

大城市效率锁定的环境效应 及其政策选择

王业强 朱春筱

摘要 城镇化究竟恶化了环境质量，还是有利于改善环境质量？城市经济的发展通常被认为是加剧了环境污染，造成了环境冲突。但在过去的几十年中，世界大城市增长明显放缓，城市环境问题却变得更加突出。作者认为，城市的行政等级、市辖区（县）体制以及非均衡的区域性开放政策所形成的东中西部地区的技术差异导致中国大城市效率锁定。中国大城市效率锁定赋予城市环境问题新的视角，因此，需要对城市规模与环境的关系进行重新审视。作者以城市生产效率的测算为切入点，将环境因素纳入城市生产函数的分析框架，分析和比较了城市技术无效率和管理无效率状况，以及投入和产出无效率等造成环境无效率的主要来源。最后从促进大城市空间布局协调、加强城市工业污染治理和促进大城市技术扩散等方面提出未来促进中国城镇化健康发展的政策选择。

关键词 效率锁定 环境冲突 无效率 行政等级

[中图分类号] F293.1 [文献标识码] A [文章编号] 2095 - 851X (2017) 01 - 0042 - 18

城市经济的本质是集聚经济。随着城市规模的扩张，城市效率水平先是上升，当达到一定规模以后，各种城市问题不断涌现，出现城市不经济，这时候城市的边际效率水平开始递减，最终导致城市规模的下降（王小鲁、夏小林，1999；王业强，2012）。但是，从中国实际情况来看，一些超大城市出现了环境无效和规模有效并存的现象。例如，尽管各种大城市的“城市病”不断涌现，但在现有各种关于城市发

【基金项目】 国家自然科学基金面上项目“基于技术异质性与非期望产生的中国城市生产效率提升路径研究”（批准号：71473266）；国家社会科学基金重大项目“推进城镇化的重点难点问题研究”（批准号：14ZDA026）。

【作者简介】 王业强（1972 - ），中国社会科学院城市发展与环境研究所副研究员，邮政编码：100028；朱春筱（1993 - ），中国社会科学院研究生院硕士研究生，邮政编码：102488。

致谢：感谢审稿专家匿名评审，当然文责自负。

展水平的评价指数（如城市竞争力、城市质量等）排名中，中国的大城市，尤其是一些超大城市始终是位列前茅。这似乎可以得出一个结论：中国的超大城市是有效的。饶会林（1989）认为，城市规模效益是一个普遍规律，中国大城市的经济、社会、环境、建设效益都高于中小城市。不仅如此，从动态发展来看，中国超大城市的规模还是持续有效的（如关于北京市的人口承载力极限的预测不断被突破）。因此，也就出现了在城市规模效益递减情况下，尽管各种城市问题不断涌现，但是城市规模保持持续扩张的现象。城市规模落入一个“效率锁定”区间。那么，在大城市效率锁定的条件下，如何理解城镇化与环境之间的关系呢？我们迫切需要在这一新的视角下重新审视城市规模的环境内涵，尤其是大城市的环境冲突问题，为新型城镇化提供理论支撑。

一、大城市环境冲突与效率锁定

关于城镇化与环境污染关系问题的研究包括两个方面：一方面，对产业集聚与环境污染问题的研究。一般认为，由于工业在空间上的集聚，使得城镇可以集中地处理污染排放，从而提高了城镇污染处理设施的使用效率，缓解了工业生产带来的环境污染（Hosoe and Naito, 2006）。刘习平和宋德勇（2013）也认为，从全国的总体样本来看，产业集聚能有效地改善城市环境状况。而且城市规模越大，产业集聚所带来的环境改善效应就越大。然而，由于地方工业园集中了大量的中小企业，当地违规排污成本相对较低，企业争向环境标准底线赛跑（Dua and Esty, 1997），结果导致工业园区严重的环境污染。工业园则成为污染的避难所（Schwarze, 1996）。同时，产业集聚和人口的过度集中，则会恶化城市环境（刘习平、宋德勇，2013）。因此，城镇化带来的产业集聚是否会造成更多的环境污染并不确定，结果取决于生产污染的集中处理能力和效率，取决于产业集聚方式的选择和布局是否合理（王树功等，2003）。另一方面，对人口集聚与污染排放问题的研究。城镇化不仅改变了人们的居住方式，也改变了人们的生活方式。进入城镇后，人们对衣食住行等的物质需求进一步膨胀，从而推动了建筑业和小汽车等行业的发展，加剧了空气污染。但城镇化有利于节约土地和能源，有利于集中和方便地处理生活垃圾，从而降低城镇治污成本。因此，人口集聚是否会增加城镇污染也是不确定的，这取决于城镇集中处理生活污染的能力与效率高低，取决于与人们生活息息相关的衣、食、住、行等产业的环保和循环利用的程度。

20世纪90年代以来，随着欧洲城市地理边界的不断蔓延，关于城市规模的理论研究重心逐渐转移到城市规模与环境质量的关系上（Simon and Love, 1990；Shafik and Bandyopadhyay, 1992；Vibhooti and Kirit, 1992；Capello, 1998；Banister, 1999）。但在过去的几十年中，世界大城市增长明显放缓，然而城市环境问题却变得更加突出。而且，大城市在污染的处理上存在规模经济，大城市在公共交通和大量公寓住宅方面要比小城市更加节约能源和土地资源。随着交通工具效率的提高，大城市因人口

集中导致的环境损失有所下降。因此, Prud'homme (1995) 认为, 城市规模或分布与环境损失之间的关系是复杂和未知的。城市增长和环境问题之间也许并没有直接的关系。但问题的关键是, 城市人均废弃物的产生是随着人均收入的增长而稳步上升的。而且, 发达工业化国家在一百多年前就已经实现了由传统的污染形式向现代污染类型的转变。而发展中国家在传统的污染源尚未得到有效控制时又要面对更多更高级的现代污染问题 (Bartone, 1989)。其中多数发展中国家没有能力检测化学物质或建设设施和场地来处理废弃物的危害 (Kalbermatten and Middleton, 1991)。因此, 城市经济的发展被认为是加剧了环境污染, 造成了环境冲突。如 Bartone 等 (1992) 认为, 人口大规模增长是影响城市环境的一个重要因素, 因为它直接导致人口、工商业、汽车、能源消费、水资源消耗、废水和垃圾在空间上集中并对环境产生压力。而且, 由于不完善的垃圾处理政策和实践, 一些特大城市正被它们自己产生的垃圾所淹没 (Brennan, 1999)。

