

基于 AHP 模型的碳金融助力中石化节能减排效果评估

彭婵媛 张思媛 夏玉晶
西藏大学

DOI:10.12238/ej.v8i7.2759

[摘要] 随着全球对气候变化的关注度不断攀升,碳金融在推动上市石油企业节能减排进程中发挥着日益关键的作用。本文以碳金融和上市石油企业为研究对象,通过构建层次结构模型,将碳金融工具分为碳排放权交易、绿色债券、碳基金,从交易频率与规模、碳价格敏感性等多维度选取如碳交易量、单位产品碳成本变化率等指标。以中石化为典型案例,广泛收集其财务、环境及碳交易等数据,经专家打分确定指标权重,构建并处理判断矩阵,得出各碳金融工具综合权重。研究发现,碳金融对上市石油企业节能减排成效显著,且重要性排序为:碳排放权交易(0.5504)>绿色债券(0.3349)>碳基金(0.1147)。这一成果为中石化及其他上市石油企业制定节能减排与碳金融战略提供量化依据,助力其提升竞争力与可持续发展能力,同时也为监管部门完善政策、推动碳金融市场健康发展提供参考。

[关键词] 碳金融; 节能减排; 石油企业; 层次分析法(AHP)碳排放权交易; 绿色债券; 碳基金
中图分类号: TE08 **文献标识码:** A

Evaluation of Carbon Finance Assistance for Energy Conservation and Emission Reduction in Sinopec Based on AHP Model

Chanyuan Peng Siyuan Zhang Yujing Xia
Tibet University

[Abstract] With the increasing global attention to climate change, carbon finance plays an increasingly crucial role in promoting energy conservation and emission reduction in listed oil companies. This article takes carbon finance and listed oil companies as research objects. By constructing a hierarchical structure model, carbon finance instruments are divided into carbon emission trading, green bonds, and carbon funds. Indicators such as carbon trading volume and unit product carbon cost change rate are selected from multiple dimensions such as trading frequency and scale, and carbon price sensitivity. Taking Sinopec as a typical case, extensive collection of financial, environmental, and carbon trading data was conducted, and expert scoring was used to determine indicator weights. A judgment matrix was constructed and processed to obtain the comprehensive weights of various carbon financial instruments. Research has found that carbon finance has significant effects on energy conservation and emission reduction of listed oil companies, and its importance is ranked as follows: carbon emission trading (0.5504)>green bonds (0.3349)>carbon funds (0.1147). This achievement provides quantitative basis for Sinopec and other listed oil companies to formulate energy-saving, emission reduction, and carbon finance strategies, helping them enhance their competitiveness and sustainable development capabilities. At the same time, it also provides reference for regulatory authorities to improve policies and promote the healthy development of the carbon finance market.

[Key words] carbon finance; conserve energy ,reduce emissions; Oil companies; Analytic Hierarchy Process (AHP) for carbon emissions trading; Green bonds; Carbon Fund

1 绪论

全球气候变暖已成为21世纪最严峻的挑战之一。自《巴黎协定》签署以来,国际社会对碳中和目标的共识不断增强。中国作为全球最大的碳排放国,提出“2030年前碳达峰、2060年前碳

中和”的战略目标,倒逼高碳行业加速转型。石油行业作为国民经济支柱产业,2022年碳排放量占全国工业总排放量的18.7%,其低碳转型进程直接关系“双碳”目标的实现。然而,石油企业面临技术路径依赖、资金缺口大等现实困境,亟需通过碳金融工

具实现减排与发展的平衡。

现有研究对碳金融的探讨多集中于宏观政策与市场机制设计。国际层面, Sonia Labatt (2007) 提出碳金融是应对气候变化的金融解决方案^[1]; 世界银行 (2006) 将其定义为基于碳排放权交易的经济活动。^[2]国内学者王金南 (2008)^[3]、刘传明 (2019)^[4]等聚焦碳交易制度对产业结构的影响, 证实其通过价格信号引导企业减排。然而, 现有研究存在显著不足。首先, 研究主要集中在电力和钢铁行业, 对石油企业的研究不足; 其次, 研究视角侧重政策影响, 缺少对企业和碳金融工具适配性的量化分析; 最后, 评估方法主要是定性描述, 缺乏可推广的指标体系。这使得碳金融在石油行业的应用缺乏理论基础, 政策制定和企业决策存在盲点。

