

基于环境价值的钢铁企业环境绩效 DEA 评价研究

余莉娜

(长沙师范学院 经济管理系,湖南 长沙 410100)

[摘 要]通过搜集国内具有代表性的大中型钢铁企业近三年的能源消耗、环境排放以及财务数据,对钢铁企业环境绩效进行全要素生产效率分析表明,马鞍山钢铁由于企业管理不到位导致综合技术效率偏低,应避免盲目扩张,着重提高其规模经济水平;山东钢铁以及太钢不锈由于技术创新不足导致 Malmquist 指数较低,应在节能降耗的技术上进行重点投入。效率值结果分析表明,钢铁行业样本企业之间差异较为明显,河北钢铁、马鞍山钢铁以及武钢集团的新水使用、能源消耗、二氧化硫排放是其环境绩效管理的薄弱环节,若不加以控制可能会对社会环境造成较为严重的影响。相关钢铁企业应通过加强资源循环利用效率、减少三废排放、积极履行信息披露义务等得力措施,切实改善环境绩效。

[关键词]钢铁企业;环境绩效;DEA;环境价值

[中图分类号]F224;F272 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1674-117X(2017)02-0039-06

Study on the DEA Evaluation of Environmental Performance of Iron and Steel Enterprises Based on Environmental Value

YU Lina

(Department of Economics and Management, Changsha Normal University, Changsha 410100 China)

Abstract: This paper evaluates the environmental performance of iron and steel enterprises by collecting the energy consumption, environmental emissions and financial data. The analysis of total factor productivity (TFP) shows that Maanshan iron and Steel Company's lack of enterprise management leads to low comprehensive technical efficiency, which indicates that the enterprise should avoid blind expansion, and focus on improving their scale economy level. The lack of technological innovation issues in Shandong Iron and Steel Company and Taigang Company's low Malmquist index. It is indicated that the two companies should put emphasis on energy - saving and cost - reducing. The results of efficiency value analysis show that there are obvious discrepancies among the sample enterprises. Like Hebei Iron and Steel Company, Maanshan Iron and Steel Company and Wuhan Iron and Steel Company, clean water depletion, energy consumption and sulfur dioxide emissions are the weak points of environmental performance management. Without control it may cause more serious impact on the social environment. Based on the evaluation and analysis of the environmental performance of these enterprises, these iron and steel enterprises should conscientiously improve the environmental performance by strengthening the efficiency of resource recycling, reducing the discharge of the three waste, and actively fulfilling the obligation of information disclosure.

Key words: iron and steel enterprises; environmental performance; DEA evaluation; environmental value

随着 2015 年新环保法将正式实施,钢铁行业也面临着极大的挑战,专家指出目前没有一家钢铁企业能够完全实现达标排放,要满足新排放标准,钢铁全行业实施环保改造总投资约需 900 亿到 1100 亿元。而在钢铁行业目前普遍亏损的背景下,企业进行环保改造的积极性并不高。目前钢铁企业对新环保法实施尚存在一定的侥幸心理,如果新环保法得到严格执行,钢铁行业将受到极大影响,部分环保不达标企业甚至可能被淘汰。从 2015 年 1 月 1 日起,《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》等一系列行业新排放标准的缓冲期也将结束,届时所有钢铁企业将执行新建企业污染物排放限值,重点区域的钢铁企业还将执行更加严格的特别排放限值。

在此背景下,笔者通过搜集主要钢铁上市企业的近几年环境绩效数据试图通过实证分析方法研究近几年来钢铁企业在环境保护,节能降耗方面的成果,并对实证结果进行比较,指导相关企业应该从哪些方面进行着重改进,以期创造更好的环境效益,走低发展道路,为创建绿色和谐社会做出贡献。

