

中部工业的要素产出弹性、替代弹性的实证研究

——基于超越对数生产函数的面板模型的估计

胡春龙, 刘赛赛, 蒋青青, 赵向前

(东北财经大学, 辽宁 大连 116025)

摘要:在考虑生产函数的区域异质性、时期异质性、产业异质性的基础上,构建了一个包含资本、劳动、技术三种要素投入的超越对数生产函数模型。结果表明:资本和劳动的边际生产率具有递减特征,且资本和劳动具有互补性,而技术的边际生产率具有递增特征。资本和劳动的替代弹性具有缓慢下降的趋势,且数值大小小于1。技术进步差异水平在不断缩小,且技术进步为资本增强型技术进步和劳动偏向性技术进步。

关键词:产出弹性;替代弹性;有偏技术进步

中图分类号:F015 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2014)09-0012-05

1 研究背景

很多学者针对我国资本和劳动的产出弹性、替代弹性和技术进步差异等问题做了大量的研究。郑照宁等^[1]通过构建了包括资本、劳动和技术投入的超越对数生产函数,结果表明,技术进步快慢为资本大于劳动,且它们之间的差异逐渐缩小。孙中栋等^[2]研究发现,我国东部地区和西部地区的资本和劳动的替代弹性,在1978年—1992年,均小于1,而在1993年—2004年,均不小于1。史红亮等^[3]构建了一个我国钢铁行业的超越对数生产函数模型,结果表明资本与劳动的替代弹性在1左右,因而资本可以有效地与劳动进行相互替代。李红松^[4]指出我国资本对劳动存在过度替代,使得经济高速增长未能带来相应的就业增长。陈晓玲等^[5]研究发现,多数东部省区的资本和劳动是替代关系,多数中西部省区的资本和劳动是互补关系,多数省区的技术进步是资本偏向型的。王军等^[6]采用贝叶斯方法估计出CES生产函数假设下的上海市一、二、三产业的替代弹性,估计结果分别为1.0、1.6、0.9。雷钦礼^[7]构建了一套系统测算要素偏向性技术进步的方法,结果表明,我国劳动的生产效率逐年提升,而资本的生产效率在1995年以后逐年下降,技术进步表现为资本使用和劳动节约型。

由于我国区域经济发展存在着发展不平衡性,东

部、中部、西部的生产函数很有可能会存在区域异质性问题。由于在不同时期,经济政策、宏观和微观背景、市场化程度、对外开放程度等的差异性,往往会使得某个区域内的生产函数存在着时期异质性问题。另外,在我国,农业、工业、服务业的发展并非同步,而且资本投入的量差异很大以及劳动人员的熟练程度差异也很大,因而我国的生产函数会存在着产业异质性问题。以往的很多研究大多是关注了区域异质性、时期异质性和产业异质性的一个方面或两个方面。在这样的背景下,本文构建了包括资本、劳动和技术投入的超越对数生产函数面板模型,以我国中部十省工业部门为研究对象,采用似不相关回归进行分阶段估计,有效地解决了生产函数所存在的区域异质性、时期异质性和产业异质性问题。

本文的贡献:一是考虑并在一定程度上解决了生产函数的区域异质性、时期异质性和产业异质性问题;二是构建了超越对数生产函数的面板模型,并用似不相关估计方法进行估计;三是研究了中部十省资本和劳动的边际生产率规律、产出弹性、替代弹性和技术进步差异等问题,为中部地区经济的崛起、区域经济政策的制定等提供了较为可靠的依据。

2 模型建立、数据说明以及模型估计

2.1 模型建立

收稿日期:2014-06-23

作者简介:胡春龙(1988—),男,山东烟台人,东北财经大学研究生,研究方向:计量经济;刘赛赛(1989—),女,山东潍坊人,东北财经大学研究生,研究方向:金融业;蒋青青(1989—),女,山东潍坊人,东北财经大学研究生,研究方向:数理金融;赵向前(1988—),男,河南南阳人,东北财经大学研究生,研究方向:计量经济。

