

# 董事会特征对企业可持续性绩效的影响

胡 鹏

**摘 要：**采用定向距离函数（DDF）数据包络分析（DEA）模型，设定虚拟单位输入，并将总资产回报率作为期望输出，将温室气体排放强度和所有工伤率作为非期望输出，对 2020—2022 年中国 13 家矿业企业的可持续发展效率进行测度。研究表明，绝大部分样本矿业企业的可持续性水平呈上升趋势，但仍有部分矿业企业效率较低。运用截尾回归模型（Tobit）分析董事会规模、董事会性别多样性、董事会独立性、董事会激励等董事会特征对矿业企业可持续性绩效的影响，结果表明，只有董事会激励影响矿业企业的绩效。

**关键词：**可持续性绩效；定向距离函数；数据包络分析；董事会特征；矿业企业

## 一、引言

现如今，随着环境、社会及治理（ESG）投资成为主流实践（Edmans, 2023），许多企业的可持续发展意识不断增强（Goto & Sueyoshi, 2020）。ESG 涵盖许多与环境（碳排放、用水和污染、气候变化和能源）、社会责任（人权、性别平等、健康和安全、供应链管理、产品安全、少数群体）和公司治理（董事会独立性、腐败和贿赂、报告和披露、股东保护）相关的问题（Galbreath, 2013）。ESG 框架的实施有助于企业在经济、社会和环境维度上取得平衡，促进可持续发展。

采矿业是很多国家经济增长的主要贡献者。然而，矿业企业因其经营性质与生产活动会对社会和环境造成巨大的可持续性影响（Fuisz-Kehrbach, 2015）而受到严格的立法限制和利益相关者的压力。可持续性和可持续发展已然成为采矿业优先事项的一项重要要求（Gupta et al., 2021），越来越多的矿业企业致力于参与社会责任实践来向外界表明其负责任的行为（Oliveira et al., 2019）。三重底线（triple bottom line）的概念表明组织应该在经济、环境和社会三个维度都实现高绩效标准，这样才能被认为具有社会责任感（Elkington, 1994）。而想要达成这一目标，首先便是将可持续性转化为可量化的经济、环境和社会绩效指标（Azapagic, 2004）。

尽管有关企业社会责任问题的研究在管理学领域已有很多，但只有少数研究致力于对企业社会责任进

---

作者单位：胡鹏，首都经济贸易大学。

行量化 (Oliveira et al., 2019)。由于部分企业可持续发展的数据匮乏, 如何选择衡量指标也是一大难题。大部分研究使用的指标来自于专家委员会计算的比率, 如 KLD、华证等第三方数据, 但这种方式通常较为主观 (Ben Lahouel et al., 2021; Li & Wu, 2020; Oliveira et al., 2019)。与这些做法不同, 数据包络分析 (DEA) 没有任何主观的先验权重系统 (Ben Lahouel et al., 2021), 可以作为一种方法来构建综合指标 (CI), 以解决综合指标构建过程中的任意加权问题。综合指标是由基于底层模型的单个指标汇编构建而成的一个指数, 它允许度量单个指标无法捕获的多维概念 (Ben Lahouel et al., 2022)。基于组成成分推导企业综合绩效指标的方法被证明适用于已经实施绩效衡量系统, 并希望更全面地了解其涵盖可持续性各方面绩效的矿业企业 (Tsolas, 2008)。

DEA 是一种非参数绩效测量技术, 已被应用于衡量各行业决策单元 (DMU) 的绩效 (Xu et al., 2021; Tsolas, 2008)。在 DEA 模型中, 绩效测量是通过评估众多决策单元的相对效率来进行的 (Wu et al., 2020)。这些 DMU 的效率得分范围从 0 到 1 (1 为完全效率)。因此, DEA 通过其产生的效率分数来区分决策单元的性能。利用 DEA 模型构建综合指标可以追溯到库克和克雷斯 (Cook & Kress, 1990) 的研究, 他们提出了假设所有决策单元在投入方面相似的情况下对产出进行汇总的方法。这意味着在 DEA 评估中使用等于 1 的虚拟输入。谢尔什 (Cherchye et al., 2007) 推广了这一方法, 并将利用 DEA 构建复合指标命名为“疑虑收益 (Benefit of the Doubt, BoD)”。这种方法不需要事先了解指标的相对重要性, 也不需要商定一套独特的权重 (Cherchye et al., 2008)。已有采用“疑虑收益”思想构造的综合指标包括: 企业可持续性综合指标 (Chang et al., 2013)、企业社会责任综合指标 (Oliveira et al., 2019)、社会-环境绩效变化的评估 (Ben Lahouel et al., 2022) 等。