一 环境绩效评价研究动态

有关环境绩效评价方面的研究可以分为评价方法研究和评价指标研究。在近年的研究衡量环境绩效的方法中,孙立成等^[1]运用非径向非期望产出 DEA 模型测度了 2000 - 2007 年中国各地区的环境绩效静态技术效率水平,并结合 Malmquist 生产率指数考察了各地区环境绩效跨期动态变化的趋势及相应的影响因素。蔡晓春等^[2]从环境 DEA 技术概念出发,将传统的 DDF 效率测度模型进行扩展,并运用扩展后的 DDF 效率测度模型分析中国的能源效率现状。两位学者均是基于 DEA 方法进行实证分析,较好地评价了区域环境绩效状况,给予本文研究特定行业环境绩效一些借鉴。

在建立环境绩效评价指标方面,泰梯卡(Tytca)^[3]认为应从输入、产品输出以及污染物三方面来建立环境绩效指标体系,并且运用包络分析方法进行环境绩效的综合评价。范·巴尔(Von - Bahr)等^[4]以 6 个水泥厂的污染物排放数据为依据,说明了环境绩效当中操作绩效的重要性,认为应该设立具有可比性的指标在企业之间进行比较。鞠芳辉等^[5]认为,企业环境绩效的指标可以分成两级,分类的依据是不同行业受到环境影响的性质与程度都不一样,通过分类,再进行环境指标体系的构建。秦颖等^[6]用几个重要废弃物指标的排放量集成一个综合指标。张艳^[7]运用了模糊数学的原

理,建立了一个环境绩效评价模型,用以评价企业的环境绩效。陈静等^[8]在基于生态效益理念的企业环境绩效动态评估模型当中指出,行业性质差异导致不同行业间的指标差别较大,对于具体行业,评估指标应根据行业的环境因素尤其是重大环境因素选择指标均应根据行业特点进行进一步细化。

在钢铁企业的绩效研究层面上,王俊岭等^[9]结合循环经济的内涵和钢铁行业的特点构建钢铁行业循环经济效率的评价指标体系,同时采用 Malquist 指数分解对我国钢铁行业循环经济效率的变迁进行动态评价。李苏等^[10]以我国钢铁行业上市公司为案例研究,构建基于数据包络分析方法的环境绩效评价与其实施流程,通过改进百分比分析,找出相对无效的企业改进时的重点改进指标及改进幅度。李达等^[11]结合我国钢铁企业现有生态环境保护和评价方面的实际,从资源消耗"环境影响"环境治理和环境管理四个方面构建了钢铁企业环境绩效评价体系,并利用突变级数法耦合成环境绩效评价模型,通过对四家上市钢铁企业的实证研究,提出了企业环境绩效的提升策略。以上研究成果具有一定代表性,但评价环境绩效时并未考虑到钢铁行业污染物排放及能耗的影响程度,而各个决策单元在 DEA 方法在运算过程中权重值各不相同,且赋值过分依赖于数据,使得评价效率时忽略了某些指标对整体效率的影响。

本文综合以往研究,在评价钢铁企业环境绩效中引入环境价值来对原始数据进行处理,相当于对指标的权重进行赋值,解决了使用 DEA 方法处理数据过于客观性的问题。并结合 Malmquist 生产率指数模型和 BCC 模型考察了近年国内主要钢铁企业的环境绩效改善情况,旨在对钢铁企业节能降耗的具体措施和相关政策的制定提供理论上的支持和实践的依据。

二 环境价值的计量

当今学界主要采用三种方法对环境价值进行计量和评估,第一种是将排污费和污染赔偿费确定为环境价值;第二种是将事前预防控制污染支出确定为环境价值;第三种是根据污染物对环境不良影响的价值确定环境价值,即市场价值法。

由于不同排放物对环境的影响不一样,所赋予的环境价值也是不一样的,如果单纯按排放量来进行绩效分析会使得分析数值由于失去了权重因素而不够准确,笔者引入环境价值来进行能源消耗和排放物的衡量,相当于给不同排放物赋予相应的权重,例如向空气中排放二氧化硫的影响就比排放二

