

# 地区性生态工业园评价指标体系及评价模型\*

——以武汉市为例

张 艳

(江汉大学 化学与环境工程学院,湖北 武汉 430056)

**摘 要** 现有工业园区向生态工业园区的转型以及全新生态工业园区的建设迫切需要评价体系的重要导向和规范作用。基于生态工业园评价指标体系的总体框架,通过对武汉市生态工业发展现状的分析,建立了武汉市生态工业园评价指标结构体系;基于层次分析方法,确立了武汉市生态工业园定量评价模型,并阐述了这一模型的评价步骤;提出了评价操作中存在的困难与解决路径。

**关键词** 生态工业园;评价指标体系;评价模型;武汉市

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-3456(2011)01-00105-04

相对于我国生态工业园研究和建设的热潮而言,关于生态工业园评价系统方面的研究滞后,这在一定程度上会制约生态工业园的发展。一方面,全新规划型生态工业园的建设迫切需要评价体系的重要导向和规范作用;另一方面,前期国内许多大中城市包括武汉市所建立的各种工业园区和高新技术开发区,将加入到由工业园向生态工业园的转型,转型的成功与否取决于对其发展水平的正确评价,这种评价也要基于科学的评价指标和评价方法。

目前多数研究者提出的评价指标都是基于国家环保总局在生态工业园试行规范中<sup>[1]</sup>涉及的参考指标,在部分指标上有所变动,其评价指标均涉及到了生态工业园的经济、环境、管理、生态等方面,评价方法上也在尝试定性与定量的结合,为后续研究提供了可借鉴的资料。但还是存在一些问题,如评价体系比较笼统,不分地区和行业;各评价体系中均存在反映非本质属性的指标,指标繁多重复性明显;评价方法上人为影响因素多,可操作性不强等<sup>[2]</sup>。在有地域特点的生态工业园评价指标体系与方法的研究方面特别欠缺,为此,本文拟以武汉市为例展开研究,为我国地区性生态工业园评价指标体系及评价模型的建立提供一种方法参考。

## 一、武汉市生态工业(园)发展现状

武汉市作为国内重要的综合性工业生产基地,

有着雄厚的工业基础,多年的发展逐渐形成了五大产业基地,即以通信设备和激光产品为特色的光电子产业基地、以轿车制造为重点的现代制造业基地、钢材制造与新产业基地、生物工程及新医药产业基地和环保产业基地<sup>[3]</sup>。近年来,随着武汉经济的迅速发展,环境、资源问题也日益凸显:钢铁、汽车等重工业一直是带动武汉经济发展增长的主导产业,而事实上,原材料和能源的严重不足以及重工业发展对资源的大量消耗已成为武汉市工业可持续发展的严重障碍;武汉甚至湖北省的资源总量以及人均占有量都相当匮乏。转变经济增长模式,推动经济可持续发展是武汉市面临的必然战略选择。

武汉市一直在探索一条改革与发展之路。1998年,东西湖区提出环境立区战略,2002年开始探索发展循环经济。2005年,东西湖区被列为13个全国首批循环经济试点园区,到2006年,该区运用循环经济提高产业发展水平和质量,促进产业结构调整,将原先22个参差不齐的发展园区整合压缩成为8个,逐步实现由遍地开花办企业向集中力量培植产业的转变,整合园区后,东西湖区成为武汉市经济最活跃的地区之一,该园区已初步建成了以世源电厂、奶制品加工为核心资源的生态产业链<sup>[4]</sup>;青山区是武汉市重要的重工业基地,是武钢、武石化等大型企业的所在地,其污染物排放一直是桎梏经济发展

收稿日期:2010-10-11

\* 湖北省教育厅基金项目“生态工业园评价方法研究——以湖北省为例”(B20104502)。

作者简介:张 艳(1968-),女,副教授,博士;研究方向:工业生态,环境管理。E-mail:zhangyan0130@163.com

的顽疾。近年来通过发展循环经济,发展环保产业和高技术产业,逐步形成经济发展新的支撑点;2008年10月,姚家山办事处与深圳台商协会正式签订“武汉台商环保工业园”项目投资协议,重点发展环保及新科技的汽配、纺织等轻工业,将引进20余家台资企业入驻;同时,集玻璃、钢材、中药材加工、批发、贸易、中转、仓储于一体,以玻璃、钢材等建材加工物流为主的蔡甸经济开发区现代物流产业园也正式签约落户蔡甸经济开发区沌口园区。

