

一台200keV中子发生器

闵继堂 王述元

提 要 本文介绍一台200KeV中子发生器的调试结果：用200KeV, 1.5 mA氘束轰击氘靶，由(d, T)反应产生中子产额可达 2×10^{11} n/s；有效直径为20mm质量好的新靶，在160KeV, 0.8mA下，中子产额 5×10^{10} n/s维持4小时。该发生器采用高频离子源，用普通高压电瓷绝缘环装配加速管，高压电源采用四级倍压回路，离子源和高压电源的供电频率50Hz，靶室用水冷却。

前 言

这台设备，是为完成辐射物理实验教学建造的，除用于核物理、核工程和防护研究外，还可应用于活化分析、地质、医疗、工业产品和辐射育种等方面的研究。

加速管采用了普通高压电瓷做的绝缘环，其技术指标合乎要求，同时降低了该器的造价。

一、主要部件简介

器的整体结构由离子源、加速管、真空系统、高压电源、靶室和控制台组成。主体结构为卧式，束轴离地高1660mm，总长2700mm(其中延束管长1200mm)，宽800mm。高压电源、隔离变压器、高压测量与主体分开，主体可前后移动。主体结构见图1。

1. 高频离子源

高频离子源的特点是：气体和功率消耗不大，质子比高，能引出十几毫安的离子流^[1-2]，工作寿命比较长。结构上采用莫克型^[3]，见图2。吸极的几何形状、吸极和石英套管的最佳尺寸对离子流的引出影响很大^[4]。吸极的尺寸采用兰州大学原子核研究所桌面试验结果^[5]，见图3。

由电感耦合方式供给石英放电管高频功率，经钨管来的氘气由放电管底部进入放电管腔内，同时采用可调变的纵向磁场增加放电吸收功率，使质子比增大，引出离子流强度增加。

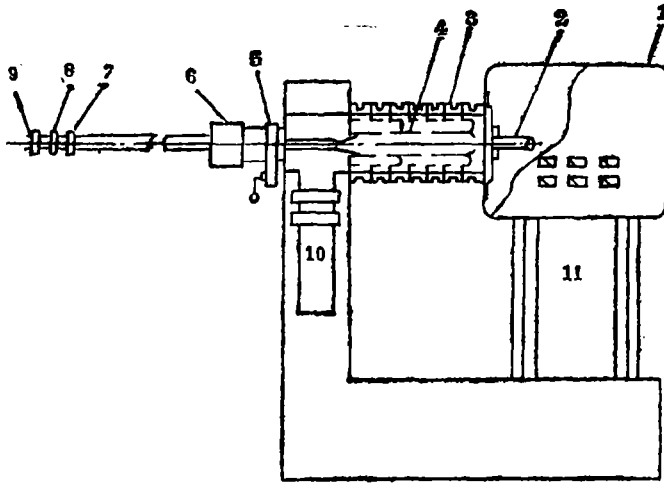


图 1 200keV 中子发生器示意图

- 1—高压电极；2—离子源；3—绝缘环；4—加速电极；
- 5—真空阀门；6—偏转扫描；7—光闸；8—电子陷阱；
- 9—靶室；10—油扩散泵；11—绝缘支撑柱。

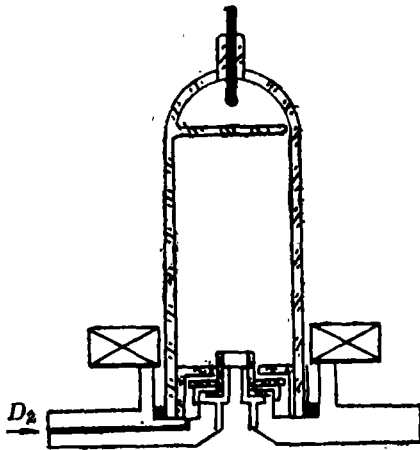


图 2 高频离子源示意图

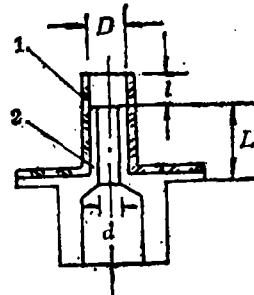


图 3 吸极几何尺寸

- 1—石英吸极套管；2—吸极（硬铝）；吸极外径 $D = 5.0\text{mm}$ ；
- 孔道直径 $d = 3.0\text{mm}$ ；孔道长 $L = 10\text{mm}$ ；吸极高度 $l = 4.7\text{mm}$ 。

高频振荡器，用两只Fu-13发射管组成自激推挽振荡槽路。调节帘栅压，使振荡器输出功率改变，最大600W。振荡器的工作频率30MHz左右。

用加在放电管顶部钨针上的正极性电压0—10KV，从吸极孔道引出离子流。为保证引出束流有比较好的稳定性，对振荡管帘栅电压和钨管加热电流采取稳压、稳流措施。

2. 加速管

装配式加速管，以“O”圈密封，总长622mm，见图4。加速管分压七级、第一级分压环上装聚焦电极，高压电源240KV接在该级上，其它六个分压环，用阻值100MΩ的金属膜电阻均压。加速电极采用圆管式，聚焦电极，中间电极和地电极，其等径间的

