

· 环境管理 ·

连云港市工业循环经济发展趋势评价

朱筱婧, 李雯倩, 孙 翔, 朱晓东

(南京大学环境学院 污染控制与资源化研究国家重点实验室, 江苏 南京 210023)

摘 要: 依据工业循环经济发展的基本原则, 构建了工业发展水平、资源减量利用、资源再利用和污染物减量排放4类共18项指标在内的工业循环经济发展评价指标体系。运用层次分析法(AHP), 测算权重, 对连云港市2006~2010年的工业循环经济发展状况进行了评价。结果表明, 连云港市整体的工业循环经济发展水平呈先增长, 再平稳, 后增长的趋势, 其中资源减量利用水平和污染物的减量排放水平呈逐年上升的良好势头, 但资源再利用水平不高, 有逐年下降的发展趋势。

关键词: 工业循环经济; 指标体系; 连云港

中图分类号: X32.02

文献标志码: A

Assessment of the Development Trend of Industrial Circular Economy in Lianyungang City

(Zhu Xiaojing, Li Wenqian, Sun Xiang, Zhu Xiaodong)

(State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, School of the Environment, Nanjing University, Nanjing 210023, China)

Abstract: According to the basic principle for industrial circular economy development, an evaluation indicator system based on 18 indicators of 4 categories including industrial development level, resource consumption reduction, resource recovery and reuse, and pollutant emission reduction was proposed for assessment of industrial circular economy development. Analytic Hierarchy Process (AHP) was used to measure the weight coefficients. The development status of industrial circular economy in Lianyungang from 2006 to 2010 was evaluated. The results showed that the general level of industrial circular economy development presented a variable tendency: first growing, then stabilizing and afterwards growing again. The levels of resource consumption reduction and pollutant emission reduction were shown in a good increasing momentum. However, the level of resource recovery and reuse appeared not high and even decreased year by year.

Keywords: Industrial Circular Economy; Indicator System; Lianyungang

CLC number: X32.02

大力发展循环经济是我国的基本国策。1998年, 循环经济的概念首次在中国提出, 到了2002年, 循环经济已作为一种协调经济发展与资源短缺问题的新策略而被政府部门提上工作日程^[1]。循环经济是一种以“减量化、再利用、再循环”(3R)为基本原则, 建立在物质充分循环利用基础上的经济发展模式, 以最大限度提高资源利用率并减少污染物排放, 提升经济运行质量和效益^[2-3]。同时, 循环经济作为工业生态学^[4]的延续和发展在工业中的应用越来越得到人们的重视。

目前, 一些科学研究者从单一行业或单一资源利用方面对工业循环经济发展进行了较为系统的研究, 但从区域层面上评价工业循环经济发展水平的研究尚不多见^[5]。为此, 本文以连云港市为研究区域, 在构建工业循环经济发展评价体系的基础上, 对连云港市2006~2010年的工业循环经济发展水平状况进行评价与分析, 为区域工业循环经济发展研究及连云港市未来发展规划决策提供依据。

收稿日期: 2013-12-18

基金项目: 江苏省自然科学基金(BK2011404); 住房和城乡建设部软科学研究项目(2013-R2-33); 国家自然科学基金(40976021); 连云港科技局2011年软课题(PK1001)”; 连云港科技局2014年软课题(RK1312)基金资助

作者简介: 朱筱婧(1989-), 女, 硕士研究生。研究方向: 循环经济和生态产业。E-mail: xjzhu_nju@163.com

通讯作者: 孙 翔, 男, 博士。研究方向: 城市生态学和产业生态学。E-mail: njusunxiang@sina.com

1 研究区域

连云港市位于江苏省东北部,是我国东部重要沿海开放城市。近年来江苏省将连云港市作为其沿海开发的龙头,让其承担起苏北经济崛起的重担。然而,随着经济的进一步跨越式发展、临港产业的强力推进,资源、生态、环境压力日益加大,连云港市要实现既加快城市化、工业化进程又能持续保持“碧海蓝天”的环境优势,实现经济发展与环境保护的双赢,就必须加速推进循环经济。因此,本研究将连云港市作为研究对象,研究该区域内的工业循环经济发展水平。

