

节能减排约束与工业增长模式转型机制研究 ——基于非参数环境生产函数的 上海和全国对比的实证分析

周建,张德远,顾柳柳

(上海财经大学经济学院,上海 200433)

摘要:文章以先进工业增长模式典型省份城市——上海和全国1996—2006年大中型工业企业构成的32个行业为研究对象,通过构建环境和能源约束下的非参数环境生产函数,从微观机制上对工业增长模式进行实证分析,主要结论表明:上海环境规制政策加大了技术进步在工业增长中的贡献,显著促进了自身工业的结构调整和优化升级,但从生产前沿来看,在节能减排、要素配置和技术效率的提升方面仍有较大的改进余地;上海工业增长与全国有一定相似性,其动力来源按大小依次为要素投入、技术进步和技术效率,虽然贡献因素排序一致,但是上海技术进步的贡献远大于全国且对要素的依赖程度远低于全国,上海模式具有一定程度的先进性。

关键词:工业增长模式;非参数环境前沿生产函数模型;环境能源管制;技术效率

中图分类号:F205;F224.0 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2010)09-0100-12

一、引言

改革开放以来,我国经济发展的势头虽然良好,但由于发展阶段的限制以及体制、政策中存在某些弊端,我国的工业仍没有摆脱传统的发展模式。“十一五”规划提出实现2010年比2000年资源效率显著提高,单位国内生产总值能耗比“十五”期末降低20%左右,“十一五”即将结束,从节能减排实施效果看,任务还较为艰巨。一方面,工业是把我国建设成为社会主义现代化强国的最重要产业基础和支撑力量,我国工业已经进入加速发展时期;但是另一方面,工业也是能耗和环境污染最大的产业,在相当大的程度上决定着我国资源效率和环境效率水平的高低。因此,环境保护与工业的快速发展似乎存在着矛盾,由此所提出

收稿日期:2010-06-12

基金项目:国家自然科学基金(70801040);上海市社科基金(2008BJB001);教育部人文社科基金(05JC790104)

作者简介:周建(1976—),男,四川南充人,上海财经大学经济学院副教授,博士生导师;

张德远(1957—),男,江苏无锡人,上海财经大学经济学院教授,博士生导师;

顾柳柳(1983—),男,江苏南通人,上海财经大学经济学院硕士生。

的问题是:环境、能源约束是否会影响到工业发展的速度和效益?在环境、能源约束下工业经济增长潜力究竟有多大?环境、能源约束是否能够与工业快速增长绩效取得双赢?本文试图通过对工业增长的先进和典型地区——上海和全国进行对比分析回答上述问题。基于上海和全国的对比分析,对于深刻揭示环境、能源强化约束下工业增长的动力和潜力机制、环境保护和工业增长绩效双赢模式的道路选择、落后地区追赶先进地区路径依赖及其政策制订,进而整体上为深入推进我国工业增长模式科学转型具有极其重要的现实意义。

Farrell(1957)引入了技术效率的概念,并将技术效率的测度变成了经济增长理论的一个重要领域。Charnes等(1978)系统地介绍了评价单元相对有效性的数据包络分析方法(DEA),并应用于决策系统等相关研究之中。Gerardo da等(2002)证明了在一定条件下DEA和参数估计方法都是强收敛的。Fare等(1994)首次采用非参数方法研究了OECD国家全要素生产率的增长,并且把全要素生产率分解成两个部分:技术效率的变化和技术进步。此后,Fare等(2006)将环境约束因素也融入了非参数生产前沿模型并研究了环境管制的机会成本。Kumar等(2002)用非参数方法构造了世界生产前沿模型,并据此讨论了经济增长的收敛性。Zhong(2007)使用DEA方法研究了具有高污染的造纸企业、火电站的生态经济效率。

邹至庄(2005)认为中国工业部门的全要素生产率TFP没有增长的趋势,工业产出的增加主要来自于资本和劳动的增加而非技术的进步。郑京海等(2002)运用DEA方法,利用机械、纺织、轻工业、重工业1980—1994年的数据研究发现,除了纺织业之外的所有部门,生产率几乎都在增长。张红凤等(2009)从总量上对山东省和全国污染物排放曲线进行了比较,并从区位商、带动值角度分析了山东污染密集型产业的变动趋势。涂正革(2008)测度了全国各省工业环境技术效率。张军等(2009)采用参数超越对数函数分析了结构改革对中国工业增长的影响。陈诗一(2009)利用超越对数分行业生产函数估算了中国工业TFP并进行绿色增长核算。朱南等(2009)对我国各地区工业经济生态效率进行了研究。关于对上海工业增长机制的分析,刘仕强等(2006)分析了时变参数随机前沿生产函数的上海工业增长因素,发现上海工业增长主要依赖资本投入的高速增长和加速的技术进步率。周建等(2009)分析了上海工业行业技术效率变化趋势。

