

# 综合福利视角下中国生态文明建设绩效评价及国际比较

龙亮军<sup>1,2</sup>

(1. 清华大学国情研究院, 北京 100084; 2. 清华大学公共管理学院, 北京 100084)

**摘要:** 基于强可持续研究范式,以生态经济学和可持续发展理论为基础,运用两阶段网络 Super-EBM 模型进行绩效测算和评价,打开生态福利转化过程的“黑箱”,基于综合福利视角将生态文明建设绩效进一步分解为生态经济效率和经济福利效率,实证研究部分选取 2006-2015 年的时间序列数据对中国“十一五”和“十二五”期间的生态文明建设绩效水平进行纵向分析,与此同时,选取 42 个国家 2014 年的截面数据进行横向的国际对比研究。研究表明:(1)“十一五”到“十二五”期间,中国生态文明建设绩效(0.986)整体水平一般,均未实现 DEA 有效,但“十二五”期间已呈现出逐年改善的利好趋势。国际比较层面,瑞士(1.647)、印度尼西亚(1.365)、爱尔兰(1.039)依次排名前三位,中国(0.297)排名相对靠后,位列倒数第二。各国之间差异较大,总体上呈现出“OECD 国家(0.677)最高、G20 国家(0.611)次之、金砖国家(0.417)最低”的态势。(2)从分阶段效率来看,无论是纵向分析还是横向对比,均发现第一阶段的生态经济效率明显低于第二阶段的经济福利效率,生态经济效率偏低是导致生态文明建设绩效总体水平偏低的主要原因。(3)与传统的单阶段、径向或非径向 DEA 模型相比,两阶段网络 Super-EBM 模型综合考虑了径向和松弛变量问题,测算出来的效率值更为精确,能够更为客观地反映现实。同时,对于其他领域涉及两阶段或多阶段生产系统的效率或绩效评估具有较好的借鉴价值。最后,根据上述结论提出相应的政策建议。

**关键词:** 强可持续;生态福利;生态文明建设绩效;网络 Super-EBM 模型;国际比较

生态文明建设是“五位一体”总体布局和“四个全面”战略布局的重要内容<sup>[1]</sup>。生态文明建设关系人民福祉、关乎民族未来,党的十九大报告进一步指出生态文明建设是中华民族永续发展的根本大计、千年大计<sup>[2]</sup>。生态文明建设的成效如何关系到美丽中国目标的最终实现程度,需要建立科学合理的考核制度来推进生态文明建设的有效实施。为此,2015 年 9 月,中共中央国务院印发了《生态文明体制改革总体方案》,并明确提出要完善生态文明绩效评价考核和责任追究制度<sup>[3]</sup>。近年来,中国生态环境质量有所改善,生态文明建设取得积极进展,但整体形势严峻,与发达国家相比,中国生态文明建设水平仍有较大提升空间<sup>[4]</sup>。如何客观准确地评价中国生态文明建设绩效水平,并与世界主要国家进行对比分析,找出中国当前生态文明发展存在的差距与不足,进而为推动中国生态文明建设提出针对性的政策建议,具有重要的现实指导意义。

中国的生态文明建设在国际社会获得了越来越多的认可,被联合国认为是实施全球可持续发展的中国方案<sup>[5]</sup>。生态文明建设的评价研究经历了从弱可持续到强可持续研究范

收稿日期: 2018-11-18; 修订日期: 2019-03-26

基金项目: 中国博士后科学基金项目(2018M631504)

作者简介: 龙亮军(1988-),男,江西永新人,博士,助理研究员,研究方向为生态文明建设与可持续发展。

E-mail: alan\_long888@163.com

式的转变。弱可持续研究范式强调的是生态、社会和经济三者之间的并列关系<sup>[6]</sup>。目前大多数研究基于线性加和的简单方法并以综合指数或综合得分的形式进行排名和评价。耶鲁大学和哥伦比亚大学于2000年联合提出了环境可持续发展指数(ESI),并在ESI的基础上,提出了全球环境绩效指数<sup>[7]</sup>(EPI)。北京林业大学暨国家林业局生态文明研究中心于2010年首次提出了生态文明指数<sup>[8]</sup>(ECI)。中国科学院可持续发展战略研究组于2006年提出了资源环境绩效指数<sup>[9]</sup>(REPI)。这些指数的测算虽然同时考虑了经济、社会和生态三个子系统的发展状况,但都是建立在三者之间互为并列关系、可简单加和的基础上。而强可持续研究范式强调生态、社会和经济三者之间是依次包含关系,即生态系统包含社会系统和经济系统,强调社会经济发展始终受到资源环境的约束,这一观点已经在全球范围内受到一致认可和关注,也是推动全球可持续发展的根本动力所在。因此,如何在有限的生态规模范围内持续为人类提供较高的福利水平(生活质量)是全球可持续发展和中国生态文明建设的核心议题。德国学者Schaltegger等<sup>[10]</sup>于1990年首次提出了生态效率的概念,并将生态效率定义为经济增长与环境影响的比值。此后部分研究机构和学者从效率视角也纷纷提出了生态效率的概念<sup>[11]</sup>,并将生态效率作为衡量国家或区域可持续发展状况主要评价工具之一,但生态效率的本质内涵是生态投入在一定情况下的GDP最大化。在生态效率的基础上,英国智库新经济基金会(NEF)于2006年基于环境福利视角首次提出了“幸福星球指数”(HPI),并将其定义为幸福生活年限与生态足迹的比值<sup>[12]</sup>。国内学者诸大建等<sup>[13-14]</sup>基于强可持续的研究范式基于生态福利绩效的视角运用单一比值法测算其效率水平,分别从国家、省级层面进行可持续发展评价。龙亮军等<sup>[15]</sup>从城市层面进行基于投入产出视角构建城市生态福利绩效评价指标体系来进行城市可持续发展评价。研究方法上,主要采用DEA方法以及不同的DEA模型如CCR模型、超效率DEA模型、Super-SBM模型等从投入产出视角对可持续发展效率和生态文明建设绩效进行测算,并且大多数研究都从单个阶段视角进行测算和分析<sup>[16]</sup>。

综上所述,现有相关主题的研究为本文研究思路提供了一定的借鉴和参考,但也存在一定的不足:(1)目前大多数研究虽然考虑了经济、社会、生态等多个维度,但最终通过线性加总以综合指数或总得分的形式来进行排序和评价,部分环境指标容易被较高的经济指标掩盖,这就等于变向地承认了自然资本可以被人造资本替代,仍没有走出弱可持续的研究范式,不利于真正实现生态文明;(2)传统的基于指数综合得分或单一比值的评价研究,无法解决关键资源环境指标应该进一步改进多少的问题;(3)部分研究虽然运用DEA方法进行了生态文明建设的绩效评价,但都是将整个生态福利转化过程视为一个“黑箱”,进行单阶段的DEA效率测算,无法识别出分阶段的有效性。鉴于此,本文基于强可持续的研究范式,运用两阶段网络Super-EBM模型,将生态文明建设绩效分解为生态经济效率和经济福利效率,进行测算和评价并对各阶段效率单独分析,最后基于冗余度分析指出效率改进的方向。

