

化工生态工业园区可持续发展评价研究

陈郁, 刘素玲, 张树深, 张芸, 程磊, 王焕雷

(大连理工大学环境学院工业生态与环境工程教育部重点实验室, 辽宁 大连 116024)

摘要: 化学工业对资源、能源的需求量高, 对环境的负效应大, 因此有必要建立科学的指标体系和综合评价模型对化学工业园区可持续发展水平进行评价。通过对可持续发展评价现有研究结果的总结, 根据化工生态工业园区的基本内涵和特点, 建立了包括园区发展现状、发展协调度及发展潜力的生态工业园区可持续发展评价指标体系, 涉及经济、环境、生态、技术及意识等方面, 并给出了生态工业园区可持续发展的综合评价模型。该指标体系及评价方法为客观分析评价化工生态工业园区的可持续发展水平, 制定正确的系统管理调控措施和发展策略提供理论依据。

关键词: 化工生态工业园; 可持续发展; 指标体系; 评价

中图分类号: F42

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2010)12-0086-05

Evaluation of sustainable development in chemical eco-industrial park

CHEN Yu, LIU Su-ling, ZHANG Shu-shen, ZHANG Yun, CHENG Lei, WANG Huan-lei

(Key Laboratory of Industrial Ecology and Environmental Engineering(MOE), School of Environmental Science and Technology, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: The chemical industry entails high consumption for resource and energy as well as tremendous negative environmental effect, which makes it necessary to establish a scientific index system and a comprehensive evaluation model to evaluate sustainable development level of the chemical eco-industrial park. The paper concentrates on measuring the level of sustainability of chemical eco-industrial park. It proposes an index system with a relatively simple, yet comprehensive set of indicators for identification of more sustainable practices for chemical eco-industrial park. The index system covers the three aspects of sustainability: current development situation, coordinating degree and development potential, which involves economics, environment, ecology, technology, environmental consciousness and so on. A comprehensive evaluation model is proposed. The index system and the comprehensive evaluation model provide a theoretical basis for construction and making up the right system management control measures and development strategies of chemical eco-industrial parks.

Key words: chemical eco-industrial park; sustainable development; index system; evaluation

“化工园区”是指在符合一定的自然资源和环境条件要求的特定区域内, 依托主要消费区和资源来源地, 占有充足的水源保证或有较强自净能力的纳污水域, 且在交通条件便利、物流发达、配套产业较完善的地区, 以石化化工产业和电为纽带形成的加工体系匹配、产业联系紧密、原料互供、物流成熟完善、公用工程共用、环境污染统一治理、管理统一规范、资源利用高效的产业聚集地。据不完全统计, 近10多年, 我国新建的化工园区有60多家^[1]。主要有: 山东鲁北化工生态工业园、上海化学工业园区、南京化学工业园区等。

化工园区作为生态工业的主要实践形式, 依据自然生态系统的规律对工业系统内部结构进行规划与设计, 通过物质循环和能量的梯级利用, 达到资源和能量的高效使用, 从而使化工工业系统可持续发展。为了评估化工生态工业园区的可持续发展水

平, 指导生态工业园区的规划与建设, 建立一套完整的可操作的化工生态工业园区评价指标体系与评价方法是科学化、规范化、定量地检验化工生态工业园区建设水平和效益的标志。目前对微观层面单一企业的可持续发展研究^[2-4]及宏观层面国家、城市的可持续发展研究^[5-8]较多, 但对中观层面工业园区的可持续发展水平的研究较少, 仅陈秀珍等^[9]进行了此方面的研究, 构建了包含经济发展、资源利用、生态环境和管理能力4个功能团的指标体系。本文参考工业企业可持续发展评价指标体系及生态工业园区评价等指标体系, 遵循指标体系构建原则, 结合化工生态园区规划设计的实际情况, 经专家意见咨询, 反复筛选构建了化工生态工业园区可持续发展评价指标体系。通过对化工生态工业园区的可持续发展评价, 可以使园区的管理者更好地认知园区发展现状, 明确各种因素对园区可持续发展影响的

收稿日期: 2010-08-24

基金项目: 工业生态与环境工程教育部重点实验室”开放基金资助项目(KLIEEE-09-07); 大连市科技计划资助项目(2008E12SF178)