自改革开放以来, 中国经济保持了 30 多年的快速增长。工业化和城市化相互促进, 共同推动了中国城市人口规模的快速扩张, 并在东部地区形成了长三角、珠三角和京津冀三大城市群。李郁等 (2005) 研究发现, 中国城市效率分布呈现东高西低的格局, 效率较高的城市大都集中在经济最发达的东部地区, 且城市规模越大, 城市效率越高, 城市规模效率仍具有较大的发展空间。一般来讲, 随着城市规模的扩张, 大城市的效率水平会达到一个顶点, 然后开始下降, 这就是倒“U”型的城市规模效率曲线 (王业强, 2012)。但由于中国独特的城市管理体制, 处于城市规模效率下降阶段的大城市效率进一步提高, 造成倒“U”型城市规模效率曲线的右侧上移, 形成大城市效率锁定的现象 (见图 1)。从中国城市发展的实践来看, 至少有三个方面的制度性因素直接造成了大城市的效率锁定, 如行政等级、市辖区 (县) 制度和非均衡的区域发展优惠政策: 第一, 行政层级的影响 (魏后凯, 2014; 年猛、王垚, 2016)。中央政府、省政府机构所在地通常成为优质的教育资源、医疗资源及社会福利设施等社会资源的集聚地。交通设施、公共服务、政策、投资、信息等要素的聚集, 大大降低了这些城市的商务成本, 提高了城市效率, 从而导致城市规模不断扩张。第二, 市辖区 (县) 的行政体制。城市效率应该在一定边界下讨论才有意义。但是, 中国的城市与国外的城市不同, 它是一个区域的概念。城市作为一级政府, 下辖区 (县), 当城市发展空间受到限制, 城市政府可以通过行政权力扩张的方式不断扩大城市发展空间 (惠冰, 1998)。因此, 从区域层面上来看, 中国城市发展是没有边界的。第三, 非均衡的区域性优惠政策。改革开放实质上是一种非均衡的制度安排。东部沿海在中央优惠政策的支持下, 充分利用国际产业转移的机遇, 大力发展出口加工, 经济获得了快速增长, 城市规模急剧扩张, 并逐步形成了一些超大城市。这些超大城市往往具有更高资源配置能力和明显的技术优势 (魏后凯, 2014), 从而获得更多的生产机会, 弥补环境的损失。

因此, 城镇化既是造成环境问题的根源, 又是解决城市环境问题的出路。中国大

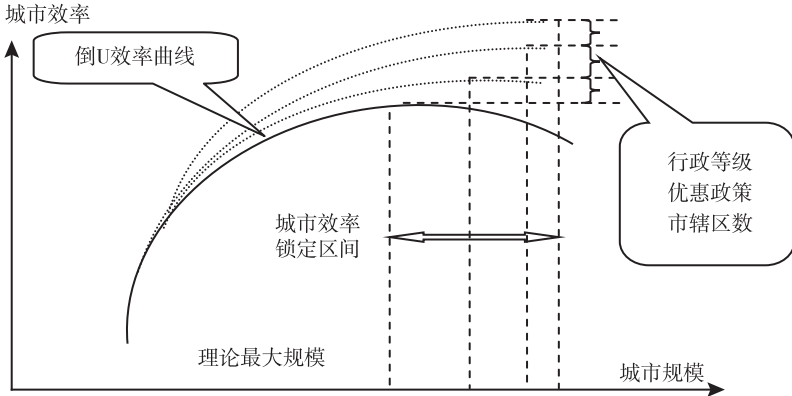


图1 大城市效率锁定现象的形成

城市效率锁定则赋予了城市环境问题新的内涵，即大城市集约节约利用资源，提高了生产效率，推动了技术创新，更加有利于城市环境改善。而且随着城市群在中国的进一步发展，大城市与周边卫星城市之间良好的交通基础设施和经济联系，为解决大城市人口与环境问题，实现可持续发展提供了更大的空间。但是，现实中由于人口快速集聚造成的各种“城市病”而使大城市饱受争议。本文则希望通过对造成大城市效率锁定的制度性因素的分析，进一步研究在大城市效率锁定的情况下，城市规模与环境无效之间的变动关系，从而为大城市的环境问题提供新的政策依据。

二、模型、变量与数据

对于城市而言，单产出的生产函数无法描述城市的多功能性质，多投入多产出是城市生产函数的根本属性。因此，要从多投入和多产出的角度拓展城市生产的概念，对城市生产函数进行重新界定，并将环境因素纳入城市生产效率的分析框架。

(一) 基于松弛变量的方向性非期望产出模型

Chung 等 (1997) 提出一个将环境污染作为非期望产出的 DEA 模型，Tone (2003) 进一步提出了基于松弛变量的非期望产出模型，而 Fukuyama 和 Weber (2009) 则引入方向性变量来分析技术无效率的 DEA 模型，本文在此基础上构建一个基于松弛变量的方向性非期望产出模型，以此来分析大城市效率锁定的环境效应。

假设一个国家有 n 个决策单元使用 m 种要素投入 $X = (x_1, x_2, \dots, x_m) \in R^{m \times n}$ ，生产出 r 种好的产出 $Y = (y_1, y_2, \dots, y_r) \in R^{r \times n}$ ，同时产生 q 种非期望产出（环境污染） $B = (b_1, b_2, \dots, b_q) \in R^{q \times n}$ ，且 $X > 0$ ， $Y > 0$ ， $B > 0$ ，则该国生产可能集为：

$$P(x) = \{(x, y, b) : x \geq X\lambda, y \leq Y\lambda, b \geq B\lambda, \lambda \geq 0\} \quad (1)$$

其中, $\lambda \in R^n$ 表示一个权重向量, 生产可行集 $P(x)$ 是一个闭凸集合, 非期望产出具有强可处置性。但在实际的生产中, 非期望产出不可能无限增加。为避免这一问题, Chung 等 (1997) 提出期望产出强可处置, 非期望产出弱可处置的定义。但是, 成刚 (2014) 认为, 对非期望产出进行弱可处置的约束, 是一种似是而非的处理方法。非期望产出强可处置模型的生产可能集错误, 但模型结果正确。因此, 本文采取强可处置的非期望产出约束。在此生产可行集上可以定义一个基于松弛变量的方向性无效率函数:

$$\vec{S}(x, y, b; g^x, g^y, g^b) = \max_{s_m^x, s_r^y, s_q^b} \frac{\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \frac{s_m^x}{g_m^x} + \frac{1}{R+Q} \left(\sum_{r=1}^R \frac{s_r^y}{g_r^y} + \sum_{q=1}^Q \frac{s_q^b}{g_q^b} \right)}{2} \quad (2)$$

$$s. t. x_{mi} = \sum_{j=1}^J x_{mj} \lambda_j + s_m^x, \forall m; y_{rj} = \sum_{j=1}^J y_{rj} \lambda_j - s_r^y, \forall r; b_{qj} = \sum_{j=1}^J b_{qj} \lambda_j + s_q^b, \forall q; s_m^x \geq 0, \forall m; s_r^y \geq 0, \forall r; s_q^b \geq 0, \forall q; \sum_{j=1}^J \lambda_j = 1; \lambda_j \geq 0,$$

其中 $g = (g^x, g^y, g^b)$ 表示投入减少、期望产出增加和非期望产出减少的方向向量; $s_m^x, s_r^y, s_q^b \geq 0$ 分别表示投入大于前沿投入、产出小于前沿产出和非期望产出大于前沿产出水平的松弛向量, 即该向量代表了投入过度使用、产出不足和污染排放过度。 $\sum \lambda = 1$ 表示可变规模报酬。由于目标函数为投入和产出无效率的均值最大化, 因此, 可以通过松弛与方向向量的比值分别计算得到各项要素的无效率水平。

