

---

# 非期望产出 SBM 模型的生态文明建设

## 效率性评价指标构建与应用研究

### ——基于审计的视角

王素梅 陈桂香<sup>1</sup>

(南京审计大学 政府审计学院, 江苏 南京 211815)

**【摘要】:** 生态文明建设绩效评价是生态文明审计的重要内容。针对效率性评价指标这一生态文明建设绩效评价中的难点问题, 引入了非期望产出 SBM 模型。首先, 介绍了非期望产出 SBM 模型的适用性, 其次, 构建了基于非期望产出 SBM 模型的生态文明建设效率性评价指标, 最后, 选取 2013—2017 年中国除西藏及港澳台地区以外的其他 30 个省份对构建的指标进行了应用研究, 测算了其生态文明建设效率值, 分析了无效率的原因, 并据此提出了改进建议。

**【关键词】:** 审计 生态文明建设 效率性 评价指标

**【中图分类号】:** F239.1; F062.2 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2021)06-199-06

我国生态文明建设已进入到以污染防治、生态保护与修复并重为工作重点的新阶段。在 2015 年 9 月中共中央、国务院印发的《生态文明体制改革总体方案》的基础上, 党的十九届四中全会提出要进一步完善落实党政领导干部自然资源损害责任追究制度。作为国家治理的重要工具, 国家审计应积极适应生态治理新需求以推动生态文明建设取得新成效。然而, 目前审计作用于生态文明建设的深度及广度均未得到全面彰显, 拓展审计职责范围, 加快资源环境审计、领导干部自然资源资产离任审计向生态文明审计转变显得尤为必要。生态文明建设绩效评价是生态文明审计的重要内容。经济性、效率性和效果性是绩效评价的三个维度, 且这三者之间相互联系。虽然绩效评价以强调以效果性为导向, 但效果性必须以经济性和效率性为目标。因此, 在被审计单位实现既定目标和产出的情况下, 如何进一步对被审计单位的效率性进行评价, 发现效率不高的单元并提出改进建议则是审计人员面临的关键问题。

与此同时, 随着数据包络分析方法(data envelopment analysis, DEA)在绩效考核领域中的普遍运用, 国内外也开始将 DEA 模型及其衍生模型应用于环境治理效率、生态效率、生态文明建设效率和可持续发展绩效评估等相关评价中, 非期望产出 SBM 模型(undesirable slacks-based measurement, Undesirable SBM)就是 DEA 衍生模型中的一种。相对传统 DEA 模型, 非期望产出 SBM 模型不仅避免了径向和角度度量引起的偏差, 而且考虑了生产过程中非期望产出因素的影响, 更能反映效率评价的本质, 因而在评估生态文明建设效率方面更为简便科学。

## 1 文献综述

---

**作者简介:** 王素梅, 博士, 教授, 研究方向为治理与审计。E-mail:wangsumeimei@nau.edu.cn

**基金项目:** 国家社会科学基金一般项目“政府治理视角下生态文明审计研究”(18BJY025)

### 1.1 非期望产出 SBM 模型相关研究

非期望产出 SBM 模型是学者们根据实践经验不断改进完善传统 DEA 模型而形成的科学评价方法。DEA 模型假设输入与输出之间存在单调的线性比例关系，是一种使用线性规划技术来确定生产单位相对效率的方法<sup>[1]</sup>。但是，如果联合理想产出与非理想产出，如与生产过程有关的污染排放，DEA 模型则不满足单调性的要求<sup>[2]</sup>。同时，DEA 模型基于径向测量的特点使得效率评价结果可能存在误差<sup>[3]</sup>。Tone<sup>[4]</sup>通过松弛变量的引入克服了径向测量的固有缺陷，提出了非径向和非角度的 SBM 模型。针对生产过程中必然伴随着不良产出这一现象，Tone<sup>[5]</sup>对提出的 SBM 模型进行改进以科学反映效率评价的本质，构造出了将不良产出包含在内的新 SBM 模型，即 Undesirable SBM 模型。随后，国内外大量学者将非期望产出 SBM 模型应用于生态效率的相关评价中<sup>[6]</sup>，并将非期望产出 SBM 模型与传统 DEA 评价方法的测量结果进行比较分析，发现非期望产出 SBM 模型在评价生态文明建设效率方面更科学合理<sup>[7-8]</sup>。