作者简介: 陈郁(1975-), 女, 博士生, 主要从事工业生态学与环境评价方面的研究, chenyu@dlut.edu.cn, 刘素玲(1973-), 女, 博士, 主要从事工业生态学与海洋生态学研究, 通讯联系人, 0411-84706151-818, lslendl@dlut.edu.cn

重要性,为园区的管理和决策提供依据。

1 化工生态工业园可持续发展评价指标

1.1 评价指标体系的构建原则

指标体系是否科学、合理,直接影响着生态工业园区的评价结果。因此,指标体系必须科学地、客观地、合理地、尽可能全面地反映影响化工生态工业园区可持续发展的各个方面的因素。综合考虑各种要素,参考生态工业园指标体系一般的构建原则,并结合化工生态工业园的特点制定出以下原则。

(1)3R 原则与清洁生产原则

生态工业园区建设是发展循环经济的一个重要组成部分,构建生态工业园区评价指标体系时,应遵循循环经济的 3R 原则(减量、再利用和循环)。开展清洁生产是实现生态工业园区的基本要求,对于以化工产业为主导的园区,各企业的清洁生产水平是整个生态工业园区建设的关键因素之一。

(2)整体性原则与可行性原则

生态工业园区建设是一项复杂的系统工程,评价指标体系必须能够全面地反映园区可持续发展的各个方面,具有层次高、涵盖广、系统性强的特点。评价指标体系应充分考虑到数据的可获得性和指标量化的难易程度,定量与定性相结合。它要既能全面反映生态工业园区的各种内涵,又能尽可能地利用统计资料和有关规范标准。每项指标应该是可观、可测、简洁及具有可比性。

(3)准确性原则与发展性原则

评价指标体系应能够反映事物的主要特征,本身有合理的层次结构。数据来源要准确、处理方法要科学,具体指标能够反映出生态工业园区建设主要目标的实现程度。化工生态工业园区可持续性评价是伴随园区建设改进过程的长期的、动态的过程,所以设计指标体系时应充分考虑系统的变化,能综合地反映建设现状和发展趋势,便于进行预测与管理。

1.2 指标体系框架

化工生态工业园可持续发展,从内容上看包括其经济效益、环境效益的协调和发展;从时间上看,强调发展的持续性。因此,化工生态工业园区可持续发展评价指标体系,应以园区经济、环境、社会效益状况为内容,以表现时间上的持续能力为目的,由表征园区发展现状、各方面协调程度和发展潜力三大类因素的具体指标构成。借鉴层次分析法的思想,根据评价的目的对评价对象的结构进行深入的系统剖析,把化工生态工业园区发展水平分解成三大要素不同的影响内容,并在此基础上提出反映各个影响因素的衡量指标。指标体系分为目标层、准则层、领域层及指标层,准则层又分为发展现状、发展协调度、发展潜力三大准则,这三大准则又由经济状况、环境状况、环境管理、生态网络、技术层次及意识层次 6 个部分组成,并进一步细化为定量定性 36 个指标(见表 1)。

表 1 化工生态工业园区可持续发展评价指标体系

目标层	准则层	领域层		指标层
化工生态工业园区可持续发展	A ₁ 发展现状	B ₁ 经济状况	效益	C ₁ GDP 年平均增长率/%
				C ₂ 人均 GDP/万元
				C ₃ 经济产投比
			消耗	C ₄ 单位 GDP 综合能耗/(t(标煤)·万元 ⁻¹)
				C ₅ 单位 GDP 新鲜水耗/(t·万元 ⁻¹)
				C ₆ 化工行业特征原材料消耗
	B ₂ 环境状况	水		C ₇ 单位 GDP 工业废水产生量/(t·万元 ⁻¹)
				C ₈ 单位 GDP 工业 COD 排放量/(kg·万元 ⁻¹)
				C ₉ 化工行业废水排放达标率/%
			气	C ₁₀ 单位 GDP 工业废气产生量/m ³ ·万元 ⁻¹
				C ₁₁ 单位 GDP 工业 SO ₂ 排放量/(kg·万元 ⁻¹)
				C ₁₂ 化工行业废气排放达标率/%
		固废		C ₁₃ 化工行业固体废弃物排放达标率/%
				C ₁₄ 危险废物处理处置率/%
		生态		C ₁₅ 园区绿地覆盖率/%
				C ₁₆ 人均道路面积/m ² ·人 ⁻¹

