Modern Management 现代管理, 2026, 16(11), 108-119
Published Online November 2026 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/mm
https://doi.org/10.12677/mm.2026.1611258

Hans汉斯

中国对东南亚矿业工程项目投资效率研究

许玉林

江西理工大学经济管理学院，江西 赣州

收稿日期：2026年10月12日；录用日期：2026年10月26日；发布日期：2026年11月10日

摘　要

在“一带一路”国际工程合作深化的背景下，东南亚已成为我国矿业工程出海的核心承载区域。为系统评估我国对东南亚矿业工程项目的投资效率，本文选取东南亚10国2015~2024年面板数据，构建包含资本、劳动双投入与工程建设、贸易效益、碳排放三产出的评价体系，采用超效率DEA模型测算静态投资效率并分析时空演化特征，结合全局Malmquist-Luenberger (GML)指数从动态视角分解绿色全要素生产率的驱动来源。研究发现：① 我国对东南亚矿业工程整体投资效率呈“先降后升”的波动特征，国别分化显著，新加坡、老挝、文莱处于高效梯队，印度尼西亚、菲律宾、缅甸等国长期处于低效区间；② 规模效率差异是效率分层的核心来源，多数资源丰裕国呈现规模报酬递减特征，而欠发达工程市场仍处于规模报酬递增阶段；③ 动态视角下绿色全要素生产率的增长主要由技术进步驱动，对效率改善的贡献相对有限，技术追赶效应尚未充分释放。研究从差异化工程布局、全流程项目管控、绿色技术协同等维度提出优化路径，可为我国矿业工程企业出海布局与效率提升提供决策参考。

关键词

矿业工程项目，超效率DEA，GML指数，投资效率，东南亚，绿色建造

Research on the Investment Efficiency of China in Mining Projects in Southeast Asia

Yulin Xu

School of Economics and Management, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou Jiangxi

Received: October 12, 2026; accepted: October 26, 2026; published: November 10, 2026

Abstract

Under the background of the deepening of international engineering cooperation under the “Belt and Road Initiative”, Southeast Asia has become the core region for China’s mining engineering projects to go global. To systematically evaluate the investment efficiency of China’s mining

文章引用: 许玉林. 中国对东南亚矿业工程项目投资效率研究[J]. 现代管理, 2026, 16(11): 108-119.
DOI: 10.12677/mm.2026.1611258

engineering projects in Southeast Asia, this paper selects panel data of 10 Southeast Asian countries from 2015 to 2024, constructs an evaluation system including capital and labor input, construction engineering, trade benefits, and carbon emissions as three outputs, and uses the super-efficiency DEA model to calculate the static investment efficiency and analyze the spatio-temporal evolution characteristics. Combined with the global Malmquist-Luenberger (GML) index, it decomposes the driving sources of green total factor productivity from a dynamic perspective. The research findings are as follows: ① The overall investment efficiency of China's mining engineering projects in Southeast Asia shows a fluctuating pattern of "first decline then rise," with significant country differentiation. Singapore, Laos, and Brunei are in the efficient, while Indonesia, the Philippines, and Myanmar have been in the low-efficiency range for a long time; ② The difference in scale efficiency is the core source of efficiency stratification. Most resource-abundant countries exhibit a feature of decreasing scale returns, while underdeveloped engineering markets are still in the stage of increasing scale returns; ③ From a dynamic perspective, the growth of green total factor productivity is mainly driven by technological progress, and the contribution of efficiency improvement is relatively limited, and the effect of technological catch-up has not been fully released. The research proposes optimization paths from dimensions such as differentiated engineering layout, full-process project management, and green technology collaboration, which can provide decision-making references for Chinese mining engineering enterprises' overseas layout and efficiency improvement.

Keywords

Mining Engineering Project, Super-Efficiency DEA, GML Index, Investment Efficiency, Southeast Asia, Green Construction

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

在“一带一路”国际工程合作持续深化的背景下，我国矿业企业在东南亚地区逐步构建起长期稳定的出海格局，东南亚作为全球战略性矿产资源富集区，已成为我国对外矿业合作的核心承载区域。赵琪较早针对中国海外矿业投资现状开展系统梳理，为跨国矿业投资研究奠定了基础框架[1]。围绕海外矿业投资效率，宋科余采用超效率 DEA 模型评价我国矿业对非投资效率，验证了该方法在跨国矿业投资研究中的适用性[2]；田泽等测度了“一带一路”亚非欧重点国家直接投资效率[3]；许东梅将环境约束纳入海外投资效率评价[4]；霍林等基于超效率 DEA-Tobit 模型测算中国对东盟 FDI 效率，为本文东南亚样本的研究设计提供了直接参考[5]。

