

经济增长绿色指数的构建与分析

——基于 DEA 方法

林卫斌¹, 陈 彬²

(1. 北京师范大学 经济与资源管理研究院, 北京 100875;

2. 北京师范大学 环境学院, 北京 100875)

摘 要:文章引入非参数线性规划方法构建各地区经济增长的绿色指数, 衡量创造 GDP 过程中资源消耗强度和环境污染程度, 并对绿色指数的地区差异和变化趋势进行分析。结果表明: (1) 各地区经济增长对资源依赖和环境污染的程度呈现出较大的差异性; (2) 绿色指数与能耗强度存在负相关关系, 与人均 GDP 存在显著的正相关关系; (3) “十一五”前三年各地区经济增长的绿色指数都有不同程度的提高, 各地区经济增长的绿色指数并没有收敛, 反而呈现出一定程度的发散趋势。文章所测度的 GDP 绿色指数及其变化情况可以作为衡量“节能减排”效果的综合性指标。

关键词:绿色指数; 绿色前沿; 数据包络

中图分类号:F205 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2011)04-0048-11

一、引 言

在工业化进程中, 经济增长必然伴随着资源消耗与环境污染。受发展阶段、资源禀赋、技术水平和体制机制等多种因素的影响, 中国经济增长具有高消耗、高污染的特征。经济在持续快速增长的同时也消耗了大量的不可再生资源, 并导致了严重的生态破坏和环境污染, 资源瓶颈与环境约束日益凸显, 经济社会的可持续发展受到严峻的威胁和挑战。中国政府对此高度重视, 提出全面转变经济发展方式的战略部署, 把建设资源节约型和环境友好型社会作为加快经济发展方式转变的重要着力点, 并加大力度实施“节能减排”的重大举措。“十一五”规划中明确提出到 2010 年能耗强度比 2005 年下降 20%、主要污染物排放总量减少 10% 的约束性目标。这彰显了国家转变经济发展

收稿日期:2010-12-28

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金资助重大项目(2009AC-6); 国家高技术研究发展计划(863 计划)重大项目子课题(2009AA06A419); 教育部新世纪优秀人才计划(NCET-090226)

作者简介:林卫斌(1981-), 男, 福建安溪人, 北京师范大学经济与资源管理研究院讲师, 北京师范大学中国能源与战略资源研究中心副主任。

陈 彬(1972-), 男, 湖南益阳人, 北京师范大学环境学院副教授, 博士生导师。

方式、推动绿色增长的决心。那么,中国经济增长总体上对资源消耗和环境污染的程度如何?在国家大力实施“节能减排”的背景下,“十一五”期间在创造 GDP 的过程中资源消耗和环境污染的程度有着怎样的变化趋势?

人们通常构建“指数”作为综合性指标以对某种水平或程度进行衡量和比较。^①其中,“绿色指数”(Green Index)或类似的指数被广泛用以衡量不同国家或地区环境污染的程度并进行比较。比如,Hall 和 Kerr(1991)构建绿色指数对美国 50 个州的环境质量进行了评估;美国耶鲁大学和哥伦比亚大学利用合作开发的“环境绩效指数”(EPI)对不同国家的环境状况进行了系统的量化比较,评估了各国政府在环境保护方面的表现;^②美国国家地理学会使用发布的绿色指数衡量了消费者行为对环境的影响。类似地,我们可以构建“GDP 绿色指数”来衡量一个国家或地区在创造 GDP 的过程中对自然资源的依赖程度和所导致的环境污染程度。这里,“绿色”既考虑环境污染问题,也考虑资源消耗问题。

不同于传统的建立指标体系和权重的指数构建方法,本文引入被广泛运用于测算生产效率的非参数线性规划的数据包络法(Data Envelopment Analysis, DEA)来构建经济增长的绿色指数,并用以测度全国除西藏、香港、澳门和台湾之外^③的 30 个省、市、自治区经济增长的绿色指数,分析绿色指数的地区差异和“十一五”前三年的变化趋势。

二、研究方法

人们在测度绿色指数时通常都采用构建指标体系并赋予各指标一定的权重进行综合评分的方法。这种测度方法的最大问题在于具有较强的主观性。为了避免这种主观性,本文引入非参数线性规划方法,借鉴经济学家和运筹学家在测度生产效率中发展起来的数据包络分析来测度 GDP 绿色指数。

