
FIE Review：浙江大学岑可法院士团队——增压富氧燃烧技术的热科学基础研究综述

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/27431.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

Review：浙江大

学岑可法院士团队——增压富氧燃烧技术的热科学基础研究综述。论文标题：Review on thermal-science fundamental research of pressurized oxy-fuel combustion technology

期刊：Frontiers in Energy

作者：Xinran Wang, Shiquan Shan, Zihua Wang, Zhijun Zhou, Kefa Cen

发表时间：09 Nov 2023

DOI：10.1007/s11708-024-0931-y

微信链接：点击此处阅读微信文章

REVIEW ARTICLE

Review on thermal-science fundamental research of pressurized oxy-fuel combustion technology

Xinran Wang, Shiquan Shan, Zihua Wang, Zhijun Zhou, Kefa Cen

Frontiers in Energy, <https://doi.org/10.1007/s11708-024-0931-y>

研究亮点

文章系统性地总结了增压富氧燃烧（POC）技术热力系统布局，介绍了当前全球几种典型的增压富氧燃烧系统。文章详细总结了该技术的传热特性（包括辐射传热和对流传热）、燃烧特性及污染物排放等方面的最新研究成果。

研究背景及意义

增压富氧燃烧技术作为控制电站CO₂排放的第二代富氧燃烧技术，具有许多优势，相比常压富氧

燃烧系统,能够进一步降低系统能耗,提高系统效率,是目前关注热点。富氧燃烧过程自身具有高的CO₂浓度,对燃烧化学反应过程会产生一系列影响,同时较高的CO₂浓度,其辐射特性与反应特性区别于空气燃烧工况。而在增压富氧条件下,燃烧的化学反应特性受到压力和气氛环境的耦合影响。燃烧介质的辐射特性以及换热性质也会受到压力的影响。本文从热力系统构建方面综述了几种典型的增氧富氧燃烧系统,之后详细综述了当前增压富氧燃烧在换热特性(辐射传热和对流传热)、燃烧特性以及污染物排放等方面的研究结果,重点论述了燃烧辐射传热特性和辐射模型。探讨了增压富氧燃烧技术进一步研究发展的方向,旨在为科学研究和工业应用提供参考。

