

文章编号: 1000-5862(2017)02-0168-07

# 基于 DEA 模型的产业结构调整与 氮氮排放效率关系的实证研究 ——以鄱阳湖生态经济区为例

廖桂萱<sup>1</sup> 袁菊红<sup>2</sup> 胡绵好<sup>3\*</sup> 卢福财<sup>3</sup>

(1. 江西财经大学旅游与城市管理学院 江西 南昌 330013; 2. 江西财经大学环境与植物科学研究所 江西 南昌 330032;  
3. 江西财经大学鄱阳湖生态研究院 江西 南昌 330013)

**摘要:** 经济和环境的协调发展已经成为区域发展不可忽视的重要问题,鄱阳湖生态经济区作为国家区域发展战略地区之一,其生态与经济的协调发展就显得至关重要。运用 DEA 方法对鄱阳湖生态经济区 36 个县(市、区) 2009—2013 年间氮氮排放效率及其变化率进行分析。结果显示:各县(市、区)之间氮氮排放效率差异明显,东湖区、西湖区、青云谱区和渝水区等 8 个县(市、区)氮氮排放效率较高,其他县(市、区)氮氮排放效率中等或低下。Malmquist 生产率指数计算显示除了南昌县、余江县、高安市和万年县 4 个县(市、区)氮氮排放综合效率降低外其余都有所上升或不变。依据主导产业和氮氮排放效率将鄱阳湖生态经济区 36 个县(市、区)划分为高效率第二产业主导区、中效率第二产业主导区、低效率第二产业主导区等 8 类区域,并提出产业结构调整的相关建议。

**关键词:** 氮氮排放效率;产业结构调整;数据包络分析;鄱阳湖生态经济区

**中图分类号:** F 124 **文献标志码:** A **DOI:** 10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2017.02.11

## 0 引言

环境污染问题是各国在社会经济发展过程中所面临的急需解决的问题,而产业结构在空间上的不合理布局又是区域环境质量恶化的主要原因之一,因此通过调整产业结构布局来改善环境质量,已受到学术界的重视<sup>[1]</sup>。研究认为,产业结构的调整、城市化水平与环境污染存在一定的相关性<sup>[2]</sup>,是影响目前生态环境的主要因素,合理调整的产业结构可抑制环境污染<sup>[3]</sup>,因此通过产业结构调整可使资源利用效率得到提高、污染物排放得到减少,最终有利于促进社会经济的可持续发展<sup>[4]</sup>。研究还认为,产业或行业内部在经济与环境协调发展的内在要求下仍存在对环境污染有影响的因素<sup>[5]</sup>,其中工业内部各产业结构的变化是影响区域环境质量的重要因素<sup>[6-7]</sup>。总之,环境污染与产业结构调整之间存在着长期均衡关系,其受到产业内部结构及其规模比例

的影响。从一定意义上来说,在保证经济发展的前提下维护生态环境质量和减少污染物的排放,均是产业结构调整趋向合理的结果。因此,在经济快速发展与资源环境关系日益紧张的形势下,如何科学合理地解决城市化、产业结构升级、转型与生态环境污染之间的矛盾已成为目前区域发展所面临的现实的问题<sup>[8]</sup>。

鄱阳湖生态经济区的优势产业和优势企业不多,传统工业产业比重高,高新技术产业比重低<sup>[9]</sup>;产品结构多为原料型、资源型,竞争力不强;区域城市人口增长聚集度高<sup>[10]</sup>,但城市之间的经济联系相对较弱<sup>[11]</sup>,且大部分城市还处于经济滞后于环境的阶段<sup>[12]</sup>。随着工业化进程的加速,能源需求将大幅增加,节能减排任务艰巨,环境保护压力突出。资源、环境与发展的矛盾,已成为制约其经济社会可持续发展的主要瓶颈。鄱阳湖生态经济区自 2009 年 12 月 12 日确立为国家区域发展战略以来,承担着区域生态环境的保护和产业结构升级转型、促进经济社

收稿日期: 2016-11-40

基金项目: 国家自然科学基金(21407069, 21367013, 71463020), 江西省自然科学基金(20142BAB203024, 20151BAB203034), 江西财经大学优秀学术人才支持计划(K00292025) 和国家留学基金(201509805005) 资助项目。

通信作者: 胡绵好(1976-), 男, 湖南麻阳人, 副教授, 博士, 主要从事区域环境污染控制及经济评价等研究。

会跨越式发展的双重任务<sup>[8]</sup>. 基于此,本文以鄱阳湖生态经济区为研究对象,利用数据包络分析(DEA)方法得出各县(市、区)的氮氮排放效率,再结合各地产业结构调整的情况对其进行对比分析,最后根据各县(市、区)主导产业和氮氮排放效率将其进行划分归类,并提出产业结构调整意见,从而为产业结构减排的生态环境贡献提供考核依据,有利于进一步揭示影响生态环境污染的主要因素,为区域产业结构调整与生态环境响应研究提供新的思路,对实现鄱阳湖生态经济区产业与生态协调发展具有重要意义.

## 1 研究方法 with 数据说明

### 1.1 研究方法

1.1.1 数据包络分析 数据包络分析(Data Envelopment Analysis, DEA)方法以相对效率概念为基础,是评价具有相同类型的多投入和多产出决策单元资源配置效率的一种新的系统分析方法<sup>[13]</sup>. 其常用的DEA模型包括CCR和BCC 2种,前者假设规模报酬不变,测度综合效率;后者假设规模报酬可变,将综合效率进一步分解为纯技术效率和规模效率<sup>[14]</sup>,考虑到城市发展过程中的实际情况,BCC模型更为适用.

