

“丝绸之路经济带”沿线国家 对中国农产品出口贸易潜力研究

——基于 TPI 与扩展的随机前沿引力模型的分析框架

杨 桔 祁春节

摘要：本文采用贸易潜力指数（TPI），从收入角度测度分析了1995—2016年“丝绸之路经济带”沿线国家的农产品贸易潜力，通过构建包含了农业劳动生产率和农产品价格等变量在内的扩展随机前沿引力模型，估计和比较分析了沿线21个国家对中国的农产品出口贸易效率及其影响因素，并进一步测算出口贸易增长空间。研究表明：中亚经济带国家的农产品总体贸易潜力最大，环中亚经济带国家次之，亚欧经济带国家最小；沿线国家对中国的农产品出口贸易潜力平均可拓展为实际出口贸易额的10.02倍。其中，2008—2016年环中亚经济带国家对中国的农产品出口贸易扩展空间最大，中亚经济带次之，亚欧经济带最小；沿线国家对中国的农产品出口贸易平均效率较低，其中，亚欧经济带国家的出口贸易效率相对最高，中亚经济带次之，环中亚经济带最低；出口国的农业劳动生产率、汇率、物流绩效、贸易和金融开放度和是否为上合组织或WTO成员国等因素都会影响贸易效率。

关键词：“丝绸之路经济带”；农产品；随机前沿引力模型；贸易效率；贸易潜力

[中图分类号] F310 [文献标识码] A [文章编号] 1002-4670 (2020) 06-0127-16

引 言

2019年中央一号文件指出：“必须立足国内保障粮食等重要农产品供给，统筹用好国际国内两个市场、两种资源。”当前我国的粮食无法完全自给（陈锡文，2016）^[1]，在长期粗放的农业增长方式的驱动下，粮食等主要农产品产量难以持续增长。因此，适度进口农产品不仅有利于确保粮食安全，也能够有效缓解国内农业

[收稿日期] 2019-03-24

[基金项目] 国家现代农业（柑橘）产业技术体系（MATS）专项经费资助项（CARS-26-08B）；安徽省社会科学创新发展研究课题攻关研究项目（2019CX108）。

[作者信息] 杨桔：华中农业大学经济与管理学院博士生 430070，皖西学院经济与管理学院副教授 237012；祁春节：华中农业大学经济与管理学院教授 博士生导师 430070 电子信箱 qichunjie@126.com。

资源环境压力。此外，中国农产品进口来源地集中度一直较高，且集中在美国、加拿大等少数国家。在当前中美贸易摩擦频繁、国际农产品贸易冲突日益加剧的大背景下，促进农产品进口渠道的多元化将有助于进一步保障我国的粮食安全。国家主席习近平于2013年9月在哈萨克斯坦出访期间提出共建“丝绸之路经济带”的重大倡议。为了推进该倡议的实施，国家发展改革委、外交部、商务部于2015年3月28日联合发布了《推动共建丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路的愿景与行动》（以下简称《愿景与行动》），提出了包含“贸易畅通”在内的五大合作重点。此后，农业农村部、国家发展改革委、商务部和外交部于2017年5月联合发布了《共同推进“一带一路”建设农业合作的愿景与行动》。2013—2017年，我国从“丝绸之路经济带”沿线国家进口农产品798.26亿美元，占我国农产品总进口金额的16.7%。据孙致陆（2019）^[2]测算，2013—2016年，中国通过粮食贸易从“一带一路”沿线国家净进口虚拟耕地403.53万公顷。那么，“丝绸之路经济带”沿线国家的农产品总体出口贸易潜力如何？对中国的农产品出口贸易潜力及其拓展空间如何？贸易效率如何？影响因素又有哪些？这对我国充分利用国外农业资源，进一步保障粮食安全具有重要的现实意义。

一、文献综述

迄今，关于“丝绸之路经济带”沿线国家对中国的农产品出口贸易的相关文献还较少，但有关农产品贸易潜力的文献则较为丰富。贸易潜力衡量的是每个国家从一个有贸易阻力的市场转移到一个没有任何贸易阻力的市场时，能获得多少好处。因此，贸易潜力的衡量指标可以是贸易规模，也可以是收入。其中，基于贸易规模的分析是研究的主流。Waugh和Ravikuma（2016）^[3]、Gozgor（2017）^[4]从收入角度，通过计算贸易潜力指数TPI（Trade Potential Index），衡量从一个有贸易成本的世界转移到一个无摩擦的世界时，一个国家从中所获的收益，以此评估该国的贸易潜力。在以贸易规模测算贸易潜力的文献中，引力模型（Gravity Model）是最常用的研究方法（Tinbergen，1962^[5]；Rauch，1999^[6]；盛斌和廖明中，2004^[7]），研究者们主要采用的是传统引力模型和随机前沿引力模型。

Anderson和Wincoop（2003）^[8]、Armstrong（2007）^[9]的研究表明，由于传统引力模型基于无摩擦贸易和冰山成本的假设，在估计贸易潜力时忽略了多边阻力因素对贸易的影响，导致可能产生误差。其次，Kang和Fratianni（2006）^[10]发现，在采用普通最小二乘法（OLS）估计传统引力模型时，得到的R²值一般较小，因为大部分贸易是由除了经济规模和距离外的一些其他因素决定的。再者，Ravishankar和Stack（2014）^[11]提出，贸易潜力应是在当前环境下，可能达到的最小贸易摩擦或最高贸易自由化程度下的最大可能贸易值，而非传统引力模型中的平均值。因此，Kalirajan（1999^[12]，2007^[13]）和Armstrong（2007）等将随机前沿方法（SFA）引入引力模型分析贸易效率及潜力。与传统引力模型相比，随机前沿引

力模型能够分析人为的贸易非效率项的影响。但在初期的随机前沿引力模型中,一般假设贸易非效率项为时不变模型(TIM)。此后,Battese和Coelli(1992)^[14]提出了更符合贸易现实的时变模型(TVDM)。用于研究贸易非效率项的主要方法涉及两步法和一步法。Kumbhakar和Ghosh等(1991)^[15]、Reifschneider和Stevenson(1991)^[16]提出,两步法在逻辑上前后矛盾,由Battese和Coelli(1992)^[14]等提出的一步法则更为严密。

