

## HL-2M 托卡马克装置诊断系统发展

石中兵, 季小全, 刘仪, 杨青巍

<sup>1</sup>中核集团核工业西南物理研究院, 成都 610225

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

**摘要:** 即将建成的中国环流器 2 号 M (HL-2M) 是我国最大的托卡马克实验装置, 该装置是我国验证 ITER 物理和技术与开展中国聚变实验堆(CFETR) 前期研究的基础和桥梁。其主要参数和特点为: 大半径 1.78m, 小半径 0.65m, 环向场 2.2T, 辅助加热功率 25MW, 伏秒数 14Vs, 等离子体电流 3MA, 放电时间>5s, 归一化比压 ( $\beta_N$ ) 5, 三角形变 0.5, 拉长比 2, 能量约束时间>200ms, 能灵活地实现多种先进的偏滤器位形。HL-2M 装置的主要研究任务包括开展近堆芯参数条件下的高比压( $\beta_N \sim 5$ )、高自举电流(>50%)、高约束模式物理、先进运行模式和集成控制等面向聚变堆的前沿物理和技术研究, 探索聚变堆先进偏滤器位形, 高热负荷下的等离子体与壁相互作用, 验证聚变堆关注的关键物理与工程技术等研究。HL-2M 诊断系统的整体建设规划将围绕装置特点和使命, 以及未来聚变堆运行需求, 发展高时分辨的电磁测量、基础剖面、辐射、杂质、中性粒子和聚变产物等诊断系统, 建立完善的诊断体系和主动反馈控制技术, 开拓集成性、原创性、系统性、体系性的诊断系统, 拓展在先进偏滤器位形、大拉长比和三角形变、完全非感应电流驱动、等离子体剖面控制等方面的实验能力, 实现高可靠性的涉核和涉堆诊断系统向集成化、原位化、智能化、规范化方向发展。

在整体诊断系统建设规划的基础上, 考虑到 HL-2M 装置实际工程进度和初始运行控制要求, 从整体诊断建设中选出一部分工程量小、易于实现、可靠性高、且能为等离子体初始放电(预计参数为  $I_p \sim 0.5\text{MA}$ ,  $t_{\text{plasma}} \sim 1\text{s}$ ,  $B_t \sim 1.4\text{T}$ ,  $n_e \sim 5 \times 10^{19}\text{m}^{-3}$ , 真空度:  $\sim 1 \times 10^{-5}\text{Pa}$ ) 的运行控制提供关键参数的诊断系统作先期建设, 与装置建设和安装同步。除同步安装的电磁测量系统外, 首次放电前拟建成的诊断系统可覆盖中性气体、密度、温度、辐射、杂质等运行核心参数。按重要性分为第一性诊断 12 项和第二性诊断 6 项, 其中第一性 12 项诊断的调试要先于装置集成调试, 在初始放电前达到正常工作状态, 第二性诊断 6 项, 包括 ECE、可见单色仪、SDD、反射计等作为同步建设, 争取在放电期间获得实验数据, 以满足初始放电位形控制和初步实验分析的基本测量需求。

**关键词:** 等离子体诊断; 托卡马克; HL-2M;

**基金项目:** 国家重点研发计划 (ITER 配套) (NO. 2017YFE0301203)、四川省科技计划资助 (NO. 2018RZ0123)