac{\mu X_1}{E} & 0 & 0 & -\theta_{L3} & 0 & -\theta_{T3} \\ H_1 & \lambda_{L2} & \lambda_{L3} & E_1 & F_1 & G_1 \\ e\lambda_{K1} & \lambda_{K2} & 0 & E_2 & F_2 & G_2 \\ 0 & \lambda_{T2} & \lambda_{T3} & E_3 & F_3 & G_3 \end{vmatrix}$$

由此可得:

$$|J| = \frac{d_7 \cdots d_{12} p_1 p^2 LKT}{w_3 r \tau X_1 X_2 X_3} \Delta_2 \quad (D14)$$

根据劳斯-赫尔维茨定理,模型局部稳定的必要条件是 $\text{sign}|J| = (-1)^k$,其中 k 表示模型中的行数(也即列数)。所以,本文中假定均衡是稳定的,则有 $|J| > 0$,根据(D14)式可知 $\Delta_2 > 0$,其中 Δ_2 为(20)式中矩阵的行列式值。

1. 劳动力的国际流动对环境影响的分析

解(20)式,我们可以得到:

$$\frac{\hat{X}_1}{\hat{L}} = \frac{\theta_{K1}(\theta_{T2}\theta_{L3} - \theta_{L2}\theta_{T3})\lambda_{K2}\lambda_{T3}}{\Delta_2} \begin{cases} > 0 & \frac{a_{T2}}{a_{L2}} > \frac{a_{T3}}{a_{L3}} \\ < 0 & \frac{a_{T2}}{a_{L2}} < \frac{a_{T3}}{a_{L3}} \end{cases} \quad (21)$$

结合(2)式的全微分结果可得 $e\hat{L}$ $\begin{cases} < 0 & \frac{a_{T2}}{a_{L2}} > \frac{a_{T3}}{a_{L3}} \\ > 0 & \frac{a_{T2}}{a_{L2}} < \frac{a_{T3}}{a_{L3}} \end{cases}$

根据以上公式,我们可得命题3。

命题3:在乡村振兴战略全面实施阶段,当现代农业部门的人均土地密集度高于小农部门时,劳动要素流入使得环境状况变差,劳动要素流出使得环境状况变好;当现代农业部门的人均土地密集度低于小农部门时,劳动要素流入使得环境状况变好,劳动要素流出使得环境状况变差。

劳动要素流入时,如果现代农业部门相较于小农部门人均土地密集度较高,意味着现代农业部门的生产较为依赖于土地要素,此时,劳动力会更多地流向城市部门与小农部门,两部门的生产规模增加,城市部门生产规模的扩张会导致更多的污染排放,使得发展中国家环境状况变差。反之,如果现代农业部门的人均土地密集度较低,就意味着现代农业部门的生产较为依赖劳动力要素,两个农村部门的劳动力要素本身就较为密集,因而根据雷布津斯基定理可知劳动力会流向现代农业与小农部门,经济总资本禀赋量不变,资本此时流向城市部门,城市部门用资本投入替代劳动力的流出以确保生产规模的稳定,此时城市部门生产技术水平上升,污染排放减少,从而环境得到改善。对于此阶段劳动要素国际流出的环境效果也可同理分析。

2. 资本的国际流动对环境影响的分析

解(12)式,我们可以得到:

$$\frac{\hat{X}_1}{\hat{K}} = \frac{\theta_{K1}(\theta_{T2}\theta_{L3} - \theta_{L2}\theta_{T3})(\lambda_{T2}\lambda_{L3} - \lambda_{L2}\lambda_{T3})}{\Delta_2} < 0 \quad (22)$$

