

基于 DEA 模型对我国化工业生态效率的分析

——以 BCC 模型和 CCR 模型为例

杨亦民^{1,2}, 刘若兰¹

(1. 湖南农业大学商学院, 湖南 长沙 410128; 2. 湖南省涉农企业发展研究中心, 湖南 长沙 410128)

摘要:本文从生态效率的角度,利用 BCC 和 CCR 模型对 2003—2012 年我国化工业分析得出评价。第一,生态效率是衡量经济活动在创造经济价值的同时,也能兼顾生态效益的平衡。第二,2003—2012 年我国化工业的发展经历了末端治理模式,并开始向循环经济发展模式转变。第三,生态效率对规模化依赖程度更高。第四,I 模型(投入型)更能反映生态效率情况。

关键词:BCC;CCR;生态效率;化工业

中图分类号:S-9

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2015)11-0005-04

DOI:10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2015.11.002

Analysis on eco-economic efficiency of chemical industry in China based on DEA ——Take a case of BCC and CCR model

YANG Yi-min^{1,2}, LIU Ruo-lan¹

(1. Business Department, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;

2. Hunan Agricultural Enterprise Development Research Center, Changsha 10128, China)

Abstract: In recent years, chemical industry in China has been seriously polluted. From the eco-efficiency point of view, employing BCC and CCR model, analysis on chemical industry from 2003 to 2012 has been performed. The results show that eco-efficiency is considered as a measure of economic activity in the creation of economic value. At the same time, it can also take into account the ecological balance. The development of the chemical industry from 2003 to 2012 has experienced the end of the governance model and is changing to a recycling economy development model. The eco-efficiency is also found highly dependent on large scale and I model (input type) can reflect the situation of eco-efficiency better.

Key words: BCC; CCR; eco-economic efficiency; chemical industry

近年来,我国化工行业一直蓬勃发展,行业利润总额从 2003 年的 472.63 亿元达到 2014 年的 5 032.59 亿元。但是,我国化学工业的快速发展是以资源能源利用率低、污染物排放数量大为代价,并且已有超过环境承载能力迹象。根据数据,可以发现我国化工行业一直是工业“三废”的排放大户,仅 2012 年一年,化学原料和化学制品业排放工业废水 274 344 万 t,工业废气约 30 614 亿 m³,产生工业固体废弃物 26 644.2 万 t。2014 年 9 月,腾格里工业园区化工企业更是发生了腾格里沙漠污染事件,严重破坏沙漠生态平衡。另外,在环保部公布的废气、废水污染源国家重点监控企业中,化工企业将近占重点监控企业数量的 1/4。由此可见,我国化工业的发展急需一种兼顾经济效率和环境效率的评价分析方法,从而引导化工业走向可持续发展的道路。从生态效率的内涵上看,它兼顾经济效率和生态效率,确实可以作为我国化工业经济状况和环境状况

的衡量标准。生态效率的评价方法有多种,学者研究主要分为单一比值法、指标体系法和模型法。指标评价法是最初学者普遍采用的评价方式,具有直观简单等特点,是应用较广的一种评价方法;模型评价法是近些年来才兴起的评价方法,特别是数据包络分析法(DEA)引起了大家的普遍关注。国外学者提出了一个基于弱可处置性的方向性距离函数,从而将非期望产出包含在 DEA 模型中,将 DEA 方法应用到生态效率评价领域(Y. Chung, 1997)^[1]。我国学者应用该类模型研究过能源效率、环境效率等,例如学者用环境产出的模型研究了我国各省市 1995—2006 年的能源效率问题(袁晓玲等, 2009)^[2];也有学者研究了我国各地区工业环境绩效变化情况(杨文举, 2009)^[3]。目前我国也有学者开始用该模型研究生态效率,例如学者对杭州湾精细化工园区 43 家企业生态效率进行了评价(张炳等, 2008)^[4];还有学者以煤炭行业企业作为研究对

收稿日期:2015-05-18

基金项目:湖南省情与决策咨询课题“两型社会背景下湖南制造业生态效率提升研究”(2014ZZ102)

作者简介:杨亦民(1973-),男,博士,教授,博士生导师,研究方向为产业生态与管理,15974161006, yymjiao@163.com;刘若兰(1990-),女,湖南农业大学商学院硕士在读,研究方向为产业生态与管理,通讯联系人,18390924909, 47283607@qq.com。

象,评价了中煤集团下属 7 个企业的生态效率(彭毅等,2011)^[5]。但是,以往的学者大多采用 DEA 模型下的一个模型进行分析,并且鲜有涉及我国化工业的生态效率。本文选取 DEA 模型下的非规模化 CCR 模型和规模化 BCC 模型进行分析,试图从非规模化和规模化对我国化工业的生态效率进行评价,从而指导我国化工业生态转型,最终走向可持续发展。

