

产业园区清洁生产水平评价指标体系构建研究

丁旻炜¹, 陈亢利^{1*}, 乔琦²

(1. 苏州科技大学环境科学与工程学院, 江苏 苏州 215009; 2. 中国环境科学研究院清洁生产与循环经济推广中心, 北京 100012)

摘要: 基于清洁生产、产业生态学 and 循环经济等可持续发展理论, 结合产业园区现有指标体系、评价标准和相关文献资料, 通过评价指标频度统计分析, 筛选出重点关注指标, 经专家咨询补充完善相关指标, 构建了产业园区清洁生产水平评价指标体系(包含7项一级指标和26项二级指标)。通过层次分析法确定了各项指标权重, 参考已发布相关标准及研究成果, 确定了指标评价标准。以苏州国家环保高新技术产业园为例, 应用该指标体系评价其清洁生产水平, 结果为合格, 与实际情况相符。指出, 该指标体系能够合理反映产业园区清洁生产水平, 判断其是否建成清洁生产园区, 并在园区层面提出清洁生产审核重点及改进建议, 从而进一步发掘产业园区清洁生产潜力。

关键词: 清洁生产; 产业园区; 评价指标; 层次分析法

中图分类号: X38

文献标志码: A

文章编号: 1674-6732(2020)03-0057-06

Cleaner Production Assessment Index System for Industrial Parks

DING Min-wei¹, CHEN Kang-li^{1*}, QIAO Qi²

(1. School of Environmental Science and Engineering, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou, Jiangsu 215009, China; 2. Research Center for Cleaner Production and Circular Economy, Chinese Research Academy of Environmental Science, Beijing 100012, China)

Abstract: A cleaner production assessment index system for industrial park with 7 first-level indicators and 26 second-level indicators was developed on the basis of sustainable development theories, such as cleaner production, industrial ecology and circular economics, and through combining the existing index system, evaluation standards and relevant literature of the industrial park, statistical analysis of evaluation indicators frequency, filtering out key indicators, and supplements via expert consultation of relevant indicators. The weights of various indicators were determined through the analytic hierarchy process, and the index evaluation criteria were determined with reference to published related standards and research results. The index system was applied to evaluating the cleaner production level of Suzhou National Environmental Protection High-tech Industrial Park, the result was qualified and consistent with the actual situation. The results showed that the indicator system can reasonably reflect the level of cleaner production of an industrial park, judge whether it reached the criteria of a cleaner production park, and put forward cleaner production assessment priorities and improvement suggestions at the park level to further explore the potential of cleaner production in industrial park.

Key words: Cleaner production; Industrial park; Evaluation index; Analytic hierarchy process

产业园区已成为我国经济增长的重要动力,也是经济增长最快的区域^[1]。但各类产业园区的大量建设和高速发展也给生态环境带来了巨大压力,产业园区的可持续发展是我国经济发展面临的巨

大挑战。我国在产业园区层面开展的可持续发展研究主要集中在循环经济园区、生态工业园区、低碳园区以及绿色园区等方面^[2]。2016年12月,原国家环境保护部印发的《环境保护部推进绿色制

收稿日期:2019-10-23; 修订日期:2019-11-25

基金项目:国家自然科学基金资助项目(NSFC31570515)

作者简介:丁旻炜(1994—),男,硕士研究生,从事清洁生产与循环经济研究。

* 通讯作者:陈亢利 E-mail: kanglichen@163.com

造工程工作方案》中明确提出“开展园区清洁生产示范任务”^[3]。相较于循环经济园区和生态工业园区,清洁生产园区更侧重于污染物的源头削减以及对生产的全过程控制,其关注点主要为已建成园区的持续清洁生产化^[3-4]。在区域层面实施清洁生产有利于发掘企业间的清洁生产机会,提高清洁生产推广效率和区域可持续发展能力^[3,5]。

产业园区清洁生产审核的特点在于从园区整体层面统筹协调,同时推进包括数家企业在内的整个园区的清洁生产工作。通过产业生态学、循环经济等可持续发展理论与清洁生产的融合^[4],在发掘单个企业清洁生产潜力的同时,从企业间的关联和园区整体规划管理等角度进行分析,发掘企业间和产业园区整体的清洁生产机会,促进产业园区环境保护和经济效益相统一,提升产业园区整体清洁生产水平^[5-6]。准确把握产业园区在清洁生产方面存在的问题并提出解决方案是该项工作的重点,因此需要建立科学合理的指标体系,对产业园区的清洁生产水平进行评价,以判断产业园区在清洁生产上的优势与不足,确定审核工作结束后能否建成清洁生产园区。