依据DEA基本原理,对已知的 $n$ 个决策单元,记做 $DMU_i (i=1, 2, \dots, n)$ ,每个决策单元 $DMU_i$ 有 $P$ 种投入指标和 $Q$ 种产出指标. 假设第 $i$ 个DMU的第 $p$ 种投入量表示为 $x_{ip}$ ,投入组合用 $x_0$ 表示;第 $i$ 个DMU的第 $q$ 种产出量表示为 $y_{iq}$ ,产出组合用 $y_0$ 表示.

$$\begin{aligned} \min & [\theta - \varepsilon(e^T s^- + e^T s^+)] \\ \text{s. t. } & \sum_{i=1}^n x_i \lambda_i + s^- = \theta x_0, \\ & \sum_{i=1}^n y_i \lambda_i - s^+ = y_0, \lambda_i \geq 0, i=1, 2, \dots, n, \\ & s^- \geq 0, s^+ \geq 0, \end{aligned} \quad (1)$$

其中 $\theta$ 为决策单元 $DMU_i$ 的有效值; $\lambda_i$ 为权重变量; $s^-$ 和 $s^+$ 为松弛变量; $\varepsilon$ 为非阿基米德无穷小量. $\theta$ 值越大,综合效率越高,当 $\theta=1$ 时,决策单元 $DMU_i$ 为DEA有效,即在这 $n$ 个决策单元组成的系统中,在原投入 $x_0$ 的基础上所获得的产出 $y_0$ 以达到最优. 当 $\theta < 1$ 时,决策单元 $DMU_i$ 为DEA无效.

1.1.2 Malmquist 生产率指数 Malmquist 指数是由Sten Malmquist所提出来的,后来D. W. Caves等在Sten Malmquist思想的基础上进行扩展后引入了Malmquist生产率指数<sup>[13]</sup>,它利用距离函数的比率

计算投入指数,与DEA方法结合紧密<sup>[17]</sup>. 根据R. Fare<sup>[17]</sup>研究,从氮氮排放效率 $t$ 时期到 $t+1$ 时期,Malmquist生产率指数可表示成:

$$M_a = \left[ \frac{D_a^t(X_a^{t+1}, Y_a^{t+1})}{D_a^t(X_a^t, Y_a^t)} \times \frac{D_a^{t+1}(X_a^{t+1}, Y_a^{t+1})}{D_a^{t+1}(X_a^t, Y_a^t)} \right]^{1/2}, \quad (2)$$

其中 $X_a^t$ 和 $Y_a^t$ 代表 $t$ 时期决策单元 $a$ 的投入和产出向量, $D_a^t(X_a^{t+1}, Y_a^{t+1})$ 表示以 $t$ 时期生产前沿面为基准测算 $t+1$ 时期决策单元生产的DEA效率.Malmquist生产指数表示某一决策单元在 $t$ 期至 $t+1$ 期生产率的变化程度, $M > 1$ 表示生产率呈现上升趋势, $M = 1$ 表示生产率不变, $M < 1$ 表示生产率呈下降趋势.

### 1.2 数据说明

1.2.1 样本选择 鄱阳湖生态经济区包括38个县(市、区),由于珠山区和共青城市部分资料缺失,故本文选取2009—2013年鄱阳湖生态经济区内除珠山区和共青城市的36个县(市、区)作为研究对象. 数据来源于2009—2013年《鄱阳湖生态经济区统计年鉴》和《江西统计年鉴》.

1.2.2 指标选取 基于DEA中的BCC模型不涉及具体的生产函数形式,其依赖的一个基本假设认为,DEA的相对效率评价思想要求投入必须尽可能地缩减而产出必须尽可能地扩大,即满足以最小的投入生产尽可能多的产出<sup>[13]</sup>. 本文选取氮氮排放量作为投入指标,第一产业产值、第二产业产值和第三产业产值作为产出指标,选取的指标即投入项个数(1个)+产出项个数(3个)=4<DMU个数/2=18,满足DEA分析要求. 本文对鄱阳湖生态经济区氮氮排放效率的运算采用基于投入导向的BCC模型进行,并借助DEAP 2.1软件实现.

## 2 实例分析(以鄱阳湖生态经济区为例)

### 2.1 $\text{NH}_4^+-\text{N}$ 排放效率的DEA分析

2009—2013年鄱阳湖生态经济区36个县(市、区)的 $\text{NH}_4^+-\text{N}$ 排放效率结果见表1,其三大产业占GDP的比重情况见表2. 由表1可知,2009—2013年鄱阳湖生态经济区 $\text{NH}_4^+-\text{N}$ 排放综合效率、纯技术效率和规模效率基本呈逐年上升的趋势,其中 $\text{NH}_4^+-\text{N}$ 排放综合效率水平的最优地区数量由2个增加至5个,纯技术效率有效的地区由6个增加到11个,规模有效的地区由2个增加到8个. 由此说明虽然大部分地区排放的 $\text{NH}_4^+-\text{N}$ 量所发挥的经济生产作用不明显,资源配置效率较低,但投入的资源

逐渐得到充分合理的利用,特别是 2009—2013 年间 DEA 有效的东湖、西湖、青云谱和渝水等地区,在  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  排放量最少的条件下,实现了生产总值的最大产出。从表 2 的产业结构也可以看出,这些地区的第一产业的比重在明显减少,而第二、三产业的比重也发生了明显的变化,这说明第二产业的不断发展,  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  的总量得到了控制,可减少对当地水环境的影响<sup>[18]</sup>,而第一产业减少和第三产业增加在减少  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  排放的同时,可保障这些地区的经济发展<sup>[19-20]</sup>。而 2009—2013 年高安市、万年县和青山湖