2 评价指标体系的构建

2.1 指标的选取

本研究是对连云港市工业循环经济发展水平进行评估,因此以整个工业产业为研究对象,所建立的指标体系仅考虑工业层面,不涉及企业层面和社会层面的考核指标。构建评价指标体系时主要遵循系统性原则、可比性原则和3R原则,在参考相关研究的基础上^[5-8],选择了工业发展水平、资源减量利用、资源再利用和污染物减量排放4类共18项指标,见表1。

(1) 工业发展水平指标:包括工业总产值和工业总产值增长率2项指标,前者用于反映工

业发展现状,后者用于反映工业发展潜力。这两项指标值越高,表明工业发展水平越高。

(2) 资源减量利用指标:包括单位工业产值电耗、能耗、水耗和主要产业单位产值电耗、能耗、水耗等6项指标。这类指标反映了从源头上降低资源消耗的情况。

(3) 资源再利用指标:包括工业重复用水率、工业固废综合利用率、工业“三废”综合利用产值与工业总产值之比等3项指标。该类指标反映了废物资源循环再利用的情况。

(4) 污染物减量排放指标:包括单位工业产值废水、废气、固废排放量和废水排放达标率、废水处理率、单位工业产值二氧化硫排放量、二氧化硫去除率等7项指标。该类指标反映了工业废物的减排情况。

2.2 权重的赋值

本研究主要采取主观赋权法中的层次分析法(AHP)对评价指标赋以权重值^[9]。层次分析法是20世纪70年代美国运筹学家T.L.Saaty提出的^[10],该方法简化了对问题的系统分析与计算,且有助于决策者保持其思维过程和决策准则的一致性,目前已广泛应用于多领域^[11]。本指标体系权重赋值计算过程中,一致性指标 $CI=0.02622$ (其中4阶矩阵的随机一致性指标 RI 为0.90),随机一致性比例 $CR=0.0412<0.1$,结果的可靠程度是令人满意的。

表1 连云港市工业循环经济发展水平指标体系及权重

目标层 A	控制层 B	权重	指标层 C	权重
工业 循环 经济 发展 指标 A	工业发展水平 B1	0.1078	C1 工业总产值/亿元 +	0.0539
			C2 工业总产值增长率/% +	0.0539
	资源减量利用 B2	0.2922	C3 单位工业产值耗电量/亿kW·h·亿元 ⁻¹ -	0.0822
			C4 单位工业产值能耗/万吨标准煤/亿元 ⁻¹ -	0.0653
			C5 单位工业产值耗水量/(t·万元 ⁻¹) -	0.0685
			C6 主要产业单位工业产值耗电量/万kW·h·亿元 ⁻¹ -	0.0274
			C7 主要产业单位工业产值能耗/万吨标准煤·亿元 ⁻¹ -	0.0194
			C8 主要产业单位工业产值耗水量/t·万元 ⁻¹ -	0.0293
	资源再利用 B3	0.1867	C9 工业重复用水率/% +	0.0747
			C10 工业固废综合利用率/% +	0.0747
			C11 工业“三废”综合利用产值与工业总产值之比/(元·万元 ⁻¹) +	0.0373
	污染物减量排放 B4	0.4133	C12 单位工业产值废水排放量/万吨·亿元 ⁻¹ -	0.0692
			C13 单位工业产值废气排放量/亿m ³ ·亿元 ⁻¹ -	0.0858
			C14 单位工业产值固废产生量/万吨·亿元 ⁻¹ -	0.0764
			C15 废水排放达标率/% +	0.0439
			C16 废水处理率/% +	0.0485
			C17 单位工业产值SO ₂ 排放量/t·亿元 ⁻¹ -	0.0514
			C18 SO ₂ 去除率/% +	0.0382

注:带有+标记的是正向指标,-为负向指标;C6、C7、C8中的主要产业为农副食品加工业、医药制造业、化学原料及化学制品制造业和有色金属冶炼业。

2.3 数据来源及其预处理

2.3.1 数据来源 根据《连云港统计年鉴》、《连云港环境质量报告书》得到2006~2010年连云港市上述表1中18个指标的数据样本。在参照值的选取上,笔者首先参考国家标准,在无国家标准可供参考的情况下参考同省工业循环经济发展较好的城市的指标值。根据《国家级生态市建设指标》得到上述表1中C9指标的参照值,根据苏州市统计年鉴2010年数据得到C16和C18指标的参照值,其余指标的参照值根据无锡市统计年鉴2010年数据获得。