图1 增压富氧燃烧流程图

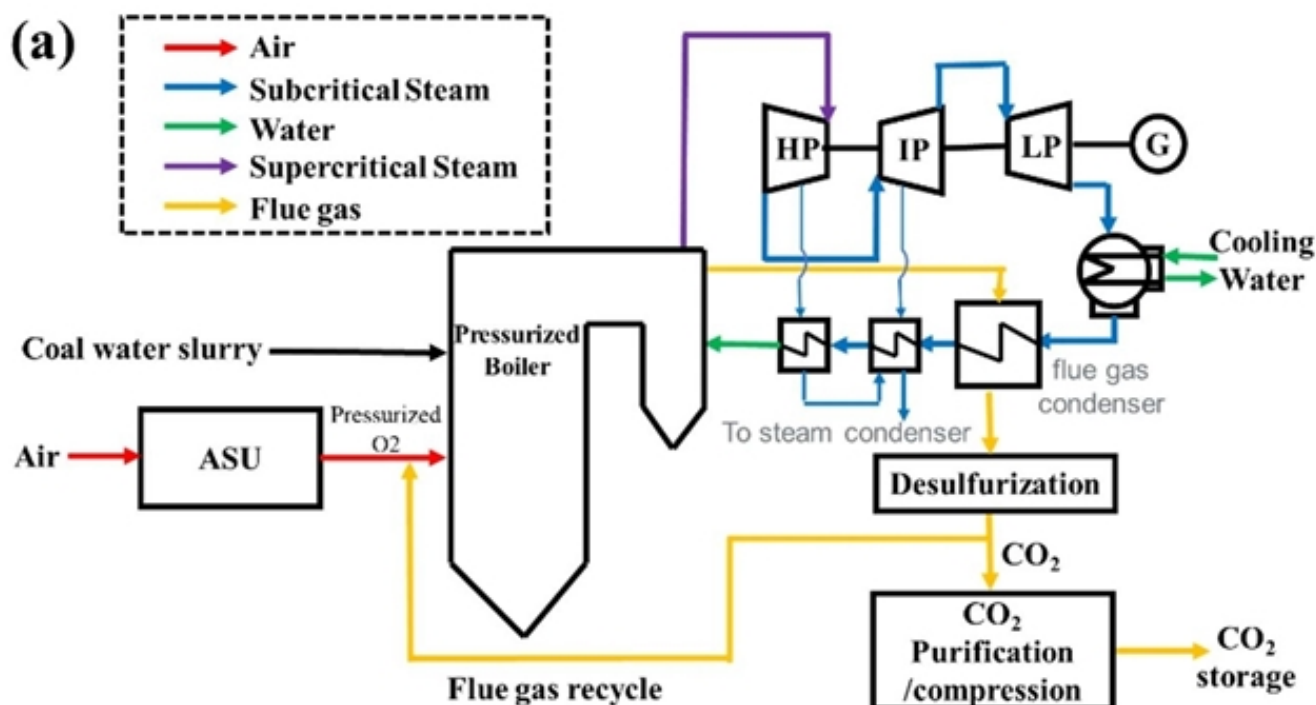
图2 增压富氧燃烧与常压富氧燃烧对比

(a) 净输出功率; (b) 各过程对净输出效率的影响

主要内容

1、典型增压富氧燃烧系统

在增压富氧燃烧系统中，水煤浆因其在高压条件下易于泵送而被广泛用作燃料。图3(a)展示了一个使用水煤浆作为燃料的增压富氧燃烧系统，其中加压条件有利于烟气中蒸汽潜热的有效回收。图3(b)介绍了一种无焰燃烧的POC系统，该系统通过精细调控燃烧条件和气流动力学，实现燃料与氧化剂的充分预混和均匀燃烧，从而避免明显的火焰锋面的产生。图3(c)则描述了分级增压富氧燃烧系统，该系统采用多级燃烧室技术，在不同阶段实施不同程度的富氧燃烧，以确保燃料的充分燃烧，提高燃烧效率并减少污染物的排放。本文对典型增压富氧燃烧系统按照功率规模，燃料种类，系统构型以及研究方法进行分类，并对其特点进行总结和讨论。



