

城市循环经济发展效率的空间差异研究

张明斗

摘 要: 基于循环经济以资源高效利用和循环利用的核心内涵, 本文采用数据包络模型, 以中国大陆 29 个省市 (自治区) 地级以上城市为研究对象, 对其城市循环经济发展效率进行动、静态测度, 探寻城市循环经济发展效率的空间差异性, 结果表明: (1) 2003—2012 年间, 中国的城市循环经济发展效率在较大的波动中呈现出整体下降趋势, 且在 2008 年达到低谷; 处于生产前沿面的省市区的数量和空间分布均发生了变化。(2) 四大板块的城市循环经济发展效率趋势分析中, 10 年间, 东部地区基本保持平衡; 中、西部地区和中国整体的运行趋势一致, 呈现出波浪式下降的态势; 东北地区出现大幅度下降。(3) 依据城市循环经济发展效率值的大小, 将其划分为高有效增长型、强有效增长型、弱有效增长型及低有效增长型四种类型, 其中北上广属于典型的低有效增长型。(4) 2012 年城市循环经济发展的纯技术效率和规模效率均处于非有效状态, 并对非有效单元的投入要素集约度进行全面测算, 且依据非集约度大小划分为低非集约型、高非集约型、强非集约型及超非集约型四大类型, 同时进行空间聚类规划, 在工业能源消耗量方面, 广东属于典型的超非集约型。

关键词: 循环经济; 发展效率; 非集约度; 空间差异

中图分类号: F299.22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-0169(2016)03-0095-10

DOI:10.16493/j.cnki.42-1627/c.20160524.001

一、引 言

城市循环经济作为一种新型的、绿色的、可持续的、先进的经济形态, 是以提高资源利用效率为出发点, 以提升经济效益、社会效益和生态效益为核心, 促使生产方式由粗放型向集约型转变, 具有能够有效处理“三废”和实现可持续发展的新型城市经济增长方式, 已经成为诸多城市发展追求的新模式和运行的新机制。城市循环经济发展效率作为衡量城市循环经济发展效果的重要标准, 是指城市循环经济发展过程中的投入与产出的比较状态。探索城市循环经济的发展效率, 并明确其地理空间差异水平, 在大尺度区域规划角度高质量、高效率推动城市循环经济的发展, 对中国未来城市循环经济的发展与经济预判意义重大。随着技术水平的不断提高, 居民在享受城市舒适生活带来的种种便利的同时, 也面临着诸如能源短缺、能耗过大、供水不足、工业污染严重等综合问题, 为此, 国家提出“两型社会”和“两型城市”等具体的应对模式和发展战略, 取得了一定的发展成效。事实上, 尽管多数城市开展了循环经济的运行模式, 但发展效率明显偏低, 空间差异性较大, 导致我国的城市循环经济始终处在低水平徘徊局面。因此, 如何通过提升发展效率来推动实现城市循环经济和城市经济的发展具有显著的现实意义。对于该问题, 国内外学者的研究范畴重点集中于

基金项目: 国家社科基金项目“新型城镇化的包容性发展及其空间效应研究”(14BJY052); 国家自然科学基金项目“新型城镇化的空间效应与区域政策工具组合创新”(41571121)

作者简介: 张明斗, 经济学博士, 东北财经大学公共管理学院讲师 (辽宁 大连 116025)

城市循环经济发展的评价体系^{[1][2][3][4]}、城市循环经济的制度建设^[5]、城市循环经济的发展模式^{[6][7]}、城市循环经济的发展水平测度^{[8][9]}及城市循环经济的发展政策等^{[10][11][12][13]}, 并对如何发展城市循环经济提供了路径选择; 而在循环经济效率方面, 现在研究主要是对产业集群^{[14][15]}、建筑行业^[16]、钢铁行业^{[17][18][19]}及农业等^{[20][21]}展开分析探讨。关于城市循环经济的总体发展效率及其空间差异水平研究尚处空白。目前城市“三废”来源中, 工业部门排放量占据主导地位, 据统计, 2013年工业部门所排放的固体废弃物、废气和废水分别占到城市排放总量的 92.56%、88.82%和 39.61%; 而且地级以上城市工业产值也占到城市经济总量的 50.49%, 这说明工业部门在城市经济中的核心地位, 其发展效率能够有效反映城市循环经济的发展状态。同时, 工业污染作为城市循环经济发展的关键性障碍^{[22][23]}受到高度关注, 推进城市循环经济的发展必须首先从工业部门着手, 从技术层面上推进工业循环经济^[24]。因此, 本文以城市工业部门为典例, 来讨论城市循环经济的发展效率及其空间差异性, 具有较强代表性。