2.3.2 指标的标准化 因选取的指标的性质各不相同,各指标也均具有自身的量纲和分布区间,为此,需要对各指标的原始数据进行标准化处理,使各指标具有可比性。同时,考虑到指标中一类是正向指标,即这些指标对工业循环经济发展起正作用,该类指标值越大,表明工业循环经济发展水平越高;一类是逆向指标,即这些指标对工业循环经济发展起负作用,该类指标值越小,表明工业循环经济发展水平越高。因此,为了消除这些差异,本文拟采用如下评估模型^[12]:

对正向指标, $C_n = \frac{X_n}{X_{n0}}$;

对逆向指标, $C_n = \frac{X_{n0}}{X_n}$

式中: C_n 为标准化后某一指标的值, X_n 为某一指标的原始值, X_{n0} 为某一指标的参照值。经过如上的指标值处理后,所有指标均具有无量纲化、正向、以1为基准的特点,便于指标进行进一步计算。

2.3.3 评价方法 工业循环经济发展评价是一项综合性评价,指标体系中的每一项指标均需从不同层次与侧面反映区域工业循环经济发展的状况^[5]。本研究采用加权函数法计算工业循环经济发展指数。计算公式如下所示:

工业循环经济发展指数 = $\sum_{i=1}^n C_i \times W_i$

式中: C_i 为各单项指标的标准化值, W_i 为指标对应的权重值。最终得到的发展指数即代表循环经济发展水平。必须说明的是,该指数仅是一

个相对值,并不是绝对值,指数本身没有意义,本研究旨在通过该指数反映连云港市2006~2010年循环经济发展趋势。

3 结果与讨论

3.1 数据处理结果

结合连云港市2006~2010年的原始数据,以2010年无锡市和苏州市各项指标值、国家生态市创建指标值为参照值,连云港市工业循环经济发展各指标评价的结果见表2。

表2 连云港循环经济发展评价结果

指标 序号	t/a				
	2006	2007	2008	2009	2010
C1	0.001 7	0.002 6	0.003 6	0.004 8	0.007 2
C2	0.097 6	0.138 5	0.105 4	0.083 3	0.130 7
C3	0.035 2	0.049 3	0.061 7	0.082 2	0.082 2
C4	0.022 4	0.034 0	0.045 3	0.052 7	0.065 3
C5	0.002 1	0.003 1	0.004 8	0.007 3	0.041 2
C6	0.015 0	0.020 9	0.022 4	0.028 1	0.032 8
C7	0.011 6	0.015 3	0.018 8	0.022 4	0.031 1
C8	0.008 0	0.010 4	0.013 1	0.017 6	0.022 9
C9	0.073 9	0.075 7	0.072 0	0.071 0	0.069 6
C10	0.070 2	0.070 2	0.070 4	0.070 8	0.070 6
C11	0.056 7	0.125 9	0.043 4	0.033 7	0.017 3
C12	0.020 8	0.035 5	0.052 6	0.074 0	0.093 4
C13	0.030 1	0.042 9	0.056 5	0.082 7	0.085 8
C14	0.007 9	0.012 7	0.017 0	0.028 7	0.030 6
C15	0.043 4	0.043 4	0.043 4	0.043 4	0.043 4
C16	0.030 8	0.033 7	0.035 9	0.036 6	0.037 1
C17	0.004 2	0.007 6	0.010 2	0.016 9	0.017 0
C18	0.030 0	0.026 8	0.027 1	0.025 7	0.034 5
工业循环 经济发展 水平指数	0.956 0	1.294 6	1.164 9	1.255 8	1.825 2