国内学者围绕煤炭、石油等资源型企业开展了大量 DEA 效率评价研究，揭示了企业所有制、管理水平等因素对效率分层的影响机制[6]-[9]。在工程建设领域，DEA 因无需预设生产函数、适配多投入多产出场景而被广泛应用[10]；秦颖、孙彦亮采用超效率 DEA-Malmquist 组合框架测度上市建筑企业融资效率，验证了静态效率结合动态分解的研究范式[11]。王成军、魏向峰纳入碳排放非期望产出测度建筑业碳排放效率[12]，王丹、宫佳楠指出技术创新与管理优化是效率提升的核心路径[13]，李文杰等的 DEA-Tobit 两阶段思路为后续影响因素分析提供了方法借鉴[14]。

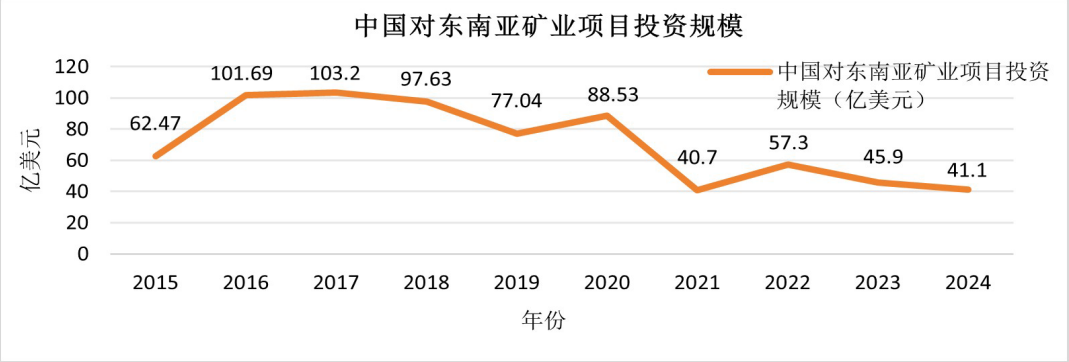
“资源诅咒”理论提示资源丰裕地区易出现要素错配与管理动力不足[15]。现有海外矿业投资效率研究多聚焦产业经济视角，从工程建设维度展开的系统评价仍较为匮乏；研究对象多集中于非洲、拉美，

针对东南亚矿业工程的长时序动态研究不足，对绿色建造约束下生产率演化的剖析亦不深入。基于此，本文将研究时段拓展至2024年，采用超效率DEA结合GML指数，系统测度我国在东南亚10国矿业工程投资效率的时空演化规律，弥补现有研究短板。

2. 中国对东南亚矿业项目投资概况

2.1. 投资规模演化

由图1中国对东南亚矿业项目投资规模可知，2015年以来，我国对东南亚矿业工程投资规模呈“高位扩张–深度调整–企稳回升”三阶段特征：2015~2018年在“一带一路”推动下，印尼镍矿冶炼配套、老挝钾盐矿基建等项目集中落地，投资快速攀升；2019~2021年受东道国政策收紧、全球公共卫生突发事件冲击、矿价波动影响进入调整期；2022年以来伴随新能源产业发展，锂、镍等新能源矿产工程需求回升，投资规模企稳复苏。



注：图1数据来源中国对外直接投资统计公报的年度数据整理，官网：https://hzf.mofcom.gov.cn/channel/tjsj.shtml

Figure 1. Scale of China’s investment in mining projects in Southeast Asia
图1. 中国对东南亚矿业项目投资规模

2.2. 区域与项目结构特征

区域分布呈现“高度集中、逐步扩散”的特征，印度尼西亚、菲律宾两国合计占比超六成，是矿业工程的核心目的地，老挝、缅甸的项目占比持续提升，铜矿、钾盐矿相关基建项目成为新增长点。项目结构逐步升级，由早期的矿山土建施工向冶炼厂建设、环保改造、智慧矿山工程等高端环节延伸，绿色低碳类工程项目占比持续提升，与东南亚各国收紧的环保政策形成适配。

2.3. 发展环境特征

东南亚各国工程建设环境异质性突出：新加坡、马来西亚等国基建配套完善、工程标准规范，但人力与土地成本较高；印度尼西亚、菲律宾等国资源禀赋优越，但政策波动大、本土化要求高；柬埔寨、缅甸、老挝等国工程市场处于成长期，基建需求旺盛，但产业配套不足、专业劳动力短缺。差异化的市场特征决定了各国矿业工程投资效率的分层特征。

3. 研究方法及评价指标体系

3.1. 研究方法

3.1.1. DEA模型的理论基础

数据包络分析(DEA)通过线性规划构建“生产前沿面”，实现对决策单元(DMU)相对效率的量化

评估。Charnes 等提出的 CCR 模型以规模报酬不变为前提，测算综合技术效率(TE) [16]；Banker 等放宽该假设，将 TE 分解为纯技术效率(PTE)与规模效率(SE)，三者满足 TE = PTE × SE，TE = 1 时处于生产前沿面[17]。

