
FOE 文章荐读 南京信息工程大学董升阳团队与华中科技大学黄亮团队：钾离子预嵌层状MnO₂用于水系多价离子电池

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/25793.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！

FOE 文章荐读 南京信息工程大学董升阳团队与华中科技大学黄亮团队：钾离子预嵌层状MnO₂用于水系多价离子电池。论文标题：Potassium ion pre-intercalated MnO₂ for aqueous multivalent ion batteries

期刊：Frontiers of Optoelectronics

作者：Zikang Xu, Ruiqi Ren, Hang Ren, Jingyuan Zhang, Jinyao Yang, Jiawen Qiu, Yizhou Zhang, Guoyin Zhu, Liang Huang Shengyang Dong

发表时间：01 Dec 2023

DOI：doi.org/10.1007/s12200-023-00093-0

微信链接：[点击此处阅读微信文章](#)

Frontiers of Optoelectronics (2023) 16:39
<https://doi.org/10.1007/s12200-023-00093-0>

Frontiers of
Optoelectronics

LETTER



Potassium ion pre-intercalated MnO₂ for aqueous multivalent ion batteries

Zikang Xu¹ · Ruiqi Ren¹ · Hang Ren¹ · Jingyuan Zhang¹ · Jinyao Yang¹ · Jiawen Qiu¹ · Yizhou Zhang¹ · Guoyin Zhu¹ · Liang Huang² · Shengyang Dong¹

第一作者：徐子康

通讯作者：朱国银、黄亮、董升阳

通讯单位：南京信息工程大学、华中科技大学

01

研究背景

水系可充电电池因其低成本、操作简单及安全性高等优势，为缓解当下及未来能源需求压力提供了一个可靠的选择。对比于单价阳离子，基于多价阳离子，如 Zn^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 离子水系二次电池，拥有多电子转移能力，因此能提供可观的能量密度。目前，水系锌离子电池已受到广泛关注，而针对水系镁离子、铝离子电池的研究尚有不足，获得具有稳定电化学性能的正极材料仍具有很大挑战。

02

文章简介

MnO_2 已被报道具有存储多价离子的能力，但在水系电解液中，容量衰减严重的问题影响了其实际应用。近些年，通过客体离子/分子预嵌来提高材料电化学性能已被证明是一种行之有效的策略。客体预嵌的策略常用于优化电极材料的电子结构、调节层间距以及提高离子嵌入的反应动力学，以此促进多价离子的存储。

近期，南京信息工程大学董升阳团队与华中科技大学黄亮团队合作，探索了钾离子预嵌层状 MnO_2 (KMO) 作为正极材料存储 Mg^{2+}/Al^{3+} 的拓扑特性，获得了良好稳定的电化学性能。相关工作以Potassium ion pre-intercalated MnO_2 for aqueous multivalent ion batteries 为题于近期发表在Frontiers of Optoelectronics 期刊上。

创新点一

预嵌钾离子作为层间柱撑离子，扩大了KMO的层间距，提高了镁离子传导动力学

研究团队通过溶胶-凝胶法将钾离子预嵌到KMO中，其作为柱撑离子使得层间距得到扩大，结构稳定性也得到明显提高。图1(a)-(f)展示了KMO的相关结构表征。如图1(d)中能量色散X射线 (EDX) 能谱所示，K、Mn、O元素分布均匀，且图1(f)给出的透射电镜结果表明由于钾离子的嵌入，对应(003)晶面的层间距得到相应扩大，达到0.717 nm。

通过测试不同扫速下的电流-电压 (CV) 特性对KMO正极材料的储镁动力学进行研究。如图2(a)-(d)所示，对不同扫速下所测CV进行拟合计算，所得结果表明 Mg^{2+} 在KMO中的嵌入/脱嵌行为具有良好的可逆性，储荷过程由扩散及电容行为共同控制，并且随着扫速的增加，电容过程对容量的贡献愈发明显。图2(e)中给出的恒电流间歇滴定技术 (GITT) 的分析结果也表明， Mg^{2+} 在KMO中的扩散系数达 10^{-10} ~ 10^{-9} $cm^2 s^{-1}$ ，具有良好的镁离子传导能力。

