

考虑自然资源要素投入的城市效率评价研究——以长三角地区为例

陶小马 谭婧 陈旭

【摘要】将城市能源、土地与水3种自然资源要素,与资本和劳动一起构成5要素投入模型,采用长三角16市1999—2010年数据,利用DEA和Malmquist指数方法研究了城市静态效率、要素利用效率和全要素生产率,并将结果与仅含资本、劳动2要素投入模型的结果进行对比,肯定了加入自然资源要素对于城市经济增长各种效率评价的合理性和必要性。实证分析结果表明:根据5要素模型,1999年以来长三角地区城市效率与全要素生产率的提高,主要是规模效率的贡献,但这种贡献在2003年以后逐渐停滞。因此,今后长三角地区上述效率的提高,必须通过切实转变经济增长方式,更多地依靠结构调整和技术进步,而不是盲目地搞规模扩张;5要素模型中,16座城市三种静态效率的评价结果较2要素模式更为集中在80%以上的效率区间,这一方面较为客观地反映了长三角地区经济发展比较均衡的现状,另一方面也为未来长三角地区生产力的合理布局提供了重要的参考和依据;长三角区域5种投入要素都存在不同程度的浪费,其中尤以能源的浪费最为严重;④从动态效率的角度看,由于各个城市在自身规模、产业结构以及技术能力等方面的基础条件不同,因此全要素生产率的变化及其来源存在较大区别。对此各地政府应该有清醒的认识。

【关键词】自然资源;城市效率;资源利用效率;全要素生产率;DEA模型;Malmquist指数

【中图分类号】F062.1 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1002—2104(2013)01—0143—12

【doi】: 10.3969/j.issn.1002—2104.2013.01.021

中国已经进入快速城市化时期,2011年城镇人口比重已达49.95%^[1],且预计到2025年将会有大约10亿中国人居住在城镇,城市经济将占全国GDP的95%^[2]。由于城市经济运行和城市人口对资源环境的消耗远大于农村,因此对于人均自然资源与环境资源都十分紧缺的中国来说,能否妥善处理好快速城市化与资源环境约束之间的矛盾,将是决定中国的经济与社会能否可持续发展的重要条件之一。为此,需要对城市的资源利用效率进行认真研究。

然而,从现有文献看,尽管迈克尔·波特早已指出,自然资源与资本、劳动的生产率将共同决定国家或地区的经济效率和竞争力^[3],但由于种种原因,在目前国内有关城市效率的研究中,对自然资源的利用效率问题却尚未受到足够关注。而且,尽管大多数作者在城市效率的研究中已经采用了全要素的研究框架和分析技术——如DEA(Data Envelopment Analysis),但在投入要素的选取上却普遍存在不够全面的缺点。

基于这种情况,笔者决计采用DEA技术及Malmquist指数方法对国内城市的资源利用效率进行一次比较全面的探讨,以便为正确合理地评价中国城市的资源利用状况、改进资源配置、提高各种要素的使用效率和促进城市经济的可持续发展提供一定的决策支持。本文的主要内容有:以1999—2010年长三角16座城市市辖区为样本,分析自然资源要素对城市效率评价的影响;分析与比较这16座城市的资源要素利用效率;分析影响这16座城市全要素生产率的主要因素。这里需要说明的是,之所

1. 收稿日期: 2012—07—19

作者简介:陶小马,教授,博导,主要研究方向为城市发展管理、区域经济学、资源经济学等。
(同济大学经济与管理学院,上海200092)

以选择长三角城市作为研究对象，主要是出于两点考虑：第一，DEA 测算的效率高低依赖于最优生产前沿的参照系统和决策单元自己的投入产出状况，城市的地理区位、经济发展水平及社会文化差异对效率评价均有显著影响，因此更适用于区域跨度及其各种区位条件相差不大的情况，而长三角城市十分符合这个条件；第二，以上海为龙头的长三角地区是中国城市经济最为发达的区域之一。该地区以占全国 1.14% 的土地面积，创造了全国 17% 以上的经济总量，核心区城镇化水平已超过了 60%，被法国地理学家简·戈特曼称之为全球第六城市群。因此，分析该城市群的资源利用效率问题，对于人们认识中国城市的效率问题具有典型意义。

1 研究方法与模型

本文采用数据包络分析技术(DEA) 及Malmquist 指数方法作为主要研究工具。这些方法的优点在于不仅可以判断静态效率与全要素动态效率变化，而且还可以对其进行分解并区分投入要素的利用水平，因此在近年内已为多位研究者所采用。基于从投入要素、尤其是资源要素角度研究16 座不同规模城市效率的目的，故选择“产出不变、投入要素最优(最小)”的投入导向型DEA 模型。运用DEA 模型评价城市效率的关键在于投入与产出的合理界定。这里尤其需要强调的是，把土地、能源与水纳入投入变量是本研究的一个主要特色。因为以往对城市效率的研究，较多偏重于对劳动与资本两种要素的考察，而从谋求可持续发展的角度看，这种分析是有缺陷的，因为它实际上隐含了一个假定，即在城市化的过程中自然资源是不稀缺的，但这与现实显然是严重背离的。因此，一个更好的做法，是应该把对城市发展有重要作用的自然资源尽可能纳入研究范围。当然，在将自然资源纳入研究范围后，其所得出的结果与只考虑劳动和资本两种要素情况下得出的结果一定会有所不同。而本文的第一个研究目的，就是希望考查这两种结果的差异并分析其原因。为此，本文构建两种DEA 评价模型，一种仅含资本、劳动的称为2 要素投入模型，另一种纳入土地、能源和水资源为投入要素的称为5 要素投入模型。此外，依据相关研究选取地区生产总值为产出变量。

1.1 基于C2R — DEA 的两种要素投入模型的比较

C2R 模型是数据包络分析的基础模型，故以此模型来分析投入要素对城市效率评价的影响^[4]。假设有 n 个决策单元，每个决策单元使用 i 项投入要素生产一项产出，并满足一定公理体系和规模报酬不变(Constant return to scale, CRS) 条件。公式(1)、(2) 分别为 2 要素投入和 5 要素投入模型下的生产可能集。公式(1) 中 x_{ij} 代表第 j 个决策单元第 i 种要素投入量， X_i 代表第 i 种投入要素向量， Y 为 $1 \times n$ 的产出向量， λ_j 为 $n \times 1$ 的常向量， $j = 1, 2, \dots, n$ ，本文中 $n = 16$ 。5 要素投入与 2 要素投入模型比较，产出 Y 不变、投入要素 X_1 、 X_2 (分别代表资本和劳动) 不变，而增加了三个投入要素约束方程 X_3 、 X_4 、 X_5 (分别代表土地、能源和水资源)。资源要素 (X_3 、 X_4 、 X_5) 的投入将会使 T2CCR 与 T5CCR 有差异，两种投入模式下的生产可能集会发生变化，具体变化将取决于自然资源要素的投入和利用情况。

$$T_{C^2R}^e = \left\{ (X, Y) \left| \begin{array}{l} x_{1,1}\lambda_1 + x_{1,2}\lambda_2 + \dots + x_{1,16}\lambda_{16} \leq X_1 \\ x_{2,1}\lambda_1 + x_{2,2}\lambda_2 + \dots + x_{2,16}\lambda_{16} \leq X_2 \\ y_1\lambda_1 + y_2\lambda_2 + \dots + y_{16}\lambda_{16} \geq Y \\ \lambda_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, 16 \end{array} \right. \right\} \quad (1)$$

$$T_{C^5R}^e = \left\{ (X, Y) \left| \begin{array}{l} x_{1,1}\lambda_1 + x_{1,2}\lambda_2 + \dots + x_{1,16}\lambda_{16} \leq X_1 \\ x_{2,1}\lambda_1 + x_{2,2}\lambda_2 + \dots + x_{2,16}\lambda_{16} \leq X_2 \\ x_{3,1}\lambda_1 + x_{3,2}\lambda_2 + \dots + x_{3,16}\lambda_{16} \leq X_3 \\ x_{4,1}\lambda_1 + x_{4,2}\lambda_2 + \dots + x_{4,16}\lambda_{16} \leq X_4 \\ x_{5,1}\lambda_1 + x_{5,2}\lambda_2 + \dots + x_{5,16}\lambda_{16} \leq X_5 \\ y_1\lambda_1 + y_2\lambda_2 + \dots + y_{16}\lambda_{16} \geq Y \\ \lambda_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, 16 \end{array} \right. \right\} \quad (2)$$