在数据包络分析 (DEA) 文献中, 用于度量效率和非效率的常用模型有定向距离函数 (directional distance function, DDF) (Ben Lahouel et al., 2022)。定向距离函数 DEA 首先由钱伯斯等 (Chambers et al., 1996) 引入, 是衡量技术效率的重要指标, 同时反映了产出扩张和投入收缩的潜力。该方法已被广泛用于评估效率, 如陈等人 (Chen et al., 2013) 开发了一个整值定向距离函数 DEA 模型来评估效率; 奥利维拉等 (Oliveira et al., 2019) 基于一个优化后的 DDF 和目标规划模型对采矿企业分别从企业层面和行业层面进行了社会责任效率评估; 本拉韦勒等 (Ben Lahouel et al., 2022) 则利用定向距离函数和 Malmquist 生产率指数的“疑虑收益”模型评估企业在一段时间内的社会和环境绩效。

借鉴已有研究, 本文将采用 DDF-DEA 模型对中国 13 家矿业企业的可持续发展效率进行评估, 同时考虑期望输出和非期望输出。此外, 由于董事会对企业的经营决策起着关键作用, 本文在得到企业可持续性效率评估结果之后, 利用 Tobit 模型进一步探究董事会特征是否会影响企业的可持续性绩效。研究表明, 在 2020—2022 年, 绝大部分的样本矿业企业越来越重视其经济、环境和社会影响, 可持续发展效率大幅提升。进一步回归分析则表明, 对董事的激励可以提升其对企业可持续发展的重视程度, 改善企业的绩效。

本文的结构如下: 第二部分介绍实证研究的数据来源; 第三部分构建研究模型 (DDF 模型和 Tobit 模型); 第四部分报告实证结果并对其进行讨论; 第五部分总结研究结论与不足, 并提出未来研究方向。

## 二、数据来源

本文采用中国 13 家矿业企业 2020—2022 年的数据。数据收集自国泰安中国经济金融数据库 (CS-MAR) 和各矿业企业 2020—2022 年发布的年度报告和年度环境、社会及治理 (ESG) 报告。鉴于数据的可得性, 本研究中只包括了被 MSCI 指数收录的 13 家矿业公司, 其中 ESG 领先企业 1 家 (评级为 AA), 落后企业 6 家 (评级为 B 和 CCC), 中间企业 6 家 (评级为 BB)。由一个虚拟投入 (设为 1) 产生一个期望输出 (总资产回报率) 和两个非期望产出 (温室气体排放强度和所有工伤频率)。描述性统计见表 1 (详细数据限于篇幅未列出, 备索)。

表 1 可持续发展指标设计

类型	指标	计算	均值	标准差	最小值	最大值
期望输出	总资产回报率 (ROA)	净利润/总资产	0.052	0.030	0.008	0.133
非期望输出	温室气体排放强度 (GHG)	温室气体排放总量/ 营业收入 (吨/百万元)	160.849	200.468	0.496	578.320
	所有工伤频率 (AIFR)	20 万工时事故率	0.884	0.921	0.000	3.300

## 三、研究方法

### (一) 定向距离函数 DEA (directional distance function, DEA)

生产可能性集或技术  $T$  描述了在规模收益恒定的条件下, 将输入  $x = (x_1, \dots, x_p) \in \mathfrak{R}_+^p$  转换为输出  $y = (y_1, \dots, y_q) \in \mathfrak{R}_+^q$ , 定义如下 (Ben Lahouel et al., 2022; Kerstens & Van De Woestyne, 2011):

$$T = \{(x, y) \in \mathfrak{R}_+^{p+q}; x \text{ can produce } y\} \quad (1)$$

钱伯斯等 (Chambers et al., 1996) 开发了使用定向距离函数的效率评估, 它允许根据方向向量同时扩大输出和收缩输入。钱伯斯等 (Chambers et al., 1998) 认为在生产技术  $T$  上的定向距离函数可以做如下定义:

$$\vec{D}(x, y, -g_x, -g_y) = \sup\{\beta: (x - \beta g_x, y + \beta g_y) \in T\} \quad (2)$$