氧化碳的影响要严重的多,每排放一吨的二氧化碳承担的环境价值也自然比一吨二氧化碳要高,因而可以更加精确地评价不同企业的环境绩效情况。综合比较分析各种计量方法,根据环境价值的特点,本文选择采用市场价值法对其进行计量,这种方法主要是通过确定污染物环境负荷单位成本与环境负荷量来计算环境价值,符合资源价值理论。

由于目前国家尚未有统一污染物环境价值,本文通过整合国内外机构、学者的研究成果提出确定环境成本计量时必需的污染物环境负荷单位成本(即污染物价值标准)的模型,模型具体构建如模型1,其中C表示环境成本,UECi表示环境负荷单位成本,ELi表示环境负荷量。

$$C = \sum_{i=1}^n (UECi \times ELi)$$

(模型 1)

(一)环境负荷量 EL 的确定

$$\varepsilon \gamma G_{coal} = \frac{\alpha_1 \times B}{\varepsilon \times \gamma}$$

煤炭开采的环境负荷量(森林价值损失)的确定公式中,Gcoal表示煤炭开采的环境负荷量,α₁表示每吨煤开采扰动表土的重量,α₁ = 1.1 × 10⁴ kg,B为耗煤量,ε表示土壤平均容量ε = 1.7 × 10⁴ kg/m³,γ表示土层厚度,γ = 0.3 m。其中森林的单位环境价值为 2.49 元/m²

(二)环境负荷单位成本 UECi 的确定

目前学界普遍运用现值法和公允价值法来计算资源环境负荷成本,综合运用生产率变动、防护费用、人力资本以及机会成本等方法来计算环境负面影响的损害价值成本。参考和整合国内外学者、机构的研究成果确定污染物环境负荷单位成本。研究比较深入且被普遍认可的 UEC 的研究结果主要有两个:一是欧盟的 Extern - E 法下,以华东为例运用数学函数法确定的污染物环境负荷单位成本;另一个是我国学者魏学好和周浩对钢铁企业 UEC 的估值。^[12]由于无法评价二者孰优孰劣,笔者取平均值来作为本文的污染物环境负荷单位成本的标准。

表 1 钢铁企业环境负荷量的单位成本(UECi)

	单位:元/kg					
污染物	CO	CO ₂	SO ₂	TSP	NOx	废水
环境价值	1.00	0.022	6.265	2.908	8.00	0.0008

石油类主要排放物为氮氧化物和碳氧化物,因此以 NO_x、CO 与 CO₂ 的单位环境价值相加为衡量依据。样本企业信息披露并不完整,例如石油类排放物仅有安阳钢铁等少数企业有具体信息数值,其

他数据空缺的企业笔者以往年数据按生产能耗百分比的减少或增加进行大致估算得出排放量数据。由于各企业废水排放数据披露不完善,而钢铁行业评价废水排放量的通用性指标为 COD,因此将废水的单位环境价值作为衡量 COD 排放环境价值的依据。水资源价值参照全国不同省市不同年份水价进行估算。

表 2 各地钢铁企业用水历年价格表

单位:元/吨

企业名称	2011 年	2012 年	2013 年
安阳钢铁	2.05	2.05	2.05
河北钢铁	3.5	3.5	3.5
马鞍山钢铁	1.68	1.68	1.68
南京钢铁	1.85	1.95	1.95
山东钢铁	2.9	2.9	3.3
武钢集团	1.65	1.65	2.35
太钢不锈	3.4	3.4	3.2
宝山钢铁	2.0	2.0	2.0

注:由于钢铁行业披露的耗用量为新水耗用量,本文对原水到新水转化率取行业平均估算值 80%。

三 实证分析

(一)模型及样本处理

DEA 方法用于多投入和多产出的情况下对不同的 DMU 进行效率评估,根据多个输入指标和多个输出指标的数据,评价某个决策单元相对于所给的诸多决策单元来说的优劣情况,即决策单元间的相对有效性。

