FIE 中国矿业大学樊静丽教授等：基于碳捕集、封存和利用技术的煤制油在中国国情下的全生命周期碳足迹及成本评估

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/29605.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

FIE 中国矿业大学樊静丽教授等：基于碳捕集、封存和利用技术的煤制油在中国国情下的全生命周期碳足迹及成本评估。论文标题：Lifecycle carbon footprint and cost assessment for coal-to-liquid coupled with carbon capture, storage, and utilization technology in China

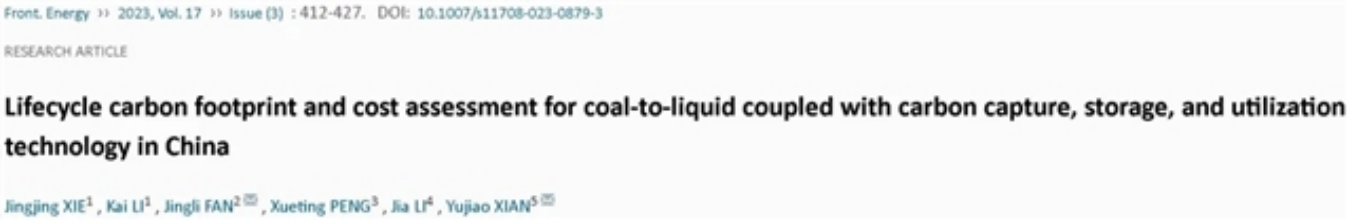
期刊：Frontiers in Energy

作者：Jingjing XIE, Kai LI, Jingli FAN, Xueting PENG, Jia LI, Yujiao XIAN

发表时间：15 May 2023

DOI：10.1007/s11708-023-0879-3

微信链接：点击此处阅读微信文章



文章亮点

（1）本文将从煤炭开采到原油制取的全过程作为分析的完整生命周期流程，在三种不同的场景下，评估了煤制油和基于碳捕集利用与封存的煤制油技术的碳足迹和平准化成本。

（2）探讨了碳捕集、利用和封存技术对煤制油碳排放量和平准化成本的影响，发现其能显著降低煤制油技术的碳排放量和平准化成本。

（3）通过敏感性分析，发现二氧化碳的运输距离对于碳足迹影响最大，而煤炭价格和初始投资成本对于平准化成本影响显著。

研究背景及意义

仅2020一年，中国就消耗了93900吨原油，占一次能源消费总量的20.6%，其中大部分原油仍然依赖于进口。基于中国缺油富煤的地理资源分布特点，煤制油工艺技术受到政府的重点关注。如图1和图2所示，煤制油工艺主要包括直接煤制(DCL）和间接煤制油工艺(ICL)，将二氧化碳捕集、利用和存储技术和煤制油技术进行耦合有望大幅度降低煤制油工艺所产生的碳足迹，为煤制油工艺的低碳发展创造了可能。

然而目前对煤制油耦合二氧化碳捕集、利用和存储技术的生命周期碳足迹的研究中，大多数研究只考虑了石油生产过程，而没有将范围扩大到采矿、洗涤和煤炭运输等活动。部分研究关注的是全链碳排放和全生命周期的平准化成本，而没有考虑耦合碳捕集技术后碳足迹和平准化成本的变化。仅少数研究将二氧化碳捕集、利用和存储技术纳入生命周期分析，但没有充分评估DCL和ICL的碳足迹和成本。同时，对煤制油耦合二氧化碳捕集、利用和存储技术的生命周期碳足迹研究和评估过于宏观，在计算碳足迹和成本时并未考虑具体的捕获单位和运输距离。

与以往的研究相比，本文有以下贡献:首先，以煤炭开采到石油生产为全链边界，综合评价了DCL和ICL的全周期碳足迹和平准化成本。其次，考虑了煤制油工艺涉及的实际过程，根据各种CO2源建立了多种减排情景，更符合实际。最后，详细考虑了不同储存方式、煤炭价格和二氧化碳运输距离对碳足迹和平准化成本(LCOL)的影响。本文可以为中国煤制油行业的低碳转型提供更为准确和完整的参考。

