
FIE 南京理工大学刘冬教授：可再生生物燃料二乙醚燃烧的最新研究进展

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/35472.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 南京理工大学刘冬教授：可再生生物燃料二乙醚燃烧的最新研究进展。论文标题：Recent advances in the combustion of renewable biofuel diethyl ether: A review

期刊：Frontiers in Energy

作者：Bingkun Wu, Tianjiao Li, Dong Liu

发表时间：30 May 2025

DOI：10.1007/s11708-025-1024-2

微信链接：[点击此处阅读微信文章](#)

Front. Energy
<https://doi.org/10.1007/s11708-025-1024-2>

REVIEW ARTICLE

Recent advances in the combustion of renewable biofuel diethyl ether: A review

Bingkun Wu^{1,2}, Tianjiao Li^{1,2}, Dong Liu (✉)^{1,2}

文章简介

本文系统综述了可再生生物燃料二乙醚（DEE）的燃烧特性及其在发动机中的实际应用，涵盖基础燃烧机理、热解与氧化行为、动力学模型发展及发动机性能与排放影响。研究通过整合分子尺度反应动力学与发动机燃烧实验数据，构建了从理论到工程应用的多尺度分析框架，为DEE的实际部署提供了科学依据，并指出了当前面临的技术挑战与潜在解决方案。

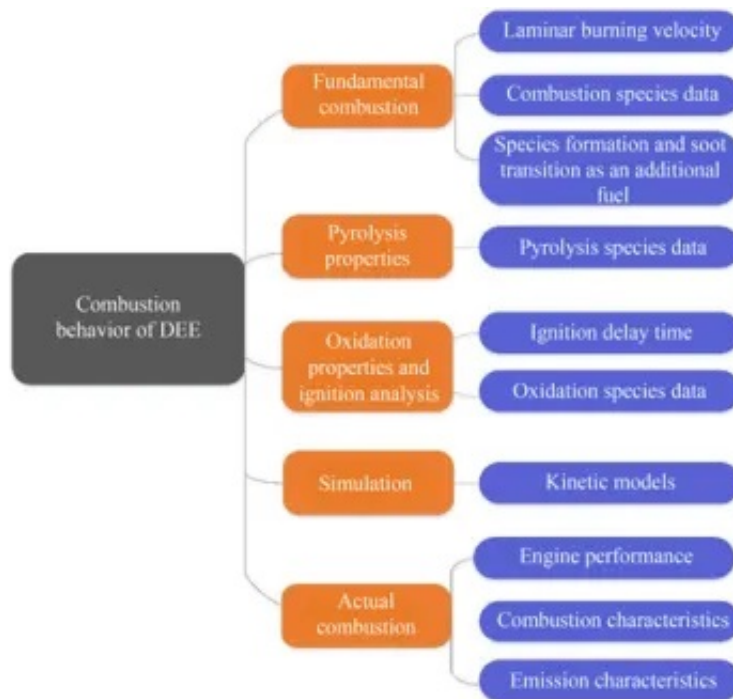


图1 DEE燃烧行为的主要研究领域

研究背景与意义

随着化石燃料枯竭与二氧化碳（CO₂）排放引发的环境问题加剧，生物燃料作为可持续替代能源受到广泛关注。二乙醚（DEE）作为一种通过乙醇脱水合成的生物燃料，具有高十六烷值（>125）、高能量密度（33.9 MJ/kg）及21.6%的氧含量，展现出优异的点火性能与燃烧效率。与传统柴油相比，DEE在常温下为液态，无需改造发动机即可直接使用或作为添加剂，且能显著降低碳烟排放。然而，DEE燃烧机理的关键耦合反应路径尚不明确，动力学模型精度受限，实际应用中存在燃烧稳定性与生产可持续性挑战。因此，系统研究DEE的燃烧特性对推动其替代化石燃料、实现能源转型具有重要意义。

