

HL-2A 托卡马克装置上撕裂模与湍流相互作用的研究

蒋敏¹, 许宇鸿², 石中兵¹, 钟武律¹, 陈伟¹, 李继全¹, 汪卫星³, 秦志豪⁴, 丁玄同¹,
杨曾辰¹, 施培万⁵, 梁桢树¹, 闻杰¹, 方凯锐¹, 刘仪¹, 杨青巍¹, 许敏¹, HL-2A 组¹

¹中核集团核工业西南物理研究院, 成都 610225

²西南交通大学, 成都 610031

³Princeton University, Plasma Physics Laboratory, NJ 08543, USA

⁴Kyoto University, Uji, Kyoto 611-0011, Japan

⁵大连理工大学, 大连 116024

Email: jiangm@swip.ac.cn

摘要：磁约束等离子体理论和模拟均表明撕裂模（磁岛）可以通过改变等离子体平衡参数的分布来改变湍流的水平及湍动输运[1, 2]。迄今为止，有关撕裂模与湍流相互作用的物理机制并不完全清楚。因此，深入研究等离子体中不同尺度的不稳定性模式（包括撕裂模、等离子体流和湍流）之间的相互作用有助于理解撕裂模物理及其对等离子体运输的影响，这对未来在大型聚变装置（例如 ITER 和 CFETR）上发展有效控制撕裂模的手段和维持等离子体的高约束性能具有极其重要的意义。

作者利用 HL-2A 装置上先进的微波诊断系统研究了宏观撕裂模与微湍流之间相互作用的时空演化过程及相关物理机制，创新性结果如下[3, 4]：（一）撕裂模磁岛能调节局域流的剪切和湍流水平，这为多尺度的非线性回旋动力学模拟提供了直接的实验证据；（二）从实验和模拟两个方面证实了磁岛区域的湍流由捕获电子模主导，旋转磁岛对湍流的调制主要是由于电子温度（压强）梯度的变化而引起的，并存在一个磁岛宽度阈值；（三）首次观测到磁约束等离子体中横越磁岛区域的湍流非线性扩散效应。

关键词：撕裂模, 等离子体流, 湍流, 湍动输运

参考文献

- [1] Fiksel G *et al.* Measurement of magnetic fluctuation induced energy transport. *Physical Review Letters*, 1994, 72(7):1028.
- [2] Ida K *et al.* Observation of plasma flow at the magnetic island in the large helical device. *Physical Review Letters*, 2002, 88(1):015002.
- [3] M. Jiang *et al.* Influence of $m/n = 2/1$ magnetic islands on perpendicular flows and turbulence in HL-2A Ohmic plasmas, *Nucl. Fusion*, 2018, 58(2):026002.
- [4] M. Jiang *et al.* Localized modulation of turbulence by $m/n=1/1$ magnetic islands in the HL-2A tokamak, *Nucl. Fusion*, 2019, 59(6): 066019.

基金项目：国家重点研发项目（NO. 2017YFE0301200），国家自然科学基金项目（NO. 11705051），中国科协青年人才“托举工程”项目（No. 2018QNRC001）等。