

基于托卡马克的三维位形优化新方法

丁永华¹，江中和¹，梁云峰^{1,2}，王璐¹，陈忠勇¹，饶波¹，王能超¹，于克训¹，潘垣¹
及 J-TEXT 团队[†]

¹ 华中科技大学，电气与电子工程学院，磁约束聚变与等离子体国际合作联合实验室，武汉 430074

² 中国科学院等离子体物理研究所，合肥 230031

Email: yhding@hust.edu.cn

摘要：托卡马克是最有可能实现聚变能商用的途径之一。为了维持实现等离子体约束所必须的磁力线旋转变换，托卡马克需要较大的等离子体环电流。等离子体环电流越大，由磁流体不稳定性引起的等离子体大破裂对装置造成危害越严重。同时，电流越大，刮削层内热衰减长度将越小，偏滤器靶板热流分布峰化越严重，这将会降低靶板寿命。因而，如何避免等离子体大破裂和降低偏滤器靶板的热流峰化程度是 ITER 和 CFETR 及未来托卡马克聚变堆安全运行所面临的关键问题。

本报告将介绍一种基于三维磁场位形优化的新方案，以增强等离子体的磁流体稳定性和提高边界排热、排杂能力：一方面，通过外加三维平衡磁场形成具有部分外部旋转变换的三维平衡，有望增强磁流体稳定性，提升芯部等离子体的性能，减少甚至避免大破裂；另一方面，施加合理的边界共振扰动磁场（RMP），建立磁岛型偏滤器，大幅增加刮削层磁力线连接长度，从而降低偏滤器靶板上热负荷的峰化程度，提高边界热流和杂质的排出能力。

本报告还将介绍已经在 J-TEXT 装置开展的部分三维位形优化工作，包括引入外加旋转变换的方法及相关线圈设计、利用外加共振磁扰动场形成的三维边界磁岛位形。

关键词：托卡马克；三维位形优化；大破裂；偏滤器靶板热负荷

基金项目：国家重点研发计划磁约束核聚变能发展研究专项 2018YFE0309100，2017YFE030092

[†] See the author list of “Y. Liang *et al* Overview of the Recent Experimental Research on the J-TEXT Tokamak, 2019 *Nucl. Fusion* in press <https://doi.org/10.1088/1741-4326/ab1a72>”