3.1.2. 超效率 DEA 的演进与构建思路

为克服传统模型的排序缺陷，超效率 DEA 模型在构造生产前沿面时排除当前被评价的决策单元，使得有效单元的效率值可大于 1，实现对高效率对象的进一步区分[18]，该模型已经在建筑工程、资源投资效率评价中得到广泛应用[11]。本文采用投入导向型超效率 DEA 模型，即在产出固定的前提下以投入最小化为目标，符合工程项目投资管控的核心逻辑。

模型公式如下：

$$\begin{cases} \min \theta \\ \sum_{j=1, j\neq k}^{n} \lambda_j x_{ij} \le \theta x_{ik} \left(i = 1,2,m\right) \\ \sum_{j=1, j\neq k}^{n} \lambda_j y_{rj} \le y_{rk} \left(r = 1,2,s\right) \\ \lambda_j \ge 0, \theta \text{无约束} \end{cases} \tag{1}$$

其中，xij、yrj 分别为第 j 个决策单元的第 i 项投入、第 r 项产出；λj 为权重系数；θ 为超效率值($\theta > 1$ 表示效率最优，$\theta < 1$ 表示效率无效)。模型公式参考 Andersen 等(1993)的经典设定，超效率值 $\theta > 1$ 表示效率最优[18]。

3.2. 全局 Malmquist-Luenberger (GML)指数

静态 DEA 仅能反映单期效率水平，为刻画生产率动态演化，本文引入考虑非期望产出的 GML 指数。传统 ML 指数易出现线性规划无解、不具备循环传递性的缺陷[19]；GML 指数以全周期全局数据构建共同前沿面，克服上述缺陷，更适配含碳排放非期望产出的绿色全要素生产率测算[20]，可分解为技术效率变化(EC)与技术进步(TC)。

$$\mathrm{GML}_t^{t+1} = \mathrm{EC}_t^{t+1} \times \mathrm{TC}_t^{t+1}$$

其中，GML > 1 表示绿色全要素生产率提升，EC > 1 表示决策单元向生产前沿靠近(效率改善)，TC > 1 表示生产前沿面向外移动(技术进步)。

3.3. 评价指标及数据来源

3.3.1. 评价对象及依据

基于投资项目量与资金规模综合考量，选取印度尼西亚、菲律宾、马来西亚、泰国、越南、缅甸、老挝、柬埔寨、新加坡、文莱十国为评价样本。SNL 全球矿业投资数据库显示，截至 2023 年底上述十国项目数占比 83.2%、投资额占比 92.5%，足以代表我国对该区域矿业投资的整体特征。研究时段为 2015~2024 年，覆盖“一带一路”推进关键期与突发公共卫生事件后的经济复苏阶段。

3.3.2. 指标选取

结合东南亚矿业工程项目区域特性，构建“投入－期望产出－非期望产出”评价框架，指标选取兼顾数据可得性与 DEA 同向性假设[21]。投入指标为中国对东道国矿业工程项目投资(资本)与东道国工业就业人数(劳动)；产出指标包括东道国建筑业增加值(产业带动)、矿石及金属出口额(市场绩效)和经正向化处理的工业 CO2 排放量(环境外溢)。10 个 DMU 数量满足“不低于投入产出指标数乘积 1.5 倍”的要

求($2 \times 3 = 6, 10 > 9$)，保障测算稳健性。

选取的 10 个决策单元(DMU)数量，满足 DEA 模型“决策单元数量不低于投入与产出指标数量乘积 1.5 倍”的基本要求(投入 2 项 × 产出 3 项 = 6，$10 > 6 \times 1.5$)，确保效率测算结果的稳健性。

3.3.3. 数据来源

数据区间为 2015~2024 年。中国对各国矿业工程项目投资来自商务部中国对外直接投资统计公报的年度数据；工业就业人数、建筑业增加值取自世界银行 WDI 数据库；矿石和金属出口额来自 UNCTAD 数据库；工业 CO2 排放量来自世界银行环境数据库。具体指标见表 1，各国代码见表 2 各国代码。

Table 1. Input indicators and output indicators
表 1. 投入指标与产出指标

指标类型	指标名称	符号	单位
投入指标	中国对东道国矿业工程项目投资	investment	亿美元
	东道国工业就业人数	labor	万人
产出指标	东道国建筑业增加值	industrial	亿美元(以 2015 年不变美元计算)
	东道国矿石和金属出口额	ore_export	亿美元
	东道国工业 CO_2排放量	CO_2	百万吨二氧化碳当量(负向)