目前,国内外关于清洁生产的研究多集中于具体行业或技术方面,对于清洁生产评价指标体系仅是针对某一特定行业开展研究与应用^[4]。清洁生产审核工作也主要是对单个企业的审核,未正式进入区域层面的推进^[6]。已有的区域清洁生产研究大多关注产业园区清洁生产审核的方法与途径^[5],缺乏关于产业园区清洁生产水平评价的研究,难以对产业园区清洁生产审核前后的清洁生产水平进行评价。现通过构建产业园区清洁生产水平评价指标体系,用于评价产业园区的清洁生产水平,判断园区是否建成清洁生产园区,并通过各项指标的评价结果,判断产业园区清洁生产审核重点,寻找区域层面的清洁生产机会。

1 研究方法

1.1 指标体系的构建思路

从清洁生产、产业生态学 and 循环经济等可持续发展理论的视角出发,通过对已发布的产业园区评价指标体系和已有的区域评价指标体系研究成果中所涉及的评价指标,进行频度分析和重要性分析,经过筛选、整合,构建具有完整性和系统性的产业园区清洁生产水平评价指标体系,并通过层次分

析法确定指标权重。

1.2 指标体系的构建方法

参考《清洁生产评价指标体系编制通则》(试行稿)^[7]中对指标体系结构的规定要求,构建指标体系,将评价指标分为一级指标与二级指标。依据清洁生产的“八条途径”与产业生态学、循环经济、低碳经济、绿色制造等理论,结合园区清洁生产审核工作,确定一级指标。通过对产业园区评价相关政策、法规、标准以及文献报道中指标出现频度的统计分析,选出关注度高的指标和与清洁生产相关的特色指标作为备选指标,并依据一级指标结构进行分类。按照科学性、可操作性和充分必要性的原则,结合专家咨询结果,对备选指标进一步筛选,得到二级指标,从而构建结构完整的指标体系。

1.3 评价指标的标准值确定方法

评价指标的标准值主要遵循以下4个原则来确定:(1)尽量采用国家发布的相关法律法规、政策标准中的规定值,并根据实际情况进行调整;(2)根据相关研究结果中提及的数值确定标准值;(3)根据园区的实际审核工作和发展规划,参考国内外先进园区现状值确定标准值;(4)对于缺乏统计数据和相关研究,但对指标体系意义重大的指标,采用专家咨询、定性描述等方法确定。

1.4 指标权重的确定方法

采用层次分析法(AHP)确定指标权重,权重的确定步骤为构造评价结构、创建判断矩阵以及计算权重和进行一致性判断^[8-9]。确定权重时,由专家对判断矩阵中各个指标的相对重要性进行打分,采用1~9标度法,1为最不重要,9为最重要。再根据判断矩阵内的专家打分结果,运用yaahp12.3软件对各指标因子权重进行计算。

2 产业园区清洁生产水平评价指标体系

主要从园区整体的清洁生产和园内企业间的清洁生产角度进行分析,构建产业园区清洁生产水平评价指标体系。重点从园区资源与能源的利用效率和污染物的排放程度、园区经济增长水平以及经济增长同化石能源“脱钩”程度、园区企业采取绿色设计策略和生产过程优化程度、园区企业的关联度和园区清洁生产管理水平等方面,对产业园区的清洁生产水平进行综合评价。

设置5条产业园区清洁生产水平评价的前提条件,对未达到任意一条前提条件要求的产业园区

“一票否决”,分别是:(1)产业园区内企事业单位近3年内无发生特别重大突发环境事件,并完成国家或地方政府下达的节能减排目标;(2)产业园区内重点污染源的污染物稳定达标排放,园区国家重点污染物排放总量及地方特征污染物排放总量均不超过国家或地方的总量控制指标要求;(3)符合国家和地方相关产业政策,园内企业不应使用国家和地方明令淘汰或禁止的落后生产技术、工艺和装备,不应生产国家列入淘汰目录的产品;(4)园内重点企业清洁生产审核实施率达到100%;(5)产业园区在企业准入过程中有制度化的清洁生产要求。