### 1.2 生态文明建设效率性评价指标相关研究

随着生态文明建设战略地位的提升，学者们逐步意识到需要加大对生态文明建设成效的监督评价以适应生态治理需求。王爱国等<sup>[9]</sup>根据绩效评价的“5E”性和生态文明审计的六大内容性要求，采用层次模糊综合评价法构建了生态文明建设绩效评价评价指标。刘洋等<sup>[10]</sup>基于多学科理论和相关法律法规及政策，构建了我国市级层面的生态文明建设绩效评价指标体系，并聚焦于生态、社会和经济等方面的最终成果的评价。尽管目前关于绩效评价存在“3E”性、“5E”性的不同说法，但效率性始终都是核心维度之一。王光远和刘霞<sup>[11]</sup>认为由于效率在组织管理中的重要性，效率性审计对改善组织管理具有重要意义。剧杰<sup>[12]</sup>也认为效率性在绩效评价中意义重大，并构建了包括环境、运营管理系统、可获得的效率信息及改进效率所做努力四方面的效率性评价指标体系，但侧重于定性评价。而效率性的测量与评价是实现绩效评价量化研究的一个重要部分，因而 DEA 模型的引入能够将效率性评价建立在科学的定量方法之上，从而促进绩效评价和审计的发展<sup>[13]</sup>。黄溶冰和陈耿<sup>[14]</sup>认为 DEA-Tobit 模型能够有效解决评价标准和指标体系不统一等难题，并对节能减排项目中的投入产出比率进行评价，从而促进审计“免疫系统”功能的发挥。

### 1.3 文献述评

已有研究体现了非期望产出 SBM 模型在生态文明建设效率评价中的科学性与应用的广泛性，为本文的研究奠定了一定基础。但相关研究仍存在以下不足：第一，已有的生态文明建设绩效评价指标均侧重于效果性的评价，忽略了对效果性的约束条件效率性的评价。第二，目前关于效率性评价的主流方法是 DEA，相比非期望产出 SBM 模型存在一定缺陷。因此，本文将非期望产出 SBM 模型这一效率测量方法引入生态文明建设绩效评价，并构建基于非期望产出 SBM 模型的效率性评价指标，目的是克服效率性计量与评价这一难点问题，以期丰富生态文明建设绩效评价的理论方法，同时对审计实践起到一定程度的指导作用。

## 2 非期望产出 SBM 模型的适用性分析

非期望产出 SBM 模型是 Tone<sup>[5]</sup>在 2004 年提出的，可表示如下：假设决策单元数量为  $N$  个 ( $DMU_j, j=1, 2, 3, \dots, N$ )，每个 DMU 有  $n$  种投入  $X$ ， $m_1$  种期望产出  $Y^a$  和  $m_2$  种非期望产出  $Y^b$ ，向量表达式  $x \in R^n, y^a, y^b$ 。则投入产出矩阵可定义为：

$$X = [x_1, x_2, \dots, x_N] \in R^{N \times n}, Y^a = [y_1^a, \dots, y_N^a] \in R^{N \times m_1}, Y^b = [y_1^b, \dots, y_N^b] \in R^{N \times m_2}, x_i > 0, y_i^a > 0, y_i^b > 0。基$$

于规模收益可变的非期望产出 SBM 模型的线性规划表达式如下所示：

$$\text{Min } \rho = \frac{1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{S_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{m_1 + m_2} \left( \sum_{r=1}^{m_1} \frac{S_r^a}{y_{r0}^a} + \sum_{r=1}^{m_2} \frac{S_r^b}{y_{r0}^b} \right)} \quad (1)$$

$$s.t. \begin{cases} x_{i0} = X\lambda + S_i^- \\ y_{r0}^a = Y^a\lambda - S_r^a \\ y_{r0}^b = Y^b\lambda + S_r^b \\ S_i^- \geq 0, S_r^a \geq 0, S_r^b \geq 0, \lambda \geq 0 \end{cases}$$

