

中国城市循环经济效率的时空变化及改善潜力

陈 帆

(浙江科技学院 经济与管理学院,杭州 310023)

摘 要: 基于研究的时效性、非期望产出的影响以及循环经济的再循环特性,重构了城市循环经济的评价指标,以2011—2017年中国31个省、自治区及直辖市的数据作为研究对象,运用数据包络分析模型,对中国各省市的循环经济效率进行深入分析。研究结果表明:1)2011—2017年中国城市循环经济效率总体均值不高,分布极不均衡。2)2017年中国东部地区的循环经济技术效率最高,中部地区和西部地区的循环经济技术效率相等。3)2017年纯技术效率呈现东部最高,中部居中,西部最低的格局;西部地区的规模效率高于中部地区,而东部地区的规模效率最低。因此,降低固定资产投入,减少二氧化硫排放量以及增加一般工业固体废物综合利用率是中国城市循环经济效率改善的重要途径。

关键词: 城市;循环经济效率;数据包络分析

中图分类号: F224.0

文献标志码: A

文章编号: 1671-8798(2019)04-0276-08

Temporal and spatial change and improvement potential of efficiency of urban circular economy in China

CHEN Fan

(School of Economics and Management, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, Zhejiang, China)

Abstract: Based on the timeliness of the study, the impact of unexpected output and the recycling characteristics of circular economy, this paper reconstructed the evaluation index of urban circular economy. Targeting the data of 31 provinces, autonomous regions and municipalities of China from 2011 to 2017, this paper employed the data envelopment analysis model to analyze the efficiency of circular economy in China's provinces and municipalities. The results show that: 1) From 2011 to 2017, the average efficiency of circular economy in China's cities was not high, with extremely uneven distribution; 2) In 2017, the technical efficiency of circular economy in eastern China was the highest,

收稿日期: 2019-01-13

基金项目: 浙江省教育厅一般科研项目(Y201737509);浙江省软科学研究计划项目(2019C35048);教育部人文社会科学研究一般项目(18YJA790108);杭州市科技计划软科学研究项目(20180834M32)

通信作者: 陈 帆(1979—),女,江西省萍乡人,讲师,博士研究生,主要从事产业效率、资源环境与区域发展研究。
E-mail: fanchenboat@163.com。

while the technical efficiency in central China was equal to that in western China. 3) In 2017, it was shown that pure technical efficiency was the highest in eastern China, the middle in central China and the lowest in western China; the scale efficiency of western China was higher than that of central China, while the scale efficiency of eastern China was the lowest. In short, they were important ways to improve the efficiency of circular economy in Chinese cities in 2017 by reducing investment in fixed assets, reducing sulfur dioxide emissions and increasing the comprehensive utilization rate of general industrial solid waste.

Keywords: city; efficiency of circular economy; data envelopment analysis

城市循环经济是以资源节约和循环利用为特征的经济形态,是城市建设资源节约型和环境友好型社会的重要途径。近年来,随着中国经济发展方式的转变,国家出台了各类促进资源综合利用发展的相关政策,越来越多的城市开始推进绿色化和循环化建设,从健全社会层面资源的循环利用体系和创新发展循环经济的经济体制等多方面着手,逐步形成了能够有效处理“三废”的绿色经济形态。然而,在持续开展循环经济的过程中,不同城市的资源投入和循环经济效果具有较大的差异,因而对城市循环经济效率进行测度和比较分析,有助于掌握各个城市的循环经济现状,也可为城市进一步开展循环经济提供参考。