本文以中石化为例, 探讨了碳金融如何助力石油企业减排, 具有理论和现实意义。理论上, 首次将层次分析法 (AHP) 应用于石油行业碳金融研究, 构建了一个多维度评估体系, 弥补了传统研究的不足; 实践上, 通过量化分析碳排放权交易、绿色债券与碳基金的效能差异, 为企业和政府提供了决策依据。研究创新点上, 本文从企业微观行为揭示碳金融工具与减排的互动机制, 并建立动态权重指标体系, 从而提高模型适用性。此外, 本文还整合财务与环境数据, 为碳资产管理提供分析框架。

2 碳金融助力上市石油企业节能减排的机理分析

本文认为, 碳金融的定义有狭义和广义之分。从狭义上来说, 碳金融指服务于温室气体减排目标的实现而开展的一系列金融活动, 包括碳排放权及其衍生品的交易。从广义来看, 它是服务于碳减排目标的金融解决方案, 不仅涉及碳排放权交易、低碳能源项目投融资、碳金融衍生品交易、以及相关金融服务的所有金融活动, 也包括应对环境问题和气候变化等方面的金融服务。石油企业节能减排是指企业在全业务流程中, 通过多种手段实现能源消耗降低与污染物排放减少。本文聚焦国内上市石油企业, 以环境经济学理论、金融创新扩散理论和产业经济学理论为理论基础, 从不同角度为碳金融助力节能减排提供依据。

碳金融助力上市石油企业节能减排可从市场和政策两个维度分析。在市场维度, 碳交易市场至关重要。通过碳排放配额交易机制, 碳交易市场为企业的碳排放权赋予经济价值。企业若减排可出售多余配额获利, 若超标则需购买配额, 这促使企业积极寻求减排措施, 如提升能源利用效率、应用低碳技术等, 进而降低碳排放。在政策维度, 政府发挥着引导作用。通过优惠贷款政策为企业节能减排项目提供低成本资金, 通过税收优惠政策吸引社会资金流入碳金融市场, 同时制定严格的法律法规和监管制度, 规范碳金融市场运行, 保障市场公平、有序。

从金融工具视角来看, 碳金融助力上市石油企业节能减排有多种路径。碳排放权交易方面, 企业可根据配额情况交易, 将碳排放成本纳入决策, 与上下游合作提高产业链碳排放效率, 调整能源结构。绿色债券能吸引社会资本, 企业可将募集资金用于节能减排项目, 推动技术创新, 形成示范效应。

不同碳金融工具对上市石油企业节能减排的影响和应用现

状各有特点。碳基金为节能减排项目提供资金, 推动技术研发, 完善碳定价机制, 提高社会关注度; 企业通过碳基金投资减排项目、支持技术研发、参与碳市场交易等。绿色债券推动技术创新, 引导投资方向, 提升企业绿色形象; 上市石油企业绿色债券发行规模扩大, 资金用途多元化, 助力企业转型, 受到投资者青睐。碳排放交易权创造经济激励机制, 改变市场竞争格局, 促进技术创新和产业升级; 上市石油企业积极参与交易与履约, 重视碳资产管理, 将碳减排纳入战略决策。

3 碳金融助力上市石油企业节能减排的研究设计

3.1 效果评估指标体系构建

本文采用层次分析法 (AHP) 评估碳金融工具对石油企业节能减排的贡献度。指标体系如下表所示:

表3.1 节能减排效果指标体系

指标类型	指标	计算公式/直接来源	编号
交易频率与规模	碳交易量(万吨)	\	A ₁
碳价格 敏感性	单位产品碳成本变化率	[(本期单位产品碳成本-基期单位产品碳成本)/基期单位产品碳成本]*100%	A ₂
	利润变化率与碳价格 变化率之比	r _π /r _c =(Δπ/Δp)*(p/π) (p 为碳价格、 π 为利润)	A ₃
能源利用效率	乙烯单位产品综合能耗(千克标准油/吨)	某种能源消耗量/合格产品产量	A ₄
能源结构调整与碳 减排量之间的关系	碳减排量(百万吨)	\	A ₅
	乙烯能源强度降低率	[(基期能源强度-报告期能源强度)/基期能源强度]*100%	A ₆
减排经济效益	节能减排投资回报率 (ROI)	[(节能减排收益-节能减排投资成本)/节能减排投资成本]*100%	A ₇

需要说明的是, 乙烯作为石油化工核心产品, 占中石化营收的23%, 其生产能耗与减排强度可系统性反映企业低碳转型效果。因此在众多产品的单位产品的综合能耗与能源强度降低率之间, 本文选择了乙烯作为代表性的指标。

3.2 模型构建

基于文献研究, 本文构建了节能减排效果评估体系和AHP模型。目标层设定为确定碳金融工具对上市石油企业节能减排的重要性排序; 准则层包括节能减排指标; 方案层选取了碳基金 (S1)、绿色债券 (S2)、碳排放权交易 (S3) 三种代表性工具。

4 碳金融助力上市石油企业节能减排的模型构建与实证分析

4.1 数据收集与预处理

4.1.1 数据收集。本文涉及到中石化的相关数据, 均来源于中石化2019-2022年年度报告、企业社会责任报告、企业可持续发展报告、官方网站发布的环境信息, 以及上海环境能源交易所、中国碳排放交易网等相关平台获取的碳交易数据。由于没有直接的数据来源, 本文绝大多数数据是手工整理而得。

4.1.2数据预处理方法。本文对收集到的数据进行清洗和整理,剔除异常值和缺失值,对于缺失部分的数据,采用均值插补法或根据企业历史数据趋势进行合理估算补充,以确保数据的完整性和准确性。同时,对各项数据进行标准化处理,使其具有可比性,以便后续分析。

4.2基于评估指标体系的数据分析

本研究采取专家评估法构建判断矩阵,通过邀请在碳金融、能源领域的专家,采用Saaty九级标度法对指标两两比较评分,共发放20份问卷,成功回收17份,剔除3份无效问卷,问卷有效率82.35%。数据表明,绝大多数专家对本研究持支持态度,并表现出较高的参与性。通过对专家意见的收集整理,我们对准则层与方案层之间两两对比,得到各节能减排指标下碳金融工具之间的判断矩阵以及各指标两两对比的判断矩阵,并构建判断矩阵。接着,本文通过归一化处理 and 一致性检验对判断矩阵进行检测。公式如下:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

经检验,各判断矩阵一致性比率CR均小于0.1,判断矩阵合理。

最后,本文运用MATLAB计算得出结果:基于AHP模型下,本文选取的三种碳金融工具在上市石油企业节能减排的重要性排名如下:

碳排放交易权(0.5504)>绿色债券(0.3349)>碳基金(0.1147)

4.3实证结果分析

2020-2022年,中石化积极开展节能减排项目。2020年,重视CCUS技术,在油田和炼化企业试点相关项目,如油田注入二氧化碳驱油、炼化企业回收利用二氧化碳;完善甲烷排放管理体系,甲烷回收量同比增长51.1%。2021年,胜利发电厂光伏发电项目成效显著,装机规模扩大,助力页岩油绿色开采;实施能效提升计划,万元产值综合能耗下降。2022年,计划加大研发投入,攻关低碳技术,建成百万吨级CCUS示范工程;积极参与全国碳排放权交易市场,规范碳配额履约行为。