续表

目标层	准则层	领域层	指标层
	A ₂ 发展协调度	B ₃ 环境管理	C ₁₇ 环境管理制度 C ₁₈ 信息平台的完善度 C ₁₉ 环境风险防范应急体系 C ₂₀ 各级管理政策法规的制定与实施 C ₂₁ 废物集中收集处理处置设施
		B ₄ 生态网络	C ₂₂ 生态工业链关联度 C ₂₃ 产品的环境友好性 C ₂₄ 原材料的可替代性
	A ₃ 发展潜力	B ₅ 技术层次	C ₂₅ 科技进步对 GDP 的贡献率/% C ₂₆ 先进工艺技术水平占有率/% C ₂₇ 原材料重复利用率/% C ₂₈ 化工用水重复利用率/% C ₂₉ 化工废气回用率/% C ₃₀ 化工固体废物综合利用率/% C ₃₁ 能源梯级利用率/%
		B ₆ 意识层次	C ₃₂ 环保投资占 GDP 比重/% C ₃₃ 开展清洁生产的企业所占比例/% C ₃₄ 园区企业 ISO14001 认证率/% C ₃₅ 职工对生态工业的认知率/% C ₃₆ 周边社区对园区的满意度/%

目标层是最高层次的指标,反映可持续发展程度。

准则层由反映目标层的指标构成。根据生态工业园的特点可分解为发展现状、发展协调度、发展潜力三大准则,其中园区发展现状体现了化工生态工业园区当前的发展水平和发展趋势,园区发展协调度体现了园区内企业生产对环境及生态的影响程度以及企业生产与环境的协调程度,园区发展潜力体现了园区在软硬件方面的发展潜能。

领域层是对准则层的分领域描述,包括经济状况、环境状况、环境管理、生态网络、技术层次及意识层次 6 个指标。

指标层是根据化工生态工业园区可持续发展的三大准则,以及所属的不同领域所设立的终极指标,是具体描述系统状态及变化的指标,共 36 个。其中指标 C₁₉是针对化工园区风险事故发生率较高的特点而提出的环境风险防范应急体系指标,指标 C₆、C₉、C₁₂、C₁₃、C₂₈、C₂₉、C₃₀是具有化工生态工业园区具体特征的指标,应用时须根据园区的实际情况细化;准则层 A₁ 发展现状层下设的 C 层指标为适合取标

准值进行评价的定量指标,分别从各个侧面对环境现状进行评定,A₃ 发展潜力层下设的 C 层指标为适合取值范围进行评价的定量指标,可以突出完善的园区管理在协调园区与环境关系中的重要性,A₂ 发展协调度下设的 C 层指标均为适合语言说明的定性指标,间接体现造福园区环境的程度。

1.3 评价指标赋值

根据国家环保局发布的行业类生态工业园标准、国家发展和改革委员会颁布行业类清洁生产指标、中华人民共和国国家统计局的国民经济和社会发展统计公报以及全国环境统计公报等资料确定评价指标体系的标准值见表 2、表 3。

表 2 定量指标标准值

准则层	指标层	标准值
B ₁ 经济效益	C ₁ GDP 年平均增长率/%	15
	C ₂ 人均 GDP/万元	3
	C ₃ 经济产投比	1.6
消耗	C ₄ 单位 GDP 综合能耗/t(标煤)·万元 ⁻¹	0.5
	C ₅ 单位 GDP 新鲜水耗/t·万元 ⁻¹	10
	C ₆ 化工行业特征原材料消耗	—