国外关于城市循环经济效率的研究较少,主要是从生态效率的视角研究循环经济。Hoffren^[1]使用生态效率的方法,提出了五种计算公式,对芬兰的国家循环经济效率进行研究。Halkos等^[2]运用条件定向距离函数改进模型分析了区域经济增长对区域的环境效率水平的影响,结果表明英国人均国内生产总值和环境效率低下间形成“U”形关系。Yu等^[3]对35个国家1997—2010年的数据进行了实证研究,分析了生态效率的变化和决定因素,发现产业升级对生态效率的改善起到了积极的作用,外部环境因素是提高生态效率的次要决定因素,统计噪声和工业规模的变化对生态效率产生轻微的影响,但外部环境因素和产业规模过快增长的组合与生态效率水平呈显著的负相关。国内文献主要是按照循环经济“减量化”“再使用”“资源化”的原则选择评价指标,基于中国主要省市和部分省市的角度进行研究。对中国主要的30个省市循环经济效率的实证研究^[4-6]表明,城市循环经济效率存在着较为明显的地区差异,很多省份的循环经济都有着非数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)有效和规模收益递减的问题,并且在这些省份存在着不同程度的投入冗余和产出不足。更多的研究见于部分省市,如池启水等^[7]对北京市循环经济效率进行评价,研究发现北京市各区在循环经济效率上存在显著差异;韩瑞玲等^[8]通过生态效率度量模型与循环经济度量模型,对辽宁省循环经济发展轨迹进行了综合评价;许华^[9]结合组合权重灰色关联分析方法,对江苏省某城市进行了循环经济综合评价分析;黄和平^[10]对江西省2000—2010年循环经济发展模式及其变化轨迹进行了实证研究;黄明凤等^[11]对中国西部区域的循环经济效率进行了测评;胡彪等^[12]对京津冀区域的循环经济效率进行了测评。通过对上述文献进行梳理,发现目前关于城市循环经济效率的研究主要有以下不足:一是指标体系选择中较少地考虑到非期望产出的影响;二是指标体系构建中,有的文献忽略了一般工业固体废弃物再循环特性,使得研究结果无法更好地反映循环的特性;三是研究主要集中在2017年前,所选数据多集中在2015年以前,无法更好地反映中国最新的循环经济现状。针对上述不足,本研究将二氧化硫排放量作为非期望产出纳入评价指标中,综合考虑循环经济中的再循环特性,对中国2011—2017年31个省市的循环经济效率进行测算,并指出循环经济效率的优化方向。

1 研究方法

1.1 BCC模型

假定有 n 个决策单元DMU,每个决策单元 j 都有 m 个输入($i=1, \dots, m$),并产生 s 个输出 y_{rj} ($r=$

$1, \dots, s$), 则传统的 BCC 模型(基于投入方向)^[13]可表示为:

$$\begin{aligned} & \min \theta \\ & \text{s. t.} \begin{cases} \sum_{j=1}^n \eta_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{i0}, i = 1, 2, \dots, m; \\ \sum_{j=1}^n \eta_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0}, r = 1, 2, \dots, s; \\ \sum_{j=1}^n \eta_j = 1; \\ \eta_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, j = 1, 2, \dots, n. \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

如果模型的最优值 $\theta^* = 1$, 则被评价的决策单元 DMU₀ 是 DEA 弱有效的, 即决策单元不是同时为技术效率最佳和规模效率最佳。如果模型的最优值 $\theta^* = 1$, 且 $s_i^{-*} = 0, s_r^{+*} = 0$, 则被评价的决策单元 DMU₀ 是 DEA 有效的, 即决策单元的经济活动同时为技术有效和规模有效。如果 $\theta^* < 1$, 则说明被评价的决策单元 DMU₀ 是无效的, 在生产过程中使用了过多的资源, 进一步地, 可以确定其效率改进方向为:

$$x'_{i0} = \theta^* x_{i0} - s_i^{-*}, i = 1, 2, \dots, m; \quad (2)$$

$$y'_{r0} = y_{r0} + s_r^{+*}, r = 1, 2, \dots, s. \quad (3)$$

通过 BCC 模型得到的最优值 θ^* 为技术效率(TE), 进一步地, 可将技术效率分解为纯技术效率(PTE)和规模效率(SE)。三者的关系为技术效率 = 纯技术效率 \times 规模效率。纯技术效率衡量的是生产要素是否发挥了其生产潜能, 是否存在浪费现象。规模效率衡量的是是否在最合适的规模上进行生产经营。