2007年底,国家批准武汉城市圈为资源节约型和环境友好型“两型社会”建设综合配套改革试验区,这是继西部大开发之后的又一次重大战略部署,给中部崛起提供了政策支持和便利条件,武汉市再次承接了重要的历史性机遇。作为老工业基地的武汉城市圈,正处于工业化中期,工业发展的重型化趋势日渐明显,能源消耗高、污染排放强度大,如果不处理好环境问题与经济发展之间的关系,武汉城市圈的发展将从根本上受到影响。发展生态工业是建设“两型社会”的必由之路,积极抓好武汉的生态工

业特别是生态工业园的建设意义重大。

## 二、武汉市生态工业园评价指标体系的建立

在建立武汉市生态工业园评价指标体系的过程中,既要充分考虑到武汉市的地区特色和工业发展特点,选择的指标体系应该能够反映武汉市生态工业园现状和发展趋势的主要方面,又要结合现有生态工业园相关评价指标体系,如国家环保总局提出的指导性评价指标、国家建立的生态工业园示范园区规划中涉及到的评价指标<sup>[5]</sup>、部分研究者学术论文中建立的评价指标体系<sup>[6-7]</sup>等,经整理研究后可以将全部指标基本归为四大类,即经济类、生态环境类、生态工业特征类和园区管理类指标,这四方面指标基本涵盖了生态工业园的全部内容。具体指标的选取可以采用频度统计法、理论分析法与专家咨询法相结合的方法进行。基于武汉市的地区特色和生态工业园发展现状,充分考虑评价指标的相似性与差异性,建立武汉市生态工业园评价指标体系(见图1)。

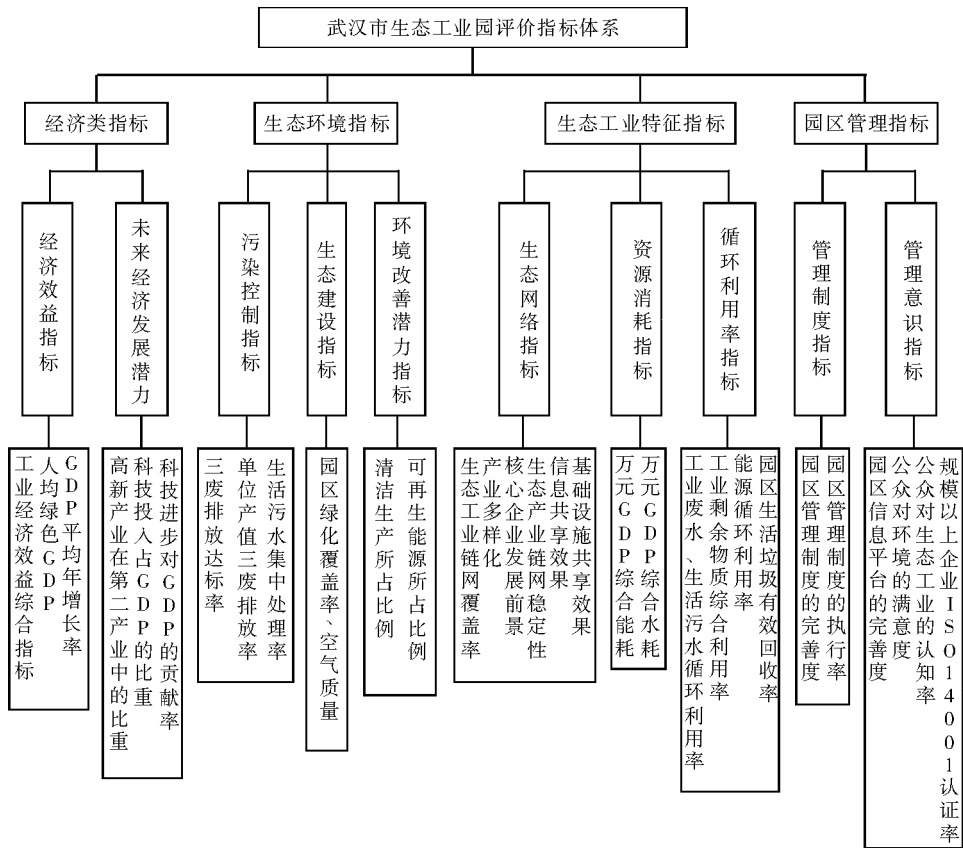


图 1 武汉市生态工业园评价指标体系

### 三、武汉市生态工业园评价模型架构

生态工业园评价方法目前提得比较多的是生命周期评价方法,也有学者采用其它学科的方法如模糊数学、灰色定权聚类、专家赋值评价等方法。本文建议采用层次分析方法建立武汉市生态工业园评价模型<sup>[8]</sup>,具体建模步骤如下:

1. 运用 Saaty's 方法确定各指标的相对权重。生态工业园的评价指标体系中,首先要确定各指标层单项指标的权重,然后采用加权求和法对生态工业园进行综合评价。按照 Saaty's 方法,操作中从指数层次开始,考虑专家意见和分析者的客观判断,将一层次元素两两比较的重要性进行定量描述。通过构造两两比较判断矩阵及矩阵运算数学方法,确定对于上一层的某个元素而言,本层次中与其相关元素的重要性排序即相对权值。将评价指标关于每个评价目标的重要程度做两两比较得到判断矩阵,对于这些矩阵,可以利用数学计算软件 Matlab 计算出特征根以及对应的特征向量,找出最大特征根  $\lambda_{\max}$  及其相应的特征向量  $W_{\max}$ ,则特征向量  $W_{\max}$  中的各分量就是第一层指标的权重。经归一化处理,即得到该评价目标下各评价指标的权重系数。

2. 进行一致性检验。在计算归一化权重系数后,应检验计算得到的权重系数是否符合逻辑,当判断矩阵阶数  $n < 2$  时,一般认为:一致性指数  $CI < 0.1$  时可能无逻辑混乱,即计算得到的各项权重可以接受,可用其特征向量作为权向量。其中:  $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$  ( $n$  为矩阵的阶数);当  $n > 2$  时,需要运用同阶平均随机一致性指标  $RI$  对  $CI$  进行修正,计算随机一致性比例  $CR$ 。  $CR = \frac{CI}{RI}$ ,当  $CR < 0.10$  时,认为判断矩阵具有满意的一致性,否则就需要专家重新调整判断矩阵,并使之具有满意的一致性。

3. 通过乘积方法,计算第二层以及最下层指标的组合同权重。

4. 计算综合评分指数,对评价对象的总评价目标进行综合评价,综合评分指数  $GI$  的公式可以采用:  $GI = \sum_{i=1}^m C_i p_i$ ,式中  $P_i$  为第  $i$  个评价指标评价价值(评价价值统一为趋上优即越大越好), $m$  为评价指标的个数, $C_i$  为第  $i$  个评价指标的综合权重值。综合

评分指数  $GI$  是一个综合考虑被评价指标权重和趋向程度的结果。根据最终结果可以确定园区属于何种等级<sup>[9]</sup>。 $GI$  值越大反映生态工业园建设的绩效越好。

### 四、评价操作中存在的困难与解决路径

武汉市作为“两型社会”综合配套改革试验区,工业生态化问题日益受到各级部门的重视,但相比发达国家和国内起步比较早的城市和地区,武汉市生态工业园区评价体系的研究稍显滞后。在相关课题的调研中发现,武汉市工业生产过程中环保、资源和能源消耗等数据的统计主要存在两方面的问题:一是不规范、不详尽,有时各个部门统计数据还存在一定的偏差;二是需要调研的指标数量多、内容广,且大多数指标存在于企业内部,因为种种原因有些关键数据并不易得到,这使得后续的评价过程存在一些现实的困难。

为了保证研究结果的准确性和实践指导效果,大部分的数据可以考虑取用各生态工业园区管理委员会的统计,还有部分数据要联系政府相关部门,另外还可以向园区各企业发放企业情况调查表,对部分数据进行统计汇总,一些特别关键的数据则通过选择具有代表性的企业(这些企业愿意提供比较核心的数据)作为样本,深入分析其在产品生态设计、工艺流程、污染物排放、清洁生产等方面的具体方案,采取定性与定量结合的分析方法予以确认,为武汉市生态工业园的评价系统提供尽可能准确的研究结果。