由上可知,国内外关于中国工业增长转型的研究虽然已有很多,但是已有成果大部分基于参数生产函数分析框架,其主要不足之处在于必须对生产函数进行先验假定且无法考虑环境能源约束,因此就研究方法而言,非参数分析显著优于参数分析,但是已有文献少量的非参数分析也是从全国或各省工业总量出发考虑某种特定经济或环境效率,还没有能够从大中型企业构成的行业角度来准确度量环境、能源约束对工业结构调整和优化升级及其增长绩效

的影响程度,这很难对转变现阶段上海和我国高能耗、高排放经济增长方式的有效环境规制政策选择和制订及其路径设计提供重要思想和借鉴。

二、研究设计

(一)非参数环境前沿生产函数模型。假设要素投入为 $x = (x_1, x_2, \dots, x_K) \in R_+^K$, 生产出“好”产品定义为 $y = (y_1, y_2, \dots, y_M) \in R_+^M$, “坏”的或者不希望生产的产品定义为 $b = (b_1, b_2, \dots, b_J) \in R_+^J$, 定义集合 $p(x) = \{(y, b): x \text{ 能够生产的所有的 } (y, b)\}$ 。定义在环境和能源约束下的前沿生产函数为:

$$F(x; b) = \max\{y: (y, b) \in P(x)\} \quad (1)$$

选择上海和全国大中型工业企业构成的 $n=32$ 个行业进行分析,投入和产出可表示为 $(x_i, b_i, y_i), i=1, 2, \dots, n$ 。 $x_i = (kpl_i, epl_i)$ 、 $b_i = so_2 pl_i$ 、 y_i 分别表示第 i 个行业劳均资本、能源投入、二氧化硫排放以及劳均工业行业产出,则行业 i' 的环境能源约束下生产函数为:

$$\begin{aligned} F(x_{i'}; b_{i'}) &= \max \sum_{i=1}^n z_i y_i \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^n z_i b_{ij} &= b_{i'j}, j = so_2 pl \\ \sum_{i=1}^n z_i x_{im} &\leq x_{i'm}, m = kpl, epl \\ z_i &\geq 0, i = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (2)$$

其中: z_i 反映生产前沿权重。好产品(工业行业劳均产出)和坏产品(二氧化硫排放)是不同向的指标,非参数环境生产函数对于它们的处理存在差别:好的产品方程为目标函数: $F(x_{i'}; b_{i'}) = \max \sum_{i=1}^n z_i y_i$, 表示在既定的参考技术下,给定投入 $x_{i'}$ 和污染物排放量 $b_{i'}$ 条件所能生产“好”产品的最大数量,即最优产出或生产前沿,它由技术进步水平确定;坏的产品方程则是 $\sum_{i=1}^n z_i b_{ij} = b_{i'j}, j = so_2 pl$, 它表示了环境约束。因此,好产品出现在目标函数中,而坏产品出现在约束方程中,模型的含义是在坏产品约束下所能够达到的理论上最优的好产品产出。

(二)增长效应分解及其指标体系。

1. 相对前沿技术效率(简称技术效率)。定义在环境管制、要素供给约束下的技术效率系数为:

$$D_0(x_{i'}, b_{i'}, y_{i'}) = y_{i'} / F(x_{i'}; b_{i'}) \quad (3)$$

该系数衡量了生产个体在环境能源约束和既定的技术条件下技术效率的高低。

2. 产出增长率的分解。假设 y^t, y^{t+1} 分别为在环境和要素约束下, t 期与 $t+1$ 期的实际产出,定义产出的增长率为:

$$y^{t+1} / y^t \quad (4)$$

把(3)式代入(4)式可得:

$$y^{t+1}/y^t = [D_0^{t+1}(x^{t+1}, b^{t+1}, y^{t+1})/D_0^t(x^t, b^t, y^t)] \times [F^{t+1}(x^{t+1}; b^{t+1})/F^t(x^t; b^t)] \quad (5)$$

通过一系列的恒等变化有:

$$y^{t+1}/y^t = [D_0^{t+1}(x^{t+1}, b^{t+1}, y^{t+1})/D_0^t(x^t, b^t, y^t)] \times \{[F^{t+1}(x^{t+1}; b^{t+1})/F^t(x^{t+1}; b^{t+1})] \times [F^{t+1}(x^t; b^t)/F^t(x^t; b^t)]\}^{1/2} \times \{[F^{t+1}(x^{t+1}; b^{t+1})/F^{t+1}(x^t; b^t)] \times [F^t(x^{t+1}; b^{t+1})/F^t(x^t; b^t)]\}^{1/2} \quad (6)$$

在环境和要素约束下, (6) 式中 Kumar, Russell 等 (2002) 把实际产出增长率分解为三种效应: 技术效率变化效应 (或效率变化)、技术进步效应 (或技术变化)、要素投入效应。定义:

$$EFC = [D_0^{t+1}(x^{t+1}, b^{t+1}, y^{t+1})/D_0^t(x^t, b^t, y^t)] \quad (7)$$

式 (7) 表示技术效率变化效应为 $t+1$ 期和 t 期的技术效率之比, 如果该变化率大于 1, 说明生产者在逐渐靠近生产前沿 (技术的追赶效应), 它衡量了技术效率变化对实际产出增长的贡献。定义:

$$TECH = \{[F^{t+1}(x^{t+1}; b^{t+1})/F^t(x^{t+1}; b^{t+1})] \times [F^{t+1}(x^t; b^t)/F^t(x^t; b^t)]\}^{1/2} \quad (8)$$

