

绿色经济理念的生态工业园区 综合评价指标体系

商婕^{1,2}, 曾悦¹

(1. 福州大学 环境与资源学院, 福建 福州 350116;

2. 福建省环境科学研究院 福建省环境工程重点实验室, 福建 福州 350013)

摘要: 基于绿色经济理论,提出生态工业园区绿色发展水平的内涵,从经济发展、生态环境保护、生态工业链建设及绿色管理4个方面综合考虑,建立了生态工业园区绿色发展综合评价指标体系.以福州经济技术开发区为例,利用熵权系数法客观地确定指标权重,利用综合指数法进行园区绿色发展水平综合评价,从中识别和分析开发区在“十一五”期间经济发展、环境保护、管理等方面存在的问题,并给予针对性建议.

关键词: 生态工业园区; 绿色经济; 评价指标体系; 环境管理

中图分类号: X 321

文献标志码: A

生态工业园区(eco-industrial parks, EIPs)作为协调环境污染和经济发展的有效手段之一,其发展状况得到研究学者的广泛关注.国内外专家学者从不同的角度运用不同的方法对生态工业园评价体系进行了大量研究. Lowe^[1]提出一套类似于ISO 14000的环境管理体系评价生态工业园区的综合水平. Roberts等^[2-4]从不同的方面设计了生态工业园区综合评价指标体系.朱丽等^[5-6]从不同的角度对生态工业园区进行评价.孙晓梅等^[7-8]运用不同的方法对园区进行评价.为加强指标体系的实用性,我国学者也构建了具有行业特征或地域特性的生态工业园区建设水平评价指标体系^[9-11].面对资源约束趋紧、环境污染严重、生态系统退化的严峻形势,党的十八大提出要把生态文明建设放在突出地位,着力推进绿色发展、循环发展、低碳发展,努力建设美丽中国.生态工业园区是工业领域推进生态文明建设的主要形式^[12],绿色发展是生态文明理念对生态工业园区发展的内在要求^[13].因此,如何实现绿色经济指导下的生态工业园区综合评价显得十分必要.本文基于绿色经济理论,建立了生态工业园区绿色发展综合评价指标体系.

1 生态工业园区绿色发展水平

1.1 内涵

生态工业园区的核心是生态工业的建设,即借鉴自然生态系统中物质与能量的传递方式,建立企业群落,以获得生态环境与经济的双赢^[14].绿色经济是可持续发展观的产物,是以保护和完善生态环境为根本的经济形态^[15-16].因此,生态工业园区绿色发展水平是在综合考虑生态工业园区经济发展、资源利用、生态环境保护等方面下,衡量经济发展对资源消耗和对环境的影响程度.该指标体系突出绿色与发展,并注重生态工业链网的特征,从而反映园区对区域环境质量的影响及改善潜力.

1.2 生态工业园区绿色发展水平的表现因素

根据生态工业园区绿色发展水平的内涵,确定影响其表现的因素有以下4点.

1) 经济发展水平.经济发展是生态工业园区发展的重要支撑,而企业是生态工业园区的主体,追求

经济利益是企业发展的根本动力. 经济的发展不仅需要关注企业的经济实力是否雄厚, 结构是否合理, 还需要其注重单位工业产值污染物排放量, 明确经济发展的环境代价, 以体现生态工业园区经济发展的“绿色”程度.

2) 生态环境保护水平. 资源与生态环境是制约园区发展的关键因素, 园区环境污染严重, 资源利用效率低下, 直接影响区域环境质量, 污染治理成本提高, 甚至产生不可逆转生态环境破坏, 从而影响园区的可持续发展. 可见, 资源与生态环境不仅是园区绿色发展有力保障, 更是园区绿色发展的生命源泉.

3) 生态工业建设水平. 企业共生关系是生态工业园区建设与发展的核心, 产业链的完善程度直接关系到资源利用最大化、污染排放最小化. 因此, 生态工业建设水平是促进园区绿色发展的本质因素.