二、研究方法、指标体系构建与数据来源

(一) 研究方法

一般意义上的效率评价体系构建, 大多基于投入和产出两大系统来进行, 所采用的评价模型主要为 DEA-CCR 和 DEA-BCC 两种类型。本文对于城市循环经济发展效率评价体系的构建也遵循两大系统模式进行。然而, 初始的 DEA-CCR 模型只是对固定规模收益下的线性规划问题进行分析, 无法分析规模收益可变的情况, 故此, 本文基于前人研究基础^{[25][26][27][28][29]}, 采用可变规模收益的 DEA-BCC 模型, 将城市循环经济发展效率分解为纯技术效率和规模效率两个维度。DEA-BCC 模型的生产可能集为:

$$T_{BCC} = \left\{ (x, y) \mid x \geq \sum_{j=1}^N \lambda_j x_j, \sum_{j=1}^N \lambda_j = 1, j = 1, 2, \dots, N \right\} \quad (1)$$

DEA-CCR 模型中规模收益不变的硬性条件去掉后, 此模型便可以严格集中在单个决策单元水平的生产有效性上, 也即一个决策单元实现有效性, 即效率值为 1, 则必须位于决策单元的生产前沿面上, 这样就形成了规模收益可变条件下的 DEA-BCC 模型。

$$\begin{aligned} \max_{\lambda, s^-, s^+} w &= es^- + es^+ & \min_{\theta, \lambda} \theta \\ s. t. & \begin{cases} s^- = \theta x_i - X\lambda \\ s^+ = Y\lambda - y_i \\ \lambda \geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \end{cases} & \begin{cases} -y_i + Y\lambda \geq 0 \\ \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\ \sum_{j=1}^N \lambda_j = 1 \\ \lambda \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

其中, s^- 、 s^+ 为模型中第 j 个决策单元的投入和产出的松弛变量, θ 为评价的决策单元效率值, 如果 $\theta=1$, 此时纯技术效率和规模效率均为 1, 也即实现了 DEA 有效; 如果 $\theta < 1$ 且纯技术效率或规模效率中的某个值为 1, 则是实现了弱 DEA 有效; 如果两者均小于 1, 说明是非 DEA 有效。

而对于非 DEA 有效单元, 为寻找出投入要素存在的冗余变量, 则需要测度其目标值, 并测度出实际投入值和目标值之间的差额, 建立“投影”模型:

设 λ^0 、 s_0^- 、 s_0^+ 、 θ^0 是线性规划的最优解, 令

$$\begin{cases} \hat{X}_0 = \theta_0 X_0 - s_0^- = \sum_{j=1}^n \lambda_j^0 X_j \\ \hat{Y}_0 = Y_0 + s_0^+ = \sum_{j=1}^n \lambda_j^0 X_j \end{cases} \quad (3)$$

其中， s_0^- 、 s_0^+ 为模型中第 j_0 个决策单元的投入和产出松弛变量， (\hat{X}, \hat{Y}) 为评价单元 DMU_{j_0} 对应的 (X_0, Y_0) 在 DEA 的相对有效面上的“投影”。

（二）指标体系构建

对于循环经济发展效率的评价，多数学者采用投入产出法或层次分析法来进行。本文基于城市循环经济发展效率的内在含义，对其进行评价也主要依据投入产出分析法，根据城市循环经济发展的投入系统和产出系统两大层面来构建评价指标体系（如表 1 所示）。将 29 个省市（自治区）作为研究对象，对地级以上城市的循环经济发展效率做动、静态的综合测度，以明确城市循环经济发展效率的空间差异性。由于本文选用工业部门作为典型代表，考虑到循环经济的内涵属性及基本要求，故在指标体系的构建中，投入要素重点涉及包括城市循环经济的生产需要及资源消耗在内的主体类型。因此，本文选择的工业投入性的指标为工业总量投入、工业企业年均从业人数和工业能源消耗量，基本上代表了城市循环经济发展的投入系统。工业产出性指标为工业废水排放达标量、工业二氧化硫去除量和工业烟尘去除量，是对工业正向产出的一个修正，它们以降低总产出的负外部效应使工业产出具有了循环性质，故采用这些指标可以从修正的意义上形成城市循环经济发展的产出系统。

表 1 城市循环经济发展效率评价指标体系

	系统类型	具体指标	单位
城市循环经济发展效率评价指标体系	投入系统	工业总量投入	亿元
		工业企业年均从业人数	万人
		工业能源消耗量	万吨标煤
	产出系统	工业废水排放达标量	万吨
		工业二氧化硫去除量	吨
		工业烟尘去除量	吨

（三）数据来源

本文以 2003—2012 年为研究时段，选取 29 个省市（自治区）地级以上城市为研究对象，以全市为统计口径，构造城市循环经济发展效率的面板数据集。在关于以上城市循环经济发展效率的评价指标体系中，由于 2011 和 2012 年的工业废水排放达标量、工业二氧化硫去除量和工业企业的年均从业人数尚未披露，本文根据 2003—2010 年的相应变化率外推求得外，其他数据均来源于 2004—2013 年《中国城市统计年鉴》和 29 省市（自治区）统计年鉴。

三、城市循环经济发展效率的动态测度

为明确城市循环经济发展效率的空间差异状态和时间演化趋势，运用数据包络分析方法，借助 DEAP2.1 计量软件对 29 个省市（自治区）地级以上城市的循环经济发展效率进行动态测度，其结果如表 2 所示。

