

## 日照市国家可持续发展先进示范区生态效率评价

### Ecological efficiency in the State-level Sustainable Development Demo Zone in Rizhao

韩美丽 李俊莉 窦荣璐 (曲阜师范大学地理与旅游学院,山东 日照 276826)

**摘 要** 国家可持续发展先进示范区是我国实施可持续发展战略的重要示范试点基地, 示范区发展效率的研究具有重要意义。本文以日照示范区为例, 从工业、生活的源头循环(减少原生资源的消耗)和末端循环(减少污染物的产生)角度, 构建示范区生态效率的度量模型, 核算水、能量和废物代谢的效率, 运用主成分分析方法, 对示范区2004-2012年的环境效率、资源效率及生态效率发展轨迹进行计量。结果表明: 研究期内环境效率不断提高, 其中, 工业废水、工业SO<sub>2</sub>和工业烟尘效率增长较快, 而工业废气和工业固体废弃物效率不断降低; 资源效率呈现不断降低的态势, 除总用水、工业用水和工业能源效率有所提高外, 总用电、工业用电、生活用水和生活用电效率均在降低; 受资源效率的影响, 示范区生态效率也呈现不断降低的趋势。因而, 提高示范区生态效率的关键是资源效率和环境效率的协同发展, 进一步开发新能源, 发展循环经济, 逐步构建废物资源化的循环链条是必然选择。

**关键词** 国家可持续发展先进示范区; 生态效率; 日照市

**免责声明** 本文仅代表作者个人观点, 与中国 21 世纪议程管理中心、中国可持续发展研究会及联合国均无关。

*Disclaimer: This brief was submitted through the Administrative Centre for China's Agenda 21 (ACCA21), Ministry of Science and Technology, China, and the Chinese Society for Sustainable Development (CSSD). The views and opinions expressed are those of the author(s) and do not necessarily represent the views of, and should not be attributed to, the Secretariat of the United Nations, the ACCA21 or the CSSD. Online publication or dissemination does not imply endorsement by the United Nations. For further information, please contact Mr. Sun Xinzhang (sunxzh@acca21.org.cn)*

## 1 问题的提出

日照是一座新兴的沿海港口城市, 地处山东半岛南翼, 北连青岛、潍坊市, 南接连云港, 西依沂蒙山区, 东临黄海, 与日本、韩国隔海相望。全市总面积 5310 km<sup>2</sup>, 总人口 280 万。日照生态环境宜人, 自然资源丰富, 是长江以北最大的绿茶产区和毛竹生长带, 是我国四大水产品苗种繁育中心之一, 被誉为“水上运动之都”。1999 年 11 月, 日照市被批准为国家可持续发展实验区(简称实验区), 2006 年 7 月顺利通过验收, 2008 年 9 月, 被科技部批准为首批国家可持续发展先进示范区(简称示范区)。示范区是在实验区建设基础上进一步深化的可持续发展示范试点, 是践行科学发展观的基地, 主要针对区域经济社会发展的关键、重点问题, 进行可持续发展的前瞻性探索与实践[1]。多年来, 全市围绕沿海循环经济型生态城市建设这一示范主题, 依靠科技进步和改革创新, 对海洋特色新兴城市的可持续发展进行了积极的探索和实践。据此, 就产生了两个急需解

决的问题: 如何合理挖掘日照示范区建设发展过程中产生的新问题, 如何有效衡量日照示范区可持续发展的质量水平?

