

DOI 编码: 10.3969/j.issn.1672-884x.2013.11.017

中国城市环境全要素生产率及其影响因素分析

肖 攀^{1,2} 李连友¹ 唐李伟¹ 苏 静^{1,2}

(1. 湖南大学金融与统计学院; 2. 湖南文理学院经济与管理学院)

摘要: 在采用能考虑“坏产出”的 ML 指数测算我国 2003~2010 年 286 个城市的环境全要素生产率及其成分后,对其动态变化趋势与影响因素进行分析。研究表明,城市环境全要素生产率、技术效率和技术进步分别以年均 1.1%、0.5%和 0.9%的速度增长;城市间全要素生产率和技术水平的差距在逐步拉大,而技术效率差距趋于缩小;城市环境全要素生产率平均增幅东部>西部>中部;技术效率提升幅度西部大于中部,且大于东部;技术水平提升幅度东部>中部>西部;市场化程度的加深、政府规模的扩大和宏观经济的进一步稳定对城市环境全要素生产率产生促进作用,而外商直接投资的增加无益于我国城市环境全要素生产率的提升。

关键词: Malmquist-Luenberger 指数; 城市环境全要素生产率; 核密度; 空间计量

中图分类号: C93;F223 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-884X(2013)11-1681-09

Analysis of the City's Environment Total Factor Productivity and Influencing Factors in China

XIAO Pan^{1,2} LI Lianyou¹ TANG Liwei¹ SU Jing^{1,2}

(1. Hunan University, Changsha, China;

2. Hunan University of Arts and Sciences, Changde, Hunan, China)

Abstract: This paper applies Malmquist-Luenberger index which can take into account the reduction of “bad” output to measure environment TFP in 286 cities of China from 2003 to 2010. We also examine the dynamic change and influencing factors. The conclusions are as follows: The environment TFP, efficiency level and technical level improve at the annual rate of 1.1%, 0.5% and 0.9%; The environment TFP and technical level gap between cities is gradually widening, but the efficiency level gap between cities tends to be narrowed down; The average growth in environment TFP of the East is bigger than the West, and the Central too. The West shows a greater growth in its efficiency level than the Central and the East. Marketization further stabilize, the government scale expansion and the macro economy bring positive effect to the environment TFP growth of city. The growth in foreign direct investment is not conducive to the environment TFP improvement.

Key words: malmquist-luenberger index; total factor productivity of city environment; kernel density analysis; spatial econometric

改革开放以来,中国经济以年均 8%以上的高增长率创造了世界经济奇迹,成功跃居为世界第二大经济体,与此同时,中国也超过美国,一跃成为世界上最大的碳排放国家和一次能源消费国家。《中国环境经济核算报告 2004》显示,2004 年全国因环境污染造成的经济损失为 5 118 亿元,占当年 GDP 总量的 3.2%。在碳减排国际公约和经济发展的刚性约束下,中国政府面临经济增长和节能减排的两

难权衡。

1 文献回顾

长期以来,中国评价一个地区经济绩效的传统指标是地区生产总值,但是它不考虑投入的约束,仅考虑产出,这也是一些地区不顾投入一味追求高产进而走上粗放型发展道路的主要原因之一。近年来,为了将投入约束纳入到经济绩效的考核框架,经济学家提出了一种新

收稿日期: 2013-05-20

基金项目: 教育部人文社会科学基金资助项目(12YJAZH059)

的衡量地区经济绩效的方法,即全要素生产率。目前测算全要素生产率的方法主要有 4 种:生产函数法、增长核算法、随机前沿分析法和基于数据包络分析的 Malmquist 指数法。其中 Malmquist 指数法对数据的限制较少,为城市全要素生产率的测算提供了很好的参考,在近年来的研究中运用得越来越广泛^[1~4]。然而, Malmquist 指数本身基于投入导向型距离函数或产出导向型距离函数测算,因此不能对称处理期望产出与非期望产出,而对期望产出和非期望产出的不平衡处理,会扭曲对经济绩效和社会福利水平的评价,进而误导政策建议^[5]。

鉴于此,CHUNG 等^[6]提出了基于方向距离函数的 Malmquist-Luenberger(ML)生产率指数,这个指数对传统的 Malmquist 指数进行了修正,可以测度考虑非期望产出的全要素生产率。例如,KUMAR^[7]、BALL 等^[8]以二氧化碳作为“坏产出”对 41 个发达国家和发展中国家的全要素生产率进行了测算。WEBER 等^[9]以有害物质作为非期望产出对美国制造业 1988~1994 年的全要素生产率进行了测算。此外,NAKANO 等^[10]、BARROS 等^[11]、ZHOU 等^[12]都利用 ML 指数测算了相关产业的全要素生产率。国内一些学者尝试将环境因素纳入到效率和全要素生产率的研究框架中。如王兵等^[13]首次采用 ML 指数测度了 APEC 17 个国家和地区 1980~2004 年包含二氧化碳排放的环境全要素生产率增长及其成分,并对环境管制下全要素生产率增长的因素进行了实证检验。涂正革^[14]根据我国 30 个省市地区要素资源投入、工业产出和污染排放数据,采用 ML 指数测算了各地区环境技术效率及其地区差异。杨俊等^[15]利用 ML 生产率指数测算了 1998~2007 年地区工业的全要素生产率,研究发现,忽略环境因素会高估我国工业全要素生产率增长。赵萌^[16]将污染物及矿难作为“坏”产出纳入到全要素生产率分析框架,测算了中国 1998~2009 年 30 家大型煤炭企业的全要素生产率增长。王兵等^[17]采用 ML 生产率指数将二氧化硫和化学需氧量的排放量作为非期望产出,测算了我国区域环境效率和环境全要素生产率的增长。杨文举^[18]基于中国地区工业的经验数据,在 DEA 的绿色经济增长核算模型框架下,采用 ML 生产指数将考虑非期望产出的劳动生产率变化分解为效率变化指数、技术进步指数和资本深化指数,测度了环境约束下中国区域全要素生产率的增长情况。