区的  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  排放综合效率、纯技术效率和规模效率基本呈先升高后下降的趋势,这反映出其资源配置效率较低,投入的资源还没得到充分合理的利用;从表 2 的产业结构分析也可以看出,尽管这些地区的第一产业和第二产业的比重在减小,第三产业的比重在增加,但其基数(特别是第一产业比重)较大,粗放式农业发展模式仍在持续,对当地间接水污染仍在加大,因此这些地区在经济发展时造成了更高的  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  排放,没能使排放的  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  发挥最大的经济生产作用,应作为  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  减排的重点区域。

表 1 2009—2013 年鄱阳湖生态经济区氮氨排放效率

地区名称	2009 年			2010 年			2011 年			2012 年			2013 年		
	综合效率	纯技术效率	规模效率	综合效率	纯技术效率	规模效率	综合效率	纯技术效率	规模效率	综合效率	纯技术效率	规模效率	综合效率	纯技术效率	规模效率
东湖区	0.586	1.000	0.586	0.743	1.000	0.743	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
西湖区	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.988	1.000	0.988	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
青云谱区	0.384	0.440	0.872	0.467	0.485	0.964	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
湾里区	0.287	0.889	0.323	0.557	1.000	0.557	0.558	1.000	0.558	0.611	1.000	0.611	0.491	1.000	0.491
青山湖区	0.327	0.496	0.660	0.405	0.435	0.931	0.359	0.388	0.926	0.377	0.412	0.915	0.381	0.468	0.814
南昌县	1.000	1.000	1.000	0.779	1.000	0.779	0.779	0.802	0.971	0.811	0.871	0.931	0.863	1.000	0.863
新建县	0.344	0.356	0.967	0.563	0.708	0.796	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
安义县	0.350	0.639	0.548	0.613	0.725	0.845	0.706	0.859	0.822	0.747	0.896	0.833	0.681	0.859	0.793
进贤县	0.609	0.632	0.962	0.886	1.000	0.886	0.928	0.930	0.998	0.869	0.908	0.957	0.868	0.927	0.936
昌江区	0.521	0.714	0.730	0.351	0.401	0.874	0.660	0.709	0.931	0.695	0.758	0.917	0.678	0.698	0.972
浮梁县	0.495	0.851	0.581	0.662	0.718	0.922	0.895	1.000	0.895	0.765	0.934	0.819	0.880	1.000	0.880
乐平市	0.265	0.312	0.852	0.383	0.413	0.927	0.668	0.682	0.979	0.724	0.743	0.974	0.583	0.587	0.995
庐山区	0.529	0.659	0.803	0.535	0.578	0.927	0.635	0.660	0.963	0.544	0.563	0.966	0.616	0.633	0.973
浔阳区	0.400	0.429	0.931	0.764	0.765	1.000	1.000	1.000	1.000	0.941	0.945	0.996	0.919	0.922	0.996
九江县	0.311	0.642	0.485	0.488	0.643	0.759	0.573	0.688	0.832	0.646	0.787	0.821	0.663	0.772	0.859
武宁县	0.381	0.657	0.580	0.578	0.633	0.913	0.604	0.723	0.835	0.552	0.681	0.810	0.549	0.677	0.811
永修县	0.273	0.461	0.593	0.402	0.450	0.893	0.525	0.595	0.883	0.639	0.742	0.861	0.670	0.737	0.909
德安县	0.155	0.533	0.290	0.323	0.570	0.567	0.504	0.745	0.677	0.733	1.000	0.733	0.814	1.000	0.814
星子县	0.402	1.000	0.402	0.687	1.000	0.687	0.592	0.844	0.701	0.541	0.746	0.725	0.526	0.832	0.633
都昌县	0.332	0.527	0.630	0.452	0.466	0.969	0.419	0.463	0.905	0.486	0.576	0.845	0.468	0.529	0.885
湖口县	0.276	0.588	0.469	0.388	0.509	0.763	0.617	0.721	0.856	0.668	0.797	0.838	0.706	0.787	0.897
彭泽县	0.382	0.747	0.512	0.512	0.647	0.792	0.434	0.537	0.807	0.574	0.697	0.823	0.565	0.649	0.870
瑞昌市	0.200	0.419	0.479	0.297	0.355	0.837	0.592	0.673	0.880	0.624	0.715	0.873	0.662	0.710	0.933
渝水区	0.565	1.000	0.565	0.986	1.000	0.986	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
月湖区	0.228	0.389	0.585	0.334	0.408	0.819	0.940	1.000	0.940	0.937	1.000	0.937	0.942	1.000	0.942
余江县	0.504	0.768	0.657	1.000	1.000	1.000	0.450	0.476	0.946	0.464	0.507	0.916	0.501	0.530	0.945
贵溪市	0.830	0.967	0.859	1.000	1.000	1.000	0.918	0.958	0.959	0.931	0.978	0.952	0.978	0.978	1.000
新干县	0.538	0.858	0.628	0.702	0.732	0.959	0.537	0.589	0.912	0.560	0.658	0.852	0.575	0.641	0.896
丰城市	0.531	1.000	0.531	0.707	1.000	0.707	0.932	1.000	0.932	0.843	1.000	0.843	0.790	1.000	0.790
樟树市	0.457	0.527	0.866	0.777	0.844	0.920	0.429	0.442	0.972	0.520	0.536	0.969	0.577	0.577	1.000
高安市	0.388	0.443	0.874	0.617	0.698	0.885	0.363	0.373	0.973	0.363	0.380	0.956	0.316	0.326	0.968
临川区	0.280	0.298	0.942	0.858	0.953	0.900	0.866	0.873	0.993	0.855	0.863	0.991	0.839	0.839	1.000
东乡县	0.176	0.278	0.634	0.269	0.282	0.953	0.316	0.346	0.911	0.341	0.381	0.896	0.383	0.416	0.921
余干县	0.690	0.792	0.872	0.743	0.966	0.770	0.715	0.734	0.975	0.749	0.774	0.967	0.793	0.808	0.982
鄱阳县	0.449	0.498	0.902	0.548	0.696	0.788	0.480	0.491	0.978	0.462	0.480	0.963	0.742	0.906	0.819
万年县	0.466	0.888	0.525	0.874	1.000	0.874	0.243	0.292	0.832	0.309	0.367	0.840	0.319	0.365	0.873
平均值	0.442	0.658	0.686	0.618	0.724	0.858	0.673	0.739	0.909	0.691	0.769	0.898	0.704	0.783	0.902