对(2)式进行全微分,并结合(22)式可知, $e\hat{K} > 0$ 。根据以上公式,我们可得如下命题4。

命题4:在乡村振兴战略全面实施阶段,资本流入使得环境变好;资本流出使得环境状况变差。

资本流入发展中国家时,由于此时乡村振兴战略已处于全面实施阶段,现代农业部门的人均资本密集度相对于城市部门有所上升,甚至与城市部门人均资本密集度十分接近或者相同,从而资本在此两部门间可能会出现不同的流向。如果城市部门人均资本密集度仍然较高,国际资本涌入城市部门,以资本替代劳动力来确保生产规模的稳步增长,会使得城市生产技术水平上升,环境状况改善;如果现代农业部门的人均资本密集度接近或者与城市部门相同时,资本在流向城市部门的同时也会流向现代农业部门,故而城市部门以资本替代劳动力,使得生产技术水平上升的同时,现代农业部门的生产扩大却不影响环境,从而环境状况得到改善。资本流出情况可同理分析。

四、数值模拟

为考察本文模型对发展中国家国际要素流动的环境效果的解释力,这部分将用我国的宏观经济数据对模型的参数进行校准,并根据校准的参数对模型进行数值模拟,以检验模型对我国国际要素流动的环境效果的有效性,并检验理论模型在我国经济中的数值特征,以判断不同要素流动对我国环境的影响程度,同时进行敏感性分析以检验模型的稳健性。

(一)参数校准

为进行数值模拟,基于本文理论模型中对生产函数的性质假设,我们以C-D函数形式设定三个部门的生产函数分别为:

$$X_1 = L_1^\alpha K_1^{1-\alpha}, X_2 = e^{\varepsilon_1} L_2^{\beta_1} K_2^{\beta_2} T_2^{1-\beta_1-\beta_2}, X_3 = e^{\varepsilon_2} L_3^\gamma T_3^{1-\gamma},$$

其中的 $\alpha, \beta_1, \beta_2, \gamma$ 分别为对应要素的产出弹性, ε_1 和 ε_2 表示环境(污染)对农业生产的外部性。本文令环境质量函数为 $e = 1 - \delta X_1$, 其中 $\delta = \mu/\bar{E}$ 。模型的主要参数包括产出弹性 $\alpha, \beta_1, \beta_2, \gamma$; 工业污染参数 δ ; 环境外部性参数 ε_1 和 ε_2 ; 工资和产品价格参数 \bar{w}, p_1, p_2 和 p_3 ; 初始禀赋参数 L, K, T 。

我们以《中国统计年鉴2016年》的数据作为模拟的基准数据, 以城镇就业人员平均工资^①表示城市工资 $\bar{w}=51448.7927$ 元, 第二、三产业的就业人数56107万人与增加值679912.7亿元, 可以计算出 $\alpha=0.425$ 。第一产业包含了两个农业部门的总值, 以蒋和平等给出的2016年各省市农业现代化的综合发展指数为权重^[22], 可以得到现代农业部门的就业人数4959.14万人、增加值26346.573亿元、工资^②22220.6148元以及农用地数量21389.3643万公顷。同时, 可以计算出小农部门的就业人数16536.86万人、农用地数量43123.2957万公顷以及增加值37318.967亿元, 本文以农村居民人均可支配收入12363元为小农工资。因此, 可以计算出 $\beta_1=0.418, \beta_2=0.264, \gamma=0.548$ 。至此, 我们便得到了具体的生产函数, 并根据各部门增加值可以计算出 p_1 和 p_2 。计算污染参数根据污染指数^③与第二、三产业增加值的相关系数, 得到 $\delta=0.0000087357726$; 环境外部性参数根据世界银行(2007)关于中国农业污染成本的调查, 各省污染损失与第一产业

表1 参数校准值

| 变量名 | α | β_1 | β_2 | γ | δ | ε_1 | ε_2 |
|-----|------------|-----------|-----------|----------|------------|-----------------|-----------------|
| 校准值 | 0.425 | 0.418 | 0.264 | 0.548 | 8.73577E-6 | 0.009 | 0.008 |
| 变量名 | \bar{w} | p_1 | p_2 | p_3 | L | K | T |
| 校准值 | 51448.7927 | 12.045 | 6.145 | 1.471 | 80694 | 572206.896 | 64512.66 |