连云港市工业循环经济发展各评价子系统指数变化趋势见图1,而连云港市工业循环经济发展综合指数变化趋势见图2。

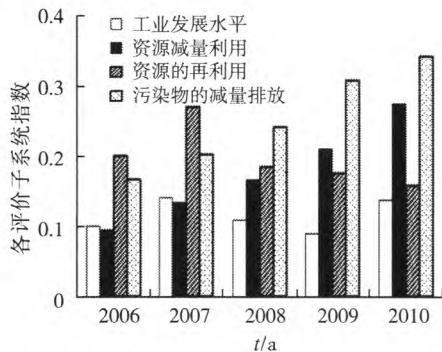


图1 连云港市工业循环经济发展各评价子系统指数变化趋势

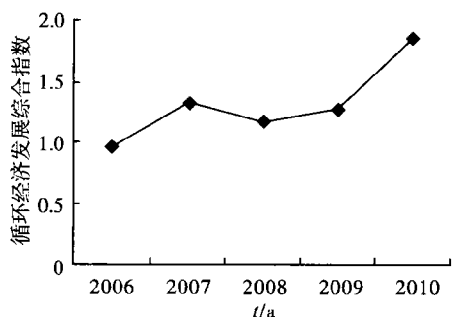


图2 连云港市工业循环经济发展指数变化趋势

3.2 工业循环经济发展评价结果分析

3.2.1 工业发展水平分析 由图1可知, 2006~2010年连云港市的工业总产值逐年增加, 但工业总产值增长率却呈波动增长的趋势。在2007年增长率达到50.12%的高点后上升速度有所减缓, 至2010年增长率才有所回升。2010年, 连云港市工业总产值以1 936.28亿的姿态突破千亿, 但与无锡市14 538.79亿元的产值相比落后不少, 表明其经济发展空间有待进一步挖掘。循环经济发展归根到底还是经济要发展, 因此, 连云港市必须突破原有主导产业的瓶颈, 寻求更大的工业发展空间。

3.2.2 资源减量利用水平分析 由图1可知, 2006~2010年连云港市工业发展中的资源减量利用水平整体呈良好的上升趋势, 单位工业产值电耗、能耗、水耗以及副食品加工业、医药制造业、化学原料及化学制品制造业和非金属矿物制造业这四大主要产业的单位工业产值电耗、能耗、水耗均逐年下降。资源减量利用方面的6项指标中除了单位工业产值耗水量2010年的指标评价价值是2006年的19.01倍外, 其余5项指标增长了1.33~1.84倍。其中, 2010年连云港市的“主要产业单位耗电量”和“主要产业单位能耗”这两项指标已超过循环经济发展水平较高的无锡。可见, 在这5年间, 连云港市在工业发展进程中加强了对资源利用的管理, 提高了对资源的利用效率, 促进了工业循环经济的发展。

但需要注意的是, 连云港市的“单位工业产值耗水量”和“主要产业单位耗水量”在众指标中的发展尚欠缺, 虽然水资源利用率逐年提升, 但是与标准值相比, 仍有很大的进步空间, 连云

港市应该继续狠抓水资源利用率, 尽可能的降低单位产值的水耗。

3.2.3 资源的再利用水平分析 由图1可知, 2006~2010年连云港市工业发展中资源的再利用水平呈现先上升后下降的总体趋势, 在2007年达到一个最高点后, 2008~2010年3年持续下降。

“工业综合利用率”的评价指数5年间变化不大, “工业重复用水率”和“工业‘三废’综合利用产值与工业总产值之比”这两项指标的评价指数变化趋势和总体资源的再利用水平变化一致。并且, 2010年的指数各自比2005年下降了5.9%和69.5%。可见, 连云港市在这5年的工业发展进程中在资源循环再利用方面的工作严重不足, 尤其是在工业“三废”利用方面需要引起足够的重视。但不可否认的是, 资源循环利用体系的建立需要一个长期的过程, 它对于一个地区的产业结构、企业分布、科技水平、经济水平的要求是十分高的, 对于连云港市目前的情况来说, 还很难在短时间内快速建立起成熟的资源循环利用体系。

3.2.4 污染物的减量排放水平分析 由图1可知, 2006~2010年连云港市工业发展带来的污染物减量排放水平的变化趋势为持续上升的状态, 与资源减量利用水平的变化趋势一致。2010年连云港市整体的污染物减量排放水平比2005年升高了1倍, “单位工业产值的废水排放量”这一项指标的评价指数则升高了3倍多, 并且超过了无锡的水平。“废水排放达标率”这一指标变化不大, 基本稳定在98%以上, 但是仍不能赶上较发达城市苏州的水平。“SO₂去除率”在2006~2010年出现了持续下降的趋势, 情况令人担忧, 不过好在2010年有所上升。因此, 在污染物控制方面连云港市仍有待大力度的加强, 加强对污染物的排放的总量控制, 对于大型化工、医药和非金属企业必须要求安装污水处理、脱硫和脱销设备, 并致力于源头削减, 在生产全过程实施清洁生产, 务必减少各污染物的排放量。