生态效率(Eco-efficiency)是衡量经济与环境之间协调发展的重要指标, 其通过对社会经济产品或服务的价值与环境影响的比值关系, 要求从更少的自然资源中获得更多的福利, 核心思想是最大化经济价值的同时, 最小化环境影响[2]。生态效率强调经济效率和环境效率的统一, 与可持续发展强调经济与环境双赢的目标相一致。关于生态效率的诸多研究证实, 生态效率是可持续发展理论在实践中的具体应用。可持续发展意味着经济增长的同时物质减量化、低的环境负荷、发展循环经济以及穿越“环境高山”的战略选择, 生态效率是落实这些战略的有效途径[3-8]。基于此, 本文以生态效率理论为基础, 运用主成分分析方法, 对日照示范区的资源效率、环境效率以及生态效率作以综合分析与评价, 以期捕捉示范区建设发展存在的新问题, 解析制约示范

区可持续发展的主要因素，从而为示范区可持续水平研究的进一步深化，为示范区未来更好更快的发展提供决策参考。

## 2 评价理论与方法

### 2.1 生态效率测度模型

最具有代表性的生态效率概念模型是由世界经济合作与发展组织 (Organization for Economic Cooperation and Development, OECD) 在借鉴反映经济和环境关系“控制方程”的基础上提出的[9]，即：

$$E = S / I$$

式中，E 为生态效率；S 代表社会服务量，通常用年社会生产总值、年工业增加值和人口数表示；I 代表生态负荷，反映污染物排放情况和资源利用水平。

如果社会服务量的增长倍数大于同期内生态负荷的增大倍数，那么生态效率提高；反之，生态效率降低；如果社会服务量的增大倍数与同期内生态负荷的增大倍数相等，则生态效率维持在某一水平。由于生态负荷包括环境负荷和资源负荷，相应的生态效率可分为环境效率和资源效率，即从减少污染物的产生和减少原生资源的消耗角度来表征生态效率[10]，从而判定日照市的生态经济效率发展轨迹。资源效率和环境效率分别用 ER 和

EP 表示：

$$ER = \text{社会服务量} / \text{资源（或能源）消耗量}$$

$$EP = \text{社会服务量} / \text{污染物排放量}$$

### 2.2 指标选取

通常，表征资源消费的指标有能源消费量、水资源消耗量、工业原料消耗量、粮食消费量等，其中最主要的是能源和水资源消耗量；表征环境质量的指标则多采用“三废”排放量。因此，遵循科学性、全面性、层次性、代表性以及数据的可获得性、连续性、可比性等原则，本文选取用电总量、用水总量、工业用电总量、生活用电总量、工业用水总量、生活用水总量、工业能源消耗总量共 7 项作为资源（能源）消费指标；选取工业废水排放总量、工业废气排放总量、工业 SO<sub>2</sub> 排放总量、工业烟（粉）尘排放总量、工业固体废弃物产生量共 5 项作为环境污染指标 [11]。需要说明的是，社会服务总量通常以地区生产总值（GDP）表示，在涉及工业指标时用工业增加值表示，此时生态效率的含义为单位资源消耗（或废弃物排放）所产生的 GDP（或工业增加值）；在涉及居民生活指标时用年末总人口数表示，此时生态效率的含义为单位资源消耗（或废弃物排放）所能支撑的人口数量[11]。

表 1 日照市历年社会经济指标、资源消耗指标、环境污染指标增长状况

指标	2004	2006	2008	2010	2012
地区生产总值（亿元）	387.78	505.87	774.22	1025.08	1352.57
工业增加值（亿元）	158.12	220.07	363.68	494.95	634.20
年末总人口（万人）	280.48	270.98	274.09	280.30	283.43
总用电量（亿千瓦时）	35.70	55.04	90.06	124.62	153.98
工业用电总量（亿千瓦时）	25.76	42.14	75.69	105.78	128.66
居民用电总量（亿千瓦时）	3.74	4.88	6.36	8.29	10.81
总用水量（亿立方米）	4.62	4.63	5.02	5.27	5.44
居民用水量（亿立方米）	0.57	0.58	0.71	0.72	0.96
工业用水量（亿立方米）	0.65	0.69	0.87	0.86	1.22
工业能源消耗总量（亿吨标准煤）	0.05	0.07	0.11	0.20	0.17
工业废水排放总量（万吨）	5587.00	6764.00	7562.00	9977.00	7868.00
工业废气排放总量（亿立方米）	608.10	556.00	2763.00	3612.00	4570.68
工业 SO <sub>2</sub> 排放量（万吨）	4.92	5.63	4.67	4.96	5.64
工业烟（粉）尘排放量（万吨）	1.53	1.20	1.55	1.42	3.08
工业固废产生量（万吨）	176.40	845.80	582.37	820.59	993.10