1 CCR 模型和 BCC 模型

1.1 CCR 模型和 BCC 模型的相同点

CCR 模型和 BCC 模型同属数据包络模型(DEA),并且都反映技术有效程度。数据包络分析法是运用线性规划方法构建生产前沿面的一种测量效率方法。数据包络分析方法的原理主要是通过保持决策单元(DMU, Decision Making Units)的输入或者输出不变,借助于数学规划和统计数据确定相对有效的生产前沿面,将各个决策单元投影到 DEA 的生产前沿面上,并通过比较决策单元偏离 DEA 前沿面的程度来评价它们的相对有效性。DEA 方法适用于多输出指标或多输入指标的综合评价各决策单元的相对有效性、规模效率、投入冗余和产出不足。化工业的生态效率有多输出指标,普通生产函数难以估计。所以,本文选用适合多输入或多输出的复杂系统的生态效率评价方法——DEA 方法来评价我国化工业环境效率具有很强的实用性。

1.2 CCR 模型和 BCC 模型的不同点

CCR 模型和 BCC 模型最大的不同点在于规模有效性。CCR 模型是同时针对规模有效性与技术有效性而言的“总体”有效性模型。CCR 模型包括输入导向模型(I 模型)和输出导向型模型(O 模型)。I 模型指产出不变,寻求最小投入;O 模型指投入一定,寻求最大产出。而 DEA 的 BCC 模型是针对规模可变的情况的模型,它也有两个子模型。其中,输入导向模型(I 模型)指产出不变,寻求最小投入;输出导向型模型(O 模型)指投入一定,寻求最大产出。

2 指标体系的构建

CCR 模型和 BCC 模型同属 DEA 模型,是多投入多产出的模型,可以适用于一个指标体系。

生态效率评价指标,应当能为公众了解循环经济发展状况和政府决策提供必要的信息和依据,基于这一目的,其指标选择应当遵循一定的原则。主

要包括:体现循环经济的发展目标、内涵、特征和原则;突出资源和环境指标;概括性和动态性相结合;可比性和可操作性原则。

根据选择化工业生态效率评价指标的基本原则,按照循环经济的内涵,并涵盖经济、资源和环境 3 个方面,本文选择了煤炭消费量、原油消费量、废水产生量、废气产生量、废渣产生量、利润总额作为 DEA 方法的输入、输出指标,选取指标共计 6 个,其中煤炭消费量、原油消费量是资源耗量,废水产生量、废气产生量、废渣产生量是环境负荷,利润总额是经济效益值。

根据数据口径的科学性、统一性和可比性原则,同时考虑数据的可得性,我们假定化工企业的经济活动概念化为 1 种产出(利润总额),2 种投入(煤炭消费量、原油消费量)以及 3 种排放物(废水、废气、废渣)的生产过程,在初选指标的基础上设置了以下 DEA 模型输入输出指标,详见表 1。

表 1 我国化工业输入输出指标

类别	指标名称	单位	指标说明
输入指标	煤炭消费量	万 t	反映化工业对煤炭能源的使用状况
	原油消费量	万 t	反映化工业对原油能源的使用状况
非期望值指标	废水产生量	万 t	反映化工业废水排放状况
	废气产生量	亿 m ³	反映化工业废气排放状况
	废渣产生量	万 t	反映化工业废渣排放状况
期望指标	利润总额	亿元	反映化工业盈利状况

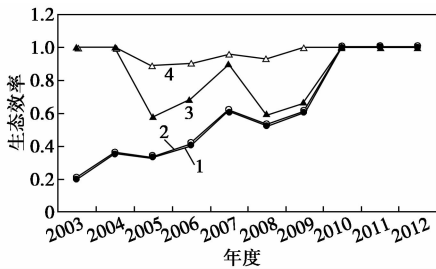
3 评价结果与分析

3.1 数据来源及处理

本文的数据来源主要来自于《中国统计年鉴》和《中国环境统计年鉴》,考虑到数据的可获得性,本文选取 2003—2012 年化工业的面板数据作为

表 2 2003—2012 年我国化工业生态效率

年份	CCR-I	CCR-O	BCC-I	BCC-O
2003	0.1953500	0.1953500	1	1
2004	0.3610998	0.3610998	1	1
2005	0.3265261	0.3265261	0.881780812	0.576569685
2006	0.4065280	0.4065280	0.898801872	0.680600198
2007	0.6121567	0.6121567	0.961356892	0.893465366
2008	0.5283778	0.5283778	0.932079226	0.590348844
2009	0.6043161	0.6043161	1	0.662036485
2010	1	1	1	1
2011	1	1	1	1
2012	1	1	1	1