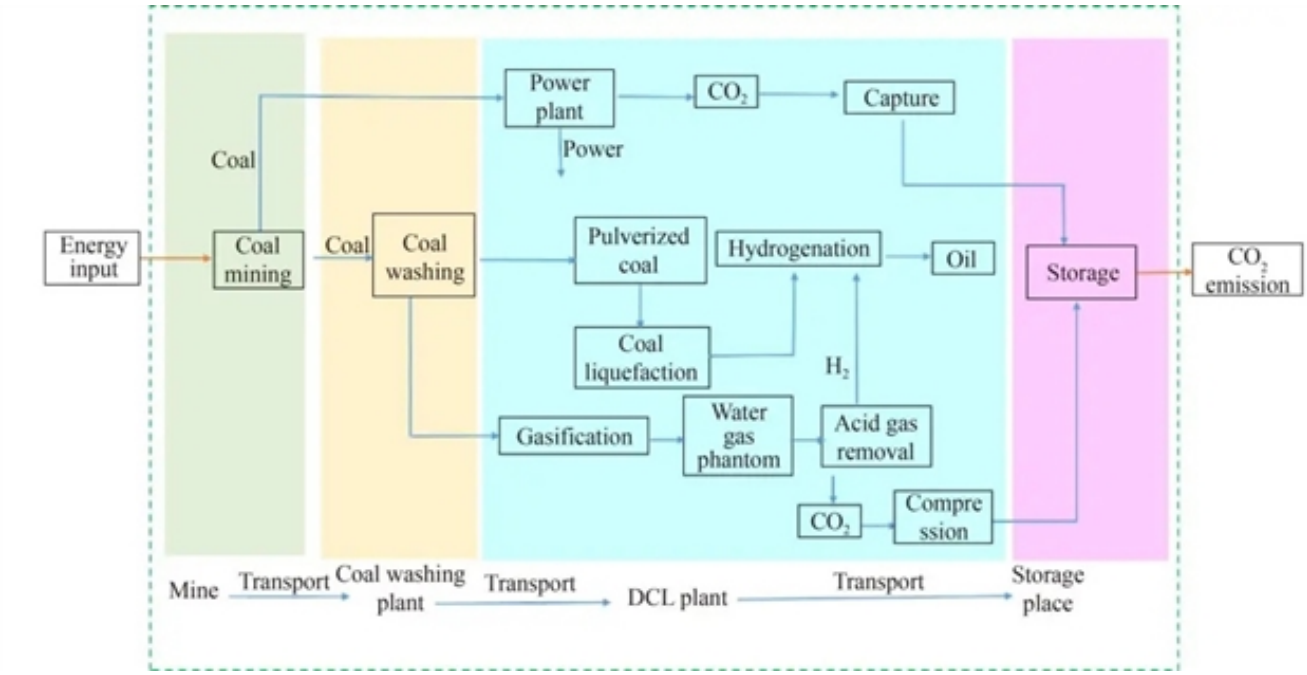


图1 DCL的研究流程

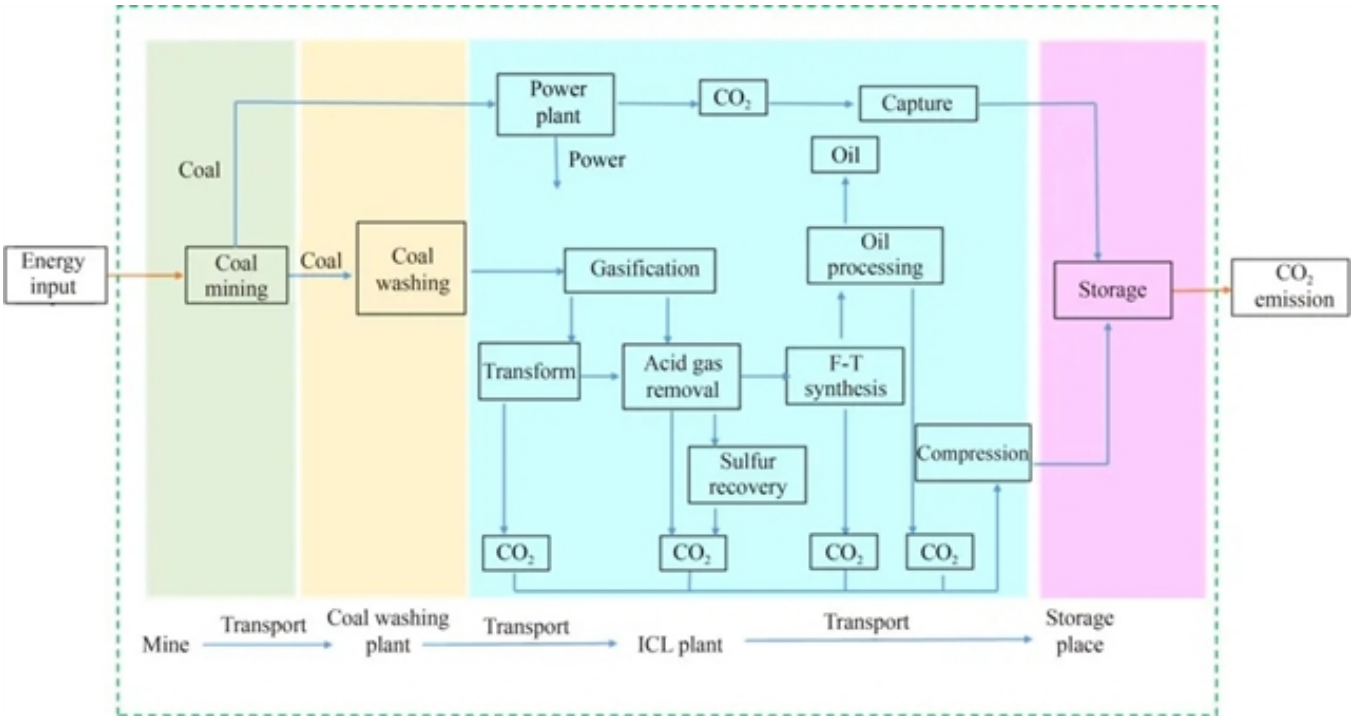


图2 ICL的研究流程

主要研究内容及结论

一、DCL和ICL的对比分析

如图3所示，在相同的参数条件下，对比了不同场景下DCL和ICL的碳足迹和平准化成本。在S1场景下，ICL的碳足迹是DCL的1.2倍，ICL的平准化成本则是DCL的1.05倍。在S2场景下，DCL的碳足迹稍稍多于ICL，ICL的平准化成本则是DCL的1.11倍左右。在S3场景下，ICL的碳足迹略多于DCL，同时其平准化成本是DCL的1.06倍左右。综上所述，ICL比DCL产生更多的二氧化碳排放，而在DSF存储方面没有竞争优势。相反，在EOR封存的情况下，更多的CO2捕获意味着更高的收益，ICL具有更大的优势。

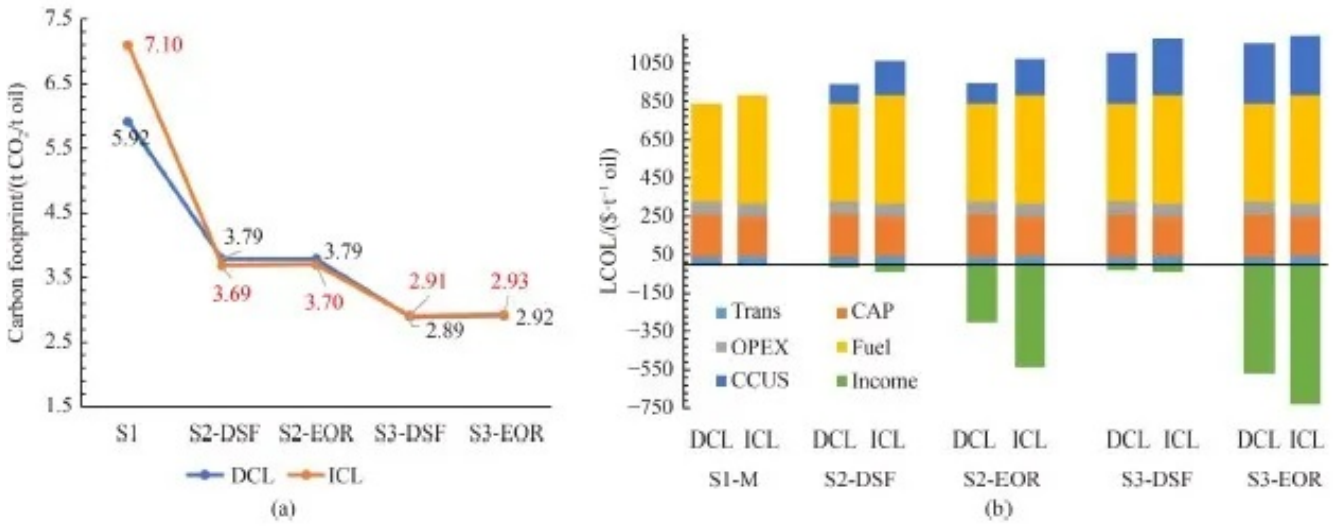


图3 (a) 碳足迹和(b) DCL和ICL成本(其中Trans代表煤炭运输成本、CAP代表初始投资成本、OPEX代表运营和维护成本、Fuel代表原材料成本、Income代表碳市场收入或石油置换收入，、S1代表没有碳捕集场景、S2代表过程碳捕集场景、S3代表全过程碳捕集场景。)