(二) 联合前沿的组群分析模型

由于地理区位的不同, 中国各个城市之间的技术差异非常大。一般来讲, 由东部沿海地区到中西部地区, 存在一个由高到低的生产技术梯度; 从直辖市、副省级城市、地级省会城市和一般地级市也存在一个由行政级别形成的技术梯度; 设区数量的多少和城市人口规模等级也对城市的技术梯度产生影响, 进而影响城市的效率水平。Battese 等 (2004) 提出共同边界下不同组群技术效率差距 (Technology Gap Ratio, TGR), 共同边界表示潜在的技术水平, 而组群边界则表示实际的技术水平。因此, 根据 O'Donnell 等 (2008) 提出的联合前沿思路, 可将中国城市决策单元分为不同的组群进行分析。联合前沿方向性距离函数可定义为:

$$\vec{D}^m(x, y, b) = \sup \{ \beta^m : (x, y, b) + \beta^m g \in P^m(x, y, b) \} \quad (3)$$

其中, 联合技术生产集为 $P^m(x, y, b) = \{ (x, y, b) : x \text{ 能够生产出 } y \text{ 和 } b \}$, 假设存在 k 个技术子集, 其方向性距离函数可定义为:

$$\vec{D}^k(x, y, b) = \sup \{ \beta^k : (x, y, b) + \beta^k g \in P^k(x, y, b) \}, k = 1, 2, 3, \dots, K \quad (4)$$

其中, 生产技术子集 $P^k(x, y, b) = \{ (x, y, b) : x \text{ 能够生产出 } y \text{ 和 } b \}$, 联合技术集由 K 个技术子集组成, 即 $P^m = \{ P^1 \cup P^2 \cup \dots \cup P^K \}$ 。

根据 Oh (2010), 假设方向向量 $g = (g^x = x, g^y = y, g^b = b)$, 因此, 在可变规模收益的假设下, 联合前沿和组群前沿的无效率可分别用两个线性规划来求解。在此, 我们假设在联合前沿和组群前沿的基础上求解得到环境效率分别为 $ME = 1 - \beta^m$ 和 $GE = 1 - \beta^k$, 且 $0 \leq ME \leq GE \leq 1$ 。将联合前沿效率与组群前沿效率的比值定义为联合技术比 (MTR), 有 $0 \leq MTR = ME/GE \leq 1$, 当联合技术比 MTR 趋近于 1 时, 表明组群前沿接近于联合前沿的环境效率, 技术差异较小; 当 MTR 趋近于 0 时, 说明技术差异较大, 联合前沿的环境效率明显低于组群前沿的环境效率。联合前沿的无效率又可以分解为技术无效率 (TGI) 和管理无效率 (GMI)。 TGI 表示组群前沿和联合前沿之间的技术差距导致的无效率, 用公式表示为: $TGI = GE \times (1 - MTR)$ 。而管理无效率 GMI 表示由于组群的投入和非期望产出过多, 期望产出不足所导致的无效率, 用公式表示为: $GMI = 1 - GE$ 。因此, 环境无效率可以表示为技术无效率和管理无效率之和, $MTI = TGI + GMI$ 。

如图 2 所示, 假设有 3 个包含期望产出和非期望产出的组群前沿面 MM' , NN' 和 PP' , 这 3 个组群前沿的包络曲线构成了一个非凸的联合前沿面 MN' , 对于组群 PP' 中的决策单元 A 来讲, 其基于联合前沿面和组群前沿面的环境效率分别为 $ME(A) = OF/OD$, $GE(A) = OE/OD$, 联合技术比可表示为 $MTR_g = OF/OE$, 技术无效率可表示为 $TGI(A) = GE(A) \times [1 - MTR(A)] = FE/OD$, 管理无效率可表示为 $GMI(A) = 1 - GE(A) = ED/OD$, 因此, 基于联合前沿面的环境无效率可表示为 $MTI(A) = TGI(A) + GMI(A) = FD/OD$ 。

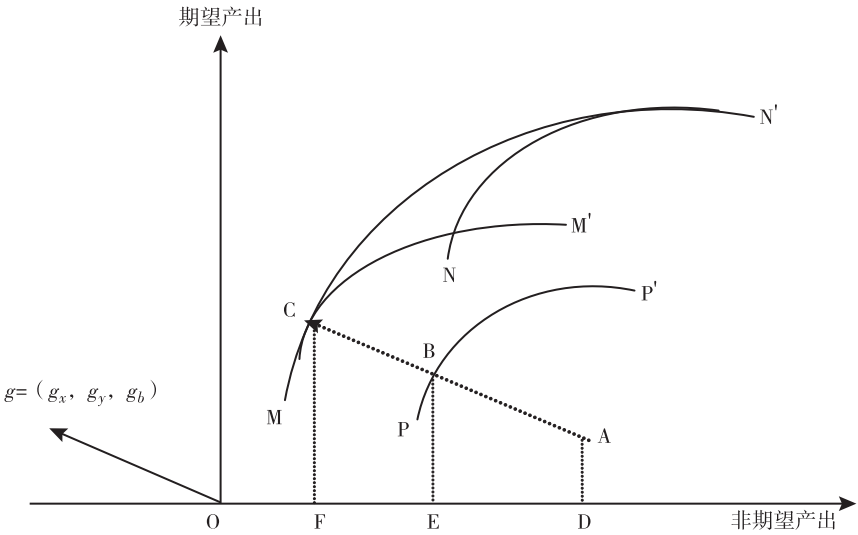


图 2 包含非期望产出的联合前沿及其无效分解

(三) 变量选择与数据来源

根据城市生产单元的特性, 可将投入抽象为人口、资本和土地, 产出不仅有增加值, 而且还包含了环境方面的非期望产出 (见表1)。

表1 变量描述性统计

变量	观测值个数	均值	标准差	最小值	最大值
年末总人口(万人)	3420	133.62	167.07	14.08	1943.90
地区生产总值(亿元)	3420	756.87	1750.00	9.83	23300.00
二、三产业年末单位从业人员(万人)	3420	30.92	173.24	0.77	9538.68
固定资产投资(不含农户)(亿元)	3420	413.14	790.89	0.03	9920.00
建成区面积(平方千米)	3417	106.80	158.70	5.00	3371.00
二、三产业增加值(亿元)	3420	733.51	1730.00	6.37	23200.00
工业废水排放量(万吨)	3419	7681.65	9954.03	17.00	91260.00
工业二氧化硫排放量(万吨)	3420	6.15	6.14	0.00	68.32
工业烟(粉)尘排放量(万吨)	3419	3.23	12.38	0.00	520.00