Farrell(1957)首次提出衡量多种投入品的生产效率问题。以两种投入品 x_1 和 x_2 生产单一产品 y 为例,如图 1 所示的单位等产量曲线 SS' 代表最有效率企业的生产技术,即生产的技术效率前沿(efficient frontier)。如果一家企业生产单位产出的投入品组合位于 SS' 曲线的右侧,如 C 点,则该企业的生产技术是缺乏效率的,无效率部分为 BC,因为

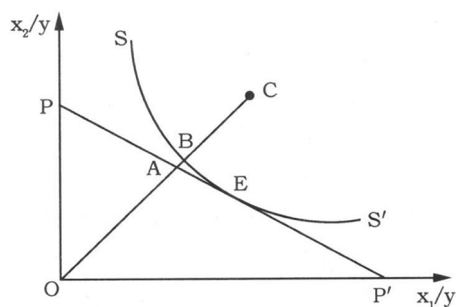


图 1 Farrell 技术效率

与效率前沿相比,同样生产一单位产出企业 C 的所有投入品从 B 点同比例增加到 C 点。因此,BC/OC 代表了企业通过提高技术效率,在不减少产出的情

况下能够节约的投入品的比例,相应地, $1-BC/OC$ 即 OB/OC 衡量了一个企业的技术效率(technical efficiency, TE)。TE的取值在0和1之间,TE值为1表示企业具有完全的技术效率,而TE值越小表示企业的技术效率越低。

Farrell 技术效率的测度方法不仅适用于企业,还适用于国家或地区的生产技术效率的测度。^④比如,如果把一个国家或地区的生产总值作为产出,把资本和劳动等生产要素作为投入品,则上述方法可以测度各地区的全要素生产率。不过,在测算各地区投入产出效率时,通常只考虑资本、劳动等可货币化的生产要素作为投入品。实际上,除了资本和劳动等生产要素外,自然资源与环境也是必不可少的投入品,只是生产过程中所使用的自然资源的部分成本^⑤和排放出来的污染物对环境污染所造成的成本通常会作为外部成本由全社会承担。我们可以借鉴 Farrell 测度技术效率的方法,把地区生产总值作为产出,把生产过程中所消耗的各种资源和所产生的各种污染物排放作为投入品。^⑥如果说把可以货币化的各种生产要素作为投入测度的是技术效率,那么把难以完全货币化的各种资源消耗和污染物排放作为投入测度的则是经济增长的绿色指数,因为它衡量的是生产单位 GDP 所消耗的自然资源和所造成的环境污染的程度。令 x_1 和 x_2 代表资源的消耗量和环境污染物的排放量, y 代表地区生产总值,则图 1 中 SS' 曲线代表生产单位地区生产总值所需资源和污染物排放的最优组合,类似于技术效率前沿,我们可以将其定义为“绿色前沿”(green frontier)。如果一个地区生产单位 GDP 所消耗的自然资源和所产生的环境污染物排放量组合位于绿色前沿 SS' 曲线右侧,如 C 点,则该地区经济增长的绿色程度较低,因为与绿色前沿相比,该地区生产单位 GDP 所需要消耗的自然资源和所产生的环境污染物从 B 点增加到 C 点。这样, OB/OC 就可以衡量一个地区经济增长的绿色程度,我们将其定义为“绿色指数”(green index, GI)。GI 的取值在 0 和 1 之间。如果一个地区的生产处于绿色前沿,则该地区经济增长的绿色指数为 1; 而一个地区的生产离绿色前沿越远,则该地区经济增长的绿色指数就越低。

在具体测度中,绿色前沿(或技术效率前沿)需要从给定的样本数据中估计, Farrell 给出了两种可供选择的估计方法:一是非参数分段线性凸前沿构建;二是参数前沿方程估计,如 Cobb-Douglas 生产函数。其中,前者被 Charnes、Cooper 和 Rhodes (1978) 发展成一种非参数数学规划方法,又被广泛称为数据包络分析法 (DEA)。Burley (1980)、Banker、Charnes 和 Cooper (1984)、Fare 等 (1994)、Lovell (1994)、Coelli (1997) 等在运用中不断发展和完善了 DEA 方法。

根据 DEA 方法,假定有 k 个地区,在生产过程中消耗 n_1 种自然资源,排放出 n_2 种环境污染物,且 $n_1 + n_2 = n$ 。我们用 k 维向量 Y 表示各地区生产总值,用 $n \times k$ 矩阵 X 表示资源消费量和环境污染物排放量。那么第 i 个地区的