主要研究内容

基础燃烧特性

DEE的基础燃烧研究聚焦于层流燃烧速度、物种生成规律及反应路径。有实验表明，DEE的层流燃烧速度随初始温度升高而增加，随压力升高而降低，且在NH₃火焰中添加DEE可提升火焰反应性并缩短点火延迟时间（IDT）。物种分析显示，DEE的热解初始产物为乙醛（CH₃CHO）、乙烷（C₂H₆）、乙醇（C₂H₅OH）和乙烯（C₂H₄），主要通过C-O键断裂和氢提取反应分解。此外，DEE与正丁烷或异辛烷混合时，因释放C₁-C₂烃类物质，可有效抑制碳烟前体（如多环芳烃）的生成。

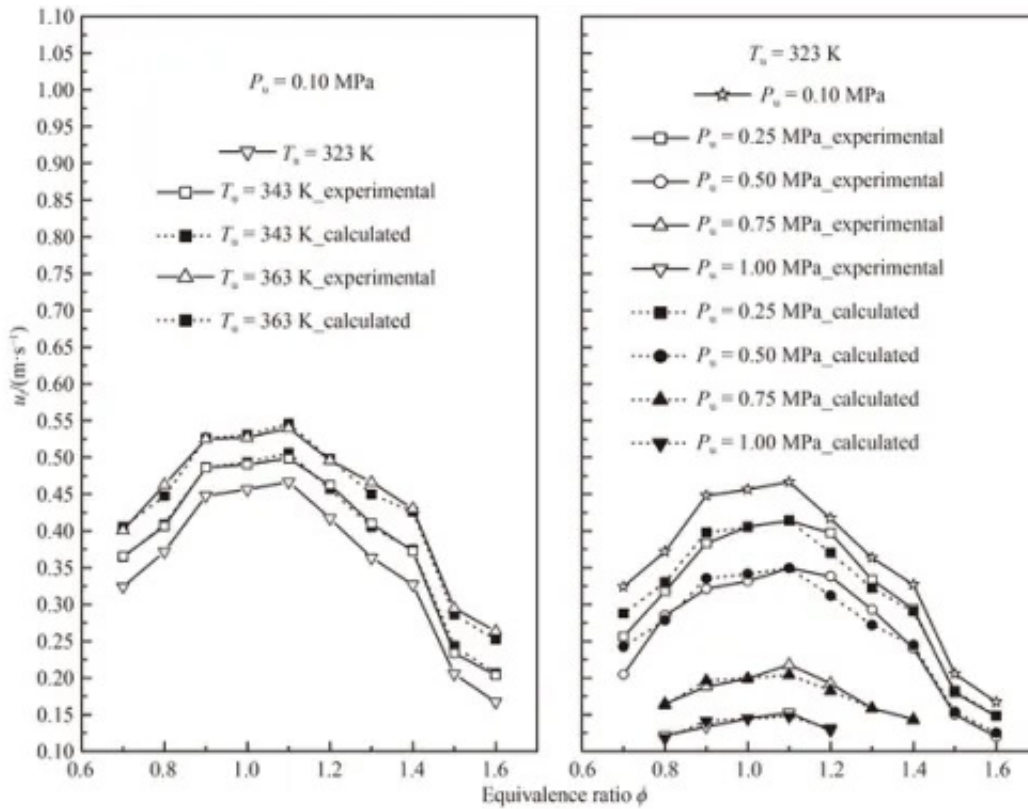


图2 不同初始温度和压力下层流燃烧速度与当量比的关系

