

$3 \times 10^{12} \text{ s}^{-1}$ 强中子发生器后分析系统调试结果

朴禹伯 牛占歧 陈勤 苏桐龄

(兰州大学原子核研究所, 730001)

关键词 后分析磁铁, 中子产额, 靶寿命。

一、引言

兰州大学强中子发生器于 1988 年通过部级鉴定, 氘离子束达 30 mA, 中子产额达 $3 \times 10^{12} \text{ s}^{-1}$ 。然而, 由于它是采用混合离子束, 靶寿命只有十几个小时。

在聚变堆第一壁材料研究中, 要求的累计中子注量超过 10^{17} cm^{-2} 。因此, 辐照时间需几百小时。因为氘靶价格昂贵, 用混合离子束进行材料辐照损伤研究, 其费用是很高的。

影响靶寿命的因素除靶本身的特性、转速、冷却水流状况等之外, 主要是束流中的重离子和双原子、三原子成分。要根本上提高靶寿命, 必须采用分析束, 只让单原子束打在靶上产生中子。

根据现有我校中子厅的大小和实验条件, 设计安装了 30° 后分析磁铁, 使氢离子分析束达到 24 mA 以上。这样, 在基本保持现有中子产额的情况下, 靶寿命可提高 10 倍以上, 产生巨大的经济效益。

二、后分析磁铁的主要参数

为保证氘靶在实验室中的适当位置, 减少中子散射, 根据现有中子实验厅的大小 ($7 \text{ m} \times 10 \text{ m}$), 选取磁铁偏转角度为 30° 。由于加速管地电极后设有空间电荷透镜, 分析磁铁前后有强四极透镜, 较容易在靶位置上形成束腰。整机安排如图 1 所示。分析磁铁的主要参数是:

偏转半径: 0.6 m; 偏转角度: 30° ; 中心平面磁场强度: 0.186 T; 磁铁间隙: 8 cm; 中心轨道附近 ($\pm 3 \text{ cm}$) 磁场不均匀度 $< 0.5\%$ 。

磁场强度在 0—0.24 T 范围内随磁场电流的变化是线性的。因此, 可在线性变化的范围内, 对 H_1^+ 、 H_2^+ 、 H_3^+ 等 3 种离子束进行分析。

三、实验结果与分析

束流的测量仍采用法拉第筒, 同时测量电流和水温, 通过比较确认正确的束流^[1]。单原子

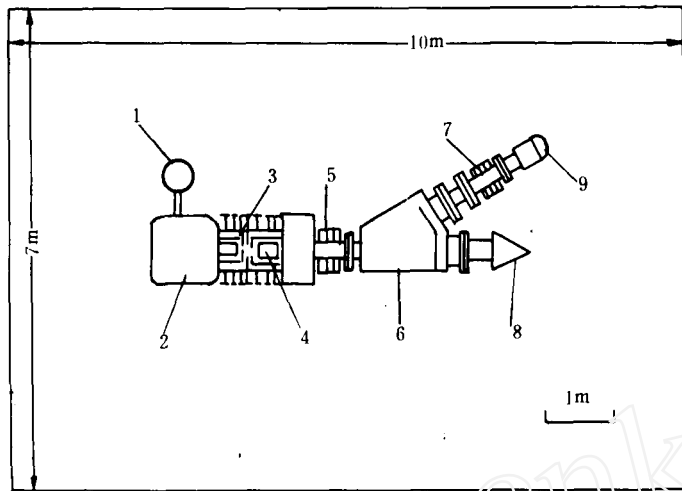


图1 $3 \times 10^{12} \text{ s}^{-1}$ 强中子发生器平面图

Fig. 1 Layout of the $3 \times 10^{12} \text{ s}^{-1}$ intense neutron generator

1 高压电源; 2 高压头; 3 加速管; 4 空间电荷透镜; 5 重四极透镜; 6 分析磁铁; 7 三重四极透镜; 8 法拉第筒; 9 速旋转靶。

氢离子束随弧流的变化如图 2 所示。光弧流 6A 时, H^+ 束达到 24 mA, 单原子比为 56%。如果弧流进一步提高, 单原子束流还能提高。弧流比较低时, 单原子比亦较低。

