



中国各省循环经济发展效率 ——基于动态 DEA 方法的研究

吴力波 周 泱

摘要: 以工业“三废”的排放量作为负向产出指标,以工业总产值、工业企业从业人数和能源消费量作为正向投入指标,来评估各省的循环经济运行的效率水平。研究表明,再利用效率较高的省份主要分布在我国东南沿海,而排放效率较低的省份集中在西南、西北地区。绝大部分省份的再利用效率上升,技术效率提高和技术水平提高各贡献了一半的增长率。

关键词: 数据包络分析; 循环经济; 减排; 再利用

以建设节约型社会为突破口,我国在循环经济领域的实践正蓬勃展开。对于循环经济的理论内涵,“减量化(Reduce)、再利用(Reuse)、再循环(Recycle)”已成为学界普遍认同的操作原则。近年来,学界越来越关注循环经济评价,并提出许多评价方法。非参数分析法中的数据包络分析(Data Envelop analysis, DEA),因不需要考虑投入与产出间的函数关系,亦不需预先估计参数、权重假设,避免了主观因素,受到学界的重视。本文尝试同时考察各省市循环经济在横截面和时间序列上的发展情况。

一、研究方法 with 工具

(一) 数据包络分析

数据包络分析的概念是由 Farrell(1957)首先提出的,Charnes、Cooper、Rhode(1978)在此基础上建立了 DEA 模型的分析框架和数学方法。Charnes 和 Cooper 等人最初建立的是规模报酬不变(Constant Return to Scale, CRS)的 DEA 模型,后来 DEA 模型发展出了规模报酬可变(Variable Return to Scale, VRS),规模报酬非递增(Non-increasing Return to Scale, NIRS)和规模报酬非递减(Non-decreasing Return to Scale, NDRS)的模型。

数据包络分析的目标是评价各决策单元($DMU_j, j=1, 2, \dots, n$)的效率,引入指标 h_j 来评价:

$$h_j = \frac{u^T Y_j}{v^T X_j}$$

这里 u 和 v 为对投入品 X 和产出品 Y 的度量,也称权,也可理解为 X 和 Y 的相对价格。笔者人为规定 $h_j \leq 1$ (即效率不超过 100%),且假定所有投入、产出、价格都非负,就有 $h_j \geq 0$ 。

评价一个特定的厂商 $DMU_0(X_0, Y_0)$ 生产是否有效,可以通过求解以下分式规划:

$$\begin{cases} \max h_0 = \frac{u^T Y_0}{v^T X_0} \\ \frac{u^T Y_j}{v^T X_j} \leq 1, j=1, 2, \dots, n, \\ u \geq 0, v \geq 0. \end{cases}$$

其中 X_0, Y_0 为该厂商的投入品、产出品 的向量。

即是规模报酬不变(CRS)的 DEA 模型的基本表达形式。对应的生产可能集为:

$$T_{CR} = \{(X, Y) \mid \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j \leq X, \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j \geq Y, \lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, n\}$$

若最优解为 1, 则其投入-产出组合落在生产可能性边界上, 若小于 1 则落在边界内。

(二) Malmquist 指数分解分析

运用 Malmquist 指数分析, 首先定义一个距离函数 $D(X, Y)$, 距离函数反映了当前生产与生产可能性边界(CRS 边界)的距离, 也即是上述效率指标的另一种表述。

$$D^t(X_j^t, Y_j^t) = \theta_{CRS_j}^t$$

上式中 (X_j^t, Y_j^t) 为样本 j 在 t 期的投入产出关系, $\theta_{CRS_j}^t$ 为样本 j 在 t 期根据 CRS-DEA 模型得到的全要素效率。