总体来看，2003—2012 年间，中国的城市循环经济发展效率在较大的波动中呈现出整体下降趋势，由 2003 年的 0.713 下降到 2012 年的 0.640，年均下降 1.01 个百分点。特别是在 2007—2008 年出现快速下降的局面，且在 2008 年呈现低谷。这可能是由于 2007 年处于经济增长高速期，但 2008 年却面临严重金融危机，这一时刻的某些消耗指标，特别是减排方面的部分指标基本没发生什么变化，产出指标却有所下降，可能使得每单位产出的消耗指标或非循环因素出现大幅度上升趋势，进而导致总体循环经济效率出现低谷（如图 1 所示）。

表2 2003—2012年中国各省市城市循环发展经济效率

决策单元	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	均值
北京	0.141	0.162	0.236	0.095	0.204	0.134	0.133	0.108	0.126	0.143	0.148
天津	0.472	0.201	0.276	0.265	0.420	0.216	0.245	0.209	1.000	1.000	0.430
河北	0.770	0.615	0.841	0.712	0.698	0.594	0.623	0.532	0.636	0.557	0.658
山西	1.000	0.740	1.000	0.879	1.000	0.897	0.937	0.804	1.000	1.000	0.926
内蒙古	0.997	0.879	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.837	1.000	0.920	0.963
辽宁	0.630	0.394	0.467	0.421	0.410	0.398	0.429	0.359	0.375	0.280	0.416
吉林	0.927	0.715	0.876	0.634	0.744	0.656	0.636	0.508	0.563	0.410	0.667
黑龙江	0.810	0.542	0.531	0.896	0.931	0.574	0.517	0.384	0.388	0.397	0.597
上海	0.359	0.265	0.244	0.215	0.176	0.168	0.207	0.153	0.145	0.137	0.207
江苏	0.567	0.574	0.606	0.656	0.490	0.514	0.596	0.563	0.527	0.394	0.549
浙江	0.540	0.481	0.504	0.560	0.403	0.500	0.613	0.629	0.639	0.554	0.542
安徽	0.656	0.531	0.647	0.646	0.705	0.645	0.733	0.707	0.776	0.663	0.671
福建	0.759	1.000	1.000	1.000	0.615	0.251	1.000	1.000	1.000	0.829	0.845
江西	1.000	1.000	1.000	0.947	0.913	0.816	1.000	1.000	1.000	1.000	0.968
山东	0.423	0.437	0.519	0.438	0.438	0.457	0.457	0.550	0.492	0.473	0.468
河南	0.659	0.616	0.916	0.714	0.659	0.502	0.581	0.436	0.544	0.476	0.610
湖北	0.572	0.488	0.518	0.573	0.488	0.449	0.641	0.554	0.520	0.454	0.526
湖南	0.938	0.886	1.000	0.977	0.848	0.709	0.828	0.782	0.827	0.707	0.850
广东	0.202	0.176	0.143	0.188	0.174	0.206	0.240	0.204	0.214	0.212	0.196
广西	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
重庆	0.956	0.682	0.740	0.843	0.640	0.690	0.741	0.551	0.612	0.547	0.700
四川	0.663	0.637	0.620	0.734	1.000	0.618	0.696	0.571	0.587	0.493	0.662
贵州	0.997	0.674	0.965	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.964
云南	1.000	1.000	0.444	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.869	0.931
陕西	0.657	0.789	0.723	0.898	0.854	0.628	0.920	0.997	1.000	1.000	0.847
甘肃	1.000	0.428	0.441	1.000	1.000	0.642	1.000	1.000	1.000	0.986	0.850
青海	1.000	0.678	0.897	0.751	0.925	0.843	0.699	0.433	0.499	0.647	0.737
宁夏	0.452	1.000	1.000	0.561	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.901
新疆	0.531	0.533	0.466	0.373	0.483	0.236	0.355	0.374	0.382	0.423	0.416
东部	0.470	0.435	0.485	0.459	0.402	0.338	0.457	0.439	0.531	0.478	0.449
中部	0.804	0.710	0.847	0.789	0.769	0.670	0.787	0.714	0.778	0.717	0.758
西部	0.841	0.755	0.754	0.833	0.900	0.787	0.856	0.797	0.825	0.808	0.816
东北	0.789	0.550	0.625	0.650	0.695	0.543	0.527	0.417	0.442	0.362	0.560
均值	0.713	0.625	0.677	0.689	0.697	0.598	0.684	0.629	0.685	0.640	—

下面分别对城市循环经济发展效率的前沿面^①、四大板块变化趋势和成长模式进行系统性分析。

(一) 城市循环经济发展效率的前沿面变化趋势

就城市循环经济发展效率的前沿面变化趋势来看,处于生产前沿面的省市(自治区)的数量和空间分布均发生了变化。2003年,处于生产前沿面的省区数量为5个,分别为山西、江西、广西、甘肃和青海,除山西和江西属于中部地区外,其他省区均属于西部地区;到2012年,处于