增加值的比例得到 $(1 - e^\delta) / e^\delta$, 再按上述现代农业赋权法, 可以得到 $e^{\varepsilon_1} = 0.993768834, e^{\varepsilon_2} = 0.994624522$ 。模型参数校准值汇总于表1。

由于现代农业发展不同阶段主要区别在于与城市的距离, 从而导致雇佣劳动力的工资不同。而在中国经济实践中, 现代农业劳动力工资比城市部门低而又高于小农, 因而可认定中国现代农业发展处于初期向普及期过渡的阶段。我们先对现代农业发展初期模型的参数进行校准, 现代农业工资的影响系数为0.432($=\bar{w}/w_2$)。另外, 理论模型中劳动力的转移仅考虑工资与失业因素, 我们将工资与失业以外影响劳动力转移的因素用影响系数3.778(基于转移方程的初始均衡推算得到)来表示。同理, 发展中国家的资本并不能在城乡自由流动, 我们考虑用影响系数2来表述现代农业利率大幅度高于城市。

(二)数值模拟

在参数校准的基础上, 我们进行数值模拟分析, 以检验在现实经济数据下模型的结论是否与理论分析一致。由于我国的乡村振兴战略还没有发展到全面实施阶段, 故而我们用于校准参数的宏观数据只能适合于乡村振兴战略实施前或实施初始阶段, 所以, 本文仅对乡村振兴战略初始阶段的要素国际流动的环境效果进行数值模拟, 结果如下: 图1描绘了乡村振兴战略实施初始阶段的劳动和资本国际流动的环境效果, 横轴表示本国要素存量与初始值的比例, 小于1部分表示要素国际流出, 数值越小表示要素流出的越多; 大于1部分表示要素国际流入, 数值越大表示要素流入的越多; 纵轴表示环境质量, 数值越大环境质量越好。当劳动要素流出时环境改善而劳动力流入时环境恶化; 资本国际流出时环境同样改善而资本国际流入时环境恶化。考虑资本的国际流动对环境的影响时, 结果依赖于 $a_{T2}/a_{L2} - (1+\lambda_1)a_{T3}/a_{L3}$ 符号, 根据表3, 该式大于零, 即 $a_{T2}/a_{L2} > (1+\lambda_1)a_{T3}/a_{L3}$, 此时理论分析要求资本与环境反方向变化, 与数值模拟结果一致。可以看到, 乡村振兴战略实施初始阶段模型的模拟结果与命题1和命题2的结论一致。另外, 比较表2和表3的数值, 我们还可以看出国际资本流进(流出)对环境的

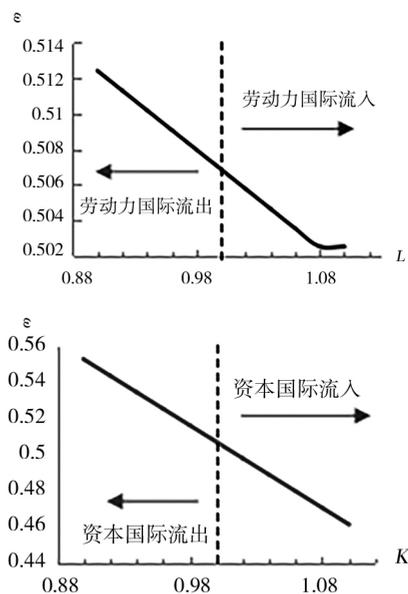


图1 初始阶段模型的数值模拟

① 根据统计年鉴, 城镇就业人员包括国有单位城镇就业人员、城镇集体单位城镇就业人员、股份合作单位城镇就业人员、联营单位城镇就业人员、有限责任公司城镇就业人员、私营企业城镇就业人员、港澳台商投资单位城镇就业人员、外商投资单位城镇就业人员、个体城镇就业人员等。城镇就业人员平均工资估算为各类就业人员人均工资以就业人数为权重的平均值。