Christensen et al^[8] 提出了超越对数生产函数, 之后其成为分析公司、企业、部门生产结构的常用工具。超越对数生产函数具有变要素产出弹性、变要素间的替代弹性、变规模弹性等很多优点, 因而在实证分析中有了非常广泛的运用。另外, 超越对数生产函数也可以被视为对生产函数的二阶泰勒展开。在有资本、劳动和技术三种要素投入和一种对应的产出时, 可以将超越对数生产函数设定为如等式(1)所示的面板模型, 其中 Y、K、L、T 分别表示产出、资本投入量、劳动投入量、技术投入, i, t, ϵ 表示分别表示截面个体、时间点、随机误差项, $\alpha_0, \alpha_K, \alpha_L, \alpha_T, \beta_{KK}, \beta_{LL}, \beta_{KL}, \beta_{KT}, \beta_{LT}, \beta_{TT}$ 均为待估参数。

$$\begin{aligned} \ln Y_{it} = & \alpha_0 + \alpha_K \ln K_{it} + \alpha_L \ln L_{it} + \alpha_T T_{it} + 0.5 \\ & \beta_{KK} \ln K_{it}^2 + 0.5 \beta_{LL} \ln L_{it}^2 + 0.5 \beta_{TT} T_{it}^2 + \beta_{KL} \ln K_{it} \\ & \ln L_{it} + \beta_{KT} \ln K_{it} T_{it} + \beta_{LT} \ln L_{it} T_{it} + \epsilon_{it} \end{aligned} \quad (1)$$

根据式(1)可以推导出资本产出弹性公式、劳动产出弹性公式、资本和劳动的替代弹性公式、技术进步差异公式, 分别如式(2)、式(3)、式(4)、式(5)所示。

$$EK_{it} = \partial \ln Y_{it} / \partial \ln K_{it} = \alpha_K + \beta_{KK} \ln K_{it} + \beta_{KL} \ln L_{it} + \beta_{KT} T_{it} \quad (2)$$

$$EL_{it} = \partial \ln Y_{it} / \partial \ln L_{it} = \alpha_L + \beta_{LL} \ln L_{it} + \beta_{KL} \ln K_{it} + \beta_{LT} T_{it} \quad (3)$$

$$ES = \partial \ln(K/L) / \partial \ln((K \times EL) / (L \times EK)) = 1 / (1 + (\beta_{KL} - EK \times \beta_{LL} / EL) / (EK + EL)) \quad (4)$$

$$BIAS_{KL} = \beta_{KT} (EK) - 1 - \beta_{LT} (EL) - 1 \quad (5)$$

2.2 样本选择和数据说明

在我国存在着区域经济发展不平衡性的现象, 即东部沿海地区率先发展, 中部地区处于崛起中, 西部地区发展缓慢。若将东部、中部、西部放在一个框架下进行估计, 存在着很多难以控制的变量。鉴于此, 本文选择中部地区的十个省份作为截面个体。这十个省份分别是: 山西省、内蒙古自治区、吉林省、黑龙江省、安徽省、江西省、河南省、湖北省、湖南省和海南省。对于同一个区域内部, 农业、工业、第三产业的很

有可能存在生产函数的异质性问题。又因为, 改革开放以来, 我国工业部门发展迅速而且近期还面临着产能过剩的问题。鉴于此, 本文选择中部地区的工业部门为研究对象。

从《新中国六十年统计年鉴》可搜集到 1988—2007 我国中部地区十个省份以现价表示的 GDP、GDP 指数、第二产业就业人员数; 从中经网可搜集到 1988—2007 我国中部地区十个省份以现价表示的工业增加值、制造业就业人员数。根据 GDP 和 GDP 指数可以构造出 GDP 平减指数; 然后用现价表示的工业增加值除以 GDP 平减指数可以得到以 1988 年价格表示的实际工业增加值(工业部门产出 Y)。用第二产业就业人员数减去制造业就业人员数来表示工业部门的劳动投入 L。Szirmai 等^[9]对我国工业部门生产性资本存量进行了估计, 由此可以获得我国中部十省 1988 年—2007 年工业部门生产性资本存量 K。用 $T=t-1988$ 来近似替代真实的技术投入。