由于研究方法和样本选择期的不同,现有研究并没有形成具有共识性的结论;同时,大部分研究主要涉及跨国或者中国省级工业的环境效率和生产效率,鲜有来自城市层面的证据。事实上,城市是各种要素空间聚集的产物,也是经济增长的核心地带,经济发展与城市发展往往是同步进行的。那么,在我国城市化的加速推进中,城市环境全要素生产率水平怎样?其动态变化趋势如何?城市经济的增长是单纯资源投入的结果,还是生产效率提高的贡献,抑或二者兼具?哪些因素将给城市环境全要素生产率的增长带来重要影响?鉴于此,本研究基于生产理论框架,采用考虑“坏产出”的 ML 指数测算我国城市层面的环境全要素生产率及其成分,并对其动态变化趋势和影响因素进行系统分析,以期为我国城市经济发展中的资源配置和环境政策制定提供更加可靠的经验参考依据。

2 中国城市环境全要素生产率测算

2.1 Malmquist-Luenberger 指数

ML 指数基于直接距离函数(DDF)测算,好处是能够测算到增加“好产出”的同时减少“坏产出”的最大可能比例,其定义如下

$$D_o = (x, y, b; g) = \sup\{\beta: (y, b) + \beta g \in P(x)\}, \quad (1)$$

式中, x 为投入; y 为好产出; b 为坏产出; $P(x)$ 为生产可能集; g 为产出的方向向量,这里 $g = (y - b)$,即好产出增加,坏产出减少。

时期 t 和 $t + 1$ 的 ML 指数定义如下

$$ML_t^{t+1} = \left[\frac{1 + D_o^{t+1}(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t)}{1 + D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, -b^{t+1})} \right]^{1/2} \times \left[\frac{1 + D_o^t(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t)}{1 + D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, -b^{t+1})} \right]^{1/2} \quad (2)$$

如果 $ML_t^{t+1} = 1$,表示 2 个时期的生产率没有变化,大于 1 则表示生产率提高,反之则减少。ML 指数可以进一步分解为技术效率变化指数($M_{L_t}^{t+1}$)和技术进步指数($M_{L_t}^{t+1}$):

$$ML_t^{t+1} = \left[\frac{1 + D_o^{t+1}(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t)}{1 + D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, -b^{t+1})} \right] \times \left[\frac{1 + D_o^{t+1}(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t)}{1 + D_o^t(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t)} \right]^{1/2} \times \left[\frac{1 + D_o^{t+1}(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t)}{1 + D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, -b^{t+1})} \right]^{1/2} \quad (3)$$

$M_{L_t}^{t+1}$ 测度了决策单元向最佳前沿移动的程度,描述的是前后 2 个时期技术效率的变化情况; $M_{L_t}^{t+1}$ 测度了前后 2 个时期前沿面的移动幅度,描述的是前后 2 个时期技术水平的变化情况,也即技术进步的快慢。

直接距离函数的求解是完成 ML 指数测算的关键,可以依据线性规划求解。由式(2)可知,

要计算 4 个 DDF 才能得到 ML 指数值,如对时期 t 的观测值而言,只需求解如下线性规划:

$$\begin{aligned}
 & D_o(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t) = \max \beta, \\
 \text{s. t. } & \sum_{k=1}^K z_k^t y_{km}^t \geq (1+\beta) y_{km}^t, \quad m=1,2,\dots,M, \\
 & \sum_{k=1}^K z_k^t b_{ki}^t = (1-\beta) b_{ki}^t, \quad i=1,2,\dots,I, \\
 & \sum_{k=1}^K z_k^t x_{kn}^t \leq x_{kn}^t, \quad n=1,2,\dots,N, \\
 & z_k^t \geq 0, \quad k=1,2,\dots,K,
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

式中, K 为城市个数; M 为“好产出”数; I 为“坏产出”数; N 为投入数。其他 3 个线性规划可以类似得到^[6]。

2.2 数据来源与投入产出指标选取

2.2.1 数据来源与指标说明

本研究数据来源于《中国城市统计年鉴》、《中国区域经济统计年鉴》、国泰安数据库、各省《统计年鉴》、各市《国民经济和社会发展统计公报》和《统计年鉴》,个别数据缺失通过网络搜索和插值得到。由于西藏城市相关指标大部分缺失,最终的样本为除西藏及港澳台后的 30 个省(市)地区 286 个地级及以上城市^① 2003~2010 年数据。

投入指标选取劳动投入指标和资本投入指标来衡量,参照刘秉镰等^[19]采用单位从业人员、私营和个体从业人员之和作为劳动投入,用 L 表示;资本投入指标采用固定资产投资额进行替代,用 I 表示。因城市固定资产投资价格指数不可得故未对固定资产投资额进行价格调整,由此会影响到测算质量。鉴于此,本研究采用城市居民消费价格指数对固定资产投资额进行了调整。

产出指标分别为城市实际生产总值和二氧化硫排放量,前者即所谓的“好产出”,后者为“坏产出”,城市实际生产总值根据名义生产总值以 2003 年为基期依据各城市居民消费价格指数调整得到。个别城市二氧化硫初始年份数据缺失,采用 2004 年减去 2004~2010 年平均增长量的插值法补齐。投入产出指标的描述性统计见表 1。

表 1 投入产出指标描述性统计 ($N=288$)

变量	单位	均值	标准差	最小值	最大值
SO ₂	万 t	6.296	6.354	0.001	68.316
GDP	亿元	737.062	1 083.287	31.773	12 531.830
I	亿元	420.753	583.323	16.567	6 329.699
L	万人	70.606	91.415	5.583	1 076.987

表 1 为投入产出指标的基本统计值,其中 SO₂ 排放最少的为海南省三亚市,排放最多的为重庆市;GDP 最小的为甘肃省嘉峪关市,最大的为上海市;固定资产投资最小的为黑龙江省伊春市,最大的为重庆市;就业人数最小的为甘肃省嘉峪关市,最大的为北京市。

