

Research Progress on Environmental Efficiency at Home and Abroad

Jingrong Sun

School of Tourism and Social Management, Nanjing Xiaozhuang University, Nanjing Jiangsu
Email: wenjing581@126.com

Received: Nov. 29th, 2019; accepted: Dec. 12th, 2019; published: Dec. 19th, 2019

Abstract

As an effective tool to measure the coordination degree of human economic development and environmental protection, relevant organizations and institutions have carried out in-depth research on it and achieved a lot of research results, at present, the application research on environmental efficiency has penetrated into various fields, since it was put forward in the early 1990s. This study mainly analyzes the concept and connotation of environmental efficiency, environmental efficiency index system, environmental efficiency research method system, regional environmental efficiency, industrial environmental efficiency, enterprise environmental efficiency, product environmental efficiency, etc. Finally, on the basis of the above analysis, the future research of environmental efficiency is prospected from the aspects of measurement model, research index system and research scale, so as to bring reference significance to the further development of environmental efficiency in the future.

Keywords

Environmental Efficiency, Research Progress, Research Prospect

国内外环境效率研究进展

孙景荣

南京晓庄学院旅游与社会管理学院, 南京 江苏
Email: wenjing581@126.com

收稿日期: 2019年11月29日; 录用日期: 2019年12月12日; 发布日期: 2019年12月19日

摘要

环境效率作为一种衡量经济发展与环境保护协调度的有效工具, 自20世纪90年代初提出以来, 相关组织

和机构对其进行了深入研究，并取得了大量的研究成果，目前关于环境效率的应用研究已经渗透到各个领域。本研究主要从环境效率的概念内涵、环境效率指标体系、环境效率研究方法体系、区域环境效率、行业环境效率、企业环境效率、产品环境效率研究等方面进行分析。最后，在上述分析的基础上，从测度模型、研究指标体系、研究尺度等方面对环境效率未来研究进行了展望，以期对未来环境效率的深入发展带来借鉴意义。

关键词

环境效率，研究进展，研究展望

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

自 1987 年世界环境与发展委员会在《我们共同的未来》中正式提出可持续发展以来，已经被世界各国广泛接受，成为各国政府制定政策基本立足点和一种普遍的政策目标。可持续发展虽然指出发展的目标，但是其本身没有指明实现这种目标的方法[1]，为此，各国学者和国际组织在这方面做了大量研究，提出了一些富有价值的测度方法，环境效率便是其中一种。环境效率作为一种新的定量测度可持续发展的方法[2]，在 20 世纪 90 年代初被提出后，备受各国政府和学界的关注。由于测量环境效率可以为政策制定者制定可持续发展政策提供有用的信息[3]，被越来越多的国家和国际组织应用到实践中；与此同时，学界对环境效率也进行广泛讨论，本文通过对环境效率的概念内涵、环境效率指标体系、环境效率研究方法体系、区域环境效率、行业环境效率、企业环境效率和产品环境效率等相关研究深入分析基础上，对环境效率未来发展进行展望，以期对未来环境效率的深入发展带来借鉴意义。

2. 环境效率概念及维度指标研究

2.1. 环境效率概念研究

环境效率最早由 Schaltegger 和 Sturm 在 1990 年首次提出[4]，目前具有代表性的定义有：世界可持续发展工商理事会将环境效率定义为通过提供具有价格优势的服务和商品，在满足人类高质量生活需求的同时，把整个生命周期中对环境的影响降到至少与地球的估计承载力一致的水平上[4]，强调从商业的视角来定义；经济发展合作组织(OECD)定义为生态资源满足人类需求的效率，属于对环境效率的更广泛的一种定义[5]；欧洲环境署 EEA 将环境效率定义为以最少的自然资源的投入创造更多的福利[6]；联合国贸易与发展会议将环境效率定义为增加或者不减少股东价值的同时，减少对环境的破坏的战略[7]通过比较可知，由于对环境效率的定义的视角、定义的主体、应用的领域的差异，使得环境效率有不同的定义和解释，但是所有定义的核心思想基本一致，即追求经济价值最大化同时，实现环境影响程度最小化。

2.2. 环境效率维度指标研究

环境效率维度包括两方面：经济维度和环境维度，经济维度指标的选择可使用经济方面的成本或者经济价值的增加，相应的环境的标量可以表示为对环境影响的提高和对环境破坏等。由于两个维度概念的宽泛性以及评价尺度、评价目标、评价主体、评价客体等差异性，从而对环境效率维度指标产生了不同的解读，导致指标选择的不确定性，至今没有形成公认的指标标准。