4) 绿色管理水平. 生态工业园区是由不同的利益相关者组成, 有必要对园区内的活动进行合理规范的管理, 包括对园区内企业认证及园内基础设施建设等. 这不仅可以从源头上控制污染物的排放、利于构建生态工业链, 还可以提高企业参与环境保护的积极性. 可见, 绿色管理水平推动园区绿色发展是园区绿色发展不可或缺的因素.

2 综合评价指标体系的构建

2.1 指标体系结构的建立

评价体系采用主题框架模式, 根据状态-影响的逻辑思路, 将各表现因素作为准则层, 再以准则层为子系统, 分别确定影响其状态的因素. 层次上形成目标层(A)-准则层(B)-次准则层(C)-变量层(D)的结构, 将准则层称为系统层, 次准则层称为状态层. 以生态工业园区绿色发展水平为总目标, 根据影响其表现的因素, 确定经济发展水平、生态环境保护水平、生态工业建设水平、绿色管理水平为准则层. 将可能影响准则层状态的因素作为状态层, 选取经济实力、污染控制水平、产业链特征等 10 个评价指标.

2.2 变量层指标的确定

在评价目标内涵的充分了解基础上, 根据评价目标与指标内涵之间的关系, 筛选出能够反映评价对象本质的指标. 对有关生态工业园区的评价报告、相关期刊、论文中的指标及相关指标体系中的相关指标进行频度统计, 建立园区绿色发展综合评价体系变量层的备选指标集. 将备选指标依据独立性、针对性、可操作性、可比性原则进行剔除, 保留的指标按照指标体系结构构建绿色发展综合评价指标体系, 如表 1 所示.

表 1 中: ① 表示生态工业园区内废气、废水必须根据国家污染物排放要求收集处理, 达标排放; ② 表示空气污染综合指数小于等于 100, 空气质量优良, 对人体不良影响, 可正常进行户外活动; ③ 表示各水质污染物均符合区域水环境质量要求, 综合指数不得超过 1, 若所选取的水质污染物中任意一项存在超标情况, 则水质污染综合指数指标评分时直接赋 0 分; ④ 根据环境功能区划及要求, 该区域声环境执

表 1 生态工业园区绿色发展综合评价指标体系

Tab. 1 Indicator set for evaluating EIPs green-comprehensive development level

目标层	准则层	状态层	变量层	标准值	指标出处
园区绿色发展综合水平(A)	经济实力(C ₁)		人均工业增加值(D ₁)	≥15 万元·人 ⁻¹	文献[14]
			工业增加值增率(D ₂)	≥25%	文献[7]
	经济结构(C ₂)		高新技术产业占全区工业产值比重(D ₃)	50%~80%	文献[7,17]
			主导产业产值占全区工业产值比重(D ₄)	50%~80%	文献[5]
			第三产业占 GDP 比重(D ₅)	20%~40%	文献[17]
	经济发展水平(B ₁)		单位工业增加值综合能耗(D ₆)	≤0.5 t·万元 ⁻¹	文献[14]
			单位工业增加值新鲜水耗(D ₇)	≤9 m ³ ·万元 ⁻¹	文献[14]
	绿色经济水平(C ₃)		单位工业用地工业增加值(D ₈)	≤9 亿元·km ⁻²	文献[14]
			单位工业增加值 COD 排放量(D ₉)	≤1 kg·万元 ⁻¹	文献[14]
			单位工业增加值氨氮排放量(D ₁₀)	≤0.08 kg·万元 ⁻¹	文献[5]
			单位工业增加值 NO _x 排放量(D ₁₁)	≤1 kg·万元 ⁻¹	文献[5]
			单位工业增加值 SO ₂ 排放量(D ₁₂)	≤1 kg·万元 ⁻¹	文献[14]
			单位工业增加值固体废物产生量(D ₁₃)	≤0.1 t·万元 ⁻¹	文献[14]

