

# 石化生态工业园区评价指标体系及生态产业链设计研究

赵宇

(抚顺市环境工程技术评估中心,抚顺 辽宁 113006)

**摘要:**石油化工工业在我国国民经济发展中有着举足轻重的地位。但石化工业同时又是一个"高消耗,高污染,高排放"的产业,不仅要消耗大量的化石燃料、水资源和化工原材料,还对生态环境造成巨大影响。而建立石化生态工业园是一种解决企业与环境矛盾的有效方法。本文将结合循环经济理论,国家行业类生态工业园区标准和石化企业自身特点构建一套适用于我国石化生态工业园区建立的评价指标体系,并以此为基础设计石化生态工业园区生态产业链。

**关键词:**石化生态工业园;评价指标体系;生态产业链

中图分类号:X8

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2016)06-0048-05

## STUDY ON PETROCHEMICAL ECO-INDUSTRIAL PARK EVALUATION INDEX SYSTEM AND DESIGN OF ECO- INDUSTRIAL CHAIN

ZHAO Yu

(Fushun Environment & Engineering Technical Appraisal Center, Fushun 113006, China)

**Abstract:** Petrochemical industry has been playing a decisive role in the development of China's national economy; however, it is also an industry with "high consumption, high pollution and high emissions". It not only consumes large amounts of fossil fuels, water and chemical raw materials, but also seriously impacts on the ecological environment. Establishing Petrochemical Eco-Industrial Park is an effective method to solve conflicts between enterprises and environment. This paper took some as the theoretical basis including circular economy theory, National Eco-Industrial Park standards and characteristics of petrochemical enterprises, set up a set of evaluation index system that is suitable for the establishment of petrochemical eco-industrial park in China, and based on this, design the eco industrial chain of petrochemical eco-industrial park.

**Key words:** Petrochemical eco-industrial park; Evaluation index system; Ecological industry chain.

石油化工产业是我国国民经济的支柱产业,但石化企业传统生产方式所致的"高消耗、高污染、高排放"带来了生态破坏、环境污染、竞争力不

足等一系列不良后果,这是石化企业向可持续发展道路迈进过程中所必须面对的一个难题。而石化生态工业园区的建立可以使这些问题得到较好的解决。许多国外的石化生态工业园区的实践证明,石化生态工业园区存在较高的综合效益,为石化产业的可持续发展提供了许多机遇。但我国石

化生态工业园区的建立缺少评价指标体系的支撑。

## 1 石化生态工业园区评价指标体系

### 1.1 石化生态工业园区评价指标体系的构建原则

为使指标体系能够作为评价石化生态工业园区循环经济发展水平的可靠依据,切实发挥目标导向作用,具可操作性,指标的选取及定值应当遵循以下原则:

**系统性原则。**生态工业园区建设是一项复杂的系统工程,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。它由不同层次、不同要素组成,它的各子系统之间、各组成要素之间以及子系统与组成要素之间,既相互联系,又相互独立,体现出系统性与层次性。所以,生态工业园区需采用系统工程的方法来设计<sup>[1]</sup>。

**科学性原则。**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<sup>[2]</sup>。

**动态性原则。**生态工业园区建设是一个持续改进的过程,所以设计指标体系时应充分考虑系统的动态变化,能综合地反映建设现状和发展趋势,便于进行预测与管理<sup>[2]</sup>。

**可操作性原则。**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。既能全面反映生态工业园区建设的各种内涵,又能尽可能地利用统计资料和有关规范标准<sup>[3]</sup>。

**循环经济(“3R”)及无害化相兼顾原则。**减量化,是指在生产、流通和消费等过程中减少资源消耗和废物产生;再利用,是指将废物直接作为产品或者经修复、翻新、再制造后继续作为产品使用,或者将废物的全部或者部分作为其他产品的部件予以使用;资源化,是指将废物直接作为原料进行利用或者对废物进行再生利用;无害化,即对污染物排放进行控制,减轻环境影响。

### 1.2 石化生态工业园区评价指标体系的构建

生态工业园区是一个涉及经济、环境、社会等多个方面的复杂系统。若采用一个或少数几个指标很难全面、客观地反映生态工业园区的发展状况及未来趋势,而且石化生态工业园区在各个方