生产前沿面与生产可能集密切相关，是指观测到的决策单元输入、输出数据包络面的有效部分，决策单元是否有效本质上是判断该单元是否落在生产可能集的生产前沿面上，而非有效单元的效率值则是实际生产点到有效前沿的投影距离。自然资源要素的投入不仅改变了生产可能集与生产前沿，有效的决策单元亦随之变化，非有效决策单元将会因为生产可能集与有效生产前沿的变化、自身空间位置的变化，其到生产前沿的投影亦会随之变化。

1. 2 模型的特点及静态效率

投入导向、可变规模报酬的 VRS — DEA(BCC) 。模型将不变规模报酬 DEA 模型的综合效率(STE) 分解为技术效率 TE (Technical Efficiency) 和规模效率 SE (ScaleEfficiency) ，并且 $STE = SE \times TE$ 。其中，综合效率(STE)是对城市投入产出和资源配置能力、竞争力和可持续发展能力的总称；技术效率(TE) 反映城市生产对现有技术的利用程度；规模效率(SE) 体现城市发挥社会经济活动集聚作用及投入产出规模的有效程度。 $0 < STE \leq 1$ ，该值越接近于 1，表示综合效率越高，当 $STE = 1$ 时，综合效率最优；TE、SE 与 STE 具有相同判断^[4]。显而易见，由于约束条件不同，用模型(3)、(4) 分别求解两种要素投入模型中决策单元 j 的效率评价 θ^*_{2j} 与 θ^*_{5j} 也会有差异，即资源要素的投入对有效决策单元、非有效单元到前沿面距离的判断等均有影响。

$$D_{CR}^{1,2} = \begin{cases} \theta^{*2}_j = \min \theta_j, \\ \sum_{j=1}^{16} x_{1,j} \lambda_j \leq \theta x_{1,j}, \\ \sum_{j=1}^{16} x_{2,j} \lambda_j \leq \theta x_{2,j}, \\ \sum_{j=1}^{16} y_j \lambda_j \geq Y, \\ \lambda_j \geq 0, \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, j = 1, 2, \dots, n, n = 16 \end{cases} \quad (3)$$

$$D_{CR}^{1,5} = \begin{cases} \theta^{*5}_j = \min \theta_j, \\ \sum_{j=1}^{16} x_{1,j} \lambda_j \leq \theta x_{1,j}, \sum_{j=1}^{16} x_{2,j} \lambda_j \leq \theta x_{2,j}, \\ \sum_{j=1}^{16} x_{3,j} \lambda_j \leq \theta x_{3,j}, \sum_{j=1}^{16} x_{4,j} \lambda_j \leq \theta x_{4,j}, \\ \sum_{j=1}^{16} x_{5,j} \lambda_j \leq \theta x_{5,j}, \sum_{j=1}^{16} y_j \lambda_j \geq Y, \\ \lambda_j \geq 0, \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, j = 1, 2, \dots, n, n = 16 \end{cases} \quad (4)$$

1. 3 要素利用效率

基于投入角度的VRS — DEA 模型可以测算产出不变时投入要素的最优(最小) 使用量，以实现城市系统最佳的投入产出效益。显然，这对在不影响经济产出的前提下节约要素投入具有积极意义。将模型测算结果中城市每种投入要素的“目标投入量”和“实际投入量”之比定义为要素利用效率： $\theta R = PVI / OVI$ 。其中， θR 代表投入要素利用效率(the Efficiency of Resources) 、PVI 代表要素目标投入量(projected value of Input) ，即在当前生产技术水平下，为实现一定产出所需要的最优要素投入数量；OVI 代表要素实际投入量(original value of Input) 。 θR 衡量了特定条件某城市相对于区域投入产出前沿的要素利用状况， $\theta R = 1$ ，代表该城市投入的要素利用充分； $0 < \theta R < 1$ ，表明该城市要素投入存在浪费、具备节约的空间。 θR 越小，要素利用效率越低，可以节约的潜力越大，同理，定义 θK 、 θL 、 θS 、 θE 、 θW 分别代表投入要素资本、劳动、土地、能源和水资源的利用效率。此外，虽然在两种模型中资本和劳动的投入数量相当，但 θK 和 θL 的判断也会因为自然资源要素加入与否而发生变化。

1. 4 Malmquist 指数

Malmquist 指数基于 DEA 模型、利用距离函数之比来计算全要素生产率。该指数方法不用设定具体生产函数和较强的行为假设，避免了函数形式不同而可能导致结果的偏差。Malmquist 指数不仅可以测算全要素生产率的动态变化，还可以把这种变化分解为技术进步、纯技术效率和规模效率的变动。

$$M_{it}^{t+1} = \frac{D_v^{t+1}(x_{it}^{t+1}, y_{it}^{t+1})}{D_v^t(x_{it}^t, y_{it}^t)} \times \left[\frac{D_c^t(x_{it}^t, y_{it}^t)}{D_c^t(x_{it}^t, y_{it}^t)} \times \frac{D_c^{t+1}(x_{it}^{t+1}, y_{it}^{t+1})}{D_c^{t+1}(x_{it}^{t+1}, y_{it}^{t+1})} \right] \times \left[\frac{D_v^t(x_{it}^t, y_{it}^t)}{D_v^{t+1}(x_{it}^t, y_{it}^t)} \cdot \frac{D_v^{t+1}(x_{it}^{t+1}, y_{it}^{t+1})}{D_v^{t+1}(x_{it}^{t+1}, y_{it}^{t+1})} \right] \quad (5)$$

公式(5) 为Malmquist 指数的最终分解，第一项表示的是在可变规模报酬条件下的纯技术效率变化，第二项是规模效率变化，第三项表示技术变化率。其中： x_{it} 、 x_{it+1} 分别表示第*i*个城市在时期*t*和*t+1*期的投入； y_{it} 、 y_{it+1} 分别表示第*i*个城市在*t*和*t+1*期的产出， $D_v^t(x_{it}, y_{it})$ 和 $D_v^{t+1}(x_{it+1}, y_{it+1})$ 分别表示以*t*时期的技术为参照、时期*t*和*t+1*生产点的距离函数；注脚*v*和*c*分别代表可变规模报酬和固定规模报酬的情形^[5]。Malmquist 指数与决策单元距不同时期的前沿参照系统的距离函数密切相关。由于自然资源要素的引入会影响到决策单元投入产出系统、生产可能集、生产前沿面等，因此也会对距离函数产生一定的影响。

2 研究指标及数据

2. 1 城市产出数据来源

城市生产总值数据来源于历年《中国城市统计年鉴》，并依据中国国家统计局公布的价格指数、以1978年为基期平减为可比价格^[6]，单位为万元。

2. 2 投入要素指标及数据来源

2. 2. 1 资本投入要素

资本变量非常关键。资本存量估计本身因几个关键变量不同而素有争议。有学者用永续盘存法对资本存量进行估计，但该估算方法集中在全国或省际区域^[6]，城市市辖区的资本存量尚没有合理指标；在过去20多年中，全社会的固定资产投资和固定资本形成数据与增长趋势基本相同，固定资产积累由于扣除了折旧、新增固定资产只考虑建成后的投资，所以数值相对较小，而全社会固定资产投资在数量上与资本存量和流动资本之和较相近，所以可以用全社会固定资产投资总额代替固定资产积累和流动资金^[5, 7]；DEA模型与Mamlquist指数是一种核算相对效率的方法，只要保持决策单元的相对一致，结果不会有大的偏差；且在以往研究成果中，杨开忠^[8]、俞立平^[9]、郭腾云^[10]等进行城市效率研究时均采取固定资产投资额代替资本要素，并取得可信研究成果。基于以上原因，本文利用历年《中国城市统计年鉴》中城市市辖区全社会固定资产投资总额代表城市投入的资本要素，同样以全国1978年为基期的价格指数进行平减，单位为万元。