式中：S 表示投入松弛变量；S<sup>a</sup> 表示期望产出松弛变量；S<sup>b</sup> 表示非期望产出松弛变量；λ 表示权重向量。当 ρ=1, S<sup>-</sup>=0, S<sup>a</sup>=0, S<sup>b</sup>=0 时，决策单元的综合技术效率、纯技术效率和规模效率均相对有效。当 0 ≤ ρ < 1 时，说明决策单元相对无效率。除了测量各决策单元的效率值外，SBM 模型还能为无效率决策单元提供效率改善方向，具体可表示为：

$$IE_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{S_i^-}{x_{i0}} \quad (2)$$

投入冗余：

$$IE_{y^a} = \frac{1}{m_1 + m_2} \sum_{r=1}^{m_1} \frac{S_r^a}{y_{r0}^a} \quad (3)$$

期望产出不足：

$$IE_{y^b} = \frac{1}{m_1 + m_2} \sum_{r=1}^{m_2} \frac{S_r^b}{y_{r0}^b} \quad (4)$$

非期望产出冗余：

非期望产出 SBM 模型的测算过程如图 1 所示。图中表示的是两个投入一个产出情况下的各决策单元的效率值，其中，最左侧的 A 点、B 点生产率为 1，将 A 点、B 点相连并分别沿纵坐标、横坐标画平行线，构成生产效率前沿线 (CABD)。在生产前沿线以内的点 M、点 N 均为无效率点，其效率值分别为  $\frac{OM'}{OM}$ 、 $\frac{ON'}{ON}$ 。对 M 点沿径向缩减进行改进，则点 M' 为其对应的有效率参照点。然而，通过 M' 点和 A 点的比较可以发现，M' 点比 A 点多投入 AM' 的投入量却实现了同样的产出，即 X<sub>2</sub> 要素存在投入冗余。所以非期望产出 SBM 模型在计算 M 的效率时，既会考虑  $\frac{OM'}{OM}$  的效率值，还会考虑 M 点存在的 X<sub>2</sub> 投入冗余。

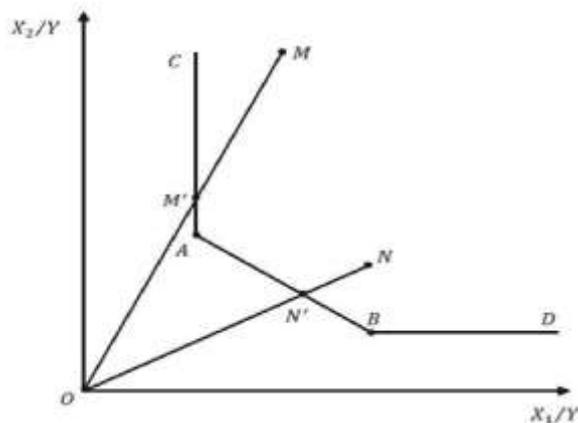


图 1 非期望产出 SBM 模型效率测算过程

综上所述，非期望产出 SBM 模型通过将投入产出的松弛变量、非期望产出引入线性规划表达式，克服了传统 DEA 模型的固有缺陷，将其引入生态文明建设效率性评价并构建相应的评价指标是科学合理的。其适用性具体体现为以下三方面：第一，生态文明建设是一种体现为资金、资源的多投入和经济、社会、环境等多方面产出的活动，且这些投入与产出之间并无相似性，如何构建评价指标对效率水平进行测量与评价则是审计人员面临的难题。而非期望产出 SBM 模型借助计算机找到投入、产出之间最合适的加权集合，直接实现效率值的计算。在这样的情况下，审计人员只需要根据审计目标和审计内容构建相应的投入指标和产出指标就能进行效率性评价，且无须确定这些指标之间的权重。第二，目前，各地方的生态文明建设具体情况存在差异，导致其评价标准也难以统一，标准的不统一使得审计结论也不一样，这难以适应当前较为普遍的专项审计组织方式。而非期望产出 SBM 模型通过对生态文明建设效率的定量计算能够有效克服这一难题，审计人员只需要通过比较效率值就能确定不同单元的效率情况。第三，生态文明建设是一项实现经济、社会和环境协调发展的系统工程，这一过程必然伴随着环境污染物等不良产出的产生，该模型通过构建非期望产出评价指标，得到的效率值更能反映生态文明本质属性。