绿色指数可以通过求解如下线性规划问题来测度:

$$\begin{aligned} \min_{\theta, \lambda} & \theta \\ \text{st } & Y\lambda \geq y_i, X\lambda \geq \theta x_i, \lambda \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

其中, θ 是常量, λ 是 k 维向量, $\lambda = (\lambda_1, \lambda_1, \dots, \lambda_k)'$ 。上述规划问题所求得的 θ 值就是第 i 个地区的绿色指数 GI_i , 对上述线性规划问题求解 k 次就可以测算出每个地区经济增长的绿色指数。

需要指出的是, 规划问题(1)建立在资源消耗和环境污染规模报酬不变的前提假设下, 我们可以放宽这一假设, 测算可变规模报酬下的经济增长绿色指数, 并计算规模效应。图 2 直观地反映了规模报酬的不同假设对绿色指数的影响。

如图 2 所示, 基于不变规模报酬与可变规模报酬的不同假设, 从同样的样本数据中估计出不同的绿色前沿(分别对应图 2 中的实线与虚线), 由此测度的绿色指数也自然存在差异。如图中的 P 点, 在不变规模报酬下, 其绿色指数为 $GI_C = AP_C/AP$; 在可变规模报酬下, 其绿色指数为 $GI_V = AP_V/AP$ 。 $GI_C/GI_V = AP_C/AP_V$ 衡量了影响绿色指数的规模效应

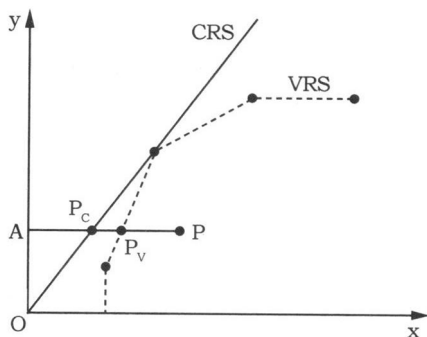


图 2 绿色指数的规模效应

(SE), 即由于经济规模处于资源消耗量和环境污染物排放量的规模报酬递增或递减阶段对绿色指数的影响。这样, 我们可以把绿色指数分解为纯绿色指数和规模效应两个部分, 即 $GI_C = GI_V \times SE$, 并通过观察绿色指数的规模效应来分析经济增长与资源消耗、环境污染之间的相关关系。

为了测度可变规模报酬下的绿色指数, 我们需要在规划问题(1)中加入一个约束条件, 此时问题变为:

$$\begin{aligned} \min_{\theta, \lambda} & \theta \\ \text{st } & Y\lambda \geq y_i, X\lambda \leq \theta x_i, \sum_{j=1}^k \lambda_j = 1, \lambda \geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

求解规划问题(2)的 θ 值就是可变规模报酬下第 i 个地区的绿色指数 GI_V 。

除了运用 DEA 方法测度各地区经济增长的绿色指数外, 我们还可以采用面板数据进行线性规划, 借鉴被广泛运用于衡量全要素生产率(TFP)变化的 Malmquist 指数来分析各地区绿色指数的变化趋势, 并把这一变化分解为绿色前沿的变化和相对绿色指数的变化两部分。具体有:

$$m(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t) = \left[\frac{d^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d^t(x_t, y_t)} \times \frac{d^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

其中: $d^t(x_t, y_t) = \min_{\theta, \lambda} \theta$

$$\text{st } Y_t \lambda \geq y_{it}, X_t \lambda \leq \theta x_{it}, \lambda \geq 0 \quad (4)$$

$$d^{t+1}(x_t, y_t) = \min_{\theta, \lambda} \theta$$

$$\text{st } Y_{t+1} \lambda \geq y_{it}, X_{t+1} \lambda \leq \theta x_{it}, \lambda \geq 0 \quad (5)$$

$$d^t(x_{t+1}, y_{t+1}) = \min_{\theta, \lambda} \theta$$

$$\text{st } Y_t \lambda \geq y_{i,t+1}, X_t \lambda \leq \theta x_{i,t+1}, \lambda \geq 0 \quad (6)$$

$$d^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}) = \min_{\theta, \lambda} \theta$$

$$\text{st } Y_{t+1} \lambda \geq y_{i,t+1}, X_{t+1} \lambda \leq \theta x_{i,t+1}, \lambda \geq 0 \quad (7)$$

通过式(3)至式(7)计算所得的 m 值可以衡量第 i 个地区 $t+1$ 期相对于 t 期经济增长绿色指数的变化情况。 m 值大于 1 意味着该地区经济增长的绿色指数提高,经济增长过程中对资源的依赖程度和对环境污染的程度减轻;而 m 值小于 1 则意味着该地区绿色指数降低,经济增长中的资源消耗和环境污染程度加深。