(X_j^t, Y_j^t) 和 (X_j^{t+1}, Y_j^{t+1}) 为样本 j 分别在 t 期和 $t+1$ 期的投入产出关系。投入产出关系从 (X_j^t, Y_j^t) 向 (X_j^{t+1}, Y_j^{t+1}) 的变化就是该样本从 t 期到 $t+1$ 期全要素效率的变化。这一变化不仅来源于技术水平的变化(即生产可能性边界随时间的变化而变化), 也来源于技术利用效率的变化(即该样本距离生产可能性边界的距离随时间的变化而变化)。通过 Malmquist 指数分析, 将全要素效率变化的指标 TFPCh (Total Factor Productivity Change) 分解为技术效率变化和技术水平变化两部分:

$$TFPCh_j^{t+1} = EffCh_j^{t+1} * TechCh_j^{t+1}$$

$EffCh_j^{t+1}$ 反映了 t 期到 $t+1$ 期技术利用效率的变化, 即对当期技术利用的充分程度的变化, 而 $techCh_j^{t+1}$ 反映了 t 期到 $t+1$ 期的生产可能性边界的变化, 称为技术水平变化。

二、变量选取与数据分析

(一) 循环经济“减排”环节的效率评价

为了分析中国各省循环经济中“减排”环节的现状, 笔者选择工业部门作为代表性部门, 以工业“三废”: 废物、废水、废气的排放量作为负向产出指标, 以工业总产值、工业企业从业人数和能源消费量作为正向投入指标, 来衡量各省的循环经济“减排”环节的运行情况。衡量的基本原则是, 在既定的排放量条件下, 各正向投入量越多, 则减排效果越好; 或在既定的投入量条件下, 各负向产出越少, 减排效果越好。

本研究选取了 2003—2010 年间全国 30 个省市自治区(除西藏外)的投入-产出数据。

1. 静态分析

利用数据包络分析可对工业部门的减排效果作更细致的分析。由于传统 DEA 模型与本研究存在投入-产出方向上的颠倒, 传统的投入导向 DEA 模型规划了既定产出下投入指标尽可能少的边界情况, 而本研究规划在既定投入(产值、就业、能源)下产出指标(工业“三废”)尽可能少的情况。根据线性规划的对偶理论, 可对调投入-产出位置, 即将工业“三废”作为投入指标 X , 产值、就业、能源作为产出指标 Y , 建立投入导向的 CRS-DEA 模型。利用 DEAP2.1 程序求解排放效率, 结果如表 2。

从整体看, 北京、上海、广东、海南等省处于全国排放效率前列, 平均排放效率接近 1; 而河北、辽宁、广西等省处于排放效率末尾, 平均排放效率不足 0.5。从时间趋势看, 各省呈现截然不同的状态, 北京、

表 1 投入-产出数据的基本指标

	指标	2003 年	2010 年	年均增长率
投入指标	工业总产值(亿元)	142271	698590	25.52%
	大中型工业企业从业人数(万人)	3224	9544	16.77%
	能源消费总量(万吨标煤)	199333	389509	10.04%
产出指标	工业固体废物产生量(万吨)	100428	240944	13.32%
	工业废水排放总量(万吨)	2122527	2374732	1.62%
	工业废气排放总量(亿标立方米)	198906	519168	14.69%