通过上述方法建立的产业园区清洁生产水平

评价指标体系见表1,包含7项一级指标和26项二级指标。权重的计算过程主要分为计算最大特征值与对应的特征向量、归一化特征向量、一致性指标(Consistency Index, CI)、随机一致性指标(Random Consistency Index, RI)、一致性比率(Consistency Ratio, CR)。CR为CI与RI的比值。当 $CR < 0.1$ 时,判断矩阵可以视作一致;当 $CR \geq 0.1$ 时,则判断矩阵不一致,说明判断矩阵需要进行一定的修改。指标体系的权重一致性检验结果见表2。由表2可见,指标体系的各项二级指标CR均 < 0.1 ,说明指标体系的判断矩阵一致,指标体系的权重设置可行。

表1 产业园区清洁生产水平评价指标体系^①

一级指标	二级指标	权重	评价标准值及定性指标	标准值来源
B1 园区发展程度	C1 单位土地面积工业增加值	0.050 7	≥ 9 亿元/ km^2	文献[10]
	C2 园区工业增加值3年年均增长率	0.049 1	$\geq 15\%$	
	C3 高新技术企业工业产值占园区工业产值比重	0.082 1	$\geq 30\%$	文献[10-11]
	C4 园区绿色建筑比例	0.094 2	$\geq 80\%$	文献[12-13]
	C5 绿化覆盖率	0.081 4	$\geq 30\%$	文献[14]
B2 清洁生产技术	C6 环境保护投资占园区GDP比率	0.027 4	$\geq 1.5\%$	文献[11]
	C7 科学研究与试验发展(R&D)投资占园区GDP比率	0.034 8	$\geq 4\%$	文献[3]
	C8 园区内企业关联度	0.023 0	≥ 0.3	文献[15]
B3 清洁生产管理	C9 园区内企业采用清洁生产技术情况*	0.031 8	园区应根据园区内同类企业的实际情况,推动普及清洁生产共性技术及方案	
	C10 园区清洁生产管理机构设置*	0.063 0	园区设有负责清洁生产宣传、审核以及管理工作的机构(部门)(40),并具备明确的环境管理职能(40)和考核机制(20)**	文献[10,16]
	C11 园区清洁生产信息平台完善程度*	0.033 8	园区应创建专门局域网(20);定期在园区管委会网站、局域网或相关网站发布园区主导行业清洁生产技术信息(60);园区每年应编写至少1期环境报告书(20)**	文献[12]
B4 能源资源消耗	C12 园区完成ISO14000认证的企业比例	0.018 1	$\geq 15\%$	文献[11]
	C13 单位工业增加值水耗	0.040 9	$\leq 8 \text{ m}^3/\text{万元}$	文献[10]
	C14 单位工业增加值能耗	0.035 7	$\leq 0.5 \text{ t}/\text{万元}$ (以标准煤计)	文献[10]
B5 资源综合利用	C15 清洁能源使用比例	0.023 4	$\geq 16\%$	文献[14,17]
	C16 工业水循环利用率	0.049 8	$\geq 75\%$	文献[10]
	C17 余热利用率	0.032 5	$\geq 60\%$	文献[14]
B6 污染物产生	C18 工业固体废物综合利用率	0.050 9	$\geq 95\%$	文献[14]
	C19 单位工业增加值废水排放量	0.020 8	$\leq 6 \text{ t}/\text{万元}$	文献[18]
	C20 单位工业增加值固废产生量	0.029 7	$\leq 0.18 \text{ t}/\text{万元}$	文献[19]
	C21 单位工业增加值工业废气排放量	0.036 5	$\leq 30 \text{ m}^3/\text{万元}$	文献[20]
	C22 单位GDP碳排放	0.017 2	$\leq 0.23 \text{ t}/\text{万元}$ (以碳计)	文献[12],按2018年美元对人民币平均汇率换算