1.2 研究指标的选取及数据处理

中国从 20 世纪 90 年代起引入了循环经济的思想, 随后在 2005 年和 2008 年, 又先后通过了循环经济的相关法规, 到了“十二五”规划中, 循环经济已经上升为一项国家发展策略。考虑到前期已有较多的研究, 因此, 本文拟研究“十二五”规划后中国城市的循环经济效益, 由于 2010 年西藏的相关数据缺失, 所以本文首先选取 2011—2017 年中国 31 个省、自治区及直辖市的数据作为研究样本, 引入文献[14]的区域分类方式, 将全国划分为东部、中部和西部, 其中, 东部地区包括北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南 10 个省市, 中部地区包括山西、辽宁、吉林、黑龙江、内蒙古、安徽、江西、河南、湖北、湖南和广西 11 个省市, 西部地区包括重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆和西藏 10 个省市。其次, 建立中国城市循环经济效益评价指标体系。为了保证分析的可靠性, DEA 方法要求决策单元个数应大于投入指标个数与输出指标个数乘积的两倍以上, 考虑到数据的可得性, 根据国内外研究现状, 考虑到非期望产出的影响, 本文选择三个投入指标和两个产出指标, 见表 1。为了反映循环经济的再循环特性, 本文引入了一般工业固体废物综合利用率指标, 该指标没有直接统计数据, 是用一般工业固体废物利用量除以一般工业固体废物综合产生量来进行测度, 地区生产总值反映了城市循环经济的期望产出, 二氧化硫排放量代表非期望产出。根据 2012—2018 年中国统计年鉴, 我们可以获取研究样本所需的数据。

表 1 城市循环经济效益评价指标体系

Table 1 Evaluation index system of urban circular economy efficiency

系统类型	具体指标
投入系统	能源消耗(分地区电力消费量)/(亿 kW · h)
	固定资产投资/亿元
产出系统	地区生产总值/亿元
	二氧化硫排放量/万 t
	一般工业固体废物综合利用率/%

2 中国城市循环经济效益动态分析

运用投入导向型的 BCC 模型进行运算, 可以测算出 2011—2017 年中国各省市循环经济技术效率的变化情况, 结果见表 2。

表2 2011—2017年中国各省市循环经济技术效率

Table 2 Technical efficiency of urban circular economy in China's provinces and municipalities from 2011 to 2017

省市	年份							平均值
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
北京	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
天津	0.896	0.930	0.927	0.970	0.969	1.000	1.000	0.956
河北	0.470	0.445	0.420	0.388	0.388	0.390	0.376	0.411
山西	0.450	0.425	0.383	0.361	0.321	0.298	0.608	0.407
内蒙古	0.438	0.425	0.392	0.326	0.360	0.326	0.275	0.363
辽宁	0.573	0.602	0.598	0.595	0.597	0.797	0.829	0.656
吉林	0.808	0.889	0.951	0.939	0.910	0.902	0.824	0.889
黑龙江	0.790	0.799	0.779	0.769	0.726	0.682	0.658	0.743
上海	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
江苏	0.610	0.590	0.566	0.566	0.567	0.563	0.563	0.575
浙江	0.655	0.604	0.579	0.523	0.507	0.485	0.491	0.549
安徽	0.618	0.605	0.572	0.571	0.571	0.545	0.558	0.577
福建	0.599	0.607	0.589	0.559	0.578	0.582	0.580	0.585
江西	0.668	0.692	0.672	0.645	0.630	0.622	0.589	0.645
山东	0.624	0.634	0.617	0.605	0.509	0.502	0.509	0.571
河南	0.517	0.521	0.511	0.513	0.528	0.538	0.536	0.523
湖北	0.660	0.690	0.676	0.691	0.726	0.736	0.723	0.700
湖南	0.735	0.765	0.764	0.784	0.815	0.838	0.816	0.788
广东	0.826	0.803	0.786	0.705	0.682	0.667	0.657	0.732
广西	0.544	0.558	0.547	0.519	0.525	0.541	0.500	0.533
海南	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
重庆	0.742	0.802	0.769	0.792	0.822	0.814	0.784	0.789
四川	0.592	0.618	0.611	0.602	0.620	0.623	0.639	0.615
贵州	0.498	0.452	0.406	0.425	0.416	0.415	0.407	0.431
云南	0.461	0.426	0.398	0.368	0.395	0.419	0.406	0.410
西藏	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.930	0.861	0.970
陕西	0.624	0.634	0.622	0.642	0.611	0.589	0.558	0.611
甘肃	0.493	0.429	0.405	0.384	0.363	0.362	0.578	0.431
青海	1.000	0.973	0.909	0.973	0.825	0.861	1.000	0.934
宁夏	0.974	1.000	1.000	1.000	0.963	0.836	0.749	0.932
新疆	0.529	0.424	0.355	0.336	0.318	0.314	0.309	0.369
平均值	0.690	0.688	0.671	0.663	0.653	0.651	0.658	0.668