在研究“丝绸之路经济带”沿线国家农产品贸易的文献中,谭晶荣和蔡燕林等(2015)^[17]使用传统引力模型探讨了中国对沿线国家的农产品出口贸易及其影响因素,研究表明,中国与沿线国家的双边距离、收入差距、人口、开放水平、政策是重要的影响因素。近年来,研究者们较多地采用随机前沿引力模型测度“丝绸之路经济带”沿线国家贸易效率和贸易潜力,其研究结果因选取的样本国家和时间范围不同而存在一定差异,但总体上,文献研究的结果大都认同双方虽具有较大的贸易潜力,但贸易效率还有待进一步提升。而影响贸易效率的主要因素涉及:进出口国的GDP总量、人均GDP、人口数量、共同边界、空间距离、开放水平、制度质量、进出口国是否为WTO或上合组织的成员国等(谭秀杰,周茂荣,2015^[18];王瑞和王永龙,2017^[19];李豫新和孙培蕾,2017^[20];龚新蜀和乔姗姗等,2017^[21];刘伟和高志刚,2018^[22])。

总之,国内已有相关文献主要研究了“丝绸之路经济带”沿线国家之间的双边或多边农产品贸易潜力,但还鲜有从沿线国家对中国的农产品出口贸易视野深入分析其贸易潜力和贸易效率。本文研究的边际贡献主要体现在两个方面:一是在国内率先采用贸易潜力指数(TPI)方法,衡量“丝绸之路经济带”沿线国家的农产品总体贸易潜力,丰富了TPI方法在刻画农产品贸易潜力方面的应用;二是在运用一步法估计贸易非效率模型时,不仅考虑了常用的传统经济因素,还将出口国的农业劳动生产率和农产品价格指数纳入研究范畴,构造出扩展的随机前沿引力模型分析框架。

二、“丝绸之路经济带”沿线国家的农产品总体贸易潜力

(一) 贸易潜力指数(TPI)

贸易潜力是指在由从观察到的均衡到无摩擦贸易平衡的变化中,每个劳动者的实际收入变化。由此,可在一个标准的贸易模型中,提出一个简单的形式来表明一国的贸易潜力。由于国际贸易受制于冰山成本形式的壁垒,而所有的市场都是有竞争力的,因此,处于平衡状态的两国之间的贸易量主要取决于技术和贸易成本。从而,可以通过计算从目前的观察水平上升到无摩擦世界的新水平时,每个劳动者国内生产总值的变化,以此衡量贸易潜力。具体的计算过程分为三步:

第一步,无论贸易成本是多少,先给出一国每个劳动者实际GDP的封闭形式表达式。它取决于该国国内贸易份额、技术参数、劳动力和资本禀赋以及两个非特定国家的参数—贸易弹性和资本在生产中的份额。这表明,一个技术参数较大的国

家或每个劳动者的资本禀赋将如果相对富裕，在无摩擦的世界中，可用于表示每个劳动者的 GDP。但各国在无摩擦世界中的国内贸易份额则都需要了解具体的技术参数。再引入多国李嘉图贸易模式，对国家 i ，有一个规模为 L_i 的群体在国内市场上缺乏弹性地供应劳动力，以及资本 K_i 在国内市场上缺乏弹性地提供资本。该消费者还享受一个最终可交易商品的 CES 束，其替代弹性 $\rho > 1$ 。

$$U_i = \left[\int_0^1 x_i(j) \frac{\rho - 1}{\rho} dj \right]^{\frac{\rho}{\rho - 1}} \quad (1)$$

第二步，测量特定国家的技术参数。用封闭表达式可得到各国的技术参数，作为一国的三个观察值的简单函数——每个劳动者的实际收入、资本和国内贸易份额。此处采用类似于全要素生产率 (TFP) 的计量方法。为在 i 国生产数量 $X_i(j)$ ，一家公司采用 CD 生产函数，将资本、劳动力与要素份额 α 、 $1 - \alpha$ 和生产率 $Z_i(j)$ 结合起来。国家 i 对商品 j 的生产力反过来又是从其特定于国家的概率分布中实现一个随机变量 (为每个 j 独立绘制)。

$$F_i(z_i) = \exp(-T_i z_i^{-\theta}) \quad (2)$$

特定国家的参数 $T_i > 0$ 控制着分布的位置；取值越大，表明任何商品 j 更有可能获得高生产率。参数 $\theta > 1$ 在各国都很常见， θ 越大表明各国的产品生产率差异越小。获得特定的生产力水平后，一个来自 i 国的完全竞争的公司生产商品 j 的边际成本为 $\frac{r_i^\alpha w_i^{1-\alpha}}{z_i(j)}$ 。其中， w_i 是工资率， r_i 是 i 国的资本租金率。将货物从 i 国运往目的地 n 国需要的每单位冰山贸易成本 $\tau_{ni} > 1$ ，而 $\tau_{ii} = 1$ 。假设跨界套利迫使有效的地理壁垒服从三角形不等式，即，对于任意三国 i, k, n ， $\tau_{ni} \leq \tau_{nk} \tau_{ki}$ 。从而， n 国在来自 i 国的货物贸易份额如下：

$$\lambda_{ni} = \frac{X_{ni}}{X_n} = \frac{T_i (\tau_{ni} r_i^\alpha \omega_i^{1-\alpha})^{-\theta}}{\sum_{\lambda=1}^N (\tau_{\lambda} \tau_{nk} r_\lambda^\alpha \omega_\lambda^{1-\alpha})^{-\theta}} \quad (3)$$

第三步，在无摩擦世界中，各国的本国贸易份额等于它在世界生产总值中所占的份额。这种方法产生了一个令人惊讶的结果：一国的贸易开放程度被观察到的国内贸易份额和 GDP 完全概括，即在计算贸易潜力时，完全不需要资本存量、劳动力禀赋、技术等要素，如式 (4) 所示。

$$TPI = \left(\frac{\lambda_{ii}}{Y_i} \right)^{\frac{1}{1+\theta}} \quad (4)$$

λ_{ii} 是 i 国的国内贸易份额， $\lambda_{ii} = 1 - (i \text{ 国的进口/国内生产总值})$ ； Y_i 是 i 国的生产总值； θ 代表贸易弹性，参考 Simonovska 和 Waugh (2014)^[23]、Waugh 和 Ravikuma (2016)^[3] 的做法，我们将贸易弹性设为 4。该方法的内在逻辑在于通过采用一个标准的多国贸易模型，以一国向无摩擦贸易的市场转移时的潜在福利收益来

衡量贸易潜力。它认为,一国的贸易潜力仅取决于贸易弹性和其他两个可观察的统计数字——本国贸易份额和收入水平。从数量上看,穷国相对富国更具贸易潜力。因此,通过计算 TPI,即可从收入视角判断贸易潜力。