续表

一级指标	二级指标	权重	评价标准值及定性指标	标准值来源
C23 园区主要污染物排放水平	D1 化学需氧量	0.005 2	≤1 kg/万元	文献[19]
	D2 二氧化硫	0.013 5	≤1 kg/万元	
	D3 氮氧化物	0.009 6	≤1 kg/万元	
	D4 氨氮	0.005 8	≤0.08 kg/万元	
B7 产品特征	C24 具有环境标志认证产品的企业比例	0.007 8	≥30 %	结合专家意见 新增指标
	C25 园区绿色制造水平*	0.016 8	园区各企业的产品设计和制造应遵循绿色设计理念,尽量拥有易拆解、可回收以及可重复利用等特性;园区应当对运输物流路线合理规划、保证仓库的容积利用率以及包装的循环利用率	
	C26 绿色产业增加值占园区工业增加值比例	0.014 5	≥30 %	文献[14]

① * 为定性指标, ** 括号内数值为定性指标说明中每条定性要求所占分值最大值。

表 2 指标权重一致性检验结果

一级指标	检验结果			
	λ_{max}	CI	RI	CR
B1	5.027 6	0.006 2	1.120 0	0.005 5
B2	4.020 2	0.007 5	1.120 0	0.006 7
B3	3.004 8	0.004 6	0.520 0	0.008 8
B4	3.018 3	0.017 6	0.890 0	0.019 8
B5	3.000 5	0.000 4	0.520 0	0.026 0
B6	5.060 4	0.013 5	0.520 0	0.026 0
B7	3.005 5	0.005 3	0.520 0	0.010 2

3 产业园区清洁生产水平评价方法

依据指标体系的层次结构,评分方法采用指标分级加权法。具体方法如下:

(1) 定量指标得分计算公式见式(1)~(3),式中 x_{ij} 为第 i 个一级指标内所含的第 j 个二级指标, g_k 为二级指标基准值。

$$\text{正向指标的得分为: } Y_{ij} = \frac{x_{ij}}{g_k} \times 100 \quad (1)$$

逆向指标的得分为:

$$Y_{ij} = \begin{cases} \left(1 - \frac{x_{ij}}{g_k}\right) \times 100 & x_{ij} \leq g_k \\ 0 & x_{ij} > g_k \end{cases} \quad (2)$$

若指标为达标性指标,即指标必须满足某一限值才可判定为合格,则其得分为:

$$Y_{ij} = \begin{cases} 100 & x_{ij} \text{ 满足要求} \\ 0 & x_{ij} \text{ 不满足要求} \end{cases} \quad (3)$$

(2) 对于定性指标而言,指标得分根据实际情况和指标说明,由专家给出 100 分制的分数结果。

(3) 综合评价分数计算公式为:

$$Y_{gk} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (w_{ij} \times Y_{ij}) \quad (4)$$

式中 w_{ij} 为第 i 个一级指标中第 j 个二级指标的权重; Y_{ij} 为第 i 个一级指标中第 j 个二级指标的得分。

若园区在某些指标上表现突出,则对这些指标进行额外加分。修正方法为:定量指标优于指标值 50% 以上,定性指标经专家讨论确认的指标,在满分基础上可额外增加 20 分。此外,若指标体系中某指标未被园区涉及,则此指标的权重平均让渡于同类指标中的其他指标。

参考国家生态工业示范园区、绿色园区等评价验收要求,通过最终得分判断产业园区的清洁生产水平。当得分 $Y_{gk} \geq 70$ 时,认为产业园的清洁生产水平达到了清洁生产园区的基本要求;当 $Y_{gk} \geq 90$ 时,认为达到先进清洁生产园区水平。

4 实例分析

4.1 产业园区清洁生产水平评价

苏州国家环保高新技术产业园(以下简称“环保产业园”)是原国家环保总局(现生态环境部)批准建设的国家级环保产业园。环保产业园分为 A、B 园区,两个园区占地面积合计超过 0.33 km²,是以“环保”理念为主题,以环保产业为特色的专业园区。目前产业园 A 区已建成的工业厂房建筑面积为 0.12 km²;B 区占地面积 0.14 km²,总建筑面积 0.075 km²。

环保产业园从 2015 年底,开展了园区清洁生产审核工作,通过成立园区清洁生产审核小组,将清洁生产审核向服务行业和产品进行拓展,整体推进了环保产业园 30 家企业的清洁生产审核^[21]。按照构建的指标体系及评价方法对环保产业园的清洁生产水平进行评价,结果见表 3。