2.3 模型估计

1992 年我国进入了市场经济时期, 2001 年我国加入了世贸组织, 尤其是 2000 年以来, 通讯、交通、市场化程度等加速发展。若设定等式(1)中的待估参数在样本区间 1988—2007 都为相同的常数很有可能是 不合理的, 即生产函数存在着时期异质性问题。为了减弱生产函数的这种时期异质性的影响, 有必要对时间区间进行时段划分。依据 1988—1997 年间我国市场化程度较低, 而 1998—2007 我国市场化程度加深的现实情况, 将样本区间分为两段, 即时段 I(1988 年—1997 年)和时段 II(1998 年—2007 年)。考虑到截面个体可能还受到一些共同的不可观测因素的影响(若区域政策、区域内的资源禀赋、经济景气情况等), 即存在着截面相关问题, 本文选择似不相关回归对等式(1)所示的面板模型进行估计。借助 EViews 6.0 软件对等式(1)进行估计, 估计结果如表 1 所示。^[10]

表 1 超越对数生产函数模型参数估计结果

年份	参数	α_0	α_K	α_L	α_T	β_{KK}	β_{LL}	β_{KL}	β_{KT}	β_{LT}	β_{TT}
	1988—1997	估计	-2.641	1.230	0.429	-0.116	-0.578	-0.275	0.374	0.073	-0.045
	P 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.613
年份	参数	α_0	α_K	α_L	α_T	β_{KK}	β_{LL}	β_{KL}	β_{KT}	β_{LT}	β_{TT}
	1998—2007	估计	-7.239	1.537	1.090	0.232	-0.185	-0.184	0.091	-0.002	-0.019
	P 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.186	0.000	0.000

注: 判定系数分别为 0.999 26、0.999 96。

由表 1 可知, 大多数参数的估计在 1% 的显著性水平下都是统计显著的(除了时段 I 内的 β_{TT} 和时段

II 内的 β_{KT} 以外)。而且时段 I 内的判定系数为 0.999 26, 时段 II 内的判定系数为 0.999 96, 这说明

模型的总体拟合效果很好。因而,从统计上来说,模型估计的结果是令人满意的。 β_{KK} 和 β_{LL} 在两个时段内都是小于0的,这说明了模型满足资本的边际生产率递减和劳动的边际生产率递减规律的经济规律。 β_{KL} 在两个时段内都是大于0的,这说明了增加资本的投入会使得劳动的边际生产率增加或者增加劳动的投入也会使得资本的边际生产率增加,即资本和劳动具有互补性。 β_{TT} 在两个时段内都大于0,这说明了技术投入的边际生产率具有递增的规律。因而,从经