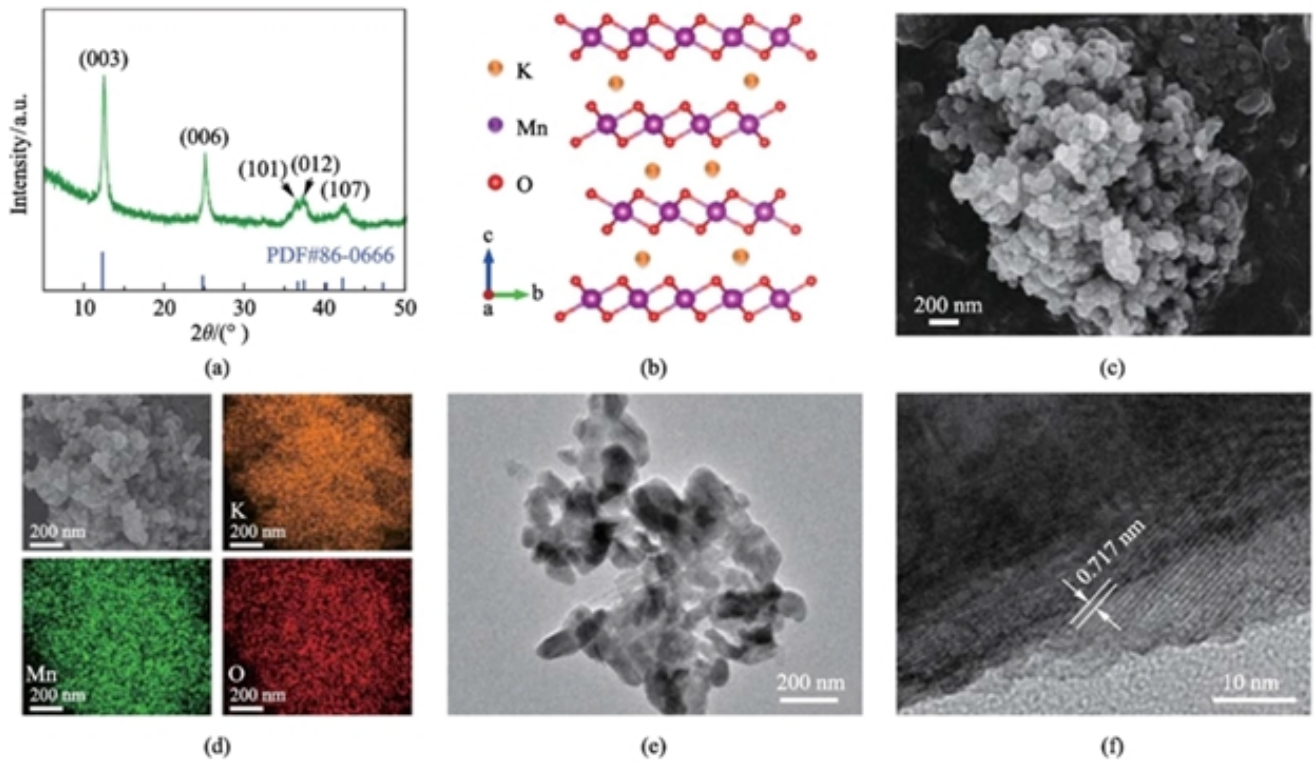


图1 KMO的结构表征。(a) X射线衍射 (XRD) 图；(b) 晶体结构示意图；(c) 扫描电镜 (SEM) 照片；(d) EDX能谱；(e, f) 透射电镜 (TEM) 照片