其中,  $g = (-g_x, g_y) \in \mathfrak{R}_+^p \times \mathfrak{R}_+^q$  是“定向向量”, 用于将输出和输入按比例缩放到技术集合  $T$  的前沿。因此,  $g = (-g_x, g_y)$  允许同时减少输入和增加输出, 以达到技术前沿。 $\beta$  表示输入和输出的收缩或扩展程度。

钟等人 (Chung et al., 1997) 扩展了这种方法, 允许在效率评价中包括不良产出, 他们在保留了 DEA 模型线性的同时, 也假设了非期望输出的弱处置性 (weak disposability), 即当输入和期望输出被假设

为强处置性 (strong disposability) 时, 非期望输出被假设为弱处置性。法尔和格罗斯科夫 (Färe & Grosskopf, 2004) 区分了弱处置性和性能测量的方向, 建立了能够明确地按照增加期望输出和减少非期望输出、联合环境技术同时能衡量性能的模式。他们假设  $P(x)$  代表了输入向量  $x \in \mathfrak{R}_+^N$  产生的一组期望输出  $y \in \mathfrak{R}_+^M$  和非期望输出  $b \in \mathfrak{R}_+^K$  的环境产出集, 如果输入  $x \in \mathfrak{R}_+^N$  是封闭有界的集合, 并且是自由处置的 (free disposable) (Seiford & Zhu, 2002), 则满足:

- (1) 如果输出是弱处置性, 即如果  $(y, b) \in P(x)$  和  $0 \leq \theta \leq 1$ , 则  $(\theta y, \theta b) \in P(x)$ 。
- (2) 如果期望输出和非期望输出是零结合性的 (Null-joint), 即  $(y, b) \in P(x)$ ,  $b = 0$  意味着  $y = 0$ 。

这可以理解为, 对非期望输出施加弱处置性时, 可以假设它们是期望的输出的副产品 (Färe & Grosskopf, 2004), 并且不能在没有任何成本的情况下减少, 这意味着如果伴随着期望输出的减少或输入的增加, 则不期望的输出的减少是可能的 (Zanella et al., 2015)。扎内拉等 (Zanella et al., 2015) 在使用一种单一输入水平的基础上, 将定向向量设为  $g = (-g_b, g_y)$ , 这个向量允许在保持输入不变的同时收缩非期望的输出和扩大期望输出。限制输入为  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ , 构造的定向距离函数可以用式 (3) 所示的线性规划模型估计。

$$\begin{aligned} & \max \beta & (3) \\ \text{s. t. } & \sum_{j=1}^n b_{ij} \lambda_j \leq b_{ik} - \beta g_b, \quad i = 1, \dots, m \\ & \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq y_{rk} + \beta g_y, \quad r = 1, \dots, s \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ & \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n \end{aligned}$$

在式 (3) 中,  $y_{rj}$  是公司  $j (j = 1, \dots, n)$  的期望输出指标 ( $r = 1, \dots, s$ ),  $b_{ij}$  是公司  $j$  的非期望输出指标 ( $i = 1, \dots, m$ )。同样的,  $y_{rk}$  是正在评估的特定决策单元 (DMU) 的期望输出指标,  $b_{ik}$  则是正在评估的特定决策单元的非期望输出指标。定向向量  $g = (-g_b, g_y)$  表示非期望输出指标和期望指标变化的方向。最佳值  $\beta$  表示定向距离函数效率得分, 取大于或等于零的值。当  $\beta = 0$  时, DMU 为有效, 而当  $\beta > 0$  时, DMU 为无效。

为了在一个拥有期望输出和非期望输出的联合生产框架内评估中国矿业企业的可持续发展效率, 本文根据式 (3), 同时参考奥利维拉等 (Oliveira et al., 2019) 的研究开发下述研究框架, 该框架允许将期望输出最大化, 同时将非期望输出最小化。每个矿业企业都被视为一个决策单元 (DMU)。借鉴贝卢和曼内斯库 (Belu & Manescu, 2013) 的做法, 把每个公司视为一个独立的单位, 而没有明确地考虑获得当前经济、环境或社会相关成就所涉及的各种投入。因此, 本研究考虑一个等于 1 的虚拟输入和总资产回报率 (ROA) 作为期望输出, 温室气体排放强度 (GHG) 和所有工伤频率 (AIFR) 作为非期望输出的模型。其中, 定向向量  $g = (-g_1, g_R - g_C, -g_A)$  代表在绩效评估中考虑的所有绩效指标 (经济、环境和社会方面) 都希望改进。