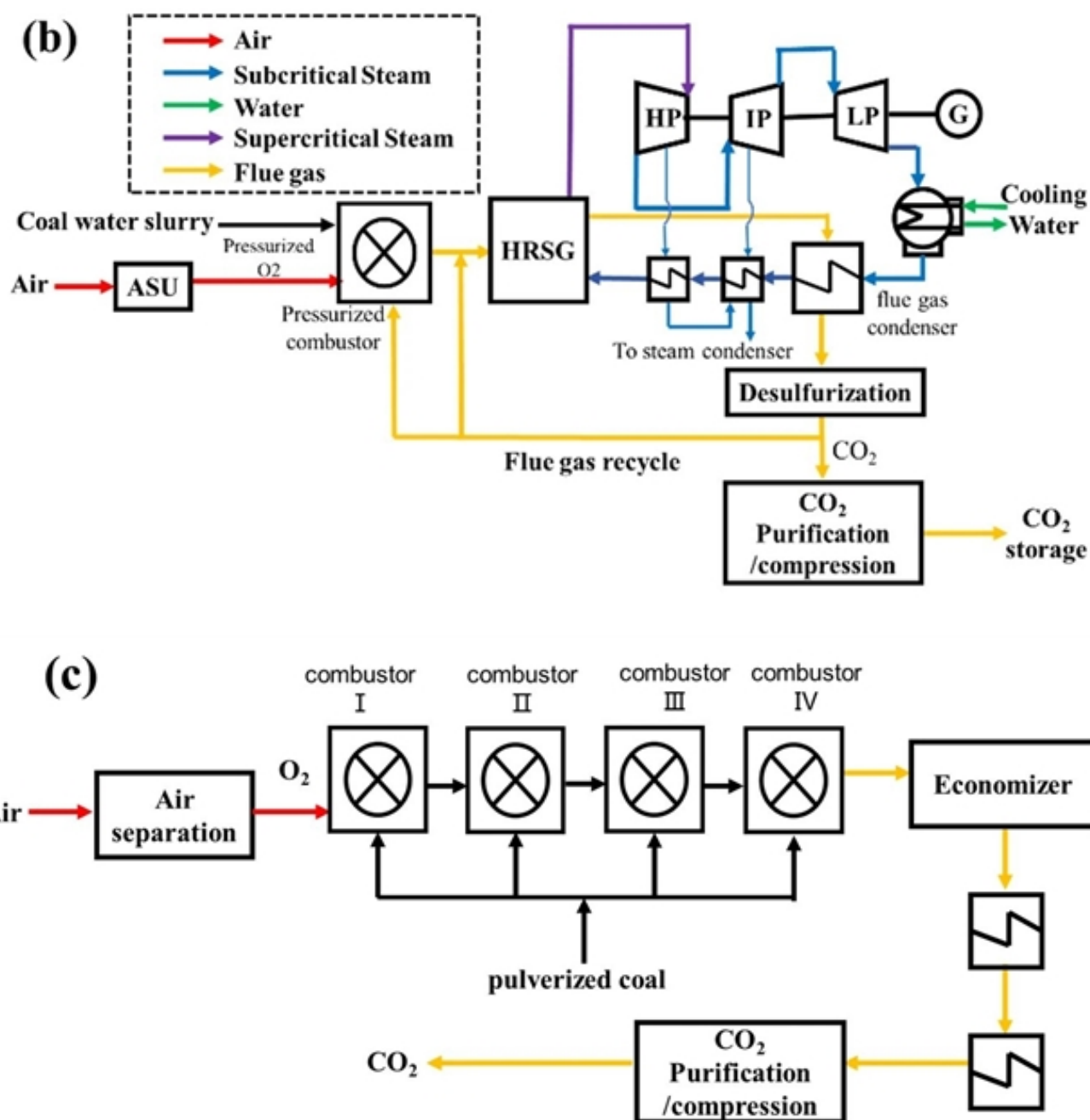


图3 (a)水煤浆增压富氧燃烧系统；(b)无焰富氧燃烧系统；(c)分级增压富氧燃烧技术

2、辐射传热特性

在增压富氧燃烧炉中，由于炉内温度极高，辐射换热成为主要的换热方式。燃料燃烧过程中生成的 H_2O 和 CO_2 等三原子气体，以及在使用固体燃料时产生的碳烟和飞灰等颗粒，通过吸收、发射和散射机制参与热辐射的传递过程，从而显著改变了系统的换热特性。图4展示了气体辐射模型的分类。在这些模型中，逐线模型（LBL）和谱带模型（SNB）的计算量较大，不适合应用于大规模的工业环境和计算流体动力学（CFD）模拟。针对此问题，许多学者对灰气体加权模型（WSGG）进行了发展和改进，以适应不同的工况条件。本文对近年来发展的典型增压富氧燃烧气体辐射模型代表性的研究成果进行了总结和讨论。