2.2.2 中国城市环境全要素生产率及其成分

表 2 是根据 ML 指数测算的我国 286 个地级及以上城市 2003~2010 年环境全要素生产率的整体情况^②。由表 2 可知,考察期间有 196 个城市的环境全要素生产率有不同程度的提高,占所考察城市总量的 68.5%;有 84 个城市的环境全要素生产率出现下降,下降幅度在 0.1%~8.3%之间;苏州、漳州、咸宁、贵港、永州和思茅 6 个城市的环境全要素生产率在考察期间整体上没有发生明显变化。从整体上看,我国环境全要素生产率自 2003 年以来有所改善。其中延安是环境全要素生产率增长速度最快的城市,其次分别是长沙和上海,3 个城市环境全要素生产率的年均增长率分别为 10.2%、9.8%和 9.1%;伊春是环境全要素生产率下降最快的城市,其次分别是鸡西和汕尾,3 个城市年均下降速度分别为 8.3%、8%和 7.2%。

根据 286 个城市环境的技术效率变化指数与技术进步指数得图 1,其中分别以 $M_{L_t} = 1$ 和 $M_{I_t} = 1$ 作为分界线将图划分为了 4 个象限。由图 1 可知,技术效率变化指数等于 1 的上下两侧城市数相差不大,分别为 134 个和 152 个,无效率城市略多于效率城市,其中技术效率提高最快的为三亚市,年均提升速度为 9.2%,其次是北京市和鄂尔多斯市,提升速度分别为 8.5%和 8.2%;技术效率下降最快的为揭阳市,年均下降速度为 7.6%,其次分别是苏州市和汕尾市,年均下降速度均为 5.7%。技术进步变化指数等于 1 的左右两侧城市数相差明显,分别为 77 个和 209 个,技术进步城市数约为技术退步城市数的 3 倍,其中技术进步最快的为苏州市,年均增长率为 6.1%,其次是无锡、镇江和克拉玛依市,其年均增长率均为 5.7%,而无锡市以 5.4%的增长率位列其次。技术退步最快的城市为安顺、伊春和鸡西市,年均退步速度都为 4.7%,其次是海口和三亚市,年均退步速度分别为 3.9%和 3.6%。既处于技术退步状态又处于资源利用效率下降状态(第 3 象限)的城市

① 根据《中国城市统计年鉴》中的城市划分得到。

② 表 2 以及文后所有有关效率的均值都是几何平均值。

表 2 2003~2010 年我国 286 个城市的环境全要素生产率均值

地区	ML	地区	ML	地区	ML	地区	ML	地区	ML	地区	ML	地区	ML	地区	ML
北京市	1.071	乌兰察布	1.018	牡丹江	0.971	马鞍山	1.077	上饶市	1.001	信阳市	1.014	汕头市	0.990	三亚市	1.053
天津市	1.071	沈阳市	1.075	黑河市	0.965	淮北市	0.999	济南市	0.990	周口市	0.998	佛山市	1.078	重庆市	1.020
石家庄	1.044	大连市	1.036	绥化市	0.993	铜陵市	1.034	青岛市	1.061	驻马店	0.993	江门市	0.948	成都市	1.015
唐山市	1.006	鞍山市	1.030	上海市	1.091	安庆市	1.031	淄博市	1.018	武汉市	1.035	湛江市	1.001	自贡市	0.971
秦皇岛	1.014	抚顺市	0.998	南京市	1.044	黄山市	1.066	枣庄市	1.041	黄石市	0.974	茂名市	0.996	攀枝花	1.007
邯郸市	1.012	本溪市	1.010	无锡市	1.021	滁州市	0.962	东营市	1.047	十堰市	0.978	肇庆市	0.992	泸州市	0.993
邢台市	1.010	丹东市	1.027	徐州市	1.038	阜阳市	1.026	烟台市	1.055	宜昌市	1.003	惠州市	0.975	德阳市	0.986
保定市	1.024	锦州市	0.981	常州市	1.022	宿州市	0.987	潍坊市	1.031	襄樊市	0.977	梅州市	1.013	绵阳市	0.985
张家口	1.007	营口市	1.024	苏州市	1.000	巢湖市	1.034	济宁市	1.043	鄂州市	0.988	汕尾市	0.928	广元市	0.998
承德市	1.041	阜新市	1.001	南通市	1.054	六安市	1.022	泰安市	1.057	荆门市	0.970	河源市	0.972	遂宁市	1.008
沧州市	1.075	辽阳市	1.005	连云港	1.033	亳州市	0.980	威海市	1.040	孝感市	0.968	阳江市	0.978	内江市	0.991
廊坊市	1.039	盘锦市	1.005	淮安市	1.013	池州市	1.013	日照市	1.032	荆州市	0.971	清远市	1.035	乐山市	1.004
衡水市	0.987	铁岭市	1.018	盐城市	1.036	宣城市	1.009	莱芜市	1.023	黄冈市	0.969	东莞市	1.025	南充市	1.023
太原市	1.025	朝阳市	1.015	扬州市	1.034	福州市	0.994	临沂市	1.034	咸宁市	1.000	中山市	1.032	眉山市	1.031
大同市	1.003	葫芦岛	0.984	镇江市	1.029	厦门市	0.981	德州市	1.054	随州市	0.955	潮州市	0.962	宜宾市	1.002
阳泉市	0.984	长春市	1.006	泰州市	1.015	莆田市	1.012	聊城市	1.059	长沙市	1.098	揭阳市	0.935	广安市	1.026
长治市	1.014	吉林市	1.059	宿迁市	1.001	三明市	1.013	滨州市	1.033	株洲市	1.020	云浮市	0.960	达州市	1.010
晋城市	1.018	四平市	0.964	杭州市	1.014	泉州市	0.967	菏泽市	1.051	湘潭市	1.007	南宁市	0.995	雅安市	0.996
朔州市	1.013	辽源市	1.049	宁波市	1.028	漳州市	1.000	郑州市	1.045	衡阳市	0.977	柳州市	1.015	巴中市	0.937
晋中市	1.014	通化市	0.983	温州市	0.999	南平市	1.008	开封市	0.996	邵阳市	0.977	桂林市	1.003	资阳市	1.008
运城市	1.008	白山市	1.010	嘉兴市	0.992	龙岩市	1.009	洛阳市	1.026	岳阳市	0.974	梧州市	0.988	贵阳市	1.008
忻州市	1.008	松原市	1.084	湖州市	0.997	宁德市	0.976	平顶山	0.983	常德市	1.001	北海市	0.995	六盘水	1.012
临汾市	1.009	白城市	1.016	绍兴市	1.003	南昌市	1.043	安阳市	1.009	张家界	1.035	防城港	0.983	遵义市	1.001
吕梁市	1.027	哈尔滨	1.028	金华市	0.995	景德镇	1.010	鹤壁市	1.004	益阳市	1.001	钦州市	0.988	安顺市	0.948
呼和浩特	1.071	齐齐哈尔	0.956	衢州市	1.039	萍乡市	0.996	新乡市	1.046	郴州市	1.021	贵港市	1.000	昆明市	0.995
包头市	1.052	鸡西市	0.920	舟山市	1.047	九江市	1.013	焦作市	1.030	永州市	1.000	玉林市	0.966	曲靖市	0.996
乌海市	1.011	鹤岗市	0.980	台州市	1.053	新余市	1.076	濮阳市	1.027	怀化市	0.943	百色市	1.012	玉溪市	0.995
赤峰市	1.044	双鸭山	0.971	丽水市	1.056	鹰潭市	1.021	许昌市	1.069	娄底市	1.011	贺州市	0.949	保定市	0.986
通辽市	1.025	大庆市	0.995	合肥市	1.070	赣州市	1.003	漯河市	1.011	广州市	1.041	河池市	1.004	昭通市	0.984
鄂尔多斯	1.065	伊春市	0.917	芜湖市	1.044	吉安市	1.004	三门峡	1.018	韶关市	1.012	来宾市	0.997	丽江市	1.011
海拉尔	1.015	佳木斯	0.933	蚌埠市	1.026	宜春市	1.028	南阳市	1.011	深圳市	1.021	崇左市	1.006	思茅市	1.000
巴彦淖尔	1.012	七台河	0.995	淮南市	1.004	抚州市	1.010	商丘市	1.044	珠海市	0.997	海口市	1.007	临沧市	1.003

