

中国工业行业资本-劳动替代弹性估计及影响因素研究

潘 闽¹, 张 鹏², 张自然²

(1. 对外经济贸易大学 国际经济贸易学院, 北京 100029; 2. 中国社会科学院 经济研究所, 北京 100836)

[摘 要] 基于超越对数生产函数的随机前沿模型估计 2001—2015 年中国工业行业的资本-劳动替代弹性, 并对其影响因素进行分析, 结果表明: 劳动密集型行业的资本-劳动替代弹性普遍高于技术密集型行业, 而后者又普遍高于资本密集型行业; 行业开放程度、研发密度、产权属性、资本-劳动比、资产负债率、《劳动合同法》实施以及金融危机等因素都会影响资本-劳动替代弹性。

[关键词] 资本-劳动替代弹性; 工业行业; 超越对数生产函数; 随机前沿模型; 资本密集度; 要素替代弹性; 偏向性技术进步; 经济增长

[中图分类号] F421 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2096-3114(2017)05-0058-12

一、引言

自偏向性技术进步和要素替代弹性的概念被提出以后的大约七十年的时间里, 偏向性技术进步和要素替代弹性理论的发展基本上都处于停滞状态, 直到 Acemoglu 提出了价格效应和市场规模效应两种微观效应^[1], 关于要素替代弹性如何影响偏向性技术进步才有了令人信服的解释。在此前后, 要素替代弹性在经济增长、宏观经济政策和要素收入份额中的作用也进入了学术研究的视野。随着中国经济进入增速换挡和结构转型的关键时期, 人口红利逐渐消失, 生产要素相对优势减弱, 一些文献就要素替代弹性在中国经济增长和要素收入份额的作用进行了研究。鉴于要素替代弹性在经济增长和要素收入分配中的重要作用, 较多研究都提到了开展要素替代弹性影响因素研究的重要性^[2-4]。之所以如此, 是因为要素替代弹性不但在经济增长和宏观经济政策传导机制中发挥了作用, 而且它也是测算要素报酬份额变动和偏向性技术进步的重要参数, 而经济增长、要素份额变动代表了一国福利的增长和变化以及经济结构的变化, 偏向性技术进步被认为是“真实”的技术进步, 代表了经济发展路径中的技术选择, 它们都是经济学所关注的基本问题, 开展要素替代弹性影响因素的研究, 能够加深人们对于这些问题的理解。而且, 除了经济增长和宏观经济政策传导机制研究、要素报酬份额和技术进步偏向性测算之外, 要素替代弹性还被用于其他多个方面的研究中, 缺乏对于要素替代弹性影响因素的认识, 将会限制要素替代弹性本身和相关研究的应用价值。但是, 无论国内还是国外关于要素替代弹性影响因素的研究都非常有限, 多数只是在研究其他问题时提到了某些因素可能会影响要素替代弹性, 并没有用专门的文献就要素替代弹性的影响因素进行讨论。因此, 本文首先对资本-劳动

[收稿日期] 2017-04-26

[基金项目] 国家社会科学基金重点课题(15AJL013)

[作者简介] 潘闽(1976—), 男, 福建长乐人, 对外经济贸易大学国际经济贸易学院博士生, 主要研究方向为国际贸易理论与政策; 张鹏(1984—), 男, 山西长治人, 中国社会科学院经济研究所助理研究员, 主要研究方向为经济增长; 张自然(1972—), 男, 湖北麻城人, 中国社会科学院经济研究所研究员, 主要研究方向为经济增长。

替代弹性的估计和影响因素的相关研究进行回顾,然后在此基础上估计中国工业行业的资本-劳动替代弹性,并就其影响因素进行理论分析和实证检验。

二、文献综述

要素替代弹性估计方面,从总体上看有两种估计方法——单方程模型估计方法和标准化供给面系统方法。单方程模型估计方法上,Arrow 等建立了常替代弹性(CES)生产函数,将要素替代弹性设定为未知的参数,克服了 Cobb-Douglas 生产函数假设资本-劳动替代弹性恒为 1 的缺陷^[5]。但是 CES 生产函数估计的替代弹性对于某一特定样本来说仍然是恒定的,不存在时间方面和个体方面的差异。Revankar 提出了变替代弹性(VES)生产函数,使要素替代弹性估计的结果随个体和时间变化而变化,因而与真实情况更加贴近,因为对于不同个体和时间来说,要素替代弹性应该不是恒定的^[6]。但是,采用单方程模型估计方法所得结果只是局部最优解。为了克服单方程模型估计方法的缺点,Klump 等建立了标准化供给面系统方法,使用系统方程组进行估计^[7]。采用这种方法结果更为稳健,但该方法只适用于较长时间的估计,并且也得不到单一年份的估计结果,另外,估计误差也有可能因为每个方程的偏误而被放大。

在估计结果上,早期的研究基于在技术进步的不同假设下(中性技术进步和要素增强型技术进步)对美国不同时期的资本-劳动替代弹性进行了估计,结果基本上介于 0.3~0.7 之间。但是,Berndt 对美国制造业要素替代弹性的估计结果表明,要素替代弹性与 1 没有显著差异^[8]。之后的较长时间都没有新的研究结果与该研究结论相悖。而进入新世纪后 Klump 等、Tevlin 等的估计结果又显示要素替代弹性显著不为 1^[7,9]。Young 基于微观企业数据的研究也得出了要素替代弹性显著不为 1 的结论^[10]。

要素替代弹性的影响因素方面,De La Grandville 和 Solow 指出,尽管要素替代弹性本质上只是生产中的一个技术参数,但是宏观层面上的制度设置却会对要素替代弹性产生影响^[11]。比如支持工会的制度会导致工会的势力较为强大,这时资本-劳动替代弹性就会比较低,因为工会会阻止企业解雇工人。Yuhn 指出人为压低资本价格会使资本-劳动替代弹性提高^[12]。Saam 证明了贸易自由化会影响经济中总的要素替代弹性^[13]。Klump 等提出要素替代弹性会受到一个国家货币和金融体系的影响,高通胀会导致资源配置效率下降和要素替代弹性较低^[14]。Mallick 在确定要素替代弹性的工具变量时总结了影响要素替代弹性的因素,这些因素包括技术进步、创新、金融及其他制度、贸易开放程度和工会势力等^[15]。