(二) 数据来源

《愿景与行动》中明确指出,“丝绸之路经济带”重点畅通中国经中亚、俄罗斯至欧洲(波罗的海),中国经中亚、西亚至波斯湾、地中海,中国至东南亚、南亚、印度洋。目前有多位研究者分析了“丝绸之路经济带”的区域范围,并提出了相应的空间界定。本文参考刘伟和高志刚(2018)等的做法^[22],选取沿线重要节点的22个国家为研究对象——中亚经济带5国(哈萨克斯坦、塔吉克斯坦、吉尔吉斯斯坦、土库曼斯坦、乌兹别克斯坦),环中亚经济带11国(俄罗斯、土耳其、伊朗、沙特阿拉伯、印度、巴基斯坦、阿塞拜疆、阿富汗、格鲁吉亚、亚美尼亚、伊拉克)、亚欧经济带6国(德国、法国、英国、意大利、乌克兰、白俄罗斯)。考虑到数据的可获得性,研究对象为剔除塔吉克斯坦外的21个国家。

本文尝试将 TPI 应用于计算沿线国家的农产品总体贸易潜力,将国内农产品贸易份额 λ_{ii} 计算为(1- i 国的农产品进口占国内农业总产值的比率),其中,农产品进口数据来源于联合国商品贸易统计数据库(UN COMTRADE),选择标准是 BEC 1. Food and Beverage,以2010年美元不变价计价;沿线国家的实际国内农业总产值数据来自于联合国粮农组织(FAO)。

(三) 结果分析

根据计算,得到沿线国家的农产品贸易潜力指数(TPI),结果见图1。从分区域来看,中亚经济带国家的农产品TPI最高,环中亚经济带次之,亚欧经济带最低。这表明,在由从观察到的均衡到无摩擦贸易平衡的变化中,中亚经济带国家农产品总体贸易潜力最大,环中亚经济带国家次之,而亚欧经济带国家最小。从数值来看,1995—2016年,中亚经济带国家的农产品TPI全部为正,这表明农产品总体贸易潜力一直在扩大;环中亚经济带国家的农产品TPI在1995年为负,但其余年份均为正,这表明1996—2016年,该区域的农产品总体贸易潜力都在扩大;而亚欧经济带国家的农产品TPI在1995年为负,1996—2005年为正,2006年之后的绝大多数年份,都为负。这表明,该区域的农产品总体贸易潜力在1996—2006年间呈扩大趋势,而在其他年份都在缩减。原因可能在于:1995—2016年,德国和英国农产品贸易大多是逆差,仅2017年,德国农产品逆差158亿美元,英国农产品逆差207亿美元。导致农产品TPI几乎全为负,使农产品总体贸易潜力下降。

综上,TPI的突出优点在于其简便性,但它只能用于测度总体贸易潜力,无法区分进口、出口贸易潜力;它也无法分析影响贸易的因素何在。因而,本文通过构建随机前沿引力模型与贸易非效率模型,进一步估计沿线国家对中国的农产品出口贸易效率及其影响因素,并测算农产品出口贸易潜力与出口贸易拓展空间。

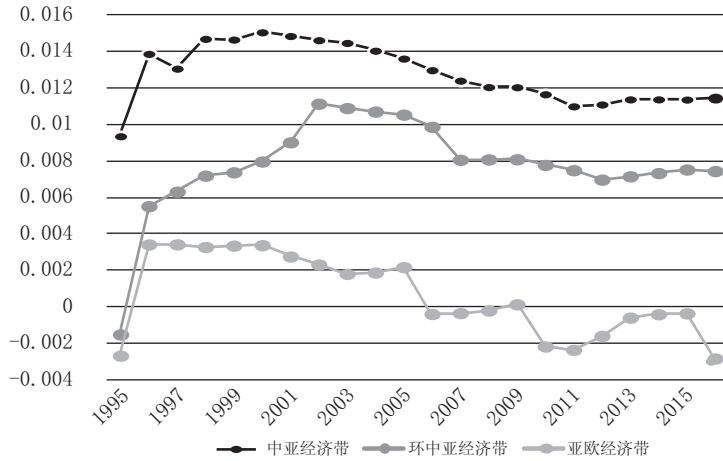


图1 1995—2016年沿线国家农产品总体贸易潜力

三、“丝绸之路经济带”沿线国家对华农产品出口贸易效率及潜力

(一) 模型构建

1. 随机前沿引力模型

本文构建随机前沿估计引力模型，以测算沿线国家对华农产品出口的贸易效率和贸易潜力，并根据基准前沿函数进行评估。模型设定如下：

$$\ln AGEXP_j^t = \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_j^t + \beta_2 \ln POP_j^t + \beta_3 \ln DIST_{ij}^t + \beta_4 BORD_{ij}^t + \nu_{ij}^t - u_{ij}^t \quad (5)$$

其中， $AGEXP_j^t$ 是 t 时期 ($t = 1995, 1996, \dots, 2016$) j 国 ($j = 1, 2, 3, \dots, 21$) 对中国的农产品出口贸易额； GDP_j^t 为 t 时期 j 国 GDP ； POP_j^t 是 t 时期 j 国人口； $DIST_{ij}^t$ 是从 j 国首都到中国首都北京的地理距离； $BORD_{ij}^t$ 代表 j 国领土是否与中国接壤； ν_{ij}^t 是随机测度误差项，服从正态分布， $\nu_{ij}^t \sim N(0, \delta_v^2)$ ； $u_{ij}^t \geq 0$ 为贸易非效率项，服从半正态分布；且相互独立。

2. 贸易非效率模型

本文参考 Battese 等的一步法模型，借鉴 Rodríguez-Pose^[24]、陈继勇等^[25] 的做法，并根据研究需要，引入新解释变量，构造扩展的随机前沿引力模型分析框架。模型设定为：

$$u_{ij}^t = \kappa_0 + \kappa_1 \ln AVITY_j^t + \kappa_2 \ln APRICE_j^t + \kappa_3 \ln ER_j^t + \kappa_4 FF_j^{t-1} + \kappa_5 FFC_j^{t-1} + \kappa_6 FT_j^{t-1} + \kappa_7 LE_j^t + \kappa_8 WTO_j^t + \kappa_9 SHO_j^t + \omega_{ij}^t \quad (6)$$

其中， $AVITY_j^t$ 是 t 时期 j 国农业劳动生产率； $APRICE$ 是 t 时期 j 国农产品价格指数； ER_j^t 为 j 国货币与美元的汇率；考虑到制度影响的时滞性， FT_j^{t-1} 、 FF^{t-1}_j 、 FF^{t-1}_j 分别代表 $t-1$ 期 j 国的贸易自由度、金融自由度、免于腐败的经济自由度； LE_j^t 是 j 国综合物流效率； WTO_j^t 代表 j 国是否为 WTO 成员国； SHO_j^t 代表 j 国是否为