1. 投入变量: 根据柯布-道格拉斯生产函数, 生产中最基本的生产要素包括劳动力和资本, 随着城市扩张, 土地日益成为制约城市发展的重要因素。因此, 本文从城市生产中的劳动力、资本、土地要素三个方面选择代表性的投入指标。具体投入指标分别为就业人数、全社会固定资产投资额、建成区面积。由于现有的城市投资数据仅有当年各城市固定资产投资额, 但城市的投入产出是依据以往投资所形成的资本存量。因此, 本文使用永续盘存法对全国286个城市的资本存量进行计算, 计算公式为 $K_{i,t} = K_{i,t-1} (1 - \delta) + I_{i,t}/p_t$, 其中 $K_{i,t}$ 为即期资本存量, $K_{i,t-1}$ 为上一期资本存量, δ 为折旧率, $I_{i,t}$ 为当年新增固定资产投资, p_t 为以2003年为基期计算的固定资产投资价格指数。对于基期资本存量, 本文采用Young (2003) 的方法, 用基期固定资本投资总额除以10%作为城市投资的初始资本存量, 折旧率 δ 采用6%。

2. 期望产出变量: 王嗣均(1994)将城市效率理解为城市单位投入(人力、财力和物力)在单位时间内创造或增殖的物质产品和精神产品的价值量, 可以从城市基础统计和二、三产业活动的各类统计指标中选择; 杨学成和汪冬梅(2002)认为, 城市是工商业中心, 是二、三产业集聚地, 因此, 考察城市的劳动生产率应该主要考察城市二、三产业的劳动生产率。因此, 本文选择二、三产业增加值作为反映城市期望产出的指标。

3. 非期望产出变量: 胡鞍钢等(2008)选取了废水、工业固体废弃物排放总

量、化学需氧量 (COD)、SO₂、CO₂ 排放总量等五个指标作为非期望产出；程丹润和李静 (2009) 选择了废水、废气和固体废物作为坏产出；Watanabe 和 Tanaka (2007)、涂正革 (2008) 选择了 SO₂ 作为坏产出；王兵等 (2010) 选择与国家“十一五”规划纲要中的主要污染物 COD、SO₂ 作为非期望产出。本文认为，当前中国经济效率主要是依靠工业化来推动的，而在这个过程中产生的非期望产出应该与工业化直接相关。根据数据的可得性，本文采用单位 GDP 工业废水排放量、工业二氧化硫排放量和工业烟尘排放量进行统计。

4. 城市特征性变量：第一类是地区因素，即东部地区 (11)、中部地区 (6) 和西部地区 (12)；^① 第二类表示城市的级别：直辖市 (4)、副省级城市 (15)、地级省会 (16)、^② 地级市 (251)；第三类是市辖区的数量。中国地级以上城市可以设区，但也有 4 个地级市不设区的特例^③ (广东的中山市、东莞市，海南的三亚市和甘肃的嘉峪关市)，^④ 设区个数有单区市、2 个区、3 个区等，最多的是重庆市设了 19 个区。为了便于统计，本文将 7 区以上归为一类；第四类是城市规模分级指标。为了更好地比较不同规模的城市之间的效率损失，可以将规模向量按照城市规模特征设立五个层级，即超大城市，指市辖区常住人口在 1000 万以上的城市；特大城市^⑤，指市辖区常住人口在 500 万以上 1000 万以下的城市；大城市，指市辖区常住人口在 100 万到 500 万之间的城市；中等城市，指市辖区常住人口在 50 万到 100 万之间的城市；小城市，指市辖区常住人口在 50 万人以下的城市 (见表 2)。

由于 2003 年以后中国城市设置变化较大，本文考察时期选定为 2003 ~ 2014 年，数据来源是《中国城市统计年鉴》(2004 ~ 2015 年)，全部数据的统计口径均为市辖区。

① 东部地区包括 11 个省市：北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南；中部 8 省包括：山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南；西部 12 省包括：内蒙古、广西、重庆、四川、云南、贵州、陕西、甘肃、宁夏、青海、西藏、新疆。

② 拉萨由于数据缺失，未作统计。

③ 为了便于统计，4 个不设区的地级市统一假设为单区市，巢湖市于 2011 年撤销合并到其他地级市。

④ 三亚市设区是在 2015 年之后。

⑤ 联合国将 100 万人作为特大城市的下限。1980 年，中国首次对 1955 年国家建委《关于城市建设工作的情况和几个问题的报告》中城市划定标准做出改变，将城市规模分为四个等级：市区常住非农人口 100 万以上为特大城市，50 万到 100 万为大城市，20 万到 50 万为中等城市，20 万以下为小城市。2014 年 11 月，国务院印发《关于调整城市规模划分标准的通知》明确，新的城市规模划分标准以城区常住人口为统计口径，将城市划分为五类七档：城区常住人口 50 万以下的城市为小城市，其中 20 万以上 50 万以下的城市为 I 型小城市，20 万以下的城市为 II 型小城市；城区常住人口 50 万以上 100 万以下的城市为中等城市；城区常住人口 100 万以上 500 万以下的城市为大城市，其中 300 万以上 500 万以下的城市为 I 型大城市，100 万以上 300 万以下的城市为 II 型大城市；城区常住人口 500 万以上 1000 万以下的城市为特大城市；城区常住人口 1000 万以上的城市为超大城市。本文采取 2014 年的认定标准进行分析。

表2 地级以上城市基本特征分类赋值

特征	分类	赋值	频次	百分比	特征	分类	赋值	频次	百分比
常住人口 (万人)	1000万以上	1	3	1.05	市辖区数 (个)	7区以上	1	16	5.61
	500万~1000万	2	10	3.51		6区	2	21	7.37
	300万~500万	3	12	4.21		5区	3	16	5.61
	100万~300万	4	115	40.35		4区	4	33	11.58
	50万~100万	5	100	35.09		3区	5	42	14.74
	50万以下	6	45	15.79		2区	6	63	22.11
							1区以下	7	94
行政等级	直辖市	1	4	1.40	地区分布	东部	1	101	35.44
	副省级市	2	15	5.26		中部	2	100	35.09
	地级省会	3	16	5.61		西部	3	84	29.47
	一般地级市	4	250	87.72					

三、城市效率测算结果及其环境无效率分解

(一) 大城市效率锁定的统计描述

本文运用基于松弛变量的方向性距离函数,使用 Maxdea 软件分年计算出城市环境效率,并根据城市的制度性特征对城市环境效率和市场效率进行分类统计,分别得到不同制度性特征前提下城市规模等级与城市效率均值的统计结果(见表3)。

第一,从三大地区看,城市环境效率均值特征不能支撑地区梯度假设。西部地区的环境效率均值为0.654,高于东部地区的0.617,中部地区的环境效率均值最低,为0.563。在三大地带内部,东部地区和中部地区I型大城市以上规模的城市环境效率具有明显优势,东部超大城市、特大城市和大城市I型环境效率分别达到1、0.792、0.797,中部特大城市和大城市I型环境效率分别达到0.633和0.666,均呈现倒“U”型结构;在西部地区情况相反,超大城市效率最低,仅为0.433,比I型小城市低0.310,这有可能与西部超大城市样本不足有关,但西部地区城市规模与环境效率的关系整体上呈反向趋势,同时也呈现出微弱的倒“U”型特征。