表 2 各省市排放效率结果

	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	几何平均	2010 年排名
北京	1	1	1	1	1	1	1	1	1.000	1
天津	1	1	0.815	0.856	0.843	0.847	0.875	0.781	0.874	7
河北	0.623	0.497	0.477	0.423	0.397	0.442	0.336	0.334	0.433	29
山西	0.947	0.953	1	0.64	0.595	0.504	0.52	0.397	0.659	27
内蒙古	0.691	0.819	0.898	0.695	0.742	0.639	0.711	0.502	0.703	22
辽宁	0.585	0.637	0.421	0.422	0.551	0.311	0.518	0.536	0.487	20
吉林	0.877	0.819	0.696	0.765	0.886	0.8	0.725	0.688	0.779	11
黑龙江	0.929	0.971	0.992	1	1	0.873	0.704	0.759	0.897	8
上海	0.986	0.976	1	1	1	1	0.991	0.999	0.994	4
江苏	0.619	0.658	0.607	0.548	0.766	0.844	0.886	0.828	0.710	5
浙江	0.762	0.794	0.766	0.678	0.737	0.815	0.759	0.789	0.761	6
安徽	0.712	0.691	0.618	0.565	0.46	0.374	0.419	0.398	0.515	26
福建	0.842	0.772	0.679	0.624	0.63	0.719	0.698	0.588	0.690	18
江西	0.725	0.62	0.636	0.578	0.628	0.535	0.522	0.488	0.587	23
山东	0.954	0.834	0.799	0.785	0.745	0.691	0.734	0.603	0.762	17
河南	0.632	0.668	0.621	0.68	0.733	0.649	0.622	0.667	0.658	13
湖北	0.77	0.673	0.684	0.691	0.901	0.758	0.745	0.755	0.744	9
湖南	0.882	0.855	1	1	1	0.911	0.815	0.695	0.889	10
广东	1	1	1	1	1	1	1	1	1.000	1
广西	0.342	0.278	0.37	0.379	0.357	0.381	0.36	0.376	0.354	28
海南	1	1	1	1	1	0.943	1	1	0.993	1
重庆	0.946	0.686	0.864	0.558	0.611	0.604	0.492	0.504	0.641	21
四川	0.919	0.899	0.924	0.783	0.488	0.796	0.822	0.616	0.765	15
贵州	1	0.917	0.936	0.763	0.817	0.801	0.744	0.682	0.826	12
云南	0.674	0.656	0.704	0.724	0.695	0.616	0.568	0.54	0.644	19
陕西	0.774	0.757	0.748	0.78	0.806	0.521	0.478	0.449	0.647	24
甘肃	0.576	0.674	0.657	0.756	0.709	0.641	0.583	0.647	0.653	14
青海	0.917	0.945	0.777	0.689	0.676	0.48	0.476	0.444	0.650	25
宁夏	0.803	0.845	0.691	0.718	0.619	0.517	0.484	0.267	0.586	30
新疆	0.938	1	0.909	0.907	0.907	0.784	0.724	0.608	0.838	16

上海、广东、海南四省一直处于排放效率前列，而安徽、江西、广西三省一直处于效率排名末尾；江苏、浙江、河南、湖北、甘肃五省在八年间排放效率排名迅速提升，特别是江苏省从 2003 年的 27 名跃升至 2010 年的第 5 名；而山西、重庆、青海、宁夏四省，八年间排名迅速下降，跌幅都在十位以上。

经济发展水平与排放效率呈现弱正相关关系，但并不显著。排放效率排名与人均 GDP 排名的相关系数为正，但相关程度不高， R^2 仅为 0.04。

2. 动态分析

为了更准确地分析各省排放效率的变化特征和动力，即分析技术水平变化和技术利用效率变化对排放效率的贡献，利用 Malmquist 指数分析方法分解全要素效率的变化。以下将全要素效率变化、技术效率变化和技术水平变化表示成百分比的形式，记为全要素效率变化率(TFPChp)、技术效率变化率(EffChp)和和技术水平变化率(TechChp)。

(1) 横向比较

将 TFPChp、EffChp 和 TechChp 按省分组，求年均变化率，可对比排放效率随时间变化的区别。

TFPChp 地区间比较的结果发现，30 个省市自治区中，全要素效率呈相对上升和下降的几乎各占一半：14 比 16。全要素效率提高最快的均是经济较发达地区，TFPChp 大于 5% 的七个省市：北京、上海、江苏、天津、广漠、内蒙古、浙江，同时也是人均 GDP 全国排名前 7 位(2010 年)的省份。TFPChp 小

表 3 效率指标的动态变化(年均)