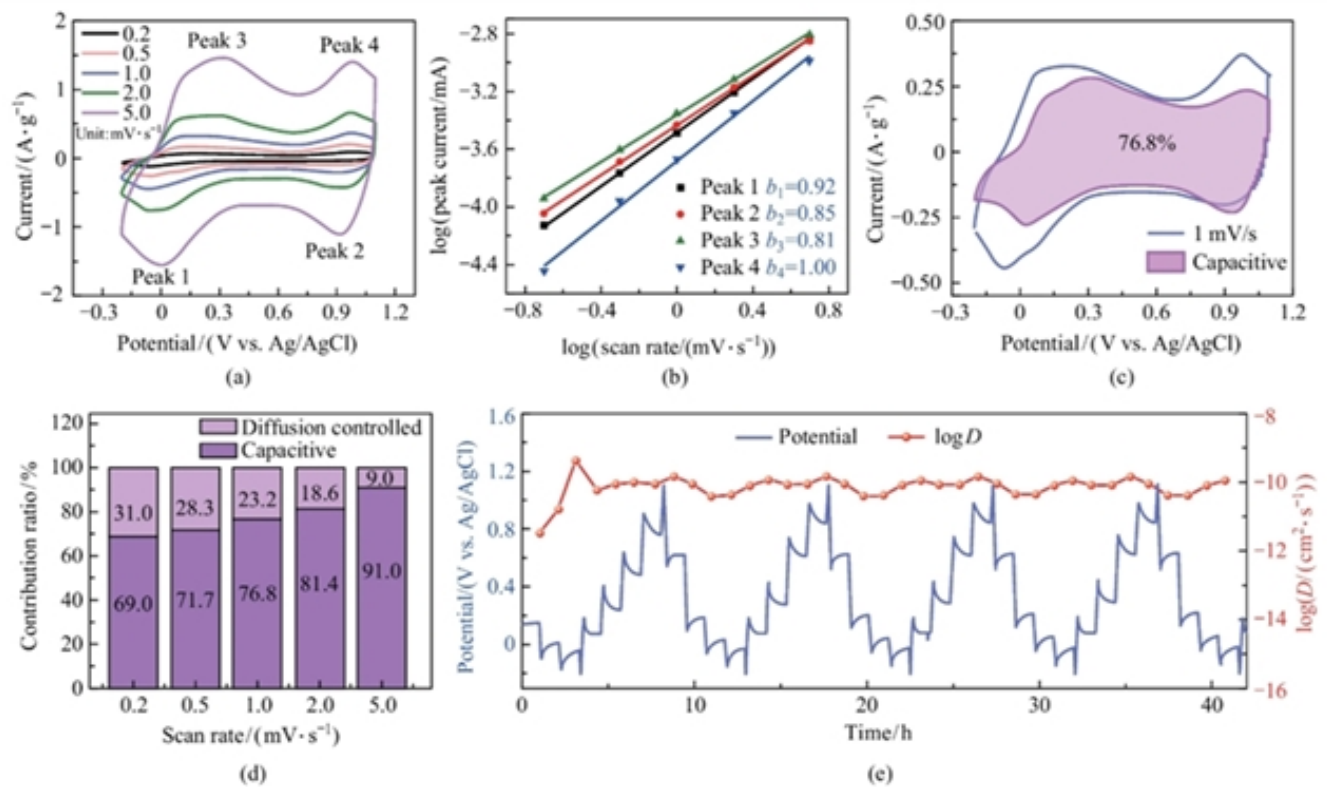


图2 KMO正极的动力学分析。(a) 不同扫描速率下的CV曲线；(b) $\log(i)$ vs. $\log(v)$ 还原/氧化电流响应图；(c) 1 mV s⁻¹扫描速率下的电容贡献；(d)

不同扫描速率下扩散及电容过程对容量的贡献率；(e) 采用0.1 A/g测试10 min，静置1 h的恒流充放电(GCD)曲线及相应的扩散系数

创新点二

KMO正极具有良好的储镁电化学性能

对KMO正极进行三电极测试，所得结果如图3(a)-(f)所示。图3(a)中除第一圈CV曲线外，后续循环一致的CV曲线表明可逆的离子嵌入/脱嵌反应。恒流充放电(GCD)曲线(图3(b))表明前五圈充放电过程中KMO正极的储镁容量没有出现明显衰减，并且经过电极材料的活化容量呈现逐渐上升的趋势。即使在10 A g⁻¹的高电流密度下容量仍旧能达到78 mAh g⁻¹。并且经过钾离子预嵌后MnO₂层状结构能够得到良好的保持，在1 A g⁻¹的电流下，KMO经活化后能达到约185 mAh g⁻¹的高比容量，并且1000次循环后依旧有86.7%的容量保持率(图3(d))。其活化过程也由电化学阻抗谱(EIS)(图3(e)和3(f))所证实。