② 现代农业工资为各省农村居民可支配收入按相应的农业现代化的综合发展指数为权重再根据就业人数加权平均得到。

③ 根据当前国内外就环境评价体系的构造研究, 本文参考有代表性的指标体系, 构建本文指标体系。本文将污染指数按照工业废气排放量、二氧化硫排放量、烟尘排放量、工业粉尘排放量、废水排放总量、化学需氧量、工业固体废物排放量和工业固体废物产生量分别赋予0.1631、0.1494、0.0905、0.0977、0.1632、0.0913、0.0967和0.1480的权重计算。

影响大于劳动力流进(流出)对环境的影响,从而获得命题5。

命题5:乡村振兴战略实施初始阶段,国际资本流进(出)对环境的影响大于劳动力流进(出)对环境的影响。

(三)敏感性检验

在参数校准时,污染参数 δ 的计算是根据污染指数的权数与第二、三产业增加值的相关系数进行的,而污染指数的权数以及第二、三产业增加值相关系数的选取有一定的主观因素,未必准确。本节将检验采用不同的污染参数是否会影响到文章结论。在前面的参数校准中,我们计算得到的污染参数 $\delta=0.0000087357726$ 。在此,我们选择两个污染参数 $\delta=0.000005$ 和 $\delta=0.00001$,并用与前面相同的方法分别重新校准环境外部性参数:当 $\delta=0.000005$ 时, $\varepsilon_1=0.019, \varepsilon_2=0.016$;当 $\delta=0.00001$ 时, $\varepsilon_1=0.008, \varepsilon_2=0.006$ 。表4描绘了不同污染参数下模拟的我国国际要素流动的环境效果。从表4可以看出,不同的污染参数对我们的模型结果没有影响,说明本文模型结果时稳健的。综上所述,敏感性检验表明本文结果对参数选择是稳健的,本文的理论模型可以解释在我国实施乡村振兴战略的情况下国际要素流动对环境的影响。

五、研究结论

本文通过构建一个农村二元经济的理论模型,探讨在乡村振兴战略的实施中,国际资本与劳动力国际双向流动对发展中国家环境产生的影响。通过本文的研究不难看出,在乡村振兴战略实施的背景下,要素的国际流动对发展中国家环境状况有较大影响,而且在乡村振兴战略的不同发展阶段其影响程度与方向均有所不同。

将乡村振兴、要素国际流动以及环境联系在一起研究,既是我国现实经济发展的需要,又是本文与既有文献不同之处。其实,乡村振兴、要素国际流动以及环境三者的同时出现,不仅仅是我国独有的经济现象,也是一些发展中国家正在面对或将要面对的经济、环境现象。本文将其规律进行梳理、并理论模型化,进而做分析研究,就是为了探明其内在的市场机制,为制定出更为合理的经济、环境政策提供理论依据,使经济发展更有效率。本文的理论模型建立在一般均衡的理论上,其结论对于与我国经济发展相类似的发展中国家均适用。本文的第四部分,我们根据中国的宏观数据对论文理论模型的参数进行了校准,并对本文的理论模型进行了数值模拟和敏感性检验,结果表明本文的模型可以解释我国乡村振兴战略下国际要素流动的环境影响,并且对于我国而言,在乡村振兴战略的初始阶段国际资本流动对环境的影响大于国际劳动流动对环境的影响。本文的结论可以作为有关部门进行政策研判时的参考依据。另外,用实际数据做实证分析对本文理论进一步验证是我们未来研究的方向。

参考文献:

[1] Li X, Shen Q. A study on urban private capital and the transfer of labor in the modern agriculture sector [J]. Journal of Economic Policy Reform, 2012, 15 (2): 135-152.
 [2] Chaudhuri S. Foreign capital, welfare and urban unemployment in the presence of agriculture dualism [J]. Japan and the World Economy, 2007, 19(1): 149-165.
 [3] Nag R N, Banerjee R. Agricultural dualism, wage inequality and development Policies [J]. International Journal of Sustainable Agricultural