国内实证研究方面,陈晓玲和连玉君基于标准化供给面系统方法,李荣坦基于 ARDL 模型的有界协整检验法估计了中国不同时期的要素替代弹性,结果基本上都支持要素替代弹性显著不为 1 的结论^[2,16];郝枫和盛卫燕基于 CES 生产函数、张月玲和叶阿忠基于超越对数生产函数对中国各区域的要素替代弹性进行了估计^[4,17];郑照宁和刘顺德等基于超越对数生产函数对能源与其他要素的替代弹性进行了估计^[18]。就行业方面的估计而言,范晓静使用 Bayesian 方法和 GME 方法估计了中国 16 个行业的资本-劳动替代弹性^[19];钟世川在 CES 生产函数下,采用 Kmenta 近似估计方法估算了 1979—2011 年中国工业各行业的替代弹性^[3];郝枫基于超越对数生产函数和中国农业数据对农业资本-劳动替代弹性进行了估计^[20];陈晓玲等使用标准化供给面系统方法对 1994—2008 年工业行业要素替代弹性进行了估计^[21]。但是,上述行业方面的估计都存在一定缺陷,要么使用的函数没有体现要素替代弹性的时变性,要么把制造业作为一个整体或是就单独的行业进行估计,而陈晓玲等则是对行业进行分类,估计的是每一大类行业的要素替代弹性^[21]。这些研究的估计结果都没有覆盖到每一个行业。

早期要素替代弹性经常被用于经济增长、宏观经济政策传导机制、要素份额变动和技术进步偏向性的研究中,近年来要素替代弹性的应用不断得到扩展。以国内的研究为例,张月玲和叶阿忠通过测算中国三大区域的要素替代弹性研究了中国区域技术选择与要素结构匹配的差异^[17]。郑照宁和刘顺德在测算要素替代弹性的基础上讨论了中国国民经济系统的投入产出状况^[18]。钟世川将资本-劳动替

代弹性与生产技术的灵活性和经济结构变化联系起来^[3]。陈晓玲等研究了有效资本、有效能源和有效劳动在特定要素替代弹性条件下通过影响能源份额进而影响能源强度的作用机制^[21]。这些研究都以要素替代弹性作为基础,但已有的文献没有对要素替代弹性的影响因素进行研究,因而使得对于上述研究作用机理的解释不能再往前延伸一步,限制了这些研究的应用价值。因此,我们有必要对要素替代弹性的影响因素进行专门讨论。

综合以上评述可以发现,要素替代弹性对于多方面的研究具有重要作用,但是关于要素替代弹性影响因素的研究比较有限,尤其是对其进行专门讨论的文献更是缺乏,因而没能使要素替代弹性的应用价值得到充分的发掘。本研究将主要对此做出贡献。

三、资本-劳动替代弹性估计及分析

(一) 模型构建

根据前面的分析,为了使估计结果随行业和时间变化而变化,本文拟使用可变替代弹性生产函数进行估计。周方指出,生产函数除柯布-道格拉斯生产函数外,其他的都不符合经济学原理^[22]。但是在可变替代弹性生产函数中,超越对数生产函数具有较强的包容性,加入投入要素的平方项和交叉项后可以作为柯布-道格拉斯函数的二阶近似,因此本文使用超越对数生产函数估计制造业各行业的资本-劳动替代弹性。由于要素替代弹性的单方程估计方法使用的是基于生产函数的生产率估计方法,而目前基于生产函数的生产率估计方法中,随机前沿模型考虑到了存在非效率的情况,并且把非效率项进一步分为受随机因素影响的部分和不受随机因素影响的部分,具有较高的合理性。因此,本文构建了如下基于超越对数生产函数的随机前沿模型:

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \beta_l \ln l_{it} + \frac{1}{2} \beta_{ll} (\ln l_{it})^2 + \beta_k \ln k_{it} + \frac{1}{2} \beta_{kk} (\ln k_{it})^2 + \beta_T T_{it} + \frac{1}{2} \beta_{TT} T_{it}^2 + \beta_{lk} \ln l_{it} \ln k_{it} + \beta_{lT} T_{it} \ln l_{it} + \beta_{Tk} T_{it} \ln k_{it} + (v_{it} - u_{it}) \quad (1)$$

式中 y 表示工业增加值, l 表示劳动, k 表示资本, T 表示时间, v_{it} 表示随机扰动项, u_{it} 表示技术无效率项。

要素替代弹性只是在技术和投入价格不变的情况下一单位要素边际技术替代率的变化所引起的要素投入比例的变化。在资本-劳动替代弹性中,涉及了两种要素——资本和劳动,因此,应该分别考察劳动对于资本的替代弹性和资本对于劳动的替代弹性。

劳动对于资本的替代弹性

$$\sigma_{lk} = d \ln(k/l) / d \ln MRTS_{lk} \quad (2)$$

劳动和资本的产出弹性

$$\eta_l = \partial \ln y / \partial \ln l = \beta_l + \beta_{ll} \ln l + \beta_{lk} \ln k + \beta_{lT} T \quad (3)$$

$$\eta_k = \partial \ln y / \partial \ln k = \beta_k + \beta_{kk} \ln k + \beta_{lk} \ln l + \beta_{Tk} T \quad (4)$$

而劳动对于资本的边际技术替代率

$$MRTS_{lk} = - \frac{dk}{dl} = \frac{\partial y / \partial l}{\partial y / \partial k} = \frac{k}{l} \frac{\partial \ln y / \partial \ln l}{\partial \ln y / \partial \ln k} = \frac{k}{l} \frac{\eta_l}{\eta_k} \quad (5)$$

对其求全微分得

$$d \ln MRTS_{lk} = \frac{\partial MRTS_{lk}}{\partial l} dl + \frac{\partial MRTS_{lk}}{\partial k} dk \quad (6)$$

而

$$\frac{\partial MRTS_{lk}}{\partial l} = - \frac{k}{l^2} \frac{\eta_l}{\eta_k} + \frac{k}{l} \frac{(\partial \eta_l / \partial l) \eta_k - \eta_l (\partial \eta_l / \partial k)}{\eta_k^2} \quad (7)$$

由式(3)、式(4)得

$$\frac{\partial \eta_l}{\partial l} = \frac{\beta_{ll}}{l} \quad (8)$$

$$\frac{\partial \eta_l}{\partial k} = \frac{\beta_{lk}}{l} \quad (9)$$

式(8)、式(9)代入式(7),化简可得

$$\frac{\partial MRTS_{lk}}{\partial l} = \frac{k}{l^2} \left[\frac{\beta_{ll}}{\eta_k} - \frac{\eta_l(\eta_k + \beta_{lk})}{\eta_k^2} \right] \quad (10)$$