### 3 基于非期望产出 SBM 模型的生态文明建设效率性评价指标构建

#### 3.1 生态文明建设效率性评价指标设计原则

##### (1) 科学性原则。

评价结果准确与否取决于指标设计是否合理，因此，评价指标的选取设计应当能够客观地反映生态文明建设过程的投入、产出和生态文明建设效率性评价的目标与内容。

##### (2) 典型性原则。

反映生态文明建设成果的科学指标众多，但要使非期望产出 SBM 模型的测量结果具有显著性，应当避免评价指标过于庞大。因此，在选择效率性评价指标时，对于性质相近的同类指标应当进行比较取舍，选取最具有典型代表性的核心指标。

##### (3) 数据可获得性原则。

运用非期望产出 SBM 模型进行效率测算的基本要求是需要选取一些可以量化和计算处理的投入、产出指标，从而得到定量结果。因此，在考虑指标的科学性和典型性后，还要考虑到指标的数据是否可获得。

#### 3.2 生态文明建设效率性评价内容

生态文明建设是我国基于资源约束趋紧、环境污染严重和生态系统退化的严峻形势提出的重大战略任务，其基本路径包括资源节约利用、环境保护与治理和生态保护与修复<sup>[15]</sup>。审计机关在对各级政府生态治理成效进行评价时也应围绕这三大基本路径展开，因而生态文明建设效率性评价内容体现为资源利用效率、环境污染治理效率和生态保护与修复效率三个方面。

##### (1) 资源利用效率。

资源的大肆开发造成了生态环境的破坏，习近平总书记在深刻认识人与自然的认识、了解生态文明建设现状后曾指出，生态文明的根本在于资源的节约利用。各级政府如何实现资源的最优利用是实现生态文明的重中之重，审计机关对资源利用效率的评价则是重要的监管手段。资源既是社会经济发展所依赖的重要物质资料，也是人类日常生产和生活所必需的物质来源，但资源利用过程中排放的环境污染物会影响环境质量。因此，审计机关在评价资源的利用效率时应当包括以下内容：各级政府及相关部门是否以有限的资源消耗实现经济产出的最大化和最大限度地促进人民生活水平的提高，是否在资源利用的过程中尽可

能地减少对环境的破坏，即资源的利用是否产生了相应的经济效益和社会效益，同时，是否关注了生态效益。

(2) 环境污染治理效率。

环境是人类赖以生存的空间，人类的一切活动都离不开它。良好的生态环境和人居环境关系着人民群众的幸福感和获得感。十九大报告指出当前污染治理的关键在于打赢水、大气、土壤三大污染防治攻坚战。政府如何有效地开展环境保护与治理、给子孙后代创造天蓝、地绿、水净的美好家园是当前生态文明建设的关键所在。因此，审计机关在评价政府环境污染治理效率时，应当关注各级政府是否以有限的财政资金投入实现最大程度大气、水、土壤的污染治理效果。

(3) 生态保护与修复效率。

资源滥用造成大量的土地荒漠化、沙化，天然草原退化，面对如此严峻的生态现实，生态保护与修复就显得尤为迫切，各级政府加大生态修复的力度则是生态文明建设的重要载体。作为生态治理体系内重要的监管工具，审计机关应当对生态修复成果进行监督评价，同时，关注所投入的财政资金，以评价生态保护与修复治理效率的高低。

3.3 指标选取

本文构建的基于非期望产出 SBM 模型的生态文明建设效率性评价指标如表 1 所示。

表 1 基于非期望产出 SBM 模型的生态文明建设效率性评价指标

类型	指标名称	单位
投入	节能环保支出	亿元
	能源消耗总量	万吨标准煤
期望产出	一年中空气质量优良天数	天
	污水处理总量	万吨
	GDP	亿元
	居民人均可支配收入	元/人
	生态修复面积	千公顷
非期望产出	主要污染物排放量	万吨