2. 2. 2 劳动投入要素

劳动投入采用城市市辖区单位从业人员数与私营、个体从业人员数之和代替，除上海市外，其余15市劳动投入数据均来源于历年《中国城市统计年鉴》，单位为万人。上海市辖区劳动力投入 = $\Omega \times$ 上海全市劳动力投入，其中折算系数 $\Omega =$ 上海市辖区GDP / 上海全市GDP，上海全市劳动力投入数据来自历年国家统计年鉴。

2. 2. 3 能源投入要素

城市能源投入应包括生活能源和生产能源消耗两部分。其中，上海市能源投入要素数据来源于历年《中国能源统计年鉴》中分地区能源消费总量。其余15 市生活能源消耗包括市辖区城镇生活消费用电量、煤气(人工、天然气) 供气家庭用量、液化石油气家庭用量，数据来源于历年《中国城市统计年鉴》。城市生产能源消耗数据来自于历年各城市统计年鉴中规模以上工业企业能源消费总量。针对统计口径差异和缺失数据采取以下系数进行折算，设折算系数 ε 、 σ 、 d 、 γ 和 τ ， ε = 市辖区工业总产值/全市工业总产值； σ = 市辖区生产能源消费量/全省能源消费量， d 为 σ 取均值； γ = 市辖区生产能源消费量/全市生产能源消费量； τ 为 γ 取均值。仅有全市能源消费量统计数据，假设全市具有相同工业产业结构，即城市市辖区工业总产值占全市工业总产值的比重和能源消费量比重相同，则有市辖区生产能源消费量= $\varepsilon \times$ 全市生产能源消费量；由于考察期内各时期统计口径不统一，既有全市、又有市辖区生产能源消费量，此时，对于仅有全市生产能源消费量的年份，市辖区生产能源消费量= $\tau \times$ 全市生产能源消费量；对于缺失年份数据，假设缺失年份生产能源消费占全省能源消费比值与已知年份相同，则缺失年份市辖区生产能源消费量= $d \times$ 缺失年份全省能源消费量。其中，浙江省、江苏省能源消费总量数据来自历年《中国能源统计年鉴》，能源消费实物量按照《中国能源统计年鉴》公布的折算系数转换成标准煤后求和，电力按当量值折算。能源要素单位为万t 标准煤。

2. 2. 4 土地与水资源投入要素

土地资源要素选取城市市辖区建成区面积，单位为km²。水资源要素选取城市市辖区供水总量，单位为万t。数据均来源于历年《中国城市统计年鉴》。

3 结果及分析

根据上述研究目的，分别运用DEAP2. 1 软件利用处理数据运行投入导向型VRS — DEA 模型以及Malmquist指数运算。现对运算结果具体分析如下。

3. 1 静态效率

3. 1. 1 两种模型的评价差异

为了观察两种模型的评价差异，整理出两种模型中 16 座城市综合效率、技术效率与规模效率的 12 年均值如表 1 所示，表 2 则汇总了不同效率均值区间的城市数量。

表 1 16 座城市 3 种静态效率的 12 年均值
Tab. 1 Average of three kinds static efficiencies of 16 cities

效率	上海	南京	无锡	常州	苏州	南通	扬州	镇江	泰州	杭州	宁波	嘉兴	湖州	绍兴	舟山	台州
Efficiencies	Shanghai	Nanjing	Wuxi	Changzhou	Suzhou	Nantong	Yangzhou	Zhenjiang	Tairhou	Hangzhou	Ningbo	Jiaxing	Huzhou	Shaoxing	Zhoushan	Tairhou
STE(5)	1.000	0.712	0.977	0.950	0.995	0.803	0.874	0.755	0.869	0.997	0.958	0.781	0.944	0.719	0.976	0.995
STE(2)	0.898	0.672	0.865	0.683	0.937	0.762	0.799	0.752	0.747	0.772	0.771	0.594	0.805	0.621	0.770	0.958
TE(5)	1.000	0.779	1.000	0.955	1.000	0.879	0.958	0.830	0.987	1.000	0.970	0.875	0.966	0.931	1.000	0.996
TE(2)	1.000	0.773	0.905	0.702	0.957	0.822	0.888	0.827	0.924	0.851	0.793	0.764	0.937	0.887	1.000	0.996
SE(5)	1.000	0.925	0.977	0.993	0.995	0.913	0.905	0.905	0.881	0.997	0.988	0.896	0.976	0.780	0.976	0.999
SE(2)	0.898	0.888	0.960	0.970	0.976	0.922	0.893	0.905	0.813	0.908	0.970	0.787	0.857	0.711	0.770	0.962

资料来源：研究整理所得。其中，(5)、(2) 分别代表 5 要素投入和 2 要素投入的规模效率。STE、TE 和 SE 分别代表综合效率、技术效率和规模效率。

首先，从综合效率的情况来看：5 要素模型中上海市位于有效前沿，2 要素模型中没有城市位于有效前沿，但台州的综合

效率相对最高；从非有效城市的效率评价来看，16座城市均有 $STE(5) > STE(2)$ ，这表明5要素投入产出空间内非有效城市与有效城市的相对距离要小于2要素投入产出空间，即用5要素模型得出的评价结果要高于2要素模型；表2进一步给出了两种模型评价价值分布的差异。例如，在5要素模型中，有12座城市位于80%以上的效率区间，综合效率均值处于区间(0.9, 1)的城市有无锡、常州、苏州、杭州、宁波、湖州、舟山和台州8座，处于(0.8, 0.9]区间的城市有南通、扬州、泰州3座，处于(0.6, 0.8]区间的城市有南京、镇江、嘉兴、绍兴4座，南京和绍兴市具有最低城市综合效率均值，分别为71.2%和71.9%；而2要素模型中处于三个区间的城市数量分别为2、3和10座，且不仅所有城市的综合效率均值都小于1，而且嘉兴市的综合效率均值低于60%。这表明，相比于2要素模型，5要素模型评价结果的分布更为集中，即城市间相对效率的差异比较小。

其次，从综合效率分解的技术效率和规模效率同样看出这种差异。两种模型中，在技术效率评价上，上海、舟山市技术有效，无锡、苏州、杭州5要素模型中技术有效、2要素模型中非技术有效；在规模效率评价上，上海市5要素模型中规模有效，而2要素模型中不存在规模效率均值有效的城市。在非技术有效的城市中，5要素模型的技术效率均值高于2要素模型；在非规模有效的城市中，除南通、镇江等市外，多数城市的规模效率也表现出5要素模型优于2要素模型的评价结果。结合表2来看，5要素模型中技术效率均值处于(0.9, 1]区间的城市有12座，规模效率均值位于该区间的城市有13座，集中了半数以上的长三角城市；而2要素模型中这两个区间的城市分别为7座和8座；两种效率均值在(0.6, 0.8]区间内的5要素模型中的城市均只有1座，而2要素模型中的分别为4座和3座。

表2 不同效率均值区间的城市数量						
Tab.2 Number of cities between different rang of efficiencies average						
三种效率均值区间 Different rang of efficiencies	城市数量 Number of cities					
	STE(5)	STE(2)	TE(5)	TE(2)	SE(5)	SE(2)
(0.9, 1]	9	2	12	7	13	8
(0.8, 0.9]	3	3	3	5	2	5
(0.6, 0.8]	4	10	1	4	1	3
0.6及以下	0	1	0	0	0	0

来源：研究整理所得。其中，字母意义同表1。

之所以出现这种结果，我们认为：第一，从模型构建的原理上说，投入要素不同必然会引起投入产出空间的两种变化，即作为前沿参照系统的变化以及非有效单元与参照前沿相对位置的变化；而这两种变化在本研究中的综合表现即为前沿有效城市和非有效城市各种效率评价价值的变化。第二，相对于2要素模型，由于5要素模型能够更全面、更合理地反映出不同城市各种投入要素间的替代效应，因此得出了更为积极与更为客观的评价效果。第三，相对于2要素模型，5要素模型中各城市间的相对效率差异明显减小，说明各城市经济发展的综合基础、综合条件以及各种资源综合运用能力的差异性并不是很大。这一方面较为客观地反映了长三角地区经济发展比较均衡的现状，另一方面也为未来长三角地区生产力的合理布局提供了重要的参考和依据。