注:限于篇幅,略去了各城市 ML 的具体年度值。

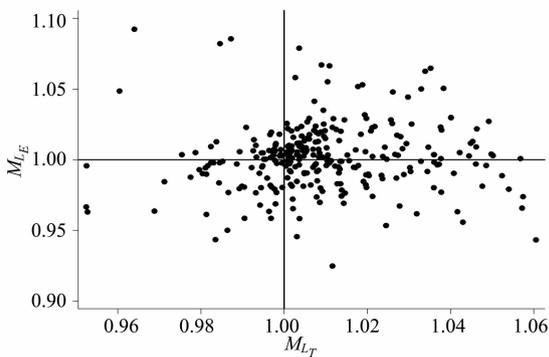


图 1 城市环境技术效率变化指数与技术进步指数分布图

数为 45 个,其中包括湖北省 8 个城市(黄石、十堰、襄樊、荆门、孝感、荆州、黄冈、随州);黑龙江省 10 个城市(齐齐哈尔、鸡西、鹤岗、双鸭山、伊春、佳木斯、七台河、牡丹江、黑河、绥化);湖南省 3 个城市(衡阳、邵阳、怀化);云南省 3 个城市(保山、昭通、临沧)以及甘肃省 3 个城市(武威、平凉、定西),具有明显的地域聚集特征。既处于技术进步状态又处于资源利用效率提高状

态的(第 1 象限)城市数为 121 个,除北京、天津、上海、重庆等直辖市外,其他城市主要集中在安徽、山东、内蒙古、山西、河南、辽宁、江西、陕西、广西和四川等地。

2.2.3 省会城市与省域地区环境全要素生产率及其分解

表 3 列出了省会城市和省域地区环境全要素生产率及其成分的测算结果^①。样本研究期内,济南、福州、昆明和南宁 4 个省会的环境全要素生产率有所下降 ($M_L < 1$);福州、济南、杭州、长春、石家庄、昆明、成都和南宁 8 个省会的资源利用效率出现下降 ($M_{L_e} < 1$),海口、北京、南宁、乌鲁木齐、昆明和银川 6 个省会出现了技术退步 ($M_{L_t} < 1$)。除此之外,其他省会的环境全要素生产率、资源利用效率和技术水平均有不同程度的改善和提高。其中长沙、上海、沈阳、呼和浩特和天津的 ML 指数值位居所有省

① 省域地区包括我国大陆现有的 31 个省(直辖市);省会城市的统计中同样包含了现有的 4 个直辖市。

会城市的前 5 行列,其中上海市环境全要素生产率的快速提升是源于其资源利用效率提高和技术进步的共同高速推动。长沙的技术进步水平、呼和浩特和天津的技术效率水平以及沈阳市的技术进步水平和技术效率水平,目前均存

在较大的提升空间。值得提出的是,北京和石家庄在各自的环境全要素生产率提升中具有可观的潜力,它们分别在技术效率改进和技术水平提升上有着最高的增长幅度和增长速度。

表 3 省会城市和省域地区环境全要素生产率

	省会城市全要素生产率情况			省域地区全要素生产率情况		
	ML	M_{L_E}	M_{L_T}	M_L	M_{L_E}	M_{L_T}
效率<1	济南、福州、 南宁、昆明	福州、济南、杭州 长春、石家庄、昆明 成都、南宁	海口、北京、南宁 乌鲁木齐、昆明 银川	黑龙江、湖北、贵州、 广西、广东、福建 云南、四川	福建、黑龙江、湖北、 浙江、江苏、广西 广东、四川、湖南、云南	海南、北京、贵州 湖北、甘肃、云南 宁夏、黑龙江
效率前 5	长沙、上海、沈阳 天津、呼和浩特	北京、长沙、合肥 海口、上海	石家庄、天津、上海 杭州、呼和浩特	上海、天津、北京 山东、新疆	北京、海南、上海 天津、陕西	天津、江苏、山东 浙江、上海