我们还可以把一个地区绿色指数的变化分解为两部分:第一,

$$\left[\frac{d^t(x_t, y_t)}{d^{t+1}(x_t, y_t)} \times \frac{d^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}}$$

表示绿色前沿的变化,衡量所有地区绿色指数的变化情况;第二, $\frac{d^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d^t(x_t, y_t)}$ 表示某地区相对绿色指数的变化。

$$\begin{aligned} m &= \left[\frac{d^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d^t(x_t, y_t)} \times \frac{d^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= \left[\frac{d^t(x_t, y_t)}{d^{t+1}(x_t, y_t)} \times \frac{d^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \times \frac{d^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d^t(x_t, y_t)} \end{aligned}$$

三、绿色指数的测度结果与地区差异分析

我们选择全国除西藏、香港、澳门和台湾之外的 30 个省、市、自治区作为研究对象,测度各地区经济增长的绿色指数,即在创造地区 GDP 过程中资源消耗和环境污染的程度。考虑到当前中国经济社会发展所面临的能源瓶颈和政府的“节能减排”战略举措,我们用能源消耗代表资源消耗,并用一次能源消费总量作为衡量能源消耗的指标。而主要环境污染物排放量是衡量环境污染的重要指标,《中国环境统计年鉴》所统计的主要污染物排放量包括“二氧化硫排放量”、“烟尘排放量”、“粉尘排放量”、“化学需氧量排放量”、“氨氮排放量”和“工业固体废物排放量”等六种。考虑到“工业固体废物排放量”某些省市数据缺失,我们选择前五种主要环境污染物排放量作为衡量环境污染的主要指标。^⑦需要说明的是,由于本文所测度的是 GDP 绿色指数,在污染物排放量上只考虑生产过程中产生的污染物排放,而居民生活过程中所产生的污染物排放则不在计算范围之内。^⑧而对能源消费,由于生活用能占能源消费总量的比重不到 11%,我们直接用一次能源消费总量作为投入变量。

以 2008 年各地区经济增长的绿色指数作为测度和分析对象,作为产出变量的地区 GDP 采用 2005 年不变价格,^⑨作为投入变量的能源消费量和主要污染物排放量采用绝对额。表 1 给出了软件 DEAP2.1 测算的结果。^⑩

首先不考虑规模效应的影响,在环境污染规模报酬(即 GDP/环境污染物排放量)不变的假设下估计绿色前沿,并由此测度各地区经济增长的绿色指数,即表 1 中的 GIC。我们用图 3 直观地反映 2008 年各地区 GDP 绿色指数的差异情况。

表 1 各地区 GDP 绿色指数(2008 年)

地区	GIC	GIV	SE	阶段	地区	GIC	GIV	SE	阶段
北 京	1	1	1	不变	湖 南	0.507	0.508	0.999	不变
上 海	1	1	1	不变	吉 林	0.499	0.52	0.96	递增
广 东	0.9	1	0.9	递减	黑 龙 江	0.499	0.506	0.985	递增
福 建	0.843	0.855	0.986	递减	湖 北	0.485	0.485	0.999	不变
浙 江	0.821	0.885	0.928	递减	四 川	0.452	0.458	0.988	递减
天 津	0.816	1	0.816	递增	辽 宁	0.433	0.445	0.972	递减
江 苏	0.8	0.882	0.907	递减	云 南	0.41	0.434	0.946	递增
海 南	0.736	1	0.736	递增	河 北	0.373	0.391	0.954	递减
江 西	0.697	0.723	0.964	递增	新 疆	0.327	0.358	0.913	递增
安 徽	0.598	0.607	0.985	递增	甘 肃	0.321	0.368	0.872	递增
广 西	0.581	0.603	0.964	递增	内 蒙 古	0.298	0.306	0.973	递增
山 东	0.567	0.642	0.884	递减	贵 州	0.262	0.558	0.47	递增
河 南	0.527	0.558	0.945	递减	山 西	0.246	0.255	0.966	递增
陕 西	0.524	0.542	0.967	递增	青 海	0.224	0.498	0.449	递增
重 庆	0.514	0.539	0.953	递增	宁 夏	0.175	0.352	0.497	递增
平均	0.548	0.609	0.896						