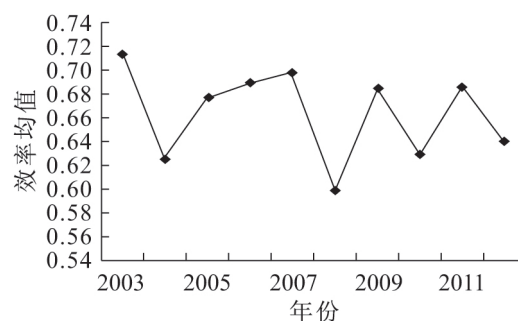


图1 2003—2012年城市循环经济发展效率变化图

^① 前沿面是指满足最优化条件的生产性曲线,这里指的是城市循环经济发展效率值为1。

生产前沿面的省市数量为 7 个，分别为天津、山西、江西、广西、贵州、陕西和宁夏，其中东部地区 1 个，中部地区 2 个，西部地区 4 个。整体来看，虽然新增了东部地区的天津处于生产前沿面，但并没有从根本上改变城市循环经济发展效率的前沿面西部多于中部多于东部的空间分布格局。绝大多数的生产前沿面省区均属于西部地区，与西部地区本身的经济基础和发展环境密切相关。西部地区的工业基础薄弱，部分地区以农牧业和旅游业为主导，尽管拥有丰裕的能源矿产资源，但开发力度不足，能耗偏低；也有以重庆、成都、兰州等为代表的部分城市已成为全国新兴技术中心和高精尖产品生产基地，不再是传统的高投入低产出高污染的发展模式，城市循环经济发展效率自然也会得以提升。天津市 2012 年能够成为生产前沿面省区，与天津滨海新区的建立紧密相关，滨海新区将逐渐形成电子信息、汽车、医药化工、食品饮料等四大循环经济产业体系，对于天津循环经济发展效率的提升起到重大推动作用。

（二）四大板块的城市循环经济发展效率趋势分析

2003—2012 年间，东部地区的城市循环经济发展效率基本保持平衡，由 2003 年的 0.470 到 2012 年的 0.478；且 10 年均值为 0.499，在四大板块^①中位居最后，其原因可能在于东部地区部分城市工业发展中仍然沿袭先污染后治理模式，以粗放型的工业化方式来换取城市经济发展水平的提升，尽管许多地区开始将循环经济理念引入到工业化进程中，但成效不显著，循环经济发展效率偏低。中、西部地区的城市循环经济发展效率和中国整体的运行趋势一致，呈现出波浪式下降的态势，10 年间分别下降 0.087 和 0.033，然而效率均值却明显高于东部和东北地区，尤其是西部地区表现更为明显，城市循环经济发展的效率值达到 0.816，除了与中、西部地区工业基础和发展环境密切相关外，还表明在承接东部产业转移的过程中，中、西部地区将循环经济理念引入到产业发展中，提升了循环经济发展效率。东北地区的城市循环经济发展效率则出现大幅度下降，由 2003 年的 0.789 下降到 2012 年的 0.362，年均下降 5.41 个百分点，部分原因是东北老工业基地企业设备和技术老化，竞争力下降，资源型城市主导产业衰退导致循环理念无法引入到工业化发展战略中去，城市循环经济发展效率不高。

（三）城市循环经济发展效率的成长模式分析

前文表 2 给出了 29 个省市（自治区）的城市循环经济发展效率值，为进一步明确城市循环经济发展效率的运行状态及其成长模式，本文依据 2003—2012 年城市循环经济发展效率的平均值，将其划分为高有效增长型、强有效增长型、弱有效增长型及低有效增长型四种类型（如表 3 所示）。

表 3 城市循环经济发展效率成长模式

增长类型	高有效增长型 ($E \geq 0.800$)	强有效增长型 ($0.600 \leq E < 0.800$)	弱有效增长型 ($0.400 \leq E < 0.600$)	低有效增长型 ($E < 0.4000$)
决策单元	山西、内蒙古、福建、江西、湖南、广西、贵州、云南、陕西、甘肃、宁夏	河北、吉林、安徽、河南、重庆、四川、青海	天津、辽宁、黑龙江、江苏、浙江、山东、湖北、新疆	北京、上海、广东

由图 2 可以看出，对于城市循环经济发展效率的高有效增长型，其城市循环经济发展效率值在 0.800 以上（包含 0.800），意味着这些区域的城市循环经济发展中投入水平能够在 80% 以上的程度上实现最优生产规模的数量和投入要素的最优规模生产效率，投入要素的冗余量偏低。对于强有

^① 这里的四大板块是指东部、中部、西部和东北地区。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；中部地区包括山西、安徽、江西、河南、湖北、湖南；西部地区包括内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆；东北地区包括辽宁、吉林、黑龙江。

效增长型的 7 个省区城市循环经济发展的效率值在 0.600 到 0.800 的左闭右开区间内, 其中 3 个属于西部地区、2 个为中部地区, 说明这些省区在城市循环经济发展中所投入的要素资源绝大部分能转换成产出水平, 投入和产出基本趋于合理化, 但没有实现适度性。