## 1 生态文明建设绩效的概念内涵与研究框架

生态文明涉及生态、社会、经济三个系统,没有社会经济文明提高的生态环境保护是缘木求鱼,没有生态环境保护的社会经济发展是竭泽而渔。生态文明建设的理论基础是“可持续发展”<sup>[17]</sup>。生态文明建设要处理好两个重要关系:(1)处理好经济增长与资源环境的关系,要有生态门槛的概念,即在人类生态足迹不超过地球生态承载能力的基

础上实现经济增长与提高福利水平。(2) 处理好经济增长与社会福利的关系, 要有福利门槛的概念, 即在经济增长对社会福利的边际收益递减的时候关注非经济方面 (主观福利) 对提高人类福利的作用<sup>[6]</sup>。生态文明建设绩效的本质内涵就是以较少的生态投入 (生态损耗) 获取较高的福利水平 (生活质量)。换言之, 生态文明建设绩效的提升, 就是要在生态门槛内用较少的资源和环境污染排放来提高人们的生活质量, 提升人们的幸福感和满意度。

Daly<sup>[18]</sup>于1997年提出了可持续发展经济学的效率观念, 将发展绩效分解为生产效率和服务效率: (1) 在生产效率上 ( $GDP/EF$ ), 让经济增长与自然消耗脱钩, 即经济增长是低物质化的, 这意味着资源节约型和环境友好型的生产和消费; (2) 在服务效率上 ( $WB/GDP$ ), 让生活质量 (客观福利或者主观福利) 与经济增长脱钩, 即要求在经济增长规模得到控制或人造资本存量稳定的情况下提高生活质量, 并将发展绩效定量地表述为:

$$EP = \frac{WB}{EF} = \frac{GDP}{EF} \times \frac{WB}{GDP} \quad (1)$$

式中:  $EP$  (Eco-performance) 表示可持续发展经济学的发展绩效;  $WB$  (Well-being) 表示人类获得的客观福利或者主观福利;  $GDP$  表示由人造资本存量表现的经济增长;  $EF$  (Eco-footprint) 表示生产和消耗这些人造资本的生态足迹。从中可以看到, 可持续发展经济学的效率, 是要用最小化的自然消耗获得最大化的社会福利, 具体地说, 就是社会福利应该最大化、自然消耗应该最小化、人造资本则是足够就行<sup>[19]</sup>。

为此, 本文在借鉴 Daly<sup>[18]</sup>对可持续发展经济学的发展绩效分解的基础上, 基于综合福利视角将生态文明建设绩效分解生态经济效率和经济福利效率, 并划分为两个阶段来实现: 第一阶段是生态投入转化为经济产出的效率, 称之为生态经济效率 (也就是生态效率); 第二阶段就是经济投入转化为福利产出的效率, 称之为经济福利效率。公式推导如下:

$$ECP = \frac{WB}{EI} = \frac{GDP}{EI} \times \frac{WBs}{GDP} \quad (2)$$

式中:  $ECP$  (Ecological Civilization Performance) 表示生态文明建设绩效;  $EI$  (Ecological input) 为人均生态投入, 代表资源环境消耗; 人均  $GDP$  代表经济发展水平;  $WBs$  (Well-beings) 代表综合福利水平, 包括主观福利 (如生活满意度等) 和客观福利 (如人类发展指数等)。

在式 (2) 的基础上, 本文提出了基于两阶段生态福利转化系统网络结构 (图1) 的研究框架, 将生态文明绩效的评价划分为生态经济转化和经济福利转化两个阶段, 从投入产出角度出发, 将生态消耗作为投入, 经济发展作为中间产出, 综合福利水平作为最终产出, 构建生态文明建设绩效评价指标体系。运用两阶段网络 Super-EBM 模型测算生态文明建设的综合效率水平及分阶段效率, 进而打开生态福利转化的“黑箱”, 不仅关注

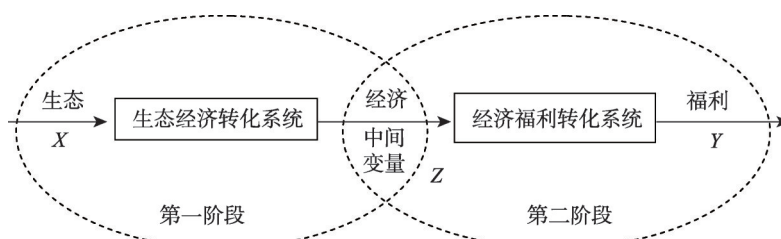


图1 两阶段生态福利转化系统网络结构

Fig. 1 Network structure of ecological well-being transformation in two stages

生态文明建设绩效的结果,更关注过程及分阶段的关联性和协调程度。

图1中,第一阶段表示生态经济转化效率,第二阶段表示经济福利转化效率。 $X$ 为投入指标,表示生态消耗; $Y$ 为产出指标,表示福利水平; $Z$ 为中间变量,表示经济发展,也是第一阶段的产出指标和第二阶段的投入指标,起着承上启下的重要作用。从图1可知,只有这两个阶段的同时高效产出才能保证较高的生态文明建设绩效水平,其中经济发展作为中间变量,强调了经济增长不是最终目的,而是提升生活质量的中间手段或媒介,这与可持续发展的理念是一致的。

## 2 研究方法 with 数据来源

本文基于强可持续研究范式,以生态经济学和可持续发展理论为基础,基于综合福利视角将生态文明建设绩效进一步分解为生态经济效率和经济福利效率,并基于DEA方法构建生态文明建设绩效评价指标体系,运用两阶段网络EBM模型进行效率测算和评价,通过分阶段效率评价和分析,打开生态文明建设过程中生态福利转化系统的“黑箱”。