同样可以计算

$$\frac{\partial MRTS_{lk}}{\partial k} = \frac{1}{l} \left(\frac{\eta_l + \beta_{lk}}{\eta_k} - \frac{\beta_{kk}\eta_l}{\eta_k^2} \right) \quad (11)$$

这样

$$d \ln MRTS_{lk} = \frac{dMRTS_{lk}}{MRTS_{lk}} = \frac{1}{MRTS_{lk}} \frac{\partial MRTS_{lk}}{\partial l} dl + \frac{1}{MRTS_{lk}} \frac{\partial MRTS_{lk}}{\partial k} dk = \frac{1}{k\eta_l} \left[k \frac{\beta_{ll}}{l} - \frac{k\eta_l}{l\eta_k} (\eta_k + \beta_{lk}) \right] dl + \frac{1}{k\eta_l} \left[(\eta_l + \beta_{lk}) - \frac{k\eta_l}{l\eta_k} \left(l \frac{\beta_{kk}}{k} \right) \right] dk \quad (12)$$

$$d \ln(k/l) = \frac{d(k/l)}{k/l} = \frac{dk}{k} - \frac{dl}{l} \quad (13)$$

式(12)、式(13)代入式(2)得

$$\sigma_{lk} = \frac{k\eta_l [(l/k)dk - (1/l)dl]}{\left[k \frac{\beta_{ll}}{l} - \frac{k\eta_l}{l\eta_k} (\eta_k + \beta_{lk}) \right] dl + \left[(\eta_l + \beta_{lk}) - \frac{k\eta_l}{l\eta_k} \frac{\beta_{kk}}{k} \right] dk} \quad (14)$$

而

$$dk = -\frac{k\eta_l}{l\eta_k} dl \quad (15)$$

式(15)代入式(14)得

$$\sigma_{lk} = \frac{-(k/l)(\eta_l/\eta_k)(\eta_l + \eta_k)}{\left[k \frac{\beta_{ll}}{l} - \frac{k\eta_l}{l\eta_k} (\eta_k + \beta_{lk}) \right] + \left[(\eta_l + \beta_{lk}) - \frac{k\eta_l}{l\eta_k} \frac{\beta_{kk}}{k} \right] \left[-\frac{k}{l} \frac{\eta_l}{\eta_k} \right]} \quad (16)$$

最后化简得到

$$\sigma_{lk} = \left[1 + \left(2\beta_{lk} - \beta_{kk} \frac{\eta_l}{\eta_k} - \beta_{ll} \frac{\eta_k}{\eta_l} \right) (\eta_l + \eta_k)^{-1} \right]^{-1} \quad (17)$$

同样可以得出资本对劳动的替代弹性 σ_{kl} ,它与劳动对于资本的替代弹性实际上是相等的,因而本文对二者不加区分,统一称为资本-劳动替代弹性。

(二) 数据整理和说明

式(1)所使用的中国工业各行业增加值、劳动和资本数据主要来自《中国工业经济年鉴》(2013年起更名为《中国工业统计年鉴》),数据覆盖的时间为2001—2015年。由于统计年鉴行业分类在2004年和2012年进行了调整,为了使各年份所包括的行业一致,去掉了2004年以前的“木材及竹材采运业”和2004年以后的“其他采矿业”“工艺品及其他制造业”和“废弃资源和废旧材料回收加工业”,并将2012年以前的橡胶制品业和塑料制品业合并为一个行业“橡胶和塑料制品业”,将2012年以后的“汽车制造业”和“铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业”合并为一个行业“交通运输设备制造业”,结果共计35个行业。在工业增加值的整理上,由于《中国工业统计年鉴》没有对全行业

的工业增加值进行统计,因此使用《中国工业统计年鉴》中各行业规模以上企业工业增加值替代行业的工业增加值。由于该数据是以当年价格计算的,我们进一步使用《中国城市(镇)生活与价格年鉴》上的分行业工业品出厂价格指数进行价格调整,将该数据折算为以2001年为基年的可比价格工业增加值。由于2004年的数据缺失,而2008年以后《中国工业统计年鉴》不再统计工业增加值,因此,2004年的工业增加值通过线性插值的方法得到,而2008年以后的工业增加值使用价格调整后的2007年的工业增加值依次乘以国家统计局网站提供的2008年以后各年份各工业行业累计工业增加值增长率得到。在劳动数据的整理上,使用《中国工业统计年鉴》各工业行业规模以上企业从业人员(职工)平均人数作为行业劳动,由于2004年的数据缺失,我们通过《2005年中国劳动统计年鉴》补齐。在资本数据的整理上,参照李小平和朱钟棣的做法,使用各行业规模以上企业固定资产净值年平均余额表示行业的资本^[23],并使用《中国城市(镇)生活与价格年鉴》的分行业工业品出厂价格指数折算为以2001年为基年的可比价格资本存量,其中2004年数据缺失,我们通过线性插值的方法得到。

(三) 模型估计

式(1)的估计需要使用合理的估计方法,即选择合适的面板数据随机前沿模型。目前使用最为广泛的面板数据随机前沿模型是BC92和BC95模型,因为早期的面板数据随机前沿模型没有考虑效率随时间变化的情况,BC92和BC95模型对这一缺陷进行了修正,并对随机项和效率项的分布进行了假设。但是,BC模型没有考虑决策单元的异质性,Greene模型对此进行了改进。本文使用Greene模型进行估计,并使用BC95模型对Greene模型估计结果的稳健性进行检验。表1列出了估计结果。

从表1可见,Greene模型估计的一次项结果显示,资本系数为正,劳动系数为负,均在1%的水平显著,表明资本对经济增长的贡献为正,劳动对经济增长的贡献为负。二次项的结果显示,资本和劳动的系数为正,资本的系数不显著,劳动的系数在1%的水平显著,表明资本与经济增长不存在U型或倒U型的非线性关系,而劳动则与经济增长存在U型的非线性关系。交叉项结果显示,资本和劳动交叉项系数为负,且均在1%的水平上显著,表明资本和劳动存在显著的替代效应。带有时间的各解释变量均在10%或以上的水平上显著,表明存在中性技术进步和技术进步偏向。使用BC95模型对Greene模型估计结果进行稳健性检验,结果表明,BC95模型和Greene模型中各解释变量的系数正负相同、数值接近,显著性水平大致相同,证明Greene模型估计结果是稳健的。