Table 2. Country codes
表 2. 各国代码

国家名称	代码
印度尼西亚	ID
菲律宾	PH
马来西亚	MY
泰国	TH
越南	VN
缅甸	MM
老挝	LA
柬埔寨	KH
新加坡	SG
文莱	BR

4. 实证分析

借助 Stata17 软件测算 10 国 2015~2024 年综合技术效率(TE)、纯技术效率(PTE)、规模效率(SE)及超效率值(STE)。从全样本测算结果中提取 2015、2017、2019、2021、2024 年五个关键年份，整理为表 3 基于 BCC 模型和 CCR 模型的中国对东南亚矿业投资效率实证结果；表 4 标准效率 DEA 模型与超效率 DEA 模型结果的比较。

Table 3. Empirical results on the efficiency of China's mining investment in Southeast Asia based on BCC and CCR models
表 3. 基于 BCC 模型和 CCR 模型的中国对东南亚矿业投资效率实证结果

国家代码	国家名称	年份	CCR 模型–综合技术效率(TE)	BCC 模型–纯技术效率(PTE)	BCC 模型–规模效率(SE)	规模报酬状态	国家代码
ID	印度尼西亚	2015	0.081619	0.860049	0.094901	−1 (递减)	ID
ID	印度尼西亚	2017	0.088707	0.96183	0.092227	−1 (递减)	ID
ID	印度尼西亚	2019	0.088667	1	0.088667	−1 (递减)	ID
ID	印度尼西亚	2021	0.091456	1	0.091456	−1 (递减)	ID
ID	印度尼西亚	2024	0.097798	1	0.097798	−1 (递减)	ID
PH	菲律宾	2015	0.101524	0.522438	0.194326	−1 (递减)	PH
PH	菲律宾	2017	0.098857	0.563031	0.175579	−1 (递减)	PH
PH	菲律宾	2019	0.110386	0.780327	0.141461	−1 (递减)	PH
PH	菲律宾	2021	0.101401	0.615456	0.164757	−1 (递减)	PH
PH	菲律宾	2024	0.097444	0.681321	0.143022	−1 (递减)	PH
MY	马来西亚	2015	0.192084	0.904146	0.212448	−1 (递减)	MY
MY	马来西亚	2017	0.173245	0.803887	0.215509	−1 (递减)	MY
MY	马来西亚	2019	0.164389	0.788072	0.208597	−1 (递减)	MY
MY	马来西亚	2021	0.267621	1	0.267621	−1 (递减)	MY
MY	马来西亚	2024	0.216439	0.958732	0.225755	−1 (递减)	MY
TH	泰国	2015	0.13503	0.780557	0.172991	−1 (递减)	TH
TH	泰国	2017	0.146526	0.861073	0.170167	−1 (递减)	TH
TH	泰国	2019	0.15109	0.899941	0.167888	−1 (递减)	TH
TH	泰国	2021	0.205175	0.967805	0.212	−1 (递减)	TH
TH	泰国	2024	0.204331	1	0.204331	−1 (递减)	TH
VN	越南	2015	0.106554	0.635994	0.16754	−1 (递减)	VN
VN	越南	2017	0.11875	0.781937	0.151867	−1 (递减)	VN
VN	越南	2019	0.13753	0.89746	0.153244	−1 (递减)	VN
VN	越南	2021	0.272803	1	0.272803	−1 (递减)	VN
VN	越南	2024	0.269347	1	0.269347	−1 (递减)	VN
MM	缅甸	2015	0.030757	0.107156	0.287028	1 (递增)	MM
MM	缅甸	2017	0.034263	0.073419	0.466677	1 (递增)	MM
MM	缅甸	2019	0.033052	0.089156	0.370726	1 (递增)	MM
MM	缅甸	2021	0.056514	0.186916	0.302351	1 (递增)	MM
MM	缅甸	2024	0.06841	0.186916	0.365994	1 (递增)	MM
LA	老挝	2015	0.687687	0.825675	0.832879	1 (递增)	LA
LA	老挝	2017	0.523281	0.660433	0.79233	1 (递增)	LA
LA	老挝	2019	0.487403	0.602505	0.808962	1 (递增)	LA
LA	老挝	2021	1	1	1	0 (不变)	LA

续表

LA	老挝	2024	0.842602	0.883179	0.954056	1 (递增)	LA
KH	柬埔寨	2015	0.039258	0.322581	0.121701	1 (递增)	KH
KH	柬埔寨	2017	0.03717	0.194175	0.191427	1 (递增)	KH
KH	柬埔寨	2019	0.079661	0.25974	0.306696	1 (递增)	KH
KH	柬埔寨	2021	0.175391	0.487805	0.359552	1 (递增)	KH
KH	柬埔寨	2024	0.181686	0.487805	0.372456	1 (递增)	KH
SG	新加坡	2015	0.922554	1	0.922554	−1 (递减)	SG
SG	新加坡	2017	0.936047	0.936759	0.999239	−1 (递减)	SG
SG	新加坡	2019	1	1	1	0 (不变)	SG
SG	新加坡	2021	1	1	1	0 (不变)	SG
SG	新加坡	2024	1	1	1	0 (不变)	SG
BN	文莱	2015	0.317946	1	0.317946	1 (递增)	BN
BN	文莱	2017	0.34319	1	0.34319	1 (递增)	BN
BN	文莱	2019	0.271616	0.758363	0.358161	1 (递增)	BN
BN	文莱	2021	0.231444	0.660025	0.35066	1 (递增)	BN
BN	文莱	2024	0.293224	0.762415	0.3846	1 (递增)	BN