通过表2可以看出2011—2017年中国各省市的循环经济效率的变化趋势。各个省市之间具有较大的差异,但是每年的平均值相差不大,其平均值为0.668。2011—2016年间,中国各省市的循环经济效率均值呈缓慢下降趋势,2017年有所回升,这说明虽然政府进一步推行循环经济政策,但是近7年中国各省市循环经济的效率并不高,有待进一步提高。7年来只有北京、上海和海南始终保持循环经济最优。西藏虽然在过去的5年处于最优生产前沿面上,但近2年反而呈下降趋势。宁夏也有3年处于最优效率状态,但近3年也呈现下降趋势。天津则稳步上升,在近2年处于全国最优状态。青海表现为两端高中间低的U形变化趋势。进一步分析可以发现,近7年来中国循环经济效率均值低于0.7的省市有19个,从而拉低了全国的循环经济效率均值。其中有7个省市的循环经济效率均值低于0.5,主要分布在西部区域。内蒙古的循环经济效率最差,除了2015年有缓慢回升外,其他6年呈显著下降趋势。新疆的循环经济效率也呈逐年递减的趋势,导致其效率均值成为全国倒数第二。其根本原因在于这2个省市的纯技术效率过低。显然,只有提高这2个省市的纯技术效率才能扭转近年来不利的局面。

进一步地,图 1 从时间维度展示了中国各省市的循环经济技术效率、纯技术效率和规模效率的主要变化趋势。图 1 表明,2011—2017 年间,中国各省市的循环经济技术效率和纯技术效率基本上保持相同的变化趋势,都是呈现缓慢下降再上升的趋势,而规模效率则是围绕着 0.89 呈现上下缓慢波动的变化特征。另外,从图 1 也可以发现,中国各省市技术效率均值偏低的根本原因在于纯技术效率过低,另外绝大部分省市的规模效率没有达到最优又进一步拉低了技术效率的分值。

3 中国城市循环经济效率静态分析

为了更好地分析中国各省市的循环经济现状,本文选用投入导向型的 BCC 模型计算 2017 年中国各省市循环经济技术效率,结果见表 3。

表 3 2017 年中国 31 个省市城市循环经济技术效率

Table 3 Urban circular economy efficiency of China's 31 provinces and municipalities in 2017

省市	技术效率	纯技术效率	规模效率	规模收益
北京	1.000	1.000	1.000	—
天津	1.000	1.000	1.000	—
河北	0.376	0.448	0.840	drs
山西	0.608	0.750	0.811	irs
内蒙古	0.275	0.331	0.832	irs
辽宁	0.829	0.891	0.931	irs
吉林	0.824	0.832	0.991	irs
黑龙江	0.658	0.663	0.992	irs
上海	1.000	1.000	1.000	—
江苏	0.563	1.000	0.563	drs
浙江	0.491	0.904	0.544	drs
安徽	0.558	0.663	0.841	drs
福建	0.580	0.661	0.877	drs
江西	0.589	0.591	0.997	irs
山东	0.509	0.848	0.601	drs
河南	0.536	0.751	0.713	drs
湖北	0.723	0.888	0.815	drs
湖南	0.816	1.000	0.816	drs
广东	0.657	1.000	0.657	drs
广西	0.500	0.502	0.995	irs
海南	1.000	1.000	1.000	—
重庆	0.784	0.786	0.997	irs
四川	0.639	0.806	0.792	drs
贵州	0.407	0.421	0.968	irs
云南	0.406	0.408	0.994	irs
西藏	0.861	1.000	0.861	irs
陕西	0.558	0.559	0.998	irs
甘肃	0.578	0.674	0.858	irs
青海	1.000	1.000	1.000	—
宁夏	0.749	0.912	0.822	irs
新疆	0.309	0.345	0.895	irs
平均值	0.658	0.762	0.871	