地区	全要素效率变化率	技术水平变化率	技术效率变化率	地区	全要素效率变化率	技术水平变化率	技术效率变化率
北京	16.5%	16.5%	0.0%	河南	1.6%	0.8%	0.8%
天津	12.0%	16.1%	-3.5%	湖北	-0.9%	-0.7%	-0.3%
河北	-7.6%	1.1%	-8.5%	湖南	-3.4%	0.0%	-3.3%
山西	-1.0%	12.1%	-11.7%	广东	9.3%	9.3%	0.0%
内蒙古	8.2%	13.3%	-4.5%	广西	0.9%	-0.5%	1.4%
辽宁	1.8%	3.1%	-1.2%	海南	0.5%	0.5%	0.0%
吉林	-3.4%	0.0%	-3.4%	重庆	-6.6%	2.2%	-8.6%
黑龙江	-2.7%	0.2%	-2.8%	四川	-3.9%	1.7%	-5.5%
上海	16.2%	16.0%	0.2%	贵州	1.9%	7.7%	-5.3%
江苏	14.4%	9.7%	4.2%	云南	-3.6%	-0.5%	-3.1%
浙江	6.9%	6.4%	0.5%	陕西	-6.9%	0.6%	-7.5%
安徽	-5.4%	2.8%	-8.0%	甘肃	1.6%	-0.1%	1.7%
福建	-0.9%	4.4%	-5.0%	青海	-7.8%	2.3%	-9.8%
江西	-5.2%	0.3%	-5.5%	宁夏	-11.9%	3.1%	-14.5%
山东	4.1%	11.2%	-6.3%	新疆	-4.0%	2.1%	-6.0%
全国	0.4%	4.6%	-4.0%				

于-5%的七个省份主要是经济较落后的地区:宁夏、青海、河北、陕西、重庆、安徽、江西。从地域分布看,全要素效率相对提升较快的省份主要集中在华北和华东地区,东北、中南地区(除广东外)TFPChp都接近于0,而西南西北地区整体呈现全要素效率相对下降的趋势,九省区中有七个TFPChp为负。

EffCh 地区间比较显示,全国整体上技术效率呈相对下降趋势,由于:

$$\overline{\text{EffCh}}_j = \left[\left(\prod_{t=2004}^{2010} \text{EffCh}_j^t \right)^{1/7} - 1 \right] \times 100\% = \left[\left(\frac{D^{2010}(X_j^{2010}, Y_j^{2010})}{D^{2003}(X_j^{2003}, Y_j^{2003})} \right)^{1/7} - 1 \right] \times 100\%$$

北京、广东、海南三省由于2003年与2010年的全要素效率都为1,所以其八年间的技术效率无变化。有6个省份的年均技术效率变化率为正:江苏、甘肃、广西、河南、浙江和上海,说明它们相对全国平均而言,当期技术的利用效率提高了。这六个省份包括了全要素效率排名提升最快的五省之四(除湖北外)。其他21个省份的年均技术效率变化为负。其中降速最快的四个省份宁夏、山西、青海、重庆,全要素效率排名下降也最快。

TechChp 地区间比较显示,绝大部分省份呈技术水平进步状态,仅有湖北、广西、云南、甘肃四省TechChp_j略小于0。技术进步较快的地域分布与全要素效率变化较为一致,进步较快的省份主要集中于华北和华东地区,东北、中南(除广东外)、西南(除贵州外)和西北各省的技术水平进步较慢。

(2) 纵向比较

全国整体来看,八年间全要素效率处于弱上升状态,但2007年后连续3年全要素效率变化率呈下降趋势,2009、2010年全要素效率出现同比下降的情况。技术效率方面,八年间绝大多数年度的技术效率变化为负(除2006-2007年外),全国整体对技术利用的充分程度差距加大。而全国整体的技术水平呈明显的进步趋势,仅在2004-2005年出现了技术水平小幅下降的情况。因此八年间中国排放效率的提高,主要源于技术水平进步,而非技术效率提高。