1—CCR-I;2—CCR-O;3—BCC-I;4—BCC-O

图1 2003—2012年我国化工业生态效率的折线图

研究指标。本文选用 DEAP 2.1 软件,将我国化工产业数据(煤炭消费量、原油消费量、废水产生量、废气产生量、废渣产生量、利润总额)带入求解,经过计算得到 2003—2012 年我国化工业生态效率评价结果(见表 2),绘制出 2003—2012 年我国化工业生态效率的折线图,详见图 1。

3.2 我国化工业生态效率总体结果分析

如图 1,根据 4 条曲线的大体走向,可以看出 2003—2012 年我国化工业的生态效率经历了 2 个阶段。第一个阶段是 2004—2010 年,生态效率曲折增长,这说明生态效率与经济效率不平衡,这个阶段正是我国化工企业应国家的号召,采用末端治理的方法处理环境污染的时期。第二个阶段是 2011 年和 2012 年,生态效率值趋于稳定,达到生态效率的有效阶段,即生态效率与经济效率均有效。依据生态效率评价结果和我国化工业的发展历程可以看出,我国化工业在经历了末端治理模式后,逐渐向循环经济发展模式转变,从而实现行业发展模式的跨越,生态效率的提高,以及行业发展趋于良性。

第一阶段之所以会出现生态效率值的上下动荡、曲折增长是由末端治理的特征决定的。在这种模式下,企业事先并未采取任何污染预防措施,当其所造成的污染排放严重危害到环境时,迫于法律、法规的压力,企业采用化学、物理、生物的技术和方法对污染物进行稀释、转化、迁移等处理,使得企业造成的环境污染危害减小,生态效率提高。但是,随着时间的推移、工业化进程的加速,末端治理的局限性也日益显露。这种仅着眼于控制排污口的末端治理手段只在一定时期和局部地区起到一定作用,但并未从根本上解决污染问题,反而降低了生态效率,引起它的动荡。另外,市场经济规律决定企业的主要目标是追求经济效益,而在纯粹的末端治理过程中,企业没有任何经济利益可以获得,并且末端治理技术成本昂贵,这无疑都降低了经济效率,从而导致生

态效率波动。

第二个阶段是向循环经济发展模式的转变。具体而言,循环经济倡导一种人类活动与地球环境和谐的经济发展模式,也就是兼顾生态效率与经济效率。它要求把经济活动组织成一个“资源—产品—再生资源”的反馈式流程,所有的物质和能源要能在这个不断进行的经济循环中得到合理和持久的利用,从而把经济活动对自然环境的影响降到尽可能小的程度。它本质上是一种生态经济,它要求系统内部要以互联的方式进行物质交换,以最大限度利用进入系统的物质与能量,从而能够形成“低开采、高利用、低排放”的结果。我国化工业在“十二五”开端,从生态效率评价的角度说明了我国化工业正处在向循环经济发展模式的转变期间,并且循环经济兼顾生态环境与经济,达到了生态效率值有效。

3.3 我国化工业生态效率的对比结果分析

如图 1,CCR-I 模型和 CCR-O 模型的生态效率值一致。这是因为 CCR 模型采用线性规划的单纯形解法,其解具有对偶性,所以同一模型的 I(投入型)与 O(产出型)的解法一致,生态效率值也就一致。

对比 CCR-I、CCR-O、BCC-I 和 BCC-O 模型,可以发现 4 条曲线的拐点和趋势一致,只是幅度有所不同。CCR 模型是基于非规模化下的生态效率测量,体现了一种静态的变化。从 CCR 模型的走势上可以发现,它的走势较为平缓,一直处于稳步上升的状态。这与我国化工业发展历程相吻合,从低生态效率的末端治理向高生态效率的循环经济的转变。对比而言,BCC 型是基于规模效益的基础上测算的生态效率,更具有动态性。首先,企业规模的扩大,可以使用更大型和更有效率的机器设备,设备的规模成本指数降低。再者,从整个企业经营的角度来说,水平并购会带来大规模采购的收益。采购量的增加增强了企业在要素市场上的地位,这种地位表现为企业讨价还价的能力以及获取信息能力的增强等,从而带来采购上的规模经济。另外,规模化还会使企业能够进行更专业化的分工,这样会提高效率 and 节约成本。从生态效率的角度来看,规模化更能够促进生态效率和经济效率的提高,兼顾生态与经济。

