

HL-2A 装置器壁处理质谱分析^{*}

周 军, 曹 曾, 曹诚志, 黄向玫, 高霄雁, 胡 毅

(核工业西南物理研究院, 四川 成都 610041)

摘 要: 为了对 HL-2A 装置升级改造后的器壁处理效果展开分析, 使用四极质谱计对 HL-2A 装置壁处理过程中或壁处理前后的残余气体进行了质谱测量。利用粒子平衡方程和质谱图变化分析了直流辉光放电清洗过程中的气体成分变化。研究了 HL-2A 装置壁处理的性能并优化了 He+D₂-GDC 的氦氘比例参数。结果表明: HL-2A 装置真空室烘烤除气后, 残余气体中 H₂O 所占百分比由烘烤前的 92% 降至 56%, 真空室真空度达到 2.2×10^{-5} Pa; 在不同阶段利用 H₂-GDC、He-GDC、He+D₂-GDC 进行壁处理消除了真空室内部件升级改造对壁处理造成的不利影响, 保障了 HL-2A 装置等离子体放电实验的开展。

关 键 词: HL-2A 装置; 壁处理; 质谱分析; 辉光放电清洗; 硅化

中图分类号: TL62+8

文献标识码: A

文章编号: 1002-0322(2023)02-0045-06

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2023.02.08

Mass Spectrometry Analysis for Wall Conditioning in HL-2A Tokamak

ZHOU Jun, CAO Zeng, CAO Cheng-zhi, HUANG Xiang-mei, GAO Xiao-yan, HU Yi

(Southwestern Institute of Physics, Chengdu 610041, China)

Abstract: In order to analyze the wall conditioning effect of HL-2A device after its upgrading, the residual gas during or before and after wall conditioning of HL-2A device was measured by quadrupole mass spectrometer, and the effect of wall conditioning was analyzed. The change of gas component during DC glow discharge cleaning was analyzed by particle equilibrium equation and mass spectrogram. The performance of the wall conditioning of HL-2A device was studied and the helium deuterium ratio parameter of the He+D₂-GDC was optimized. The results show that the percentage of H₂O in the residual gas in HL-2A decreases from 92% to 56%, and the vacuum of the vacuum vessel reaches 2.2×10^{-5} Pa. In different stages, H₂-GDC, He-GDC and He+D₂-GDC eliminate the adverse effects of vacuum inner parts upgrading on wall conditioning, and ensure the plasma discharge experiment of HL-2A device.

Key words: HL-2A Tokamak; wall conditioning; mass spectrometry analysis; glow discharge cleaning; siliconization

在托卡马克装置运行时, 直接面向等离子体的真空室第一壁材料在等离子体辐照下会诱发溅射、单极弧和热蒸发, 含有氧、碳元素的表面污染物被释放出来进入等离子体成为杂质。这些杂质对等离子体的危害主要表现为等离子体的辐射能量损失、等离子体密度损失^[1]。因此在托卡马克装置等离子体放电运行前, 需对真空室器壁进行处理以减少这些杂质。

为了保障托卡马克装置物理实验的顺利进行, 需要应用各种器壁处理方法, 如烘烤、辉光放

电清洗(Glow Discharge Cleaning, GDC)、第一壁表面涂敷等对真空室器壁进行处理, 从而获得良好的器壁条件^[2-9]。

2021 年, 核工业西南物理研究院在等离子体放电实验前对 HL-2A 装置偏滤器靶板、RMP 线圈进行了改造和升级。真空室内部新增和升级了多套诊断系统, 增加了内部组件。这些部件对于真空室的器壁处理会带来一些问题, 例如: 真空室内部的出气表面积增加; 新安装的内部件带来更多污染物; 器壁锻炼时更多的表面不可达等。

收稿日期: 2022-04-26

作者简介: 周军(1985-), 男, 四川省内江市人, 硕士, 工程师。

^{*} 基金项目: 国家磁约束核聚变研究专项(2017YFE0301305)。