表 2 2009—2013 年鄱阳湖生态经济区产业结构 %

地区 名称	2009 年			2010 年			2011 年			2012 年			2013 年		
	第一产 业比重	第二产 业比重	第三产 业比重	第一产 业比重	第二产 业比重	第三产 业比重	第一产 业比重	第二产 业比重	第三产 业比重	第一产 业比重	第二产 业比重	第三产 业比重	第一产 业比重	第二产 业比重	第三产 业比重
东湖区	0.004	5.956	94.041	0.003	6.160	93.837	0.003	5.802	94.195	0.003	5.785	94.212	0.002	6.048	93.950
西湖区	0.083	19.451	80.463	0.020	18.429	81.552	0.008	19.859	80.133	0.003	19.067	80.928	0.005	18.275	81.720
青云谱区	0.429	67.601	31.970	0.438	67.088	32.474	0.344	68.177	31.479	0.207	66.144	33.645	0.097	64.809	35.094
湾里区	9.648	39.070	51.282	8.431	40.942	50.627	7.242	45.541	47.249	6.923	45.677	47.371	6.258	43.431	50.312
青山湖区	0.732	76.227	23.041	0.630	75.472	23.899	0.426	75.055	24.520	0.438	73.138	26.424	0.340	70.631	29.029
南昌县	13.509	65.980	20.512	12.129	66.874	20.997	10.489	66.170	23.341	9.726	65.292	24.983	9.083	64.418	26.501
新建县	20.697	47.918	31.392	19.496	50.502	30.001	18.040	52.348	29.612	16.674	51.785	31.541	15.903	51.393	32.704
安义县	14.768	50.966	34.244	13.966	51.904	34.129	11.950	54.706	33.343	11.800	49.628	38.572	11.454	48.246	40.300
进贤县	20.947	53.205	25.848	19.184	56.076	24.740	17.957	56.973	25.070	18.111	55.144	26.741	17.498	54.364	28.139
昌江区	4.208	68.648	27.154	4.325	56.625	23.820	3.225	75.127	21.648	3.375	69.310	27.320	3.085	71.518	25.402
浮梁县	19.970	61.321	18.709	19.632	55.599	24.770	19.341	57.048	23.596	18.747	55.794	25.459	16.689	55.233	28.090
乐平市	16.638	57.417	25.945	16.011	59.463	24.526	15.240	58.074	26.680	14.113	60.176	25.711	13.093	57.461	29.446
庐山区	2.509	52.005	45.486	2.274	52.143	45.583	2.113	52.589	45.298	2.053	51.529	46.418	2.068	48.863	49.070
浔阳区	0.088	33.420	66.492	0.120	41.758	58.121	0.176	39.846	59.978	0.194	37.705	62.098	0.196	36.536	63.268
九江县	18.107	59.559	22.334	16.048	63.568	20.384	15.451	63.909	20.640	14.754	63.093	22.167	14.058	60.824	25.130
武宁县	21.652	52.698	25.674	19.957	50.944	29.099	17.418	51.712	30.871	15.833	54.761	29.392	16.057	52.676	31.266
永修县	17.519	60.729	21.770	15.945	62.137	21.918	14.545	64.519	20.936	13.203	65.589	21.208	13.009	66.208	20.783
德安县	11.606	62.774	25.620	9.437	66.622	23.941	8.443	70.168	21.369	7.381	71.188	21.431	7.233	70.104	22.678
星子县	16.410	36.164	47.426	12.201	38.876	48.923	11.907	47.996	40.119	10.810	47.604	41.607	9.917	45.943	44.140
都昌县	29.487	36.782	33.703	28.667	43.333	28.000	25.874	45.959	28.167	24.190	48.705	27.105	21.995	46.891	31.114
湖口县	12.041	74.632	13.326	10.620	77.266	12.113	9.455	78.076	12.469	10.370	75.645	13.997	11.303	74.292	14.405
彭泽县	23.866	52.139	23.995	23.473	54.275	22.252	21.717	57.505	20.800	26.102	54.012	19.904	24.503	55.914	19.583
瑞昌市	14.201	65.611	20.188	14.029	66.502	19.469	11.707	71.016	17.278	10.737	71.489	17.774	10.327	68.328	21.337
渝水区	5.696	57.538	36.765	4.936	63.578	31.486	4.629	67.483	27.888	4.889	60.860	34.250	5.148	58.273	36.579
月湖区	3.870	43.151	52.979	3.227	49.051	47.721	2.500	50.616	46.883	1.888	50.055	48.057	1.679	47.776	50.545
余江县	34.954	41.733	23.343	31.599	44.973	23.428	32.823	49.817	17.359	33.552	49.522	16.925	30.218	50.907	18.875
贵溪市	8.713	70.962	20.326	7.550	73.472	18.978	6.186	74.829	18.981	5.885	73.366	20.749	5.379	72.990	21.631
新干县	24.247	51.138	24.592	22.674	52.696	24.631	21.675	53.782	24.544	20.833	52.696	26.458	19.943	53.296	26.761
丰城市	18.608	51.793	29.603	18.097	52.854	29.045	17.030	53.628	29.339	16.634	53.000	30.366	16.159	53.720	30.123
樟树市	16.886	53.105	30.009	15.731	55.623	28.647	13.105	57.854	29.041	11.298	59.401	29.301	10.456	59.208	30.340
高安市	24.021	46.412	29.556	21.432	49.035	29.533	19.431	52.024	28.545	19.010	51.944	29.047	18.207	51.694	30.099
临川区	14.517	54.739	30.745	14.663	55.995	29.342	14.549	57.105	28.346	13.551	57.436	29.009	12.708	56.591	30.697
东乡县	17.926	52.250	29.824	16.527	57.502	25.971	15.752	61.838	22.410	16.903	61.454	21.642	15.637	60.694	23.668
余干县	39.648	37.114	23.239	35.297	40.913	23.790	34.150	41.573	24.277	33.167	39.757	27.076	34.404	35.808	29.789
鄱阳县	36.160	31.238	32.602	32.138	35.115	32.748	28.410	39.750	31.840	26.224	41.545	32.231	33.915	40.609	25.477
万年县	18.259	54.258	27.483	16.925	56.089	26.986	15.468	57.161	27.371	14.573	58.668	26.759	13.725	57.712	28.562