间隙形成加速和聚焦电场。

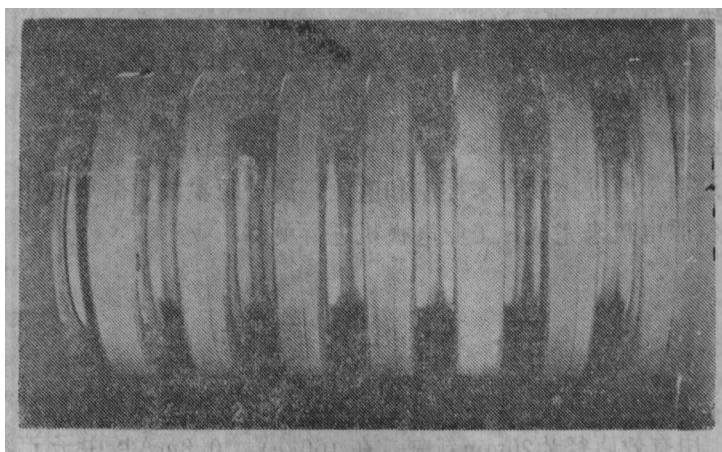


图 4 加速管

绝缘环由普通高压电瓷材料加工而成，绝缘环两端与钢法兰用水泥配剂粘结，见图 5。绝缘环轴向拉力 320 公斤，真空性能优于石英粉加环氧树脂绝缘环。试验证明，边缘具有圆角的绝缘环沿面击穿电压高^[6-7]，为了增加真空中沿面击穿电压，瓷绝缘环两端面内角磨成 45° 的圆角，为防止杂散质子和次级电子落到绝缘环内壁，每个分压环上装一个不锈钢屏蔽罩。

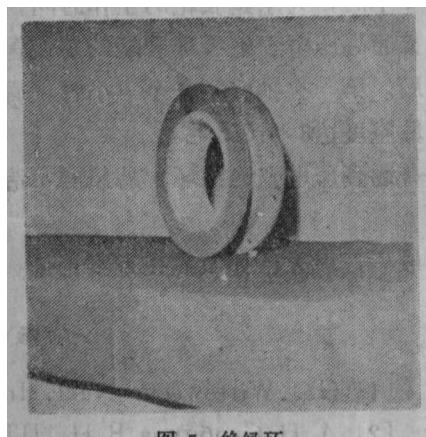


图 5 绝缘环

3. 高压电源

采用四级倍压回路，见图 6。额定工作电压 200KV，负载电流 10mA。用高压硅堆和高压电容器（无外壳）组装，用 2 号变压器油封装在高压电瓷并内。40KV 高压变压器用 2 号油封装在一个铁箱内，只供给整流系统 30KV 交流电压。

c_1-c_8 为 $0.03\mu\text{F}/60\text{KV}$ ； D_1-D_2 为 2DL 100/0.05。

高压测量用 $720\text{M}\Omega$ 的金属膜电阻，以螺旋排列，用 2 号油封装在一个耐 240KV 的瓷瓶中，串接一个 $300\mu\text{A}$ 直流电表测量高压。

中子发生器运行中，高压负载电流一般在 5mA 以下，压降为 5KV/mA。

4. 供电

用两个 5KVA 电子交流稳压器，分别为高

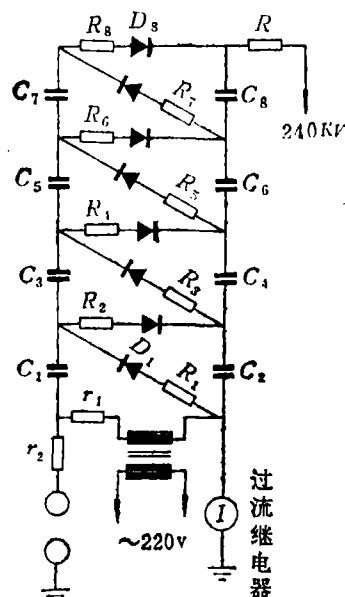


图 6 直流高压电源原理图

压电源和离子源供电, 频率 50Hz.

5. 真空系统

真空机组采用机械泵—油扩散泵形式。机械泵抽速为8升/秒, 油扩散泵抽速为1200升/秒, 扩散泵冷却板用水冷。

6. 控制与监测

整机运行全过程, 通过控制台来控制 and 监测, 离子源参数、聚焦电压、钨管加热及磁场调节由六对待服电机来完成, 工业电视机进行观测。

二、实验结果

中子发生器运行 100 小时, 用 200keV, 1.5mA 氘束轰击质量好的氘钨靶, 中子产额可达 2×10^{11} n/s, 用有效直径为 20mm 新靶, 在 160keV, 0.8mA 氘束中子产额 5×10^{10} n/s 维持 4 小时, 为了延长靶的工作时间, 采用简单的束流扫描装置。靶室用水冷却。

普通高压电瓷绝缘环装配的加速管, 一年多的实验中, 内部未发生过一次电击穿。安装后, 第一次抽真空一个半小时, 真空度达 3×10^{-6} 托, 停机两天后, 再抽真空半小时, 真空度达 3×10^{-6} 托。

普通高压电瓷绝缘环, 易研磨, 造价低, 有推广价值。

最后, 对况蕙孙教授在方案论证、技术组织等方面给予的有力指导, 表示感谢。

参 考 文 献

- [1] G.J. Wittveen, Nucl. Instrum. Methods, 158, 51 (1977).
- [2] A.Н Сербинов, В.Н., ПТЭ, 5, 27 (1960).
- [3] C.D. Moak, Nuclonics, 9, 18 (1951).
- [4] A.Н. Сербинов, ПТЭ, 3, 39 (1958).
- [5] 孙别和, 朱学培, 陈克凡, 柳纪虎, 原子能科学技术, 3, 372 (1984).
- [6] P.H., J. Appl. phys., 22, 535, 766 (1951).
- [7] R. Hawley et al., Vacuum, 18, 383 (1968).

A 200keV Compact Neutron Generator

Min Jitang Wang Shuyuan