技术效率变化率和技术水平变化率间存在弱反向变化关系,该关系在2007年后表现较明显。这说明工业部门排放效率的提高可能存在技术学习的时滞效应。技术进步和技术效率提高存在交替:技术进步发生(TechChp 变大)后,生产可能性边界移动,部分地区未及时更新技术,与生产可能性边界的距离变大,整体技术效率下降(EffChp 变小);随着这些地区掌握新技术,他们与生产可能性边界的距离变小,整体技术效率上升(EffChp 变大),直至下一个技术进步发生。这种调整周期约为两年。

(二) 循环经济“再利用”环节的效率评价

基于相同方法,可分析中国各省循环经济中“再利用”环节的现状,我们选择工业部门作为代表性部门,以工业总产值和“三废”综合利用产值作为产出指标,以固定资本形成额、工业企业从业人数、能源消

费量和废弃物综合利用量作为投入指标,来衡量各省的循环经济“再利用”环节的运行情况。基于数据可得性和完备性,研究选取了2004—2010年间全国30个省市自治区(除西藏外)的投入—产出数据。

1. 静态分析

利用数据包络分析可以对工业部门的再利用效果作更细致的分析,建立“四投入二产出”的投入导向的CRS-DEA模型(见表4),并利用DEAP2.1程序求解各省的全要素再利用效率,结果如表5。

表4 投入—产出数据的基本指标

指 标		2004年	2010年	年均增长率
投入指标	固定资本形成(亿元)	65112	182340	18.72%
	大中型工业企业从业人数(万人)	3232	9544	19.78%
	能源消费总量(万吨标煤)	230816	389509	9.11%
	废弃物综合利用量(万吨)	67791	161770	15.60%
产出指标	工业总产值(亿元)	201722	698590	23.00%
	“三废”综合利用产品产值(亿元)	573	1780	20.79%

从整体来看,北京、天津、上海、江苏、浙江、广东、云南等省处于全国再利用效率的前列,平均排放效率接近于1;而重庆、陕西、宁夏等省处于排放效率末尾,平均排放效率不足0.6。就地域和区域特点来看,再利用效率较高的省份主要在东南沿海地区,只有云南省例外;排放效率较低的省份集中在西南、西北地区。从时间趋势看,各省间差异较大,河南、重庆、贵州、陕西、青海、宁夏一直处于末尾;内蒙古是七年间再利用效率排名迅速提升的唯一省份,而山西、黑龙江、福建、广西、湖北五省则相反,七年间排名迅速下降,跌幅都在十位以上。

表5 各省市再利用效率结果

	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	几何平均	2010年排名
北京	0.887	1	1	1	1	1	1	0.983	1
天津	0.912	1	1	1	1	1	1	0.987	1
河北	0.794	0.803	0.732	0.842	0.962	0.964	1	0.866	1
山西	0.918	0.94	0.705	0.657	0.708	0.589	0.66	0.730	28
内蒙古	0.528	0.505	0.501	0.807	0.927	1	0.976	0.717	11
辽宁	0.799	0.824	0.691	0.774	0.809	0.882	0.864	0.804	17
吉林	0.8	0.713	0.686	0.791	0.827	0.85	0.95	0.798	13
黑龙江	0.779	0.839	0.716	0.587	0.732	0.603	0.705	0.704	26
上海	1	1	1	1	1	1	1	1.000	1
江苏	1	1	1	1	1	1	1	1.000	1
浙江	1	1	1	1	1	1	1	1.000	1
安徽	0.64	0.671	0.597	0.692	0.816	0.809	0.849	0.719	19
福建	0.793	0.693	0.623	0.648	0.626	0.629	0.66	0.665	28
江西	0.815	0.683	0.732	0.754	0.768	0.867	0.952	0.792	12
山东	0.897	0.91	0.799	0.916	0.982	1	1	0.927	1
河南	0.705	0.602	0.511	0.705	0.756	0.736	0.75	0.675	23
湖北	1	0.925	0.854	0.815	0.824	0.823	0.902	0.875	16
湖南	0.752	0.624	0.725	0.713	0.756	0.826	0.913	0.754	15
广东	1	1	1	1	1	1	1	1.000	1
广西	1	0.768	0.937	0.863	0.827	0.816	0.827	0.860	20
海南	0.669	0.848	0.732	1	1	0.992	1	0.881	1
重庆	0.526	0.447	0.54	0.583	0.615	0.678	0.727	0.581	25
四川	0.656	0.827	0.692	0.644	0.65	0.77	0.699	0.703	27
贵州	0.606	0.697	0.681	0.61	0.604	0.625	0.652	0.638	30
云南	1	1	1	1	1	1	1	1.000	1
陕西	0.429	0.489	0.46	0.596	0.619	0.684	0.729	0.562	24
甘肃	0.686	0.767	0.743	0.779	0.827	0.95	0.861	0.798	18
青海	0.389	0.516	0.547	0.668	0.77	0.662	0.767	0.602	21
宁夏	0.501	0.475	0.496	0.572	0.641	0.65	0.753	0.577	22
新疆	0.789	0.777	0.686	0.779	0.837	0.808	0.945	0.800	14