### 2.1 网络 Super-EBM 模型

传统DEA模型如CCR、BCC和超效率DEA模型都是基于径向或非径向角度来测算相对效率,均存在一定的缺陷<sup>[20]</sup>:(1)传统径向模型要求所有投入产出以同比例缩减或扩张,无法涵盖松弛变量;(2)以非径向测算为基础的SBM(slack-based measure)模型虽然考虑了非径向松弛变量,但无法得到投入产出指标实际值与目标值之间的比例。为弥补传统DEA模型的不足,Tone等<sup>[21]</sup>于2010年提出了综合了径向和非径向DEA新技术的EBM(epsilon-based measure)模型,从而进一步提升了DEA模型测算的精确度。但传统DEA和EBM模型在应用时都是进行单个阶段的效率测算,即将整个生产过程看成一个“黑箱”进行评价<sup>[22]</sup>,为此,Tavana等<sup>[23]</sup>于2013年提出了多阶段的网络EBM模型。虽然Tavana等人提出的多阶段的网络EBM模型有效地解决了“黑箱”评价的问题,但没有解决多个有效决策单元无法排序的问题。为了更好地区分多个有效的决策单元,本文在借鉴张浩等<sup>[24]</sup>构建的超效率网络SBM模型的基础上,构建了两阶段非导向网络EBM超效率(super-efficiency)模型,简称Network Super-EBM模型,具体如式(3)所示。

$$\min \rho_{se} = \frac{\sum_{h=1}^H W_h (\theta^h - \varepsilon_x^h \sum_{i=1}^{m_h} \frac{w_i^{h-} s_i^{h-}}{x_{i0}^h})}{\sum_{h=1}^H W_h (\phi^h + \varepsilon_y^h \sum_{r=1}^{s_h} \frac{w_r^{h+} s_r^{h+}}{y_{r0}^h})} \quad (3)$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{j=1, j \neq k}^n x_{ij}^h \lambda_j^h + s_i^{h-} = \theta^h x_{i0}^h, i=1, \dots, m_h, h=1, \dots, H \\ \sum_{j=1, j \neq k}^n y_{rj}^h \lambda_j^h - s_r^{h+} = \phi^h y_{r0}^h, r=1, \dots, s_h, h=1, \dots, H \\ \sum_{j=1, j \neq k}^n z_{pj}^{(k,h)} \lambda_j^k = \sum_{j=1, j \neq k}^n z_{pj}^{(h,k)} \lambda_j^h, p=1, \dots, l_h, k=1, \dots, H \\ \lambda_j^h \geq 0, s_i^{h-} \geq 0, s_r^{h+} \geq 0, j=1, \dots, n, j \neq k \end{cases}$$

式中:  $w_i^h$  表示第  $h$  个节点第  $i$  个投入的权重,且满足  $\sum_{i=1}^{m_h} w_i^h = 1$ ;  $s^h$  表示第  $h$  个节点第  $i$



个投入的松弛变量； $\theta^h$ 、 $\varphi^h$ 和 $\varepsilon_x^h$ 表示径向部分的规划参数； $W_h$ 表示由决策者确定的第 $h$ 个节点的重要性。

本文将生态文明建设绩效划分为两个阶段：第一阶段为生态经济效率，第二阶段为经济福利效率。因此存在2个节点，其中经济作为中间变量，既是第1节点的产出又是第2节点的投入。本文将第一阶段和第二阶段视为同等重要，因此各节点权重相同。只有每个阶段的效率均有效的情况下，整体效率才算DEA有效。

2.2 指标体系构建

本文从生态文明建设绩效的概念与内涵出发，在参考成金华等<sup>[25]</sup>、付丽娜等<sup>[26]</sup>关于生态效率评价指标体系研究的基础上，基于DEA方法建立生态文明建设绩效评价指标体系（表1）。其中投入产出指标的选取是在参考国内外相关文献（如国内学者何传启<sup>[27]</sup>指出在未来30多年里发展主题和工作重点应该是“向生活质量进军”，全面提高人民的生活质量和生活满意度以满足人民日益增长的美好生活需要，特别是经济比较发达的地区。国外学者Chansarn<sup>[28]</sup>运用DEA方法基于考虑松弛变量的SBM模型对115个国家2008年的可持续发展效率进行测算和评价，其中将资源环境消耗（包括能源使用、电力消费和碳排放）作为投入指标，人类发展指数（HDI）作为产出指标的基础上，结合生态福利转化系统的两个阶段（生态经济转化阶段和经济福利转化阶段）并考虑到指标数据的可获得性，具体包括：（1）生态投入指标包括资源消耗和环境压力两个维度，为保证指标统计口径的统一和更好地进行国际比较，分别选取人均能源使用和人均电力消耗作为资源消耗指标，人均碳排放指标作为环境压力指标；（2）中间变量指标为经济发展水平，用人均GDP指标来表征，主要考虑到经济增长在生态文明建设过程中发挥着承上启下的作用，因此是中间手段或媒介；（3）产出指标主要是根据生态文明建设的最终目标来确定，即提升综合福利水平，主要包括客观福利和主观福利两个维度，分别由人类发展指数（HDI）和生活满意度来表征。

表1 生态文明建设绩效评价指标体系  
Table 1 Evaluation index system of ecological civilization construction performance

阶段	类别	一级指标	二级指标	单位
第一阶段 (生态经济效率)	投入指标	能源消耗	人均能源使用 ( $X_1$ )	吨石油当量
		电力消费	人均电力消费 ( $X_2$ )	兆瓦时 (Mwh)
		碳排放	人均CO <sub>2</sub> 排放 ( $X_3$ )	公吨 (MT)
第二阶段 (经济福利效率)	产出指标	经济发展	人均GDP ( $Z_1$ )	PPP国际元\$
	投入指标	经济发展	人均GDP ( $Z_1$ )	PPP国际元\$
	产出指标	客观福利	人类发展指数 ( $Y_1$ )	—
		主观福利	生活满意度 ( $Y_2$ )	—

注：为消除规模总量的影响，本文投入指标均使用人均水平进行测算。

另外，需要进一步说明的是，投入指标的设定主要借鉴Rheinhard等<sup>[29]</sup>的处理方法，即将非期望产出作为生产的投入，因此表1中将“碳排放”作为投入指标。另外，主要基于两个方面的考虑：（1）一个国家或地区在为人民提升福利水平的过程中，必然需要消耗一定的自然资源，在这个过程中，由于社会经济活动（特别是资源利用率较低的情况下）不可避免地会产生一定的碳排放，主要包括工业生产和生活消费（特别是化石能源消耗）造成的碳排放，这也是获得人类福利和经济活动产出所需要付出的代价，即环

境压力的代价,实际上也是一种投入或成本;(2)在DEA方法的实际应用中,一般将“成本型”指标作为投入指标来处理,要求指标值越小越好;而将“收益型”指标作为产出指标,要求指标值越大越好。