上海合作组织成员国； ω_{ij}^t 为随机干扰项。

(二) 指标解释及数据说明

1. 指标解释和数据来源

为保证数据一致性，沿线各国对中国的农产品出口数据来自于联合国商品贸易统计数据库（UN COMTRADE），选择标准是 BEC 1. Food and Beverage，以 2010 年美元不变价计价；GDP 和 POP 数据来源于世界银行 WDI 数据库，其中，GDP 数据以 2010 年美元不变价计价；BORD 与 DIST 数据均来自法国前景研究与国际中心（CEPII）数据库；LE 数据来源于世界银行 WDI 数据库；ER 数据来源于国际货币基金组织（IMF）数据库；AVITY 数据为作者根据联合国粮农组织（FAO）数据整理计算而得，具体计算公式为“农业生产总值/农业就业人数”；APRICE 数据来源于联合国粮农组织（FAO）；FT、FF、FFC 数据来源于美国传统基金会；WTO 和 SHO 数据分别来自于世界贸易组织（WTO）官网和上海合作组织官网。

关于各变量的解释、预期对因变量的影响见表 1。

表 1 变量的解释及预期影响

变量	含义	预期符号	理论说明
GDP_j^t	j 国国内生产总值	+	出口国经济规模越大，潜在的农产品出口供给越大，则农产品出口贸易规模越大。
POP_j^t	j 国人口（人）	-	出口国人口越多，国内市场规模越大，越无需开拓国际市场。
$DIST_{ij}^t$	中国和 j 国距离（公里）	-	距离越远，运输成本越高，双方农产品贸易流量越小。
$BORD_{ij}^t$	虚拟变量。中国和 j 国是否有共同边界，是取 1，否取 0	+	两国接壤，贸易运输成本下降，农产品贸易流量扩大。
$AVITY_j^t$	j 国农业劳动生产率	-	出口国农业劳动生产率越高，则农产品竞争力越高，农产品贸易阻力越小。
$APRICE_j^t$	j 国农产品价格指数	+	出口国农产品价格越高，则贸易阻力越大。
ER_j^t	j 国货币兑美元汇率	-	本币币值越高，越不利于本国农产品出口。
FT_j^{t-1}	虚拟变量。取值范围 0-100，值越大，贸易自由化程度越高。	-	出口国易自由度数值越大，农产品贸易阻力越小。
FF_j^{t-1}	虚拟变量。取值范围 0-100，值越大，金融自由化程度越高。	-	出口国金融自由度数值越大，农产品贸易阻力越小。
FFC_j^{t-1}	虚拟变量。取值范围 0-100，值越大，免于腐败的经济自由化程度越高。	-	出口国免于腐败的经济自由化程度数值越大，农产品贸易阻力越小。
LE_j^t	虚拟变量。取值范围 0-5，值越大，物流效率越高。	-	出口国物流效率越高，农产品贸易阻力越小。
WTO_j^t SHO_j^t	虚拟变量。是 WTO 或上海合作组织成员国，记为 1，否取 0。	-	出口国若是 WTO 或 SHO 成员国，表明贸易开放程度较高，农产品贸易阻力越小。

注：对于部分缺失的数据，运用时间序列的移动平均法进行填补。

2. 主要变量的描述性统计

主要变量的描述性统计结果见表2。

表2 主要变量的描述性统计

变量	单位	观测值	平均值	标准差	最小值	最大值
AGEXP	美元	462	1.51e+08	4.15e+08	20	3.42e+09
GDP	美元	462	6.17e+11	9.40e+11	1.25e+09	3.89e+12
POP	人	462	4.71e+07	6.08e+07	15.33292	2.61e+08
BORD	/	462	0.3312	0.471116	0	1
DIST	公里	462	5 862.248	18.853	3 277.169	8 225.232
AVITY	美元	462	1.13e+09	4.90e+09	10.2593	4.28e+10
APRICE	/	462	99.0634	49.2349	0	424.1
ER	/	462	621.0961	2 765.429	0	3 2376
LE	/	462	2.6093	0.7895	0.8736	4.4394
WTO	/	462	0.4855	0.5003	0	1
SHO	/	462	0.3074	0.3619	0	1
FT	/	462	65.2703	21.3628	0	89.3
FFC	/	462	33.8426	23.3700	0	90
FF	/	462	39.3615	22.8404	0	90

注：①为消除方差波动带来的影响，AGEXP、GDP、POP、DIST、AVITY、APRICE以及ER均进行取自然对数处理。②以上七项均值和标准差均为取自然对数前的均值和标准差。

四、随机前沿引力模型和贸易非效率模型估计

考虑到极大似然估计（MLE）具有较好的一致性、更准确的估计，且在大样本下具有渐近正态性及有效性等特征，因此，本文使用Stata 14.0软件，对随机前沿引力模型5和贸易非效率模型6作极大似然估计。

（一）模型设定形式检验

1. u'_{ij} 是否存在及其时变性检验

随机前沿方法（SFA）高度依赖模型的函数设定形式，要求样本数据集与模型函数形式严格匹配。因此，首先验证 u'_{ij} 是否存在来检验模型有效性。使用广义似然比检验（LR Test）对随机前沿模型中的贸易函数形式和不存在“贸易效率”这一零假设进行验证。原假设是 H_0 ， $L(H_0)$ 为含约束条件模型的对数似然值；备择假设为 H_1 ， $L(H_1)$ 是不含约束条件模型的对数似然值。估计结果如下：（1）不存在贸易非效率的原假设被显著拒绝，这表明模型的选择合理；（2）贸易非效率不随时间变化的原假设被显著拒绝，这表明设定的时变随机前沿引力模型恰当。

2. 随机前沿引力模型和贸易非效率项模型中变量设定检验

依次检验随机前沿引力模型中的各个解释变量的引入是否必要。从结果可知，随机前沿引力模型中的BORD变量为零的原假设被接受，其他原假设都被显著拒绝，这表明设定的随机前沿引力模型基本合理，出口国与中国是否存在共同边界并非主要影响因素。随后，对各个解释变量的引入是否必要进行检验。贸易非效率模型中的农产品价格和免于腐败的经济自由度两个变量为零的原假设也都被接受，其他变量为零的原假设都

被显著拒绝,这说明选定的解释变量基本合理,且出口国的农产品价格、免于腐败的经济自由度水平并非影响沿线国家对农产品贸易效率的主要因素。

3. 模型最终设定形式

根据上述检验,确定最终随机前沿引力模型,见式(7):

$$\ln AGEXP_j^i = \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_j^i + \beta_2 \ln POP_j^i + \beta_3 \ln DIST_{ij} + \nu_{ij}^i - u_{ij}^i \quad (7)$$