2. 动态分析

利用 Malmquist 指数分解分析法,可分析得出全要素再利用效率的变化(TFPCh)究竟是由技术效率变化(EffCh)推动的,还是由技术水平变化(TechCh)推动的。

(1) 横向比较

将 TFPCh、EffCh 和 TechCh 按省分组,求年均变化率,可对比排放效率随时间变化的区别。

TFPCh 地区间比较发现,30 个省市自治区中,除黑龙江外,全要素效率都处于上升状态。处于前列的七个省份在效率变化率上呈现显著的差别:天津、上海、云南三地处于全要素效率增速的末尾,表明其正被其他省市缩小效率差距;而海南、江苏、浙江则处于增速前列,保持效率持续提高并进一步拉大与低效率省市的差距;北京处于全国平均水平附近。而全要素效率排名跌幅最大的五省都属于效率变化率最低的行列,其中变化率最高的福建省也仅为 2.4%,远低于全国平均水平 4.6%。西北五省区处于效率高速提升阶段;东北三省 TFPCh 仅维持在零附近。

EffCh 地区间比较显示,全国整体技术效率呈相对上升趋势。仅有山西、黑龙江、福建、湖北和广西五省处于技术效率相对下降阶段,同时它们也是全要素效率排名跌幅最大的五省。上海、浙江、江苏、云南、广东由于考察期初、期末的全要素效率均为 1,因此其技术效率保持 100% 不变。西北五省区的技术效率提升较快,青海、陕西、宁夏占据了技术效率增速最快前四席之三。

表 6 再利用效率指标的动态变化(年均)

地区	全要素效率变化率	技术水平变化率	技术效率变化率	地区	全要素效率变化率	技术水平变化率	技术效率变化率
北京	4.2%	2.2%	2.0%	河南	2.5%	1.4%	1.0%
天津	1.4%	-0.1%	1.5%	湖北	0.7%	2.5%	-1.7%
河北	4.7%	0.7%	3.9%	湖南	5.5%	2.1%	3.3%
山西	1.1%	6.8%	-5.3%	广东	1.9%	1.9%	0.0%
内蒙古	12.1%	1.2%	10.8%	广西	2.0%	5.2%	-3.1%
辽宁	2.0%	0.7%	1.3%	海南	9.3%	2.2%	6.9%
吉林	2.4%	-0.5%	2.9%	重庆	5.5%	0.0%	5.6%
黑龙江	-0.1%	1.6%	-1.6%	四川	4.7%	3.6%	1.1%
上海	0.2%	0.2%	0.0%	贵州	3.6%	2.4%	1.2%
江苏	7.2%	7.2%	0.0%	云南	0.7%	0.7%	0.0%
浙江	6.0%	6.0%	0.0%	陕西	6.7%	-2.3%	9.2%
安徽	8.0%	3.0%	4.8%	甘肃	7.0%	3.1%	3.9%
福建	2.4%	5.6%	-3.0%	青海	7.6%	-3.9%	12.0%
江西	12.0%	9.1%	2.6%	宁夏	7.7%	0.6%	7.0%
山东	5.5%	3.6%	1.8%	新疆	4.6%	1.5%	3.1%
全国	4.6%	2.2%	2.3%				