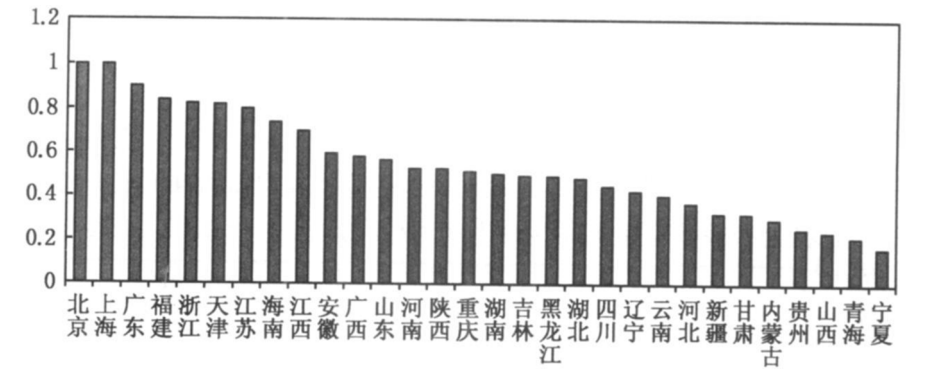


图 3 各地区绿色指数排序(2008 年)

测度结果表明,各地区经济增长对环境污染的程度呈现出较大的差异性。北京和上海两个地区在创造 GDP 过程中能源消耗和环境污染的程度最低,处于绿色前沿,其绿色指数均为 1。总体上看,广东、福建、浙江、天津、江苏和海南等东部发达地区经济增长的绿色指数排名靠前,东北和中部地区经济增长

的绿色指数排名则相对靠后。宁夏、青海、山西、贵州和内蒙古等地区经济增长过程中资源消耗和环境污染的程度最为严重,远离绿色前沿,其 GDP 绿色指数均在 0.3 以下。

经济增长绿色指数的省际差异反映了各地区经济增长方式的不同。通常绿色指数较高的地区,农业和服务业在 GDP 中所占的比重相对较大,经济增长对能源投入的依赖程度相对较低,对生态环境的破坏程度也较低;而绿色指数低的地区,其经济增长则主要依赖工业特别是重化工业来拉动,呈高投入、高污染的特征。如图 4 所示,绿色指数与能耗强度存在明显的负相关关系(相关系数为-0.86)。绿色指数在 0.6 以上的地区,其能耗强度

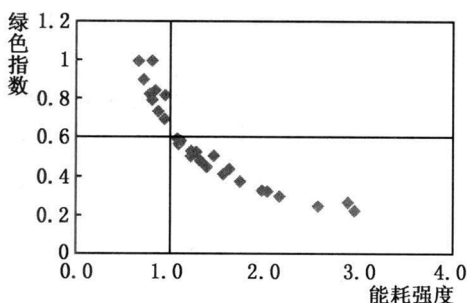


图 4 能耗强度与绿色指数(2008 年)

都小于 1;而能耗强度大于 1 的地区,其绿色指数都小于 0.6。这表明降低能耗强度是转变经济发展方式、实现绿色增长的必然选择,中国政府在“十一五”规划中提出的能耗强度下降 20% 的目标具有重要的意义。^⑩

无论是绿色指数还是能耗强度,都与一个地区的经济发展水平密不可分。如图 5 所示,绿色指数与人均 GDP 二者存在显著的正相关关系(相关系数为 0.74)。人均 GDP 在 3 万元以上的地区,其绿色指数基本都在 0.6 之上;而绿色指数在 0.6 之下的地区,其人均 GDP 都在 3 万元以下。这表明随着经济发展水平的提高,经济增长对资源消耗和环境污染的程度会逐步降低。不过,图 5 还显示,福建、海南与江西三个地区的人均地区生产总值都在 3 万元以下,而其绿色指数却较高,分别为 0.843、0.736 和 0.697。这反映了三个地区具有特殊的产业结构:福建和江西的经济增长虽然以工业为主导,但是由于特定的历史原因,在产业布局上主要以轻工业为主,而重化工业的发展则相对滞后;海南的农业和旅游业是其两大主导产业,在地区生产总值中,第一产业和