(四) 结果计算及分析

我们在式(1)估计的基础上计算各工业行业的资本-劳动替代弹性。受篇幅所限,本文无法列出所有行业每一年的计算结果。祝树金和张鹏辉测算了制造业各行业的要素密集度,根据测算结果将全部制造业行业划分为三个组别:技术密集型行业组、资本密集型行业组和劳动密集型行业组^[24]。本文采用祝树金和张鹏辉的行业组分类^[24]计算了三个行业组中各行业资本-劳动替代弹性年份均值、行业年份均值及标准差,以及三个行业组中各年度按照行业工业增加值加权的资本-劳动替代弹性行业均值,结果分别以表2和图1显示。需要说明的是,祝树金和张鹏辉的行业分类只包括32个行业,没有包括“电力、蒸汽、热水的生产和供应业”“煤气生产和供应业”以及“自来水的生产和供应

表1 模型估计结果

	随机前沿模型 I (Greene)		随机前沿模型 II (BC95)	
	系数	标准误	系数	标准误
资本	1.575 ***	0.306	1.512 ***	0.170
劳动	-1.710 ***	0.351	-1.731 ***	0.196
时间	0.249 ***	0.050	0.239 ***	0.037
资本平方	0.015	0.026	0.013	0.013
劳动平方	0.340 ***	0.040	0.328 ***	0.022
时间平方	-0.002 ***	0.001	-0.002 *	0.001
资本劳动交叉项	-0.178 ***	0.034	-0.185 ***	0.027
时间资本交叉项	-0.027 ***	0.007	-0.028 ***	0.005
时间劳动交叉项	0.019 ***	0.005	0.017 ***	0.005
常数项			2.365 ***	0.740
μ 常数项			-27.642	21.473
U_0 常数项	-9.394 ***	1.323	2.546 ***	0.748
V_0 常数项	-2.357		-3.068 ***	0.190
$\hat{\sigma}_u$	0.009	0.006	3.572 ***	1.337
$\hat{\sigma}_v$	0.307		0.215 ***	0.020
λ	0.029		16.570 ***	1.338
观测值个数	525		525	

注:***、**和*分别表示估计结果在1%、5%和10%的水平上显著。

业”,因此表 2 和图 1 的统计中并不包括这三个行业。

表 2 反映出三个行业组中各行业的资本-劳动替代弹性的年份均值多数介于 1.3 至 1.6 之间,技术密集型行业组多数行业的资本-劳动替代弹性的年份均值大于劳动密集型行业组,而后者又大于资本密集型行业组。但是技术密集型行业组中各行业间资本-劳动替代弹性的年份均值的差异相对较大,特别是电子及通信设备制造业的年份均值较高,因此拉高了技术密集型行业组的行业年份均值,而其余两个行业组各行业间资本-劳动替代弹性的年份均值的差异与技术密集型行业组相比较小,资本密集型行业各行业间资本-劳动替代弹性的年份均值差异最小。

表 2 三个行业组各行业资本-劳动替代弹性年份均值

技术密集型行业组		资本密集型行业组		劳动密集型行业组	
石油加工	1.291	煤炭采选	1.429	食品加工	1.441
化学原料及制品	1.384	石油和天然气开采	1.279	食品制造	1.406
医药制造	1.388	黑色金属矿采选	1.325	饮料制造	1.370
化学纤维	1.304	有色金属矿采选	1.335	纺织	1.516
黑色金属冶炼及压延	1.383	非金属矿采选	1.363	服装及其他纤维制品	1.631
有色金属冶炼及压延	1.351	烟草加工	1.273	皮革、毛皮、羽绒及其制品	1.603
普通机械	1.451	造纸及纸制品	1.355	木材加工及竹、藤、棕、草制品	1.416
专用设备	1.430	非金属矿物制品	1.461	家具	1.437
交通运输设备	1.463			印刷业、记录媒介的复制	1.376
电气机械及器材	1.698			文教体育用品	1.514
电子及通信设备	2.576			橡胶和塑料制品	1.408
仪器仪表及文化办公用机械	1.474			金属制品	1.455
行业年份均值	1.516		1.353		1.464
标准差	0.350		0.066		0.085

图 1 反映出三个行业组各年份的资本-劳动替代弹性行业均值多数介于 1.3 至 1.5 之间,该结果与范晓静的研究结果接近。范晓静使用贝叶斯方法和 GME 方法估计的制造业资本-劳动替代弹性分别为 1.277 和 1.688^[19]。在多数年份中,劳动密集型行业组的资本-劳动替代弹性的行业均值大于技术密集型行业组,而后者又大于资本密集型行业组。同样,技术密集型行业组的资本-劳动替代弹性行业均值各年份间波动性相对较大,因此拉高了技术密集型行业组的行业年份均值,而另外两个行业组的资本-劳动替代弹性行业均值各年份间的波动都不太大,资本密集型行业组的资本-劳动替代弹性行业均值各年份间波动最小。三个行业组的行业年份均值从高到低依次为技术密集型行业组、劳动密集型行业组和资本密集型行业组。

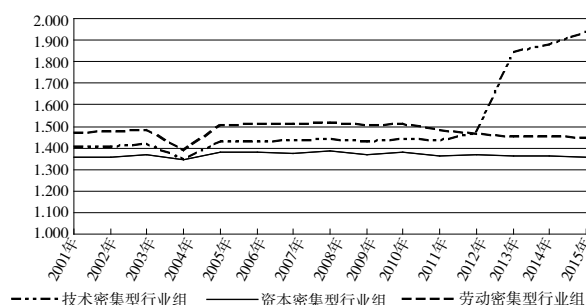


图 1 三个行业组各年度资本-劳动替代弹性的行业均值

技术密集型行业组、劳动密集型行业组的资本-劳动替代弹性的行业年份均值总体上大于资本密集型行业,原因在于这两类行业生产中发挥主要作用的要素都是“人”,技术密集型行业发挥主要作用的是人力资本,而劳动密集型行业发挥主要作用的是普通劳动要素。在生产中,“人”的灵活性比资本更高,因为资本的使用有严格的操作规程,生产过程是标准化的,生产工艺和方法都比较固定。另外,“人”的使用量调整也更为容易。因此,在“人”发挥主要作用的技术密集型行业和劳动密集型行业,生产调整较为容易,要素替代弹性较大。同时,技术密集意味着行业本身具有两个方面的特征:一是不同行业的生产组织和过程差别较大,二是具备对生产工艺与方法进行频繁调整和更新的能力。因此,与其他两个行业组相比,技术密集型行业组的资本-劳动替代弹性行业间的差异和年份间的波动较大。