第二,从行政等级看,城市环境效率的行政等级假设基本成立。直辖市和副省级市的环境效率均值分别为0.810和0.713,远大于其他行政等级城市,但地级省会城市环境效率均值为0.592,小于一般地级市的0.599,城市环境效率均值在行政等级上也呈现出倒“U”型特征。在各行政等级城市内部,副省级城市规模与环境效率呈逆向关系,与假设不符,在地级省会城市当中,特大城市的环境效率均值要低于I型大城市和II型大城市,但高于中等城市,基本能够支持城市规模与效率关系假设,而直辖市和其他地级市的环境效率均值则较好地支持了我们的假设。

表3 中国城市环境效率的分类统计

城市分类		效率值	标准差	城市分类		效率值	标准差	
东部地区	超大城市	1.000	0.000	7区以上城市	超大城市	0.811	0.274	
	特大城市	0.792	0.149		特大城市	0.699	0.178	
	大城市Ⅰ型	0.797	0.162		大城市Ⅰ型	0.650	0.122	
	大城市Ⅱ型	0.625	0.209		大城市Ⅱ型	0.667	0.123	
	中等城市	0.536	0.191		中等城市	0.684	0.158	
	小城市Ⅰ型	0.600	0.202		Total	0.702	0.187	
	Total	0.617	0.215					
中部地区	特大城市	0.633	0.156	6区城市	特大城市	0.645	0.169	
	大城市Ⅰ型	0.666	0.119		大城市Ⅰ型	0.783	0.152	
	大城市Ⅱ型	0.531	0.171		大城市Ⅱ型	0.648	0.197	
	中等城市	0.564	0.184		中等城市	0.580	0.129	
	Total	0.600	0.218		Total	0.666	0.191	
西部地区	超大城市	0.433	0.066	5区城市	大城市Ⅰ型	0.918	0.149	
	特大城市	0.526	0.094		大城市Ⅱ型	0.587	0.191	
	大城市Ⅰ型	0.466	0.047		中等城市	0.493	0.087	
	西部地区	大城市Ⅱ型	0.621	0.187	4区城市	Total	0.589	0.197
		大城市Ⅱ型	0.621	0.187		大城市Ⅱ型	0.596	0.196
		中等城市	0.619	0.181		中等城市	0.552	0.175
		小城市Ⅰ型	0.743	0.214		小城市Ⅰ型	0.849	0.169
Total		0.654	0.202	Total		0.593	0.197	
直辖市	超大城市	0.811	0.274	3区城市	大城市Ⅱ型	0.556	0.135	
	特大城市	0.807	0.129		中等城市	0.542	0.166	
	Total	0.810	0.242		小城市Ⅰ型	0.620	0.172	
					Total	0.554	0.156	
副省级市	特大城市	0.678	0.179	2区城市	大城市Ⅱ型	0.523	0.187	
	大城市Ⅰ型	0.690	0.141		中等城市	0.558	0.191	
	大城市Ⅱ型	0.784	0.169		小城市Ⅰ型	0.591	0.168	
	Total	0.713	0.168		Total	0.551	0.187	
地级省会	特大城市	0.507	0.063	单区及无区城市	特大城市	1.000	—	
	大城市Ⅰ型	0.779	0.313		大城市Ⅱ型	0.680	0.232	
	大城市Ⅱ型	0.604	0.181		中等城市	0.603	0.205	
	中等城市	0.419	0.088		小城市Ⅰ型	0.687	0.237	
	Total	0.592	0.182		Total	0.651	0.227	
其他地级市	特大城市	0.820	0.134	超大城市	0.811	0.274		
	大城市Ⅰ型	0.865	0.155	特大城市	0.696	0.179		
	大城市Ⅱ型	0.582	0.196	大城市Ⅰ型	0.752	0.169		
	中等城市	0.570	0.188	大城市Ⅱ型	0.593	0.197		
	小城市Ⅰ型	0.668	0.224	中等城市	0.569	0.188		
	Total	0.599	0.204	小城市Ⅰ型	0.668	0.224		

资料来源：根据本文提出的效率模型计算分析得到。

第三,从设区数量看,城市环境效率的空间规模假设基本成立。7区以上的城市环境效率均值为0.702,大于设区数量小于7的其他城市,城市环境效率基本上随着设区数量的减少呈降低趋势,但单区及无区城市的环境效率均值要高于5区及以下城市,也表现出一个倒“U”型的形态。再从各类设区数量等级内城市规模与环境效率关系看,7区以上城市、6区城市、5区城市、单区及无区市中超大城市和特大城市环境效率相对较高,能够支持大城市效率锁定假设;而中间的4区市、3区市和2区市中I型小城市的环境效率最高,不能支持城市规模与环境效率关系的假设。

第四,从城市规模与环境效率关系看,大城市效率锁定假设基本能够成立。本文将所有城市的规模等级与环境效率二者直接进行统计分析,发现超大城市、特大城市和I型大城市的环境效率均值具有明显优势,分别为0.811、0.696、0.752,高于其他规模等级城市,能够很好地支持关于城市规模与环境效率关系的假设。

综上所述,关于城市规模与环境效率关系的假设基本能够得到支持,在其他城市特征假设中,除地区分布假设不能得到较好的支持外,行政等级特征假设和设区数量假设均能够得到支持。而且,在不同城市制度特征条件下,城市规模与环境效率基本上呈现出“U”型关系,中等城市规模的环境效率普遍面临塌陷,而本文提出的大城市效率锁定的假设也较好地得到印证。

(二) 环境无效率来源的比较分析

为了计算基于松弛的方向距离函数,本文选择 $g = (x, y, b)$,即每一个变量的观测值作为方向向量,将投入和产出的松弛进行标准化。在上述计算城市环境效率的基础上,利用所得的松弛值可计算出各种投入和产出的无效率大小。进而根据城市特征和人口规模等级对各种要素和产出的无效率来源进行均值分析,可以判断城市环境无效率的来源及其占比情况(见表4),并得出以下结论。

第一,资源的过度使用和工业污染对城市造成了较大的效率损失,而环境污染导致的城市无效率远大于要素过度投入导致的无效率。2003~2014年,全部地级以上城市环境无效率的平均值为0.223,市场无效率的平均值为0.052。即资源的过度使用和工业“三废”对环境的污染对中国城市带来了显著的效率损失,但环境污染是导致城市整体效率水平显著下降的主要原因。从各项投入产出分项来看,全部投入无效率占环境无效率的28.3%,全部工业污染导致的无效率占环境无效率的71.8%。从投入产出各要素同比例变化的角度看,全部地级以上城市应该降低22.3%的要素投入和工业污染排放才能达到城市环境完全有效;从分项无效率水平看,全部地级以上城市应该降低2.9%的劳动投入、0.7%的固定资产投资、2.7%的建设用地投入、减少16%的工业污染排放量,就可以达到城市环境有效。

第二,分地区看,东部地区的环境无效率水平总体低于中部和西部地区,说明东部地区城市效率水平相对较高。从分项无效率情况看,东部地区投入无效率占比28.7%,低于中部地区的30.7%,但高于西部地区的25.0%,而东部地区的工业污染无效率占比69.3%,低于中部地区的70.2%和西部地区的75.9%。东部地区投入

