

## HL-2A 装置上快离子驱动的核心部不稳定性的实验研究

郝广周<sup>1</sup>, 邹云鹏<sup>1</sup>, 施培万<sup>1</sup>, 陈伟<sup>1</sup>, 胡友俊<sup>2</sup>, 于利明<sup>1</sup>, 李永高<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中核集团核工业西南物理研究院, 成都 610225

<sup>2</sup>中科院等离子体物理研究所, 合肥 230031

Email: [haogz@swip.ac.cn](mailto:haogz@swip.ac.cn)

**摘要:** 快离子驱动的低频 ( $< \sim 100$  kHz) 不稳定性对快离子输运和损失有重要的影响, 是目前托卡马克物理研究重要的方向之一[1]。该工作基于 HL-2A 装置研究了芯部不稳定性的激发条件和模式特征。在模式频率和模结构方面的实验测量和数值计算结果基本一致。

高密度放电条件下 ( $n_e=2.2 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$ ), 快离子驱动频率范围为  $14 \sim 24$  kHz 的鱼骨模不稳定性, 其环向和极向模数分别为  $n=1$  和  $m=1$ ; 低密度条件下 ( $n_e=1.7 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$ ), 快离子驱动频率为  $80$  kHz 的不稳定性, 其频率与等离子温度平方根成正比关系, 初步判断该模式可能是压强引起的阿尔芬本征模 (BAE), 其模数为  $m/n=2/2$ 。

多道微波干涉仪以及软 X 射线阵列的测量结果表明该模式存在于等离子体芯部(距离磁轴小于  $18$  cm 的范围以内)。根据给定的平衡, NOVA-K 程序预测到一支频率为  $83$  kHz 的间隙模, 其模结构的空位位置与实验观测基本一致, 这表明实验上观测到的模式可能为阿尔芬本征模, 至于是否为 BAE 还需进一步的计算。

鱼骨模和间隙模的激发依赖于等离子体密度, 主要原因可能是不同模式的激发依赖于快离子不同的分布情况。因为等离子体密度直接决定了快离子的慢化时间及其在实空间和相空间的分布。关于不同密度条件下的快离子分布情况正在计算。

**关键词:** 快离子, 间隙模

### 参考文献

[1] W. Chen *et al.* Phys. Rev. Lett. **105**, 185004(2010).

**基金项目:** 国家自然科学基金项目 (NO. 11775067)

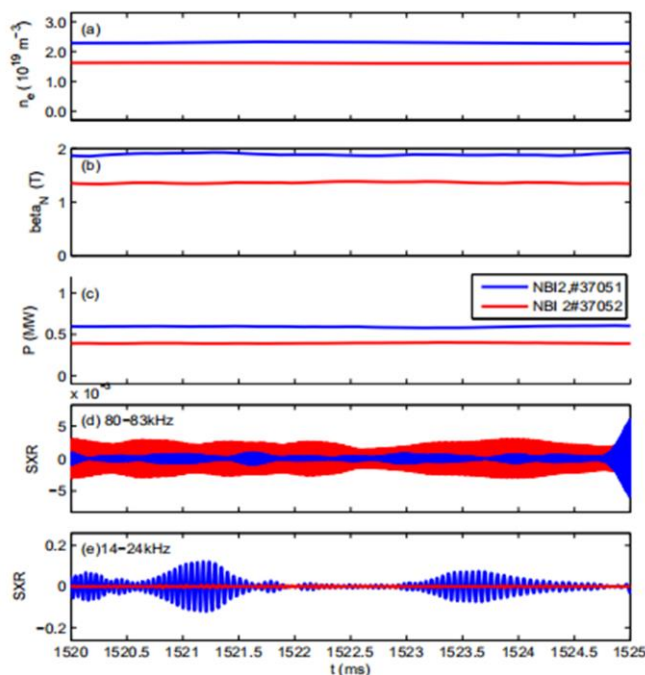


图 1 不同密度的放电条件下, 激发的不同种类的模式。#37051 为高密度放电, #37052 为低密度放电。(a) - (e) 分别展示的是线密度, 比压, 第二条中性束加热功率, 高频软 X 射线信号 (SXR) ( $\sim 80$  kHz) 和低频 SXR 信号 ( $14 \sim 24$  kHz)。