注:—表示规模收益不变;drs 表示规模收益递减;irs 表示规模收益递增。

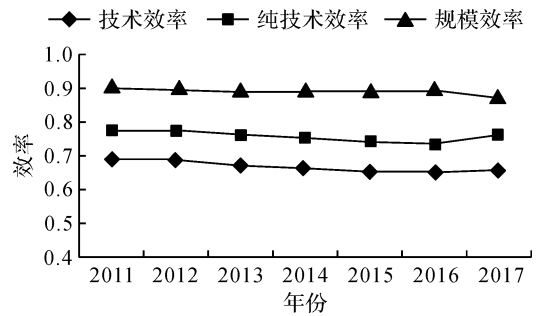


图 1 2011—2017 年中国省域城市循环经济技术效率均值

Fig. 1 Mean efficiency of urban circular economy in China's provincial cities from 2011 to 2017

3.1 技术效率分析

通过表3可以发现,从技术效率来看,2017年中国城市循环经济效率总体均值不高,平均分为0.658,最高值为1.000,最低值为0.275,标准差为0.209,分布极不均衡。全国31个省、自治区及直辖市中,只有5个省市是技术有效的,其效率值为1.000,分别是北京、天津、上海、海南和青海,这与李彩云等^[9]对中国过去年份的研究结果一致。这说明虽然指标的选取发生了变化,时间发生了变化,但这5个省市在循环经济效率的开展方面依然处于全国领先水平。除上述5个省市外,其余省市的循环经济技术效率都小于1.000。其中效率值处于0.800~1.000的只有4个省市,效率值处于0.600~0.800的有个7个省市,其余15个省市的效率值处于0.600以下,从而大大拉低了中国城市循环经济效率的平均值。根据前面所做的区域划分,可以看到东部地区的循环经济效率最高,平均值为0.718,中部地区和西部地区的循环经济效率相等,平均值为0.629。

3.2 纯技术效率分析

从纯技术效率来看,全国31个省、自治区及直辖市中,有9个省市的纯技术效率为1.000。除了北京、天津、上海、海南和青海外,西藏、湖南、广东和江苏的纯技术效率也都达到了1.000,这说明这4个省市的纯技术效率已经达到了最优状态,但是由于规模效率不佳,导致这4个省市在循环经济的投入和产出方面没有达到最优利用。另外,通过表3可以发现,纯技术效率处于0.800~1.000的有7个省市,还有8个省市的纯技术效率处于0.600以下,这说明中国部分省市循环经济技术效率不高的原因不在于纯技术效率,而是规模效率不高。从区域分布来看,纯技术效率的分布与技术效率的分布基本上保持一致,仍然是东部区域领先,平均值为0.886,其标准差为0.180,这说明东部区域的纯技术效率处于较为领先的位置,且较为均衡,整体分布差异不大。中部地区的循环经济效率比西部地区高,但是区域差距不大,其均值分别为0.715和0.691,这说明在这两个区域的纯技术效率差距不大。进一步分析可以看到中部区域的标准差为0.184,低于西部,而且在纯技术效率低于0.600的8个省市中,西部地区就占了4个,这些都是导致西部省市纯技术效率较低的主要原因。

3.3 规模效率分析

从规模效率来看,有5个省市的规模效率为1.000,陕西的规模效率为0.998,江西和重庆的规模效率为0.997,这些省市的规模效率虽然不到1.000,但是与最优生产规模已经非常接近,改善的余地非常小,可以近似认为是规模效率最优。浙江、江苏、山东和广东的规模效率最低,进而导致这4个省市的技术效率下降。进一步地,从表3可知,山西、内蒙古等15个省市处于规模收益递增状态,因此可进一步增加这些省市的资源投入,通过扩大规模来提高效率;而河北、江苏等11个省市处于规模收益递减状态,因此这些省市应适当减少资源投入,使之与最优生产规模保持一致。整体来看,中国31个省市的规模效率均值为0.871,其中西部地区的规模效率最高,平均值为0.919,中部地区居中,其均值为0.885,均高于全国平均水平,而东部地区的规模效率最低,其均值为0.808。这说明虽然中国东部地区的纯技术效率达到了全国的先进水平,但是规模效率不佳,改进的重点应该是提高规模效率。而中西部区域则恰好相反,改进的重点应是借鉴东部区域先进的技术优势,提升该区域的纯技术效率。