### 2.3 样本选取与数据来源

本文重点探讨中国生态文明建设绩效水平及其国际比较,分别从纵向和横向两个维度进行评价和对比分析。国内比较方面,主要选取2006-2015年的时间序列数据进行纵向分析,对中国“十一五”和“十二五”过去两个五年规划时期的生态文明建设绩效水平进行评价和比较分析。国际比较方面,鉴于中国既是G20国家和金砖国家的主要成员国之一,同时考虑到OECD国家的社会经济发展水平一直是中国追赶的目标,因此,在本文的横向对比研究中,主要对标G20、OECD和金砖(BRICS)国家(共42个),有利于更为深入地探讨中国与世界主要发达国家之间的差距。具体样本国家包括:(1)OECD国家:澳大利亚、奥地利、比利时、加拿大、智利、捷克、丹麦、爱沙尼亚、芬兰、法国、德国、希腊、匈牙利、冰岛、爱尔兰、以色列、意大利、日本、韩国、卢森堡、墨西哥、荷兰、新西兰、挪威、波兰、葡萄牙、斯洛伐克、斯洛文尼亚、西班牙、瑞典、瑞士、土耳其、英国、美国;(2)G20国家:美国、日本、德国、法国、英国、意大利、加拿大、俄罗斯、中国、阿根廷、澳大利亚、巴西、印度、印度尼西亚、墨西哥、沙特阿拉伯、南非、韩国、土耳其(欧盟除外);(3)金砖国家:俄罗斯、中国、巴西、印度、南非。

另外,鉴于国际统计数据存在一定的滞后性,2014年的人均能源、电力消费和CO<sub>2</sub>排放数据来自世界银行发布的2017年版《世界发展指标》,人类发展指数(HDI)来自联合国开发计划署(UNDP)2016年发布的《人类发展报告》,主观满意度的数据来自联合国发布的2016年版《世界幸福报告》,中国2006-2015年的原始数据来自《BP世界能源统计年鉴2017》《中国人类发展报告2017》《世界幸福报告2017》。

## 3 结果分析

本文基于两阶段网络Super-EBM模型,运用MaxDEA Ultra 6.16软件对中国2006-2015年的生态文明建设绩效进行测算和纵向分析,测算结果如表2所示。国际比较层面,选取42个主要国家(包括OECD、G20和金砖国家)2014年的截面数据进行横向对比研究(表3),并结合各阶段的效率进行单独分析,最后通过冗余度分析,找出中国生态文明建设与其他国家的差距与不足,并指明效率改进的方向。

### 3.1 动态变化:中国生态文明建设绩效纵向分析

根据表2可知,中国生态文明建设的绩效水平呈现出先下降后上升的变化趋势,其中2006年效率最高,2011年效率最低。总体来看,特别是近几年,呈现出逐年改善的利好趋势。如表2所示,若按照单阶段传统DEA模型的测算结果来看,位于有效生产前沿面上实现DEA相对有效的决策单元有6个,分别是2006年、2007年、2008年、2009年、2013年、2015年,占样本总数的60%。而未实现DEA有效的决策单元仅4个,分别是2010年、2011年、2012年、2014年,占样本总数的40%,样本期间总体表现较好。但根据两阶段网络Super-EBM模型的DEA有效性判断(要求综合效率值和各分阶段效率值均大于1视为DEA有效),10个决策单元中没有一个年份实现了DEA相对有效,其中最

表2 2006-2015年中国生态文明建设绩效水平变化

Table 2 Ecological civilization performance in China during 2006-2015

年份	两阶段网络 Super-EBM 模型			单阶段传统 DEA 模型		综合效率排名
	综合效率	阶段 1	阶段 2	SE-DEA	Super-SBM	
2006	1.113	1.126	0.988	1.141	1.096	1
2007	1.022	0.993	1.029	1.076	1.059	2
2008	0.997	0.971	1.026	1.048	1.026	3
2009	0.979	0.938	1.043	1.053	1.021	5
2010	0.964	0.964	1.000	0.968	0.955	7
2011	0.924	0.924	1.000	0.932	0.906	10
2012	0.943	0.943	1.000	0.953	0.924	9
2013	0.961	0.892	1.078	1.003	1.001	8
2014	0.987	0.987	0.999	0.991	0.981	4
2015	0.975	0.893	1.092	1.000	1.000	6
平均值	0.986	0.963	1.026	1.016	0.997	—

注：（1）为了便于排名比较，综合效率值为两阶段网络 EBM 模型下的超效率值；（2）阶段 1 效率为经济转化阶段的效率，阶段 2 效率为福利转化阶段的效率；（3）SE-DEA 表示基于径向、传统 DEA 模型的超效率值，Super-SBM 表示基于非径向、考虑松弛变量的 SBM 模型的超效率值。

接近 DEA 有效的是 2006 年和 2007 年（综合效率均大于 1，但因其中一个阶段有效率，另一个阶段无效，导致整体未实现 DEA 有效，总体看来非常接近实现 DEA 有效）。通过表 2 的测算结果对比可以明显看出，单阶段传统 DEA 模型的测算过程其实是一个“黑箱”操作的过程，无法了解生态福利转化系统中子过程的效率水平，进而无法分析效率低下的真正原因。而两阶段网络 Super-EBM 模型通过两个阶段的分解，得出不仅获得了综合效率，更为重要地是测算出了分阶段的效率水平，有利于进一步分析生态文明建设过程中各阶段的协调程度。

从分阶段效率来看，第一阶段的效率平均水平未实现 DEA 有效，说明自然消耗与经济增长未能实现脱钩发展，经济增长是以低效的生态投入为代价，而第二阶段的效率平均水平实现了 DEA 有效，说明经济增长对于福利水平起到明显的促进作用。在样本期间，绝大多数年份第一阶段的生态经济效率要低于第二阶段的经济福利效率，由此可见，生态经济效率不高是导致“十一五”到“十二五”期间生态文明建设绩效水平不高的主要原因，因此生态经济效率的提高是接下来重点改进的方向，同时也表明“十一五”到“十二五”期间未能较好地实现生态效率和福利效率的协调发展。

分时期来看，“十一五”期间的绩效水平逐年下降，与中国过去“高投入—高消耗—高排放”的粗放型发展模式有关，甚至以牺牲生态环境为代价来保证 GDP 增长。不过在“十二五”期间已呈现逐年好转的趋势，主要与中国“十二五”期间着力调整优化产业结构，促进节能减排行动大范围的展开有关，树立了可持续发展的生态文明理念。但从这段时期的平均水平可以看出，仍有较大的提升空间，进一步说明了中国生态文明建设还有很长的一段路要走。如何在生态门槛内，即不超过现有的生态系统的承载力水平，实现高效、优质的福利水平持续提升，进而提高人民的生活满意度和幸福感，是生态文明建设的根本出发点和落脚点。