环境维度分析包含环境维度指标的选择和环境维度指标的整合或集成两方面。在环境维度指标的选择方面,世界可持续发展工商委员会推荐七个环境指标,即能源消耗、原材料消耗、水消耗、温室其他排放、臭氧层消耗物质排放、酸化气体的排放和废弃物总量[8];和 UNCTAD 的报告中推荐 5 个环境指标,即不可再生能源消耗、水资源消耗、温室气体排放、破坏臭氧层物质的排放、固体和液体废弃物[4];尽管研究选择的环境维度指标不尽相同,但参考上述指标的研究较多;对于指标集成的研究还没有形成共识[9]。目前这方面的研究主要有,通过能值分析法[9]、生态足迹法[10]、权重法[11]来集成环境影响各变量。经济维度指标主要选择 GDP、总收入增加值[11]、销售净利、毛利、成本[12]、生产量等来表征经济维度指标。这些指标的选取存在许多争议,例如选择 GDP 指标不能揭示经济结构的变化情况[13],有学者在产品尺度环境效率评价时,认为产品的经济价值不能完全反映产品的价值,因为其没有包含产品的质量[14]。对经济指标评价方法主要有成本效益分析和生命周期成本法。

3. 环境效率研究方法研究

3.1. 单一比例法

环境效率被定量化基于经济和环境的比率。指标每部分表达积极或者消极的,例如来经济方面的价值增加或者成本,来自环境提高或者环境破坏等。一般的环境效率指标定成本和环境提高或者价值创造和环境破坏[15],用来公式来表示:环境效率 = 产品或者服务价值/环境影响或者环境效率 = 环境影响/产品或者服务的价值。

3.2. 数据包络分析法

数据包络分析法式是运筹学、管理学与数理经济学交叉研究的一个领域,最早由 Charnes 与 Cooper 等人在 1978 年创建的,目的评价决策单元的相对效率,主要用线性规划模型来评价具有相同类型的多投入和多产出的决策单位是否具有技术有效和规模有效的非参数统计方法,同时也是估计生产前沿面的一种有效方法,优点是无需对基本的生产函数做出明确定义,正式由于这种优势受到学界重视[16] [17] [18]。

4. 环境效率模型应用研究

目前,国内外对环境效率模型的应用已经渗透到各个领域和行业,以行业、企业和产品等中微观尺度的研究居多,对区域、国家的研究相对较少,随着研究的不断深入,开始对多尺度、多领域等进行动态的研究分析,目前国内外的研究主要集中在以下几个领域:

4.1. 区域环境效率研究

对区域层面的研究比较多,研究主要集中于区域环境效率的测度、区域环境效率的差异、区域环境效率的影响因素等方面,孔元等采用数据包络分析测度中国 29 个省份的 2001~2008 年间的环境效率,并且分析比较了地区间贸易往来关系和地理邻接关系两种渠道下的环境效率溢出效应,研究表明,两种环境效率的溢出模式不同,前者是正向溢出效应,后者是负向作用[19] Halkos and Tzeremes 通过条件径向距离函数,验证了区域环境效率与经济增长的关系,结果显示,英国各省份的人均 GDP 和环境效率呈现出负相关,但在人均 GDP 达到一定水平后,则呈现正相关的关系,总的来讲,人均 GDP 和环境效率的关系呈现出 U 的形状[20]。

4.2. 行业环境效率研究

行业层面的研究中,环境效率多采用企业平均值的方法,对行业环境效率进行评价。目前在行业层面的应用主要集中在农业[21] [22] [23]、工业[24]、建筑业[25]、电力[26] [27] [28] [29]等,对服务业环境