$$SE(1, R, G, H, -g_1, g_R, -g_G, -g_A) = \max \beta_k \quad (4)$$

$$\text{s. t. } \sum_{j=1}^n G_j \lambda_j \leq G_k - \beta_k g_G$$

$$\sum_{j=1}^n H_j \lambda_j \leq H_k - \beta_k g_A$$

$$\sum_{j=1}^n R_j \lambda_j \geq R_k + \beta_k g_R$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda \geq 0; j = 1, \dots, n$$

## (二) Tobit 回归分析

比林德利等 (Birindelli et al., 2018) 认为一个公司的董事会能决定企业成败, 公司董事会的组成可以对其环境、社会和治理 (ESG) 绩效造成影响。为了检验董事会特征是否会影响企业可持续发展绩效, 本研究进行 Tobit 回归。矿业企业的可持续性效率 (SE) 是因变量, 该度量值分布在 0 (完全无效率) 和 1 (完全效率) 之间。由于普通最小二乘回归需要假设扰动项和因变量是正态和同方差分布, 故采用 OLS 回归进行分析, 其估计的结果是有偏的 (Goto & Sueyoshi, 2020)。

在 Tobit 模型中, 定向距离函数 SE 被认为是因变量。同时, 本文选取董事会特征作为自变量, 包括董事会激励 (Incentive)、董事会规模 (Size)、董事会性别多样性 (Gender) 和董事会独立性 (Independence)。为了方便模型估计, 对数据进行了如下处理: 董事会激励为前三名董事总薪酬加 1 取对数 (一家企业数据为 0)、董事会规模为董事会成员人数取对数、董事会性别多样性和董事会独立性分别为女性董事比例和独立董事比例。

Tobit 回归估计如下:

$$SE_{it} = \theta + \beta_1 Incentive_{it} + \beta_2 Gender_{it} + \beta_3 Independence_{it} + \beta_4 Size_{it} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

其中,  $i$  表示被评估的第  $i$  家矿业企业,  $t$  表示年份,  $\theta$  表示常数,  $\beta_j (j = 1, \dots, 4)$  表示自变量的系数,  $\varepsilon$  表示残差值。

## 四、研究结果与讨论

### (一) 矿业企业可持续发展绩效

本文运用 Dearun3.1 软件, 选取式 (4) 计算 2020—2022 年中国 13 家矿业企业的可持续性效率 (SE) 得分, 并使用  $1/(1 + \beta_k)$  计算 DDF 结果, 如表 2 所示。DDF 分析结果显示, 77% 的矿业企业的可持续性水平呈上升趋势, 而有三家公司的可持续性水平呈波动趋势。时间上来看, 2020 年没有一家企业可持续性绩

效水平达到效率前沿，且大部分企业效率低下，得分最高的企业也才达到 0.75；2021 年有五家企业可持续性绩效达到领先水平；2022 年虽然只有四家效率值为 1，但也有另外三家企业达到了 0.9 以上，说明各企业对可持续发展越来越重视，不断提高其可持续发展水平。

表 2 采用 DDF-DEA 模型对 13 家矿业公司的可持续性效率评分

DMU	2020 年	2021 年	2022 年
U01	0.589	0.697	0.734
U02	0.629	1	1
U03	0.528	0.532	0.555
U04	0.555	0.703	0.922
U05	0.742	0.994	1
U06	0.701	0.810	1
U07	0.579	0.912	0.965
U08	0.509	0.525	0.535
U09	0.582	1	1
U10	0.512	0.529	0.652
U11	0.626	1	0.557
U12	0.752	1	0.782
U13	0.631	1	0.965

## (二) Tobit 回归分析

### 1. 描述性统计分析与相关性分析

表 3 展示了各变量的描述性统计结果。其中，可持续性效率 *SE* 的平均值为 0.751，标准差为 0.192，这说明企业可持续性绩效还有很大提升空间；董事会规模 (*Size*) 的平均值为 2.196，标准差为 0.190；值得注意的是企业内女性董事 (*Gender*) 的比例较低，均值为 0.079，这意味着平均每家企业不到一位女性董事。董事会独立性 (*Independence*) 的均值为 0.397，标准差为 0.054；董事会激励 (*Incentive*) 的均值为 14.01，标准差为 4.215，说明各企业间董事会薪酬存在较大差异。