将各城市划归到各自所在的省(市),规整了各省域地区的环境全要素生产率整体情况。样本研究期内,黑龙江、湖北、贵州、广西、广东、福建、云南和四川 8 个省域环境全要素生产率水平整体上表现为下降($ML < 1$);福建、黑龙江、浙江、湖北、江苏、广西、广东、四川、湖南和云南 10 个省域的资源利用效率水平整体上表现为下降($M_{L_E} < 1$);海南、黑龙江、北京、贵州、湖北、甘肃、云南、宁夏 8 个省域的技术水平整体上表现为下降($M_{L_T} < 1$)。这与邵军等^[20]的研究结论具有相似性。直辖市上海、天津的环境全要素生产率、技术效率水平和技术进步水平均是我国 31 个省域地区中最高的。

2.2.4 城市环境全要素生产率的区域比较

表 4 分年度将 286 个城市分别归类到东中西三大区域,东部地区包括 101 个城市;中部地

区包括 101 个城市,西部地区包括 84 个城市。按东中西三大区域对城市环境 ML 指数、 M_{L_E} 指数和 M_{L_T} 指数进行了统计。考察期间,就全国范围而言,除 2005 年较前一年有所下降外,其他年份全国环境全要素生产率均有所改善,在整个样本研究范围内以年均 1.1% 的速度增长,这与高春亮^[21]所得的年均 7% 增长,李培^[22]所得的年均 2.2% 增长以及刘秉镰等^[19]所得的年均 2.8% 的增长存在一定差异,导致这种差异的主要原因可能为:①以上文献的研究样本数据跨度上限均为 2006 年或更早年份;②以上文献的城市样本个数最多只有 216 个,最少的仅为 41 个,这可能通过前沿面对测算结果产生影响;③本研究是首次采用 ML 指数对我国城市环境全要素生产率进行测算,而以上的全要素生产率测算都是采用 M 指数进行的。

表 4 2004~2010 年城市环境 ML 指数及其成分的区域比较

年度	ML				M_{L_E}				M_{L_T}			
	东部	中部	西部	全国	东部	中部	西部	全国	东部	中部	西部	全国
2004	1.006	1.007	0.993	1.002	0.991	1.008	0.991	0.997	1.015	0.999	1.003	1.005
2005	0.997	0.966	1.009	0.989	0.980	1.014	1.027	1.005	1.018	0.953	0.982	0.984
2006	1.028	1.002	1.005	1.012	1.062	1.035	1.062	1.052	0.968	0.968	0.947	0.962
2007	1.005	1.009	1.002	1.006	0.970	0.973	0.973	0.972	1.037	1.037	1.030	1.035
2008	1.027	1.013	1.004	1.015	1.016	1.003	0.996	1.006	1.011	1.010	1.008	1.010
2009	1.032	1.026	1.016	1.025	0.975	0.985	0.988	0.982	1.059	1.041	1.028	1.043
2010	1.030	1.023	1.024	1.026	0.994	0.995	1.002	0.997	1.036	1.028	1.022	1.029
几何平均值	1.018	1.006	1.008	1.011	0.998	1.002	1.005	1.001	1.020	1.005	1.002	1.009
累计变化值	1.131	1.046	1.054	1.078	0.985	1.012	1.037	1.010	1.150	1.033	1.017	1.067

全国环境全要素生产率的 M_{L_E} 指数均值为 1.005,0.5% 的效率改进表明 2003 年以来我国资源利用效率有些许提高,提高幅度小表明我国城市经济的粗放型增长方式未见较大改观,在已有的技术水平下所能达到的资源能量还有待进一步挖掘。 M_{L_T} 指数均值为 1.009,说明技术进步很慢,加大技术创新和新设备引进仍需抓紧。

从分区域的统计结果来看,城市环境 ML 指数东部、中部和西部各在 2005 年、2005 年和 2004 年出现生产率较上年退步外,其余年份皆有不同程度增长,其中最大的增长率出现在东部的 2009 年,较上年增长 3.2%,最小增长率出现在西部的 2007 年,较上一年仅增长 0.2%。总体上看,环境全要素生产率提升幅度东部 > 西部 > 中部;技术效率均值西部 > 中部 > 东部。

由分析可知,东部技术效率水平最低主要是受本区域资源利用效率低下的黑龙江、江苏、浙江、福建、广东 5 省“拖累”。中部和西部城市的技术效率尽管有所改善,但改善幅度很小。对于技术进步变化指数而言,东、中、西部在样本考察期内整体上均有不同程度(分别为 2%、0.5%和 0.2%)的技术进步表现,但在 2005 和 2006 年出现了技术退步现象,技术进步均值东部>中部>西部,且东部与中西部之间的技术差距在逐步拉大。由于东部城市较中部和西部城市在资源享有、经济水平、地理位置和环境治理等方面存在诸多优势,并且东部城市本身在原始资源占有上也明显优于中部和西部城市,这可能使得东部城市出现资源过剩,导致资源利用效率偏低,因此东部城市应把提高资源利用效率作为落实重点,而中部和西部城市应在提高资源利用效率的同时促进技术水平的提升,以最大程度缩小与东部的差距或赶超东部。

从累计变化值来看,2003~2010 年间全国城市环境全要素生产率累计提高了 7.8%,其中东、中、西部分别提高 13.1%、4.6%和 5.4%;全国资源利用效率累计提高了 3.7%,其中东部降低了 1.5%、中部和西部分别提高了 1.2%和 3.7%;全国技术进步水平累计提高了 6.7%,其中东、中、西部分别提高了 15%、3.3%和 1.7%。累计变化值也进一步表明中西部城市环境全要素生产率与东部城市存在较大的差距。整体上看,技术进步在推动我国城市环境全要素生产率的提升中占据主导地位。