(1) 投入指标。

资金的投入是政府实现资源节约利用、环境污染治理和生态保护与修复三大基本任务的起点，因此选取“节能环保支出”为其中一个投入指标。同时，为了评价资源利用效率，本文选取“能源消耗总量”度量资源消耗情况。

(2) 产出指标。

结合效率性评价内容，产出指标应当能反映资源节约利用、环境污染治理和生态保护与修复三方面的建设成果。

在生态文明建设的内涵理念下，资源利用应当实现经济、社会和环境三个方面的产出，以促进经济、社会和环境共同发展。在经济方面，以“GDP”度量其经济方面的产出；在社会方面，以“居民人均可支配收入”度量其社会效益方面的产出；在环境方面，以“主要污染物排放量”度量其生态效益方面的产出。按照主要污染物的组成成分，其排放量按化学需氧量、氨氮排放量、二氧化硫排放量、氮氧化物排放量四者之和计算。

污染治理方面的产出指标应当能够反映水、大气、土壤的污染治理效果。《水污染防治行动计划》要求以改善水质、提升优良水质比例为目标，但目前可获得的水质数据是以流域而非地方为基础的，因此，以水质进行衡量操作起来难度大。同时，减少污染水体则是改善水质的关键手段，因此，本文选取“污水处理总量”作为其产出指标。另外，结合《大气污染防治行动计划》中关于大气的防治目标，选取“一年中空气质量优良天数”作为大气污染治理方面的产出指标。考虑到目前与土壤相关的数据缺乏，同时土壤污染的主要来源与水污染、大气污染的污染源紧密相连，不再单独设置产出指标度量土壤污染治理质量。

衡量生态保护与修复的治理成果的关键是生态修复面积的大小，因此选取“生态修复面积”作为产出指标。结合《中共中央、国务院关于加快推进生态文明建设意见》及相关文件精神，各级政府及相关部门应当以加大湿地保护率、提升草原覆盖率以及通过种草造林措施推进沙化土地治理这三方面为当前生态保护与修复的重点，因此，本文中的“生态修复面积”代表人工湿地面积、累计种草保留面积和造林总面积之和。

## 4 基于非期望产出 SBM 模型的生态文明建设效率性评价指标的应用研究

### 4.1 样本选取与数据来源

本文选择 2013—2017 年中国 30 个省份进行生态文明建设效率测算。在选择研究对象和研究期间时，主要考虑了以下两个因素：一是由于西藏及港澳台地区数据缺失，同时考虑到运算效果，所以本文选择除西藏及港澳台地区以外的其他 30 个省份为研究对象。二是由于新的空气质量标准(GB3095—2012)于 2012 年批准发布，为使本文涉及的大气污染治理效率评价指标的应用具有可比性和一致性，故以 2013—2017 年为研究期间。节能环保支出、GDP 和居民人均可支配收入相关数据来自 2014—2018 年的《中国统计年鉴》，能源消耗总量来自 2014—2018 年的《中国能源统计年鉴》，其余数据均来自 2014—2018 年的《中国环境统计年鉴》。

### 4.2 生态文明建设效率测算结果与评价

表 2 30 个省份 2013—2017 年生态文明建设效率值

省份	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	均值
北京	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
天津	0.69	0.77	0.87	1.00	1.00	0.87
河北	0.15	0.13	0.15	0.19	0.15	0.15
山西	0.24	0.28	0.38	0.33	0.29	0.30
内蒙古	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