式 (8) 表示技术进步效应, 其核心思想反映了使用同一时期生产要素在技术进步前后不同生产前沿产出的比值, 主要衡量的是技术进步对实际产出增长的贡献。定义:

$$FACCUM = \{[F^{t+1}(x^{t+1}; b^{t+1})/F^{t+1}(x^t; b^t)] \times [F^t(x^{t+1}; b^{t+1})/F^t(x^t; b^t)]\}^{1/2} \quad (9)$$

式 (9) 表示要素投入效应, 其核心思想反映了在同一技术水平下不同时期的生产要素投入所产生的生产前沿产出的比值, 它衡量了要素投入对实际产出增长的贡献。

(三) 研究视角、数据来源及其变量选择说明。本文基于非参数环境理论方法对大中型工业企业面板数据的分析来研究环境、能源约束下的上海和全国工业增长模式转型机制。虽然理论上, 既可以通过单个企业本身构建面板数据来进行分析, 也可以通过企业组成的工业行业面板数据来进行分析。但是实际中, 零散、琐碎、单独的工业企业生产行为方式的转变不能够代表和说明环境能源约束下上海和全国整体工业增长转型机制及其模式, 所以, 从数量经常发生变化、生产及环境能耗波动巨大且缺乏稳定性、个体之间存在显著差异的单独零散的工业企业角度来进行分析环境约束下的上海工业增长模式转型机制没有较好的现实意义和解释力。相比较而言, 大中型工业企业所组成的工业行业分类则固定不变, 行业能够较好地熨平企业的剧烈波动, 稳定性好, 能够科学地从工业企业面板数据的角度反映环境与资源约束下上海和全国工业增长模式的转型机制。因此, 本文采用基于国家统计局 2 位数代码编号固定不变的上海和全国不同大中型工业企业类型所构成的 32 个工业行业进行分析。

本文的数据来源于1996年至2007年的《中国统计年鉴》、《中国工业能源统计年鉴》、《大中型工业企业统计年度库》、《中国环境年鉴》、《上海统计年鉴》、《上海工业能源统计年鉴》等。主要收集的数据包括上海和全国工业按行业分类的劳动人数、固定资本、能源消耗量、工业总产值和二氧化硫排放量。相关变量作如下说明:第一,工业总产值表示产出,并以工业品出厂价格指数进行调整。以1996年为100,得到2006年上海和全国工业品出厂价格指数分别为92.11和109。虽然2003年以来上海工业品出厂价格指数逐渐大于100(以上一年为基期),但是在1997年东南亚金融危机至2002年期间,经济萎缩致使上海工业品出厂价格指数普遍偏低,因此造成2006年的价格指数小于100(以1996年为基期)。第二,对于代表资产的固定资产变量,根据固定资产投资价格指数进行调整,同时剔除一些非生产性的投入,采用“生产性资本”代替总的固定资本。第三,我国环境污染物类型虽然较多,例如二氧化硫、二氧化碳、氮化合物、废水等都是工业污染排放物,然而我国目前只将二氧化硫列为有害的排放物而受到环境管制——每一个省市都有排放总量的限制,其他污染物并不严格受限。同时,由于非参数环境前沿生产函数是基于线性规划的方法来进行求解,因此约束不能过多,如果环境约束过于繁琐,可能会造成方程无解,从而不能很好地研究环境约束下工业增长模式的转型机制。因此,本文选择二氧化硫作为污染物。

三、环境能源约束下上海和全国工业企业行业增长的源泉、潜力和动力

(一)环境、能源约束与工业企业行业的生产前沿。通过非参数环境前沿生产模型得到上海和全国各行业最优产出。表1显示,1996年和2006年上海各行业实际劳均产出均值分别为16.66万元和100.40万元,最优劳均产出均值分别为35.63万元和268.71万元;相同年份全国实际劳均产出均值分别为11.74万元和74.29万元,最优劳均产出均值分别为23.58万元和131.39万元。从生产前沿来看,上海对全国的倍数由1996年的1.51倍显著提高至2006年的2.05倍。由于生产前沿由技术进步决定,因此这说明近十余年来在环境、能源约束下技术进步对上海工业的贡献和影响远远大于其对全国整体的影响。上海的最优生产水平远远高于全国,与全国比较,上海环境规制政策显著加大了技术进步在工业增长中的贡献。从行业来看,2006年上海最优产出是全国2倍以上的行业就多达7个(其余普遍都在1倍以上):电力蒸汽热水生产和供应业24.16倍、自来水的生产和供应业4.85倍、黑色金属冶炼及压延加工业3.85倍、烟草加工业2.91倍、饮料制造业2.69倍、其他制造业2.41倍、非金属矿物制品业2.24倍。以上行业多数是高能耗、高排放的重要基础行业,这充分说明上海近十余年的环境规制政策显著提高了技术进步在高消耗高排放行业增长中的贡献,较好地处理了节能降耗和工业快速增长的矛盾。