另外，无论是传统径向 DEA 超效率模型，还是非径向、考虑松弛变量的 SBM 超效

表3 2014年生态文明建设绩效水平国际比较

Table 3 International comparison of ecological civilization performance in 2014

国家	分类	综合效率	阶段1	阶段2	排名	国家	分类	综合效率	阶段1	阶段2	排名
阿根廷	A	0.666	0.667	0.999	16	以色列	B	0.597	0.613	0.975	24
澳大利亚	A+B	0.547	0.547	0.999	28	意大利	A+B	0.780	0.824	0.947	10
奥地利	B	0.665	0.681	0.976	17	日本	A+B	0.558	0.579	0.964	27
比利时	B	0.638	0.640	0.998	22	韩国	A+B	0.351	0.363	0.965	38
巴西	B+C	0.677	0.681	0.993	15	卢森堡	B	0.802	0.812	0.988	9
加拿大	A+B	0.343	0.343	1.000	39	墨西哥	A+B	0.861	0.865	0.995	7
瑞士	B	1.647	1.611	1.022	1	荷兰	B	0.836	0.836	1.000	8
智利	B	0.622	0.645	0.963	23	挪威	B	0.965	0.956	1.010	5
中国	A+C	0.297	0.355	0.837	41	新西兰	B	0.482	0.482	1.000	34
捷克	B	0.538	0.538	1.000	29	波兰	B	0.647	0.649	0.996	20
德国	A+B	0.754	0.755	1.000	12	葡萄牙	B	0.644	0.722	0.893	21
丹麦	B	0.984	0.983	1.001	4	俄罗斯	A+C	0.368	0.368	0.998	37
西班牙	B	0.691	0.730	0.947	13	沙特阿拉伯	A	0.535	0.552	0.970	30
爱沙尼亚	B	0.437	0.441	0.992	36	斯洛伐克	B	0.579	0.637	0.909	25
芬兰	B	0.329	0.333	0.986	40	斯洛文尼亚	B	0.504	0.532	0.948	31
法国	A+B	0.657	0.690	0.952	18	瑞典	B	0.687	0.708	0.971	14
英国	A+B	0.870	0.882	0.986	6	土耳其	A+B	0.766	0.889	0.863	11
希腊	B	0.571	0.627	0.912	26	美国	A+B	0.476	0.476	1.000	35
匈牙利	B	0.652	0.730	0.893	19	南非	A+C	0.241	0.307	0.787	42
印尼	A	1.365	1.401	0.974	2	综合平均值		0.658	0.681	0.962	—
印度	A+C	0.500	0.636	0.786	32	OECD国家平均值		0.677	0.695	0.973	1
爱尔兰	B	1.039	1.015	1.024	3	G20国家平均值		0.611	0.641	0.948	2
冰岛	B	0.485	0.486	0.998	33	BRICS国家平均值		0.417	0.469	0.880	3

注：(1) A代表为G20国家，B代表OECD国家，C代表BRICS国家，A+B表示G20和OECD国家，A+C表示G20和BRICS国家；(2) 综合效率为基于两阶段网络EBM模型下的超效率值，阶段1为经济转化阶段的效率值，阶段2为福利转化阶段的效率值。

率模型（且都是单阶段测算相对效率），都高于两阶段网络Super-EBM模型测算出来的效率值，存在一定程度上的高估现象。换言之，两阶段网络Super-EBM模型测算出来的效率值更为精确，能够更为客观地反映现实。同时，对于其他领域涉及两阶段或多阶段生产系统的效率或绩效评估具有较好的借鉴价值。

3.2 国际比较:中国生态文明建设绩效横向对比

本文选取42个主要国家（包括OECD、G20和金砖国家）2014年的截面数据进行横向对比研究，基于两阶段网络Super-EBM模型，运用MaxDEA Ultra 6.16软件得到2014年42个国家的综合效率和分阶段效率，以及分组的OECD国家、G20国家和金砖国家的绩效平均水平，测算结果如表3所示。

根据表3可知，从DEA综合效率的平均值（0.658）来看，2014年42个国家的生态文明建设绩效水平偏低，且各国之间存在较大差距。瑞士（1.647）、印度尼西亚（1.365）、爱尔兰（1.039）依次排名前三位，远高于平均水平（0.658），中国（0.297）排



名相对靠后,远低于平均水平,位列倒数第二,而综合实力第一的美国(0.476),效率水平也不高,低于平均水平,仅排名第35位。各国之间差异较大,总体上呈现出“OECD国家最高、G20国家次之、金砖国家最低”的态势,这也进一步说明了金砖国家与OECD国家确实还存在较大差距。

根据DEA有效性判断,42个国家中仅瑞士和爱尔兰实现的DEA有效,占总样本比例的4.76%。印度尼西亚(1.365)虽然综合效率大于1,但第2阶段的效率(0.974)小于1,没有实现DEA相对有效,总体上,DEA无效比例高达95.24%。这也再次说明了2014年42个国家的总体生态文明建设绩效水平不高,这与部分发达国家人少地多的基本国情有关,自然资源丰富,但资源利用率不高,总量消耗大,导致整体效率不高,如美国、加拿大、澳大利亚等。另外,部分发展中国家如中国、印度、南非等均有较大的提升空间,这与这些国家过去很长一段时期内粗放型经济发展方式有关,主要表现为产业能耗高且污染排放严重。

从分阶段效率来看,第一阶段的生态经济效率要明显低于第二阶段的经济福利效率的平均值,再一次说明生态经济效率偏低是各发达国家生态文明建设绩效水平整体偏低的主要原因,生态经济效率的提升是各发达国家重点改进的方向。而以中国、印度为典型代表的发展中国家,两阶段效率都均需进一步提高并改进。

### 3.3 两阶段效率比较分析

两阶段网络Super-EBM模型的另一个优势在于能够识别出分阶段的DEA效率,打开了生态投入与福利产出转化过程的“黑箱”。根据表3可知,2014年42个样本国家阶段1(生态经济效率)和阶段2(经济福利效率)的平均值为分别为0.681和0.962。本文以此为分界点,将各国生态经济效率和经济福利效率分别划分为“高效率”和“低效率”两种类型,进而划分为四个象限进行对比分析(图2)。