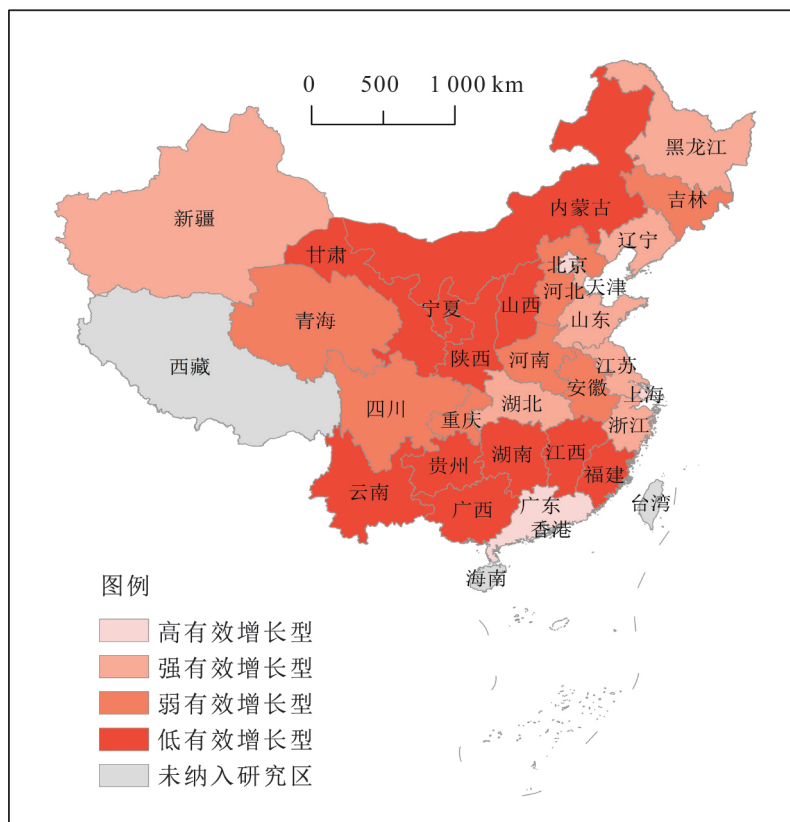


图 2 城市循环经济发展效率成长模式空间分布

对于城市循环经济发展效率的弱有效增长型和低有效增长型, 其效率值在 0.600 以下, 说明这些省市在循环经济发展中投入要素利用效率偏低, 投入产出水平尚未实现匹配性; 尤其是以北京、上海和广东为代表的低有效增长型省市, 属于典型的效率低下型城市循环经济成长模式。北上广之所以处于此种类型, 一方面与原有的城市循环经济发展的投入基数有关, 原本基数就位居前列的北上广, 在此基础上进行新一轮的投入, 可能会带来相对较低的产出水平, 效率值自然也就偏低; 另一方面虽然北上广的工业发展水平和技术都领先于全国, 但部分城市仍沿袭传统的粗放型生产模式, 导致城市循环经济发展效率较低。

四、城市循环经济发展效率的静态测度

为更加明确城市循环经济发展效率的内涵, 本文选用 2012 年中国 29 个省市(自治区) 地级以上城市为研究样本对其城市循环经济发展效率进行静态测度^①。

^① 这里的静态测度是相对于上文动态测度而言的, 即对 2012 年的城市循环经济发展效率进行分解, 目的是明确纯技术效率、规模效率和规模报酬, 进行更为详细的分析。

(一) 城市循环经济发展效率分解及规模报酬

采用 DEA-BCC 模型，运用 DEAP2.1 计量软件对 2012 年我国城市循环经济发展效率进行分解，并对其规模报酬做出分析（如表 4 所示）。

表 4 2012 年城市循环经济发展效率分解及规模报酬

决策单元	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬	决策单元	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
北京	0.143	0.143	0.996	irs	河南	0.476	1.000	0.476	drs
天津	1.000	1.000	1.000	—	湖北	0.454	0.662	0.686	drs
河北	0.557	1.000	0.557	drs	湖南	0.707	0.765	0.923	drs
山西	1.000	1.000	1.000	—	广东	0.212	0.782	0.271	drs
内蒙古	0.920	1.000	0.920	drs	广西	1.000	1.000	1.000	—
辽宁	0.280	0.505	0.554	drs	重庆	0.547	0.576	0.949	drs
吉林	0.410	0.417	0.984	irs	四川	0.493	0.644	0.765	drs
黑龙江	0.397	0.426	0.933	drs	贵州	1.000	1.000	1.000	—
上海	0.137	0.238	0.575	drs	云南	0.869	0.880	0.987	irs
江苏	0.394	1.000	0.394	drs	陕西	1.000	1.000	1.000	—
浙江	0.554	1.000	0.554	drs	甘肃	0.986	1.000	0.986	drs
安徽	0.663	0.884	0.751	drs	青海	0.647	1.000	0.647	irs
福建	0.829	0.848	0.977	drs	宁夏	1.000	1.000	1.000	—
江西	1.000	1.000	1.000	—	新疆	0.423	0.459	0.922	irs
山东	0.473	1.000	0.473	drs	均值	0.640	0.801	0.830	—