表 1 环境、能源约束下工业企业行业最优产出(或生产前沿,单位:万元)

行 业	上海				全国			
	y^{1996}	$F^{1996}(x,b)$	y^{2006}	$F^{2006}(x,b)$	y^{1996}	$F^{1996}(x,b)$	y^{2006}	$F^{2006}(x,b)$
食品加工业	19.67	24.53 ¹⁴	78.57	131.58 ¹⁴	17.53	24.16	102.83	119.94
食品制造业	12.78	25.65 ¹³	45.63	99.67 ²⁰	9.70	20.36	56.40	104.24
饮料制造业	28.55	65.88 ⁶	93.75	325.62 ⁸	11.76	27.46	47.73	121.01
烟草加工业	72.63	83.05 ⁴	597.78	597.78 ⁴	36.43	61.52	161.59	205.45
纺织业	8.65	13.27 ²⁵	24.57	50.49 ²⁹	7.45	15.53	48.11	94.39
服装及其他纤维制品制造业	9.77	9.77 ³⁰	20.17	22.10 ³²	10.58	10.58	27.77	31.92
皮革、毛皮、羽绒及其制品	9.16	9.16 ³¹	23.46	23.46 ³¹	12.22	12.22	38.97	38.97
木材加工及竹藤棕草制品业	8.85	12.54 ²⁶	37.40	62.63 ²⁶	7.13	13.15	62.11	101.36
家具制造业	6.65	6.65 ³²	37.42	52.23 ²⁸	9.09	12.59	51.53	63.28
造纸及纸制品业	9.15	15.05 ²¹	50.59	158.19 ¹⁰	9.49	20.60	74.85	169.71
印刷业、记录媒介复制业	7.05	23.11 ¹⁹	35.39	125.23 ¹⁶	5.54	12.16	36.36	97.37
文教体育用品制造业	8.03	10.76 ²⁹	25.97	43.83 ³⁰	11.66	13.81	35.45	35.45
石油加工及炼焦业	48.50	117.99 ³	400.93	419.40 ⁶	29.11	67.64	244.26	381.08
化学原料及化学制品制造业	18.99	36.23 ⁸	127.41	267.59 ⁹	10.99	27.23	85.91	206.86
医药制造业	18.21	27.06 ¹¹	49.80	131.38 ¹⁵	11.29	22.39	48.45	131.60
化学纤维制造业	23.05	80.12 ⁵	69.87	406.12 ⁷	16.38	57.79	134.68	332.98
橡胶制品业	12.38	24.18 ¹⁶	35.30	110.58 ¹⁷	9.99	18.87	60.97	135.05
塑料制品业	9.63	23.63 ¹⁷	36.66	81.84 ²¹	12.74	23.04	73.49	130.26
非金属矿物制品业	8.96	30.18 ¹⁰	48.75	135.51 ¹²	8.75	24.13	49.67	60.43
黑色金属冶炼及压延加工业	33.71	46.84 ⁷	275.79	1179.75 ²	11.12	46.19	121.11	306.15
有色金属冶炼及压延加工业	17.16	24.30 ¹⁵	109.38	109.38 ¹⁸	14.10	25.30	142.72	149.92
金属制品业	9.24	14.56 ²²	44.10	60.12 ²⁷	10.74	16.83	76.21	102.97
普通机械制造业	10.29	13.98 ²³	65.92	72.46 ²²	6.35	14.17	62.39	92.32
专用设备制造业	6.86	13.70 ²⁴	42.71	68.36 ²³	7.10	15.31	41.56	67.95
交通运输设备制造业	23.52	23.52 ¹⁸	103.56	134.16 ¹³	10.69	23.34	70.96	113.65
电气机械及器材制造业	14.01	16.39 ²⁰	64.37	64.37 ²⁵	12.97	18.02	90.86	90.86
电子及通信设备制造业	22.96	26.46 ¹²	138.06	138.06 ¹¹	18.72	18.72	111.24	111.24
仪器仪表及文化办公机械制造业	6.65	12.33 ²⁷	59.99	67.60 ²⁴	6.45	6.62	49.35	52.20
其他制造业	0.33	10.91 ²⁸	35.99	102.54 ¹⁹	6.38	7.09	35.83	42.50
电力蒸汽热水生产和供应业	27.42	136.20 ¹	323.84	1 989.30 ¹	13.23	13.23	82.33	82.33
煤气生产和供应业	10.92	129.41 ²	78.83	556.90 ⁵	4.48	51.69	39.33	263.91
自来水的生产和供应业	9.26	32.64 ⁹	30.94	810.38 ³	5.53	12.67	12.39	167.02
均值	16.66	35.63	100.40	268.71	11.74	23.58	74.29	131.39