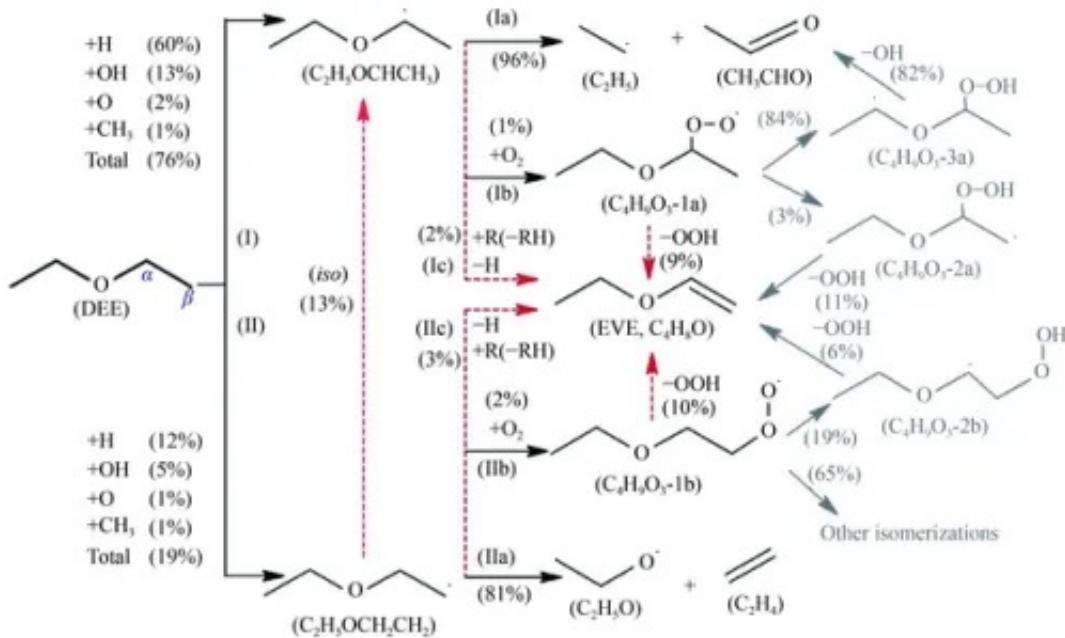


图3 DEE的重要反应路径

热解与氧化行为

DEE的热解在不同温度和压力下表现出复杂路径，主要产物包括CO、甲烷 (CH₄) 和乙烯 (C₂H₄)。反应路径分析显示，1000 K下DEE热解以氢提取和自由基分解为主。氧化研究则通过激波

管 (ST) 和喷射搅拌反应器 (JSR) 揭示了低温氧化机理, 研究发现IDT随温度和压力升高而缩短, 但受当量比影响呈非线性变化。动力学模型方面, 现有模型涵盖了3540个反应和748种物种, 可较好地预测燃料转化与产物生成, 但在低温区 (<560 K) 对CO和乙醛的模拟仍存在偏差。