注：综合效率 = 纯技术效率 × 规模效率，irs 表示规模报酬递增，— 表示规模报酬不变，drs 表示规模报酬递减。

1. 城市循环经济发展的纯技术效率。2012 年中国城市循环经济的发展效率值为 0.801，处于非有效性状态，表明在城市循环经济发展进程中存在投入要素资源浪费现象。但有 15 个省市区纯技术效率值达到 1.000，其中东部地区 5 个、中部地区 3 个、西部地区 7 个，表明这些省市区的循环经济发展已经实现了纯技术效率的有效性，按照当年的投入产出水平，投入要素实现了最优生产规模效率。研究还发现，以辽宁为代表的东北地区，城市循环经济发展的纯技术效率值并没有处在生产前沿面，全部位于非有效性状态且效率值偏低，平均为 0.449，明显低于 0.801 的平均水平，意味着东北地区存在资源虚耗现象。

2. 城市循环经济发展的规模效率。2012 年中国城市循环经济发展效率均值为 0.830，虽高于纯技术效率值，但也是处于非有效性状态中，说明在城市循环经济发展中，投入要素的数量仍与最优生产规模数量存在一定差距。在 29 个省市区中，仅有 7 个省市区实现规模效率的有效性，其中东部地区 1 个、中部地区 2 个、西部地区 4 个。与纯技术效率一致，东北地区城市循环经济发展的规模效率也全部处于非有效性状态，以致出现综合效率相对偏低的结果。

3. 城市循环经济发展效率的规模报酬。根据表 4，整体而言，城市循环经济发展效率处于规模报酬不变，即实现 DEA 有效的省市区有 7 个，实现弱 DEA 有效（纯技术效率或者是规模效率为 1）的省市区有 8 个，剩余的 14 个省市区全部处于非 DEA 有效状态，其中处于规模报酬递增的有 5 个，其余的 17 个全部处于规模报酬递减状态。对于规模报酬不变的省市区，其城市循环经济发展中，投入要素不仅实现了与最优生产规模量的完全匹配，而且充分发挥了最优生产规模效率。对于以北京和吉林为代表的规模报酬递增的省市区而言，在未来城市循环经济发展中要强化投入要素的力度和使用效率，以此达到最优生产规模；对于以河北和上海为代表的规模报酬递减的省市区应当适度减少投入量，使之与最优生产规模量一致。

(二) 城市循环经济发展的投入要素集约度测算及解析

由上可知,并非所有省市区的城市循环经济发展效率均处于 DEA 有效和弱 DEA 有效状态之中,而对于 14 个非 DEA 有效省市区的投入要素集约度需要开展进一步测度。借助于决策单元在相对有效面上的“投影”,获取非 DEA 有效省市区实际投入值与目标投入值的差额,通过“投影”模型的最终计算,能够得到 14 个非 DEA 有效省区的城市循环经济发展的投入要素非集约值和非集约度:

$$\begin{aligned} \text{非集约度 (UI)} &= \text{非集约值} / \text{目标投入值} \times 100\% \\ &= | \text{实际投入值} - \text{目标投入值} | / \text{目标投入值} \times 100\% \end{aligned}$$

依据非集约度的大小对其进行空间聚类规划,结果如表 5、图 3 所示:

表 5 非集约类型划定标准

投入要素类型	低非集约型	高非集约型	强非集约型	超非集约型
非集约度 UI	$(0 < UI \leq 20\%)$	$(20\% < UI \leq 40\%)$	$(40\% < UI \leq 60\%)$	$(UI > 60\%)$