效率研究相对薄弱。由于各行业之间的差异,在选择环境指标和经济指标上往往不同,从而使得目前对行业环境效率评价指标体系和评价模型不尽相同,环境效率在行业层面的应用仍需要进一步探索。主要研究有:佟连军等运用 DEA 和 SFA 测算了辽宁沿海经济带 2001~2009 年工业环境效率和产出弹性,在此基础上利用 Tobit 构建多元线性回归,结果表明,2001~2009 年,辽宁沿海经济带工业环境效率有大幅提高,与理想状况有一定差距[30]。章锦河等以黄山和九寨沟的旅游废弃物的生态效率进行了分析,结果显示,相对于国外风景区旅游生态效率而言,九寨沟和黄山两旅游地的生态效率值偏大,对生态环境影响深远[31]。Mandal and Madheswaran 运用数据包络法分析和方向性距离函数,对水泥业环境效率进行了分析,结果表明,水泥业环境效率有很大的提升空间,结果还表明水泥业面临的环境管制有潜力提高期望产出和减少非期望产出在既定投入情况下,然而,如果管制的成本要高于所带来的期望产出时,管制的可行性就变得很低[32]。

4.3. 企业环境效率研究

企业是环境效率应用研究非常重要的研究领域,评价企业层面的环境效率,可以引导和有效提高企业实现可持续发展。但由于企业规模方面的差异,各企业在计算环境效率方法方面有所区别,大型企业由于数据相对完善,因此他们可自行开发或者利用相关机构的开发的方法,来分析自身的环境效率,为制定企业可持续发展提供决策依据,并且已经形成一套比较完善体系,从简单的环境效率的评价逐渐向基于环境效率环境管理转向。环境效率模型可以为企业决策者提供理论依据,同时也是企业改善环境和经济表现的重要分析工具和手段[33]。主要的研究有:张炳等在现有环境效率评价方法基础上,将污染物排放作为一种非期望产出引入到数据包络分析模型中,来构建企业生态效率评价的指标体系,结果显示,该园区的 43 家企业中有 26 家企业生态效率相对有效,占到总数的 60.5%,其余 17 家企业生态效率无效的原因为规模无效和技术无效[34]。Khanna and Kumar 主要运用方向性距离函数对公司尺度的环境效率进行了分析,并采用截尾回归分析和自助法对环境效率的影响的因素进行了分析[35]。中小型企业由于规模小,排污小,但数量众多,成分复杂,在区域层面的排污量中占相当的比重[36],因此,对中小企业环境效率进行评价具有重要的意义,但是评价难度较大,需要进一步研究。

4.4. 产品环境效率研究

环境效率是一种最有效的测度产品可持续性的方法。提高产品环境效率,可以同时实现提高产品价值和减少环境影响两方面的目标,Lozano 等运用了 Russell 非径向测量方法来测量家用电子产品的生态环境效率,结果表明,移动手机、台式电脑和吸尘器的生态环境效率达到最优效率水平的,仅有手机最优规模效率水平,咖啡机、熨斗和电视是生态环境效率最低的产品,洗衣机,吹风机和冰箱的生态效率处于中间水平[37];Vercalsteren 等运用生态指标 99 的方法,对公众活动中常用的四个类型水杯的生态效率进行分析,结果表明,对于选择最支持环境的杯子很难,生态效率揭示了没有最好的杯子可供选择[38]。Park 等的研究揭示装有充电电池的数码相机产品生态效率的价值高于使用碱性电池的产品[39];Breedveld 等评价意大利瓷砖生产过程中的纤维过滤器的环境影响,结果表明纤维过滤器对环境造成的影响比较小,可以作为提高生态效率技术[40]。

5. 研究展望

通过对国内外环境效率综述,以后在以下几个方面加强研究。

(1) 在研究模型方面,加强社会维度和环境效率耦合研究,可持续发展理念强调经济、环境和社会协调发展,目前对环境效率的研究主要侧重于经济和环境维度,模型中没有嵌入社会维度,从而使备受

批评, 以后要加强环境效率与社会维度耦合的研究, 突破二维模型, 建立基于环境效率视角的可持续发展评价体系和分析架构, 这样更符合可持续发展理念, 研究结论更具有普适性;

(2) 在维度指标方面, 加大对指标选择的研究, 首先在对维度指标选择时, 要注意区分维度指标在不同空间尺度的差异性, 建立基于不同空间尺度的维度指标体系; 其次对环境维度指标研究要考虑到生态系统的自净能力和恢复能力, 基于经济活动对环境产生的直接影响; 最后加大对环境维度指标集成方法的研究。

(3) 在研究领域方面, 目前环境效率重点集中农业、食品业、制造业等, 对服务业研究相对较少, 如旅游业, 尽管服务业对环境影响相对较小, 但也不容忽视, 加大服务业的环境效率的研究, 并且对行业内和行业间进行对比分析, 探索内在影响路径和形成机制等; 另一方面加大对回收利用系统的环境效率研究。