辽宁	0.54	1.00	1.00	1.00	1.00	0.91
吉林	0.34	0.35	0.48	0.54	0.56	0.46
黑龙江	0.32	0.35	0.33	0.51	0.33	0.37
上海	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
江苏	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
浙江	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
安徽	0.38	0.47	0.60	0.57	0.33	0.47
福建	1.00	1.00	1.00	0.67	1.00	0.93
江西	1.00	1.00	1.00	0.60	0.88	0.90
山东	0.23	1.00	1.00	1.00	1.00	0.85
河南	0.33	0.38	0.34	0.32	0.28	0.33
湖北	0.48	1.00	0.82	0.89	1.00	0.84
湖南	0.33	0.36	0.58	0.43	0.56	0.45
广东	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
广西	0.63	0.51	0.65	0.73	0.90	0.68
海南	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
重庆	0.38	0.41	0.46	0.48	0.43	0.43
四川	0.19	0.30	0.53	0.48	0.50	0.40
贵州	0.42	0.38	0.49	0.35	0.51	0.43
云南	0.44	0.49	0.62	0.44	0.43	0.48
陕西	0.69	0.33	0.36	0.40	0.34	0.42
甘肃	0.40	0.67	1.00	0.77	1.00	0.77
青海	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
宁夏	0.53	0.62	0.58	1.00	0.48	0.64
新疆	0.57	1.00	1.00	1.00	1.00	0.91

基于本文构建的投入产出指标，运用 MAXDEAULTRA7.12 软件，对 2013—2017 年 30 个省份进行生态文明建设效率测算，测算结果如表 2 所示。

综合技术效率值反映的是决策单元的相对效率水平，其值越大，代表越有效率。从表 2 生态文明建设综合效率测算结果来看，2013—2017 年，有 8 个省份的综合技术效率一直为 1，分别是北京、内蒙古、上海、江苏、浙江、广东、海南、青海，这意味着相对其他省份来说，这几个省份的生态文明建设效率最高。另外，辽宁、福建、山东、新疆生态文明建设效率有四年都达到了生产前沿面的水平，天津、江西、湖北其均值在 0.8 以上，相对来说，这些省份的生态文明建设效率达到了中上水平。其他省份在此期间的生态文明建设效率处于稳定递增状态，其中广西、甘肃、宁夏的生态文明建设效率均值在 0.6~0.7 之间，生态文明建设效率处于中等水平。综合技术效率低于 0.5 的省份有河北、山西、吉林、黑龙江、安徽、河南、湖南、重庆、四川、贵州、云南、陕西，这些省份的生态文明建设效率相对来说很低。

对于上述相对非有效的决策单元，非期望产出 SBM 模型进一步测量了其松弛变量，即投入冗余量、非期望产出冗余量和期望产出不足量，将其除以实际值得到各自的冗余率和不足率(具体结果如表 3 所示)。根据表 3 及其排序大小结果可看出，绝大多数省份地区生产总值和生态修复面积的不足率都为 0，这说明资源利用的经济效益不足和生态修复面积不足并不是当前影响我国生态文明建设效率的主要因素，而其他的投入、非期望产出以及期望产出均存在一定的冗余和不足。

在投入方面，比起能源消耗总量，节能环保支出的冗余对生态文明建设的效率影响更显著，吉林、黑龙江、安徽、广西、重庆这 5 个省份的生态文明建设效率都受到了节能环保支出冗余的显著影响。在产出方面，污水处理总量不足、居民人均可支配收入不足、主要污染物排放量冗余都是当前影响生态文明建设效率的显著因素。其中，居民人均可支配收入不足的影响最为显著，有 18 个省份的生态文明建设效率都显著地受到其影响，安徽、河南、四川 3 个省的居民人均可支配收入不足率甚至超过了 100%，存在非常大的改善空间。有 15 个省份的生态文明建设效率显著地受到了主要污染物排放量不足的影响，有 9 个省份的生态文明建设效率都显著地受到了污水处理总量不足的影响。