济意义上来说,模型估计的结果是较有说服力的。

3 产出弹性、替代弹性和技术进步差异经济分析

3.1 产出弹性、替代弹性和技术进步差异计算结果

根据计量估计结果和式(2)一式(5)可以计算出资本产出弹性、劳动产出弹性、资本和劳动的替代弹性、技术进步差异,结果如表2所示。

表2 产出弹性、替代弹性和技术进步差异计算结果

			山西	内蒙古	吉林	黑龙江	安徽	江西	河南	湖北	湖南	海南
资本产出弹性	I	pj	0.69	0.64	0.72	0.60	0.88	1.10	0.83	0.75	0.96	0.36
		bv	0.05	0.03	0.03	0.04	0.03	0.05	0.02	0.03	0.05	0.03
	II	pj	0.89	0.89	0.85	0.82	0.94	1.04	0.90	0.87	0.98	0.90
		bv	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	III	pj	0.77	0.72	0.75	0.74	0.87	0.93	0.80	0.76	0.88	0.91
		bv	0.03	0.06	0.04	0.02	0.03	0.05	0.05	0.03	0.04	0.01
劳动产出弹性	I	pj	0.59	0.65	0.58	0.65	0.46	0.32	0.48	0.54	0.40	0.89
		bv	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02
	II	pj	0.35	0.44	0.44	0.39	0.26	0.22	0.20	0.27	0.19	0.70
		bv	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.04
	III	pj	0.30	0.45	0.38	0.32	0.15	0.15	0.12	0.22	0.14	0.56
		bv	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.04
替代弹性	I	pj	0.65	0.67	0.65	0.66	0.60	0.52	0.61	0.63	0.57	0.72
		bv	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00
	II	pj	0.69	0.74	0.74	0.71	0.61	0.57	0.54	0.62	0.53	0.83
		bv	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02	0.01
	III	pj	0.65	0.75	0.72	0.67	0.47	0.47	0.40	0.58	0.46	0.79
		bv	0.02	0.00	0.01	0.02	0.04	0.02	0.04	0.02	0.02	0.01
技术进步差异	I	pj	0.18	0.18	0.18	0.19	0.18	0.21	0.18	0.18	0.19	0.26
		bv	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02
	II	pj	0.05	0.04	0.04	0.05	0.07	0.08	0.09	0.07	0.10	0.02
		bv	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
	III	pj	0.06	0.04	0.05	0.06	0.12	0.12	0.16	0.08	0.13	0.03
		bv	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.00

注:I表示1993—1997时段,II表示1998—2002时段,III表示2003—2007时段;pj表示一个时段内对应指标的平均值;bv表示每个时段内的标准差。

3.2 资本的产出弹性分析

资本的产出弹性是指同一时期内,在其他影响因素保持不变的条件下,当资本的投入增加1%,会使得产出增加多少个百分点。它可以用来衡量资本投入的使用效率。资本的产出弹性越高,则表明此时若其他因素不变,仅增加一单位资本投入会使得产出增加很多;也能表明资本的使用效率越高。

由表2可以看出,江西省的资本产出弹性呈现逐段下降,海南省的资本产出弹性则逐段上升,而其他

八个省份的资本产出弹性则是先增后降低。这表明,江西省的资本利用效率在不断下降,海南省的资本利用效率在不断上升,其他八个省份的资本利用效率在先上升后下降。其中,资本产出弹性最高的四个省份依次为江西、湖南、安徽和河南(数值大小均在0.8以上)。另外,山西、内蒙古、吉林、黑龙江和湖北这五个省份的资本产出弹性大致相同(数值大小范围在三个时段分别为:0.60~0.75、0.82~0.89、0.72~0.77)。这表明,江西、湖南、安徽和河南资本使用效率高,而

山西、内蒙古、吉林、黑龙江和湖北这五个省份资本使用效率较低。从标准差大小来看,最大为 0.06,最小为 0.01,而且大多数在 0.02~0.05 之间,说明每个时段内的稳定性较好(各个省份在各个时段内资本产出弹性变异性比较小)。

3.3 劳动的产出弹性分析

劳动的产出弹性是指同一时期内,在其他影响因素保持不变的条件下,当劳动的投入增加 1%,会使得产出增加多少个百分点。它可以用来衡量劳动投入的使用效率。劳动的产出弹性越高,则表明此时若其他因素不变,仅增加一单位劳动投入会使得产出增加很多,也能表明劳动的使用效率越高。