3.3.1 对比 CCR-I 与 CCR-O 模型

如表 1,CCR-I 模型和 CCR-O 模型的生态效率值一致。这是因为 CCR 模型采用线性规划的单纯形解法,其解具有对偶性,所以同一模型的 I(投入

型)与 O(产出型)的解法一致,生态效率值也就一致。

3.3.2 对比 CCR-I 与 BCC-I 模型

I 模型是追求产出不变,寻求最小投入,即资源消耗量的最小化。而 CCR 模型与 BCC 模型最大的区别在于是否考虑了规模化发展的因素。在 BCC-I 模型下,即追求投入最小的规模化,企业存在着技术经济效应,也就是企业可以通过大规模生产,实现劳动分工在更深层次的展开,从而提高技术效率,并且采用大型的生产效率更高的设备大规模生产,从而降低生产成本和资源消耗量,这大幅促进了经济效率和生态效率。所以从图 1 上看,BCC-I 模型的曲线趋于平缓,且生态经济效率一直处于较高的水平。而 CCR-I 模型则体现了我国化工业大多数企业经历的一个治理环境问题的历程,即生态效率有波动地增长,从末端治理逐步走向循环经济。

3.3.3 对比 BCC-I 与 BCC-O 模型

BCC 模型是在考虑规模化下建立的模型。BCC-I 曲线与 BCC-O 曲线之所以波动幅度相差这么大,主要是因为 I 模型追求产出不变下的最小投入,O 模型追求投入一定下的最大产出。在规模化下,最小资源投入可以通过提高生产设备技术效率进行控制,从而提高生态经济效率,所以,它的生态经济效率一致趋于平稳,且生态经济效率较高。但是,在规模化下,以市场利润为衡量的最大产出却是不可控的,它需要受到市场的左右,所以,它的生态经济效率的增长波动更为明显。

3.3.4 对比 CCR-O 与 BCC-O 模型

O 模型是追求投入一定下的最大产出,即经济利益的最大化。而 CCR 模型与 BCC 模型最大的区别在于是否考虑了规模化发展的因素。CCR-O 与 BCC-O 模型之所以曲线走向相同,但是波动幅度不同,主要是因为规模化和非规模化受市场的影响程度有所不同。规模化受市场的影响程度更加大,所以曲线震荡幅度更大,而非规模化则类似小农经济,独守一隅,自给自足,受市场经济的影响更小,曲线走势更为平缓。

4 结语

(1)生态效率是衡量经济活动在创造经济价值

的同时,也能兼顾生态效益的平衡,即经济活动向市场提供的产品和服务不仅应有尽可能低的成本而且要保持原材料和能源的有效利用。生态效率是当前循环经济的重要衡量指标,也是建立健康持续产业模式的指示。

(2)我国化工业生态效率的曲线走向表明,2003—2012 年我国化工业的发展经历了末端治理模式,并开始向循环经济发展模式转变,实现了行业发展模式的跨越,生态效率的提高,以及行业发展趋于良性。循环经济倡导一种人类活动与地球环境和谐的经济发展模式,也就是兼顾生态效率与经济效率。未来化工业必须依靠循环经济,从 3R(Reduce、Reuse、Recycling)入手,以“低开采、高利用、低排放”为目标,最终走向可持续化发展道路。

(3)非规模化与规模化对比而言,规模化对市场依赖程度更高,生态效率更加容易受到市场的干扰,也导致近十年的我国化工业生态效率曲线波动幅度更加剧烈。另外,企业规模化生产,使得劳动分工在更深层次的展开,从而提高技术效率,采用大型的生产效率更高的设备大规模生产,大大降低生产成本和资源消耗量,这大幅促进了经济效率和生态效率。

(4)以投入最小化(I 模型)和产出最大化(O 模型)为目标的两种模型中,I 模型能够更加客观地反映了生态效率值。这是由于产出最大化往往以市场利润作为衡量标准,受市场的波动较大,生态效率值也会受到一定影响。

参考文献

- [1] Chung Y, Färe R. Productivity and undesirable outputs: A directional distance function approach [J]. *Journal of Environmental Management*, 1997.
- [2] 袁晓玲,张宝山,杨万平. 基于环境污染的中国全要素能源效率研究[J]. *中国工业经济*, 2009, (2): 76-86.
- [3] 杨文举. 中国地区工业的动态环境绩效: 基于 DEA 的经验分析 [J]. *数量经济技术经济研究*, 2009, (6): 87-98.
- [4] 张炳,毕军,黄和平,等. 基于 DEA 的企业生态效率评价: 以杭州湾精细化工园区企业为例 [J]. *系统工程理论与实践*, 2008, (4): 159-166.
- [5] 彭毅,聂规划. 基于 DEA 的煤炭行业企业生态效率评价方法 [J]. *技术经济管理*, 2011, 16(2): 110-113. ■