面又有其自身的特点,因此,应从不同侧面、不同层次开展对其的评价。

石化生态工业园区评价指标体系是一个由目标层(A)、准则层(B)及分指标层(C)构成的层次体系。具体指标体系构架见图1。

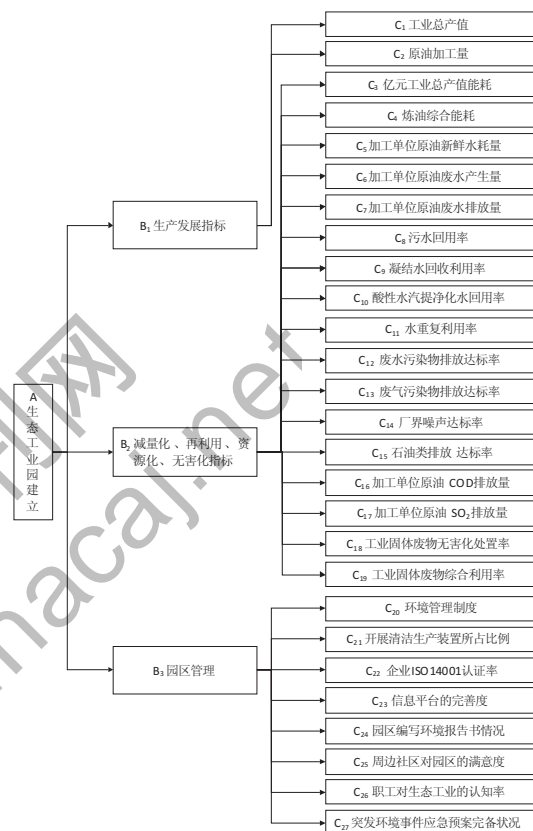


图1 石化生态工业园区评价指标体系构架

其中指标 C<sub>4</sub>、C<sub>5</sub>、C<sub>6</sub>、C<sub>12</sub>、C<sub>17</sub>、C<sub>18</sub>、C<sub>19</sub>、C<sub>20</sub>、C<sub>22</sub>、C<sub>23</sub>、C<sub>26</sub>、C<sub>27</sub>、C<sub>28</sub> 以及 C<sub>29</sub> 是由《中华人民共和国环境保护行业标准(HJ/T 273-2006)行业类生态工业园区标准(试行)》<sup>[3]</sup>中的指标借鉴或演化而来。其余指标是通过专家咨询法和主成分分析法,对石化生态工业园区的运行规律进行深入分析,对指标体系使用范围、功能和特点进行分析和比较,选出相对重要、有代表性的指标。然后,按照可操作性原则,对指标进行删减、补充和修正,最终确定指标。

### 1.3 石化生态工业园区评价标准值确定及依据

石化生态工业园区评价指标标准值的确定直接关系到评价结果的可靠性,因此,评价标准值的确定是一个重要环节。本评价指标体系确定各评价指标的评价标准值或要求的依据是:凡国家或行业在有关政策中对该项指标已有明确要求的,

则选用国家要求的数值；凡国家或行业在有关政策中对该项指标尚无明确要求值的，则选用国内外重点石化园区近年来实际达到的中等以上水平的指标值；一些无法找到确切标准值或非定量的指标则通过专家咨询或与国内现状作趋势外推，确定标准值。

### 1.3.1 生产发展指标

**C<sub>1</sub> 工业总产值：**根据生态工业园区发展水平的评定，工业总产值达到280亿元时，满足1级标准，即可以授予“优秀国家生态工业示范园区”称号，标准取值280亿元。

**C<sub>2</sub> 原油加工量：**大型炼油厂指的是年产能或日产能分别超过1000万吨或20万桶的炼油厂，标准取值为1000万吨/年。

### 1.3.2 减量化、再利用、资源化、无害化指标

**C<sub>3</sub> 亿元工业总产值能耗：**是指园区工业综合能耗与同期工业创造的总产值的比值，衡量国内外大型炼油厂该项数值，标准取值2850吨标准煤/亿元。

**C<sub>4</sub> 炼油综合能耗：**《清洁生产标准 石油炼制业》中规定，综合能耗的一级清洁生产标准为 $\leq 80$  kg/t，标准取值80 kg/t。

**C<sub>5</sub> 加工单位原油新鲜水耗量：**是指园区用于生产和生活的鲜水量与原油加工量的比值。《清洁生产标准 石油炼制业》中规定，加工单位原油的新鲜水耗量的一级清洁生产标准为 $\leq 1.0$  t/t，标准取值1.0 t/t。