TechCh 地区间比较显示,绝大部分省份技术水平进步,仅天津、吉林、陕西、青海 TechCh_i 略小于 0。技术进步较快的省市集中在华东、山西、广西两省,其他地区基本处于低速进步中。

(2) 纵向比较

分析 TFPCh、EffCh 和 TechCh 整体的时间变化趋势,同样得到全国平均的各项效率变化率。全国整体来看,七年间全要素效率上升(TFPCh=4.6%),其中技术效率提高和技术水平提高贡献各占一半。在 2004—2005 年,全要素效率经历了一次严重下滑,主要是因技术水平下降导致的。

在 2008 年前,技术效率变化率和技术水平变化率间存在弱反向变化关系,工业部门再利用效率的提高可能存在技术学习的时滞效应。但在 2008 年以后这种反向关系消失了,可能的原因是金融危机对循环经济再利用形成了外部冲击,技术效率变化率在 2007—2008 年下降的基础上进一步下降了 3.7 个百分点。同时技术水平正处在技术周期低谷,使得全要素效率变化率呈负值,再利用环节的全要素效率下降。

三、结 论

第一,沿海地区排放效率较高、排名提高较快,经济水平与排放效率正相关,但不显著。

第二,全要素效率提高最快的省份基本都是经济较发达的地区,而下降最快的省份也主要是经济发展较落后的地区。经济发展水平主要影响排放效率的相对变化。

第三,全国而言,全要素效率处于弱上升状态。技术进步为排放效率提高提供了正向驱动力,而技术效率呈现负向作用,即地区间的技术差距在增大。

第四,东南沿海再利用效率较高,而排放效率较低的省份集中在西南、西北地区。

第五,绝大部分省份的再利用效率都处于上升状态,增速较快的省份集中于西北五省以及江苏、浙江、内蒙古等经济发展较快的地区。西北五省的主要动力来源于技术效率的提高,技术水平提高较快的省份主要集中在华东地区以及山西、广西。

第六,全国而言,再利用效率上升较快,技术效率提高和技术水平提高各贡献了一半的增长率。

参考文献:

- [1] 马海良、黄德春、姚惠泽(2011). 中国三大经济区域全要素能源效率研究——基于超效率 DEA 模型和 Malmquist 指数. 中国人口资源与环境,11.
- [2] 魏 楚、沈满洪(2007). 能源效率与能源生产率:基于 DEA 方法的省际数据比较. 数量经济技术经济研究,9.
- [3] 魏权龄(2004). 数据包络分析. 北京:科学出版社.
- [4] Charnes A & Cooper W W & Rhodes E(1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*,6.
- [5] Farrell M J(1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)*.

Provincial Circulation Economy Efficiency in China

——Analysis based on Dynamic DEA Model

Wu Libo (Professor, Fudan University)

Zhou Yang (Fudan University)

Abstract: Industrial sector is selected as the representative department with "three wastes" as negative output indicators and gross industrial output value, industrial workers and energy consumption as positive input indicators. Our research shows that provinces with higher recycling efficiency are mainly distributed in the southeast coastal area, while provinces with lower efficiency are concentrated in the southwest and northwest. Reuse efficiency is increasing in most provinces. Nationally, reuse efficiency shows rising trend, technical progress and higher tech-utilization contribute half of the growth each.

Key words: data envelop analysis; circulation economy; reduce; reuse

■作者地址:吴力波,复旦大学经济学院;上海 200433。Email:wulibo@fudan.edu.cn。

周 泱,复旦大学经济学院;上海 200433。Email:11210680223@fudan.edu.cn。

■基金项目:国家社会科学基金一般项目(06CJL007)

■责任编辑:刘金波