图 1 显示,技术密集型行业组的资本-劳动替代弹性的行业均值从 2012 年起出现了显著的、较大幅度的提高。本文认为可能的原因是:技术密集型行业代表了高端制造,在经历了金融危机的“保增长”之后,“调结构”被放在了重要位置。2011 年是“十二五”的开局之年,从这一年起国家加大了对高端制造业的扶

持,高端制造业出现了较大的调整和变化,相应地,技术密集型行业组的要素替代弹性也发生了显著变化。由于存在一定的滞后,这种变化从2012年才开始显现,而作为一种“好”的调整,其变化的方向是“增大”。

四、资本-劳动替代弹性的影响因素

(一) 理论分析

要素替代源于生产中需要使用不同要素,而要素在生产中的作用又具有近似性。生产需要使用不同要素很大程度上又是由于分工不同所导致的,因此,本文在分工和交易成本的框架下讨论资本-劳动替代弹性的影响因素。

斯密最早论述了分工的作用,指出分工作具有提高劳动者技能、节约劳动时间和促进机器的发明与使用三个好处。他认为分工源于交换,并且能促进交换,二者相互作用导致生产规模扩大^[25]。马歇尔指出分工引起了“规模经济”^[26]。分工与交易相伴相生,因此,分工受交易成本影响。而新制度经济学指出,交易需要一系列制度安排作为支撑,没有完善的契约和产权制度,大规模的交易就无法进行,分工也不会得到发展,因此,分工也受制度的影响。分工的发展即是生产模式从低级到高级的演变过程,即从手工作坊生产模式到大规模、批量化制造模式,再到先进制造模式。其中高级生产模式不是低级生产模式的替代,而是与低级生产模式同时存在,不同行业二者所占的比重不同。有关生产方式变革和发展的文献指出,大规模、批量化制造虽然极大地提高了生产效率,但是这种模式由于分工高度精细化和生产高度标准化,资源配置具有较大的刚性,生产调整的余地较小;先进制造模式的出现就是为了克服了大规模、批量化制造的上述缺陷,其生产调整的余地较大,能够适应灵活多变的市场和个性化的需求^[27-28]。从根本上说,要素替代弹性是由不同生产模式所占的比重决定的。一般来说,若以大规模、批量化制造为主,生产的标准化程度就会较高,设备专用性也会较强,生产的“刚性”较大,要素替代弹性就会比较小;而以先进制造模式为主,生产的“柔性”就会比较大,要素替代弹性也就会比较大。

创新能够引发技术进步,提高生产效率,但是创新不一定会带来要素替代弹性的提高,因为如果效率提高是通过提高生产的标准化程度,采取大规模、批量化制造的生产模式而实现的,以劳动和资本为例,生产中劳动的使用就会局限于某些必须要“人”干预的环节,在这些环节上资本无法替代劳动,同时生产中也会存在较多资本独立发挥作用的环节,在这些环节上劳动也无法替代资本,这样,生产过程的要素替代弹性会减小。

同时,从分工受交易成本限制的角度看,生产过程的调整和要素本身的调整会产生调整成本,前者如变更生产场所、设备和人员增减、工作岗位调整、引入新的生产方法等所发生的成本,后者如购买新的设备进行搜寻、订货、运输、收货、检验等所发生的成本,以及雇佣或解雇人员与工会进行谈判、制定新的劳动合同和组织赔偿等发生的成本,这些成本都是一般化的交易成本,限制了生产的调整和要素替代。此外,要素的调整也会引起生产成本的变化,因此一种要素能否替代另外一种要素还会受到生产成本的限制。综合以上分析,要素替代弹性的影响因素可以划分为如下五类:一是生产模式,二是技术创新或影响创新的因素,三是影响交易成本的因素,四是交易制度,五是影响生产成本的因素。其中生产模式是影响要素替代弹性最根本的因素,而后面四类都是通过影响分工和生产模式进而影响要素替代弹性的。前文综述中提到的研发、创新、金融及其他制度、贸易开放程度和工会势力等影响要素替代弹性的因素都可以归结到这五个类别中。

(二) 实证研究

根据上面的分析,我们建立以下模型对中国工业行业资本-劳动替代弹性的影响因素进行检验:

$$\sigma_{it} = \alpha_i + \beta_1 rdinten_{it} + \beta_2 open_{it} + \beta_3 prop_{it} + \beta_4 klratio_{it} + \beta_5 alratio_{it} + \beta_6 law + \beta_7 crisis + \varepsilon_{it} \quad (18)$$

模型中解释变量的含义和表示方法为: $rdinten_{it}$ 为研发密度,采用行业的研发投入与工业总产值的比值表示,用来反映生产中引入新的生产工艺和方法的能力,即创新的能力; $open_{it}$ 为行业开放程度,用行业出口