续表				B ₅ 技术			上限	下限
准则层	指标层		标准值	层次				
B ₂ 环境状况	水	C ₇ 单位 GDP 工业废水产生量/t·万元 ⁻¹	4	C ₂₅ 科技进步对 GDP 的贡献率/%	60	10		
		C ₈ 单位 GDP 工业 COD 排放量/kg·万元 ⁻¹	3		C ₂₆ 先进工艺技术水平占有率/%	100	60	
		C ₉ 化工行业废水排放达标率/%	100		C ₂₇ 原材料重复利用率/%	85	30	
	气	C ₁₀ 单位 GDP 工业废气产生量/万 m ³ ·万元 ⁻¹	3		C ₂₈ 化工用水重复利用率/%	85	25	
		C ₁₁ 单位 GDP 工业 SO ₂ 排放量/kg·万元 ⁻¹	3		C ₂₉ 化工废气回用率/%	90	30	
		C ₁₂ 化工行业废气排放达标率/%	100		C ₃₀ 化工固体废物综合利用率/%	90	20	
	固废	C ₁₃ 化工行业固体废弃物排放达标率/%	100	C ₃₁ 能源梯级利用率/%	100	50		
		C ₁₄ 危险废物处理处置率/%	100					
		C ₁₅ 园区绿地覆盖率/%	40		B ₆ 意识	C ₃₂ 环保投资占 GDP 比重/%	5	1.5
	生态	C ₁₆ 人均道路面积/m ² ·人 ⁻¹	15		层次	C ₃₃ 开展清洁生产的企业所占比例/%	70	15
					C ₃₄ 园区企业 ISO14001 认证率/%	60	10	
					C ₃₅ 职工对生态工业的认知率/%	90	50	
					C ₃₆ 周边社区对园区的满意度/%	90	30	

表 3 定性指标评价标准			
指标名称	差	一般	良好
C ₁₇ 环境管理制度	尚不具备	基本具备,不够完善	园区环境监测及管理制度健全
C ₁₈ 信息平台的完善度	信息平台不健全,信息不能及时有效传达	信息平台比较健全,信息能及时有效传达	信息平台完善,信息能及时高效传达
C ₁₉ 环境风险防范应急体系	尚不具备	具备一定防范能力,措施不够完善,必要的设备、物资配备不全	环境风险防范措施完善,进行环境风险评估,编制突发环境事件应急预案,必要的应急设备、物资和器材配备齐全
C ₂₀ 各级政策法规的制定与实施	实施情况较差	实施情况一般	实施情况良好
C ₂₁ 废物集中收集处理处置设施	设施不完善,废物部分实现回收利用或处理	设施比较完善,废物基本实现回收利用或处理	设施完善,废物能实现回收利用或处理
C ₂₂ 生态关联程度	生态工业链结构尚不完整	生态工业链结构比较完整,未实现完全运营	具有完整的生态工业链结构,并且运行良好
C ₂₃ 产品的环境友好性	在生产、使用、报废过程中会产生严重环境污染	在生产、使用、报废过程中会产生一定环境污染	生产、使用、报废过程对环境的影响很小
C ₂₄ 原材料的可替代性	原材料不易找到替代品	可以找到部分替代品	易找到替代品

2 化工生态工业园可持续发展评价方法

2.1 标准值评分法

标准值评分法适用于具有具体评价标准的指标。设评价指标体系中的第*i*项指标实际数值,标准值、权重分别为 X_i 、 C_i 和 ω_i ,则第*i*项指标的评估分值为:

当 X_i 为正指标时,

$$f_i = X_i/C_i$$

当 X_i 为负指标时,

$$f_i = C_i/X_i$$

于是,采用标准值评分法的指标的总分数为:

$$\sum_{i=1}^n F = \omega_i \times f_i$$

其中*n*为采用标准值评分法的指标的总数量。

2.2 上下限评分法

上下限评分法适用于由上下限范围来确定分值的指标,具体计算公式如下:

设 X_i 为第*i*项指标的实际数据, ω_i 为其权数,上下限标准值分别记为 d_s, d_x ,当 X_i 值为逆指标时,

即其值越小越好,评分公式为:

$$f = \begin{cases} (d_s - X_i)/(d_s - d_x), & d_x \leq X_i \leq d_s \\ 100, & X_i < d_x \\ 0, & X_i > d_s \end{cases}$$

当 X_i 值为正指标时,即其值越大越好,评分公式为:

$$f = \begin{cases} (X_i - d_x)/(d_s - d_x), & d_x \leq X_i \leq d_s \\ 100, & X_i > d_x \\ 0, & X_i < d_s \end{cases}$$