Table 4. Comparison of results between the standard efficiency DEA model and the super-efficiency DEA model
表 4. 标准效率 DEA 模型与超效率 DEA 模型结果的比较

国家	2015 年				2017 年			
	标准效率 DEA	排名	超效率 DEA	排名	标准效率 DEA	排名	超效率 DEA	排名
印度尼西亚	0.081619	8	1	1	0.088707	8	1	1
菲律宾	0.101524	7	0.79712	9	0.098857	7	1	1
马来西亚	0.192084	4	0.933764	8	0.173245	4	0.888263	6
泰国	0.13503	5	0.980975	7	0.146526	5	0.975714	3
越南	0.106554	6	1	1	0.11875	6	0.930078	5
缅甸	0.030757	10	1	1	0.034263	10	0.168128	10
老挝	0.687687	2	1	1	0.523281	2	0.711053	8
柬埔寨	0.039258	9	1	1	0.03717	9	0.855073	7
新加坡	0.922554	1	1	1	0.936047	1	0.953674	4
文莱	0.317946	3	0.318328	10	0.34319	3	0.499083	9

国家	2019 年				2021 年				2024 年			
	标准效率 DEA	排名	超效率 DEA	排名	标准效率 DEA	排名	超效率 DEA	排名	标准效率 DEA	排名	超效率 DEA	排名
印度尼西亚	0.088667	8	1	1	0.091456	9	1	1	0.097798	8	1	1
菲律宾	0.110386	7	1	1	0.101401	8	1	1	0.097444	9	1	1
马来西亚	0.164389	4	0.817409	7	0.267621	4	1	1	0.216439	5	0.96181	9

续表

泰国	0.15109	5	0.96961	6	0.205175	6	0.972952	8	0.204331	6	1	1
越南	0.13753	6	1	1	0.272803	3	1	1	0.269347	4	1	1
缅甸	0.033052	10	0.033116	10	0.056514	10	0.161037	10	0.06841	10	0.282814	10
老挝	0.487403	2	0.625415	8	1	1	1	1	0.842602	2	1	1
柬埔寨	0.079661	9	1	1	0.175391	7	1	1	0.181686	7	1	1
新加坡	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
文莱	0.271616	3	0.582302	9	0.231444	5	0.591533	9	0.293224	3	1	1

4.1. 效率变化趋势分析

五个关键年份综合技术效率(CCR)平均值分别为 0.26、0.25、0.25、0.34、0.33，整体呈“平稳波动–快速提升–小幅回落”态势：2015~2019 年受政策调整与市场波动影响低位震荡，2019~2021 年伴随新能源矿产工程需求扩张显著抬升，2021 年后受矿价回调与政策收紧小幅回落。纯技术效率均值依次为 0.89、0.85、0.86、0.92、0.93，稳步提升；规模效率均值依次为 0.29、0.29、0.29、0.37、0.35，与综合效率高度同步，表明规模适配性是制约整体效率提升的核心因素。

纯技术效率整体高于规模效率，说明当前工程管理与施工技术水平相对稳定，规模适配不足是效率提升的主要瓶颈，与建筑业、资源投资效率相关研究结论一致[11] [22]。

国别分化显著：新加坡、老挝、文莱保持相对高位；印度尼西亚、菲律宾综合效率长期低于 0.11，呈“资源丰裕但效率低位”特征；泰国、越南伴随产业链升级稳步提升，2021 年以来增长最为显著；缅甸、柬埔寨综合效率常年低于 0.1，长期陷入低效困境。

4.2. 纯技术效率分析

纯技术效率整体显著高于规模效率，呈多层级分化：新加坡、印度尼西亚、越南、老挝、柬埔寨多国 PTE 达到 1，工程管理体系与施工技术处于生产前沿方面；马来西亚、泰国呈阶段性有效。文莱 PTE 先降后升，从初期有效回落至 0.66 后随绿色工程升级逐步修复；缅甸后期有所提升但未突破低效格局；菲律宾、马来西亚本土化适配仍有提升空间。总体看，各国纯技术效率差距远小于规模效率，效率提升的核心制约已向规模适配层面转移。