交货值与工业总产值的比值表示; $prop_{it}$ 为行业的产权属性,用行业国有控股企业的工业总产值占行业规模以上企业工业总产值的比重表示; $klratio_{it}$ 为资本-劳动比,用来反映行业的资本密集度; $alratio_{it}$ 为资产负债率,用行业的负债总计与资产总计的比值表示; law 为法律因素,为虚拟变量。2008年9月1日《劳动合同法》开始实施,它的实施加大了对劳动者权益的保护,因此,2009年及以后年份 law 的取值为1,2009年以前则取0。 $crisis$ 为金融危机,也是虚拟变量。因为金融危机是2008年爆发的,所以危机爆发及之后两年,即2008年、2009年和2010年, $crisis$ 取1,其余年份取0。选取上述变量作为模型的解释变量是因为:第一,参考Mallick对研发、创新、金融及其他制度、贸易开放程度等影响因素的总结^[15],将行业的研发密度、开放程度、产权属性和资产负债率选取为模型的解释变量。其中行业产权属性作为一种重要的制度安排,可以归结到“金融及其他制度”中,而新制度经济学也证明了契约和产权是交易和分工的重要影响因素;资产负债率则体现了行业的融资能力,与金融制度有关。第二,资本-劳动比或资本密集度代表了行业的生产是以何种生产模式为主。因为大规模、批量化制造模式分工最为细致,细到甚至可能每一道工序都使用专门的资本设备,所以其资本密集度最大,而先进制造模式的资本密集度比大规模、批量化制造模式要小。根据前述分析,生产模式会极大地影响要素替代弹性,因此将资本-劳动比包括在解释变量当中。第三,将《劳动合同法》包括在解释变量中的原因是因为《劳动合同法》的实施加强了对劳动者的保护,增加了企业雇佣和解雇的成本,与工会对劳动者的保护对要素替代弹性的影响类似。第四,将金融危机变量纳入则是因为危机会造成大量失业,显著地影响用工成本,在此期间企业能够以非常低的价格雇佣到劳动,因此有利于用劳动替代资本。在影响关系上,研发密度、资本-劳动比、《劳动合同法》和金融危机对资本-劳动替代弹性的预期影响方向前文都做了分析,而行业开放程度、产权属性和资产负债率对资本-劳动替代弹性的预期影响方向是:行业开放程度越高,越有可能通过进口或技术引进接触到国外的新技术和生产方法,在学习和转化后为自己所用,促进生产过程的调整,因此行业开放程度越高,资本-劳动替代弹性越大;国有企业在用人制度和生产组织安排上灵活性不足,生产过程和生产要素的调整相对来说比较困难,因此,国有企业比重越大,资本-劳动替代弹性就会越小;而负债率越高,一定时期内利息支出就越多,企业负担加重,企业承受额外支出的能力会下降,此时若企业再对生产和要素进行调整,势必会使企业的负担进一步加重,企业从而缺乏调整的动力,因此负债率越高,资本-劳动替代弹性越小。数据来源方面,行业开放程度、产权属性、资本-劳动比、资产负债率的数据来自《中国工业统计年鉴》,研发投入的数据来自《中国科技统计年鉴》。需要说明的是由于《中国工业统计年鉴》中各行业的出口交货值从2001年以后才有统计,因此本文数据选取的年份为2001—2015年。

因为数据覆盖了较多年份,可能会造成异方差和自相关,因此使用针对长面板的全面FGLS进行估计,通过Wald检验和Breusch-Pagan LM检验验证是否存在同方差、组内自相关和组间同期相关。考虑到变量间可能存在的共线性问题,我们采用逐步回归法进行回归。表4列出了估计的结果。

由表4可见,Wald检验和

表4 资本-劳动替代弹性影响因素回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
开放程度	0.197 *** (0.009)	-0.158 *** (0.012)	-0.158 *** (0.013)	-0.159 *** (0.013)	-0.040 ** (0.020)
研发密度		-0.050 *** (0.005)	-0.054 *** (0.005)	-0.039 * (0.021)	-0.061 *** (0.022)
产权属性			-0.039 *** (0.019)	-0.042 ** (0.021)	-0.047 ** (0.024)
资本-劳动比				-0.001 *** (0.000)	-0.001 *** (0.000)
资产负债率					-0.350 *** (0.034)
法律因素	-0.013 *** (0.002)	-0.011 *** (0.003)	-0.010 *** (0.004)	-0.010 *** (0.004)	-0.008 ** (0.004)
金融危机	0.013 *** (0.002)	0.013 *** (0.003)	0.013 *** (0.003)	0.010 *** (0.003)	0.008 *** (0.003)
组间异方差 wald 检验 p 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
组内自相关 wald 检验 p 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Breusch-Pagan LM 检验 p 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

注:表中各解释变量对应的单元格中不加括号的数值为回归系数,括号内的数值为标准误,***、**和*分别表示估计结果在1%、5%和10%的水平上显著。

Breusch-Pagan LM 检验的结果强烈拒绝“组间同方差”、“不存在组内自相关”和“不存在组间同期相关”的原假设,即存在组间异方差、组内自相关和组间同期相关,表明估计方法选择是正确的。第(1)列只包括了行业开放程度、法律因素和金融危机三个解释变量,第(2)列至第(5)列依次引入新的解释变量进行逐步回归。除个别列的个别变量在5%的水平上显著之外,其余均在1%的水平上显著。逐步回归中同一解释变量的符号保持恒定,不随新的解释变量的引入而变化,表明估计结果是稳健的。研发密度的系数为正,表明生产工艺和方法的更新导致了要素间替代性的减弱,原因如前。行业开放程度的系数为负,表明行业越开放,资本-劳动替代弹性越小,与之前的分析不一致。可能的原因是,虽然开放程度提高有利于技术引进,但是在中国对外贸易中比重较大的是加工贸易,主要进行国外来料和进料的加工修配,并再出口到国外。国外的上游厂商之所以将这些环节外包到中国来进行加工,是为了利用中国相对低廉的劳动力,因而其生产流程和工艺设计必定是适合使用劳动的,从技术上就限制了资本对劳动的替代,因此,行业的开放程度越高,加工贸易的比重越大,资本-劳动替代弹性就越小。产权属性的系数为负,说明国有企业的比重越大,资本-劳动替代弹性越小,这与预期的一致。资本-劳动比的系数为负,表明资本-劳动比越高或资本越密集的行业资本-劳动替代弹性越小,也与前面的分析一致。资产负债率的系数为负,表明负债减小了资本-劳动替代弹性。法律因素的系数为负,金融危机的系数为正,表明《劳动合同法》的实施和金融危机分别降低和提高了资本-劳动替代弹性。

作为理论分析和实证结果的应用,下面以图2说明为什么表1中技术密集型行业组的资本-劳动替代弹性的年份均值差异较大。图2分别显示了表1中技术密集型行业组的资本-劳动替代弹性年份均值最大的行业电子及通信设备制造业、最小的石油加工业和位于中间的交通运输设备制造业各年份的行业研发密度、开放程度、产权制度、资产负债率和资本密集度。从电子及通信设备制造业与石油加工业的比较看,两者差异最大的是资本密集度,平均来看,石油加工业的资本密集度是电子及通信设备制造业的7.2倍左右,而其他变量中两个行业差异最大的是研发密