表 3 变量描述性统计

变量	观察数	均值	标准差	最小值	最大值
<i>SE</i>	39	0.751	0.192	0.504	1

表3(续)

变量	观察数	均值	标准差	最小值	最大值
<i>Size</i>	39	2.196	0.190	1.792	2.565
<i>Gender</i>	39	0.079	0.082	0	0.222
<i>Independence</i>	39	0.397	0.054	0.333	0.556
<i>Incentive</i>	39	14.010	4.215	0	17.130

表4是各变量的相关性分析结果。其中，董事会规模（显著）和董事会激励（不显著）与可持续性绩效正相关，董事会性别多样性与董事会独立性与企业可持续性绩效负相关但不显著。

表4 变量间相关性分析

变量	<i>SE</i>	<i>Size</i>	<i>Gender</i>	<i>Independence</i>	<i>Incentive</i>
<i>SE</i>	1				
<i>Size</i>	0.307*	1			
<i>Gender</i>	-0.087	0.273*	1		
<i>Independence</i>	-0.023	0.017	-0.309*	1	
<i>Incentive</i>	0.107	0.333**	0.119	-0.034	1

注：\*表示  $P < 0.1$ ，\*\*表示  $P < 0.05$ ，\*\*\*表示  $P < 0.01$ ，后表同。

## 2. Tobit 回归结果分析

表5是Tobit回归分析结果。从表5可以看出，董事会激励对企业可持续性绩效产生正向影响，支持了瓦赫达特等（E-Vahdati et al., 2022）的研究结论。与已有研究不同，董事会规模虽然也产生正向影响但不显著。现有研究关于董事会规模的影响也未达成一致的共识，虽然较大规模的董事会代表更广泛利益相关者的利益，但董事会规模的增加也会导致决策和控制过程的复杂化（Popov & Makeeva, 2022）。除此之外，董事会性别多样性和董事会独立性也产生不显著的负向影响。对于董事会性别多样性对企业可持续发展的影响，至今并未达成一致的结论。亚拉姆和阿达帕（Yarram & Adapa, 2021）支持“临界质量”假说，认为只有董事会中女性成员大于等于三名时，才会对企业战略决策产生积极影响，从而提高企业可持续性表现。他们的研究也表明当董事会中只存在一名或两名女性时，多数情况下可能只是一种象征，这些董事会中的极少数女性可能对组织的企业社会责任活动没有影响。比林德利等（Birindelli et al., 2018）的研究表明，女性董事与银行的ESG绩效之间是一个倒U型的关系，认为只有性别均衡的董事会才能对银行的可持续性业绩产生积极影响，并不认可所谓的“临界质量”假说。根据代理理论，董事会独立性被解释为加强董事会监督功能的积极因素（Popov & Makeeva, 2022），但也有研究发现ESG绩效与独立董事的比例之间存在负相关关系（Birindelli et al., 2018; Mallin et al., 2013）。这可能是因为独立董事成员数量过多很

可能会适得其反，不利于内部人士提供有关企业可持续发展相关的专业知识和经验 (Dalton et al., 2007)。

表 5 Tobit 回归结果

变量	Tobit 值
<i>Incentive</i>	0.017 ** (0.008)
<i>Gender</i>	-0.510 (0.383)
<i>Independence</i>	-0.341 (0.557)
<i>Size</i>	0.008 (0.160)
常数项	0.677 (0.404)
var (e. EE)	0.031 ***
AIC	-12.822

注：括号中的数值是标准误。

## 五、结论

本文构建了一个期待输出（总资产回报率）和两个非期待输出（温室气体排放强度和所有工伤率），使用 DDF-DEA 模型评估了 2020—2022 年中国 13 家矿业企业的可持续发展效率，结果表明大部分样本矿业企业的可持续性绩效逐年改进，致力于达到效率前沿。本文还利用 Tobit 回归模型分析了董事会特征对企业可持续性绩效的影响。将董事会激励、董事会性别多样性、董事会独立性和董事会规模作为自变量，回归结果表明，只有董事会激励对矿业企业可持续发展效率有正向影响。