通过翻查钢铁行业上市公司的企业责任报告书,可持续发展报告和年度报告(报告均取自巨潮资讯网),将钢铁企业上市公司 2011 年至 2013 年的钢铁生产排放数据进行统计,其中山东钢铁在 2011 年为济南钢铁暂无具体数据,为方便比较将其他年份数据通过增减百分比得出估计数,并根据其单位环境价值进行计算和处理,得出这些企业在这三年的能源消耗以及污染物排放价值。

运用 DEA 分析方法时输入指标应该越小越好,输出指标应该越大越好,而环境产出中外排 COD 量、SO₂ 排放量和烟(粉)尘排放量,这三项指标都是非期望产出,这些值应该越小越好,与输入端指标的要求相符,因此将非期望产出作为输入指标来处理。而重复水利用率、营业收入和营业利润指标则是越大越好,在此作为输出指标。

利用 DEA 评价环境绩效时,由于 DEA 软件输入时无需对选取的数据进行无量纲化处理,因此,本文用原始数据直接进行技术效率和规模效率分析。原始数据的利润等指标上存在负数,在运用

Deap 2.1 软件分析时会使相应单位分析无效,应对原始数据稍作处理使其全为 10^{-6} , 由于 DEA 计算的是相对效率, 因此从整体上来看, 不会影响最后的计算结果; 对于缺省数据或者四舍五入为零的值, 本文赋值 10^{-6} , 以避免零值所导致的 DEA 模型的运算失效。

表 3 钢铁企业 2011 – 2013 年环境绩效评估数据

公司名称	输入指标						输出指标		
	水资源 (万元)	能源标准 煤(万元)	SO ₂ (万元)	烟粉尘 (万元)	COD (万元)	石油类 (万元)	重复水 利用率%	营业收入 (亿元)	营业利润 (亿元)
安阳钢铁 11	5 463.25	2 416.76	8 576.16	2277.84	0.034 0	5.54	97	297.68	3.73
安阳钢铁 12	4 337.8	1 841.03	5 592.77	1 643.31	0.028 7	3.48	97.51	209.51	-34.98
安阳钢铁 13	5 968	2 663.81	7 669.61	2 433.12	0.017 3	2.10	97.49	261.38	0.47
河北钢铁 11	93 100	27 900.2	9 867.38	4 663.56	0.441 0	88.43	97.15	1 333.43	1.74
河北钢铁 12	92 043	27 696.12	9 445.74	4 648.73	0.399 7	84.82	97.7	1 116.3	2.05
河北钢铁 13	94 447.5	28 002.25	7 889.51	5 141.05	0.287 8	85.72	97.2	1 102.55	1.5
马鞍山钢铁 11	10 258.08	5 397.44	13 706.57	3 820.82	0.097 8	258.96	96.8	868.4	1.58
马鞍山钢铁 12	9 601.2	5 332.99	12 159.74	3 257.54	0.088 9	214.75	97.1	744.04	-42.7
马鞍山钢铁 13	11 460.96	5 397.44	12 749.28	3 853.10	0.106 0	272.49	97.3	738.5	-55.8
南京钢铁 11	5 218.85	2 518.8	5 991.22	1 507.51	0.016 7	40.60	97	385.7	2.63
南京钢铁 12	5 177.25	2 358.22	5 214.36	1 447.31	0.014 0	36.09	97	320.3	-9.3
南京钢铁 13	4 225.65	1 992.49	3 790.33	1 213.51	0.014 5	34.29	97	268.2	-10.3
山东钢铁 11	15 627	3 356	8 983.7	6 877.00	0.234 4	37.89	97	835.6	-0.01
山东钢铁 12	16 327	3 780.89	8 415.77	5 979.43	0.203 0	36.99	97	733	-36.8
山东钢铁 13	16 912.5	3 689.59	7 737.28	6 912.03	0.158 9	33.39	97	704.7	2.3
武钢集团 11	39 266.7	16 095.65	17 202.44	5 942.21	0.159 8	511.60	97	1 010.5	13.65
武钢集团 12	34 555.95	16589.75	14 887.52	5 779.65	0.134 3	402.43	97	915.79	-3.78
武钢集团 13	46 558.2	16 589.75	12 654.67	5 204.16	0.122 7	441.22	97	895.8	2.7
太钢不锈 11	60 608.4	28 823.94	3 548.5	1 238.52	0.023 8	0.00	98	962.2	18
太钢不锈 12	50 306.4	27 373.89	3 624.3	1 523.21	0.023 1	0.00	98	1 035.15	9.56
太钢不锈 13	43 062.4	26 283.66	3 698.23	1 361.82	0.021 5	0.00	98	1 050.2	4.5
宝山钢铁 11	23 000	8 754.05	9 459.52	3 578.58	0.055 9	17.14	98	2 228.5	88.3
宝山钢铁 12	19 678	8 279.71	7 362	3 208.98	0.050 9	21.66	98	1915	35.9
宝山钢铁 13	18 440	8 356.64	5 895.37	2 994.66	0.047 3	15.34	98	1900.3	76.8