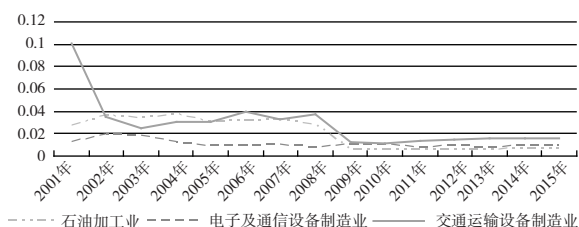


图2a 研发密度

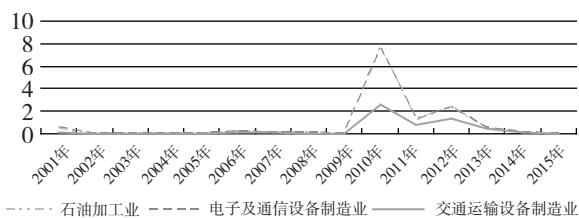


图2b 开放程度

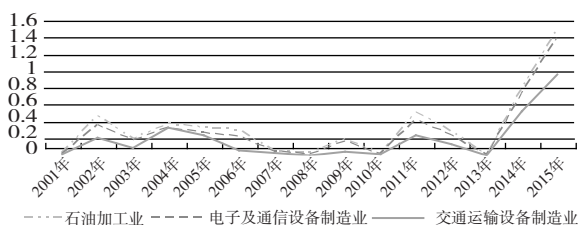


图2c 产权制度

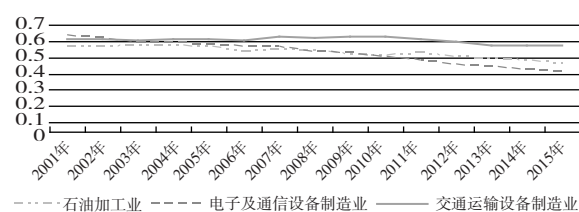


图2d 资产负债率

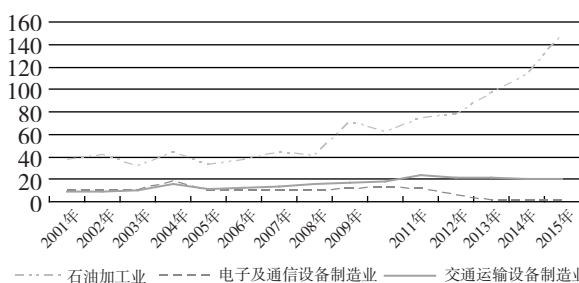


图2e 资本密集度

图2 技术密集型行业组三个行业资本-劳动替代弹性影响因素比较

度,但也仅有 1.8 倍左右,其中较高的是电子及通信设备制造业。而从交通运输设备制造业与石油加工工业的比较看,两者差异最大的也是资本密集度,平均来看,石油加工工业的资本密集度是交通运输设备制造业的 3.9 倍左右,而其他变量中两个行业差异最大的是开放程度,在 2.3 倍左右,其中较高的是交通运输设备制造业。综合以上比较可以发现,技术密集型行业组自身中各行业间的技术密集度也存在较大差异,因此该行业组中各行业间的资本-劳动替代弹性年份均值差异也比较大,其背后的原因是技术密集型行业组中各行业的生产模式差别较大,因为技术密集度差异反映了生产模式的差异。

五、结论及启示

本文使用基于超越对数生产函数的随机前沿模型估计了 2001—2015 年中国工业 35 个行业的资本-劳动替代弹性,并就其影响因素进行了理论分析和实证检验。结果表明:行业开放程度、研发密度、以国有企业占比表示的产权因素、资本-劳动比、资产负债率、《劳动合同法》的实施和金融危机都影响了中国工业行业的资本-劳动替代弹性。鉴于要素替代弹性在经济增长、宏观经济政策传导机制、收入分配和技术进步偏向性研究以及其他多个方面研究中的重要作用,特别是近年来研究中国区域技术选择与要素结构匹配差异、中国经济系统的投入产出状况、生产技术的灵活性和经济结构变化,以及能源强度的一些文献都是以要素替代弹性作为基础的,而目前尚缺乏对要素替代弹性影响因素的专门研究,本文的研究结果提高了要素替代弹性的应用价值,有助于将上述各类研究中的解释变量从要素替代弹性扩展至要素替代弹性本身的影响因素,从而促进对这些研究中的作用机理进行深入挖掘。

本文的研究还对理解当下的经济形势和经济转型以及政策制定具有启示作用:

第一,要素替代弹性的大小代表了经济抵御外部冲击的能力,因为若要素替代弹性较大时,经济中一种要素的价格由于某种冲击大幅上涨加重了企业的成本负担,则企业可以较为容易地使用另一种要素替代价格上涨的要素,从而减轻或化解这种不利的影响。本文的研究发现,劳动密集型行业的资本-劳动替代弹性普遍高于技术密集型行业,而后者又普遍高于资本密集型行业。这一方面有助于人们从要素替代弹性与经济增长的关系出发理解我国当下经济增长进入新常态的事实,另一方面也为经济转型从规避风险的视角提供了理论依据:只发展低端制造业,过多地依靠资本投入实现经济增长,必定会导致经济系统的“抵抗”能力变差,使其在对外部冲击时难以进行自我调整。因此,要实现经济的转型升级,特别是在我国当前已经成为世界第一的制造业大国但仍不属于制造业强国的情况下,重点是要从低端制造转向高端制造。

第二,研发密度和开放程度的提高降低了中国工业行业的资本-劳动替代弹性,这对我国技术开发和技术引进具有重要启示:技术开发与技术引进使生产向分工精细化和标准化的方向发展,这虽然能够明显地提高生产效率,但是也会使生产的“灵活性”变差。因此,在技术选择上应该多元化,技术进步不能过于偏向某一种要素,要使研发的效果提高经济的“柔性”。出口不能过度地倚重于加工贸易,要发展多种贸易方式并通过提高中国国际分工地位以及中国企业在国际市场上的竞争力来促进出口。

第三,以国有企业占比表示的产权因素降低了资本-劳动替代弹性,这表明要提高经济的抗风险能力,一方面需要促进非国有经济的发展,提高非国有经济在国民经济中的比重和地位,另一方面需要继续推进国有企业改革,革除国有企业中不合理的制度,增强国有企业适应市场的能力。

第四,负债减小了资本-劳动替代弹性,这表明融资成本的加重降低了生产中的要素替代弹性,对经济产生了负向的影响。而金融市场的发展、金融机构效率的提高和金融服务能力的增强有助于降低企业的融资成本,这为金融改革提供了依据和参照,同时也表明应该采取措施从多个方面减轻企业

负担,增强企业活力,从而提高经济的抗风险能力。

第五,《劳动合同法》的实施降低了资本-劳动替代弹性,这表明要重视劳动者的保护,因为劳动者的保障和福利随着经济发展而加强是社会进步的标志,但这种保护应该是充分、有效和适度的,在社会保障体系建设上要防止欧洲那样过度福利化。