**C<sub>6</sub> 加工单位原油的废水产生量：**是指园区用于生产和生活的产生的废水产生量与原油加工量的比值。《清洁生产标准 石油炼制业》中规定，工业废水产生量的一级清洁生产标准为 $\leq 0.5$  t/t，标准取值0.5 t/t。

**C<sub>7</sub> 加工单位原油的废水排放量：**是指园区用于生产和生活的产生的废水排放量与原油加工量的比值。中国石化镇海炼化分公司2007年加工每吨原油工业废水排放量为0.068吨，创国内加工每吨原油工业废水排放量最低的新纪录。济南炼油厂在执行了6项节水减排方案后，每吨原油排放废水由目前的0.52吨降至0.08吨，达到国际先进水平。综合考虑，标准取值0.15 t/t。

**C<sub>8</sub> 污水回用率：**是指园区污水处理后回用于园区生产、生活或绿化的水量占园区污水产生量

的百分率。中石油股份公司要求到2010年炼化系统水的重复利用率整体达到98%，污水回用量达到30%，重点企业要求达到50%，标准取值50%。

**C<sub>9</sub> 凝结水回收利用率：**是指生产过程中回收的凝结水量占凝结水产生量的百分率。《中国石化清洁生产企业验收工作细则》中指出，蒸汽凝结水回收率 $\geq 40\%$ ，标准取值40%。

**C<sub>10</sub> 酸性水汽提净化水回用率：**是指含硫废水经汽提装置处理后所产生的净水量占含硫废水量的百分率。《中国石化清洁生产企业验收工作细则》中指出，含硫污水汽提净化水的回用率 $\geq 60\%$ ，标准取值60%。

**C<sub>11</sub> 水重复利用率：**是指工业重复用水量占工业用水总量的百分率。根据生态工业园区发展水平的评定，水重复利用率达到90%，满足1级标准，即可以授予“优秀国家生态工业示范园区”称号，标准取值90%。

**C<sub>12</sub> 废水污染物排放达标率：**是指达标排放的污水量占污水排放量的百分率。根据废水所含的成分，对其具体的指标分别考虑达标情况，取达标率，作为环境友好型企业，各类污染物达标排放是创建生态工业园区的最基本要求，标准取值100%。

**C<sub>13</sub> 废气污染物排放达标率：**是指达标排放的废气量占废气排放量的百分率。根据同上，标准取值100%。

**C<sub>14</sub> 厂界噪声达标率：**是指园区内噪声达标区域面积占园区总面积的百分率。大庆炼化厂和克拉玛依石化公司厂区噪声达标率均连续多年达到100%，类比国内大型石化企业，确定标准取值100%。

**C<sub>15</sub> 石油类排放总量：**其标准值根据当地省市相关规定确定。

**C<sub>16</sub> 加工单位原油COD排放量：**是指园区COD排放量与原油加工量的比值。其标准值根据当地省市相关规定确定。

**C<sub>17</sub> 加工单位原油SO<sub>2</sub>排放量：**是指园区SO<sub>2</sub>排放量与原油加工量的比值。其标准值根据当地省市相关规定确定。

**C<sub>18</sub> 工业固体废物无害化处置率：**是指园区进行无害化处置的工业固体废物的量占工业固体废

物总量的百分率。根据生态工业园区发展水平的评定,工业固体废物处理率均应达到 100%,标准取值 100%。

C<sub>19</sub> 工业固体废物综合利用率:是指园区进行综合利用的工业固体废物的量占工业固体废物总量的百分率。2012年,全国平均工业固废综合利用率为 61.4%,国家城市环境综合整治定量考核要求规定工业固废综合利用率为 90%以上。标准取值 90%。