效率虽高于中部地区但低于西部地区，有进一步提升空间，而东部地区的工业污染造成的城市无效率相对较低，相反，西部地区的工业污染造成的城市效率损失大于东部地区和中部地区。这说明发达地区要素投入效率并不一定是最高的，经济发展并不一定与其工业污染成正比。

表 4 2003 ~ 2014 年中国城市环境无效率均值及其来源分解

类别		劳动投入	固定资产	建设用地	投入无效率		污染无效率		环境无效率	市场无效率
					值	占比(%)	值	占比(%)		
地区分布	全国	0.029	0.007	0.027	0.063	28.25	0.160	71.75	0.223	0.052
	东部地区	0.022	0.010	0.026	0.058	28.71	0.140	69.31	0.202	0.054
	中部地区	0.038	0.006	0.032	0.076	30.65	0.174	70.16	0.248	0.060
	西部地区	0.026	0.004	0.024	0.054	25.00	0.164	75.93	0.216	0.038
行政级别	直辖市	0.022	0.008	0.010	0.040	23.81	0.126	75.00	0.168	0.080
	副省级市	0.026	0.030	0.014	0.070	32.71	0.146	68.22	0.214	0.092
	地级省会	0.028	0.010	0.030	0.068	29.82	0.158	69.30	0.228	0.080
	其他地级市	0.030	0.004	0.028	0.062	27.68	0.162	72.32	0.224	0.046
设区数目	7区以上	0.038	0.022	0.044	0.104	37.96	0.174	63.50	0.274	0.108
	6区城市	0.036	0.016	0.032	0.084	33.07	0.172	67.72	0.254	0.102
	5区城市	0.032	0.008	0.036	0.076	36.19	0.136	64.76	0.210	0.068
	4区城市	0.044	0.006	0.048	0.098	36.30	0.170	62.96	0.270	0.084
	3区城市	0.038	0.004	0.038	0.080	34.48	0.152	65.52	0.232	0.056
	2区城市	0.022	0.006	0.024	0.052	24.30	0.162	75.70	0.214	0.038
	单区及无区	0.020	0.004	0.012	0.036	18.56	0.158	81.44	0.194	0.024
人口规模	超大城市	0.014	0.002	0.012	0.028	23.33	0.094	78.33	0.120	0.082
	特大城市	0.020	0.036	0.022	0.078	35.78	0.140	64.22	0.218	0.070
	大城市 I 型	0.032	0.018	0.028	0.078	30.00	0.182	70.00	0.260	0.104
	大城市 II 型	0.028	0.008	0.032	0.068	31.78	0.146	68.22	0.214	0.060
	中等城市	0.038	0.004	0.030	0.072	29.75	0.172	71.07	0.242	0.054
	小城市	0.016	0.006	0.014	0.036	18.00	0.164	82.00	0.200	0.020

注：城市二、三产业增加值无效率均为零，表中忽略。

资料来源：依据文中模型计算得出。

第三，从行政等级看，直辖市的环境无效率明显低于其他等级城市，说明直辖市的效率水平较高。从要素投入看，直辖市的要素投入无效率占比合计为 23.8%，是相对有效的，但副省级城市的环境无效率水平合计占比达到 32.7%，高于其他行政等级城市，说明副省级城市要素投入效率水平过低；从工业污染无效率水平看，直辖市工业污染无效率合计占比 75.0%，高于其他行政等级城市，说明直辖市的环境无效率主要来自于工业污染；而对于副省级城市来说，虽然其要素投入无效率最大，但其工业污

染的无效率合计占比是最低的,说明副省级城市的无效率主要来源于要素投入。因此,直辖市和副省级城市应分别侧重于改善环境和要素投入效率。

第四,从城市设区数量看,设区最多的城市环境无效率水平最高,单区及无区城市的环境无效率最低。从表中看到,设区7个以上的城市无效率水平达到27.4%,而单区及无区城市的无效率水平仅为19.4%,二者相差8个百分点。从投入产出无效率合计占比看,7区以上城市要素投入无效率合计占比38.0%,明显高于其他城市,而其工业污染无效率合计占比63.5%,相对较低;单区及无区城市的要素投入无效率合计占比仅为18.6%,远低于其他城市,但其工业污染造成的无效率合计占比最高,达到81.4%。说明设区少的城市要素投入效率较高,但其由于空间小,环境污染的吸纳能力较低。而设区多的城市要素投入效率明显降低,但环境容量加大。

第五,从城市人口规模等级看,超大城市环境无效率低于其他规模城市。超大城市环境无效率最低为0.120,低于其他规模城市,其要素投入无效率合计占比略高于小城市,但低于其他规模城市,说明超大城市和小城市在要素投入上具有优势,而二者的工业污染无效率合计占比分别为78.3%和82.0%,远高于其他规模城市,城市规模与环境无效率水平之间呈倒“U”型关系,但工业污染无效率与城市规模则呈现“U”型关系。

(三) 环境无效率分解的组群差异及比较分析

通过联合前沿的群组模型,本文对城市环境无效率进一步分解,得到群组无效率、技术无效率和管理无效率,以及环境无效率等指标。由于本节重点分析城市特征组群对城市无效率的影响,因此,本文选择组群无效率、技术无效率和管理无效率这几个指标进行分析比较,进一步考察城市特征的不同分类对环境的影响。本文分别分析了城市人口规模等级和3类城市特征分组对城市环境无效率的影响。结果如表5所示。

(1) 组群无效率反映了各个不同的城市组群前沿的无效率水平。从平均水平看,联合前沿无效率水平为0.3922,而各个组群的无效率水平均低于联合前沿的无效率水平。按设区分组的城市无效率水平为0.2081,仅为联合前沿无效率水平的一半,而按等级分组的城市无效率水平要明显高于其他分组的无效率水平。联合前沿面实际上拉大了城市的实际无效率水平,组群前沿效率则更能够反映城市的真实效率水平。而从城市的规模等级看,300万以上人口规模的大城市组群无效率水平明显低于其他城市,因此,关于大城市效率锁定的假设在这里也能够得到进一步证实。

(2) 技术无效率则体现了组群与联合前沿之间的无效率水平。技术无效率值越大,表明组群效率差异越大。从表5结果看,技术无效率水平值整体上低于管理无效率水平,说明组群效率差异相对较小,城市无效率的主要来源还是管理无效率。按等级分组的组群技术无效率最低,仅为0.0447,而按设区分组的组群技术无效率最高,为0.1841,也不到整体环境无效率水平的一半。但是,300万以上人口的大城市的技术无效率明显高于其他城市,说明大城市技术效率差异相对较大。

(3) 管理无效率则反映了组群自身的无效率状况。管理无效率值越大, 组群效率值越小。从表 5 统计结果看, 管理无效率水平的均值明显大于技术无效率。说明组群无效率主要还是来自于自身的投入、产出无效。从各个分组无效率水平看, 等级分组的管理无效率最大, 为 0.3475, 最低为设区分组, 仅为 0.2081。而 300 万以上的大城市的管理无效率水平则明显低于其他规模城市。这说明大城市在投入产出的管理上具有明显的效率优势。