二、DCL耦合CCUS的技术分析

如图4所示，CO2运输距离对耦合CCUS的DCL技术的碳排放量有着一定的影响，随着CO2运输距离从0增加到250km时，CCUS额外产生平均碳排放量为0.52tCO2。如图5所示，随着煤炭价格从低价(L)到中价(M)再到高价(H)的变化，DCL工艺的平准化成本也会随之增加。并且从图中可见对成本影响最大的因素是封存方法，在任何捕获条件下，提高采收率产生的高收益不仅可以弥补CCUS的成本，甚至还可以部分弥补石油生产成本。

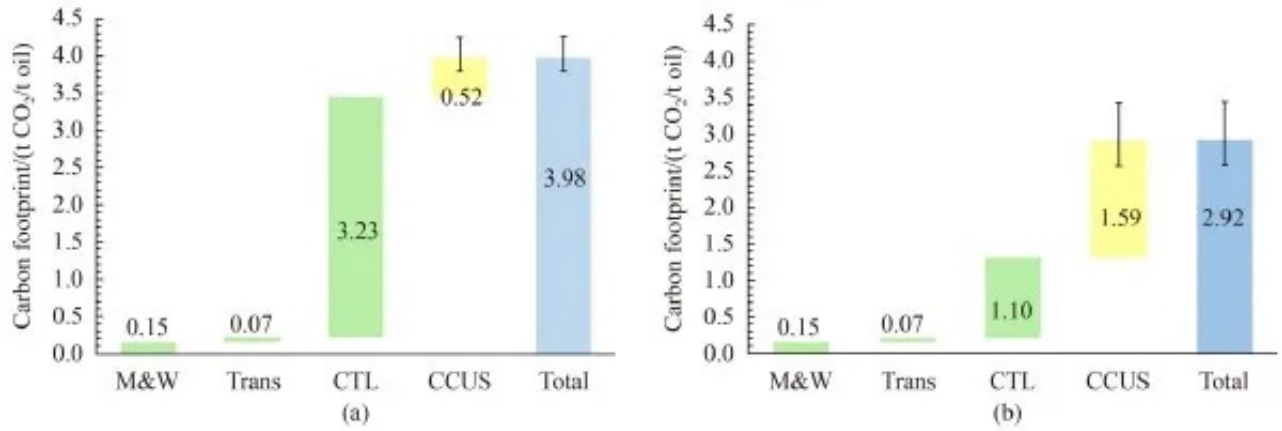


图4 (a) S2和(b) S3情景下基于CCUS的DCL工艺的碳足迹(MW代表煤炭开采和洗选过程排放、Trans代表煤炭运输过程排放、CTL代表煤制油过程排放)。