表 3 30 个省份 2013—2017 年生态文明建设投入产出变量松弛率

省份	投入冗余率		产出不足率					
	节能环保支出	能源消耗总量	一年中空气质量优良天数	污水处理总量	GDP	居民人均可支配收入	生态修复面积	主要污染物排放量
天津	-1.28%	-1.13%	33.78% <sup>a</sup>	30.38% <sup>b</sup>	0.00%	6.98% <sup>c</sup>	0.00%	-0.98%
河北	-49.30%	-49.74%	75.35% <sup>b</sup>	40.81%	0.00%	81.96% <sup>a</sup>	0.00%	-56.35% <sup>c</sup>
山西	-38.18%	-61.46% <sup>b</sup>	42.86%	40.41%	0.00%	54.12% <sup>c</sup>	0.00%	-65.50% <sup>a</sup>
吉林	-40.50% <sup>b</sup>	-5.40%	19.58%	31.85% <sup>c</sup>	1.24%	44.38% <sup>a</sup>	0.00%	-35.05%
黑龙江	-45.20% <sup>c</sup>	-32.35%	10.28%	11.37%	0.91%	52.89% <sup>b</sup>	0.00%	-57.38% <sup>a</sup>
安徽	-23.01% <sup>c</sup>	-4.35%	18.55%	13.20%	0.00%	107.37% <sup>a</sup>	0.00%	-46.14% <sup>b</sup>
江西	-4.30%	-0.51%	3.42%	17.80% <sup>b</sup>	0.00%	5.59% <sup>c</sup>	0.00%	-19.00% <sup>a</sup>
山东	-0.23%	-4.60%	5.82% <sup>c</sup>	5.56%	0.00%	7.77% <sup>a</sup>	0.00%	-7.52% <sup>b</sup>
河南	-13.49%	-24.95%	69.44% <sup>b</sup>	43.10%	0.00%	117.88% <sup>a</sup>	2.79%	-44.95% <sup>c</sup>
湖北	-3.44%	-1.14%	19.20% <sup>b</sup>	0.36%	0.00%	38.86% <sup>a</sup>	0.00%	-7.35% <sup>c</sup>

湖南	-19.25%	-4.45%	8.27%	34.45% <sup>b</sup>	0.00%	94.57% <sup>a</sup>	28.60%	-33.35% <sup>c</sup>
广西	-11.73% <sup>c</sup>	-9.50%	1.66%	5.11%	0.00%	65.29% <sup>a</sup>	0.00%	-34.15% <sup>b</sup>
重庆	-42.88% <sup>b</sup>	-10.57%	13.61%	28.03%	0.00%	43.10% <sup>a</sup>	0.00%	-34.27% <sup>c</sup>
四川	-20.34%	-17.13%	17.70%	30.58% <sup>b</sup>	0.00%	107.28% <sup>a</sup>	0.00%	-29.82% <sup>c</sup>
贵州	-27.91%	-32.23%	2.42%	42.37% <sup>c</sup>	0.00%	56.33% <sup>a</sup>	0.00%	-44.74% <sup>b</sup>
陕西	-28.23%	-16.36%	39.08% <sup>c</sup>	48.84% <sup>b</sup>	0.00%	68.81% <sup>a</sup>	0.00%	-33.10%
甘肃	-8.66%	-7.65%	11.23%	30.62% <sup>b</sup>	10.89%	35.59% <sup>a</sup>	0.00%	-19.72% <sup>c</sup>
宁夏	-10.55%	-36.42% <sup>c</sup>	31.55%	5.14%	45.06% <sup>a</sup>	9.25%	0.00%	-40.63% <sup>b</sup>
新疆	0.00%	-5.67%	9.55%	11.56% <sup>b</sup>	10.89% <sup>c</sup>	15.33% <sup>a</sup>	0.00%	-6.83%

## 5 结论与展望

本文旨在构建基于非期望产出 SBM 模型的生态文明建设效率性评价指标，以解决高质量条件下的效率性评价问题。审计人员再与通过诸如询问法、审阅法等方法得到的经济性和效果性结论相结合，使生态文明建设绩效评价结果更加准确，审计建议更具有建设性，从而更有利于审计治理功能的发挥。针对本文松弛变量结果反映的普遍性影响因素，本文提出以下建议以改进生态文明建设效率。

### 5.1 提升节能环保资金的利用效率

各地方要根据当地情况缩减节能环保资金的投入规模，并查找出节能环保资金在以往使用过程中存在的分配不合理、损失浪费和使用效率不高的环节并加以改进，制定更加细化的制度措施以明确节能环保支出的目的性和方向性，精准高效使用节能环保支出，实现其利用效率的提升。