如图2所示:(1)第一象限表示生态经济效率和经济福利效率都较高的“双高”模式,代表性国家有瑞士、印尼、爱尔兰、挪威和丹麦等13个国家,占样本总数的30.95%,其中瑞士和爱尔兰实现了生态效率和福利效率的协调发展;(2)第二象限表示生态经济效率较低、经济福利效率较高的“一低一高”模式,代表性国家有美国、加拿大、澳大利亚等17个国家,占样本总数的40.48%,表明接近一半的高福利水平国家的生态经济转化过程是相对无效的,其中以美国为典型代表的粗放型发展模式十分不利于促进生态文明建设;(3)第三象限表示生态经济效率和经济福利效率都较低的“双低”模式,代表性国家有中国、印度、南非等6个国家,占样本总数的14.29%,其中中国和印度作为世界上最大的两个发展中国家,面临着生态保护和社会经济发展的双重挑战,如何在控制生态投入不增加的前提下,进一步提升福利水平,进而提高生活质量,走出一条绿色发展道路是推进生态文明建设的核心问题;(4)第四象限表示生态经济效率较高,经济福利效率较低的“一高一低”模式,代表性国家有意大利、葡萄牙和土耳其等6个国家,占样本总数的14.28%。

### 3.4 投入产出指标冗余度分析

基于投入产出的DEA方法的一个优点在于能够准确客观地分析各指标的改进空间,而传统的基于单一比值法只能得到一个最终的比值,无法进一步分析各指标改进的空间大小。与传统DEA模型相比,基于非导向的Super-EBM模型可以同时从径向改进和松弛

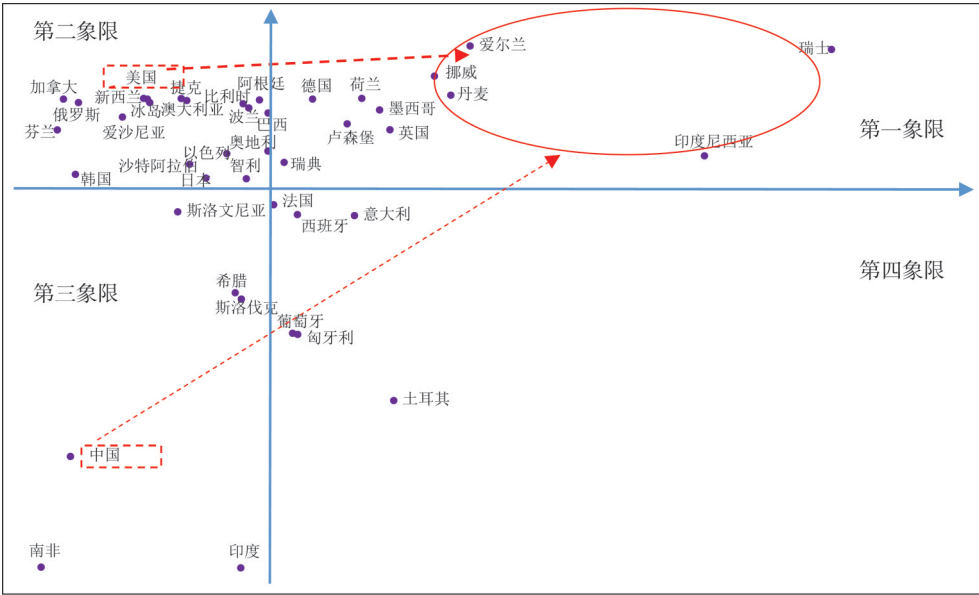


图2 两阶段效率二维分布

Fig. 2 Two-dimensional distribution of two-stage efficiency

变量改进两方面对投入产出指标的冗余度进行详细分析（表4），从而找出中国生态文明绩效与世界主要国家的差距（限于篇幅，表4中仅列出DEA综合效率排名前三的瑞士、印尼、爱尔兰，美国和金砖五国共9个国家），并重点探讨中国生态文明建设需要进一步改进的方向。

根据表4可知，中国在人均能源使用、电力消费、碳排放三个方面均存在投入冗余，其中人均能源使用可减少1.071 t石油当量，人均电力消费可减少1.881 兆瓦时，人均碳排放可减少3.613 公吨，三个指标径向改进空间达47.9%，同时人均碳排放还存在松

表4 投入产出指标冗余度分析

Table 4 Redundancy analysis of inputs and outputs

DMU	$X_1$		$X_2$		$X_3$		$Y_1$		$Y_2$	
	$R^+$	$S^+$	$R^+$	$S^+$	$R^+$	$S^+$	$R^+$	$S^+$	$R^+$	$S^+$
瑞士	0.302	0.000	0.743	-0.030	0.426	0.000	-0.021	0.000	-0.167	0.085
印尼	0.370	-0.673	0.340	0.000	0.763	-1.058	0.000	0.234	0.000	1.593
爱尔兰	0.014	0.000	0.029	0.000	0.038	-0.604	-0.024	0.000	-0.179	0.417
巴西	-0.290	-0.047	-0.507	0.000	-0.506	-0.141	0.000	0.120	0.000	0.000
印度	-0.406	0.000	-0.513	0.000	-1.102	-0.340	0.165	0.000	1.181	0.368
美国	-0.662	-0.081	-1.236	0.000	-1.569	-0.329	0.000	0.000	0.000	0.000
俄罗斯	-1.209	-0.021	-1.614	0.000	-2.899	-0.118	0.000	0.000	0.000	0.268
中国	-1.071	0.000	-1.881	0.000	-3.613	-0.519	0.141	0.000	1.006	0.348
南非	-1.432	0.000	-2.231	0.000	-4.771	-0.598	0.176	0.000	1.178	0.730

注：（1） $X_1$ 代表人均能源使用； $X_2$ 代表人均电力消费； $X_3$ 代表人均碳排放； $Y_1$ 代表HDI； $Y_2$ 代表生活满意度。（2） $R^+$ 和 $S^+$ 分别表示各指标的径向改进和松弛变量改进空间，负值表示投入冗余或产出过剩，正值表示投入不足或产出不足，零值表示不用改进或调整。

弛问题,松弛改进为0.519公吨。另外在综合福利产出指标上,客观福利水平可提高0.141,主观福利水平可提高1.006,产出指标的径向改进均可提升19.2%,同时主观福利指标还存在松弛问题,松弛改进为0.348。由此可以判断,中国生态文明建设绩效水平偏低的原因包括了生态投入过多和福利产出不足两方面,必须在减少一定生态投入的同时还需提升综合福利水平,属于“高投入、高排放、低产出”的粗放型发展模式,与中国提出的以集约型发展模式为主的高质量发展目标还不完全匹配。而美国效率偏低的主要原因在于投入冗余过多,但综合福利水平产出较高,没有出现产出不足的现象,美国属于典型的“高投入、高排放、高产出”的粗放型发展模式,这跟大多数的研究结论是一致的。因此,都没有实现真正的生态文明,重点需要解决生态经济效率不高的问题,特别是在能源消费、电力消费和碳排放方面需进一步大幅减少。