此外，不难理解的是，在5要素投入模型中，作为长三角区域的龙头城市，上海因为具有最高的经济规模、经济发展水平和城市管理水平而成为长三角区域相对效率最高的城市；但值得注意的是，台州虽然经济规模和发展水平都不算高，但其各项效率评价价值却相对很高。这一方面说明该城市的投入产出规模与技术利用均较其他城市合理，另一方面也说明在5要素投入的评价框架下，经济产出(GDP)的高低并不是评价城市效率的唯一指标。还有，南京市和绍兴市虽然综合效率评价最低，但较高的技术效率(0.931)说明绍兴市具有较合理的技术利用水平，即对新技术和新知识的消化、吸收和利用能力较高，而较低的规模效率(0.780)则是导致其综合效率最低的主要原因；南京市的情况却与其相反，具有较高的规模效率(0.925)和较低的技术效率(0.779)。

3. 1. 2 各种效率的时间变化趋势

以上着重分析了两种模型的评价差异,同时给出了不同城市12年平均的静态评价结果。但如要了解这12年间16座城市各种效率的总体变动趋势,并找出其变化的原因,则还要对其进行更细致的时间序列分析。为此,仍采用两种评价模型,逐年计算出16座城市1999—2010年的三种静态效率,同时假定城市规模等因素的影响可以忽略,然后取其均值,并以此绘制出长三角区域综合效率、技术效率和规模效率的时间变动趋势如图1所示。

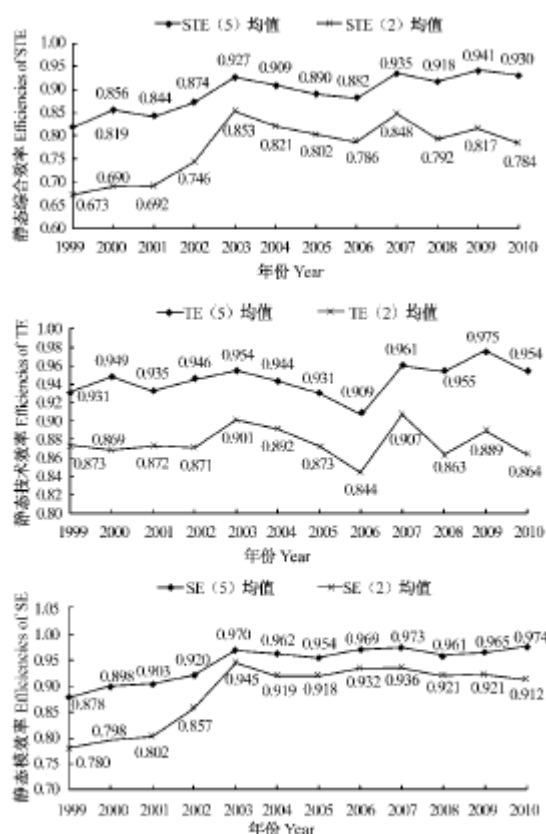


图1 长三角3种静态效率均值时序变化
Fig.1 Trend of average efficiencies from 1999 to 2010

从总体变化趋势来看:考察期内三种效率均值都有波动,未能表现出明显的递增趋势;5要素投入模型中城市三种静态效率均值趋势线均位于2要素投入模型之上,即与前述分析相一致,相同年份中5要素模型的三种静态效率评价均优于2要素模型;虽然两种模型在考察期内具有相似的变化趋势,但具体年份的效率变化还是有一点差异,如技术效率(TE)在1999—2002年,规模效率(SE)在2008—2010年的逐年变化在两种模型中表现出相反的变动趋势。

进一步分析,结合 $STE = TE \times SE$ 的原则,考察规模效率和技术效率两部分各自对综合效率的影响。由三种静态效率的时序变化(见图1)可以看出,1999—2003年综合效率的改善主要受益于规模效率的影响,因为在此期间技术效率上升的趋势较为平缓,而规模效率提升较快;同理,2003—2006年综合效率的下降主要受技术效率的影响,因为在这一阶段,规模效率变化趋势平缓,而技术效率明显下降;而2006年以后综合效率的波动也主要源于技术效率的波动。这个结果很有意思并对现实情况具有较强的解释力。因为从实际情况看,2003年以前长三角区域城市规模确实偏小,因此正如该结果所表明的那样,虽然1999—2003年间技术效率也有小幅度的提高,但这一阶段城市投入产出规模的扩张以及由此引起的集聚效益和规模效益的提高无疑是城市综合效率快速提高的主要原因。但该结果也意味着,自2003年以后,长三角城市规模效率的提高已经达到了一个

阶段性的顶点，即城市的规模扩张难以继续带来规模效率的持续改善，换句话说，规模效率将不再可能成为长三角城市综合效率改善的主要动因；与此对应，技术效率驱动不足已成为制约长三角区域城市综合效率持续提高的主要因素。因此，未来一个时期，长三角城市要想提高而不是降低综合效率，关键就是要想方设法提高技术效率，即要努力促进城市产业结构的优化升级，以及大力拓展先进技术和知识的生产、引进与利用，而不应该盲目扩大城市规模。

3. 2 投入要素的利用效率

根据运算结果，整理出两种模型中各城市投入要素利用效率的 12 年均值，并按照一定权重折算成整个区域要素的平均利用效率如表 3。总体来看，长三角地区各种投入要素均存在一定浪费现象。5 要素投入模型中，若维持既定的城市经济产出数量不变，大致可以节约 5. 3% 的资本、5. 4%的劳动、9. 4% 的土地、19. 8% 的能源和 9. 6%的水资源投入；与此类似，在 2 要素投入模型中，资本和劳动大致可以分别节约 11. 2% 和 10. 6%，资本和劳动在 5 要素模型中的利用效率评价要高于 2 要素模型。

表 3 长三角 16 座城市要素利用效率均值
Tab.3 θR average of Yangtze River Delta

城市 City	$\theta K(5)$	$\theta K(2)$	$\theta L(5)$	$\theta L(2)$	$\theta S(5)$	$\theta E(5)$	$\theta W(5)$
上海	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
南京	0.758	0.752	0.759	0.750	0.592	0.445	0.603
无锡	1.000	0.883	1.000	0.904	1.000	1.000	1.000
常州	0.955	0.701	0.899	0.701	0.951	0.955	0.866
苏州	1.000	0.941	1.000	0.948	1.000	1.000	1.000
南通	0.870	0.816	0.838	0.815	0.866	0.876	0.747
扬州	0.958	0.885	0.915	0.874	0.958	0.811	0.898
镇江	0.791	0.788	0.830	0.826	0.786	0.370	0.599
泰州	0.981	0.919	0.971	0.916	0.977	0.871	0.986
杭州	1.000	0.851	0.978	0.805	0.987	0.995	1.000
宁波	0.969	0.773	0.919	0.784	0.961	0.733	0.969
嘉兴	0.620	0.564	0.818	0.764	0.808	0.780	0.821
湖州	0.947	0.900	0.955	0.935	0.925	0.951	0.936
绍兴	0.896	0.837	0.897	0.853	0.872	0.867	0.854
舟山	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
台州	0.996	0.996	0.996	0.996	0.990	0.989	0.996
加权均值	0.947	0.888	0.946	0.894	0.906	0.802	0.904

来源：研究整理所得。其中， $\theta K(5)$ 、 $\theta K(2)$ 分别代表 5 要素、2 要素投入的资本要素利用效率； $\theta L(5)$ 、 $\theta L(2)$ 分别代表 5 要素、2 要素投入的劳动要素利用效率； $\theta S(5)$ 、 $\theta E(5)$ 、 $\theta W(5)$ 分别代表 5 要素投入的土地、能源和水资源要素的利用效率。

3. 2. 1 资本与劳动要素的利用效率及其影响因素

从表3 可以比较具体城市两种模型中资本和劳动要素利用效率的差异。它们表现出相同规律，即： $\theta K(5) > \theta K(2)$ ， $\theta L(5) > \theta L(2)$ 。这表明，对同一城市而言，纳入自然资源要素可以提高对资本和劳动投入要素利用效率的评价。5 要素投入模型中，上海、无锡、苏州、舟山的资本和劳动要素利用充分；其他12 座城市在既定产出下具有资本和劳动要素节约的空间，