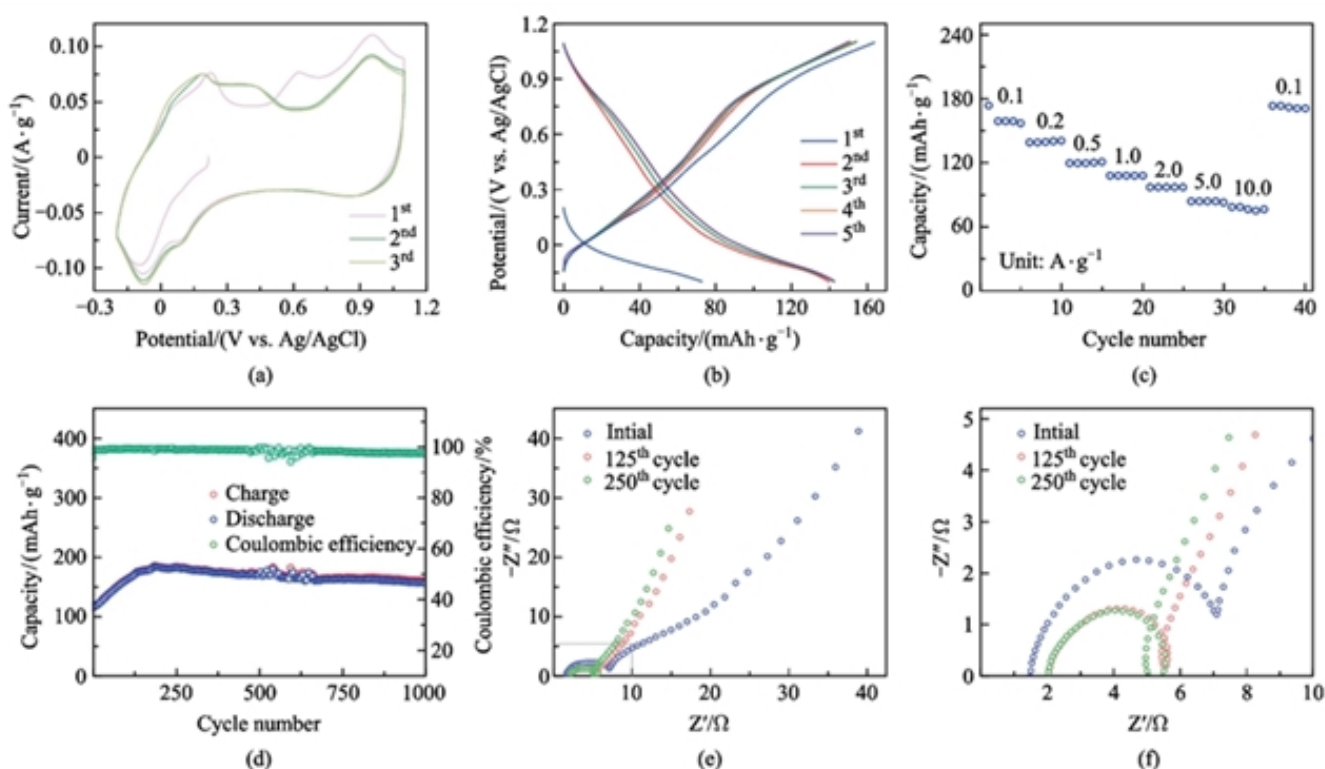


图3 KMO正极电化学性能分析。(a) 0.2 mV s⁻¹扫速下的CV曲线；(b) 充放电曲线；(c) 倍率性能；(d) 1 A g⁻¹电流下的循环稳定性；(e, f) 不同圈数的EIS数据

创新点三

KMO正极具有铝离子存储能力

由于KMO电极材料对Mg²⁺的存储表现出优异的电化学性能，受此激发，研究团队进一步对该材料是否具备Al³⁺存储能力进行了探究。以KMO为正极进行了相应的电化学测试，所得结果如图4(a)-(d)。图4(a)所示CV在第一次放电过程中出现了不同的还原峰，说明伴随着Al³⁺的嵌入KMO