续表 1

Continue table 1

目标层	准则层	状态层	变量层	标准值	指标出处
园区绿色发展综合水平(A)	生态环境 保护水平(B ₂)	污染控制 水平(C ₄)	工业废水排放达标率(D ₁₄)	100%	①
			工业废气排放达标率(D ₁₅)	100%	①
			危险废物安全处理处置率(D ₁₆)	100%	文献[14]
			生活垃圾无害化处理率(D ₁₇)	90%~100%	文献[14]
	环境质量(C ₅)	空气污染综合指数(D ₁₈)	100	②	
		水质污染综合指数(D ₁₉)	≤1	③	
	改善潜力(C ₆)	环境噪声(D ₂₀)	≤60 dB	④	
		清洁能源使用比重(D ₂₁)	50%~80%	文献[17-18]	
	生态工业 建设水平(B ₃)	资源利用(C ₇)	环境保护支出占财政支出比重(D ₂₂)	1%~3%	文献[17]
			工业用水重复利用率(D ₂₃)	75%~100%	文献[14]
产业链特征 (C ₈)		工业固体废物综合利用率(D ₂₄)	85%~100%	文献[14]	
		生态产业链完整性(D ₁₄)	—	专家咨询	
绿色管理 水平(B ₁)	环境管理(C ₉)	生态产业链运行柔性(D ₂₆)	—	专家咨询	
		规模以上企业清洁生产审核实施率(D ₂₇)	100%	文献[14]	
	基础设施(C ₁₀)	通过 ISO 14001 认证率(D ₂₈)	100%	文献[7]	
		园区内部管理制度的制定和实施(D ₂₉)	—	专家咨询	
		基础设施配套完善度(D ₃₀)	—	专家咨询	
		信息平台完善度(D ₃₁)	—	专家咨询	

行 GB 3096—2008《声环境质量标准》中 2 类区标准,昼夜环境噪声限值分别为 60,50 dB,由于缺乏夜间环境噪声数据,此处仅考虑昼间环境噪声。

2.3 标准值的获取

在制定指标评价标准值时,主要遵循以下 4 个原则. 1) 有国家或行业标准的,尽量采用标准中的规定值,或者根据具体情况进行适当调整. 2) 与我国相关政策研究的目标值相一致,或优于其目标值. 3) 考虑园区的实际发展水平,以园区的发展规划为目标,同时参考国内外运行良好的生态工业园区的现状值. 4) 对缺乏统计数据的,但在指标体系中很重要的指标,采用专家咨询、定性描述等方法来确定。

2.4 评价方法

1) 权重方法的确定. 评价采用熵权系数法进行权重的确定,熵权系数法是一种以指标值所包含信息量大小来计算指标权重的方法,当某项指标计算得到的信息熵越小,说明该指标的变异程度越大,在综合评价中起到的作用越大,则这项指标的权重也会越大,反之亦然. 因此,可以运用熵权系数法,判断每个指标值之间的变异程度,计算指标的权重。

2) 综合评价方法的确定. 采用综合指数法进行评价,其评价步骤是:首先,取得评价指标的权数,根据设定的标准值计算各指标的分值;然后,将各指标的权重分别乘以对应的评分结果;最后,汇总得到综合评价结果. 通过综合评价,可以确定一个区域或一个时期的总体水平,并对于多区域或时期数据具有可比性,用于判断发展的阶段等。

3 实证研究

福州经济技术开发区位于福州市马尾区,成立于 1985 年,经过近 30 a 的开发建设,开发区已成为产业聚集突出的外向型现代工业园区. 至 2010 年,全区 7 大行业集群完成产值 420.14 亿元,比“十一五”初期(207.29 亿元)增长 102%^[19]. 以福州经济技术开发区(economic and technical development zone,ETDZ)为例(以下简称“开发区”),运用建立的生态工业园区绿色发展综合评价指标体系对开发区“十一五”期间的绿色发展水平进行评价。

3.1 福州经济技术开发区绿色发展水平评价

通过开发区统计年鉴、环境调查资料、相关报告及专家咨询等方式得到开发区“十一五”期间各指标的现状数据,利用熵权系数法计算出各个指标的权重值,累加后依次得到状态层和系统层的权重值,计

算结果, 如表 2 所示.