4.3. 规模效率与规模报酬分析

中国对新加坡、老挝部分时段规模效率有效(SE = 1.0000)，新加坡即便未完全有效也始终趋近前沿面；文莱规模效率稳定在 0.3 左右。印度尼西亚、菲律宾、马来西亚、泰国、越南长期处于规模效率低位且多为规模报酬递减，存在投资规模冗余，过度集中的基建投入已超出东道国产业承载能力；越南由递增转为递减，反映投资规模已逐步超出最优适配区间。缅甸、柬埔寨、文莱长期处于规模报酬递增，投入不足制约效率释放，仍有扩容空间。可见，不确定环境下投资规模的动态适配是提升整体效率的关键。

4.4. 动态绿色全要素生产率分析

引入考虑碳排放非期望产出的 GML 指数，可将绿色全要素生产率分解为效率变化(EC)与技术进步(TC)，各年度测算结果如表 5 所示。观测期内 10 国绿色全要素生产率年均值为 0.988，整体呈波动态势；其中效率变化(EC)年均值为 1.001，技术进步(TC)年均值为 0.987，技术进步的波动幅度更大，是决定生产率走势的核心因素。

Table 5. GML index and decomposition results for each year from 2015 to 2024
表 5. 2015~2024 年各年度 GML 指数及分解结果

年度区间	GML 生产率增长指数	效率变化 EC	技术进步 TC
2015~2016	0.9748	1.0036	0.9712
2016~2017	0.9752	0.9984	0.9768
2017~2018	0.9779	1.0053	0.9726
2018~2019	1.0056	1.0001	1.0055
2019~2020	1.0362	1.0024	1.0339
2020~2021	0.9673	0.9936	0.9738
2021~2022	0.9773	1.0052	0.9721
2022~2023	1.0024	0.9995	1.0029
2023~2024	0.9735	0.9998	0.9736
全样本均值	0.9878	1.0009	0.9869

Table 6. Average GML index and decomposition results of each country (Sorted in descending order by GML index)
表 6. 各国平均 GML 指数及分解结果(按 GML 指数降序排序)

国家名称	GML 生产率增长指数	效率变化 EC	技术进步 TC	排名
越南	1.01416	1.00916	1.00506	1
菲律宾	1.01004	1.00537	1.00461	2
马来西亚	1.00257	0.99934	1.00324	3
泰国	1.00155	0.99785	1.00374	4
柬埔寨	1.00107	1.00320	0.99790	5
老挝	1.00072	1.00049	1.00023	6
文莱	1.00008	1.00004	1.00004	7
新加坡	0.99939	0.99890	1.00049	8
缅甸	0.99632	0.99456	1.00179	9
印尼	0.85205	1.00000	0.85205	10

从时序演化来看(见表 5)，绿色全要素生产率呈现明显的三阶段特征：2015~2019 年 GML 指数维持在 1.0 附近，绿色建造技术的持续输出对冲了投资规模调整带来的效率波动；2020~2021 年受全球公共卫生突发事件与全球供应链扰动影响，效率变化与技术进步同步回落，GML 指数降至观测期低位；2021~2024 年伴随新能源矿产工程需求回升与低碳冶炼技术推广，技术进步指数率先回升，带动整体生产率逐步修复。

各国绿色全要素生产率的增长表现呈现显著分层特征，具体测算结果如表 6 所示。越南、菲律宾、马来西亚、泰国的年均 GML 指数大于 1，生产率保持正向增长，其中越南以 1.014 的年均增速居首位；柬埔寨、老挝、文莱的 GML 指数接近 1，生产率基本保持平稳；新加坡、缅甸、印度尼西亚的年均 GML 指数小于 1，生产率呈下滑态势。

从增长驱动来源来看(见表 6)，各国驱动模式存在明显异质性：泰国、马来西亚等中效梯队的生产率增长主要由技术进步驱动；越南、菲律宾则呈现效率改善与技术进步双轮驱动的特征。印度尼西亚受技

术进步严重不足拖累，技术迭代速度未能匹配投资规模扩张节奏，是其生产率大幅下滑的核心原因；新加坡受效率变化小幅回落影响，生产率增长进入瓶颈期；缅甸则因制度环境与本土化管理能力不稳定，导致效率端持续波动。总体来看，当前区域绿色全要素生产率的增长仍以技术引进驱动为主，效率追赶的潜力尚未充分释放，是未来提升的核心方向。

5. 矿业工程项目投资效率提升路径

结合实证结论与国际工程发展趋势，针对当前东南亚矿业工程投资存在的规模错配、技术溢出不足、管理效能偏低等问题，从五个维度提出优化路径：

5.1. 实施差异化工程布局，优化区域结构

对新加坡、文莱等高效市场，重点深耕绿色工程咨询、智慧矿山运维等高附加值业务，打造区域工程总部枢纽；对印度尼西亚、菲律宾等规模报酬递减国家，控制新增土建规模，转向存量项目低碳改造与运营优化；对柬埔寨、缅甸等规模报酬递增市场，加大基建布局力度，完善上下游配套，释放规模效率红利。