综合评分为:

$$\sum_{i=1}^n F = \omega_i \times f_i$$

2.3 三级评分法

三级评分法是针对定性指标的一种评分方法,将指标分为3个等级标准,具体如表4。

表4 三级评分法

等级	差	一般	良好
分数	33	67	100

设每个指标的权数为 ω_i ,得分为 f_i ,综合评分为:

$$\sum_{i=1}^n F = \omega_i \times f_i$$

2.4 综合评分法

化工生态工业园区可持续发展水平的总得分为:

$$F = \omega_1 F_1 + \omega_2 F_2 + \omega_3 F_3$$

其中 ω_1 、 ω_2 、 ω_3 分别为 A_1 、 A_2 、 A_3 3个准则层指标的权重, F_1 、 F_2 、 F_3 分别为 A_1 、 A_2 、 A_3 3个准则层指标的得分。对于化工生态工业园区,可持续发展的总评价指数 F 可全面反映园区的可持续发展状况和水平。该总评价指数 F 的数值介于0~100。经过专家咨询将化工生态工业园区的可持续发展水平划分为四级,见表5。

表5 化工生态工业园区可持续发展水平等级评价指数

化工生态工业园区可持续发展水平等级	强可持续 发展园区	中可持续 发展园区	弱可持续 发展园区	非可持续 发展园区
评价指数	$F \geq 80$	$60 \leq F < 80$	$40 \leq F < 60$	$F < 40$

化工生态工业园区可持续发展水平评价指数

(分值)低于80分的园区,建议加大技术改造力度,强化全面管理,提高可持续发展水平。

3 结论

(1)建立中观层面的化工生态工业园区的可持续发展评价指标体系及评价方法,评价化工园区的可持续发展水平,有助于正确处理园区工业发展与环境保护的协调关系,有利于不断提高园区的经济效益与环境效益。

(2)该研究提出了包括园区发展现状、发展协调度及发展潜力的生态工业园区可持续发展评价指标体系,并给出了生态工业园可持续发展的综合评价模型。该指标体系及评价方法可为客观分析评价化工生态工业园区的可持续发展水平,制定正确的系统管理调控措施和发展策略提供理论依据。

参考文献

- [1] 顾宗勤. 我国化工园区的建设和发展[J]. 化工技术经济, 2004, 22(5): 1-5.
- [2] Azapagic A, Perdan. Indicators of sustainable development for industry: A General Framework[J]. Process Safety and Environmental Protection, 2000, 78(4): 243-261.
- [3] 朱云梅, 周生路, 彭补拙. 工业企业可持续发展评价指标体系初探[J]. 重庆环境科学, 1999, 21(1): 21-24.
- [4] 唐勇. 工业企业可持续发展指标体系初探[J]. 绍兴文理学院学报, 2002, 22(3): 96-99.
- [5] Manal R. Nader, Bachir Abi Salloum, Nadim Karam. Environment and sustainable development indicators in Lebanon: A practical municipal level approach[J]. Ecological Indicators, 2008(5): 771-777.
- [6] Ulla Rosenström, Simo Kyllönen. Impacts of a participatory approach to developing national level sustainable development indicators in Finland[J]. Journal of Environmental Management, 2007, 84(3): 282-298.
- [7] 刘求实, 沈红. 区域可持续发展指标体系与评价方法研究[J]. 中国人口·资源与环境, 1997, 7(4): 60-64.
- [8] Li Feng, Liu Xusheng, Hu Dan, et al. Measurement indicators and an evaluation approach for assessing urban sustainable development: A case study for China's Jinjing city[J]. Landscape and Urban Planning, 2009, 90(3/4): 134-142.
- [9] 陈秀珍, 王玉玲. 生态工业园区可持续发展评价体系研究[J]. 科技和产业, 2008, 8(7): 29-33. ■

《现代化工》“海外纵横”栏目征稿启事

《现代化工》“海外纵横”主要介绍国外某一国家或地区热点科研领域的开发应用状况、开发方向,或某一行业的发展现状、发展方向和问题探讨,以及有突出表现的国外公司的科研动态和研发经验等。

有意投稿的作者,请与“海外纵横”栏目编辑童志勇联系,以确定合适的主题和格式。联系电话:010-64444105-839, e-mail: tongzy@cheminfo.gov.cn。(本刊编辑部)