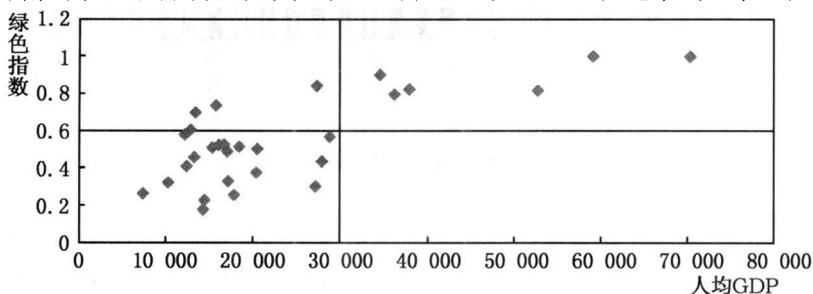


图 5 人均 GDP 与绿色指数(2008 年)

第三产业的比重分别为 28%和 45%,而第二产业只占 27%。

四、绿色指数的变化趋势

“十一五”是中国政府大力实施“节能减排”重大战略举措的关键时期,为确保实现单位国内生产总值能耗降低 20%左右、主要污染物排放总量减少 10%的约束性目标,政府出台了一系列政策法规和保障措施。那么,节能减排战略的实施对实现经济的绿色增长有怎样的促进作用?我们可以运用 2005—2008 年 31 个省、市、自治区的面板数据,通过求解规划问题(4)至(7)构造 Malmquist 指数来衡量各地区经济增长绿色指数的变化趋势(见表 2)。GDP 绿色指数的变化情况可以作为衡量各地区节能减排政策效果的综合性指标。

表 2 各地区绿色指数的变化趋势(2006—2008 年)

地区	2006 年	2007 年	2008 年	平均	地区	2006 年	2007 年	2008 年	平均
北 京	1.491	1.194	1.355	1.341	河 南	1.031	1.043	1.054	1.042
天 津	1.116	1.073	1.126	1.105	湖 北	1.033	1.042	1.072	1.049
河 北	1.032	1.042	1.068	1.047	湖 南	1.035	1.046	1.072	1.051
山 西	1.02	1.047	1.08	1.049	广 东	1.03	1.033	1.045	1.036
内蒙古	1.026	1.047	1.068	1.047	广 西	1.026	1.034	1.041	1.034
辽 宁	1.037	1.042	1.054	1.044	海 南	1.011	1.008	1.027	1.015
吉 林	1.035	1.046	1.053	1.045	重 庆	1.035	1.046	1.052	1.044
黑龙江	1.034	1.043	1.05	1.042	四 川	1.033	1.046	1.042	1.04
上 海	1.106	1.247	1.153	1.167	贵 州	1.031	1.042	1.068	1.047
江 苏	1.036	1.044	1.062	1.047	云 南	1.015	1.041	1.05	1.036
浙 江	1.037	1.044	1.058	1.046	陕 西	1.035	1.048	1.063	1.049
安 徽	1.031	1.043	1.047	1.04	甘 肃	1.027	1.043	1.053	1.041
福 建	1.041	1.098	1.076	1.071	青 海	0.994	1.031	1.043	1.023
江 西	1.033	1.044	1.063	1.046	宁 夏	1.01	1.037	1.073	1.04
山 东	1.036	1.048	1.069	1.051	新 疆	1.011	1.032	1.032	1.025
平 均	1.046	1.055	1.071	1.057					

如表 2 所示,“十一五”前三年除了青海省 2006 年的绿色指数略有下降外,各地区经济增长的绿色指数都有不同程度的提高。其中,北京市的绿色指数提高的幅度最大,这可能主要得益于北京为举办 2008 年奥运会所做的各种努力,2006—2008 年北京市能耗强度累计下降 17.4%,比全国平均水平高出近 5 个百分点。从全国平均水平看,2006 年、2007 年和 2008 年经济增长的绿色指数分别提高了 4.6%、5.5%和 5.7%,这反映了“十一五”期间中国在节能减排方面取得了一定的成效。能耗强度从 2005 年的 1.276 吨标煤/万元下降到 2008 年的 1.117 吨标煤/万元,三年累计下降了 12.5%;生产过程中所排放的二氧化硫、烟尘、粉尘、化学需氧量和氨氮等主要环境污染物总量累计分别减少了 8.2%、29.3%、35.8%、17.5%和 43.4%(见表 3)。

各地区绿色指数的变化可以分解为绿色前沿的变化和相对绿色指数的变化,后者又可以分解为纯绿色指数变化和规模效应变化两部分。分解结果见

表 3 能耗强度与主要污染物排放量(2005—2008 年)