基于本文的研究结果，为矿业企业的运营和管理提出如下可持续性绩效改进建议。首先，可持续性效率得分较低的企业应该考虑改进生产技术，注重成本控制，提高经济效益。其次，企业应制定强有力的规章制度，大力开发和使用清洁能源和可再生材料，减少温室气体排放。最后，积极培训员工并确保工作场所安全，减少工伤事故率。

本文也存在以下的局限性。首先，囿于数据有限，未来的研究可以考虑更多的经济、环境和社会变量进行 DEA 分析。例如，每个矿业企业的废物产生强度、工业新用水量、本地雇佣率等都可以作为一个可能



的数据集添加到模型中,尽可能加入更多的面板数据,以评估矿业企业效率的动态变化。其次,从方法来看,未来研究可以对模型进行改进以增加 DMU 表现方面的差距。最后,对于董事会特征的选取可以从更多维度着手,例如企业社会责任委员会的存在是充当摆设还是确有作为,这也是可以探究的方向。

---

#### 参考文献:

- AZAPAGIC A, 2004. Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry[J]. *Journal of Cleaner Production*, 12(6): 639-662.
- BELU C, MANESCU C, 2013. Strategic corporate social responsibility and economic performance[J]. *Applied Economics*, 45(19): 2751-2764.
- BEN LAHOUEL B, BEN ZAIED Y, BEN Y Y, et al., 2021. Corporate social performance and financial performance relationship: a data envelopment analysis approach without explicit input[J]. *Finance Research Letters*, 39: 101656.
- BEN LAHOUEL B, BEN ZAIED Y, TALEB L, et al., 2022. The assessment of socio-environmental performance change: a benefit of the doubt indicator based on directional distance function and Malmquist productivity index[J]. *Finance Research Letters*, 49: 103164.
- BIRINDELLI G, DELL'ATTI S, IANNUZZI A P, et al., 2018. Composition and activity of the board of directors: impact on ESG performance in the banking system[J]. *Sustainability*, 10(12): 4699.
- CHAMBERS R G, CHUNG Y, FÄRE R, 1996. Benefit and distance functions[J]. *Journal of Economic Theory*, 70(2): 407-419.
- CHAMBERS R G, CHUNG Y, FÄRE R, 1998. Profit, directional distance functions, and Nerlovian efficiency[J]. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 98(2): 351-364.
- CHANG D S, KUO L C R, CHEN Y T, 2013. Industrial changes in corporate sustainability performance—an empirical overview using data envelopment analysis[J]. *Journal of Cleaner Production*, 56: 147-155.
- CHEN Y, DJAMASBI S, DU J, et al., 2013. Integer-valued DEA super-efficiency based on directional distance function with an application of evaluating mood and its impact on performance[J]. *International Journal of Production Economics*, 146(2): 550-556.
- CHERCHYE L, MOESEN W, ROGGE N, et al., 2007. An introduction to “benefit of the doubt” composite indicators[J]. *Social Indicators Research*, 82(1): 111-145.
- CHERCHYE L, MOESEN W, ROGGE N, et al., 2008. Creating composite indicators with DEA and robustness analysis: the case of the technology achievement index[J]. *Journal of the Operational Research Society*, 59(2): 239-251.
- CHUNG Y H, FÄRE R, GROSSKOPF S, 1997. Productivity and undesirable outputs: a directional distance function approach[J]. *Journal of Environmental Management*, 51(3): 229-240.
- COOK W D, KRESS M, 1990. A data envelopment model for aggregating preference rankings[J]. *Management Science*, 36(11): 1302-1310.
- DALTON D R, HITT M A, CERTO S T, et al., 2007. The fundamental agency problem and its mitigation[J]. *Academy of Management Annals*, 1(1): 1-64.
- EDMANS A, 2023. The end of ESG[J]. *Financial Management*, 52(1): 3-17.
- ELKINGTON J, 1994. Towards the sustainable corporation: win-win-win business strategies for sustainable development[J]. *California Management Review*, 36(2): 90-100.
- E-VAHDATI S, WAN-HUSSIN W N, ARIFFIN M S M, 2022. Sustainability performance and board compensation in Japan and ASEAN-5 countries [J]. *Borsa Istanbul Review*, 22(2): S189-S199.
- FÄRE R, GROSSKOPF S, 2004. Modeling undesirable factors in efficiency evaluation: comment[J]. *European Journal of Operational Research*, 157

(1): 242-245.