表 5 城市特征分组对环境无效率的影响

规模等级		样本数	组群无效率		技术无效率		管理无效率	
			均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
规模分组	超大城市	33	0.000	0.000	0.189	0.274	0.000	0.000
	特大城市	84	0.030	0.068	0.273	0.166	0.030	0.068
	大城市 I 型	102	0.035	0.087	0.213	0.150	0.035	0.087
	大城市 II 型	1209	0.309	0.202	0.098	0.103	0.309	0.202
	中等城市	1276	0.234	0.181	0.197	0.115	0.234	0.181
	小城市	640	0.273	0.226	0.059	0.082	0.273	0.226
	合计	3344	0.255	0.205	0.137	0.127	0.255	0.205
地区分组	超大城市	33	0.000	0.000	0.189	0.274	0.000	0.000
	特大城市	84	0.134	0.163	0.170	0.206	0.134	0.163
	大城市 I 型	102	0.159	0.158	0.089	0.143	0.159	0.158
	大城市 II 型	1209	0.296	0.204	0.111	0.109	0.296	0.204
	中等城市	1276	0.306	0.190	0.125	0.105	0.306	0.190
	小城市	640	0.208	0.199	0.125	0.135	0.208	0.199
	合计	3344	0.272	0.202	0.120	0.121	0.272	0.202
等级分组	超大城市	33	0.000	0.000	0.189	0.274	0.000	0.000
	特大城市	84	0.091	0.123	0.213	0.128	0.091	0.123
	大城市 I 型	102	0.066	0.127	0.182	0.161	0.066	0.127
	大城市 II 型	1209	0.337	0.231	0.069	0.131	0.337	0.231
	中等城市	1276	0.416	0.198	0.015	0.064	0.416	0.198
	小城市	640	0.327	0.227	0.006	0.027	0.327	0.227
	合计	3344	0.348	0.228	0.045	0.110	0.348	0.228
设区分组	超大城市	33	0.134	0.201	0.055	0.084	0.134	0.201
	特大城市	84	0.092	0.123	0.212	0.139	0.092	0.123
	大城市 I 型	102	0.091	0.117	0.157	0.128	0.091	0.117
	大城市 II 型	1209	0.179	0.192	0.227	0.159	0.179	0.192
	中等城市	1276	0.233	0.213	0.198	0.181	0.233	0.213
	小城市	640	0.250	0.235	0.082	0.140	0.250	0.235
	合计	3344	0.208	0.210	0.184	0.171	0.208	0.210

资料来源: 依据文中模型计算得出。

四、结论及政策建议

整体来看,本文可得出以下主要结论:300万以上大城市具有明显的效率优势,超大城市和中小城市都存在显著的投入产出无效;东部大城市效率高,西部小城市效率高。东部、中部地区大城市的环境效率高于西部地区,而且在西部地区,大城市的环境效率低于中等城市环境效率,说明西部地区大城市环境效率仍有较大的提升空间;资源的过度使用和工业“三废”对环境的污染给中国城市带来了显著的效率损失,且环境污染导致的无效率远大于要素过度投入导致的无效率,东部地区的环境无效率水平总体低于中部和西部地区,西部地区的工业污染造成的城市效率损失大于东部地区和中部地区。这说明经济发展水平并不一定与其环境污染成正比。

根据本文研究结论可知,中国大城市存在明显的效率锁定现象。导致大城市效率锁定的原因可以从城市自身的特征得出答案,如城市行政等级体制、东中西部地区之间存在的技术差异、设区数量的多少和城市人口规模等级等多方面原因。在这种大城市效率锁定的情况下,本文认为,中国未来的城镇化和城市发展政策应作以下几个方向的调整。

第一,进一步促进大城市空间合理布局。大城市效率锁定在中国现行的城市管理体制下是一个普遍长期存在的现象。大城市对区域经济的带动作用毋庸置疑,但目前西部地区是小城市相对更加有效,大城市的效率优势和带动作用远未达到东部地区的水平。因此,应该大力促进西部地区大城市的快速发展。同时,中部地区的大城市效率水平仍普遍低于东部地区大城市,还存在进一步发展的空间。高等级和多区的城市具有明显的效率优势,这也是造成大城市效率锁定的主要原因之一。未来应从城市管理体制上进一步改进,弱化行政等级对资源的配置和影响,改变单纯依靠扩区的方式导致城市空间的快速扩张。

第二,加大城市环境污染的治理力度。资源的过度使用和工业“三废”对环境的污染对中国城市带来了显著的效率损失。且环境污染导致的无效率远大于要素过度投入导致的无效率。中西部地区的工业污染对环境造成的效率损失远大于东部地区,因此,在加快推进中西部地区的城镇化过程中,需要重点加大对工业污染的治理。东部和中部地区则相应需要提高要素投入的效率。不同行政等级的城市在投入无效率和污染无效率上存在此消彼长的态势,因此,应加大高等级城市的污染无效率问题的治理,提高低等级城市投入效率。对于多区市而言,投入无效率现象比较明显,而设区过少又导致环境容量过小,污染问题比较突出。因此,在设区数量上需要进行平衡,严格控制设区过多现象,同时减少单区和无区城市的现象。

第三,积极推动大城市技术扩散,实现大中小城市形成合理的技术功能定位。从城市生产技术角度看,不同组群的城市存在明显的技术差异,大城市相对于中小城市具有较高的技术水平。同时,大城市相对于中小城市又存在明显的技术无效现象,即

大城市的技术垄断所带来的无效率。大城市效率锁定则意味着大城市组群与联合前沿面所代表的潜在生产技术水平差距较小。其他城市特征加强了大城市效率锁定的倾向。因此，要加强大城市的技术扩散，形成大中小城市分工合理的技术扩散网络，打破大城市的技术效率锁定现象。一是横向的技术分工与合作。这是指在东中西部地区大城市和城市群之间形成合理的技术分工和功能定位。二是纵向的技术分工和合作。在同一城市群内部的不同行政等级城市之间形成合理的技术分工和定位。