表2 乡村振兴战略实施初期模型的劳动力国际流动数值模拟

| | | | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| L | 0.9 | 0.92 | 0.94 | 0.96 | 0.98 | 1 |
| e | 0.512419 | 0.51131 | 0.510201 | 0.509092 | 0.507983 | 0.506874 |
| L | 1 | 1.02 | 1.04 | 1.06 | 1.08 | 1.1 |
| e | 0.506874 | 0.505765 | 0.504656 | 0.503546 | 0.502526 | 0.502513 |

表3 乡村振兴战略实施初期模型的资本国际流动数值模拟

| | | |
|------|-------------|--|
| K | e | $a_{T2}/a_{L2}-(1+\lambda_1)a_{T3}/a_{L3}$ |
| 0.9 | 0.552436126 | 1.44435439 |
| 0.92 | 0.543324279 | 1.473857406 |
| 0.94 | 0.534212143 | 1.501308799 |
| 0.96 | 0.525099719 | 1.526932538 |
| 0.98 | 0.515986998 | 1.550914199 |
| 1 | 0.506873953 | 1.573416998 |
| 1.02 | 0.497760586 | 1.594581854 |
| 1.04 | 0.488646886 | 1.614535044 |
| 1.06 | 0.479532828 | 1.633385576 |
| 1.08 | 0.470418421 | 1.65123161 |
| 1.1 | 0.461303621 | 1.668160074 |

表4 不同污染参数下国际要素流动的环境效果

| | $\delta=0.000005$ | | | | $\delta=0.000010$ | | | |
|------|-------------------|----------|----------|----------|-------------------|----------|----------|----------|
| | 初期 | | 普及期 | | 初期 | | 普及期 | |
| | L | K | L | K | L | K | L | K |
| 0.95 | 0.719341 | 0.73079 | 0.721087 | 0.729176 | 0.438684 | 0.461593 | 0.44212 | 0.458172 |
| 0.96 | 0.719024 | 0.728183 | 0.72042 | 0.726891 | 0.438049 | 0.456376 | 0.440797 | 0.453636 |
| 0.97 | 0.718707 | 0.725576 | 0.719753 | 0.724607 | 0.437414 | 0.451116 | 0.439474 | 0.449102 |
| 0.98 | 0.718389 | 0.722969 | 0.719087 | 0.722323 | 0.436779 | 0.445943 | 0.438151 | 0.44457 |
| 0.99 | 0.718072 | 0.720362 | 0.718421 | 0.720039 | 0.436144 | 0.440726 | 0.43683 | 0.440039 |
| 1 | 0.717755 | 0.717755 | 0.717755 | 0.717755 | 0.43551 | 0.43551 | 0.43551 | 0.43551 |
| 1.01 | 0.717437 | 0.715148 | 0.717089 | 0.715471 | 0.434875 | 0.430293 | 0.43419 | 0.430982 |
| 1.02 | 0.71712 | 0.712541 | 0.716424 | 0.713188 | 0.43424 | 0.425075 | 0.432871 | 0.426456 |
| 1.03 | 0.716803 | 0.709933 | 0.715759 | 0.710904 | 0.433605 | 0.419858 | 0.431553 | 0.421931 |
| 1.04 | 0.716486 | 0.707326 | 0.715094 | 0.708621 | 0.43297 | 0.414641 | 0.430236 | 0.417408 |
| 1.05 | 0.716168 | 0.704719 | 0.71443 | 0.706338 | 0.432335 | 0.409423 | 0.428904 | 0.412887 |

Research, 2014, 1(1): 1-18.