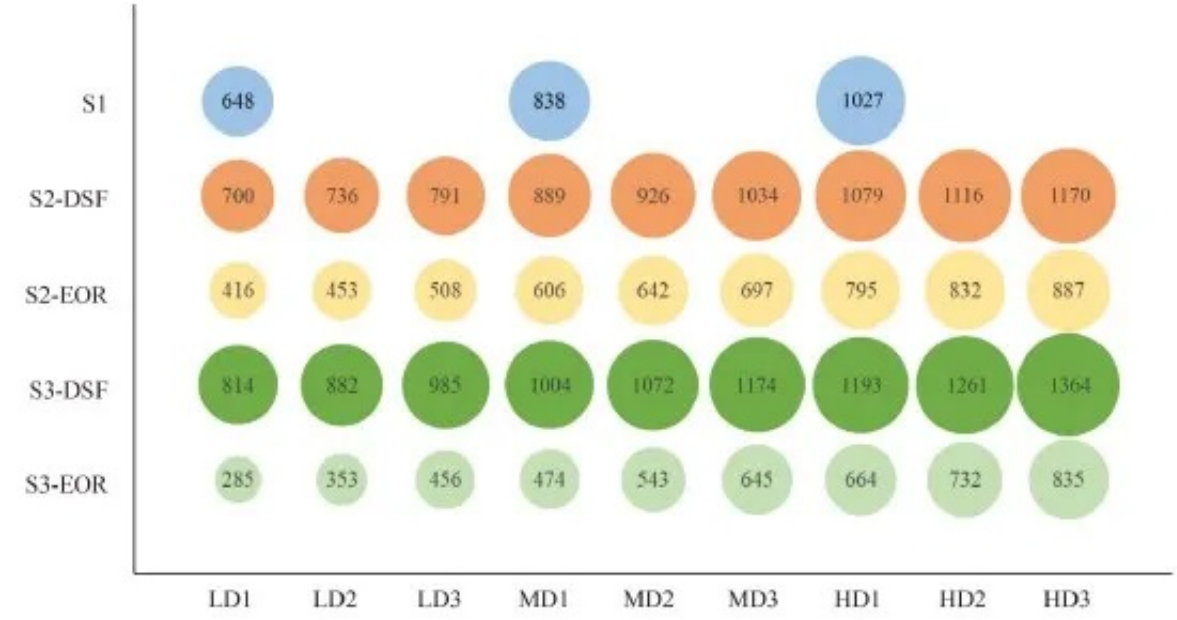


图5 不同工况下DCL的LCOL(单位:$/t油;L/M/H分别代表煤炭低/中/高价格，D1/D2/D3分别代表CO2运输距离0/100/250km)。

三、ICL耦合CCUS的技术分析

如图6所示，对于ICL工艺而言，在S2场景下，其与CCUS技术相结合能够有效减少生命周期碳足迹达41.10%~52.63%，同时CCUS排放量为0.58-1.41 tCO2/t油；在S3情景下减少的生命周期碳足迹可达49.29%~65.21%，同时CCUS排放量为1.23~2.36 tCO2/t油。如图7所示，在最低煤价下，EOR存储的最低平准化成本为150美元/吨油，远低于油价。此外，由于ICL生产单位石油需要消耗更多的煤炭，因此煤炭价格上涨导致的LCOL上涨更为明显。在S1情景下，随着煤炭价格从低价(L)到中价(M)再到高价(H)，石油成本分别增加228美元/吨和412美元/吨。在S2-DSF情景中，从0到100公里和再到250公里的运输距离则分别使平准化成本增加了80145美元/吨石油和241美元/吨石油；在S3-DSF情景中，平准化成本增加了173美元/吨石油、260美元/吨石油和391美元/吨石油。