参考文献

- 程丹润、李静（2009）：《环境约束下的中国省区效率差异研究：1990~2006》，《财贸研究》第1期，第13~17、66页。
- 成刚（2014）：《数据包络分析方法与MaxDEA软件》，北京：知识产权出版社，第105页。
- 胡鞍钢、郑京海、高宇宁等（2008）：《考虑环境因素的省级技术效率排名（1999~2005）》，《经济学（季刊）》第3期，第933~960页。
- 惠冰（1998）：《我国特大城市市辖区政府分析：能力增强与权力扩张过程》，《中国行政管理》第12期，第33~37页。
- 李郁、徐现祥、陈浩辉（2005）：《20世纪90年代中国城市效率的时空变化》，《地理学报》第4期，第615~625页。
- 刘习平、宋德勇（2013）：《城市产业集聚对城市环境的影响》，《城市问题》第3期，第9~15页。
- 年猛、王垚（2016）：《行政等级与大城市拥挤之困——冲破户籍限制的城市人口增长》，《财贸经济》第11期，第126~145页。
- 饶会林（1989）：《试论城市规模效益》，《中国社会科学》第4期，第3~18页。
- 涂正革（2008）：《环境、资源与工业增长的协调性》，《经济研究》第2期，第93~105页。
- 王兵、吴延瑞、颜鹏飞（2010）：《中国区域环境效率与环境全要素生产率增长》，《经济研究》第5期，第95~109页。
- 王嗣均（1994）：《城市效率差异对我国未来城镇化的影响》，《经济地理》第1期，第46~52页。
- 王树功、周永章、麦志勤等（2003）：《城市群（圈）生态环境保护战略规划框架研究——以珠江三角洲城市群为例》，《中国人口·资源与环境》第4期，第51~55页。
- 王小鲁、夏小林（1999）：《优化城市规模 推动经济增长》，《经济研究》第9期，第22~29页。
- 王业强（2012）：《倒“U”型城市规模效率曲线及其政策含义——基于中国地级以上城市经济、社会和环境效率的比较研究》，《财贸经济》第11期，第127~136页。
- 魏后凯（2014）：《中国城市行政等级与规模增长》，《城市与环境研究》第1期，第4~17页。
- 杨学成、汪冬梅（2002）：《我国不同规模城市的经济效率和经济成长力的实证研究》，《管理世界》第3期，第9~12、32页。
- Banister, D. (1999), "Urban Sustainability", in Van den Bergh (eds.), *The Handbook of Environmental and Resource Economics*, UK and USA: Edward Elgar, pp. 560 - 568.
- Bartone, C. R. (1989), "Urban Management and the Environment in Developing Country Cities:

- Priorities for Action”, *Cities, the Mainspring of Economic Development in Developing Countries*, France: Lille.
- Bartone, C. R., J. Bernstein and J. Leitmann (1992), “Managing the Environmental Challenge of Mega-Urban Regions”, *International Conference on Managing the Mega-Urban Regions of ASEAN Countries: Policy Challenges and Responses*, Bangkok: Asian Institute of Technology.
- Battese, G. E., D. S. P. Rao and C. J. O’Donnell (2004), “A Metafrontier Production Function for Estimation of Technical Efficiencies and Technology Gaps for Firms Operating Under Different Technologies”, *Journal of Productivity Analysis*, 21(1), pp. 91 – 103.
- Brennan, E. M. (1999), “Population Urbanization Environment and Security: a Summary of the Issues”, *Environmental Change & Security Project Report*, (5), pp. 4 – 14.
- Capello, R. (1998), “Urban Returns to Scale and Environmental Resources: an Estimate of Environmental Externalities in an Urban Production Function”, *International Journal of Environment and Pollution*, 10(1), pp. 28 – 46.
- Chung, Y. H., R. Färe and S. Grosskopf (1997), “Productivity and Undesirable Outputs: A Directional Distance Function Approach”, *Journal of Environmental Management*, 51(3), pp. 229 – 240.
- Dua, A. and D. C. Esty (1997), *Sustaining the Asia Pacific Miracle: Environmental Protection and Economic Integration*, Peterson Institute for International Economics, pp. 57 – 60.
- Fukuyama, H. and W. L. Weber (2009), “A Directional Slacks-Based Measure of Technical Inefficiency”, *Socio-Economic Planning Sciences*, 43(4), pp. 274 – 287.
- Hosoe, M. and T. Naito (2006), “Trans-Boundary Pollution Transmission and Regional Agglomeration Effects-Super”, *Regional Science*, 85 (1), pp. 99 – 119.
- Kalbermatten, J. M. and R. M. Middleton (1991), “Future Directions in Water Supply and Waste Disposal”, *Unpublished Paper*, Washington, DC: Kalbermatten Associates, Inc.
- O’Donnell, C. J., D. S. P. Rao and G. E. Battese (2008), “Metafrontier Frameworks for the Study of Firm-Level Efficiencies and Technology Ratios”, *Empirical Economics*, 34(2), pp. 231 – 255.
- Oh, D. H. (2010), “A metafrontier Approach for Measuring an Environmentally Sensitive Productivity Growth Index”, *Energy Economics*, 32 (1), pp. 146 – 157.
- Prud’homme, R. (1995), “On the Economic Role of Cities”, *Conference on Cities and the New Global Economy, Government of Australia and the OECD*, Melbourne, Australia: Urban Futures (Canberra), No. 19, pp. 24 – 32.
- Schwarze, R. (1996), “The Role of Common Law in Environmental Policy: Comment”, *Public Choice*, 89(1), pp. 201 – 205.
- Shafik, N. and S. Bandyopadhyay (1992), “Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-Country Evidence”, *Policy Research Working Paper, World Development Report*, WPS904.
- Simon, J. L. and D. O. Love (1990), “City Size, Prices, and Efficiency for Individual Goods and Services”, *The Annals of Regional Science*, 24(3), pp. 163 – 175.
- Tone, K. (2003), “Dealing with Undesirable Outputs in DEA: A Slacks-Based Measure (SBM) Approach”, *National Graduate Institute for Policy Studies*, pp. 44 – 45.
- Shukla, V. and K. Parikh (2013), “The Environmental Consequences of Urban Growth: Cross-National Perspectives on Economic Development, Air Pollution, and City Size”, *Chemical Physics*, 343

(s 2 - 3), pp. 353 - 361.

Watanabe, M. and K. Tanaka (2007), "Efficiency Analysis of Chinese Industry: A Directional Distance Function Approach", *Energy Policy*, 35(12), pp. 6323 - 6331.

Young, A. (2003), "Gold into Base Metals: Productivity Growth in the People's Republic of China during the Reform Period", *Journal of Political Economy*, 111(6), pp. 1220 - 1261.

The Environmental Effect Analysis and Policy Choice of Efficiency Lock-in of Big Cities

WANG Ye-qiang¹, ZHU Chun-xiao²

(1. Institute for Urban and Environmental Studies,

Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100028, China;

2. Graduate School of Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 102488, China)

Abstract: Urbanization deterioration of environmental quality, or to improve the quality of the environment? The development of urban economy is usually considered to aggravate environmental pollution, resulting in environmental conflicts. But in the past few decades, the growth of the world's major cities has slowed significantly, while urban environmental problems have become more prominent. We argue that the city administrative level, municipal districts (counties), and the technical differences formed by non-equilibrium regional policy between the eastern and mid-western regions are the main reasons for why the efficiency of China's Cities locked in. There is a new connotation of urban environmental problems in China's big cities. Therefore, it is necessary to re-examine the relationship between city size and environment. Based on the calculation of urban production efficiency, the environmental factors are included in the analysis framework of urban production function, and the main sources of environment ineffective are analyzed and compared. Finally, the paper puts forward the policy choice to promote the healthy development of urbanization in China from the aspects of promoting the coordination of the spatial layout of the big cities, strengthening the industrial pollution control and promoting the technology diffusion of the big cities.

Key Words: efficiency lock-in; environmental conflicts; environment ineffective; administrative level

责任编辑：苏红键