碳排放权交易有力推动了中石化的节能减排进程。2020-2022年,中石化参与碳交易的企业数量和交易量均有变化,且2021年末碳配额履约率达100%。从经济激励看,2020年的交易收益促使企业加大节能减排投入,如研发应用节能设备。在行为约束上,企业为避免高额成本,加强内部管理与碳排放监测。

绿色债券为中石化的减排目标提供了重要支持。2021年,中石化发行权益出资型碳中和债,所募资金用于新能源项目,可实现可观的减排量。同年,雄安新区相关债券的减排量与当年碳减排量对比,和AHP模型中绿色债券在碳减排量指标下的权重大致相符。此外,绿色债券提升了企业的绿色形象,增强了消费者认可度和投资者信任度,还在行业内形成示范效应,带动其他企业开展绿色金融活动。

碳基金在中石化的节能减排工作中也发挥了重要作用。2021年,中石化参与设立碳中和基金,支持了多个领域的项目。在新能源领域,助力胜利发电厂光伏发电项目,实现碳减排。在节能

环保领域,帮助天津石化进行技术改造,提升能源利用效率。中石化在碳基金方面的实践,对行业产生了示范效应,提高了公众对碳中和的认知,吸引了更多社会资本参与,尽管其综合权重较低,但对推动企业和社会可持续发展意义重大。

中石化作为行业龙头,在利用碳金融工具节能减排方面为其他上市石油企业提供诸多借鉴。在碳排放权交易上,中石化制定管理规定,并积极参与交易,将减排与经济效益结合,其积累的经验和技术将推动行业进步。在绿色债券方面,成功发行债券为绿色项目融资,为其他企业提供融资范例,引导行业关注绿色投资,推动业务结构调整。

5 结论与展望

本研究构建了碳金融助力上市石油企业节能减排的效果评估体系,运用层次分析法明确了各指标权重,并得出碳排放权交易、绿色债券、碳基金在助力节能减排中的重要性排序,即碳排放权交易(0.5504)>绿色债券(0.3349)>碳基金(0.1147)。以中石化为例,其在2020-2022年开展的节能减排项目,证实了碳金融工具的实际效果。

基于以上研究结论,本文认为上市石油企业应优先重视碳排放交易权,研究市场规则、参与交易、创新技术以获收益与优势,并将绿色债券作为中期融资重点,提升项目策划能力。同时要加强与金融机构合作,把碳基金纳入长期战略,与专业机构合作探索前沿技术与投资机会。政府应完善碳排放权交易市场政策,优化配额分配与监管,以增强市场活力;强化绿色债券市场扶持,降低企业发行成本,引导资金流入节能减排项目;鼓励多元主体参与碳基金设立,拓宽资金渠道,引导投资方向,推动行业低碳转型。

本研究也存在一定不足,如样本选取以中石化为主,存在偏差;指标选取未考虑企业环保文化等因素;AHP模型在专家打分环节有主观性,且假设指标独立,与现实有出入。后续研究可扩大样本范围,完善指标体系,融合多种模型优化研究方法,从多学科视角为石油企业提供更全面的策略建议,推动行业可持续发展。

【参考文献】

[1]Sonia Labatt,Rodney R.White.Carbon Finance.New Jersey:Hoboken,2009.

[2]The Carbon Finance at the Word bank. State and Trends of the Carbon Market[EB].Washington DC.May 2012.

[3]王金南,董战峰,杨金田,等.排污交易制度的最新实践与展望[J].环境经济,2008(10):31-45.

[4]刘传明,孙喆,张瑾.中国碳排放权交易试点的碳减排政策效应研究[J].中国人口·资源与环境,2019,29(11):49-58.

作者简介:

彭婵媛(2005--),女,汉族,湖北省荆州市人,本科在读,专业:经济学。

张思媛(2004--),女,汉族,河南省洛阳市人,本科在读,专业:工商管理。

夏玉晶(2003--),女,汉族,河南省洛阳市人,本科在读,专业:经济学。