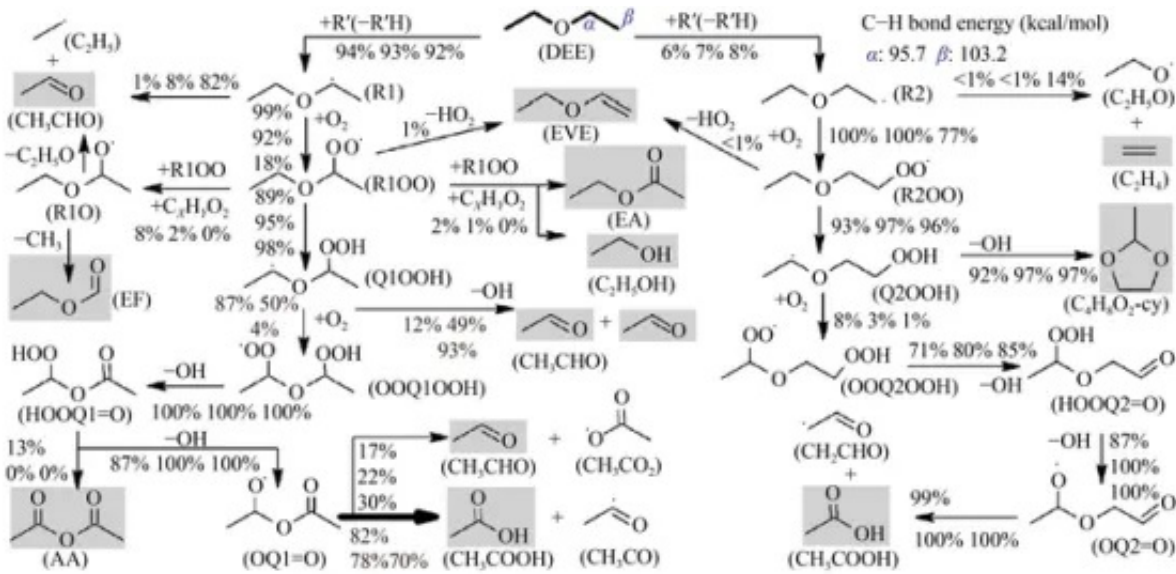


图4 基于模型的喷射搅拌反应器 (JSR) 中DEE消耗反应路径分析

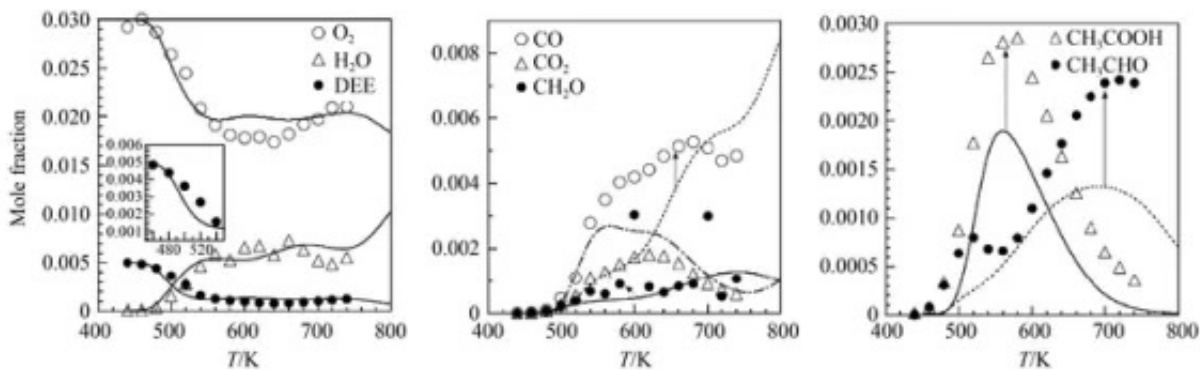


图5 10 bar压力下喷射搅拌反应器 (JSR) 中5000 ppm DEE的氧化 (实验结果 (符号) 与计算结果 (线) 对比)

发动机实际应用

DEE作为添加剂与柴油、生物柴油或多元燃料混合时, 可提升发动机的性能: 制动热效率 (BTE) 显著提高, 制动比油耗 (BSFC) 降低, 且燃烧持续期 (CD) 缩短。排放方面, DEE的高氧含量能够促进完全燃烧, 减少一氧化碳 (CO)、碳氢化合物 (HC) 和悬浮微粒 (PM) 的排放, 但氮氧化物 (NO_x) 的排放受燃烧温度影响呈现波动。然而, DEE的低闪点 (-41 °C) 和高汽化潜热 (356 kJ/kg) 可能导致储存安全风险及冷启动时的燃烧不稳定, 需通过燃料优化或添加剂缓解。