确定最终贸易非效率模型,见式(8):

$$u_{ij}^i = \kappa_0 + \kappa_1 AVITY_j^i + \kappa_2 FT_j^{i-1} + \kappa_3 FF_j^{i-1} + \kappa_4 WTO_j^i + \kappa_5 SHO_j^i + \kappa_6 LE_j^i + \kappa_7 ER_j^i + \omega_{ij}^i \quad (8)$$

(二) 随机前沿引力模型的回归及结果分析

基于式(7)和(8),估计1995—2016年沿线21国对中国的农产品出口贸易效率及其影响因素。考虑到稳健性,设定3个随机前沿引力模型依次回归。模型1为时不变模型(TIM),模型2是包含全部变量的初始非约束时变模型,模型3是剔除共同边界变量的时变模型(TVDM)。结果见表3。

表3 随机前沿引力模型回归结果

变量	模型1 (TIM)		模型2 (TVDM)		模型3 (TVDM)	
	系数	t值	系数	t值	系数	t值
常数	3.1138***	4.57	3.3275***	5.68	4.0294***	3.29
$\ln GDP_j$	1.4143***	18.24	1.6548***	24.23	1.6627***	26.59
$\ln POP_j$	-0.0605***	-5.60	-0.0997***	-6.09	-0.0436**	-2.11
$\ln DIST_{ij}$	-1.0057***	-5.07	-2.9961***	-5.93	-3.0920***	-7.32
<i>BORD</i>	0.0081	0.13	0.0115	0.34		
δ^2	5.8807***	4.40	6.0157***	4.79	6.009***	5.24
γ	0.7025***	2.59	0.8529***	2.99	0.8614***	3.95
<i>u</i>	3.2248***	3.40	4.0216**	3.50	3.9754***	4.28
η			1.7576***	3.18	1.6687***	3.07
对数似然值	-1 067.4272		-1 026.1734		-1 026.4629	
LR 统计量	216.03		227.39		239.16	

注:***, ** 和 * 分别表示 1%、5% 和 10% 的显著性水平。

首先,三个时变模型(TVDM)结果中 η 都为正,说明时变模型比时不变模型更为合理,贸易非效率项具有时变性。且沿线国家对中国的农产品出口贸易效率呈动态递增趋势,这与中国采取实质性措施大力推动“丝绸之路经济带”建设不无关系。其次,两个时变模型中信噪比 γ 分别为0.8529和0.8614,且都在1%的水平上显著,这表明贸易非效率项在整个复合扰动项中占主导地位,是实际贸易难以接近贸易潜力水平的最主要原因。再次,从模型3的回归结果可见,出口国经济规模和人口数分别对贸易流量有正向和负向影响,其相关弹性系数分别为1.6627和-0.0436;双边运输距离在1%的水平上显著,对贸易流量有负向影响,其相关弹性系数为-3.0920。这基本与预期相符,出口国经济规模越大越能促进贸易;出口

国人口数越多越会抑制出口增长；双边运输距离增加对贸易流量有显著负效应，阻碍贸易发展。而双方共同边界的相关弹性系数虽然为正，但它未通过显著性检验，这表明沿线国家对中国的农产品出口贸易中，是否与中国接壤并非主要影响因素。因为与中国接壤的几乎都是内陆国家，这可能在一定程度上抑制农产品贸易，海运会更便利。也说明中国在进口农产品以利用邻国耕地等农业资源上还有较大空间。

（三）贸易非效率模型的回归及结果分析

鉴于适用性检验分析，本文依次设定了四个贸易非效率模型。其中，模型1、模型2分别表示剔除了农产品价格指数（APRICE）和免于腐败的经济自由度水平（FFC）两个变量之后的回归方程，模型3为同时剔除了APRICE、FFC两个变量后的回归方程，模型4为初始非约束模型，包含了所有解释变量的回归方程。回归结果见表4。可见，除了被剔除的APRICE、FFC变量外，其他解释变量均有较好的显著水平。从模型1—4，各回归方程的 γ 均通过了1%的显著性检验，且取值都在0.76以上。这与之前的LR检验结果相吻合，也表明贸易阻碍误差项在总误差项 γ 中占比超过76%，其中很大部分是由人为可控因素造成的，这为采取政策措施消除这部分农产品贸易障碍，提高贸易效率带来了机会。

表4 贸易非效率模型回归结果

变量	模型1	模型2	模型3	模型4
常数	-11.4720 *** (-9.54)	-12.4265 *** (-7.69)	-11.7965 *** (-10.69)	-12.1566 *** (-7.27)
$AVITTY_j^t$	-1.3911 *** (-20.38)	-1.4017 *** (-20.91)	-1.4038 *** (-21.18)	-1.3882 *** (-20.10)
$APRICE_j^t$		-0.1427 (-0.56)		-0.1531 (-0.60)
ER_j^t	-0.0001 *** (-2.58)	-0.0001 ** (-2.39)	-0.00001 *** (-2.58)	-0.0001 ** (-2.42)
LE_j^t	-0.6225 *** (-3.54)	-0.5624 ** (-2.15)	-0.5769 *** (-3.25)	-0.6099 ** (-2.30)
FT_j^{t-1}	-0.0184 *** (-3.14)	-0.0193 *** (-3.40)	-0.0200 *** (-3.60)	-0.1775 (-2.97)
FF_j^{t-1}	0.0114 * (1.71)	0.0096 * (1.46)	0.0103 * (1.69)	0.0107 * (1.59)
FFC_j^{t-1}	-0.0056 (-0.78)			-0.0058 (-0.81)
WTO	-1.6535 *** (-6.49)	-1.6300 *** (-3.56)	-1.6645 *** (-6.55)	-1.5991 *** (-5.86)
SHO	-1.6815 * (-6.82)	-1.6724 *** (-5.95)	-1.6325 *** (-6.86)	-1.6834 ** (-6.76)
δ^2	8.4070 *** (3.35)	8.8477 (6.5255)	8.5227 *** (19.2634)	8.3045 *** (4.18)
r	0.7932 *** (2.81)	0.7679 *** (3.1274)	0.7968 *** (2.9013)	0.7781 *** (3.05)
对数似然值	-992.1718	-990.6231	-992.8289	-990.2907
LR统计量	13.30	15.10	16.34	13.37

注：***，**和*分别表示1%，5%和10%的显著性水平，括号内的值为t值。

出口国农业劳动生产率 ($AVITY$)、出口国汇率 (ER)、贸易开放度 (FT)、物流绩效 (LE)、是否为世贸组织 (WTO) 成员、以及是否为上合组织 (SHO) 成员这些变量的系数都为负,符合理论假设。然而,出口国金融自由度 (FF) 系数为正,不符合理论假设。这表明出口国金融自由度水平越高,农产品出口贸易非效率项越大,即效率越低。王瑞和王永龙 (2017) 也得出了类似结论。这可能是由于沿线国家多为尚未建立起稳定金融体系的发展中国家,金融自由度越高可能越易冲击得农产品出口贸易。