(二) Malmquist 生产力指数分析

为了更直观地说明我国钢铁行业全要素生产率的变动情况, 需要采用 Malmquist 生产力指数来进行分析。Malmquist 生产力指数把全要素生产率 (TFP) 变动分解为综合技术效率变动和技术变动。而综合技术效率变动又进一步分解为纯技术效率变动和规模效率变动的乘积。其中综合技术效率的变动表示企业管理方法的优劣与管理构成决策的正确与否, 反映企业无效率状态与生产前沿面之间的距离。而技术变动表示的是整个行业的技术进步, 反映的是整个行业生产前沿面的移动。其 Malmquist 生产力指数分析的理论基础仍然是数据包络分析。指数分解的指标体系与 DEA 效率测度的指标体系相同。

表 4 基于 DEA 方法的 2011 – 2013 年钢铁企业 Malmquist 指数分析

公司名称	综合技术 效率变化	技术进步	纯技术效 率变化	规模效率 变化	Malquist 生 产力指数
安阳钢铁	1.000	1.141	1.000	1.000	1.141
河北钢铁	0.943	1.122	0.943	1.000	1.058
马鞍山钢铁	0.869	1.021	0.871	0.998	0.887
南京钢铁	1.000	1.063	1.000	1.000	1.063
山东钢铁	1.000	0.958	1.000	1.000	0.958
武钢集团	0.944	1.168	0.944	1.000	1.102
太钢不锈	1.000	0.911	1.000	1.000	0.911
宝山钢铁	1.000	1.028	1.000	1.000	1.028
均值	0.968	1.048	0.969	1.000	1.015

从表中数据可以看出,选取的八个企业三年来 Malmquist 生产力指数均在 1 左右,唯有马鞍山钢铁,山东钢铁以及太钢不锈低于 1。而马鞍山钢铁主要由于综合技术效率低导致 Malmquist 指数低于其他企业,山东钢铁以及太钢不锈则是由于技术进步指标较其他企业略低导致 Malmquist 指数低于其他企业。从综合技术效率以及其分解指标变化来看,样本企业中只有马鞍山钢铁没有达到规模效益,规模效率变化数值低于 1,而所有综合技术效率低于 1 的企业的纯技术效率变化指标都未达到 1。从技术进步来看,只有山东钢铁和太钢不锈的数值低于 1,而其他企业均超过 1,说明这两家企业在加强钢铁企业能耗降低和污染物排放减少的技术方面还需要做更多的努力。

(三)BCC 模型分析

为了更清楚具体地看出各个企业在节能降耗,

减少排放以增加环境绩效方面应该针对哪些问题 进行着重处理,笔者利用 DEA 方法下的 BCC 投入 导向模型对数据进行分析,结果如表 5。如表 5 中 所显示,河北钢铁,马鞍山钢铁以及武钢集团处于 无效状态,因此另外对这三家企业的具体绩效情况 进行分析,分析结果如表 6。