结构可能经历了不可逆的转变。GCD曲线（图4(b)）也表明在首次放电过程中出现了明显不同的放电平台，并伴随有较为明显的容量衰减，说明Al³⁺的嵌入对KMO的结构带来了一定影响，这可能是由于Al³⁺与电极材料产生的强静电作用引起的。另外，倍率性能与循环稳定性的不足（图4(c)和(d)）也表明需要更深层次的探究来提升层状MnO₂材料Al³⁺存储的电化学性能。

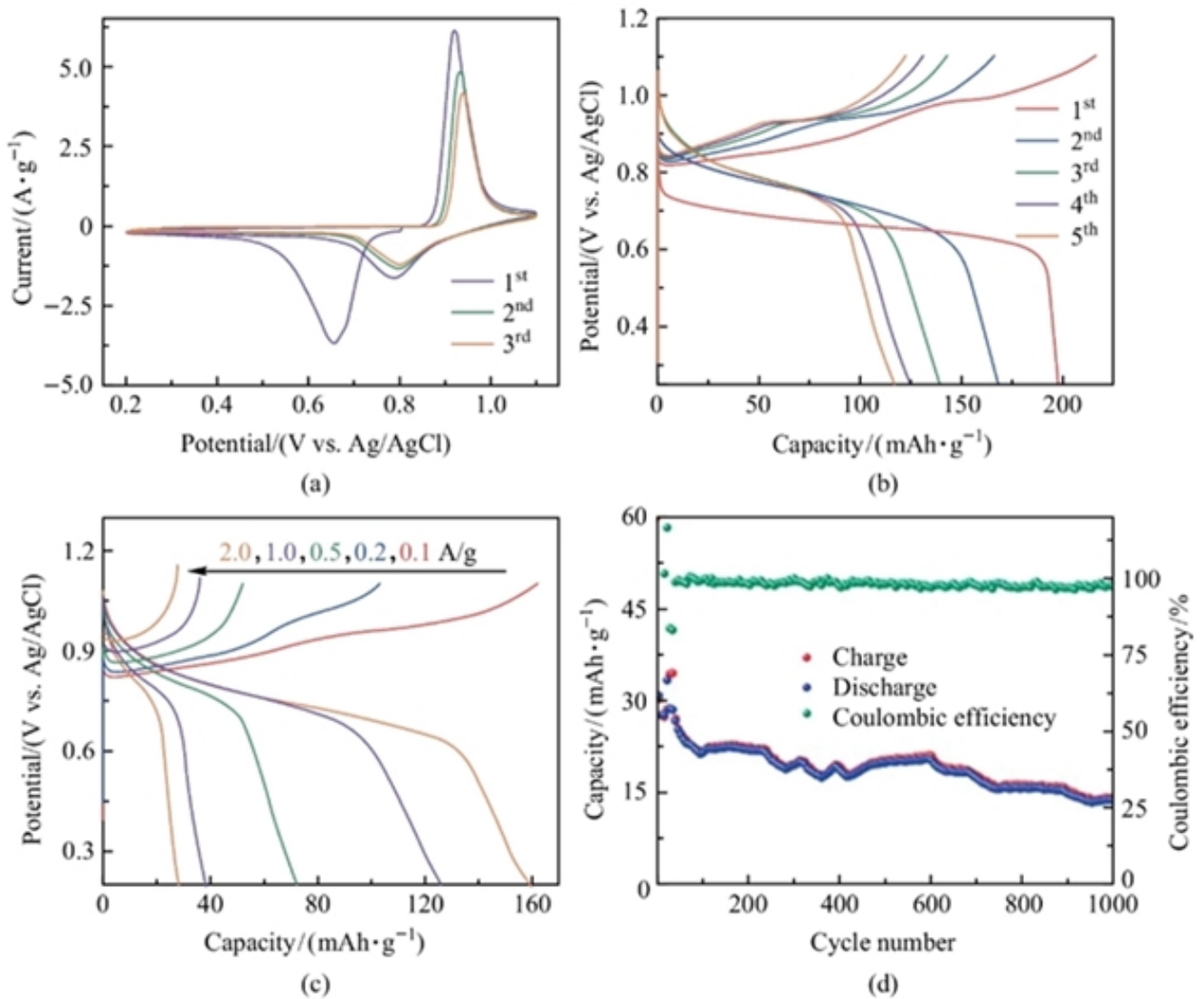


图4 KMO正极储铝电化学性能研究。(a) 1 mV s⁻¹扫速下的CV曲线；(b) GCD曲线；(c) 倍率性能；(d) 0.5 A g⁻¹电流下的循环稳定性

03

总结与展望

客体离子预嵌是优化电极材料结构与性能的有效手段之一。研究团队通过溶胶-凝胶法将钾离子预嵌入层状 γ -MnO₂ (KMO) 中，提升了材料的结构稳定性、电化学性能及动力学性能。作为储镁正极材料，在0.1 A g⁻¹电流下，前五圈GCD测试中比容量可达140 mAh g⁻¹并且几乎没有容量衰减，在10 A g⁻¹高电流下保持了78 mAh g⁻¹的比容量。并且由于层间钾离子的存在，KMO结构稳定性获得明显提升，在1 A

g-1电流下，容量最高可达185 mAh g⁻¹且在1000次循环后仍有85.7%的容量保持率，实现了Mg²⁺的高效存储。另外，研究团队发现KMO也具有存储Al³⁺的能力，但离子与材料间的强相互作用力可能引起了材料的结构转变，需要更进一步的优化以实现Al³⁺的稳定存储。这项工作有望为多价离子在可持续储能方面的应用提供可行的方法。

[点击Potassium ion pre-intercalated MnO₂ for aqueous multivalent ion batteries阅读全文](#)

04

作者简介

PI简介

董升阳，南京信息工程大学龙山学者特聘教授、院长助理，澳门青年学者计划入选者。他于2019年在南京航空航天大学获得材料物理与化学博士学位。研究兴趣包括电化学储能材料与器件、柔性电子材料与器件等，相关研究成果发表在Chem、Natl. Sci. Rev.、Adv. Mater.、J. Am. Chem. Soc.、Angew.、Adv. Funct. Mater.、Nano Energy、Energy Storage Mater.、Nano-Micro Lett.等。主持国家自然科学基金、江苏省碳达峰碳中和科技创新专项、江苏省自然科学基金、江苏省高校自然科学基金等。曾获江苏省高校自然科学研究成果一等奖、江苏省优秀博士学位论文等。