注:均值权重为 $1/n$; y^{1996} 、 y^{2006} 分别表示 1996 年、2006 年的实际劳均产出; $F^{1996}(x;b)$ 、 $F^{2006}(x;b)$ 分别表示 1996 年、2006 年的最优产出(或生产前沿), 右上角数字表示该行业生产前沿在所有行业生产前沿中的排序。

从生产前沿增速看,上海 1996—2006 年增长最快的前五位是:黑色金属冶炼及压延加工业 25.19 倍、自来水的生产和供应业 24.83 倍、电力蒸汽热水生产和供应业 14.61 倍、造纸及纸制品业 10.51 倍、其他制造业 9.40 倍。全国增长最快的前五位是:自来水的生产和供应业 13.18 倍、印刷业及记录媒介复制 8.01 倍、仪器仪表及文化办公机械制造业 7.89 倍、木材加工及竹藤棕草制品业 7.71 倍、化学原料及化学制品制造业 7.60 倍。由此可见,上海生产前沿增长最快的前五位均是污染密集型行业且与全国前五位不尽相同,上海前

五位增速远远高于全国前五位增速,这说明上海实现环境保护和工业增长双赢的机制在于严格的环境规制政策加快了高消耗高排放污染密集型行业的技术进步速度,较快地实现了工业行业优化升级(即生产前沿快速提高)。

(二)非参数环境前沿理论方法与上海大中型工业企业增长模式评价及工业结构调整。在非参数环境理论方法框架下,从工业产值比重、产业发展速度两个指标来衡量企业(或行业)发展,以单位产值二氧化硫排放量来判断企业(或行业)的环境污染严重程度。增长模式评价体系根据产值比重、发展速度、环境污染程度这三个指标,可以将上海市大中型工业企业或行业划分为产值高/低、重要性提高/降低、发展速度快/慢、环境友好/污染的企业或行业。将样本内平均产值排名前 16 位的行业称为高产值行业;产值排名在样本期上升的行业认为其重要性提高;产值增长速度前 16 位的行业发展速度快;单位二氧化硫排放量下降的行业均称为环境友好。非参数环境前沿模型由于能够确定只有在环境、能源约束下各个工业行业的最优生产前沿,因此,通过不同时期各个行业生产前沿在所有行业生产前沿中的比重变化趋势,就能够准确测度和判断环境规制政策对工业结构调整的影响。

由表 1 计算出 1996—2006 年上海各行业生产前沿占 32 个工业行业生产前沿总和的比重排名上升的 11 个行业为:黑色金属冶炼及压延加工业(由第 7 位上升到第 2 位)、自来水的生产和供应业(由第 9 位上升到第 3 位)、造纸及纸制品业(由第 21 位上升到第 10 位)、电子及通信设备制造业(由第 12 位上升到第 11 位)、交通运输设备制造业(由第 18 位上升到第 13 位)、印刷业及记录媒介复制(由第 19 位上升到第 16 位)、其他制造业(由第 28 位上升到第 19 位)、普通机械制造业(由第 23 位上升到第 22 位)、专用设备制造业(由第 24 位上升到第 23 位)、仪器仪表及文化办公机械制造业(由第 27 位上升到第 24 位)、家具制造业(由第 32 位上升到第 28 位)。排名下降的 16 个行业为:煤气生产和供应业(由第 2 位下降到第 5 位)、石油加工及炼焦业(由第 3 位下降到第 6 位)、化学纤维制造业(由第 5 位下降到第 7 位)、饮料制造业(由第 6 位下降到第 8 位)、化学原料及化学制品制造业(由第 8 位下降到第 9 位)、非金属矿物制品业(由第 10 位下降到第 12 位)、医药制造业(由第 11 位下降到第 15 位)、橡胶制品业(由第 16 位下降到第 17 位)、有色金属冶炼及压延加工业(由第 15 位下降到第 18 位)、食品制造业(由第 13 位下降到第 20 位)、塑料制品业(由第 17 位下降到第 21 位)、电气机械及器材制造业(由第 20 位下降到第 25 位)、金属制品业(由第 22 位下降到第 27 位)、纺织业(由第 25 位下降到第 29 位)、文教体育用品制造业(由第 29 位下降到第 30 位)、服装及其他纤维制品制造业(由第 30 位下降到第 32 位)。排名不变的 5 个行业为:电力蒸汽热水生产和供应业(第 1 位)、烟草加工业(第 4 位)、食品加工业(第 14 位)、木材加工及竹藤棕草制品业(第 26 位)、皮革毛皮羽绒及其制品(第 31 位)。

从以上变化趋势可以看出近 10 年来,严格的环境规制政策对上海工业结构调整和优化升级产生了重要影响,促使上海由原来的以轻、纺工业为主体的生产结构,逐步呈现出以高技术为主要特征的重工业为主体,轻、纺工业并举的布局。上海通过环境规制和产业政策的协调配合走出了一条既着重提高物质资源生产前沿促进工业快速发展,又注重生态环境的保护与改善的可持续发展之路,初步实现了环境保护和工业增长绩效的双赢。