### 5.2 提升污染治理能力

根据本文的松弛变量结果可以看出，资源利用过程中主要污染物减排效果不明显、污染治理效果不明显仍然显著地影响着生态文明建设效率。为解决此问题，首先是要从源头入手，即通过创新生产工艺、更新生产设备，减少污染物的排放和对生态环境的破坏，提升能源利用的生态效益。其次是在处理已产生的各项污染物过程中，提高污染处理的数量及质量。

### 5.3 提高资源利用的社会效益

当前自然资源在经济方面的产出比较明显，但社会效益方面的产出明显不足，这显著地影响到了生态文明建设效率。自然资源是人民生存和生活所必需的物质来源，提高自然资源在促进社会进步、人民生活水平提高等社会效益方面的产出是实现人与自然和谐的要求，也是生态文明建设的重要内容之一。因此，领导干部未来在履行自然资源资产管理责任时要保持对资源利用的社会效益的关注，努力提高其在关乎人民生活水平和生活质量方面的产出。要使自然资源综合效益最大化，就必须改变资源利用的传统观念，从仅关注经济效益向经济、社会、生态效益的三者并重转变，进而推动生态文明建设取得新成效。

### 参考文献：

- 
- [1]Charnes A, Cooper W, Lewin A Y, et al. Data envelopment analysis theory, methodology and applications[J]. Journal of the Operational Research Society, 1997, 48(3):332-333.
- [2]Cecchini L, Venanzi S, Pierri A, et al. Environmental efficiency analysis and estimation of CO2 abatement costs in dairy cattle farms in Umbria (Italy):A SBM-DEA model with undesirable output[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 197(10):895-907.
- [3]Cooper W W, Seiford L M, Zhu J. Handbook on data envelopment analysis[M]. Berlin:Springer Science+Business Media, 2011.
- [4]Tone K. A Slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2001, 130(3):498-509.
- [5]Tone K. Dealing with undesirable outputs in DEA:A slacks-based measure (SBM) approach[EB/OL]. [2004-01-03]. [https://www.researchgate.net/publication/284047010\\_Dealing\\_with\\_undesirable\\_outputs\\_in\\_DEA\\_a\\_Slacks-Based\\_Measure\\_SBM\\_approach](https://www.researchgate.net/publication/284047010_Dealing_with_undesirable_outputs_in_DEA_a_Slacks-Based_Measure_SBM_approach).
- [6]李根, 刘家国, 李天琦. 考虑非期望产出的制造业能源生态效率地区差异研究——基于 SBM 和 Tobit 模型的两阶段分析[J]. 中国管理科学, 2019(11):76-87.
- [7]胡剑波, 刘辉. 我国区域工业生态创新效率评价——基于 SBM 模型和 CCR 模型比较分析[J]. 科技管理研究, 2014(14):47-52.
- [8]任宇飞, 方创琳, 蔺雪芹. 中国东部沿海地区四大城市群生态效率评价[J]. 地理学报, 2017(11):2047-2063.
- [9]王爱国, 杨美艳, 刘毅. 我国生态文明绩效审计评价指标体系构建与应用——以山东省为例[J]. 山东社会科学, 2017(5):166-172.
- [10]刘洋, 王爱国, 刘承伟. 生态文明绩效审计理论体系构建[J]. 财会通讯, 2019(19):86-90.
- [11]王光远, 刘霞. 关于《效率性审计准则》的解析[J]. 中国内部审计, 2009(1):12-17.
- [12]剧杰. 绩效审计中效率性评价体系构建思路[J]. 审计与经济研究, 2008(5):29-32.
- [13]黄金枝, 冯英俊, 孙佰清, 等. 管理审计中效率性计量的一种有效方法——数据包络分析[J]. 审计与经济研究, 2005(3):16-20.
- [14]黄溶冰, 陈耿. 节能减排项目的绩效审计——以垃圾焚烧发电厂为例[J]. 会计研究, 2013(2):86-90.
- [15]谷树忠, 胡咏君, 周洪. 生态文明建设的科学内涵与基本路径[J]. 资源科学, 2013(1):2-13.