3.2.5 工业循环经济发展综合水平分析 由图2可知, 连云港市2006~2010年间整体的工业循环

经济发展水平呈现良好的发展势头,2006年有小幅度的上升,2007~2009年发展水平基本保持稳定态势,2010年工业循环经济迅速发展,增幅较大。主要是因为江苏省提出“两个率先”口号后,包括连云港市在内的沿海城市进入了工业化加速期,东部沿海经济发达省份对苏南地区的部分重污染企业向沿海经济欠发达地区转移,在此期间,连云港市工业循环经济的发展速度减缓。随着连云港市“绿色都市”战略的提出,加快经济发展方式转变,构建生态型发展模式,才使得2010年连云港市的工业循环经济水平有较大的提升,并且在接下来的几年也将会呈现持续上升的趋势。

4 结论

(1) 本研究结果与连云港市实际情况基本符合,表明建立的区域工业循环经济发展水平评价指标体系的合理性及有效性,为循环经济发展水平评价指标体系的完善提供依据。从连云港市2006~2010年工业循环经济综合发展水平及各子系统评价指数变化分析得知,连云港市整体的工业循环经济发展水平呈先增长,再平稳,后增长的趋势,其中资源减量利用水平和污染物的减量排放水平呈逐年上升的良好势头,但除了个别指标能赶上省内经济较发达的城市外,其余指标仍存在一定的差距。需要注意的是,这5年间,连云港市的资源再利用水平不高,有逐年下降的发展趋势,尤其是工业“三废”综合利用方面发展严重不足,发展前景令人堪忧。

(2) 依据上述分析,就连连云港市工业循环经济发展而言,提出如下建议。全面开展工业结构调整、推进节能减排、构建工业循环产业链,使物质、能量和信息在企业内部、产业环节、园区乃至整个社会循环流动,达到有效的平衡,形成具有连云港特色的低投入、低消耗、低排放和

高效率的循环型工业体系。借着全国范围内大举推进园区循环化改造的契机,推进连云港市现有工业园区循环化改造,突破循环经济关键链接技术,合理延伸产业链并循环链接,搭建基础设施和公共服务平台,创新组织形式和管理机制,实现园区资源高效、循环利用和废物“零排放”,不断增强园区可持续发展能力。

(3) 诚然,本研究存在如下两点不足:本研究构建的指标体系的综合评价结果虽然用数字表示,但其评价结果并不具有数学意义上的精确性,结果并不是绝对的,只能反映被评价对象的总体变化趋势;构建指标体系并不是十分全面,数据来源也比较有限,在以后的研究中,若条件允许,指标选取应该尽可能的全面,使得评价结果更为可信。

参考文献

- [1] Geng Y, Zhang R, Cote R, et al. Assessment of the national eco-industrial park standard for promoting industrial symbiosis in China[J]. *Journal of Industrial Ecology*, 2008, 15(3): 231-239.
- [2] 周国梅, 彭 昊, 曹凤中. 循环经济和工业生态效率指标体系[J]. *城市环境与城市生态*, 2003, 16(6): 201-203.
- [3] 黄和平, 毕 军. 基于物质流分析的区域循环经济评价以常州市武进区为例[J]. *资源科学*, 2006, 28(11): 20-27.
- [4] 石 磊, 张天柱. 化学工业与循环经济[J]. *现代化工*, 2004, 24(7): 1-3.
- [5] 王 晨, 黄贤金, 翟文侠. 工业循环经济发展区域分异研究以江苏省为例[J]. *环境污染与防治*, 2006, 28(6): 472-475.
- [6] 黄贤金. 循环经济: 产业模式与政策体系[M]. 南京: 南京大学出版社, 2004: 217-260.
- [7] 王 晨, 黄贤金. 区域循环工业发展评价指标体系的构建及应用[J]. *环境保护科学*, 2005, 31(4): 56-60.
- [8] 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, 18(2): 154-162.
- [9] 王莲芬, 许树柏. 层次分析法引论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1990: 20-22.
- [10] 彭国甫, 李树丞, 盛明科. 应用层次分析法确定政府绩效评估指标权重研究[J]. *中国软科学*, 2004(6): 36-139.
- [11] 杨 洁. 喀斯特生态环境治理综合效益评价研究以花江示范区为例[D]. 贵州: 贵州师范大学, 2006.
- [12] 钟振宇, 柴立元, 刘益贵, 等. 基于层次分析法的洞庭湖生态安全评估[J]. *中国环境科学*, 2010, 30(suppl): 41-45.