其中嘉兴最多可以节约38%的资本、南京最多可以节约24.1%的劳动要素投入。其他城市两要素亦存在不同程度的节约空间。

若逐年将两种模型中各城市资本和劳动要素的利用效率按权重 Δ_i , t , f 进行加权计算,可绘制出长三角区域两种要素的利用效率变动曲线如图2。与前述一致,5要素模型中的资本要素利用效率曲线 $\theta K(5)$ 位于2要素模型 $\theta K(2)$ 之上,12年最低值为2006年的92.9%;在2000年和2007年的两次峰值分别为96.5%和96.7%;且考察期内5要素模型资本要素利用效率的波动较小,2003—2006年些许下降,2006—2010年波动。同样, $\theta L(5)$ 的曲线也位于 $\theta L(2)$ 之上,12年最低值为2006年的90.2%。相比之下,考察期内劳动要素利用效率波动较大,分别在2000—2002年、2003—2006年和2007—2009年三个时段出现下降趋势。

观察5要素模型中16座城市资本和劳动两要素利用效率的12年均值(见表3)与静态技术、规模效率(见表1)的关系:当城市表现出技术有效时,即使规模非有效——如无锡、苏州、舟山,城市的要素利用效率仍可能有效;当城市表现出较高的技术效率时,其要素利用效率往往也高,也即城市的投入产出系统能够充分利用现有技术水平,发挥投入要素最合理的利用水平,典型如绍兴市,虽然规模效率相对较低,但由于技术效率较高,因而资本、劳动要素的利用效率也较高;反之如南京、镇江等市,虽然规模效率相对较高,但由于技术效率表现较低,因此要素利用效率也较低。对比图1和图2也可以发现,资本和劳动要素利用效率与技术效率的时序变动趋势更为相似,说明技术效率评价是决定资本和劳动要素利用效率高低的關鍵。

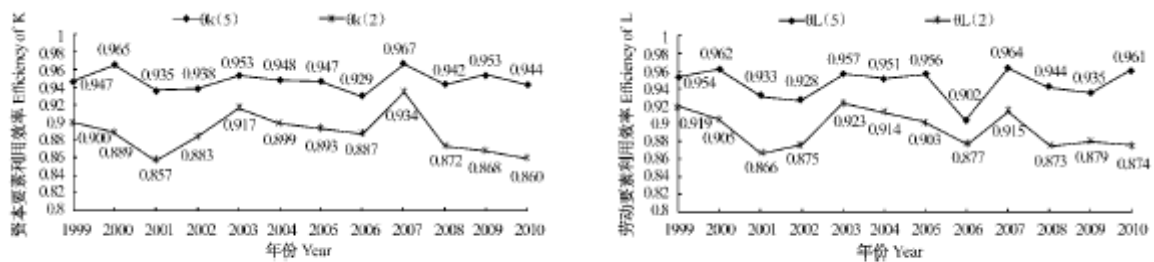


图2 长三角资本与劳动要素利用效率时序变动
Fig.2 Trend of θL and θK from 1999 to 2010

3. 2. 2 土地、能源与水资源要素的利用效率由表3可以看出,上海、无锡、苏州和舟山的三种自然资源要素利用效率均值为1,达到了合理的利用。其他城市则具有不同程度的浪费现象。其中,镇江具有最低的能源和水资源利用效率,分别为37%和59.9%,也即维持现有城市经济规模,可以减少63%的能源投入和40.1%的水资源投入;南京市具有最低的土地和次低的能源和水资源利用效率,分别为59.2%、44.5%和60.3%,这说明南京在节约40.8%的土地资源、55.5%的能源和39.7%的水资源后仍能保持现有的城市产出。

利用同样赋权方法加权后可绘制出5要素模型中长三角区域土地、能源和水三种自然资源要素利用效率的时间变化曲线如图3。从图中可见, $\theta S(5)$ 、 $\theta E(5)$ 、 $\theta W(5)$ 在考察期内虽有波动,但没有明显提高,且土地和水资源的利用效率优于能源利用效率。具体而言,在考察期的早期,三种自然资源要素利用效率相差不大,但随着时间推移, $\theta E(5)$ 波动最大, $\theta S(5)$ 和 $\theta W(5)$ 的波动趋势较为平缓;其次, $\theta E(5)$ 除2000年外,其他年份均低于同期土地和水资源要素的利用水平, $\theta E(5)$ 在2000—2006年波动下降,2006年达最低值仅为64.5%,浪费了35.5%的能源,虽在2007年激增(88.6%),但仍低于同期水资源(90.5%)和土地利用效率(89.4%),并且2008年后又回落至较低水平;而 $\theta S(5)$ 在2000—2006年波动下降,2006年最低为83.6%,2006年后有所上升、2010年又有下降; $\theta W(5)$ 在2001年出现极低值(83.9%),2001—2004年和2006—2010年两时段均有上升。总体上看,2002年以后,除2008年(90.4%)略低于土地资源利用效率(91.4%)外,水资源要素利用效率一直高于其他两种自然资源,并在2010年达到最高为93.7%;但这三种资源在不同年份都存在不同程度的浪费。

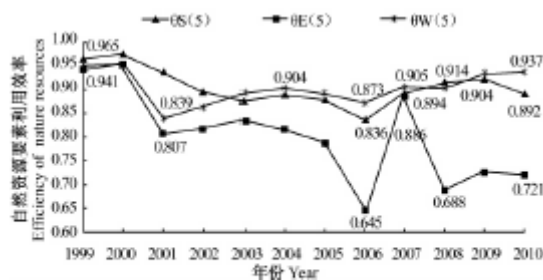


图3 长三角3种自然资源要素利用效率的时序变动
Fig.3 Trend of θS , θE and θW of Yangze River Delta

同样观察16座城市土地、能源和水资源要素利用效率的12年均值与静态技术效率、规模效率的关系：对有效城市而言，要素利用效率仍有效，如上海市；对非有效城市而言，三种自然资源要素利用效率在城市技术有效时也有效，如无锡、苏州、舟山等市，但是，不同要素利用效率对城市技术效率高低的敏感程度有差异，如南京市三种自然资源要素利用效率低于资本和劳动要素利用效率、镇江市能源要素利用效率更低、嘉兴市的资本要素利用效率低于其他要素利用效率等等。这可能缘于城市产业结构和发展阶段不同，因而造成对于各种自然资源投入要素的利用和消耗程度出现差异而导致。

总体而言，5要素模型中，三种自然资源要素的加入使得城市投入产出空间的构造更为合理，因而在静态效率评价普遍更高的情况下，投入要素利用水平也表现出相同的趋势，即5要素模型的评价要高于2要素模型。不过，在5要素模型中，各个城市的自然资源利用效率还是存在较大差异的，且无论是对单个城市的分析，还是对整个区域的时间序列分析，都能看出多数城市的5种投入要素仍存在不同程度的浪费，因而都具有一定的节约潜力——其中尤以能源为最甚。此外，要素利用效率与城市静态效率——尤其是技术效率密切相关，但不同城市因其自身特点不同，故其投入要素利用效率对于技术效率的响应机制也不同，并由此造成了不同城市要素利用水平的差异。

3. 3 全要素生产率动态分析

以上用静态效率测度了既定时期各城市各种要素的实际投入量与目标投入量即生产前沿的相对距离，但是，在各种因素的作用下，生产前沿本身也是随着时间而不断发生变化的。因此，研究中就不仅需要了解静态效率，而且需要了解生产前沿的变化及其对各种效率的影响。为此就需要进行全要素生产率的分析。因为全要素生产率分析是一种动态分析，它可以表达出生产前沿随时间的移动，以及每座城市与生产前沿相对位置的变动，并可以将这些变动分解为效率（规模效率和纯技术效率）的变动以及技术进步。