时间	能耗强度 (吨标煤/万元)	二氧化硫 (万吨)	烟尘 (万吨)	灰尘 (万吨)	化学需氧量 (万吨)	氨氮 (万吨)
2005	1.276	2168.4	948.9	911.2	554.7	52.5
2006	1.241	2234.8	864.5	808.4	541.5	42.5
2007	1.179	2140	771.1	698.7	511.1	34.1
2008	1.117	1991.4	670.7	584.9	457.6	29.7
累计下降	—12.5%	—8.2%	—29.3%	—35.8%	—17.5%	—43.4%

资料来源:《中国统计摘要 2010》和《中国环境统计年鉴 2009》。

表 4,其中,绿色指数变化=绿色前沿变化×相对绿色指数变化,相对绿色指数变化=纯绿色指数变化×规模效应变化。

表 4 各地区绿色指数年均变化的分解(2006—2008 年)

地区	相对绿色 指数 变化	绿色 前沿 变化	纯绿色 指数 变化	规模 效应 变化	绿色 指数 变化	地区	相对绿色 指数 变化	绿色 前沿 变化	纯绿色 指数 变化	规模 效应 变化	绿色 指数 变化
北京	1	1.341	1	1	1.341	河南	0.972	1.072	0.991	0.982	1.042
天津	1.014	1.089	1.069	0.949	1.105	湖北	0.978	1.072	0.978	1	1.049
河北	0.977	1.072	0.992	0.985	1.047	湖南	0.98	1.072	0.980	1	1.051
山西	0.978	1.072	0.985	0.993	1.049	广东	0.966	1.072	1	0.966	1.036
内蒙古	0.976	1.072	0.979	0.997	1.047	广西	0.964	1.072	0.970	0.994	1.034
辽宁	0.974	1.072	0.983	0.991	1.044	海南	0.947	1.072	1	0.947	1.015
吉林	0.974	1.072	0.981	0.994	1.045	重庆	0.974	1.072	0.982	0.992	1.044
黑龙江	0.972	1.072	0.975	0.997	1.042	四川	0.97	1.072	0.974	0.996	1.040
上海	1	1.167	1	1	1.167	贵州	0.977	1.072	1.031	0.947	1.047
江苏	0.977	1.072	1.008	0.969	1.047	云南	0.966	1.072	0.977	0.989	1.036
浙江	0.976	1.072	1	0.976	1.046	陕西	0.978	1.072	0.983	0.995	1.049
安徽	0.970	1.072	0.973	0.997	1.040	甘肃	0.971	1.072	0.997	0.974	1.041
福建	0.999	1.072	1.003	0.996	1.071	青海	0.954	1.072	1.004	0.95	1.023
江西	0.976	1.072	0.983	0.993	1.046	宁夏	0.97	1.072	1.027	0.944	1.040
山东	0.980	1.072	1.016	0.965	1.051	新疆	0.956	1.072	0.973	0.983	1.025
平均	0.976	1.084	0.994	0.982	1.057						

表 4 的分解结果显示,30 个省、市、自治区中,北京和上海两个地区始终处于绿色前沿,其相对绿色指数保持不变;只有天津市的相对绿色指数大于 1,表明该地区一定程度地向绿色前沿靠拢;其他 27 个地区的相对绿色指数都小于 1,表明这些地区都不同程度地远离绿色前沿,特别是海南、青海和新疆等地区。总体上看,2006—2008 年各地区相对绿色指数的平均值为 0.976,说明各地区经济增长的绿色指数并没有向绿色前沿收敛,反而呈现出一定程度的发散趋势。不过,从另一个层面看,各地区相对绿色指数并没有发生特别大的变化,绿色前沿的变化使得所有地区的绿色指数都有不同程度的提升,即使是相对绿色指数下降幅度最大的海南地区。这说明,各地区经济增长过程中对能源的消耗强度和环境污染的程度均有所下降。

五、结 论

经济增长过程中不可避免地会导致资源消耗和环境污染,本文借鉴生产

效率的测度方法,把能源消费和主要环境污染物排放视为创造 GDP 过程中的必需投入品,把 GDP 作为产出,运用数据包络方法测度各地区的 GDP 绿色指数,综合衡量经济增长过程中能耗强度和环境污染程度。主要结论是:

(1)各地区经济增长能源消耗强度和环境污染程度呈现出较大的差异性。北京和上海两个地区在创造 GDP 过程中能源消耗强度和环境污染程度最低,其绿色指数均为 1;广东、福建、浙江、天津、江苏和海南等东部发达地区经济增长的绿色指数排名靠前;东北和中部地区经济增长的绿色指数排名则相对靠后。宁夏、青海、山西、贵州和内蒙古等地区在经济增长过程中资源消耗和环境污染最为严重,远离绿色前沿,其 GDP 绿色指数均在 0.3 以下。