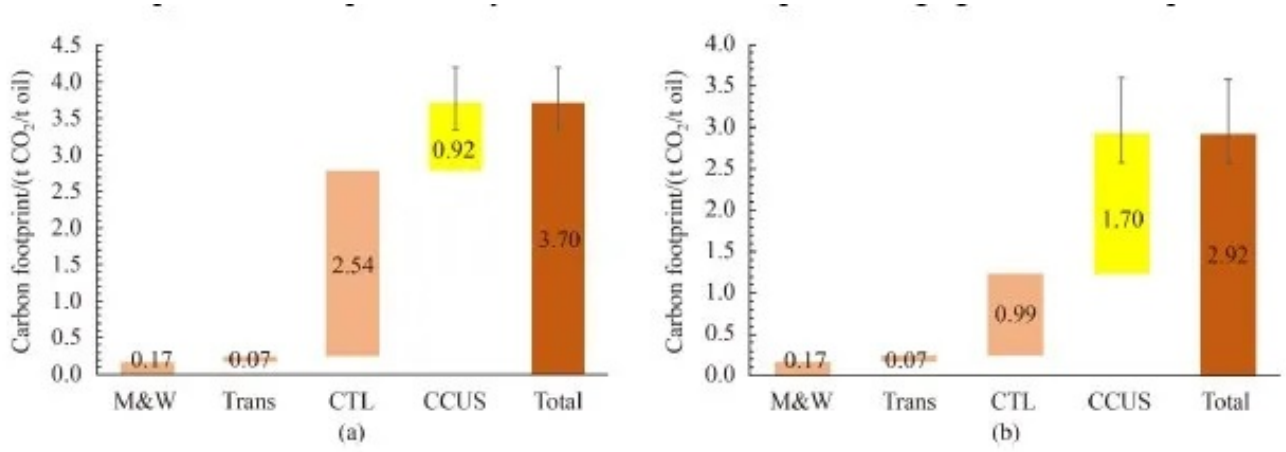


图 6 (a) S2和(b) S3情景下基于CCUS的ICL工艺的碳足迹。



图7 不同工况下ICL的LCOL(单位:$/t油;L/M/H分别代表煤炭低/中/高价格，D1/D2/D3分别代表CO2运输距离0/100/250 km)。

四、敏感性分析

如图8所示，捕集量和运输距离对CCUS捕集量的影响很大，随着二者的增加，CCUS的捕集量也在增加。此外，S3情景较S2情景，其CO2捕获量更多，碳足迹对运输距离更为敏感。如图9所示，对DCL和ICL的平准化成本影响最大的因素是煤炭价格，其次是初始投资成本。煤价每上涨10%，DCL和ICL的LCOL分别上涨5.46%和5.83%。CAP每增加10%，DCL和ICL的LCOL分别增加2.38%和2.04%。CCUS的成本对LCOL也有显著的影响。由于ICL捕集更多的CO2,CCUS的成本对总成本的影响也更大。此外，碳价则对LCOL的影响很小，碳价上涨10%，DCL和ICL、LCOL分别下降0.18%和0.38%。这也说明当前碳价处于较低水平，难以为企业减排提供有效激励。