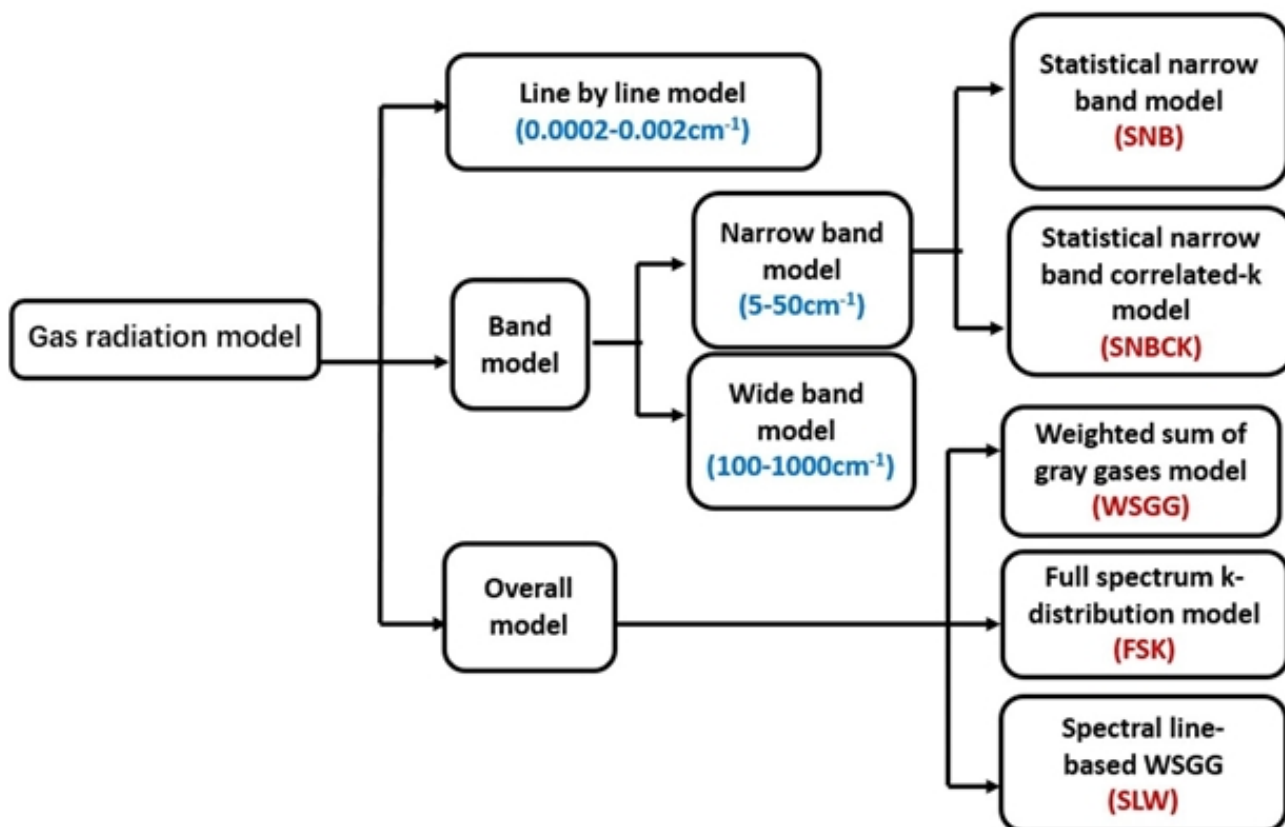


图4 气体热辐射模型分类

颗粒在炉内辐射传热中扮演着关键角色。存在颗粒时，它们会抑制气体的辐射效应。颗粒的辐射特性受其组成、密度、温度、浓度及大小分布等多种因素影响。对单个颗粒而言，Mie理论提供了描述其辐射特性的最准确方法。燃烧产生的颗粒介质分散在气体介质中，在研究气体-颗粒混合物的辐射特性时，可以将颗粒视为与气体类似的参与介质，基于Mie理论和复折射率等光学参数，通过发射系数和吸收系数来表征粒子对辐射的影响。这种方法分别计算粒子和气体的辐射，比较简单。另一种方法是构建考虑气体与粒子间相互作用的耦合模型，这种多组分辐射传递模型能够更准确地描述复杂的辐射现象。本文对近年来的颗粒耦合辐射的研究进行了总结和讨论。

3、燃烧反应特性

固体燃料如煤和生物质，主要用于大型发电站。在增压富氧燃烧条件下，这些燃料的燃烧会引发一系列复杂的化学反应。本文重点讨论了固体燃料在增压富氧环境下的燃烧化学反应特性。特别是煤粉的燃烧在增压富氧条件下表现出与常压富氧燃烧和空气燃烧明显不同的特点，包括着火特性、燃烧速率、燃尽特性以及污染物生成特性等。这些差异对于优化发电站的设计和运行具有重要的实际意义，本文对近年来增压富氧燃烧反应特性及污染物排放特性进行了总结和讨论。