有一点需要说明的是,本文在进行国际比较时,考虑到数据的可获得性,仅选取了2014年的截面数据进行实证分析,另外在指标选取上不一定全面,存在一定的缺憾,例如有关生态系统服务的指标暂未考虑进来,这也使得部分国家的研究结果可能与现实情况会有一些偏差,但这并不影响中国生态文明建设绩效与世界主要国家的对比研究。希望在后续的研究中通过对国际数据进一步搜集和整理去不断完善。

## 4 结论与讨论

本文基于强可持续研究范式,运用两阶段网络 Super-EBM 模型进行绩效测算和评价,打开生态福利转化过程的“黑箱”,基于综合福利视角将生态文明建设绩效进一步分解为生态经济效率和经济福利效率,选取2006-2015年的时间序列数据对中国“十一五”和“十二五”期间的生态文明建设绩效水平进行纵向分析,与此同时,选取42个国家2014年的截面数据进行横向的国际对比研究。得到如下结论:

第一,“十一五”到“十二五”期间,中国生态文明建设绩效整体水平一般,均未实现DEA有效,但“十二五”期间已呈现出逐年改善的利好趋势。国际比较层面,瑞士、印度尼西亚、爱尔兰依次排名前三位,远高于平均水平,中国排名相对靠后,位列倒数第二。各国之间差异较大,总体上呈现出“OECD国家最高、G20国家次之、金砖国家最低”的态势。

第二,从分阶段效率来看,无论是纵向分析和横向对比,均发现第一阶段的生态经济效率明显低于第二阶段的经济福利效率,生态经济效率偏低是导致生态文明建设绩效总体水平偏低的主要原因。

第三,与传统的单阶段、径向或非径向DEA模型相比,两阶段网络 Super-EBM 模型综合考虑了径向和松弛变量问题,测算出来的效率值更为精确,能够更为客观地反映现实。同时,对于其他领域涉及两阶段或多阶段生产系统的效率或绩效评估具有较好的借鉴价值。

根据以上研究结论,为更好地推动中国生态文明建设,本文提出以下政策建议:

第一,在推进生态文明建设的过程中要注重生态文明建设绩效水平的提升,避免低效的资源浪费和环境污染,特别是要注意提升生态经济转化效率水平的提升,同时应严格控制总量消耗以避免出现生态效率的反弹效应,并严格落实五年规划中资源环境指标完成情况的考核。

第二, 加快产业结构转型升级, 全面提升发展质量, 减少资源环境消耗, 特别是能源消耗、电力消费和碳排放三个方面, 实现绿色、低碳、循环发展, 打破传统的“高投入—高消耗—高排放”的粗放型发展格局, 走资源环境消耗与社会经济发展从相对脱钩到绝对脱钩的集约型发展道路。

第三, 加强生态约束的顶层设计, 建立区域生态可损耗配额制度, 控制可损耗的生态规模总量, 建立国家和地方相互关联的自然资源资产负债表, 在提升生态效率的基础上实现生态公平, 提升人民的主观幸福感和生活满意度, 注重生态经济效率与经济福利效率的协同发展, 并以 OECD 国家如瑞士、爱尔兰等国家为标杆, 积极探索符合中国国情的绿色发展道路, 避免走生态效率低下的“美国模式”。

### 参考文献(References):

- [1] 冒袁媛, 杨加猛. 长三角地区国家生态县生态文明建设绩效评价. 生态经济, 2018, 34(6): 210-216. [MAO Y Y, YANG J M. The performance appraisal of ecological civilization construction of national ecological county in Yangtze River Delta. Ecological Economy, 2018, 34(6): 210-216.]
- [2] 胡鞍钢. 中国特色社会主义生态文明建设新时代. 林业经济, 2017, 39(12): 3-5. [HU A G. The new era of ecological civilization of socialism with Chinese characteristics. Forestry Economics, 2017, 39(12): 3-5.]
- [3] 胡卫华, 康喜平. 构建科学的生态文明建设绩效评价考核制度. 中国党政干部论坛, 2017, (10): 48-50. [HU W H, KANG X P. To construct a scientific examination system of eco-civilization performance evaluation. Chinese Cadres Tribune, 2017, (10): 48-50.]
- [4] 金振娅. 中国生态文明建设正快速推进. 光明日报, 2017-11-12. [JIN Z Y. The construction of ecological civilization in China being promoted rapidly. Guang Ming Daily, 2017-11-12.]
- [5] 杨晶, 陈永森. 生态文明建设的中国方案及其世界意义. 东南学术, 2018, (5): 25-33. [YANG J, CHEN Y S. Ecological civilization construction's Chinese approach and its meaning to the world. Southeast Academic Research, 2018, (5): 25-33.]
- [6] 诸大建. 生态经济学: 可持续发展的经济学和管理学. 中国科学院院刊, 2008, 23(6): 520-530. [ZHU D J. Ecological economics: Economics and management of sustainable development. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2008, 23(6): 520-530.]
- [7] 董战峰, 张欣, 郝春旭. 2014 年全球环境绩效指数(EPI)分析与思考. 环境保护, 2015, 43(2): 55-59. [DONG Z F, ZHANG X, HAO C X. Analysis and thoughts on 2014 environmental performance index. Environmental Protection, 2015, 43(2): 55-59.]
- [8] 严耕, 林震, 吴明红. 中国省域生态文明建设的进展与评价. 中国行政管理, 2013, (10): 7-12. [YAN G, LIN Z, WU M H. The progress and evaluation of eco-civilization construction in Chinese provinces. Chinese Public Administration, 2013, (10): 7-12.]
- [9] 张丹, 王腊芳. 中国区域节能减排绩效的差异性与收敛性分析. 系统工程, 2015, (4): 92-98. [ZHANG D, WANG L F. Energy saving performance differences and convergence of China. Systems Engineering, 2015, (4): 92-98.]
- [10] SCHALTEGGER S, STURM A. Öologische rationalität German/in English: Environmental rationality. Die Unternehmung, 1990, 4: 117-131.
- [11] 张晓娣. 生态效率变动的产业及要素推动: 基于投入产出和系统优化模型. 自然资源学报, 2015, 30(5): 748-760. [ZHANG X D. Eco-efficiency change driven by products and factors: Combining input-output and system optimization models. Journal of Natural Resources, 2015, 30(5): 748-760.]
- [12] MARK, N, SIMMS, A, THOMPSON, S, et al. The Happy Planlet Index: An Index of Human Well-being and Environmental Impact. London: New Economics Foundation, 2006.
- [13] 诸大建, 孟维华, 徐萍. 1980-2005 年中国经济增长对福利的贡献. 2008 年度上海市社会科学界第六届学术年会文集, 2008. [ZHU D J, MENG W H, XU P. The contribution of economic growth to welfare in china from 1980 to 2005. The 6th Academic Annual Conference of Shanghai Social Sciences, 2008.]