由表 2 可以看出,所有省份在由时段 I 至时段 II 的过程中,劳动的产出弹性均出现了较大幅度的下降;在由时段 II 至时段 III 的过程中,劳动的产出弹性基本上都是呈较小幅度的下降。这表明中部地区劳动的使用效率在不断下降,且下降速度减慢。其中,安徽、江西、河南、湖北和湖南五省的劳动的使用效率较低,在时段 III 内,甚至均不高于 0.22;劳动使用效率较高的省份依次为海南、内蒙古、吉林、黑龙江和山西,数值大小均在 0.30 以上。这表明劳动在海南、内蒙古、吉林、黑龙江和山西工业部门产出的增长中发挥了很大的作用。而劳动在安徽、江西、河南、湖北和河南工业部门产出的增长中所发挥的作用有限。从标准差大小来看,最大为 0.04,最小为 0.01,而且大多数在 0.02~0.03 之间,说明每个时段内的稳定性较好(各个省份在各个时段内劳动产出弹性变异性比较小)。

3.4 资本和劳动的替代弹性分析

资本和劳动的替代弹性是指在产出不变时,当资本和劳动的相对边际生产率变化 1%,会使得资本和劳动的投入比例变化多少个百分点。当资本和劳动的替代弹性值较高时,若资本的价格相对于劳动的价格有了较大的提高,则可以通过增加一单位的劳动减少更多单位的资本投入来保持产出不变。

由表 2 可以看出,山西、吉林、黑龙江、安徽、江西和海南的资本和劳动的替代弹性均表现为先逐段增加后逐段减小,而河南、湖北和湖南的资本和劳动的替代弹性表现为逐段下降,而内蒙古的资本和劳动的替代弹性则呈现不断上升的趋势。这说明,除内蒙古以外,资本和劳动的替代弹性在不断下降。这表明,当劳动的价格相对于资本的价格上升时,试图通过制定减少劳动的投入而增加资本的投入的措施来改善经济效益是有困难的。这也表明了,当劳动的价格相

对于资本的价格上升时,对劳动投入的减少所产生的作用是有限的,即相对劳动工资的上升不会对现有就业产生较大不利影响。另外,资本和劳动的替代弹性较高的三个省份是内蒙古、吉林和海南,数值大小在 0.65~0.83 之间,而资本和劳动的替代弹性较小的三个省份是江西、河南和湖南,数值大小在 0.40~0.1 之间。这表明了内蒙古、吉林和海南三个省份的单位劳动资本的投入对资本相对于劳动的价格反应更为敏感,而江西、河南和海南的反应则较为不敏感。从标准差大小来看,最大为 0.04,最小为 0.01,而且大多数在 0.02~0.03 之间,说明每个时段内的稳定性较好(各个省份在各个时段内资本和劳动的替代弹性变异性比较小)。

3.5 技术进步差异分析

由表 2 可以看出,在时段 I 内,各个省份的技术进步差异水平大多数在 0.18~0.19 之间,而在时段 II 和时段 III 内,安徽、江西、河南、湖北和湖南的技术进步差异水平较高,在 0.07~0.16 之间,而其余五省的技术进步差异较低,在 0.02~0.06 之间。总的来看,技术进步差异先大幅度下降,后又略微上升。从标准差大小来看,最大为 0.03,最小为 0.00,而且大多数在 0.01~0.02 之间,说明每个时段内的稳定性较好(各个省份在各个时段内技术进步差异变异性比较小)。

陈晓玲等^[8]指出有偏技术进步可分为要素增强型技术进步和要素偏向型技术进步,并给出了界定标准和分类标准。由表 1 可知,所有省份在每个时段内 $BIAS_{KL}$ 均大于 0。这表明了技术进步使得资本效率水平提高得更快,即技术进步总体表现为资本增强型技术进步。从表 1 中也可知,所有省份在所有时段内的资本和劳动的替代弹性数值均小于 1,因而资本增强型技术进步同时也是劳动偏向型技术进步,从而生产中会使用更多的劳动。

4 结论

本文在考虑生产函数的区域异质性、时期异质性、产业异质性的基础上,构建了一个包含资本、劳动和技术投入的超越对数生产函数的面板模型,并用似不相关回归对中部十省工业部门的面板模型分两阶段分别进行了估计,通过实证分析,得出了以下结论。