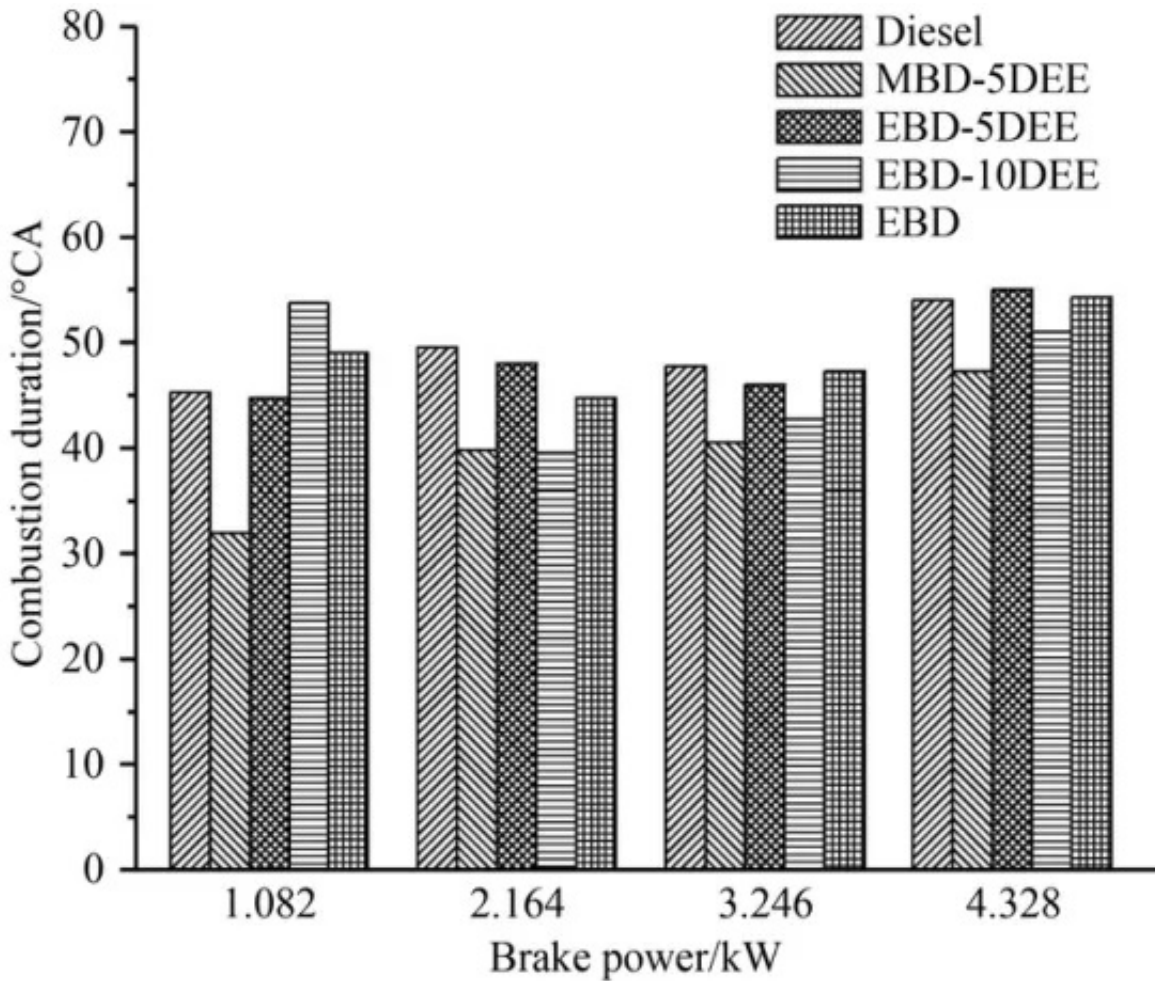


图6 燃烧持续期随制动功率（BP）的变化

研究结论

DEE作为可再生生物燃料，在基础燃烧与发动机应用中展现出显著优势：其高十六烷值和氧含量可改善燃烧效率，减少污染物排放，且与现有燃料基础设施兼容性良好。本研究构建了从分子动力学到工程应用的多尺度框架，明确了DEE的热解氧化路径及动力学模型的优化方向。然而，实际部署仍面临挑战：生产过程的可持续性、燃烧稳定性控制及排放机理的复杂性需进一步研究。未来需聚焦混合燃料反应路径、高精度动力学模型开发及燃料特性与发动机工况的匹配，以推动DEE的工业化应用。

原文信息

Recent advances in the combustion of renewable biofuel diethyl ether: A review

Bingkun Wu^{1,2}, Tianjiao Li^{1,2}, Dong Liu^{1,2}

Author information:

1. MIIT Key Laboratory of Thermal Control of Electronic Equipment, School of Energy and Power

Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China

2. Advanced Combustion Laboratory, School of Energy and Power Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China

Abstract:

Diethyl ether (DEE, C₄H₁₀O) has emerged as a promising renewable alternative to conventional diesel fuels, offering potential solutions for sustainable energy development. This review systematically examines the fundamental combustion characteristics of DEE, including pyrolysis and oxidation behaviors, kinetic modeling, and actual combustion characteristics. It comprehensively summarized the key research progress and main findings in this field. Research has indicated that DEE demonstrates excellent ignition performance, whether used alone or as an additive, and significantly reduces soot formation during combustion by limiting the discharge of C₃ – C₄ hydrocarbon species. However, a complete mechanistic understanding of DEE combustion still remains limited by the lack of key coupling reaction pathways, which directly restricted the accuracy of the reaction kinetic model. At the actual combustion level in devices, the effects of DEE on engine performance, combustion behavior, and emissions has been investigated. Although a large number of experiments have confirmed that DEE has a significant improvement effect in the above aspects, certain performance degradation phenomena and their internal mechanism still require further elucidation. Based on these insights, this review also analyzes the key challenges facing DEE in practical applications and discusses possible solutions, aiming to build a complete research framework spanning from fundamental studies to engineering application future development.