表 3 环保产业园清洁生产水平评价结果

一级指标	二级指标	现状	得分
B1	C1	根据园区 2018 年收入估算,约为 63.14 亿元/km ²	120
	C2	根据园区收入统计,增长率约为 22.4 %	100
	C3	园区以高新技术产业和环保产业为主,规模以上企业几乎都属于“江苏省高新技术产业统计分类目录(2018 年修订)”范围内	100
	C4	园区内无绿色建筑,总建筑物 35 座	0
	C5	约为 11 %	37
B2	C6	园区无针对此项的统计,将分值让渡给其他指标	
	C7	园区内主要以研发和生产型企业为主,在清洁生产审核过程中发现,园内企业对产品研发的投入强度较高,高于全市平均水平 2.7 % ^[27] ,但由于缺少明确统计,因此根据实际情况给出得分	60
	C8	园区内未建立生态工业链,企业关联度较弱	0
B3	C9	园区通过整体清洁生产审核的方式,推动企业自愿审核,提出 276 个方案,效果显著	100
	C10	园区设有“企业服务部”,为新入驻的企业提供环保手续流程服务,并检查其入园时环保手续是否齐全,并为企业提供清洁生产的咨询服务、建议和相关工作,整理汇总企业的环保信息等	100
	C11	园区内设有“环保服务平台网站”,定期发布各类科技政策、环保信息,包括清洁生产相关信息;但园区不定期编写环境报告书	80
B4	C12	约为 25%	100
	C13	根据现有 30 家企业的资料估算,约为 1.46 t/万元	120
	C14	根据现有 30 家企业的资料估算,约为 0.031 t/万元	100
B5	C15	园区内未使用清洁能源	0
	C16	园区内在生产过程中用水的企业极少,故此项不作评价,分值让渡于其他指标	
	C17	园区内无企业有余热资源可以利用,此项可省略,分值让渡于其他指标	
B6	C18	园区内大部分企业都做到了委托有资质的单位进行危废处理,一般工业废弃物往往进行出售而非直接丢弃	100
	C19	约为 1.07 t/万元	120
	C20	约为 0.02 t/万元	120
	C21	园区内企业涉及废气排放的较少,此项无法进行评价,分值让渡于其他指标	
	C22	园区无此项统计,根据用电量折算为标煤估算,约为 0.017 t/万元	100
B7	C23	D1 < 1, 约为 0.5	100
		D2 < 1	100
		D3 < 1, 约为 0.027 3	100
		D4 < 0.8, 约为 0.017 5	100
B7	C24	园区内拥有环境标志认证产品的企业极少	0
	C25	园区内主要以孵化型企业为主,大多数企业规模较小,但所属行业大多属于绿色产业或高新技术产业,技术水平和研发能力需求较高	80
	C26	园区内除规模以上生产企业外,另有 2 家环境监测企业所属行业也属于国家统计局发布的《战略性新兴产业》目录中,园区内绝大部分产业都属于绿色产业定义范畴	100
总分	$Y_{gk} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (w_{ij} Y_{ij}) = 75.38$		

4.2 评价结果分析

通过整体推进清洁生产工作后,环保产业园的清洁生产水平达到合格水平,评价结果支持环保产业园建成了清洁生产园区。

从得分项来看,环保产业园在园区发展程度和水耗、能耗及废水排放上表现突出,对污染物排放控制也较好。环保产业园的产业结构也更倾向于绿色制造和高新技术产业,在能源资源消耗指标、资源综合利用指标以及产品特征指标中拥有很高

的清洁生产水平。环保产业园在环境保护方面的管理经验丰富,组织机构健全。

从未得分项可以看出,环保产业园在绿色建筑的建设方面仍旧不足,这主要因为产业园建成较早,园区建设时未能将绿色建筑的理念融入园区建筑的设计中。环保产业园内企业众多,产业丰富,但未能从产业生态学角度规划生态工业链,企业之间的清洁生产关系弱。从能源与资源消耗指标看,环保产业园能源清洁化程度低。从产品来看,环保

产业园内拥有环境标志认证产品的企业占比过小,反映了园内企业对产品的清洁生产关注程度仍有不足。

环保产业园在进行整体清洁生产审核工作后,评价得分高于70分,达到了清洁生产合格水平。在未来的持续清洁生产工作中,可以更多地推动基础设施绿色化,规划生态工业链,增加清洁能源的使用和鼓励企业进行产品绿色化,提升产品的清洁生产程度,进一步提高环保产业园的清洁生产水平。通过环保产业园的案例也证明,研究建立的指标体系的评价结果符合实际情况,具有一定的合理性。评分结果也体现出环保产业园在企业间以及园区层面存在的清洁生产问题及潜力。