4 中国城市循环经济效率改进目标

从以上分析可知,并不是所有省市的城市循环经济效率都是有效的,可进一步运用BCC模型,计算出2017年中国31个省市在开展循环经济过程中,各个省市的投入和产出应改进的目标,具体数据见表4。

表 4 2017 年中国各省市循环经济改善潜力

Table 4 Improvement potential of urban circular economy in China's provinces and municipalities in 2017

省市	能源消耗(分地区电力 消费量/(亿 kW·h))	固定资产 投入/亿元	二氧化硫 排放量/万 t	地区生产 总值/亿元	一般工业固体废物 综合利用率
北京	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
天津	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
河北	0.000	3 420.245	22.496	0.000	0.178
山西	723.298	0.000	41.915	0.000	0.109
内蒙古	157.509	0.000	16.957	0.000	0.110
辽宁	736.899	0.000	33.237	0.000	0.300
吉林	0.000	5 035.168	12.124	0.000	0.000
黑龙江	0.000	1 489.327	17.935	0.000	0.000
上海	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
江苏	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
浙江	618.137	3 373.186	0.000	0.000	0.000
安徽	0.000	10 891.225	12.735	0.000	0.000
福建	0.000	6 779.216	5.112	0.000	0.125
江西	0.000	6 341.713	11.218	0.000	0.152
山东	0.000	17 090.248	42.108	0.000	0.016
河南	0.000	16 915.015	12.617	0.000	0.032
湖北	0.000	16 409.566	14.419	0.000	0.160
湖南	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
广东	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
广西	0.000	3 147.222	6.801	0.000	0.000
海南	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
重庆	0.000	5 283.516	16.815	0.000	0.000
四川	0.000	12 773.939	25.633	0.000	0.358
贵州	0.000	0.000	26.706	0.000	0.000
云南	0.000	1 936.235	14.390	0.000	0.035
西藏	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
陕西	0.000	6 134.905	13.992	0.000	0.220
甘肃	133.355	0.000	12.310	0.000	0.000
青海	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
宁夏	376.410	0.000	12.969	0.000	0.000
新疆	0.000	0.000	11.202	0.000	0.000
平均值	88.568	3 774.862	12.377	0.000	0.058

从表 4 可以看出,要提高中国城市循环经济效率,改善的重点不是降低能源消耗和提高地区生产总值,而是要降低固定资产投资,减少二氧化硫排放量,增加一般工业固体废物综合利用率。在固定资产投资方面,有 15 个省市处于投入过剩状态,其中湖北省的投入过剩量最大,超过了 51%,有很大的节约空间;其次是四川、河南、吉林、安徽、山东和重庆,其固定资产投入的节约量均超过了 30%。二氧化硫排放量方面,有 21 个省市排放过剩,平均排放量可以减少 43.83%。其中,二氧化硫排放量应该大幅度减少的省市包括辽宁、山西、吉林、重庆、四川、湖北、宁夏、黑龙江、山东、安徽、江西和陕西,这些省市在二氧化硫排放方面的减少量均超过了 50%。另外,中国循环经济效率不佳的原因还在于一般工业固体废物综合利用率利用不足,有较大的提升空间,全国有平均 10%的提升空间。其中,四川的提升空间最大,超过了 90%;辽宁、陕西和江西的一般工业固体废弃物利用率也有较大的提升空间,与目标利用率均相差了 40%以上。这说明以上 4 个省市应该进一步加大运营效率,加大一般工业固体废弃物转换为工业生产总值的力度,努力提高一般工业固体废弃物利用率。

5 结 语

本文利用相关数据包络分析模型中的 BCC 模型,分别从技术效率、纯技术效率和规模效率的角度分

析中国城市循环经济的效率。考虑到研究的时效性、非期望产出的影响以及循环经济的再循环特性,本研究将二氧化硫排放量和一般工业固体废物综合利用率纳入到评价指标中,选择2011—2017年相关数据作为研究样本,对中国31个省市的城市循环经济效率进行了深入分析。根据实证分析,可得到以下结论:

1)2011—2017年期间,中国31个省市的城市循环经济效率总体均值不高,中国各省市技术效率均值偏低的根本原因在于纯技术效率和规模效率过低。其中,北京、上海和海南在开展循环经济方面始终处于全国最佳水平,是技术有效的省市。全国31个省市中,有19个省市的技术效率值低于0.700,处于效率低位,有很大的提升空间。2017年,中国东部地区的循环经济技术效率最高,中部地区与西部地区的循环经济技术效率均值相等。

2)2017年中国31个省、自治区及直辖市中,纯技术效率均值为0.762,有9个省市的纯技术效率为1.000,有12个省市的循环经济效率处于0.700以下,这说明中国开展城市循环经济过程中,总体技术处于较低的技术水平,有较大的技术改善潜力。从区域分布来看,纯技术效率的分布与技术效率的分布基本上保持一致,都是东部最高,中部地区的纯技术效率比西部地区高,但是区域差距不大,这说明西部区域在纯技术方面已接近中部区域。

3)从规模效率来看,2017年中国有5个省市的规模效率为1.000,还有3个省市的规模效率接近1.000,这说明这些省市在投入转换为产出的过程中,资源要素已经达到了最优利用。由于规模效率的无效性,使得很多省市的技术效率远低于其纯技术效率,这也表明中国要提升城市循环经济效率,必须从提升纯技术效率和规模效率两方面着手。西部地区的规模效率高于中部地区,且这2个区域均值均高于全国平均水平,而东部地区的规模效率最低。由此可见,东部区域的纯技术效率虽然高,但是在资源投入和产出转换方面却没有达到最优利用,有很大的提升空间,这也是东部区域技术效率下降的根本原因。

4)根据中国各省市开展循环经济的改善潜力可以发现,要提升中国城市的循环经济效率,改善的重点在于降低固定资产投入,减少二氧化硫排放量,增加一般工业固体废物综合利用率。

参考文献:

- [1] HOFFREN J. Measuring the eco-efficiency of welfare generation in a national economy: the case of Finland[D]. Helsinki: Tampere University, 2001.
- [2] HALKOS G E, TZEREMES N G. A conditional directional distance function approach for measuring regional environmental efficiency: evidence from UK regions[J]. European Journal of Operational Research, 2013,227(1):182.
- [3] YU W S, WU C Y, GUO L L. Research on key determinants of eco-efficiency[J]. International Journal of Earth Sciences and Engineering, 2015(8):1009.
- [4] 曹孜,鲁芳,彭怀生.我国循环经济效率及影响因素分析[J].统计与决策,2013(11):141.
- [5] 吴力波,周决.中国各省循环经济发展效率:基于动态DEA方法的研究[J].武汉大学学报(哲学社会科学版),2015,68(1):13.
- [6] 李彩云,陈兴鹏,刘红兵.中国循环经济效率评价及其空间格局研究[J].宁夏大学学报(自然科学版),2017,38(4):393.
- [7] 池启水,池启参,毛红燕,等.基于DEA方法的北京市循环经济效率评价[J].生态经济(学术版),2010(2):74.
- [8] 韩瑞玲,佟连军,宋亚楠.基于生态效率的辽宁省循环经济分析[J].生态学报,2011,31(16):4732.
- [9] 许华.基于组合权重灰色关联分析的城市循环经济发展评价[J].科学技术与工程,2012,12(10):2449.
- [10] 黄和平.基于生态效率的江西省循环经济发展模式[J].生态学报,2015,35(9):2894.
- [11] 黄明凤,姚栋梅.“一带一路”背景下西部地区循环经济效率评价及影响因素分析[J].广西社会科学,2017(9):99.
- [12] 胡彪,付中阳.京津冀地区循环经济效率测评[J].城市问题,2017(8):52.
- [13] 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(9):1078.
- [14] 陈翔,肖序.中国工业产业循环经济效率区域差异动态演化研究与影响因素分析:来自造纸及纸制品业的实证研究[J].中国软科学,2015(1):160.