### 1.3.3 园区管理

C<sub>20</sub> 环境管理制度:是指园区环境监测及管理制度的健全,具备环境应急反应能力,建立了环境应急预案。《行业类生态工业园区标准(试行)》中规定的环境管理制度指标的要求为完善,标准定为完善。

C<sub>21</sub> 开展清洁生产企业所占比例:工业生态链的构建,是在企业实施了清洁生产的前提下进行的,为此,要求 70%以上的企业开展清洁生产。

C<sub>22</sub> 企业 ISO14001 认证率:是指园区内通过 ISO14001 认证的企业数量占园区企业总数的百分率。根据生态工业园区发展水平的评定,企业 ISO14001 认证率达到 70%时,满足 1 级标准,即可以授予“优秀国家生态工业示范园区”称号,标准取值 70%。

C<sub>23</sub> 信息平台的完善度:是指园区信息平台建设的完善程度。主要考核是否创建局域网;是否定期在局域网和园区内主要企业网站上发布园区污染物排放情况,固废产生、供需和流向信息;是否在园区局域网上有园区主导行业清洁生产信息三个方面。《行业类生态工业园区标准(试行)》中规定的信息平台的完善度指标为 100%,标准取值 100%。

C<sub>24</sub> 园区编写环境报告书情况:《行业类生态工业园区标准(试行)》中规定的园区编写环境报告书情况指标为 1 期/年,标准取值 1 期/年。

C<sub>25</sub> 周边社区对园区的满意度:是指被抽查的园区周边居民对园区在生产、环境保护等方面满意的人数占被抽查的总人数的百分率。《行业类生态工业园区标准(试行)》中规定的周边社区对园区的满意度指标要大于 90%,标准取值 90%。

C<sub>26</sub> 职工对生态工业的认知率:是指被抽查的园区内企业职工对生态工业了解和认同的人数占

被抽查的园区内职工总人数的百分率。《行业类生态工业园区标准(试行)》中规定的职工对生态工业的认知率指标要大于 90%,标准取值 90%。

C<sub>27</sub> 突发环境事件应急预案完备情况:是指园区管理部门是否已设立当园区内发生突发环境事件时的专门人员及组织进行处置和协调,并且其具有在短时间内定出解决方案的能力。标准定为完备。

## 2 石化生态工业园区生态产业链设计

石化生态工业园相比石化企业传统的发展模式而言,是以提高资源利用效率、减少废物的产生和排放,同时又有利于经济发展为目标,以坚持科技先导,促进机制创新、体制创新和管理创新为重要保障条件;坚持以企业为主体,市场引导、公众参与相结合,形成有利于促进循环经济发展的政策体系和社会氛围。

### 2.1 物质流分析框架

物质流分析是通过经济系统、产业部门和企业的物质分为输入、贮存与输出三大部分,通过研究三者的关系,跟踪、定位物质利用及迁移、转化途径<sup>[3]</sup>,见图 2。

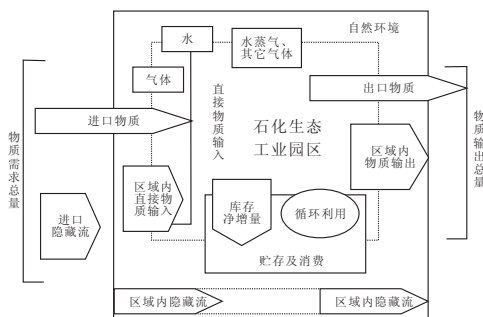


图 2 石化生态工业园区物质流分析框架

### 2.2 园区系统模式

企业层次循环经济模式。企业层次的循环经济模式体现在符合技术经济可行性的绿色产品设计、绿色能源选用、绿色原料选择、绿色车间布局、绿色工艺规划、绿色包装设计、绿色回收再用等原则。产品设计要综合考虑资源和环境消耗少、生产和使用污染小、便于回收资源化;能源要开发和推广使用清洁的、不可耗竭的能源,并通过热能联产、能源共享和能源梯级使用提高能源效率;原料要选用品质较好,对环境影响较小的原油;车间要布局为具有安全性、舒适性、生态性、经济性、效率