5 结语

通过对已发布的园区评价指标体系、文献资料和相关标准的研究,构建了包括7项一级指标和26项二级指标的产业园区清洁生产评价指标体系,并给出了各指标的权重和评价标准值,为产业园区整体推进清洁生产工作提供了参考。同时,将指标体系应用于苏州国家环保高新技术产业园,评价了产业园的清洁生产水平。通过评价发现,产业园已建成了清洁生产园区,但从园区整体角度出发,产业园还存在一些清洁生产问题和许多可供发掘的清洁生产机会。实例分析结果证实了该指标体系的可靠性和合理性。

[参考文献]

- [1] 范育鹏, 乔琦. 基于工业生态化建设的工业园区环境管理研究[J]. 中国环境管理, 2016, 8(5): 80-84.
- [2] 郭静, 乔琦, 孙启宏, 等. 绿色发展、循环发展、低碳发展与工业园区的实践[J]. 环境工程技术学报, 2015, 5(6): 531-538.
- [3] 刘铮, 党春阁, 李子秀, 等. 环保新形势下工业园区推进清洁生产框架思路研究[J]. 环境保护, 2017, 45(22): 60-65.
- [4] 张璐鑫, 于宏兵. 产业园区的区域清洁生产浅议[J]. 环境污染与防治, 2012, 34(7): 90-92.
- [5] 周露, 陈亢利, 黄学军, 等. 产业园区整体推动清洁生产审核的有关问题探讨[J]. 环境工程, 2017, 35(4): 165-168.
- [6] 张世喜, 高长波, 莫创荣, 等. 清洁生产战略在开发区层次应用的探讨[J]. 环境科学与技术, 2006, 29(1): 100-101, 112, 121.
- [7] 国家发展改革委, 环境保护部, 工业和信息化部. 《清洁生产评价指标体系编制通则》(试行稿)[EB/OL]. (2013-06-05)[2019-01-02]. http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/gwy/201306/t20130617_253853.htm.
- [8] SAATY R W. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used[J]. Mathematical Modelling, 1987, 9(3): 161-176.
- [9] VAIDYA O S, KUMAR S. Analytic hierarchy process: an overview of applications[J]. European Journal of Operational Research, 2006, 169(1): 1-29.
- [10] 环境保护部. 国家生态工业示范园区标准: HJ 274—2015[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2015.
- [11] 商婕, 曾悦. 绿色经济理念的生态工业园区综合评价指标体系[J]. 华侨大学学报(自然科学版), 2015, 36(6): 698-703.
- [12] 胡振宇. 评价指标体系引导下的南京紫东低碳园区规划设计优化研究[J]. 现代城市研究, 2011, 26(12): 44-48, 66.
- [13] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 住房和城乡建设部关于发布国家标准《绿色建筑评价标准》的公告[EB/OL]. (2014-04-15)[2019-01-08]. http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201508/t20150829_224219.html.
- [14] 中华人民共和国工业和信息化部办公厅. 工业和信息化部办公厅关于开展绿色制造体系建设的通知[EB/OL]. (2016-09-3)[2019-03-12]. <http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1146592/n3917132/n4061768/c5258400/content.html>.
- [15] 戴铁军, 陆钟武. 定量评价生态工业园区的两项指标[J]. 中国环境科学, 2006, 26(5): 632-636.
- [16] 黄娟, 王贯中, 王惠中, 等. 江苏省生态工业园指标体系研究[J]. 环境科学与管理, 2012, 37(10): 159-161.
- [17] 刘业业, 崔兆杰, 于斐. 园区生态文明建设水平评价指标体系[J]. 环境科学与技术, 2015, 38(12): 276-282.
- [18] 宁亚东, 葛健. 基于AHP-FCE算法的我国区域循环经济发展水平评价[J]. 经济研究导刊, 2015, 11(13): 63-66.
- [19] 耿丽娟. 基于清洁生产的区域节能减排绩效评价研究[D]. 天津: 南开大学, 2014.
- [20] 任逸璇. 区域清洁生产绩效评价研究[D]. 天津: 南开大学, 2012.
- [21] 周露. 产业园区企业清洁生产审核途径和方法的探讨[D]. 苏州: 苏州科技大学, 2017.