(三)环境、能源约束下工业行业劳均产出增长及其效应分解。表 2 是 1996—2006 年上海和全国大中型企业构成的 32 个行业实际劳均产出的增长(y^{2006}/y^{1996})和分解的三种效应。平均看,2006 年上海工业各行业实际劳均产出是 1996 年的 7.85 倍,其中技术效率、技术进步、要素投入效应均值分别为 1.20、2.38 和 3.35,说明上海工业增长的动力来源按大小依次为:要素投入、技术进步和技术效率。同样,2006 年全国劳均产出为 1996 年的 6.90 倍,其中技术效率、技术进步、要素投入效应均值分别为 1.25、1.62 和 4.68,表明全国工业增长的动力源泉及其贡献大小的次序与上海相同。然而,各要素贡献大小却存在很大差异:上海的技术进步对劳均产出的贡献要远大于全国,而且上海对要素的依赖程度远低于全国,同时上海的技术效率变化对劳均产出增长的影响则与全国相当。这表明上海的工业增长模式在一定程度上具有先进性。

表 2 环境、能源约束下工业企业行业劳均产出增长及其分解效应

行 业	上海劳均产出增长的分解				全国劳均产出增长的分解			
	y^{2006}/y^{1996}	EFC	TECH	FACCUM	y^{2006}/y^{1996}	EFC	TECH	FACCUM
食品加工业	4.00	0.74	1.57	3.41	5.86	1.18	1.18	4.21
食品制造业	3.57	0.92	1.78	2.18	5.82	1.14	1.18	4.33
饮料制造业	3.28	0.66	1.68	2.95	4.06	0.92	1.24	3.57
烟草加工业	8.23	1.14	1.92	3.76	4.44	1.33	1.68	1.99
纺织业	2.84	0.75	1.71	2.23	6.46	1.06	1.24	4.90
服装及其他纤维制品制造业	2.07	0.91	1.43	1.58	2.63	0.87	1.52	1.99
皮革、毛皮、羽绒及其制品业	2.56	1.00	1.57	1.63	3.19	1.00	1.43	2.22
木材加工及竹、藤、棕、草制品业	4.23	0.85	1.47	3.40	8.71	1.13	1.19	6.50
家具制造业	5.63	0.72	2.03	3.87	5.67	1.13	2.31	2.18
造纸及纸制品业	5.53	0.53	1.53	6.89	7.88	0.96	0.67	12.24
印刷业、记录媒介的复制	5.02	0.93	1.80	3.02	6.57	0.82	3.69	2.17
文教体育用品制造业	3.23	0.79	1.56	2.61	3.04	1.19	3.73	0.69
石油加工及炼焦业	8.27	2.33	1.71	2.08	8.39	1.49	1.20	4.68
化学原料及化学制品制造业	6.71	0.91	2.66	2.78	7.82	1.03	0.95	8.00
医药制造业	2.74	0.56	1.70	2.86	4.29	0.73	1.25	4.71
化学纤维制造业	3.03	0.60	1.70	2.99	8.22	1.43	1.07	5.38
橡胶制品业	2.85	0.62	1.81	2.53	6.10	0.85	1.18	6.07
塑料制品业	3.81	1.10	1.83	1.89	5.77	1.02	1.95	2.91
非金属矿物制品业	5.44	1.21	1.70	2.64	5.68	2.27	0.63	3.98
黑色金属冶炼及压延加工业	8.18	0.32	3.63	6.94	10.90	1.64	1.15	5.75

续表 2 环境、能源约束下工业企业行业劳均产出增长及其分解效应

行 业	上海劳均产出增长的分解				全国劳均产出增长的分解			
	y^{2006}/y^{1996}	EFC	TECH	FACCUM	y^{2006}/y^{1996}	EFC	TECH	FACCUM
有色金属冶炼及压延加工业	6.38	1.42	1.51	2.97	10.12	1.71	0.50	11.94
金属制品业	4.77	1.16	1.81	2.29	7.10	1.16	1.39	4.39
普通机械制造业	6.41	1.24	2.53	2.05	9.82	1.51	1.58	4.12
专用设备制造业	6.23	1.25	1.80	2.77	5.85	1.32	1.85	2.40
交通运输设备制造业	4.40	0.77	2.88	1.98	6.64	1.36	2.31	2.11
电气机械及器材制造业	4.59	1.17	2.15	1.83	7.01	1.39	3.58	1.41
电子及通信设备制造业	6.01	1.15	4.03	1.30	5.94	1.00	3.69	1.61
仪器仪表及文化、办公用机械制造业	9.03	1.65	1.76	3.11	7.65	0.97	2.02	3.90
其他制造业	108.84	11.58	1.65	5.71	5.62	0.94	2.35	2.54
电力、蒸汽、热水的生产和供应业	11.81	0.81	4.69	3.11	6.22	1.00	0.80	7.78
煤气生产和供应业	7.22	1.68	1.73	2.48	8.79	1.72	1.31	3.90
自来水的生产和供应业	3.34	0.13	1.57	15.85	2.24	0.17	7.45	1.77
均值	7.85	1.20	2.38	3.35	6.90	1.25	1.62	4.68