(四) 沿线国家对农产品出口贸易效率及潜力分析

分别从贸易效率与贸易增长空间两方面,进一步分析沿线国家对中国的农产品出口贸易潜力。

1. 出口贸易效率分析

出口贸易效率为实际出口额与出口潜力的比值,它能很好地捕捉制约实际出口额接近出口潜力的贸易非效率因素。根据 Battese 和 Coelli (1992) 研究,贸易效率的计算公式为 $TE'_{ij} = \exp(-u'_{ij})$ 。通过贸易效率可判断沿线国家对农产品出口贸易的发展水平。若 $u'_{ij} = 0$,表示不存在贸易非效率,此时, $TE'_{ij} = 1$,实际贸易等于贸易潜力;若 $u'_{ij} > 0$,表示存在贸易非效率,贸易效率 $TE'_{ij} \in (0, 1)$,表明实际贸易低于潜在贸易,即贸易效率尚有提升的空间。

由以上回归结果,可知沿线国家对农产品出口的贸易效率值。为突出研究的现实意义与应用价值,接下来分析由贸易非效率模型估计所得的贸易效率值。此外,为突出各地区的代表性,将效率值整理如图 2 所示。

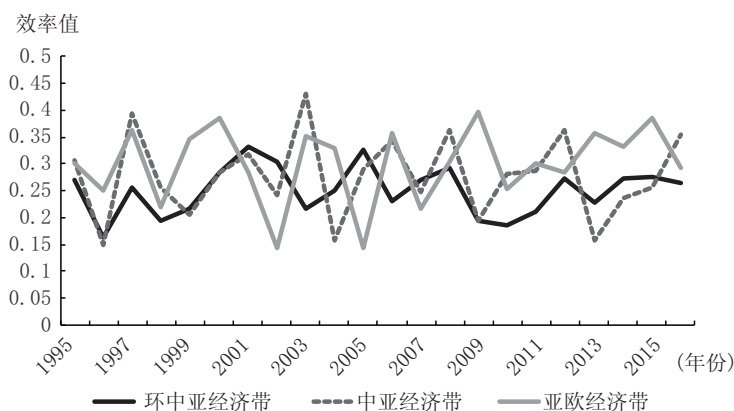


图 2 1995—2016 年各区域对中国农产品出口贸易效率变化

整体来看,1995—2016 年沿线国家对农产品出口贸易效率的总体水平较低,平均值只有 27.59%。亚欧经济带国家的效率相对最高,中亚经济带次之,环中亚经济带最低。各国的出口贸易效率呈现出趋势较为一致的波动,环中亚经济带国家的效率波动幅度相对平缓,而中亚经济带和亚欧经济带国家的效率波动幅度则较大。随着 2001 年中国加入 WTO,各国对中国农产品出口贸易效率出现了一个小峰值。而 2008 至 2009 年亚洲金融危机时,各国出口贸易效率先后呈现出一个小低

谷。2013年至今，中亚经济带和环中亚经济带区域都表现出效率增长的趋势，其中，中亚经济带国家的出口贸易效率提升势头尤为突出。这表明2013年以来，我国积极推进“丝绸之路经济带”建设的各项政策对中亚经济带国家的正向促进作用最为明显。

图3给出了1995—2016年对中国农产品出口额最多的三个国家（法国、俄罗斯、德国）农产品出口贸易效率变化情况。德国贸易效率水平最高，法国次之，俄罗斯第三。从波动幅度来看，俄罗斯和法国出口贸易效率的波动幅度较大，德国相对平稳。总体来看，这三国出口贸易效率的平均值为20.68%，低于沿线21个国家平均水平。这表明，在沿线国家中，对中国农产品出口贸易规模大的几个国家其贸易效率仍有较大的提升空间。此外，2014年21个沿线国家的出口贸易效率平均估计值为27.14%，低于王瑞和王永龙^[19]测算出的2014年17个沿线国家的贸易效率平均值（42%）。考虑到本研究结果与其贸易效率的绝对数值虽有偏差，但各国贸易效率排序结果类似。因此，最大的原因可能在于本文贸易非效率模型纳入了出口国农业劳动生产率变量。由于沿线国家多为农业劳动生产率不太高的发展中国家，它们提高了贸易非效率项，降低了平均贸易效率。

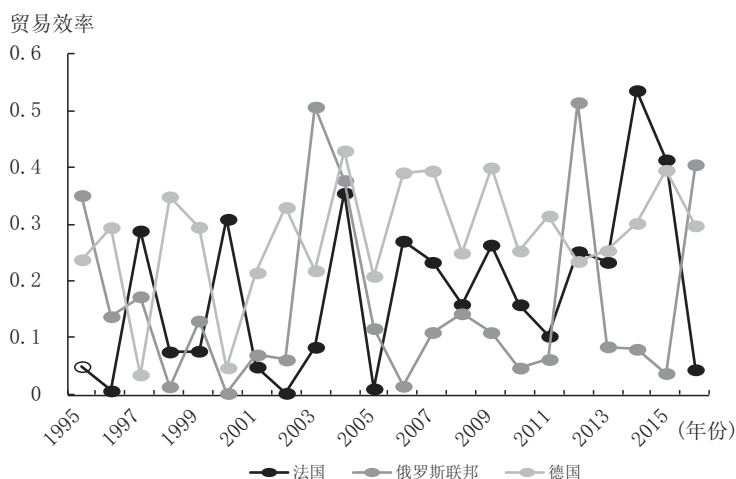


图3 1995—2016年对中国农产品出口贸易额前三名的国家贸易效率变化

2. 出口贸易潜力分析

贸易潜力是实际贸易额与贸易效率的比值，它表示在剔除非效率项的影响后，贸易双方所能实现的最优贸易估计值。通过计算，可得1995—2016年沿线国家对中国的农产品出口贸易潜力。由于贸易潜力在很大程度上受本国实际出口影响，只比较绝对值难以得出结论。因此，引入贸易拓展空间（贸易潜力与实际贸易额之比）来分析沿线各国对中国的农产品出口贸易增长的比例。

从图4可见，1995—2016年沿线国家对中国的农产品出口贸易拓展空间较大，平均值为10.02，即贸易潜力平均可拓展为实际出口贸易额的10.02倍。2007年前，环中亚经济带和亚欧经济带都有较大幅波动，而中亚经济带相对平稳；2008—