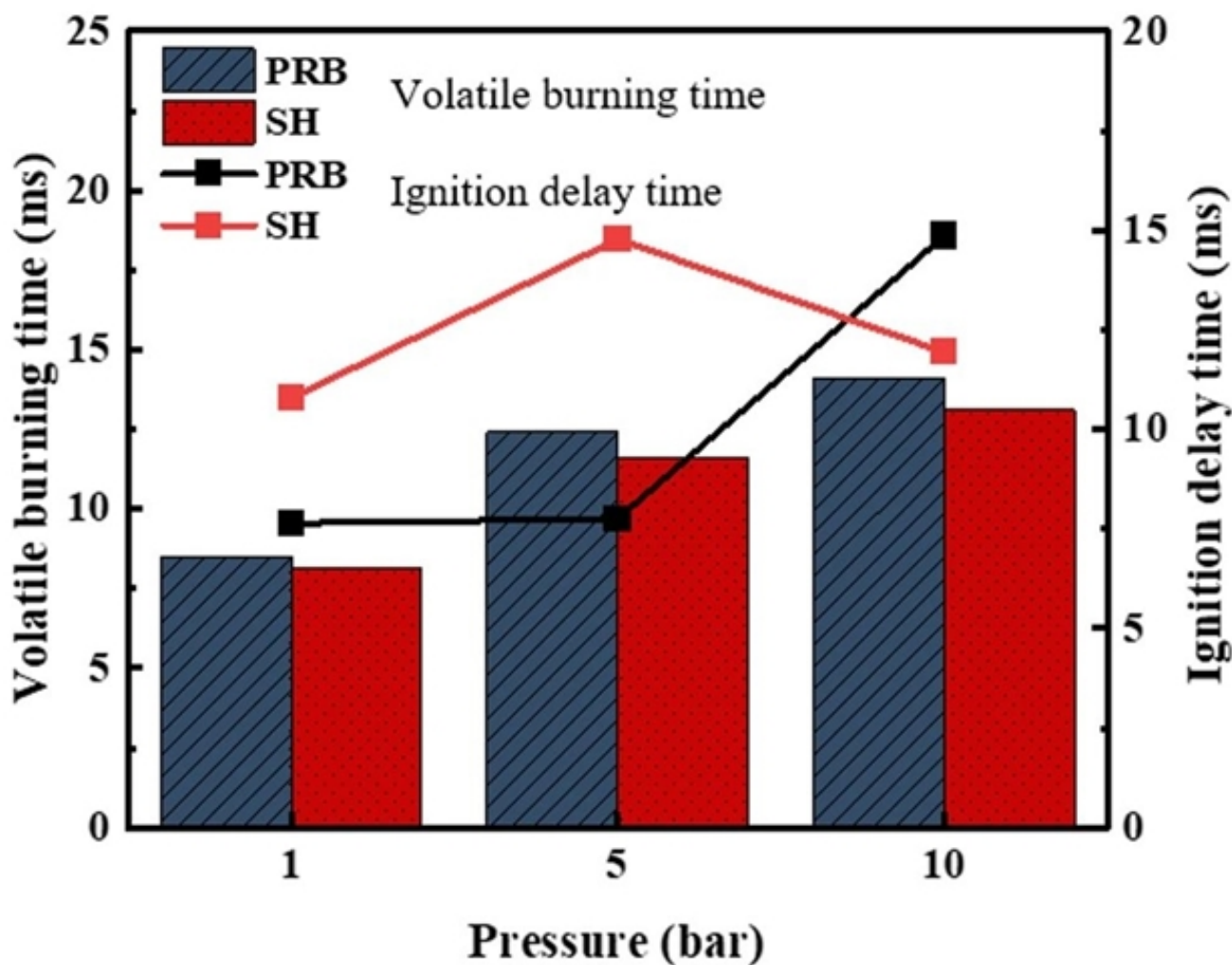


图5 压力对煤粉着火特性的影响

总结

增压富氧燃烧技术可提高系统效率和减少污染物排放，推动CO₂控制技术的产业化进程。未来热科学研究可考虑以下几点：

(1)在燃烧特性方面，针对不同种固体燃料研发准确高效的增压富氧燃烧模型，推进增压富氧燃烧CFD模拟研究，促进工程应用与开发。面向碳中和的背景，生物质燃料以及煤-生物质掺混燃烧特性需要加强。

(2)开发适宜于增压富氧燃烧烟气工程计算的灰气体加权模型具有重要意义，在此基础上开发兼具计算效率及精度的颗粒辐射模型以及能够耦合气体和固体辐射特性的模型是进一步研究重点。此外，开展必要的增压富氧条件下烟气对流换热实验，从而完善燃烧锅炉的辐射及对流换热的计算方法。