- FUISZ-KEHRBACH S K, 2015. A three-dimensional framework to explore corporate sustainability activities in the mining industry: current status and challenges ahead[J]. *Resources Policy*, 46(1): 101-115.
- GALBREATH J, 2013. ESG in focus: the Australian evidence[J]. *Journal of Business Ethics*, 118(3): 529-541.
- GOTO M, SUEYOSHI T, 2020. Sustainable development and corporate social responsibility in Japanese manufacturing companies[J]. *Sustainable Development*, 28(4): 844-856.
- GUPTA P, MEHLAWAT M K, AGGARWAL U, et al., 2021. An integrated AHP-DEA multi-objective optimization model for sustainable transportation in mining industry[J]. *Resources Policy*, 74: 101180.
- KERSTENS K, VAN DE WOESTYNE I, 2011. Negative data in DEA: a simple proportional distance function approach[J]. *Journal of the Operational Research Society*, 62(7): 1413-1419.
- LI J, WU D, 2020. Do corporate social responsibility engagements lead to real environmental, social, and governance impact? [J]. *Management Science*, 66(6): 2564-2588.
- LIU C, 2018. Are women greener? Corporate gender diversity and environmental violations[J]. *Journal of Corporate Finance*, 52: 118-142.
- MALLIN C, MICHELON G, RAGGI D, 2013. Monitoring intensity and stakeholders' orientation: how does governance affect social and environmental disclosure? [J]. *Journal of Business Ethics*, 114(1): 29-43.
- OLIVEIRA R, ZANELLA A, CAMANHO A S, 2019. The assessment of corporate social responsibility: the construction of an industry ranking and identification of potential for improvement[J]. *European Journal of Operational Research*, 278(2): 498-513.
- Organisation for Economic Co-operation and Development, 2008. Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide[R]. Paris: OECD publishing.
- POPOV K, MAKEEVA E, 2022. Relationship between board characteristics, ESG and corporate performance: a systematic review[J]. *Journal of Corporate Finance Research*, 16(4): 119-134.
- SEIFORD L M, ZHU J, 2002. Modeling undesirable factors in efficiency evaluation[J]. *European Journal of Operational Research*, 142(1): 16-20.
- TSOLAS I, 2008. Derivation of mineral processing environmental sustainability indicators using a DEA weight-restricted algorithm[J]. *Mining, Metallurgy & Exploration*, 25(4): 199-205.
- WU T H, CHIH H L, LIN M C, et al., 2020. A data envelopment analysis-based methodology adopting assurance region approach for measuring corporate social performance[J]. *Social Indicators Research*, 148(3): 863-892.
- XU Y, PARK Y S, PARK J D, et al., 2021. Evaluating the environmental efficiency of the U. S. airline industry using a directional distance function DEA approach[J]. *Journal of Management Analytics*, 8(1): 1-18.
- YARRAM S R, ADAPA S, 2021. Board gender diversity and corporate social responsibility: is there a case for critical mass? [J]. *Journal of Cleaner Production*, 278: 123319.
- ZANELLA A, CAMANHO A S, DIAS T G, 2015. Undesirable outputs and weighting schemes in composite indicators based on data envelopment analysis [J]. *European Journal of Operational Research*, 245(2): 517-530.

## The Impact of Board Characteristics on Corporate Sustainability Performance

HU Peng

**Abstract:** This study was conducted from 2020 to 2022 using the Directional Distance Function (DDF) Data Envelopment Analysis (DEA) model to measure the sustainable development efficiency of 13 mining companies in China. The model employed virtual unit inputs and considered the total asset return rate as the desired output, with greenhouse gas emission intensity and occupational injury rate regarded as undesired outputs. The results demonstrated an overall upward trend in the sustainability levels of most companies; however, some companies still exhibited lower efficiency. Following that, the impact of board characteristics, including board size, board gender diversity, board independence, and board incentives, on the sustainable performance of mining companies was examined using Tobit regression analysis. The findings indicated that only board incentives had a significant influence on the performance of mining companies.

**Keywords:** corporate sustainability performance; Directional distance function; data envelopment analysis; board characteristics; mining company

(责任编辑: 魏小奋)