黄亮，兰州大学博士，华中科技大学武汉光电国家研究中心、光电信息学院和光谷实验室副教授，博导，国际先进材料协会会士，湖北省楚天学者和华中卓越学者，获得了2022年纳米材料杰出青年学者奖，2021年国际先进材料协会青年科学家奖，Nano Materials Science、Battery Energy、ECO energy、Prog. Nat. Sci-Mater期刊青年编委。目前主要从事盐辅助二维材料的制备及其电化学特性研究工作，在二维材料制备和改性的研究方面取得了一系列研究成果，在Sci. Adv.、Adv. Mater.、Adv. Energy Mater.、Nano Lett.、Adv. Funct. Mater.、Nano Energy等期刊上发表文章140余篇，SCI他引11000余次，H-index为56。

05

期刊简介

Frontiers of Optoelectronics (FOE)期刊是由教育部主管、高等教育出版社出版、Springer Nature海外发行的Frontiers系列英文学术期刊之一，以网络版和印刷版两种形式出版。由北京大学龚旗煌院士、西安电子科技大学/华中科技大学张新亮教授共同担任主编。

本刊的宗旨是介绍国际光电子领域最新研究成果和前沿进展，并致力成为本领域内研究人员与国内外同行进行快速学术交流的重要信息平台。其联合主办单位是高等教育出版社、华中科技大学和中国光学学会，承办单位是武汉光电国家研究中心。FOE期刊已被ESCI, EI, SCOPUS, DOAJ, PMC, INSPEC, Google Scholar, CSA, OCLC, SCImago, Summon by ProQuest, 中国科技核心期刊和中国科学引文数据库(CSCD)核心库等收录。2019年入选中国科技期刊卓越行动计划梯队项目。



《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>

Frontiers Journals

- Covering the fields of natural sciences, engineering, life sciences and social sciences & humanities
- Indexed by SCI, A&HCI, Ei, MEDLINE, Scopus, etc.
- Worldwide available
- Online first publishing
- Co-published by Springer, etc.

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费事宜，请与我们联系。

来源：Frontiers of Optoelectronics

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://www.iikx.com)转发