5.2. 强化技术转移本土化吸收，释放效率追赶潜力

针对 GML 指数分解显示的技术进步贡献突出、效率改善贡献不足、技术追赶效应未充分释放的核心问题，从“技术落地 + 管理复刻”双维度提升效率改善动力：建立“技术输出–本土适配–管理落地”全链条机制：在输出低碳冶炼、绿色施工、智慧矿山等技术的同时，配套输出国内成熟的 EPC 总承包管理体系、全流程成本管控体系、安全环保标准化体系，避免“重硬件技术、轻管理体系”的技术转移偏差。推行分层级本土化能力建设：针对越南、菲律宾等效率改善基础较好的国家，重点推进数字化项目管理系统的本土化适配，培养本地高端管理人才；针对缅甸、柬埔寨等管理基础薄弱的国家，从标准化施工流程、基础安全管控、现场组织管理入手，通过“中方骨干带教 + 本地员工轮岗”的模式逐步提升管理效能。建立项目效率改善考核机制：将纯技术效率提升纳入海外项目绩效考核指标，倒逼项目团队重视管理优化与技术消化吸收，推动决策单元向生产前沿面靠近，充分释放效率追赶效应。

5.3. 推广绿色建造技术，驱动技术进步

GML 指数分解显示，技术进步是当前绿色全要素生产率增长的核心动力，但国别分化极其显著——印度尼西亚技术进步严重滞后(TC 年均仅 0.852)，成为生产率下滑的核心拖累；泰国、马来西亚等国依赖外部技术输入维持增长；新加坡已接近技术前沿面临增长瓶颈。据此实施梯度化技术输出策略：对印度尼西亚、菲律宾等资源丰裕但技术承接能力偏弱的国家，聚焦适配性技术落地：重点输出与当地镍、铜矿种匹配的低碳冶炼工艺、尾矿资源化利用、矿山扬尘治理等实用技术，以重大冶炼配套工程为载体完成技术示范，扭转“投资规模扩张快、技术迭代跟不上”的错配局面。对泰国、马来西亚等中等梯队国家，强化技术溢出与协同创新：在工程承包中嵌入绿色建造标准与智慧矿山系统，推动国内成熟的低碳施工、数字化运维技术向东道国分包商、合作企业溢出，持续推动生产前沿面向外移动，巩固技术进步对生产率的驱动作用。对新加坡等技术前沿国家，共建联合研发平台：依托新加坡的区位与标准优势，共建绿色矿业工程技术研发中心，共同攻关碳捕集利用、矿山全生命周期碳中和等前沿技术，突破技术瓶颈，为区域整体技术进步提供源头支撑。

5.4. 动态调整投资规模，提升规模适配性

建立动态规模调整机制：对规模报酬递减国家，以单项目效能提升替代规模扩张，聚焦环保改造、

技术升级类高附加值项目；对规模报酬递增国家，合理扩大基建投资，推动工程产业链协同落地。定期开展各国工程市场承载力评估，动态调整投资策略。

5.5. 匹配效率特征完善风险防控，稳定效率释放节奏

国别效率分层与东道国政策稳定性、市场成熟度高度相关——印度尼西亚、菲律宾等国政策波动大且处于规模报酬递减阶段，盲目扩量易加剧效率损失；缅甸、柬埔寨等国制度配套不完善，管理基础薄弱制约效率改善。据此建立差异化风险防控机制：对规模报酬递减、政策波动高的国家(印度尼西亚、菲律宾等)，建立规模–风险联动管控机制：项目前期将政策合规、环保收紧风险纳入效率前置评估，严控新增土建类项目规模，优先布局轻资产的技术改造、运营服务类项目，避免规模冗余叠加政策风险放大效率损失。对规模报酬递增、管理基础弱的国家(缅甸、柬埔寨等)，强化本土化风险对冲：通过本地分包、属地化人才培养、供应链本地化配套降低制度摩擦与社会风险，同时配套输出标准化施工管理体系，在风险可控的前提下稳步扩大投资规模，释放规模报酬递增红利。建立全周期效率–风险动态预警机制：按季度跟踪项目投入产出效率与东道国政策、市场风险变化，一旦出现效率持续下滑或风险等级上升，及时调整投资节奏与项目管控模式，保障投资效率稳定释放。

6. 结论与展望

本文以东南亚 10 国为样本，采用超效率 DEA 模型与 GML 指数对 2015~2024 年矿业工程项目投资效率进行测度与动态分析，得到以下结论：第一，我国对东南亚矿业工程整体投资效率呈波动企稳态势，规模效率不足是制约整体效率提升的核心瓶颈；第二，国别效率分化显著，形成高、中、低三个梯队，纯技术效率与规模效率短板差异明显；第三，规模报酬异质性突出，成熟市场多递减、成长期市场多递增，投资规模与市场承载力错配问题突出；第四，绿色全要素生产率增长主要由技术进步驱动，效率改善贡献相对不足，效率追赶效应有待释放。

未来可进一步引入制度质量、资源禀赋等变量，采用 DEA-Tobit 两阶段模型开展影响因素计量检验[14] [23]；同时细分矿种、项目类型开展更精细化的效率评价，结合海外矿业投资风险评价框架提升研究实操性[24]，为我国矿业工程企业高质量出海提供更具针对性的决策支撑。

参考文献

[1] 赵琪. 中国对非洲矿业投资现状分析[J]. 资源与产业, 2016, 18(1): 7-12.