2.2 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 排放效率的 Malmquist 分析

基于 Malmquist 生产率指数模型获得鄱阳湖生态经济区 36 个县(市、区) 2009—2013 年 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 排放的综合效率、纯技术效率和规模效率的变化趋势(见图 1)和技术、生产率变化趋势(见图 2)。由图 1

可知,2009—2013 年鄱阳湖生态经济区内 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 排放的综合效率、纯技术效率和规模效率变化呈上升趋势,其中综合效率年均增长了 13.600%,纯技术效率年均增长了 5.100%,规模效率年均增长了 8.100%,但东湖、西湖、青云谱和渝水等地区的综合效率、纯技术效率和规模效率变化均在小于 1 或等

于 1 的变化趋势中,这说明了这些地区在经济发展中注重污染物排放及环境保护,而其余大多数地区的综合效率、纯技术效率和规模效率变化均大于 1,呈上升趋势,这说明  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  排放量较大.虽然高安县、万年县和青山湖等地区的综合效率、纯技术效率和规模效率变化在小于 1 或等于 1 的附近变化,但由于第一产业比重基数较大,即农业产业结构调整趋势不合理,从而导致这些地区在经济发展中  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  排放量较大,应当加大产业结构的合理调整.这与以上的 DEA 有效分析相一致.技术进步是

促进生产率上升的主要因素,由图 2 可知,2009—2013 年间鄱阳湖生态经济区内技术变化和生产率变化均呈下降趋势,技术变化平均值为 0.800(均小于 1.000),生产率变化平均值为 0.908(大多数小于 1.000),这说明 2009—2013 年间鄱阳湖生态经济区 36 个县(市、区)在处理  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  排放的技术方面进步不大.由此可知,合理调整鄱阳湖生态经济区内的产业结构和提高  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  排放的处理技术可有利于该区域环境可持续的健康发展.