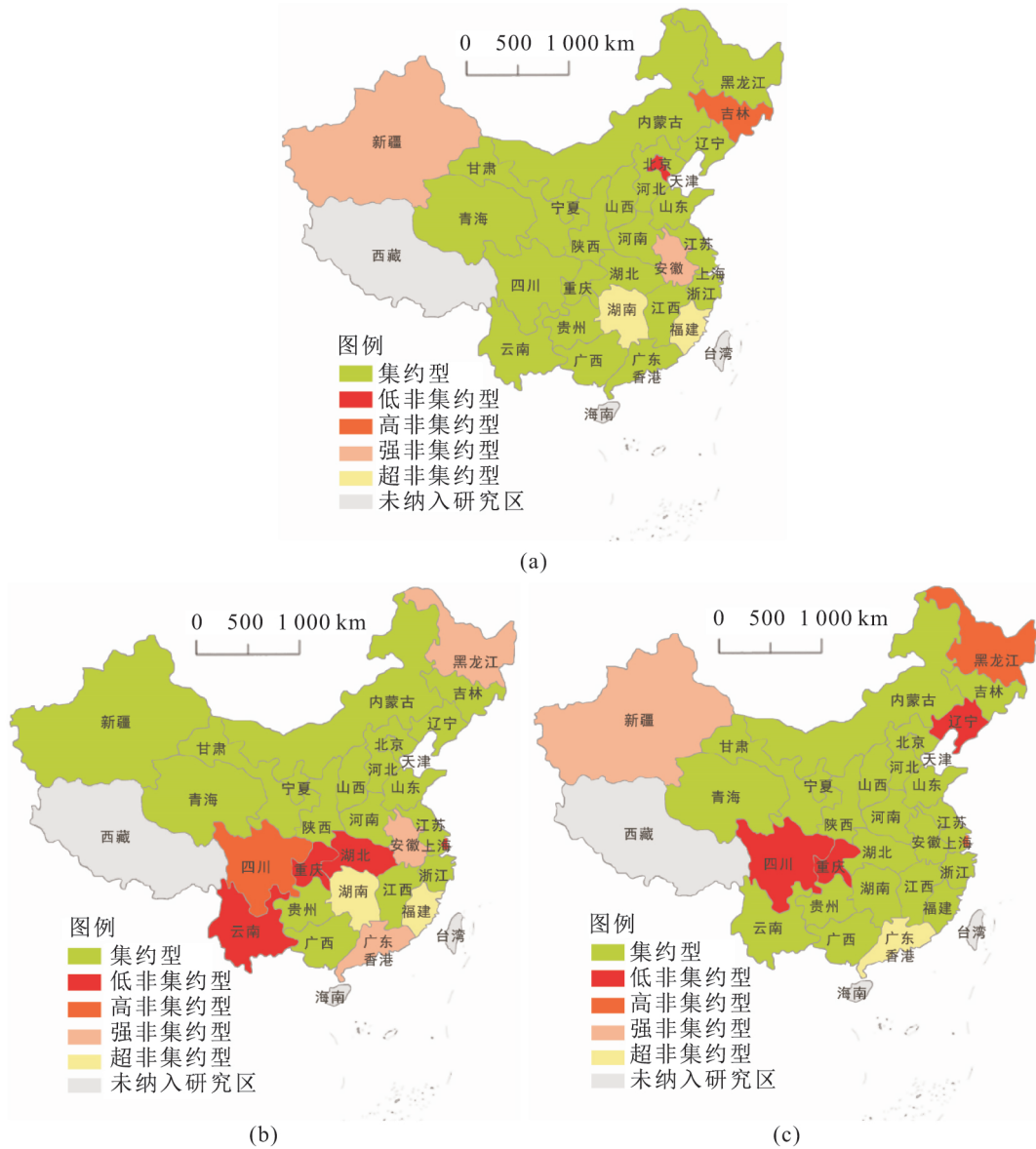


图 3 中国工业总量投入、年均从业人数与能源消耗量空间分布

通过图3可以看出，城市循环经济发展效率非DEA有效的省市均在工业总量投入、工业企业年均从业人数和工业能源消耗量等某一方面或多个方面存在着非集约性，这也为解释城市循环经济发展效率的非有效性提供了理由。

在工业总量投入方面，福建和湖南两省属于超非集约型，而且两省份均处于规模报酬递减的状态中，表明其存在投入要素过量现象。2012年福建和湖南的非集约度分别为79.4%和79.3%，已有投入要素的数量值远超于目标值，因此，在未来发展中必须减少工业总投入量，提升投入要素的利用效率，进一步实现城市循环经济的高效发展。对于处在低非集约型的北京而言，其非集约度为2.9%，且处在规模报酬递增状态，需要略微增强工业总投入量，实现与目标值的同步性。在工业企业年均从业人数方面，同样是福建和湖南处在超非集约型的类型中，这就要求这两省不但要为当前工业企业的从业人员提供其他方面的就业机会，拓宽就业渠道，进一步降低工业企业从业人数，而且要提升现有人员的工作效率。在该投入要素类型中，除要求云南需要增加就业人员外，其他省市均应当适度降低工业企业从业人数，规避人员冗余带来的低效率。在工业能源消耗量方面，广东的非集约度为70.2%，属于典型的超非集约型，这与广东省的发展实际相吻合，作为制造业大省，工业能源消耗量投入过多属于正常，但这也要求广东进一步提高能源利用效率，提升城市循环经济发展效率。上述实证结果显示，在城市循环经济发展中，其效率的提升并不是投入要素越多越好，也不是越少越好，而是应当在实现与目标值适度匹配的前提下，达到利用的效率性。

五、研究结论和讨论

本文的主要结论如下：

第一，2003—2012年间，中国的城市循环经济发展效率在较大的波动中呈现出整体下降趋势，且在2008年达到低谷；处于生产前沿面省市（自治区）的数量和空间分布均发生了变化。

第二，就四大板块的城市循环经济发展效率趋势，十年间，东部地区基本保持平衡；中、西部地区的城市循环经济发展效率与中国整体的运行趋势一致，呈现出波浪式下降的态势；东北地区出现大幅度下降。