[2] 宋科余. 基于超效率 DEA 模型的我国矿业非洲地区投资效率评价研究[J]. 中国矿业, 2020, 29(12): 48-54.

[3] 田泽, 施滢滢, 任芳容, 等. 中国对“一带一路”亚非欧重点国家直接投资效率评价研究——基于动态 DEA 方法[J]. 工业技术经济, 2021, 40(4): 29-37.

[4] 许东梅. “绿色丝绸之路”背景下中国对沿线国家绿色投资的效率评价[J]. 生产力研究, 2020(9): 23-26, 82.

[5] 霍林, 蔡楚岸, 黄俊杰. 动态视角下的中国对东盟 OFDI 效率——基于超效率 DEA-Tobit 的实证分析[J]. 投资研究, 2021, 40(4): 17-28.

[6] 王晓磊, 傅哲宜, 贾纯瑶, 等. 基于 DEA 的内蒙古煤炭企业投资效率实证研究[J]. 中国矿业, 2019, 28(6): 23-28.

[7] 刘满芝. 煤炭企业投资效率的所有制差异研究[J]. 中国煤炭, 2018, 44(7): 15-20.

[8] 王宇纯. 基于 DEA 模型的石油公司投资效率研究[J]. 市场周刊, 2025, 38(8): 17-20.

[9] 宁杰. 全球供应链重构下的我国矿业对外直接投资转型: 基于投资模式和效率研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国地质大学(北京), 2020.

[10] 魏权龄. 数据包络分析(DEA) [M]. 北京: 科学出版社, 2004.

[11] 秦颖, 孙彦亮. 基于超效率 DEA-Malmquist 指数模型: 我国上市建筑企业融资效率研究[J]. 工程管理学报, 2025, 39(2): 14-20.

[12] 王成军, 魏向峰. 基于超效率三阶段 SBM 模型的建筑业碳排放效率研究[J]. 工程管理学报, 2024, 38(6): 19-25.

[13] 王丹, 宫佳楠. 基于三阶段 DEA 模型的建筑业绿色技术创新效率测度研究: 以辽宁省为例[J]. 工程管理学报, 2026, 40(1): 45-50.

[14] 李文杰, 梁化康, 刘霖. 基于 DEA-Tobit 模型的建筑业安全生产效率演变机制研究[J]. 工程管理学报, 2025, 39(6): 26-32.

[15] 邵帅, 范美婷, 杨莉莉. 资源产业依赖如何影响经济发展效率?——有条件资源诅咒假说的检验及解释[J]. 管理世界, 2013, 29(2): 32-63.

[16] Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. (1978) Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, **2**, 429-444. https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8

[17] Banker, R.D., Charnes, A. and Cooper, W.W. (1984) Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, **30**, 1078-1092. https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078

[18] Andersen, P. and Petersen, N.C. (1993) A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, **39**, 1261-1264. https://doi.org/10.1287/mnsc.39.10.1261

[19] Chung, Y.H., Färe, R. and Grosskopf, S. (1997) Productivity and Undesirable Outputs: A Directional Distance Function Approach. *Journal of Environmental Management*, **51**, 229-240. https://doi.org/10.1006/jema.1997.0146

[20] Oh, D.H. (2010) A Global Malmquist-Luenberger Productivity Index. *Journal of Productivity Analysis*, **34**, 183-197. https://doi.org/10.1007/s11123-010-0178-y

[21] Fried, H.O., Lovell, C.A.K., Schmidt, S.S. and Yaisawarng, S. (2002) Accounting for Environmental Effects and Statistical Noise in Data Envelopment Analysis. *Journal of Productivity Analysis*, **17**, 157-174. https://doi.org/10.1023/a:1013548723393

[22] 张熠, 王先甲. 基于 G_1-法和改进 DEA 的工程项目评标方法[J]. 科研管理, 2012, 33(3): 136-141.

[23] 唐玲, 杨正林. 能源效率与工业经济转型: 基于中国 1998-2007 年行业数据的实证分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2009, 26(10): 34-48.

[24] 郑明贵, 胡志亮. 海外矿业投资环境风险评价研究[J]. 资源与产业, 2018, 26(5): 596-604.