出于进行比较的想法，表4同样给出了5要素与2要素两种模型中长三角区域全要素生产率指数(TFP)及其各项分解——包括技术进步(TECH)、纯技术效率(PECH)和规模效率(SECH)——变动的逐年累积情况，表中最后一列为按几何平均计算的年度均值。需要说明的是，这里之所以采用累积的而不是逐年的变动数据，是因为考虑到城市投入产出系统具有前期依赖性和结构刚性，因此用累积的变动数据能更方便地反映出变化的基本趋势。

从表4中可以看出，首先：在年度均值反映的区域整体变动情况中，5要素模型全要素生产率平均改善了2.1%，但主要来自于规模效率的提高(1.0%)，而技术进步与纯技术效率变化的贡献力度稍弱(0.8%和0.3%)；相比之下，在2要素模型中，除了规模效率改善相当外(1.5%)，其他几个指标都低于5要素模型，且全要素生产率和纯技术效率是下降的。这说明，与静态评价相似：第一，5要素模型评价的总体结果要好于2要素模型；第二，规模效率的改善迄今为止仍是整个区域全要素生产率增长的主要动力。

其次，在全要素生产率指数及其分解的逐年累积变动中能够看出动态效率时间变化的以下几种趋势：在2002年以后，全要

素生产率逐年累积的变动情况均表现出 $TFP(5) > TFP(2)$ ，从12 年累积的总变动来看，5要素模型中全要素生产率指数改善了24. 8%，而2 要素模型倒退了7. 4%； $TFP(5)$ 的逐年累积变动除2003 年骤减外，前后均表现出递增的变动趋势，而 $TFP(2)$ 的逐年累积变动在2003 年出现倒退（- 0. 092）后，至2010 年倒退的趋势仍未能改变；但是，持续倒退的全要素生产率变动并不符合长三角地区作为中国城市发展先进地区的实际情况，因此在这两种模型中，5要素的评价模型显然更为合理和贴近现实；从技术进步的累积变动情况来看， $TECH(5)$ 的逐年累积变动在2003 年前低于 $TECH(2)$ ，2003 年后两种模型的技术进步都出现后退，但是 $TECH(5) > TECH(2)$ ，也即5 要素模型的技术进步要小于2 要素模型，并且 $TECH(5)$ 在2006 年以后为正，最终12 年累积变动5 要素模型技术进步改善了12. 1%，而2 要素模型则累积降低了18. 7%。之所以会出现这样分两种阶段的情况，我们认为，这很可能与整个区域内产业结构的变化有关，因为由统计资料可以看出，1999 — 2002 年期间正是整个长三角区域钢铁、石化等重化工产业大规模扩张最快的时期，而经历过这个时期之后，整个区域的产业结构提升就明显放缓；④纯技术效率的累积变动除2003 — 2005 年、2007 年外，其余逐年累积变动情况均为 $PECH(5) > PECH(2)$ ，且5 要素模型最终纯技术效率累积变动提高了3. 1%，而2要素模型仅为0. 5%。值得注意的是，在2006 年，两种模型纯技术效率的累积变动都突然降低，甚至出现了负值。这与前边静态效率、要素利用效率的时间趋势分析结论也十分吻合，但原因何在尚需进一步分析；⑤两种模型规模效率的累积变动情况略有不同，除2001 年外，其他年份 $SECH(5) < SECH(2)$ ，最终5 要素模型规模效率累积变动提高了11. 2%、而2 要素模型提高了17. 4%，并且2003 年以后两种模型中规模效率累积变动的提高水平平均远低于2003 年以前。这从一个侧面进一步说明，就整个长三角地区而言，无论采用哪种模式计算，由于城市规模扩张所引起的“效率红利”已经基本释放完毕。因此，推进技术进步、提高纯技术利用水平将是进一步改善全要素生产率的关键。

表4 两种要素投入模型中全要素生产率及其分解的累积变动
Tab.4 Cumulative changes and decompositions of TFP in two models

生产率及其 及分解 TFP, TECH, and SECH	累积变动率 Cumulative changes											指数及分解的 年度几何均值 Geometric mean
	2000 - 1999	2001 - 1999	2002 - 1999	2003 - 1999	2004 - 1999	2005 - 1999	2006 - 1999	2007 - 1999	2008 - 1999	2009 - 2008	2009 - 2010	
TFP (5)	0.053	0.103	0.127	0.001	0.007	0.059	0.12	0.151	0.194	0.222	0.248	1.021
TFP (2)	0.074	0.131	0.147	-0.092	-0.104	-0.086	-0.085	-0.079	-0.082	-0.090	-0.074	0.990
TECH (5)	0.005	0.066	0.057	-0.127	-0.100	-0.025	0.045	0.012	0.076	0.079	0.121	1.008
TECH (2)	0.043	0.099	0.043	-0.298	-0.271	-0.231	-0.207	-0.280	-0.209	-0.245	-0.187	0.975
PECH (5)	0.023	0.006	0.017	0.028	0.016	0.002	-0.021	0.040	0.032	0.055	0.031	1.003
PECH (2)	-0.001	0.003	0.003	0.039	0.032	0.010	-0.028	0.053	0.000	0.031	0.005	1.000
SECH (5)	0.024	0.031	0.052	0.111	0.102	0.094	0.109	0.113	0.101	0.103	0.112	1.010
SECH (2)	0.031	0.028	0.104	0.218	0.186	0.187	0.203	0.207	0.190	0.188	0.174	1.015

来源：研究整理所得。TFP、TECH、PECH、SECH 分别代表全要素生产率、技术进步、纯技术效率变动和规模效率变动；(5)与(2)代表两种要素投入模型。

最后，再对16 座城市的各自情况做一些分析。为此，将16 座城市两种模型的各项指标值绘制成图4。

在图4 中，从全要素生产率的情况来看，多数城市5要素模型的全要素生产率要优于2 要素模型。这说明将自然资源要素投入加入评价体系后不仅改善了既定时期投入产出空间内城市相对参照前沿的投影（静态效率），还改善了城市相对于不同时期投入产出系统中参照前沿投影的动态变化（全要素生产率指数）。但也有一些例外，即5 要素模型中的全要素生产率低于2 要素模型的评价的，如南京和绍兴。其中，南京两种模型的全要素生产率均小于1，而2 要素模型中较高的规模效率的动态变化是导致南京市这一现象的主要原因；绍兴略有不同，其两种评价模型的全要素生产率均大于1，而规模效率和纯技术效率的动态变化是推动这一现象的共同原因。由此可以看出两个重要问题：第一，之所以会出现2 要素模型中更高的规模效率动态改善，是由于这两个城市中自然资源要素过度使用所造成的，即要素投入规模的过度扩张不仅不能带来反而会降低效率改善，而静态分析中南京市较低的自然资源要素利用水平也恰恰印证了这一情形；第二，这表明，虽然在本文中，由5 要素模型得到的各种评价价值

普遍要高于2 要素模型，但从理论上说，这并不是一个必然现象。因为在理论上可以证明，只有当自然资源的投入确实能够改善其与资本与劳动的配置效率时，才会使得5要素模型的评价值高于2 要素模型，反之则会低于2 要素模型。

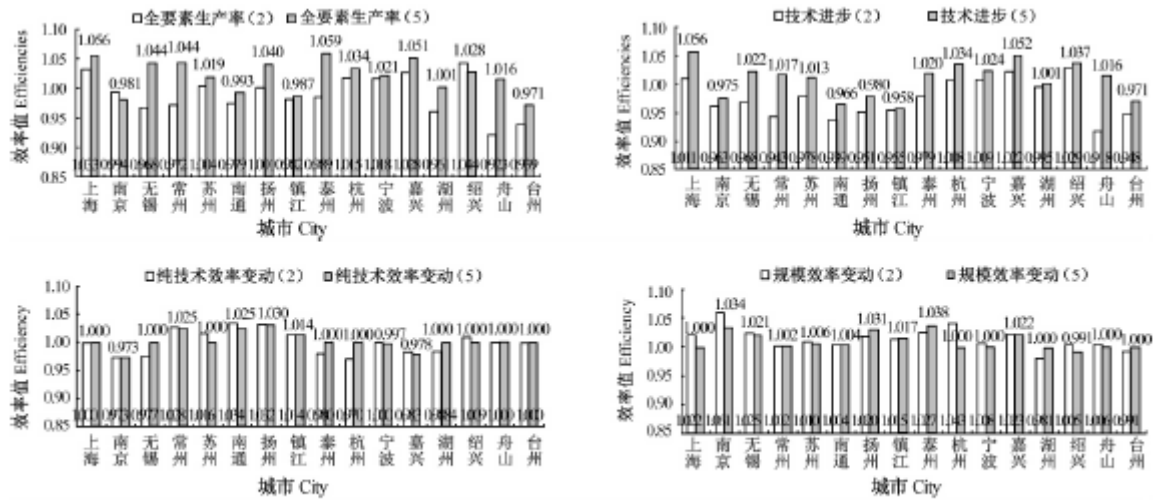


图4 两种要素投入模型中长三角16市动态效率比较
Fig.4 Dynamic efficiencies of 16 cities in two models

但是全要素生产率指数分解的变动情况就比较复杂了。在技术进步评价中，5要素模型的评价明显优于2 要素模型；纯技术效率评价的情况稍有不同，常州、苏州、南通、扬州、宁波等多座城市5 要素模型的纯技术利用效率变动略低于2 要素模型；规模效率的变动情况中，上海、南京、杭州等多座城市5 要素模型的评价也低于2 要素模型。