(4) 在研究尺度方面, 时间尺度上, 一方面加大生态效率大跨时间序列研究; 另一方面加大对环境效率时间序列效应的分解研究, 揭示隐含在时间序列数据中的多尺度变动规律; 空间尺度上, 加大对不同空间尺度和不同经济背景的生态效率进行分析, 揭示生态效率空间差异性, 差异收敛性、影响因素、内在机制以及不同空间尺度下环境效率的联系和区别等。

基金项目

教育部人文社会科学研究青年项目(15YJC790092)。

参考文献

- [1] Mickwitz, P., Melanen, M., *et al.* (2006) Regional Eco-Efficiency Indicators: A Participatory Approach. *Journal of Cleaner Production*, **14**, 1603-1611. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.05.025>
- [2] Huppes, G. and Ishikawa, M. (2005) A Framework for Quantified Eco-Efficiency Analysis. *Journal of Industrial Ecology*, **9**, 25-41. <https://doi.org/10.1162/108819805775247882>
- [3] Picazo-Tadeo, A.J., Gomez-Limon, J.A., *et al.* (2011) Assessing Farming Eco-Efficiency: A Data Envelopment Analysis Approach. *Journal of Environmental Management*, **92**, 1154-1164. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.11.025>
- [4] World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (2000) Measuring Eco-Efficiency: A Guide to Reporting Company Performance. WBCSD, Geneva.
- [5] OECD (1998) Eco-Efficiency. Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD), Paris.
- [6] European Environment Agency (1999) Making Sustainability Accountable: Eco-Efficiency, Resource Productivity and Innovation. EEA, Copenhagen.
- [7] United Nations Conference on Trade and Development (2003) Integrating Environmental and Financial Performance at the Enterprise Level: A Methodology for Standardizing Eco-Efficiency Indicators. United Nations Publication, Geneva, 29-30.
- [8] United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (2003) Integrating Environmental and Financial Performance at the Enterprise Level: A Methodology for Standardizing Eco-Efficiency Indicators. United Nations Publication, Geneva.
- [9] Li, D., Zhu, J., *et al.* (2011) An Energy Analysis-Based Methodology for Eco-Efficiency Evaluation of Building Manufacturing. *Ecological Indicators*, **11**, 1419-1425. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.03.004>
- [10] Li, D.Z., Hui, E.C.M., *et al.* (2010) A Methodology for Eco-Efficiency Evaluation of Residential Development at City Level. *Building and Environment*, **45**, 566-573. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.07.012>
- [11] Van Middelaar, C.E., Berentsen, P.B.M., *et al.* (2011) Eco-Efficiency in the Production Chain of Dutch Semi-Hard Cheese. *Livestock Science*, **139**, 91-99. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.013>
- [12] Ciroth, A. (2009) Cost Data Quality Considerations for Eco-Efficiency Measures. *Ecological Economics*, **68**, 1583-1590. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.08.005>
- [13] Wursthorn, S., Poganietz, W.-R., *et al.* (2011) Economic-Environmental Monitoring Indicators for European Countries: A Disaggregated Sector-Based Approach for Monitoring Eco-Efficiency. *Ecological Economics*, **70**, 487-496. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.09.033>