第一,资本和劳动的边际生产率具有递减的特征,这说明了,在其他因素不变的条件下,继续增加资本(或劳动)的投入会使得资本(或劳动)的边际生产率减小。资本和劳动具有互补性,这说明了,在其他因素不变的情况下,增加资本(或劳动)的投入会使得

劳动(或资本)的边际生产率增加。技术的边际生产率具有递增的特征。这说明在其他因素不变的情况下,继续增加技术投入,会使得技术的边际生产率增加。

第二,除江西和海南以外,其他八个省份的资本利用效率在样本期先上升后下降。其中,江西、湖南、安徽和河南资本使用效率较高。劳动的利用效率则是不断下降,但下降速度越来越慢。其中,湖南、安徽和河南的劳动使用效率较低。因而一般来说,资本的使用效率提高了,则劳动的使用效率降低了。

第三,除内蒙古以外,资本和劳动的替代弹性的数值大小具有缓慢下降的趋势。其中,内蒙古、吉林和海南的资本和劳动的替代弹性较高,而江西、河南和海南的资本好劳动的替代弹性较低。另外,资本和劳动的替代弹性数值大小均小于1。

第四,技术进步差异(数值大小均大于0)先较大幅度下降后又较小幅度上升,维持在较低水平上。其中,在1998年—2007年,技术差异水平较高的省份是安徽、江西、河南、湖北和湖南。技术进步总体表现为资本增强型技术进步和劳动偏向性技术进步。

参考文献

[1] 郑照宁,刘德顺. 超越对数生产函数及对中国的应用[C]//

中国运筹学会·第六届中国青年运筹与管理学者大会论文集. 2004:4.

[2] 孙中栋,李辉文. 要素替代弹性与地区经济增长差异[J]. 统计与决策,2007(14):77-78.

[3] 史红亮,陈凯,闫波. 我国钢铁行业能源—资本—劳动的替代弹性分析——基于超越对数生产函数[J]. 工业技术经济,2010(11):110-116.

[4] 李红松. 资本—劳动替代的技术特征及其对扩大就业的启示[J]. 武汉科技大学学报:社会科学版,2010(1):72-75.

[5] 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.

[6] 王军,刘兰娟. 上海市三大产业 CES 生产函数弹性估计[J]. 上海经济研究,2012(5):106-112.

[7] 雷钦礼. 偏向性技术进步的测算与分析[J]. 统计研究,2013(4):83-91.

[8] LAURITS R CHRISTENSEN, DALE W JORGENSON, LAWRENCE J LAU. Transcendental Logarithmic Production Frontiers[J]. The Review of Economics and Statistics, 1973,55(1):28-45.

[9] LILI WANG, ADAM SZIRMAI. Capital inputs in the Chinese economy: Estimates for the total economy industry and manufacturing[J]. China Economic Review, 2012,23(1):81-104.

[10] 靳云汇,金赛男,等. 高级计量经济学(下册)[M]. 北京:北京大学出版社,2011:147-198.

Research of Elasticity of Output and Substitution of Factors of Middle Industry Sectors

——Based on estimation of panel model of trans-log production function

HU Chun-long, LIU Sai-sai, JIANG Qing-qing, ZHAO Xiang-qian

(Dongbei University of Finance and Economics, Dalian Liaoning 116025, China)

Abstract: Based on the heterogeneity of regional, period and industry, we develop trans-log production function model including capital, labor and technology. The research shows: marginal productivity of capital and labor is decreasing, and capital and labor are complementary, and marginal productivity of technology is increasing. The substitution elasticity of capital and labor tends to decrease slowly and it is less than one. Difference in technical progress is shrinking, and technology improvement has the features of capital-augmenting and labor-biased.

Key words: output elasticity; substitution elasticity; biased technology progress