上海增长最快的 5 个行业依次是其他制造业,电力、蒸汽、热水的生产和供应业,仪器仪表及文化、办公用机械制造业,石油加工及炼焦业,烟草加工业。其中对各自劳均产出贡献最大的因素分别为技术效率 11.58,技术进步 4.69,要素投入 3.11,技术效率 2.33,要素投入 3.76。这说明上海工业增长,既有通过技术进步、技术效率变化,也有通过要素投入来实现的。相对应,全国增长最快的 5 个行业(黑色金属冶炼及压延加工业、有色金属冶炼及压延加工业、普通机械制造业、煤气生产和供应业、木材加工及竹藤棕草制品业)的最主要动力源泉全部是要素投入,分别为 5.75、11.94、4.12、3.90、6.50。

表 3 和表 4 用 GLS 估计了 1996—2006 年上海各行业劳均产出增长、技术效率变化、技术进步和要素投入效应受到基年(1996 年)各行业劳均产出及支柱产业的影响关系。从表 3 可知,1996 年上海各行业劳均产出系数为 -0.165 且极其显著(T 值为 -10.058),表明上海各工业行业的生产力具有收敛性:劳均产出较高的行业,其增长率会逐渐变小;劳均产出较低的行业,其增长率则会逐渐变大。同时支柱产业对劳均产出增长有显著影响,其 T 值为 2.418,系数为 1.367,说明上海支柱产业对工业劳均产出的增长率具有重要的正面影响。同时,1996 年上海各行业实际劳均产出系数为 -0.024,且极其显著(T 值为 -3.775),这说明基年劳均产值增加 1%,工业行业技术效率变化效应将下降 0.024%,进一步表明上海劳均产出越低的行业,其技术追赶效应则越强,因此,有利于技术转移和技术扩散的工业经济增长政策对劳均产出较低的工业行业则越为有利。支柱产业的系数为 -0.363 且极其显著(T 值为 -5.107),表明支柱产业对技术效率的变化具有负效应,所以相比支柱产业,非支柱产业更倾向于提高技术效率,这是因为非支柱产业一般基础薄弱,竞争程度往往高于支柱产业且缺乏政府的保护和支持,行业内技术追赶效应

明显。因此,政府在建立支柱产业的同时,对非支柱产业应当通过建立规范有序的市场竞争机制和秩序,制订有效的工业行业企业技术扩散和模仿政策等来加强工业技术效率的整体提高。

表 3 上海基年劳均产出、支柱产业对其劳均产出增长、技术效率的影响

被解释变量:上海工业各行业的劳均产出增长				被解释变量:上海 EFC			
解释变量	系数	标准差	T 值	解释变量	系数	标准差	T 值
常数项	8.479	0.602	14.082	常数项	1.726	0.092	18.841
1996 年上海各行业实际劳均产出	-0.165	0.016	-10.058	1996 年上海各行业实际劳均产出	-0.024	0.006	-3.775
支柱产业	1.367	0.566	2.418	支柱产业	-0.363	0.071	-5.107

表 4 中,1996 年上海各行业实际劳均产出的系数为 0.008 且较为显著(T 值为 4.146),表明基年劳均产出越高越有利于工业技术进步,因此技术进步的实现必须依赖于较强的工业经济实力基础,这说明在我国不同经济地区单纯依靠技术进步促进工业增长转型并不一定切实可行,特别是不发达地区,一味地追求和引进过高的先进技术往往会因其经济基础薄弱和人力资源匮乏而难以有效地消化,其实质效果并不好。因此,不发达地区应根据所处位置与自身特点,使用可以消化和有效利用的国内外先进管理方法和科学技术,研发与采用适应性强的新工艺、新材料和新能源,选择与之适应的新型工业发展路径。支柱产业对技术进步变化的影响系数为 1.037,极其显著(T 值为 6.336),这说明类似于上海这样的发达地区建立支柱产业对工业技术进步极其重要,支柱产业比非支柱产业更能显著地成为技术进步的来源地,通过支柱产业的合理构建可以整体上显著提高工业的先进水平和增长潜力及优势。从表 4 中发现 1996 年上海各行业实际劳均产出的系数很小,且 T 值也极小仅为 0.319,说明基年劳均产值并不显著影响要素投入。但支柱产业对要素投入变化的影响系数为-0.705,且比较显著,说明支柱产业有助于上海发挥比较优势降低要素依赖程度,更易形成产业集群,降低工业发展成本,促使其走经济效益好、资源消耗低、环境污染少的新型工业化道路。

表 4 上海基年劳均产出、支柱产业对其技术进步、要素投入效应的影响

被解释变量:上海 TECH				被解释变量:上海 FACCUM			
解释变量	系数	标准差	T 值	解释变量	系数	标准差	T 值
常数项	1.704	0.023	74.857	常数项	3.376	0.109	31.055
1996 年上海各行业实际劳均产出	0.008	0.002	4.146	1996 年上海各行业实际劳均产出	0.002	0.006	0.319
支柱产业	1.037	0.164	6.336	支柱产业	-0.705	0.194	-3.639