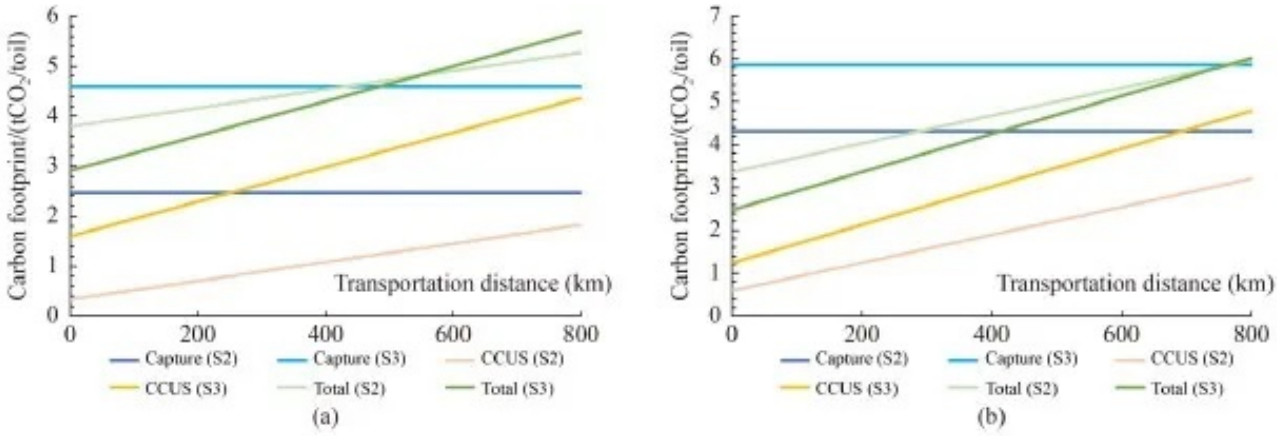


图8 碳足迹对CTL CO2运输距离的敏感性。(a) DCL敏感性分析;(b) ICL敏感性分析。

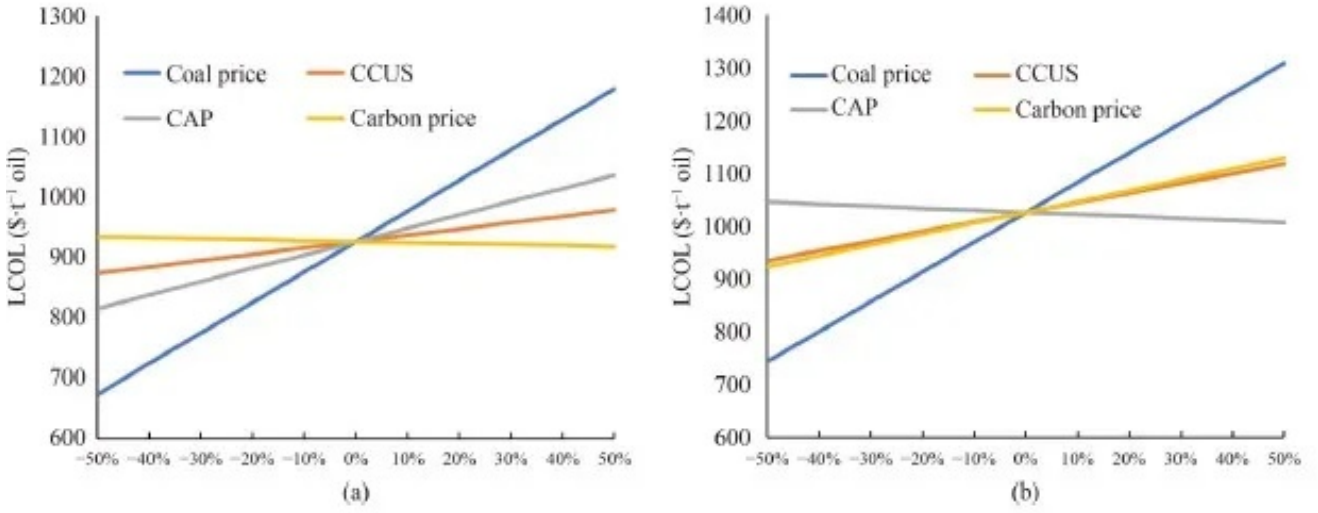


图9 S2情景下平准化成本对各种因素的敏感性。(a) DCL敏感性分析;(b) ICL敏感性分析。

原文信息

Lifecycle carbon footprint and cost assessment for coal-to-liquid coupled with carbon capture, storage, and utilization technology in China

Jingjing XIE1, Kai LI1, Jingli FAN2, Xueting PENG3, Jia LI4, Yujiao XIAN5

Author information：

1. Centre for Sustainable Development and Energy Policy Research, School of Energy and Mining Engineering, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China

2. Centre for Sustainable Development and Energy Policy Research, School of Energy and Mining Engineering; State Key Laboratory of Coal Resources and Safe Mining, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China

3. The Administrative Centre for China ’ s Agenda 21, Ministry of Science and Technology, Beijing 100038, China