表 2 福州经济技术开发区绿色发展综合评价指标现状值及权重(2006—2010 年)

Tab. 2 Statistics values and weights of green-comprehensive development level in Fuzhou ETDZ (2006-2010 year)

准则层	状态层	变量层	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	变量层 权重	状态层 权重	准则层 权重
B ₁	C ₁	D ₁	10.004 0	10.905 0	12.149 0	11.858 0	14.948 0	0.030 5	0.070 5	0.462 8
		D ₂	14.400 0	20.600 0	20.100 0	13.500 0	17.100 0	0.040 0		
	C ₂	D ₃	54.000 0	55.000 0	56.000 0	65.000 0	70.000 0	0.044 0		
		D ₄	73.700 0	71.822 0	74.530 0	74.906 0	70.626 0	0.033 6		
		D ₅	23.380 0	22.741 0	24.277 0	33.421 0	30.851 0	0.045 4		
	C ₃	D ₆	0.293 0	0.291 0	0.238 0	0.213 0	0.173 0	0.039 5		
		D ₇	11.158 0	9.924 0	7.987 0	5.710 0	4.657 0	0.034 9		
		D ₉	0.418 0	0.367 0	0.295 0	0.180 0	0.149 0	0.036 4		
		D ₁₀	0.013 6	0.019 8	0.012 5	0.017 5	0.018 7	0.039 0		
		D ₁₁	0.332 0	0.272 0	0.188 0	0.141 0	0.126 0	0.033 4		
		D ₁₂	1.211 0	1.146 0	0.778 0	0.670 0	0.615 0	0.040 8		
		D ₁₃	0.031 9	0.044 8	0.050 6	0.051 1	0.051 2	0.045 3		
		C ₄	D ₁₄	100.000 0	97.3	100.000 0	100.000 0	100.000 0		
D ₁₅	100.000 0		100.000 0	100.000 0	100.000 0	100.000 0	—			
D ₁₆	100.000 0		100.000 0	100.000 0	100.000 0	100.000 0	—			
D ₁₇	92.000 0		96.500 0	97.200 0	97.500 0	97.500 0	0.029 4			
C ₅	D ₁₈	64.800 0	54.300 0	55.700 0	52.200 0	58.600 0	0.027 2			
	D ₁₉	0.380 0	0.390 0	0.380 0	0.380 0	0.330 0	0.037 0			
C ₆	D ₂₀	56.000 0	55.500 0	55.900 0	56.400 0	55.800 0	0.025 5			
	D ₂₁	53.520 0	49.960 0	53.950 0	53.990 0	56.660 0	0.024 5			
B ₂	C ₇	D ₂₂	0.320 0	0.460 0	0.250 0	0.560 0	0.580 0	0.036 3		
		D ₂₃	84.850 0	82.000 0	83.390 0	86.110 0	87.290 0	0.030 8		
	C ₈	D ₂₄	95.470 0	96.500 0	97.220 0	98.140 0	97.990 0	0.031 0		
		D ₂₅	60.000 0	60.000 0	70.000 0	80.000 0	80.000 0	0.049 5		
	C ₉	D ₂₆	60.000 0	70.000 0	80.000 0	80.000 0	90.000 0	0.027 8		
		D ₂₇	1.031 0	2.439 0	4.673 0	4.808 0	13.300 0	0.034 0		
B ₃	C ₁₀	D ₂₈	5.670 0	5.854 0	18.692 0	24.039 0	30.542 0	0.041 5		
		D ₂₉	70.000 0	70.000 0	80.000 0	80.000 0	90.000 0	0.038 6		
	D ₃₀	70.000 0	70.000 0	70.000 0	80.000 0	90.000 0	0.048 6			
B ₄	C ₁₀	D ₃₁	60.000 0	70.000 0	70.000 0	70.000 0	80.000 0	0.024 7		

由于 D₈ 现状数据收集不全, 所以不参加本次评价. 按照综合评价指数法的步骤, 将各个指标的评分结果乘以对应的权重, 通过加法合成, 得到开发区“十一五”期间绿色发展的综合水平. 计算结果, 如表 3 所示.