以上分析表明:基年上海工业行业劳均产出对其工业增速和技术效率的变化均有显著的负向影响,而对技术进步则有显著的正向影响,对要素投入则没有显著影响。支柱产业更有利于技术进步,而非支柱产业则更有利于技术效率提高。其政策含义是,当工业劳均产出达到一定水平后,其增长动力主要依靠技术进步,环境规制和产业政策制订应充分发挥支柱产业和非支柱产业的各自优势,促使工业增长由要素投入驱动向技术进步驱动转变。

四、结论性评述与启示

通过 1996—2006 年上海和全国大中型工业企业构成的 32 个工业行业的对比分析,我们发现:上海环境规制政策加大了技术进步在工业增长中的贡献,显著地促进了自身前沿工业结构调整和优化升级,迅速地提高了各行业最优产出;上海的工业增长与全国有一定的相似性,其动力来源按大小依次为要素投入、技术进步和技术效率,虽然劳均产出增长贡献因素排序一致,但是各因素贡献大小却存在较大差异:上海技术进步的贡献远大于全国且对要素的依赖程度远低于全国,这表明上海现行的工业增长模式与全国相比具有一定的先进性。上海近 10 余年来环境、能源约束与工业增长绩效双赢初显成效,其工业发展和环境规制政策值得全国思考和学习借鉴。但从生产前沿和技术效率关系看,上海实际产出距离其自身生产前沿还有一定差距,在节能减排、要素配置和技术效率提升方面仍有较大的改进余地。这说明上海在环境与工业增长绩效双赢初显成效的同时,目前仍然面临着高消耗、高排放问题。因此,环境规制政策还必须与加快行业内技术扩散和模仿及创新并形成产业技术环节优势、加速信息化进程并以信息化带动工业发展、加快生产性服务业发展并为工业结构升级提供良好服务的产业政策相配合和协调,这样才能从根本上促进上海工业的长期可持续增长。

参考文献:

- [1]陈诗一.能源消耗、二氧化碳排放与中国工业的可持续发展[J].经济研究,2009,(4):41—55.
- [2]刘仕强,顾国章.基于时变随机前沿生产函数的上海工业增长因素分析[J].南方经济,2006,(12):15—18.
- [3]涂正革.环境、资源与工业增长的协调性[J].经济研究,2008,(2):93—105.
- [4]张红凤,周峰,杨慧等.环境保护与经济发展双赢的规制绩效实证分析[J].经济研究,2009,(3):14—26.
- [5]张军,陈诗一,Gary H.Jefferson.结构性改革与中国工业增长[J].经济研究,2009,(7):4—20.
- [6]郑京海,刘小玄等.1980—1994 期间中国国有企业的效率、技术进步[J].经济学季刊,2002,(3):521—540.
- [7]周建,顾柳柳.能源、环境约束与工业增长模式转变[J].财经研究,2009,(5):94—103.
- [8]朱南,刘一.中国地区新型工业化发展模式与路径选择[J].数量经济技术经济研究,2009,(5):1—12.
- [9]邹至庄.中国经济转型[M].北京:中国人民大学出版社,2005.43—60.
- [10]Fare,Rolf,Grosskopf,Shawna.Environmental production functions and environmental directional distance Functions[J].Energy,2006,(10):101—108.
- [11]Kumar S,Russell,Robert R.Technological change,technological catch-up,and capital deepening:Relative contributions to growth and convergence[J].American Economic Review,2002,(3):527—548.

[12]Zhong, Sheng Hua. Eco-efficiency analysis of paper mills along the Huai River: An extended DEA approach[J]. Omega, 2007, (35): 578—587.

Study on the Transformation of Industrial Growth Modes under Constraints of Energy-saving and Emission-reduction: Comparative Analysis between Shanghai and China Based on Non-parametric Environmental Production Function

ZHOU Jian, ZHANG De-yuan, GU Liu-liu

(School of Economics, Shanghai University of Finance and Economics,
Shanghai 200433, China)

Abstract: Taking 32 industries composed of large and middle firms in Shanghai and the whole country from 1996 to 2006 as the sample, the paper makes an empirical study on industrial growth modes by using the non-parametric environmental production function under the constraints of environment and energy. The results show that, environmental control policies in Shanghai enlarge the contribution of technical progress to industrial growth and help the adjustment and upgrading of industrial structure, but there is plenty of room for improvement in energy-saving and emission-reduction, factors allocation and technical efficiency from the angle of production frontier. The industrial growth of Shanghai is similar to the one of the whole country, which depends on factors input, technical progress and technical efficiency in order of contribution, but Shanghai depends on more on technical progress and less on factors input than the whole country; thus, the industrial growth of Shanghai is featured by advancement to some extent. In recent ten years, Shanghai has achieved win-win environment-and-energy control and industrial growth.

Key words: industrial growth mode; non-parametric environmental frontier production function; environment & energy control; technical efficiency

(责任编辑 许 柏)