表 5 基于 BCC 投入导向模型效率值分析

DMU	C	V	S
安阳钢铁	1.000	1.000	1.000
河北钢铁	0.616	0.619	0.996
马鞍山钢铁	0.962	0.963	0.999
南京钢铁	1.000	1.000	1.000
山东钢铁	1.000	1.000	1.000
武钢集团	0.400	0.401	0.997
太钢不锈	1.000	1.000	1.000
宝山钢铁	1.000	1.000	1.000
均值	0.872	0.873	0.999

表 6 无效企业绩效值分析结果

DMU	输出指标			输入指标					
	重复用水 利用率	营业 收入	营业 利润	水资源 消耗	煤炭 消耗	SO ₂	烟粉尘	COD	石油类
河北钢铁	0.69	0	39.535	-55 138.648	-10 640.466	-3 763.182	-1 778.57	-0.406	-64.338
马鞍山钢铁	0.462	0	23.49	-381.665	-1 245.389	-6 806.869	-1 770.817	-0.071	-224.505
武钢集团	0.391	0	17.169	-24 283.922	-9 637.073	-10 299.75	-3 801.24	-0.13	-479.657

由表 6 中数据可以直观地看出三家企业在节 能降耗上还需在哪些方面加强技术革新,以保证在 维持经营成果的情况下增加环境绩效。其中河北 钢铁在水资源消耗和煤炭资源消耗上需要着重做 出改进,马鞍山钢铁则是在二氧化硫排放绩效上 还较为落后,武钢集团主要是水资源,能源消耗 以及二氧化硫,烟粉尘排放上还有不足。三家企业 都是同行业规模较大的企业,因此更需要在节能 降耗,增加环境绩效方面树立良好形象,肩负起 社会责任。

四 结论

全要素生产效率分析结果表明,马鞍山钢铁 由于企业管理不到位导致综合技术效率偏低从而 使得 Malmquist 指数低于其他企业,且马鞍山钢 铁是唯一没有达到规模效益的企业,因此企业不 应再进行盲目扩张,应着重提高其规模经济水平, 加强管理。山东钢铁以及太钢不锈则是由于技术 创新不足导致 Malmquist 指数低于其他企业,说 明这两家企业在节能降耗的技术上应该进行重点 投入。

效率值结果分析表明,钢铁行业样本企业之 间

差异较为明显,对于河北钢铁,马鞍山钢铁以 及武钢集团而言,新水使用,能源消耗,二氧化 硫排放都是其环境绩效管理的薄弱环节,而由于 它们产量庞大,如果不解决这些问题,将会对社 会环境造成比一般企业更为严重的影响,但比较 发现并不是所有上规模的企业都有这一问题,宝 山钢铁集团作为老牌钢铁企业,在环境绩效方面 一直保持行业领先状态,笔者参考这些企业近年 披露的环境责任报告和企业责任报告书,对钢铁 企业改善环境绩效发表以下几点建议和意见。

(一)节约资源,加强资源循环利用效率

大规模企业中绩效最优的宝山钢铁近年来 一直通过加快淘汰本企业落后的工艺"技术及 设备,多用可再生资源来改善企业环境绩效,如 煤气系统增容改造和城市中和工业废水回收利 用等,最大限度综合利用各种能源和资源。其他 企业尤其像武钢,马鞍山钢铁这样的大型钢铁 企业也应调整能源结构,提高二次能源利用率, 包括降低钢铁企业的钢比和余热余能高效回收, 利用低温余热发电、烧结机余热发电等,进一 步提高天然能源的利用效率,减少资源消耗浪 费,降低对环境的影响程度,从