2016年,环中亚经济带国家对中国的农产品出口贸易扩展空间最大,中亚经济带次之,亚欧经济带最小,但三者差别不大,特别是2013年后,中亚经济带和环中亚经济带的出口贸易拓展空间波动趋势高度一致,均明显高于亚欧经济带。这再次验证了中国自2013年以来各项积极推进“丝绸之路经济带”经贸合作的做法给中亚经济带和环中亚经济带国家带来了更直接的正向影响。此处与前文对1995—2016年沿线国家农产品贸易总体潜力TPI的排序结果虽基本相符,但分区域趋势略有不同。原因可能有二:首先,TPI衡量的是沿线国家对所有贸易伙伴的总体农产品贸易潜力,而此处估算的仅是对中国的农产品出口贸易潜力;其次,TPI是总体贸易潜力,其中包括进口和出口。而本文未计算的进口贸易潜力部分可能正是影响结果差异的主因。这也表明,中亚经济带国家可能存在较大的农产品进口贸易潜力,这为中国和中亚经济带国家实现农业优势互补提供了机会和空间。

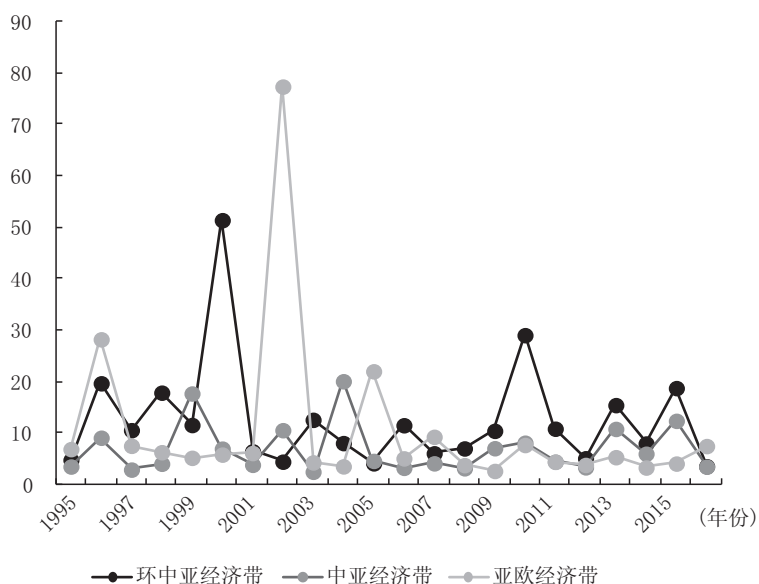


图4 1995—2016年沿线国家对我国农产品出口贸易拓展空间

接下来,以2016年为例,分析沿线国家对我国农产品的出口贸易潜力及其贸易拓展空间。

从绝对出口额来看,贸易潜力排名前五的国家中,法国、俄罗斯对我国的农产品出口贸易潜力分别为694亿美元和363亿美元,乌克兰、德国和意大利的出口贸易潜力分别是83亿美元、71亿美元和36亿美元。该排序与2016年对我国农产品实际出口额排名前五的国家基本相一致;从贸易拓展空间来看,排名前五的国家中,伊拉克、土耳其、法国的贸易拓展空间分别为50倍、33.33倍和25倍,俄罗斯和乌克兰的贸易拓展空间分别是20倍和11.11倍,该排序正好与当年贸易效率最低的五个国家相吻合;从分区域来看,2016年亚欧经济带国家出口贸易潜力最大,贸易拓展空间排名第二,环中亚经济带国家出口贸易潜力排名第二而贸易拓展空间最大,中亚经济带国家的出口贸易潜力与贸易拓展空间都最小。

表5 2016年沿线国家对中国农产品出口贸易效率、贸易潜力和贸易拓展空间

区域	国家	贸易效率 (百万美元)	实际出口贸易额 (百万美元)	贸易潜力 (百万美元)	贸易拓展空间 (倍)
中亚经济带	吉尔吉斯斯坦	0.30	2.99	7.87	3.33
	乌兹别克斯坦	0.38	3.83E-07	1.01E-06	2.63
	哈萨克斯坦	0.51	105.11	206.10	1.96
	土库曼斯坦	0.15	0.08	0.53	6.66
	平均值	0.34	27.05	53.62	3.64
环中亚经济带	俄罗斯	0.05	1818.62	36372.40	20
	印度	0.36	220.74	613.17	2.78
	伊朗	0.46	125.12	272.00	2.17
	亚美尼亚	0.11	0.58	5.73	9.09
	阿塞拜疆	0.42	0.48	1.14	2.38
	土耳其	0.03	100.98	3366.00	33.33
	格鲁吉亚	0.27	12.58	46.59	3.70
	巴基斯坦	0.36	360.13	1000.36	2.77
	沙特阿拉伯	0.40	2.06	5.15	2.50
	伊拉克	0.02	1.01	50.50	50.00
	阿富汗	0.22	0.00	4.55E-05	4.54
平均值	0.25	240.21	3793.87	12.11	
亚欧经济带	英国	0.51	446.95	876.37	1.96
	法国	0.04	2778.15	69453.75	25.00
	德国	0.30	2159.63	7198.77	3.33
	意大利	0.13	479.62	3689.38	7.69
	乌克兰	0.09	752.84	8364.89	11.11
	白俄罗斯	0.25	3.72	14.88	4.00
	平均值	0.22	1103.49	14933.01	8.85

注：贸易拓展空间=贸易潜力/实际出口贸易额

五、结论和建议

本文利用1995—2016年“丝绸之路经济带”沿线国家的面板数据样本，采取TPI计算了沿线国家农产品总体贸易潜力，构建随机前沿引力模型和贸易非效率模型估计了沿线国家对中国的农产品出口贸易效率，同时进一步测度分析了沿线国家对中国的农产品出口贸易潜力及其影响因素、以及出口贸易拓展空间。研究发现：（1）沿线国家对中国的农产品出口贸易平均效率较低，从高到低排名为：亚欧经济带、中亚经济带、环中亚经济带。而出口国的农业劳动生产率、汇率、物流绩效、贸易与金融开放度和是否为上合组织或WTO成员国等因素都对贸易效率产生影响。（2）按农产品总体贸易潜力从大到小排序为：中亚经济带、环中亚经济带、亚欧经济带。（3）沿线国家对中国的农产品出口贸易拓展空间较大，贸易潜力平均可拓展为实际出口贸易额的10.02倍。其中，2008—2016年，从大到小排序为：环中亚经济带国家、中亚经济带、亚欧经济带。