第六,我国当前城市化进程尚未完成,大量农村剩余劳动力需要转移,收入亟待增加;同时,经历了多年高校扩招之后,高素质的劳动力在人口中所占比例不断增加。因此,产业结构过于偏向哪一种要素都可能会造成严重的问题,需要谨慎决策,进行多方面的平衡,探寻一条较为稳妥的产业升级路径,使不同产业所占的比重与人口结构相适应:既要使能够吸纳大量农村剩余劳动力的低端产业占据较大比重,又要大力发展高端产业,为高素质人口提供就业机会和发挥作用的机会,加快经济转型;同时,由于要素替代弹性并不是完全由生产技术特征决定的,因此,要制定有效的政策引导要素的合理流动,增强这两种要素之间以及其与第三种要素的替代弹性,加大经济抗风险的能力,保持经济平稳运行,避免发生较大波动。

参考文献:

- [1] ACEMOGLU D. Directed technical change[J]. The Review of Economic Studies, 2002, 69(4): 781-809.
- [2] 陈晓玲,连玉君. 资本-劳动替代弹性与地区经济增长——德拉格兰德维尔假说的检验[J]. 经济学(季刊), 2013(1): 93-118.
- [3] 钟世川. 要素替代弹性、技术进步偏向与我国工业行业经济增长[J]. 当代经济科学, 2014(1): 74-81.
- [4] 郝枫,盛卫燕. 中国要素替代弹性估计[J]. 统计研究, 2014(7): 12-21.
- [5] ARROW K J, CHENERY H B, MINHAS B S, et al. Capital-labor substitution and economic efficiency[J]. The Review of Economics and Statistics, 1961, 43(3): 225-250.
- [6] REVANKAR N S. Production functions with variable elasticity of substitution and variable returns to scale[D]. Madison: University of Wisconsin, 1967.
- [7] KLUMP R, MCADAM P, WILLMAN A. Factor substitution and factor-augmenting technical progress in the United States: a normalized supply-side system approach[J]. The Review of Economics and Statistics, 2007, 89(1): 183-192.
- [8] BERNDT E R. Reconciling alternative estimates of the elasticity of substitution[J]. The Review of Economics and Statistics, 1976, 58(1): 59-68.
- [9] TEVLIN S, WHELAN K. Explaining the Investment Boom of the 1990s[J]. Journal of Money, Credit and Banking, 2003, 35(1): 1-22.
- [10] YOUNG A T. US elasticities of substitution and factor augmentation at the industry level[J]. Macroeconomic Dynamics, 2013, 17(4): 861-897.
- [11] DE LA GRANDVILLE O, SOLOW R M. Capital-labour substitution and economic growth[M]//Economic Growth: A Unified Approach. Cambridge: Cambridge University Press, 2009: 389-416.
- [12] YUHN K. Economic growth, technical change biases, and the elasticity of substitution: a test of the de La Grandville hypothesis[J]. The Review of Economics and Statistics, 1991, 73(2): 340-346.
- [13] SAAM M. Openness to trade as a determinant of the macroeconomic elasticity of substitution[J]. Journal of Macroeconomics, 2008, 30(2): 691-702.
- [14] KLUMP R, PREISLER H. CES production functions and economic growth[J]. The Scandinavian Journal of Economics, 2000, 102(1): 41-56.
- [15] MALLICK D. The role of the elasticity of substitution in economic growth: a cross-country investigation[J]. Labour Economics, 2012, 19(5): 682-694.

- [16]李荣坦. 中国资本-劳动替代弹性的估算[J]. 经济问题探索,2015(11):1-7.
- [17]张月玲,叶阿忠. 中国区域技术选择与要素结构匹配差异:1996—2010[J]. 财经研究,2013(12):100-114.
- [18]郑照宁,刘顺德. 考虑资本能源劳动投入的中国超越对数生产函数[J]. 系统工程理论与时间,2004(5):51-54.
- [19]范晓静. 对中国产业资本劳动替代弹性的估计[J]. 统计与决策,2014(6):159-162.
- [20]郝枫. 超越对数函数要素替代弹性公式修正与估计方法比较[J]. 数量经济技术经济研究,2015(4):88-105.
- [21]陈晓玲,徐舒,连玉君. 要素替代弹性、有偏技术进步对我国工业能源强度的影响[J]. 数量经济技术经济研究,2015(3):58-76.
- [22]周方. 科技进步与“增长函数”——兼评 Solow 教授“生产函数法”的原理性错误[J]. 数量经济技术经济研究,1999(10):32-50.
- [23]李小平,朱钟棣. 国际贸易、R&D 溢出和生产率增长[J]. 经济研究,2006(2):31-43.
- [24]祝树金,张鹏辉. 中国制造业出口国内技术含量及其影响因素[J]. 统计研究,2013(6):58-66.
- [25]亚当·斯密. 国民财富的性质和原因的研究(上卷)[M]. 郭大力,王亚南,译. 北京:商务印书馆,2008.
- [26]马歇尔. 经济学原理[M]. 陈良璧,译. 北京:商务印书馆,2010.
- [27]黄阳华. 工业革命中生产组织方式变革的历史考察与展望——基于康德拉季耶夫长波的分析[J]. 中国人民大学学报,2016(3):66-77.
- [28]周佳军,姚锡凡. 先进制造技术与新工业革命[J]. 计算机集成制造系统,2015(8):1963-1978.

[责任编辑:黄 燕]

An Estimation of the Capital-Labor Substitution Elasticity and Its Influencing Factors in China's Industrial Sector

PAN Min¹, ZHANG Peng², ZHANG Ziran²

(1. School of International Trade and Economics, University of International Business and Economics, Beijing 100029, China;
2. Institute of Economics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100836, China)

Abstract: Based on stochastic frontier model of trans-log production function, this paper makes an estimation on the capital-labor substitution elasticity of industrial sectors in China from 2001 to 2015 and an analysis on the influencing factors. The results show that: the capital-labor substitution elasticity of most industries in the labor-intensive industry group is greater than that in technology-intensive industry group, while the latter is greater than that in capital-intensive industry group. The openness, R&D intensity, nature of property right, capital-labor ratio, debt to assets ratio of the industries, the implementation of Labor Contract Law and the financial crisis can all influence the capital-labor substitution elasticity.

Key Words: capital-labor substitution elasticity; industry; trans-log production function; stochastic frontier model; capital intensity; factor substitution elasticity; deflection-oriented technical progress; economic growth