- [14] Park, P.-J., Tahara, K., *et al.* (2007) Product Quality-Based Eco-Efficiency Applied to Digital Cameras. *Journal of Environmental Management*, **83**, 158-170. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.02.006>
- [15] Charmondusit, K. and Keartpakpraek, K. (2011) Eco-Efficiency Evaluation of the Petroleum and Petrochemical Group in the Map Ta Phut Industrial Estate, Thailand. *Journal of Cleaner Production*, **19**, 241-252. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.01.013>
- [16] Oggioni, G., Riccardi, R., *et al.* (2011) Eco-Efficiency of the World Cement Industry: A Data Envelopment Analysis. *Energy Policy*, **39**, 2842-2854. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.02.057>
- [17] 黄杰. 中国能源环境效率的空间关联网结构及其影响因素[J]. 资源科学, 2018, 40(4): 759-772.
- [18] 汪克亮, 史利娟, 刘蕾, 杜宇, 孟祥瑞, 杨宝臣. 长江经济带大气环境效率的时空异质性与驱动因素研究[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(3): 453-462.
- [19] 孔元, 冯冰. 经贸、地理关联与地区间环境效率溢出[J]. 南方经济, 2012(2): 27-38.
- [20] Halkos, G.E. and Tzeremes, N.G. (2013) A Conditional Directional Distance Function Approach for Measuring Regional Environmental Efficiency: Evidence from UK Regions. *European Journal of Operational Research*, **227**, 182-189. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.12.009>
- [21] 蔡荣, 汪紫钰. 中国玉米生产的环境效率及其时空分异——兼论玉米临时收储政策的环境影响[J]. 农林经济管理学报, 2019, 18(5): 569-578.
- [22] 李燕. 农业环境效率的时空演变及收敛性: 1978-2015[J]. 生态经济, 2019, 35(10): 108-112.
- [23] 孟祥海, 周海川, 杜丽永, 沈贵银. 中国农业环境技术效率与绿色全要素生产率增长变迁——基于种养结合视角的再考察[J]. 农业经济问题, 2019(6): 9-22.
- [24] 蔡婉华, 叶阿忠. 工业大气环境效率、要素流动与经济产出互动关系研究[J]. 软科学, 2019, 33(11): 47-52.
- [25] 冯博, 王雪青. 中国建筑业能源经济效率与能源环境效率研究——基于 SBM 模型和面板 Tobit 模型的两阶段分析[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2015, 17(1): 14-22.
- [26] 姜雯昱. 电力行业区域环境效率时空差异及其影响因素研究[J]. 统计与决策, 2018, 34(21): 135-138.
- [27] 李力春. 中国各省份火电行业技术效率及其环境影响因素实证研究[J]. 经济问题, 2018(1): 71-77.
- [28] 赵天燕, 孙涛, 郭文. 火力发电企业环境效率及全要素生产率[J]. 财贸研究, 2015, 26(5): 19-25.
- [29] 孙鹏, 雷蕾, 楼润平. 电力产业环境效率评价及与可再生能源电力的互动关系——基于非期望产出的 DEA 方法[J]. 石家庄经济学院学报, 2015, 38(3): 32-37.
- [30] 佟连军, 宋亚楠, 韩瑞玲, 等. 辽宁沿海经济带工业环境效率分析[J]. 地理科学, 2012, 32(3): 294-300.
- [31] 章锦河. 旅游废弃物生态影响评价——以九寨沟、黄山风景区为例[J]. 生态学报, 2008, 28(6): 2764-2773.
- [32] Mandal, S.K. and Madheswaran, S. (2010) Environmental Efficiency of the Indian Cement Industry: An Interstate Analysis. *Energy Policy*, **38**, 1108-1118. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.063>
- [33] 毛建素, 曾润, 杜艳春, 等. 中国工业行业的生态效率[J]. 环境科学, 2010, 31(11): 2788-2794.
- [34] 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.
- [35] Khanna, M. and Kumar, S. (2011) Corporate Environmental Management and Environmental Efficiency. *Environmental and Resource Economics*, **50**, 227-242. <https://doi.org/10.1007/s10640-011-9469-7>
- [36] Hillary, R. (2000) Small and Medium-Sized Enterprises and the Environment: Business Imperatives. Greenleaf Publishing, Sheffield, 11-23.
- [37] Lozano, S., Adenso-Diaz, B. and Barba-Gutierrez, Y. (2011) Russell Non-Radial Eco-Efficiency Measure and Scale Elasticity of a Sample of Electric/Electronic Products. *Journal of the Franklin Institute-Engineering and Applied Mathematics*, **348**, 1605-1614. <https://doi.org/10.1016/j.jfranklin.2011.02.005>
- [38] Vercauteren, A., Spirinckx, C. and Geerken, T. (2010) Life Cycle Assessment and Eco-Efficiency Analysis of Drinking Cups Used at Public Events. *International Journal of Life Cycle Assessment*, **15**, 221-230. <https://doi.org/10.1007/s11367-009-0143-z>
- [39] Park, P.J., Tahara, K. and Inaba, A. (2007) Product Quality-Based Eco-Efficiency Applied to Digital Cameras. *Journal of Environmental Management*, **83**, 158-170. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.02.006>
- [40] Breedveld, L., Timellini, G., Casoni, G., *et al.* (2007) Eco-Efficiency of Fabric Filters in the Italian Ceramic Tile Industry. *Journal of Cleaner Production*, **15**, 86-93. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.08.015>