3 中国城市环境全要素生产率的动态变化趋势

为进一步分析城市环境全要素生产率及其成分的动态变化趋势,本研究分别做出了生产率、效率水平和技术水平值在基期 2003 年、中期 2007 年和末期 2010 年的核密度动态变动趋势图(见图 2)。由图 2a 可见:随着时间的推移,

分布曲线波峰高度逐步下降,左尾和右尾均有向两边扩展的趋势,但右尾延伸幅度要明显大于左尾,分布曲线始终保持了明显的右拖尾,且在 2007 年之后延伸至水平值 1 之外。这些特征表明 2003 年以来,我国城市环境全要素生产率之间的差距在逐步拉大,低生产效率水平城市数量和高生产效率水平城市数量均在增加,但高生产效率水平的城市数量增加更为明显。由图 2b 可见:代表城市环境技术效率变动的核密度分布曲线始终保持了明显的右偏趋势,曲线波峰高度 2003 年与 2007 年基本持平,在 2010 年出现抬升,曲线左尾在经历了 2007 年的小幅下降后于 2010 年小幅回升,右尾逐年小幅向右进一步延伸。这些特征表明,相较于 2003 年,2007 年我国城市技术效率水平基本处于停滞状态,是粗放型经济增长模式的典型特征;但 2007~2010 年期间有所提升,主要原因是高技术效率水平城市数量有所增加,且各城市之间技术效率水平差距整体上趋于缩小。由图 2c 可见:随着时间的推移,代表城市技术水平变动的核密度分布曲线波峰高度逐步下降,曲线右尾逐步向外大幅扩展,而左尾形态和位置在整个期间基本没有变化。这说明考察期间,我国城市技术水平整体上趋于提高,高技术水平城市不断涌现,与此同时,城市间技术水平的差距也进一步显现。

4 影响中国城市环境全要素生产率的 因素分析

4.1 指标选取与数据说明

本研究以城市环境全要素生产率的增长率作为因变量,用 R 表示,参考 LOKO 等^[23]、邵帅等^[24]的指标选取方法以及考虑数据可得性,选取如下影响因素指标:

(1)人力资本 H 人力资本对生产率增长具有促进作用,本研究采用普通中学生在校人数占总人口比重来衡量,预期符号为正。

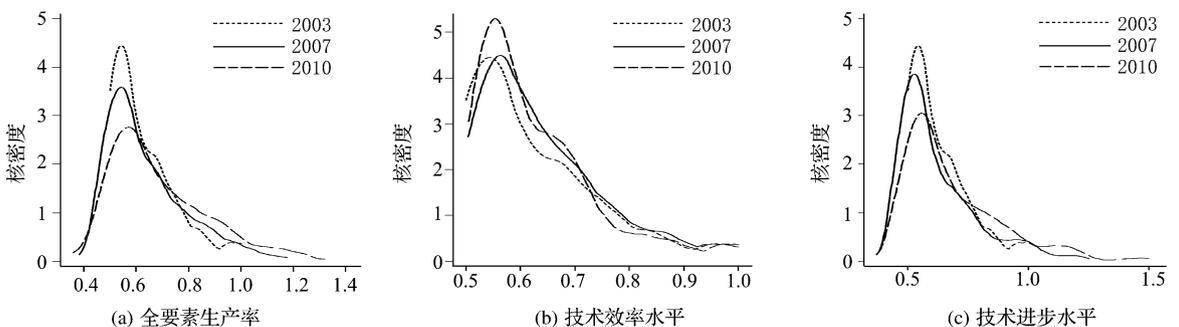


图 2 不同年度三大指数动态变化核密度分布图

(2) **外商直接投资 F** 外商直接投资可以通过促进东道国技术的进步和生产率的提高来促进经济增长,但也有研究表明 F 对生产率的影响是负面的,由于存在运输成本与贸易壁垒,而贸易自由化使得同一产品价格基本趋于一致,当产品价格相对统一时,生产成本就决定于生产区位。如果各个国家除了环境标准外,其他方面的条件相同,那么污染企业就会选择在环境规制标准较低的国家进行生产,而这些 F 进入的国家就成为污染的天堂。由此,本研究采用 F 占 GDP 的比重来衡量外商直接投资水平,其中 F 采用每年的汇率均值进行调整。该指标用来检验“污染天堂”假说在中国是否成立。

(3) **基础设施建设 I_N** 一般来说,基础设施越完善越利于要素流动,有利于提高时效性和缩短运输时间,进而通过促进资源利用效率的提高来实现生产率的增长,因此本研究采用人均道路铺设面积作为其代理指标,其预期符号为正。

(4) **市场化程度 M** 采用城镇私营和个体从业人数占总从业人数的比重表示,预期符号为正。

(5) **政府规模 E** 政府规模(财政支出占 GDP 的比重)与生产率增长之间的关系比较模糊,大量研究表明,政府规模对生产率增长具有正向促进作用,但是一个过于庞大的政府支出规模往往也会导致产出无效率进而阻碍生产率的增长。

(6) **宏观经济稳定性 C** 宏观经济稳定性对生产率增长具有正向促进效应,本研究采用各城市市场上商品价格增长的百分比作为宏观经济稳定性的代理指标,预期符号为负。

(7) **产业结构 S** 从农业向非农业的转变可以促进生产率的增长,由于我国仍处于工业化发展阶段,因此本研究用第二产业所占比重来衡量产业结构,预期符号为正。

此外,为判断城市环境生产率的收敛性,本研究加入城市环境生产率的对数项作为自变量之一。

4.2 模型选择及其估计结果分析

为了便于直观比较,分别给出了混合估计(O)、个体固定效应(F_i)、时间固定效应(F_t)、个体时间双向固定效应(F_E)和空间面板误差模型(S)的估计结果(见表5)。表5中的LR检验表明,个体固定效应和时间固定效应都显著,说明应该建立个体固定效应和时间双向固定效

应模型,且双向固定效应模型对应的拉格朗日乘子检验(L^m)及其稳健性检验(W)、对应误差模型的拉格朗日乘子检验(L_w^m)及其稳健性检验(W_w)均进一步表明应该建立空间误差模型进行分析。各个模型估计的拟合优度值也进一步证实了选取空间误差模型的正确性。鉴于此,本研究根据个体时间双向固定效应空间误差模型的估计结果(表5的第5列)进行分析。