- [4] Li X, Wu Y. Environment and economy in the modern agricultural development [J]. *Asia-Pacific Journal of Accounting & Economics*, 2018, 25 (1-2):163-176.
- [5] 张九汉. 优化农业结构建设高效农业 [J]. *中国农村经济*, 1997(3): 71-75.
- [6] 王英姿. 中国现代农业发展要重视舒尔茨模式 [J]. *农业经济问题*, 2014(2):41-44.
- [7] 王雅鹏, 吕明, 范俊楠, 等. 我国现代农业科技创新体系构建: 特征、现实困境与优化路径 [J]. *农业现代化研究*, 2015(2):161-167.
- [8] 惠恩才. 利用FDI发展中国现代农业的思考 [J]. *农业经济问题*, 2010(7):82-86.
- [9] Kar S, Guha-Khasnobis B. Foreign capital, skill formation, and migration of skilled workers [J]. *Journal of Policy Reform*, 2006, 9 (2): 107-123.
- [10] Yabuuchi S. Unemployment and international factor movement in the presence of skilled and unskilled labor [J]. *Review of Development Economics*, 2007, 11(3): 437-449.
- [11] Beladi H, Chaudhuri S, Yabuuchi S. Can international factor mobility reduce wage inequality in a dual economy? [J]. *Review of International Economics*, 2008, 16, (5): 893-903.
- [12] Chaudhuri S, Banerjee D. Foreign capital inflow, skilled-unskilled wage inequality and unemployment of unskilled labour in a fair wage model [J]. *Economic Modelling*, 2010, 27(1): 477 - 486.
- [13] Chaudhuri S, Gupta M R. International factor mobility, informal interest rate and capital market imperfection: A general equilibrium analysis [J]. *Economic Modelling*, 2014, 37(2): 184 - 192.
- [14] Daitoh I. Environmental protection and trade liberalization in a small open dual economy [J]. *Review of Development Economics*, 2008, 12 (4): 728 - 736.
- [15] Tawada M, Sun S. Urban pollution, unemployment and national welfare in a dualistic economy [J]. *Review of Development Economics*, 2010, 14(2): 311-322.
- [16] Tsakiris N, Hatzipanayotou P, Michael M S. Pollution, capital mobility and tax policies with unemployment [J]. *Review of Development Economics*, 2008, 12(2): 223-236.
- [17] 包群, 吕越, 陈媛媛. 外商投资与我国环境污染——基于工业行业面板数据的经验研究 [J]. *南开学报(哲学社会科学版)*, 2010(3):93-103.
- [18] 计志英, 毛杰, 赖小锋. FDI规模对我国环境污染的影响效应研究——基于30个省级面板数据模型的实证检验 [J]. *世界经济研究*, 2012(3):56-64.
- [19] 盛斌, 吕越. 外国直接投资对中国环境的影响——来自工业行业面板数据的实证研究 [J]. *中国社会科学*, 2012(5):54-75.
- [20] 李晓春. 劳动力转移和工业污染——在现行户籍制度下的经济分析 [J]. *管理世界*, 2005(6):27-33.
- [21] 周密, 徐爱燕. 农村劳动力转移的水体环境效应研究——基于生产要素替代与化肥施用量的证据 [J]. *南大商学评论*, 2013(1):18-25.
- [22] 蒋和平, 黄德林, 郝利. 中国农业现代化发展水平的定量综合评价 [J]. *农业经济问题*, 2005(S1):34-41.

[责任编辑:杨志辉]

Environmental Effects of International Factors Movement under the Rural Vitalization Strategy

LI Xiaochun, WU Yunyun

(School of Economics, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: Rural revitalization strategy and environmental protection are the focus of current economic work. With the deepening of economic globalization and "Belt and Road" strategy, the international movement of production factors is becoming more and more frequent. However, existing economic research rarely links them together. Rural revitalization is an important national development strategy, and its cornerstone is to realize and develop agricultural modernization. It's vital to analyze the international factors movement and coordinate the coexistence of small farm households and modern agriculture. This paper constructs a three-sector general equilibrium model and studies the environmental effects of the international factors movement under the strategy of rural revitalization. The main conclusions are as follows: at the beginning of modern agriculture, international labor inflow harmed the environment of developing countries, whereas the outflow improved the environment; since the popularization of modern agriculture, the capital inflow has improved the environment, whereas outflow harmed the environment.

Keywords: rural revitalization strategy; modern agriculture; international factors movement; small farm households; environmental effect; agricultural pollution