评价指标测量值的统一界定是另外一个难点。生态工业园评价指标体系中既有定量指标又有定性指标。定量指标获得后,需要进行统一和标准化处理,才能得到效用系数矩阵  $P_i$ 。效用系数矩阵的标准化建议采用公式:

$$P_i = \frac{x_i - x_i^{\Delta}}{x_i^* - x_i^{\Delta}}$$

其中: $X$  表示第  $i$  项定量指标评价价值; $X_i^*$  表示预先确定的第  $i$  个指标在某一子集的最大(小)值; $X_i^{\Delta}$  表示第  $i$  项指标的中间值(通常取行业中的一个平均值)。

定性指标的评价受到各种因素包括主观判断因素的影响,该类指标采集、处理都有难度,但它却是生态工业园综合评价的重要组成部分。可以由专家

评审组的每位成员对被评判对象在评判集上进行评判,评判集可以采用效率较高的五级法,即取最差、较差、一般、较好、最好五级,不同等级的评价标准值用数字来度量,如分别取 1,2,3,4,5 表示这五级的评价标准值,那么评价集为: $V = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ ,建立各个档次与隶属度之间的对应关系,得到各级目标隶属度对应的隶属关系矩阵。

鉴于生态工业园问题特殊的学科特性(多学科交叉性、挑战性、实用性和学科前瞻性),在研究过程中,需要借鉴和运用环境科学、过程技术、化学工程、管理科学、数学等多学科的基本理论与方法;并且综合理论研究、实证研究等多种研究形式以及文献研究、比较研究等方法,对武汉市生态工业园的评价系统展开分析和研究,在此过程中要循序渐进:基础理论分析→实证研究→实证资料整理分析→实验室数字化建模→程序编制与数据运算→结果汇总。

## 五、结 语

我国在经历了经济技术开发区和高新技术开发区两个阶段之后,在努力探索经济与环境可持续发展的道路上启动了生态工业园区的理论研究和建设实践,生态工业园建设也是武汉城市圈“两型社会”建设战略的重要组成部分。作为联系生态工业园理论研究与实践操作的纽带,界定生态工业园发展水

平的评价体系与评价方法的研究显得尤其重要,科学合理的评价体系即在理论上能够充实生态工业园的研究,也能在实际操作中凸显其提纲挈领的重要作用。因此,对生态工业园的体系、研究方法和技术手段进行归纳、扩展和完善,细化各地区、各行业园区的评价系统,是生态工业园今后健康发展的基础。

## 参 考 文 献

- [1] 国际环境保护总局科技标准司. HJ/T274—2006 综合类生态工业园区标准(试行)[S]. 北京:中国环境科学出版社,2006.
- [2] 满莹莹. 干旱区生态工业园评价指标体系研究及应用[D]. 乌鲁木齐:新疆大学图书馆,2006;10-13.
- [3] 钟书华. 生态工业园区建设与管理[M]. 北京:人民出版社,2007;22-24.
- [4] 张慧敏,戴菁. 小议武汉工业产业结构的现状和发展[J]. 当代经理人:中旬版,2006(3):116-117.
- [5] 国家环境保护总局科技标准司. 循环经济和生态工业规划汇编[M]. 北京:化学工业出版社,2004;121-125.
- [6] 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(1):124-126.
- [7] 王舒鸿,汝慧萍,王磊. 生态工业园技术经济项目评价研究[J]. 未来与发展,2010(1):21-24.
- [8] 孙振球. 医学综合评价方法及其应用[M]. 北京:化学工业出版社,2005;89-92.
- [9] 黄方,卓问,刘余. 工业生态园评价模型的建立[J]. 四川环境,2007,26(1):55-57.

# A Research on Evaluation Indices for Regional Eco-Industrial Parks

—— A Case Study of Wuhan

ZHANG Yan

(School of Chemical and Environmental Engineering, Jiangnan University, Wuhan, Hubei, 430056)

**Abstract** An evaluation system is urgently needed to guide and regulate the transformation from industrial parks to Eco-Industrial Parks (EIPs) and the construction of new parks. In this study, an index system to assess the EIPS in Wuhan was established on the basis of the overall evaluation frame of EIPs and the present situation of ecology industry in Wuhan; then a performance evaluation model was established based on the Analytic Hierarchy Process and the evaluation procedure was illustrated; finally the problems and solutions in the evaluation were stated.

**Key words** Eco-Industrial Parks; assessment index system; evaluation model; Wuhan

(责任编辑:刘少雷)