个体时间双向固定效应空间误差模型的具体设置如下:

$$R_{it+1} = b + b_1 \ln ML_{it} + b_2 \ln H_{it} + b_3 \ln F_{it} + b_4 \ln I_{N_{it}} + b_5 \ln M_{it} + b_6 \ln E_{it} + b_7 \ln C_{it} + b_8 \ln S_{it} + \epsilon_{it} \quad (5)$$

式中, $R_{it} = \ln(ML_{it+1}/ML_{it})$ 。一般来说,单个地区的决策往往受邻近地区决策的影响,如果忽略这种外部性影响而采用普通面板数据模型进行因素分析往往会产生偏误或无效率。空间误差模型(SEM)能把时间和空间因素纳入统一的分析框架,既能考虑到地区之间的异质性也能考虑到地区的空间相关性。

从表5 SEM模型的估计结果可知,spat. aut显著为正,说明空间效应显著,正向估计系数表明城市之间存在“竞争效应”,即周围城市全要素生产率增长较快,则本地区生产率增长也将较快。然而,城市间环境全要素生产率是否存在收敛并不明确($b_1 < 0$,不显著);人力资本投入对城市全要素生产率增长产生了抑制作用,但这种抑制作用并不明显($b_2 < 0$,不显著);外商直接投资给我国城市环境全要素生产率带来了显著的负向影响($b_3 < 0$,显著),间接证明“污染天堂”假说在中国成立。由于我国环境规制水平比较低,其他国家的高污染产业将我国选择为污染避难场所,导致大量外商直接投资流入我国的污染密集型部门,使其所带来的正向经济效应被环境污染所带来的负向效应抵消。鉴于此,切不可牺牲环境为代价来盲目发展经济,应提高引进外资的质量,加强外商直接投资的环境管制,积极引进技术含量更高和更为“清洁”的外资,通过技术外溢来推动地区经济发展和产业结构升级;同时,我国城市当前的基础设施建设整体水平可能还不足以对环境全要素生产率产生促进作用($b_4 < 0$,不显著),政府应该进一步加大城市基础设施的投资建设力度。此外,市场化程度的进一步加深和宏观经济环境的进一步稳定给城市环境全要素生产率带来正向影响($b_5 > 0, b_7 < 0$,均显著),这符合经济发展的客观规律。值得注意的是,当前我国政

府规模的扩大对城市环境全要素生产率的增长具有显著的促进作用($b_6 > 0$, 显著), 表明政府对公共设施的投入和建设对环境全要素生产率增长产生了正向的外部冲击, 也暗示着我国政府支出规模并未超过极限值而进入无效率状

态。与此同时, 我国第二产业的发展对城市全要素生产率的正向促进效应还未显示出来($b_8 > 0$, 显著), 应进一步加快产业结构调整与升级, 强化走新型工业化发展道路, 切实降低工业化程度提高给环境带来的负向影响。

表 5 城市环境全要素生产率的影响因素估计结果 ($N=1\ 716$)

指标	系数	O	F_i	F_t	F_E	S
lnML	b_1	-0.006(0.009)	-0.014(0.010)	-0.005(0.009)	-0.009(0.010)	-0.005(0.010)
lnH	b_2	-0.007(0.008)	0.004(0.014)	-0.007(0.008)	-0.017(0.015)	-0.011(0.017)
lnF	b_3	0.003** (0.001)	-0.000(0.003)	0.003* (0.001)	-0.000(0.003)	-0.081*** (0.003)
ln I_{N_F}	b_4	0.013*** (0.004)	0.001(0.007)	0.013*** (0.004)	0.007(0.007)	0.072** (0.008)
lnM	b_5	0.013** (0.006)	0.053*** (0.010)	0.012** (0.006)	0.064*** (0.010)	0.063*** (0.010)
lnE	b_6	0.028*** (0.005)	0.061*** (0.010)	0.030*** (0.006)	0.125*** (0.013)	0.132*** (0.015)
lnC	b_7	-0.118(0.078)	-0.033(0.073)	-0.471** (0.184)	-0.447** (0.185)	-0.360* (0.213)
lnS	b_8	0.059*** (0.008)	-0.016(0.025)	0.060*** (0.008)	0.024(0.026)	0.020(0.029)
常数项	b	0.368(0.364)	—	—	—	—
spat. aut.	—	—	—	—	—	0.251*** (0.044)
L_R	—	—	389.210***	53.720***	—	—
L^m	—	64.490***	34.577***	56.956***	32.251***	—
W	—	5.312**	24.350***	9.873***	0.336	—
L_w^m	—	59.178***	51.477***	48.775***	36.758***	—
W_w	—	0.0001	41.250***	1.693	4.843**	—
Adj- R^2	—	0.521	0.360	0.594	0.689	0.713

注: 本表结果由 Matlab 7.11 软件计算得到, 括号内为标准误差项; * * *、* * 和 * 分别表示在 1%、5% 和 10% 的水平下显著。

5 结论与启示

本研究采用 Malmquist-Luenberger 指数考虑“坏产出”, 测算了我国 286 个地级及以上城市的环境全要素生产率及其成分, 并对其动态变化趋势与影响因素进行了分析, 得到如下基本研究结论:

(1) 2003~2010 年间, 我国城市环境全要素生产率以年均 1.1% 的速度增长, 其中技术效率以年均 0.5% 的速度增长, 技术进步以年均 0.9% 的速度提升。考察期间, 全国环境全要素生产率累计增长了 7.8%, 技术效率累计提高了 3.7%, 技术水平累计提高了 6.7%。技术进步在推动城市环境全要素生产率提升中占主导地位。

(2) 全要素生产率增长速度最快的为延安市, 下降最快的为伊春市; 技术效率提升最快的为三亚市, 下降最快的为揭阳市; 技术进步速度最快的为苏州市, 退步速度最快的有安顺、伊春和鸡西 3 个城市。省会城市中, 全要素生产率、技术效率和技术进步提升幅度最快的城市分别为长沙、北京和石家庄。