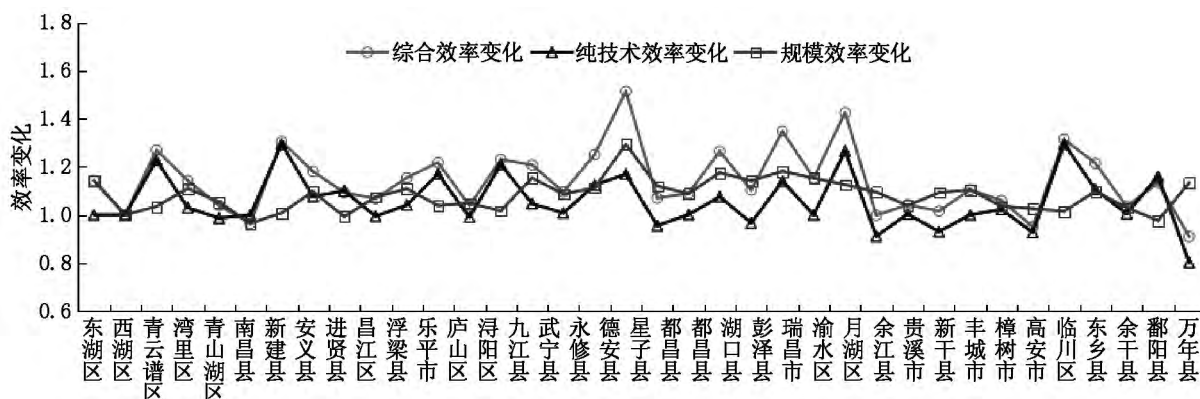


图 1 2009—2013 年鄱阳湖生态经济区氮氮排放效率变化

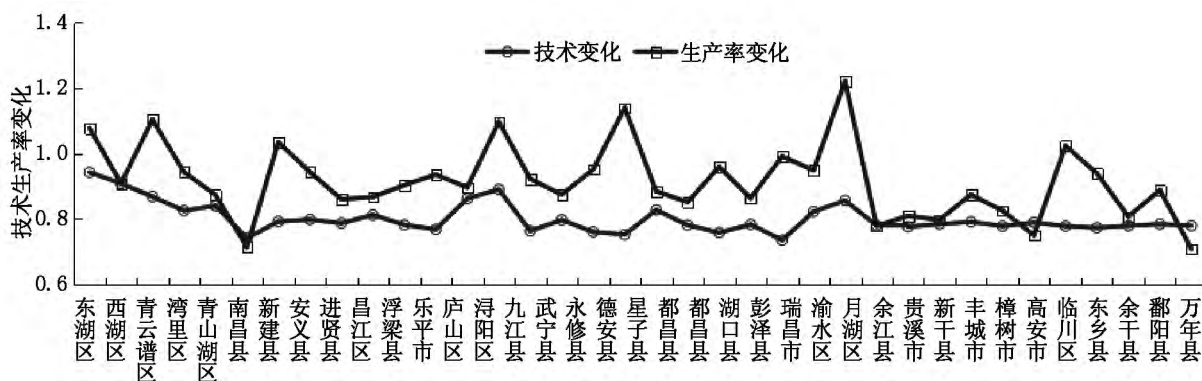


图 2 2009—2013 年鄱阳湖生态经济区氮氮排放技术和生产率变化

### 2.3 氮氮排放效率的区域分布

为了更加明确氮氮排放效率分布特征,依据鄱阳湖生态经济区 36 个县(市、区)的主导产业和氮氮排放综合效率将其划分为 8 类(见表 3),其中,由于余干县、都昌县、余江县、鄱阳县 4 个县的第 3 次产业结构变化不稳定,主导产业尚不明显,故暂时将这 4 个县归至无主导产业区域;氮氮排放效率分类则选取了 2011、2012 和 2013 年 3 年的综合效率,由 SPSS 20.0 软件中系统聚类得到的近似矩阵和垂直冰柱图等综合考虑得出,按 3 年平均值分为高(0.940~1.000)、中(0.752~0.888)、低(0.290~

0.711) 3 类.

1 区,即高效率第二产业主导区,包括青云谱区、新建县、渝水区和贵溪市,该区的氮氮排放效率较高,第二产业占 GDP 比重也高.说明该区在以工业为主的城市中产业结构较为合理,特别是第二产业内部结构较合理,技术水平较高,在大力发展工业的同时控制了氮氮排放量.建议逐步扩大内部高效低排放的产业,鼓励其持续健康发展,不断推进产业转型,推动劳动密集型产业向资金、技术密集型转变.

2 区,即中效率第二产业主导区,包括南昌县、进贤县、浮梁县、丰城市和临川区,该区第二产业占

GDP 比重较高,氮氮排放效率中等,较 1 区氮氮排放量较高,可能的原因是存在部分氮氮主要排放行业或者环保投入较少等。应向 1 区学习,优化产业结构,进行产业升级。

3 区,即低效率第二产业主导区,包括青山湖区、昌江区、乐平市、九江县、武宁县、永修县、德安县、湖口县、彭泽县、瑞昌市、新干县、樟树市、高安市、东乡县和万年县 15 个县(市、区),该类地区第二产业占 GDP 比重高且氮氮排放效率低。说明该类地区产业结构不合理,尤其是第二产业内部结构不合理,存在大量氮氮主要排放且低效的工业企业,经济增长以巨大的资源耗费和氮氮污染为代价,技术水平和环保投入较低。应作为氮氮减排重点区,建议对第二产业内部结构进行调整,逐步淘汰低效高排放的产业,进一步优化资源配置,提高技术水平和环保投入。

4 区,即高效率第三产业主导区,包括东湖区、西湖区和浔阳区,该类地区的氮氮排放效率较高,第三产业占 GDP 比重也高。该类地区一般是市辖区,是全市的政治、经济、文化、商业、科教和交通中心,以第三产业为主,工业较少,生产产值较高,污染较少。应充分利用第三产业低污染的优势,保持社会经济持续健康发展。

5 区,即高效率第二、三产业主导区,只有月湖区 1 个,特点是氮氮排放效率较高,第一产业占 GDP 比重很低,第二、三产业占 GDP 比重相当。这类地区 GDP 虽然不高,但是和同水平 GDP 的县(市、区)相比氮氮排放量较少,故氮氮排放效率相对较高。应针对自身优势对产业结构进行调整,向高产出低污染的产业进行倾斜。

6 区,即低效率第二、三产业主导区,包括湾里区、庐山区、星子县和安义县,共同特点是氮氮排放效率低,第二、三产业占 GDP 比重相当。这类地区一般是旅游景点较多,从而带动服务业的发展,使得第三产业与第二产业共同主导经济发展。但是由于发展的同时公共服务行业增多且不注重环保,导致氮氮排放效率低下。应利用自身旅游发展的优势进一步优化产业结构,发展经济的同时加大环保投入。

7 区,即中效率无主导产业区,只有余干县 1 个,特点是一二三产业占 GDP 比重相当,没有主导产业,氮氮排放效率中等。这类地区一二三产业都占据 GDP 一定比重,产业没有形成一定规模导致 GDP