注：（数据来源于《山东省统计年鉴》、《日照市统计年鉴》）

## 2.3 研究方法

考虑到文中选取的经济增长、资源消耗和环境污染指标并非完全独立，而是存在一定的关联，本文选择主成分分析(Principal Components Analysis, PCA)方法对日照示范区的生态效率发展轨迹进行分析。PCA方法的基本思想是对原变量进行线性组合，进而得到新的彼此不相关的“主成分”，即采用降维的思想，将多指标转化为少数几个综合指标。该方法特别适合处理指标和样本均较多，且指标间存在一定内在联系的问题。主成分分析方法不仅去除了各个变量间的相关关系，而且能够客观地确定原始指标的权重，从而避免了其它赋权方法的主观性，因而通过该方法得到的评价结果更具客观性和准确性[10]。

该方法的计算过程为：首先统计、整理出2004-2012年日照示范区经济、资源消耗及环境污染各项指标的原始值(表1，仅显示隔年的数据)。为了统一量纲以方便比较，本研究选取2004年作为基准年，计算公式中社会服务量、资源(能源)消耗量及污染物排放量均采取基准年的倍数来度量，运用Excel软件计算得到资源(能源)消耗及污染物排放各项指标的效率。然后运用SPSS19.0软件中的PCA方法，分别对示范区资源效率、环境效率以及生态效率进行测算。从得到的特征值相关矩阵可知：资源效率前两个特征值的贡献率分别为67.90%、21.93%，二者的累计贡献率为89.84%；环境效率前两个特征值的贡献率分别为58.31%、26.90%，累计贡献率达85.22%；生态效率前三个特征值的贡献率分别为62.97%、17.29%、10.60%，累计贡献率达90.86%。因此资源效率、环境效率均取前两个主成分，生态效率选取前三个主成分作为新的综合指标，并得到各主成分的载荷[10]。由于“主成分”包含了原始变量绝大部分的信息，因而可根据主成分载荷来计算各主成分得分，其计算公式为：

(1) 各子系统主成分得分

$$D_{ni} = \sum_{j=1}^k Q_j P_j$$

式中  $D_{ni}$  表示第  $i$  个子系统第  $n$  个主成分的得分， $P_j$  表示对应主成分下第  $j$  个指标的载荷， $Q_j$  为相应指标标准化后的效率值。

(2) 各子系统综合得分

$$A_i = \sum D_{ni} C_{ni}$$

$A_i$  表示第  $i$  个子系统主成分的综合得分， $C_{ni}$  表示第  $i$  个子系统第  $n$  个主成分的方差贡献率。据此可计算得到各子系统发展水平，结果如表2和图1所示。

## 3 经济、资源及环境发展状况分析

### 3.1 社会经济发展

根据表1，从经济发展总量来看，日照示范区2012年实现GDP 1352.57亿元，工业增加值634.20亿元，年末总人口为283.43万人；2004-2012年9年间，GDP增长了3.49倍，工业增加值增长了4.01倍，年末总人口增长了1.01倍。显然，工业增加值在研究期间的增长速度高于GDP增长速度，而年末总人口的增长速度远低于GDP的增长速度。因此，日照示范区经济增长的主要驱动力来源于工业。