那么，这两种模型的评价哪种更合理呢？为了比较，不妨以上海作为例子。对上海，2要素模型表现出较低的技术进步（1. 1%）和较高的规模效率变动（2. 2%），全要素生产率提高的3. 3%主要来自于规模效率变动的贡献；但在5 要素模型中，5. 6%的全要素生产率的提高，主要来自技术进步的贡献（5. 6%），而规模效率变动和纯技术效率变动的贡献几乎为零。显然，在这种情况下，如果仅考虑2 要素投入，就会认为城市规模效率变动对于全要素生产率的贡献是积极的，而技术进步的贡献较小。这种认知可能会导致城市采取继续扩大投入产出规模的举措。但在5 要素投入模式下，规模效率变化实际上对全要素生产率的提高没有贡献，而技术进步却对全要素生产率的贡献较大。这就意味着，盲目扩大投入产出规模的措施可能收获不到良好的效果，而调整城市投入产出规模和结构，提高技术进步才是关键。对此，我们认为，从上海这几年的发展看，无疑后者更符合实际情况。

以下就依据5 要素模型，按照全要素生产率指数的变化及来源的不同，分组讨论各城市全要素生产率的变动及来源的差异：如前所述，上海全要素生产率的提高全部来自技术进步的贡献，纯技术效率和规模效率动态变化没有贡献，结合上海市有效的静态技术效率和规模效率来看，这表明上海在不同时期一直位于生产前沿，其对既有技术的利用和投入产出规模均达到最优，同时在不同时期均是能引领长三角技术进步的先锋。全要素生产率增长最快的城市依次为泰州、嘉兴。技术进步和规模效率变动的改善是这两座城市全要素生产率增长的主要推动力。其中嘉兴具有较高的技术进步（5. 2%）、泰州具有最高的规模效率变动（3. 8%），但纯技术效率动态改善的贡献不足。这或许是因为这些城市为了弥补发展不足，急于先进技术的引进和规模扩张，而对既有技术未能充分利用。典型如嘉兴，5. 1%的全要素生产率增长来自于5. 2%的技术进步和2. 2%的规模效率的改善，但是纯技术效率变动出现后退，下降了2. 2%。静态分析中较低的资本和劳动要素利用效率（见表3）也印证了这一点。扬州全要素生产率的提高（4. 0%）主要来源于纯技术效率变动和规模效率变动（3. 0%和3. 1%）的贡献，但是技术进步（- 2. 0%）却成为全要素生产率提高的拖累。④南京、南通、镇江和台州市全要素生产率指数均小于1，存在倒退现象。其中，南京市虽有较高的规模效率的动态改善（3. 4%），但是技术进步和纯技术效率都出现了后退（- 2. 5%和- 2. 7%），这与静态分析的

结果相同(见表1 和表3)。这说明,南京在先进技术的引进、现有技术的充分利用方面和减少盲目扩张上都有待进一步改善。南通、镇江、台州市的情况类似,技术进步不足是主要原因。其中,镇江市具有最高的技术退步(— 4. 2%)。这里要说明的是,虽然台州具有较高的静态效率和要素利用效率评价,但是技术进步不足(— 2. 9%)却成为制约其全要素生产率提高的关键。较低的GDP 总量和人均GDP 水平说明台州面临这样一种现实需求,即如何在保证自然资源要素利用效率的前提下促进技术进步与创新,进而实现经济社会可持续发展。⑤无锡、苏州市全要素生产率的提高主要来源于技术进步和规模效率的动态改善,并且无锡、苏州的技术进步(2. 2%, 1. 3%) 分别高于规模效率改善的贡献(2. 1%, 0. 6%), 但是纯技术效率动态变化没有改善; 宁波、绍兴市技术进步(2. 4%和3. 7%) 是全要素生产率改善的主要贡献,但是宁波纯技术效率变动的降低(— 0. 3%) 和绍兴市规模效率变动的降低(— 0. 9%) 成为各自全要素生产率提高的拖累; 杭州、舟山市的技术进步(3. 4% 和1. 6%) 对全要素生产率提高起主要作用,纯技术效率和规模效率变动贡献不足。⑥ 湖州市全要素生产率几乎没有变化(0. 1%), 其技术进步虽有0. 1%提高,但是纯技术效率与规模效率都没有改善; 常州市几项指标较为均衡, 4. 4% 的全要素生产率的改善,主要来源于纯技术效率变动(2. 5%) 和技术进步(1. 7%) 的贡献,但是规模效率改善的贡献较弱(0. 2%)。

4 结论

(1) 纳入自然资源要素评价城市效率既符合可持续发展的现实需求, 也符合中国城市发展的实际情况。因为通过对长三角地区采用5 要素和2 要素两种模型的比较研究可以明显发现, 5要素模型对城市效率的评价无论是在静态情况下还是在动态情况下都更为合理, 因此是一种值得推广的城市效率评价方法。

(2) 需要指出的是, 尽管在长三角地区, 由5 要素模型得到的各种评价价值普遍要高于2 要素模型, 但从理论上说, 这并不是必然现象。因为在理论上可以证明, 只有当自然资源的投入确实能够改善其与资本与劳动的配置效率时, 才会使得5 要素模型的评价价值高于2 要素模型, 反之则会低于2 要素模型。因此, 通过比较5 要素模型和2 要素模型的评价价值, 将有助于人们判断自然资源要素的既定投入究竟是改善了还是降低了各种资源的配置效率。

(3) 根据5 要素模型的分析, 1999 年以来长三角地区城市效率与全要素生产率的提高, 主要是规模效率的贡献。但这种贡献在2003 年以后逐渐停滞。由此表明, 在长三角地区, 2003 年以前城市的平均经济规模偏小, 因而在快速城市化的推动下, 由规模效益带来的城市效率和全要素生产率能够得以不断提高; 但在2003 年以后, 伴随着__由城市规模增长所创造的“规模红利”的大幅度减少, 依赖要素投入的城市经济规模的扩张事实上已经达到了一个阶段性的顶点。因而对长三角地区而言, 若想在今后继续提升城市综合效率与全要素生产率, 就应该严格控制要素投入规模的盲目扩张, 并尽快把主要的着力点转移到推进技术进步、提高纯技术利用水平和产业结构等工作上来。从某种角度看, 这很可能也正是上海等城市近年来之所以要大力提倡“创新驱动, 转型发展”的一个重要原因。

(4) 相对于2 要素模型, 5 要素模型中各城市间静态效率的相对差异明显减小, 说明各城市经济发展的综合基础、综合条件以及各种资源综合运用能力的差别并不是很大。这一方面较为客观地反映了长三角地区经济发展比较均衡的现状, 另一方面也可对未来长三角地区生产力的合理布局提供重要的依据和参考。不过, 从动态效率的角度看, 由于各个城市在自身规模、资源条件、产业结构以及技术能力等方面的基础条件不同, 因此全要素生产率的变化及其来源还是有较大区别的。对此各地政府应该有清楚的认识。