增长速度慢。建议因地制宜,找到适合自身发展的产业特色。

8 区,即低效率无主导产业区,包括都昌县、余江县和鄱阳县,共同特点是一二三产业占 GDP 比重相当,没有主导产业,氮氮排放效率低。这类地区一二三产业都占据 GDP 一定比重,没有形成具有自身优势的产业结构, GDP 较低。此外,由于规模和技术等原因导致工业污染严重,氮氮排放效率低下。应尽快向具有自身优势的产业结构进行转变,提高规模效益和技术水平。

从以上 8 类分区可看出,氮氮排放效率低区包含的县(市、区)有 22 个,占 61%,其中包括以第二产业为主的 3 区、以二、三产业为主的 6 区和没有主导产业的 8 区。同时也分别存在与其主导产业一样的氮氮排放高效率地区,在今后发展中氮氮排放效率低区应向对应的氮氮排放高效率区靠拢。从中还可得出,氮氮排放效率低区中主导产业是第二产业的地区数量最多,有 15 个,这进一步说明了工业是氮氮污染最大的因素,加快第三产业发展,优化第二产业内部结构是产业结构调整的一个持久目标。

表 3 鄱阳湖生态经济区产业与氮氮排放效率协调分区

序号	主导产业	氮氮排放效率	地区
1	第二产业	高	青云谱区、新建县、渝水区、贵溪市
2	第二产业	中	南昌县、进贤县、浮梁县、丰城市、临川区
3	第二产业	低	青山湖区、昌江区、乐平市、九江县、武宁县、永修县、德安县、湖口县、彭泽县、瑞昌市、新干县、樟树市、高安市、东乡县、万年县
4	第三产业	高	东湖区、西湖区、浔阳区
5	第二、三产业	高	月湖区
6	第二、三产业	低	湾里区、庐山区、星子县、安义县
7	无	中	余干县
8	无	低	都昌县、余江县、鄱阳县

3 结果与讨论

1) 通过 DEA 模型计算得出鄱阳湖生态经济区 36 个县(市、区)氮氮排放效率差异明显,东湖区、西湖区、青云谱区、新建县、浔阳区、渝水区、月湖区和贵溪市 8 个县(市、区)氮氮排放效率较高,南昌县、进贤县、浮梁县、丰城市、临川区和余干县 6 个县

(市、区) 氨氮排放效率水平中等,湾里区、青山湖区、安义县、昌江区、乐平市、庐山区、九江县、武宁县、永修县、德安县、星子县、都昌县、湖口县、彭泽县、瑞昌市、余江县、新干县、樟树市、高安市、东乡县、鄱阳县和万年县 22 个县(市、区) 氨氮排放效率低下,应作为氨氮减排的重点。Malmquist 指数显示 2009—2013 年间鄱阳湖生态经济区大部分县(市、区) 氨氮排放综合效率有所上升或不变,只有南昌县、余江县、高安市和万年县 4 个地区的综合效率下降,研究时序内所有地区处理氨氮排放的技术无明显进步。

2) 依据主导产业和氨氮排放效率将鄱阳湖生态经济区 36 个县(市、区) 划分为高效率第二产业主导区、中效率第二产业主导区、低效率第二产业主导区、高效率第三产业主导区、高效率第二、三产业主导区、低效率第二、三产业主导区、中效率无主导产业区和低效率无主导产业区等 8 类区域,各区需针对自身情况对产业结构进行相应调整,氨氮排放效率低区应借鉴相对应主导产业的氨氮排放效率高区的产业结构进行优化升级。其中,第二产业主导区中含盖了氨氮排放效率高的、中等的和低下的共 24 个县(市、区),导致其氨氮排放效率产生较大差异的主要原因是工业产业的内部行业氨氮排放存在差异。

3) 结合鄱阳湖生态经济区 36 个县(市、区) 的产业结构及其调整和氨氮排放效率的变化进行了分析,认为产业结构调整对氨氮排放效率有一定影响,尤其是第二产业内部结构的调整,主要体现在其内部行业的类型。对鄱阳湖生态经济区氨氮主要排放行业的产业结构及其内部各类别产业氨氮排放结构特点的研究分析将是下一步要解决的问题。