表 3 福州经济技术开发区“十一五”期间绿色发展水平评价结果

Tab. 3 Evaluation results of Fuzhou ETDZ during the Eleventh Five-Year Period

指标名称	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
绿色发展综合水平(A)	57.91	57.37	64.56	69.92	72.49
经济发展水平(B ₁)	29.68	30.50	32.87	37.08	37.99
生态环境保护水平(B ₂)	11.83	9.99	13.60	13.68	13.91
生态工业建设水平(B ₃)	8.82	9.05	9.87	10.46	10.76
绿色管理水平(B ₄)	7.58	7.83	8.22	8.70	9.82

3.2 评价结果

根据综合评价结果显示, 开发区“十一五”期间, 除 2007 年外, 绿色发展综合水平形成向上发展的态势. 2008 年, 开发区绿色发展水平开始达到及格水平(64.56 分); 2010 年, 达到中等水平(72.49 分). 4 个准则层增幅大小依次为绿色管理水平、经济发展水平、生态工业建设水平和生态环境保护水平.

4 结果分析

福州经济技术开发区 2007 年的绿色发展水平最低(57.37 分),主要原因是由于该年度生态环境保护水平低,表现在工业废水排放不达标、清洁能源使用比例不高且类型单一等方面.这些也是造成开发区“十一五”期间整体生态环境保护水平增幅小的主要原因.“十一五”期间开发区清洁能源使用比例始终维持在 50%左右,所用的清洁能源主要为天然气、电能和液化石油气,其中,绝大部分还是依靠电能,天然气仅在 2010 年才投入使用.这说明开发区使用的清洁能源不仅使用比例不高且类型比较单一.环境方面还存在工业用水重复利用率水平不高、政府及开发区管理者环境保护方面的支出较小等问题.

经济发展缓慢是阻碍福州经济开发区绿色发展的重要原因.虽然开发区经济结构在“十一五”期间表现较好,但从总体上看,经济实力发展较缓慢.与国内著名的天津泰达经济技术开发区相比,该开发区在 2007 年时,工业总产值为 3 350.67 亿元,单位工业用地工业总产值已达到 $74.46 \text{ 亿元} \cdot \text{km}^{-2}$ [20],而福州经济技术开发区 2010 年工业总产值为 594.87 亿元,单位工业用地工业总产值为 $23.46 \text{ 亿元} \cdot \text{km}^{-2}$,这说明目前福州经济技术开发区的单位面积产值远远低于国内先进水平.随着开发区产业的发展,土地资源短缺将成为发展的“瓶颈”,规模以上企业的清洁生产审核和 ISO 14001 环境管理体系的认证率均远低于设定的目标值(表 2).

5 结论

针对以上福州经济技术开发区存在的问题,提出如下 3 个建议.

1) 经济方面,应加大产业集群效应,大力引进第三产业企业.结合开发区产业规划及各组团规划布局,综合考虑区域环境承载力、开发区基础设施承载力等因素,强化龙头企业的项目,带动物流等相关产业联动发展,大力引进物流、旅游、中介等服务贸易项目,强化第三产业和城镇基础设施建设.

加强开发区工业用地管理.开发区需要对开发区的土地集约利用情况进行评价,劝说占地面积大但经济效益不高的企业搬迁或进行整合,将土地转让给高新技术以及环境友好型企业,提高单位土地面积产值和土地利用率.

2) 环境方面,开发区必须从源头、过程及末端 3 个方面提高资源利用效率.督促现有水资源利益效率低的企业改进其耗水工艺,广泛应用废水回用技术.工业废水进入污水处理厂前应严格执行排放标准,加强污水处理厂的运行管理.除了可以要求各个企业设有废水再生单元外,还可以在开发区建立废水循环系统,例如,在开发区配套的污水处理厂内设立废水循环利用中心作为开发区的中水备用水库.

改善能源消费结构,提高清洁能源使用比例.增加天然气和可再生能源等优质能源为主的清洁能源使用比重,强化能源利用过程,鼓励企业使用清洁能源.同时,加强清洁能源基础设施建设,便于开发区企业使用清洁能源.加大财政在环境保护方面的支出与环境监管力度,从而为开发区的可持续发展、绿色发展提供有力保障.

3) 管理方面,应加强对企业污染物排放的监测,建立企业物料使用、副产品产生情况的信息库,为完善开发区工业共生网络打好基础.通过建立开发区企业考核制度督促企业积极参与清洁生产审核及 ISO 14001 环境管理体系认证.同时,开发区管理者可以通过制定绿色招商评价指标体系对入园项目的绿色水平进行考核,从源头控制污染物的排放和构建开发区生态工业链,促进开发区可持续发展.