性、激励性的绿色车间;工艺规划要设计成生产过程无污染或少污染、生产环节少消耗的清洁生产工艺。

园区层次循环经济模式。石化生态工业园区应以石油化工的循环产业链为基础,上游、中游、下游项目相互共生,一体化聚集,形成企业之间化工原料、中间体、产品、副产品及其废弃物的互供共享关系,为产业链的资源循环和无缝连接,实现了资源的减量投入、集聚利用、循环利用和效益最大化。

社会层次循环经济模式。石化产业最显著的特征之一是所有的产业部门有着极强的技术经济联系。交通运输业、农业、纺织业、建筑业等都与石化产业有着密切的关系。石化产业链及其延伸产业包括两个方面:一是为其他产业提供绿色产品;二是建立完善废弃回收的循环系统。

通过对石化企业生产工艺流程的分析,把清洁生产、循环经济放在首位,设计了一条石化生态工业园区生态产业链,见图 3。此生态产业链采取点(装置层面)、线(公司层面)、面(园区层面)相结

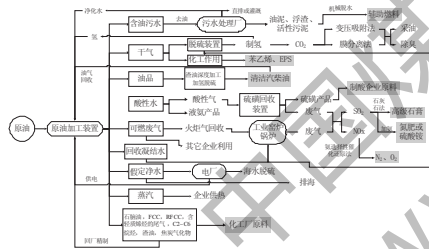


图 3 石化生态工业园区生态产业链

\*\*\*\*\*  
(上接第 36 页)

表 4 不同降雨量下各污水处理厂氨氮进水浓度预测

气象分类	24 小时降雨量(mm)	降雨量取 值(mm)	次日氨氮进水浓度预测(mg/L)			
			A	B	C	平均
小雨	<10.0	5	20.91	22.96	19.19	21.02
		10	19.84	21.68	17.81	19.78
中雨	10.0-24.9	20	17.72	19.11	15.03	17.29
		25	16.66	17.83	13.64	16.04
大雨	25.0-49.9	40	13.47	13.98	9.48	12.31
		50	11.35	11.42	6.7	9.82
暴雨	50.0-99.9	75	6.04	5.01	-0.24	/

氨浓度就降到枯水期的一半,当 24 小时降雨量达到 40 毫米(大雨)时,其进水氨氮浓度仅为枯水期的 1/3,当 24 小时降雨量超过 50 毫米(暴雨)时,其进水氨氮浓度已接近地表水的氨氮浓度,这时进入 C 污水处理厂处理的水中相当一部分为雨水

合,使企业、区域、社会多层次全面有序推进。通过对产生废气减量化和回收循环利用,废水循环利用,固废集中合理处置,达到“资源减量化,污染减少化,再利用,再循环”的要求,实现资源的高效利用。

本生态产业链的设计是在石化生态工业园区建立在沿海城市的条件下进行的,因为在沿海城市构建石化生态工业园区拥有得天独厚的优势。沿海城市不仅能提供石化企业便利的交通运输条件,而且对海水的有效利用可以节约大量新鲜水,如将海水作为装置的循环冷却水和将海水进行淡化处理用于各个生产工艺中。此外,还可以利用海水进行一些废气和废水的处理,如海水脱硫等。

### 4 结语

通过本生态产业链的设计可以使原有的石化企业在废水、废气和固废排放和处理上更加靠近于石化生态工业园区。尤其是固体废物的综合利用,石化企业生产过程中的许多废物都可作为园区内企业潜在的原料或副产品相互利用,从而提高园区的综合利用率。

### 参考文献

[1] 李强,汤俊芳,钟书华.生态工业园评价指标体系的建构[J].科技与管理,2006,4: 67-70.

[2] 王虹.生态工业园区运行机制与评价指标体系研究[M].北京,中国环境科学出版社,2008.

[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(6): 20-27.

或地表水了。A 污水处理厂和 B 污水处理厂的情况要稍好些,浓度下降的速率比 C 污水处理厂要低一些。

### 4 结论

某市市区三个污水处理厂污水处理能力已趋于饱和,抗负荷冲击能力均较弱,特别 C 污水处理厂经常处于超负荷运行状态,其抗负荷冲击能力则更弱;

污水处理厂的污水处理量与降雨量之间没有很明显的线性关系;

处理厂的氨氮进水浓度的变化率与前一日的降雨量之间均存在着非常好的负相关性。