4. The Hong Kong University of Science and Technology (Guangzhou), Carbon Neutrality and Climate Change Thrust, Guangzhou 511400, China; Jiangmen Laboratory of Carbon Science and Technology, The Hong Kong University of Science and Technology, Jiangmen 529199, China

5. Centre for Sustainable Development and Energy Policy Research, School of Energy and Mining Engineering; State Key Laboratory of Coal Resources and Safe Mining; School of Management, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China

Keywords：

coal-to-liquid, carbon capture, utilization and storage (CCUS), carbon footprint, levelized cost of liquid, lifecycle assessment

Cite this article

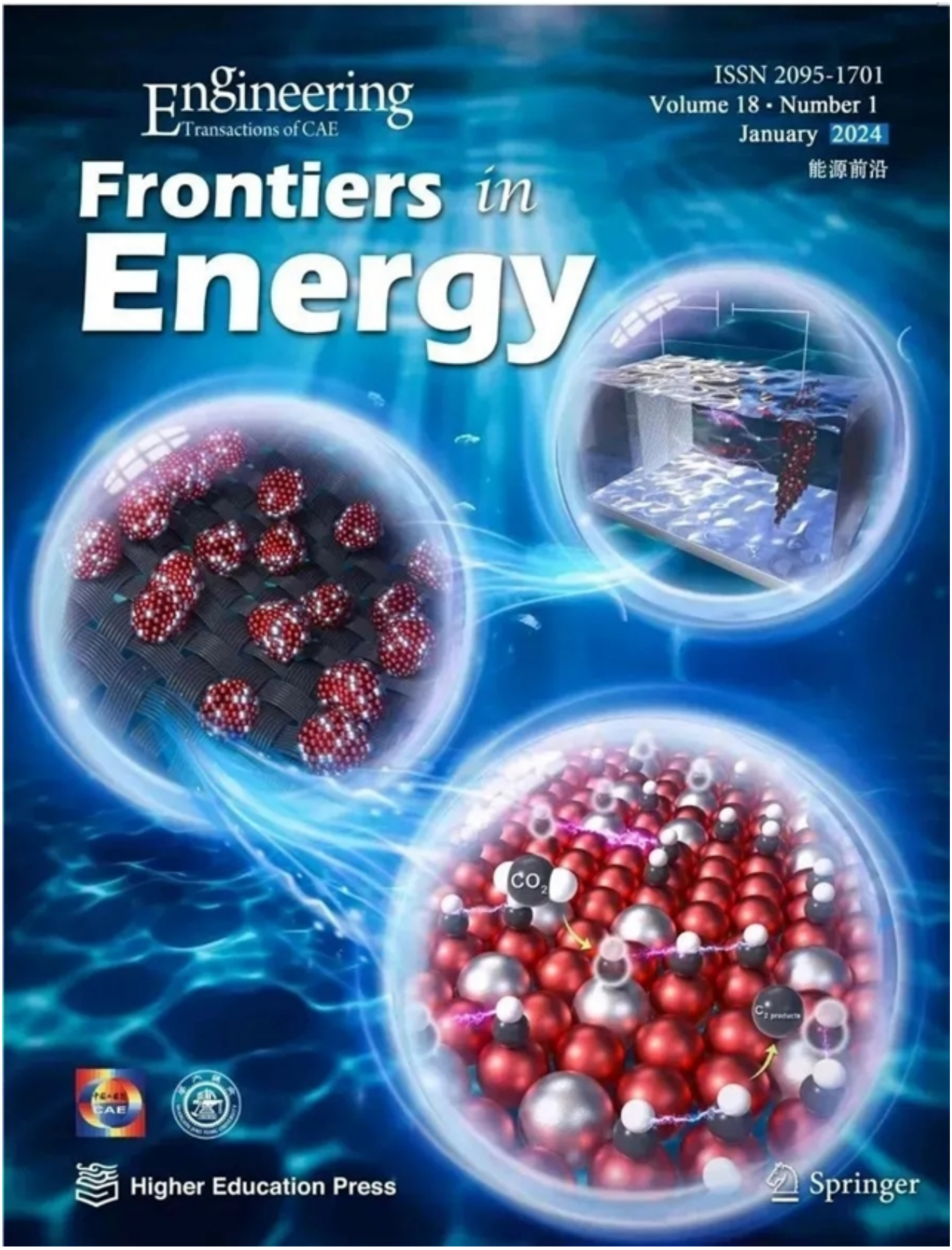
Xie J, Li K, Fan J, et al. Lifecycle carbon footprint and cost assessment for coal-to-liquid coupled with carbon capture, storage, and utilization technology in China[J]. Frontiers in Energy, 2023, 17(3): 412-427.