Keywords:

diethyl ether (DEE / C₄H₁₀O); fundamental combustion; pyrolysis; oxidation; actual combustion

Cite this article:

Bingkun Wu, Tianjiao Li, Dong Liu. Recent advances in the combustion of renewable biofuel diethyl ether: A review. *Front. Energy*, <https://doi.org/10.1007/s11708-025-1024-2>

扫描二维码查看原文



通讯作者简介

刘冬，南京理工大学能源与动力工程学院教授，博士生导师，德国洪堡学者，国家优秀青年科学基金获得者，江苏省杰出青年基金获得者。现任学院党委委员、副院长、学术分委会委员、先进燃烧与污染控制研究中心负责人、低碳能源与先进燃烧团队/先进燃烧实验室负责人，同时担任哈尔滨工程大学兼职教授、博士生导师。主要从事低碳能源利用与智慧燃烧诊断方面的研究工作，代表性研究方向：能源利用过程中的人工智能与机器学习技术、智慧燃烧诊断与调控、航空发动机燃烧诊断技术、先进纳米材料的火焰合成技术、燃烧化学与化学反应动力学、新型燃烧理论与技术、金属推进燃料燃烧、燃烧污染物生成与控制等。主持国家自然科学基金等多个科研项目，获国家优秀青年科学基金、江苏省杰出青年基金，入选江苏省333工程中青年学术技术带头人、江苏省双创计划—双创人才、江苏省六大人才高峰高层次人才。发表SCI论文200余篇，获国家专利授权多项。担任国家科技奖评审专家、国家自然科学基金会评和函评专家、中国高等教育学会工程热物理专业委员会理事、中国电力教育协会能源动力工程学科教学委员会委员、江苏省能源研究会常务理事、江苏省锅炉学会常务理事、江苏省工程热物理学会理事、江苏高校动力工程及工程热物理学科联盟理事、中国工程热物理学会燃烧学学术年会程序委员会委员、全国青年燃烧学术会议程序委员会委员、多个会议分会场主席、多个国际学术期刊审稿人、多个期刊副编辑/编委/青年编委。

期刊简介

Frontiers in Energy是中国工程院院刊能源分刊，高教社Frontiers系列期刊之一。由中国工程院、上海交通大学和高等教育出版社共同主办。翁史烈院士和倪维斗院士为名誉主编，中国工程院院士黄震、周守为、苏义脑、彭苏萍担任主编。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，上海交通大学教授Nicolas Alonso-Vante和巨永林担任副主编。

主 编



黄 震
中国工程院院士
上海交通大学



周守为
中国工程院院士
中海油集团



苏义脑
中国工程院院士
中石油集团工程
技术研究院



彭苏萍
中国工程院院士
中国矿业大学

副 主 编



张久俊
加拿大三院院士
福州大学



Radenka Maric
美国科学促进会会士
美国康涅狄格大学



Nicolas Alonso-Vante
上海交通大学



巨永林
上海交通大学

Frontiers in Energy已被SCIE、Ei Compendex、CAS、Scopus、INSPEC、Google Scholar、CSCD(中国科学引文数据库)、中国科技核心期刊等数据库收录。2024年Impact Factor为6.1,在ENERGY FUELS学科分类中位列55位(55/182),处于JCR Q2区。2024年度CiteScore为6.9,在Energy领域排名#77/299;2025年即时CiteScore为8.3(数据截至2025年8月5日)。

Frontiers in Energy免收版面费,且对于录用的文章提供免费语言润色以保障出版质量。第一轮审稿周期约30天,从审稿到录用平均60天。

更多信息请访问:

<http://journal.hep.com.cn/fie> (国内免费开放)

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

联系我们:

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



《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式,保证文章以最快速度发表。

中国学术前沿期刊网

<http://journal.hep.com.cn>



来源: Frontiers in Energy

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](http://iikx.com)转发