(3) 省域地区中, 环境全要素生产率出现退

步的有黑龙江、湖北、贵州等; 技术效率出现退步的有福建、黑龙江、浙江等, 技术水平出现退步的有海南、黑龙江、北京、贵州等; 上海、天津的 3 个效率指数水平均是我国 31 个省域地区中最高的。

(4) 分区域看, 2003~2010 年间城市环境全要素生产率平均增长幅度东部 > 西部 > 中部; 技术效率提升幅度西部 > 中部 > 东部; 技术水平提升幅度东部 > 中部 > 西部; 且中西部城市与东部地区城市之间的效率指数均存在较大差距。

(5) 2003 年以来, 我国城市环境全要素生产率之间的差距在逐步拉大; 各城市之间技术效率水平差距整体上趋于缩小, 而技术进步水平的差距则趋于扩大。

(6) 城市之间的环境全要素生产率存在“竞争效应”, 在影响城市环境全要素生产率的因素中, 市场化程度的加深、政府规模的扩大、宏观经济的进一步稳定给城市环境全要素生产率的增长带来促进作用, 而外商直接投资的增加无益于我国城市环境全要素生产率的增长。

由此可见, 要提高资源利用效率的必经之路是由粗放型经济增长方式向集约型经济增长

方式的转变。在未来城市经济发展中的资源配置、模式调整与地区政策制定中,必须充分考虑不同城市的原始全要素生产率水平及其成分水平,进一步加快城市市场化进程和产业结构调整,保持政府公共支出的稳健增长,控制宏观经济的波动性,以促进各城市生产率水平在保持相对差异的基础上稳步提升,进而健康、有效地推进各城市资源、经济和环境三者间的协调与可持续发展。

参 考 文 献

- [1] 岳书敬,刘朝明. 人力资本与区域全要素生产率分析[J]. 经济研究, 2006(4): 90~96
- [2] 傅勇,白龙. 中国改革开放以来的全要素生产率变动及其分解(1978~2006年)——基于省际面板数据的Malmquist指数分析[J]. 金融研究, 2009(7): 38~51
- [3] 袁晓玲,张宝山. 中国商业银行全要素生产率的影响因素研究——基于DEA模型的Malmquist指数分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2009(4): 93~104
- [4] 王恕立,胡宗彪. 中国服务业分行业生产率变迁及异质性考察[J]. 经济研究, 2012(4): 15~27
- [5] 杨俊,邵汉华,胡军. 中国环境效率评价及其影响因素实证研究[J]. 中国人口资源与环境, 2010, 20(2): 49~55
- [6] CHUNG Y H, FÄRE R, GROSSKOPF S. Productivity and Undesirable Outputs: A Directional Distance Function Approach[J]. Journal of Environmental Management, 1997, 51(3): 229~240
- [7] KUMAR S. Environmentally Sensitive Productivity Growth: A Global Analysis Using Malmquist-Luenberger Index[J]. Ecological Economics, 2006, 56(2): 280~293
- [8] BALL E, FÄRE R, GROSSKOPF S, et al. Accounting for Externalities in the Measurement of Productivity Growth: The Malmquist Cost Productivity Measure[J]. Structural Change and Economic Dynamics, 2005, 16(3): 374~394
- [9] WEBER W L, DOMAZLICK B. Productivity Growth and Pollution in State Manufacturing[J]. Review of Economics and Statistics, 2001, 83(1): 195~199
- [10] NAKANO M, MANAGI S. Regulatory Reforms and Productivity: An Empirical Analysis of the Japanese Electricity Industry[J]. Energy Policy, 2008, 36(1): 201~209
- [11] BARROS C P, PEYPOCH N. Technical Efficiency of Thermoelectric Power Plants[J]. Energy Economics, 2008, 30(6): 3 118~3 127
- [12] ZHOU P, ANG B W, HAN J Y. Total Factor Carbon Emission Performance: A Malmquist Index Analysis[J]. Energy Economics, 2010, 32(1): 194~201
- [13] 王兵,吴廷瑞,颜鹏飞. 环境管制与全要素生产率增长:APEC的实证研究[J]. 经济研究, 2008(5): 19~32
- [14] 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
- [15] 杨俊,邵汉华. 环境约束下的中国工业增长状况研究——基于Malmquist-Luenberger指数的实证分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2009(9): 64~78
- [16] 赵萌. 中国煤炭企业的全要素生产率增长[J]. 统计研究, 2011, 28(8): 55~62
- [17] 王兵,张枝辉,张华. 环境约束下中国省际全要素能源效率实证研究[J]. 经济评论, 2011(4): 31~43
- [18] 杨文举. 中国地区工业的动态环境绩效: 基于DEA的经验分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2009(6): 87~98
- [19] 刘秉镰,李清彬. 中国城市全要素生产率的动态实证分析: 1990~2006——基于DEA模型的Malmquist指数方法[J]. 南开经济研究, 2009(3): 139~152
- [20] 邵军,徐康宁. 我国城市的生产率增长、效率改进与技术进步[J]. 数量经济技术经济研究, 2010(1): 58~66
- [21] 高春亮. 1998~2003城市生产效率: 基于包络技术的实证研究[J]. 当代经济科学, 2007, 29(1): 83~88
- [22] 李培. 中国城市经济增长的效率与差异[J]. 数量经济技术经济研究, 2007(7): 67~72
- [23] LOKO B, DIOUF M A. Revisiting the Determinants of Productivity Growth: What's New? [M]. Washington: International Monetary Fund, 2009
- [24] 邵帅,范美婷,杨莉莉. 资源产业依赖如何影响经济发展效率? ——有条件资源诅咒假说的检验及解释[J]. 管理世界, 2013(2): 32~63

(编辑 丘斯迈)

通讯作者: 李连友(1965~),男,湖南安乡人。湖南大学(长沙市 410082)金融与统计学院教授、博士研究生导师。研究方向为风险管理。E-mail: pkuyouly@263.net