#### 4 参考文献

- [1] 王磊,张磊,段学军,等.江苏省太湖流域产业结构的水环境污染效应[J].生态学报,2011,31(22):6832-6844.
- [2] 王瑞鹏,王朋岗.城市化、产业结构调整与环境污染的动态关系:基于 VAR 模型的实证分析[J].工业技术经济,2013,32(1):26-31.
- [3] 李鹏.产业结构调整与环境污染之间存在倒 U 型曲线关系吗?[J].经济问题探索,2015(12):56-67.
- [4] 万永坤,董锁成,王隽妮,等.产业结构调整与环境污染联动效应研究[C].中国自然资源学会,2011 年学术年会论文集,2011:373-381.
- [5] 闫兰玲.杭州市产业结构与环境污染间的灰色关联度分析研究[J].环境科学与管理,2013,38(10):112-115,142.
- [6] 李春林,胡远满,赵明华,等.水环境约束下的微山县产业结构优化调整研究[J].中国人口·资源与环境,2012,22(11):101-105.
- [7] Wang Fei,Dong Suocheng,Mao Qi Liang,et al. Evolution of regional industrial structure and characteristics of pollution emissions in China [J]. Journal of Resources and Ecology,2014,5(1):60-67.
- [8] 何雄伟.区域资源环境承载力评价与产业结构调整优化策略:以鄱阳湖生态经济区为例[J].企业经济,2015,34(10):148-151.
- [9] 徐晔,胡志芳.鄱阳湖生态经济区战略性新兴产业环境技术效率测度研究[J].江西师范大学学报:自然科学版,2014,38(7):424-428.
- [10] 李建新,钟业喜,蒋梅鑫.鄱阳湖生态经济区城市用地扩张与城市人口增长时空协调性研究[J].江西师范大学学报:自然科学版,2015,39(3):319-325.
- [11] 靳海攀,郑林,张敬伟.鄱阳湖生态经济区城市间经济联系社会网络分析研究[J].江西师范大学学报:自然科学版,2014,38(5):546-550.
- [12] 刘满凤,许娟娟.鄱阳湖生态经济区经济与环境协同性的时空演化分析[J].江西师范大学学报:自然科学版,2016,40(3):318-323.
- [13] 魏权龄.评价相对有效性的 DEA 方法[M].北京:中国人民大学出版社,1987:42-57.
- [14] 朱巧娴,梅昀,陈银蓉,等.基于碳排放测算的湖北省土地利用结构效率的 DEA 模型分析与空间分异研究[J].经济地理,2015,35(12):176-184.
- [15] 刘井建,梁冰.Malmquist 生产率指数评析结果:技术变动的新诠释[J].运筹与管理,2010,19(1):170-175.
- [16] 章祥荪,贵斌威.中国全要素生产率分析:Malmquist 指数法评述与应用[J].数量经济技术经济研究,2008,25(6):111-122.
- [17] Fare R,Grosskopf S,Norris M,et al. Productivity growth, technical progress and efficiency change in industrialized countries [J]. American Economic Review,1994,84(1):66-83.
- [18] 彭利民,闫中月,邵波,等.南四湖流域不同产业发展的水污染影响效应分析[J].山东科学,2012,25(2):33-37,43.
- [19] 邵波,夏传峰.山东省南四湖流域三次产业排污与全省平均水平比较研究[J].中国环境管理干部学院学报,2012,22(3):12-15,33.

(下转第 211 页)

## The Effect of Dominant Mode and Risk Aversion on Green Supply Chain Decision

ZENG Jianfeng<sup>1</sup>, LIU Jian<sup>2</sup>

(1. Journal of Periodical Office, Jiangxi Normal University, Nanchang Jiangxi 330022, China;

2. School of Information Management, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang Jiangxi 330032, China)

**Abstract:** The green supply chain with one manufacturer and one risk-averse retailer is studied by the lead-follow game and the Stackelberg game model is established. By the mathematical methods, the effects of retailer's risk aversion and dominant mode on decision-making policies of green supply chain are analyzed. The results show that with the increasing of risk aversion, the manufacturer tends to advance green degree level and wholesale price of the product, but the retailer tends to reduce sale price of the green product. Simultaneously, the profits of the manufacturer and the benefit of the supply chain system both are increase, while the utility of the retailer decrease; the retailer-dominated supply chain is better for the consumers, the retailer and the supply chain with low-risk-averse retailer than the manufacturer-dominated supply chain, on the contrary, the manufacturer-dominated supply chain is better for the manufacturer and the supply chain with high-risk-averse retailer than the retailer-dominated supply chain.

**Key words:** green supply chain; risk aversion; dominant mode; Stackelberg game

(责任编辑: 王金莲)

(上接第174页)

## The Empirical Research on Relationship between Industrial Restructuring and Ammonia Nitrogen Emissions Efficiency Based on DEA Model

——A Case of Poyang Lake Eco-Economic Zone

LIAO Guixuan<sup>1</sup>, YUAN Juhong<sup>2</sup>, HU Mianhao<sup>3\*</sup>, LU Fucui<sup>3</sup>

(1. School of Tourism and Urban Management, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang Jiangxi 330032, China;

2. Institute of Environment and Plant Science, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang Jiangxi 330032, China;

3. Institute of Poyang Lake Eco-economics, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang Jiangxi 330032, China)

**Abstract:** The harmonious development of economy and environment has become an important problem that cannot be ignored in the regional development. As one of the national regional development strategy, Poyang Lake eco-economic zone is crucial to the coordinated development of ecology and economy. The efficiency and variation of ammonia nitrogen emissions of 36 counties( cities/districts) in the Poyang Lake eco-economic zone from 2009 to 2013 were carried out with data envelopment analysis( DEA) method. The results showed that there were obvious differences for the ammonia nitrogen emissions efficiency among the counties( cities/districts) ,thereinto, the ammonia nitrogen emissions efficiency in the eight counties( cities/districts) ( e. g. Donghu, Xihu, Qingyunpu, and Yushui, etc. ) was higher, and was medium or low in other counties( cities/districts) . Except for Nanchang, Yujiang, Gaoan and Wannian, the comprehensive efficiency of ammonia nitrogen emissions increased or unchanged in other counties ( cities/districts) based on Malmquist productivity index. The 36 counties( cities/districts) in the Poyang Lake eco-economic zone were divided into 8 categories according to dominant industry and ammonia nitrogen emissions efficiency, such as high efficiency of ammonia nitrogen emissions in the dominant regions of secondary industry, medium efficiency of ammonia nitrogen emissions in the dominant regions of secondary industry, and low efficiency of ammonia nitrogen emissions in the dominant regions of secondary industry, and so on. In addition, the related suggestions of industrial structure adjustment were put forward.

**Key words:** ammonia nitrogen emissions efficiency; industrial structure adjustment; data envelopment analysis; Poyang Lake eco-economic zone

(责任编辑: 刘显亮)