- [14] 诸大建, 张帅. 生态福利绩效及其与经济增长的关系研究. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(9): 59-67. [ZHU D J, ZHANG S. Research on ecological wellbeing performance and its relationship with economic growth. China Population, Resources and Environment, 2014, 24(9): 59-67.]
- [15] 龙亮军, 王霞. 上海市生态福利绩效评价研究. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(2): 84-92. [LONG L J, WANG X. A study on Shanghai's ecological well-being performance. China Population, Resources and Environment, 2017, 27(2): 84-92.]
- [16] 龙亮军, 王霞, 郭兵. 基于改进DEA模型的城市生态福利绩效评价研究: 以我国35个大中城市为例. 自然资源学报, 2017, 32(4): 595-605. [LONG L J, WANG X, GUO B. Evaluation of urban ecological well-being performance based on revised DEA model: A case study of 35 major cities in China. Journal of Natural Resources, 2017, 32(4): 595-605.]
- [17] 钟茂初. “生态可损耗配额”: 生态文明建设的核心机制. 学术月刊, 2014, (6): 60-67. [ZHONG M C. "Eco-loss Quotas": A key mechanism of construction of ecological civilization. Academic Monthly, 2014, (6): 60-67.]
- [18] DALY H E. Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development. Beacon: Beacon Press, 1997.
- [19] 诸大建. 超越增长: 可持续发展经济学如何不同于新古典经济学. 学术月刊, 2013, (10): 79-89. [ZHU D J. Beyond growth: What are differences between sustainable development economics and neoclassical economics. Academic Monthly, 2013, (10): 79-89.]
- [20] 孙才志, 姜坤, 赵良仕. 中国水资源绿色效率测度及空间格局研究. 自然资源学报, 2017, 32(12): 1999-2011. [SUN C Z, JIANG K, ZHANG L S. Measurement of green efficiency of water utilization and its spatial pattern in China. Journal of Natural Resources, 2017, 32(12): 1999-2011.]
- [21] TONE K, TSUTSUI M. An epsilon-based measure of efficiency in DEA: A third pole of technical efficiency. European Journal of Operational Research, 2010, 207(3): 1554-1563.
- [22] 孙丝雨, 安增龙. 两阶段视角下国有工业企业绿色技术创新效率评价: 基于网络EBM模型的分析. 财会月刊, 2016, (35): 20-25. [SUN S Y, AN Z L. Evaluation of green technology innovation efficiency of state-owned industrial enterprises from a two-stage perspective based on network EBM model. Finance and Accounting Monthly, 2016, (35): 20-25.]
- [23] TAVANA M, MIRZAGOLTABAR H, MIRHEDAYATIAN S M, et al. A new network epsilon-based DEA model for supply chain performance evaluation. Computers & Industrial Engineering, 2013, 66(2): 501-513.
- [24] 张浩, 杨慧敏. 基于考虑非期望产出的超效率网络SBM模型的我国商业银行效率. 系统工程, 2017, (4): 17-24. [ZHANG H, YANG H M. Efficiency evaluation of Chinese commercial banks based on the super-efficiency network SBM model with considering undesirable outputs. Systems Engineering, 2017, (4): 17-24.]
- [25] 成金华, 孙琼, 郭明晶, 等. 中国生态效率的区域差异及动态演化研究. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(1): 47-54. [CHENG J H, SUN Q, GUO M J, et al. Research on regional disparity and dynamic evolution of eco-efficiency in China. China Population, Resources and Environment, 2014, 24(1): 47-54.]
- [26] 付丽娜, 陈晓红, 冷智花. 基于超效率DEA模型的城市群生态效率研究: 以长株潭“3+5”城市群为例. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(4): 169-175. [FU L N, CHEN X H, LENG Z H. Urban agglomerations eco-efficiency analysis based on super-efficiency DEA Model: Case study of Chang-Zhu-Tan "3+5" urban agglomeration. China Population, Resources and Environment, 2013, 23(4): 169-175.]
- [27] 何传启. 现代化强国建设的路径和模式分析. 中国科学院院刊, 2018, 33(3): 274-283. [HE C Q. Route and model towards a great modernized country. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2018, 33(3): 274-283.]
- [28] CHANSARN S. The evaluation of the sustainable human development: A cross-country analysis employing slack-based DEA. Procedia Environmental Sciences, 2014, 20: 3-11.
- [29] RHEINHARD S, LOVELL C A K, THIJSSSEN G. Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables: Estimated with SFA and DEA. European Journal of Operational Research, 2000, 121: 287-303.

## Evaluation of ecological civilization construction performance and its international comparison from the perspective of overall well-being

LONG Liang-jun<sup>1,2</sup>

(1. Institute for Contemporary China Studies, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. School of Public Policy & Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** This study, based on a strong sustainability paradigm guided by ecological economics and sustainable development theory, aims at measuring the ecological civilization construction performance of China during 2006-2015 by means of two-stage network Super-EBM model from the perspective of overall well-being, and then an international comparison among 42 countries in 2014 is conducted accordingly. The employment of two-stage network DEA model is to open the "black box" during the ecological well-being transformation process. Thus, the ecological civilization construction performance is divided into two parts, namely ecological economy efficiency and economy well-being efficiency. The empirical results indicate that: (1) The overall efficiency of China during 2006-2015 is 0.986, which is at a relatively low level, and no single one of the ten DMUs performs efficiently in terms of the DEA efficiency value, while the overall efficiency is getting better during the 12th Five-Year Plan period (2011-2015). At the global level, Switzerland (1.647), Indonesia (1.365) and Ireland (1.039) ranked top three in terms of overall efficiency among 42 countries in 2014, while China (0.297) ranked the last but one with a very low efficiency. In addition, there are great differences between countries, showing a trend characterized by "OECD countries (0.677) rank top, G20 countries (0.611) rank second and BRICS countries (0.417) the last". (2) According to the efficiency of each stage, the ecological economy efficiency in the first stage is apparently lower than the economy well-being efficiency in the second stage, and the relatively low ecological economy efficiency mainly contributes to the low performance of ecological civilization construction at the whole level. (3) The two-stage network Super-EBM model with the consideration of both radial and slacks issues can provide more accurate and near-factual result when compared to the traditional DEA models. Besides, the network Super-EBM model enjoys a good reference on efficiency or performance assessment in other similar fields that involve two or more stages. Finally, some specific suggestions are proposed in accordance with the aforementioned conclusions.

**Keywords:** strong sustainability; ecological well-being; ecological civilization construction performance; network Super-EBM model; international comparison