### 3.2 水资源和能源消耗

由表1可知，2004-2012年间，示范区用水总量增长了1.18倍，其中工业用水量增长了1.88倍，生活用水量增长了1.68倍。2012年，规模以上工业企业工业能源消耗总量为0.17亿吨标准煤，研究期间增长了3.36倍，年均增长率16.4%，支撑着年均19%的工业增加值的增长速度。同期电力消费增长迅速，2004-2012年间，用电量年均增长率为20.04%，其中工业用电量年均增长率为22.25%，居民生活用电量年均增长14.19%。所以，伴随着示范区工业化和城市化的大力推进，工业能源消耗的加速增长势头必将持续。

### 3.3 工业废弃物产生及排放

根据表1，伴随着工业经济的迅速发展，研究期内除工业SO<sub>2</sub>排放量略微增长(1.15倍)外，其余污染物排放量均呈现迅猛增长之势。其中，工业废气排放量增长倍数最大，达到7.52倍，说明未来示范区工业废气的治

理是需要关注的重点；工业固体废弃物产生量增长倍数次之，为 5.63 倍；工业废水排放量及工业烟（粉）尘排放量增长速度分别为 1.41 倍、2.01 倍，增长速度稍快。

## 4 生态效率分析

### 4.1 资源效率

根据图 1，日照示范区资源效率在 9 年间呈现波动性变化，但总体呈下降趋势。从各项分指标效率来看（表 2），总用水效率在研究期内呈现快速上升趋势，增长了 2.96 倍。其中工业用水效率提高显著，研究期内增

长了 2.14 倍，说明日照工业用水循环成效显著。工业能源效率研究期内呈现波动上升趋势，但提高幅度不大。其中，2012 年总用电效率、工业用电效率分别降至 0.81、0.80，即工业用电量的增长速度高于工业增加值的增长速度，工业用电效率降低。此外，生活用电、生活用水效率研究期内大幅下降，说明随着人们生活水平的不断提高，生活用电及生活用水量不断增加，且增长速度远大于人口增长速度，进一步表明居民节约用电、节约用水的意识淡薄。

表 2 日照市 2004—2012 年资源效率和环境效率

指标	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>资源效率 <math>E_r</math></b>	3.18	1.80	1.19	-0.49	-0.29	-1.58	-1.49	-1.12	-1.20
总用水	1	1.10	1.30	1.56	1.84	1.95	2.32	2.74	2.96
总用电	1	0.88	0.85	0.74	0.79	0.72	0.76	0.80	0.81
工业用水	1	1.07	1.31	1.64	1.72	1.98	2.37	2.78	2.14
工业用电	1	0.87	0.85	0.70	0.78	0.71	0.76	0.80	0.80
生活用水	1	1.00	0.95	0.89	0.78	0.78	0.79	0.80	0.60
生活用电	1	0.84	0.74	0.65	0.57	0.51	0.45	0.40	0.35
工业能源	1	1.00	1.03	0.98	1.06	0.74	0.80	1.11	1.19
<b>环境效率 <math>E_p</math></b>	-1.22	-1.20	-2.08	0.08	0.45	0.38	1.01	1.11	1.47
工业废水	1	0.90	1.15	1.49	1.70	1.66	1.75	2.46	2.85
工业废气	1	0.84	1.52	0.42	0.51	0.51	0.53	0.42	0.53
工业固体废弃物	1	0.93	0.29	0.66	0.70	0.64	0.67	0.68	0.71
工业 SO <sub>2</sub>	1	0.94	1.22	1.70	2.42	2.52	3.10	3.03	3.50
工业烟（粉）尘	1	0.87	1.77	2.14	2.27	2.11	3.37	1.79	1.99
<b>生态效率 <math>E</math></b>	3.57	2.48	1.33	-0.49	-0.50	-1.49	-1.96	-1.36	-1.57