(5) 由静态的要素利用效率分析可知, 在长三角地区, 多数城市的5 种投入要素都存在不同程度的浪费, 因而都具有一定的节约潜力。其中, 自然资源利用效率最低的是能源, 而土地资源和水资源的利用效率大致相同。因此, 总体而言, 在长三角地区, 节约资源的工作重点首先应该放在节约能源上。当然, 不同城市的资源利用状况不同, 加之要素利用效率与城市静态效率——尤其是技术效率密切相关, 而不同城市因其自身特点不同, 故其投入要素利用效率对于技术效率的响应机制也不同, 因此开展具体工作时仍然要注意因地制宜。

总之，利用5要素模型能够为各级政府制定城市的可持续发展政策——如优化城市产业结构和劳动结构、加快创新步伐，提高资本积累的质量、抑制过度投资，寻找节约土地、能源和水等自然资源要素的合理途径等等——提供一系列更符合实际的决策依据，因而会有宽广的应用前景。

[参考文献] (Reference)

[1] 中国国家统计局. 人口数及构成[DB/OL]. 中国统计年鉴2011.[2012 - 04 - 19]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2011/indexch/D0301e.htm>. [National Bureau of Statistics of China. Population and Its Composition [DB/OL]. China Statistical Yearbook 2011. [2012 - 04 - 19]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2011/html/D0301e.htm>.]

[2] 华强森, 吕万, 乔路, 等. 为十亿城市大军做好准备 [R/OL]. 麦肯锡全球研究所, 2009 - 03 - 01. http://www.mckinsey.com/Insights/MGI/Research/Urbanization/Preparing_for_urban_billion_in_China. [Jonathan Woetzel, Lenny Mendonca, Janamitra Devan, et al. Preparing for China's Urban Billion[R/OL]. McKinsey Global Institute, 2009 - 03 - 01. http://www.mckinsey.com/Insights/MGI/Research/Urbanization/Preparing_for_urban_billion_in_China.]

[3] 迈克尔·波特. 国家竞争优势 [M]. 北京: 华夏出版社, 2003. [Porter E M. Competitive Advantage of Nations [M]. Peking: Huaxia Publishing House, 2003.]

[4] 魏权龄. 数据包络分析[M]. 北京: 科学出版社, 2006, (3). [Wei Qianling. Data Envelopment Analysis[M]. Peking: Science Press, 2006, (3).]

[5] 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. [Liu Binglian, Li Qingbin. The Dynamic Analysis of China's City TFP: 1990 - 2006: Based on the Malmquist Index and DEA Model [J]. Nankai Economic Studies, 2009, (3): 139 - 152.]

[6] 中国国家统计局. 国内生产总值指数 [DB/OL]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2011/indexch.htm>. [National Bureau of Statistics of China. The Index Number of Gross Domestic Product [DB/OL]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2011/indexch.htm>.]

[7] 孙琳琳, 任若恩. 资本投入测量综述 [J]. 经济学, 2005, 4 (4): 823 - 842. [Sun Linlin, Ren Ruoen. Capital Input Measurement: A Survey [J]. Economics, 2005, 4 (4): 823 - 842.]

[8] 杨开忠, 谢燮. 中国城市投入产出有效性的数据包络分析 [J]. 地理学与国土研究, 2002, 18 (3): 45 - 47. [Yang Kaizhong, Xie Xie. The Analysis about DEA-Efficiency of China Cities' Input-Output [J]. Geography and Territorial Research, 2002, 18 (3): 45 - 47.]

[9] 俞立平, 周曙东, 王艾敏. 中国城市经济效率测度研究 [J]. 中国人口科学, 2006, (4): 51 - 56. [Yu Liping, Zhou Shudong, Wang Aimin. Research on Economic Efficiencies of Chinese Cities [J]. Chinese Journal of Population Science, 2006, (4): 51 - 56.]

[10] 郭腾云, 董冠鹏. 基于GIS 和DEA 的特大城市空间紧凑度与城市效率分析[J]. 地球信息科学学报, 2009, 11 (4) : 482 — 489. [Guo Tengyun, Dong Guanpeng. Study on the Relationships Between Metropolitan Spatial Compact Ratios and Their Efficiencies in China in 1990 and 2000 [J]. Journal of Geo-Information Science, 2009, 11(4) : 482 — 489.]

[11] 金相郁. 中国城市全要素生产率研究: 1990 — 2003 [J]. 上海经济研究, 2006, (7) : 14 — 23. [Jin Xiangyu. Study on TFP of Chinese Cities: 1990 — 2003 [J]. Shanghai Economic Review, 2007, (2) : 60 — 66.]

[12] 姚先国, 薛强军, 黄先海. 效率增进、技术创新与GDP 增长——基于长三角15 城市的实证研究[J]. 中国工业经济, 2007, (2) : 60 — 66. [Yao Xiangguo, Xue Qiangjun, Huang Xianhai. Efficiency Improving, Technological Innovation and GDP Growth: An Empirical Research of 15 Cities in the Yangtze Delta [J]. China Industrial Economy, 2007, (2) : 60 — 66.]

[13] 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, 106. [Shao Jun, Xu Kangning. Productivity Growth, Efficiency Change and Technical Progress of Chinese Cities [J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2010, (1) : 58 — 66, 106.]

[14] 李郇, 徐现祥, 陈浩辉. 20 世纪90 年代中国城市效率的时空变化[J]. 地理学报, 2005, 60 (4) : 615 — 625. [Li Xun, Xu Xianxiang, Chen Haohui. Temporal and Spatial Changes of Urban Efficiency in the 1990's [J]. Acta Geographica Sinica, 2005, 60(4) : 615 — 625.]

[15] 郭腾云, 徐勇, 王志强. 基于DEA 的中国特大城市资源效率及其变化[J]. 地理学报, 2009, 64 (4) : 408 — 416. [GuoTengyun, Xu Yong, Wang Zhiqiang. The Analyses of Metropolitan Efficiencies and Their Changes in China Based on DEA and Malmquist Index Models [J]. Acta Geographica Sinica, 2009, 64(4) : 408 — 416.]

[16] 郭腾云. 中国特大城市要素效率及其提高潜力研究[J]. 资源科学, 2010, 32 (2) : 338 — 345. [Guo Tengyun. A Study on Productive Factor Efficiencies and Their Improving Potentials of Megalopolises in 1990, 2000 and 2006 [J]. Resources Science, 2010, 32 (2) : 338 — 345.]

[17] 高迎春, 佟连军. 区域全要素生产率变化分析[J]. 农业系统科学与综合研究, 2011, 27 (1) : 24 — 30. [Gao Yingchun, Tong Lianjun. Analysis on Regional Total Factor Productivity Change [J]. System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture, 2011, 27 (1) : 24 — 30.]

[18] 王群伟, 周德群. 中国全要素能源效率变动的实证研究[J]. 系统工程, 2008, 26 (7) : 74 — 80. [Wang Qunwei, Zhou Dequn. An Empirical Study on the Change of Total Factor Energy Efficiency in China [J]. Systems Engineering, 2008, 26 (7) : 74 — 80.]

[19] 屈小娥. 中国省际全要素能源效率变动分解——基于Malmquist 指数的实证研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2009, (8) : 29 — 43. [Qu Xiaoe. China's Interprovincial Total Factor Energy Efficiency Change Decomposes [J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2009, (8) : 29 — 43.]

[20] 李治, 李国平. 中国城市能源效率差异特征及影响因素分析[J]. 经济理论与经济管理, 2010, (7) : 17 — 23. [Li Zhi, Li Guoping. A Study on the Regional Difference of Chinese Urban Energy Efficiency and Its Influential Factors

[J] . Economic Theory and Business Management, 2010, (7) : 17 — 23.]

[21] 廖虎昌, 董毅明. 基于 DEA 和 Malmquist 指数的西部 12 省水资源利用效率研究 [J] . 资源科学, 2011, 33 (2) : 273 — 279. [Liao Huchang, Dong Yiming. Utilization Efficiency of Water Resources in 12 Western Provinces of China Based on the DEA and Malmquist TFP Index [J] . Resources Science, 2011, 33 (2) : 273 — 279.]

(编辑: 田红)