(2)绿色指数与能耗强度存在负相关关系,与人均 GDP 存在显著的正相关关系。绿色指数在 0.6 以上的地区,其能耗强度都小于 1;而能耗强度大于 1 的地区,其绿色指数都小于 0.6。人均 GDP 在 3 万元以上的地区,其绿色指数都在 0.6 之上;而绿色指数在 0.6 之下的地区,其人均 GDP 都在 3 万元以下。

(3)从纵向角度看,“十一五”前三年各地区经济增长的绿色指数都有不同程度的提高,这反映了“十一五”期间中国在节能减排方面取得了很大的成效。另外,各地区经济增长的绿色指数并没有向绿色前沿收敛,反而呈现出一定程度的发散趋势。

注释:

- ①比如,联合国开发计划署(UNDP)通过构建人类发展指数以综合衡量各成员国经济社会发展的水平。
- ②环境绩效指数测度结果通过在瑞士举办的达沃斯世界经济论坛发布,根据 2010 年最新发布的报告,在 163 个国家中中国列居第 121 位,反映了中国环境污染问题的严重性。
- ③地区的选择主要基于数据,特别是资源消耗和环境污染数据的可获得性。
- ④作为一个例证,Farrell 测度了美国 48 个州的农业生产效率。
- ⑤尽管自然资源的使用通常是有价的,但是由于人们对未来和“子孙后代”的需求往往考虑不足,资源使用价格并不能完全反映其机会成本。
- ⑥DEA 方法已被广泛运用于评价环境效率,参见王俊能等(2010)、刘勇等(2010)。
- ⑦在主要污染物减排方面,“十一五”规划设置了二氧化硫和化学需氧量(COD)两个考核指标。
- ⑧居民生活是环境污染物排放的重要来源之一。以 2008 年为例,生活过程中二氧化硫、烟尘、化学需氧量和氨氮的排放量分别占这些污染物排放总量的 14%、26%、65%和 77%。
- ⑨本文所使用的 GDP 数据来源于《中国统计年鉴 2010》。
- ⑩该软件由新英格兰大学(UNE)效率与生产率分析中心(CEPA)的 Coelli T.J.开发。
- ⑪根据制定规划时的数据,2005 年能耗强度为 1.22,降低 20%后为 0.96,低于 1;根据 2008 年经济普查后调整的数据,2005 年能耗强度为 1.276,降低 20%后为 1.02。

主要参考文献:

- [1]Hall B, Kerr M L. 1991—1992 Green index: A state-by-state guide to the nation's environmental health[M]. Washington, D.C. Island Press, 1991.

- [2] Farrell M J. The measurement of productive efficiency[J]. Journal of the Royal Statistical Society, 1957, 120(3): 253—290.
- [3] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units [J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2: 429—444.
- [4] Burley H. Productive efficiency in U.S. manufacturing: A linear programming approach [J]. Review of Economic and Statistics, 1980, 62(4): 619—622.
- [5] Banker R D, Charnes A, Cooper W W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis[J]. Management Science, 1984, 30: 1078—1092.
- [6] Fare R, Grosskopf S, Norris M, Zhang Z. Productivity growth, technical progress, and efficiency changes in industrialized countries[J]. American Economic Review, 1994, 84: 66—83.
- [7] Lovell C A K, Grosskopf S, Ley E, et al. Linear programming approaches to the measurement and analysis of productive efficiency[J]. Top, 1994, 2(2): 175—248.

Construction and Analysis of Green Index of Economic Growth: Based on DEA

LIN Wei-bin¹, CHEN Bin²

(1. School of Economics and Resource Management, Beijing Normal University,
Beijing 100875, China; 2. School of Environment, Beijing Normal
University, Beijing 100875, China)

Abstract: This paper introduces non-parametric linear programming to construct the green index of economic growth which measures the levels of resource consumption and environmental pollution in the process of creating GDP, and analyzes the regional differences and changing tendency of green index. The results are shown as follows: firstly, the dependence of economic growth on resources and the level of environmental pollution vary with the region; secondly, green index negatively correlates with energy use intensity, but is positively related to GDP per capita; thirdly, the regional green indexes of economic growth have improved from 2006 to 2008, but are featured by divergence to some extent. GDP green index in this paper and its changes could be taken as a comprehensive indicator of the effect of energy saving and emission reduction.

Key words: green index; green frontier; data envelopment analysis

(责任编辑 许 柏)