扩散杯工作状态对单原子比影响很大^[2]。该器的离子源扩散杯是悬浮状态。由于磁场分量垂直入射扩散杯, 等离子体中的电子郁集在扩散杯上, 形成负压。从而等离子体中的电子来回振荡, 使单原子比提高。我们测得扩散杯的电位约 $-40 \sim -50\text{V}$ 。

对 3 种离子束的分析结果是由 X-Y 记录仪记录的。X 轴即为分析磁铁电流, Y 轴即为束流。测量结果如图 3 所示。

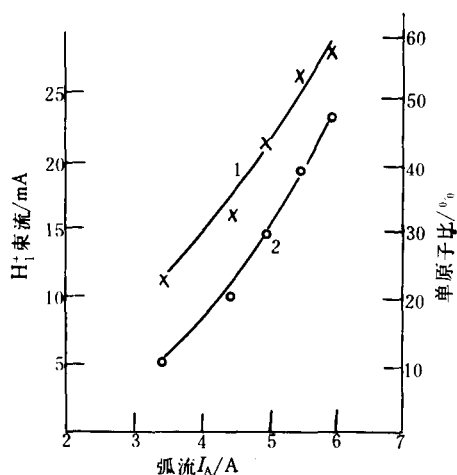


图 2 单原子束流随弧流的变化

Fig. 2 Curves of current on target vs arc current of the duoplasmatron ion source

1 H^+ 束流; 2 H^+ 单原子比。

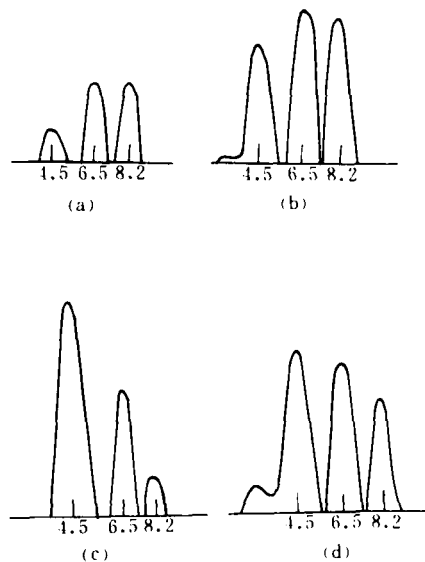


图 3 氢离子束质谱

Fig. 3 Mass spectra of H^+ ion beam

(a) $I_A = 2\text{A}$, 离子能量 267 keV; (b) $I_A = 3.5\text{A}$, 离子能量 267 keV; (c) $I_A = 6\text{A}$, 离子能量 267 keV; (d) $I_A = 4.5\text{A}$, 离子能量 267 keV, $p = 6.7 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ 。

图3中的(a)(b)(c)分别表示弧流为2、3.5和6A时3种束流测量结果。而(d)是弧流4.5A时的测量结果,但气压较低, $p = 6.7 \times 10^{-3} \text{Pa}$ 。这时,在单原子峰前面出现小峰。这是由于束流与气体碰撞而形成低能离子的缘故。

束流的进一步提高将受到加速管负载能力和加速管-离子源匹配特性的限制。而单原子比的进一步提高是比较困难的。我们提出新的设想,即在空间电荷透镜区注入不同能量的电子,使双原子解离,目前已在解决这一问题。

参 考 文 献

- [1] 朴禹伯等,原子能科学技术,25(2),45(1991)。
[2] Bacon, F. M., *Rev. Sci. Instrum.*, 49(4), (1978).

(编辑部收到日期:1991年5月15日)

POST ANALYZING MAGNET SYSTEM FOR $3 \times 10^{12} \text{ s}^{-1}$ INTENSE NEUTRON GENERATOR

PIAO YUBO NEU ZHANQI CHEN QIN SU TONGLING

(Institute of Nuclear Research, Lanzhou University, P. O. Box 44, 730001)

ABSTRACT

The post analyzing magnet system for $3 \times 10^{12} \text{ s}^{-1}$ intense neutron generator is described. 24 mA of H_1^+ ion beam are reached at target. The life time of target is increased about 10 times for the same neutron yield.

Key words Post analyzing magnet, Neutron yield, Life time of target.