### 4.2 环境效率

环境效率在研究期内除 2006 年有所下降外，总体呈现出平稳上升的趋势。从各项分指标效率来看（表 2），2004-2012 年，工业 SO<sub>2</sub> 的环境效率增长了 3.50 倍，工业废水、工业烟（粉）尘的环境效率分别达到基准年的 2.85 倍、1.99 倍，说明工业 SO<sub>2</sub>、工业废水的治理成效非常显著。相应地，工业废气和工业固体废弃物的环境效率较低，分别降至基准年的 0.53 倍、0.71 倍。由以上分析可见，伴随着日照循环经济试点城市及生态城市的建设，工业环境保护工作取得了一定成果。但是日照市的工业特别是重化学工业正处在高速发展期，污染物排

放总量还将持续增加，如何进一步提高环境效率，尤其是提高工业废气控制效率，是日照市环境持续发展的关键。

### 4.3 生态效率

生态效率呈现出在 2004-2010 年迅速下降，2011 年小幅回升，2012 年又小幅下降的波动性变化，但总体呈下降趋势。结合资源效率和环境效率的分析可以看出，9a 间，日照市的环境效率总体小幅上升，而资源效率的变化较为显著，并与生态效率的变化趋势基本一致。由此可见，日照市生态效率变化的主要因素资源效率，即资源利用水平的高低主导了生态效率的高低。总体来

看,日照市资源负荷不断加大,环境负荷逐渐减小,生态效率下降。尽管经济发展水平不断提高,然而生态压力增大的速度远大于经济增长的速度。

## 5 结论与讨论

(1) 2004-2012 年间,日照示范区资源效率总体呈下降态势。主要表现在:总用水和工业用水效率分别增长了 2.96 倍和 2.14 倍;总用电、工业用电、生活用电及生活用水效率分别下降到基准年的 81%、80%、35%、60%。环境效率平稳上升。但需要注意的是环境效率提高基本建立在资源、环境、生态压力不断增加的基础之上,即随着 GDP 的快速增长资源利用总量及工业废弃物排放总量也在不断增加。受资源效率的影响,生态效率总体亦呈下降趋势。

(2) 日照示范区在今后的发展中要着重运用生态理念规划、建设和管理城市,积极开展生态城市宣传教育,提高公众参与意识,改变消费观念;进一步推进循环经济发展,加强废物资源化管理,着力开发可更新资源,促进示范区产业系统的生态化转向;在招商引资过程中,优先选择高科技、高附加值、高效益的大项目、好项目,走新型工业化道路,控制环境污染物排放量,实现环境与经济“双赢”。

## 参考文献

- [1]科技部农村与社会发展司,中国 21 世纪议程管理中心.中国可持续发展实验区的探索与实践 [M].北京:社会科学文献出版社.2006:20-21.
- [2]李名升,佟连军.基于能值和物质流的吉林省生态效率研究[J].2009,29(11):6239-6247
- [3]王妍,卢琦,褚建民.生态效率研究进展与展望[J].世界林业研究,2009,22(5):27-33
- [4]Lehni M. Eco-efficiency. Creating more value with less impact Geneva: WBCSD, 2000:3-34;
- [5]Korhonen P J, Luptacik M. Eco-efficiency analysis of power plants. European Journal of

Operational Research, 2004,154(2):437-446)

- [6]张研,杨志峰.城市物质代谢的生态效率—以深圳市为例[J].生态学报,2007,27(8):3124-3131
- [7]诸大建,邱寿丰.生态效率是循环经济的合适测度[J].中国人口.资源与环境,2006,(5):1-6.
- [8]诸大建,邱寿丰.作为我国循环经济测试的生态效率指标及其实证研究[J].长江流域资源与环境,2008,17(1):1-5
- [9]王薇,林建艺等.基于生态效率的城市可持续性评价及应用研究[J].环境科学,2010,31(4):1109-1113.
- [10]李俊莉.可持续发展实验区发展状态评估研究[D].西安:西北大学,2012:100.
- [11]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)16:4732-4740.

**作者简介:**李俊莉,副教授,研究方向环境与可持续发展。E-mail:qfljl@163.com。

基金项目:曲阜师范大学科研启动基金资助(BSQD201203)。