第三，依据城市循环经济发展效率值的大小，将其划分为高有效增长型、强有效增长型、弱有效增长型及低有效增长型四种类型，其中北京、上海、广州属于典型的低有效增长型。

第四，2012年城市循环经济发展的纯技术效率和规模效率均处于非有效状态，并对非DEA有效单元的投入要素集约度进行全面测算，依据非集约度大小划分为低非集约型、高非集约型、强非集约型及超非集约型四大类型。在工业能源消耗量方面，广东属于典型的超非集约型。

通过对城市循环经济发展效率的测度，可以甄别其地理空间差异水平，为未来城市循环经济的发展指明了方向。但是，本文仅是以工业部门为例来探讨城市循环经济的发展效率，且仅是就效率本身的演变趋势和内在含义进行分析说明。具体到城市循环经济的发展实际中，发展效率会受到包括发展基础、发展模式、技术类型、经济环境等诸多因素的影响，其作用程度如何在本文中并没有给出明确定位，且在城市循环经济发展的不同阶段及不同的空间资源约束条件下，如何通过调整影响因素来实现城市循环经济的高效率发展效果，是未来进一步讨论的重要内容。

参考文献

- [1] United Nations. *Indicators of Sustainable Development Framework and Methodologies* [M]. New York: United Nations, 1996.
- [2] 于丽英,冯之浚. 城市循环经济评价指标体系的设计[J]. 中国软科学, 2005, (12).

- [3] 李王锋,张天柱.资源型城市循环经济评价指标体系研究[J].科学学与科学技术管理,2005,(8).
- [4] 陈文晖.城市循环经济评价指标体系探讨[J].经济管理,2006,(16).
- [5] 徐志成,王建国.论我国城市循环经济的制度建设[J].现代城市研究,2006,(2).
- [6] 臧淑英,李丹,韩冬冰.资源型城市转型与循环经济发展——以黑龙江省伊春市为例[J].经济地理,2006,(1).
- [7] 沙景华,马惠新,严丽娟.内蒙古乌拉特后旗新兴矿业城市循环经济发展模式研究[J].中国人口·资源与环境,2011,(8).
- [8] 韩增林,王泽宇.辽宁沿海地区循环经济发展综合评价[J].地理科学,2009,(2).
- [9] 李俊莉,曹明明.基于能值分析的资源型城市循环经济发展水平评价——以榆林市为例[J].干旱区地理,2013,(3).
- [10] Reijnders, L. A normative strategy for sustainable resource choice and recycling[J]. *Resources Conservation and Recycling*, 2000, (1).
- [11] 马永欢,周立华.武威市凉州区发展循环经济的路径优化与仿真模拟[J].经济地理,2008,(6).
- [12] 任建兰,张淑敏,周鹏.山东省产业结构生态评价与循环经济模式构建思路[J].地理科学,2004,(6).
- [13] Houston, D. Governing for sustainable urban development[J]. *Housing Studies*, 2012, (1).
- [14] 管友桥,陈国生,靳拥军,等.循环经济背景下产业集群绿色经营绩效评价[J].经济地理,2009,(8).
- [15] 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).
- [16] 贾国柱,刘圣国,孟楷越.基于改进 DEA 模型的建筑业循环经济效率评价研究[J].管理评论,2014,(4).
- [17] Clemens, B. Changing environmental strategies over time: An empirical study of the steel industry in the United States[J]. *Journal of Environmental Management*, 2001, (2).
- [18] 章波,黄贤金.循环经济发展指标体系研究及实证评价[J].中国人口·资源与环境,2005,(3).
- [19] 王俊岭,戴淑芬.基于 DEA-Malquist 指数的我国钢铁行业循环经济效率评价[J].河北经贸大学学报,2014,(2).
- [20] 钟太洋,黄贤金,李璐璐,等.区域循环经济发展评价:方法、指标体系与实证研究[J].资源科学,2006,(2).
- [21] 李郁,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,2006,(4).
- [22] 王发明.循环经济系统的结构和风险研究[J].财贸研究,2007,(7).
- [23] 王雅莉.“两型城市”建设的运行框架构建及路径选择[J].江淮论坛,2013,(3).
- [24] 靳小钊.沿海城市循环经济发展的三个推进层面[J].哈尔滨商业大学学报,2006,(6).
- [25] 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,(4).
- [26] 孙威,董冠鹏.基于 DEA 模型的中国资源型城市效率及其变化[J].地理研究,2010,(12).
- [27] Wu, H., Y. Shi, Q. Xia, et al. Effectiveness of the policy of circular economy in China: A DEA-based analysis for the period of 11th five-year-plan[J]. *Resources, Conservation and Recycling*, 2014, (2).
- [28] Liang, L., Y. Li, Y. S. Li. Increasing the discriminatory power of DEA in the presence of the undesirable outputs and Large dimensionality of data sets with PCA[J]. *Expert Systems with Applications*, 2009, (3).
- [29] Mao, W., W. W. Koo. Productivity growth, technological progress, and efficiency change in Chinese agriculture after rural economic reforms: A DEA approach[J]. *China Economic Review*, 1997, (2).

(责任编辑 朱 蓓)