

## EAST Grassy ELMy H 模运行区间辐射偏滤器脱靶研究

李克栋<sup>1,2</sup>, 杨钟时<sup>1</sup>, 徐国盛<sup>1</sup>, 王亮<sup>1</sup>, 杨清泉<sup>1,2</sup>, 许吉禅<sup>1,2</sup>, 陈夏华<sup>1,2</sup>, 吴金华<sup>1</sup>, 吴凯<sup>1,2</sup>, 袁旗平<sup>1</sup>, 陈竞博<sup>1,2</sup>, 段艳敏<sup>1</sup>, 丁芳<sup>1</sup>, 臧庆<sup>1</sup>, 王一峰<sup>1</sup>, 林新<sup>1,2</sup>, 张凌<sup>1</sup>, 刘海庆<sup>1</sup>, 王守信<sup>1</sup>, 罗广南<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中国科学院等离子体物理研究所, 合肥 230031

<sup>2</sup>中国科学技术大学, 合肥 230031

Email: [kdli@ipp.ac.cn](mailto:kdli@ipp.ac.cn)

**摘要:** 在将来 ITER 和 DEMO 等聚变装置中, 偏滤器靶板稳态热流达到  $100\text{MW}/\text{m}^2$  量级[1], 远远超过了现有材料可以承受的极限  $5\text{-}10\text{MW}/\text{m}^2$ 。为了保护偏滤器靶板, 一种有效的方式是, 在偏滤器区域充入 Ar、Ne 等杂质气体, 通过杂质粒子电离和辐射, 排出偏滤器区域等离子体能量, 降低靶板热流。国际上托卡马克辐射偏滤器实验已经证明了这种方法能有效地降低靶板饱和离子流 ( $j_s$ ) 以及实现脱靶稳态运行[2]。

边界局域模 (ELM) 是 H 模特有的一种磁流体动力学不稳定现象。大的 ELM 爆发期间, 靶板的瞬态热流可以达到  $10\text{MJ}/\text{m}^2$ , 这会严重影响装置的安全, 所以, 对于将来的聚变堆, 自发的小 ELMy 运行区间非常具有吸引力。

为了缓解偏滤器靶板瞬态和稳态热流, 在 EAST 2018 年实验期间, 首次实现了在 Grassy ELMy 运行区间, 辐射偏滤器稳态部分脱靶运行。在上单零等离子体位形下, 通过从上外偏滤器靶板充入 95%  $\text{D}_2$  和 5% Ne 的混合气体, 上外偏滤器靶板  $j_s$  下降 45%, 脱靶度 (DOD) 达到 2。总的辐射功率达到  $1.45\text{MW}$ , 约为总输入功率的 20%。储能从  $160\text{kJ}$  下降到  $138\text{kJ}$ , 下降约 14%, 仍然在将来聚变堆运行可接受的范围内。充入杂质气体后, Grassy ELMs 的频率增加, 更加有利于芯部的杂质排出, 而且实验证明, Grassy ELMs 与辐射偏滤器相互有利。总而言之, 对于将来 CFETR 等聚变堆装置, Grassy ELMs 与辐射偏滤器相结合的将是非常有前景的运行模式之一。

**关键词:** 辐射偏滤器; Grassy ELMs; 部分脱靶

### 参考文献

- [1] Reimold F. *et al.*, Divertor studies in nitrogen induced completely detached H-modes in full tungsten ASDEX Upgrade, *Nucl. Fusion* 2015, 55, 033004
- [2] Kallenbach A. *et al* Impurity seeding for tokamak power exhaust: from present devices via ITER to DEMO *Plasma Phys. Control. Fusion* 2013, 55, 124041