参考文献:

- [1] LOWER E. Eco-industrial park handbook for asian developing countries[EB/OL]. [2012-10-01]. <http://indigodev.com>.
- [2] ROBERTS B H. The application of industrial ecology principles and planning guidelines for the development of eco-industrial parks: An australian case study[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2004, 12(8/9/10): 997-1010.
- [3] OH D S, KIM K B, JEONG S Y. Eco-industrial park design: A daejeon technovalley case study[J]. *Habitat International*, 2005, 29(2): 269-284.
- [4] GIBBS D, DEUTZ P. Implementing industrial ecology planning for eco-industrial parks in the USA[J]. *Geoforum*,

2005,36(4):452-464.

- [5] 朱丽.综合类生态工业园区指标体系及稳定机制研究[D].山东:山东大学,2011:91-100.
- [6] 雷明,钟书华.生态工业园区综合评价指标体系研究[J].中国科技论坛,2009(11):110-115.
- [7] 孙晓梅,崔兆杰,朱丽,等.生态工业园运行效率评价指标体系的研究[J].中国人口·资源与环境,2010,20(1):124-128.
- [8] 张成考.基于灰色理论的生态工业园区综合评价模型研究[J].科技管理研究,2006(9):264-268.
- [9] 张帆,麻林巍,蓝钧,等.生态工业园评价方法研究:以北京市为例[J].中国人口·资源与环境,2007,17(3):100-105.
- [10] 郝艳红,王灵梅.火电厂生态工业园评价指标体系研究[J].环境科学与技术,2006,29(2):70-74.
- [11] 梁彬,田金平,陈吕军,等.精细化工园区生态环境效益评价指标体系研究[J].环境污染与防治,2009,31(4):89-92.
- [12] 钟琴道,姚扬,乔琦.中国生态工业园区建设历程及区域特点[J].环境工程技术学报,2014,4(5):429-435.
- [13] 智静,乔琦,姚扬,等.生态文明视角下我国生态工业园区建设[C]//2013中国环境科学学会学术年会论文集.北京:中国环境科学出版社,2013:526-532.
- [14] 中华人民共和国环境保护部.HJ 274-2009 综合类生态工业园区标准[S].北京:中国环境科学出版社,2009:6-23.
- [15] 赖劲榕.对绿色经济的几点认识[J].改革与开发,2011(2):96.
- [16] 于法稳.近 10 年中国生态经济理论提升及实践发展[J].中国农村经济,2011(5):93-96.
- [17] 元炯亮.生态工业园区评价指标体系研究[J].环境保护,2003(3):38-40.
- [18] 姜楠.生态工业园区综合评价体系研究[D].长春:吉林大学,2007:42
- [19] 福州经济技术开发区统计局.福州经济技术开发区年鉴(2007-2011年)[M].北京:中国统计出版社,2011:42.
- [20] 薛晓燕.生态工业园区运行评价研究:以天津泰达生态工业园区为例[D].天津:天津理工大学,2010:57.

Research on Comprehensive Evaluation of Eco-Industrial Parks Based on Green Economy

SHANG Jie^{1,2}, ZENG Yue¹

(1. College of Environment and Resources, Fuzhou University, Fuzhou 350116, China;

2. Fujian Provincial Academy of Environment Science, Fujian Key Laboratory of Environmental Engineering, Fuzhou 350013, China)

Abstract: Based on green economy, the meaning of green development of eco-industrial parks was determined. Then managing four aspects to consider all the factors from the economic development, ecological environmental protection, ecological industry chain construction and green management, the index system for evaluating EIPs green-comprehensive development level was constructed. Taking Fuzhou economic and technological development zone (ETDZ) as the research area, it used the entropy weight to give the weight to each indicator, and utilized the composite index method to appraise the development status of the period of the Eleventh Five-Year period. At last, it distinguished the problems for Fuzhou development zone from economy development, environment protection and management aspects.

Keywords: eco-industrial parks; green economy; indicator set; environmental management

(责任编辑: 陈志贤 英文审校: 刘源岗)