基于上述研究结论，本文提出以下政策建议：（1）针对影响贸易效率的诸因素，应分别制定有针对性的措施，以提升“丝绸之路经济带”沿线国家对中国农

产品出口的贸易效率。例如：帮助一些沿线国家提升农业灌溉技术、提高农业用地效率，从而提高其农业劳动生产率；积极帮助沿线国家寻求来自亚投行、丝路基金、金砖国家新开发银行等多机构的资金支持，提高交通等基础设施建设水平，以优化其物流绩效；进一步与沿线国家磋商贸易自由化，包括共同推进和深化口岸协作，提升通关效率，实现次区域客货过境便利化，从而促进贸易与金融开放，但同时应特别注重规避金融风险。（2）应扩大从环中亚经济带和中亚经济带国家的农产品进口贸易，同时重视从亚欧经济带国家的农产品进口贸易。需要注意的是，应加大力度进口我国不具有比较优势的土地密集型和水资源耗费型农产品，慎重进口对我国冲击较大的劳动密集型农产品。

[参考文献]

- [1] 陈锡文. 落实发展新理念破解农业新难题 [J]. 农业经济问题, 2016 (3): 4-10.
- [2] 孙致陆, 贾小玲, 李先德. 中国与“一带一路”沿线国家粮食贸易演变趋势及其虚拟耕地资源流量估算 [J]. 华中农业大学学报 (社会科学版), 2019, 139 (1): 24-32.
- [3] WAUGH M E, RAVIKUMA B. Measuring openness to trade [J]. Journal of economic dynamics and control, 2016, 72: 29-41.
- [4] GOZGOR G. Does trade matter for carbon emissions in OECD countries? Evidence from a new trade openness measure [J]. Environmental science and pollution research, 2017, 24 (36): 27813-27821.
- [5] TINBERGEN J. Shaping the world economy: suggestions for an international economic policy [M]. New York: Twentieth century fund, 1962: 262-269.
- [6] RAUCH J E. Networks versus markets in international trade [J]. Journal of international economics, 1999, 48 (6): 7-35.
- [7] 盛斌, 廖明中. 中国的贸易流量与出口潜力: 引力模型的研究 [J]. 世界经济, 2004 (2): 3-12.
- [8] ANDERSON J E, WINCOOP E V. Gravity with gravitas: a solution to the border puzzle [J]. American economic review, 2003, 93 (1): 170-192.
- [9] ARMSTRONG S. Measuring trade and trade potential: a survey [Z]. Asia pacific economic papers, 2007, NO. 368.
- [10] KANG H, FRATIANNI M. International trade efficiency, the gravity equation, and the stochastic frontier [J]. Social science electronic publishing, 2006, 12: 1-27.
- [11] RAVISHANKAR G, STACK M M. The gravity model and trade efficiency: a stochastic frontier analysis of eastern European countries' potential trade [J]. World Economy, 2014, 37 (5): 690-704.
- [12] KALIRAJAN K P. Frontier production functions and technical efficiency measures [J]. Journal of economic surveys, 1999, 13 (2): 149-172.
- [13] KALIRAJAN K P. Regional cooperation and bilateral trade flows: an empirical measurement of resistance [J]. The international trade journal, 2007, 21 (2): 85-107.
- [14] BATTESE G A E, COELLI T J. Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India [J]. Journal of productivity analysis, 1992, 3 (1-2): 153-169.
- [15] KUMBHAKAR, SUBAL C, GHOSH et al. A generalized production frontier approach for estimating determinants of inefficiency in U. S. dairy farms [J]. Journal of business and economic statistics, 1991, 9 (3): 279-286.
- [16] REIFSCHNEIDER D, STEVENSON R. Systematic departures from the frontier: a framework for the analysis of firm inefficiency [J]. International economic review, 1991, 31 (32): 715-723.
- [17] 谭晶荣, 蔡燕林, 高颖, 等. 中国对丝绸之路经济带沿线国家农产品出口贸易决定因素分析 [J]. 农业经济问题, 2015 (11): 9-15.
- [18] 谭秀杰, 周茂荣. 21世纪“海上丝绸之路”贸易潜力及其影响因素——基于随机前沿引力模型的实证

- 研究 [J]. 国际贸易问题, 2015 (2): 3-12.
- [19] 王瑞, 王永龙. 我国与“丝绸之路经济带”沿线国家农产品进口贸易研究 [J]. 经济学家, 2017 (04): 99-106.
- [20] 李豫新, 孙培蕾. 丝绸之路经济带核心区农产品贸易潜力研究 [J]. 江西财经大学学报, 2017 (6): 87-96.
- [21] 龚新蜀, 乔姗姗, 胡志高. 丝绸之路经济带: 贸易竞争性、互补性和贸易潜力——基于随机前沿引力模型 [J]. 经济问题探索, 2016 (10): 145-154.
- [22] 刘伟, 高志刚. 丝绸之路经济带沿线国家贸易联系、影响因素及效率研究——基于社会网络分析与随机前沿引力模型的实证研究 [J]. 俄罗斯东亚中亚研究, 2018 (6): 134-155.
- [23] SIMONOVSKA I, WAUGH M E. The elasticity of trade: estimates and evidence [J]. Journal of international economics, 2014, 92 (1): 34-50.
- [24] RODRÍGUEZ-POSE, ANDRÉS. Is There an ‘Anglo-American’ Domination in Human Geography? And, is it Bad? [J]. Environment & Planning A, 2006, 38 (4): 603-610.
- [25] 陈继勇, 李知睿. “中巴经济走廊”周边国家贸易潜力及其影响因素 [J]. 经济与管理研究, 2019 (1): 14-28.

(责任编辑 于友伟)

An Empirical Analysis on the Trade Potential of Export to China from Countries Along the Silk Road Economic Belt —Based on TPI and an Expanded Framework of Stochastic Frontier Gravity Model

YANG Ju QI Chunjie

Abstract: From the perspective of income, this paper used the trade potential index (TPI) to analyze and measure the trade potential in agricultural sector of the countries along the Silk Road Economic Belt (SREB) from 1995 to 2016, by constructing an extended stochastic frontier gravity model, including variables such as agricultural labor productivity, agricultural product prices, efficiency of agricultural exports from the specific twenty one countries to China. The influencing factors were estimated and compared, and the growth space of export trade was calculated. The results show that there is the largest total trade potential in countries of the Central Asian area, followed by that of countries of the Central Asian area, and then countries of the Asia-Europe area. What's more, the export potential in these countries can expand to 10.02 times of the real export trade on average. According to the degree of expansion order, the sequence should be as follows: countries of the Central Asian area, countries of the Central Asian area, countries of the Asia-Europe area. However, the average efficiency of agricultural exports from these countries to China is relatively low. And factors such as agricultural labour productivity, exchange rate, logistics performance, trade and financial openness and membership of the SCO or WTO matter.

Keywords: Silk Road Economic Belt; Agricultural Products; Stochastic Frontier Gravity Model; Trade Efficiency; Trade Potential