

---

# 高能量约束先进模式等离子体运行研究取得重要成果

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/21525.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！*

## 高能量约束先进模式等离子体运行研究取得重要成果。

实现高性能等离子体稳态运行是未来聚变堆必须要解决的关键科学问题。近期，中国科学院合肥物质科学研究院等离子体物理研究所核聚变大科学团队发挥体系化建制化优势，取得了系列原创性的前沿物理基础研究成果。1月7日，国际学术期刊《科学进展》(Science Advances)发表了团队在高能量约束先进模式等离子体运行方面取得的重要成果。

托卡马克先进运行模式是当前磁约束核聚变研究的热点之一。核聚变大科学团队在托卡马克装置等离子体物理实验研究中发现并证明了一种新的高能量约束和自组织模式，即超级I模(Super I-mode)。其特点是等离子体中心的电子内部输运垒和等离子体边界的I模共存，从而大幅度提高了能量约束。该先进模式具有芯部无杂质积累，便于聚变反应生成物排出，维持平稳温度台基等优点，并实现了芯部高约束与无边界密度台基及边界不稳定性的兼容，使得等离子体与壁相互作用同长时间尺度上的高性能等离子体运行方面的优势能够比较好地结合起来。这种无需通过外部控制来确保等离子体稳态运行的高能量约束模式，可应用于国际热核聚变实验堆长脉冲运行，对于未来聚变堆运行具有重要意义。

日前，核聚变大科学团队还首次证明了托卡马克等离子体中存在湍流驱动的电流感应，是保持高电子温度稳定运行的关键物理机制。借助湍流回旋动理学模拟计算证实了实验中观察到的湍流是电子温度梯度模，其产生的剩余协强可驱动这一电流。湍流驱动的电流感应和压强梯度共同驱动内扭曲模，形成湍流-电流感应-内扭曲模自我调节系统，从而维持芯部电子温度梯度稳定。相关研究成果日前发表在《物理评论快报》(Physical Review Letters)上。

此外，核聚变大科学团队在托卡马克装置中外联合实验中利用封闭偏滤器下的杂质注入脱靶控制，以及高极向比压运行模式下双输运垒带来的约束增强，实现了高比压高参数芯部等离子体与偏滤器全脱靶状态的有效兼容集成。结合理论模拟揭示了偏滤器脱靶、边界输运垒和内部输运垒三者之间相互作用的物理机制。脱靶引起的双输运垒的自组织协同作用，改善了芯部与边界的兼容性，带来了能量约束的净增益。相关研究成果之前发表在《自然-通讯》(Nature Communications)上。

核聚变大科学团队通过发挥建制化、多学科、大平台的特点，结合开放共享的国际交流与合作，凝聚优势资源，组织开展体系化的等离子体物理实验基础研究。在引领核聚变前沿技术发展的基

---

基础研究深耕探索，发现了系列新的物理现象，揭示和验证了其中的相关物理机制，特别是在高性能稳态长脉冲等离子体运行模式方面开展的研究，为聚变堆建设和运行奠定了基础。

等离子体所核聚变大科学团队及国内外合作者在高能量约束先进模式、湍流驱动等离子体电流、偏滤器脱靶与高约束等离子体兼容集成等方面取得的系列重要成果，得益于与中国科学技术大学、法国原子能委员会、美国通用原子能公司、麻省理工学院、普林斯顿大学、加州大学洛杉矶分校、橡树岭联合大学、劳伦斯利弗莫尔国家实验室、橡树岭国家实验室等国内外核聚变研究机构开展的密切交流与合作。

相关工作得到中科院、科技部、国家自然科学基金委等的资助，以及安徽省、合肥市、合肥综合性国家科学中心的大力支持。

论文链接：[123](#)

研究团队单位：合肥物质科学研究院

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