而促进两型企业建设。

(二)减少三废排放,走绿色发展道路

目前大部分钢铁企业都在积极改进工业废水排放处理系统,提高了重复水利用率,分析结果也显示样本企业基本都在重复水利用率指标上达到了超效率状态,因此钢铁企业应该着重加强降低生产废渣废气排放的工作,努力寻求脱硫降尘的方法,走绿色发展道路。

(三)承担社会责任,履行信息披露义务

笔者在采集数据时,发现由于信息披露标准不统一,许多指标需要经过转换估算才能进行比较,这就给实证分析带来了一定模糊性,因此企业应该在行业内建立统一的标准,每年定时披露环境信息,接受国家和社会的监督,同时也方便企业在进行同业竞争者之间的比较,探讨节能降耗的新技术,新方法,以期整个行业共同进步,携手踏上低碳发展,绿色生产的道路。确立环境信息披露的地位;通过制定环境会计准则,明确环境信息披露的形式"内容和时间,实现各企业权利和义务的对等。

国家钢铁生产现处于供大于需的状态,产量过剩,利润下降是整个行业面临的挑战。要促进企业进行合理的环境信息披露,政府的力量不容忽视,通过对“会计法”和“环境信息公开办法”等信息披露法规的建设,确立环境信息披露的地位,实现各钢铁企业在环境方面的权利和义务对等。^[13]与此同时国家宣布实施新环保法,对钢铁行业采取强硬措施,对不达标企业进行法律约束,敦促其加大投入革新技术,节能降耗。在这个艰难时期,钢铁企业更需要采取果断的措施改进生产模式,通过走绿色低碳的道路,加强企业自身竞争力,共同创造钢铁行业的新型发展道路。

参考文献:

- [1] 蔡晓春,叶发强,李超. 基于 DDF 模型的能源效率与环境管制成本分析[J]. 湖南大学学报,2012(5):83-87.

- [2] 孙立成,周德群,李群,等. 基于非径向 DEA 模型的区域环境绩效评价研究[J]. 统计与信息论坛,2009(7):67-68.
- [3] TYTECA D. On the Measurement of the Environmental Performance of Firms: A Literature Review and a Productive Efficiency Perspective [J]. Journal of Environmental Management,1996(46):281-308.
- [4] BAHR B V, HANSSEN O J, VOLD M, et. Experiences of environmental performance evaluation in the cement industry. Data quality of environmental performance indicators as a limiting factor for Benchmarking and Rating[J]. Journal of Cleaner Production,2003(11):713-725.
- [5] 鞠芳辉,董云华,李凯. 基于模糊方法的企业环境绩效综合评估模型[J]. 科技进步与对策,2002(3):93-95.
- [6] 秦颖,武春友,翟鲁宁. 企业绩效与经济绩效关系的理论研究与模型构建[J]. 系统工程理论与实践,2004(8):111-117.
- [7] 张艳. 绿色制造环境绩效模型的建立和应用[J]. 江汉大学学报(自然科学版),2005(1):34-36.
- [8] 陈静,林逢春,杨凯. 基于生态效益理念的企业环境绩效动态评估模型[J]. 中国环境科学,2007(5):717-720.
- [9] 王俊岭,戴淑芬. 基于 DEA-Malquist 指数的我国钢铁行业循环经济效益评价[J]. 河北经贸大学学报,2014(3):78-82.
- [10] 李苏,邱国玉. 环境绩效的数据包络分析方法:基于我国钢铁行业的分析研究[J]. 生态经济,2013(2):113-118.
- [11] 李达,肖彦. 低碳经济背景下钢铁企业环境绩效评价[J]. 会计之友,2011(9):17-19.
- [12] 魏学好,周浩. 中国火力发电行业减排污染物的环境价值标准估算[J]. 环境科学研究,2003(1):54-55.
- [13] 徐沙,袁莉. 湖南省上市公司环境信息披露现状分析及对策[J]. 湖南工业大学学报,2015(12):30.

责任编辑:李珂