识别二维码，查看全文

通讯作者简介

樊静丽，现任中国矿业大学（北京）能源与矿业学院教授、博士生导师、副院长，可持续发展与能源政策研究中心主任。近年来，在Nature Climate Change, Nature Communications, Energy Economics, Ecological Economics, Energy Environmental Science等国际知名SCI/SSCI期刊发表论文60余篇，多篇入选ESI高被引。出版专著4部、译著1部。主要研究方向为能源环境复杂系统建模、能源与气候经济、减排技术投资决策与评价等。详情：https://nyxy.cumtb.edu.cn/info/1211/3171.htm



Frontiers in Energy （SCI），能源领域综合性英文学术期刊，于2007年创刊，现为中国工程院院刊

能源分刊。名誉主编翁史烈院士和倪维斗院士。中国工程院院士黄震、周守为、苏义脑、彭苏萍任主编，加拿大皇家科学院、加拿大工程院、中国工程院外籍院士张久俊、美国康涅狄格大学校长、教授Radenka Maric、法国普瓦捷大学教授Nicolas Alonso-
Vante和上海交通大学教授巨永林任副主编。



出版能源领域原创研究论文、综述、展望、观点、评论、新闻热点等。选文注重前沿性、创新性和交叉性，涉及领域包括：能源转化与利用，可再生能源，储能技术，氢能与燃料电池，二氧化碳捕集、利用与封存，动力电池与电动汽车，先进核能技术，智能电网和微电网，新型能源系统，能源与环境，能源经济和政策。

期刊优势

1. 国际化投审稿平台ScholarOne方便快捷。

2. 严格的同行评议(Peer Review)。

3. 免费语言润色，有力保障出版质量。

4. 不收取作者任何费用。

5. 不限文章长度。

6. 在线优先出版(Online First)，保证文章尽快发表。

7. 通过Springer Link平台面向全球推广。

在线浏览

http://journal.hep.com.cn/fie（国内免费开放）

https://link.springer.com/journal/11708

在线投稿

https://mc.manuscriptcentral.com/fie

联系我们

FIE@sjtu.edu.cn, (86) 21-62932006

qiaoxy@hep.com.cn, (86) 10-58556482





《前沿》系列英文学术期刊

由教育部主管、高等教育出版社主办的《前沿》（Frontiers）系列英文学术期刊，于2006年正式创刊，以网络版和印刷版向全球发行。系列期刊包括基础科学、生命科学、工程技术和人文社会科学四个主题，是我国覆盖学科最广泛的英文学术期刊群，其中12种被SCI收录，其他也被AHCI、Ei、MEDLINE或相应学科国际权威检索系统收录，具有一定的国际学术影响力。系列期刊采用在线优先出版方。

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发