(3) 污染物方面，颗粒物及痕量金属特性较为广泛的实验研究，应加深这一方面的研究。此外，目前关于增压富氧燃烧系统的污染物脱除及协同脱除技术的研究较少。(4)热力系统方面，由于富氧燃烧系统能耗相对较大，可以研发直接燃煤或者生物质的增压富氧燃烧锅炉及循环系统，并

积极与相应技术耦合以提升能量转化效率，例如耦合太阳能驱动整体煤/生物质气化的增压富氧燃烧系统。

原文信息

Review on thermal-science fundamental research of pressurized oxy-fuel combustion technology

Xinran Wang, Shiquan Shan*, Zhihua Wang, Zhijun Zhou, Kefa Cen

Author information :

State Key Laboratory of Clean Energy Utilization, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China

Abstract :

As the next-generation oxy-fuel combustion technology for controlling CO₂ emissions, pressurized oxy-fuel combustion (POC) technology can further reduce system energy consumption and improve system efficiency compared with atmospheric oxy-fuel combustion. The oxy-fuel combustion causes high CO₂ concentration, which has a series of effects on the combustion reaction process, making the radiation and reaction characteristics different from air-fuel conditions. Under the pressurized oxy-fuel condition, the combustion reaction characteristics are affected by the coupling effect of pressure and atmosphere. The radiation and heat transfer characteristics of the combustion medium are also affected by pressure. In recent years, there have been many studies on POC. This review pays attention to the thermal-science fundamental research. It summarizes several typical POC systems in the world from the perspective of system thermodynamic construction. Moreover, it reviews, in detail, the current research results of POC in terms of heat transfer characteristics (radiant heat transfer and convective heat transfer), combustion characteristics, and pollutant emissions, among which the radiation heat transfer and thermal radiation model are the focus of this paper. Furthermore, it discusses the development and research direction of POC technology. It aims to provide references for scientific research and industrial application of POC technology.

Keywords :

pressurized oxy-fuel combustion (POC), CO₂ control, system efficiency, radiation heat transfer

Cite this article

Xinran Wang, Shiquan Shan, Zhihua Wang, Zhijun Zhou, Kefa Cen. Review on thermal-science fundamental research of pressurized oxy-fuel combustion technology. *Front. Energy*, <https://doi.org/10.1007/s11708-024-0931-y>

通讯作者简介

山石泉，浙江大学能源高效清洁利用全国重点实验室，副研究员。2015年浙江大学能源与环境系统工程专业本科毕业，2020年获浙江大学热能工程博士学位(导师组：岑可法院士，周志军教授，王智化教授)，美国佐治亚理工学院联合培养博士(合作导师：Prof. Zhuomin M. Zhang)。主要从事热辐射理论、富氧燃烧、光-热能量梯级转化与热光伏技术研究。

在Energy Conv. Manag., Fuel, Int. J. Heat Mass Transf. 等工程热物理学科权威期刊发表SCI收录学术论文50余篇， 申获中国发明专利6项， 出版英文学术专著1部(第一作者， Springer Nature出版社)； 入选人社部博新计划青年人才项目。主持国家自然科学基金， 国家重点研发计划子课题等国家级项目，担任浙江省工程热物理学会副秘书长，以及多个Elsevier国际期刊青年编委。曾获浙江大学优秀博士学位论文奖，浙江省优秀博士学位论文奖等荣誉。



Frontiers *in* Energy

- 中国工程院院刊
- 国际化投审稿和发布平台
- 免费语言润色, 无版面费
- 在线优先出版, 快速进入SCI数据库
- 全方位宣传推广, 提升论文可见度

欢迎了解期刊更多信息

主编团队

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
法国普瓦捷大学



巨永林
上海交通大学

期刊特点

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. 审稿周期：第一轮平均30天，投稿到录用平均60天
7. 在线优先出版(Online First)。
8. 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

刘瑞芹

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

乔晓艳

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



Springer



HEP



WeChat

小提示：Frontiers in Energy为国产英文刊，不属于瑞士Frontiers系列。瑞士Frontiers系列相关期刊为Frontiers in Energy Research。



《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A&HCI、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](https://www.iikx.com)转发